الفصل الثانى عشر 12

المؤقت القابل للبرمجة

Programmable Interval Timer, PIT
Intel 8253/8254

obeikandl.com

12-1 مقدمة

تحتوي هذه الشريحة على ثلاث عدادات كل منها 16 بت ، وكل منها قابل للبرمجة . كل واحد من هذه العدادات قادر على العد الثنائي أو العد العشري المكود ثنائيا BCD وبترددات تصل إلي 10 ميجاهرتز . يمكن استخدام هذه الشريحة في العديد من التطبيقات مثل الساعة الحقيقية Real time clock ، عدادات الأشياء ، التحكم في سرعة موتور واتجاهه مثل موتور الأسطوانة الصلبة أو حتى أي موتور ، والكثير من التطبيقات الأخرى التي يكون الزمن فيها عاملا مهما .

إن الحصول على أزمنة تأخير يمكن أن يتم باستخدام بعض أوامر أي لغة من لغات البرمجة ، فمثلا في لغة الأسمبلي يمكن الحصول على زمن تأخير باستخدام حلقة مغلقة كالتالي :

```
MOV CX,0055H
XX : NOP
     LOOP XX
```

حيث سيتم تنفيذ هذه الحلقة عدد من المرات مقداره العدد الموجود في المسجل CX . يمكن عمل نفس الحلقة فى لغة C بالأمر التالى :

```
for(k=0; k<500; k++);
```

والمعروف أن كل واحد من هذه الأوامر ينفذ في عدد معين من نبضات الساعة الخاصة بالجهاز ، بحيث يمكن معرفة مقدار زمن التأخير بالضبط بمعرفة تردد إشارة نبضات الساعة الخاصة بالجهاز Clock . من المعروف أن نبضات الساعة Clock تختلف من جهاز لآخر ولذلك فإن زمن التأخير الناتج عن الحلقة السابقة لن يكون ثابتا بأي حال وذلك باختلاف جهاز الحاسب الذي تنفذ عليه هذه الحلقة ، وهذا سيكون له تأثير كبير بالطبع على كل البرمجيات التى تستخدم أزمنة التأخير . تخيل مثلا أنك تلعب لعبة على الحاسب تقود فيها طائرة تطير أمامك على الشاشة وتتحكم فيها باستخدام المفاتيح ، وسنفترض أن هذه اللعبة صممت لتعمل مع معالج intel80286 بسرعة مقدارها 20 ميجاهرتز . تخيل أننا نفذنا هذه اللعبة الآن مع معالج intelP4 بسرعة مقدارها 2000 ميجاهرتز ، فى هذه الحالة ستجد أن الطائرة اصطدمت بالحاجز قبل أن تلمس أنت زرار التحكم نتيجة هذا الفرق فى السرعة .

نظام التشغيل DOS فى الحاسب يحسب وقت تسجيل أى ملف يتم فتحه أو حتى تعديله ، كما أنه يتحكم فى سرعة السواقات سواء المرنة أو الصلبة دون أى

مشاكل ونقوم بنقل السواقات من جهاز لآخر ، وتغيير المعالج أيضا دون أى تأثير على أداء السواقات ، فكيف يتم ذلك ، أو كيف يتم الحصول على هذه الأزمنة الثابتة التى لا تعتمد على سرعة المعالج ؟ بالطبع لا يمكن أن يتم ذلك باستخدام الحلقات !

إن استخدام شرائح التوقيت مثل الشريحة 8253/8254 يمكن بها الحصول على أزمنة تأخير ثابتة لا تتوقف على نوع الجهاز الذي تستخدم معه لأنها تعمل على أساس نبضات ساعة ثابتة يتم توصيلها على هذه الشريحة كما سنرى .

الشريحتين السابقتين متماثلتين تماما فى كل شىء ، الفرق بينهما هو أن مسجل التحكم فى الشريحة 8253 للكتابة فقط ، ولكنه فى الشريحة 8254 للكتابة والقراءة معا .

