



# MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES



Área: Electrónica

## Práctica 6 Modulación por Ancho de Pulso (PWM).

### Agradecimiento.

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

PE110618.

#### 1. Objetivos de aprendizaje.

a. Objetivo general.

2. Que el alumno obtenga conocimientos sobre el control de flujo de un programa en el cual logre observar el funcionamiento y la implementación de la modulación por ancho de pulso.

b. Objetivos específicos.

3. Analizar y configurar el funcionamiento PWM del microcontrolador PIC16F887.

4. Controlar la velocidad de una barra.

## 2. Introducción.

La modulación Pulse Width Modulation o modulación por ancho de pulso, se pueden crear una señal con determinada frecuencia que se determinará por la periodicidad de los pulsos de una señal y se usa desde el control de motores hasta controladores complejos. Un ciclo de trabajo muestra la cantidad de tiempo de la señal que se encuentra en un estado lógico alto (5V) lo cual consiste en introducir una serie de pulsos y no de manera continua, formando una señal digital cuadrada en las que se modifica parte del periodo en el que la señal está activa. Figura 6.1.

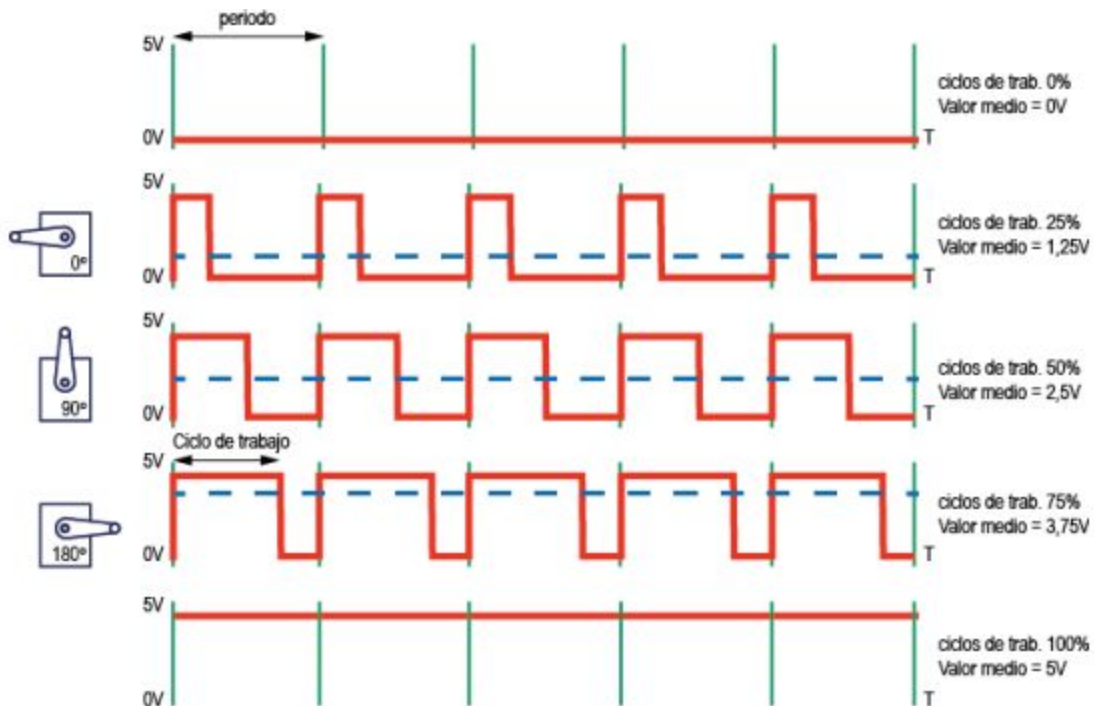


Figura 6.1, Fuentes: Computadoras, microcomputadoras y microcontroladores(microprocesadores.unam.mx), cambios de ciclos de trabajo.



# MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica



## 3. Equipo y material.

- Microcontrolador con al menos dos pines disponibles, al menos uno para que sea una entrada y otro para que sea salida.
- Reloj de cuarzo (oscilador).
- Capacitores.
- Botón pulsador (para reiniciar el microcontrolador).
- Resistencias.
- Luces indicadoras (una al menos para la salida).
- Protoboard y cables.
- Fuente de alimentación.
- Osciloscopio.

## 4. Metodología.

Se solicita al alumno que entienda la teoría sobre los registros asociados a la configuración del PWM en un microcontrolador para emplearlos como entradas o 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



# MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica



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 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 de desarrollo sin soldadura (*protoboard*), previamente se debe grabar el código generado para el microcontrolador (archivo \*.HEX).

