الألكترونيات

الإصدار السابع

هواة الراديو وهواة الالكترونيات

مع شرح مُسهَب حول

الووكيي تووكيي

تأليف

سرمد نافع

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

﴿ وَهُوَ ٱلَّذِى فِى ٱلسَّمَآءِ إِلَٰهٌ وَفِى ٱلۡأَرۡضِ إِلَٰهٌۚ وَهُوَ ٱلۡحَكِيمُ ٱلۡعَلِيمُ ﴿٨٤﴾ ﴾

الزخرف ٨٤

الفهرس

مجهزات القدرة Power supplies ١٢

بطاريات الليثيوم – أيونLithium-ion battery ٨٢

نظرة إلى المواصفات الفنية لبطاريات ليثيوم أيون من IBT ٩٦

تصميم لمستقبل بإعادة التوليد عالي الأداء ١١٤

راديو بإعادة التوليد للمبتدئين سهل وبسيط، وذو أداء عالي ١٤١

دوائر جديدة لمستقبلات إعادة التوليد الفائق VHF و UHF ١٤٩

.. هواة الكهرباء .. هواة الراديو .. هواة اللاسلكي ١٨٦

ووكي توكي الأولاد في أسواق بغداد ٢٠٧

الووكي توكي للهواة ٢١٢

القسم الأول الإرسال Transmission ٢١٢

القسم الثاني الاستقبال Reception ٢٦٤

القسم الثالث الهوائيات والدوائر الأخرى Aerials and Additional Circuits Information ٢٩٠

نموذج لنظام إشارات المرور الضوئية ٣٠٦

الشمس والاتصالات The Effect of Sun on Telecommunications ٣١٠

الإصغاء إلى الشمس Listen in on the Sun ٣١٤

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

الحمد لله رب العالمين ... بما يسر لنا وأنعم علينا

والصلاة والسلام على رسول الله محمد وعلى آله الطيبين الطاهرين

أما بعد ..

لقد استغرق إعداد هذا الإصدار وقتاً طويلا منذ أن شرعت بإعداده، لكنه يستحق هذا الجهد. المقالات الجديدة حول مستقبلات إعادة التوليد تستحق كل اهتمام، فلأول مرة يمكن أن نحصل على أفكار وطرق عملية لاستلام ترددات الهواة عند الأطياف VHF و UHF وبمساعدة ترانزستور واحد. ولأول مرة صار بإمكان الهواة استلام التضمين ضيق الحزمة بأجهزة بسيطة وسهلة. ونصيحتي لمن يرغب في بناء جهاز استقبال للهواة أن يخوض تجربة بناء مستقبل بإعادة التوليد ويتعلم منه الكثير من اللحام إلى الأداء، ويرى أداءه ومحاسنه ومساوئه، ويتأمل كم أداءه عالي مع هذه المكونات القليلة.

هواية بناء أجهزة الراديو من أهم النشاطات لهواة الكهرباء والالكترونيات وحتى العام 1994 كان الكتاب المرجعي لهواة الراديو يصف نماذج الراديو بإعادة التوليد على إنها لتعليم المبتدئين وأنها تسبب التداخل ARRL Hand book 1994، ولا أحد يعترض على هذا، وما ورد في الكتاب المرجعي للهواة كان يثبط الهمم في إصداره المذكور ويدعو إلى عدم الولوج في هذا المجال ويعدد سلبيات أتت من خبرات الهواة السابقة. إلى أن أقدم هاوي الراديو (تشارلس كيتشن) بكسر هذه الخرافة وقدم تصاميم قابلة للتطوير لأجهزة استقبال غاية في القوة تتمحور حول ترانزستور واحد بإعادة التوليد وإعادة التوليد الفائق، وسترى عزيزي القارئ في ثلاثة مقالات حول هذا الموضوع إن ما تجده على إنه بديهية ومسلم به ما لبث أن تهاوى بقليل من التجريب، لينفتح الباب أمام نتائج جديدة.

الكثير من أجهزة الهواة يمكن أن تنفذ بمواد بسيطة المواصفات رخيصة الثمن، وستكتشف عزيزي القارئ إن الترانزستورات واطئة التردد يمكن أن تستعمل مع أجهزة الهواة بشكل ممتاز بدلاً من شراء ترانزستورات باهظة الثمن.

عند الحديث مع أحد الأصدقاء حول الدوائر الالكترونية، أجدني أقول له حاول تحوير الدائرة تلك لتعمل كما تبتغي لها أنت. فيجيبني على الفور من أين لي بتلك الخبرة، أنت أمضيت فترة طويلة في الالكترونيات وتمتلك ما يؤهلك لهذا التحوير ... بسبب هذا الجواب وضعت لك عزيزي القارئ مقالات قد تراها مطولة هذا التطويل ليس المقصود منه إكثار الصفحات، إنما هو ينقل الخبرات العملية التي مر بها من عمل في جانب معين وقام بالتجريب، هذه الخبرات تحوز عليها وكأنك مررت بنفس التجارب التي مر بها. وإذا كنت حاولت بناء دائرة معينة فإن أول ما يعترضك هو إن الدائرة لا تعمل، كيف ستتصرف، هذا قد يأخذ منك وقتاً طويلاً، بينما في المقالات المطولة تجد كل الأجوبة والخيارات وستعلم أي خيار يصل إلى نتيجة وأياً منها ينتهي إلى طريق مسدود.

في السنين السابقة وعلى التحديد في أواسط عقد التسعينات من القرن العشرين كنا نبني أجهزة الاستقبال التلفزيوني الفضائي بأيدينا وكان يتحتم علينا، حتى للتصاميم المنقولة أن نضع التصميم والحسابات لمجهز القدرة ثم نتم بناءه، وطبعاً كان المفروض أن نهيئ حسابات التصميم لأقل ضياع، بعبارة أخرى أن نستعمل أصغر حجم لمحولة القدرة ممكن أن يؤدي الغرض، وذلك باختزال القدرات إلى أقل قدرة كافية مع الأخذ بنظر الاعتبار اضطرابات فولتية المصدر. واكتشفت في تلك الأيام أن ما منشور في مناهج الجامعة والمصادر المتفرقة لا يقدم العون الكافي، هو يقدم الأسس النظرية لكن توجد فجوات وثغرات لا يتطرق لها. قصدني قريبي في تلك الأيام وكان قد اشترى جهاز (ستلايت) عراقي جاءني به قائلاً اشتريته من صديق، كان يعمل عنده تعطل وباعني إياه، هل يمكن أن نعيد تشغيله لأنتفع به، وما أن نظرت إلى محولة القدرة حتى وجدتها صغيرة الحجم لا تستطيع أن تجهز كامل قدرة التشغيل التي تحتاجها وحدة التنغيم Tuner مع

الملحقات حولها. فقلت له هذا لا جدوى من السعي في تشغيله سنضطر إلى استبدال المحولة ثم الهيكل ولا ندري هل سيعمل أم لا؛ امتعض قريبي وذهب. كان ذلك الخطأ من المصمم لأنه لم يجد بحث يعينه على تصميم ناجح لمجهز القدرة، وكان الحال يقتضي أن تكون المحولة ذات القدرة الصحيحة كبيرة والهيكل أكبر وهذا في حينه لم يكن يتخيله أحد إلا إن الحسابات تجعله أمراً لا بد منه، وأنت تلاحظ اليوم عزيزي القارئ إن أجهزة الاستقبال الحديثة تستعمل مجهزات قدرة مفتاحية، وما هذا إلا للتخلص من حجم المحولة الكبير. لذا لا بد من مصدر يقدم شرح لمجهزات القدرة من الجانب الذي يخدم المصمم، وهذا ما نجده في الكتاب المرجعي لهواة الراديو ARRL Hand book ورغم الوقت الطويل الذي اقتضاه نقل هذا المقال إلى العربية إلا إن كل كلمة فيه تستحق هذا العناء.

اليوم نجد بين أيدينا الحاسبات المحمولة، وطالما رأيت بعض الشباب قد قام بتفكيك بطاريتها المصنوعة من الليثيوم أيون محاولاً استبدال الخلايا التي بداخلها، لكنه فوجئ بالدائرة الالكترونية التي في داخلها ولا يدري كيف يتعامل معها؛ ثم أراه يحمل هيكل البطارية فارغاً ويتجول في السوق باحثاً عن بطارية جديدة. تفكيك البطارية القديمة عمل ليس من الحكمة الإقدام عليه وكذلك الخلايا الجديدة، هذه الخلايا لا تتشابه في خصائصها، وهي تتبع المصنع الذي أنتجها والتكنولوجيا المستعملة في إنتاجها، والأخيرة تتطور بسرعة وتختلف الخلايا عن بعضها البعض ولا تتشابه. لذا سيجد القارئ إن المقال الثاني يغطي هذه الجوانب وستتبين له حركة التطور الحديثة لهذه البطاريات.

في معظم دول أوربا يوجد الإرسال التلفزيوني الرقمي الأرضي، أي أن تلتقط الإشارة التلفزيونية الرقمية من مرسلة أرضية بدل الأقمار الاصطناعية؛ ستجد الحديث عنها في المقال الثالث وأنظر إلى البدايات والجوانب الخافية عنا في هذا النشاط.

هواة الراديو الفتيان تستهويهم أجهزة الاتصال الصغيرة التي يجدونها في سوق الألعاب في بغداد وهم لا يعلمون شيئاً عن طبيعة عملها؛ لذا أجدني أعرض لهم كل ما يتعلق

بطريقة عمل هذه الألعاب المحببة إلى نفوسهم؛ وهي المعرفة التي حرمنا منها عندما كنا في أعمارهم، أضعها اليوم بين أيديهم.

المقال الأخير يمكّن هواة بناء أجهزة الراديو من رصد النشاط الشمسي من خلال جهاز استقبال بسيط جداً؛ وسيكتشف القارئ خفايا لم يكن يتوقعها، المقال قديم بعض الشيء إلا إن عمر الشمس ونشاطها أطول من أعمارنا ولا شك، وهي باقية بعدنا إلى ما شاء الله...

في أيامنا هذه أجد الشباب تشغلهم الحاسبات الالكترونية وتأخذ معظم وقتهم، والشاب النجيب منهم دائماً يجد نفسه عاجزاً عن معرفة تعليمه برمجية تجعل البرنامج يتصرف على نحو هو شاهده في مكان ما، وبعد بحث يطول في الكتب الالكترونية ومراجع المساعدة يجد الجواب، إلا إنه يفاجأ بظهور إصدار جديد للبيئة البرمجية التي يستعملها، وعليه تعلم البرمجة من جديد لأن جميع التعليمات البرمجية السابقة قد ألغيت. أود هنا تنبيه الشباب إلى إن هذا المسلك في إضاعة الخبرات السابقة تنتهجه شركة أمريكية كبيرة معروفة لا أود ذكر اسمها على هذه الصفحات. فمالكها أول من أنشأ نظام تشغيل للحاسبات الالكترونية الأولى. وفكرة جني الأرباح هي شغله الشاغل، يظهر المنتَج (بيئة البرمجة الجديدة) مع تعليمات معلنة الكثير منها لا ينفعنا، وتعليمات خفية لا يتمكن أي إنسان الحصول عليها إلا بشراء مطبوعات باهظة الثمن وقد لا نعثر على هذه المطبوعات إلا في الولايات المتحدة. وهكذا مع كل Service pack تصبح البيئة مؤهلة لتعليمات جديدة ذات شقين معلن ولقاء ثمن.

أود أن أوضح إن بيئة البرمجة المثالية هي التي تستعمل تعليمات قليلة للوصول إلى غايات لا يمكن حصرها، وليس العكس يعني لا أن نستعمل تعليمات برمجية لا حصر لها للوصول إلى غايات معدودة تتعلق (بالوب) أو قواعد البيانات أو ما شابه. لذا يتعين على الإنسان أن يحذر من إضاعة عمره بتعلم تعليمات لا نهاية لها ما تلبث أن تختفي لتحل بدلها تعليمات جديدة لا نهاية لها.

لقد وجدت إن بيئة البرمجة Liberty Basic التي تعمل ضمن XP وجميع بيئة النوافذ؛ قد حفظت لنا التعليمات القياسية للغة البرمجة Standard Basic مع إمكانية البرمجة المرئية الحديثة من النوافذ والأزرار ومربعات النص وغيرها. وأصحابها حريصون على تطويرها ويمكن الكتابة بها بالتعليمات القياسية القديمة، أو الحديثة، أو بالتعليمات المرئية، دون تجاهل أياً من التعليمات القديمة عند تطويرها. ويمكن تصدير البرنامج النهائي بصيغة ملف تنفيذي يعمل في أي إصدار من النوافذ دون أن يعتذر كما يحدث مع البيئات الأخرى. ومن خلالها يمكن تصدير البرنامج بصيغة خاصة يكون سريعاً جداً عند التنفيذ. وهذه اللغة تتيح لك الوصول إلى مرافئ الحاسبة (المتوازي والمتوالي) دون الحاجة لشراء برامج إضافية. لقد قدمتها لنا مجلة الرائد الرقمي العراقية في العدد الرابع في قرص البرامج، شكراً لمن أصدر هذا العدد ونفعنا بالرخصة الذهبية التي تضمنتها. واليوم أصحابها عاكفون على إصدار النسخة الحديثة المؤمل أن تمتلك خصائص أحدث أو هكذا يقول الموقع، ولو تم شراء الرخصة الخاصة بها سنجدها تستحق كل سنت يدفع لقائها.

تتعدد الهوايات في دول العالم ومن أغربها هواة القاطرات، وهم كثير في المملكة المتحدة، وهواة القاطرات على صنفين فمنهم من يهوى بناء نماذج مصغرة للقاطرات والسكك الحديد مع المنشآت المصاحبة مثل الإشارات الضوئية، لا بل البعض يرغب ببناء نماذج القاطرات العاملة بالبخار ويجري تسخينها وتسييرها بمساعدة الكحول كوقود لتتحرك ذاتياً على نماذج السكك. والصنف الثاني من الهواة من يقف ساعات طويلة على جانب السكة الحديدية ينتظر مرور قطار وما أن يمر حتى يلتقط الهاوي رقم القطار ويسجله مع التاريخ والوقت في سجل خاص Log Book. وقد قرأت مقالاً مترجماً عن هذا النشاط ووصفهم صاحب المقال بأنهم في بريطانيا ينفقون بسخاء على هوايتهم وقد اشتروا مقهى قديم يقع عند تقاطع للسكك الحديد، جددوه وغلفوا جوانبه بالزجاج ليتمكنوا من انتظار القاطرات في شتاء ممطر وهم في دافئ الأجواء يشربون فنجاناً ساخناً.

مثلهم في هذا هواة آخرون في بريطانيا أيضاً يقال لهم هواة الطائرات. تراهم يقفون عند مدرج المطارات ينتظرون هبوط الطائرات أو إقلاعها، ليسجلوا رقم ونوع الطائرة

والتاريخ والوقت، وهذا هو حالهم في هوايتهم. هؤلاء جرى استثمارهم من قبل سلطات المطارات البريطانية فبدلاً من طردهم جرى التعرف عليهم وإجازتهم ليراقبوا مدرج الطائرات من أن يقترب منه شخص غريب يبغي السوء؛ وبذلك أصبحت لهم فائدة بالإضافة إلى ممارستهم لهوايتهم الغريبة.

الشق الثاني من هواة الطائرات هم من يبنون نماذج الطائرات الصغيرة لتسييرها وتطييرها والتحكم بها إما بوسائل بسيطة مثل الخيط أو بوسائل متطورة مثل الأجهزة اللاسلكية للتحكم عن بعد. مثل هؤلاء تجري الإفادة منهم في بناء نماذج الطائرات المسيرة للحفاظ على الأمن ومراقبة خطوط نقل الطاقة والوقود والحدود من أن يساء إليها؛ وفي نفس الوقت هم يستمتعون بهوايتهم وعملهم.

هواة آخرون منتشرون في جميع أنحاء العالم هم هواة الراديو وهم على صنفين أيضاً؛ صنف من يجلس ساعات إلى جهاز اتصال للهواة إما ليسمع اثنين يتحدثون فيسجل التردد والوقت والتاريخ على بطاقة يبعثها إليهم بالبريد ليؤكدّوا له ببطاقة أن الاتصال قد جرى فعلاً والتردد والوقت والتاريخ صحيحة؛ أو أن ينادي هو ليحصل على جواب ثم يتبادلون البطاقات بالبريد، أو أن يجيب على نداء يسمعه ليتحدثوا قليلا إما بشفرة مورس أو بالكلام ثم يتبادلون البطاقات البريدية الحاوية على التردد والوقت والتاريخ وعلامة النداء وصيغة الإرسال ليوثق كل منهما الاتصال مع الآخر. ولك أن تتصور أن أربعمائة اتصال أو نحو ذلك ممكن أن تتم في جلسة واحدة وأكثر من هذا في مسابقة للاتصال. وكل اتصال أو استماع يتم بين اثنين من الهواة، يجري تسجيله (حتماً) في سجل يقال له Log book بالإضافة إلى البطاقات التي يتم تبادلها (اختياراً). طبعاً هذا النشاط يجب أن يكون مرخصاً من الدولة على ترددات معينة كما هو الحال في العراق أو في جميع دول العالم.

الصنف الثاني من هواة الراديو هم امتداد لهواة الكهرباء والالكترونيات وهم من يبنون أجهزة الراديو بدلاً من شراءها بالباهظ من الأسعار. وعند تجربتها يتم الإصغاء فيها إلى هواة الصنف الأول وهم يتحدثون مع هواة العالم بأحاديث عابرة مثل الحالة الجوية ودرجات الحرارة. وغالباً ما يفخر هواة الراديو بالبطاقات التي يتبادلونها فهي تمثل الانجاز الذي حققوه. وكما نعلم كل هواية يقل الاهتمام بها مع تزايد مشاغل الحياة وتقدم العمر.

هواة آخرون هم هواة الفلك وهم على صنفين أيضاً فمنهم من يقيم السفرات الكشفية في أمسيات الصيف لينظروا في مرقاب للرصد الفلكي. ومنهم من يبني هذه المراقيب ويعد المخططات والحسابات لحركة الكواكب (السيارة خاصة) ومواقع النجوم. وكما نعلم جميع العراقيين تقريباً لهم علاقة حميمة مع السماء عند النوم فوق أسطح المنازل في ليالي و أمسيات الصيف؛ ويجد أحدنا نفسه على الأقل يحفظ الشكل الذي يرسمه موقع لثلاثة نجوم أو أربعة، وما أن يرى صورة خارطة لنجوم السماء في مكان ما حتى يبدأ بالبحث عن النجوم التي يعرفها قبل أن يعرف أي من أسمائها.

في نهاية هذا الكلام أرجو أن يكون هذا الإصدار نافعاً لمن يريد أن يتعلم ويزداد، وحسبي أنه موجَّه للهواة والدارسين، وأرجو من الله التوفيق للجميع.

بوشر بتحضيره أواخر أيلول ٢٠٠٧

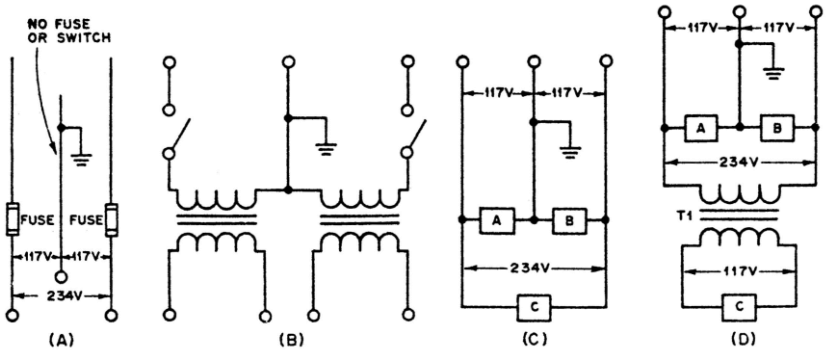
تم الفراغ منه أواخر جمادى الأولى لواحد وثلاثين وأربعمائة وألف من السنين القمرية بعد الهجرة النبوية المباركة.

بغداد / أوائل مايس (مايو) ٢٠١٠

مجهزات القدرة *Power supplies*

تم نقل هذا الموضوع إلى العربية عن أصله الانكليزى فى ARRL1995 ويبدأ بالحديث عن الكيفية التى تصل بها الطاقة الكهربائية إلى المنزل، وهو يذكر صفتها حسب النظام القديم وصفتها حسب النظام الحديث المعمول به الآن فى الولايات المتحدة الأمريكية، وستتضح للقارئ هذه الكيفية. وكيف إن ما ذكرناه فى إصدار سابق (للالكترونيات فى زمن الحصار) ضمن موضوع تحويل المحرك الكهربائى إلى مولدة، ستجد الملاحظة التى أشرنا إليها تتطابق مع ما هو موجود فعلا فى البلدان التى تجهز المنازل بمقدار من الفولتية المتناوبة البالغة 110V من أحد الأطوار مع الطرف المتعادل؛ وكذلك 220 فولت من طورين من الأطوار الثلاثة.

في معظم أنظمة تجهيز الطاقة إلى المساكن الموجودة في الولايات المتحدة، ترد ثلاثة أسلاك من الخارج إلى لوحة توزيع الطاقة داخل المنزل، وإذا كان النظام قديم، يرد إلى داخل المنزل سلكان فقط .



الشكل١ دوائر خطوط القدرة ذات الثلاث أسلاك. في **A** ترى نهاية الأسلاك الواردة إلى المنزل. ويجب عدم استعمال فاصم عبر الخط المتعادل المؤرض. في **B** ترى إن وضع المفتاح عبر الخط المتعادل لا يمنع مرور الفولتية عبر الدائرة من كلا الخطين في الجانب. في **C** ترى طريقة التوصيل لكلا نوعني المحولات التي تتغذى من **117** و **234** فولت. في **D** طريقة لتشغيل محولة تغذية لوح صمام **Plate Transformer** من مصدر **234** فولت لنحصل على **117V** وذلك للتخلص من ظاهرة الارتعاش الضوئي **Light blinking**. المحولة **T1** هي بمثابة محولة خافضة بنسبة تحويل **2** إلى **1**.

في نظام الثلاثة أسلاك، يكون استقطاب السلك الثالث متعادل neutral ومؤرض grounded . وفيما بين السلكين تكون الفولتية اعتياديا 234 فولت. نصف هذه الفولتية تظهر بين كل من السلكين والسلك المتعادل، وكما مؤشر في الشكل 1a. في هذا النوع من الأنظمة، يتم تقسيم أحمال

المنزل العاملة على 117 فولت بالتساوي قدر الإمكان بين كلا جانبي المصدر أي بين كلا السلكين والسلك المتعادل. نصف الحمل الكلي يوصل بين أحد السلكين والسلك المتعادل، والنصف الآخر للحمل يوصل بين السلك الآخر والطرف المتعادل. الأحمال الثقيلة، مثل الأفران الكهربائية والمسخنات تصمم للعمل من ٢٣٤ فولت وتوصل إلى المصدر فيما بين السلكين الغير مؤرضين.

ويتعين وضع فاصم عبر كِلاَ أو أحد السلكين الغير مؤرضين، ولا يسمح بوضع فاصم أو مفتاح عبر الخط المتعادل؛ والسبب في هذا إن فصل السلك المتعادل لا يفصل الطاقة عن المعدات أو الأجهزة. وهو ببساطة يترك الجهاز موصلا إلى جانب واحد من دائرة 234 فولت وعلى التوالي مع أي جهاز آخر قد يكون على الجانب الآخر للدائرة وركب له مفتاح على الطرف المتعادل أيضا!.

بالإضافة إلى إن فصل الخط المتعادل، يجعل الفولتية تنقسم بين الأحمال بشكل غير متساو (إلا إذا كان الحملين ذو قدرة متساوية) . فقد تهبط دون الطبيعي أو ترتفع فوق الطبيعي. القدرة الكهربائية التي يحتاجها هواة الراديو تؤخذ عادة من مقبس التيار المتناوب ac lines حيث تعمل المعدات فقط عندما تكون القدرة المتناوبة متوفرة. أما الأجهزة النقالة، فإن مصدر الطاقة يكون في الغالب بطارية الخزن للسيارة car storage battery.

التيار والفولتية المستمرة dc تستعمل في المرسلات والمستقبلات والمعدات الأخرى ذات العلاقة، ويتم الحصول عليها من خطوط الطاقة المتناوبة ac التجارية بمساعدة نظام يتألف من محولة خافضة مع مقوّمات ومرشح Transformer-rectifier-filter system . المحولة تغير الفولتية المتناوبة إلى قيمة مناسبة، والمقومات rectifiers تغير التيار المتناوب ac إلى تيار مستمر نابض pulsating dc . ويستعمل مرشح filter لتنعيم النبضات إلى مستوى مقبول.

والمطلوب هو تيار مستمر نقي pure dc لمنع أثر الطنين بفعل النبضات الآتي من الترددات ٦٠ أو ١٢٠ هرتز في أجهزة الاستقبال. أما إذا كان المطلوب فولتية مستمرة مستقرة رغم تغير تيار الحمل أو فولتية التجهيز المتناوبة، فيستعمل في هذه الحالة قسم لإقرار الفولتية يوضع بعد المرشح.

الفواصم fusing :

جميع دوائر الملف الابتدائي للمحولة يجب أن نضع لها فاصم جيد. ولمعرفة التيار المقنن التقريبي للفاصم أو قاطع الدورة circuit breaker الذي يجب استعماله. نضرب مقدار كل أمبير من التيار الذي يتم سحبه من مجهز القدرة بالفولتية التي تسوق هذا التيار. وكذلك التيار الذي يسحب من قبل مقاومات الاستنزاف bleeder resistors ومقسمات الفولتية voltage dividers. وفي حالة استعمال مقاومات التوالي series resistors ذات القدرة العالية لخفض فولتية المصدر والحصول على فولتية العمل المناسبة، استعمل في الحساب فولتية المصدر وليست الفولتية عند نهاية مقاومة التوالي التي تغذي الأجهزة.

بالإضافة إلى القدرة المستهلكة في المسخنات filament power، إذا ما كانت المحولة مهيأة لتجهيز المسخنات. ((لاحظ إن تكنيك مقاومة التوالي بدل المحولة شائع في الولايات المتحدة في

الأجهزة العاملة بالصمام وخاصة المستقبلات المنزلية، وفي الإرسال تستعمل الصمامات بشكل شائع في ذلك البلد حتى في القرن الواحد والعشرين في أجهزة الهواة خاصة، لذا نراه ذكر مسخنات الصمامات ولم يتجاهلها)) . بعد ضرب القيم المختلفة للفولتية في التيار، اجمع النواتج. ثم اقسمها على فولتية الخط line voltage وأضف عشرة أو ٢٠ بالمائة إلى الناتج. إذا لم تجد فاصم أو قاطع دورة له نفس قيمة التيار التي حصلنا، عليها استعمل القيمة القياسية التالية الأكبر وليس الأصغر.

وعندما نختار فواصم أو قواطع الدورة للاستعمال مع المحركات الكهربائية، مثل خطوط تجهيز القدرة لمعدات النفخ blowers أو غيرها فيجب أن نستعمل أنواع بطيئة الانصهار أو كما يقال بطيئة السقوط. عندما يبدأ المحرك motor بالعمل قد يسحب عشر مرات بقدر التيار الذي يسحبه في الاشتغال الاعتيادي، إلى أن تصل سرعة دوران محوره إلى سرعة العمل الاعتيادية. وهذا قد يستغرق ٣٠ ثانية في المنافخ الكبيرة large blower . مثل حالة الحمل العالي هذه قد تقطع الفواصم ذات الاستجابة السريعة أو الاعتيادية fast or normal blow fuses . ومع دوائر أشباه الموصلات ذات القدرة الواطئة، استعمل مصاهر، سريعة الانقطاع fast blow fuses . ومن الاسم فإن هذه الفواصم تنقطع بسرعة كبيرة جدا ما أن تتجاوز قيمة التيار المسحوب إلى أكثر من ١٠%.

المحولات Transformers

و تقدير الفولت أمبير Volt Ampere rating :

عدد الفولت أمبير الذي تجهزه المحولة يعتمد على نوع المرشح المستعمل (هل يمتلك دخول نوع المتسعة أم نوع الملف الخانق choke)، وكذلك على نوع عناصر التقويم rectifier المستعملة (هل هو موجة كاملة نوع التفريعة الوسطية أم موجة كاملة نوع القنطرة) .

فمع النوع ذو دخول المتسعة تكون ظاهرة الحرارة heating effect في الملف الثانوي أكبر بسبب أن نسبة تيار القمم Peak current إلى معدل التيار average current تكون مرتفعة. وتيار القمم peak current هو الذي يؤخذ في الحسبان عند استعمال مرشح ذو دخول سعوي. مقدار الفولت أمبير الذي نحصل عليه من المحولة قد يكون عدة مرات أكبر من مقدار الواط Watt المجهز إلى الحمل. والفولت أمبير لابتدائي المحولة يكون أعلى من الجميع بسبب الفقد الطبيعي الموجود في المحولة.

قطع غيار المحولات لأجهزة التلفزيون وأجهزة الإرسال

Broadcast and television replacement transformers

محولات القدرة التي تباع كأدوات احتياطية لأجهزة الاستقبال التلفزيوني تصمم في الغالب لتخدم على مدى ساعات عديدة بشكل مستمر مع مرشح تنعيم له متسعة في مدخله capacitor input filter. أما الأنواع الاعتيادية من المحولات المستعملة في صيانة مرسلات الهواة، حيث يتم سحب معظم القدرة عند الإرسال بفترات متقطعة تصل إلى عدة دقائق مع توقف مماثل فيما بين الفترات، يكون من الممكن تجاوز القيم المقننة للقدرة المسحوبة من المحولة التي تقدم في نشرات البيانات دون الخوف من حدوث تسخين زائد للمحولات.

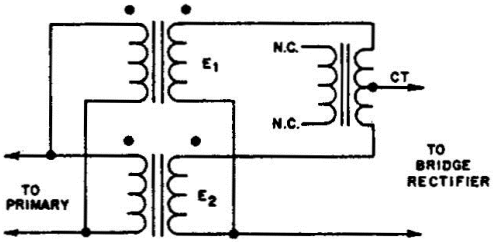
مع المرشحات ذات دخول المتسعة، يكون من الآمن سحب ٢٠ إلى ٣٠ بالمائة من التيار أكثر من القيمة المقدرة لإمكانية المحولة. بينما مع المرشحات ذات دخول الملف الخانق، فإن الزيادة في التيار بمقدار حوالي ٥٠% يكون مسموحا به. فإذا ما استعمل مقوم نوع القنطرة bridge rectifier فإن الفولتية الخارجة ستزداد بما يقرب الضعف. وهذا يؤدي إلى الحصول على ضعف القدرة المقننة التي تجهزها المحولة. لذا وفي هذه الحالة يتعين على المرسلة أن تسحب قيمة التيار المقننة للمحولة وليس أكثر من ذلك.

ولا ينطبق هذا على محولات تغذية اللوح لصمامات مرسلات الهواة، إذ إنها مهيأة لتعمل بشكل متقطع.

ربط المحولات على التوازي Transformers in parallel :

الملفات الثانوية في محولات القدرة يمكن أن توصل على التوازي للحصول على قيمة تيار أكبر مما لو نحصل عليه من محولة واحدة. والتطبيق الذي يدفعنا إلى هذا الإجراء بشكل شائع هو أجهزة الاستقبال إرسال transceiver العاملة من مصدر ذو 12V (وذلك لعظم التيار الذي تحتاجه عند الإرسال وبقدرة 100W أو أكثر). وأحد المشاكل المرتقبة في هذا الشأن هو مساواة التيار equalizing بين المحولتين.

مخطط ربط محولتين متشابهتين تراه في الشكل٢. ويستعمل محث Inductor لمعادلة equalize التيار، وقد استعمل في الشكل ملف ثانوي ذو الفولتية الواطئة لمحولة تجهيز المسخنات ذات الفولتية الواطئة. ((وهذه المحولة معروفة جيدا في أجهزة الراديو المنزلي ذات المنشأ الأمريكي حيث تستعمل لتجهيز المسخنات بينما تستعمل المقاومة ذات القدرة العالية ballast لتغذية ألواح الصمامات بعد تقويم جهد المصدر وتمريره خلالها. وقد أنتج من هذه المحولة كميات كبيرة لذا نجدها إلى اليوم تباع وتشترى في أسواق الولايات المتحدة. وهي محولة خافضة إلى 12 فولت وتيار 2 أمبير وتشبه أي محولة صينية خافضة موجودة الآن في أسواقنا)).



الشكل٢ أحد الطرق لمساواة **equalizing** محولتين موصلة على التوازي.

اللفات الثانوية لمحولة المسخنات هذه ترى الفرق فقط بين E1 و E2.

وفي الحالة المثالية فإن (E1=E2)، التيار متساو لكنه باتجاه متعاكس في اللفات ذات التفريعة الوسطية center tapped winding. وبذا لا يوجد فيض flux خالص، وعليه لا توجد فولتية محتثة inductive voltage drop. وفي الحالة المثالية لا يوجد فقد no loss.

عندما تصبح E1 غير مساوية إلى E2، فإن فولتية الدائرة المفتوحة عند التفريعة الوسطية تكون:

(E2 – E1) ½ + E2

((تقرأ العلاقة من اليمين إلى اليسار)) فإذا ما كان الفرق بين E1 و E2 قليل جدا، تكون التيارات تقريبا متساوية وسيكون فقد المحولة الاعتيادي transformer loose هي المفقودات الأساسية.

إعادة لف محولات القدرة Rewinding power transformers:

لف محولات القدرة هي من المهمات التي نادرا ما يلتفت إليها الهواة، إعادة اللف تكون للملف الثانوي للحصول على فولتية مرغوبة وهي ليست بالأمر الصعب. وهي مسألة تتطلب القليل من اللفات وأن لا يكون قطر السلك نحيفا إلى درجة لا يمكن مسكه باليد والتعامل معه.

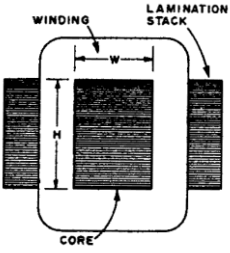
والمعتاد أن يتم تحوير محولات القدرة للمستقبلات receivers ذات ملف الفولتية العالية المحترق أو محولات القدرة لأجهزة التلفزيون TV set إلى ما يلاءم بالقليل من الجهد وبكلفة بسيطة جدا.

محولة القدرة لأجهزة التلفزيون ذات شاشة 17inch أو أكبر تكون ملائمة لتجهيز قدرة من ٣٥٠ إلى ٤٥٠ واط بأداء مستمر. ((محولات القدرة في أجهزة التلفزيون القديمة أمر شائع في الولايات المتحدة وليس الأمر كذلك في العراق)).

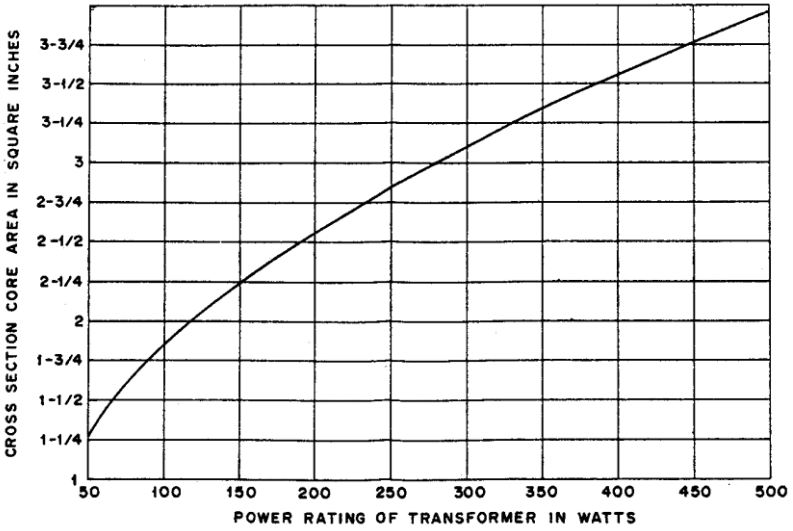
فإذا ما كانت النية في تجهيز مرسلة هواة بالقدرة اللازمة، حيث لا تعمل بشكل متواصل، لذا يمكن زيادة مقدار القدرة المسحوبة إلى ٤٠ أو ٥٠ بالمائة بدون مخاطر زيادة تحميل المحولة.

مقدار (الفولت امبير) للمحولة التي ننوي إعادة لفها إذا ما عُلِم، يمكن أن يستعمل لإدراك مقدار القدرة التي تحولها المحولة. الفولت امبير للملف الثانوي ستكون ١٠ إلى ٢٠ بالمائة أقل من الابتدائي. ويمكن إدراك مقدار القدرة المقننة power rating التقريبي لمحولة من معرفة مساحة

المقطع للقلب داخل اللفات. الشكل٣ يبين الطريقة التي يمكن من خلالها معرفة المساحة، والشكل٤ يمكن استعماله لتحويل هذه المعلومة إلى مقدار القدرة power rating التي تحولها المحولة.



الشكل٣ رسم مقطعي لمحولة قدرة نموذجية، اضرب الارتفاع (أو مجموع ثخانة الألواح Laminations) في عرض مركز القلب؛ قيمة المساحة بالانج هي القيمة التي يجب تطبيقها على المحور العمودي للمخطط في الشكل٤.



الشكل٤ القدرة التي يمكن أن تنقلها محولة كدالة إلى مساحة مقطع القلب Cross-sectional area of core لتلك المحولة. ((بإمكانك أن تستعمل الطريقة التي قدمتها عند الحديث عن العاكسات في الإصدارات السابقة وهي أوضح وأدق من هذه الطريقة ... المؤلف)).

قبل فصل توصيلات الملفات من بتلات اللحام للدائرة، يتعين تأشير كل سلك ليسهل التعرف إليه. وعند تفكيك الألواح laminations التي يتألف منها القلب، يجب الانتباه إلى ملاحظة الطريقة التي جرى بها تجميع القلب، وبذا يمكن إعادة التجميع بنفس الطريقة. في معظم المحولات يتم لف الثانوي فوق الملف الابتدائي، بينما في أنواع أخرى يلف الابتدائي فوق الثانوي. وفي حالة كون

الملف الثانوي في الداخل يمكن نزع اللفات بسحبها إلى الخارج من المركز، بعد حز وسحب القلب العازل الملفوفة عليه إلى الخارج. ويتعين حساب اللفات التي تفتح من إحدى ملفات محولات تغذية الفتائل ذات الفولتية المعلومة بعناية عند الفتح. ومن هذا العدد يمكن استخراج مقدار (الفولت لكل لفة) الخاص بالمحولة أو ما يسمى بعدد اللفات لكل فولت turns per volt والاصطلاحين ذي معنى واحد؛ وهذا الرقم لاستخراج عدد اللفات للملف الثانوي الجديد. وعلى سبيل المثال، إذا كانت الفولتية التي يولدها ملف محولة تغذية الفتائل القديم بمقدار ٥ فولت ويمتلك ١٥ لفة، حيث ١٥ تقسيم ٥ = ٣ لفة لكل فولت. فإذا ما كان الملف الثانوي الجديد نرغب في أن يجهزنا ١٨ فولت، فإن العدد الصحيح للفات الملف الجديد سيكون ١٨ × ٣ = ٥٤ لفة.

وعند لف المحولات فإن مساحة مقطع السلك يكون عامل مهم بخصوص الحرارة التي تولدها المحولة أثناء العمل. مساحة مقطع تبلغ ١٠٠٠ مل دائري circular mils لكل أمبير per ampere (cmil/A) هي قيمة كانت تستعمل في السابق، القيمة التي غالبا ما تستخدم في المحولات المستخدمة من قبل الهواة تبلغ 700 cmil/A . وكلما كبر الرقم الناتج من cmil/A تكون المحولة (أبرد) أثناء العمل. قيمة التيار بالأمبير للأسلاك المختلفة الأحجام تجدها في جدول الأسلاك النحاسية المقدم فيما يلي.

إذا ما كانت المحولة التي نروم إعادة لفها هي محولة مسخنات، يكون من الضروري اختيار قياس السلك wire size بعناية ليملأ الحيز الصغير المتوفر. من جانب آخر إذا ما كانت المحولة هي محولة قدرة ولها ملف لتوليد الفولتية العالية قد تم رفعه، سيكون هنالك حيز واسع لاستعمال قياس سلك يؤمن نقل التيار اللازم. بعد أن تلف الطبقة الأولى، ثبت النهايات باستعمال شريط السيليلوز.

Wire Size A. W. G. (B&S)	Diam. in Mils[1]	Circular Mil Area	Turns per Linear inch (25.4 mm)[3] Enamel	S.C.E.	D.C.C.	Cont.-duty current[1] single wire in open air	current[1] wires or cables in conduits or bundles	Feet per Pound (0.45 kg) Bare	Ohms per 1000 ft. 25° C	Current Carrying Capacity at 700 C.M. per Amp.[4]	Diam. in mm.	Neares British S.W.G. No.
1	289.3	83690	—	—	—	—	—	3.947	.1264	119.6	7.348	1
2	257.6	66370	—	—	—	—	—	4.977	.1593	94.8	6.544	3
3	229.4	52640	—	—	—	—	—	6.276	.2009	75.2	5.827	4
4	204.3	41740	—	—	—	—	—	7.914	.2533	59.6	5.189	5
5	181.9	33100	—	—	—	—	—	9.980	.3195	47.3	4.621	7
6	162.0	26250	—	—	—	—	—	12.58	.4028	37.5	4.115	8
7	144.3	20820	—	—	—	—	—	15.87	.5080	29.7	3.665	9
8	128.5	16510	7.6	—	7.1	73	46	20.01	.6405	23.6	3.264	10
9	114.4	13090	8.6	—	7.8	—	—	25.23	.8077	18.7	2.906	11
10	101.9	10380	9.6	9.1	8.9	55	33	31.82	1.018	14.8	2.588	12
11	90.7	8234	10.7	—	9.8	—	—	40.12	1.284	11.8	2.305	13
12	80.8	6530	12.0	11.3	10.9	41	23	50.59	1.619	9.33	2.053	14
13	72.0	5178	13.5	—	12.8	—	—	63.80	2.042	7.40	1.828	15
14	64.1	4107	15.0	14.0	13.8	32	17	80.44	2.575	5.87	1.628	16
15	57.1	3257	16.8	—	14.7	—	—	101.4	3.247	4.65	1.450	17
16	50.8	2583	18.9	17.3	16.4	22	13	127.9	4.094	3.69	1.291	18
17	45.3	2048	21.2	—	18.1	—	—	161.3	5.163	2.93	1.150	18
18	40.3	1624	23.6	21.2	19.8	16	10	203.4	6.510	2.32	1.024	19
19	35.9	1288	26.4	—	21.8	—	—	256.5	8.210	1.84	.912	20
20	32.0	1022	29.4	25.8	23.8	11	7.5	323.4	10.35	1.46	.812	21
21	28.5	810	33.1	—	26.0	—	—	407.8	13.05	1.16	.723	22
22	25.3	642	37.0	31.3	30.0	—	5	514.2	16.46	.918	.644	23
23	22.6	510	41.3	—	37.6	—	—	648.4	20.76	.728	.573	24
24	20.1	404	46.3	37.6	35.6	—	—	817.7	26.17	.577	.511	25
25	17.9	320	51.7	—	38.6	—	—	1031	33.00	.458	.455	26
26	15.9	254	58.0	46.1	41.8	—	—	1300	41.62	.363	.405	27
27	14.2	202	64.9	—	45.0	—	—	1639	52.48	.288	.361	29
28	12.6	160	72.7	54.6	48.5	—	—	2067	66.17	.228	.321	30
29	11.3	127	81.6	—	51.8	—	—	2607	83.44	.181	.286	31
30	10.0	101	90.5	64.1	55.5	—	—	3287	105.2	.144	.255	33
31	8.9	80	101	—	59.2	—	—	4145	132.7	.114	.227	34
32	8.0	63	113	74.1	61.6	—	—	5227	167.3	.090	.202	36
33	7.1	50	127	—	66.3	—	—	6591	211.0	.072	.180	37
34	6.3	40	143	86.2	70.0	—	—	8310	266.0	.057	.160	38
35	5.6	32	158	—	73.5	—	—	10480	335	.045	.143	38-39
36	5.0	25	175	103.1	77.0	—	—	13210	423	.036	.127	39-40
37	4.5	20	198	—	80.3	—	—	16660	533	.028	.113	41
38	4.0	16	224	116.3	83.6	—	—	21010	673	.022	.101	42
39	3.5	12	248	—	86.6	—	—	26500	848	.018	.090	43
40	3.1	10	282	131.6	89.7	—	—	33410	1070	.014	.080	44

[1]A mil is 0.001 inch. A circular mil is a square mil × π/4. The circular mil (c.m.) area of a wire is the square of the mil diameter.
[2]Figures given are approximate only; insulation thickness varies with manufacturer.
[3]Max. wire temp. of 212° F (100° C) and max. ambient temp. of 135° F (57° C).
[4]700 circular mils per ampere is a satisfactory design figure for small transformers, but values from 500 to 1000 c.m. are commonly used.

جدول الأسلاك النحاسية من نفس المصدر.

وكل طبقة يجب أن تكون معزولة عن التي فوقها. ويمكن استعمال الورق المشمع الذي يستعمل في المنزل؛ ((وهذا الورق يستعمله الأمريكيون كورق لتغليف الأطعمة أو كأكياس ورقية لا تتأثر بالماء، ويصنع من ورق اعتيادي يغمس في الشمع المنصهر؛ ذلك لأن القانون في ذلك البلد يحظر استعمال البلاستك (النايلون) في صنع الأكياس، لصعوبة تحللها في النفايات أولاً وإذا ما أحرقت تنتج عنها غازات سامة مسرطنة للإنسان. وقد قدمت الصحافية أسماء الخالدي في جريدة الصباح تقريراً رائعا بيّن فيه الخبير البيئي محمود محمد مخلف مخاطر السرطان بسبب حرق النفايات الحاوية على أكياس البلاستك؛ بينما الورق المشمع يحترق بشكل آمن دون إحداث أي غازات سامة.)) طبقة واحدة من هذا الورق فوق اللفة تكون كافية. وتُحظّر قطع الورق سلفا ليتم تثبيتها بالشريط اللاصق أثناء اللف. تأكد من إخراج جميع التوصيلات للملف من نفس الجانب حيث يمكن إعادة الأغطية المعدنية للمحولة عند الانتهاء من اللف. ((الأغطية المعدنية فوق اللفات على جانبي المحولة تتميز بها المحولات من المصنع الأمريكي دون غيرها، ذلك لأن المصنع يتبع قوانين السلامة في بلده)). وعند لف الطبقة الأخيرة، استعمل قطعتين من الورق المشمع، ثم غلفها

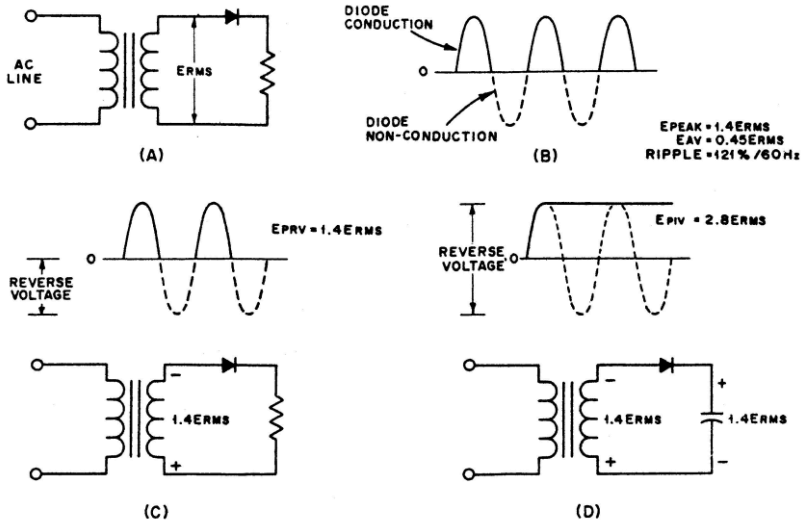
بشريط الفينيل الكهربائي، واجعله مشدودا قدر الإمكان. هذا سيضيف قوة ميكانيكية إلى المجموعة التي جرى الانتهاء منها.

يتم إعادة تجميع الألواح lamination التي يتألف منها القلب وذلك بعكس العملية التي جرى بها التفكيك. استعمل طبقة رقيقة من (الشلاك) shellac بين كل لوح من الألواح. وخلال عملية التجميع يمكن كبس مجموعة الألواح بمساعدة ملزمة (منكنة) vice. وإذا لوحظ إن القطعتين الأخيرتين من الألواح يصعب تجميعها يكون من الأجدى حذفها بدلا من محاولة إدخالها بالقوة.

المقومات أو الموحدات Rectifiers

مقومات نصف الموجة Half-wave rectifier :

الشكل٥ يبين دائرة مقوم بسيط لنصف الموجة. والمقوم المستعمل من أشباه الموصلات semiconductor diode يوصل التيار في اتجاه ولا يوصل عندما يعكس التيار اتجاهه. وخلال نصف دورة التيار المتناوب، فإن المقوم يوصل ويمر التيار خلاله إلى الحمل (المبين بخط مستمر غير مقطع في الشكل B٥). خلال نصف الموجة الآخر، يكون الثنائي منحاز عكسيا ولا يمر تيار خلاله (المبين بالخط المنقط في الشكل B٥) إلى الحمل.



الشكل٥ دائرة مقوم نصف موجة. في A تجد توضيح للدائرة الأساسية، وفي B بيان للفترات التي يكون فيها الثنائي موصلاً وغير موصلاً. الفولتية العكسية الذروية على طرفي الثنائي تراها في C و D مع حمل مقاومي في C وحمل سعوي في D. تكون E_{PIV} مساوية لـ $E+_{RMS} \times 1.4$ في حالة الحمل المقاومي ومساوية إلى $E_{RMS} \times 2.8$ للحمل السعوي.

وكما يظهر فإن تيار الحمل يكون بصيغة تيار مستمر نابض pulsed dc . والتيار يمر دائما بنفس الاتجاه . يمكن استعمال مرشح لتنعيم الخارج من مجهز القدرة ويحقق متوسط average فولتية مستمرة أعلى خارجة من الدائرة . سيتم تغطية هذه الفكرة لاحقا .

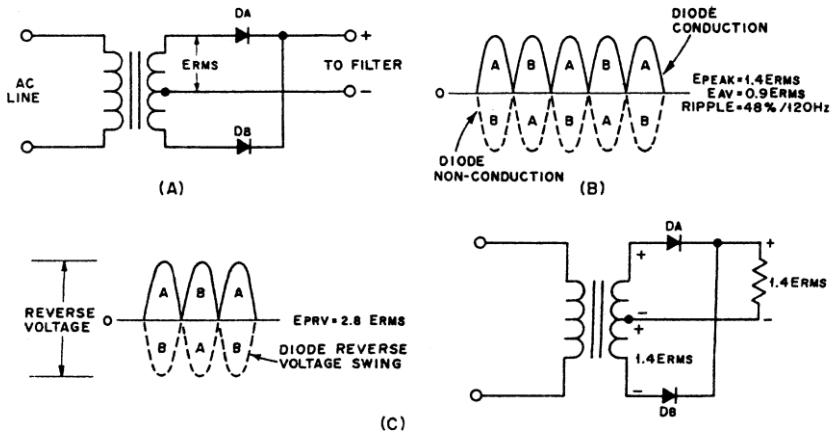
متوسط الفولتية الخارجة – وهي الفولتية الخارجة التي يقرأها مقياس الفولتية المستمرة dc voltmeter – ومع الدائرة الموضحة في الشكل5A حيث لا يوجد مرشح موصل تبلغ هذه الفولتية 0.45 مرة بقدر قيمة فولتية جذر متوسط التربيع RMS للفولتية المتناوبة المجهزة من قبل الملف الثانوي للمحولة ((لاحظ إن جميع أجهزة قياس الفولتية المتناوبة الموجودة في الأسواق إنما تصمم لتقرأ جذر متوسط التربيع RMS للفولتية المتناوبة المقاسة)) . وبسبب إن تردد النبضات واطئ (نبضة واحدة لكل دورة)، يتعين اخذ الترشيح بنظر الاعتبار لتحقيق تنعيم كاف للتيار المستمر dc الخارج . ولهذا السبب فإن الدائرة تتحدد للتطبيقات التي يلزمها تيار قليل مثل تجهيز الانحياز للمرسلات Transmitter bias supply .

الفولتية العكسية الذروية Peak inverse voltage PIV، وهي الفولتية التي يتعين على المقوم أن يتحملها عندما لا يكون في الاتجاه الأمامي وتتغير تبعا للحمل . فمع الأحمال المقاومية، تكون هي الفولتية الذروية للتيار المتناوب (وتبلغ 1.4 بقدر جذر متوسط التربيع 1.4 E RMS) . ومع مرشح ذو مدخل سعوي وحمل يسحب تيار قليل أو لا يسحب تيار، يمكن أن ترتفع إلى 2.8 E RMS سبب هذا تراه في الشكل 5C والشكل 5D عندما يكون الحمل مقاومي كما تراه في C، فإن مقدار الفولتية المسلطة على الثنائي هي الفولتية أسفل خط محور الصفر zero-axis line، أو هي 1.4 جذر متوسط التربيع 1.4 E RMS . توصيل المتسعة إلى الدائرة تراه في D ستخزن الفولتية الذروية عندما يوصل الثنائي خلال النبضة الموجبة . فإذا لم تكن الدائرة تجهز أي تيار ستبقى الفولتية على طرفي المتسعة كما هي عند نفس المستوى . الآن تصبح الفولتية العكسية المسلطة على الثنائي هي مجموع الفولتية المخزونة في المتسعة زائدا القيمة الذروية السالبة من ثانوي المحولة . في هذه الحالة تكون الفولتية الذروية العكسية PIV مساوية إلى 2.8 E RMS .

مقومات الموجة الكاملة ذات التفريعة الوسطية Full-wave center-tap rectifier:

مقوم شائع الاستعمال تراه في الشكل٦ . وتتمثل الفكرة في جمع الخارج من الثنائيين وبذا يمكن الاستفادة من كلا نصفي دورة التيار المتناوب . لذا نستعمل محولة ذات ثانوي ذو تفريعة وسطية مع الدائرة .

متوسط الفولتية الخارجة من الدائرة تبلغ 0.9 فولتية جذر متوسط التربيع RMS لنصف ثانوي المحولة؛ وهذا هو أقصى ما يمكن الحصول عليه عند استعمال مرشح له خانق في مدخله .



الشكل٦ دائرة مقوم موجة كاملة تتغذى من ملف محولة ذو تفريعة وسطية. في A ترى الدائرة الأساسية. توصيل الثنائي تراه في B حيث توصل الثنائيات A و B على التعاقب. الفولتية الذروية العكسية لكل ثنائي هي 2.8 × E_{RMS} كما موصوف بالرسم في C.

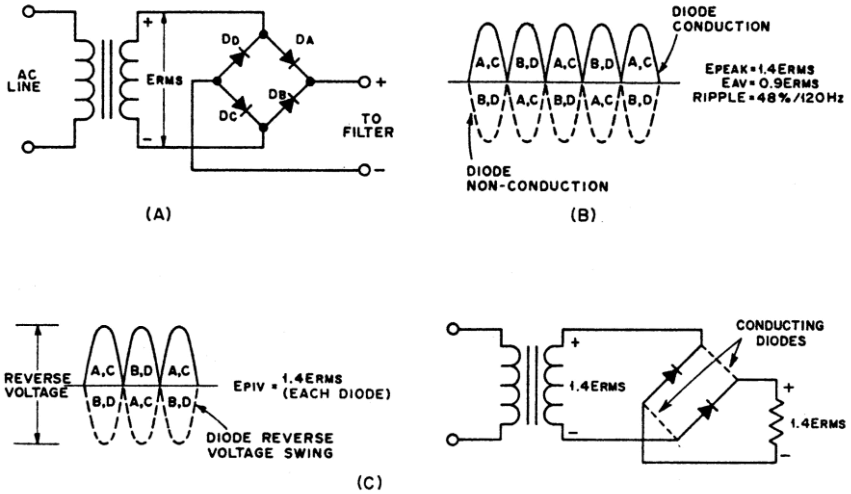
الفولتية الذروية الخارجة تكون 1.4 مرة بقدر فولتية RMS لنصف فولتية الملف الثانوي للمحولة؛ وهذه هي اقصى فولتية يمكن الحصول عليها من مرشح ذو متسعة في مدخله capacitor-input filter.

وكما ترى في الشكل6C فإن الفولتية العكسية الذروية PIV على كل ثنائي لا تعتمد على نوع الحمل عند الخارج. وهذا بسبب أن الفولتية الذروية المعاكسة تحدث عندما الثنائي A يوصل والثنائي B لا يوصل. القمم السالبة والموجبة تحدث بالضبط في نفس الوقت والحالة تختلف عن تلك في دائرة نصف الموجة. وعندما تصل كاثودات الثنائيات cathodes of diodes A و B إلى القمة الموجبة أي 1.4 فولتية جذر متوسط التربيع E_{RMS} ، فإن الأنود للثنائي B سيكون عند القمة السالبة، والتي هي كذلك 1.4 من فولتية جذر متوسط التربيع E_{RMS} ، ولكن بالاتجاه المعاكس. لذا فإن الفولتية العكسية الذروية الكلية ستكون 2.8 فولتية جذر متوسط التربيع E_{RMS} المتناوبة.

الشكل٦B يبين أن تردد النبضات الخارجة هو ضعف عن ما هو عليه في دائرة مقوم نصف الموجة. وكمقارنة فإنه يحتاج إلى ترشيح أقل. وطالما المقومات تعمل على التعاقب، فإن كل واحد سينقل نصف تيار الحمل. لذا فإن قيمة التيار المقننة لكل ثنائي current rating يمكن أن تكون نصف التيار الكلي المسحوب من المصدر.

مقوم القنطرة للموجة الكاملة Full-wave bridge rectifier :

دائرة تقويم أخرى شائعة الاستعمال موضحة في المخطط في الشكل٧.



الشكل٧ دائرة تقويم موجة كاملة تستعمل قنطرة الموحدات. في A تجد الدائرة الأساسية. توصيل الثنائيات تراه في B حيث توصل الثنائيات A و C عند نصف دورة الموجة الداخلة بينما الثنائيات B و C توصل في نصف الدورة الآخر. في C ترى توضيح للفولتية العكسية الذروية لنصف دورة واحدة. وطالما اثنان من الثنائيات في حالة انحياز عكسي فإن $1.4E_{RMS}$ ستكون واقفة على كل ثنائي.

في هذا الترتيب تعمل اثنان من المقومات على التوالي عند كل نصف دورة من دورات التيار المتناوب، ومقوم واحد يكون عبر الموصل إلى الحمل، والآخر يكون عند التوصيل الراجع. وكما ترى في الشكل٧ A و B، عندما يكون الموصل العلوي لثانوي المحولة موجبا نسبة إلى الموصل الأسفل، فإن الثنائيين A و C ستوصل بينما B و D تكون منحازة عكسيا. وعند نصف الدورة القادم، عندما يصبح الموصل العلوي للمحولة سالب نسبة إلى الموصل الأسفل، فإن الثنائيات B و D ستوصل بينما الثنائيات A و C ستنحاز عكسيا. شكل الموجة الخارج هو نفسه كما مع دائرة مقوم الموجة الكاملة البسيطة ذات التفريعة الوسطية. أعظم فولتية خارجة على طرفي حمل مقاومي أو مرشح له ملف خانق في مدخله تبلغ 0.9 مرة بقدر فولتية جذر متوسط التربيع RMS المجهزة من قبل ثانوي المحولة، بينما نجد الفولتية الخارجة مع مرشح ذو متسعة وحمل خفيف تبلغ 1.4 مرة بقدر فولتية جذر متوسط التربيع RMS والخارجة من الملف الثانوي للمحولة.

الشكل C٧ يبين الفولتية العكسية البالغة $1.4E_{RMS}$ لكل ثنائي. عندما يتناوب زوج من الثنائيات (مثل A و D) بالتوصيل، الثنائيات الأخرى موصلة أساسا إلى الدائرة على التوازي ولكنها بانحياز معكوس.

الإجهاد العكسي على الثنائيات سيكون 1.4 E RMS . كل زوج من الثنائيات توصل معا على التعاقب عند كل نصف دورة ويمر خلالها كامل تيار الحمل. وطالما إن كل ثنائي لا يوصل خلال نصف الدورة الأخرى فإن متوسط التيار هو نصف تيار الحمل الكلي المسحوب من المصدر.

وكمقارنة بين دائرة مقوم الموجة الكاملة ذو التفريعة الوسطية، ودائرة مقوم الموجة الكاملة ذو قنطرة الثنائيات Bridge-rectifier، يمكن أن نلاحظ إن كلا الدائرتين تحتاج تقريبا نفس متطلبات التقويم طالما التفريعة الوسطية تمتلك نصف عدد الثنائيات، لكن يتعين على هذه الثنائيات أن تتحمل ضعف قدر الفولتية العكسية التي تتحملها ثنائيات القنطرة. لكن مقدار التيار الأمامي current ratings الذي يسمح للثنائي بتمريره هو نفسه عند كلا الدائرتين.

دائرة القنطرة توفر أحسن استخدام لثانوي محولة القدرة مقارنة مع دائرة التفريعة الوسطية، طالما إن كامل لفات المحولة تجهز قدرة خلال كلا نصفي الدورة، بينما كل نصف لثانوي التفريعة الوسطية يجهز قدرة فقط خلال نصف الدورة الموجب خاصته. فإن مقوم القنطرة غالبا يأخذ المرتبة الثانية نسبة إلى مقوم الموجة الكاملة ذو التفريعة الوسطية عند التطبيقات التي تتطلب تيار عالي وفولتية قليلة، إذ طالما اثنان من الثنائيات ستوصل على التوالي وهذا يتطلب وقوف جهد الحاجز السطحي على كل ثنائي فإنها تتسبب في فقد فولتية إضافي، والمزيد من الحرارة ستبدد مما هو عليه الحال مع ثنائي مفرد في دائرة التفريعة الوسطية.

مقادير التحمل لثنائيات أشباه الموصلات Semiconductor rectifier rating

تستعمل مقومات السيلكون باطراد في مجهزات القدرة Power supplies المصممة لاستخدامات الهواة. وهي متوفرة بمقادير واسعة من مقادير التحمل المقننة لكل من التيار والفولتية current rating. فعند قيم الفولتية العكسية PIV البالغة 600V أو أقل يمكن لثنائيات السيليكون أن تمرر قدر من التيار لغاية ٤٠٠ أمبير. وعند فولتية عكسية ذروية تبلغ 1000 PIV، يمكن أن يكون التيار الذي يستطيع الثنائي تمريره عدة أمبيرات. وتصغير ثنائيات السيليكون يتيح لنا أن نصنع كدس منها على التوالي لبلوغ فولتيات أعلى. وهذه الأكداس متوفرة تجاريا وبإمكانها أن تتحمل 10000 PIV عند تيار حمل مستمر يبلغ 1A أو أكثر.

حماية ثنائيات القدرة المصنوعة من السيكولون Protection of Silicon power diodes :

تتمثل المواصفات Specifications المهمة لثنائيات السيليكون في النقاط التالية:

١) الفولتية الذروية العكسية PIV The peak inverse voltage.

٢) مقدار متوسط التيار I_O The average dc current rating .

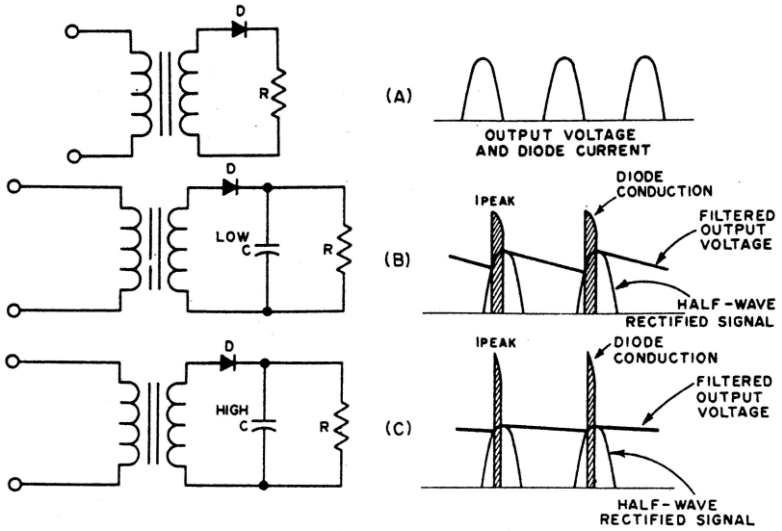
٣) التيار الذروي المتكرر في الاتجاه الأمامي I_{REP} The peak repetitive forward.

٤) تيار غير متكرر، ذروي عند نصف الموجة الجيبية لفترة 8.3 ملي ثانية (نصف دورة واحدة من تردد الخط البالغة 60Hz) I_{Surge} anon repetitive, Peak half-Sine wave of 8.3ms duration (one-half Cycle of 60Hz Line frequency).

الصفتين الأوليتين تجدها في معظم كتب البيانات catalogs. ولكن الصفتين الأخريين لا تجدها غالبا لكنها مهمة جدا.

بسبب كون الثنائي لا يسمح بمرور التيار إلا في نصف الزمن، عندما يوصل عليه أن يمرر على الأقل ضعف متوسط التيار المستمر average direct current. مع وجود مرشح ذو مدخل سعوي

capacitor input filter، فإن المقوم يوصل لفترة أقل بكثير من نصف الزمن، وعندما يوصل فإنه في حالات معينة قد يمرر تيار يبلغ صعودا لغاية عشرة أضعاف أو عشرون ضعفا بقدر متوسط التيار المستمر average dc current . وهذا ما يمكن أن تشاهده في الشكل8.



الشكل٨ الدائرة الموضحة في A هي مقوم نصف موجة بسيط مع حمل مقاومي. الشكل الموجي الذي تراه إلى اليمين هو للفولتية والتيار الخارجين. في B ترى توضيح للتحوير الذي طرأ على تيار الثنائي بسبب إدراج متسعة المرشح في الدائرة. الثنائي يوصّل فقط عندما تكون الفولتية بعد التقويم أكبر من الفولتية المخزونة في المتسعة. وطالما زمن هذه الفترة هو في الغالب فترة قصيرة من الدورة ككل لذا ستكون قمة التيار مرتفعة بشدة. في C ترى قمة تيار مرتفعة كذلك. لأننا استعملنا قيمة كبيرة للمتسعة، فقد كان أثرها واضحا في تقصير فترة التوصيل للثنائي.

في A مقوم نصف موجة بسيط بحمل مقاومي. الشكل الموجي إلى يمين الرسم يبين الفولتية الخارجة وعلى طول المسار تجد تيار الثنائي. في B و C هنالك فترتان زمنيتان من فترات العمل تستحق أن نتمعن بها. بعد أن تشحن المتسعة إلى ذروة الفولتية التي جرى تقويمها Peak-rectified voltage، تأتي الفترة الزمنية التي لا يوصل فيها الثنائي عندما يتم تفريغ الفولتية من المتسعة إلى الحمل. وعند النبضة الموجبة القادمة عندما تبدأ الفولتية بالازدياد، نصل إلى نقطة وهي أن فولتية الثنائي تتساوى مع الفولتية المخزونة في المتسعة. وعند ارتفاع الفولتية بعد تلك النقطة، يبدأ الثنائي بتجهيز التيار. يستمر الثنائي بالتوصيل إلى أن يصبح الشكل الموجي مثل عرف الديك crest، كما هو بادي لنا وطالما على الثنائي أن يجهز تيار مساو إلى تيار الحمل خلال فترة زمنية قصيرة من الدورة، سيكون التيار كبيرا. وكلما كبرت المتسعة إزاء الحمل، كلما كان توصيل الثنائي لفترة زمنية أقصر وكلما كانت قمة التيار التكراري repetitive current (I_{REP}) أعلى.

وأول ما يتم تشغيل مجهز القدرة فإن المتسعات الفارغة تبدو للوهلة الأولى وكان فيها دورة قصيرة، ويمرر الثنائي تيار شديد جدا. هذا هو ما يعرف بتيار الحقن I_{SURG}. وتكون أقصى قيمة له دورية مع نصف دورة الموجة لتيار المصدر (عند 60Hz) أو حوالي ٨.٣ ملي ثانية. فإذا لم تتوفر ورقة بيانات المصنع DATA SHEET، يمكن حينئذ إجراء تخمين لمعرفة إمكانيات الثنائي وتستعمل هذه الطرق مع ثنائيات السيلكون التي غالبا ما تستعمل مع مجهزات القدرة للهواة Amateur power supplies :

القاعدة ١

أقصى مقدار rating I_{REP} يمكن أن يكون تقريبا أربع مرات لأقصى مقدار Io rating.

القاعدة ٢

أقصى مقدار I_{SURGE} يمكن أن يكون تقريبا ١٢ مرة بقدر Io rating. (ويتعين على هذا الرقم أن يوفر درجة معقولة من عامل السلامة safety factor. مقومات السيلكون ذات تحمل 750mA تيار مستمر مثلا، نادرا ما تمتلك معدلات لتيار الانجراف على مدى دورة واحدة 1cycle surge rating أقل من 15 أمبير؛ البعض تمتلك لغاية 35 أمبير أو أكثر. من هذا يجب أن ندرك أن المقوّمات يجب أن تنتخب استنادا إلى الأساس I_{surge} وليس إلى Io ratings.

الحماية الحرارية Thermal protection :

الوصلة junction الموجودة في داخل الثنائي هي صغيرة تماما؛ ويتعين عليها أن تمرر كثافة تيار عالية. لهذا ستكون إمكانية التخلص من الحرارة ضعيفة. واعتياديا لا تؤخذ هذه المشكلة بنظر الاعتبار في مجهزات التيارات الصغيرة والفولتيات العالية.

استعمال مقومات التيار العالي عند أو قرب معدلات تحملها القصوى maximum ratings (والغالب ٢ أمبير أو أكبر مع النوع stud mount rectifiers) حيث تتطلب أحد أشكال مسربات الحرارة heat sinking. وغالبا ما يتم تركيب المقوم rectifier على الشاسيه chassis المثبت عليها الجهاز بشكل مباشر، أو بعزله برقائق المايكا وهي كافية لهذا الغرض.

وإذا ما تم عزلها عن الشاسيه، فإن طبقة رقيقة من شحم السيليكون توضع بين الثنائي والعازل، وبين العازل والشاسيه، كضمان لتوصيل حراري جيد. المقومات الكبيرة ذات التيارات العالية تتطلب مبددات حرارة خاصة لإدامة درجة حرارة اشتغال آمنة. وأحيانا يستعمل الهواء بعد ضخه بواسطة مراوح كوسيلة إضافية للتخلص من الحرارة. الحرارة الآمنة لحاوية الثنائي غالبا لا تُعطى في ورقة بيانات المصنع ويجب أن ينظر إليها إذا ما كانت النية في الاستفادة من أقصى الإمكانيات للثنائي. أنظر قسم التصميم الحراري المقدم في نهاية الموضوع لزيادة المعلومات.

الحماية من انجراف التيار Surge protection :

في كل مرة يتم فيها تحفيز مجهز القدرة، يفترض في متسعة الدخول للمرشح أن تكون مفرغة، ويتعين على المقوم أن يجابه ما يشبه الدورة القصيرة. بعض أشكال الحماية من انجراف التيار

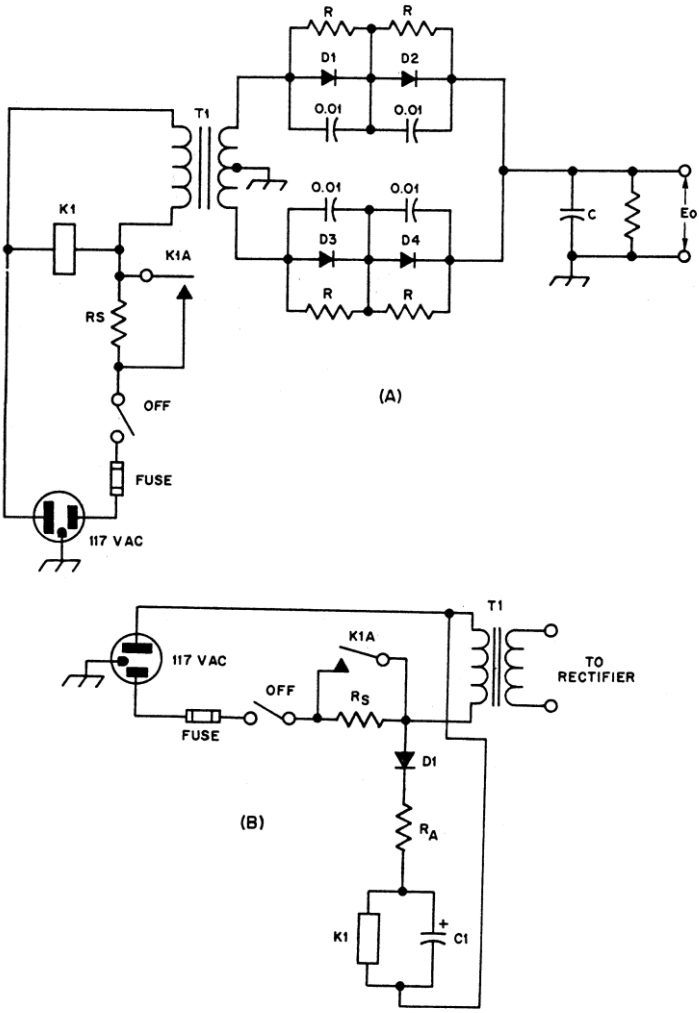
surge protection تكون ضرورية لحماية الثنائيات لحين أن تصبح المتسعات تقريبا مشحونة، إلا إذا كانت الثنائيات المستعملة تمتلك معدل تيار انجراف عالي جدا (بضع مئات من الأمبيرات).

كذلك فإن مقاومة ملف المحولة الثانوي إزاء التيار المستمر يمكن أن يعتبر كمحدد للتيار، وهذه النقطة نادرا ما تكون حقيقية مع مجهزات القدرة ذات الفولتية العالية. مقاومة توالي ممكن أن تدرج بين الملف الثانوي وسلك توصيل المقوم، لكنها ستكون معرقل إزاء إقرار جيد للفولتية. الطريقة الأحسن في حماية المقومات هي في تسليط فولتية ابتدائية واطئة إلى المحولة لفترة زمنية قصيرة (عمليا ١ إلى ٥٠ ثانية) إلى أن تشحن المتسعة. بعد أن تشحن المتسعة يمكن حينها تسليط كامل الفولتية الابتدائية. ويمكن لهذا الغرض استعمال محولة (أوتو) متغيرة A variable auto transformer وتسمى تجاريا فارياك variac أو باورستات powerstat لزيادة الفولتية تدريجيا. بعض المحولات يتم لفها باستعمال عدة ملفات ابتدائية، وبمساعدة مفاتيح من المرحلات relay switching يمكن إدراجها لرفع الابتدائي صعودا إلى كامل فولتية التشغيل.

الشكل 9 يبين عدة طرق لتحديد التيار الجارف آليا عند التشغيل. وفي كل حالة تكون RS مقاومة ذات قدرة ٢٥ وات وقيمتها 15 إلى 50 أوم، وتعتمد على خصائص مجهز القدرة. عند تشغيل مجهز القدرة، تتسبب RS في إحداث انحدار جهد على الملف الابتدائي الذي يغذي T1 إلى أن يشحن ملف k1، ويغلق التوصيلات وتفصل RS بأحداث دورة قصيرة حولها لتعمل المحولة بشكل اعتيادي.

في الدائرة التي تراها في الشكل9A، K1 يمتلك ملف له فولتية تشغيل هي نفس فولتية تشغيل الملف الابتدائي للمحولة T1. وعندما تصبح C قريبة من الشحن الكامل، تقل الفولتية المنحدرة عبر RS سامحة إلى K1 ليمسك. في الشكل9B يتحدد الزمن بين التشغيل ومسك المرحل K1 من خلال ثابت الزمن RC. في هذه الدائرة، يمتلك K1 ملف للتيار المستمر. ويمكن حساب زمن التأخير باستعمال العلاقة ((من اليسار إلى اليمين)) $T = R_{TH} C$

حيث :



الشكل٩ دائرة الملف الابتدائي للمحولة **T1** في **A** تبين كيف يمكن لترتيبه من مرحل **117** فولت **AC** ومقاومة انحدار جهد على التوالي معه، **RS** بإمكانها أن توفر حماية إزاء انجراف التيار **Surge Protection** عندما تشحن المتسعة **C**. في **B** تجد دائرة أخرى موصلة إلى الملف الابتدائي تستعمل عضو تأخير زمني مؤلف من مقاومة ومتسعة **RC time delay**. عند توصيل الثنائيات على التوالي للحصول على تحمل فولتية أكبر، فإن الفولتية العكسية لا تتوزع بالتساوي على جميع الثنائيات. ويمكن معادلة انحدار الفولتية على الثنائيات بمساعدة المقاومات عالية القيمة. لحماية أياً من ثنائيات المجموعة من التلف أمام النبضات العابرة الإبرية الشكل ذات الحواف الحادة. كل ثنائي يتعين تمريره بواسطة متسعة لها قيمة **0.01uF** وموصلة كما مبين؛ اثنان من الثنائيات السيلكون لها فولتية ذروية عكسية تبلغ **400-PIV** ممكن

أن توصل لتستعمل كثنائي له فولتية عكسية ذروية عكسية تبلغ **800-PIV**، ويكون من المستحسن أن نضع في اعتبارنا عامل الأمان ونقول إن تحمله يبلغ **750-PIV** . الثنائي **D1** إلى **D4**، يجب أن تكون من نفس النوع وتمتلك نفس القيم المقننة للتيار والفولتية.

T = الزمن بالثواني time

$$R_{TH} = \frac{RA \times RC}{RA + RC}$$

RA= مقاومة RA بالأوم

RC= مقاومة ملف K1 بالأوم

C= سعة C1 بالفراد

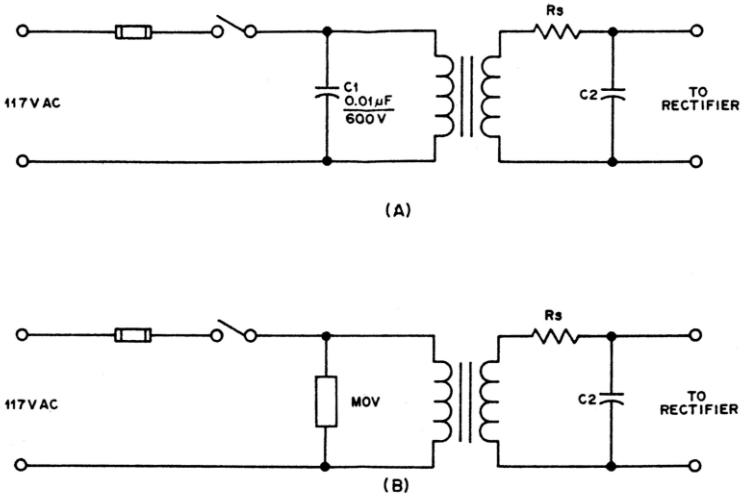
طريقة ثالثة لجعل K1 يمسك باستعمال مرحل له خاصية مسك متأخر مناسبة.

مشكلة النبضات العابرة Transient problems

وهي من أكثر الأسباب شيوعا في الأعطال والمشاكل الحادثة لأشباه الموصلات كالمقوّمات والثايروستورات، هي نبضات الفولتية اللحظية العابرة transient voltages التي ترد مع خطوط التيار المتناوب الناقلة للقدرة Ac power lines . وتتميز هذه النبضات بأنها حادة وابريه الشكل لها حافات شديدة الانجراف ولها أمد قصير، وأغلبها تتسبب مؤقتا في زيادة الجهود العكسية التي يراها الثنائي إلى قيم أعلى بكثير من فولتيات المحولة الاعتيادية.

تقطع هذه النبضات مسافات كبيرة لترد إلينا بعد أن يتسبب في حدوثها التفريغ ألشراري الذي يصاحب العواصف الرعدية والبرق، أو التشغيل والإيقاف للمحركات الكهربائية الضخمة، أو التفريغ الهالي حول خطوط الضغط العالي وما شابه ذلك. النبضات العابرة Transient تتسبب في أعطال غير مفهومة ولا يمكن تفسيرها لموحدات السيليكون Silicon rectifiers.

لذا يكون من الحكمة دائما أن نتخذ التدابير للتخلص من هذه النبضات أو على الأقل الإقلال من أثرها المدمر، ويمكن إجراء ذلك بسهولة. الشكل 10a يبين أحد هذه الطرق. المتسعة C1 تبدو كممانعة ذات 280K عند تردد الخط البالغة 60Hz، ولكن إزاء النبضات الحادة شديدة الانجراف (التي تمتلك مركبات تردد عالية) ستصبح ممر واطئ الممانعة لتمر عبره النبضات.



الشكل١٠ طرق تبديد Suppressing النبضات العابرة transients، أنظر الشرح.

توفر C2 حماية إضافية على جانب الملف الثانوي للمحولة. ويتعين عليها أن تمتلك قيمة 0.01uF لفولتيات من المحولة 100 فولت أو أقل، أو 0.001uf لمحولات الفولتيات المرتفعة.

الشكل10B يبين طريقة أخرى للتخلص من العابرات أو الفولتيات العابرة مستعملا بذلك فاريستور من الأكسيد المعدني Metal-oxide varistor (MOV). تكون نبائط الفايرستور عازلة في الحالة الاعتيادية وهي لا توصل إلى أن تتجاوز الفولتية الذروية حداً معينا وتصبح مرتفعة بشكل غير طبيعي. فإذا ما حدث ذلك تقوم بالتوصيل و قص قمم هذه الفولتيات العابرة إلى القيمة المثبتة على (MOV)، وهي القيمة التي بموجبها تم اختيار MOV.

الفولتيات العابرة ممكن أن تصل إلى فولتيات تبلغ ضعف فولتية الخط الاعتيادية قبل أن تبدأ المبددات Suppressors عملها بقص القمم (يقصد بالمبددات Transient-Suppression جميع الوسائل المتخذة لتبديد الفولتيات العابرة). والمتسعات هي الأخرى لا يمكنها أن تقدم تبديد للفولتيات العابرة على درجة عالية من الجودة. لذا تصبح فكرة جيدة في استعمال ثنائيات للتقويم في مجهزات القدرة لها قيم تحمُّل للفولتيات العكسية PIV تبلغ ضعف الفولتية العكسية المتوقعة.

((في الحياة العملية في بغداد، ترد معظم معدات الخدمة العامة مثل المحركات أو وحدات المصاعد أو مضخات الوقود أو غيرها مجهزة بمبددات للفولتيات العابرة MOV مرفقة إلى مجهزات قدرة المسيطرات الالكترونية لهذه المعدات؛ ويحدث نتيجة للأسباب الطبيعية أو بسبب ارتفاع الفولتية الجارف الذي حدث لمولدات التيار الكهربائي عند استعمالها في بداية انقطاع التيار الكهربائي إبان الحروب السابقة، أن تنهار هذه المبددات وتحترق، وعند احتراقها كان يصدر عنها سناج أسود كثيف جدا يترسب على باقي المكونات الالكترونية للوح ويصعب إزالته، جاعلا الوحدة ككل بلا فائدة. إلا إن التصميم الصحيح لمجهز القدرة يقتضي أن يفصل الفاصم قبل احتراق MOV،

فإذا ما كانت فرق الصيانة لا تستبدل الفواصم لعدم توفرها أو بسبب الإهمال، فإنهم كعادة الناس يستعملون أسلاك بدل الفاصم لتحترق MOV عند أول تجاوز لقيمة الفولتية المجهزة من المولدة، وما يتبعه من تلف اللوح. وقد انتبه المصنع الياباني إلى مشكلة تلف اللوح بكامله عند احتراق MOV فصارت ترد MOV على الألواح مبيتة في أكياس من مطاط السيليكون ومنعت بذلك اللوح من التلف عند احتراق أحد MOV.

إلا إن احتراق MOV وهو في داخل الكيس يمنع اللوح من أن يتلوث بالسواد، ويصاحبه انقطاع الفاصم. فإذا ما كانت فرقة الصيانة تضع سلكا بدلا من الفاصم، وتكتفي بقص MOV من اللوح وإزالتها بدلا من استبدالها. ليعود اللوح للعمل بدون MOV ليتعطل في المرة القادمة تعطلا مكلفا نتيجة تلف المكونات التالية من أشباه الموصلات.

هذا الذي ذكرته يبين أهمية هذا المكون الذي ظهرت الحاجة له في أواخر القرن العشرين نتيجة الزحام في الأحمال الحثية والأحمال عموما، والضغوط الكبيرة على شبكات توزيع الطاقة الكهربائية.

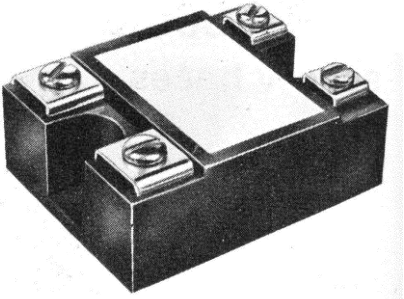
صورة فوتوغرافية تبين أنواع من الفايرستورات MOV وهي ذات قيم متنوعة للفولتية التي ينهار عندها الفاريستور ويبدأ عمله.

بينما الفاصم قد جرى اختراعه أوائل القرن العشرين ولم تكن أشباه الموصلات قد اخترعت بعد، لذا يتعين على القائمين بالتدريب تعريف الفنيين بهذا المكون بدلا من الاكتفاء بالمناهج التي تتحدث عن الفاصم فقط. يرد هذا المكون على شكل قرص سميك مبطط له حواف ناعمة وهو بقدر العملة المعدنية المتوسطة، وقد يكون لونه أحمر أو أزرق أو أبيض، والغالب أن يكتب عليه قيمة الفولتية التي يبددها وإذا لم توجد ستجد مكانها رقم الصنف الخاص بالمجهز حيث تستخرج الفولتية المقابلة لرقم الصنف من الجداول الفنية للمصنع. ويمكن معرفة فولتية MOV المجهولة بإجراء فحص مناسب في المختبر كما نفحص ثنائي زنر.

ورغم إن هذا المكون قد استعمل عمليا من قبل الشركات العالمية ((شركة نوفو بينوني الايطالية أو شركة تاتسونو اليابانية)) لحماية مرحلات الحالة الصلبة Solid state relays إلا إن النتائج كانت مخيبة غالبا، وفي بلدنا تم الإعراض عن استعمال مرحلات الحالة الصلبة تماما خاصة مع المعدات التي تستعمل الأحمال الحثية بكثرة مثل مضخات الوقود.

ما هي مرحلات الحالة الصلبة؟

جميعنا يعرف مرحل تشغيل المحرك ثلاثي الطور والمسمى محليا (كونتاكتور) contactor نقول إننا نحمله على المسك من خلال تجهيز ملفه بتيار مستمر أو تيار متناوب. ليتمغنط ويجذب عتلة توصيل الملامسات. الملامسات الثلاثة في (الكونتاكتور) قد جرى استبدالها في مرحل الحالة الصلبة إما بثلاثة عناصر ترياك Triac عنصر لكل طور أو بثلاثة أزواج من الموحد السيلكوني المنضبط SCR (ثاريستور)، زوج لكل طور كل زوج موصلة مع بعضها أحدها عكس الآخر للطور الواحد. ويساق المرحل بفولتية مستمرة بحدود ٣٠ فولت ذات استقطاب معزول ضوئيا عن استقطاب المصدر. وقد أدرج نوع زوج (الثايرستور) في مجال الخدمة العامة على نطاق واسع في نفس الوقت كان نموذجين من نوع Triac يخدم للتجربة وقد فشل نوع زوج الثاريستور فشلا ذريعا للأسباب التي ذكرتها، في وقت قد نجح نوع الـTRIAC، إلا إن الإحراج الذي تسبب به نوع الثاريستور وعدم توفر أدواته الاحتياطية في السوق المحلية



صورة تبين أحد أنواع مرحلات الحالة الصلبة وهو من نفس النوع الذي تحدثنا عنه في النص، وقد فشل عملياً في التطبيق على أرض الواقع وأعرضت عن استعماله مصانع المعدات على الأقل عند تجهيزها لمنطقة الشرق الأوسط بعد الفشل الذي تعرضت له تجربته ولوحظ ضعف اعتماديته عند استعماله كمفتاح لتشغيل محركات القدرة الكهربائية.

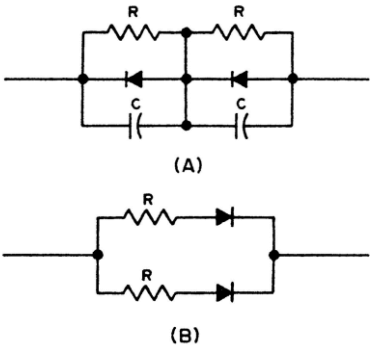
(حتى الفايروسترات لم تتوفر) جعل العودة إلى النوع الكهروميكانيكي هو الخيار الأمثل حتى للشركة المجهزة التي أعرضت عن إرفاق هذا النوع من المرحلات في منتجها الأحدث.

الآن سيكون مفهوما تماما الذي أشرنا إليه في الالكترونيات في زمن الحصار الجزء الثالث حول الخطأ الموجود في مخطط من المملكة المتحدة لأحد أجهزة الحماية من تقلبات المصدر حيث وضعوا فايرستور قبل الفاصم وليس بعده، وقد أشرنا إلى الفايرستور بـ VDR voltage depended resistors لأن عملها يشبه عمل VDR التي كانت تستعمل في أجهزة التلفزيون العاملة بالصمام لقص قمم النبضات من وحدة الضغط العالي كي لا يظهر أثرها على الصورة.

صورة فوتوغرافية لمقاومة تعتمد قيمتها على الفولتية على طرفيها وتسمى **VDR**، هذه النبيطة التي تراها في الصورة من إنتاج مصانع فلبس، وكانت ترد كقطع غيار لأجهزة التلفاز العاملة بالصمام في عقد السبعينات من القرن العشرين. تنخفض قيمة هذه المقاومة عند ظهور نبضات مرتفعة الفولتية على طرفيها وبذلك تتخلص من تأثير هذه النبضات على وضوح الصورة على الشاشة. (من بقايا شركة وديع وتوفيق الحريري)

توصيل الثنائيات على التوالي **Diodes in series** :

عندما لا تكون الفولتية المقننة العكسية PIV التي يتحملها الثنائي كافية ليخدم في تطبيق معين، يمكن حينها توصيل الثنائيات المتشابهة على التوالي. حيث يمكن توصيل اثنان من الثنائيات ذات 500PIV لتعمل كثنائي واحد يتحمل فولتية ذروة في الاتجاه العكسي PIV تبلغ 1000 فولت، وهكذا. وعندما نلجأ إلى هذا الإجراء يتعين علينا وضع مقاومة ومتسعة على التوازي مع كل ثنائي في السلسلة لمعادلة فرق PIV المنحدر (الواقف) على كل ثنائي وهذه فائدة المقاومة ولحماية الثنائي من الحواف الحادة للنبضات العابرة وهذه فائدة المتسعة، وترى تبيان ذلك في الشكل 11A.



الشكل١١ في **A** الثنائيات الموصلة على التوالي يجب أن يوصل معها على التوازي مقاومات تعادل **equalizing resistors** ومتسعات لتبديد النبضات الحادة **Spike-suppressing capacitors**. في **B** ثنائيات موصلة على التوازي، ويجب أن تمتلك مقاومات توالي لمعادلة التيار **series current equalizing resistors**.

رغم إن الثنائيات من نفس النوع وتمتلك عامل PIV نفسه، فهي قد تختلف بشكل واسع في قيمة المقاومة العكسية لكل ثنائي عندما تكون في حالة الغلق (أي انحياز عكسي). وبذلك تتوزع الفولتية

وهي منحازة عكسيا حسب قانون أوم، والثنائي الذي يمتلك مقاومة عكسية أعلى ستقف (تنحدر) عليه أكثر الفولتية المسلطة على المجموعة ((راجع فيزياء السادس العلمي/ انحدار الجهد على المقاومات المربوطة على التوالي)) عندها قد ينهار الثنائي ويحدث تلف كبير.

فإذا وضعنا مقاومة إغراق swamping resistor على طرفي كل ثنائي الممثلة بـ R كما مبين في الشكل11A، ستصبح المقاومة الناتجة على طرفي كل ثنائي تقريبا متساوية، وستصبح الفولتية الواقفة على الثنائيات عندما تكون في حالة انحياز عكسي تقريبا متساوية. وكقاعدة جيدة rule of thumb لمعرفة قيمة المقاومة التي نضعها: أن نضرب PIV الخاصة بالثنائي في 500 أوم. فعلى سبيل المثال، ثنائي له PIV بمقدار 500 فولت توصل معه على التوازي Shunted مقاومة بمقدار 500 × 500 أو 250K.

وقدرات العمل للمقاومات ذات الأكسيد المعدني تقنن كالتالي:

ربع واط تعمل عند 250 فولت RMS، نصف واط 350 فولت، واحد واط 500 فولت، ٢ واط 750 فولت.

انتقال الثنائي من حالة التوصيل الأمامية إلى حالة التوصيل العكسي لا يحدث فورا، يعني انتقال الثنائي من التوصيل إلى القطع يستغرق وقت، بعض الثنائيات تستغرق وقت أطول من الأخرى حتى ترتفع قيمة مقاومتها إلى الاتجاه العكسي.

ولغرض حماية الثنائيات ذات الغلق السريع لحين تنغلق كافة الثنائيات الأخرى، يتم وضع متسعة ذات سعة 0.01uF على طرفي كل ثنائي.

الشكلA١١ يبين دائرة ثنائيات كاملة. يتعين على المتسعات أن تكون خالية من الحث (مثل متسعات السيراميك القرصية) وأن تكون جيدة التوافق فيما بينها. استعمل متسعات ذات نسبة خطأ (سماحية) تبلغ ١٠% إذا كان ذلك ممكنا.

توصيل الثنائيات على التوازي Diodes in parallel :

يمكن توصيل الثنائي على التوازي لزيادة إمكانياتها على نقل التيار، أي حملها على نقل تيار أكبر من الذي ينقله الثنائي الواحد بمفرده. وبذا يتعين إضافة مقاومة للتعادل Equalizing resistors كما يظهر في الشكلB١١. بدون هذه المقاومات قد يمرر الثنائي الواحد معظم التيار المجهز إلى الحمل وهذا قد يتلف الثنائي ويقع المحذور. ويتعين اختيار قيمة المقاومة لتمتلك انحدار جهد يبلغ واحد فولت عند ذروة التيار المتوقع. (V= I . R)

الترشيح Filtering :

الموجات النابضة للتيار المستمر pulsating dc waves من الموحدات rectifiers له سعة نابضة يظهر أثرها على شكل طنين في أداء الجهاز (أجهزة الاستلام خاصة بضمنها أجهزة التلفزيون) نتيجة لاستجابته إلى النبضات. المرشحات مطلوبة بين الحمل والموحدات لتنعيم النبضات إلى تيار مستمر نقي. تصميم المرشح يعتمد كثيرا على مدى الفولتية المستمرة الخارجة المطلوبة للعمل، وكذلك على مدى استقرار الفولتية لمجهز القدرة وكذلك أقصى تيار حمل مقنن للموحد rectifier.

مرشحات مجهزات القدرة هي نبائط تمرير واطئ low-pass devices تستعمل محاثات على التوالي ومتسعات على التوازي.

مقاومة الحمل load resistance :

عند شرح أداء مرشحات مجهز القدرة، يكون من الملائم في بعض الأحيان التعبير عن الحمل كمقاومة موصلة إلى أطراف مجهز القدرة الخارجة. مقاومة الحمل ستكون مساوية إلى الفولتية الخارجة مقسومة على التيار الكلي المسحوب، بضمنه التيار المار خلال مقاومات الاستنزاف bleeder resistor.

استقرار الفولتية Voltage Regulation :

الفولتية الخارجة من مجهز القدرة تقل دائما كلما سحبنا تيار أكثر من مجهز القدرة. ليس فقط بسبب ازدياد انحدار الجهد داخل المحولة وخوانق المرشح filter chokes (يأتي انحدار الجهد هذا بسبب المقاومة الأومية للملفات)، ولكن أيضا بسبب أن الفولتية الخارجة لها ميل إلى الارتفاع عند الأحمال الخفيفة (تتزايد soar) إلى قيمة الذروة لفولتية المحولة كنتيجة لشحن المتسعة الأولى. المرشح المصمم بشكل جيد يمكنه أن يتغلب على تأثير تصاعد الفولتية soaring هذا. التغيير في الفولتية الخارجة تبعا للحمل يسمى استقرار الفولتية voltage regulations، ويعبر عنه بنسبة مئوية. ((من اليمين إلى اليسار))

استقرار الفولتية بالمائة = $\frac{(E2-E1)100}{E2}$

حيث E1 = الفولتية بدون حمل

E2 = الفولتية تحت أقصى حمل

الحمل المستقر مثل ذلك الحمل الحادث عند تشغيل جهاز استقبال راديوي receiver مثلا، أو مضخم صوت أو مرسلة متوقفة عن الإرسال، مثل هذا الحمل قد لا يتطلب إقرار واطئ جيد للفولتية good low regulation إذ إن الفولتية الملائمة جاري الحصول عليها مع هذا الحمل. وعلى أية حال يتعين على متسعات المرشح أن تمتلك فولتية مقننة تكون آمنة عند بلوغ أعلى فولتية تتصاعد إليها فولتية مجهز القدرة عند رفع الحمل الخارجي.

مجهز القدرة يبدي إقرار فولتية (أعلى higher) بكثير مع التغيرات في الحمل التي تأخذ فترات زمنية طويلة من تلك التغيرات في الحمل الطارئة لفترات زمنية قصيرة. الاستقرار مع التغيرات الزمنية الطويلة تسمى في الغالب Static regulation أي استقرار الفولتية الثابت، وذلك للتفريق بينه وبين ما يسمى Dynamic regulation الاستقرار المتحرك (التغيرات الكبيرة قصيرة الأمد في تيار الحمل).

الحمل الذي يتغير على نحو متقطع، كذلك الذي يحدث مع مكبرات الصوت أو مكبرات القدرة للتردد الراديوي، يتطلب غالبا استقرار من نوع dynamic regulation ذو نسبة 15% أو أقل إذا ما لوحظ حدوث تشوه عند المستوى الواطئ low level. ويمكن تحسين الاستقرار الديناميكي لمجهز

القدرة من خلال زيادة قيمة متسعة الخارج. وعندما يكون المطلوب الحصول على فولتية مستقرة إزاء تغيرات تيار الحمل (مثل الفولتية التي نحتاجها عند تشغيل المذبذبات) فيمكن استعمال الدوائر التي سنشرحها لاحقا في هذا الفصل.

مقاومة الاستنزاف Bleeder

مقاومة الاستنزاف هي مقاومة توصل على طرفي الخروج لمجهز القدرة. تتمثل وضيفتها في تفريغ متسعات المرشح كإجراء آمن عند الإطفاء وتُحسّن استقرار الفولتية من خلال توفير مقاومة بمثابة أقل حمل. وعندما لا يكون استقرار الفولتية بتلك الأهمية، فيمكن أن تكون المقاومة عالية بقدر ١٠٠ أوم لكل فولت. قيمة المقاومة التي نستعملها لغرض إقرار الفولتية مشروحة في الأقسام التالية. ولاعتبارات السلامة، يتعين أن يكون مقدار القدرة المقننة للمقاومة التي سنستعملها كافية بما لا يسمح لها أن تحترق وتسبب خطورة لا تخفى على أحد.

تردد التعرجات والفولتية Ripple frequency and voltage :

النبضات الخارجة من قسم التقويم يمكن أن ينظر إليها على إنها تيار متناوب مركب على تيار مستمر. من هذا المنظار يمكن للمرشح أن يتألف من متسعات توازي تتسبب في إحداث دورة قصيرة لمركبة للتيار المتناوب ولا تؤثر على دفق التيار المستمر. الملفات الخانقة على التوالي تمرر التيار المستمر كما معلوم لكنها تعيق تدفق مركبة التيار المتناوب.

المركبة المتناوبة alternating تسمى تعرجات ripple. والصيغة التي تصف فعالية المرشح هي النسبة المئوية للتعرجات، والتي هي النسبة بين قيمة حذر متوسط التربيع للتعرجات إلى التيار المستمر كنسبة مئوية.

$$\text{النسبة المئوية لضغط التعرجات RMS} = \frac{E1.100}{E2}$$

حيث E1= قيمة جذر متوسط التربيع لفولتية التعرجات.

و E2 = الفولتية المستمرة

والنقطة تمثل إشارة الضرب

أي مجهز قدرة لدائرة مضخم amplifier أو مضاعف multiplier في مرسلات Continues CW wave يجب أن يمتلك ضغط تعرجات أقل من 5%.

المضخمات الخطية linear amplifier يمكن أن تمتلك سماح إزاء ضغط التعرجات يبلغ 3% لفولتية تجهيز اللوح plate voltage. تجهيز الانحياز للمضخمات الخطية يجب أن يمتلك ضغط تعرجات أقل من 1%.

المذبذبات ذات التردد المتغير Variable frequency oscillator VFO ومضخمات الكلام Speech amplifiers وأجهزة الاستقبال قد تتطلب إنقاص لضغط التعرجات إلى ٠.٠١ بالمائة.

تردد التعرجات تردد التعرجات Ripple frequency هو تردد النبضات في الموجة الخارجة من المقوم (عدد النبضات في الثانية). تردد التعرجات مع مقوم نصف الموجة هو نفسه تردد الخط

60Hz عند استعمال مصدر تردده 60Hz . وبما إن النبضات الخارجة تتضاعف مع مقوم الموجة الكاملة، سيتضاعف أيضا تردد التعرجات الخارجة (لغاية 120Hz مع مصدر 60Hz) .

كمية الترشيح (قيم المحاثات والمتسعات) اللازمة لإعطاء نعومة كافية تعتمد على تردد التعرجات . ويتطلب الأمر زيادة في الترشيح كلما انخفض تردد التعرجات .

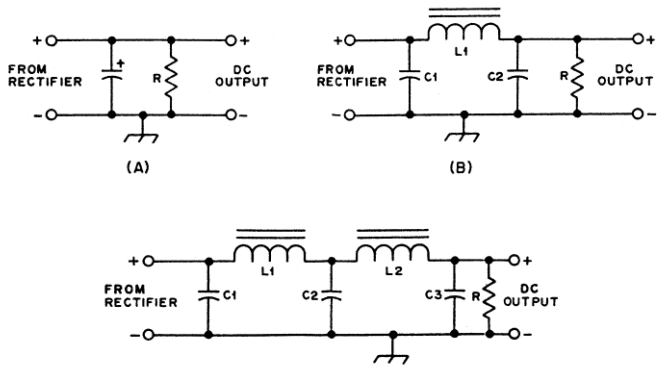
أنواع المرشح Types of filters :

مرشحات مجهز القدرة تقع في صنفين : ذات مدخل متسعة وذات مدخل ملف خانق . الملفات ذات مدخل المتسعة يكون من خصائصها أن الفولتية الخارجة منها مرتفعة نسبة إلى الفولتية الداخلة إليها من المحولة . المرشحات ذات مدخل المتسعة تكون مفيدة على الخصوص مع مقومات السيليكون .

الفولتية الخارجة من المرشح ذو مدخل الملف الخانق والمصمم بشكل جيد تكون أقل من تلك التي نحصل عليها مع مرشح ذو مدخل متسعة من نفس المحولة . وعموما فإن مدخل الملف الخانق يسمح لها بسحب تيار حمل أعلى من مقوم ثرمو أيوني thermionic ((يعني صمام)) دون أن نتجاوز القيم الذروية للمقوم . وهذا نتيجة إلى الإقلال الكبير لتيار الذروة الذي يتحدد به المقوم .

المرشحات ذات مدخل المتسعة Capacitor-Input filters :

أنظمة المرشحات ذات مدخل المتسعة تراها في الشكل١٢ . ودون الاعتبار للفولتية التي تنحدر على الملفات الخانقة، فإن الجميع لها نفس الخصائص characteristics عدا ما يتعلق بالتعرجات ripple . أحسن رفض للتعرجات نحصل عليه عندما نضيف أقسام إضافية من الملف والمتسعة LC كما ترى في الشكلB١٢ و C .



الشكل١٢ دوائر لمرشح ذو دخول متسعة. في A تجد مرشح ذو دخول متسعة بسيط. في B تجد مرشح ذو مقطع مفرد وآخر ذو مقطعين، على التوالي.

الفولتية الخارجة Output Voltage :

لإدراك الفولتية المستمرة الخارجة عند استعمال مرشح ذو دخل سعوي، فإن المنحنى المبين في الشكل١٣ سيكون مفيدا . وكمثال للكيفية التي نستعمل بها المنحنى graph معطاة فيما يلي.

مثال Example ((تقرأ العلاقات من اليمين إلى اليسار)) :

مقوم الموجة الكاملة يستعمل المنحنى في B

فولتية جذر متوسط التربيع RMS Voltage للمحولة= 350 فولت

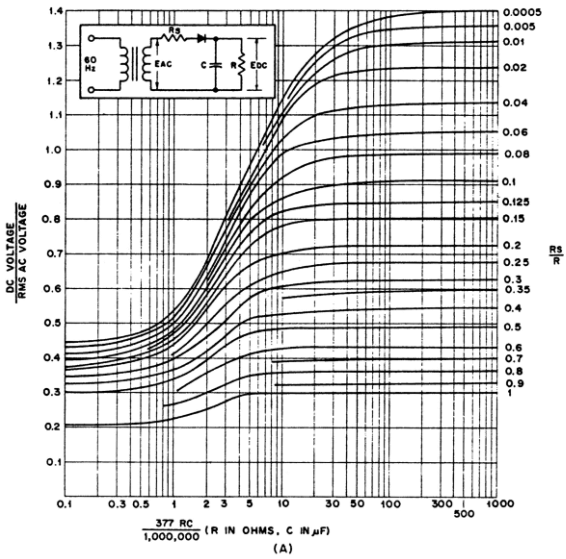
مقاومة الحمل = 200 أوم

مقاومة التوالي = 200 أوم

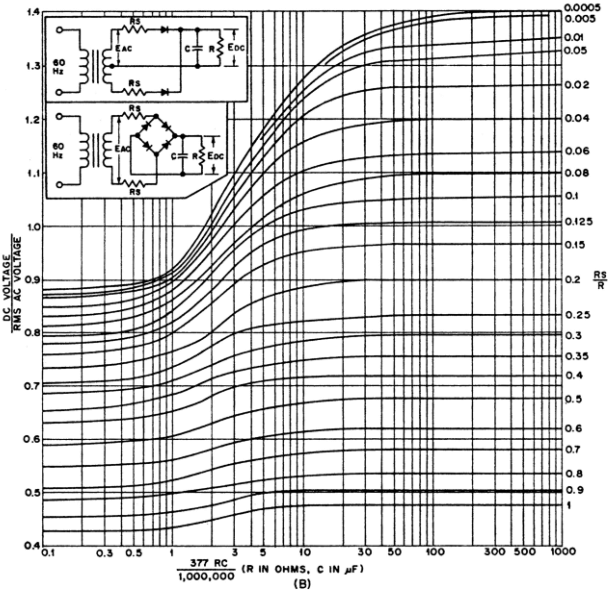
سعة الدخول = 20uF

$$0.1 = \frac{200}{2000} = \frac{Rs}{R}$$

$$\frac{20 \times 200 \times 377}{1000000} = \frac{377RC}{1000000}$$


DC VOLTAGE / RMS AC VOLTAGE
377 RC / 1,000,000 (R IN OHMS, C IN μF)
(A)
60 Hz
EAC
C
R
EDC
RS
Rs/R

(A)

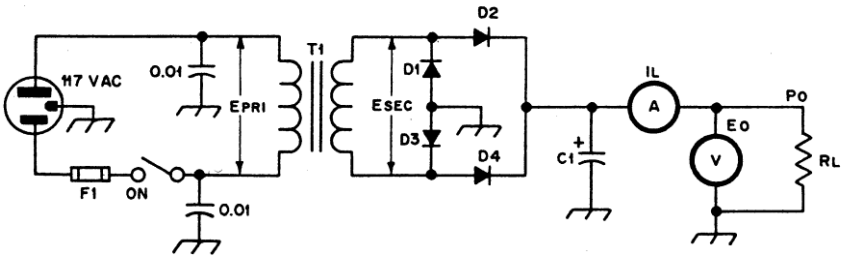

DC VOLTAGE / RMS AC VOLTAGE
377 RC / 1,000,000 (R IN OHMS, C IN μF)
(B)
60 Hz
EAC
C
R
EDC
RS
Rs/R

(B)

الشكل١٣ الفولتية المستمرة DC الخارجة من دائرة مقوم نصف الموجة ومقوم موجة كاملة، كدالة لمتسعة المرشح ومقاومة الحمل (دائرة نصف الموجة تراها في A ودائرة موجة كاملة تراها في B). المقاومة R_S تتضمن مقاومة ملف المحولة والمقاومة الأمامية للثنائي. وحدات المقاومات في بسط ومقام النسبة $\frac{Rs}{R}$ بالأوم؛ وحاصل ضرب RC تكون R بالأوم و C بالمايكروفراد. هذه المنحنيات منسبة من تلك التي نشرها Otto H.Schade في "Analysis of Rectifier Operation", Proceedings of the I.R.E., July 1943.

من المنحنى 0.1 و 377RC ÷ 1000000 = 15 ، الفولتية المستمرة تكون (350 × 1.04)=364 .

وفي كثير من الحالات يكون من المرغوب معرفة كمية السعة اللازمة لمجهز القدرة، ليحصل على خصائص أداء معينة. وهذه حقيقة خاصة مثلا عند تصميم مجهز قدرة لمرسل مستقبل الحالة الصلبة Solid-state transceiver (أي من أشباه الموصلات وليس الصمامات). المثال التالي يبين للقائم بالبناء كيف يمكن الوصول لقيم مكونات الدائرة لمجهز قدرة يستعمل مرشح متسعة مفردة.



الشكل١٤ يوضح كيف يمكن تصميم مجهز قدرة بسيط بدون دائرة إقرار للفولتية Unregulated power supply أنظر النص للحصول على شرح مفصل.

الشكل١٤ هو مخطط الدائرة لمجهز القدرة الذي ننوي استخدامه.

المتطلبات :

الفولتية الخارجة= Output voltage 12.6

التيار الخارج = Output current 1 Ampere

أقصى تعرجات= Maximum ripple %2

إقرار الحمل= Load regulation %5

قيمة جذر متوسط التربيع RMS لفولتية الملف الثانوي للمحولة T1 يجب أن تكون الفولتية المرغوبة الخارجة مضافا إليها انحدار الجهد على D2 و D4 والجميع مقسوما على 1.41؛

$$E_{SEC} = \frac{1.4+12.6}{1.41} = 9.93$$

وعمليا فإن أقرب قيمة فولتية قياسية لمحولة هي 10V وستعمل بشكل مرض. ويمكن للقائم بالبناء، أن يلف محولته الخاصة، أو يرفع عدة لفات من محولة ذات 12 فولت للحصول على فولتية RMS للثانوي حسب الرغبة.

اثنان بالمائة تعرجات العائدة إلى 12.6 فولت هي0.25V RMS . قيمة فولتية القمة إلى القمة Peak to peak value ستكون 0.25 × 2.8 = 0.7V ؛ وهذه القيمة ضرورية لحساب السعة المطلوبة C1.

كذلك لنصل إلى قيمة C1 نحتاج إلى الفترة الزمنية time interval(t) بين النبضات الخارجة من المقوم ذو الموجة الكاملة، وتحسب حسب التالي:

$$t = \frac{1}{f(Hz)} = \frac{1}{120} = 8.3 \times 10^{-3}$$

حيث t = الزمن بين النبضات

f = تردد التعرجات بالهرتز Hz.

وطالما إن الدائرة تستعمل مقوم نوع الموجة الكاملة، فإن النبضة تحدث مرتين عند كل دورة من دورات التيار المتناوب. لذا نستعمل 120Hz كتردد لهذه الحسابات، نحسب C1 من العلاقة.

$$CuF = \left[\frac{I_{Lt}}{E_{rip}(p.p)}\right]10^6$$

$$= \left[\frac{10^{-3} \times 8.3 \times 1A}{0.7}\right]10^6 = 11.857 \text{ مايكروفراد}$$

حيث I_L هي التيار الذي يسحبه الحمل. أقرب قيمة متسعة قياسية هي 12000uf . وهذه القيمة مقبولة، وسماحية المتسعات الألكتروليتية قد تنقص من قيمتها لذا قد يتعين على القائم بالبناء استعمال القيمة القياسية الأكبر منها.

الثنائيات D4-D1 مجتمعة، يتعين عليها أن تمتلك PIV على الأقل مرتين بقدر الفولتية الذروية لثانوي المحولة بافتراض إن ثانوي المحولة له فولتية RMS تبلغ 10V، فإن PIV يجب أن تكون على الأقل 28 فولت. أربع ثنائيات لها قيمة PIV تبلغ 50 فولت توفر لنا حاشية من الأمان. كذلك فإن أقل تيار للثنائيات نحتاجه هو نصف تيار الحمل، التيار الأمامي للثنائيات يجب أن يكون ضعف تيار الحمل. فإذا كان تيار الحمل 1A، يتعين على الثنائيات أن تكون مقننة لتمرر 2A.

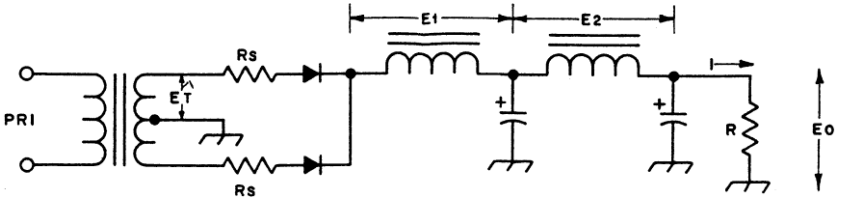
مقاومة الحمل تستخرج من قسمة Eo على IL، والتي هي في هذا المثال تكون 12.6 ÷ ١=12.6. هذا العامل يجب أن يكون معلوما وذلك لإيجاد مقاومة التوالي لإقرار regulation يبلغ 5%.

ويحسب كالتالي:

$$RL \times \text{loadregulation} = Rs(\max)$$

= 12.6 × 0.05 = 0.63 أوم

لذا فإن مقاومة ثانوي المحولة للتيار المستمر يجب أن لا تكون أكبر من 0.63 أوم، تيار المحولة الثانوي يجب أن يساوي أو أعظم من IL ويساوي 1 أمبير. C1 يجب أن تمتلك أقل فولتية اشتغال البالغة 1.4 مرة بقدر الفولتية الخارجة. في مجهز القدرة هذا على المتسعة أن تمتلك فولتية تحمل مقننة على الأقل 18فولت.



الشكل١٥ مخطط يبين أنواع انحدار الجهد التي يتعين أخذها بنظر الاعتبار الفولتية الخارجة من المحولة، للوصول إلى فولتية التجهيز الخارجة المرغوبة.

المرشحات ذات دخول الملف الخانق Chock-input Filters

أحسن نتائج لإقرار الفولتية voltage regulations نحصل عليها عندما نستعمل مرشح في مدخله ملف خانق، كما ترى في الشكل15. إدراج الملف الخانق في مدخل المرشح يتيح لنا الانتفاع بالمقوّمات (الموحدات) الثرموأيونيه (موحدات الصمامات)، ذلك لأننا نستطيع سحب تيار حمل أعلى بدون أن نتجاوز تيار الذروة. هذا النوع من المرشحات عموما (ذات الملف الخانق في مدخلها)، لا نستعملها مع (مقومات) السيلكون.

اقل حث للملف الخانق Minimum choke inductance

المرشح ذو الملف الخانق في مدخله يبدي ميلا لأن يتصرف كمرشح ذو متسعة في مدخله عدا إن الملف الخانق في المدخل يمتلك على الأقل أقل قيمة معينة من الحث تسمى القيمة الحرجة. مع مقومات الموجة الكاملة من مصدر60Hz، تستخرج هذه القيمة الحرجة Critical value من العلاقة :

$$L_{crit} \text{ بالهنري} = \frac{E_{VOLTS}}{ImA}$$

حيث E = الفولتية الخارجة من المصدر

I = التيار الذي سيتم سحبه من المرشح

إذا ما امتلك الخانق على الأقل القيمة الحرجة، ستتحدد الفولتية الخارجة إلى القيمة المتوسطة Average value للموجة المقومة عند مدخل الخانق عندما يكون التيار المسحوب من المجهز قليلا. وهذا على النقيض من مرشح في مدخله متسعة ، الذي تكون الفولتية الخارجة منه لها ميل لأن تتصاعد إلى مستوى قيمة الذروه للموجة المقومة عند الأحمال الخفيفة.

أقل حمل (مقاومة الاستنزاف) Minimum-load-Bleeder Resistance

من العلاقة في الأعلى التي تستخرج الممانعة الحرجة critical inductance، يكون بينا إذا لم يتم سحب تيار من مجهز القدرة، فإن المحاثه الحرجة ستكون ما لا نهاية لذا تستعمل قيمة عملية للحث، ورغم كل شيء فإن قدرا من التيار سيتم سحبه من المجهز ما دام قيد الاستعمال. من العلاقة وجدنا أن القيمة الأقل للتيار تكون :

$$\frac{E_{VOLTS}}{L_{CRITICAL}} = I(mA)$$

في أغلب الحالات يكون من الأكثر ملائمة أن نضبط مقاومة الاستنزاف bleeder resistance حيث تتولى المقاومة سحب أقل تيار مطلوب. ومن العلاقة يمكن أن نرى إن القيمة للحث الحرج تصبح أقل كلما ازداد تيار الحمل.

خانقات الترجيح Swinging Chokes:

خانقات Chokes الترجيح Swinging متوفرة وهي قليلة الكلفة . وتوفر لنا أو تديم على الأقل القيمة الحرجة للحث على مدى التيار الذي يبدو إنه سيسحب عملياً من مجهزات القدرة. هذه الخانقات (الملفات الخانقة) تسمى خانقات الترجيح (ذلك لأن حثها يتأرجح أي يتغير تبعا للتيار المسحوب، وبذا توفر الحث الحرج المطلوب إزاء تيار الحمل).

وكمثال

خانق ترجيح Swinging Chock يمتلك حث مقنن 5 إلى 25H ويكتب (5/25H) وتيار مقنن 200mA. فإذا ما كان مجهز القدرة يجهز 1000V، فإن أقل تيار حمل يجب أن يكون 1000÷25 = 40mA، وعندما يتم سحب كامل تيار الحمل من المجهز فإن الحث سيهبط إلى 5H؛ الحث الحرج لـ 200mA عند 1000 فولت هو 1000 ÷ 200 = 5H. لذا فإن الخانق (5/25H) يحقق الحث الحرج عند كامل التيار المقنن rating البالغ 200ملي أمبير. عند كل تيارات الحمل ما بين 40mA و 200mA، فإن الخانق سيضبط قيمة حثه الذاتي قريبا إلى قيمة الحث الحرج Approximate critical value.

الفولتية الخارجة Output Voltage :

عندما يوفر خانق الدخول input-choke على الأقل قيمة الحث الحرج، فإن الفولتية الخارجة يمكن أن تحسب إلى قيمة قريبة عن طريق ((من اليمين إلى اليسار))

$$E_r - (R_2 + R_1) \times (I_L + I_B) - 0.9\,E_t = E_o$$

حيث :

E_o = الفولتية الخارجة

E_t = فولتية جذر متوسط التربيع RMS الداخلة إلى الموحد (فولتية RMS بين التفريعة الوسطية وأحد أطراف الثانوي في حالة موحد ذو تفريعة وسطية).

I_B = تيار مقاومة الاستنزاف بالأمبير.
R_1 = مقاومة الخانق الأول للمرشح.
R_2 = مقاومة الخانق الثاني للمرشح.
Er = انحدار الفولتية Voltage drop على طرفي الموحد.

في الشكل15 تجد أنواع انحدار الجهد عندما لا يوجد حمل على أساس تيار مقاومة الاستنزاف فقط. استقرار الفولتية يمكن أن يدرك من الفولتية عندما تيار الحمل صفر والفولتية عند كامل تيار الحمل مستعملين لذلك العلاقات التي قدمناها فيما سبق.

سعة الخارج (المخرج) Output Capacitance :

إذا كان مجهز القدرة أياً من مرشح دخول متسعة أو ملف خانق؛ فإن رادة متسعة الخروج يجب أن تكون واطئة إزاء أقل تردد سمعي إذا ما كانت النية في أن يستعمل لتغذية مضخم تردد سمعي AF صنف A (Class-A AF amplifier).

فإذ ما كانت الأحمال صمامات فراغية Vacuum-tube، فإن 16uF أو أكثر تكون كافية. وإذا ما استعمل المجهز مع مضخم صنف B (للتضمين Modulation أو كمضخم حزمة جانبية مفردة SSB) أو كمرسلة CW، زيادة السعة عند المخرج يؤدي إلى تحسين إقرار الفولتية الديناميكي dynamic regulation للمجهز.

وعلى أي حال فإن 20 إلى 30 مايكروفراد تكون في الغالب كافية إلى أي شكل من أشكال التجهيز يتطلب تغير كبير في تيار الحمل على نحو متقطع (مثل مفتاح مورس).

الرنين Resonance :

الرنين تأثير يحدث عند دائرة التوالي خلال خروج الموحد، المؤلف من الخانق الأول وأول متسعة في المرشح؛ ويجب منع الرنين من الحدوث لأن ضغط التعرجات قد يتسبب في أن تصل الفولتية إلى قيم كبيرة. وهذا لا يمثل فقط عكس ما على (الفلتر) القيام به، لكنه يؤدي كذلك إلى زيادة في التيار الذروي المار في الموحد وتصاعد الفولتية العكسية إلى قيم مرتفعة.

