ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP. HỒ CHÍ MINH
KHOA CÔNG NGHỆ ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN ĐIỆN TỬ MÁY TÍNH

CHƯƠNG 5

MODUL NGẮT (INTERRUPT)

MODUL NGẮT (INTERRUPT)

Nội dung bao gồm:

- Tổng quan về ngắt
- Các nguồn ngắt của PIC16F887
- Cho phép / cấm các nguồn ngắt
- Các thanh ghi của modul ngắt
- Cấu trúc một chương trình có sử dụng ngắt
- Độ trễ của ngắt
- Sao lưu / phục hồi dữ liệu khi ngắt
- Ưu tiên ngắt
- Ví dụ minh họa và bài tập ứng dụng.

TỔNG QUAN

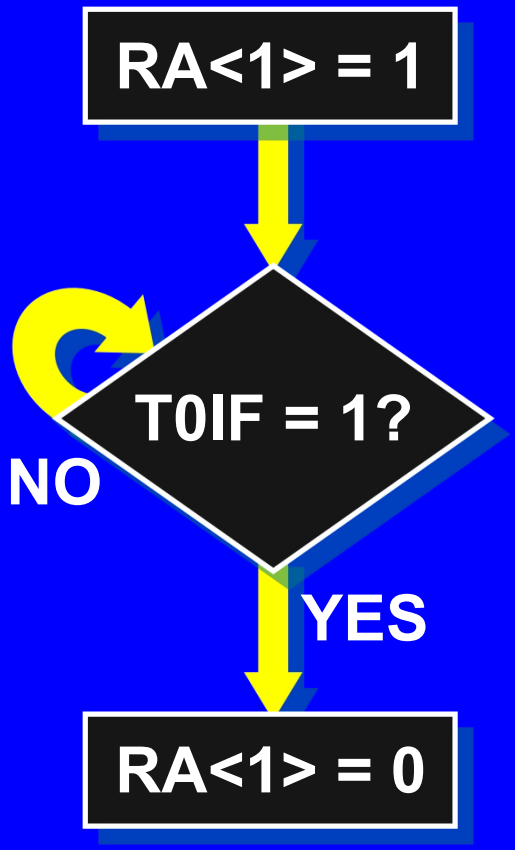
- Trong thực tế chúng ta thường mong muốn bộ xử lý sẽ thực hiện một công việc nào đó khi có một sự kiện xảy ra
- Có 2 phương pháp để kiểm tra sự xuất hiện của một sự kiện và thực thi đáp ứng
  - **Hỏi vòng (Polling)**: Phải kiểm tra liên tục tại các thời điểm khác nhau của chương trình chính để phát hiện sự kiện xảy ra và thực thi chương trình phục vụ sự kiện
  - **Ngắt (Interrupt)**: Tự động tạm dừng chương trình chính và bắt đầu thực thi chương trình phục vụ sự kiện ngay khi sự kiện xảy ra.

TỔNG QUAN

- **Ngắt (Interrupt):**
  - Bộ xử lý tạm dừng công việc đang thực thi (A) để chuyển sang thực thi một công việc khác (B) nếu một sự kiện cụ thể xảy ra.
  - Sau khi thực thi xong công việc đó (B) sẽ quay trở về tiếp tục thực thi công việc (A) đang bị tạm dừng
- Tín hiệu thông báo cho bộ xử lý về một sự kiện được gọi là tín hiệu ngắt (nguồn ngắt)
- Chương trình được thực thi để đáp ứng cho sự kiện được gọi là chương trình con phục vụ ngắt (ISR: Interrupt Service Routine).

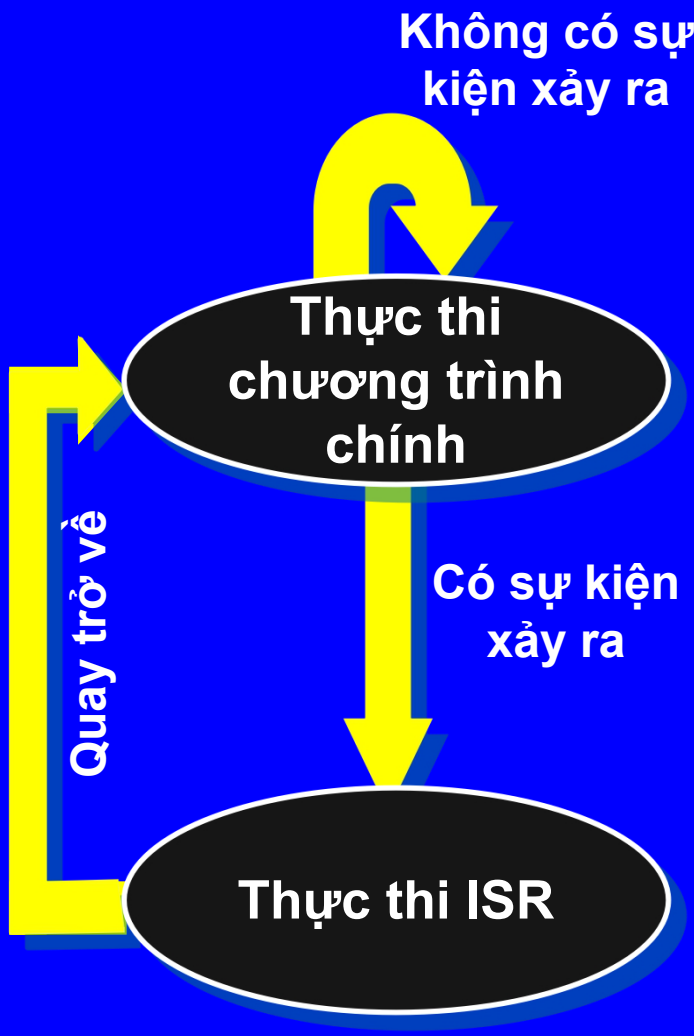
TỔNG QUAN

- Phương pháp thăm dò (Polling):



