

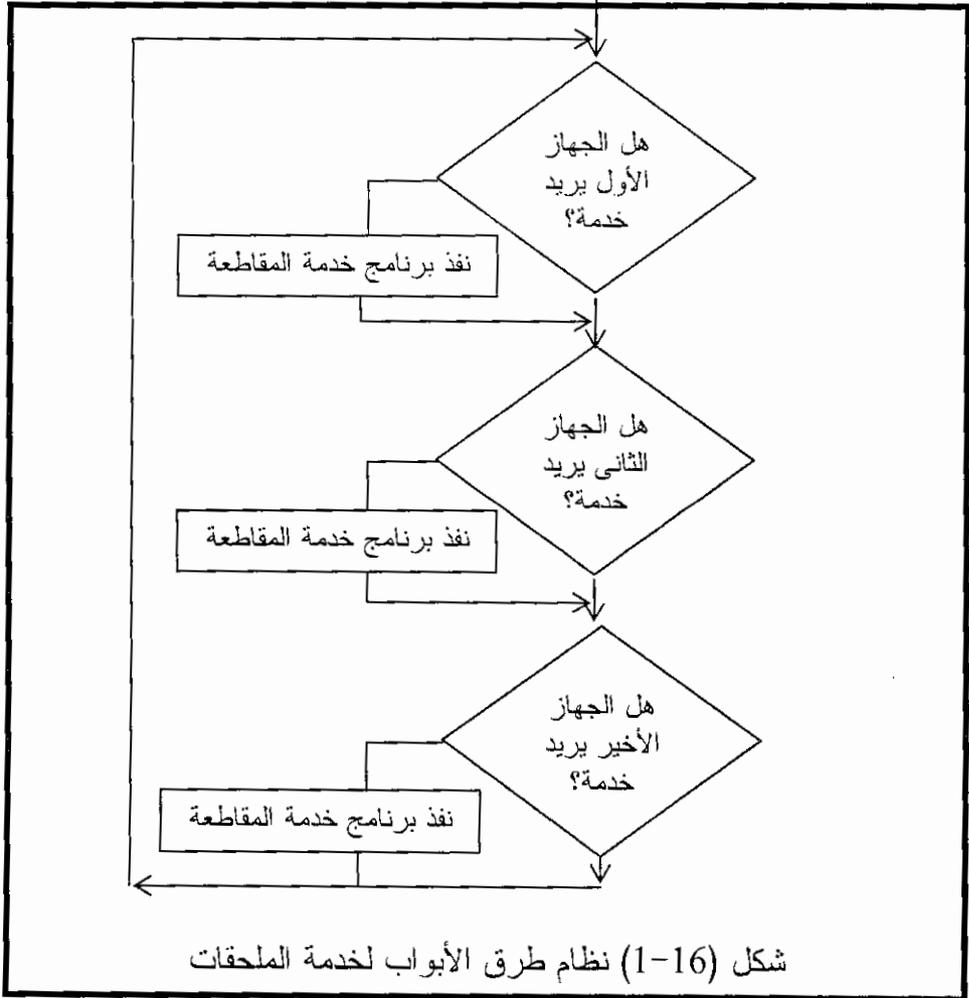
# 16 الفصل السادس عشر

المقاطعة

Interrupts

## 1-16 مقدمة

**عند** توصيل الملحقات الخارجية مثل لوحة المفاتيح أو الطابعة مثلا على الحاسب ، فإن عملية التخاطب أو التوصيل بينها تتم بأحد طريقتين : الطريقة الأولى وفيها يقوم الحاسب بسؤال الأجهزة الخارجية كل واحد على حدة وعلى فترات متعاقبة عما إذا كان هذا الملحق أو هذا الجهاز يريد خدمة أم لا . فإذا كان الجهاز يريد خدمة يقوم الحاسب بتنفيذ برنامج بسيط يؤدي هذه الخدمة . شكل (1-16) يبين رسما توضيحيا لعملية القراءة من الملحقات المختلفة بهذه الطريقة والتي سنطلق عليها طريقة طرق الأبواب لخدمة الملحقات لأن الحاسب يقوم بطرق أبواب كل الملحقات لمعرفة إذا كان أحدها يريد خدمة أم لا .



