الفصل السابع 7

أساسيات مواجهة المعالج

Fundamentals of Microprocessor Interfacing

obeikandl.com

1-7 مقدمة

مهمتان أساسيتان تستطيع عملهما باستخدام المعالج : المهمة الأولى هى أنك تستطيع برمجته لحل أى مشكلة إذا كان كل ما تطلبه هذه المشكلة هو البرمجة فقط (software) . المهمة الثانية التى تستطيع عملها باستخدام المعالج هى أنك تستطيع مواجهته مع بعض الدوائر الخارجية للوصول إلى الكثير من الأغراض والتى سنذكر منها اثنين فقط على سبيل المثال لا الحصر:

1. تستطيع مواجهة المعالج مع بعض الدوائر الخارجية مثل دوائر الذاكرة وبوابات الإدخال وبوابات الإخراج لعمل حاسب شخصى للأغراض العامة مثل الحاسبات التى نراها كثيرا فى حياتنا اليومية والتى ما منها حاسب إلا قائم أساسا على معالج معين .
2. إنك تستطيع مواجهة المعالج مع بعض الشرائح الخارجية مثل شرائح الذاكرة وبوابات الإدخال والإخراج للحصول على نظام تحكم فى عملية صناعية معينة . لكى يتم التحكم فى أى عملية صناعية باستخدام المعالج (كالتحكم فى سرعة محرك مثلا) ليس من الضرورى أن نضع بجوار هذه العملية كومبيوتر متكامل باهظ الثمن لإتمام عملية التحكم ولكننا نستطيع بناء دائرة مبسطة على كارت واحد مكونة من المعالج وعدد قليل من الشرائح الموصلة عليه لاستيفاء هذا الغرض وبأقل التكاليف الممكنة .

إننا فى هذا الفصل وقبل أن ندخل فى تفاصيل عملية مواجهة أى معالج مع الدوائر الخارجية سنحاول أولا التعرف على بعض الأساسيات الضرورية والتى يجب أن نأخذها فى الاعتبار قبل البدء فى عملية المواجهة مع أى معالج .

2-7 فصل خطوط المعالج
Buffering of microprocessor lines

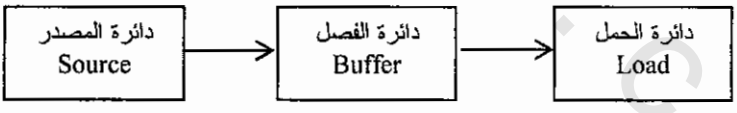
1-2-7 ماذا نعنى بكلمة فصل ؟

إن الفصل يكون عادة بين شيئين ينتج من اتصالهما المباشر بعض المشاكل ، لذلك فإننا نضع بينهما وسيطا يكون حلقة الوصل بين هذين الشيئين . وأقرب مثال على ذلك ما نسمعه فى عصرنا الحالى المليء بالحروب عن وجود منطقة فاصلة بين القوتين المتحاربتين تتمركز فيها قوات محايدة تكون حلقة الوصل بين القوتين . هذا الموقف ينشأ فى الكثير من الدوائر الإلكترونية عند تحميل إحداها

على الأخرى . ماذا يحدث لو أن الدائرة المصدر كانت غير قادرة على إدارة driving أو تشغيل الدائرة الحمل بسبب أن الدائرة الحمل تحتاج إلى الكثير من التيار الذى لا تستطيع الدائرة المصدر توفيره ؟ الذى يحدث هو أن جهد خرج الدائرة المصدر يضمحل أو يتلاشى وبذلك تصبح الدائرة غير قادرة على إدارة الحمل . فى هذه الحالة يكون الحل هو استخدام فاصل Buffer بين الدائرتين ويكون هذا الفاصل عبارة عن دائرة إلكترونية (وليس قوات أمم متحدة) تستطيع الدائرة المصدر إدارتها وتستطيع هى إدارة الدائرة الحمل ، ونؤكد هنا على أن الدائرة الفاصلة تكون دائرة يستطيع المصدر إدارتها وإلا فليس هناك أى معنى لاستخدامها كفاصل لأنها فى هذه الحالة ستحتاج إلى فاصل . شكل (7-1) يبين عملية الفصل بين دائرتين باستخدام دائرة فصل .

7-2-2 متى نحتاج لفصل buffering خطوط المعالج ؟

من المعروف وكما سنرى فى الفصول القادمة أن جميع خطوط المعالج الخارجة منه توصل على الكثير من الدوائر أو الشرائح الإلكترونية على التوازى ، فمثلا خطوط العناوين توصل على العديد من شرائح الذاكرة سواء RAM أو ROM والعديد من بوابات الإدخال وبوابات الإخراج . جميع هذه الشرائح تعتبر أحمالا بالنسبة للمعالج عليه الوفاء باحتياجاتها من التيار ، فعندما يكون خط العنوان الخارج من المعالج High واحد فإن هذه الشرائح ستسحب تيارا معينا من المعالج لابد وأن يستطيع توفيره ، وعندما يكون خط العنوان الخارج من المعالج low أى صفر فإن هذه الشرائح ستصرف تيارات معينة لابد وأن يكون المعالج قادرا على صرفها أو بلعها .

