الفصل السادس عشر 16

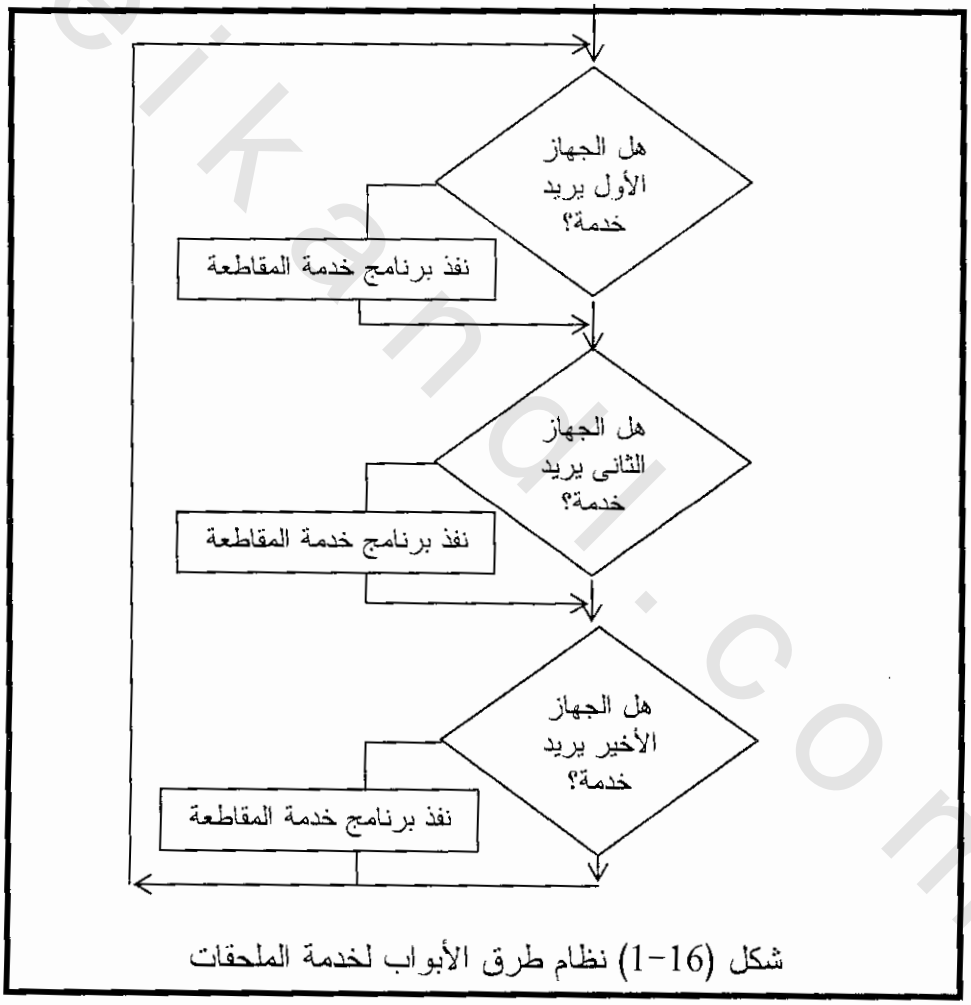
المقاطعة

Interrupts

obeikandl.com

16-1 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 يؤدى هذه الخدمة . شكل (16-1) يبين رسما توضيحيا لعملية القراءة من الملحقات المختلفة بهذه الطريقة والتى سنطلق عليها **طريقة طرق الأبواب لخدمة الملحقات** لأن الحاسب يقوم بطرق أبواب كل الملحقات لمعرفة إذا كان أحدها يريد خدمة أم لا .



شكل (16-1) نظام طرق الأبواب لخدمة الملحقات

obeikandl.com

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 .