فعند استعمال مقومات الموجة الكاملة، فإن تردد التعرجات سيكون 120Hz لمصدر يمتلك تردد بقدر 60Hz؛ ويحدث الرنين عندما يكون حاصل ضرب حث الملف الخانق بالهنري في سعة المتسعة بالمايكروفراد مساوياً إلى 1.77 . ويستعمل على الأقل ضعف حاصل الضرب هذا لتأمين بعد كافي عن تردد الرنين. ومع خانق الترجيح swinging choke يجب أن نستعمل أقل قيمة مقننة للحث. فإذا ما كانت كبيرة يجب أن نستعمل مرشح وننظر إلى حاصل ضرب LC؛ وقد يظهر الرنين عند فتح وغلق مفتاح مورس أثناء إرسال البرقيات، أو عند معدل التقطع الصوتي Voice syllabic

rate، وعند تلك الحالات يمكن التحقق فيما إذا حدث تقطع كبير في الفولتية (المرشح يقفز filter bounce) وتؤخذ كعلامات على حدوث الرنين في مكونات المرشح.

القيم المقننة لمكونات المرشح Ratings of filter Components :

مع مجهزات القدرة التي تستعمل مرشح ذو مدخل ملف خانق وملف خانق مع مقاومة استنزاف مصممة بشكل جيد، فإن الفولتية على طرفي متسعة المرشح عند عدم وجود حمل ستكون تقريبا تسعة أعشار بقدر فولتية جذر متوسط التربيع RMS للتيار المتناوب AC.

ورغم ذلك ينصح باستعمال متسعة لها فولتية تحمل مقننة عند قيمة الذروة لفولتية المحولة. اقتراح هذه القيمة الكبيرة لنصبح في مأمن، ذلك لأن الفولتية على طرفي المتسعة يمكن أن تصل إلى القيمة الذروية وهذا يحدث إذا ما احترقت مقاومة الاستنزاف لأي سبب من الأسباب ويصبح المجهز بدون حمل تماماً.

إذا مع مرشح له مدخل متسعة يجب أن تمتلك المتسعات فولتية عمل Working-voltage مقننة ويفضل أن تكون أعلى من فولتية الذروة الخارجة من المحولة. لذا في حالة الموحد ذو التفريعة الوسطية center-tap rectifier الذي تجهزه محولة ذات 550 فولت لكل جانب من جوانب التفريعة الوسطية، فإن أقل قيمة آمنة لفولتية المتسعة المقننة ستكون 550 × 1.41 أو 775 فولت. إذاً يجب استعمال متسعة ذات تحمل 800 فولت، ويفضل استعمال متسعة ذات 1000 فولت.

متسعات المرشح على التوالي Filter Capacitors in series :

متسعات المرشح تصنع على عدة أنواع مختلفة. المتسعات الألكتروليتية والتي هي متوفرة لفولتيات ذروية صعوداً لغاية 800 فولت، تشكل سعات عالية بأحجام صغيرة. وهذا ممكن لأن طبقة العازل تكون غاية في الرقة من الأوكسيد على رقيقة الألمنيوم. متسعات من هذا النوع يمكن أن توصل على التوالي لبلوغ فولتيات أعلى، في نفس الوقت فإن سعة الترشيح ستنخفض إلى ما يكافئ متسعتين موصلتين على التوالي. فإذا ما استعمل هذا الترتيب، يكون من الأهمية أن تمرر Shunted كل متسعة بمقاومة توصل معها على التوازي تبلغ 100 أوم لكل فولت من فولتية التجهيز التي تظهر واقفة على طرفي كل متسعة مستقلة. مع مراعاة قدرة كافية لكل مقاومة.

هذه المقاومات ستخدم كجزء من أو تمثل كامل مقاومة الاستنزاف Bleeder resistance. المتسعات التي لها فولتيات مقننة أعلى تصنع عادة من عازل من الورق المغموس بالزيت.

فولتية العمل للمتسعة Working voltage هي الفولتية التي تعمل عندها وتكون واقفة على طرفي المتسعة بشكل مستمر، نجدها مكتوبة هكذا (100 WV).

الملفات الخانقة للمرشح Filter chokes

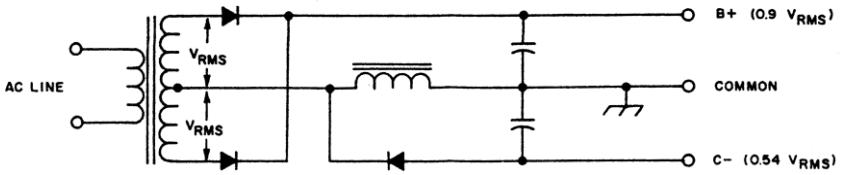
محاثات الترشيح أو الخانقات Chokes يتم لفها على قلوب من الحديد، مع فجوة صغيرة small gap في القلب وذلك لمنع الحديد iron من أن يتشبع مغناطيسياً عند التيارات الكبيرة. عندما يصبح الحديد مشبعاً فإن نفاذيته تقل Permeability decrease، ونتيجة هذا يقل حثه أيضاً.

ورغم الفجوة الهوائية air gap، فإن حث الخانق يتغير اعتياديا إلى حد، نتيجة لمرور التيار المستمر في اللفات لذا يكون من الضروري أن نعين الحث inductance عند التيار الذي يتعين على الخانق أن يحمله أو يمرره إلى الحمل. ويكون حثه (عند مرور تيار قليل في اللفات أو أن لا يمرر أي تيار) أعلى من قيمة الحث عند مرور كامل تيار الحمل.

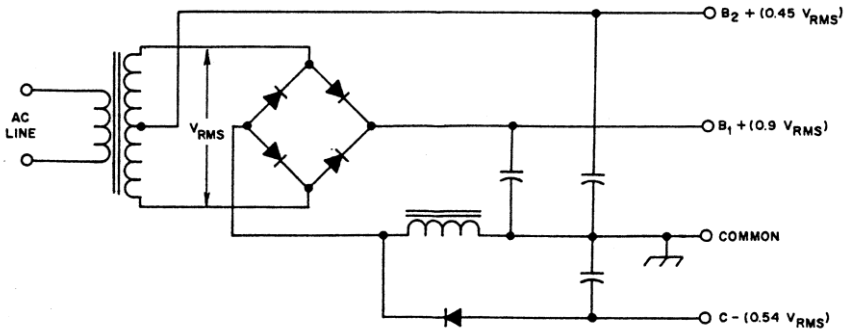
الترشيح على الخط السالب Negative-lead filtering

لسنين عديدة كان من الشائع عمليا أن نصنع خانقات المرشح عبر الخط الموجب Positive leads الموصل إلى ألواح صمامات تجهيز وإقرار القدرة المستمرة.

وهذا يعني أن العازل بين لفات الملف الخانق والقلب (الذي سيكون مؤرضا حسب ما تقتضي شروط السلامة) يجب أن يثبت ولا ينهار أمام الفولتية الخارجة من المجهز. متطلبات العزل هذه يمكن أن تخفف إذا وضع الخانق على خط تجهيز القدرة السالب للمجهز كما ترى في الشكل16. بهذه الطريقة فإن سعة الملف الثانوي للمحولة إلى الأرض ستبدو على التوازي مع خانقات المرشح، حيث ستمرر الخانقات إلى الأرض. وعلى أي حال فإن هذا التأثير لا قيمة له في التطبيق العملي عدا حالة فيما إذا كانت التعرجات الخارجة يجب أن تقلل إلى رقم صغير جداً.



الشكل١٦ في معظم التطبيقات يمكن وضع خانق المرشح عبر الجانب السالب بدلا من الجانب الموجب للدائرة. وهذا يقلل مخاطر انهيار الفولتية بين لفات الخانق والقلب. فولتية التعرجات التي تظهر على طرفي الخانق يمكن أن تقوّم لتجهزنا بفولتية انحياز سالبة مجانية free negative bias supply.



الشكل١٧ دائرة مجهز القدرة الاقتصادي هو الجمع بين دائرة الموجة الكاملة ودائرة مقوم القنطرة.

أطراف الملف الخانق والأطراف السالبة للمتسعة والتفريعة الوسطية للمحولة يجب أن يحافظ عليها من التوصيل الخطأ أو التوصيل العارض غير المرغوب، إذ إن هذا سيؤدي إلى تمرير كامل الفولتية إلى الشاسيه عبر الخانق مؤدياً إلى احتراقه أو تلف التوصيل إلى الشاسيه.

يمكن أن نحصل على تجهيز للفولتية السالبة بدون كلفة يصل إلى 60 % من استقطاب اللوح وذلك بتوحيد ضغط التعرجات الواقف على طرفي الملف الخانق. الفولتية على طرفي الخانق لها القيمة الفعالة للفولتية الذروية للثانوي (مقاسة نسبة إلى التفريعة الوسطية) ناقصاً الفولتية الخارجة المستمرة. ويأتي التوحيد ليضرب الفولتية على طرفي الخانق في 1.4 .

مجهز القدرة الاقتصادي The Economy Power Supply :

من الطرق الممتازة لتجهيز القدرة إلى معظم المرسلات transmitters ذات 100-Watt والحصول على فولتية اللوح والشبكة الحاجبة بدون تضييع في القدرة كفولتية منحدرة dropping على المقاومات، هي في استعمال دائرة مجهز القدرة الاقتصادي الذي تراه في الشكل17، وهو توحيد بين موحد الموجة الكاملة ودائرة موحد القنطرة. الفولتية عند B2 هي الفولتية الاعتيادية التي نحصل عليها من دائرة الموجة الكاملة full-wave circuit، والفولتية عند B1 هي تلك التي نحصل عليها من دائرة القنطرة bridge circuit. القدرة الكلية المستمرة التي نحصل عليها من المحولة هي بالطبع مجموع القدرة المستعملة عند كل فولتية.

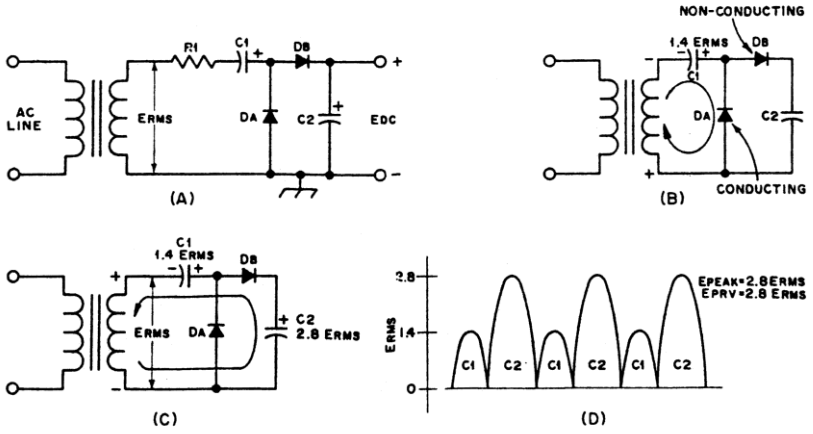
في تطبيقات CW و SSB يمكن أن نسحب في الحالة الاعتيادية قدرة إضافية دون بلوغ التسخين الزائد، وخاصة إذا كانت المحولة تمتلك ملف لتشغيل المسخنات لم يستعمل.

وعند استعمال خانق على الخط السالب، فإن تجهيز الانحياز السالب الذي شرح فيما سبق يمكن أن يدرج موفراً جميع أنواع الاستقطاب اللازم لتشغيل مرسلة صمامية نوفرها من محولة واحدة مفردة.

مضاعفة الفولتية Voltage Multiplication

مضاعف فولتية نصف الموجة Half-wave Voltage Doubler

الشكل١٨ يبين دائرة مضاعف فولتية نصف الموجة.

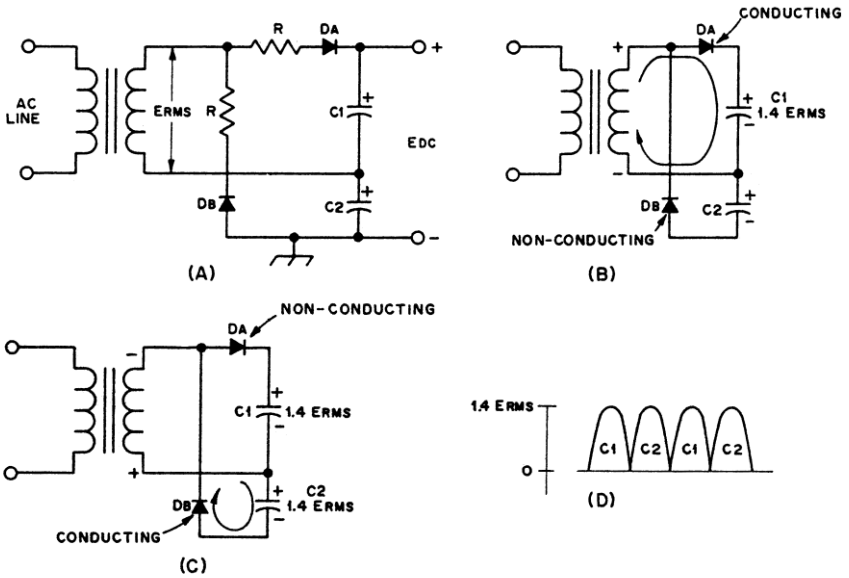


الشكل١٨ وترى في A دائرة مضاعف فولتية نصف الموجة **half-wave voltage-doubler**. في B تجد بيان للكيفية التي تشحن بها C1 من خلال نصف الدورة الأولى للفولتية الداخلة. خلال نصف الدورة القادمة (كما ترى في C)، المتسعة C2 قد شحنت من خلال ثانوي المحولة زائدا الفولتية المخزونة في C1 من نصف الموجة السابقة. في D ترى المستويات التي شحنت عندها كل متسعة خلال الدورة.

في B و C و D في الشكل١٨ بيان لعمل الدائرة. وللتوضيح افرض أن استقطاب فولتية المحولة في لحظة تفعيل الدائرة هي تلك المبينة في B. خلال نصف الدورة الأول السالب، DA توصل (DB في حالة عدم توصيل)، شاحنة C1 إلى ذروة الفولتية التي جرى توحيدها ($1.4\ E_{RMS}$). المتسعة C1 تشحن وفق التقطيب المبين في B. وخلال نصف الدورة الموجب لفولتية الثانوي، DA تكون في حالة قطع و DB في حالة توصيل، شاحنة المتسعة C2. كمية الفولتية المجهزة إلى C2 هو مجموع الفولتية الذروية لثانوي المحولة زائداً الفولتية المخزنة في C1 ($1.4\ E_{RMS}$). في خلال نصف الدورة السالب، DB غير موصل و C2 تفرغ شحنتها في الحمل. فإذا لم يكن ثمة حمل موصل على طرفي C2، فإن المتسعات ستبقى مشحونة – C1 إلى $1.4\ E_{RMS}$ و C2 إلى $2.8\ E_{RMS}$. عند توصيل الحمل إلى خارج المضاعف، فإن الفولتية على طرفي C2 تهبط خلال نصف الدورة السالب ويعاد شحنها إلى $2.8\ E_{RMS}$ خلال نصف الدورة الموجب.

الشكل الموجي على طرفي C2 يتطابق مع ذلك في دائرة مقوم نصف الموجة حيث تنبض C2 مرة واحدة في كل دورة.

الشكل18D يوضح المستويات التي تبلغها المتسعتان عندما تشحن خلال الدورة. عملياً أثناء الاشتغال فإن المتسعات لن تفرغ شحنتها إلى الصفر كما تلاحظ.



الشكل١٩ مضاعف فولتية موجة كاملة تراه في A. في B ترى مضاعف نصف دورة واحدة، وفي C تراه في نصف الدورة القادمة. كل متسعة تستلم شحنه خلال كل نصف دورة من الفولتية الداخلة. في D ترى توضيح لشحن المتسعات.

مضاعف فولتية نوع الموجة الكاملة Full-wave Voltage Doubler

الشكل١٩ يبين دائرة لمضاعف فولتية الموجة الكاملة. عمل الدائرة يمكن أن يفهم كالآتي في B و C و D في الشكل١٩ . خلال نصف الدورة الموجب لثانوي المحولة، وكما تشاهد في B، DA توصل وبذا تشحن المتسعة C1 على 1.4 E_{RMS}؛ D_B في هذه الحالة غير موصل. خلال نصف الدورة السالب، كما تشاهد في C، الثنائي D3 يوصل وتشحن المتسعة C2 إلى 1.4 E_{RMS}، بينما DA غير موصلة. الفولتية الخارجة هي مجموع فولتيات المتسعتين، والتي ستكون 2.8 E_{RMS} تحت حالة اللا حمل.

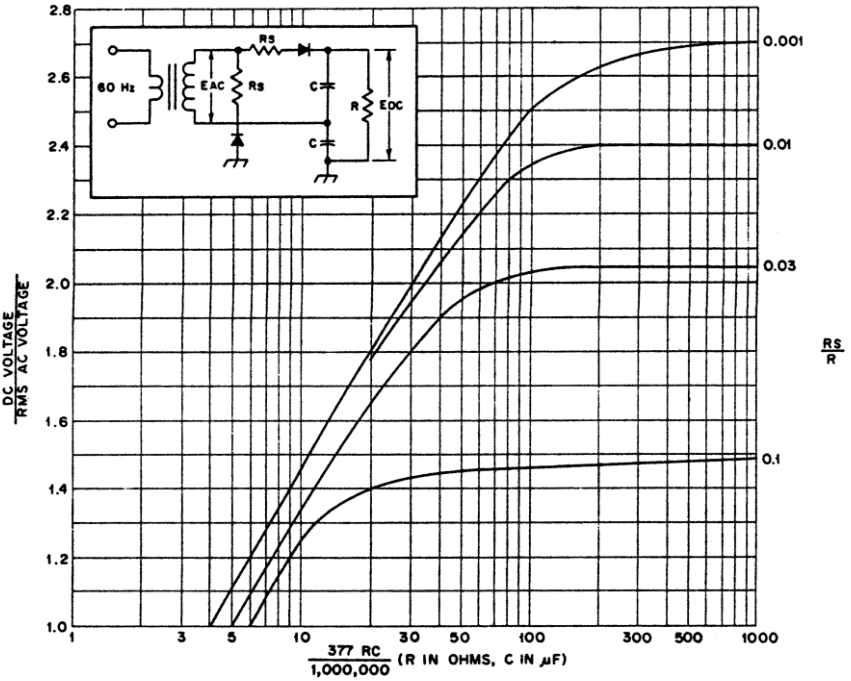
الشكلD19 يوضح أن كل متسعة تستلم شحنة واحدة كل دورة. السعة الفعالة للمرشح هي C1 و C2 على التوالي، والتي هي أقل من C1 أو C2 منفردة.

المقاومات R في الشكلA19 تستعمل لتحديد انجراف التيار Surge current خلال الموحدات. وقيمتها تستند إلى فولتية المحولة وقيمة انجراف التيار المقننة للموحدات، إذ إن المتسعات تتصرف كدورة قصيرة لحظة تشغيل مجهز القدرة. وضع مقاومات التحديد المشار إليها يمكن أن يكبح جماح التيار الجارف، وتعتمد مقدرتها لتمرير التيار على أعظم تيار حمل خارج من المجهز.

يمكن الحصول على فولتيات خارجة بقدر ضعف الفولتية الذروية للمحولة من خلال دائرة مضاعف الفولتية التي تراها في الشكل19A؛ الشكل20 يبين كيف تعتمد الفولتية على النسبة بين مقاومة التوالي إلى مقاومة الحمل، وكم مرة مقاومة الحمل بقدر متسعة المرشح. الفولتية العكسية الذروية على طرفي كل ثنائي تكون بقدر $2.8\ E_{RMS}$.

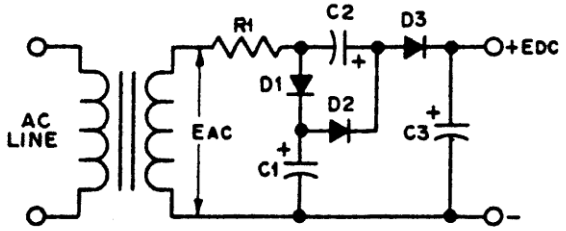
مضاعفات الفولتية لثلاث أو أربع مرات Voltage Tripling and Quadrupling

دائرة مضاعف فولتية لثلاث مرات Voltage-tripling تراها في الشكل21A. في نصف دورة التيار المتناوب، تشحن C1 و C3 إلى مستوى فولتية المصدر من خلال D1 و D2 و D3. عند النصف الآخر من الدورة يوصل D2 و C2 تشحن إلى ضعف فولتية المصدر، لأنها ترى المحولة زائدا الشحنة في C1 كمصدر لها (D1 يكون في حالة قطع خلال نصف الدورة هذا). في نفس الوقت يوصل D3، ومن خلال المحولة والشحنة في C2 كمصدر، C3 تشحن إلى ثلاث مرات بقدر فولتية المحولة.

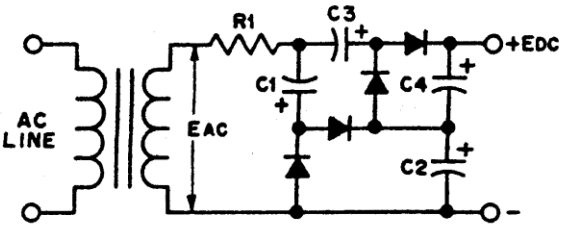


الشكل٢٠ الفولتية المستمرة الخارجة من دائرة مضاعف موجة كاملة كدالة لسعات المرشح ومقاومة الحمل. في النسبة R/R_S وحاصل ضرب RC، تكون المقاومات بالأوم والمتسعات بالمايكروفراد. يفترض أن تكون المقاومات متساوية

في R_S والمتسعات متساوية في C. هذه المنحنيات قد جرى تنسيبها من تلك التي نشرت من قبل **Otto H. Schade** في المصدر "**Analysis of Rectifier Operation, *Proceeding of the I.R.E.,July 1943*** ".



(A)



(B)

الشكل٢١ دوائر لمضاعفة الفولتية مع استعمال أحد جانبي ثانوي المحولة كنقطة مشتركة **common**. في **A** ترى مضاعف فولتية لثلاث مرات؛ بينما في **B** مضاعف فولتية لأربع مرات. المتسعات هي نموذجياً **20** إلى **50** مايكروفراد وتعتمد قيمتها على التيار المسحوب، فولتية العمل المستمرة للمتسعات تعتمد على E_{peak} $(1.4\ E_{ac})$.

C1- Greater than E_{peak}
C2- Greater than $2E_{peak}$
C3- Greater than $3E_{peak}$
C4- Greater than $2E_{peak}$

دائرة مضاعفة الفولتية لأربع مرات Voltage-quadrupling في الشكل21B تعمل بنفس الطريقة. وفي أيا من الدائرتين في الشكل21، فإن الفولتية الخارجة هي بالضبط مضاعفات القيمة الذروية للفولتية المتناوبة AC عندما يكون التيار المسحوب قليلاً وقيم المتسعات مرتفعة.

في الدوائر التي تراها، يكون الخط السالب The negative leg لمجهز القدرة هو الخط المشترك common إلى أحد جوانب المحولة. يمكن جعل الخط الموجب هو الخط المشترك إلى أحد جوانب المحولة من خلال عكس الثنائيات والمتسعات.

إقرار الفولتية Voltage Stabilization

ثنائي زنر كمقر للفولتية Zener diode Regulation

يمكن أن يستعمل ثنائي زنر (أطلقت هذه التسمية بعد الأبحاث التي أجراها Carl Zener في هذا المجال) لإدامة ثبات واستقرار الفولتية المسلطة إلى دائرة، بغض النظر عن التغيير الحاصل في فولتية المصدر أو التغيرات في تيار الحمل.

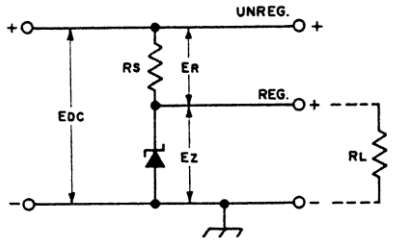
الدائرة العملية تراها في الشكل22A . لاحظ إن جانب الكاثود cathode للثنائي موصل إلى الجانب الموجب للمصدر supply . ثنائيات زنر مقننة بمديات واسعة من الفولتية والقدرة . يبدأ مدى الفولتية من أقل من اثنان إلى بضع مئات من الفولتات، بينما القدرة المقننة (القدرة التي يمكن للثنائي تبديدها) تبدأ من أقل من 0.25W إلى 50W . قابلية ثنائي زنر لإقرار Stabilize الفولتية تعتمد على ممانعة التوصيل Conducting impedance للثنائي . وهذا ممكن أن يكون واطئاً لغاية 1Ω أو أقل مع ثنائيات الفولتية الواطئة low-voltage والقدرة العالية high-power أو مرتفعة إلى آلاف الأومات في ثنائيات الفولتية العالية high-voltage و القدرة الواطئة low-power .

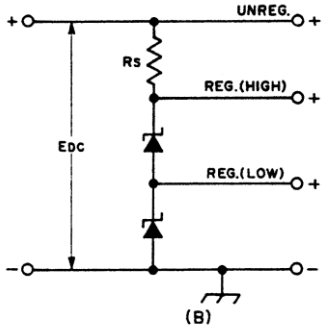
تبديد القدرة في الثنائي Diode power Dissipation

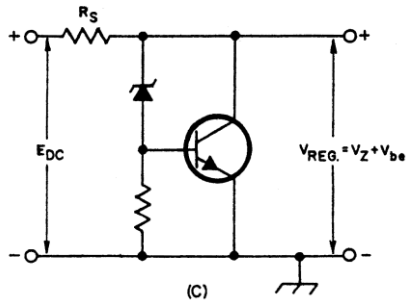
ثنائي زنر الذي يمتلك فولتية (انهيار) معينة، ممكن أن تتوفر منه أنواع لها القابلية على تمرير قيم متنوعة من التيار، وهذه القيم تتبع القدرة المقننة Power ratings لكل ثنائي .

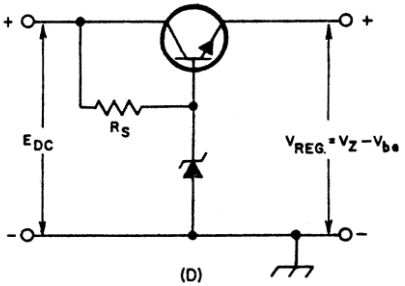
القدرة التي يبددها الثنائي هي حاصل ضرب الفولتية على طرفيه في التيار المار خلاله .

وبالعكس فإن أقصى تيار يمكن أن يوصله ثنائي معين يكون مساويا إلى القدرة المقننة للثنائي Power rating مقسوما على فولتيته المقننة Voltage-rating . لذا فإن ثنائي زنر ذو فولتية وقدرة









10V و 50W ويعمل عند أقصى تبديد dissipation سيوصل 5 أمبيرات. ثنائي آخر له فولتية مقننة 10V وقدرة 1W يمكن أن يمرر تياراً آمنا ليس أكثر من 0.1A أي 100mA. ممانعة التوصيل للثنائي conducting impedance هي فولتيته المقننة مقسومة على التيار المار خلاله. في المثال الأعلى، ممانعة التوصيل ستكون 2 أوم للثنائي ذو 50W و 100 أوم للثنائي ذو 1W. متجاهلين التغيير الطفيف في الفولتية الذي قد يحدث، ممانعة التوصيل conducting impedance لثنائي ما هي دالة function للتيار المار خلاله وتتغير بتناسب عكسي.

القدرة التي يمكن أن يتعامل بها الثنائي لمعظم ثنائيات زنر تقنن عند $25^{o}C$، أو تقريباً عند درجة حرارة الغرفة. فإذا ما عمل الثنائي في درجة حرارة أعلى، ستتدهور مقدرته على نقل القدرة. وعملياً فإن ثنائي ذو 1w يمكن أن يبدد بشكل آمن فقط 1/2 واط عند درجة حرارة $100^{o}C$.

الجزء C في الشكل22 يوضح طرق لمضاعفة القدرة الفعالة التي يمررها ثنائي زنر صغير. عندما يوصل الثنائي، فإنه يجهز تيار القاعدة إلى ترانزستور القدرة. وهذا يتسبب في مرور تيار جامع خلال مقاومة حد التوالي series limiting resistance (لاحظ الفقرة التالية). هذا التيار يتسبب في أن تنحدر فولتية الثنائي (Vz+Vbe) إلى عتبة التوصيل Conducting threshold. وعند سحب تيار الحمل خلال Rs، تميل الفولتية الخارجة لأن تنحدر دون عتبة التوصيل. ولكن عندما يخفق الثنائي في التوصيل، فإن جامع الترانزستور يخفق في سحب التيار. أثر التغذية العكسية هذا يتسبب في إقرار قيمة التيار في مقاومة التحديد وينظم

الفولتية الخارجة عند قيمة مساوية لـ Vz+Vbe.

وبهذه الكيفية فإن ممانعة التوصيل conducting impedance لثنائي زنر ستقسم على بيتا الترانزستور transistor beta.

وعندما يكون المطلوب تيار حمل عالي فإن تقنية تنظيم الفولتية تصبح غير مرغوبة بسبب انحدار الفولتية Voltage dropped والقدرة المبددة على مقاومة تحديد التيار Current limiting resistor. عدم الكفاءة هذا يمكن التغلب عليه من خلال استعمال تابع القاذف emitter follower الذي تراه في الشكل 22D.

ثنائي الزنر ينشئ فولتية مرجعية إلى قاعدة الترانزستور، وتيار الحمل يتدفق في دائرة الـ جامع-قاذف. يتم انتخاب مقاومة الحد لتحقق أعظم تيار حمل مقسوماً على أقل بيتا للترانزستور + تيار ثنائي زنر المرغوب. وكما في دائرة تضخيم تيار الأنشوطة Shunt current boosting السابقة، فإن ممانعة الخروج لمنظم الفولتية هذا ستكون مساوية لممانعة الزنر مقسوماً على بيتا الترانزستور. الفولتية الخارجة هي Vbe-Vz.

مقاومة الحد Limiting Resistance

قيمة Rs في الشكل22 تُدرَك من خلال الحمل اللازم. فإذا كانت Rs كبيرة جداً، سيعجز الثنائي عن التنظيم تحت قيم كبيرة من I_L (التيار خلال RL). فإذا كانت Rs صغيرة جداً، يمكن زيادة القدرة المقننة للثنائي عند تيارات أوطأ من I_L. القيمة المثلى لـ Rs يمكن أن تحسب من خلال العلاقة. ((تقرأ العلاقات من اليمين إلى اليسار))

$$\frac{E_z - E_{dc}(\min)}{1.1 I_L(\max)} = Rs$$

عندما تكون Rs معلومة، فإن أقصى قدرة يبددها الثنائي P_D يمكن أن تعرَف من خلال العلاقة. ((تقرأ العلاقات من اليمين إلى اليسار))

$$E_z \times \left[I_{L(\min)} - \frac{E_Z - Edc(\max)}{Rs} \right] = P_D$$

في العلاقة الأولى قد جرى الإعداد ليسحب ثنائي زنر 0.1 من أقصى تيار الحمل. هذه تضمن أن الثنائي يعمل كمنظم regulator تحت أقصى تيار حمل.

مثال:

مصدر فولتية 12V يجهز دائرة تحتاج 9V لتعمل. تيار الحمل يتغير مابين 200 و 350mA.

أقرب قيمة تبديد مقننة فوق 1.7W هي 5؛ لذا يجب أن نستعمل زنر ذو 9.1V و 5W .

Ez = 9.1 V (القيمة المتوفرة الأقرب)

$$Rs = \frac{12-9.1}{1.1\times 0.35} = \frac{2.9}{0.385} = 7.5 \text{ أوم}$$

$$PD = 9.1\left[0.2 - \frac{9.1-12}{7.5}\right]$$

$$= 9.1 \times 0.185 = 1.7W$$

نلاحظ إن مثل هكذا قيم مقننة ستكون سبباً في جعل الثنائي آمنا على طول مدى التبديد حتى لو كان الحمل غير موصل بالمرة $I_L(min)=0$.

الحصول على الفولتيات الأخرى Obtaining other Voltages

الشكل22B يبين كيف يمكن استعمال اثنان من ثنائيات زنر على التوالي للحصول على فولتيات منضبطة لا يمكن الحصول عليها من ثنائي زنر مفرد، وهي قيمتين لفولتيتين منضبطتين.

الثنائيات لا تحتاج أن تمتلك فولتية انهيار breakdown voltage متساوية، وذلك لأنها في وضع (ترتيب arrangement) يجعلها متعادلة ذاتياً.

وعلى أي حال فإن مقدرة كل ثنائي على مناولة التيار يجب أن تأخذ بالحسبان. مقاومة الحد limiting resistor يمكن أن تحسب كما مر، وأن نأخذ Ez كمجموع فولتيات الثنائي، ونأخذ I_L كمجموع لتيارات الحمل.

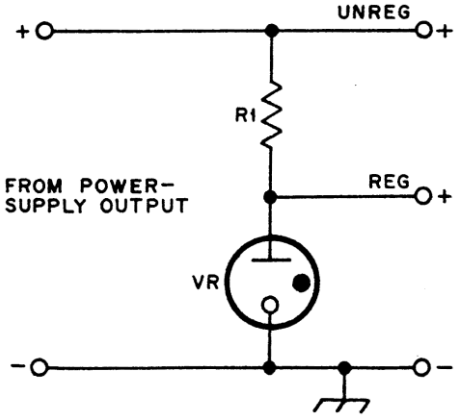
أنابيب الإقرار الغازية (أنابيب جاوس) Gaseous Regulator Tubes

ويطلق على هذه الأنابيب تسمية VR tubes وهي أنابيب غازية لإقرار الفولتية، وقد يستغرب القارئ (والكلام للكاتب الأمريكي) عندما يجدنا نضع الإشارة إلى هذه الأنابيب في كتاب Hand-Book حديث، هذا لأنها تمتلك ميزات أفضل من قرينتها ذات الحالة الصلبة Solid-state في بعض التطبيقات. فمثلاً عند تجهيز فولتية الشبكة الحاجزة Screen في مضخمات القدرة الصمامية للتردد الراديوي، فإننا نحتاج إلى فولتية منضبطة بين 200 و 400 فولت. للحصول على هذه الفولتيات من ثنائي خلال زنر فإنه يلزم توصيل أربعة إلى ستة على التوالي. وبذا تتصاعد الكلفة بسرعة. بينما نجد المقرات الغازية أرخص بكثير بالإضافة إلى تآلفها مع النبضات العابرة الآتية مع الخط line transients.

صمامات الإقرار الغازية مثل OA2 / VR150 و OB2 / VR105 ... الخ يمكن أن تستعمل بمميزات حسنة. الفولتية المنحدرة على هذا النوع من الأنابيب ثابتة مع مدى عريض من التيار. تنتج المصانع الأمريكية أنابيب إقرار فولتية بفولتيات 150 و 105 و 90 و 75 فولت.

الدائرة الأساسية لمقر غازي تراها في الشكل23. يوصل الأنبوب على التوالي مع مقاومة R1 مع مصدر للفولتية أعلى من فولتية البدء. فولتية البدء أعلى من فولتية العمل بمقدار 30 إلى 40 %؛ ويوصل الحمل على التوازي مع الأنبوب.

وللحصول على عمل مستقر يتطلب أقل تيار للأنبوب يبلغ 5 إلى 10mA؛ أقصى تيار مسموح به مع معظم الأنواع هو 40mA، ونتيجة هذا لا يمكن لتيار الحمل أن يتجاوز القيمة



الشكل٢٣ دائرة إقرار الفولتية تستعمل صمام إقرار غازي أو كما يسمى **VR tube**. التجهيز الخارج السالب يمكن إقراره من خلال عكس التقطيب لتوصيلات مجهز القدرة وكذلك توصيلات صمام الإقرار المبينة هنا.

30 إلى 35 ملي أمبير إذا ما كنا نريد إقرار الفولتية لتغطية المدى من صفر إلى أقصى حمل. يمكن استعمال كذلك أنبوب VR مفرد لضبط الفولتية إزاء أي قيمة تقريباً لتيار الحمل طالما التغيير في التيار لا يتجاوز 30 إلى 35 ملي أمبير.

فإذا ما كانت مثلا القيمة المتوسطة لتيار الحمل هي 100mA، يمكن استعمال أنبوب VR مفرد لمسك الفولتية ثابتة بشرط أن لا يهبط التيار إلى أقل من 85mA أو يرتفع إلى أكثر من 115mA.

قيمة مقاومة الحد يجب أن تقع بين القيمة التي تسمح لأقل تيار للأنبوب أن تمر والقيمة التي تمرر أقصى تيار مسموح به عندما لا يوجد تيار حمل. والقيمة التي تستعمل غالباً تستخرج من العلاقة. ((تقرأ العلاقة من اليمين إلى اليسار))

$$\frac{E_R - E_S}{I} = R$$

حيث:

R= مقاومة الحد بالأوم

E_S= فولتية المصدر الموصل إليها الأنبوب مع المقاومة.

E_r= انحدار الفولتية المقنن عبر أنبوب الإقرار.

I= أعظم تيار للأنبوب بالأمبير (عادة 40mA أو 0.04A)

يمكن توصيل اثنان من الأنابيب على التوالي للحصول على فولتية إقرار أعلى من تلك التي نحصل عليها من أنبوب واحد، وكذلك لتعطينا قيمتين من الفولتيات المنضبطة.

إقرار Regulation على مستوى 1% يمكن الحصول عليه مع أنابيب الإقرار هذه، عندما تعمل ضمن مدى التيار الصحيح لها. المتسعة التي توصل على التوازي مع الأنبوب يجب أن تحدد

قيمتها إلى 0.1uF أو أقل. القيم الأكبر تدفع الأنبوب إلى التذبذب بين فولتية البدء (القدح) وفولتية العمل Operating and starting voltage.

لا تستعمل أطراف الأنبوب (الصمام) الغير مستعملة كعرى لحام أو نقاط تثبيت حتى ولو كانت غير موصلة. فهي تخترق غلاف الأنبوب وتفنى بشكل مفكك. ولوحظ بالتجريب حدوث انهيار متقطع intermittent breakdown معتمداً على الفولتية من الدائرة الخارجية المسلطة على طرف الأنبوب الغير مستعمل.

الإقرار الالكتروني للفولتية Electronic Voltage Regulation :

عندما يكون المطلوب ضغط تعرجات واطئ جداً، أو فولتية تجهيز ثابتة مع تغيير كبير في تيار الحمل و فولتية الخط، يستعمل إذاك مضخم ذو أنشوطة مغلقة Closed-loop amplifier لإقرار التجهيز؛ هنالك صنفين أساسين في المقرات الالكترونية:

المقرات الخطية linear regulators والتي فيها تكون حالة مقاومة عنصر السيطرة متغيرة بشكل مباشر تبعا لفولتية الخط line voltage أو تيار الحمل load current. **والمقرات المفتاحية** switching regulators، والتي فيها تنفتح وتنغلق نبائط السيطرة control devices دوريا تبعا لحالة الخط line أو الحمل load.

كل نظام من الأنظمة التي ذكرناها يمتلك محاسن ومساوئ، وهنالك تطبيقات لكلا النوعين في مجال معدات هواية الراديو.

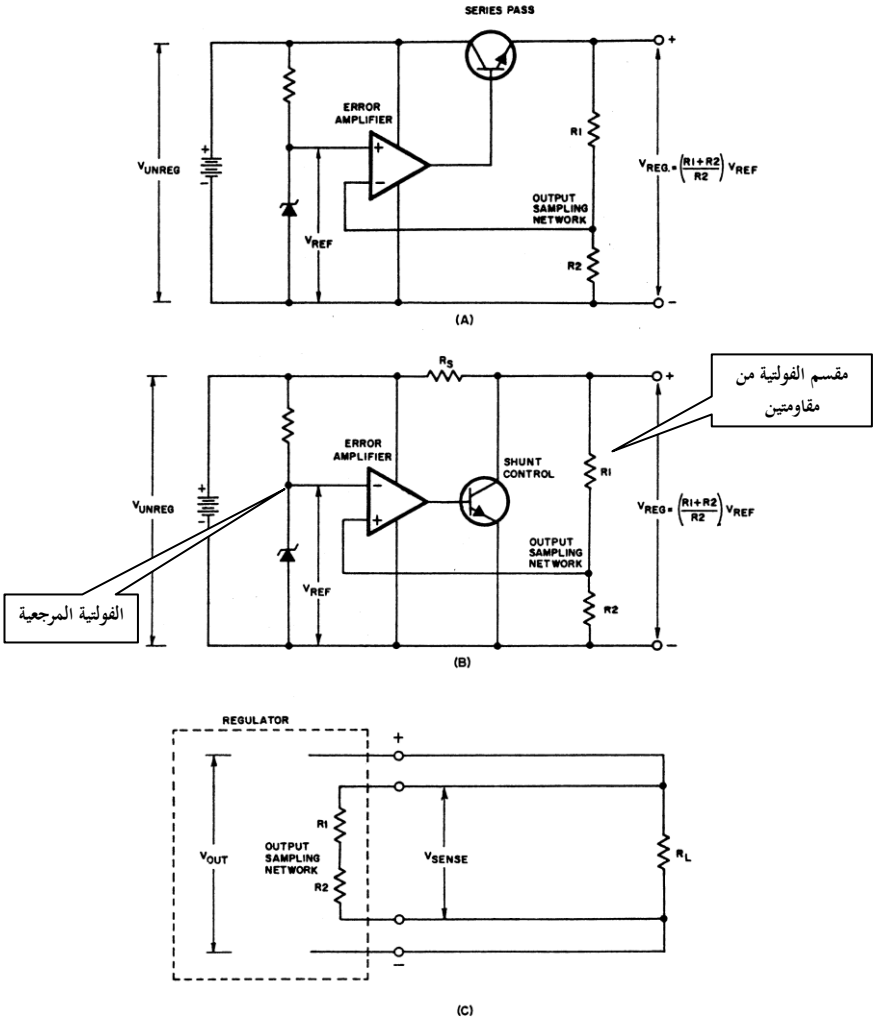
المقرات الخطية Linear Regulators

الشكلين الأساسيين للمقرات الخطية linear regulators تراه كتخطيط في الشكل24. في مقر التوالي series regulator التي تراه في الشكل A يستعمل في تطبيقات تتطلب استعمال كفئ لمصدر القدرة الابتدائي. فولتية الإقرار المرجعية stable reference تؤخذ من ثنائي زنر zener Diode. في التطبيقات الدقيقة والحرجة يستعمل ثنائي مرجعي كمعوض حراري temperature-compensated.

الفولتية الخارجة يتم نمذجتها sampled (عن طريق مقسم فولتية voltage divider) ومقارنتها مع الفولتية المرجعية حيث يتولى مضخم الخطأ error amplifier تعديل قيمتها. فإذا كان نموذج الفولتية الخارجة أكبر من الفولتية المرجعية، فإن مضخم الخطأ يقلل تيار السوق إلى ترانزستور التمرير، والعكس صحيح. وبذا يتصرف ترانزستور تمرير التوالي كمقسم فولتية voltage divider مع مقاومة الحمل.

في مقرات التوالي تكون العلاقة مباشرة بين تبديد القدرة power dissipation لترانزستور تمرير التوالي وبين تيار الحمل المار في ذلك الترانزستور، وكذلك العلاقة مباشرة بين تبديد القدرة لترانزستور تمرير التوالي وبين الفرق بين فولتية الدخول والخروج. (أي إن الحرارة المتولدة على ذلك الترانزستور تزيد مع زيادة تيار الحمل وتزيد كذلك كلما زاد الفرق بين فولتية الدخول والخروج).

عنصر تمرير التوالي يمكن أن يوضع عبر أي طرف من أطراف المجهز. كلا نوعي الترانزستور PNP أو NPN يمكن أن نستعملها لهذا الغرض، حسب استقطاب نقطة الصفر للدخول الغير منضبط unregulated input.



الشكل٢٤ دوائر لمقر فولتية ألكتروني خطي، في هذه المخططات تمثل البطارية مصدر الفولتية الغير منضبطة، يمكن لمحولة ومقوم ومرشح أن يوفر هذه الوظيفة في معظم التطبيقات. في **A** دائرة مقر توالي. في **B** دائرة مقر ذو أنشوطة **Shunt regulator**. في **C** تحسس بعيد يتغلب على ضعف الإقرار بسبب الفولتية المنحدرة والمبددة على خط التوصيل **I.R**، وذلك بإدراج خط التوصيل ضمن دورة التغذية العكسية.

الشكل24B يبين دائرة مقر فولتية بسيطة. مثل هذه الأنظمة تستعمل عندما يتعين علينا المحافظة على فولتية المصدر ثابتة. وعمله مشابه لعمل مقر التوالي، عدا إن عنصر السيطرة يكون على التوازي مع الحمل الخارجي. وعندما يتغير تيار الحمل، فإن ترانزستور السيطرة يغير مقاومته عكس الحمل وبهذه الكيفية تبقى المقاومة المؤلفة من الحمل والترانزستور ثابتة، وتسحب تيار ثابت عبر Rs. لاحظ إن تقطيب الدخول لمضخم الخطأ تكون معكوسة مما هي الحال مع مقرات التوالي. وهذه نتيجة لصفة الإقلاب المعروفة التي تحدث مع الترانزستورات الموصلة بطريقة القاذف المشترك Common-emitter. أعظم تبديد قدرة لترانزستور السيطرة يحدث عندما يكون الحمل صفر.

الصرامة في إقرار الفولتية التي يبديها مقر الفولتية الخطي تعتمد على كسب مضخم الخطأ والنسبة بين مقاومات التقسيم للفولتية الخارجة. والعامل الأهم هو مقاومات التقسيم ذلك لأن معظم مضخمات العمليات التي نستعملها تمتلك كسب عالي. فإذا ما كان استقطاب المرجع reference يساوي 1V وقد جرى انتخاب مقاومات التقسيم لتنتج خارج يبلغ 10V، فإن كسب الانشوطة loop gain سيقل (حيث تزداد ممانعة الخارج) بالعامل عشرة. زيادة الفولتية المرجعية إلى 5V والإبقاء على مقاومات التقسيم التي تحقق لنا نموذج للفولتية الخارجة يبلغ 10V تبقى نفسها، فإن ذلك سيحسن الإقرار بمقدار 5 مقارنة مع المثال السابق.

وعلى هذا، إذا مجهز القدرة ذو خارج 10V يستعمل 1V كمرجع ينتج تغير في الفولتية الخارجة يبلغ 5mV إزاء تغير معين في الحمل، فإن المجهز الذي يملك 5V كمرجع ينتج فقط 1mV كتغيير في الفولتية الخارجة إزاء نفس التغيير في الحمل.

نفس القاعدة يمكن تطبيقها على التعرجات الخارجة. وعلى أي حال فإن هذه الخاصية يمكن السيطرة عليها بشكل مستقل عن إقرار الحمل من خلال توصيل متسعة على التوازي مع المقاومة R1 في الشكل24 A و B. هذا سيسمح للمقر regulator أن يعمل عند أقصى كسب الانشوطة إزاء مكونات التيار المتناوب الخارج.

المناقشة السابقة تقودنا إلى استنتاج وهو إن الفولتية المرجعية في مقرات الفولتية الخطية linear regulators يجب أن تكون مرتفعة قدر الإمكان. وعلى أي حال فإن فيزياء الحالة الصلبة Solid-state physics وفن التصنيع (التكنولوجيا) قد أشارت إلى إن أحسن استقرار حراري نحصل عليه عند استعمال فولتية مرجعية في حدود 6V.

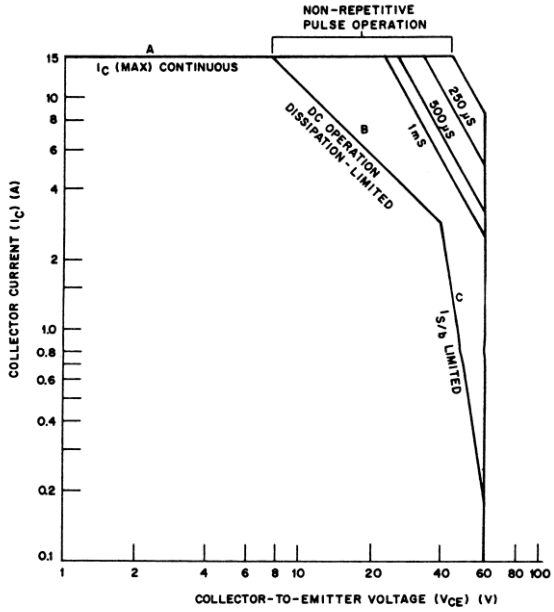
في أي مقر للفولتية، نحصل على أنظف خارج وإقرار صارم عند النقطة الموصل إليها شبكة النمذجة (مقاومات التقسيم) أو مضخم الخطأ. فإذا ما سحب تيار حمل شديد خلال موصلات طويلة، فإن انحدار الفولتية على الموصلات الطويلة قد يخفض جودة الإقرار عند الحمل. وللتغلب على هذه الظاهرة فإن توصيلات التغذية العكسية إلى مضخم الخطأ يمكن أن نجعلها مباشرة إلى الحمل. هذه التقنية تدعى التحسس عن بعد remote sensing، ننقل من خلالها نقطة أحسن إقرار إلى الحمل عن طريق جلب نقاط توصيل الحمل إلى داخل انشوطة التغذية العكسية وهذا تراه في الشكل24C.

مقرات الفولتية الخطية نستعملها في التطبيقات التي تتطلب إقرار صارم مع ضوضاء وتعرجات خارجة قليلة جداً. وهذه المقرات عموما ثقيلة الوزن وكبيرة وتبدد حرارة.

مساحة العمل الآمنة Safe Operating Area

عند اختيار الترانزستور الملائم للاستخدام كعنصر إقرار series pass device في مقرات الفولتية الخطية، يجب الانتباه لنظمن إن الترانزستور المختار سيثبت أمام إجهادات الفولتية والتيار التي قد تحدث خلال الاشتغال الاعتيادي أو تحت ظروف الدورة القصيرة. كذلك فإن القدرة التي تدرج في المواصفات هي التي يقدر الترانزستور على مناولتها، ويجب أن يفهم أن هذه القدرة المقننة تطبق فقط على الفولتية الأمامية الواطئة المنحدرة على الترانزستور وتيار الجامع الكبير (الواقفة على طرفي الترانزستور التي تمرر تيار الجامع الكبير). وعندما تزداد فولتية الجامع- قاذف فإن مقدرة الترانزستور على مناولة القدرة يمكن أن تقل. هذا الانخفاض يعرّف على إنه حد الانهيار الثاني للانحياز الأمامي forward-biased second-breakdown limit ويعتمد بشكل كبير على الطريقة التي يصنع بها الترانزستور.

ولمساعدة مصمم الدائرة على اختيار الترانزستور الذي يحقق القدرة المقننة، فإن مصانع الترانزستورات توفر منحنيات تبين العلاقة بين تيار الجامع وهذه الفولتية.



الشكل٢٥ منحنى مساحة العمل الآمنة للترانزستور **2N3055** أنظر الشرح للتفاصيل.هذا المنحنى يرتكز إلى المواد التي تقدمها شركة **RCA** ***Power Devices Data Book SSD-220C***.

هذه المنحنيات تعرف على إنها مساحة العمل الآمنة safe-operating-area SOAR منحنى سوار العملي للترانزستور 2N3055 الشهير تراه في الشكل25 الخط A هو أعظم تيار يمكن أن يتحمله القاذف دون أن يتلف ويتعطل الترانزستور. الخط B يبين منطقة القدرة القياسية أثناء العمل، والتي هي بمثابة أعظم قدرة مقننة للترانزستور. وأخيراً الخط C هو حد الانهيار الثاني. وكذلك ترى خطوط تبين حدود القدرة النبضية pulsed-power لفترات قصيرة مختلفة العرض.

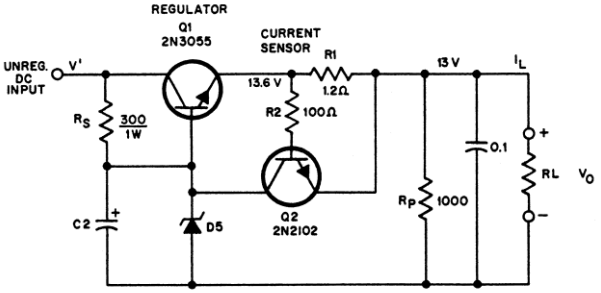
القائم بتصميم مجهز القدرة عليه أن يستشير ورقة البيانات للترانزستور الذي اختاره، والتحقق ليكون متأكدا عند التشغيل من عدم تجاوز حدود المساحة الآمنة أثناء العمل الاعتيادي أو تحت حالة الدورة القصيرة لمجهز القدرة. إضافة محدد للتيار أو محدد يتسبب في حدوث شبه إطفاء foldback سيساعد على حماية ترانزستور التمرير من التلف خلال حالات التحميل الزائد.

تحديد التيار للمقرات ذات المكونات المنفصلة

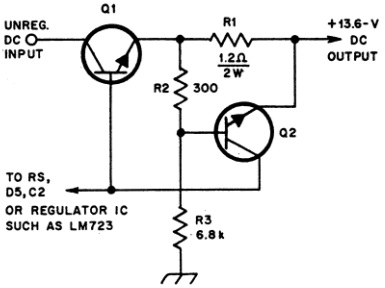
Current limiting for discrete-component regulators:

يمكن أن يحدث التلف لترانزستور التمرير pass transistor عندما يتجاوز تيار الحمل المقدار الآمن. الشكل26 يوضح دائرة محدد تيار بسيطة وهي تحمي الترانزستور Q1 .جميع تيار الحمل يمرر خلال R1 . سيظهر فرق في الفولتية على طرفي R1 وتعتمد قيمته على مقدار التيار المار بها في تلك اللحظة. وعندما يزيد تيار الحمل على قيمه ابتدائية آمنة، فإن انحدار الجهد على طرفي R1 سيمرر تيار انحياز خلال Q2 ويتسبب في جعله موصلاً. وبما إن Q2 هو ترانزستور من السليكون، فإن الفولتية على طرفي R1 يجب أن تزيد على 0.6V لتدفع Q2 إلى التوصيل. هذه النقطة تجعلنا نختار قيمة لـ R1 توفر لنا انحدار يبلغ 0.6V عند سحب أقصى تيار حمل آمن. وفي هذا المثال سيتم مشاهدة 0.6V عندما يصل I_L إلى 0.5A . المقاومة R2 تحمي وصلة القاعدة– قاذف base-emitter للترانزستور Q2 من القمم الحادة للتيار Current spikes أو من التلف الذي ممكن أن يحدث في حالة تلف الترانزستور Q1 عند حدوث دورة قصيرة.

عندما يوضع Q2 في حالة توصيل فإن بعض التيار خلال Rs يمر خلال Q2 وبذلك يحرم Q1 من تيار القاعدة. هذه العملية تعتمد على كمية تيار القاعدة لـ Q1 في لحظة من اللحظات، قاطعة حالة التوصيل لـ Q1 على درجة من الدرجات. وبذا يتحدد التيار المار خلاله.



(A)

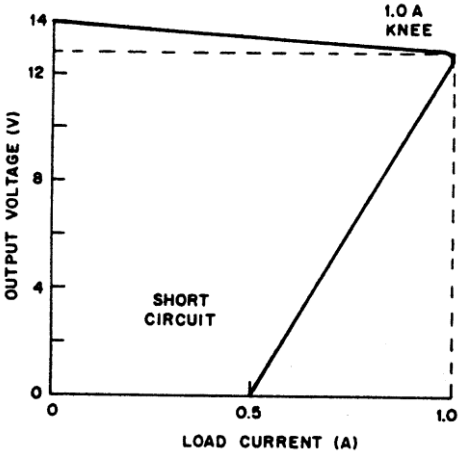


(B)

الشكل٢٦ الحماية من التحميل الزائد لمجهز منضبط **regulated supply** يمكن أن نحصل عليها بإضافة دائرة حماية من التيار الزائد، كما ترى في **A**. في **B** قد جرى تحوير الدائرة للحصول على شبه غلق **fold back** كمحدد للتيار.

محددات الغلق Fold-back Limiting

تحت ظروف الدورة القصيرة Short-circuit، فإن محدد التيار سابق الوصف عليه أن يتحمل كامل فولتية المصدر دون أن ينهار وكذلك تيار الدورة القصيرة. الذي قد ينتج عنه تبديد قدرة عالي جداً أو إجهاد ينتج عنه انهيار ثانوي second breakdown لترانزستور تمرير التوالي. مثلاً مقر فولتية regulator ذو 12 فولت مع وضع محدد للتيار عند 10 أمبير ويمتلك فولتية مصدر تبلغ 16 فولت سيحصل له تبديد قدرة يبلغ 4 واط أي (12V–16V)×10A عند نقطة تحديد التيار (Knee).



الشكل٢٧

المقر ذو الـواحد أمبير الذي تراه في الشكل٢٦B سينغلق Fold back إلى 0.5 أمبير في حالة الدورة القصيرة. راجع الشرح.

لكن تبديد القدرة هذا سيرتفع إلى 160 واط في حالات الدورة القصيرة وهو حاصل الضرب (10A×16).

التحوير على دائرة المحدد ممكن أن يسبب انخفاض التيار الخارج عند إقلال مقاومة الحمل خاصة بعد النقطة (Knee)؛ وعند عمل دورة قصيرة للخارج، يصبح التيار الخارج عبارة عن كسر لقيمة تيار النقطة Knee، وهذا يحمي ترانزستور تمرير التوالي من الزيادة في تمرير القدرة واحتمال تلف الترانزستور.

لكن تبديد القدرة هذا سيرتفع إلى 160 واط في حالات الدورة القصيرة وهو حاصل الضرب (10A×16). باستعمال المثال السابق لمنظم الفولتية 12V – 10A إذا ما جرى تصميم تيار الدورة القصيرة عند 3A (نقطة Knee لا زالت 10 أمبير)، سيبدد الترانزستور قدرة تبلغ عند حدوث الدورة القصيرة 10V × 3A = 48 واط.

الشكل26B يبين كيف يمكن تحوير محدد التيار الذي بيناه في المثال السابق ليدمج ضمن تحديد الغلق Fold back limiting.

مقسم الفولتية المؤلف من R2 و RB يوفر لنا انحياز سالب لقاعدة الترانزستور Q2، الذي يمنع Q2 من أن يصبح في وضع ON (توصيل) إلى أن يتم التغلب على هذا الانحياز من خلال انحدار الجهد على R1 الذي يسببه تيار الحمل.

وطالما إن الانحياز الذي سبب وضع الإطفاء يقل مع انحدار الفولتية الخارجة، فإن Q2 يصبح أكثر حساسية للتيار خلال R1 مع انخفاض الفولتية الخارجة لاحظ الشكل27. الدائرة مصممة من خلال احتساب قيمة المقاومة R1 أولا لتيار الدورة القصيرة فمثلا، إذا 0.5 أمبير قد جرى اختيارها، فإن قيمة R1 ستكون ببساطة 0.6V ÷ 0.5A = 1.2 أوم (عند عمل دورة قصيرة على الخارج، فإن

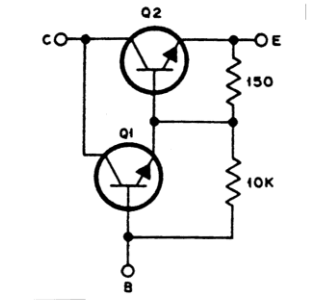
مقدار انحياز الإطفاء hold-off bias المجهز بواسطة R2 و R3 سيكون صغير جداً ويمكن أن نتجاهله) . سيتم اختيار تيار Knee . لهذا المثال ستكون القيمة المختارة 1.0 أمبير . سلسلة مقسم الفولتية ستكون مناسبة لتجهيز فولتية قاعدة مناسبة عند النقطة Knee لأن تضع Q2 في الوضع ON (قيمة 13.6 فولت لخارج يبلغ 13.0 فولت) . مع تيار يبلغ 1A يمر في المقاومة R1، ستكون الفولتية على طرفي المقسم 14.2 فولت. لذا فإن الفولتية المنحدرة على R2 يجب أن تكون 14.2فولت – 13.6 فولت أو 0.6 فولت. اختيار تيار المقسم divider ليبلغ 2 ملي أمبير، فإن قيمة R2 ستكون 0.6V ÷ 0.002A = 300 أوم. R3 تحسب لتصبح 13.6V ÷ 0.002A = 6800 أوم.

مقرات الفولتية بتيار خارج كبير High Current-Output Regulators

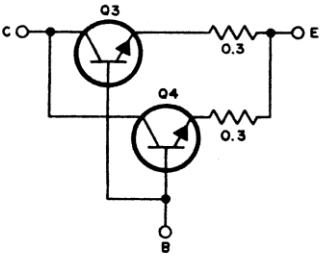
ثنائي زنر المستعمل كمرجع reference بسيط أو متكاملة مضخم العمليات المستعملة كمضخم خطأ error amplifier قد لا تكون مؤهلة لتجهيز تيار كافي إلى ترانزستورات التمرير pass transistors الذي يتعين عليه توصيل تيار حمل كبير . لذا فإن توصيلة دارلينكتون Darligton الموضحة في الشكل28A تتزايد فيها بيتا ترانزستور التمرير multiplies the pass transistor beta، وبذا يمتد مدى السيطرة extending the control range لمضخم الخطأ . فإذا ما تم استعمال ترانزستورات موصلة بطريقة دارلينكتون يصبح من الضروري وضع مقاومة عبر وصلة القاعدة – القاذف وذلك لمنع تيار التسريب من الجامع إلى القاعدة في Q1 من أن يضخم ويدفع زوج الترانزستورات إلى حالة التوصيل turning them on . هذه المقاومات تكون مضمنة داخل غلاف نبائط الدارلينكتون والمسماة monolithic darligton device .

عندما لا يتوفر ترانزستور مفرد لمناولة التيار المطلوب من مقر الفولتية، يمكن حينها زيادة إمكانية مناولة التيار عن طريق توصيل اثنان أو أكثر من ترانزستورات التمرير على التوازي.

الدائرة في B الشكل28 تبين طريقة التوصيل. المقاومات عند طرف القاذف لكل ترانزستور ضرورية لمعادلة التيارات equalize the currents .



(A)



(B)

الشكل٢٨ ... في A زوج من الترانزستورات موصل بطريقة دارلينكتون لتستعمل كعناصر تمرير في دائرة تقويم توالي. في B طريقة توصيل اثنان أو أكثر من الترانزستورات على التوازي لتمكينها من تجهيز تيار خارج كبير. المقاومات بالأوم. الدائرة في A يمكن أن تستعمل لتيارات حمل من 100mA إلى 5A، وفي B لتيارات من 6 إلى 10A. Q1= MJE340. Q2-Q4= ترانزستور قدرة مثل 2N3055 أو 2N3772.

متكاملات إقرار الفولتية IC Voltage Regulators

النزعة هذه الأيام في استعمال مقرات الفولتية ذات الثلاثة أرجل والمسماة three-terminal regulators . في داخل كل نوع من هذه الأنواع يوجد مرجع للفولتية reference ومضخم خطأ ذو كسب عالي high-gain error amplifier ومتحسس للفولتية ذو معوض حراري، ومقاومات وترانزستورات وعنصر تمرير . معظم الأنواع المستعملة هذه الأيام تمتلك وسيلة للإطفاء عند ارتفاع درجة الحرارة لإبقاء المقر داخل المساحة الآمنة، وحماية من زيادة الفولتية، ووحدة غلق عند تجاوز قيمة التيار المجهزة current foldback، جاعلة إياها ذات مناعة من التلف .

مقرات الفولتية ذات الثلاثة أطراف (طرف لدخول التيار المستمر dc غير منضبط الفولتية وطرف لتوصيلة النقطة صفر وطرف لخروج التيار المستمر dc للفولتية المنضبطة) متوفرة بمدى واسع من التيار المقنن والفولتية المقننة . وربما Fairchild و National و Motorola من أكبر ثلاثة مجهزين لهذه المقرات في الوقت الحاضر . ومن السهولة بمكان أن نلاحظ لماذا مقرات من هذا النوع

لها هذه الشعبية عندما نضع في الحسبان انخفاض السعر وكم هو عدد المكونات التي نستعيض بها عنها.

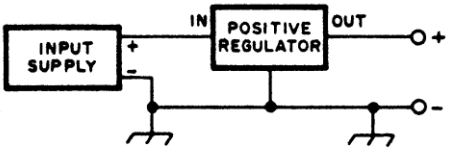
هذه المقرات متوفرة بعبوات متنوعة حسب التيار المقنن. النبائط ذات التيار الواطئ تستعمل عادة عبوات بلاستيكية من نوع To-92 و DIP. العبوات نوع To-220 شائعة للأنواع ذات التيار 1.5A، والعبوات To-3 تحوي الأنواع الأكبر، مثل النبائط 3A و 5A.

مقرات الفولتية ذات الثلاثة أرجل متوفرة كأنواع سالبة أو موجبة. في معظم الحالات تستخدم الأنواع الموجبة لإقرار الفولتيات الموجبة والمقرات السالبة لإقرار الفولتيات السالبة. وعلى أي حال، اعتماداً على متطلبات نقطة الصفر ground للأنظمة فإن كل نوع من أنواع المقرات يمكن أن يستعمل لإقرار الفولتية المعاكسة the "opposite" voltage أو كما يقال الفولتية المقابلة.

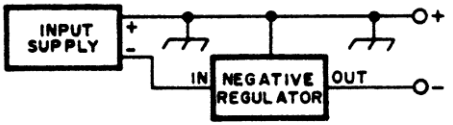
الشكل29 A و B يوضح كيف يمكن استعمال مقرات الفولتية بالصيغة التقليدية conventional mode. العديد من المقرات ممكن أن تستعمل common-input supply لتجهيز عدة فولتيات منسوبة إلى نقطة الصفر المشتركة أو كما يسمى الأرضي المشترك common ground. المقرات السالبة يمكن أن تستعمل بنفس الكيفية. إذا لم يتوفر مقر لفولتية التجهيز الداخلة الموجبة مثلا يمكن استعمال الدائرة في الشكل 29c و d لإقرار الفولتية الموجبة باستعمال مقر سالب والعكس بالعكس. بهذه الطريقة في التوصيل يكون التجهيز الداخل عائم input supply is floated؛ وأي جانب من الدخول يمكن أن يوصل إلى نقطة الصفر ground للنظام.

وقد أوجدت المصانع نظام ترقيم لتصنيف المقرات ثلاثية الأرجل بالاستناد إلى تقطيب التجهيز والتيار الخارج والفولتية التي سيجري إقرارها، ومثال ذلك فإن National semiconductor تستعمل الرقم LM7805 لبيان مقر فولتية موجبة ذات 5V و 1.5A؛ وعند مقارنتها مع Texas Instruments ستكون uA7805KC. والرقم LM7905C يبين مقر فولتية سالبة 5V و 1.5A أمبير.

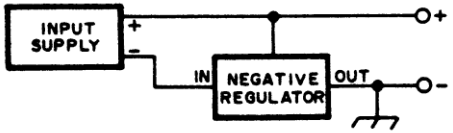
مقرات الفولتية الثابتة متوفرة بفولتية خارجة مقننة شائعة ما بين 5 و 28 فولت أصناف أخرى من هذه النبائط يمكن أن يضبط الخارج منها فيما بين 1.25 إلى 50V.



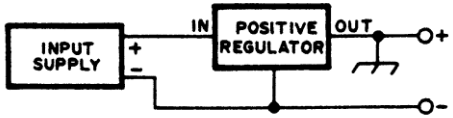
(A)



(B)



(C)



(D)

الشكل٢٩ في **A** و **B** ترى الطريقة التقليدية التي يتم فيها استعمال المقرات ذات الثلاث أرجل. في **C** و **D** ترى كيف لمقر أحادي الفولتية أن يقر الفولتية المعاكسة له.

خصائص مقر الفولتية Regulator Specifications

عندما نختار مقر فولتية ذو ثلاثة أطراف three terminal regulator لتطبيق معين، فإن الصفات الأكثر أهمية التي يتعين علينا أخذها بنظر الاعتبار هي :

الفولتية الخارجة من النبيطة device output voltage .

التيار الخارج output current

الفرق بين الفولتية الداخلة والفولتية الخارجة .

إقرار الخط Line regulator

تبديد القدرة power dissipation

متطلبات الفولتية الخارجة والتيار الخارج تستخرج من الحمل الذي نروم استعمال المقر له. الفرق بين الفولتية الداخلة والخارجة هو أحد أهم المواصفات للمقر ذو الثلاثة أرجل التي يتعين علينا أخذها بنظر الاعتبار عند تصميم مجهز ما.

قيمة الفرق differential value (الفرق بين الفولتية المسلطة على طرف الدخول وبين الفولتية الظاهرة على طرف الخروج) يجب أن تكون ضمن المدى الموصوف في ورقة البيانات. أقل فرق يكون عادة حوالي 2.5 فولت، ويسمى The drop out voltage. فإذا ما كان (قيمة الفرق differential value) أقل من (فولتية انحدار الخروج dropout voltage)، سوف لا يحدث حين ذاك أي عملية إقرار للفولتية.

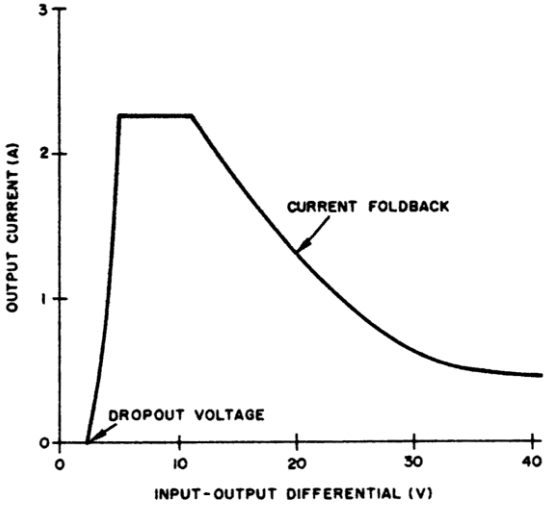
عند النهاية الأخرى نجد إن أقصى فرق بين فولتية الدخول والخروج يكون عموما حوالي 40 فولت. فإذا ما تجاوزت (قيمة الفرق) هذه، فإننا سنصل إلى أعظم حالة تبديد قدرة للنبيطة.

الزيادة في أي من التيار الخارج أو الفرق بين الفولتية الداخلة وبين الفولتية الخارجة ينتج عنه زيادة في القدرة التي تستهلكها (تبددها) النبيطة نفسها.

ويتم إدراج وسيلة أمان تسمى غلق التيار Current fold back، تستعملها بعض المصانع لتضمن أن لا يتجاوز تبديد القدرة في حالات العمل الاعتيادية.

الشكل30 يبين العلاقة بين التيار الخارج والفرق بين الفولتية الداخلة والخارجة وتحديد التيار current limiting لمقرات الفولتية ذات الثلاثة أرجل المقنن رمزيا لتيار خارج يبلغ 1.5 أمبير. أقصى تيار خارج نحصل عليه مع فرق في الفولتيات من حوالي 2.5V (dropout voltage) إلى 12V. أكثر من 12V يقل التيار الخارج محدداً تبديد النبيطة للقدرة إلى قيمة آمنة. وإذا ما حدث دورة قصيرة لأطراف الخروج بشكل عارض، سيرتفع الفرق بين فولتية الدخول وفولتية الخروج، مسببا غلق التيار current fold back، وبذا يمنع مكونات مجهز القدرة من أن تصبح تحت حالة الإجهاد الزائد. ترتيبة الحماية هذه تجعل المقرات ذات الثلاثة أرجل جذابة بشكل عملي في مجهزات القدرة البسيطة.

عند تصميم مجهز قدرة حول مقر معين ذو ثلاثة أرجل، يتعين أن تلعب الفولتية الداخلة والخارجة الدور الأكبر في اختيار قيم المكونات لثانوي المحولة transformer secondary ومتسعات المرشح filter capacitor.



الشكل٣٠ تأثير الفرق بين الفولتية الداخلة والخارجة على التيار الخارج من مُقر فولتية ذو الثلاثة أرجل.

الفولتية الغير منضبطة المسلطة إلى مدخل النبيطة ذات الثلاثة أرجل يجب أن تكون أعلى من انحدار الفولتية على الدائرة الخارجية dropout voltage، وأن تكون واطئة كفاية حتى لا يذهب المقر إلى حالة تحديد التيار بسبب زيادة الفرق بين الفولتيات. فإذا ما كان مثلاً الفولتية المنضبطة الخارجة من نبيطة تراها في الشكل30 تبلغ 12 فولت، فإن الفولتية الغير منضبطة الداخلة ستكون مقبولة إذا ما كانت بين بين 14.5 و 24 فولت عندما ترغب في الحصول على أقصى مقدار التيار الخارج.

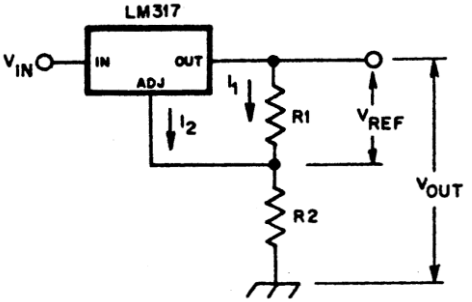
وعند الاستعمال فإن كل أو مقرات الفولتية ذات التيار الأقل تكون عموما بحاجة إلى مبدد حرارة خارجي كافي، ذلك لأنها قد يطلب منها أن تبدد كمية ليست بالقليلة من القدرة. كذلك، بسبب إن الشريحة chip المؤلفة منها النبيطة تحتوي على مضخم خطأ ذو كسب عالي، فإن تمرير bypassing توصيلات الدخول والخروج من الأمور الأساسية للحصول على عمل مستقر stable operation. معظم المصانع تنصح بتمرير by passing أطراف الدخول والخروج بشكل مباشر((تمرير تعني توصيل متسعة بقيمة نحو 0.1uF بينها وبين نقطة الصفر))، ما أن تبرز من خلال مسرب الحرارة heat sink. وينصح باستعمال متسعات التانتاليوم Tantalum لهذا الغرض غالبا بسبب قابليتها الممتازة على التمرير في منطقة ترددات VHF.

بالإضافة إلى متكاملات إقرار الفولتية التي تحدثنا عنها، تتوفر مقرات فولتية ذات تيار عالي وفولتية يمكن ضبطها والتحكم بها adjustable voltage regulators. هذه المتكاملات تتطلب ليس أكثر من مقاومة متغيرة potentiometer لعملية الضبط ضمن المدى من 5 إلى 24 فولت ولغاية 5A. ونظراً لانخفاض سعر هذه المتكاملات تكون مناسبة تماماً لبناء مجهزات القدرة لطاولة العمل.

ومن الأنواع الشعبية ذات التيار الواطئ وفولتية خارجة يمكن التحكم بها النوع LM317 تراه في الشكل31 . حيث يظهر فولتية مرجع reference بمقدار 1.25 فولت V_{ref} بين طرف الخروج output وطرف الضبط adjustment terminal . وعند تركيب المقاومة R1 بين هذه الأطراف سيظهر تيار ثابت constant current I_1 يتم التحكم به بواسطة العلاقة $I_1 = V_{ref} \div R_1$. كلا المقدارين I_1 وتيار الخطأ error current البالغ 100uA (I_2)، يمران خلال R2 وتظهر نتيجة ذلك على الفولتية الخارجة V_o output voltage .

يمكن حساب V_O باستعمال العلاقة ((تقرأ العلاقة من اليمين إلى اليسار))

$$R_2 I_2 + \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) V_{ref} = V_O$$

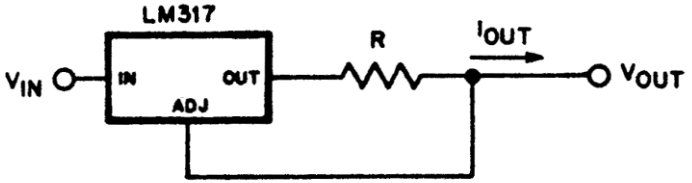


الشكل٣١ بتغيير النسبة بين R2 و R1 في المخطط البسيط للمقر LM317 يمكن الحصول على مدى واسع من الفولتيات. أنظر النص للتفاصيل.

أي فولتية فيما بين 1.2 و 37 فولت يمكن الحصول عليها من فولتية داخلة تبلغ 40فولت بتغيير النسبة بين R2 إلى R1 .

الشكل32 يبين أحد العديد من التطبيقات المرنة للمتكاملة LM317 . بإضافة فقط مقاومة واحدة، يمكن استعمال مقر الفولتية كمصدر لتيار ثابت constant current source، مؤهل لشحن بطاريات النيكل كادميوم Nicd الصغيرة مثلا أو سوق التيار الملائم لأحواض الطلاء .

العلاقات الخاصة بالتصميم معطاة في الشكل.



$$I_{OUT} = \frac{1.2}{R}\ ,\ 12 \leq R \leq 240\ \Omega$$

$$V_{OUT} = V_{IN} - 1.25\ V$$

الشكل٣٢

مُقِر الفولتية LM317 قد جرى تحويله إلى مصدر للتيار الثابت بإضافة مقاومة واحدة فقط.

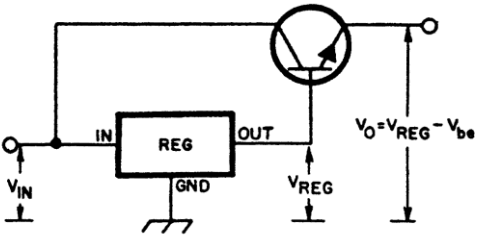
يجب أخذ جميع الملاحظات الذي ذكرناها مع مقرات الفولتية بعين الاعتبار عند تصميم المقرات القابلة للضبط adjustable regulators. ومن الأمور الأساسية لتعمل الدائرة بشكل صحيح، توفير مبدد حرارة ملائم heat sinking وتمرير أطراف المتكاملات lead bypassing (أي توصيل متسعات بين الأطراف والأرض).

عندما يكون أعظم تيار خارج من مقر الفولتية للدائرة المتكاملة غير كاف لتشغيل الحمل، يمكن إضافة ترانزستورات قدرة منفصلة لزيادة تأهيل نقل التيار.

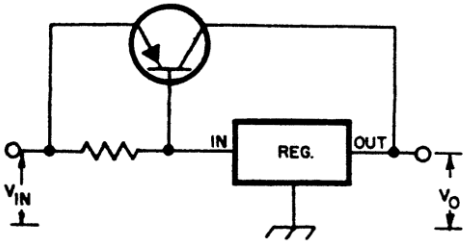
الشكل33 يبين طريقتان لتضخيم التيار الخارج لمقر فولتية موجب، ويمكن تطبيق نفس التقنية مع مقرات الفولتية السالبة. في A، نجد ترانزستور NPN قد وصل بمثابة تابع القاذف emitter follower، ضارباً سعة التيار current capacity في بيتا الترانزستور. عيب هذه الطريقة إن وصلة القاعدة – القاذف base-emitter ليست داخل دورة التغذية العكسية. نتيجة ذلك أن الفولتية الخارجة تقل بمقدار انحدار الفولتية على وصلة القاعدة – القاذف، ويتدهور إقرار الحمل حسب التغير في انحدار الفولتية تلك.

الدائرة في B تمتلك ترانزستور PNP يلتف حول مقر الفولتية. المقر يسحب خلال وصلة القاعدة – القاذف، حاملا الترانزستور على التوصيل. الفولتية الخارجة من متكاملة الإقرار لا تتغير بسبب الترانزستور، ذلك لأن الجامع موصل مباشرة إلى خارج المتكاملة (نقطة التحسس). أي زيادة في الفولتية الخارجة تكشف بواسطة متكاملة الإقرار، حيث تغلق ترانزستور التمرير الذي في داخلها، وهذا يوقف تيار ترانزستور التعزيز boost-transistor.

معظم مقرات الفولتية ذات الدائرة المتكاملة قد جرى تشكيلها configured كمقرات توالي خطية. وأياً كان، نجد التطبيقات التي يقدمها المصنع تبين كيفية استعمال هذه النبائط كمقرات نوع Shunt regulators أو حتى مقرات النوع المفتاحي Switching regulators.



(A)



(B)

الشكل٣٣ طريقتين لزيادة تأهيل نقل التيار لمتكاملة مقر الفولتية. في A تم استعمال ترانزستور NPN كتابع للقاذف. في B تم استعمال PNP يلتف حول المقُر. عمل هذه الدوائر مشروح في النص.

التصميم الحراري Thermal Design

كما إن التصميم الكهربائي مهم لمجهز القدرة كذلك هو الحال للتصميم الحراري. مجهزات القدرة الخطية Linear power supplies غير كفئة inefficient. المقومات Rectifiers والمقرات Regulators وترانزستورات التمرير Pass transistors جميعها تبدد حرارة، ويتعين التخلص من هذه الحرارة بشكل آمن للمحافظة على النبائط من التلف. والقاعدة المتبعة ((كلما أكبر كان أحسن big is better)) يتم تطبيقها على مبددات الحرارة Heat sinks، إلا إننا في هذا القسم سنبين لك كيف نحسب متطلبات مبدد الحرارة ونختار التبريد الصحيح لأي مجهز قدرة. المادة التالية قد جرى إعدادها من قبل ARLL TA Dick Janson,WD4FAB.

إيجاد التصميم الحراري thermal design لأي مجهز قدرة يتم تبريده بشكل صحيح هي عملية معرَفة بشكل جيد. بالنسبة لبعض الهواة الذين تنحصر خبرتهم في الالكترونيات، يجدون موضوع نقل الحرارة يكتنفه الغموض.

المعلومات التالية سترفع الحجب وتبين ما هو مطلوب لصنع تصميم الكتروني جيد ويتصرف بشكل صحيح في عالم الحرارة. الخطوات العامة التي يتعين أخذها تبين المنطق الذي يتعين تطبيقه.

معرفة القدرة المبددة المتوقعة.

تعريف متطلبات عناصر التبديد.

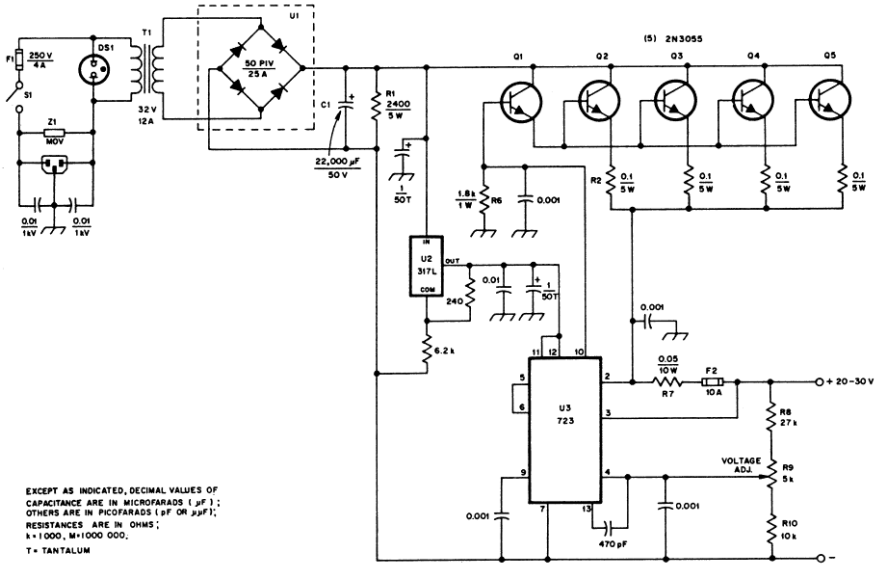
تخمين متطلبات تبديد الحرارة Heat-sinking.

إعادة بناء النبائط الالكترونية لتلائم المتطلبات الحرارية.

اختيار المبادل الحراري.

لتوضيح هذه المناقشة بالرسم، نستعمل مجهز قدرة بخارج 28 فولت وتيار تجهيز 10 أمبير كمثال. الخطوات الموصوفة هنا هي فعلا التي اتبعت خلال تصميم مجهز القدرة هذا.

الخطوة الأولى تتمثل في تخمين الفولتية الخارجة من المرشح والتي لم يجر عليها إقرار بعد، وهي تغذي الحمل الكلي بالتيار. الرسم التخطيطي لهذا المجهز تراه في الشكل34. المحولة لها ملف ثانوي بخارج يبلغ 32 فولت تيار متناوب ac. وطالما هذا هو الدخول إلى مقوم موجة كاملة نوع القنطرة full-wave bridge rectifier، فإن التيار المستمر الذي جرى ترشيحه الخارج من C1 سيتبع خصائص الخروج هذه المبينة في الشكل7، المبينة في بداية هذا المقال.



الشكل٣٤

مخطط لدائرة مجهز القدرة **28V، 10A** الذي استعمل لبيان فقرة التصميم الحراري.

وكتخمين أولي نفرض إن 40 فولت تيار مستمر خارج من المرشح لتيار حمل يبلغ 10A. متسعة المرشح ذات قيمة 22000uF لذا يكون الخارج قد جرى ترشيحه بشكل جيد. نحن لا نعلم قيمة ($R\backslash R_S$)، (مقاومة التوالي series resistance \ مقاومة الحمل load resistance)، ولكن إذا كان مجهز القدرة يستحق الاعتبار، فإن تلك القيمة تحتاج لأن تكون واطئة!

وضع مقاومة التوالي R_S داخل قوسين، يجعل التيار المستمر dc الخارج من المرشح بين 34 فولت و 44 فولت. تخمين الخارج بـ 40 فولت لا يزال يبدو جيداً، لذا نستمر باستعمال تلك القيمة كقيمة لفولتية التيار المستمر الخارج من المرشح المغذى إلى مرحلة مقر الفولتية regulator عند حمل 10A.

الخطوة القادمة تكون في تخمين تبديد القدرة الكلي للترانزستور تحت الحمل الكامل. والسماح إلى فولتية قليلة تنحدر عبر ترانزستور القدرة (دائرة القاذف)، الخارج من ترانزستور تمرير التوالي Q2 إلى Q5 هو فوق 29 فولت ليجهز 28 فولت عند تيار حمل يبلغ 10A.

التبديد dissipation الكلي لترانزستور التمرير مع فولتية 40 فولت غير منضبطة unregulated، بصيغة الحرارة أو ضمن النموذج الحراري تكون (40 فولت − 29 فولت) × 10 أمبير، أو 110واط. ممتص الحرارة heat sink لمجهز القدرة هذا يجب أن يكون قادراً على مناولة ذلك القدر من التبديد ويبقي وصلات الترانزستور transistor junctions تحت الحدود الموصوفة لحرارة العمل الآمنة.

الاعتبار التالي هو مقننات ratings لترانزستورات التمرير التي ننوي استعمالها. هذا المجهز أدرج أربعة من 2N3055 كترانزستورات تمرير، وحتى عندما تبين ورقة البيانات لذلك الترانزستور أن كل 2N3055 إنما هو مقنن لتمرير 15A وتبديد 115 واط. لماذا إذا استعملنا عدة ترانزستورات من نوع 2N3055 ؟

هنا نحتاج إلى أن ننظر إلى الطباعة الغليظة في أعلى ورقة بيانات المواصفات، وننظر بحذق إلى الخصائص characteristics إذ إن المقاومة الحرارية thermal resistance θ_{Jc} بين الوصلة والحاوية junction to case وأقصى ما مسموح به من حرارة الوصلة T_J. للأسف بعض هذه الخصائص characteristics لا تحتويها معظم القوائم التي تدرج خصائص الترانزستور.

لا تنخدع بما يوصف على إنه أقصى تبديد مستمر للنبيطة P_d، إذ إن تلك القيمة هي القيمة المحسوبة لأقصى تبديد maximum dissipation عندما تكون حرارة الحاوية Case عند 25^oC. وليس عملياً أن نحاول جعل حرارة حاوية الترانزستور ثابتة عند 25^oC إذ إن حرارة الغرفة ترتفع فوق هذا المقدار بسهولة.

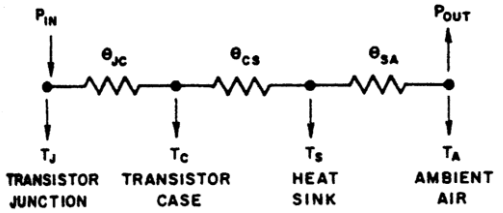
الحرف اللاتيني θ ثيتا يستعمل للتعبير عن قيم الإعاقة الحرارية thermal resistance، ((هي في الأصل المقاومة الحرارية لكني لا أود ترجمتها كذلك إذ ستختلط المعاني مع المسميات في مجال آخر.)) بينما R تستعمل للتعبير عن قيم الإعاقة الكهربائية electrical resistance. الإعاقة الحرارية thermal resistance يمكن أن تعادل equated الإعاقة الكهربائية electrical resistance وممكن أن تبنى الشبكات الحرارية thermal networks التي تبدو مثل الشبكات الكهربائية

electrical networks . في الواقع إن المعادلات الأساسية هي نفسها . الحرارة المقاسة بالواط، تتدفق في الشبكة كما يفعل التيار الكهربائي، المقاس بالأمبير .

فروق الحرارة بالدرجات المئوية degrees Celsius تكافئ الاستقطاب الكهربائي بالفولت . الإعاقة resistance إزاء تدفق الحرارة يعبر عنها بدرجة مئوية ^{o}C لكل واط W (من اليمين إلى اليسار) $^{o}C/W$ وتكتب باللغة الانكليزية من اليسار إلى اليمين ($^{o}C/W$)، وهي تكافئ المقاومة المقاسة بالأوم.

المغزى من الإعاقة الحرارية thermal resistance يمكن أن يفهم بإعادة النظر في الظاهرة الأساسية لتدفق الحرارة basic heat-flow phenomena .

شبكة الحرارة التي تصف التدفق الحراري flow of heat من وصلة الترانزستور إلى الهواء المحيط تراها في الشكل35 . الهواء المحيط في أقصى اليمين ينظر له هنا على إنه الخاتمة المتمثلة بالمسرب الحراري heat sink .



الشكل٣٥

الشبكة الحرارية عند قيام الهواء بتبريد ترانزستور القدرة.

θ_{Jc} تصف الإعاقة الحرارية thermal resistance من وصلة الترانزستور إلى حاوية case الترانزستور . θ_{Jc} هي الإعاقة الناتجة من ملامسة السطحين، سطح الترانزستور وسطح مسرب الحرارة . θ_{sa} هي المقاومة التي يبديها مسرب الحرارة إلى الهواء المحيط .

فحص ورقة المواصفات للترانزستور 2N3055 تبين إنه مقنن لـ $\theta_{Jc} = 1.25^{o}C/W$ (من اليمين إلى اليسار)، وأقصى حرارة حاوية case (ووصلة junction) تبلغ $220^{o}C$. اختبارات المصنع قد بينت إن اعتمادية ترانزستور السيلكون تعاني فعلا عندما تكون درجة حرارة الوصلات عند ذلك القدر من الارتفاع .

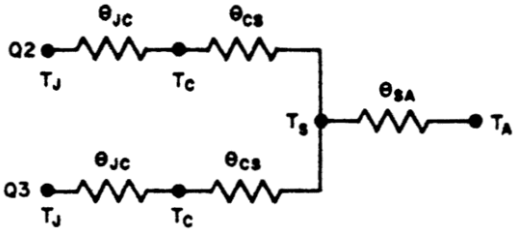
معظم المواصفات التجارية commercial والعسكرية military لا ترخص permit لدرجة حرارة الوصلة أن تتجاوز $125^{o}C$، وفي بعض الحالات $110^{o}C$. الترانزستور العامل في درجة حرارة فوق $125^{o}C$ لا يتلف فورا، لكنه يتدهور ببطئ بسبب تفشي النزوح الحراري excessive thermal migration في مادة السيلكون . ((وهذا ما حدث فعلا مع عاكسات القدرة محلية الصنع، بعد فترة ليست بالقليلة من العمل تفقد الترانزستورات مقدرتها على تمرير التيار وينخفض عامل التكبير بيتا بدرجة كبيرة ويقتضي حينها تبديل كامل الترانزستورات)) عند نقطة ما، ستحتاج أن تقرر كيف سيكون مجهز القدرة الذي سنستعمله . المتطلبات الحرارية (وكذلك متطلبات التصميم

الأخرى) تتفاوت بحضور واضح، هذا التفاوت حسب دورة التجهيز duty cycle المتوقعة لمجهز القدرة.

معدات هواة الراديو تصمم أولا لتعمل في نطاق cw (مورس) و SSB (حزمة جانبية مفردة) وغالبا ما تصمم لتغطي متطلبات الخدمات التجارية وخدمات الهواة المتقطعة (ICAS) Intermittent Commercial and Amateur service ونظريا يعتبر أداءها ضمن 33% من دورة العمل التي تعمل بها الأجهزة التجارية العاملة بشكل مستمر Continuous commercial service (CCS). ولتوفير مجهز قدرة قادر على أداء عمل روتيني مع إمكانية تجهيز كامل قدرته، فإن الذي يصمم مجهز القدرة (المثال الذي نحن بصدده) قد اختار تصميم مجهز القدرة ليعمل ضمن الأداء التجاري المستمر CCS ((مثل تجهيزه للمرسلات الإذاعية)) رغم الاعتقاد السائد إن المشتغلين الهواة قد لا يحتاجون إلى إجهاد المجهز إلى هذا القدر الزائد. هذا المنطق أو هذه الفلسفة هي فلسفة محافظة (ويسميها البعض رجعيّة) لكنها آمنة.

الاعتبارات الأخرى في كيف سنستعمل مجهز القدرة، متضمنة أقصى حرارة هواء يمكن للوحدة أن تراها أثناء الخدمة وأقصى حرارة وصلة يسمح بها للتصميم. الكثير من هذه التدبيرات قد أخذناها بنظر الاعتبار، وكان الاستنتاج أن حرارة الهواء المحيط T_a تبلغ 35^oC (95^oF)، و $T_J = 125^oC$ لعمل من نوع Intermittent Commercial and Amateur service ICAS و $T_J = 150^oC$ لعمل من نوع Continuous commercial service CCS هي افتراضات آمنة؛ هذه الافتراضات سمحت بمرونة التصميم وكما سنرى لاحقاً.

التصميم الكهربائي الأصلي لمجهز القدرة هذا استدعى اثنان من الترانزستورات 2N3055 كعناصر تمرير لمرحلة الإقرار regulator stage. هذا التصميم كان قد استند إلى الخصائص الالكترونية فقط ولم يأخذ في الحسبان، الاعتبارات الحرارية. الشبكة الحرارية المكافئة لمجهز قدرة من ترانزستورين تراها في الشكل36.



الشكل٣٦
الشبكة الحرارية لمجهز قدرة من اثنان من ترانزستورات القدرة.

كل واحد من 2N3055 سيبدد (55W). المقاومة الحرارية الكلية بين الوصلة junction ومبدد الحرارة Heat sink مكافئة إلى الإعاقة الحرارية بين الوصلة والحاوية case (θ_{JC})، زائداً الإعاقة الحرارية المصاحبة بسبب تركيب الترانزستور إلى مبدد الحرارة Heat sink والتي يرمز لها θ_{CS}.

التركيب الصحيح لمعظم الترانزستورات ذات القاعدة To-3 تتطلب عازل كهربائي بين حاوية الترانزستور ومبدد الحرارة، هذا العازل الكهربائي يتعين عليه أن يمتلك توصيل جيد للحرارة بين السطحين. للوصول إلى التركيب الصحيح عليك أن تستعمل طبقة خفيفة من مادة بولي مايد أو عوازل رقيقة مقطوعة من المايكا mica ومركب حراري مناسب thermal compound ليطرد الهواء من الفراغات بين السطحين. وغالباً ما يتوفر لهذا الغرض ما يسمى Thermal grease. ويمكن استعمال شحم السيلكون Silicone grease، ولكن استعمال زيت السيلكون المشبع filled silicone oils المصنوع خصيصاً لهذا الغرض يكون أفضل.

قيمة جيدة نبدأ بها كإعاقة حرارية هي $\theta_{cs} = 0.5^oC \setminus W$. القيم الأقل لـ θ_{cs} محتملة، لكن التقنيات اللازمة للوصول إليها غالية الثمن وهي غير متوفرة غالباً لمعظم الهواة.

بالإضافة إلى إن العمل الجاد لخفض θ_{cs} غي مضمون في ضوء بعض القيم المرتفعة لـ θ_{JC}، والتي لا يمكن خفضها بدون الاستعانة بترانزستورات تمرير توالي (عجيبة غريبة).

القيمة الكلية لإعاقة الوصلة إلى مبدد الحرارة في المثال هي:

$$\theta_{JS} = 2.02^oC \setminus W \quad (\theta_{JC} = 1.52 + \theta_{cs} = 0.5)$$

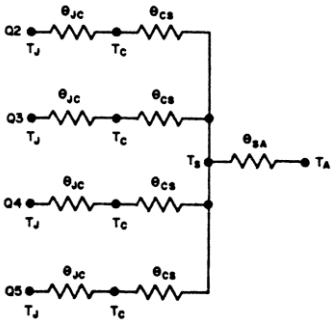
عند تبديد قدرة (P_d) يبلغ 55W، نتوقع أن تعمل وصلة الترانزستور عند درجة حرارة 111^oC ($55W \times 2.02^oC \setminus W$) فوق درجة حرارة مسرب الحرارة heat-sink (T_S). فإذا ما كانت أقصى قيمة لـ Tj هي 150^oC، فإن درجة حرارة مسرب الحرارة قد ترتفع ليس أكثر من $T_S = 39^oC$. مع أسوأ حالة لدرجة حرارة الجو المحيط (Ta) ونفترض إنها 35^oC، وقد تتطلب مسرب حرارة كبير بشكل مستحيل للمحافظة على Ts ضمن 4^oC من Ta ليحافظ على كلا الترانزستورين 2N3055 باردة.

الاستنتاج المتأتي من هذا التحليل هو استعمال اثنان من 2N3055 ليس مقبولاً من وجهة نظر الحرارة، وكذلك من وجهة النظر الكهربائية.

عند هذه النقطة، فإن تصميم مجهز القدرة قد جرى تحويره ليستخدم أربع ترانزستورات تمرير نوع 2N3055. هذا التغيير قسم حمل التبديد dissipation load على أربعة، جاعلاً $P_d = 27.5W$ لكل ترانزستور. الشبكة الحرارية المكافئة لأربع نبائط تراها في الشكل37.

الذهاب إلى الخطوات الذي ذكرت في البداية، الفرق بين درجة حرارة الوصلة إلى المسرب Junction-to-sink temperature difference هي الآن $T_S - T_J = 55.6^oC$ وفي الأساس كان المؤمل أن نحافظ على درجة حرارة الوصلة الهدف أقل من 125^oC.

عند 27.5W لكل ترانزستور، وهذا يعني إن درجة حرارة المسرب $T_S = 69^oC$ هذه الحرارة يكون من الممكن الوصول إليها مع اثنان من مسربات الحرارة الكبيرة (نبيطتين لكل مسرب)، أو التبريد بالهواء قسراً forced-air cooling لمسرب حرارة كبير واحد.



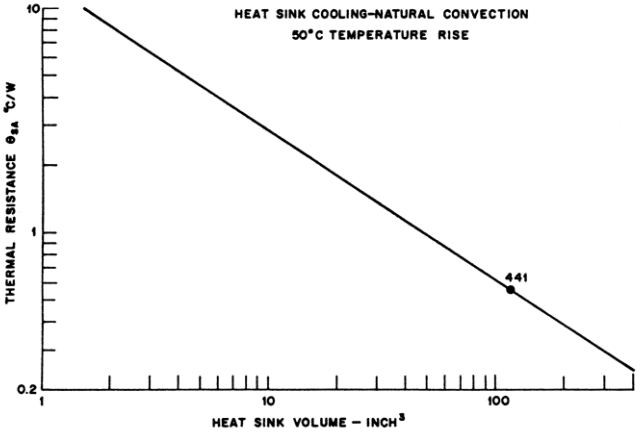
الشكل٣٧

الشبكة الحرارية لمجهز قدرة يستعمل أربع ترانزستورات تمرير.

التبريد بالهواء قسراً لمسرب حرارة يتطلب استعمال مروحة أو منفاخ دوار لتحريك الهواء. وهذا يعني أجزاء متحركة ومن ثم حدوث إقلال في اعتمادية مجهز القدرة. بالإضافة إلى الضوضاء المنبعثة من المراوح. ولتغطية كافة الاحتمالات يتعين على تصميم مجهز القدرة أن يستفيد من التبريد بتيارات الحمل الطبيعية natural-convection وليس على مراوح النفخ.

بسبب إن معظم العمل سوف لن يكون من النوع CCS، وخلال التشغيل العارض للـ CCS فإن حرارة الوصلة Junction temperatures $T_J = 150^oC$ وفيها سماحية tolerable، التصميم يمكنه أن يقدم حرارة مسرب الحرارة لتبلغ $T_S = 94^oC$ وفرق حرارة المسرب إلى الهواء (sink-to-air temperature deference) $Ta - Ts = 59^oC$.

من الممكن أن نضع اللمسات الأخيرة لهذه البارمترات parameters بمسرب حرارة مفرد يحمل التصميم "الصحيح". ويرجى ملاحظة إن حرارة مسرب الحرارة البالغة 94^oC هي أكثر حرارة مما يسمح "للأصبع بلمسها ليتحسس مقدارها" والبالغة 52^oC. لا تعمد إلى الأصبع كمحرار مع هذا التصميم.



الشكل٣٨

منحنى التبريد بتيارات الحمل **natural-convection cooling** لمسرب الحرارة بين متغير الإعاقة الحرارية **thermal resistance** (المحور العمودي) مقابل حجم مسرب الحرارة **heat-sink volume** (المحور الافقي) عند ارتفاع الحرارة إلى **50°C**. يرتكز المنحنى إلى البيانات الهندسية من **EG&G Wakefield**.

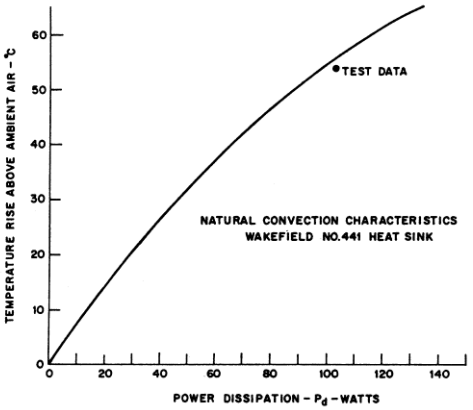
الآن جاء دور السؤال الكبير: ما هو مسرب الحرارة "الصحيح" لنستعمله ؟

لقد أسسنا متطلباته؛ وعليه أن يكون مؤهل لتبديد 110W، وعليه أن يسمح بارتفاع درجة الحرارة ليس أكثر من 59°C، أو θ_{Sa} = 0.54 °C\W (59 درجة مئوية مقسومة على 110W) .

من الشكل38، بإمكانك أن تشاهد العلاقة بين حجم مسرب الحرارة heat-sink والإعاقة الحرارية thermal resistance عند العمل في ظروف تيارات الحمل الطبيعية. هذه العلاقة relationship تسلم جدلاً إن استعمال زعانف ملائمة (0.35 انج أو أكثر) ذات مسافات متباعدة فيما بينها ويمكن استعمال قياسات متباينة لمسرب الحرارة.

إن حاجتنا إلى استعمال مجهز قدرة مثل الذي ورد في المثال قد يضعنا في حاجة إلى مسرب حرارة ذو حجم تقريبا 120 أنج مكعب، وهو ضمن مدى المسربات المتوفرة تجاريا، ومن المؤكد إنه ليس بالحجم الصغير.

استشارة سريعة إلى عدد من أدلة catalogs المصانع تشير إلى إن النوع model Nos. 441 لشركة Wakefield Engineering والنوع 435 من مسربات الحرارة تتطابق مع الاحتياطات لهذا التطبيق. كذلك النوع Thermalloy رقم 6441 ملائم أيضاً. تشير البيانات المنشورة في هذه الكاتالوكات لهذه المصانع أن الحرارة المتوقعة لتبديد قدرة يبلغ 100W سيكون أقل من 60°C وهو ما يلاءم تطبيقنا. لاحظ الشكل39 بالإضافة إلى إن مسرب الحرارة رقم 414 يمكن أن يركب عليه الترانزستور 2N3055 بسهولة كما ترى في الشكل40.



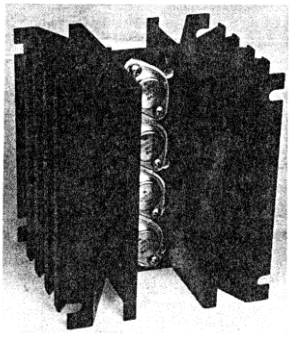
الشكل٣٩

منحنى خصائص تيارات الحمل الطبيعية وهي تحت الحمل لمسرب الحرارة **no.414** من **EG&G Wakefield**.المنحنى يرتكز إلى الفحص العملي الذي تم في **ARRL** من قبل **Jansson,WD4FAB**.

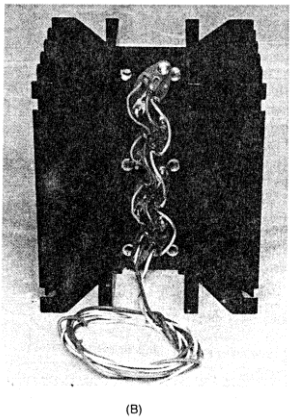
فحوصات الحمل الحراري 441 بينت قبول مقارب جداً لبيانات المصنع. حرارة بمقدار $58^{o}C$ ارتفعت مع تبديد قدرة بالغة 110W. وليس من الضروري فحص كل مسرب حرارة نستعمله لكل تطبيق. والفحوصات التي أجريناها مجرد لبيان أن البيانات لمجهز المسربات الحرارية لتبريد الترانزستورات يمكن الاعتماد عليها وتتمتع بالمصداقية والموثوقية.

ما أن تستخرج متطلبات مسرب الحرارة للتطبيق الذي نقوم بتنفيذه، يمكنك أن تستفد من بيانات المصنع لانتخاب وحدة التبريد الصحيحة. وتذكر أن مسربات الحرارة يجب أن يتم تثبيتها بوضع عمودي للزعانف والترانزستورات لبلوغ التبريد بتيارات الحمل.

نقطة أخرى هنا نود أن نشير إليها، أن بالإمكان الحصول على نتائج مرضية جداً من خلال التصاميم التي تنشر في المصادر المعتمدة مثل منشورات ARRL، وبذلك نستغني عن الخوض في حسابات التحليلات الحرارية للوصول إلى المسرب المطلوب.



(A)



(B)

الشكل ٤٠
مسرب الحرارة **EG&G Wakefield 441** المسرب له تصميم ثلاثي الأبعاد يجعله يستغل الفضاء أحسن استغلال. الصورة في **A** تبين المسرب الحراري مع أربع ترانزستورات طراز **2N3055** وهي في مكانها. في **B** تشاهد أسلاك التوصيل إلى هذه الترانزستورات.

اقتحمت أجهزة الهاتف النقال حياتنا رغماً عنا وأغرب ما فيها بطاريتها صغيرة الحجم خفيفة الوزن والتي يمكن إعادة شحنها. ثم لجأنا إلى الحاسبات المحمولة اضطراراً هرباً من انقطاع التيار الكهربائي. وفوجئنا ببطاريتها غالية الثمن، إن توفرت، وإن لم تتوفر لا يصبح للحاسبة المحمولة قيمة. وقدحت الأفكار في مخيلتنا لبناء بطارية الحاسبة المحمولة من بطاريات الهواتف النقالة بعد تجميعها. إلا إن المعلومات المتوفرة شحيحة وقد لا يثمر الجهد المبذول، وثمة مخاطر يتعين الاحتراز منها. لذا كان لزاما إعداد هذا المقال ليجيب على الأسئلة وتتضح معالم التقنية الجديدة.

بطاريات الليثيوم - أيون Lithium-ion battery

ينبغي عدم الاشتباه بينها وبين (بطاريات الليثيوم Lithium battery)

http://en.Wikipedia.org/wiki/Lithium-ion-battery

أعده ونقله إلى العربية سرمد نافع

فيما يلي مواصفات هذا النوع من البطاريات Battery Specification:

- **وحدات الطاقة إزاء وزن البطارية (الطاقة / الوزن) 160 Wh/Kg Energy/Weight**
- **الطاقة المستحصلة إزاء حجم البطارية (الطاقة / الحجم) 270Wh/L Energy/Size**
- **القدرة إزاء وزن البطارية (القدرة / الوزن) 1800 W/Kg Power/Weight**
- **كفاءة الشحن إلى التفريغ 80-90% Charge/discharge efficiency**
- **الطاقة إلى الكلفة للمستهلك 2.8-5Wh/US$ Energy/Consumer-price**
- **معدل التفريغ الذاتي 5%-10% month Self-discharge rate**
- **العمر (المتانة الزمنية) 24-36 شهراً Time durability**
- **دورات الاستخدام 1200 دورة Cycle durability**
- **متوسط فولتية الخلية 3.6Vإلى 3.7V Nominal Cell Voltage**

بطاريات الليثيوم – أيون Lithium-ion

ويطلق عليها في بعض الأحيان Lio-ion batteries وهي نوع من البطاريات التي يمكن إعادة شحنها وفيها ينتقل أيون الليثيوم بين الأنود والكاثود. يتحرك أيون الليثيوم Lithium ion من الأنود إلى الكاثود خلال التفريغ وبالعكس من الكاثود إلى الأنود عند الشحن.

بطاريات الليثيوم أيون شائعة لدى مستهلكي الأجهزة الالكترونية (مثل الهاتف النقال). وهي أحد أنواع البطاريات ذات الشعبية الكبيرة للالكترونيات النقالة، وتمتلك أجود نسبة طاقة إلى الوزن، وخالية من ما

بطارية ليثيوم أيون من VARTA؛ متحف بطاريات السيارات ، المانيا.

يسمى تأثير الذاكرة (memory effect)، وتتصف بالفقد البطيء لشحنتها عندما لا تكون قيد الاستخدام. وبالإضافة إلى استعمالها الشائع في تطبيقات ومستهلكي الأجهزة الالكترونية؛ تنمو شعبية بطاريات الليثيوم أيون في مجال المعدات ذاتية الحركة وتطبيقات الفضاء بسبب ارتفاع كثافة الطاقة فيها. ومع ذلك فإن نوع معين من سؤ الاستخدام قد يسبب انفجار بطارية الليثيوم أيون Li-ion batteries.

المكونات الثلاثة الأساسية لبطارية الليثيوم أيون هي الأنود والكاثود والألكتروليت حيث تتنوع المواد الداخلة في صناعتها. وتجاريا نجد إن من أكثر المواد الداخلة في صناعة الأنود anode شعبية هي الكرافيت Graphite. والكاثود بشكل عام يصنع من أحد ثلاثة مواد:

أوكسيد طبقي Layerd Oxide، مثل أوكسيد كوبالت الليثيوم lithium cobalt oxide، أو يرتكز إل أيون متعدد Polyanion مثل فوسفات الليثيوم والحديد lithium iron Phosphate أو أيون مقوى Spinel مثل أوكسيد الليثيوم والمنغنيز، وكذلك مواد مثل TiS2 ثنائي كبريتيد التيتانيوم titanium disulfide تُستعمل كأصل للكاثود.

تعتمد الفولتية والسعة والعمر والسلامة المتأتية من بطاريات ليثيوم أيون على نوع المواد المختارة لصنع الكاثود والانود وكذلك مادة الألكتروليت، ويمكن أن تتغير تلك الصفات بشكل يؤثر على أداء البطارية. يتعين أن لا يشتبه القارئ بين بطارية الليثيوم (كالبطارية القرصية العريضة المستخدمة في الساعات الالكترونية وتلك الموجودة على اللوحة الأم في الحاسباتPC) وبين بطارية الليثيوم أيون (كالبطارية المستعملة لتغذية الحاسبات المحمولة لابتوب) ومفتاح الفرق أن بطاريات الليثيوم هي بطاريات ابتدائية Primary ((ابتدائية يعني لا يمكن إعادة شحنها)) تحتوي عل معدن الليثيوم بينما بطارية الليثيوم- أيون هي بطارية ثانوية secondary ((أي يمكن إعادة شحنها)) تحتوي على مواد مقحمة في الأنود intercalation anode material.

نظرة تاريخية History

جرى اقتراح بطاريات الليثيوم أيون لأول مرة من قبل ويتنكهام M.S.Whittingham في جامعة بينكهامتون Binghamton University. في عقد السبعينات من القرن العشرين.

استعمل ويتنكهام كبريتيد التيتانيوم ككاثود ومعدن الليثيوم كأنود. الخصائص الكهروكيميائية لاقحام الليثيوم في الكرافيت جرى اكتشافها لأول مرة في العام 1982 من قبل فريق معهد أليونوس للتكنولوجيا. فقد أوجدوا اليثيوم المقحم في الكرافيت وبينوا إن انتشار الليثيوم كان سريعا ويمكن عكسه وأثبتوا جوهريا إمكانية إعادة شحنه.

أول بطاريات ليثيوم أيون تجارية كانت من إنتاج سوني SONY في 1991. وقد استعملت في صنع الخلايا كيميائية الأوكسيد الطبقي، وعلى الخصوص أوكسيد الكوبالت والليثيوم. كانت هذه البطاريات قد أحدثت ثورة لدى مستهلكي الألكترونيات.

أواخر العام 1996 قامت كل من Good enough و Padhi و Coworkers بتعريف ليثيوم فوسفات الحديد Lithium iron Phosphate (LiFePo4) وأنواع أخرى من أولفينات الفوسفات

كمواد لصنع الكاثود لبطاريات الليثيوم أيون. ونظراً لتفوقها الهائل على مواد الكاثود الأخرى في مجال الكفاءة والسلامة والاستقرار والأداء، فإن LiFePO4 تستخدم وكذلك يجري تطويرها حالياً لمعظم بطاريات الليثيوم أيون لتغذية الأجهزة النقالة بالقدرة مثل حاسبات (لاب توب LapTop Computer) ومعدات القدرة مثل Power tools. وبطاريات LiFePO4 ملائمة بدرجة كبيرة للبطاريات الكبيرة المستعملة في السيارات الكهربائية وتطبيقات الخزن الأخرى عندما تكون السلامة في الاعتبار الأول.

في العام ٢٠٠٢ نشر Yet-Ming Chiang وفريقه في MIT ورقة بينوا فيها تطوير مثير في أداء بطاريات Li من خلال زيادة موصلية المواد عن طريق عجنها مع الألمنيوم Aluminum و النيو بيوم Niobium و الزوركونيوم Zirconium وقد أثار هذا الاعتقاد في وقتها جدلا ساخنا.

في العام ٢٠٠٤ قام Chiang ثانية بزيادة الأداء من خلال الانتفاع من عبور جسيمات فوسفات الحديد iron-Phosphate الأصغر من 100 نانو متر.

هذه صغرّت كثافة الجسيم بحوالي مائة طيّة مما أدى إلى زيادة مساحة السطح للألكترود وتحسين قابلية البطارية على خزن وتجهيز الطاقة. تسويق تكنولوجيا فوسفات الحديد قادت إلى تنافس الأسواق وحدثت معركة على تسجيل نماذج براءات الاختراع بين Chiang و Good enough، اثنان من قادة التطور التكنولوجي.

العمليات الكهروكيميائية Electrochemistry

العناصر المشتركة في التفاعل الحادث في بطارية الليثيوم أيون هي الأنود والكاثود والالكتروليت. الانود والكاثود كلاهما مواد تتم منهما وخلالهما هجرة الليثيوم. عملية انتقال الليثيوم داخل الانود أو الكاثود يشار إليها على إنها استخلاص extraction (عكس الإقحام). عندما تفرغ الخلية يستخلص extract الليثيوم من الانود و يدرج inserted داخل الكاثود. عند الشحن يحدث عكس العملية يستخلص الليثيوم من الكاثود ويدرج داخل الانود.

الأنود أو (الألكترود السالب خلال التفريغ) لخلية الليثيوم أيون Li-ion التقليدية يصنع من الكاربون، (الكاثود أو الالكترود الموجب خلال التفريغ) هو أوكسيد معدني، والالكتروليت هو ملح الليثيوم في محلول عضوي.

الشغل النافع يمكن أن ينتج عندما تمر الالكترونات خلال دائرة خارجية. لذا فإن نصف التفاعل معلوم. المعادلات التالية مكتوبة بوحدات المول، جاعلة من الممكن استعمال المعامل *X*. نصف تفاعل الكاثود (عملية الشحن متقدمة) هو: ((من اليسار إلى اليمين كما في مناهج الكيمياء العراقية))

$$\mathrm{LiCoO_2} \leftrightarrows \mathrm{Li_{1-x}CoO_2} + x\mathrm{Li^+} + x\mathrm{e^-}$$

نصف تفاعل الأنود هو:

$$x\mathrm{Li^+} + x\mathrm{e^-} + 6\mathrm{C} \leftrightarrows \mathrm{Li_xC_6}$$

التفاعل بشكل عام محدد. التفريغ الزائد يؤدي إلى زيادة في تشبع أوكسيد الكوبالت، ويؤدي إلى إنتاج أوكسيد الليثيوم، وهو محتمل من خلال التفاعل العكسي الآتي:

$$Li^+ + LiCoO_2 \rightarrow Li_2O + CoO$$

الشحن الزائد ولغاية 5.2V يؤدي إلى تراكب Synthesis أوكسيد الكوبالت (IV) كما أثبت من خلال حيود (انحراف) أشعة X-ray.

$$LiCoO_2 \rightarrow Li^+ + CoO_2$$

في بطارية Lithium-ion تنتقل أيونات الليثيوم إلى وكذلك من الكاثود أو الأنود، مع المعدن الناقل. الـ Co في LiCO2 يبدأ بالتأكسد من CO^{+3} إلى CO^{+4} خلال الشحن، وخلال التفريغ يحدث إقلال من CO^{+4} إلى CO^{+3}.

الكاثودات Cathodes

بينما لا يستعمل أوكسيد اليورانيوم في البطاريات التجارية Commercially made batteries، يمكن ملاحظة ثلاثي أوكسيد اليورانيم Uranium trioxide لمعرفة بعض تفاصيل عمل الكاثود. الطريقة التي يحدث فيها تفاعل الإدراج المعكوس لأكاسيد اليورانيوم هي نفسها الطريقة التي يعمل بها الكاثود في معظم خلايا الليثيوم–أيون Lithium-ion.

المواد	متوسط الفولتية	السعة إزاء الوزن Gravimetric Capacity
$LiCoO_2$	3.7V	140mAh/g
$LiMnO_2$	4.0V	100mAh/g
$LiFePO_4$	3.3V	120mAh/g
Li_2FePO_4F	3.6V	115mAh/g

الالكتروليتات Electrolytes

فيما سبق كانت فولتية الخلية أكبر من الاستقطاب الذي عنده تصبح المحاليل المائية الكتروليت. لذا تستعمل محاليل غير مائية non aqueous solutions.

الالكتروليتات السائلة في بطاريات ليثيوم أيون تتألف من ملح الليثيوم مثل Lipe6 و LiBF4 أو $LiClO_4$ في مذيب عضوي كالايثر ether. الألكتروليت السائل liquid electrolyte يوصل أيونات الليثيوم Li، لاعباً دور ناقل بين الكاثود والأنود عندما تمرر البطارية تياراً في دائرة خارجية. للأسف فإن المذيبات العضوية تتحلل أو تفسد decomposed حول الأنود خلال الشحن. وعلى أي حال عند استعمال المذيبات العضوية Organic Solvent كألكتروليت فإن المذيب يتحلل ويشكل طبقة صلبة تدعى بينية الألكتروليت الصلب Solid electrolyte interface SEI هذا عند أول شحن حيث تعزل كهربائيا التوصيل اللازم إلى أيونات الليثيوم. وجود البينية يمنع التحلل الإضافي للالكتروليت عند الشحن الثاني. مثال ذلك كاربونات الايثيلين تتحلل أو تفسد عند فولتية مرتفعة تبلغ 0.7V vs.Li مشكّلة بينية سميكة ومستقرة.

المحاسن والمساوئ Advantages and disadvantages

المحاسن Advantage

بطاريات الليثيوم أيون ممكن أن تشكل بأشكال وأحجام غاية في التنوع وبذا فإنها تملأ الحيز المتوفر في الأجهزة التي تغذيها بكفاءة عالية. بطاريات الليثيوم أيون أخف وزنا مما يكافئها من البطاريات الثانوية وفي الغالب فهي أخف بكثير. تخزن الطاقة في هذه البطاريات من خلال حركة أيونات الليثيوم. وعلى أي حال فإن حجم الألكترودات له تأثير في احتواء الأيونات ووزنها الإضافي بالإضافة إلى الوزن (المهمل) من الألكتروليت وجامعات التيارcurrent collectors ووزنها ووعاء البطارية، والمواد المضافة لتحسين الموصلية تقلل الشحنة التي تحملها البطارية لكل وحدة من الكتلة Charge per unit mass إلى أكثر قليلا مما مع البطاريات القابلة للشحن الأخرى. مفتاح التميز في استعمال كيميائية الليثيوم – أيون هو في ارتفاع فولتية الدائرة المفتوحة Open circuit voltage التي يمكن الحصول عليها مقارنة مع البطاريات السائلة مثل (بطاريات الخزن الرصاصية lead acid وبطاريات الهيدريد المعدني metal hydride و بطاريات النيكل كادميوم nickel cadmium).

لا تعاني بطاريات الليثيوم أيون من تأثير الذاكرة memory effect (تأثير الذاكرة يعني لزوم تفريغ البطارية بالكامل حتى يتسنى إعادة شحنها). كذلك فهي تمتلك معدل تفريغ ذاتي منخفض إلى حوالي 5 بالمائة لكل شهر، مقارنة مع 30 % لكل شهر في بطاريات النيكل والهيدريد المعدني و 10 % في الشهر بالنسبة لبطاريات النيكل كادميوم (علماً إن بطاريات النيكل والهيدريد المعدني Ni MH ذات التفريغ الذاتي المنخفض Low self discharge تمتلك قيماً أقل بكثير تصل إلى حوالي 1.25 % في الشهر).

وبالاستناد إلى أحد المصانع، فإن خلايا ليثيوم أيون Li-ion (وينسحب الكلام كذلك على بطاريات Li-ion المؤلفة من عدة خلايا) لا تمتلك أي تفريغ ذاتي بالمعنى العام لهذه الكلمة. وما يشبه التفريغ الذاتي لهذه البطاريات هو الفقد الدائم للسعة، والذي سيأتي شرحه بتفاصيل أكثر فيما يلي. من جانب آخر فإن بطاريات الليثيوم أيون الذكية Li-ion batteries "smart" تمتلك تفريغ ذاتي، يعزى إلى دائرة مراقبة الفولتية الداخلية التي تسحب تيار قليل جداً. هذا التيار المسحوب هو أهم سبب للتفريغ الذاتي في تلك البطاريات.