## 6. Resultados.

Se comprende el funcionamiento y configuración del PWM, para realizar un control en la variación de éste. Verificar que no haya cortocircuitos antes de energizar el sistema. Se verificará que se cumplan los valores de salida con respecto a lo solicitado.

## 7. Aplicaciones.

El control de flujo de programa se usa para ejecutar un sin fin de algoritmos de control, tanto en proyectos electrónicos como en mecatrónicos. Los saltos condicionados e incondicionados se usan para subrutinas, manejo de información, respuestas automáticas, entre otras.

## 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.



# MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica



- Microchip® (2019), PIC16F887 enero del 2019, de Microchip Sitio web: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41291F.pdf>.
- Computadoras, microcomputadoras, microcontroladores recuperado en febrero 2018. [http://microprocesadores.unam.mx/assets/arduino\\_a\\_veces\\_mas\\_hardware.pdf](http://microprocesadores.unam.mx/assets/arduino_a_veces_mas_hardware.pdf).

# MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica

## 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. Resistencias: 16 de 330  $\Omega$  y 17 de 1K $\Omega$
7. Tarjeta de desarrollo: Protoboard
8. Cables de colores: Calibre 22
9. Fuente de poder: 5V CD
10. Osciloscopio.
11. Computadora: Programas de simulación y compilación
12. 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, (PWM). | Salida | BIT | PIN | Registro de configuración asociado, (Asignar "ceros" lógicos). |
|---------|-----|-----|--|--------|-----|-----|--|
| -----   | --- | --- | -----                                      | PORTD  | 0   | 19  | TRISD  |
|         |     |     |  |        | 1   | 20  |  |
|         |     |     |  |        | 2   | 21  |  |
|         |     |     |  |        | 3   | 22  |  |
|         |     |     |  |        | 4   | 27  |  |
|         |     |     |  |        | 5   | 28  |  |



# MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica



|  |  |  |  |       |   |    |       |
|--|--|--|--|-------|---|----|-------|
|  |  |  |  |       | 6 | 29 |       |
|  |  |  |  |       | 7 | 30 |       |
|  |  |  |  | PORTC | 2 | 17 | TRISC |

Tabla 6.2. Registros de entradas y salidas (versión 1) Fuente(s): Construcción propia, 2018.

El siguiente programa sirve para observar el funcionamiento del PWM ubicado en el pin 2 del puerto C mediante la implementación en un registro de velocidad. 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 6.2), y en el puerto C a través de 1 luz ubicada en el pin 2. La Figura 6.3 muestra el diagrama de flujo. A continuación, se muestra una breve descripción del programa diseñado.

1. Inicio.
2. Para configurar los puertos de salidas con ayuda de los registros relacionados indicados por el fabricante. (Ver Tabla 6.2).
3. En el puerto D observamos el aumento y decremento de bits de forma secuencial de acuerdo al registro de velocidad implementado con la ayuda del PWM.
4. Repite.

