LABORATORIO Nº1
COMPILACION, SIMULACION Y CREACION DE APLICACIONES BÁSICAS CON MIROCONTROLADORES.

I. OBJETIVOS

- ✓ Usar la aplicación de Microchip MPLAB en la creación, compilación, simulación y programación de micro controladores.
- ✓ Usar la aplicación PROTEUS como herramienta de depuración y prueba de código realizado en la aplicación MPLAB.
- ✓ Implementar aplicaciones sencillas y verificar su funcionamiento en condiciones reales.

II. MATERIAL DE APOYO

- ➢ Ordenador con las aplicaciones PROTEUS Y MPLAB X.
- ➢ Microcontrolador de la serie PIC16F88X.
- ➢ Programador de microcontroladores PIC.
- ➢ Protoboard
- ➢ Resistencias, Diodos, Switch, pulsadores, etc.
- ➢ Fuente de alimentación 5V

III. EQUUPOS NECESARIOS

- ➢ PC y Software de simulación.

IV. INTRODUCCIÓN

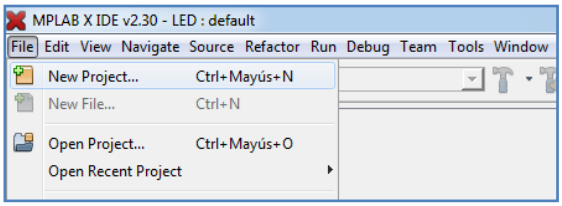
Parte del desarrollo de aplicaciones con micro controladores son de vital importancia las herramientas que permiten llevar a cabo esta labor, el MPLAB y el PROTEUS, son solo una pequeña muestra de las aplicaciones desarrolladas con este fin. Con el uso de las mismas se puede realizar las operaciones de creación, depuración y terminado final de sistemas de control completo realizadas alrededor del uso de estos versátiles dispositivos.

Con el desarrollo de esta práctica se quiere que el estudiante se familiarice con el entorno de trabajo en el que se realizaran las diversas aplicaciones, haciendo programas sencillos que permitan asimilar el uso de herramientas de uso común en este tipo de labores.

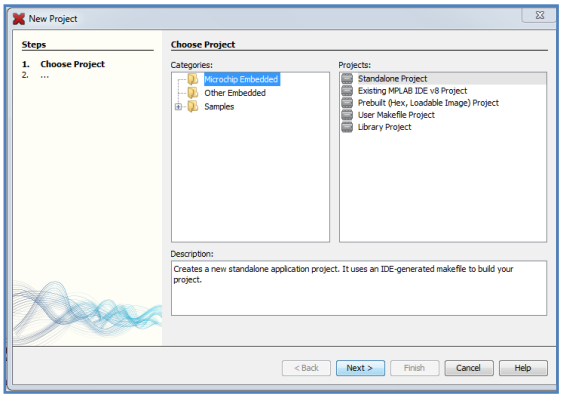
V. PRIMER EJERCICIO

1) *Creación de un proyecto*

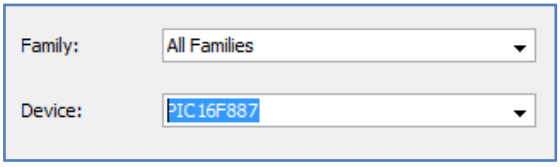
Para comenzar un nuevo proyecto en MPLAB hacemos click en *File/New Project.*



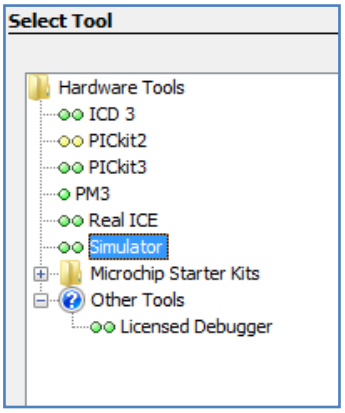
En *Categories* se selecciona *Microchip Embedded*. Click en *Next.*