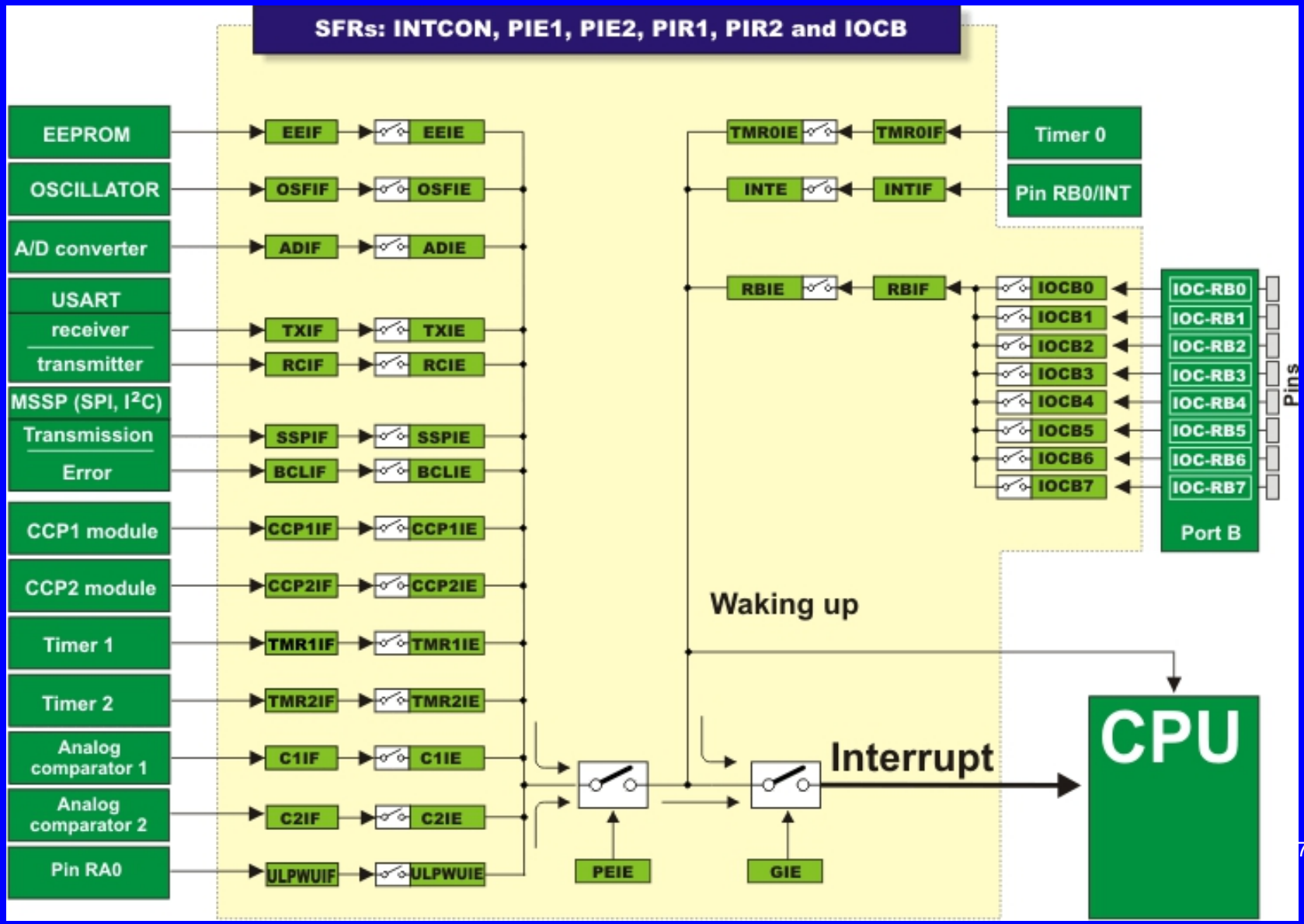
TỔNG QUAN

- Phương pháp ngắt (Interrupt):



CÁC NGUỒN NGẮT CỦA PIC16F887

- Có 15 nguồn ngắt.

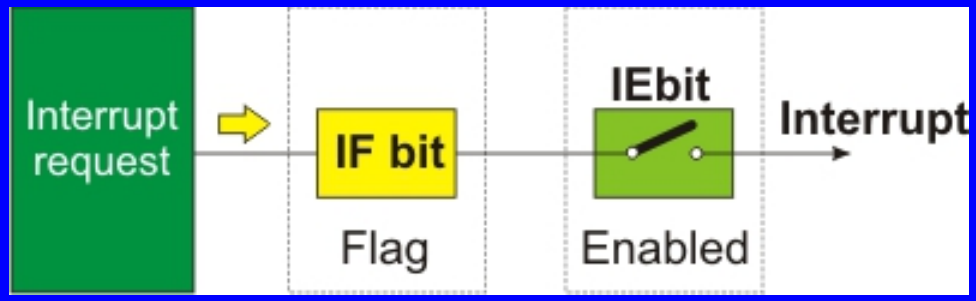


CHO PHÉP / CẤM CÁC NGẮT

- Mặc định thì tất cả các ngắt đều bị cấm
- Mỗi ngắt được cho phép hoặc cấm bởi người sử dụng thông qua các bit cho phép (IE: Interrupt Enable) tương ứng
  - IE = 0: Cấm
  - IE = 1: Cho phép
- PIC16F887 cho phép các ngắt thông qua các bit trong một số thanh ghi sau:
  - Interrupt Control Register (INTCON)
  - Peripheral Interrupt Enable Register 1 (PIE1)
  - Peripheral Interrupt Enable Register 2 (PIE2).

