



MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica



Práctica 7 Interrupciones de un Microcontrolador

Agradecimiento

Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME
PE110618

1. Objetivos de aprendizaje

- Que el alumno obtenga conocimientos sobre el control de flujo de un programa en el cual logre programar las diferentes interrupciones de un microcontrolador.
 - a. Objetivos específicos.
- Que el alumno aprenda la configuración y la implementación de interrupciones externas en un microcontrolador, para que sea capaz de implementarlas en sus programas.

2. Introducción

Las interrupciones de los microcontroladores PIC de la gama media son interrupciones enmascarables y fijas, de modo que se pueden habilitar o inhabilitar globalmente y



MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica



además cada fuente de interrupción se puede habilitar o inhabilitar individualmente. Para que una solicitud de interrupción se haga efectiva, tanto la fuente de la interrupción como el sistema en su conjunto deben estar habilitados. El sistema se habilita o inhabilita globalmente mediante el bit GIE del registro de funciones especiales INTCON.

Los dispositivos con posibilidad de interrumpir se habilitan o inhabilita, individualmente mediante bits de los registros INTCON, PIE1 y PIE2.

Al ser todas las interrupciones fijas, todas las solicitudes, si están habilitadas, hacen que el microcontrolador pase a ejecutar la instrucción que esté en la dirección 4 de la memoria de programa. Dentro de la rutina de atención a la interrupción, el programador debe averiguar la fuente de la interrupción consultando los bits apropiados en los registros de funciones especiales (INTCON, PIR1 y PIR2) asociados al sistema de interrupción del PIC.

Cuando se produce una solicitud de interrupción, si el sistema en su conjunto y la fuente en particular están habilitados, el microcontrolador termina la instrucción en curso, guarda en la pila el valor del contador de programa y salta a la dirección 4 de la memoria de programa.

El tiempo transcurrido entre el momento en que se produce la solicitud de interrupción y el comienzo de la ejecución de la primera instrucción de la subrutina de atención a la interrupción (la que está en la dirección 4), está entre 3 y 3.75 ciclos de máquina. Este es el denominado tiempo de latencia de la interrupción, cuyo valor exacto depende del momento en que se produce la solicitud dentro de un ciclo de máquina y de la fuente de interrupción (si es interna o externa).

La figura 7.1 ilustra las operaciones que tienen lugar en el microcontrolador durante el tiempo de latencia. En primer lugar, se completa la instrucción que estaba en curso cuando se produjo la solicitud de interrupción; a continuación, se guarda en la pila el valor del contador del programa (PC), que apunta a la siguiente instrucción, y finalmente se pone el valor 0004 en el PC, con lo cual se salta la primera instrucción de la rutina que atiende la solicitud de interrupción. Al atender una solicitud de interrupción, el sistema de interrupciones queda inhabilitado (el bit GIE es puesto a 0).

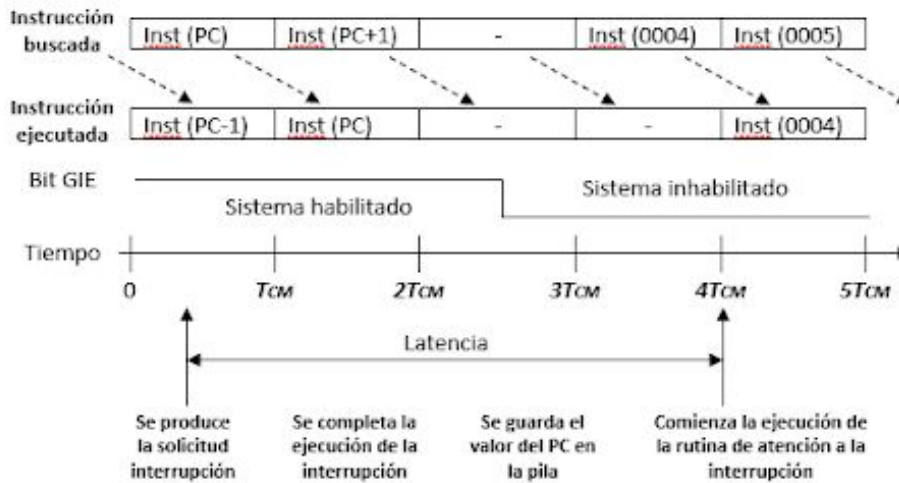


Figura 7.1 Fuentes (manual referido) Operaciones que tienen lugar en el microcontrolador durante el tiempo de latencia

Cada módulo de entrada y salida puede generar al menos una solicitud de interrupción. Entre las posibles fuentes de interrupción están las siguientes:

- Interrupción externa por el terminal INT del microcontrolador.
- Interrupción por cambio en el nivel lógico de las entradas RB4:RB7 del Puerto B.
- Interrupción por desbordamiento de los temporizadores Timer0, Timer1 y Timer2.
- Interrupción por algún evento en el módulo CCP.
- Interrupción por el puerto serie USART.
- Interrupción por el convertidor A/D.