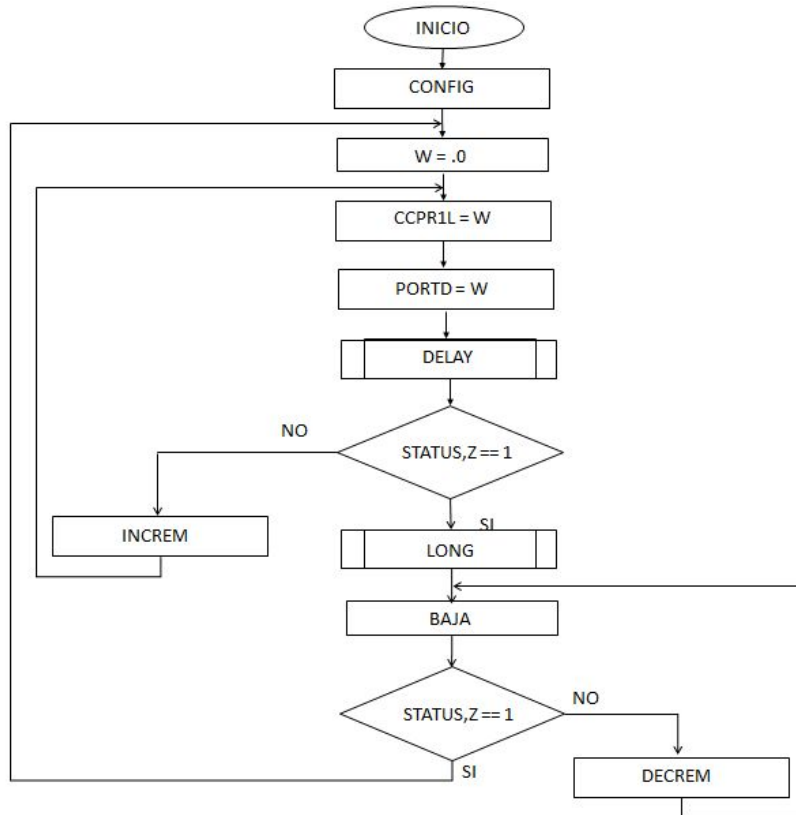


Figura 6.3. Diagrama de flujo del ejemplo del registro de velocidad regulable mediante el uso de la Modulación por Ancho de Pulso (versión 1)  
Fuente(s): Construcción propia, 2018.

## 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 6.4 se diseñó en el entorno de desarrollo de MPLAB para este documento.



# MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica



```
#Include <pic16F887.inc>

_CONFIG _CONFIG1, _MCLRE_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
Delay3 EQU 0X22

ORG 0x00

Setup
    BSF STATUS,RP0 ; Cambio al Banco 1
    MOVLW .255 ; Carga la literal 255 en w (configuración)
    MOVWF PR2 ; Configuración del periodo del PWM
    BCF TRISC,2 ; PC2 es salida
    CLRF TRISD ; PD es salida
    BCF STATUS,RP0 ; Cambio al banco 0
    BCF STATUS,RP1 ; Cambio al banco 0
    MOVLW b'01111111' ; Carga la literal b'01111111'en w (configuración)
    MOVWF T2CON ; postescala 1/16; timer2 ON; Preescala 16
    MOVLW b'00001100' ; Carga la literal b'00001100'en w (configuración)
    MOVWF CCP1CON ; Salida simple de PWM, pág.124 pic16f887;

LOOP: MOVLW .0

SUBE: MOVWF CCP1L ; El resultado de ADC se asigna al PWM
    MOVWF PORTD ; el resultado de ADC se despliega en el PD
    CALL DELAY
    MOVLW .250
    XORWF CCP1L,w
    BTFSS STATUS,Z
    GOTO INCREM
    CALL LONG
    MOVLW .250

BAJA: MOVWF CCP1L ; El resultado de ADC se asigna al PWM
    MOVWF PORTD
    CALL DELAY
    MOVLW .0
    XORWF CCP1L,w
    BTFSS STATUS,Z
    GOTO DECREM
    GOTO LOOP

DECREM: movlw .10
    subwf CCP1L,W
    GOTO BAJA

INCREM: movlw .10
    addwf CCP1L,W
    GOTO SUBE
```



# MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica



```
;          S U B R U T I N A   D E   R E T A R D O

DELAY
    MOVLW    .150                ; Carga la literal 0xF0 en w
    MOVWF    Delay2              ; Delay2 = w

DelayLoop
    DECFSZ    Delay1,f            ; Decrementa el registro Delay1 y pregunta por Z==1?
    GOTO      DelayLoop          ; NO, Se salta a la etiqueta DelayLoop
    DECFSZ    Delay2,f            ; SI, Decrementa el registro Delay2 y pregunta por Z==1?
    GOTO      DelayLoop          ; NO, Se salta a la etiqueta DelayLoop
    RETURN                                ; REGRESA de la subrutina

LONG
    MOVLW    .10                 ; Carga la literal 0xF0 en w
    MOVWF    Delay3              ; Delay2 = w

LONGLOOP
    DECFSZ    Delay1,f            ; Decrementa el registro Delay1 y pregunta por Z==1?
    GOTO      LONGLOOP           ; NO, Se salta a la etiqueta DelayLoop
    DECFSZ    Delay2,f            ; SI, Decrementa el registro Delay2 y pregunta por Z==1?
    GOTO      LONGLOOP           ; NO, Se salta a la etiqueta DelayLoop
    DECFSZ    Delay3,f            ; SI, Decrementa el registro Delay2 y pregunta por Z==1?
    GOTO      LONGLOOP           ; NO, Se salta a la etiqueta DelayLoop
    RETURN

END
```

Figura 6.4. El programa en ensamblador (versión 1) Fuente(s): Construcción propia, 2018.