12-2 تركيب الشريحة Intel 8254

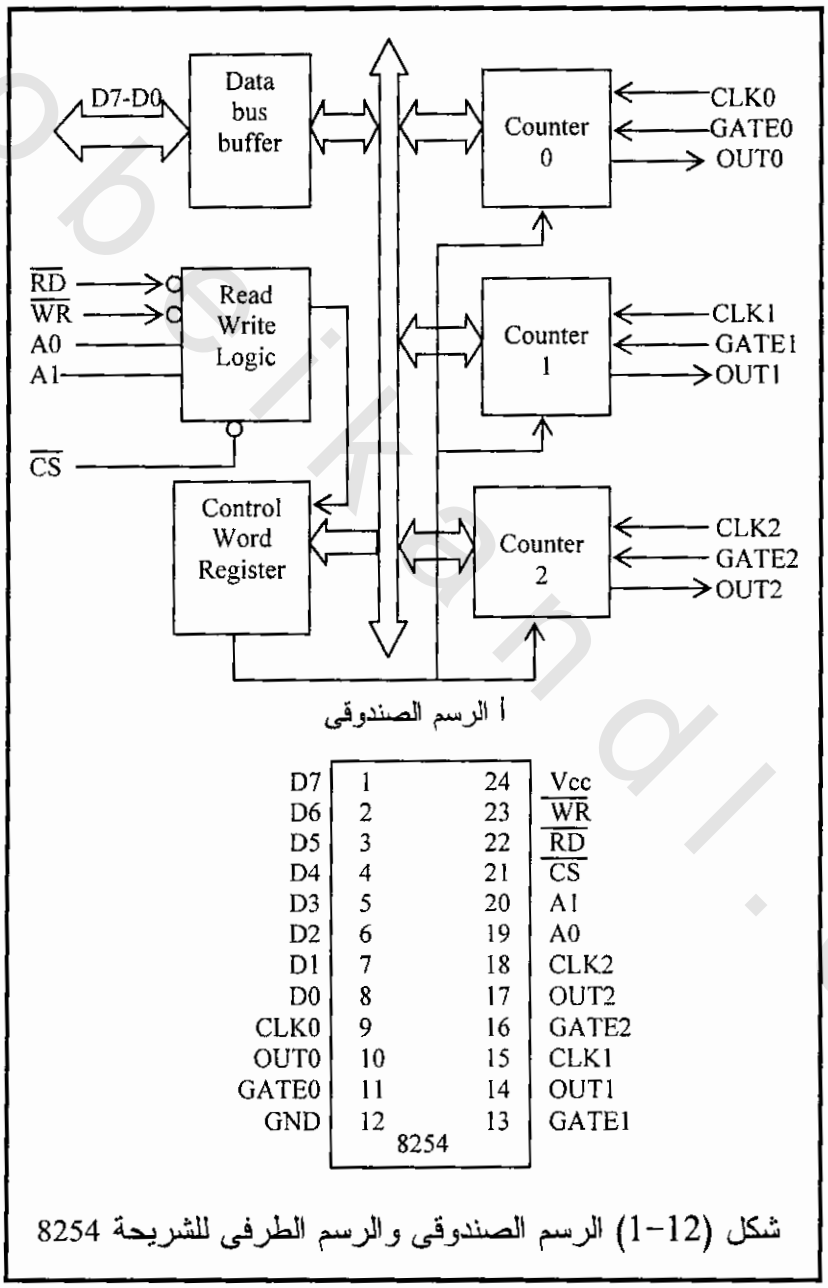
شكل (12-1أ) يبين رسما صندوقيا لمحتويات هذه الشريحة وشكل (12-1ب) يبين رسما طرفيا لها . الرسم الصندوقي يوضح كيف أن هذه الشريحة مقسمة إلي جزأين أساسيين ، جزء يواجه المعالج ، ويتكون من ثلاثة أجزاء كما يلى :

1- عازل لمسارات البيانات D7 – D0 ويخرج منه 8 أطراف توصل على مسار البيانات (8 بت) القادم من المعالج .