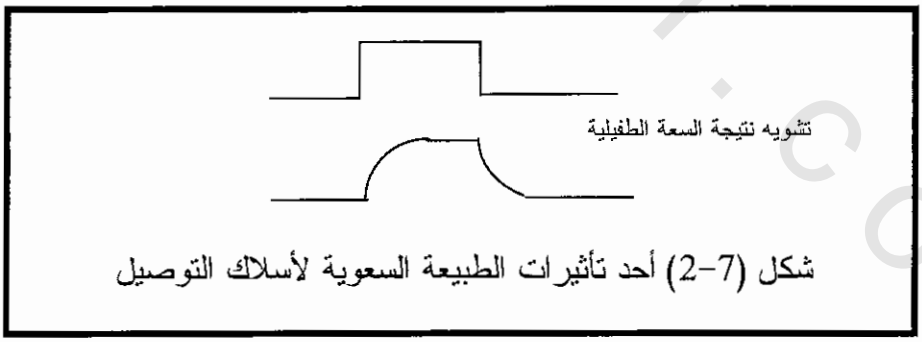


شكل (7-1) عملية الفصل فى الدوائر الإلكترونية

بتجميع هذه التيارات الداخلة والخارجة على الخطوط المتناظرة لجميع الشرائح الموصلة على المعالج يمكننا أن نعرف كم من التيار يجب على شريحة المعالج أن توفرها للشرائح الخارجية فى حالة high وكم من التيار يجب أن تستقبلها أو تصرفها sinking فى حالة low بعد حساب مجموع التيارات المطلوب توفيرها أو صرفها من المعالج يقوم المصمم بالنظر فى الكتالوج الخاص بشريحة المعالج

لمعرفة هل سيستطيع الوفاء بهذه الأغراض أم لا ؟ بناء على ذلك سيأخذ المصمم قراره بالحاجة إلى فاصل أم لا بناء على المواقف التالية :

1. إذا وجد المصمم أن احتياجات الأحمال من التيار ليست أقل مما يستطيع المعالج توفيره وبكمية كافية كعامل أمان فإنه فى هذه الحالة لابد من اللجوء إلى استخدام فاصل buffer ، ويجب على المصمم ألا يضع نفسه فى المنطقة الحرجة كأن يهمل استخدام الفاصل إذا وجد أن التيارات التى تحتاجها الأحمال أقل أو تكاد تساوى ما يستطيع المعالج الوفاء به ، بل يجب عليه أن يعطى نفسه عامل أمان كافي لأن ذلك بالطبع سيؤثر على تشغيل الدائرة فيما بعد .
2. إذا كانت المسافة بين الحمل والمعالج طويلة بحيث سيحتاج الوضع لاستخدام أسلاك توصيل cables طويلة لإتمام عملية التوصيل ، فإنه فى هذه الحالة لابد من استخدام دائرة فصل عند الخروج من المعالج وقبل السلك . إن ذلك ناشئ من الطبيعة السعوية لسلك التوصيل ، فمثل هذه الأسلاك تكون لها سعة capacitance وهذه السعة قد تؤثر على شكل الموجة الخارجة من المعالج وتشوهها وبالذات فى مثل هذه التطبيقات التى تكون الموجات المربعة هى المستخدمة عادة وحيث تكون ترددات هذه الموجات عالية بحيث تتأثر بمثل هذه السعة الناشئة عن السلك . شكل (7-2) يبين موجة مربعة وقد حصل لها تشويه بسبب السعة الطفيلية parasitic capacitance للسلك . لذلك فإنه عامة نستطيع القول أنه إذا كان الحمل موجودا على كرت غير الكرت الذى عليه المعالج فإنه فى هذه الحالة يستحسن استخدام فواصل buffers على جميع المسارات بعد المعالج مباشرة .



شكل (7-2) أحد تأثيرات الطبيعة السعوية لأسلاك التوصيل

3. هناك بعض المعالجات التى تستخدم فكرة المزج الزمنى time multiplexing بين مساراتها مثل المعالج 8085 الذى يستخدم الثمانية خطوط الأولى من مسار العناوين كمسار للبيانات أيضا بحيث أن هذه الخطوط تحمل إشارة

عناوين لمدة معينة من الزمن ثم بعد ذلك تحمل إشارة بيانات كما سنرى ذلك بالتفصيل فى الفصل القادم . لمثل هذه المعالجات لابد من إجراء عملية عزل لإشارة البيانات وحدها لتكون على مسار خاص ولإشارة العناوين وحدها لتكون على مسار آخر وذلك قبل توصيل الأحمال على هذه المسارات . إذا كان ذلك سيتم فإنه عادة يستخدم شرائح تقوم بعملية عزل أو فصل للإشارات كل على مسار خاص وفى نفس الوقت تكون هذه الشرائح فواصل buffers تفى بأغراض الأحمال من التيارات .

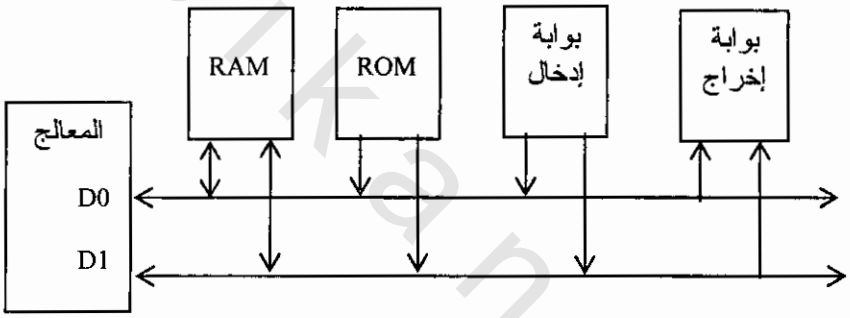
الآن إذا تم أخذ القرار بأنه لابد من استخدام الفواصل فهناك بعض الملاحظات التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار عند اختيار الشريحة التى ستستخدم كفاصل لأن هناك الكثير من الشرائح التى تستطيع القيام بهذه المهمة :

