الوحدة السادسة: الذاكرة Memory

محتويات الوحدة

تمهيد

أهداف الوحدة

1. التنظيم المنطقي للذاكرة (Logical Memory Organization)
2. شريحة الذاكرة (Memory Chip)
3. ربط شرائح الذاكرة
4. ذاكرة الـــ RAM
   - 4-1 البناء الداخلي لذاكرة الـــ RAM
   - 4-2 ذاكرة الـــ SRAM
   - 4-3 ذاكرة الـــ DRAM
5. ذاكرة الـــ ROM
   - 5-1 البناء الداخلي لذاكرة الـــ ROM
   - 5-2 ذاكرة الـــ PROM
   - 5-3 ذاكرة الـــ EPROM
   - 5-4 ذاكرة الـــ EEPROM
   - 5-5 ذاكرة الـــ Flash
6. التخزين الثانوي (Secondary Storage)
   - 6-1 الأشرطة الممغنطة (Magnetic Tapes)
   - 6-2 الأقراص الممغنطة (Magnetic Disks)
   - 6-3 الأقراص الضوئية (Optical Disks)

تمهيد

مرحباً بك عزيزي الدارس في الوحدة السادسة و الأخيرة من مقرر "أساسيات التصميم المنطقي". نقوم في هذه الوحدة بدراسة أهم تقنيات التخزين (Storage) المستخدمة في الأنظمة الرقمية، حيث تعتبر القدرة على تخزين كميات كبيرة من البيانات أو المعلومات، لفترة زمنية قد تطول أو تقصر، من أهم ما يميز الأنظمة الرقمية (Digital System) على نظيرتها التماثلية (Analog Systems). نبدأ الوحدة بتوضيح التنظيم المنطقي للذاكرة، أي الذاكرة كما يراها المبرمج (Programmer)، ثم ننتقل لدراسة شرائح الذاكرة و أطراف التوصيل لها و طرق ربطها مع بعضها البعض، و ذلك قبل الدخول إلى شريحة الذاكرة نفسها و توضيح البناء الداخلي لها. و نبدأ في ذلك بذاكرة الـــ RAM حيث نوضح بنائها الداخلي و خصائصها و أنواعها المختلفة و استخدامات كل نوع منها. ثم ننتقل إلى ذاكرة الـــ ROM و نقوم

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

أيضاً بتوضيح البناء الداخلي لها و خصائصها و أنواعها. ثم نختتم الوحدة بعرض أهم تقنيات التخزين الثانوي (Secondary Storage) مثل الأشرطة المغنطة و الأقراص المغنطة و الأقراص الضوئية.

أهداف الوحدة

عزيزي الدارس، بعد دراسة هذه الوحدة ينبغي أن تكون قادراً على:

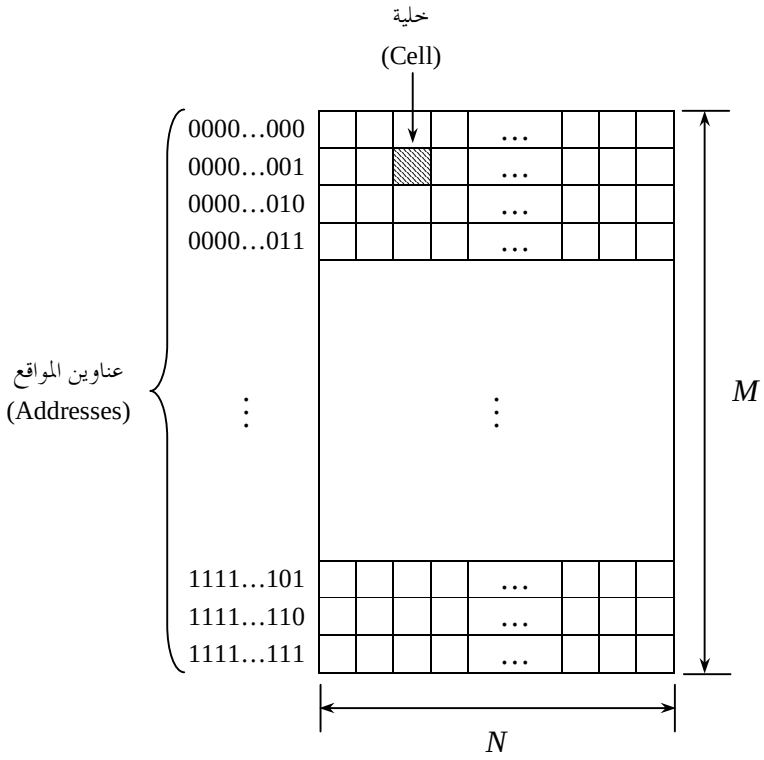
- توضيح التنظيم المنطقي للذاكرة.
- استخدام شرائح الذاكرة في الأنظمة الرقمية و ربطها مع بعضها البعض.
- توضيح البناء الداخلي لذاكرة الـــ RAM.
- توضيح الفرق بين الـــ SRAM و الـــ DRAM و خصائص و استخدامات كل منهما.
- توضيح البناء الداخلي لذاكرة الـــ ROM.
- التفريق بين الأنوع المختلفة للـــ ROM و خصائص و استخدامات كل نوع.
- فهم أهم تقنيات التخزين الثانوي و إمكانيات و خصائص كل تقنية منها.

1- التنظيم المنطقي للذاكرة (Logical Memory Organization)

المقصود بالتنظيم المنطقي للذاكرة هنا هو صورة الذاكرة كما يراها مبرمج النظام الرقمي (Programmer)، أي مجموعة من المواقع التخزينية المتتالية المتساوية في الطول، كل موقع منها يتكون من عدد من الخلايا التخزينية (Cells)، كل خلية منها تستطيع تخزين bit واحد فقط من البيانات، و لكل موقع من هذه المواقع عنوان (Address) فريد يميزه عن سواه من المواقع. يمكن الوصول لأي موقع من مواقع الذاكرة عن طريق عنوانه، و ذلك إما لإجراء عملية قراءة (Read) منه، أي إسترجاع للبيانات المخزنة فيه، أو عملية كتابة (Write) عليه، أي تخزين لبيانات فيه. و عملية القراءة غير مدمرة (Nondestructive) لمحتويات الموقع، أي أن الموقع يظل محتفظاً بالبيانات المخزنة فيه كما هي بعد عملية القراءة. أما عملية الكتابة فهي مدمرة (Destructive) للمحتويات السابقة للموقع، حيث تحل البيانات الجديدة التي تمت كتابتها على الموقع محل البيانات السابقة التي كانت مخزنة فيه.

الشكل التالي يوضح التنظيم المنطقي لذاكرة من نوع $M \times N$، حيث M هنا هو عبارة عن عدد صحيح يمثل عدد مواقع الذاكرة، و يطلق عليه أيضاً طول الذاكرة (Length)، و N عبارة عن عدد صحيح يمثل طول الموقع الواحد، أي عدد خاناته الثنائية (bits) أو خلاياه التخزينية، و يطلق عليه أيضاً عرض الذاكرة (Width).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



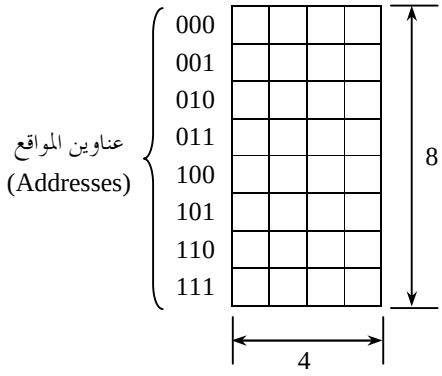
مثال:

وضح التنظيم المنطقي لذاكرة من نوع 4×8.

الحل:

عدد مواقع الذاكرة هو $M = 8$

طول الموقع الواحد هو $N = 4$



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

العلاقة بين عدد مواقع الذاكرة و عدد خانات العنوان

توجد علاقة بين عدد مواقع الذاكرة، أي طولها M ، و عدد خانات العنوان A . فإذا كان عدد خانات العنوان هو A فإن عدد العناوين الممكنة، و بالتالي عدد مواقع الذاكرة هو 2^A . أي أن

$$\boxed{M = 2^A}$$

أو (بأخذ ln الطرفين)

$$\boxed{A = \frac{\ln(M)}{\ln(2)}}$$

مثال:

أوجد عدد خانات العنوان لذاكرة من نوع:

(أ) $1\text{K}\times 8$

(ب) $4\text{M}\times 16$

الحل:

(أ) عدد مواقع الذاكرة هنا هو $M = 1\text{K} = 1024$ ، أي أن

$$A = \frac{\ln(1024)}{\ln(2)} = 10$$

(ب) عدد مواقع الذاكرة هنا هو $M = 4\text{M} = 4(1024\times 1024)$ ، أي أن

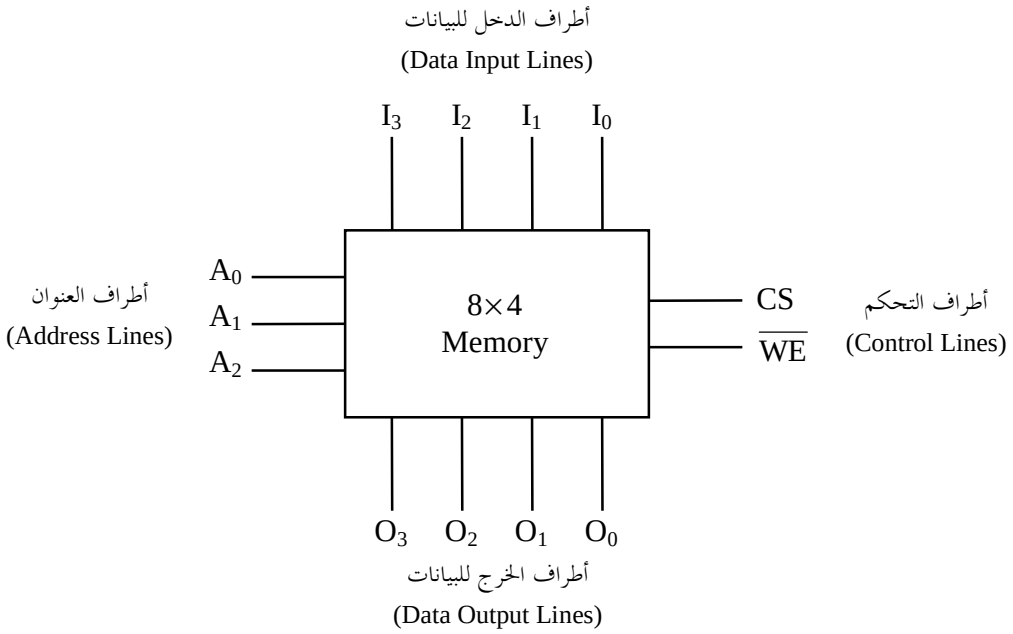
$$A = \frac{\ln(4(1024\times 1024))}{\ln(2)} = 22$$