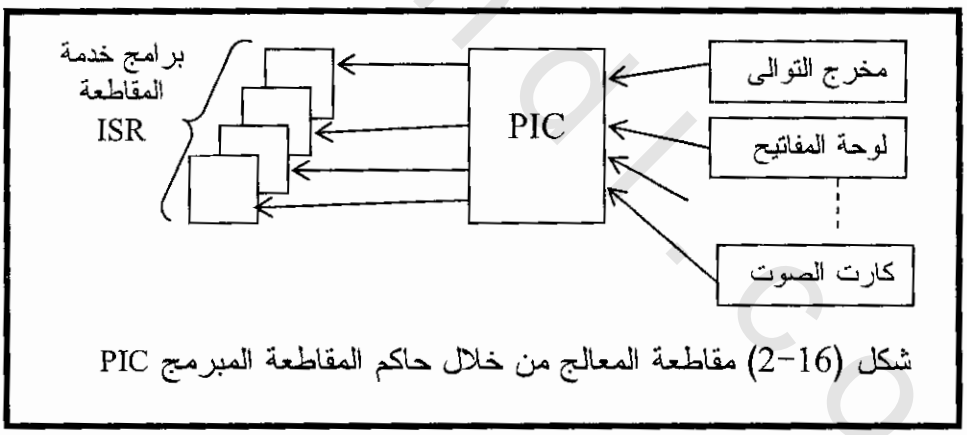
الطريقة الثانية لخدمة الملحقات هى عن طريق المقاطعة interrupts . هنا يتحرر الحاسب تماما من مراقبة الملحقات والدوران عليها وسؤالها الواحد تلو الآخر ، بل يقوم الحاسب بأداء أى مهام أخرى مطلوبة منه أو ينفذ برنامج معين نسميه البرنامج الأساسى . عندما يحتاج أى واحد من الملحقات لخدمة من الحاسب ، يقوم بمقاطعته 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 .

2-16 متجه المقاطعة Interrupt Vector

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 فى مكان ما فى الذاكرة . **عنوان بداية كل برنامج من برامج خدمة المقاطعة تم تسجيله فى 4 بايت وبالتتابع فى ما يسمى بمتجه المقاطعة interrupt vector** . هذا المتجه يكون موجودا دائما فى أول واحد كيلوبايت (256×4=1024 بايت) من الذاكرة . فمثلا المقاطعة رقم صفر interrupt 0 عنوان البداية لها موجود فى متجه المقاطعة ابتداء من العنوان 0000:0000 إلى العنوان 0000:0003 ، والمقاطعة رقم واحد interrupt 1 عنوان البداية لها يبدأ من البايت 0000:0004 إلى العنوان 0000:0007 وهكذا . فى كل هذه العناوين ، أول 2 بايت تمثل العنوان داخل أحد مقاطع الذاكرة وثانى 2 بايت تمثل عنوان هذا المقطع . جدول 16-1 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 الأساسى ليبين خطأ معين فى عملية التنفيذ مثل خطأ القسمة على الصفر ، أو عند تنفيذ البرنامج خطوة بخطوة .



شكل (16-2) مقاطعة المعالج من خلال حاكم المقاطعة المبرمج PIC

أى جهاز خارجى يستطيع مقاطعة الحاسب . شكل (16-2) 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 ، وبالتالى تقوم هـذه الشـريحة بتوصـيل طلبـات المقاطعة هذه إلى طرف المقاطعة الخاص بالمعالج على حسب دورها وأولياتها .

جدول16-1

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 تحتوى حاكم مقاطعة PIC واحد ، وأغلب الأجهزة تحتوى اثنان . هذه الأجهزة توصل على الحاكم بصورة قياسية لا تتغير بحيث أن كـل جهاز من الأجهزة المحيطة بالحاسب يكون له رقم للمقاطعة يوصل من خلالـه على حاكم المقاطعة وهذا الرقم يكون ثابت تقريبا فى كل أجهزة الحاسب بحيـث أن لوحة المفاتيح مثلا تقاطع دائما من خلال الرقم IRQ1 . لاحظ أن هذا الـرقم يختلف عن رقم المقاطعة فى متجه المقاطعة . فرقم المقاطعة فى المتجه يحـدد عنوان بداية خدمة المقاطعة بينما رقم المقاطعة IRQn فيحدد رقم المقاطعة على الحاكم PIC ، وفى العادة فإن الرقم IRQn هو الذى يستخدم فى أكثـر عمليـات