1. بالطبع كما ذكرنا فإن الفاصل buffer الذى ستستخدمه لابد وأن يكون قادرا على الوفاء بالتزامات التيار المطلوبة للأحمال وإلا فلا فائدة من استخدامه .
2. لابد أن يكون المعالج يستطيع إدارة جميع الفواصل المركبة على خطوطه وإلا أيضا فلا فائدة من استخدامها .
3. يجب ألا تؤثر الفواصل على طبيعة الإشارة فهناك مثلا فواصل من طبيعتها أنها تعكس الإشارة (تجعل الواحد صفرا والصفر واحدا) لذلك يجب أن يؤخذ ذلك فى الاعتبار إذا كانت مثل هذه الفواصل سوف تستخدم .
4. يجب أن يناسب الفاصل buffer طبيعة الإشارة التى ستمر من خلاله ، فهناك مثلا مسارات أحادية الاتجاه بمعنى أن الإشارة عليها تمر فى اتجاه واحد فقط مثل مسار العناوين الذى تكون الإشارة عليه دائما من المعالج إلى الأجهزة الخارجية لذلك يجب على الفاصل أن يسمح بذلك ، كذلك فإن من طبيعة مسار البيانات أن الإشارة عليه تمر فى كلا الاتجاهين من وإلى المعالج لذلك أيضا يجب على الفاصل المستخدم أن يأخذ ذلك فى الاعتبار .

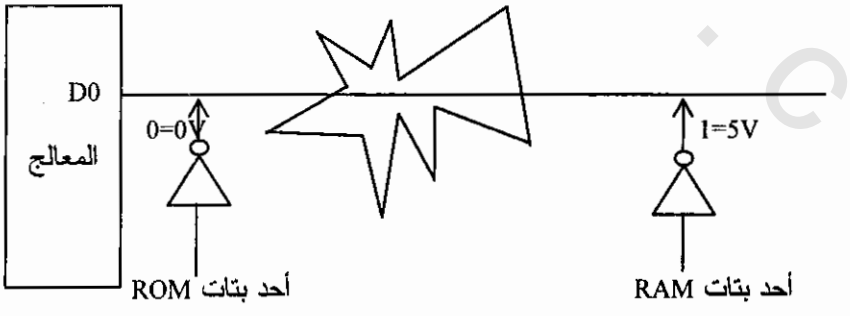
3-7 البوابات ثلاثية المنطق
Tristate logic gates

إن أى مسار من مسارات المعالج يكون عبارة عن مجموعة من الخطوط المتوازية التى أصلها ، أى تخرج من المعالج ، وموصل عليها على التوازى الكثير من الأجهزة الخارجية مثل شرائح RAM و ROM وبوابات الإدخال والإخراج . من هذه المسارات مسار البيانات الذى يتكون من ثمانية خطوط فى بعض شرائح المعالجات التى ندرسها فى هذا الكتاب . شكل (7-3) يبين هذا المسار خارجا من المعالج وقد وصل عليه الكثير من الأجهزة المحيطة .

فى حالة المنطق الثنائى سنجد أن جميع هذه الأجهزة لابد وأن يكون خرجها إما صفرا أو واحدا . لذلك فإنه من الممكن أن يكون الخط D0 مثلا من مسار البيانات عليه صفرا من خرج ال RAM وفى نفس الوقت يكون عليه واحدا من خرج ال ROM ، وكما نعلم فإن الواحد المنطقى فى نظام ال TTL يعنى جهدا أكثر من 2.4 فولت والصفر المنطقى يعنى جهدا أقل من 0.4 فولت ووجود هذين الجهدين على نفس الخط وفى نفس الوقت يعنى قصر كهربى short circuit مما سينتج عنه تخريب لمرحلة الخرج فى أحد الجهازين إن لم يكن كليهما . شكل (7-4) يبين خط البيانات D0 وقد حدث عليه هذا القصر short circuit نتيجة توصيل الجهازين اللذين خرجهما عبارة عن مرحلة ثنائية المنطق التى تكون إما صفر أو واحد .