عادة ما يكون طول الموقع N في الحواسيب الشخصية (PC's) مساوياً 8-bits، و يطلق على الموقع في هذه الحالة تسمية Byte. أما في أنواع الحواسيب الأخرى فقد يكون طول الموقع مساوياً 16 أو 32 أو حتى 64-bits. و بشكل عام يطلق على موقع الذاكرة، بغض النظر عن طوله، تسمية Word. فالـ Word هي عبارة عن موقع الذاكرة الذي تتم قراءته منها أوكتابته فيها كاملاً و لا يمكن تجزئته.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2- شريحة الذاكرة (Memory Chip)

الشكل التالي يوضح المخطط المنطقي لشريحة ذاكرة من نوع 4×8



أطراف التوصيل لشريحة الذاكرة

1. أطراف الدخل للبيانات (Data Input Lines)، و عددها يساوي طول الموقع أو عرض الذاكرة N .
2. أطراف الخرج للبيانات (Data Output Lines)، و عددها يساوي طول الموقع أو عرض الذاكرة N .
3. أطراف العنوان (Address Lines)، و عددها يعتمد على عدد المواقع أو طول الذاكرة M ، و ذلك حسب العلاقة $A = \frac{\ln(M)}{\ln(2)}$.
4. أطراف التحكم (Control Lines)، و عددها 2، و هي:

- $\overline{WE}$ أي طرف تمكين الكتابة (Write Enable)، و مهمته تحديد نوع العملية المطلوب إجراؤها على الذاكرة، و ذلك على النحو التالي:

  - $\overline{WE} = 0 \longleftarrow$ عملية كتابة (Write)
  - $\overline{WE} = 1 \longleftarrow$ عملية قراءة (Read)

و يرمز لهذا الطرف أيضاً بالرمز $R/\overline{W}$ أو بالرمز $\overline{W}$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- CS أي طرف إختيار الشريحة (Chip Select)، و هو عبارة عن خط سماح (Enable) يسمح لشريحة الذاكرة بالعمل كالمعتاد عند وضع القيمة 1 فيه، و يبطل عملها و يعزل أطراف الدخل و الخرج للبيانات عن العالم الخارجي بمعاوقة عالية (High Impedance) عند وضع القيمة 0 فيه.

  و يرمز لهذا الطرف أيضاً بالرمز ME (Memory Enable) أو CE (Chip Enable)

5. أطراف التغذية بالقدرة (Power Supply)، و عددها 2 هما $+V_{cc}$ و GND. و لا يتم توضيحهما عادة على المخطط المنطقي لشريحة الذاكرة.

مثال:

احسب عدد أطراف التوصيل لشريحة ذاكرة من نوع:

(أ) 4×32

(ب) 8×1K

الحل:

(أ)

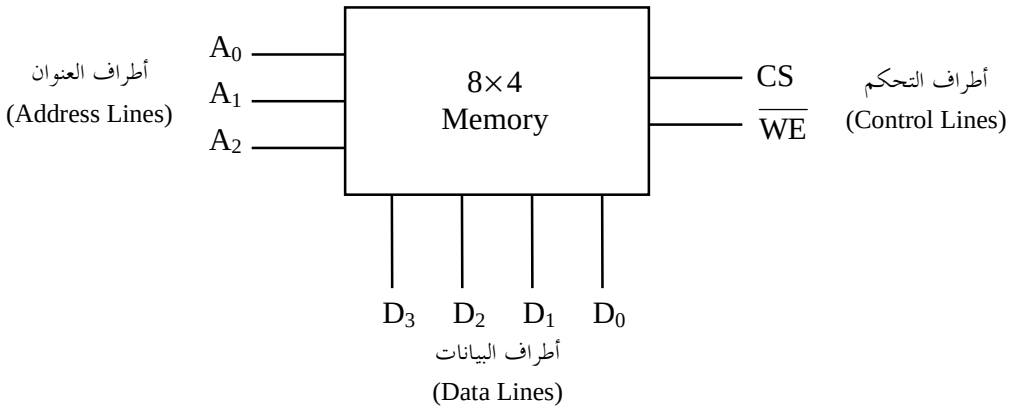
عدد أطراف الدخل	4
عدد أطراف الخرج	4
عدد أطراف العنوان	5
عدد أطراف التحكم	2
عدد أطراف القدرة	2
المجموع	17

(ب)

عدد أطراف الدخل	8
عدد أطراف الخرج	8
عدد أطراف العنوان	10
عدد أطراف التحكم	2
عدد أطراف القدرة	2
المجموع	30

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

في بعض الأحيان تكون أطراف الدخل و الخرج للبيانات في شريحة الذاكرة مشتركة، و يطلق عليها في هذه الحالة أطراف البيانات (Data Lines)، كما هو موضح أدناه



تدريب 1:

احسب عدد أطراف التوصيل لشريحة ذاكرة من نوع:

(أ) 8K×16 (ب) 1M×8

وذلك إذا كانت أطراف الدخل و الخرج للبيانات:

1. منفصلة 2. مشتركة

عملية الكتابة (Write)

لتخزين بيانات معينة في موقع محدد من مواقع الذاكرة يجب أولاً وضع عنوان ذلك الموقع على أطراف العنوان لشريحة الذاكرة، و وضع البيانات المطلوب تخزينها على أطراف الدخل للبيانات، ثم إختيار عملية الكتابة بوضع القيمة 0 على طرف تمكين الكتابة $\overline{WE}$ ، و أخيراً تغيير القيمة الموضوعة على طرف إختيار الشريحة CS من 0 إلى 1، فتنتقل القيم الموضوعة على أطراف الدخل للبيانات إلى داخل الشريحة و يتم إختزالها في العنوان المحدد.

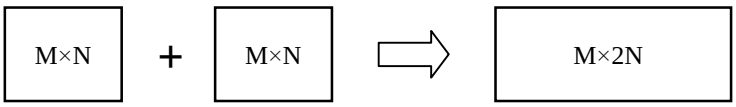
عملية القراءة (Read)

لقراءة البيانات المخزنة في موقع معين من مواقع الذاكرة يجب أولاً وضع عنوان ذلك الموقع على أطراف العنوان لشريحة الذاكرة، و إختيار عملية القراءة بوضع القيمة 1 على طرف تمكين الكتابة $\overline{WE}$ ، ثم تغيير القيمة الموضوعة على طرف إختيار الشريحة CS من 0 إلى 1، فتظهر القيم المخزنة في العنوان المحدد على أطراف الخرج للبيانات لشريحة الذاكرة.

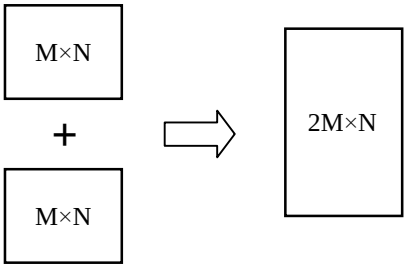
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3- ربط شرائح الذاكرة

الهدف من ربط شرائح الذاكرة هو إما زيادة عرض الذاكرة، أي زيادة طول الموقع أو الـــ Word، أو زيادة طول الذاكرة، أي زيادة عدد المواقع. كما هو موضح أدناه



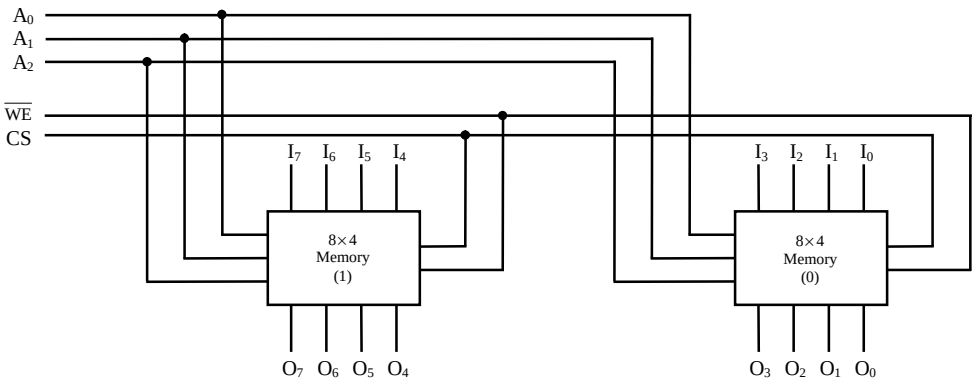
زيادة العرض



زيادة الطول

زيادة العرض

الشكل التالي يوضح طريقة ربط شريحتي ذاكرة من نوع 4×8 لبناء شريحة ذاكرة من نوع 8×8



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

خطوات الربط:

1. أطراف الدخل و الخرج للبيانات يتم توزيعها بالتساوي ما بين الوحدات المربوطة.
2. أطراف العنوان مشتركة.
3. أطراف التحكم مشتركة.

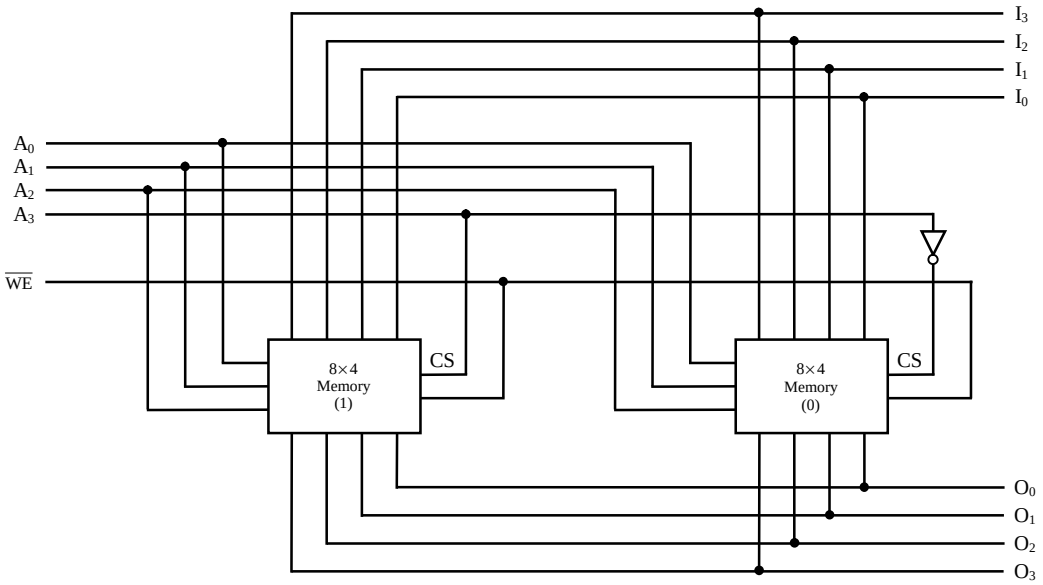
لاحظ هنا أن الخانات الأربعة الأولى من كل Word (أي نصف الـــ Word) تكون مخزنة في عنوان معين في الشريحة رقم (0) و الخانات الأربعة الأخيرة من الـــ Word (النصف الآخر) تكون مخزنة في نفس العنوان في الشريحة رقم (1). و في حالة ربط أربعة شرائح فإن الربع الأول من الـــ Word يكون مخزناً في الشريحة رقم (0)، و ربعها الثاني في الشريحة رقم (1)، و ربعها الثالث في الشريحة رقم (2)، و ربعها الأخير في الشريحة رقم (3).