2- خطوط التحكم في القراءة و الكتابة وهي كالتالي :

- الطرف $\overline{RD}$ الذي يوصل على خط القراءة القادم من المعالج ، حيث عندما يكون هذا الطرف فعالا (0) فإن المعالج يستطيع القراءة من المسجلات الموجودة داخل المؤقت .
- الطرف $\overline{WR}$ الذي يوصل على خط الكتابة القادم من المعالج ، حيث عندما يكون هذا الخط فعالا (0) فإن المعالج يستطيع كتابة أو إرسال بيانات إلي المسجلات الموجودة داخل المؤقت .
- الطرف $\overline{CS}$ ، لكي يمكن للمعالج أن يتعامل مع الشريحة PIT فإن الطرف $\overline{CS}$ وهو خط اختيار الشريحة Chip Select لابد وأن يكون فعالا (0) ، ويكون ذلك بالطبع عن طريق تشفير العنوان الخاص بهذه الشريحة كما رأينا عند التعامل مع الشريحة 8255 .
- الطرفان A0, A1 : هذان الطرفان يوصلان فى العادة على خطى العناوين A0 و A1 القادمين من المعالج حيث يتم عن طريق هذين الخطين اختيار أحد عدادات الشريحة أو مسجل التحكم داخل الشريحة تبعا للجدول 12-1.

3- مسجل التحكم Control Register والذى يتم فيه تسجيل كلمة تحكم Control Word من 8 بتات تمثل اختيار أحد العدادات الثلاثة ليتم التعامل معه حسب حالة تشغيل معينة من خمس حالات تشغيل سنراها بعد قليل .



شكل (12-1) الرسم الصندوقى والرسم الطرفى للشريحة 8254

الجزء الثانى أو الجانب الآخر من الشريحة PIT كما فى شكل (12-1أ) يمثل الجانب المواجه للمستخدم ، وهو يمثل الثلاث عدادات الموجودة داخل الشريحة ، حيث لكل عداد منها ثلاث إشارات أو ثلاثة أطراف كما يلى :

- الأطراف CLKx حيث x تمثل رقم العداد (2, 1, 0) ويتم إدخال نبضات الساعة Clock التى سيقوم العداد بعدها على هذه الأطراف ، ولابد أن يكون تردد هذه النبضات معروفا جيدا ، ويمكن أن يصل هذا التردد حتى 10 ميجاهرتز .
- الأطراف GATEx وكل طرف منها يمثل طرف تنشيط للعداد المراد التعامل معه Gate Enable .
- الأطراف OUTx وتمثل أطراف خرج للعدادات الثلاثة ، ويمكن برمجة هذه العدادات ليكون الخرج واحدا أو صفرا أو نبضات على حسب حالة التشغيل التى يعمل عليها العداد كما سنرى .
- آخر طرفان من أطراف الشريحة هما طرفى القدرة GND, Vcc .

جدول 12-1

الوظيفة	A0	A1
العداد رقم (0)	0	0
العداد رقم (1)	1	0
العداد رقم (2)	0	1
مسجل التحكم	1	1

12-3 برمجة الشريحة 8254

كما رأينا فإن الشريحة 8254 تحتوى ثلاث عدادات كل منها 16 بت ، أى يمكن لكل منها أن يعد من 0 إلى FFFFH فى حالة العد الثنائى ، أو العد من 0 إلى 9999 فى حالة العد العشرى . يمكن اختيار أى واحد من العدادات الثلاثة ، وطريقة التعامل معه ، وكذلك حالة التعامل عن طريق شفرة توضع فى مسجل التحكم . شكل (12-2) يبين مسجل التحكم ودلالة كل بت من بتاته . يحتوى شكل (12-2) أيضا على جداول توضح وظيفة كل مجموعة من مجموعات البتات فى هذا المسجل كما يلى :

- البتات D6 و D7 تمثل شفرات اختيار أحد العدادات Select Counter bits ليتم التعامل معه ، أو قراءة حالة الشريحة . فإذا كان كل من بت 6 و 7 تساوى

صفر فإن المقصود فى هذه الحالة هو التعامل مع العداد رقم صفر ، أمـــا إذا كانت بت 6 تساوى واحد ، وبت 7 تساوى صفر ، فإن التعامل فى هذه الحالة سيكون مع العداد رقم واحد ، وهكذا . أما إذا كان كل من بت 6 و7 تســـاوى واحد فإنه فى هذه الحالة سيتم قراءة مسجل التحكم .