شكل (1-16) نظام طرق الأبواب لخدمة الملحقات

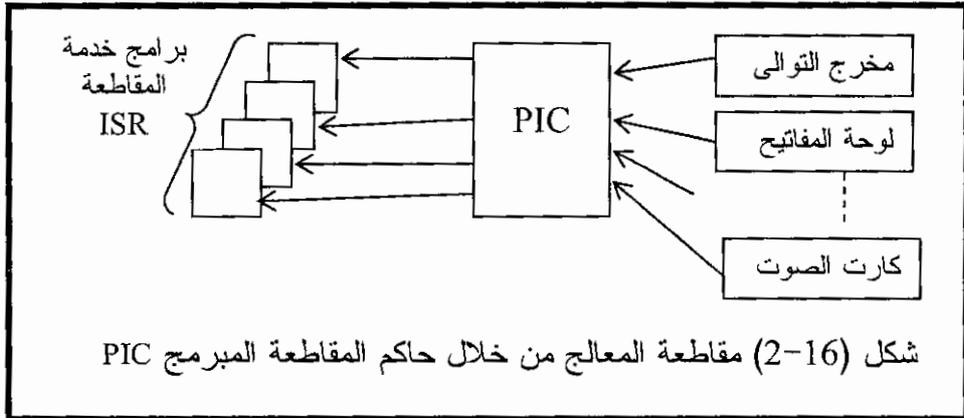
هذه الطريقة يطلق عليها device polling وهو نفس المعنى الذى نقصده من طرق الأبواب . من عيب هذه الطريقة مثلا أنك من الممكن أن تضرب مفتاح فى فترة انشغال الحاسب عن لوحة المفاتيح (أى عدم قراءته لها) فلا يشعر بها ولن يلتفت إلى الحرف الذى تم ضربه ، وهذا الموقف من الممكن أن يحدث بسهولة بالذات لو كان عدد الملحقات التى يراقبها الحاسب كبيرا . نلاحظ أن فى ذلك إهدارا لكفاءة الحاسب حيث أنه فى هذه الطريقة يضيع وقتا كبيرا فى مراقبة هذه الأجهزة .

**الطريقة الثانية لخدمة الملحقات هى عن طريق المقاطعة interrupts .** هنا يتحرر الحاسب تماما من مراقبة الملحقات والدوران عليها وسؤالها الواحد تلو الآخر ، بل يقوم الحاسب بأداء أى مهام أخرى مطلوبة منه أو ينفذ برنامج معين نسميه البرنامج الأساسى . عندما يحتاج أى واحد من الملحقات لخدمة من الحاسب ، يقوم بمقاطعته على أحد أطراف المقاطعة كما سنرى حيث عندها يقوم الحاسب بتنفيذ برنامج خدمة المقاطعة الخاص بهذا الجهاز المقاطع وبعدها يعود الحاسب إلى حيث خرج فى البرنامج الأساسى . أى أن الحاسب أصبح محررا تماما من كل الملحقات ، وهذا بالطبع يوفر طاقة الحاسب بدرجة كبيرة جدا . بالنسبة للوحة المفاتيح مثلا فإنه عندما يضرب المستخدم أى مفتاح ، فإن اللوحة تقاطع الحاسب فيقوم بتنفيذ برنامج خدمة لوحة المفاتيح حيث يقرأ الحرف من اللوحة ويظهره على الشاشة وبعد ذلك يعود إلى البرنامج الأساسى الذى كان مشغولا به ، وفى نفس المكان الذى خرج منه .

هناك نوعان من المقاطعة ، **مقاطعة برمجية software interrupts** حيث تتم مقاطعة الحاسب عن طريق أمر معين من داخل برنامج المستخدم أو باستخدام أحد أوامر نظام التشغيل dos أو windows أو أحد أوامر نظام الإدخال والإخراج الأساسى BIOS . فمثلا عندما نريد قراءة ساعة النظام علينا تنفيذ أمر معين ، هذا الأمر يقاطع المعالج فيقوم بتنفيذ برنامج صغير يقرأ الساعة ويظهرها . النوع الثانى من أنواع المقاطعة هو **مقاطعة المكونات hardware interrupts** حيث يقوم أحد الأجهزة الملحقة بالحاسب بمقاطعته عن طريق إعطاء نبضة مقاطعة على أحد الأطراف ، فيذهب الحاسب لتنفيذ برنامج خدمة مقاطعة خاص بهذا الجهاز ثم يعود من حيث خرج . فمثلا عند ضرب أحد أزرار لوحة المفاتيح يذهب الحاسب على الفور إلى برنامج خدمة مقاطعة لوحة المفاتيح الذى يقرأ الحرف الذى تم إدخاله ويظهره على الشاشة ، وبعد الانتهاء من ذلك يعود الحاسب إلى حيث خرج . كما نرى فإنه مهما كان نوع المقاطعة فإنه عند المقاطعة يذهب الحاسب إلى برنامج خدمة مقاطعة معين يتحدد مكانه على حسب نوع المقاطعة والجهاز المقاطع وبعد تنفيذ هذا البرنامج يعود الحاسب إلى البرنامج الأساسى .

