

# Microcontroladores

Semestre: 2020-1

Profesor: Kalun José Lau Gan

Semana 5: Interrupciones

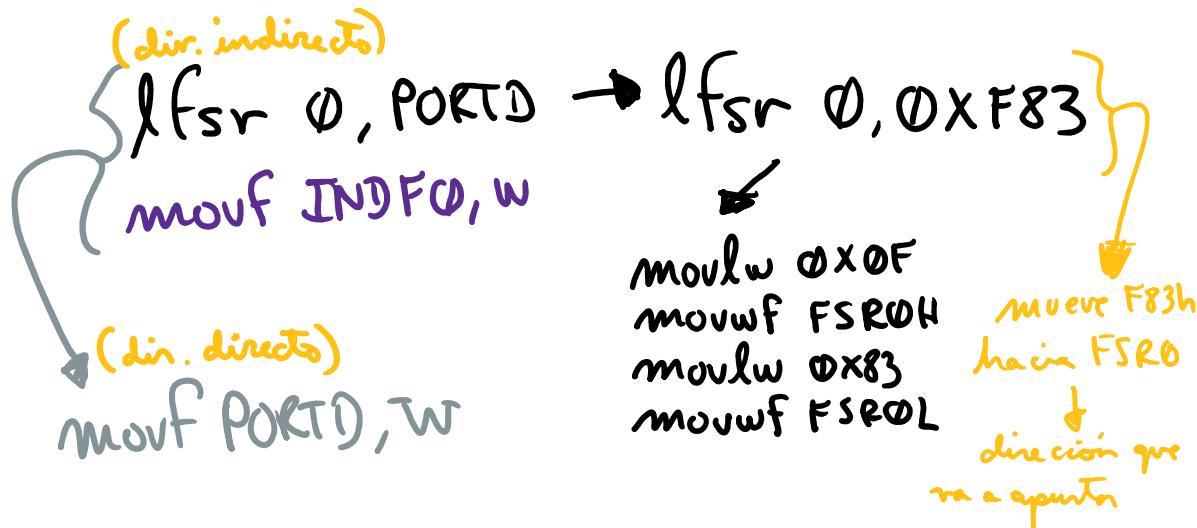
1

## ¿Preguntas previas?

- Esta semana (la 5) se estará evaluando LB1 en sus respectivos horarios.
- La asignación de grupos en el LB1 se hará de manera aleatoria
- Las instrucciones del desarrollo de LB1 serán dadas a conocer en el mismo momento de la evaluación

2

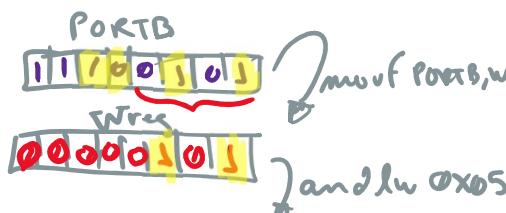
Preguntas de los alumnos:



3

Preguntas de los alumnos:

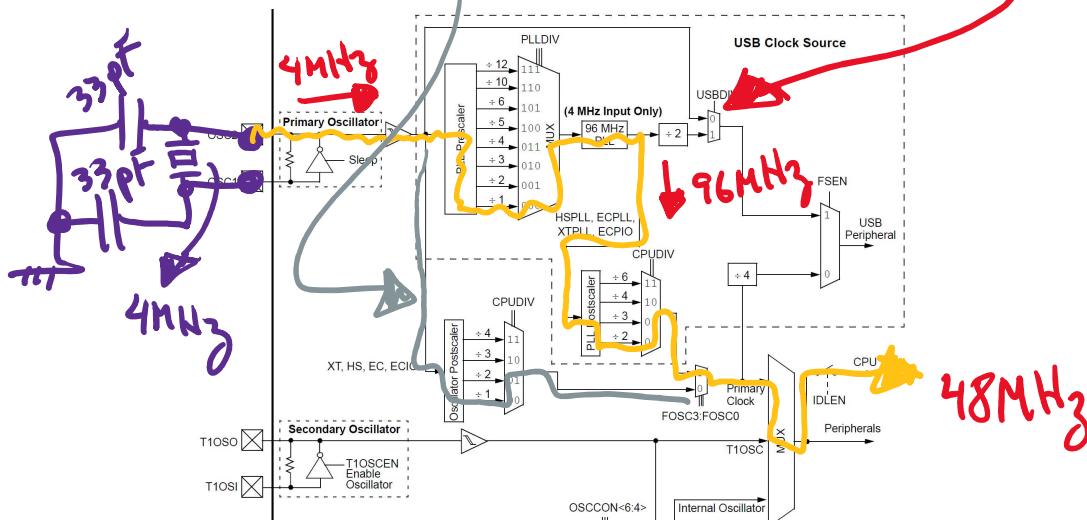
- 1º Ponerle dirección al puntero FSR0
- 2º Jalar dato de PORTD hacia W
- 3º Enmascara dato (primeros 4bits)
- 4º Mover dato de W hacia INDFO