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
SC1	SC0	RW1	RW0	M2	M1	M0	BCD

SC1	SC0	العداد المختار
0	0	عداد رقم 0
0	1	عداد رقم 1
1	0	عداد رقم 2
1	1	قراءة حالة الشريحة

M2	M1	M0	الحالة
0	0	0	الحالة 0
0	0	1	الحالة 1
0	1	0	الحالة 2
0	1	1	الحالة 3
1	0	0	الحالة 4
1	0	1	الحالة 5

RW1	RW0	قراءة/كتابة
0	0	قراءة/كتابة أمر مسك العدادات
0	1	قراءة/كتابة النصف الأدنى فقط
1	0	قراءة/كتابة النصف الأعلى فقط
1	1	قراءة/كتابة النصف الأدنى ثم الأعلى

BCD	طريقة العد
0	عداد ثنائي
1	عداد عشرى مكود ثنائيا BCD

شكل (12-2) كلمة التحكم Control Word للشريحة 8254

- البتات D4 و D5 تمثلان كيفية القراءة أو الكتابة من أى واحد مـــن العـــدادات الذى تم اختياره بالبتات 6 و 7 . كما نعلم فإن كل عداد مكون من 16 بـــت ، بينما مسار البيانات للشريحة مكون من 8 بت فقط ، لذلك فإنه لابد من تحديد أى بايت (8 بت) من ال 16 بت سيتم قراءتها أو الكتابة فيها . فإذا كانت البت 4 تساوى واحد والبت 5 تساوى صفر فإنه فى هذه الحالة سيتم التعامـــل مـــع

البايت الأولى Lower significant byte ، أما إذا كانت البت 4 تساوى صفر والبت 5 تساوى واحد فإنه سيتم التعامل مع البايت الثانية فى هذه الحالة Higher significant byte ، وأخيرا يمكن قراءة البايت الأولى ثم الثانية مباشرة بوضع كل من البت 4 و 5 تساوى واحد . قبل قراءة أى عداد فى أى لحظة لابد من مسك Latch قيمة أو محتويات العداد عند هذه اللحظة ووضعها فى مسجل القراءة . بذلك نضمن أنه فى أثناء قراءة أى بايت فإن البايت الأخرى لن تتغير فى أثناء القراءة . لذلك فإنه قبل قراءة أى عداد فإنه لابد من مسك محتوياته بوضع البتات 4 و 5 كل منها تساوى صفر .

- البتات D1 و D2 و D3 يمكن عن طريقها اختيار الحالة mode التى سيعمل عندها العداد الذى تم اختياره . بهذه الثلاث بتات يمكن اختيار حالة من ست حالات يمكن لأى عداد أن يعمل عندها كما فى شكل (12-3) .
- البت رقم صفر D0 ويتم عن طريقها جعل العداد الذى يتم اختياره يعد عشرى أو ثنائى . فإذا كانت هذه البت تساوى صفرا فإن العداد المختار سيعد عدا ثنائيا من 0 حتى FFFFH ، أما إذا كانت هذه البت واحد فإن العداد سيعد عشريا من صفر حتى 9999 .