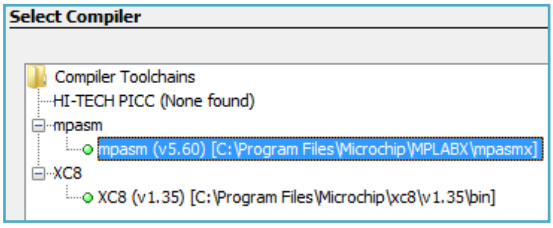
A continuación en *Device* se busca la referencia del microcontrolador a trabajar, en este caso PIC16F887. Click en *Next.*



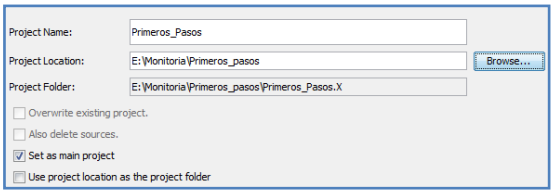
En *Select Tool / Hardware Tools* se selecciona *Simulator*. Click en *Next.*



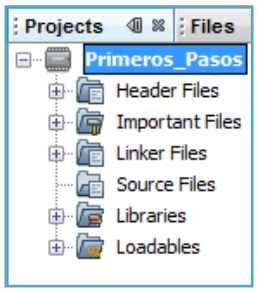
En *Select Compiler* se selecciona el compilador adecuado para ensamblador. Click en *Next.*



Y para finalizar la creación del nuevo proyecto se nombra y se da click en *Finish.*

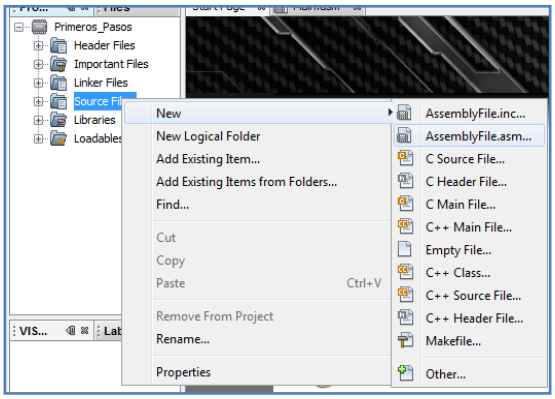


A continuación se podrá ver en la parte izquierda de la ventana del MPLAB el proyecto creado.

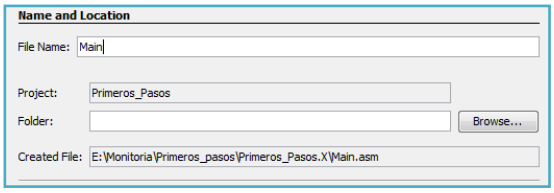


2) *Configuración básica*

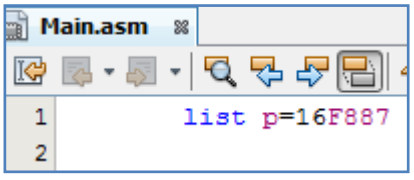
Para crear el archivo principal del programa se da click derecho en *Source Files* y se selecciona *New/AssemblyFlie.**asm…***



A continuación se nombra el archivo y se da click en *Finish.*



La primera línea de código define con que pic se va a trabajar, en esta se enlista el pic.



El paso a seguir es darles lugar y a los registros con los que se trabajara en el programa a desarrollar. En este ejemplo manejaremos los registros *CONFIG1, CONFIG2, STATUS, TRISA, PORTA.* Esta inclusión de los registros se da de la siguiente manera:

En el capítulo de *Memory Organization* del datasheet podemos encontrar la dirección de todos los registros. Usando la sentencia *EQU* le asignamos a cada registro su respectiva dirección.

```
2     _CONFIG1          EQU  H'2007'
3     _CONFIG2          EQU  H'2008'
4     STATUS            EQU  H'0003'
5     TRISA             EQU  H'0085'
6     ANSEL             EQU  H'0188'
7     ANSELH            EQU  H'0189'
8     PORTA             EQU  H'0005'
9     RA0               EQU  H'0000'
10    RP0               EQU  H'0005'
11    RP1               EQU  H'0006'
```

Se da lugar también a *RA0* que es el bit que se manejara en el *PORTA* y a *RP0* y *RP1* los cuales determinan en que banco se está trabajando.

Para la configuración de bits para el pic es necesario ir al datasheet de éste. En el capitulo llamado SPECIAL FEATURES OF THE CPU se encuentra la descripción de los diferentes registros de configuración (*CONFIG1 – CONFIG2*).

Para el registro *CONFIG1* los bits a modificar serán desde el bit 0 hasta el bit 12 y el resto de bits se dejan en 1:

FOSC define el tipo y la velocidad del oscilador que se usará. En este caso será INTRC_NOCLKOUT.

WDTE define el estado del watchdog timer. En este caso será OFF.

PWRTE define el estado de power-up timer. En este caso será OFF.

MCLRE define el estado del master clear. En este caso será ON.

CP define el estado de seguridad del código del programa. En este caso será OFF.

CPD define el estado de seguridad de la memoria. En este caso será OFF.

BOREN define el estado de brown out reset. En este caso será ON.

IESO define el estado de switcheo interno/externo. En este caso será ON.

FCMEN define el estado de guardacaída del reloj. En este caso será OFF.

LVP define el estado de programación a bajo voltaje. En este caso será OFF.

Configurando de esta manera los bits de *CONFIG1* el dato que será cargado es igual a 0XE3F4

Para el registro *CONFIG2* los bits a modificar serán desde el bit 8 al bit 10 y el resto se deja en 1:

BOR4V define el rango del Brown-out reset. En este caso será *BOR21V*.

WRT define el estado de la protección de escritura sobre la memoria. En este caso será OFF.

Configurando de esta manera los bits de *CONFIG2* el dato que será cargado es igual a 0XFEFF

```
;Configuracion de bits
    __CONFIG _CONFIG1, 0XE3F4
    __CONFIG _CONFIG2, 0XFEFF
```

Para los registros de propósito general (variables) se deben definir a partir de la posición *0X20* (notación hexadecimal). Se hace uso de las palabras *CBLOCK* y *ENDC* las cuales ayudan a la definición de variables.

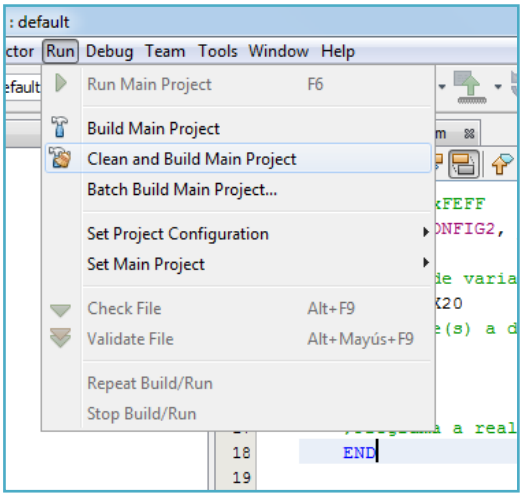
```
10
11    ;Definicion de variables
12    CBLOCK 0X20
13        ;Variable(s) a definir
14    ENDC
15
```

Y por último se define el inicio del programa el cual será a partir de la posición *0X00*.

```
14    ENDC
15
16    ORG .0
17        ;Programa a realizar
18    END
19
```

Para verificar que todo ha salido bien hasta acá sería conveniente que se compilara y corriera lo

que se lleva de programa. Para esto se accede a *Run/ Clean and Build Main Project*



Si todo está bien el programa debe correr sin ningún error.

```
BUILD SUCCESSFUL (total time: 3s)
Loading code from E:/Monitoria/Primeros_
Loading completed
```

3) *Primeros ejercicios*

Blinking led.

Primero se debe configurar el puerto que va a ser usado, en este caso será el *PORTA* y su configuración será por medio de los registros *TRISA Y ANSEL*. Como va a ser un dato de salida digital por *RA0* se debe cargar el dato *0X00* en los registros *TRISA* y *ANSEL*.

Nota: El registro TRIS define el estado de salida o entrada de los PORT. Si el bit del registro TRIS esta en 1 significa que será de tipo entrada y si es 0 significa que será de tipo salida. El registro ANSEL define si PORTA o PORTE son entradas de tipo analógico o digital, si son entradas analógicas ANSEL será puesto en 1 y si son entradas digitales ANSEL será puesto en 0.

Como el registro *TRISA* esta en el banco 1 es necesario posicionar el puntero allí y para esto modificamos los 2 bits *RP0* y *RP1* del registro *STATUS*.

RP<1:0>: Register Bank Select bits (used for direct addressing)
00 = Bank 0 (00h-7Fh)
01 = Bank 1 (80h-FFh)
10 = Bank 2 (100h-17Fh)
11 = Bank 3 (180h-1FFh)

Como vamos a trabajar solamente con *RA0* solo nos importara el valor del bit menos significativo de *TRISA* y *ANSEL*

```
16          ORG .0
17              BSF     STATUS,RP0  ;
18              BCF     STATUS,RP1  ; Bank1
19              BCF     TRISA,0     ;RA0 como salida
20          END
```

Para cambiar al banco donde se encuentra el registro *ANSEL* también se puede usar el comando *BANKSEL*.

```
16          ORG .0
17              BSF     STATUS,RP0  ;
18              BCF     STATUS,RP1  ; Bank1
19              BCF     TRISA,0     ; RA0 como salida
20              BANKSEL ANSEL       ; Bank3
21              CLRF    ANSEL       ; Ansel clareado
22              BANKSEL PORTA       ; Bank0
23          END
```

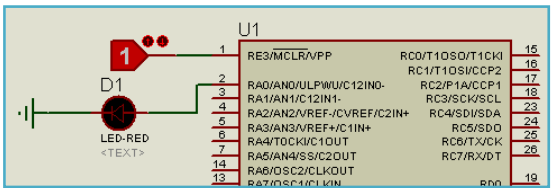
CLRF es una instrucción que sirve para dejar todos los bits de un registro en 0.

Al terminar la configuración de puertos nos devolvemos al banco 0 y procedemos a empezar el programa.
Como ya tenemos la configuración de los puertos no necesitamos volver a ese código en un futuro por esto es necesario crear una etiqueta la cual nos marcará el punto de retorno. Las etiquetas pueden tener cualquier nombre, en este caso se llamará *LOOP*.

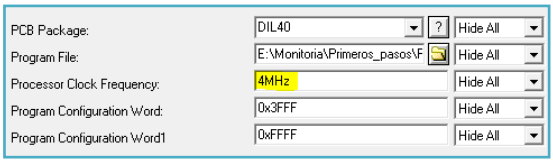
Para poner el bit *RA0* en 1 se utiliza la instrucción *BSF (Bit Set f)* y con la instrucción *GOTO* nos devolvemos a la posición de la etiqueta.

```
22              BANKSEL PORTA       ; Bank0
23      LOOP:
24              BSF     PORTA,RA0   ;RA0=1
25              GOTO    LOOP        ;Puntero en loop
26          END
```

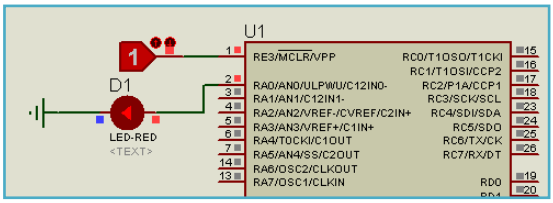
Para verificar el funcionamiento compilamos. Y realizamos un montaje sencillo en *PROTEUS*.



Para cargar el proyecto en el pic de *PROTEUS* se le da doble click a éste, en *Program File* se busca la carpeta donde se guardo el proyecto, en este caso la dirección será *Primeros_pasos/ Primeros_pasos.X/ dist/ default/ production/ Primeros_Pasos.X.production.**cof***. Se carga el archivo .cof dado que este se puede ejecutar paso a paso y de esta manera trabajar más cómodamente.



Al correr la simulación se debe ver el led encendido solamente. Es necesario activar el master clear (PIN1) de lo contrario el pic no estará activo.



Para hacer que el led parpadee es necesario crear un retardo por software, para esto hay que tener en cuenta el tiempo que tarda una instrucción (Tcy).

$$T_{cy} = \frac{4}{f_{osc}}$$

Donde f_{osc} es la frecuencia de oscilador configurada previamente; si f_{osc} no ha sido definida por el programador ésta tendrá un valor de $4Mhz$ por defecto.

Ejemplo de retardo por software:

Primero se creara una variable CONT1.

```
11    ;Definicion de variables
12        CBLOCK 0X20
13            CONT1
14        ENDC
```

Después se le carga un valor X, en este caso será de 100

```
32                MOVLW   .100
33                MOVWF   CONT1
```

Haciendo uso de la instrucción DECFSZ (Decrementar f, Salto si 0) se comienza a decrementar el valor de CONT1. Siempre y cuando el valor no sea cero el apuntador se devolverá una posición (GOTO $-1).

```
34                DECFSZ  CONT1
35                GOTO    $-1
```

Teniendo en cuenta cuantos ciclos de instrucción tarda desde que CONT1 = X hasta que CONT1 = 0 se puede estimar el tiempo de retardo.

```
32                MOVLW   .100        ;1 Tcy
33                MOVWF   CONT1       ;1 Tcy
34                DECFSZ  CONT1       ;100 * 1 Tcy
35                GOTO    $-1         ;100 * 2 Tcy
```

El tiempo de retardo para este ejemplo será:

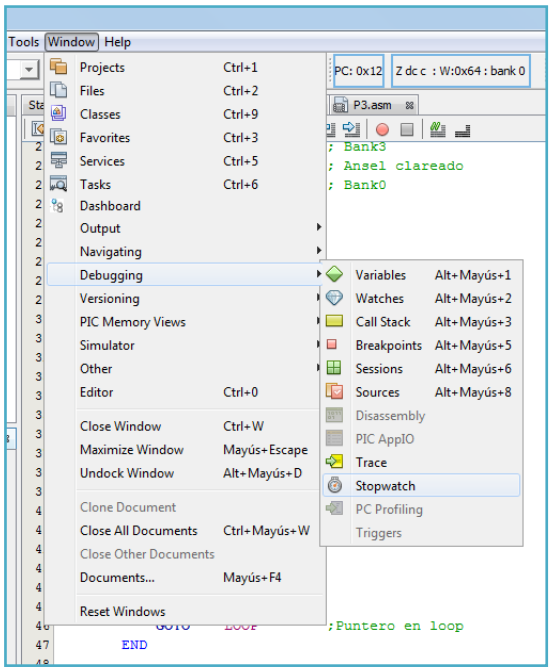
$$1T_{cy} = \frac{4}{f_{osc}} = \frac{4}{4\times10^{6}\,Mhz} = 1\times10^{-6}\,seg$$

$$T = T_{cy}\left(2+100(3)\right)$$

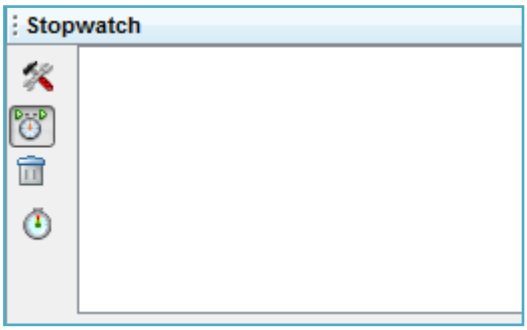
$$T = 1\times10^{-6}\left(2+100(3)\right)$$

$$T = 302\times10^{-6}\,seg$$

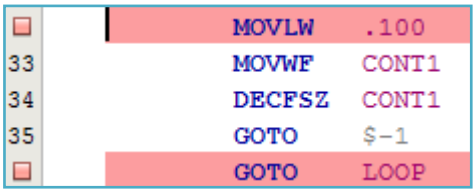
Para confirmar que el tiempo de retardo usamos la opción *Stopwatch* la cual se encuentra en *Window/ Debugging/*



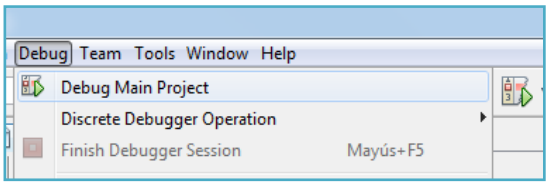
Aparecerá algo así.



