

LOS PIC16F88X: Características Generales

IES Juan de la Cierva



Aprendizaje de la Electrónica a través de la Robótica

Fernando Remiro Domínguez

Diagrama de bloques

PIC16F8862/883/886

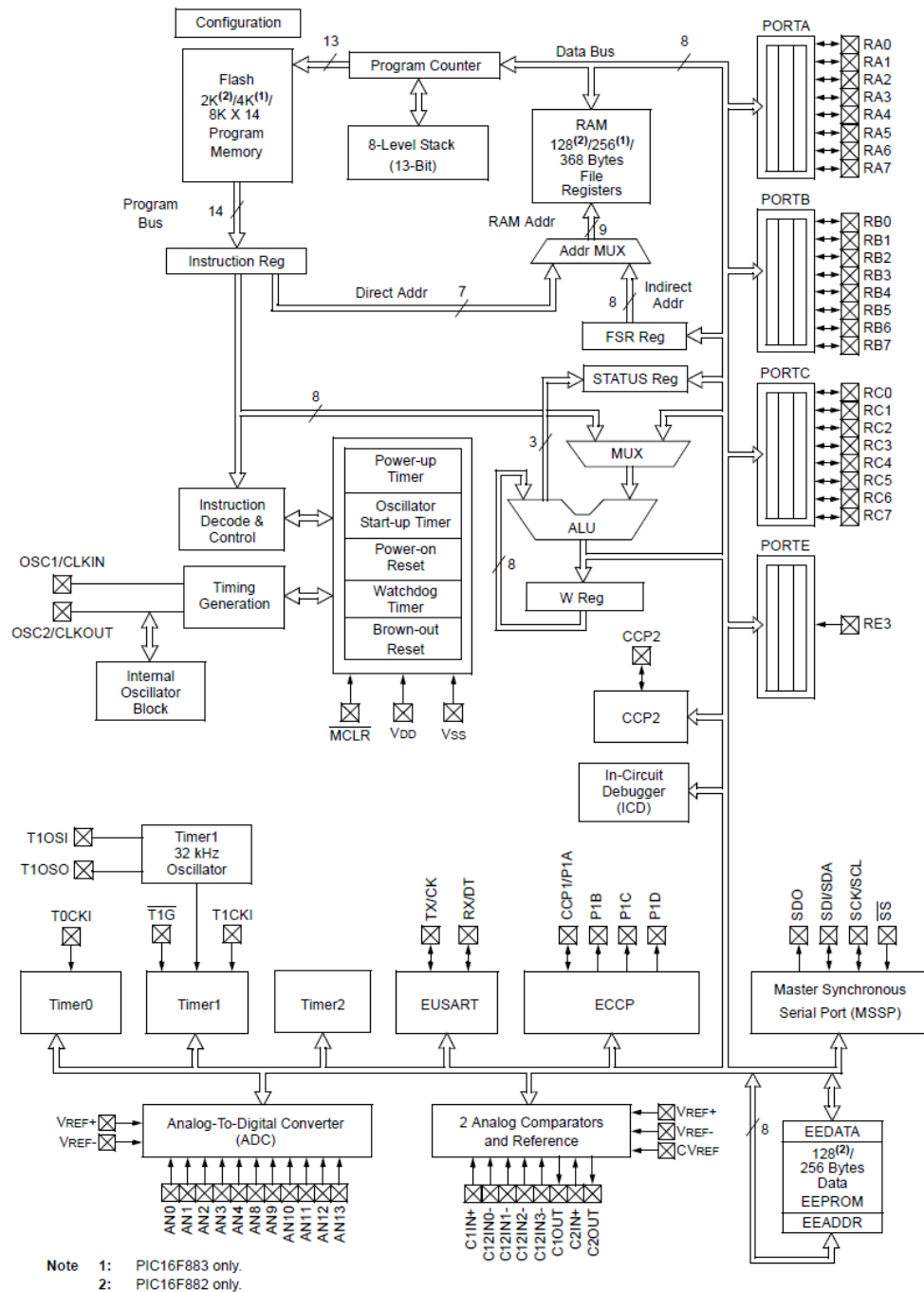
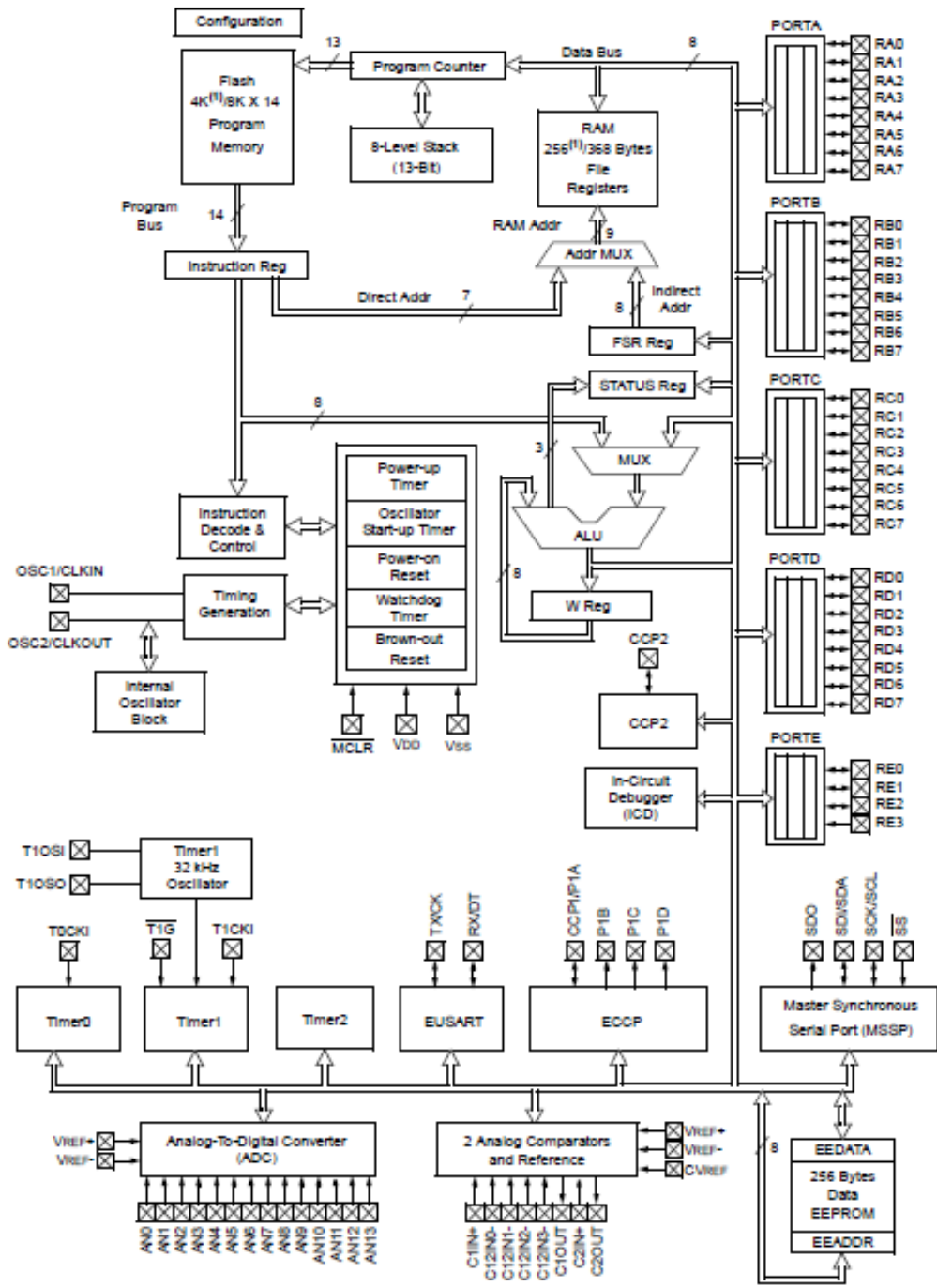