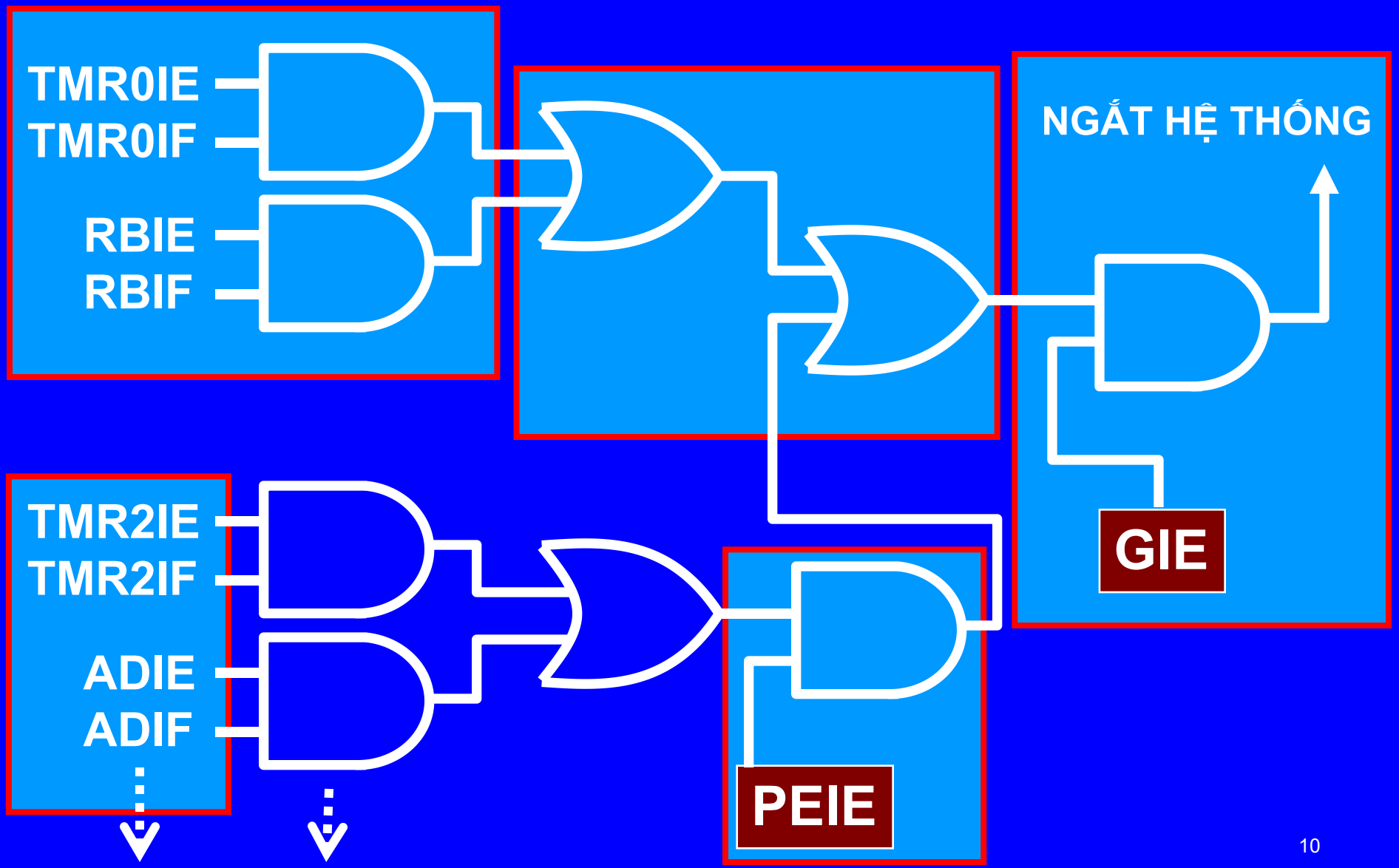
CHO PHÉP / CẤM CÁC NGẮT

- Mỗi ngắt được kết hợp với 1 bit khác, dùng để chỉ thị rằng "sự kiện ngắt" đã xảy ra. Bit này được gọi là cờ ngắt **(IF: Interrupt Flag)**
  - IF = 0: Không có sự kiện
  - IF = 1: Có sự kiện
- Cờ ngắt IF sẽ có mức cao (IF = 1) ngay khi "sự kiện ngắt" tương ứng xảy ra, bất chấp ngắt đó có được cho phép hay không.



- **Cờ ngắt IF phải được xóa (IF = 0) bởi người sử dụng trước khi thoát khỏi ISR của nó.**

CHO PHÉP / CẤM CÁC NGẮT



CÁC THANH GHI CỦA MODUL NGẮT

- Thanh ghi **INTCON**
  - Thanh ghi cho phép ngắt và yêu cầu ngắt (cờ ngắt) nội
- Thanh ghi **PIE1**
  - Thanh ghi cho phép ngắt ngoại vi 1
- Thanh ghi **PIR1**
  - Thanh ghi yêu cầu ngắt (cờ ngắt) ngoại vi 1
- Thanh ghi **PIE2**
  - Thanh ghi cho phép ngắt ngoại vi 2
- Thanh ghi **PIR2**
  - Thanh ghi yêu cầu ngắt (cờ ngắt) ngoại vi 2.

NGẮT NỘI (CORE INTERRUPT)

CÁC BIT CHO PHÉP

GIE: Cho phép ngắt toàn cục

* Phải được đặt để sử dụng BẤT KỲ ngắt nào của PIC

PEIE: Cho phép ngắt ngoại vi

* Phải được đặt để sử dụng các ngắt ngoại vi

T0IE: Cho phép ngắt Timer0 tràn

INTE: Cho phép ngắt ngoài INT

RBIE: Cho phép ngắt Port B thay đổi

Thanh ghi INTCON

Các cờ ngắt vẫn sẽ được đặt ngay cả khi các ngắt không được cho phép

CÁC BIT CỜ

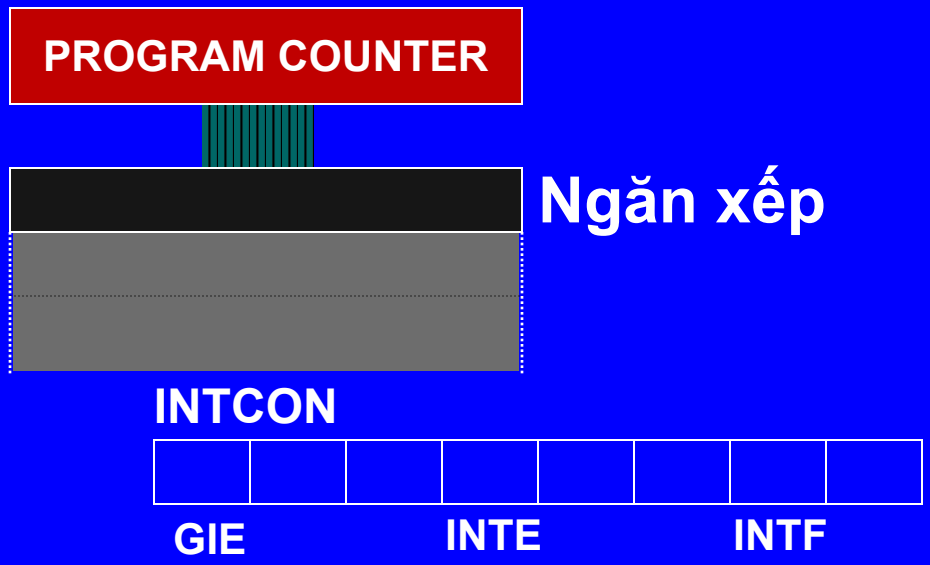
T0IF: Cờ ngắt Timer0 tràn

INTF: Cờ ngắt ngoài INT

RBIF: Cờ ngắt Port B thay đổi

NGẮT NỘI (CORE INTERRUPT)

```
Int_vect    CODE      004h

            ;Xóa cờ ngắt INTF để cho phép
            ;các ngắt tiếp theo
            bcf       INTCON, INTF

            <Đoạn lệnh ISR>
            retfie


Main        CODE
Start
            <Đoạn lệnh cấu hình PORTB >

            ;Khởi động INTCON
            clrf      INTCON

            ;Cho phép ngắt
            ;ngoài tại chân RB0/INT
             bsf      INTCON, INTE

            ;Cho phép ngắt toàn cục
            bsf       INTCON, GIE

            goto      $       ;Vòng lặp
```



Cấu trúc chương trình dùng ngắt nội (Core Interrupt)

NGẮT NỘI (CORE INTERRUPT)

```
Int_vect    CODE        004h

            ;Xóa cờ ngắt INTF để cho phép
            ;các ngắt tiếp theo
            bcf         INTCON, INTF

            <Đoạn lệnh ISR>
            retfie

Main        CODE
Start
            <Đoạn lệnh cấu hình PORTB >

            ;Khởi động INTCON
            clrf        INTCON

            ;Cho phép ngắt
            ;ngoài tại chân RB0/INT
            bsf         INTCON, INTE

            ;Cho phép ngắt toàn cục
            bsf         INTCON, GIE

            goto        $       ;Vòng lặp
```

INTCON

1	0	0	1	0	0	1	0
GIE			INTE			INTF	

Sự kiện ngắt ngoài !!!