12-4 حالات تشغيل الشريحة PIT

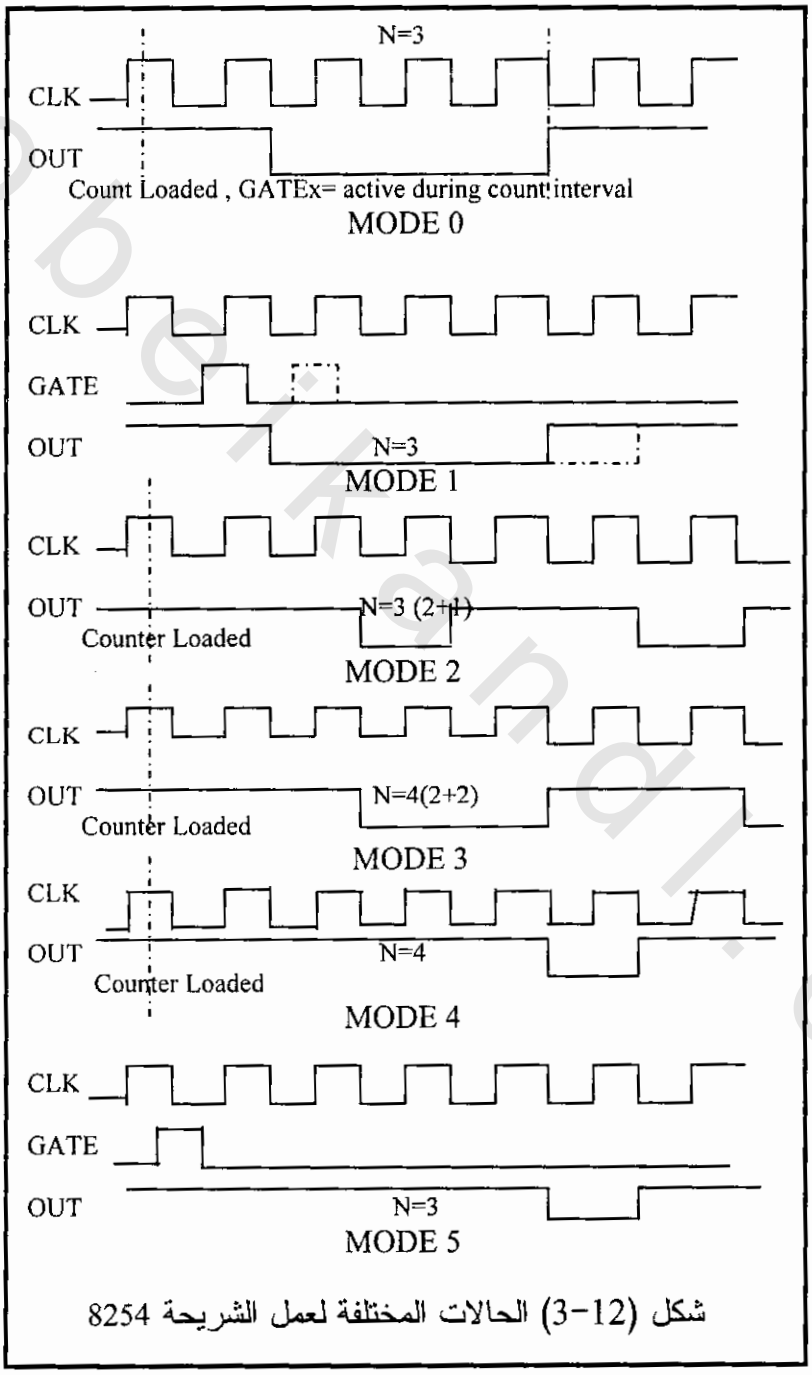
1- الحالة 0

شكل (12-3) يبين الست حالات التى يمكن أن يعمل فيها أى عداد من العدادات الثلاثة الموجودة فى الشريحة 8254 . فى الحالة 0 وكما هو مبين فى شكل (12-3) فإن الخرج OUTx يكون واحد إلى أن يتم تحميل العداد رقم x بالرقم N ويتم تنشيط الخط GATEx حيث عندها ينزل الخرج OUTx إلى الصفر ، ويظل كذلك إلى أن ينتهى العداد x من عد N من نبضات الساعة حيث عند النبضة N+1 سيعود الخرج إلى الواحد مرة ثانية . فى هذه الحالة لابد أن يكون الخط GATEx نشط دائما .

2- الحالة 1

فى هذه الحالة سيعمل العداد كمؤقت أحادى الاستقرار يتم تنشيطه من الطرف GATEx حيث بإعطاء نبضة على هذا الخط فإن الخرج سينزل إلى الصفر ويظل كذلك إلى أن يصل العداد إلى القيمة المبرمجة حيث عندها يصعد الخرج إلى الواحد . لاحظ الفرق بين هذه الحالة والحالة السابقة والذى يقع فقط فى كيفية تنشيط الطرف GATEx . فى هذه الحالة إذا تم إعطاء نبضة تنشيط على الطرف

GATEx أثناء نشاط الخرج ، فإن الخرج سيبدأ فترة نشـاط جديـدة كمـا فـى الخطوط المنقطة فى شكل (12-3) .



