

# EL256 - Microcontroladores

Semana 2

Semestre 2024-2

Profesor: Kalun José Lau Gan

1

## Talleres gratuitos de orientación psicopedagógica:



2

## Agenda:

- La familia PIC18 de Microchip
- El Curiosity Nano PIC18F57Q43
- Manejo de la documentación (hojas técnicas y repositorios)
- El MPLAB X IDE
- Primer ejemplo implementado

3

## Preguntas previas:

- ¿Debo de tener los materiales para esta semana?
  - Esta semana 2 iniciaremos con las experiencias de laboratorio con el PIC18F57Q43 de manera dirigida, es decir, el profesor hará toda la experiencia de implementación. Se recomienda tener los materiales para las experiencias de la semana 3.
- El lenguaje Assembler para el microcontrolador lo debemos de saber previamente o lo vamos a ver en las clases?
  - Se los va a atender durante las sesiones con el compromiso de que el alumno practique.
- ¿Cuáles son los softwares que necesito instalar en mi PC?
  - MPLAB X versión 6.20 (la mas actual)
  - XC8 versión 2.50 (la mas actual)
- ¿Qué cable se usa para el Curiosity Nano?
  - Cable USB a MicroUSB de datos

4

## Preguntas previas:

- ¿Hay algún libro sobre este nuevo microcontrolador?
  - No
- Al conectar el Curiosity Nano a la PC solo se enciende, no lo detecta. ¿Qué puede ser?
  - El cable USB que has usado no transporta datos por ende no lo reconoce, cambia de cable.
- ¿Cómo puedo saber si mi PC ha detectado correctamente el Curiosity Nano?
  - Al conectar el Curiosity Nano a la PC, si es que es la primera vez, la PC instalará de manera automática los controladores (drivers) y aparecerá como popup una ventana de explorador de Windows y se visualizará una unidad de disco correspondiente al Curiosity Nano. (Verificado en Windows 10 y 11)
- ¿El microcontrolador se usa en la industria o solamente con fines académicos? ¿Se puede conectar otro microcontrolador al microcontrolador que estamos usando mediante pines?
  - Los microcontroladores los encuentras en casi todos los equipos electrónicos, desde un reloj hasta el equipo electrónico mas avanzado.
  - Es posible conectar dos microcontroladores y establecer un canal de comunicación entre ellos, mediante el uso de comunicación serial en sus diferentes tipos: I2C, SPI ó UART.

5

## Preguntas previas:

- ¿Es necesario tener un osciloscopio en el curso? ¿Alguna referencia de modelos de scopes pequeños?
  - Es opcional y nos servirá para visualizar señales que cambian de forma en el tiempo, como el PWM.



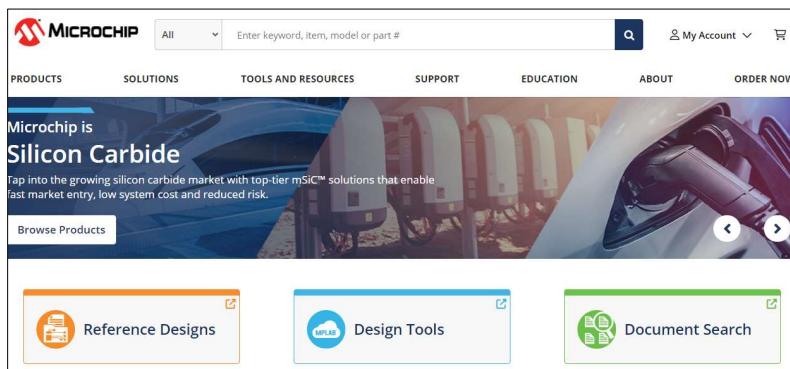
6

## Mercado de los microcontroladores

- Actualmente hay preferencias en usar microcontroladores de 8 bits y de 32 bits:
  - Aplicaciones de baja a mediana escala de complejidad -> 8bits
  - Aplicaciones de mediana a alta escala de complejidad -> 32bits
- Se ha disminuido el uso de microcontroladores de 16 bits, muy posible debido a similitud de costos de manufactura y estrecha relación con los de 32 bits.
- Los precios entre micros de 32bits y 8 bits están muy similares.
- Los µC de 8 bits naturalmente consumen menos energía.

7

## Microchip INC

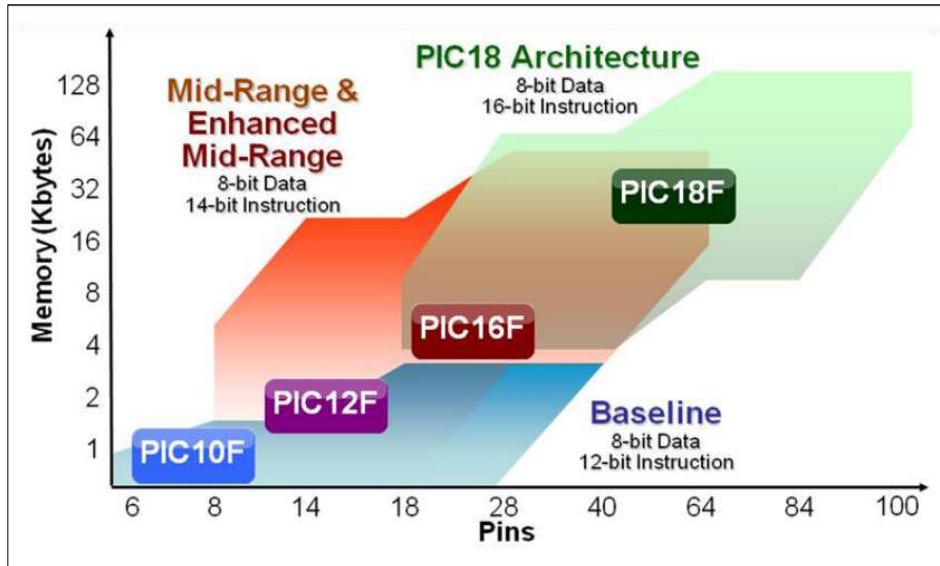


- División de semiconductores de General Instrument, en 1989 se independizó y se formó Microchip INC.
- Actual líder en el mercado de microcontroladores de **8 bits**.
- En Julio del 2016 compró Atmel y todo su portafolio de productos.
- También adquirió Micrel, Microsemi, KeeLoq, HI-TECH Software, Novocell, ISSC, etc.

8

# Microchip INC

- Familias de microcontroladores PIC de 8 bits



9

# ST Microelectronics

- Líder en microcontroladores de 32bits (STM32)

STM32 MCUs 32-bit Arm® Cortex®-M			
	<b>High Performance</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>STM32F7: 1082 CoreMark, 216 MHz Cortex-M7</li> <li>STM32H7: Up to 3224 CoreMark, Up to 550 MHz Cortex-M7, 240 MHz Cortex-M4</li> <li>STM32F2: 398 CoreMark, 120 MHz Cortex-M3</li> <li>STM32F4: 608 CoreMark, 180 MHz Cortex-M4</li> <li>STM32H5: Up to 1023 CoreMark, 250 MHz Cortex-M33</li> </ul>		
	STM32G0: 142 CoreMark, 64 MHz Cortex-M0+	STM32B4: 569 CoreMark, 170 MHz Cortex-M4	
	STM32C0: 114 CoreMark, 48 MHz Cortex-M0+	STM32F0: 106 CoreMark, 48 MHz Cortex-M0	
	STM32F1: 177 CoreMark, 72 MHz Cortex-M3	STM32F3: 245 CoreMark, 72 MHz Cortex-M4	Optimized for mixed-signal applications
	STM32L4+: 409 CoreMark, 120 MHz Cortex-M4	STM32U5: 651 CoreMark, 160 MHz Cortex-M33	
	STM32L0: 75 CoreMark, 32 MHz Cortex-M0+	STM32L4: 273 CoreMark, 80 MHz Cortex-M4	
	STM32L5: 443 CoreMark, 110 MHz Cortex-M33		
	STM32WL: 162 CoreMark, 48 MHz Cortex-M4, 48 MHz Cortex-M0+	STM32WB: 216 CoreMark, 64 MHz Cortex-M4, 32 MHz Cortex-M0+	STM32WBA: 407 CoreMark, 100 MHz Cortex-M33
			Cortex-M0+ Radio co-processor

10

# Familia PIC18 de Microchip

- Primeros dispositivos PIC18: ej. PIC18F452
- Siguiente generación de PIC18: ej. PIC18F4550
- Actualización de generación de PIC18: Familia K ej. PIC18F45K50
- Familias “Q” de PIC18: Q10, Q40/41, Q43, Q71, Q83/84 ej. PIC18F57Q43
- Nuevas familias Q PIC18: Q20, Q24 (released 27/11/2023)

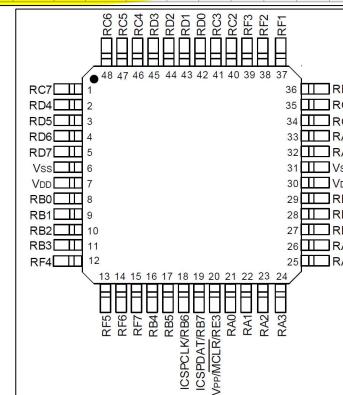
Product Family	Pin Count	Program Flash Memory (KB)	RAM (KB)	Data EEPROM (bytes)	8-bit PIC® Microcontrollers												
					Intelligent Analog		Waveform Control <sup>(1)</sup>		Logic and Math		Safety and Monitoring		Communications		User Interface		Low Power and System Flexibility
PIC18-Q40/41	14-20	16-64	1-4	512	12 <sup>(b)</sup>	✓	8	✓ <sup>(a)</sup>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PIC18-Q43	28-48	32-128	2-8	1024	12 <sup>(b)</sup>	✓	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PIC18-Q83 <sup>(c)</sup> /84 <sup>(D)</sup>	28-48	64-128	8-13	1024	12 <sup>(b)</sup>	✓	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PIC18-Q10	28-40	16-128	1-3.6	256-1024	10 <sup>(b)</sup>	✓	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PIC18-Q71	28-48	16-64	1-4	256	12 <sup>(b)</sup>	✓	8 <sup>(b)</sup> /10	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