Diagrama de bloques

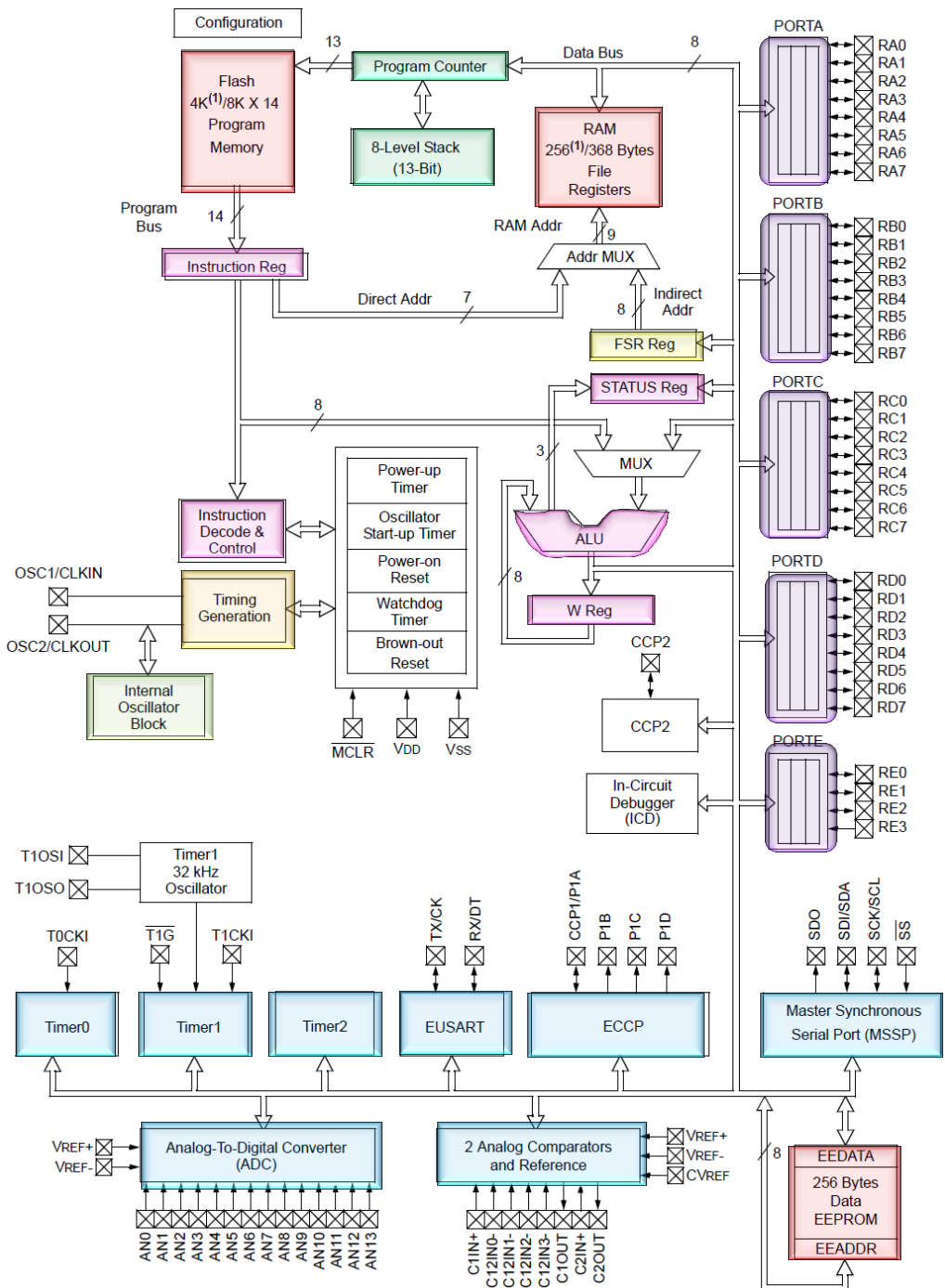
PIC16F884-PIC16F887



Note 1: PIC16F884 only.

Diagrama de bloques

PIC16F884-PIC16F887



Descripción del núcleo

- **Generador de tiempos:** se encarga de la señal de reloj principal, que marca la pauta de tiempo con la que se sincronizan todos los elementos internos del microcontrolador. Basta conectar un sencillo cristal o un circuito resonador de cuarzo entre las patillas OSC1/CLIN y OSC2/CLKOUT para genera la frecuencia de trabajo.
- **Oscilador Interno:** Los PIC16F88X disponen de un oscilador interno capaz de generarla frecuencia de trabajo de un rango seleccionable que va desde 32KHz hasta 8 MHz. Se evita así el empleo de un cristal de cuarzo externo y las patillas donde se hubiera conectado, se pueden emplear como señales de E/S.

Descripción del núcleo

- **Contador de Programa (PC):** Se emplea para direccionar la memoria de programa . Inicialmente parte de 0 y se incrementa secuencialmente para apuntar en todo momento a la siguiente instrucción que se va a ejecutar. Consta de 13 bits que se permiten seleccionar cualquiera de las 8.192 posiciones de la memoria Flash (2^{13}).
- **Memoria de Stack:** Esta memoria está asociada al PC y tiene 8 niveles y se emplea ocasionalmente para salvaguardar y recuperar su valor actual.