## Interrupt Vector 2-16 متجه المقاطعة

يستطيع الحاسب أن يتعامل مع 256 مقاطعة مرقمة من المقاطعة رقم صفر (0) إلى المقاطعة رقم 255. برنامج خدمة المقاطعة لكل واحد من هذه المقاطعات موجود في مكان ما في الذاكرة. عنوان بداية كل برنامج من برامج خدمة المقاطعة تم تسجيله في 4 بايت وبالتالي في ما يسمى بمتجه المقاطعة interrupt vector. هذا المتجه يكون موجودا دائما في أول واحد كيلوبايت ( $1024=4 \times 256$  بايت) من الذاكرة. فمثلا المقاطعة رقم صفر interrupt 0 عنوان البداية لها موجود في متجه المقاطعة ابتداء من العنوان 0000:0000 إلى العنوان 0000:0003 ، والمقاطعة رقم واحد interrupt 1 عنوان البداية لها يبدأ من الباي 0000:0004 إلى العنوان 0000:0007 وهكذا. في كل هذه العناوين ، أول 2 بايت تمثل العنوان داخل أحد مقاطع الذاكرة وثاني 2 بايت تمثل عنوان هذا المقطع. جدول 1-16 يبين أمثلة لبعض المقاطعات من حيث رقمها واسمها ونوعها. نلاحظ أنه من حيث مصدر المقاطعة إما أن تكون مقاطعة برمجية أو مقاطعة مكونات أو مقاطعة من المعالج نفسه حيث يقوم المعالج نفسه بمقاطعة البرنامج الأساسي ليبين خطأ معين في عملية التنفيذ مثل خطأ القسمة على الصفر ، أو عند تنفيذ البرنامج خطوة بخطوة .



أى جهاز خارجى يستطيع مقاطعة الحاسب . شكل (2-16) يبين بعض الأجهزة المحيطة التى عادة تقاطع الحاسب ويتم ذلك من خلال حاكم المقاطعة المبرمج Programmable Interrupt Controller, PIC . هذا الحاكم عبارة عن شريحة إلكترونية intel8259A تحتوى 8 خطوط مقاطعة تستطيع الأجهزة المحيطة

مقاطعة الحاسب من خلالها ، وبالتالي تقوم هذه الشريحة بتوصيل طلبات المقاطعة هذه إلى طرف المقاطعة الخاص بالمعالج على حسب دورها وأولياتها .

### جدول 1-16

رقم المقاطعة	اسم المقاطعة	مصدر المقاطعة	رقم المقاطع	اسم المقاطعة	مصدر المقاطعة
00h	Divide error	المعالج	0Bh	Com2	جهاز خارجي
01h	Single step	المعالج	0Ch	Com1	جهاز خارجي
02h	Non maskable interrupt	جهاز خارجي	0Dh	محجوز	جهاز خارجي
03h	Break point	المعالج	0Eh	Floppy disk	جهاز خارجي
04h	Over flow	المعالج	0Fh	Parallel port	جهاز خارجي
05h	Print screen	المفتاح print screen	10h	BIOS video	برمجية
06h	محجوز	المعالج	11h	BIOS	برمجية
07h	محجوز	المعالج	12h	BIOS, Memory	برمجية
08h	System timer	جهاز خارجي	13h	BIOS, disk	برمجية
09h	Key board	لوحة المفاتيح	14h	BIOS, com	برمجية
0Ah	محجوز	جهاز خارجي	16h	BIOS, Key board	برمجية

بعض أجهزة الحاسب تحتوي حاكم مقاطعة PIC واحد ، وأغلب الأجهزة تحتوي اثنان . هذه الأجهزة توصل على الحاكم بصورة قياسية لا تتغير بحيث أن كل جهاز من الأجهزة المحيطة بالحاسب يكون له رقم للمقاطعة يوصل من خلاله على حاكم المقاطعة وهذا الرقم يكون ثابت تقريبا في كل أجهزة الحاسب بحيث أن لوحة المفاتيح مثلا تقاطع دائما من خلال الرقم IRQ1 . لاحظ أن هذا الرقم يختلف عن رقم المقاطعة في متجه المقاطعة . فرقم المقاطعة في المتجه يحدد عنوان بداية خدمة المقاطعة بينما رقم المقاطعة IRQn فيحدد رقم المقاطعة على الحاكم PIC ، وفي العادة فإن الرقم IRQn هو الذي يستخدم في أكثر عمليات

البرمجة . جدول 2-16 يبين رقم المقاطعة ، ورقمها في متجه المقاطعة ، واسم الجهاز الذي يستخدمها في العادة .