شكل (7-3) مسار البيانات وقد وصل عليه بعض الأجهزة الخارجية

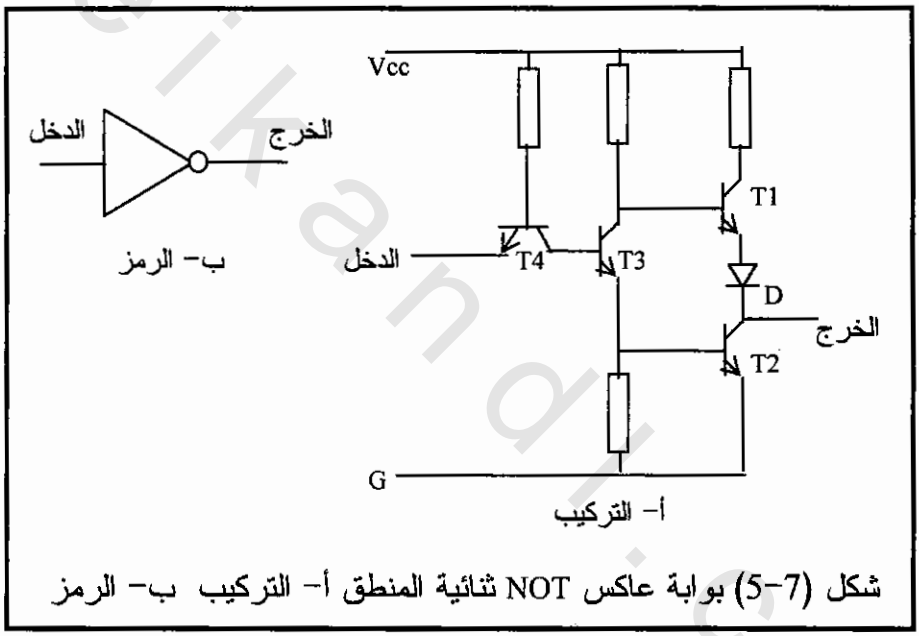


شكل (7-4) قصر كهربى على الخط D0 نتيجة استخدام المنطق الثنائى فى خرج الأجهزة المحيطة

الآن ما هو الحل لهذه المشكلة ؟

إن هذه المشكلة يمكن أن تتلاشى إذا استخدمنا فى مرحلة خرج هذه الأجهزة بوابات ثلاثية المنطق بدلا من البوابات ثنائية المنطق التى نتجت عنها هذه المشكلة . لكى نفهم تركيب البوابات ثلاثية المنطق سنأخذ نظرة سريعة على تركيب البوابات ثنائية المنطق ولكن قبل ذلك يجب أن نعى جيدا أن هذه المشكلة مصاحبة فقط للأجهزة التى تقوم بإدخال معلومات إلى المعالج من خلال مسار البيانات مثل بوابات الإدخال وال RAM وال ROM ، وأما الأجهزة التى تستقبل معلومات من المعالج مثل بوابات الإخراج فلا تعانى من هذه المشكلة .

7-3-1 بوابات المنطق الثنائى Double state logic gates

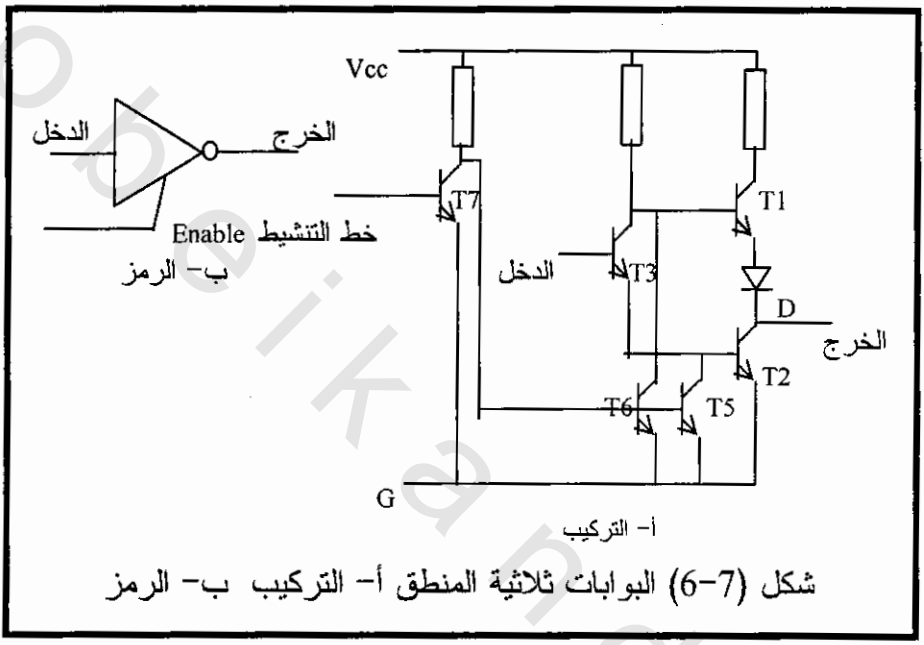


شكل (7-5) بوابة عاكس NOT ثنائية المنطق أ- التركيب ب- الرمز

شكل (7-5) يبين تركيب ورمز بوابة من البوابات ثنائية المنطق وهى بوابة NOT . هذه البوابة دائما يكون خرجها إما واحدا أو صفرا على حسب حالة الدخل . إذا كان الدخل يساوى واحدا H فإن الترانزيستور T4 يكون مجمعه H وبالتالى فإن T3 يكون ON ويكون باعثه H مما يجعل T2 يكون ON وبالتالى فإن الخرج يكون موصلا إلى الأرضى أى يكون الخرج صفرا فى هذه الحالة. لاحظ أن T1 فى هذه الحالة يكون OFF أى غير موصل ولذلك فإن الخرج يكون معزولا من مصدر الجهد Vcc . إذا كان الدخل صفرا L فإن مجمع T4 يكون L وبالتالى T3 يكون OFF مما يجعل T2 يكون OFF وبالتالى T1 يكون ON

وعلى ذلك فإن الخرج فى هذه الحالة يكون متصلا بمصدر الجهد Vcc ويكون واحدا أى H وفى نفس الوقت ينفصل عن الأرضى .