شكل (12-3) الحالات المختلفة لعمل الشريحة 8254

3- الحالة 2

هذه الحالة يوضحها شكل (12-3) حيث يكون الخرج عديم الاستقرار . فى هذه الحالة يكون الخرج واحد طالما أن العداد لم يصل إلى القيمة المبرمج عليها ، وعندما يصل إلى هذه القيمة فإن الخرج ينزل إلى الصفر لمدة زمن نبضة تزامن واحدة ثم يرجع واحد ، وهكذا يتأرجح الخرج بين الواحد والصفر بتردد وأزمنة تأخير يتم التحكم فيها بالقيمة المخزنة فى العداد . لاحظ أن الطرف GATEx فى هذه الحالة لابد أن يكون فعالا .

4- الحالة 3

هنا يكون الخرج أيضا عديم الاستقرار حيث يكون عبارة عن موجة مربعة يتساوى فيها زمن الواحد وزمن الصفر وكل منهما له زمن يساوى نصف الزمن الناتج عن القيمة المبرمجة فى العداد إذا كانت هذه القيمة زوجية ، أما إذا كان العداد محمل بقيمة فردية فإن زمن الصفر يقل بمقدار زمن نبضة تزامن واحدة عن زمن الواحد .

5- الحالة 4

بعد مرور عدد من النبضات مساوى للقيمة المحملة فى العداد ، فإن خرج العداد سينزل إلى الصفر لمدة زمن نبضة واحدة فقط بعدها يعود الخرج واحد كما كان ويظل كذلك إلى أن يتم برمجة العداد مرة أخرى . يمكن إخماد النبضة الناتجة عن طريق جعل الخط GATEx يساوى صفر .

6- الحالة 5

هذه الحالة تشبه تماما الحالة 4 سوى أن زمن التأخير يبدأ عند إعطاء نبضة على الخط GATEx حيث بعد هذه النبضة بزمن يتحدد بالقيمة المبرمجة فى العداد ينزل الخرج للصفر لمدة زمن نبضة تزامن واحدة بعدها يرجع الخرج واحد مرة ثانية فى انتظار إعطاء نبضة أخرى على الطرف GATEx . لاحظ أن تنشيط زمن التأخير فى الحالة 4 يتم برمجيا (فقط يكون الطرف GATEX نشط) بينما فى الحالة 5 فإن زمن التأخير يتم تنشيطه بالطرف GATEx أى Hardware .

مثال

مطلوب تشغيل العداد 2 لإخراج موجة مربعة فى الحالة 3 بتردد مقداره 10 كيلوهرتز .

تردد الساعة المستخدم مع هذه المؤقتات فى الحاسب هو 1.19318 ميجاهرتز . لذلك فإنه للحصول على موجة ترددها 10 كيلوهرتز فإنه علينا أن نقسم تردد الساعة السبق على 119 ، وهذا هو الرقم الذى سنحمله فى العداد 2 كقيمة ابتدائية يقوم العداد بالعد حتى يصل إليها ثم يصفر نفسه وهكذا بحيث نحصل فى خرج العداد على موجة مربعة تكون واحد لمدة 60 نبضة وصفر لمدة 59 نبضة (راجع الحالة 3 من حالات تشغيل المؤقت) . البرنامج الذى سيقوم بهذه العملية بلغة التجميع سيكون كما يلى :

```
MOV AL, 01010110b;  الشفرة المراد إرسالها إلى مسجل التحكم
OUT 043H,AL;        الإرسال إلى مسجل التحكم
MOV AL, 119;        القيمة المراد تحميلها فى العداد 2
OUT 042H,AL;        الإرسال إلى العداد 2
```

12-5 كتابة القيم الابتدائية للعدادات

كما رأينا فى المثال السابق فإن الكتابة إلى شريحة المؤقت تكون لغرض واحد من اثنين : الغرض الأول هو الكتابة فى مسجل التحكم ، الغرض الثانى هو كتابة قيمة ابتدائية فى أى واحد من العدادات . ولكن عامة فإنه لكى نكتب قيمة ابتدائية فى أى واحد من العدادات فإنه لابد من كتابة كلمة تحكم أولا فى مسجل التحكم كما رأينا فى المثال السابق . كلمة التحكم (01010110b) فى المثال السابق يمكن تفصيلها كما يلى :