جدول 2-16

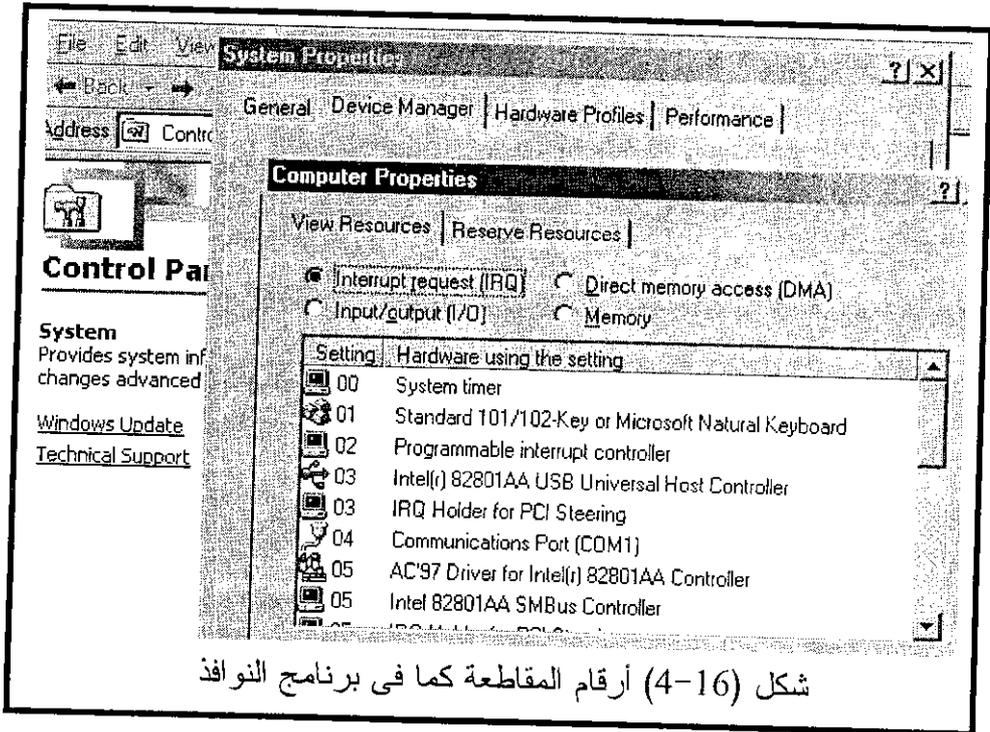
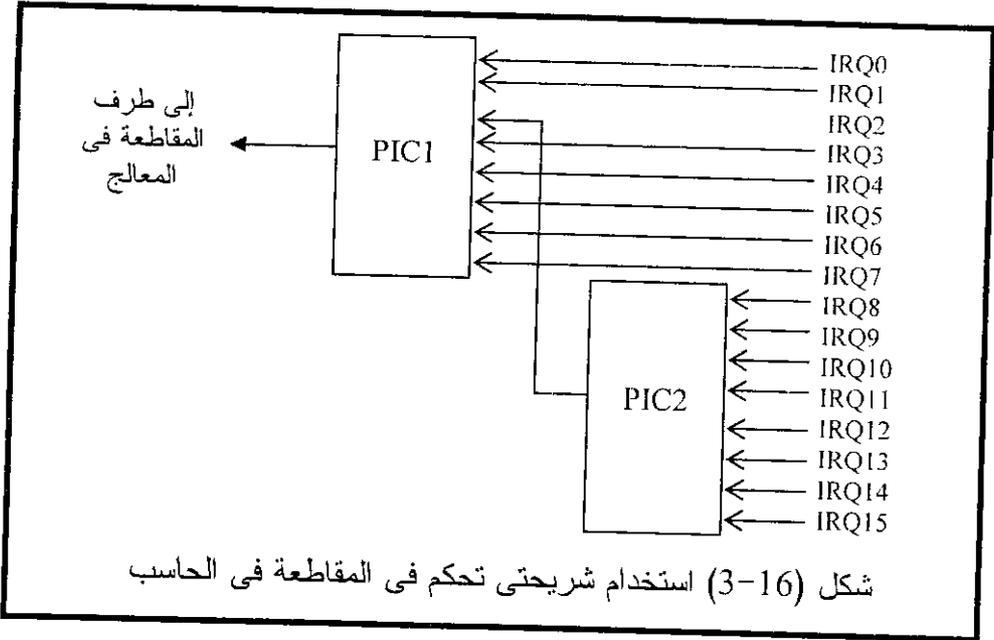
رقم المقاطعة	اسم الجهاز مستخدم المقاطعة	رقم المقاطعة	الرقم في متجه المقاطعة	اسم الجهاز مستخدم المقاطعة	رقم المقاطعة
08h	System timer	IRQ0	70h	Real time clock	IRQ8
09h	Keyboard	IRQ1	71h	Redirection of IRQ2	IRQ9
0Ah	Reserved	IRQ2	72h	Reserved	IRQ10
0Bh	COM2	IRQ3	73h	Reserved	IRQ11
0Ch	COM1	IRQ4	74h	Reserved	IRQ12
0Dh	Parallel port LPT2	IRQ5	75h	Math coprocessor	IRQ13
0Eh	Floppy disk controller	IRQ6	76h	Hard disk controller	IRQ14
0Fh	Parallel port LPT1	IRQ7	77h	reserved	IRQ15