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

جدول 16-2

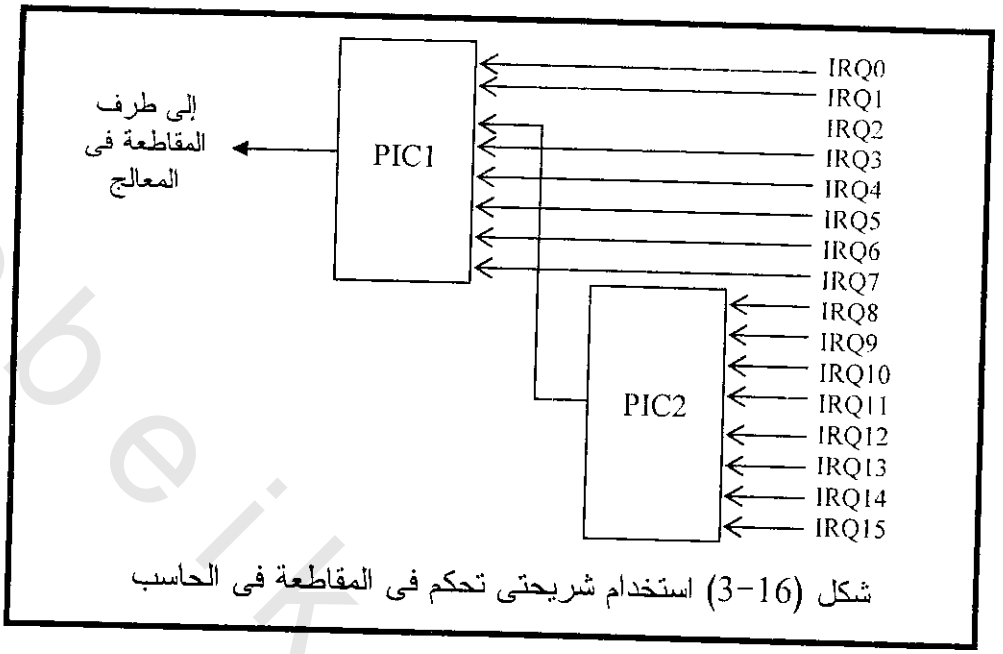
رقم المقاطعة	اسم الجهاز مستخدم المقاطعة	الرقم فى متجه المقاطعة	رقم المقاطعة	اسم الجهاز مستخدم المقاطعة	الرقم فى متجه المقاطعة
IRQ0	System timer	08h	IRQ8	Real time clock	70h
IRQ1	Keyboard	09h	IRQ9	Redirection of IRQ2	71h
IRQ2	Reserved	0Ah	IRQ10	Reserved	72h
IRQ3	COM2	0Bh	IRQ11	Reserved	73h
IRQ4	COM1	0Ch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

معظم أجهزة الحاسب تحتوى كما ذكرنا شريحتى تحكم فى المقاطعة PIC ، وفى هذه الحالة يتم توصيل الشريحتين كما فى شكل (16-3) ، وكما نرى ففى هذه الحالة يمكن توصيل حتى 15 جهاز من الأجهزة المحيطة التى يمكنها مقاطعة الحاسب .

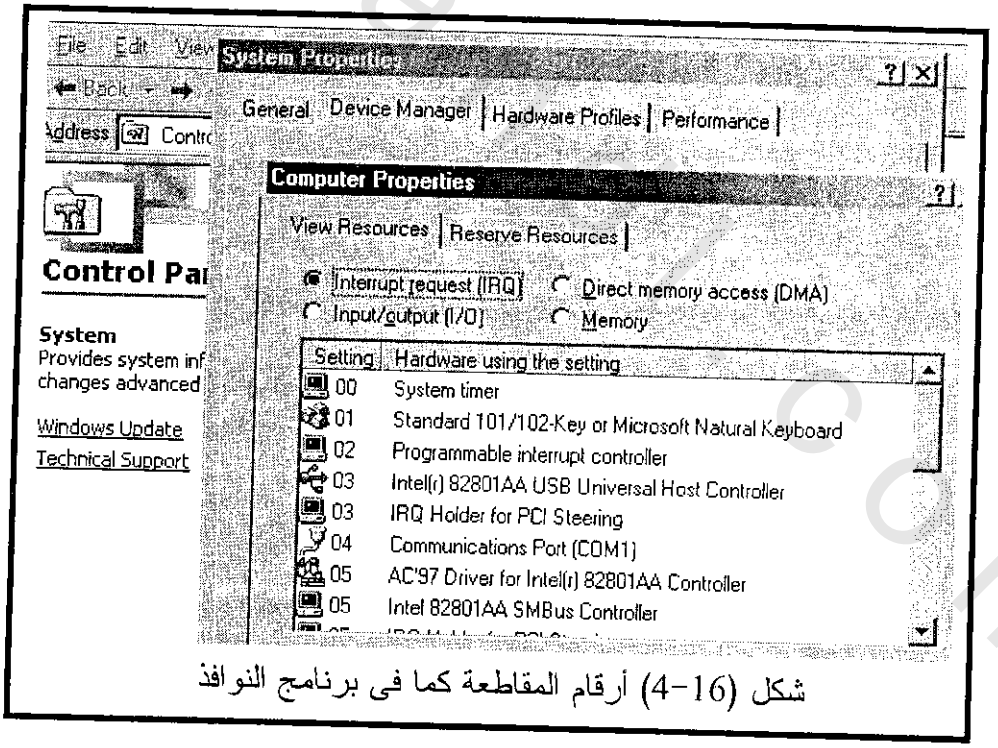
يمكن من برنامج النوافذ معرفة أرقام المقاطعة لكل ملحقات الحاسب كما فى شكل (16-4) . يمكن معرفة ذلك من خلال النوافذ التالية :