7-3-2 البوابات ثلاثية المنطق Tristate logic gate

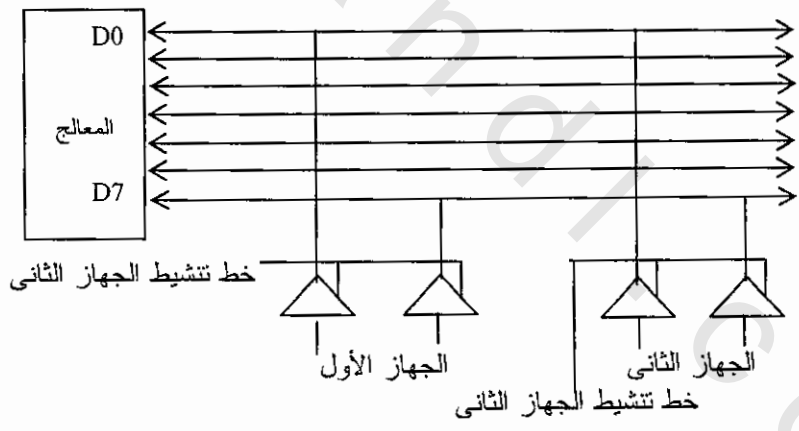


شكل (7-6) البوابات ثلاثية المنطق أ- التركيب ب- الرمز

تتميز البوابة ثلاثية المنطق أن لها طرفا ثالثا خاصا بالتحكم فى الخرج بحيث إذا كان هذا الطرف فعالا فإن البوابة ثلاثية المنطق تسلك نفس مسلك البوابة ثنائية المنطق تماما ، وأما إذا كان طرف التحكم غير فعال أو خامل فإن خرج البوابة ثلاثية المنطق يأخذ حالة جديدة غير معروفة فى البوابات ثنائية المنطق وهى أن الخرج لا يكون صفرا ولا واحدا وإنما يكون مفتوحا open circuit أو مقاومة عالية جدا high impedance .

شكل (7-6) يبين الدائرة الإلكترونية والرمز المستخدم لمرحلة خرج بوابة ثلاثية المنطق وقد تم التحكم فيها عن طريق خط التنشيط enable . لاحظ أن مرحلة الخرج هذه هى نفسها مرحلة الخرج التى تم شرحها فى شكل (7-5) ولكن مضاف عليها الترانزيستورات T7, T6, T5 التى تعمل كمفاتيح يتم التحكم فيها عن طريق خط التنشيط enable . فإذا كان خط التنشيط عاليا H فإن T7 يكون ON مما يجعل T6, T5 كل منهما يكون OFF وبالتالى فإن البوابة تعمل كبوابة ثنائية المنطق مثل التى شرحت سابقا فى شكل (7-5) بحيث إذا كان الدخل H فإن الخرج يكون L والعكس . أما إذا كان خط التنشيط خاملا L فإن

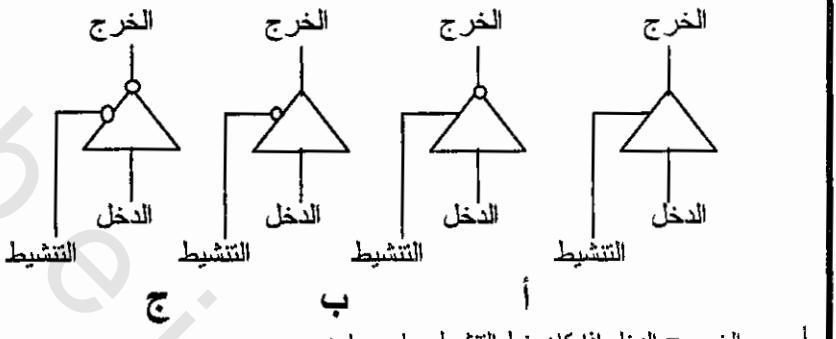
T7 يكون OFF مما سيجعل T6, T5 كل منهما يكون ON وبالتالى فإن كلا من T2, T1 يكون OFF وبالتالى فإن الخرج يكون غير موصل لا على الأرضى ولا على الجهد Vcc ولكن يكون كما لو كان مفتوحا open circuit أو مقاومة عالية.
السؤال الآن كيف ستستخدم البوابات ثلاثية المنطق فى الحماية من القصر الكهربى short circuits الذى يحدث بسبب توصيل أكثر من جهاز على نفس خطوط المسارات كما أوضحنا فى شكل (7-4) ؟
إن جميع الأجهزة التى ستوصل على مسار البيانات للمعالج يجب أن تكون مرحلة الخرج فيها عبارة عن بوابات ثلاثية المنطق وعن طريق خطوط التنشيط لكل جهاز فإن المعالج سيجعل جميع الأجهزة فى حالة خمول أى أن خرجها سيكون كما لو كان غير موصل على المسار إلا جهازا واحدا فقط وهو الجهاز الذى يتعامل معه المعالج فى تلك اللحظة . أى أنه نتيجة استخدام هذا النوع من البوابات فلن يكون هناك غير جهاز واحد فقط هو الفعال فى أى لحظة وهو الذى يتعامل معه المعالج وهو الذى سيكون موصلا على مسار البيانات وأما بقية الأجهزة فستكون منفصلة عن مسار البيانات نتيجة أن خط التنشيط الخاص بها غير فعال . شكل (7-7) يبين عملية توصيل أكثر من جهاز على مسار البيانات باستخدام البوابات ثلاثية المنطق .