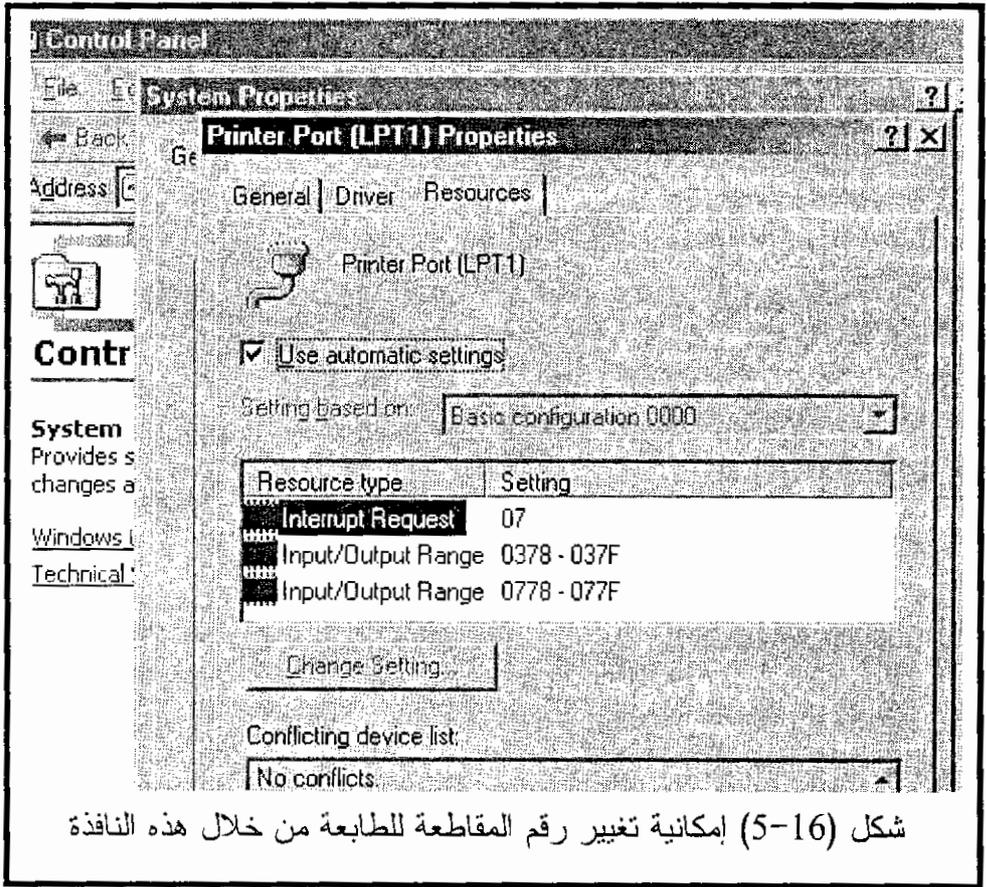
معظم أجهزة الحاسب تحتوي كما ذكرنا شريحتي تحكم في المقاطعة PIC ، وفي هذه الحالة يتم توصيل الشريحتين كما في شكل (3-16) ، وكما نرى ففي هذه الحالة يمكن توصيل حتى 15 جهاز من الأجهزة المحيطة التي يمكنها مقاطعة الحاسب .