تدريب 2:

وضح طريقة ربط 4 شرائح ذاكرة من نوع 4×8، بأطراف دخل و خرج مشتركة للبيانات، للحصول على شريحة ذاكرة من نوع 16×8.

زيادة الطول

الشكل التالي يوضح طريقة ربط شريحتي ذاكرة من نوع 4×8 لبناء شريحة ذاكرة من نوع 4×16



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

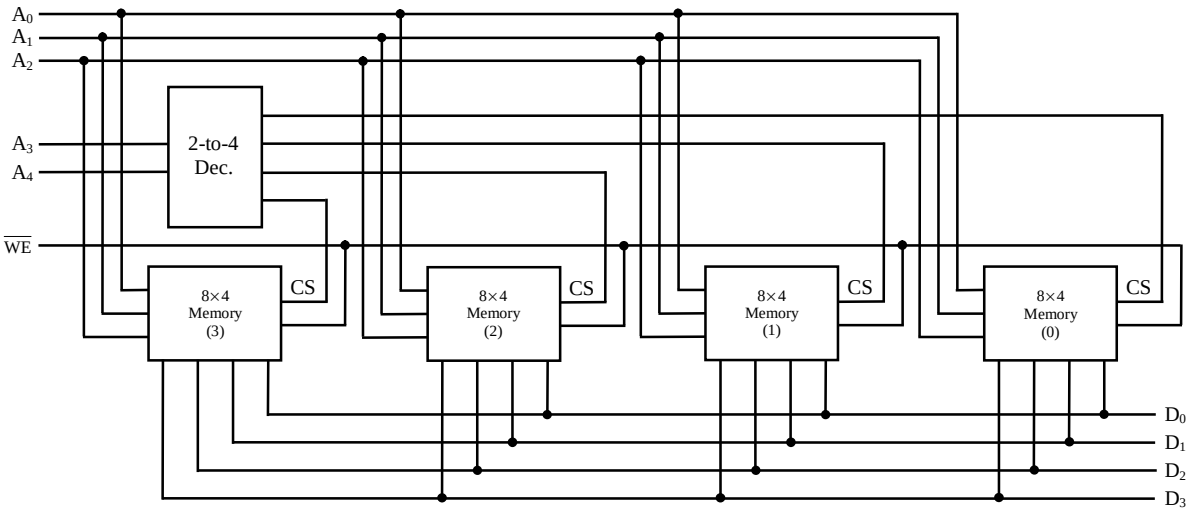
خطوات الربط:

1. أطراف الدخل للبيانات مشتركة و أطراف الخرج للبيانات مشتركة.
2. أطراف العنوان الدنيا مشتركة.
3. طرف العنوان الأعلى يستخدم في اختيار الشريحة (Chip Select).
4. طرف تمكين الكتابة $\overline{WE}$ مشترك.

لاحظ هنا أن الـــ Words الثمانية الأولى تكون مخزنة في الشريحة رقم (0)، و الـــ Words الثمانية الأخيرة تكون مخزنة في الشريحة رقم (1). لاحظ أيضاً أن عنوان أي من الـــ Words الثمانية الأولى يكون فيه طرف العنوان الأعلى A_3 مساوياً 0، و عنوان أي من الـــ Words الثمانية الأخيرة يكون فيه طرف العنوان الأعلى A_3 مساوياً 1. فوضع القيمة 0 على طرف العنوان الأعلى A_3 يؤدي لتنشيط شريحة الذاكرة رقم (0)، و بالتالي فإن أي عملية قراءة أو كتابة ستتم على العنوان من تلك الشريحة الذي تحدده أطراف العنوان الثلاثة الدنيا. و وضع القيمة 1 على طرف العنوان الأعلى A_3 يؤدي لتنشيط شريحة الذاكرة رقم (1)، و بالتالي فإن أي عملية قراءة أو كتابة ستتم على تلك الشريحة.

عند ربط أربعة شرائح ذاكرة فإننا نحتاج لاستخدام فاك شفرة من نوع 2 إلى 4 (2-to-4 Decoder) للقيام بعملية إختيار الشريحة (Chip Select)، و دخل فاك الشفرة هنا هو عبارة عن طرفي العنوان الأعليين.

الشكل التالي يوضح طريقة ربط أربعة شرائح ذاكرة من نوع 8×4 للحصول على شريحة ذاكرة من نوع 32×4 (كنوع من التبسيط استخدمنا هنا شرائح ذاكرة بأطراف دخل و خرج مشتركة للبيانات)



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

لاحظ أنه في حالة ربط 8 شرائح ذاكرة فإننا نحتاج لاستخدام فاك شفرة من نوع 3 إلى 8 (3-to-8 Decoder) في عملية إختيار الشريحة (Chip Select)، و دخل فاك الشفرة هنا هو أطراف العنوان الثلاثة العليا.

تدريب 3:

وضح طريقة ربط 4 شرائح ذاكرة من نوع 3×4، بأطراف دخل و خرج مشتركة للبيانات، للحصول على شريحة ذاكرة من نوع 3×16.

تدريب 4:

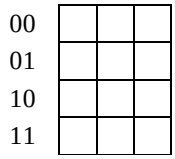
وضح طريقة ربط شرائح ذاكرة من نوع 4×8، بأطراف دخل و خرج مشتركة للبيانات، للحصول على شريحة ذاكرة من نوع 8×16.

4- ذاكرة الـــ RAM

مصطلح RAM هو إختصار لعبارة Random Access Memory أي ذاكرة الدخول العشوائي. و سبب هذه التسمية هو أنه من الممكن في هذا النوع من الذاكرة الدخول إلى أي موقع من مواقعها بصورة عشوائية عن طريق عنوان ذلك الموقع دون الحاجة لإتباع ترتيب معين في الدخول، و ذلك بخلاف ما يسمى بذاكرة الدخول التتابعي أو Sequential Access Memory التي يجب الدخول على مواقعها من البداية حسب ترتيب التخزين، فلقراءة أي موقع من مواقع هذا النوع من الذاكرة يجب قراءة الذاكرة من بدايتها و حتى ذلك الموقع. و ذاكرة الـــ RAM تستخدم عادة كذاكرة أساسية (Main Memory) في الحاسوب و بقية الأنظمة الرقمية، حيث يتم تخزين البرامج و البيانات بها بصورة مؤقتة أثناء المعالجة (Processing)، و ذلك لأنها ذاكرة متطايرة (Volatile)، بمعنى أن إحتفاظها بمحتوياتها مرتبط بتغذيتها بالقدرة، حيث تفقد تلك المحتويات بمجرد فصل مصدر التغذية بالقدرة عنها، فهي لا تصلح للتخزين الدائم. و يمكن إجراء كلا من عمليتي القراءة (Read) و الكتابة (Write) على ذاكرة الـــ RAM بنفس الدرجة من السهولة، و بالتالي يمكن مسح أو تغيير محتوياتها في أي وقت.

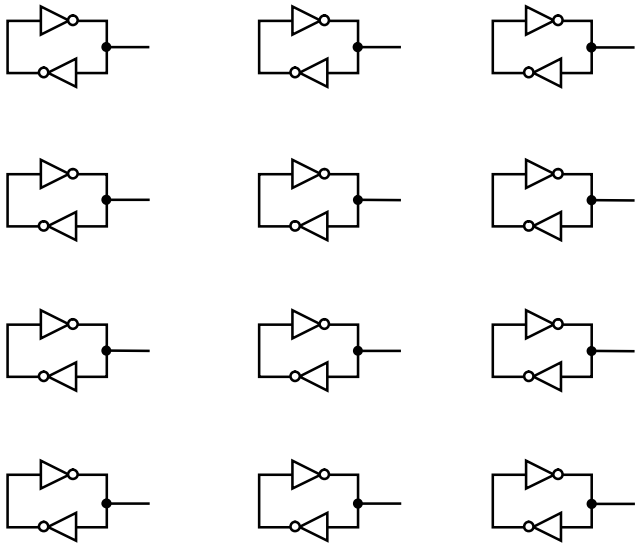
4-1 البناء الداخلي لذاكرة الـــ RAM

سنقوم بتوضيح البناء الداخلي (Internal Structure) لذاكرة RAM من نوع 3×4 الموضح المخطط المنطقي لها أدناه



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

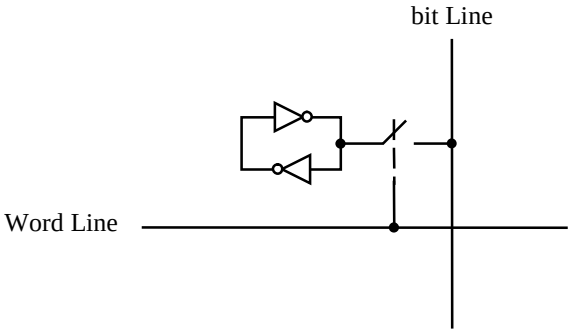
تتكون الذاكرة من 12 خلية تخزينية (Cell) مرتبة في شكل 4 صفوف و 3 أعمدة، كما هو موضح أدناه، و كل خلية هنا عبارة عن مرجاح (Flip Flop). و المرجاح المستخدم هنا هو أبسط أنواع المراجيح و الذي يطلق عليه تسمية Static Latch، و يتكون من عاكسين منطقيين. و كل صف من الخلايا يمثل Word من الذاكرة.



الوصول للخلية

السؤال الآن هو كيف نصل لخلية معينة من خلايا الذاكرة لكتابة bit من البيانات فيها أو لقراءة الـــ bit المخزن بها؟

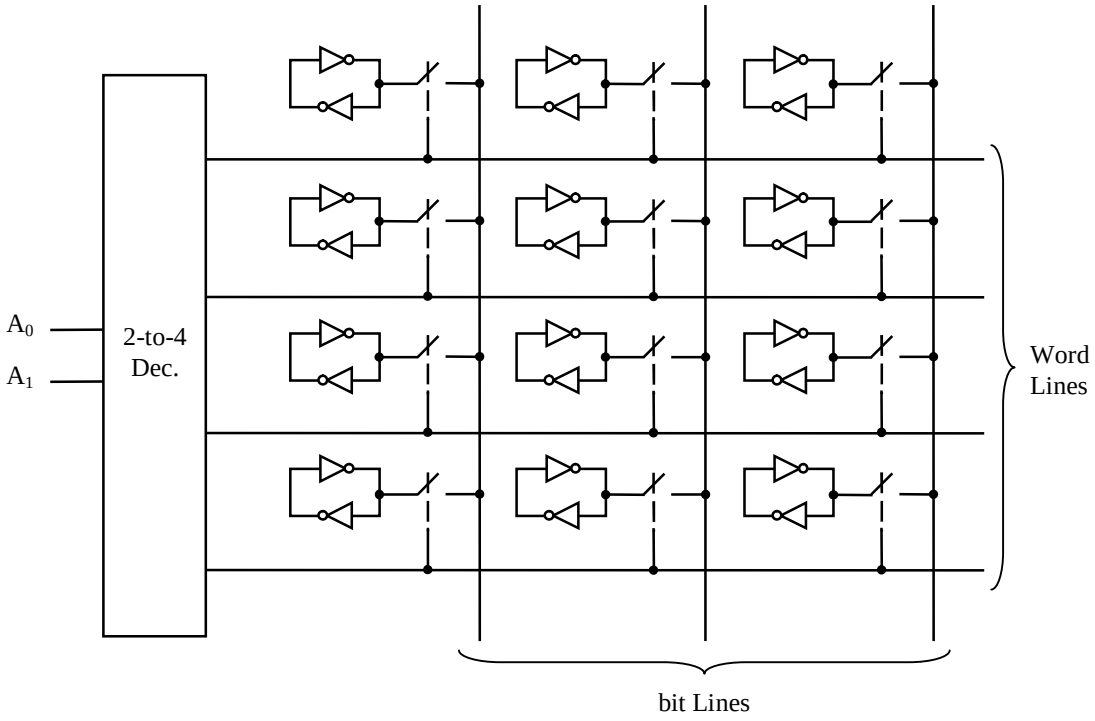
يتم ذلك باستخدام موصلين، أحدهما عمودي و يطلق عليه تسمية الـــ bit Line، و الآخر أفقي و يطلق عليه تسمية الـــ Word Line. تتصل الخلية بالـــ bit Line عن طريق مفتاح ترانزستوري (Transistor Switch)، و يتم التحكم في هذا المفتاح عن طريق الـــ Word Line. فعند وضع القيمة المنطقية 1 (الممثلة بجهد كهربائي عالي) على الـــ Word Line يغلق المفتاح فيتم توصيل الخلية مع الـــ bit Line مما يسمح بالوصول إليها لإجراء عملية كتابة فيها أو عملية قراءة منها، و عند وضع القيمة المنطقية 0 (الممثلة بجهد كهربائي منخفض) على الـــ Word Line يفتح المفتاح فيتم عزل الخلية عن الـــ bit Line. كما هو موضح أدناه