11

## El Microcontrolador PIC18F57Q43

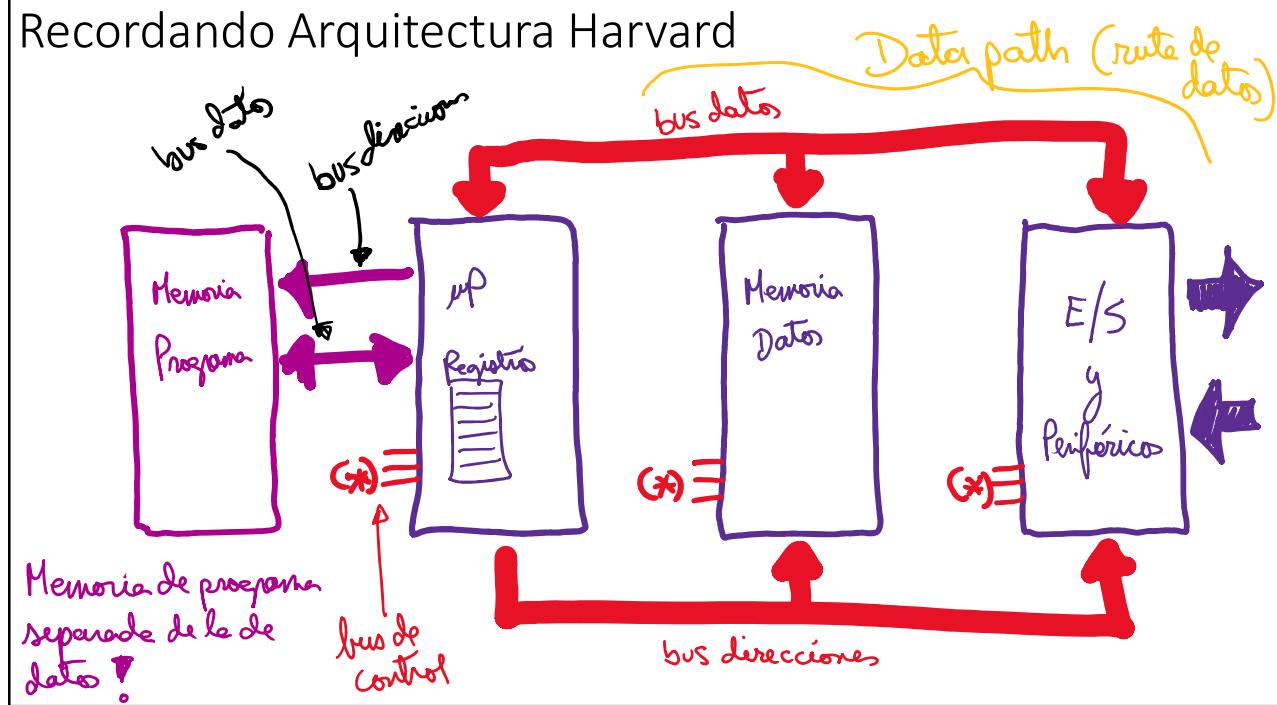
Device	Program Memory Flash (bytes)	Data SRAM (bytes)	Data EEPROM (bytes)	Memory Access Partition/ Device Information Area	I/O Pins/ Peripheral Pin Select	8-Bit Timers with H/T	16-Bit Dual PWM/ CCP	Complementary Waveform Generator	Signal Measurement Timer	Numerically Controlled Oscillator	Configurable Logic Cell	12-Bit ADC (channels)	8-Bit DAC	Comparator/ Zero-Cross Detect	High-Low Voltage Detect	SPI/I <sup>2</sup> C	UART/	UART with Protocol Support	Direct Memory Access (DMA)	Windowed Watchdog Timer	16-Bit CRC with Scanner	Vectorized Interrupts	Peripheral Module Disable	Temperature Indicator
PIC18F27Q43	128k	8192	1024	Y/Y	25/Y	3/4	3/3	3	1	3	8	24	1	2/1	1	2/1	4/1	6	Y	Y	Y	Y	Y	Y
PIC18F47Q43	128k	8192	1024	Y/Y	36/Y	3/4	3/3	3	1	3	8	35	1	2/1	1	2/1	4/1	6	Y	Y	Y	Y	Y	Y
PIC18F57Q43	128k	8192	1024	YY/Y	44/Y	3/4	3/3	3	1	3	8	43	1	2/1	1	2/1	4/1	6	Y	Y	Y	Y	Y	Y

- Encapsulado de 48 pines
- Amplio rango de voltaje de alimentación: 1.8V – 5.5V DC
- Bajo consumo energético (menor a 800nA en modo SLEEP y alrededor de 1mA en operación con 4MHz, 5V)
- Amplio rango de temperatura: -40°C – +85°C (grado industrial)
- Hasta 64MHz de frecuencia en CPU
- Memoria de programa de 128Kbytes y memoria de datos de 8Kbytes
- Periféricos nuevos (detector de cruce por cero, CLC, etc)
- Interrupciones vectorizadas
- Módulo PPS para asignación de funciones en los pines



12

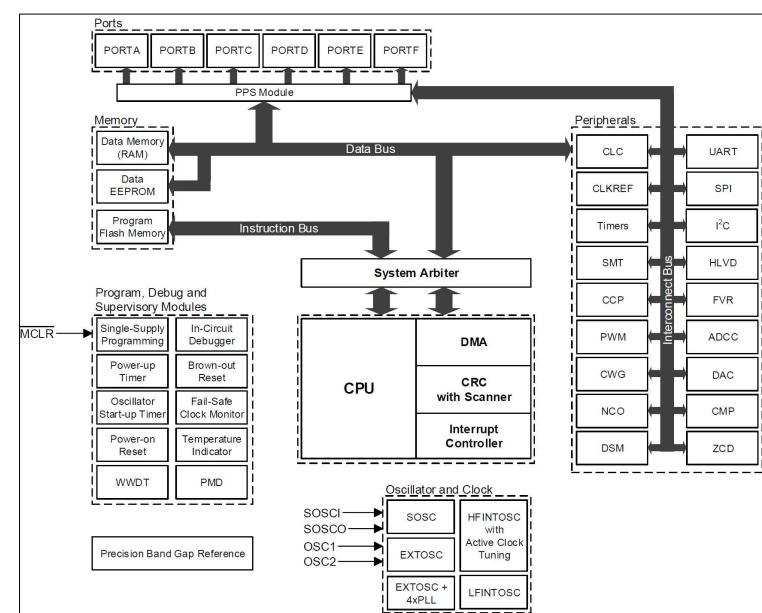
## Recordando Arquitectura Harvard



13

## El Microcontrolador PIC18F57Q43

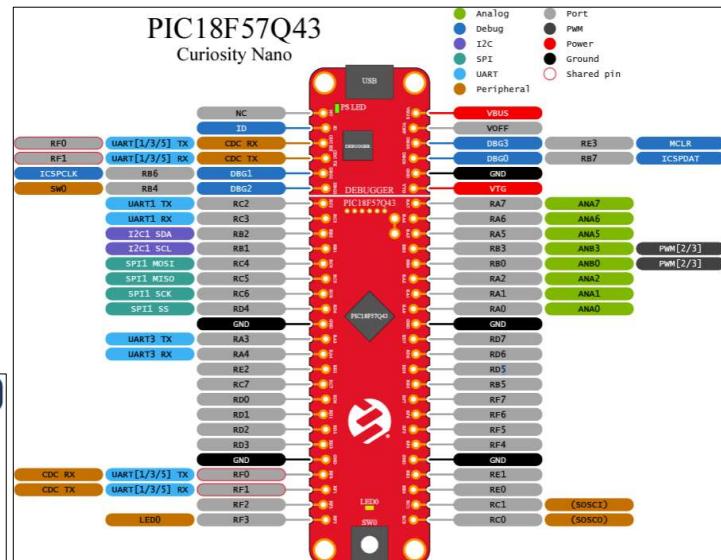
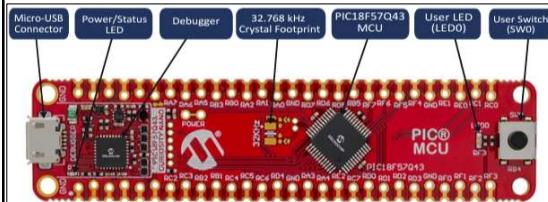
- Arquitectura Harvard:
  - Memoria de programa separada de la memoria de datos y con buses independientes
- Cambio en organización de la memoria de datos
- Módulo Timer0 mejorado
- ADC mejorado de 12bits
- Módulo generador de voltaje de referencia para el ADC



14

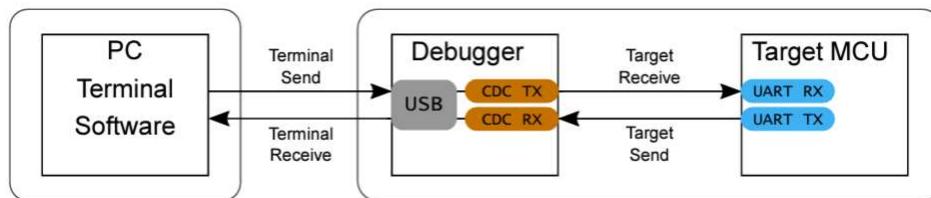
## El módulo Curiosity Nano PIC18F57Q43

- Plataforma de desarrollo que integra programador/depurador y microcontrolador PIC18F57Q43.
- Integra un LED (RF3) y un pulsador (RB4), ambos activos en bajo, el pulsador requiere resistencia pull-up.



## El módulo Curiosity Nano PIC18F57Q43

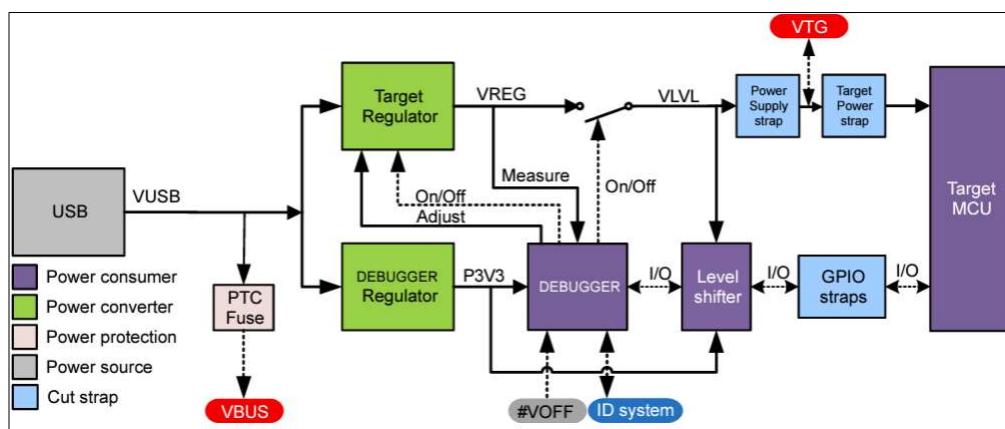
- Al conectar el Curiosity Nano a la PC con el cable de datos USB-MicroUSB se habilitará un puerto serial para hacer labores de depuración/comunicación
- Dirigirse al Administrador de Dispositivos del Windows (dentro del Panel de Control) para que puedan identificar el puerto serial que se ha habilitado (COMx)
- Software terminal serial puede ser el PuTTY, HyperTerminal, Arduino IDE



17

## El módulo Curiosity Nano PIC18F57Q43

- Posee dos terminales de voltaje de alimentación disponibles para el usuario:
  - VBUS: Conexión directa de la alimentación del puerto USB (5V DC)
  - VTG: Alimentación ajustable y controlable a través del MPLAB X



18

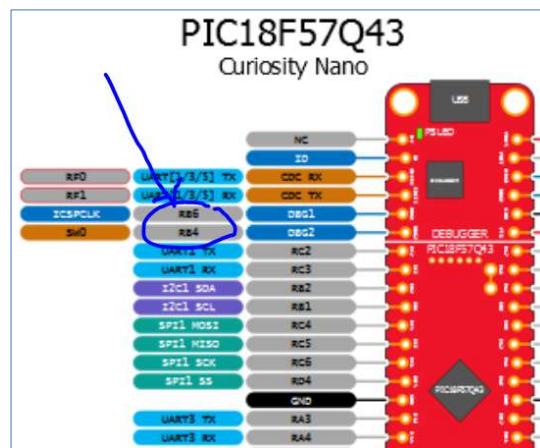
## Recomendaciones al usar el Puerto VTG

- **NO CONECTAR LOS PINES “V<sub>BUS</sub>” Y “V<sub>TG</sub>” A LA VEZ!!!**
  - El ajuste de voltaje de este puerto se realiza en el MPLABX
  - Antes de grabar el dispositivo en el MPLABX, entrar a propiedades del proyecto y activar la energía (opción Power)

19

# El módulo Curiosity Nano PIC18F57Q43

- No encuentro los pines RB4 y RB6 en el Curiosity Nano...
  - Los puedes encontrar no rotulados y siguiendo el diagrama de pines en la documentación.



20

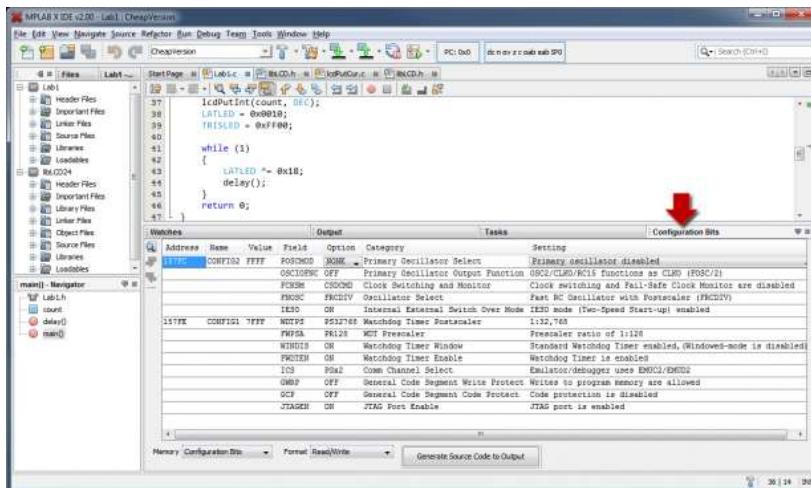
## Comentario:



- Pero dichos algoritmos. ¿En dónde son ejecutados? En hardware!
- Se tiene que construir el hardware primero!

21

## El MPLAB X IDE



- Descargable desde el siguiente link:  
<https://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide>  
<https://www.microchip.com/development-tools/pic-and-dspic-downloads-archive>

22

## MPASM vs. PICASM (XC8 Assembler)

- MPASM fué el lenguaje de programación hasta la v5.35 del MPLABX, actualmente en obsolescencia.
- XC8 PIC Assembler es el nuevo formato de lenguaje y soportado por la nueva versión 6.20
- Las instrucciones en los microcontroladores no han variado, solo la sintaxis de programación (el core del microcontrolador es el mismo).
- Evolución: MPLAB -> MPLAB X (32bits) -> MPLAB X (64bits)
- Documentación: /Program Files/Microchip/xc8/v2.46/docs/MPLAB\_XC8\_PIC\_Assembler\_User\_Guide.pdf

23

## Importancia de tener las hojas técnicas de los IC's a usar:

- Las hojas técnicas (datasheet) son proporcionadas por el fabricante del IC's y se detallan todas las funcionalidades, capacidades, configuraciones, limitaciones, etc de dicho dispositivo, es la información mas fiel.
- En nuestro caso tendremos siempre presente la hoja técnica del microcontrolador PIC18F57Q43 rev. H (actualizado al 2024)

		PIC18F27/47/57Q43																																																																			
		28/40/44/48-Pin, Low-Power, High-Performance Microcontroller with XLP Technology																																																																			
Introduction																																																																					
This PIC18-Q43 microcontroller family is available in 28/40/44/48-pin devices for real-time control applications. This family features a 12-bit Analog-to-Digital Converter (ADC), a 12-bit Current Comparison (CC) automotive Current Sense Voltage Divider, and an advanced multi-touch sensing, averaging, filtering, oversampling and threshold comparison. This family showcases a new 16-bit Pulse-Width Modulator (PWM) module which provides dual independent outputs on the same time base. Additional features include vectored interrupt controller with fixed latency for handling interrupt system bus arbiter, Direct Memory Access (DMA) capability, Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART), I2C® support, bidirectional SPI, Digital Multiplex (DMP), Digital Addressable Lighting Interface (DALI) and Local Interconnect Network (LIN) protocols, Serial Peripheral Interface (SPI), I²C, memory features like Memory Access Partition (MAP) to support users in data protection and bootloader applications, and Device Information Area (DIA), which stores factory calibration values to help improve temperature sensor accuracy.																																																																					
PIC18-Q43 Family Types																																																																					
Table 1. Devices Included in This Data Sheet.																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Device</th> <th>Programmable Flash Memory (bytes)</th> <th>Data Flash (bytes)</th> <th>EEPROM (bytes)</th> <th>RTC RAM (bytes)</th> <th>RTC ROM (bytes)</th> <th>RTC RAM (bytes)</th> <th>RTC ROM (bytes)</th> <th>Memory Access Partition</th> <th>Device Information Area</th> <th>PCI (Pin)</th> <th>PCI (Pin)</th> <th>PCI (Pin)</th> <th>PCI (Pin)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PIC18F27Q43</td> <td>128K</td> <td>8192</td> <td>1024</td> <td>YY</td> <td>25Y</td> <td>3/4</td> <td>3/3</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>8</td> <td>32</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>PIC18F47Q43</td> <td>128K</td> <td>8192</td> <td>1024</td> <td>YY</td> <td>36Y</td> <td>3/4</td> <td>3/3</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>8</td> <td>32</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>PIC18F57Q43</td> <td>128K</td> <td>8192</td> <td>1024</td> <td>YYY</td> <td>44Y</td> <td>3/4</td> <td>3/3</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>8</td> <td>43</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>														Device	Programmable Flash Memory (bytes)	Data Flash (bytes)	EEPROM (bytes)	RTC RAM (bytes)	RTC ROM (bytes)	RTC RAM (bytes)	RTC ROM (bytes)	Memory Access Partition	Device Information Area	PCI (Pin)	PCI (Pin)	PCI (Pin)	PCI (Pin)	PIC18F27Q43	128K	8192	1024	YY	25Y	3/4	3/3	3	1	3	8	32	1	PIC18F47Q43	128K	8192	1024	YY	36Y	3/4	3/3	3	1	3	8	32	1	PIC18F57Q43	128K	8192	1024	YYY	44Y	3/4	3/3	3	1	3	8	43	1
Device	Programmable Flash Memory (bytes)	Data Flash (bytes)	EEPROM (bytes)	RTC RAM (bytes)	RTC ROM (bytes)	RTC RAM (bytes)	RTC ROM (bytes)	Memory Access Partition	Device Information Area	PCI (Pin)	PCI (Pin)	PCI (Pin)	PCI (Pin)																																																								
PIC18F27Q43	128K	8192	1024	YY	25Y	3/4	3/3	3	1	3	8	32	1																																																								
PIC18F47Q43	128K	8192	1024	YY	36Y	3/4	3/3	3	1	3	8	32	1																																																								
PIC18F57Q43	128K	8192	1024	YYY	44Y	3/4	3/3	3	1	3	8	43	1																																																								

24

## Revisión de documentos

- Hoja técnica del PIC18F57Q43
  - <https://ww1.microchip.com/downloads/aemDocuments/documents/MCU08/ProductDocuments/DataSheets/PIC18F27-47-57Q43-Data-Sheet-40002147F.pdf> (rev. F)
  - <https://ww1.microchip.com/downloads/aemDocuments/documents/MCU08/ProductDocuments/DataSheets/PIC18F27-47-57Q43-Microcontroller-Data-Sheet-XLP-DS40002147.pdf> (rev. H 2024)
- Hoja técnica del Curiosity Nano PIC18F57Q43
  - <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/PIC18F57Q43-Curiosity-Nano-HW-UserGuide-DS40002186B.pdf>
- MPLAB XC8 PIC Assembler User Guide
  - //Program Files/Microchip/xc8/v2.50/docs/MPLAB\_XC8\_PIC\_Assembler\_User\_Guide.pdf

25

## Procedimiento para desarrollar una aplicación con el microcontrolador PIC18F57Q43 en los laboratorios

1. Análisis del problema y ver los requerimientos (puertos E/S, tipo de señales, velocidad, consumo energético, etc)
2. Desarrollamos el hardware (el circuito implementado)
3. Elaboramos el algoritmo (Flowchart, Nassi-Schneiderman, etc)
4. Redactamos el código en un lenguaje de programación (Assembler, BASIC, C, Python, etc) 
5. Compilar y realizar la pruebas (simulación (SW), emulación (HW), programación (HW))

26

## Importancia de los comentarios en un código fuente

- Cuando uno desarrolla un programa, en cualquier lenguaje de programación, es fundamental colocar comentarios.
- Los comentarios no añaden espacio de memoria luego de la compilación.
- Los comentarios sirven para recordar ideas, configuraciones, procesos, algoritmos, etc que le permitan al programador en un tiempo después ver lo que hizo en dicho momento.
- En MPASM ó XC8 PICASM los comentarios van antecedidos por un punto y coma (;)

27

## Consideraciones importantes al usar simuladores

- El uso de simuladores ha permitido acelerar los procesos de validación de circuitos eléctricos y electrónicos, **pero** no es un determinante a la hora de validar en forma física.
- En la mayoría de casos en ingeniería electrónica el producto final es algo físico por lo que no solamente podemos fiarnos de una simulación y dar por sentado que la propuesta funcione correctamente.
- En Proteus hay elementos que no se muestran en el momento de hacer simulaciones.
- El software Proteus a la fecha no posee módulo de simulación del microcontrolador PIC18F57Q43

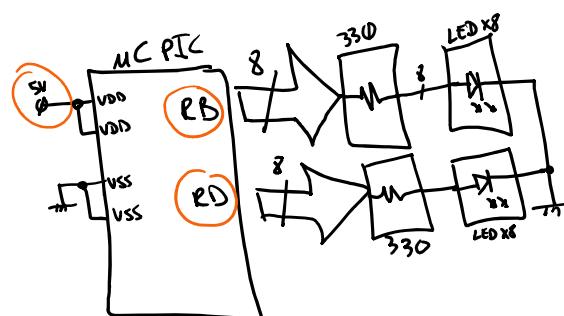
28

## Sobre el MPLAB X IDE

1. Crear un proyecto (seleccionar Standalone Project)
2. Seleccionar el dispositivo microcontrolador (PIC18F57Q43)
3. Seleccionar la herramienta “pic-as” (XC8 PIC Assembler)
4. Crear el archivo header (\*.inc) e incluirle los bits de configuración (Window / Target Memory Views / Configuration Bits), dicho archivo debe de estar en la carpeta “Header Files”
5. Crear el archivo fuente (\*.s) e incluir el archivo header dentro del cuerpo, dicho archivo debe de estar en la carpeta “Source Files”
6. Para compilar: 
7. El archivo generado de la compilación tiene extensión \*.hex ó \*.elf
8. Para grabar en el Curiosity Nano: 

29

Hay dos pines de Vdd y dos pines de Vss, es necesario conectar todos?

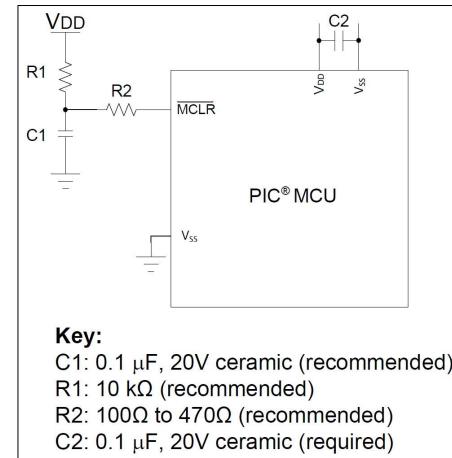


Se deben de conectar todos los pines de alimentación para que el microcontrolador pueda obtener mayor capacidad de corriente en caso lo requiera la aplicación.

30

## Detalles técnicos iniciales

- Voltaje de alimentación del PIC18F57Q43
  - Voltajes menores a -0.5V son perjudiciales
  - Voltaje de operación máximo 5.5V
  - Voltaje de operación mínimo 1.8V



31

## Ejemplo inicial

- Configuration bits:

300000	CONFIG1	FC	-	-	-	-
	4	EXTOSC	OFF	External Oscillator Selection	Oscillator not enabled	
	7	RSTOSC	EXTOSC	Reset Oscillator Selection	EXTOSC operating per FEXTOSC bits (device manufac	
300001	CONFIG2	FF	-	-	-	-
	1	CLKOUTEN	OFF	Clock out Enable bit	CLKOUT function is disabled	
	1	PRIWAY	ON	PRLOCKED One-Way Set Enable bit	PRLOCKED bit can be cleared and set only once	
	1	CSWEN	ON	Clock Switch Enable bit	Writing to NOSC and NDIV is allowed	
	1	FCMEN	ON	Fail-Safe Clock Monitor Enable bit	Fail-Safe Clock Monitor enabled	
300002	CONFIG3	3D	-	-	-	-
	1	MCLRE	EXTMCLR	MCLR Enable bit	If LVP = 0, MCLR pin is MCLR; If LVP = 1, RE3 pin f	
	2	PWRIS	PWRT_64	Power-up timer selection bits	PWRT set at 64ms	
	1	MVECEN	ON	Multi-vector enable bit	Multi-vector enabled, Vector table used for interrupt	
	1	IVTIWAY	ON	IVTLOCK bit One-way set enable bit	IVTLOCKED bit can be cleared and set only once	
	1	LPBOREN	OFF	Low Power BOR Enable bit	Low-Power BOR disabled	
	0	BOREN	OFF	Brown-out Reset Enable bits	Brown-out Reset disabled	
300003	CONFIG4	DF	-	-	-	-
	3	BORV	VBOR_1P9	Brown-out Reset Voltage Selection bits	Brown-out Reset Voltage (VBOR) set to 1.9V	
	1	ZCD	OFF	ZCD Disable bit	ZCD module is disabled. ZCD can be enabled by settin	
	1	PPS1WAY	ON	PPSLOCK bit One-Way Set Enable bit	PPSLOCKED bit can be cleared and set only once; PPS	
	1	STVREN	ON	Stack Full/Underflow Reset Enable bit	Stack full/underflow will cause Reset	
	0	LVP	OFF	Low Voltage Programming Enable bit	HV on MCLR/VPP must be used for programming	
	1	XINST	OFF	Extended Instruction Set Enable bit	Extended Instruction Set and Indexed Addressing Mode	
300004	CONFIG5	9E	-	-	-	-
	1F	WDTCPS	WDTCPS_31	WDT Period selection bits	Divider ratio 1:65536; software control of WDTPS	
	0	WDTE	[OFF]	WDT operating mode	WDT Disabled; SWDTEN is ignored	
300005	CONFIG6	FF	-	-	-	-
	7	WDTCWS	WDTCWS_7	WDT Window Select bits	Window always open (100%); software control; keyed	
	7	UNPROSC	SC	WDT input clock selection	Software Control	

32

## Ejemplo inicial

- Configuration bits:
  - Powerup Timer: 16ms ó 64ms
  - Brownout Reset: OFF
  - Low Voltage Programming: OFF
  - Watchdog Timer: OFF

33

## Ejemplo inicial

- Plantilla de un programa en XC8 PIC Assembler:

```

1      PROCESSOR 18F57Q43
2      #include "cabecera.inc"
3
4      PSECT principal, class=CODE, reloc=2, abs
5      principal:
6          ORG 000000H          ;Vector de RESET
7          bra configuro      ;Salto hacia etiqueta configuro
8
9          ORG 000020H          ;Zona de programa de usuario
10         configuro:
11             ;Configuraciones de la aplicación (puertos, periféricos, etc)
12
13         inicio:
14             ;Detalle de lo que va a hacer el microcontrolador
15             bra inicio          ;Salto hacia etiqueta inicio
16
17         end principal
18

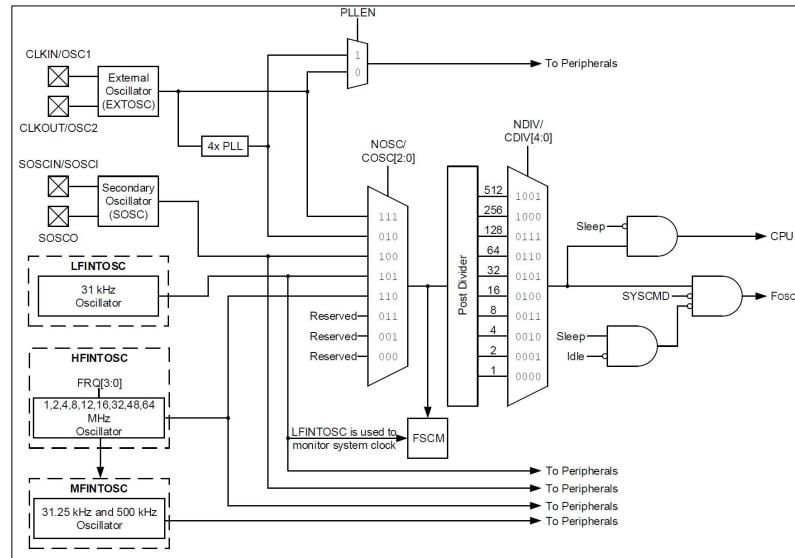
```

34

## Detalles técnicos iniciales

- Fuente de reloj**

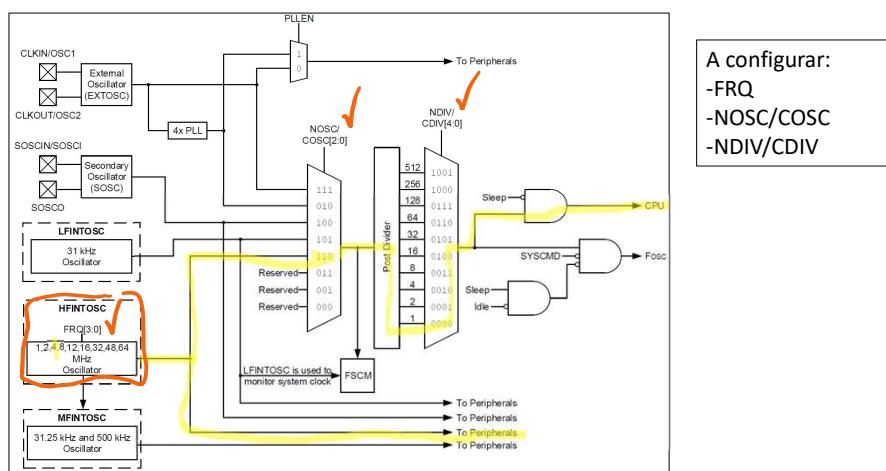
- Oscilador secundario sirve para colocar un cristal de 32.768KHz y hacer aplicaciones de reloj en tiempo real con el Timer1.
- El PLL de este microcontrolador sirve para incrementar la frecuencia de trabajo, hasta 64MHz.
- Usaremos el oscilador interno HFINTOSC para el CPU en todas nuestras aplicaciones.
- MFINTOSC no puede derivarse hacia el CPU, solo hacia periféricos.



35

## Configuración inicial de fuente de reloj

Para obtener 4MHz al CPU y periféricos a partir del oscilador interno:



36

## Configuración inicial de fuente de reloj

Registros implicados en la configuración del reloj:

A configurar:  
 -FRQ  
 -NOSC/COSC  
 -NDIV/CDIV

### 12.6 Register Summary - Oscillator Module

Address	Name	Bit Pos.	7	6	5	4	3	2	1	0
0xAC	ACTCON	7:0	ACTEN	ACTUD			ACTLOCK		ACTORS	
0xAD	OSCCON1	7:0			NOSC[2:0]				NDIV[3:0]	
0xAE	OSCCON2	7:0			COSC[2:0]				CDIV[3:0]	
0xAF	OSCCON3	7:0	CSWHOLD	SOSCPWR		ORDY	NOSCR			
0xB0	OSCTUNE	7:0					TUN[5:0]			
0xB1	OSCFRQ	7:0							FRQ[3:0]	
0xB2	OSCSTAT	7:0	EXTOR	HFOR	MFOR	LFOR	SOR	ADOR		PLLR
0xB3	OSCEN	7:0	EXTOEN	HFOEN	MFOEN	LFOEN	SOSCEN	ADOEN		PLLEN

37

## Configuración inicial de fuente de reloj

Registro OSCCON1:

12.5.2 OSCCON1										
Oscillator Control Register 1										
Name:	OSCCON1		Address:	0x00AD		60H				
Bit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Access	R/W	f	R/W	f	R/W	f	R/W	q	R/W	q
Reset	R/W	f	R/W	f	R/W	f	R/W	q	R/W	q
			NOSC[2:0]				NDIV[3:0]			

Bits 6:4 – NOSC[2:0] New Oscillator Source Request<sup>(1,2,3)</sup>  
 Requests a new oscillator source per the [NOSC/COSC Clock Source Selection Table](#).

Bits 3:0 – NDIV[3:0] New Divider Selection Request  
 Requests the new postscaler division ratio per the [NDIV/CDIV Clock Divider Selection Table](#).

Notes:

- The default value is determined by the RSTOSC Configuration bits. See the Reset Oscillator (RSTOSC) selection table for the RSTOSC selections.
- If NOSC is written with a reserved value, the operation is ignored and neither NOSC nor NDIV is written.
- When CSWEN = 0, these bits are read-only and cannot be changed from the RSTOSC value.

Table 12-2. NOSC/COSC Clock Source Selection Table	
NOSC / COSC	Clock Source
111	EXTOSC <sup>(1)</sup>
110	HFINTOSC <sup>(2)</sup>
101	LFINTOSC
100	SOSC
011	Reserved
010	EXTOSC + 4xPLL <sup>(3)</sup>
001	Reserved
000	Reserved

Table 12-3. NDIV/CDIV Clock Divider Selection Table	
NDIV / CDIV	Clock Divider
1111-1010	Reserved
1001	512
1000	256
0111	128
0110	64
0101	32
0100	16
0011	8
0010	4
0001	2
0000	1

38

# Configuración inicial de fuente de reloj

Registro OSCFRQ:

**12.5.6 OSCFRQ**

Name: OSCFRQ  
Address: 0x1E1

HFINTOSC Frequency Selection Register

Bit	FRQ[3:0]	R/W
7	0	0
6	0	0
5	0	0
4	0	0
3	0	0
2	0	0
1	1	0
0	0	0

Access Reset

**Bits 3:0 – FRQ[3:0] HFINTOSC Frequency Selection**

FRQ	Nominal Freq (MHz)
1111-1001	Reserved
1000	64
0111	48
0110	32
0101	16
0100	12
0011	8
0010	4
0001	2
0000	1

39

# Configuración inicial de fuente de reloj

Registro OSCEN:

**12.5.8 OSCEN**

Name: OSCEN  
Address: 0x1E0

Oscillator Enable Register

Bit	EXTDEN	HFOEN	MFOEN	LFOEN	SOSCEN	ADCOEN	PLEN
7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

**Bit 7 – EXTDEN External Oscillator Enable**

Value	Description
1	EXTOSC is explicitly enabled, operating as specified by FEXTOSC
0	EXTOSC can be enabled by a peripheral request

**Bit 6 – HFOEN HFINTOSC Enable**

Value	Description
1	HFINTOSC is explicitly enabled, operating as specified by OSCFRQ
0	HFINTOSC can be enabled by a peripheral request

**Bit 5 – MFOEN MFINTOSC Enable**

Value	Description
1	MFINTOSC is explicitly enabled
0	MFINTOSC can be enabled by a peripheral request

**Bit 4 – LFOEN LFINTOSC Enable**

Value	Description
1	LFINTOSC is explicitly enabled
0	LFINTOSC can be enabled by a peripheral request

**Bit 3 – SOSCEN Secondary Oscillator Enable**

Value	Description
1	SOSC is explicitly enabled, operating as specified by SOSCPWR
0	SOSC can be enabled by a peripheral request

**Bit 2 – ADCOEN ADCRC Oscillator Enable**

Value	Description
1	ADCRC is explicitly enabled
0	ADCRC may be enabled by a peripheral request

**Bit 0 – PLEN PLL Enable<sup>(1)</sup>**

Value	Description
1	EXTOSC multiplied by the 4x system PLL is used by a peripheral request
0	EXTOSC is used by a peripheral request

Note:  
1. This bit only controls external clock source supplied to the peripherals and has no effect on the system clock.

40

## Ejemplo inicial

- Configuraremos el PIC18F57Q43 para que funcione a 4MHz con el HFINTOSC

```

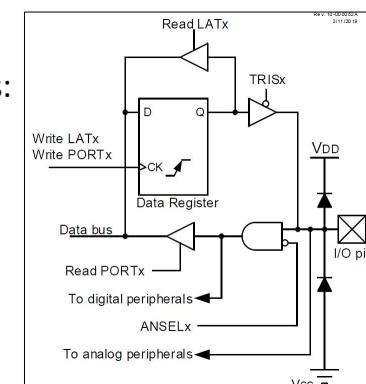
1  PROCESSOR 18F57Q43
2  #include "cabecera.inc"
3
4  PSECT principal, class=CODE, reloc=2, abs
5  principal:
6      ORG 000000H          ;Vector de RESET
7      bra configuro        ;Salto hacia etiqueta configuro
8
9      ORG 000020H          ;Zona de programa de usuario
10 configuro:
11      ;Configuraciones de la aplicación (puertos, periféricos, etc)
12      ;Configuración de la fuente de reloj para 4MHz con el HFINTOSC
13      movlb 0H              ;Bank 0 donde están los registros de conf del OSC
14      ;OSCFRQ = 02H
15      movlw 02H              ;muevo literal 02H a wreg
16      movwf OSCFRQ, 1         ;muevo contenido de wreg hacia OSCFRQ
17      ;OSCCON1 = 60H
18      movlw 60H              ;muevo literal 60H a wreg
19      movwf OSCCON1, 1         ;muevo contenido de wreg hacia OSCCON1
20      ;OSCEN = 40H
21      movlw 40H              ;muevo literal 40H a wreg (0100 0000)
22      movwf OSCEN, 1           ;muevo contenido de wreg hacia OSCEN
23
24 inicio:
25     ;Detalle de lo que va a hacer el microcontrolador
26     bra inicio            ;Salto hacia etiqueta inicio
27
28 end principal

```

41

## Manejo de puertos de E/S en el PIC18F57Q43

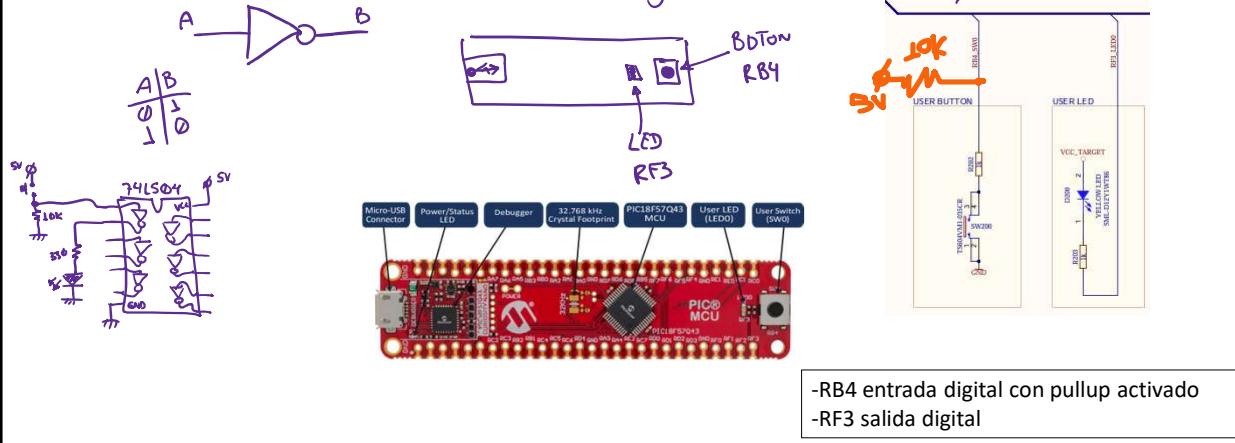
- Revisar 19.0 en la hoja técnica
- Por defecto los puertos están como entradas analógicas.**
- Se tienen los siguientes registros para manipular los puertos:
  - TRISx Para configurar el sentido del puerto (entrada ó salida), cero para salida y uno para entrada.
  - PORTx Para leer el puerto
  - LATx Para escribir el puerto
  - ANSELx Para configurar el puerto en analógico o digital, uno para analógico y cero para digital.
  - WPUx Para habilitar las resistencias de pullup: 1 activado, 0 desactivado
  - SLRCON Para configurar la velocidad de respuesta en el puerto configurado como salida.



42

## Ejemplo: Desarrollar un negador lógico con el microcontrolador PIC18F57Q43

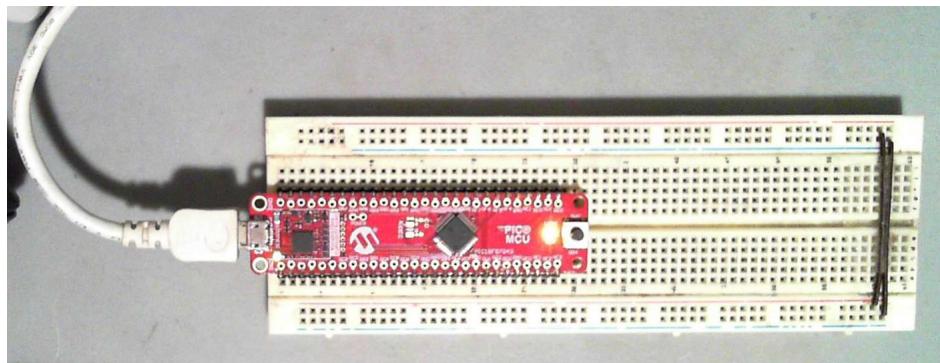
- Análisis



43

## Ejemplo: Desarrollar un negador lógico con el microcontrolador PIC18F57Q43

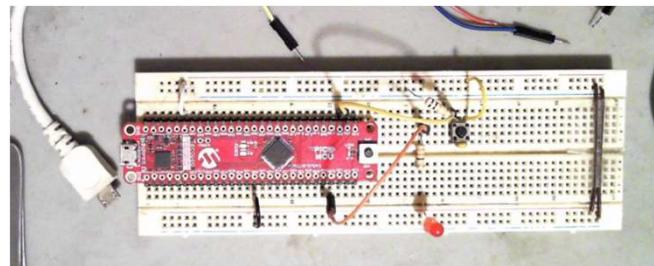
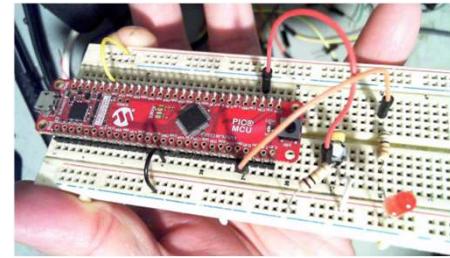
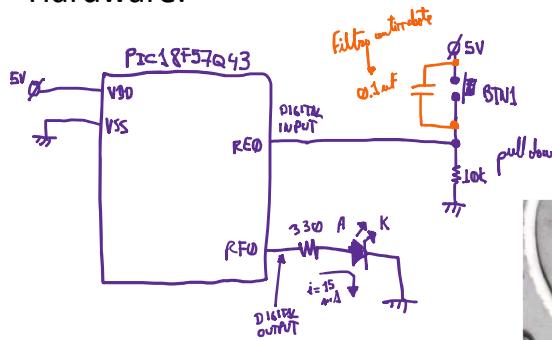
- Prototipo



44

## Primer Ejemplo: Desarrollar una compuerta NOT de un bit con el Curiosity Nano PIC18F57Q43

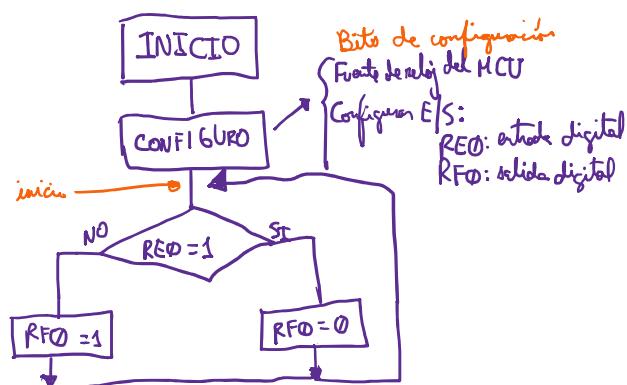
- Hardware:



45

## Primer Ejemplo: Desarrollar una compuerta NOT de un bit con el Curiosity Nano PIC18F57Q43

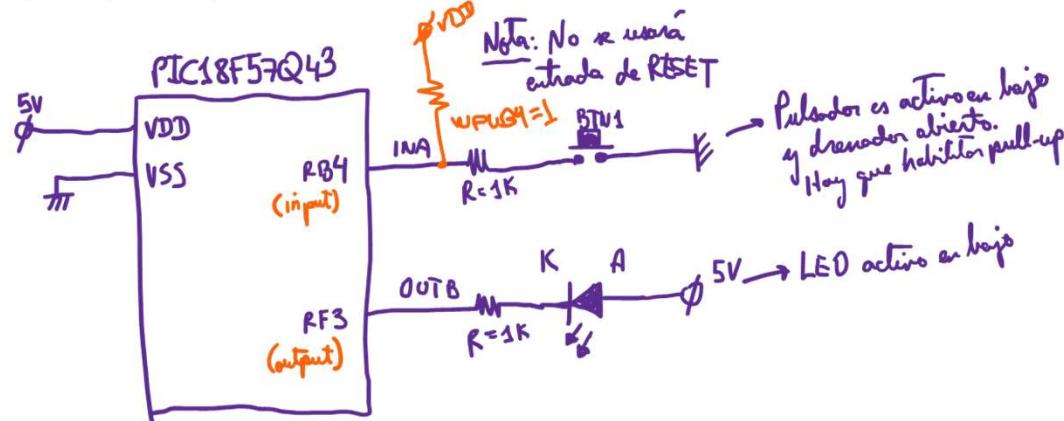
- Algoritmo en diagrama de flujo



46

Primer Ejemplo: Desarrollar una compuerta NOT de un bit con el Curiosity Nano PIC18F57Q43 y empleando botón y LED integrados en el modulo de desarrollo

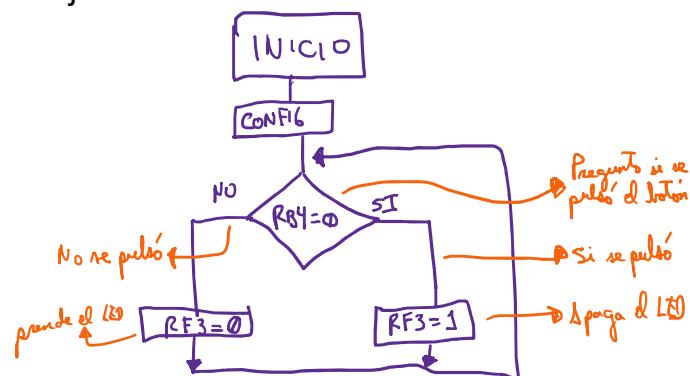
- Diseño del hardware:



47

Primer Ejemplo: Desarrollar una compuerta NOT de un bit con el Curiosity Nano PIC18F57Q43 y empleando botón y LED integrados en el modulo de desarrollo

- Diagrama de flujo



48

Primer Ejemplo: Desarrollar una compuerta NOT de un bit con el Curiosity Nano PIC18F57Q43 y empleando boton y LED integrados en el modulo de desarrollo

- Código en XC8 Assembler  
cabecera.inc

```

2 : PIC18F57Q43 Configuration Bit Settings
3
4 ; Assembly source line config statements
5
6 : CONFIG1
7 CONFIG_FEXTOSC = ECH ; External Oscillator Sel
8 CONFIG_RSTOSC = EXTOSC ; Reset Oscillator Select
9
10 : CONFIG2
11 CONFIG_CLKOUTEN = OFF ; Clock out Enable bit (0)
12 CONFIG_PR1WAY = ON ; PR1LOCK One-Way Set En
13 CONFIG_CS1WAY = ON ; Clock Switch Enable bit
14 CONFIG_FCMEN = ON ; Fail-Safe Clock Monitor
15
16 : CONFIG3
17 CONFIG_MCLRE = EXTMCLR ; MCLR Enable bit (IF LVR
18 CONFIG_FWRTS = FWRT_16 ; Power-up timer selectio
19 CONFIG_HVESEN = ON ; Multi-vector enable bit
20 CONFIG_IVT1WAY = ON ; IVTLOCK bit One-way set
21 CONFIG_LPBOREN = OFF ; Low Power BOR Enable bi
22 CONFIG_BOREN = OFF ; Brown-out Reset Enable
23
24 : CONFIG4
25 CONFIG_BORV = VBOR_1PF ; Brown-out Reset Voltage
26 CONFIG_ZCD = OFF ; ZCD Disable bit (ZCD mo
27 CONFIG_PP1WAY = ON ; PP1LOCK bit One-Way Set
28 CONFIG_STVREN = ON ; Stack Full/Underflow Re
29 CONFIG_LVP = OFF ; Low Voltage Programming Re
30 CONFIG_XINST = OFF ; Extended Instruction Se
31
32 : CONFIGS
33 CONFIG_WDTOPS = WDTOPS_31 ; WDT Period selection b
34 CONFIG_WDTE = OFF ; WDT operating mode (WDE
35
36 ; CONFIG

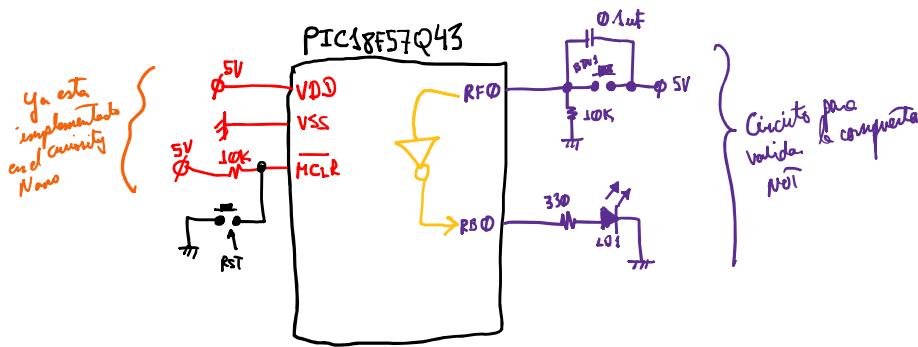
```

```

1 PROCESSOR 18F57Q43
2 #include "cabecera.inc"
3
4 PSECT principal, class=CODE, reloc=2, abs
5 principal:
6 ORG 000000H ;Vector de RESET
7 bra configuracion ;Salto hacia etiqueta configuracion
8
9 ORG 000020H ;Zona de programa de usuario
10 configuracion:
11 ;Configuraciones de la aplicacion (puertos, perifericos, etc)
12 ;Configuracion de la fuente de reloj para 4MHz con el HFINTOSC
13 movlb 0H ;Bank 0 donde estan los registros de conf del osc
14 ;OSCFRQ = 02H
15 movlw 02H ;muevo literal 02H a wreg
16 movwf OSCFRQ, 1 ;muevo contenido de wreg hacia OSCFRQ
17 ;OSCCON1 = 60H
18 movlw 60H ;muevo literal 60H a wreg
19 movwf OSCCON1, 1 ;muevo contenido de wreg hacia OSCCON1
20 ;OSCEN = 40H
21 movlw 40H ;muevo literal 40H a
22 ;muevo contenido de
23 ;Configuracion de las E/S para el negado
24 movlb 4H ;Bank 4 donde estan las E/S
25 bsf TRISE, 4, 1 ;RB4 como entrada
26 bcf ANSELB, 4, 1 ;RB4 como digital
27 bsf WPUB, 4, 1 ;RB4 con pullup
28 bcf TRISB, 3, 1 ;RF3 como salida
29 bcf ANSELB, 3, 1 ;RF3 como digital
30
31 ;:Detalle de lo que va a hacer el microcontrolador
32 btfsc PORTB, 4, 1 ;Pregunto si RB4 es cero
33 bra noPresione ;Falso, RB4 es uno
34 bsf LATB, 3, 1 ;Verdadero, apagar el LED
35 bra inicio ;Salto hacia etiqueta inicio
36
37 ;nopresione:
38 bcf LATB, 3, 1 ;enciendiendo el LED
39 bra inicio ;Salto hacia etiqueta inicio
40
41 ;end principal
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
589
590
591
592
593
594
595
596
597
597
598
599
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
687
688
689
689
690
691
692
693
694
695
696
697
697
698
699
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
709
710
711
712
713
714
715
716
717
717
718
719
719
720
721
722
723
724
725
726
727
727
728
729
729
730
731
732
733
734
735
736
737
737
738
739
739
740
741
742
743
744
745
746
746
747
748
748
749
749
750
751
752
753
754
755
756
757
757
758
759
759
760
761
762
763
764
765
766
766
767
768
768
769
769
770
771
772
773
774
775
776
776
777
778
778
779
779
780
781
782
783
784
785
786
786
787
788
788
789
789
790
791
792
793
794
795
795
796
797
797
798
798
799
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
809
810
811
812
813
814
815
816
816
817
818
818
819
819
820
821
822
823
824
825
826
826
827
828
828
829
829
830
831
832
833
834
835
836
836
837
838
838
839
839
840
841
842
843
844
845
845
846
847
847
848
848
849
849
850
851
852
853
854
855
855
856
857
857
858
858
859
859
860
861
862
863
864
865
865
866
867
867
868
868
869
869
870
871
872
873
874
875
875
876
877
877
878
878
879
879
880
881
882
883
884
885
885
886
887
887
888
888
889
889
890
891
892
893
894
894
895
895
896
896
897
897
898
898
899
899
900
901
902
903
903
904
904
905
905
906
906
907
907
908
908
909
909
910
910
911
911
912
912
913
913
914
914
915
915
916
916
917
917
918
918
919
919
920
920
921
921
922
922
923
923
924
924
925
925
926
926
927
927
928
928
929
929
930
930
931
931
932
932
933
933
934
934
935
935
936
936
937
937
938
938
939
939
940
940
941
941
942
942
943
943
944
944
945
945
946
946
947
947
948
948
949
949
950
950
951
951
952
952
953
953
954
954
955
955
956
956
957
957
958
958
959
959
960
960
961
961
962
962
963
963
964
964
965
965
966
966
967
967
968
968
969
969
970
970
971
971
972
972
973
973
974
974
975
975
976
976
977
977
978
978
979
979
980
980
981
981
982
982
983
983
984
984
985
985
986
986
987
987
988
988
989
989
990
990
991
991
992
992
993
993
994
994
995
995
996
996
997
997
998
998
999
999
1000
1000
1001
1001
1002
1002
1003
1003
1004
1004
1005
1005
1006
1006
1007
1007
1008
1008
1009
1009
1010
1010
1011
1011
1012
1012
1013
1013
1014
1014
1015
1015
1016
1016
1017
1017
1018
1018
1019
1019
1020
1020
1021
1021
1022
1022
1023
1023
1024
1024
1025
1025
1026
1026
1027
1027
1028
1028
1029
1029
1030
1030
1031
1031
1032
1032
1033
1033
1034
1034
1035
1035
1036
1036
1037
1037
1038
1038
1039
1039
1040
1040
1041
1041
1042
1042
1043
1043
1044
1044
1045
1045
1046
1046
1047
1047
1048
1048
1049
1049
1050
1050
1051
1051
1052
1052
1053
1053
1054
1054
1055
1055
1056
1056
1057
1057
1058
1058
1059
1059
1060
1060
1061
1061
1062
1062
1063
1063
1064
1064
1065
1065
1066
1066
1067
1067
1068
1068
1069
1069
1070
1070
1071
1071
1072
1072
1073
1073
1074
1074
1075
1075
1076
1076
1077
1077
1078
1078
1079
1079
1080
1080
1081
1081
1082
1082
1083
1083
1084
1084
1085
1085
1086
1086
1087
1087
1088
1088
1089
1089
1090
1090
1091
1091
1092
1092
1093
1093
1094
1094
1095
1095
1096
1096
1097
1097
1098
1098
1099
1099
1100
1100
1101
1101
1102
1102
1103
1103
1104
1104
1105
1105
1106
1106
1107
1107
1108
1108
1109
1109
1110
1110
1111
1111
1112
1112
1113
1113
1114
1114
1115
1115
1116
1116
1117
1117
1118
1118
1119
1119
1120
1120
1121
1121
1122
1122
1123
1123
1124
1124
1125
1125
1126
1126
1127
1127
1128
1128
1129
1129
1130
1130
1131
1131
1132
1132
1133
1133
1134
1134
1135
1135
1136
1136
1137
1137
1138
1138
1139
1139
1140
1140
1141
1141
1142
1142
1143
1143
1144
1144
1145
1145
1146
1146
1147
1147
1148
1148
1149
1149
1150
1150
1151
1151
1152
1152
1153
1153
1154
1154
1155
1155
1156
1156
1157
1157
1158
1158
1159
1159
1160
1160
1161
1161
1162
1162
1163
1163
1164
1164
1165
1165
1166
1166
1167
1167
1168
1168
1169
1169
1170
1170
1171
1171
1172
1172
1173
1173
1174
1174
1175
1175
1176
1176
1177
1177
1178
1178
1179
1179
1180
1180
1181
1181
1182
1182
1183
1183
1184
1184
1185
1185
1186
1186
1187
1187
1188
1188
1189
1189
1190
1190
1191
1191
1192
1192
1193
1193
1194
1194
1195
1195
1196
1196
1197
1197
1198
1198
1199
1199
1200
1200
1201
1201
1202
1202
1203
1203
1204
1204
1205
1205
1206
1206
1207
1207
1208
1208
1209
1209
1210
1210
1211
1211
1212
1212
1213
1213
1214
1214
1215
1215
1216
1216
1217
1217
1218
1218
1219
1219
1220
1220
1221
1221
1222
1222
1223
1223
1224
1224
1225
1225
1226
1226
1227
1227
1228
1228
1229
1229
1230
1230
1231
1231
1232
1232
1233
1233
1234
1234
1235
1235
1236
1236
1237
1237
1238
1238
1239
1239
1240
1240
1241
1241
1242
1242
1243
1243
1244
1244
1245
1245
1246
1246
1247
1247
1248
1248
1249
1249
1250
1250
1251
1251
1252
1252
1253
1253
1254
1254
1255
1255
1256
1256
1257
1257
1258
1258
1259
1259
1260
1260
1261
1261
1262
1262
1263
1263
1264
1264
1265
1265
1266
1266
1267
1267
1268
1268
1269
1269
1270
1270
1271
1271
1272
1272
1273
1273
1274
1274
1275
1275
1276
1276
1277
1277
1278
1278
1279
1279
1280
1280
1281
1281
1282
1282
1283
1283
1284
1284
1285
1285
1286
1286
1287
1287
1288
1288
1289
1289
1290
1290
1291
1291
1292
1292
1293
1293
1294
1294
1295
1295
1296
1296
1297
1297
1298
1298
1299
1299
1300
1300
1301
1301
1302
1302
1303
1303
1304
1304
1305
1305
1306
1306
1307
1307
1308
1308
1309
1309
1310
1310
1311
1311
1312
1312
1313
1313
1314
1314
1315
1315
1316
1316
1317
1317
1318
1318
1319
1319
1320
1320
1321
1321
1322
1322
1323
1323
1324
1324
1325
1325
1326
1326
1327
1327
1328
1328
1329
1329
1330
1330
1331
1331
1332
1332
1333
1333
1334
1334
1335
1335
1336
1336
1337
1337
1338
1338
1339
1339
1340
1340
1341
1341
1342
1342
1343
1343
1344
1344
1345
1345
1346
1346
1347
1347
1348
1348
1349
1349
1350
1350
1351
1351
1352
1352
1353
1353
1354
1354
1355
1355
1356
1356
1357
1357
1358
1358
1359
1359
1360
1360
1361
1361
1362
1362
1363
1363
1364
1364
1365
1365
1366
1366
1367
1367
1368
1368
1369
1369
1370
1370
1371
1371
1372
1372
1373
1373
1374
1374
1375
1375
1376
1376
1377
1377
1378
1378
1379
1379
1380
1380
1381
1381
1382
1382
1383
1383
1384
1384
1385
1385
1386
1386
1387
1387
1388
1388
1389
1389
1390
1390
1391
1391
1392
1392
1393
1393
1394
1394
1395
1395
1396
1396
1397
1397
1398
1398
1399
1399
1400
1400
1401
1401
1402
1402
1403
1403
1404
1404
1405
1405
1406
1406
1407
1407
1408
1408
1409
1409
1410
1410
1411
1411
1412
1412
1413
1413
1414
1414
1415
1415
1416
1416
1417
1417
1418
1418
1419
1419
1420
1420
1421
1421
1422
1422
1423
1423
1424
1424
1425
1425
1426
1426
1427
1427
1428
1428
1429
1429
1430
1430
1431
1431
1432
1432
1433
1433
1434
1434
1435
1435
1436
1436
1437
1437
1438
1438
1439
1439
1440
1440
1441
1441
1442
1442
1443
1443
1444
1444
1445
1445
1446
1446
1447
1447
1448
1448
1449
1449
1450
1450
1451
1451
1452
1452
1453
1453
1454
1454
1455
1455
1456
1456
1457
1457
1458
1458
1459
1459
1460
1460
1461
1461
1462
1462
1463
1463
1464
1464
1465
1465
1466
1466
1467
1467
1468
1468
1469
1469
1470
1470
1471
1471
1472
1472
1473
1473
1474
1474
1475
1475
1476
1476
1477
1477
1478
1478
1479
1479
1480
1480
1481
1481
1482
1482
1483
1483
1484
1484
1485
1485
1486
1486
1487
1487
1488
1488
1489
1489
1490
1490
1491
1491
1492
1492
1493
1493
1494
1494
1495
1495
1496
1496
1497
1497
1498
1498
1499
1499
1500
1500
1501
1501
1502
1502
1503
1503
1504
1504
1505
1505
1506
1506
1507
1507
1508
1508
1509
1509
1510
1510
1511
1511
1512
1512
1513
1513
1514
1514
1515
1515
1516
1516
1517
1517
1518
1518
1519
1519
1520
1520
1521
1521
1522
1522
1523
1523
1524
1524
1525
1525
1526
1526
1527
1527
1528
1528
1529
1529
1530
1530
1531
1531
1532
1532
1533
1533
1534
1534
1535
1535
1536
1536
1537
1537
1538
1538
1539
1539
1540
1540
1541
1541
1542
1542
1543
1543
1544
1544
1545
1545
1546
1546
1547
1547
1548
1548
1549
1549
1550
1550
1551
1551
1552
1552
1553
1553
1554
1554
1555
1555
1556
1556
1557
1557
1558
1558
15
```

## Ejemplo 2024-2

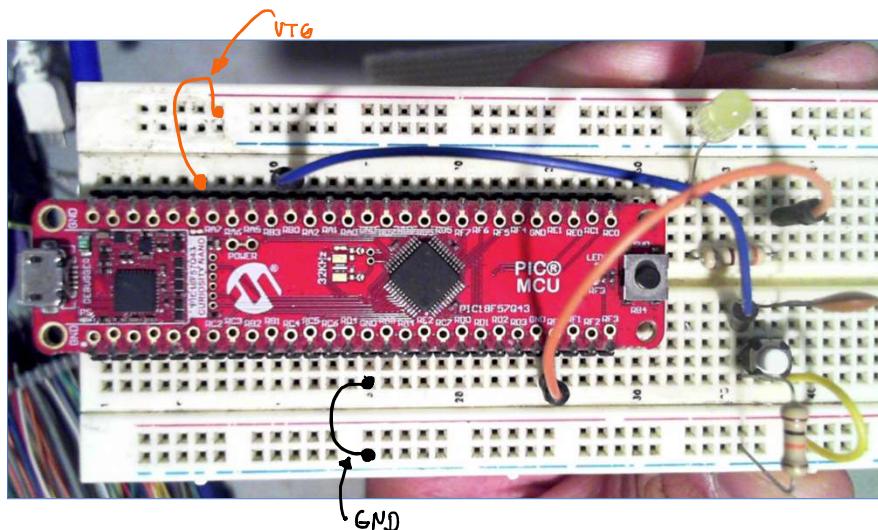
- Hardware



51

## Ejemplo 2024-2

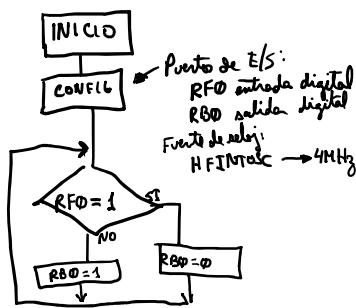
- Implementación física:



52

## Ejemplo 2024-2

- Diagrama de flujo de la aplicación
- Código en XC8 PIC Assembler



```

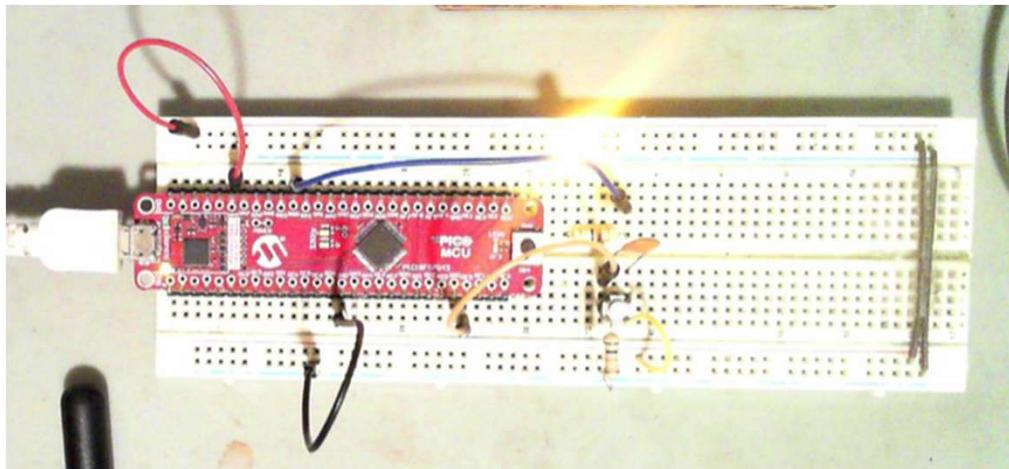
1 ;Esta es una aplicación de una compuerta NOT de un bit
2 PROCESSOR 18F57Q43
3 #include "cabecera.inc"
4
5 PSECT upcino, class=CODE, reloc=2, abs
6 upcino:
7     ORG 000000H           ;vector de reset
8     bra configuro         ;va a saltar a la etiqueta configuro
9
10    ORG 000100H          ;zona de programa usuario
11 configuro:
12    ;Configuración de la fuente de reloj del PIC18F57Q43
13    movlb 0H                ;me voy al BANK0
14    movlw 60H
15    movwf OSCCON1, 1        ;fuente de reloj es HFINTOSC y CLKDIV entre 1
16    movlw 02H
17    movwf OSCFRO, 1         ;HFINTOSC trabaja a 4MHz
18    bsf OSCEN, 6, 1         ;HFINTOSC habilitado
19    ;Configuración de los puertos de E/S
20    movlb 4H                ;me voy al BANK4
21    bsf TRISF, 0, 1         ;RF0 es entrada
22    bcf ANSELF, 0, 1         ;RF0 es digital
23    bcf TRISB, 0, 1         ;RB0 es salida
24    bcf ANSELB, 0, 1         ;RB0 como digital
25 inicio_compuerta_not:
26     btfs PORTF, 0, 1       ;Pregunta si RF0 es uno
27     bra falso              ;Falso, salto a etiqueta falso
28     bcf LATB, 0, 1          ;Verdad, apago LED en RB0
29     bra inicio_compuerta_not ;Salto a inicio
30 falso:
31     bsf LATB, 0, 1          ;enciendiendo LED en RB0
32     bra inicio_compuerta_not ;Salto a inicio
33
34 end upcino

```

53

## Ejemplo 2024-2

- Evidencia de funcionamiento:



54

## Asignación:

- Modificar el circuito y diagrama de flujo para que la compuerta NOT implementada anteriormente sea de dos bits.

55

## Fin de la sesión!

56