شكل (7-7) استخدام البوابات ثلاثية المنطق فى التوصيل على مسار البيانات للمعالج

شكل (7-8) يبين الأنواع المختلفة للبوابات ثلاثية المنطق . هناك مثلا البوابات التى يكون خرجها مثل دخلها تماما إذا كان خط التنشيط فعالا ، كما أن هناك البوابات التى يكون خرجها عكس دخلها إذا كان خط التنشيط فعالا . هناك أيضا

البوابات التى يكون خط تنشيطها فعالا عندما يكون صفرا ، وأخرى يكون خط تنشيطها فعالا عندما يكون واحد . مهمتك أنت كمصمم هى اختيار البوابة المناسبة للتطبيق الذى تستخدمه .



أ- الخرج = الدخل إذا كان خط التنشيط يساوى واحد
ب- الخرج عكس الدخل إذا كان خط التنشيط يساوى واحد
ت- الخرج = الدخل إذا كان خط التنشيط يساوى صفر
ث- الخرج عكس الدخل إذا كان خط التنشيط يساوى صفر

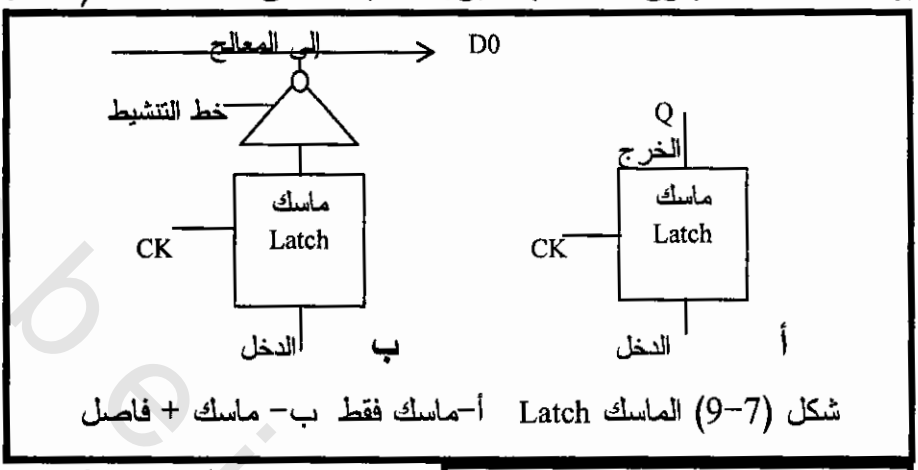
شكل (7-8) الأشكال المختلفة للبوابات ثلاثية المنطق

7-4 الماسك Latch

فى بعض التطبيقات تتطلب عملية الفصل استخدام مكونات لها خاصية مسك المعلومة على خرجها بالرغم من فقدان هذه المعلومة على الدخل . إن البوابات ثلاثية المنطق ليست لها هذه الخاصية لأنها طالما أن خط التنشيط فعال تكون هناك معلومات معينة على الخرج وبمجرد أن يكون خط التنشيط غير فعال فإن المعلومة التى على الخرج تفقد تماما . إن الماسك عبارة عن قلاب flip flop وغالبا ما يكون من النوع D بحيث أن المعلومة التى على طرف الدخل D تنتقل إلى الخرج Q بعد وجود نبضة على طرف التزامن CK . تظل المعلومة الموجودة على الخرج كما هى لا تتغير حتى لو تغير الدخل D طالما أنه لم تعط أى نبضة تزامن أخرى ، لذلك فإننا نقول إن المعلومة قد مسكت على الخرج .

شكل (7-9 أ) يبين مثل هذا الماسك . هناك أيضا الكثير من التطبيقات (أجهزة إدخال البيانات إلى المعالج مثلا) كما سنرى والتى تتطلب وجود بوابة ثلاثية المنطق بعد الماسك لتكون بمثابة فاصل بين مسار البيانات وخرج الماسك وذلك لأن الماسك وحده لا نستطيع توصيله على مسار البيانات مباشرة لأن خرجه يأخذ أحد الحالتين فقط إما الصفر أو الواحد أى ثنائى المنطق . ولذلك فإنه عادة

يوضع بعد الماسك بوابة ثلاثية المنطق بحيث يوصل خرج الماسك على مسار البيانات فقط عندما يكون خط تنشيط البوابة ثلاثية المنطق فعالا . شكل (7-9ب)



شكل (7-9) الماسك Latch أ-ماسك فقط ب- ماسك + فاصل

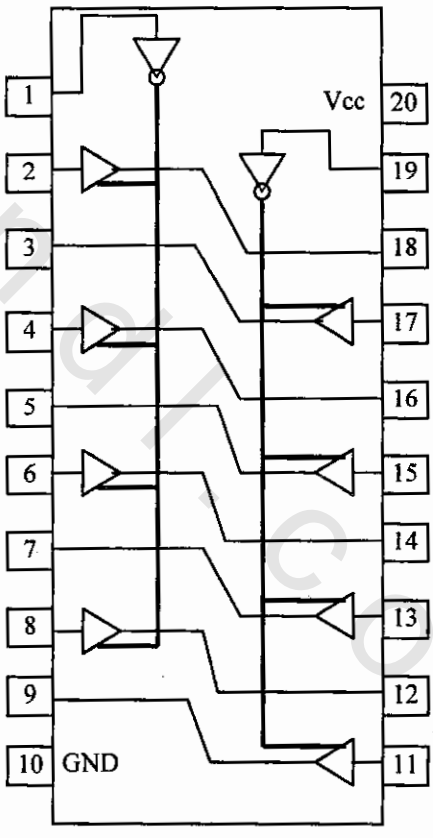
يبين دائرة ماسك متبوعة ببوابة ثلاثية المنطق .