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الوصول للـــ Word

للوصول إلى موقع معين من مواقع الذاكرة يستخدم فاك شفرة تتصل أطراف الخرج له بالـــ Word Lines للذاكرة. فعندما يتم وضع عنوان الموقع المطلوب الوصول إليه على أطراف العنوان لفاك الشفرة يقوم فاك الشفرة بتنشيط الـــ Word Line المقابل لذلك الموقع، فتغلق مفاتيح جميع الخلايا المتصلة بذلك الـــ Word Line و يتم توصيل كل خلية مع الـــ bit Line المقابل لها، و بالتالي يتم الوصول للموقع و إجراء عمليات الكتابة عليه أو القراءة منه من خلال الـــ bit Lines. أما بقية مواقع الذاكرة فتكون خلاياها معزولة عن الـــ bit Lines لأن الـــ Word Lines المقابلة لها غير نشطة.

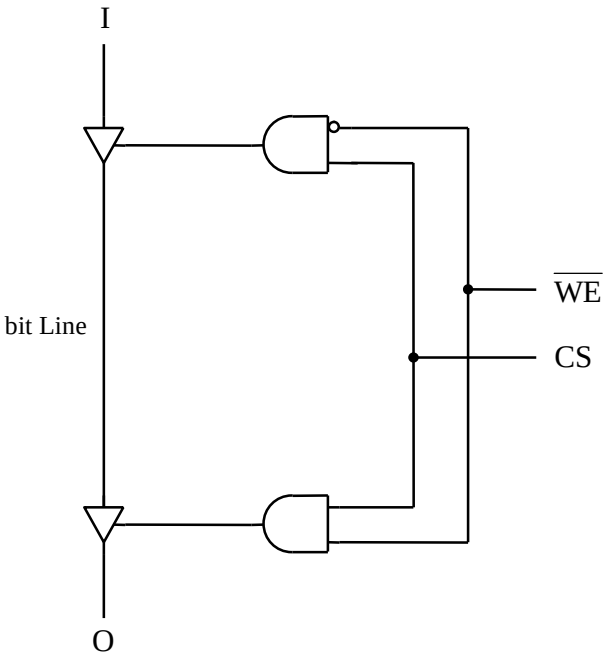


التحكم في الذاكرة

السؤال الآن هو كيف يتم التحكم في الذاكرة و إختيار العملية المطلوب إجراؤها عليها؟

يتم ذلك بوضع عازل ثلاثي الحالة (Tristate Buffer) في بداية و نهاية كل bit Line، و تغذية هذه العوازل ثلاثية الحالة بخرج دائرة تحكم تتكون من بوابتي AND، كما هو موضح بالشكل التالي

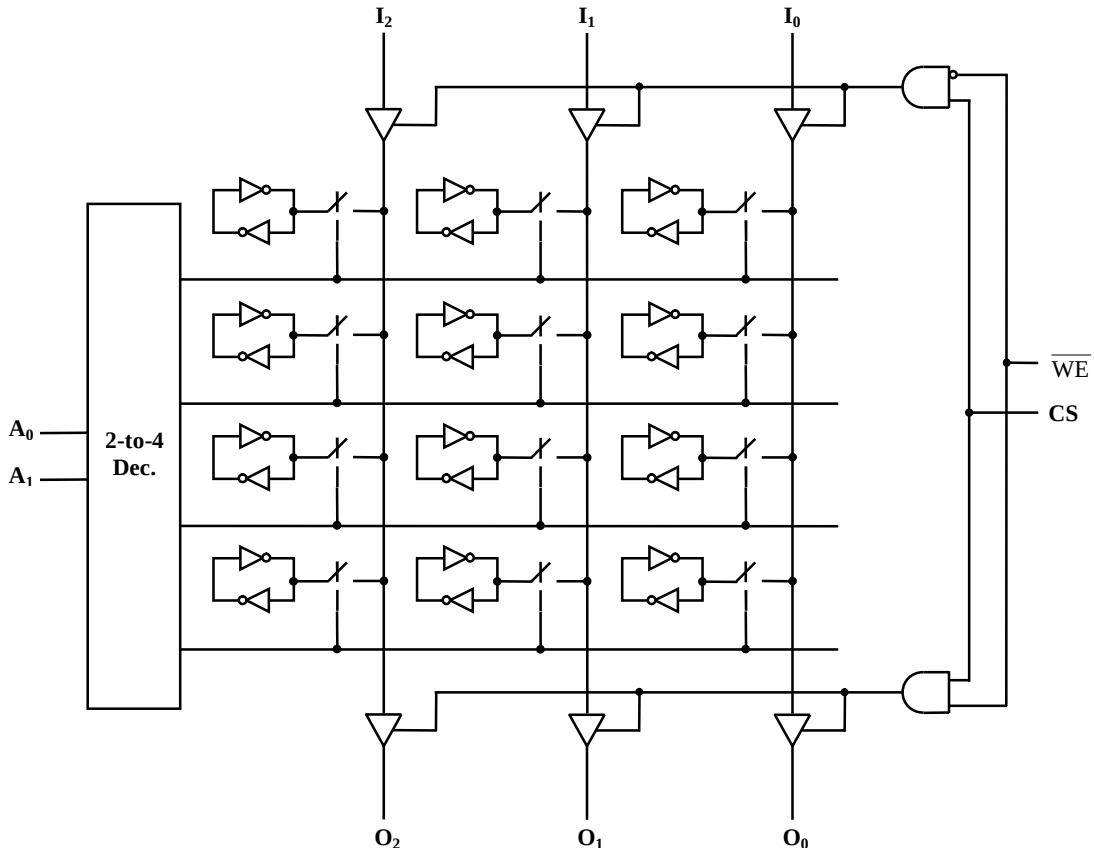
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



- عند وضع القيمة 0 في طرف إختيار الشريحة CS يكون خرج كلا بوابتي AND مساوياً 0 و بالتالي يدخل كلا العازلين في حالة المعاوقة العالية (High Impedance) و يقومان بعزل الـــ bit Line عن العالم الخارجي.
- عند وضع القيمة 1 في طرف إختيار الشريحة CS فإن خرج بوابتي AND يعتمد على القيمة الموضوعة في طرف تمكين الكتابة $\overline{WE}$.
  - عند وضع القيمة 0 على الطرف $\overline{WE}$ يكون خرج بوابة AND العليا مساوياً 1، و بالتالي يسمح العازل ثلاثي الحالة بمرور القيمة الموضوعة في طرف الدخل I إلى الـــ bit Line و حدوث عملية كتابة (Write)، أما بوابة AND السفلى فيكون خرجها مساوياً 0 فيدخل العازل الموجود في طرف الخرج O في حالة المعاوقة العالية و يقوم بعزل طرف الخرج عن الـــ bit Line.
  - عند وضع القيمة 1 على الطرف $\overline{WE}$ يكون خرج بوابة AND السفلى مساوياً 1، و بالتالي يسمح العازل ثلاثي الحالة بمرور القيمة الظاهرة على الـــ bit Line إلى طرف الخرج O و حدوث عملية قراءة (Read)، أما بوابة AND العليا فيكون خرجها مساوياً 0 فيدخل العازل الموجود في طرف الدخل I في حالة المعاوقة العالية و يقوم بعزل طرف الدخل عن الـــ bit Line.

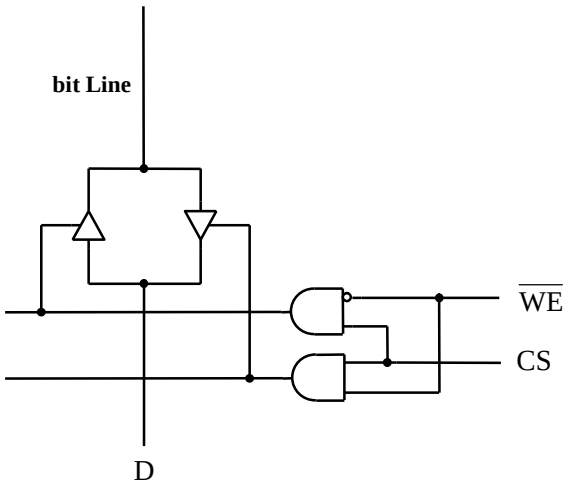
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

و عليه يكون الشكل النهائي للبناء الداخلي لذاكرة الـــ RAM من نوع 3×4 كالتالي



أطراف الدخل و الخرج المشتركة للبيانات

عندما تكون أطراف الدخل و الخرج للبيانات مشتركة يتم وضع كلا العازلين في طرف واحد من الـــ bit Line، كما هو موضح بالشكل التالي



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

زيادة سعة الذاكرة

لزيادة طول الذاكرة يتم إضافة Word Lines، و لزيادة عرض الذاكرة يتم إضافة bit Lines.

تدريب 5:

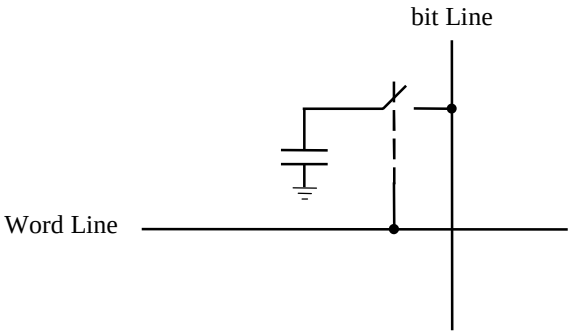
وضح البناء الداخلي لذاكرة RAM من نوع 4×8 بأطراف دخل و خرج مشتركة للبيانات.

4-2 ذاكرة الـــ SRAM

ذاكرة الـــ RAM التي قمنا بتوضيح بنائها الداخلي في ما سبق هي عبارة عن نوع من أنواع الـــ RAM يطلق عليه تسمية Static RAM، أو SRAM إختصاراً. و سميت بهذا الأسم لأنه لا يحدث تغير في محتوياتها بمرور الزمن، حيث تظل محتفظة بمحتوياتها كما هي ما دامت تغذيتها بالقدرة مستمرة. و ذلك بخلاف نوع آخر من ذاكرة الـــ RAM يطلق عليه تسمية Dynamic RAM أو DRAM، يفقد محتوياته بالتدريج مع مرور الزمن و يحتاج لإعادة كتابة المحتويات بصورة دورية. و الخلية التخزينية في الـــ SRAM، كما نعلم، هي عبارة عن مرجاح (Flip Flop). و تتميز ذاكرة الـــ SRAM بالسرعة العالية، و لكن يعيبها إرتفاع التكلفة، مقارنة بالـــ DRAM. لذلك يتم استخدام ذاكرة الـــ SRAM، بسعات صغيرة نسبياً، حيثما تكون السرعة العالية مطلوبة في الأنظمة الرقمية، مثل ذاكرة الكاش (Cache Memory) و ذاكرة الفيديو (Video Graphics).

4-3 ذاكرة الـــ DRAM

الخلية التخزينية في ذاكرة الـــ DRAM عبارة عن مكثف (Capacitor). كما هو موضح بالشكل التالي



فالمكثف المشحون يختزن القيمة المنطقية 1 و المكثف غير المشحون يختزن القيمة المنطقية 0.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

و المكثف المستخدم كخلية تخزينية في الـــ DRAM يشغل مساحة من سطح شبه الموصل أقل بكثير من تلك التي يشغلها المرجاح (Flip Flop) المستخدم كخلية تخزينية في الـــ SRAM، الأمر الذي يسمح بكثافة تخزينية أعلى في ذاكرة الـــ DRAM. فذاكرة الـــ DRAM تمتاز بإمكانية تصنيعها بسعات عالية و بتكلفة منخفضة، كما تمتاز بأن استهلاكها للقدرة الكهربائية أقل من الـــ SRAM. لذلك يستخدم الـــ DRAM حالياً بكثرة في أجهزة الحاسوب الشخصية (PC's) كذاكرة رئيسية (Main Memory). و يعيب ذاكرة الـــ DRAM أنها تفقد محتوياتها بمرور الزمن، نظراً إلى أن المكثفات المستخدمة كخلايا تخزينية فيها هي مكثفات ذات تسريب (Leaky Capacitors) تفقد شحنتها بالتدريج. لذلك تحتاج ذاكرة الـــ DRAM إلى إعادة كتابة محتوياتها، أي إلى إعادة شحن المكثفات، بصورة دورية، و تسمى هذه العملية بعملية الإنعاش (Refreshing). و تحتاج عملية الإنعاش إلى دوائر خاصة في النظام الرقمي أو داخل شريحة الذاكرة نفسها. كما يعيب ذاكرة الـــ DRAM بطئها مقارنة بذاكرة الـــ SRAM، و أن عملية القراءة (Read) منها مدمرة لمحتوياتها، حيث أن عملية القراءة تعمل على تفريغ المكثف من شحنته، الأمر الذي يتطلب إتباع كل عملية قراءة من الـــ DRAM بعملية إعادة كتابة لمحتويات الموقع الذي تمت قراءته. و حالياً توجد أنواع حديثة و متطورة من ذاكرة الـــ DRAM مثل الـــ SDRAM (Synchronous DRAM) أو الـــ DRAM المتزامن، و فيه تمت زيادة سرعة الذاكرة عن طريق قراءة أو كتابة مجموعة من العناوين المتتالية مرة واحدة بصورة متزامنة أي متفقة مع إشارة التزامن (Clock) الرئيسية في النظام الرقمي، حيث يتم الوصول لأول عنوان في المجموعة بالطريقة المعتادة، و التي فيها شيء من البطء، أما بقية عناوين المجموعة فيتم الوصول إليها بطريقة أسرع بالتزامن مع إشارة التزامن الرئيسية في النظام الرقمي. كما تم في السنوات الأخيرة تطوير الـــ SDRAM نفسه إلى ما يطلق عليه DDR SDRAM أو (Double Data Rate SDRAM)، و فيه تمت مضاعفة سرعة الذاكرة عن طريق إجراء عمليتي قراءة أو كتابة في نبضة التزامن الواحدة، حيث تتم عملية منها في الحافة الصاعدة لنبضة التزامن، و العملية الأخرى في الحافة الهابطة لنبضة التزامن.

تدريب 6:

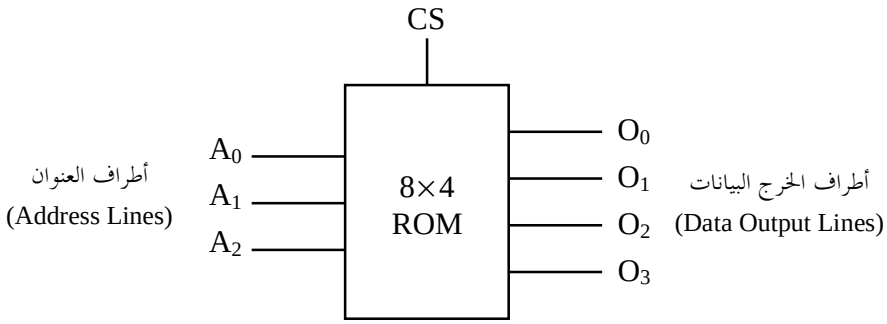
وضح البناء الداخلي لذاكرة DRAM من نوع 4×8 بأطراف دخل و خرج مشتركة للبيانات.

5- ذاكرة الـــ ROM

ROM هو إختصار لعبارة Read Only Memory أي ذاكرة القراءة فقط. فذاكرة الـــ ROM، كما تدل التسمية، يمكن قراءة محتوياتها فقط و لا يمكن الكتابة فيها، حيث أن محتوياتها ثابتة و غير قابلة للمحو أو التعديل. و إحتفاظ ذاكرة الـــ ROM بمحتوياتها غير مرتبط بتغذيتها بالقدرة، كما هو الحال في ذاكرة الـــ RAM، حيث تظل ذاكرة الـــ ROM محتفظة بمحتوياتها حتى بعد فصل التغذية بالقدرة عنها.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الشكل التالي يوضح المخطط المنطقي لشريحة ذاكرة ROM من نوع 8×4



لاحظ وجود طرف تحكم واحد فقط هو طرف إختيار الشريحة (Chip Select)

5-1 البناء الداخلي لذاكرة الـــ ROM

نظراً لثبات محتويات ذاكرة الـــ ROM فإنه من الممكن التعبير عن العلاقة ما بين عناوين مواقع الذاكرة و محتويات تلك المواقع باستخدام جدول صواب (Truth Table)، كما هو موضح أدناه

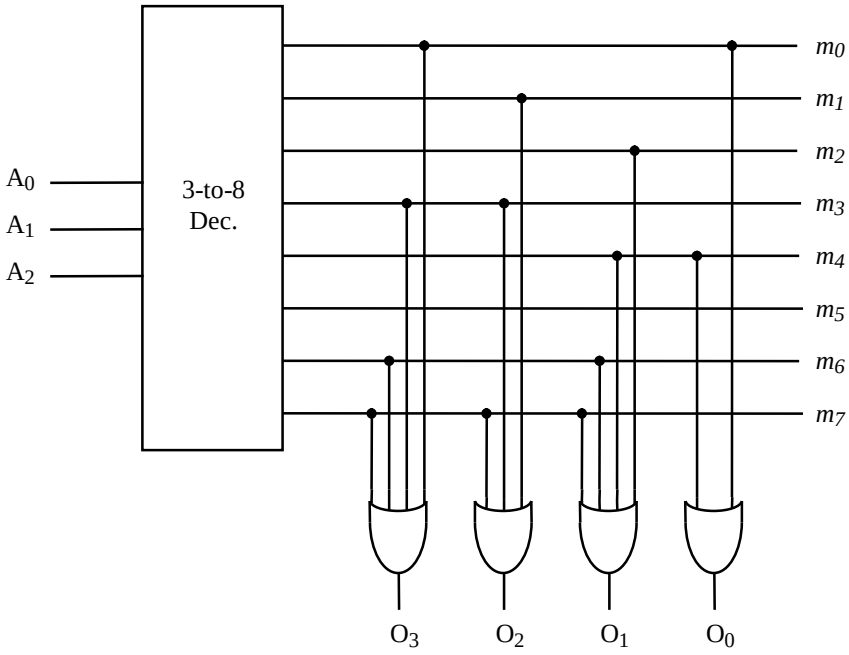
	Address			Contents			
#	A_2	A_1	A_0	O_3	O_2	O_1	O_0
0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	1	0	0
2	0	1	0	0	0	1	0
3	0	1	1	1	1	0	0
4	1	0	0	0	0	1	1
5	1	0	1	0	0	0	0
6	1	1	0	1	0	1	0
7	1	1	1	1	1	1	0

(ملاحظة: محتويات الذاكرة المستخدمة هنا مجرد مثال و ليس لها أي مدلول معين)

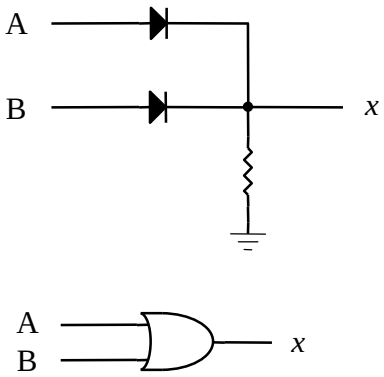
و بالتالي يمكن أن ننظر لذاكرة الـــ ROM كدائرة منطقية ترابطية (Combinational Logic Circuit) دخلها هو عناوين المواقع و خرجها عبارة عن محتويات تلك المواقع. و يمكن أن نقوم بتصميم الدائرة بسهولة باستخدام فاك شفرة و مشفر (Decoder & Encoder)، كما هو موضح أدناه

$$O_0 = \sum m\,(0,4)$$
$$O_1 = \sum m\,(2,4,6,7)$$
$$O_2 = \sum m\,(1,3,7)$$
$$O_3 = \sum m\,(0,3,6,7)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