Todos los PIC de la clase media usan al menos un registro de funciones especiales para controlar las interrupciones:

INTCON. En este registro se controla la interrupción externa (proveniente del terminal INT), la interrupción por cambio en los terminales RB4 a RB7 y la interrupción por desbordamiento del Timer0. Hay también un bit (GIE) para habilitar globalmente el sistema de interrupción. Las restantes fuentes de interrupción se controlan con los registros PIE1, PIR1, PIE2 y PIR2.



MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica



3. Equipo y material

- Microcontrolador con pines disponibles.
- Reloj de cuarzo (oscilador).
- Capacitores.
- Botón pulsador (para reiniciar el microcontrolador, para realizar la interrupción y para aumentar/decrementar).
- Resistencias.
- Luces indicadoras (una al menos para la salida).
- Protoboard y cables.
- Fuente de alimentación.

4. Metodología.

Se solicita al alumno que entienda la teoría sobre los registros asociados a la configuración de los pines de los puertos en un microcontrolador para emplearlos como interrupciones y salidas. Adicionalmente se solicita que genere un programa donde se lea información del medio externo, se procese la información en forma digital dentro del microcontrolador y posteriormente se despliegue la información relacionada con las entradas.

5. Desarrollo

a. Actividad I.

Diseño del programa. Se recomienda el uso de una tabla de entradas y salidas, definir las variables internas que necesite el programa (en su caso), generar y discutir diagramas de flujo. Se recomienda el uso de computadora y los programas necesarios para la compilación del programa en el lenguaje seleccionado. Además, se debe consultar la hoja de especificaciones del microcontrolador.

b. Actividad II

Diseño y simulación del circuito electrónico. Se consulta la hoja de especificaciones del microcontrolador para conectar los dispositivos de entrada y salida, así como los elementos de soporte, por ejemplo, el oscilador, la fuente de alimentación, el botón de reinicio (*reset*), por mencionar algunos. Se recomienda el



MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica



uso de computadora y los programas necesarios para la simulación del circuito, empleando el programa diseñado en la actividad I.

c. Actividad III

Alambrado del circuito. Interconectar los elementos seleccionados siguiendo el diagrama electrónico en una tarjeta *protoboard* (placa que posee unos orificios conectados eléctricamente entre sí siguiendo un patrón horizontal o vertical. Es empleada para realizar pruebas de circuitos electrónicos), previamente se debe grabar el código generado para el microcontrolador (archivo *.HEX), en un grabador, finalmente verificar que en el circuito no haya cortocircuitos antes de energizar el sistema.

6. Resultados

Para que el usuario de este manual pueda ver resultados, es necesario definir qué acción realizará la salida ante la entrada al momento de realizar una interrupción del tipo externa. Se verificará que se cumplan los valores de entrada en comparación a los de salida.

7. Aplicaciones

Las interrupciones son utilizadas para que el microcontrolador realice una determinada acción en caso de que un acontecimiento externo suceda y se deba de tomar alguna acción para poder atenderlo, un ejemplo de esto sería el control de una bomba en la cual la interrupción sería el desbordamiento del contenedor, por lo que el microcontrolador deberá tomar una acción para corregir este acontecimiento.

8. Bibliografía

- Enrique Palacios Municio. Fernando Remiro Domínguez, Lucas J. López Pérez. (2004). Microcontrolador PIC16F84 Desarrollo de proyectos. México: Alfaomega.
- Ramón Pallas Areny. (2007). Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC. México: Alfaomega.
- Microchip® (2019), PIC16F887 enero del 2019, de Microchip Sitio web: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30292D.pdf>
- Fernando E. Valdés Pérez, Ramon Pallás Areny. (2007). Microcontroladores: Fundamentos y aplicaciones con PIC. MARCOMBO



MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica



<https://books.google.com.mx/books?id=ODenKGOHMRkC&pg=PA224&lpg=PA224&dq=#v=onepage&q&f=false>