مساوئ تكنولوجيا Li-ion التقليدية ((المعنى العربي لكلمة تكنولوجيا هو فن التصنيع أو الفن الصناعي))

Disadvantage of traditional Li-ion technology

عمر الخزن Shelf life

المأخذ على بطاريات ليثيوم أيون هو إن عمر خدمتها يعتمد على شيخوختها . ويبدأ حساب شيخوختها من وقت صناعتها بغض النظر فيما إذا كانت قد شحنت أو عدد مرات الشحن/ تفريغ، فإن البطارية ستتدهور سعتها capacity ببطء وبالتدريج. وهذا يعني إن البطارية الأقدم لن تبقى تجهزنا بالطاقة نفس الفترة للبطارية الأحدث بسبب عمرها الأقدم، وهذا بخلاف البطاريات الأخرى. يحدث هذا بسبب زيادة المقاومة الداخلية للبطارية الذي يؤثر على قابليتها في تجهيز التيار، لذا فإن المشكلة ستصبح واضحة أكثر مع التطبيقات التي تتطلب تياراً عالياً لتعمل وليس مع التطبيقات التي تتطلب تياراً قليلاً.

هذا المأخذ لم ينشر بشكل واسع . وعلى أية حال بما إن نقصان سعة البطارية مع الزمن، فإن الزمن اللازم لشحنها سيقل أيضاً تبعاً لذلك.

وكذلك فإن مستويات الشحن المرتفعة high charge levels والحرارة المتصاعدة تسرع الفقد الدائم لسعة بطاريات الليثيوم أيون، والمسبب لهذه الحرارة هو أنود الكاربون التقليدي، والذي جرى استبداله بتيتانيت الليثيوم Lithium titanate ذو النتائج الجيدة. وقد تبين بالتجريب أن تيتانيت الليثيوم له إمكانية كبيرة في إقلال ظاهرة الانحلال degenerative effects المصاحبة لعملية الشحن "لاحظ التحسينات في تكنولوجيا الليثيوم أيون" فيما يأتي.

عند مستوى الشحن البالغ 100 % فإن بطارية ليثيوم أيون نموذجية لحاسبة لاب توب والتي تكون ممتلئة معظم الوقت عند 25°C فإنها تفقد تقريبا 20 % من سعتها كل سنة. وعلى أي حال فإن بطارية في حاسبة لاب توب سيئة التهوية قد تكون معرضة إلى مستويات أعلى من الحرارة، والتي بدورها تؤدي إلى إقلال عمر البطارية. حرارة الخزن المختلفة تنتج تأثيرات فقد مختلفة: فقد بمقدار ٦٪ عند صفر درجة مئوية؛ و ٢٠٪ عند ٢٥ درجة مئوية ؛ و ٣٥٪ عند ٤٠ درجة مئوية وعندما تخزن وهي عند مستوى شحن ٤٠٪ إلى ٦٠٪ يقل مقدار الفقد السنوي في السعة إلى ٢٪ و ٤٪ و ١٥٪ عند صفر و ٢٥ و ٤٠ درجة مئوية على التوالي.

المقاومة الداخلية المرتفعة High internal resistance

المقاومة الداخلية لبطاريات الليثيوم أيون مرتفعة نسبيا مقارنة مع الأنواع الأخرى من البطاريات القابلة للشحن مثل بطارية هيدريد معدن النيكل Nickel metal hydride وبطارية النيكل كادميوم nickel-cadmium.

المقاومة الداخلية لخلية ليثيوم أيون نموذجية هي حوالي ٣٢٠ ملي أوم عندما تكون جديدة، مقارنة مع أقل من 100 ملي أوم لخلية نيكل كادميوم NiCad وهي تزداد مع دورات الشحن والتفريغ

وتقادم عمر الخلية. زيادة المقاومة الداخلية يؤدي إلى هبوط الفولتية على أطراف الخلية تحت تأثير الحمل، مقللة بذلك أعظم تيار يمكن سحبه منها. وفي النهاية تصل إلى نقطة عندها لا تستطيع البطارية تشغيل المعدات التي يتعين تشغيلها إلى فترة كافية.

التطبيقات التي تسحب تياراً عاليا مثل معدات القدرة power tools قد تطلب من البطارية أن تكون مستعدة لتجهيز تيار مرتفع مثل خمسة عشر مرة بقدر التيار الذي يتعين أن تجهزه خلال ساعة واحدة وهذا مستوى من التيار قد تنضب به البطارية خلال 0.06 ساعة إذا بقى مستمراً وهو يعني 22.5 أمبير لبطارية تمتلك سعة مثل 1.5Ah ؛ الأجهزة ذات القدرة الأقل مثل مشغلات Mp3 قد تتطلب C($0.1h^{-1}$) من سعة البطارية وهذا يعني 150 ملي أمبير لبطارية ذات سعة 1500 ملي أمبير ساعة. مع تكنولوجيا بطاريات مشابهة فإن مشغلات MP3 ستكون فعالة وتبقى لفترات أطول طالما بإمكانها أن تتسامح مع هكذا قيم للمقاومات الداخلية.

متطلبات دوائر الحماية Protection circuits required

بطارية الليثيوم أيون غير مستقرة مثل بطاريات هيدريد معدن النيكل أو تصاميم بطاريات النيكل كادميوم، وقد تكون خطرة إلى أبعد الحدود إذا جرى التعامل معها بشكل سيئ. فهي قد تنفجر explode إذا ما سخنت بدرج كبيرة أو إذا شحنت من خلال فولتية عالية. بالإضافة إلى إنها قد تتلف إذا جرى تفريغها إلى أقل من فولتية معينة. لتقليل هذه المخاطر فإن بطارية الليثيوم أيون تحتوي بشكل عام على دائرة صغيرة تطفئ البطارية عند التفريغ إلى أقل من فولتية معينة (نموذجيا3V) وتشحن إلى فوق حد معين (نموذجيا 4.2V).

هذه الدائرة تمنع التفريغ الشديد للبطارية في الاستخدام العادي. وعلى أي حال عند خزن البطارية لفترة طويلة، فإن التيار القليل المسحوب من قبل دائرة الحماية قد يتسبب في تفريغ البطارية بشدة deeply drain. بعض التطبيقات applications معدة لعلاج البطاريات ذات التفريغ الشديد من خلال إعادة الشحن بشكل بطئ أيضاً. بالإضافة إلى ذلك فإن مثل هذه الدوائر ترفع سعر بطاريات الليثيوم أيون والتي هي أكثر من القيمة المقارنة لبطاريات NiMH أو NiCD.

متطلبات السلامة Safety features

كيميائية الليثيوم أيون هي ليست بسلامة هيدريد معدن النيكل nickel metal hydride أو النيكل كادميوم nickel-cadmium، وتتطلب خلية الليثيوم أيون العديد من أجهزة السلامة الإلزامية ليتم بنائها قبل أن تؤخذ بنظر الاعتبار على إنها آمنة لتستعمل خارج المختبر. وهذه المعدات هي:

- وحدة إطفاء البطارية لمعالجة ارتفاع الحرارة Shut-down separator for over temperature
- معالج ارتفاع الضغط tear-away tab for internal pressure
- فتحة تصريف للتخلص من الضغط الزائد vent pressure relief
- قاطع حراري عند زيادة التيار / زيادة الشحن thermal interrupt over current / over charging

هذه الأجهزة تحتل مكان نافع داخل البطارية، وتقلل اعتماديتها؛ وجميعها تتسبب في إطفاء البطارية عندما يحدث سبب لتفعيلها.

ولكنها مطلوبة لأن الأنود قد يولد حرارة أثناء العمل، بينما الكاثود قد يولد أوكسجين أثناء العمل. أجهزة السلامة والتطوير الأخير لتصميم الألكترودات يقلل بدرجة كبيرة أو يمنع خطر الانفجار أو حدوث نار مؤذية.

إجراءات السلامة لخلايا الليثيوم-أيون يمكن أن تقارن مع خلايا هيدريد معدن النيكل، التي تمتلك فقط صمام تسريب الضغط الزائد من الحاوية وجهاز إعادة تركيب الهيدروجين والأوكسجين hydrogen/oxygen recombination (مانعة بذلك التلف الذي قد يحصل عند حدوث شحن خفيف زائد).

الراجع من المنتج product recalls

حوالي ١٪ من بطاريات الليثيوم أيون Li-ion ترجع بعد التسويق لوجود عيب صناعي فيها.

المواصفات والتصميم Specification and design

- كثافة الطاقة الخاصة بالبطارية Specific energy density: 150 to 200 Wh/Kg (540 to 720KJ/Kg)
- الكثافة الحجمية للطاقة Volumetric energy density: 250 to 530 Wh/l(900 $^{J}/_{Cm3}$)
- كثافة القدرة الخاصة بالبطارية Specific power density: 300 to 1500 W/Kg(@20seconds and 285 Wh/l)

لذا فإن بطارية الليثيوم ذات الكاثود المصنوع من فوسفات الحديد والليثيوم lithium iron phosphate والأنود من الكرافيت graphite تمتلك متوسط فولتية دائرة مفتوحة تبلغ 3.2V وفولتية شحن نموذجية تبلغ 3.6V والكاثود المصنوع من أوكسيد النيكل والمنغنيز والكوبالت مع أنود من الكرافيت يمتلك 3.7V متوسط فولتية مع أقصى فولتية شحن 4.2V.

بطارية ليثيوم أيون من هاتف نقال

عملية الشحن تتم تحت فولتية ثابتة مع دائرة إقرار لتيار الشحن. وهذا يعني أن الشحن يتم بتيار ثابت إلى أن تصل الفولتية إلى 4.2V للخلية ونستمر بتسليط فولتية ثابتة إلى أن يهبط التيار قريباً إلى الصفر. وعملياً يتم إنهاء الشحن عند 7٪ من التيار الابتدائي للشحن. في الماضي لم يكن بالإمكان شحن بطاريات الليثيوم أيون بسرعة ونحتاج نموذجيا إلى ساعتين على الأقل لبلوغ تمام الشحن. الجيل الحالي

من الخلايا يمكن أن تصل إلى الشحن التام في 45 دقيقة أو أقل؛ بعض بطاريات الليثيوم أيون المختلفة بإمكانها أن تصل إلى 90 ٪ في أقل من 10 دقائق.

تحسينات في تكنولوجيا بطاريات الليثيوم–أيون Improvements to Lithium Ion Battery Technology

نظرة عامة

تتركز التحسينات على مساحات متعددة، وتتضمن التحسينات على مستوى التكنولوجيا الدقيقة nanotechnology والتركيبات المصغرة (المايكروية) microstructures ما يلي:

- زيادة عمر دورات الشحن والتفريغ والأداء (إقلال المقاومة الداخلية وزيادة القدرة الخارجة) من خلال تغيير تركيبات المواد المستعملة للانود والكاثود مع زيادة الأسطح الفعالة للالكترودات. (وقد أدى التطوير ذو العلاقة إلى المساعدة في تطوير المتسعات الفائقة Ultracapacitors).
- تحسين سعة البطارية من خلال تحسين البناء لإشراك مواد فعالة أكثر.
- زيادة الأمان في أنماط بطاريات الليثيوم أنود.

الكاثودات المقواة بالمنغنيز Manganese Spinel Cathodes

LG هي ثالث أكبر منتجي بطاريات الليثيوم أيون، استعملت الليثيوم المقوى بالمنغنيز في صنع كاثوداتها. شركات أخرى عديدة عملت كذلك على إدراج المنغنيز المقوى، بضمنها NEC و Samsung.

كاثودات فوسفات الحديد والليثيوم مع أنود تقليدي

Lithium Iron phosphate cathode with traditional anode

في تشرين الثاني من العام ٢٠٠٥ أعلنت A123 Systems عن تطويرها لخلايا فوسفات الحديد والليثيوم المرتكزة إلى الأبحاث المرخصة من MIT. رغم إن البطارية تمتلك كثافة طاقة قليلة نسبيا عن التكنولجيات الأخرى الداخلة في السباق، إلا إن خلية اثنان أمبير / ساعة 2Ahr بإمكانها أن توفر تيار ذروة يبلغ 70 أمبير بدون أي تلف وتعمل عند درجة حرارة فوق 60 درجة مئوية. خليتها الأولى أنتجتها في الربع الأول من العام 2006 وجرى استعمالها في منتجات المستهلكين ضمن De Walt Power Tools، و Aviation products، و Automotive hybrid systems، و PHVE Conversions. خلايا نوع LifePO4 متوفرة حالياً على المستوى التجاري.

كاثودات القدرة العالية التي تستعمل ليثيوم نيكل منغنيز كوبالت

High power cathode using Lithium Nickel Manganese Cobalt(NMC)

مؤسسة Imara Corporation أرست إنتاجها CA في Menlo Park وهو تسويقها الجديد لتكنولوجيا material-agnostic وهي أول تطبيق لمواد نيكل منغنيز كوبالت NMC التي لها تأثير في خفض الممانعة وزيادة دورة الحياة (الشحن والتفريغ). هذه الخلايا ذات القدرة العالية تمتلك كثافة طاقة عالية بالمقارنة مع خلايا القدرة العالية الأخرى في السوق. وقد استعملت البطاريات مع معدات القدرة Power tools، و تجهيزات القدرة خارج الغرف والمركبات (السيارات) الهجينة Hybrid vehicles.

الكاثود التقليدي مع أنود الليثيوم والتيتانيت Traditional Cathode with Lithium Titanate Anode

أعلنت ألتيرنانو Altairnano في رينو/نيفادا عن مواد ذات أحجام نانوية nano-Sized من التيتانيت titanate لصنع ألكترودات لبطاريات الليثيوم أيون. ومنها جرى تطوير نموذج أولي لبطارية يمتلك ثلاث مرات القدرة الخارجة أكثر من البطاريات الموجودة. ويمكن أن يعاد شحنه بالكامل في ستة دقائق. وعلى أي حال فإن سعة الطاقة حوالي نصف خلايا الليثيوم أيون الاعتيادية. وقالت الشركة إن خلايا البطارية يمكنها الآن أن تمتلك أكثر من 9000 مرة ليعاد شحنها وبإمكانها أن تديم 85 ٪ من سعة الشحن، لذا فإن إعادة الاستخدام وعمر البطارية أطول بكثير، ويقدر بان يكون عمرها تقريبا 20 سنة أو أربع مرات أكثر من بطارية الليثيوم أيون الاعتيادية. ويمكن للبطارية أن تعمل في ظروف من -50 درجة مئوية إلى أكثر من 75 درجة مئوية دون أن تنفجر أو يحدث فيها تلف ارتفاع الحرارة حتى تحت الظروف العنيفة لأنها لا تحتوي على معدن مغلف بالكرافيت كمواد لقطب الأنود.

البطاريات جرى فحصها مع الإنتاج الجديد من السيارات الذي أنتج من قبل Phoenix Motorcars الذي عرض في معرض السيارات في SEMA في العام 2006.

دمج تطور الكاثود والأنود Combined anode and cathode development

اتحاد Ener De التي يملكها كل من Enerl و Delphi، قد عملت لإنتاج خلايا تحتوي أنود من التيتانيت titanate وكاثود منغنيز مقوى manganese spinel cathode كذلك الخلايا تبين خصائص حرارية ممتازة وكذلك دورات الشحن والتفريغ، إلا إن فولتيتها الواطئة قد تعرقل نجاحها التجاري.

الخطوط العامة في إطالة عمر بطارية الليثيوم–أيون Guidelines for prolonging Li-ion battery life

- مثل أي بطارية قابلة للشحن، يتعين على بطاريات الليثيوم أيون أن تشحن وبشكل مبكر. وإذا لم تستعمل لفترة طويلة يتعين أن تكون عند مستوى شحن 40 إلى 60 ٪.

- **يجب عند استعمال بطاريات ليثيوم–أيون أن لا يتم تفريغها بالكامل وإعادة شحنها أي أن لا نضعها كما يقال في دورة عميقة deep-cycle، لكن قد يكون هذا ضروري بعد كل 30 إعادة شحن وذلك لإعادة تعيير أي مراقب شحن الكتروني مبيت (يعني مقياس لمستوى البطارية battery meter) . هذا يسمح لألكترونيات المراقبة بزيادة دقة تخمين مستوى الشحن.**
- **بطاريات الليثيوم أيون يجب أن لا تتدهور إلى أقل من أقل فولتية مسموح بها 2.4V إلى 3.0V لكل خلية.**
- **بطاريات الليثيوم أيون يجب أن تبقى باردة. وفي الحالة المثالية تحفظ في الثلاجة. الشيخوخة يظهر تأثيرها أسرع مع درجات الحرارة العالية. الحرارة العالية في السيارات تتسبب في تدهور بطاريات الليثيوم أيون بسرعة.**
- **يجب أن لا تتعرض بطاريات الليثيوم أيون إلى الانجماد (معظم الألكتروليت في بطاريات الليثيوم أيون يتجمد عند حوالي -40 درجة مئوية)؛ ومع ذلك فإن هذه الدرجة أبرد بكثير من أقل درجة حرارة تصل إليها المجمدات المنزلية.**
- **يجب شراء بطاريات الليثيوم أيون فقط عندما نحتاجها، وذلك لأن مسيرة الشيخوخة تبدأ حال ما يتم إنتاج البطارية في المصنع.**
- **عند استعمال الحواسيب الدفترية Notebook computer لتعمل من خط الكهرباء العمومية لفترات، يجب رفع البطارية وخزنها في مكان بارد وبذلك لا تتأثر بالحرارة المتولدة في الحاسب.**

تأثير حرارة الخزن على الشحن Storage temperature and charge

خزن بطارية الليثيوم أيون في درجة حرارة صحيحة وحالة شحن صحيحة أيضاً تجعل جميع المتغيرات تديم سعة البطارية. الجدول التالي يبين كمية الفقد الدائم لسعة البطارية الذي يحدث بعد الخزن إزاء مستوى الشحن ودرجة الحرارة المعطاة.

الفقد الدائم في السعة مقابل حالة الخزن

حرارة الخزن	شحن ٤٠ ٪	شحن١٠٠ ٪
صفر درجة مئوية	٢ ٪ تفقد بعد سنة واحدة	٦ ٪ تفقد بعد سنة واحدة
٢٥ درجة مئوية	٤ ٪ تفقد بعد سنة واحدة	٢٠ ٪ تفقد بعد سنة واحدة
٤٠ درجة مئوية	١٥ ٪ تفقد بعد سنة واحدة	٣٥ ٪ تفقد بعد سنة واحدة
٦٠ درجة مئوية	٢٥ ٪ تفقد بعد سنة واحدة	٨٠ ٪ تفقد بعد ستة أشهر

ومن المفيد منع خزن بطاريات الليثيوم أيون وهي في حالة الشحن الكامل. بطارية الليثيوم أيون التي تخزن وهي في حالة شحن ٤٠ ٪ تدوم عدة مرات أكثر من تلك التي تخزن وهي في حالة شحن ١٠٠ ٪ وكذلك الحال عند درجات حرارة أعلى.

إذا ما تم خزن بطارية الليثيوم أيون وهي في حالة شحن واطئة، ستكون هنالك خطورة السماح للبطارية بالهبوط إلى أقل من أدنى مستوى لفولتية البطارية المسموح بها (عتبة الفولتية الواطئة)، وتصبح النتيجة بطارية ميتة لا يمكن شفائها .

ما إن تهبط الفولتية إلى هذه النقطة، فإن إعادة شحن البطارية قد يكون خطراً . بعض البطاريات تحوي لهذا الغرض على دائرة سلامة مبيتة في داخلها تمنع إعادة شحن البطارية وهي في هذه الحالة، وستكون البطارية ميتة في كل الحالات .

وفي الظروف العامة عند توفر بطارية ليثيوم أيون ثانية كاحتياط لحاسبة أو هاتف محمول ينصح بتفريغ البطارية الغير مستعملة حتى تبلغ 40 % من قيمتها وتوضع في الثلاجة لإطالة عمرها وهي قيد الانتظار (على الرف) . ورغم إن البطارية يمكن استعمالها مباشرة بعد ذلك إلا إن بعض بطاريات Li-ion تعطي طاقة أكبر عندما تصل درجة حرارتها إلى درجة حرارة الغرفة .

إطالة عمر الخلايا المتعددة من خلال موازنة الخلية

Prolonging Life in Multiple Cells Through Cell balancing

النهايات الأمامية Front endsالتماثلية analog التي توازن الخلايا وتمنع عدم التوافق mismatches للخلايا في حالة التوالي أو التوازي لها أهمية تحسين كفاءة efficiency البطارية وتزيد السعة الكلية للنضيدة Pack . عندما يزداد عدد الخلايا وتيار الحمل، فإن استقطاب عدم التوازن يزيد أيضاً . هنالك نوعان من عدم التوافق mismatch في النضيدة: الأول هو حالة الشحن State of Charge SOC والثاني السعة إزاء الطاقة Capacity/energy C/E . ويبدو إن عدم التوافق نوع SOC هو الشائع، وكل مشكلة تحد من سعة النضيدة إلى سعة أضعف خلية .

ويكون من الأهمية التمييز إن أكثر نتائج عدم التوافق متأتية بسبب التحديدات التي يبديها مسيطر العمليات ويتعين التقصي قد تكون بسبب التغيرات الفطرية في كيميائية الليثيوم أيون ((فطرية تعني تغيرات متأصلة في خلقة المادة)) . موازنة الخلية يمكن أن يحسن الأداء لخلايا الليثيوم أيون الموصلة على التوالي من خلال عنونة كل حالة من SOC و C/E .

عدم التوافق نوع SOC يمكن أن يعالج من خلال موازنة الخلية أثناء فترة الإنشاء initial وفيما بعد خلال طور Phase الشحن فقط .

عدم التوافق نوع C/E علاجه أكثر صعوبة وكذلك صعوبة قياسه ويتطلب موازنة خلال كل من فترات الشحن والتفريغ .

موازنة الخلية Cell Balancing

تعرّف موازنة الخلية Cell Balancing على إنها تطبيق application التيارات التفاضلية differential على خلية مستقلة individual (أو مجموعة من عدة خلايا) في حالة سلسلة متوالية . والمعتاد طبعا هو خلايا في سلسلة توالي وتستلم تيارات متماثلة .

مجموعة النضيدة تتطلب مكونات إضافية ودوائر لبلوغ اتزان الخلايا . وعلى أي حال فإن استعمال نهاية أمامية متكاملة لموازنة الخلايا يقلل من حاجتنا إلى مقاومات موازنة فقط . هذا النوع من الحلول يغنينا عن مكونات منفصلة من المتسعات والثنائيات أو مقاومات لبلوغ الموازنة .

مجموعة الخلايا في البطارية تكون متوازنة عندما تتحقق حالتين لكافة الخلايا :

١ . إذا امتلكت كافة الخلايا نفس السعة، وكان لها نفس حالة الشحن State of Charge SOC ستكون إذاك متوازنة balanced . وفي هذه الحالة ستصبح فولتية الدائرة المفتوحة Open Circuit Voltage OCV هي دالة القياس الجيد لحالة شحن البطارية SOC . فإذا ما كان لدينا بطارية غير متوازنة . وأصبح بالإمكان أن تشحن كل خلاياها تفاضليا إلى كامل سعتها (متوازنة)، وتحدث دورة الشحن والتفريغ اعتياديا بدون أي ضبط إضافي سنكون قد وفقنا في إصلاح عدم التوازن .

٢ . إذا امتلكت الخلايا سعات مختلفة، فهي أيضاً تتطلب موازنة عندما تكون SOC بنفس القدر . ولكن بما SOC هي قياس نسبي . فان الكمية المطلقة للسعة لكل خلية تختلف . وللإبقاء على الخلايا ذات السعات المختلفة في نفس حالة SOC يجب أن توفر موازنة الخلية كميات مختلفة من التيار للخلايا الموصلة في حالة التوالي خلال الدورة الواحدة من الشحن والتفريغ .

السلامة Safety

بطاريات الليثيوم أيون لها القابلية أن تنفلق بلهب أو تقدح أو تنفجر عندما تتعرض إلى حرارة عالية في بيئة ما، ومثال ذلك منطقة تتعرض إلى أشعة الشمس المباشرة . حدوث الدورة القصيرة لبطاريات الليثيوم أيون قد يتسبب في قدحها أو انفجارها، وكذلك أي محاولة لفتحها وتحويرها فإن حاوية بطاريات الليثيوم أيون أو الدوائر التي في داخلها تكون خطرة . بطاريات الليثيوم أيون تحتوي على أجهزة سلامة تحمي الخلايا من الداخل من أن تساء معاملتها أو أي تلف قد يؤدي إلى قدح البطاريات أو انفجارها .

محاولة إدخال جسم معدني إلى داخل حاوية الخلايا(البطارية) يمكن أن يتلف أجهزة السلامة في داخلها . مثلاً في أواسط العام 2006 قد أعيد حوالي عشرة ملايين من بطاريات SONY التي استخدمت مع حاسبات لاب توب نوع Dell و SONY و APPLE و Lenovo/IBM و Panasonic و TOSHIBA و Hitachi و Fujitsu و Sharp وكانت الحالة هي عواقب إدراج أجسام معدنية إلى داخل الحاويات . في بعض الظروف قد تؤدي إلى حدوث دورة قصيرة في خلية مما يؤدي إلى تحول كافة الطاقة التي في الخلية إلى حرارة وبسرعة مسببا تفاعل أكسدة حراري رافعا حرارة الخلية إلى بضع مئات من الدرجات المئوية . هذا يؤدي إلى سخونة الخلايا المجاورة مسببا سلسلة من التفاعلات الحرارية .

أواسط العام ٢٠٠٦ كان الراجع من بطاريات Sony laptop ليس هو الأول من نوعه، لكنه كان الأكبر في ذلك التاريخ . خلال العشر أعوام الماضية هنالك العديد من بطاريات الليثيوم أيون الراجعة من الهواتف الخلوية والحاسبات المحمولة بسبب مشاكل التسخين الزائد .

في أكتوبر من العام 2004 أعادت Kyocera Wireless تقريبا مليون بطارية استعملت في الهواتف الخلوية، كونها كانت مزورة وتحمل اسم Kyocera. في ديسمبر 2006 أعادت Dell حوالي 22000 بطارية من أسواق الولايات المتحدة. في آذار 2007 أعادت Lenovo حوالي 205000 بطارية ليثيوم أيون ذات 9 خلايا بسبب مخاطر الانفجار. في آب من العام 2007 أعادت Nokia أكثر من 64 مليون بطارية ليثيوم أيون محذرة إن بعضها قد تعرضت إلى حرارة عالية وربما كانت قد انفجرت. وهنالك حادثة واحدة في الفلبين تشمل NOKIA N91، الذي يستعمل البطارية BL-5C ((وهي بطارية النوكيا المعروفة في بغداد)) .

استبدال مواد كاثودات أوكسيد الكوبالت ومواد الليثيوم أيون بتوصيلات فوسفات معدن الليثيوم لزيادة دورات الشحن والتفريغ وعمر الخزن وهو يحسن الأمان لكنه يقلل السعة. في الوقت الحاضر فإن بطاريات الليثيوم أيون هذه ((الآمن)) تستخدم في المقام الأول مع السيارات الكهربائية وتطبيقات بطاريات السعة الكبيرة الأخرى، حيث تكون مسألة السلامة في المقام الأول. ويتوفر خيار آخر في استخدام كاثودات أوكسيد المنغنيز أو فوسفات الحديد.

الصنف الجديد من كاثودات القدرة العالية الذي أدرج مؤخراً هو أوكسيد الليثيوم نيكل منغنيز كوبالت NMC الذي يمتلك كثافة طاقة أعلى بمقدار 40 ٪ من فوسفات الحديد. ودورة حياة أكبر بثلاث مرات من أوكسيد المنغنيز وأداء في القدرة غير اعتيادي.

أمثلة على الخلايا الابتدائية (خلايا غير قابلة للشحن Non rechargeable cells) :

خلية دانيال| بطارية الليثيوم| البطارية القاعدية الكالاين | بطارية الزئبق | بطارية الخارصين والكاربون | بطارية أوكسيد الفضة | بطارية الهواء والخارصين | بطارية NiOX

أمثلة على الخلايا الثانوية (الخلايا القابلة للشحن Rechargeable cells) :

بطارية الرصاص الحامضية (بطارية السيارة) | بطارية الليثيوم أيون | بطارية بوليمر ليثيوم أيون | بطارية الليثيوم فوسفات الحديد | بطاريات كبريت الليثيوم | بطارية الليثيوم تيتانيت | بطارية النيكل كادميوم | بطارية النيكل هايدروجين| بطارية هيدريد النيكل المعدني| بطارية النيكل والحديد| بطارية الصوديوم والكبريت| بطارية الفانديوم ريدوكس| بطارية الألكالاين القابلة للشحن|.

نظرة إلى المواصفات الفنية لبطاريات ليثيوم أيون من IBT

LITHIUM ION TECHNICAL DATA

www.ibt-power.com

بطاريات ليثيوم أيون كاملة، يقول الموقع إنها تحتوي على خلايا منشورية!

أكثر من ثلاثين نموذجاً تشكل طيف خلايا الليثيوم أيون. ذات أغلفة الألمنيوم لتقليل الوزن وزيادة في السعة.

ترد الخلايا وهي قليلة السمك low Profile، بأغلفة ذات كثافة طاقة عالية ومدى سعات من 190mAh إلى 1800mAh . وكحل لانتاج مكتمل من الخلايا يقوم المعمل بإنتاج البطاريات مضمنة في داخلها دوائر الحماية اللازمة Protection Circuit Modules (PCM)

المزايا Features

- ✓مدى سعة الخلية من 190 إلى Cell Capacity Range 1800mAh
- ✓متوسط فولتية الخلية Nominal cell voltage 3.7V
- ✓إمكانية الشحن السريع Rapid charge capabilities
- ✓خفيفة الوزن Light weight
- ✓نحيفة السمك Low profile
- ✓كثافة طاقة عالية High energy density
- ✓البطارية مجمعة بالكامل Battery pack assembly
- ✓دوائر لحماية البطارية والخلية Cell / Battery protection circuits

الشحن والشاحنات Battery Chargers & charging

العديد من الخيارات متوفرة لشحن بطاريات الليثيوم أيون وكذلك الخلايا؛ بالنسبة للمصممين الذين يرومون بناء دوائر الشحن الخاصة بهم هنالك العديد من الرقاقات Chips الخاصة بالشحن في الأسواق، ويمكن اختيار الشحن من مصدر للتيار المستمر أو عبر المنفذ USB . من المهم أن نختار متكاملة IC لها القابلية على إنهاء عملية الشحن بعد أن تكتمل. بعض المتكاملات تنهي الشحن عن طريق مراقبة التيار، الأخرى عن طريق تحسس الحرارة وتستعمل لهذا الغرض مقاومة 10K تتغير قيمتها تبعا للحرارة مثبتة على الخلية أو البطارية، البعض الأخر يستعمل الطريقتين. وينصح بإنهاء الشحن ما إن يهبط التيار إلى أقل من (0.01C إلى 0.02C) و C هي تيار سعة البطارية المدونة عليها.

مواصفات خلايا الليثيوم أيون Lithium Ion Cell Specification(IBT)

	متوسط الفولتية Nominal Voltage	3.7V
	متوسط السعة Nominal Capacity	190mAh to 1800mAh‡
		الصليب ذو الرأسين يعني وجود ملاحظة في الأسفل
	الطريقة Method	تيار ثابت Constant Current (CC) / فولتية ثابتة Constant Voltage (CV)
الشحن Charge	أعظم تيار Max. Current	1C وتعني مرة واحدة بقدر تيار سعة الخلية
	أعظم فولتية Max.Voltage	4.2V† الصليب ذو الرأس يعني وجود ملاحظة في الأسفل
التفريغ Discharge	أعظم تيار Max. Current	1C وتعني مرة واحدة بقدر تيار سعة الخلية
	ايقاف التفريغ Termination	3.0V †
حرارة التشغيل Operating Temperate	الشحن Charge	0°C to +45°C
	التفريغDischarge	-20°C to +60°C
الخزن Storage	لثلاثة أشهر 3 months	-20°C to +45°C
	لأثنى عشرة شهراً 12 months	-20°C to +25°C
العمر المتوقع Life Expectancy	الأدنى Minimum¥	اكثر من ٣٠٠ دورة (٨٠ ٪ من السعة المقررة) >300 cycles (80% rated capacity)
	النموذجي Typical	٥٠٠ دورة لاحظ المنحنى الذي سيأتي 500 cycles (see graph below)

الملاحظـات Nomtes

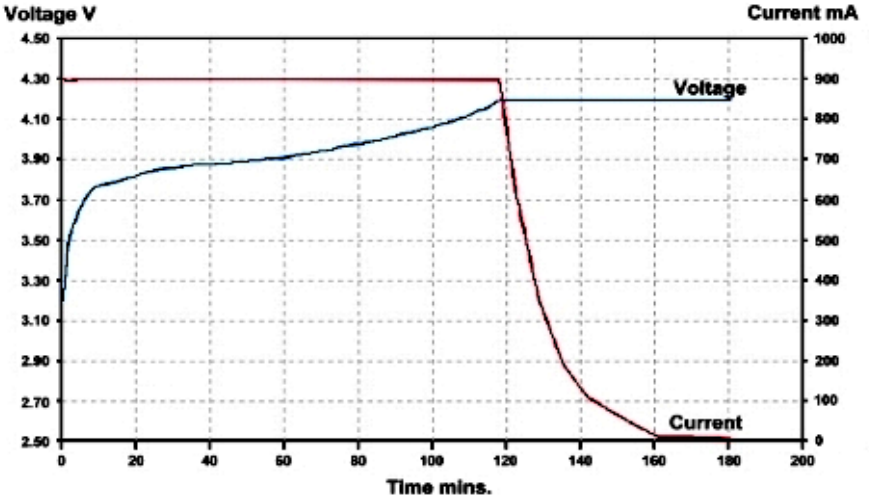
†يتطلب إيقاف الشحن عند حد معين وإيقاف التفريغ عند حد معين
† Charge termination and discharge termination required.

‡CC/CV يعني فولتية شحن ثابتة تبلغ 4.2V وتيار شحن ثابت يبلغ بقدر تيار السعة للبطارية إلى أن يهبط التيار إلى أقل من 0.01C لفترة ساعة أو ساعتين ثم يتبع بتفريغ تيار ثابت الى 0.2 من سعة الخلية إلى أن تصل الفولتية إلى 2.75V عند درجات الحرارة 20±5°C وقد يتطلب خمس دورات.
‡ CC/CV charge 4.2V, 1C until current drops below O.OIC , rest for 1-2 hrs then CC discharge 0.2C to 2.75V (temperature 20±5°C), may require up to 5 cycles.

¥ يعني فولتية شحن ثابتة تبلغ 4.2V وتيار شحن ثابت يبلغ بقدر تيار السعة للبطارية إلى أن يهبط التيار إلى أقل من 0.01C للعشر دقائق الباقية ثم تفريغ بتيار ثابت بقدر 1C لغاية 2.75V لبقية العشر دقائق وتعاد الدورة (درجة الحرارة20±5°C) .
¥ CC/CV charge 4.2V, 1C until current drops below 0.01C , rest for 10 min. then CC discharge 1C to 2.75V, rest for 10 min and repeat cycle (temperature 20±5°C).

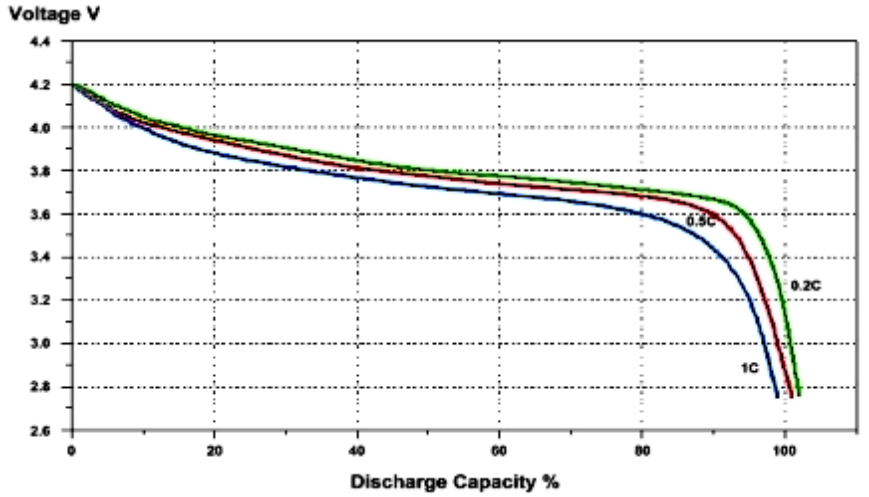
منحنى الشحن النموذجي Typical charge graph

CC/CV Charge at 4.2V, +25ºC (Cell Capacity: 1800mAh)



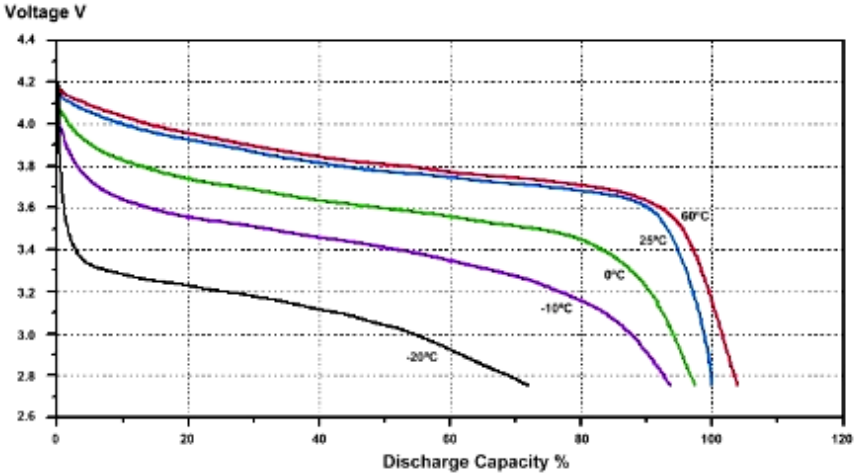
منحنى التفريغ النموذجي

CC/CV Charge at 4.2V,1C, +25ºC. CC Discharge to 2.75V, +25ºC.



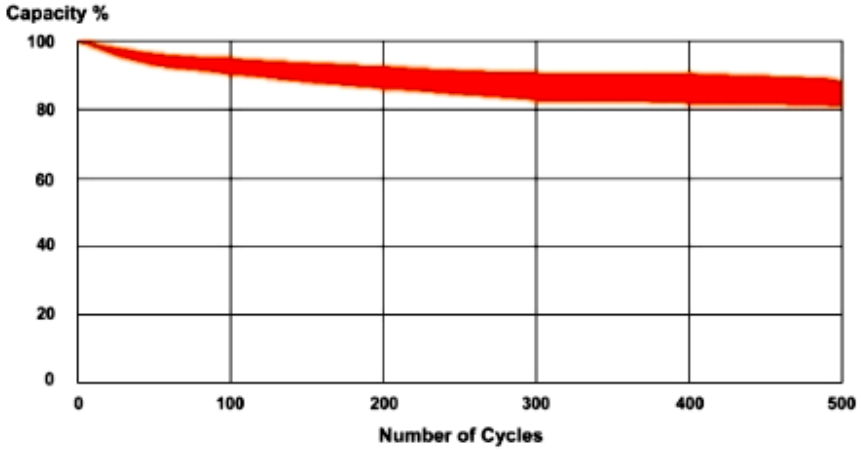
منحنى التفريغ النموذجي

CC/CV Charge at 4.2V,1C, +25ºC. CC Discharge at 0.2C to 2.75V.



منحنى الدورات النموذجي

CC/CV Charge at 4.2V,1C, +25ºC. CC Discharge at 1C to 2.75V, +25ºC.



خلايا الليثيوم أيون مجموعة البطارية Lithium Ion Cells and Battery Packs

تعرض IBT على موقعها خلايا ليثيوم أيون مع لوح دائرة الحماية Protection Circuit modules PCM قد أرفقها المصنع إلى الخلية. اللوح المطبوع لـ PCM يوفر الحماية حيال زيادة الفولتية أو انخفاض الفولتية (فولتية البطارية) وزيادة التيار (تيار الحمل أو الشحن) وكذلك حالات حدوث الدورة القصيرة. كذلك تمتلك هذه الألواح القابلية على إيقاف التفريغ وإيقاف الشحن كي لا يتجاوز حد معين. وجود دائرة الحماية Protection Circuit modules PCM يزيد من أبعاد الخلية المستعملة، وتجد تفصيلات لهذه الأبعاد عند الاتصال بـ IBT.

وعندما يتطلب الأمر قدرة أكبر يمكن للمصنع تجميع الخلايا اللازمة في نضيدة واحدة. وتتضمن لوح الحماية PCM، وعندها يتم ترتيب الخلايا على التوالي أو التوازي أو الاثنين معا كحل للاستفادة المثلى من الفضاء المتوفر، وتخرج الطاقة من أسلاك عائمة تنتهي بمقبس حسب ما مطلوب.

محاذير وتنبيهات Precautions & Warnings

لمنع احتمال حصول نضح في محلول البطارية أو سخونة البطارية أو انفجارها الرجاء الالتزام بالمحاذير التالية :

- لا تغمر البطارية بالماء أو أي محلول آخر.
- لا تستعمل أو تترك البطارية قرب مصدر حرارة مثل النار أو المدفأة.
- عند الشحن استعمل الشاحنة الموصوفة للبطارية فقط ولا تستعمل غيرها.
- لا تعكس أقطاب التوصيل للبطارية الموجب محل السالب.
- لا توصل البطارية إلى مقبس الكهرباء العمومية.
- لا ترمي البطارية في النار أو تعرضها إلى لهب.
- لا تعمل دورة قصيرة للبطارية من خلال توصيل القطب الموجب والسالب بواسطة جسم معدني.
- لا تنقل أو تخزن البطارية مع أجسام معدنية.
- لا تتلف أو تهشم البطارية.

- لا تستعمل البطارية في بيئة تسبب التآكل (بيئة حامضية مثلا) .
- لا توصل أسلاك إلى البطارية بلحامها مباشرة .
- لا تضع البطارية ي فرن المايكروويف .
- دائماً اقرأ النشرة التفصيلية من المصنع قبل استعمال أو تشغيل أو شحن البطارية .
- احتفظ بالبطارية بعيداً عن متناول الأطفال .
- لا تستعمل أو تترك البطارية عند درجة الحرارة العالية (مثل خزنها تحت أشعة الشمس المباشرة أو في السيارة أو في جو شديد الحرارة) . وإلا قد تحترق بلهب أو يتدهور أدائها وتقل فترة خدمتها .
- لا تستعملها في أماكن تتعرض إلى الكهرباء المستقرة، والا قد تتلف دائرة الحماية في داخلها وتصبح بلا حماية .
- إذا تسرب المحلول الالكتروليتي من البطارية ولامس العينين، لا تفرك عينيك إنما اغسلها بوفرة من الماء واستشر الطبيب فوراً . وإلا قد يحدث فقد جزئي في الإبصار .
- إذا أصبحت البطارية لا تشحن بشكل جيد أو إنها لا تبقى مشحونة لفترة معقولة توقف عن استعمالها واستبدلها بواحدة جديدة .
- إذا أبدت البطارية أي علامات غريبة مثل ارتفاع حرارتها أو تغير لونها أو شكلها بأي شكل أثناء استعمالها أو إعادة شحنها . ارفعها على الفور من الجهاز وتوقف عن استعمالها .
- في حالة كون توصيلات البطارية قذرة، نضف التوصيلات بقطعة قماش نضيفه قبل استعمالها وإلا قد يحدث هبوط في القدرة أو هبوط في الشحن بسبب التوصيل الضعيف إلى الأجهزة .
- حاذر من رمي البطاريات القديمة كيف ما اتفق ذلك قد يسبب اشتعال النار . غلف أطراف البطارية بشريط عازل وأعد تدويرها قدر الإمكان أو اتبع تعليمات إعادة التدوير للمواد المماثلة في بلدك!
- إذا لم تكن البطارية قيد الاستعمال لفترة قد تطول، ارفعها من الأجهزة واخزنها في مكان بارد وجاف ونضيف .

التلفزيون الأرضي الرقمي

Digital Terrestrial Television (DTT)

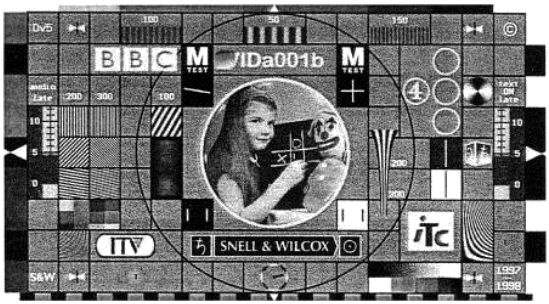
Based on report by Bill Higgins
Elector Electronics 12/98

التطور الحتمي للتلفزيون

قدمه ونقله إلى العربية سرمد نافع

أُعِد هذا المقال خصيصاً للمجلة العراقية 3ELECTRONICS التي فقدناها بعد العدد الأول

يبدو إن مستقبل التلفزيون يتمثل في الإرسال الأرضي الرقمي؛ وقد شقت بريطانيا هذا الحقل الجديد، وستتبعها البلدان الأخرى في أوربا وشمال أمريكا عاجلا أم آجلا وكذلك اليابان. معظم التطور الأوربي في هذا المجال قد تم تحت (الإرسال الصوري الرقمي DVB Digital Video Broadcasting) وقد أطلق المشروع عام 1993 وتم التوقيع عليه بما يقارب 200 إمضاء من 25 بلدا في عام 1995.



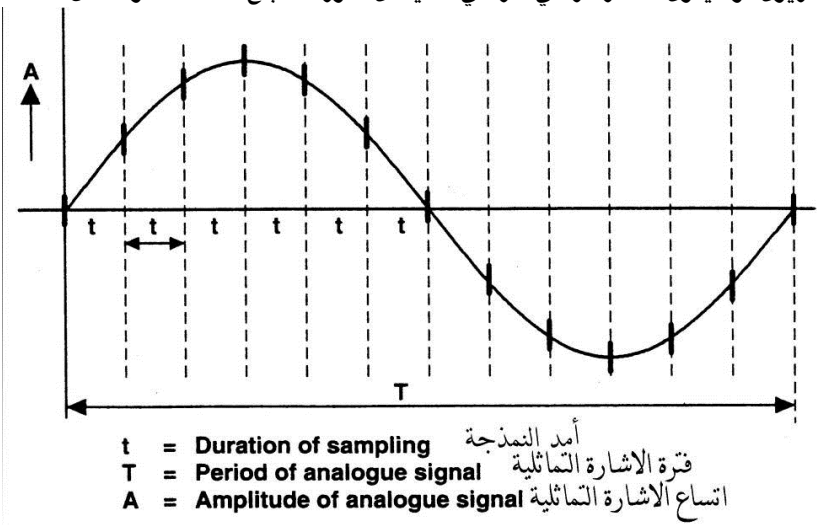
المجموعة التي أطلقت المشروع تتألف من ممثلي القطاع الصناعي، والإذاعات العامة والخاصة، وشركات الاتصالات، والمؤسسات البحثية والمفوضية الأوربية. ونظراً لهذه المشاركة الواسعة، فإن مشروع DVB قد أخذ الدور الأساسي ضمن إدخال التلفزيون الرقمي إلى أوربا.

تمهيـــــد

التلفزيون الأرضي الرقمي Digital Terrestrial Television DTT يوفر فوائد جوهرية للمشاهدين، منها: قنوات أكثر للإرسال ضمن الحزمة الترددية المخصصة، وصوت أحسن، و صورة أحسن، وخدمات جديدة. وفي المستقبل القريب، فإن معظم هذه الخدمات ستكون فعالة، وتُمكّن المشاهد من التسوق والتعامل مع المصارف وإرسال البريد الإلكتروني وخدمات أخرى. معظم البلدان في أوربا ستتوقف بلا شك عن الاستمرار في استعمال الإرسال التماثلي وستتحول إلى الإرسال الرقمي خلال العشرة إلى الخمسة عشر سنة القادمة (في بريطانيا ترى التوقعات إن هذا سيحدث في بداية العام 2008).

المشاهدين سيحتاجون إلى مستقبلات تلفزيون جديدة أو ما يسمى صندوق التهيئة للإرسال الرقمي الأرضي Set-top box لاستخدام الإرسال الجديد. المشاهدين الذين يرغبون في الاستفادة

من الخدمات التفاعلية **interactive services** يحتاجون إلى وضع مقبس للتلفون قرب جهاز التلفزيون. وسيكون التلفاز الرقمي الأرضي خاليا من صور الأشباح **ghosting** والنمش **snow**.



الشكل١ مبدأ النمذجة **Sampling** والتكميم **quantizing** للإشارة التماثلية.

المشاهدين سيستعملون مستقبلات تلفزيون ذات شاشة عريضة **widescreen** وسيكونون مؤهلين للاستفادة من كامل عرض الشاشة ذو التناسب الأكبر حيث ستُدرج الفائدة من هذا العرض ضمن الإرسال الرقمي.

كيف يعمل التلفزيون الرقمي ؟

How does digital television work?

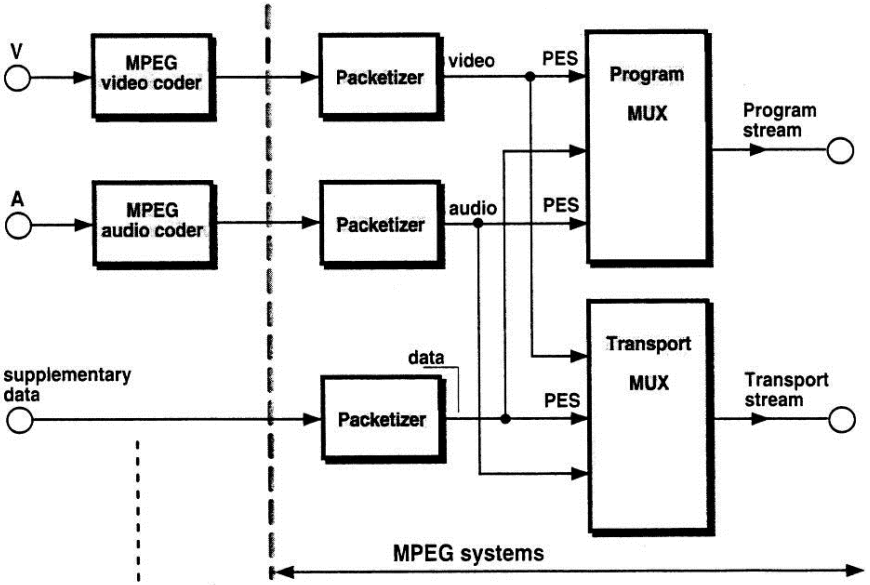
يمكن للإشارة التماثلية أن تُنَمْذَج **Sampled** وتحول هذه النماذج إلى ما يكافئها من القيم الرقمية كما ترى في الشكل١، ثم تقدم على شكل دفق رقمي متسلسل من الأصفار والواحدات **logic 1s and 0s**.

بدأ التخطيط للتلفزيون الأرضي الرقمي في الولايات المتحدة **USA** أواخر العام **1980** والسنين التي تلتها، وفي بداية العام **1990** ظهرت أيضاً تطويرات رائدة ومشاريع منفصلة في أوربا أيضا.

الأساس في معنى تشفير الصورة الرقمي **digital video coding** هو تكنولوجيا ضغط البيانات **data compression technology** التي تجعل من الممكن الحصول على حزم ترددية أضيق مما هو عليه الحال مع إشارات التلفزيون التماثلي.

تُسلط عملية الضغط إلى كمات الصورة الآتية من كامرا التلفزيون. مساحة الصورة تنمذج بكسل بعد بكسل **pixel** وتخصص قيمة عند كل حالة للإنارة **luminance** γ واللون γ- **R** و γ-**B**

chrominance لكل بكسل. تضمين شفرة البيانات هذا يحمّل في البداية إلى الخارج عن طريق الأرقام الثنائية. ودفق البيانات الناتج يمتلك معدل بيانات يبلغ 166Mbit/s.



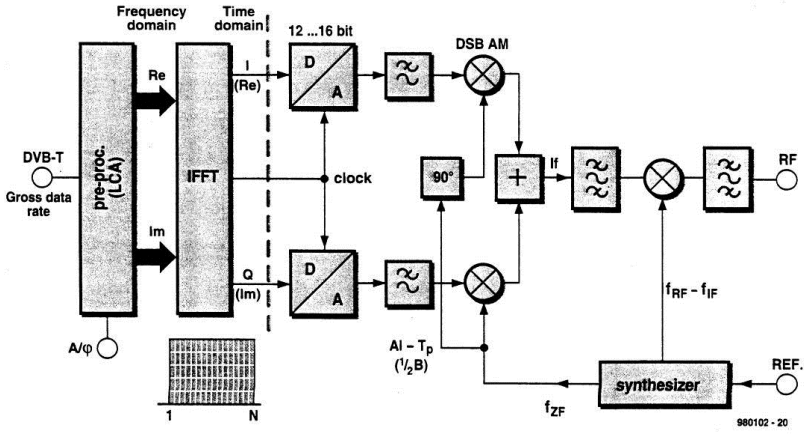
الشكل٢

إنتاج الدفق **Stream** لكل من البرنامج **program** والناقل **transport** في المعيار القياسي **MPEG-2**.

في حالة التلفزيون ذو الدقة العالية (High definition television (HDTV، تستعمل نسبة جديدة لعرض الصورة إلى ارتفاعها aspect ratio تبلغ 16:9 وهي نسبة الشاشة العريضة (التي نجدها في سوق الحاسبات في بغداد هذه الأيام) . إذ إن الشاشة الاعتيادية للتلفزيون تمتلك نسبة قياسية تبلغ 3:4 (تقرأ النسبة في الحالتين من اليمين إلى اليسار والرقم الأكبر يمثل طول ضلع الشاشة الأطول) . معدل تردد المسح لإشارة الإضاءة على الشاشة بالنسبة للتلفزيون HDTV (إشارة الصورة) قد تم زيادتها لتبلغ 72MHz (في التلفزيون الاعتيادي تبلغ 13.5MHz) . نتيجة هذا نحصل على معدل بيانات كلي يبلغ 1.52Gbit/s لإشارة الصورة المصدرية V-U-Y .

الخطوة العملاقة إلى الأمام تتمثل في تكنولوجيا التشفير coding technology حيث تم استعمال تشفير التعويض للحركة motion-compensating coding . وفيه عند بداية ضغط البيانات، يتم إرسال البكسلات في الإطار frame الجديد للصورة؛ فقط البكسلات التي تغيرت بفعل حركة الشاخص. أما البكسلات التي لم يطرأ عليها تغيير تبقى في الصورة ويتم إعادة إنتاجها من المنطقة العازلة Buffer المخزون فيها الإطار القديم في جهاز الاستقبال.

إقلال إضافي لعدد البكسلات التي يتعين إرسالها نحصل عليه من خلال تعيين الإطار الذي سيحل محل الإطار السابق للشاخص المتحرك بمتجه الاستبدال displacement vector . هذا المتجه



الشكل٣

معدِل نموذجي نوع OFDM Orthogonal Frequency Division & Multiplexing المستعمل في DTT Digital Terrestrial Television.

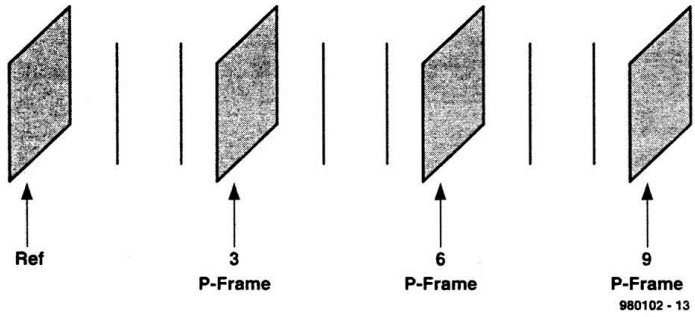
يستعمل في جهاز الاستقبال receiver لأخذ البكسل إلى الشاخص المتحرك moving object من منطقة الذاكرة العازلة buffer . بيانات خلفية الصورة يجب طبعاً أن ترسل هي الأخرى بهذه الطريقة، والتي تسمى الإطار المتداخل interframe DPCM (Differential pulse code Modulation) مع تعويض الحركة motion compensation . وعند إعادة تحليل المكونات تتم الاستفادة من متحولة جيب التمام المسماة Discrete Cosine Transform (DCT) وهي تختلف عن متحولة فورير المسماة Discrete Fourier Transform(DFT) .

هنالك نوعين من DCT: نوع الهجينة hybrid والإطار المضمن intraframe، وكل منهما لها محاسن ومساوئ. لذا الإطارات بكاملها تشفر اعتياديا كإطار مضمن intraframe عند فواصل ثابتة بالأسلوب الهجين hybrid method . وهذا هو الأساس القياسي لما يعرف ISO MPEG .

المصطلح ISO International Standardization Organization ويعني المنظمة الدولية للثوابت القياسية، وهي منظمة استشارية للأمم المتحدة United Nations، وهي تحمل على عاتقها التقدم الحاصل في مجال تشفير الصورة Video Coding .

منذ بداية عقد التسعينات جرى التنسيق بين منظمة الـ ISO ومنظمة أخرى يطلق عليها اصطلاحا IEC International Elecrotechnical Commission وتعني المفوضية الدولية للتقنيات الإلكترونية، بينما جرى التنسيق في مجال الاتصالات telecommunications عن طريق منظمة يرمز لها JCT1 Joint Technical Committee1 وتعني لجنة توحيد التقنيات١ .

مجموعة فرعية أخرى subgroup تدعى مجموعة خبراء الصورة المتحركة Motion Pictures Expert Group-MPEG تابعة للـ JCT1 قد جرى إعدادها لتضع التعاريف للثوابت القياسية Standards للاتصال الصوري الكامل عن بعد full video communication؛ وكذلك الثوابت التي



Sampling rate (Mbit/s)	Duration of sample (μs)	Number of samples per TV line
2	0.5	128
6.75	0.148	432
13.5	0.074	865
15	0.066	969

الشكل٤

الإطارات P(redicated) المتنبأ بها عند كل من الإطار ٣و٦و٩ من الإطار المرجع reference.

تصف الخزن الطارئ في الوسائط المتعددة ويمكن أيضا تطبيقها عند الإرسال إلى الوسط media القائم.

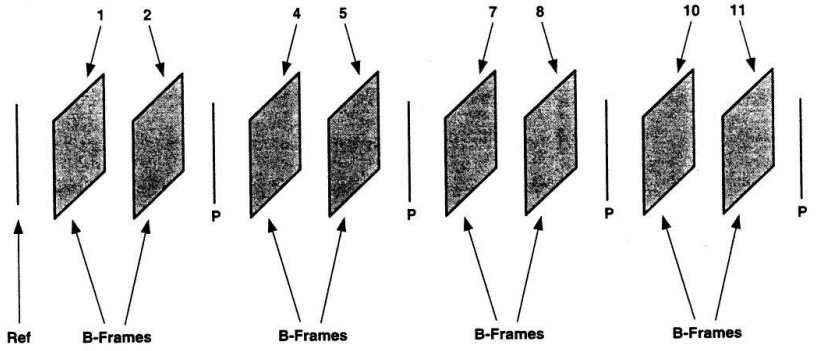
المعيار MPEG-1 ملائم لتشفير الصور الصغيرة التي تمالك معدل منخفض من البيانات (صعوداً لغاية 1.5Mbit/s) . الوجه الثاني للمشروع يسمى MPEG-2 وهو وصف للطريقة المتوافقة مع MPEG-1 لكنها تسمح بتشفير صور ذات جودة بال المحسنة enhanced PAL و PAL تعني الخط متغير الطور Phase Alternate Line، وهو يتضمن كذلك التلفزيون ذو الدقة العالية HDTV.

المعيار يصف معدل نمذجة يبلغ 2 إلى 15 ميكا بت لكل ثانية. العلاقة بين معدل النمذجة Sampling rate وفترة النموذج duration of the sample وعدد النماذج لكل خط من خطوط الصورة تراه في الجدول١.

أصبح معيار MPEG-2 من الثوابت القياسية العالمية للصورة، ويطبق على كلا جانبي الإرسال والاستقبال عند الخارج من وحدة فك التضمين demodulator لكل من :

OFDM وتعني تقسيم التردد المتعامد والتحفيز المتعدد Orthogonal Frequency Division Multiplexing للاستقبال الأرضي.

و QSPK وتعني رباعية الزحزحة المفتاحية للطور Quadrature Phase Shift Keying للاستقبال من الأقمار الاصطناعية.



الشكل٥ مواقع الإطارات B(i-directional)

و 64QAM وتعني التضمين الاتساعي الرباعي Quadrature Amplitude Modulation للاستقبال عبر الشبكة السلكية cable network.

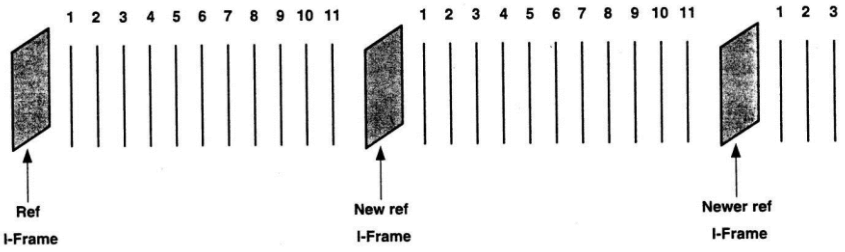
معيار تشفير الصورة MPEG-2 كان قد جعل عاماً generic، ذلك لأنه حل لا يعتمد على التطبيق. وبكلمات أخرى فإن بناء لوغارتمية تجعل منه ملائم للعديد من التطبيقات والعلاقات بين بيانات اللوغارتمية. بالإضافة إلى هذا يمتلك مرونة في شكل لغته المصدرية، و MPEG-2 يسمح بأشكال جانبية Profiles مختلفة. والتشكيل الجانبي يقدم أو يتضمن مجموعة من أدوات الضغط compression tools والتي جميعا مع غيرها تبني نظام التشفير النهائي.

لقد تم الانتهاء من وضع مواصفات الإرسال الأرضي للصورة الرقمية Digital Video Broadcasting terrestrial أواخر العام 1995.

وكان ضمن المواصفات إن على نظام الإرسال Transmission نوع DVB-T أن يحتوي على العناصر الجديدة التالية :

- **Baseband coding for video and audio تشفير حزمة القاعدة للصورة والصوت**
- **MPEG-2 transport stream ناقل دفق MPEG-2 لاحظ الشكل٢**
- **Terrestrial channel codingتشفير قناة أرضية**
- **OFDM modulation تضمين نوع OFDM**
- **Coverage using single-frequency network technologyتغطية تستعمل تقنية شبكة التردد المفرد**

طريقة التضمين نوع OFDM لاحظ الشكل٣ وتكنولوجيا شبكة التردد المفرد تقودنا إلى عدد من العواقب في مجال هندسة الأنظمة.



الشكل٦ مواقع إشارات I(intraframe).

أحد عواقب تسليط عملية ضغط البيانات على مصدر الإشارة هي أن طرق فحص الموجة الجيبية التقليدية مع إشارات تردد الاكتساح في مجال التردد frequency domain ومع المرجع إلى إشارات فحص الخط في مجال الزمن time domain هي غير صالحة للاستعمال في قناة الإرسال الرقمي.

عاقبة consequence نقل الإشارات في التحفيز المتعدد لأقسام الزمن أن تكنولوجيا الخدمة الأرضية للإذاعة الرقمية تحتاج أن لا تبقى محجوزة إلى إشارات الإرسال التلفزيوني والبيانات data المصاحبة، ولكن إشارات الصورة والصوت والبيانات يمكن تجميعها بحرية وإرسالها بشفافية لخدمات متعددة الطبقات multi-layer services.

توزيع البرامج إلى المشاهدين يمكن أن يتأثر، أي تأثر عليه العوامل الخارجية من خلال الخطوط النحاسية للنقل أو كيبلات الألياف البصرية أو روابط المايكروويف.

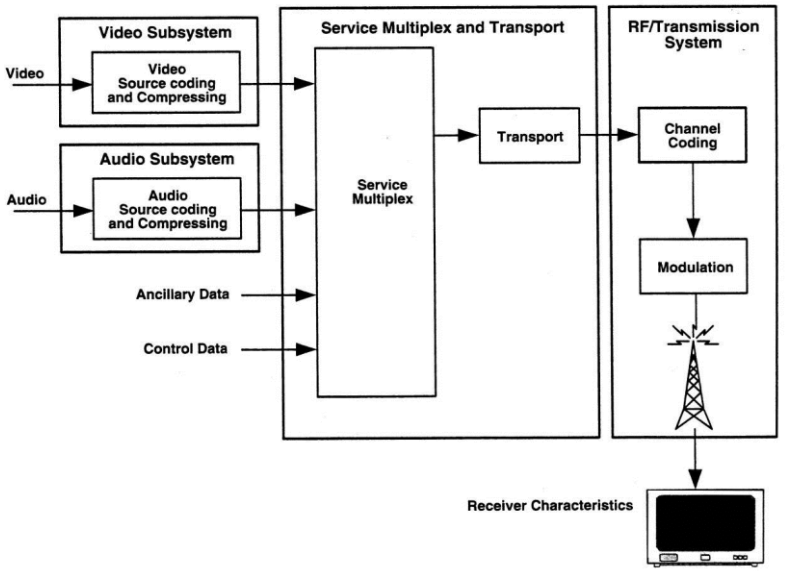
هندسة المرسلة الأرضية الرقمية تتطلب تقنية جديدة لقياسات المرسلات. وهذه تتضمن بارامترات مثل معدل الخطأ للبت Bit Error Rate BER، ومحللات النموذج Pattern analysis، ومحللات الطيف Spectrum analysis، و قياس قدرة OFDM power measurement، وقياس خصائص التشغيل لمضخم قدرة الحاملات المتعددة multi-carrier power amplifiers. عمل المرسلات من نوع DVB-T بصيغة التردد المفرد Single-frequency mode يفترض ابتداءً عملية تزامن synchronous التردد مع البت من قبل المرسلات. وهذه تتطلب مقتربات جديدة للتردد وتزامن زمني time synchronization لتوفر اعتمادية في إدارة العمليات على المستوى الإقليمي والوطني.

الإرسال الأرضي على المسارات الراديوية بمرسلات مفردة ومرسلات مفردة التردد يتطلب تقنية قياس من نوع novel coverage measuring والتي فيها بالإضافة إلى الطريقة التقليدية في قياس شدة المجال field-strength فإن بارتمرات مثل channel impulse response و raw bit error

rate و intersymbol interference و carrier over interferer (C/I) وهذا الأخير من العوامل المهمة.

التحفيز المتعدد Multiplexing

التحفيز المتعدد هو عملية إرسال إشارتين أو أكثر على نفس المسار دون أن يحدث تأثير فيما بينهما. ويمكن بلوغ هذه الغاية من خلال فصل separating الإشارات في التردد أو في الزمن.



الشكل٧
مخطط كتلي يبين هيكل مشروع التلفزيون الأرضي الأمريكي المزمع إقامته. (Courtesy ITU)

التحفيز المتعدد بتقسيم التردد Frequency division multiplexing FDM هو تقنية تماثلية والتي لا تزال تستعمل مع روابط الستلايت والمايكروويف، وكذلك معظم ما ذكر يستعمل الآن تقنيات رقمية.

التحفيز المتعدد بأجزاء الزمن Time division multiplexing TDM

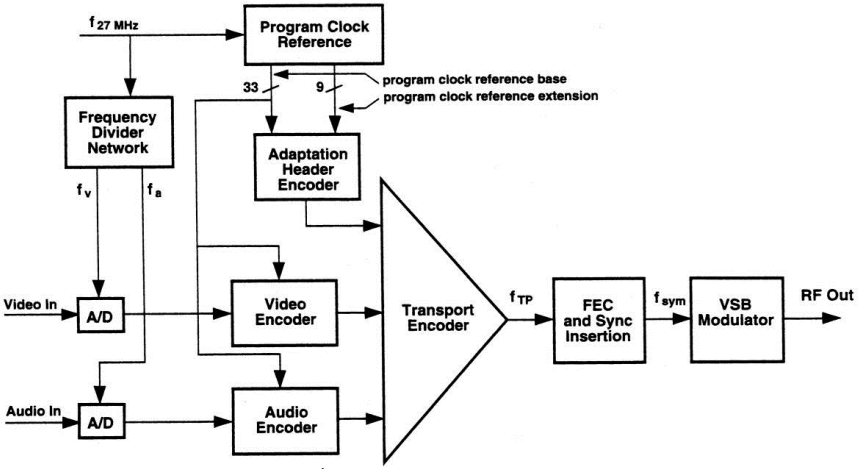
هو طريقة مداخلة الإشارات الرقمية من عدة قنواة إلى دائرة واحدة (كمن يضع ورقة بين ورقتين). وكمثال ستة من قنواة ذات 600 بت/ثانية يمكن أن تحفز بشكل متتالي multiplexed من خلال دائرة واحدة ذات 3600 بت/ثانية. كلا نهايتي الدائرة يجب أن تتزامن Synchronized

لنضمن أن البيانات data عند مدخل القناة الواحدة تصل إلى مخرج القناة الصحيحة عند النهاية البعيدة.

ضغط البيانات DATA Compression

بشكل عام فإن ضغط البيانات هو طريقة للإقلال من كمية البيانات المرسلة من خلال تطبيق لوغارتمية algorithm على البيانات الأساسية basic data عند نقطة الإرسال. في جهاز الاستقبال يتم تفكيك البيانات مرة ثانية باستعمال لوغارتمية فك الضغط إلى هيئتها الأصلية. وهنالك طريقتين :

بين الإطارات interframe و داخل الإطار intraframe.



الشكل٨ المستوى العالي High level لمعدات التشفير لمشروع DTT الأمريكي القياسي المزمع. (Courtesy ITU)

بين الإطارات interframe

طريقة بين الإطارات ترتكز على فرق الإشارة المولدة بواسطة الإطارات، قبل وبعد الإطار الحالي. إشارات الفرق هذه يطلق عليها اصطلاحا إطارات P(redicted) و إطارات B(i-directional).

الإطارات نوع P يتم التنبؤ بها predicted من الإطار المرجعي السابق وهي اعتياديا 3 أو 6 أو 9 إطارات من المرجع reference كما ترى في الشكل٤.

الإطار نوع B يتم توليدها بالإقحام من الإطارات P-frames والإطار المرجعي وبذا يطلق عليها bi-directional. كما ترى في الشكل٥، وهي تتوضع بين الإطار المرجع و الإطارات P-frames، أي عند الإطارات 1 و 2 و 4 و 5 و 7 و 8 و 10 و 11 من المرجع reference.

داخل الإطار intraframe

في النظام المسمى intraframe، يتكرر الإطار المرجع كل 12 إطار . وهذه هي فعالية إشارة intraframe أو ما يسمى I-frame . يحدث إطار من نوع I-frame جديد بعد كل إحدى عشر إشارة مختلفة من interframe خلال الارسال (لاحظ الشكل٦) .

الثوابت الأمريكية AMERICAN STANDARD

في الولايات المتحدة الأمريكية، فإن اللجنة الاستشارية، لخدمات التلفزيون المتقدمة Advisory Committee on Advanced television service (ACATS) والتي يتم إعدادها من قبل FCC Federal Communications Commission وكذلك مركز الفحوصات المتقدمة للتلفزيون ATTC Advanced Television Test Center تتولى تلك اللجنة المعاونة بين مشغلي خدمات الإرسال ومصانع أجهزة الاستقبال التلفزيوني، وقد جرى تدبير ثوابت مختلفة للتلفزيون الرقمي . وهي أساساً مواصفات Digital Spectrum Compatible HDTV ويرمز لها DSC-HDTV

المعروضة أساساً من قبل مصانع Zenith و AT&T . وهي في الأساس تقسم التلفزيون الرقمي digital TV إلى :

- **ضغط وتشفير المصدر Source coding and compression**
- **التحفيز المتعدد والنقل للخدمة Service multiplex and transport**
- **إرسال التردد الراديوي RF transmission**

تجد في الشكل٧ مخطط كتلي لنظام تلفزيون رقمي أرضي . يرتكز التشفير إلى MPEG-2 القياسي، ولكن يستعمل 27MHz للنمذجة sampling وامتدادات extensions رقمية خاصة لتسمح إلى أي تشكيل جديد في المستقبل، أو امتدادات صورة ومبينات عند استعمال النظام في الإشارة المقصودة .

ترى في الشكل٨ ما يسمى اصطلاحاً (مشهد المستوى العالي high-level view) لمعدات التشفير . في هذا الرسم، f_{TP} هي تردد الإرسال لدفق الناقل transport stream، بينما f_{sym} هي تردد حزمة الإثراء الجانبية vestigial sideband (VSB) . هذه الترددات والتي يجب أن تُقفل locked ترتبط بالعلاقة التالية :

$$f_{TP} = (188/208)(312/313)\, f_{sym}$$

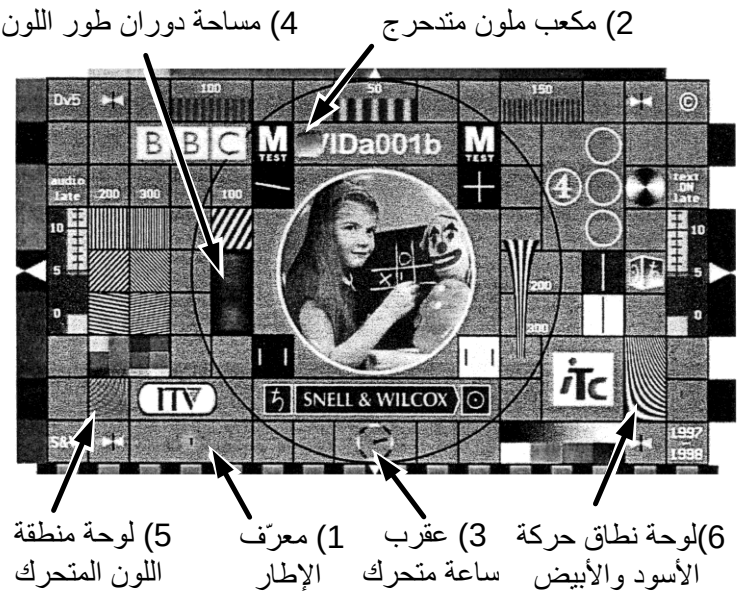
كما بينا في البداية، فإن المعيار القياسي للتشفير الصوري video coding standard MPEG-2 يستعمل من قبل جميع الأنظمة المقترحة DTT للوصول إلى إدراج كاف لسعة البيانات المطلوبة للمعايير الأمريكية HDTV و DVB للتلفزيون المعرف بذي القنواة المتعددة multi-channel standard definition television SDTV . وكذلك خطط DTT الحالية في أوربا تتجه نحو SDTV، ويجب ملاحظة أن اختيار HDTV أو SDTV

لا يترتب عليه أن نفعل شيئا لإرسال دفق البتات لـ MPEG-2 . وبكلمات أخرى، لا توجد عوائق لمرسلات DVB-T لترسل

HDTV؛ جميع أشكال MPEG-2 بالمعيار القياسي الأمريكي HDTV تكون خاضعة وطيعة ويمكن توزيعها من خلال DVB-T.

الفرق بين المعيار القياسي الأمريكي والمعيار القياسي DVB-T تنحصر بدرجة كبيرة في تقنية تضمين التردد الراديوي RF modulation technique.

النظام الأمريكي يستعمل حاملة مفردة single-carrier مثل تضمين 8-VSB Vestigial Side Band، بينما DVB-T يستعمل تضمين الحاملات المتعددة COFDM وحتى في الولايات المتحدة هنالك اهتمام بالـ COFDM بسبب إنه يوفر آلية توزيع مرنة للمعلومات في هذه الأيام.



بطاقة الفحص M Test card

بطاقة الفحص التي تستعمل في الإرسال الصوري الرقمي (DVB) تدعى بطاقة الفحص M وهي كما ترى في الرسم ترتكز إلى ما موجود في بطاقات الفحص، وتبين الفتاة المألوفة (وهذا في المملكة المتحدة) والسبورة السوداء والبالون والدوائر وما إلى ذلك.

تجد في الصورة مساحات إضافية لفحص الإرسال الرقمي وهذه المواقع هي :

١) معرف الإطار Frame identifier والتي تبين أي إطار حاضر I أو B أو P ونعطيه رقم مثلاً B الثاني أو P الثالث. وتعتبر هذه أفضل بارمتر لتشخيص الأعطال.

٢) مكعب دوار ملون؛ طالما إشارات مختلفة تتولد بواسطة الأجهزة الرقمية، يكون من المفيد وضع بعض الحركة في بطاقة الفحص، ونحصل عليها بحركة المكعب عبر الشاشة من اليمين إلى اليسار متموجا إلى الأمام وخلف الأحرف BBC و M test و VID001g وهكذا دائما على نفس الخط للبطاقة.

٣) ساعة ذات عقرب يتحرك كل ثانية، وهي مفيدة لقياس تحليلات الوقت لكل حركة.

٤) مساحة دوران طور اللون. وهي لبيان اختلاف الألوان إذ إن طيف الألوان يتغير باستمرار.

٥) لوحة منطقة اللون المتحرك لإدراك أي إتلاف في الألوان تسببه مراحل التحفيز المتعدد multiplex المتعاقبة cascading.

٦) لوحة منطقة حركة الأسود والأبيض لإدراك أي إتلاف لبكسلات الأسود والأبيض بسبب تعاقب مراحل التحفيز المتعدد.

بطاقة الفحص M قد جرى اعتمادها من قبل شعبة التجارة والصناعة Department of DTI Trade & Industry تحت برنامج Test Bed Programme. وقادة المشروع هما Snell و Wilcox، بينما الأعضاء الآخرين من ضمنهم BBC و ITV و Channel4 و ITC.

السوق الأوربية موّلت المشروع وهو يصب لصالحها. بناء بطاقة الفحص تمكن من التشخيص السريع للأعطال أو إجهاد النظام ونحو ذلك، بدون الحاجة إلى معدات متخصصة وغالية الثمن. نظرة سريعة إلى بطاقة الفحص في معظم الحالات تكون كافية لمعرفة طبيعة الخلل. بطاقة الفحص لا توفر فحوصات للنظام الأمريكي. ومن المتوقع أن المنظمة الأمريكية ستنتج ما يلزم لذلك•

تصميم لمستقبل بإعادة التوليد
عالي الأداء

هنالك العديد من المشاريع المرغوبة وذات الشعبية لمستقبلات إعادة التوليد في أعداد مجلة QST الأخيرة وكذلك الكتاب المرجعي للهواة ARRL hand book. أنظر إلى المعالجة التي يتناولها التصميم والتطوير؛ ثم ابني واحداً من أو كلا المستقبلين المشروحين. receivers

((لاحظ إن هذا المقال يتحدث عن مستقبلات إعادة التوليد وهي غير إعادة التوليد الفائق))

نقله إلى العربية سرمد نافع / بقلم تشارلس كيتشن Nov/Dec 1998

العديد من الهواة قد جرب مستقبلات إعادة التوليد وحصل على خليط من النتائج. بعض الهواة متمسكين جداً بمستقبلات إعادة التوليد "Regens"، بينما الآخرين يعتبرونها مناسبة فقط لتجارب المبتدئين.

لقد أمضيت عدة سنوات أبحث في هذا الموضوع وخرجت باحترام بالغ للمعلومات التقنية التي تخص البدايات في عقد العشرينات 1920s والثلاثينات 1930s. للأسف فإن معظم هذه المعلومات قد طواها النسيان. وفيها العديد من الاكتشافات المعتبرة، مثل السيطرة على إعادة التوليد بمتسعة تشبه في عملها صمام السيطرة على عمل المبخرة في السيارة throttle ((نسميها في بغداد باره الكابريته)) وهذا غير معروف لمعظم بنائي أجهزة الراديو المعاصرين modern home brewers.

هذا المقال سيبين، إذا ما تم التصميم بشكل معتنى به، فإن مستقبل إعادة التوليد العصري يناهز في أداءه مستوى مستقبِل (السوبر هيتروداين) أو مستقبِل التغيير المباشر direct-conversion، وهو يتطلب مهارة المشغل أثناء الاستعمال. الانتباه إلى قليل من التفاصيل البسيطة يمكن أن يقدم مستقبل ممتاز للهواة أو مستقبل موجات قصيرة ممتاز ذو تغطية عامة.

دراسة وبناء واستعمال دوائر إعادة التوليد يمكن أن تضيف اهتمامات جديدة ومثيرة وممتعة للمبتدئين والمتمرسين في هواية الراديو؛ أكثر من مجرد التحدث ببلادة مع الآخرين !

لمحة تاريخية

دائرة إعادة التوليد كانت قد استعملت في كل من المستقبلات التجارية ومستقبلات الهواة في فترة

العشرينات 1920s لغاية السنين المبكرة لعقد الثلاثينات. وقد كانت بمثابة المستقبلات القياسية لهواة الراديو خلال تلك الفترة، وقد كانوا يجرون عليها الكثير من التجريب للارتقاء بأدائها.

وعندما انتهت ببطيء فترة الكساد الكبرى the great depression، وانجلى الحزن عن الناس ((يتحدث الكاتب عن أجواء الحزن السائدة بعد الحرب العالمية الأولى في الولايات المتحدة الأمريكية))، تراجع استعمال إعادة التوليد، وذلك لأنه قد أصبح في إمكان الكثير من الناس شراء مستقبلات الفعل المغاير فوق السمعي (السوبر هيتروداين).

استمر الهواة في استعمال إعادة التوليد أغلبهم ممن يبنون أجهزة الاستقبال في المنزل homebrewed ربما إلى نهاية عقد الثلاثينات 1930s. وقد توفرت بعد ذلك مواد ومكونات أحسن.

في عقد الأربعينات 1940s والخمسينات 1950s كان قد تداعى استعمال إعادة التوليد إلى مجرد أجهزة بمثابة مدخل للمبتدئين - لها ضعف واضح في الأداء.

في عقد الستينات 1960s والسبعينات 1970s قد جرى استبدال دوائر إعادة التوليد regenerative بما هو شائع الآن بيننا بمستقبلات التغيير المباشر direct-conversion. ((وربما يصح تسميتها بالفعل المغاير السمعي، وفيها يتم مزج الإشارة الراديوية المستلمة مع إشارة المذبذب المحلي لنحصل على التردد السمعي مباشرة.)) ((لاحظ إن هذه اللمحة التاريخية لما كان سائداً في الولايات المتحدة وهي تختلف قليلا عن ما كان في المملكة المتحدة)).

أساسيات إعادة التوليد Regeneration Basics

ما هي حقيقة ما يحصل ؟

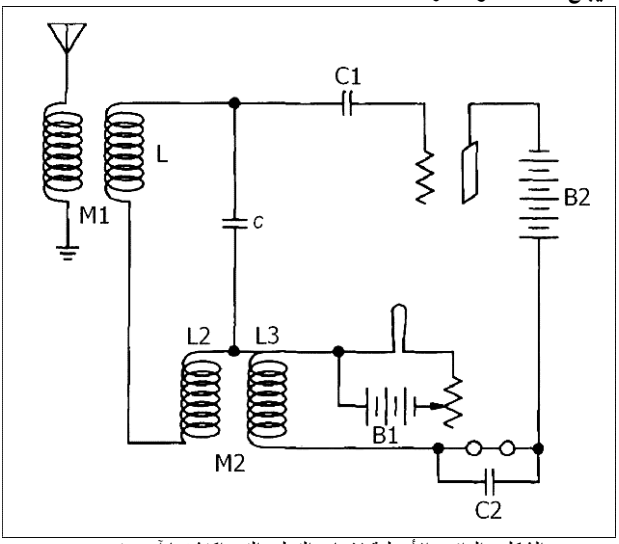
الشكل1 يبين دائرة إعادة توليد أساسية، اكتشفت من قبل إدوين هاوارد آرمسترونغ Edwin Howard Armstrong في العام 1914.

الشكل2 يبين دائرة مكافئة عصرية. يمكن استعمال التغذية العكسية الموجبة التي اصطلح على تسميتها إعادة التوليد regeneration بشكل مؤثر في زيادة كل من الحساسية Sensitivity والانتقائية Selectivity لدوائر التردد الراديوي RF Circuits. في نفس الوقت قد تبدو إعادة التوليد بسيطة جداً، لكن كيف تعمل على وجه الوضوح، فهذا ليس سهلاً إذ يجتمع في عملها كل من التعقيد – وفتنة السحر – والإثارة.

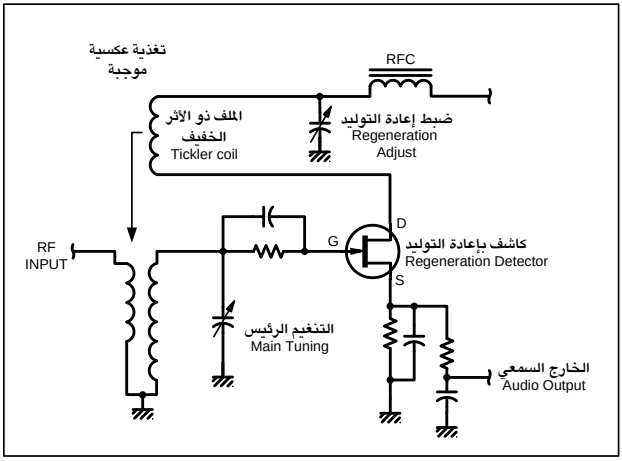
إذا ما أخذنا الخارج من مضخم للتردد الراديوي وأعدنا تغذيته إلى مدخل المضخم – بنفس الطور- فإن أي إشارة تتواجد ضمن هذه الانشوطة أو ضمن هذه الدورة سيتم تضخيمها بتكرار واطراد، عمليا نحصل على زيادة في الكسب تصل إلى آلاف المرات من نفس المرحلة same stage باستعمال هذه الطريقة التي تسمى إعادة التوليد regeneration .

كذلك فإن كسب القدرة power gain للصمام أو للترانزستور هو ثابت fixed لم يتغير، كسب الفولتية في دائرة إعادة التوليد (مثالياً) يقترب من ما لانهاية عند نقطة التذبذب. في الاستعمال الفعلي، الكسب اللانهائي غير متاح، ويعزى هذا إلى الزحزحة الطورية phase shifts في دورة

التغذية العكسية. وعلى أي حال فإن الخلاصة العملية تتمثل في كاشف إعادة التوليد العصري الذي يستعمل ترانزستور مفرد أو ترانزستور تأثير المجال JFET الذي بإمكانه أن يصل مستوى الكسب للدائرة ليبلغ 20000 أو أكثر.



الشكل1 الدائرة الأصلية لإعادة التوليد التي اكتشفها آرمسترونغ.



الشكل2 دائرة عصرية لكاشف إعادة التوليد.

إعادة التوليد تتضمن إدراج المقاومة السالبة في دائرة وبذلك يقل صافي المقاومة الموجبة في تلك الدائرة. وبما إن انتقائية الدائرة تعتمد على عامل الجودة Q لها، الذي يساوي الرادة الحثية reactance مقسوما على المقاومة الكلية، فإن الانتقائية ستزداد بشدة عند تسليط إعادة التوليد.

عندما نضبط إعادة التوليد تحت التذبذب الذاتي للدائرة، فإن إعادة التوليد سيمدنا بزيادة مستقرة في كل من الكسب والانتقائية. مع زيادة إعادة التوليد أكثر (أي نقترب من نقطة التذبذب الذاتي) فإن الدائرة تصل إلى حالة حرجة، وهي بالكاد عند عتبة التذبذب threshold of oscillation. نقطة التوازن المضبوطة التي عندها تكون مقاومة الدائرة صفر - هي أمر يستحيل إدامته، وكذلك الزمن المعطى لأصغر ضوضاء عشوائية، سَيُبنّى منها التذبذب الحر الذي يديم نفسه بنفسه.

مع إعادة توليد أكثر، فإن الدائرة ستُظهِر مقاومة سالبة صافية Net وتتذبذب. وطالما إعادة التوليد يزداد فإن تذبذب إضافي مهم ذو تردد أوطأ ينشأ غالباً، هذا سيكبح التردد الرئيس إلى مجاميع من التذبذبات متوالية، حيث سيخمد quench التردد الرئيس على فترات أي يطفأ turn off. بسبب أثر الإخماد، فإن التردد الراديوي RF الذي يرد كإشارة عند المدخل input signals سينمو إلى مستويات عالية جداً بتكرار يحاكي تكرار الإخماد، محققاً زيادة في كسب الدائرة ليصل إلى مليون من ترانزستور مفرد. وقد اكتشف هذه الظاهرة ءارمسترونغ Armstrong، هذه الظاهرة قد أصطلح على تسميتها إعادة التوليد الفائق Super Regeneration، وقد جرى تطويرها على أيدي هواة الراديو Radio Amateurs وقادت إلى أول المستقبلات العملية لطيف الترددات VHF.

الهيكل العام للمستقبل Common Receiver Architectures

نظرة سريعة

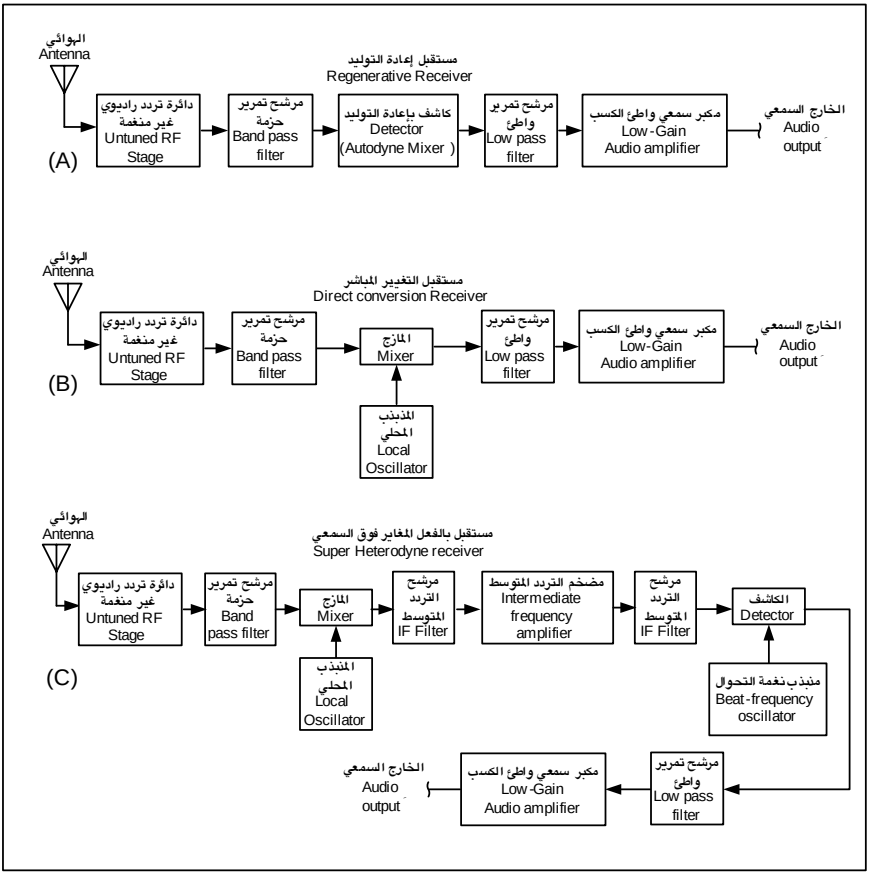
الشكل3 يبين مخططات كتلية لدائرة مستقبل (بإعادة التوليد regeneration) و (التغيير المباشر direct-conversion الفعل المغاير السمعي) و (الفعل المغاير فوق السمعي Super heterodyne) لنلقي نظرة على نواحي القوة فيها والضعف.

دائرة إعادة التوليد Regenerative Circuit

كما في الشكل3A، يستعمل إعادة التوليد كاشف متذبذب ليؤثر بالفعل المغاير heterodyne مع إشارة التردد الراديوي القادمة عند تقريباً نفس التردد. يوفر الكاشف خارج سمعي وفي نفس الوقت يعمل بمثابة مضخم تردد راديوي RF amplifier عالي الكسب جداً ومضاعف لعامل الجودة Q multiplier. لذا فإن دائرة إعادة التوليد تتذبذب وتحقق الفعل المغاير، وتضاعف الجودة Q وتضخم الإشارة، كل ذلك من خلال مرحلة ترانزستور واحدة مفردة Single stage.

من خلال استعمال التغذية العكسية الموجبة، فإن كاشف إعادة التوليد النموذجي يوفر لنا خارج سمعي (تردد صوتي) ذو شدة تبلغ المئات من الملي فولت. وبسبب خاصيته الفطرية في الانتقائية العالية، فلا حاجة إلى مرشح تمرير حزمة band-pass ذو عامل جودة مرتفع high-Q يوضع في

مقدمة الكاشف؛ وهذا يبسط التصميم. خاصية أخرى مثيرة للاهتمام لكاشف إعادة التوليد تتمثل في إمكانيتها على كشف تقريباً جميع أنواع تضمين الإشارات، ومن ضمنها AM و CW وإشارات الحزمة الجانبية المفردة (SSB) وإشارات تضمين التردد FM. ولأن دوائر إعادة التوليد تستخدم على العموم مكونات قليلة فهي ميالة إلى صرف القليل من القدرة، وكلفة بنائها أقل، وهي أسهل لمن يبني المستقبل بنفسه homebrew من المستقبلات الأخرى. كذلك فإن إنقاص الأقسام والأجزاء التي



الشكل3 الهيكل الذي تتكون منه بعض المستقبلات الشائعة.

يتألف منها أي مستقبل كان دائماً من الأمور المهمة، والعديد من مستقبلات إعادة التوليد قد بنيت بدون كثير من الاعتبار والاهتمام إلى أدائها أثناء العمل. وغالباً ما كان إضافة القليل من المكونات، والانتباه إلى القليل من التفاصيل المهمة، يحسن بفعالية وإلى درجة كبيرة أداء المستقبل.

مستقبل إعادة التوليد بإمكانه أن يوفر خارج صوتي ذو نوعية عالية جداً. تكنولوجيا إعادة التوليد تسمح لك بالسيطرة الكاملة على انتقائية الدائرة، وهو أمر مرغوب غالباً، في الواقع إن صفة سيطرة المستخدم على الانتقائية هذه تسمح بالاستلام ذو الجودة المهذبة decent-quality reception لإشارات تضمين التردد FM.

إعادة التوليد ذو الانتقائية المتغيرة يسمح للمشغل بتحسين optimize خاصية characteristic اتساع مَيْل المستقبل receiver's amplitude slope مقابل التردد frequency.

الانتقائية العالية الثابتة لمعظم مستقبلات (السوبر هيتدرودادين) تمنع المستقبل من فك تضمين إشارات تعديل التردد بفعالية باستعمال طريقة الكشف بالميل slope detection.

عند استعمال دائرة إعادة التوليد يكون الأداء مختلف تماماً معتمداً على فيما إذا كان العمل فوق أو تحت عتبة التذبذب oscillation threshold. فعند استلام إشارات AM، يكفي مجرد ضبط الكاشف إلى عتبة التذبذب لأحسن حساسية وانتقائية. أداء المستقبل يمكن أن نجعله جيد جدا ويتطلب تكرار الضبط لضابطة إعادة التوليد عند كل تغيير للتردد، ومهارة المشغل لها دور في ذلك.

وعلى أي حال عند استلام CW أو SSB يضبط الكاشف للتذبذب وينغم المستقبل بعيداً عن مركز الحاملة Center of the carrier لإنتاج فعل مغاير سمعي Audio heterodyne أو ما يسمى (نغمة التحوال beat note). الكاشف المتذبذب يكون حساس إلى درجة كبيرة من أي كاشف آخر.
بالإضافة إلى إن انحياز نضوح الشبكة grid-leak biasing يستعمل بشكل اعتيادي مع هذه الدوائر ويجعلها تقريباً ميالة إلى اتساع تذبذب ثابت constant oscillation amplitude لتغطية مديات واسعة من الترددات، لذا فهي لا تتطلب إلا القليل من إعادة الضبط. ((انحياز نضوح الشبكة مفصل في مناهج الفيزياء عندما تتحدث عن طرق الانحياز للمكبرات العاملة بالصمام الالكتروني، ولأن ترانزستور تأثير المجال يحاكي الصمام في عمله، لذا يستعمل معه نفس الانحياز وما يتمتع به من مزايا.))

النواحي السلبية في إعادة التوليد

نذكر منها الكشف الكامن للتردد الراديوي المتسرب من الهوائي potential detector RF leakage out the antenna الذي يتطلب بعض أنواع العزل isolation، ويتم ذلك نموذجياً بمرحلة تردد راديوي واحدة RF Stage.

مشكلة فطرية أخرى هي الصد أو المنع blocking، حيث يميل الكاشف المتذبذب إلى أن يقفل lock إلى مركز إشارات التردد الراديوي القوية. علاج هذه الحالة يتم بإضافة نوع من التضاؤل المتغير (ضابطة للتضاؤل) في مدخل الإشارة إلى المستقبل.

وعند استعمال إعادة التوليد بجوار مرسلة الهواة، فإن مستويات التردد الراديوي المرتفعة تنتج منع وصد sever blocking، الذي يمنع استعمال مستقبل إعادة التوليد كمراقب لأداء مفتاح مورس keying monitor. ويكمن الحل في دائرة نغمة جانبية side tone circuit، مثل مصوتة بيزو أو جهاز مشابه يضاف إلى دائرة المرسلة.

المشكلة الأخيرة هي في تضمين الطنين عند الترددات العالية HF الأعلى، وهي تلك الترددات التي أعلى من 14MHz تقريباً. عندما يعمل وهو بصيغة التذبذب oscillating mode، فإن التردد الراديوي الخارج من المذبذب يجد طريقه رجوعاً إلى الهوائي حيث يحدث فعل متغاير heterodynes مع إشارات التردد الراديوي الواردة. ويكمن الحل في مرحلة للتردد الراديوي ذات عزل جيد.

جودة الصوت Audio quality التي ظهرت لمستقبلات إعادة التوليد التي بنيتها في المنزل وتعمل بصيغة AM كانت ملفتة للنظر جداً وأحسن كثيراً من أي مستقبل (سوبر هيتروداين) كنت قد استعملته (تشوه قليل، طيف سمعي عريض، ضوضاء قليلة). وأتوقع أن جزء من السبب يكمن في ثنائي الكشف الاعتيادي لنصف الموجة المستعمل في أغلب أجهزة (السوبر هيتروداين) الذي بإمكانه توليد مستوى عالي جداً من التشوه الهارموني harmonic distortion. وهذا يتراكب مع التشوه الآتي من مرحلة المازج mixer، وبذا ينتج مستو من التشوه الهارموني يبلغ 20% أو أكثر. دوائر كاشف من الثنائي لا بأس بها عند استلام وكشف تضمين التردد FM إذ إن التضمين الإتساعي للتشوه الهارموني الذي حصل بفعل ثنائي الكشف يزال بواسطة كل من دائرة المحدد limiter ودائرة المميز discriminator.

التغيير المباشر Direct-Conversion D-C

كما يظهر في الشكل3B، فإن مستقبل الفعل المغاير السمعي أو مستقبل التغيير المباشر D-C له أوجه شبه متعددة لعمل إعادة التوليد بصيغة التذبذب Oscillating mode. كلاهما يمزج إشارة المذبذب المحلي local oscillator مع إشارة التردد الراديوي الواردة لإنتاج تردد صوتي يماثل ما كان مضمناً مع الإشارة الراديوية المرسلة.

بما إن انتقائية التردد الراديوي تدرك أو تتحدد في مستقبلات DC من خلال النهاية الأمامية front end للمستقبل، فإن مدى الاستقبال يكون غالباً محدد إلى حزمة هواة واحدة، ووحدة دخول التردد الراديوي قد ثبت مركز تنغيمه إلى مركز تلك الحزمة.

مفتاح الفرق للبناء الهندسي architecture لكليهما هو في دائرة إعادة التوليد، حيث يجري تضخيم كل من كسب الدائرة والانتقائية آلاف المرات خلال عملية الفعل المغاير heterodyne. وهذا يعني إن إعادة التوليد تمتلك انتقائية وكسب للتردد الراديوي أعظم بكثير من التغيير المباشر. في نفس الوقت فإن كلا من الكسب والانتقائية لدائرة إعادة التوليد يمكن أن تتدهور بشكل مؤثر مع دخول الإشارات القوية جداً.

يحتاج مستقبل التغيير المباشر DC لبلوغ نفس الكسب والانتقائية إلى كسب إضافي عند دخول التردد الراديوي ووحدة اختيار ابتدائي pre selection قبل المازج زائداً قسم للصوت انتقائي جداً وله كسب عالي جداً. وعلى أي حال فإن مستقبل التغيير المباشر يكون أسهل في تشغيله من مستقبل إعادة التوليد regen.

مثال ممتاز هنا يتمثل في سيارتين واحدة تمتلك ناقل حركة أوتوماتيكي (وهي تمثل مستقبل تغيير مباشر DC) والأخرى لها ناقل حركة يدوي الذي يمثل مستقبل إعادة التوليد regen.

مستقبلات إعادة التوليد تحتاج إلى تصميم جيد والعديد من الضابطات بالإضافة إلى مهارة المشغل للحصول على الأداء، وهي تمتلك الحساسية العالية والانتقائية العالية.

وكما مع إعادة التوليد، فإن مذبذب مستقبل التغيير المباشر يمكن أن يتسرب إلى الهوائي. ويتطلب عازل من مرحلة تردد راديوي أو مازج يحقق عزل بدرجة عالية عن الهوائي. المستوى الواطئ جداً للصوت الخارج من المازج والداخل إلى المضخم السمعي، يحملنا إلى استعمال مكبر سمعي عالي الكسب جداً، وهذا قد يدفع مستقبل التغيير المباشر لأن يحدث فيه المايكروفوني ((يعني صفير نتيجة تأثير الصوت الخارج من السماعة على المذبذب، وعند الدق على هيكل المستقبل نسمع الطرقات في السماعة، ويكمن الحل في استعمال سماعات الأذن أو مكبر الصوت مع السماعة في هيكل منفصل عن هيكل المستقبل)).

بنائي راديو التغيير المباشر المعاصرين قد طوروا العديد من التصاميم الذكية للتغلب على هذه الصعوبات، لكن الأجهزة التجارية قليلة الكلفة كنت قد جربتها تعاني من ضعف شديد في الانتقائية. وهذا قد جعلني أؤمن مجدداً إن المسألة ليست نوعية المستقبل لكن التصميم والبناء ومهارة التشغيل للقائم بالبناء هي الجانب الأهم.

الفعل المغاير فوق السمعي Superhet

مستقبل الفعل المغاير فوق السمعي الذي تراه في الشكل3C يمزج إشارة التردد الراديوي وتلك من المذبذب المحلي LO لإنتاج إشارة التردد المتوسط IF. إشارة المذبذب المحلي تعقّب التردد المستلم بحيث إن الفرق أو المجموع بين الترددين يساوي دائماً التردد المتوسط. في مستقبل (السوبر هيتروداين Super het) معظم التضخيم يتم في مضخم التردد المتوسط IF مستعملين لهذا الغرض مضخم أحادي التردد له كسب عالي وعامل جودة Q مرتفع high. ((في الواقع فإن جميع أجهزة الراديو المنزلي المستعملة في بغداد هي من هذا النوع سواء القديمة العاملة بالصمام أو الحديثة استيراد المؤسسة أو الصينية باستثناء الأجهزة الصغيرة التي أشرت إليها في الإصدار السادس.))

عندما نستعمل تردد متوسط IF مفرد، يكون غالباً أقل من التردد المستلم وذلك لأن دوائر الملف والمتسعة التي لها عامل جودة Q ثابت نحصل منها على انتقائية أفضل عند الترددات الأوطأ. مثال ذلك دائرة LC منغمة على تردد 10MHz تمتلك Q تبلغ 100 تحقق عرض حزمة (انتقائية) تبلغ تقريباً 100KHz (000 000 10 ÷ 100 = 100 000)، ولكن عند 455KHz تكون انتقائيتها 4.55KHz (455 000 ÷ 100 = 4550).

لذا فإن السوبر (هيتروداين) يمزج تردد الإشارة مع تردد محلي ليحصل على تردد متوسط IF ثابت بدلا عن استعمال مضخمات تردد راديوي RF متعددة ذات جودة Q عالية لتغطية مدى التردد الداخلي للمستقبل. تسريب المذبذب Oscillator leakage أقل ما يكون في أجهزة السوبر

هيترودراين لأن المذبذب المحلي غالباً ما يعمل بتردد بعيد جداً عن تردد الاستلام. لذا فإن التردد المتسرب غالباً ما يتم مضاءلته بشدة من خلال دائرة الدخول.

من الجوانب السلبية للسوبر هيترودراين، إنه صعب على من يبني المستقبل في المنزل إلا أن يكون مدى الاستلام صغيراً جداً. كذلك فإن مرشحات التردد المتوسط IF filter(s) تقلل من الحاجة إلى وجود انتقائية في النهاية الأمامية على مستوى الإشارة المفردة single-signal، وإن كان لا زال مهماً أن ترفض النهاية الأمامية أي إشارة صورية للتردد المتوسط IF image من حزمة التمرير pass band. (الإشارات الصورية images تظهر بسبب إن المذبذب المحلي LO يمكن أن يتفاعل بالفعل المغاير heterodyne مع الترددات الأعلى والأوطأ من التردد المتوسط.)

ويبنى بسهولة لمستقبلات حزمة الهواة المفردة من خلال اختيار التردد المتوسط IF بشكل تصادفي. بالنسبة للحزمة المفردة ، يمكن أن نحقق مستقبل جيد ولائق من خلال إدراج العديد من البلورات Crystals قليلة الكلفة لتحقيق مضخم ذو تردد متوسط IF مرتفع وانتقائية عالية.

ومع ذلك من يبني سوبر هيترودراين في المنزل homebrew متعدد الحزم وجيد، سيحتاج إما إلى مفتاح للحزم band switch لغرض انتقاء النهايات الأمامية، أو استعمال التغيير المتعدد multiple conversions وتغيير التردد إلى التردد المتوسط الأول حيث يكون أعلى من التردد المستلم. (مثلا تردد متوسط بمقدار 75MHz لاستلام 0.3 إلى 30 ميكا هيرتز.) بينما البعض يأخذ الخيار الأول، تجعل هذه المتطلبات مستقبل الفعل المغاير فوق السمعي (السوبر هيترودراين) غير عملي باستثناء الهواة ذوي المهارة الذين يبنون هذا النوع من الأجهزة.

طرق التحكم بإعادة التوليد ((مسيطرات إعادة التوليد)) Regenerative Control Methods

الأشكال 4A إلى 4E من المرجع العام للهواة ARRL Handbook 1931، تبين العديد من أنواع طرق السيطرة على إعادة التوليد التي كانت مستعملة.

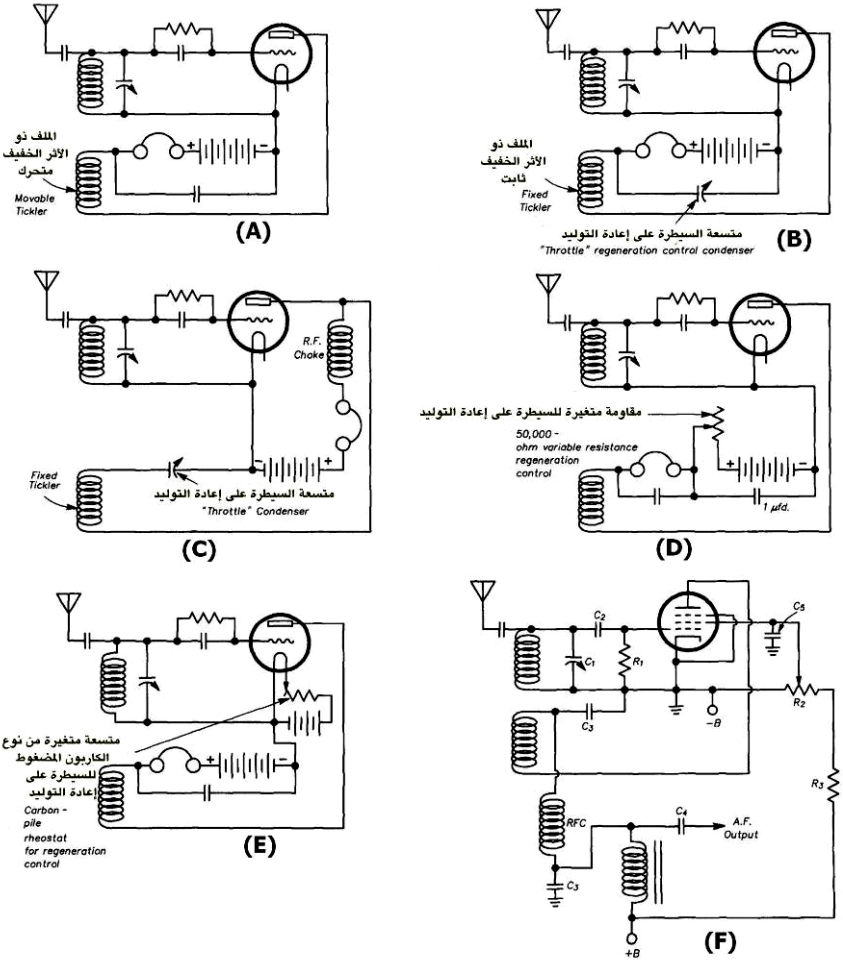
طريقة الملف ذو الأثر الخفيف المتحرك movable tickler (إما حركة مستقيمة أو حركة دائرية) تراها في 4A قد استعملت في الغالب (فاريوميتر Variometer) لضبط كمية التغذية العكسية الموجبة. ((لقد وضعنا صورة الفايروميتر في الإصدار الرابع من الالكترونيات ونحن نتحدث عن الملف المتغير)) هذه الطريقة ميالة إلى فقد تنغيم الإشارة المستلمة عند زيادة مستوى إعادة التوليد.

الأشكال 4D و 4E تبين طريقة السيطرة بالمقاومة. حيث نستعمل مقاومة متغيرة Potentiometer or rheostat للسيطرة على عمل الكاشف. عندما ترتفع فولتية المسخن أو فولتية تجهيز اللوح، فإن الكسب يزداد، مسبباً زيادة في إعادة التوليد.

المشكلة الأهم في هذه الطريقة إنها تعاني من تأثير التخلف ((المقصود بالتخلف هو شبيه لحلقة الهسترة عند مغنطة الحديد))؛ ويحدث انحراف باتجاه الزيادة مفاجئ overshoots ويتطلب الأمر إعادة ضبط. ومن الصعب جداً وضع إعادة التوليد بالضبط على عتبة التذبذب، ويتطلب الأمر انتقائية عالية عند استلام التضمين AM. عند استلام إشارات مورس CW، يحدث غالباً انحراف

drift شديد في نغمة التحوال عندما يحدث تغيير في مستوى الإشارة أو تغير الحرارة أو التغيرات في مجهز القدرة.

بعد أن أصبحت الصمامات الالكترونية ذات الشبكة الحاجبة screen grid في متناول الهواة، أصبحت مقاومة ضبط إعادة التوليد التي تغير فولتية الشبكة الحاجبة شائعة. الشكل 4F يبين



الشكل4 طرق السيطرة على إعادة التوليد. لاحظ الرمز القديم للمتسعة المتغيرة، السهم مضمن مع اللوح الأسفل.

دائرة نموذجية من الكتاب المرجعي Handbook 1942. دائرة المذبذب "electron-coupled" لها استقرار stability أحسن، (إذ إن الشبكة الحاجبة screen grid كانت تعزل شبكة السيطرة

كهربائياً عن اللوح) لكن فولتية تجهيز الكاشف لم تكن مقرة regulated، لذا عندما تتغير تغير معها مستوى إعادة التوليد.

الأشكال 4B و 4C تبين طريقة استعمال المتسعة كمختنق throttle للسيطرة على إعادة التوليد، من ناحية الأداء هذا أفضل بكثير من أي سيطرة بالمقاومة. مختنق سعوي capacitive throttle يسمح لإعادة التوليد أن يضبط على حافة التذبذب تماماً، والنتيجة انتقائية وحساسية أعظم. باستعمال السيطرة بالمتسعة، فإن فولتية التجهيز للكاشف يتعين أن تكون منضبطة أي يتم إقرارها regulated، باستعمال ثنائي زنر أو أي طريقة أخرى.

مرحلة تردد راديوي تسبق الكاشف

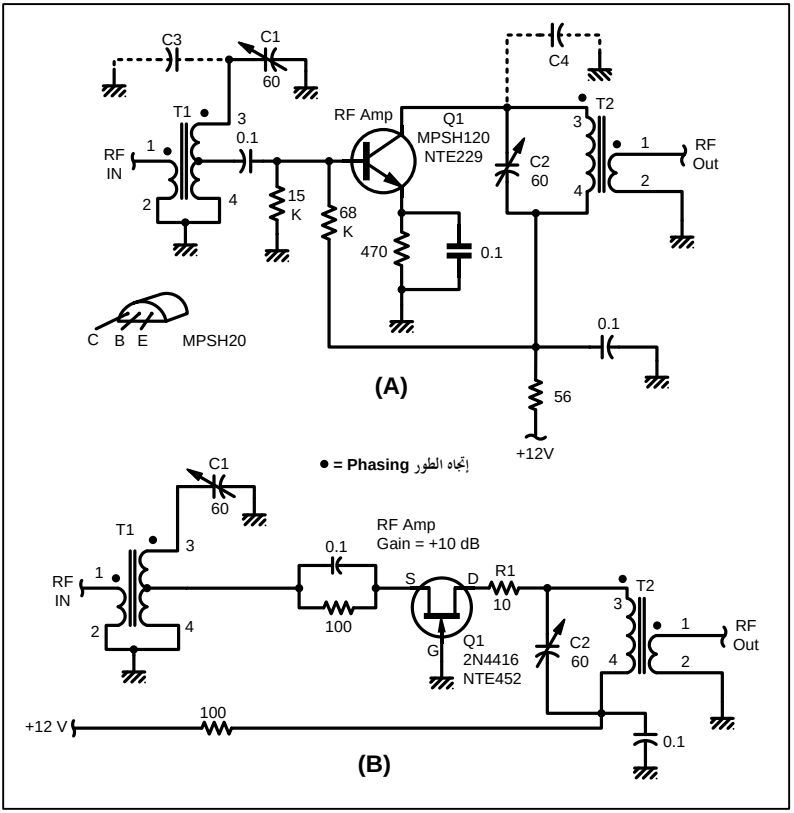
في الماضي عندما كانت العديد من أجهزة هواة الراديو تستعمل كاشفات إعادة التوليد العاملة بالصمامات المفرغة، كان مستوى القدرة مرتفعاً، وغالباً ما يسبب تداخلاً مع مستقبلات الهواة الأخرى في تلك المنطقة. مثال ذلك كاشف بالصمام يعمل عند 250V ويسحب 4mA يكون مستوى القدرة له بحدود 1W. وحتى عندما يعمل عند فولتية تجهيز أقل وهوائي إقرانه سائب loose، لا زال من السهولة أن يسبب تداخل. استعمال الصمام ذو الشبكة الحاجبة screen-grid كمضخم للتردد الراديوي في مدخل الكاشف يوفر لنا عزل جيد للهوائي، لكن العديد أو معظم الذين يستعملون إعادة التوليد لم يستعملوا هذا الإجراء.

وعلى أي حال فإن المواد الالكترونية العصرية توفر لنا أداء جيد من خلال عمل الكاشف عند مستوى للقدرة أوطأ. مثال ذلك كاشف إعادة التوليد يستعمل ترانزستور تأثير المجال JFET تراه في الشكل6 ويعمل من مصدر فولتية يبلغ 5V ويسحب الكاشف تيار حوالي 0.3mA، فيكون مستوى القدرة هو 1.5mW فقط.

بغض النظر عن فائدة إقلال التداخل potential interface، لا يزال من الممارسات الهندسية الجيدة أن نستعمل مرحلة تردد راديوي لتحقيق عزل إضافي بين الكاشف والهوائي. مرحلة التردد الراديوي تمنع الهوائي من امتصاص الطاقة من الكاشف عند ترددات يحدث فيها الرنين للهوائي resonant. وهي كذلك تمنع ما يسمى تأثير الهوائي aeronautical effects، حيث يقوم الهوائي أثناء تأرجحه في الهواء بتغيير تردد المذبذب للكاشف. أخيراً فإن مرحلة التردد الراديوي توفر بعض الكسب وهو غالباً ما نحتاجه عند ترددات الموجات القصيرة الأعلى.

العديد من المقالات المنشورة تنصح بمرحلة تردد راديوي منغمة لمستقبلاتها. وهذا معقول جداً لمستقبلات التغيير المباشر direct-conversion DC أو تصاميم (السوبر هيتروداين)، إلا إن تنغيم المرحلة غير ضروري وغير مرغوبة أيضاً في مستقبلات إعادة التوليد regen. مرحلة التردد الراديوي النموذجية تراها في الشكل5A تستعمل ترانزستور ثنائي القطب Q1، وتعمل كمضخم موصل بطريقة القاذف المشترك. إشارة الدخول من الهوائي لا يمكن أن توصل مباشرة إلى مدخل دائرة التنغيم لأن ممانعة الهوائي ستدمر عامل الجودة Q لها، وسعة الهوائي تبعد الدائرة عن التنغيم الصحيح. وهذا يتطلب ملف ثاني Second winding أو (تفريعة tap) على الملف. وطالما

ممانعة دخول Q1 واطئة جداً عند التردد الراديوي RF، فإنها تتطلب أيضاً وسيلة لتوفيق الممانعة impedance matching التي غالباً ما تكون تفريعة tap، أو لفات أخرى على الملف.



الشكل5 دوائر نموذجية لمرحلة تردد راديوي منغمة **Tuned RF Stages**.

الخارج من Q1 يقرن couples إلى دائرة تنغيم الكاشف ذات الملف والمتسعة LC. وبما أن دخول وخروج دائرة التردد الراديوي كلاهما منغم على نفس التردد، مع كسب متأتي من Q1 الذي هو بينهما، فإن مذبذب ذو تنغيم شبكة وتنغيم لوح سينشأ هنا. وهذا يتطلب أن تجري معادلة neutralized مرحلة التردد الراديوي لمنعها من التذبذب. لذا فإن بناء دائرة مقبولة وغير متذبذبة ومنغمة للتردد الراديوي تحتاج إلى كثير من العمل والمهارة.

ترانزستورات تأثير المجال الوصلي JFET تستعمل كذلك بشكل واسع، ولكن مع استعمال JFET فإن علاج مشكلة عدم الاستقرار instability تتطلب عادة وجود تفريعة على T1 (و/أو) T2، أو استعمال إجرائية التعادل neutralization.

الحاجة إلى التعادل يمكن تجنبه غالباً، وذلك بتشغيل الترانزستور كمرحلة بصيغة القاعدة المؤرضة grounded-base أو البوابة المؤرضة grounded-gate ((يعني القاعدة المشتركة أو البوابة المشتركة))، كما مبين في دائرة JFET في الشكل5B. إلا الآن لا زالت هذه تحتاج تفريعة على الملفات، ويكون الكسب واطئاً في صيغة التوصيل هذه.

في مستقبل يستعمل مازج، تكون هذه الصعوبات غالباً لا أثر لها: من الضروري تجهيز إشارة قوية بما يكفي للتغلب على ضوضاء المازج ودائرة تنغيم ذات Q مرتفعة قبل المازج، لتحقق انتقائية للتردد الراديوي جيدة وتقليل الترددات الصورية. وعلى أي حال نحتاج في مستقبل إعادة التوليد إلى كسب قليل للتردد الراديوي. في الحقيقة، إن الكاشف يكون حساس جداً بصيغة التذبذب ويتطلب مضائل Attenuator في مدخله (المزيد حول هذا سنتحدث عنه لاحقاً).

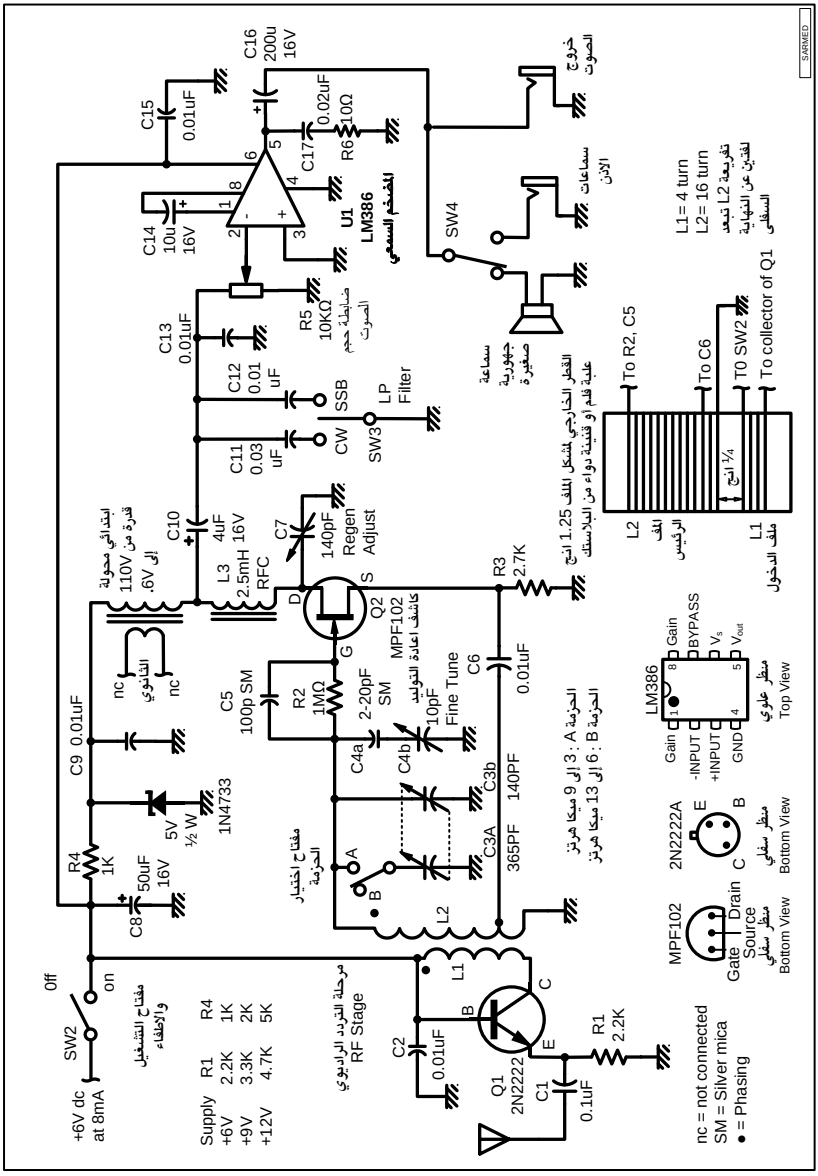
مستَقبِل "صندوق الخردة المميز" The "Junk Box Special"

الشكل6 يبين دائرة لمستقبل بسيط لكنه فعال جداً، يمكن بناءه باستعمال المختلف من المواد. وقد جعلنا عدد المكونات فيه أقل ما يمكن، هذه الدائرة تستدل بالخطوط التي تحدثنا عنها فيما سبق. هذا التصميم يحقق حساسية جيدة جداً وكذلك الانتقائية بصيغة التذبذب، كذلك الحال عند استقبال CW و SSB. استلام التضمين الإتساعي AM هو أيضاً جيد، لكنه يحتاج إلى تكرار الضبط من قبل المشغل لكل محطة يتم الانتقال إليها. المستقبل ذو النطاقين هذا يغطي مدى واسع من الترددات (من 3MHz إلى 13MHz) وهو صغير الحجم ويسحب فقط 8mA من بطارية 6V. ويمكن لهذا المستقبل أن يعمل من مصدر فولتية ذو 5.3V إلى 12V تيار مستمر. ويتعين زيادة قيمة المقاومة R4 والمقاومة R1 عند التشغيل من مصدر تغذية أكثر من 6V، إذا لاحظنا إن تيار التجهيز يحتاج لأن يبقى منخفضاً.