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

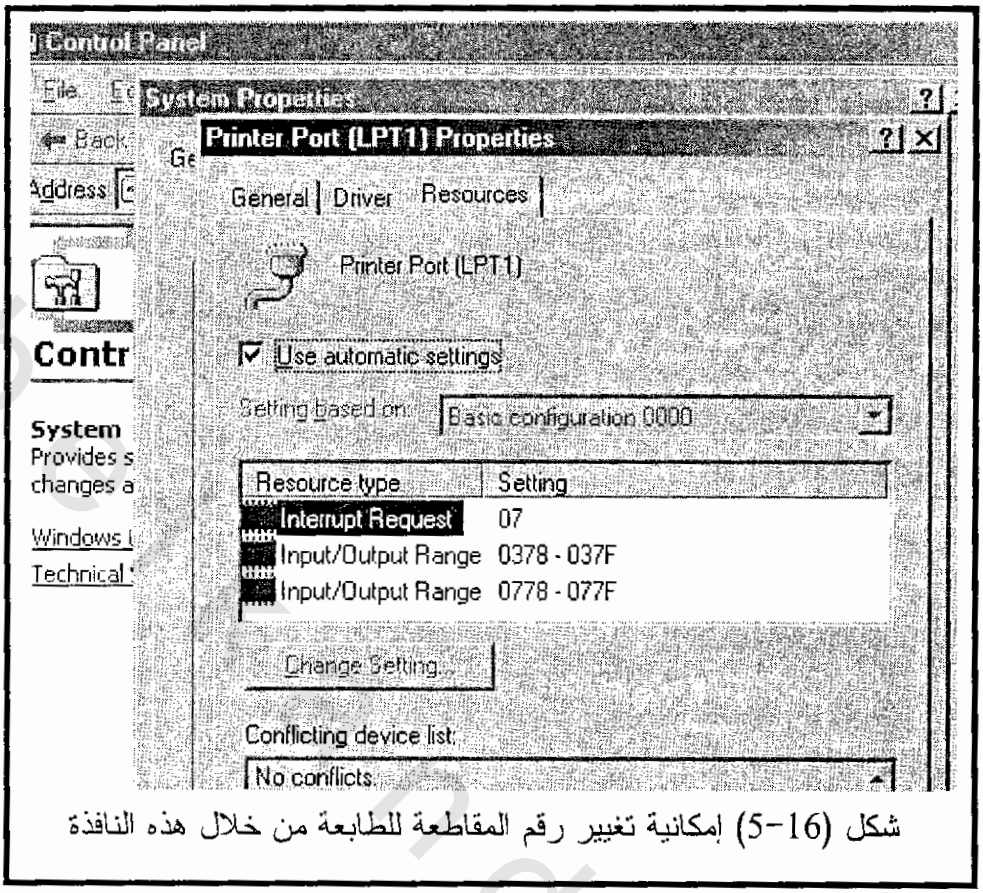
يمكن تغيير أرقام المقاطعة لأى واحد من الأجهزة الملحقة ، ولكن لا نوصى بذلك لأنه من الممكن أن يحدث تداخل فى هذه الأرقام وذلك يسبب الكثير من المشاكل مع الحاسب . شكل (16-5) يبين كيفية تغيير رقم المقاطعة للطابعة .