*lfsr \$0, \$0XF00*  
*movf PORTD, W*  
*andlw \$0XF*  
*movwf INDFO*  
*incf FSR0L, F*      *\$0X05*

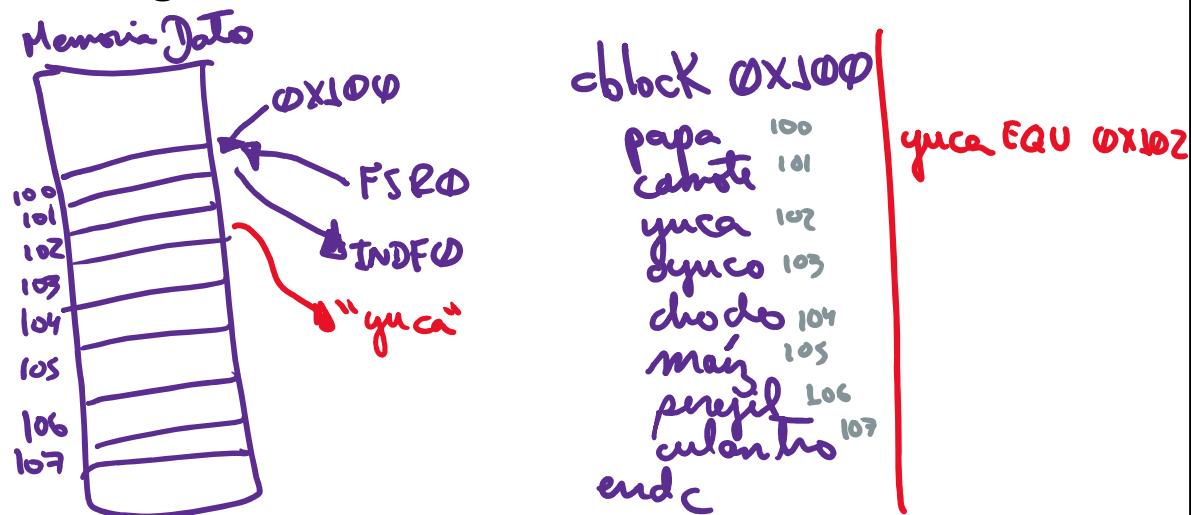
4

Con respecto a XT\_XT y XTPLL\_XT:



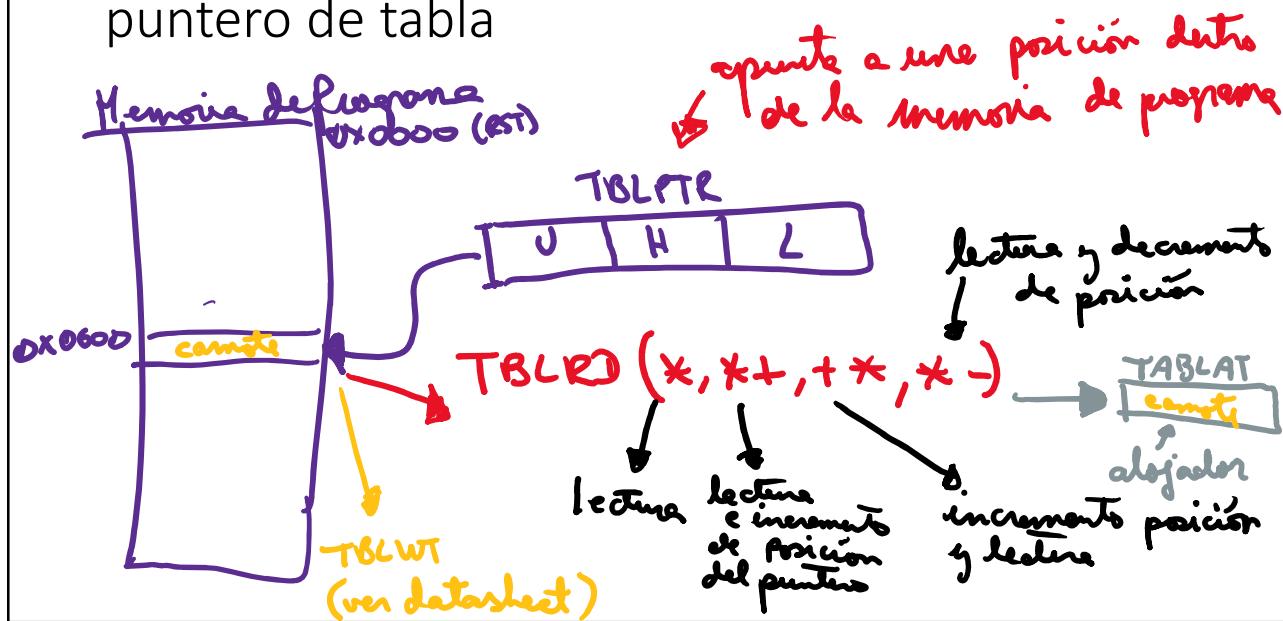
5

Con respecto a colocarle nombres a un grupo o arreglo dentro de la memoria de datos:



6

Con respecto al proceso de lectura del puntero de tabla



7

Agenda:

- Las interrupciones en el PIC18F4550
- Interrupción por desborde del Timer 0
- Interrupciones externas INT0, INT1, INT2
- Interrupción por cambio de valor RB4-RB7
- Resistencias internas de pull-up en RB y RD

8

## Interrupciones:

- Las interrupciones son eventualidades que detienen el flujo normal de operación del microcontrolador.
- En el PIC18F4550 tenemos dos vectores de interrupción:
  - Alta Prioridad (0x0008)
  - Baja Prioridad (0x0018)
- La interrupción externa INT0 solo es alta prioridad
- Todos los periféricos internos del microcontrolador (Timers, INTs externas, CCP, USART, A/D, comparadores analógicos, etc) pueden emitir interrupciones al CPU.
- Son 10 registros de configuración del sistema de interrupciones

9

## Los diez registros para configurar las interrupciones:

- INTCON
- INTCON2
- INTCON3
- PIE1
- PIE2
- PIR1
- PIR2
- IPR1
- IPR2
- RCON

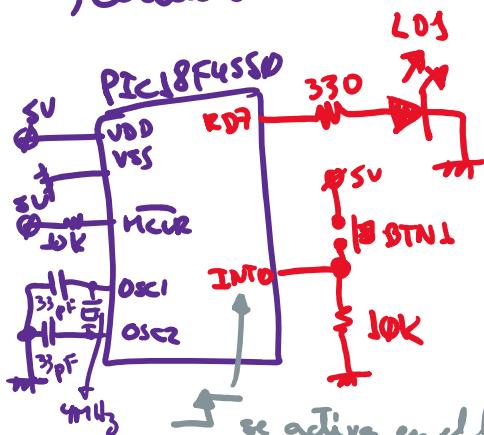
10



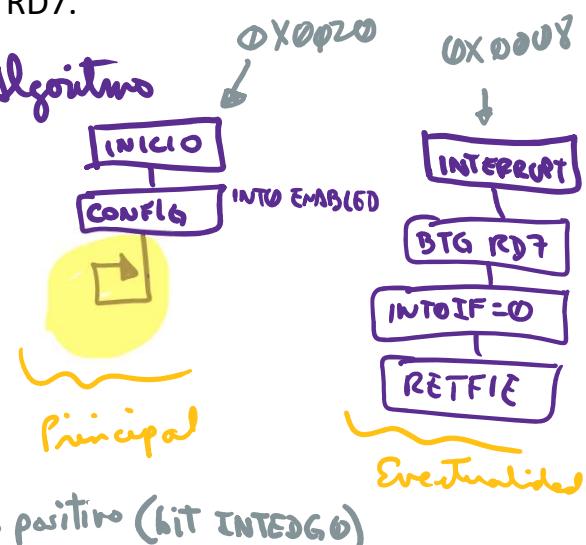
## Ejemplo: Interrupción externa INT0

- Cada vez que se pulse un botón activo en alto por INT0 debe de alternar de valor lógico la salida RD7.