Cấu trúc chương trình dùng ngắt nội (Core Interrupt)

NGẮT NGOẠI VI (PERIPHERAL INTERRUPT)

Thanh ghi PIE1 (Cho phép ngắt)

	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE

Thanh ghi PIR1 (Cờ ngắt)

	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF

Cho phép	Cờ	Điều kiện
ADIE	ADIF	Hoàn thành chuyển đổi ADC
RCIE	RCIF	Đầy bộ đệm nhận EUSART
TXIE	TXIF	Đầy bộ đệm truyền EUSART
SSPIE	SSPIF	Ngắt I^2C hoặc SPI
CCP1IE	CCP1IF	Hoàn thành so sánh hoặc bắt giữ cho Timer1
TMR2IE	TMR2IF	Giá trị thanh ghi Timer2 bằng giá trị thanh ghi PR2
TMR1IE	TMR1IF	Thanh ghi Timer1 bị tràn

Các cờ ngắt vẫn sẽ được đặt ngay cả khi các ngắt không được cho phép

NGẮT NGOẠI VI (PERIPHERAL INTERRUPT)

PIE2 Register (Interrupt Enables)

OSCFIE	C2IE	C1IE	EEIE	BCLIE	ULPWUIE		CCP2IE

PIR2 Register (Interrupt Flags)

OSCFIF	C2IF	C1IF	EEIF	BCLIF	ULPWUIF		CCP2IF

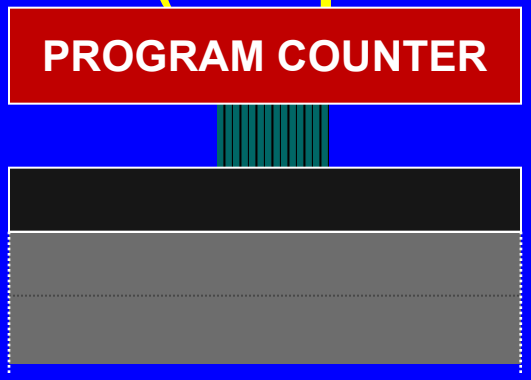
Cho phép	Cờ	Điều kiện
OSCFIE	OSCFIF	Bộ dao động hệ thống bị lỗi
C2IE	C2IF	Ngõ ra bộ so sánh 2 bị thay đổi
C1IE	C1IF	Ngõ ra bộ so sánh 1 bị thay đổi
EEIE	EEIF	Thao tác ghi EEPROM hoàn tất
BCLIE	BCLIF	Xung đột bus xuất hiện ở chế độ MSSP I^2C
ULPWUIE	ULPWUIF	Điều kiện "đánh thức" xảy ra
CCP2IE	CCP2IF	Hoàn thành so sánh hoặc bắt giữ cho Timer1

Các cờ ngắt vẫn sẽ được đặt ngay cả khi các ngắt không được cho phép

NGẮT NGOẠI VI (PERIPHERAL INTERRUPT)

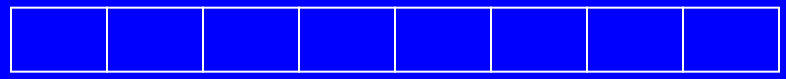
Cấu trúc chương trình dùng ngắt ngoại vi (Peripheral Interrupt)

```
Int_vect    CODE      004h

            banksel   PIR1
            bcf       PIR1, TMR1IF

            <ISR code>
            retfie


Main        CODE
Start
            banksel   PIR1
            bcf       PIR1, TMR1IF
            banksel   PIE1
            bsf       PIE, TMR1E

            bsf       INTCON, PEIE
            bsf       INTCON, GIE

            <code to set up Timer1>


            goto      $       ;Vòng lặp vô tận
```



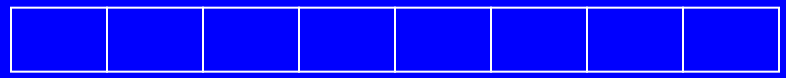
Ngăn xếp

INTCON



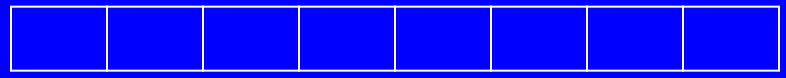
GIE PEIE

PIE1



TMR1IE

PIR1



TMR1IF

NGẮT NGOẠI VI (PERIPHERAL INTERRUPT)

Cấu trúc chương trình dùng ngắt ngoại vi (Peripheral Interrupt)

```
Int_vect    CODE      004h

            banksel   PIR1
            bcf       PIR1, TMR1IF

            <ISR code>
            retfie

Main        CODE
Start
            banksel   PIR1
            bcf       PIR1, TMR1IF
            banksel   PIE1
            bsf       PIE, TMR1E

            bsf       INTCON, PEIE
            bsf       INTCON, GIE

            <code to set up Timer1>

            goto      $       ;Vòng lặp vô tận
```

PROGRAM COUNTER

Địa chỉ lệnh "goto $"

Địa chỉ lệnh "goto $"

Ngăn xếp

INTCON

0	1						
GIE	PEIE						

PIE1

							1
							TMR1IE

PIR1

							1
							TMR1IF

Timer1 bị tràn !!!

ĐỘ TRỄ CỦA NGẮT

- **Độ trễ của ngắt (Interrupt Latency)**
  - Là khoảng thời gian tính từ lúc sự kiện xảy ra cho đến khi lệnh tại địa chỉ 0004h được thực thi
- **Độ trễ của các ngắt đồng bộ (thường là ngắt bên trong)**
  - Độ trễ khoảng 3 chu kỳ máy
- **Độ trễ của các ngắt không đồng bộ (thường là ngắt bên ngoài)**
  - Độ trễ khoảng 3 – 3.5 chu kỳ máy.

SAO LƯU DỮ LIỆU KHI NGẮT

- Trong khi xảy ra ngắt:
  - Chỉ có giá trị PC được lưu lại (vào ngăn xếp)
  - Giá trị của các thanh ghi khác có thể bị thay đổi sau khi thực thi xong ISR

  → Do đó cần phải sao lưu và phục hồi giá trị các thanh ghi quan trọng

- Các thanh ghi mà người dùng nên lưu lại:
  - Thanh ghi W
  - Thanh ghi STATUS
  - Thanh ghi PCLATH
  - Thanh ghi được định nghĩa bởi người dùng.

ƯU TIÊN NGẮT

- Vi điều khiển họ Mid-Range (PIC16F) thiết lập tất cả các ngắt có cùng một mức ưu tiên

- Việc thiết lập mức ưu tiên khác nhau cho các nguồn ngắt là do người sử dụng

- Để thiết lập mức ưu tiên:
  - Bước 1: Xác định các nguồn ngắt
  - Bước 2: Xác định thứ tự của các ISR.