شكل (16-3) استخدام شريحتى تحكم فى المقاطعة فى الحاسب



شكل (16-4) أرقام المقاطعة كما فى برنامج النوافذ



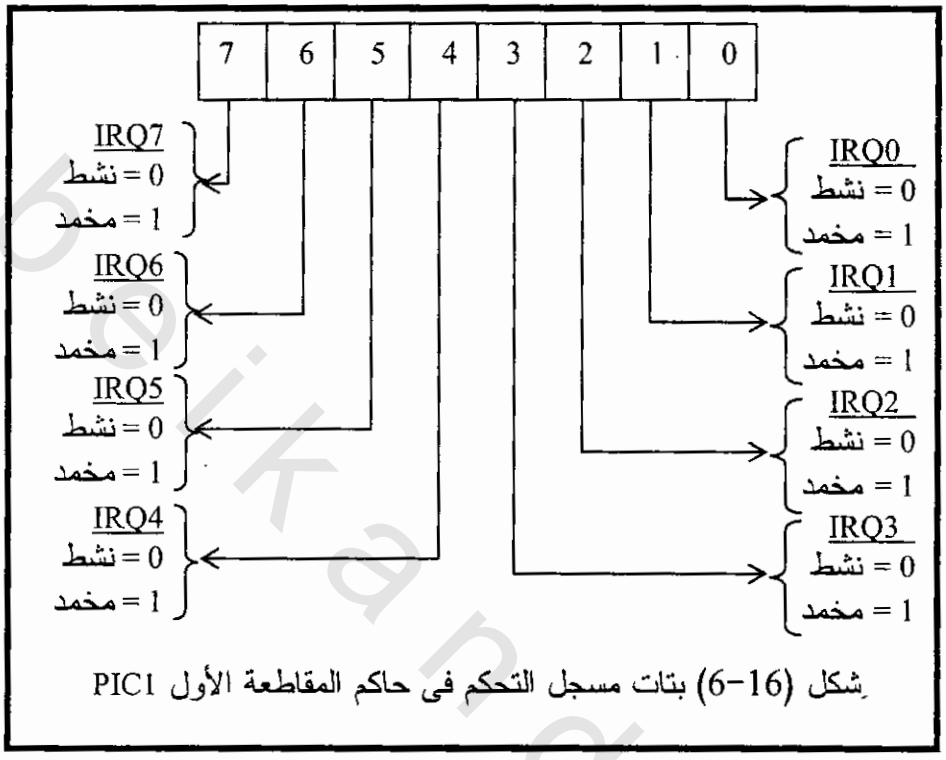
شكل (16-5) إمكانية تغيير رقم المقاطعة للطابعة من خلال هذه النافذة

16-3 كيف تكتب برنامج خدمة المقاطعة الخاص بك

سنرى فى هذا الجزء كيف تكتب برنامج خدمة المقاطعة الخاص بك مستخدما 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 هى 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 وهل هى نشطة أم مخمدة . لكى ننشط أى مقاطعة علينا أن نضع البت المقابلة لها فى هذا المسجل بصفر ، ولكى نخمد هذه المقاطعة نضع البت المقابلة لها بواحد كما فى شكل (16-6) الذى يبين بتات مسجل التحكم فى الشريحة PIC1 وشكل (16-7) الذى يبين بتات مسجل التحكم فى الشريحة PIC2 . لاحظ أن عنوان هذا المسجل