a) Circuito



b) Algoritmo



13

Recordando el modo “basculación”

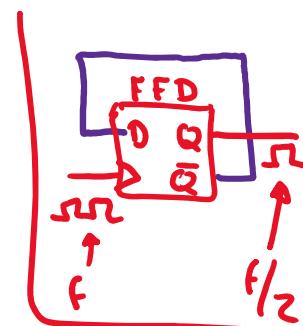
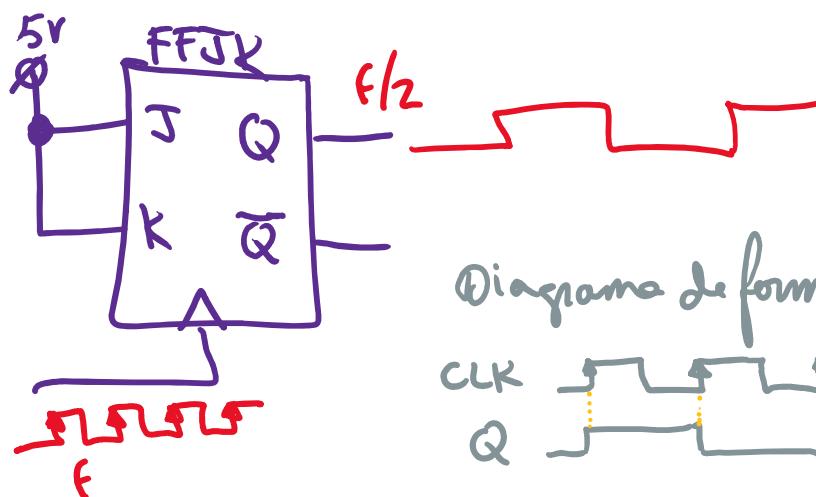


Diagrama de forma de onda:



14

(cont...)

Configurar interrupción externa INT0:

INTCON bit INTOIE : habilitador

INT0IF : bandera {" } → Se produce INT

INTCONZ bit INTEDG0 : configura flancos ascendentes o descendentes

de INT0 {"0"} → falling edge

{ "1"} → rising edge (por defecto)

Lo que vamos a configurar

~~INTCON3 bit INT0P Prioridad~~

INT0 no se puede colocar como baja prioridad

15

(cont...)

REGISTER 9-1: INTCON: INTERRUPT CONTROL REGISTER

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF <sup>(1)</sup>
bit 7 1 0 0 0 0 0 0 0							bit 0 0

## Legend:

R = Readable bit  
-n = Value at PORW = Writable bit  
'1' = Bit is set

U = Unimplemented bit, read as '0'

'0' = Bit is cleared

0x90  
↓  
INTCONInterrupcion  
en RB4:RB1

## bit 7 GIE/GIEH: Global Interrupt Enable bit

When IPEN = 0:

- 1 = Enables all unmasked interrupts
- 0 = Disables all interrupts

When IPEN = 1:

- 1 = Enables all high-priority interrupts
- 0 = Disables all interrupts

## bit 6 PEIE/GIEL: Peripheral Interrupt Enable bit

When IPEN = 0:

- 1 = Enables all unmasked peripheral interrupts
- 0 = Disables all peripheral interrupts

When IPEN = 1:

- 1 = Enables all low-priority peripheral interrupts (if GIE/GIEH = 1)
- 0 = Disables all low-priority peripheral interrupts

## bit 5 TMR0IE: TMR0 Overflow Interrupt Enable bit

1 = Enables the TMR0 overflow interrupt

0 = Disables the TMR0 overflow interrupt

## bit 4 INT0IE: INT0 External Interrupt Enable bit

1 = Enables the INT0 external interrupt

0 = Disables the INT0 external interrupt

## bit 3 RBIE: RB Port Change Interrupt Enable bit

1 = Enables the RB port change interrupt

0 = Disables the RB port change interrupt

## bit 2 TMR0IF: TMR0 Overflow Interrupt Flag bit

1 = TMR0 register has overflowed (must be cleared in software)