ƯU TIÊN NGẮT

- **Ví dụ**: Thiết lập thứ tự ưu tiên từ cao xuống thấp cho các ngắt: Port B, Timer 2 và Timer 1

```
void interrupt isr(void)
  {
  if (RBIE == 1) && (RBIF == 1)                ①
        PORTB_ISR()

  if (TMR2IE == 1) && (TMR2IF == 1)            ②
        Timer2_ISR()

  if (TMR1IE == 1) && (TMR1IF == 1)            ③
        Timer1_ISR()
  }
```

HI-TECH C

Các lưu ý

- Ngắt nội:

1.Ngắt ngoài :

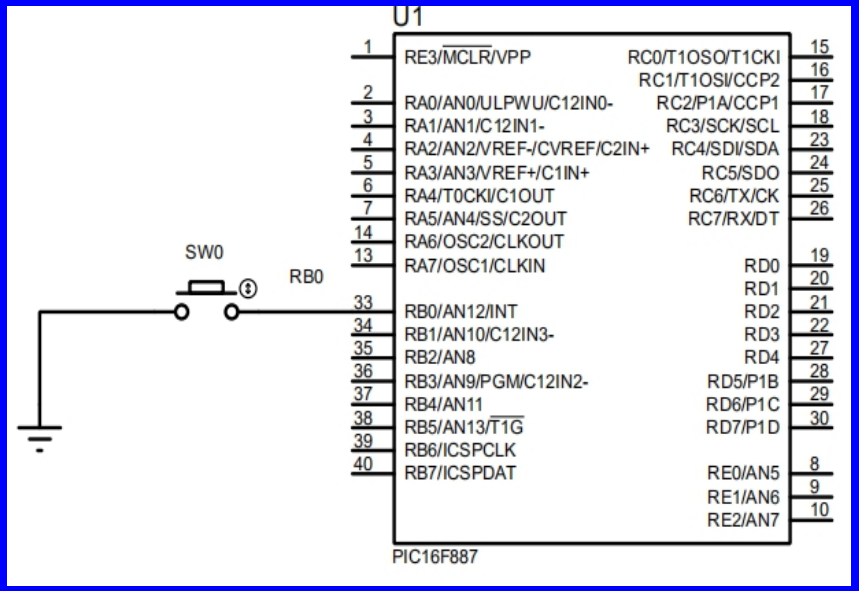
(sử dụng RB0)

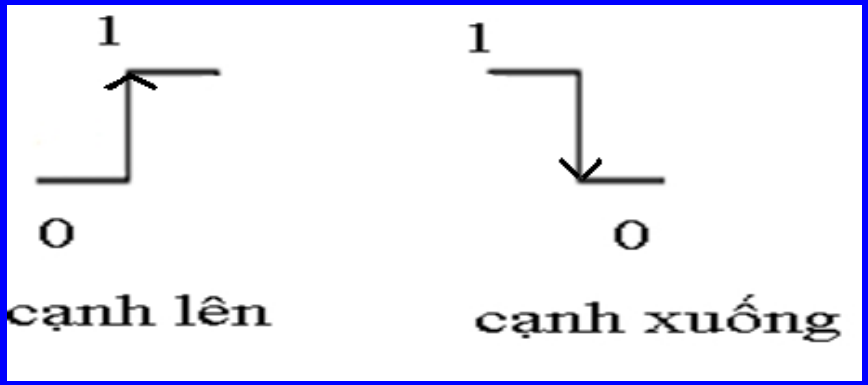
GIE=1 :cho phép ngắt toàn cục

INTF=0 : xóa cờ ngắt ngoài

INTE=1: cho phép ngắt ngoài

INTEDG =1/0: chọn kích cạnh lên/cạnh xuống





Các lưu ý

- Ngắt nội:

  2. Ngắt PORTB

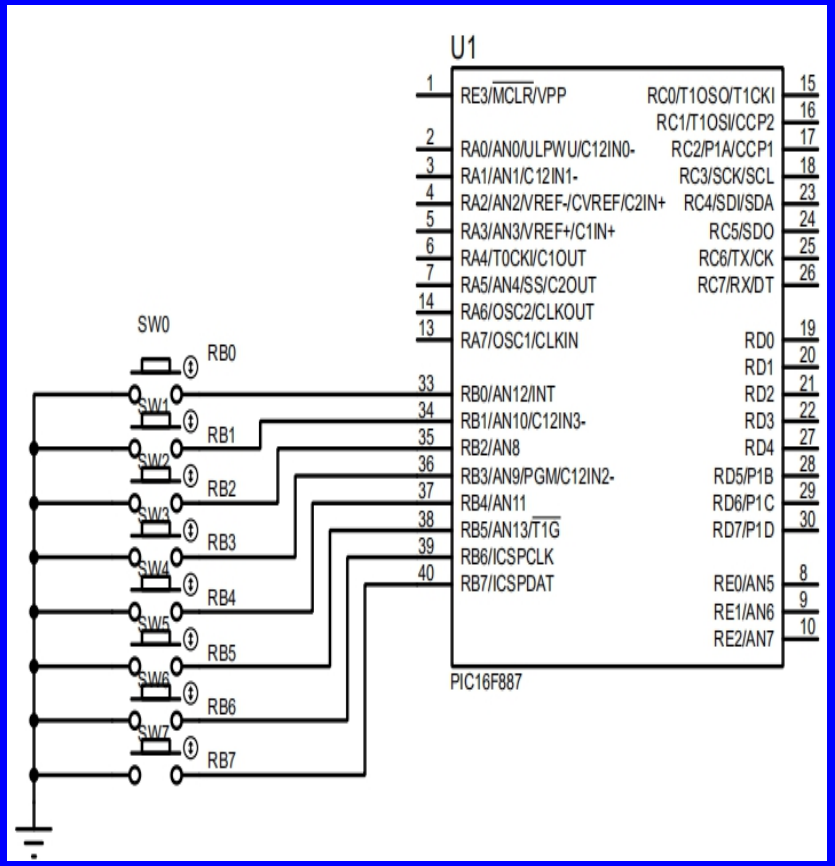
  (sử dụng RB0 :RB7)