Descripción del núcleo

- **Registro de Instrucciones:** Se encarga de recibir y retener en el bus de instrucciones el código de la instrucción que hay que ejecutar. Toda instrucción está compuesta por 14 bits y procede de la memoria Flash de programa concretamente de la dirección que en ese momento esté indicado en el PC.
- **Decodificador de Instrucciones:** Recibe el código de la instrucción, lo decodifica y actúa sobre todos los elementos que estén involucrados en la ejecución.

Descripción del núcleo

- **ALU (Unidad Aritmético Lógica)**: Se encarga de realizar todas las operaciones aritméticas y lógicas (suma, resta, AND, OR, etc..) según le indique el decodificador de instrucciones que recibió el código de la instrucción. La ALU siempre recibe dos operandos o datos. Uno de ellos se encuentra siempre en el registro llamado **W**, el otro puede proceder de la propia instrucción que se está ejecutando o, a través del bus de datos, de una posición RAM o de un determinado periférico. El resultado se puede depositar en el registro **W** o en la misma posición RAM o periférico que se utilizó como operando.

Descripción del núcleo

- **Registro W:** También llamado “*Work register*” participa prácticamente en todas las operaciones que se ejecutan en la ALU, contiene uno de los datos y puede recibir también el resultado.
- **Registro de STATUS:** Refleja el estado del núcleo tras la última instrucción. Por ejemplo, tras una operación de resta nos puede interesar no solo el resultado en sí, sino también si hubo o no llevada, si el resultado ha sido positivo o negativo, etc.
- **Registro FSR:** Se emplea en el direccionamiento indirecto. Su contenido representa la dirección de memoria RAM de datos a la que se desea acceder. Esta dirección de acceso también puede ir indicada, de forma directa, en el propio código de la instrucción que se está ejecutando.

ACCESORIOS

- Con este nombre se identifica a los circuitos adicionales que mejoran las prestaciones del núcleo.
 - **PWR** (*PoWeR up Timer*) Se trata de un temporizador que retrasa unos 64 mS el inicio de la ejecución al conectar la alimentación del sistema. Se puede habilitar o no según las necesidades.
 - **OST** (*Oscilator Start up Timer*) Es otro temporizador que retrasa el inicio de la ejecución al conectar la alimentación unos 1024 ciclos del reloj principal . Con esta temporización se garantiza que el sistema oscilador que genera la frecuencia principal del sistema, se establezca plenamente.

ACCESORIOS

- **POR** (*Power On Reset*) Este circuito detecta el momento en que la tensión de alimentación alcanza el valor apropiado para realizar un RESET al controlador y dar así inicio a la ejecución del programa.
- **BOR** (*Brown Out Reset*) Se trata de un circuito supervisor. En este caso supervisa la tensión de alimentación. Cuando queda por debajo de un determinado umbral, provoca un RESET y reinicia el sistema (si es que todavía hay alimentación)

ACCESORIOS

- **WDT** (*Watch Dog Timer*) También conocido como “perro guardián” o “supervisor”. Se trata de un temporizador de tiempo ajustable. Se puede habilitar o no a nuestra voluntad. Cuando está habilitado evoluciona de forma independiente y constante hasta alcanzar el valor 0, momento en el que provoca un RESET al controlador iniciándolo de nuevo. Para evitarlo, el programador debe instalar estratégicamente en su programa, una o varias instrucciones que lo refresque periódicamente. Aunque parezca lo contrario, su empleo puede ser muy importante en determinadas aplicaciones. Imaginemos que el sistema por el motivo que sea se bloquea: El programa deja de ejecutarse y por tanto el refresco NO se produce. Transcurrido un tiempo, el WDT se desbordará provocara un RESET. El sistema se reinicializa así de forma automática sin intervención alguna por parte nuestra.
- Naturalmente existen los registros apropiados que permiten distinguir de entre las posibles causas del RESET. De esta forma, la rutina de inicio podrá realizar distintos tratamientos según corresponda.