Además, en la Figura 6.5 se muestra una captura de pantalla del funcionamiento del PIC en el ambiente de simulación Proteus.

# MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROCONTROLADORES

Área: Electrónica

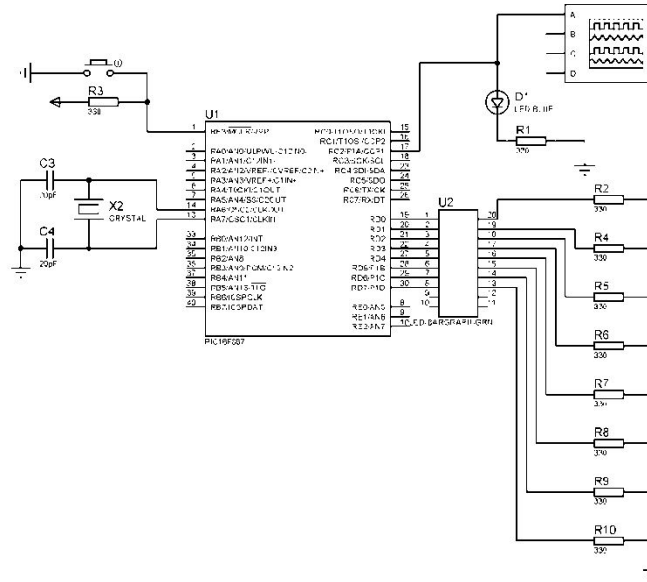


Figura 6.5. Circuito de la simulación, se observa que las salidas de la derecha y el osciloscopio reflejan el perfil de velocidad realizado con una velocidad asignada (versión 1) Fuente(s): Construcción propia, 2018.

c. Actividad III.

## Alambrado del circuito.

Se muestra en la figura 6.6 un circuito armado de la solución con los componentes sugeridos.

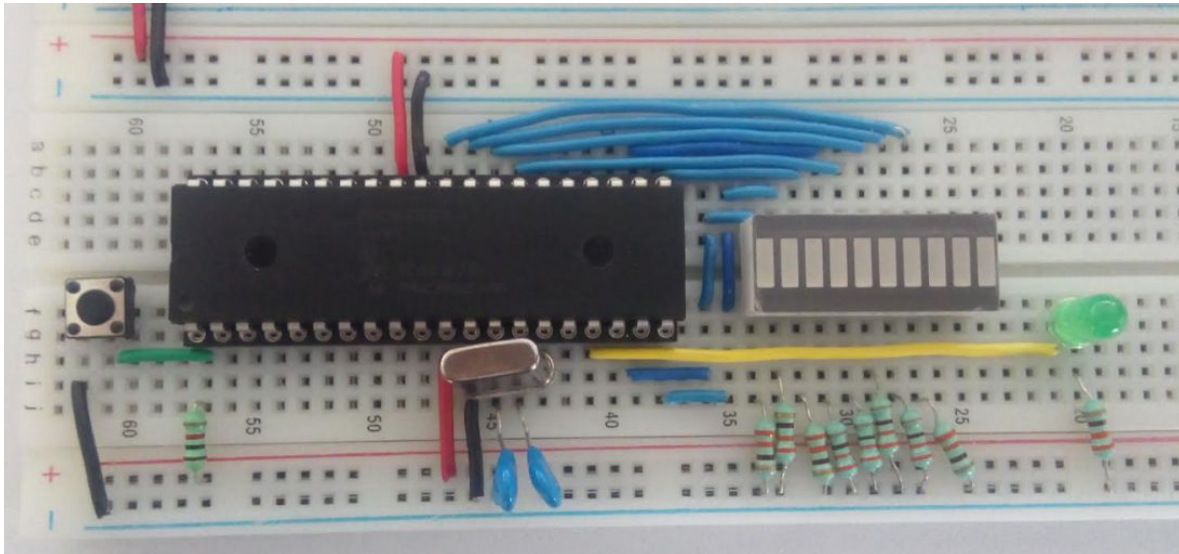


Figura 6.6. El circuito real de la práctica (versión 1) Fuente(s): Construcción propia, 2018.

## Resultados / Conclusión.

Se observa el funcionamiento del PWM ubicado en el pin 2 del puerto C mediante la implementación en un registro de velocidad. El resultado de la operación se desplegó en el Puerto D a través de 8 luces en este caso con una barra de LED (y en el puerto C a través de 1 luz ubicada en el pin 2. Es muy útil tener conocimiento de PWM, ya que es muy usado en el mundo de los microcontroladores.

## 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