7-5 بعض الشرائح التى تستخدم فى فصل المسارات

سنعرض فى هذا الجزء لمكونات بعض الشرائح التى يمكن استخدامها فى عملية عزل المسارات ويجب أن نؤكد على أنه ليست هذه فقط هى الشرائح المتاحة ولكن هناك الكثير غيرها يمكن استخدامه ، فقط مطلوب قراءة كتالوجات هذه الشرائح وفهمها قبل البدء فى استخدامها .

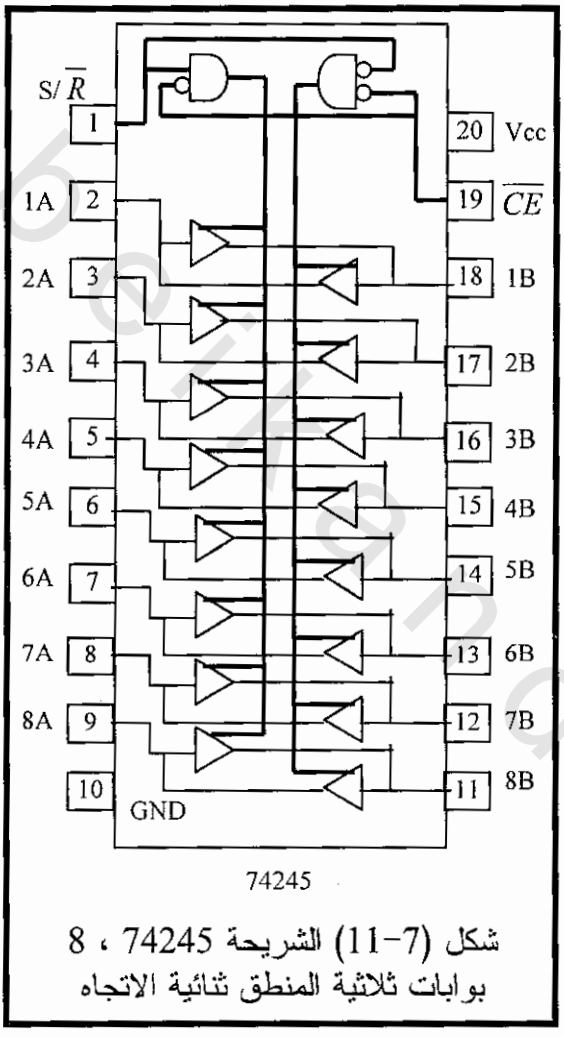
7-5-1 الشريحة 74244 عازل ثمانى ثلاثى المنطق أحادى الاتجاه

بالنظر إلى الرسم الوظيفى والطرفى الموضحان فى شكل (7-10) يتضح



شكل (7-10) الشريحة 74244 ، 8 بوابات ثلاثية المنطق

لنا كيفية عمل هذه الشريحة . لاحظ أيضا أن هذه الشريحة أحادية الاتجاه ، أى أن الإشارة يمكن أن تمر فيها فى اتجاه واحد فقط على عكس الشريحة 74245 التى سيأتى شرحها . هذه الشريحة تحتوى على ثمانى بوابات ثلاثية المنطق مقسمة إلى مجموعتين ، المجموعة الأولى مكونة من 4 بوابات لها خط التنشيط الخاص بها على الطرف رقم 1 والمجموعة الثانية مكونة من الأربع بوابات الأخرى والتى لها خط تنشيط خاص بها هى الأخرى على الطرف رقم 19 . لاحظ أن خطوط التنشيط (1 و 19) تكون فعالة عندما تكون صفرا ، ولذلك فقد تم وضع شرطة فوق اسم كل منها ($\overline{OEa}$ و $\overline{OEb}$) . كما نعلم عن البوابات ثلاثية المنطق فإنه طالما أن خط التنشيط فعال (صفر فى هذه الحالة) فإن الموجود على دخل هذه الشريحة ينتقل إلى خرجها . إن هذه الشريحة تصلح فقط لعزل خطوط مسار العناوين وذلك لأن الإشارة التى على هذا المسار تكون دائما خارجة من المعالج إلى الأجهزة المحيطة ولا تأخذ الاتجاه العكسى على الإطلاق .

