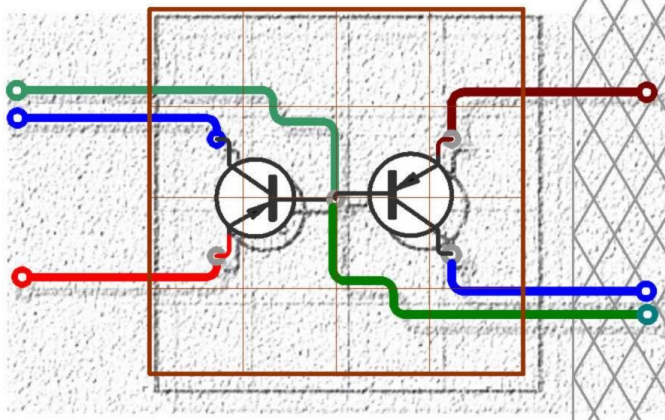
الألكترونيات

الكتاب الرابع



سرمد نافع

الإلكترونيات

الكتاب الرابع

مدخل للاتصالات وما حولها

تأليف

سرمد نافع

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

وَقَالَ يَٰبَنِيَّ لَا تَدۡخُلُواْ مِنۢ بَابٖ وَٰحِدٖ وَٱدۡخُلُواْ مِنۡ أَبۡوَٰبٖ
مُّتَفَرِّقَةٖۖ وَمَآ أُغۡنِي عَنكُم مِّنَ ٱللَّهِ مِن شَيۡءٍۖ إِنِ ٱلۡحُكۡمُ
إِلَّا لِلَّهِۖ عَلَيۡهِ تَوَكَّلۡتُۖ وَعَلَيۡهِ فَلۡيَتَوَكَّلِ ٱلۡمُتَوَكِّلُونَ ٦٧
وَلَمَّا دَخَلُواْ مِنۡ حَيۡثُ أَمَرَهُمۡ أَبُوهُم مَّا كَانَ يُغۡنِي
عَنۡهُم مِّنَ ٱللَّهِ مِن شَيۡءٍ إِلَّا حَاجَةٗ فِي نَفۡسِ يَعۡقُوبَ قَضَىٰهَاۚ
وَإِنَّهُۥ لَذُو عِلۡمٖ لِّمَا عَلَّمۡنَٰهُ وَلَٰكِنَّ أَكۡثَرَ ٱلنَّاسِ لَا يَعۡلَمُونَ

٦٨

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذي يسر لنا تمام هذا العمل، فهو المتفضل علينا وحده صاحب الفضل والمن.

والصلاة والسلام على نبينا محمد وعلى آله وصحبه الطيبين الطاهرين.

وبعد

فقد كان لنا مع الالكترونيات صولات وجولات منذ أن كنا في الأول المتوسط، فكم من الألعاب قد كسرنا، وكم من أجهزة البيت قد أتلفنا . ورغم جهلنا بالكثير من نواحي هذا العلم، كان ولعنا ببناء أجهزة اتصال راديوية لا يدانيه ولع. هذا على فترة لم نر فيها جهاز اتصال حقيقي ولا حتى قطعتي (الووكي توكي) لعبة الأطفال التي نجدها الآن مبذولة في سوق الشورجة؛ أو أجهزة الاتصال التي يستفاد منها في ساحة العمل.

كنا نجد هنا وهناك خرائط بسيطة يصعب علينا قراءتها لا بل لا نعرف كيف تعمل.

وإذا عملت نحتاج أن نستعير راديو العائلة للتحقق من عملها، في وقت إذا تعطل راديو العائلة عن العمل قد لا نملك علماً يؤهلنا لإصلاحه.

واليوم أرى الشباب تعتريهم نفس الرغبات، ولكن هل أخذلهم بخرائط قد لا يجدون سبيلاً لبنائها . لم لا أقدم لهم الأسس ثم أتبعها بالتطبيقات . .

. . نعم سأضع الأسس في الاعتبار الأول.

وهذا الكلام يحضرني كلما نظرت إلى موضوع خطوط النقل. هذا الموضوع فيه تطويل وكلام كثير لكني لم أر ما يكافئه باللغة العربية قط. وهو يشرح ويفصل عمل خطوط النقل بدون الولوج في عميق الرياضيات وهذا ما لا نجده في المصادر. جميع المصادر تتحدث عن خطوط النقل من خلال لغة الرياضيات وبذلك يقل الكلام. وتتقد العقول بصمت.

لا زلت أذكر كيف انتبهت في يوم من الأيام إلى إني لا أفهم شيئاً في خطوط النقل وقلت قد آن لي أن أقرأ شيئاً عن هذه الخطوط؛ فمسمياتها تعترضني كلما تطرقت إلى الترددات الراديوية وما حولها. أعددت لنفسي طاولة عليها قاموس وصرت أقرأ وأتعجب هكذا إذاً، هذه الخطوط لها خصوصية تذكرني بالخطين المتوازيين في الفلسفة اليابانية وكيف ينظر إليها على إنها الزمن في هروبه نحو الأبدية. ولعل هذا هو جوهر الإفناء في خطوط النقل.

قد نقرأ في يوم من الأيام عبارة مثل "يتعين نقل الإشارة لمسافة انج واحد باستعمال تقنية خط النقل" سوف لا أخشى على القارئ من عدم الفهم بعد قراءته للموضوع أعلاه، ومنها نفهم أن نقل الإشارة لمسافة انج واحد لا يتم باستعمال قطعة من سلك طوله انج

لكن باستعمال مثلاً قطعة من خط محوري له ممانعة خصائصية هي نفس ممانعة النقطة التي سننقل منها الإشارة.

ولم أنس أجهزة القياس والفحص بطبيعة الحال فاخترت منها ما هو صعب المنال في السوق، مثل مسبار التردد الراديوي ليعمل مع الفولتميتر التماثلي الالكتروني، والمسبار الفعال لمقاييس التردد ولمشهاد الإشارة، وجميعها جرى بنائها واستعمالها وهي ليست من الكماليات بأي حال. ومن يروم بناء أجهزة القياس والفحص يتعين عليه صنع التدريجات! ولم يعد هذا الأمر صعباً، فهذه الطابعات الليزرية بإمكانها أن ترسم خطاً بالكاد يمكن رؤيته فلماذا لا نسخرها لهذا العمل؟ وتم ذلك من خلال عدة برامج سيجد فيها هواة بناء الأجهزة الالكترونية ضالتهم.

كثير من الأجهزة تمر على ذهني أثناء إعداد الكتاب؛ الكثير منها يتضمن إثارة للقارئ دون فائدة عملية منها. مثلاً مشهاد إشارة من مائة ثنائي باعث للضوء؛ الدائرة بسيطة وغير مكلفة والمواد متوفرة لكن واقع الأمر أن مائة نقطة مضيئة غير مفيدة لمشاهدة إشارة ما؛ التحليل قليل ونتيجة العمل مفيدة كوسيلة إيضاح ليس إلا. وبدلاً من إيضاح عمل الأُسلسكوب من خلال مائة ثنائي باعث للضوء؛ يمكننا ذلك على مشهاد إشارة حقيقي في مختبرات المعاهد.

كانت البرمجة في السابق عبارة عن مجموعة تعليمات توجه إلى الحاسب فينفذ ما نريد . ثم تطورت وأصبحت مجموعة أدوات لها خصائص نختار الأداة وفق خصائصها (مثل صناديق النص وأزرار الأمر وغيرها) وندرجها في البرنامج لنصل إلى الغاية وبدون اختيار خصائص الأداة لا يمكن إدراجها في التطبيق . وبذلك أصبحت البرمجة تشبه الالكترونيات عند تصميمها وإعدادها للعمل. وأصبح بإمكاننا كذلك أن ننفذ مهام برمجية من خلال قطع الكترونية وبدون حاسب. فقط من خلال التعرف على خصائص القطع (المتكاملات وتوابعها) وتسخيرها لإتمام العمل المطلوب. . .

الإصدار القادم من الكتاب سيتضمن بإذن الله المواضيع التي طال انتظارها مثل تصميم وحساب المرشحات وكيف نبني عارضة ألكترونية للكتابة المتحركة، وأجهزة سمعية وراديوية متنوعة، وكاشفات تقرب وأجهزة صناعية مختلفة.

الثامن من جمادى الأولى للسنة القمرية ١٤٢٧ بعد الهجرة النبوية المباركة

أوائل حزيران ٢٠٠٦

بداية الإرسال الراديوي

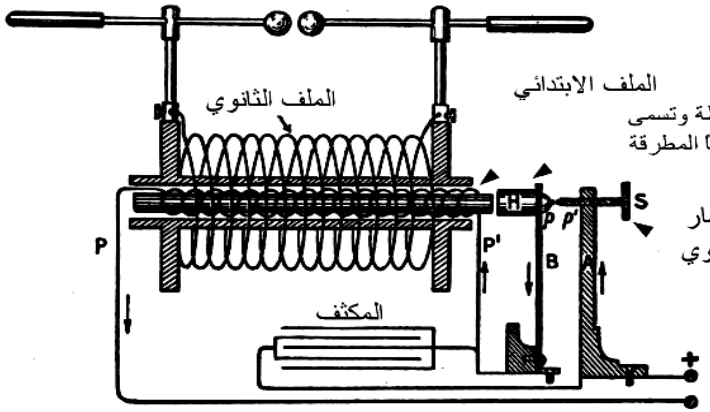
سبق الإرسال الراديوي اختراع مهم مهد الطريق له ألا وهو ملف الحث **Induction Coil**؛ و النماذج المبكرة لهذا الملف صنعها العالم روموكوف **H.D. Ruhmokorff** في عام ١٨٥١ وهو أحد مواطني مدينة هانوفر الساحلية في ألمانيا، ويطلق على ملف الحث هذا في كثير من الأحيان ملف روموكوف.

ملف الحث مشروح بالتفصيل في مناهج الفيزياء المدرسية، وكان في أيامنا ضمن منهج الفيزياء للرابع العام ومنهج الفيزياء للسادس العلمي. لذا سوف لا أعيد شرحه هنا ولكن سأذكر بعض التفاصيل العملية المهمة.

النقطة التي تعطي ملف الحث الأهمية التي هو عليها أنه لا زال يخدم الإنسان إلى اليوم، وذلك في محركات الاحتراق الداخلي (كويل السيارة) ليولد الجهد المرتفع في ملفه الثانوي مسبباً قدح الشرارة الكهربائية في شمعات القدح والتي تحرق خليط الوقود والهواء في غرف الاحتراق للمحرك. وبدلاً من ترتيبة تقطيع التيار الابتدائي المضمنة مع النماذج الأولية والمتمثلة بالحافظة أو المطرقة يجري في السيارات التقطيع من وسيلة خارجية ميكانيكية أو إلكترونية (الديلكو أو الإكنايتر على التوالي)؛ وبهذا أمكن تحسين تغليف الملف وعزله عن العوامل الخارجية وملئه بزيت المحولات العازل (أنظر الملحق في نهاية الموضوع لتقرأ حول زيت المحولات) ليخدم فترات طويلة وباعتمادية عالية. يختلف ملف الحث عن المحولة في أن القلب الملفوف عليه الملف غير مغلق (قلب مفتوح ذو نهايتين) وبهذا تكون للمجال المغناطيسي المقدرة على أن ينطلق مبتعداً عن نواة الملف ليقطع لفات الملف الثانوي بطريقة تختلف عن المحولة الكهربائية تماماً.

في الشكل ١ تجد صورة تخطيطية لملف روموكوف

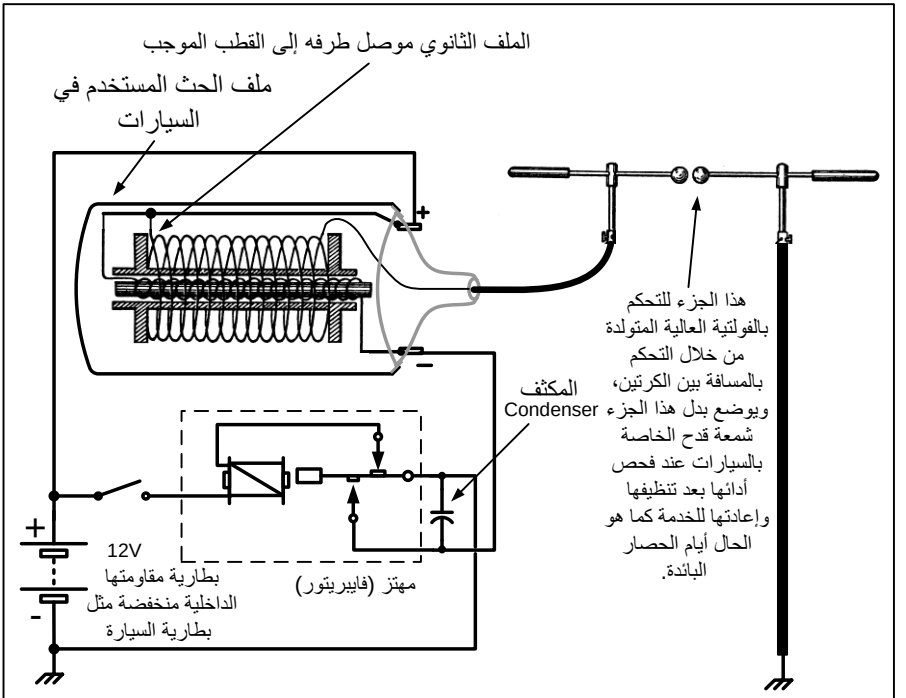
- يخرج الجهد العالي المتولد من طرفي الملف



الشكل 1 ملف الحث الشبيه بالمحولة. قلب الملف من الحديد المطاوع، يتمغنط عندما يمر تيار في الملف الابتدائي؛ والملف الابتدائي محاط بالملف الثانوي الذي يتألف من سلك نحيف وعدة آلاف من اللفات. دائرة الملف الابتدائي تنفتح وتنغلق باستمرار من خلال ملامسات البلاتين PP' نتيجة لحركة الحافظة وتسمى مطرقة Hammer في بعض المصادر؛ وكل عملية غلق وفتح تولد قوة دافعة كهربائية كبيرة في الملف الثانوي.

الثانوي كبير اللفات وتجده موصل إلى كرتين معدنيتين يمكن التحكم بالمسافة بينهما، عندما يتولد الجهد العالي يتسبب في قدح شرارة في الفجوة بين الكرتين. يمكن تحديد مقدار الجهد الواقف على طرفي الملف الثانوي من المسافة بين الكرتين وكلما زادت المسافة كلما زاد الجهد المتولد. ويمكن الرجوع إلى الجدول الذي وضعته في كتاب المستقبل البلوري للهواة الشباب والفتيان لنفس المؤلف لمعرفة الجهد المقابل لمسافة معينة بين الكرتين. وإذا أمكن بناء ملف ثانوي كبير الحجم وجيد العزل فيمكن أن تحدث الشرارة بطول عشرة انجات إلى خمسة عشر انج. وتكنيك قياس الجهد العالي من طول الشرارة المتولدة مستخدم إلى اليوم في أجهزة قياس جودة ملف الحث في السيارات، حيث يعمد إلى تكبير الفجوة حتى تنقطع الشرارة وقراءة مدرج طول الفجوة لمعرفة الجهد العالي الذي ولده الملف المقابل لهذه المسافة.

- الجزء المسمى الحافظة يكون طويل نسبياً وهو مرن في حركته وفي نهايته ذات نقطة البلاتين يوجد ثقل بسيط الفائدة منه جعل عملية التوصيل والقطع بطيئة نسبياً. ونحن إذا استعملنا حافظة قصيرة الطول سيحدث الفتح والغلق بسرعة كبيرة ينتج عنها صهر وتلف نقطة التلامس بين المسمار المحوي والحافظة بفعل حرارة الشرارة المتولدة التي لا تجد فرصة لتتوقف عن التوهج. يحدث هذا التلف رغم وجود المكثف. وفي الجرس الكهربائي التقليدي تكون الحافظة هي المطرقة نفسها وطول المطرقة يؤمن عدم اهتزازها بسرعة ومن ثم تلفها.
- يكون المكثف في حالة دورة قصيرة عندما تلامس الحافظة المسمار المحوي، لذا يكون في حالة تفريغ، وعندما تنفصل نقطة التلامس يصبح المكثف موصلاً إلى الملف بشكل مفاجئ فيتسبب عنه هبوط شديد للتيار الكهربائي في الملف، هذا الهبوط المفاجئ له أثر كبير في حث قوة دافعة كهربائية كبيرة في الملف الثانوي، ويلاحظ أثر ذلك في السيارات عند عطل المكثف أو انقطاعه كيف إن المحرك يتعثر في عمله.
- القلب الملفوف عليه الملف الثانوي ممكن أن يكون مجموعة من أسلاك أو مجموعة صفائح وفي ملف الإشعال في السيارات يكون من مجموعة صفائح، ولا تستعمل كتلة واحدة من الحديد لنفس الأسباب المعروفة بخصوص التيار الدوام.
- عندما تم اختراع هذا الملف في النصف الثاني من القرن التاسع عشر كان مبهراً في عمله، وفرقعة الشرارة المتقدة بين ألكتروداته لم يشهد الناس شيئاً كهذا تحت سقف غرفة، في زمن كان يتسم بالرتابة والملل والعربات التي تجرها الجياد هي واسطة النقل في طرقات المدن. لذا أجريت عليه العديد من لتجارب لتحري هذا العالم الغريب. ومن أشهرها مباعدة الكرتين المعدنيتين حتى تصبح الشرارة عاجزة عن الاتقاد ولكنها تتقد حال تعرض المسافة بين الكرتين إلى ضوء شرارة مجاورة من ملف آخر مما عزز الرأي القائل إن طاقة خفية قد انتقلت في الفراغ من الشرارة الأولى وسهلت للشرارة الثانية ولادتها.



الشكل 2 – طريقة استعمال ملف الاشعال المستعمل في السيارة لتحقيق نموذج ملف الحث روموكوف الموصوف في الشكل1

في الشكل٢ نرى كيف تم وضع ملف الحث روموكوف داخل حاوية معدنية محكمة الغلق والعزل مملوءة بزيت المحولات ليخدم كملف إشعال لخليط الوقود في السيارات من خلال قدح شمعات القدح بعد تزويدها بالضغط العالي الملائم.

لاحظ التغيير الذي حصل لتوصيل أطراف الملفات عما هي عليه في الشكل رقم١. طرفي الملف الثانوي أحدهما يذهب إلى مخرج الضغط العالي من الملف والآخر يذهب إلى الطرف الموجب للملف الابتدائي لتتم دورة الضغط العالي من خلال بطارية السيارة الحامضية ذات المقاومة الداخلية الواطئة إلى (الشاصي) رجوعاً إلى فجوة الشرارة. وهذه النقطة مجهولة لدى كثيرين وهي صحيحة تماماً مع أنواع السيارات التي كانت سائدة أيام السبعينات من القرن العشرين أما السيارات الحديثة فتستعمل ملفات تعطي جهد عالي أعلى بكثير من التي ذكرناها وحري بنا أن نفحصها عملياً للتأكد من تركيبها الداخلي. ((هذا الموضوع يفتح لنا أبوابا بعيدة عن الذي نحن بصدده لكني سأشير إليها لنعود إليها في مناسبة قادمة بإذن الله؛ كانت السيارات في بلدان أوربا في السبعينات تعاني من صعوبة اشتغالها شتاءاً في الصباح وكان يعمد بعضهم إلى وضع مسخن كهربائي تحتها طول الليل، وقد ابتكروا في تلك الفترة وسيلة الكترونية لسوق ملف الإشعال عن طريق تفريغ جهد عالي من متسعة مشحونة في الملف الابتدائي لتنتج شرارة ساخنة وقوية في شمعات القدح تؤمن اشتغال السيارة في الشتاء البارد. وحققت هذه الوسيلة مبيعات عالية في تلك الفترة. في السيارات الحديثة تم تغيير تصميم الملف التقليدي ليعطي فولتية

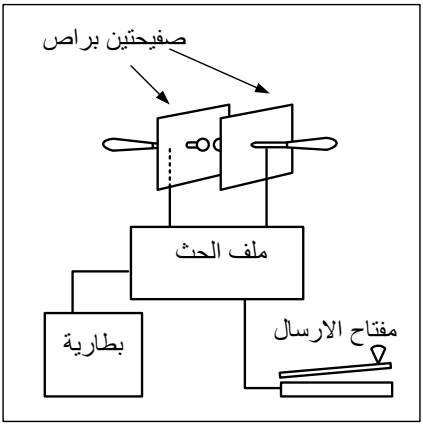
خارجة عالية، ولكن هذه المرة يتعين تقطيعه من خلال وسيلة الكترونية بدل (البلاتين) الذي يكون عمره قصيراً مع هذا النوع من الملفات. لذا من الأنسب معرفة الملف قبل التسليم بهندسة بنائه وماذا في داخله)). بالرجوع إلى المخطط نرى إنه من الخطورة بمكان فصل بطارية السيارة والمحرك يعمل إذ إن دورة الجهد العالي ستتم خلال أجهزة السيارة وقد تتلف هذه الأجزاء.

الجزء المحاط بخط منقط هو مهتزة **vibrating** (فايبريتور) كالمستعملة سابقا مع مجهز القدرة لأجهزة راديو السيارة القديمة الصمامية، هذه المهتزة لها تردد عمل هو **100Hz** وقد يكون **50Hz** وتجدها في الشكل٢ لتقطيع الفولتية المستمرة من البطارية بدلاً عن الحافظة التي تستعمل المجال المغناطيسي المتولد في قلب الملف. تجد المكثف **Condenser** هو نفسه المستعمل مع ملف الإشعال في السيارة وله سعة بحدود **0.2** إلى **0.02** مايكرو فراد. الجزء المؤلف من الكرتين المعدنيتين لضبط قيمة الجهد العالي المتولد هو نفسه المستعمل مع ملف الحث في الشكل١. وإذا أمكن قياس الفولتية الواقفة على الكرتين باستعمال مسبار جهد عالي ومقياس فولتية رقمي لأمكن معرفة المسافة بين الكرتين من خلال الجدول الذي سبق الإشارة إليه.

بث الموجات الكهرومغناطيسية واستقبالها

نجح العالم هرتز **Hertz** عام ١٨٨٧ م في توليد الموجات الكهرومغناطيسية وتسلمها ودراسة خواصها بعد مرور اثنين وعشرين عاماً على وضع النظرية الكهرومغناطيسية مستعملاً مذبذباً كهربائيا يعمل كجهاز إرسال.

ويتركب جهاز الإرسال من ملف الحث سابق الوصف (ملف روموكوف) ومتسعة تتكون من صفيحتين (براص) مربعتين ومتوازيتين طول كل منهما ٣٠ سم تنتهيان بكرتين نحاسيتين بينهما فجوة مقدارها ٢-٣ سم لإمرار الشرارة الكهربائية المتولدة من ملف الحث.



قد يتساءل البعض ما هي هذه الشرارة وما هو جوهرها ؟

عندما تتعرض الفجوة الهوائية بين الكرتين المعدنيتين إلى مجال كهربائي قوي تبدأ جزيئات الهواء بالتأين أي تظهر لها القابلية على توصيل التيار الكهربائي. (الماء المقطر عازل للكهربائية ولكن ما أن تسقط فيه ذرة ملح أو قطرة حامض حتى يصبح متأينا أي له القابلية على توصيل الكهربائية). بالنسبة للهواء فإن المجال الكهربائي القوي هو الذي يحمل الهواء على التأين.

وبعد أن تتأين هذه الفجوة الهوائية يبدأ التيار الكهربائي بالمرور عبرها حيث يظهر هذا المرور على شكل شرارة ذات مقاومة كهربائية ليست بالقليلة. لها ضوء ساطع وحرارة مرتفعة بسبب القدرة المتبددة في هذا التفريغ. وهذه الحرارة تكون كافية لصهر معدن التلامس وإتلاف نقاط الملامسات عندما تحدث بينها. وبما أن تأين الفجوة الهوائية طارئ أي حدث بسبب الضغط العالي نرى الشرارة قلقة في مسارها الغير منتظم (منذ ولادتها إلى موتها) يصاحبها صوت أزيز وطقطقة وما أن ينخفض الجهد العالي أو تزداد الفجوة بين الكرتين حتى تختفي الشرارة ويتوقف الهواء عن التأين؛ إلا أن تتغير قيم المتغيرين السابقين أو أحدهما.

نرى المسار الذي تسلكه الشرارة عشوائي في تقلبه بسب العشوائية في حركة جزيئات الهواء. وهذا المسار عشوائي مع الصواعق أيضاً. وجميع ما قيل حول أساليب تجنب الصواعق مثل الوقوف على قاعدة شجرة مقطوعة أثناء العواصف الرعدية أو غيرها جميعها لم تكن مضمونة وسجلت حوادث عديدة.

وقد انتبه العلماء إلى هذا الأمر وحاولوا دراسة هذه الظاهرة على الأقل للتنبؤ بالمسار المحتمل للشرارة الكبيرة (الصاعقة) أو لتوجيه الشرارة إلى هدف معين لإصابته كي يتخذ سلاح فيما بعد؛ وقد بنيت المختبرات لهذا الأمر، وانتهى الأمر بإسناد ثلاثة متغيرات طبيعية إلى علم جديد يسمى علم العشوائية وهي الصواعق وحركات الرياح وحركة القشرة الأرضية التي تنتج عنها الزلازل (وربما حركة التيارات المائية في قاع المحيطات أيضا). وكان تلفزيون بغداد قد عرض حلقة مفصلة حول هذا الأمر ضمن التقارير العلمية التي كان يعرضها أوائل التسعينات. ويدهش المشاهد لأنواع الأجهزة التي تم بنائها لجمع المعلومات حول الحركات العشوائية للرياح ومسارات الصواعق.

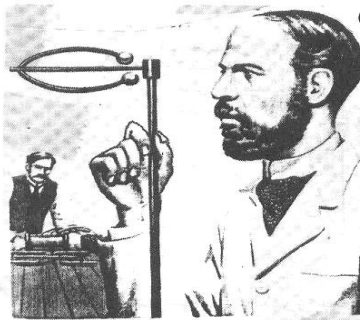
لذا عندما نرى تفريغ شراري يراعى عدم الاقتراب من بيئة التفريغ أو تقريب اليد من الكرتين

المعدنيتين مثلا. فلا أحد يضمن أن الشرارة سوف لا تغير مسارها فجأة لتصيب شاخص مجاور.

قيل في الفيزياء إن الشحنة الكهربائية عندما تتحرك ينتج عن حركتها مجال كهرومغناطيسي ينطلق في الفراغ. وعلى هذا، ينتج عن حركة الالكترونات العنيفة في التفريغ الحادث بين الكرتين المعدنيتين مجال كهرومغناطيسي ينطلق في الفضاء بسرعة الضوء. وعند دراسة تردده لوحظ أنه عبارة عن حزمة من الترددات ضمن منطقة الترددات العالية **HF** وتمتد إلى ما يجاورها وكل تردد له شدة تزيد وتقل بشكل عشوائي.

هذا ما انتبه إليه العالم هرتز، وأسميناه مذبذبا كما ورد في بداية الكلام وإن كان لا يشبه المذبذبات المعروفة بدرجة كبيرة.

أما جهاز الاستلام فقد استعمل طوق معدني له فجوة هوائية يمكن تكبيرها وتصغيرها. وترى في الصورة التالية، مساعد العالم هرتز في مؤخرة الغرفة يتولى تشغيل ملف روموكوف (مذبذب الإرسال)، و في مقدمة الصورة تجد العالم هرتز يقوم من خلال الآلة المعدنية ذات المقبض المعزول بتكبير وتصغير الفتحة الهوائية في الطوق المعدني وهو بذلك إنما يتحكم بمقدار السعة على طرفي الطوق المعدني. أو كما يقال توليف دائرة رنين التوازي هذه (دائرة الاستقبال). ناظراً إلى حدوث شرارة ضعيفة بين طرفي الطوق. دلالة على حدوث الاستلام للطاقة المتولدة في المذبذب بعد انتقالها عبر المسافة الفاصلة بينها وبين المستلم.



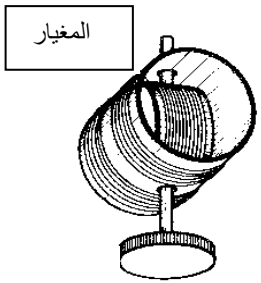
نجح العالم هرتز عام ١٨٨٧ م في توليد واستلام الموجات الكهرومغناطيسية

في بداية الإرسال الراديوي استعملت مرسلات الفجوة ذات الشرارة بتنوعها. وأكثر طرق الحصول على الضغط العالي شيوعا تتم من خلال ملف الحث. ويمكن استعمال ملف القدح في السيارة للوصول إلى هذه الغاية.

الفولتية العالية من الملف توصل إلى كرتين بينهما فجوة الشرارة. عمليا في الأيام المبكرة تكون الكرتين من البرونز والفجوة بينهما بقدر واحد انج. وأحد المشاكل التي تحدث عند استعمال فجوات الشرارة هي الضوضاء الهائلة المسموعة المصاحبة لها. ونتيجة لهذا نرى معظم الهواة في تلك الأيام يغلف مجموعة التوليد داخل صندوق لإقلال هذا الأثر.

عندما تتولد الشرارة. يوصل الخارج إلى دائرة تنغيم وبذا تتجمع كافة الطاقة حول طول موجي معلوم. ودائرة الرنين (التنغيم) بدورها تتصل بالهوائي. وغالبا ما كان يتم الاتصال بصورة مباشرة بدون متسعة ربط ، لذا نجد إن الفولتية المرتفعة من ملف الحث تظهر مباشرة على الهوائي. لهذا السبب كانت الهوائيات تعزل بشكل جيد، وتتخذ الترتيبات بان لا يقترب منها أحد.

دوائر التنغيم في المرسلات كبيرة نوعا ما. كان القطر الغالب للملفات بحدود عشرة انج!! وغالبا ما كان يتم لفها على مشكلات **Formers** جميلة المنظر. تجري عملية التنغيم من خلال بتلات التقسيط الخارجة من الملف، وقد راج صناعة ملف متغير في تلك الفترة يسمى المغيار وهو ملف ثابت يتصل معه ملف أصغر منه يدور في داخله بمقدار ٩٠ درجة ليتم تغيير حثه والحصول على التنغيم المناسب (أنظر الشكل).



حلقة حديدية تدور داخل الملف

ملف صغير يدور 180درجة داخل الملف الكبير

ملف متحرك

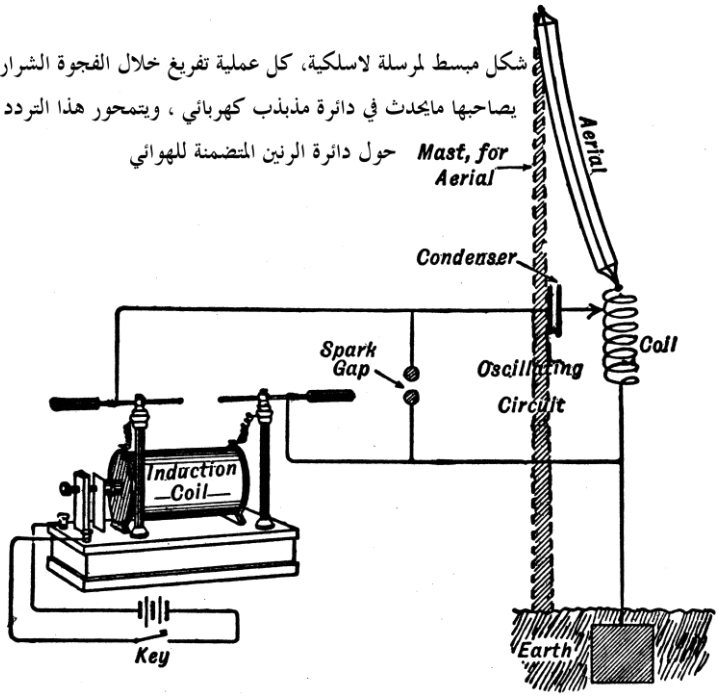
ملف ذو نقاط تقسيط

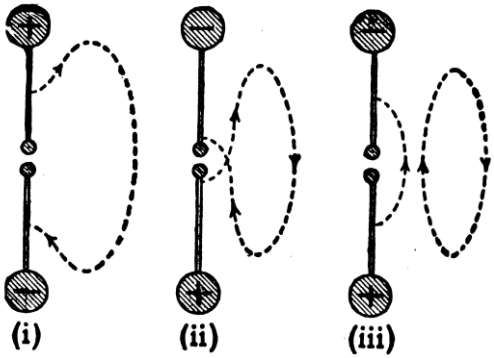
قلب من برادة الحديد

ملفات ذات حث متغير

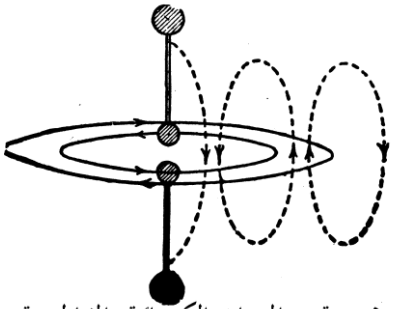
Variable inductances.

شكل مبسط لمرسلة لاسلكية، كل عملية تفريغ خلال الفجوة الشرارية يصاحبها مايحدث في دائرة مذبذب كهربائي ، ويتمحور هذا التردد حول دائرة الرنين المتضمنة للهوائي

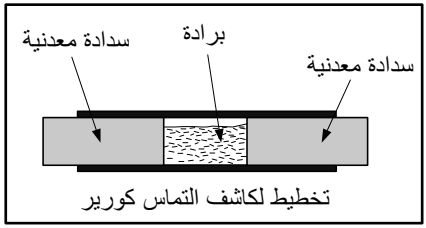




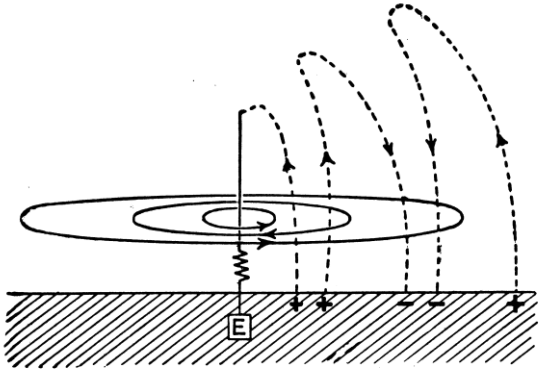
تولد دوامات الاجهادات الكهربائية



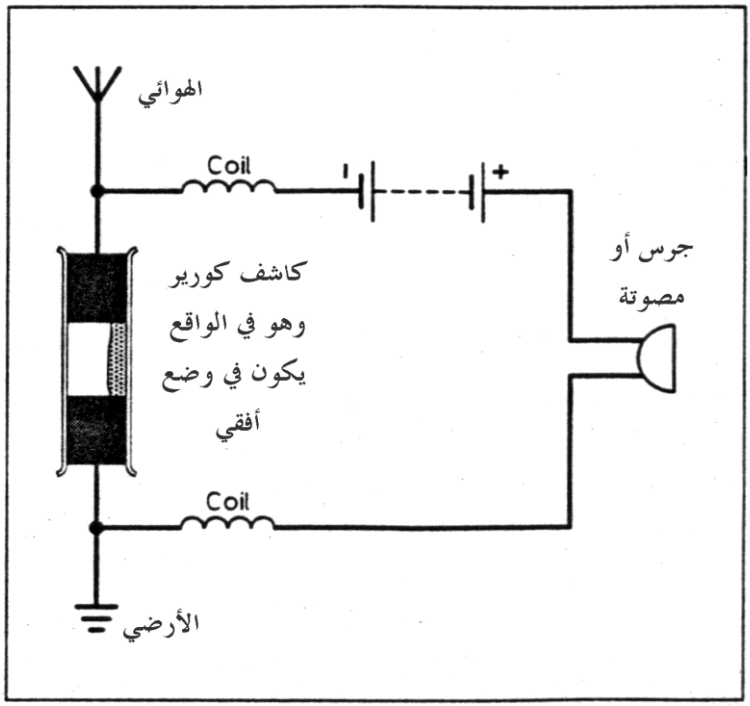
مجموعة من الموجات الكهربائية والمغناطيسية تنطلق مبتعدة

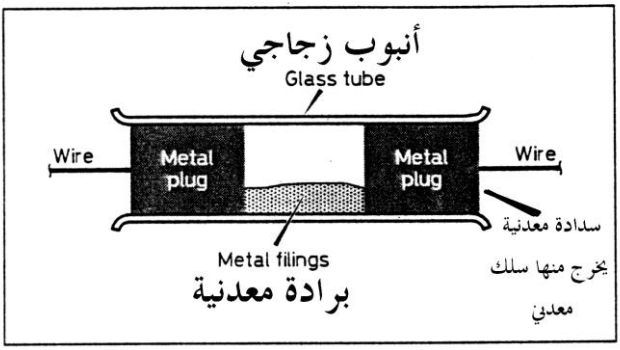


تخطيط لكاشف التماس كورير



الاشعاع ينطلق مبتعداً عن الهوائي


الهوائي
Coil
+
جرس أو
مصوتة
كاشف كورير
وهو في الواقع
يكون في وضع
أفقي
Coil
الأرضي

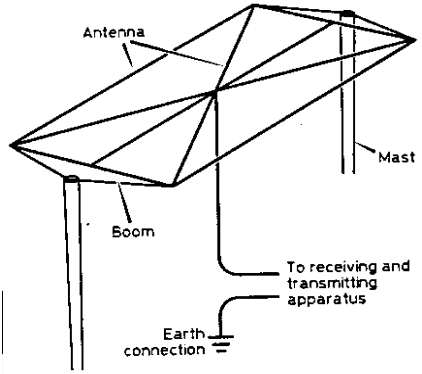

أنبوب زجاجي
Glass tube
Wire
Metal plug
Metal plug
Wire
سدادة معدنية
يخرج منها سلك
معدني
Metal filings
برادة معدنية

ولكن في بعض الأحيان تستعمل مكثفة متغيرة وكانت صعبة الصنع في تلك الأيام لاحتوائها على الكثير من التفاصيل. وبالنظر للفولتية العالية المستعملة تكون هذه المكثفات كبيرة الحجم. وهي تتألف من ألواح يتم تحريكها إلى الداخل والخارج لتتداخل مع بعضها وتتغير السعة.

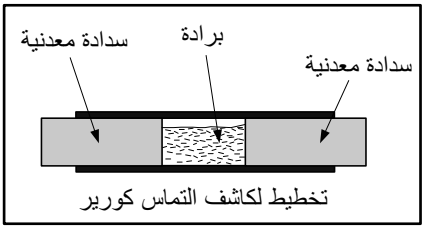
أما الهوائيات فهي متنوعة بشكل كبير. البعض تصنع من سلك يوضع على أعلى ارتفاع في الهواء ممكن أن يصل إليه سلك، هوائيات أخرى تتبع تصاميم قياسية **Standard design**. أحد هذه الهوائيات وقد كان مفضلا يمتلك عدة أسلاك في الأعلى وبسبب شكله هذا كان يسمى القمة المستوية **Flat Top**، تجده في الشكل التالي مستو ذو ستة أسلاك موزعة على ناشرة في كل نهاية.

مشكلة كشف الإشارات الراديوية قد حلت بعدد من الطرق العبقرية والمعقدة، ولكن جهاز واحد قد أدهشنا بحق حيث يمكن أن يستعمل بطريقة تؤدي عملية الكشف بالكامل !! يتألف من أنبوب قصير عازل له سدادتين معدنيتين تبتعد السدادتين عن بعضها داخل الأنبوب عدة مليمترات. وكما تلاحظ في الشكل التالي.

الفجوة بين السدادتين مملوءة بشكل غير كامل



ببرادة معدن مثل النيكل أو الحديد (يصنع كاشف التماسك **Coherer** عمليا من أنبوب زجاجي. و فلينتين كسدادات لنهايات الأنبوب.وبعض برادة الحديد وسلكان نحاسيان. وصف طريقة بناء مرسلة

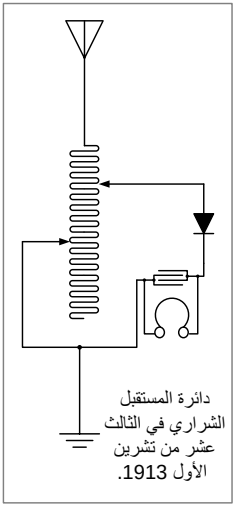


تخطيط لكاشف التماس كورير

من هذا الطراز يمكن تبيانها من المثال المضمن في الشكلين التاليين.

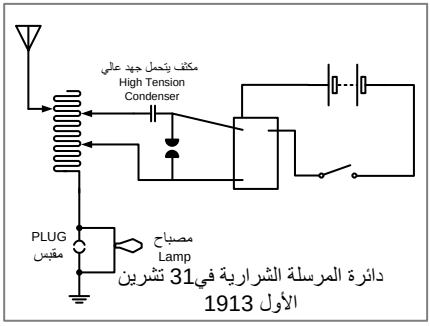
تكون المقاومة بين السدادتين عالية نسبيا، ولكن عند تسليط إشارة راديوية إليه تنخفض المقاومة فجأة إلى قيمة صغيرة وتبقى منخفضة حتى بعد انتهاء إشارة التردد الراديوي.

هذا هو كاشف كورير Coherer **كما عرف وكان ينسب إلى رجل مهذب** Gentleman ((**الرجل المهذب مصطلح شاع استعماله في القرن التاسع عشر و أوائل القرن العشرين ويقصد به في بريطانيا ومستعمراتها خاصة، أنه شخص قد أنهى تعليمه الابتدائي والثانوي والجامعي وتخرج وهو على دراية تامة بأصول الأتكيت من ملبس وحسن تصرف وطول هذه الفترة له من ينفق عليه من معيل أو أملاك أي إن له حضا من ثروة، هذا الوصف يستعمل في بلد الإنكليز للتمييز عن الذي لم ينال حضا من التعليم لاضطراره للعمل منذ الصغر، ويقابله في بلدنا مصطلح الأفندي**


دائرة المستقبل الشراري في الثالث عشر من تشرين الأول 1913.

الذي كان شائعا أوائل القرن العشرين إبان حكم الدولة العثمانية قبل سقوطها في الحرب العالمية الأولى، ولم يلق هذا المصطلح شعبية في الولايات المتحدة الأمريكية))

يدعى برانلي Branly في سنة ١٨٩٠من القرن التاسع عشر، أي ثلاث سنوات بعد الإيضاح الذي قدمه هرتز حول الموجات الراديوية.



دائرة المرسلة الشرارية في31 تشرين الأول 1913

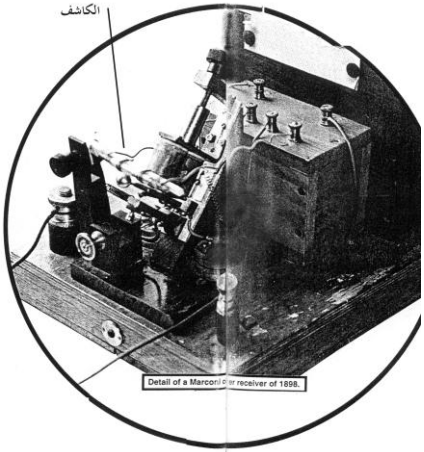
وضع هرتز لفتين لهما نفس الحجم بعيدتين عن بعضهما أمتار قليلة. كل لفة لها فجوة للشرارة **Spark gap** وعندما يجعل الشرارة تقفز في اللفة الأولى لاحظ شرارة مشابهة لكنها أصغر تقفز في فجوة اللفة الثانية. نشرت تجربة هرتز هذه في عدة مجلات تخصصية، وكان متفرغا لاكتشاف هذه الموجات ودراستها. ونتيجة لهذه التجربة فقد دعيت الموجات الكهرومغناطيسية بموجات هرتز.

عند ربط الكاشف إلى دائرة توالي تتألف من بطارية **1.5V** وكلفانوميتر يمكن حينئذ استعمالها لبيان وجود الموجات الراديوية، سينحرف الكلفانوميتر عندما تؤثر الموجات الراديوية على البرادة داخل الكاشف. وأيا كان فإن محدوديتها ككاشف تأتي من حاجتها إلى أن نهزها قليلا أو أن نطرق عليها لتعود إلى حالتها الأولية ذات المقاومة العالية بعد اختفاء الإشارات الراديوية.

وقد استنبطت وسيلة ميكانيكية للقيام بهذه المهمة. وذلك بوضع بدل الكلفانومتر في دائرة التوالي أعلاه مصوتة زنانة **Buzzer** وتثبيت الكاشف فوق الذارع المهتزة للمصوتة. وبذلك سنسمع صوت من المصوتة عندما تستلم الدائرة إشارة راديوية آتية من شرارة كهربائية ويتوقف هذا الصوت حال اختفاء الإشارة الراديوية. حيث تتولى الذراع المهتزة للمصوتة هز الكاشف وإعادته إلى حالة المقاومة العالية.

وهذا ألهب حماس عدد من المطورين والمخترعين. عالم آخر أصبح مهتما بهذه الأفكار الجديدة وبدأ بإجراء التجارب. بروفسور أونستي **Onesti** أوضح أن برادة الحديد توضع في أنبوب زجاجي مغلق من نهايتيه بألكترودين كما في الشكل ممكن أن تتماسك مع بعضها أو كما يقال **Cohere** عند تسليط فولتية مرتفعة عبر الالكترودين.

وما أن تتماسك **Cohered** البرادة سيمكنها حينئذ من تمرير التيار الكهربائي، ويمكن من خلال ذلك إكمال دائرة ثانوية.



صورة لمستقبل عملي يستعمل كاشف كوربر وتراه مثبت فوق الذراع المهتزة لزنان كبير الحجم ليعاد تهيئته بعد كل اهتزاز.

خطوة أخرى باتجاه التطوير عندما وجد البروفسور **Branley** أن برادة الحديد تتماسك قرب تفريغ شراري مجاور. أخيرا استعمل هذا الاكتشاف البروفسور **Lodge** لكشف موجات هرتز **Hertzain Waves** محققا استلام الإشارات عبر مسافة تبلغ ١٥٠ يارد. مخطط المرسل والمستقبل تجدهما قرب هذا الكلام.

استعمل كاشف كورير لعدة سنوات للاستلام من مرسلات شرارية **Spark transmitter** وكانت

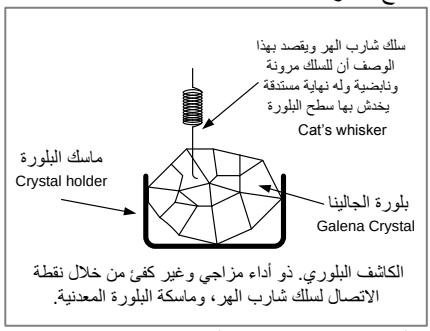
الحاجة واضحة إلى كاشف أكثر عصرية بكل ما في الكلمة من معنى.

الكاشف البلوري **Crystal Detector**

في الأيام المبكرة للراديو لم يكن هنالك تكبير، ويتعين على الكاشف استخراج المعلومة المفيدة من الموجة الراديوية الحاملة من خلال تقويم التيار الذي يتولد في دائرة الهوائي.

بعض البلورات لها هذه القابلية أما بمسها من خلال سلك رفيع كشارب الهر **Cat Whisker** أو أن توصل مع بلورة أخرى.

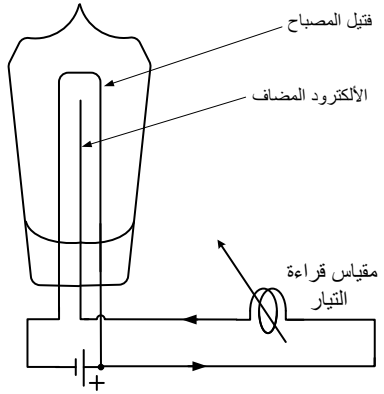
وهذه ربما أفضل الجوانب في الكاشف البلوري (بلورة الجالينا) وأسوأها في نفس الوقت عند استعمال المستقبلات البلورية. وقد استعملت أنواع من البلورات مثل الجالينا والسيلكون والزنكايت **Zincite** والبورنايت **Bornit** ، يخدش سطح البلورة إلى أن يتم الحصول على موقع حساس. في الشكل تتضح الفكرة العامة.



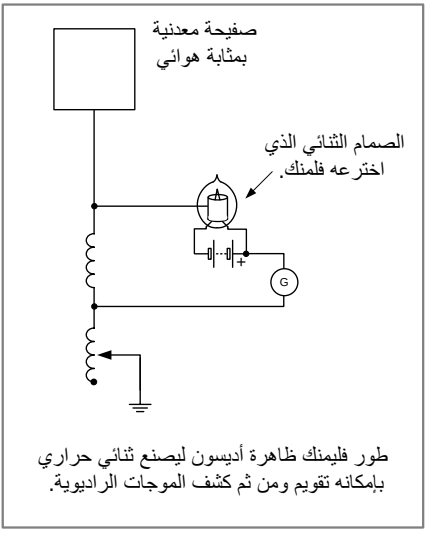
الكاشف البلوري. ذو أداء مزاجي وغير كفئ من خلال نقطة الاتصال لسلك شارب الهر، وماسكة البلورة المعدنية.

أخترع السير جون أمبروس فيلمنك **John Ambros** أول نبيطة ممكن أن نطلق عليها صمام ألكتروني وحصل على براءة الاختراع عام ١٩٠٤. ويستند هذا الاختراع إلى ما اكتشفه أديسون **Edison** عندما أضاف ألكترود عائم داخل المصباح الكهربائي ليتجمع عليه السواد بدلا من تجمعه على زجاجة المصباح من الداخل وتقصير عمره التشغيلي فلاحظ مرور تيار كهربائي في هذا الالكترود عند توصيله بالقطب الموجب للبطارية، ولا يمر تيار عند توصيله بالقطب السالب. ويزيد التيار المار عندزيادة الفولتية الموجبة نسبة إلى الطرف السالب للمسخن.

أنتبه العالم فليمنك إلى إمكانية استعمال مثل هذه النبيطة ككاشف **detector** لموجات الراديو. في دائرة مثل تلك التي نراها في الشكل، قام بتغذية موجات الراديو إلى مصباحه الخاص وكان بمقدوره الحصول على تيار مستمر يمر إلى كلفانومتر حساس ذو مرآة بدل المؤشر، تلك كانت خطوة قصيرة لكنها لا تخلو من عبقرية للعالم لي دي فورست **Lee de Forest** ليضيف لاحقا ألكترود آخر



ظاهرة أديسون كما تظهر بشكل عملي. إذا وضعنا الكترود ثانوي داخل حيز المصباح (وصنعت الفتيلة بادئ الأمر من خيط قطن مشبع بالكرافايت) قريبا من الفتيل يمر به تيار كهربائي عند توصيله بالقطب الموجب للبطارية التي تغذي الفتيل.



طور فليمنك ظاهرة أديسون ليصنع ثنائي حراري بإمكانه تقويم ومن ثم كشف الموجات الراديوية.

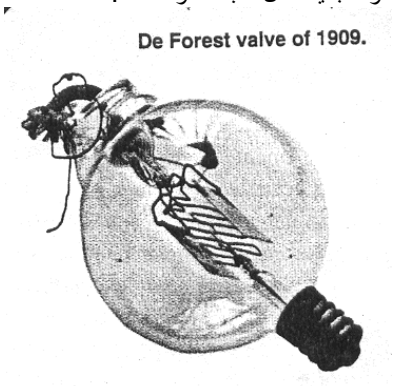
كشبكة ليصنع صمام تضخيم ثلاثي **Triod Amplifier** عام ١٩٠٦. وعلى أية حال فإن الكاشف الكرستال هو أهم تطور حدث لهواة بناء أجهزة الراديو، إذ كانت الصمامات غالية الثمن على معظم الناس في تلك الفترة بينما البلورات رخيصة الثمن وأكثر كفاءة في كشف الإشارات.

Cat's Whisker crystals.

أشكال مختلفة للبلورات التي استعملت مع سلك شارب الهر.

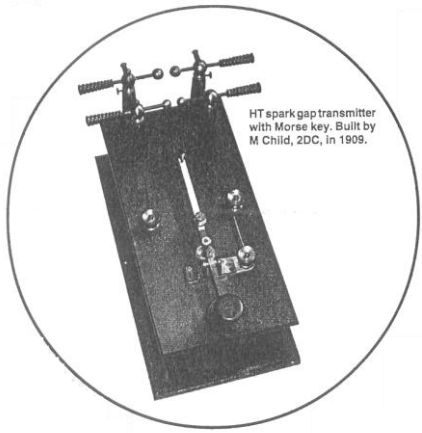
استعملت عدة أنواع من هذه البلورات والأنواع المبكرة استخدمت بلورتين، لكنها أفسحت المجال لكاشفات نقطة التلامس البلورية ذات الحساسية الأكثر وقد منحت التسمية (شوارب القط **Cat Whiskers**).

وبتحسن اعتمادية الصمام فقدت البلورة وسلك شارب القط الشعبية التي كانت تتمتع بها، عدا كونها موضوع يستحق الدراسة. وجرى تحليل الطريقة التي تعمل بها هذه البلورات وعلى أثرها تم تطوير مواد جديدة مثل أشباه الموصلات.

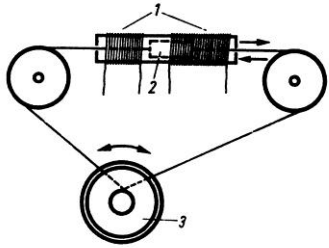


صمام دي فورست سنة ١٩٠٩.

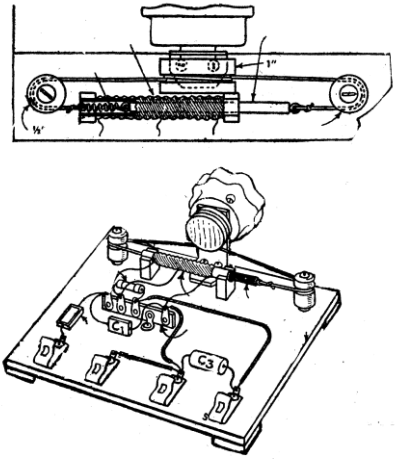
بعد وفاة فلمنك بثلاث سنوات قام باردن **Barden** وبراتن **Brattain** في **1948** بإنتاج أول ترانزستور بوضع سلكين شارب الهر على نقطتين متجاورتين على سطح قطعة من بلورة الجرمانيوم (شبه الموصل)، وأمكن الحصول على نفس تكبير الصمام الثلاثي من خلال مضخم بلوري كان بوابة لعصر جديد في الألكترونيات.



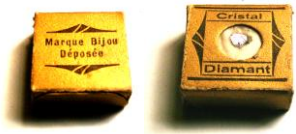
صورة تمثل مرسلة شرارية عملية استعملت على فترة من الزمن. وتلاحظ مفتاح مورس.



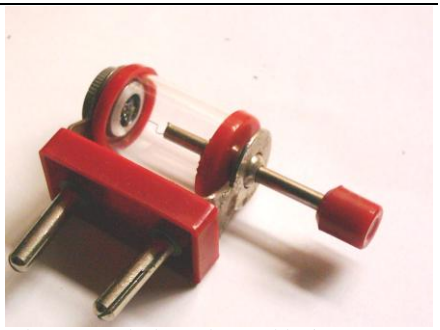
مخطط يبين كيف يمكن بناء ملف متغير بسيط يغنينا عن المتسعة المتغيرة، القلب المتحرك في داخل الملف يمكن أن تكون إحدى نهايتيه متدرجة في سماكتها للحصول على خصائص لوغارتمية لتغيير التردد بدلا من الخصائص الخطية.



طريقة تثبيت أجزاء الملف المتغير إلى لوحة يتم تجميع المكونات عليها لغرض إجراء التجارب.



إحدى الطرق التي كانت ترد بها البلورات إلى بغداد، في داخل العلبة الكارتونية الذهبية وسادة من القطن توضع عليها البلورة لتطل من الفتحة الدائرية المغطاة بالسيليفون، وهي من بقايا شركة الحريري.



صورة تمثل البلورة (بلورة الجالينا) مثبتة إلى وسيلة مصنعة لهذا الغرض من البلاستك الأحمر ونافذة من الزجاج وساق حرة الحركة في نهايتها سلك شارب الهر يلامس سطح البلورة، تم شرائها من شركة وديع وتوفيق الحريري أوائل التسعينات. وهي على شكل قابس ليسهل تثبيتها إلى لوحة تجميع أعدت لهذا الغرض.

المصادر

١- كتاب الفيزياء المنهجي للصف السادس العلمي.

٢- **The story of the detector**
By D. P. Newton
Radio and Electronics Constructor
December 1977

٣- **The History of Amateur Radio**
By Lan Poole, G3YWX
Rad com. July 1998

الملحق

ما هو زيت المحولات؟

زيت المحولات هو زيت يشبه زيت مكائن الخياطة في قوامه بني اللون يستخدم في ملئ محولات القدرة الكهربائية الخافضة على قارعة الطريق، بقصد العزل وتبريد ملفات المحولة أثناء العمل. وينتج مصفى الدورة هذا الزيت بنوعين لكل منهما ثابت عزل معين، نوع يلاءم المحولات الخافضة ذات **11KV** ونوع يلاءم المحولات الخافضة ذات **33KV** والمستهلك الأول لهذا الزيت هي دائرة الكهرباء الوطنية كما معلوم. وقد لوحظ استخدامه من قبل فنيي التبريد في ملئ ضاغطات مكيفات الهواء، هذا إبان الحصار حيث كان يتعذر شراء ضاغطات جديدة إنما يتم فتح الضاغطات القديمة وإصلاحها.

وعندما يخدم هذا الزيت في المحولات الخافضة على قارعة الطريق يتعين عدم تسرب الرطوبة إلى داخل المحولة، لذا نجد في بعض المحولات الحديثة حاوية جانبية محكمة الغلق في داخلها بلورات متعطشة للرطوبة وهذه الحاوية لها فتحة تطل على خزان الزيت لامتصاص أي رطوبة قد تدخل هذا الحيز.

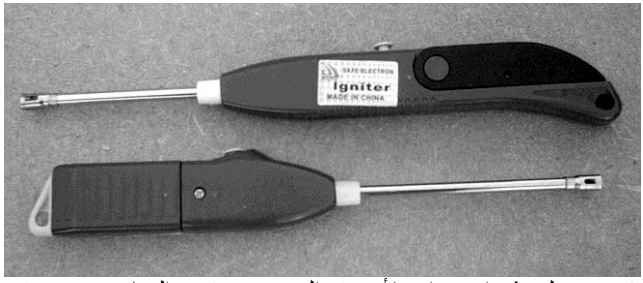
وعند استخدام هذا النوع من المحولات يتعين علينا سحب عينة من زيت المحولة كل ستة أشهر مثلاً وفحص ثابت العزل له في المختبر، فإذا انخفض دون حد معين يجري استبداله كما نستبدل زيت محرك السيارة. وبهذا نمنع تلف المحولة وحدوث دورة قصيرة تتلف ملفاتها الشريطية.

اثنان من هواة الراديو يتأملون بإعجاب مرسلة شرارية 1892 في أحد المعارض العلمية، تغذى بالطاقة يدوياً؛ من خلال عتلة التدوير اليدوية لمولدة الموجات المستقرة آلة ومزهرست

قداحة طباخ بالشرارة الكهربائية

مولدة شرارة قدح، إنتاج الصين، تتغذى بالطاقة من بطارية

أول مرة نرى وسيلة لقدح الغاز بالشرارة الكهربائية على هذا النحو، أي شرارة متواصلة كبيرة الحجم نسبياً آتية من بطارية 3V وتخدم لفترة طويلة. وتباع بهذا السعر المعتدل على أرصفة بغداد، تراها في الصورة العليا تعمل على بطارية 1.5V والسفلى ذات بطارية 3V .



وكان هذا الأمر سابقاً يتحقق من مولدة شرارة تتغذى من المصدر العمومي يربطها به سلك طويل ويعاني من الاتساخ دائماً في أجواء المطبخ، أما اليوم فنراها بهذه الصفات. وما كان ذلك إلا من خلال التطوير المستمر، لطريقة توليد الجهد العالي والنبائط الالكترونية المستعملة.

وقبل تشريح هذه القداحة والخوض في تفاصيل عملها أرى أن نتحدث قليلاً عن تقنية استخدمت في السبعينات من القرن العشرين؛ في تلك الفترة كانت السيارات تعمل بمساعدة ملف القدح وقاطع التوصيل (البلاتين)، وفي البلاد الباردة مثل بريطانيا وكندا كانت السيارات تعاني في فصل الشتاء خاصة من صعوبة بداية تشغيل المحرك.

وكان بعض الناس يعمد إلى وضع مدفأة كهربائية تحت السيارة حتى الصباح، وهذا الإجراء مستعمل إلى الآن مع المولدات العاملة على وقود زيت الغاز في روسيا ودول أوربا وغيرها حيث يركب المسخن الكهربائي داخل حوض الدهن (الكيس) ويكون المحرك دافئاً وجاهزاً للعمل عند أي طارئ. وجميع المولدات المضمنة مع محطات تعبئة الوقود الايطالية في بغداد تقع ضمن هذا الوصف وهي من إنتاج مرسيدس.

لذا لا يكون غريباً في تلك البلدان أن نسمع جارنا صباحاً وهو يهم بالخروج إلى العمل ليكتشف أن السيارة لا تعمل والمسخن ليس تحتها نراه يعنف ابنه لأنه رفع المسخن من تحت السيارة ووضعه في بيت الكلب إشفاقا عليه من البرد.!!

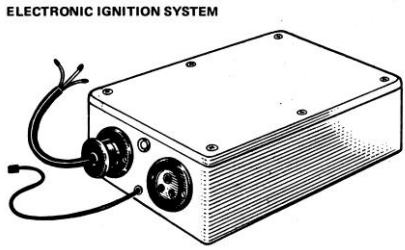
وكما هو متوقع سارع المهندسين والفنيين في تلك البلدان إلى صرف الوقت لغرض تحري سبب المشكلة وتطوير الحل لها.

السبب يتمثل في ضعف طاقة الشرارة الكهربائية وأنها لا تمتلك سخونة كافية لإحراق خليط الوقود والهواء. ولرفع طاقة الشرارة يقتضي الحال زيادة الجهد الكهربائي المولد لها، وتم ذلك باستعمال تقنية تفريغ المتسعة. يتم فيها توليد جهد مقداره **300** فولت أو أكثر من رافعة جهد مفتاحيه وشحن متسعة كهربائية بهذا الجهد وعند مجيء نبضة من البلاتين يقدح ثاريستور مفرغا شحنة المتسعة في الملف الابتدائي لملف الحث، وبذلك يمر في ملف الحث الابتدائي **300** فولت بدلاً من **12V** . والنتيجة جهد عالي يحتث في الملف الثانوي محققاً شرارة ذات حرارة عالية كافية لحرق خليط الوقود رغم انخفاض درجات الحرارة.

وانتشرت هذه الطريقة في سبعينات القرن انتشاراً واسعاً حتى لا تجد مطبوع يهتم بالالكترونيات إلا وفيه عشرات الإعلانات لبيع أطقم مجمعة وغير مجمعة لتحقيق هذا الغرض، وكانت صرعة العقد في تلك الأيام. بعد عقد السبعينات تم تطوير الملفات ودوائر السوق لها لذا اختفت هذه

الأجهزة من الأسواق واختفى الإعلان عنها في الدوريات.

فيما يلي تجد مخطط لنظام قدح شراري يستعمل تقنية تفريغ المتسعة أعلنت عنه **MAPLIN** في دليل البيع.



وجاء ضمن النص:

نظام قدح الكتروني عالي الأداء ويتفوق على الأنظمة التقليدية بعدة نواحي. يوفر الوقود من خلال توليده شرارة شديدة الحرارة ينتج عنها احتراق كفؤ للوقود. حتى عندما تحاول تشغيل المحرك باستعمال بطارية هابطة، تكون الشرارة قوية وتؤمن بداية سريعة.

عند الدوران السريع للمحرك تتأخر الشرارة في الأنظمة التقليدية بسبب الزمن الذي يحتاجه الفيض المغناطيسي لينمو في قلب الملف. لكن مع نظام القدح الالكتروني، يكون تغير التيار في الملف الابتدائي كبير وتتولد الشرارة حالاً بعد قيام (البلاتين) بفصل الدائرة محققة تحسن ملحوظ في الطاقة عند الدوران السريع.

التيار المار خلال نقاط التوصيل (البلاتين) قليل جداً لذا تكون الشرارة صغيرة وينتج عن ذلك طول عمر نقاط التوصيل.

الجهاز يمكن أن يوصل إلى أي نظام قدح ذو (شاسي) سالب والشكل١ يوضح كيف يتم تسليك القدح الاعتيادي في السيارات (بضمنه مبين عدد دورات المحرك إن كان موجوداً).

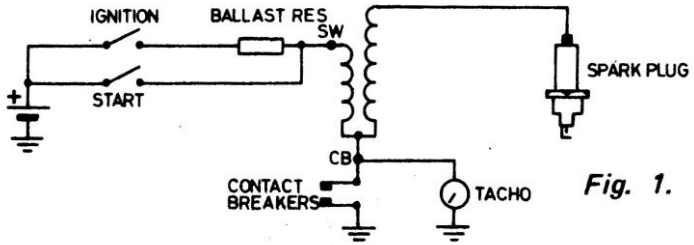


Fig. 1.

الدائرة تبين كذلك مقاومة الحد **BALLAST RES** التي توضع في بعض الأنظمة حيث يستخدم ملف حث يعمل على جهد **9V** وتتولى مقاومة الحد خفض جهد البطارية من **12V** إلى **9V** آخذين بنظر الاعتبار عند بداية تشغيل المحرك أن تمرر مقاومة الحد لتقوية الفولتية المجهزة إلى ملف الحث.

الشكل٢ يبين كيف يمكن إعادة تسليك نظام القدح ليتقبل النظام الالكتروني. عند توصيل القابس **PL1** إلى المقبس **SKT1** يدخل النظام الالكتروني ضمن العمل، ولكن إذا تم توصيل **PL1** إلى **SKT2** عندها سيعود نظام القدح إلى وضعه الأولي.

تفاصيل الدائرة

عند تشغيل القادح، سيبدأ المذبذب المكون من **TR1** و **TR2** والملف الابتدائي للمحولة **T1** (اللفات **6-0-6**) بالعمل، ويحث فولتية متناوبة **AC** في الملف الثانوي (اللفات **0-240V**) وتكون بحدود **400** فولت.

تُقَوَّم هذه الفولتية بالثنائيات **D1** و **D2** و **D3** و **D4** وتستخدم لشحن المتسعة **C3** عبر الملف الابتدائي لملف الحث. المصباح **LP1** سيتوهج ليبين إن الوحدة فعالة في عملها.

عند دوران المحرك وقاطع الدائرة (البلاتين) يتغير من وضع الغلق إلى الفتح، فإن المقاومة **R1** سترسل فولتية موجبة سريعة خلال **D1**. تتحول إلى نبضة **Pulse** بواسطة **C2** وهذه النبضة تطلق الثاريستور **SCR1**. يضع الثريستور **SCR1** كامل فولتية المتسعة **C3** على طرفي الملف الابتدائي لملف الحث وهذه تحث فولتية مرتفعة جداً عند

نهاية الملف الثانوي حيث تنتج شرارة كهربائية غاية في القوة في شمعات القدح.

بعد أن تدخل الفولتية إلى الملف الابتدائي لملف الحث، هنالك قوة كهربائية دافعة محتثة مرتدة من الملف وهي التي تؤهل الثريستور ليتحول إلى حالة الغلق لحين انفصال نقاط القطع (البلاتين) ثانية.

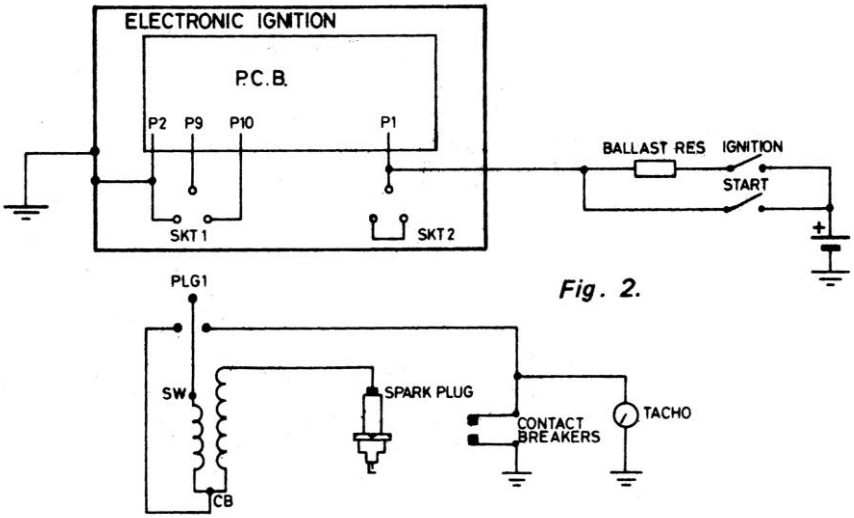
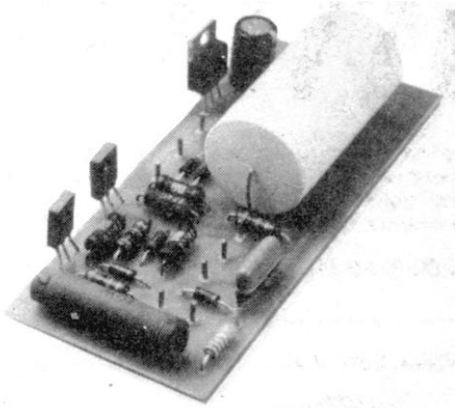


Fig. 2.



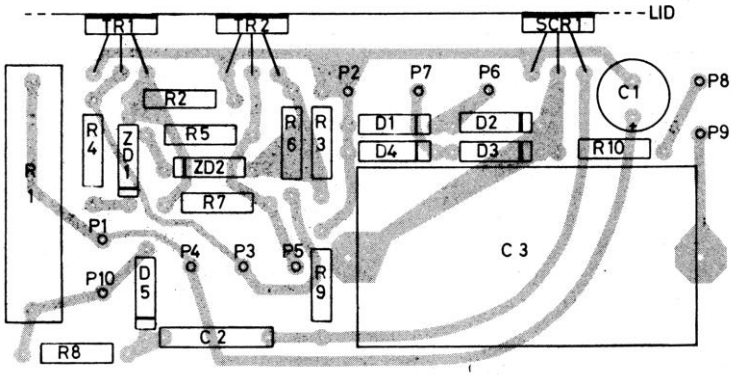

LID
TR1
TR2
SCR1
P2
P7
P6
C1
P8
P9
R2
R4
ZD1
R5
R6
R3
D1
D2
D4
D3
R10
R1
ZD2
R7
P1
P4
P3
P5
C 3
P10
D5
R9
C 2
R8

Fig. 4.

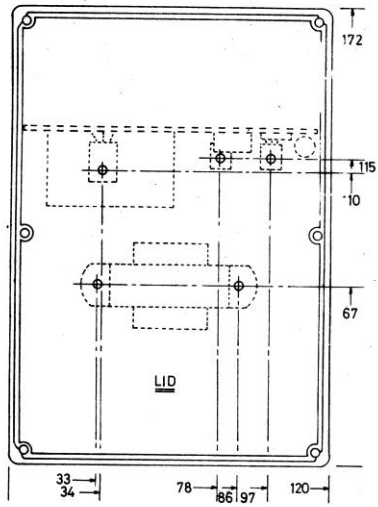
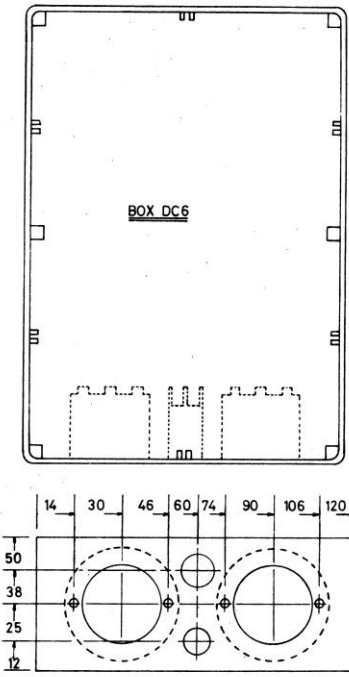

172
115
10
67
LID
33
34
78
86
97
120

Fig. 5.