- أول 2 بت من الشمال (01) تمثل بتات اختيار العداد SC ، وبالرجوع إلى شكل (12-2) نجد أننا بذلك اخترنا العداد الثانى ، حيث SC=00 تمثل اختيار العداد الأول ، و SC=10 تمثل اختيار العداد الثالث ، وأما SC=11 فغير مسموح به مع الشريحة 8253 ، وتمثل قراءة مسجل التحكم فى الشريحة 8254 كما سنرى بعد قليل .
- الاثنان بت التالية (01) تمثل طريقة القراءة أو الكتابة R/W . وهنا R/W=01 تمثل التعامل مع البايت الصغرى من العداد المراد التعامل معه . وأما R/W=10 فتمثل التعامل مع البايت العظمى ، وأما R/W=11 فتمثل التعامل مع البايت الصغرى ثم البايت العظمى وفى هذه الحالة فإنه لابد من إجراء أمرى كتابة بعد أمر الكتابة الخاص بمسجل التحكم حيث سيقوم الأول بتسجيل البايت الصغرى ثم يقوم الثانى بتسجيل البايت العظمى ، وأما R/W=00 فتمثل مسك latch محتويات العداد المراد التعامل معه . لاحظ أنه عند التسجيل فى البايت الصغرى فقط فإن البايت العظمى ستكون صفر ، وعند التسجيل فى البايت العظمى فقط فإن الصغرى ستكون صفر .

- الثلاث بتات التالية (011) تمثل اختيار الحالة التى سيعمل عندها العداد كما سبق شرحه ، وهى هنا تمثل اختيار الحالة 3 .
- البت الأخيرة (0) تمثل طريقة العد هل هو عد ثنائى أم عد عشرى ، وهى هنا تمثل العد الثنائى .

بعد تسجيل كلمة التحكم فى المسجل AL كما فى الأمر الأول ، تم إرسالها إلى مسجل التحكم بالأمر OUT 043H, AL حيث 043H ستجعل A0=1 و A1=1 وهذا بالطبع سيجعلنا نتعامل مع مسجل التحكم كما أشرنا فى شكل (12-2) . الأمر الثالث وضع القيمة الابتدائية المراد تخزينها فى العداد الثانى (119) فى المسجل AL ، ثم قمنا بإرسالها إلى المسجل المؤقت buffer الخاص بالعداد الثانى كما فى الأمر الأخير .

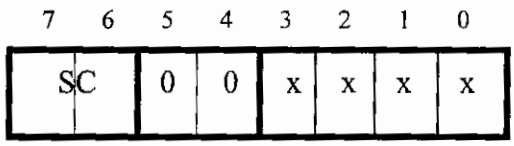
12-6 قراءة العدادات

هناك 3 احتمالات للقراءة من المؤقت فى حالة الشريحة 8254 واثنان فقط فى حالة الشريحة 8253 ، وهى كالتالى :

- القراءة المباشرة لأحد العدادات الثلاثة بأمر قراءة واحد فى حالة قراءة البايت الصغرى فقط أو البايت العظمى فقط ، أو أمرين قراءة فى حالة قراءة البايت الصغرى ثم العظمى .
- أمر لأى واحد من العدادات الثلاثة لمسك الخرج عند لحظة القراءة .
- قراءة مسجل التحكم ، وهذه متاحة فقط فى الشريحة 8254 .