يمكن من برنامج النوافذ معرفة أرقام المقاطعة لكل ملحقات الحاسب كما في شكل (4-16) . يمكن معرفة ذلك من خلال النوافذ التالية :

Start/Control panel/Device manager/Properties/Interrupts request IRQ

يمكن تغيير أرقام المقاطعة لأي واحد من الأجهزة الملحقة ، ولكن لا نوصي بذلك لأنه من الممكن أن يحدث تداخل في هذه الأرقام وذلك بسبب الكثير من المشاكل مع الحاسب . شكل (5-16) يبين كيفية تغيير رقم المقاطعة للطابعة .



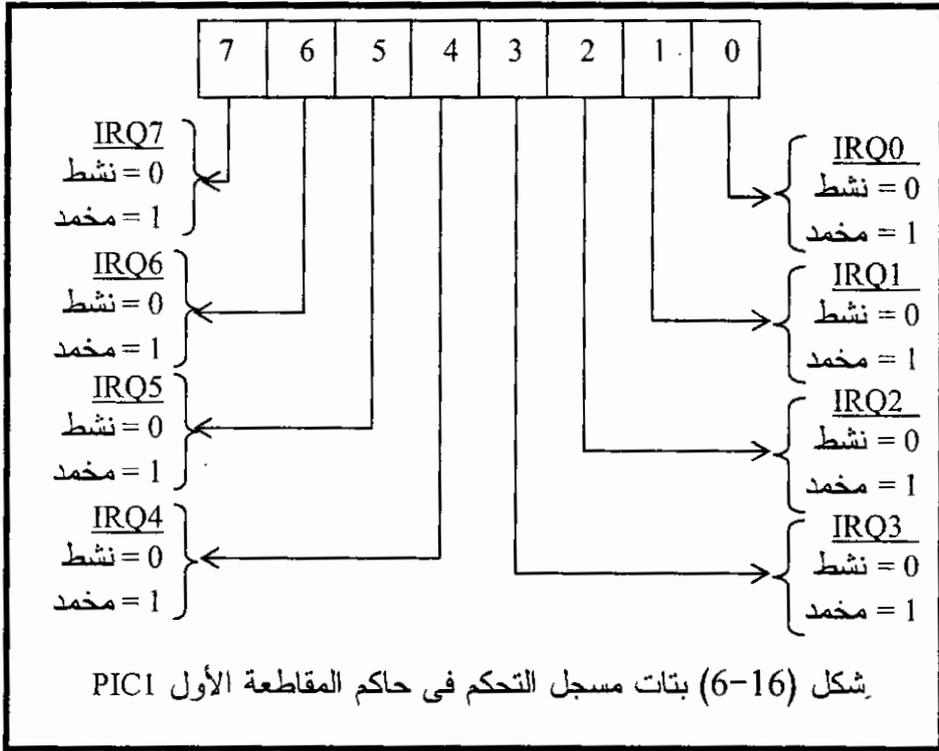


### 3-16 كيف تكتب برنامج خدمة المقاطعة الخاص بك

سنرى في هذا الجزء كيف تكتب برنامج خدمة المقاطعة الخاص بك مستخدماً أحد خطوط المقاطعة القياسية IRQ0 إلى IRQ15. ولكن قبل أن نرى ذلك لابد أن نرى كيف ننشط أو نحجب أى مقاطعة .

شريحة التحكم فى المقاطعة PIC هي الشريحة intel8259 . من مسجلات هذه الشريحة مسجل التحكم الذى يمكن قراءته والكتابة فيه . بتات هذا المسجل تعكس حالة كل واحدة من المقاطعات الثمانية الموصلة على هذه الشريحة وهى نشطة أم مخمدة . لكى ننشط أى مقاطعة علينا أن نضع البت المقابل لها فى هذا المسجل بصفر ، ولكى نخمد هذه المقاطعة نضع البت المقابل لها بواحد كما فى شكل (6-16) الذى يبين بتات مسجل التحكم فى الشريحة PIC1 وشكل (7-16) الذى يبين بتات مسجل التحكم فى الشريحة PIC2 . لاحظ أن عنوان هذا المسجل

يكون دائما عنوان القاعدة للشريحة زائد واحد ، فعنوان هذا المسجل في الشريحة PIC1 هو 21h وعنوانه في الشريحة الثانية هو A1h .