0 = TMR0 register did not overflow

## bit 1 INT0IF: INT0 External Interrupt Flag bit

1 = The INT0 external interrupt occurred (must be cleared in software)

0 = The INT0 external interrupt did not occur

bit 0 RBIF: RB Port Change Interrupt Flag bit<sup>(1)</sup>

1 = At least one of the RB7:RB4 pins changed state (must be cleared in software)

0 = None of the RB7:RB4 pins have changed state

IPEN = 0 por defecto!

16

(cont...)

```

17      org 0x0000          ;Vector de RESET
18      goto init_conf
19
20      org 0x0008          ;Vector de interrupción
21      goto interrupt
22
23      org 0x0020          ;Zona de programa de usuario
24      init_conf:
25          bcf TRISD, 7    ;Puerto RD7 como salida
26          movlw 0x90
27          movwf INTCON      ;GIE=1, INTOIE=1 Habilitamos la interrupcion INTO
28      loop:
29          nop
30          goto loop        ;El micro en el cauce normal no hace nada
31
32      ;Rutina de interrupción
33      interrupt:
34          btg LATD, 7        ;Complemento de RD7
35          bcf INTCON, INTOIF    ;Bajamos la bandera de la interrupción externa
36          retfie
37          end                ;Fin del programa

```

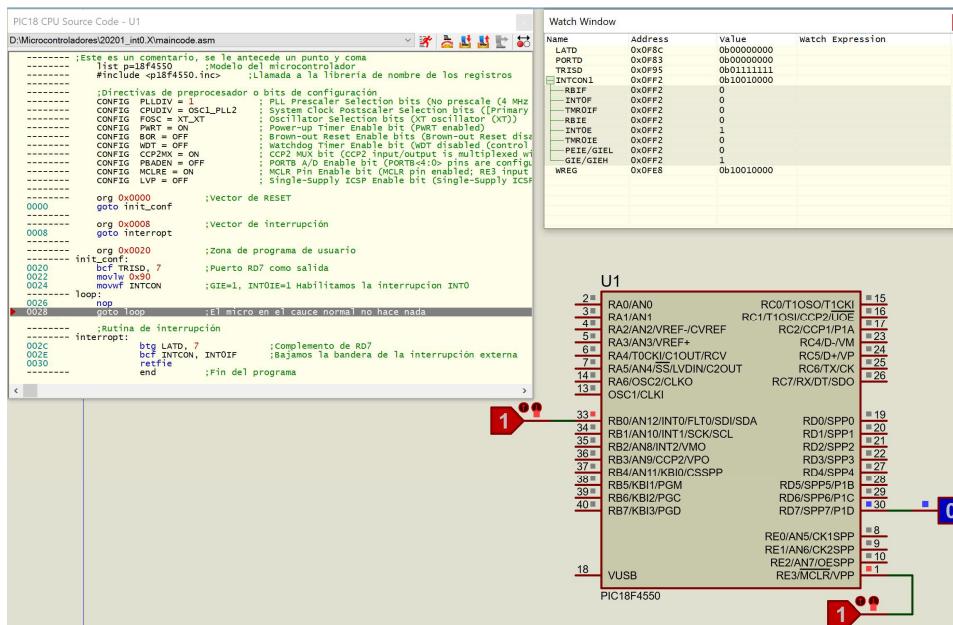
{CONTIG}

{Principal}

{INT}

17

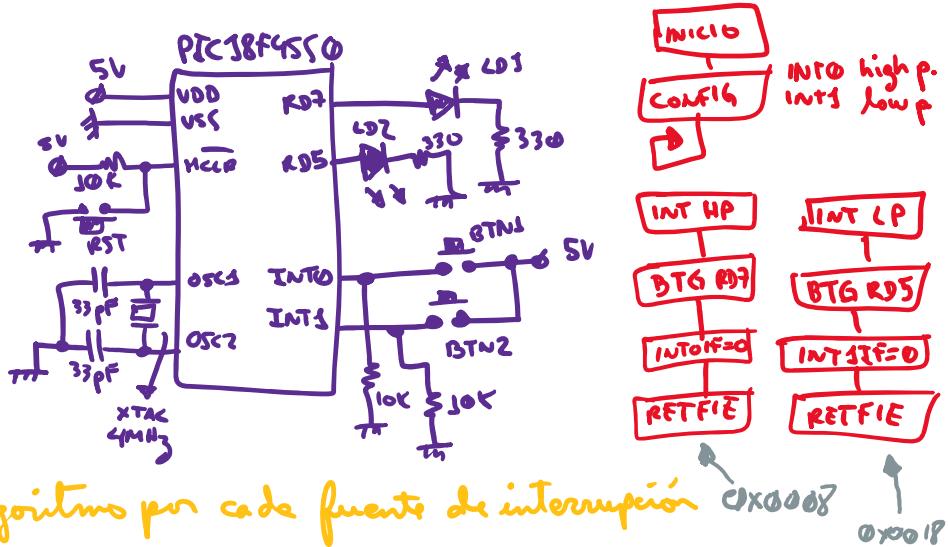
(cont...)



18

## Ejemplo: INT0 e INT1 con prioridades

- Agregar al ejemplo anterior la INT1 configurada en **baja prioridad** para hacer otra basculación y ésta vez en el RD5



19

(cont...)

1. Habilitar las prioridades de las interrupciones: (reg RCON bit IPEN)
2. Establecer quienes son baja prioridad, en nuestro ejemplo el INT1 será baja prioridad: (reg INTCON3 bit INT1IP)