المستقبل يستعمل ترانزستور ثنائي القطب كمرحلة للتردد الراديوي RF stage، وكاشف من ترانزستور تأثير المجال، وإقران حثي بين مرحلة التردد الراديوي والكاشف، ومسيطر على إعادة التوليد عبارة عن مختنق سعوي throttle-capacitor، ومصدر فولتية منضبط regulated إزاء تغيرات تيار الحمل لتغذية الكاشف، ومتكاملة مضخم سمعي قليلة الكلفة.

Q1 يعمل بمثابة مضخم تردد راديوي غير منغم بصيغة القاعدة المؤرضة grounded-base، محققاً كسب وعزل لتذبذب الكاشف عن الهوائي. مرحلة التردد الراديوي هذه توفر كسب وافر وممانعة خروجها العالية لا تسبب في تحميل الملف L2 بإفراط. وهذا يساعد على تأمين انتقائية عالية.

العديد من دوائر إعادة التوليد تعاني من ضعف الانتقائية بسبب التحميل الزائد عند مدخلها input. هذا يسبب أن الدائرة تخرج عن التنغيم detune عند تقديم مسيطر إعادة التوليد REGEN ADJUST. الذي سيسمح بعد ذلك للدائرة أن تتذبذب قبل الأوان prematurely، عند مستوى لإعادة التوليد واطئ. لكن مع التحميل الخفيف للمدخل، يمكن لإعادة التوليد أن تزداد إلى



الشكل6

مستقبل صندوق الخردة المتميز **The Junk Box Special**، مستقبل قليل الكلفة للموجات القصيرة.

أن تصبح انتقائية المستقبل بضع مئات من الهرتز؛ هذا الوصف في الواقع هو فحص عملي ممتاز لأي دائرة لإعادة التوليد.

قاعدة Q1 مرتبطة ارتباط مباشر إلى مصدر التغذية: وهذا ينفي الحاجة إلى مقاومة انحياز القاعدة الاعتيادية، وأي تغيير في عامل بيتا Beta للترانزستور لن يؤثر على أداء هذه المرحلة. بالإضافة إلى إنه الآن من السهولة ضبط تيار الاشتغال Operating Current للترانزستور Q1. طالما قاعدة Q1 مقيدة tied إلى المجهز Supply، ستكون فولتية قاذف Q1 أقل بـ 0.7 فولت من فولتية خط التجهيز. لذا بالنسبة لتجهيز يبلغ 6V+ ستكون هنالك 5.3V على طرفي R1 و 2.4mA يمر خلالها (5.3V ÷ 2.2KΩ = 0.0024A). بالتجريب فقد وجدت أن 2.5 ملي أمبير تيار عمل جيد للترانزستور Q1.

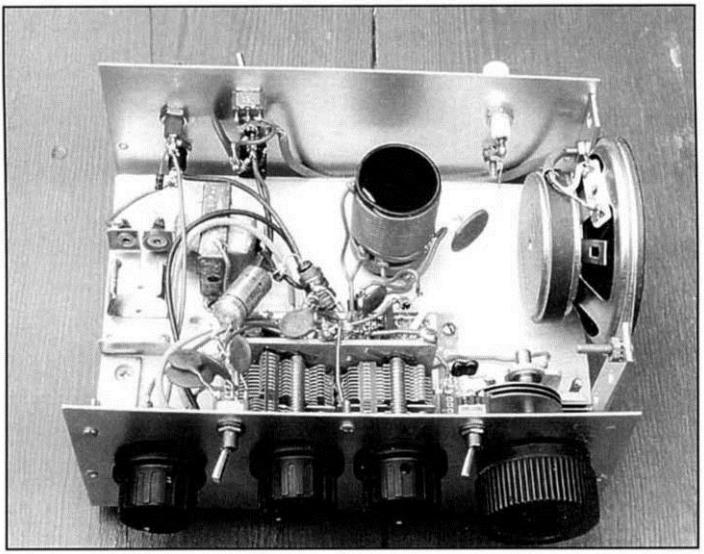
عند استعمال تيار قاذف أقل سيسمح بكشف detection إرسال إشارات AM القوية كما يفعل الثنائي الكاشف، (لأن هذه الإشارات تتغلب على هذه المرحلة وتسوقها Overdrive فهي تتجاوز exceed فولتية الانحياز على طرفي R1 وتتسبب في قيام وصلة القاذف - قاعدة للترانزستور Q1 بكشف الإشارة كما يفعل الثنائي) وهذا أمر سيئ تماما. عند استعمال تيار عمل زائد سيبدد طاقة البطارية وهذا غير مرغوب به أيضاً.

وإذا كان المستقبل سيجري تغذيته بالطاقة من مجهز ذو فولتية أكبر من 6V فيجب زيادة المقاومة R1 للمحافظة على تيار قاذف Q1 عند نفس المستوى تقريباً. لذا عند التشغيل من 9V+، يتعين على R1 أن تكون في حدود 3.5 كيلو أوم وحوالي 4.7 كيلو أوم للعمل من 12V+. المقاومة R4 يجب زيادتها أيضاً للعمل من 9V+ و 12V+، لأقل تيار ثنائي زنر مقبول.

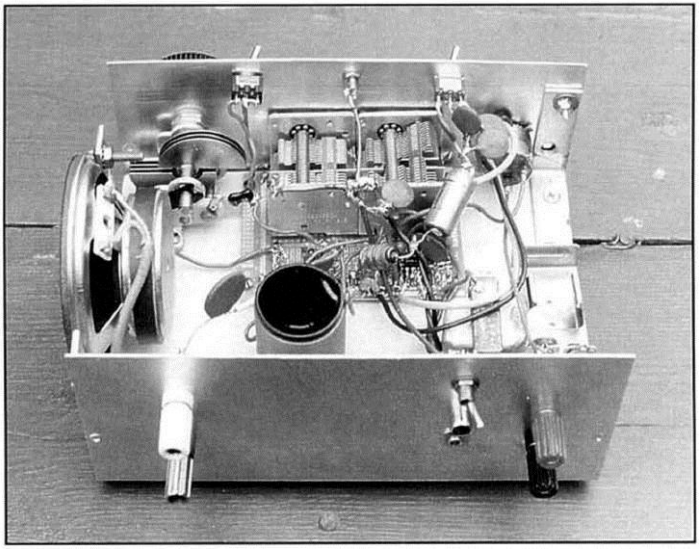
لاحظ إن ممانعة الدخول لمرحلة التردد الراديوي RF stage هي ليست R1 لكنها أقل بكثير، إذ تتحدد أو تدرك قيمتها determined أصلاً بفعل وصلة Junction القاذف - القاعدة للترانزستور Q1.

المتسعة C1 تقرن إشارة الهوائي إقران سعوي إلى قاذف Q1، وهي تمنع حدوث دورة قصيرة للمقاومة R1 عندما يتصل الهوائي لأي سبب بالأرض (أي دورة قصيرة على طرفي R1 ستتلف Q1 فوراً). الملف L1 يقرن بالحث الإشارة الخارجة من جامع collector الترانزستور Q1 إلى الكاشف.

يمكن استعمال ترانزستور تأثير المجال الوصلي نوع J310 من موتورولا أو شبيهاً له في مرحلة التردد الراديوي RF stage بدلاً عن الترانزستور ثنائي القطب. يتم التوصيل ببساطة من خلال توصيل البوابة إلى الأرض ، وصل مصرف drain ترانزستور تأثير المجال JFET إلى الملف L1 ووصل مقاومة بقيمة 200Ω بين المصدر source والأرض ground، يتم توصيل الهوائي إلى مصدر source الترانزستور JFET من خلال C1. مرحلة JFET لها كسب أقل لكنها أقل تأثراً بمحطات الإرسال المحلي ذات القوة المتطرفة extremely strong. ترانزستور تأثير المجال Q2 يعمل ككاشف إعادة التوليد في دائرة مذبذب هارتلي، التفريعة tap على الملف L2 تؤمن التغذية العكسية الموجبة اللازمة للتذبذب. الموقع الأمثل للتفريعة يعتمد على كسب النبيطة الفعالة المستعملة ككاشف ((يعني كسب الترانزستور Q2)).



(A)



(B)

الصور الفوتوغرافية A و B – الصورة الفوتوغرافية العليا تبين مشهد للواجهة الأمامية من الأعلى، والصورة السفلى تبين مشهد علوي من الخلف لمستقبل صندوق الخردة لإعادة التوليد.

فإذا ما تم استعمال ترانزستور ثنائي القطب bipolar transistor عالي الكسب في محل Q2، يتعين على التفريعة tap أن تكون أقرب إلى نهاية الملف L2 المتصلة بالأرض، لإدامة نفس المستوى

السلس smooth لضابطة إعادة التوليد. المتسعة C3 متسعة تنغيم وهي متسعة قياسية ذات مقطعين كالمستعملة مع أجهزة الراديو المنزلي، وقد رفعت منها متسعات الضبط. مفتاح قلاب toggle أحادي القطب، موصل بتوصيلات قصيرة جداً، يسمح باستعمال أحد أو كلا المقطعين، محققاً انتقال بين الحزم سهل جداً. متسعة التنغيم الدقيق C4 FINE TUNE موصلة على التوازي مع C3. متسعة مايكا صغيرة القيمة على التوالي مع C4 تسمح للقائم بالبناء بضبط نشر الحزمة band spread وتسمح تقريباً باستعمال أي متسعة متغيرة ذات عازل هوائي موجودة تحت اليد أو في صندوق الخردة Junk box. ((يمكن استعمال البرنامج الذي قدمناه في الإصدار الرابع لتنسيب قيمة المتسعة المتغيرة إلى أي قيمة مرغوبة دون إضاعة الوقت والجهد في التجريب)).

المقاومة R2 والمتسعة C5 توفر انحياز نضوح الشبكة grid-leak للكاشف Q2، حيث يتحدد مستوى الانحياز الكلي من خلال R2 و C5 مع المقاومة R3. الكاشف JFET يعمل مع انحياز سالب مرتفع جداً، محافظا على كسبه واطئاً. بالنسبة لكاشف متذبذب يكون من الأهمية بمكان أن نحصل على نبيطة ذات كسب منخفض low-gain (مثل JFET) كعنصر فعال active element ضمن دورة إعادة التوليد؛ وهذا يحقق سيطرة على إعادة التوليد سلسلة جداً. في الماضي 1920s قد عرفوا هذه النقطة وعملوا على تشغيل صمامات الكشف من مجهز قدرة منخفض الفولتية للوصول إلى نفس النتيجة.

على أي حال فإن ترانزستور ثنائي القطب bipolar transistor ذو الكسب العالي high-gain يوفر أعلى حساسية مع اشتغال غير متذبذب. لذا فإن كاشف يستعمل الترانزستور 2N2222 أو شبيهاً له نحصل منه على مستقبل للموجات القصيرة ذات التضمين الإتساعي AM حساس جداً وهو يحتاج إلى هوائي سوطي بطول 39 انج فقط للحصول على مئات المحطات.

وعلى أي حال فإن هكذا مستقبل يمتلك أداء ضعيف إزاء CW و SSB. ثابت الزمن RC للمقاومة R2 والمتسعة C5 يمتد بما يكفي إلى أن التغيير في سعة التردد السمعي في الحاملة لا يتلاشى leak off بسرعة و يغير مستوى الانحياز لـ JFET. التغييرات في الإنحياز هذه تسبب تغيير تيار العمل لـ JFET على امتداد التضمين، محققة كشف لإشارات AM.

انحياز نضوح الشبكة يميل إلى إدامة تذبذب الكاشف عند سعة ثابتة constant amplitude التي تحسن استقرار الدائرة عند استلام CW و SSB.

المتسعة C7 هي مختنق سعوي throttle-capacitor كضابط لإعادة التوليد REGEN ADJUST. عندما نزيد سعة C7، يقرن المزيد من طاقة التردد الراديوي من مصرف drain الترانزستور Q2 إلى الأرض (ومن ثم النهاية المؤرضة للملف L2)؛ وهذا بدوره ينشئ تذبذب راديوي RF. الخانق للتردد الراديوي L3 يعزل تغذية التردد الراديوي العكسية للترانزستور Q2 عن الصوت الذي جرى كشفه، سامحاً للإشارات السمعية أن تمر إلى الملف L4. الملف L4 هو الملف الابتدائي لمحولة قدرة ذات (6.3V). هذا المحث inductor يسمح للإشارات السمعية بأن تُستَخرج extracted من الكاشف دون إدراج مقاومات توالي إضافية في دائرة المصرف drain للترانزستور Q2. وهذا يساعد على إقلال الانحراف في التردد. لاحظ إن كل محولة ذات ملف ابتدائي 120 V ac يمكن أن تستعمل. يمكنك

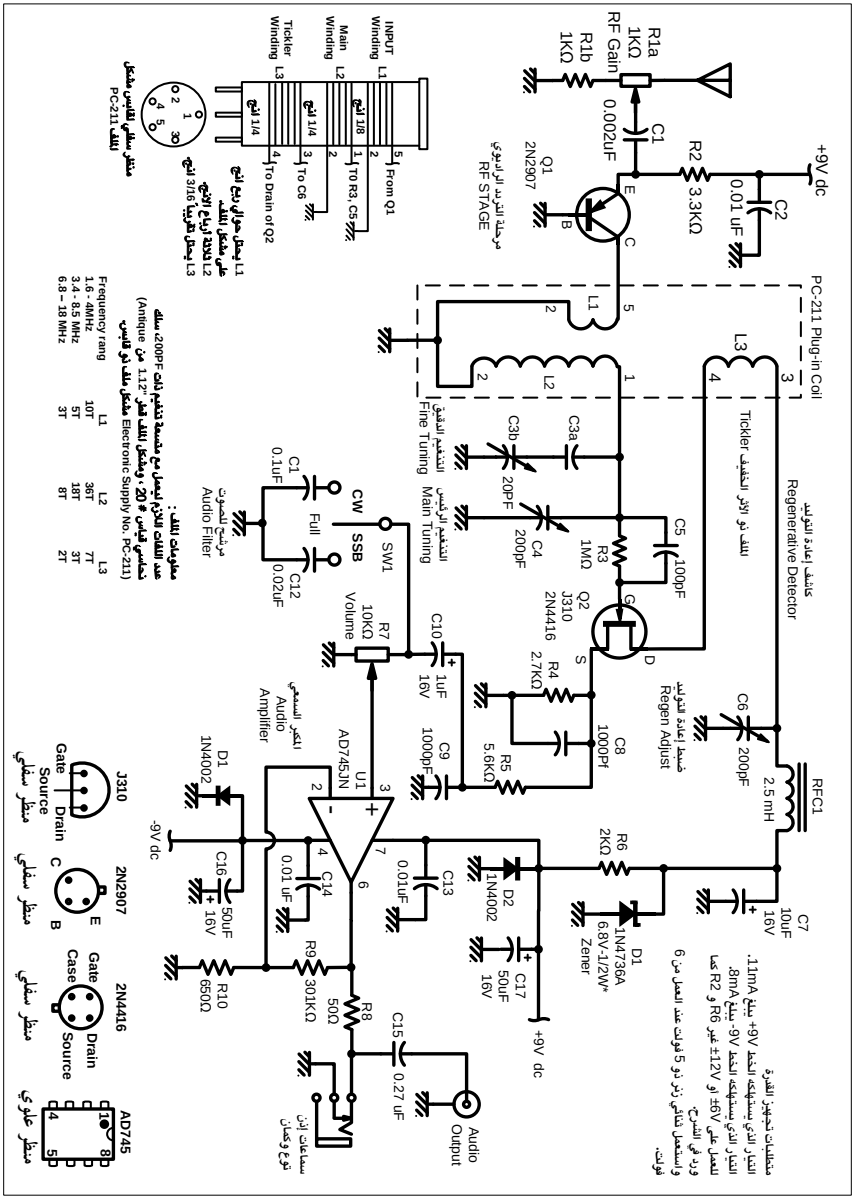
كذلك الاستفادة من محولة الانحراف العمودي لتلفزيون يعمل بالصمام. وكبديل احذف المحولة ووصل C10 على التوالي مع مقاومة ذات 1KΩ أو 2KΩ إلى مصدر source الترانزستور Q2. هذه التوصيلة توفر خارج سمعي واطئ المستوى، لكنه كافي لاستعمال سماعات الأذن headphones. طريقة المقاومة تمنع كذلك أي صفير أو عواء howling قد يحدث، وهو ظاهرة للمذبذب السمعي تحدث أحيانا عند استعمال حث كبير لاستخراج الصوت.

ثنائي زنر يمسك تغذية المجهز ثابتة. وهذا يقلل إلى درجة كبيرة انحراف التردد عند استلام CW و SSB، سامحاً لمستوى إعادة التوليد أن يضبط قريباً جداً إلى عتبة التذبذب عند استلام صيغة تضمين الإتساع AM.

الإشارة السمعية تنتقل خلال C10 إلى R5 ضابطة حجم الصوت VOLUME control. المفتاح SW2 ذو قطب مفرد يتوزع إلى طريقين ونقطة وسطى للإطفاء، وهو مفتاح قلاب toggle، اختيار إحدى المتسعتين لإقلال عرض حزمة الصوت audio band width. المتكاملة LM386 هي مضخم سمعي توفر حجم صوت كاف لسوق سماعة الأذن أو سماعة صغيرة. أنا أقترح استعمال مقبس لتركيب المتكاملة وبذلك يمكن تغيير هذه الشريحة بسهولة. (المتكاملة التي استعملتها في النموذج الأولي كانت كثيرة الضوضاء وميالة إلى التذبذب. وأتوقع إن العديد منها المجهزة من Radio Shack تمتلك نفس العيب.) المقاومة R6 والمتسعة C17 تساعد على منع المتكاملة من التذبذب الذاتي. هذا المستقبل قد بني ليكون نقال إلى أقصى حد. الحاوية التي تحويه هي النصف الأسفل للصندوق المعدني ذي الأبعاد 7/8 5 انج × 7/8 7 انج × ½ 3 انج.

قطعة من الخشب سمك 3/4 انج تقطع ليتلاءم وضعها داخل قعر الصندوق. براغي الخشب تمسك قطعة الخشب إلى المعدن؛ وكذلك تثبت لوح المكونات والمكونات الأخرى إلى الخشب. لتركيب علبة الفلم البلاستيكية التي هي مشكل الملف coil form، أثقب ثقب صغير عند أسفل علبة الفلم ونرفقها إلى الخشب باستعمال برغي صغير لأشغال الخشب. القاع الخشبي يجعل التركيب أسهل كثيراً، ويساعد على إقلال أي تحميل لملف التنغيم الرئيس.

مختنق المتسعة throttle capacitor كضابطة لإعادة التوليد ومتسعة التنغيم الرئيس ترفق بشكل مباشر إلى طبقة الأرضي على لوح الدائرة circuit board؛ تمدد محاورها خلال ثقوب تثقب في جانب الصندوق الذي يخدم كواجهة أمامية. تستعمل قبضات تدوير من البلاستك لكافة المسيطرات؛ وهي لا تزيد تأثير سعة اليد. لأني كنت قد بنيت مستقبل مصغر جداً، واستعملت قبضات تدوير Knobs صغيرة لكافة المسيطرات عدا متسعة التنغيم الدقيق، التي تمتلك قبضة تدوير أكبر. ولغرض استقبال الموجات القصيرة AM بشكل عام، أنا أقترح استعمال واجهة أمامية أكبر مع قبضات تدوير أكبر أو لها تدريج قدمه ورنيّة Vernier dial لغرض ضبط إعادة التوليد REGEN ADJUST وكذلك التنغيم الرئيس TUNE (متسعة تعيين الحزمة) وبذا تصبح عمليات الضبط هذه أسهل. أما عند استلام CW و SSB، تكون قبضات التدوير الصغيرة كافية تماماً.



الشكل7 مستقبل إعادة التوليد ذو الأداء العالي لاستقبال الموجات القصيرة.
لاحظ إن الحزم التي يستقبلها والمثبتة على المخطط تتضمن حزم هواة الراديو.

مستقبل للموجات القصيرة عالي الأداء A High-Performance Short wave Receiver

الشكل7 يبين مستقبل موجات قصيرة ممتع ذو حساسية عالية وانتقائية عالية أيضا وتشغيله يتسم بالبساطة. كما مع الدائرة السابقة، هذا التصميم يستعمل مرحلة للتردد الراديوي RF stage من ترانزستور ثنائي القطب، الكاشف من ترانزستور تأثير المجال الوصلي JFET ومتكاملة للمرحلة السمعية. الأداء الكلي لهذه الدائرة يكافئ أداء العديد من التصاميم الأخرى لمستقبلات الفعل المغاير فوق السمعي وهو ذو أقسام أو أجزاء قليلة جداً ويسحب أقل من 12mA من بطاريتين ذات 9V. في هذه الدائرة مرحلة التردد الراديوي تستعمل ترانزستور PNP بمثابة Q1. وهذا يسمح لنهاية واحدة للملف L1 لأن توصل بالأرض، حيث يمكن استعمال مشكل ملف ذو قابس من خمس دبابيس five-pin plug-in coil للملفات L1 و L2 و L3.

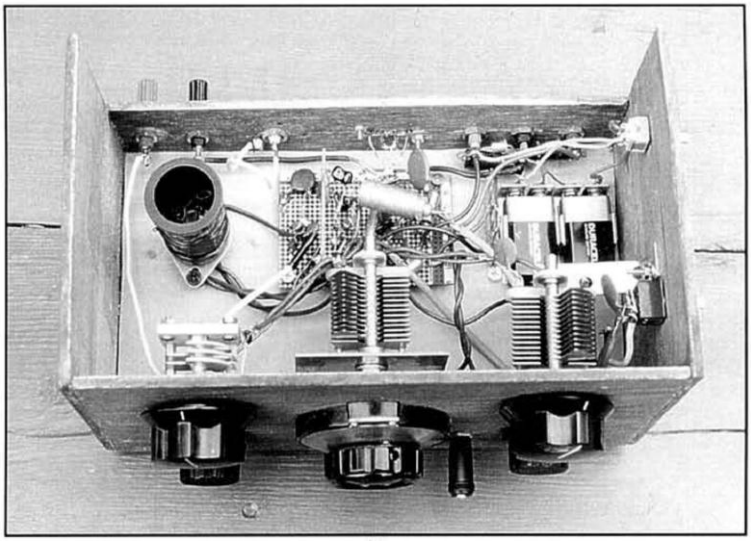
مضائل بسيط من المقاومة R1 عند المدخل يكون فعال جداً ويخدم كمسيطر على كسب التردد الراديوي RF Gain. وكما في السابق، مرحلة التردد الراديوي تقرن إلى الكاشف عبر L1. وهذه تحقق أقصى نقل للإشارة إلى الكاشف دون تحميله. الترانزستور Q2 (JFET) يعمل بمثابة تغذية عكسية خفيفة الأثر أو دائرة كاشف آرمسترونغ لإعادة التوليد Armstrong regenerative detector. هذا المستقبل يستعمل (JFET) 2N4416 أو J310، حيث يقدم لنا كاشف أكثر حساسية من الترانسزتور MPF102.

اللفات الثانوية للملف L2 والمتسعة C3 و C4 تختار الإشارة المستلمة بينما الملف ذو الأثر الخفيف L3 يوفر التغذية العكسية لإعادة التوليد.

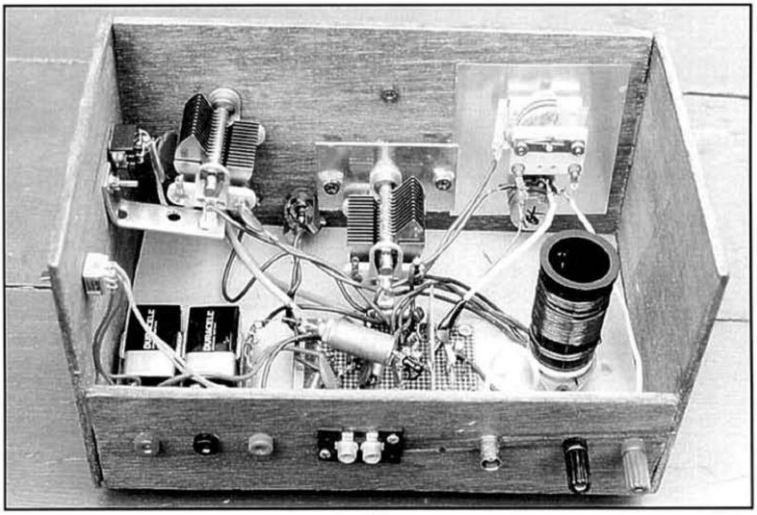
R3 و C5 هي ترتيبة نضوح الشبكة grid leak وتحقق مع المقاومة R4 المستوى العالي جداً لانحياز التشغيل للترانزستور JFET، جاعلة مسيطر إعادة التوليد سلس أكثر.

المتسعة C6 هي المختنق السعوي throttle-capacitor كضابط لإعادة التوليد REGENERATION، حيث يعزل RFC1 إشارة التردد الراديوي عن مجهز القدرة. ثنائي الزنر D1 يُقر Regulates فولتية المصرف drain للكاشف حيث يكون مستقر جداً وهو بصيغة التذبذب. مشكل ملف تجاري ذو قابس يمكن تركيبه ونزعه نوع Antique Electronics Supply PC-211 يسمح بالتشغيل على حزم متعددة (مفتاح الحزم يصعب تنفيذه مع ثلاث ملفات). ولزيادة مدى المستقبل يكون من الضروري لف ملف آخر. يمكن أن نمدد العمل نزولاً إلى ترددات الموجات الطويلة وصعوداً لغاية حزمة 10 meter؛ وعند لف الملفات يتعين أن تحتل الملفات المتشابهة نفس الطول (تمدد اللفات أو تضغط حسب الضرورة) وتتوضع على طول المشكل فوق أماكن الملفات التي تراها في المخطط. هذا يساعد على إقلال السعة فيما بينها.

الخارج السمعي يستخرج من طرف المصدر لـ JFET ويرحل خلال المقاومة R5 إلى مرشحات الصوت audio filters. المقاومة R5 تعزل C11 و C12 عن R4 و C8 في طرف المصدر للكاشف؛ وإلا قد ينزلق الكاشف إلى إعادة توليد فائق super regeneration. هذا قد يحدث عند تغذية عكسية للتردد الراديوي عالية وثابت زمني RC طويل في دائرة الكاشف. زيادة كبيرة في أياً من R3 أو C5



(C)



(D)

الصور الفوتوغرافية C و D – الصورة العليا تبين مشهد أمامي من الأعلى والصورة السفلى تبين مشهد علوي خلفي لمستقبل إعادة التوليد ذو الأداء العالي.

تنتج نفس التأثير وأنا أشك أن العديد من مذبذبات التردد الراديوي RF oscillator في مستقبلات الفعل المغاير فوق السمعي ومستقبلات التغيير المباشر تعاني من تأثير إعادة توليد

فائق مشابهة Similar super regenerative أي (تذبذب ثانوي Secondary oscillation)، حيث يمكن أن يحط من الأداء بشدة. وعلى أي حال القليل من الناس من يعلم حول هذه الظاهرة.

مفتاح مرشح الصوت SW1 بإمكانه أن يوصل متسعات إضافية على طرفي R7، مقللا الاستجابة إلى الترددات السمعية العالية. يمكن إضافة مفتاح مماثل لتقليل استجابة المستقبل إلى الترددات الواطئة، والأحسن أن نضيف مرشح تمرير حزمة فعال عند استلام CW. يغذى الصوت من ضابطة حجم الصوت R7 إلى نبيطة تماثلية Analog Device مثل مضخم العمليات AD745.

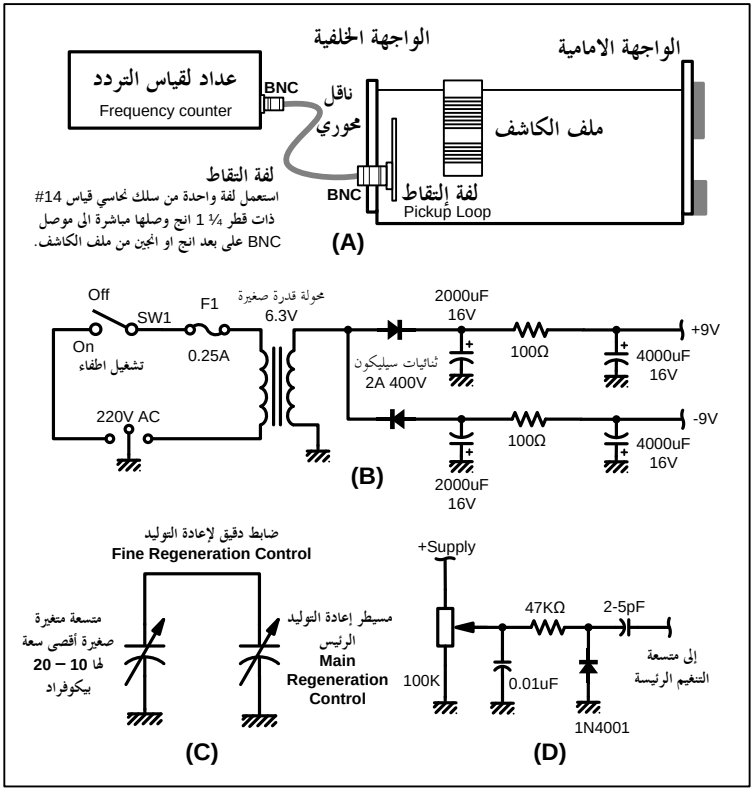
هنالك تبرير مهم لماذا استعملنا مضخم العمليات، ولم نستعمل مضخم سمعي اعتيادي، هذا المضخم يوفر كسب عالي وضوضاء واطئة جداً، ونوعية صوت مرتفعة. مرحلة سمعية ذات جودة صوت عالية مع سماعات أذن من Sony بمواصفات Hi-Fi تحسن إلى درجة كبيرة متعة الإصغاء. الخارج من مضخم العمليات يسوق سماعات الأذن الموصلة على التوالي بدون استعمال المشترك Common.

هذا المستقبل يستعمل قبضات تدوير كبيرة وتدريج قدمه ورنيّة vernier dial لجعله مريح جداً عند ضبط التنغيم. الحاوية enclosure مصنوع داخلها من الخشب لتقليل أي تأثير للتحميل loading effect. وهي تستعمل 6 × 1/2 2 انج من لوح poplar للقاعدة. الواجهة الأمامية والخلفية والجوانب مصنوعة من خشب معاكس mahogany plywood سمك ربع انج. لاحظ الصور C و D. اثنان من ماسكات بطارية 9V في الداخل، زائداً مقابس لتوصيل بطارية خارجية أو أي مجهز قدرة آخر.

الشكل8 يبين بعض المكملات الاختيارية، الشكل8A يبين كيف يمكن إضافة حلقة التقاط (لفة) صغيرة تمكننا من قراءة التردد مباشرة باستعمال مبين تردد رقمي رخيص الثمن. ملف الالتقاط يوضع قريباً من ملف الكشف لاستخراج بعض الإشارة من الكاشف عندما يتذبذب. يوصل ملف الالتقاط إلى عداد رقمي من خلال مقبس من نوع BNC وطول قصير من خط نقل 50Ω يوصل ملف الالتقاط إلى عداد التردد. لاحظ إنه ليس كما مع مستقبل (السوبرهيترودابن)، فإن عداد التردد سيعرض التردد الفعلي المستلم ولا توجد ضرورة لطرح أو إضافة التردد المتوسط IF .وعلى أي حال سيكون المستقبل إلى جانب إشارة التردد المستلم مبتعداً بمقدار تردد نغمة التحوال Beat note عند استلام CW أو SSB، إلا إذا كنت عند تردد نغمة تحوال تبلغ صفر zero beat.

الشكل8A يبين مجهز قدرة له تقطيب سالب وموجب من المصدر العمومي. دائماً افحص المستقبل خاصتك على البطارية أولاً، ثم جرب مجهز القدرة. ولاحظ إن أي مجهز قدرة يستعمل لتشغيل مستقبل إعادة التوليد يجب أن يبعد عن المستقبل ويوصل خلال سلك بطول قدمين إلى ثلاثة. وهذا يمنع التقاط تردد التيار العمومي البالغ 60Hz أو 50Hz إلى داخل المستقبل من محولة مجهز القدرة أو خط cord التيار المتناوب. ومن الأهمية أن يكون مجهز القدرة مرشحاً بشكل جيد ويستعمل خط توصيل له في قابسه ثلاثة دبابيس Prong أحدهما لتوصيل الأرضي. وبهذا نوصل أرضي الخط المتناوب ((وليس المقصود الطرف المتعادل إنما هو أرضي حقيقي)) إلى نقطة الصفر لمجهز القدرة.

بهذا نضمن إن أرضي المستقبل قد جرى توصيله بالأرض بشكل جيد. ((إذا لم يتوفر أرضي مع الخط المتناوب، يمكن دق أرضي حقيقي في أقرب نقطة واستعماله)).



الشكل8
ملحقات اختيارية للمستقبل.

تأكد كذلك من إضافة متسعات تمرير إضافية إلى جميع توصيلات التيار المستمر عند النقطة التي تدخل فيها إلى المستقبل. في بعض الحالات طاقة التردد الراديوي من مذبذب الكاشف تجد طريقها إلى مجهز القدرة، حيث يكيف الطنين التردد الراديوي ثم يلتقط من المستقبل، إذا ما جرى تمرير by passing توصيلات مجهز القدرة ولم تعالج المشكلة وصل خانق للتردد الراديوي RF Choke له مقاومة للتيار المستمر واطئة على التوالي مع خطوط توصيل التيار المستمر. هذه التفاصيل ستقلل بدرجة كبيرة أي طنين في الخلفية عند تذبذب الكاشف.

((يبدو إن كاتب المقال قد غفل عن ضرورة توصيل متسعة بقيمة 0.1uF على التوازي مع ثنائيات التقويم في مجهز القدرة، وهذا ما تعمد إليه كافة المصانع عند تشغيل مستقبل من مجهز قدرة يتغذى من التيار العمومي، وذلك لتبديد الضوضاء التي تتولد في داخل ثنائي السيلكون والتي

تؤثر بوضوح على أداء أي راديو أو تلفزيون، إلا إذا كانت ثنائيات التقويم من نوع الأوكسيد المعدني))

الشكل8C يبين كيف يمكن إضافة ضابطة دقيقة لإعادة التوليد FINE REGENERATION إلى أي مستقبل. إذا ما كان المستقبل سيعمل على استلام الموجات القصيرة ذات التضمين الإتساعي AM، فإن ضابطة REGEN ADJUST.

الشكلD هو دائرة تستعمل مقاومة متغيرة Potentiometer وثنائي وهذه طريقة شائعة لإبدال المتسعة الصغيرة المستعملة للتنغيم الدقيق fine tuning.

ما يسترشد به عند البناء Construction Guide Lines

استعمل قاعدة (شاسيه Chassis) من الخشب؛ إذ إن الشاسيه المعدنية وعلب الحجب shield cans ...الخ جميعها تمتص طاقة من ملف التنغيم الرئيس وتضيفها إلى مفقودات الملف its losses، التي تؤثر مباشرة على عامل الجودة Q الكلي للدائرة وانتقائية selectivity المستقبل. (الحاوية الخشبية غير مكلفة وسهلة التصنيع، وهي لا توفر أي حجب لإشعاع المذبذب، الذي قد يسبب مشكلة التداخل. لكن إذا ما جعلت نهايات الملفات تبعد على الأقل ثلاث مرات بقدر قطر الملف، وجوانب الملفات بعيدة بمقدار قطر واحد للملف عن الحاوية المعدنية، سيكون تأثير الشاسيه المعدنية على Q صغيراً جداً).

في الزمن الماضي 1920s عرفوا هذا واقتطعوا لوحاً من الخشب لهذا الغرض واستعملوه كلوح للتجميع breadboards أو كما نسميه اليوم شاسيه جهاز الاستقبال receiver chassis. الإعداد الأمثل لمستقبل إعادة التوليد يبنى في المنزل يكون على قاعدة من الخشب، الجوانب والخلفية مع استعمال واجهة أمامية معدنية وموصلة إلى نقطة الصفر (الأرضي). ويمكن كذلك استعمال واجهة أمامية من الخشب إذا اتخذت الاحتياطات لإقلال تأثير سعة اليد.

الأجزاء المعدنية للمسيطرات يجب أن توصل إلى الأرض وتوضع رقيقة معدنية مؤرضة بين مسيطر التنغيم الدقيق FINE TUNING والجانب الخلفي للواجهة الأمامية. كما ترى يمكن إدراج التنغيم الدقيق في هذه المستقبلات بإضافة متسعة متغيرة صغيرة على التوازي مع متسعة التنغيم الرئيسة. كذلك من الأحسن أن تبني جهاز الاستقبال خاصتك كبير الحجم وبذا تتمكن من استعمال قبضات تدوير كبيرة الحجم للتنغيم tuning وإعادة التوليد regeneration. بالنسبة للمستقبل ذو التغطية العامة، استعمل قبضة تدوير كبيرة أو قبضة ذات قدمه ورنية على متسعة التنغيم Tuning الرئيسة؛ مع مستقبلات حزم الهواة، ركب القدمه الورنية على ضابطة التنغيم الدقيق FINE TUNING للحصول على أقصى نشر للحزمة لجميع حزم الهواة.

ابني الأجزاء الالكترونية على لوح صغير من الألياف الزجاجية وثبته على القاعدة الخشبية. العديد من المواد الشائعة يمكن أن تستعمل كمشكل للملف، بضمنها علبة الفلم البلاستيكية أو علبة الدواء أو أنبوب من مادة الـ PVC... الخ.

أنا استعملت سلك تسليك قياس 20 # معزول بالبلاستك ومجدول Strand ((يعني مضفور الأسلاك)) لتحضير الملفات. عازل السلك يباعد بين اللفات بشكل منتظم ويمسكهم مع بعض بإحكام. وأياً كان يمكن استعمال سلك النحاس الصلب المعزول بالطلاء مع الملفات ذات العديد من اللفات.

عند لف الملفات، اثقب ثقبين صغيرين متجاورين في جانب مشكل الملف عند بداية كل لفة. مرر السلك خلال الثقب الأول وأخرجه من الثاني. قبل أن تبدأ اللف اصنع عقدة بسيطة عند النقطة التي دخل منها السلك إلى المشكل – هذه ستحفظ السلك من أن يرتخي لاحقاً. ثم لف الملف بلفات مشدودة على المشكل. عند انتهاء اللفات، اثقب ثقبين إضافيين عند انتهاء اللفة ومرر السلك خلالهما. عند الانتهاء من الملف ووجدته يعمل بشكل صحيح استعمل قطرات من لاصق Q Dope ليمسك اللفات إلى المشكَل.

عند العمل مع الملفات التي يمكن تركيبها ونزعها Plug-in coils مرر الأسلاك من كل لفة إلى داخل مشكل الملف ثم الحم إلى الدبابيس. وتأكد أن كل الملفات قد جرى تسليكها بنفس الطريقة. يركب الملف بعد ذلك بمثابة قابس Plug في مقبس Socket صمام على قاعدة المستقبل. وتأكد من أن تضع الملف بعيداً على الأقل بمقدار واحد انج من أي جسم معدني.

حاول توزيع المكونات للمستقبل لجعل كافة التوصيلات قصيرة قدر الإمكان. قم بمباعدة توصيلات التردد السمعي فيزيائياً عن توصيلات التردد الراديوي. يتعين توصيل ضابطة حجم الصوت باستعمال سلك محجوب Shielded wire، مع توصيل منفصل بين أرضي الشاسيه وأرضي الضابطة (لمنع حدوث دورة أرضي خلال الحجاب).

مضخم العمليات أو المتكاملات يجب أن تمتلك متسعات تمرير خاصتها لخطوط تجهيز القدرة موضوعة مباشرة على اللوح، ولها توصيلات أرضي قصيرة.

اللوح المثقب العام Universal bread board يبسط عملية البناء ويسمح بتأريض الأقسام الغير مستعملة وتسخيرها كطبقة أرضي. ((مثل الذي تراه في الصورة ولا يحتوي على خطوط طولية على أي من وجهيه، نقاط فقط ممررة إلى كلا الوجهين))

لوح الألياف الزجاجية القياسي (فايبر كلاس Standard low-cost fiber glass board) ذو السعر المعقول يمكن أن يستعمل للتجميع إذا ما تم وضع لوح مطلي بالنحاس copper-clad تحته على مباعدات spacers وجعل كافة توصيلات الأرضي grounds تمر إلى لوح النحاس.

الفحص Testing

دائماً ابدأ ببناء أجهزة الاستقبال عكس اتجاه الإشارة أي من السماعة إلى الهوائي. ابدأ من قسم الصوت ثم الكاشف وأخيراً مرحلة التردد الراديوي. تأكد من أن كل مرحلة تعمل بشكل صحيح قبل بناء المرحلة التي تسبقها. جمّع مكونات المرحلة السمعية رجوعاً إلى ضابطة حجم الصوت، ثم وصل البطاريات وسماعات الأذن وأجري فحص سريع بمس أعلى ضابطة حجم الصوت بإصبعك وأصغ إلى صوت الأزيز في سماعة الأذن. ما إن تعمل مرحلة الصوت، جمع وافحص الكاشف،

وبدون مرحلة التردد الراديوي. جمع الكاشف رجوعاً إلى ملف التنغيم الرئيس main coil tuning. وصل قطعة من سلك wire (قدم أو قدمين) إلى الملف الابتدائي L1، تماماً عند النقطة التي يتصل بها مجمع Q1. زد مقدار ضابطة إعادة التوليد ببطيء إلى أن يتذبذب الكاشف، ويصدر عنه صوت الحياة (ضوضاء متصاعدة في الخلفية).

فإذا رفض الكاشف أن يتذبذب، افحص بعناية التسليك. ما إن تتأكد أن التسليك صحيح. افحص الفولتية على طرفي ثنائي زنر (5 فولت في الشكل6، 6.8 فولت في الشكل7) عند مصرف Q2 (نفس الفولتية على الزنر)، وعند المصدر source للترانزستور Q2 (حوالي 1 فولت إلى +1.5 فولت). إذا كانت الفولتية صحيحة، حاول أن ترفع التفريعة على L1 أكثر بعيداً عن الأرض (لاحظ الشكل6) أو حاول عكس (تبديل) توصيلات ملف الأثر الخفيف (لاحظ الشكل7).

ما أن يتذبذب الكاشف، استبدل السلك الصغير بهوائي خارجي على التوالي مع متسعة ذات 5 إلى 20 بيكوفراد. نغم على محطة قوية، واضبط مستوى إعادة التوليد وحجم الصوت VOLUM لأحسن استلام. افحص مرحلة التردد الراديوي بتوصيل الهوائي إلى مدخل المستقبل وأصغ إلى نفس المحطة. الاستلام على الأقل يجب أن يكون بنفس الجودة بدون مرحلة التردد الراديوي. (في أعلى منطقة الترددات العالية HF، يجب أن يكون أحسن كثيراً).

تلميحات حول التنغيم Tuning Tips

بالنسبة لاستلام التضمين نوع AM قم بزيادة مستوى إعادة التوليد إلى أن بالكاد يتذبذب الكاشف. ثم استعمل متسعة التنغيم الرئيس (التي من خلالها نعين الحزمة band set) لتصبح قريباً من الإشارة المرغوبة. قلل مستوى إعادة التوليد إلى بالكاد تحت التذبذب واستعمل متسعة التنغيم الدقيق (متسعة نشر الحزمة band spread) للتنغيم على المحطة.

من الأفكار الجيدة أن نستعمل كلا اليدين : واحدة للتنغيم والأخرى لإعادة التوليد. إذا كانت المحطة ضعيفة جداً، عين مستوى إعادة التوليد قليلاً فوق التذبذب ونغم إلى مركز الحاملة. هذا يوفر حساسية عالية جداً، نموذجياً أحسن من (0.3 uV). وهذا من الخصائص اللطيفة لطريقة السيطرة على إعادة التوليد بمتسعة المختنق Throttle-capacitor regeneration control method عند استعمال مقاومة بسيطة كمسيطر لا يتاح لك هذا الإجراء.

عند استلام إشارات مورس CW، عين مستوى إعادة التوليد على التذبذب. وهذا يعطيك أعظم حساسية وانتقائية. نغم المستقبل إلى أي جانب من الحاملة للحصول على نغمة التحوال beat note. نغمة التحوال يجب أن تكون مستقرة جداً، فإذا كانت متغيرة، زد إعادة التوليد قليلاً. بهذا يعمل الكاشف عند مستوى تردد راديوي RF أعلى، وقد ازداد تأثير الاستقرار لانحياز نضوح الشبكة.

استقبال SSB مشابهاً إلى CW عدا كونه نافعاً في الغالب لمنع الصد blocking ولتقليل أي انحراف للتردد وللمحافظة على مستوى إعادة التوليد عالياً معظم الوقت. يحدث الصد blocking عندما يقفل الكاشف على تردد حاملة قوية قريبة؛ لمنع هذه الحالة نقلل مستوى الإشارة الداخلة أو

نزيد مقدار إعادة التوليد. لذا فإن المستقبل ذو الأداء العالي يتضمن مضائل في مدخله. عند استعمال مستقبل صندوق الخردة المميز Junk Box Special قم بزيادة إعادة التوليد إلى مستوى عالي جداً. إشارات SSB قد تحتاج إلى إعادة توليد كاملة لعتقها من الصد Blocking.

تجارب مستقبلية

أنا أشجع جميع الهواة الذين يبنون مستقبلاتهم في المنزل home brewers لأن يأخذوا دوائر إعادة التوليد بنظر الاعتبار عندما يخططون لمشاريع مستقبلية. دائرة إعادة التوليد هي ليست بقايا تاريخية وحسب؛ إنها تكنولوجيا ذات عدة دوائر أساسية fundamental وتستحق أن ينظر لها باعتبار عند التخطيط لتصميم جديد.

وأرى أن نجعل محاولاتنا مع دوائر مختلفة. فمثلاً قد ذهب العديد من كتاب المقالات إلى أن دوائر إعادة التوليد الفائق regenerative **Super جيدة فقط لكشف الإشارات عريضة الحزمة ((يعني الإرسال الإذاعي)). وقد بنيت عدة دوائر لمستقبلات VHF من خلال تقنية إعادة التوليد الفائق وقمت من خلالها بفك تضمين إشارات – تضمين التردد ضيق الحزمة narrow-band width FM (NBFM) بفعالية لا شائبة عليها. ولبلوغ هذه الغاية يتعين تغيير الشكل الموجي لموجة الإخماد quench waveform من الشكل المعتاد لسن المنشار إلى شكل الموجة الجيبية وبذا نصل إلى الغاية المرغوبة.**

أشباه الموصلات قليلة الكلفة متوفرة مع مكونات عصرية أخرى تسمح لمن يبني المستقبل في المنزل home brewer أو الذين يبنون مستقبلاتهم في المنزل أن يجربوا أفكار عديدة كانت في السابق ليس من العملي تحقيقها. التطورات المستقبلية قد تتضمن طراز لدوائر هجينة hybrids من إعادة التوليد والتغيير المباشر يندرج فيها استعمال مرحلة مزج من إعادة التوليد أو إعادة التوليد يتعقبه مذبذب نغمة التحوال regen with tracking BFO.

بعض أنواع دوائر ضبط الكسب لإعادة التوليد أوتوماتيكياً بإمكانها أن تبسط عمل مستقبل إعادة التوليد لاستلام AM. ومن ما يستحوذ على الاهتمام إضافة دائرة بسيطة لإخماد الضوضاء إلى دائرة إعادة التوليد الأساسية، بقصد التخلص من الضوضاء الطبيعية التي تظهر في الخلفية عندما لا توجد إشارة.

راديو بإعادة التوليد للمبتدئين

سهل وبسيط، وذو أداء عالي

هل تحتاج مشروع عصري وممتع... ربما تحصل منه على شارة جدارة الكشافة في الالكترونيات والراديو ؟... هذا المشروع مثالي للشباب والأولاد لتعلم فن الراديو؛.. أو الإصغاء إلى الموجات القصيرة.

نقله إلى العربية سرمد نافع / بقلم تشارلس كيتشن September 2000

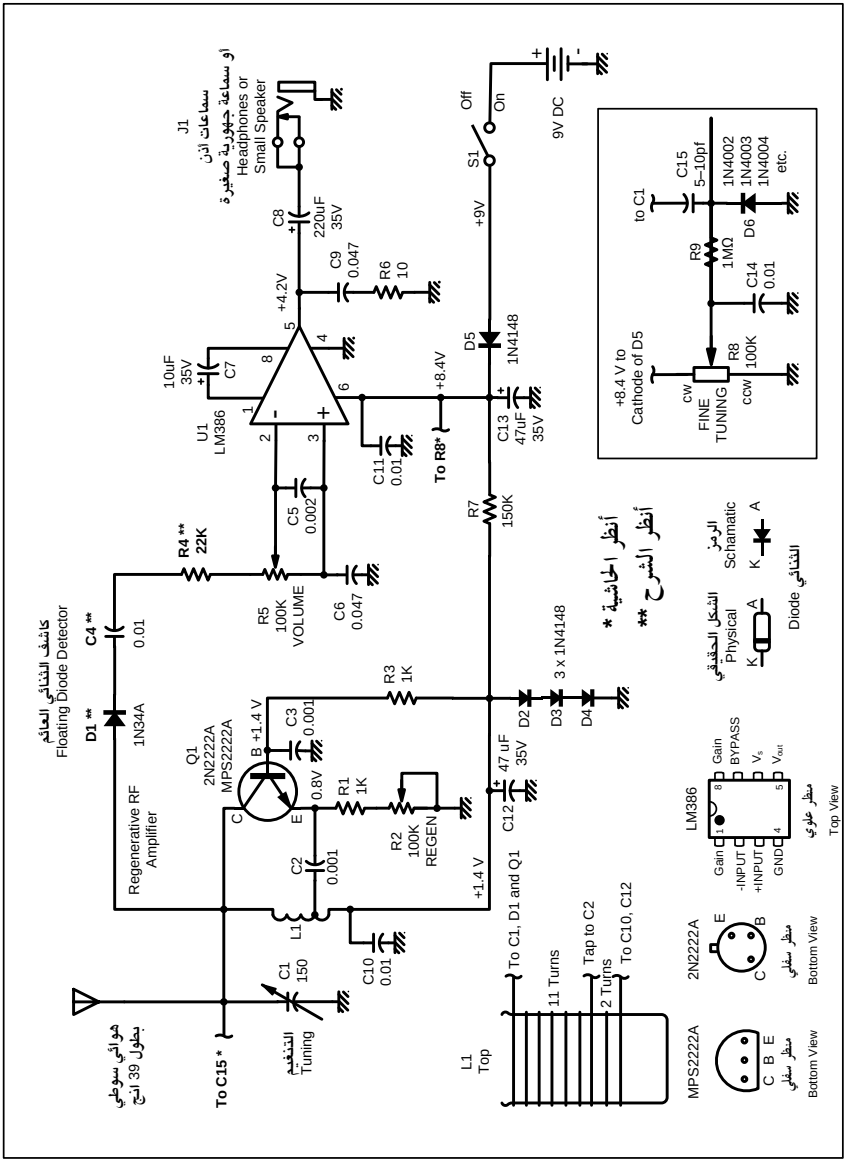
هنا تجد جهاز استقبال لموجات هواة الراديو القصيرة، سهل البناء، قليل الكلفة، يعمل على البطارية، نقال، وبإمكانه أن يستلم الموجات القصيرة الإذاعية الدولية. تصميمه ليس بالحرج ((يعني لا يؤثر عليه الاختلافات البسيطة في أنواع المكونات وتوزيعها على اللوح)) وهو سهل لتنطلق به في عالم الراديو الأرحب. من خلاله يمكنك في المساء استلام العشرات من محطات إرسال الموجات القصيرة الدولية – حتى وأنت داخل الغرفة – من خلال هوائي سوطي Whip antenna بطول 39 انج. وهذا الراديو المتواضع ممتاز لاستكشاف حزم ترددات الهواة ham-band QSOs، أو محطات الأخبار أو الموسيقى وكل الأشياء الأخرى التي تقدمها حزم الموجات القصيرة.

كذلك فإن هذا المستقبل الصغير حساس جداً، وهو بالطبع لا يوازي أداء منصوبات rig الأجهزة التجارية للترددات العالية HF؛ وإذا لم تكن قد استعملت إعادة التوليد من قبل، فإنك ستتعرف عملياً على تنغيم هذا النوع من الراديو – لكن هذا جزء من المغامرة.

في هذه الأيام معظم من يبنون أجهزة الاستقبال في المنزل home brewers ينالون البداية من خلال بناء دوائر بسيطة وممتعة تشبه هذه التي نتحدث عنها. ستحصل منها على ممارسة عملية في لف الملف coil، وقراءة المخطط وتتبع مراحله. وبما إنك مهتم بتطوير الاتصالات بالراديو، يمكنك بعد ذلك بناء مستقبل أكثر تعقيداً.

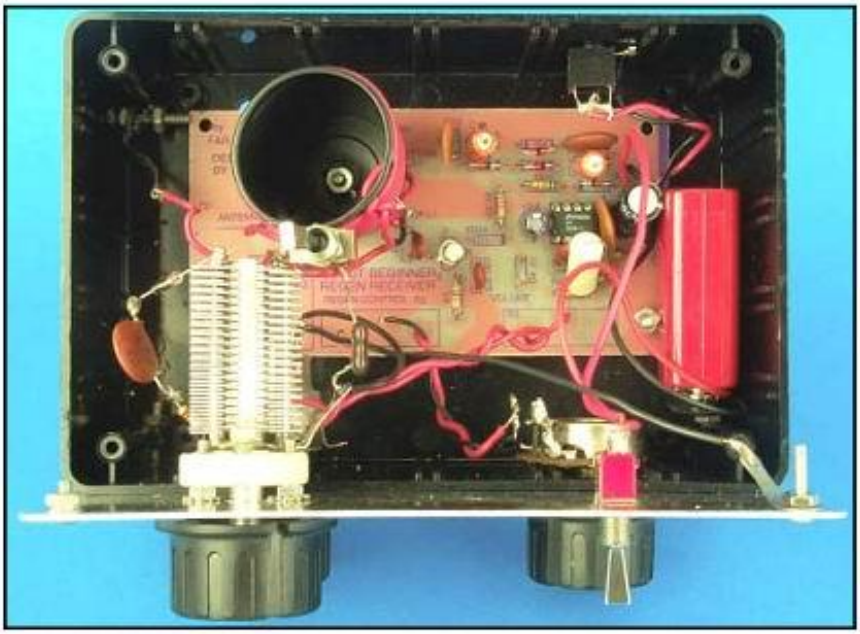
الراديو البسيط هذا يستهلك فقط 5mA من بطارية 9V، ويحتاج فقط إلى ملف واحد يلف باليد، ويمكن أن يعمل لمدة أربعين ساعة من بطارية قاعدية (ألكالاين) Alkaline ذات (9V).

نوعية الصوت التي نحصل عليها من هذا المستقبل ممتازة عندما نستعمل سماعات الأذن نوع walkman أي كتلك المستعملة مع أجهزة mp3، ويمكن للمستقبل لأن يسوق سماعة جهورية صغيرة.



الشكل1

المخطط الكامل للمستقبل البسيط بإعادة التوليد.



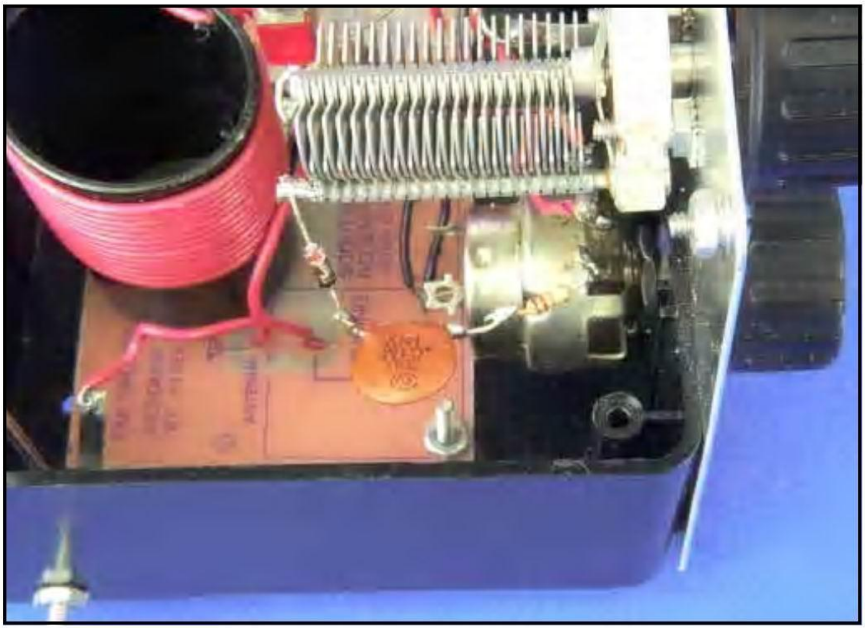
في هذا المشهد للمستقبل يمكنك أن ترى نموذج أولي **Prototype** للوح المطبوع **PC board** ويمكن بناء المستقبل دون الحاجة إلى لوح مطبوع؛ الهوائي السوطي أو التلسكوبي قد تم رفعه ويمكنك ملاحظة مكانه في الزاوية العليا اليسرى. المتسعة المتغيرة تراها إلى اليسار، وهي ذات عازل من الهواء، وهذا النوع الذي تراه مصمم لتشغل حيز ليس أكثر من قطر قبضة التدوير ويمتد هيكل المتسعة في العمق وكلما زادت سعتها زاد هذا الامتداد في العمق؛ وهذا النوع من المتسعات المتغيرة غير متوفر في أسواقنا ويمكن أن نستعمل الأنواع المتوفرة ذات العازل الهوائي والحجم الأكبر، أو أن نستعمل الأنواع الصغيرة ذات العازل البلاستيكي دون وجل من أي قصور في الأداء. خلف المتسعة المتغيرة مباشرة تجد الملف، **L1**.

المكونات **C4** و **D1** و **R4** تراها بين المتسعة المتغيرة وضابطة حجم الصوت التي هي أسفل المتسعة المتغيرة تماماً. المستطيل الأحمر إلى اليمين هو البطارية. ويمكنك توزيع المكونات على لوح التجميع خاصتك بنفس الكيفية التي تراها أمامك، والدائرة اللامعة في الوسط ذات البتلة هي الترانزستور **Q1**.

وللتبسيط يمكن بناء الراديو على لوح مطبوع PC جاهز توفره FAR circuit . ويمكن احتواء الراديو في صندوق من البلاستك جاهز تقدمه Radio Shack .

وصف الدائرة Circuit Description

خذ نظرة إلى المخطط في الشكل1 . الملف L1 والمتسعة C1 تنغم الإشارة الداخلة من الهوائي السوطي (أو قل التلسكوبي) . مضخم التردد الراديوي لإعادة التوليد Regenerative RF amplifier رمزه في المخطط Q1 ويعمل بمثابة مذبذب هارتلي Hartley oscillator موصل بصيغة القاعدة



هذه اللقطة القريبة تبين التوصيلات الداخلية للمكونات D1 و C4 و R4 بين متسعة التنغيم وضابطة حجم الصوت.

المشتركة grounded-base . التغذية العكسية الموجبة للمذبذب توفر تضخيم الإشارة إلى حوالي (100000) . قدرة التشغيل الواطئة جداً لهذه المرحلة (30 مايكرو واط فقط)، مع استعمال هوائي سوطي بسيط يجعل هذا المستقبل نقال ويمنعه من أن يتداخل بشدة مع المستقبلات الأخرى الموجودة قريباً منه . قبل كل شيء فإن مستقبلات إعادة التوليد هي مذبذبات oscillators وبذا فهي تتضمن تغذية عكسية موجبة، المقاومة R2 تسيطر على كمية التغذية العكسية الموجبة وهذا ما يسمى إعادة التوليد Regeneration .

الثنائي D1 و المتسعة C4 تشكل كاشف detector عائم floating حيث يوفر الحساسية العالية مع تحميل loading قليل للترانزستور Q1 . وإن المقاومة الواطئة للاتجاه العكسي لثنائي الجرمانيوم

1N34 (لا تستعمل هنا ثنائي سيليكون) تؤمن ممر الرجوع للتيار المستمر الضروري للكاشف dc return path for the detector . المقاومة R5 هي ضابطة حجم الصوت ومن خلالها نعين مستوى السوق للمضخم السمعي U1 LM386 بموجات الصوت الآتية من الكاشف . المتسعة C5 توفر ترشيح للتمرير الواطئ low-pass filtering لمنع التردد الراديوي من الوصول إلى المضخم السمعي Audio amplifier . المقاومة R4 تعزل مرشح التمرير الواطي عن دائرة الكاشف عندما يكون ضابط حجم الصوت في أعلى مداه top of its range . النهاية السفلى لضابطة حجم الصوت R5 والطرف

3 للمتكاملة LM386 عائمين فوق جهد الأرض وبذا فإن كلا المدخلين للمتكاملة U1 مقترنين coupled

إقران تيار متناوب ac . وهذا يسمح باستعمال مقاومة متغيرة ذات 100KΩ كضابطة لحجم الصوت؛ قيمة المقاومة العالية هذه تمنع التحميل الزائد للكاشف . الثنائي D5 يحمي المستقبل من توصيل البطارية خطأً بتقطيب معاكس .

الملف L1 يلف على علبة فلم 35ملم قياسية أو علبة دواء من البلاستك ذات قطر 1 انج .

المتسعة C1 يمكن أن تكون أي مقاومة متغيرة ذات عازل هوائي ولها قيمة قصوى ما بين 100 و 365 بيكو فراد . التردد الكلي الذي تغطيه يتباين تبعاً لقيمة المتسعة المستعملة، ولكن أي متسعة تمتلك ذلك المدى يجب أن تغطي حزمة الهواة ذات الأربعين متراً والعديد من حزم الإرسال الإذاعية . وإذا استعملت متسعة متغيرة ذات مدى واسع مثل (10 إلى 365 بيكو فراد)، ستجد إنك تعاني من الانتقائية . وهذا يحدث لأن الصعوبة تزداد عند التنغيم على محطة مستقلة بسبب وجود الكثير من المحطات على مدى التنغيم مما لو استعملنا متسعة ذات مدى تنغيم أصغر ((يبدأ مدى التنغيم عند أعلى قيمة للمتسعة المتغيرة وينتهي عند أقل قيمة للمتسعة المتغيرة)) مثل (10 إلى 150 بيكوفراد) . لذا من الملائم استعمال ضابطة التنغيم الدقيق الاختيارية (لاحظ المخطط في الحاشية للشكل1)، وهو ما ينصح به عند استعمال متسعة تنغيم ذات مدى تنغيم عريض .

بناء المستقبل Building The Receiver

لف الملف

بعض من تطيب لهم قكرة بناء الأجهزة ترعبهم فكرة لف الملف باليد . في الواقع هي بسيطة تماماً . في بعض الأحيان يكون من المفيد أن نمتلك طقم ثاني من اليدين! ولغرض لف الملف، نستعمل سلك صلب ذو قطر 22 معزول كالمستعمل عند إجراء التوصيلات . قبل أن تبدأ لف الملف أثقب ثقب التثبيت عند قاع علبة الفلم film can أو علبة الدواء pill bottle .ثم اثقب ثقبين صغيرين في جانب مشكّل الملف قرب النهاية العليا حيث سيبدأ اللف . (البدء باللف من الأعلى يؤمن مسافة بين الملف ولوح التجميع، مانعاً بذلك أي تحميل للدائرة قد يؤثر على انتقائية المستقبل) . مرر نهاية واحدة من سلك الملف خلال الثقب الأول إلى داخل المشكّل، ثم أخرجه من الثاني . اصنع عقدة عند النقطة التي يمر بها السلك إلى المشكل (هذا سيحفظ السلك في مكانه ويمنع ارتخائه لاحقاً . تأكد من ترك انجين إلى ثلاثة انجات من طول السلك عند كل نهاية وبذا يمكنك إجراء التوصيلات إلى اللوح circuit board .

يمكنك أن تلف الملف بأي اتجاه ترغب، باتجاه عقرب الساعة أو عكس اتجاه عقرب الساعة . لف الملف بلفات مشدودة على سطح المشكل، واحسب عدد اللفات عند اللف . حافظ على اللفات متجاورة ولا تدع السلك يرتخي عند اللف؛ وهذا يتطلب قليل من الممارسة .

لعمل التفريعة أو كما يقال له المبزل tab، لف إحدى عشر لفة على المشكل وأنت تمسك السلك بالسبابة والإبهام أشّر مكان التفريعة وأرفع العازل من تلك النقطة. الحم قطعة بطول انجين أو ثلاثة من السلك إلى التفريعة، استمر بعملية اللف إلى أن ينتهي الملف (المجموع الكلي 13 لفة). ثبت النهاية الحرة من السلك في مكانها باستعمال قطعة من شريط لاصق واثقب ثقبين إضافيين في المشكل عند نهاية اللفات. مرر السلك دخولاً وخروجاً كما فعلت في البداية وأصنع عقدة لمسك اللفات في مكانها. عندما ينتهي الملف ارفع الشريط اللاصق ثم الحم الأسلاك الثلاثة من الملف (الأسفل والتفريعة والأعلى) إلى أماكنها المخصصة على اللوح جاعلا طول الأسلاك أقصر ما يمكن.

وللحصول على أحسن أداء، يتعين تسليك الكاشف العائم floating detector باستعمال توصيلات قصيرة ومباشرة. لذا فإن هذه المكونات لا تركب على اللوح. ركب ضابطة حجم الصوت VOLUME control المرقمة R5 قريباً إلى متسعة التنغيم C1. وصل C4 و D1 و R4 على التوالي بين الجانب الساخن للمتسعة C1 (الجزء الثابت) والنقطة العليا لضابطة حجم الصوت.

خيارات Options

ضابطة التنغيم الدقيق Fine-Tuning Control

بإمكانك إضافة ضابطة التنغيم الدقيق إلى المستقبل باستعمال الدائرة المبينة في حاشية الشكل1. الثنائي D6 يعمل بمثابة ثنائي فاركتور Varactor وهو البديل الأرخص لهذا الثنائي، وثنائي الفاراكتور يعني متسعة من أشباه الموصلات تتغير قيمتها بتغيير الفولتية المسلطة عليها. ما أن تزداد الفولتية من مسيطر التنغيم الدقيق R8 حتى ينحاز الثنائي عكسياً وتقل سعته. مسيطر التنغيم الدقيق هذا رخيص الثمن ويمكن إضافته بسهولة، لكنه يضيف سعة إلى المتسعة المتغيرة ويقلل بقدر ما مدى التنغيم الأقصى.

ويمكنك تعويض هذه الحالة إذا حدثت برفع لفات من الملف L1.

خيار حزمتين للاستقبال Tow-Bands Option

إذا كنت ترغب في مستقبل Receiver ذو حزمتين وتنغيم غير حرج، استعمل متسعة C1 بقيمة 150pF وركب مفتاح قلاب صغير toggle switch ووصله بأسلاك قصيرة جداً لإضافة سعة إضافية من المايكا ذات قيمة ثابتة تبلغ 250pf على التوازي مع C1.

عندما تكون المتسعة في الدائرة يمكن تنغيم المستقبل على حزمة الثمانين متراً للهواة 80– meter band.

حاوية الراديو Packaging the Radio

الصندوق الذي سنستعمله لاحتواء المشروع يتضمن غلاف علوي بلاستيكي وآخر معدني. استعمل الغلاف العلوي المعدني كواجهة أمامية كبيرة بتركيبها على جانب واحد للصندوق باستعمال اثنان من المسامير المحوية والصامولات Screws and nuts خلال اثنان من الثقوب

الأربعة الموجودة أصلاً. اثقب بعد ذلك ثقوب تثبيت الضابطات وركب الضابطات الثلاثة ومفتاح التشغيل والإطفاء ON/OFF على الواجهة المعدنية.

إذا ركبت متسعة التنغيم Tuning Capacitor وضابطة إعادة التوليد REGEN على جانبين متعاكسين للواجهة الأمامية سيصبح الراديو سهل الاستعمال. أحسن تركيب لضابطة حجم الصوت VOLUME وضابطة إعادة التوليد REGEN قرب أسفل الواجهة الأمامية وبذا نحافظ على توصيلاتهما إلى اللوح أقصر ما يمكن. ويمكنك استعمال أسلاك محجوبة Shielded wires لإتمام هذه التوصيلات.

أخيراً يمكن تركيب مفتاح التشغيل والإطفاء، في أي مكان مناسب. استعمل أحد الثقبين الباقيين في الواجهة الأمامية لإرفاق توصيلة إلى نقطة الصفر Ground على لوح تجميع المكونات، وبذلك نمنع تأثير سعة اليد على أداء المستقبل. ضع لوح تجميع المكونات والملف في قاع صندوق المشروع باستعمال براغي صغيرة. ركب مقبس سماعات الرأس على خلفية الصندوق، قريباً إلى لوح المكونات والمتكاملة LM386. أرفق الهوائي السوطي ذو التسعة والثلاثين إنجاً إلى أحد الزوايا الخلفية للصندوق Box باستعمال مسمار محوي صغير وصامولة.

إذا كنت تنوي استعمال سماعة جهورية صغيرة استعمل طريقة التوصيل لمقبس سماعة الأذن بحيث ينفصل توصيل السماعة الجهورية عند تركيب سماعة الأذن.

فحص وتشغيل المستقبل

Testing and Operating the receiver

ضع ضابطة حجم الصوت VOLUME وضابطة إعادة التوليد إلى متوسط المدى، ركب سماعات الأذن، مدد الهوائي السوطي إذا كان من النوع التلسكوبي، أرفق البطارية وشغل المستقبل (جهاز الاستلام). يمكنك أن تفحص لتتأكد أن مرحلة الصوت تعمل بلمس النقطة الوسطى لضابطة حجم الصوت (نقطة المنزلقة Wiper) والإصغاء إلى الأزيز الذي يحدث.

فإذا ما كانت مرحلة الصوت تعمل، اضبط ضابطة إعادة التوليد REGEN إلى أن يصدر الجهاز صوت، إشارة إلى إن الترانزستور Q1 يتذبذب. أما إذا لم يتذبذب الترانزستور Q1، تأكد بعناية من التسليك وقس مقدار الفولتيات المؤشرة على المخطط باستعمال فولتميتر ذو ممانعة دخول عالية مثل الفولتميتر الرقمي DVM.

أغلب المشاكل تتمثل في إن Q1 قد جرى توصيله بشكل معاكس (القاذف Emitter محل الجامع collector) أو إن الأسلاك من الملف L1 قد جرى توصيلها إلى النقاط الخطأ على اللوح.

عند تشغيل الراديو استعمل كلا اليدين، واحدة للتنغيم، والأخرى للسيطرة على إعادة التوليد. بالنسبة لمحطات الإرسال الإذاعية الدولية أو لاستلام اتصال الكلام بصيغة AM على حزمة ٤٠m، اضبط بعناية ضابطة إعادة التوليد REGEN بحيث إن Q1 هي بالكاد تحت عتبة التذبذب. بالنسبة للاستلام بصيغة CW أو الحزمة الجانبية المفردة SSB، قم بزيادة مستوى إعادة التوليد REGEN بحيث إن الجهاز يتذبذب موفراً التردد المحلي المطلوب لهذه الصيغ.

هذا المستقبِل يلتقط الكثير من المحطات من خلال الهوائي السوطي المرفق معه، واستعمال توصيلة أرضي يقلل بدرجة كبيرة أي تأثير لسعة اليد. ((طريقة تحضير الأرضي ونقطة الصفر أو نقطة الأرضي على اللوح تجدها مفصلة في "المستقبل البلوري للهواة الشباب والفتيان" تأليف المترجم)). ولسحب محطات أكثر خلال ساعات النهار، يمكن استعمال طول من 10 إلى 15 قدم (أو أطول) من سلك معزول، كهوائي خارجي. ابرم ببساطة عدة برم من هذا السلك النازل حول الهوائي السوطي.

إذا قمت بتشغيل هذا المستقبل قريباً جداً من مستقبل آخر، يمكن لمذبذب إعادة التوليد ذو القدرة 30uW أن يتداخل معه.

دوائر جديدة لمستقبلات إعادة التوليد الفائق لهواة الراديو المهتمين بطيف الترددات VHF و UHF

يحفل هذا المقال بثلاث دوائر لإعادة التوليد الفائق تغطي المديات 38-45MHz و 118-136MHz و 88-180MHz

أضف وحدة تنغيم تلفزيوني TV tuner لتغطية المدى 450-910MHz

تصاميم جديدة لكشف تضمين التردد ضيق الحزمة NBFM مع دائرة لإسكات الضوضاء Squelch Circuit.

نقله إلى العربية سرمد نافع / بقلم تشارلس تشيكن Sept/Oct 2000

لم يكن من السهل الحصول على هذا المقال الجديد في كل شيء، والذي ترجم إلى معظم لغات العالم، وما إن تيسر لي الوصول إلى نسخة منه حتى بادرت بنقله إلى العربية ليصل إلى هواة الالكترونيات المجيدين للغة العربية في بغداد. أرجو أن يكون نافعاً للجميع.

العديد من هواة الراديو Radio Amateur يستمتعون ببناء مستقبلات الموجات القصيرة الخاصة بهم، لكن القليل منهم من يحاول بناء جهاز راديو للترددات فوق (30MHz) . وهذا القصور له أسباب عديدة. منها إن دوائر VHF و UHF ذات العدد القليل جداً التي تنشر هذه الأيام تميل إلى أن تكون معقدة، معظمها تصاميم تعمل بالفعل المغاير فوق السمعي (السوبر هيتروداين) Super heterodyne . وحتى عندما يتوفر اللوح المطبوع، فإن هذه المشاريع غالباً صعبة للهواة ذو المستوى المتوسط عند محاولة بناءها . بالإضافة إلى إن مستقبلات (السوبر هيتروداين) معقولة كمستقبلات تجارية أكثر منها مستقبلات هواة، كذلك فإن أكثر الهواة يخشى من الولوج في تعقيدات نطاق الترددات العالية جدا VHF.

وقد لمسنا هذا القصور في السنين الأخيرة. بينما في عقد الثلاثينات 1930 والأربعينات 1940 من القرن العشرين قام العديد من الهواة ببناء معدات VHF خاصة بهم. وفي الحقيقة فإن هواة الراديو هم الرواد الأوائل المسئولين عن تطور المنظومات الأولية لمعدات الاتصال ضمن النطاق VHF و UHF.

وإني أؤمن إن السبب الأول في تردي بناء أجهزة VHF في المنزل إنما هو هجر تقنية المستقبلات بإعادة التوليد الفائق واستحسان التقنية ذات التعقيد بالفعل المغاير فوق السمعي وهنالك أسباب وجيهة جداً لهذا التغيير.

منذ أن أدرجت تقنية إعادة التوليد الفائق Super-regenerative receivers في عشرينات 1920 القرن العشرين كانت تتضمن مشاكل لا يمكن التغاضي عنها . عندما استعملت الصمامات المفرغة في تلك الأجهزة، فإن القدرة العالية للإشعاع الراديوي الذي كان ينطلق منها كان يسبب تداخل interference على المستقبلات القريبة . بالإضافة إلى إن الدوائر التقليدية لإعادة التوليد الفائق كانت تعاني من ضعف شديد في الانتقائية selectivity؛ ويصدر عنها ضوضاء تصدع الرأس على شكل (وشه) عند عدم وجود إشارة . ونفس الشيء ينطبق على أداء تصاميم الأجهزة التجارية العاملة بإعادة التوليد الفائق، مثل تلك المستعملة في أجهزة الوكي توكي رخيصة الثمن التي تميزت بضعف تقليدي في أداءها ((جميع أجهزة الووكي توكي التي تباع في سوق الشورجة في بغداد كلعب أطفال هي من هذا النوع)) . وبخلاف ما ذكر فإن دوائر إعادة التوليد الفائق لها مميزات ممتازة .

هذه الدوائر سهلة البناء نجدها حساسة جداً Sensitive، حتى عند نطاق الترددات VHF و UHF . فهي تغطي مدى عريض جداً من الترددات، وتحتاج إلى تيار تجهيز قليل جداً يجعل منها مثالية للمستقبلات النقالة Portable receivers .

هذا المقال يسلط الضوء على بعض الدوائر الجديدة التي ساعدت على إقلال المساوئ التقليدية لمستقبلات إعادة التوليد الفائق .

سنرى دوائر لاستقبال تضمين التردد ضيق الحزمة NBFM التي تغطي طيف واسع من التردد وبإمكانها أن تكشف detect أي صيغة من صيغ التضمين الشائعة في الإرسال . كذلك سأدرج دائرة بسيطة لكنها فعالة لإخماد الضوضاء Squelch Circuit المؤذية عند عدم وجود إشارة مستلمة .

استعمال تصميم معتنى به، وما يكفي من عناصر الضبط وبعض المهارة من المشغل، يمكن أن نحصل منها على أداء مدهش في جودته من مستقبل عصري بإعادة التوليد الفائق . تتوفر في هذه الأيام مكونات أشباه الموصلات بأسعار رخيصة لم يسبق لها مثيل، سامحة لنا بفحص وتجربة أبعاد هذه التكنولوجيا .

التصاميم designs والمعلومات المقدمة في هذا المقال ترتكز إلى عدة سنوات من التجربة والفحص، بالإضافة إلى النظريات والتحليلات الرياضية . وإني أرى أن هذا يتبع الروح التقليدية Traditional Spirit لهواة الراديو Radio Amateurs لاكتشاف تقنيات وطرق عملية جديدة للاتصالات الراديوية .

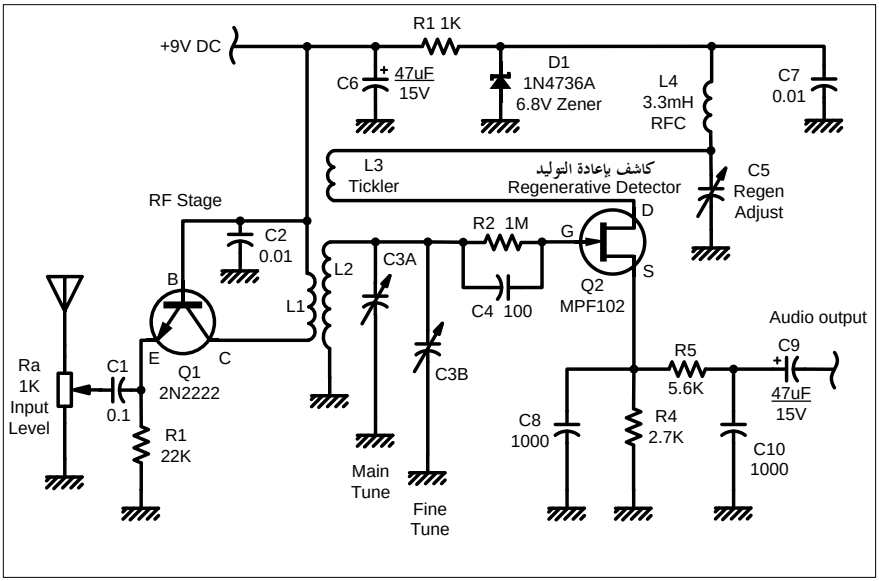
أخيراً فإن هذا المقال يبين أن العديد من (الحقائق) التي نشرت سابقاً حول إعادة التوليد الفائق هي زائفة؛ وقد طبعت مراراً وتكراراً ((في الكتاب المرجعي لـ ARRL)) دون أن يتقدم أحد على التحقق من صحتها . وإني آمل كذلك أن أبين أن دائرة إعادة التوليد الفائق ما زالت تكنولوجيا فاتنة، وجذابة يلفها الغموض وغير مفهومة وهي مثالية لأن يجري عليها الهواة تجاربهم .

إعادة التوليد وإعادة التوليد الفائق Regeneration and Super-Regeneration

مستقبلات إعادة التوليد تستعمل مذبذب تردد راديوي بمثابة كاشف تقرن إليه إشارة الدخول input signal . اكتشفها إدون هاوارد آرمسترونغ في العام 1914، إعادة التوليد يسمح لهواة الراديو ببناء مستقبلات حساسة جداً في وقت كانت فيه المكونات الالكترونية باهظة الثمن وأداء مضخمات التردد الراديوي لا تبلغ عُشر ما موجود في المعايير القياسية لهذه الأيام.

إدون آرمسترونغ ***Edwin Armstrong*** الذي اخترع الاستقبال بإعادة التوليد في العام **1912.**

في دائرة إعادة التوليد العصرية التي تراها في الشكل1 تضخم إشارة التردد الراديوي الداخلة من الهوائي بواسطة Q1 ثم تقرن إلى الكاشف بواسطة الملف L1 . لفات الملف L2 والمتسعات C3a و C3b تنغم على تردد الإشارة الداخلة. قسم من إشارة التردد الراديوي الخارجة التي جرى تضخيمها يعاد إلى input نفس المرحلة وبنفس الطور in phase (وبذا تضاف الإشارة بعضها إلى بعض)، من خلال الملف ذو الأثر الخفيف tickler winding (L3) .



الشكل1 دائرة عصرية لكاشف إعادة التوليد تستعمل أشباه الموصلات.

تضخم الإشارة بعد ذلك باطراد وتكرار Repeatedly، حيث يتم بناء إعادة التوليد إلى مستوى عالي جداً، لحين الوصول إلى النقطة الحرجة critical point حيث يبدأ التذبذب الذي يديم نفسه بنفسه self-Sustaining . بعد تلك النقطة يتوقف تضخيم الإشارة الداخلة عن التزايد ويبدأ بالهبوط إذ إن معظم طاقة الكاشف تكرس الآن لتوليد التردد الداخلي هذا . ميكانيكية إعادة التوليد معقدة؛ إعادة التوليد له تأثير إدراج المقاومة السالبة في الدائرة، حيث يتم إلغاء المقاومة الموجبة positive resistance . وبما إن انتقائية الدائرة أو Q الدائرة مساوية إلى الرادة الحثية الخالصة net inductance مقسومة على مقاومتها الخالصة net resistance، ستزداد انتقائية الدوائر مع زيادة كسبها عندما يحدث إعادة التوليد regeneration . لذا عندما يضبط إعادة التوليد بشكل جيد فإن مرحلة واحدة ممكن أن تكون ذات انتقائية عالية وتغنينا عن استعمال عدة مراحل تنغيم كما هو الحال في المستقبلات الأكثر تعقيداً .

مقدار الكسب المتأتي من مرحلة إعادة توليد مستقلة يتحدد ببداية التذبذب ذاتي الإدامة أو ذاتي الاستمرار self-sustaining في الدائرة . يعني ما أن يبدأ التذبذب حتى تكون مقدرة الجهاز على التضخيم قد تحددت (توقفت) . لذا نجد في مستقبلات إعادة التوليد العادية (المباشرة) straight regenerative إذا كانت الرغبة في الحصول على أعلى كسب وانتقائية يتعين على المشغل أن يضبط دائماً كمية التغذية العكسية إلى نقطة هي بالكاد تحت التذبذب الذاتي .

بالنسبة لاستقبال الموجة الحاملة CW (يعني صيغة مورس) وصيغة الحزمة الجانبية المفردة SSB، يضبط الكاشف ليعمل بالكاد فوق عتبة التذبذب . عند ذلك يمتزج تذبذب الكاشف مع التردد الداخل، منتجاً نغمة مسموعة بالنسبة لإشارات CW أو إشارات المذبذب BFO اللازمة لاستقبال SSB .

الكسب العملي للدائرة في مستقبلات إعادة التوليد العادية يبلغ 1000 مرة أكبر من نفس الكاشف عندما يعمل بدون إعادة توليد . باستعمال مكونات عصرية نحصل على كسب عملي للدائرة يبلغ 20,000 أي 86dB و من العادي أن يكون أكثر من ذلك .

في العام 1922، جاءنا آرمسترونغ باختراع جديد يستند على إعادة التوليد regeneration، لكن له ميكانيكية عمل مفتوحة وهو مدخل إلى حقل جديد من الأبحاث اسمه: إعادة التوليد الفائق Super-regeneration . وهو في الواقع تحوير لدائرة إعادة التوليد العادي أو إعادة التوليد المباشر straight regenerative؛ يتم فيها ضبط الكاشف إلى حالة التذبذب ثم يطفأ تبعاً لدورة مذبذب آخر يعمل عند تردد أوطأ ويعاد تشغيله وإطفاءه تبعا لدورة ذلك المذبذب .

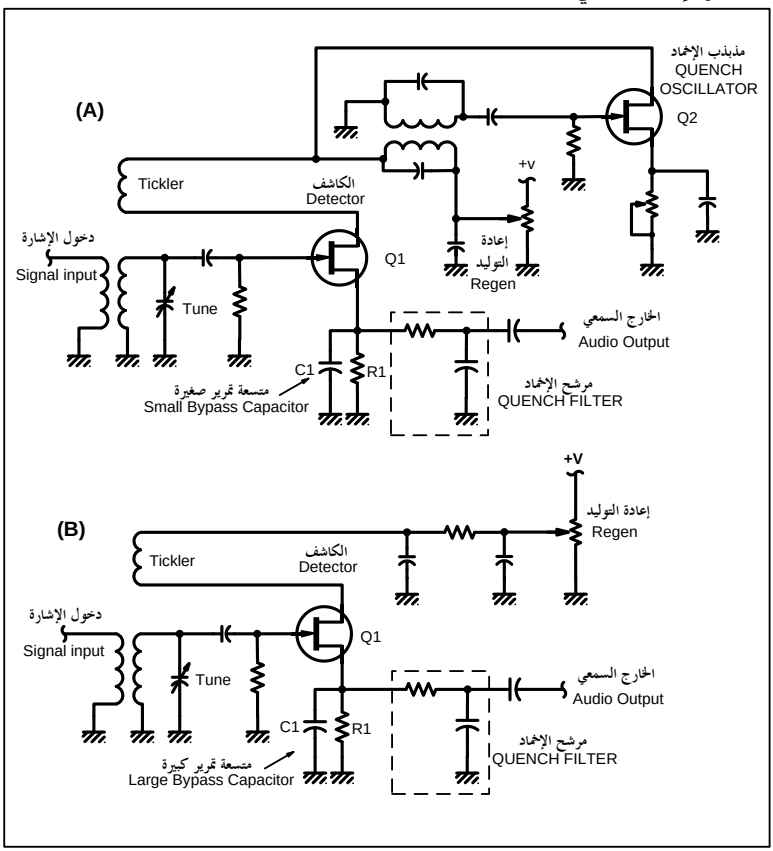
والدائرة في شكلها المبسط عبارة عن مذبذب RF مضمَّن (معدل) Modulated oscillator بالتردد الأوطأ (ضمن المدى فوق المسموع) . ويقرن مدخله إلى هوائي .

إعادة التوليد الفائق يسمح لإشارة الدخول أن يعاد بناءها إلى نقطة التذبذب مراراً وتكراراً عند كل دورة جديدة من دورات التذبذب للمذبذب ذو التردد الأوطأ، محققاً كسب لدائرة مرحلة تضخيم واحدة يقترب من المليون أي 120dB . وطالما هنالك كسب كاف ليبدأ التذبذب، يمكن بناء دائرة استقبال على درجة عالية جداً من الحساسية عند ترددات يصعب على الهواة ذوي المستوى

المتوسط أن يبنون دوائر مكافئة لها من الأنواع الأخرى مثل مستقبلات الفعل المغاير فوق السمعي super heterodyne.

مستقبلات إعادة التوليد الفائق Super-regens تصنف عموماً إلى أحد صنفين، تعتمد على الكيفية التي يتم بها تقطيع التذبذب أي الطريقة التي يتم فيها إخماد quenched التذبذب؛ كما ترى في الشكل2 هنالك طريقتين:

- **الإخماد الخارجي separately quenched.**
- **والإخماد الذاتي self-quenched.**



الشكل2- دوائر أساسية لإعادة التوليد الفائق. في A تشاهد كاشف له إخماد خارجي. بينما في B تجد كاشف له إخماد ذاتي.

في الشكل2A ترى دائرة مضمن فيها الإخماد الخارجي separately quenched؛ وتستعمل مذبذب إخماد منفصل، الترانزستور Q2 لتوليد فولتية متناوبة (تاريخياً هي موجة جيبيه) ترددها فوق

المدى السمعي لكنه أقل بكثير من تردد الإشارة المستلمة. هذا التردد يضمن Modulates إشارة المصرف drain للترانزستور Q1 عند تردد الإخماد. وبذلك فإن ترانزستور تأثير المجال ألوصلي يتم تشغيله وإطفائه بقدر تردد الإخماد quench-frequency. تذبذب الإخماد هو ببساطة شكل من أشكال تضمين الاتساع AM حيث يقطع على فترات عمل المذبذب الرئيس، سامحاً لإشارة التردد الراديوي RF signal أن يعاد بناءها لحين حدوث التذبذب.

تردد الإخماد المنفصل يوفر حساسية عالية ويتيح للمشغل أن يضبط كلاً من تردد الإخماد quench frequency وسعة التردد amplitude، ويتطلب بناء وتغذية مذبذب إخماد منفصل. ولعل هذا يضيف مزيد من التعقيد، إلا إن الدوائر المتكاملة العصرية تجعل من مذبذب الإخماد المنفصل أبسط وسهل البناء.

الشكل2B يبين النوع الآخر ذو دائرة الإخماد الذاتي. حيث يتم فيها حدوث تذبذب ثانوي من النوع المتراخي relaxation oscillation في ترانزستور الكاشف نفسه. وبذلك فهو يتذبذب عند ترددين: تردد الإشارة الراديوي وتردد الإخماد.

في دائرة الإخماد الذاتي((أنظر إلى C1 في الشكل))، يتم إعداد ثابت الوقت RC كبير لكل من C1 و R1 بما يلزم كي لا تفقد C1 شحنتها بسرعة وذلك لمنع فولتية الانحياز العكسي من أن تنمو على طرفي R1. فولتية الانحياز هذه تزداد بما يكفي لإطفاء تذبذب التردد الراديوي RF.

C1 عند ذلك تفرغ شحنتها خلال R1 إلى أن تصبح فولتية الانحياز واطئة بما يكفي لأن يبدأ تذبذب التردد الراديوي RF ثانية.

ثابت الوقت Time constant المتأتي من قيمة المقاومة R1 والمتسعة C1 بالإضافة إلى أي مقاومة أو سعة شاردة آتية مع خط تجهيز القدرة power-supply line، هو الذي يحدد التردد frequency والشكل الموجي Wave Shape لترددات الإخماد هذه.

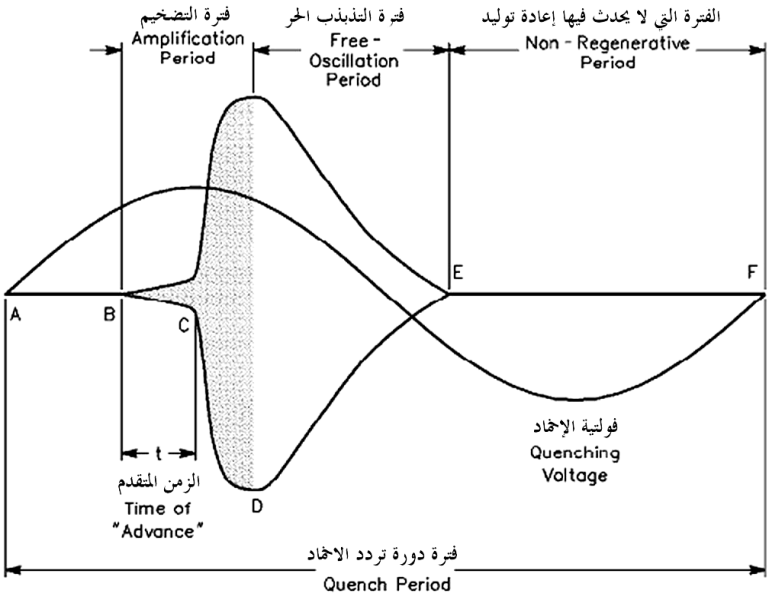
الميكانيكية الفعلية لإعادة التوليد الفائق

The Actual Mechanism of Super-Regeneration

الشكل3 مستخرج من مقال بقلم Hikosoburo Ataka في العام 1935. يقدم لنا التفاصيل التي تخص الغلاف الخارجي للتذبذب Oscillation envelope لدائرة كاشف إعادة التوليد التي يتم إخمادها quenched خارجياً بواسطة فولتية جيبيه Sine-Wave.

وهو إعادة للنموذج الذي يمكن أن تشاهده فعلا على شاشة مشهاد الإشارة (الأوسلسكوب). المساحة ذات المنطقة المظللة للغلاف envelope يتم فيها التكبير الفعلي للإشارة المستلمة. عندما لا توجد إشارة، تتولى الضوضاء noise في الكاشف بتوليد تذبذب حر يبدأ حول النقطة C وينمو بقدر الاستطاعة Carrying Capacity للعنصر الفعال (الذي هو الترانزستور). الكاشف هو الآن في حالة التذبذب الحر؛ ويستمر هذا إلى أن يتم إخماد الدائرة وموت التذبذب (النقطة E).

عند تسليط إشارة دخول input signal، تتغير ديناميكية المنطقة المظللة. يبدأ نمو التذبذب الآن حالاً عند النقطة B؛ وهذا يضيف الوقت اللازم للنمو t، الذي خلاله بدأ التذبذب Oscillation مبكراً بوجود الإشارة، ويصطلح على تسميتها الزمن المتقدم time of advance. وكلما كانت ضخامة الإشارة الداخلة أعظم، كلما كان الزمن المتقدم أكبر. كبر الأزمنة المتقدمة يفضي إلى فترات زمن تضخيم أطول B إلى D. الضوضاء الآتية الطبيعية تتطلب زمن أطول ليبدأ التذبذب Oscillation مما يلزم لإشارة الراديو الأقوى.



الشكل3 خصائص Characteristic غلاف التردد الراديوي RF envelope لكاشف إعادة التوليد الفائق.

لذا هيئ زمن محدد بين فترات الإخماد، فيتم تضخيم الإشارة الآتية أكثر بكثير من الضوضاء في الخلفية. الزمن المتقدم time of advance يؤثر بشكل مباشر على حساسية الكاشف detector sensitivity وهو دالة على قوة الإشارة المسلطة إلى المدخل وكل من التردد frequency وسعة amplitude فولتية الإخماد quench voltage.

لاحظ إن فترة التذبذب الغير مظللة للغلاف الخارجي D إلى E تمتلك غالباً المساحة الأكبر، ولكنها لا تسهم في أي تكبير فعلي للإشارة. الفترة الزمنية التي لا تتضمن إعادة توليد E إلى F هي تلك الفترة Period التي تعمل فيها إشارة الإخماد quench signal على إيقاف التذبذب تماماً، يجب أن يسمح للتذبذب بالتلاشي تماماً قبل أن يبدأ من جديد. وهذا هو السبب لماذا عندما نضع في مقدمة مستقبل بإعادة التوليد الفائق دوائر تنغيم ذات Q مرتفعة يمكن أن تمنع الكاشف نظرياً من أن يعمل بشكل صحيح. إنها تمسك الإشارة مانعة إياها من أن تخمد بشكل كامل، إعادة التوليد

سيتوقف وتستمر الدائرة بالتذبذب. في الدوائر العملية نستعمل ملفات ملفوفة باليد؛ وعلى أي حال سيكون ثمة فقد في الدائرة Circuit losses يمنع هذه المشكلة.

الخارج السمعي من الكاشف يكون مرتبط بالمساحة المظللة B إلى D. وعندما لا توجد إشارة مسلطة إلى الكاشف، فإن دفع الضوضاء يحمل التردد على أن ينمو عشوائياً؛ لذا فإن الزمن المتقدم time of advance (المساحة المظللة) والخارج من الكاشف سيكون عشوائي أيضاً. هذا يفسر خصائص Characteristic الهسهسة hiss في الخلفية التي نسمعها من الكاشف والمصطلح على تسميتها بالـ (وشّـه) وهي الضوضاء الجامحة rush noise لكاشف إعادة التوليد الفائق. وهي ملحوظة جداً عندما لا توجد إشارة وتختفي تماماً مع الإشارات القوية.

السعة amplitude وتردد التقطيع frequency of the interruption (متوسط الإخماد quench rate) كلاهما يؤثر على الأداء. الحالة المثالية، أن الكاشف يجب أن يخمد عند النقطة التي هي بالكاد بعد أن يحدث التذبذب الحر free oscillation، أو هي بمحاذاة النقطة D في الشكل3 هذا يوفر الحساسية الأعظم.

مع هذه الدوائر أرى إن الحساسية sensitivity ممتازة إلى درجة إنها لم تكن في يوم من الأيام المسألة الأساسية في هذا النوع من المستقبلات. إنما الانتقائية selectivity هي التحدي الكبير؛ وهي تسبب الإرباك والحيرة confusion وخطأ المعلومات حولها misinformation لسنين عديدة.

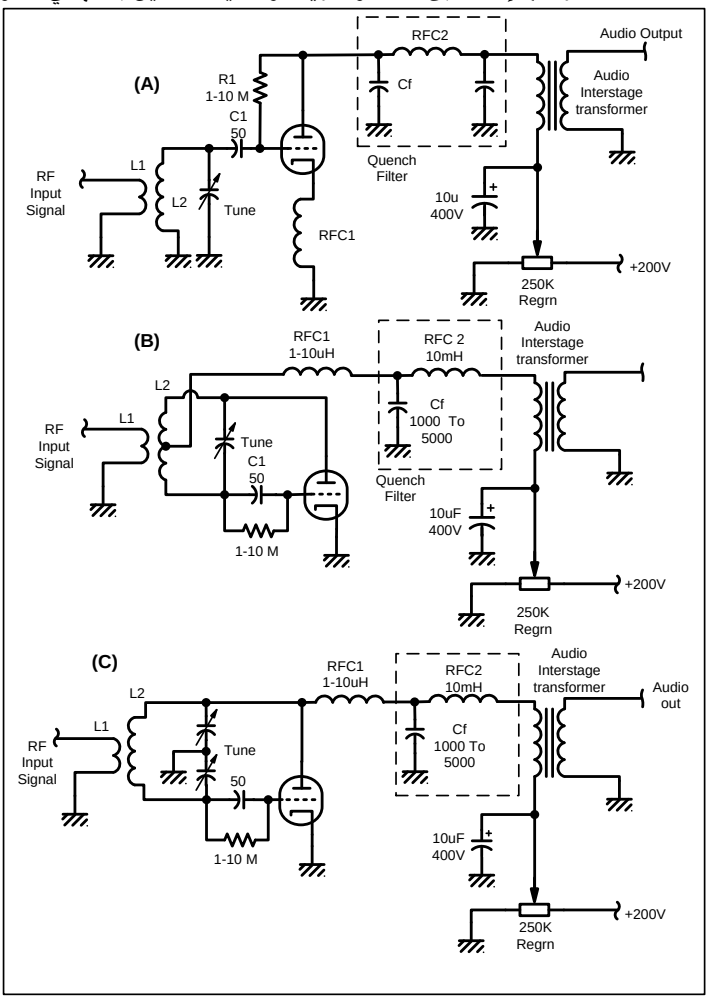
دوائر تقليدية لإعادة التوليد الفائق Traditional Super-regen Circuits

الشكل4 يبين بعض دوائر كاشف إعادة التوليد الفائق العديدة التي تعمل بالصمام والتي كانت شائعة في عقد الثلاثينات 1930s والأربعينات 1940s من القرن العشرين، تردد التذبذب الراديوي (تردد الاستقبال) يتم إعداده بواسطة الملف L2 مع متسعة التنغيم. السيطرة على إعادة التوليد من خلال تغيير فولتية تجهيز الكاشف.

الشكل4A هو دائرة كلاسيكية من نوع (الكاثود العائم floating Cathode)؛ هنا خانق التردد الراديوي RFC1 يحافظ على استقطاب الكاثود فوق نقطة الصفر من ناحية التردد الراديوي RF. هذا يجعل الدائرة في وضع غير مستقر destabilizes the circuit بالسماح لطاقة التردد الراديوي بالنمو في الكاثود. لوح الصمام قد جرى تمريره bypassed إلى الأرض. السعة الداخلية للصمام (زائداً أي سعة شاردة في الدائرة) بين الكاثود والأرض، ومع السعة بين كاثود الصمام والشبكة، يتشكل مذبذب كولبتس Colpitts oscillator. عندما نضع ضابطة مسيطر إعادة التوليد REGEN عالية بما يكفي، يبدأ التذبذب الراديوي RF.

الدائرة في الشكل4B تستعمل ملف ذو تفريعة وسطية كجزء من مذبذب هارتلي Hartley oscillator. لا حظ في هذه المرة إن استقطاب الكاثود عند نقطة الصفر ground potential. اللوح عند أحد أطراف L2 بينما الشبكة عند الطرف الآخر. تيار اللوح يتدفق ماراً خلال التفريعة على الملف رجوعاً إلى مصدر التغذية. هذا يحث إشارة في نصف الملف الآخر (الذي هو الآن متطابق في الطور in phase مع الدخول) لهذا يمكن للتذبذب أن يحدث.

الدائرة في الشكل4C ترتكز إلى مذبذب كولبتز Colpitts oscillator . وتستعمل قسمين ثابتين منفصلين للمتسعة المتغيرة، بالإضافة إلى ملف ذو تفريعة وسطية، لتحقيق إقلاب في الطور.



الشكل 4

دوائر كلاسيكية ذات إخماد ذاتي تعمل بالصمام لكاشف إعادة التوليد الفائق. في A تشاهد دائرة كاثود عائم **floating cathode circuit**؛ في B مذبذب هارتلي **Hartley**؛ وفي C مذبذب كولبتس **Colpitts**.

هنا يوجد مقسم جهد سعوي Capacitor divider بين اللوح والشبكة مع توصيل الكاثود إلى المركز بين المقسم السعوي (إذ إن الكاثود متصل بالأرض) . هذه التوصيلة لها مميزات ملحوظة: فهي تسمح لإطار متسعة التنغيم أن يكون متصلاً بالأرض.

جميع هذه الدوائر تعاني من مشاكل حقيقية في بنائها وعملها. التنوع المتأتي من الاستقلالية في توزيع المكونات للقائمين بالبناء، يغير السعاة الشاردة عند شبكة وكاثود الصمامات، ويتعين على القائم بالبناء تجربة قيم مختلفة لكل من RFC1 والمتسعة Cf لجعل الكاشف يتذبذب (ثم يخمد) بشكل صحيح.

الشكل4B يمتلك تعقيدات إضافية، كلا جانبي متسعة التنغيم عائم floating. وهذا يتطلب استعمال محور تدوير لمتسعة التنغيم من مادة عازلة طويل بما يكفي لمنع أي تغيير في التردد بتأثير سعة اليد. كذلك فإن تفريعة الملف L2 يتم تمريرها bypassed أحياناً مباشرة إلى الأرض، وينصح عادة باستعمال خانق للتردد الراديوي RF choke (RFC1) بين هذه النقطة ومتسعة التمرير. وأنا أؤيد هذا لأنه عند تمرير منتصف L2، فإن سعة الدائرة الشاردة بين أي جانب من جوانب الملف مع التفريعة tap سيمتلكان توصيل مباشر إلى الأرض. فإذا ما كانت السعة الشاردة هذه غير متوازنة، يمكن أن يكبح جماح تذبذب التردد الراديوي RF oscillation بالإضافة إلى إمكانية بلوغ أقصى قيمة لأعلى تردد للتذبذب مع استعمال التفريعة العائمة tap "floating" التي تستعمل خانق التردد الراديوي RF choke.

إقلال التداخل Reducing Interference

بما أن كاشف إعادة التوليد الفائق Super-regen يتقطع في تذبذبه كجزء من دورة الاشتغال الطبيعي له، فإنه سيشع بعض من إشارته. عند توصيل دائرة كاشف بالصمام المفرغ مباشرة إلى الهوائي، سينتج تداخل interference شديد على الأجهزة الأخرى لا يمكن التغاضي عنه. عند استعمال الصمام المفرغ مثل 6J5، تمر فيه عدة ملي أمبيرات عندما يعمل ويتغذى بالطاقة من 100 إلى 200 فولت، فإن مستوى القدرة قد يرتقي إلى 1W أو أكثر.

اليوم نحن نمتلك أشباه موصلات ممتازة تعمل بقدرة واطئة، وتقدم لنا أداء أفضل بكثير من الصمامات المفرغة، وهي تعمل عند مستويات قدرة واطئة للغاية.

الكاشفات التي تستعمل ترانزستورات تأثير المجال الوصلية JFET المشروحة في هذا المقال تستهلك عملياً مائتين مايكرو أمبير 200uA عند فولتية تغذية 6V أو أقل، حيث تبلغ قدرة العمل 1.2mW فقط. وبالرغم من هذا الإقلال المميز في أثر التداخل المتوقع، فإن كل المستقبلات بإعادة التوليد الفائق التي تبنى اليوم يجب أن تتضمن كذلك مرحلة تردد راديوي RF stage لتوفير عزل إضافي بين الكاشف المتذبذب والهوائي antenna. (واعلم إن الهواة المتحمسين للعمل بالقدرة الواطئة QRP أجروا اتصالات QSOs عديدة باستعمال 1.2mW فقط).

كاشفات بإعادة التوليد الفائق تستعمل أشباه الموصلات

Super-Regen Detectors Using Semiconductors

الشكل5 يبين بعض من دوائر إعادة التوليد الفائق ذات الحالة الصلبة solid-state ((ذات الحالة الصلبة تعني الترانزستورات أو المتكاملات)) والتي أدرجت في عقد الستينات من القرن العشرين

1960s. الشكل 5A يشبه إلى درجة كبيرة دائرة الكاثود العائم في الشكل4A. هنا تجد إن ترانزستور من نوع NPN ثنائي القطب bipolar transistor يمثل النبيطة الفعالة. لاحظ إن خانق التردد الراديوي RFC1 يجعل قاذف الترانزستور عائماً فوق الأرض ground (نقطة الصفر)، حيث يرتقي التردد ويساعد على منع الممانعة الواطئة لوصلة (القاذف- القاعدة) للترانزستور من تحميل الملف L2.

عملياً عند الاستعمال الفعلي تصعب السيطرة على إعادة التوليد regeneration في جميع تصاميم ترانزستور ثنائي القطب هذه. تغيير كسب الترانزستور من خلال تغيير فولتية التجهيز يحدث بشكل مباغت وبعيد جداً عن السيطرة السلسة لإعادة التوليد.

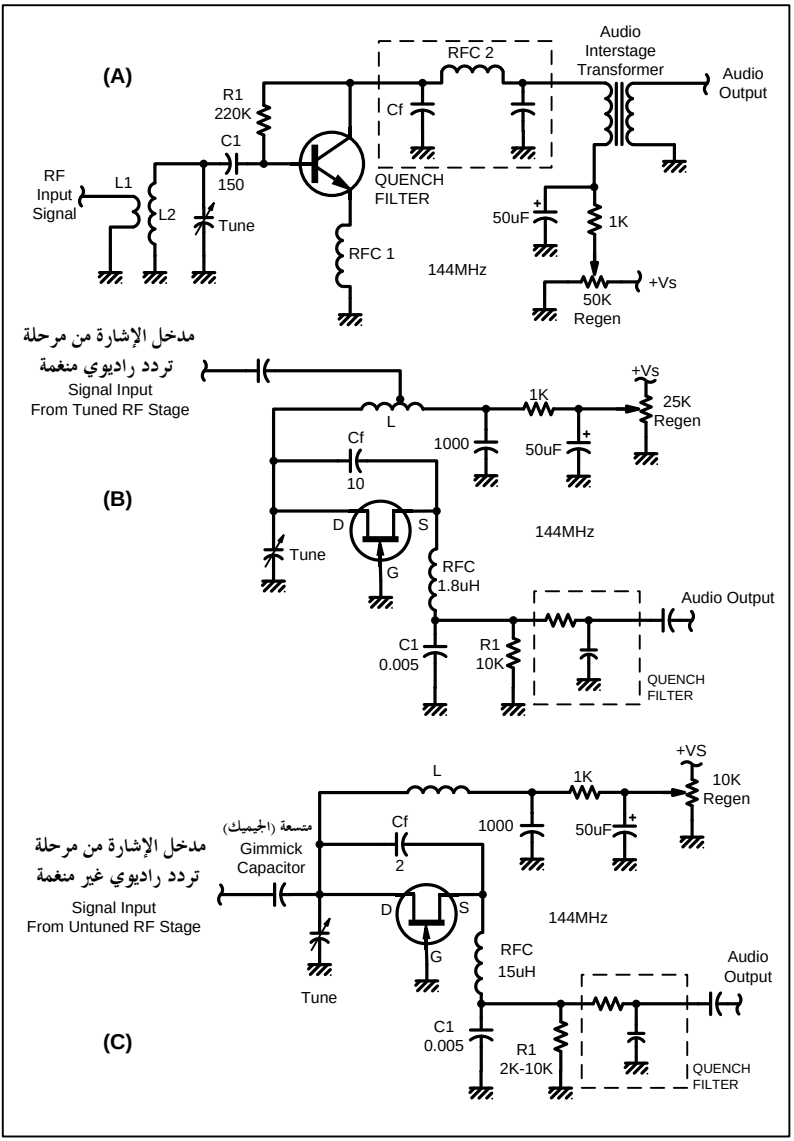
ورغم إن تصاميم الترانزستور هذه صغيرة ونقالة، إلا إن جميع الدوائر التقليدية هذه (كلاهما العاملة بالصمام والعاملة بالترانزستور) تعاني من ضعف شديد في الانتقائية selectivity. وقد بنيت مستقبلات قليلة في المنزل في عقدي الخمسينات 1950s والأربعينات 1940s استعمل فيها دوائر تنغيم ذات عامل جودة Q مرتفع جداً جرى بناءها باستعمال خطوط نقل محورية. وقد حققت انتقائية أحسن بكثير مما حققته الدوائر التقليدية، إلا إن بناء خط النقل كدائرة تنغيم كان معقداً، مما أبعد هذه الفكرة كثيراً عن التطبيق الواسع. ((ستجد عزيزي الهاوي صورة لأحد تلك التصاميم في نهاية المقال، وقد أعددته لك من المرجع الشهير ARRL Handbook, 1950 ... المؤلف)).

الشكل5B يبين دائرة أدرجت من قبل دوق دي مو Doug DeMaw الحامل لعلامة النداء W1CER / W1FB في العام 1967. وتمتلك تحسينات حقيقية على التصاميم السابقة. فهي تستعمل نبيطة JFET، التي تمتلك كسب أقل ولكن اعتيادياً فهي تمتلك استقرار أعظم من ترانزستورات ثنائية القطب.

يعمل ترانزستور تأثير المجال JFET، بصيغة توصيل القاعدة المشتركة Grounded-gate، الذي يحسن الاستقرارية ويقدم لنا حزمة ذات عرض Bandwidth أعظم عند مقارنته مع توصيلة المضخم ذو المصدر المشترك Common-Source amplifier.

دائرة دي مو DeMw لها بعض الشبه بدائرة الكاثود العائم. وقد أضيفت متسعة إضافية بين طرفي المصدر source والمصرف drain تساعد على انطلاق تذبذب التردد الراديوي.

هذه التوصيلة فريدة ومبتكرة، وفيها يستعمل قيمة كبيرة للمقاومة R1 (10KΩ) كمقاومة مصدر source resistor للحصول على انحياز تيار مستمر مرتفع للترانزستور JFET، يعمل مع C1 لتهيئة تذبذب الإخماد quenching oscillation ويسمح باستخراج أسهل للتردد الصوتي من طرف المصدر source لترانزستور تأثير المجال JFET.



الشكل5 - بعض الدوائر العصرية لكاشف إعادة التوليد الفائق لطيف الترددات **VHF** تستعمل أشباه الموصلات. في **A** ترى دائرة عملية تستعمل ترانزستور ثنائي القطب **bipolar Circuit** من السنين المبكرة لعقد الستينات **1960s**؛ في **B** ترى الدائرة الأصلية لـ دي مو من العام **1967**؛ في **C** ترى دائرة دي مو محورة أو قد جرى تحويرها.

وعند محاولتي بناء نموذج لهذه الدائرة في العام 1990، لم أتمكن من العثور على الملف الموصوف 1.8uH كخانق للتردد الراديوي (الذي كان متوفراً كملف جاهز اللف)، لذا يحتاج التصميم إلى بعض التحوير.

النتيجة تراها في الشكل5C . هنا قمت بزيادة قيمة خانق التردد الراديوي، وقللت قيمة Cf (لتحدث تقريباً نفس كمية التغذية الخلفية) . الآن يمكن استعمال قيمة أكبر لخانق تجاري جاهز للتردد الراديوي RFC .

وبدلاً من مرحلة تردد راديوي منغَمَة tuned RF stage، مقترنة اقتران وثيق tightly coupled مع الكاشف detector، كما في تصميم دي مو، فقد استعملت مرحلة تردد راديوي غير منغمة مع إقران سائب من خلال متسعة صغيرة جداً من نوع gimmick تصنع من برم سلكين حول بعضهما . دائرة مرحلة التردد الراديوي الغير منغمة تحقق أكثر من كسب كاف لسوق كاشف بإعادة التوليد الفائق، وهي مستقرة جداً ويمكن بناءها بسهولة . استعمال متسعة (الجيميك gimmick) الصغيرة يقلل الحساسية نوعاً ما، لكنها تمنع أي تحميل زائد لدائرة الملف والمتسعة LC circuit، وهذا يحافظ على Q الدائرة من أن يتدهور . وهذا بدوره يزيد انتقائية الكاشف ويحقق عزل إضافي لتذبذب الكاشف من أن يصل إلى الهوائي .

وقد لاحظت إن هذه الاختلافات عن الدائرة الأساسية لـ دي مو De Maw مفيدة جداً لبناء مستقبلات صغيرة ونقالة لاستلام تضمين الاتساع AM على المدى الترددي VHF لحزمة الطائرات aircraft band 118-136MHz، لكن الانتقائية لا زالت ضعيفة وإشارات تضمين التردد ذو الحزمة الضيقة NBFM على حزمة الهواة ذات المترين لا يمكن كشفها وسماعها . فقط يمكن كشف حاملة NBFM؛ أما تضمينها فقد كان ضعيف جداً ويصعب فهمه ونسخه copying .

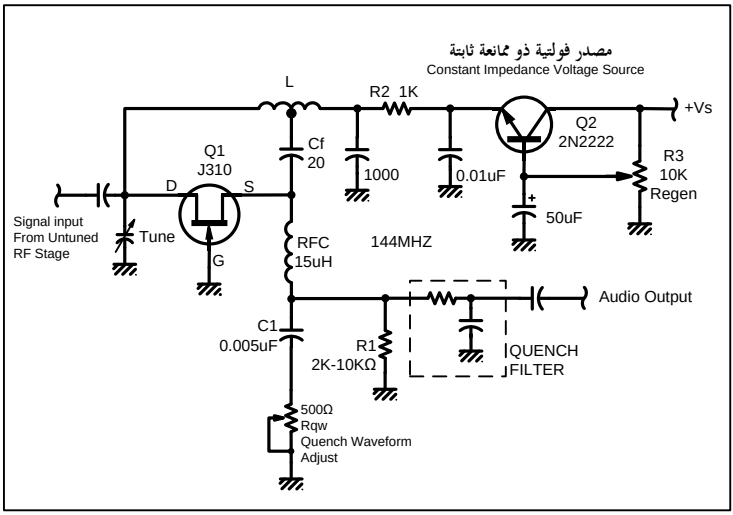
دائرة بإعادة التوليد الفائق لاستلام تضمين التردد ذو الحزمة الضيقة NBFM

A super – Regen Circuit for Narrow – Band FM (NBFM)

الشكل6 يبين دائرة جديدة للإخماد الذاتي self-quenched ولها فروقات مهمة عديدة عن دائرة إعادة التوليد الفائق التقليدية الغير انتقائية Traditional unselective super-regen .

جميع المقالات السابقة والمصادر التي شاهدتها ومررت بها حول موضوع إعادة التوليد، تأخذ في حسابها أن عامل الجودة Q لدائرة الملف والمتسعة LC أو كما تسمى دائرة الخزان على إنها الاعتبار الأولي لانتقائية المستقبل . وتردد الإخماد قد أدرج في الغالب على إنه تردد غير حرج non-critical (يعني غير مهم)، بينما شكل الموجة wave shape لتذبذب الإخماد لم يذكر أصلاً .

كما مع أي مستقبل فإن عامل الجودة Q لدائرة التنغيم دائماً مهم؛ وعلى أي حال فقد بينت تجاربي إن المتغير الأهم الذي يؤثر على الانتقائية لكاشف إعادة التوليد الفائق هو شكل الموجة لمذبذب الإخماد . وقد وجدت إن استعمال موجة جيبيه نظيفة جداً لتذبذب الإخماد يزيد بشكل كبير الانتقائية ويسمح بكشف إشارات NBFM .

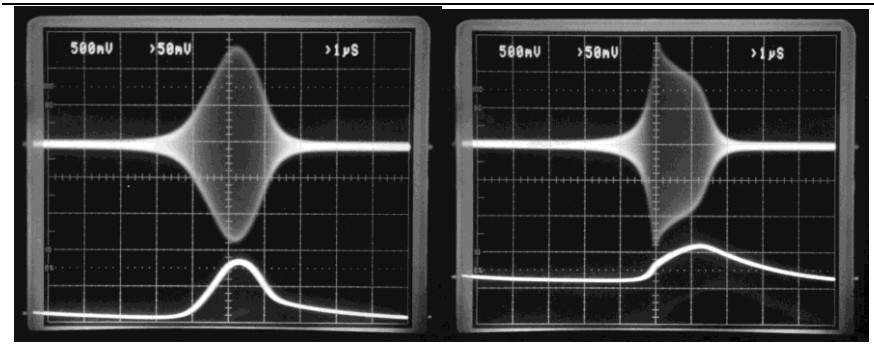


الشكل6- دائرة لإعادة التوليد الفائق لكشف إشارات **NBFM**.

أول ميزة جديدة تقدمها الدائرة في الشكل6 هي المقاومة المتغيرة R_{QW} للسيطرة على شكل موجة الإخماد quench-wave form control فهي تدرج مقاومة صغيرة على التوالي مع متسعة الإخماد C1 . المقاومة المضافة هذه تغير شكل الموجة لتردد الإخماد من شكل سن المنشار الاعتيادي إلى شكل أنعم قريب جداً من شكل الموجة ألجيبيه .

ما أن يبدأ تذبذب Q1 في دائرة الإخماد الذاتي هذه، بسبب الثابت الزمني الطويل الذي تحدده C1 و R1 بزيادة مستوى انحياز التيار المستمر لطرف المصدر source إلى أن يوقف تذبذب التردد الراديوي للكاشف. بعد ذلك تفرغ فولتية الانحياز هذه عبر R1 إلى أن يبدأ التذبذب مرة ثانية. قيم R1 و C1، زائداً أي مقاومة و متسعة في خط مجهز القدرة إلى الكاشف، يعين التردد والشكل الموجي لتذبذب التراخي relaxation Oscillation هذا . كلاهما عاملان حرجان ومهمان في تقرير وحسم انتقائية المستقبلات.

صور مشهاد الإشارة oscilloscope في الشكل7 تبين الأشكال الموجية للإخماد quench wave forms لدائرة الكاشف في الشكل6 . وللحصول على نموذج الأشكال الموجية نصنع انشوطة التقاط pick-up loop صغيرة نصنعها من توصيل سلك التأريض لمجس المشهاد مع مقدمة المجس. توضع هذه الأنشوطة قرب ملف التنغيم الرئيس L . الشكل الموجي في الأعلى يبين غلاف تذبذب RF للكاشفات كما تحسستها الأنشوطة؛ الشكل الموجي في الأسفل هو الفولتية عند طرف المصدر source لترانزستور تأثير المجال الوصلي JFET، حيث الثابت الزمني RC التي تولد التذبذب الثانوي (تذبذب الإخماد secondary quenching oscillations) .



(**B**) (**A**)

الشكل7- تأثير المقاومة المتغيرة **QUENCH-WAVEFORM (R_{QW})** على شكل الغلاف **envelope** للتردد الراديوي **RF** للكاشف. في **A** قد وضعت قيمة R_{QW} عند الصفر؛ بينما في **B** عند القيمة **250Ω**.