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



شكل (16-6) بتات مسجل التحكم فى حاكم المقاطعة الأول PIC1

لاحظ أن شريحة التحكم الثانية PIC2 تقاطع المعالج من خلال الشريحة الأولى كما رأينا فى شكل (16-3) ومن خلال الخط IRQ2 ، لذلك فإنه إذا تم إخماد هذه المقاطعة فى الشريحة عن طريق وضع البت 2 تساوى واحد فى مسجل التحكم فى شكل (16-6) ، 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
```

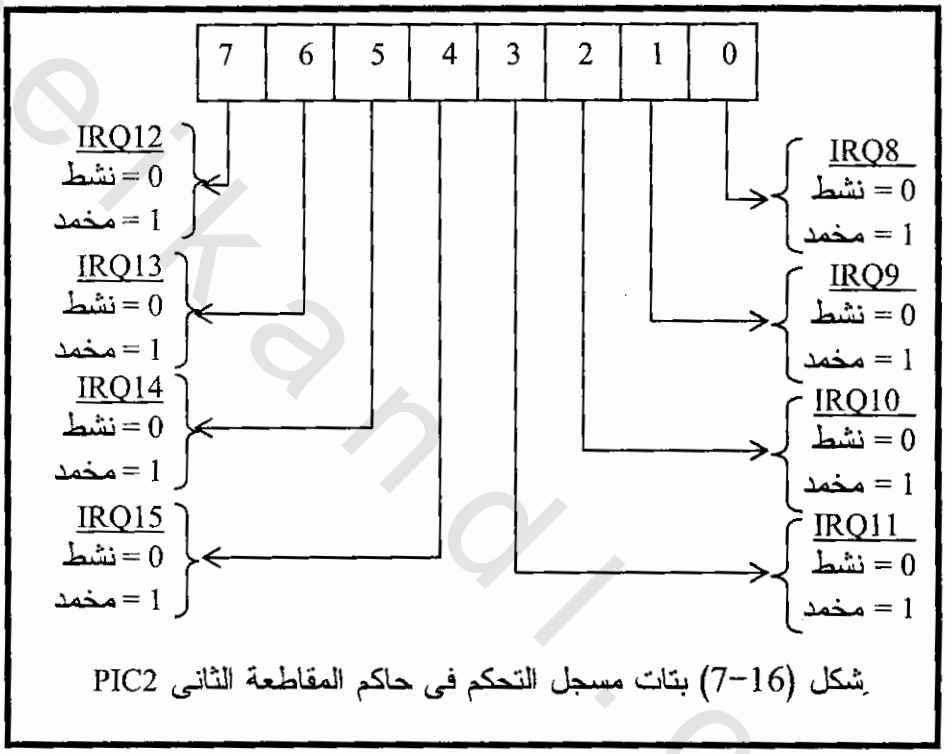
حيث الأمر الأول يضع عنوان مسجل التحكم فى المسجل DX . الرقم F7h يخمد كل المقاطعات ما عدا المقاطعة IRQ3 . يمكن تنفيذ ذلك باستخدام لغة C++ بالأمر التالى :

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

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

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

فى هذا الأمر نقرأ محتويات المسجل أولا بالأمر inportb(0x21h) ، ثم قمنا بإجراء عملية AND على محتويات المسجل مع الرقم F7h حتى نحتفظ بمحتويات المسجل كما هى فيما عدا البت الثالثة فلابد أن تكون صفر حتى ننشط المقاطعة IRQ3 .



شكل (16-7) بتات مسجل التحكم فى حاكم المقاطعة الثانى PIC2

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

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

فى نهاية أى برنامج لخدمة مقاطعة معينة لابد أن نضع الأمر End Of Interrupt, EOI والذى بسببه ينهى الحاسب عملية المقاطعة ويعود إلى

obeikandi.com

البرنامج الأساسى من حيث خرج منه عند حدوث المقاطعة . يمكن تنفيذ الأمر EOI كالتالى :

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

وذلك للشريحة PIC1 . بالنسبة للشريحة PIC2 ننفذ الأمر التالى :

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

لاحظ أننا فى 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 لابد من قبولها . بعد ذلك نضع أوامر برنامج الخدمة والتى ستتوقف 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 تـأثير الدالة disable() فى أول البرنامج .

البرنامج التالى يوضح كيف نستخدم الخط IRQ3 لتنفيذ برنامج خدمة المقاطعـة 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 16-2 */
void main(void)
{
 oldhandler = getvect(INTNO);
      /* تخزين عنوان برنامج خدمة المقاطعة القياسى الخاص بالمقاطعة IRQ3 */
 setvect(INTNO, yourisr);
     /* وضع عنوان خدمة المقاطعة الجديد فى متجه المقاطعات فى 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 */
                  /* فى النهاية نوقف الجهاز المقاطع من إحداث أى مقاطعة */
 outportb(0x21,(inportb(0x21) | 0x08));
                                        /* إخماد المقاطعة IRQ3 */
 setvect(INTNO, oldhandler); /* إعادة برنامج خدمة المقاطعة القياسى */
}
```

فى البرنامج السابق لابد من الإعلان عن المتغير oldhandler قبل استخدامه كما يلى :

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

openkanal.com