عندما نقوم بقراءة أى واحد من العدادات الثلاثة فإننا فى الحقيقة لا نقرأ خرج العداد مباشرة ولكننا نقرأ الماسك الموجود على خرج هذا العداد . ولذلك فإنه قبل عملية القراءة لابد من إعطاء أمر مسك لخرج العداد فى الماسك الخاص به . بعد عملية المسك لخرج العداد يستمر العداد فى العد على حسب الحالة المبرمج عليها . وعند قراءة خرج العداد فإننا سنقرأ آخر قيمة تم مسكها وليس القيمة الحالية للعداد لأنهما قد يكونان مختلفان إذا كان هناك فارق زمنى بين أمر المسك وأمر القراءة . أمر المسك يعتبر مهم جدا لأنه لو تخيلنا أننا قرأنا البايت الصغرى لأى واحد من العدادات مباشرة دون مسك خرج هذا العداد ، فإنه عند قراءة البايت العظمى لهذا العداد حتى بعد قراءة البايت الصغرى مباشرة فإنها لن تكون متوافقة مع البايت الأولى على الإطلاق لأن عملية العد تستمر بين أمرى القراءة . لذلك فإن أمر المسك لأى عداد يتسبب فى مسك كل خرج العداد (16بت) . شكل (12-4) يبين شكل كلمة التحكم فى حالة طلب مسك خرج أى واحد من العدادات .

البرنامج التالى يخرج أمر لمسك محتويات العداد الثانى (10) ثم يقوم بقراءة خرجه من خلال الماسك الخاص به بالطبع عن طريق أمر قراءة لقراءة البايت الصغرى أولا ثم قراءة البايت العظمى ثانيا باعتبار أن العداد كان مبرمجا بهذه الطريقة .



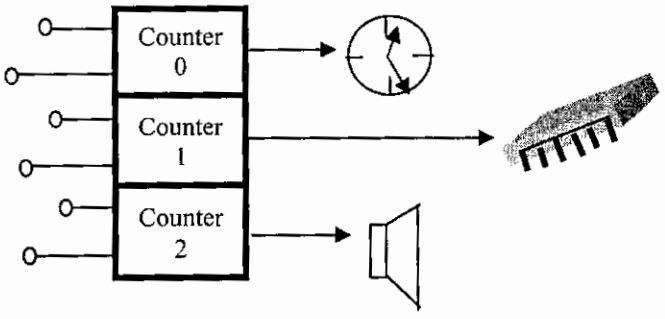
SC : شفرة العداد المراد مسك خرجه

X: لا يهم صفر أو واحد ، وغالبا نضعها أصفار

شكل (12-4) كلمة التحكم عند إجراء مسك لخرج أحد العدادات

```
MOV AL,10000000b;   كلمة التحكم لقراءة العداد الثانى
OUT 043H,Al;        إرسال لمسجل التحكم
IN AL,042H;         قراءة البايت الصغرى للعداد
IN AH,042H;         قراءة البايت العظمى للعداد
```

تذكر جيدا أنه ليست هناك طريقة لمعرفة القيمة الابتدائية التى تم تسجيلها فى أى عداد وعليك أنت تذكرها . كذلك فإنه من الصعب معرفة هل تم تسجيل بايت واحدة أم 2 بايت فى أى واحد من العدادات . إن ذلك يحدث بالرغم من إمكانية قراءة مسجل التحكم فى الشريحة 8254 ، لأن بتات مسجل التحكم عند قراءته تكون لها ترجمة ومعنى آخر ، حيث أنها تعكس حالة أى واحد من العدادات .
لقد أشرنا فيما سبق وكما فى شكل (12-2) أنه عندما يكون SC=11 فإنه فى هذه الحالة يتم قراءة مسجل التحكم ، ولكن فى هذه الحالة فإن بتات هذا المسجل تعكس حالة العدادات الثلاثة ولن تكون هى آخر قيمة تم تسجيلها فى هذا المسجل ، ولن ندخل فى تفاصيل هذه الشفرة حيث أنها لا تضيف الكثير .
شكل (12-5) يبين استخدامات العدادات الثلاثة فى الشريحة 8254 ، حيث نلاحظ أن العداد الأول يستخدم فى إعطاء نبضات منتظمة لتنظيم الوقت والتاريخ داخل الحاسب ، أما العداد الثانى فمستخدم فى عملية التنشيط المستمر لمحتويات الذاكرة الديناميكية ، وأما العداد الثالث فمستخدم فى إخراج نغمة بتردد معين على السماعة الخاصة بالحاسب تفيد الدخول الآمن على الحاسب كما نسمعها عند بدأ أى جهاز حاسب .



شكل (12-5) الاستخدامات المختلفة للعدادات فى الحاسب

obeikandl.com