لاحظ أن شريحة التحكم الثانية PIC2 تقاطع المعالج من خلال الشريحة الأولى كما رأينا في شكل (3-16) ومن خلال الخط IRQ2 ، لذلك فإنه إذا تم إخماد هذه المقاطعة في الشريحة عن طريق وضع البيت 2 تساوى واحد فى مسجل التحكم فى شكل (6-16) ، فإن كل المقاطعات من IRQ8 وحتى IRQ15 سيتم إخمادها تبعا لذلك . كمثال على ذلك لتنشيط المقاطعة IRQ3 ننفذ الأوامر التالية بلغة التجميع :

```
MOV DX, 0021h
MOV AL, F7h
OUT DX, AL
```

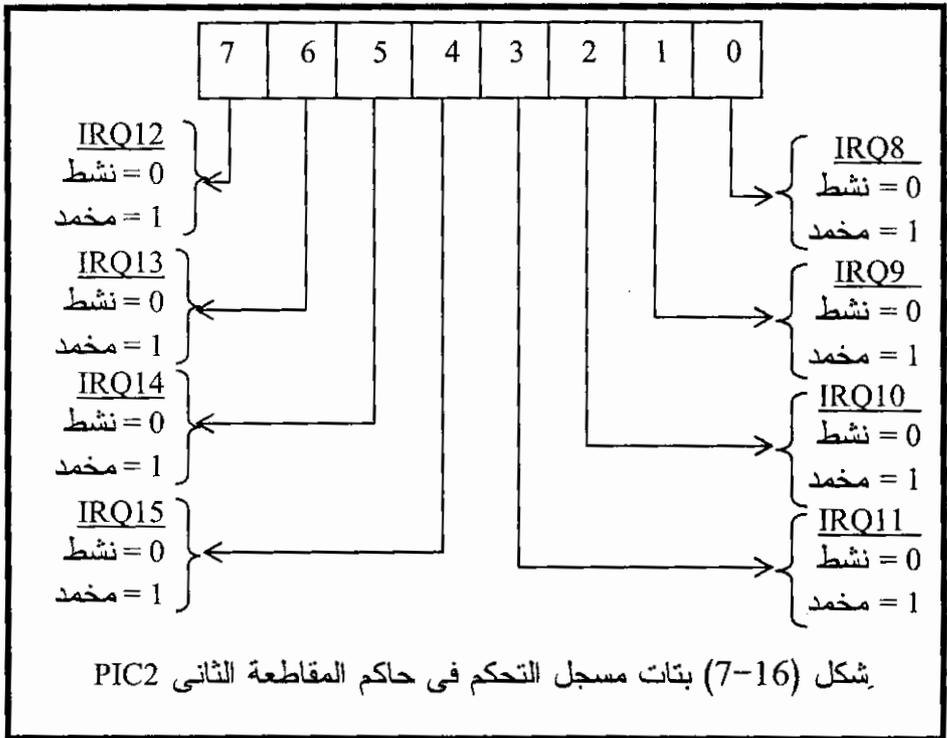
حيث الأمر الأول يضع عنوان مسجل التحكم فى المسجل DX . الرقم F7h يخمد كل المقاطعات ما عدا المقاطعة IRQ3 . يمكن تنفيذ ذلك باستخدام لغة ++C بالأمر التالى :

```
Outportb(0x21h, F7h);
```

في الغالب نحتاج لتنشيط مقاطعة معينة مع الاحتفاظ بكل المقاطعات الباقية كما هي دون المساس بها أو إخمادها كما في الأمر السابق . في هذه الحالة يمكن عمل ذلك عن طريق الأمر التالي :

```
Outportb(0x21, (inportb(0x21) & 0xF7h));
```

في هذا الأمر نقرأ محتويات المسجل أولاً بالأمر `inportb(0x21h)` ، ثم قمنا بإجراء عملية AND على محتويات المسجل مع الرقم `F7h` حتى نحافظ بمحتويات المسجل كما هي فيما عدا البت الثالثة فلا بد أن تكون صفر حتى ننشط المقاطعة `IRQ3` .