  GIE=1 :Cho phép ngắt toàn cục

  RBIF=0 : xóa cờ ngắt PORTB

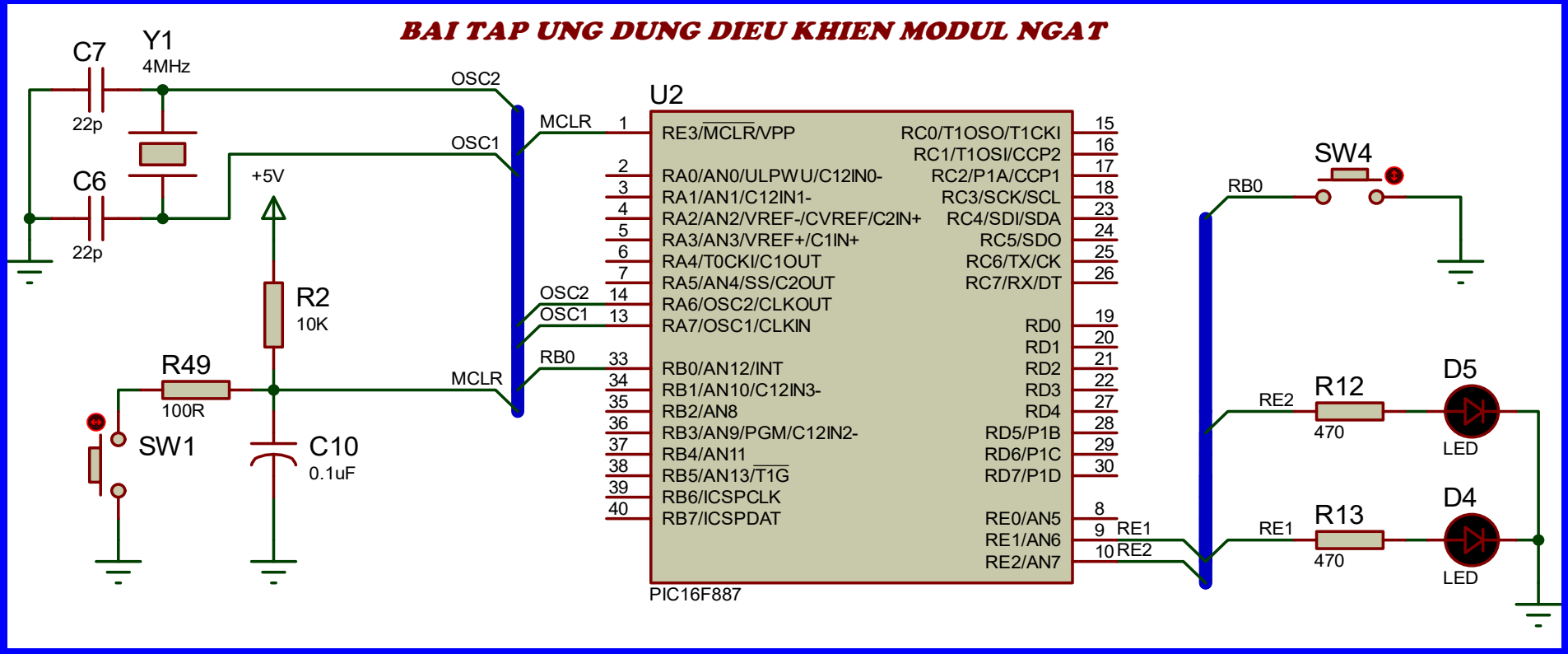
  RBIE=1: cho phép ngắt PORTB

  IOCBX = 1 (X =0:7): cho phép ngắt ở chân RBX của PORTB



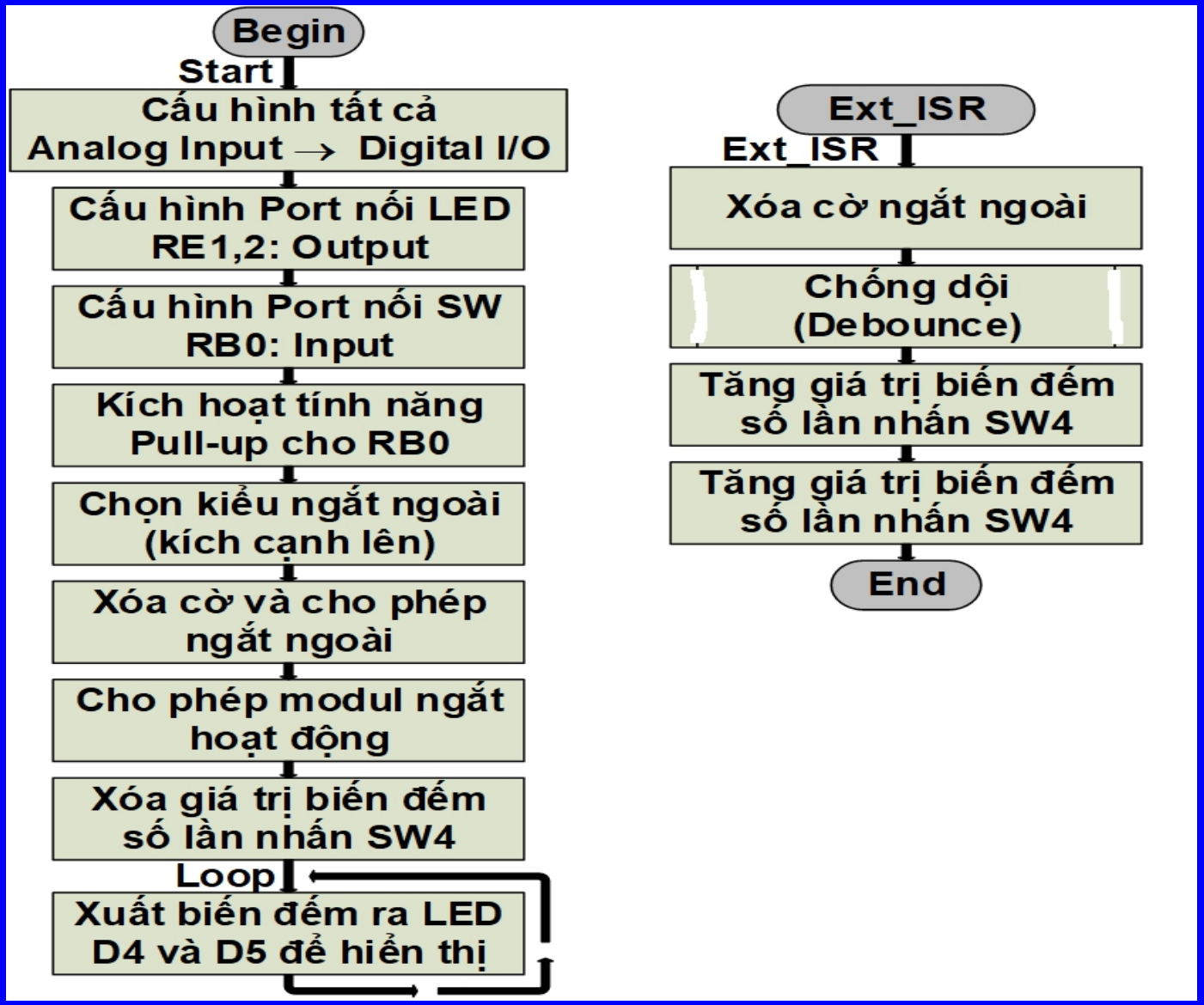
VÍ DỤ MINH HỌA

- **Ví dụ 1**: Dựa vào sơ đồ, viết chương trình điều khiển LED D4, D5 sáng/tắt theo kiểu đếm lên nhị phân 00 → 01 → 10 → 11 → … tương ứng cho mỗi lần nhấn SW4. Sử dụng tính năng ngắt ngoài.
  - **Sơ đồ nguyên lý:**



VÍ DỤ MINH HỌA

- **Giải thuật:**



Bảng trạng thái

RE2	RE1	RE0
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

VÍ DỤ MINH HỌA

- **Cấu hình (Hi-Tech C):**

```
__CONFIG(FOSC_HS & WDTE_OFF & PWRTE_ON & MCLRE_ON & CP_OFF & CPD_OFF & BOREN_OFF & IESO_OFF & FCMEN_OFF & LVP_OFF & DEBUG_ON);

#define _XTAL_FREQ 4000000
```

VÍ DỤ MINH HỌA

- **Chương trình (Hi-Tech C):**

```
unsigned char push_count;

void interrupt isr(void)
        {
        __delay_ms(5); //chống dội

        push_count++; push_count++;
        INTF = 0;
        }
```