9. Posible Solución:

Lista de material sugerido

1. Microcontrolador: PIC16F887 o similar
2. Oscilador: Reloj de cuarzo de 20 MHz
3. Capacitores: Dos capacitores de 22pF
4. Luces indicadoras: Barra de LEDs
5. Botón de reinicio: Botón pulsador
6. Botón de interrupción: Botón pulsador
7. Botón de aumento/decremento: Botón pulsador
8. Resistencias: 16 de 330 Ω y 17 de 1K Ω
9. Tarjeta de desarrollo: Protoboard
10. Cables de colores: Calibre 22
11. Fuente de poder: 5V CD
12. Computadora: Programas de simulación y compilación
13. Grabador de microcontroladores.

DESARROLLO

a. Actividad I.

Diseño del programa y circuito electrónico.

Generando una tabla de entradas y salidas para las conexiones al microcontrolador. Se consultó la hoja de especificaciones.

Entrada	BIT	PIN	Registro de configuración asociado, (Asignar "unos" lógicos)	Salida	BIT	PIN	Registro de configuración asociado, (Asignar "ceros" lógicos)
PORTB	0	33	TRISB	PORTD	0	19	TRISD



MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES



Área: Electrónica

					1	20	
					2	21	
					3	22	
					4	27	
	1	34			5	28	
					6	29	
					7	30	

Tabla 7.2. Registros de entradas y salidas (versión 1) Fuente(s): Construcción propia, 2018.

El siguiente programa sirve para observar el uso e implementación de las interrupciones externas mediante el uso de un botón pulsador. El resultado de la operación se despliega en el Puerto D a través de 8 luces en este caso con una barra de LED (Tabla 7.2). La Figura 7.3 muestra el diagrama de flujo. A continuación, se muestra una breve descripción del programa diseñado.

1. Inicio.
2. Para configurar los puertos de entrada y de salidas con ayuda de los registros relacionados indicados por el fabricante. (Ver Tabla 7.2).
3. En el puerto D observamos el aumento o decremento de bits (dependiendo de la posición del botón pulsador), solicitado al momento de realizar una interrupción externa a través de un botón pulsador.
4. Repite.

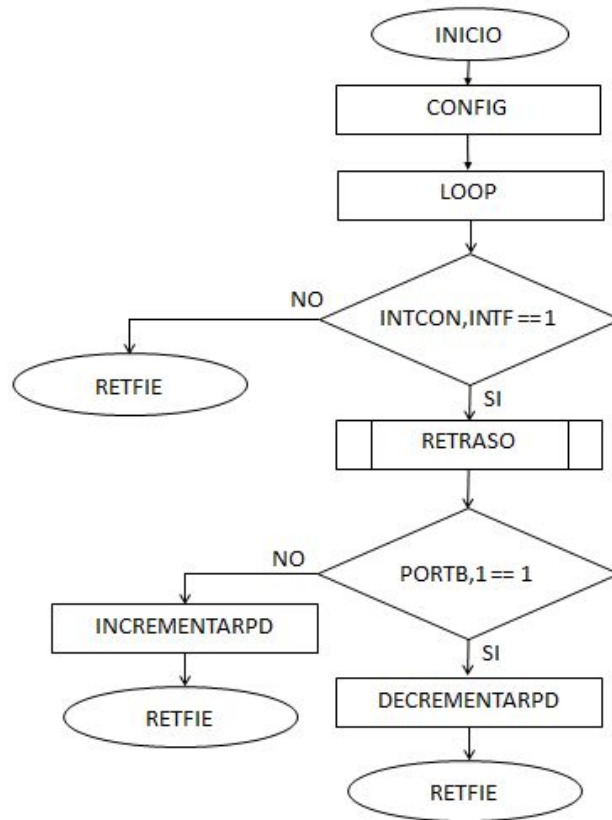


Figura 7.3. Diagrama de flujo del ejemplo de implementación de interrupciones externas (versión 1) Fuente(s): Construcción propia, 2018.

b. Actividad II

Simulación del circuito.

Se recomienda el uso de computadora y los programas necesarios para la simulación y la compilación del programa en lenguaje ensamblador.

El código mostrado en la Figura 7.4 se diseñó en el entorno de desarrollo de MPLAB para este documento.



MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica



```
#INCLUDE<P16F887.INC>
```

```
_CONFIG _CONFIG1, _MCLR_OFF & _WDT_OFF & _LVP_OFF & _CPD_OFF & _CP_OFF & _BOR_OFF & _FWRTE_ON & _FCMEN_OFF & _IESO_OFF & _DEBUG_OFF & _HS_OSC
```

```
DELAY1 EQU 0X20
DELAY2 EQU 0X21
ORG 0X00
GOTO SETUP
ORG 0X04 ; Vector de Interrupcion.
GOTO ISR ; Redirige a la etiqueta ISR.

SETUP
BSF STATUS,RP0 ; Banco 3.
BSF STATUS,RP1
CLRF ANSELH ; Conversión a digital de ANSELH.
CLRF ANSEL ; Conversión a digital de ANSEL.
BSF STATUS,RP0 ; Banco 1.
BCF STATUS,RP1
BSF TRISB,0 ; Bit 0 del puerto B entrada.
BSF TRISB,1 ; Bit 1 del puerto B entrada.
CLRF TRISD ; Puerto D salida.
MOVLW B'11000000' ; Asigna a W el valor binario de 11000000.
MOVWF OPTION_REG ; A OPTION_REG le asigna el valor de W.
BCF STATUS,RP0 ; Banco 0.
MOVLW B'11010000' ; Asigna a W el valor binario de 11010000.
MOVWF INTCON ; A INTCON le asigna el valor de W.
CLRF PORTD ; Limpia el puerto D.

LOOP
NOP ; Not Operation, gasta un ciclo maquina.
GOTO LOOP ; Redirige a la etiqueta LOOP.
```



MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES



Área: Electrónica

```

ISR
    BTFSS    INTCON,INTF    ; Pregunta si el INTF del INTCON esta en alto.
    RETFIE   ; No, sale de la interrupcion.
    CALL    RETRASO        ; Si, llama a la subrutina RETRASO.
    BTFSS    PORTB,1        ; Pregunta si el pin 1 del puerto B esta en alto.
    GOTO    INCREMENTARPD  ; No, redirige a esta etiqueta.
    GOTO    DECREMENTARPD ; Si, redirige a esta etiqueta.

INCREMENTARPD
    INCF    PORTD,F        ; Incrementa en 1 el bit el puerto D
    BCF    INTCON,INTF    ; Regresa de la interrupcion.
    RETFIE

DECREMENTARPD
    DECF    PORTD,F        ; Decrementa en 1 el bit del puerto D
    BCF    INTCON,INTF    ; Regresa de la interrupcion.
    RETFIE

; ////////////////////////////////// SUBRUTINAS //////////////////////////////////

RETRASO
    MOVLW   .3
    MOVWF   DELAY1
    MOVLW   .2
    MOVWF   DELAY2

DELAYLOOP
    DECFSZ  DELAY1,F
    GOTO    DELAYLOOP
    DECFSZ  DELAY2,F
    GOTO    DELAYLOOP
    RETURN

END

```

Figura 7.4. El programa en ensamblador (versión 1) Fuente(s): Construcción propia, 2018.

Además, en la Figura 7.5 se muestra una captura de pantalla del funcionamiento del PIC en el ambiente de simulación Proteus.