BOX DC6
14
30
46
60
74
90
106
120
50
38
25
12

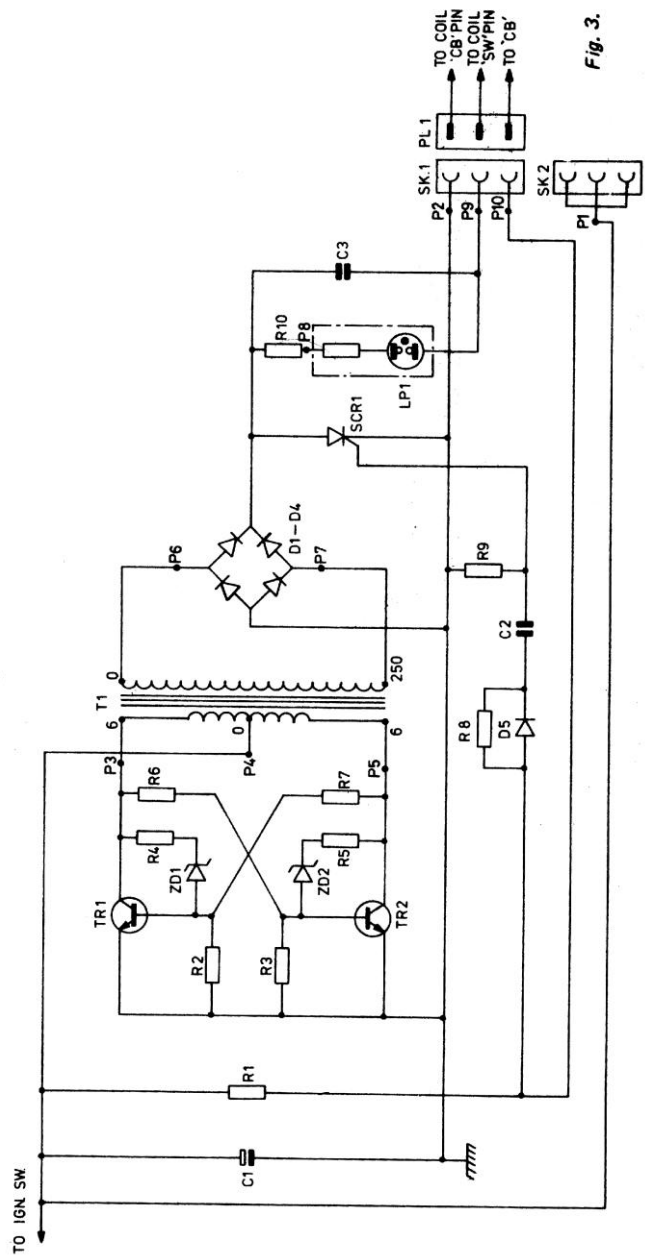
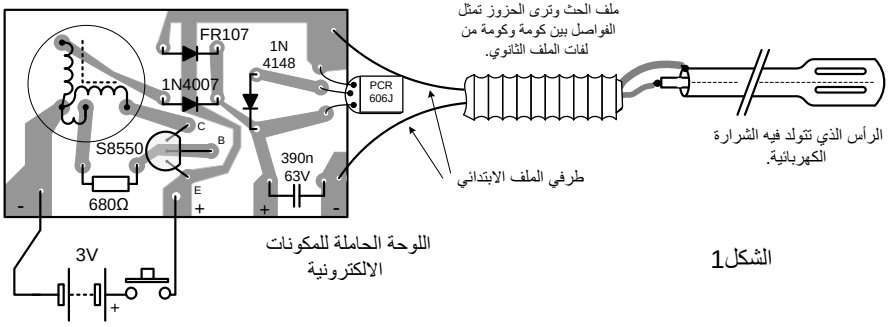

TO IGN SW
C1
R1
TR1
TR2
ZD1
ZD2
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
D5
C2
C3
T1
0
6
6
250
P3
P4
P5
P6
P7
P8
P9
P10
P1
P2
D1–D4
SCR1
LP1
SK.1
SK.2
PL 1
TO COIL 'CB' PIN
TO COIL 'SW' PIN
TO 'CB'

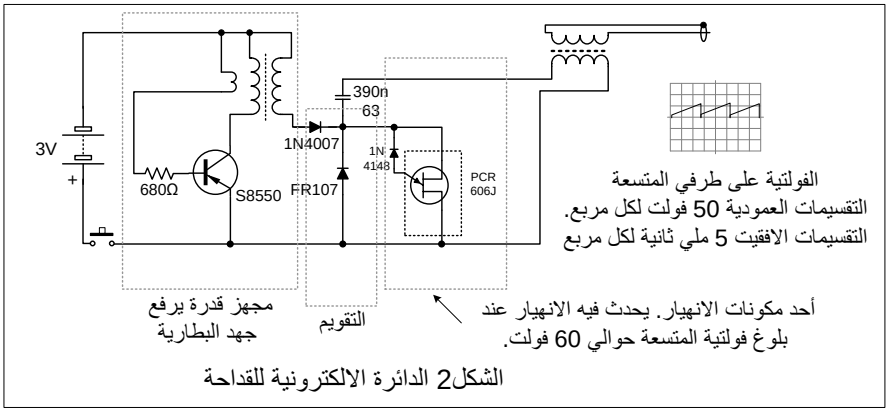
Fig. 3.

بعد هذه الجولة نعود إلى مولد شرارة القدح. نرى في الشكل١ الأجزاء التي تتألف منها القداحة الشرارية. وأهم ما فيها هو ملف الحث وقد تم لفه بطريقة التكديس **Pile** (تحدثنا عن هذه الطريقة في كتاب المستقبل البلوري للهواة الشباب والفتيان) على قضيب من الفيرايت، الملف الابتدائي أولاً وفوقه الملف الثانوي ذو اللفات الكثيرة.

الترانزستور **S8550** مع ملف الفيرايت الملحق به ذو الثلاث لفات يتصرف كمذبذب مانع يرفع جهد البطارية من **3V** إلى أكثر من **220V** ثم يتم تقويم هذه النبضات خلال ثنائيات التقويم **1N4007** و **FR107** ويسلط على المتسعة **390n** عبر لفات الملف الابتدائي لملف الحث حيث تشحن وترتفع الفولتية على طرفيها مع الزمن، وعندما تصل إلى حوالي ٦٠فولت ينهار فجأة المكون المحاط بالخط المنقط وتصبح مقاومته واطئة أي موصلاً للتيار الكهربائي حيث يتم تفريغ شحنة المتسعة في لفات الملف الابتدائي لملف الحث، وتتولد الشرارة في الملف الثانوي.



الشكل1



الشكل2 الدائرة الالكترونية للقداحة

يمكن جعل الشرارة تتولد بمعدل أسرع عن طريق إقلال قيمة المتسعة **390n / 63V** إلى قيمة

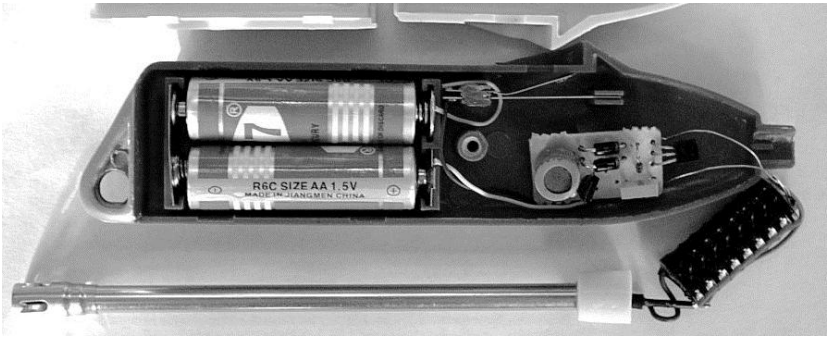
أقل حيث ترتفع الفولتية على طرفيها بزمن أقل من الزمن الأول. ويتعين الانتباه إلى استعمال متسعة تتحمل جهد يصل إلى **63V** أو أكثر.

مكون الانهيار المحاط بالخط المنقط يشبه إلى حد كبير مكون الانهيار المعروف بترانزستور أحادي الوصلة، ولأننا لم نجد مواصفات القطعة المشار إليها بالرقم **PRC606J**، فأغلب الضن أنه ترانزستور أحادي الوصلة يتحمل جهد تشغيل مرتفع بخلاف الأنواع القديمة ذات جهد التشغيل المنخفض. الثنائي **1N4148** يتصرف كمقاومة مرتفعة وهو في الاتجاه العكسي.

ويمكن لمن يستهويه الأمر أن يجري التجارب لاكتشاف بديل عن مكون الانهيار المستعمل في هذه القداحة زهيدة الثمن.

وعند رفع هذا المكون من الدائرة وتشغيلها قد ترتفع الفولتية على لوحي المتسعة إلى قيمة ينهار العازل تحت تأثيرها وتتلف المتسعة.

هذه القداحة يمكن أن يستعملها الهواة لإجراء التجارب على المرسلات الشرارية، وهي أفضل بكثير من ملف الحث الخاص بالسيارة لسعره المرتفع وما يحتاجه من بطارية ذات قدرة كبيرة بالإضافة إلى أن صعقته الكهربائية مؤذية لا بل خطرة. وحجم التداخل الهائل المتولد من خلال عمله يظهر على شكل ضوضاء تستلمها أجهزة الراديو والتلفزيون، وهذا سيئ بحق الآخرين، لذا يتعين الانتباه.



صورة فوتوغرافية تمثل مولد الشرارة الكهربائية وقد رفع غطائها، وترى في داخلها اللوحة الحاملة للمكونات. وملف الحث المغلف بغشاء بلاستيكي أسود. وترى أخاديد الخانات وكل خانة ملفوف فيها كدس من أكداس الملف الثانوي. ثم الجزء الذي تتولد في نهايته الشرارة مثني إلى جانب قبضة مولدة الشرارة (القداحة).

دوائر الموجة الثانوية

Secondary Wave Circuits

الدوائر والتقنيات المشروحة في هذا المقال تشكل مواضيع ساحرة تدفع القارئ لإجراء التجارب، لذا يجب توخي الحذر بطبيعة الحال لضمان عدم التأثير بالتشويش أو الإزعاج نتيجة لتشغيل هذه التجارب على من يصغي أو يشاهد.

By J. BRAUNBECK / The Radio Constructors

يبدو إننا لم نعطي كثير من الحقائق الانتباه اللازم، وعموما فإن الحقيقة المتمثلة في إن كل هوائي يستلم تردد المرسلة ويعيد إشعاع قسم من هذه الطاقة، هي أحد الحقائق المهملة في حياتنا العملية.

كل جسم عدا الأسود يعيد إشعاع الطاقة الضوئية الساقطة عليه والتي تصله خلال عملية الإنارة. ونحن نرى الأجسام المضيئة مثل النجوم والمصابيح وإشارات النيون كما نرى الأجسام المضاءة بضوء النهار مثل الحقول والمراعي.

وإذا نظرنا إلى موجات الراديو بدلا عن الضوء سنجدها تتصرف بنفس الكيفية، وستجد أجساما مضيئة وهي المرسلات. وكل مرسلة عاملة (تضئ) كل هوائي وكل هوائي مثل أي شاخص إنما هو يضاء بإشعاع المرسلة التي هو ضمن مدى الإشعاع خاصتها.

وظاهرة إعادة الإشعاع لتردد معين تصبح أقوى بكثير عند توصيل دائرة رنين بهذا الهوائي. وفي الأيام السابقة للراديو قد سمعنا تأثير هذه الظواهر عندما كانت المستقبلات من صمام واحد أو هي مستقبلات بلورية، ولم يكن أحد يعلم في حينها إن هذا الابتعاث الثانوي من الهوائي ممكن أن يضمّن بمعلومات صوتية. من خلال توصيله بأحد الدوائر المشروحة في هذا المقال.

عند استعمال الابتعاث الثانوي يمكن للفرد أن يبني مرسلة لا تحتوي على مذبذب؛ وبدلا من صناعة تردد الموجة الحاملة في المنزل نستعمل موجات تردد راديوي RF جاهزة، مجهزة لنا من المرسلة الإذاعية المحلية. ويمكن إعادة إرسال هذه الموجات لمسافة تصل إلى ٦٠قدم وذلك يعتمد على الطول الموجي وشكل الهوائي. هذا المدى يكون كافيا للاستمتاع بإجراء التجارب أو لإجراء اتصال لمسافة قريبة مثل المسافة التي يغطيها جليس الأطفال الالكتروني Electronic baby-sitting .

مضمن للموجة الثانوية Secondary wave Modulator

مبدأ مضمن الموجة الثانوية يمكن ملاحظته في الشكل١. دائرة رنين التوازي LC توصل إلى الهوائي كما واضح في المخطط. إذا بدأنا تجربتنا من خلال الموجة المتوسطة Medium Wave range فإن سلك الهوائي بطول عدة ياردات سيكون كافيا، لكن هوائي أطول من أي نوع سيعطي نتائج أحسن.

دائرة الرنين LC تتألف من ملف موجة متوسطة كالموجود في أي راديو ومتسعة متغيرة اعتيادية ذات 365pF أو 500pF. تنغم هذه الدائرة على تردد الحاملة لأي إذاعة محلية وهذه الحاملة هي التي نروم تضمينها بالصوت. قوة الإشارة الصوتية للإذاعة المحلية غير مهمة بينما قوة المحطة تعني إن الحاملة قوية لذا ستعطي موجة ثانوية قوية، وهي كذلك ستطفئ الإشارة التي أعيد إشعاعها عند المسافة القريبة من الهوائي.

وكما تلاحظ في الشكل١ هنالك مفتاحان موصلان إلى دائرة الرنين. المفتاح S1 يعمل دورة قصيرة على طرفي المتسعة المتغيرة. والمفتاح S2 يقطع توصيلة الأرضي مقلا بذلك سعة الحاملة التي أعيد إرسالها.

فتح وغلق أحد هذه المفاتيح يتسبب في حدوث ضوضاء من صنع الإنسان Man made noise

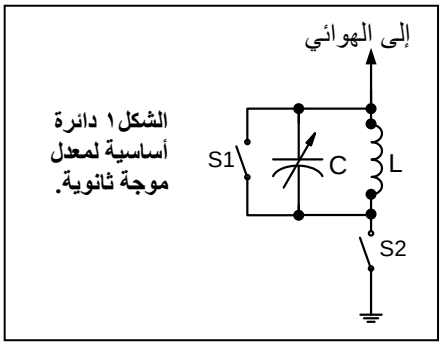
وهذا مصطلح معروف ينتج عنه ضوضاء الغلق والفتح Cracking noise حيث تسمع في أي مستقبل receiver قريب منغم على نفس المحطة. فتح وغلق المفتاح S1 مثلا بمعدل 500 مرة في الثانية سينتج نغمة يمكن سماعها من المستقبل.

ولتحقيق هذا، يستبدل المفتاح S1 بوسيلة الكترونية حيث تحقق الغرض. تلاحظ في الشكل٢ دائرة بسيطة لتضمين نغمة أحادية للحاملة التي أعيد إرسالها. مصباح نيون صغير يوضع محل المفتاح S1 وأي نوع صغير متوفر بدون (مقاومة حد) يكون ملائم. تجهيز الفولتية لا يعتبر حرجا طالما الفولتية أعلى قليلا من فولتية اتقاد (توهج أو قدح) مصباح النيون.

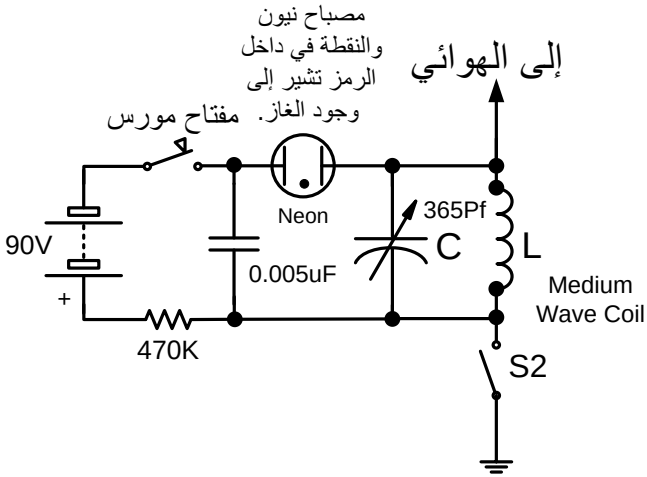
وبما إن المقاومة الداخلية لمصباح النيون وهو متقد قليلة جدا فإن دائرة الرنين ستتعرض إلى دورة قصيرة في كل لحظة يقدح فيها مصباح النيون...

نهاية المقال

...الصفحات المتممة لهذا المقال مفقودة ...



الشكل١ دائرة أساسية لمعدل موجة ثانوية.



الشكل٢ دائرة لتعديل أحادي النغمة للموجة الثانوية.

الملحق

الأجهزة الأيونية

هذا الموضوع مأخوذ من المصدر (أسس الالكترونيات من منشورات دار مير) وتتمثل الحاجة له إلى أن كثيرا من الأجهزة الأيونية لا زالت تخدم الإنسان.

ولأن القسم الأكبر من هذه الأجهزة قد اختفى من الساحة مثل صمامات إقرار الجهد التي حل محلها ثنائي زنر، وثايراترونات التفريغ التوهجي التي حل محلها الثايرستور، والصمامات المبينة الرقمية التي حل محلها مبينات القطع السبع، والديكاترونات التي حل محلها العدادات المنطقية بالدوائر المتكاملة وغيرها؛ لهذا السبب نجد المصادر في الوقت الحاضر لا تعطي هذا الموضوع ما يستحق من التغطية. والحاجة إلى هذا الموضوع تتمثل في أن قسم من الأجهزة الأيونية لا زال قيد الخدمة مثل صمامات الإضاءة الغازية مثل المصباح الزئبقي ومصباح بخار الصوديوم والمصباح الفلورسنت وأنابيب النيون ومصابيح النيون الصغيرة التي تستعمل للبيان كالموجودة داخل (درنفيس الفحص) وغيرها، وحتى يتيسر التعامل مع هذه الأجهزة وإدراجها في التطبيقات يكون من الضروري الإحاطة ببعض جوانبها النظرية لنفهم الطريقة التي تعمل بها. وهذا ما سنحاول تقديمه في هذا المقال الموجز بإذن الله.

معلومات عامة عن الأجهزة الأيونية

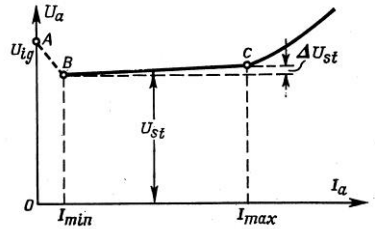
يحدث في الأجهزة الأيونية تفريغ كهربائي هو عبارة عن مجموعة عمليات تصاحب مرور التيار الكهربائي خلال غاز أو بخار. وكما نعلم في الفيزياء، يحدث عند التفريغ الكهربائي في الغاز إثارة وتأين للذرات، وإعادة اتحاد بين الأيونات الموجبة والالكترونات وهذه العمليات تجعل الغاز يضئ (يتوهج). ولكي يحدث التأين لا بد أن يوصل جهد كهربائي إلى ألكترودات الجهاز الأيوني (والجهاز هنا تعني المصباح أو الصمام)، هذا الجهد يعتمد مقداره على نوع الغاز وضغطه.

يبلغ أمد ظهور التفريغ عادة 19×10^{-6} ثانية إلى 10^{-7} ثانية. ويعتمد أمد إعادة الاتحاد الذي يؤدي إلى انقطاع التفريغ على نوع الغاز وضغطه ويتراوح بين 10^{-5} ثانية و10^{-3} ثانية ولذا فإن القصور الذاتي للأجهزة الأيونية أكبر بكثير مما للأجهزة الألكترونية (ويقصد بالألكترونية الصمامات المفرغة)، ولا يمكن لهذه الأجهزة الأيونية أن تعمل على ترددات عالية جدا.

للتفريغ الكهربائي في الأجهزة الأيونية أنواع عديدة منها التفريغ المظلم (الهادئ) والتفريغ التوهجي والتفريغ القوسي والتفريغ الهالي وتدرس كل أنواع التفريغ هذه في كتب الفيزياء. التفريغ المظلم لا فائدة منه في الأجهزة الأيونية المستخدمة في هندسة الراديو، ويستفاد من التفريغ التوهجي في أجهزة كثيرة أهمها: صمام إقرار الجهد (الستابلترون) وصمامات الإضاءة الغازية (مصابيح الإنارة الكهربائية)، ثايراترونات التفريغ التوهجي، والصمامات المبينة الرقمية، والعدادات الأيونية التي تسمى أحيانا بالدايكاترونات.

يبدأ التفريغ التوهجي عند الجهد $U_{ignition}$ وتختصر إلى U_{ig} المسمى بجهد بدئ التفريغ أو جهد الإشعال، ولابد من توصيل الجهاز الأيوني على التوالي مع مقاوم محَدِّد R_{lim}، إذ بدونه ينمو التيار إلى قيمة خطرة يتلف عندها الجهاز.

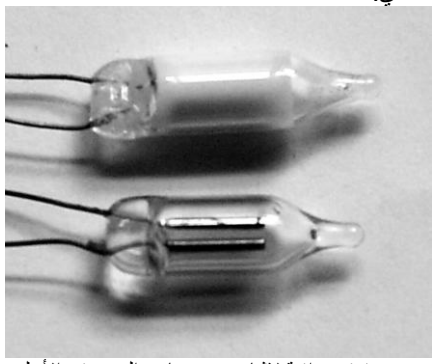
يتميز التفريغ التوهجي بنظامين، نظام الهبوط الكاثودي العادي يحدث عند قيم تيار غير كبيرة، وفي هذا النظام يظل الجهد ثابتا تقريبا عند تغيير التيار في حدود واسعة. وعند قيم التيار الكبيرة، يبدأ نظام الهبوط الكاثودي غير العادي، وفيه ينمو التيار مع نمو الجهد أنظر الشكل٧-١



شكل ٧ – ١ . مميزة المقر الفولت – أمبرية

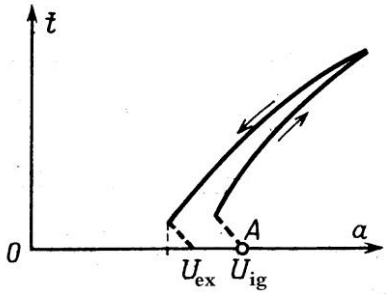
مصابيح النيون

في أجهزة اللاسلكي تستخدم مصابيح النيون لتبيان الجهد وكدلالة اشتغال ولاغراض أخرى، ومصباح النيون ((هو مصباح درنفيس الفحص وليس أنابيب النيون)) عبارة عن جهاز تفريغ توهجي ثنائي الألكترودات يعمل في نظام الهبوط الكاثودي غير العادي الذي تحدثنا عنه وألكترودات مصابيح النيون غير كبيرة ونختار مقاومة الحد R_{lim} بحيث نحصل على نظام الهبوط الكاثودي غير العادي.



صورة فوتوغرافية لاثنان من مصابيح النيون في الأعلى مصباح بيان يعطي ضوءاً أخضر وإلى الأسفل المصباح المعروف في (درنفيس) الفحص وكلا المصباحين يحتاجان إلى مقاومة لتحديد التيار وتسمى مقاومة حد.

في الشكل٧-٧ نجد المميزة فولت- أمبير للمبات النيون. عند بدئ التفريغ (النقطةA) تحدث قفزة (تغير حاد مفاجئ) للتيار وللجهد وتظهر الإضاءة.



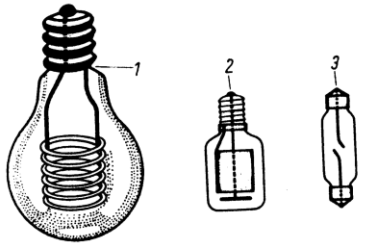
الّشكل٧-٧ المميزة الفولت أمبيرية لمصباح النيون.

ومع رفع الجهد ينمو التيار، كما تتزايد كثافة التيار على الكاثود وتزداد شدة الإضاءة.

ويجب ملاحظة أن المنحنى المقابل لخفض الجهد يقع أعلى من المنحنى المقابل لرفع الجهد. يتأخر تغير التيار عن تغير الجهد، وينطفئ التفريغ (أي يتوقف) عند جهد $U_{extinction}$ أقل من جهد اشعال $U_{ignition}$ ويحدث نقص مفاجئ وحاد للتيار، يصل إلى الصفر في لحظة إنطفاء التفريغ.

تستخدم لمبة النيون كمبين للجهد الثابت والمتردد. وتتميز كل الأجهزة الأيونية بوجود فرق بين U_{ex} و U_{ig} وفي لمبات النيون يكون U_{ex} أقل من U_{ig} بعدة فولتات أو ببضع عشرات الفولتات. والسبب في ذلك، هو إن الغاز لا يكون متأينا قبل اشتعال التفريغ (أي قبل بدئه). أما قبل انطفائه، فيكون الغاز متأينا، ويكون التفريغ عند جهد أقل. تستخدم لمبة النيون كمبين للجهد الثابت والمتردد. وفي حالة الجهد المتردد، يشتعل التفريغ في اللحظة التي تصبح فيها القيمة اللحظية للجهد مساوية للمقدار U_{ig}. ((أي يشبه الدياك تماما عدا جهد الانكسار يكون أعلى))

تنتج المصانع أنواع مختلفة من لمبات النيون، ويوضح الشكل ٧-٨ المنظر الخارجي لبعض منها. يتراوح الجهد U_{ig} للأنواع المختلفة بين 60V و 200V، وأحيانا يكون أعلى من ذلك، وعند الاضاءة يتراوح تيار التشغيل بين عدة أجزاء عشرية من الملي أمبير وعشرات الملي أمبيرات.



مصابيح نيون من المصنع الأوربي

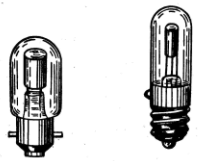
الأول يستعمل للانارة طويلة العمر قليلة الاستهلاك

الثاني يستعمل كمصباح دلالة أو بيان

الثالث يستعمل كمصباح فحص وتحسس

لجهد لمصدر العمومي نجد مثله في

درنفيس الفحص الصيني



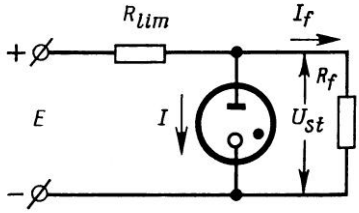
مصابيح نيون من المصنع السوفيتي

صمامات إقرار الجهد

صمامات إقرار الجهد هي أجهزة يطبق فيها التفريغ التوهجي أو الهالي (وتسمى مقرات التفريغ الغازي أو مقرات الجهد). وأكثر هذه الصمامات انتشارا، هي مقرات التفريغ التوهجي التي تعمل في نظام الهبوط الكاثودي العادي.

هذه الصمامات كانت شائعة أيام كان الصمام هو السيد على الساحة. مثل الأنواع من المصنع الغربي OA2 و OB2 وهي ذات جهد إقرار 110V إلى 200V كذلك نجد أنواع كثيرة نجد مفصل خصائصها في نشرات خصائص الصمامات. هذه الصمامات قد اختفت هذه الأيام وحل محلها ثنائي زنر الذي له فولتية إقرار تتناسب مع تطبيقات أشباه الموصلات، ورغم إن ثنائيات زنر ذات الفولتيات المرتفعة تنتجها المصانع هذه الأيام إلا إنها يصعب العثور عليها غالبا، وصمامات إقرار الجهد لم تعد متوفرة هي الأخرى لذا نلجأ إلى استعمال بديل يتمثل في مصابيح النيون الصغيرة التي نجد مثلها في (درنفيس الفحص) أو هي لبيان اشتغال المكواة الكهربائية و سخان الماء. ويمكن تشغيل هذه المصابيح بعد إضافة مقاومة لتحديد التيار المار بها ونسميها مقاومة حد ويوجد مثلها داخل درنفيس الفحص لكنها ذات قيمة مرتفعة جدا لضمان تيار قليل لا يسبب لسعة كهربائية. وعند قياس الفولتية (سواء كانت متناوبة أم مستمرة) الواقفة على طرفي المصباح وهو متوهج سنجدها بحدود ٧٠فولت إلى ٩٠فولت. وهي ذات استقرار إزاء تغير فولتية المصدر يشابه ما يوضحه الشكل ٧-١ بين B و C.

وعند الرغبة في الحصول على فولتية أعلى يمكن توصيل عدة مصابيح على التوالي. وهذا ما كنا نفعله مع صمامات إقرار الجهد أيضا. ولا يفضل توصيل المصابيح على التوازي للحصول على قدرة أكبر فهذه العملية لا خير فيها وإن نجحت عند بداية تشغيلها.



الشكل٧-٣ دائرة عملية لتشغيل مقر جهد صمامي، لاحظ الشبه الكبير بينها وبين دائرة تشغيل ثنائي زنر.

دائرة عملية لتشغيل النيون كمقر جهد نجدها في الشكل ٧-٣ وهي أساسا لصمام إقرار جهد، تخفيض قيمة المقاومة R_{lim} يؤدي إلى تقليل المسافة بين B و C في الشكل٧-١ وهذا غير مفضل حيث سيصاحبه تبديد قدرة زائدة داخل مصباح النيون.

تحسب قيمة المقاومة R_{lim} من قانون أوم عند تغيير الجهد حول القيمة المتوسطة E_{av} في الزيادة أو النقصان، فإن:

$$R_{\lim} = \frac{E_{av} - U_{st}}{I_{av} + I_t}$$

حيث I_{av} = التيار المتوسط للصمام ويساوي $I_{av}=0.5(I_{min}+I_{max})$

I_t = *تيار الحمل* ويساوي $\frac{U_{st}}{R_l}$

ويستخرج المقدار E_{av} من القيمتين الصغرى والقصوى لجهد المصدر:

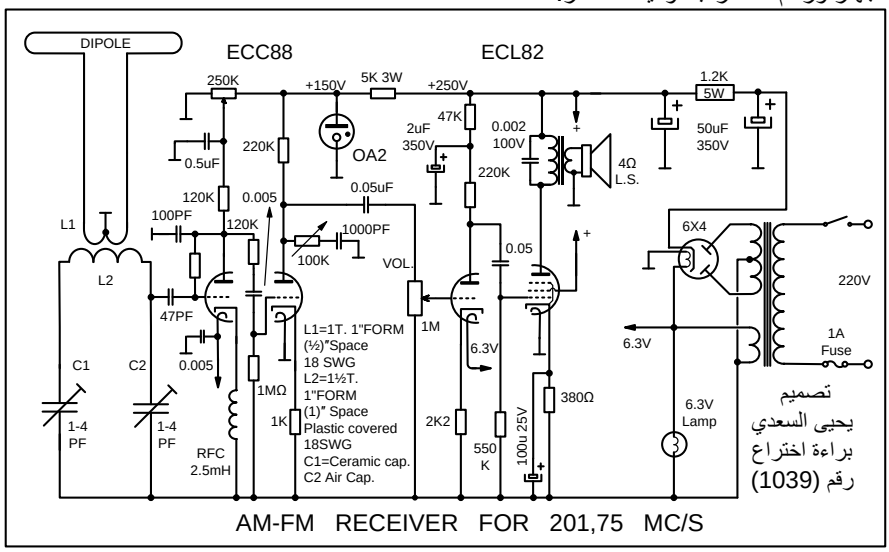
$E=0.5(E_{min}+E_{max})$

لاحظ في حساباتنا أعلاه إننا لم نركز على القدرة التي يمكن أن نسحبها من الدائرة أعلاه لأننا أساسا نستعمل هكذا دائرة لإقرار الجهد فقط وليس للحصول على مجهز قدرة بسيط كما كنا نفعل مع ثنائي زنر. الذي نجد مفصلا لحسابات إدراجه في الدائرة ومقدار القدرة التي يمكن أن نسحبها منه في الجزء الأول من كتاب ألكترونيات في زمن الحصار لنفس المؤلف.

عندما قلت سابقا إن المصابيح المتفلورة (الفلورسنت) تشبه في عملها صمامات إقرار الجهد في الجزء الأول من الكتاب السابق، أراني الآن قد أوضحت معنى تلك العبارة تماما. فالمقاومة R_{lim} في الشكل٧-٣ تقابل الملف الخانق (الجوك) لمصابيح الفلورسنت والخارج النافع من مصابيح الفلورسنت ليس الجهد المستقر على طرفيها وإنما هو الضوء المنبعث منها.

ويمكن أن نوصل أنابيب الفلورسنت القصيرة على التوالي كما نوصل اثنان من مصابيح النيون للحصول على جهد أكبر، وهذا الكلام ينطبق على جميع الأجهزة الأيونية التي اختفى الكثير منها ومن يدري ربما سيأتي زمن تختفي فيه المصابيح المتفلورة، ربما إذا ظهر ما هو أجود منها في الأداء.

فيما يلي تجد الموضوع الكامل لمستقبل راديوي تم ابتكاره من قبل الموهوب العراقي الراحل يحيى السعدي، وقد استخدم فيه صمام إقرار الجهد لتحقيق فولتية مستقرة تجهز إلى المرحلة الأولى وهي الكاشف بطريقة إعادة التوليد Regenerative Detector حيث من خلالها يتم كشف كلا نوعي التعديل الترددي FM و الاتساعي AM، استقرار الفولتية يضمن إن الكاشف يبقى على نقطة الضبط الصحيحة كلما يعاد تشغيل الجهاز ورغم اضطراب فولتية المصدر.



استمع لبرامج التلفزيون بالراديو

بقلم يحيى السعدي / مجلة العلم والحياة العدد الثالث- السنة الأولى حزيران ١٩٦٩

إذا كنت عزيزي الهاوي ممن أتقن دوائر التكبير وكيفية عملها وأمضيت شوطا في مجال الكهربائية وخصوصا في مجال الراديو والتلفزيون أقدم لك خارطة لجهاز استلام VHF يستلم الموجات من كلا نوعي التعديل وهما تعديل الاتساع وتعديل التردد AM و FM.

عزيزي الهاوي أؤكد لك إن الجهاز هو أبسط ما يمكن الوصول إليه قي مجال الـ VHF وأكبر دليل على ذلك لو ألقينا نظرة على أي جهاز تلفزيون لوجدنا أن الإشارة الصوتية لا تخرج إلا بعد المرور بعشرة صمامات وما يرافقها من دوائر معقدة أما جهاز الاستلام الذي نشرت خارطته فلا يحتوي إلا على نصف من صمام واحد لتكون الإشارة الصوتية مسموعة ترسل إلى دوائر التكبير المتكونة من النصف الآخر من الصمام وصمام آخر فقط.

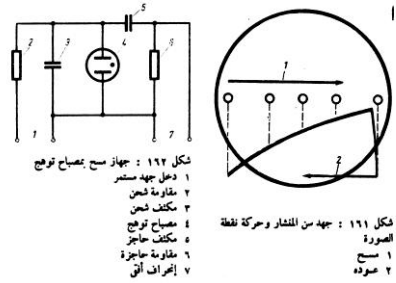
إن العمل في مجال الذبذبات العالية يحتاج إلى ملاحظات عالية جدا في بعض الأحيان و سوف أقتصر على ذكر أهم ما تحتاج إليه في عملك لهذا الجهاز على شكل نقاط وإن شئت الوصول إلى نتيجة مثمرة من مجهودك فما عليك إلا الالتزام بما سطر في الملاحظات الآتية:-

ملاحظات حول جهاز استلام محطات التلفزيون

- المكثفة رقم واحد C1 من المكثفات الخزفية لا تتعدى قيمتها بين 1PF-4PF.
- المكثفة رقم أثنين C2 من المكثفات الهوائية التي لا تتعدى قيمتها بين 1PF-4PF ويمكن استعمال مكثفة صغيرة من ذوات الألواح الكثيرة بعد إزالة جميع ألواحها إلا واحدة.
- الملف رقم واحد L1 يتكون من لفة واحدة ذات توصيلة وسطية ويستعمل سلك نحاسي مغلف بالبلاستك من النوع النحاسي المستعمل في التأسيسات الكهربائية.
- الملف رقم أثنين L2 يتكون من لفة ونصف بقطر إنج واحد وتبعد نهايتي الملف عن بعضهما انجا واحدا ويستعمل له نفس سلك L1.
- يجب أن تكون التوصيلات في النصف الكاشف من الصمام E88CC أقصر ما يمكن بحيث لا تتعدى ثلاثة مليمترات. وحبذا لو كانت كذلك في جميع أجزاء الجهاز الأخرى.
- يمكن استعمال الصمامات الآتية مع ضمان نتيجة ممتازة 6BQ7A-PCC88-ECC88-E88CC.
- يمكن استعمال أي دائرة الكترونية لتكبير التردد الصوتي مع ملاحظة وضع حاكم الصوت بعد أول مرحلة للتردد الصوتي.
- عند تشغيل الجهاز تسمع صوت (وشّه) شديدة تشبه صوت التلفزيون عند عدم اشتغال محطة التلفزيون في حالة عدم وجودها يرجى إعادة النظر في الجهاز.
- عند سماع (الوشّه) الشديدة يربط الهوائي (هوائي التلفزيون الاعتيادي) في مدخل هوائي الجهاز ثم توضع المكثفة رقم ٢ في أقل قيمة لها ثم توضع المكثفة رقم ١ في أقصى قيمة لها وتحرك ببطء نحو الخارج إلى أن يسمع صوت المحطة.
- في حالة خروج المكثفة تماما ولم تسمع المحطة حرك المكثفة رقم ٢ إلى الداخل قليلا ثم أعد العملية للمكثفة رقم ١.
- عند عدم الوصول إلى نتيجة يرجى إبدال الملف رقم ٢ وهكذا إلى أن تصل إلى أحسن نتيجة. علما أن مواصفات الملفات مدرج على الخارطة نفسها.
- الصمام OA2 لتثبيت فولتية نصف الصمام الأول وليس ضروريا في حالة تشغيل الجهاز لأول مرة وقد يكون ضروريا باستعمال الجهاز لمدة طويلة. في حالة إلغائه ضع مكثفة مكانه قيمتها 4uF 350V.
- تقوم المقاومة المتغيرة في النصف الأول من الصمام E88CC بمهمة ضبط عملية الكشف وجعلها أدق ما يمكن وذلك بتغيير الجهد المسلط على نفس القسم من الصمام وعليه يجب أن تكون هذه المقاومة 250 كيلو أوم ذات محور خارجي كحاكم الصوت تماما.
- تجنب التقريب في قيم القطع المستعملة وحاول الالتزام بالقيم المثبتة على الخارطة ما أمكن.

- يمكن استعمال مكبر الصوت في أي جهاز راديو. أي بناء الدائرة المختصة بالكشف ويأخذ الصوت من بعد حاكم الصوت .VOL مباشرة ويدخل إلى مدخل الكرام في الراديو الكهربائي أو الترانسزتور. انتهى

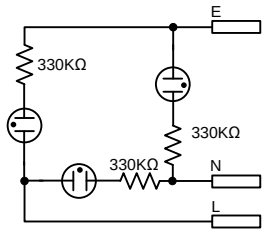
لاحظ إن التردد المثبت أسفل المخطط هو تردد القناة رقم ٨ التي كان تلفزيون بغداد يرسل عليها في تلك الفترة. (الوشَّه) الشديدة التي تحدث عنها قد لا تسمعها هذه الأيام في أجهزة التلفزيون، ذلك لأن أجهزة التلفزيون الحديثة مزودة بوسيلة لإخماد هذه (الوشه) عندما لا توجد نبضات التزامن المصاحبة لإشارة الصورة، وهذا بقصد إراحة المستخدم وعدم إزعاجه.



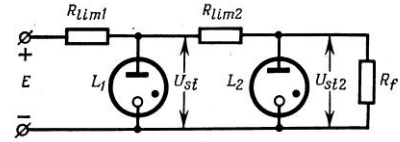
شكل ١٦١ : جهد سن المنشار وحركة نقطة الصورة
١ مسح
٢ عوده

شكل ١٦٢ : جهاز مسح بمصباح توهج
١ دخل جهد مستمر
٢ مقاومة شحن
٣ مكثف شحن
٤ مصباح توهج
٥ مكثف حاجز
٦ مقاومة حاجزة
٧ إنحراف أفقي

الأشكال أعلاه توضح دائرة يمكن أن تبنى بمساعدة مصباح النيون لتوليد جهد سن المنشار المستعمل في تحريك الشعاع الإلكتروني على شاشة الراسمة الكهربائية، الأسلسكوب.

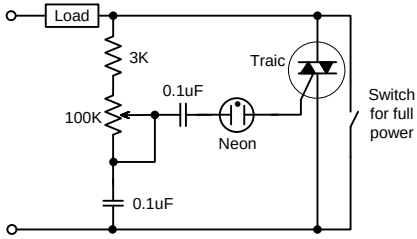


توصيل ثلاثة مصابيح نيون مع مقاومات الحد المتساوية القيمة لبناء فاحص للمقبس (السوكت) المنزلي لبيان هل يوجد حار؟ هل يوجد بارد؟ أين مركب مفتاح التشغيل عبر الحار أم البارد؟ هل الحار في مكانه الصحيح أم هو في مكان البارد؟ هل يوجد أرضي أم لا؟ ويمكن تركيب الأجزاء داخل قابس (بلك) ثلاثي وتجري عملية الفحص بمجرد إدراج القابس في المقبس.

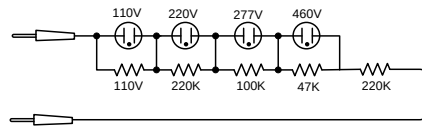


شكل ٧ – ٥ . التوصيل المرحلي لصمامي اقرار الجهد

تستخدم الطريقة في الشكل٧-٥ للحصول إقرار جهد أكبر مما لو استخدم مقر جهد واحد.



دائرة للتحكم في مقدار القدرة المجهزة إلى الحمل كمسيطر على شدة الإضاءة مثلاً، استعمل فيها مصباح النيون بدلا من ثنائي الدياك للحصول على فولتية قدح للترياك يمكن التحكم بها من خلال المقاومة المتغيرة.



مخطط لدائرة فحص مستوى جهد لمصدر يدخل في بنائها مصابيح النيون لبيان انحدار الجهد على مجموعة المقاومات كدالة إلى فولتية المصدر.

المواصلات الراديوية

الهوائيات

يتم بث القدرة الكهربائية للتردد الراديوي بواسطة الهوائي الذي يقوم بإشعاع هذه القدرة في الفضاء بعد أن يتسلمها من خط النقل (الكيبل الواصل بين المرسلة والهوائي) وخط النقل يتسلمها من المرسلة الخاصة بها كما هي الحال في التردد الراديوي الممـوج **AM Modulated** بالمعلومات الإذاعية المراد بثها.

توصل المرسلة بالهوائي بواسطة خطوط النقل والتي تمر بدائرة الاقتران اللازمة للتوفيق بين ممانعة المرسلة وممانعة خط النقل المنتهي بالهوائي. (تتكون الدائرة المقترنة من ملفات ومتسعات لتحقيق الغرض).

يولد الهوائي طرازاً إشعاعياً (يعني الشكل المجسم للإشعاع) ويعتمد على عوامل أهمها علو الهوائي عن الأرض وحسب التردد الذي يتم بثه. فلاستلام أقصى قدرة ممكنة لا بد أن تكون خواص هوائي الاستلام لتردد معين مشابهة لخواص هوائي البث عند ذلك التردد. أي إن تعيين طراز البث في هوائي يحدد طراز هوائي الاستلام. ولهذه الصفة أهمية كبيرة في تصميم هوائيات الاستلام المستعملة في الترددات الراديوية العالية **HF** والعالية جداً **VHF**.

ومن أهم خصائص الهوائي:

- ✓ الممانعة.
- ✓ والاستقطاب.
- ✓ وزاوية البث نسبة إلى مستوى سطح الأرض.
- ✓ وزاوية اتجاه البث نسبة إلى خط الشمال الجغرافي.

الممانعة: هي النسبة بين الفولتية والتيار في الهوائي. هذه النسبة تتغير من نقطة إلى أخرى على طول الهوائي، ومن هنا كان لزاماً عند تغذية الهوائي بقدرة البث أن تكون الممانعة عند مدخل نقطة التغذية موافقة لممانعة دائرة التغذية التي هي المرسلة، وإذا لم تكن متوافقة توضع بين الهوائي والمرسلة دائرة إقران والتي تسمى وحدة توفيق الهوائي. وقد تكون ممانعة الهوائي معقدة (يعني مؤلفة من رادات سعوية وحثية بالإضافة إلى المقاومة وتكون محصلة الممانعة نتيجة ذلك على شكل رادة **Reactance** إما حثية أو سعوية وهذا غير جيد للمرسلة). أو قد تكون مقاومة أومية خالصة (وهذا جيد، ويتعين أن تكون بقدر ممانعة الخروج للمرسلة ليتم نقل أقصى قدرة) ومتى ما كان الهوائي في حالة رنين كانت الممانعة أومية خالصة، وكل ما قيل يعتمد على الخواص الرنينية عند تردد العمل. يعني إذا كان الهوائي في حالة رنين فإن ممانعته أومية خالصة ومقدارها يحدده طول الهوائي نسبة إلى طول الموجة التي يرسلها، وإذا لم يكن في حالة رنين فتكون ممانعته على شكل رادة إما حثية أو سعوية وسترتد القدرة رجوعاً إلى المرسلة؛ وعندما لا تتساوى ممانعة الهوائي وهو في حالة رنين مع ممانعة المرسلة وهذا ما يحدث غالباً يتم توفيق الممانعتين باستعمال وحدة التوفيق **Matching Unit** وتسمى أحياناً وحدة تنغيم الهوائي **Antenna Tuner**، بعد التوفيق يتيسر نقل أعظم قدرة من المرسلة إلى الهوائي، وعند إجراء هذه العملية لا يتعين علينا قياس ممانعة الهوائي إنما نكتفي بمراقبة القدرة الخارجة ونجعلها أكبر ما يمكن مع قدرة منعكسة أقل ما يمكن. ويتم ذلك من خلال مؤشر مثبت لهذا الغرض في وحدة التوفيق.

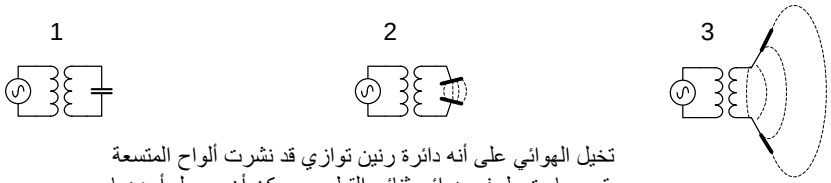
الاستقطاب: الاستقطاب هو وضع الهوائي نسبة إلى سطح الأرض، فإذا كان الهوائي عمودياً على الأرض فانه مستقطب عمودياً، وإذا كان أفقياً فانه مستقطب أفقياً. ويتم استلام الإشارة بكفاءة أعظم متى كان استقطاب هوائي الاستلام مشابها لاستقطاب هوائي البث.

زاوية البث: وهي الزاوية التي يصنعها الإشعاع المنطلق من الهوائي مع الأفق يعني مع مستوى سطح الأرض.

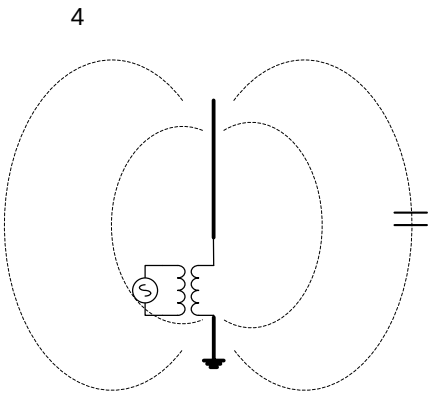
الاتجاه: ونعني به اتجاه أعظم كثافة بث من هوائي الإرسال، أو اتجاه أعظم استجابة إذا كان هوائي استلام. فالسلك المنفرد ذو الاستقطاب

العمودي يبث في جميع الاتجاهات الأفقية بصورة متساوية ويكون طراز البث بشكل بيضاوي يمر الهوائي بوسطه. أما الهوائي ذو السلك المفرد المستقطب أفقياً فإن بثه قليل على طول محوره ويكون طراز البث الرئيس في مواجهة عرض السلك. ومتى ما كان الهوائي موجهاً فإن بث القدرة العظمى يكون باتجاه واحد على شكل حزمة مركزة. وإذا استعمل هذا الهوائي لغرض الاستلام تكون معظم حساسيته في ذلك الاتجاه، ونرى هوائيات الاستقبال التلفزيوني فوق أسطح المنازل وهي موجهة باتجاه مرسلات البث التلفزيوني.

لإيضاح الكيفية التي يعمل بها الهوائي، نستعين بالفكرة القائلة إن الهوائي **ما هو إلا دائرة رنين توازي (وأحياناً يكون دائرة رنين توالي) نُشرت فيها أقطاب المتسعة حتى صارت سلكين جانبيين يمتدان أفقياً أو عمودياً.** هذا بافتراض أن المرسلة مثبتة إلى نقطة تغذية الهوائي وهذا افتراض نظري إذ غالباً ما تكون المرسلة بعيدة عن الهوائي. أما إذا كانت القدرة تصل إلى الهوائي عن طريق خط نقل (وهو الغالب) فينظر إلى الهوائي بفرعيه على إنه دائرة رنين تتألف من حث المتمثل بالامتداد الطولي للسلكين، وسعة ذات عازل هوائي كل لوح فيها بناظر سلك من أسلاك الهوائي. ويتم التحكم بتردد رنين هذه الدائرة (الهوائي) من خلال التحكم بطول فرعيه.

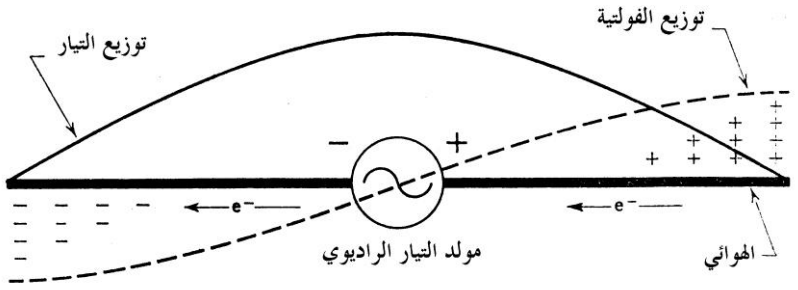


تخيل الهوائي على أنه دائرة رنين توازي قد نشرت ألواح المتسعة حتى صارت طرفي هوائي ثنائي القطب، ويمكن أن يوصل أحدهما إلى الأرض، وتبقى السعة قائمة بين الهوائي والأرض وكذلك هي بين هوائي الارسال وهوائي الاستلام.



أحد طرفي هوائي الارسال موصل إلى الأرض، لاحظ أن دائرة الرنين لم تعد كذلك بل أصبحت نقطة تغذية الهوائي ، ويمكن أن يحل محلها خط النقل.

المتسعة وقد نشرت لتشكل هوائي ثنائي القطب، والمخطط يمثل الهوائي ونحن ننظر إليه من الأعلى، عمليا خط النقل يتصل بنقطة التغذية بدل الدائرة التوضيحية المرسومة على المخطط.



الشكل١ توزيع التيار والفولتية على هوائي ثنائي القطب (دايبولي) لاحظ في الشكل أعلاه أن الفولتية في مركز الهوائي مساوية للصفر في حين أن التيار في قيمته العظمى وهذا يناظر ما يحدث للمتسعة عند توصيلها بفولتية متناوبة، حيث يسبق التيار الفولتية بزاوية طور مقدارها 90^{O}. وعندما يحدث الرنين يتطابق منحنى الفولتية مع منحنى التيار ويصبح للهوائي خصائص المقاومة الأومية الخالصة (راجع دوائر الرنين في فيزياء السادس العلمي).

الهوائي ثنائي القطب (الدايبولي):

الهوائي الدايبولي سلك مستقيم طوله نصف طول الموجة المبثوثة، ويقطع من وسطه لتتكون لدينا نقطة التغذية أو مدخل الهوائي. الشكل١ يرينا هوائي ثنائي القطب بنصفيه يربط كل نصف إلى طرف من أطراف مولد التردد الراديوي، وبذلك يكون مولد التردد الراديوي في مركز الهوائي. وقد حذف خط النقل كما حذفت شبكات الاقتران **Coupling network** من الشكل (وتسمى وحدة تنغيم الهوائي أو وحدة توفيق الهوائي) لتسهيل الشرح. فخلال النصف الأول لذبذبة المولد يكون الطرف الأول للدايبول موجباً والأيسر سالباً، فتسير الالكترونات بعيداً عن الطرف الأيسر للهوائي نحو الطرف الأيمن الموجب لذا يكون التيار في حده الأعظم عند وسط الهوائي ويكون صفراً في النهايتين لأن هاتين النهايتين غير موصلتين ببعضهما. ولما كان المولد يولد موجة جيبية سترى إن سعة التيار على طول الهوائي تتغير على نمط جيبي. وبسبب توزيع الالكترونات عند النهايات البعيدة نجد إن الفولتية تتوزع على طول القطبين (الدايبول) بالكيفية المبينة في المنحنى المنقط الظاهر في الشكل.

في خلال النصف الثاني للذبذبة تنعكس قطبية النهايتين وتسير الالكترونات بالاتجاه المعاكس فيكون الطرف الأيمن هذه المرة مشحوناً بالشحنة السالبة والأيسر مشحوناً بالشحنة الموجبة. ويكون مقدار التيار أعظم ما يكون في الوسط. كما إن تجمع التيار بالشكل الجديد يعطي توزيعاً للفولتية كالتوزيع السابق ولكن بتقطيب معاكس.

وعندما يكون الهوائي في حالة رنين يكون توزيع الفولتية على الهوائي مثال على الأمواج الواقفة، حيث تنعكس الأمواج عند الأطراف وتقابل كل بطن منعكسة للفولتية البطن الأصلية ولأنهما تمتلكان نفس القيمة تلغي كل واحدة منهما الأخرى، كذلك يحدث لموجة التيار حيث تقابل كل بطن وكل عقدة منعكسة نظيرتها المنطلقة من المولد وتلغي أحدهما الأخرى، وإذا لم يكن الهوائي في حالة رنين فإنه يمتلك إما رادة حثية أو سعوية تزيد أو تقل حسب تردد رنينه زيادة أو نقصان عن تردد الإشارة المغذاة إليه، لذا ستجد فرق بالأطوار بين الموجات المنعكسة والذاهبة ويتسبب عنه قدرة راجعة تتبدد في المصدر وهي حالة سيئة إذا حدثت.

فإذا كان التردد **1000** كيلو ذبذبة في الثانية (عند منتصف حزمة البث) وجب أن يكون طول الهوائي بنصفيه **150** متراً تقريباً وذلك لأن:

طول الموجة = السرعة / التردد وطول ذراعي الهوائي ثنائي القطب يساوي ½ طول الموجة.

وعليه طول الهوائي ثنائي القطب = السرعة / (٢×التردد)

وحيث إن السرعة هي سرعة الضوء والتي تساوي (٣×١٠^٨متر/ثانية)

وإن التردد في هذا المثال هو تردد البث ومقداره **1000KHz** فإن طول الهوائي = **150** متراً.

على إن الطول الرنيني الحقيقي للهوائي أقل من هذا الطول الكهربائي بقليل وذلك لإهمال بعض الاعتبارات والتصحيحات في مثل هذا الحساب.

تنغم هوائيات البث تنغيماً دقيقاً لتردد القدرة الراديوية المراد بثها، ولأن هوائيات الاستلام تستلم الإشارات على مدى واسع من الترددات لذا يتعين عدم تنغيمها، وأي جزء قصير من سلك (يعادل جزء لا بأس به من الطول الرنيني) يفي كهوائي استلام لترددات البث الإذاعي.

هوائيات ربع الموجة:

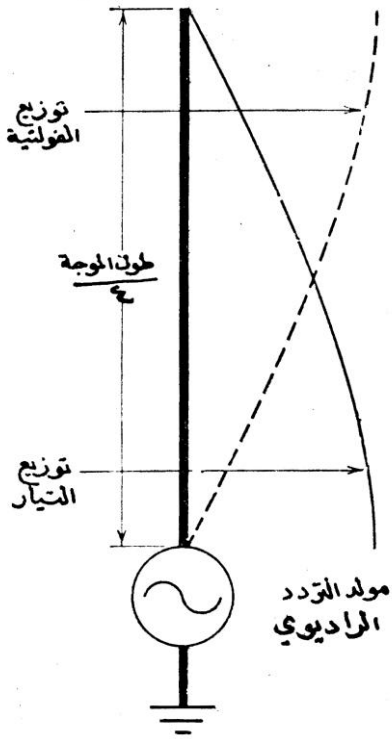
وهي من الهوائيات المهمة الأخرى ولها طول يساوي ربع طول موجة الإشارة المبثوثة، يوصل طرف منها بالأرض لتكون بذلك نصف طول الهوائي الثنائي القطب وتكون الأرض نصفه الآخر. يسمى أحياناً مثل هذا الهوائي هوائي ماركوني لأنه أول من استعمله. ويبين الشكل٢ هوائياً بسيطاً من هذا النوع تكون فيه الفولتية عند الأرض صفراً.

تستعمل هوائيات ربع الموجة في مرسلات البث الإذاعي لأنها غير اتجاهية البث، ولا يحتاج الهيكل الذي يحملها إلى مكان واسع. أما في الأماكن المرتفعة عندما يراد بث الترددات العالية والعالية جداً فيستعمل أرضي اصطناعي يتألف من قضبان معدنية تتصل شعاعياً بقاعدة الهوائي. ويمكن اعتبار سطح السيارة أو الطائرة كأرضي اصطناعي لهوائي ربع الموجة.

الإرسال:

تنبث الطاقة الكهربائية في الفضاء من الهوائي بشكل موجات كهرومغناطيسية تعرف بالأمواج الراديوية.

لكن الطاقة المبثوثة تكون ضئيلة جداً عندما يكون التردد **50** ذبذبة في الثانية، لأن البث بكفاءة على هذا التردد يستلزم أن يكون طول الهوائي **3000**



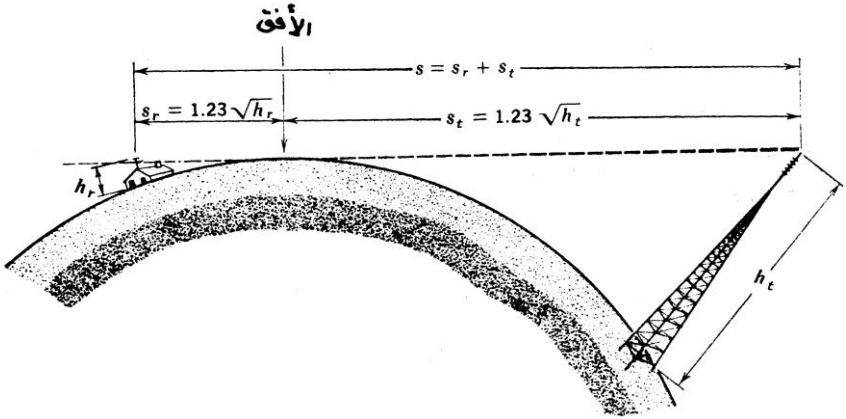
الشكل٢ توزيع التيار والفولتية على طول هوائي ربع الموجة.

كيلو متراً لأن الموجة التي تناظر هذا التردد لها طول = **3000** كيلو متراً، في حين يبلغ طول الموجة عشرة أمتار لتناظر تردد مقداره **30MHz**، عندها يصبح أي موصل طوله خمسة أمتار قادراً على البث بكفاءة.

وتكون المعلومات الموضوعة على هوائي البث قد تولدت مرة أخرى كتيار في هوائي الاستلام البعيد، وتلك ظاهرة لا تختلف عن عمل المحولة. وربما هي لا تختلف عن موصلين بينهما ربط سعوي.

البث على طول خط النظر:

قلما ترجع موجة العلاء ذات التردد العالي جداً إلى الأرض لأنها تعبر الطبقة المتأينة إلى الفضاء الذي بعدها. ولما كانت الموجة الأرضية التي لها مثل هذه الترددات تضعف بسرعة فإن مدى البث سيكون على طول خط النظر بين هوائي الإرسال وهوائي الاستلام حيث تمر الموجات مباشرة بين الهوائيين خلال الفضاء القريب من سطح الأرض.



الشكل٣ يوضح معنى خط النظر، وكيف أن مسافة تغطية الهوائي تزداد مع زيادة ارتفاعه؛ وهذه الزيادة محدودة بسبب تقوس سطح الأرض. يتضمن المخطط كذلك العلاقات التي يمكن من خلالها إدراك المسافة التي يمكن أن يغطيها خط النظر بدلالة ارتفاع الهوائي، لاحظ إننا نستعمل لفظ خط النظر للدلالة على الخط المستقيم الممتد وهذا الخط قد يصل إلى نقطة قد لا تدركها أبصارنا ولو كنا نتمتع بقدرة الطائر على الإبصار لصار بإمكاننا ربما رؤية تلك النقطة. لكن الخط المستقيم (خط النظر) يصل إليها ويتحقق معها الاتصال. وعند تطبيق العلاقات أعلاه يتعين الانتباه إلى الوحدات، علو الهوائي بالأقدام ومسافة التغطية بالأميال. وسأضع في مكان لاحق مفصل الاشتقاق الهندسي والرياضي لهذه المسألة.

ويكون مبدأ التغطية حسب خط النظر مستعملاً مع الإرسال الإذاعي نوع التضمين الترددي **FM** ضمن مدى الترددات **VHF**. وفي الشكل **7-14** نجد العلاقات اللازمة لاستخراج المسافة التقريبية (تقريبية لما تتضمنه الأرض من شواخص وتضاريس) التي يغطيها الهوائي بدلالة ارتفاعه فوق سطح الأرض.

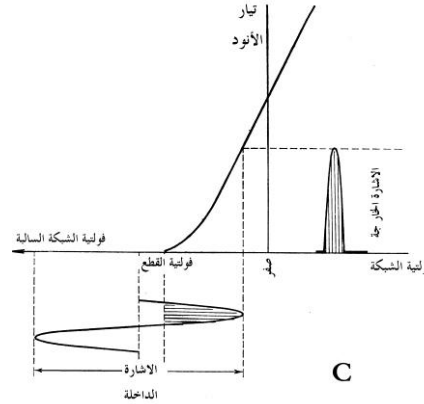
مرسلات الراديو يتم فيها توليد التردد الراديوي الحامل للمعلومات في مولد التردد الراديوي، ثم تكبر هذه الإشارة وتضخم قدرتها قبل أن تموج **Modulate** أي قبل أن تحمل بالمعلومات السمعية الآتية من مضخم القدرة السمعي وترسل إلى الهوائي. هذا ما يحدث في مرسلات التضمين السعوي **AM** الإذاعي كما مع الموجة المتوسطة والطويلة والموجات القصيرة للراديو.

وإذا أريد للتردد الحامل أن يكون أكثر ثباتاً ولا ينحرف عن قيمته المحددة فلا بد من استعمال مذبذب بلوري لتوليد التردد، على حين أن المذبذب الذي يمكن تغيير تردده بالتنغيم وإن لم يكن بثبات الأول إلا إنه يسمح بتنغيم أسهل لترددات مختلفة.

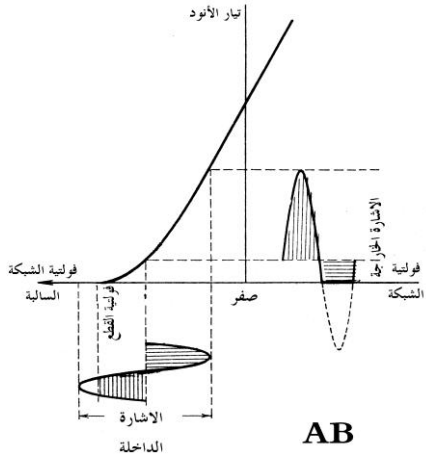
وهنالك مرحلة فاصلة أو مضخم فاصل **Buffer Amplifier** على شكل مكبر للتردد الراديوي صنف سي **C** يقوم بفصل المذبذب عن باقي أقسام المرسلة. (المكبرات ذات الصنف **C** هي المكبرات التي إذا كان دخولها موجة جيبية كاملة يكون الخارج منها كما موضح في المخطط٤).

ويستعمل مكبر الفولتية من الصنف **A** كمكبر سمعي. (يصنف المكبر من الصنف **A**، إذا كان الداخل إليه موجة جيبية كاملة و يكون الخارج كذلك موجة جيبية كاملة).

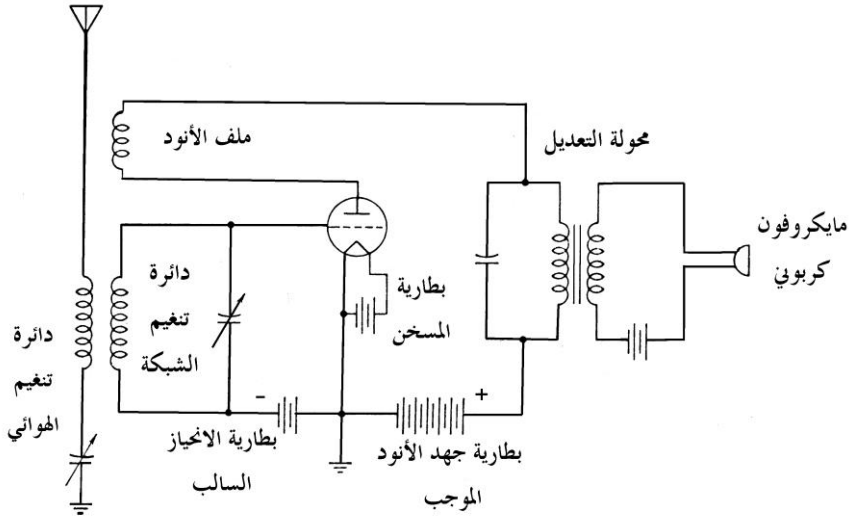
ومكبر التمويج أو التعديل **Modulation** من نوع مكبر قدرة يشتغل بصنف **A** أو صنف **AB** أو **B** لتجهيز القدرة السمعية اللازمة للتمويج الكامل للإشارة الراديوية الخارجة من مكبر القدرة الخاص بها. (في المكبر من الصنف **B** إذا كانت الإشارة الداخلة موجة جيبية كاملة يكون الخارج هو النصف السالب فقط من الموجة الجيبية؛ في المكبر من الصنف **AB** إذا كان الداخل للمضخم موجة جيبية كاملة يكون الخارج كما في المخطط ٥.



مخطط ٤ يوضح عمل المضخم نوع سي C لاحظ أن الإشارة الداخلة إلى المضخم موجة جيبية كاملة يتم تكبير الجزء المضلل منها فقط كخارج وهذا مناسب جداً مع الترددات الراديوية الحاملة للمعلومات الصوتية بتعديل اتساعي AM لكنه غير مناسب تماما مع الترددات الراديوية الحاملة للمعلومات الصوتية بتعديل ترددي FM أو الإرسال بحزمة جانبية مفردة SSB ويتعين إذاك استعمال مضخم خطي.



المخطط٥ يوضح ما الذي يتم تكبيره من الإشارة الجيبية الداخلة في المضخم من نوع AB.



الشكل٦ دائرة بسيطة من كتاب الفيزياء للصف السادس الثانوي لمرسلة مموجة (يعني مرسلة تعمل بتعديل الاتساع AM)؛ هذه الدائرة كان يتم تنفيذها من صمام واحد يباع في بغداد بمائة وخمسين فلساً وهو نفس الصمام الذي استعملته مديرية الرعاية العلمية لتدريب الملتحقين بدوراتها من الشباب سنة ١٩٧٠ في بنايتها التي أزيلت الآن في شارع المغرب. ويتميز هذا الصمام بأن له فتيل تسخين مباشر من خلال بطارية واحد ونصف فولت وهذا سهل للشباب وآمن في نفس الوقت، وكانت تؤخذ فولتية الأنود إما من بطارية أو محولة خافضة لها خارج ٢٥فولت مستمر، وفولتية انحياز الشبكة من بطارية مستمرة إما ١.٥أو ٣فولت. تتميز هذه الدائرة بأداء عالي وتوفر المواد المكونة منها، المايكروفون مستخرج من هاتف (إريكسون) والمحولة من راديو صمام ويتم تحضير الملفات فقط لنحصل على دائرة مختبرية إذاعية بتعديل الاتساع ذات أداء ممتاز ونتعلم منها الكثير. وهي في نفس الوقت ذات تغطية محدودة.

تصنع المرسلة بأبسط أشكالها من دائرة المذبذب الموضحة في الشكل٦ والحاوية على التغذية العكسية الموجبة بواسطة ملف الشبكة المقترن بالحث مع ملف الأنود وبذا تتم إدامة التذبذب.

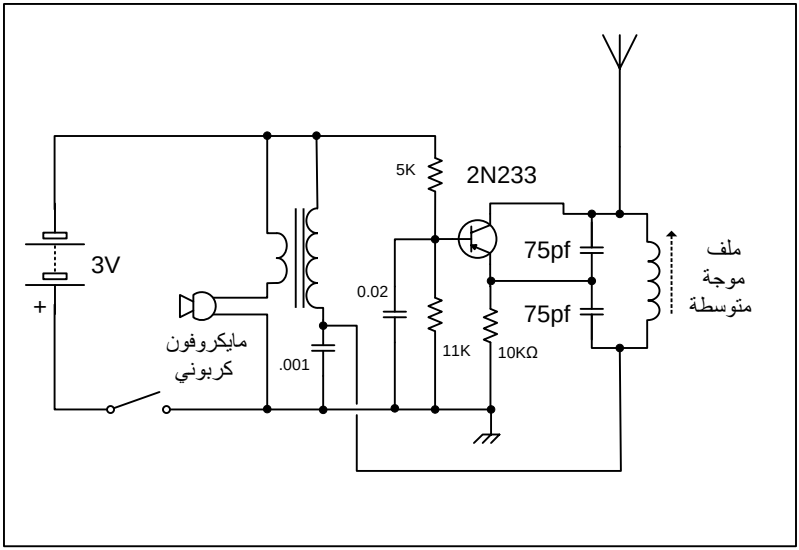
يمر الجهد المستمر الموجب لتغذية أنود الصمام عبر ملف المحولة السمعية ذو الممانعة التي تتغير حسب شدة التيار المار في ملف المايكروفون، وكما هو الحال مع المضخمات المغناطيسية، تتغير تبعاً لذلك سعة التردد الراديوي الذي يولده المذبذب حسب سعة التردد الصوتي في المايكروفون ويسمى هذا النوع من التعديل بالتضمين الاتساعي للصوت **AM Audio Modulation**.

الهوائي موصل إلى دائرة تنغيم مقترنة حثياً مع ملف الأنود حيث يتم نقل طاقة التردد الراديوي من ملف الأنود إلى ملف دائرة رنين الهوائي ثم الهوائي. وفي هذه المرسلة البسيطة لا يوجد خط نقل بينها وبين الهوائي، إنما يشكل الهوائي جزء من دائرة رنين يتم تنغيمها من خلال المكثف المتغير،

الموجات الواقفة تجدها على الهوائي وكما وصفناها سابقاً، موجة الفولتية تقابلها موجة الفولتية المنعكسة كذلك موجة التيار.

الصمام **DC93** قد استعمل في مرسلة تعديل الاتساع هذه وهو من نوع التسخين المباشر ويستعمل غالباً في الدوائر المختبرية. المكثف الموجود على التوازي مع ملف المحولة لتأمين طريق ثانوي للتردد الراديوي بالإضافة إلى دفع الرنين الذاتي (الآتي من السعة الذاتية مع حث الملف نفسه) بعيداً عن تردد العمل.

غير إن القدرة المنبثة ضئيلة عند استعمال هذا النوع من المرسلات كما وينحرف التردد الحامل عن مقداره الأصلي في معظم الأحيان. ويتطلب أن نلاحقه في جهاز الاستلام (الراديو).



مخطط لمرسلة تعديل اتساع ذات ترانزستور واحد، تبث على حزمة الموجة المتوسطة لمسافة ٢٠ إلى ٣٠ متراً نستطيع القول إنها تكافئ عمل الدائرة الأولى، إلا أن الخارج منها يتضمن قدر من التوافقيات أكثر من الدائرة الأولى، لذا ترانا نجد في مرسلات أشباه الموصلات مرشح تمرير منخفض لتوهين التوافقيات قبل إرسالها إلى الهوائي، وفي المرسلات الصمامية الصغيرة تكفي دائرة تنغيم اللوح للحصول على خارج بدون الأثر المزعج للتوافقيات. الدائرة أعلاه تُضَمِن الصوت تضمين اتساعي AM وغالباً ما يكون الكلام في المايكروفون غير مجدي لسماع صوتك في المذياع ما لم تدرج مضخم صوتي بين المايكروفون والمحولة، وفيما لو وصلت الخارج من مسجل صوت إلى الملف قليل الممانعة للمحولة السمعية (ملف المايكروفون) لحصلت على إرسال جيد على الموجة المتوسطة بغطي كامل المنزل. الدائرة أعلاه تتضمن مذبذب تجده نفسه في أجهزة استقبال الجيب ذات الستة ترانزستورات والعاملة على بطارية ٣فولت؛ عمله في تلك الأجهزة كمذبذب محلي ومازج ومضخم ترددات راديوية في نفس الوقت، بعد أن يضخم الإشارة المستلمة من الهوائي يقوم بمزجها بالتردد الذي يولده لتنتج عدة ترددات فيها تردد هو مطروح الترددين وفيها تردد كذلك هو مجموع الترددين ناهيك عن مجاميع ومطروح التوافقيات هي الأخرى، ويتم في مضخم التردد المتوسط استخلاص مطروح الترددين فقط ونبذ كل الترددات الباقية. هذه العملية تسمى (السوبر هيترودين) وتسمى بالعربية الفعل المغاير فوق السمعي للدلالة على إن الحاصل بعد عملية المزج هو تردد فوق الطيف السمعي؛ ومن الطريف أنه يمكن التحكم بتردد المذبذب المحلي لنحصل نتيجة هذه العملية على تردد مسموع (بدون مرحلة التردد المتوسط) يضخم في مكبر عالي الكسب لينتج لنا صوت المحطة بشكل مسموع، وتسمى المستقبلات من هذا النوع مستقبلات التغيير المباشر .(Direct Conversion Receivers (DC

الملحق

12·20. Range of Space-wave Propagation

In general the transmission is possible only upto or slightly beyond the line of sight distance. Hence the elevation of the antennas is the factor which determines the range.

Let d be the distance from the top of the antenna of height h to horizon as shown in Fig. 12·19. Let r be the radius of the earth.

Then $(d^2+r^2)=(r+h)^2=r^2+2rh+h^2$

or $d^2=2rh+h^2$

But $h^2 \ll 2rh$

Hence $d=\sqrt{2rh}$ ...(12·35)

or $d=1{\cdot}23\sqrt{h}$ miles ...(12·36)

where h is the height of the antenna in feet.

This distance d is almost the same as distance d_1 along the earth's surface, since $h \ll d$.

With the transmitting and receiving antennas placed at heights h_t and h_r, the maximum range of space wave communication is given by

$$d=1{\cdot}23[\sqrt{h_t}+\sqrt{h_r}] \quad ...(12{\cdot}37)$$

where h_t and h_r are in feet.

Thus the service area increases on increasing the heights of the transmitting and receiving antennas.

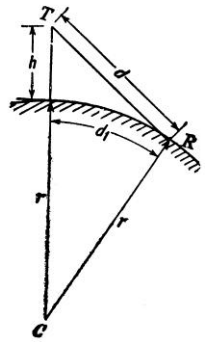


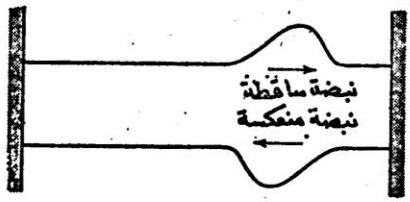
Fig. 12·19. Distance to the horizon.

صورة للمسألة المتضمنة للاشتقاق الهندسي والرياضي للعلاقة التي يمكن من خلالها إدراك مساحة تغطية الهوائي من خلال معرفة ارتفاع الهوائي، وهذا ما يحدث بالفعل مع مرسلات التضمين الترددي والمرسلات التلفزيونية حيث يعمد إلى زيادة ارتفاع هوائي الإرسال لزيادة المدى الذي يصل إليه البث ويكون هذا المدى محدوداً بتقوس سطح الأرض.

فيما يلي صور من كتب الفيزياء المنهجية، تتضمن شرح أجده ضروري لمن يريد الاستزادة.

٨ ـ انعكاس النبضات :

لنفرض ان نبضة مستعرضة انتقلت في وتر مشدود ووصلت الى طرفه المثبت بمسند صلد ثابت كما في الشكل ١٢ـ١٠ ، فمما لا جدال فيه هو ان الطرف سيبقى ثابتا لا يتحرك • وعندما تصل اليه النبضة المستعرضة فانها تنقل ما فيها من طاقة الى المسند الثابت عن طريق التأثير عليه بقوة • ولكن المسند الثابت سيرد على هذه القوة بقوة مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه مسببا للنبضة المستعرضة انعكاسا ولكن بازاحة تعاكس ازاحة النبضة الساقطة على المسند الثابت • ويبقى شكل النبضة كما هو دون تغيّر ولكن ما يصل الى المسند الثابت على شكل قمة ينعكس على شكل قعر وما يصل اليه على شكل قعر ينعكس على شكل قمة •



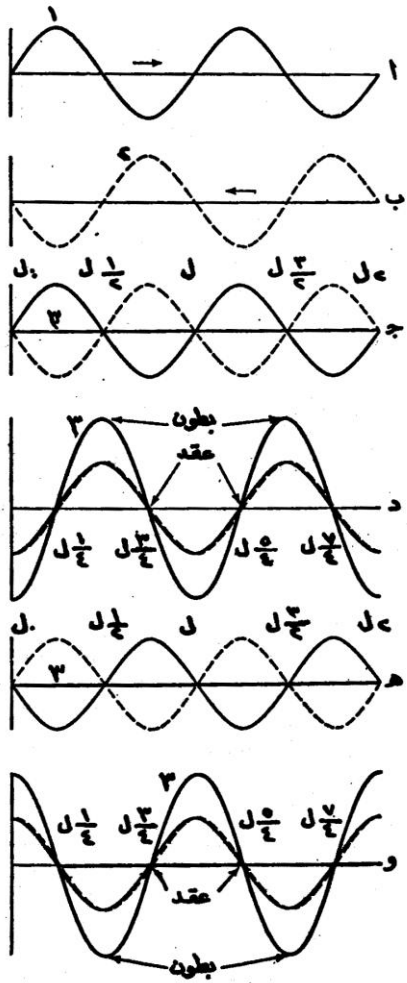
شكل ١٢ ـ ١٠ اذا كانت النبضة ساقطة على شكل قمة فانها تنعكس على شكل قعر •

٩ ـ الموجات الواقفة : *Standing Waves*

اذا وصلت سلسلة من الموجات الدورية الى طرف مثبت من وتر انعكست كسلسلة من الموجات الدورية ايضاً • وعندها يحصل ان سلسلتين من الموجات المستعرضة تسريان في الوتر ؛ احداهما صادرة والثانية منعكسة ؛ لهما نفس التردد والطول الموجي والسعة ولكنهما متعاكستان في الاتجاه ؛ تمثل احداهما في (أ) والثانية في (ب) من الشكل ١٢ ـ ١١ • فاذا التقت هاتان الموجتان وهما بالوضع المبين في (أ) ، (ب) وتراكبتا فان النتيجة هي كما في الشكل (جـ) حيث لا تظهر اية موجة بتاتاً • أما اذا أُزلِفَت كل موجة باتجاه حركتها بمقدار ¼ طولها الموجي فان النتيجة كما في الشكل (د) • ولو أُزلِفَت كل منهما اضافة الى ما سبق بمقدار ¼ طولها الموجي باتجاه حركتها لكانت النتيجة كما في الشكل (هـ) •

وازلافها بمقدار ¼ الطول الموجي اضافة الى ما تقدم وعلى نفس النمط يعطي النتيجة الموضحة بالشكل (و) حيث يتولد طراز من الموجة يطلق عليه اسم **الموجة الواقفة** تتحرك فيها جسيمات الوسط حركة توافقية بسيطة بنفس تردد الموجتين المركبتين ولكن بسعات تختلف باختلاف النقاط على طول الوتر وتتراوح ما بين الصفر كحد ادنى للسعة في $\frac{1}{4}$ل ، $\frac{3}{4}$ل ، $\frac{5}{4}$ل ، $\frac{7}{4}$ ل الخ ... ، وضعف سعة احدى الموجتين كحد اقصى في صفر ل ، $\frac{1}{2}$ل ، ١ ل ، $\frac{3}{2}$ ل ، ٢ ل ، الخ ...

ان جميع الجسيمات التي تقع بين صفر ل ، ¼ ل في الشكل ١٢ ـ ١١ (و) تتحرك بنفس الطور الزمني بالنسبة لبعضها كما انها متواقتة في الطور مع الجسيمات الواقعة بين $\frac{3}{4}$ل ، $\frac{5}{4}$ل ، ولكنها تختلف بمقدار نصف موجة عن طور الجسيمات الواقعة بين ¼ ل ، $\frac{3}{4}$ ل ؛ والجسيمات الواقعة بين $\frac{5}{4}$ل ، $\frac{7}{4}$ل ، كما ان الجسيمات التي تقع على طول من الوتر يساوي نصف طول الموجة عندما تكون متحركة



شكل ١٢ ـ ١١ . تتكون الموجات الواقفة من تراكب موجتين متساويتي التردد تسيران باتجاهين متعاكسين في نفس الوسط . الموجة المحصلة هي التي تحمل الرقم ٣ في الشكل .

نحو الاعلى فان الجسيمات الاخرى التي تجاور ذلك الطول مباشرة تكون متحركة نحو الاسفل • وهناك اجزاء معينة من الوتر اذا مرّت بها موجة واقفة فانها لا تتحرك ولا تُزاح عن مواضع استقرارها • هذه الاجزاء تسمى العقد Nodes اما الاجزاء التي تقع بمنتصف المسافة بين عقدتين فانها تهتز بأعظم سعة وتسمى البطون Loops • وطول الموجة المستعرضة الدورية المركبة التي تُسهم في توليد الموجة الواقفة ـ يساوي : ضعف المسافة بين عقدتين أو ضعف المسافة بين بطنين • تتولد الموجة الواقفة من تداخل موجتين دوريتين لهما نفس السعة والطول الموجي ولكنهما تتحركان باتجاهين متعاكسين • فاذا اختلف طولا الموجتين فلا تكون الموجة الواقفة •

وعندما تتولد موجة واقفة في وتر مشدود من نهايتيه فان نهايتي الوتر ستكون كل منهما عقدة بالضرورة لاستحالة تحرك أي منهما • ومن هنا يتبين أن أطوالاً موجيّةً معينة وليس أية موجة تستطيع توليد موجة واقفة في الوتر المشدود • والطاقة لا تستطيع الانتقال وعبور العقد في الموجة الواقفة لان العقد في سكون دائم ولذلك تبقى الطاقة محصورة في الاجزاء المهتزة من الوتر وتتعاقب في تحولها من طاقة حركية الى طاقة مرونة كامنة •

بث وتسلم الموجات الكهرومغناطيسية.

ولجعل الموجات الكهرومغناطيسية المبثوثة من هذه الهوائيات تصل الى مسافات بعيدة لا بد أن تكون القدرة المحمولة بالاشعاع كبيرة وهذا لا يتحقق الا اذا توافر شرطان:

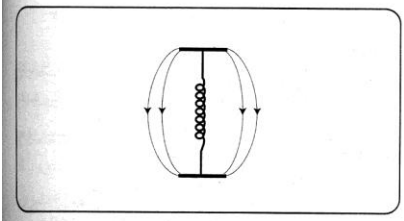
١ - تيار كهربائي عالي الشدة.

٢ - اهتزاز ذو تردد عالي.

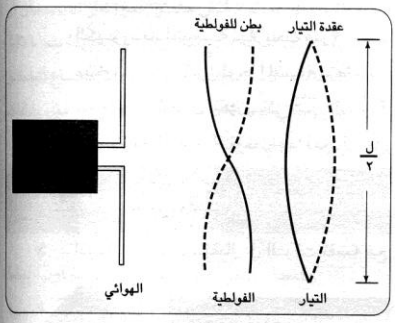
ويمكن الحصول على ذلك من مذبذب بجعل تردده ضمن مدى الترددات الراديوية.

ان التيارات عالية التردد تتصف بصفة مهمة وهي انتشارها في الدوائر الكهربائية حتى لو كانت مفتوحة (هوائيات) وأن الاهتزاز الكهربائي ينعكس عندما يصل إحدى نهايتي الدائرة المفتوحة (الهوائي) إذ أن الالكترونات لا تستطيع الخروج الى الهواء، فترتد موجة التيار منعكسة فتتداخل مع الموجة الصادرة مكونة **موجات واقفة.**

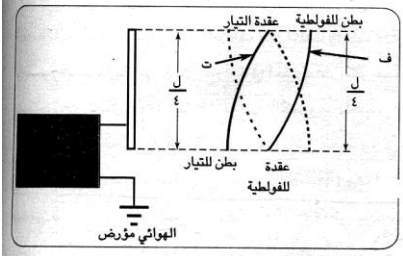
إذا كان طول الهوائي مناسباً ويعادل انصافاً صحيحة من طول الموجة مكوناً عند نهايتيه عقدتين للتيار، وبما أن زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار ٩٠° (في المحث) لذا تتولد في النهايتين بطنان للفولطية ويسمى مثل هذا الهوائي **بالهوائي النصف الموجي** شكل (١٥ أ) واذا كان أحد طرفي الهوائي مؤرضاً فيسمى **بالهوائي الربع الموجي** إذ تحدث عند النهاية المؤرضة عقدة للفولطية (جهد الارض صفراً) وبطناً للتيار وعند النهاية الطليقة عقدة للتيار وبطناً للفولطية شكل (١٥



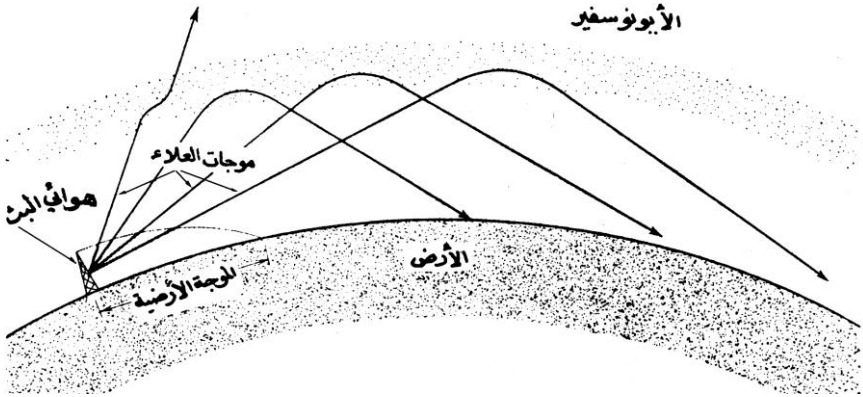
الشكل (١٤ جـ)



الشكل (١٥ أ) الهوائي النصف الموجي (دايبول)



الشكل (١٥ ب) : الهوائي الربع الموجي



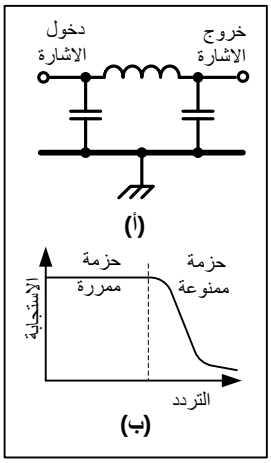
مسالك الموجات الأرضية وموجات العلاء المنعكسة من الأيونسفير والصادرة من هوائي البث.

مدخل إلى المرشحات

By Jeff Black. GOUKA / RadCom. July 1998

من الأمور الجيدة أن يفكر هاوي الراديو بوضع مرشح تمرير حزمة إلى الخارج من مرسلته، حتى إذا كان يشعر أن المرسلة خاصته ذات خرج نضيف.

وفي الحقيقة فأن امتلاك المرسلات لمرشحات التمرير الواطئ هي ما يميز الأجهزة العصرية (أجهزة الإرسال خاصة). غالبية الأجهزة في عصرنا هذا تمتلك مرشح تمرير واطئ **Low Pass** لأجهزة التردد العالي **HF** أو مرشح تمرير حزمة **Band Pass** للأجهزة العاملة على الحزم **VHF/UHF** مبيتة داخل بناء الجهاز نفسه. لكن هذا الكلام لا يعمم ١٠٠% لأن قسما منها لا يمتلك مرشحات وقد تكون غير كفئة في أدائها والقسم الآخر يمتلك.



الشكل١ مرشح تمرير واطئ أساسي، يستعمل عمليا مع مرسلات الترددات العالية HF .

الأنواع الأساسية

هنالك أربع أنواع من المرشحات

- نوع التمرير الواطئ **Low Pass**

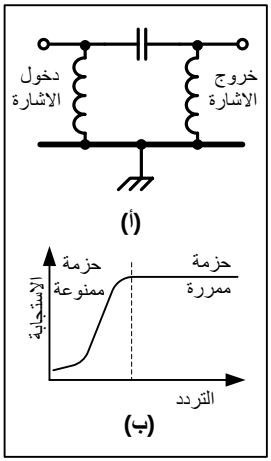
يتألف من ملف يعترض طريق مرور الإشارة، ومتسعة موصلة إلى كلا جانبي الملف ومتصلة بالأرض **Ground** (أو إلى الشبكة الحاجبة لخط النقل المحوري) الشكل١(أ). وكما يوضح الاسم، هذا النوع من المرشحات يضائل **Attenuate** (يجعل أقل) جميع الترددات فوق نقطة معينة الشكل١(ب)، وتعتمد هذه النقطة على قيمة **L** و **C**.

- نوع التمرير العالي **High pass**

يتألف من متسعة تعترض خط مرور الإشارة على التوالي، وملف يتصل مع كلا جانبي المتسعة يذهب إلى الأرض (أو شبكة التأريض والحجب لخط النقل المحوري) الشكل٢(أ) وكما يتضح من الاسم فان هذا النوع من المرشحات يضائل جميع الترددات التي هي أقل من تردد معين الشكل٢(ب) ويعتمد هذا التردد على قيمة **L** و **C**.

- نوع تمرير الحزمة **Band Pass**

يتألف من دائرة متقبلة **Acceptor** (دائرة رنين توالي) موصلة على التوالي عبر طريق مرور الإشارة. مع اثنان من الدوائر الرافضة (دائرة رنين توازي) تتصل مع كلتا نهايتي الدائرة المتقبلة وموصلتين إلى الأرض الشكل٣(أ). هذا المرشح يسمح بنطاق ضيق من الترددات بالمرور خلاله الشكل٣(ب). ويكبت كل الترددات الأخرى إلى الأرض.



الشكل٢ مرشح أساسي للتمرير المرتفع، يدرج هذا المرشح عملياً مع أجهزة التلفزيون.

▪ نوع منع حزمة **Band Stop Notch**

يتألف من دائرة رفض **Rejecter** (دائرة تنغيم توازي) موصلة على التوالي عبر مسار الإشارة، مع دائرتين متقبلتين موصلة عند كل جانب من جوانب دائرة الرفض وتتصل بالأرض الشكل ٤(أ). هذا المرشح يضائل حزمة ضيقة من الترددات شكل ٤(ب). بينما يسمح لكل الترددات الباقية بالمرور خلاله.

▪ الاستعمالات

دعنا نفترض أنك ترسل على حزمة التردد العالي **HF** وتتسبب بحدوث تداخل مع جهاز التلفزيون في الغرفة المجاورة. أول شيء تقوم به أن تجرب تركيب مرشح تمرير واطئ عند مخرج المرسلة. إذا هذا الحل لم يظهر أي تأثير جرب مرشح تمرير حزمة **Band Pass** أو مرشح تمرير مرتفع **High Pass** عبر خط النقل(خط التوصيل) بين التلفزيون والهوائي. مرشح تمرير الحزمة الملائم يجب أن ينغم ليقبل فقط تردد حزمة الإرسال التلفزيوني ويرفض الترددات الباقية.

▪ مثال آخر

مرشح رفض الحزمة **Band Stop Filter** يستعمل لمنع التداخل من مرسلات **50 MHZ** مع مستقبلات الإرسال **VHF**.

يدرج مرشح رفض الحزمة في موصل هوائي المرسلة. وينغم على تردد **١٠٠MHz** حيث يمنع أي توافقية ثانية **2 x 50 MHz=100MHz** والتي هي تماما في منتصف حزمة الإرسال **VHF**! من أن تخرج مع إشعاع الهوائي.

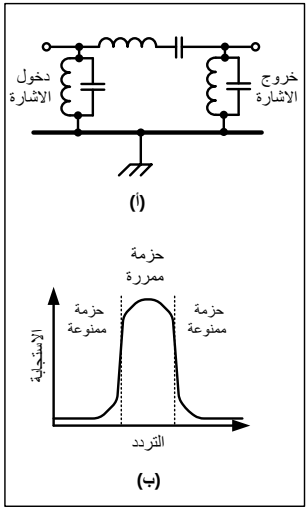
مرشح رفض الحزمة يدرج في الموصل بين الهوائي والمستقبل وينغم على**50MHz** سيمنع أي التقاط لـ **50MHz** ممكن أن يلتقطها الهوائي على حزمة **VHF** من أن تصل إلى المستقبل.

▪ أنواع أخرى

هنالك عدة أنواع من المرشحات لها استعمالات خاصة **Special**.

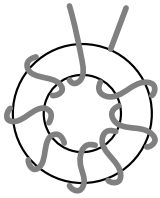
▪ الخانق الدائري **Toroidal Choke**

تلاحظ في الشكل أحد أشهر المرشحات التي تستعمل من قبل هواة الراديو عند نصب محطة



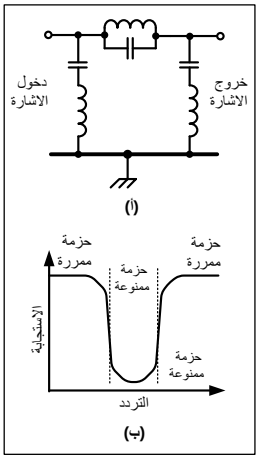
الشكل٣ مرشح تمرير حزمة أساسي، عادة ما يستعمل لترشيح الخارج من مرسلات الترددات العالية جدا VHF.

راديو (إرسال استقبال) فإن الخانقات الدائرية توضع غالبا عبر خط تغذية القدرة الرئيس إلى معدات الإرسال، لمنع التردد الراديوي من أن يصل إلى شبكة التغذية بالكهرباء العمومية. و يركب بنفس الكيفية مع الأجهزة المنزلية التي تعاني من التداخل وبذلك فهو يمنع التداخل من أن يأتي من الشبكة إلى الأجهزة المنزلية أو العكس أو يركب عبر موصل الهوائي للتلفزيون أو الراديو (بالنسبة لساكني العمارات التي لا تصل موجات الراديو إلى داخلها).



الشكل٥ مرشح خانق دائري، يمكن أن يدرج عبر خط التغذية أو توصيلات السماعات الجهورية، أو خط النقل المحوري.

وعندما يؤثر التداخل الراديوي الغير مرغوب فيه **RF Interference** على الكابلات، فإن جميع الأسلاك **Wires** داخل الكابل تتأثر بالتساوي. لذا سيظهر التداخل على خط التغذية الحار **L** والمتعادل **Live&Neutral N**. وبالنسبة لخطوط النقل المحورية **Co-ax** سيظهر التداخل على الموصل



الشكل٤

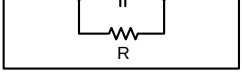
مرشح رفض حزمة.

المركزي والشبكة الحاجبة الخارجية في نفس الوقت.

الطريقة الأسهل لفهم الكيفية التي تعمل بها الخانقات الدائرية من خلال القول بأنها تمنع **Blocking** التداخل **interference** من أن يجري إلى الأجهزة ويعرقل عملها.

تخيل الإشارة التي يروم جهاز التلفزيون استقبالها إنها تنحدر إلى الأسفل في الموصل الداخلي ولكنها تجري في الاتجاه المعاكس عبر الشبكة الخارجية للموصل المحوري للهوائي.

هذه الإشارات التي نرغب باستقبالها يمكن أن يقال بحقها أنها مختلفة في الطور **Antiphase** (لأنها تتحرك في اتجاهين متعاكسين) وكما قلت سابقا، فإن إشارات التداخل تؤثر على كافة الموصلات لخط النقل بالتساوي. لذا سنجد إن الإشارات الغير مرغوبة تتحرك بنفس الاتجاه، وهي بنفس الطور. تأثير الملف الخانق الدائري وغالبا ما يلف على حلقة من الفيرايت تتمثل في إلغاء الإشارات التي في نفس الطور، بينما يترك الإشارات المختلفة في الطور دون تأثير و يعمل مع خطوط نقل الطاقة من



الشكل٦ مرشح تمري مرتفع أساسي، وفي الحياة العملية يدرج بين الهوائي وجهاز التلفزيون.

المصدر العمومي بنفس الكيفية ذلك لأنه مهما كان اتجاه جريان التيار في السلك الحي سيكون جريانه باتجاهين متعاكسين (طورين متعاكسين)، بينما إشارات التداخل تتحرك بنفس الاتجاه وهذه الحقيقة تنطبق على خطوط توصيل السماعات الجهورية أيضا.

قاطعات الشبكة الحاجبة للخط المحوري Braid Breaker

((هذه نوع من المرشحات يقتضي الحال عند تركيبها قطع الموصل المحوري تماما وقد شاع تسميتها بقاطعات الجديلة لتميزها عن الأنواع التي يجري فيها لف الخط المحوري بالكامل حول قلب حلقي من الفيرايت))،

أكثر أنواع قاطعات الجديلة شيوعا التي تستعمل مرشح تمرير مرتفع محوّر. الدائرة في الشكل٦ هي شبيهة إلى مرشح التمرير المرتفع في الشكل٢، ولكن بوجود متسعة إضافية عبر توصيل الشبكة أو الجديلة أو الحصيرة للخط المحوري. لاحظ وجود المقاومة **R** ذات القيمة المرتفعة وهي في هذا المكان لتمنع الكهربائية الستاتيكية الساكنة من النمو وتسبب في صعقة كهربائية لكل من يمس الهوائي.

أي قطعة من سلك مرتفعة في الهواء تنمو عليها كهربائية مستقرة (يحدث هذا في الجو الجاف والعواصف الرعدية ... الخ).

لذا إذا قمت بقطع الجديلة الخاصة بخط النقل المحوري لأي هوائي، ستفقد بهذا خط التأريض للهوائي. المقاومة ذات القيمة المرتفعة توفر مسار التفريغ وبدون أن تؤثر على كفاءة المرشح.

بلورات الكوارتز Quartz Crystal

تستعمل بلورات الكوارتز غالبا مع المرشحات التي وصفت لتحقيق مرشحات تمرير حزمة أو مرشحات رفض حزمة ضيقة جدا **Very narrow** عند الترددات الراديوية.

تعليقات عامة General Comments

المرسلة خاصتك التي تستعملها في هوايتك تتوقع منك أن تضع لها عند مخرج الهوائي خط نقل بممانعة خصائصية **Characteristic impedance** بمقدار **50Ω** من نظام الهوائي الموصل بها (نظام

الهوائي تعني خط النقل مع الهوائي). إذا أنت أدرجت مرشحا عبر الخط الذاهب إلى الهوائي. فإن المرشح سيصبح جزء من نظام الهوائي.

لذا يتعين أن تكون خصائص المرشح **50Ω** أيضا عند الترددات التي يسمح بإمرارها. ذلك لإدامة التوافق الجيد مع الهوائي ومنع نسبة الموجة الواقفة **SWR** من أن يكون مرتفعا.

جميع المرشحات لها مستوى معين من فقد الإدراج **Insertion loss** وهو الفقد الذي يحدث للإشارة نتيجة إمرارها عبر شيء ما. مرشح المرسلة المصنوع بشكل جيد يمتلك ممانعة بمقدار ٥٠ أوم عند تردد العمل ويظهر فقد إدراج بمقدار **1dB** أو أقل.

مرشح قاطع الشبكة الحاجبة للخط المحوري لهوائي التلفزيون كما يبدو في الشكل٦ ممكن أن يمتلك فقد إدراج أعلى، ولكنه لا يؤثر على الاستقبال (عدا الأماكن ضعيفة التغطية).

تذكر إن التلفزيونات تستعمل ممانعة لهوائياتها بمقدار **Ω**٧٥ وليس **Ω**٥٠. ونظريا لا يمكنك استعمال نفس المرشح مع المرسلة والتلفزيون. وواقعيا لا يعتبر توفيق الممانعة عند الاستقبال بنفس الاعتبار عند الإرسال، لذا عند الاستقبال يمكنك بقدر ما أن تكون في حالة عدم توافق دون حرج.

خاتمة

لا تنسى ... دائما حاول رفع أي مشكلة من معداتك قبل أن تداهمك أحد هذه المشاكل مسببة عطل مكلف ♦

مدخل إلى الديسبل

An introduction to decibels

By Jeff Black . GOUKA
RadCom Jun 1998

عند مواجهة الحسابات المتضمنة دالات الديسبل **(Decibel) dB** نصاب بالضجر!! وتصبح أكثر الأعمال إزعاجا هينة أمام هذا الموضوع.

والواقع إن رمز الديسبل هو الطريقة المثلى لفهم العلاقة بين قيمتين مختلفتين بصرف النظر عما تمثل هذه القيم. الغاية من هذا المقال أن يوضح كيف يمكن حساب الديسبل واستعماله (أو أن نسيء استعماله في أحيان أخرى).

ما هو الديسبل ؟

What are decibels ?

أول شيء ولعله أهم شيء، هو أن الديسبل لوحده لا يعني شيئا. حاول أن تصفق بكلتا يديك وأنت تضم إحداهن إلى جانبك، إذا لم تكن إخطبوط فلا يمكنك عمل ذلك !. إنك تحتاج كلتا يديك لإتمام مهمة التصفيق، إذ انك تحتاج إحدى يديك لتضرب الأخرى.

وبالمثل، حسابات الديسبل **dB** تتطلب أن يكون متعلقا بشيء ما، عدا هذا أي حسابات ننجزها لا تعني شيئا.

لهذا السبب نرى قدرة التردد الراديوي الخارجة تعطى على شكل **dBW** عندما تعطى على هذا النحو يكون الديسبل قد أنشئ نسبة إلى القدرة. وعلى أية حال فإن الديسبل **dB** يمكن نظريا أن يطلق على أي شئ ليشير إلى قيمة منسوبة إلى قيمة أخرى.

ولنبدأ بمثال للديسبل نستخدم فيه (أكياس الشاي) كمرجع. طالما زيادة بمقدار ثلاثة ديسبل تعادل ضعف الكمية (سأشرح سبب ذلك لاحقا)، فإن زيادة أكياس الشاي بمقدار **3dB** يضاعف عدد أكياس الشاي. إني أتفق مع من يعتبر هذا المثال غريب، ولكن نفس المبدأ ينطبق على القدرة الخارجة. زيادة قدرة مقدارها **10W** بمقدار **3dB** تعطيك **20W**. وبالمثل نقصان بمقدار **3dB** سينصف القدرة إلى **5W**.

ما أن يتم تعيين المتغير المقصود، حتى يتم تعيين قيمة المرجع أيا كانت (واط أو أكياس شاي أو أي شيء آخر). وعليه ممكن أن يشار إلى كسب مضخم خطي **Linear amplifier** على أنه **20dB**؛ وهذا يعني إن الخارج من المضخم **100** مرة أكبر من الداخل طالما نحن ننظر إلى القدرة، ستكون الصيغة الصحيحة للـ **dBW** أن تختصر إلى **dB**.

وللتلخيص نقول لكي تحصل الـ **dB** على قيمة حقيقية، يجب أن تكون مرتبطة بكمية معلومة (أي **dBW**). وتكون بذلك شبيهة بعمليات الجمع والضرب والقسمة الحسابية. فهي لا تمتلك قيمة بذاتها لكنها فقط دالة.

سبب استعمالنا للديسبل يتمثل في أنه ينشئ علاقة بين قيمتين، وبكلمات أخرى إنه (نسبة). ونستعمل هذا لأن حساب القيمة الثابتة محتمل أن يسيء في تقديمه لحقيقة ما يحدث.

وكمثال زيادة القدرة الخارجة لمرسل مستقبل **Transceiver** من **2W** إلى **4W** وقد تضاعف الخارج منه **(+3dB)**. بينما زيادة **100W** الخارجة من مرسل مستقبل بنفس الكمية (يعني **2W**) سيحقق زيادة جزئية للقدرة بمقدار **2%** **(+0.086dB)**.

وللوصول إلى نفس مقدار التحسن بزيادة القدرة، فإن قدرة المرسل مستقبل تحتاج إلى أن تزاد إلى **200W**.

الآن نظرة من خلال الرياضيات، ولا ينبغي لأحد أن يضجر فالرياضيات ليست كما تبدو، فهنالك العديد من العلاقات المبسطة لاستخراج ما نبغي :

للتحويل المباشر من **dBW** إلى قدرة :

$$\text{Watts} = \text{antilog}\left(\frac{dBW}{10}\right)$$

للتحويل المباشر من الواط إلى **dBW** :

$$dBW = 10\ (\log W)$$

الفرق بين مستويين للقدرة بالديسبل :

$$dB = 10\ (\log \frac{W1}{W2})$$

طرق مختصرة **Short Cuts**

لحسن الحظ هنالك طرق مختصرة، تجعل الحياة أكثر بساطة. فمن خلال تعريف الديسبل **dBW** المنسوب إلى واحد واط فإن قيمة صفر **dBW** تكون مساوية لواحد واط (بمعنى فرق بمقدار صفر كبداية).

من العلاقة رقم (١)

+1dBW = 1.2589 واط

+2dBW = 1.5849 واط

+3dBW = 1.9953 واط

الطريقة المختصرة الأولى

تكون بضرب القدرة في عشرة لكل **10dB** تضاف، وهذه تذكرها سهل على الفرد. من هذه سترى إن إضافة عشرين **dB** سيضرب القدرة في **100**؛ إذا بدأت بقدرة **4W** ثم زيدت هذه القدرة بمقدار **20dB** ، ستنتهي بـ **400** واط.

الطريقة المختصرة الثانية

ضاعف القدرة لكل **3dB** تضاف ؛ وهذه ليست دقيقة **100%** لكنها مقبولة.

الطريقة المختصرة الثالثة

اضرب القدرة في **1 ¼** لكل **1dB** تضاف. وهنا مرة أخرى نقول إنها ليست **100%** دقيقة لكنها قريبة بما يكفي.

في التطبيق

أقصى قدرة خارجة تسمح بها اللوائح القانونية ((وهذا يتبع بلد صاحب المقال)) على معظم الحزم هي **26dBW+** إذا كانت **0dBW** هي **1W** ، حينذاك تكون **20dBW+** مساوية لـ **100** واط. يضاعف هذا الرقم إلى **200W** ليقابل **23dBW+** ، ثم نضاعفه مرة ثانية ليقابل **26dBW+** ، حيث نحصل على **400W** وهي أقصى ما نحن جميعا نعلمه ونرغب في الحصول عليه.الجدول١ والجدول٢ يقدمان تفاصيل أكثر. في الشكل١ طريقة تحويل بيانية **Graphical method** من خلال المنحني.

وللذين يتحرون صحة الأرقام من خلال الحاسبات الصغيرة **Calculators** ، فإن أقصى قدرة تسمح بها اللوائح والمقابلة لـ **26dBW** تساوي في الحقيقة **398.107** واط وليس **400** واط.

وعلى أية حال، لا أعتقد إن **DTI** لمحطة ما ستعاني كثيرا والتي ترسل فقط **0.02dBW** فوق أقصى قدرة تسمح بها اللوائح ! (ربما علي الآن أن أتوقع زيارة من شخص ما كبير ويحمل صفة رسمية، ليوبخني حول تشجيعي للهواة لمخالفة التعليمات؟)

عدا فهمك العام لموضوع حسابات الديسبل **dB** فإن من السهل على بعض المصانع أن تمارس التضليل من خلال الديسبل، ويتعين التحقق حول كسب الهوائي بالديسبل الذي تعلن عنه في منتجها.

شكرا لله فإن تشويه الحقائق المتعمد يكون ركيك ومهلهل في عالم هواة الراديو، وعدم التعريف الاعتراضي لمقدار كسب الهوائي بالديسبل ليس مجهول السبب.

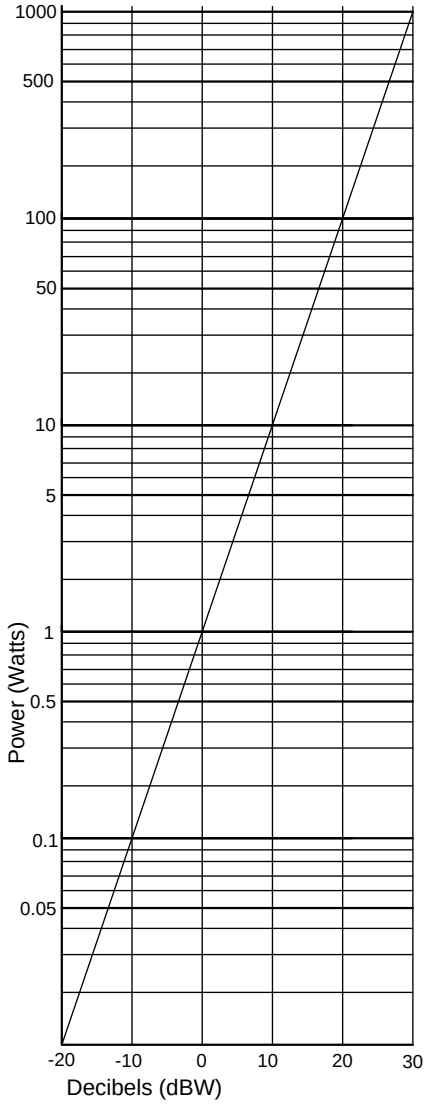
الكسب **Gain** ، لأنواع مختلفة من الهوائيات هو الذي يحدد مقدار مبيعات ذلك الهوائي، إذ إننا جميعا نرغب بهوائي صغير الحجم يمتلك صفات كسب **Gain Characteristics** هائلة.

مقدار الكسب للهوائيات يوصف غالبا بوحدات **dBi** أو **dBd**.

dBi تعني الكسب المتحقق زيادة فوق ما يمتلكه هوائي نظري **"آيزوتروبي" Theoretical isotropic antenna**، والهوائي الآيزوتروبي هوائي له نموذج إشعاع متساو في كل الاتجاهات؛ أما الثانية **dBd** فهي تتعلق بالكسب المتحقق زيادة على هوائي دايبولي، والذي لا يحقق نموذج اشعاع في كل الاتجاهات. وبما إن كسب ثنائيات القطب (الدايبولات **Dipole's**) يكون بحدود **2.1dB** أحسن من الهوائي الآيزوتروبي **Isotropic Antenna**، لذا تعطى المواصفات بصيغة **dBi** التي تعطي الانطباع بوجود كسب أكثر.

مثال ذلك ، هوائي اتجاهي ذو كسب **3dBi** هو في الواقع أفضل من هوائي ثنائي القطب بمقدار **0.9dB** فقط. فإذا كان كسبه معطى بصيغة **3dBd**، سيكون كسبه ضعف كسب الهوائي ثنائي القطب **dipole**.

وعند شراء الهوائيات إذا بين الصانع رقم الكسب بالـ **dB** فقط ، اسأل فيما إذا كانت **dBd** أو **dBi** يمكنك حينئذ أن تحمي نفسك وتجنبها خطأ مكلفا.



dB W	Short cut	Equating to
+10	+10	x 10
+9	+10-1	x 10 x 4/5
+8	+10-1-1	x 10 4/5 x 4/5
+7	+10-3	x 10 x ½
+6	+3+3	x 2 x 2
+5	+3+3-1	x 2 x2 x 4/5
+4	+3+1	x 2 x 1 ¼
+3	+3	x 2
+2	+3-1	x 2 x 4/5
+1	+1	x 1 ¼
0	-	x 1
-1	-1	x 4/5
-2	-3+1	x ¼ x 1 ½
-3	-3	x ½
-4	-3-1	x ½ x 4/5
-5	-3-3+1	x ½ x ½ x 1 ¼
-6	-3-3	x ½ x ½
-7	-3-3-1	x ½ x ½ x 4/5
-8	-	x 1/10 x 1 ¼ x 1 ¼
-9	10+1+1	x 1/10 x 1 ¼
-10	-10+1	x 1/10
	-10	

الجدول٢ يبين كيف يمكنك أن تحسب القدرة الكاملة بالـ **dB** من خلال أسلوب الطرق المختصرة.

الشكل١ إلى اليسار. مخطط يمكن من خلاله التحويل بين القدرة وما يقابلها من ديسبل.

خط النقل

Transmission line

المكان الذي يتم فيه توليد قدرة التردد الراديوي **r.f. Power** هو غالبا ليس المكان الذي يتم فيه الاستفادة من هذه القدرة. المرسلة والهوائي هي مثال جيد؛ يتعين على الهوائي لكي يشع طاقة بشكل جيد أن يكون مرتفعا فوق سطح الأرض وأن فضائه خاليا من الأشجار أو النباتات أو أي شواخص أخرى قد تمتص الطاقة التي يشعها، ولكن المرسلة نفسها غالبا ما تركب داخل الغرف حيث يمكن الوصول إليها.

الوسيلة التي يتم بموجبها نقل القدرة من نقطة إلى نقطة هي خط نقل التردد الراديوي **r.f. Transmission line** .

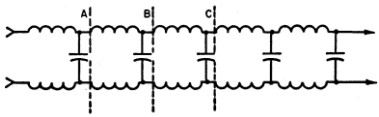
عند الترددات الراديوية يبدي خط النقل داخليا خصائص **characteristics** تختلف عن خصائصه عند ترددات النقل التجاري للطاقة (يعني **60Hz** و **50Hz**). وهذا بسبب السرعة التي تنتقل بها الطاقة الكهربائية حيث تكون سرعة مروعة عند مقارنتها بالحركة الميكانيكية، لكنها ليست لا نهائية.

الخصائص الغريبة والفريدة لخطوط نقل الترددات الراديوية آتية من حقيقة أن دورة التردد الراديوي تتم قبل أن تتمكن طاقة التردد الراديوي من أن تترك نقطة وتصل إلى أخرى حتى لو كانت بعد مسافة قصيرة.

مبادئ العمل Operating Principles

إذا وصل مصدر قوة دافعة كهربائية (بطارية على سبيل المثال إلى زوج من الأسلاك المعزولة والمتوازية وتمتد بعيدا عن البطارية إلى ما لا نهاية من المسافات، سيكون التيار الكهربائي قابلا للكشف في الحال عند لحظة توصيل الأسلاك مع أطراف البطارية. المجال الكهربائي للبطارية سيتسبب في جذب الألكترونات الحرة من السلك الموصَّل إلى قطب البطارية الموجب، ونفور عدد مساو من الالكترونات الحرة في السلك الموصل إلى الطرف السالب للبطارية. هذه التيارات لا تنساب فوراً خلال الامتداد الطولي للأسلاك؛ المجال الكهربائي الذي سبب حركة الألكترونات لا يمكنه أن ينتقل أسرع من سرعة الضوء، لذا هنالك فترة زمنية قابلة للقياس يجب أن تنقضي قبل أن يصبح التيار واضحا حتى بالنسبة إلى مسافة قصيرة من السلك.

وكمثال، فإن التيار لا يصبح قابلا للكشف لـ **300** متر (تقريبا **1000** قدم) من البطارية إلى أن تمر على الأقل واحد من مليون من الثانية **A microsecond** بعد حدوث الاتصال. بالمقاييس العادية هذه فترة صغيرة جدا من الزمن، ولكن بمصطلحات الترددات الراديوية فإنها تمثل زمن دورة كاملة لتيار يدور **000 1000** دورة في الثانية. وهو تردد أقل من تلك الترددات التي يتصل بها هواة الراديو.



الشكل1-13 ملفات ومتسعات متساوية القيمة مجمعة تكافئ عمل خط النقل.

يمر التيار ليشحن السعة بين السلكين المتوازيين. وعلى أية حال فإن موصلات هذه المتسعة تمتلك هي الأخرى حث لا بأس به. ويمكن تمثيل خط النقل على إنه مركب من سلسلة من المحاثات والمتسعات الصغيرة. موصلة كما تلاحظ في الشكل **1-13** حيث كل ملف هو محاثة مقطع قصير من أحد الأسلاك وكل متسعة هي السعة بين موصلي كل قطعة من المقطعين القصيرين.

الممانعة الخصائصية Characteristic Impedance

الامتداد اللانهائي للملفات والمتسعات التي تمتلك نفس القيمة على التعاقب كما في الشكل**1-13** يجعلها تمتلك خاصية مهمة. عند وضع نبضة كهربائية **Electrical impulse** على أحد النهايتين فإن توليفة المتسعات والملفات ستُظهِر ممانعة (تدعى الممانعة الخصائصية **Characteristic impedance** أو ممانعة التدفق **Surge impedance**) وهي تساوي تقريبا

$\sqrt{\frac{L}{C}}$ حيث تكون **L** و **C** هي المحاثة والسعة لكل وحدة طول، هذه الممانعة هي مقاومة نقية تماماً.

عند تعريف الممانعة الخصائصية على إنها $\sqrt{\frac{L}{C}}$ ، فإن التعريف يفترض إن الموصلات لا تمتلك المقاومة المعروفة الملازمة للموصلات. (وعلى هذا لا يوجد فقد مقداره $\mathbf{I^2R}$) ولا يوجد فقد في القدرة بسبب العازل الموجود حول الموصلات. وعل هذا لا يوجد فقد في داخل الخط نفسه أو بسببه مهما كان طوله. وهذا لا يبدو مطابقا للوصف على أن الممانعة الخصائصية مقاومة خالصة، والمتضمن أن القدرة تتبدد بالكامل داخل الخط.

ولكن مع خط يمتد إلى ما لا نهاية فإن التأثير يؤخذ بنظر الاعتبار بعيدا عن مصدر القدرة حيث يكون بالضبط كما لو أن القدرة تبددت في مقاومة، بسبب أن القدرة تترك المصدر وتسافر مبتعدة إلى الأبد على طول مسار الخط (خط النقل).

الممانعة الخصائصية تعين كمية التيار الذي يمكن أن ينساب عندما تعطى الفولتية المسلطة على خط يمتد إلى ما لا نهاية، بالضبط كما تحدد قيمة المقاومة التيار المار بها عند تسليط فولتية معينة عليها. المحاثة وسعة كل وحدة طول من الخط تعتمد على حجم الموصل والمسافة بين الموصلين وكلما كان الموصلين المتوازيين قريبين إلى بعضهما وذوات قطر كبير، كلما كانت السعة أكبر والمحاثة أقل. خط نقل بموصلات كبيرة بينهما مسافة قليلة يمتلك ممانعة واطئة، بينما آخر ذو موصلات صغيرة وبعيدة عن بعضهما يمتلك بالنتيجة ممانعة مرتفعة.

الخطوط المتوافقة "Matched "Lines

خطوط النقل واقعيا لا تمتد إلى ما لا نهاية ولكنها تمتلك طول معين وهي موصلة إلى **Connected to** أو منتهية بـ **terminated in** حمل عند الخارج منها أو منتهية حيثما تجهز القدرة. فإذا كان الحمل مقاومة خالصة وذو قيمة تساوي الممانعة الخصائصية للخط، يقال للخط إنه متوافق **Matched**.

استمرار الحركة على طول الخط بهذا الحمل يبدو وكأن الحركة مستمرة على مزيد من الخط له نفس الممانعة الخصائصية. وبكلمات أخرى، خط قصير منتهي بمقاومة خالصة كحمل، وهذه المقاومة المساوية للممانعة الخصائصية لخط النقل تبدو وكأن خط النقل ممتد إلى ما لا نهاية. في خطوط النقل ذات النهايات المتوافقة الممانعة تنتقل القدرة خارجة على طول الخط من المصدر إلى أن تصل إلى الحمل حيث يتم امتصاصها بالكامل.

التردد الراديوي على خطوط النقل R.F. on line

المبادئ التي نوقشت في الأعلى، تستند إلى التيار المستمر المنساب من بطارية. وتؤخذ أيضا عند تسليط فولتية تردد راديوي إلى الخط. الفرق هو أن الفولتية المترددة تتسبب في تغيير سعة التيار عند مداخل الخطوط مع الفولتية، واتجاه التيار المنساب كذلك ينعكس على فترات عندما تنعكس قطبية الفولتية المسلطة.

التيار في لحظة من اللحظات على أي نقطة على طول الخط هو نتيجة للفولتية المسلطة على لحظة ما مبكرة عند أطراف الدخول.

بما إن المسافة المقطوعة من قبل المجال الكهرومغناطيسي خلال زمن دورة واحدة مساوية لطول موجي واحد، فإن السعة اللحظية للتيار تختلف على كل النقاط خلال مقطع ذو طول موجي واحد، من الخط.

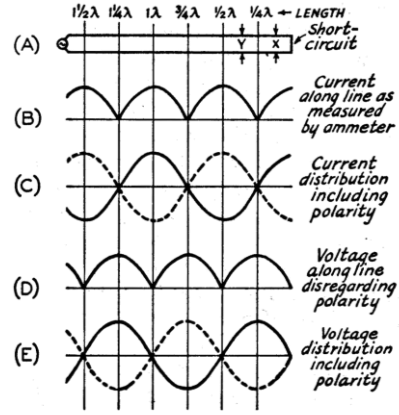
وفي الحقيقة فإن التيار يمر في اتجاهين متعاكسين في نفس السلك عند تعاقب مقاطع ذوات أنصاف الطول الموجي. وأياً كان فإنه عند أي نقطة معطاة على طول الخط فان التيار يمر بتغيرات متشابهة نسبة إلى الزمن، كما فعل التيار عند أطراف الدخول. لذا فإن التيار والفولتية تنتقل على طول السلك كسلسلة من الموجات لها طول مساوي إلى سرعة الانتقال مقسوما على تردد الفولتية المتناوبة.

وعلى خط نقل ذي طول لا نهائي، أو أي خط موفق تماما بحمله، فإن إدراج مقياس تيار أين ما كان في الخط سيبين نفس التيار المار، بسبب أن معدل قراءة مقياس التيار **ammeter averages** لا يبين التغيرات في التيار خلال دورة التردد الواحدة. هذه التغيرات تظهر فقط عندما لا يكون الخط موفق بشكل صحيح مما يؤدي إلى أن حركة موجة التردد الراديوي تصبح بادية للعيان من خلال أجهزة القياس الاعتيادية.

الموجات الواقفة Standing waves

في خط النقل ذو الطول اللانهائي أو الموفق كما أسلفنا، تكون الممانعة هي نفسها عند أي نقطة على الخط بسبب إن نسبة الفولتية إلى التيار تكون نفسها. وعلى أي حال فإن الممانعة عند نهاية الخط في الشكل**13-2** هي صفر (أو عل الأقل هي قليلة جداً) لأن الخط قد وضعنا له دورة قصيرة في نهايته.

القدرة الخارجة عندما تقابل الدورة القصيرة، تعكس اتجاه حركتها وتعود من حيث أتت على طول خط النقل باتجاه نقطة الدخول. سيكون هنالك تيار كبير في الدورة القصيرة، ولكن من الناحية الجوهرية لا توجد فولتية عل الخط عند هذه النقطة. نحن الآن لدينا الفولتية والتيار ويمثلان القدرة الخارجة (القدرة الحادثة) باتجاه الدورة القصيرة، وفولتية ثانية وتيار ثان يمثلان القدرة المنعكسة، تنتقل رجوعاً باتجاه المصدر.



الشكل2-13 **الموجات الواقفة للتيار والفولتية على طول امتداد خط نقل ينتهي بدورة قصيرة.**

التيار المنعكس ينتقل بنفس السرعة كما التيار الذاهب، لذا فإن قيمته اللحظية ستختلف عند كل نقطة على طول الخط ، في المسافة الممثلة بزمن دورة واحدة. عند بعض النقاط على طول الخط تكون التيارات الحادثة **incident** والتيارات المنعكسة وكأنها تلغي أحدها الأخرى، بينما في نقاط أخرى تبدو وكأنها تتضاعف. وفيما بين النقاط تكون السعة **amplitude** بين كلا القيمتين المتطرفتين.

النقاط التي عندها تكون التيارات مختلفة أو متحدة الطور تعتمد فقط على الزمن المطلوب للانتقال لذا فهي تعتمد فقط على المسافة على طول الخط من نقطة الانعكاس. في نقطة الدورة القصيرة عند نهاية الخط تكون كلا مركبتي التيار متحدة الطور والتيار الكلي كبير.

وعند مسافة نصف طول موجي رجوعاً على طول الخط من الدورة القصيرة، فإن المركبات الذاهبة والمنعكسة ستكون ثانية متحدة الطور مسببة أن يمتلك التيار قيمته العظمى ثانية. وهذا حقيقي عند أي نقطة هي مضاعفات نصف طول الموجة رجوعاً من الدورة القصيرة عند نهاية الخط.

التيارات الذاهبة والمنعكسة ستلغى عند نقطة ربع طول الموجة على طول الخط من الدورة القصيرة. حيث سيكون التيار مساويا للصفر. وسيكون صفر عند كل النقاط التي هي المضاعفات الفردية لربع طول الموجة من الدورة القصيرة. إذا كان التيار على طول الخط قد قيس عند نقاط متعاقبة باستعمال أميتر، فقد لوحظ أنه يتغير كما نلاحظ في الشكل-**13 2B**. نفس القيمة يتم الحصول عليها من خلال قياس التيار بكل سلك، طالما إن الأميتر لا يمكنه قياس الطور. وعلى أية حال إذا فحصنا الأطوار، فقد لوحظ إنها عند كل المقاطع ذوات نصف طول الموجة المتعاقبة من الخط تكون التيارات عند أي لحظة تنساب في اتجاه معاكس، كما يبدو من خلال الخط الأسود المتصل في الشكل **13-2C**.

بالإضافة إلى إن التيار في السلك الثاني يسري عكس اتجاه التيار في القسم المجاور للسلك الأول. وهذا بين من خلال الخط المنقط في الشكل**13-2C**. التغير في كثافة التيار على طول خط النقل قد اصطلح في تسميته بالموجات الواقفة **Standing Waves**. نقطة التيار العظمى للخط تسمى تيار البطن **Current loop** أو **Current antinodes** ونقطة أقل قيمة لتيار الخط تسمى تيار العقدة **Current node**.

علاقات الفولتية Voltage Relationships

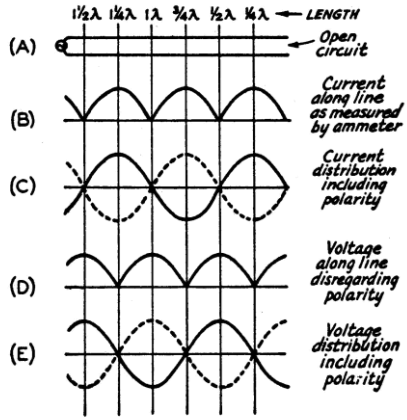
ما دامت نهاية خط النقل موصلة كدورة قصيرة، فإن الفولتية في تلك النقطة يتعين أن تكون صفر.

وهـذا فقـط ممكـن أن يحـدث إذا تقابلـت الفولتيـة الخارجة مع الفولتية المنعكسة عند نهاية الخط ولكل منهمـا سـعة متسـاوية وتقطيـب متعـاكس. وبكلمـات أخرى، ينقلب طور موجة الفولتية عندما تنعكس من الدورة القصيرة. هذا الانقلاب يكافئ نصف دورة إضـافية أو نصـف طـول مـوجي مـن الانتقـال. وكنتيجة، الفولتيات الخارجة والراجعة تكون متحدة الطـور عنـد ربـع طـول مـوجي مـن نهايـة الخـط. موجات الفولتية الواقفة التي تظهر في **D** في الشكل **13-2** ستستبدل بربع طول موجي من موجات التيار الواقف.

الرسم في **E** يبين الفولتية على كلا السلكَيْن عندما يأخذ الطـور فـي الحسبان. قطبيـة الفولتيـة عنـد كـل سلك تنقلب عند كل قسم ذو نصف طول موجي من خـط النقل. أقصـى فولتيـة تـدعى **Voltage loop** أو **antinode** وأقل فولتية تدعى **Voltage node**.

خط النقل ذو الدورة المفتوحة Open -Circuited Line

إذا كانت نهايـة الخـط ذات دورة مفتوحـة بـدلاً مـن الدورة القصيرة، عندها سوف لا يكون هنالك تيار عنـد نهايـة الخـط ولكـن توجـد فولتيـة كبيـرة. ومـرة ثانيـة فـإن القـدرة الحادثـة ترتـد رجوعـاً ناحيـة المصدر.



الشكل3-13 الموجات الواقفة للفولتية والتيار على طول امتداد خط نقل ينتهي بدورة مفتوحة.

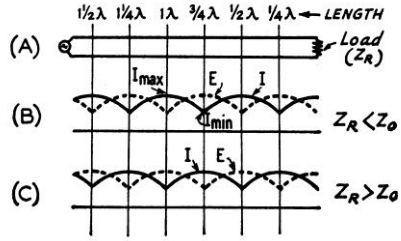
مركبة التيـار الحادثـة والمنعكسـة يجـب أن تكـون متساوية ومتعاكسة في الطـور عند الـدورة المفتوحـة **Open Circuit** ليصبح التيار الكلي عند نهايـة الخـط صـفرا. المركبـات الحادثـة **incident** والمنعكسـة **reflected** للفولتيـة ستكون في طـور واحـد وتضـاف إلـى بعضـها. والنتيجـة مـرة ثانيـة سـيكون هنالـك موجـات واقفـة **Standing waves**، ولكـن الحالـة الآن هي مقلوب مـا كـان مـع الخـط ذو الـدورة القصـيرة. الشكل**13-3** يبين حالة الخط ذو الدورة المفتوحة.

الخطوط المنتهية بأحمال مقاومية Lines Terminated in resistive load

الشكل**13-4** يبين خـط نقـل وقـد أُنهـي **Terminated** بحمـل مقـاومي (يعنـي وصـلت مقاومـة فـي نهايتـه بمثابة حمل، وإذا كـان هذا الحمل مساوياً للممانعـة الخصـائصية لخـط النقل فكأنمـا قـد زيـد طـول الخـط إلـى مـا لا نهايـة، يعنـي أُرسـل إلـى الفنـاء.) فـي هـذه الحالة على الأقل جزء من القدرة الحادثـة ستمتص فـي الحمـل، ولـذا سـتكون غيـر موجـودة لتـنعكس رجوعـا إلـى المصـدر. ولأن فقـط جـزء مـن القـدرة سينعكس فإن المكونات من الفولتية والتيـار سـوف لا تمتلك نفس القدر **Same magnitude** كمـا للمكونـات الحادثـة **incident components**. لـذا لا الفولتيـة ولا التيـار سـتلغى تمامـاً عنـد أيـاً مـن النقـاط علـى طـول الخط. وعلى أية حال فإن السرعة التـي عندها تنتقل المكونـات الحادثـة والمنعكسـة سـوف لا تتـأثر بسـعة المكونـات، لـذا فـإن العلاقـة مـابين الأطـوار سـتكون مشابهة إلـى تلـك فـي الخطـوط ذات النهايـة المفتوحـة أو المقصورة.

وقـد أوضـحنا فـي البدايـة أنـه إذا كانـت ممانعـة الحمـل Z_R مسـاوية إلـى الممانعـة الخصـائصـية Z_O للخط ستمتص جميع الطاقة في الحمل. في مثل هذه الحالـة سـوف لا تكـون هنـاك قـدرة منعكسـة ولا موجات واقفة للتيـار أو الفولتيـة. وهذه حالـة خاصـة تمثـل النقطـة الفاصـلة بـين خطـوط النقـل المنتهيـة بالـدورة المفتوحـة والخطـوط المنتهيـة بالـدورة القصيرة.

إذا كانـت Z_R أقـل مـن Z_O، سـيكون التيـار هـو الأكبر عند الحمل، بينما إذا كانت Z_R أكبر من Z_O ستكون الفولتية هي الأكبر عند الحمل.



الشكل4-13 الموجات الواقفة على خط نقل وقد أُفني في حمل مقاومي.

الإفناء المقاومي لخط النقل هي حالة عملية مهمة. الإفناء يكون نادرا من خلال مقاومة فعلية، الإفناء الشائع يكون من خلال دوائر رنينية أو أنظمة هوائي رنينية، كلاهما يمتلك أساساً ممانعة مقاومية. إذا كان الحمل يمتلك رادة **reactive** بالإضافة إلى المقاومة، سترى الشكل **13-4** يوضح عمل خط النقل بشكل مفصل. وجود الرادات في الحمل سيتسبب في تعديلين: إن البطون (**loops** أو **antinodes**) والعقد (**nulls** أو **nodes**) ستزاح باتجاه أو بعيداً عن الحمل؛ وبالمقارنة مع كمية القدرة المنعكسة في حالة الحمل المقاومي نجد إن كمية القدرة المنعكسة في حالة وجود رادة في الحمل ستزداد لنفس الممانعة الكلية. كلا التأثيرين يصبحان أكثر وضوحاً إذ إن نسبة الرادة إلى المقاومة في الحمل باتت أكبر. (ستجد في ملحق الفصل شرح للموجات الواقفة بشكل عام، وفيه ستتضح بإذن الله معاني البطون والعقد).

نسبة الموجة الواقفة Standing Wave Ratio

نسبة أعظم تيار إلى أقل تيار على طول خط النقل الشكل**13-5** تدعى نسبة الموجة الواقفة **Standing-Wave ratio** . ونفس النسبة تُطَبَق لأعظم فولتية وأقل فولتية. إنها قياس لعدم التوافق بين الحمل والخط، وهي مساوية لواحد عندما يكون الخط متوافق بشكل جيد. (وفي تلك الحالة فإن "الأعظم **maximum**" و "الأقل **minimum**" تجدها نفسها عل طول مسافات الخط فهي لا تتعرض للتباين).

عندما يفنى الخط في حمل مقاومي خالص، تكون نسبة الموجة الواقفة:

$$S.W.R. = \frac{Z_R}{Z_O} Or \frac{Z_O}{Z_R}$$

حيث:

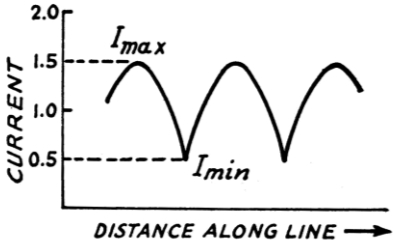
S.W.R. = نسبة الموجة الواقفة **Standing Wave Ratio**

Z_R = ممانعة الحمل (يجب أن تكون مقاومة خالصة).

Z_O = الممانعة الخصائصية للخط.

مثال خط نقل يمتلك ممانعة خصائصية بمقدار ٣٠٠أوم أفنيت في حمل مقاومي بمقدار ٢٥أوم. ستكون نسبة الموجة الواقفة.

$$S.W.R. = \frac{Z_O}{Z_R} = \frac{300}{25} = 12 \text{ to } 1$$



الشكل5-13 قياس نسبة الموجات الواقفة، في هذا المخطط I_{max} هي 1.5 و I_{min} هي 0.5 وعليه SWR= $I_{max} \div I_{mim}$ =1.5÷0.5=3 إلى 1.

وقد جرت العادة على وضع الكمية الأكبر من Z_R أو Z_O في بسط الكسر ذلك لكي تنتج لنا قيمة **S.W.R.** كرقم أكبر من **1**. قياس نسبة الموجة الواقفة عملياً أسهل من قياس الكميات الأخرى (كممانعة الهوائي) الداخلة ضمن حسابات خط النقل. وكلما كانت نسبة الموجة الواقفة **S.W.R.** أعلى كلما كان عدم التوافق أكبر بين الخط والحمل. وفي خطوط النقل العملية، فقد القدرة في الخط نفسه يزداد مع نسبة الموجة الواقفة كما سيظهر لاحقاً.

ممانعة الدخول Input Impedance

ممانعة الدخول لخط النقل هي الممانعة التي تبدو من خلال طرف الإدخال؛ إنها الممانعة التي يتعين أن يعمل مصدر القدرة من خلالها عند توصيل خط

النقل إليه. إذا كان الحمل موفق تماماً مع خط النقل سيبدو الخط وكأنه لا نهائي الطول، وكما بينا في البداية، ستكون ممانعة الدخول هي الممانعة الخصائصية للخط نفسه.

وهذا يفهم بالرجوع إلى الأشكال**2-13** و **3-13** و **4-13** إذا كان طول الخط مما يجعل الموجات الواقفة تتسبب بارتفاع الفولتية على مدخل الخط والتيار قليل، عندها ستكون ممانعة الدخول أعلى من Z_o للخط، طالما الممانعة هي ببساطة النسبة بين الفولتية إلى التيار. الممانعة الواطئة والتيار المرتفع عند أطراف الدخول تعني أن ممانعة الدخول أقل من Z_o للخط. بمقارنة المخططات الثلاثة يتبين أن مدى القيم لممانعة الدخول والتي ممكن أن تصادفنا تكون أعظم عندما تكون النهاية الأخرى للخط مفتوحة أو مقصورة بدورة قصيرة مما لو كان لنهاية الخط حمل مقاومي. وبكلمات أخرى كلما ارتفعت نسبة الموجة الواقفة **S.W.R.** كلما عظم مقدار مدى قيم ممانعة الدخول عندما يكون الخط متنوع الأطوال. بالإضافة إلى التغيير في القيمة المطلقة لممانعة الدخول مع طول خط النقل، فإن وجود الموجات الواقفة تسبب أيضاً في أن تحوي ممانعة الدخول على كلاً من الرادة **Reactance** والمقاومة **Resistance** حتى لو كان الحمل نفسه مقاومة نقية. والاستثناء الوحيد يحدث عند عقد التيار الصحيحة، وعند تلك النقاط تكون ممانعة الدخول مقاومة خالصة. تلك هي النقاط الوحيدة التي عندها تكون الفولتية الذاهبة والراجعة والتيارات متحدة الطور بالضبط.

عند كل المسافات الأخرى على طول خط النقل يكون التيار إما متقدماً أو متأخراً عن الفولتية. وتأثير ذلك يظهر كما لو أن متسعة أو ملف تشكل جزء من ممانعة الدخول. يمكن تمثيل ممانعة الدخول إما بمقاومة ومتسعة أو مقاومة ومحاثة. ويعتمد كون الممانعة حثية أو سعوية على خصائص الحمل **Characteristics of the load** وطول خط النقل. ويتاح لنا تمثيل ممانعة الدخول بدائرة مكافئة لها مقاومة ورادة **Reactance** إما على التوالي أو التوازي؛ مادام أن الممانعة الكلية وزاوية الطور هي نفسها لأي من الحالتين.

إن مقدار وصفة ممانعة الدخول هي من الأهمية بمكان، إذ من خلالها يتم إدراك طريقة إقران مصدر القدرة إلى خط الحمل. حسابات ممانعة الدخول معقدة نوعاً ما وقياسها غير متاح بدون معدات خاصة. لحسن الحظ، في مجال هواة الراديو ليس من الضروري حساب أو قياس هذه الممانعة. الإقران الصحيح ممكن أن نصل إليه بوسائل بسيطة ذات علاقة سنشرحها لاحقاً.

خطوط النقل بدون أحمال Lines Without load

عملياً خط نقل في نهايته دورة قصيرة أو دورة مفتوحة وطوله ليس مضاعفات ربع طول الموجة، تكون ممانعة دخوله رادة نقية. وهذا بسبب أن قليل جداً من القدرة تضيع في الخط، مثل هذه الخطوط تستعمل غالباً كمحاثة وسعة خطية **linear inductances and capacitances**.

إذا كان لدينا خط نقل يحوي دورة قصيرة في نهايته وطوله أقل من ربع طول الموجة كما في **X** في الشكل**2-13**، فإنه يمتلك رادة حثية ويتزايد مقدار هذه الرادة طرديا مع زيادة طول خط النقل، ولغاية النقطة التي عندها يكون طول خط النقل ربع الطول الموجي. بجوار تلك النقطة وكما في **Y** تكون الرادة هي رادة سعوية مرتفعة القيمة قرب نقطة ربع طول الموجة وتتناقص على طول المسافة التي تشكل نصف طول الموجة. وهي بذلك تتبدل بين الحثية والسعوية بين مقاطع ذات ربع طول الموجة. والعكس صحيح تماماً في خط نقل له نهاية مفتوحة أي بدون دورة قصيرة.

عند النقاط التي تمثل المضاعفات المضبوطة لربع طول الموجة تكون الممانعة مقاومة خالصة. ويتضح ذلك مرئيا من خلال **B** و **D** في الشكل-**2 13**، عند النقاط التي هي مضاعفات لنصف طول الموجة (بمعنى ½ و **1** و ½ **1** من طول الموجة ...الخ). تبتعد عن الطرف ذو الدورة القصيرة فإن الفولتية والتيار لها نفس القيمة كما هي عند مكان الدورة القصيرة. وبكلمات أخرى، نقول إذا كان خط النقل يمتلك بالضبط طول أحد أو مضاعفات نصف الطول الموجي فإن مولد أو مصدر القدرة سيبدو وكأنه (ينظر) إلى دورة قصيرة. ومن ناحية أخرى فإن نقاط المضاعفات الفردية لربع طول الموجة (بمعنى ¼ و ¾ و ¼ **1** ...الخ) من طرف الدورة القصيرة تكون الفولتية في أقصى قيمتها **Maximum** بينما التيار صفر. وطالما الممانعة **Z =**

الفولتية **E** مقسومة على التيار **I** فإن الممانعة عند هذه النقاط تكون نظرياً ما لا نهاية. (في الواقع هي مرتفعة جداً، ولكن ليس ما لانهاية. بسبب أن التيار لا ينخفض إلى الصفر بتأثير الفقد الموجود في الخط. المفقودات دائماً موجودة ولكنها في العادة قليلة.

تحويل الممانعات Impedance Transformation

الحقيقة التي بينت أن ممانعات الدخول للخط تعتمد على **S.W.R.** وطول الخط ممكن أن يسخر كصفة حسنة عندما يكون من الضروري تحويل ممانعة معطاة إلى قيمة أخرى.

دراسة الشكل**4-13** سيُظهِر وكما مع حالات النهاية المفتوحة **Open End** وذات الدورة القصيرة **Short-Circuited**، إذا كان طول الخط نصف موجي واحد فإن الفولتية والتيار تكون عند أطراف الدخول هي نفسها عند الحمل. وهذا أيضاً صحيح عند الأطوال التي تكمل مضاعفات نصف الطول الموجي. وهي كذلك صحيحة لكل قيم **S.W.R.** لهذا السبب فإن ممانعة الدخول لأي خط بغض النظر عمّا تكون Z_O والذي له نصف طول موجي أو هو مضاعفات نصف الطول الموجي، تكون ممانعة دخوله هي نفسها ممانعة الحمل.

مثل هكذا خط يمكن أن يستعمل لتحويل **Transfer** أو نقل الممانعة إلى موقع جديد دون أن تتغير قيمتها. عندما يكون طول خط النقل ربع الطول الموجي، أو أحد المضاعفات الفردية لربع الطول الموجي، تكون ممانعة الحمل مقلوبة **inverted**. وعلى هذا إذا كان التيار قليل والفولتية مرتفعة عند الحمل، ستكون ممانعة الدخول كما لو كانت تتطلب تيار عالي وفولتية قليلة. العلاقة فيما بين ممانعة الحمل وممانعة الدخول هي كالآتي:

$$Z_S = \frac{Z_O^{\,2}}{Z_R} \quad .....(13\text{-}B)$$

حيث Z_S = هي ما يبدو من ممانعة الخط الداخلية (طول الخط والمضاعفات الفردية لربع طول الموجة).

Z_R = ممانعة الحمل (ويجب أن تكون ممانعة خالصة).

Z_O = الممانعة الخصائصية **Characteristic impedance** لخط النقل.

مثال خط نقل طوله ربع طول الموجة له ممانعة خصائصية بمقدار **500** أوم وقد أُفني بحمل مقاومي مقداره **75** أوم. الممانعة المنظورة عند طرف الدخول أو طرف الإرسال للخط هي:

$$Z_S = \frac{Z_O^{\,2}}{Z_R} = \frac{(500)^2}{75} = \frac{250.000}{75} = 3333\ Ohm$$

إذا أعيد ترتيب المعادلة أعلاه نحصل على

$$Z_O = \sqrt{Z_S Z_R} \qquad (13-C)$$

وهذا يعني إذا كان لدينا قيمتين من الممانعة نرغب في توفيقها **Match**؛ بإمكاننا ذلك إذا وصلناهم مع بعض من خلال خط نقل ذو طول بمقدار ربع طول الموجة وله ممانعة خصائصية مساوية إلى الجذر التربيعي لحاصل ضربهما ونستطيع القول أن خط نقل طوله ربع طول الموجة، يمكن استعماله وكأنه محولة لتوفيق الممانعة.

خطوط النقل الرنينية وغير الرنينية Resonant and Nonresonant Lines

ممانعة دخول لخط نقل يعمل تحت ظروف نسبة موجة واقفة **s.w.r.** مرتفعة تعتمد هذه الممانعة بشكل حرج على طول الخط (بشكل حرج يعني ما إن يتغير طول الخط قليلاً حتى يحدث تغير كبير في ممانعة الدخول)، بينما مقاومة الخط **Resistive** تكون كذلك فقط عندما يكون طول الخط هو أحد المضاعفات الصحيحة لربع طول الموجة.

الخطوط المقطوعة وفق هكذا أطوال وتعمل تحت ظروف **SWR** مرتفعة تدعى خطوط منغمة **Tuned** أو رنينيه **Resonant**. من ناحية أخرى إذا كانت نسبة الموجة الواقفة **SWR** واطئة تكون ممانعة دخول الخط قريبة من Z_O للخط أي قريبة من الممانعة الخصائصية للخط ولا تتغير كثيراً مع تغير طول الخط. مثل هكذا خطوط تدعى مسطحة **Flat** أو الخطوط الغير رنينيه **nonresonant**.

ولا يوجد حد فاصل بين الخطوط المنغمة وغير المنغمة. إذا كانت نسبة الموجة الواقفة أقل من **1.5** إلى **1** سيكون الخط أساساً مسطح **Flat**، ونفس طريقة الربط عند المدخل تكون مناسبة مع جميع

أطوال الخط. إذا كانت **SWR** أعلى من **3** أو **4** إلى **1** فإن طراز نضام الربط وضبطه **Adjustment** ستعتمد على طول الخط ومثل هكذا خطوط تصنف ضمن الخطوط المنغمة.

من المعتاد أن نفضل جعل نسبة الموجة الواقفة **SWR** واطئة قدر الإمكان. الخط المنغم يصبح ضروري فقط عندما يمكن التسامح بعدم توافق كبير بين الحمل والخط. وأكثر الأمثلة أهمية لهذا عندما يعمل هوائي مفرد لإشعاع عدة ترددات ذات علاقة توافقية، في هذه الحالة فإن ممانعة الهوائي ستمتلك قيم مختلفة عند التوافقيات المختلفة.

الإشعاع Radiation

أينما يوجد سلك يحمل تياراً متردداً فإن مجال كهرومغناطيسي ينطلق مبتعداً في الفضاء بسرعة الضوء. عند ترددات خط الطاقة العمومية المجال الذي ينمو مع تزايد التيار لديه متسع من الوقت ليعود أو ينهار **Collapse** حول الموصل عندما يقل التيار، بسبب إن التغيير بطيء. ولكن عند الترددات الراديوية فإن المجالات التي تغادر قاطعة لمسافة قصيرة لا يسمح لها الوقت لترجع إلى الموصل قبل استهلال الدورة القادمة.

ويترتب على ذلك أن بعض الطاقة الكهرومغناطيسية ستمنع من أن يعاد خزنها في الموصل؛ وبكلمات أخرى سيتم إشعاع الطاقة في الفضاء على شكل موجات كهرومغناطيسية. خطوط النقل وكما أوضحنا سابقاً تتألف من موصلين متوازيين متساويين في القطر. بشرط أن لا يوجد شيء في النظام يشوه التماثل لكل النقاط على طول الخط، والتيار في أحد الموصلين له نفس الكثافة كما في الموصل الثاني عند نفس النقطة. ولكن التيارين يتحركان باتجاهين متعاكسين وهذا واضح في الشكل**2C-13** والشكل**3C-13**. ويعني ذلك أن الفيض الذي ينشأ حول الموصلين له نفس الكثافة، ولكن باتجاهين متعاكسين (متضادين). ويترتب على هذا أن الفيض الكلي الناشئ حول مثل هكذا خط نقل يكون صفراً؛ المجالين يلغي أحدهما الآخر لذا لا توجد طاقة يتم اشعاعها من خط النقل.

وفي الواقع العملي لا يلغي أحد المجالين المجال الآخر تماماً لأن كلا الموصلين لا يحتلان نفس المكان إذ يوجد بينهما المسافة الفاصلة الثابتة على طول مسارهما. وأياً كان فإن الإلغاء يعتبر من حيث الجوهر كاملاً إذا كانت المسافة بين الموصلين قليلة جداً مقارنة مع الطول الموجي. الإشعاع من خط النقل ممكن تجاهله إذا كانت المسافة بين الموصلين **0.01** من الطول الموجي أو أقل، بشرط أن التيارين في كلا السِلكَين متوازيين **Balanced**.

كمية الإشعاع تعتمد كذلك على التيار المار في الخط، بسبب الطريقة التي يتغير بها التيار على طول الخط عندما توجد موجات واقفة **S.W.R.** التيار الفعال ولكي يحقق الإشعاع، يصبح كبيراً إذا زادت نسبة الموجة الواقفة **SWR**. ولهذا السبب نجد أن الإشعاع قليل عندما يكون الخط مسطحاً **Flat**. (الخطوط المسطحة هي تلك الخطوط التي تحمل نسبة موجة واقفة واطئة حيث تكون ممانعة دخولها قريبة من الممانعة الخصائصية لنفس الخط ولا تتغير هذه الممانعة كثيراً مع طول الخط).

وعلى أي حال إذا كانت المسافة بين موصلي الخط صغيرة والتيارات متوازنة، فليس من المنطق أن يصدر إشعاع من الخط حتى لو كانت نسبة الموجة الواقفة مرتفعة.

من الأمور الخطرة عدم اتزان التيارات في الخط حتى ولو كان عدم الاتزان بسيطاً، وهذه الخطورة بمستوى خط يعاني من نسبة موجة واقفة **SWR** مرتفعة مقارنة مع خط نقل مسطح **flat**.

الخصائص العملية لخطوط النقل Practical Line Characteristics

المناقشات السابقة لخطوط النقل تستند إلى خط نقل مؤلف من موصلين متوازيين. خط النقل المتوازي هو أحد نوعين شائعين النوع الآخر هو خط النقل المحوري **Coaxial** ويسمى **Concentric**. يتألف خط النقل المحوري من موصل موضوع في مركز أنبوب. السطح الداخلي للأنبوب والسطح الخارجي للموصل الأصغر يشكلان سطحي التوصيل للخط.

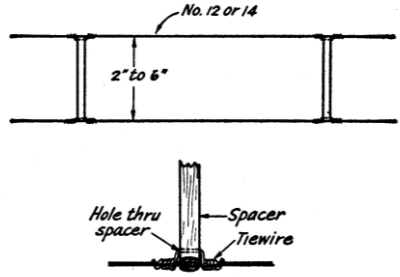
في خط النقل المحوري تكون المجالات **Fields** داخلية، أي في داخل الأنبوب. بسبب أن الأنبوب يتصرف كحجاب ويمنع هذه المجالات من الظهور إلى الخارج. وهذا يقلل الإشعاع إلى نقطة الاحتجاب.

وإذا تأملنا السلوك الكهربائي لخطوط النقل المحورية، فإن جميع ما قلناه حول خطوط النقل المتوازية ينطبق عليها. ولكن هنالك فروق عملية في بناء واستعمال الخطوط المتوازية والخطوط المحورية.

خطوط النقل المتوازية Parallel-Conductor Lines

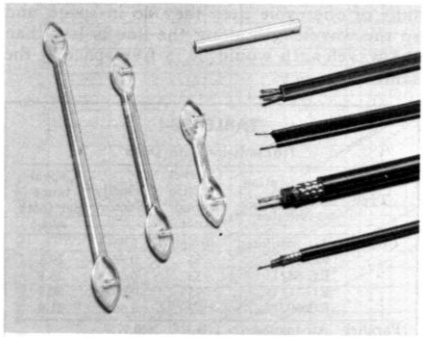
يستعمل في بعض الأحيان في تطبيقات هواة الراديو طراز من خط النقل ذو الخطين المتوازيين، ويتألف عادة من سلكين **No.12** و **No.14** ومثبتين بحيث يحافظان على مسافة ثابتة بينهما من خلال تركيب قضبان تدعى المباعدات **Spacers**. وتتنوع المسافة التي تؤمنها هذه القضبان من انجين إلى ست انجات. والمسافة الأصغر تكون ضرورية عند ترددات **28MHz** وأعلى من هذا التردد وبذلك سيكون الإشعاع من خط النقل أقل ما يمكن. طريقة التركيب يوضحها الشكل **6-13**. مثل خط النقل هذا يقال له إنه ذو عازل هوائي. ناشرات تجارية تلاحظها في الشكل**7-13** تكون الممانعة الخصائصية لهكذا خط نقل ذو أسلاك مفتوحة **Open-Wire** بحدود **400** و **600** أوم. وحسب حجم السلك والمسافة بين السلكين.

خطوط النقل ذات الموصلات المتوازية ممكن أحياناً أن تبنى من أنابيب معدنية ذات قطر ¼ إلى ½ إنج. وهذا يقلل الممانعة الخصائصية للخط. مثل هكذا خطوط تستعمل غالباً كمحولات ربع الموجة عندما تكون الغاية موافقة قيم مختلفة من الممانعات.



الشكل6-13 **التخطيط العملي لخط النقل المتوازي ذو السلك المفتوح. يستقر سلك الموصل على حز موجود عند حافة المباعد، ويثبت إلى الحز ببرم سلك ربط يمر خلال ثقب في طرف المباعد معد لهذا الغرض.**

تم صنع أول خط نقل ذو الخطين المتوازيين المعزولين بالهواء ضمن تطوير الاستقبال التلفزيوني، ويمكن أن يستعمل كذلك في تطبيقات الإرسال. وهذه الخطوط تتألف من موصلين مفصولين عن بعضهما بمسافة نصف إنج إلى واحد إنج من خلال مباعدات يتم صبها على الخطين. وتكون الممانعة الخصائصية **300** إلى **450** أوم، وحسب حجم السلك والمسافة. النوع التقليدي لخط النقل المُصَنَّع يتم تثبيت الموصلين المتوازيين داخل مادة عازلة قليلة الفقد **Low-loss insulating material** مثل البولي إثيلين وهو تستعمل غالباً كشريط توصيل بين الهوائي والتلفزيون وذو ممانعة خصائصية حوالي **300** أوم. وتباع تحت أسماء عديدة وأشهرها **Twin Lead**. هذا النوع من الخطوط يتميز بخفة وزنه، مغلق، وهو مرن عند التركيب وله مظهر خارجي أنيق.



الشكل7-13 **مباعدات وخطوط نقل تجارية جاهزة من المصنع.**

وعلى أي حال فإن الفقد في العازل الصلب أعلى من الفقد في الهواء والرطوبة، والأقذار المتراكمة على الخط تغير ممانعته الخصائصية. تأثير الرطوبة ممكن أن يقلل بتلبيس الخط بمادة الشحم السيلكوني **Silicone Grease**. ويوجد شكل خاص من الخط المزدوج **Twin-Lead** يستعمل لأغراض الإرسال يستعمل أنبوب بولي أثيلين **Polyethylene** ومبيت في جدرانه الموصلين بطريقة الصب كل موصل يقابل الثاني بالتمام؛ حيث يستعمل للمسارات

الطويلة ونتخلص بذلك من مشاكل التلوج والرطوبة. بالإضافة إلى الخطوط ذات الممانعة **300** أوم يمكن الحصول على الخط المزدوج بممانعة **75** أوم لأغراض الإرسال. ويتوفر كذلك خط مزدوج خفيف الوزن ذو ممانعة **75** أوم و **450** أوم.

الممانعة الخصائصية Characteristic Impedance

ممكن أن نستخرج مقدار الممانعة الخصائصية لخطوط النقل ذات الخطين المتوازيين المعزولين بالهواء من العلاقة:

$$Z_O = 276 \log \frac{b}{c} \quad .....(13-D)$$

حيث Z_O = الممانعة الخصائصية

b = المسافة بين مركزي الموصلين

a = نصف القطر للموصل بنفس وحدات **b**

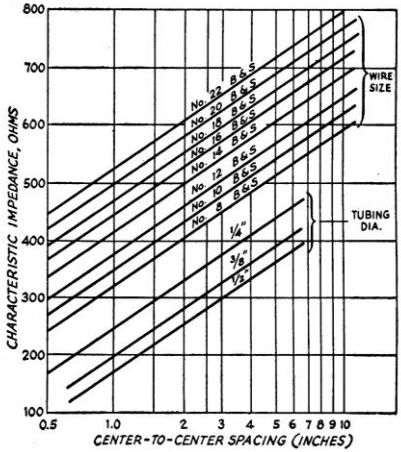
لا يهم أي وحدات استخدمت في قياس **a** و **b** المهم أن تكون وحدات القياس هي نفسها. كلا الكميتين ممكن أن تقاس بالسنتيمترات أو الانجات ... الخ. ويكون من الضروري استعمال جدول اللوغاريتمات، أو حاسبة متضمنة له لحل المعادلة. الحل معطى في الشكل**13-8** بيانيا لعدد من أحجام الموصلات الشائعة. في خطوط النقل نوع الخطين المتوازيين ذات العازل الصلب لا يمكن إدراك الممانعة الخصائصية من خلال حساب المعادلة السابقة، بسبب أن قسم من المجال الكهربائي في الهواء كما هو في العازل.

عدم التوازن في خطوط النقل ذات الموصلين المتوازيين -Unbalance in Parallel Conductor lines

عند تركيب خطوط النقل ذات الموصلين المتوازيين يجب الاهتمام بمنع مقدمات حالة اختلال التوازن الكهربائي داخل النظام. إذا حدث ولبعض الأسباب أن التيار في موصل أعلى من الآخر، أو إذا كانت التيارات في الموصلين ليست بالضبط مختلفة في الطور مع بعضها، فإن المجالات الكهرومغناطيسية لا تلغى بالكامل، وسيعاد إشعاع كمية لا بأس بها من خلال الخط نفسه.

إدامة التوازن الجيد لخطوط النقل مطلوب، وقبل كل شيء يتعين وجود حمل متوازن عند نهاية الخط. لهذا السبب يتعين تغذية الهوائي وكلما كان ذلك ممكنا عند نقطة حيث كل موصل (يرى) بالضبط نفس الشيء. وهذا يعني عادةً أن نظام الهوائي يجب أن يغذى كهربائياً من المنتصف. وحتى إذا كان الهوائي يبدو متشابهاً فيزيائياً فيمكن أن يكون غير متوازن كهربائياً إذا كان جزءً منه المتصل مع أحد الموصلين لخط النقل يتعرض إلى التواشج مع شيء ما (مثل أسلاك التأسيسات الكهربائية للمنزل أو عمود معدني أو سقف معدني) وهذا التواشج لا يوجد مثله على الجزء الثاني من الهوائي. يتعين بذل كل جهد متاح للحفاظ على الهوائي بعيد قدر الإمكان عن أي أسلاك عارضة أو العوارض المعدنية الكبيرة.

خط النقل نفسه سيتسبب في بعض من عدم التوازن للهوائي نفسه إذا لم يبتعد عنه بزاوية قائمة لمسافة على الأقل ربع طول الموجة. عند تركيب موصلات خط النقل تفحصها بالنظر إليها لتطمئن إلى أنها بعيدة عن أي معدن.



الشكل13-8 **مخطط بياني يظهر الممانعة الخصائصية لخطوط النقل ذات الخطين المتوازيين باستعمال الهواء**

كعازل. حجم الأنابيب معطى من خلال القطر الخارجي للأنبوب.

أي مسافة فاصلة بين أي موصل من موصلات خط النقل وأي أسلاك أخرى يجب أن تكون على الأقل أربعة إلى خمس مرات المسافة بين الموصلين المتوازيين. السعة الشاردة التي تحدث نتيجة للاقتراب الشديد من المعادن ممكن أن تصرف تيار كافي إلى (الأرض) ليحدث عدم اتزان للتيارات في خط النقل، مما يسبب زيادة الإشعاع من الخط نفسه.

السعة الشاردة من هذا الصنف تنشئ حمل على شكل رادة **Reactance** تحمل إلى الخط. ويتسبب في حدوث صدمة **Bump** للممانعة وهذا يسلب الخط تسطحه أي يمنع الخط من مواصفات التسطح **flat** الحقيقي (وقد مر بنا تعريف التسطح).

خطوط النقل المحورية Coaxial lines

أكثر الأشكال شيوعاً لخطوط النقل المحورية أنها تتألف من موصل داخلي أما سلك واحد صلب أو سلك مجدول من عدة أسلاك قليلة القطر، ويحاط الموصل الداخلي بعازل من البوليثيلين. تحاك حول العازل حصيرة من النحاس وتؤلف الموصل الخارجي، وطبقة من الفينيل العازل للماء تحيط بالحصيرة النحاسية؛ هذا الكيبل يصنع بأقطار مختلفة. وهو مرن إلى حد ما وملائم للتركيب. بعض الأنواع المختلفة تجدها في الشكل**13-17** . هذا الكيبل المحوري ذو العازل الصلب يتوفر اعتيادياً بممانعات تقرب من **50** و **70** أوم.

خطوط النقل المحورية المعزولة بالهواء تمتلك فقد قليل بالمقارنة مع الخطوط ذات العازل الصلب، وهي نادراً ما تستعمل في تطبيقات هواة الراديو لأنها غالية الثمن وصعبة التركيب مقارنة مع الأنواع المرنة. النوع الشائع من خط النقل المحوري ذو العازل الهوائي يستعمل موصلات من سلك صلب غير مجدول (مجدول تعني خصلة من الأسلاك النحيفة مبرومة حول نفسها)، وهذا السلك داخل أنبوب من النحاس، ويتم تثبيت السلك في مركز الأنبوب بواسطة مضاجع **Beads** معزولة موضوعة على مسافات منتظمة.

الممانعة الخصائصية Characteristics impedance

الممانعة الخصائصية لخط نقل محوري معزول بالهواء ممكن أن تستخرج من العلاقة التالية:

$$Z_O = 138 \log\frac{b}{c} \quad .....(13-E)$$

حيث: Z_O = الممانعة الخصائصية.

b = القطر الداخلي للموصل الخارجي.

a = القطر الخارجي للموصل الداخلي (بنفس الوحدات مع **b**).

العلاقة للخطوط المحورية تقريباً صحيحة لخطوط النقل التي تستعمل فيها مباعدات مضجعية **Bead Spacers**، بشرط أن لا تكون المضاجع قريبة جداً من بعضها. عندما يملأ الخط بمادة عازلة صلبة، فإن الممانعة الخصائصية الناتجة من المعادلة يجب أن تضرب في $1/\sqrt{K}$، حيث K هو ثابت العزل **Dielectric Constant** للمادة العازلة.

طول خط النقل كهربائياً Electrical Length

عند مناقشة عمل خطوط النقل في البداية افترضنا أن تلك التيارات تنتقل على طول الموصلات بسرعة الضوء. ولكن الحقيقة أن السرعة **Velocity** هي أقل من سرعة الضوء بعض الشيء، وسبب ذلك يبدو إن المجالات الكهرومغناطيسية تنتقل أبطأ في العوازل الصلبة مما هي عليه في الفراغ. في الهواء تكون السرعة عملياً كما هي في الفضاء الخالي، ولكن خط النقل العملي غالباً ما يتم تعزيزه بمواد عازلة صلبة وهذا في بعض الأنواع. ونتيجة ذلك أن المجالات تبطئ، والتيارات تنتقل إلى مسافات أقصر خلال الفترة الزمنية لدورة واحدة (ذبذبة واحدة) مما لو انتقلت في الفراغ، وكذلك الطول الموجي على طول خط النقل سيكون أقل مما هو عليه في الفضاء الخالي أو الفضاء الحر عند نفس التردد.

عندما يكون خط النقل ذو عدة أطوال موجية ولا يشار له بطول معين كنصف طول الموجة أو ربع طول الموجة، سيفهم من هذا أن المقصود هو الطول الكهربائي للخط. الطول الفيزيائي لخط النقل الذي يقاس عادة بشريط القياس (الفيتة) هو أقل

دائما من الطول الحقيقي. الذي يشار إليه بأنه طول الموجة الكهربائي يستخرج من العلاقة التالية:

$$\text{Length in feet} = \frac{984V}{f} \quad .....(13-F)$$

حيث f = التردد بالميكا هرتز

Velocity factor = V

Type	Description or Type Number	Characteristic Impedance	Velocity Factor	Capacitance per foot; $\mu\mu$f.
Coaxial	Air-insulated	50–100	0.85[1]	
	RG-8/U	53	0.66	29.5
	RG-58/U	53	0.66	28.5
	RG-11/U	75	0.66	20.5
	RG-59/U	73	0.66	21.0
Parallel-Conductor	Air-insulated	200–600	0.975[2]	
	214–080[3]	75	0.68	19.0
	214–023[3]	75	0.71	20.0
	214–079[3]	150	0.77	10.0
	214–056[3]	300	0.82	5.8
	214–076[3]	300	0.84	3.9
	214–022[3]	300	0.85	3.0

[1]Average figure for small-diameter lines with ceramic beads.
[2]Average figure for lines insulated with ceramic spacers at intervals of a few feet.
[3]Amphenol type numbers and data. Line similar to 214-056 is made by several manufacturers, but rated loss may differ from that given in Fig. 13-11. Types 214–023, 214–076, and 214–022 are made for transmitting applications.

الجدول1-13 **يوضح بيانات خطوط النقل.**

عامل السرعة **Velocity factor** هو النسبة بين السرعة الحقيقية على طول الخط إلى السرعة في الفضاء الحر. قيم مختلفة تأخذها V لأنواع عديدة شائعة من خطوط النقل معطاة في الجدول **1-13.**

مثال

٧٥قدم من خط نقل مزدوج (ذو خطين متوازيين) له ممانعة مقدارها **300** أوم أستعمل لنقل قدرة إلى هوائي بتردد **7150K** من الجدول **1-13**، V= **0.82** عند التردد **7.15 MHz** سيكون طول الموجة:

$$\text{الطول بالأقدام} = \frac{484}{f} = \frac{984}{7.15} \times \mathbf{0.82}$$

$$= \mathbf{0.82} \times \mathbf{137.6} = \mathbf{112.8}$$

قدم

وعليه طول الخط سيكون= $\frac{75}{112.8}$ = **0.665** من الطول الموجي

لما كان خط نقل بطول ربع الطول الموجي يستعمل كمحولة خطية **linear transformer**، سيكون من الملائم حساب طول خط نقل ذو طول ربع الطول الموجي مباشرة. العلاقة هي:

$$\text{الطول بالأقدام} = \frac{245V}{f} \quad ..... \quad \textbf{(13-G)}$$

حيث يكون للرموز نفس المعنى السابق.

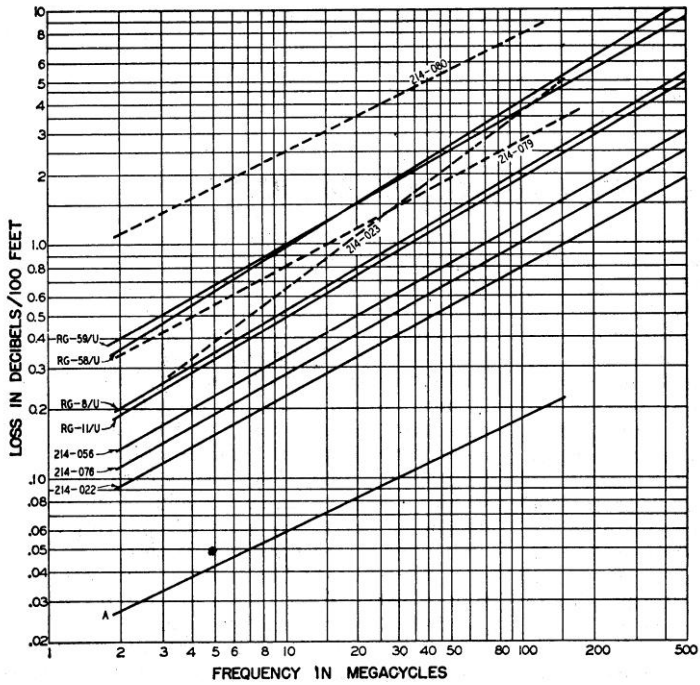
المفقودات في خطوط النقل Losses in transmission lines

هنالك ثلاثة طرق يمكن من خلالها ضياع القدرة في خطوط النقل: الطريق الأول من خلال الإشعاع، الثاني من خلال تسخين الموصلات (مفقودات حاصل ضرب مربع التيار في المقاومة I^2R)، الثالث من خلال تسخين العازل.

الضياع من خلال الإشعاع بشكل عام يكون نتيجة لوجود تيارات الهوائي **Antenna Currents** على خط النقل، نتيجة عن إقران سيء إلى الهوائي. وهذه المفقودات لا يمكن قياسها أو تخمينها حال حدوثها، لذا فإن الشرح التالي سيرتكز على مفقودات الموصل والعازل.

المفقودات الحرارية في كلا الموصل أو العازل تتزايد مع التردد. ومفقودات الموصل تكون أعظم كلما كانت الممانعة الخصائصية للخط أوطأ، وذلك بسبب مرور تيار أعلى لنفس القدرة عندما تنخفض الممانعة. وينطبق هذا الكلام على مفقودات العازل لأن هذه المفقودات تتزايد مع الفولتية، والتي هي مرتفعة مع خطوط النقل مرتفعة الممانعة. مفقودات العازل في الخطوط ذات العازل الهوائي تهمل (وهو الفقد الوحيد في عازل المباعدات **insulating spacers**) وهذه الخطوط تعمل بكفاءة عالية عندما تكون مفقودات الإشعاع واطئة.

من الأنسب تبيان الفقد في خط نقل بالديسبل لكل وحدة طول، طالما الفقد بالديسبل **dB** يعتمد مباشرة على طول الخط. الفقد في أنواع مختلفة من الخطوط تعمل بدون موجات واقفة (وهي الخطوط التي يتم إفنائها بحمل مقاومي يساوي الممانعة الخصائصية للخط) معطاة بشكل بياني في الشكل**9-13** في هذه المنحنيات يفترض بالفقد عن طريق الإشعاع إنه مهمل. عندما توجد موجات واقفة على الخط فإن فقد القدرة يتزايد كما يلاحظ



الشكل13-9 بيانات التضاؤل أو التوهين Attenuation للأنواع الشائعة لخطوط النقل. المنحنى A يبين معدل التوهين لخط نقل ممانعته 600 أوم ذو أسلاك مفتوحة No.12، وغير مدرج معه مفقودات العازل ولا مفقودات الإشعاع. تجد في الجدول13-1 بيانات إضافية حول خطوط النقل.

في الشكل**13-10**. وتعتمد خطورة هذه الزيادة على الفقد الأصلي للخط وهو متوافق مع الحمل بالضبط.

فان نسبة موجة واقفة كبيرة سوف لا تؤثر بشدة على كفاءة **efficiency** الخط، (وكفاءة تعني نسبة القدرة المجهزة للحمل إلى القدرة الداخلة إلى خط النقل).

مثال

150 قدم من كيبل **RG-11/U** (طراز من خطوط النقل التجارية) يعمل عند تردد **7Mc** وعندما يكون متوافق تماماً فإنه يمتلك نسبة موجة واقفة **5 SWR** إلى **1** الفقد المستخرج من الشكل **13-9** سيكون **1.5×0.4dB=0.6dB** ومن الشكل **13-10** يكون الفقد الإضافي بسبب نسبة الموجة الواقفة **0.7dB** الفقد الكلي سيكون عندها **1.33dB=0.73+0.6**

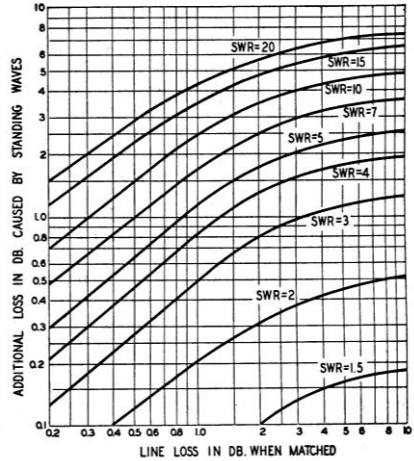
عندما يظهر مقدار لا بأس به من **SWR** على خط نقل ذو عازل صلب فقد يتسبب في ضياع شديد للقدرة عند الترددات الأعلى.مثل هذه الخطوط سواء كانت من الخطين المتوازيين أو النوع المحوري، فإذا كان مقدار الفقد مع خط موفق تماماً واطئ جداً، يجب أن نجعلها تعمل بشكل مسطح قدر الإمكان **nearly flat** وخصوصاً عندما يكون طول الخط **50** قدماً أو نحو ذلك.

الأحمال وأجهزة الموازنة Loads and balancing devices

عملياً أكثر الأحمال أهمية لخط النقل هو الهوائي والذي في معظم الحالات يكون متوازناً بمعنى تشابه بناءه نسبة إلى نقطة تغذيته. أحد الجوانب التي نأخذها بالاعتبار لتوفيق الممانعة الحقيقية **Actual impedance** للهوائي عند نقطة التغذية **feed point** إلى الممانعة الخصائصية **Characteristic impedance** لخط النقل (إذا كنا نروم التوفيق) فإن الهوائي المتوازن **balanced antenna** يجب أن يغذى من خط نقل متوازن لتحقيق التماثل نسبة إلى

الأرض، وبذلك نمنع المشاكل المتأتية من التيارات الغير متوازنة على الخط نفسه. هذه التيارات وكما

أوضحنا سابقاً تؤدي إلى إشعاع غير مرغوب به من خط النقل نفسه.



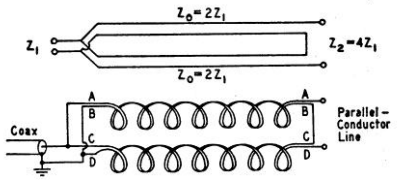
الشكل10-13 تأثير نسبة الموجة الواقفة على الفقد لخط النقل. الإحداثي الصادي *يبين فقد إضافي* معطى بالديسبل من الفقد، والإحداثي الأفقي يبين الفقد تحت ظروف توافق ممتازة.

وتحدث مثل هذه الحالة غالباً عندما يغذى الهوائي المتوازن غالباً خلال خط نقل محوري الغير متوازن بطبيعته، بعض الطرق يجب أن تستعمل عند توصيل الخط إلى الهوائي ودون التأثير على التشابه الموجود في الهوائي. وهذا يتطلب دائرة تعزل الحمل المتوازن من الخط الغير متوازن وتحقق نقل كفْ للقدرة. النبائط أو الأجهزة التي تؤدي هذا الغرض تسمى بالون **Baluns** وهذه التسمية مشتقة من متوازن **Balanced** إلى غير متوازن **To unbalanced**. الأنواع المستعملة بين الهوائي وخط النقل هي بشكل عام من نوع يقال له **Linear**، المؤلفة من قطعة من خط النقل لبناء محولة توفيق من هذا النوع.

الحاجة إلى بالون تظهر أيضاً عند إقران المرسلة إلى خط النقل المتوازن، إذ إن دوائر الخروج لمعظم أجهزة الإرسال تمتلك أحد الجوانب مؤرض (نوع التوصيل هذا مفضل لعدة أسباب من ضمنها إقلال التداخل مع أجهزة التلفزيون **TVI**). أكثر أنواع (البالون) مرونة لهذا الغرض هو نوع ترتيبة التوافق ذات الإقران الحثي المشروحة في القسم التالي. وهذه تجمع بين توفيق الممانعة مع تشغيل المتوازن إلى غير المتوازن، ولكن عليها مأخذ سلبي حيث تستعمل دائرة رنين وهذا يجعلها صالحة للعمل على نطاق محدود للترددات دون إعادة ضبطها. وعلى أي حال إذا كنا نستطيع أن نتسامح بنسبة ممانعة ثابتة للبالون، فإن ملف البالون المشروح فيما يلي يمكن أن نستعمله بدون إعادة ضبط ضمن مدى ترددي من **10** إلى **1** يعني **3** إلى **30MHz** مثلاً. وكخيار يمكن تغطية حزمة عريضة مشابهة من خلال محولة بالون حسنة التصميم (مع نفس حدود الممانعة) لكن مبادئ التصميم والمواد المستعملة في هكذا محولة تكون خاصة تماماً. وطريقة بنائها خارج إطار هذا الشرح.

بالون نوع الملف Coil Baluns

البالون **Balun** المسمى **Coil Balun** يستند إلى مبادئ البالونات الخطية المصنوعة خطوط النقل **Linear transmission-line balun** وكما يشاهد في الرسم الأعلى من الشكل**11-13**.



الشكل11-13 بالون للتوفيق بين دائرة سحب دفع ودائرة نهاية مفردة. نسبة الممانعة هي 4 إلى 1 من جانب السحب دفع إلى الجانب الغير متوازن. لف الخطوط Coiling كما يظهر في الرسم الأسفل يزيد من مدى التردد الذي عنده نحصل من البالون على أداء مرض.

خطي نقل متساويين في الطول يمتلكان ممانعة خصائصية=Z_O موصلين على التوالي عند أحد الطرفين وعلى التوازي على الطرف الآخر. عند الطرف الموصل على التوالي تكون الخطوط

متوازنة إلى نقطة الأرض، ومتوافقة لممانعة مساوية لـ $2Z_O$؛ وعند طرف الخطوط الموصل على التوازي يكون متوافق مع ممانعة مساوية لـ $Z_O/2$. أحد الجانبين ممكن أن يوصل إلى الأرض في الطرف الموصل فيه الخطين على التوازي، على أساس إن الخطين يمتلكان طول من قبيل أن كل خط يعتبر سلك مفرد **Single Wire**، النهاية المتوازنة تكون غير مقترنة بشكل فعال مع النهاية الموصلة على التوازي. وهذا يتطلب طول هو المضاعفات الفردية لربع طول الموجة.

تحويل الممانعة من طرف التوالي إلى طرف التوازي هي **4** إلى **1**. تعيين طول محدد من الخط مطلوب فقط لأغراض فك الاقتران، وما دام هنالك فك تقارن كاف سيتصرف النظام كمحول ممانعة من **4** إلى **1** بصرف النظر عن طول خط النقل. إذا تم لف كل خط كملف، كما في الرسم الأسفل الشكل**11-13**، المحاثات بهذه الكيفية ستتصرف كملفات خانقة وتميل إلى عزل نهاية التوالي (الموصلة على التوالي) من أي اتصال مع الأرض ممكن أن يوجد على نهاية التوازي. ملفات البالون التي تصنع على هذا النحو يكون بإمكانها العمل على مدى واسع من الترددات، طالما حث الخانق ليس بالأمر الحرج. يكون حد التردد الأدنى عندما لا تكون الملفات فعالة في عزل أحد النهايتين من الأخرى؛ طول الخط في كل ملف يجب أن يكون بحدود ما يساوي ربع طول الموجة عند أقل تردد مستعمل.

التطبيق المبدئي لهذه الملفات يذهب من **300** أوم خط متوازن إلى **75** أوم خط محوري. وهذا يتطلب أن الممانعة الخصائصية Z_O للخطوط التي تتشكل منها الملفات تساوي **150** أوم. بيانات التصميم للف الملفات غير متوفرة؛ وعلى أي حال فإن العلاقة **13-D** ممكن أن تستعمل لمعرفة المسافات التقريبية للأسلاك.

التأثير الحاصل بين اللفات نتيجة قربها من بعض يمكن إقلاله بجعل المسافات بين اللفات أكبر من المسافة التي يستغلها الموصل. للعمل على **3.5** ميكا هرتز أو أعلى يتعين أن يكون طول كل موصل بحدود **60** قدم.

يمكن ضبط المسافة بين الموصلات إلى قيمة ملائمة عن طريق إفناء كل خط نقل خلال مقاومة خالية من الحث مقدارها **150** أوم وضبط المسافة حتى تقرأ لنا (قنطرة الممانعة) قيمة ممانعة الدخول عند مدخل الخط بمقدار **150** أوم. بالون من هذا الطراز بعد أن يتوافق يشكل محولة ذات نسبة تحويل ثابتة. ولا يمكن تعويضه **Compensate** لتوفيق استثنائي في أي مكان في النظام. مع خط (**300** أوم) عند النهاية المتوازنة مثلاً فان كيبل محوري ذو **75** أوم سوف لا يتوافق ما لم يتم إفناء خط الـ **300** أوم فعلياً في حمل مقاومي مقداره **300** أوم.

أحمال غير مشعّة No radiating Loads

من الأمثلة التطبيقية للأحمال الغير مشعة لخط النقل هي دائرة الشبكة لمضخم القدرة ودائرة الدخول لمستقبل **Receiver**، وممكن أن يكون خط نقل آخر. وهذه الحالة الأخيرة تتضمن وحدة تنغيم الهوائي **antenna tuner** (وهذا خطأ في التسمية لأنه في الواقع جهاز لأقران خط النقل إلى المرسلة). ولأهميته في تركيب معدات هواة الراديو، سيتم شرح مقرن الهوائي **antenna Coupler** بشكل مفصل لاحقاً.

الإقران إلى المستقبل Coupling to a Receiver

التوفيق الجيد بين الهوائي وخط النقل الخاص به لا يمكن أن يضمن **Guarantee** نسبة موجة واقفة واطئة على الخط عند استعمال نظام الهوائي للاستقبال. نسبة الموجة الواقفة تُدرَك بالكامل من خلال ماذا يرى خط النقل عند مدخل الهوائي في المستقبل؟ وللحصول على أقل **SWR** يتعين أن تُوَفق دائرة دخول المستقبل إلى الخط. مقدار ممانعة الدخول إلى المستقبل تكون قيمة متوسطة وتتغير على مدى معين من التردد. طرق جلب التوافق الصحيح موضح في قسم المستقبلات **receivers chapter**. وأغلب الحالات المرغوبة عندما يكون المستقبل موفق إلى الممانعة الخصائصية للخط والخط بدوره موفق إلى الهوائي. بهذا تنتقل أعظم قدرة من الهوائي إلى المستقبل بأقل فقد خلال خط النقل.

تـــرجم عـــن **ARRL Hand Book**

نظرة إلى الراديو الروسي

VEF206 VEF204

أول مرة وقع بصري على الراديو الروسي كان في الثلث الأول من عقد السبعينات عندما ابتاع والدي واحداً من مدينة البصرة بخمسة دنانير. دهشت حينها لوزنه الهائل قائلاً في نفسي، لا يعقل أن يكون هذا مجرد راديو قد يكون مضمن به جهاز تسجيل ومحولة لتشغيله من الكهرباء مباشرة أو قد يكون مؤهلاً للإرسال بالإضافة إلى الاستقبال!؛ هذا لأني كنت أقارنه بالمنتج الياباني لأجهزة الراديو الترانسزتور، وكم هي كانت صغيرة وتعمل على بطاريتين إلى أربع، حيث كانت مثالا للأناقة وخفة الوزن، أو أقارنه بما كانت تعلن عنه فليس في السبعينات.

وقد علمت فيما بعد أن المؤسسة لم تكن المستورد الوحيد لهذا الجهاز حيث شاطرها في استيراده محلات جقماقجي حيث ينتهي شارع الرشيد في الباب الشرقي ، وحسب ما كان سائداً عند الاستيراد فقد جلبوا معه كمية ليست بالقليلة من الأدوات الاحتياطية.

يعمل الراديو الروسي **VEF204** أو **VEF206** من بطارية **9V** تتألف من ستة بطاريات كبيرة الحجم ذات **1.5** فولت لذا كان وزنه الثقيل. له مجهار صوتي (سماعة) تمتلك خاصية إنتاج قدرة صوتية مرتفعة إزاء قدرة كهربائية بسيطة مجهزة لها وهي سماعة ممتازة جيدة الأداء حسنة الصوت لا نجد مثلها في الأسواق هذه الأيام.

ضابطة حجم الصوت كانت ذات استجابة غير خطية (لوغارتمية) إزاء زاوية التدوير وهكذا ضابطة تلائم الأجهزة العاملة بالصمام أكثر من أجهزة أشباه الموصلات لذا نجد الصوت يرتفع فجأة عند نهاية مجال التدوير، وهذا غير مريح لمن يستعمل الجهاز.

هيكل الجهاز الخارجي من البلاستك الأسود اللامع وهو سريع الكسر عند السقوط أو التعرض للصدمات. وللجهاز هيكل داخلي من البلاستك الغير لامع يثبت داخل الهيكل الخارجي عن طريق أربع (براغي) إذا ضاعت لن تجد ما يكافئها إذ إن خطوة أسنانها لا ينتجها إلا المصنع السوفيتي في وقت كان البلد يعج بالمنتج الياباني وهذا من العيوب الفنية التي تظهر وقت الصيانة وليس للمصنع دخل فيها.

الدائرة الكهربائية للجهاز تستهلك تيار مستمر قليل جداً عند العمل، لذا نجد البطارية عمرها طويل وهذا من المحاسن؛ وبعد أن يطول عمر البطارية تتسرب منها محاليلها الحمضية إلى المكونات الداخلية على اللوحة الالكترونية مسببة توقفها عن العمل، وبذلك تتحول الحسنة إلى سيئة وربما أسوأ سيئة في الجهاز.

ملامسات مفتاح تحويل الموجات مصنوعة من سبيكة يدخل فيها نسبة من الفضة وهي جيدة التوصيل للكهربائية، وهذا من المحاسن وعندما تتأكسد هذه الفضة إلى مادة سوداء تتحول هذه الحسنة إلى سيئة، إذ يقتضي الحال تنظيفها في ورشة التصليح.

جميع محولات ومرشحات قسم التردد المتوسط مصنوعة من وعاءين من الفيرايت قد لصق أحدهما بالآخر بمادة لاصقة خاصة (تنتجها المصانع السوفيتية)، وعندما يتعرض الجهاز إلى صدمة تنكسر المادة اللاصقة وينفصل الوعاءين عن بعضهما، والنتيجة ضعف شديد في حساسية الجهاز لا يعلم مصدره الكامن تحت حجب الألمنيوم لمحولات التردد المتوسط.

أي صيانة للوحة التردد المتوسط بدون إعادة ضبط المحولات ومرشح الشفط عند خارج مضخم التردد الراديوي. ينتج عنه انخفاض شدة الصوت ويقال عنه شعبياً (صوته ناصي) مما يدفع المصلح الغير خبير إلى إلغاء بعض المقاومات بدورة قصيرة لزيادة شدة الصوت!!. أما إذا تم ضبط محولات التردد البيني **IFT's** ومرشح الشفط فإن أداء الجهاز يرتقي حتى يقال عنه شعبياً (صوته يرعد). وهو من الأجهزة الشعبية المحبوبة رغم كل شيء لرخص ثمنه وجودة أداءه. كان يشتريه المصريون العاملون في بغداد ويأخذونه معهم كهدايا أو لبيعه وتحقيق مكسب معين.

أستخدم هذا الراديو على فترة من الزمن لتدريب طلاب بعض المعاهد الفنية، حيث يعطى للطالب وهو مفكك ويتعين عليه تجميعه وتشغيله، وهو اختبار صعب إذ إن اختلاط ترانسزتورات الصنف الواحد يؤدي إلى وجوب إعادة ضبط محولات التردد المتوسط. وهي عملية ليست بالسهلة على المتدربين الجدد.

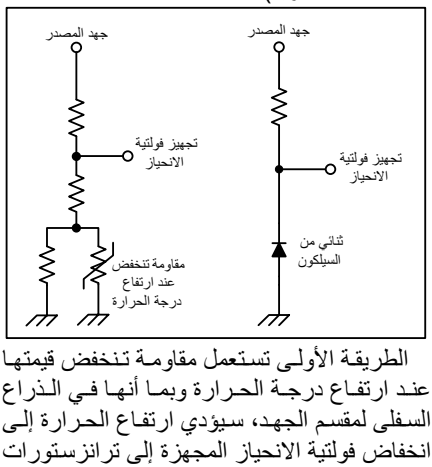
كل موجة من موجاته القصيرة تغطي مترين أو أقل من المدى الواسع لتردد الموجات القصيرة. ويتم نقل تردد مذبذبه المحلي إلى المازج عن طريق ازدواج سائب بين ملف المذبذب وملف الخروج، لذا نجد حاصل عملية المزج هي ترددات المحطات التي يتم الإرسال عليها فعلاً ولا نجد محطات وهمية ناتجة عن مزج التوافقيات التي يولدها المذبذب، وهذا من المحاسن لكنها تتحول إلى سيئة في نظر المستخدم عندما لا يجد كثير من المحطات على مديات الموجات القصيرة. بينما مع راديو من إنتاج فلبس مثلا نسمع الكثير من المحطات على الموجة القصيرة صحيح إن مدى الترددات أوسع وبعض المحطات ترسل على عدة ترددات، لكن الكثير من هذه المحطات هي محطات صورية آتية من مزج توافقيات المذبذب مع تردد المحطة من دائرة الهوائي، رغم التضاؤل الذي تسببه دائرة تنغيم الهوائي للمحطة.

الموجة المتوسطة ممتازة في أدائها، ولها هوائي داخلي موجه، وكان الناس إبان الحرب العراقية الإيرانية يستغلون هذه الاتجاهية للإصغاء إلى إذاعات الجوار وسماع أخبار الحرب من خلال تدوير المذياع إلى الجانبين متفادين تأثير التشويش الذي يملأ الأجواء. في حين ورد إلى البلد مذياع من إنتاج ناشنال اليابانية (أبو إثنين وثلاثين دينار من سوق الثلاثاء) كان كبير الحجم نسبيا لذا وضع الصانع في داخله هوائي مطور غير اتجاهي لا يقتضي تدوير الجهاز للحصول على سماع جيد، ورغم انه متطور ويابـاني وغالي الثمن لم يكن بإمكان مستعمله تفادي أثر التشويش على الإذاعات بسبب استجابته الدائرية؛ بمعنى إن حسنة التطوير لاستجابة الهوائي من ناشنال تحولت إلى سيئة في ظرف معين إذ لا يمكن تفادي أثر التشويش على إذاعة يرغب الزبون سماعها.

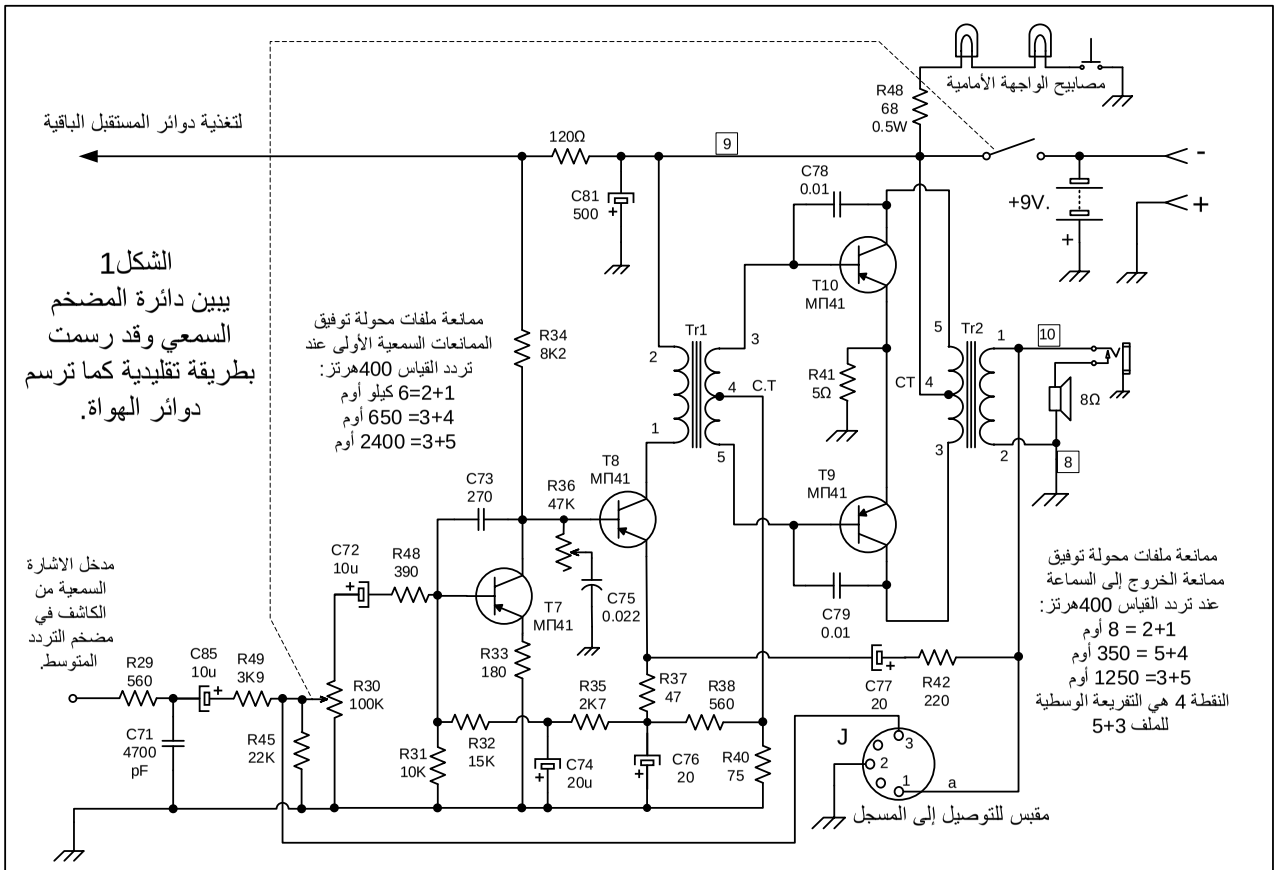
الدائرة الكهربائية / المضخم السمعي

مكونات الراديو مصنوعة في مصانع الاتحاد السوفيتي السابق. وهذه المكونات كبيرة الحجم لذا هي تلاءم عمل الهواة. حيث يمكن مسكها باليد والتعامل معها وإجراء التجارب عليها. وخصائص المكونات هي العامل المؤثر الأهم للتصميم النهائي. فمثلاً الترانزستورات المستعملة كانت من الجرمانيوم وكما هو معلوم هذا النوع من الترانزستورات يتأثر بشدة إزاء التغيرات في درجات الحرارة، ويستلزم تصحيح هذا التأثير بأقل قدر من الهدر في الطاقة إذ إن البطارية هي المجهز الرئيس للطاقة.

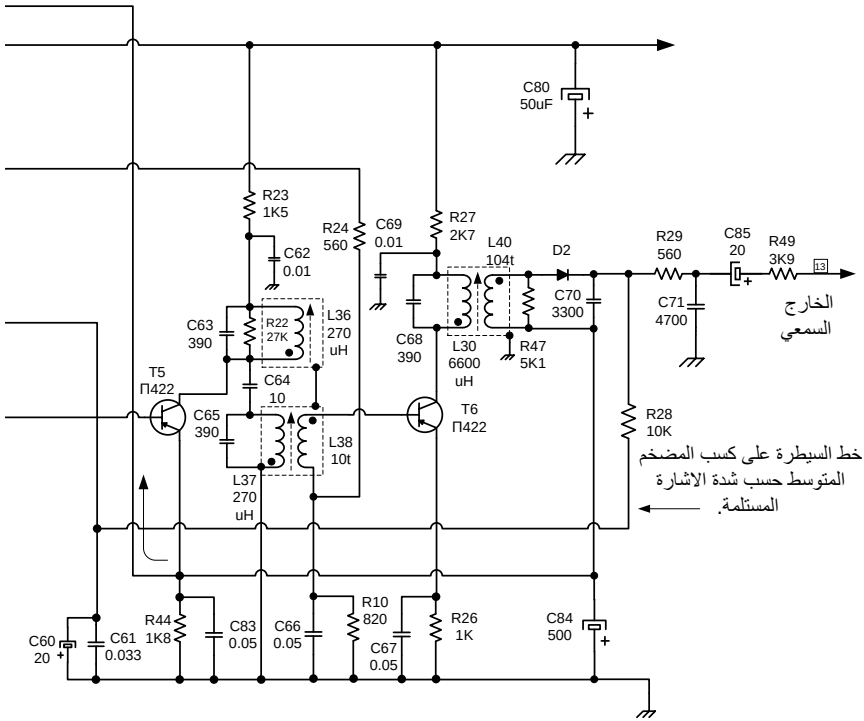
في الشكل التالي تجد طريقتين لتجهيز فولتية الانحياز، وكلا الطريقتين تتضمن وسيلة لتعديل تيار الانحياز عند ارتفاع درجة الحرارة المحيطة، وقد جرت المصانع الأمريكية والأوربية واليابانية على استعمال هذا التكنيك في إنتاجها، (بعد ذلك ستلاحظ كيف إن مصمم الراديو الروسي استعمل طريقة التعويض الحراري بطريقة لا تؤدي إلى تبديد طاقة البطارية).



الطريقة الأولى تستعمل مقاومة تنخفض قيمتها عند ارتفاع درجة الحرارة وبما أنها في الذراع السفلى لمقسم الجهد، سيؤدي ارتفاع الحرارة إلى انخفاض فولتية الانحياز المجهزة إلى ترانزستورات القدرة. وفولتية الانحياز هي التي تتسبب في مرور تيار قاعدة- قاذف الذي يكسر الحاجز الجهدي لهذه الوصلة مانعاً تشوه التقاطع **Cross-Over distortion** من التأثير على الإشارات الصوتية الضعيفة. كذلك يرفع تيار الانحياز نقطة عمل الترانسزتور ليصبح مضخم من نوع **B** وهو ما يلاءم المضخمات



الشكل1
يبين دائرة المضخم السمعي وقد رسمت بطريقة تقليدية كما ترسم دوائر الهواة.

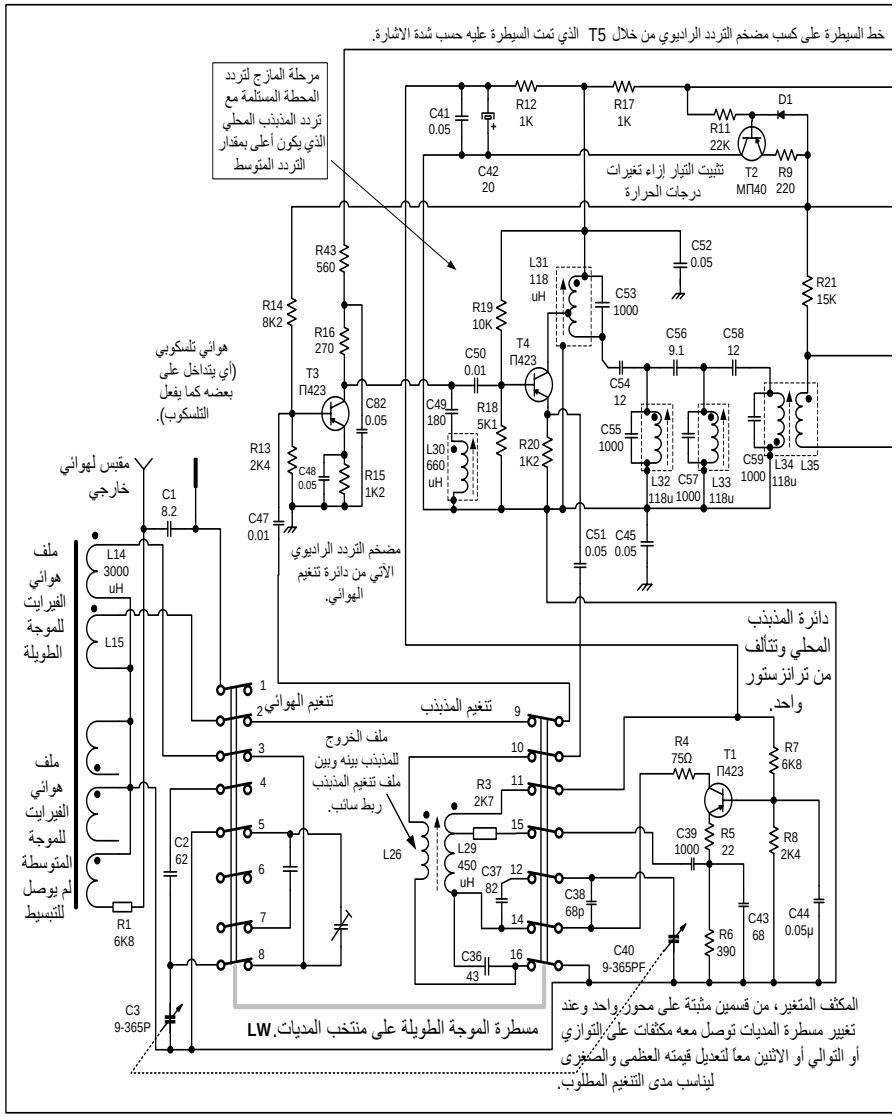


الشكل2

مخطط المضخم المتوسط للراديو الروسي وقد رسم بطريقة تتضح فيها جميع التوصيلات بصيغتها التقليدية الأكاديمية التي نعرفها. وعند دراسة المخطط تجد القوة في التصميم للتغلب على عيوب المكونات التي تنتج في مصنع ذلك البلد. جميع التقنيات في هذا المضخم يمكن أن تطبق على مكونات من مصنع آخر وحسب الحاجة.

مقدار التردد المتوسط 465 كيلو هرتز.

قيم حث الملفات المثبتة على المخطط أخذت من كتيب الخدمة الذي جهزت به ورش الصيانة في المؤسسة.


خط السيطرة على كسب مضخم التردد الراديوي من خلال T5 الذي تمت السيطرة عليه حسب شدة الاشارة.
مرحلة المازج لتردد المحطة المستلمة مع تردد المذبذب المحلي الذي يكون أعلى بمقدار التردد المتوسط
تثبيت التيار إزاء تغيرات درجات الحرارة
هوائي تلسكوبي (أي يتداخل على بعضه كما يفعل التلسكوب).
مقبس لهوائي خارجي
مضخم التردد الراديوي الآتي من دائرة تنغيم الهوائي.
دائرة المذبذب المحلي وتتألف من ترانزستور واحد.
تنغيم الهوائي
تنغيم المذبذب
ملف الخروج للمذبذب بينه وبين ملف تنغيم المذبذب ربط سائب.
ملف هوائي الفيرايت للموجة الطويلة
ملف هوائي الفيرايت للموجة المتوسطة لم يوصل للتبسيط
مسطرة الموجة الطويلة على منتخب المديات LW.
المكثف المتغير، من قسمين مثبتة على محور واحد وعند تغيير مسطرة المديات توصل معه مكثفات على التوازي أو التوالي أو الاثنين معاً لتعديل قيمته العظمى والصغرى ليناسب مدى التنغيم المطلوب.
C41 0.05
R12 1K
R17 1K
D1
R11 22K
T2 МП40
R9 220
C42 20
C52 0.05
L31 118 uH
C53 1000
R21 15K
R43 560
R14 8K2
R16 270
R19 10K
T4 П423
C56 9.1
C58 12
C50 0.01
C54 12
T3 П423
C82 0.05
C49 180
R18 5K1
C55 1000
C59 1000
L34 118u
L35
L30 660 uH
R20 1K2
L32 118u
C57 1000
L33 118u
R13 2K4
C48 0.05
R15 1K2
C47 0.01
C51 0.05
C45 0.05
C1 8.2
L14 3000 uH
L15
R4 75Ω
T1 П423
R7 6K8
R3 2K7
C39 1000
R5 22
R8 2K4
L29 450 uH
C37 82
C38 68p
C43 68
C44 0.05μ
R6 390
C40 9-365PF
C2 62
L26
R1 6K8
C3 9-365P

السمعية. وللاستزادة راجع (فن الترانزستور للدكتور رشدي الحديدي الصفحات ١٢٩ و ١٤٥ و ١٤٦).

الطريقة الأولى التي ذكرناها للإقرار الحراري استعملت على نطاق واسع مع مضخمات صوت أجهزة الراديو المبنية من ترانزستورات الجرمانيوم اليابانية خاصة في عقد الستينات و أوائل السبعينات من القرن العشرين. الطريقة الثانية تستعمل ثنائي سيلكون موصل في الاتجاه الأمامي بدلاً من مقاومة تنخفض قيمتها مع الحرارة، وهذه الطريقة مناسبة للمكبرات المصنوعة من ترانزستورات السيلكون، ونشاهدها عمليا في راديو الجيب نوع فلبس سواء بنسخته المستوردة أو التي جرى تصنيعها في شركة الصناعات الالكترونية.

تأثير الحرارة على الثنائي يتسبب في زيادة موصليَّته الداخلية بنفس القدر الذي يحدث للترانزستور إذ إن كلاهما من السيلكون، وبذلك يحدث إقلال متزن لتيار الانحياز كتعويض عن زيادة الموصلية بسبب الحرارة.

الطريقتين أعلاه التي ذكرناها تتسبب في تبديد قسم من طاقة البطارية في مقسمات الجهد كما هو معلوم.

الشكل١ يبين مخطط دائرة المضخم السمعي وقد رسمت بطريقة تتضح فيها هندسة البناء، بينما نجدها في المخطط المرفق مع الراديو وقد تداخلت فيها المسارات ويتعذر تبيان مسار الإشارة الصوتية أو التيارات المستمرة المغذية.

انحياز ترانزستورات القدرة **T10** و **T9** الموصلة بطريقة السحب دفع يأتي من نقطة اتصال **R37** و **C76** عبر مقسم الجهد **R38** و **R40** فولتية هذه النقطة تعتمد على مقدار توصيل الترانزستور **T8** الذي يأخذ انحيازه من نقطة توصيل **R34** وجامع **T7**؛ زيادة الحرارة يؤدي إلى زيادة توصيل **T7** وبذلك يقل انحياز **T8** ويقل تبعاً لذلك انحياز **T10** و **T9**. لاحظ إن انحياز **T7** يصله من **T8** عبر **R35**، وبذلك نجد إن جميع ترانزستورات مضخم القدرة السمعي يسلك معها **T7** كمعوض حراري يضبط ظروف عملها عند تغير درجة الحرارة وبذلك تخلص المصمم من مقسمات الجهد وحافظ على البطارية.

ولهذا السبب نجد أثناء الصيانة عند استبدال ترانزستور روسي بآخر ياباني إن الدائرة لم تعد مستقرة وإن الصوت يختفي بعد فترة من العمل ما لم نعدل قيم المقاومات المجهزة لتيار الانحياز.

يمكن بناء المضخم السمعي للراديو الروسي على لوحة منفصلة صغيرة قدر الإمكان واستعماله عند تجارب بناء أجهزة الراديو أو عند تدريب الهواة. وكمقارنة نجد إن المضخم السمعي للراديو القيثارة ذو الموجتين من إنتاج شركة الصناعات الالكترونية أصغر في الحجم، ويستعمل بطارية **4.5** فولت فقط ويستعمل دائرة متكاملة في بناءه رخيصة الثمن، وأداءه ممتاز، هذا لمن يرغب في بناء مضخم.

مضخم التردد المتوسط

تدخل الإشارة من دائرة رنين الهوائي عبر **C47** إلى قاعدة الترانزستور **T3**، ودائرة رنين الهوائي تتغير مع كل حزمة استلام يتم انتخابها من خلال تدوير مفتاح منتخب المديات وبذلك تتغير المسطرة الحاملة لملف تنغيم الهوائي ويتغير معها ملف تنغيم المذبذب.

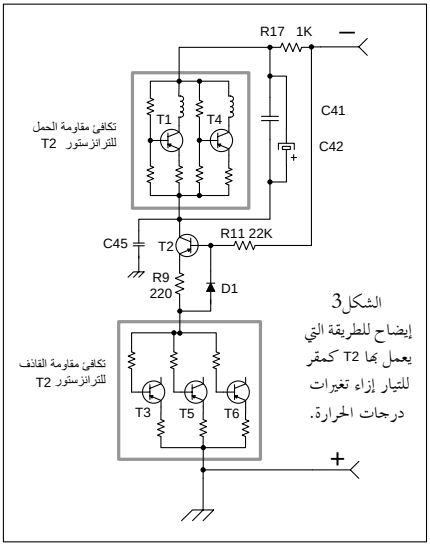
يجري تضخيم الإشارة في **T3**، وإذا كانت الإشارة قوية تظهر فولتية مستمرة موجبة كخارج من الكاشف **D2** تذهب عبر **R28** لتقلل انحياز **T5** حيث ينغلق الترانزستور جزئياً مسبباً انخفاض الفولتية السالبة على قاذف الترانزستور أي تحرك قيمتها بالاتجاه الموجب. ينتقل هذا الانخفاض إلى فولتية تجهيز **T3** عبر **R44** و **R16** مما يؤدي إلى هبوط في كسب مرحلة التضخيم وبذلك تتحقق السيطرة على تضخيم **T3** حسب شدة الإشارة المستلمة.

دائرة الشفط (دائرة رنين التوالي) المؤلفة من **L30** و **C49** منغمة على التردد المتوسط **465KHz** وبذلك تمنع تضخيم هذا التردد في **T3** بإمراره إلى الأرض (نقطة الصفر فولت "الشاصي") عبر **C45**، وإذا حدث تضخيم لهذا التردد يتسبب في حدوث صفير وعواء وهذا ما يحدث عند العبث بدائرة الشفط.

بسبب كثرة التوافقيات التي تتولد في ترانزستورات الجرمانيوم أثناء العمل، يضطر المصمم إلى وضع مرشح تمرير الحزمة المؤلف

مـن **L31** و **L32** و **L33** و **L34** وجميـع أعضـاء المرشح هذه منغمة على التردد المتوسط للمضخم.

الترانزستور**T2** يعمل كمعوض لارتفاع درجات الحرارة حيث يحدد التيار لتعويض ازدياد موصلية الترانزستورات الجرمانيوم. وهو موصل بطريقة تضمن أقل ضياع في تيار البطارية عند عملية الإقرار لاحظ الشكل٣.



الشكل3
إيضاح للطريقة التي يعمل بها T2 كمقر للتيار إزاء تغيرات درجات الحرارة.

يتم تحسس الحرارة من خلال الثنائي **D1** وهو ثنائي شكله (عجيب غريب من بلد الروس)، حيث تزداد موصليَّتِه عند ارتفاع الحرارة مما يؤدي إلى انخفاض انحياز الترانزستور عبر **R11** لاحظ الشكل٣ وبذلك يقل التيار المار به عند ارتفاع الحرارة والعكس صحيح.

دائرة المذبذب **T1** والمضخم المنغم **T4** موصلة بكاملها كحمل على جامع الترانسزتور **T2** وهي ممررة إلى الأرض من وجهة التردد الراديوي عبر المتسعات **C41** و **C42** و **C45**.

دائرة انحياز الترانزستورات **T3**و **T5**و **T6** موصلة جميعها كمقاومة قاذف لترانزستور السيطرة **T2**. وبذلك يمر في هذه المجاميع الثلاثة نفس التيار الذي يعوضه **T2** وتتحقق بذلك سيطرة لا بأس بها على ثبات التردد للمذبذب المحلي ومقدار التضخيم للتردد المتوسط.

يمكن من خلال إقلال أو زيادة قيمة المكثف **C64** السيطرة على عرض حزمة مضخم التردد المتوسط ككل، كذلك المكثفات **C54** و **C56** و **C58** يمكن تضييق حزمة المضخم المتوسط بإقلال قيم المكثفات المذكورة.

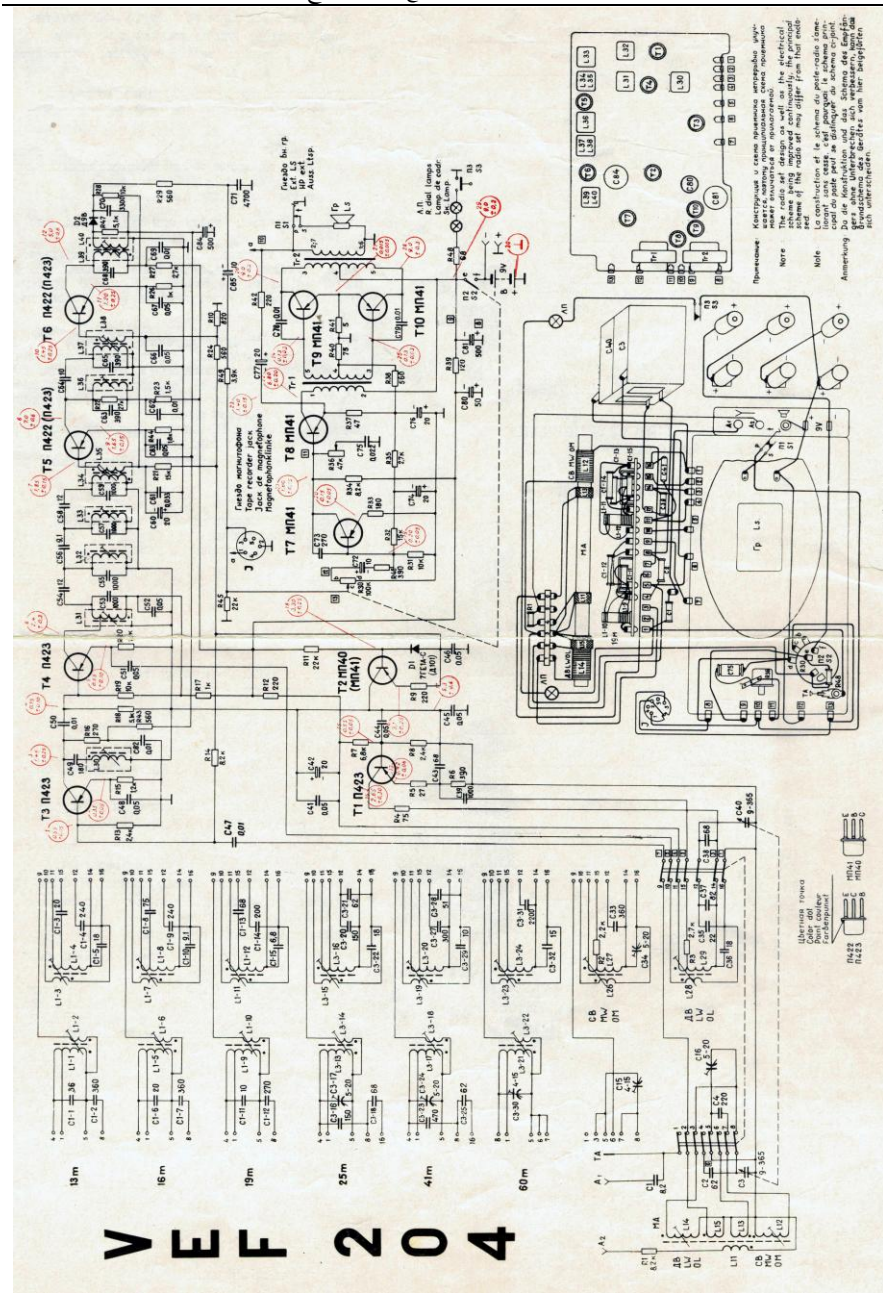
المضخم المتوسط للراديو الروسي ممتاز لاستقبال الإرسال الإذاعي، ويمكن لهواة بناء أجهزة الراديو استعمال الراديو الروسي للتجريب والتطوير إذا كانت الترددات التي يرومون استقبالها تخص الإرسال الإذاعي بحزمته العريضة ذات التسعة كيلو هرتز في أوروبا والعشرة كيلو هرتز في أمريكا.

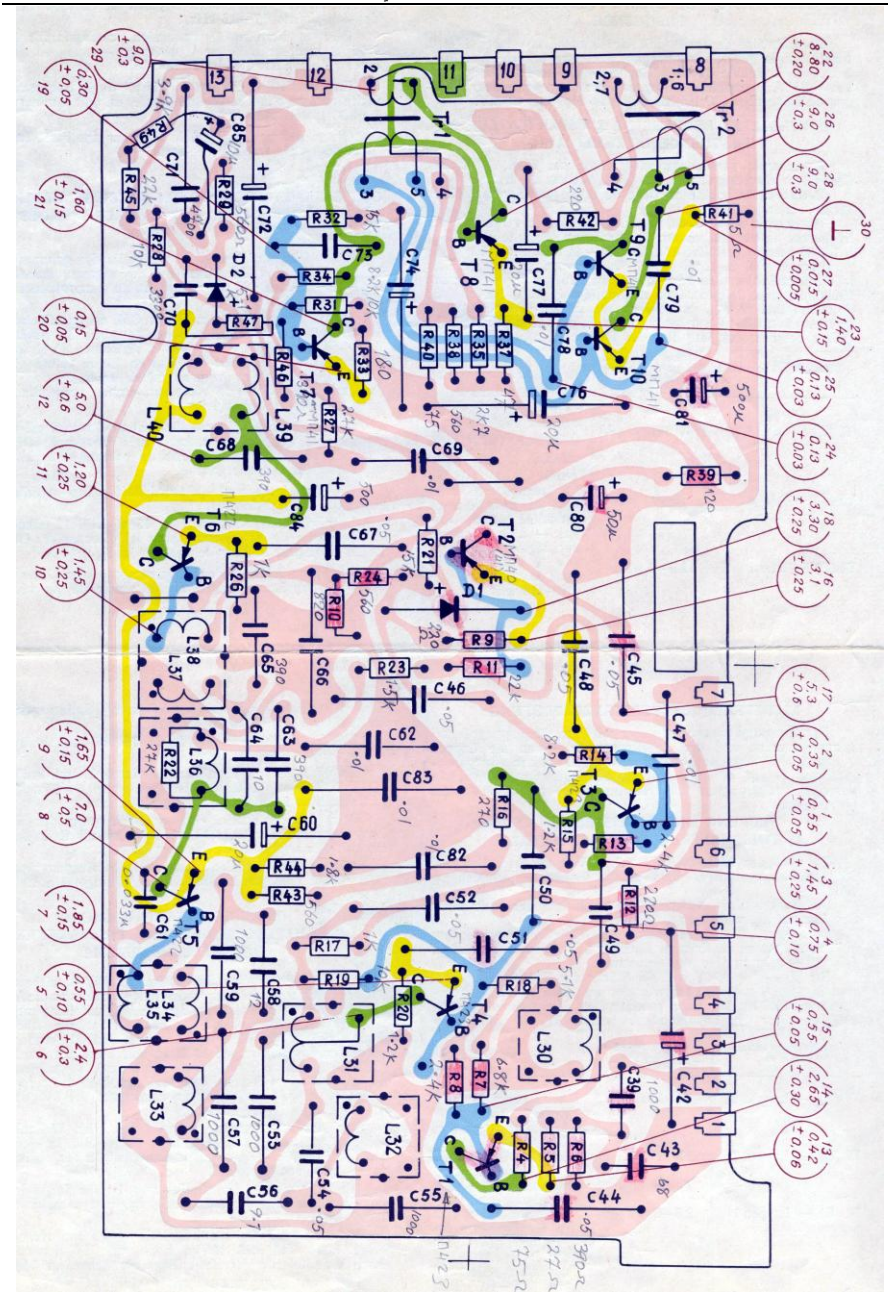
أما هواة الالكترونيات الراغبين في استلام ترددات هواة الراديو ذات الضعف المعهود والضوضاء المصاحبة ورداءة الحزم الترددية المخصصة لهم فيمكن الاستعانة بالمضخم المتوسط للراديو القيثارة ذو الموجتين من إنتاج شركة الصناعات الإلكترونية، إذ إن له كسب أكبر يعني يمكن سماع الإشارة الضعيفة بشكل أوضح؛ ونسبة الإشارة إلى الضوضاء في الراديو القيثارة أكبر يعني نسمع (وشة) أقل من مضخم الراديو الروسي مع المحطات الضعيفة. هذا بالإضافة إلى الحجم والأناقة التي تتفوق بكثير على الراديو الروسي.

النهاية الأمامية

النهاية الأمامية للراديو الروسي لها خصوصية وهي محور هذا المقال، في الحقيقة إن جودة الأداء للراديو ككل تتمثل في جودة النهاية الأمامية، والأشخاص الذين يرونه أفضل من الراديو القيثارة ذو الموجتين إنما يفعلون ذلك بسبب جودة النهاية الأمامية.

ألواح مكثف التنغيم المتغير لها عازل هوائي وهو مكثف تنغيم مزدوج؛ محوره له مضجع كروي مما يجعل دورانه أكثر سلاسة من المضجع الغير كروي للراديو القيثارة مثلاً. ضابطة التنغيم يمكن مسكها بعدة أصابع وهذا أفضل من دحرجتها بالإبهام. مؤشر التنغيم يمكن مشاهدته بوضوح وهو يتحرك خلف تدريجات بينة المعالم.


VEF 204
13m
16m
19m
25m
41m
60m
T1 П423
T2 МП40 (МП41)
T3 П423
T4 П423
T5 П422 (П423)
T6 П422 (П423)
T7 МП41
T8 МП41
T9 МП41
T10 МП41
Примечание
Note
Anmerkung



مخطط مقتطع يبين النهاية الأمامية للراديو الروسي وتتألف من عدة مساطر كل مسطرة تحوي دائرة تنغيم الهوائي ودائرة تنغيم المذبذب. لكل دائرة تنغيم مقطع واحد من مقطعي المكثف المتغير. وبذلك تشترك جميع حزم الاستقبال بمكثف متغير واحد قيمته الصغرى 9PF وقيمته العظمى 365PF بربط متسعات ثابتة على التوالي والتوازي معه

يتم تغيير قيم النهايتين لليلاءم التنغيم المطلوب.

21.4 - 21.8 MHz

17.6 - 18.0 MHz

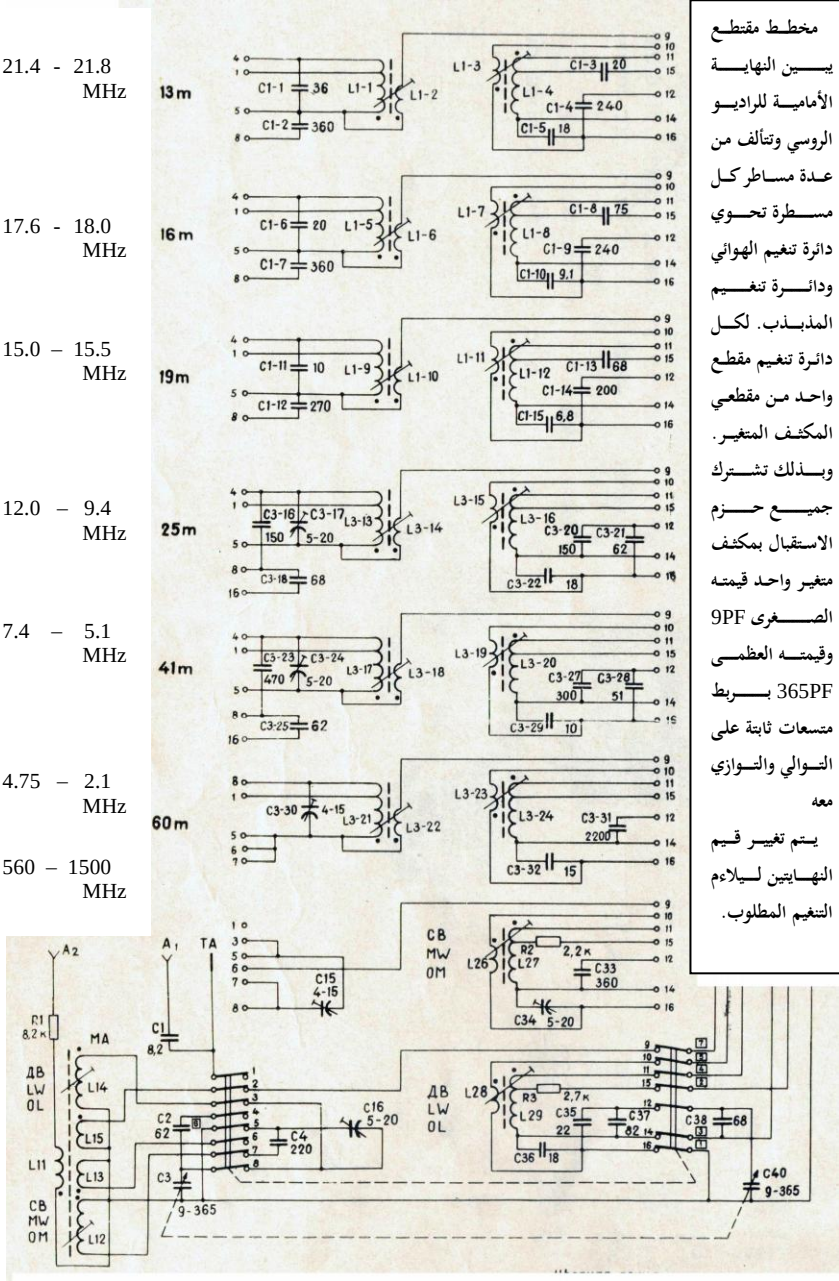
15.0 – 15.5 MHz

12.0 – 9.4 MHz

7.4 – 5.1 MHz

4.75 – 2.1 MHz

560 – 1500 MHz



المهم في النهاية الأمامية أنها تستعمل مكثف متغير للتنغيم يبقى نفسه دون أن يتبدل عند تغيير مديات التنغيم. وعند كل مدى تكون له قيمة تختلف عن المدى الآخر.

وبما أن كل موجة قصيرة للراديو الروسي تغطي متر إلى مترين من مدى الترددات الكلي، معنى ذلك إن المطلوب مكثف متغير قليل القيمة مثلاً **10PF** قيمة صغرى و **20PF** قيمة عظمى.

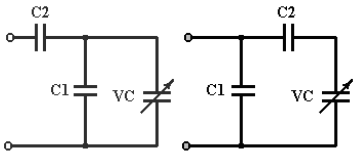
ولو تفحصنا المخططات نجد المصمم يغير النهاية العظمى والصغرى للمكثف المتغير بربط متسعات على التوالي والتوازي معه. وبما إن مكثفات التوالي يمكن اختزالها بمكثف واحد ومكثفات التوازي كذلك.

إذن من خلال مكثفين فقط نحدد القيمة العظمى والصغرى المرغوبة للمكثف المتغير. وهذا مفيد عندما نرغب بتصميم أو بناء نهاية أمامية لمستقبل يستلم ترددات هواة الراديو مثلاً ولا نملك المكثف المتغير المطلوب كما هو حالنا دائماً.!

أول من ذكر تكنيك التحكم بقيمة المكثف المتغير من خلال ربط مكثفات التوالي والتوازي كان مصانع فلبس في مؤلفها التعليمي والتدريبي الرائع **From Electron To Superhet 1956** وقد تدرب من خلال هذا الكتاب الرائد جميع سكان الكرة الأرضية من فنيي ومحبي الراديو، ولم تخشى فلبس من تسرب أبحاثها إلى صناع آخرين وضياع أسواقها كما يعتقد بعض مبرمجي قواعد البيانات العراقيين هذه الأيام ويمتنعون عن تعليم المبتدئين؛ وما صنعته فلبس كان في منتهى النبل وظهرت بصمات مؤلفها ذاك فورا على المصانع الهندية والايطالية للراديو.

ولم نلتفت إلى ذلك التكنيك لأن منتجات فلبس من أجهزة الراديو كانت تغطي ترددات واسعة من مدى الموجة القصيرة. واستعماله في الراديو الروسي أوحى لنا إمكانية الاستفادة منه في تغطية مديات صغيرة من الترددات مثل حزم ترددات هواة الراديو أو حزمة ترددات النطاق المدني **CB** أو غيرها.

المخططين التاليين توضح كيف يمكن إجراء التعديل سالف الذكر.

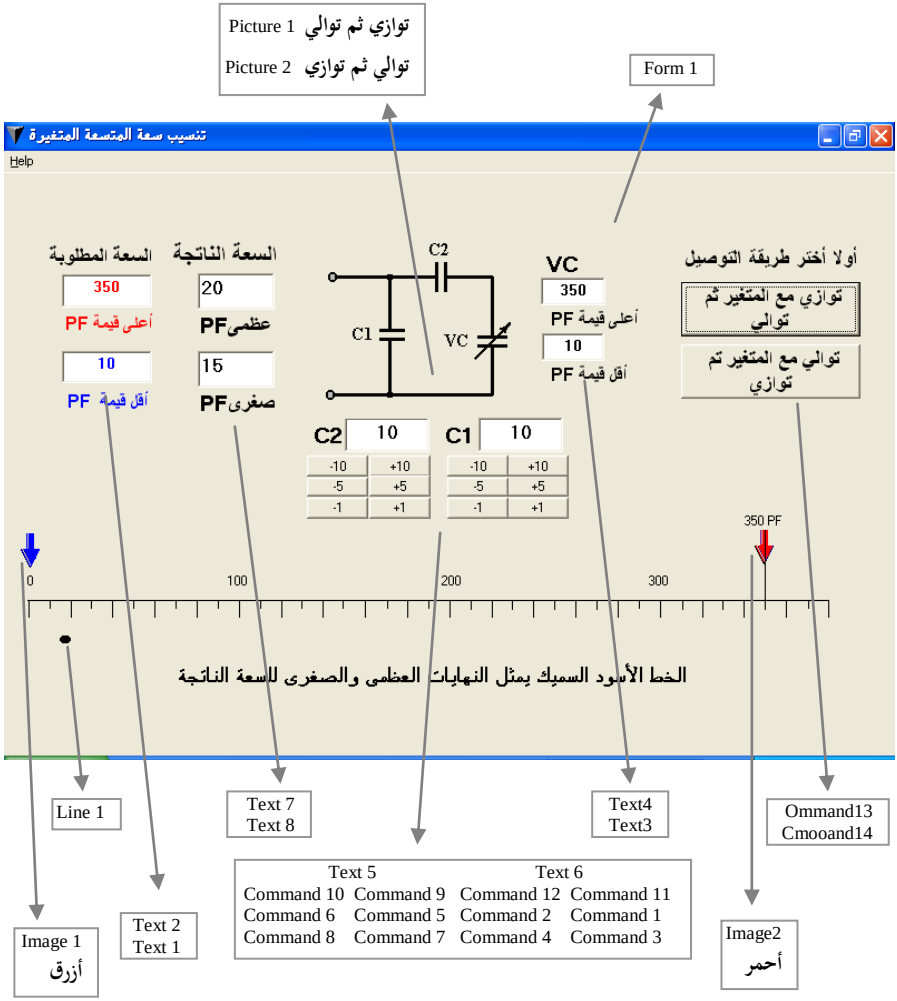


المخططين يبينان كيف يمكن توصيل مكثفين ثابتين إلى المتسعة المتغيرة حيث نغير قيمتها العظمى والصغرى كما نرغب.

ننتخب **C1** و **C2** عشوائياً ونلاحظ هل اقتربنا من النهايتين المرغوبة للمكثف المتغير. بعد أن نحسب السعة الكلية العظمى والصغرى باستخدام معادلة التوصيل على التوالي أو التوازي. وعند تكرار هذه العملية محاولين الاقتراب من السعة المرغوبة نجد أنفسنا في متاهة من الأرقام إذ إن تغيير **C1** يؤدي إلى تغير القيمة العظمى والصغرى معاً كذلك عند تغيير **C2**. يبدو إن الروس قد طوروا معادلة رياضية يتم فيها إدخال المعطيات لتقدم لهم قيمة **C1** و **C2** جاهزة.

لكني سأحل هذه المسألة بطريقة أخرى، سأصنع برنامجاً باستعمال البيسك المرئي **6** يجري الحسابات البغيضة أعلاه ويعرض النتائج رقمياً وتمثالياً عند كل تغيير لقيمة **C1** أو **C2** حتى إذا بلغت قيمتي المكثف المتغير القيمة التي أريدها أتوقف وأنقل قيمة **C1** و **C2** إلى التطبيق العملي. يمكنك عزيزي القارئ أن تتبع هذه الخطوات لإعداد البرنامج:

- ضع نموذجاً **Form** كالموضح في الصورة التالية.
- ضع الشواخص كما تراها يعني مربعات النص وأزرار التحكم...الخ
- عدل خصائص الأغراض حسب ما يلزم.
- ثم أدرج الشفرة (الكود) كل في مكانه.
- تحتاج أن ترسم الصورتين أعلاه بامتداد **BMP** وتضعها على النموذج، كذلك سهمين ملونين حتى يكتمل البرنامج.



نموذج البرنامج وعليه كافة الأغراض من مربعات نص وأزرار أمر وغيرها ومثبت إزاء كل منها اسمها البرمجي مثل **Text 1** و **Command 13** وهكذا حتى يمكن فهم الشفرة الخاصة بكل غرض.

عند تشغيل البرنامج نختار الشبكة ونضع القيمة العظمى والصغرى للمتسعة المتغيرة خاصتنا، ثم نضع القيمة العظمى والصغرى النهائية المرغوبة فتتحرك الأسهم الملونة إلى أماكنها. نغير قيمة **C1** و **C2** عشوائياً حتى يصل الخط الأسود السميك بين السهمين، نضبط الباقي بالنظر ومقابلة أرقام القيمة المطلوبة والقيمة الناتجة. هذا البرنامج يسهل لنا القيام بأي تحوير أو تصميم للنهايات الأمامية. عندما يكون التركيز على أحد الأغراض اضغط **F1** لتحصل على صفحة العون الخاصة بذلك الغرض. بامكانك أن تطلب البرنامج مفتوح المصدر على قرص من البائع منفصل عن الكتاب إذا رغبت بذلك. وتجد فيه كيف تم إعداد **Help** البرنامج من خلال صفحة **Word** محفوظة بتنسيق **RTF** بإمكانك أن تتخذها كقالب لتصنع صفحة

Help لبرامجك الخاصة بمساعدة **Help Workshop** الذي تجده مع **Visual Basic Studio**. إذا تعذر على الخط الأسود أن يقترب من القيمتين المرغوبتين، نختار طريقة التوصيل الأخرى ونتم العمل. السهم الأحمر والسهم الأزرق تؤشر لنا على القيم المرغوبة وتبقى هكذا، لذلك نحاول أن نجعل نهايتي الخط الأسود أن تقترب من السهمين. تذكر إن السعة الناتجة من ربط متسعتين على التوالي يساوي أقل من أقل سعة في مجموعة الربط. لذلك قد يحدث عند زيادة أحد السعتين نجد إن الخط الأسود لا يتحرك رغم بلوغها قيمة كبيرة بسبب بقاء المتسعة الأخرى على قيمتها القليلة.

```
Option Explicit
'التصريح عن المتغيرات
Dim Cpc As Integer
Dim A As Single: Dim B As Single: Dim C As Single
Dim CsMX ' Rem السعة العظمى لشبكة التوالي
Dim CsMN ' Rem السعة الصغرى لشبكة التوالي
Dim CpMX ' Rem السعة العظمى لشبكة التوازي
Dim CpMN ' Rem السعة الصغرى لشبكة التوازي
---------------------------------------------------------------------
Public Sub FCM()
'اجراء يتم استدعاءه لايجاد السعة العظمى
If Cpc = 1 Then 'Rem يتحقق أي شبكة تم اختيارها لاحظ تحميل النموذج
FSCMX 'Rem يستدعي اجراء لايجاد القيمة العظمى لسعة شبكة التوالي
Else
FPCMX 'Rem وإلا يستدعي اجراء ايجاد القيمة العظمى لسعة شبكة
التوازي
End If
LLine 'Rem يستدعي اجراء رسم الخط حسب القيمة الناتجة
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Public Sub FPCMX()
CpMX = ((Val(Text4.Text) + Val(Text6.Text)) * Val(Text5.Text)) / ((Val(Text4.Text) +
Val(Text6.Text)) + Val(Text5.Text))
CpMN = ((Val(Text3.Text) + Val(Text6.Text)) * Val(Text5.Text)) / ((Val(Text3.Text) +
Val(Text6.Text)) + Val(Text5.Text))
Text7 = CInt(CpMX) 'Rem دالة العدد الصحيح
Text8 = CInt(CpMN) 'Rem دالة العدد الصحيح
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Public Sub FSCMX()
CsMX = ((Val(Text4.Text) * Val(Text5.Text)) / (Val(Text4.Text) + Val(Text5.Text)) +
Val(Text6.Text))
CsMN = ((Val(Text3.Text) * Val(Text5.Text)) / (Val(Text3.Text) + Val(Text5.Text))) +
Val(Text6.Text)
Text7 = CInt(CsMX)
Text8 = CInt(CsMN)
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Public Sub LLine()
Line1.X1 = 6.7 + ((Val(Text8.Text) / 10) * 4.9494666)
Line1.X2 = 5 + ((Val(Text7.Text) / 10) * 4.9494666)
End Sub
```

```
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Command1_Click()
Text6 = Text6 + 5
' استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------
Private Sub Command10_Click()
Text5 = Text5 - 10
' استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------
Private Sub Command11_Click()
Text6 = Text6 + 10
' استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------
Private Sub Command12_Click()
Text6 = Text6 - 10
' استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Command13_Click()
'اختيار أحد الشبكتين
Text4 = 350: Text3 = 10: Text6 = 10: Text5 = 10: Text1 = 10: Text2 = 350
If Picture2.Visible = "false" Then
Picture2.Visible = "true"
Cpc = 2
Picture1.Visible = "False"
End If
Image1.Left = ((Val(Text1.Text)) * 0.49862) + 2.117
Image2.Left = ((Val(Text2.Text)) * 0.49862) + 2.117
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Command14_Click()
Text4 = 360: Text3 = 10: Text6 = 10: Text5 = 10: Text1 = 10: Text2 = 350
If Picture1.Visible = "false" Then
Picture1.Visible = "true"
Cpc = 1
Picture2.Visible = "False"
End If
Image1.Left = ((Val(Text1.Text)) * 0.49862) + 2.117
Image2.Left = ((Val(Text2.Text)) * 0.49862) + 2.117
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Command2_Click()
```

```
Text6 = Text6 - 5
' استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Command3_Click()
Text6 = Text6 + 1
' استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Command4_Click()
Text6 = Text6 - 1
' استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Command5_Click()
Text5 = Text5 + 5
' استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Command6_Click()
Text5 = Text5 - 5
' استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Command7_Click()
Text5 = Text5 + 1
' استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Command8_Click()
Text5 = Text5 - 1
' استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Command9_Click()
Text5 = Text5 + 10
' استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Form_Load()
'ينفذ هذا الاجراء عند تحميل النموذج
App.HelpFile = "VariableCapacitor.HLP" 'Rem تعريف فايل طلب العون
Cpc = 1
```

```
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Help_Click()
عرض المساعدة عند النقر على زر هيلب'
 CommonDialog1.HelpFile = "VariableCapacitor.HLP"
    CommonDialog1.HelpCommand = cdlHelpContents
    CommonDialog1.ShowHelp
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Text1_Change()
Image1.Left = ((Val(Text1.Text)) * 0.49862) + 2.117
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Text1_GotFocus()
SendKeys "{Home}+{end}": SendKeys "{Home}+{end}"
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Text1_LostFocus()
Image1.Left = ((Val(Text1.Text)) * 0.49862) + 2.117
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Text2_Change()
Image2.Left = ((Val(Text2.Text)) * 0.49862) + 2.117
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Text2_GotFocus()
SendKeys "{Home}+{End}": SendKeys "{Home}+{end}"
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Text2_LostFocus()
Image2.Left = ((Val(Text2.Text)) * 0.49862) + 2.117
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Text3_Change()
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Text3_GotFocus()
Text3.SetFocus
SendKeys "{Home}+{End}": SendKeys "{Home}+{End}"
End Sub
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Text3_LostFocus()
استدعاء الاجراء العام'
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------------
```

```
Private Sub Text4_Change()
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------
Private Sub Text4_GotFocus()
Text4.SetFocus
SendKeys "{Home}+{End}": SendKeys "{Home}+{end}"
End Sub
---------------------------------------------------------------
Private Sub Text4_LostFocus()
'استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------
Private Sub Text5_Change()
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------
Private Sub Text5_GotFocus()
SendKeys "{Home}+{End}": SendKeys "{Home}+{end}"
End Sub
---------------------------------------------------------------
Private Sub Text5_LostFocus()
'استدعاء الاجراء العام
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------
Private Sub Text6_Change()
FCM
End Sub
---------------------------------------------------------------
Private Sub Text6_GotFocus()
SendKeys "{Home}+{end}": SendKeys "{Home}+{end}"
End Sub
---------------------------------------------------------------
Private Sub Text6_LostFocus()
FCM
End Sub
```

مضخم سمعي من مكونات CMOS

هذا المضخم السمعي الغير اعتيادي يتضمن دائرة متكاملة خطية من نوع CMOS. وهو مضخم قدرة له تيار تسريب منخفض ولا يتطلب أي إجراءات لتبديد الحرارة من ترانزستورات القدرة.

By R.A. Penfold
Radio and Electronics Constructor

من خلال هذا المضخم سيمكنك فهم عمل الجيل الثاني من مضخمات الصوت الترانسزتورية والذي يختلف عن الجيل الأول بعدم احتوائه على محولات توفيق الممانعة التي كانت تعاني من نفس مشكلة التشوه التقاطعي، وهو أول تطوير ملحوظ يقترب من الدوائر المتكاملة لتضخيم الصوت؛ والمدرج في داخلها ترانزستورات خروج القدرة السمعية. التخلص من محولات توفيق الممانعة وسع الفسحة الترددية التي يستجيب لها المضخم وتخلص من التشوه المتأتي من الخصائص الغير خطية لقلوب محولات التوفيق.

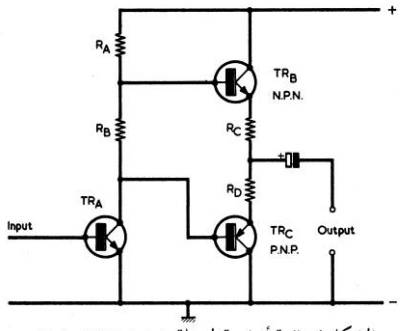
أي شخص يتولى تصميم مضخم سمعي طراز **B** يعلم إن المشاكل الرئيسة تكمن في التخلص من التشوه التقاطعي **Crossover distortion** ((التشوه التقاطعي يحدث عند محاولة الإشارة كسر الحاجز الجهدي لوصلة أشباه الموصلات التي تتألف منها الترانزستورات)). هذا النوع من التشوه يعتبر مشكلة مضنية و هو يتزايد عند خفض القدرة الخارجة، ونجد هذا التشوه واضحاً ومؤثراً على الإشارة التي جرى تضخيمها في حين نعتبره واطئ المقدار.

مرحلة الخروج Output Stage

تجد في الشكل١ دائرة أساسية ((الدائرة الأساسية، تتضمن مكونات لإيضاح مبدأ العمل حصراً وبذلك فهي تختلف عن الدائرة العملية التي تتضمن مكونات لتعويض تغيرات الحرارة والتردد وفك الاقتران وغيرها)) لمضخم صنف **B** تابع المشع **Class B emitter follower**. الترانزستور **TRA** هو ترانزستور السوق **driver** والدائرة عندما تكون في وضع الهدوء حيث لا توجد إشارة داخلة، فإن جامع **TRA** يمتلك استقطاب في وسط المسافة بين خطي مجهز القدرة السالب والموجب (يعني انحدار الجهد على جامع **TRA** تساوي نصف فولتية التجهيز). فإذا ما تم تسليط إشارة إلى مدخل المضخم فإن جهد الجامع سيتحرك بالاتجاه الموجب أو السالب ويستجيب إلى اتجاه التغيير في الإشارة الداخلة. عندما يتجه التغيير في الإشارة الداخلة إلى الموجب فإن **TRB** يصبح موصلاً ويتصرف كتابع المشع **Emitter follower** مسبباً فولتية مناظرة لأن تمر خارجاً إلى الحمل. بينما **TRC** يصبح موصلاً كتابع مشع عندما يتحرك استقطاب **TRA** إلى الاتجاه السالب.

الترانزستورين **TRB** و **TRC** لا تحقق أي كسب للفولتية ولكنها تجهزنا بتضخيم كبير لتيار الحمل، عندئذ يكون الحمل عند المخرج مؤهلاً أن يمتلك ممانعة واطئة؛ والحمل هو السماعة الجهورية.

لنفترض للحظة أن المقاومة **RB** ليست في الدائرة؛ وإن قواعد **Bases** الترانزستورات **TRB** و **TRC** موصلة مع بعضها. فإذا كانت ترانزستورات

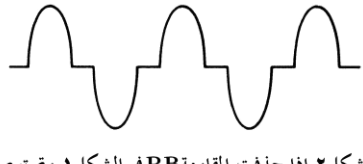


الشكل١ دائرة أساسية لمرحلة خروج مضخم نوع تابع القاذف المتمم طراز **B**

الخروج من نوع السيلكون، فإن **TRB** لا يصبح موصلاً إلا بعد أن تصل الفولتية المسلطة على

قاعدته إلى حوالي **0.65** فولت موجبة نسبة إلى القاذف، ونفس الكلام ينطبق على **TRC** حيث لا يبدأ بالتوصيل حتى تصبح قاعدته **0.65** فولت سالبة نسبة إلى قاذفه.

نتيجة ذلك يحدث مقدار كبير من تشوه التقاطع **Crossover distortion** للإشارة الخارجة من المضخم كما تراها موضحة في الشكل٢، حيث تجد إن الجزء المركزي للإشارة لم يضخم بالمرة. الشكل الموجي في الشكل٢ له سعة عظمى حوالي ٣ أو ٤ فولت، وتلاحظ إن تشوه التقاطع سيجعل الإشارة الخارجة تعاني أكثر عندما يكون الداخل إلى المضخم إشارات دخول ذات سعة قليلة.



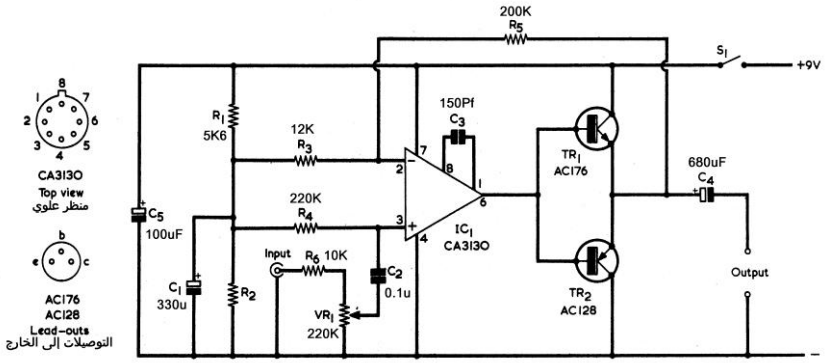
الشكل٢ إذا حذفت المقاومةRB في الشكل١ وتم توصيل قواعد ترانزستورات الخروج مع بعضها، سينتج لنا موجة جيبية على النحو الموضح هنا .

ترانزستورات الجرمانيوم لا تصبح موصلة حتى يصل جهد الإشارة المسلطة على القاعدة **0.2** فولت بالاتجاه الأمامي. فإذا كانت الترانزستورات **TRB** و **TRC** في الشكل١ من الجرمانيوم، فإنها لا تقوم بالتضخيم حتى تتجاوز الإشارة عند جامع **0.2 TRA** فولت بالاتجاه الموجب أو السالب زيادة فوق مستوى الهدوء حيث لا إشارة. وهنا أيضاً ستكون النتيجة درجة عالية من التشوه التقاطعي.

لذا عندما نروم منع التشوه التقاطعي وضعنا المقاومة **RB** لتتوسط بين قاعدة **TRB** وقاعدة **TRC**. تيار الجامع للترانزستور **TRA** سيمر خلال **RB** وهذا التيار ممكن أن يحقق انحدار جهد على طرفي **RB** مقداره **1.3** فولت (مرتين بقدر **0.65** فولت) لترانزستورات القدرة من السيلكون، أو بمقدار **0.4** فولت (مرتين بقدر **0.2** فولت) لترانزستورات القدرة من الجرمانيوم. إذاك تكون كلا نوعي ترانزستورات القدرة في حالة توصيل (كسر للحاجز الجهدي) عندما لا توجد إشارة مسلطة على دخول المكبر، وتستجيب لتأرجح الإشارات الصغيرة الداخلة كما للإشارات الكبيرة عند جامع **TRA**؛ ونتيجة ذلك فإن التشوه التقاطعي يقل.

للأسف لم تكن المعالجة كاملة وبدون عوارض جانبية، إذ إن كسب التيار لترانزستورات القدرة (ترانزستورات الخروج) ينخفض عندما تكون في حالة شبه توصيل.

أحد الطرق لتحقيق خفض إضافي للتشوه التقاطعي الذي لا يزال باق هو في إعطاء قيمة أكبر للمقاومة **RB**، ومرة ثانية سيتسبب هذا الإجراء في مرور تيار أكبر عند عدم وجود إشارة، وستظهر لنا مشكلة جديدة ألا وهي الحرارة.



الشكل٣ دائرة المضخم السمعي CMOS ترانزستورات الخروج تكون في حالة قطع عند عدم وجود إشارة

مشكلة الحرارة Thermal Runaway

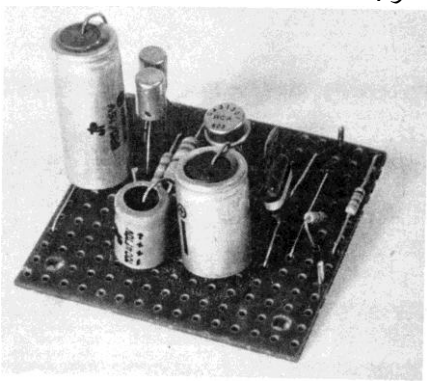
إذا مر في ترانزستورات القدرة تيار ملحوظ في حالة عدم وجود إشارة سيحدث تبديد للقدرة المجهزة من خط التغذية. وهذه صفة غير مرغوبة تماماً خاصة عندما تكون البطارية هي مجهز القدرة. ولكن النقطة الأهم هي الخطورة في عدم تسريب الحرارة المتولدة في الترانزستورات بسبب هذا التيار المار.

عند ارتفاع حرارة ترانزستورات الخروج بسبب حرارة الجو المحيط، أو بسبب تبديد القدرة الاعتيادي فإن فولتية بداية التوصيل بين القاعدة والمشع (فولتية الحاجز الجهدي) ستنخفض، وهذا يسمح للترانزستورات وهي في حالة عدم وجود إشارة بتمرير تيار أكبر يؤدي إلى انخفاض إضافي لفولتية بداية التوصيل يتبعه تيار أكبر يؤدي إلى تولد حرارة أكبر استمرار هذه العملية يرفع حرارة الترانزستورات إلى درجة قد تتلف الترانزستورات. تعرف هذه الظاهرة بظاهرة الإتلاف الحراري **Thermal runaway**.

بعض الحلول الجزئية لهذه الظاهرة يتمثل في إبدال المقاومة **RB** بمقاومة أو نبيطة تتغير قيمتها حسب تغير درجة الحرارة. وبذلك يتغير انحدار الجهد الواقف على طرفيها، ومن أمثلة النبائط التي تتغير مقاومتها بتأثير درجة الحرارة الثرمستور **Thermistor** و الثنائي و ترانزستور موصل على شكل ثنائي. وجميعها نبائط تنخفض مقاومتها عند ارتفاع درجة الحرارة، وبذا تقل الفولتية الواقفة على طرفيها بمعنى أن الفولتية المسلطة على وصلة القاعدة- قاذف لترانزستور القدرة ستنخفض.

وهذا يساعد في منع التلف الحراري عند زيادة حرارة الجو المحيط، هذا الإجراء لا يستطيع أن يحمي عند ارتفاع الحرارة بسبب تبديد القدرة **Power dissipation** المتأتي من عمل ترانزستورات أثناء التضخيم إلا إذا تم وصل النبيطة المتحسسة للحرارة حرارياً مع ترانزستورات القدرة.

طريقة أخرى لإقلال خطر الإتلاف لحراري تتمثل في إدراج مقاومة صغيرة القيمة مثل **RC** و **RD** على التوالي مع قاذفي الترانزستورات لاحظ الشكل١ فإذا ما زاد التيار المار في الترانزستور فإن انحدار الفولتية على طرفي مقاومة القاذف سيعاكس الفولتية المسلطة على وصلة قاعدة- قاذف وهذا يؤدي إلى إقلال التيار المار في وصلة القاعدة- قاذف. بالإضافة إلى إن قسماً من القدرة سيتبدد في مقاومة القاذف بدلاً من ترانزستورات القدرة.



في هذا المقال تجد دائرة لمضخم سمعي تمت فيها الاستفادة من مميزات مضخم العمليات الخطي نوع **CMOS** ((المضخم الخطي أو مضخم العمليات الخطي تعني مضخم يمكن من خلاله الحصول على تضخيم يتناسب خطياً مع مقدار الإشارة الداخلة، يعني إذا الإشارة الداخلة زادت إلى الضعف فإن الإشارة المضخمة الخارجة ستزداد إلى الضعف وهكذا، وهذا يختلف عن المضخم اللوغاريتمي أو الرقمي أو غيره)).

من مميزات مضخم العمليات الخطي **Linear op-amp** نوع **CMOS** أنه ييسر لنا **معالجة التشوه التقاطعي و الحصول على خارج قدرة مضخمة خالية من ذلك التشوه دون التعرض إلى مخاطر الإتلاف الحراري.**

كلا قاعدتي ترانزستورات القدرة موصلة مع بعضها، وبذلك تخلصنا من المقاومات **RC** و **RD** وتخلصنا معها من التيار المار في الترانزستورات الذي يتسبب في تولد الحرارة. كذلك فإن الكسب العالي جداً لمضخم العمليات **CMOS** مكننا من الحصول على دورة تغذية عكسية سالبة يمكن ضبطها ليصبح مقدار تشوه التقاطع الخارج قليلاً إلى درجة مهملة.

الدائرة The Circuit

الدائرة الكاملة للمضخم معطاة في الشكل٣ ويمكن ملاحظة إنها بسيطة تماماً وتحتاج مكونات قليلة. مرحلة الدخول ومرحلة السوق متحققة من خلال مضخم العمليات **Op.amp** نوع **CMOS** الحاملة لرقم التعريف **CA3130**. ترانزستورات الخروج هي من الجرمانيوم ويمكن استخدام السيلكون مع انخفاض بسيط في الفولتية الخارجة يتبعها انخفاض في القدرة الخارجة. وهي موصلة كدائرة خروج بطريقة تابع الفولتية المتمم **Complementary emitter follower**.

المضخم يجهز قدرة خارجة حوالي **300mW** إلى سماعة جهورية ذات **15** أوم. ويمكن كذلك استعمال سماعة ذات ممانعة أعلى، مع انخفاض في مقدار أقصى قدرة خارجة. عند استعمال سماعة ذات ممانعة **40** أوم مثلاً فإن القدرة الخارجة تكون بحدود **125mW**. لذا يجب استعمال سماعات لها ممانعة لا تقل عن **15** أوم، وأن تزيد الإشارة الداخلة قليلاً على **100mV RMS** للحصول على أعظم خارج، وتكون ممانعة الدخول بحدود **120KΩ** وقد حصلنا على هذين الرقمين عندما كانت ضابطة حجم الصوت **VR1** في وضع أعلى صوت **Maximum**. ويمكن تغيير هذه الأرقام إلى حد ما لتحقيق بعض المتطلبات من خلال تغيير قيم المكونات، وهذا سنناقشه لاحقاً.

المضخم عموماً يسحب تيار عند عدم وجود إشارة. يبلغ **3.5mA** تقريباً من بطارية **9V.**، وهذا يتضمن التيار المسحوب من قبل **IC1** بالإضافة إلى التيار القليل المار في **R1** و **R2**. وعند غياب إشارة الدخول فإن تيار التسريب فقط يمر خلال ترانزستورات الخروج. وعند أعظم قدرة خارجة فإن التيار المستهلك يمتلك متوسط قيمة بحدود **50mA**.

وعموماً فإن الدائرة في الشكل٣ متفوقة جداً وممكن أن تستعمل في العديد من التطبيقات. عند تأمل تفاصيل الدائرة ممكن أن نلاحظ أن **IC1** تستعمل كمضخم عاكس. كلا خطي الدخول للمتكاملة موصلين من خلال مقاومة إلى نقطة الربط بين **R1** و **R2**، حيث تكون الفولتية ذات قيمة متوسطة بين خطي مجهز القدرة.

المتسعة **C2** كمانع لمرور التيار المستمر عند طرف الدخول الغير عاكس. المقاومة **R6** ذات قيمة **10KΩ** ليس لها تأثير واضح على أداء التضخيم للتردد السمعي. وهي ليست سوى محدد للتيار من الانجراف لنحمي المتكاملة في حالة سوق الدخول عبر متسعة ربط من مضخم ابتدائي يتغذى من بطارية ذات فولتية معينة (سنتحدث عنها لاحقاً).

المتسعة **C3** هي متسعة تعويض **Compensating Capacitor** للمتكاملة وتمنعها من التذبذب. طرف المتكاملة رقم **5** يترك بدون توصيل ويؤخذ الخارج من طرف المتكاملة رقم **6** ويسلط بشكل مباشر على قاعدتي الترانزستورين **TR1** و **TR2**. المتسعة **C4** لمنع التيار المستمر من المرور عبر ملف السماعة، بينما تجد المتسعة **C5** هي متسعة التمرير **By Pass Capacitor** لكامل المضخم، إذ تؤمن طريق لدوران التردد المتناوب السمعي الجاري تضخيمه حول البطارية بدلاً من مروره فيها. المفتاح **S1** هو مفتاح تشغيل/ إطفاء للمضخم.

التغذية العكسية السالبة Negative Feedback

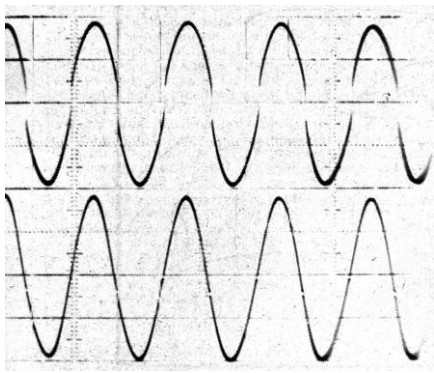
التغذية العكسية من مشعات **TR1 Emitters** و **TR2** إلى الطرف العاكس للمتكاملة يتحقق من خلال **R5** و **R3**. كسب الفولتية **Voltage Gain** للمضخم يساوي **(R3+R4)** مقسوماً على **R3**، ويكون الناتج أقل قليلاً من **20** مرة، أو هو **26dB** عندما تكون قيم المقاومات كما معطاة. كسب فولتية الدائرة المفتوحة **Open loop voltage** للمتكاملة **CA3130** (وهذا يعني الكسب بدون تغذية عكسية) يكون مرتفعاً بشكل هائل، ويمكن أن يكون عملياً **320 000** مرة. لهذا فإن كمية كبيرة من التغذية العكسية تجدها قد استخدمت في الدائرة.

الأسلوب الذي من خلاله تتم السيطرة على مستوى فولتية القاعدة التي عندها لا يتم توصيل أحد الترانزستورات بسيط تماماً. افرض أن كلا الطرفين الطرف الغير عاكس وطرف الخروج للمتكاملة يملكان استقطاب مقداره صفر فولت. نظريا إن ترانزستور الخروج سيكون في حالة عدم توصيل ولا توجد تغذية عكسية سالبة. الآن طرف الدخول غير العاكس يبدأ بأخذ قيمة موجبة. الانحراف قليلا نحو الموجب عند مدخل مضخم العمليات يتسبب في

جعل فولتية المخرج تتحرك إلى المستوى الموجب اللازم لجعل **TR1** ليصبح موصلاً، عندها تدخل التغذية العكسية السالبة في العملية. وبالمثل الانحراف قليلاً نحو السالب عند مدخل مضخم العمليات يجعل خارج مضخم العمليات سالباً بما يكفي لجعل **TR2** يبدأ بالتوصيل وهنا أيضاً تتم دورة التغذية العكسية.

وجود التغذية العكسية مع مضخم عمليات له كسب عالي إزاء الدائرة المفتوحة يتسبب عنه معالجة فورية للتشوه الذي يحدث بسبب الحاجز الجهدي لوصلتي قاعدة قاذف (والمسمى تشوه التقاطع) حيث يتم تصحيح التشوه بفعل التغذية العكسية مقارنة مع إشارة الدخول والنتيجة الحصول على إشارة خروج من ترانزستورات القدرة تشابه الإشارة الداخلة.

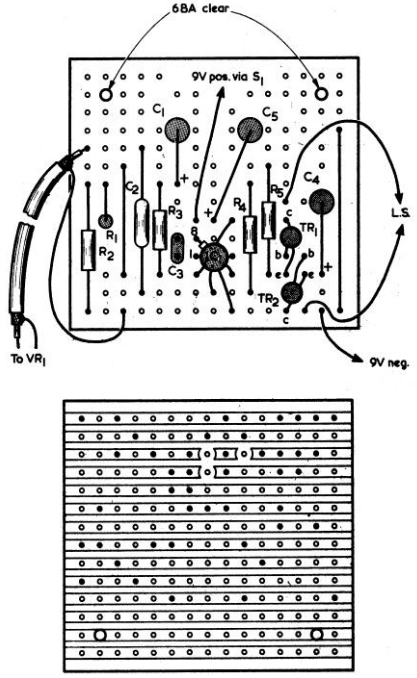
الافتراض أن الطرف الغير عاكس وطرف الخروج عند الصفر فولت. عملياً خارج مضخم العمليات لا يبقى ثابتاً عند مستوى الصفر. ولكن بسبب كسب الدائرة المفتوحة العالي فإن الخارج يتأرجح بين ترانزستور من ترانزستوري الخروج وآخر منساقاً تحت تأثير مستوى الضوضاء عند المدخل.



تشاهد في الصورة المتضمنة لمنحنى الأوسيلسكوب، في المنحنى الأسفل ترى موجة جيبية قد وضعت بتردد **500KHz** وترى في الأعلى منحنى الاستجابة لها بعد التضخيم. ويمكنك ملاحظة الزيادة الشديدة في كسب التضخيم في مركز المنحنى الجيبي.

ملاحظات حول التجميع

الصورة الفوتوغرافية والصور التخطيطية تغطي معظم التفاصيل، وعند إجراء اللحامات ولكي لا تتلف المتكاملة يتعين أن يكون لكاوية اللحام على جسمها المعدني الخارجي توصيلة أرضي، ويتعين لحام ترانزستورات الجرمانيوم بسرعة فهي ليست كالسيلكون، لا تتحمل حرارة اللحام لفترة طويلة ((لاحظ إن تلف ترانزستورات الجرمانيوم عند تعرضها لحرارة عالية لا يظهر على شكل قطع داخل الترانزستور إنما يظهر على شكل انخفاض شديد في عامل التكبير بيتا، وعند فحص الترانزستور بالأوفو ميتر نجده صالحاً للعمل لكننا عندما ندرجه في الدائرة نجده لا يعمل وسنقدم لاحقاً جهاز فحص لهذا الغرض)).



الشكل٤ ترتيب وضع المكونات وجانب التوصيلات النحاسية للوح التجميع المثقب حيث يتم تجميع المضخم .

الدائرة ككل تمتلك كسب عالي مع ممانعة دخول عالية والإشارة الداخلة للدائرة في نفس طور الإشارة الخارجة. يجب علينا استعمال أسلاك محجوبة للدخول وبخلافه يحدث تعاطي عكسي بين أسلاك الخروج والدخول يتسبب في حدوث تذبذب وعدم استقرار.

مستوى الضوضاء للدائرة واطئ جداً ويسمع على شكل (وشة)، وهو كما متوقع عندما يتولى مضخم العمليات تكبير الفولتية للإشارة الداخلة. ومستوى الضوضاء في النموذج الأولي ومدخله مقصور بدورة قصيرة يبلغ **80dB-**.

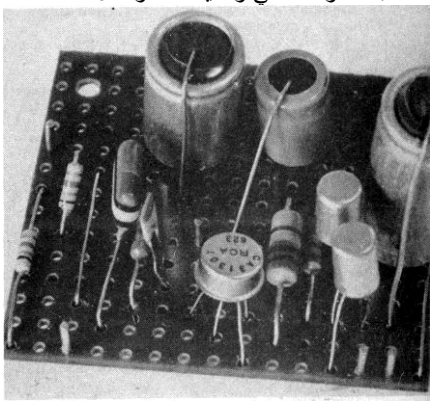
تحويرات Modifications

إذا تطلب الأمر يمكن تحوير مقدار الكسب للدائرة وممانعة الدخول بسهولة. كسب الفولتية يمكن تغييره من خلال تغيير قيمة المقاومة **R5**، وقد أوضحنا في مكان سابق في هذا المقال العلاقة التي يمكن من خلالها حساب كسب الدائرة. وعلى أية حال فإن **R5** يجب أن لا تُعطى قيمة أكبر من **680KΩ** إذ ستتدهور نوعية الصوت الخارج. عندما تكون **R5** عند **680KΩ** سيتطلب الأمر إشارة داخلة ذات شدة **RMS 35mV** فقط للحصول على أعظم قدرة خارجة. وعند طرف الخروج أكثر قليلا من **RMS 2V** لسوق أعظم قدرة في السماعة.

ممانعة الدخول تحددها **VR1** والمقاومة **R4**. ومن المفضل لهذه المكونات أن تمتلك تقريباً نفس القيمة عندئذ تكون ممانعة الدخول (والمقاومة **VR1** موضوعة عند أقصى قيمة) تقريباً قيمة **R6** مضافاً إليها نصف قيمة **R4**. لإقلال ممانعة الدخول يكون من الأهمية بمكان زيادة قيمة **C2** ونتيجة ذلك سيحدث فقد في الاستجابة إلى نغمات الـ **bass** (النغمات الموسيقية ذات التردد الواطئ). وإذا استخدمنا لهذا الغرض متسعة اليكتروليتية فإن طرف المتسعة السالب يتم توصيله إلى منزلقة **VR1**.

زيادة ممانعة الدخول قد يتسبب بمشكلة عدم الاستقرار **Instability**، وإذا حدث يتم علاجه بوضع متسعة ذات قيمة **100Pf** بين طرف المتكاملة رقم **3** وخط الصفر لمجهز القدرة. هذا الإجراء يقلل ممانعة الدخول للدائرة عند الترددات العالية حيث تقل التغذية العكسية إلى مستوى منخفض.

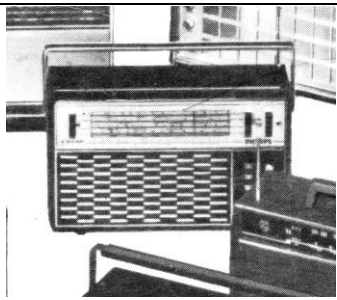
المقاومة **R6** موجودة لتحقق مواصفات المصنع بخصوص تيار الدخول للمتكاملة **CA3130** الذي يجب أن لا يتجاوز **1mA**. فإذا جرى تعزيز المضخم بمضخم ابتدائي يسبقه عبر متسعة ربط، ستكون الحالة واضحة في احتمال تدفق تيار جارف خلال متسعة الربط عند تشغيل أو إطفاء المكبر الابتدائي. لذا فإن **R6** تمتلك قيمة مناسبة لمكبر ابتدائي يتغذى من بطارية **9V**. ويتعين زيادة قيمة **R6** إلى **15KΩ** لمضخم ابتدائي يتغذى من بطارية ذات **12V**، وهكذا هي وضيفة المقاومة **R6**.



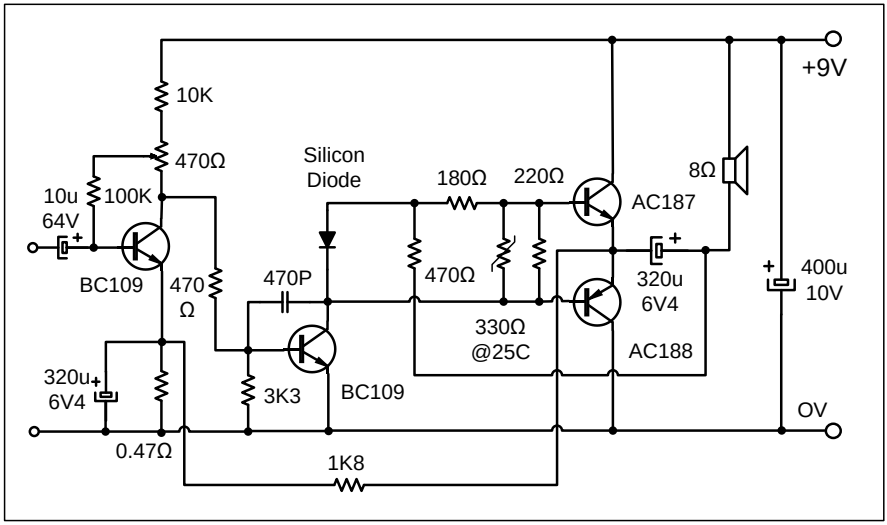
نظرة إلى الواقع

انتهى مقال **R.A. Penfold** وسنرى الآن مخطط لمضخم سمعي وضعته مصانع فلبس في أحد منتجاتها أوائل السبعينات المنتج عبارة عن جهاز راديو ترانزستور منزلي جرى استيراده من قبل الشركة الأفريقية العراقية، الجهاز كان قطعة من الجودة في الأداء وحسن الصوت، إلا إنه كان يتضمن عيباً قاتلا وهو إن الثقب في وسط ألواح المكثف المتغير كان دائرياً ولم يكن مضلعاً كما هو شائع، لذا وبعد فترة ليست بالكثيرة من استخدام الجهاز تجد الألواح قد فقدت موقعها وأخذت بالدوران حسب ما تتعرض له من إجهاد وهذا معناه تلف المكثف المتغير الموصل إلى الدائرة من خلال هندسة بناء غريبة ينتج عنها فشل محاولات المصلحين في إصلاح الجهاز ومن ثم موت الجهاز.

فيما يلي تجد صورة فوتوغرافية للجهاز ومخطط لمضخم الصوت قبل ابتكار التقنية أعلاه حيث كانت الصرعة في حينها التخلص من محولات التوفيق ذات الوزن الثقيل والحجم الكبير، وبعد أن جرى ابتكار الطريقة التي شرحناها في البداية صارت ترد الأجهزة إلى البلد معززة بمضخم صوتي عبارة عن دائرة متكاملة، وعندما شاهدت الدائرة المتكاملة في أحد المسجلات لأول مرة ذهلت إذ لم أجد في الجهاز أي ترانزستور وأيقنت إن عمل قسم الصوت بكامله يتم داخل هذه القطعة المستطيلة السوداء، ثم بلغني إن المصلحين قد أطلقوا لها اسماً "مجمع ترانزستورات" إذ لم يكن أحد قد فطن إلى أن اسمها دائرة متكاملة **Integrated Circuit** ثم أصبح جهاز الراديو بكامله كما في هذه الأيام عبارة عن دائرة متكاملة.



صورة فوتوغرافية للراديو الفلبس استيراد الشركة الأفريقية العراقية، الرائع الأداء لكنه يتضمن متسعة تنغيم سريعة العطب لعيب في تصميمها.



مخطط للمضخم السمعي المرفق إلى الراديو الفلبس سابق الوصف وهذا المضخم ينطبق عليه ما قيل في المقال المترجم وكيف جرى تطويره بإضافة مضخم العمليات لسوق ترانزستورات القدرة والتخلص من الحرارة المتولدة بسبب تيار الانحياز الذي أصبح لا داعي له.

مستلم للحزم الراديوية FM AM

ليست الفكرة من هذا الموضوع أن نصنع جهاز راديو، وإن كان ذلك ممتعاً لمن وجد في نفسه الإقدام؛ لكننا سنتعلم من هذا المقال أمور لم نتوقع يوماً أن نعرفها من خلال الدراسة أو تبادل الأحاديث. عندما كنت مبتدأً كنت أتعجب لماذا لا أجد إلا هذه الدوائر بين أيدينا؟ لماذا لا أبني دائرة تتضمن محولات تردد متوسط؟ هذه الدوائر تحقق نفس جودة أداء الأجهزة التجارية بالقليل من المكونات، لكنها تحتاج إلى التأكد من أداء تفاصيل أقسامها المختلفة.

By Sir Douglas Hall, K.C.M.G. Radio & Electronics Constructor

من خلال هذا الموضوع، ستلاحظ عزيزي القارئ مدى ما متاح عند درج وتشغيل المكونات في تطبيق ما، وكيف إن الترانزستور الواحد قد جرى استخدامه لتضخيم الإشارة ثلاث مرات وفي كل مرة بصيغة تشغيل مختلفة من صيغ التشغيل الثلاث، قاعدة مشتركة أو قاذف مشترك أو الجامع المشترك. هكذا تصميم لم يكن متاحاً لنا ونحن شباب لنجري عليه التجارب، إذ إن الإرسال بتعديل التردد لم يكن متوفراً أصلا.

هذا المستلم يدمج دائرتين انعكاسيتين (الدائرة الانعكاسية هي دائرة يتم فيها تكبير الإشارة مرتين بنفس الصمام أو ترانزستور التكبير، أحداهما كإشارة تردد متوسط قبل الكشف، والأخرى كإشارة تردد سمعي بعد الكشف). ويغطي حزم الموجات الثلاث الطويلة والمتوسطة و تعديل التردد **FM** الحزمة الثانية **Band2** ضمن نطاق الموجات العالية جداً **VHF**. تصميم عبقري لدائرة تغطي كل الحزم الموجية، الانتخاب يتم من خلال مفتاح واحد يتضمن التشغيل والإطفاء. ويمكن إعداده لتغطية قسم مختلف من هذه الحزم عند الرغبة.

أولاً مع دائرة قسم التنغيم التي استعملها صاحب المقال فيما مضى. وترتكز على دائرة **Sponta flex** ذات الموثوقية العالية مستخدما طراز **Super Alfa** للـــ **AM** ونظام مذبذب كولبتز مزدوج الانعكاس **Double reflex Colpitts D.R.C** للـ **FM**. و مفتاح دوار ذو ثلاثة أقطاب كل قطب يتفرع إلى أربعة طرق (يعني أربع طبَّقات كما نقول محلياً) ليحقق التغيير الفعال للحزم ويوفر كذلك التشغيل والإطفاء.

قسم التنغيم يتضمن ثلاث ترانزستورات، اثنان منها فقط تعمل في اللحظة الواحدة. **TR1** يعمل على الحزم **AM** و **FM** و الترانزستور **TR3** يستعمل فقط مع حزمة الـ **AM**. بينما الترانزستور **TR2** يعمل فقط مع حزمة الـ **FM**. هوائي تلسكوبي يلتقط محطات المدى **VHF** وآخر من قضيب الفيرايت يستخدم لاستقبال الحزمتين الباقيتين.

عمل الدائرة

الدائرة الموضحة في الشكل١ وتجد فيها المفتاح الدوار على وضع الإطفاء. لنفرض إنه وضع على الموجة المتوسطة **Medium Wave**. سيتم التقاط الإشارات من خلال **L3** وبوجود المتسعة **C7** موصلة على التوازي مع **L3** سيحدث التنغيم القابل للتغيير من خلال تحريك قضيب الفيرايت داخل الملف. تسلط الإشارة الملتقطة على قاعدة الترانزستور **Tr1**، ويذهب الخارج من قاذف الترانزستور **Tr1** إلى قاعدة **Tr3**.

الخارج الآن على طرفي **D3** وفي واقع الحال فقد تصرف **Tr1** و **Tr3** كزوج **Super Alfa**. ونتيجة ذلك فإن ممانعة الدائرة عند قاعدة الترانزستور **TR1** ستكون مرتفعة جداً، بينما ممانعة الخروج عند قاذف **TR3** ستكون واطئة جداً.

وفعلاً، الممانعة الخارجة عند **D3** تكون واطئة لهذا نحتاج إلى ثنائي خاص لتحقيق أحسن النتائج، وممانعة الثنائي تقل بشكل إضافي بسبب تيار **R6** المار خلاله، والتيار المار في **TR3**.

تظهر إشارة تداخل خارج تردد رنين **L3** و **C7** ومع انخفاض الممانعة النسبي في دائرة التنغيم، تعاني من شبه دورة قصيرة تامة. وهذا هو سبب الانتقائية العالية لهذه الدائرة ، وهي أحسن بكثير من التي يمكن الحصول عليها من طريقة التنغيم المفردة التقليدية.

تركنا الإشارة وهي في حالة تردد راديوي عبر **D3**. هذا الثنائي سيكشف الإشارة، ويتعين على **TR3** أن يتصرف كمضخم صوتي يعمل بصيغة القاعدة المشتركة ويظهر الخارج منه عبر **R8**. ومنها يتم توصيل الإشارة السمعية **AF** رجوعا إلى قاعدة **TR1** حيث يتصرف الآن كمضخم سمعي بصيغة القاعدة المشتركة.

يمتلك الترانزستور **TR1** عامل تضخيم **Amplification Factor** مرتفع، وعند ضمه إلى تيار الجامع المنخفض والتغذية العكسية القليلة الآتية من **R1**، تكون النتيجة على شكل ممانعة دخول مرتفعة؛ لهذا لا تكون **R8** قد جرى الالتفاف حولها بإفراط. و سيظهر الخارج السمعي على طرفي اللفات الكبيرة لمحولة المايكروفون **T1** ((هذه محولة كانت تستعمل أيام الأجهزة العاملة بالصمامات الغاية منها توفيق ممانعة المايكروفون الواطئة إلى ممانعة دخول الصمام العالية، وبذا فهي تتألف من ملفين أحدهما واطئ الممانعة قليل اللفات والثاني عالي الممانعة كثير اللفات بشكل ملحوظ وكانت توضع في داخل المايكروفون أحيانا)) والموصل معها المقاومة **R5** على التوازي لمعادلة التكبير خلال الطيف السمعي ولمنع إمكانية التذبذب العارض. عند تحريك **S1** إلى الوضع **Long Waves** ستوصل **C8** إلى **L3** و **C7** ويتحقق انخفاض في مدى التنغيم.

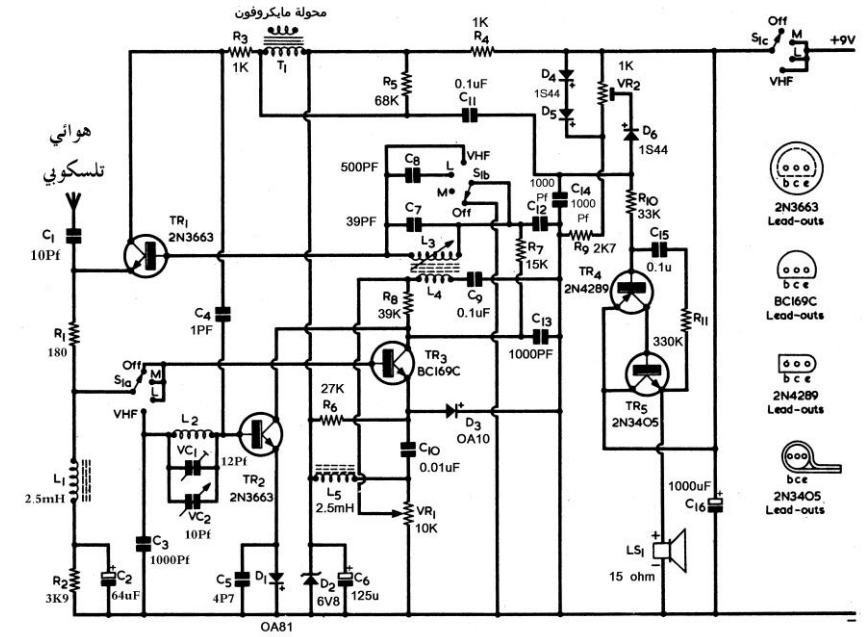
مسار التغذية العكسية لإعادة التوليد **Reaction** (التعبير البريطاني لـ **Positive feedback**) بالنسبة للموجات الطويلة والمتوسطة يكون من قاذف **Tr3** إلى **L4**، حيث يكون مقترن بالحث مع **L3**، وتتم السيطرة على إعادة التوليد من خلال **VR1**. وكلما اقتربت المنزلقة من نهاية المقاومة المتغيرة الموصلة إلى قاذف الترانزستور **TR3** كلما زادت التغذية العكسية. لكن **VR1** هي أيضاً مقاومة متغيرة موضوعة عبر مسار تغذية الترانزستور بالتيار وهي تسيطر على تيار جامع الترانزستور **TR3**. ولهذا لدينا سيطرتان لإعادة التوليد ((إعادة التوليد هي عملية يتم فيها إعادة تغذية طاقة الترددات اللاسلكية لإعطاء تغذية عكسية موجبة لدى تردد الموجة الحاملة، مما يعمل على زيادة تكبير وحساسية الدائرة وإعطاء كسب وانتقائية مزادين، وفي إعادة التوليد تتم إعادة توليد الموجة الحاملة، فترى جهاز الاستقبال يشع موجة الإذاعة كما تفعل المرسلة، ولم تستعمل هذه الطريقة في الاستقبال تجاريا عندما كانت الأجهزة الراديوية تصنع من الصمامات الالكترونية بسبب الإشعاع الذي ينتقل إلى مسافات كبيرة مسبباً التداخل لكنها الآن تستعمل بكثرة في في الراديو الباحث الذي نجده هذه الأيام بكثرة في سوق الشورجة بسبب الطاقة البسيطة التي يعمل عليها وإشعاعه موجود ولكن يمكن إهماله)) وكلا السيطرتين يتم التحكم بهما معاً من خلال **VR1**.

ومن خلال السيطرة الثانية التي تتصرف كضابطة لحجم الصوت إذ يمكن أن لا يمر تيار في جامع الترانزستور **TR3** عندما تكون منزلقة المقاومة المتغيرة **VR1** في النهاية السفلية لمسارها. يمر خلال **VR1** تيار مستمر ويتعين هنا الاهتمام باختيار نوعية المقاومة المتغيرة كي لا تصبح مصدر للضوضاء أثناء الاستعمال. ويمكن الحصول على عمر أطول من خلال استعمال مقاومة متغيرة نوع السلك الملفوف قدرة **1W**.

استقبال الترددات العالية جداً VHF Reception

من ملاحظة الدائرة التي شرحناها سابقاً، نجد الترانزستور **TR2** وقد فصلت دائرة الانحياز عن قاعدته. وبما انه من السيلكون فان هذه العملية تكافئ رفع الترانزستور مع مكوناته المصاحبة من الدائرة.

ولكن عند تحويل المفتاح إلى الوضع **VHF**، يصبح الترانزستور **TR2** فعال ويعجز **TR3** عن العمل. إشارة التردد **VHF** يجري التقاطها من قبل هوائي تلسكوبي مروراً إلى متسعة عزل **C1** ثم قاذف **TR1** حيث يجري تكبيرها بصيغة مكبر القاعدة المشتركة. الإشارة المضخمة عند جامع **Collector** الترانزستور تغذى عبر **C4** إلى قاعدة **TR2**، وتصبح دائرة التنغيم **L2** و **VC1** و **VC2** قيد الاستخدام. الترانزستور **TR2** يتصرف الآن على إنه مضخم من نوع **Sponta Flex** كما حصل مع **TR3** على مدى الموجة الطويلة والمتوسطة، مؤدياً وضيفة مضخم تردد راديوي نوع الجامع المشترك ومضخم سمعي نوع القاعدة المشتركة. **D1** هو ثنائي كاشف للإشارة يلاءم العمل في منطقة الترددات العالية جداً **VHF**. التذبذب يحدث بصيغة



الشكل١ المخطط الكامل للمستلم ذي الحزم الثلاث.

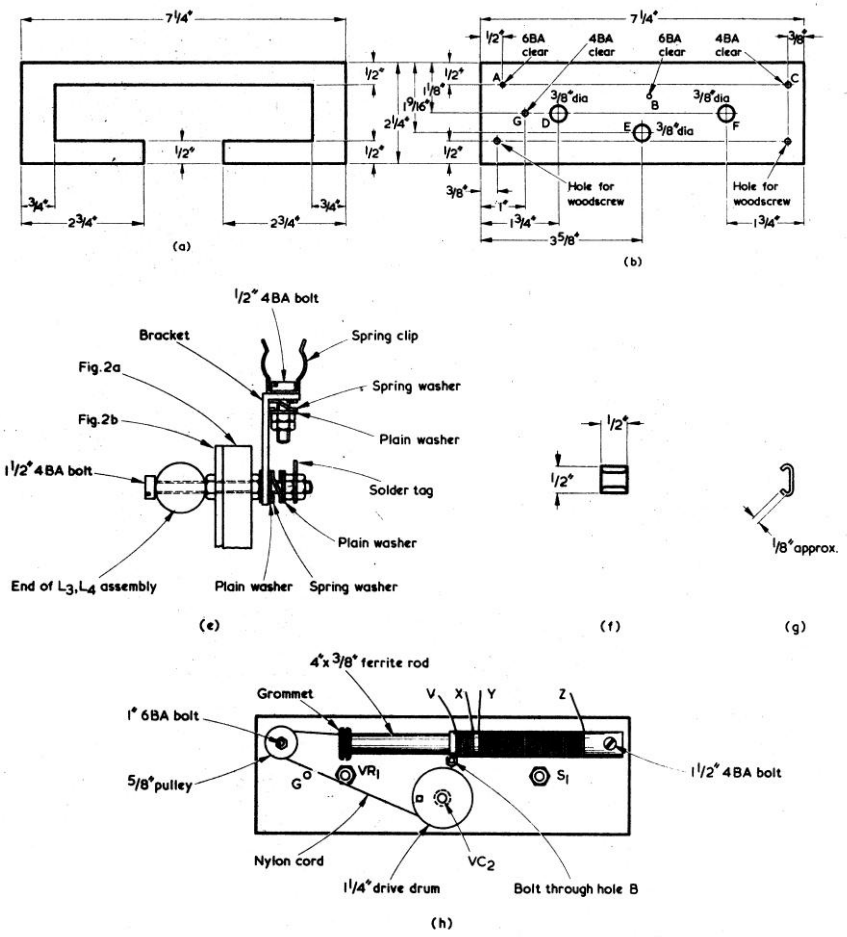
مذبذب كولبتز **Colpitts**، والمتسعة **C5** تؤمن مبزل **Tap** سعوي في دائرة الرنين المنغمة.

تتم السيطرة من خلال **VR1** عن طريق تغيير التيار خلال **TR2** فقط، ولا تجد تغيير في درجة الإقران كما حدث مع **TR3** عندما كان الاستلام لإشارات التضمين السعوي **AM**. ولأن الموضوع هو استلام إشارات تعديل التردد **FM** فإن الكشف بالطريقة التزامنية لفك التضمين **Synchronous method of demodulation** هي التي تستعمل، حيث يتذبذب **TR2** باعتدال عند استلام الإشارة ((الكاشف التزامني يقوم بإدخال موجة حاملة متراخية في تزامن مضبوط مع الموجة الحاملة الأصلية عند المرسلة، وعندما يتكون الدخل إلى المكشاف من إشارتي موجتين حاملتين مكبوتتين، ذوي فرق طوري ٩٠ درجة، فانه يمكن في هذه الحالة ضبط طور الموجة الحاملة المعاد إدخالها لكشف إحدى الإشارتين، ويسمى هذا المكشاف أيضاً **Synchronous demodulator**)).

الخارج السمعي يظهر على طرفي **R8**، كما هو حاله عند استلام إشارات تضمين الاتساع **AM** ويتشابه أداء الدائرة بعد ذلك.

لاحظ إن دائرة التنغيم للـ **AM** هي الآن في حالة دورة قصيرة. وإذا لم تكن كذلك قد تحدث حالة من عدم الاستقرار **instability** على شكل تذبذب عشوائي أو منتظم. من خلال ضابطة تدوير واحدة نؤمن حركة لقضيب الفيرايت داخل **L3** وتدوير **VC2** في نفس الوقت. وقد لوحظ عملياً إن تدوير بمقدار **180°** مطلوب لتغطية المدى النافع من الحزمة الثانية، وبهذا نحقق عملية التنغيم.

مضخم التردد السمعي يتألف من الترانزستور **TR4** والترانزستور **TR5** والمكونات المساعدة تتضمن وسيلة للتحكم بمقدار الانحياز. جزء صغير من الإشارة السمعية يجري تقويمه خلال **D6** وهذه



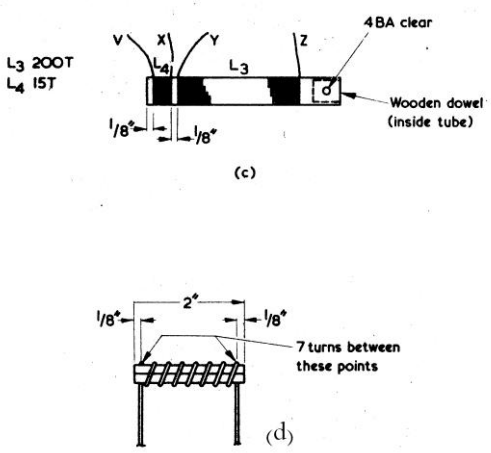
الشكل٢ (a) قطعة من الخشب المعاكس يتم تثبيت أشرطة بتلات اللحام لقسم التغيم الخاص بالمستلم. (b) لوحة الـ s.r.b.p التي تحمل الضابطات الثلاثة. (e) القطعة المعدنية والقفيص النابضي للهوائي التلسكوبي مجمعة كما ترى. (f) قفل من الألمنيوم حيث يثبت الهوائي في القفيص النابضي. (g) منظر جانبي للقطعة على شكل U. (h) قضيب الفيرايت يتحرك داخل مشكل الملفات L3 و L4 كلما تم تدوير محور المتسعة المتغيرة VC2.

تحدد الانحياز عند قاعدة **TR4** بما يناسب سعة الإشارة. كذلك ما دام **TR4** موصل مباشرة إلى **TR5** فإن انحياز قاعدة **TR5** سيتم إعداده أيضاً. الثنائيين **D4** و **D5** ستساعد في المحافظة على تيار الانحياز عند انخفاض فولتية البطارية. المقاومة **R10** والمتسعة **C14** تتولى تصفية **Filter** أي متبقي من ترددات الإشارة، بينما التغذية العكسية السالبة توفرها المقاومة **R11** و المتسعة **C15**.

يتعين علينا اختيار متسعة **C15** ذات جودة عالية **Good Quality** وخالية من تيار التسريب. التيار المسحوب من قبل **TR4** و **TR5** يعتمد على مستوى الإشارة الداخلة، كما هو الحال مع مضخم من الصنف **B**، بالإضافة إلى إننا نستعمل هنا مضخم من الصنف **A**.

من المحتمل الحصول من هذه الدائرة على خارج سمعي بحدود **500mW**، وأعظم تيار يتم سحبه من هذا الخارج **150mA** أو أكثر لفترات لحظية. بينما متوسط التيار عند مستويات حجم صوت اعتيادية يكون أقل من ذلك بكثير ويبلغ **25mA** إلى **35mA**. استعمل سماعة جهورية ذات ممانعة أكثر من **15** أوم وليس أقل من ذلك.

من المهم ملاحظة تقطيب بتلات اللحام للسماعة، وتؤشر عادةً بعلامة الجمع والطرح في الشكل١. هذا التقطيب يتماثل مع حركة مخروط السماعة ويمكن إدراكه بوضع بطارية ذات **1.5** فولت على طرفي السماعة. وعندما تحدث حركة للمخروط إلى الخارج تؤشر الأطراف كما هي على البطارية التي جرى توصيلها. في بعض السماعات تكون البتلة مؤشرة ببقعة لونية حمراء وهي تقابل علامة الجمع.

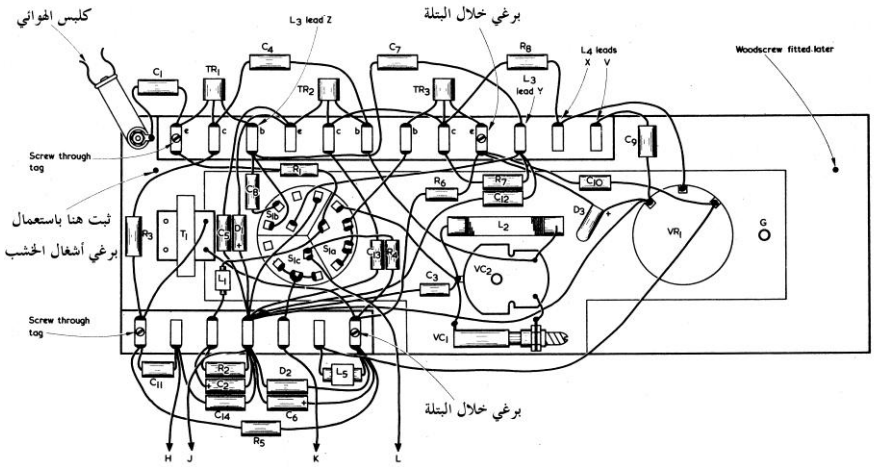


تتمة الشكل٢ (c) **تفاصيل الملف** L3 **و** L4. (d) **ملف** L2 **حزمة** VHF.

المكونات

بعض الملاحظات حول المكونات المتوفرة ضروري قبل الحديث عن تفاصيل التجميع. قضيب الفيرايت المستعمل لـ **L3** من النوع المؤشر باللون البرتقالي. وهو متوفر من **Amatronix** ((محل أو منتج في أسواق لندن)) ويمكن استعمال أي صنف آخر من القضبان بعد إقلال أو زيادة لفات **L3** لتحقيق التغطية الصحيحة للموجة المتوسطة.

الترانزستور ذو الرقم **2N3663** تجده ضمن مبيعات **Electrovalue, Ltd** ويمكن أن يحل محله النوع **BF167** الغير حاوي على توصيلة إلى غلافه الخارجي ولكن مع بعض الضياع في الحساسية وزيادة قليلة في الضوضاء **Noise**.



الشكل٣ وضع المكونات والتسليك لمرحلة التردد الراديوي والكاشف. وصل الثنائي **D1** حسب ماتراه في الشكل١. تحرى عن البتلات الداخلة ومخارجها للمفتاح المستعمل مع **S1** باستعمال فاحص صوتي أو أوفوميتر قبل تسليكه إلى باقي المكونات

من المفضل الحصول على السماعة الجهورية قبل البدء بأعمال التجميع لتلافي أي تناقضات في الأبعاد مع الهيكل. حيث يفضل التأكد من أبعاد السماعة قبل إجراء أعمال القطع إلى الهيكل.

المفتاح الدوار **S1** ذو الأوضاع **a** و **b** و **c** من النوع الصغير بقطر **28mm**. الهوائي التلسكوبي له طول بمقدار **120cm** ويمكن استعمال **15cm**.

محولة المايكروفون **T1** يمكن الحصول عليها من **Home Radio** وهي من نوع **Eagle LT44** ملفها الابتدائي يوصل إلى الدائرة (ولوحظ إن استعمال هذا النوع من محولات المايكروفون يؤدي إلى فقد قليل في نغمة الـ **bass**).

لقد لاحظنا أن من المفضل أثناء التشغيل لفحص لأول مرة تعديل قيم المقاومات **R6** و **C7** و **C8** للحصول على أحسن أداء وهذا بسبب الاختلافات الطبيعية في خصائص ترانزستورات الصنف الواحد. **VC1** هي مكثف ضبط أنبوبي من السيراميك (الخزف) من إنتاج **Mullard**.

نستعمل عند التجميع عدد من شرائط بتلات اللحام وهذه تقطع من أي شريط بتلات لحام متوفر تحت اليد.

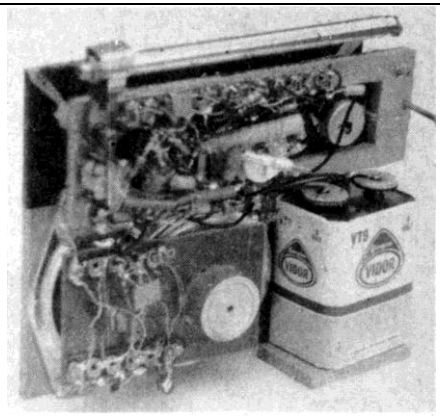
التجميع

يبدأ التجميع بقطع قطعة من خشب (المعاكس) **Plywood** ذو سمك ربع انج تحمل الأبعاد الموضحة في الشكل٢ **(a)** ثم اقطع قطعة من **s.r.b.p.** فوق القطعة الخشبية وتثبتها إليها باستعمال (براغي) كالمستعملة في أشغال الخشب واحدة عند كل نهاية.

أثقب **A** و **C** في الخشب (المعاكس) بمساعدة الثقب الموجود في لوحة **s.r.b.p.** كدليل.

يتم تحضير الملف **L3** و **L4** باستعمال قطعة من **Fablon** بالأبعاد **31/2** في **31/2** انج، اقطع شريط من ورق التغليف بعرض **1/2 1** انج ويلف من أحد أطرافه حول قضيب الفيرايت لتشكل أنبوب. وهذا الأنبوب يتعين أن يتحرك بداخله قضيب الفيرايت بحرية وعلى القائم بالتجميع ابتكار أي طريقة لتحقيق ذلك.

اترك القضيب في داخل الأنبوب وابدأ اللف بمسافة تبعد عن الحافة بمقدار **1/8** انج ولف **15** لفة من سلك **s.w.g. 34** سلك مطلي. طبقة واحدة من اللف كل لفة تلامس المجاورة لها. اترك **1/8** انج ولف بنفس الاتجاه **200** لفة من نفس السلك بطبقة واحدة كل لفة تلامس التي بجوارها. نهايات الملف



منظر للجهاز مجمع على الهيكل الداخلي، كما أتمه صاحب المقال.

تثبت بمكانها باستعمال لاصق مناسب. هذين الملفين هما **L4** و **L3** على التوالي. اقطع طول **1/2** انج من اسطوانة خشبية بقطر **3/8** انج وأدرجها داخل النهاية البعيدة عن **L4** للأنبوب.

قليل من الشريط اللاصق حول اسطوانة الخشب يجعلها تثبت بإحكام داخل الأنبوب، وتساوى نهايتها مع حافات جانب الأنبوب. اثقب ثقب خلال الأنبوب والاسطوانة الخشبية في داخله ليمر خلاله برغي طراز **4BA**. ويتعين على الثقب أن يكون في وسط الاسطوانة الخشبية بمعنى يبعد **1/4** انج عن نهاية الأنبوب.

يلف **L2** على مشكل يتم الحصول عليه من قلم حبر جاف نوع **Bic**.اقطع طول **2** انج من الغلاف الخارجي الشفاف للقلم الجاف **Bic** واثقب ثقبين قطر **1/16** انج. يبعد كل واحد عن الحافة بمقدار **1/8** انج. خذ طول من سلك نحاسي مطلي بالقصدير قياس **22 s.w.g.** أو ما يقاربه ولف سبع لفات ذات فراغات متساوية فيما بينها، تجاهل نصف اللفة التي تمر خلال الثقوب عند نهاية لاحظ الشكل٢ **(d)**.

ركب **VR1**، **VC2** والمفتاح **S1** كما تلاحظ في الشكل٢ **(h)**، حيث يمكن من خلال مشاهدة المحاور **Spindles** باتجاه القارئ.

مخطط التسليك للشكل٣ يبين الطريقة اللازمة لوضع **VR1** و **VC2**.

ركب القرص على محور **VC2**، استعمل براغي بطول **1** انج مررها خلال الثقب **A** ورأسها إلى الأسفل وباستعمال صامولة تشد باحكام. مرر برغي بطول **1/2 1** انج خلال الثقب في نهاية **L3** و **L4** ضع صامولة وشدها. مرر نهاية (البرغي) خلال الثقب **C** وضع في الأسفل الصامولات المختلفة و الواشرات و الصفائح المبينة في الشكل٢**(e)**. وضع القفيص النابضي إلى القطعة المبينة بالرسم.

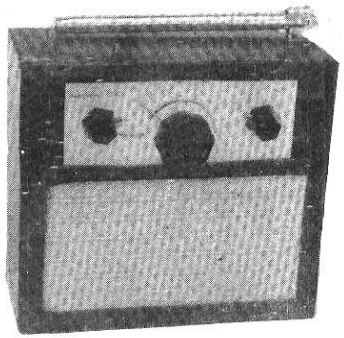
القرصان النابضيان **Spring Washers** تحتاج أن تشد بشكل جيد وتضغط إذ يتعين عليها أن تتحمل وزن الهوائي الممتد. ضع قطعة مطاط دائرية (كالتي تستعمل حول الأسلاك لحماية عازلها البلاستيكي عند مرورها في صفيحة مثقوبة)، ضع هذه القطعة على نهاية قضيب الفيرايت. وثبت خيط نايلون إلى طرف قضيب الفيرايت بأي وسيلة تراها ملائمة. قم بتجميع بقية الأجزاء الخاصة بالخيط ومن ضمنها العجلة الحرة **Pulley** التي يمر الخيط فوقها. استعمل خيط من المطاط الخفيف (لا يظهر في المخطط) ليمر فوق نهاية الملف وقطعة المطاط على طرف القضيب لتحقيق شد ملائم لسحب قضيب الفيرايت ثانية إلى داخل الملف.

بعد إتمام العمل يتعين أن تكون **VC2** عند أقصى سعة عندما يكون قضيب الفيرايت داخلاً بأكمله في مشكل الملف. أثقب **B** ليمر بداخله برغي يشد ليحمل الملف في وضعية تمنع احتكاكه عند حركة الفيرايت.

القطعة الصغيرة الموضحة في الشكل٢ **(f)** و **(g)** تصنع كالآتي. خذ قطعة من لوحة ألمنيوم ذات سماكة تقارب **18** إلى **22 s.w.g.** واقطع شريط بطول **½ 1** انج وعرض **½** انج اثنها ليصبح لها ثلاثة أوجه مربعة كل وجه بطول نصف انج. قصر الوجهين عند الأطراف حتى تصبح بطول **1/8** انج واثنها إلى الداخل. هذا الجزء يمرر فوق النهاية الخارجية للقفيص النابضي كما في الشكل٢ **(e)** عند تركيب الهوائي عليه، ليمنع القفيص من أن ينفتح بتأثير وزن الهوائي الممتد. قد يكون من الضروري إعادة محاولة صنع هذا الجزء إلى أن يتم الحصول على قطعة جيدة.

خذ لوح بتلات اللحام وأقطع شريطين منه مع البتلات، أحد الشريطين يمتلك **12** بتلة والآخر له سبع بتلات. أشرطة البتلات هذه تثبت إلى قطعة (المعاكس) للشكل٢ **(a)** في الموضع الموضح في الشكل٣، لكن اولاً الصق أشرطة من الفابلون

Fablon إلـى الخشـب وبـذلك سـيكون بينـه وبـين الجانـب الأسـفل للبـتلات. تثبـت أشـرطة البـتلات باسـتعمال براغـي خشـب صـغيرة خـلال ثقـوب الأشرطة. ولا توجد عواقب من الناحية العملية إذا لامست البتلات للخشب. ثقوب صغيرة تثقب خلال الخشب ولوحة الـ**s.r.b.p.** وسط البتلات ذات الأرقام **3** و **10** و **11** و **12** للشـريط ذو **12** بتلـة وتقـرأ مـن اليسـار. التوصـيلات الأربعـة مـن **L3** و **L4** تمـر خلال هذه الثقوب وتوصل إلى البتلات ذات العلاقة.



قائمة المكونات كما وردت في المصدر

Resistors
(All fixed values ¼ watt 10%)
R1 180Ω
R2 3.9kΩ
R3 1kΩ
R4 1kΩ
R5 68kΩ
R6 27kΩ
R7 15kΩ
R8 39kΩ
R9 2.7kΩ
R10 33kΩ
R11 330kΩ
VR1 10kΩ potentiometer, linear (see text)
VR2 1kΩ pre-set potentiometer, standard or miniature skeleton, horizontal

Capacitors
C1 10pF silvered mica or ceramic
C2 64μF electrolytic, 10 V. Wkg.
C3 1,000pF silvered mica or ceramic
C4 1pF silvered mica or ceramic
C5 4.7pF silvered mica or ceramic
C6 125μF electrolytic, 10 V. Wkg.
C7 39pF silvered mica or ceramic
C8 500pF silvered mica or ceramic
C9 0.1μF polyester
C10 0.01μF polyester
C11 0.1μF polyester
C12 1,000pF silvered mica or ceramic
C13 1,000pF silvered mica or ceramic
C14 1,000pF silvered mica or ceramic
C15 0.1μF polyester
C16 1,000μF electrolytic, 10V. Wkg.
VC1 12pF ceramic tube trimmer (see text)
VC2 10pF variable, type C804 (Jackson)

Inductors
L1 2.5mH r.f. choke type CH1 (Repanco)
L2 see text
L3 see text
L4 see text
L5 2.5mH r.f. choke type CH1 (Repanco)
T1 microphone transformer type TT53 (Repanco)

Semiconductors
TR1 2N3663
TR2 2N3663
TR3 BC169C
TR4 2N4289
TR5 2N3405
D1 0A81, 0A90 or 0A91
D2 6.8V zener diode, 400mW
D3 0A10
D4 1S44
D5 1S44
D6 1S44

Speaker
LS1 15Ω, 6 x 4in (see text)

Switch
S1 3-pole 4-way rotary (see text)

Miscellaneous
18-way group panel (see text)
9V battery type PP9 or equivalent
Battery connectors
Telescopic aerial type TA10 (Eagle)
Ferrite rod, 4 x ⅜in., orange grade (see text)
Large control knob
2 small control knobs
Speaker gauze
Epicyclic drive with flange, Jackson 4511/F
1¼in. drive drum, Jackson 4597
Pulley wheel (Home Radio)
Spring clip, ⅜in., Lektrokit (Home Radio)
Bracket, Lektrokit (Home Radio)
Nylon drive cord
Materials for case and chassis

تعريفات

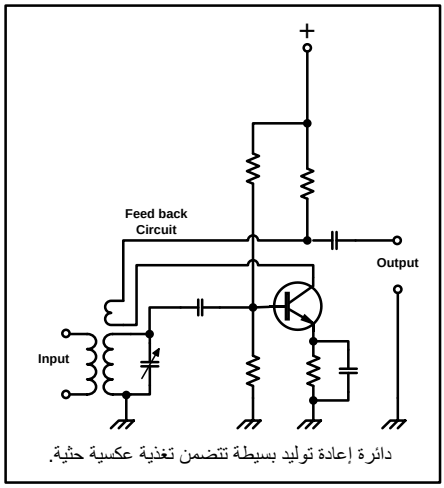
إعادة التوليد Regeneration

إعادة التوليد هو اسم آخر للتغذية العكسية الموجبة **Positive feedback**. يستخدم عن قصد في المذبذبات وأنواع محددة من الضخمات وبعض الكواشف **Detectors**.

كاشف إعادة التوليد Regenerative Detector

هو شكل من أشكال فك التضمين **demodulator** الذي يمكن استخدامه لاستلام إشارات مورس وإشارات الإزاحة الترددية **frequency-shift Keying** والتضمين بالحزمة الجانبية المفردة **Single Sideband**. وبإمكانه أيضاً زيادة كسب إشارات الاستقبال ذو التضمين الاتساعي **Amplitude-modulated**.

لم يعد هذا الكاشف يستخدم هذه الأيام، ويمكن رغم ذلك أن نجد هذه الكاشفات في مستقبلات التحويل المباشر **Direct-conversions** البسيطة.



دائرة إعادة توليد بسيطة تتضمن تغذية عكسية حثية.

يتألف كاشف إعادة التوليد على دائرة مضخم، مع تسليط جزء من الخارج إلى المدخل بنفس الطور. هذه العملية تزيد كسب المضخم، وإذا جعلت التغذية العكسية الموجبة كبيرة بما يكفي فإن الدائرة ستأخذ بالتذبذب. ستمزج الإشارات المستلمة مع تردد الحاملة **Carrier** التي حصلنا عليها، منتجة نغمات تضارب **beat notes** يمكن أن نسمعها في السماعة. وهذا يجعل إشارات المورس وإشارات الإزاحة الترددية وإشارات الحزم الجانبية المفردة قابلة للإدراك والفهم.

استخدمت كاشفات إعادة التوليد باطراد في مستقبلات الراديو المبكرة. وفي معظم الدوائر كان الكاشف يوضع في النهاية الأمامية للمستقبل مما يؤدي إلى أن هوائي الاستقبال يعيد إشعاع الحاملة؛ وهذا يجعل الحاملة تنتقل إلى عدة أميال مسببة التداخل مع المستقبلات الأخرى العاملة على نفس التردد أو قريباً منه.

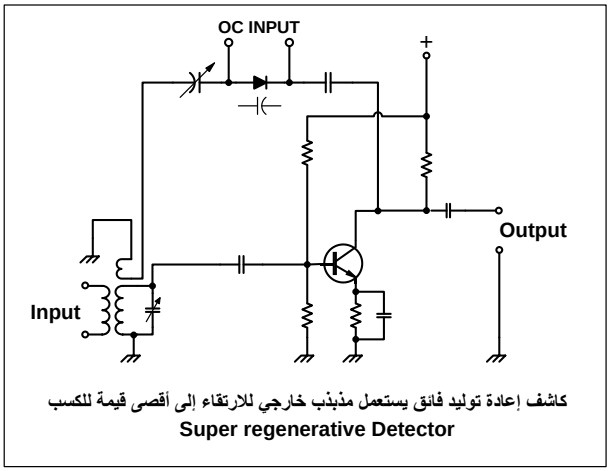
الدوائر العصرية لا تستعمل هذا الترتيب؛ يوضع الكاشف غالباً بعد دائرة تنغيم واحدة على الأقل وبذلك تمنع هذه الدائرة إعادة إشعاع الحاملة.

المخطط المجاور يبين كاشف بسيط لإعادة التوليد.

تعريفات

مستقبل إعادة التوليد الفائق Superregenerative Receiver

هو شكل خاص من كاشف إعادة التوليد يستخدم في دائرة تدعى مستقبل إعادة التوليد الفائق **Superregenerative Receiver**.



كاشف إعادة توليد فائق يستعمل مذبذب خارجي للارتقاء إلى أقصى قيمة للكسب
Super regenerative Detector

دائرة إعادة التوليد الفائق تجهزنا بكسب أكبر وحساسية أحسن من دوائر إعادة التوليد الاعتيادية. مستقبل إعادة التوليد الفائق هو شكل لدائرة التحويل المباشر **Direct-conversion circuit**. في كاشف إعادة التوليد الفائق، تزداد وتقل التغذية العكسية الموجبة بشكل دوري. وهذا يسمح بزيادة التغذية العكسية بدون أن يحدث تذبذب غير مرغوب في الكاشف. التغيير في التغذية العكسية يسبب تأرجح في كسب الدائرة، وهذا التأرجح يدخل كتعديل **modulates** الإشارات الواردة. وعل أي حال إذا كانت التغذية العكسية تتغير بمعدل أكثر من **20KHz** لا يمكن عندها سماع التضمين، ولا يؤثر على الصوت في الإشارة الوافدة.

مثال على كاشف إعادة التوليد الفائق **Superregenerative detector** تراه في المخطط المجاور.

داينترون من الترانزستورات Transistorized Dynatron

By D.Mc Clure

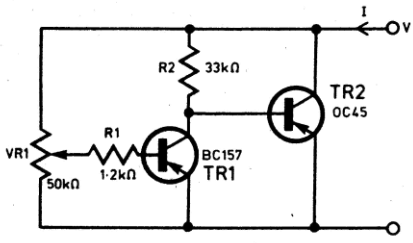
دائرة داينترون من الترانزستورات تجدها في الشكل١ وصيغة عملها هي كالآتي.

إذا سلطنا فولتية **V** صغيرة إلى الدائرة فإن تياراً **I** سيمر، معظمه خلال **TR2**. إذا زيدت **V** ستزداد كذلك **I** في الشكل٢ الرواق **(a)**. فإنه عند نقطة تتحدد من خلال **VR1**، تصبح أي زيادة إضافية في **V** ينتج عنها نقصان في **I** وطالما **TR1** بدأ في التوصيل سيطفئ **TR2** الشكل٢ الرواق **(b)**.

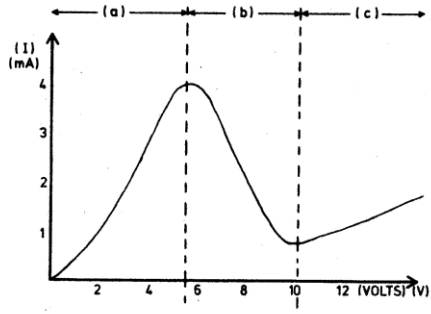
عندما يقطع **TR2** فإن أي زيادة إضافية في **V** تنتج ارتفاعا في **I** أبطئ مما في الرواق **(a)**، إذ إن معظم التيار الآن يمر خلال **R2** الشكل٢ الرواق **(c)**.

المنحدر السلبي للاشتغال تجده في الرواق **(b)** هو فعل الداينترون أو الأثر الداينتروني المعروف.

في هذه المنطقة تكون الدائرة كشبكة ذات طرفين تمتلك مقاومة ديناميكية سالبة (مقاومة صغيرة تعترض طريق الإشارة الشكل٣) إذا وصلت مثل هذه الدائرة إلى دائرة رنين توازي كالموضحة في الشكل٤ فإن تذبذباً سينتج، بشرط إن الفقد في دائرة الرنين ليس كبيراً لأن يلغي كلياً تأثير المقاومة السالبة، وبشرط أن لا يكون تردد الرنين أعلى من مقدرة الترانزستور المستعمل على العمل به. هذا يعني أنه تقريباً أي دائرة منغمة ممكن أن تكون في حالة تذبذب رنيني (بدون التحديدات أعلاه) وبدون لفات التغذية الخلفية والمتسعة.

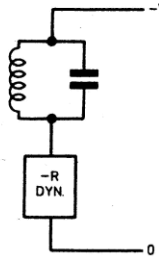


الشكل١

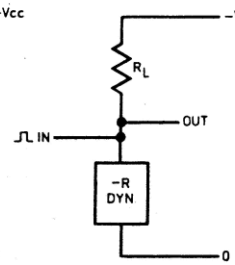


الشكل٢

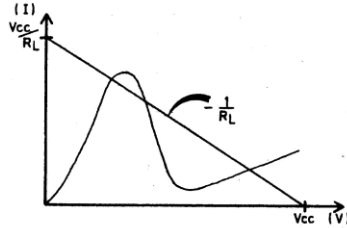
الشكل٣



الشكل٤



الشكل٥



الشكل٦

تطبيق إضافي آخر، عبارة عن دائرة ثنائي الاستقرار **bistable** يمكن إنشائها من خلال توصيل الدائرة إلى مقاومة حمل **RL** الشكل٥ ويجري اختيارها لجعل خط الحمل يقطع منحنى الخصائص عند ثلاثة نقاط الشكل٦. والنتيجة دائرة لها المقدرة على أن تنتقل بالفتح والغلق بين حالتين من حالات الاستقرار **Tow stable State** من خلال نبضات لها التقطيب الصحيح. ممكن أن نجعلها تخطو تقريباً لأي ارتفاع مطلوب (ضمن الحدود الآمنة للترانزستور) عن طريق الاختيار بعناية لقيمة **RL** و **Vcc** والوضع الذي ستكون عليه **VR1**.

نقطة الدخول والخروج هي نفسها نقطة الوصل بين "الصندوق الأسود" و **RL**.

هذين التطبيقين يقدمان لنا مدخلاً إلى سببين من حالات عدم الاستقرار **instability** نادراً ما نفهم سببها بشكل جيد في الأجهزة التي نصممها في المختبر أو المنزل.

من منظور البطارية أو مجهز القدرة فإن أي دائرة سواء كانت راديو أو منبه لجهاز حارس، أكانت الدائرة خاملة أم فعالة لا زالت هي في الأساس شبكة من طرفين **A two port network** بافتراض عدم استعمال مجهز قدرة منفصل.

فإذا بدا لنا حول نقطة العمل المختارة للدائرة من هذه الشبكة ذات الطرفين مقاومة ديناميكية سالبة **negative dynamic resistance** كالتي شرحناها فيما سبق، عندها ستكون الدائرة في حالة عدم استقرار فطري **inherently unstable**.

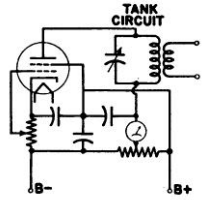
وهذا لا يهم إذا مجهز القدرة والأسلاك ممتازة، ولكن عمليا عدم الاستقرار سيُظهر نفسه كتذبذب عالي التردد في الأسلاك، أو حالة من حالات الاستقرار الثنائي **bistable action**. ومن الممكن كذلك حدوث حالة من حالات أحادي الاستقرار (مذبذب الاطلاقة الواحدة) **Monostable** أو عديم الاستقرار **astable action**.

تعريفات:

مذبذب داياناتروني Dynatron oscillator

هو مذبذب يعتمد في أداءه على التأثير الداينتروني **Dynatron effect** الذي يحدث مثله في الصمام المفرغ العادي حيث يسبب فيه الانبعاث الثانوي للالكترونات من أنود الصمام إلى خفض تيار الأنود عند زيادة الفولتية المسلطة عليه معطياً بذلك المنحنى المميز للمقاومة السالبة اللازم للتذبذب، ويتم هذا الفعل في الصمام بجعل فولتية شبكة الحجب موجبة أكثر من الأنود.

تجد فيما يلي مخطط لمذبذب داينتروني يتألف من صمام مفرغ ولاحظ انه لا يحتوي على مكونات للتغذية العكسية.



Dynatron-oscillator circuit.

دائرة مذبذب داينتروني

التأثير الداينتروني ممكن أن يتسبب في جعل دائرة مضخم أن تتذبذب. وهذا التذبذب ممكن أن ينتج عنه إشارات زائفة، خارج حزمة الترددات المقصودة. أثر التذبذب هذا يدعى **Parasitic** بمعنى طفيلي.

تذبذب طفيلي Parasitic Oscillation

في مضخمات القدرة للترددات الراديوية، يحدث في بعض الأحيان تذبذب في المضخم. هذا التذبذب غير مرغوب فيه وممكن أن يحدث عند ترددات تختلف كثيراً عن تردد العمل الحقيقي. يمكن القضاء على التردد الطفيلي **Parasitic** بتوفير قدر معين من التغذية العكسية السالبة في مضخمات القدرة. وذلك من خلال دائرة تعادل **Neutralization Circuit**. ويمكن استعمال خرز الفيرايت كخانقات **Chocks** للقضاء على هذا التذبذب.

مما سبق صار مفهوماً لنا إن المقاومة السالبة هي (مقاومة عند زيادة الفولتية المسلطة عليها تؤدي هذه الزيادة إلى نقصان التيار المار بها) وهي عكس المقاومة الموجبة المعروفة، التي عند زيادة الفولتية المسلطة عليها تؤدي إلى زيادة التيار المار بها.

وهذه المقاومة السلبية قد تُصَنّع على أي شكل من الأشكال، وليس بالضرورة أن تشبه المقاومة العادية، فقد تكون على شكل ثنائي مثل ثنائي النفق وقد تكون على شكل صمام أو دائرة تتألف من عدة عناصر؛ وقد تكون ضمن دائرة لا يفترض أنها تمتلك مقاومة سلبية ولكن تحت ظروف معينة تظهر عليها خصائص المقاومة السلبية مما يؤدي إلى حدوث عدم استقرار **Instability** بغيض يؤدي إلى تذبذب طفيلي لا ندري مصدره للوهلة الأولى..

تعريفات

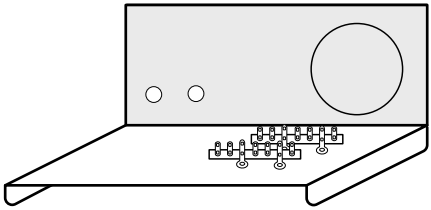
ثنائي النفق tunnel diode **ويسمى كذلك** Esaki diode :

هو ثنائي من أشباه الموصلات تنسب تسميته إلى الياباني **L.Esaki** مقترح تصميمه، وهو عبارة عن ثنائي **Diode** معالج علاجاً خاصاً بالشوائب، ويشتمل على مقاومة سالبة في الاتجاه الأمامي فوق جزء من مدى تشغيله، ويمكن أن يصنع من مواد شبه موصلة مختلفة، تشتمل على الجرمانيوم والسيلكون وزرنيخيد الجاليوم وانتيمونيد الأنديوم، حيث يستخدم كمذبذب، أو مكبر ويعمل ضمن مدى ترددات الموجات الدقيقة.

وموضوع ثنائي النفق قد قدم له الدكتور رشدي الحديدي موضوعاً في كتابه فن الترانزستور، ويستخدم في الأساس في تطبيقات دوائر الموجات الدقيقة. وقد ظهر في السنين المبكرة لعقد الستينات من القرن العشرين، في أسواق الولايات المتحدة ظهر مقياس هبوط **Dip meter** يحتوي على ثنائي النفق في داخله الذي يعمل كمذبذب، وما دام الجهاز هو مقياس هبوط فإن تردده يقع ضمن منطقة الترددات العالية **HF** وما حولها، ولا نجد هذه الأيام مقاييس هبوط تحتوي على ثنائي النفق.

تقنيات التجميع

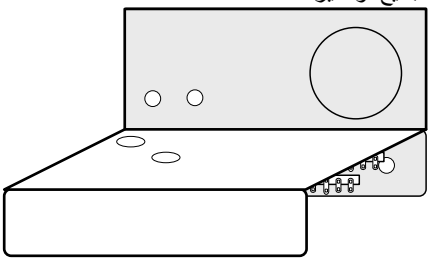
أول تقنية عرفتها من تقنيات التجميع هي ما اعتمدته مديرية الرعاية العلمية عندما كان موقعها في شارع المغرب لتدريب منتسبين دوراتها على تجميع وتشغيل أجهزة استقبال راديوية متدرجة من البسيط إلى العامل بالصمام إلى المتطور نسبياً. وتلك التقنية تتمثل في هيكل معدني كالذي تجده في الشكل يسلك سلوك قاعدة معدنية حاملة لبتلات اللحام وفي نفس الوقت يمثل الصفر فولت للدائرة ككل.



وفيه واجهة أمامية تحمل باقي المكونات مثل السماعة وضابطات التدوير كالمقاومة المتغيرة والمتسعة المتغيرة وحتى الهوائي الفيرايت يمكن تثبيته إلى أعلى الواجهة الأمامية أو تركه على الطاولة الخشبية إلى جوار الهيكل. وعلى قاعدة الهيكل (الجزء المستعرض) كنا نجري أقوى التمارين على عمليات اللحام، والتعرف على كيفية استعمال كاويات اللحام الكبيرة للحام شرائط البتلات إلى القاعدة، والصغيرة للحام المكونات إلى البتلات.

يمكن في هذه الايام عدم استعمال بتلات اللحام التي هي غير متوفرة أو نادرة ليحل محلها لوح صغير من (الفايبر كلاس) أو (الميلامين) مرسب عليه مربعات صغيرة من النحاس بتقنية الدوائر المطبوعة يتم لحام المكونات عليها مباشرة.

الشكل التالي يمثل قاعدة معدنية أخرى وفيها تتم الاستفادة من جزئها السفلي بالإضافة إلى الجزء العلوي وفي هذا النوع ممكن أن نصنع فتحات دائرية لوضع قواعد الصمامات التي تستعمل هذه الأيام في تثبيت الملفات أو مقابس التوصيل بدلا من الصمامات، والنوع ذو القسمين ممتاز لتجارب الأجهزة الراديوية و يتم بناء النهاية الأمامية في القسم الأسفل ومكبر الصوت مع مضخم التردد المتوسط في الجزء الأعلى. ويمكن حينئذ تثبيت بتلات اللحام إلى الجزء الأسفل أو وضع بدلها لوح تجميع أو غيره.



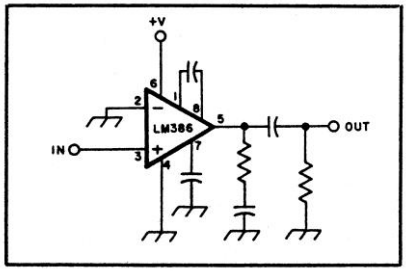
كلا الشكلين يمكن تنفيذهما باستعمال ألواح (الميلامين) المغطى بالنحاس على الوجهين أو وجه واحد. بدلاً من الألواح المعدنية (البليت) التي يصعب قطعها وثقبها وربما اللحام عليها. لا أنصح باستعمال الألمنيوم وإذا كانت النية إعداد هكذا هيكل من المعدن فالمفضل هو الحديد والحديد المغلون (الجينكو) وستجد إن ثقبها ثقباً دائرياً كبيراً هو مشكلة حقيقية وأنسب حل هو تخريمها بمنشار التخريم الشعري الذي يستعمله صائغو الذهب والفضة، وهو نفس منشار تخريم الأعمال اليدوية في المدارس إلا إن سلك المنشار الشعري له المقدرة على قطع الحديد والنحاس ويتم شراءه من محلات بيع معدات صياغة الذهب في شارع النهر في بغداد.

يمكن بالإضافة إلى ما تقدم استخدام أساليب عديدة للتجميع. لنقل مثلاً أنك تروم بناء الدائرة الموضحة في الشكل١. أي طريقة من طرق التجميع ستتبع؟ توجد العديد من الاحتمالات سنتحدث عن بعض منها الآن:

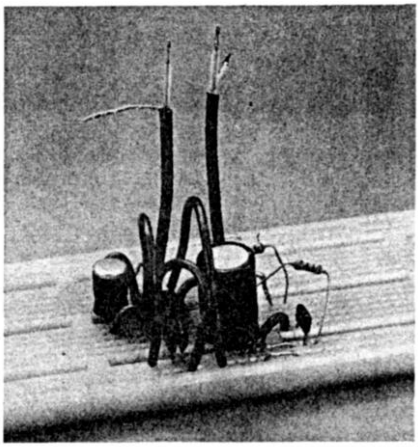
لوح تجميع النماذج الأولية بدون لحام

Solderless Prototype Board:

عند تصميم الدوائر الالكترونية والمضي قدماً في تطويرها وتجربتها، يكون من المناسب استعمال



الشكل١ دائرة مكبر سمعي سنتخذها كمثال لتوضيح العديد من تقنيات التجميع.



الشكل٢ لوح تجميع النماذج الأولية ذو الثقوب.

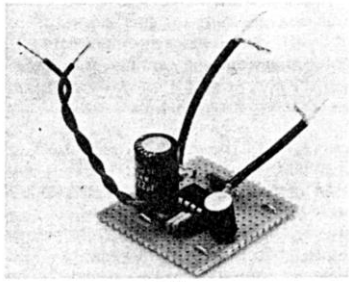
اللوح الموضح في الشكل٢.

الأشرطة المعدنية المبيتة داخل اللوح خلف ثقوب وجهه الأعلى تمسك بأطراف المكونات والتوصيلات والتمريرات، وكل شريط معدني يسلك سلوك نقطة من نقاط التجميع. الأشرطة المعدنية مرتبة في أعمدة قصيرة عند وسط اللوح وفي صفوف أفقية طويلة عند الحافة العليا والسفلى للوح، تستعمل مكونات الدائرة أو توصيلات التمرير لتوصيل الأشرطة مع بعضها وإتمام الدائرة. هذه طريقة سريعة وسهلة لفحص فكرة معينة والمضي في التعديلات اللازمة.

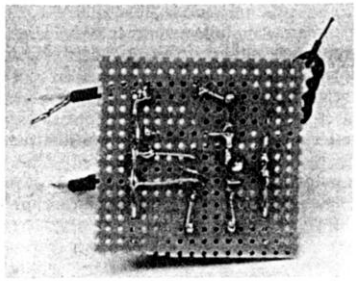
من مساوئ هذا النوع من الألواح وجود السعات الشاردة بين أشرطة التوصيل. لهذا نرى أن هذا النوع من ألواح التجميع لا يناسب دوائر الترددات الراديوية. وإذا كانت المكونات المستخدمة ذات أطراف توصيل سميكة ستؤدي إل توسعة الماسكات للأشرطة المعدنية ويتعين لحام أسلاك ذات قطر أصغر إلى أطراف المكونات السميكة قبل تركيبها.

اللوح المثقب Perforated Construction Board :

ربما لوح التجميع ذو الثقوب بدون توصيلات نحاسية هو الأقل تعقيداً لتجميع الدوائر الالكترونية. وهو متوفر بقياسات متعددة ونماذج تثقيب متنوعة؛ نبدأ بوضع المكونات على اللوح ونغير مواقعها حتى نحصل على أنسب صيغة لتوزيع المكونات. نثني توصيلات المكونات ثم نوصل حسب مخطط النقاط المختلفة للدائرة وتلحم إلى بعضها إذ لا توجد مساحات نحاسية أسفل اللوح. مخطط المضخم السمعي الذي تحدثنا عنه تجده موصلاً بهذه التقنية فيما يلي.



(A)

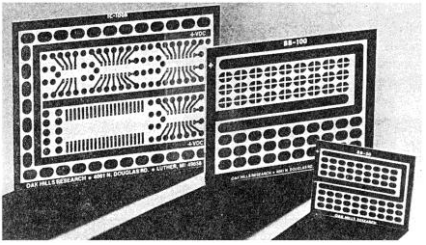


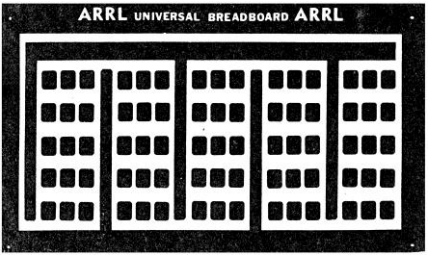
(B)

ألواح دائرة مطبوعة متعددة الاستعمالات Utility PC Boards :

هذا اللوح يقدم طريقة هجينة للتجميع (هجينة تعني خليط) مستوحاة من الدوائر المطبوعة. تجمع بين المرونة في بناء المكونات كما مع طريقة بتلات اللحام، والمميزات الكهربائية والميكانيكية لبقع التوصيل النحاسية المعدة بطريقة الألواح المطبوعة **PC Boards**. الألواح التي نتحدث عنها يمكن أن نبني من خلالها أي شيء، من دوائر المرشحات غير الفعالة **Passive Filters** إلى الكمبيوترات.

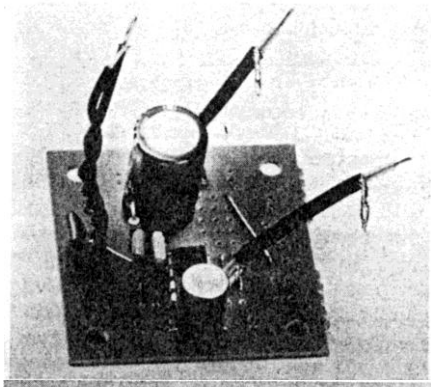
تبنى الدوائر على هذه الألواح من خلال جزر التوصيل **Pads** النحاسية الموزعة على اللوح. تغذى فولتية مجهز القدرة عبر شرائط توصيل تسير على طول اللوح. الصورة التالية لألواح من هذا النوع منتجة على الصعيد التجاري.

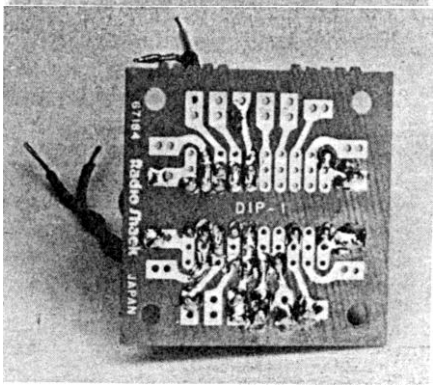




الشكل٤ صورتين لألواح تجارية تستخدم لبناء وتجميع الدوائر الالكترونية عند التجريب والتطوير.

مثال المضخم الصوتي في الشكل١ تجده هذه المرة مجمعاً على لوح تجميع يتضمن ثقوب لإدراج الدائرة المتكاملة وتوجد توصيلات نحاسية تحت الثقوب تمتد لتشمل ثقوب أخرى، وبذلك يصبح اللوح عاماً يصلح للعديد من الدوائر المتضمنة لدائرة متكاملة بأي عدد من الأرجل.





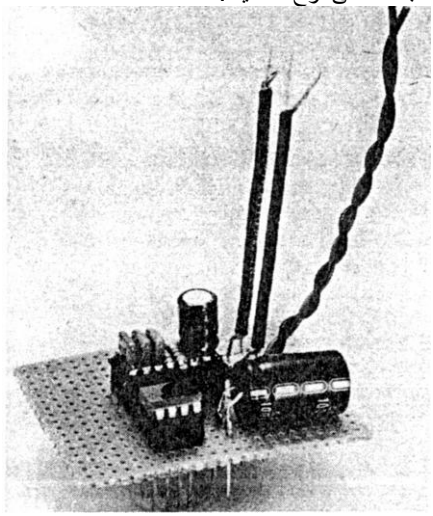
هذا النوع من الألواح كان مستعملاً في مختبرات كلية الهندسة في بنايتها في الباب المعظم أيام السبعينات من القرن العشرين وكان معتمداً في تدريب الطلبة ويوجد منتج عراقي شبيه له يتضمن **35** موقع لدائرة متكاملة لا أضنه في الأسواق هذه الأيام.

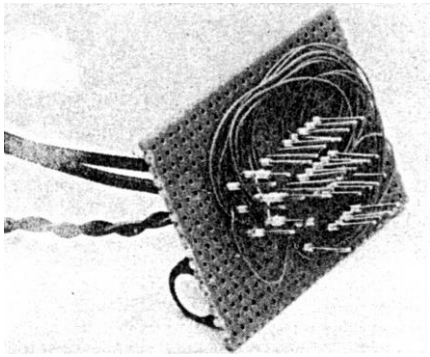
وتتوفر ألواح **Utility Boards** مرفق إليها قابس **Plug** أو أكثر للاستعمال مع **Computer-bus** أو كدائرة بينية بين الحاسبة والعالم الخارجي **Interface** وللتطبيقات ذات الاستخدام العام **General Purpose**، مثل هكذا ألواح متوفرة بشكل

واسع، ويتوفر لها الموصلات **Connectors** ومواد التركيب وباقي الملحقات.

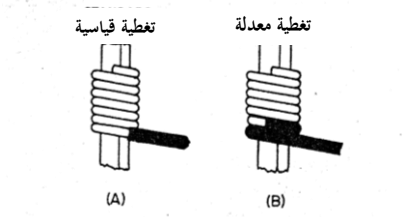
التجميع بالأسلاك المبرومة Wire Warp :

وتستعمل لتجميع الدائرة بسرعة وبدون لحام. وتستعمل لتجميع الدوائر الرقمية ذات السرعة الواطئة والمتوسطة على لوح التسليك **Wire-Warp Board**. ويمكن استعمالها لغير الدوائر الرقمية. تلاحظ فيما يلي الدائرة المثال للمكبر السمعي مجمعة على لوح التسليك.

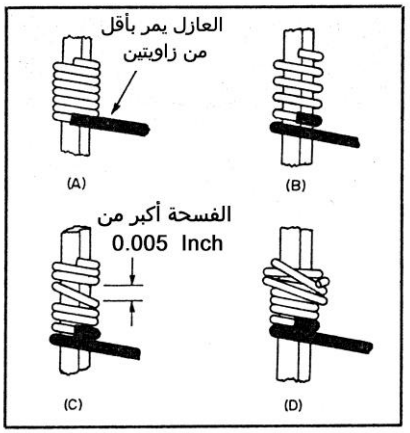




يتألف التجميع بالتسليك أساساً من برم سلك **Wire** ليغطي **Wrapping** أطراف طويلة نسبياً لقاعدة تثبيت المتكاملة حيث يتم إنشاء التوصيل. العدة الخاصة للتجميع بهذا الأسلوب (البرم) تشبه القلم ويمكن استعمال مسدسات البرم المساقة بالتيار الكهربائي إذا كان المطلوب عدد كبير من التوصيلات.



توصيلات بطريقة التغطية بالتسليك. الطريقة القياسية والطريقة المعدلة، في الطريقة المعدلة يجب أن نستعمل سلك قياس 30.



توصيلات غير صحيحة. في A لم يبرم قدر كاف من العازل؛ في B برم لولبي متباعد. في C برم يتضمن فجوة. في D برم متراكب.

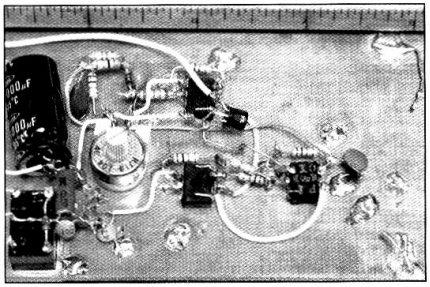
التجميع القبيح Ugly Construction أو تجميع الحشرة الميتة Dead-Bug Construction أو التجميع بطريقة الفن التشكيلي:

كان ويس هايورد **Wes Hayward W7ZOI** أول من استخدم مصطلح التجميع القبيح **Ugly Construction** أما لفظ الحشرة الميتة **Dead-Bug** فقد أخذ اسمه من مشهد الدائرة المتكاملة الموضوعة على اللوح بشكل مقلوب وأرجلها إلى الأعلى. وطريقة الفن التشكيلي أطلقها أثنين من الهواة العراقيين وهي لطيفة أكثر من غيرها ((هذه التقنية في نظري هي أهم التقنيات. لسرعتها في التنفيذ وما تتضمنه من بديهية تغنينا عن تكرار قلب اللوح لننظر أي طرف موصل إلى أي نقطة. بالإضافة إلى أدائها العالي في الترددات الراديوية وصغر الحيز الذي تشغله.))

هذه التقنية تستخدم لوح الدوائر المطبوعة مغطى وجهه بالنحاس كمكان لتجميع المكونات، ويتصرف النحاس كأرضي ذو استقطاب صفر فولت للدائرة ككل، ويتم لحام المكونات في الفضاء فوق اللوح بطريقة التوصيل نقطة إلى نقطة.

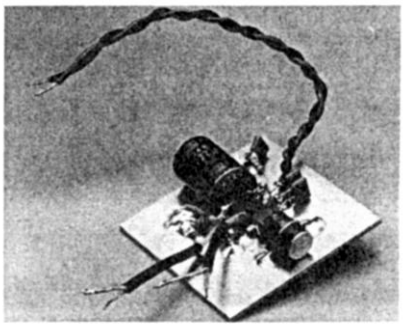
هذه الطريقة مرنة، القائم بالبناء قد يستعمل أي مكونات تحت اليد، وهذا أحياناً صعب مع مشروع ينفذ على لوح مطبوع. الدائرة يمكن تغييرها وتعديلها بسهولة وهذا جيد عند التجريب. السرعة في التنفيذ هي أهم ما يميز التجميع القبيح. الدوائر العصرية المعقدة (مثل مرسلات القدرة الواطئة للهواة **QRP Transmitters**) يمكن أن تبنى بنصف الوقت أو أقل مما يتطلبه نفس المشروع إذا استعمل لوح يجب تثقيبه وتحميضه.

المكونات تجمع فوق طبقة النحاس للوح بقليل أي تكون المكونات وتوصيلاتها عائمة في الهواء فوق طبقة النحاس. أنظر الصورة التالية.



دائرة كهربائية مجمعة بطريقة التجميع القبيح ويسميها بعض العراقيين طريقة الفن التشكيلي!!

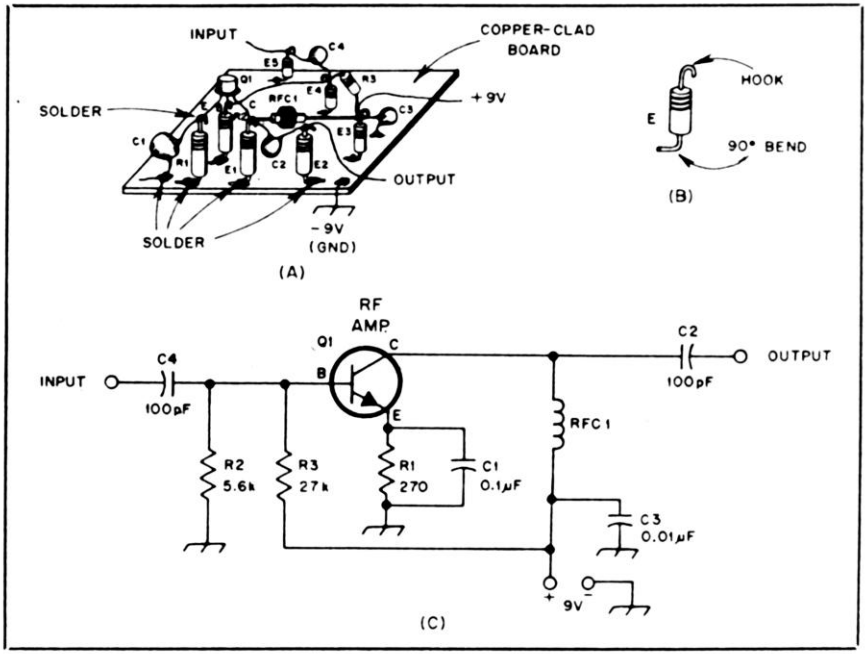
النحاس على اللوح يتصرف كأرضي للدائرة أو قل نقطة الصفر للدائرة. التوصيلات إلى الأرض تصنع بشكل مباشر وهذا يقلل من طول التوصيلات، وعندما تكون توصيلات الأرضي قصيرة فإنها ذات ممانعة واطئة تساعد على منع حدوث حالة عدم الاستقرار **Instability**. لهذا السبب فإن التجميع القبيح يكون من الناحية العملية جيداً لدوائر التردد الراديوي وهو أفضل للدوائر الحساسة من الدوائر المطبوعة.



دائرة المكبر السمعي المثال مجمعة بالطريقة القبيحة أو طريقة الفن التشكيلي التي تحدثنا عنها، وقد لا تكون هذه الصورة واضحة لكن التي سبقتها تعطي فكرة جلية حول هذه الطريقة في التجميع.

عند الضرورة يمكن استعمال المقاومات ذات القيم المرتفعة كنقاط عازلة منتصبة على اللوح

النحاسي كنقاط تثبيت معزولة. أحد أطراف المقاومة يلحم إلى طبقة النحاس (الأرضي)، الطرف الآخر يستعمل كنقطة توصيل للدائرة. بإمكانك أن تستعمل من **1MΩ** إلى أعلى ما متوفر تحت اليد بقدرات ربع ونصف واط. المقاومات ذات القيم العالية تتصرف كعوازل حقيقية أكثر من كونها مقاومات. لذا كلما ارتفعت قيمة المقاومة كانت مناسبة لهذا الاستخدام.



مخطط تفصيلي يتضمن في A لوح مجمع عليه دائرة كهربائية بطريقة التجميع القبيح Ugly Construction سابق الوصف. في B تجد مقاومة مفردة ذات قيمة مرتفعة كيف يتم ثني أطرافها واستخدامها كنقطة تثبيت. في C تجد مخطط الدائرة الكهربائية التي جرى تنفيذها في A.

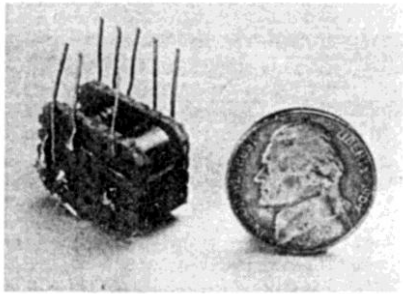
في الشكل الأعلى تجد أن دائرة القاعدة للترانزستور قد شغلت حيزاً كبيراً مبالغاً فيه وهذا لعدم التداخل في الرسم. وفي الدوائر العملية جميع التوصيلات الحاملة للإشارة **Signal leads** يجب أن تبقى قصيرة قدر الإمكان. لذا فإن **E4** يجب أن تكون قريبة جداً إلى **Q1** مما تراه في الرسم.

المقاومات **R1** و **R2** في الشكل الأعلى تفيد في الواقع لغرضين: إنهما ليسا المقاومات الوحيدة في الدائرة لكنهما يؤديان وضيفة نقاط تثبيت. هذا الإجراء العملي ممكن أن يمارس حيثما توفرت مقاومة أو متسعة في الدائرة ممكن أن تؤدي هذا الدور المشترك.

استغلال الفراغ Space Savers:

بالإمكان تصغير مجموعة مكونات الدائرة التي نجمعها بطريقة تسمى أكداس الحطب **Cordwood**. هذه الصيغة تشبه جدران البناء الجاهز المسماة ساندويتش **Sandwich**. في الخارج تكون النهايات وفي الوسط تتكدس مكونات الدائرة. وبذلك يمكن أن تكون الجدران الخارجية من الألواح المثقبة ويجري

التسليك بطريقة نقطة إلى نقطة أو دائرة مطبوعة على كلا الجدارين. هذه الطريقة مفيدة للحصول على دوائر مجمعة صغيرة الحجم. تشاهد في الشكل التالي مضخم ذو استجابة ترددية عريضة -**Broad band amplifier** قد جرى تجميعه بهذه الطريقة.

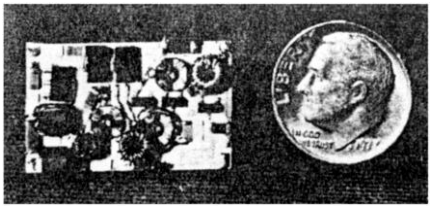


صيغة التجميع بطريقة أكداس الحطب من خلالها نجمع دوائر فرعية مدمجة. في الصورة نرى مكبر عريض الاستجابة يتألف من ترانزستورين ومتسعتين و ست مقاومات.

طريقة أخرى لتوفير المكان من خلال تركيب المكونات على سطح لوح التجميع وتسمى التركيب السطحي **Surface-mounted** أو المكونات الرقائقية **Chip Components**. معظم دوائر الترددات ما بعد العالية **UHF** أو دوائر الموجات الدقيقة **Microwaves** نرى المصانع متحمسة الآن لبنائها من المتسعات والمقاومات الرقائقية **Chip resistors and Capacitors**. وتتوفر نبائط أخرى مثل مصفوفات الترانزستورات والثنائيات قد صنعت بصيغة توفير المكان **Space Saving Format**.

مكونات التركيب على السطح تأخذ حيز قليل جداً على لوح الدائرة المطبوعة **PC board**. وحتى أقل من الحيز الذي يتطلبه وضع المكونات وتوصيلاتها الخارجية على قطعة من السيراميك كطبقة أساسية **Substrate** لصنع دائرة رقائقية عالية السماكة **A thick-film module**. بإمكان هواة الالكترونيات المتمرسين تجميع دائرة بصيغة **Thick-film module** في المنزل. التقنيات المستخدمة هذه الأيام هي خارج العرض الذي نحن بصدده وربما سنمر به في المستقبل القريب.

في الشكل التالي بإمكانك أن ترى ماذا يمكن أن نصنع من خلال تقنية الرقائق السميكة **Thick-film Technology** لصنع دوائر منمنمة (منمنمة تعني مصغرة).



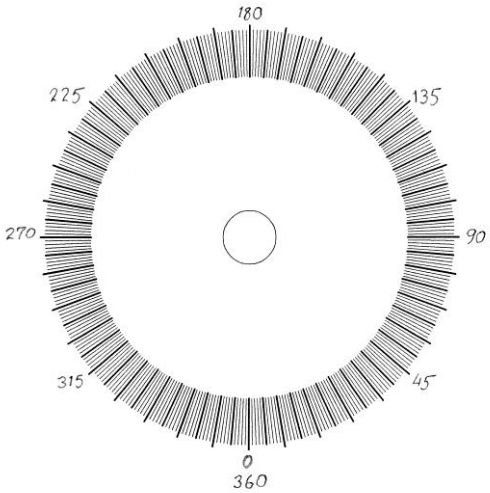
المكونات المركبة على السطح Surface-mounted Components **تأخذ حيزاً بسيطاً على اللوح عند تجميع الدوائر الرقائقية عالية السماكة** thick-film module.

المصادر:

١- الخبرات العملية في الميدان.
٢- **ARRL Handbook 1994**
٣- **QST March 2006**

برنامج يرسم تدريجات منقلة دائرية حسب الحجم المرغوب، باستعمال البيسك المرئي

الحاجة إلى رسم تدريجات المنقلة تظهر واضحة جلية عند الرغبة في صنع تدريجات لضابطة معينة (ضابطة تعني قبضة التدوير للمقاومة المتغيرة أو المكثف المتغير أو نحوه)؛ كأن تكون ضابطة لمجهاد معين في أداة قياس أو ضابطة لتنغيم معين مثل تنغيم مقياس الهبوط أو غيره، لذا ترانا عندما نحتاج إلى تعيين مواقع التدريجات أن نعلم زاويتها على محيط الدوران الدائري لنقوم بإدخال هذه الزوايا إلى برنامج لاحق يتولى رسم هذه التدريجات بدقة وأناقة لا تصل إليها أي مهارة يدوية نتوقعها.

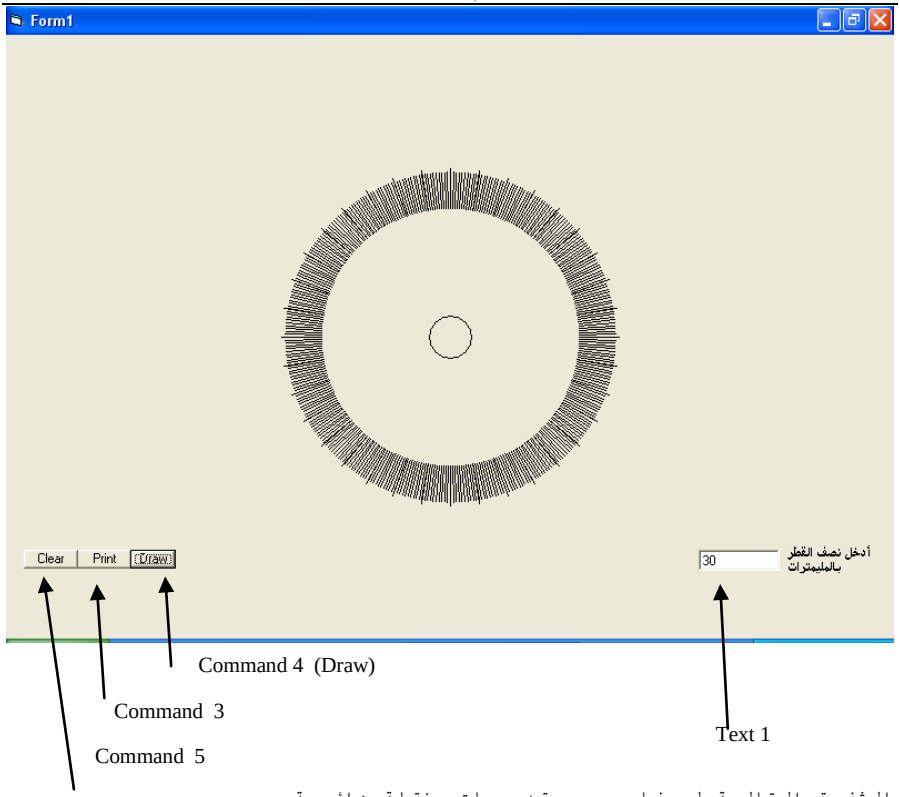


البرنامج التالي بإمكانك أن تستخدمه أو أن تجري عليه التعديلات كما ترغب لرسم تدريجات الزوايا ٣٦٠درجة. وتجنباً لأي تطويل لا فائدة منه قمت بكتابة الأرقام باليد على النموذج الذي تراه وهي تفي بالغرض تماماً.

فيما يلي تجد النموذج المستخدم مؤشرة عليه الأغراض التي تقابل الكود المرفق، ولمن يرغب تجده مرفقاً إلى قرص مدمج منفصل عن الكتاب.

بعد أن يرسم البرنامج التدريجات على النموذج يرسم نفس التدريجات على ذاكرة الطابعة ويكون بإمكان المستخدم طبع الصفحة أو إلغائها.

ملاحظة: قد لا تقدم الصورة أعلاه المأخوذة بالماسح الضوئي فكرة صحيحة عن جودة التدريجات حال خروجها من الطابعة، ولكن لوحظ عملياً أن التدريجات الخارجة من الطابعة ترقى في أناقتها وجودتها إلى مستوى أجود منتج لكبرى الشركات.



الشفرة التالية لبرنامج رسم تدريجات منقلة دائرية

```
Option Explicit
'التصريح بالمتغيرات ونوعها
 Dim P, R, N, E As Integer
 Dim A, B, C, D As Double
-----------------------------------------------------
 Public Function Radian(DGR) As Double
 ' البيسك المرئي لا يمكنه التعامل إلا من خلال الزوايا الدائرية أو
كما تسمى النصف قطرية
 ' لذا كتبنا هذه الدالة العامة كي نكتب لها الزوايا بالدرجات فتحولها
إلى النظام الدائري
Radian = DGR / (180 / 3.141592654)
End Function
-----------------------------------------------------
Public Sub BCDE()
' نقطتين كل نقطة لها إحداثيين وكل مستقيم يمثل تدريجة يتم رسمه يتألف
من نقطتين
'احداثيي النقطة العليا
B = (Sin(Radian(A)) * N) + ScaleWidth / 2
C = (Cos(Radian(A)) * N) + ScaleHeight / 2
```

```
'احداثيي النقطة السفلى القريبة من المركز
D = (Sin(Radian(A)) * R) + ScaleWidth / 2
E = (Cos(Radian(A)) * R) + ScaleHeight / 2
' يرسم المستقيم
Line (B, C)-(D, E)
End Sub
-------------------------------------------------------------
Private Sub Command3_Click()
' يطبع الورقة
Printer.EndDoc
End Sub
-------------------------------------------------------------
Private Sub Command4_Click()
' يرسم الدائرة الداخلية الصغيرة
Circle (ScaleWidth / 2, ScaleHeight / 2), 288
Printer.DrawWidth = 3
Printer.Circle (ScaleWidth / 2, ScaleHeight / 2), 288
For A = 0 To 360 Step 1
BCDE
Printer.Line (B, C)-(D, E)
Next A
Printer.DrawWidth = 1
For A = 0 To 360 Step 5
BCDE
Printer.DrawWidth = 9
Printer.Line (B, C)-(D, E)
Next A
Printer.DrawWidth = 1
N = R + 550
For A = 0 To 360 Step 10
BCDE
Printer.DrawWidth = 9
Printer.Line (B, C)-(D, E)
Next A
N = R + 500
Printer.DrawWidth = 1
End Sub
-------------------------------------------------------------
Private Sub Command5_Click()
Printer.KillDoc
Cls
End Sub
-------------------------------------------------------------
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Printer.KillDoc
End Sub
-------------------------------------------------------------
Public Sub Text1_GotFocus()
SendKeys "{Home}+{End}": SendKeys "{Home}+{end}"
End Sub
-------------------------------------------------------------
Private Sub Text1_LostFocus()
R = Val(Text1.Text) * 57.6: N = R + 500
```

```
If R + 500 < (ScaleWidth / 2) - 256 And R + 500 > 0 Then GoTo 100
R = MsgBox("القطر كبير أو سالب", vbOKOnly, "Error")
Text1.SetFocus
SendKeys "{Home}+{End}"
    100    End Sub
```

رسم التدريجات لمقاييس الملف المتحرك حسب الطلب

عند معرفة (تيار أقصى انحراف **full scale deflection f.s.d.** للملفات المتحركة في المقاييس) و(مقاومة الملف) يصبح من السهل تحوير مقياس الملف المتحرك ليقرأ أي قيمة فولتية أو تيار نرغب بها؛ بمعنى التحكم بتيار أقصى انحراف للملف إلى أي قيمة مرغوبة. ويتم ذلك من خلال توصيل مقاومات إما على التوازي أو على التوالي مع طرفي الملف المتحرك للمقياس.

هذه الطريقة في التحوير تمكننا من الاستفادة من مقاييس ذوات الملف المتحرك الموجودة في السوق المستعملة أو الجديدة منها وتنسيبها لاحتياجاتنا. بعد ذلك نقوم بتحضير تدريج لوضعه خلف المؤشر. و كما نعلم يتعين أن يكون التدريج أنيقاً جذاباً، وبالتجربة بدا لي إن هذا صعب المنال من خلال رسم التدريج باليد رغم المهارة العالية التي يتمتع بها القائم بهذا العمل، لصغر الإبعاد والمتضمنة لزوايا تكون حساسة جداً للأخطاء. ولكن باستعمال راسمه **Plotter** مساقة من قبل حاسبة يصبح الأمر رائعاً.

لقد فطن الهواة الانكليز إلى إمكانية تحوير المؤشرات ليلاءم متطلباتهم في التطبيق، وعندما ينتهي التحوير يأتي دور تعديل التدريج خلف المؤشر. وكانت محاولاتهم دائماً مخيبة، فيذهب إلى البائع باحثاً عن تدريج جديد لمقياسه. لذلك كان بعض البائعين مثل **Maplin** يعلن مع نشرات المواد المعروضة للبيع (الكاتالوك) وبصيغة الرجاء إن هذه المقاييس لا يتوفر لها تدريجات احتياط. كان ذلك في عقد السبعينات حيث لم تكن الحاسبات تمتلك إمكانيات الرسم والطباعة كما هي اليوم.

عندما سنتحدث عن رسم التدريج سنخص به مقاييس الملف المتحرك ذات مدى حركة يبلغ **90** درجة، وهذا هو الشائع في معظم هذه المقاييس أما المقاييس ذوات الحركة أكثر من ذلك فيمكن للقارئ أن يحور الطرق التي سنذكرها لتلاءم احتياجه.

من صفات مقاييس الملف المتحرك أن تكون استجابتها للتيار المار بها أما خطية أو لوغاريتمية. ويتم اكتشاف ذلك (أي نوع المقياس هل هو خطي أم لوغاريتمي) من خلال تمرير تيار في ملف المؤشر وعن طريق مقاومة متغيرة نتحكم بذلك التيار حتى يحدث لدينا أقصى انحراف، نسجل قيمة التيار التي سببت أقصى انحراف، ثم ومن خلال المقاومة المتغيرة نقلل التيار إلى النصف (أي نصف ما سجلناه) يجب أن يقف مؤشر المقياس على منتصف التدريج (هذا للمقاييس الخطية الاستجابة). فإذا لم يكن كذلك إنما هبط المؤشر بمقدار ربع التدريج مثلاً نعلم حينها أن هذا المقياس غير خطي ونسميه لوغاريتمي لأن هبوط المؤشر يشبه ما هي عليه المقاييس اللوغاريتمية، ونحن نسميه لوغاريتمي بغض النظر عن أنه لوغاريتمي حقيقي أم يشبه اللوغاريتمي. وكلا النوعين سنتعامل معهما بنفس الأسلوب.

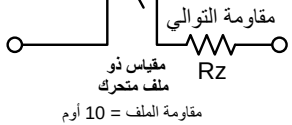
تحوير مقاييس الملف المتحرك إلى فولتمتر :

لاشك إن فرق الجهد على الملف المتحرك قليل حتى وإن كان انحراف المؤشر كلياً. فإذا أردنا أن نجعل الملف المتحرك مقياساً للفولتيه المستمرة وجب علينا تبديله إلى جهاز ذي مقاومة عالية. فإذا ربطت على التوالي مع الجهاز مقاومة عالية فان معظم الفولتية ستذهب على هذه المقاومة. وباختيار مقدار مناسب للمقاومة يمكن تدريج المقياس ليقرأ أية فولتية مطلوبة.

فإذا كان تيار أقصى انحراف للملف = **0.0025A**
ومقاومة الملف = **10Ω**

المطلوب ما مقدار المقاومة التي يجب ربطها على التوالي مع الملف **Rz** لينحرف إلى أقصى انحراف عند تسليط **100V**.

مقاومة التوالي **Rz** = **(0.0025A ÷ 100V) - 10Ω**



مقاومة الملف = 10 أوم
تيار أقصى انحراف = 0.0052 أمبير

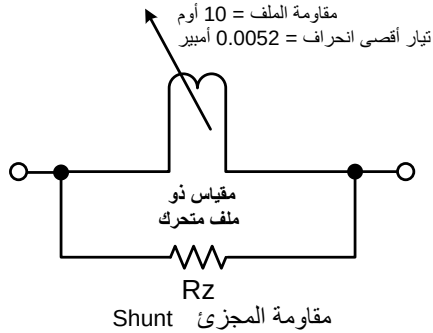
تحوير مقاييس الملف المتحرك إلى أمبير ميتر :

يتم هذا التحوير من خلال توصيل مقاومة على التوازي مع الملف وتسمى المجزئ **Shunt**. لنفرض إننا أردنا تبديل مقياس الملف المتحرك السابق ذو تيار أقصى انحراف البالغ **0.0025A** إلى أميتر ليقرأ لنا تيار **10A** لأقصى انحراف للمؤشر. وكانت مقاومة الملف **10Ω**.

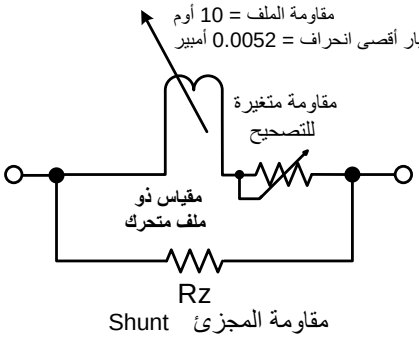
مقاومة المجزئ **Rz** = (تيار أقصى انحراف × مقاومة الملف) ÷ (التيار المطلوب قياسه – تيار الملف)

$$(0.0025A - 10A) \div (10\Omega \times 0.0025A) = Rz$$

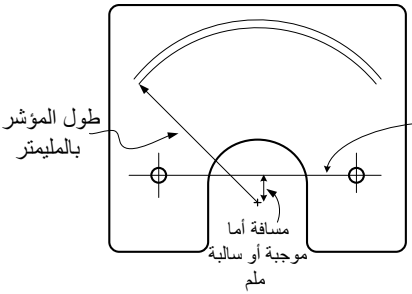
= 0.0025Ω مقاومة المجزئ المطلوب



وعملياً قد لا يجد القائم بالتحوير مقاومة ذات قيمة **0.0025Ω** لكنه يجد مقاومة ذات قيمة **0.003Ω** مثلاً لذا يلجأ كثير من الفنيين حتى المصانع إلى اعتماد الترتيب الموضح في المخطط التالي.



برنامج لرسم تدريج للفولتميتر



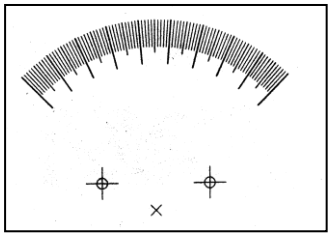
عندما نرغب برسم تدريج لمقياس ذو مؤشر متحرك، أول ما نقوم به نفتح اللوحة خلف المؤشر، ويتم ذلك في الغالب من خلال اثنان من المسامير المحوية (البراغي)، نضع اللوحة على الطاولة لنجد أمامنا ثلاث متغيرات.

١- طول المؤشر بالمليمترات.
٢- المسافة بين فتحتي (البراغي).
٣- المسافة بين المستقيم الواصل بين فتحتي (البراغي)، ومركز المؤشر إما موجبة (فوق المركز) أو سالبة (تحت المركز).