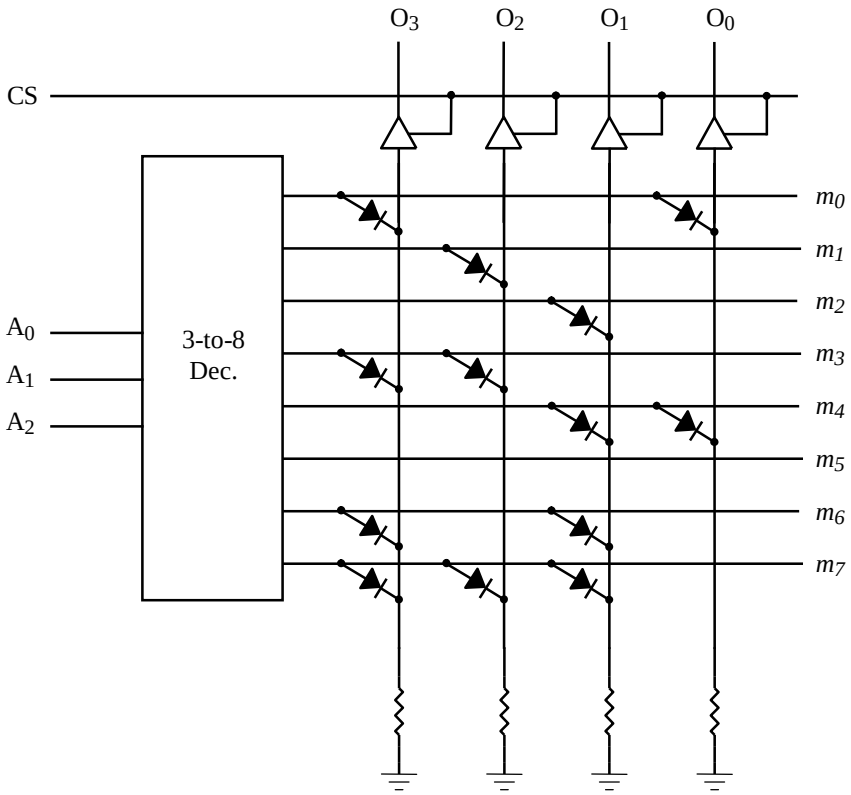
و بوابات OR المستخدمة في المشفر (Encoder) هنا هي من أبسط الأنواع، و تتكون من مجموعة من الديودات (Diodes)، كما هو موضح أدناه



لاحظ ان خرج الدائرة x يساوي صفر في حالة واحدة فقط وهي عدم مرور تيار في المقاومة (أي عندما يكون كل من الديودين في حالة فصل) ويكون هذا عندما يكون طرفي الدخل A و B بهما 0. وفي حال وضع 1 في أي من طرفي الدخل فإن الديود المناظر يكون في حالة التوصيل فيكون الخرج x يساوي 1.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

و بالتالي يكون البناء الداخلي لذاكرة الـــ ROM من نوع 4×8 الموضح المخطط المنطقي و جدول الصواب لها أعلاه هو



تذكر أن الموصلات الرأسية تسمى الـــ bit Lines، و الموصلات الأفقية تسمى الـــ Word Lines.

لاحظ أنه حيثما يوجد 1 في الذاكرة يتم وضع ديود ليربط ما بين الـــ bit Line و الـــ Word Line، و حيثما يوجد 0 لا يتم وضع ديود. فعندما ينشط الـــ Word Line المقابل للموقع المطلوب قراءته، و يصبح جهده الكهربائي مساوياً للجهد المرتفع (High) الذي يمثل القيمة المنطقية 1، تنحاز جميع الديودات المتصلة به إنحيازاً أمامياً و تصبح عبارة عن دوائر مقصورة (Short Circuit)، فتقوم بنقل الجهد المرتفع إلى الـــ bit Lines التي تتصل بها. بمعنى أن أي bit Line يربطه ديود بالـــ Word Line النشط يظهر عليه جهد مرتفع يمثل القيمة المنطقية 1، و أي bit Line لا يربطه ديود بالـــ Word Line النشط يظهر عليه جهد الأرض (Ground) المنخفض الذي يمثل القيمة المنطقية 0.

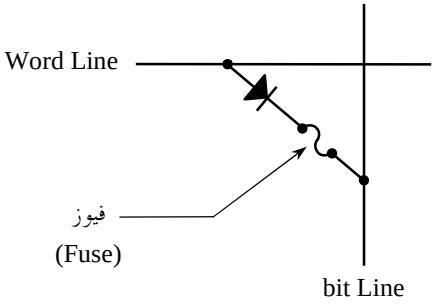
يتم تحديد مواضع الديودات، أي محتويات ذاكرة الـــ ROM، أثناء عملية التصنيع، و بعد ذلك لا يمكن تغيير تلك المحتويات حيث أن ذلك يتطلب إزالة أو إضافة ديودات، و هذا بالطبع غير ممكن عملياً.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

لاحظ أنه لا يوجد تخزين فعلي في ذاكرة الـــ ROM، مثلما هو الحال في ذاكرة الـــ RAM، و إنما يتم توليد محتويات أي موقع من مواقع الذاكرة من عنوانه عن طريق إجراء عمليات منطقية.

5-2 ذاكرة الـــ PROM

المقصود هنا هو الـــ Programmable ROM أي ذاكرة الـــ ROM القابلة للبرمجة. و هذا النوع من الذاكرة يشبه في تركيبه الداخلي ذاكرة الـــ ROM إلى حد كبير، إلا أنه يأتي من المصنع في صورة خام فيها كل خلية من خلاياه يوجد بها ديود يربط ما بين الـــ bit Line و الـــ Word Line، أي أن جميع خلاياه تحتوي على القيمة المنطقية 1. و يقوم مستخدم الـــ PROM ببرمجته، أي تحديد محتوياته، و ذلك باستخدام جهاز برمجة خاص. و في عملية البرمجة يجب إزالة الديود من كل خلية نريد تخزين القيمة المنطقية 0 فيها، حيث يكون أي ديود متصلاً على التوالي مع فيوز (Fuse)، كما هو موضح بالشكل التالي



و يتم إزالة الديود غير المرغوب فيه بفصله عن طريق صهر الفيوز المتصل معه على التوالي بإمرار نبضة تيار عالي فيه. و عملية برمجة الـــ PROM، أي الكتابة فيه، عملية بطيئة جداً إذا ما قورنت بعملية القراءة منه. و بعد برمجة الـــ PROM يصبح عبارة عن ROM و لا يمكن بعد ذلك محو أو تغيير محتوياته (يمكن فقط إضافة المزيد من الـــ 0's).

5-3 ذاكرة الـــ EPROM

المقصود هنا هو الـــ Erasable PROM أي ذاكرة الـــ PROM القابلة للمسح و إعادة البرمجة. و يتم مسح ذاكرة الـــ EPROM عن طريق تعريضها للأشعة فوق البنفسجية (Ultra Violet Light) عبر نافذة زجاجية بشريحة الذاكرة لفترة زمنية تتراوح ما بين 15 و 20 دقيقة، و عملية المسح هنا تشمل الذاكرة بأكملها و من غير الممكن إختيار جزء معين منها ليتم مسحه دون سواه، مع ملاحظة أنه بعد الإنتهاء من عملية المسح يجب تغطية النافذة الزجاجية لتجنب تعرض الذاكرة للمسح بصورة عرضية، حيث أن ضوء الشمس العادي يحتوي على نسبة من الأشعة فوق البنفسجية. و بعد مسح ذاكرة الـــ EPROM يمكن برمجتها مرة أخرى. و في الإمكان تكرار عملية المسح و إعادة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

البرمجة أي عدد من المرات. و برمجة الـــ EPROM تتم بطريقة مشابهة لبرمجة الـــ PROM، حيث يجب أن تتم خارج النظام الرقمي الذي ستستخدم فيه الذاكرة، و يستخدم في إجرائها جهاز برمجة خاص، و هي عملية بطيئة نسبياً.

4-5 ذاكرة الـــ EEPROM

المقصود هنا هو الـــ Electrically Erasable PROM أي ذاكرة الـــ PROM القابلة للمسح كهربائياً، حيث أن هذا النوع من ذاكرة الـــ PROM يمكن مسحه عن طريق تسليط نبضة جهد عالي على الخلية التخزينية. و على الرغم من أن هذا النوع من ذاكرة الـــ PROM أكثر تكلفة و أقل كثافة تخزينية من الـــ EPROM إلا أنه يمتاز بإمكانية إختيار الموقع من الذاكرة الذي يتم مسحه، و بإمكانية إجراء عملية المسح و إعادة البرمجة على الذاكرة و هي في مكانها داخل النظام الرقمي دون الحاجة إلى إزالتها منه كما هو الحال في الـــ EPROM، حيث أن دوائر المسح و إعادة البرمجة مضمنة داخل شريحة الـــ EEPROM نفسها. و ذاكرة الـــ EEPROM بخصائصها هذه أصبحت شبيهة إلى حد كبير بذاكرة الـــ RAM من حيث إمكانية الكتابة في أي موقع من مواقعها في أي وقت، إلا أنها تختلف عن الـــ RAM في أنها ذاكرة غير متطايرة (Nonvolatile)، حيث أن إحتفاظها بمحتوياتها غير مرتبط باستمرار تغذيتها بالقدرة، كما أن عملية مسح و إعادة برمجة موقع معين من مواقع الـــ EEPROM أبطأ بكثير من عملية الكتابة في الـــ RAM. و معلومة أخيرة عن ذاكرة الـــ EEPROM يجب الإلمام بها و هو أنها تتعرض للتلف من تكرار عملية المسح، حيث تتلف بعد عدد معين من مرات المسح.

5-5 ذاكرة الـــ Flash

تجمع ذاكرة الـــ Flash بين الخصائص المرغوبة لكل من ذاكرة الـــ EPROM و ذاكرة الـــ EEPROM، حيث تتميز بالكثافة التخزينية العالية و قلة التكلفة التي تميز الـــ EPROM، مع إمكانية المسح و إعادة البرمجة داخل النظام الرقمي التي تميز الـــ EEPROM. و لكن عملية مسح ذاكرة الـــ Flash تختلف قليلاً عن عملية مسح ذاكرة الـــ EEPROM، ففي حين يمكن مسح أي موقع من مواقع الـــ EEPROM منفرداً يتم مسح المواقع في ذاكرة الـــ Flash في شكل مجموعة (Block) من المواقع المتتالية. و بما أن ذاكرة الـــ Flash هي في الأساس ذاكرة EEPROM فإنها تتعرض للتلف من تكرار عملية المسح، حيث تتلف بعد حوالي 10,000 عملية مسح. و تتوفر ذاكرة الـــ Flash حالياً بأشكال عديدة و أحجام صغيرة و أسعار رخيصة، و بسعات عالية تصل إلى 1 GB، و تستخدم للتخزين الثانوي (Secondary Storage) في الأجهزة الرقمية الصغيرة الحجم مثل الكاميرات الرقمية (Digital Cameras) و مشغلات الموسيقى (MP3 Players) و الهواتف المحمولة (Mobile Phones)، بل و تكاد الـــ USB Flash Drives، التي يطلق عليها أيضاً تسمية الـــ Thumb Drives أو الـــ Pen Drives، أن تحل محل وسائط التخزين الثانوي المحمولة (Removable Secondary Storage) الأخرى مثل الأقراص المرنة (Floppy Disks) و الأقراص الضوئية (Optical Disks) كالـــ CD-ROM و الـــ DVD-ROM نظراً لصغر حجمها و سهولة حملها و استخدامها.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

6- التخزين الثانوي (Secondary Storage)

بما أن الذاكرة (Memory) في الأنظمة الرقمية تصلح للتخزين المؤقت لكميات قليلة فقط من البرامج و البيانات بغرض المعالجة (Processing)، تظهر الحاجة لتخزين كميات كبيرة من البيانات و البرامج تخزيناً دائماً و بتكلفة قليلة. يأتي هنا دور التخزين الثانوي (Secondary Storage)، حيث تسمح وسائط التخزين الثانوي، مثل الأشرطة المغنطة (Magnetic Tapes) و الأقراص المغنطة (Magnetic Disks) و الأقراص الضوئية (Optical Disks)، بتخزين كميات ضخمة من البيانات تخزيناً دائماً و بتكلفة قليلة. إلا أن سرعة الكتابة في أجهزة التخزين الثانوي و القراءة منها أبطأ بكثير من سرعة التعامل مع الذاكرة، لذلك يجب نقل البرامج و البيانات، أو أجزاء منها، بصورة مؤقتة إلى الذاكرة الرئيسية (Main Memory) لمعالجتها، و ذلك لضمان سرعة المعالجة.