الشكل7A يبين الشكل الموجي لدائرة الكاشف في الشكل6 عندما نضع المقاومة المتغيرة R_{QW} على القيمة 0Ω . لاحظ إن هذه العملية تنتج غلاف تضمين modulation envelop على شكل سن المنشار؛ يتشكل تقطيع الكاشف إلى كامل التذبذب بسرعة بالغة ثم يتلاشى ببطء. ((يفترض بالقارئ أن يمتلك فكرة سابقة عن موجة سن المنشار، وقد تطرقنا لها في إصدارات سابقة من الألكترونيات)) تضمين سن المنشار saw tooth هذا ينتج حزمتين جانبيتين عريضتين على أي جانب من جانبي الحاملة detector's carrier (التي تتذبذب ابتداءً عند تردد الاستلام) . الحزم الجانبية هذه تحتوي على العديد من التوافقيات. أي من هذه الحزم الجانبية الموجودة تتداخل interfere مع الإشارة التي نروم استلامها ضيقة الحزمة narrow-band، لذا لكشف إشارات تضمين التردد ضيق الحزمة NBFM يتعين رفض الحزم الجانبية هذه.

عند إدخال المقاومة المتغيرة R_{QW} خلال دائرة الإخماد الذاتي self quenched circuit، فإن كلا من الشكل الموجي Wave shape والسعة amplitude لفولتية الإخماد تتطور developed مع التغيرات التي تحدث للكاشف. ونتيجة هذا تظهر على شكل تضمين ذو مظهر نظيف Clean-looking وخارج بدون حافات حادة smoothed- out لتذبذب التردد RF الراديوي (لاحظ الشكل7B) . وطالما أن هذا الشكل الموجي هو الآن قريب جداً من موجة جيبيه أعيد بناءها، فهو يمتلك محتوى من التوافقيات harmonic أقل بكثير من شكل موجة سن المنشار saw tooth، والحزم الجانبية المتولدة side bands generated أضيق بكثير. هذا يقلل التداخل الذاتي self interference (حيث يشوش jamming الكاشف بفعالية على نفسه) ويحسّن بدرجة كبيرة قابلية الكاشف على تقديم إشارة الحزمة الضيقة narrow-band signals تكون بعد الكشف واضحة ومفهومة.

لاحظ إن معظم دوائر إعادة التوليد السابقة قد استعملت مقاومة عالية القيمة كمسيطر على إعادة التوليد، القيمة العملية لدوائر الترانزستور هي 25KΩ صعوداً في دوائر الصمام لغاية 250KΩ. وعندما لا يكون المسيطر control عند النقطة ذات الجهد الأعلى (أنظر الشكل4)، فإنه يدرج مقاومة

توالي عالية القيمة في خط تجهيز القدرة. بينما في دائرة الإخماد الذاتي يتسبب هذا في تشوه إضافي لغلاف التردد الراديوي RF envelope، ويجعل الانتقائية أسوأ.

استعمال Q2 كمصدر فولتية بسيط، يساعد على منع أي تغيير كبير في مقاومة التوالي عبر خط تجهيز الكاشف عند تغيير إعادة التوليد. المقاومة R3 هي مقاومة ذات عشر دورات، تغير الفولتية عند قاعدة Q2، التي تكون تقريباً 0.7V أعلى من تلك الموجودة عند قاذف الترانزستور.

ولغرض تجنب شراء مقاومة ذات عشر دورات بقصد خفض التكاليف ((وإن كانت رخيصة في أسواق بغداد)) يمكن استعمال مقاومتين متغيرتين قياسيتين بقيمة 1KΩ و 10KΩ تحل محل المقاومة ذات العشر دورات. بساطة التوصيل تتمثل في توصيل المنزلقة للمقاومة 10K مع أحد جوانبها، ثم توصيلها على التوالي مع المقاومة المتغيرة التي هي المسيطر الرئيس لإعادة التوليد ذات القيمة 10K. حيث ستسمح المقاومة المتغيرة ذات 1K بالتنغيم الدقيق fine-tune لمستوى إعادة التوليد. ومن خلال التجريب فقد لاحظت أن المقاومة R2 يجب أن تكون في حدود 1K. وقد بدا هذا القدر من مقاومة التوالي على إنه يوفر أحسن فك تضمين demodulation لإشارات NBFM.

التحسين الثاني الكبير للدوائر التقليدية يتمثل في استعمال كاشف لإعادة التوليد الفائق يعمل بصيغة البوابة المؤرضة grounded-gate ضمن دائرة مذبذب هارتلي محورة. مصرف drain الكاشف موصلة إلى نهاية واحدة للملف L، بينما النهاية الأخرى للملف ممررة bypassed إلى الأرض، هذا التمرير يوصلها بفعالية إلى بوابة ترانزستور تأثير المجال JFET gate.

طرف المصدر للترانزستور مقرن إلى التفريعة على الملف. التفريعة tap توفر عكس الطور اللازم phase inversion بين البوابة والمصدر، وبذا فإن تغذية عكسية موجبة ستحدث في المرحلة. خانق التردد الراديوي RF choke يرفع جهد طرف المصدر لترانزستور تأثير المجال فوق الأرض من وجهة التردد الراديوي ويسمح للتردد السمعي بأن يستخرج من مصدر JFET بدون تحميل الكاشف.

من السهولة بمكان أن نصحح عمل الدائرة في الشكل6 ويتم ذلك من دائرة متسعة التغذية العكسية التي تراها في الشكل5C. الآن كمية التغذية العكسية يمكن ضبطها بسهولة من خلال بساطة تغيير نقطة توصيل المتسعة Cf إلى الملف L.

وللتغلب على التنوع الكبير في أشكال توزيع مكونات الدائرة على اللوح بين من يبني الدائرة من الهواة يتم توصيل Cf إلى مركز الملف للحصول على نتائج ممتازة. هذه الدائرة لا يؤثر عليها التغيرات في قيم كل من Cf وخانق التردد الراديوي RFC.

عند استلام تضمين التردد ذو الحزمة الضيقة NBFM، فإن الكاشف منغم على جانب واحد من الحاملة carrier ومسيطر إعادة التوليد regeneration يضبط بعناية ليسمح "بالكشف عن طريق المنحنى Slope detection". الكشف بالمنحنى أو بميل المنحنى هو طريقة لاستقبال إشارات FM باستعمال كاشف AM. الحزم الجانبية على أي جانب من الحاملة يمكن أن ينغم عليها وبما إن

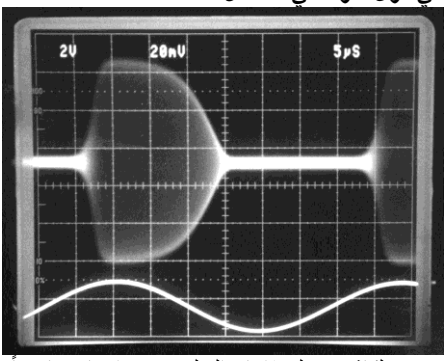
سعتها تقل كلما ابتعد التردد عن الحاملة، فإن سعة الإشارة التي نروم كشفها يتغير مع تضمين التردد .

الكشف بالمنحنى عادة ما يعمل بشكل ضعيف مع مستقبلات الفعل المغاير فوق السمعي (السوبر هيتروداين Superhets) وذلك لأن ليس من السهل تغيير الانتقائية؛ لكن مع جهاز إعادة التوليد الفائق يسيطر المستخدم user على الانتقائية سامحاً لإشارات NBFM أن يتم استقبالها، لا بل جميع أنواع الإرسال الشائعة . وكما مع الأجهزة التقليدية لإعادة التوليد التي تعمل على ترددات الموجات القصيرة، فإن هذه الدائرة ضيقة الحزمة narrow-band circuit تتطلب الاعتناء بضبط التنغيم وضبط إعادة التوليد من قبل المستخدم المشغل operator . ومع هذا فإن تعلم التنغيم والتشغيل هو أبسط من بناء مستقبل حساس عريض الحزمة broad-band يعمل بالفعل المغاير فوق السمعي لطيف الترددات VHF .

زيادة الانتقائية للدوائر ذات الإخماد الخارجي

Increasing the selectivity of Externally Quenched Circuits :

يحدث تأثير مثير للاهتمام جداً ومهم عندما يتم إخماد دائرة الكاشف في الشكل6 من فولتية موجة خارجية، نأخذها من مذبذب موجة جيبيه . حيث يبقى الكاشف detector حساس جداً وضوضاء الخلفية عندما لا توجد إشارة تكون أقل من دائرة الإخماد الذاتي التقليدية، لكن يبقى المستقبل غير انتقائي وليس له القابلية على كشف إشارات NBFM . أنا أعتقد إن السبب في هذا يكمن في إن تضمين المذبذب (الكاشف) هو ليس نفسه كما تضمين مضخم التردد الراديوي RF amplifier . عندما يتم إخماد كاشف يتذبذب بإعادة التوليد (يجري تضمينه Modulated) من خلال فولتية موجة خارجية، ينتج غلاف موجة جيبيه مشوه جداً very distorted . (الأثر الأعلى للموجة في الشكل8 يبين غلاف التردد الراديوي لكاشف عملي بإعادة التوليد الفائق يجري إخماده من خلال موجة جيبية خارجية والتي ترى أثرها في الأسفل) .



الشكل8- غلاف التردد الراديوي RF لكاشف عملي لإعادة التوليد يجري إخماده خارجياً بواسطة فولتية جيبيه خارجيه external sine-wave voltage.

وهذا يحدث بسبب إن تردد تذبذب الكاشف يكون مختلفاً وكذلك السعة amplitude وبسبب الأزمنة الغير خطية للصعود rise والهبوط fall للتذبذب الراديوي. ما نحتاج إليه هو شكل موجي wave form ودورة duty cycle ينتج عنها غلاف للتردد الراديوي RF envelope نضيف clean وذو شكل جيبي sine-wave عند الكاشف detector. *هذه المساحة من التجريب لا زالت مفتوحة للهواة amateur لإجراء التجارب والاختبارات.*

مازج وكاشف بإعادة التوليد الفائق للتضمين الترددي ضيق الحزمة

A super-Regen Mixer/Demodulator for NBFM

هاوي الراديو النيوزيلندي نات برادلي Nat Bradley الحامل لعلامة النداء ZL3VN، قد بنا العديد من مستقبلات إعادة التوليد الفائق ضمن طيف الترددات VHF و UHF وقد قام بالعديد من الاكتشافات المهمة. وربما إن أكثرها إثارة للاهتمام إلى الآن لم تنشر بعد.

إذا ما جرى مزج تردد راديوي RF من مذبذب محلي local oscillator *مناسب* مع تردد كاشف بإعادة التوليد، فإن الكاشف سيجهزنا بإشارة سمعية قوية جداً خارجة من تضمين NBFM؛ (المقصود بالتردد *المناسب* أن يبتعد عن التردد الذي يجري استقباله بمقدار تردد الإخماد للكاشف). وقد تحققت من ما وجده نات باستعمال مولد إشارة موضوع قريب من المستقبل (إذ إن التوصيل المباشر غير لازم). ويتم وضع إشارة المولد تقريباً عند 100KHz (تردد الإخماد لجهاز الاستقبال خاصتي) أعلى أو أقل من الإشارة التي نروم استقبالها، فيتم كشف تضمين NBFM بإشارة سمعية خارجة قوية جداً، مع تشوه distortion قليل وحاجة قليلة إلى ضبط مسيطر إعادة التوليد.

وكما هي الحال فإن ميكانيكية العمل بالضبط غير معروفة، نحن نعتقد إن كاشف إعادة التوليد الفائق قد مزج mixing الإشارتين. وهذا ينتج إشارتي RF عند الخارج من الكاشف : واحدة ذات 100KHz بمثابة التردد المتوسط "IF" (الفرق بين تردد المذبذب المحلي والحاملة المستلمة) وإشارة تردد راديوي RF ثانية، التي هي تردد الإخماد للمذبذب. تردد الإخماد يكون مضمّن ±5KHz من خلال NBFM المستلم. يتم مزج الإشارتين مع تذبذب الإخماد للكاشف. هذا يبعد حاملة الإخماد quench carrier ذات 100KHz، تاركا تضمين NBFM الأصلي.

هذا الاكتشاف يشتمل على إمكانية بناء مازج–كاشف بإعادة التوليد الفائق حساس جداً حيث يمكنه فك تضمين NBFM بشكل مباشر عند ترددات بالغة العلو extremely high frequencies. كل هذا بكلفة وقدرة مستهلكة قليلة مقارنة مع تصاميم الفعل المغاير فوق السمعي superhet.

والملاحظ إن هذه الطريقة تحقق مازج Mixer ذو حساسية عظيمة، لكنها لا تزال تعاني من المشاكل الكامنة فطرياً في جميع تصاميم (السوبر هيتروداين). المذبذب المحلي local oscillator يجب أن يتعقب track تنغيم المازج بدقة closely track عند تغيير تردد الاستقبال. لذا يتعين على من يبني هذا المستقبل أن يبني مذبذبين أحد المذبذبين تقليدي conventional والآخر مذبذب إعادة توليد فائق super regen، باستعمال إثنان أو ثلاثة متسعات متغيرة على محور واحد. وبهذا يمكن

إخراج مستقبل مقبول جداً لمدى تنغيم محدد مثل حزمة مفردة من حزم هواة الراديو Single Amateurs band .

دائرة جهاز استقبال VHF للتردد 38MHz إلى 54MHz

A VHF Receiver Circuit for 38-54MHz

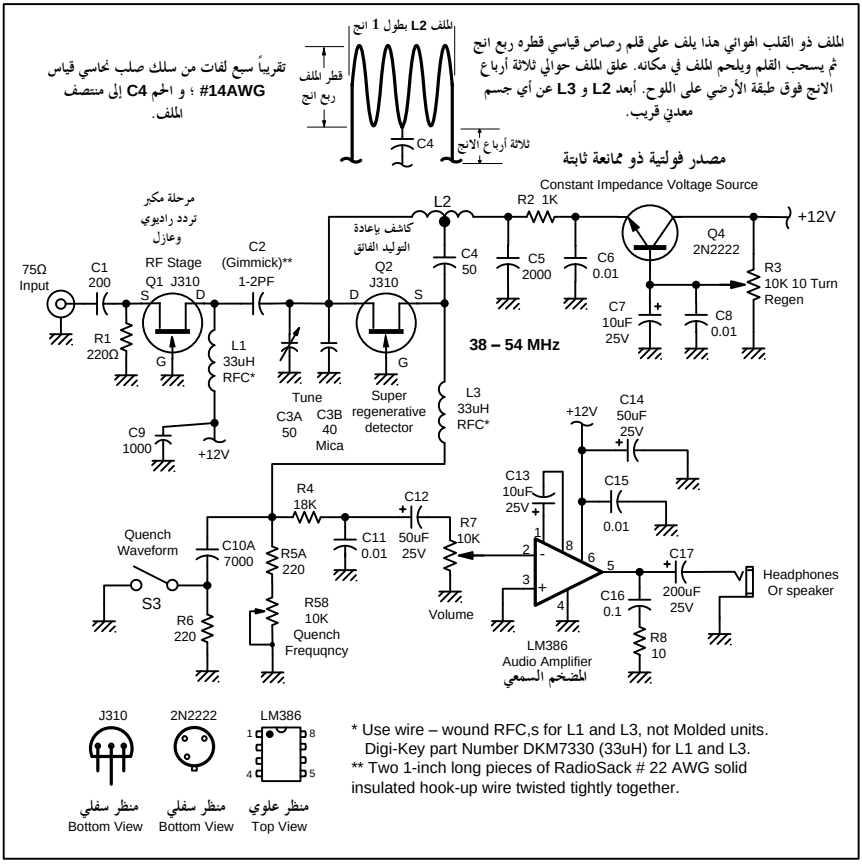
الدائرة التي تراها في الشكل9 و 10 توفر تغطية جيدة لحزمة الهواة ذات الستة أمتار وترددات VHF أخرى أوطأ . وهذه تتضمن ترددات فرق مكافحة الحرائق، وفرق كسح الثلوج من الطرق، وفرق الصيانة والإصلاحات، والهواتف المنزلية القديمة، وأنواع مختلفة ومتباينة من الاتصالات المحلية .

دائرة المستقبل هذه تكشف (تفك التضمين demodulate) إشارات التضمين الإتساعي AM والتضمين الترددي عريض الحزمة Wide-Band FM، والتضمين الترددي ضيق الحزمة NBFM وتضمين الطور Phase-modulation، وذلك عندما نضع ضابطة إعادة التوليد REGEN على إعادة التوليد الفائق؛ أما عندما نضعه على صيغة إعادة التوليد المباشر Straight regeneration Mode فإنه سيكشف إشارات مورس CW والحزمة الجانبية المفردة SSB . الدائرة الداخلية تستهلك أثناء العمل فقط 20mA ولها حساسية تبلغ في حدود (0.5uV) .

في الشكل9 تدخل إشارة RF من خلال ناقل محوري Coaxial ذو ممانعة 75Ω وهو مقرن من جهة التيار المتناوب إلى طرف المصدر source لمضخم التردد الراديوي، Q1 . هذه المرحلة لا تمتلك أي كسب للتيار Current gain، إذ إن توصيلة البوابة المشتركة common gate تحقق كسب متواضع للفولتية على مدى ترددي عريض . الحساسية الممتازة لكاشف إعادة التوليد الفائق ترفع أي أثر للفقد losses يحدث هنا . النقاط المهمة التي تتصف بها هذه المرحلة هي: أنها منخفضة الضوضاء Low noise، ولا يحدث فيها تذبذب، ولها مناعة من التحميل الزائد أمام الإشارات القوية، ولها المقدرة على العمل مع عدة حزم ترددية، وعزل الخارج من المرحلة عن مدخلها . كذلك فهي تمتلك ممانعة دخول واطئة (لتتوافق مع خط النقل المحوري coaxial) وممانعة خروج مرتفعة، والتي تقلل تحميل دائرة الكاشف .

المقاومة R1 توفر حماية تيار الانحياز المستمر إلى طرف المصدر source للترانزستور JFET . الملف L1 هو خانق للتردد الراديوي RFChoke، حيث يستخرج extracts إشارة التردد الراديوي المضخمة من طرف المصرف drain للترانزستور Q1 . قيم الخوانق chokes ليست بالقيم الحرجة، ولكن يمكن استعمال نفس القيمة كتلك التي للملف L3 في دائرة الكاشف . C2 هي متسعة من نوع (جيميك gimmick) تقرن الإشارة من مرحلة التردد الراديوي إلى الكاشف . تصنع متسعة (الجيميك gimmick) ببرم سلكين معزولين قياس #22AWG طول كل منهما واحد انج على بعضهما . وبذا نحصل على قيمة سعة بحدود 1pf . مقارنة مع المتسعة الثابتة الأكبر، فإن متسعة (الجيميك gimmick) تقرن الإشارات signals إلى الكاشف detector إقران خفيف أي سائب . وبهذا نمنع

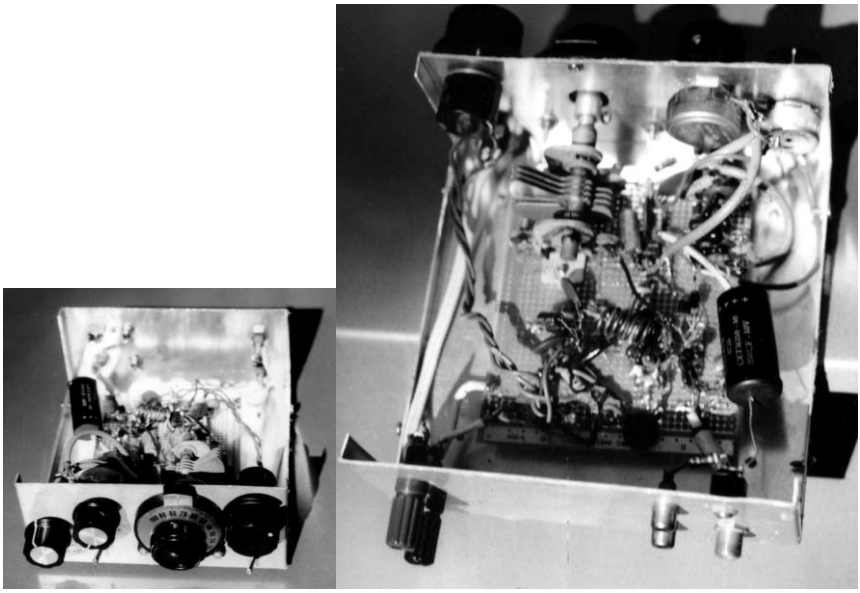
الإقران الزائد over coupling، الذي قد يقلل انتقائية الكاشف وغالباً ما يتسبب في حدوث ثقوب holes في مدى التنغيم لمستقبل إعادة التوليد الفائق.



الشكل9-مستقبل بإعادة التوليد الفائق ضمن طيف الترددات VHF يغطي مدى التردد 38 إلى 54 ميكا هرتز.

الترانزستور Q2 يعمل ككاشف إعادة توليد فائق super-regen detector بصيغة مذبذب هارتلي محور Hartley oscillator configuration. المتسعات C3b و C4 و C5 يجب أن تكون من المايكا (أو من السيراميك نوع NPO)، حيث الجودة العالية High Q والانحراف القليل low-drift. المقاومة R6 تضيف مقاومة صغيرة على التوالي مع المتسعة C10a، وتغير شكل موجة الإخماد الذاتي إلى شكل موجة جيبية لتحقق انتقائية أعلى. الترانزستور Q4 يقلل أي تغيير في الشكل الموجي لتردد الإخماد عندما نضبط مسيطر إعادة التوليد. يؤخذ الخارج السمعي ثم يرشح للتمرير الواطئ بواسطة R4 و C11. هذا الترشيح يمنع تذبذب الإخماد من الوصول إلى قسم الصوت. يقوم

المرشح كذلك بتبديد الترددات السمعية الحادة حيث تتحسن نوعية الصوت ويقلل الضوضاء في الخلفية. المتسعة C12 تقرن الإشارة السمعية التي جرى ترشيحها إقران متناوب AC إلى ضابطة حجم الصوت R7. المتكاملة LM386 هي مضخم سمعي لها كسب بقدر 200، مع قدرة كافية لسوق سماعات رأس نوع Walkman ((أي مثل سماعات الرأس المستعملة هذه الأيام مع MP3)) أو سماعة جهورية صغيرة.



(**B**) (**A**)

الشكل10- مستقبل 38-54MHz في A تشاهد منظر داخلي بينما في B منظر من الخارج.

دائرة عملية لإخماد الضوضاء لمستقبلات إعادة التوليد الفائق

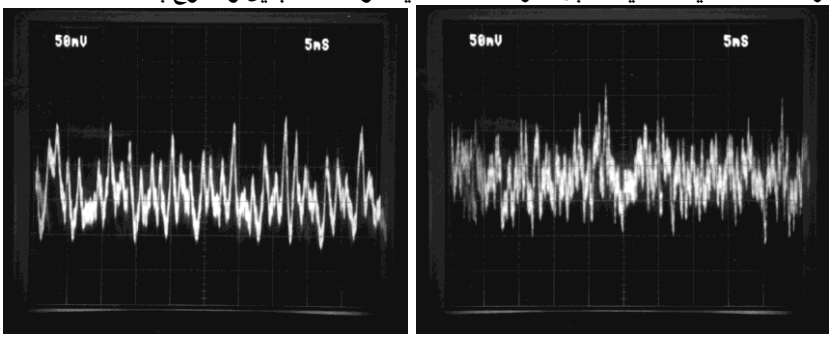
A practical Squelch Circuit for Super-Regen

منذ الاستخدام الواسع لمستقبلات الهواة للنطاق VHF في ثلاثينات القرن العشرين 1930s، جرى الاستياء من الضوضاء العالية المصاحبة لاختفاء الإشارة. الضوضاء العالية الجامحة هذه تصبح مؤذية وتصدع الرأس كما قلنا عند التعرض لها سماعاً لفترة طويلة، يحدث مثل هذا عند مراقبة ترددات حزمة الطائرات aircraft band مثلاً. لاحظ إن هذه الضوضاء لا تعتبر مشكلة عند مراقبة إشارات تضمين التردد عريض الحزمة WBFM (الإذاعات العاملة بتضمين التردد FM مثلاً) فهي لا تسمع أصلاً، إذ إن مستوى الإشارة عالي جداً والمحطة تمتلك حاملة carrier حاضرة طوال الوقت. عند الإصغاء إلى إشارات NBFM فإن الكاشف يضبط إلى مستوى واطئ لإعادة التوليد low regeneration level الذي يقلل بدرجة كبيرة الضوضاء في الخلفية. ورغم ذلك فإن إشارات NBFM

وخاصة إشارات AM على حزمة الطائرات aircraft band لا تزال تحتاج دائرة "مخمدة ضوضاء Squelch circuit" لراحة المستمع.

يمكن بلوغ تلك الغاية من الخصائص الطفيلية لإعادة التوليد الفائق؛ من الطبيعي أن كاشف إعادة التوليد الفائق هو مضخم ذو سيطرة آلية على الكسب AGC amplifier فعال جداً، يرتقي بالداخل إليه سواء كان "لا إشارة No signal" بمعنى ضوضاء noise أو "إشارة فعلية Signal" إلى نفس المستوى السمعي الخارج audio output level.

في حالة لا إشارة داخلة فإن الخارج السمعي من الكاشف يكون أساساً ذو سعة ثابتة constant-amplitude، إشارة ذات عرض حزمة عريض جداً very wide band width signal تشبه الضوضاء الموصوفة بالضوضاء البيضاء white noise. وهذا تراه في الصورة الفوتوغرافية للمشهاد الشكل11A. وعندما يتم استلام الإشارة كما في الشكل11B، فإن الخارج السمعي يتغير ويصبح محتواه الرئيس الترددات السمعية الواطئة، مع فترات هدوء عندما لا يتحدث أحد. لذا فإن مستوى الخارج السمعي يبقى ثابتاً تقريباً، ولكن ميزان الترددات السمعية audio-frequency balance (الترددات السمعية العالية مقابل الترددات السمعية الواطئة) تتباين وتتنوع بعنف.

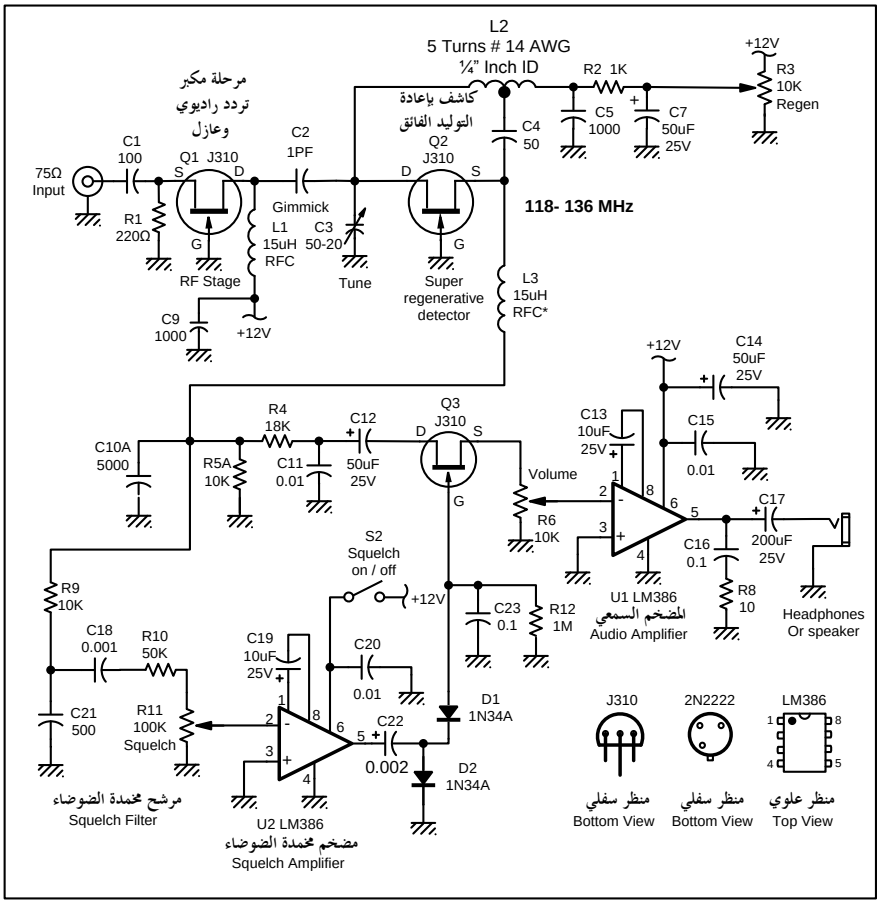


(**B**) (**A**)

الشكل11- الخارج من كاشف عملي بإعادة التوليد الفائق، نشاهد في A الخارج عندما لا توجد إشارة، وفي B عندما يستلم إشارة تردد راديوي RF.

لذا قد نستعمل ترشيح سمعي بسيط Simple audio filtering وتقويم rectification للحصول على فولتية مسيطرة Control voltage التي تتغير تبعاً لكمية الترددات السمعية العالية التي تحتويها الإشارة السمعية. هذه الفولتية يمكن أن تستعمل لاحقاً لإسكات mute أو إخماد squelch مضخم الصوت ، مثل هذه الدائرة تراها في الشكل12. هنا تجد قيم مكونات تقريبية لتغطية حزمة الطائرات aircraft band (118 ميكاهرتز إلى 136 ميكاهرتز).

يؤخذ من الدائرة مخرجين Two outputs. الأول هو الصوت الاعتيادي الخارج، حيث يمر عبر مكونات مرشح الإخماد quench filter المقاومة R4 والمتسعة C11، ثم إلى ضابطة حجم الصوت فالمتكاملة LM386 وهي المضخم السمعي. الخارج الآخر يمر خلال مرشح ثان يتألف من R9 و C21



الشكل12- مستقبل بإعادة التوليد الفائق **VHF** لحزمة الطائرات **aircraft-band** ويغطي المدى الترددي (**118- 136** ميكا هرتز) مع مخمدة الضوضاء **squelch.**

و C18 و C10 و R11 . مرشح تمرير الحزمة هذا المؤلف من المقاومات والمتسعات يحذف ترددات الإخماد والترددات السمعية الأوطأ . الخارج من ضابطة مخمدة الضوضاء R11 محتواها الرئيس هو الترددات السمعية العالية . ويمكن استبدال المرشح RC بمرشح فعال ذو قيمة Q عالية للنتائج الأحسن، لكن الدائرة الحالية جيدة وتفي بالغرض تماماً .

المتكاملة IC2 هي مضخم نوع LM386 ثانية، تضخم هذه المتكاملة إشارة الخارج الآخر وتسوق دائرة مضاعف فولتية بسيط Voltage-double تتألف من D1 و D2 . تقوّم هذه الثنائيات الإشارة والخارج منها فولتية سالبة يتغير مقدارها مباشرة مع كمية الترددات السمعية العالية التي تظهر عند الخارج من الكاشف . الأعضاء R12 و C23 ترشح الفولتية التي جرى تقويمها، والتي تسلط

بعد ذلك إلى بوابة Q3 . أطراف ترانزستور تأثير المجال هذا، المصدر source والمصرف drain موصلة على التوالي مع الخارج السمعي الرئيس من الكاشف.

أثناء العمل تكون ضابطة مخمدة الضوضاء SQUELCH متقدمة (عندما يكون المستقبل في حالة لا توجد إشارة) إلى أن تقوم الفولتية السالبة الخارجة من مضاعف الفولتية بقطع ترانزستور تأثير المجال عن التوصيل، حيث يكتم الصوت mutes the audio . عند استلام إشارة، فإن الضوضاء ذات التردد العالي في الخلفية تضعف بشكل مؤثر، وبذلك تنخفض الفولتية الخارجة من المضاعف، ويوصل ترانزستور تأثير المجال حيث نسمع الصوت مرة ثانية. فإذا ما كانت ثمة حاجة لاستلام إشارات ضعيفة جداً Very weak RF signals، يمكن ضبط مسيطر مخمدة الضوضاء SQUELCH control لكي يحدث إسكات جزئي للصوت؛ ولكن حتى مع الإسكات الجزئي فإن الضوضاء في الخلفية تقل بشكل معتبر.

صوت المرأة يحتوي بطبيعته على ترددات سمعية أعلى مما لصوت الرجال عند المقارنة، لذا قد يتطلب ضبط أقل لوضع مخمدة الضوضاء. قسم مخمدة الضوضاء في المستقبل يستهلك فقط حوالي 4mA من تيار التجهيز.

مستقبل VHF مع مخمدة ضوضاء، يغطي المدى الترددي 88 إلى 180 ميكاهرتز على حزمتين.

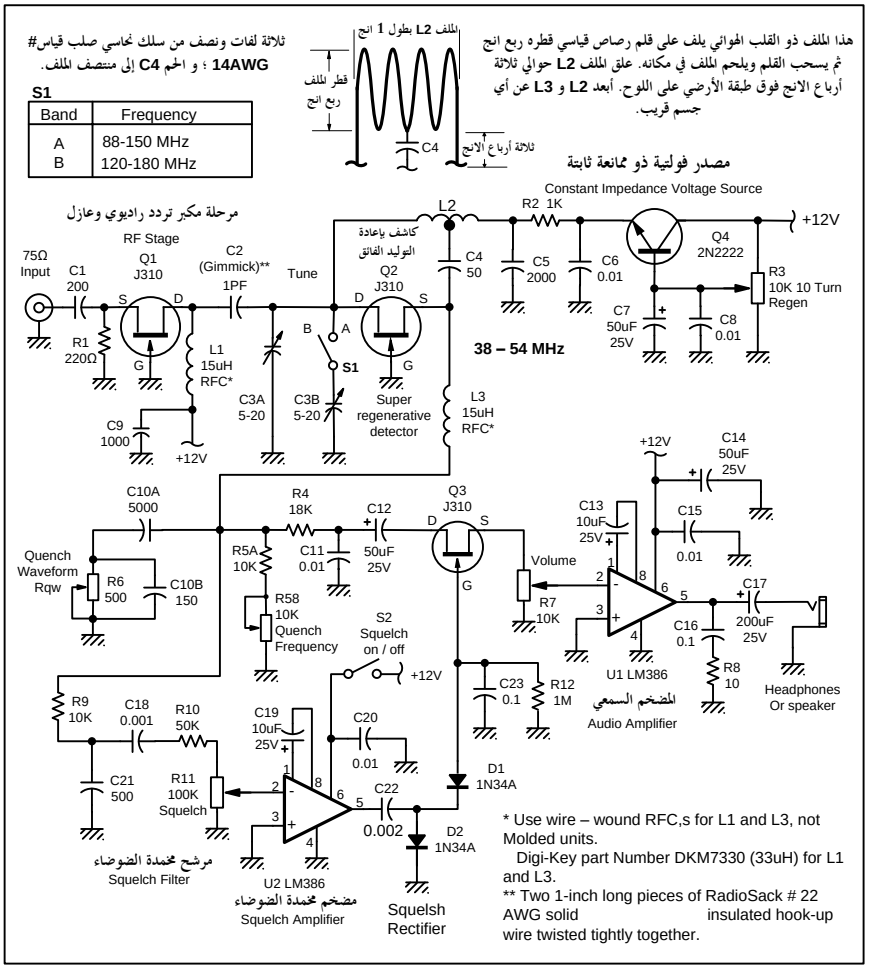
A Two-Band, 88-180 MHz VHF Receiver With Squelch

الدائرة في الشكل13 هي مستقبل VHF يمتلك مدى تنغيم عريض جداً؛ أعرض بكثير من مستقبل (سوبر هيتروداين) يبنى في المنزل. فهو يغطي مدى الترددات 88 إلى 180 ميكاهرتز من خلال نطاقين (أو قل حزمتين) . الصور التي تراها في الشكل14 هي للمستقبل كاملا .

الدائرة تعمل عند النهاية مرتفعة التردد للنطاق الذبذبي VHF، لهذا السبب تستعمل ملف تنغيم رئيس L2 ذو عدد لفات أقل من تلك المستعملة مع الوحدة 38 إلى 54 ميكا هرتز في الشكل9 . الملف يجب أن يمتلك نفس الطول تقريباً. ويمكن سحب اللفات حيث يصبح طوله واحد انج. بعد أن يتم بناء الدائرة ونجد إن الكاشف يعمل بشكل صحيح، يمكن ضغط لفات L2 أو تمديدها لرفع أو خفض مدى التنغيم. قيم L1 و L3 في هذه الدائرة أقل من تلك المستعملة مع المستقبل 38–54 ميكاهرتز.

وبالمثل قيم C1 و C4 و C10a و C5 قد تم إقلالها . المتسعة C10b هي اختيارية؛ فهي تخدم لإقلال أي تأثير تسببه السعة الشاردة في توصيلات R6 .

المتسعة C3 ذات قيمة ليست حرجة. متسعتين أو ثلاث متسعات على محور واحد يمكن نزعها من (راديو FM) قديم ستعمل بشكل حسن. ويمكن الاستعاضة عنها بأي متسعة صغيرة أخرى، طالما إن أقصى سعة لها ليست كبيرة جداً. ويمكن توصيل متسعة ذات قيمة صغيرة من المايكا على التوالي مع متسعة التنغيم tuning capacitor لإقلال سعتها العظمى؛ بالمثل يمكن إضافة لفة أو لفتين أو فتحها من L2 لتغيير مدى التنغيم tuning range .



شكل13- مستقبل **VHF** يغطي الترددات **88- 180** ميكا هرتز على حزمتين، ويحتوي على مخمدة الضوضاء **Squelch**.

تغيير حزمة الاستلام Band switching يتم بسهولة من خلال مفتاح قلاب toggle switch لتوصيل إما أحد أو اثنان من متسعات التنغيم متحدة المحور. مفتاح الحزم band switch يجري توصيله مباشرة على الأطراف المؤثرة hot terminals لمتسعة التنغيم باستعمال توصيلتين قصيرتين جداً من سلك نحاسي قياس AWG 14#؛ بهذه سيثبت المفتاح بشكل جيد. عند استعمال هذا الترتيب يكون من الضروري، بناء مستقبل مفتوح من الأعلى، حيث يمكن الوصول للمفتاح لتغيير حزمة الاستلام. يمكن بالطبع توصيل مرحل Relay ليقوم بالمهمة لتوصيل المتسعة الثانية

التي على نفس المحور ويستعمل مفتاح للسيطرة عليه من الواجهة الأمامية. لكن هذا سيستهلك تيار ويؤثر على عمر البطارية.

باستعمال لفات أقل للملف L2 وقيمة أقل للملف L3، يمكن تمديد الاستقبال إلى حوالي 350MHz؛ فوق هذا التردد ستمنع السعة الشاردة بين الكاشف ولوح الدائرة PC board ستمنعه من أن يتذبذب ويعيد توليد الإشارة بشكل صحيح.

المقاومة R5 يمكن أن تكون مقاومة ضبط متغيرة trim pot على اللوح المطبوع. ضعها على قيمة تسمح بسيطرة سلسة على إعادة التوليد خلال المدى الذي يغطيه المستقبل. وللحصول على أحسن استقبال ممكن لإشارات NBFM، يمكن استعمال مقاومة متغيرة قياسية بقيمة 10K تركب على الواجهة الأمامية.

تلاحظ في الصور الفوتوغرافية الهيكل enclosure لهذا المستقبل قد صنع بوضع النصف الأعلى للعلبة المعدنية داخل القسم الأسفل. هذين القسمين قد جرى ربطهما باستعمال براغي صغيرة وصامولات. بهذا سنحصل على صندوق صلب جداً ذو أربع جوانب مفتوح من الأعلى. استعمال صندوق جيد وصلب يحسن استقرار تردد المستقبل. تسمح الواجهة الأمامية بتغيير تردد الاستقبال عند تغيير المسيطرات. مقاومة متغيرة ذات عشر دورات 10-turn potentiometer مع قبضة تدوير لها قدمه ورنية كتدريج vernier dial تستعمل لتحقيق ضبط سهل لإعادة التوليد. توصل الحاوية المعدنية من خلال سلك قصير إلى نقطة الصفر للدائرة على لوح التجميع.

البارمترات المقاسة Measured Parameters

لاجراء هذه القياسات نستعمل تردد فحص يبلغ 125MHz؛ الخارج من مولد الفحص يوصل مباشرة إلى مدخل المستقبل باستعمال قطعة قصيرة من خط توصيل محوري نوع RG-59.

حساسية تضمين الاتساع AM :

من خلال وضع مسيطر Quench-Waveform R_{QW} على الوضع 0Ω، سنسمع بوضوح نغمة ذات 1uV و 30% تضمين اتساعي AM لنغمة ذات 1KHz. هذا السماع سيتحسن عند 0.3uV وعمق تعديل 100%.

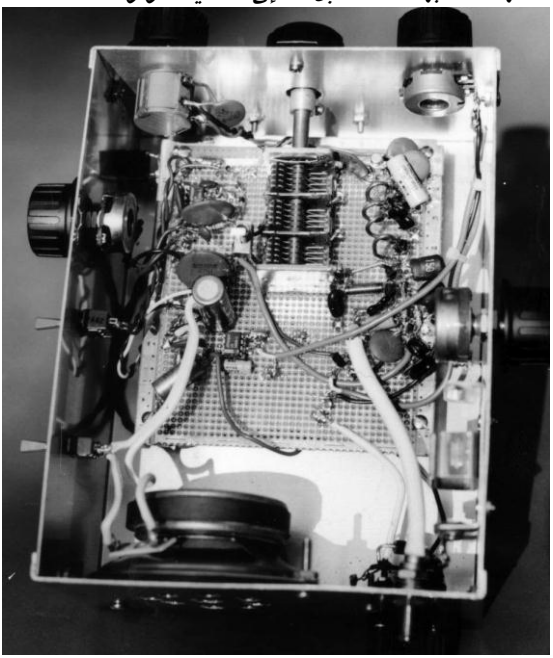
حساسية تضمين التردد FM :

يوضع مسيطر الإخماد Quench-Waveform R_{QW} على 250Ω (وسط التدريج). تضمن إشارة الفحص تذبذبياً FM بواسطة نغمة ذات تردد 1KHz مع شوط تذبذبي deviation يبلغ 5KHz. عند تردد 125MHz وإشارة ذات 0.7uV ستُسمع بوضوح. تقل الحساسية عند 160 ميكاهرتز لكنها تبقى أحسن من 2uV.

الإنتقائية Selectivity :

تتغير مع قوة الإشارة الداخلة. مع تضمين اتساع AM (توضع R_{QW} عند صفر أوم). الانتقائية حوالي 250KHz مع إشارة داخلة بقوة (2uV). مع تضمين التردد FM (توضع R_{QW} عند 500 أوم، تردد الحاملة 125MHz نغمة بتردد 1KHz وشوط تذبذبي deviation يبلغ 5KHz كانت الانتقائية

Selectivity حوالي 15 إلى 20 كيلو هرتز لإشارة داخلة ذات 1uV؛ و 80 كيلو هرتز مع إشارة ذات 5uV و 250KHz مع إشارة ذات 10uV؛ لاحظ إن أرقام الانتقائية هذه صحيحة فقط إذا ما قام المشغل بالإعتناء بضبط إعادة التوليد إلى مستوى بالكاد فوق التذبذب. طالما تزداد إعادة التوليد، تتحسن الحساسية بينما الانتقائية تهبط باطراد. كل من الحساسية والانتقائية أحسن قليلاً (لكنها متشابهة) للمستقبل 38 إلى 54 ميكا هرتز.



(**B**) (**A**)

الشكل14- المستقبل ذي التردد من 88 إلى 180 ميكا هرتز؛ في A تجد مشهد داخلي بينما في B منظر خارجي.

استقبال UHF UHF Reception

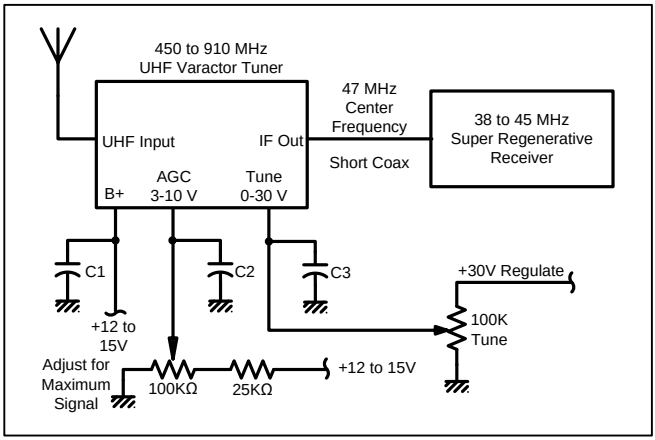
لبناء مستقبل يغطي المدى UHF، يمكن استعمال طريقين. الأولى في استعمال متسعة متغيرة صغيرة وملف ذو لفة واحدة ويسمى (ماشة الشعر hairpin). ضعها مع الكاشف، كذلك مع مرحلة RF stage، على قطعة صغيرة من لوح الألياف الزجاجية fiberglass مثبت على علو عدة انجات من اللوح المعدني الذي يمثل الأرض. انتبه أن تضع اللوح بعيداً عن الأجسام المعدنية. الكاشف يجب أن يستعمل دائرة LC موصلة على التوالي لزيادة مدى التردد إلى أقصى قدر ممكن.

الطريقة الثانية الأسهل بكثير والتي تعمل بشكل جيد تماماً تتمثل في استعمال وحدة تنغيم tuner للتردد UHF ذات ثنائيات الفاراكتور Varactor كمغير خافض down-converter يغذي

مستقبل VHF، الذي يعمل بمثابة مضخم تردد متوسط IF قابل للتنغيم وكاشف. وهذا تراه في الشكل15.

وحدة تنغيم UHF يمكن نزعها من جهاز فيديو كاسيت قديم VCR أو جهاز تلفزيون TV؛ ويمكن شراءها كذلك من بائعي القطع الالكترونية بالبريد.

وحدات التنغيم Tuners هذه تعمل ضمن المدى 450 إلى 910 ميكاهرتز وتعطي خارج بتردد 47 ميكاهرتز عريض الحزمة. وهذا يمكن توصيله إلى مدخل دائرة المستقبل ذو المدى الترددي 38 – 45 ميكاهرتز. الذي تراه في الشكل9، أو أي مستقبل NBFM يغطي مدى الترددات ذاك. يتولى المستقبل بعد ذلك التنغيم على التردد المتوسط الخارج من المغير. وبما إن وحدة التنغيم tuner تمتلك خارج أعرض من 6MHz، فإن مدى التنغيم الفعلي سيكون عدة ميكاهرتز فوق وتحت مدى وحدات التنغيم UHF. لذلك فإن هذا الترتيب يتيح لك التنغيم على حزمة الهواة ذات السبعين سنتيمتراً amateur band 70-Cm بالإضافة إلى ترددات أخرى عند النهاية الواطئة 450MHz لوحدة التنغيم. يمكنك كذلك استقبال حزمة الهواة ذات الثلاثة والثلاثين سنتيمتراً amateur band 33-Cm ومحطات أخرى عند النهاية 900MHz لمدى وحدة التنغيم. وللحصول على أحسن نتائج، تأكد أن فولتية التنغيم 30V+ هي ثابتة ومستقرة ولا تحدث لها زحزحة drift في قيمتها مع تغير حرارة الجو المحيط.



الشكل15- طريقة استقبال الترددات 440 إلى 917 ميكا هرتز باستعمال وحدة تنغيم تلفزيوني للمدى UHF ذات ثنائيات سعوية متبوعة بمستقبل لإعادة التوليد الفائق.

ما يسترشد به عند بناء الدوائر Construction Guidelines

عند بناء أي دائرة من التي وردت في هذا المقال، أنصح باستعمال اللوح المطبوع PC board الذي تبيعه 'FAR circuits'. فهو يمتلك طبقة توصيل على أحد جانبي اللوح بمثابة أرضي ground وله توزيع للمكونات متقارب، ويمتلك توصيلات مباشرة وقصيرة بين المكونات. وهذه مسألة أساسية

ليعمل بشكل مستقر ضمن المدى VHF . وتلك الألواح مصممة لدائرة الاستقبال ذات الحزمتين two-band التي تراها في الشكل13، ولكن يمكن استعمالها بسهولة لبناء الدوائر في الشكل9 و 12 بطبيعة الحال. ولتلك الدوائر يمكن ببساطة أما حذف المكونات الغير مستعملة أو توصيل أسلاك قصيرة Jumper لإتمام الدائرة.

عند استعمال اللوح المطبوع FAR Circuits board، يكون من الأهمية لحام جميع توصيلات الأرضي إلى كلا من اللوح العلوي أو السفلي للّوح المطبوع PC board . بهذا ستضمن إن المستوى Plane الأرضي في أعلى اللوح موصل مباشرة إلى توصيلات الأرضي في الأسفل. وكل مكون يمتلك توصيلة أرضي لأحد أطرافه تمر خلال اللوح تأكد من لحام توصيلة الأرضي هذه عند كلا جانبي اللوح.

أما إذا كنت تخطط في استعمال لوح موصل باليد، يكون من الأساسي أن كل التوصيلات حول الترانزستور Q1 و Q2 تكون مدمجة compact، لإقلال طول أسلاك التوصيل والسعة الشاردة. السعات الشاردة للدائرة ومسارات الأرضي المتعددة يمكن أن تمنع الكاشف من التذبذب. عند التسليك يجب أن تستعمل أقصر توصيلات ممكنة. ومن الأمور الحيوية المهمة أن ملف التنغيم للكاشف بإعادة التوليد الفائق يبتعد فيزيائياً عن الأجزاء الموصلة الأخرى (على الخصوص الأرضية المعدنية للهيكل التي تمثل الأرض، وقاع أو جوانب الصندوق الذي يحتوي الجهاز (إذا كان معدنياً) أو أي حجاب معدني آخر. إذا كان موقع الملف قريب جداً من الأجسام الأخرى قد يسبب هذا تحميل loading مقللا قيمة Q حيث تتدهور انتقائية المستقبل. التحميل الزائد قد يسبب منع الكاشف من التذبذب على جزء أو كل مدى التنغيم.

تأكد من وضع طرف المصرف drains لترانزستور تأثير المجال Q1 JFET و Q2 قريبة جداً من بعضها، سامحا بمسافة ربع انج بينهما لتركيب متسعة الـ (جيميك gimmick) . ملف التنغيم الرئيس يجب أن يلف باستعمال قطعة من سلك نحاسي صلد قياس #14AWG . يلف الملف حول قلم رصاص خشبي قياسي، ثم اسحب القلم ويلحم الملف إلى اللوح. تأكد أن تترك طول بقدر ثلاثة أرباع الانج عند نهايات الملف لحمله فوق اللوح.

هذه المستقبلات قد تم تجميعها في صناديق معدنية صغيرة، لكن يتعين دائماً بناء الدائرة وفحصها قبل وضعها في الصندوق. وقد وجدت عملياً أن الأحسن تركيب المتسعة المتغيرة مباشرة على طبقة الأرضي ground plane للوح الدائرة، ثم مرر محور التدوير خاصتها خلال ثقب أكبر قليلاً من قطر المحور على الواجهة الأمامية المعدنية. عند تركيب المتسعة المتغيرة مباشرة على الواجهة الأمامية ستتشكل توصيلة أنشوطه loop مع الأرض ground loop، وعادة ما تسبب فشل الكاشف في التذبذب.

الدائرة المطبوعة التي تبيعها FAR circuits لها حيز كبير من سطح الأرضي ground plane ليحمل متسعة التنغيم.

ثبت جميع المسيطرات الأخرى على الواجهة panel ووصلها إلى اللوح من خلال سلك محجوب Shielded cable . وصل نهاية واحدة من الحجاب إلى الأرض ووصل سلك أرضي منفصل بين

المسيطر وأرضية اللوح PC board ground بهذا ستمنع حدوث دورات للأرضيground loops أو أنشوطات للأرضي غير مرغوب بها.

دائماً عند بناء جهاز استقبال ابدأ عكس اتجاه حركة الإشارة يعني من السماعة رجوعاً إلى الهوائي؛ ابدأ من المرحلة السمعية audio stage ثم سلك المكونات من السماعة إلى ضابطة حجم الصوت. افحص هذه المرحلة من خلال تقديم ضابطة حجم الصوت إلى منتصف دوراتها ثم المس بتلة المنزلقة فإذا ما ظهر صوت أزيز Buzz في السماعة فهذا دلالة عل عمل المرحلة. وإذا لم تعمل هذه المرحلة، أعد فحص التسليك. قِس فولتية المصدر ولاحظ الفولتية على الطرف 5 للمتكاملة LM386 نصف فولتية التجهيز.

تأكد من متسعات التمرير bypass capacitors، C14 و C15 مركبة قريباً من الطرف 6 للمتكاملة LM386؛ وإلا سيعمل الحث الكامن في الأسلاك بعزل الطرف من أن يمرر، وسيتسبب في ظهور صوت القارب motor-boating (بقبقه) ((ويسميه المصريون في تراجمهم صوت لنش البحر؛ وهو تذبذب منخفض التردد)).

بعد أن تعمل مرحلة الصوت، أكمل توصيلات الكاشف detector ومرحلة التردد الراديوي RF، ولكن اترك C2 متسعة (الجيميك gimmick). ضع الضابطة R6 Qunch-WAVEFORM (R_{QW}) إلى منتصف مداها وقدم advanced ضابطة إعادة التوليد REGEN (R3) معظم المسافة. اضبط Quench Frequency (R5b) وكذلك ضابطة إعادة التوليد REGEN إلى أن يحدث التذبذب. يمكنك أن تسمع ضوضاء عالية جامحة، وهذه إشارة إلى إعادة التوليد الفائق Super-regeneration. فإذا كان الجهاز الذي تبنيه يتضمن مخمدة الضوضاء squelch circuit، ضع مخمدة الضوضاء على الوضع إطفاء خلال الفحص الأولي.

تقريباً في معظم الحالات، يتذبذب الكاشف بقوة مع وجود المتسعة C4 ملحومة إلى منتصف ملف التنغيم L2؛ وعلى أي حال فإن أشكال أخرى من توزيع المكونات layouts قد يتطلب أن يتحرك المبزل tap إلى أحد جوانب المركز either side of center. افحص أن الكاشف يتذبذب مغطياً مدى التنغيم المطلوب. قد تحتاج إلى إعادة ضبط المقاومة R3 والمقاومة R5b لإبقاء الكاشف يتذبذب. فإذا ما كانت ثمة ثقوب holes داخل مدى التنغيم (يعني التذبذب يتوقف)، حاول تحريك L2 و L3 بعيداً عن أي شاخص حوله. بعد ذلك ركب متسعة السلكين المبرومين (الجيميك gimmick). ابدأ ببرم لفات قليلة، ثم افحص ثانية إن المستقبل يتذبذب مغطياً مدى التنغيم الداخلي. استمر ببرم (الجيميك) قدر ما تستطيع دون أن تدع تذبذب الكاشف يتوقف. ثم افحص فحص نهائي للتذبذب مع توصيل هوائي VHF إلى مقبس الدخول.

متفرقة Miscellaneous

للحصول على أمثل أداء من هذه المستقبلات، استعمل بطاريات طازجة: البطاريات الأقدم يمكن أن تمتلك مقاومة داخلية مرتفعة حيث تغير شكل أو هيئة Shape الشكل ألموجي للإخماد. بطاريتان من ذوات 9V تكون حسنة للعمل بصورة نقالة. بطاريتان ذوات lantern batteries 6V توصل على

التوالي تكفي لتشغيل أحد هذه المستقبلات لعدة شهور في ظروف الاستعمال الاعتيادي، ويمكنك غالباً أن تعثر عليها بعلبة تحتوي زوج من هذه البطاريات بأقل من 10$.

يمكن تقليل مدى التنغيم لهذه المستقبلات لتغطية حزمة مفردة من حزم هواة الراديو، بإضافة زوج من متسعات المايكا إلى الدائرة؛ أضف واحدة على التوالي مع C3 والأخرى على التوازي معها . اجري التجارب على قيمهما إلى أن تصل إلى الحزمة المطلوبة للتردد . نفس الشيء ينطبق على عدد لفات L2 حيث يمكن ضغطها أو تمديدها، أو يمكن إضافة لفات أو رفعها لرفع أو خفض مدى التنغيم الداخلي .

تنغيم المستقبلات Tuning The Receivers

للحصول على أحسن أداء من مستقبلات إعادة التوليد الفائق Super-regen يجب أن تمتلك مستوى إعادة التوليد الخاص بها ويعاد إعداده كل مرة يتم فيها تغيير التردد . في هذه المستقبلات، تعمل ضابطة إعادة التوليد REGEN على تغيير الفولتية التي تغذي الكاشف بالقدرة . الفولتية الأعلى للكاشف تكسبه حساسية أعظم، لكنها تقلل الانتقائية . في هذه الدوائر ذات الإخماد الذاتي، فإن ضابطة إعادة التوليد REGEN Control تؤثر كذلك على تردد الإخماد .

ضابطة شكل الإخماد Quench-waveform (R_{QW}) وضابطة تردد الإخماد Quench- frequency كلاهما يجب أن تضبط للحصول على أحسن استلام لتضمين التردد ضيق الحزمة NBFM . وكقاعدة فإن مستوى إعادة التوليد يجب أن نحافظ عليه مرتفعا على حزمة الإرسال 88 إلى 108 ميكاهرتز (تضمين التردد عريض الحزمة Wide-band FM mode) بوضع R_{QW} على 0Ω . عند الإصغاء إلى الموسيقى يجب ضبط مستوى REGEN بعناية لأقل تشوه للصوت . وتردد حزمة الطائرات aircraft band 118 إلى 136 ميكاهرتز (بتضمين AM)، مرة ثانية أقول ضع مستوى REGEN عالي و R_{QW} عند 0Ω . نغم على المحطة، برج السيطرة على حركة الطائرات مثلاً؛ شغل دائرة مخمدة الضوضاء واضبط المستوى حيث لا تسمع ضوضاء عندما لا توجد إشارة .

عند الإصغاء إلى المحطات على حزمة الهواة ذات المترين 2m بصيغة NBFM، زد R_{QW} إلى حوالي منتصف مداها وضع REGEN عالي إلى حد ما . بعد التنغيم على المحطة قلل وضع REGEN إلى أن يزداد مستوى الصوت بوضوح . ثم أعد تنغيم المستقبل وأعد ضبط مسيطر REGEN لأحسن استقبال .

عملياً R_{QW} تنشئ نافذة لحزمة ضيقة بين النقطة التي عندها يتداعى الكاشف (مستوى إعادة التوليد واطئ جداً) والنقطة التي عندها يتدهور مستوى الصوت للـ NBFM باطراد (إعادة التوليد عالي جداً) .

زيادة R_{QW} يزيد من عرض هذه المنطقة، لكن إذا استعملنا مقاومة كثيرة، ستبدو الانتقائية أصبحت ممتازة (مضائلة الترددات العالية للصوت) ويصبح فهم الكلام صعباً . وعموماً عند استلام إشارة قوية جداً، تحتاج R_{QW} إلى التقديم advanced (مقاومة أكثر) . ضبط مسيطر تردد الإخماد Quench-Frequency يساعد كذلك في استلام محطات NBFM الضعيفة .

التجارب المستقبلية Future Experimentation

أنا أدعو جميع هواة الراديو للانضمام معي في استكشاف هذه التكنولوجيا المثيرة للاهتمام. حتى اليوم، لا زال هنالك الكثير من عدم المعرفة وغير المفهوم حول دوائر إعادة التوليد الفائق. مثل ظاهرة زيادة الحساسية التي تحدث لمستقبل الفعل المغاير فوق السمعي ذو الهوائي التلسكوبي عندما نضعه بقرب مستقبل إعادة التوليد الفائق يعمل.

العديد من التقنيات للدوائر الأساسية basic circuits قد بيناها في هذا المقال يمكن أن تستعمل لتطوير مستقبلات للتجارب سهلة البناء لطيف الترددات UHF أو حتى ترددات المايكرو ويف.

توجد تقنيات أخرى يمكن أن تستعمل لإخماد الضوضاء Squelch methods. فقد استعمل نات برادلي طريقة تكبير التغيير الصغير في فولتية تيار الانحياز المستمر لطرف المصدر source لترانزستور تأثير المجال الذي يعمل ككاشف والذي يحدث عند وجود الإشارة و عدم وجودها. حيث يستعمل للسيطرة على بوابة JFET كبوابة تفتح وتغلق أمام مدخل الإشارة إلى دائرة الصوت.

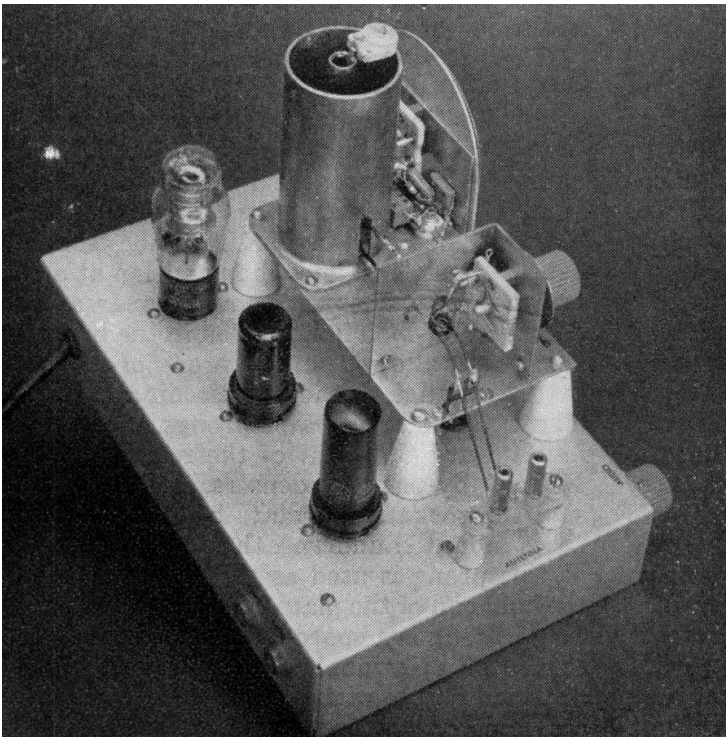
بما إن تردد الإخماد quenching Oscillations لكاشف إعادة التوليد الفائق super-regen detector. يحتوي على نفس التضمين الموجود في حاملة التردد الراديوي المستلمة، فإن العديد من الدوائر الجديدة يمكن تطويرها للتضخيم أو للسيطرة أو لفك تضمين تردد الإخماد. بكلمات أخرى يمكن معالجة تردد الإخماد بنفس الطريقة التي نعالج بها التردد المتوسط IF لمستقبل الفعل المغاير فوق السمعي (السوبر هيتروداين). ويمكن استعمال مميز تضمين ترددي حقيقي (كاشف FM) أو دائرة القفل الطوري PLL لفك التضمين من تردد الإخماد واستخراج تضمين التردد ضيق الحزمة NBFM.

نبذة عن كاتب المقال

تشارلس كيتشن (تشاك) الحامل لعلامة النداء **N1TEV**، مصمم التطبيقات المادية **hard ware** في **'Analog Devices** قسم أشباه الموصلات – ويلمنكتون، ماساشوستس. مسئوليته الرئيسية في إعداد المنشورات التقنية وتطوير دوائر لتقنيات جديدة.

وقد نشر أكثر من **60** مقال وثلاثة كتب وعدد كبير من الملاحظات حول التطبيقات. تخرّج تشاك بدرجة **ASET** من معهد وينت وورث في بوستون. بعد ذلك استمر في دراسة الهندسة الكهربائية في جامعة لويلس القسم المسائي. يتصف تشاك بتحمسه الشديد لبناء أجهزة الراديو وهوايته في الإصغاء إلى الموجات القصيرة **Shortwave Listener** منذ أن كان فتى، وهو هاوي راديو يحمل الرخصة العامة (**General**) لستة سنوات. هواياته الأخرى، الفلك والرسم بالزيت.

فيما يلي تجد صورة المقال الذي استعمل فيه الخط المحوري كعنصر تنغيم كما ورد في ARRL Hand book 1950 .



في الصورة أعلاه تجد قطعة من الخط المحوري الذي استعمل كوحدة تنغيم، واقتضى الحال بناء هذه القطعة من أنابيب جرى تجميعها، وهذه هي الصعوبة التي أشار إليها تشاك في مقاله. في أعلاها تجد متسعة الضبط نصف المتغيرة قد جرى تثبيتها.

CHAPTER 12

The Superregenerative Receiver

The simplest type of v.h.f. receiver is the superregenerator, for many years the most popular receiver for v.h.f. work. It affords fair sensitivity with few tubes and elementary circuits, and though it has largely been replaced by the more effective superheterodyne for home-station use, it still has many v.h.f. applications. Its disadvantages are lack of selectivity, poor signal-to-noise ratio on weak signals, and its tendency to radiate a strong signal which causes severe interference.

Its selectivity may be improved somewhat and its interference capabilities reduced by the addition of an r.f. stage, a refinement which should be considered a necessity if the receiver is to be used in a locality where there are other stations operating on the same band. If no r.f. stage is used, as in portable applications where economy of space and battery drain are primary considerations, the detector should be operated with the lowest plate voltage that will permit superregeneration, in order to reduce its interference range.

From a practical aspect, superregenerative receivers may be divided into two general types. In the first the quenching voltage is developed by the detector itself, called a "self-quenched" detector. In the second, a separate low-frequency oscillator is used to generate the quench voltage. Self-quenched detectors have found wide favor, particularly for portable work; but it is possible to achieve better performance with the separately-quenched type, particularly as the frequency approaches the upper limit of the tube's capabilities.

Superregeneration Principles

The limit to which ordinary regenerative amplification can be carried is the point at which oscillation commences, since at that point further amplification ceases. The superregenerative detector overcomes this limitation by introducing into the detector circuit an alternating voltage of a frequency somewhat above the audible range, the value being between 20 and 200 kc. depending on the signal frequency. Because the oscillations are constantly being interrupted by this quenching voltage the regeneration can be greatly increased, and the amplified signal will build up to tremendous proportions. A one-tube superregenerative receiver is capable of an inherent sensitivity approaching the thermal-agitation noise level of the tuned circuit, and may have an antenna input sensitivity of two microvolts or better.

Because of its inherent characteristics, the superregenerative circuit is suitable only for the reception of modulated signals, and operates best on the very-high frequencies. Typical superregenerative circuits for separately-quenched and self-quenched detectors are shown in Fig. 12-17, but the basic circuit may be any of the various arrangements used for straight regenerative detectors.

In the self-quenched detector the frequency of the quench oscillation depends upon the feed-back and upon the time constant of the grid leak and condenser, the oscillation being a "blocking" or "squegging" in which the grid accumulates a strong negative charge which does not leak off rapidly enough through the grid leak to prevent a relatively slow variation of the operating point.

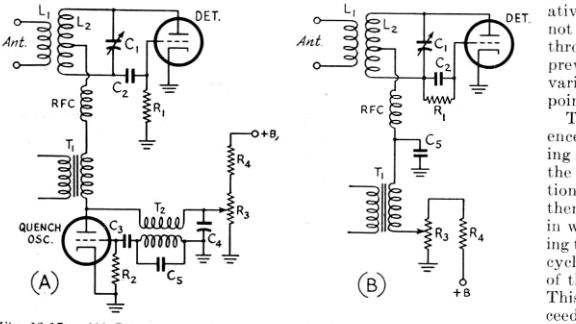


Fig. 12-17 — (A) Superregenerative detector circuit using a separate quench oscillator. (B) Self-quenched superregenerative detector circuit. L_2C_1 is tuned to the signal frequency. Typical values for other components are:

C_2 — 47 μμfd.
C_3 — 470 μμfd.
C_4 — 0.1 μfd.
C_5 — 0.001–0.047 μfd.
R_1 — 2–10 megohms.
R_2 — 47,000 ohms.
R_3 — 50,000-ohm potentiometer.
R_4 — 47,000 ohms.
RFC — R.f. choke, value depending upon frequency. Small low-capacitance chokes are required for v.h.f. operation.
T_1 — Audio transformer, plate-to-grid type.
T_2 — Quench-oscillator transformer.

The greater the difference between the quenching and signal frequencies the greater the amplification, because the signal then has a longer period in which to build up during the nonquenching half-cycle when the resistance of the circuit is negative. This ratio should not exceed a certain limit, however, for during the quenched or nonregenerative intervals the input selectivity is merely that of the Q of the tuned circuit alone.

Because of the greater amplification, the hiss noise when a super-

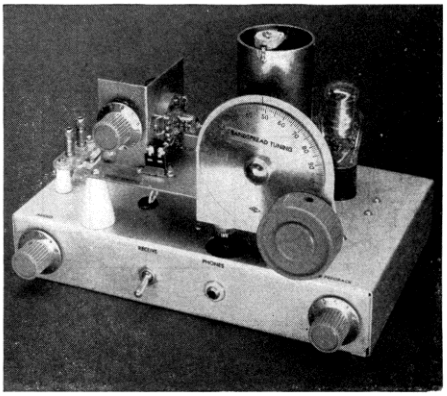


Fig. 12-18 — Front view of the coaxial-line receiver. The r.f. amplifier tuning control is at the left and the main control, for the concentric-line detector circuit, is at the right side of the unit. The audio gain control, send-receive switch, 'phone jack and regeneration control can be seen in that order, from left to right, across the front wall of the chassis.

regenerative detector goes into oscillation is much stronger than with the ordinary regenerative detector. The most sensitive condition is at the point where the hiss first becomes marked. When a signal is tuned in, the hiss will disappear to a degree that depends upon the signal strength.

Lack of hiss indicates insufficient feed-back at the signal frequency, or inadequate quench voltage. Antenna-loading effects will cause dead spots that are similar to those in regenerative detectors and can be overcome by the same methods. The self-quenching detector may require critical adjustment of the grid-leak and grid-condenser values for smooth operation, since these determine the frequency and amplitude of the quench voltage.

A COAXIAL-LINE SUPERREGENERATIVE RECEIVER FOR 220 MC.

The performance of a superregenerative receiver, both as to selectivity and smoothness of operation, can be improved by the use of a coaxial line tank in the grid circuit of the detector, in place of the customary coil and condenser. Addition of an r.f. amplifier stage will improve sensitivity, reduce radiation, and make antenna coupling less critical. A superregenerative receiver for 220 to 240 Mc. incorporating these features is shown in Figs. 12-18–12-21.

The r.f. tube is a 954 acorn with a conventional tuned circuit in its grid. The plate circuit is a self-resonant loop, which is coupled to the concentric line grid circuit of the 6AK5 detector. The detector output is fed through a quench filter to a

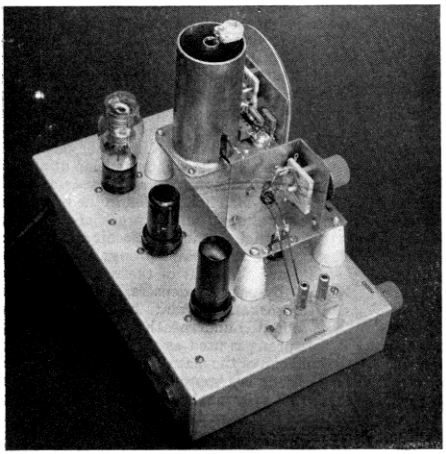


Fig. 12-19 — Rear view of the superregenerative receiver. The r.f. circuits are mounted on a copper shelf to the left of the antenna terminals. The detector tuning condenser is mounted on a small panel to the front of the coaxial line, and the band-set condenser is soldered across the open end of the line. The r.f. stage is mounted on an "L"-shaped bracket with the tube socket and plate-circuit components on the left side and the grid circuit on the right side. Audio tubes and voltage regulator are in line across the rear of the chassis.

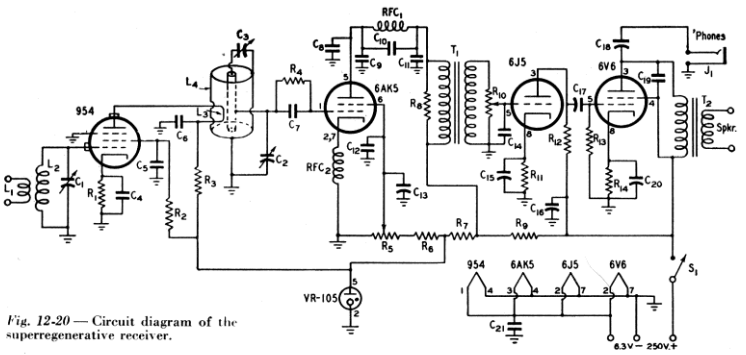


Fig. 12-20 — Circuit diagram of the superregenerative receiver.

C_1 — Midget variable condenser (Millen 20015 reduced to one stator and two rotor plates).
C_2 — Midget variable condenser (Millen 20015 reduced to one stator and one rotor plate).
C_3 — 5–20-$\mu\mu$fd. ceramic trimmer (Centralab 820-B).
C_4, C_5, C_6 — 100-$\mu\mu$fd. (National XLA-C).
C_7 — 22-$\mu\mu$fd. mica.
C_8, C_{12}, C_{21} — 470-$\mu\mu$fd. mica.
C_9 — 0.0022-μfd. mica.
C_{10}, C_{11} — 0.0068-μfd. mica.
C_{13} — 0.2-μfd. 400-volt paper.
C_{14} — 47-$\mu\mu$fd. mica.
C_{15} — 10-μfd. 25-volt electrolytic.
C_{16} — 8-μfd. 450-volt electrolytic.
C_{17}, C_{18} — 0.01-μfd. 400-volt paper.
C_{19} — 0.0047-μfd. mica.
C_{20} — 100-μfd. 25-volt electrolytic.
R_1, R_3 — 1000 ohms, ½ watt.
R_2 — 33,000 ohms, ½ watt.
R_4 — 0.1 megohm, ½ watt.
R_5 — 50,000-ohm potentiometer.
R_6 — 47,000 ohms, 1 watt.
R_7, R_9 — 1500 ohms, 10 watts.
R_8 — 22,000 ohms, ½ watt.
R_{10} — 0.25-megohm potentiometer.
R_{11} — 2200 ohms, ½ watt.
R_{12} — 0.1 megohm, ½ watt.
R_{13} — 0.47 megohm, ½ watt.
R_{14} — 270 ohms, 1 watt.
L_1 — 2 turns No. 18 e., ¼-inch inside diameter, close-wound.
L_2 — 2 turns No. 12 e., ¼-inch inside diameter, ⅛-inch space between turns.
L_3 — 5¼-inch length No. 12 e., bent to form a "U"-shaped loop having a ¾-inch space between conductors. Plate side of loop is 1¾ inches long and the opposite side is 2¾ inches long.
L_4 — Concentric line. Inside conductor is a 4-inch length of ½-inch o.d. copper tubing. Grid tap 1 inch from grounded end for both 220- and 235-Mc. operation or ¾ inch from grounded end for 220 Mc. only. Outside conductor is a 4-inch length of 2-inch i.d. copper tubing.
J_1 — Open-circuit jack.
RFC_1 — 80-mh. choke (Meissner 19–5596).
RFC_2 — 1-mh. r.f. choke (National R-33).
S_1 — S.p.s.t. toggle switch.
T_1 — Interstage audio transformer (Stancor A-53C).
T_2 — Universal output transformer (Cinaudagraph U-85).

6J5 triode audio followed by a 6V6 second audio. Either 'phones or 'speaker may be used.

Constructional Details

The receiver is built on a standard aluminum chassis measuring 2 by 7 by 11 inches and the small panel for the detector tuning dial is cut from a sheet of 1/16-inch aluminum measuring 3⅞ by 3⅞ inches. The shelf for the r.f. section is made from a piece of 1/16-inch copper stock measuring 5½ by 6¼ inches which is cut and bent as shown in the photographs of the receiver. The horizontal section of the subchassis measures 3½ by 6¼ inches and the small vertical panel is 2 inches high and 2½ inches wide. The detector bandspread condenser and the aluminum panel for the detector tuning dial are both mounted on this upright member of the copper chassis. C_2 is mounted with the two stator terminals facing toward the right end of the chassis (as seen from the rear view) and the lower stator terminal is one inch up from the horizontal surface and 1¼ inches in from the left side of the copper panel. The tube socket for the 6AK5 is 2 inches in from the left end of the chassis and is located as far toward the front edge as possible.

The "L"-shaped bracket for the r.f. amplifier is 2½ inches high, has a depth of 2⅜ inches, and is 1½ inches across the front. Spade lugs are bolted, and then soldered, to the bottom of the partition to provide a method of mounting that is both electrically and mechanically sound. The National XLA tube socket is centered on the side of the partition at a point located 1⅜ inches in from the rear and top edges. A 5/16-inch hole, drilled in the bracket at this point, allows the grid prong of the 954 to extend through to the grid-circuit components. The cathode and heater prongs of the socket face toward the front of the receiver and the XLA-C by-pass condensers are mounted inside the socket. The plate by-pass condenser, C_6, is mounted underneath socket prong No. 5 as this prong is used as the support point for the cold end of the plate loop, L_3. Note that the No. 5 prong is a spare so far as the 954 is concerned. A National XLA-S internal shield, designed for use with the XLA socket, provides a common path for the condenser ground con-

nections and, of course, this soldering should be done before the socket is bolted to the copper partition. The heater, cathode and suppressor connections are also made to the internal shield and, after mounting, the shield is in turn soldered to the copper plate.

The r.f. amplifier tuning condenser is mounted with the shaft in line with the shaft of C_2. Stator terminals face to the left so that the bottom terminal is within ¼ inch of the 954 grid prong. L_2 is supported by the condenser terminals and the antenna coil, L_1, is supported by L_2 and by the two-terminal lug strip located to the right of the amplifier. Grid clips for the 954 were improvised by removing the prongs from a miniature tube socket.

Holes, large enough to clear 8/32 machine screws, are drilled at each corner of the copper mounting plate so that the unit may be mounted on 1½-inch stand-off insulators. Larger holes, equipped with rubber grommets, are adjacent to the detector and amplifier tube sockets so that power wiring may be passed down through the main chassis.

Construction of the concentric line is not difficult if the various operations are carried out as suggested below. The inner and outer conductors are 4 inches long, and the end plate is 2½ inches square. A ½-inch hole for the inner conductor of the line should be drilled at the center of the end plate, and the plate should also have a hole for a 9/32 machine screw at each corner. However, before the center hole is drilled, it is advisable to use the center-punch mark as the pivot for scribing a circle to indicate the position of the outside conductor. This will simplify the task of lining up the two pipes for the soldering operation.

A ⅜-inch hole should now be drilled in the large pipe at a point located 1 inch up from the bottom edge, and a second hole of 5/16-inch diameter should be drilled on line with the larger hole and around the pipe by 90 degrees. After the material between these two holes and the bottom of the tubing is removed by cutting with a hack saw, the finished slots will provide openings for the input coupling coil, L_3, and the detector-grid connection. The inner conductor should also be drilled and tapped for a 9/32 machine screw at this time. One hole, ¾ inch up from the bottom of the line, is required if the receiver is to be used to cover only one band. A second hole, ¼ inch above the first, is necessary if the receiver is to be tuned to both the 220- and 235-Mc.* bands. In either case, the tapped hole will be used as the connecting point for the lead running to the tuning condenser.

Unless extremely thin-walled tubing is used for the concentric line, it will be difficult to complete the soldering operation with an ordinary iron. Placing the assembly on an electric hot plate will heat the copper in a very few minutes and will allow the work to be done neatly and easily. The end plate should be laid on a flat level surface while the inner conductor is lined up perpendicular to the horizontal surface of the plate. This operation may be carried out with the metal resting on the hot plate if the latter is to be used. The outer conductor should be placed in the position indicated by the scribed circle. Heat may now be applied and the soldering completed. The metal is ready to accept solder when a rapid change in the color of the copper is noticed. A long piece of solder may be inserted through the open end of the line, and as the end is moved around the surfaces to be joined the solder will melt and run into place easily.

The remaining constructional work is straightforward and study of the three photographs will show the location of the various components. Since there is no crowding of parts, it should not be difficult to duplicate the original layout.

*The 235-Mc. band is still assigned in Canada at this writing.

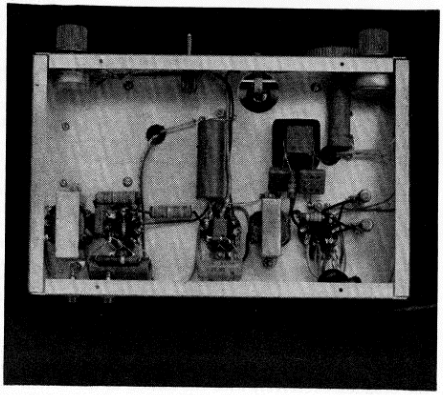


Fig. 12-21 — Bottom view of the coaxial-line receiver showing the output transformer, T_2, located at the lower left-hand corner of the chassis, and the audio transformer, T_1, mounted between the sockets for the audio tubes. The quench-filter choke, housed in a metal shield, is above and to the right of T_1. Resistors R_7 and R_9 are mounted on end to the right of the regulator-tube socket.

.. هواة الكهرباء .. هواة الراديو .. هواة اللاسلكي ..

ما أن يكتشف الفتى إن له المقدرة على فهم وبناء الدوائر الالكترونية، حتى تجتاحه الرغبة في سبر أغوار أجهزة الإرسال، ونراه يحاول ويسعى لبناء جهاز إرسال مهما كان بسيطاً. إذ إن الإثارة التي تولدها فكرة إرسال الكلام في الفراغ، وإن كانت لمسافة بسيطة لا يمكن مقاومتها. وسرعان ما يبحث عن مخطط لجهاز إرسال في المطبوعات أو لدى الأصدقاء. إذ المخطط هو أيسر معلومة خطرت على باله، دون أن يعن على ذهنه أن الموضوع أكبر من أن يغطيه مخطط، وأن له جوانب وخفايا يتعين فهمها والتبصر بها. هذا.. وهو بالكاد يجيد اللحام وتجميع القطع الالكترونية، ولعل هذه هي المهارة الوحيدة.

ولو قدر للفتى أن يبني جهاز اتصال فإن هذه الرغبة تنطفئ وتنتهي حال سماع جهازه يعمل، إذ يصعب ترك هذا النوع من الأجهزة يعمل بشكل مستمر، حيث ستكون الضوضاء المنبعثة منه مزعجة، وسيستهلك البطارية، بالإضافة إلى ذلك سيجد نفسه مقيداً بالإصغاء إلى هذه الضوضاء منتظراً أن يتحدث إليه زميله على الجانب الآخر، وهذه جميعاً أمور كريهة إلى روح الفتى، وسيكتشف إن استعمال الهاتف النقال يبعث على السرور أكثر عند الاتصال وهو عملي ويعطي تنبيه عند ورود مكالمة وصغير الحجم ويمكن إعادة شحنه.

إلا إن الرغبة في سبر غور هكذا مغامرة تبقى حاضرة للفتيان ولا يمكن مقاومتها، أيام كنا في الدراسة المتوسطة كنا نتلقى وعود من أصدقاء لهم نفس الاهتمام ولا نعلم مدى جديتهم، بأنهم سيجلبون خارطة لجهاز إرسال؛ ويتقادم الزمن على هذه الوعود والخارطة لم تصل (لم يعثروا عليها).

عند تسجيلي في الدورة المبتدئة لمديرية الرعاية العلمية في شارع المغرب، كنت أتجول في المختبر لعلي أجد وسط هذه الأجهزة المعروضة في الخزانات الزجاجية على جهاز إرسال، وكان الخيال يجمح كلما رأيت جهاز غريب وغير مفهوم له ما يشبه الهوائي (جهاز الكشف عن المعادن مثلاً) كنت أتخيله على إنه جهاز إرسال؛ قد جرى تجميعه على تلك القطعة من الفورميكا ومرفق إليه هوائي دائري. كان التجميع في تلك الأيام يتم على قطعة من الفورميكا

التي يستعملها النجارون بعد تثقيبها. ولأنه لم يكن بإمكان أحد أن يشتري مثقب ناعم، اخترع الشباب ومنهم طارق، أساليب وعدد منوعة لتثقيب الفورميكا.

في ذلك المختبر كنا نخشى أن نسأل أحد عن جهاز إرسال أو خارطة لجهاز إرسال إذ إن هكذا أسئلة كانت تجابه بالصمت. ورغم ذلك فقد سمعت أحد الشباب يسأل المدرب همساً ألا توجد خارطة لجهاز إرسال وأجابه بالصمت كما هو متوقع، يبدو إن المدربين أنفسهم لا يعلمون شيئاً عن أجهزة الإرسال، بالإضافة إلى الحذر الذي كان سائداً في تلك الفترة.

وقد لاحظت طوال فترة السبعينات والثمانينات أن الدوريات العلمية للهواة التي كانت تستوردها الدار الوطنية للنشر والتوزيع والإعلان كانت تخضع إلى رقابة؛ و كان ينتزع منها كل موضوع يقدم طريقة لبناء هكذا جهاز، أو يحجب العدد بكامله عن الجمهور؛ رغم وجود نادي الراديو الذي أسسته وزارة الشباب ويتعاط مع هذه المواضيع، إلا إنه لا لأحد حول في ذلك ولا قوة.

في عقد السبعينات من القرن العشرين، كان قد جرى توقيع بروتوكول للتعاون الثقافي بين وزارة الشباب ودولة بلغاريا، ومن ضمن بنود هذا الاتفاق أن تتولى بلغاريا تدريب الشباب العراقي على هواية الراديو. وطبعاً تم اختيار مجموعة من الشباب للسفر إلى بلغاريا للتدريب، وكان في ظن المسئولين أن هذه الهواية هي هواية بناء أجهزة الراديو حيث كانت مديرية الرعاية العلمية تدرب هواة الكهرباء على هكذا نشاط.

عند عودة المتدربين من بلغاريا ومعهم أجهزة الراديو اكتشف المسئولون في الوزارة، إنها لم تكن كما متوقع فقد كانت الدورة لتدريب الشباب على التحدث مع شباب العالم بواسطة أجهزة اللاسلكي، وفوراً تم إحالة الملف إلى دائرة الأمن لوضع الضوابط الخاصة باستعمال هذه الأجهزة، وللقارئ أن يتخيل ما هي أنواع التعقيدات التي وضعت للحيلولة دون نمو هذه الهواية بين الشباب.

لم تكن تلك الأجهزة صغيرة الحجم بل كانت بحجم مكبرات الصوت وذات قدرات عالية، وتسمى محطات ثابتة، يستعملها شباب بلغاريا الهواة فيما بينهم، وتوصف اليوم بأنها إنترنت الأيام الخوالي.

حدثني السيد علي العطيفة أنه بعد عودته من سفرة إلى ألمانيا كان قد اشترى في سفرته جهاز ووكي توكي من النوع البسيط الذي يباع على الأرصفة، وعند قيام ثورة من الثورات اضطر إلى تفكيكه خوفاً من المسائلة !

مثل هذه الأجهزة البسيطة كان يأتي بها الحجاج في سبعينات القرن العشرين كهدايا للأولاد، وكان ولع الأولاد المحضوضين الذين حصلوا على هكذا هدايا في اكتشاف المسافة التي تغطيها، ولا زلت أذكر أحدهم وهو يخفي الجهاز خلفه عند مرور سيارة شرطة النجدة، معتقداً أن مشاهدتهم له تسبب مسائلة قد تنتهي بأخذ الجهاز. هذا الجهاز عينه كنت قد استعرته من صاحبه بعد أن سئم منه، ليساعدني في ضبط اتجاه هوائي التلفزيون في المنزل، حيث كنت أدير الهوائي في سطح المنزل واسمع من خلاله رأي الأهل وهم جلوس أمام الشاشة (ولعل هذا هو التطبيق المنزلي الوحيد لهذا النوع من الأجهزة البسيطة). علماً إن المدى الذي كان يغطيه لم يصل إلى المائة متر أبداً، وكان يتضمن بلورة لضبط تردده عند 27MHz. وتتميز هذه الأجهزة بقدرة إرسال أقل من واحد ملي واط، ويتغذى من بطارية ذات 9V صغيرة نعرفها جميعاً، ويمكن الحصول على نوع مشابه له من سوق الألعاب في الشورجة بثلاثة آلاف دينار لطقم يتألف من جهازين (يعمل عند تردد حزمة هواة الراديو البالغة 50MHz).

مثل هذا الجهاز هو الذي سنتحدث عنه بإسهاب. وسنقدم المخططات الخاصة به، علماً إن جميع هذه الأجهزة البسيطة تتصف بصفة إصدارها للضوضاء (وشّه) عندما تكون في وضع الإصغاء؛ وهذا غير مريح حتى للأولاد، فما أن يستعملها قليلا ويتعرف عليها حتى يزهد فيها، ويرى إن الهواتف الخلوية (الموبايل) أكثر متعة منها.

اتسمت أجهزة الووكي توكي بأنها تضفي الهيبة على حاملها، خاصة لرجال الدولة من منتسبي الأمن والدفاع المدني والإسعاف. الجيش العراقي لم يستعمل الووكي توكي إلا مؤخراً، ولكن كان المخابر العسكري يحمل جهاز الاتصال ذو الأداء العالي (السوفيتي الصنع غالباً) على ظهره، ويخرج مع الضباط في المهَمَّات. وكانت الأجهزة السوفيتية النقالة المحمولة على الظهر العاملة بصمامات الكترونية متطورة (بحجم الترانزستور)، ومضمن فيها بطاريتها القاعدية

السائلة خفيفة الوزن صغيرة الحجم، تتسم باعتمادية عالية أثناء التجوال. بخلاف الأجهزة الفرنسية والانكليزية التي كانت تخدم غالباً كمحطات ثابتة أكثر من كونها محمولة على الظهر، بسبب ضعف أداء بطاريتها ثقيلة الوزن كبيرة الحجم، المصنوعة من النيكل كادميوم ونضوبها المفاجئ وقت الشدائد؛ مما يؤدي إلى الإحراج وعرقلة الأداء؛ إذ لم تكن بطاريات الليثيوم أيون قد ظهرت بعد، كما بيّنا في مقال سابق.

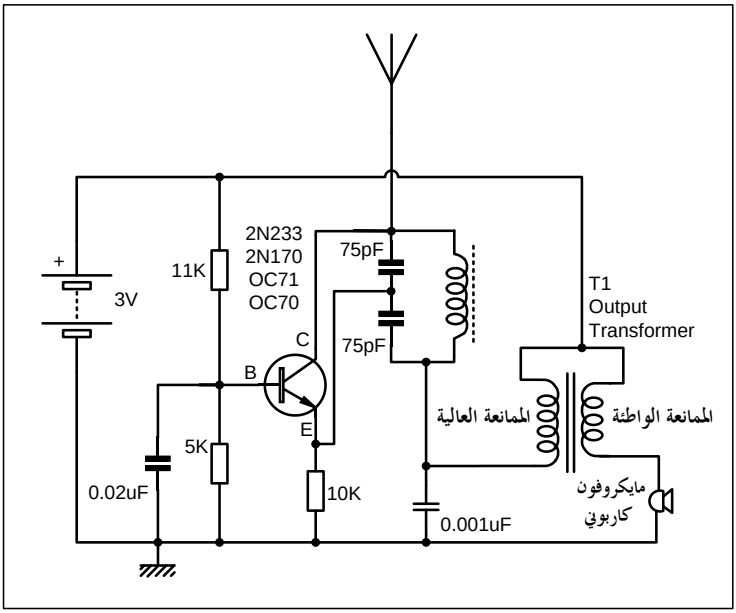
حدثنا العريف المخابر علي أن مخابر الجيش في السابق (ويقصد أيام الستينات) كان يحمل الجهاز السوفيتي R104 على ظهره وهو جهاز بحجم صفيحتين (تنكتين) ونصف موضوعة بشكل أفقي الواحدة فوق الأخرى ويتنقل به، أما اليوم (ويقصد النصف الأخير من أيام السبعينات) فقد حل الجهاز الحديث R105 وهو بحجم حقيبة الأقراص (السي دي) ذات الحجم الأكبر محل الجهاز القديم وله هوائي سوطي من الخرز، يقول إن جودة أداءه وتغطيته من أجود ما يكون.

الترددات الراديوية فريدة أي لا يمكن أن تتكرر أو تستنسخ، ولأنها فريدة وعددها محدود فهي ملك الدولة حصراً، وتحت ضغط طلبات الهواة في دول العالم المتقدم لتخصيص ترددات لهم أي إلى هواة الراديو، تم تخصيص أسوأ ترددات على الطيف لهم، فبما إنهم هواة ومقصدهم التجريب والاستمتاع، تكفيهم حزم الترددات هذه التي تعاني من تأثير شديد عليها (بسبب الخصائص الأيونية للطبقات التي تنتشر خلالها) في أوقات متباينة، وهي غير مضمونة ليجري خلالها اتصال على طول ساعات النهار أو الليل.

يقول الأمريكيون "هذه الترددات كافية لإبقائهم يلعبون في الفناء الخلفي للمنزل". وهذه الترددات في الواقع تفي بالغرض للهواة، وهي نفسها تم استعارتها لهواة الراديو في العراق من قبل وزارة الاتصالات، وتجدها مدرجة على موقع جمعية العراق لهواة اللاسلكي.

أول كتاب قرأته اسمه الترانزستور (تأليف محمود البارودي و محمد أبو الفضل) ومنه فهمت أسرار الترانزستور وأنا بعد طالباً في الأول المتوسطة. في هذا الكتاب وقع بصري على أول مخطط لجهاز إرسال؛ وتراه فيما يلي. المخطط الذي تراه هو في الواقع مذبذب يمكن تضمين

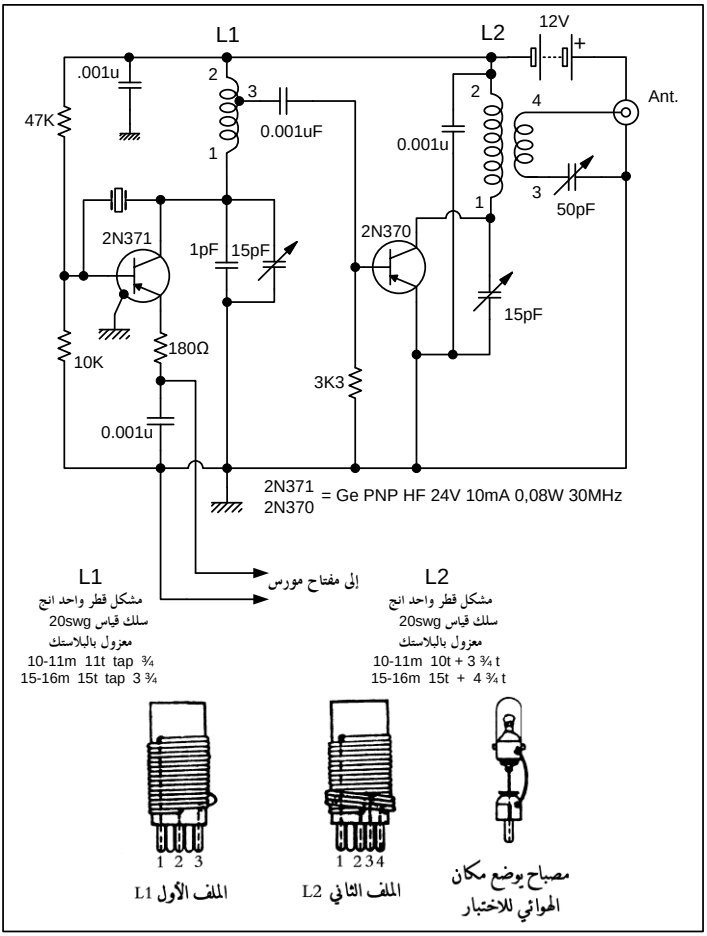
الصوت إليه ليتحكم في اتساع ذبذبته، أي تضمين تردده تضمينا اتساعيا. حيث يمكن التحدث إليه وسماع الصوت من جهاز استقبال منزلي عادي على مدى ترددات الموجة المتوسطة AM.



جهاز إرسال بسيط عبارة عن مذبذب من ترانزستور واحد يضمّن إليه الصوت اتساعا، ويمكن استلام الصوت الذي يرسله، على مدى ترددات الموجة المتوسطة من أي راديو منزلي (عن كتاب الترانزستور تأليف محمود البارودي و محمد أبو الفضل).

القدرة المنبعثة منه واطئة جداً تغطي المنزل وأكثر قليلاً، ويمكن زيادتها بإقلال مقاومة الباعث، إلا إن الزيادة غير محبذة إذ إن الدائرة لا تحتوي على مرشح للخارج، وسنلاحظ إن الخارج يحتوي على كم كبير من التوافقيات (بسبب خصائص الجرمانيوم)، وأن عرض الحزمة الخارج منه عريض أصلا، وأي زيادة ستنشر الإرسال على مدى الموجة المتوسطة لجهاز الاستقبال بكامله.

يستعمل ملف هوائي الموجة المتوسطة لأجهزة الاستقبال المنزلي بمثابة ملف المذبذب ويمكن استعمال المتسعة المتغيرة ذات القسمين بدلا عن المتسعتين الثابتتين في المخطط للحصول على تردد إرسال متغير.



تستعمل الدائرة محولة إخراج صوتي كالمستعملة في الراديو الروسي لتوفيق الممانعة بين المايكروفون والدائرة. وعلى ذكر المايكروفون الكاربوني استعرت وقتها مايكروفون الهاتف، إلى أن تيسر لي شراء مايكروفون من بائع خردة. وهذه المايكروفونات لم يعد لها استعمال في الأجهزة المنزلية.

لاحظ إن تغذية جامع الترانزستور بالتيار المستمر تمر من خلال ملف المحولة السمعية الذي تتغير ممانعته بفعل تغير التيار في ملف المايكروفون وفق موجات الصوت. لذا يصل إلى جامع الترانزستور تيار مستمر متغير الشدة محققا تعديل في اتساع ذبذبات المذبذب وفق موجات الصوت وهذا في الواقع هو جوهر التضمين الاتساعي.

المخطط السابق من نفس المصدر لجهاز إرسال لهواة الراديو وقد أعدت رسمه ليبدو أكثر وضوحاً، كثيراً ما وَقفنَا نتأمل هذا المخطط في الصف المدرسي وقلوبنا الصغيرة تتقد، لا ندري كيف نفهمه ...

البلورة في المخطط ما هي ؟ لم نكن نعلم ما هي هذه البلورة، هل هي الكاشف البلوري؟ طبعاً هذا النوع من البلورات لضبط تردد المذبذب متوفر في الولايات المتحدة لأي تردد من ترددات هواة الراديو بخطوة ترددية تصل إلى 3KHz، وإذا لزم الأمر يوجد نوع من البلورات كبيرة الحجم يمكن تفكيكها وصقل البلورة بمساعدة مادة تشبه (البولش) على لوح زجاجي حيث يتحرك تردد العمل ارتفاعاً إلى النقطة المرغوبة، ورغم إن هذا النوع قديم إلا إنه لا زال في أسواق الولايات المتحدة وكما يقول الأمريكان "Still in business" يتداوله الهواة.

الترانزستورات أشار إليها على إنها من النوع drift transistor !! ولم نكن نعلم ما هذا الكلام. إذ كان يشار إلى الترانزستورات في خمسينات القرن الماضي وفق التكنولوجيا التي صنعت بموجبها، أما اليوم فيشار إلى الترانزستورات بموجب مواصفاتها.

المكان المؤشر في المخطط "إلى مفتاح مورس"، كان قد وضع مكانه رمز لمقبس وكتب تحته بريزة، لم أكن أعلم ما هذه البريزة، هل هي توصيل المايكروفون؟ حتى أخبرني صديق إنما يقصد بها (فيشة) للتوصيل، وكان مصيباً.

أين المايكروفون إذاً؟ الدائرة مشوقة وهي سهلة مذبذب متبوعاً بمضخم، والملفات يمكن لفها بسهولة؛ ومما زاد في تشويقنا قد ذكر أن مجلة Popular Electronics قد جربت الدائرة وحققت اتصال مع جزر هاواي (استفاد !) مع من سنتصل؟. لم نكن نعلم، إن هذه الدائرة تتصل من خلال شفرة مورس فقط وفق ضوابط هواة الراديو على أحد حزمتين، من خلال

القدرة الواطئة التي يرمز لها QRP ضمن رموز الهواة، والاتصال الذي أشارت إليه المجلة إذا تحقق قد تفقده تماماً بعد خمس دقائق ولا تدري متى يمكن تكراره، والدائرة وحدها لا تكفي إذ يلزمها مستقبل جيد مضمن فيه مذبذب BFO لتوليد نغمة التحوال التي تحاكي إشارات مورس المرسلة على شكل تردد حاملة متقطع، وبدون هذا المذبذب لا يمكن سماع إشارات مورس.

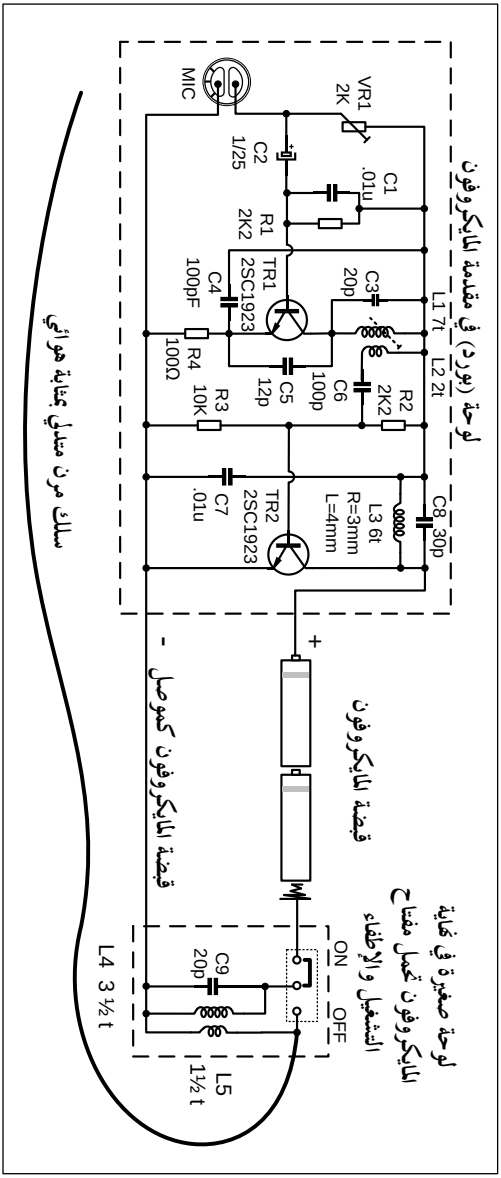
لذا لم يقدم أحد منا في حينها على بناء هذه الدائرة قط. ومن الأفكار الجيدة التي وردت في هذه الدائرة استعمال مصباح تقليدي (كالمستعمل مع مصباح البطارية) بمثابة حمل هامد بدلاً من الهوائي لأغراض الفحص (فحص المرحلة الأخيرة على الخصوص).

إلى اليوم أنظر إلى هذه الدائرة باهتمام، هندسة التصميم ممتازة، ملف المذبذب منغم على التوالي (تنغيم التوالي قليل الاستعمال) ويحقق توفيق الممانعة بين دائرة جامع المذبذب ذو الممانعة العالية ودائرة قاعدة الترانزستور الثاني ذات الممانعة الواطئة من خلال التفريعة رقم 3، والملف بأكمله يتصرف كمحول ذاتي. المتسعة على التوازي مع مفتاح مورس تنعم الشكل الموجي لنبضة المفتاح مانعة سماع المستلم لصوت (كليك) عند ضغط مفتاح مورس، حيث يصعب على المخابر الهاوي المستلم فهم إشارات مورس مع وجود هذا الصوت.

الترانزستور الثاني هو مضخم القدرة، وترى دائرة رنين ملف الجامع منغم تنغيم توالي مع المتسعة، وتنتقل الطاقة إلى الملف الثانوي ذو عدد اللفات القليلة، وبذا يتم توفيق الممانعة مع ممانعة الهوائي الواطئة، وليس هذا فقط بل وجود المتسعة 50 pF على التوالي مع ملف الهوائي تشكل وحدة ترشيح للتردد الخارج من المضخم حيث تتضاءل بشدة التوافقيات التي تتولد فطريا. وفي ترانزستورات الجرمانيوم تتولد توافقيات أكثر من أنواع الترانزستورات الأخرى. سبق أن أوضحت في إصدارات سابقة معنى الممانعات وتوفيقها بصورة لا يبقى معها غموض.

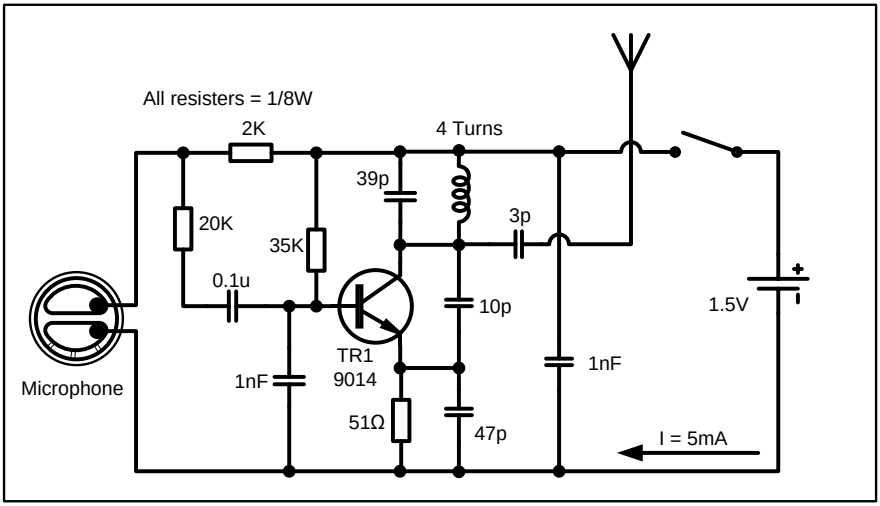
فيما يلي تجد مخطط لمايكروفون بدون أسلاك (استيراد المؤسسة) ياباني المنشأ. يتغذى بالطاقة 3V من بطاريتين. وله قبضة معدنية تحوي البطارية وتتصرف كموصل كما ترى في المخطط. الخطوط المنقطة تمثل لوحات تجميع داخل الهيكل المعدني. الترانزستور الثاني مضخم

قدرة لذا يتعين إرفاق بطاريات من نوع (ألكالاين) تؤمن تجهيز التيار اللازم للحصول على كامل القدرة الخارجة منه. الملفين في نهاية القبضة تمثل وحدة توفيق ممانعة

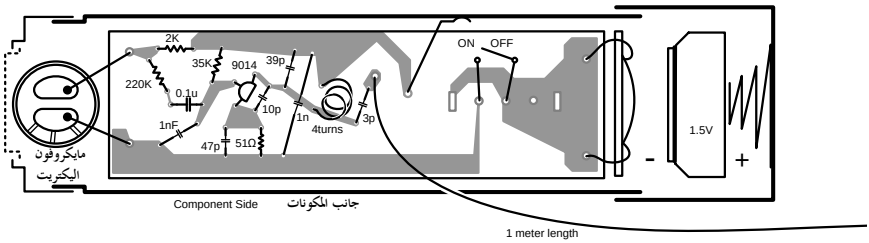


مخطط المايكروفون بدون أسلاك ياباني المنشأ، هذه الدائرة يجب ضبط ملفاتها ودوائر التنغيم فيها قبل إطلاقها للعمل، يمكن استلام صوت المتكلم على أي جهاز استقبال منزلي، له المدى الترددي لاستقبال حزمة تعديل التردد **FM**.

الهوائي المتدلي. يمر التردد الراديوي ذي الطاقة العالية خلال الخط السالب ويحجب عن خط التغذية الموجب الذي يغذي الأجزاء الأخرى من خلال المتسعة C8 والملف L3 الذين يشكلان دائرة رنين توازي منغمة على تردد العمل ذات ممانعة كبيرة لتردد العمل.

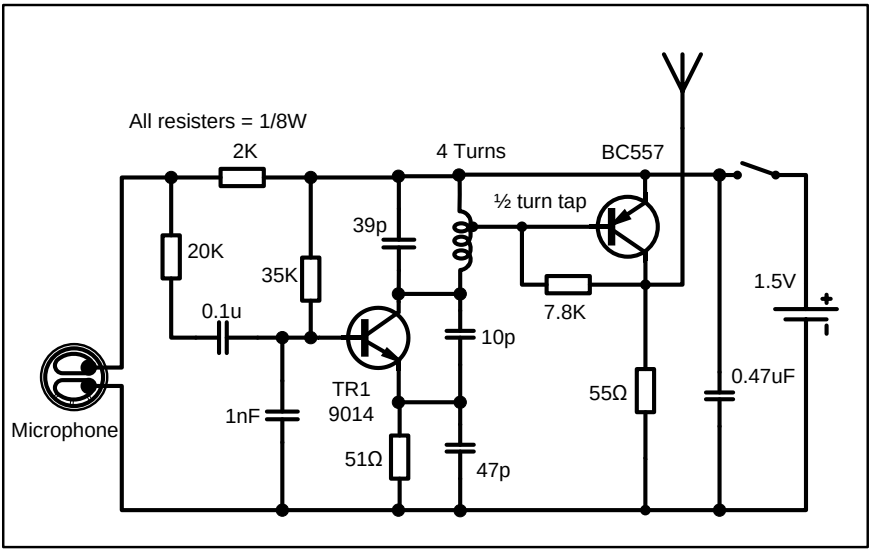


مخطط لدائرة مايكروفون **FM** بدون أسلاك تتغذى بالطاقة من بطارية **AG13** واحدة وتستهلك تيار **5mA** كانت موضوعة في أنبوبة من الألمنيوم كحاوية، موصلة إلى خط البطارية الموجب، لذا كان ترددها ينحرف قليلاً جداً عند مسكها باليد. ولها غربال في مقدمتها وغلاف للبطارية في مؤخرتها ومفتاح التشغيل والإطفاء إلى الجانب وكذلك يخرج سلك الهوائي، ولها مشبك لتثبيتها إلى طرف رداء المتكلم. تميزت هذه الوحدة بأدائها العالي الملفت للنظر، ولم تغطي مسافة المائة متر أبداً.



رسم تخطيطي يمثل المايكروفون الذي تجد دائرته في الأعلى، وترى بوضوح توزيع الأجزاء الداخلية. ويوجد ثقب في الهيكل فوق الملف ذي الأربع لفات حيث يمكن إدخال جسم عازل وتغيير وضع اللفات بقصد تحريك التردد إلى نقطة عمل أخرى. يمكن سماع الإرسال من أي راديو **FM** منزلي.

الدائرة السابقة لمايكروفون بدون أسلاك استيراد القطاع الخاص في الشورجة أيام الحصار، وتتغذى بالطاقة من بطارية قرصية ذات 1.5V وهي صينية المنشأ.



مخطط يبين طريقة لتقوية الخارج من المايكروفون بدون سلك (المخطط السابق) ليغطي مسافة أكبر وعدم تأثير الحواجز المعدنية على المسرح. وقد قمنا بزيادة قيمة متسعة فك الإقتران إلى **0.47uF**

لاحظ أننا أضفنا مرحلة واحدة لتكبير القدرة تتغذى من تفريعة بقدر نصف لفة أو أقل، ستسحب الدائرة تيار أكبر من السابق (تقريباً 28mA) أثناء العمل، لذا يتعين توفير بطارية تتمكن من تجهيز هذا التيار للفترة المطلوبة مثل بطارية الكالاين القاعدية.

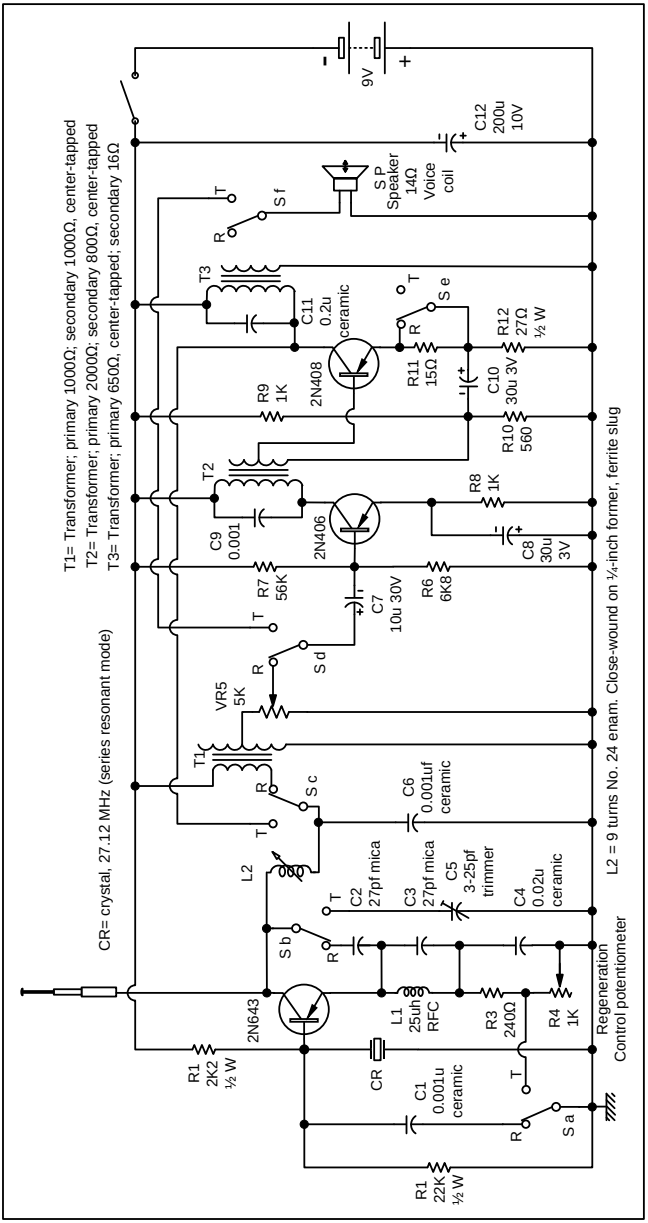
لقد أشار الدكتور رشدي الحديدي في كتابه (فن الترانزستور) إلى أجهزة الووكي توكي وقدم مخططين، أحدها من النوع البسيط (الذي يشبه ما موجود في ألعاب سوق الشورجة هذه الأيام) قسم الاستلام فيه يعمل وفق مبدأ إعادة التوليد؛ والنوع الثاني يتضمن مستلم بالفعل المغاير فوق السمعي (يعني السوبر هيتروداين Super heterodyne).

فيما يلي تجد مخطط النوع الأول من شركة RCA. مفتاح الإرسال في الوضع الاعتيادي يكون على وضع الاستلام، حيث تسمع ضوضاء في الخلفية لا يمكن تجاهلها، أي لا يمكن تحملها لفترة طويلة، خاصة وإن المستقبل من نوع إعادة التوليد الذي يساهم في تضخيم هذه الضوضاء.

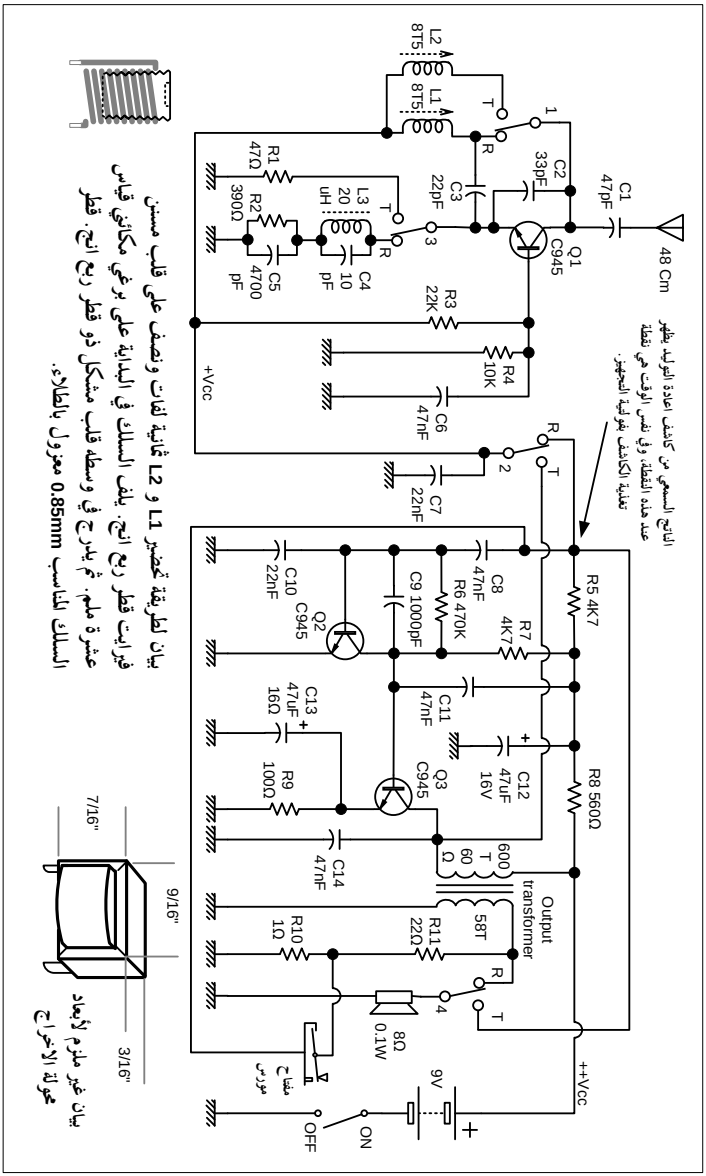
و هذا النوع من الأجهزة هو الذي يوصف على انه زهيد الثمن، ويباع على الأرصفة، والتي تباع اليوم في سوق الألعاب هي من صنفه، إلا إن المحولات قد جرى اختزالها إلى مقاومات. المقاومة المتغيرة R4 لضبط درجة إعادة التوليد وهذه ضرورية مع ترانزستورات الجرمانيوم، وهي ليست كذلك مع ترانزستورات السيلكون.

بعد المخطط من شركة RCA ستجد نموذجين عمليين من السوق المحلية، الدائرة الكهربائية أولا متبوعة بمخطط توزيع المكونات على اللوحة، أحدهما يتضمن دائرة رنين لضبط تردد عمله والثاني يتضمن بلورة لضبط تردد عمله، يقول هاوي الراديو علي الذي استخدم النموذجين، النوع ذو دائرة الرنين كان أفضل في أداءه من النوع ذي البلورة. وكلاهما يعمل عند أحد ترددات حزمة المدنيين CB band.

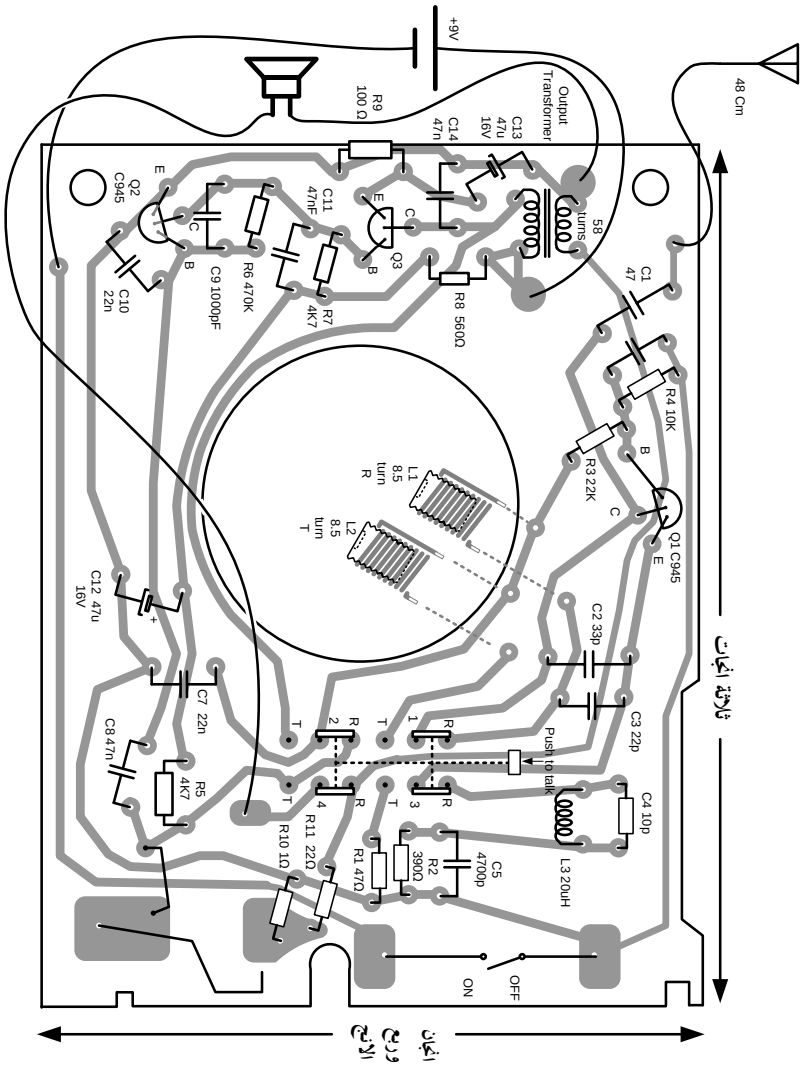
مفتاح الانتقال بين الإرسال والاستقبال يمكن أن تستعمل بدلا عنه مفتاح التحويل بين التسجيل والإنصات للمسجلات الصوتية العادية، وهذه الأجهزة باتت يستغنى عنها يوماً بعد يوم.



ووكي توكي عن شركة **RCA** وتردد البلورة عند أحد ترددات حزمة المدنيين **CB**.

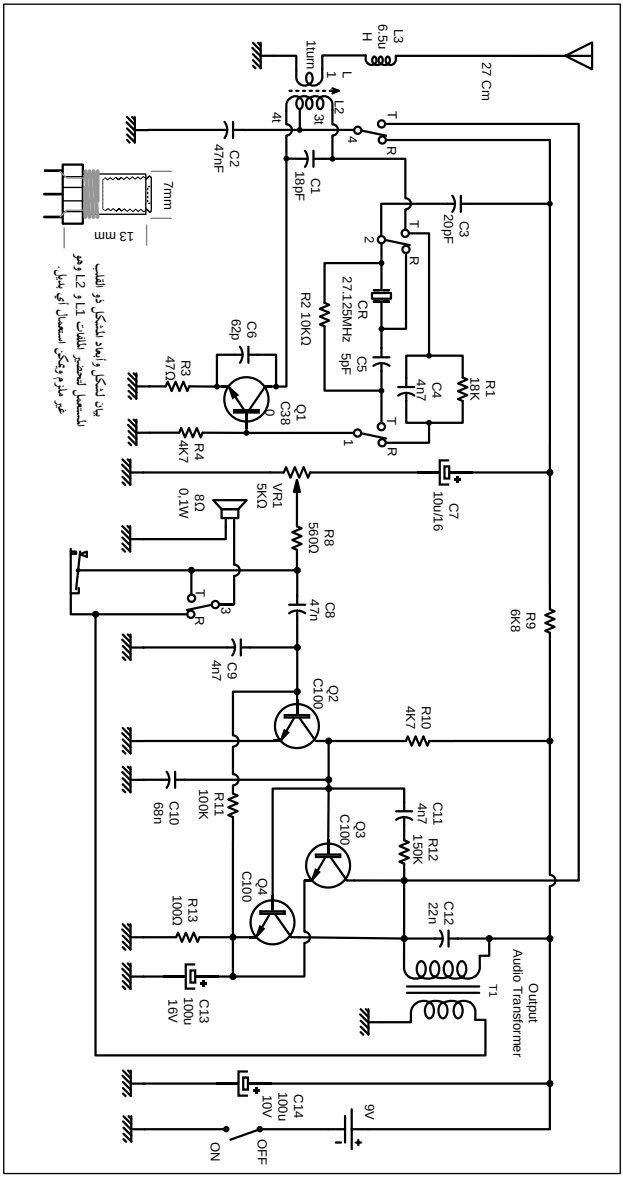


مخطط لووكي توكي بدون بلورة، بيع الجهاز ضمن ألعاب الأولاد ولوحظ إن أداءه ممتاز، وعلى المخطط بيان لطريقة تحضير الملفين حيث ينتصبان على اللوح بدون مشكل، وهو يشبه إلى حد ما دائرة شركة **RCA** السابقة،يعمل بتضمين الاتساع على أحد ترددات حزمة المدنيين.