3. Habilitar INT0 con el INT0IE y habilitar INT1 con el INT1IE
4. Cuando se habilita IPEN, el bit 7 del registro INTCON se llamará ahora GIEH (habilitador global de interrupciones de alta prioridad) y el bit 6 del mismo registro se llamará ahora GIEL (habilitador global de interrupciones de baja prioridad), ambos deberán habilitarse.
5. Detallar lo que se va a hacer en cada evento de interrupción, la alta prioridad estará en 0x0008 y la baja prioridad en la 0x0018

20

(cont...)

## REGISTER 9-10: RCON: RESET CONTROL REGISTER

R/W-0	R/W-1 <sup>(1)</sup>	U-0	R/W-1	R-1	R-1	R/W-0 <sup>(2)</sup>	R/W-0
IPEN	SBOREN	—	RI	TO	PD	POR	BOR
bit 7							bit 0

## Legend:

R = Readable bit      W = Writable bit      U = Unimplemented bit, read as '0'  
 -n = Value at POR      '1' = Bit is set      '0' = Bit is cleared      x = Bit is unknown

*bsf RCON, IPEN**bsf RCON, 7*

- bit 7      **IPEN:** Interrupt Priority Enable bit  
 1 = Enable priority levels on interrupts  
 0 = Disable priority levels on interrupts (PIC16CXXX Compatibility mode)  
**SBOREN:** BOR Software Enable bit<sup>(1)</sup>  
 For details of bit operation, see Register 4-1.  
**Unimplemented:** Read as '0'  
**RI:** RESET Instruction Flag bit  
 For details of bit operation, see Register 4-1.  
**TO:** Watchdog Time-out Flag bit  
 For details of bit operation, see Register 4-1.  
**PD:** Power-Down Detection Flag bit  
 For details of bit operation, see Register 4-1.  
**POR:** Power-on Reset Status bit<sup>(2)</sup>  
 For details of bit operation, see Register 4-1.  
**BOR:** Brown-out Reset Status bit  
 For details of bit operation, see Register 4-1.

21

(cont...)