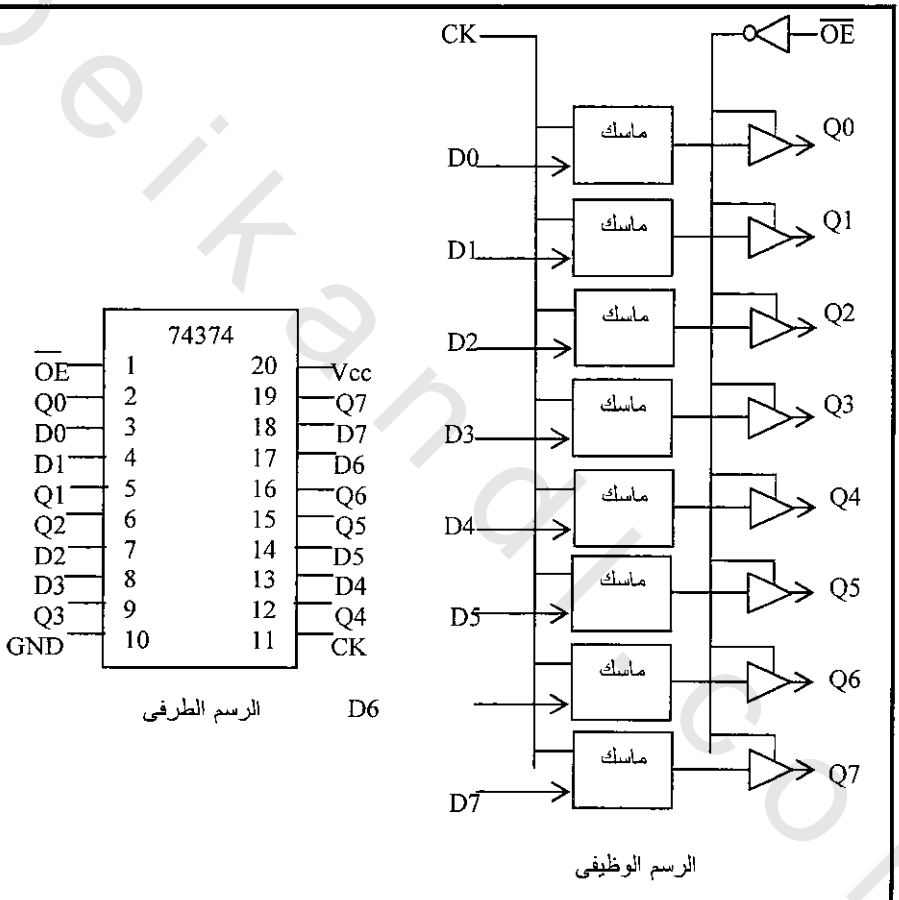


شكل (7-11) الشريحة 74245 ، 8 بوابات ثلاثية المنطق ثنائية الاتجاه

7-5-2 الشريحة 74245
عازل ثمانى ، ثلاثى المنطق ، ثنائى الاتجاه

هذه الشريحة عبارة عن عازل buffer ثنائى ، الاتجاه أى يمكنها إرسال واستقبال المعلومات ، وخرجها ثلاثى المنطق غير عاكس ولها خط تحكم فى الاتجاه وهو الطرف رقم 1 . الطرف رقم 19 هو خط تنشيط أو فعالية الشريحة الذى يكون

فعال عندما يكون صفر Chip Enable, CE . شكل (7-11) يبين الرسم الطرفى والوظيفى للشريحة . عندما يكون الطرف 19 فعالا (صفر) فإن الشريحة تكون نشطة ، وعندما يكون هذا الطرف خاملا (واحد) فإن الشريحة تكون خاملة ولا تعمل . الطرف 1 يتحكم فى اتجاه البيانات خلال الشريحة . فعندما يكون هذا الطرف واحد فإن الإشارات تمر فى الاتجاه من A إلى B ، وأما إذا كان هذا الخط صفر فإن الإشارة تمر فى الاتجاه من B إلى A . لذلك فإن هذه الشريحة مناسبة جدا لفصل خطوط مسار البيانات كما سنرى .



شكل (7-12) الرسم الطرفى والوظيفى للشريحة 74374

obeikandl.com

7-5-3 الشريحة 74374 عازل ماسك ذو ثماني بتات

تحتوى هذه الشريحة على ثمانية قلابات من النوع D كلها موصلة على نفس طرف التزامن CK وهو الطرف رقم 11 فى الشريحة . عند إعطاء نبضة تزامن على هذا الطرف تنتقل الإشارة الموجودة على جميع أطراف الدخل D إلى الخرج المناظر Q ، وتظل هذه الإشارة ممسوكة على الخرج طالما لم يتم إعطاء أى نبضات تزامن أخرى . كل واحد من هذه القلابات موصل على بوابة ثلاثية المنطق تسمح بمرور الإشارة إلى أطراف الخرج عندما يكون طرف التنشيط (الطرف 1) OE فعالا (صفر). سنرى بعد قليل كيفية استخدام هذه الشريحة فى فصل مسار العناوين للمعالج 8085 بالذات لطبيعة مساراته . شكل (7-12) يبين الرسم الطرفى والوظيفى لهذه الشريحة .

7-6 تمارين

1. ما المقصود بالفصل buffering بين الدوائر الإلكترونية ؟
2. اذكر بعض المواضع التى يكون فيها من الضرورى استخدام فاصل ؟
3. ما هى الخواص الواجب توافرها فى دائرة الفصل ؟
4. فى الدوائر الرقمية ، هل من الضرورى أن تكون دائرة الفصل ثلاثية المنطق ؟
5. متى يكون من الضرورى أن تكون دائرة الفصل من النوع ثلاثى المنطق ؟
6. اشرح طريقة عمل البوابة NOT gate ثنائية المنطق الموجودة فى شكل (7-5) ؟
7. اشرح طريقة عمل البوابة ثلاثية المنطق الموجودة فى شكل (7-6) ؟
8. من شكل (7-7) نرى أن جميع أجهزة الإدخال لابد أن تكون موصلة على مسار البيانات من خلال فاصل ثلاثى المنطق ، هل ذلك الشرط ضرورى فى حالة أجهزة الإخراج ؟
9. مسار البيانات ثنائى الاتجاه لذلك فإن شريحة الفصل المناسبة له هى (74244, 74245, 74374) اختر الإجابة الصحيحة ؟
10. هناك الكثير من الشرائح التى يمكن استخدامها فى عمليات الفصل المختلفة والتى لم نذكرها فى هذا الفصل ، اذكر بعض هذه الشرائح ، وطريقة عملها ، والمواضع التى تناسب استخدامها ؟