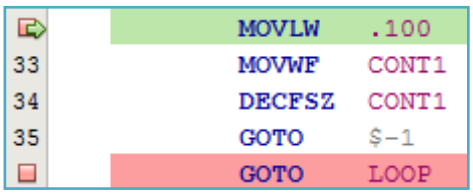
Enseguida damos un simple click en los números correspondientes al inicio y fin del retardo recién creado, como se ve a continuación.



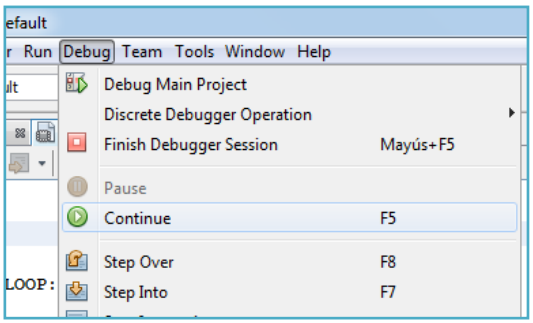
Para observar el tiempo que tarda el programa desde CONT1 = 100 hasta que CONT1 = 0 usamos la opción *Debug Main Project* la cual se encuentra en *Debug/*



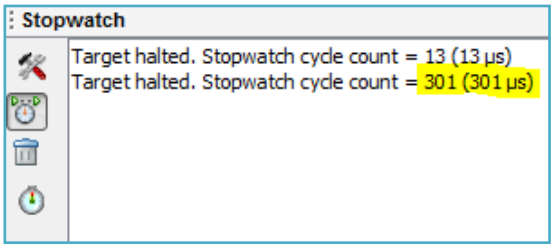
El programa se detendrá en la primera línea resaltada en rojo ahora verde.



Enseguida se le da click a la opción de *Continue* la cual se encuentra en *Debug/*



De inmediato en la ventana de *Stopwatch* se podrá observar el tiempo transcurrido de limite a limite el cual debe ser de $T \approx 302 \times 10^{-6} seg$



Cuando CONT1 = 255 será el máximo tiempo de retardo. $T_{max} = 767 \times 10^{-6} seg$

<u>Nota:</u> Para crear un retardo por software más grande se debe aumentar el número de variables contadoras.

```
MOVLW   X               ;1 Tcy
MOVWF   CONT1           ;1 Tcy
MOVLW   Y               ;X * 1 Tcy
MOVWF   CONT2           ;X * 1 Tcy
DECFSZ  CONT2           ;X * Y * 1 Tcy
GOTO    $-1             ;X * Y * 2 Tcy
DECFSZ  CONT1           ;X * 1 Tcy
GOTO    $-5             ;X * 2 Tcy
```

Ya con el retardo por software podemos hacer que el led parpadee añadiendo al programa unas líneas de código que cambien el estado de RA0. Si RA0 es igual a 0 entonces que se vuelva 1 y viceversa.