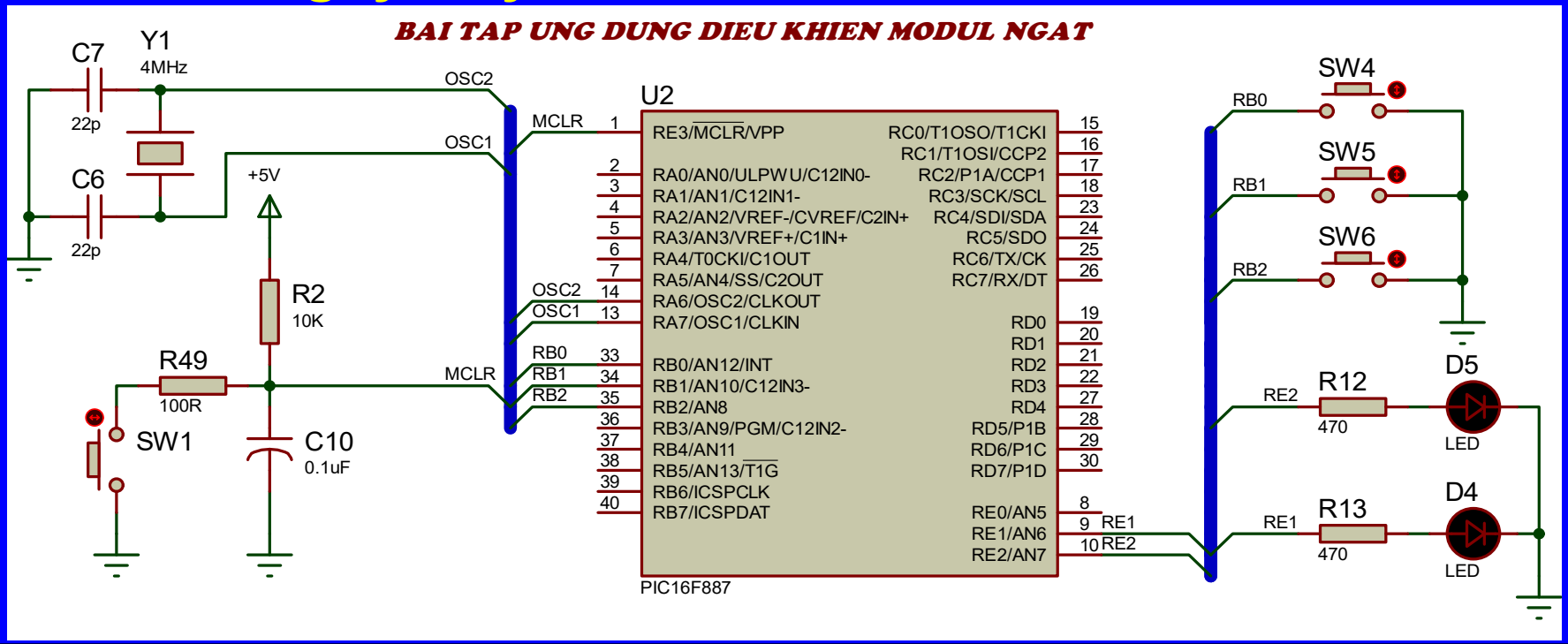
VÍ DỤ MINH HỌA

- **Chương trình (Hi-Tech C):**

```
void main (void)
        {
        ANSEL = 0;
        ANSELH = 0;

        TRISE1 = 0;
        TRISE2 = 0;
        TRISB0 = 1;
        nRBPU = 0;
        WPUB = 0x01;

        INTEDG = 1;
        INTF = 0;
        INTE = 1;
        GIE = 1;
        push_count = 0;
        while(1)
                {
                PORTE = push_count;
                }
        }
```

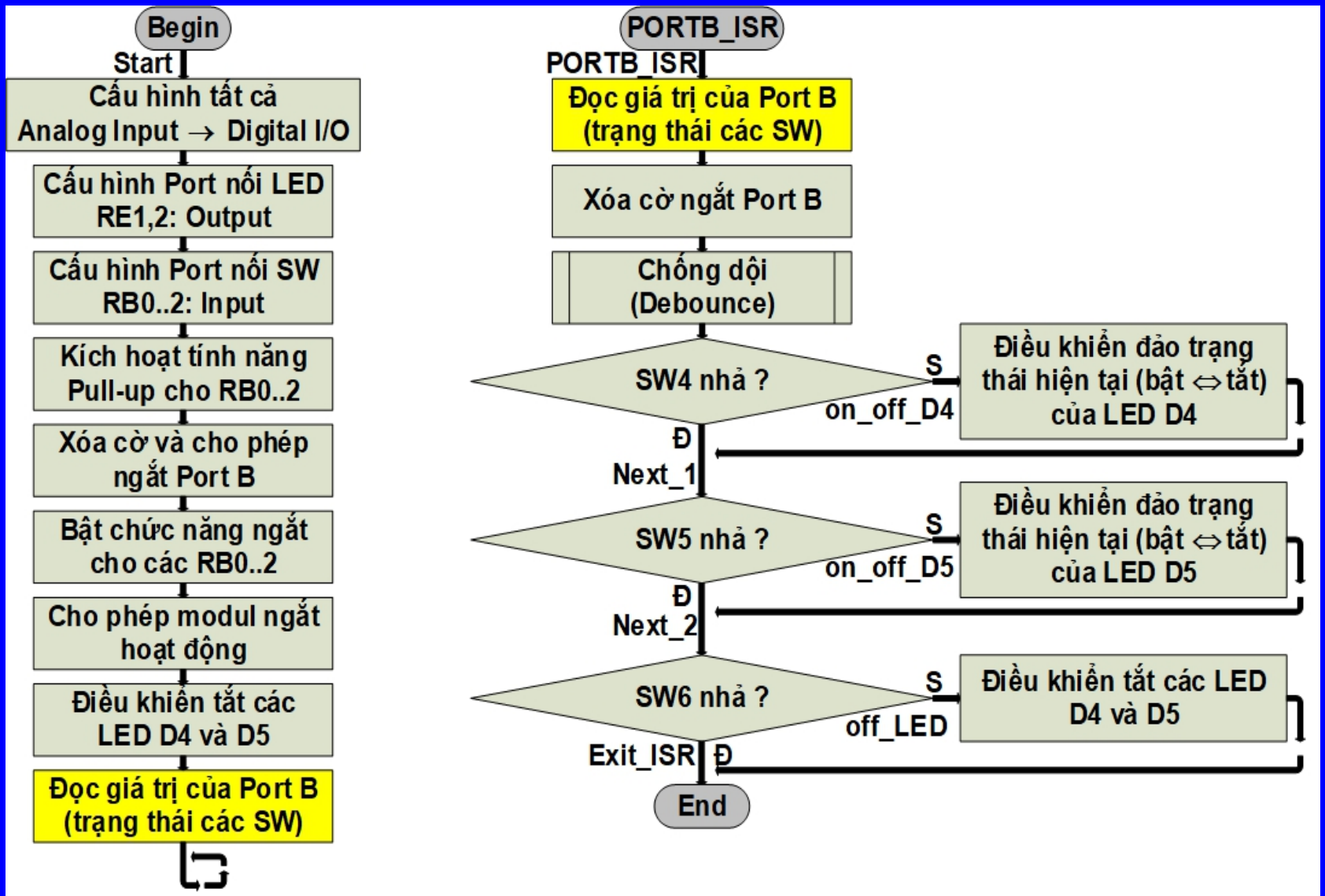
VÍ DỤ MINH HỌA

- **Ví dụ 2**: Dựa vào sơ đồ, viết chương trình điều khiển LED D4, D5:
  - Nhấn SW4 → D4 sáng hoặc tắt
  - Nhấn SW5 → D5 sáng hoặc tắt
  - Nhấn SW6 → D4, D5 tắt
  - Sử dụng tính năng ngắt Port B
- **Sơ đồ nguyên lý:**



VÍ DỤ MINH HỌA

- **Giải thuật:**



VÍ DỤ MINH HỌA

- **Cấu hình (Hi-Tech C):**

```
__CONFIG(FOSC_HS & WDTE_OFF & PWRTE_ON & MCLRE_ON & CP_OFF & CPD_OFF & BOREN_OFF & IESO_OFF & FCMEN_OFF & LVP_OFF & DEBUG_ON);

#define _XTAL_FREQ 4000000
```

VÍ DỤ MINH HỌA

- **Chương trình (Hi-Tech C):**

```
void interrupt isr(void)
   {
   PORTB;
   RBIF = 0;
   __delay_ms(5);//chống dội

    if (!RB0)
        RE1 = !RE1;
    else if (!RB1)
        RE2 = !RE2;
    else if (!RB2)
        PORTE = 0x00;
    }
```

VÍ DỤ MINH HỌA

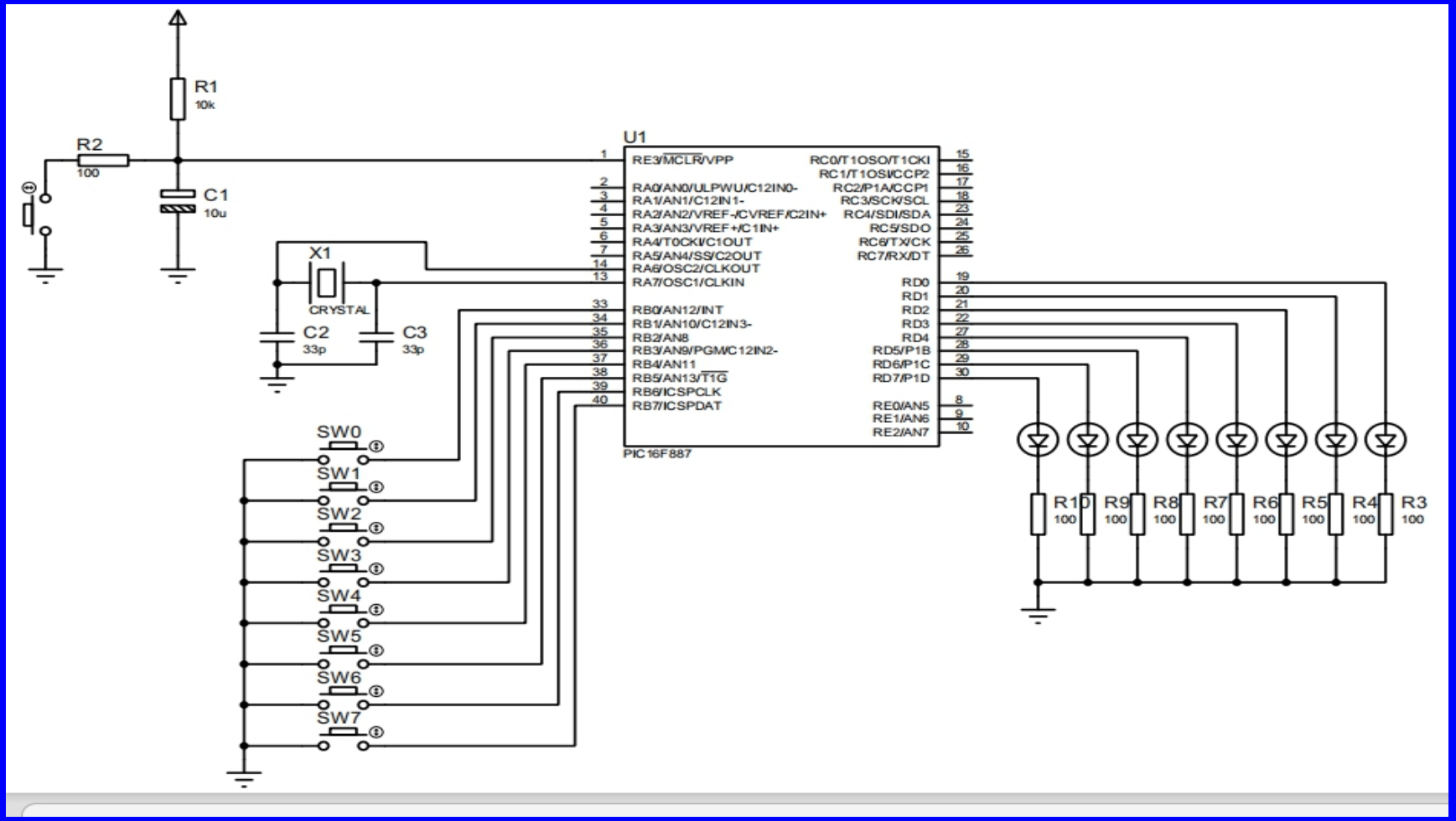
- **Chương trình (Hi-Tech C):**

```
void main (void)
    {
    ANSEL = 0;
    ANSELH = 0;

    TRISE1 = 0;
    TRISE2 = 0;

    TRISB0 = 1;
    TRISB1 = 1;
    TRISB2 = 1;

    nRBPU = 0;
    WPUB = 0x07;

    RBIF = 0;
    RBIE = 1;

    IOCB0 = 1;
    IOCB1 = 1;
    IOCB2 = 1;

    GIE = 1;

    PORTE =0x00;
    PORTB;//đọc gtri PORTB

    while(1);//kết thúc ctrinh

    }
```

INDUSTRIAL UNIVERSITY OF HOCHIMINH CITY

BÀI TẬP ỨNG DỤNG

Cho mạch điện như hình vẽ 1:



BÀI TẬP ỨNG DỤNG

Cho mạch điện như hình vẽ 1:

- **Bài tập 1**: Viết chương trình sử dụng ngắt ngoài để thực hiện việc tăng biến đếm khi chân RB0/INT thay đổi trạng thái từ thấp lên cao. Nếu giá trị biến đếm bằng 100 thì reset giá trị biến đếm về 0.

- **Bài tập 2**: Viết chương trình đếm số lần mà các chân RB0 – RB7 của Port B thay đổi trạng thái (từ thấp lên cao hoặc từ cao xuống thấp) bằng cách sử dụng ngắt Port B. Nếu giá trị đếm bằng 50 thì reset giá trị đếm về 0.

Bài tập 3

Cho mạch như Hình H.1C. Vẽ lưu đồ giải thuật và viết chương trình điều khiển bật/tắt LED đơn theo sự điều khiển của các nút nhấn. Khi nhấn-nhả nút BRIGHT thì LED sáng và khi nhấn-nhả nút DARK thì LED tắt. Ban đầu LED tắt.

Lưu ý: Bắt buộc phải sử dụng modul ngắt (**Interrupt Module**) với tính năng ngắt ngoài hoặc ngắt Port B để thực hiện yêu cầu điều khiển của các nút nhấn.