## REGISTER 9-3: INTCON3: INTERRUPT CONTROL REGISTER 3

R/W-1	R/W-1	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0
INT2IP	INT1IP	—	INT2IE	INT1IE	—	INT2IF	INT1IF
bit 7							bit 0

Legend:  
 R = Readable bit      W = Writable bit      U = Unimplemented bit, read as '0'  
 -n = Value at POR      '1' = Bit is set      '0' = Bit is cleared      x = Bit is unknown

*bcf INTCON3, INT1IE**bcf INTCON3, 6*

- bit 7      **INT2IP:** INT2 External Interrupt Priority bit  
 1 = High priority  
 0 = Low priority  
**INT1IP:** INT1 External Interrupt Priority bit  
 1 = High priority  
 0 = Low priority  
**Unimplemented:** Read as '0'  
**INT2IE:** INT2 External Interrupt Enable bit  
 1 = Enables the INT2 external interrupt  
 0 = Disables the INT2 external interrupt  
**INT1IE:** INT1 External Interrupt Enable bit  
 1 = Enables the INT1 external interrupt  
 0 = Disables the INT1 external interrupt  
**Unimplemented:** Read as '0'  
**INT2IF:** INT2 External Interrupt Flag bit  
 1 = The INT2 external interrupt occurred (must be cleared in software)  
 0 = The INT2 external interrupt did not occur  
**INT1IF:** INT1 External Interrupt Flag bit  
 1 = The INT1 external interrupt occurred (must be cleared in software)  
 0 = The INT1 external interrupt did not occur

*bander de INTS**bsf INTCON3, INT1IE*

22

(cont...)

REGISTER 9-1: INTCON: INTERRUPT CONTROL REGISTER								
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x	
GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMROIE	INTOIE	RBIE	TMROIF	INTOIF	RBIF <sup>(1)</sup>	
bit 7	1	0	1	0			bit 0	
<b>Legend:</b> R = Readable bit      W = Writable bit      U = Unimplemented bit, read as '0' -n = Value at POR      '1' = Bit is set      '0' = Bit is cleared      x = Bit is unknown								
bit 7	<b>GIE/GIEH:</b> Global Interrupt Enable bit When IPEN = 0: 1 = Enables all unmasked interrupts 0 = Disables all interrupts When IPEN = 1: 1 = Enables all high-priority interrupts 0 = Disables all interrupts		{ RCON.IPEN=1 } <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td>					
bit 6	<b>PEIE/GIEL:</b> Peripheral Interrupt Enable bit When IPEN = 0: 1 = Enables all unmasked peripheral interrupts 0 = Disables all peripheral interrupts When IPEN = 1: 1 = Enables all low-priority peripheral interrupts (if GIE/GIEH = 1) 0 = Disables all low-priority peripheral interrupts		{ } <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td>					
bit 5	<b>TMROIE:</b> TMRO Overflow Interrupt Enable bit 1 = Enables the TMRO overflow interrupt 0 = Disables the TMRO overflow interrupt		{ } <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td>					
bit 4	<b>INTOIE:</b> INTO External Interrupt Enable bit 1 = Enables the INTO external interrupt 0 = Disables the INTO external interrupt		{ } <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td>					
bit 3	<b>RBIE:</b> RB Port Change Interrupt Enable bit 1 = Enables the RB port change interrupt 0 = Disables the RB port change interrupt		{ } <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td>					
bit 2	<b>TMROIF:</b> TMRO Overflow Interrupt Flag bit 1 = TMRO register has overflowed (must be cleared in software) 0 = TMRO register did not overflow		{ } <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td>					
bit 1	<b>INTOIF:</b> INTO External Interrupt Flag bit 1 = The INTO external interrupt occurred (must be cleared in software) 0 = The INTO external interrupt did not occur		{ } <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td>					
bit 0	<b>RBIF:</b> RB Port Change Interrupt Flag bit <sup>(1)</sup> 1 = At least one of the RB7:RB4 pins changed state (must be cleared in software) 0 = None of the RB7:RB4 pins have changed state		{ } <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td> <td data-kind="ghost"></td>					

23

(cont...)