بنفس الطريقة يمكن إخماد أي مقاطعة بعمل OR لمحتويات مسجل التحكم مع بايت كلها أصفار ما عدا البت المقابلة للمقاطعة المطلوب إخمادها فتكون صفر . كمثل على ذلك ننفذ الأمر التالي لإخماد المقاطعة `IRQ3` :

```
Inportb(0x21h, (inportb(0x21) | 0x08h));
```

في نهاية أي برنامج لخدمة مقاطعة معينة لابد أن نضع الأمر `End Of Interrupt, EOI` والذي بسببه ينهي الحاسب عملية المقاطعة ويعود إلى

البرنامج الأساسي من حيث خرج منه عند حدوث المقاطعة . يمكن تنفيذ الأمر  
EOI كالتالي :

```
Outportb(0x20h, 0x20h);
```

وذلك للشريحة PIC1 . بالنسبة للشريحة PIC2 نفذ الأمر التالي :

```
Outportb(0xA0h, 0x20h);
```

لاحظ أننا في هذين الأمرين نتعامل مع العنوانين 0x20 و 0xA0 وهما عنوان  
القاعدة للشريحتين PIC1 و PIC2 .

## 16-4 كتابة برنامج لخدمة المقاطعة ISR

باستخدام لغة C++ يمكنك كتابة برنامج خدمة المقاطعة الخاص بك مستغلا أى  
خط من خطوط المقاطعة القياسية IRQn . نقرأ هذا البرنامج أولا :

```
void interrupt yourisr()  
{ disable();  
  /* برنامج خدمة المقاطعة يكتب هنا */  
  Outportb(0x20h, 0x20h); /*EOI*/  
  Enable();  
}
```

فى هذا البرنامج السطر void interrupt yourisr() يعرف الدالة  
yourisr() على أنها برنامج خدمة مقاطعة ، وهى عبارة عن مؤشر بعيد  
far pointer يشير إلى بداية برنامج خدمة المقاطعة الموجود فى الذاكرة ،  
وهذا العنوان سيتم وضعه فى متجه المقاطعات كما سنرى بعد قليل . الدالة  
disable() تقوم بإخماد علم المقاطعة فى المعالج حتى لا يقبل أى مقاطعة  
أخرى من الأجهزة المحيطة فيما عدا أى مقاطعة تأتى على الخط NMI وهى  
المقاطعة الغير قابلة للحجب أو التى لا بد من قبولها . بعد ذلك نضع أوامر  
برنامج الخدمة التى سنتوقف على التطبيق الذى نتعامل معه . قبل العودة من  
برنامج خدمة المقاطعة لابد من تنفيذ الأمر EOI وذلك باستخدام الأمر  
outportb() كما سبق وشرحناه . فى حالة التعامل مع مقاطعات على  
الشريحة PIC2 لابد من تنفيذ الأمرين :

```
Outportb(0xA0h, 0x20h);
```

```
Outportb(0x20h, 0x20h);
```

وذلك لأن الشريحة PIC2 تقاطع من خلال الشريحة PIC1 كما رأينا . بعد ذلك نقوم بتنشيط علم المقاطعة مرة أخرى باستخدام الدالة enable () لنلغى تأثير الدالة disable () في أول البرنامج .

البرنامج التالي يوضح كيف نستخدم الخط IRQ3 لتنفيذ برنامج خدمة المقاطعة المسمى yourisr () وذلك بدلا من برنامج خدمة المقاطعة الخاص بالمخارج القياسية COM2 أو COM4 .

```
#include <dos.h>
#define INTNO 0x0B          /* رقم خدمة المقاطعة ، انظر جدول 2-16 */
void main(void)
{
    oldhandler = getvect (INTNO);
    /* تخزين عنوان برنامج خدمة المقاطعة القياسي الخاص بالمقاطعة IRQ3 */
    setvect (INTNO, yourisr);
    /* وضع عنوان خدمة المقاطعة الجديد في متجه المقاطعات في نفس مكان IRQ3 */
    outportb(0x21, (inportb(0x21) & 0xF7));
    /* تنشيط المقاطعة IRQ3 */
    /* ضبط مسجلات الجهاز المقاطع بحيث يمكنه المقاطعة */
    /* برنامج خدمة المقاطعة الخاص بك يوضع هنا */
    /* في النهاية نوقف الجهاز المقاطع من إحداث أى مقاطعة */
    outportb(0x21, (inportb(0x21) | 0x08));
    /* إخماد المقاطعة IRQ3 */
    setvect (INTNO, oldhandler); /* إعادة برنامج خدمة المقاطعة القياسي */
}
```

في البرنامج السابق لابد من الإعلان عن المتغير oldhandler قبل استخدامه كما يلي :

```
Void interrupt (*oldhandler)();
```