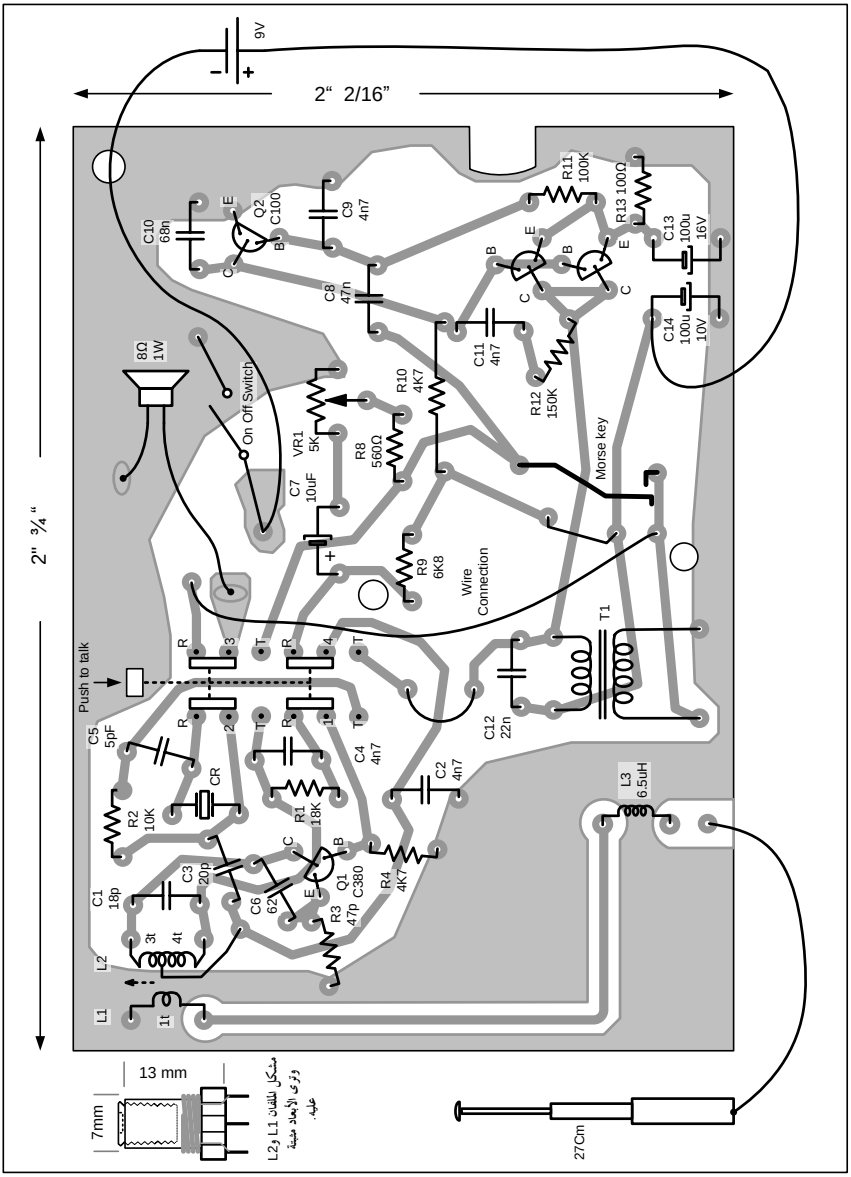


بيان عن توزيع المكونات للدائرة السابقة، وتجد الملفات ملفوفة بشكل مباشر على قلب الفيرايت المسنن وملحومة إلى اللوح ويمكن تدوير القلب للتنغيم وهي على هذا الحال.

(قدم لنا الجهاز مشكوراً لاستطلاعه الهاوي علي محمد سعيد الخان جي).



مخطط لنموذج آخر من ووكي توكي يباع كلعبة للأولاد ياباني المنشأ يتضمن بلورة لتثبيت التردد. يعمل قسم المستقبل بطريقة إعادة التوليد، ويضمّن الصوت تضمين اتساعي في قسم الإرسال. يتميز هذا النوع بالقليل من التوافقيات مع عرض حزمة إرسال أضيق.



بيان لطريقة توزيع مكونات المخطط السابق

فيما يلي ستجد مخطط جهاز الووكي توكي من شركة هاليكرافتر الذي قدمه لنا الدكتور رشدي الحديدي في مؤلفه فن الترانزستور. هذا الجهاز مثال للبساطة والأداء الأمثل في ميدان العمل، دون أي تعقيد زائد عن الحاجة. يعمل الجهاز بتضمين اتساعي AM على أحد قنوات حزمة المدنيين. القدرة الخارجة منه ليست أكثر من 50 mW يعني أقل من ربع واط. وهي كافية في ساحات العمل عند العمل بالإنشاءات وتمديد الأنابيب و(قابلوات) الكهرباء ونحو ذلك، وهذا هو الاستخدام الأغلب لهذا النوع من الأجهزة.

فرق الدفاع المدني والإسعاف والشرطة تستعمل أجهزة ووكي توكي ذات قدرة خارجة أكبر تبلغ 5W؛ وتتضمن أجهزة موالفة رقمية للسيطرة على التردد تسمى Synthesizers. ومثل هكذا أجهزة كانت تتغذى بالطاقة من بطاريات النيكل كادميوم أواخر عقد السبعينات وأوائل عقد الثمانينات من القرن العشرين، بينما الآن فإن الأجهزة الحديثة منها تتغذى من بطاريات الليثيوم أيون، وستجد عزيزي القارئ مقال جديد في كل شيء عن بطاريات الليثيوم أيون في هذا الإصدار.

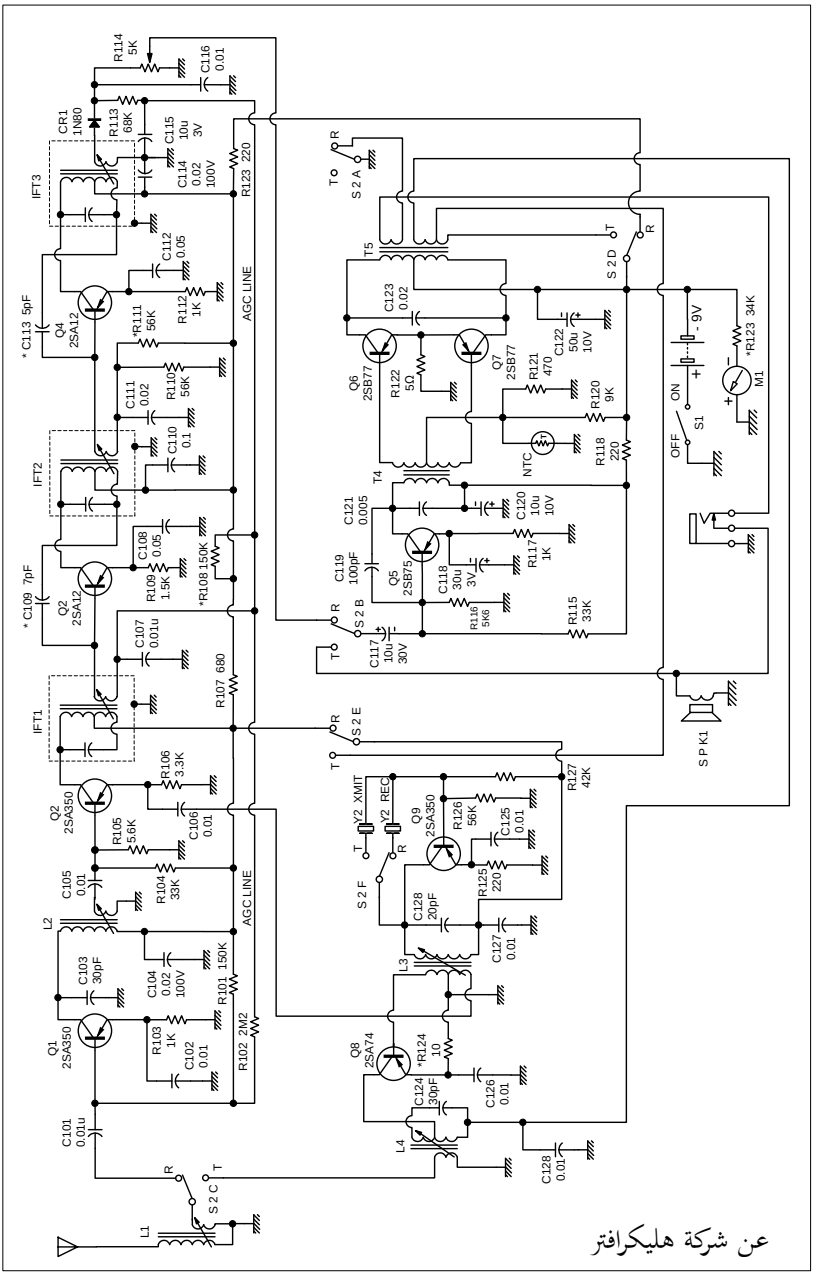
جهاز شركة هاليكرافتر الذي نتحدث عنه يستعمل البطارية الجافة الاعتيادية، وهذا ما يلاءم قدرته المتواضعة. في المخطط تجد المقياس M1 لمراقبة جهد البطارية عند الاستعمال، وهو يعطي بيان عند عجز البطارية عن تجهيز تيار العمل اللازم.

في المخطط على الصفحة القادمة تجد الترانزستورات Q1 إلى Q4 هي ترانزستورات مضخم التردد المتوسط، الترانزستورات Q5 إلى Q7 هي ترانزستورات المضخم السمعي الذي يعمل كمضمن عند الإرسال ومكبر للصوت عند الاستقبال.

الترانزستور Q9 هو ترانزستور المذبذب من النوع الذي تتحكم في تردده بلورة. (لاحظ إن ما يحمل المصنع على استعمال البلورة، عندما تكون النية في إنتاج عدد كبير من الأجهزة، ومنعاً لأن تتداخل الترددات فيما بينها تستعمل البلورات، أما إذا كانت النية في استعمال الجهازين والثلاثة لتطبيقات الهواة يمكن عندئذ الاستغناء عن البلورة، كما شاهدنا في المخطط الذي مر بنا)، لاحظ وجود بلّورتين واحدة للإرسال ولها تردد أحد قنوات حزمة المدنيين Citizens band (راجع الإصدار الخامس) والثانية للاستلام، التي لها تردد أعلى من بلورة الإرسال بمقدار التردد المتوسط وهو في هذه الدائرة بمقدار 465KHz.

الملف L3 منغم على تردد الإرسال، وعند الاستلام يتسبب فرق التنغيم في حدوث تضاؤل مرغوب لشدة تردد المذبذب، ويسلط عليه تضاؤل إضافي من خلال عدد اللفات القليل للتفريعة التي تغذي الترانزستور المازج Q2 عبر C106.

عند الإرسال يتوقف مضخم التردد المتوسط بسبب قطع الطاقة عنه من المفتاح S2D ويغذى ترانزستور الإرسال Q8 بواسطة المفتاح SD2 عبر لفات محولة لقسم الصوت حيث يتم تضمين الكلام من خلال هذه التغذية وعبر الملف الابتدائي للملف L4 ثم جامع الترانزستور Q8.


عن شركة هليكرافتر

لاحظ وجود تضمين إضافي يسلط إلى ترانزستور المذبذب عند تغذيته بالطاقة بواسطة S2B يأتي من خلال تفريعة خاصة في ملف محولة الخارج السمعي. وهذا ما سيتحدث عنه هاوي الراديو الخبير F.G.Rayer في مقاله الذي سيأتي لاحقاً.

الملفL4 يحول ممانعة خروج الترانزستور Q8 إلى ممانعة واطئة تكافئ ممانعة الملف الثانوي لملف الهوائي L1 ويتصرف الملف الابتدائي في L1 كملف تحميل للهوائي يمكن تغيير ممانعته من خلال القلب في داخله. ما الحاجة يا ترى لاستعمال L1؟ لعل الهوائي المستعمل لا يقابل ربع طول الموجة ربما هو أقل من ذلك لذا تجد ممانعته مرتفعة ويتعين رفع فولتية التردد الراديوي لتتناسب مع ممانعته المرتفعة. كذلك فإن ممانعة دخول Q1 واطئة والملف الثانوي لـ L1 يكافئ هذه الممانعة.

لاحظ إن هذه الدائرة هي أحدث ما كان موجوداً في عقد الستينات من القرن العشرين، وتقنيات ترانزستور الجرمانيوم كانت تضطرنا إلى وضع مكبر تردد راديوي في بداية مكبر التردد المتوسط والخارج من هذا المكبر يذهب إلى دائرة شفط توالي منغمة إلى التردد المرغوب ليتم تمريره إلى المرحلة التالية، منعا لعدم استقرار مضخم التردد المتوسط نتيجة لتغذيته بالتردد الذي يكبره.

لاحظ إن مضخم التردد المتوسط هو نفسه الموجود في أي راديو منزلي كذلك مضخم الصوت ويعملان بنفس الكيفية، الفرق الوحيد في المذبذب المحلي ذو البلورتين Q9، وترانزستور الإرسال Q8؛ وعند الإرسال يعمل هذين الترانزستورين فقط، أما مضخم الصوت فيكون دوره كمضمّن Modulator فقط.

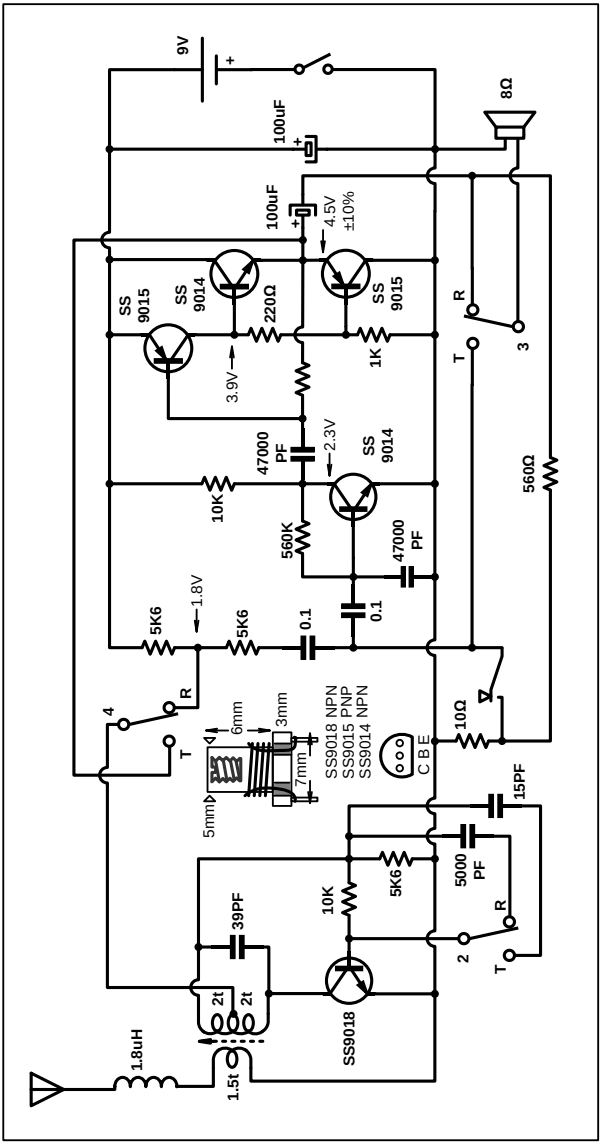
ووكي توكي الأولاد في أسواق بغداد

اليوم صار من السهل والميسور الحصول على قطعتي جهاز الووكي توكي للأولاد بأشكال ملونة جميلة، بدلاً من الشكل الأسود الصارم الذي يوحي بمقتنيات الشرطة والجيش. والقطع الملونة المنوعة الأشكال لهذا الجهاز الممتع، كانت في السابق من أحلام الفتيان الذين يرومون اللعب بهذا النوع من الألعاب، ومن كان يوفق من الشباب هواة الالكترونيات في الحصول على إحداها يجد إن شكلها الجاد ذو اللون الأسود، وسعرها الباهظ التابع لهذا الشكل، يقف حائلا بينه وبين تفكيكها، فلا تتحقق الفائدة منها. أما اليوم فالأمور تختلف والدائرة الالكترونية الموجودة داخل الجهاز بنفس مستوى الأداء لتلك الأجهزة أو الجهاز من RCA الذي تحدثنا عنه، وربما أحسن في الأداء، وأبسط في التصميم وعدد المواد.

على الصفحة التالية ستجد صور فوتوغرافية لأنواع من هذه الأجهزة تباع اليوم في سوق الألعاب للأولاد. ويمكن لمن يستهويه علم الالكترونيات اقتناء أحدها،وهي تباع أزواج أزواج، حينها يمكن له أن يفككها ويجري التجريب عليها وسيكتشف إن سعرها مناسب جداً فيما لو حاول شراء المكونات بشكل منفصل. وهي تتغذى من بطارية 9V لا ترد معها. ويتعين الانتباه والاعتناء عند التعامل مع السماعة، فهي رقيقة وتوصيلاتها أرق ويمكن أن تتلف إذا ما جرى التعامل معها بخشونة.

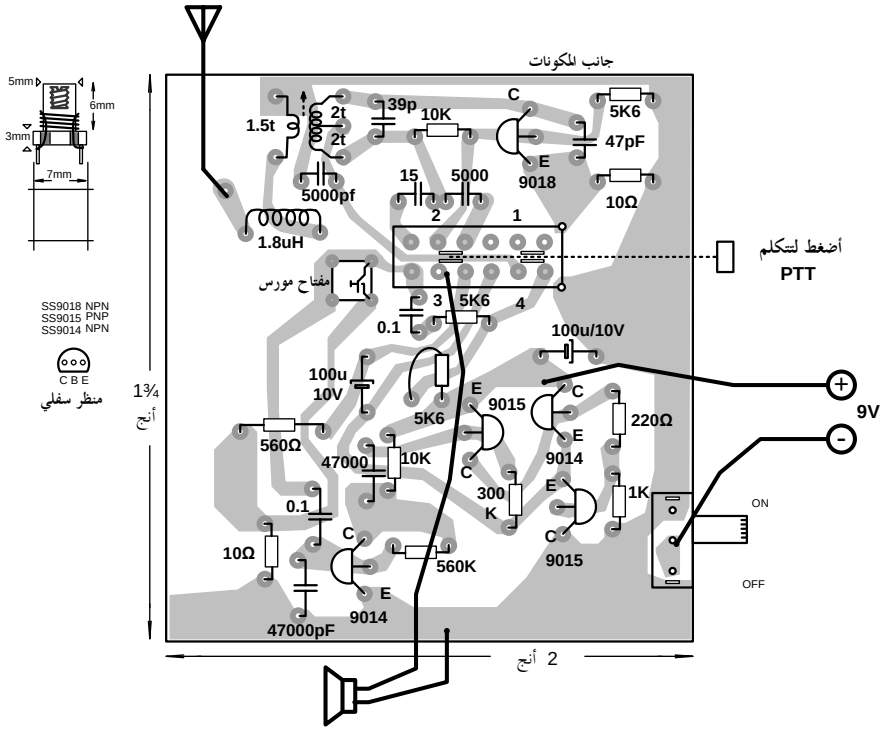
الصورة تمثل بعض هذه الأنواع إذ إنها ترد بأشكال غاية في التنوع مثل الأشكال العسكرية وأشكال لأبطال الخرافات وغيرها. أحسن نوع من التي تراها في الصورة هو النوع الذي في الوسط المعد على ذوق البنات (تصور) ذو اللون الوردي فقد لوحظ إن عمله جيد ولوح الدائرة المطبوعة لا يحتوي على وسائل الخداع مثل بقعة سوداء ليظن الرائي إنها (عجينة) يعني شريحة متكاملة مجمعة على اللوح المطبوع مباشرة؛ لهذا السبب فقد استخرجت مخطط الدائرة الالكترونية وتجدها بعد الصور الفوتوغرافية.

صورة فوتوغرافية تبين بعض أنواع من أجهزة الووكي توكي للأولاد التي يمكن الاطلاع عليها في سوق الألعاب (سوق الجملة)، تجد في الأعلى إلى اليسار نموذج البنات وهو أكثر الأنواع اتقاناً وخالي من عدم الوضوح. إلى اليمين منه نموذج فضائي شكله حسن إلا إن محتواه ليس بمستوى نموذج البنات (تصوّر).
على الصفحة التالية ستجد مخطط الجهاز الذي أشرنا إليه في الأعلى إلى اليسار، مع توزيع المكونات على اللوح في داخله.



مخطط الووكي توكي على الصفحة السابقة في الأعلى إلى اليسار. لاحظ البساطة في كل شيء والأداء الجيد الذي يتفوق على الأنواع اليابانية القديمة المشابهة المتضمنة لمحولات توفيق الممانعة السمعية؛ الترانزستورات يمكن الحصول عليها إما جديدة أو من الأجهزة الصينية العاطلة، فقد لوحظ إن السبب الغالب لعطل الأجهزة الصينية إنما هو

رداءة التجميع باستعمال مادة لحام رديئة، كذلك رداءة اللوح المطبوع، وليس رداءة المكونات. بينما رداءة المكونات أمر شائع عندما ترد كأدوات احتياطية.



توزيع المكونات على اللوح المطبوع للدائرة السابقة، وأنت تنظر إلى اللوح من الأعلى أي إن المكونات باتجاه الناظر. توزيع المكونات يمكن أن يوفر لك طريقة سهلة لمتابعة الدائرة وتسجيل الفولتيات، كذلك يسهل العمل عند تصليح الدائرة.

في الصفحات التالية يقدم هاوي الراديو الخبير Mr. F. G Rayer G3OGR دراسة ممتازة حول مستقبلات ومرسلات القدرة الواطئة أو ما تسمى اصطلاحاً walkie Talkies وهو الاسم الأكثر شعبية لها، مغطياً العديد من جوانبها من الرخصة ومتطلباتها إلى الحزم، مروراً بالدوائر العملية وأساليب عمل الأنواع المختلفة من الهوائيات التي قد توظف لهذا الغرض.

المواضيع مقسمة إلى ثلاثة أقسام

I الإرسال	Transmission
II الاستقبال	Reception
III الهوائيات	Aerials and
ومعلومات إضافية عن الدوائر الكهربائية	Additional Circuit Information

مواضيع تحضا بالاهتمام، ليس فقط من قبل المشتغلين المرخصين. ولكن أيضاً إلى من يتقد في صدورهم الحماس لمعرفة ما غاب عنهم وإدراك الجوهر الذي تعمل به هذه المعدات على الأخص الهواة من الطلبة الصناعيين وطلبة المعاهد ذات الصفة التقنية.

الووكى توكى للهواة

القسم الأول

الإرسال *Transmission*

يتعين على معدات الإرسال واطئة القدرة والمحمولة باليد للتنقل بها أن لا تكون معقدة جداً. وهي تندرج ضمن ما يبنيه الهواة بأيديهم، وتختلف عن ما يتطلبه بناء مرسلة ذات قدرة عالية أو متوسطة، وتختلف كذلك عن بناء مستقبل لترددات هواة الراديو ذو حزم متعددة multi-band receiver . ويمكن بلوغ البساطة المرجوة من خلال النقاط التالية :

- الجهاز يعمل على تردد واحد، بدلا من استعمال عدة ترددات multi-band وهذا وحده يقلل وبدرجة كبيرة عدد المكونات اللازمة.
- استعمال قدرة واطئة للإرسال. وهذا يقلل عدد وحجم المكونات المستعملة ويبسط عمليات البناء.

((هنا أود أن أتوقف وأوضح معنى هذه المسميات هواة بناء أجهزة الراديو Radio Constructors وهواة التحدث بأجهزة الراديو Radio Amateur.

بدأ ماركوني مشواره العلمي كهاوي بناء ومخترع لأجهزة الراديو Radio Constructors وبعد أن أتم اختراعه وصار الراديو أمام الناس، ظهر هواة آخرون لبناء جهاز الراديو طبعاً هذه المرة لغرض الاستمتاع بهذا العلم الجديد ولبناء جهاز استقبال إذاعي منزلي يكون بسيط ورخيص الثمن ولا يستلزم رخصة حكومية يدفع صاحبها بموجبها ضريبة كما كان معمولاً به مع أجهزة الاستقبال الإذاعي التجارية، وكان من ظهر من الهواة بالإضافة إلى ذلك يبنون أجهزة الإرسال والاستقبال للتحدث بها فقط كهواة، النشاط الأخير استقطب آخرين لا يعنيهم الجانب الفني ولكن يعنيهم التحدث مع الآخرين عن بعد هؤلاء هم الكثرة التي يزداد عددها، يسعون لاجتياز الاختبار والحصول على رخصة الهواة ويشترون على الفور جهاز إرسال استقبال تجاري جاهز ويشرعون بالتحدث مع الآخرين هؤلاء هم هواة استخدام أجهزة الراديو Radio Amateur وهم كثير إلى درجة يشغلون الحزم المخصصة حتى لا يبقى للهواة الفنيين مكان على الحزم لتجربة جهاز يبنونه بأيديهم ، لذا اقتضى الحال في دول العالم في أوربا وأمريكا إلى تخصيص ترددات على الحزم خاصة للهواة الفنيين Radio constructors لإجراء تجاربهم لا يزاحمهم عليها أحد. وترك الترددات الأخرى ليستعملها هواة التحدث Radio Amateur ويشغلونها بالضجيج ويختلط فيها الحابل بالنابل خاصة حزم المبتدئين.

ومن الجدير بالتنويه إن جميع هواة بناء أجهزة الراديو Radio constructors يطلق عليهم هواة راديو Radio Amateur ولكن ليس جميع هواة الراديو Radio Amateur هم هواة بناء أجهزة راديو Radio constructors.

كل عملية إرسال تتطلب رخصة من الدولة حتى تأخذ الصفة الشرعية وأيسر وسيلة للحصول على رخصة الهواة تتم من خلال "جمعية العراق لهواة اللاسلكي IRAQ AMATEUR RADIO SOCIETY (IARS)". والكائنة في شارع المغرب ولها موقع على الانترنت يمكن الرجوع إليها تحت الرابط http://www.iraqi-ars.org/

ومن ألمع هواة بناء أجهزة الراديو العراقيين Radio Constructors أذكر الراحل الموهوب يحيى السعدي.

ومن أشهر هواة التحدث عبر أجهزة الراديو العراقيين Radio Amateurs الهاوي العراقي الأول ملك العراق الراحل غازي بن فيصل الحامل لعلامة النداء YI5KG.))

عند استعمال مرسلة أو جهاز (إرسال – استقبال transceiver) لأحد حزم الهواة Amateur band نجد المفضل في استعمال حزمة جانبية مفردة للإرسال single sideband transmission حيث يتأتى أقصى انتفاع من القدرة المرسَلة خاصة عند إرسال الكلام. لكن بالمقابل يلزمها جهاز تضمين متوازن balanced modulator ومرشح filter للتخلص من الحاملة carrier والحزمة الجانبية الأخرى sideband. إذ إن وحدة التضمين والمرشح تمثل الجزء الأكبر لمرسلة من نوع الحزمة الجانبية المفردة SSB، وهذا كله لا حاجة له إذا كنا ننشد البساطة والقدرة الواطئة. لذا يكون التعديل الإتساعي amplitude modulation هو الأنسب لتجنب التعقيد، وتوليد إشارات التعديل الإتساعي AM يحتاج إلى القليل من المكونات والدوائر مقارنة مع توليد إشارات الحزم الجانبية المفردة.

بالإضافة إلى النقاط السابقة فإن البساطة في الاتصال واطئ القدرة تتمثل في استعمال قناة أو قناتين للتردد يتم ضبطها لتبقى ثابتة. وهذا بدورة يحقق المزيد من البساطة مقابل استعمال مذبذب متغير التردد Variable-frequency oscillator كعنصر تحديد لتردد الإرسال.

يمكن للإرسال والاستقبال أن يتم من خلال بلورة Crystal تولد التردد وبذا لا نحتاج إلى إجراءات لضبط التردد خلال الاستعمال.

قطعتين من هذه (المرسلة مستقبلة) transceiver تُبنى لتعمل مع بعضها تؤدي دور الجهاز المعروف Walkie-Talkie.

من جانب آخر نجد الهواة مولعون كثيراً بالأجهزة الخفيفة المحمولة، والأجهزة الكبيرة التي يمكن تنغيمها إلى أي تردد قد تكون هي المجال الأوسع المؤجل. في الواقع فإن الأجهزة النقالة أو التي توضع في أماكن مؤقتة تلقى شعبية كبيرة بين الهواة وخاصة في أشهر الصيف حيث العطلة والرحلات والنشاطات الرياضية.

الهواة Amateurs معتادون على التحدث خلال الأجهزة المحمولة في المسابقات مثل مسابقة صيد الثعالب fox hunting ((وهذه التسمية لعلها من الفولكلور الانكليزي)) وهي اكتشاف مكان أجهزة

راديو / ٢

الرقم الاساسي ١٥٥٦

اجازة راديو رقم ١٠٧٨

سنة ١٩٥٤ الثانية

بأمر مدير البريد والبرق العام تأذن بهذا السيد ... للقيم في

تركيب وتشغيل الراديو للدرجة تفاصيله ادناه لغرض استقبال الاذاعة اللاسلكية فقط .

نوع الراديو ...

رقمه ...

نوع التيار ...

عدد مصابيحه ...

رقم الاجازة القديمة ١٥٥٦

تاريخها ...

السنة التي تجدد فيها ...

دائرة الاسدار المختصة ...

ختم دائرة الاسدار

دائرة الاسدار

توقيع مأمور الاسدار

وظيفته ...

رقم التسلسل ١٧٧٢٢٩

استلمنا من ... تفاصيله أعلاه .

ختم دائرة الاسدار

مبلغاً قدره (...) فلس عن رسم اجازة الراديو للدرجة ...

توقيع الموظف المستلم

يعمل على جانب الاجازة تعليق امكن قانون اللاسلكية رقم ٢٥ لسنة ١٩٤٣ المعدل بقانون رقم ... لسنة ١٩٤٨

صورة لوجه الرخصة التي تصدرها دائرة البريد لمن يروم شراء راديو منزلي، ويدفع بموجب الرخصة أعلاه خمسمائة فلس عن كل سنة والرخصة أعلاه صادرة عام ١٩٥٤ وفي الصفحة التالية تجد صورة لخلف الورقة أعلاه.

الإرسال المخفية من خلال اكتشاف اتجاه بثها بجهاز استقبال محمول آخر؛ ونشاطات مماثلة أخرى.

وقد لوحظ عمليا إن نشاط الهواة Amateur بالأجهزة الصغيرة قليلة القدرة يغطي في معظم الأحيان أكثر مما هو متوقع، أما الأجهزة التي يمكن أن يمارس معها الهواة نشاطهم Activities والتي تقابل الأجهزة النقالة فهي ما يلي:

- **أجهزة الاستقبال والإرسال التي تحمل في الجيب خفيفة الوزن.**
- **أجهزة الاستقبال فقط التي تحمل في الجيب والقابلة للتنغيم، وبذا يمكن للهواة الذين ليس لديهم (رخصة إرسال) أن يستعملوها للإصغاء listener.**
- **أجهزة القدرة الأكبر التي تنقل بسهولة والتي تستعمل كمحطة في الكرافانات والمخيمات أو حيث تقضى العطلات ... الخ.**

مقتبس من قانون المواصلات اللاسلكية رقم ٢٩ لسنة ١٩٤٣

المادة الثالثة – (١) لا يجوز تركيب أو تشغيل جهاز راديو من اي نوع الا باجازة يصدرها المدير العام أو اي موظف يكون له من قبل المدير العام أمر ايداع هذه الاجازة وبالشروط المبينة في الاجازة ، ويفرض على مصدرها أو تجديدها رسم قدره ... جنيه في كل مئة حالية او كسورها باعتبار المائة عن الجهاز وقوه ...

الفقرة الثانية – على من يمتلك او كان يحوز جهاز راديو ان يخبر المدير العام عند بيعه او التنازل عنه لغيره باي شكل كان ذلك بالشكل والكيفية التي يطلبها المدير العام في التعليمات التي يصدرها لهذا الغرض ...

المادة الثامنة عشرة – تعتبر الاجازات التي يصدرها المدير العام بموجب أحكام هذا القانون شخصية ولا يجوز لصاحب الاجازة بيعها او التنازل عنها او التصرف بها باية كيفية اخرى الى اي شخص آخر ...

المادة التاسعة عشرة – لا يجوز لاحد استعمال اجهزة الراديو لغرض التجربة سواء كان في دور السكنى او في السيارات او في المحلات العامة او في محلات بيع الاجهزة او في اي مكان آخر لمدة يتجاوز مجموعها ٣٠ يوما في سنة كاملة بدون اجازة ...

المادة العشرون – اذا خالف صاحب الاجازة اي شرط من الشروط المعينة فيها فللمدير العام سحب الاجازة علاوة على اية عقوبة اخرى قد تفرض على المخالف بموجب هذا القانون ...

المادة الحادية والعشرون – (الفقرة الثانية) كل شخص يمتلك او يركب جهاز راديو بدون اجازة تصدر بموجب احكام هذا القانون او مخالفا لشروط الاجازة يعاقب بغرامة لا تزيد على خمسة جنيهات ...

المادة الثالثة والعشرون – عند وقوع حوادث خطيرة تضر مصر او الحكومة مثلة بالامن الداخلي او بسلامة الدولة لسبب الوزراء ان يقرروا ما يأتي :-

(أ) وقف شروط خاصة لاستعمال أجهزة اللاسلكي وأجهزة الراديو = (ب) ايقاف استعمال الاجهزة اللاسلكية = (ج) الغاء جميع الاجازات الخاصة بهذه الاجهزة = (د) وقع جميع الاجهزة وتسليمها الى الحكومة بعد تعويضها بما يراه المجلس ...

الوجه الخلفي للرخصة السابقة وترى فيها مقتبس من القانون المعمول به لإصدار رخصة لمن يروم اقتناء واستعمال الراديو المنزلي.

- **وهنالك في الواقع الأجهزة المخصصة كلياً أو بشكل جزئي للعمل ضمن القدرة الواطئة أو ما يعرف اصطلاحاً QRP، إذ إن الدوائر التي سنتناولها في هذا البحث ستكون ضمن مجال القدرة الواطئة QRP.**
- **حزم الهواة، وحزم المدنيين Amateur and Citizens' Bands**

بما إن الجهاز الذي نقصده يجب أن يكون مرخص، لذا سنستعمل بشكل عام أحد ترددات حزم الهواة المسموح بها . وأحدها هي حزمة 28 ميكا هرتز الواقعة قريباً جداً من حزمة المدنيين في الولايات المتحدة USA Citizens' Band، ذات الشعبية الكبيرة حيث يتمحور العمل حول التردد 27 ميكا هرتز.

الأجهزة العاملة على تردد حزمة المدنيين 27 MHz Citizens' Band لا يمكنها أن تحصل على رخصة في بريطانيا، ولكن يمكن زحزحة تردد هذه المعدات ليدخل ضن حزمة الهواة Amateur المرخصة 28MHz وبنفس الكيفية يمكن للدوائر المصممة للعمل على 28MHz أن تعدل لتعمل على

حزمة 27MHz عندما تكون هذه الحزمة مسموح بها في بلد ما، وسنذكر التفاصيل لكل دائرة نمر عليها تندرج تحت الملاحظة أعلاه.

في بريطانيا عندما يجتاز الهاوي امتحان يتضمن إجادة إشارات مورس فإنه بذلك يكون مؤهل للعمل على كافة حزم الهواة ، أما إذا لم تكن إشارات مورس مدرجة في الامتحان فإن رخصته تتحدد بحزم الترددات العالية جداً Very High Frequency ((التي هي أكبر من 30MHz)) . ويكون هذا عامل مهم للهواة في بريطانيا لاختيار تردد العمل.

((لعل الملاحظة السابقة قد تغيرت في المملكة المتحدة، إذ سمعنا إن اختبار إشارات مورس قد حذف من اختبار الهواة في بريطانيا، فإن صح ما بلغنا تكون الملاحظة السابقة قديمة قدم المصدر)).

يطلق على عمل الهواة الغير مرخص بالقرصنة "Pirats"وعندما يكتشف اشتغال غير قانوني يكون من المتوقع أن يحجر على المعدات من قبل GPO. دوائر الاستقبال الموجودة على هذه الصفحات يمكن أن تستعمل من قبل أي شخص، يعني أي هاوي بإمكانه أن يبني مستقبل، لكن دوائر الإرسال يجب أن تعمل فقط بعد أن يتم الحصول على الرخصة المناسبة.

دوائر الإرسال المشروحة هنا ينبغي استعمالها مع حزم الهواة المرخصة، ويتعين الحصول على رخصة الإرسال للهواة Amateur transmitting license للعمل مع هذه المعدات.

تفاصيل الرخصة المتوفرة للإرسال في العراق تجده ا على موقع الجمعية العراقية لهواة اللاسلكي وهي كما أسلفنا على الرابط http://www.iraqi-ars.org/

صورة من متصفح الانترنت يبين الصفحة الرئيسة لموقع جمعية العراق لهواة اللاسلكي.

جدول ترددات الهواة في العراق

This Frequency Band allows full amateur radio privileges within the high frequency bands specified by the International Amateur Radio Union Region 1.VHF operation are authorized only from 144.0 MHz Through 146.00 MHz as in the table below

HF BAND	VHF BAND
1810 - 1838 CW 1838 - 1840 Digital mode except Packet, CW 1840 - 1842 Digital mode except Packet, Phone, CW 1842 - 2000 Phone, CW	144.000 - 144.050 EME only 144.050 - 144.100 CW only 144.100 - 144.400 CW / SSB 144.100 Calling frequency: national primary 144.200 Calling frequency: national secondary 144.220 -144.240 Digital DX modes 144.240 - 144.300 Guard band: New Zealand beacons 144.300 SSB chat frequency 144.300 - 144.500 Space communications 144.400 - 144.600 Beacons 144.625 - 144.675 General / Experimental
3500 - 3510 Intercontinental DX CW 3500 - 3560 CW, Contest preferred CW segment 3560 - 3580 CW 3580 - 3590 Digital mode, CW 3590 - 3600 Digital mode, Packet Preferred) CW 3600- 3620 Phone, Digital mode, CW 3600 - 3650 Phone Contest preferred phone segment, CW 3650 - 3775 Phone, CW 3700- 3800 Phone Contest preferred phone segment, CW 3730 - 3740 SSTV, FAX, Phone, CW 3775 - 3800 Intercontinental DX Phone	144.700 - 145.200 PACKET RADIO 144.950 Space communications only 145.075 - 145.150 High speed systems 145.175 National APRS frequency 145.200 National WICEN frequency
7000 - 7035 CW 7035 - 7040 Digital mode (except Packet), SSTV/FAX,CW	145.225 - 145.275 General / Experimental 145.300 National ARDF frequency 145.325 - 145.525 FM voice simplex

7040 - 7045 Digital mode (except Packet SSTV/FAX), Phone, CW 7045 - 7200 Phone, CW	145.550 Space communications only 145.575 Information Beacons 145.600 RTTY (AFSK) 145.625 SSTV / Fax (AFSK 145.650 - 145.675 CW practice beacons / broadcast relays 145.700 ARDF homing beacons
10100 – 10140 CW 10140 – 10150 Digital mode (except Packet), CW	145.800 - 146.000 AMATEUR SATELLITES
14000 – 14070 CW 14000 – 14060 CW, Contest CW preferred segment 14070 – 14089 Digital mode, CW 14089 – 14099 Digital mode non automat. Packet preferred, CW 14099 – 14101 IBP 14101 – 14112 Digital mode (Store and fwrd preferred), Phone, CW 14112 – 14125 Phone, CW 14125 – 14300 Phone, Contest phone preferred segment, CW 14230 Calling freq. SSTV, FAX 14300 – 14350 Phone, CW	
18068 – 18100 CW 18100 – 18109 Digital mode, CW 18109 – 18111 IBP 18111 – 18168 Phone, CW	
21000 – 21080 CW 21080 – 21100 Digital mode, CW 21100 – 21120 Digital mode Packet preferred, CW 21120 – 21149 CW 21149 – 21151 IBP 21151 – 21450 Phone, CW 21340 Calling freq. SSTV, FAX. Phone, CW	
24890 – 24920 CW 24920 – 24929 Digital mode, CW 24929 - 24931 IBP 24931 – 24990 Phone, CW	
28000 – 28050 CW 28050 – 28120 Digital mode, CW 28120 – 28150 Digital mode, Packet Preferred, CW	

28150 – 28190 CW 28190 – 28199 Reg.Time Shared IBP 28199 – 28201 WW Time Shared IBP 28201 – 28225 Continuous Duty IBP 28225 – 29200 Phone, CW 28680 Calling freq. SSTV, FAX. Phone, CW 29200 – 29300 Digital mode (NBFM Packet), Phone, CW 29300 – 29510 Satellite down link 29510 – 29700 Phone. CW	

FOOT NOTES:-

1. **CW is permitted on all frequencies but is exclusive where shown.**
2. **Digital mode refers to the digital modes RTTY, AMTOR and Packet (including new systems like PACTOR and CLOVER).**
3. **NB (narrow band) includes all digital modes.**
4. **RTTY includes all digital modes.**
5. **Some operating frequencies may not be allowed in certain countries or may be shared on a secondary basis.**

في الأعلى جدول لترددات هواة اللاسلكي في العراق منقول من موقع الجمعية سابق الذكر.

الترددات Frequencies :

من الموقع أعلاه ستجد حزم الترددات المستعملة للهواة في العراق. وبصورة عامة فإن الرخص تمنح لتستعمل مع حزم الترددات : 1.8 - 2.0 ميكاهرتز و 3.5 - 3.8 ميكاهرتز و 7.0 - 7.1 ميكاهرتز و14.0 - 14.350 ميكاهرتز و21.0 - 21.45 ميكاهرتز و28.0 - 29.71 ميكاهرتز و 144 - 146 ميكاهرتز

حزمة 1.8 ميكاهرتز أي 160مترا تستخدم لنشاط الهواة واطئ القدرة، خاصة عندما تكون القدرة محددة على هذه الحزمة لغاية 10 واط. ومن المتوقع إن هذه الحزمة تحقق اتصال لغاية 25 ميلا كحد أعلى أو نحو ذلك، واضعين في بالنا إن مسافات أكبر ممكن أن تغطى. وكذلك الحال بالنسبة لحزمة 3.5 ميكا هرتز أو كما تسمى حزمة 80 متراً لكنها تكون مملوءة بالضوضاء خلال المساء أو ساعات النهار. أياً من هذه الحزم واطئة التردد ممكن أن تقدم اتصالا يعتمد عليه بموجات أرضية لمسافات قصيرة باستثناء أوقات الظروف السيئة.

الحزم 7 ميكاهرتز (40 مترا) و 14 ميكاهرتز (20 مترا) و 21 ميكاهرتز (15 متراً) تستعمل بشكل عام للاتصال عبر المسافات البعيدة جداً، وهي غير مفضلة في هذا العرض.

حزمة 28 ميكاهرتز (10 متراً) تمتلك تداخل قليل من الإشارات البعيدة جداً عدا في بعض الظروف، وهي مفضلة جداً للعرض الذي نحن بصدده، وهي مشابهة في خواصها مع حزمة 27 ميكاهرتز.

حزمة 70 ميكاهرتز أو حزمة 4 متراً تمتلك ميزات للمسافات القصيرة والعمل بالقدرات الواطئة، لكن حزمة 144 ميكاهرتز (2 مترا) تستخدم بشكل أكثر يفضلها الهواة ضمن المدى VHF. حزمة 420 ميكاهرتز والترددات الأعلى ليست بتلك الشعبية في الوقت الحاضر خاصة للمبتدئين بسبب الأجهزة والنبائط وتحديدات أخرى.

لذا فأن المعدات ستكون أفضل حالا مع حزم الترددات الواطئة 160 متراً أو 80 مترا أو الحزمة 10 مترا أو الحزمة 2 متراً. وهذه بطبيعة الحال ليست قاعدة تستثني الحزم الباقية التي لها محاسنها في بعض الأوقات والظروف.

المديات Ranges

الاتصال الذي يعتمد عليه هو عبر الموجة الأرضية ground wave، التي تتضاءل قوتها كلما بعدت المسافة. الاتصال ممكن أن يتأثر عند وجود تلال أو عقبات في مسار الإشارة. وطبيعة الانتشار لها تأثير مماثل، يزداد المدى عند زيادة القدرة المرسلة، وكذلك بزيادة حساسية المستقبل، أو باستعمال هوائيات أكثر كفاءة مع المرسلة أو مع المستقبلة.

مديات الاتصال الأكبر نحصل عليها من خلال موجات العلاء Sky Wave المنعكسة من الطبقات المتأينة في الأعالي فوق سطح الأرض. هذه الطبقات تعاني من تغيرات شديدة على مدى الساعات والفصول. ونتيجة لذلك فإن اتصال جيد عبر موجات العلاء قد يحدث في وقت محدد واحد لبضعة أيام، ولكن بعد هذا الوقت قد يضعف أو يتلاشى. موجات العلاء تؤمن لنا اتصالا عبر مسافات كبيرة جداً لكنه اتصال لا يعتمد عليه ولا يعول على استقراره. تأثيرات مثل هذه تظهر مع كل إشارات الترددات العالية HF عدا الموجات الأرضية. وهي مألوفة لجميع من أصغى إلى إرسال الموجات القصيرة أو إلى إرسال الهواة Amateur transmissions.

اختيار الصيغة Choice of mode

يتميز الإرسال بصيغة الحزمة الجانبية المفردة SSB بالكفاءة العالية والانتفاع الأمثل من القدرة المرسلة، هذه الصيغة قد تكون نموذجية للاتصال بقدرة إرسال واطئة. لكن السيئ فيها فإن توليد إشارات SSB هو مشكلة بحد ذاتها وذلك بسبب الدوائر اللازمة (المرشح والدوائر الأخرى) التي تقوم بهذه العملية. وهذه الدوائر لازمة للإرسال SSB واطئ القدرة، كما هي للإرسال SSB عالي القدرة، وبسبب هذه الدوائر تصبح المعدات مكلفة وكبيرة الحجم.

تضمين التردد FM على حزم VHF له ميزات، وهو رائع للمعدات التي تبنى باليد، لكنه يتسبب في تعقيد المستقبل، أو لنقل يجعل استعمال مستقبل بسيط أمر مستحيل.

إرسال الصوت بصيغة تضمين الاتساع AM هو المفضل في معظم الحالات. هنالك ولا شك فقد أو ضياع في القدرة المستعملة لتوليد الحاملة وحزمتين جانبيتين، لكن الجهاز سيكون بسيط جدا عند البناء وصغير الحجم وقليل الكلفة تماماً.

بعض المتحمسين للقدرة الواطئة يستعمل صيغة مورس CW ليحقق اتصال إلى مسافة أكبر مع معدات نقالة؛ مسافة قد تصل إلى آلاف الأميال ممكن بلوغها من خلال بضعة ملي واط من القدرة، لكن كما قلنا قد نفقد هذا الاتصال بعد قليل وهو غير مستقر.

مثل هكذا قفزات للاتصال عبر المسافات الطويلة Long distance communications DX ترتكز في الحقيقة على القفزات Skip الكبيرة التي تحدث لحزمة الترددات العالية HF.

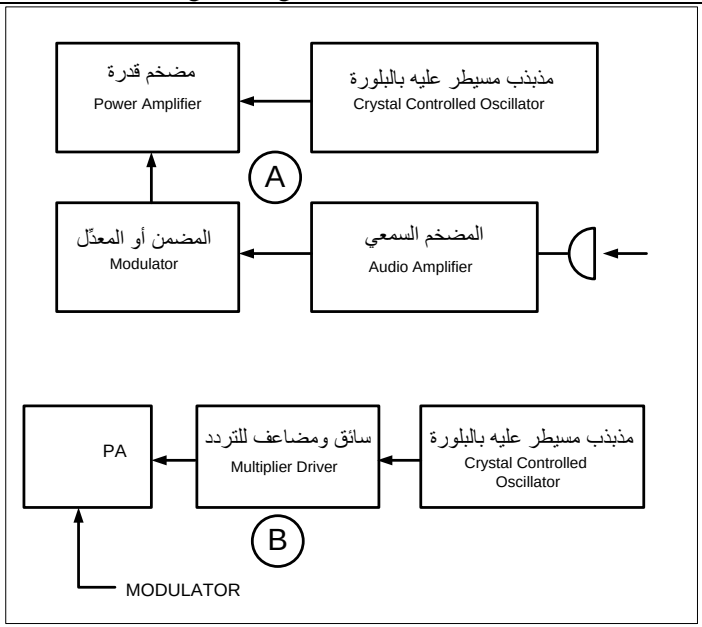
بالنسبة للموجة الأرضية أو عند العمل على تردد 144 ميكاهرتز باستعمال تعديل الاتساع AM فإن قدرة ربما 200 ملي واط (0.2Watt) تكون ملائمة لعدة أميال. مدى التغطية يعتمد على الهوائي وأن المديات التي نحصل عليها باستعمال هوائيات كفئة تكون أكبر بكثير من تلك التي نحصل عليها مع هوائي سوطي قصير.

السيطرة بالبلورات Crystal Control

استعمال البلورات كمسيطرات على التردد يعني إن الدائرة تصبح أبسط، وليس من الضروري أن نستعملها في الأجهزة المحمولة باليد رغم أثرها في تثبيت التردد.

عندما نبني دائرة تسيطر عليها البلورة بشكل صحيح فإنها تعمل فقط عند تردد البلورة. وبذا نمنع أي انحراف يحدث بسبب تغيرات في فولتية البطارية أو الحرارة أو الاهتزاز الميكانيكي العشوائي.

البلورة المفردة تؤمن تردد عمل واحد فقط، لكن هذا التحديد ليس قاطعا. وعند الرغبة في الاتصال مع محطة أخرى يمكن أن نستعمل جهاز إرسال أو استقبال قابل للتنغيم حيث يمكن تحريك التردد. أما بالنسبة لقناتين أو أكثر، يصبح من الضروري استعمال عدة بلورات حيث يتم انتخابها بواسطة مفتاح.



الشكل١ المرحلة الأخيرة هي مرحلة مضخم القدرة PA ومنها يخرج الإرسال الراديوي.

المرسلة بإمكانها أن تستعمل المراحل كما مبين في A من الشكل١ . المذبذب المسيطر على تردده بواسطة البلورة، يعمل عند تردد الإشارة التي يتعين إرسالها . وهو متبوع بمضخم قدرة (PA) لزيادة القدرة المرسلة .

قسم الصوت Audio يمتلك مضخم ابتدائي Preamplifier؛ متبوعاً بمرحلة تعدّل أو تضمّن modulate مضخم القدرة، وبذا يجري تضمين الإشارة المرسلة .

عند العمل عند الترددات العالية جداً VHF يكون من الضروري مضاعفة تردد مذبذب البلورة كما ترى في B . وكمثال مذبذب بتردد 72 ميكاهرتز، نتبعه بمضاعف doublers يعطينا 144 ميكا هرتز وبذا لا نحتاج إلى مرحلة إضافية .

في بعض الأحيان فإن التضمين يسلط على المرحلة التي تسبق مضخم القدرة PA، وبهذه الطريقة نحصل على عمق تضمين أكبر .

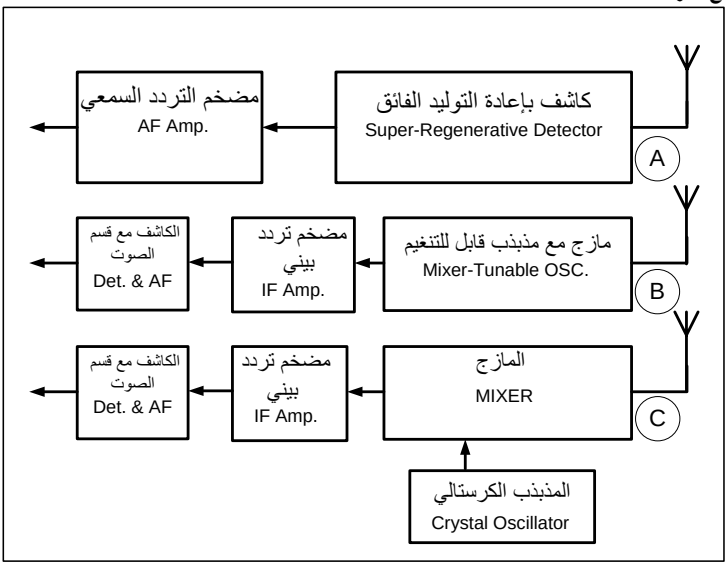
وللحصول على حجم صغير وقدرة واطئة، فإن الترتيب في A غالبا ما يستعمل، وهو مرضي تماماً عند تردد الحزم 1.8MHz إلى 28MHz .

في معظم الأحيان المذبذب Oscillator ومرحلة السوق Driver ومضخم القدرة PA تعمل عند نفس التردد، عندها تتوفر لدينا قدرة أكبر . وهذا يصح لكن للتحرر الأكثر من عدم الاستقرار

instability أو المشاكل المشابهة يُتبع المذبذب بمضاعف للتردد. ونقول مرة ثانية إنه في بعض الحالات يكون من الأسهل ترتيب الأمور بحيث إن المرحلة المتوسطة من المذبذب تعمل إما كمضاعف، أو مرحلة مباشرة، وبذا نحصل على حزمتين عمل من خلال بلورة واحدة.

فإذا كانت النية في بناء قطعتين من التي تحمل باليد لتعمل مع بعض، فإنها ستعمل على نفس التردد. فإذا ما نغمت tunes محطة منزلية أو أي محطة أخرى على هذا التردد سيتيسر الاتصال عند الرغبة عبر ثلاثة مسارات 3-way.

عندما يكون المستقبل قابل للتنغيم، يمكن بطبيعة الحال ضبطه إلى تردد أي إشارة نرغب بسماعها. وعلى أي حال ولغرض الاستقرارية يكون من الشائع بين الهواة أن تسيطر البلورة على تردد مذبذب المستقبل. هذا يسمح بالاستقبال على تردد واحد فقط، وعليه يتم اختيار البلورة لتتلاءم مع المرسلة.



الشكل٢ أصناف من تقنيات الاستقبال المستعملة مع المستقبلات.

الشكل٢ يوضح الحالة هنا. في A نرى مستقبل بإعادة التوليد الفائق قابل للتنغيم، وهذا بمكن تنغيمه إلى أي تردد مرغوب. في B نرى قد استعمل مستقبل بالفعل المغاير فوق السمعي Superhet. عند تنغيم المذبذب، يمكن أن نستلم الإشارات عند أي تردد مرغوب. في C قد استعمل مذبذب مسيطر على تردده بالبلورة. وهذا يسمح بالاستقبال على تردد مختار واحد.

وكمثال افرض إن المرسلة ترسل على 28.5 ميكاهرتز. تردد البلورة في مذبذب المستقبل يجب أن يختلف (إما زيادة أو نقصان) عن تردد المرسلة بقدر التردد المتوسط intermediate frequency للمستقبل. نفرض في المثال إن التردد المتوسط IF للمستقبل هو 460KHz، فسيكون تردد بلورة

المستقبل إما 28.5 ميكاهرتز زائداً 460KHz أي 28.960MHz أو 28.5MHz ناقصاً 460KHz أي 28.04؛ فقط عندما يختلف تردد البلورة بمقدار التردد المتوسط فإن الاستقبال يكون ممكنا. وعلى هذا فإن البلورات تشترى على شكل أزواج. حيث تتم السيطرة على تردد المرسلة ومذبذب المستقبل وبذلك تتم إدامة التنغيم الصحيح.

سيطرة البلورة على المستقبل تمتلك ميزة إن تردد الاستقبال لا ينحرف عن قيمته الصحيحة. وعلى أي حال فإن انخفاض الكلفة والتغطية الأكبر للمستقبل القابل للتنغيم تعطيه بعض المزايا. ومن الأسهل أن نستعمل مستقبل بإعادة التوليد الفائق قابل للتنغيم حيث يمتلك أروع حساسية، وهو أسهل كثيراً في بناءه من مستقبل الفعل المغاير فوق السمعي Super heterodyne. لذا يمكن أن نلاحظ إن مرسلة من النوع المسيطر عليها بالبلورة هي بشكل عام النوع الذي نقصده في هذا العرض.

وللوصل Link بين محطتين Stations ينصح باستعمال سيطرة البلورة على المرسل وكذلك المستقبل وبذلك يحدث ربط موثوق يعتمد عليه ولا نخشى من انحراف drift التردد وهذه الطريقة غالبا ما نجدها في محطات السكك الحديد أو حيث يكون المطلوب اتصال يعتمد عليه لفترات طويلة. ولكن الهواة يبحثون عن البساطة وإمكانية استعمال المستقبل لأغراض الهواة الأخرى لذا يمكن أن يكون المستقبل قابل للتنغيم.

عندما نروم جمع المرسل مع المستقبل لنحقق مرسل مستقبل Transceiver يتم ذلك باستعمال أحد الدوائر من الشكل١ وأخرى من الشكل٢؛ لهذا الترتيب بعض المزايا من ناحية التركيب. بما إن قسمي الإرسال والاستقبال منفصلين،إذن يمكن بنائهما وفحصهما منفصلين؛ ولهذا يمكن للدوائر أن تتضمن بعض المراحل للعمل في كل من الإرسال والاستقبال.

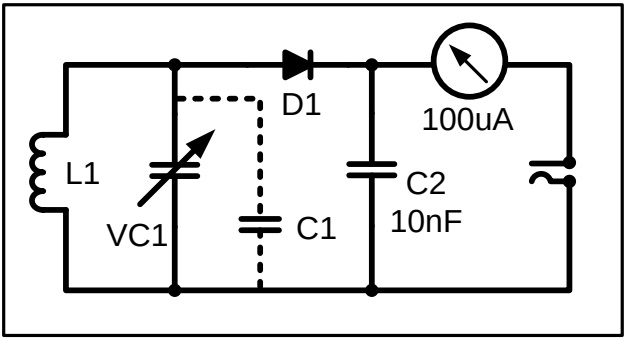
القسم السمعي Audio يستعمل غالباً بشكل مشترك كما ذكرنا، مؤدياً دور المضمن Modulator مع المرسلة، والمضخم السمعي للمستقبل عند الاستلام. هذا بإمكانه أن يقلل عدد المكونات والحجم للجهاز، ولكن بشكل عام يحتاج إلى عدة مفاتيح على محور واحد للتحويل من الإرسال إلى الاستقبال.

مراقب الموجة ومقياس الموجة Monitor / Wave meter

ممكن أن يبنى كلا من مراقب الموجة ومقياس الموجة بكل سهولة للحزمة الترددية المرغوبة، وهو جهاز فحص وسيثبت فائدته الجمة عند فحص وضبط دوائر المرسلة. سيبين لنا هل إن طاقة التردد الراديوي يتم إنتاجها في المذبذب أو في مراحل التضخيم، وكذلك يعطي بيان عن شدة الإشارة كوسيلة لبيان تنغيم المذبذب أو الدوائر الأخرى. ومن خلال تركيب سماعة الأذن headphones سيتمكن الجهاز من فحص تضمين الإشارة التي يتم بثها أو جودة صوت الكلام. وعند إضافة الهوائي يمكن أن يساعدنا في تنغيم المرسلة لأقوى إشارة خارجة.

الشكل٣ هو دائرة لهذه الوحدة. طاقة التردد الراديوي يجري التقاطها بواسطة L1 وتقوَّم بواسطة D1. هذا يقدم بيان يظهر على المؤشر. مقبس سماعة الإذن يجب أن يكون من النوع

الذي يعمل دورة قصيرة عند رفع القابس، تركيب القابس يمكننا من فحص الإشارة بسماعها بالأذن.



الشكل٣ دائرة فاحص للإشارة المرسلة.

بالنسبة للتردد 144MHz يتألف L1 من أربع لفات من سلك قياس 20SWG أو قريباً منه ويراعى عند إعداده أن يثبت نفسه بنفسه Self support قطره الخارجي حوالي 9mm، ويمدد حتى يصبح طوله حوالي 18mm. VC1 لها قيمة تبلغ 25PF و C1 غير مطلوبة.

عند استعماله ليتم تنغيمه على التردد 70MHz استعمل سبع لفات من سلك قياس 26SWG سلك معزول بالطلاء على مشكّل قطر 11 mm أو قريباً منه، وتمدد اللفات لتحتل 15mm طولا. VC1 هي 25PF و C1 تحذف.

حزمة 28MHz تتطلب ثلاثة عشر لفة من سلك معزول بالطلاء قياس 28SWG أو قريباً منه يلف لفة بجانب لفة على مشكل former قطر 11mm وكذلك نحذف C1 و VC1 لها قيمة تبلغ 25PF.

حزم الترددات الأقل تتطلب عدد أكبر من اللفات لذا يمكن استعمال الملفات جاهزة اللف. بالنسبة لـ 3.5MHz يمكن أن نستعمل ملف Denco من إنتاج .Calcton Ltd ((هذا النوع من الملفات ينتج في بريطانيا جاهزاً لاستخدامات الهواة)) Range 3 Yellow. ويوصل عبر المسمار رقم 1 ورقم 6. ويرفع القلب تماماً من الملف، وتكون VC1 ذات 100PF مع 22PF للمتسعة C1.

حزم الترددات من نوع LF الباقية 1.8MHz يمكن أن نستعمل لها ملف Denco Range 2 Yellow ويتم رفع القلب بالكامل، وVC1 تساوي 100PF و C1 غير لازمة ويتم التوصيل بين الطرف 1 والطرف 6.

الملفات المشابهة التي نحصل عليها من تفكيك الأجهزة القديمة يمكن أن تفي بالغرض ومعظم ملفات الموجة المتوسطة تصل إلى التردد 1.8MHz عند رفع القلب وإذا لزم الأمر يتم رفع عدة لفات من الملف.

يفضل استعمال صندوق Box بلاستك لاحتواء الدائرة وتيسير عملية إقران الملف L1 إلى الدائرة تحت الفحص وفي نفس الوقت يحمي المكونات الأخرى. ليس من الضروري أن يمتلك المؤشر كامل

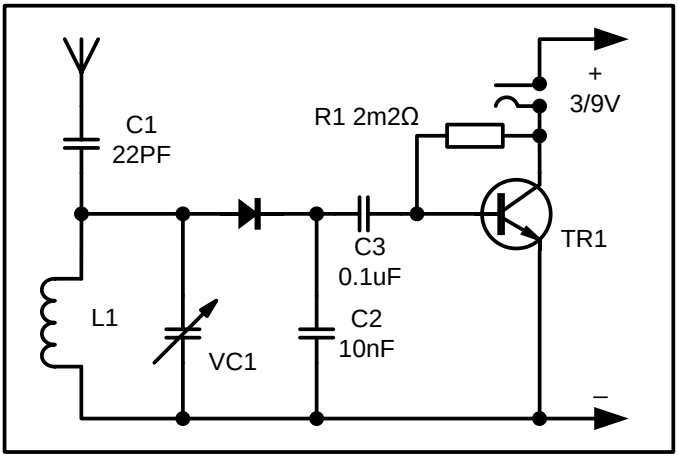
انحراف يبلغ 100uA إنما أي قيمة مابين 50 إلى 250 مايكرو أمبير تفي بالغرض. ممانعة سماعة الأذن ممانعة متوسطة أو عالية.

لاستعمال آلة القياس هذه نقرب L1 من الملف المتواجدة عنده الترددات الراديوية (ملف المذبذب مثلا) ونجعلهما تقريباً على امتداد خط واحد، وننغم VC1 لأعظم قراءة يقرأها المقياس (المؤشر). وعندما ترى إشارة تدل على وجود قدرة لا تقرب L1 قريباً جداً إلى المحاثة inductor المقصودة حتى لا تجعل المؤشر يساق إلى كامل الانحراف ويصعب بيان الذروة بعد ذلك. بإمكانك أن تضع تدريج معايرة تحت قبضة تدوير VC1 حيث يمكنك أن ترى هل الدوائر تعمل وق التردد الصحيح أم لا. وهذا يمكن أن يكون مفيداً لمراقبة دوائر مضاعفة التردد multiplication وهل حصلنا عليه فعلا من دائرة المضاعف أو أي دوائر أخرى.

من المناسب عملياً بناء هذه الوحدة وجعل الملفات L1 قابلة للتركيب والفصل حيث يمكن تغطية العديد من المديات.

لفحص شدة المجال التي نحصل عليها من المرسلة، يكون من الضروري إضافة هوائي من النوع التلسكوبي إلى المراقب Monitor. وهو كالمستعمل مع أجهزة الاستقبال الراديوية النقالة. ويمكن إقرانه Coupled إلى L1 من خلال استعمال الملف الابتدائي لأحد الملفات التجارية الجاهزة. أو إقران يستجيب لكل الحزم من خلال توصيل الهوائي مباشرة إلى L1 ويصبح من الضروري إعادة تنغيم VC1.

المراقب Monitor يجب أن يبتعد مسافة بسيطة عن المرسلة، وينغم من خلال VC1 لأحسن قراءة



الشكل٤ دائرة فاحص يتضمن مقوي للإشارة السمعية التي نفحصها.

تظهر على مؤشر المقياس. أي ضبط للمرسلة يؤدي إلى زيادة في قراءة مؤشر المقياس يعني زيادة في قوة إشعاع المرسلة. وهذا يسمح كذلك بإجراء فحص سريع عند إرسال قدرة مخصصة معينة.

القراءة الفعلية للمقياس تعتمد على القدرة وكذلك على طول الهوائيات وامتدادها، وكذلك على المسافة من هوائي المرسلة إلى هوائي المراقب. قليل من الفحوصات تبين ما هو التوقع. هل الاتصال أصبح غير مرضي وانطفأت القدرة الخارجة من المرسلة، سيكون لزاماً إجراء فحص للمرسلة أو أحد بطارياتها. أما إذا كان الخارج من المرسلة طبيعي، فيجب أن تجرى الفحوصات على المستقبل لتبيان الخلل.

الشكل٤ هي دائرة مراقب مشابهة لكنها تتضمن مقوي لسماعة الأذن التي ستراقب الإشارة المرسلة. يفضل استعمال سماعة أذن ذات ممانعة متوسطة أو عالية فيما بين 500 إلى 2000 أوم. الترانزستور TR1 يمكن أن يكون BC108 أو أي ترانزستور صغير نوع NPN.

المصباح ذو الفتيل كمبين Bulb indicator

ممكن أن يكون المصباح نافعاً إلى أقصى حد ليبين إن دائرة المرسلة تعطي القدرة الخارجة المتوقعة. طاقة التردد الراديوي يسمح لها أن تتدفق خلال المصباح، أو إننا نجهزها إلى المصباح بدلا من الهوائي. سيضيء المصباح بشدة تناسب طاقة التردد الراديوي الموجودة.

بالنسبة للمذبذبات والدوائر ذات القدرة الواطئة، يكون من المناسب استعمال مصباح 6V يتحمل تيار 0.06A أو 60mA، فإذا ما توهج بشكل كامل فهذا يعني ممانعة بمقدار 100 أوم، وسيبين إن حوالي 360mW من التردد الراديوي يمكن الحصول عليها. مصباح ذو 6V وتيار 0.1A ستكون ممانعته 60 أوم تقريباً عندما يضئ بكامل إضاءته، وسيبين قدرة تردد راديوي بمقدار 600mW أو 0.6W.

المصابيح الأكبر نحتاجها فقط للقدرات الأكبر. لذا فإن مصباح 6.3V بتيار 0.15A ستكون ممانعته أكثر قليلا من 40 أوم ويتطلب 950mW بينما مصباح ذو 6.3V وتيار 0.3A عند كامل توهجه سيكون أقل قليلا من 20 أوم ويحتاج إلى 0.8W؛ بما إن الممانعة تصبح واطئة جداً، يتعين استعمال مصابيح ذات فولتيات أعلى لبلوغ قدرات أكبر، أو وصل المصابيح على التوالي. لذا فإن مصباح ذو 12V ويتحمل قدرة 2W ستكون ممانعته حوالي 70 أوم عندما يضيء بالكامل.

مثل هذه المصابيح يمكن الحصول عليها من محلات أدوات السيارات أو أدوات الدراجات ... الخ. مصباح البطارية اليدوي الاعتيادي مثل المصباح 3.5V و 0.3A يقابل ممانعة واطئة جداً (قريباً من 10 أوم) لأداء دور هوائي بديل ولكن في بعض الأحيان يمكن تسخيره ليتصل على التوالي مع الهوائي ليعطي بيان عن مقدار التيار المار في الهوائي (تيار التردد الراديوي).

وعموماً فإن المطلوب هو بيان عن حالة عمل المرسلة. بالنسبة لقياس مقدار التيار الراديوي الخارج من المرسلة نحتاج إلى مقياس تيار بالمزدوج الحراري thermo-couple أو مقياس تيار للترددات الراديوية RF meter مع حمل مناسب غير حثي، حيث تكون قدرة التردد الراديوي

مساوية إلى $I^2 \times R$ (التيار في التيار في الممانعة الغير حثية) . ويجب ملاحظة إن مضاعفة التيار يؤدي إلى نمو في القدرة مطرد وغير خطي. حيث تيار يبلغ 0.1A خلال 100 أوم يبين قدرة تبلغ 1W، عندما يصبح التيار 0.2A فإنه يبين قدرة تبلغ 4 واط.

الكفاءة efficiency في مراحل خروج قدرة الترددات الراديوية لا تتجاوز 66% وربما تكون أقل. الداخل إلى مضخم القدرة هو الفولتية في التيار $v \times I$ ويمكن إيجاد القدرة كما شرحناه في الفقرة السابقة. القدرة المفقودة تتبدد على الغالب على شكل حرارة عند ترانزستور القدرة. لذا فإن التنغيم الغير صحيح كمثال يمكن أن يسبب انخفاض شديد في القدرة الخارجة، وكذلك زيادة في سخونة ترانزستور التضخيم. وهذا يمكن أن يتخذ كتحديد لقدرة التيار المستمر الداخل المسموح بها، إذا كنا نروم منع تلف ترانزستور القدرة.

الداخل × الخارج Input x Output

كمثال افرض إن مضخم القدرة power Amplifier يسحب حوالي 80 إلى 90 ملي أمبير مع تجهيز فولتية تبلغ 12V، لذا فإن قدرة التيار المستمر الداخلة تبلغ حوالي 1W. فإذا ما أضاء الخارج مصباح بقدرة 600mW فإن الكفاءة efficiency هي حوالي 60%، والمتبقي 400mW أو أكثر، لذا فإن استعمال نبيطة device ذات تحمل 500mW سيكون ملائماً.

لكن إذا تسبب التنغيم الخاطئ في إقلال الخارج لنقل إلى 300mW، عندها سيتبدد حوالي 700mW على الترانزستور مسبباً زيادة في التسخين.

باستثناء دوائر القدرة القليلة جداً، سيكون من الحكمة عمل الفحص الأولي للتشغيل من خلال إقلال فولتية التجهيز، وبذا تتم عملية ضبط التنغيم. فإذا ما أصبح ترانزستور المضخم ساخناً، سيكون من الحكمة إطفاء الوحدة أو إقلال الفولتية إلى أن يتم فحص ظروف العمل.

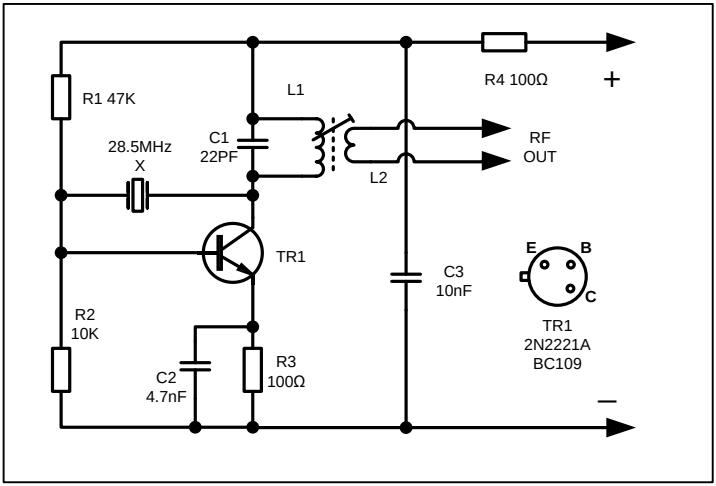
مرسلة بتردد 28MHz 28MHz Transmitter

العمل عند 28MHz يعطي نتائج مشابهة إلى تلك المطبقة على إشارات 27MHz لحزمة المدنيين. جميع عمليات الضبط المطلوبة لمرسلة من نوع 28MHz هي نفسها المطلوبة على مرسلات الحزم الأخرى. فهي لذلك تستحق أن نأخذ تنغيمها بنظر الاعتبار كمرسلة 28MHz واطئة القدرة مع بعض التفاصيل.

بعض أجهزة التردد 27MHz المعروفة جيداً المصنوعة في مصانع ما وراء البحار over seas ((يعني اليابان وأوربا والولايات المتحدة)) تعمل بقدرة حوالي 200mW. المرسلة هنا ممكن أن تشتغل بقدرة داخلة مقدارها (500mW) . هذا يوفر بعض الزيادة في قدرة الإشارة، دون أن تصبح مكلفة كثيراً بسبب ضياعات تيار البطارية. من السهل تماماً إقلال القدرة من خلال إقلال فولتية البطارية، أو من خلال التنغيم بطريقة تؤدي إلى إقلال مقدار السوق المسلط إلى مضخم التردد الراديوي RF الأخير.

المرسلة بكاملها تتألف من مذبذب بلوري Crystal Oscillator، مضخم قدرة للترددات الراديوية RF Power amplifier، ومعدّل أو مضمن Modulator . وللتخلص من البطاريات غالية الثمن يمكن التشغيل من خلال ستة بطاريات ذات 1.5V، أو البطارية الاعتيادية ذات 9V (وللاستخدام الأطول فإن خلايا قابلة للشحن تعتبر اقتصادية) .

يمكن للمرسلة أن تكتمل قبل تسليط قدرة التيار المستمر وفحصها وهي لا تحتاج إلى أي شيء آخر عدا التنغيم. وعلى أي حال فإن الفحص المفصل لمراحل العمل لكل مرحلة يمكن أن يتم كما مشروح، إما كتطوير في العمل، أو لاقتفاء أثر الإشارة .



الشكل٥ دائرة المذبذب البلوري. الخارج منه يذهب إلى الدائرة التالية من خلال ملف يوفق الممانعة ويحقق الإقران المطلوب.

مذبذب البلورة Crystal Oscillator

الشكل٥ هو دائرة نموذجية لمذبذب مسيطر عليه بالبلورة، وهو مخصص للحزمة 28MHz ؛ البلورة Crystal المبينة في المخطط هي ذات تردد 28.5MHz، ولكن طبيعة الحال فإن الترددات الأخرى يمكن أن تستعمل بدلاً عنها .

L1 ينغم من خلال قلبه القابل للضبط ليصبح تردد رنينه قريباً إلى تردد البلورة، ليس المهم هو القياس المضبوط للقطر أو قطر السلك لكن نوع القلب core يتعين أن يكون ملائماً لاستعمالات الترددات العالية HF (صعوداً لغاية 30MHz أو أعلى) .

مع مشكّل بقطر 7 ملم، يمكن أن يتألف L1 من 15 لفة من سلك معزول بالطلاء قياس SWG 26، لفة بجانب لفة. وإذا كان المشكل أصغر قليلا يصبح عدد اللفات 17 لفة من سلك قياس SWG 32 على مشكل ذو قطر (5mm) . وفي جميع الحالات فإن L2 هو أربع لفات مقترنة بشدة tightly coupled إلى L1 .

عندما نصنع ملف من هذا النوع، يمكن أن نبقي اللفات ثابتة في مكانها من خلال نقط من اللاصق عند كل نهاية من نهايات الملف. وأن الملف ككل يجب أن لا يتم تثبيته بغمسه في الورنيش أو الشمع أو مادة مشابهة إذ إن هذه الطريقة تسبب فقد losses في طاقة التردد الراديوي. وما يلاءم هو المادة "Bostik 1" ويستعمل قليل منه.

عند إضافة الملف L2 يتعين ملاحظة إذا كان الإقران Coupling إلى الملف L1 ضعيف جداً (سائب)، حيث ستقل طاقة التردد الراديوي RF التي نحصل عليها. من جانب آخر إذا كان الإقران شديد tight، قد يحمل المذبذب على التوقف؛ الإقران الأحسن هو الذي يعطي نقل أحسن لطاقة التردد الراديوي بدون إجهاد المذبذب وحمله على التوقف.

العديد من الترانزستورات تؤدي أداءً جيداً في هذه الدائرة، ويمكن اختيار الترانزستور BC109 أو 2N2221A. أحسن اختيار لـ C1 تكون من المايكا المفضضة Silver Mica أو من نوع آخر ملائم للترددات نوع HF. قيم المقاومات المبينة وجدناها تفي بالغرض ويمكن تغييرها بقدر ما لتلاءم الترانزستورات الأخرى.

عندما يكون الملف L1 بعيد جداً عن التنغيم، لا نحصل على تذبذب. حدوث التذبذب يؤدي إلى وجود التردد الراديوي ويمكن إدراك وجود التردد الراديوي من خلال تقريب ملف مراقب الموجة أو مقياس الموجة Wave meter قريباً إلى الملف L1، وتنغيم القلب لأقصى انحراف ذروي لمؤشر المقياس ((إذا حملنا المؤشر على أن ينحرف إلى كامل مدى المقياس لا يمكن في هذه الحالة بيان الذروة أو القمة أثناء التنغيم لذا يجب إبعاد المقياس قليلا حتى نستبين الذروة أثناء التنغيم)).

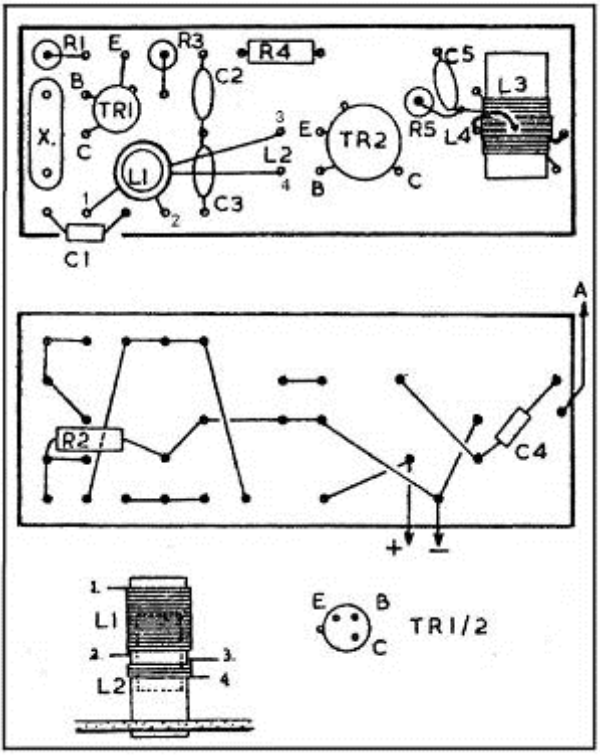
أو نوصل L2 بشكل مؤقت إلى مصباح 6V ذو تيار 0.06A فعندما ينغم المذبذب إلى هبوط dip بمقدار 10mA إلى 15mA، نحصل على تردد راديوي كاف لإضاءة المصباح إضاءة قليلة. تعادل توهج المصباح عند توصيله إلى بطارية مفردة ذات 1.5V فولت.

وقد لوحظ إن الأنسب تنغيم L1 بعيداً قليلا عن النقطة التي تعطي أعظم توهج للمصباح، وذلك لنضمن إن المذبذب سيعمل عند تشغيله في المرة القادمة. وهذا أمر اعتيادي مع المذبذبات المسيطر عليها بالبلورة من هذا النوع. التنغيم الصحيح هو ذلك الذي يعطي أحسن خارج مع بداية تشغيل موفقة..

مع هذا النوع من الأجهزة المدمجة الصغيرة التجارية أو التي تبنى في المنزل، يجري إقلال المراحل إلى أقل ما يمكن. ويكون من الضروري الحصول على أحسن RF خارجة من المذبذب، وإلا سنحصل على سوق غير كاف لمرحلة المضخم التالية، وسيكون الخارج من المرسلة ضعيفاً. ((لاحظ إن أحسن نقل لطاقة المذبذب يتم من خلال توفيق الممانعات، وهذه النقطة مطلوبة في مجال الترددات الراديوية أكثر مما للترددات السمعية، والغالب إن ممانعة دخول الترانزستور واطئة وممانعة خروجه عالية ويمكن إدراك ذلك من عدد لفات الملفات التي تربط المراحل مع بعضها)).

ليس ضروري لفولتية التجهيز أن تكون 9V أو 12V لغرض زيادة الخارج. بل يكون من الأنسب الحصول على أحسن كفاءة من كل مرحلة على مدى حزمة الترددات المرغوبة دون الحاجة إلى قدرة بطارية غير ضرورية.

بالنسبة للتغيرات الصغيرة في التردد، مثل تلك الناتجة عن تغيير البلورات ضمن الحزمة الواحدة، فإن إعادة تنغيم الملف L1 يعتبر بشكل عام ليس ضرورياً. وعند إجراء التنغيم النهائي كما شرحناه فهو قريب جداً من الصحيح، ولكن عندما يسوق L2 المرحلة التالية فإن إعادة ضبط لقلب الملف L1 يكون مطلوباً للحصول على أعلى كفاءة.



الشكل٦

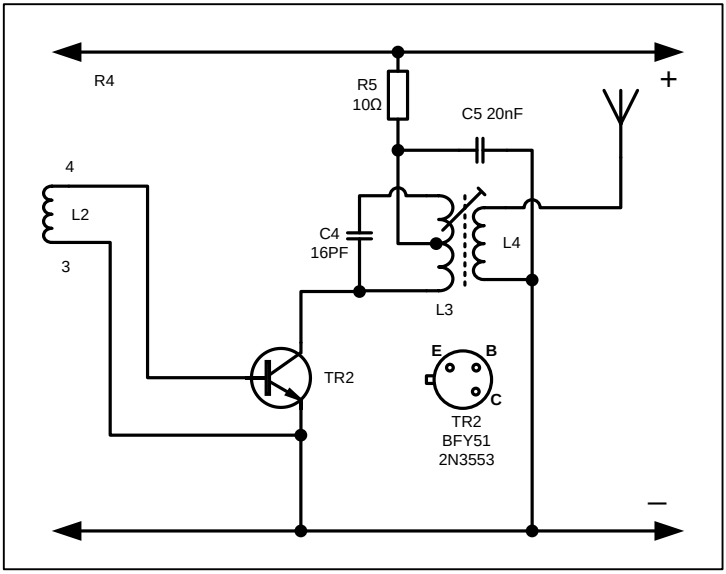
الشكل٦ يبين تجميع هذه المرحلة. فإذا ما استعملنا لوح مثقب قياس 0.15 ((هذا القياس هو المسافة بين ثقب وثقب بالأنج))، يمكن وضع المكونات تماماً كما مبين. بعض الإقلال في الحجم ممكن، ولكن إذا ما تم إقلال الأبعاد إلى أقل ما يمكن يصبح من العسير إتمام أعمال التجميع.

قطر مشكل الملف حوالي 5mm وطوله 15mm . ابدأ عند النقطة 1 قرب قمة المشكل، ولف سبعة عشر لفة من سلك 32SWG معزول بالورنيش لفات متقاربة الواحدة بجانب الأخرى، وانته عند النقطة 2 .

ابدأ من الطرف 3 ولف أربع لفات بنفس الاتجاه مثل L1، وانته عند 4 . ادفع هذه اللفات باتجاه L1 . وثبت الأسلاك كما شرحنا . موقع قلب الملف هو تقريباً كما يبدو ونحن نعتقد إن هذا يختلف قليلا من ملف إلى ملف وحسب الأسلاك . لاحظ إن القلب يجري وضعه ليحقق أعظم إقران من L1 إلى L2، ولا يخرج رأس القلب من قمة المشكل .

المتسعة C1 هي متسعة صغيرة من المايكا المفضضة Silver mica . C2 و C3 هي متسعات قرصية من السيراميك واطئة الفولتية . المقاومة R2 تمرر من تحت اللوح . استعملنا بلورة صغيرة miniature crystal مع قاعدتها، ولكن يمكن لحام البلورات المنتهية بأسلاك مباشرة إلى الدائرة . الغلاف المعدني للترانزستور TR1 يجب أن لا يمس الأسلاك أو أي أجزاء مكشوفة .

هذه الدائرة قد جرى فحصها كما شرحنا . فإذا ما وصلنا مقياس تيار عبر أي من أطراف توصيل البطارية، سيهبط dip التيار عند تنغيم L1 تنغيما صحيحاً ويتم تجهيز طاقة التردد الراديوي RF عبر L2 .



الشكل٧ ترانزستور تضخيم القدرة يساق بالملف واطئ الممانعة L2.

مضخم القدرة Power Amplifier

الدائرة لمضخم القدرة تراها في الشكل٧. ملف الإقران L2 يجهز تردد راديوي RF إلى قاعدة الترانزستور TR2 . وهو بذلك يؤدي وظيفة توفيق ممانعة الدخول الواطئة مع ممانعة خروج ترانزستور السوق العالية، لذا نراه يتألف من أربع لفات، إذ إن إقلال عدد اللفات دلالة على انخفاض ممانعة الملف.

بهذه الطريقة يتوقف TR2 عن العمل إذا اختفى السوق، ويصبح تيار الجامع Collector تقريباً صفر (أي ينغلق الترانزستور) . تنغيم أخير للمذبذب يمكن إجراءه لأعظم تيار جامع بالنسبة لـ TR2، آخذين بنظر الاعتبار انطلاق المذبذب عند إطفاءه وإعادة تشغيله.

الخارج من TR2 عبر خط الجامع يذهب إلى ملف له تفريعة وسطية Center-tapped coil وهو L3، مع متسعة التوازي C4. الملف L4 يؤمن الإقران Coupling إلى الهوائي.

العديد من الترانزستورات تعطي نتائج جيدة مع هذه الدائرة. الترانزستور BFY51 هو رخيص الثمن وله أقل تردد قطع fT يبلغ 50MHz. الترانزستور 2N3553 يمتلك تردد قطع fT أعلا وهو أكثر كفاءة قليلاً. الترانزستور الصغير المستعمل في دائرة المذبذب يمكن أن يؤدي أداءً جيداً هنا. يتطلب الأمر مبدد حرارة ذو زعانف يركب على الترانزستور.

سيبين مقياس الموجة Wave-meter فيما إذا ظهرت طاقة تردد راديوي عبر الملف L3، ويمكن إجراء التنغيم لأعظم بيان يظهر على المؤشر، وكذلك أعظم لمعان لمصباح الفتيل المتوهج 6V ذو تيار 0.06A الذي يوصل مؤقتا إلى L4. ويتعين أن يضئ هذا بقوة عندما يسحب TR2 حوالي (40mA). قليل جداً من إعادة الضبط يلزم عند رفع المصباح واستعمال الهوائي.

تلف الترانزستور TR2 يبدو بعيداً قد يحدث التلف عندما يكون التيار الداخل إلى TR2 مرتفعاً، وقدرة التردد الراديوي الخارجة قليلة بسبب التنغيم الخاطئ للملف L3. في هذه الحالة فإن معظم القدرة الداخلة إلى TR2 تتبدد على شكل حرارة.

الطراز الأكبر للترانزستور BFY51 يمتلك تبديد ءامن يبلغ 800mW ولكن الأنواع الأصغر فإن تبديدها حوالي 300mW، وهذه تعتبر غير مرغوبة وتنمو فيها الحرارة بشدة هنا. يتطلب الأمر اعتناءً زائداً عند استعمال تجهيز قدرة مستمرة يبلغ 12V ويتعين فحص التيار بمقياس للتيار، ويفضل أن يتم ضبط الدائرة عند تجهيز يبلغ (9V).

مع الاعتناء المعقول والفولتية القليلة، لا يبدو إن تلفاً سيحدث إلى TR2 خلال التنغيم.

الشكل٦ يبين طريقة التسليك إلى هذه المرحلة. وفيه ترى قليل من المباعدة بين L1 و L3، حيث يمكن للتغذية العكسية إذا كانا قريبين أن تتسبب في حدوث تذبذب عند ترددات خارجة عن تردد البلورة. الإقران بين الملفات يجري إقلاله إلى أقل مستوى عن طريق وضع أحد الملفات بزاوية قائمة نسبة إلى الآخر. قد يصبح تجميع الوحدة أصغر قليلا إذا استعملنا عند الجميع علبة معدنية صغيرة لحجب L1. إذا ما رفعنا البلورة بشكل مؤقت من حاملها، يجب أن يتلاشى التردد الراديوي RF ويهبط التيار المسحوب من البطارية إلى قيمة واطئة.

L3 يتألف من 18 لفة من سلك معزول بالطلاء قياس 32SWG، لفة بجوار لفة على مشكل قطر 5mm له قلب في داخله. التفريعة الوسطية يتم قشطها وطلائها بالقصدير أثناء عملية اللف. طبقة مفردة من الورق أو شريط خفيف يوضع فوق الملف L3، ويلف L4 فوقه ويمتلك L3 لفتان عند كل جانب من جوانب التفريعة الوسطية.

من الممكن زيادة التيار المستمر DC المار في TR2 عن طريق زيادة حمل الهوائي؛ ويتم ذلك بزيادة عدد لفات L4 إلى 6 لفات. الإقران الأمثل يعتمد في الواقع على نوع الترانزستور، وكذلك على فولتية البطارية. في البداية يمكن استعمال الأربع لفات مع أنواع الترانزستورات المشار إليها.

يتم بناء المذبذب ودوائر مضخم القدرة بالطريقة الموضحة في الأشكال سنحتاج إلى لوح حوالي 50 × 20 ملم أو 2 × 7/8 انج. وهذا حجم مصغر Compact ولا حاجة للتفكير في الذهاب إلى أصغر حجم يمكن الوصول إليه.

الاستقرارية Stability

((عكس الاستقرارية هي عدم الاستقرارية instability وعدم الاستقرارية هي حالة من التذبذب تحدث عند ترددات غير مسموعة نتيجة لتغذية عكسية لم تأخذ بالحسبان، ويظهر ذلك العارض على شكل إن الدائرة لا تعمل دون أن نكتشف سبب واضح يقودنا إلى الاستدلال، ويمكن الكشف عن عدم الاستقرارية من خلال مسبار الترددات الراديوية RF Probe الذي شرحناه بتفصيل في إصدارات سابقة للالكترونيات)).

من المرجح إن تحقيق الاستقرارية في المرسلة لجهاز مرسل مستقبل يعتمد على عدة عوامل. ونحن قد نتسبب في حدوث عدم الاستقرارية إذ ندرج أسبابها في العمل في بعض الحالات سهواً.

وقد بدا لنا إن استعمال قاعدة للترانزستورات يسمح لنا بسهولة تغيير نوع الترانزستور، ولكن هذا متاح في دوائر الترددات الواطئة. بينما في دوائر VHF العملية فإن الزيادة في السعة الشاردة والطول الزائد للأسلاك قد يسبب عدم الاستقرار instability (وهذا قد لا ينطبق على بعض دوائر الاستقبال مثل كاشف إعادة التوليد الفائق، حيث نحتاج التغذية العكسية بين الجامع والقاذف) توصيلات الترانزستور الأطول تجعل الدائرة غير مريحة. في الواقع حتى مضخمات التردد المتوسط IF 465KHz التي تعاني من عدم الاستقرار قد لا تحتاج إلى أكثر من إقلال طول توصيلات القاعدة والقاذف، وكلما زاد التردد تصبح التغذية العكسية الشاردة أكثر أهمية.

هنالك ميل بشكل عام عند بناء الدوائر إلى استعمال ترانزستورات ذات تردد قطع fT يبلغ مئات من الميكا هرتز؛ الدوائر المبنية من هذه الترانزستورات غالباً ما نجد فيها علاج لعدم الاستقرارية من نوع VHF Parasitic، ويتمثل هذا العلاج في وضع خرز فيرايت ferrite bead حول أرجل القاعدة.

الكسب الذي نحصل عليه من الترانزستور متنوع، وغالباً ما يختلف الترانزستور الواحد عن الآخر وهما من نفس النوع، وهذا الاختلاف قد يسبب عدم الاستقرار instability. في مثل هذه

الحالات تتم المعالجة عن طريق مقاومة صغيرة في الحجم ذات قيمة واطئة عبر توصيلة القاعدة وأحياناً عبر الجامع تنفع غالبا في استقرار الدائرة.

بالنسبة لدوائر الترددات العالية جداً VHF توجد متسعات مخصصة تمنع ظاهرة الرنين الغير مرغوبة عند الحاجة إلى أطوال مخصصة. متسعات ذات قيمة عالية وأخرى ذات قيمة واطئة كلا النوعين موصلين على التوازي لتحقيق تمرير فعال عند كل من الترددات العالية والواطئة. مثال ذلك متسعات من نوع miniature disc.

يمكن أن يظهر عدم الاستقرار عند، رفع مستوى القدرة التي يولدها المضخم. أو عند إدراج مراحل أكثر تعمل عند نفس التردد. المذبذب الذي يسوق الدائرة driver ودوائر تضخيم القدرة Power amplifier تحتاج لأن تكون مفصولة segregated ميكانيكياً وكهربائياً خاصة عندما تعمل جميعها على نفس التردد.

العزل الميكانيكي يتمثل بمباعدة المكونات الذي يسمح بوضع الحجب بين المراحل، بينما فك الاقتران من خط تغذية الطاقة يمنع مرور التردد الراديوي RF رجوعاً من مضخم القدرة إلى السائق والمذبذب. جميع الدوائر يجب أن تكون هامدة تماماً من وجهة نظر RF عندما يطفأ المذبذب بشكل مؤقت، مثل الدوائر المكونة من المذبذب ومضخم القدرة أو المذبذب ثم السائق ثم مضخم القدرة أو أي مراحل تتبع المذبذب.

يتلف الترانزستور بسهولة إذا عمل مضخم القدرة بدون حمل (بدون هوائي مثلا)، أو مع حمل غير متوافق بدرجة كبيرة ((يعني ممانعة الحمل لا تساوي ممانعة خروج المضخم وبذلك لا يتم النقل الأعظم للطاقة)). ممكن أن يكون مضخم القدرة مستقر تماماً عندما يعمل مع الحمل الاعتيادي ولكنه غير مستقر عندما يغيب الحمل، الحالة الأخيرة هي ليست بالضرورة مؤشر على وجود خلل.

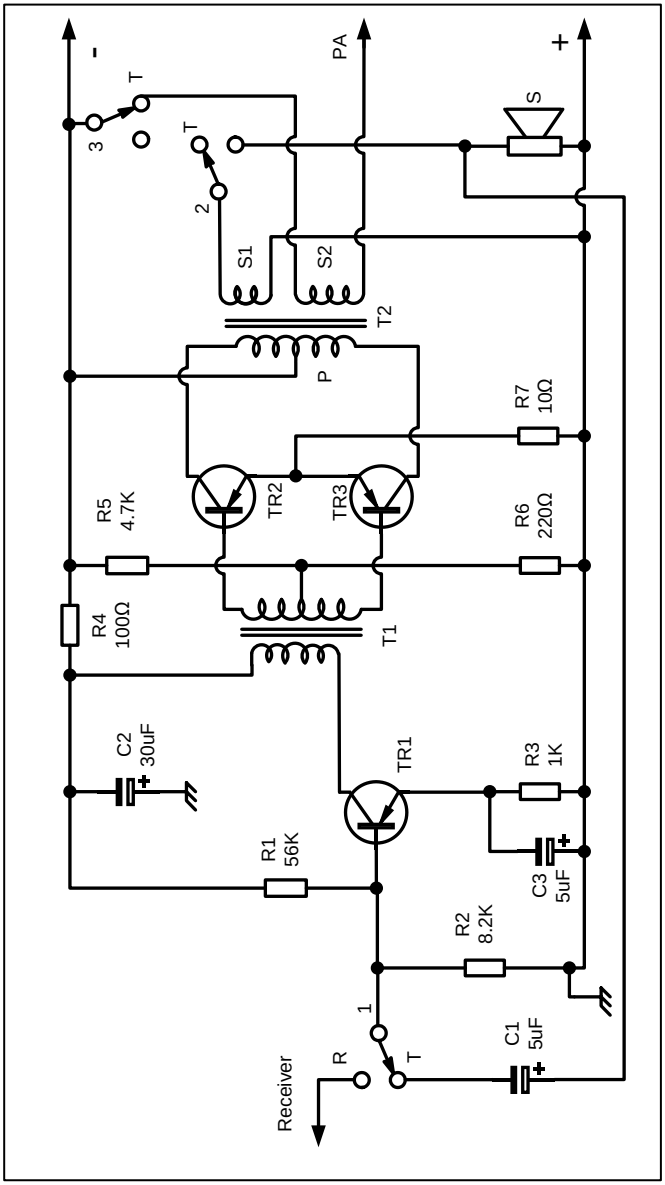
عموماً الدوائر في هذا العرض لا تتضمن أي صعوبات من نوع ما، ويتعين عدم التراخي عن الانتباه إلى إن ظهور المشاكل بسبب استعمال قواعد للترانزستورات أو السماح بالإقران العكسي بين الملفات. نفس العناية يجب أن نحيط بها دوائر الاستقبال عندما تعمل مرحلتين أو أكثر على نفس التردد.

التضمين باستعمال إقران المحولة Transformer coupled modulation

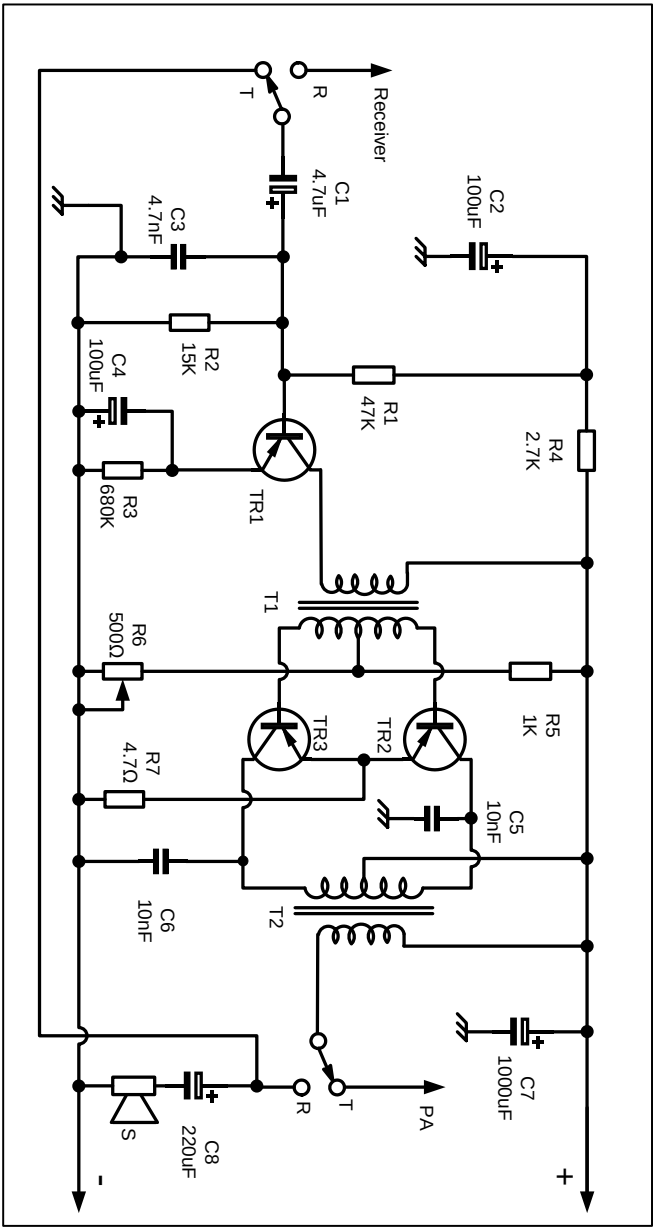
لنضمن الحصول على تعديل مضخم القدرة بالكامل full modulation من خلال تغيير فولتية المجمع يتعين أن ندرك إن استقطاب الجامع سيتأرجح بين الصفر إلى مرتين بقدر مستوى الاستقطاب عندما لا يوجد تعديل.

بهذا الشكل من التضمين فإن فولتية الجامع الآنية من المتوقع أن تصل إلى أربع مرات بقدر فولتية التجهيز. بدون التضمين فإن استقطاب الجامع قد يتأرجح بين الصفر إلى مرتين بقدر فولتية التجهيز عند التردد الراديوي.

عند تسليط التضمين، فإن استقطاب الجامع قد يتضاعف عند الذروة الموجبة، لذا فإن ذروة التردد الراديوي القصوى تضاعف هذا إلى الضعف أو أربع مرات بقدر استقطاب التجهيز. لذا فإن اختيار ترانزستور القدرة يجب أن يتحمل الإجهاد المتأتي من تضمين مضخم القدرة.



الشكل٨ مضخم سمعي يستعمل عند الإرسال كمضمن يستعمل مفتاح ذو ثلاثة أقسام على محور واحد. يستعمل ترانزستورات **PNP** ويستعمل خط البطارية الموجب كنقطة مشتركة (لها خط أرضي موجب).



الشكل٩ دائرة مضخم سمعي لها خط أرضي سالب

الشكل ٨ يبين مضمن مقترن بواسطة محولة؛ كما معمول به مع أجهزة الإرسال استقبال التجارية. وهذا يتطلب إدراج ترانزستورات PNP والدائرة تمتلك خط أرضي موجب Positive ground line.

الترانزستور TR1 هو المضخم السمعي audio الأول وهو السائق، ويمتلك انحياز قاعدة من خلال R1 / R2؛ وانحياز قاذف بواسطة R3، الذي يمتلك متسعة تمرير C3. المحولة T1 هي محولة سوق driver transformer، ولها ثانوي بتفريعة وسطية، لسوق TR2 و TR3 بطريقة السحب – دفع push-pull. المقاومة R5 و R6 و R7 تحدد حالة العمل في مرحلة الخروج. المتسعة C2 مع المقاومة R4 تفك اقتران decouple خط التجهيز السالب عن المرحلة الأولى.

وحدة السماعة تؤدي دور المايكروفون خلال الإرسال، وتوصل إلى TR1 من خلال القسم رقم 1 من المفتاح. المتسعة C1 تمنع التيار المستمر من المرور إلى السماعة عند توصيلها مباشرة إلى R2. إشارات الصوت المضخمة تكون جاهزة للإرسال عند محولة الخروج T2.

المحولة T2 تمتلك ملفين ثانويين الملف S1 والملف S2. المفتاح رقم 3 يسلط فولتية التجهيز الآتية من خلال الملف الثانوي S2 إلى جامع collector دائرة مضخم القدرة، وبذا يتم تضمينه.

وعند الاستلام يقوم القسم 1 في المفتاح بتحويل TR1 إلى المستقبل، بينما المفتاح 2 يوصل السماعة إلى الملف الثانوي S1، والمفتاح 3 يفتح ليقطع دائرة مضخم القدرة PA. وبهذا نسمع من نفس القسم السمعي الإشارة المستلمة في قسم الاستقبال.

عدا المفتاح سابق الوصف والمحولة T2، نرى إن جميع المراحل هي نموذجية في العديد من أجهزة الاستقبال (الراديو) النقالة. المحولات مثل T2 هي غير متوفرة بشكل واسع، وتصنع من خلال عمل نسبة لفات (الثانوي S1) مستقلة للسماعة و(الثانوي S2) لمضخم قدرة الإرسال. ويمكن التسامح عند عدم التوافق البسيط بالنسبة للأحمال، أو عند استعمال محولات منفصلة أو مضخمات.

المضمن نوع PNP PNP Modulation

الشكل٩ هو دائرة مضخم سمعي يمكن بنائها ولها خط أرضي سالب ((أي إن نقطة الصفر فولت فيها هي خط البطارية السالب)).

وكما في السابق TR1 هو أول مضخم سمعي وسائق لزوج ترانزستورات مرحلة الخروج محولة السوق T1 من النوع الذي يستعمل في أجهزة الراديو النقالة أو المضخمات amplifiers التي تمتلك مرحلة خروج تعطي حوالي (250mW إلى 1W). المحولة النموذجية تمتلك نسبة عدد لفات هي ما بين (1+1 : 2.6).

اعتيادياً المحولة T2 هي من النوع الذي يقرن سماعة ذات 3Ω أو أي سماعة مشابهة. لذا فهي تمتلك نسبة فيما بين (1 : 9.2) إلى (1 : 6.6) مع ابتدائي له تفريعة وسطية. فإذا ما كانت النية في تشغيل المضخم للاستقبال فقط يمكن إبقاء الأمور إلى ما هي عليه. ولكن إذا كانت لأغراض

التضمين، يكون من المطلوب نسبة أعلى ويلزم عندئذ استعمال سماعة ذات ممانعة أعلى كأن نستعمل سماعة ذات 75Ω.

يجري تقرير انحياز قواعد الترانزستورات TR2 و TR3 من خلال R5 و R6. فإذا كانت R6 من النوع الذي يمكن ضبطه كما ترى، يمكن عندئذ أن نحصل على نتائج مرضية مع تشكيلة واسعة من ترانزستورات خروج القدرة. وقدر الإمكان يجب أن تكون TR2 و TR3 من النوع المتوافق في الكسب matched والأزواج المتوافقة matched pairs من ترانزستورات القدرة تباع وهي مؤشرة بنقطة ملونة وتعتبر متوافقة عندما يحمل كل ترانزستور نقطة من نفس اللون.

فحص أساسي يجب أن يجري على مدخل الصوت Audio input إلى TR1 الآتي من المستقبل receiver أو المنغم Tuner أو أي مصدر للصوت. توضع المقاومة R6 عند أوطأ قيمة لها. يوضع مقياس لقياس التيار عبر أحد توصيلات البطارية أو عبر توصيل التفريعة الوسطية للمحولة T2. يتم بعد ذلك زيادة قيمة المقاومة النصف متغيرة R6 بحذر إلى أن يختفي سماع الأثر القبيح للتشوه التقاطعي cross-over distortion، ولكن التيار لا يزيد على 10mA أو نحو ذلك عندما لا يوجد دخول أو عند توصيل نقطة الدخول إلى الأرض. وفي هذه الحالة فإن ذروة التيار لمستوى صوت جيد ستكون 40mA إلى 60mA أو نحو ذلك. وإذا كانت قيمة R6 عالية زيادة على اللازم سيمر تيار كبير في مرحلة الخروج عندما لا يوجد إشارة صوتية مسبباً حرارة في الترانزستورات.

المتسعات C3 و C5 و C6 هي لتمرير التردد الراديوي RF وإبقاءه بعيداً عن هذه الدوائر، وكذلك إقلال الترددات السمعية العالية. إعادة إنتاج الصوت في هذا المضخم يجب أن يكون ذو جودة مقبولة. المقاومات R1 و R2 و R3 تلاءم معظم ترانزستورات السوق السمعية.

توفيق المضمِّن (المعدِّل) Modulator Matching

أحسن نسبة Ratio تحويل الممانعة لمحولة الخروج تستخرج كما يلي:

$$\text{النسبة} = \sqrt{\frac{\text{الحمل الأمثل}}{\text{ممانعة السماعة}}}$$

مثال ذلك : إذا كان أحسن حمل هو 200 أوم وممانعة السماعة 3 أوم

$$\sqrt{\frac{200}{3}} = \sqrt{66} = \text{تقريباً } 8 \text{ أو } 1:8$$

كتقريب لممانعة المضمّن (يعني ممانعة الخارج من المضمن) يمكن إيجاد ممانعة مضخم القدرة من قسمة فولتية تجهيز مضخم القدرة على التيار الذي يمر به (من اليمين إلى اليسار V ÷ I). ((يتعين أن تكون ممانعة المضمن بقدر ممانعة مضخم القدرة الراديوية PA حتى يمكن نقل أعظم قدرة من

المضمن إلى المضخم)) وكمثال افرض إن مضخم القدرة PA يسحب تيار أثناء العمل يبلغ 40mA إلى 50mA من مصدر فولتية 9V هذا الحمل يبلغ 225 إلى 180 أوم.

لذا فإن T2 ممكن أن تكون تقريبا ذات نسبة 1:1، متجاهلين عدم التوافق عند عمل السماعة محولات صغيرة ذات نسبة 1:1 لا يبدو إن الحصول عليها بسهولة، لذا فإن محولات ذات نسبة قريبة مثل 3.6 : 1+1 يمكن إدراجها كبديل.

كذلك ليس من الصعب إعادة لف محولة، خاصة الأنواع التي لم تكن قد جرى تغطيسها في الشمع الذائب أو الورنيش. تستخرج ألواح المحولة بعناية، وتوضع جانباً حيث يمكن إعادة تركيبها ثانية. يصبح من الممكن الآن فك لفات البكرة bobbin، ناقلين السلك إلى بكرة مؤقتة.

من الضروري معرفة عدد اللفات اللازمة للملف الجديد. وبسبب الممانعة المنخفضة لا نتوقع عدد كبير من اللفات، لذا فإن اللف باليد لن يكون صعباً.

وقد وجد إعادة اللف أحسن ويمكن بلوغ عدد كبير من اللفات بصنع ماكنة لف بسيطة. وهذه يمكن أن تكون عبارة عن محور يدار باليد مرتكزاً إلى مضاجع، ومركب ذراع لتدويره من أحد نهايتيه، ويتم تركيب بكرة المحولة بحصرها بين قمعين أو عجلتين. (استعمال أجزاء الألعاب مثل ميكانو تكون مثالية لهذا الغرض). يتم تثبيت آلة اللف إلى الطاولة حيث يمكن تغذية السلك بأحد اليدين بينما يتم العد والتدوير باليد الأخرى.

نسبة عدد لفات المحولة يمكن استخراجها كما سبق شرحه. عند تحضير محولة لفات الملف الابتدائي أو لفات الجامع تبقى على حالها، بينما لفات الملف الثانوي يتم استبدالها. بعض المحولات يكون الملف الثانوي فيها ملفوف فوق الابتدائي، والبعض الآخر بالعكس أي الابتدائي فوق الثانوي. فإذا كان بالعكس يتعين نزع ملفات الجامع، لنتمكن من فتح ملف السماعة. ويجب حفظ عدد لفات ملف الجامع عند فتحه؛ من عدد اللفات هذه يمكن حساب عدد لفات الملف الثانوي الجديد.

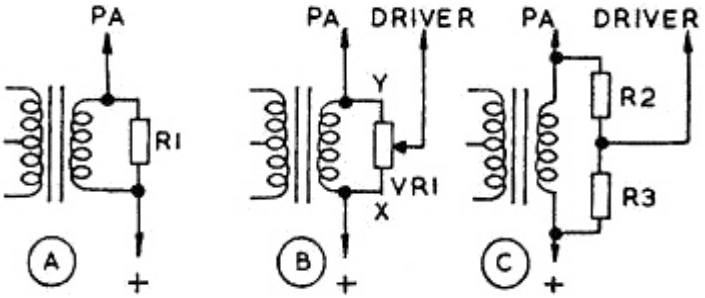
وكمثال إذا كانت ملفات الجامع 140 لفة والمطلوب هو نسبة ممانعة تبلغ 1:1 ، إذاك فإن الملف الثانوي الجديد أيضاً يمتلك 140 لفة. فإذا كانت نسبة عدد اللفات 1:1.4 سنحصل على 140:100 لفة أو 140:196 لفة وهكذا.

يتم اختيار قطر السلك المناسب المستعمل في لف الملف الجديد، حتى يمكن استيعاب الملف الجديد في الحيز المتوفر، وقد يتطلب الأمر قطر أنحف من ملف السماعة، حيث يمكن إعادة لف ملف الجامع، وأن لا يكون نحيف جداً بلا داعي. اللفات ستحتل أقل فراغ إذا حافظنا على كونها الواحدة بجانب الأخرى. طبقة من مادة عازلة رقيقة تحتل كامل عرض البكرة، يجب أن توضع بين الملف الابتدائي والملف الثانوي.

يمكن استعمال أكمام أسلاك ملونة لتمييز نهايات الملفات، ثم تعاد كافة الألواح Lamination كما كانت. فإذا لم نكن متأكدين من النسبة الأحسن نجهز الملف الجديد بتفريعة أو تفريعتين taps لنحصل على مدى من الممانعات يمكن أن نختار منه.

وللهواة المهتمين بالحجم الصغير ، فإن المحولات التجارية الحاضرة صغيرة الحجم small or miniature هي المطلوبة، حيث تكون T2 من نوع محولات القيادة، ذات الأبعاد المشابهة لمحولة خروج قدرة 250mW أو شبيهاتها . ويوصل الثانوي ذو التفريعة الوسطية كابتدائي.

فإذا كانت T2 مؤهلة لأن تغذي حمل واطئ الممانعة أوطأ من ممانعة حمل مضخم القدرة PA، سيكون تأرجح الفولتية أصغر بكثير مما ينبغي، وسيكون تضمين الإشارة ضعيفاً.



الشكل١٠ أنظر الشرح أسفل الشكل.

فإذا ما نسبنا محولة لتعمل كـ T2 وتطلب الأمر إقلال ممانعة الحمل، يمكن عمل هذا بإضافة مقاومة كما في A من الشكل١٠ . هذه العملية ستوفر لنا خطية linear أكثر لحمل مرحلة السحب دفع Push-pull مما كان سيحدث مع حمل مضخم القدرة وحده، وبذا نحصل على تحسين لجودة التضمين. وعلى أي حال فهو يضيع Waste بعض القدرة السمعية. وسيكون الحمل هو R1 و PA على التوازي.

وكما مر فإن التضمين الكامل full modulation لترانزستور PA لا يعطي تضمين حاملة مائة بالمائة، لذا مع بعض الدوائر فإن دائرة السوق لمضخم القدرة PA يجري تضمينها هي الأخرى. فإذا كان الأمر كذلك يكون التضمين المسلط على دائرة السوق عند مستوى قليل. وحتى نتجنب المحولة ذات التفريعات، أو ذات الملفات المتعددة، نستعمل مقسم VR1 التي تراها في B من الشكل١٠ . هنا نجد إن المقاومة المتغيرة VR1 تنتمي إلى مقاومة الحمل الإضافية R1 في A.

عندما تكون المنزلقة عند الطرف X لا يسلط تضمين إلى دائرة السوق. يتزايد التضمين طردياً مع حركة المنزلقة باتجاه النقطة Y . يمكن فحص التحسن في التضمين باستعمال مستقبل Receiver . وتختلف القيم مع اختلاف الدوائر المستعملة. وبشكل عام فإن ضبط المقاومة المتغيرة ليس بالأمر الحرج، وهي حوالي الثلث إلى النصف عن النقطة X . يمكن بعد ذلك إدراج مقاومات ثابتة. في C من الشكل١٠ يفترض أن R1 يجب أن تكون حوالي 100 أوم، لذا R2 و R3 هي 68 أوم و 33 أوم، عند المواقع المؤشرة.

الحمل من هذا النوع يمكن أن يكون مفيداً عند استعمال مضمن من نوع الدائرة المتكاملة integrated circuit مع قدرة خارجة كافية ولكن بممانعة واطئة، مضمن من هذا النوع سنراه لاحقاً.

من المعتاد تماماً أن نستعمل دوائر يسلط فيها التضمين على مضخم القدرة فقط، وهذا ممكن أن يعطي عمق تعديل بمقدار 70 بالمائة أو نحو ذلك.

ولكن في بعض الدوائر يجري تأمين تضمين إضافي من خلال تسليط بعض التضمين إلى دائرة السوق. من العملي تسليط درجة محدودة من التضمين إلى المذبذب البلوري في دائرة ذات مرحلتين. لا يتم استعمال تضمين كامل هنا إذ إن ذلك قد يقطّع المذبذب بالتردد الصوتي.

التضمين الكامل يتطلب مضمن يجهز نصف قدرة المضخم PA. لذا فإذا لم يكن هنالك فقد losses سيكون مضمن ذو 250mW كافياً لمضخم قدرة PA ذو (500mW). وعلى أي حال فإن الفقد حاضر وأن القدرة المتوفرة من المعدل تكون على أحسن ما يرام عندما على الأقل مساوية إلى قدرة مضخم القدرة للتردد الراديوي PA، أو تكون أكثر فعلياً بدون مساوئ.

مراقبة التضمين Modulation Monitoring

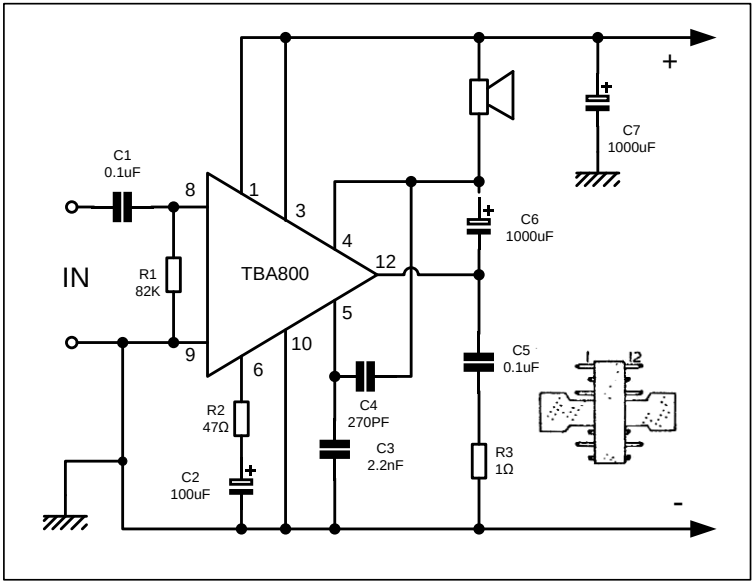
جودة الكلام المسموع التي نحصل عليها من المرسلة ستتأثر بتنغيم المذبذب. وكذلك سوق مضخم القدرة PA، وكذلك تنغيم PA، وحمل الهوائي ودرجة التضمين المسلطة. لذا يكون من الأساسي أن نضع في عملنا وسيلة لمراقبة الإشارة، عند الفحص الأول للمرسلة. والغالب أن يتم هذا بواسطة مستقبل Receiver ينغم إلى الإشارة. مثل هذه الطريقة مرضية تماماً، ونحرص على منع التحميل الزائد للمستقبل وكذلك منع التغذية العكسية. منع التحميل الزائد للمستقبل بسبب قرب المرسلة يتم عن طريق إبعاد المستقبل بعيداً، واستعمال هوائي التقاط قصير short pick-up aerial أو تغذية إشارة المرسلة إلى حمل من نوع المصباح كما شرحناها فيما سبق.

التغذية العكسية feedback للصوت من سماعة المستقبل إلى مايكروفون المرسلة يتسبب عنه حدوث صفير Howling، يمنع هذا بإبقاء حجم الصوت للمستقبل واطئاً، أو باستعمال سماعات الأذن، وكذلك بوضع المايكروفون بوضعية تمنع الالتقاط الزائد للصوت من المستقبل.

يمكن فحص التضمين باستعمال سماعات الأذن مع مراقب ومقياس الموجة monitor/wave meter المشروح سابقاً.

وقد وجد إن بعض الدوائر تتسامح أكثر مع حالة ضعف الضبط mis-adjustment من الأخرى. حاول كتجربة زيادة التضمين modulation فوق النقطة الفضلى سيتسبب ذلك في فقد ملحوظ في نوعية الصوت. وأياً كانت الصعوبة، فإن تغذية الخارج من المضمن مباشرة إلى السماعة يستحق المحاولة بقصد فحص المضمن. فإذا ما حصل تشوه للصوت distortion، فإن حالة الاشتغال للمضخم السمعي يتعين فحصها حيث لا نتوقع نوعية صوت جيدة خارجة من المرسلة.

من جانب آخر، إذا ما استعمل المضخم السمعي وحده وقدم لنا إشارة سمعية مقبولة، ولكن جودة الكلام في الإرسال ضعيفة، فإن الخطأ قد يكون في توافق المضمن أو التنغيم أو الحمل الموصل إلى



الشكل١١ مضخم سمعي يستعمل المتكاملة **TBA800**.

مضخم القدرة PA أو مستوى إشارة السوق من المذبذب إلى PA أو عوامل من هذا النوع. ويتعين علينا أن نتذكر أن من السهل أن نخطئ في زيادة القدرة السمعية زيادة على الحد وتسليطها إلى مضخم قدرة راديوية PA واطئ القدرة. وهذا الخطأ نتوقعه إذا كانت نوعية الكلام للمرسلة قد تحسنت عند إقلال مستوى الصوت.

الأنواع البسيطة من المرسلات يكون من الشائع أن تمتلك مستوى ثابت من كسب التضخيم للتردد السمعي. يمكن إذاك الوصول إلى التضمين الصحيح من خلال التحدث عبر مسافة وشدة صوت للحصول على خارج صوتي معتدل، إذا كان مضخم الصوت يسوق سماعة جهورية. للبساطة ولمنع الضوضاء في الخلفية ومشاكل عدم الاستقرار لا تستعمل مضخم ابتدائي للمايكروفون ذو كسب عالي، والأنسب للمضخم أن نتحدث إلى المايكروفون وهو قريب وبشدة صوت معتدلة.

المضمن السمعي ذو المتكاملة **Audio IC Modulators**

لقد وجدنا إن استعمال مضخم سمعي ذو دائرة متكاملة يعطي نتائج جيدة كمضمن. في الحقيقة هو لا يوفر الكثير من الحيز أكثر من دائرة السحب دفع ذات الثلاث ترانزستورات، ولكن المتكاملة

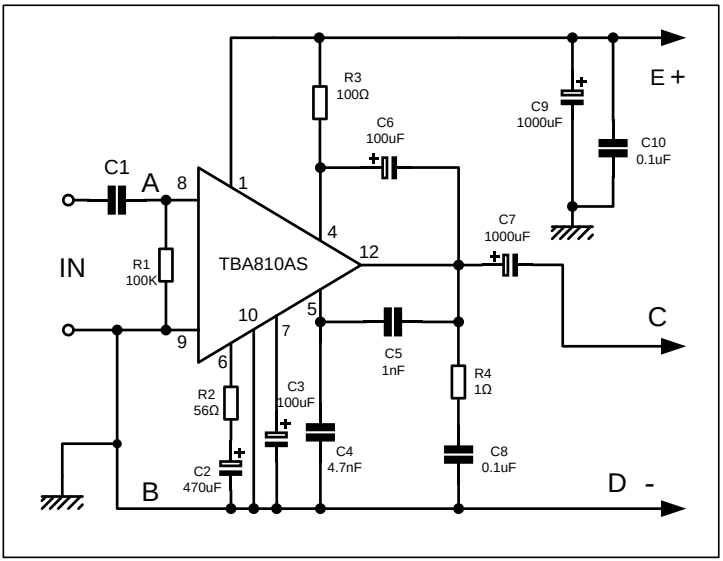
IC نتوقع منها أن تجهزنا بنوعية أحسن من الكلام ولها كسب Gain أعلى، وكذلك نحصل على قدرة صوتية أكثر.

العديد من المتكاملات السمعية ذات الشعبية بين الهواة تعطي قدرة خارجة ذات 1W أو أكثر، مع مجهز فولتية ذو 9V أو ما شابه. واضعين في بالنا إن مثل هذه المتكاملات ومع بعض الدوائر لا يصبح كامل الخارج السمعي مطلوباً ومثل هذه المتكاملات بإمكانها أن تمتلك تيار سكون quiescent current جداً واطئ، وتعمل بشكل ممتاز وباقتصادية عند مستويات الطاقة الأوطأ التي نحتاجها عند تشغيل PA العاملة ربما عند دخول 250mW input إلى 500mW.

أحد الدوائر المتكاملة هي TBA800، التي يمكنها أن تجهز حوالي 1W من بطارية ذات تجهيز 9V، ولا تحتاج إلى عدد كبير من المكونات. الدائرة الكهربائية لهذه الدائرة تجدها في الشكل١١. يتم توصيل المتسعة C4 قريباً من النقاط 4 و 5، والمتسعة C3 هي بالمثل قريبة من النقاط 5 و 10. دخول الصوت Audio input يتم عبر متسعة العزل C1، لذا فإن حالة الاشتغال لا تتأثر بمقاومة التيار المستمر عند مدخل الدائرة.

حمل ذو 8Ω ملائم لهذا المضخم. حيث يمكن أن يتوافق مع PA باستعمال محولة كما أوضحنا. ونسبة التحويل التي تتضمنها ليست بالضرورة قيمة حرجة، وطالما إن الخارج الصوتي أكثر مما هو مطلوب لمضخم PA قليل القدرة يكون من الأفضل تحميل الملف الثانوي بمقاومة كما شرحنا.

توزيع المكونات لهذا المضخم السمعي ليست بالأمر الحرج Critical آخذين بنظر الاعتبار عزل الخارج عن الداخل، ووضع C3 و C4 كما بينا.



الشكل١٢ مضخم سمعي يستعمل المتكاملة **TBA810** ذات القدرة الأعلى من المتكاملة **TBA800**.

الشكل١٢ يبين دائرة مضخم سمعي يستعمل متكاملة ذات قدرة أكبر، والتي أثبتت أنها تعمل بشكل مرضي مع مضخمات قدرة PA ذات دخول مرتفع (مثلاً 1W إلى 5W) . ويمكن أن تستعمل مع مجهز فولتية واطئ مثل 9V، ولكنها ملائمة أكثر مع خارج 3W أو أكثر عند استعمال فولتية تجهيز 12V إلى 14V والتي نحصل عليها من السيارة أو الكارفان أو وسائل النقل المشابهة. عند استعمال حمل ذو 4Ω تصل ذروة التيار إلى حوالي 300mA إلى 500mA، عند خارج يبلغ 1W إلى 4W، مع تيارات من الطبيعي أن تكون أوطأ مع خارج سمعي أصغر، هذه المتكاملة مع مبدد الحرارة نراها كبيرة إذا كان المقصود هو جهاز صغير بقدر كف اليد.

يدخل الصوت إلى النقطة 8 عبر متسعة العزل. وقد لوحظ إن المايكروفون البلوري ذو الخارج السمعي العالي يتسبب في الحصول على قدرة كافية من المضخم عند تغذية المضخم منه، المتكاملة تتطلب مبدد حرارة. عند زيادة الحمل إلى 8Ω، تهبط التيار الذروي إلى 300mA عند 14V وخارج 3W . يمكن تجميع الدائرة على نفس اللوح المطبوع للمتكاملة TBA800 أو على لوح خاص بها.

عند استعمال مضخم ذو دائرة متكاملة وكما هو مع المضخمات الأخرى، يجب أن لا يتم تشغيله بدون حمل مناسب. والحمل يجب أن لا يكون واطئاً جداً أقل من المسموح مما يتسبب عنه إن المتكاملة تسحب تيار ذروي كبير قد يتلفها.

ويتعين القيام بالفحص عن طريق تغذية الخارج من المضخم إلى حمل مثل سماعات 4Ω أو 8Ω. ويأخذ الدخول Input من منظم tuner أو مصدر مكافئ آخر، و من المايكروفون الذي ننوي استعماله.

التوفيق Matching

من الملائم استعمال محولة الإقران من المتكاملة السمعية Audio IC إلى مضخم قدرة التردد الراديوي. وهذا يوفر عزل دائرة التيار المستمر، وكذلك تسمح باختيار نسبة ملائمة لتحقق توفيق ممانعة مرضي.

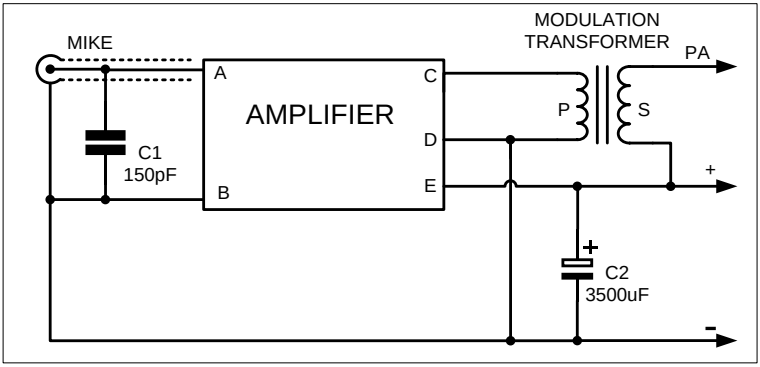
عند استعمال المتكاملات السمعية يكون القصد عموماً في الحصول على حمل واطئ الممانعة للخارج من المتكاملة حوالي 4Ω إلى 16Ω (هو مصمم في الواقع للحصول على ربط مباشر للسماعة).

لذا فإن محولة الربط أو محولة الإقران تحتاج لأن تكون ذات نسبة تحويل مرتفعة step-up ratio، طالما إن ممانعة التضمين لـ PA ستكون أكبر من المضخم ذو المتكاملة. من الطبيعي إن النسبة ستكون معتمدة على ظروف التشغيل ولكنها تحوم حول (2:1). ويمكن الوصول لهذا كما سنلاحظ لاحقاً.

المتكاملة السمعية Audio IC من النوع الذي شرحناه يعمل بشكل مرضي مع مدى من الممانعات (يمكن أن لا نحصل على أقصى قدرة خارجة إذا كانت ممانعة الحمل عالية) لذا توفر لنا نسبة التحويل لمحولات الإقران حرية في العمل.

الحقيقة المتمثلة في إن فائض من القدرة السمعية يكون متوفراً للمضخمات PA ذات القدرة الواطئة ، تعني إن الحمل المقاومي يمكن إدراجه. وطالما إن هذا الحمل هو ثابت خلال الدورة السمعية، فإن مثل هكذا حمل يحسن ظروف العمل.

الشكل١٣ يبين إقران ذو متكاملة كالمرسوم في الشكل١٢ إلى مضخم قدرة تردد راديوي لمرسلة، حيث يمكن تخصيص السوق كما في الشكل١٠.



الشكل١٣

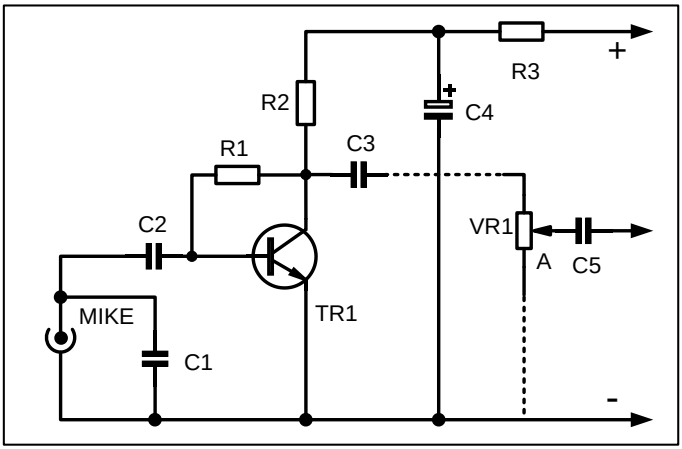
مضخم ابتدائي سمعي Audio amplifier

لزيادة كسب المايكروفون أو خلال الاستقبال، يمكن وضع المضخم الابتدائي قبل المتكاملة IC أو المضمن من النوع ذو الثلاث ترانزستورات. و يمكن استعمال الدائرة المبينة في الشكل١٤، وستعمل بشكل جيد عند استعمال أنواع متعددة من الترانزستورات السمعية. قيم المكونات المبينة في المخطط لا تحتاج في الغالب إلى تعديل.

المتسعة C1 لا نحتاجها عند الاستقبال فقط، ولكننا نحتاجها عند استعمال مكبر مايكروفون يتألف من عدة مراحل لإبقاء التردد الراديوي خارج القسم السمعي.

ويتعين عزل القسم السمعي من قسم التردد الراديوي RF section من خلال توزيع المكونات أو عمل حواجز للحجب إضافية، وإذا لم يتم هذا تسبب التغذية العكسية حالة عدم الاستقرار instability (وقد أوضحنا معناها فيما سبق).

عندما يكون هذا المضخم الابتدائي preamplifier قيد الاستعمال للاستقبال، نحتاج إلى ضابطة لحجم الكسب (حجم الصوت). وهذه يمكن أن نضعها في كاشف المستقبل.



الشكل١٤

إذا لم يكن كذلك يمكن أن تأخذ C2 أو C3 إلى منزلقة بقيمة 100K أو مسيطر آخر على حجم الصوت كما في A . (بما إن هذه المقاومة المتغيرة هي حمل الكاشف الثنائي في دوائر الفعل المغاير فوق السمعي "السوبر هيتروداين" فيجب أن تكون قيمتها ملائمة) .

وعند وضع ضابطة الكسب gain control بين المضخم الابتدائي والمراحل التالية، تذهب منزلقة wiper المقاومة المتغيرة Potentiometer إلى مدخل الدائرة المتكاملة، أو مرحلة السوق لدائرة ذات الترانزستورات.

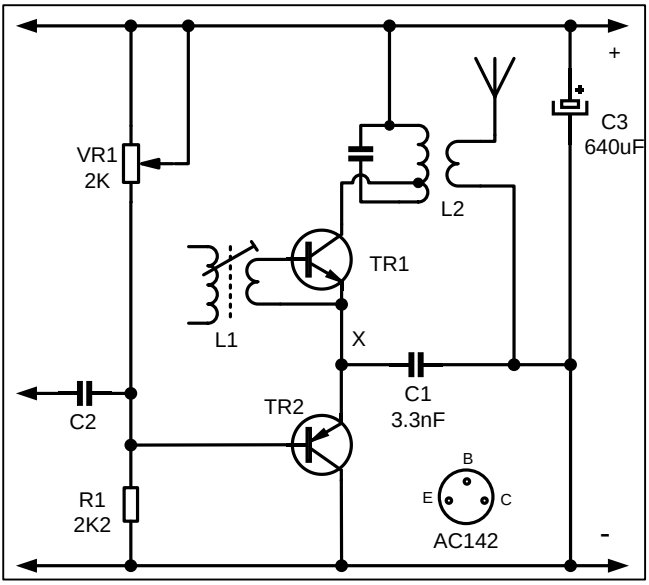
ولغرض البساطة يجري ضبط ضابطة الكسب للقسم السمعي سلفاً لتكون ملائمة أكثر لوحدات المضخمات الابتدائية للمضمنات preamplifier-modulator . وهذه تترك بشكل دائم بعد ضبطها لتلاءم مسافة وشدة الكلام الاعتيادية وحساسية المايكروفون.

مضمنات التوالي Series Modulator

لقد لوحظ إن مضمنات التوالي تعطي جودة كلام جيدة في معدات القدرة الواطئة، وهي تتميز بأنها لا تحتاج إلى محولة تضمين، وبذا نتخلص من إزعاج المكونات الكبيرة (كالمحولات) . ويمكن أن نحصل على إشارة صوت ذات تضمين عميق، وعمليا خالية من أي صعوبات للضبط .

الشكل١٥ يبين دائرة مضمن توالي للقدرة الواطئة.

الملفين L1 و L2 هي المذبذب وملفات جامع مضخم القدرة PA، وهذه المراحل يتم ضبطا كما كنا قد بينا .



الشكل١٥

الترانزستور TR2 هو مضمن التوالي Series modulator، ويتعين أن يكون شبيه أو له مقدرة على مناولة قدرة أكبر من الترانزستور TR1 . وعندما تستعمل ترانزستور TR1 من نوع PNP ضع الترانزستور TR2 من نوع PNP .

بالنسبة للترانزستور الحامل للرقم BFY51 أو أي ترانزستور آخر يعمل عند مئات الملي واط، فإن AC128 و AC142 أو شبيهاتها من الترانزستورات السمعية ستكون ملائمة لتعمل في محل TR2 .

ملف إقران القاعدة في L1 يجهز السوق إلى TR1، وله طرف رجوع إلى القاذف TR1 وليس إلى الخط السالب، المتسعة C1 هي متسعة تمرير، ويجب أن تكون قريبة من قاذف TR1 لتأمين ممر قصير للتردد الراديوي RF .

انحياز القاعدة للترانزستور TR2 يتم الحصول عليه من المقاومتين VR1 و R1 . ضبط المقاومة المتغيرة VR1 يجب أن يبدأ عندما تكون معظم المقاومة خارج الدائرة ((يعني يبدأ الضبط عندما تكون VR1 عند أقل قيمة أي المنزلقة إلى الأسفل وهذا يجعل الترانزستور TR2 مطفأ)) . يتم توصيل فولتميتر ذو ممانعة عالية بين النقطة X والخط السالب negative line . الترانزستور TR1 يجب أن يكون قد جرى تنغيمه لأحسن أداء، فإذا كان كذلك والسوق الحاصل من L1، سيؤثر إلى حد بعيد في التيار المار عبر TR1 . إذاك يتم ضبط المقاومة VR1 حتى تكون الفولتية عند X تقريباً نصف فولتية التجهيز . وهي حوالي 4.5V بالنسبة للتجهيز ذو 9V أو 6V لتجهيز ذو 12V .

يسلط دخول الصوت إلى الترانزستور TR2 عبر متسعة العزل C2 . عندما تساق قاعدة TR2 بالاتجاه الموجب يهبط تيار القاذف للترانزستور TR2 بينما السوق بالاتجاه السالب يرتفع التيار .

الفولتية الواصلة إلى TR1 ستتأرجح بين العلو والهبوط كما التردد السمعي، وبذلك فإن الحاملة تعدل بالصوت.

وقد وجدنا إن جودة الكلام تتحسن إذا ما كانت الفولتية على طرفي TR2 (وهي بين الخط السالب والنقطة X) هي أكثر قليلا من نصف فولتية التجهيز؛ ويمكن هذا من خلال الضبط الصحيح للمقاومة المتغيرة VR1. بلوغ هذه النقطة ليس بالأمر الحرج، وبعد ذلك يمكن استبدال VR1 بمقاومة ثابتة قريبة القيمة من تلك التي أعطت أحسن نتائج، بعد فصل VR1 وقياس قيمتها بآلة قياس.

فإذا ما جرى ضبط الجميع كالسوق من L1 والتنغيم لملف الحمل L2، وسوق الصوت عبر C2 و VR1، سنحصل على أحسن جودة كلام ممكنة، وليس ثمة صعوبة أو حرج لضبط المراحل التي ذكرناها. دخول الصوت إلى C2 يجب بطبيعته أن يكون من القوة بحيث يوفر صوت قوي للإشارة المضمنة، عندما يتم التنغيم عليها من قبل مستقبل receiver أو مراقب monitor.

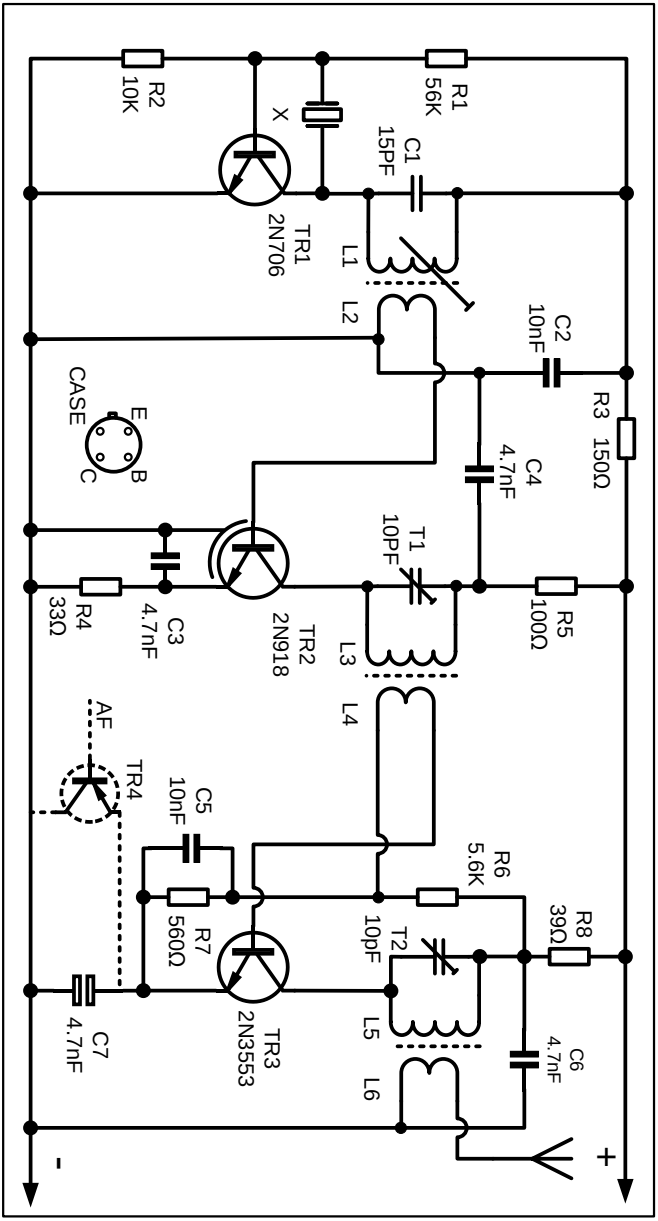
عندما نضع النقطة X عند منتصف فولتية التجهيز، سيعمل TR1 عند نصف الفولتية الموجودة عند استعمال التعديل باقران المحولة. ونتيجة هذا فإن قدرة التردد الراديوي الخارجة ستنخفض. وعلى أي حال فإننا سنحصل على خارج ذو فائدة، ويمكن تعويض هذا إلى حد ما بزيادة فولتية المصدر (اثنان من الخلايا ذات 1.5V سترفع الفولتية من 9V إلى 12V. وتحتاج خصائص الترانزستور TR1 أن تتحمل مرتين بقدر فولتية التجهيز (وليس لأربع مرات كما مع تضمين المحولة). مرحلتين تكبير للصوت هي أقل ما يلزم لسوق الترانزستور TR2.

هذه الدائرة ستعمل بشكل مرضي مع طيف واسع من الترانزستورات ، وكذلك القدرة الداخلة power inputs، من القدرة القليلة إلى بضعة واطات داخلة. وفي كل حالة يتم إعداد انحياز القاعدة للترانزستور TR2 كما شرحنا. وعند القدرات الغير قليلة، سيتطلب TR2 إلى مبدد للحرارة يكافئ المستخدم مع TR1.

الدائرة بإمكانها أن تعمل بأداء جيد عندما يساق TR1 بدرجة ضعيفة. وهذا ليس هو الحال مع معدل مقرن بمحولة عند الجامع، حيث يتطلب مقدار سوق drive كبير للترانزستور، ومتطلبات السوق أن يكون كبيراً خاصة في تلك الحالات التي تتأرجح فيها فولتية الجامع إلى تقريباً ضعف فولتية المصدر.

مرسلة 144MHz ذات ثلاث مراحل 3-Stage 144MHz Transmitter

إذا أردنا أن نقلل عدد المراحل stages لمرسلة VHF، يكون من الضروري أن نبدأ بمذبذب ذو تردد عالي high frequency. بهذا نستغني عن العديد من الضاربات multipliers أو المضاعفات. لذا فإن مذبذب يعمل عند التردد 72MHz إلى 73MHz متبوع بمضاعف doublers، يعطي خارج بين


R2
10K
R1
56K
X
C1
15PF
TR1
2N706
L1
L2
C2
10nF
R3 150Ω
CASE
E
B
C
C4
4.7nF
T1
10PF
R4
33Ω
C3
4.7nF
TR2
2N918
L3
R5
100Ω
L4
AF
TR4
C5
10nF
R6
5.6K
R8
39Ω
R7
560Ω
T2
10pF
C7
4.7nF
TR3
2N3553
L5
L6
C6
4.7nF
+
-

الشكل١٦

حزمة 144MHz إلى 146MHz . ومن التجارب البائسة تغذية الهوائي من مضاعف للتردد، بسبب طاقة الترددات التوافقية الموجودة harmonic energy، وعلى هذا فإن مضخم القدرة النهائي يجب أن يعمل عند نفس التردد . بوضع هذه النقاط في البال، يمكن أن نبني مرسلة من ثلاث مراحل للتردد 144MHz تتألف من مذبذب 72MHz ومضاعف مدخله 72MHz والخارج منه 144MHz، ويعمل مضخم القدرة عند 144MHz (أي يحتوي على دائرة تنغيم 144MHz) . الدائرة التي سنشرحها هنا هي من هذا النوع. الترانزستور TR1 في الشكل١٦ هو مذبذب مسيطر عليه بالبلورة. تيار الجامع حوالي 4mA إلى 5mA عندما تكون الدائرة متوقفة عن التذبذب، ويكون 8mA إلى 10mA عندما يتذبذب.

تيار الجامع والتردد الراديوي الخارج، يمكن أن تضبط إلى حد ما من خلال تغيير قيم المقاومات R1 أو R2. الملف L1 هو ملف ذو عشر لفات من سلك معزول بالطلاء ذو قياس 32SWG، لفة بجوار لفة ملفوف على مشكل ذو قطر 4.5mm ومزود بقلب يلاءم العمل ضمن حزمة VHF.

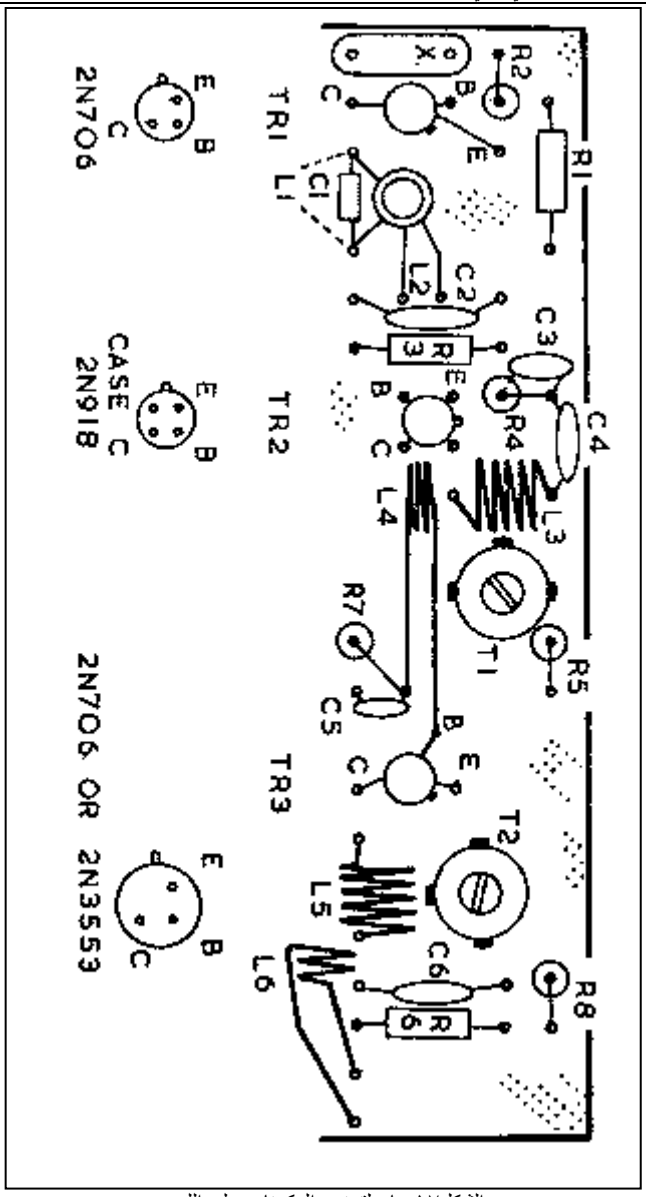
البلورة يمكن أن تكون من النوع الصغير miniature ذات القابس Plug-in أو النوع المنتهي بالأسلاك. يتم ضبط L1 بمساعدة مقياس موجة Wave meter ذو مؤشر لأعلى خارج RF، ونضمن إن المذبذب ينطلق دائماً عند توصيل الدائرة بالطاقة، وكما شرحنا ذلك في البداية. تأكد إن التردد الراديوي RF عند 72MHz، إذ إن البلورات crystals المقطوعة هارمونياً harmonically يمكن أن تنغم لتعمل عند ترددات تبلغ أضعاف التردد الأساس fundamental ((وتسمى ترددات هارمونية)) .

يمكن استعمال العديد من الترانزستورات غير المثبتة قيمتها في المخطط لتعمل في هذه المرحلة ونتيجة لانخفاض كسب المراحل عند ترددات VHF، يكون من الأساس الحصول على أحسن كفاءة من كل قسم كالمذبذب والمضاعف والمضخم النهائي وذلك لمنع الحاجة إلى ترانزستور إضافي بين المضاعف والترانزستور TR3.

الملف L2 ذو ثلاث لفات، يلف فوق الملف L1. الإقران الشديد tight coupling بإمكانه أن يمنع التذبذب، بينما الإقران السائب loose coupling يتسبب في وصول قدرة أقل للمرحلية التالية. ضبط مسافة وضع الملف L2 أو عدد لفاته عملية تستحق الخوض فيها، لتأمين أفضل سوق drive إلى الترانزستور TR2.

الملف L3 ينغم إلى 144MHz ويتألف من خمس لفات من سلك 20SWG، لا يحتاج إلى مشكل ينتصب بذاته self-supporting كملف له قطر خارجي يبلغ 7mm، تمدد اللفات على طول يبلغ 7mm حيث نحصل على فراغ بين اللفات. ملف من هذا النوع يمكن الحصول عليه بلف السلك حول قضيب له قطر يبلغ ربع انج. قرّب مقياس الموجة قرب L3 واضبط متسعة الضبط للحصول على أحسن بيان للتردد الراديوي. هذا الضبط حرج بعض الشيء بالرغم من القيمة الصغيرة لمتسعة الضبط.

الملف L4 ذو ثلاث لفات من سلك نحيف معزول، له نفس قطر الملف L3. ولفاته يجري دفعها بين لفات الملف L3. الترانزستور TR3 لديه انحياز من المقاومات R6 و R7. يستعمل ترانزستور رخيص



الشكل١٧ بيان لتوزيع المكونات على اللوح

الثمن عند اختيار الترانزستور TR3 يتمكن من مناولة تردد 200MHz أو أعلى مثل 2N706 أو ما يكافئه. تيار الجامع حوالي 20mA و R7 قد تحتاج أن نختارها لتحقق أحسن نتائج، ولكنها على العموم يمكن أن تكون 680Ω أو نحو ذلك بالنسبة لـ 2N76، أو 560Ω لترانزستور التردد العالي جداً VHF 2N3553. الملف L5 هو نفس الملف المستعمل مع L3. الملف L6 يتألف من لفتان من سلك معزول مقترن مع الملف L5. التنغيم لكافة المراحل ولملفات الإقران يجب أن يضبط بعناية للحصول على أحسن تردد راديوي خارج RF output.

مضمّن التوالي series modulator يسمح بخفض حجم الجهاز ككل، وقد وجد إنه يعطي جودة كلام جيدة جداً. ويوضع عبر دائرة القاذف ويمكن ضبطه كما بينا. ويمكن تحقيق التضمين بالطرق الأخرى التي تعاملنا معها.

القيام بالتنغيم tuning لهذه الدائرة أو الدوائر المشابهة لا يتم بدون مبين مثل مقياس الموجة. ويوضع بكيفية تحقق الإقران coupling الملائم مع L1 و L3 و L5 على التعاقب. قراءة مقياس الموجة نجعلها ذروية من خلال تنغيم مقياس الموجة نفسه، ثم ننغم دوائر المرسلة بعد ذلك وتضبط لأحسن بيان ذروي على مؤشر مقياس الموجة. عندما يتم ضبط L1 و L3 نحصل على بيان عند L5، كل عمليات الضبط تتم عندما نؤمن أحسن خارج للتردد الراديوي عند L5. ولكن ليس من العملي أن نفحص التردد الراديوي RF الخارج من L5 فقط، حيث يمكن أن يكون L1 خارج التنغيم والترانزستور TR1 قد لا يتذبذب، بينما التنغيم الخاطئ للملف L3 يمكن أن يسبب اختفاء كامل للإشارة الخارجة من TR3.

الشكل١٧ هو بيان لوضع وتوزيع المكونات لهذه الدائرة على لوح التجميع. وترى L4 مبعد عن L3 للإيضاح. وهذا أيضاً مطبق على L6 المؤلف من سلك معزول، ولفاته متداخلة بين لفات L5.

التوصيلات يجب أن تكون قصيرة قدر الإمكان، وهذه تتضمن القاذف ومتسعة التمرير by-pass capacitor وتوصيلات نقاط رجوع الأرضي. وليس من المعقول سوق الترانزستور 2N3553 للحصول منه على كامل قدرته المقننة، ولكن أدائه في منطقة VHF أحسن من تلك للترانزستور 2N706. وما إن تعطي الدائرة خارج عند التردد 144MHz، حينها نجري عمليات الضبط المنفصلة لقيم المكونات، والتنغيم و الإقران بين الملفات وبذا سنتمكن من الوصول إلى أحسن أداء ممكن من خلال المراحل الثلاثة.

مرسلة للحزمة 80 متراً أو 160 متراً Transmitter for 80 or 160m

حزمة التردد 3.5MHz توفر اتصالات محلية لمسافات قصيرة والمسافات البعيدة يمكن بلوغها من خلال الموجات السماوية المنعكسة sky wave، في حين إن حزمة 1.8MHz تستعمل غالباً للقدرة الواطئة. مرسلات لهذه الترددات يمكن بناءها بسهولة ويمكن أن تعمل بكفاءة efficiency جيدة.

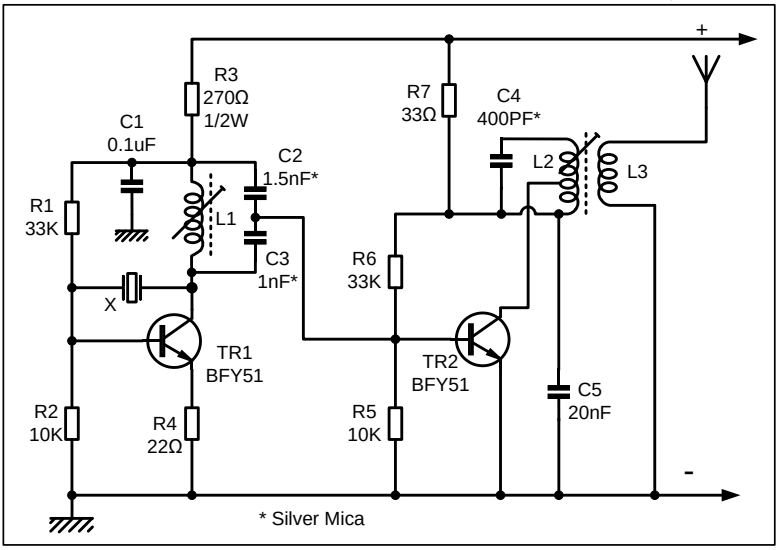
العديد من أنواع الترانزستورات متوفرة لتعمل عند ترددات واطئة حوالي 4MHz ((المقصود به تردد القطع للترانزستور f_T)، والأحسن أن نختار الترانزستورات لتعمل عند 10MHz أو نحو ذلك. الترانزستورات ذات الترددات الأعلى لها أداء مرضي ولكن ستزداد فرصة حصول التذبذبات

الطفيلية عالية التردد high frequency parasitic ويحدث هذا مع ترانزستورات HF و VHF. لذا يكون من غير المفضل استعمال نبيطة مصنوعة لتعمل ترددها يمتد صعوداً إلى منطقة VHF عندما تكون النية في استعمال الجهاز للحزم الواطئة low frequency bands.

في الشكل١٨ يعمل الترانزستور TR1 كمذبذب مسيطر عليه بالبلورة التي لها ترددها الأساسي fundamental والمؤشرة بالعلامة X. لذا يمكن أن تكون 3.5MHz إلى 3.8MHz بالنسبة لحزمة 80m، أو 1.8MHz إلى 2.0MHz لحزمة 160m؛ وعند العمل بصيغة الموجة المستمرة CW ((يعني بإشارات مورس)) على حزمة 80m، فإن تردد العمل يكون عموماً من (3.5MHz) إلى (3.6MHz).

R1 و R2 توفر انحياز القاعدة، والمتسعة C1 لفك الاقتران decupling تعمل مع المقاومة R3 على خط التغذية الموجب. الملف L1 منغم تقريباً إلى تردد البلورة، بالطريقة التي شرحناها. المتسعات C2 و C3 على التوالي موصلة إلى طرفي الملف L1 والوصلة فيما بينهما توفر نقطة السوق إلى الترانزستور TR2 ((لاحظ إن هذه الطريقة في سوق المرحلة التالية إنما هي أحد وسائل توفيق الممانعة، من الممانعة العالية لدائرة رنين التوازي، إلى الممانعة الواطئة لدائرة دخول الترانزستور دون التأثير على التيارات المستمرة. وهي البيان العملي لكيفية استعمال دوائر الرنين في توفيق الممانعات بين المراحل)).

مرحلة الترانزستور TR2 تمتلك انحياز قاعدة من المقاومة R5 و R6، والخارج يدخل إلى نقطة تفرعيه على الملف تسمى هذه النقطة مبزل tap ويسمى الملف tapped coil، الملف L3 لإقران coupling الهوائي aerial.



الشكل١٨

المحاثات للحزمة 80m ***(80 meter inductors)***

تقرأ الكسور من اليمين إلى اليسار(البسط إلى اليمين والمقام إلى اليسار)

الملف L1 يتألف من 32 لفة من سلك قياس 32swg معزول بالطلاء، ملفوف لفة بجانب لفة على مشكل ذو قلب له قطر خارجي يبلغ 5mm أو 3 \16 انج (ثلاثة من ستة عشر جزء من الأنج) . قد يكون من الضروري في بعض الأحيان تغيير عدد اللفات قليلا، خاصة مع البلورات القريبة من حافة الحزمة، وحسب نوعية القلب ونسبة التسامح في قيم C2 و C3 . يلف الملف L2 باستعمال سلك قياس 24swg معزول بالطلاء على مشكل بقطر 10mm أو 3 \ 8 انج (ثلاثة من ثمانية أجزاء من الانج)، بعدد لفات يبلغ 23 ثلاثة وعشرون لفة، ويدخل الجامع collector إلى النقطة التي تبعد سبع لفات عن النهاية المتصلة بالمتسعة C5 . الملف L3 يتألف من أربع لفات ملفوفة فوق الملف L2، ولكن يمكن هنا تغيير الإقران ليلاءم الهوائي.

المحاثات للحزمة 160m ***(160 meter inductors)***

تقرأ الكسور من اليمين إلى اليسار(البسط إلى اليمين والمقام إلى اليسار)

نرفع عدد لفات الملف L1 إلى 55 لفة، على شكل كدس أو كومة مجمعة وغير منتشرة compact pile . قلب الملف L2 هو قطعة من قضيب فيرايت ferrite rod بطول واحد انج وقطر يبلغ ثلاثة من ثمانية أجزاء من الانج (3 \8 انج)، والملف L2 يتألف من 28 لفة من سلك قياس 24swg معزول بالطلاء، وله تفريعه (مبزل) عند ثمانية لفات، والملف L3 له خمس لفات ملفوفة فوق الملف L2 . الملفات ملفوفة على انبوب من الكارتون وبذا يمكن تحريك القلب الفيرايت لأغراض التنغيم.

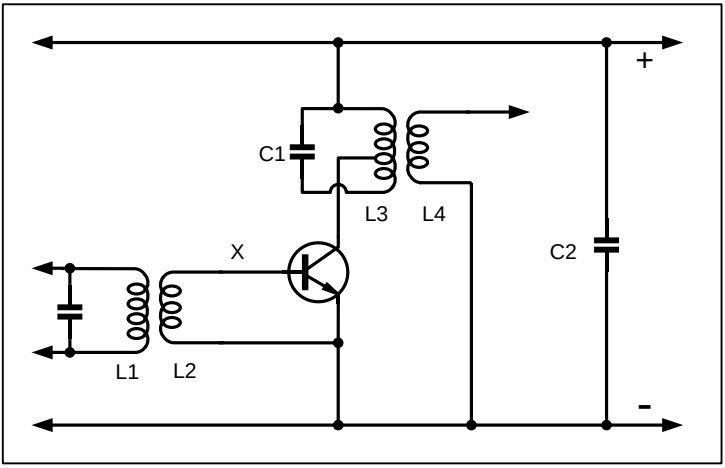
الدائرة بإمكانها أن تعمل على مدى واسع من الفولتيات، صعوداً إلى أقصى فولتية تتحملها الترانزستورات، ويمكن أن نرفع الفولتية حيثما نرى ذلك ضرورياً بما يسمح به التضمين Modulation كما شرحنا ذلك فيما سبق. المقاومة R7 يمكن فصلها لغرض التضمين عن طريق الجامع للترانزستور TR2 . ويمكن تعديل modify القيم ذات العلاقة للمتسعات C2 و C3، وموقع المبزل tap على الملف L2، لملائمة فولتية التشغيل أو نوع الترانزستور. البلورات ذات القابس التي يمكن تركيبها ونزعها تسمح بتغيير التردد على طول الحزمة. افحص وتأكد إن التردد الراديوي الخارج يتلاشى عند رفع البلورة.

مضخمات القدرة للترددات الراديوية RF power Amplifier

يمكن الحصول على تشغيل اقتصادي باستعمال البطاريات الصغيرة لتشغيل مرحلة مضخم قدرة التردد الراديوي الأخيرة التي تعمل بقدرات 200mW إلى400mW أو نحو ذلك. هذه القدرة تكون كافية للاتصال بين نقطتين عبر مسافات معقولة. ولكن قد تكون الحاجة في الحصول على قدرة أكبر مع بقاء الأجهزة نقالة، ويمكن أن نسحب التيار اللازم من بطارية المركبات vehicle

accumulator في بعض الحالات كبديل عن بطارية جافة ذات 12V أو شبيهاً لها. وحتى مع البطاريات الصغيرة يمكن زيادة القدرة إذا ما وضعنا في بالنا ضرورة تغيير البطارية بشكل مبكر.

من الممكن مع العديد من الدوائر أن نضيف مضخم قدرة أكبر. في بعض الحالات يمكن لهذا أن يحل محل مضخم القدرة الموجود، ولكن في حالات أخرى يمكن أن يؤدي مضخم القدرة الواطئة كمرحلة سوق إلى مضخم القدرة PA الجديد، ذو القدرة الأعلى.



الشكل١٩

الشكل١٩ يبين مضخم قدرة خارجي أساسي، وهذه الدائرة يمكن أن تكون أساس لزيادة القدرة عند 160m إلى (2m). هذه الدائرة بإمكانها أن تعمل من نفس الفولتية كما دوائر الإرسال الباقية، أو عند الضرورة يمكن أن تعمل من فولتية منفصلة، ويمكن أن يجري تضمينها بأي من الطرق التي ذكرناها.

إذا ما كنا سنستبدل ترانزستور القدرة PA الموجود، ستبقى الملفات L1 و L2 و L3 و L4.

ولكن إذا كانت هذه الدائرة هي مرحلة جديدة وستضاف إلى دائرة مضخم موجودة أصلاً، فإن L1 سيكون له نفس لفات الجامع collector لمضخم القدرة الأصلي PA، والملف L2 هو ملف إقران الهوائي، لذا سنضيف ترانزستور إضافي مع الملف L3 والملف L4 وباقي المكونات الساندة.

وكمثال على إضافة هذه المرحلة الإضافية كمضخم قدرة، يمكن أن نتبع الدائرة ذات الترانزستورين في الشكل18. الملفات L1 و L2 ستكون موجودة. الملفات L3 و L4 في الشكل١٩يمكن أن تلف بنفس الطريقة. كما L2 و L3 في الشكل١٨ للعمل عند 80m. متسعة بقيمة 400PF تستعمل على طرفي الملف L3 (الشكل١٩) والتنغيم يتم من خلال القلب. الترانزستور الملائم هو BD139. تنغيم كافة المراحل يتم كما شرحناه، ولأغراض الفحص والتنغيم يمكن توصيل L4

إلى مصباح ذو 12V وقدرة 2.2W؛ الدائرة يمكن تضمينها (تعديلها) modulated بواسطة مضمن ذو متكاملة IC أكبر كالتي بيناها وتقرن coupled إلى دائرة الجامع.

عند تجميع المكونات على لوح التجميع يجب أن نمنع التغذية العكسية من الملف L3 أو الدوائر المساعدة إلى الملف L1 أو دائرة القاعدة. ويمكن ترتيب ها على أحسن وجه من خلال وضع المرحلة الجديدة في صندوق حجب صغير، أو على الأقل وضع لوح حجب Screen بينها وبين المراحل السابقة. وتذكر إن في كل المرسلات عندما نفصل البلورة من الدائرة يجب أن يتلاشى التردد الراديوي RF الخارج منها؛ فإذا لم يحدث ذلك حينها نعلم إن ثمة تذبذب غير مرغوب حادث في مكان ما ويجب منعه. ولتحسين الإستقرارية نقطع النقطة المؤشرة X ونضع عبرها مقاومة ذات قيمة فيما بين 10Ω إلى 22Ω قرب قاعدة Base الترانزستور.

قيمة المتسعة C1 والملف L3 تعتمد بالطبع على تردد العمل. المتسعة C2 هي متسعة تمرير by-pass capacitor، ويجب أن توضع لتوفر ممر قصير للتردد الراديوي من L3 و L4 إلى خط الصفر لمضخم القدرة. لا يمكن لـ C2 أن تمتلك قيمة كبيرة عند استعمال تضمين الجامع، إذ إنها ستؤثر على الصوت الخارج من المضمن. وعموماً يمكن أن تكون بحدود 10nF لدوائر التردد الواطئ، ويمكن إقلالها إلى 4.7nF أو 1nF لتردد 28MHz أو 144MHz. ومع مضمن التوالي (الشكل١٥) تطبق نفس الاعتبارات على المتسعة التي ستكون من قاذف PA إلى خط الأرض (الصفر فولت). مع هذا النوع من التضمين يمكن أن تكون قيمة C2 0.1 أو أكبر لمرسلات الترددات الواطئة LF transmitter، إذ إنها لن تكون على طرفي خروج المضمن.

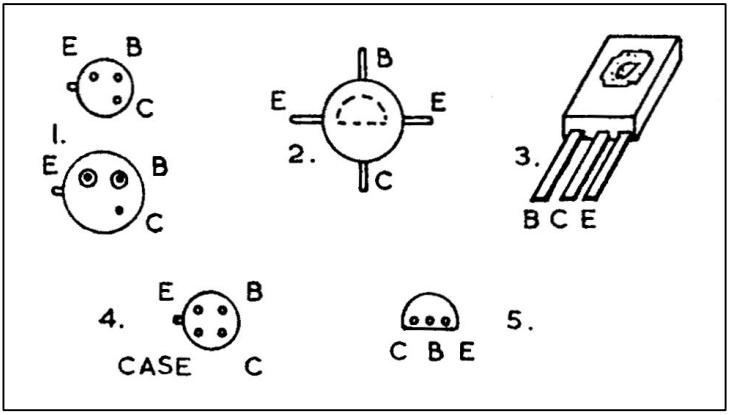
وعند استخدام ثلاثة مراحل ، يمكن تسليط التضمين modulation إلى مرحلة السوق driver كما بينا . وهذه الطريقة ستزيد العمق الكلي للتعديل overall modulation depth.

فولتية إشارة التردد الراديوي أو فولتية المضمن يجب أن لا يسمح لها بالانتقال على طول خط التغذية الموجب إلى النهاية الأمامية أو كما يقال إلى المراحل الأولية مثل المذبذب، أو المكبر الابتدائي للمايكروفون. وقد يكون من الضروري وضع مقاومة كمانع للتردد الراديوي RF stopper على التوالي مع L3 عند النهاية الموجبة، مع C2 مباشرة من L3 إلى الأرض. ويتعين على المقاومة أن تكون ذات قيمة قليلة لمنع الفقد في الفولتية المتمثل في انحدار الجهد على طرفيها، ويمكن لقيمة مثل 10Ω أن تلاءم هذا الغرض. نستعمل متسعة كبيرة السعة مثل 1000uF أو أكثر نوصلها على طرفي خطي تجهيز المضمن الموجب والسالب وقريباً من دائرة المضمن.

وعندما نشرع في إعداد مرحلة تضخيم قدرة PA كتلك الموضحة في الشكل١٩، يجب إرفاق مقياس للتيار عبر خط التجهيز الموجب، مقياس متعدد المديات ويوضع على المدى 1A يكون كافيا، وبذا يمكن مراقبة وفحص التيار.

قلب الملف القابل للضبط لا تراه للملف L1 و L3، ولكنها تستعمل لحزم الترددات الواطئة LF مثل (28MHz). بالنسبة للتردد 144MHz يتم التنغيم بدلاً عن القلوب بواسطة متسعة ضبط صغيرة Small preset capacitor، مع ملفات تقف بذاتها (بسبب سماكة السلك الملفوفة منه). فإذا ما استعملت ملفات ذات قلب قابل للتنغيم ، يكون من المهم إن مادة القلب تناسب التردد المستعمل.

القائمة السابقة لأنواع الترانزستورات تبين ظروف التشغيل الأكثر أهمية. اقتراحات الاستخدام هي ليست بالطبع الاستخدام الوحيد الذي نستعمل لأجله ذلك الترانزستور. الترانزستورات ذات فولتية الجامع المرتفعة لها استعمال خاص عندما نستعمل محولة إقران لتضمين الجامع collector. الشكل٢٠ يعطي معلومات للأنواع المستعملة لنستدل بها. وليس من الممكن في هذا الحيز الصغير إدراج كل الترانزستورات التي يمكن استعمالها في قسم التردد الراديوي RF section لمرسلة، وهنالك أنواع أخرى مرضية في العمل. ويتعين أن يكون تردد القطع للترانزستور (أعلى تردد يعمل به الترانزستور) أعلى من تردد العمل الفعلي المطلوب.



الشكل ٢٠

بيانات الجدول هي كما يلي :

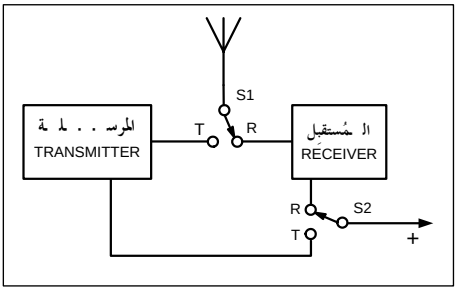
بيانات التوصيلات تراها في الشكل٢٠، التيار الأقصى الذي تتحمله المتكاملة IC أو جامع الترانزستور. الفولتية القصوى Vc-e بين الجامع collector والقاذف emitter، مقدرة النبيطة القصوى على تبديد القدرة P، وتردد القطع T(frequency) *f*.

يجب أن لا نتجاوز القيمة القصوى حتى ولو لواحدة من البارمترات. لذا فإن ظروف العمل القصوى تتحدد بالتيار والفولتية أو القدرة المبددة. التخلص من الحرارة Heat sinking يكون ضروري للترانزستورات الأكبر إلا إذا استعملت عند قدرات أوطأ ويكون ارتفاع الحرارة ليس مهماً. جميع الترانزستورات هي من نوع NPN.

Type	*Base*	*IC*	*Vc-e*	*P*	*fT*	*Typical uses*
2N918	4	50 mA	15V	200 mW	600 MHz	doubler, driver
MPS3563	5	100 mA	12V	200 mW	200 MHz	oscillator, driver, amplifier
2N706	1	200 mA	20V	300 mW	200 MHz	oscillator, driver, amplifier
2N3641	1	500 mA	30V	350 mW	250 MHz	oscillator, driver, amplifier
2N2222A	1	800 mA	40V	500 mW	300 MHz	oscillator, multiplier, amplifier
BFY51	1	1 A	30V	800 mW	50 MHz	oscillator, driver, amplifier
2N3053	1	700 mA	40V	1 W	100 MHz	amplifier
BD139	3	1.5 A	80V	6.5 W	250 MHz	amplifier (not VHF)
2N3553	1	1 A	40V	1 W	250 MHz	VHF amplifier
2N5995	2	1.5 A	14V	10,7 W	175 MHz	HF, VHF amplifier

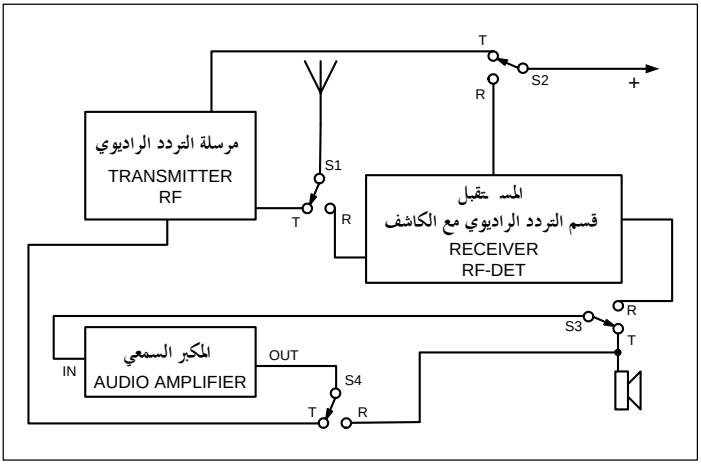
مفتاح الانتقال بين الإرسال والاستقبال Transceiver switching

الانتقال من الاستلام إلى الإرسال يمكن أن يتم بواسطة مفتاح ضغط (اضغط لتتكلم Push to talk) أو مفتاح دوار صغير معلم عليه مواقع الاستلام والإرسال. وإذا ما استعمل المفتاح الدوار يكون من الملائم تركيب مفتاح ذو ثلاث طرق 3-way (ثلاث طقّات) والموقع الثالث يمكن أن يستعمل كمفتاح إطفاء وذلك حتى لا نستعمل مفتاح تشغيل إطفاء منفصل.



الشكل ٢١

وعندما تكون المرسلة والمستقبل وحدتين منفصلتين، فإن مفتاح ذو قطبين 2-pole يكون كافياً كما في الشكل٢١. وخلال الاستلام S1 يأخذ الهوائي إلى المستقبل والقسم S2 يضع فولتية البطارية إلى المستقبل. السماعة توصل بشكل دائم والمستقبل يمتلك مضخم الصوت الخاص به. هذه الطريقة لها ميزة. المرسلة مع المضمن الخاص بها ستكون وحدة منفصلة كلياً. المستقبل سيعمل منفصلاً، ويمكن تغييره أو استبداله دون التأثير على أي جزء من دائرة المرسلة. وترتيب المفتاح مبسط. والغير حسن في ذلك أن المستقبل يتطلب مضخم سمعي خاص به، وهذا يأخذ حيز إضافي.



الشكل ٢٢

في الشكل٢٢ قد أضيفت إمكانية الانتقال من الإرسال إلى الاستلام بالمفاتيح وعلى ذلك يستعمل مضخم سمعي مفرد لكل من الإرسال والاستلام. وقسمي المفتاح S1 و S2 تعمل كما في السابق. المفتاح S3 ينقل دائرة الدخول للمضخم السمعي إلى المستقبل لغرض الاستقبال، وإلى السماعة (بمثابة مايكروفون) للإرسال. المفتاح S4 يحول خروج الصوت إلى السماعة لغرض الاستقبال أو إلى قسم التردد الراديوي للمرسلة لتجهيز التضمين كما ينبغي.

المستقبل receiver الآن لا يحتاج إلى مضخم سمعي أو مرحلة خروج، ولكن هنالك مفتاح إضافي، ضمن التوصيلات الداخلية للوحدة. وهو ضروري لمنع الإقران الغير مرغوب به لطاقة التردد الراديوي من المفتاح S1 أو دائرة الهوائي إلى S3 أو مدخل مضخم الصوت، كتغذية خلفية من هذا النوع تسبب عدم استقرار عند قمم الكلام Speech peaks أو عدم استقرار مستمر continuous instability.

تحوير هذه الدوائر ممكن. في الشكل٢٢ توصل السماعة من مرحلة خروج المستقبل إلى مرحلة دخول المضمن، حيث لا نحتاج إلى مايكروفون منفصل. يمكن بلوغ هذا بسهولة عن طريق جعل طرف السماعة مشتركاً على الخط السالب لكلا الدائرتين، وبإقران متسعة، وبذلك فإن قطب آخر للمفتاح ينقل السماعة كما مبين (أنظر الشكل٨). ولكن المايكروفون الذي يحتل مكان صغير، قد يكون مفضلاً ونترك السماعة للاستقبال فقط.

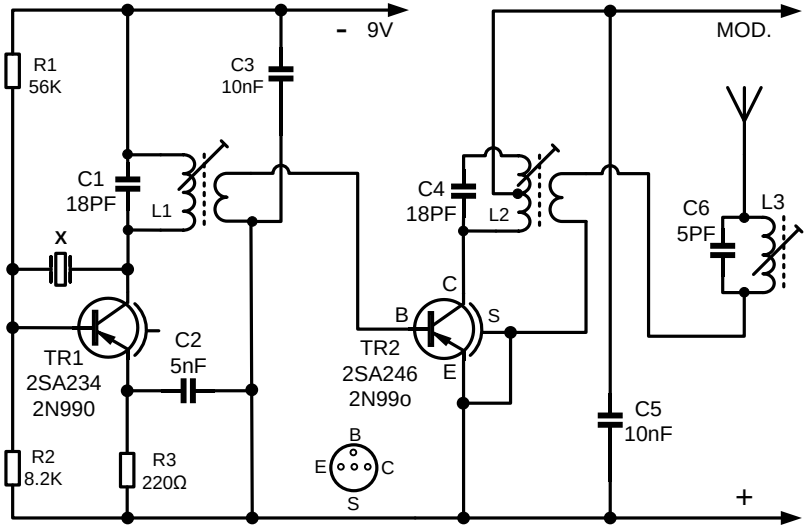
يستخدم في بعض الأجهزة التجارية، قطب للمفتاح إضافي، حيث يمكن تأمين عزل ممتاز بين مدخل المضخم السمعي وخروج الدائرة، أو بين الدخول السمعي ودوائر الهوائي.

وبالنسبة لمفتاح التحويل نوع الضغط Push-button بين الإرسال والاستقبال فهو لا يحتوي على نقطة إطفاء وسطية لذا يستعمل مفتاح رئيس منفصل للتشغيل والإطفاء، وقد يرفق مع ضابطة حجم الصوت للمستقبل عند وجودها وأحسن طريقة للانتقال بين الإرسال والاستقبال تتم من خلال مفتاح ضغط، حيث يرجع بفعل النابض إلى وضع الاستقبال. ويستعمل كذلك بنفس الكيفية مفتاح قلاب له نابض يعيده إلى وضع الاستقبال.

مرسلة ذات ترانزستورات PNP Transmitter PNP

الشكل٨ هو دائرة لمضمن له خط أرضي موجب ((يعني نقطة الصفر هي طرف البطارية الموجب))، ويستعمل ترانزستورات PNP. الشكل٢٣ يبين مذبذب ومضخم قدرة ونروم استعمالها مع هذا المضمن، لتعمل عند حوالي (200mW).

وقد لوحظ إن ترتيب الدائرة نفسه الذي استعمل فيه ترانزستور من نوع NPN والأرضي عند خط التغذية السالب. وليس ثمة تضمين يسلط على المذبذب المحكوم بالبلورة TR1. التيار الذي يسحبه المذبذب حوالي 5mA ومضخم القدرة PA يسحب حوالي (30mA).



الشكل ٢٣

تنغيم وعمل هذه الدائرة يتم كما كنا قد شرحنا . الملف الإضافي L3 مع متسعة التوازي، يوفر الحمل لدائرة الهوائي، وكما مشروح في لقسم الثالث "الهوائيات وإقران الهوائيات" . وهذا يمكن الهوائي من العمل بكفاءة أعظم من خلال الطاقة المشعة التي نحصل عليها .

القسم الثانى

الاستقبال *Reception*

مستقبل بإعادة التوليد الفائق للتردد 28MHz **28MHz Super-regenerator**

مستقبل إعادة التوليد الفائق super-regenerative يمكن أن يكون حساس جداً، ويمكن أن يتفوق على أداء الأنواع البسيطة المتعلقة بموضوعنا من مستقبلات الفعل المغاير فوق السمعي (السوبر هيتروداين) Super Heterodyne.

مستقبل إعادة التوليد يتطلب القليل من المكونات، ولا يحتاج إلى عناء عمليات الضبط alignment. مثل هذه المستقبلات نرى استعمالها في معدات الووكي توكي يأخذ الاعتبار الأول.

مساوئ مستقبلات إعادة التوليد الفائق تتمثل في ضعف الانتقائية lack of selectivity، وسماع صوت هسهسه (وشه)في الخلفية background hiss واحتمال حدوث تداخل interference للأجهزة الأخرى بسبب المجال الكهرومغناطيسي الخارج منها (راجع الإصدار الخامس لتقرأ عنها بتفصيل).

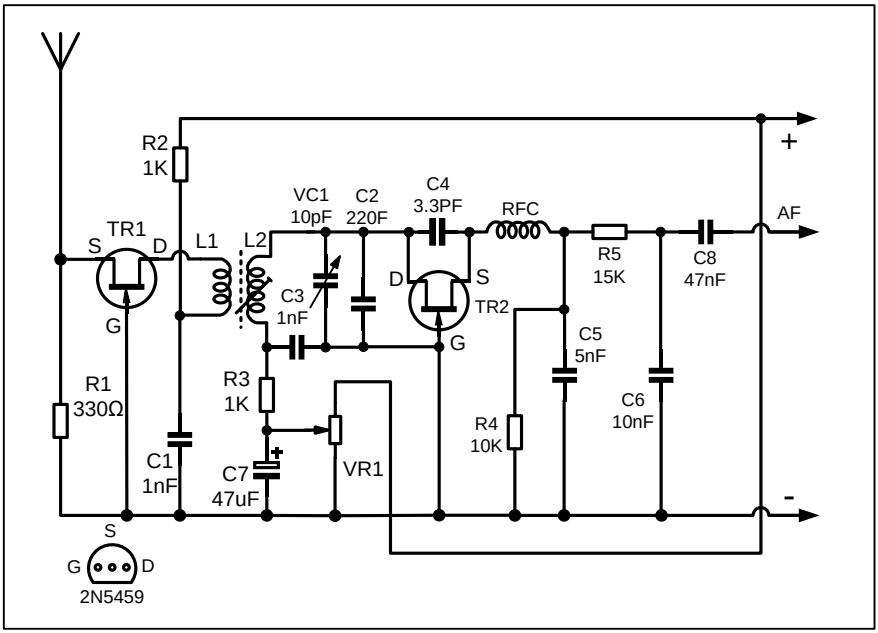
عموماً عند الاتصال بين نقطتين والاتصالات المشابهة، لا تكون الانتقائية العالية high selectivity مطلب أساسي. والهسهسة العالية التي هي أحد خصائص هذا النوع من المستقبلات تختفي عند التنغيم على الإشارة. ويمكن القضاء على مشكلة التداخل بوضع مرحلة للتردد الراديوي RF stage بعد الهوائي تساعد على عزل كاشف إعادة التوليد عن الهوائي. والإشعاع الراديوي المنبعث من المستقبل ذو قدرة واطئة، لذا فهو يسبب التداخل فقط عند استعمال المستقبل قريب جداً من مستقبل آخر يستقبل محطات إذاعية تعمل قريباً أو عند نفس التردد.

الشكل٢٤ يبين كاشف مستقبل إعادة التوليد الفائق للتردد 28MHz مسبوقاً بمرحلة للتردد الراديوي تتغذى بالإشارة من الهوائي. TR1 هو ترانزستور عزل أولي، ولا نتوقع منه أي تكبير هنا. ونتقبل وجوده عند تغذية دائرة التنغيم بالإشارة، ونرى إنه يحسن الكفاءة efficiency. المقاومة R1 هي مقاومة الانحياز لطرف المصدر لترانزستور تأثير FET المجال TR1.

طرف المصرف drain مقرن coupled إلى L2 من خلال L1، والملف L2 هو دائرة التنغيم الوحيدة الموجودة. المتسعة المتغيرة VC1 تسمح بالاستقبال على طول حزمة 28MHz ؛ يتحدد مدى الاستقبال من خلال المتسعة C2 ووضع القلب للملف L2.

تنهض عملية إعادة التوليد من خلال متسعة التغذية الخلفية C4، وتكبت quenched بواسطة شبكة المقاومات R4 و R5 والمتسعات C5 و C6. الترانزستورات مثل 2N5459 تعطي نتائج ممتازة في هذه الدائرة.

هنالك نقطة تميز واحدة في استعمال ترانزستور تأثير المجال FET نوع VHF ليعمل في محل



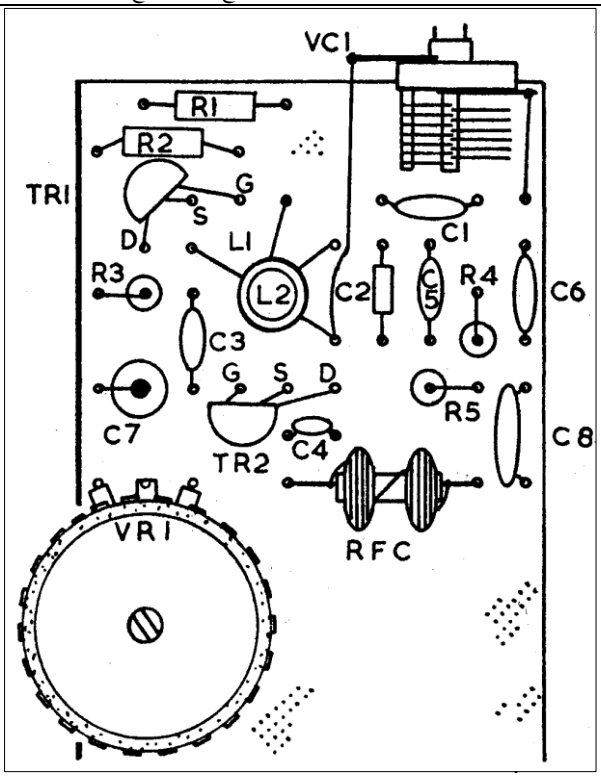
الشكل ٢٤ مستقبل بإعادة التوليد الفائق للتردد **28MHz**.

TR1، ولكن هذا النوع قد ينتج عنه إعادة توليد قوية عند الترانزستور الذي يليه TR2 . إعادة التوليد تتم السيطرة عليها بواسطة المقاومة المتغيرة VR1، وتبدأ الهسهسة hiss بالظهور عند تدويرها إلى حوالي نصف إلى ثلثين من مكان الصفر (النهاية السالبة) . المتسعة C4 لها أثر مهم في إعادة التوليد ويمكن على العموم أن تجرب قيمتها من 1.8pF إلى 4.7pF، أو نستعمل متسعة ضبط بقيمة 5PF لنحصل على القيمة الأحسن.

الدائرة متبوعة بمضخم سمعي وهي تغذي سماعات الأذن بما يلاءم مستقبل صغير جداً، مرحلة واحدة تكون كافية. مضخم من مرحلتين بإمكانه سوق سماعة جهورية لاستقبال معقول. ويمكن للمضخم السمعي أن يكون نفسه المستعمل كمضَمّن عند الإرسال.

الملف L2 ملفوف على مشكل له قطر تقريبي 5mm، ويتألف من 14 لفة من سلك معزول بالطلاء قياس 32swg، لفة بجوار لفة.

الملف L1 يتألف من ثماني لفات، قرب نهاية الملف المتصلة بالمتسعة C3 . فراغ بمقدار حوالي 2mm بين الملف L1 والملف L2 يكون كافي. إذا كان الملف L1 قريب جداً من L2، قد يمنع ذلك من إعادة التوليد من أن تحدث، في حين إن الإقران السائب الذي لا داعي له قد يسبب إقلال حجم الصوت.



الشكل ٢٥ توزيع المكونات على اللوح لمستقبل بإعادة التوليد الفائق للتردد 28MHz.

قلب الملف L2 يضبط إلى حيث إن الترددات التي نريدها نجدها والمتسعة VC1 على وضع نصف تداخل للألواح.

خانق الترددات الراديوية RF choke يمكن أن يلف على مقاومة كاربونية بقيمة 2.2MΩ وقطرها حوالي ثلاثة مليمترات ونصف وطولها 10m، أو على قطعة من مادة عازلة بنفس الأبعاد. ويتألف من مائة لفة من سلك قياس 42swg، موزع على كومتين Pile كل كومة من خمسين لفة. نهاية الأسلاك تلحم إلى أسلاك المقاومة التي ستحمل الملف الخانق. ويجب أن لا يتم غمر أو طلاء اللفات بالورنيش أو الشمع، ولكن لمسة من الصمغ لمنع اللفات من التفكك.

المقاومة المتغيرة VR1 يتم تدويرها حول النقطة التي عندها يبدأ التذبذب oscillation، وبذلك سنسمع صوت هسهسه عالي loud hissing. وهذا الصوت يتلاشى كما ذكرنا عند التنغيم على الإشارة. ضبط المقاومة VR1 ليس حرجاً، باستثناء عندما تكون الإشارة ضعيفة جداً. يستخدم النوع الاعتيادي من الهوائي التلسكوبي Telescopic aerial (الذي تتداخل أقسامه كالتلسكوب).

توزيع المكونات على لوح التجميع Layout ليس بتلك الصرامة بشرط توفير توصيلات قصيرة لكل من TR1 و L1 و L2 و TR2 مع C3 والمتسعة المتغيرة مع C2. ترى في الشكل٢٥ توزيع ملائم للمكونات باستعمال لوح مثقب على مسافات تبلغ 0.15 انج ((يوجد في أسواق بغداد قياسين 0.1 انج و 0.15 انج)). نستعمل متسعة تنغيم صغيرة (مثل النوع C.1604 المصنوعة من قبل Jackson Bros.) تسمح بالمحافظة على الحجم الصغير، وإن أي متسعة متغيرة ذات قيمة قليلة تعطي نفس النتائج.

مقاومة متغيرة من النوع الذي يركب على الحافة كالمستعمل في راديو الجيب تُستعمل كمسيطر على كسب الصوت audio gain، وهي في نفس الوقت لا تستهلك المكان. وهذه القطعة بالذات تتصرف وكأنها مقسم فولتية وأي قيمة ما بين 5K إلى 25K تكون كافية. المستقبِل بعد أن يكتمل يكون من السهل أن ينزلق في الجيب إذا وضعت كافة الأزرار وقبضات التدوير Knobs في الأعلى. ويمكن ذلك إذا ما تم تركيب المكونات المقصودة على لوح صغير ولكن ليس من السهل الحصول على سماعة لها قطر أصغر من 2 1/4 انج.

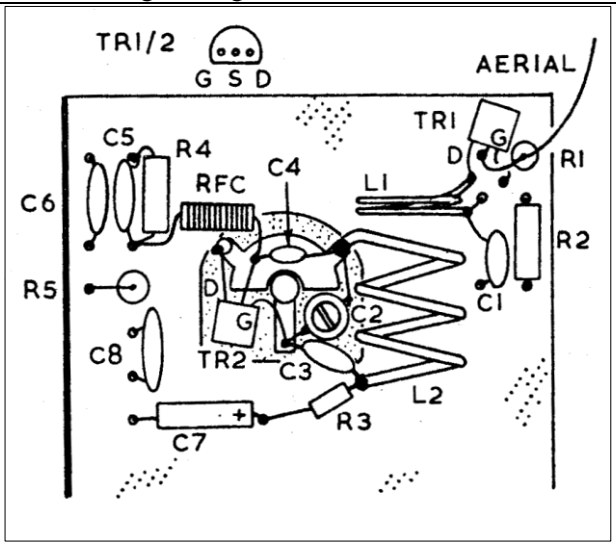
إذا ما اتبعت توزيع المكونات الذي تراه، سيكون التسليك سهل تماماً. ضع قلب الملف عند النهاية التي فيها L1. قسم التردد الراديوي RF وقسم الكاشف يمكن فحصهما من خلال توصيل سماعات أذن ذات ممانعة عالية أو متوسطة من C8 إلى الخط السالب.

هذه الدائرة تُتبَع بمضخم تردد سمعي AF بسيط، يمكن أن يضاف للمستقبل إذا ما كنا سنستعمله مفرداً. ويمكن أخذ تيار التجهيز من بطارية صغيرة 9V. وإذا ما تم وضع الدائرة في مرسل مستقبل transceiver تسحب قدرة التجهيز من بطارية قسم الإرسال.

مستقبل بإعادة التوليد الفائق للحزمة 2-meter 2-Meter Super-Reg Receiver

بساطة مستقبل إعادة التوليد الفائق يجعله متميزاً لاستقبال 144MHz، متذكرين المحدودية الخاصة به. ويجري تنسيبه بسرعة ليلاءم تنغيم حزم VHF، ومستقبل من نوع سوبر هيتروداين أو كما يسمى سوبرهت superhet لحساسية مكافئة يحتاج إلى العديد من المكونات.

يمكن أن تكون الدائرة كتلك التي شاهدتها في الشكل٢٤ لاستلام التردد 28MHz ؛ كلا ترانزستوري تأثير المجال يجب أن تكون من النوع الذي يستعمل مع ترددات VHF، ولها أعلى تردد (تردد القطع) يبلغ 200MHz أو أعلى. ويكون من الضروري تحوير L1 و L2 وخانق التردد الراديوي. الملفات التي تنتصب بذاتها تتلاءم مع العدد القليل من اللفات اللازمة. الملف الخانق choke يمكن بناءه بنفس الخطوات التي شرحناها مع دائرة 28MHz، ولكنه يلف بلفات متجاورة الواحدة بجانب الأخرى، على طول حوالي (8mm). الملف L2 يتألف من ثلاث لفات من سلك قياس 18swg، ينتصب بذاته Self-supporting ولا يحتاج إلى إسناد، ويرتب وضعه كما تراه في الشكل٢٦. له قطر يبلغ 12mm وطول يبلغ 17mm المتسعة C2 هي متسعة ضبط ذات 15PF. الملف L1 يتألف من لفتان، قرب L2 والمسافات يجري ضبطها لأحسن استقبال. استعمل أطراف توصيل قصيرة جداً في دائرة التردد الراديوي RF circuits.



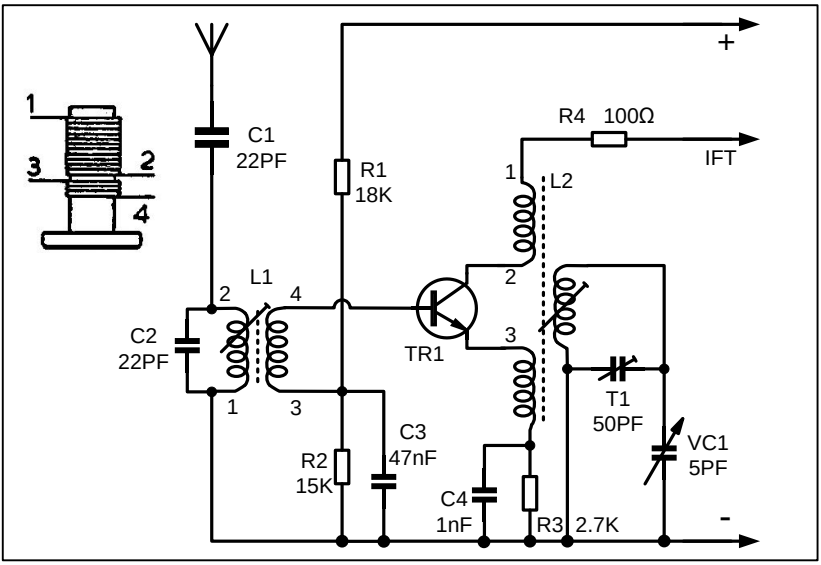
الشكل ٢٦ توزيع المكونات على اللوح لمستقبل بإعادة التوليد الفائق للحزمة **2m**.

يتبع هذا القسم بترانزستورين أو ترانزستور ومضخم من دائرة متكاملة، للاستلام عبر السماعة الجهورية. توصل المتسعة C8 إلى مقاومة متغيرة للسيطرة على كسب مضخم الصوت (ضابطة حجم الصوت)، يأخذ التردد السمعي من منزلقة المقاومة المتغيرة.

مذبذب ومازج للتردد 28MHz — 28MHz Mixer / Oscillator

ترى في الشكل٢٧ مذبذب ومازج يتذبذب ذاتيا يستعمل في حزمة 28MHz. الهوائي السوطي Aerial يقرن عبر المتسعة C1 إلى ملف الهوائي L1 الموصل معه على التوازي C2. الملف الثانوي للملف L1 يوفر المدخل إلى الترانزستور TR1، المقاومات R1 و R2 تؤمن انحياز الترانزستور.

ملف المذبذب L2 له لفات إقران إلى القاذف emitter والجامع collector. متسعة الضبط T1 وقلب L2 تسمح بضبط التردد عند 28MHz، وتنغيم يدوي من خلال المتسعة المتغيرة الصغيرة VC1. المقاومة R3 هي مقاومة القاذف، وتعمل على استقرار عمل الترانزستور عن طريق إقلال انحياز الترانزستور عند زيادة تيار الجامع بفعل زيادة حرارة الجو المحيط. الخارج من المازج يمر عبر المقاومة المتغيرة R4 إلى نقطة المبزل tap للملف الابتدائي لمحولة التردد المتوسط الأولى first IF. وقد وجدنا إن المقاومة R4 غير ضرورية لإدامة الاستقرارية stability في بعض الحالات ، ولكنها مطلوبة إذا ما تراكب صفير مستمر مع الاستقبال.



الشكل٢٧ مازج ومذبذب للتردد **28MHz**.

بما إننا نحتاج إلى حزمة ضيقة من التردد، وتنغيم الهوائي عريض بطبعه، فلن نحتاج إلى متسعة متغيرة للتنغيم عند الهوائي. وبدلاً منها نحصل على قمة لأحسن استقبال من قلب الملف L1 للتردد المرغوب، أو عند حوالي منتصف المدى للترددات التي سنستلمها.

يلف الملف L1 بسلك قياس 32swg معزول بالطلاء، على مشكل former له قطر يبلغ 5mm أو قريباً منه مع قلب قابل للضبط. ابدأ باللف عند النقطة 1 وثبت السلك ببقعة من الصمغ. لف أثنى عشرة لفة الواحدة بجانب الأخرى side by side، وانته عند النقطة 2. واترك قطعة صغيرة وثبت السلك عند النقطة 3. أربع لفات تلف بعد ذلك في نفس الاتجاه السابق، وينتهي الملف عند النقطة 4. اجعل نهاية السلك كافية لتصل إلى نقاط التوصيلات المختلفة. يركب القلب ويكون موقعه إلى أسفل الملف ذو اللفات ألاثني عشر.

ملف المذبذب L2 يلف على مشكل former يشبه الذي استعمل مع L1. سبعة لفات للملف الذي يشكل دائرة التنغيم، أربع لفات لملف الجامع، ولفتان لملف القاذف emitter. يمكن أن نستعمل سلك لملف الجامع collector قياس 32swg معزول بالطلاء أو سلك أنحف للملفين الصغيرين.

النقاط 1 و 2 و 3 هي البداية لكل ملف مستقل، وكل الملفات تلف بنفس الاتجاه. اللفات السبعة تلف في البداية، والملفان الأصغران يلفان فوقها في الأعلى، ليتحقق إقران وثيق tightly coupled.

ضبط T1 والقلب تسمح لحزمة 28MHz لأن تنغم بدون أن يحدث تذبذب شديد، وتغطي المتسعة المتغيرة VC1 حزمة كبيرة بما يكفي. عند وضع سعة صغيرة هنا، لا نحتاج إلى وسائل ميكانيكية لتقليل سرعة دوران المتسعة المتغيرة (مثل الخيط والبكرات).

عند فحص هذه الدائرة لأول مرة، لاحظ إن التردد الذي تغطيه يعتمد على L2 و T1 (مع المتسعة المتغيرة VC1). وعندما تكون التغطية ملائمة، فإن قلب الملف L1 نحصل منه على ذروة أحسن حجم للصوت. خط التغذية الموجب من المقاومة R1 يمر إلى الخط الموجب للوح مضخم التردد المتوسط IF board، أو الطرف 3 لمحولة التردد المتوسط IFT1.

عند التردد المتوسط intermediate frequency البالغ 465KHz يمكن أن ينغم L2 إما 465KHz فوق above تردد الاستلام، أو 465KHz تحت below تردد الاستلام. ولا يتبع هذا الاختيار أي تأثير على الكفاءة efficiency، ولكن من المعتاد أن ينغم المذبذب أعلى من تردد الهوائي.

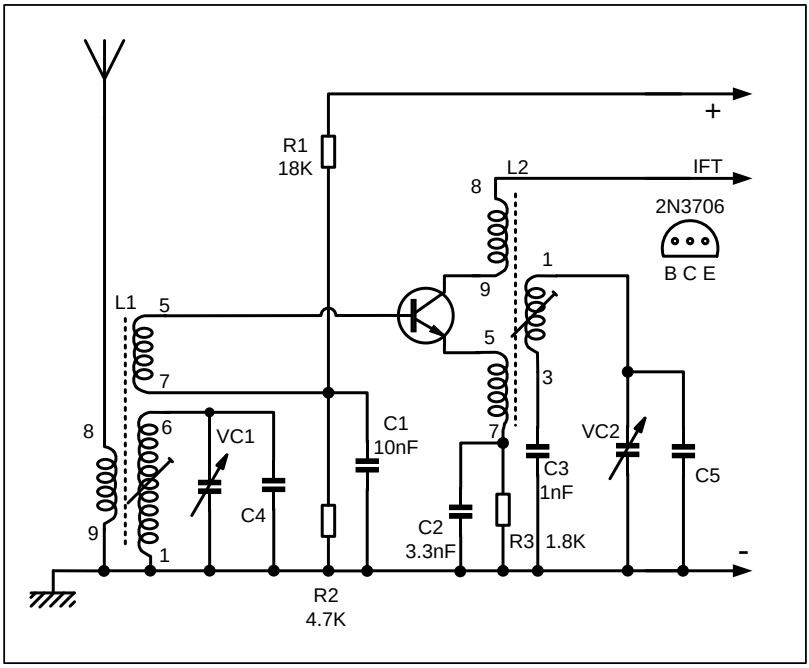
يمكن أن نستعمل العديد من الترانزستورات نوع NPN لتعمل كمذبذب ومازج تلاءم هذه الدائرة. الترانزستور BF194 ينصح به، ولكن يمكن استعمال ترانزستورات أخرى لها تردد قطع f_T صعوداً نحو 200/250MHz، ومعامل تكبير بيتا hFE حوالي 100 أو نحو ذلك.

مازج للحزمتين 160m و 80m — Mixer for 160 and 80 m

الحزمتين واطئتي التردد 1.8 إلى 2.0 ميكا هرتز (160 m) و 3.5 إلى 3.8 ميكاهيرتز (80 m) هي المفضلة عند بعض الهواة للاستخدام عند القدرات الواطئة. وهي تؤخذ بنظر الاعتبار في الاتصالات المتنقلة للهواة، وهنالك تحديد للقدرة يبلغ 10 واط لحزمة 160 متراً، لذا فإن القدرة القليلة كونها مرغوبة أكثر من الحزم الأخرى حيث تعمل القدرات الأعلى. الأجهزة التي تحمل باليد لهذه الحزم تكون عملية عندما نروم الاتصال بمحطة منزلية تعمل على الحزمة 160 متراً أو 80 متراً، لكن الهوائي ليس جيداً كونه قصير جداً. لهذا نحتاج إلى تحميله loading للعمل عند الترددات الواطئة. المعدات التي تنقل بسهولة والتي يمكن نصبها في المخيمات أو ساحات العمل أو في العطلات تمتلك ميزة الهوائي الطويل وهذا يحسن الإرسال بدرجة كبيرة. لذا يمكن الاستفادة من المسافات الشاسعة في تلك الظروف. مثل هكذا هوائي يمكن أن يكون سلك مؤقت محدود له طول عشوائي، مثبت بأي طريقة تمكننا من التعامل معه، ويعمل كما مشروح في قسم الهوائيات.

في الشكل٢٨ ترى مازج ذاتي التذبذب للحزم واطئة التردد. الملف L1 هو ملف الهوائي ويتضمن ملف إقران الهوائي وملف الإقران إلى قاعدة الترانزستور. المقاومات R1 و R2 توفر انحياز قاعدة الترانزستور. الملف L2 هو ملف المذبذب، والمقاومة R3 هي مقاومة الانحياز الذاتي لقاذف الترانزستور. المتسعة C2 يجب أن تكون قيمتها كما تراها أو ليس أكثر من هذا كثيراً، وإلا قد يحدث بعض الصرير squegging عند بعض الترددات.

عندما ننظر إلى عدد اللفات الكبير الذي نحتاجه، يكون من الأنسب استعمال الملفات جاهزة اللف. بالنسبة للملف L1 استعمل ملف نوع Denco (clacton)ltd ذو اللون الأزرق Range 3T يكون ملائماً، وعلى ذلك تجد أرقام المسامير مؤشرة على الرسم تتطابق مع النوع الذي ذكرنا.



الشكل ٢٨ نهاية أمامية لمستقبل تتضمن مازج **Mixer** لأحد الحزمتين **80m** أو **160m**.

الملف L2 نوع Denco ذو اللون الأحمر Range 3T . المتسعة C3 هي متسعة إسناد Padder، ويمكن أن تكون قيمتها 1100PF، وعند استعمال قيمة 1000PF تكون كافية. متسعات المايكا المفضضة هي المفضلة كلما كان ذلك ممكناً. عند استعمال متسعة متغيرة ما بين 39PF إلى 352PF، يمكن تنغيم هذه الملفات من 1.67 إلى 5.3 ميكاهيرتز. لذا ومن خلال تخصيص متسعة ثابتة مناسبة لكل من C4 و C5، وننتخب VC1 و VC2 لنختار منها العمل إما على حزمة 160 متراً أو حزمة 80 متراً.

لحزمة 160 متراً تبلغ قيمة كل من C4 و C5 250PF، وتستعمل متسعة متغيرة بقسمين على محور واحد 2-gang تبلغ قيمتها 75PF لكل من VC1 و VC2.

لحزمة 80m كل من C4 و C5 تبلغ 75pF والمتسعتين المتغيرتين على محور واحد تبلغ قيمتها 20PF لكل قسم.

تغطية الحزمة يتم من خلال تدوير VC1 / VC2 وحسب وضع القلب للملف L2. يعمل المذبذب عند 465KHz أعلى من تردد الهوائي. عند ضبط قلب الملف L2 ليغطي التغطية المرغوبة، فإن قلب الملف L1 يضبط لأحسن حساسية وحجم صوت.

هوائي قصير جداً (بمعنى هوائي تلسكوبي) يمكن أن يوصل مباشرة إلى الطرف 6 للملف L1، للحصول على أقصى حساسية. الهوائيات الأخرى توصل إلى الطرف 8، لاستعمال الملف الموظف لهذا الغرض.

الدوائر من هذا النوع والأنواع المشابهة لا تمتلك غالباً مضخم للتردد الراديوي، إذ إن النتائج يمكن أن نحصل عليها بدون هذه المرحلة الإضافية. وعندما يتطلب الأمر أداءً عالياً، أو جهاز نقال حسب ما يطمح إليه الهواة المتحمسين، يمكن حينئذ إضافة مرحلة للتردد الراديوي RF stage. الدائرة الملائمة تجدها فيما ينشر هنا وهناك لمشاريع مكبرات التردد الراديوي تبنى من ترانزستورات تأثير المجال FET. دائرة مرحلة التردد الراديوي المنغمة tuned RF stage ستزيد المدى والحساسية، وكذلك تقلل تداخل القناة الثانوية second channel interference.

مضخم للتردد المتوسط 465KHz — 465KHz IF Amplifier

التردد المتوسط البالغ 455KHz إلى 470KHz يقدم انتقائية selectivity وكسب gain جيدين للمعدات العاملة على الحزم صعوداً إلى (28MHz).

التردد المتوسط الأعلى من 455KHz يزيد من رفض القناة الثانوية، وهذا شيء حسن ولكنه يتطلب مراحل أكثر.

مستقبلات الووكي توكي التجارية بإمكانها أن تمتلك دوائر تعمل بالفعل المغاير فوق السمعي superhet وهي نموذجية تماماً للمرسلات الصغيرة والنقالة، وهي مؤهلة للحصول على نتائج ممتازة. ومحولات التردد المتوسط الملائمة لهذه الترددات متوفرة.

الشكل٢٩ هو دائرة مضخم متوسط IF amplifier يستعمل ترانزستورين BF195 أو (2N3704). اثنان من محولات التنغيم المزدوج ومحولة واحدة ذات تنغيم مفرد تحقق نتائج جيدة جداً، وجميع المكونات ممكن أن تدرج في مكان صغير. ومع هذا يمكن توفير بعض المكان من خلال استعمال ثلاثة محولات ذات تنغيم مفرد.

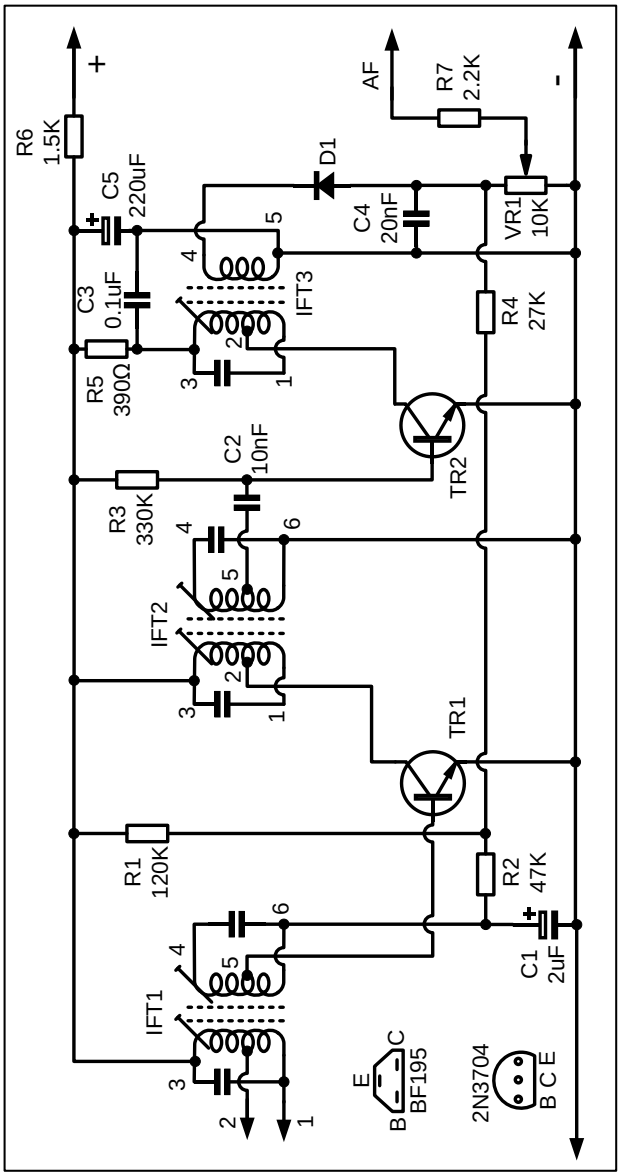
المحولة IFT1 تستقبل الدخول من المازج Mixer. عند استعمال ترانزستور مازج FET ذو البوابتين يتم التوصيل إلى الطرف 1، وما عدا ذلك يتم التوصيل إلى المبزل 2.

خروج الملف الثانوي من المبزل 5 إلى قاعدة TR1. انحياز القاعدة يتحدد بواسطة المكونات R1 و R4 والمقاومة المتغيرة VR1، لذا فإن هذه المكونات يجب أن تكون قيمتها كما مبين. جامع الترانزستور TR1 هو الخارج إلى ابتدائي IFT2، والملف الثانوي مقرن إلى قاعدة TR2 عبر C2، وانحياز القاعدة لـ TR2 يُأخَذ من R3. الترانزستور TR2 يجهز محولة التردد المتوسط ذات التنغيم المفرد. مكونات فك الاقتران R5 و C3 يمكن أن تكون غير ضرورية عند استعمال 2N3704s.

أي كاشف لمستقبل AM أو ثنائي كاشف مشابه يكون كافياً ليعمل في محل D1. ويجب أن يكون تقطيبه كما يظهر في المخطط، لأن الإشارات المستلمة ستزحزح الانحياز السالب للترانزستور TR1

من خلال R4 و R2 لتحقيق سيطرة أوتوماتيكية على كسب الدائرة ومن ثم على حجم الصوت.

بعد



الشكل ٢٩ مخطط لدائر مضخم تردد متوسط 455KHz إلى 470KHz وتنتهي بكاشف تضمين الاتساع وهذه الدائرة يمكن أن تستخرج بكاملها من أجهزة الاستقبال المنزلية.

فك التضمين من خلال D1، نأخذ الإشارات السمعية بأي مستوى مرغوب من منزلقة slider ضابطة حجم الصوت VR1.

بيان ترقيم أطراف محولات التردد المتوسط IFT على المخطط هي لمحولات من مصانع Denco .Ltd (clacton) للمكونات، وهذه معروفة في بريطانيا لصناعة مواد ومكونات يستعملها الهواة. هذه المحولات ترد من المصنع منغمة على التردد المشار إليه، لذا يمكن ترك القلب على وضعه، باستثناء اللمسات الأخيرة عندما نجد إن الدائرة تعمل بشكل جيد. يفضل عند ضبط محولات التردد المتوسط استعمال الأداة الخاصة بذلك، وهي مفك من مادة عازلة قوية له رأس يتطاب مع الشق الموجود في قلب محولة التردد المتوسط. إذ إن الأداة الغير صحيحة قد تكسر قلب المحولة. الضبط النهائي لمحولات التردد المتوسط يكون من خلال الحصول على إشارة مستقرة للتردد المتوسط، ونوصل فولتميتر ذو مقاومة دخول عالية على طرفي VR1. عند ذلك تضبط قلوب المحولات للحصول على أعلى فولتية Auto voltage control AVC.

الدائرة توفر لنا كسب وحساسية جيدة جداً. وإذا ما لاحظنا حدوث حالة من عدم الاستقرار instability رغم إن التنغيم صحيح، يمكن منع هذا بإضافة مقاومة بين ثانوي محولة التردد المتوسط IFT وقاعدة المرحلة التي يغذيها بالإشارة، أو بين جامع الترانزستور وابتدائي IFT الذي يتصل معه. ويمكن تجربة قيم من 47 أوم إلى 470 أوم أو نحو ذلك، مستعملين أقل قيمة تسمح لنا بالاستلام عند أوطأ مستويات الإشارة. المقاومات يجب أن تكون قريبة إلى الترانزستور، وبأطراف قصيرة، وقيم هكذا مقاومات ليست بالحرجة.

هذا المضخم يمكن أن يجمع كوحدة مستقلة، أو يمكن تجميعه على لوح يحمل مكونات المازج والمذبذب. توزيع الأجزاء كما تراه في المخطط ربما يكون هو الأحسن؛ كل مرحلة تَتْبَع الأخرى ودخول وخروج الإشارات عند نهايات اللوح.

مضخمات التردد المتوسط تسمى أحياناًIf strip ويمكن أن تستعمل مع أنواع متباينة من المازجات Mixers والدوائر السمعية audio circuits، لأي حزمة band صعوداً لغاية 28 ميكا هيرتز. ولها مميزات عندما لا يكون الحجم الصغير هو المطلب الأساسي. وسنشرح دائرة أخرى تعمل كـ 465KHz strip وهي أصغر حجماً لاحقاً.

خروج الصوت عبر R7 من الأفضل أن يمر إلى مضخم ابتدائي (مثل الذي تراه في الشكل14). وهذه يمكن أن تتبع بدائرة سوق ومرحلة دفع وسحب. سيتألف إذاك القسم السمعي من أربع ترانزستورات.

ويمكن أن نستعمل مضخم سمعي ذو دائرة متكاملة. وإذا ما كنا نود الحصول على كسب سمعي قليل، يمكن عند ذلك توصيل المقاومة R7 إلى مرحلة السوق driver أو إلى مدخل المتكاملة السمعية، ويحذف المكبر الابتدائي.

مستقبل مسيطر عليه بالبلورة Crystal Controlled Receiver

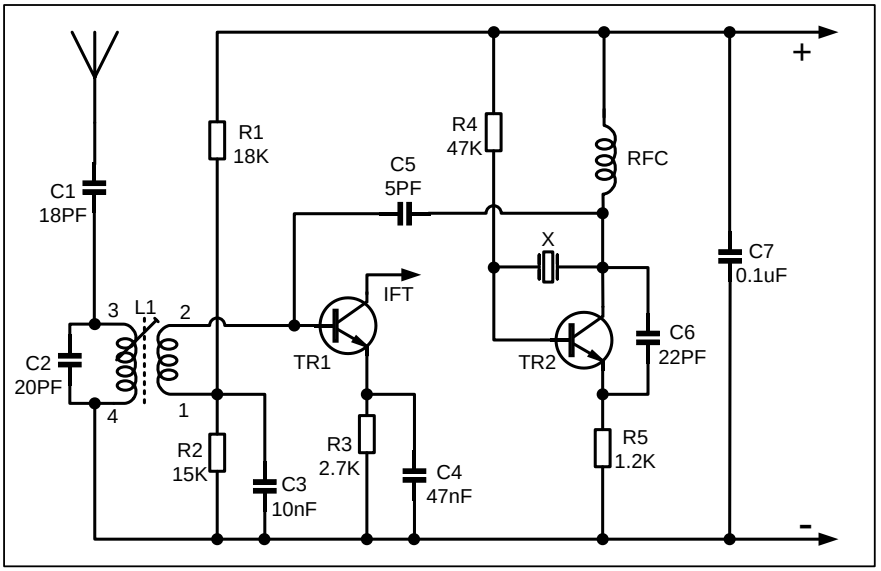
المستقبلات القابلة للتنغيم tunable receivers التي شرحناها تمتلك ميزة أن الترددات المجاورة يمكن التنغيم عليها وسماعها، وبذا فإن المجال الذي تعمل عنده سيزداد. وعلى أي حال عند الاتصال بطريقين 2-way contact فإن مستقبل مُسيطَر على تردده بالبلورة يقدم العديد من المزايا. تردد الاستقبال الخاص به تسيطر عليه البلورة سيطرة صارمة، لذا فهو دائماً على التنغيم الصحيح. في الواقع لا وجود لوسائل التنغيم اليدوي. ولا يتوقع منه انحراف تردد الاستلام بسبب ضعف البطارية أو الاهتزاز أو عوامل مشابهة مثل رطوبة الجو أو غيرها. وهو بالطبع لا يمكن استعماله لاستقبال تردد آخر حيث لا تتوفر البلورة الملائمة لذلك التردد. مثل هكذا مستقبل يستعمل على الأغلب مع وحدة ثانية، مسيطر عليها أيضاً بالبلورة. ومن الممكن لمحطة منزلية أو أي محطة أخرى أن تنغم لترسل على التردد الذي يستلمه المستقبل المسيطر عليه بالبلورة، ولا توجد فرصة للخطأ.

بالنسبة للاتصال باتجاه واحد Communication in one direction فإن المرسلة والمستقبل توظف زوج من البلورات تمتلك فرق في ترددتها مساوي للتردد المتوسط للمستقبل. وزوج مماثل من البلورات تستعمل للاتصال بالاتجاه الآخر؛ محطة ثالثة تعمل على نفس التردد يمكن حينئذ سماعها من كلا مستقبلي المحطتين.

من الشائع جداً أن نجعل تردد المذبذب يعمل أعلى من تردد المرسلة، ولا أضن أن هنالك سبب مهم جداً لماذا لا نجعله أقل من تردد المرسلة. لذا فإذا ما كانت المرسلة تعمل عند تردد لنقل 28.5MHz، والتردد المتوسط للمستقبل هو 465KHz، فإن مذبذب المستقبل بإمكانه أن يستعمل إما 28.965MHz أو 28.045MHz؛ وفي كل حالة مزج لتردد الإشارة signal مع تردد المذبذب يعطي خارج من مرحلة المازج يبلغ 465KHz، لتمر إلى مضخم التردد المتوسط.

الدائرة تتضمن مذبذب مسيطر عليه بالبلورة الذي تراه في الشكل٣٠. الملف L1 هو ملف الهوائي aerial coil، والهوائي السوطي Whip aerial يقرن إليه بواسطة C1. الملف L1 مع متسعة التوازي C2، منغم إلى تردد المرسلة، أو إلى 28.5MHz في المثال المعطى. المقاومة R1 و R2 توفر انحياز القاعدة للمازج، ويتم الإقران بواسطة ثانوي الملف L1. الخارج عبر الجامع collector لهذه المرحلة يمرر إلى مضخم التردد المتوسط.

الترانزستور TR2 هو المذبذب المنفصل، والتردد هنا يتحدد بواسطة البلورة، ويمكن أن يكون 28.965MHz كما شرحنا. المتسعة C6 مع خانق التردد الراديوي تسمح بالتغذية العكسية إلى القاذف. الخانق choke يمكن أن يكون بأي حجم صغير وفعال عند هذه الترددات. ويمكن أن يحضر بلف سلك قياس 32swg معزول بالطلاء على أنبوب أو قضيب معزول بقطر ربع انج، ويجهز بخمسين لفة. يقرن المذبذب إلى قاعدة الترانزستور TR1 عن طريق C5.



الشكل ٣٠ نهاية أمامية لمستقبل يتضمن مذبذب مسيطر عليه بالبلورة.

مع هكذا دائرة ينغم L1 لأحسن استلام، وهو تنغيم ليس بالحرج. إذ من المعتاد في دوائر السوبر هيترودابن، أن التردد الحرج هو تردد المذبذب، وهذا مثبت بواسطة البلورة. والمستقبل ظاهرياً لا يحتاج إلى تنغيم (عدا ضبط قلب الملف L1 للحصول على ذروة peak الاستجابة). وعلى أي حال فإن قلوب محولات التردد البيني يمكن أن نعطيها ضبط بسيط، إذا كان ضرورياً، حيث ستصبح بالضبط فوق التردد الخارج من المازج. وهذا سيعوض أي خطأ طفيف في تردد البلورات. وعندما يستعمل المستقبل مع المرسلة وهو يعمل بشكل طبيعي، وقلوب محولات التردد البيني قد جرى ضبطها مع الملف L1 هذا يجعل الجهاز ثابتاً ومستقراً إلى فترة طويلة.

فإذا ما سمعنا القناة غير واضحة، ليس الاحتمال إن التنغيم قد انحرف إلى تردد آخر، إلا إذا جرى تجهيز بلورات أخرى لتردد آخر عند كل من المرسل والمستقبل. البلورات يمكن تغييرها من خلال رفعها ووضع زوج مختلف مكانها؛ أو يتم تركيب مفتاح لتغيير القناة.

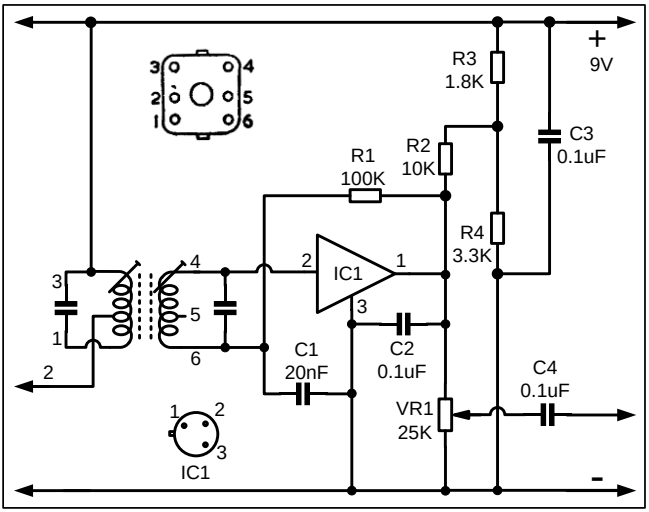
اعتيادياً لا يوجد حاجة إلى أي ضبط آخر لكل من المرسلة أو المستقبل. وللاتصال ذو الطريقين 2-way الذي يستعمل لأجله جهاز من هذا النوع لحزمة 28MHz فإن التداخل interference هو الآخر غير متوقع.

عندما يكون التردد المتوسط للمستقبل مختلف بعض الشيء، بلورة المذبذب يجب بالطبع أن نختارها لتلاءم هذا الاختلاف. بالنسبة للتردد المتوسط البالغ 470KHz فإن بلورات مذبذب المرسلة ومذبذب المستقبل يجب أن تختلف بمقدار 470KHz. ورغم إن التردد المتوسط IF فيما بين

455KHz إلى 470KHz لا يسمح للمستقبل بأن يمتلك رفض جيد للقناة الثانوية عند 28MHz، إلا إن مدى الترددات المتوسطة هذا من المعتاد إنها توفر انتقائية وحساسية جيدتين مع مضخمات تردد متوسطة مبسطة.

مضخم تردد متوسط ذو دائرة متكاملة Integrated Circuit IF Amplifier

دائرة مضخم التردد المتوسط 465KHz مع العدد القليل من المكونات تراها في الشكل٣١ . الدخول إلى محولة التردد المتوسط يمكن أن يكون من المازج الذي يعمل مع المذبذب المحكوم بالبلورة، أو من مذبذب – مازج قابل للتنغيم، إلى الأطراف 1 و 2 ، كما شرحنا . ثانوي هذه المحولة يجهز الدخول إلى



الشكل ٣١ مضخم تردد متوسط يستعمل دائرة متكاملة.

الدائرة المتكاملة IC1 وهي من النوع ZN414 تمتلك ثلاثة مراحل لتضخيم التردد الراديوي، وكاشف ترانزستور، ومسيطر أوتوماتيكي على الكسب. نحصل على التردد الخارج من الطرف رقم 1 ونجد الصوت على طرفي ضابطة حجم الصوت المقاومة المتغيرة VR1 . المقاومة R1 هي مقاومة التغذية العكسية للمتكاملة IC،المقاومة R2 هي حمل خروج الدائرة ومن خلالها يتم تجهيز المتكاملة بالتيار الموجب. المتسعة C2 هي متسعة تمرير by-pass لخروج الدائرة.

محولة التردد المتوسط من النوع الصغير لها تنغيم مزدوج ويمكن أن تكرس لترددات متوسطة مختلفة. أرقام الأطراف على المخطط هي للنوع الذي تنتجه Denco(Clacton) IFT18/456، وهي صغيرة تلاءم المستقبلات العاملة بالترانزستور. مدخل المتكاملة (الطرف2) له ممانعة دخول عالية، لذا لا نوصل إليه طرف المبزل الموجود على ثانوي محولة التردد المتوسط. ((عزيزي الهاوي

لا تقلق لقد سبق أن بينا في الإصدار الخامس من الالكترونيات البديل من المصانع الصينية للمتكاملة ZN414 ويمكن شراء راديو يتضمنها من أرصفة الشورجة بنصف سعر طابع بريدي إلى المملكة المتحدة، وكذلك محولات التردد المتوسط الصينية هي خير بديل للهواة الحقيقيين، ويمكن الاستعانة بمضخم تردد متوسط لراديو القيثارة ذو الموجتين القديم والاستفادة من انتقائيته وأداءه الرائع، جميع هذه التفاصيل تجدها في الإصدار الذي أشرت إليه)) .

يتعين عند توزيع المكونات على اللوح أن يسمح للمكونات بالانتشار، وكذلك المباعدة بين أطراف المتكاملة 1 و 2 والمتسعة C2 يجب أن تكون مباشرة من الطرف 1 إلى توصيل الأرضي الطرف 3 . التغذية العكسية الغير ضرورية قد تسبب ظهور عدم الاستقرار instability قبل الحصول على كامل الكسب .

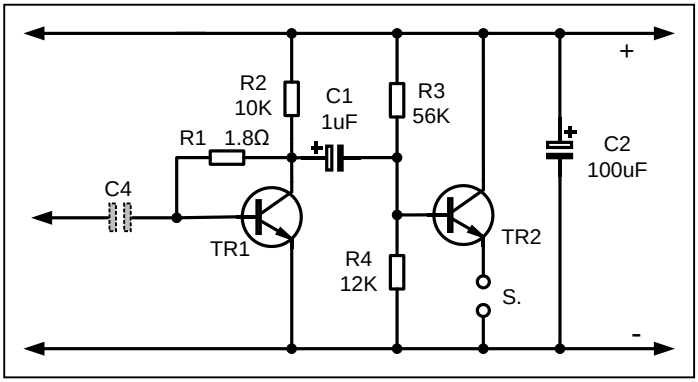
الدائرة المتكاملة تعمل من جهد تغذية تبلغ 1.3V وهذه الفولتية مهمة هنا، والتغيير فيها حتى ولو كان 0.1V أو أقل قد ينتج عنه هبوط ملحوظ في الحساسية، أو قد يسبب عدم الاستقرار . وعند استخدام تجهيز يبلغ 9V تكون المقاومات المبينة في المخطط R2 و R3 و R4 ملائمة تماماً، ولكن يجب ملاحظة أن المقاومة المتغيرة VR1 هي جزء من مقسم الجهد . فإذا لم تكن بنا حاجة إلى مسيطر على الكسب، يجب أن نوصل مقاومة بقيمة 27K على طرفي المتسعة C2 . فإذا ما كان الاستقطاب عند الطرف رقم 1 واطئاً، ستكون الحساسية ومن ثم الخارج من المتكاملة ضعيفاً . من جانب آخر إذا كانت الفولتية مرتفعة، قد يظهر صفير أو حالة من عدم الاستقرار . الرقم الصحيح يكون على العموم فيما بين (1.25V و 1.4V) . ويمكن التأكد من هذا بواسطة مقياس ذو ممانعة عالية . وإذا كان من الضروري يمكن إجراء ضبط دقيق للفولتية باستعمال مقاومة متغيرة بقيمة 2K في محل R3 . يمكن إذاك إقلالها بعناية من قيمتها العظمى إلى أن نحصل على الفولتية الصحيحة عند الطرف 1 . عند التنغيم على الإشارة سيحدث تغيير طفيف في الفولتية وذلك ناتج عن عمل AVC المضمن مع المتكاملة .

ولمن يهتم بالاستقرارية Stability، الطرف 2 للمتكاملة يمكن أن يلحم بشكل مباشر إلى الطرف 4 للمحولة IFT؛ وعند التجميع يمكن وضع الطرف 3 بين الطرف 1 والطرف 2 من أطراف المتكاملة، ويكون مثابة حجاب لمنع التغذية العكسية . كسب القدرة للمتكاملة يبلغ 70dB .

الانتقائية مع هذه الدائرة هي أقل مما هي عليه مع مضخم تردد متوسط يمتلك ثلاثة محولات تردد متوسط IFTs مفردة التنغيم، أو محولتين مزدوجة التنغيم وواحدة مفردة التنغيم . ولكن لكي يعمل بين نقطتين على التردد 28MHz لا تعتبر هذه النقطة مأخذ سيئ . عندما يرد الخارج من مازج-مذبذب المدخل إلى محولة التردد المتوسط هذه، يعتبر التردد المتوسط الفعلي غير مهم، لذا يتم ضبط القلوب للحصول على أعلى صوت ودون التدقيق في ذلك . وعندما نستعمل مذبذب مسيطر عليه بالبلورة، يجب أن يتوافق التردد المتوسط مع الفرق بين تردد المرسلة وتردد المذبذب الكرستالي، كما ورد في الشرح، وهذا ضروري للقلوب لتضبط وفق هذا .

مضخم سمعي ذو مرحلتين 2-Stage Audio Amplifier

الشكل٣٢ يمثل دائرة لمضخم سمعي مصغرة compact نحصل منها على كسب جيد، وحجم صوت معقول لسماعة جهورية صغيرة. الترانزستور TR1 هو مرحلة تكبير عالية الكسب، ولها انحياز قاعدة من المقاومات R1 و R2 بمثابة حمل للجامع collector. الخارج من المرحلة يقرن coupled بواسطة C1 إلى ترانزستور الخروج، TR2. هنا المقاومتين R3 و R4 تعينان ظروف العمل، بينما الانحياز الذاتي للقاذف يعتمد كذلك على مقاومة السماعة. سماعة ذات ممانعة عالية مثل (75 إلى 80 أوم) هي المفضلة. وللضرورة إما R3 أو R4 يمكن أن نختارها بحيث يمرر TR2 حوالي 15mA إلى 20mA أو نحو ذلك. إقلال قيمة R3 يزيد من تيار الجامع للترانزستور، وزيادة قيمةR3 يتسبب في إقلال تيار الجامع. الدائرة لا يمكنها أن تعمل على نحو جيد مع تيار قليل جداً، في حين إن الزيادة الغير ضرورية للتيار لا تجلب أي فائدة وتزيد العبء على البطارية.



الشكل ٣٢ مضخم سمعي ذو مرحلتين.

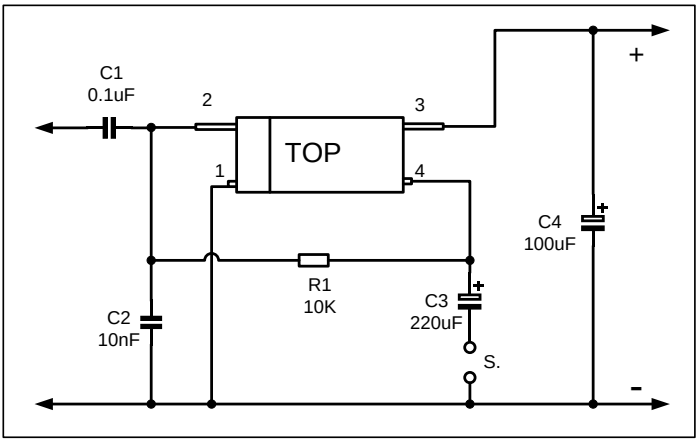
العديد من الترانزستورات تعمل جيداً في هذه الدائرة، لكن يفضل استعمال ذوات الكسب العالي في محل الترانزستور TR1.

هذا المضخم يمكن أن يرفق إلى مضخم التردد المتوسط ذو المتكاملة الذي تراه في الشكل31، أو إلى شريط المضخم المتوسط IF strip الذي تراه في الشكل29.

متكاملة سمعية للمستقبل Receiver Audio IC

أثناء الاستلام، فإن مستوى سمعي واطئ و قدرة خارجة واطئة مع عامل جودة للكلام جيدة ينظر لها عموماً أنها كافية، لكنها غير كافية للإصغاء الاعتيادي، لهذا السبب ولكون الإصغاء يتقاطع مع الأحاديث، يمكن استعمال نوع مبسط من دائرة الخروج السمعي. وهذه يمكن أن تتألف من اثنان أو ثلاثة ترانزستورات بمضخمات صوت مع مرحلة خروج صنف A.

بينما الانتقال بالمفتاح Switching يسمح لنفس المضخم السمعي لأن يستعمل لكل من الإرسال والاستقبال، وسيتوفر لدينا قدرة سمعية كافية. وإذا شعرنا إن من الأحسن أن نمتلك مضخم سمعي منفصل للاستلام، يمكن تركيب متكاملة سمعية قليلة القدرة، لتوفير تيار البطارية خلال الاستلام، وزيادة الخارج من السماعة.



الشكل٣٣ توصيل المتكاملة السمعية طراز **MFC4000B**

المتكاملة لهذا الغرض هي MFC4000B الشكل٣٣ هذه يمكن أن تعطي نتائج ممتازة من بطارية 9V، وتستهلك تيار عندما لا توجد إشارة يبلغ (3.5mA) . أقصى خارج منها حوالي 250mW من سماعة ذات 16Ω . المتكاملة IC تتضمن مرحلة سوق ومرحلة خروج Driver and output stage، وهي صغيرة الحجم جداً. تحتاج إلى مكونات مساعدة قليلة ولا تحتاج إلى مبدد حرارة heat sink . المتسعة C1 هي متسعة إقران الدخول، وتعطي عزل للتيار المستمر الآتي من المراحل السابقة. المقاومة R1 لغرض التغذية العكسية السالبة negative feedback . تساق السماعة من خلال المتسعة C3 بينما المتسعة C4 هي متسعة تمرير دائرة القدرة. قيم المكونات ليست بتلك الأهمية (عدا المقاومة R1) .

مستقبِل "سوبر هيتروداين" للحزمة 2 متراً Super het for 2 m

مستقبل بالفعل المغاير فوق السمعي "سوبر هيتروداين" لاستلام التردد 144MHz يتألف عموماً من مغير تردد أحادي sing conversion مع تردد متوسط مرتفع (يعني 10.7MHz)؛ أو من مغير تردد مزدوج. النوع الأخير هو المشروح هنا. أساساً هذا النوع من السوبر هيتروداين يتألف من مغير VHF متبوع بمستقبل يعمل ضمن المدى 2 إلى 30 ميكا هرتز، الذي نفسه يمتلك تردد متوسط (يبلغ 455KHz إلى 470KHz) .

هذا سيسمح لحزمة 2 m (يعني 144MHz إلى 146MHz) لأن يجري التنغيم عليها بواسطة مذبذب المغير الأول المسيطر عليه بالبلورة، وبهذه الكيفية يمكن أن نحصل على استقرار التردد اللازم لنتائج جيدة. تردد المذبذب المحكوم بالبلورة يعتمد على التردد المختار لمضخم التردد المتوسط الأول القابل للتنغيم first tunable intermediate frequency.

وكمثال، إذا ما كان المأمول تغطية الحزمة من 144MHz إلى 146MHz؛ والمازج الأول يستلم دخول **ثابت من المذبذب مقداره** 140MHz، الخارج من هذا القسم يتطلب إن القسم التالي له المقدرة على أن يُنغم لاستلام تردد من 4MHz إلى 6MHz (يعني يمتلك مذبذب ومازج خاص به).

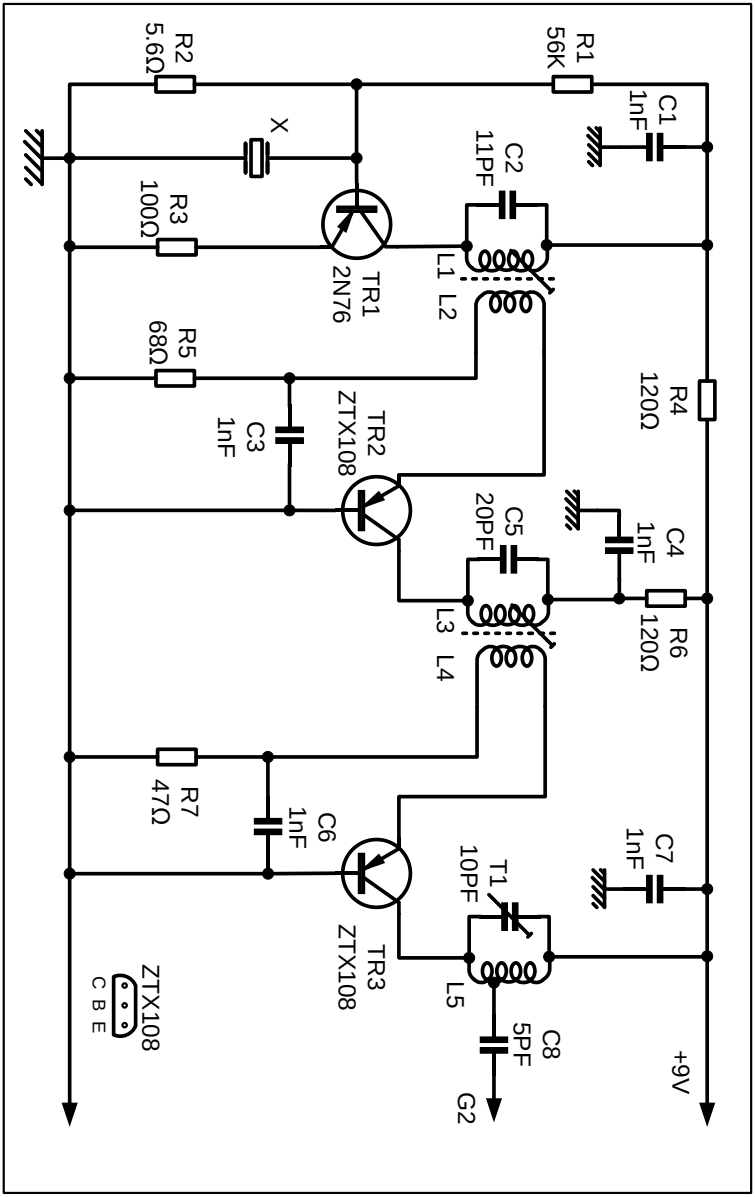
وبالمثل، فإذا كان الدخول **الثابت من المذبذب مقداره** 116MHz والفرق بين 144MHz و 116MHz هو 28MHz، والفرق بين 146MHz و 116MHz هو 30MHz؛ إذن القسم القابل للتنغيم من القسم التالي يحتاج لأن يغطي 28MHz إلى 30MHz ، ليسمح بالتنغيم على الإشارات التي ترد على الحزمة 144MHz إلى 146MHz.

وقد لوحظ إن عرض التردد الذي يحققه المذبذب المحلي هو 2MHz وهو نظرياً عرض القطعة التي سيتم تبنيها (يعني ناتج طرح أقل تردد من أعلى تردد فيبقى 2MHz).

وعلى أي حال فإن الترددات العالية مثل 28MHz إلى 30MHz (لاحظ عرض القطعة 2M) تقدم رفض أحسن لإشارة القناة الثانوية second channel signals الغير مرغوبة ، وحظها في أن يجري اختراقها من إرسال خارج عن التردد الذي نرغب استلامه أقل، مما مع الترددات الواطئة مثل 4MHz إلى 6MHz. ((أنظر إيضاح معنى second channel signals على الصفحات القادمة))

تردد المذبذب الذي سيُحقن إلى المازج الأول سيكون مرتفعاً، لذا سيتم توليده من خلال المضاعفات multiplication (الضرب في أثنين). وكمثال مذبذب محكوم بالبلورة يعطي تردد مقداره 58MHz، متبوع بمضاعف doubler، سيولد 116MHz. الإشارات من 144MHz إلى 146MHz يجري مزجها مع 116MHz في المازج ينتج لدينا 28MHz إلى 30MHz للمضخم المتوسط القابل للتنغيم tunable IF كما شرحنا.

الشكل٣٤ هو سلسلة المذبذب لإنتاج 140MHz لتغذية المازج. X هي بلورة صغيرة تنتهي بأسلاك ترددها 35MHz، والملف L1 منغم إلى قريب من هذا التردد. وعند بناء الدائرة تأكد أولا إن هذه الدائرة تتذبذب. الترانزستور TR2 هو مضاعف يعمل بصيغة القاعدة المشتركة grounded base والملف L3 منغم إلى 70MHz. المقاومة R5 هي انحياز القاذف. الترانزستور TR3 يضاعف التردد إلى 140MHz والملف L1 والملف L3 ومكثف الضبط T1 قد جرى ضبطها لتعطي أقصى قراءة على مقياس موجة ذو مبين indicating wave meter حينما يكون ملف المقياس قريباً من L5. افحص إن المذبذب المحكوم بالبلورة دائماً يبدأ بالتذبذب كما مشروح في الفقرات المتقدمة، وأن عملية ضرب التوافقيات (2X2) هو صحيح. هذا يضمن تجهيز 140MHz مستقرة من المذبذب إلى دخول المازج، لذا فإن إشارات 144MHz إلى 146MHz تخرج عند 4MHz إلى 6MHz. للترددات الأخرى يمكن تعديل الإجراءات كما شرحنا ذلك.