لاحظ إنه لا قيمة للحد الخارجي للوحة المقياس خلف المؤشر. إذ إننا سنكتب برنامج من خلاله تتولى طابعة الحاسبة رسم التدريج وأماكن (براغي) التثبيت.

بعد طبع التدريج على ورقة، نضع اللوحة فوق الرسم المطبوع (التدريج) ونطبق أماكن (البراغي) بدقة حتى لو اقتضى الأمر رفع اللوحة مع الورقة أمام مصدر ضوئي ومراقبة الضوء النافذ من خلال أماكن (البراغي) لغرض مطابقتها بدقة ويسر، ثم نرسم بالقلم الرصاص أثر اللوحة على الورقة وبذلك نحصل على الحد الخارجي حيث يتم قطعه بمقص.

قبل هذه العملية لدينا عدة خيارات لكتابة الأرقام على التدريج فإما أن نكتبها باليد أو باستعمال مسطرة الحروف، ومسطرة الحروف أسهل من محاولة كتابتها بالحاسبة إذ إنها لا تتطلب ذلك الوقت الذي يلزم لبرمجة الحاسبة عند إدراج النصوص على رسم ما.

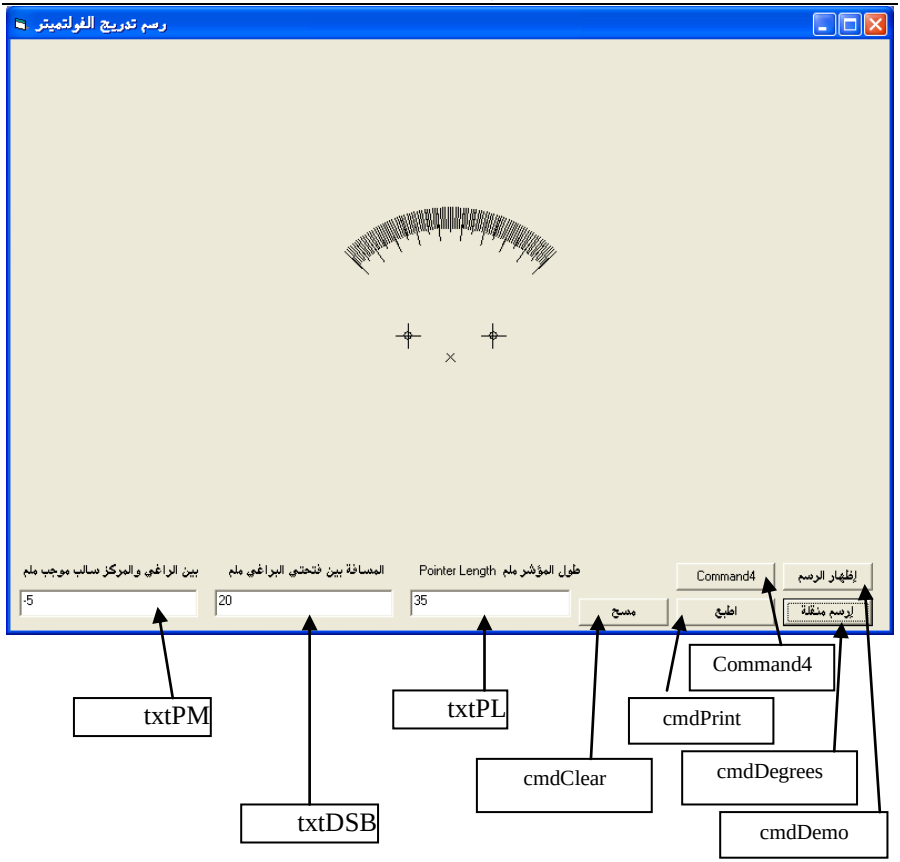


البرنامج التالي يطبع تدريج فولت ميتر حسب الحجم المطلوب كما ترى في الصورة المجاورة وهو يقدم تدريج مثالي مؤلف من **90** درجة ومؤشر عند خطوة الخمس والعشر درجات.

ويمكن تعديله ليرسم العدد المطلوب من التقسيمات، من خلال الدخول على شفرة البرنامج وتعديلها.

ستلاحظ إن البرنامج لا يتخذ مركز دوران المؤشر كمركز لرسم التدريج، إنما المسافة ما بين فتحتي البراغي هي المركز وستتمحور حولها كافة متغيرات تفاصيل الرسم.

على الصفحة التالية ستجد صورة للنموذج (الفورم) ومؤشر عليه أسماء الأزرار ليتيسر مراجعة الشفرة الخاصة بكل زر أمر.



برنامج رسم وطبع تدريج للفولتميتر ذو المؤشر المتحرك من ٩٠ درجة

```
Option Explicit
Dim R_X, R_Y, L_X, L_Y As Double ' Right hole X, Righthole Y, Left hole X and _
Left hole Y
Dim P, R, N As Integer
Dim A, B, C, D, E As Double ' BC are the XY fo the far end of each mark, DE _
are the XY for the near end of each mark.
Dim P_CX, P_CY  As Double ' Pointer Centere X and Pointer Center Y
-------------------------------------------------------------------------------------------------
--------------
'دالة عامة نكتب لها قيمة الزاوية بالدرجات فتحولها إلى القياس الدائري
 Public Function Radian(DGR) As Double
Radian = DGR / (180 / 3.141592654)
End Function
-------------------------------------------------------------------------------------------------
--------------
'برنامج فرعي يجري استدعائه باسمه ليجدد الاحائي السيني و الصادي
'للنقطة في بداية خط التدريجة والنقطة في نهاية خط التدريجة
Public Sub BCDE()
B = (Sin(Radian(A)) * N) + ScaleWidth / 2
```

```
C = (Cos(Radian(A)) * N) + (ScaleHeight / 2) - (Val(txtPM.Text) * 57.6)
D = (Sin(Radian(A)) * R) + ScaleWidth / 2
E = (Cos(Radian(A)) * R) + (ScaleHeight / 2) - (Val(txtPM.Text) * 57.6)
Line (B, C)-(D, E)
End Sub
---------------------------------------------------------------------------------------------------------
----------------
Private Sub cmdClear_Click()
مسح الشاشة ومسح الطابعة'
Printer.KillDoc
Cls
End Sub
---------------------------------------------------------------------------------------------------------
----------------
Private Sub cmdDdegrees_Click()
الزر المسمى إرسم منقلة'
النقطة التالية تستخرج قيمتها بالتويب بعد ضرب مليمترات طول المؤشر في طول المليم الواحد '
بالتويب
ويستفاد منها في تحديد النقطة النائية عن المركز للتدريجة الواحدة'
N = Val(txtPL.Text) * 57.6
النقطة التالية لتحديد نقطة التدريجة القريبة من المركز وهي أقرب بمقدار خمس مليمترات لاحظ '
الرقم ٥
R = (Val(txtPL.Text) - 5) * 57.6
الاحداثي السيني لمركز الثقب الأيمن ويستخرج بدلالة المسافة ابين الثقبين لتي أدخلناها'
في الواقع إن مركز المخطط هو المسافة بين الثقبين وليس مركز المؤشر الذي يستخرج بدلالة المسافة '
بين الثقبين
R_X = (((Val(txtDSB.Text) * 57.6) / 2)) + (ScaleWidth / 2)
الاحداثي الصادي لمركز الثقب الأيمن'
R_Y = ScaleHeight / 2
الاحداثي الصادي لمركز الثقب الأيسر'
L_X = (((Val(txtDSB.Text) * -57.6) / 2)) + (ScaleWidth / 2)
الاحداثي الصادي لمركز الثقب الأيسر'
L_Y = ScaleHeight / 2
الاحداثي السيني لمركز المؤشر'
P_CX = ((R_X - L_X) / 2) + L_X
الاحداثي الصادي لمركز المؤشر'
P_CY = R_Y - (Val(txtPM.Text) * 57.6)
فيما يلي تحديد عرض خط الرسم'
Printer.DrawWidth = 2
رسم دائرة صغيرة في مركز الثقب الأيمن'
Circle (R_X, R_Y), (1 * 57.6)
إرسال نفس الدائرة إلى الطابعة'
Printer.Circle (R_X, R_Y), (1 * 57.6)
رسم دائرة صغيرة في مركز الثقب الأيسر'
Circle (L_X, L_Y), (1 * 57.6)
Printer.Circle (L_X, L_Y), (1 * 57.6)
رسم علامة زائد في مركز الثقب الأيمن'
Line ((R_X + (3 * 57.6)), R_Y)-((R_X - (3 * 57.6)), R_Y)
Printer.Line ((R_X + (3 * 57.6)), R_Y)-((R_X - (3 * 57.6)), R_Y)
رسم علامة زائد في مركز الثقب الأيسر'
Line (R_X, R_Y + (3 * 57.6))-(R_X, R_Y - (3 * 57.6))
Printer.Line (R_X, R_Y + (3 * 57.6))-(R_X, R_Y - (3 * 57.6))
Line ((L_X + (3 * 57.6)), L_Y)-((L_X - (3 * 57.6)), L_Y)
Printer.Line ((L_X + (3 * 57.6)), L_Y)-((L_X - (3 * 57.6)), L_Y)
Line (L_X, L_Y + (3 * 57.6))-(L_X, L_Y - (3 * 57.6))
Printer.Line (L_X, L_Y + (3 * 57.6))-(L_X, L_Y - (3 * 57.6))
Line (P_CX + (1 * 57.6), P_CY + (1 * 57.6))-(P_CX - (1 * 57.6), P_CY - (1 * 57.6)) _
الجملة العليا ترسم أحد الخطين المتقاطعين للمركز الرقم ٢ يمثل طول الخط بالمليمتر '
Printer.Line (P_CX + (1 * 57.6), P_CY + (1 * 57.6))-(P_CX - (1 * 57.6), P_CY - (1 * 57.6))
رسم الخط المتقاطع الثاني في مركز المؤشر'
Line (P_CX - (1 * 57.6), P_CY + (1 * 57.6))-(P_CX + (1 * 57.6), P_CY - (1 * 57.6))
Printer.Line (P_CX - (1 * 57.6), P_CY + (1 * 57.6))-(P_CX + (1 * 57.6), P_CY - (1 * 57.6))
رسم التدريجات درجة درجة'
For A = 135 To 225 Step 1
BCDE
Printer.Line (B, C)-(D, E)
Next A
R = (Val(txtPL.Text) - 6) * 57.6
Printer.DrawWidth = 3
رسم التدريجات خمسة خمسة'
```

```
For A = 135 To 225 Step 5
BCDE
Printer.Line (B, C)-(D, E)
Next A
تعديل طول التدريجة'
R = (Val(txtPL.Text) - 8) * 57.6
Printer.DrawWidth = 5
رسم التدريجات عشرة عشرة'
For A = 135 To 225 Step 10
BCDE
Printer.Line (B, C)-(D, E)
Next A
إعادة طول الخط إلى ما كان'
Printer.DrawWidth = 1
End Sub
-------------------------------------------------------------------------------------------------------
--------------------
Private Sub cmdDemo_Click()
يعرض رسم توضيحي ليذكرنا بالمسافات الثلاثة المهمة'
If pctDemo.Visible = "False" Then
pctDemo.Visible = "True": cmdDemo.Caption = "إخفاء الرسم"
Else
pctDemo.Visible = False: cmdDemo.Caption = "إظهار الرسم"
End If
End Sub
-------------------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------
Private Sub cmdPrint_Click()
'يطبع الورقة
Printer.EndDoc
End Sub
-------------------------------------------------------------------------------------------------------
---------------------
Private Sub txtDSB_GotFocus()
SendKeys "{Home}+{End}"
End Sub
-------------------------------------------------------------------------------------------------------
--------------
Private Sub txtPL_GotFocus()
SendKeys "{Home}+{End}"
End Sub
-------------------------------------------------------------------------------------------------------
--------------
Private Sub txtPM_GotFocus()
SendKeys "{Home}+{End}"
End Sub
```

قياس فولتية الترددات الراديوية

RF Voltage (RF Probe) (FET Voltmeter)

عندما نرغب بمعرفة القدرة المغذاة إلى حمل، نقيس الفولتية على طرفي الحمل لحظة استهلاكه للقدرة. ومن قانون أوم تكون القدرة مساوية إلى مربع الفولتية الفعالة **RMS** على طرفي الحمل بالفولت مقسومة على مقاومة الحمل بالأوم $R = E^2 \div R$ حيث **E** تساوي القيمة الفعالة للفولتية (جذر متوسط التربيع) بالفولت.

وهذا سهل ومعروف في قدرات التيار المستمر والتيار المتناوب. لكن الصعب والغير متاح عندما تكون الفولتية ذات تردد راديوي **RF** (يعني **300KHz** فما فوق) وليست تياراً مستمراً أو متناوبا بتردد **50Hz**.

مثال: عندما نرغب بمعرفة القدرة الخارجة من مرسلة صغيرة إلى الحمل. عندما تكون قيمة الحمل معلومة كأن تكون **50** أوم وهو الشائع فإننا نجهز الخارج من المرسلة إلى مقاومة ذات **50Ω** ونقيس الفولتية الفعالة للتردد الراديوي على طرفي المقاومة ثم نستخرج القدرة كما مر بنا.

نستعمل لهذا الغرض مقاومة خالية من الحث كحمل بدل الحمل الحقيقي الذي هو الهوائي، مثل مقاومة (كاربونية)، وتوجد مقاومات خاصة لهذا الغرض تسمى مقاومة الحمل الخامل **Dummy load** وتتوفر بقدرات مختلفة وزعانف لإشعاع الحرارة، وتسمى أحيانا (هوائي صوري) لأنها تسلك سلوك هوائي لا يشع الطاقة إنما يحولها إلى حرارة. والمقاومات ذات السلك الملفوف لا تصلح لهذا الغرض لاحتوائها على حث وسعة بين اللفات.

ويمكن تصنيع مقاومات خاملة من خلطات مثل مسحوق الكاربون (المستخرج من القطب الموجب للبطارية الجافة) أو الكرافايت والأسمنت بنسب نكتشفها بالتجريب ونصب الخلطة على شكل قلم ثم نطلي نهايتيه بالنحاس (باستعمال كبريتات النحاس الزرقاء) ونُقَصِّر طول القلم بحجر التجليخ (الكوسرة) على قدر ما نحصل منه على مقاومة **50** أوم.

وعند قياس الفولتية الفعالة للتردد الراديوي على طرفي الحمل نستعمل لهذا الغرض مسبار تردد راديوي **RF Probe** يحول فولتية التردد الراديوي إلى تردد مستمر ينتقل عبر سلك المسبار إلى مقياس فولتية الكتروني إما رقمي مثل الأنواع المتوفرة هذه الأيام في الأسواق أو تماثلي (ذو المؤشر).

فيما يلي سنقدم تفصيلاً لطريقة بناء مسبار التردد الراديوي، ثم شرحاً وتفصيلاً لطريقة بناء فولتميتر الكتروني تماثلي (والأخير هو خلاصة بناء وتشغيل العديد من النماذج لمعرفة الأفضل عند العمل).

وبذلك ستحصل عزيزي القارئ على قطعتين نفيستين للقياس لا تجدها متوفرة في الأسواق وإذا توفرت ستجدها بالباهظ من الأسعار، هاتين القطعتين ستمكنك من معايرة وضبط أجهزة (قياس قدرة التردد الراديوي الخارجة من المرسلة). ومعايرة وضبط (وحدات توفيق الهوائي التجارية). وستتمكن بمساعدة هاتين القطعتين على معرفة فيما إذا تعرضت الدائرة تحت البناء أو الصيانة (أي دائرة كانت) إلى حالة من عدم الاستقرار (تذبذب خفي) أم لا، وفي كثير من المواقف ستغنيك عن الاستعانة بمشهاد الإشارة (الأوسلسكوب).

كيف أستطيع أن أكتشف تذبذب عدم الاستقرار؟

عندما تبني مضخم سمعي مثلاً أو راديوي وتنتهي منه ستوصل إليه التيار للفحص فإذا لم يتصرف كمضخم وبقي هامداً أو (ساكتاً). فأنت أمام حالتين إما المضخم لا يعمل لوجود خلل أو إن المضخم صالح لكنه يتذبذب بصمت بتردد مرتفع جداً. وقد حدث عملياً أن مضخم قدرة سمعي ذو قدرة **7W** من دائرة متكاملة يتذبذب بتردد يقع ضمن منطقة **VHF** وحرارة المتكاملة ترتفع. يتم التأكد من إن الدائرة تتذبذب بمس أجزائها بمسبار التردد الراديوي الموصل إلى فولتميتر الكتروني ويفضل التماثلي فإذا انحرف مؤشر الفولتميتر دل على وجود تذبذب، إذ إن مسبار التردد الراديوي لا يمرر

الفولتية المستمرة لوجود المتسعة في مقدمته لكنه يمرر الفولتيات المترددة. وبذلك نكتشف ونعالج المرحلة المتذبذبة دون أن نشك إن معالجتنا في الاتجاه الخطأ.

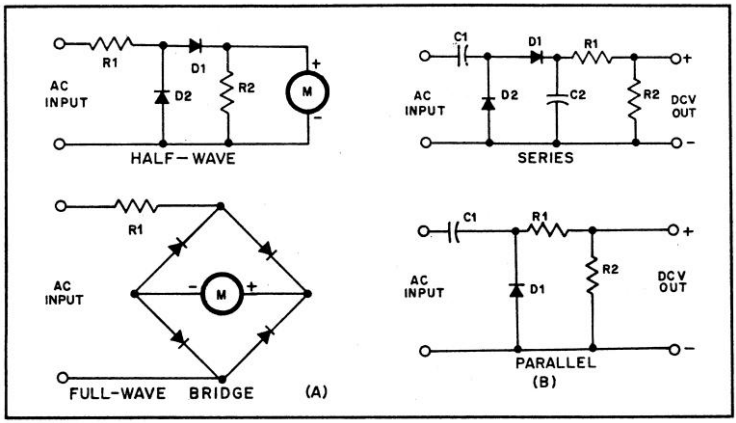
وأحياناً مع دائرة أخرى نجدها تعمل لكنها فجأة تتوقف عن العمل، بمساعدة المسبار نكتشف هل التوقف المفاجئ بسبب تذبذب عدم الاستقرار أم غيره.

مسبار لقياس فولتيات الترددات الراديوية يرفق إلى الفولتميترات الالكترونية An RF Probe For Electronic Voltmeters :

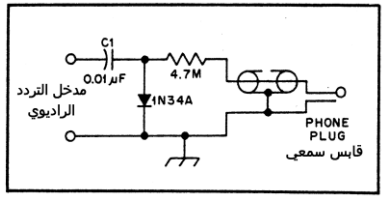
عند قياس فولتية الترددات الراديوية يتعين اتخاذ تدابير خاصة للتخلص من السعة بين المجسات (سعة الدخول) حيث تخفض هذه السعة ممانعة الدخول بشدة وتضيِّع الإشارة المراد قياسها، وأفضل إجراء يتم من خلال وضع دائرة لتقويم التردد الراديوي عند النقطة التي نروم عندها قياس الفولتية، مستخدمين أقصر التوصيلات الممكنة عند التجميع. إذاك يمكن وضع مقياس الجهد المستمر **DC Voltmeter** بعيداً عن نقطة القياس.

وعموماً لغرض قياس فولتية الترددات الراديوية فإننا نستعمل مسبار التردد الراديوي **RF Probe** موصلاً إلى فولتميتر الكتروني ذو مقاومة دخول تبلغ نحو **11MΩ**.

مخطط الدائرة الذي تجده في الشكل٢ قد استخدم فيها ما يسمى الدائرة الأساسية (لأنشوطة قياس القمة **shunt reading Peak-**) للشكل**B**١.



الشكل١ في A دائرة تقويم نصف الموجة وموجة كاملة لقياس معدل القيم average values **للتيار المتناوب المراد قياسه. في B دوائر نصف الموجة لقياس القيم الذروية** Peak-reading **لأنصاف دورات التيار المتناوب.**



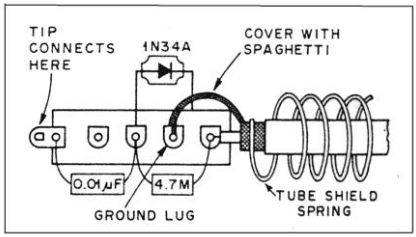
الشكل٢ دائرة مسبار التردد الراديوي.

مقاومة التوالي مركبة في المسبار قريبة إلى عنصر التقويم مانعة التردد الراديوي **RF** من أن يمر عبر سلك المسبار إلى الفولتميتر. بالإضافة إلى أن التردد الراديوي يُمنع من الوصول إلى الفولتميتر بسبب سعة سلك الربط. مقاومة التوالي هذه وعند اتصالها بمقاومة دخول الفولتميتر الالكتروني البالغة **10MΩ** يحدث لدينا مقسم جهد يتسبب في خفض مقدار الفولتية المستمرة المقاسة إلى قيمة تكافئ جذر متوسط التربيع لفولتية إشارة

التردد الراديوي. وبذلك تصبح قراءة فولتية التردد الراديوي متوافقة مع التعيير الطبيعي لفولتميتر التيار المستمر.

الثنائيات المتوفرة لبناء المسبار لكي تستعمل في الدائرة؛ الثنائي النقطي من الجرمانيوم **Germanium Point-Contact** ويفضل ثنائي شوتكي **Schottky** لتطبيقات الترددات الراديوية. فهو يمتلك سعة قليلة (حوالي **1PF**).

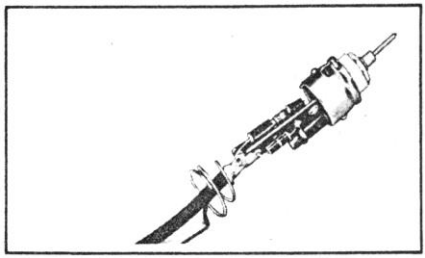
وفي الأنواع ذات المقاومة العكسية المرتفعة لا يعتبر التيار العكسي مهما. إلا أن فولتية الانحياز العكسي التي يتحملها الثنائي هي التي تحدد مقدار الفولتية التي يتمكن المسبار من قياسها وتبلغ **50-75** فولت، تتحدد بها قيمة جذر متوسط التربيع التي يقيسها المسبار بحدود **15** أو **20** فولت. ويمكن توصيل الثنائيات على التوالي عند الرغبة في الحصول على فولتيات قياس أعلى.



الشكل٣ مخطط يبين ترتيب المكونات.

الدائرة الكهربائية للمسبار تجدها في الشكل٢ ترتيب الأجزاء تجدها في الشكل٣.

الشكل٤ مسبار تردد راديوي مستخدم مع فولتميتر الكتروني. هيكل المسبار مبني من قاعدة صمام من السيراميك ذات سبعة مسامير تم قطعها ولحام رأس مجس في وسط القاعدة ولها حجاب معدني بطول 2 1/4 **انج. قطعة مطاط** Grommet **ذات نصف انج عند قمة حجاب الصمام لمنع الموصل الخارج من أن يتلف بالاحتكاك. شبكة توصيل أرضي مرنة مع مشبك فم التمساح تؤمن ممر رجوع ذي ممانعة واطئة من الدائرة تحت الفحص.**



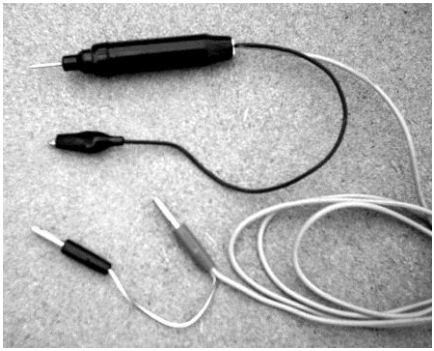
الشكل٥ داخل المسبار. الثنائي 1N34A **و مقاومة التعيير ومتسعة الدخول مركبة إلى شريط بتلات بأقصر توصيلات ممكنة. توضع أنابيب عازلة على توصيلات الثنائي لمنع حدوث دورة قصيرة عارضة. نابض الحجاب وتوصيل الأرضي المرن تلحم إلى شبكة الحجب (للكيبل) وهو من نوع** RG-58 coax. **الرأس ممكن أن يستخرج من أحد مجسات الفحص.**

الصور تبين طريقة لتجميع المسبار داخل قاعدة صمام ذو سبعة مسامير ولها حجاب يركب حول الصمام، القاعدة والغلاف استعملها القائم بالتجميع كهيكل يحوي مكونات المسبار. قاعدة الصمام هذه غير متوفرة هذه الأيام. لذا نستخدم بدائل ونجمع المسبار داخل هيكل قلم (ماجك من البلاستك) مثلاً؛ نركب المواد كما نجدها في الشكل٣، نغلفها بأنبوب كارتون ونغلف الكارتون بورق نحاسي ونوصله باللحام إلى حجاب (الكيبل) الا إذا كان هيكل القلم معدني فلا حاجة للورق النحاسي. بالإمكان أن نستعمل أي سلك محجوب مثل المستخدم للإغراض

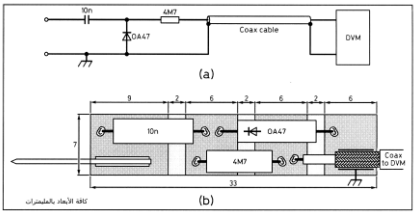
السمعية كتوصيل للمايكروفون، ولا ضير من ذلك إذ إنه سينقل تياراً مستمراً. وتفيدنا السعة الداخلية لخط التوصيل المحجوب إذ ستتصرف كسعة تنعيم.

ننزع رأس القلم (الماجك) ونركب بدلها قطعة معدنية من مجسات الفحص (للأوفوميتر) ليصبح لهيكل القلم نهاية معدنية في الرأس نوصلها إلى الدائرة.

دقة القياس لمسبار التردد الراديوي هذا تصل إلى **10 %** +- لترددات من **50KHz** إلى **250KHz**. وتبلغ ممانعة الدخول **600Ω** ممررة **Shunted** بمتسعة تبلغ قيمتها **1.75PF** (عند تردد **200MHz**).

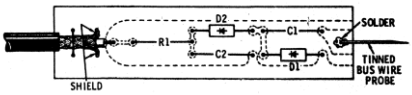


الشكل٦ صورة فوتوغرافية تبين مسبار التردد الراديوي RF Probe **الذي جرى بناءه داخل هيكل لقلم يسمى شعبياً قلم (ماجك)، لاحظ سلك التوصيل هو سلك مايكروفون مجوب.**

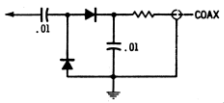


طريقة أخرى لتجميع مسبار التردد الراديوي RF Probe **قام بها هاوي الراديو** G3OKA **وقد وضع المكونات على لوح كالمستعمل لإعداد الدوائر المطبوعة بعد أن قسمه إلى قطاعات باستعمال شفرة للإعمال اليدوية.**

بعد الانتهاء من التجميع غلف المجموعة بعازل أنبوبي قابل للانكماش بتأثير الحرارة. وأصبح جاهزاً للعمل.



ترتيب وضع الأجزاء لمسبار القمة قمة



مخطط الدائرة الكهربائية لمسبار قياس قمة قمة لفولتية الترددات الراديوية

في الأعلى تجد مخطط لمسبار تردد راديوي، الفولتية التي يقيسها هي ما يكافئ فولتية موجة التردد الراديوي بين القمتين **Peak to peak**.

مقاييس الفولتية الالكترونية Electronics Voltmeters

لقد ذكرنا سابقاً ولأسباب عديدة يتعين أن تكون ممانعة دخول أجهزة قياس الفولتية مرتفعة جداً وذلك لمنع الأخطاء المتأتية من التحميل الزائد بسبب مرور تيار القياس من النقطة المراد قياسها إلى داخل المقياس.

استعمال مقاييس تقليدية ذات مقاومة عالية ينتج عنه صعوبة في قياس الفولتيات المنخفضة (أقل من **1000** فولت) لأننا سنحتاج إلى مقاومات تنسيب واطئة كلما انخفضنا بمستوى الفولتية الذي نروم قياسه.

يمكن جعل مقاومة دخول الفولتميتر لا تعتمد على مدى الفولتية **Voltage range** الذي نختاره أثناء القياس كما يحدث عند استعمال الفولتميترات التماثلية ذات المؤشر وذلك باستعمال الصمامات الفراغية **Vacuum Tube** أو ترانزستورات تأثير المجال **Field-effect transistors** كمكبر للتيار المستمر بين الدائرة تحت القياس والمبين الذي قد يكون نوع المؤشر المتحرك أو مبين رقمي.

بما أن ممانعة الدخول لهذا النوع من النبائط الالكترونية مرتفعة بشكل كبير(مئات الملايين من الأومات) فإنها لا تملك أي تأثير على الدائرة الالكترونية التي نفحصها. لكنها تتطلب ممر مغلق **Closed DC Path** للتيار المستمر عند المدخل (ويمكن لهذا الممر أن يمتلك مقاومات عالية). وهذه النبائط لها كذلك سعة قياس تحدد الفولتية التي بإمكانها أن تتعامل معها عند المدخل. وبسبب هذا فأن النبيطة في حقيقة الأمر تقيس فولتية صغيرة عبر مقطع من مقسم جهد ذو مقاومات عالية موصل إلى الدائرة تحت القياس. ومن خلال نقاط تقسيم متعددة على مقسم الجهد يمكن الحصول على مديات قياس متعددة.

عند تصميم الفولتميترات الالكترونية أصبح من الثوابت القياسية **Standards** عملياً استعمال مقسم جهد عند المدخل يمتلك مقاومة تبلغ **10MΩ** مقسمة إلى نقاط حسب الحاجة لتتصل على التوالي مع مقاومة **1MΩ** توضع في المجس. وبذلك تصبح المقاومة الكلية للفولتميتر بضمنها مقاومة المجس (المسبار) مساوية لـ **11MΩ**.

مقاييس فولتية رقمية هجينية Hybrid Digital Meters :

على مدى سنوات منذ أن أصبح سعر المقاييس الرقمية **Digital multi-meters DMMs** في متناول الهواة والفنيين، فإن المأخذ الأهم على هذه المقاييس هو عجزها عن بيان القمة الحادثة للفولتية المقاسة **Peaking** أو نقطة اختفاء الفولتية **Nulling** في دائرة ما. زمن التحويل **Conversion** والعرض **Display** لمعظم المقاييس الرقمية بطئ إلى درجة إن القمم البسيطة للفولتيات أو القيعان (جمع قاع وتسمى أحياناً **Null** وتعني لاشيء) يصبح من المستحيل تبيانها.

لهذا السبب فإن معظم بنائي الدوائر الالكترونية لا زالوا يحتفظون بأجهزة قياس (الفولتية الالكترونية) **VTVM** القديمة حسنة الأداء على طاولة العمل.

في السنين الماضية اتخذت المصانع عدة إجراءات لجعل المقاييس الرقمية جذابة أكثر إلى المستخدمين الذين يحتاجون تبيان القمم أو القيعان **Peaking and nulling** ((تبيان القمة يحتاجه مثلاً من ينغم دوائر الرنين، والحاجة إلى القاع يحتاجه من يوازن قنطرة قياس أو ينغم دائرة شفط)). ونتيجة هذا فقد اتخذت المصانع ثلاثة إجراءات:

١-تم إرفاق مقياس تماثلي صغير معاير بخطى كبيرة إلى المقياس الرقمي على الواجهة الأمامية، لتبيان ما ذكرناه أعلاه. هذه الطريقة مكنت المستخدم من الحصول على القمة والقاع وفي نفس الوقت التمتع بدقة القياس التي تقدمها المقاييس الرقمية في علبة واحدة. ومن الأمثلة على هذه الأنواع **Heath IM-2264** و **Simpson 460-3**.

٢-إضافة مبين شريطي نقطي **Bar graph** إلى العارضة الرقمية للمقياس. هذا المبين يتألف في الغالب من صف ذو **20** إلى **40** نقطة، حيث تضيء حسب كم في المائة تبلغ الفولتية تحت القياس من المدى المختار. مثلاً إذا المقياس على المدى **2V** والمبين الشريطي

يمتلك **20** نقطة فإن نقطة واحدة ستضيء لكل زيادة في الفولتية تبلغ **0.1V** وهذه خطوة كبيرة ولكنها مفيدة من الناحية العملية. من أمثلة هذه المقاييس سلسلة **70 Fluke** (بيعت من قبل **Heath** تحت الطراز **SM77**) و **Simpson 467**.

٣- الطريقة الثالثة تستعمل مبينات ضوئية من نوع **LED** واحد لبيان القمة وآخر لبيان القاع أو العدم **Null**. عندما تصل الفولتية إلى قيمتها الذروية فإن ثنائي القمة **Peak** سيضيء بلمعان أشد. وعندما تحدث نقرة مفاجئة فإن ثنائي القمة وثنائي القاع تضيء معاً بلمعان متساو. وعند عبور القمة فإن ثنائي القاع **Null** سيضيء. ربما هذه أصعب الطرق الثلاث عند الاستعمال. ومن الأمثلة على هذا النوع من المقاييس هو **SENCORE DVM56A**. وعلى كل فرد أن يقرر أي الطرق الثلاث تلاءم عمله. ولكن مع التطوير المستمر لتقنيات القياس، فقد لا يبدو ذلك اليوم بعيداً حيث تختفي المقاييس الميكانيكية تماماً من التطبيقات الكهربائية والالكترونية.

وأود أن أذكر صفة أخرى أو حسنة من حسنات المقاييس التماثلية ذات المؤشر، وهي إن قراءة المقياس لا تتطلب قراءة الرقم الذي يقف عليه المؤشر، بمجرد أن ندرك موقع المؤشر هل هو على الوسط أو أقل حتى تظهر القيمة التي يشير إليها في أذهاننا. لذلك إذا كان المقياس بعيداً على لوحة سيطرة كهربائية مثلاً يمكن أن نلمح المكان الذي يقف عليه مؤشر القياس من بعيد. بينما مع المقاييس الرقمية يتعين علينا أن نقرأ الرقم ونلحظ مكان الفارزة العشرية ثم نقرأ الإشارة التي تقول **mV** أو **uV** ونحول هذه المعطيات جميعاً في ذهننا إلى مفاهيم أي نترجمها حين ذاك يتيسر لنا إدراك ماذا يقرأ لنا المقياس.

بناء مقياس فولتية الكتروني ذو دائرة متكاملة An IC Voltmeter

أحد التقنيات الأساسية التي نتبعها عند حدوث الأعطال تتمثل في فحص الفولتيات عند نقاط مختلفة من الدائرة.

الفولتية المقاسة عند نقطة معينة نقارنها مع قيمة نحن نتوقعها عند تلك النقطة، كأن تكون قيمة مأخوذة من نفس النقطة في دائرة صالحة للعمل. معرفة الفولتية التي نتوقعها مهم جداً. وإذا لم يكن لدينا أي فكرة حول ما يجب أن تكون، فإن قياس فولتية النقاط لا يقدم لنا الكثير لمعالجة المشكلة التي نحن بصددها.

ومن الغالب أن الفولتية التي نقيسها لا تتفق مع القيمة التي نتوقعها. الاختلاف البسيط أمر طبيعي وهي لا تعني بالضرورة أن الدائرة لا تعمل كما يجب.

الشكل٧ فولتميتر ذو دائرة متكاملة IC مركب في هيكل بلاستيكي صغير. جهاز القياس الأساسي هذا يقيس فولتيات مستمرة فقط، ولكن مع إرفاق مسبار تردد راديوي RF Probe إليه كالذي شرحناه يصبح مؤهلاً لقياس الترددات الراديوية. المبين بين مقابس التوصيل في الصورة لتبيان أن الجهاز في حالة اشتغال.

الاختلاف المسموح به في قيم المكونات **Components tolerance** وأخطاء أجهزة القياس هي في المقام الأول سبب هذه الاختلافات.

تلاحظ في الأشكال من ٧ إلى ١٠ فولتميتر تيار مستمر **DC** الكتروني ذو ممانعة دخول عالية.

الموضوع منقول من **QST January 1982** بقلم **Gorge Collins**، **KC1V**.جميع مكونات الجهاز يمكن الحصول عليها ولا توجد مكونات نادرة، المعايرة بسيطة ولا تتضمن أي تعقيد.

ممانعة الدخول للفولتميتر تساوي **11MΩ**، والدقة **Accuracy** أفضل من **15%** (لاحظ أن كلمة دقة ترجمة غير دقيقة للمصطلح **Accuracy** ولو قلنا صحة القياس لكان أقرب إلى المعنى). وعند إرفاق مسبار التردد الراديوي **RF Probe** الذي شرحناه نحصل على مقياس ممتاز وذو قراءات صحيحة لقياس فولتية الترددات الراديوية.

تفاصيل الدائرة Circuit Details :

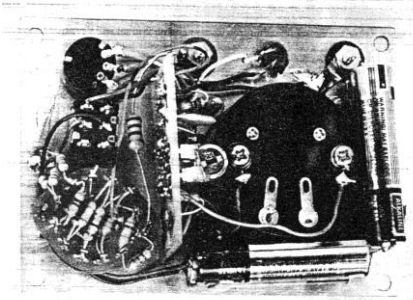
ممانعة الدخول للمقياس تدرك من خلال مجموع المقاومات الكلية لمقسم اختيار مدى القياس المتمثل في **R1** إلى **R8**. وقد جرى اختيار قيم المقاومات لتحقق مديات القياس لأقصى انحراف وتحقق في نفس الوقت مقاومة دخول كلية تبلغ **11MΩ**. بعض قيم المقاومات التي يحتاجها المقسم لا تتوفر في سلسلة القيم القياسية ذات نسبة الخطأ **5%**. وحتى لا نضطر إلى شراء مقاومات ذوات نسبة الخطأ **1%** وربما لا نجدها بسهولة. نستعمل اثنان من ذوات نسبة الخطأ **5%** بعد توصيلها على التوالي محل كل مقاومة نجد قيمتها ليست ضمن القيم القياسية.

للمحافظة عل حركة المؤشر من التحميل بتأثير مقاومة المقسم البالغة **11MΩ**، نستعمل مضخم عمليات **Operational amplifier (op amp.)** ذو مدخل معزز بترانزستورات تأثير المجال **JFET** لسوق مؤشر المقياس.

الدائرة المتكاملة الحاملة للرقم **LF353N (U1)** تحوي اثنان من مضخم العمليات الذي وصفناه في نفس العبوة.

U1B تسوق المؤشر المتحرك بينما **U1A** تخدم لتوفير نقطة فولتية مرجعية قابلة للضبط **Adjustable voltage reference**.

كلا مضخمي العمليات توصل كتابع فولتية **Voltage Follower**. وهذا يعني أن فولتية الدخول والخروج هي نفسها (المتكاملة تعمل بصيغة كسب الوحدة). لماذا إذاً نستعمل تابع الفولتية؟ ذلك لأن الخارج من تابع الفولتية يمكن أن يجهزنا بعدة ملي أمبيرات من التيار بينما في الدخول يستهلك قيم تيار متناهية في الصغر لعظم ممانعة الدخول.

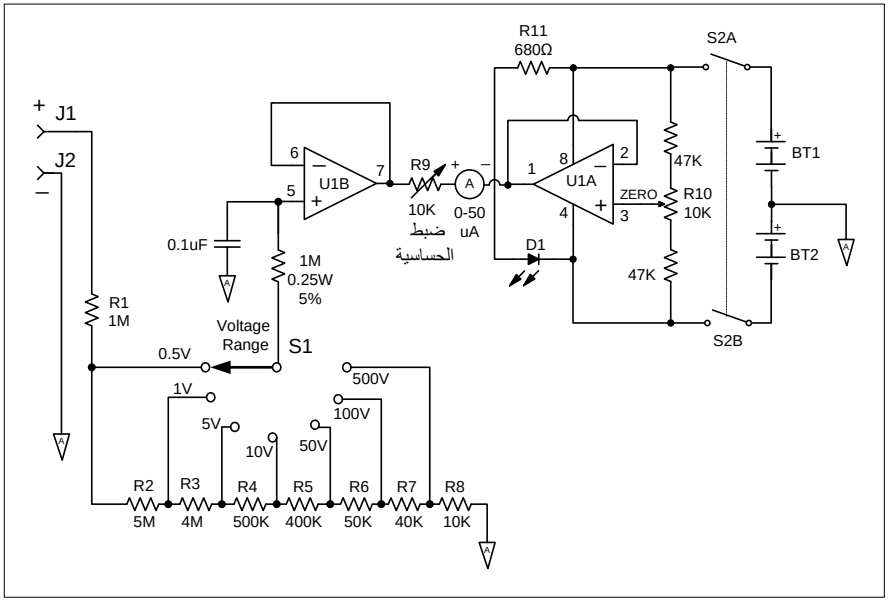


الشكل٩ مشهد لما موجود في داخل الفولتميتر ذو المتكاملة.

من خلال تغيير قيمة الفولتية عند الطرف **3** للمتكاملة **U1** بواسطة المقاومة **R10**، يمكن حينها ضبط المؤشر على الصفر لتعويض الاختلافات في جهد البطارية وتغيرات حرارة الغرفة. وحقيقة أن كلا مضخمي العمليات موضوعة في نفس العبوة يساعد كثيراً على عدم الانحراف بتأثير تقلبات الحرارة المحيطة.

تركب **R10** على الواجهة الأمامية للمقياس، حيث يتيسر لمن يستعمل المقياس ضبطها بسهولة. **R9** هي ضابطة التعيير، يتم من خلالها ضبط حساسية المؤشر ذو الملف المتحرك (المقياس). وهي لا تحتاج إلى ضبط متكرر لذا فهي مركبة داخل الهيكل.

تستعمل بطاريتان لتغذية دائرة المقياس بالطاقة. وأي بطارية ذات جهد بين **3** و **9** فولت يمكن استعمال اثنان منها لهذا الغرض بدون أي تغيير في الدائرة. يمكن كذلك استعمال اثنان من بطارية الراديو **9V** والمسماة شعبياً (باتري كلن). في الصورة الفوتوغرافية تجده قد استعمل أربع بطاريات من



الشكل٨ فولتميتر ذو ممانعة دخول عالية لا يحتاج إلى أن يكون معقداً. مخطط الدائرة أعلاه يستعمل متكاملة واحدة فقط. BT1 و BT2 ممكن أن تكون 3V إلى 9V بأي حجم حسب سعة الهيكل المستخدم.

R10-10KΩ Panel-mount potetiometer.
R11-Current-limiting resistor 680Ω for 3V Batteries at BT1 and BT2 or 1K6 for 9V batteries.
S1- 1-Pole 7position rotary switch.
S2-2Pole 2position toggle switch.
U1-LF353N dual JFET op amp.
R5-390KΩ and 10KΩ 0.25W 5% resistors in series.
R6-47KΩ and 3KΩ 0.25W 5% resistors in series.
R7-39KΩ and 1KΩ 0.25W 5% resistors in series.
R8-10KΩ 0.25W 5% resistor.
R9-10KΩ 0.25W PC-mount potentiometer.
D1_LED, 5V 20mA
J1, J2 Banana jacks, 500V insulation .
M1-50uA dc meter.
R1-1MΩ 0.5W 5% resistor.
R2- 4.7MΩ and 300KΩ 0.25W 5% resistors in series.
R4-470KΩ and 30KΩ 0.25W 5% resistors in series.

نوع **Penlight cells (AAA)** (باتري رموت) حيث تؤمن الحاجة إلى **3V** وبعمر تشغيلي طويل.

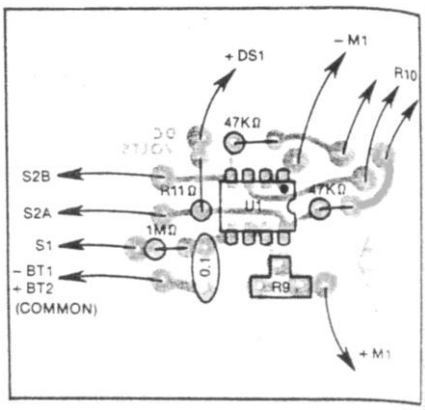
البناء Construction :

يمكن استعمال أي نوع من الحاويات تقريباً لاحتواء مكونات مقياس الفولتية. الحجم المضبوط الذي ستحتاجه يعتمد على حجم البطاريات الذي ستستخدمه وحجم المقياس ذو المؤشر المتحرك وحجم المفاتيح. في الصورة السابقة تجد علبة بلاستيكية بالأبعاد **1-5/8 x 4 x 2-7/8** أنج قد احتوت المؤشر وبقية الأجزاء. إذا استعملت حاوية لها واجهة أمامية معدنية سيكون من الأنسب والأفضل أن لا توصل المقبس **J2** إليها. هذا الإجراء يتيح لك إجراء قياسات أقل من نقطة الصفر **below ground potential** دون أن يظهر أثر ذلك على الواجهة المعدنية.

مقاومات مقسم الجهد تركب على مفتاح انتخاب المديات **S1** كما تشاهد في الشكل٩. إذا امتلك المفتاح أي عدد من البتلات المتروكة يمكن عندئذ استعمالها كنقاط تثبيت للمقاومات الموصلة على التوالي. وإذا لم تتوفر بتلات متروكة وصل مقاومات التوالي إلى بعضها باللحام فقط.

المكونات الباقية ممكن أن تجمع إلى لوح دوائر مطبوعة، وأي طريقة للتسليك ممكن أن تستعمل.

يتعين عل القائم بالتجميع الانتباه إلى إن أي حالة من حالات التسريب للتيار بين نقاط توصيل المتكاملة يتسبب في اختلال عمل المقياس. فإذا استعملنا لوح تجميع، يجب أن نتأكد من إزالة بقايا مساعد اللحام والتي تسمى القلفونية من حول أطراف المتكاملة بعد انتهاء عملية اللحام. استعمل لهذا الغرض مذيب ملائم مثل الكحول (السبرتو). كذلك يجب عدم طلاء اللوح بأي مادة مانعة للصدأ أو غيرها وأي طلاء قد يتسبب بنتائج غير متوقعة.



الشكل١٠ مخطط يمكن أن يستدل به لوضع الأجزاء الخاصة بمقياس الفولتية الالكتروني FET. الجانب الذي تشاهده هو جانب المكونات.

باستعمال قيم المقاومات التي تجدها في الشكل٨ فإن أعلى مدى للقياس هو **500V**. إذا أدرجت هذا المدى في التطبيق فتأكد أن مقابس الدخول **J1** و **J2** ومفتاح المديات **S1** تتحمل **500V** أو أكثر.

بعض المقابس **Sockets** تستعمل عوازل قرصية **Washers** بينها وبين الواجهة المعدنية، هذا النوع من المقابس يكون عزلها جيداً لغاية **100V** ولفولتيات أكثر من ذلك لا ينصح بها. إذا لم تكن في حاجة إلى المدى **500V**، يجري توصيل **R7** و **R8** على التوالي أو تستبدل بمقاومة ذات قيمة **50KΩ** نفسها المستعملة مع **R6**.

التعيير Calibration :

قبل استخدام المقياس تحتاج ضابطة الحساسية فقط المتمثلة بالمقاومة **R9** إلى الضبط. طريقة جيدة للتعيير تتمثل باستعمال البطارية الجافة، بطارية الخارصين والكاربون بعد أن توصل على التوالي للحصول على استقطاب معلوم. كل خلية عندما تكون جديدة تنتج **1.54V** ولضبط **R9** شغل المقياس وضعه على المدى **(5V)**. وصل أطراف المقياس إلى بعضها، ضبط ضابطة التصفير **R10** إلى أن يقرأ المقياس صفر. وصل بطاريتين إلى المقياس وضبط **R9** إلى أن يقرأ المؤشر **3.1V** ؛ بهذا ينتهي الفولتميتر ويصبح جاهزاً للاستعمال.

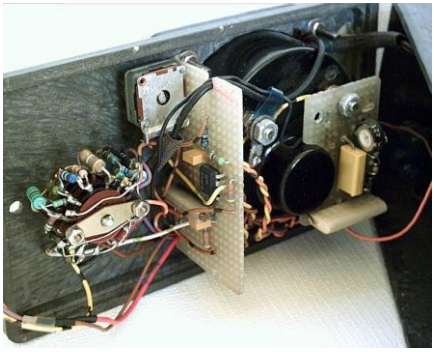
بناء الفولتميتر

تم بناء مقياس الفولتية الالكتروني من مواد متوفرة في السوق المحلية. المقياس ذو الملف المتحرك، كنت أجده يباع من بقايا أجهزة مفككة سوفيتية الصنع. وتتميز مقاييس الملفات المتحركة السوفيتية بالجودة في الأداء، ونظام تعليق الملفات المتحركة لها متميز على جميع المصانع في العالم. إلا شكله الخارجي ففيه بعض الغلظة كما يعلم الجميع.

صورة فوتوغرافية لمقياس الفولتية الالكتروني كما جرى تجميعه من مواد متوفرة في السوق المحلية تدريجات المقياس تم رسمها بمساعدة راسمة Plotter لحاسبة شارب 2500 (استيراد المؤسسة)، الهيكل عبارة عن علبة بلاستيكية رخيصة الثمن. ولم أعد أرى هذا النوع من الحاويات في أسواق بغداد، حتى الحاويات المستوردة لم أعد أرى الأحجام المفضلة منها. العلبة الجانبية المرفقة إلى المقياس هي حاوية بطاريات نوع سانيو تحوي أربع بطاريات (يقال لها قلم) هي التي تغذي المقياس بالطاقة، وهذه أحد نقاط التميز في هذا المقياس مرونة كبيرة في فولتية التشغيل. اللوحة البيضاء تحت منتخب المديات تم رسمها باليد بمساعدة المسطرة ذات الحروف. المقياس أعلاه قد أضيف إليه مقبس جانبي من نوع BNC وذلك عند الرغبة في استعمال مجس مشهاد إشارة محجوب بدل المجسات الاعتيادية.

الدائرة المتكاملة وجدتها عند بائع أسمه (الفضاء) في السوق المجاور لجامع الشيخ ألأباريقي في الباب الشرقي ولعل بقية منها باقية إلى اليوم في أدراج المحل رغم إن اسم المحل قد تغير.

نقطة أخرى من نقاط التميز لهذا المقياس أن استقطابه عائم ويتبع استقطاب الدائرة تحت القياس، وهذه النقطة غير متاحة مع كثير من التصاميم الأخرى التي تتطلب بطاريتين ذات **9V** ما إن يهبط جهدها حتى نضطر إلى استعمال المصدر العمومي للتغذية ورغم استعمال الحجب والتأريض لمحولة القدرة يبقى المقياس منسوب إلى جهد الأرض. ولو تذكرنا شحنة الاختبار في الكهربائية الستاتيكية لوجدنا هذا المقياس يشبهها إلى حد كبير.



منظر للمقياس من الخلف وتجد فيه البساطة الشديدة وعدم التعقيد يمكن للقائم بالتنفيذ إضافة دائرة تقويم ليصبح المقياس مؤهلا لقياس الجهود المتناوبة إلا إن مشكلة عدم الخطية تبدأ عند الانخفاض إلى فولتيات أقل من 3V AC

المقياس أعلاه قد استعمل بكثرة مع مجس التردد الراديوي لقياس فولتيات الترددات الراديوية، وكان ممتاز في أدائه ولا تتوفر إلى اليوم في الأسواق المحلية أجهزة تجارية لقياس فولتيات الترددات

الراديوية، وإذا توفرت تجدها إما عاطلة أو هي بسعر خيالي.

مسبار فعال للأسلسكوب

Active 'Scope Probe

إذا كنت تمتلك مشهاد إشارة فإن هذا المشروع يستحق أن تسعى به، وإذا لم يكن يمكنك استعمال المسبار مع مقاييس الترددات الرقمية Frequency digital meters أما إذا لم تكن تملك الاثنين فلا فائدة من بناء المسبار عدا الفائدة المتأتية من فهم الشرح الوارد في النص. وكيف إن ما قرأته في موضوع خطوط النقل الممل تجده أمامك في التطبيقات المختلفة.

By B. SAVAGE
Practical electronics September 1977

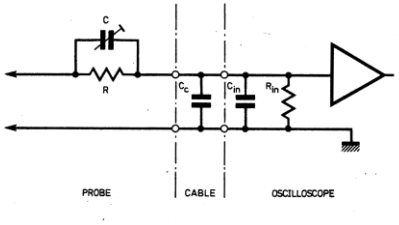
هذا المسبار يصلح لمشهاد الإشارة خاصتك أو جهاز قياس التردد، ومن خلاله نمنع تحميل الدائرة تحت القياس، وينقل لنا الإشارة عبر خط التوصيل بينه وبين مشهاد الإشارة دون أن نفقد الإشارة بسبب المفقودات في خط النقل.

الأداة الأساسية للمصممين الجادين وبنائي الدوائر الالكترونية بعد المقياس المتعدد **multimeter** هو مشهاد الإشارة أو ما نسميه (الأوسلسكوب) **Oscilloscope**. ولغرض استخدام هذه الوسيلة والولوج عبر سلوك الإشارات في الدوائر الالكترونية، يجب أن نصنع توصيل إلى الدائرة تحت الفحص، الحجاب الخارجي يوصل إلى نقطة الصفر (استقطاب الأرض **earth potential**) لحماية الموصل الداخلي، الذي يحمل الإشارة من أن يلتقط الإشعاع الشارد وخاصة ما يسمى طنين المصدر العمومي **mains hum**.

مشكلة المتسعة The Capacitance Problem

عُرض حزمة الترددات **band width** التي يستجيب لها المضخم عدا الأنواع المنغمة تتحدد عند كلا نهايتي التردد العليا والسفلى التي يستجيب لها المضخم بواسطة السعات الموجودة، سواء كانت هذه كمكونات حقيقية أو هي ضمنية مثل سعات وصلات الترانزستورات. بينما الأداء عند الترددات الواطئة يتحدد عن طريق سعات التوالي **Series Capacitors** التي يتعين على الإشارة أن تمر خلالها، بينما يتحدد أداء الترددات العالية بواسطة سعات التمرير أو ما تسمى **Shunt Capacitors** التي تميل إلى تمرير الإشارة إلى الأرض.

الطول المعقول للخط المحوري قد يمتلك سعة بمقدار **100pf** ويتعين أن نضيف إليها سعة الدخول الاعتيادية لمشهاد الإشارة **Oscilloscope**، والتي هي عملياً **25pf** موصلة على طرفي مقاومة ذات قيمة **(1MΩ)**. عند الترددات السمعية هذه السعة غير مهمة، ولكن عند الترددات الراديوية فإن معظم الإشارة تُفقد في (الكيبل) المحوري بين المسبار (المجس) ومشهاد الإشارة. عند تردد **40MHz** تمتلك سعة قيمتها **125pf** ممانعة مقدارها **32Ω**.



الشكل١ مسبار بسيط خامل للأسلسكوب ذو ممانعة دخول عالية، يتضمن تقسيم للفولتية والسعة.

ليس من العملي عند التحقق من أداء دوائر التنغيم استخدام مسبار الفحص لمشهاد الإشارة، ذلك لأن تردد الرنين سينحرف بتأثير السعة الإضافية التي ستضاف إليه. وإذا كان ما تروم فحصه هو

دوائر النبضات، فعلى المستخدم أن يتذكر أن زمن الصعود للنبضة كما يعرض على شاشة الأوسيلسكوب قد استطال بتأثير الزمن المستغرق من قبل النبضة لشحن وتفريغ سعة (الكيبل **Cable**).

المجسات الخاملة Passive Probes

أحد الحلول لهذه المشكلة يتمثل بالمجس الخامل **Passive Probe**، الذي يضائل الإشارة عن طريق مقاومة توالي موصل على طرفيها متسعة صغيرة كما في الشكل١. ويتصرف المجس أو المسبار كمقسم جهد ومقسم سعة في نفس الوقت (متسعة الدخول تقل بنفس النسبة التي يتم تضائل الإشارة بها). استخدام مسبار وفق هذه الطريقة مع خط توصيل (كيبل) ومشهاد إشارة (أوسيلسكوب) يقلل سعة الدخول من **125pf** إلى (**12.5pf**).

المجس الخامل يقلل اتساع **Amplitude** الإشارة، وللوصول إلى خفض حقيقي لسعة **Capacitance** الدخول فإن التوهين المصاحب قد يترك لنا إشارة صغيرة جداً يصعب ملاحظتها.

وهنالك صعوبة أخرى مع المجسات الخاملة. جميع خطوط التوصيل (الكيبلات) إنما هي خطوط نقل **Transmission Line** وعندما يكون الاهتمام بالترددات العالية **High frequency** والنبضات السريعة **Fast Pulses**، وكل خطوط النقل لها ممانعة خصائصية **Characteristic impedance**. في المجس الخامل كل نهاية من نهايات خط النقل موصلة إلى ما يبدو إنه دائرة مفتوحة للإشارة. النبضة السريعة ستنعكس إلى الخلف ثم إلى الأمام في هكذا خط، منتجة أثر ما لرنين أو دق زائف **Spurious Ringing** على شاشة المشهاد.

الحل الأمثل ممكن أن يكون جهاز له مدخل فعال حيث يمكن وضعه مباشرة إلى نقطة وجود الإشارة، محققاً سعة دخول واطئة ومقاومة عالية وينهض بالإشارة إلى المشهاد خلال خط (كيبل) محوري قد أفني بشكل صحيح في مقاومة مساوية لممانعة الخط الخصائصية، وبدون أي خسارة في سعة الإشارة قيد الفحص.

المجس الفعال Active Probe

المجسات الحاوية على صمام **Valve** أو ترانزستور تأثير المجال **field effect transistor** وموصلة بطريقة تابع المهبط **Cathode-follower** إذا كان صمام، أو تابع المنبع **Source-follower** إذا كان ترانزستور **FET** وتجهزنا بأقل من كسب الوحدة، تستعمل في بعض الأحيان بسبب ممانعة الدخول العالية للنبائط المذكورة (الصمام والترانزستور). و ممكن أن نحصل من هذه الطريقة على ممانعة دخول تبلغ حوالي **6pf** وخط التوصيل إلى المشهاد مفنى **Terminated** (راجع موضوع خط النقل)، مانعاً الانعكاس الغير المرغوب و ينتج لنا فقد قليل في السعة، ويجعل هذا الفقد عادة ليساوي **50%** ليلاءم عمليات القياس.

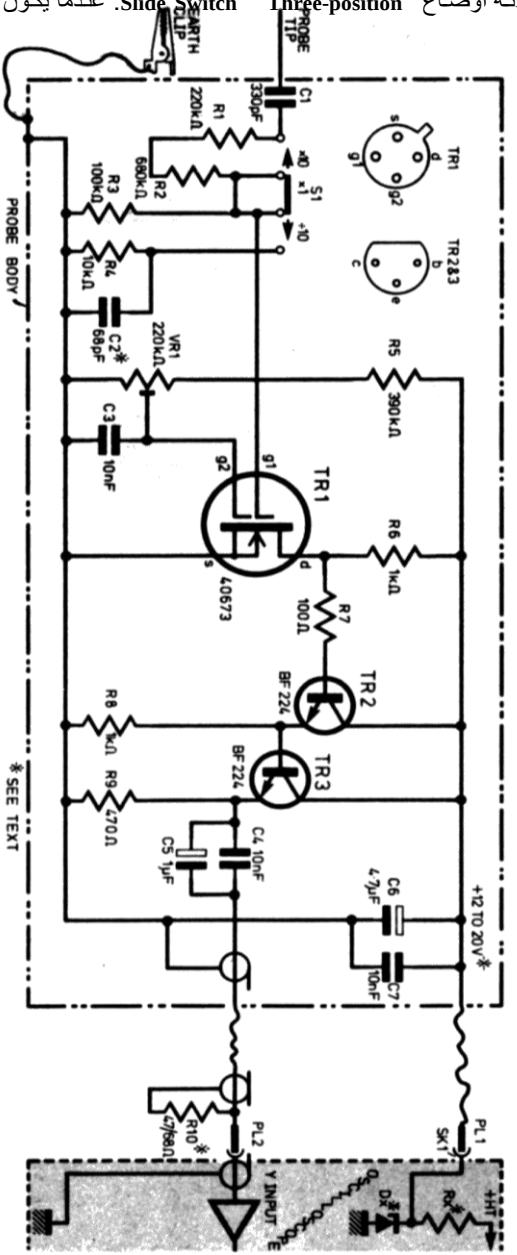
المجس الفعال قيد الشرح قد بني للاستعمال مع مشهاد إشارة له استجابة ترددية لغاية (**40MHz**). الاستجابة الترددية للمجس تمتد لأكثر من **40MHz** عند النهاية العليا للتردد، لكن الكسب يتدهور عند تردد أقل من **10KHz**. إقلال الكسب عند الترددات الواطئة هو إجراء متعمد؛ ومن الممكن جعل المسبار ليعمل هبوطاً إلى مستوى التيار المستمر **d.c.** لكن الترددات الواطئة يمكن مشاهدتها دون الاستعانة بالمسبار الفعال؛ ومن المنغصات أثناء العمل استعمال مسبار يلتقط طنين المصدر العمومي.

يتعين التأكيد هنا أن هذا ليس من المشاريع السهلة البناء (تم بناءه ولوحظ أنه أسهل من أي جهاز فحص آخر .. "المترجم"). نحتاج إلى قدر معين من التجربة والخطأ لنضمن خطية الاشتغال **Linear Operation** ومنع التذبذب الطفيلي وإعداد مقدار الكسب الصحيح. وعلى أية حال فإن الهاوي النجيب (والذي غالباً ما يمتلك مشهاد إشارة عريض الحزمة) يكون مؤهلاً لهذا المشروع. الصعوبة تنتج عن السعات الصغيرة جداً التي سنتعامل معها، وهذا يعني إن جعل قطع المكونات قريبة من بعضها أو للأجزاء المعدنية المحيطة يؤثر على الأداء العام.

شرح الدائرة Circuit description

المجس يشتمل على مضائل ذو خطوات **Stepped attenuator** يغذي ثلاثة مراحل للتضخيم تحقق كسب لعشر مرات. المدخل للمسبار لاحظ الشكل٢ موصل عبر متسعة عزل **isolating capacitor C1** إلى مضائل **attenuator** عند المدخل الذي تتم السيطرة عليه من خلال المفتاح **S1** وهو

مفتاح انزلاقي ذو ثلاثة أوضاع **Three-position Slide Switch**. عندما يكون المفتاح **S1** في وضعه



الشكل ٢ الدائرة الكهربائية الكاملة للمسبار الفعال، مع الترتيب المقترح لمجهز القدرة.

الأمامي (X10) فإن الإشارة الواردة تدخل مباشرة إلى البوابة رقم واحد **gate1** للترانزستور **TR1**. تكون ممانعة الدخول **100KΩ**، **R3** موصلة على التوازي مع متسعة الدخول للـ **MOSFET**، البالغة حوالي **7pf** في النموذج الأولي الذي تم بنائه. عند هذا المدى يمتلك المسبار الكسب المذكور لغاية تردد **200MHz**، وبذا يصبح قطعة ذات فائدة مميزة خاصة مع مقياس التردد الرقمي **digital frequency meter**.

عندما يكون المفتاح **S1** على الوضع الوسط **(X1)** فإن الإشارة تمر خلال **R1** و **R2** على التوالي (المقاومة الكلية تبلغ **900** كيلو أوم) وهكذا تتم مضاءلتها بمقدار **10** قبل أن تسلط إلى الترانزستور **TR1**. ويبدو إن متسعة بمقدار **0.7pf** يتعين أن نوصلها على طرفي **R1** و **R2** لتعويض **Compensate** السعة البالغة **7pf** على طرفي **R3** (سعة الدخول للـ **MOSFET**)، لكن في الحقيقة فإن السعة فيما بين توصيلات المفتاح تفي بالغرض تماماً. سعة الدخول الفعالة للمسبار على هذا المدى تبلغ **(3pf)**.

عندما نضع المفتاح **S1** إلى أقصى الخلف يعني على الوضع **(÷10)**، يتم توصيل **R4** على التوازي مع المقاومة **R3**، وبذلك تتحقق زيادة في التضاؤل بمقدار **100** إلى **1** هنا نحتاج إلى عملية التعويض **Compensation**، وعندها يجب توصيل سعة **C2** ذات قيمة حوالي **68pf** على طرفي **R4**. سعة الدخول للمسبار تكون مرة ثانية مساوية لـ **(3pf)**.

ترانزستور MOSFET ذو البوابتين Dual Gate MOSFET

نبيطة التضخيم هي الترانزستور **TR1** هي ترانزستور نوع **MOSFET** ذو بوابتين، والذي يشبه اثنان من ترانزستورات تأثير المجال ذات بوابة واحدة **1Gate FET** موصلة على التعاقب **Cascode-Connected** في داخل عبوة واحدة. هذه النبيطة **device** تمتلك بوابتين، الإشارة تذهب إلى البوابة **1** وفولتية مستمرة تبلغ ربما أربع فولتات تذهب إلى البوابة٢. وبسبب الربط المتعاقب **Cascode Connection**، نحصل على عزل جيد بين المدخل والمخرج. الموصلية التبادلية **Transconductance** المعلنة أفضل من **1000uS** مايكرو سيمنس، وهذا يعني إن كسب بمقدار **10** ممكن أن ينمو عبر مقاومة **1000** أوم. سعة الدخول المعلنة لهذه النبيطة تبلغ **(6pf)**.

مقاومة الحمل **R6** ذات **1** كيلو أوم لا يمكن بالطبع أن تؤخذ منها الإشارة عن طريق متسعة إذا كنا نروم الحصول على تمام الكسب عند الترددات العالية، لذا سيتم خفض الممانعة **impedance** عن طريق ترانزستورين موصلة بطريقة تابع القاذف **emitter follower** المتعاقبة **Cascaded** وهي **TR2** و **TR3** لتوفيق **match** ممانعة (الكيبل) مع خروج الإشارة من الدائرة. ترانزستورات الترددات الراديوي المستعملة تمتلك سعة جامع إلى قاعدة **Collector/base** ما يقارب **3pf** فقط وهي كافية لهذا التطبيق.

زوج من ترانزستورات تابع الفولتية المتعاقبة تكون ميالة إلى عدم الاستقرار **Unstable** قرب تردد القطع **Cut-off frequency** الخاص بها ما لم يتم سوقها من مصدر عالي الممانعة؛ النموذج الأولي حدث معه تذبذب عند تردد **500MHz**! وقد عولج بإدراج مقاومة **R7** عبر توصيل القاعدة لتابع الفولتية **emitter follower** الأول. مثل هكذا تذبذب لا يمكن مشاهدته من خلال الأوسلسكوب ما لم نستعمل مسبار للترددات الراديوية **RF rectifying probe** لاكتشافه.

الخط المحوري **Coaxial Cable** الذي ينقل الإشارة الخارجة من المسبار الفعال إلى

الأوسلسكوب يجب أن يفنى باستعمال قيمة المقاومة المناسبة **R10**. وبقليل من الحذق والمهارة يمكن إدراج هذه المقاومة داخل قابس **Plug** الخط المحوري.

يفضل أن يؤخذ من نفس الأوسلسكوب تجهيز القدرة إلى المسبار، وذلك باستعمال ثنائي زنر ذو قدرة **Dx 1W** مع مقاومة **Rx** ليقف عليها الجهد الزائد **Dropping resistor** من خط تجهيز يمتلك حوالي **100** إلى **150** فولت من داخل الأوسلسكوب.

ما يستهلكه المسبار يقع ضمن حيز الـ **25** ملي أمبير، ومقاومة التوالي **Rx** يجب أن نختارها لتسمح بـ **35** ملي أمبير كتيار كلي يمر بها.

احصل على أمثل فولتية لتحقيق الكسب المطلوب (لاحظ الشرح تحت فقرة التعيير **Calibration**) قبل أن تقرر أي قيمة للزنر تنوي استعمالها.

البناء Construction

النموذج الأولي **Prototype** للمسبار قد جرى تجميعه في أنبوب نحاسي بطول **105mm** وعرض **22mm** أي سبعة أثمان الأنج كما تشاهد في الشكل٣. اقطع شق بعرض **19mm** وطول **25mm** لاحتواء المفتاح **S1**. وهو مفتاح انزلاقي ثلاثي الأوضاع. يثبت المفتاح إلى الأنبوب من خلال عُرَى تبرز من هيكل المفتاح **S1**.

يثبت المفتاح إلى اللوحة المطبوعة عن طريق لحام بتلات توصيل المفتاح إلى اللوحة المطبوعة مباشرة. الهيكل المعدني للمفتاح **S1** يوصل إلى خط الأرض للوحة الـ **P.C.b.** عبر سلك قصير، حيث يؤرض هيكل المسبار.

الترانزستور **40673** له بوابات محمية من خلال ثنائيات زنر في داخله **internal zener diodes** ومع هذا يتعين الانتباه عند تناوله باليد، وورقة البيانات الخاصة به تحذر من تعرضه للتلف إذا جرت مناولته بدون اهتمام. يمكن وضع قضيب معدني على طول الحافة الأمامية لطاولة العمل يوصل بالأرض.

حيث يتيسر للقائم بالعمل ملامسته لتفريغ الشحنات الواقفة قبل تناول ولمس الترانزستور. لف حول أرجل الترانسزتور عدة أسلاك نحاسية ناعمة قبل لحامه إلى الدائرة وانزعها بعد الفراغ من تثبيته. (الترانزستور **40673** تجده عند محل الصخرة في الباب الشرقي).

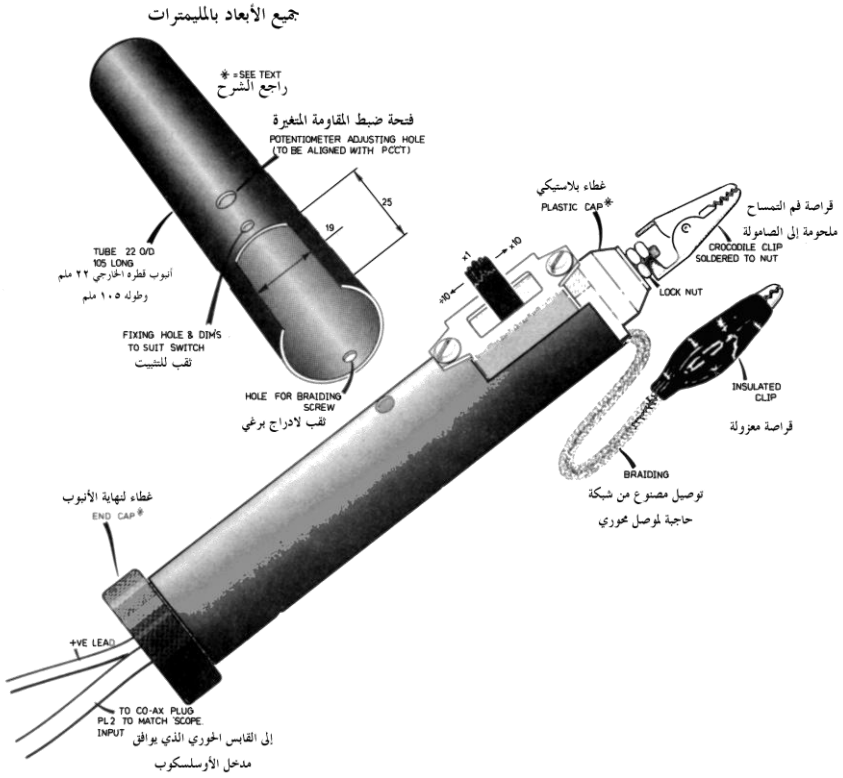
الترانزستور نوع **BF224** يستعمل مع **TR2** و **TR3** وهو ذو غلاف بلاستيكي وإذا استعملت نوع آخر له غلاف معدني موصل إلى الجامع، لا تجعل غلاف الترانزستور يلامس هيكل المسبار.

النقطة الأساسية في مواصفات الترانزستور **TR2** أن تمتلك وصلة الجامع/القاعدة سعة قليلة؛ متطلبات الترانزستور **TR3** فيها درجة أكبر من التسامح. (الترانزستور **BF224** تجده عند "الرياحين" في الباب الشرقي وهو من استيراد المؤسسة كقطع غيار للتلفزيون)

مع معظم أجهزة القياس التي يفترض أن تستعمل لقياس فولتيات الترددات الراديوية يكون من الأهمية بمكان استعمال مكونات تمتلك أقل ما يمكن من الحث الذاتي.

لهذا السبب يكون من الأحسن استعمال مقاومات الكاربون الخالية من الحث أثناء تنفيذ المسبار.

نقطة الدخول إلى المسبار تم تصنيعها في النموذج الأولي من مسمار محوي جرى لحامه إلى مقدمة اللوحة المطبوعة. تم قطع جزء من رأس قلم التأشير (ماجك) كغطاء، وتم تثبيتها بصامولة **6BA** مع أقراص من البلاستك **Washers**، بالإضافة إلى مسمار محوي متدرج نشد به عروة المفتاح **S1**. يمكن لحام قراصة صغيرة نوع فم التمساح إلى المسمار **6BA** أو أي ترتيب تراه مناسباً (الشكل٣).