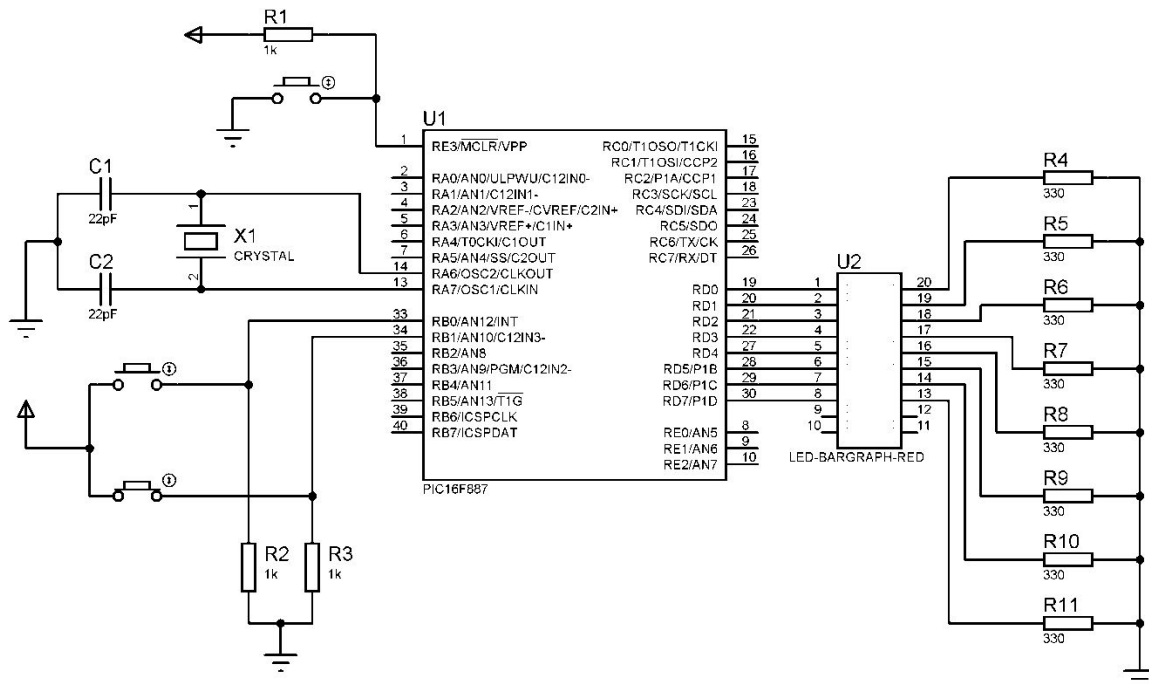


Figura 7.5. Circuito de la simulación, se observa que las salidas de la derecha reflejan el aumento o decremento (dependiendo de la posición del botón pulsador) de los bits al momento de realizar una interrupción externa mediante el botón pulsador (versión 1) Fuente(s): Construcción propia, 2018.

c. Actividad III Alambrado del circuito.

Se muestra en la figura 7.6 un circuito armado de la solución con los componentes sugeridos.

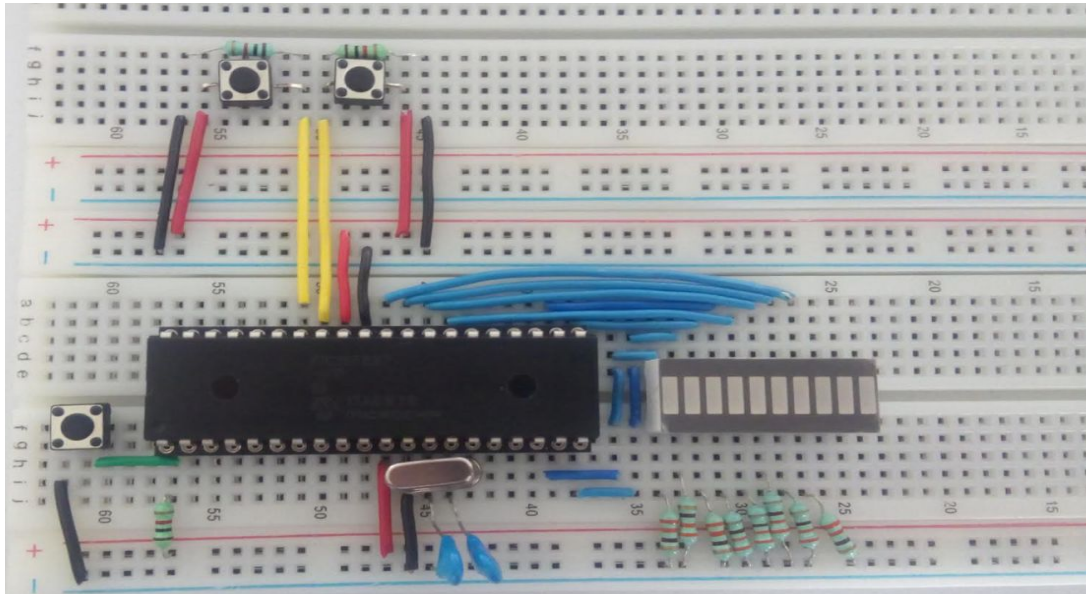


Figura 7.6. El circuito real de la práctica (versión 1) Fuente(s): Construcción propia, 2018.

Resultados / Conclusión

Se configuraron un puerto de un microcontrolador, uno configurado para esperar una interrupción y el otro como salidas (digitales), se ingresó una interrupción desde un pulsador, donde en el puerto D (salida) observamos el aumento o decremento de bits (dependiendo de la posición del botón pulsador).

10 AGRADECIMIENTOS

- Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE110618.
- Trabajo realizado con el apoyo de la Facultad de Estudios Superiores Aragón.



MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica