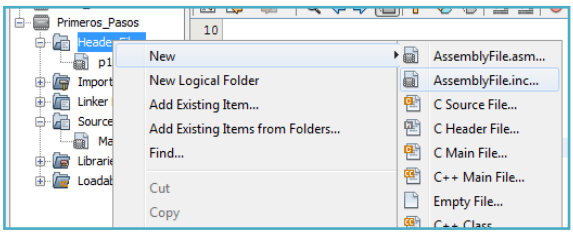
```
BTFSS   PORTA,RA0
GOTO    $+3
BCF     PORTA,RA0
GOTO    $+2
BSF     PORTA,RA0
```

De esta manera el programa completo será:

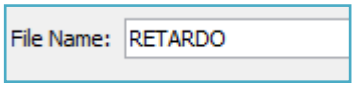
```
25      LOOP:
26              BTFSS   PORTA,RA0
27              GOTO    $+3
28              BCF     PORTA,RA0
29              GOTO    $+2
30              BSF     PORTA,RA0
31
32              MOVLW   .100
33              MOVWF   CONT1
34              DECFSZ  CONT1
35              GOTO    $-1
36              GOTO    LOOP
```

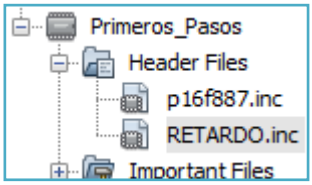
Solo queda compilar y simular para verificar el funcionamiento.

Para dejar el retardo como una rutina primero se crea un archivo .inc en la carpeta de *Header Files.*



Se le nombra a este archivo RETARDO.





En este archivo se debe darle un nombre a la rutina, de preferencia el mismo nombre (RETARDO).

```
1       RETARDO:
2
3               RETURN
```

Y en este se pega el código correspondiente al retardo creado por software.

```
1       RETARDO:
2               MOVLW   X
3               MOVWF   CONT1
4               MOVLW   Y
5               MOVWF   CONT2
6               DECFSZ  CONT2
7               GOTO    $-1
8               DECFSZ  CONT1
9               GOTO    $-5
10      RETURN
```

Para incluir la rutina en el programa principal es necesario escribir #INLCUDE “RETARDO.INC” antes de END en el archivo Main.asm

```
#INCLUDE "RETARDO.INC"
    END
```

Y en el programa principal en donde se encontraba el código del retardo se reemplaza con CALL RETARDO

```
30    LOOP:
31              BTFSS     PORTA,RA0
32              GOTO      $+3
33              BCF       PORTA,RA0
34              GOTO      $+2
35              BSF       PORTA,RA0
36
37              CALL      RETARDO
38
39              GOTO      LOOP
```

De esta manera el programa se da por terminado.

VI. DESCRIPCIÓN DEL LABORATORIO

Contador/conversor (bin a BCD). Se debe realizar un contador que cuente hasta 255. Cada cambio debe durar mínimo 1 seg. Ésta cuenta se debe visualizar en 12 led. Unidades y decenas serán parte baja y parte alta de PORTB y centenas serán la parte baja de PORTC. Además deberá contar con una opción de carga de datos, de esta manera se podrá cargar el valor de inicio del respectivo conteo por un dip switch a PORTA, este valor será cargado en base hexa. Cada que el conteo finalice se deberá visualizar sobre los 12 led una determinada secuencia de intermitencia diseñada por el estudiante que duré no menos de 1 min. Debe contar con una opción de reinicio.

VII. BIBLIOGRAFIA

[1]. Microcontroladores dsPIC Diseño práctico de aplicaciones. Tercera Edición. J. Mª. Angulo Usategui y I. Angulo Martínez. Editorial McGraw Hill, 2007

[2]. Microcontroladores PIC Diseño práctico de aplicaciones. Tercera Edición. J. Mª. Angulo Usategui y I. Angulo Martínez. Editorial McGraw Hill, 1999

[3]. Microcontroladores PIC. La clave del diseño. E. Martín Cuenca , J. Mª. Angulo Usategui y I. Angulo Martínez. Editorial Thomson

[4]. Microcontroladores PIC, la solución en un chip J. Mª. Angulo Usategui, E. Martín Cuenca y I. Angulo Martínez. Editorial Paraninfo, 2000

[5]. Microcontrolador PIC16F84. Desarrollo de proyectos. PALACIOS, E.- REMIRO, F. y LÓPEZ, L.J. Febrero 2004. Rústica y CD-ROM, 648 Págs..

[6]. Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers Principles and applications. Tim Wilmshurst. 2007. Elsevier