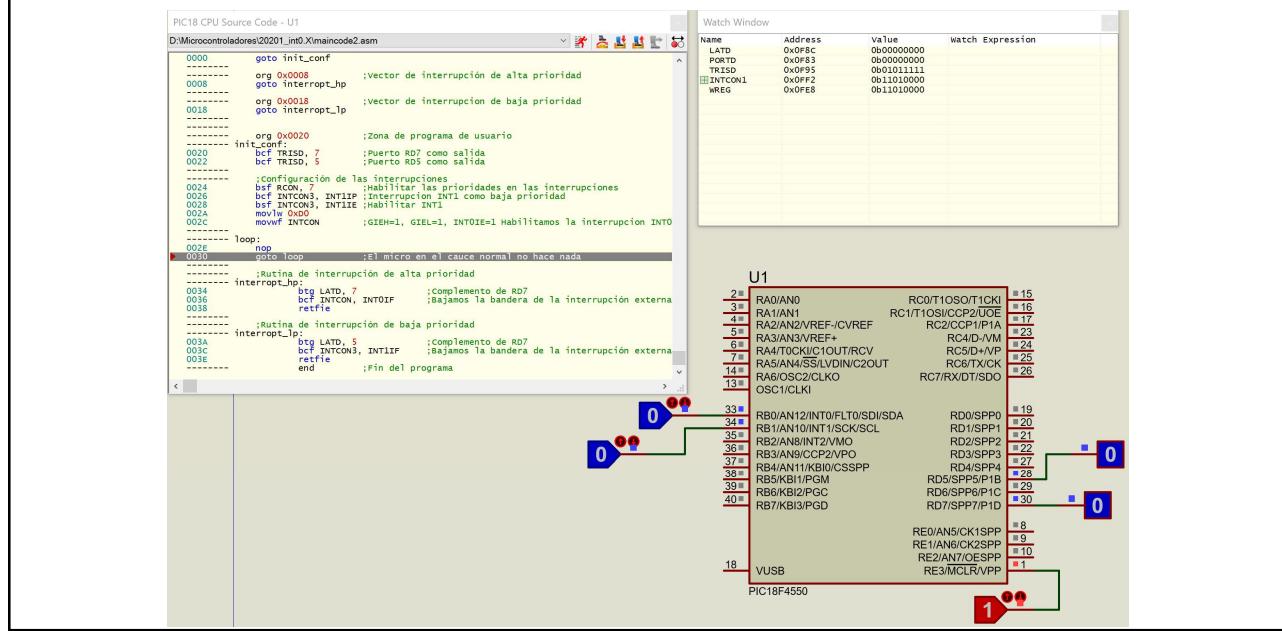
```

17      org 0x0000          ;Vector de RESET
18      goto init_conf
19
20      org 0x0008          ;Vector de interrupción de alta prioridad
21      goto interrupt_hp
22
23      org 0x0018          ;Vector de interrupcion de baja prioridad
24      goto interrupt_lp
25
26
27      org 0x0020          ;Zona de programa de usuario
28      init_conf:
29          bcf TRISD, 7    ;Puerto RD7 como salida
30          bcf TRISD, 5    ;Puerto RD5 como salida
31
32          ;Configuración de las interrupciones
33          bcf INTCON3, INT1IP ;Habilitar las prioridades en las interrupciones
34          bcf INTCON3, INT1IF ;Interrupcion INT1 como baja prioridad
35          bsf INTCON3, INT1IE ;Habilitar INT1
36          movlw 0xD0
37          movwf INTCON          ;GIEH=1, GIEL=1. Habilitamos la interrupcion INTO
38
39      loop:
40          nop
41          goto loop          ;El micro en el cauce normal no hace nada
42
43          ;Rutina de interrupción de alta prioridad
44          interrupt_hp:
45              btg LATD, 7        ;Complemento de RD7
46              bcf INTCON, INTOIF ;Bajamos la bandera de la interrupcion externa
47              retfie
48
49          ;Rutina de interrupcion de baja prioridad
50          interrupt_lp:
51              btg LATD, 5        ;Complemento de RD5
52              bcf INTCON3, INT1IF ;Bajamos la bandera de la interrupcion externa
53              retfie
54          end      ;Fin del programa

```

24

(cont...)



25

## Cuestionario:

- ¿Cómo procede el microcontrolador si ocurren dos interrupciones al mismo tiempo, una de alta prioridad y otra de baja prioridad?
- ¿Cómo procede el microcontrolador si se encontrase ejecutando la rutina de alta prioridad y ocurra en ese momento una interrupción de baja prioridad?
- ¿Cómo procede el microcontrolador si se encontrase ejecutando la rutina de baja prioridad y ocurra en ese momento una interrupción de alta prioridad?

26

## Fin de la sesión

- Destinar una hora el sábado y una hora el domingo para repasar el curso.