الشكل٣ القسم الأول

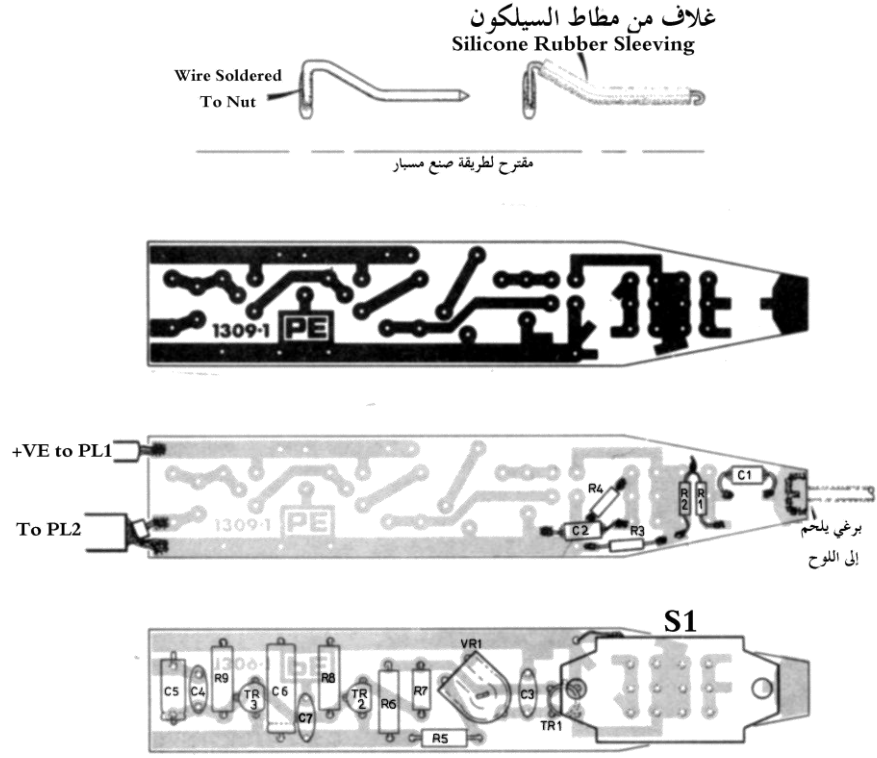
الإشارة الخارجة من المسبار وكما أوضحنا تنقل بواسطة خط نقل (كيبل) محوري **Coaxial Cable**. الغلاف الخارجي لخط النقل المحوري يستخدم كنقطة رجوع سالبة لمجهز القدرة. ويمكن استعمال خط النقل لهوائي التلفزيون ذو الممانعة **75Ω** ولكن تأكد من اختيار نوع مرن ولين عند الثني. يحضر خط تجهيز القدرة الموجب من خلال سلك مفرد مرن ينتهي بقابس **Plug** مفرد، ليتصل بمقبسه المثبت بمشهاد الإشارة والموصل إلى دائرة مجهز القدرة **Power Supply** التي شرحناها فيما سبق.

وما دام لدينا أسلاك تخرج من مؤخرة هيكل المسبار فيجب ملاحظة الطريقة التي ستخرج بها من الهيكل المعدني؛ في النموذج الأولي تم استعمال فلينة زجاجة بعد ثقبها لتمرير التوصيلات.

توصيل الأرضي (نقطة الصفر) يتم من خلال سلك قصير في نهايته قراصة فم التمساح حيث يتم تأريض هيكل المسبار إلى الدائرة تحت الفحص. ويمكن لهذا الغرض استعمال الشبكة الخارجية (لكيبل) محوري؛ قطعة قصيرة منها قدر الإمكان.

التعيير Calibration

قياس فولتية الترددات الراديوية العالية **HF** تميل دائماً إلى الغموض قليلاً، إلا إذا تحليت بالوافر من الصبر وبعض الأجهزة الثمينة والمعقدة. هذا المسبار لم نقصد به أن يكون جهاز قياس دقيق، لذا لا تفرض على نفسك ثوابت **Standard** مستحيلة لصحة القراءات **Accuracy** المأخوذة منه عند معايرته. أخطاء أقل من **1dB** تعتبر جيدة (**1dB**



الشكل٣ القسم الثاني

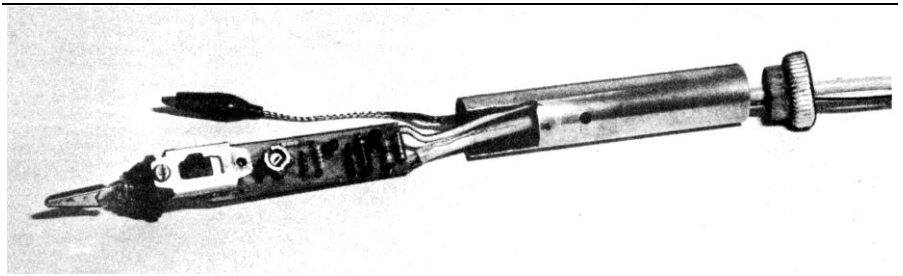
تعادل حوالي **12** بالمائة). عند الفحص يجب أن يكون المسبار قد تم تجميعه بالكامل. قبل الشروع بتعيير المضائل، يجب فحص الكسب على الوضع **(X10)** وضبطه إلى أمثل وضع. هنالك طريقتين لضبط الكسب: تغيير فولتية مجهز القدرة أو تغيير الفولتية على البوابة **2** للـ **MOSFET**.

إذا كان المسبار يغذى من مجهز قدرة قابل للضبط على طاولة العمل، فإن تغيير الفولتية بكميات قليلة ابتداء من **15** فولت وانتبه كي لا تتجاوز فولتية الترانزستور المقننة، وفي نفس الوقت تقوم بضبط **VR1** لأقصى كسب، وقد تلاحظ أن كسب بمقدار **10** يمكن تجاوزه. إذا حدث ذلك يمكن إقلال **R6** إلى **820Ω** وهذا يحسن عرض حزمة الترددات التي يعمل عندها المسبار. لا تستعمل فولتية أكثر مما يلزم للوصول إلى كسب العشرة (يعني تظهر الإشارة على شاشة ألوسلسكوب بطول الإشارة الداخلة عشر مرات).

وعندما نتذكر إن سنتمتر واحد من (كيبل) يحوي سلكين توأمين يملك أكثر من **1Pf** من السعة، ستلاحظ كم من الصعب وصف قيم المكونات بدقة في المضائل.

نحتاج لضبط المضائل إلى مصدر موجة مربعة يمتلك زمن صعود قليل أي صعود سريع **Fast rise time**. جميع مكونات المضائل تركب على جانب التوصيلات النحاسية للدائرة المطبوعة، مستخدمين أقصر ما يمكن من التوصيلات.

غاية المعايرة للمضائل تتمثل في الحصول على موجة مربعة ذات حواف مربعة صحيحة التربيع



نراها على شاشة المشهاد، مانعين قدر ما نستطيع ظهور الاجتياح عند الحواف **Overshoot** وأقل ما يمكن من حالة الدق عند الجزء الأعلى المسطح **ringing on the top** للنبضة المربعة.

عندما نضع المفتاح **S1** على الوضع **X1**، يصبح من الضروري إضافة متسعة صغيرة جداً، وتم ذلك من خلال برم سلكين قصيرين من الأسلاك المعزولة بالطلاء على طرفي **R1/R2**. وبذلك يصبح لدينا متسعة ضبط، ويمكن ضبط هذه السعة لاحقاً من خلال زيادة فتل السلكين حول بعضهما أو إرخائهما أو ثنيهما. عندما نكون على الوضع **÷10** قد يتطلب الأمر تغيير بسيط في قيمة **C2** للحصول على أحسن شكل للموجة المربعة.

يمكن بناء مولد موجة مربعة بسيط لهذا الغرض باستعمال المتكاملة **7400** الحاوية في داخلها على أربع بوابات من نوع **NAND**.

وتردد بمقدار **100KHz** يكون ملائما لهذا الغرض. وزمن الصعود لموجة الفحص حوالي **9nanoSecond**؛ وإذا كان مشهاد الإشارة خاصتك يمتلك استجابة تردد أعرض، استعمل متكاملة طراز شوتكي **Shottky version** حيث ينتج زمن صعود **3nanoSecond** .

<u>اكتشاف الأخطاء Fault Finding</u>

فيما يلي بعض الأعطال المحتملة واقتراحات معالجتها:

١- فشل في الأداء **Complete failure**: تأكد من فولتيات التشغيل؛ الترانزستور **TR1** يجب أن يسحب حوالي **1mA**، وهذا يعني وجود حوالي **10V** على طرفي **R6**. افحص إذا كان بالإمكان تغيير هذه الفولتية عن طريق **VR1**. قد تجد اختلاف كبير في هذا الرقم إذ إن هذه النبيطة تحدث فيها اختلافات عند الإنتاج.

Flattening Sine Waves: موجات جيبية مسطحة تأكد من وجود فولتية معقولة على طرفي **R9** ليست أقل من حوالي **4** فولت كأقل قيمة. قد تكون تستعمل المسبار على المدى الخطأ للأسلسكوب إشارات عند المخرج لأكثر من فولت واحد قمة-قمة تكون مسطحة. عندما تشاهد أشكال موجية غير متماثلة، **non-Symmetrical**، فلا تنسى أن المسبار يعكس الإشارة الداخلة.

Resistors

R1	220kΩ	R6, R8	1kΩ (2 off)
R2	680kΩ	R7	100Ω
R3	100kΩ	R9	470Ω
R4	10kΩ	R10	47Ω or 68Ω
R5	390kΩ		(to suit coaxial cable used)

R1–R4 ¼W 5%, remainder ¼W 5% carbon

Variable Resistor

VR1 220kΩ sub-min. horizontal preset

Capacitors

C1	330pF polystyrene
C2	68pF polystyrene (see text)
C3, C4, C7	10nF disc ceramic (3 off)
C5	1μF 15V elect. or tant.
C6	4·7μF 25V elect. or tant.

Semiconductors

TR1	40673
TR2, TR3	BF224 etc. (see text) (2 off)

Miscellaneous

S1	3-pole, 3-position slide switch (see text)
PL1/SK1	Single-pole connector
PL2	Coaxial connector to fit oscilloscope Y-input

Printed circuit board. Materials for probe housing, etc.

٢- استجابة تكتلية للموجات المربعة **Square Wave response lumpy**: إذا حدث هذا سواء **S1** على الوضع مباشر أو **X10**، يدل على وجود خلل

في فك الاقتران مع مجهز القدرة، لديك دائرة رنين في مكان ما. المتسعات **C6** و **C7** يجب أن تهتم بها، إذا لم تكن السبب، حاول وضع ملف خانق **Choke** على خط تجهيز القدرة، أو حتى مقاومة كاربونية بقيمة **10Ω**.

٣- تذبذب في منطقة الترددات العالية **High frequency Oscillation** إذا حدث إحلال غير بين المعالم على الصورة الظاهرة في شاشة الأسلسكوب أو تأثير ضبابي حول أشكال النبضات، فإن أول ما يتبادر إلى الذهن حدوث تذبذب. استعمل مسبار تردد راديوي يحتوي على كاشف من الجرمانيوم أو حاملات الشحنة الساخنة **Hot Carrier Diodes** لفحص الخارج من المسبار الفعال وطرف الدخول في حالة دورة قصيرة مع الأرض، ونفحص الخارج أيضاً وطرف الدخول مفصول عن الأرض. يتعين أن لا يوجد أكثر من ملي فولتات قليلة من الضوضاء على المخرج. ويكون العلاج عن طريق زيادة قيمة المقاومة **R7**، وإذا لم ينفع هذا استعمل ترانزستورات مختلفة لـ **TR2** و **TR3**.

٤- قياس السعات الصغيرة **Measuring Small Capacitances**: المسبار وهو على وضع كسب الوحدة، يمتلك سعة دخول حوالي **3PF** ؛ يمكن استخدامها لقياس المتسعات الصغيرة، مثل سعة بوابة ترانزستور تأثير المجال **Capacitance of an f.e.t. gate** أو وصلة الترانزستور العادي ثنائي القطب، وبذا يوفر لنا معلومات يصعب الحصول عليها بطريقة أخرى. وصل مولد موجة مربعة بخارج ذو سعة مقدارها **200mV** قمة قمة وتردد مقداره **200KHz** خلال متسعة لقياسها ثم إلى المسبار الفعال. الموجة المربعة التي ستعرض على (الأسلسكوب) ستعتمد سعتها على قيمة المتسعة تحت القياس. اصنع جدول **Stair-chart** لعدد من المتسعات معلومة السعة، ثم استعمل هذا الجدول لقياس متسعات مجهولة. سترى أنه يمكن تماماً قياس سعات أقل من **(1PF)**. وصلات السيلكون الغير منحازة بالاتجاه الأمامي ستبدو إذاك كالمتسعة، ولكن يجب أن تتذكر إن كل وصلات السيلكون تتصرف مثل ثنائيات الفاراكتور **Varactor diodes** وتتغير سعتها حسب الفولتية العكسية المسلطة عليها. وعمليا يمكن تسليط الانحياز العكسي عبر مقاومة كبيرة لمحاكاة هذه الظاهرة. عملياً إن بوابة ترانزستور تأثير المجال **f.e.t. Gate** تبدو مثل متسعة قيمتها **5PF**، وفي ترانزستور ثنائي القطب عام الأغراض **General purpose** تتصرف وصلة الجامع/القاعدة مثل متسعة سعتها **10PF**، ومع ثنائي عالي السرعة قد يمتلك سعة مقدارها **(2PF)**.

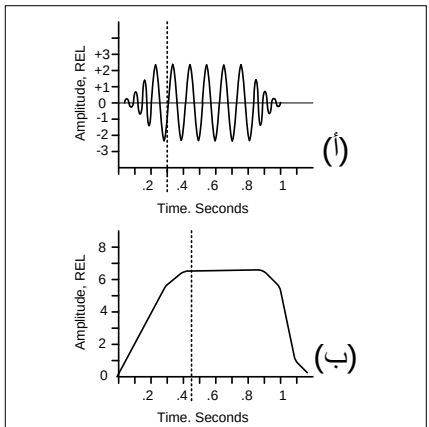
استعمال المسبار Using The Probe:

تذكر إن المسبار حساس **delicate** بعض الشيء ويمكن أن يتلف من خلال فولتية تردد راديوي كبيرة **large r.f. Voltage** وهو على وضع التوصيل المباشر (الوضع **X10**) وأن هزة من هزات التيار المستمر **D.C.** قد تكون كافية لتلفه. بيانات المصنع للترانزستور **40673** تبين إن ثنائيات الحماية على البوابات تصبح فعالة عند زائد أو ناقص **10** فولت. وأن هذه الثنائيات لها المقدرة على مواجهة النبضة العابرة **transient Pulse** حتى ولو كان بإمكان هذه النبضة تجهيز عدة مئات من الملي أمبيرات، ولكن هذا لفترة واحد مايكرو ثانية فقط . دائرة الدخول لها ثابت الزمن **time Constant** مقداره **4** مايكرو ثانية لذا يتعين الانتباه إلى هذه النقطة.

تعريفات

الاستهلال Attack

زمن الصعود لنبضة يقال له أحياناً **attack** أو زمن الاستهلال **Attack time**. وفي الموسيقى فإن زمن الاستهلال **Attack time** لنغمة هو الزمن اللازم لنغمة موسيقية لكي تنهض من سعة **amplitude** مقدارها صفر إلى كامل جهارتها **loudness**. يعني زمن الاستهلال لنظام سيطرة ما مثل مسيطر الكسب الاوتوماتيكي الزمن اللازم ليعوض المسيطر بالكامل التغيير في خصائص دائرة الدخول. المخطط التالي يبين زمن الاستهلال لنغمة موسيقية (أ) ونبضة تيار مستمر في (ب).



الاستهلال أو زمن الصعود ATTACK في (أ) نغمة موسيقية وفي (ب) نبضة تيار مستمر والخط المنقط يبين منطقة الاستهلال.

زمن الاستهلال لنغمة موسيقية يؤثر على جودة الصوت. الأصوات ذات الصعود السريع **fast rise time** تكون حادة **hard** عند سماعها؛ والأصوات ذات الصعود البطيء تكون ناعمة **Soft** عند السماع.

ومع مسيطرات الكسب **gain** أو المستوى **level** إذا كان زمن الاستهلال سريعا جدا قد يتسبب في تعويض من دائرة مسيطر الكسب زائداً على الحد ويسمى **Overcompensation** بينما إذا كان زمن الاستهلال بطيئاً جداً قد يتسبب في حدوث (طبطبة) **Popping** بالصوت مرتفعة عند بداية كل نبضة أو مقطع. الزمن المطلوب لنغمة أو نبضة لتهوي من أعظم سعة لها رجوعاً إلى سعة بمقدار صفر يسمى الاضمحلال **Decay** أو التخلي **Release**.

التضاؤل أو التوهين Attenuation

التضاؤل او التوهين هو إقلال **decrease** في اتساع **amplitude** لإشارة بين أي نقطتين في دائرة. ويعرف عادة بالديسبل. التوهين أو التضاؤل **Attenuation** هو عكس التضخيم، ويمكن أن يطبق التضاؤل للفولتية أو التيار أو القدرة.

أحياناً التضاؤل في دائرة معينة يعبر عنه كنسبة **Ratio**. مثال ذلك، إنقاص سعة إشارة من **5**± فولت قمة قمة إلى **1**± فولت قمة قمة يعتبر تضائلاً بمقدار **(5)**.

وبشكل عام فإن التضاؤل في الفولتية الداخلة E_{IN} والخارجة E_{OUT} يكون:

التضاؤل $(dB) = 20$ لوغاريتم$_{10}$ $(E_{OUT} \div E_{IN})$

وبالمثل تضائل التيار الداخل I_{IN} والخارج I_{OUT} يكون:

التضاؤل$(dB) = 20$لوغاريتم$_{10}$ $(I_{OUT} \div I_{IN})$

والتضاؤل لقدرة، تعطى القدرة الداخلة P_{IN} واط والقدرة الخارجة P_{OUT} واط فإن التضاؤل بالديسبل يعطى من خلال:

التضاؤل $(dB) = 10$ لوغاريتم$_{10}$ $(P_{OUT} \div P_{IN})$

إذا كان عامل التضخيم **amplification factor** بمقدار **XdB**، سيكون التضاؤل **XdB**–. وهكذا التضاؤل الموجب هو نفسه التضخيم السالب، والتضاؤل السالب هو نفسه التضخيم الموجب.

المضائل أو الموهن Attenuator

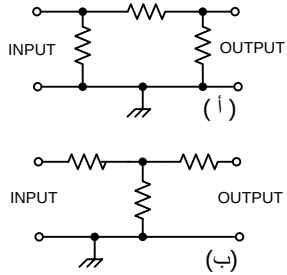
المضائل عبارة عن شبكة **network**، وعادةً هو خامل **Passive** بالإضافة إلى قد يكون فعالاً. يصمم المضائل لإحداث إقلال في سعة الإشارة **Signal** وهكذا دوائر تكون مفيدة عند إجراء القياسات الدقيقة، وإجراءات المعايرة.

في المضائل المصمم جيداً يكون مقدار التوهين ثابتاً على طول الترددات التي يفترض أن يتعامل معها النظام، ويجب على الموهن الحفاظ على ثبات

ممانعة الدخل، أي إن تغيير مقدار التوهين لا يؤثر في ممانعة الدخول Z_{IN}.

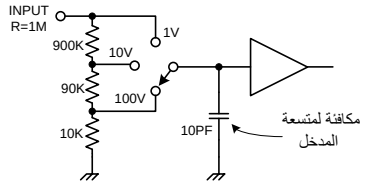
ويتعين على المضائل أن لا يتضمن رادات **Reactance**، ويتبع هذا عدم حدوث إزاحة طورية **Phase Shift**. تبنى المضائلات لتغطية مدى واسع من الممانعات في الدخول والخروج. ومن المهم أن الممانعات يتم موافقتها بشكل جيد، وإذا نحن لم نهتم بهذه الناحية فإن المضائل قد لا يعمل بشكل جيد.

في المخطط التالي ترى اثنان من المضائلات الخاملة **Passive** صنعت من مقاومات خالية من الحث تراها في (أ) و (ب). الدائرة في (أ) تدعى مضائل دائرة باي **Pi-network**، والدائرة في (ب) تدعى مضائل نوع تي **T-network attenuator**. هذه الدوائر تعمل ضمن المدى السمعي **AF** صعودا إلى طيف الترددات **VHF**.

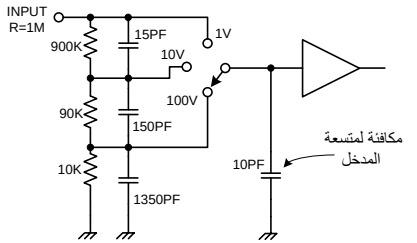


في منطقة الترددات **UHF** وأعلى منها فإن المقاومات تبدي رادة حثية بسبب إن الطول الموجي قصير إلى درجة تبدو أطراف المقاومة طويلة كهربائياً. بعد ذلك يفقد المضائل المقدرة على أداء وظائفه. لذا فإن المضائلات لنطاق الترددات **UHF** يجب أن تصمم بشكل خاص لتناسب الأطوال الموجية القصيرة عند تلك الترددات. فمثل هذه الدوائر يجب أن تكون صغيرة في أبعادها الفيزيائية.

الموهن كما نلاحظ في الشكل التالي عبارة عن سلسلة من المقاومات المجزئة للجهد تتصدر مدخل المضخم. وعلى العموم تكون مقاومة أو معاوقة مدخل المضخم عالية جداً- بحدود **1MΩ**. هذه المقاومة العالية يمتلكها مدخل المضخم ولكن الممانعة التي يراها المضخم هي مقاومة الموهن التي تتغير تبعا لوضع مفتاح التقسيط نفسه لهذا السبب يعتمد ثابت الزمن **RC** والاستجابة الترددية للمضخم على مديات الانتقاء للموهن مما يسبب هبوطاً في كسب المضخم مع تغير التردد بسبب تأثير رادة المتسعة المتوازية مع المدخل... لذا هذا النوع من الموهنات غير جيد.



موهن عند مدخل مضخم وهو غير معوض يتسبب في تغير كسب المضخم مع تغير التردد



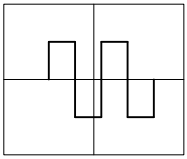
نفس الموهن بعد أن تم تعويض الفقد في الكسب عند تغير مدى القياس

يبين المخطط الأسفل في الشكل الأعلى موهناً يتضمن مجزئ جهد سعوي يقوم بتحسين استجابة المضخم عند الترددات العالية يدعى هذا النوع، الموهنات المعوضة **Compensated attenuators**.

إن عملية الضبط لتحقيق تعويض صحيح تتم عن طريق تسليط موجة فحص مربعة إما من داخل المشهاد (عن طريق عروة تبرز من الواجهة الأمامية للمشهاد، وقد لا تتوفر مثل هذه الوسيلة في كل مشهاد عندئذ نستخدم مولد موجة خارجية) أو من مولد موجة خارجي ومشاهدة خرجه على الشاشة. ترى في الشكل التالي توضيح للحالات المحتملة عند عملية التعويض أو عند ضبط قيم

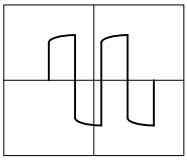
متسعات التعويض حيث يجب تحقيق الحالة المبينة في (أ).

وما شرحناه في المسبار الفعال كيف نجري عملية التعويض باستعمال سلكين مبرومين معزولين؛ فإننا نتحكم بالسلكي عن طريق شدهما أو إرخائهما حتى نصل إلى الحالة في (أ) وهي حالة التعويض الصحيح.



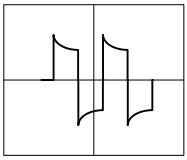
(أ)

زوايا مربعة صحيحة



(ب)

زوايا مدورة



(ج)

زوايا قد حدث فيها تجاوز

المصادر:

١- المقيسة والقياسات الكهربائية / د. أسعد عبد المجيد الأوسي.

٢- **Practical Electronics**

٣- **Encyclopedia of Electronics**

تم بناء المسبار الفعال كاملاً، واستعملتُ في بنائه هيكل لقلم تأشير **Marker** بحثت عنه في سوق السراي في قلب بغداد وكان أكبر حجم موجود في السوق. وتم تجميع المواد على لوحة مثقبة قطعت لهذا الغرض وهي غير مطبوعة كما في النموذج الأصلي، ولكن أجريت التوصيلات نقطة إلى نقطة.

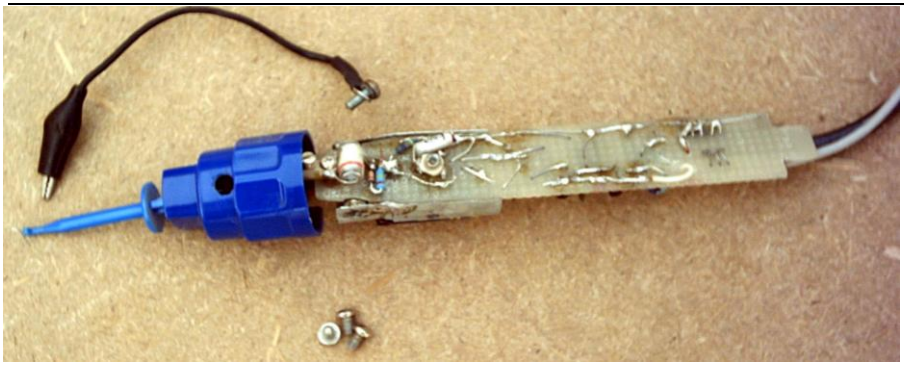
في مؤخرة هيكل القلم صنعت شق باستعمال مبرد ساعاتي، فائدة الشق لتستقر فيه نهاية اللوح بعد إدراجه داخل هيكل القلم. وثقبين دائريين يخرج منها خط النقل وسلك توصيل القدرة.

تم لحام المفتاح إلى اللوح وإضافة لوحة معدنية صغيرة مقوسة. فوق المفتاح ليتسنى من خلالها ربط الهيكل بالرأس البلاستيكي لقلم التأشير، وقد ثبت في مقدمة الرأس مخلب يمكن من خلاله أن يمسك بالسلك الحامل للإشارة تحت الفحص.

تم طلاء القلم والكتابة عليه بالحروف القابلة للنقل.

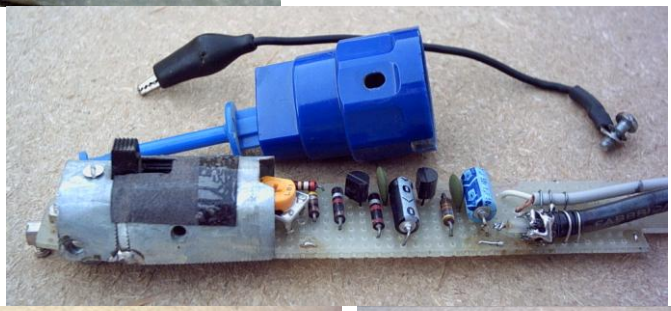
معظم المقاومات المستعملة من النوع الكاربوني بعد التأكد من قيمتها، تم استعمال مكثفات بولستيرين بدل السيراميك قدر الإمكان.

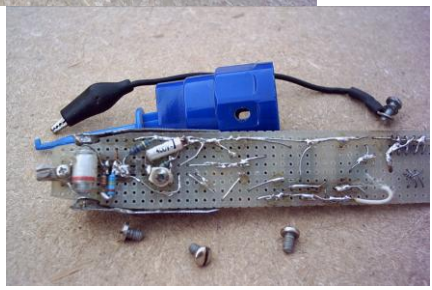
يمكنك من خلال ملاحظة الصور الفوتوغرافية أن ترى السلكين المعزولين المبرومين اللذين استخدما كمتسعة تعويض. تلاحظ أيضاً القابس نوع **BNC** المستخدم لتوصيل المسبار إلى مشهاد الإشارة أو مقياس التردد هذا القابس ذو الزاوية ٩٠ درجة قد أُدرجت في داخله مقاومة الإفناء البالغة **47Ω**؛ لاحظ كيف إن القابس أصبح أسود اللون وكان أبيض لامعاً كلون القمر بسبب طلائه بالفضة. ويقفز هنا سؤال من أين جاء



للفضة هذا التقدير إذا كانت تسود حال تعرضها للهواء؟ يبدو إن الفضة في الأزمنة القديمة لم تكن تسود هكذا بسرعة، وكان اسوادها مشروطاً بملامستها لصفار البيض الحاوي على الكبريت. أما هذه الأيام فإن الهواء مشبع بالكبريت المنبعث من عوادم السيارات، لذا ترى الفضة تسود بعد ثلاثة أيام من تمزيق الحاوية البلاستيكية التي تغلفها وتعرضها للهواء.

قمت بإعداد مجهز قدرة منفصل بدلاً من تحوير جهاز مشهاد الإشارة، وترى في الصورة القابس الأبيض الذي يوصل إلى مجهز القدرة.





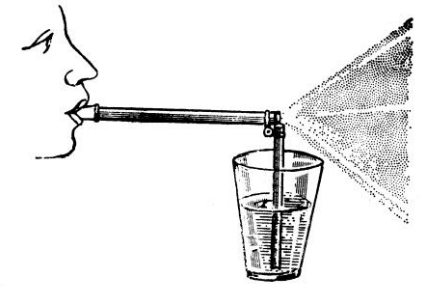
طلاء هيكل المسبار

تلاحظ في صورة المسبار السابقة أن هيكل المسبار قد جرى طلائه والكتابة فوق الطلاء باستعمال الحروف القابلة للنقل، ثم طلائه بطلاء شفاف لتثبيت الحروف. وكلمة حول الطلاء تستحق الذكر.

كنت في السابق أطلي هياكل الأجهزة باستعمال الرشاش العامل بالهواء المضغوط (مسدس الرش). والرشاش المذكور عند استعماله يحتاج إلى كمية ليست قليلة من الطلاء حتى يتيسر له العمل، وبعد الطلاء نحتاج إلى كمية ليست بالقليلة أيضاً من المذيب لتنظيفه وغسله من أثر الطلاء. وكلا المادتين الطلاء والمذيب غالية الثمن بطبيعة الحال. لذا اقتضى الحال التفكير ببديل لا يستهلك كمية كبيرة من الطلاء أو كمية كبيرة من المذيب للتنظيف ويؤمن طلاء بدرجة جودة ممتازة؛ طبعاً الفرشاة جيدة لكن طلائها يترك أثرا لا يبعث على الارتياح.

البديل كان قصبتي الرش بالفم أو ما يسمى البخاخ بالفم، وهذه الآلة تقدم لنا طلاء بدرجة ممتازة.

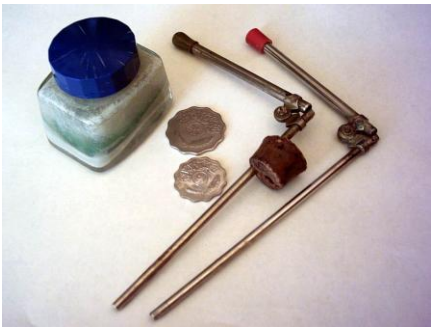
وأول ما تعرفنا إلى هذه الآلة كان من خلال درس الفيزياء للصف الرابع الإعدادي العام. نجد في الصورة التوضيحية قصبتي الرشاش وقد غمرت في كأس فيه ماء، لاحظ إن القصبة الملامسة للفم أسمك من الأخرى قليلاً، والمفصل يؤمن زاوية بين القصبتين مقدارها **90** درجة.



وهذه الآلة يستعملها الرسامون لطلاء لوحاتهم المائية والحفاظ عليها من العوامل الجوية أو طلاء لوحاتهم الزيتية بالورنيش اللامع.

والنوع الذي يلائمنا هو المصنوع من المعدن إذ إنها تصنع من البلاستك أيضاً. تباع هذه الآلة في محلين الأول مقابل كلية الفنون الجميلة والمحل الثاني في مدخل شارع المتنبي من جهة شارع الرشيد في العاصمة بغداد.

وعند الرش بها يتعين الانتباه أن لا تنثني القصبتين فيتوقف الرش. وأن نتجنب استنشاق مادة الطلاء. وإبقاء الرشاش متحرك عند الرش قدر الإمكان أي لا نتوقف عن الحركة للحظة عند الرش فيتركز الطلاء على منطقة واحدة فيسيل ويتسبب في تشوه العمل.



صورة فوتوغرافية لأنئين من آلة الرش أضيفت إلى إحداها سدادة لتستقر على فوهة زجاجة الطلاء. تجدها عند محل عباس لبيع أدوات الرسامين على الكتف الأيسر لمدخل شارع المتنبي من جهة شارع الرشيد في بغداد. والعملات المعدنية لمقارنة الحجم ليس إلا.

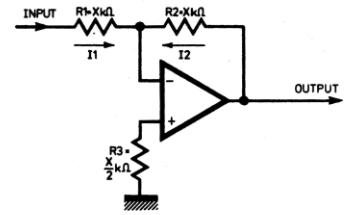
مقوِّمات عالية الصحة *High Accuracy Rectifiers*

By D.F. Bowers, B.Sc.
Practical Electronics. September 1977

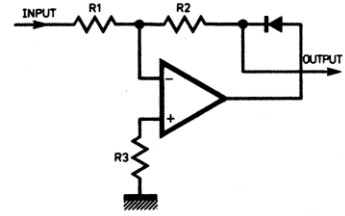
الثنائي The Diode

الثنائي بيننا ونتعامل به منذ زمن طويل، وتوجد منه أنواع عديدة لمختلف الاستعمالات. ولا زال الاستعمال الأهم للثنائيات هو التقويم **Rectification** أو الكشف **Detection**.

الثنائيات الحديثة من السيلكون تتميز بفعاليتها في تقويم الجهود المتوسطة لقيم واسعة من التيار، *لكن عند الفولتيات الواطئة فإن انحدار الجهد (الحاجز الجهدي) على طرفي الثنائي وهو في الاتجاه الأمامي يتسبب في تصغير الإشارة الخارجة.*



الشكل ١



الشكل ٢

انحدار الجهد هذا يعتمد على درجة الحرارة، عند أي ظرف من ظروف التشغيل، ولكن عند التيارات الواطئة ممكن للانحدار أن يتغير (لوغاريتمياً) مع التيار المار خلال الثنائي.

هذا الانحدار أو هبوط الجهد يبلغ مقداره **0.7V** لثنائيات السيلكون عند تيارات ضمن مدى الملي أمبير. بينما ثنائيات نوع الجرمانيوم أو الأكسيد المعدني تمتلك انحدار جهد في الاتجاه الأمامي أقل من ذلك. وهذه الثنائيات تمتلك كذلك تيار تسريب في الاتجاه العكسي أكثر من أنواع السيلكون.

المقومات الفعالة Active Rectifiers

للقياسات ذات المستوى الواطئ مثل الإشارات السمعية **Low-level audio** وقياسات السيطرة **Control measurements** نحتاج إلى مقوم فعال **active rectifier** الذي يكون خالياً من المشاكل المذكورة آنفاً وفي نفس الوقت رخيص الثمن هذا المقال يشرح استعمال مضخمات العمليات لهذا التطبيق، مبينا الجوانب المتاحة المختلفة.

جميع الدوائر جرى تصميمها حول المتكاملة **741** (مضخم العمليات المعروف) وذلك للاقتصاد وعدم الإنفاق الزائد. ويمكن استعمال مضخمات العمليات الأسرع عند الضرورة. جميع الثنائيات المستعملة من نوع السيلكون **1N4148** أو شبيهه، ويجب أن يكون ذو نوعية جيدة لنضمن تيار تسريب قليل في الاتجاه العكسي.

أساسيات مضخمات العمليات Operational Amplifier Basics

نحن هنا لا ننوي الخوض والتعامل مع نظريات مضخمات العمليات **Op. amp.** لكن من الجوانب ما هو مفيد لنا من الناحية العملية. تجد في الشكل١ مضخم عاكس ذو كسب الوحدة (مضخم عاكس يعني الخارج منه ذو تقطيب عكس تقطيب الإشارة الداخلة. وكسب الوحدة يعني فولتية الإشارة الخارجة نفس فولتية الإشارة الداخلة) يرتكز على مضخم العمليات **Op.amp.** الخارج يتحرك بالاتجاه

السالب أو الموجب ليحافظ على طرف الدخول العاكس (المؤشر بالعلامة -) عند نفس التقطيب كما هو للطرف الغير عاكس (المؤشر بالعلامة +) والموصل إلى الأرض عبر مقاومة (لأسباب تتعلق بالموازنة **Offset**). لهذا السبب فإن التيارات خلال **R1** و **R2** يجب أن تكون متساوية ومتعاكسة في الاتجاه، وطالما المقاومة متساوية في القيمة فإن انحدارات الجهد على المقاومات يجب أن تكون متساوية ومتعاكسة.

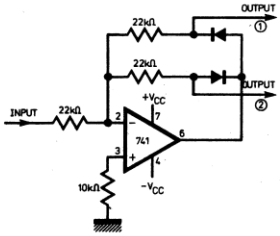
وإذا أعيد ترتيب الدائرة كما تبدو في الشكل٢ فإن الحال يبقى كما هو عند الانحراف **excursions** السالب للمدخل مع تثبيت الخارج من مضخم العمليات إلى فولتية مساوية لفولتية انحدار أمامية لثنائي واحد البالغة حوالي **0.7V** أعلى من الخارج الفعلي.

وعلى أي حال عند شوط دخول موجب فإن الثنائي يمنع المضخم من إدامة استقطاب طرف الدخول العاكس إلى استقطاب الأرض أو حدوث التغذية من خلال الثنائي.

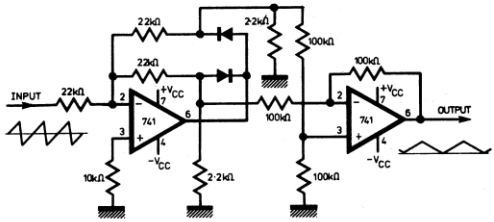
وهذه النقطة يجري التغلب عليها عن طريق إدخال شبكة تغذية عكسية ثنائية كما تلاحظ في الشكل٣. الخارج رقم١ يشتمل على شوط الانحراف الموجب والخارج رقم٢ على شوط الانحراف السالب، وجعل نقطة الأرض فيما بينهما.

المكامل Integrator

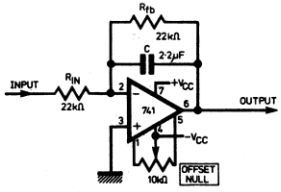
أي خارج من الدائرة الموضحة في الشكل٣ ممكن أن يغذى إلى دائرة مكامل كالموضحة في الشكل٤، للحصول على خارج يتناسب مع متوسط مستوى الإشارة. القيم المعطاة في الشكل تكون مفيدة لغاية **100Hz** كأقل تردد للإشارة، ويراعى زيادة قيمة المتسعة لتناسب الترددات الأقل، أو إقلالها للحصول على استهلال أسرع **Faster attack** مع تعرجات أعلى **With higher ripple**. ويجب أن يلاحظ أن أداء التعقب **tracking performance** لهذا النوع من الدوائر يعتمد في الغالب على جودة مضخم العمليات المستخدم **the quality of the op.amp.** وليس على هبوط الجهد على الثنائي **diode voltage drop**. مقاومة التغذية العكسية **Rfb** والتي (يجب أن تكون بنفس قيمة **Rin**) من الضروري أن تضمن أن فولتية الموازنة عند مدخل مضخم العمليات لا تتسبب في تشبع الخارج (ويظهر على شكل قص لقمم الموجة).



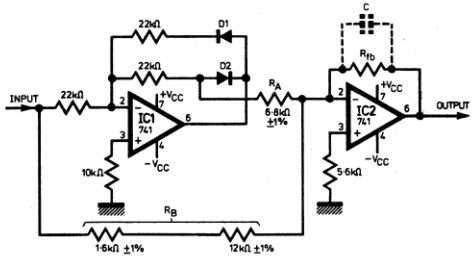
الشكل٣



الشكل٥



الشكل٤



الشكل٦

تـتم موازنـة الجهـد الخـارج إلـى نقطـة الصـفر بواسطة استعمال ضبط التصفير الاعتيادي للـ **741** باستعمال المقاومة المتغيرة.

مقوم موجة كاملة Full Wave Rectifier

الـدائرة فـي الشـكل٤ تعطينـا بيـان لمعـدل القيمـة للموجـة الكاملـة فقط إذا كانـت متشـابهة (يعنـي القسم الموجـب يشـابه القسـم السـالب). وإذا بـدلاً مـن ذلـك قمنـا بتكبيـر كـلا الخـارجين بشـكل تفاضـلي كمـا فـي الشكل٥ سنحصل على مقوم موجة كاملة "مثالي"، ستلاحظ في الشكل أنه نتج لنا موجة مثلثة من موجة سن المنشار الداخلة.

القـيم الواطئـة لمقاومـات الحمـل للمتكاملـة **IC1** ومقاومـات الـدخول العاليـة للمتكاملـة **IC2** هـي ضـرورية لمنـع الاسـتقطاب علـى طـرف الـدخول العـاكس للمتكاملـة **IC2** مـن التـداخل مـع عمليـة التقـويم. نتبـع هـذه الـدائرة بالمكامـل لنحصـل علـى خـارج يتناسـب مـع متوسـط القيمـة الحقيقـي للشـكل الموجي الداخل.

دائرة التفاضل الوهمية The "Pseudo-differential"

الـدائرة الأبسـط لتحقيـق تقـويم موجـة كاملـة عنـد الخـارج تجـدها فـي الشـكل٦. عنـد انحـراف الـداخل للمتكاملـة بالاتجـاه الموجـب يكـون الخـارج مـن المتكاملة **IC1** بالاتجاه السالب ويوصل الثنائي **D2**. لـذا فـإن المتكاملـة **IC1** تتصـرف كمضـخم عـاكس ويمـر تيـار خارجـاً إلـى المـدخل العـاكس للمتكاملـة **IC2**، حيـث يُدام عند نقطـة صـفر حقيقيـة **Virtual earth** بواسطة **Rfb**.

يتـدفق التيـار عنـد هـذا المـدخل عبـر R_B لـذا فـإن صافي التيار الخارج إلى الطرف العاكس للمتكاملة **IC2** هو IR_B-IR_A. وطالما **IC1** يمتلك كسب الوحدة فإن هذه التيارات تعتمد على قيم المقاومات R_A و R_B.

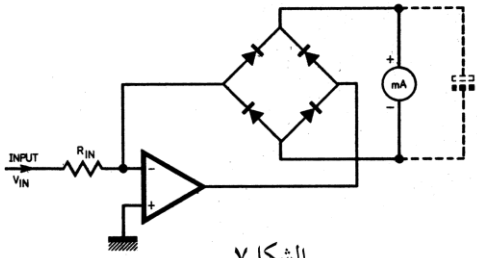
عنـد الانحـراف السـالب لموجـة الـدخول، فـإن الخـارج للمتكاملـة **IC1** يـذهب بالاتجـاه الموجـب والثنائي **D1** يوصل، وبذا يؤمن إدامة نقطة الصفر الفعلية عند طرف الدخول العاكس للمتكاملة **IC1**. **D2** يكون الآن منحاز عكسياً، لذا لا يمر تيار خلال **RA** طالمـا هـي موصـلة (علـى التـوالي مـع مقاومـة **22K**) بـين اثنـين مـن نقطـة صـفر فعليـة **Virtual earths**. التيـار الصـافي مـن نقطـة الـدخول العاكسـة للمتكاملـة **IC2** يمـر خـلال **RB** وحـدها. فـإذا كانـت **RA = 1/2 RB**، فـإن كـلا الخـوارج مـن المتكاملـة **IC2** سـتكون مسـاوية لشـوط الانحـراف الموجـب والسـالب، والكسـب الكلـي للنظـام سيكون **±(Rfb ÷ RB)**. وحتى نحصل على كسب الوحدة فإن **Rfb** في الشكل٦ يجب أن تكون ذات قيمة **13.6KΩ**.

وإذا كـان المطلـوب عنـد الخـارج الحصـول علـى متوسـط القيمـة **mean value output** يمكـن إضـافة متسعة على طرفي **Rfb** محولـة بذلك المتكاملـة **IC2** إلـى دائـرة مكامـل الموجـودة فـي الشـكل٤. قيمـة المقاومـة المـؤثرة لــ **Rin** هـي **13.6KΩ**. وتجـدر الإشـارة أنـه مـن خـلال إقلال قيمـة مقاومـة الـدخول، فإن جميع دوائر المقومات **rectifier** المشروحة فيما سبق بإمكانها أن تجهزنا بكسب بالإضافة إلى عملية التقويم.

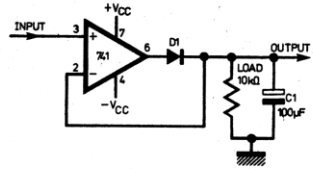
مراقبة مستوى الذروة Peak Level Monitoring

صـيغة المقـوم الموضـحة والمضـمنة عـادة فـي الملـي فولتيمترات السمعية **Audio mill voltmeters** موضحة في الشكل٧. وأساساً فإنها ترتكز على نفس المبادئ التي جرى مناقشتها، وتعتمد على حقيقة أنه فـي أي لحظـة، تسـاوي قيمـة التيـار فـي توصـيلة التغذيـة الخلفيـة إلـى **(Rin÷Vin)**. متجـاهلين تسـريب الثنـائي، كـل هـذا التيـار يجـب أن يمـر خـلال ملـف المقياس **the meter**، وبسبب وجود القنطرة (قنطرة الموحدات) يجب أن يجـري دائمـاً في نفس الاتجـاه. وبسبب القصـور الـذاتي الميكـانيكي لحركـة المؤشـر، فإن حركـة المقياس (المؤشـر) سـتتبع متوسـط القيمـة للفولتيـة الداخلـة، لكـن توصـيل متسـعة عاليـة القيمـة على طرفي المقياس سيعطي للدائرة خاصـية قراءة ذروة الفولتيـة المقاسـة. النقطـة السـلبية الكبيـرة علـى هذه الطريقة هي في بطئ حركـة الاسـتهلال للمؤشـر **Very slow attack**، وعـدم إمكانيـة الدائـرة من تجهيز فولتيـة خارجـة ممكـن أن تسـتعمل للسـيطرة علـى دوائر أخرى. الدائرة التي سنشرحها لاحقاً ستتضمن المقدرة على معالجة هاتين النقطتين السلبيتين.

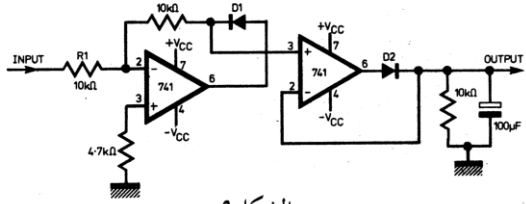
دائرة عامة لكاشف مثالي لقيمة الذروة تراها في الشـكل٨. عنـد الانحـراف الموجـب لإشـارة الـدخل، نجد إن المدخل العاكس لمضخم العمليات **op. amp.**



الشكل٧



الشكل٨



الشكل٩

قد جُعِل ليتبع **follow** طرف الدخول غير العاكس **non-inverting**. إذا هبطت الإشارة الداخلة لحظياً، فإن الطرف العاكس يبقى ماسكاً استقطابه ما قبل الهبوط من خلال المتسعة **C1**، ويذهب الخارج من مضخم العمليات بشدة إلى الاتجاه السالب، وبذا ينحاز **D1** باتجاه الإطفاء.

بدئ عمل هذه الدائرة (استهلال العمل) **The attack of this circuit** محدد فقط بالمقاومة الأمامية للثنائي وممانعة الخروج لمضخم العمليات؛ والتحديد الآتي من معدل الانحدار **slew rate** لمضخم العمليات نفسه. هذا الكاشف ممكن أن يرفق إلى الخارج من الدائرة المبينة في الشكل٥ للحصول على مراقب مثالي لقيمة الذروة.

ومن خلال القيم المبينة، فإن زمن الاضمحلال سيكون حوالي ثانية واحدة. وهذا ممكن تغييره بتغيير قيمة المتسعة **C1**. إذا استعمل الخارج لسوق فولتميتر، يمكن عندئذ استعمال ممانعة الأخير كحمل. زمن الاضمحلال سيعتمد حينها على حاصل ضرب هذه الممانعة و**C1**.

دائرة اقتصادية Economical Circuit

إذا كان بالإمكان تغذية مقوم الذروة من مصدر ذو ممانعة خروج واطئة، أو ممانعة معلومة (مثل مرحلة ترانزستور موصلة بطريقة القاذف المشترك) يمكن استعمال حيلة أنيقة لإقلال عدد مضخمات العمليات اللازمة. الدائرة في الشكل٩ هي كاشف ذروة لموجة كاملة **full-wave peak detector** ويتعين أن يغذى من مصدر ذو ممانعة على درجة من الأهمية تكون أقل من **R1**، أو يجب أن نقلل قيمة **R1** لقبول ممانعة المصدر.

عند انحراف فولتية الدخول إلى الاتجاه السالب، فإن **IC1** ستغذي إشارة معكوسة إلى **IC2**، ولكن عندما تذهب فولتية الدخول إلى الاتجاه الموجب فإن الثنائي **D1** سيعزل **IC1** من الدائرة وستغذى إشارة الدخول بشكل مباشر إلى الكاشف. الكاشف الذي تستند إليه **IC2** هو نفسه كما في الشكل٨.

عزل المدخل Input Isolation

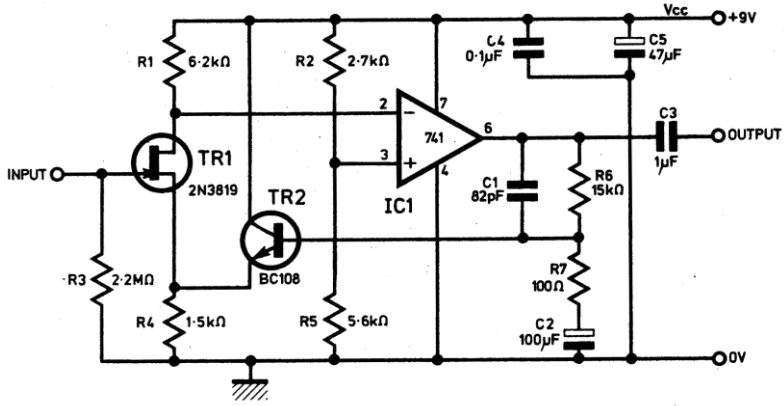
نقاط الدخول لجميع الدوائر موصلة بطريقة الربط المباشر **d.c. coupled input** فإذا كان على طرف الخروج لدائرة المصدر (الدائرة التي نروم

قياس فولتية الإشارة المتناوبة منها) استقطاب مستمر تعين علينا إدراج متسعة بين المدخل والمصدر تتصرف كمصد للتيار المستمر. مثل هكذا متسعة يجب أن تمتلك ممانعة واطئة عند أقل تردد نستعمله، مقارنة مع ممانعة الدخول وعند العمل في مستويات فولتية واطئة، كأن تكون إشارات أقل من **10mV**، سنحتاج إلى موازنة **offset** مضخم العمليات إلى نقطة الصفر. ويتم هذا من خلال توصيل مقاومة متغيرة ذات قيمة **10KΩ** على الطرفين رقم **1** و **5** للمتكاملة **741**، وتذهب المنزلقة إلى **VCC**– كما في التشكل٤. من خلال هذه المقاومة المتغيرة يتم ضبط الخارج من المتكاملة عند نقطة الصفر فولت.

مضخم ابتدائي سمعي ذو ممانعة دخول عالية

High Impedance Audio Pre-amp.

By N.Ing-Simmons,



الشكل ١

الدائرة الموضحة في الشكل ١ قد طورت لتحقيق أقصى الفائدة من ممانعة الدخول العالية لترانزستور تأثير المجال **field effect transistor** مع الكسب المرتفع لمضخم العمليات. ويمكنها سوق متكاملة مضخم قدرة سمعي نوع **LM380** الشهيرة من خلال خارجها البالغ تقريباً **100mV** من خلال استعمال أي نوع من أنواع المايكروفونات.

طالما الترانزستور نوع **f.e.t.** يمتلك ممانعة دخول عالية وهو نبيطة تتحسس الفولتية، فإن المقاومة **R3** لا تحتاج أن تكون متنوعة في القيمة. بالإضافة إلى أن معظم أنواع المايكروفونات ممكن أن توصل على طرفي المقاومة بدون متسعات عزل. الجهود المستمرة لأجزاء الدائرة يتم تجهيزها من خلال التغذية العكسية السالبة من الخارج من المتكاملة **IC1** إلى المدخل عبر **TR1** (الذي يتصرف كمضخم بوابة مشتركة للتيار المستمر **d.c.**). الترانزستور **TR2** هو مضخم تيار **Current amplifier** يسوق طرف الـ **Source** للترانزستور **TR1**، سامحاً للأعضاء **R6** و **R7** و **C1** و **C2** لأن تمتلك قيم معقولة. طالما المضخمات نوع القاذف المشترك **Common Emitter** تمتلك كسب تيار فقط، بينما مضخمات البوابة المشتركة **Common gate** ومضخمات المصدر المشترك **Common Source** تمتلك تقريباً كسب فولتية متساو، فإن الكسب الكلي ممكن أن يدرك من خلال تغذية عكسية إلى طرف المصدر **Source** بالإضافة إلى طرف البوابة **gate** للترانزستور **TR1**.

كسب التردد السمعي يتم إدراكه بواسطة **R7/R6** إلى تقريباً **150 (44dB)**. نقاط **3dB**- العليا والسفلى يتم إعدادها لغاية **50KHz** و **40KHz** من خلال **C1** و **C2** على التوالي.

اختيار قيمة متسعة الربط **C3** للخارج من المتكاملة تحكمها ممانعة الدخول للدائرة اللاحقة. القيمة المبينة مناسبة لسوق دائرة مضخم تحوي المتكاملة **LM380**. يمكن إقلال الكسب من خلال زيادة المقاومة **R7** و العكس صحيح، وممكن أن يؤثر هذا على الاستجابة للترددات الواطئة. المتسعة **C1** تمنع عدم الاستقرار **Instability** الذي يحدث في منطقة الترددات العالية **h.f.**

خطين للتوصيل فقط لزر الجرس مع مصباح إنارة

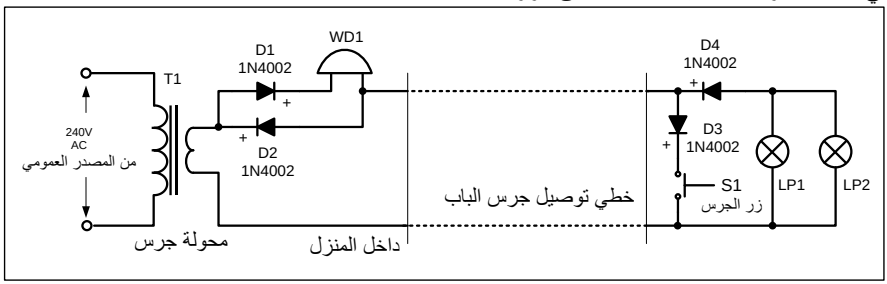
By E. Vaugham
Everyday Electronics, August 1979

ظهر هذا المقال لحاجة صاحبه إلى وضع مصباح صغير فوق رقم الباب ولكن دون الاضطرار إلى تمديد زوج إضافي من الأسلاك حول المنزل، أو استعمال البطارية كمصدر لطاقة المصباح.

الدائرة

التي جرى اختيارها تجدها في الشكل١ وقد قرر فيها استخدام زوج الأسلاك الخاصة بجرس الباب لتغذية مصباح الإنارة بالإضافة إلى تشغيل الجرس في داخل المنزل عندما يضغط أحد على الزر.

إفرض للحظة أن الثنائيات **D1** و **D3** والجرس **WD1** غير موجودة في الدائرة. سيبقى من الدائرة **LP1** و **LP2** و **D4** مع **D2**، لهذا ستضيء المصابيح ولكن في نصف الدورة السالب للتيار المتردد الخارج من المحولة. الآن نعيد باقي المكونات ونضغط المفتاح **S1** حيث سيعمل فقط في نصف الدورة الموجب لموجة التيار المتناوب **(a.c.)**. في الواقع إن الثنائيات تعمل كأزواج حيث توجه كلا الفولتيتين الموجبة والسالبة إلى الاتجاه المطلوب.

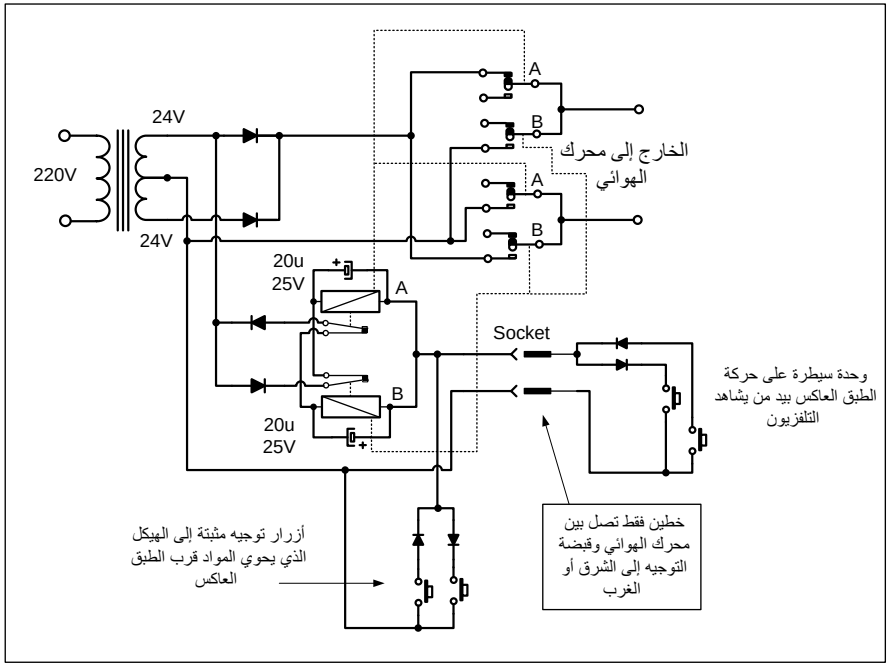


الشكل١ مخطط الدائرة الكهربائي للدائرة ذات الطريقين.

من منظار آخر نقول، افرض إن موجة التيار المتناوب قد ذهبت بالاتجاه الموجب، سيوصل **D1** ويمرر هذا التيار عبر **WD1** إلى وصلة **D3** و **D4**. التيار لا يستطيع أن يذهب باتجاه **D4** حيث سيكون منحازاً عكسياً. الطريق الوحيد للتيار عبر **D3**.

ونفس الحالة تحدث عندما يذهب التيار المتناوب بالاتجاه السالب؛ يوصل **D2** و **D3** بانحياز معاكس ويمر التيار عبر **D4** لإضاءة المصابيح **LP1** و **LP2** الموضوعة فوق رقم المنزل.

انتهى المقال أعلاه لكن الفائدة منه لم تنته. ما أن صار الإقبال على الهوائيات الطبقية حاضراً حتى وردت الطلبات في طريقة لتوجيه الطبق من داخل المنزل من خلال سلكين فقط لا أكثر لتجنب أي مصاريف زائدة. وكان الفني القائم بتركيب الطبق قد استعمل محرك يعمل على **24V** تيار مستمر ويقتضي الأمر عكس قطبية تجهيز الفولتية المستمرة لعكس اتجاه دوران المحرك، وبذلك يتوجه الهوائي إما إلى الشرق أو الغرب. ترى في المخطط التالي مجموعة تجهيز القدرة اللازمة والمتضمنة لمحولة خافضة من **220V** إلى **24V** يتم تقويمها من خلال الثنائيات، ومطبقة فيها الفكرة الواردة في المقال السابق مع قبضة السيطرة البعيدة من خلال سلكين فقط، وسواء كانت المجموعة في الأعلى (مجموعة تجهيز القدرة) عند الطبق أو قرب جهاز التلفزيون لا نحتاج إلى أكثر من سلكين فقط تصل بين الهوائي والمشاهد.



مخطط يوضح مجهز القدرة الكامل لتجهيز محرك توجيه طبق الهوائي بالفولتية المستمرة اللازمة لتحريكه وعكس هذه الفولتية عند الرغبة في عكس اتجاه حركته. وقد طبقت فيه الفكرة المستقاة من المقال السابق في استعمال سلكين فقط لأداء وضيفتين في نفس الوقت أو كل وضيفة في وقت. لاحظ إن المرحل A يتحكم في مرحلاته المؤشرة بالحرف A ونفس الكلام ينطبق على المرحل B. كلا المرحلين A و B ملفاتهما تعمل على 24V تيار مستمر وتستهلك تيار بما يقارب 25mA. محولة القدرة يجب أن تمتلك القدرة اللازمة التي يحتاجها المحرك الكهربائي. وقد استعمل لهذا الغرض محرك ماسحة زجاج لسيارة واز وأدى المهمة على أحسن وجه وبأنسب سعر. وفي الأطباق التي تستورد هذه الأيام ترسل الإشارة إلى وحدة التحكم في المحرك مع سلك الهوائي على شكل كود يجري فكه من خلال متكاملة، لكن تبقى الفكرة مفيدة وقد نحتاج لها في تطبيق ما. لاحظ رمز الملامسات للمرحل ستجد إن كتلة (البلاتين) قد ملأت باللون الأسود في حين تركت الأخرى مجوفة، المملوءة باللون الأسود تعني إنها متصلة في حالة السقوط والمجوفة تعني إنها غير موصلة في حالة السقوط. هذا الأسلوب في الترميز تعتمده شركة أريكسون الشهيرة في الاتصالات وهو ضمن مناهج التدريب لقراءة الرموز على مخطط البدالات التي تنتجها الشركة.

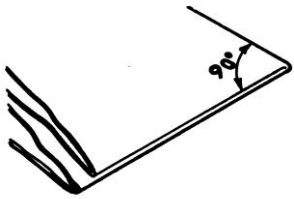
تلميحات حول عدة العمل

From The Electron To Superhet

١. تلاحظ في المخطط كاوية كهربائية وقد قمنا بتوصيل سلك أرضي إلى هيكلها المعدني الخارجي. ينسحب توصيل الأرضي مع خط توصيل القدرة الكهربائية إلى مقبس تجهيز القدرة حيث نضع مقبس توصيل الأرضي منفصلاً ليتصل به قابس السلك الأرضي. هذا الإجراء يجعل الكاوية أمينة مع الالكترونيات الدقيقة، ذلك لأن الجهد المتناوب الواقف على رأس الكاوية والذي يبلغ ٨٠ إلى ١٠٠ فولت والذي يتسبب في تلف المكونات الالكترونية قد جرى تسريبه إلى الأرض. وبذلك تصبح الكاوية غير ملائمة لصيانة أجهزة التلفزيون ما لم يتم فصل خط الأرضي أو تشغيل جهاز تلفزيون من خلال محولة عزل بين ملفها الابتدائي والثانوي حجاب مؤرض.

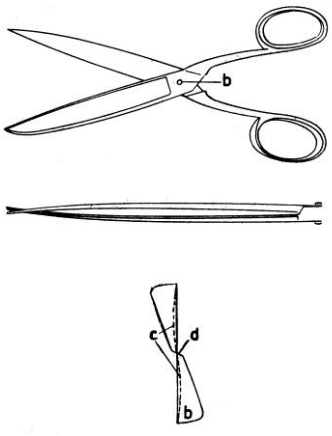
الشكل١ إضافة خط توصيل الأرضي إلى الكاوية الكهربائية

٢. عند العمل في تحضير هياكل للأجهزة وغالباً ما تكون الهياكل من الصفائح المعدنية ويتعين فحصها باستخدام زاوية قائمة (كونية) المخطط المجاور يوضح طريقة سريعة لصنع حافتين بينهما زاوية قائمة من خلال طي ورقة لنحصل على حافة مستقيمة ثم طيها ثانية مع مطابقة الحافتين لتحصل على زاوية قائمة يمكن استعمالها.



الشكل٢ يتم ثني الورقة مرتين لنحصل على زاوية قائمة

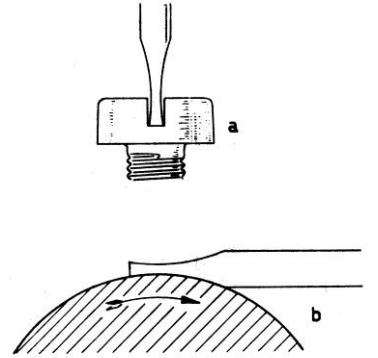
٣. المقص المعروف والذي تجد صورته نستعمله غالباً في الأعمال اليدوية، ونراه دائماً حاضراً على طاولة العمل يؤدي مختلف المهام. في المخطط تلاحظ أن شفرات المقص الجيد تكون منحنية قليلاً وعند القص تكون على درجة من التقاطع كما في الشكل٣ **(a)** وبذلك فهي تضغط الواحدة على الأخرى حيثما يتعين على المقص أن يقطع. وعندما يقطع المقص وهو على هذه الصورة يتعذر على الورق أن ينثني حاشراً بين الشفرتين.



أما إذا كانت الشفرات مقوسة ولها حافات

صحيحة الحد والورق لا يزال ينحشر بينهما، هنا يأتي دور مسمار الثبيت الموضح في **(b)** ويمكن معالجة ارتخائه من خلال طرقه بمطرقة. وعند القيام بهذا العمل نستعمل مطرقة معدنية ثقيلة أو بضغطه بين فكي ملزمة (منكنة). عند حد شفرات المقص يتعين حد الحافة المؤشرة **(d)** فقط. أما الجوانب المؤشرة بالخط المنقط **(C)** فيتم جليها فقط عندما تكون قديمة وصدئة.

٤. في الشكل٤ تلاحظ الطريقة الصحيحة لتحضير رأس المفك باستعمال حجر التجليخ الدائري (الكوسرة)، لاحظ الاتجاه الصحيح لدوران الحجر. يتم قطع رأس المفك بسمك أقل قليلاً من الحز في رأس المسمار المحوي كما في الشكل٤ **(a)** حتى يتأتى للمفك أن يصل إلى قاع الحز وهو يفتح.



الشكل٤ طريقة تحضير رأس المفك

تلاحظ في الصورة التالية نوعين من المبارد المدورة، وتصنف ضمن مبارد الساعاتي أو هكذا تسمى ضمن دروس البرادة.

إلى الأعلى مبردين مستقيمين اسطوانيين ذوات مقطع مدور قطره **3** ملم وإلى الأسفل مبرد مدور يسمى ذيل الفأر وهو غير مستقيم يعني أن قطره قرب قبضته سميك ثم ينحف عند الحافة.

ما أريد قوله إن المبردين العلويين ذوات القطر المذكور مفيدة في إعداد الهياكل أيما فائدة وهي نادرة في السوق؛ والعمل الذي تنجزه هذه المبارد لا يمكن لمبرد ذيل الفأر أن ينجزه وإذا حاولنا ذلك قد نجرح أيدينا.

إذا كنت عزيزي القارئ ممن يقوم بإعداد الهياكل من الألواح المعدنية، فلا تفوتك فرصة اقتناء واحد من المبارد العليا عند مشاهدتها في السوق، ولأنها نادرة بشكل ملحوظ وضعت لك هذه الملاحظة كتذكير.

الفهرس

بداية الإرسال الراديوي ١
بث الموجات الكهرومغناطيسية واستقبالها ٥
ما هو زيت المحولات؟ ١٦
مولدة شرارة قدح، إنتاج الصين، تتغذى بالطاقة من بطارية ١٦
دوائر الموجة الثانوية Secondary Wave Circuits ٢٣
مضمن للموجة الثانوية Secondary wave Modulator ٢٣
الأجهزة الأيونية ٢٥
مصابيح النيون ٢٦
صمامات إقرار الجهد ٢٧
المواصلات الراديوية ٣١
الهوائي ثنائي القطب (الدايبولي): ٣٣
هوائيات ربع الموجة: ٣٤
البث على طول خط النظر ٣٥
مدخل إلى المرشحات ٤٥
قاطعات الشبكة الحاجبة للخط المحوري Braid Breaker ٤٧
بلورات الكوارتز Quartz Crystal ٤٧
مدخل إلى الديسبل An introduction to decibels ٤٩
خط النقل Transmission line ٢
التردد الراديوي على خطوط النقل R.F. on line ٥٣
الموجات الواقفة Standing waves ٥٤
الخطوط المنتهية بأحمال مقاومية Lines Terminated in resistive load ٥٥
ممانعة الدخول Input Impedance ٥٦
خطوط النقل بدون أحمال Lines Without load ٥٧
خطوط النقل الرنينية وغير الرنينية Resonant and Nonresonant Lines ٥٨

الخصائص العملية لخطوط النقل Practical Line Characteristics ٥٩
خطوط النقل المتوازية Parallel-Conductor Lines ٦٠
عدم التوازن في خطوط النقل ذات الموصلين المتوازيين..... ٦١
خطوط النقل المحورية Coaxial lines..... ٦٢
المفقودات في خطوط النقل Losses in transmission lines ٦٣
بالون نوع الملف Coil Baluns ٦٥
الإقران إلى المستقبل Coupling to a Receiver..... ٦٦
نظرة إلى الراديو الروسي VEF206 VEF204..... ٦٧
مضخم التردد المتوسط ٧٢
النهاية الأمامية ٧٣
مضخم سمعي من مكونات CMOS..... ٨٤
نظرة إلى الواقع ٩٠
مستلم للحزم الراديوية FM AM ٩٢
إعادة التوليد Regeneration..... ١٠٠
كاشف إعادة التوليد Regenerative Detector ١٠٠
مستقبل إعادة التوليد الفائق Superregenerative Receiver..... ١٠١
داينترون من التر انزستورات Transistorized Dynatron..... ١٠٢
تقنيات التجميع ١٠٥
لوح تجميع النماذج الأولية بدون لحام Solderless Prototype Board ١٠٥
اللوح المثقب Perforated Construction Board ١٠٦
ألواح دائرة مطبوعة متعددة الاستعمالات Utility PC Boards : ١٠٧
التجميع بالأسلاك المبرومة Wire Warp ١٠٨
التجميع القبيح أو تجميع الحشرة الميتة أو التجميع بطريقة الفن التشكيلي ١٠٩
استغلال الفراغ Space Savers..... ١١٠
برنامج يرسم تدريجات منقلة دائرية حسب الحجم المرغوب، باستعمال البيسك المرئي ١١٢
رسم التدريجات لمقاييس الملف المتحرك حسب الطلب ١١٦

تحوير مقاييس الملف المتحرك إلى فولتمتر ١١٦
تحوير مقاييس الملف المتحرك إلى أمبير ميتر ١١٧
برنامج لرسم تدريج للفولتميتر ١١٨
قياس فولتية الترددات الراديوية (FET Voltmeter) RF Voltage (RF Probe) ١٢٢
كيف أستطيع أن أكتشف تذبذب عدم الاستقرار؟ ١٢٢
مسبار لقياس فولتيات الترددات الراديوية يرفق إلى الفولتميترات الالكترونية ١٢٣
مقاييس الفولتية الالكترونية Electronics Voltmeters ١٢٦
بناء مقياس فولتية الكتروني ذو دائرة متكاملة An IC Voltmeter ١٢٧
مسبار فعال للأسلسكوب Active ‘Scope Probe ٢
المجسات الخاملة Passive Probes ١٣٣
المجس الفعال Active Probe ١٣٣
الاستهلال Attack ١٤٠
التضاؤل أو التوهين Attenuation ١٤٠
المضائل أو الموهن Attenuator ١٤٠
طلاء هيكل المسبار ١٤٦
مقوّمات عالية الصحة High Accuracy Rectifiers ١٤٥
دائرة اقتصادية Economical Circuit ١٤٨
مضخم ابتدائي سمعي ذو ممانعة دخول عالية .High Impedance Audio Pre-amp ١٥٠
خطين للتوصيل فقط لزر الجرس مع مصباح إنارة ١٥١
تلميحات حول عدة العمل ١٥٣

انتهى بفضل الله

حَجْبِ العلوم على إنها ليست من مستوى القارئ والإبقاء على المواضيع المثيرة، دون الالتفات إلى الأسس، هو شكل من التظليل لا يستحقه الباحثين عن الحقائق. وحشو الصفحات بالعلاقات الرياضية هو شكل من الإرهاق لا يتقبله أكثر القراء. والاعتدال في كل شيء هو سيد الأمور. سيجد القراء بعض المواضيع فيها صعوبة، لكنها هي هكذا ولا تفهم إلا هكذا والأمر هين ما دامت لا تتضمن إلا عدد محدود من العلاقات. وما نراه صعباً اليوم سيصبح يسيراً بعد حين. قد ترى إنك لا تحتاج هذه المواضيع، لكن بعد أن تتعرف عليها ستجد كيف إن المواضيع القادمة تُبنى وتتفرع منها.

والله الموفق لكل دارس