6-1 الأشرطة المغنطة (Magnetic Tapes)

تعتبر الأشرطة المغنطة من أقدم وسائط التخزين التي استخدمت في أجهزة الحاسوب و نظم المعلومات. و الشريط المغنط عبارة عن شريط بلاستيكي مغطى بطبقة رقيقة من مادة مغناطيسية، يتم تخزين البيانات فيه عن طريق مغنطة مناطق معينة من المادة التي تغطيه بمجال مغناطيسي في إتجاه معين لتمثيل القيمة المنطقية 1، و بمجال مغناطيسي في الإتجاه المعاكس لتمثيل القيمة المنطقية 0. و تتم الكتابة على الشريط بواسطة رأس الكتابة (Write Head) الذي يستقبل الـــ bits المطلوب كتابتها و يقوم بتوليد المجال المغناطيسي الذي يقوم بمغنطة الشريط بالصورة المناسبة لتمثيل تلك الـــ bits أثناء مرور الشريط أمامه بسرعة ثابتة. أما عملية القراءة فتتم بواسطة رأس القراءة (Read Head) الذي يقوم أثناء مرو الشريط أمامه بتحويل حالة المغنطة للشريط إلى نبضات كهربائية تمثل الـــ bits المخزنة. و عملية الكتابة على الشريط المغنط أو القراءة منه تتم بصورة تتابعية (Sequential)، فقراءة معلومة معينة في وسط الشريط أو نهايته يتطلب قراءة الشريط منذ بدايته و حتى موقع المعلومة المطلوبة، لذلك تستخدم الأشرطة المغنطة حالياً فقط للتخزين الإحتياطي (Backup) و للتخزين طويل الأجل للبيانات القديمة.

6-2 الأقراص المغنطة (Magnetic Disks)

تشبه الأقراص المغنطة في مبدأ عملها الأشرطة المغنطة، فالقرص المغنط عبارة عن قرص بلاستيكي أو معدني مغطى على وجهيه بطبقة رقيقة من مادة مغناطيسية، و يتم تخزين البيانات فيه عن طريق مغنطة مناطق معينة من المادة التي تغطيه بمجال مغناطيسي في إتجاه معين لتمثيل القيمة المنطقية 1، و بمجال مغناطيسي في الإتجاه المعاكس لتمثيل القيمة المنطقية 0. إلا أن الإختلاف الرئيسي بين الأقراص المغنطة و الأشرطة المغنطة هو أن الدخول للأقراص بغرض القراءة أو الكتابة يكون مباشراً (Direct Access) و ليس تتابعياً (Sequential) مثل الأشرطة، مما يسمح بالوصول لأي معلومة بالقرص بصورة سريعة، حيث أن رأس الكتابة و القراءة يمكنه الوصول لأي نقطة على سطح القرص بسهولة أثناء دورانه. و الأقراص المغنطة تأتي في أشكال مختلفة و تتفاوت سعاتها تفاوتاً كبيراً، إبتداء من الإقراص المرنة (Floppy Disks) التي تقل سعتها عن 2 MB، مروراً بالأقراص ذات السعة العالية (High Capacity Disks) مثل

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تلك المستخدمة في الـــ Zip® drive و الـــ SuperDisk™ drive و الـــ HiFD™ drive، و التي تتجاوز سعتها 100 MB و تصل إلى 250 MB، و حتى الأقراص الصلبة (Hard Disks) الشائعة الإستخدام و التي وصلت سعاتها حالياً إلى 400 GB و في زيادة مضطردة.

3-6 الأقراص الضوئية (Optical Disks)

القرص الضوئي عبارة عن قرص مصنوع من مادة بلاستيكية شفافة و مغطى في أعلاه بطبقة معدنية رقيقة عاكسة للضوء. يتم كتابة البيانات الثنائية على القرص باستخدام شعاع دقيق جداً من الليزر عالي الطاقة يتم تسليطه على السطح المعدني العاكس للقرص من أسفل فيقوم بعمل حُفر دقيقة جداً على الطبقة المعدنية العاكسة بتأثير الحرارة العالية، و تلك الحفر الدقيقة تمثل الـــ bits، حيث أن وجود حفرة يمثل القيمة المنطقية 0 و عدم وجودها يمثل القيمة المنطقية 1. و استخدام ضوء الليزر هنا يسمح بكثافة تخزينية عالية جداً على سطح القرص، حيث أنه من الممكن تركيز ضوء الليزر في شعاع متناهي في الدقة. يتم قراء البيانات المخزنة على القرص باستخدام شعاع ليزر دقيق منخفض الطاقة يتم تسليطه من أسفل على السطح المعدني العاكس للقرص فحيثما توجد حفرة يتم إمتصاص شعاع الليزر و حيثما لا توجد حفرة يتم عكسه، و تقوم عدسة بالتقاط ضوء الليزر المنعكس من على الطبقة المعدنية و تسليطه على ديود ضوئي (Photodiode) يقوم بتحويله إلى نبضات كهربائية تمثل الـــ bits المخزنة. يتم تخزين الـــ bits على القرص الضوئي في شكل مسار لولبي (spiral) متصل و يقوم شعاع الليزر المستخدم في القراءة أو الكتابة بمتابعة ذلك المسار اللولبي بدقة عالية أثناء دوران القرص. و تتوفر الأقراص الضوئية حالياً بأشكال عديدة منها الأقراص المدمجة (CD's) بنوعياتها المختلفة كالـــ CD-ROM الذي يمكن قراءته فقط، و الـــ CD-R الذي يمكن الكتابة فيه و لكن لا يمكن مسح أو تعديل البيانات المكتوبة، و الـــ CD-RW الذي يمكن مسحه و إعادة الكتابة فيه، إضافة إلى أقراص الـــ DVD التي تمتاز بسعة تخزينية أكبر من أقراص الـــ CD نظراً لاستخدامها لشعاع ليزر بطول موجي أقصر مما يسمح بتركيزه في شعاع أدق، و بالتالي كثافة تخزين أعلى. و تتوفر أقراص الـــ DVD أيضاً بنوعيات مختلفة مثل الـــ DVD-ROM و الـــ DVD-R و الـــ DVD+RW. هذا و يتوقع الخبراء أن تحل أقراص الـــ DVD، مع إنخفاض تكلفتها، كلياً محل أقراص الـــ CD قريباً.

الخلاصة

تعرفنا في هذه الوحدة على تقنيات التخزين المختلفة المستخدمة في الأنظمة الرقمية و مميزات و استخدامات كل تقنية منها. حيث بدأنا بالذاكرة (Memory) فقمنا بتوضيح التنظيم المنطقي لها، ثم تعرفنا على شريحة الذاكرة و أطراف التوصيل لها و طريقة ربط شرائح الذاكرة مع بعضها البعض بهدف زيادة عرض الذاكرة أو طولها. ثم إنتقلنا بعد ذلك لتوضيح البناء الداخلي لذاكرة الـــ RAM و الفرق بين الـــ SRAM و الـــ DRAM و خصائص و استخدامات كل منهما. بعد ذلك قمنا بتوضيح البناء الداخلي لذاكرة الـــ ROM، و الفرق بين أنواع الـــ ROM المختلفة مثل الـــ PROM و الـــ EPROM و الـــ EEPROM و الـــ Flash، و خصائص و استخدامات كل نوع. و في

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

نهاية الوحدة تعرفنا على مختلف تقنيات التخزين الثانوي (Secondary Storage) و مبدأ عمل و خصائص و استخدامات كل تقنية منها.

إجابات التدريبات

تدريب 1:

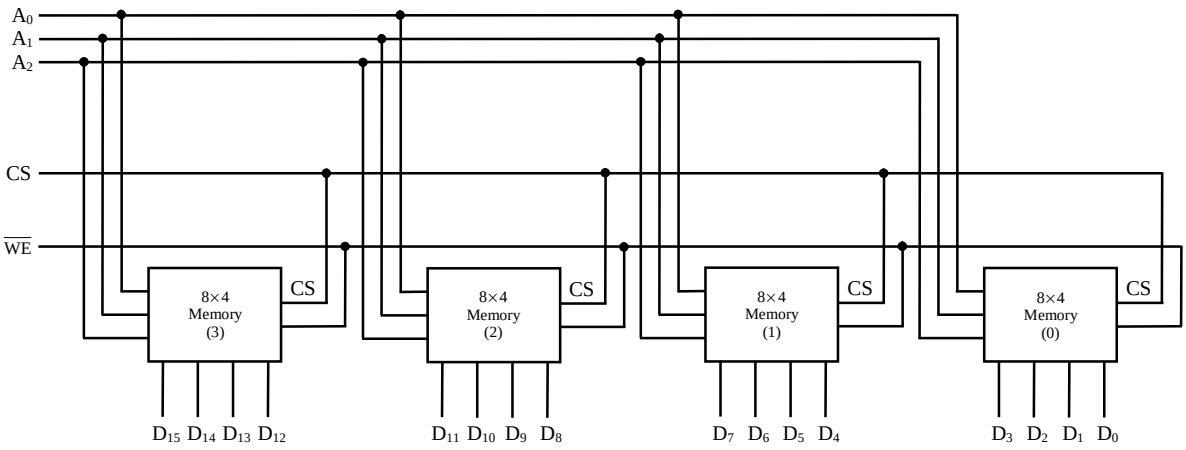
1. أطراف الدخل و الخرج للبيانات منفصلة

   (أ) 49 (ب) 40

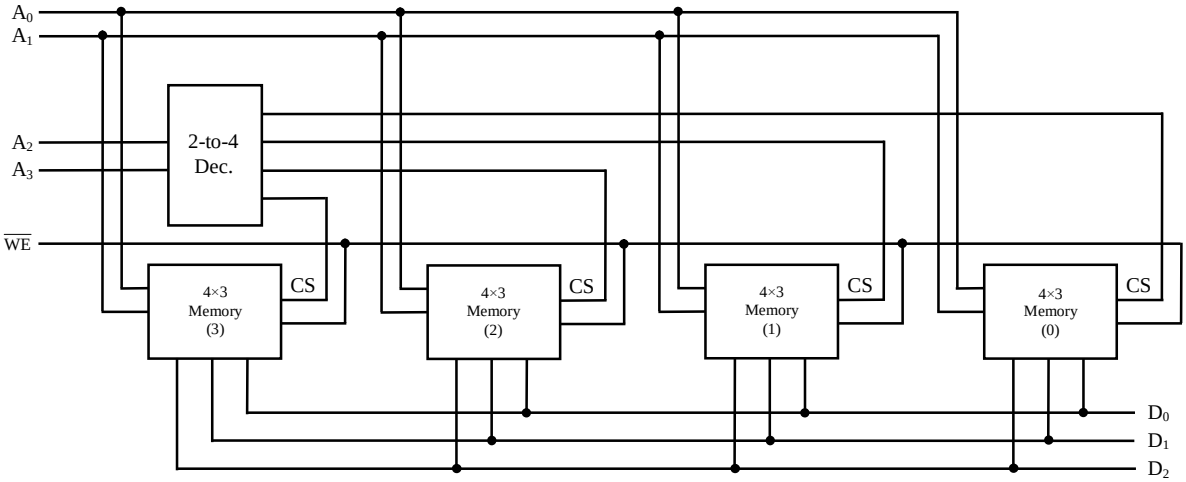
2. أطراف الدخل و الخرج للبيانات مشتركة

   (أ) 33 (ب) 32

تدريب 2:

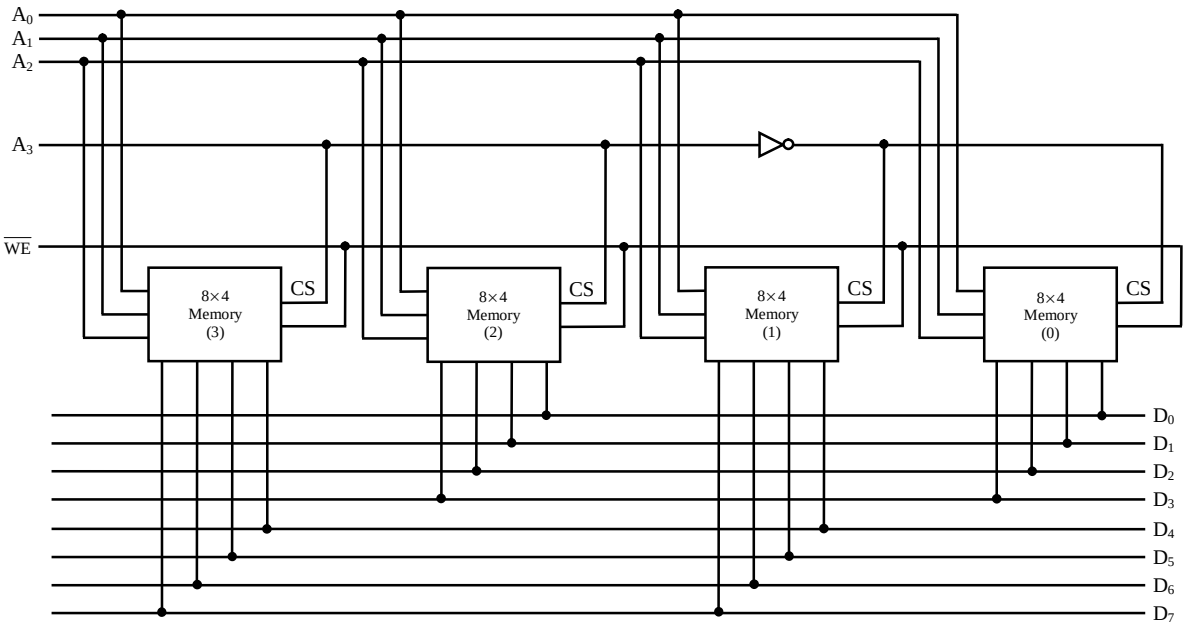


تدريب 3:



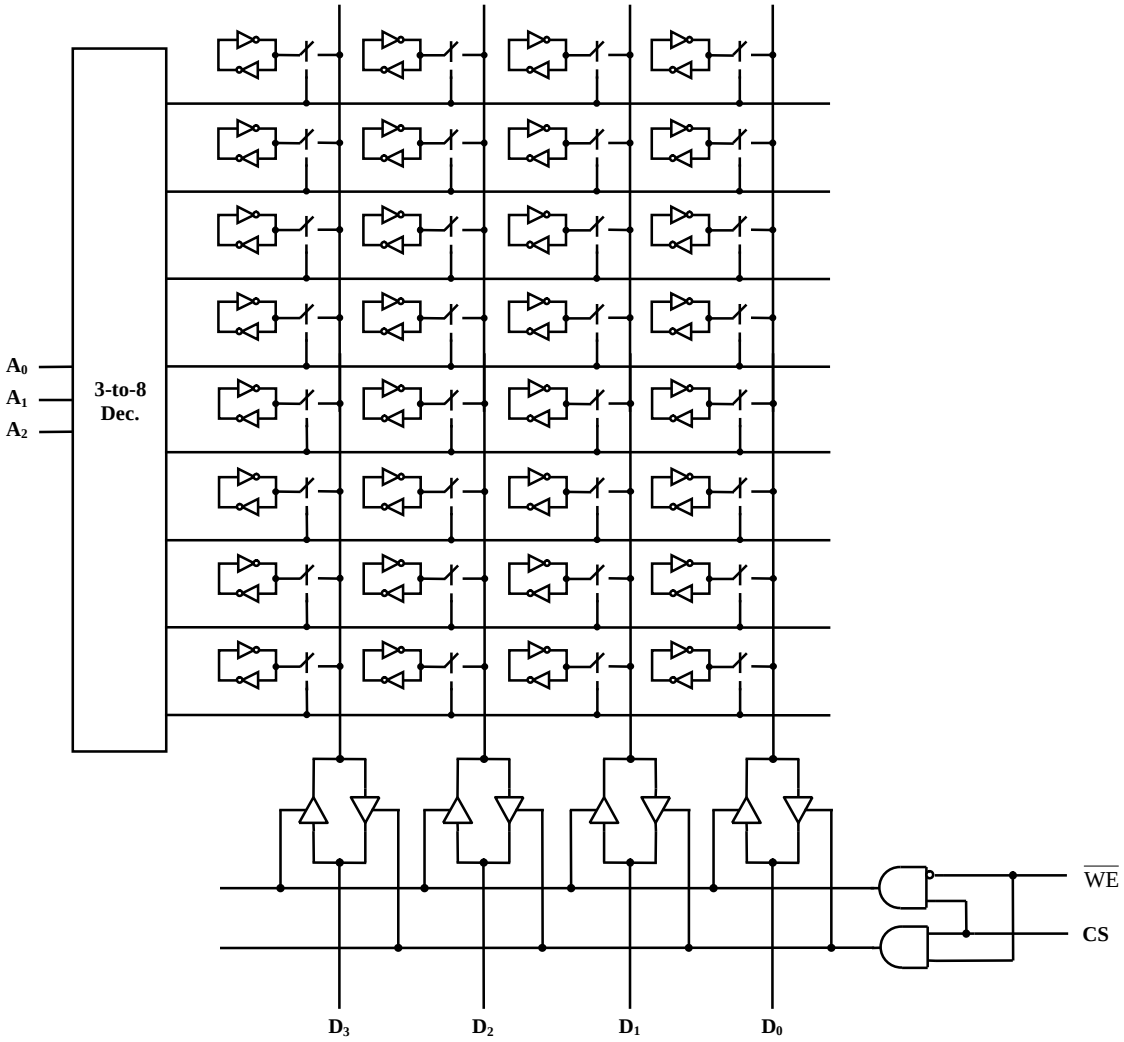
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تدریب 4:



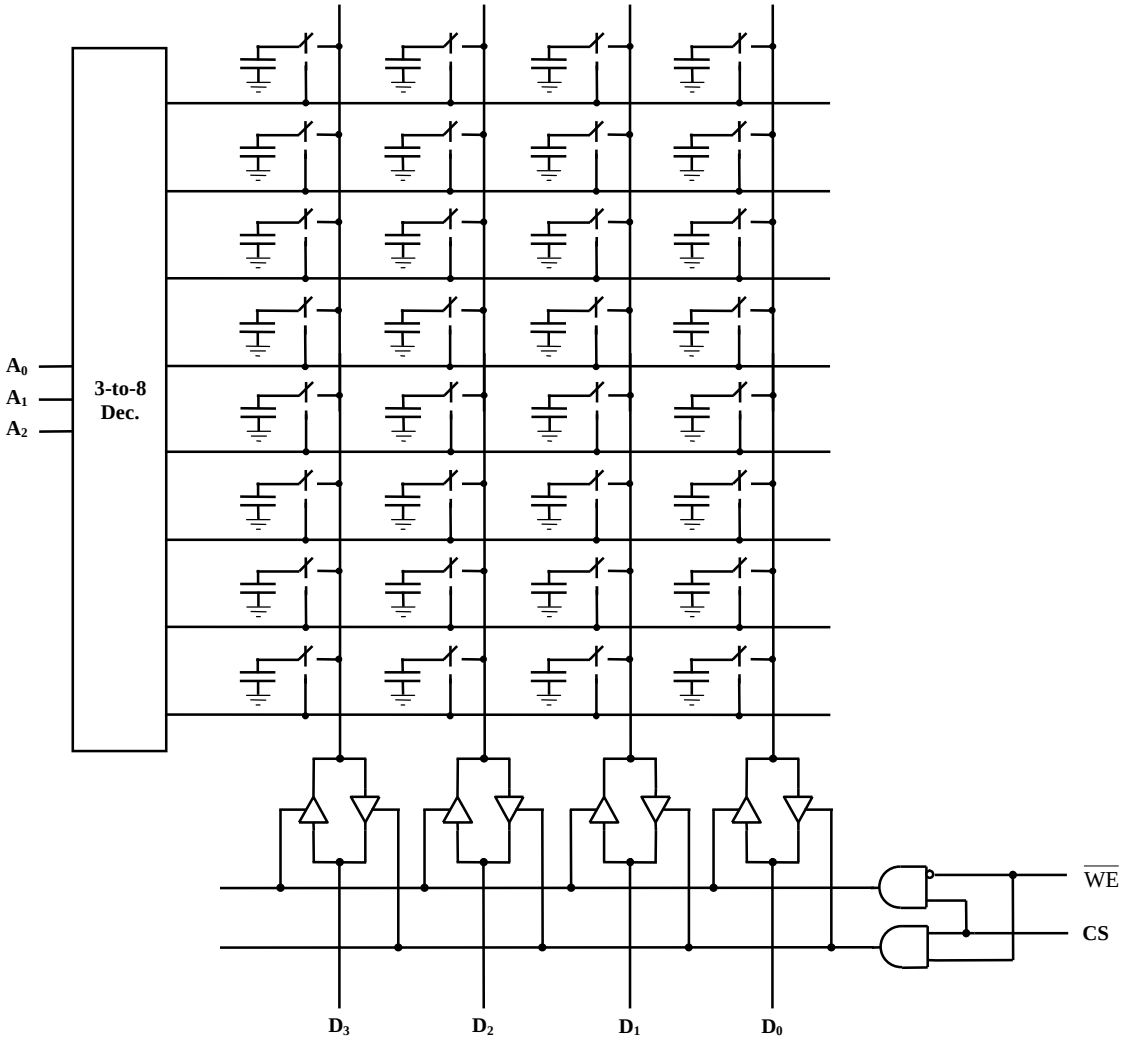
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تدریب 5:



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تدریب 6:



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com