الشكل٣٤ وترى فيه الترانزستور **TR1** مذبذب محكوم بالبلورة متبوع بمرحلتين من مضاعفات التردد لإنتاج تردد **.140MHz**

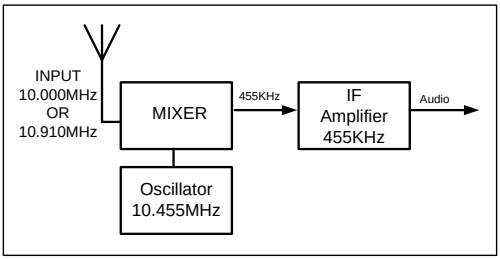
إيضاح معنى:

إشارة القناة الثانوية second channel signals :

هذا المصطلح يستعمل في المملكة المتحدة، بينما في الولايات المتحدة يسمى إشارة التردد الصوري Image frequency signal ويتضمن نفس المعنى، وفيما يلي بيان لمعنى هذا المصطلح:

في مستقبلات الفعل المغاير فوق السمعي Super heterodyne، ينتج عن عملية تغيير التردد في المازج Mixer أن نحصل على تردد متوسط ثابت. وبهذه الطريقة يتم تبسيط المشكلة المتمثلة في الحصول على انتقائية جيدة وكسب جيد على مدى واسع من ترددات الإشارات الداخلة. ((لقد بينا هذه المشكلة بإسهاب في إصدارنا "المستقبل البلوري للهواة الشباب والفتيان")) .

وعلى أي حال يمكن للإشارات الداخلة ذات ترددين مختلفين أن تظهر كلاهما عند التردد المتوسط . أحد هاتين الإشارتين هي الإشارة المرغوبة، والأخرى هي غير المرغوبة . التردد الغير مرغوب الذي نتجت عنه الاستجابة أكبر من التردد المرغوب بمقدار ضعف التردد المتوسط .



التردد الصوري ***Image frequency*** في دوائر الاستقبال السوبر هيترودين البسيطة كالتي تراها في المخطط، الداخل إلى دائرة الهوائي هي إشارتين بإمكانها أن تنتج خارج له نفس التردد المتوسط للمستقبل. هنا الإشارة المرغوبة هي **10.000MHz** والإشارة الصورية غير المرغوبة لها تردد **10.910MHz** أكثر من التردد المرغوب بمقدار ضعف التردد

في المخطط الكتلي المبسط ترى مستقبل بالفعل المغاير فوق السمعي Super heterodyne له تردد متوسط يبلغ 455KHz . وهذه قيمة شائعة للتردد المتوسط لدوائر "السوبر هيتروداين" . المذبذب المحلي منغم إلى التردد 455KHz أعلى من تردد الإشارة المرغوبة؛ فمثلاً إذا كنا نريد استقبال التردد 10.000MHz يجب أن يكون التردد المتوسط عند 10.455MHz وكذلك الحال مع أي إشارة، عند أشارة ترددها 10.910MHz أي أعلى من المرغوبة بمقدار ضعف التردد المتوسط ستمتزج أيضاً مع التردد المحلي لتنتج خارج تردده 455KHz. إذا ظهرت الإشارات في نفس الوقت عند 10.000MHz و 10.910MHz يحدث تداخل الواحدة مع الأخرى وتسمع كلاهما . نحن نسمي التردد 10.910MHz في المثال بالتردد الصوري image frequency .

التردد الصوري في مستقبلات "السوبر هيترودين" يختلف دائماً عن تردد الإشارة مرتين بقدر التردد المتوسط . ويجب أن نستعمل دائرة ذات انتقائية جيدة في مدخل الهوائي لمضائلة الإشارات القادمة عند التردد الصوري، بينما تمرر الإشارات عند الترددات المرغوبة . ((من هذه النقطة نلاحظ أهمية استعمال ملفات ذات جودة عالية Hi Q في ملفات دوائر تنغيم الهوائي ويتمثل ذلك في استعمال سلك ليتز والعوازل قليلة الفقد، وغيرها . دون الركون على الانتقائية العالية التي يوفرها الاستلام بالفعل المغاير فوق السمعي)) . كلما صار التردد المتوسط أوطأ في مستقبلات "السوبر

هيترودابن" كلما صار التردد الصوري أقرب إلى التردد المرغوب، وتصبح مضائلة الترددات المسببة للإشارات الصورية أكثر صعوبة .

لهذا السبب فإن المستقبلات العصرية تستعمل تردد متوسط مرتفع مثل 9MHz، حيث تبتعد الترددات الصورية عن الترددات المرغوبة . بعد ذلك نجري على التردد المتوسط المرتفع فعل مغاير فوق سمعي آخر لينتج تردد أوطأ، بهذا يكون من السهل الحصول على انتقائية حادة فيما بين الترددات المرغوبة نفسها . . . انتهى الإيضاح

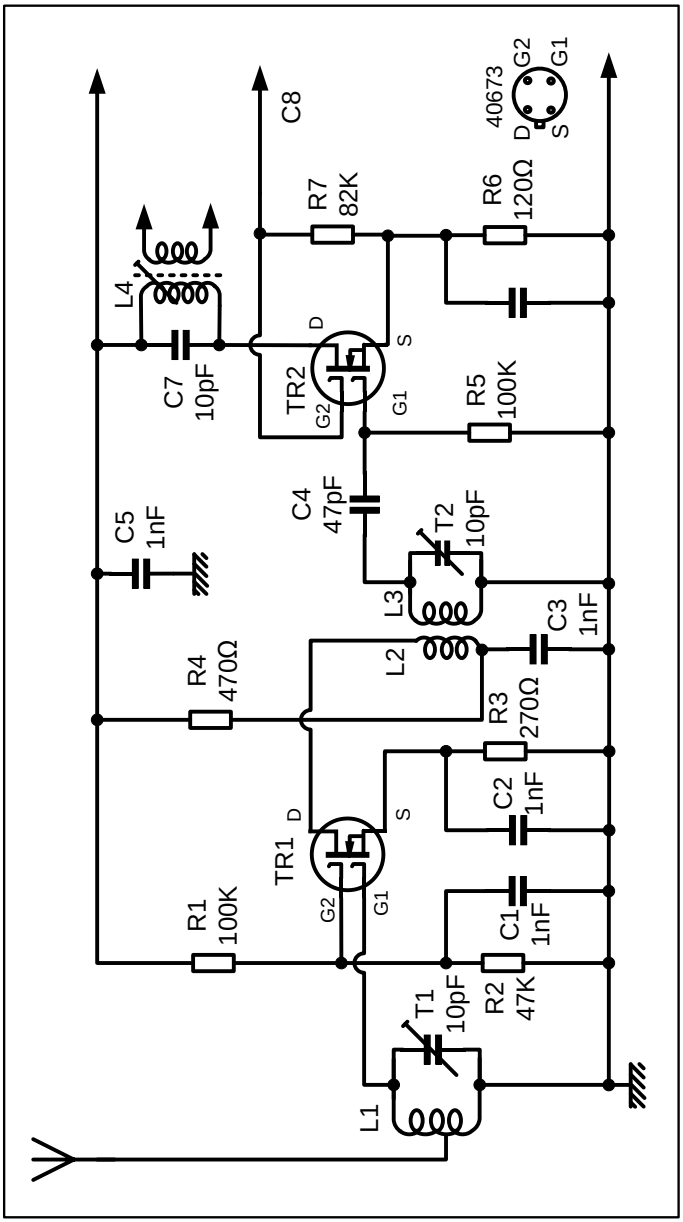
الملفات الملفوفة باليد قد تحتاج إلى تهذيب، إذ أن قلوب الملفات L1 و L3 عند الضبط تعطي تغطية واسعة للتردد . وعندما نستعمل مشكّل ذو قطر 6.5mm للملفات L1 و L3، يكون اللف كما يلي: L1 يبدأ من أسفل المشكل bottom of former لجامع الترانزستور TR1 ولف خمسة عشر لفة من سلك قياس (26swg) لفة بجانب لفة، لا تترك فراغ ولف L2 بنفس الاتجاه، ابدأ من نهاية C3 و R5 ولف خمس لفات .

الملف L3 تسع لفات، ولفتان للملف L4، مرتبة بنفس الطريقة . الملف L5 ينتصب بنفسه من سلك قياس 20swg، وله خمس لفات قطرها الخارجي 8mm ممدة على طول 9mm . وهذا الملف عند الضرورة يمكن سحب لفاته لتتباعد أو ضغطها لتتقارب لنحقق ضبط قد نحتاجه وتكون متسعة الضبط T1 في منتصف مجالها .

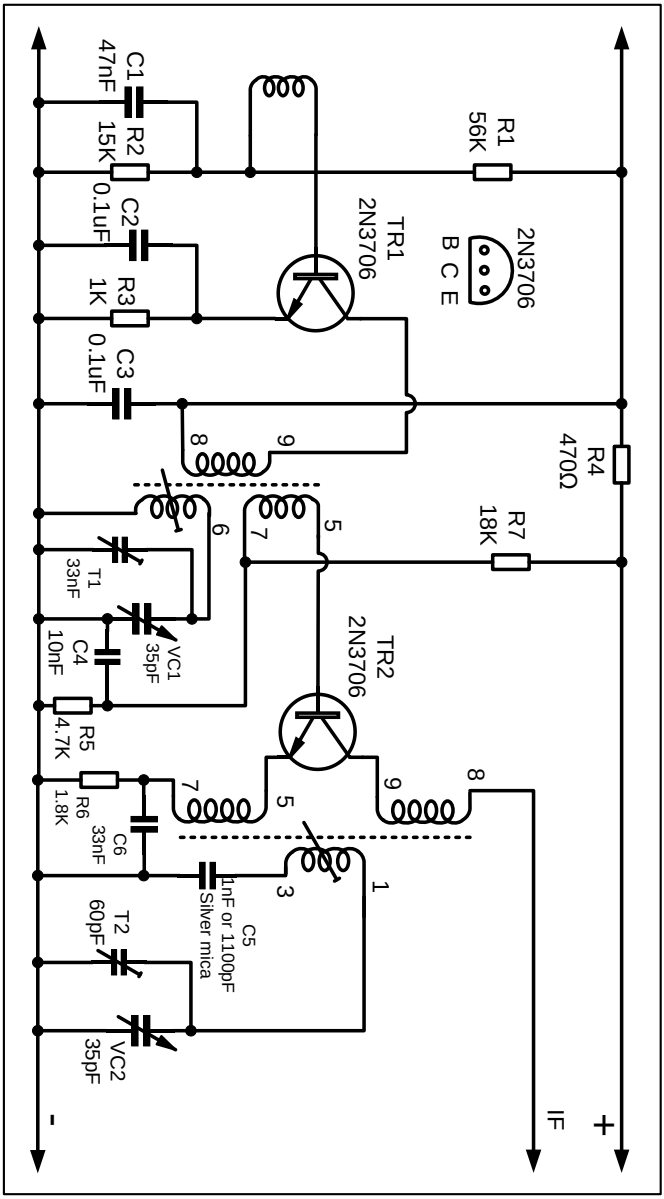
توزيع المكونات يتم على شريط من لوح عازل، مرحلة بعد مرحلة بنفس الكيفية التي تراها في الشكل٣٤، سامحاً بتوصيلات قصيرة إلى خط الأرضي لقواعد كل من TR2 و TR3، و C3 و C4 و C6 و C7 . المتسعات C2 و C5 ومتسعة الضبط T1 موصلة على طرفي ملفاتها بشكل مباشر . المتسعة C8 يمكن أن تلحم مباشرة إلى اللفة الوسطية للملف L5، إذ إن مستوى الإشارة التي يحقنها المذبذب إلى المازج يمكن تغييرها عن طريق تحريك توصيل المتسعة C8 على نقاط المبزل على طول L5 .

الشكل٣٥ هو قسم التردد الراديوي RF والمازج . دخول الإشارة إلى البوابة gate رقم 1 لترانزستور تأثير المجال ذي البوابة المزدوجة TR1 dual-gate FET . المقاومات R1 و R2 تؤمن الفولتية للبوابة 2 . الخارج من المصرف Drain يذهب إلى الملف L2، المقترن مع الملف L3، الذي يشكل دخول الإشارة إلى البوابة الأولى للترانزستور TR2 . في هذه المرحلة تستعمل البوابة gate2 كدخول للمذبذب، من متسعة الإقران C8 في الشكل٣٤ . وقيمة المقاومة R6 تستحق التجريب لعدة قيم للوصول إلى القيمة المثلى .

الخارج من المازج TR2 سيكون ضمن الترددات من 4MHz إلى 6MHz، للاستلام من 144 إلى 146MHz، وينغم L4 لتردد رنين يساوي تقريباً نصف تردد هذه الحزمة، أو ينغم إلى مدى الترددات الذي ينصب عليه الاهتمام . يستعمل في هذا المكان محولة تردد متوسط 1.6MHz صغيرة، بعد رفع متسعتها الداخلية 250pF وتستبدل بالمتسعة C7 (10pF) بعد ذلك يسمح القلب بضبط تنغيم عند 5MHz . ولم نضع تنغيم متغير في هذا المكان للتبسيط .



الشكل ٣٥ مرحلة التردد الراديوي بعد الهوائي مباشرة متبوعة بمرحلة المازج.



الشكل٣٦ آخر مرحلة مذبذب- مازج تسبق آخر مضخم تردد متوسط **465KHz** وتشكل جميعها مضخم تردد متوسط قابل للتنغيم.

الملفات L1 و L3 تلف كما مشروح للملف L5 في الشكل٣٤.

نقطة تفريعة الهوائي (المبزل) يبعد لفة واحدة عن النهاية المتصلة بالأرضي. الملف L2 عبارة عن لفتان من سلك معزول موضوع قرب الملف L3. الترانزستور 40673 ذو بوابات محمية ولا يحتاج إلى الاحتياط عند لحامه. المكونات الغير محمية يجب حمايتها عن طريق عمل دورة قصيرة لكافة الأطراف وذلك بلف سلك نحيف حول الأرجل ويرفع عند تمام عملية اللحام إلى الدائرة.

عندما تعمل الدائرة المبينة في الشكل٣٤ والشكل٣٥، فإن إشارات الحزمة 2 meter ستظهر ما بين التردد 4MHz إلى 6MHz في الملف L4، لذا فإن الدائرة التالية يتعين تنغيمها فيما بين الترددين لاختيار الإرسال المرغوب على حزمة 2 meter.

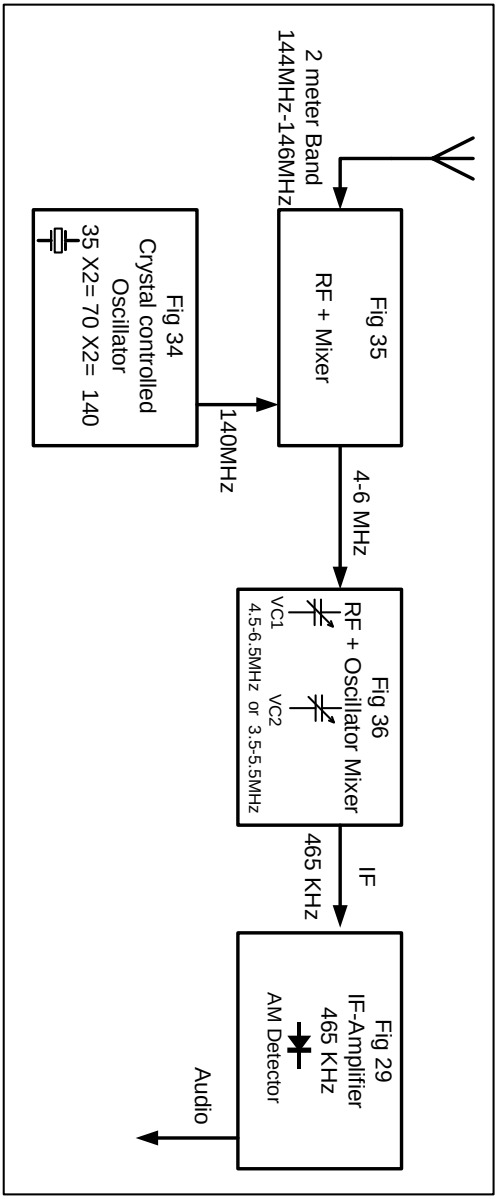
الشكل٣٦ هو قسم التنغيم في المستقبل. الداخل إلى قاعدة TR1 (أول مضخم للتردد المتوسط) آتي من ملف الإقران L4، الشكل٣٥. المقاومات R1 و R2 و R3 تعين ظروف العمل للتيار المستمر اللازم لهذه المرحلة، المقرنة إلى قاعدة ترانزستور دائرة المازج، ويتم تنغيمها من خلال VC1. المتسعة VC2 هي متسعة تنغيم ملف المذبذب، والمتسعة C5 هي متسعة إسناد padder نوع التوالي.

متسعات الضبط T1 و T2 يتم ضبطها عند نهاية الحزمة ذات التردد العالي لنحصل على التغطية الملائمة والحساسية الأحسن، في حين يتم ضبط قلوب ملف تردد الإشارة وملف المذبذب لمرحلة TR2 عند نهاية الحزمة ذات التردد الواطئ. وحتى نمنع حدوث اقتحام لترددات غير مرغوبة ولا لزوم له للحزمة 4MHz إلى 6MHz، يتعين لهذا الجزء من الجهاز أن يحجب screened، وكذلك ملف الدخول للترانزستور TR1. توزيع المكونات يتطلب منع التغذية العكسية وخاصة إلى TR1، وإلا قد تظهر بوادر عدم الاستقرار instability عند بعض الترددات.

الخارج من المازج TR2 يمر إلى مضخم التردد المتوسط النهائي والذي يعمل عند 455KHz إلى 470KHz والذي يستعمل الدائرة التي بيناها. المعايرة الصحيحة Accurate calibration للترددات على المدى 144MHz إلى 146MHz نحصل عليها من خلال معايرة تدريج كل من VC1 و VC2 خلال المدى 4MHz إلى 6MHz.

وقد لوحظ بشكل عام عدم وجود صعوبة كبيرة في تأمين الاستقرارية stability الكلية، وذلك بسبب الأقسام العديدة للمستقبل التي تعمل عند ترددات مختلفة.

في الصفحة التالية تجد مخطط كتلي يوضح ما يمكن أن نفعل بالمخططات المنفصلة التي وردت في الشرح، ويمكن الاسترشاد به لمن يروم تجميع الأفكار التي مررنا عليها.



مخطط كتلي يقدم نظرة سريعة للأشكال التي وردت في الشرح وكيف يمكن استخلاص الأفكار منها.

القسم الثالث

الهوائيات والدوائر الأخرى

Aerials and Additional Circuits Information

الهوائيات Aerials

الغاية من الهوائي هي بالطبع لإشعاع الإشارة بأقصى كفاءة ممكنة. وعموماً يكون الهوائي ذو كفاءة منخفضة، لأنه لا يكون بالطول الكافي، أو بالارتفاع الكافي، ليعطي إشعاع يكافئ الإشعاع الذي يعطيه هوائي ثنائي القطب dipole. باستثناء هذه النقطة، فإن الهوائيات العملية تعطي نتائج مرضية.

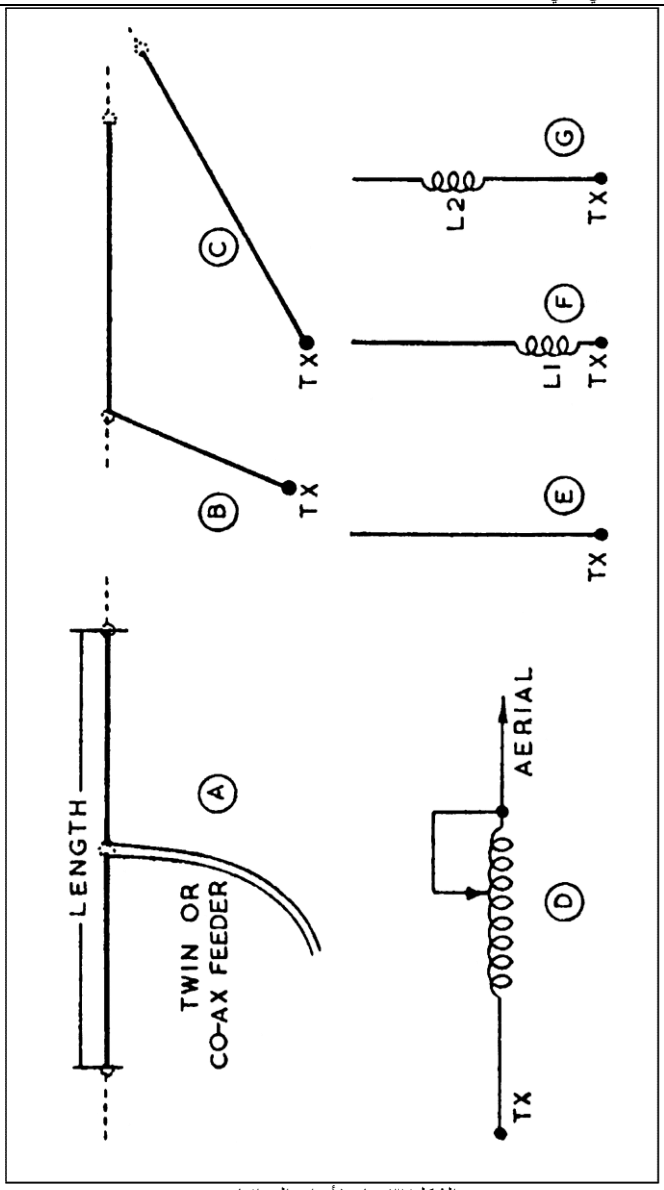
طول هوائي ثنائي القطب (دايبولي) ذو نصف طول الموجة have-wave dipole بالأقدام يستخرج من = $\frac{492 \times 0.95}{Freq.(MHz)} = \frac{468}{Freq(MHz)}$ **(الناتج من العلاقة دقيق لغاية 30MHz)**

لذا فإن طول نصف الموجة التقريبي للحزم المتنوعة كما يلي : الحزمة 1.8MHz 260 قدم ، الحزمة 3.5MHz 130 قدم، الحزمة 28MHz 16.5 قدم، الحزمة 70MHz ثمانين انج، والحزمة 144MHz 38.5 انج.

ويبدو واضحاً إن الهوائيات الطويلة مستحيلة في معظم الظروف وقد يكون كذلك مع المحطات شبه الثابتة للترددات الواطئة. ويتم التغلب على هذه النقطة باستعمال ربع طول الموجة كطول للهوائيات وحتى أقصر من ذلك الطول كهوائيات، وباستعمال طريقة التحميل loading الذي يعطي زيادة في الطول الكهربائي للهوائي. ومن الواضح إن هذه الطرق تستعمل مع حزم مثل 1.8MHz و 3.5MHz وغالباً مع 28MHz ولكن ليس من الضروري في معظم الحالات مع 144MHz.

بالنسبة للأجهزة الخفيفة التي تحمل باليد، يتعين على الهوائي أن يكون من النوع السوطي أو التلسكوبي ويثبت إلى جزء الإرسال. بالنسبة للمحطات المتحركة Mobile أو المحطات شبه المتحركة مثل الكارفانات، فإن ثمة أنواع أكبر من الهوائيات تنتصب بدون إسناد Self-supporting يمكن أن تستعمل. وللمواقع الثابتة شبه المتحركة، يكون من المحتمل نصب هوائي ثنائي القطب مؤقت للتردد 28MHz، أو هوائي ذو طول عشوائي random-length يتغذى من نهايته end-fed لحزم الترددات الواطئة. هذه ستسمح ببلوغ مدى أبعد للعمل.

في الشكل٣٧ بيان لهوائي ثنائي القطب dipole بالحجم الكامل، والذي يعطي نتائج جيدة جداً. بالنسبة للتردد 28.5MHz، يمكن أن يكون الطول الكلي 16 قدم و 5 انج. ويمكن أن يصنع من سلك مرن flexible wire قياس 7/26 وثلاثة عوازل من الخزف egg، واحدة تستعمل في الوسط.



الشكل٣٧ بيان لأنواع الهوائيات.

طول المغذي ليس مهماً ويمكن أن يكون ذو 75Ω أو مغذي مزدوج مشابه، أو خط محوري C0-axial cable. وعند استعمال الأخير يلحم أحد نصفي ثنائي القطب إلى القطب الوسطي ويلحم النصف الآخر إلى الشبكة الخارجية.

مثل هكذا هوائي هو غالباً الحل العملي للعمل شبه النقال semi-portable، إذ إن الطول الكلي ليس كبيراً جداً، ويمكن عند الضرورة أن يثبت طرفه فقط، وتنحدر النهاية الأخرى قرب مستوى الأرض. الجميع مع سلكين نحيفين يكون من السهل لفهما وحملهما. وتعطي قوة إشارة ممتازة.

هوائي مشابه وعملي للحزم 70MHz و 144MHz، يمكن أن ينصب reacted أفقياً، أو منحدراً، أو عمودياً حسب ما تسمح به الظروف. مثل هكذا هوائي يعتبر ملائماً للمخيمات والكارفانات. أحسن مستوى إشارة نحصل عليها إذا ما كان مرتفعاً أو على الأقل فوق مستوى الشواخص المحيطة.

بالنسبة للحزم الواطئة (1.8MHz و 3.5MHz) فإن ثنائي القطب من هذا النوع عموماً يصبح غير عملي، لذا يستعمل الهوائي المغذي من نهايته end fed aerial؛ وهذا تراه في B. هذا مقطع منه أفقي والمتبقي ينحدر إلى المرسلة. وعلى أي حال يمكن للهوائي أن يكون مائلاً مثل الذي تراه في C، أو يأخذ أشكالاً أخرى، متوافقة، شرط أن لا ينطوي السلك على نفسه.

مثل هكذا هوائي هو غالباً ذو طول عشوائي. وهذا يعني إن الطول المستعمل يعتمد على الظروف، وعلى العموم إن 50 قدم إلى 100 قدم من السلك ستوظف وإن هكذا طول عشوائي غالباً لا يمثل الحمل المناسب للمرسلة، وإقران بسيط مثل ذلك الذي تراه في D من الشكل٣٧ قد يكون ضرورياً. وهذا يسمح بعدد كاف من اللفات أن تدرج في الدائرة (دائرة الهوائي) كحمل للمرسلة.

هوائي مثل الذي تراه في B يمكن أن يكون نحيف جداً، سلك معزول مرن، ويمكن أن نجد له نقاط تثبيت على الأشجار، ولا يحتاج إلى مزيد من التعقيد، ويسمح للعمل عبر مسافات طويلة.

مثل هذه الهوائيات ملائمة للمحطات الثابتة وتعطي تحسن كبير لقوة الإشارة على حزم واطئة التردد LF من التي يمكن الحصول عليها من الهوائيات القصيرة. ويمكن شراء الهوائيات النقالة جاهزة لأي حزمة. وهذه ممتازة للحزم واطئة التردد LF أو VHF عندما يمكن تركيبها على سيارة أو كارفان.

وبالنسبة لأجهزة الهواة التي تحمل باليد، من الضروري استعمال هوائي تلسكوبي وهذه تراها في E. وبالنسبة للتردد 144MHz يمكن أن يكون ربع طول الموجة، أو أكثر. ولكن للترددات الأوطأ سيكون الهوائي أطول، مثلاً عند 28MHz نحتاج إلى 8 قدم أو نحو ذلك.

هنالك معاني كثيرة في استخدام هكذا هوائيات، حيث تكون قصيرة أمام تردد العمل. يمكن استعمال الهوائي كما هو، ويمكنه أن يشع بشكل معقول، ونجهزه بإقران ملائم يسمح بتحميل loading المرسلة. أو إن ملف التحميل L1 loading coil يمكن أن يركب قرب القاعدة على الهوائي أو على المرسلة، وبذا يتطابق العمل مع ذلك الذي نحصل عليه من D و C معاً. أو يمكن أن نرفع

الملف إلى أعلى الهوائي، كما L2 في G. وهذا أكثر كفاءة من F، إذ إن التيار سيتحرك إلى الأعلى خلال القسم الأسفل.

من الواضح إن قدر من التجارب يمكن أن تُجرى مع أنظمة الهوائي. فالأجهزة النقالة بالكامل، يمكن إقرار E و F للاستخدام. الهوائيات من النوع G متوفرة للتردد 27MHz ويمكن تنسيبها للتردد 28MHz. ويمكن القيام بترتيب مماثل لـ F عندما يكون العمل على أحد الحزم واطئة التردد.

في بعض الحالات يكون من الأنسب أن نتمكن من إرفاق هوائي أحسن عندما نستعمل المعدات في المنزل أو عندما تسمح الظروف في ميدان العمل بذلك. هذا سيزيد المدى من أميال قليلة، إلى مئات الأميال أو أكثر، حسب الحزمة والظروف.

الهوائيات العمودية للتردد 144MHz 144MHz Verticals

هوائي ربع طول الموجة للتردد 144MHz له طول حوالي 19 انج ويعمل مقابلة مع الأرض earth (والأخيرة قد تأخذ شكل سقف المركبة أو الكارفان). وهذا تراه في الشكل٣٨. يستخدم هنا لتغذية الهوائي مغذي محوري coaxial feeder، الموصل الداخلي له يوصل إلى نهاية الهوائي العمودي عند القاعدة.

فإذا كان الهوائي (الإريل Aerial) له الطول الصحيح، ستتدفق القدرة بسلاسة على طول المغذي feeder مع فقد قليل. وعلى هذا فإن ملائمة المغذي يجعل الهوائي في أحسن نفع.

في حالة المرسلة المحمولة باليد، يمثل الأرض العلبة التي تحوي الجهاز Case، وقد تتجاوزها إلى جسم من يمسك الجهاز. ينتج عن هذا فعالية أقل ولكن يسمح به.

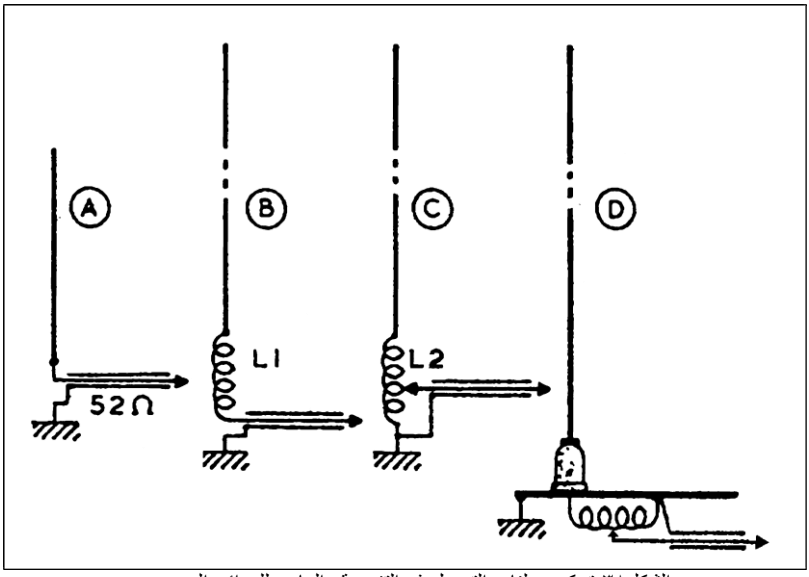
عندما يكون الهوائي بطول ربع طول الموجة، فإن العلاقة بين الفولتية والتيار عند قاعدته تكافئ ممانعة حوالي 52Ω .

فإذا ما زدنا طول الهوائي لزيادة الإشعاع، قد تتغير ممانعة القاعدة بشكل مؤثر.

مثال ذلك إذا ما جعلنا طول الهوائي ضعف أي نصف طول الموجة، تغيرت الآن العلاقة ما بين التيار والفولتية، التيار أصبح أقل، والفولتية مرتفعة. نتيجة هذا إن الممانعة أصبحت مرتفعة جداً (عدة مئات من الأوم) ولا يمكن استعمال مغذي ذو 52Ω بعد الآن. ولكن إذا زدنا طول الهوائي أكثر وأصبح ثلاثة أرباع طول الموجة، ستصبح الممانعة عند القاعدة منخفضة مرة ثانية، سامحة باستخدام مغذي ذو ممانعة تبلغ 52Ω.

وعندما لا يكون الطول صحيح كهربائياً، يمكن ترتيب التوافق matching إلى مغذي 52 أوم أو مغذي مشابه أو دائرة عند الخروج عن طريق استعمال ملف التحميل loading coil. هذه الحقيقة والطول الفيزيائي القصير لربع الموجة أو شبيهاً له عند التردد 144MHz، تسمح للهوائيات الأطول أن تعمل دون مزيد من الصعوبات.

في الشكل ٣٨ في B تجد هوائي ممتد مع استقامة ملف التحميل، بينما في C تجد أيضاً هوائي ممتد، ولكن ملف القاعدة base coil من خلال توظيف التفريعة المناسبة للمغذي يستعمل كعنصر توفيق matching.



الشكل٣٨ تركيب ملفات التحميل ذو التفريعة والعادي للهوائي العمودي.

من الممكن استعمال أي طول عملي في B و C، بشرط إن الملفات L1 و L2 (والتفريعة على L2) تضبط بشكل صحيح. الضبط الصحيح يمكن أن تعثر عليه من خلال التنغيم لأقصى إشعاع للإشارة؛ أو باستعمال مبين لنسبة الموجة الوقفة Standing wave ratio يوضع عبر المغذي، ويتم تنغيم الهوائي لأقل قدرة منعكسة.

وللاستعمال شبه الدائم يعتبر الهوائي التلسكوبي من الوسائل السهلة التي نلجأ إليها لضبط طول الهوائي، ولكن للهوائيات الأقوى المقاومة للعوامل الجوية يفضل استعمال موصل صلب. وهذا الموصل يمكن أن يكون اسطوانة معدنية بقطر ثُمن انج ونقطع منها الطول اللازم؛ ويمكن استعمال أنبوب من سبيكة خفيفة، ويغلق أعلاه. الملف يمكن أن يكون سلك سميك قياس 14SWG مثلاً.

يُقترح طول من خمسة أقدام للهوائي في B، وأربع أقدام للوائي في C. يمكن بعد ذلك لف L1 من عشر لفات متباعدة على طول 1.5 أنج على اسطوانة عازلة بقطر ربع انج. الملف L2 يمكن أن يكون سبع لفات بقطر نصف انج وواحد انج للطول. والتفريعة اثنان إلى ثلاثة لفات من الأسفل.

الهوائيات يمكن تنغيمها بتغيير طولها، أو بتغيير الملف.

الطريقة الأبسط باستعمال سلك مؤقت له نفس قياس الاسطوانة Road التي يتألف منها الهوائي، نبدأ بها طويلة زيادة، ونقطع جزء منها في كل مرة من نهايتها، حتى نصل إلى أقصى قدر من الإشعاع، وأوطأ قدر من نسبة الموجة الواقفة SWR.

يجب ن نجري هذا والهوائي في موقع العمل. نلاحظ النتائج ثم نعد اسطوانة الهوائي التي تحدثنا عنها عند الطول الذي أعطى أحسن النتائج.

هوائي مثل الذي في A، وغالباً ما يسند بعازل عند القاعدة ويسخر هذا العازل لاحتواء الملف ويجعل الجزء المعدني عمودي. الإشعاع في B و C يكون أحسن إذا L1 و L2 تكون عمودية على خط واحد مع امتداد سلك الهوائي. لذا من الضروري أن نأتي بأنبوب من الباكسولين Paxolin أو ما يشبهه لاحتواء الملف وتأمين إسناد لقاعدة الهوائي. ويتعين على هكذا مادة أن تمتلك قوة كافية لتقاوم دفع الرياح والاهتزاز.

وإذا صعب هذا يمكن للملف أن يرقد في جانب المغذي وهو الجانب الآخر لتثبيت الهوائي، كما في D، وستحصل بذلك على تثبيت قوي للهوائي نفسه.

إجراءات عملية مشابهة لهذه يمكن إجراءها فيما يخص الحزمة 28MHz أو في الحقيقة للحزم واطئة التردد. وعلى أي حال فإن الهوائي نفسه يجب أن يكون بطول معقول وعملي، وملف التحميل يحتاج لأن يكون قطره أكبر وله العديد من الدورات.

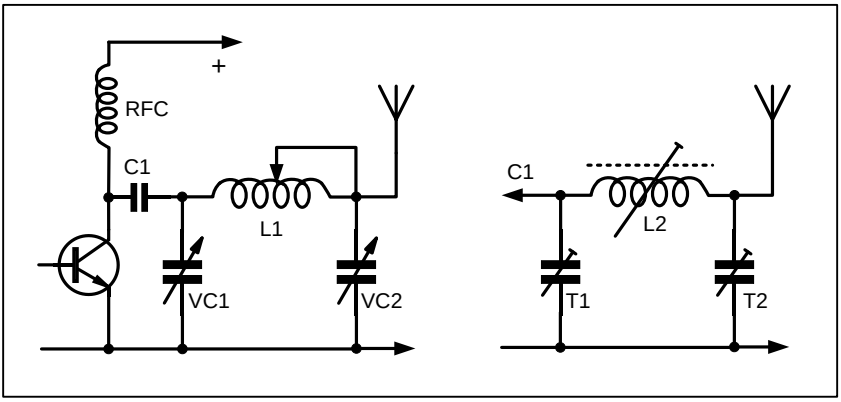
بالنسبة للمعدات المحمولة باليد للتردد 144MHz، حل أبسط في تركيب ربع طول الموجة على شكل هوائي تلسكوبي مقطوع إلى الطول الصحيح. وأياً كان فإن الهوائيات الأطول من ربع الموجة محتملة على هذا التردد، وهي غالباً ما توظف لتحسين الإشعاع. بالنسبة للأجهزة المحمولة باليد للتردد 28MHz الطراز G في الشكل 37 يقدم أحسن النتائج بهوائي تلسكوبي، ولكن الملف ينقل غالباً إلى الموقع F لنسمح له أن يكون داخل المرسلة. وهذا الملف يمكن أن يكون ملف ذو قلب مثل ذلك المستعمل لتنغيم الجامع collector. وينطبق مثل هذا على الإرسال المحمول باليد للترددات الأوطأ.

دائرة خزان نوع باي Pi Tank

طالما إن العمل سيكون عند تردد أحادي في معظم الحالات، مع هوائي له طول معين، يمكن ترتيب الإقران الملائم من الثانوي المُقرن إلى ملف الجامع للمضخم النهائي. بقصد جعل المضخم يعمل بشكل مرضي، يجب أن يبدي الهوائي تقريباً الحمل الملائم.

وهذا يتم ترتيبه باستعمال العدد الصحيح من اللفات عند الثانوي، ونعين موقعها للحصول على أنسب إقران. وعند الإقران الصحيح، يحمل مضخم القدرة بحيث إنه يسحب تيار الجامع الملائم، وطاقة التردد الراديوي RF energy تنتقل إلى الهوائي، ليتم إشعاعها.

ولتفادي القيام بتحوير عدد لفات الملف الثانوي، أو تفكيك العلاقة بينه وبين ملف الجامع للترانزستور، يستعمل في معظم الأحيان دائرة خزان باي Pi tank . دائرة الخزان هذه شائعة في المعدات الأكبر، لكنه يحتاج إلى القليل من المكونات الإضافية. من خلال اختيار القيم الصحيحة، يمكن تقريباً لأي هوائي أن يتم توفيقه بشكل صحيح إلى أي مضخم قدرة. معدات الإرسال الأكبر تمتلك متسعات متغيرة وملف يمكن تقسيطه عن طريق مفتاح، ولكن للمحافظة على الحجم الصغير نستعمل ملف عادي أو ملف ذو تفريعات، أو ملف له قلب يمكن ضبطه، ويعمل الملف مع متسعتين ثابتة ونصف متغيرة أو مع متسعتين نصف متغيرة.



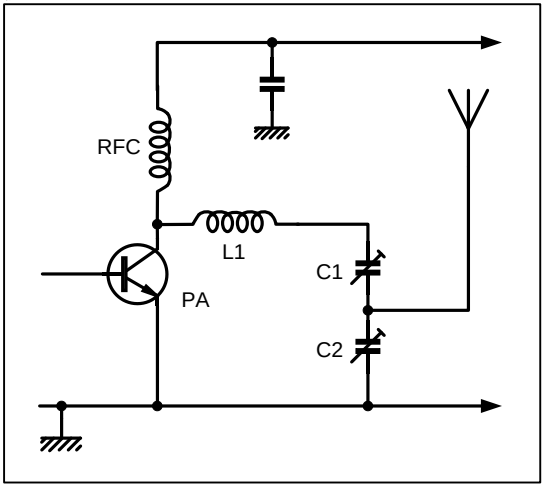
الشكل ٣٩ بيان لاستعمال دائرة باي Pi لتوفيق الهوائي إلى مضخم القدرة.

في الشكل٣٩ يُجهز جامع الترانزستور بخانق للتردد الراديوي، والمتسعة C1 تقرن التردد الراديوي RF إلى الشبكة طراز باي Pi network . وهذه تتألف من VC1، و L1 و VC2 . الملف L1 له تفريعات بحيث يمكن ضبط حثه inductance . وعندما تكون VC1 و VC2 و L1 ذات قيم مناسبة للتردد وممانعات الدخول والخروج (الهوائي والترانزستور) سيعطي الضبط أقصى نقل لطاقة التردد الراديوي RF energy إلى الهوائي.

بالإمكان أن نجعل الأبعاد عملية أكثر للمعدات الصغيرة باستخدام متسعات ضبط عند T1 و T2 من نوع الضغط compression، وأن الملف L2 يمتلك قلب للضبط adjustable core، ليعطي بعض السيطرة على الحث. الملف L2 يمكن أن يكون مشابه لملف الجامع collector coil . متسعات الضبط T1 و T2 من النوع الذي تضغط فيها الألواح أو تتباعد عند تدوير مسمار الضبط؛ويمكن أن تكون ذات قيمة 1250pF لحزمة 80m في معظم الدوائر. بالنسبة للهوائيات ذات الممانعة الواطئة جداً، قد نحتاج إلى متسعة مشابهة ثابتة على التوازي مع T2 . حينما يكون L2 ذو حث inductance ملائم، ولا يحتاج إلى أن يكون قابلا للضبط، لكن هذا سيعطي قدراً من الحرية لتأمين التوافق الصحيح. بالنسبة للتردد 28MHz أو VHF سيكون المحث inductor أصغر ويكون ذو قلب من الهواء، مع المتسعات المناسبة ذات القيمة الأصغر.

خانق التردد الراديوي **RF Choke** يكون ملائماً لتردد العمل، ومن الأحسن أن يكون من النوع ذو القلب الصغير، ذو مقاومة للتيار المستمر **DC resistance** منخفضة، المتسعة **C1** ذات قيمة **0.1uF** لحزم الترددات الراديوية الواطئة، مع قيمة بمقدار **1nF** للترددات الأعلى.

في الدوائر من النوع الذي شرحناه، عندما يسحب الجامع **collector** تيار، قد لا يتفق هذا تماماً مع أحسن خارج لقدرة التردد الراديوي **RF output**، لذا يجب أن تتم عمليات الضبط باتجاه تأمين أعلى قراءة على مؤشر مقياس الموجة **indicating wave meter**، مركب له هوائي لالتقاط المجال



الشكل ٤٠

الراديوي **pick-up aerial**، وقرب المرسلة. في نفس الوقت يجب فحص تيار الجامع بمقياس للتيار، خلال إجراء عمليات الضبط، لنتأكد إن التيار ليس كبيراً، أكبر من مقدرة الترانزستور على مناولة التيار.

التحميل بالمتسعة **Capacitor loading**

الشكل٤٠ هو دائرة قد تستعمل لتسمح بضبط تحميل الهوائي. فإذا كان ترانزستور مضخم القدرة يسحب التيار الصحيح من البطارية ويجهز هذا التيار كطاقة مشعة من الهوائي، تصبح بعض أشكال توفيق الممانعة مطلوبة. هنا **C1** والمتسعة **C2** تحاكي استعمال لفات إقران مرتبطة مع الملف **L1**.

خانق التردد الراديوي يحتاج لأن يمتلك مقاومة واطئة للتيار المستمر، ويجب أن تكون ملائمة لتردد العمل. بالنسبة للتردد **144MHz**، يمكن أن يكون ذو خمسة وعشرين لفة من سلك قياس **28swg** معزول بالطلاء، ملفوف على مشكل عازل له قطر حوالي **5mm** . الملف **L1** يمكن أن يكون

خمس لفات من سلك قياس 18swg لها قطر داخلي يبلغ 6mm مع تمديد اللفات ومباعدتها لتحتل مسافة طولية تبلغ 12mm. المتسعة C1 يمكن أن تكون 25pF و C2 ذات 60pF.

السعات C1 و C2 على التوالي تجعل الدائرة في حالة رنين، ولكن جعل C2 ذات قيمة أوطأ وزيادة سعة C1 له تأثير في تحريك نقطة إقران الهوائي قريباً من L1. لضبط هذه الدائرة ابدأ بالمتسعة C2 عند سعة عالية بما يكفي، ونغم L1 ليحدث الرنين بالمتسعة C1. يظهر الرنين على مؤشر مقياس الموجة wave meter، أو باستعمال مصباح مناسب يحل محل الهوائي، كما شرحنا. يوصل المصباح (الحمل) بين نقطة الوصل بين C1 و C2 إلى الخط السالب أو خط الأرض. مع تنغيم C1 لأقصى خارج، غير قليلاً C2 وأعد ضبط C1 للحصول على أقصى خارج. إذا كانت القدرة هذه المرة أكبر من سابقتها، أعد الضبط بنفس الاتجاه (يعني غيّر قليلاً C2 وأعد ضبط C1) واستمر إلى أن تصبح قدرة التردد الراديوي الخارجة RF output أقصى ما تكون، ولكن لاحظ إن التيار المستمر DC input الداخل إلى PA لا يتجاوز المستوى الآمن.

دائرة مشابهة لهذه يمكن أيضاً أن تستعمل بين المراحل، مع سوق قاعدة الترانزستور التالي من نقطة وصل C1 و C2. مع دوائر التردد الواطئ، واحدة من المتسعتين أو كلاهما يمكن أن تكون ثابتة، لاحظ الشكل١٨.

دوائر إضافية Further Circuits

معلومات الدوائر الكهربائية في هذا القسم قد ثبت إنها تستحق الاهتمام، وتساعد في معرفة بناء المعدات للأنواع العامة المشروحة. تنغيم الفحص الأولي عند الإنشاء يسري وفق الخطوط المفصلة في الشرح.

توكي بسيط Simple Talkie

اختيار دوائر الإرسال أو الاستقبال من تلك التي قدمناها تعتمد على التردد المطلوب وما يتبعه من حجم، ووزن، والتعقيدات النهائية لإكمال الجهاز.

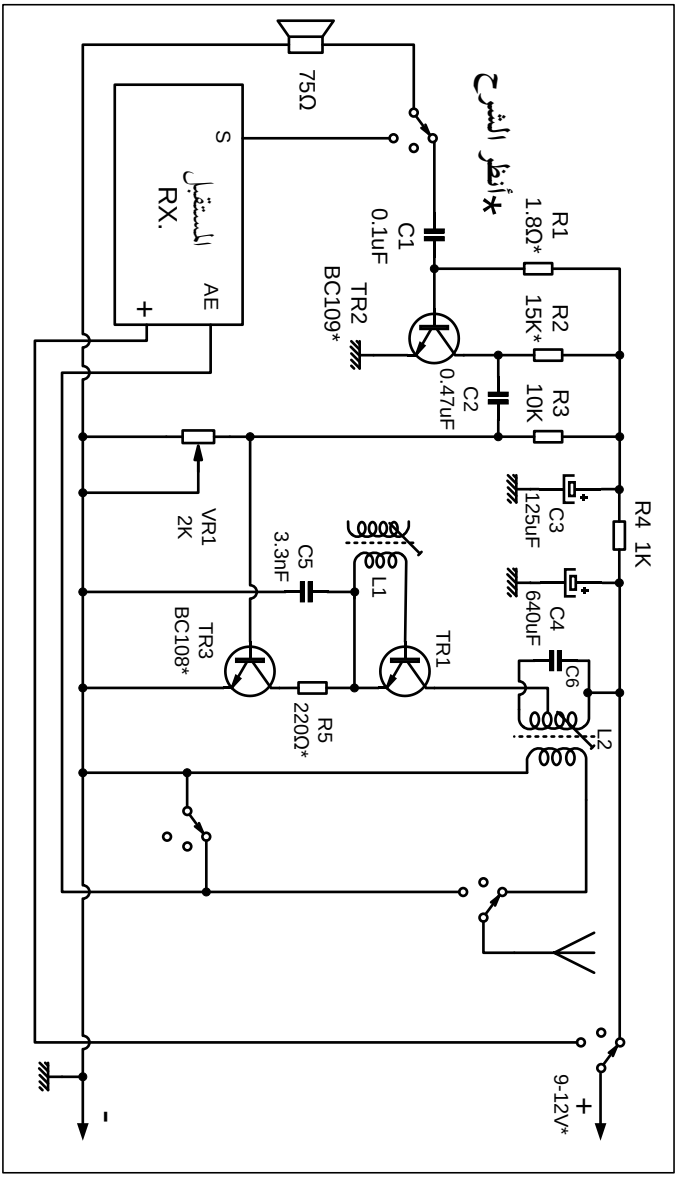
إن زوج من جهازين واطئي القدرة معدة لتستعمل للاتصال ذو طريقين، تحتاج المستقبلة المدرجة فيهما لأن تكون ذات حساسية جيدة.

وعندما يكون الاتصال بين جزء يدوي ومحطة ذات قدرة أعلى، فإن مستقبل التوكي talkie يمكن أن يكون من النوع المبسط. وعندما تمتلك أحد المحطتين مستقبل من الطراز ذي الحساسية العالية فإن خفض قدرة المرسلة يكون أمراً محتملاً.

مجموعة اتصال جيدة يمكن أن نعدها من قسم الإرسال transmitter يعمل عند 300mW إلى 500mW أو نحو ذلك، مع مستقبل (سوبر هيتروداين Superhet) مسيطر عليه بالبلورة Crystal. من جانب آخر، يمكن للمعدات أن تصبح بسيطة ونتخلى عن التعقيد عندما يكون الأداء المتواضع كاف، في الشكل٤١ ترى دائرة لجهاز talkie صغير وهي مشابهة للأجهزة التجارية منخفضة السعر.

الترانزستور TR1 هو ترانزستور تضخيم القدرة power amplifier، ويساق بواسطة الملف L1، لذا فهو الترانزستور الثاني الذي ورد في المذبذب والمضخم Oscillator/amplifier (الشكل٧) الذي سبق تغطيتها بالتفصيل في قسم الإرسال. الملف L1 والملف L2 يجري تنغيمها إلى الحزمة المختارة. هنا نقترح الحزمة 28MHz.

الترانزستور TR2 هو مضخم قدرة سمعي، يساق بواسطة السماعة، التي تخدم بمثابة مايكروفون لأغراض الإرسال. الترانزستور TR2 يجب أن يكون مضخم ذو كسب عالي، وله hfe تبلغ 400 أو أعلى (الترانزستور النموذجي BC109). وإذا كن من الضروري، فإن R1 أو R2 أو (كلاهما) يمكن أن تضبط قيمتهما لتأمين الكسب الأمثل. يُفَك اقتران هذه المرحلة (الغير مرغوب به) مع باقي المراحل بواسطة المتسعة C3 والمقاومة R4، وتقرن إلى الترانزستور TR3 بواسطة المتسعة C2.



الشكل ٤١ بيان مفصل للفقرة (توكي بسيط **Simple talkie**). راجع الشرح لقيم المكونات المؤشرة بالنجمة.

الترانزستور TR3 هو مُضَمن توالي Series modulator للترانزستور TR1. باستعمال ترانزستور طراز NPN، كسب المضمن الفعلي أعلى من الدائرة في الشكل١٥، ولكن حالة التشغيل حرجة أكثر. مقاومة الضبط نصف المتغيرة مهمة لضبط انحياز القاعدة (ومن ثم الفولتية ذات العلاقة عبر TR1 و TR3).

ابدأ بوضع VR1 عند القيمة الواطئة، وزدها إلى أن تظهر فولتية التجهيز مقسومة بالتساوي تقريباً على TR1 و TR2، وهذا عندما يكون TR1 محمل ومنغم.

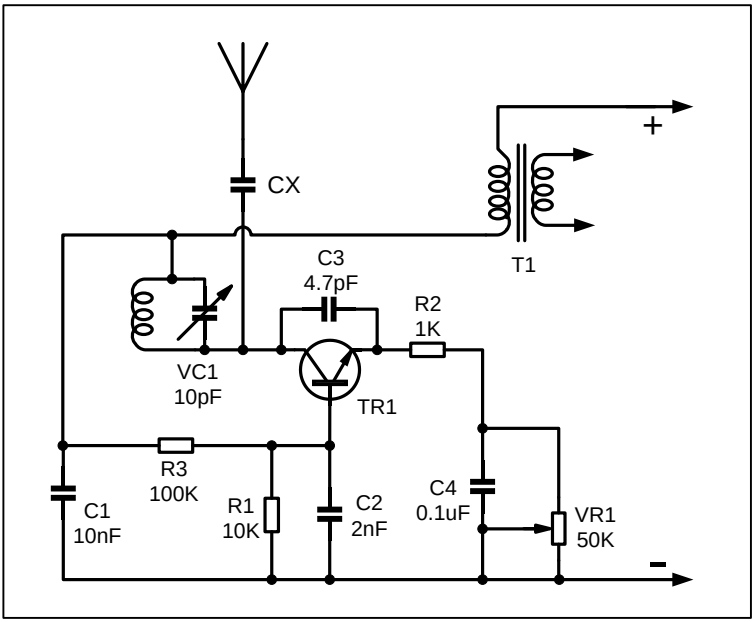
المقاومة R5 لمنع الترددات الطفيلية السمعية audio parasitic، وقد وجد إن أوطأ قيمة كافية هي 220Ω أو أقل. وطالما إن فولتية التجهيز لا تكون متوفرة بكاملها للترانزستور TR1 فإن بطارية ذات 12V تكون الأحسن. ولأحسن أداء يجب أن يتم ضبط تحميل الهوائي aerial loading وتنغيم L1 و L2 وVR1 ودرجة الصوت volume of speech عبر المايكروفون (الذي هو السماعة).

المستقبل الأبسط للتردد 28MHz تراه في الشكل٢٤ و ٢٥، متبوع بمرحلتين للتضخيم السمعي، الشكل٣٢. وهذا يسمح بربط نقطة رجوع السماعة إلى الخط السالب، وبذا يمكن لمفتاح مفرد أن ينقل السماعة من وحدة خروج للمستقبل على الوضع S إلى C1 لتعمل بمثابة مايكروفون. قطب إضافي للمفتاح يأخذ الهوائي aerial إلى مدخل الهوائي للمستقبل عند النقطة AE، أو إلى ثانوي الملف L2. قطب آخر للمفتاح يوصل الطاقة إما إلى قسم الإرسال أو الاستقبال. القطب الأخير للمفتاح يريك كيف يمكن منع طاقة التردد الراديوي من الولوج إلى المرحلة الأولى للمستقبل، وذلك بتقصير دخول المستقبل إلى الخط السالب. لحماية ترانزستور التردد الراديوي عندما يتطلب ذلك. ويمكن استعمال مفتاح ذو ثلاث طرق 3-way يسمح بموقع وسطي للإطفاء "off".

من غير المتوقع ظهور مشاكل عدم الاستقرار instability والمشاكل المشابهة أثناء الاستقبال. بينما مع دائرة الإرسال، فإن من أكثر الأسباب للمشاكل يمكن أن يكون التغذية العكسية للتردد الراديوي RF ودخوله إلى أول مرحلة سمعية. يجب ترتيب توزيع المكونات والمفاتيح لمنع هذا. والتغذية العكسية من هذا النوع تسمع عادة على شكل إما (صفير) مستمر أو (عواء) متراكب مع الإرسال، أو على شكل أصوات دخيلة تتراكب مع الكلام. ومع هذا فإن الأخيرة يمكن أن تكون من تضمين شديد زائد على الحد sever over modulation، وعندما يمتلك الترانزستور TR3 كسب فعلي (لنقل hfe تبلغ 250، أو باستعمال BC108)، كذلك فإن الكلام بصوت عالي أمام الميكروفون غير ضروري. وإذا وجدنا إننا مضطرين إلى العلاج فإن متسعات بقيمة 470pF إلى 1nF من قاعدة TR2 أو قاعدة TR3 إلى الخط السالب يساعد في إبقاء التردد الراديوي بعيداً عن هذه المراحل.

إعادة التوليد الفائق Super-regeneration

الشكل٤٢ دائرة أخرى لكاشف إعادة التوليد الفائق. المتسعة Cx هي متسعة صغيرة جداً، ويمكن أن نصنعها ببرم سلكين معزولين على نفسيهما لمسافة حوالي ربع انج من طولهما. وكذلك يمكن



الشكل ٤٢ دائرة أخرى لكاشف إعادة التوليد الفائق **Super-regeneration.**

استعمال لفتين مقترنتين coupling winding . القيم المعطاة لتردد 144MHz لكن الدائرة يمكن أن نستعملها للتردد 28MHz . تفاصيل الملف ستجدها في المعلومات المعطاة مع الدوائر السابقة.

قيمة المتسعة VC1 يمكن تحويرها لتعطي التغطية المطلوبة، أو قد تحتوي على متسعة ضبط pre-set ومتسعة متغيرة على التوازي.

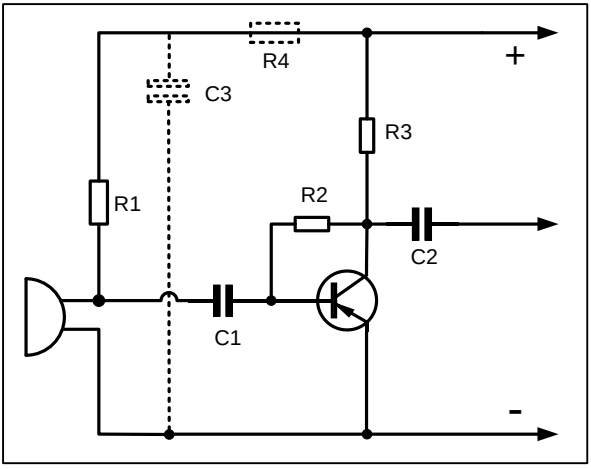
تتم السيطرة على إعادة التوليد بواسطة المقاومة المتغيرة VR1 . العديد من أنواع الترانزستورات تعمل مع هذه الدائرة، وقيمة C3 يمكن تغيرها عند الضرورة لتأمين إعادة توليد مرضية.

المحولة T1 هي محولة إقران، لسوق دائرة قاعدة الترانزستور للمضخم السمعي الأول. ويمكن استعمال إقران المقاومة والمكثف هنا بدلاً عن المحولة. عمل هذه الدائرة وضبطها adjustment شبيهة إلى تلك في كاشف إعادة التوليد الفائق المبين في الشكل ٢٤.

المايكروفون الكاربوني Carbon Microphone

استعمال المايكروفون الكربوني مع بعض الأجهزة يسمح بتبسيط المضخم السمعي. مثل هكذا مايكروفون يمكن أن يعطي إشارات سمعية كبيرة، حينها نكتفي بالقليل من التكبير. المكثف الكاربوني لا يولد أي فولتية سمعية خارجة من ذاته، ولكنه نبيطة device تتغير مقاومتها مع التردد السمعي. لذا من الضروري تمرير تيار مستمر خلال المايكروفون. ويمكن أن نجري هذا

باستعمال محولة مايكروفون. وهي مكون لها نسبة رفع حوالي من 1 : 50 إلى 1 : 100. الملف الابتدائي لمحولة المايكروفون الكاربوني، ومصدر التيار المستمر (حوالي 1.5V إلى 4.5V) توصل على التوالي. ونحصل من ثانوي المحولة على إشارة سمعية كبيرة جداً.



الشكل ٤٣ دائرة المايكروفون الكاربوني.

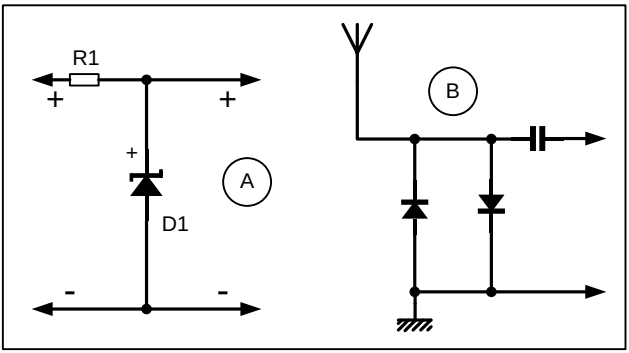
ترى في الشكل ٤٣ دائرة ذات علاقة بالمايكروفون الكاربوني تنفي الحاجة إلى استعمال محولة. التيار المستمر المار في المايكروفون نحصل عليه من المقاومة R1. الإشارة السمعية عند C1 تضخم بالطريقة المعتادة. المقاومات R2 و R3 و C2 يمكن أن تأخذ قيم نموذجية لهذه المرحلة كما مر بنا، المتسعة C1 و C2 يمكن أن تكون 0.1uF والمقاومة R2 1.8MΩ والمقاومة R3 10KΩ.

المقاومة R1 يتم اختيارها لتحقق التيار الأمثل الذي يمر بالمايكروفون. وعموماً قيمة تبلغ 100Ω ملائمة لهذا. القيم الواطئة غير ضرورية حيث تزيد من تفريغ البطارية، وقد تسبب ضوضاء. المتسعة C3 و R4 ضرورية فقط عندما يحدث اضطراب في تجهيز البطارية وتتسبب التغذية العكسية لمشاكل من نوع آخر، ويمكن للمقاومة R4 أن تكون نموذجياً بضع مئات من الأوم، مع C3 بقيمة 220uF إلى 640uF.

الاستقرار Stabilization

مع مضمن Modulator له زوج من الترانزستورات موصلة بصيغة الدفع سحب Push-pull (أو مضمن مشابه من نوع الدائرة المتكاملة) فإن التيار المسحوب عند تجهيز قدر من الطاقة السمعية يرتفع بحدة. وهذا قد يسبب هبوط لحظي في فولتية البطارية. ومعظم المذبذبات المحكومة بالبلورة تتأثر بهذا وإن كان التأثير ليس شديداً، خاصة عندما تكون البطاريات طازجة وبحالة

جيدة و متسعة الخزن reservoir حاضرة على طرفي التجهيز أو على طرفي الدائرة إلى مرحلة المذبذب.



الشكل٤٤

في حالات أخرى، يمكن استعمال ثنائي زنر لإقرار تجهيز المذبذب، كما في A من الشكل٤٤ والثنائي D1 يمكن أن يكون نبيطة ذات 400mW. المقاومة R1 تحتاج لأن يتم انتخابها بحيث لا يتجاوز التبديد في D1 على القيمة المقننة ولكن يجب أن يبقى تيار كاف يمر فيها، حتى عندما تسحب دائرة المذبذب تيارها الأقصى.

لذا إذا كانت فولتية D1 6.2V وقدرته المقننة 400mW، فيجب أن لا يتجاوز التيار خلال الثنائي حوالي 60mA. أقل قيمة للمقاومة R1 تجدها قريبة من 100Ω. بافتراض إن مرحلة المذبذب تسحب 20mA وأن 10mA تيار إقرار سيكون كافياً، التيار الكلي المار في R1 سيكون 30mA. فإذا كانت فولتية التجهيز 12V سنحصل على تقريباً 6V كانحدار للجهد على طرفي R1، لذا فإن قيمة بمقدار 220Ω ستكون قريبة بما يكفي. ومن خلال المحافظة على R1 مرتفعة في قيمتها، يقل تفريغ البطارية.

كبت التردد الراديوي RF Blocking

عندما يعمل قسم المرسلة، يتولى الإقران الشارد stray coupling الكامن في مفتاح الانتقال بين المرسل والمستقبل وفي الأماكن الأخرى بإقران طاقة التردد الراديوي إلى داخل دائرة هوائي المستقبل.

بالنسبة للمعدات ذات القدرة الواطئة، لا يبدو إن هذه تسبب التلف إلى ترانزستور المرحلة الأولى للمستقبل. الشكل٤١ يتضمن طريقة تساعد على إبقاء التردد الراديوي بعيداً عن المستقبل.
طريقة أخرى تتمثل في تركيب ثنائيين متعاكسين كما في B الشكل٤٤. هذه الثنائيات ممكن أن تكون اثنان من 1N629 أو نبائط مشابهة لهما. ظاهرياً ليس لهما تأثير عند الاستقبال (عندما

تكون فولتية الإشارة واطئة بشدة)، ولكنها توصل عندما تظهر فولتية عالية على الهوائي؛ لحماية الترانزستور الأول في المستقبل. متسعة الإقران يمكن أن تكون حوالي 10pF إلى 18pF.

الاشتغال عند حزمة المدنيين 27MHz 27 MHz Citizens' Band Operation

الحزم 27MHz و 28MHz هي قريبة في التردد حيث يتطلب الأمر قليل من التحوير لتغيير دوائر حزمة 28MHz حتى تستعمل في الحزمة 27MHz. مراقب ومقياس الموجة Monitor/Wave-meter الذي تراه في الشكل٣ ملائم للتردد 27MHz بدون أي تحوير.

في حالة المذبذبات البلورية Crystal controlled oscillators المصممة ابتداءً للعمل في 28MHz (مثل الذي تراه في الشكل٥) تم استبدال البلورة ذات التردد 28MHz ببلورة ملائمة ذات 27MHz. قليل من إعادة التنغيم إلى التردد الأوطأ يكون ضروري، ويقع مع الضبط الاعتيادي للملفات. ليس ثمة حاجة لأن نجري تغيير على قيم الدائرة، أو أي تعديل إلى الملفات. جميع عمليات الضبط adjustment يمكن أن تتم كما مشروح، ولكن بالطبع ستكون عند التردد الأوطأ المطلوب.

مع مستقبل إعادة التوليد الفائق البسيط (مثل ذلك الذي تراه في الشكل٢٤) لا توجد ضرورة لتغيير قيم الدائرة، ويمكن الوصول إلى تردد 27MHz بإدخال قلب الملف قليلا إلى داخل اللفات. اعتبارات مشابهة إلى هذه يمكن تطبّق على استعمال مستقبل (سوبر هيتروداين) له مذبذب قابل للتنغيم (الشكل٢٧)، ستجد إن ضبط T1 وقلب الملف L2 سيسمح بزحزحة التردد للعمل عند 27MHz. دائرة الهوائي L1، يمكن أن تلتقط الاستقبال على التردد الحقيقي قيد الاستعمال.

بالنسبة للمستقبلات ذات المذبذبات البلورية (كما شرحت للشكل٣٠) بلورة المستقبل يجب أن يتم استبدالها لتلائم التردد الجديد. وهذا يعني إن بلورة تردد المرسلة وتردد بلورة دائرة مذبذب المستقبل ستختلف برقم يعتمد على التردد المتوسط للمستقبل، بالضبط كما شرحنا ذلك لحزمة 28MHz. لذا بالنسبة للتردد 27MHz يمكن أن تكون بلورة المستقبل ذات تردد 27'465KHz ، أو 26'535KHz (27.465MHz أو 26.535MHz) عندما يكون التردد المتوسط IF للمستقبل 465KHz، وحسب ما إذا كان المذبذب سيعمل عند تردد الجانب المرتفع أو تردد الجانب المنخفض من تردد الإرسال. حيث يبلغ التردد المتوسط IF 470KHz أو أحد الترددات الأخرى، ويتم اختيار بلورة المذبذب لتلائم العمل كما مشروح.

مثال للهوائيات: الطول التقريبي لنصف الموجة للتردد 27MHz حوالي 17.33 قدم وللتردد 28MHz 16.7 قدم. ويمكن ملاحظة إن هذه النتائج قريبة جداً من بعضها، ومع هذه النتائج يمكن بسهولة تنغيم ضبط الهوائي التلسكوبي (أو السوطي) والأنظمة المشابهة لتنغيمها من 28MHz إلى 27MHz بالقليل من الجهد. الهوائي للتردد 27MHz يحتاج لأن يكون أطول قليلاً، أو زيادة طفيفة في حث ملف التحميل loading inductance.

وكما بينا في البداية في العلاقة مع فعاليات هواة الراديو relation to amateur activities في المملكة المتحدة. يجب أن تتخذ كل التدابير لتتوافق مع السلطة المحلية التي تحدد ضوابط تشغيل الأجهزة اللاسلكية.

نموذج لنظام إشارات المرور الضوئية

عندما يروم أحد الطلبة بناء مشروع لنظام إشارات مرور مبسط، أول ما يلجأ إليه ما قد نشر في الدوريات الأجنبية أو الإصدارات التي تجتمع فيها المخططات على غير تعيين.

إلا إن ما يبحث عنه الهواة في الخارج نموذج لنظام إشارات مرور ضوئية للقطارات. إذ إن هواة بناء نماذج تقاطعات السكك الحديد والقاطرات الصغيرة التي تتحرك عليها، نراهم كثر في الدول الأوربية وبريطانيا على وجه الخصوص.

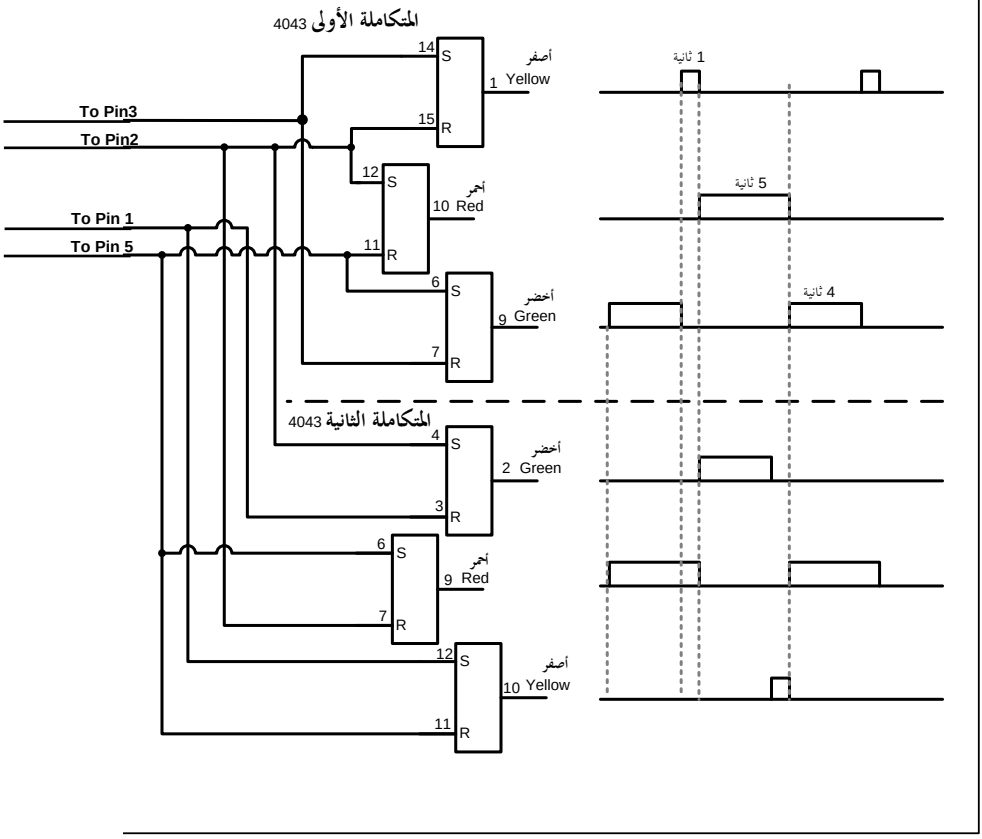
ويبدو إن نظام تعاقب هذه الإشارات يختلف عن نظام تعاقب إشارات المرور للسيارات على الطرق؛ لذا ولكي يصبح مشروع الطالب يستحق العناء، يتعين تصميم نظام يحاكي تعاقب إشارات المرور للسيارات المعمول به في بغداد، بمعنى إن الأصفر يتوهج بعد الأخضر لفترة قليلة ثم يتوهج الأحمر في نفس الوقت الذي يتوهج فيه الأخضر عند التقاطع الآخر الذي كان واقفاً بفعل الأحمر.

في السابق (أي في الخمسينات مثلاً) كانت هكذا مشاريع تنفذ بمساعدة محرك تزامني بطئ الحركة يعشق مع محور قد صنعت له على طوله أكر بترتيب معين، وهذه الأكر تتولى تشغيل وإطفاء مفاتيح صغيرة Micro Switches موضوعة بمحاذاتها. المحرك يسمى محرك البرنامج والمحور ذو الأكر هو البرنامج، والمفاتيح هي الوحدات الطرفية التي يشغلها البرنامج.

اليوم يمكن استعمال نظام بديل عن النظام الميكانيكي صعب التنفيذ (الذي وإن كان لا يزال يستعمل مع الكثير من المعدات، بسبب اعتماديته العالية)، بنظام بسيط يستعمل المسيطر المايكروي Micro controller من عائلة PIC مثلاً يتيح للصانع احتكار منتجه، إذ إن المنتج لا يمكن أن يعمل بدون نسخة عن البرنامج الذي يشغل الوحدات الطرفية. والشركات المنتجة للمعالجات الميكروية تجهز المعالجات بوسيلة تحول دون إمكانية استنساخ البرنامج إنما محوه فقط وذلك بإخفاء بت أو بتين من الكلمات. وعموماً فإن تطبيقاً بسيطاً مثل إشارات المرور إذا ما نفذ بواسطة معالج ميكروي وبرنامج أرى إن فيه إسراف وتعقيد للوصول إلى غاية بسيطة وحيوية في نفس الوقت، ونطلق عليه باللغة الإنكليزية Over Design أي تصميم قد أسرف في إعداده أكثر مما يلزم.

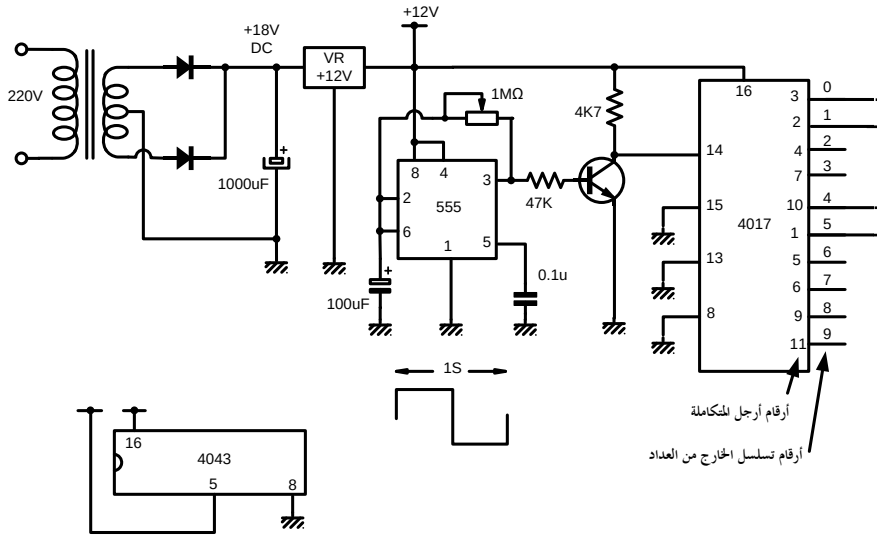
ويمكن تنفيذ المشروع بمساعدة متكاملة تولد دالة مربعة حيث تعمل بمثابة محرك البرنامج، أنظر إلى المخطط تجد أننا استعملنا متكاملة المؤقت 555 وموصلة بيكيفيه نحصل منها على موجة مربعة يمكن التحكم بزمن دورتها ولها نصفين عالي وواطئ متساويين، وهي بمثابة المحرك (محرك البرنامج) أو كما نطلق عليه رقمياً الساعة clock.

الخارج منها يسوق عداد عشري وهو المتكاملة 4017 له معامل عد بمقدار عشرة ويمكن جعله أكثر إذا لزم الأمر بتوصيل اثنين من هذه المتكاملات على التوالي. وبذا تتصرف متكاملة العداد بمثابة المحور ذو الأكر سابق الوصف.



في الأعلى إلى اليمين ترى الفترات الزمنية لتوهج الإشارات الضوئية الملونة، وفيها بيان لتعاقب هذه الإشارات كما هي في نظام إشارات المرور المعمول به في بغداد. إلى اليسار تجد مجموعتين من دوائر فلب فلوب كل مجموعة تتألف من ثلاثة دوائر لثلاثة ألوان. علماً أن الألوان الثلاثة على جانب الذهاب تعمل بنفس التزامن مع الثلاثة الواقعة على جانب الإياب، والمجموعتين على التقاطع الآخر كذلك.

الخارج من دوائر فلب فلوب التي تتألف منها المتكاملة **4043** بإمكانه أن يسوق الثنائيات الضوئية مباشرة بعد إضافة مقاومة الحد من التيار. وإذا كانت الرغبة في سوق أحمال أكبر يمكن استعمال ترانزستور كمضخم قدرة كالموضوع بين خارج المتكاملة **555** ومدخل الساعة للمتكاملة **4017** .



تشكيل المتكاملة **4043**

مشاريع الطلاب

إشارات تنظيم المرور الضوئية حسب التعاقب المعمول به في بغداد

الفكرة والتصميم / سرمد نافع

في الأعلى إلى اليسار تجد المحولة الخافضة للكهرباء العمومية نحصل منها بعد التقويم والتنعيم على فولتية مستمرة غير مقرة مابين **15V** و **18V** تدخل إلى مقر الفولتية من نوع **7812** لنحصل على فولتية مستقرة تبلغ **12V** تيار مستمر (يمكن أن يكون مقر الفولتية ذو **5V** وهذه تتبع رغبة القائم بالبناء).

المتكاملة **555** والأعضاء الملحقة بها تمثل دائرة الساعة ويمكن التحكم بزمن الدورة الخارجة منها عن طريق تغيير المقاومة المتغيرة **1MΩ** ؛ الترانزستور بين المتكاملة **555** والمتكاملة **4017** الموصل بطريقة القاذف المشترك ينفع في عزل المتكاملتين عن بعضهما ليس إلا ويمكن الاستغناء عنه.

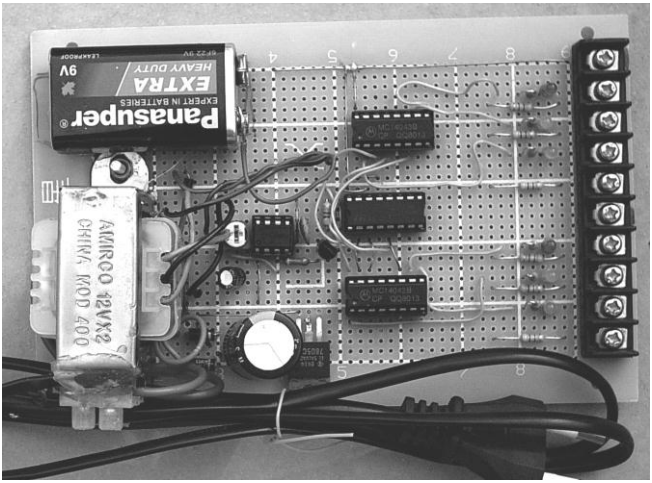
عند توصيل أطراف **4043** كما موضح في أسفل اليسار تتشكل المتكاملة لتصبح على الوضع **Set** عند ظهور النبضة الموجبة على الطرف **S** (**Set**) ثم اختفائها، وتصبح على الوضع **Reset** عند ظهور النبضة الموجبة على الطرف **R** (**Reset**) ثم اختفائها.

بيان الأزمنة لتعاقب مصابيح إشارات المرور الذي تجده في أقصى اليمين للمخطط قد استخدم فيه أزمنة قليلة للتوضيح ويمكن تغيير هذه الأزمنة كيفما شئنا . يعني بدلاً من جعل الأصفر يستغرق وحدة زمنية واحدة أي واحد ثانية 1S يمكن جعله يستغرق وحدتين .

كل دورة من دورات الساعة تحرك العداد خطوة واحدة وبذا يصبح جهد طرف العداد الذي وصل إليه العد جهداً مرتفعاً Hi، وهكذا يتحرك الجهد المرتفع من الطرف 0 إلى الطرف 1 خطوة واحدة. ويصبح الطرف صفر واطئاً. تستمر العملية لغاية الطرف 9.

المتكاملة 4043 تؤمن أربعة من دائرة الـ Flip Flop حيث تعمل بمثابة مفتاح يمكن تشغيله (S) في لحضه وإطفائه (R) في لحظة أخرى. وبذا تشغل الفولتية المرتفعة الخارجة من Flip Flop ثنائي ضوئي ملون يمثل مصباح إشارة المرور المقصودة.

ويمكن إضافة مفتاح من ترانزستور واحد تسوقه دائرة قلب فلوب أعلاه أو مفتاح من ترانزستور متبوعاً بمرحل لسوق مصابيح ذات قدرات أعلى عند الحاجة. إذ إن هذه الدائرة يمكن تشغيلها عملياً ولفترات طويلة.



صورة فوتوغرافية تبين لوح النموذج كاملا بعد التجميع ويمكن بطبيعة الحال الاستغناء عن المحولة ووحدة التقويم والتنعيم، ومقر الجهد، لتتغذى الدائرة من بطارية ذات 9v وهي كافية لسوق مبينات الثنائيات الباعثة للضوء.

الشمس والاتصالات

The Effect of Sun on Telecommunications

في ذلك الصيف أوائل عقد التسعينات من القرن العشرين، جاءتني الوالدة سلمها الله بيدها جهاز الراديو خاصتها (راديو نقال قيثارة ذو الموجتين بدون FM) وقالت يبدو إن هذا الراديو عاطل فهو لا يستلم محطات على القصيرة. كنا في تلك الأيام نلجأ إلى الموجات القصيرة لسماع الإذاعات الخارجية، إذ لم يكن مسموحاً بأي شكل من الأشكال الاطلاع على العالم الخارجي، حتى الموجات القصيرة ربما تتعرض إلى التشويش.

أخذت الراديو منها وفحصته كان الوقت ظهراً فوجدته ساكتاً هامداً، إلا إنه من خلال خبرتي لم يكن عاطلاً، أعددت له إشارة ضعيفة من مولد دالة فاستقبلها على كل الترددات. تيقنت حينها إن الجهاز لم يكن عاطلاً وإن ثمة خطب قد حل بالأجواء، وطبعاً إن كان كذلك فإن سببه الشمس ولا شك، وتذكرت إننا في تلك الأيام كنا نمر بدورة الإحدى عشر سنة، وهي دورة الهياج الشمسي كل إحدى عشر عاماً.

طمأنت الوالدة إلا إن الجهاز لم يكن عاطلاً، ولعل الشمس حانقة علينا، قلت باللهجة المحلية لعل الشمس (طاگـّه)، ولها أن تنتظر يوماً أو يومين ريثما تنجلي الأمور. وفعلا في المساء عاد المذياع للعمل. زارني بعد أيام الصديق ضياء يحمل في يده إصدار جديد من مجلة لهواة الراديو، وكانت تتحدث عن نشاط شمسي غير معتاد أدى إلى توقف وتعثر الكثير من حزم الاتصالات؛ وقد جاء الخبر مصداقا للحادثة التي وصفتها.

المقال التالي يوضح الكثير حول ما ذكرت، يذكر المقال إن إشارات كهربائية تصدر من الشمس، يمكن رصدها بواسطة جهاز استقبال بسيط يبنى باليد وبعد أن تنطلق هذه الإشارات تتبعها عاصفة من الضوضاء الكهربائية المضطربة تجعل الاتصالات تتدهور. لذا تسلك الإشارات التي يرصدها جهاز الاستقبال البسيط كمنبه للتنبؤ بحال الاتصالات بعد ساعات من رصدها.

المستقبِل البسيط، كان قد نفذه أحد هواة الكهرباء العراقيين وشارك به في مسابقة صنع الأجهزة التي تقيمها مديرية الرعاية العلمية في أوائل عقد السبعينات من القرن العشرين وقد حاز على الجائزة الأولى، لما يتميز به من بساطة في البناء وعمق الغاية التي يصل إليها، وكان من الأولى في حينه أن تعتمده مديرية الأنواء الجوية ضمن أجهزة الرصد التي تستعملها، وتشغيله يومياً لن يكلف غير أشرطة الورق.

الجهاز الذي بناه هاوي الكهرباء العراقي وفاز بالجائزة الأولى، كان قد تعذر عليه الحصول على المسجل الورقي بطبيعة الحال و استعمل حلاً ذكياً بديلا لقياس متوسط مستوى الضوضاء من خلال استعمال معزز الحركة الذي يستعمله هواة بناء نماذج الطائرات، ويطلقون على معززات الحركة اسماً شائعاً بينهم هو (سيرفو)، ونحن نعلم إن هذه المعززات على نوعين، نوع يتبع في حركته عرض النبضة الداخلة إليه، والنوع الثاني يتبع في حركته مقدار الفولتية التماثلية الداخلة إليه كأن تكون مابين 0 فولت و +5 فولت، أو 0 فولت و –5 فولت. النوع الثاني هو البديل الذكي الذي استعمله؛ وربط إلى ذراعه قلم (ماجك) فعند ارتفاع مستوى فولتية الضوضاء الخارجة من المستقبل البسيط يتحرك ذراع المعزز محركاً القلم إلى نقطة جديدة وشريط الورق يتحرك تحته بسرعة بطيئة ثابتة.

واليوم يمكن استعمال القرص الدوار للفونوكرام (الذي لم يعد يستعمل هذه الأيام) ليدور بسرعة بطيئة ثابتة، دورة لكل 24 ساعة، وعلى وجهه ورقة دائرية؛ نضع المعزز في مكان ذراع الإبرة اللاقطة، وفي نهاية ذراعه نثبت أحد أقلام (السوفت) الشائعة هذه الأيام أو أحد أقلام الحبر الجاف. لنحصل في النهاية على قرص له خط بياني يماثل مستوى الضوضاء في الأجواء تبعاً لحالة الشمس، ولمدة يوم واحد (24 ساعة).

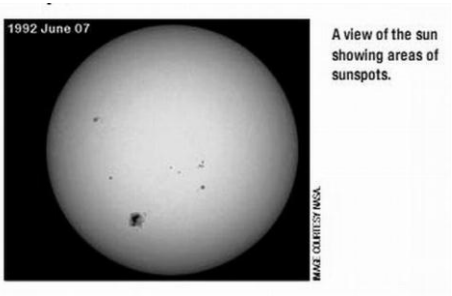
أما كيف نجعل القرص يدور دورة واحدة كل 24 ساعة فتوجد وسائل عديدة منها استعمال سيور نقل الحركة (القوايش) مع بكرات إضافية. أو استعمال المحرك الخطوي Step motor والتحكم بزمن خطوته من خلال دائرة الكترونية.

هاوي الراديو الهمام رازي طلال قد يسر لنا برنامجاً رائعاً يحل مشكلة المسجل الورقي Chart recorder، البرنامج يقدم محاكاة لشريط الورق وتسجيل شدة الفولتية المتناوبة الداخلة إليه، على شكل منحنى كالذي يسجله المسجل الورقي، ويمكن حفظ التسجيل كملف على الحاسبة و طبعه كمنحنى على الورق. أو نبني مذبذب سمعي بتردد 800 هرتز مثلاً ونغذي الخارج منه إلى مدخل المايكروفون للحاسبة، ونتحكم في شدة هذا التردد الخارج بواسطة الفولتية الخارجة من المستقبل البسيط، عن طريق دائرة تضعها بين المستقبل ومدخل المايكروفون. وبذا تتحكم الفولتية الخارجة من المستقبل بشدة الإشارة ذات 800 هرتز التي يراها البرنامج في الحاسبة، وينعكس أثر هذا على المنحنى الذي يرسمه البرنامج.

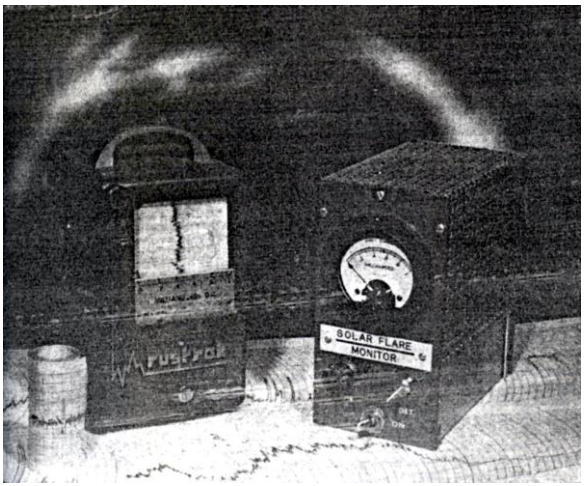
صورة تبين هوية البرنامج الذي يسره لنا هاوي الراديو النجيب المهندس رازي طلال، ليحل محل المسجل الورقي الكلاسيكي.

في عقد التسعينات أيضاً؛ أُعلن أن كسوفاً كلياً للشمس سيحدث ويمكن مشاهدته في مدينة الموصل. وقد انبرى الشباب والأساتذة والهواة في مدينة الموصل لرصد الحدث، إلا إن المؤسف إن الرصد الوحيد الذي جرى كان بالنظر إلى الشمس فقط بعد حجب الوهج الشديد طبعاً، ولم تستعمل أي وسيلة أخرى. كان من الأحرى أن يكون الجهاز الذي تحدثنا عنه موجود ليسجل منحنى الضوضاء في ذلك اليوم، كذلك كان من الأولى رصد طيف الأشعة تحت الحمراء الآتية من الشمس وكيف سيكون هذا الطيف عند حدوث الكسوف الكلي وأمور أخرى قد لا نعلمها إنما الجامعة أعلم بها... ربما إن الأساتذة ومن في الجامعة كانوا في

تلك الأيام في هم أكبر من النشاط العلمي. وما كانت تنشره مجلة علوم لم يكن ليخدم التطبيقات بأي حال من الأحوال، وكانت تمتلئ صفحاتها بصور بدون تعليق منقولة من الدوريات تُبهر الناظر. إلا إنها كانت غنية بأدبيات العلم وهي أقرب ما تكون إلى مجلة خبر وخيال علمي منها إلى مجلة علوم تطبيقية.



البقع الشمسية على قرص الشمس



إلى اليمين تجد المستقبل البسيط ذو الثلاث ترانزستورات الذي سيتحدث عنه المقال التالي والذي يمكن من خلاله الإصغاء إلى الشمس؛ إلى اليسار تجد المسجل الورقي لتسجيل خط بياني للضوضاء التي يستلمها المستقبل، وستجد بيان عن البدائل الميكانيكية المتاحة ضمن المقال.

الإصغاء إلى الشمس

Listen in on the Sun

مستقبل من ثلاثة ترانزستورات للنطاق الترددي VLF (الترددات الواطئة جداً) ينغم لاستلام أثر الانفجارات bursts الشمسية أو كما تسمى البقع Spots الشمسية أو الوهج Flare الشمسي.

By Howard Burgess, W5WGF
Electronic Experimental Handbook, Spring Edition 1967

القليل من الأمور تحدث في الفضاء الخارجي وتعتبر على قدر من الأهمية لخطوط الحياة على الأرض، كتلك التي تحدث على سطح الشمس. لقرون خلت كان الفلكيين الصينيين قد افتتنوا بالبقع السوداء التي كانت تبدو كأنها ترتحل وتنتقل عبر سطح الشمس. اليوم قد أطلقوا ببساطة على هذه العيوب أو العلل على نقاء سطح الشمس بالبقع الشمسية Sun-spots (لعدم وجود اسم أحسن) وقد تأكدوا بسرعة أن عدد والمساحة التي تحتلها هذه البقع يتغير من أسبوع إلى أسبوع، وشهر إلى شهر، وعلى الأخص من سنة إلى سنة.

البقع الشمسية تؤثر على كل نواحي حياتنا ، فبينما اهتمامنا المبدئي بها يتعلق بالاتصالات الراديوية Radio wave communications فيما يخص المسافات البعيدة long distances، فإن تأثيرها يمتد إلى نمو الحلقات في جذوع الأشجار ، وشدة العواصف في الشتاء، ... الخ.

خلال السنوات القليلة القادمة، فإن أي شخص يستخدم حزم الموجات القصيرة سيجد إن البقع الشمسية لها تأثير غي اعتيادي. بعض الترددات ضمن نطاق الترددات العالية HF قد يحدث لها حجب لحضي momentarily blacked out بينما الحزم الأخرى ستنفتح Open up لتغطي مسافات بعيدة غير اعتيادية DX.

آلاف ممن يستعملون حزمة المدنيين CB ستغويهم القفزات Skip القليلة التي تحدث للتردد 27MHz، وملايين من مشاهدي التلفزيون سيلتقطون أحياناً ومن وقت لآخر محطات غريبة على شاشات تلفزيوناتهم ءاتية عبر آلاف الأميال. هذا سيكون خلال الفترة التي تكون البقع الشمسية على أشدها. وقد تكهّن بعض العلماء إن ذروة ما حدث في العام 1969 كان أقل من ذروة البقع الشمسية العظيمة التي حدثت ما بين 1958 والعام 1959.

ما هي البقع الشمسية؟ What are sunspots?

سبب البقع الشمسية قد حير العلماء لسنوات عديدة. وعموماً، بالاستناد إلى أعمال التحري الأخيرة يمكن القول، عندما يشكل أحد الكواكب الأكبر التي تدور في نظامنا الشمسي نموذج لشكل دوران خاص form a special pattern في الفضاء، سنفترض إن مجالات القوى force fields

المتولدة تتحد أو تتقاطع جاعلة الغازات الساخنة على سطح الشمس أن تضطرب. نفس اتحاد القوى هذا ربما يسوق جسيمات ذرية، لتنطلق من الشمس خلال الفضاء مثلها في ذلك مثل الحزمة الإشعاعية لكاثود صمام الكتروني عملاق.

البقع الشمسية نفسها هي عواصف عنيفة حامية الوطيس تحاكي الاضطراب الذي تبدو حركته على وجه الشمس، لكن في الحقيقة ليس الأمر على هذا النحو بسبب إن الشمس تدور فعلاً وتغير موقعها بالنسبة إلى مجال رؤيتنا.

وهي تتغير في دورات محددة، تستغرق حوالي أحد عشر عاماً تصل خلالها البقع الشمسية إلى ذروتها ثم تتدهور إلى مقدار واطئ جداً. أعظم مقدار للذروة يمكن أن يدوم من سنتين إلى سنتين ونصف.

البقع الشمسية تقذف الجسيمات الذرية إلى الفضاء الخارجي وهذه الجسيمات والإشعاع يبدو إنها تولد مساحات مضطربة تعرف بالوهج الشمسي solar-flares التي تبدو للفلكيين عند مشاهدتها على إنها لهب هائل يتدفق spouted من البقعة الشمسية Sun-spot. الوهج flares أو الانفجارات bursts تبقى على الأقل من دقيقتين إلى ثلاث دقائق ، لكن خلال هذه الفترة الزمنية القصيرة ينطلق إشعاع كثيف. وعندما تكون البقعة الشمسية في ذروة نشاطها، فإن العديد من الانفجارات يمكن أن يحدث في اليوم الواحد.

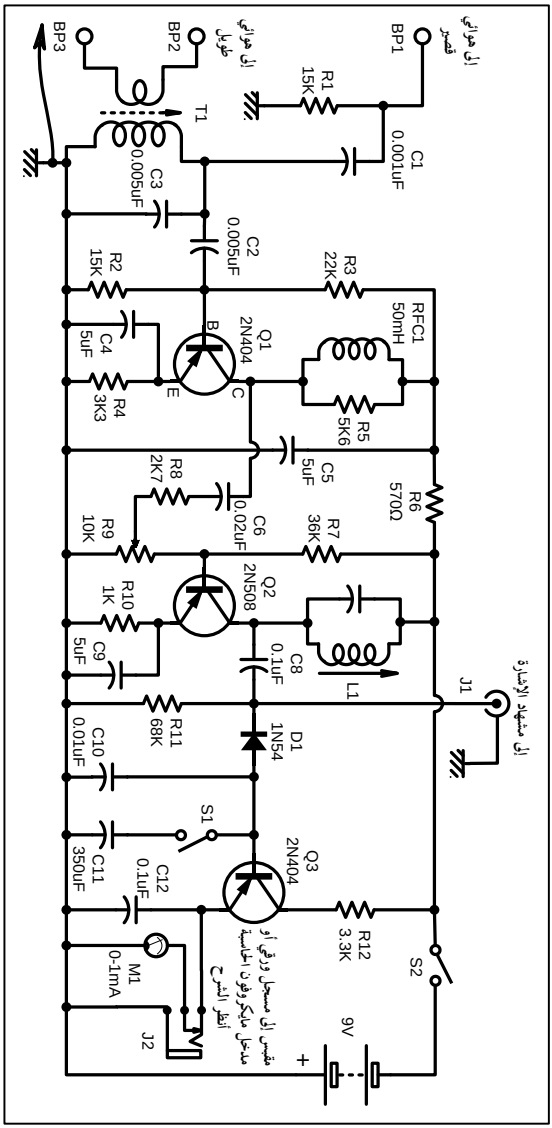
تأثير حطام الفضاء هذا على طبقة الأيونو سفير والنتائج المتمثلة في تعمية مسارات الاتصالات قد جرى تغطيتها في العديد من المقالات التي نشرت في Popular Electronics والمطبوعات المعاصرة.

جهاز استلام للتحذير Warning Receiver

الإشعاع الذي يأتينا من الوهج الشمسي solar flare (الانفجارات الشمسية) ينتقل إلينا بسرعة الضوء ويصل إلى كوكبنا خلال حوالي ثمانية دقائق. وعلى أي حال، فإن شحنة الجسيمات تقطع حوالي ألف ميل خلال الثانية الواحدة وتصل إلى الأجزاء الخارجية لجو الأرض خلال 24 إلى 36 ساعة. الجسيمات particles التي تصل متأخرة تؤثر على جميع أنواع الإرسال للموجات القصيرة، في حين إن الإشعاع ذو الحركة السريعة fast-moving radiation له تأثير صريح على الترددات الواطئة وأحياناً يتسبب لفترات قصيرة في إسكات الترددات الراديوية.

من خلال الإصغاء إلى الشمس يكون من الممكن التنبؤ على نحو مبكر ببعض التأثيرات التي يسببها الوهج الشمسي solar flare على إرسال الموجات القصيرة. مستقبل الأجواء البسيط atmospheric receiver يمكن أن يعطي هذه التحذيرات المبكرة وينبه القائم بالتشغيل إلى حقيقة أن حالات من السؤ في انتشار الموجات باتت متوقعة خلال يوم أو أكثر.

منطقة الترددات الواطئة جداً Very low frequency region ذات التردد 20-30KHz تمتلك مستوى من الضوضاء في الخلفية آتية من طبقة الأيونوسفير ربما أعلى من أي حصة من الضوضاء تمتلكها منطقة أخرى في طيف الترددات الراديوية. وخلال دقائق بعد حدوث الوهج



عند التردد الواطئ جداً المنغم عليه هذا المستقبل تصبح الدائرة بمثابة مستقبل مباشر **straight-thru** وإعادة التوليد غير مرغوبة هنا ((يعني أن تتذبذب الدائرة))، وعندما يكون رنين **T1** و **L1** عند نفس التردد، يجب خفض قيمة **R9** لإقلال التغذية العكسية. المقبس **J1** يكون اختياري ليؤمن مشاهدة أي إشارات غريبة عند حزمة **VLF** ما بين **25** و **35** كيلو هرتز إذا ما رغب المشغل بذلك.

الشمسي، فإن قيمة هذه الضوضاء سيرتفع إلى قيمة أعلى، ويبقى عند هذا المستوى المرتفع، ثم يتضاءل ببطء. ولكي نستفد من هذه الظاهرة، فإن كل ما يتعين أن يمتلكه القائم بالتجريب هو مستقبل بسيط ينغم عند حوالي (30KHz) . مثل هكذا مستقبل بشكله البسيط يمكن أن يبنى بالقليل من الكلفة. والعديد من التحسينات الإضافية يمكن أن تضاف إلى الوحدة الأساسية بالقليل أو حتى بدون كلفة (خاصة إذا كنت لا ترمي بعض الأجزاء المفككة من الأجهزة القديمة) .

الدائرة الالكترونية The Circuit

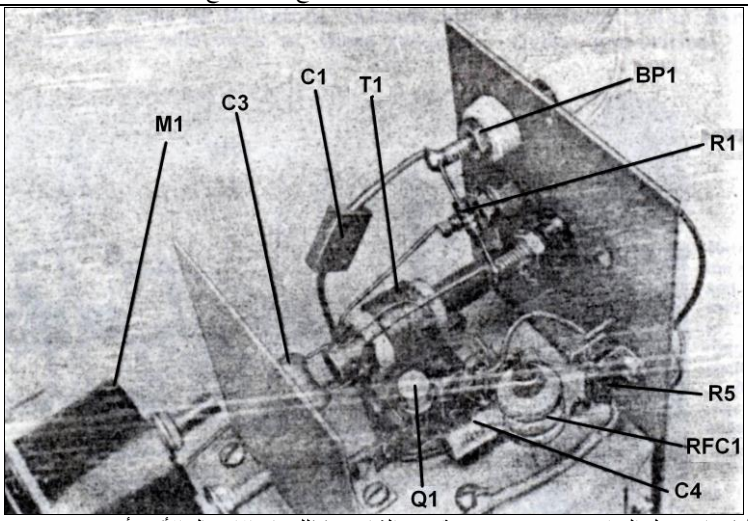
جهاز الاستقبال المشروح في هذا المقال يتألف من ترانزستورين تعملان كمضخم، ومنغمة إلى تردد حزمة الترددات فيما بين 25 و 35 كيلو هرتز KHz يتبع هذه الترانزستورات، ثنائي تقويم diode rectifier حيث يتولى ترانزستور آخر تضخيم الخارج منه، لسوق مؤشر ذو ملف متحرك يبين التيار المستمر الذي يمر في قاذف الترانزستور Q1 . أو يمكن أخذ الخارج منه عن طريق المقبس إلى مدخل مسجل ورقي chart recorder . جميع دوائر التنغيم في الدائرة تستعمل ملف تنغيم (من النوع المستعمل مع أجهزة التلفزيون القديمة لضبط عرض الصورة TV Width control coils) بمثابة حث قابل للتنغيم.

تقريباً أي ترانزستور يصلح للعمل على هذه الترددات، كذلك فإن قيم المقاومات المبينة على المخطط ملائمة لاستعمال الترانزستورات 2N404 و 2N508 كلاهما ذات سعر مناسب وتعمل بشكل جيد.

دائرة الثنائي التي تقوّم الضوضاء إلى تيار مستمر .d.c لا تحتاج إلى شرح فيما عدا المتسعات C10 و C11 . هذه المتسعات استعملت لتنغيم الضوضاء الخارجة ونبضات الكهربائية المستقرة إلى خارج من التغيير البطيء الذي يتبع حصراً التغيرات الكبيرة في ضوضاء الخلفية background noise الآتية من الأجواء المتأينة atmospheric مثل الذي يحدثه الوهج الشمسي solar flares، أو العواصف الرعدية الشديدة.

القيمة الفعلية للمتسعة C11 تعتمد على مقاومة دخول المقياس أو المسجل المقرن إلى الترانزستور Q3 . ويتعين أن تكون القيمة بين 15 و 350 مايكرو فراد. المفتاح S1 يرفع المتسعة C11 من الدائرة ويقلل ثابت الوقت time constant لهذه المرحلة عند الرغبة في مراقبة أثر الصواعق lighting flashes خلال عاصفة رعدية محلية.

المقبس السمعي Phone Jack J2 يوفر وسيلة التوصيل إلى مسجل ورقي خارجي، الذي يعتبر جهاز مثالي لمراقبة الوهج الشمسي solar flares ((لقد شاهدت قطعتين من المسجل الورقي في سوق بغداد للكهربائيات، قطعتين تعمل بالطاقة الكهربائية، والقلم ساخن كالمستعمل مع رسام القلب الكهربائي، عدم توفر التيار الكهربائي والورق الخاص اللازم له، تجعل أي شخص يزهد في فكرة شراءه، خاصة وإن توفر الحاسبة المحمولة يتيح للمرء أن يستعمل برنامج يتولى مهمة التسجيل من خلال تغذية مقبس المايكروفون بالإشارة ليسجل النتائج كأنها مرسومة على الورق وطبعها عند الحاجة أو حفظها في ملف. هذا في نفس الوقت يمكن استعمال الحاسبة بشكل اعتيادي.))



جميع المكونات حول الترانزستور **Q1** موضوعة فوق الشاسيه. كذلك فإن الاحتمال الأكبر أن تنغيم **T1** و **L1** سيكون لمرة واحدة، ويجرى التنغيم وكلا الملفين مركبة وقبضات التدوير مثبتة إلى المحاور المحززة حلزونياً. مقابس التوصيل الثلاثة لتأمين توصيل ثلاثة أنواع من الهوائيات، طويل أو قصير أو بينهما.

بناء الدائرة Construction

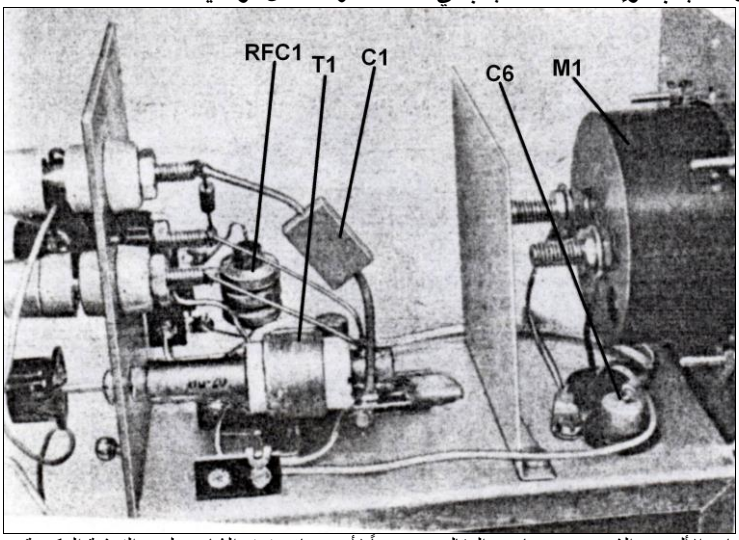
مستقبل مراقبة الترددات الواطئة المنبعثة من الوهج الشمسي من الأجهزة التي لا يعتبر بناءها أمراً حرجاً. الاحتياط الوحيد الذي يجب الانتباه له في حجب Shield الدائرة حول الترانزستور Q1 عن الدائرة حول الترانزستور Q2 و Q3. يتمثل البناء الأبسط في استعمال مكونات متوفرة تحت اليد، حيث نجري البناء داخل وعلى صندوق صغير من الألمنيوم. المرحلة الأولى للمستقبل تركب خارج الصندوق والمرحلة الثانية مع دائرة القياس في داخل الصندوق.

ولجعل المستقبل جذاب أكثر، نقطع من رقائق الألمنيوم الخفيف واجهة أمامية وواجهة خلفية ونرفقها إليه. بعض البنائيين وجد ضرورة كون قاع الصندوق مفتوحة لمنع حدوث دورة مغلقة للتردد الراديوي من أن تتشكل حول ملف الكاشف.

المستقبل الذي بناه صاحب المقال، كان قد جمّع مكونات الدوائر حول الترانزستورات جميعها على لوح بتلات صغير Small terminal boards ويثبت على الشاسيه Chassis.

كذلك فإن ملفات التنغيم ذات القلب القابل للضبط Slug-tuned inductors تحتاج لأن تضبط فقط لمرة خلال عملية التنغيم الرئيسية، توضع الملفات على الواجهة الأمامية و الخلفية لتلاءم هذه الغاية. يتعين الاهتمام لنضمن أن الملف الخانق RFC1 موضوع عند الزاوية الصحيحة بالنسبة إلى قلب core محولة التردد الراديوي T1. الصور الفوتوغرافية ترينا وضعية التركيب الصحيحة.

التركيب الغير صحيح لخانق حمل الجامع للترانزستور Q1 سيسبب أن هذه المرحلة تدخل في حالة من التذبذب. وإذا ما حدث تذبذب في هذه الدائرة اعكس توصيلات RFC1.



لاحظ حجاب الألمنيوم الذي وجده صاحب المقال ضرورياً لأن يضاف فوق الشاسيه لمنع التغذية العكسية من المقياس إلى دائرة الدخول حول الترانزستور **Q1**. متسعة الإقران **C6** مثبتة بمساعدة مطاطة تمرير الأسلاك **rubber or plastic grommet** لذا فإن أحد التوصيلات فوق الشاسيه والآخر تحتها. التوصيلات إلى المقياس تمرر خلال مطاطة أخرى.

بطارية B1 ذات 9V تركب خارج الحاوية، ليمكن استبدال البطارية بسهولة. وإذا ما كان المقصود استعمال الوحدة لفترة طويلة من الزمن، يمكن حينها استعمال بطارية ذات حجم أكبر وتترك خارج الهيكل.

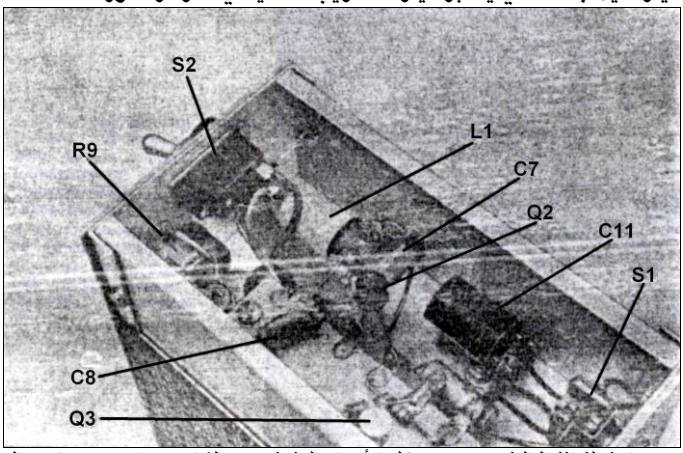
مقبس آخر قد أضيف إلى نموذج صاحب المقال، لأخذ خارج إلى مشهاد الإشارة Oscilloscope. فإذا ما توفر مشهاد إشارة، يمكن حينها للقائم بالبناء أن يستعمله لكشف الإشارات الغير مرغوبة وحالات التذبذب الذاتي.

المقياس M1 يمكن أن يكون أي مقياس له واجهة بقطر انجين "2 وحساسية للتيار المستمر بين 50uA و (1mA). المقاومة R12 تحدد التيار الذي يمكن أن يسحب خلال المقياس أو خلال المسجل. القيمة التي تراها تسمح بحوالي 1mA أن تمر إذا كان المسجل يمتلك مقاومة داخلية تبلغ 1000Ω.

التنغيم والتشغيل Tuning and operating

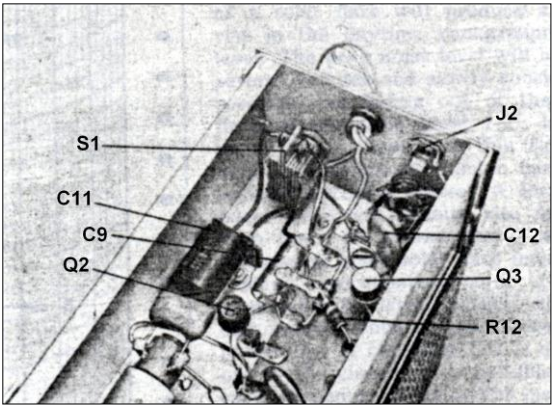
بعد أن تفحص وتتأكد لمرتين التسليك والتوصيلات، وصل بطارية إلى المستقبل لتعمل كمجهز قدرة، ندور منزلقة R9 باتجاه نقطة الأرضي، ونرفق هوائي خارجي إما إلى BP1 أو BP2. وصل

BP3 بقطعة سلك إلى الأرض earth. عندما تضع المفتاح S2 على وضع تشغيل، سيقفز المؤشر قليلاً وربما يقرأ تيار قليل جداً (الذي يعتبر تيار التسريب الاعتيادي للترانزستور Q3).

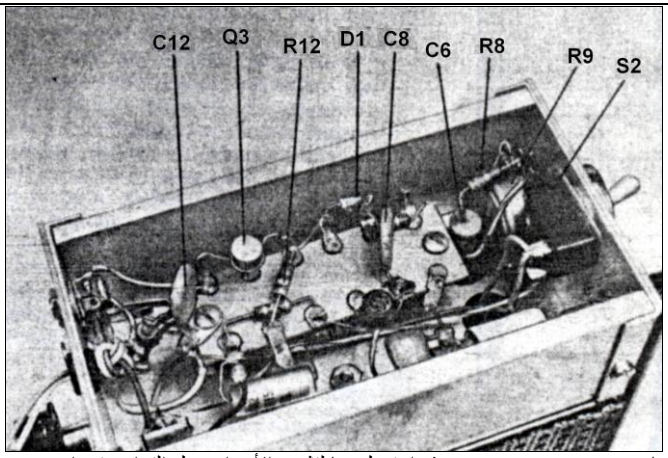


الصور الفوتوغرافية الثلاثة التالية تبين ترتيب كل الأجزاء المثبتة تحت الشاسيه، وقد وجد صاحب المقال أنه من الضروري إبقاء قاع الشاسيه الألمنيوم مفتوحة للقضاء على التغذية العكسية لإعادة التوليد أو ما يسمى "الدورة المغلقة" وليس للقاعدة المفتوحة أي تأثير على أداء المستقبل.

قدم ضابطة الكسب R9 ببطء مبعداً المنزلقة عن نقطة الصفر. فإذا ما قفز المقياس فجأة خارج التدريج، فهذا يدل على إن إعادة توليد regeneration قد حدثت (وهي غير مرغوبه هنا) وإعادة التوليد هذه يمكن أن نسيطر عليها من خلال تغيير قيمة R5 إقلال قيمة هذه المقاومة يقلل الميل نحو تذبذب إعادة التوليد. المستقبل قد يبدي علامات لإعادة التوليد عندما يكن الهوائي موصل وضابطة الكسب Gain control على وضع أقصى كسب.



من هذا المشهد تنظر إلى الجانب الخلفي للشاسيه. المقبس J1 يقع تحت J2 أحدهما يبدو بحجم مقبس سمعي اعتيادي، الآخر أصغر. المفتاح S1 يسيطر على ثابت الوقت لدائرة الخارج لذا فإن المسجل الورقي بإمكانه أن يسجل متوسط القراءات لضوضاء الخلفية وليس قفزات الضوضاء المستقلة. القيم المعطاة في الدائرة تلاءم مسجل ورقي رخيص الثمن كالذي تراه في أحد الصور الفوتوغرافية.



لوح بتلات اللحام **Solder lug terminal board** قد استعمل هنا لتثبيت الأجزاء حول الترانزستورات **Q2** و **Q3** وتراه فاتح اللون. توصيلات الترانزستور نوصلها إلى البتلات باللحام للتخلص من الحاجة إلى مقابس للترانزستورات ((وهو ما كانت تجري عليه المصانع في ستينات القرن العشرين)). يمكن للوح أن يجمع خارجاً ثم يركب تحت الشاسيه باستعمال مسامير محوية.

الطريقة الأبسط لتنغيم هذا المستقبل هي في استعمال مذبذب سمعي. اقرن الخارج من المذبذب السمعي إقران سائب loosely Couple إلى الهوائي ونغم T1 و L1 إلى ذروة قراءة المقياس. (لا تنخدع بالاعتقاد أن بإمكانك سماع نغمة الإشارة tone signal وتذكر إنك تستعمل المولد السمعي خاصتك لضبط line up المستقبل. وليس كمولد تردد راديوي معدّل Modulated radio-frequency generator).

التنغيم يجب أن يتم والهوائي موصل، طالما أن الهوائي بإمكانه أن يغير تردد الرنين لـ T1 عند فصله. إذا لم يتوفر مولد تردد سمعي، يمكن أن نلتقط التنغيم من خلال ضبط T1 و L1 لأعظم ضوضاء في الخلفية. عمليات الضبط تتم دائما لأعلى انحراف يحدث للمؤشر. مصباح الفلورسنت هو مولد بديل ممتاز، وعند تقريب سلك الهوائي إلى المصباح سيبين دائماً قراءة مرتفعة.

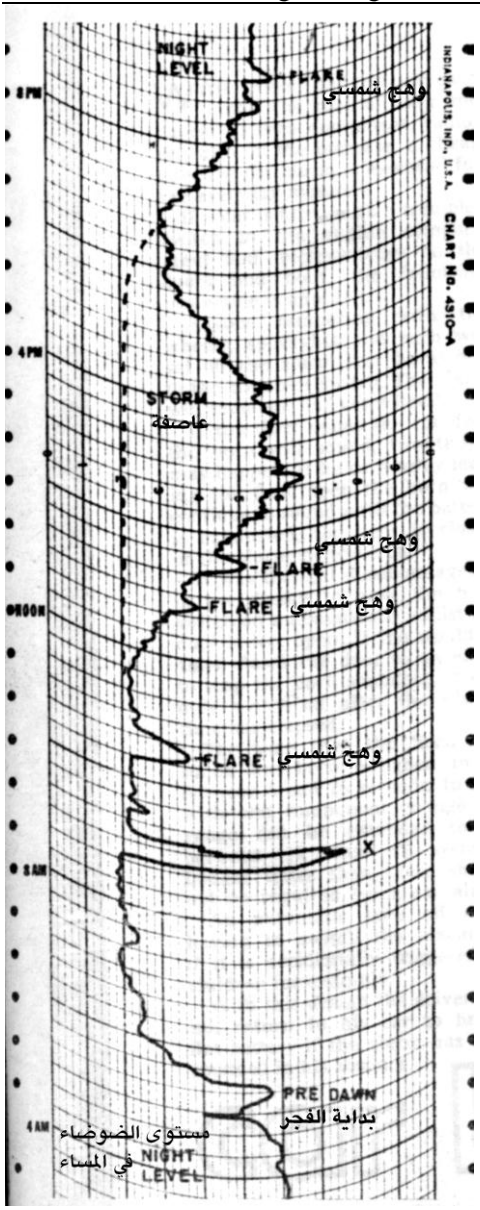
قلل كسب R9 عندما تنتهي من تنغيم T1 و L1 إلى أقصى قيمة؛ بعد الانتهاء من تنغيم المستقبل (ولنقل إلى تردد 27KHz) وصل زوج من سماعات الأذن وافتح المفتاح S1. سوف لا تسمع شيئاً عدا كمية قليلة من الضوضاء. إذا سمعنا أي إشارات مورس CW واطئة التردد، يتعين حينها إعادة تنغيم المستقبل لمنع هذه الإشارات. جميع عمليات التنغيم يجب أن تتم خلال النهار والهوائي موصل. عندما يكون المستقبل جاهزاً للاستعمال، فإن ملاحظاتك الأولى ستكون إن مستوى الضوضاء في وقت الليل عدة مرات أعظم ن مستوى الضوضاء خلال النهار.

بعد التحقق من الفرق في مستوى الضوضاء، اضبط مسيطر الكسب R9 عند مستوى ضوضاء المساء إلى حوالي ثلثي مدى الحركة للمؤشر. قبل الفجر سيهبط مستوى الضوضاء في الخلفية.

وسيستمر إلى المستوى الواطئ خلال النهار مع تغيير قليل لحين هبوط الشمس، حيث يتزايد بسرعة إلى مستواه في المساء. وعلى أي حال، فإن عاصفة رعدية في النهار بإمكانها أن ترفع مستوى الضوضاء في الخلفية إلى مستوى يقرأه المؤشر كقراءة عالية جداً.

تبيان الإنفجارات الشمسية (الوهج الشمسي) Identifying Solar Flares

حدوث الوهج الشمسي Solar flare سينتج صعود حاد Sharp في مستوى ضوضاء النهار. ذروة مستوى الضوضاء ستبقى لعدة دقائق ثم تهمد ببطء. هبوط الوهج الشمسي يحث انفجارات ...



التسجيل التخطيطي إلى اليسار يبين بعض الأشياء التي يمكنك أن تشاهدها بمستقبل الترددات الواطئة VLF هذا. ستقرأ في الأعلى مستوى الضوضاء في المساء وهي تهبط قبل ارتفاع الشمس، لترتفع إلى قمة جديدة ثم تهبط إلى مستوى الضوضاء الاعتيادي في النهار. الندبات المفاجئة المؤشرة (عدا المؤشرة بالعلامة x) هي وهج شمسي أو (انفجارات شمسية) وهج شمسي أخير كان آخر النهار وقد دفنته ضوضاء المساء. العاصفة الرعدية أنتجت اضطراب كهربائي لا يمكن تجاهله وترى قمته هنا بين الساعة الثانية والساعة الرابعة مساءً. القفزة المؤشرة بالعلامة x تبين نوع الضوضاء التي صاحبت إطلاق صاروخ تعزيز Rocket booster firing.

... ضوضائية noise burst قد تستمر لأكثر من ساعة، وهذا الخفوت Fade البطيء يساعد في تمييز الوهج الشمسي Solar flare عل المنحنى كندبة من الضوضاء الكهربائية الغير اعتيادية.

الضوضاء الكهربائية المحلية ترتفع Rise عادة بسرعة وتهوي drop بسرعة. بالطبع العواصف الرعدية دائماً تضيّع mask العلامات التي تبين الوهج الشمسي. العديد من هواة التجريب بإمكانهم أن يجدوا أنه من السهولة كشف detect اضطراب الكهرباء الطبيعية عندما لا تشاهد غيوم في السماء.

إذا ما تم فصل المتسعة C11 من الدائرة بواسطة المفتاح سيكون من الممكن مشاهدة كل ضربة برق على المؤشر.

بضع كلمات تنبيهيه تحول دون الفشل عند استعمال هذا المستقبل. لا تتوقع أن تجد الخارج من المستقبل مثل خط ناعم منحني له انحناءات مفاجئة يمكن أن نؤشرها على إنها وهج شمسي. العديد من الأشياء نعلمها، وأخرى لا نعلمها، ولكن يمكن أن نقرأها بمساعدة هذا المستقبل. في أحد الأيام التي سجل فيها صاحب المقال، كان قد قرأ على التسجيل ثلاثة انفجارات شمسية وعاصفة رعدية في أعلى الجبال، وما ظهر كأنه أحد المعززات الصاروخية قد انفجر، وما يشبه هجمة مفاجئة لمحرك كهربائي ضوضائي جداً.

لذا عندما تحصل على العديد مثل هذه الإشارات، قم ببعض التحري وجد مصدر الضوضاء كلما كان ذلك ممكنا. هل هو خربشة غريبة مهملة ءاتية من المسجل الورقي الذي تستعمله أو قد تكون تجربة صاروخية في منغوليا، أو محمصة الخبز التي يستعملها جارك.