Circuitos de Interface

- **Puertos E/S:** Son los circuitos de interface más sencillos de utilizar. Los forman una serie de líneas que se pueden configurar individualmente como entradas o salidas. Son de tipo digital. Esto es, permiten sacar o leer niveles lógicos del tipo “1” o “0”. Con estas líneas se pueden gobernar multitud de periféricos de salida tales como LEDs, displays, LCD, relés, electroválvulas, etc... y periféricos de entrada como pulsadores, interruptores, sensores, teclados etc... Hay que tener en cuenta que una línea como salida es capaz de entregar hasta 25mA, si se necesita más corriente, habrá que emplear algún amplificador de corriente. Las líneas se agrupan en Puertos de E/S: PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, y PORTE

Circuitos de Interface

- **TIMERO**: Circuito temporizador de 8 bits que permitirá controlar, con precisión eventos de tiempo o temporizaciones. También puede actuar como contador de pulsos externos que se aplican por la patilla **T0CKI**. A este temporizador se le puede asociar un preescaler que permite realizar temporizaciones mayores.
- **TIMER1**: Circuito temporizador de 16 bits. Además de poder realizar temporizaciones o conteo de los eventos externos aplicados a la patilla **T1CKI**, también tiene asociado un temporizador de 32KHz para aplicaciones en tiempo real. Dispone de control de disparo externo mediante la patilla **/T1G** y participa en labores de captura y comparación de señales externas.

Circuitos de Interface

- **TIMER2**: Se trata de otro temporizador de 8 bits al que se le puede asociar tanto un preescaler como un postescaler. Participa activamente en la generación de señales PWM.
- **EUSART**: Módulo especializado en realizar comunicación serie estándar tanto síncrona como asíncrona por sus patillas TX/CK y RD/DT. Esto supone una puerta abierta para aplicaciones en las que nuestro controlador necesite comunicarse con el mundo exterior (otro microcontrolador, ordenador, impresora, etc..)

Circuitos de Interface

- **EECP** : Este módulo es una versión mejorada de los típicos CCP de otros dispositivos. Permite la captura y comparación de señales externas pero especialmente, está pensado para generar señales PWM por las patillas CCP1/P1A, P1B, P1C y P1D que permiten el control de puentes en H y circuitos Push-Pull en aplicaciones de potencia.
- **CCP2** : Es una versión simplificada del módulo ECCP. Permite la captura y comparación de señales así como generar una simple señal PWM por su patilla CCP2.

Circuitos de Interface

- **MSSP**: Se trata de un puerto serie síncrono que implementa el protocolo I2C y SPI. Se emplea en la comunicación de nuestro controlador y otros dispositivos existentes en el mercado, que utilizan esos mismos protocolos.
- **ADC**: Es un potente módulo que consiste en un convertidor analógico/digital que realiza la conversión de una señal analógica en su equivalente digital. Esto permite la utilización de múltiples periféricos de carácter analógico: sensores de luz, presión, humedad, tensión, etc. Dispone de hasta 13 canales de entrada por las patillas AN0:AN12 y una resolución de 10bits.

Circuitos de Interface

- **Comparadores:** Esta familia integra un módulo con dos comparadores analógicos, cada uno de los cuales permite comparar dos tensiones analógicas, cada una de las cuales permite comparar dos tensiones analógicas externas y ofrecer unas salidas en función de si son o no iguales. También integra un generador de tensión de referencia que se puede emplear junto con los comparadores.
- **Memoria EEPROM:** Se considera otro periférico más. Este módulo realiza la gestión de una memoria EEPROM integrada en el propio PIC y que permite almacenar datos no volátiles, pero que se pueden modificar (claves, códigos de control, configuración del sistema, etc..)

Circuitos de Interface

- **ICD** (*In Circuit Debugger*): Este módulo es transparente de cara al usuario pero, aunque no podamos controlar, si que nos aprovecharemos de su presencia. Consiste en un hardware muy evolucionado integrado en el controlador, que permite la depuración del programa que se está ejecutando. Se conecta con herramientas externas como pueden ser el ICD2, IDC3 el PICkit2, etc...que permiten la comunicación con el PC. Desde este PC podremos ejecutar el programa evaluarlo, ejecutarlo paso a paso, instrucción a instrucción, poner puntos de ruptura visualizar y modificar los registros internos, etc. En definitiva se trata de una potente herramienta para la depuración y puesta a punto de nuestros programas, a un coste muy asequible.

Características ⁽¹⁾

- Procesador de arquitectura RISC avanzada
- Juego de solo 35 instrucciones con 14 bits de longitud. Todas ellas se ejecutan en un ciclo de instrucción, menos las de salto que tardan dos.
- Hasta 8K palabras de 14 bits para la Memoria de Programa, tipo FLASH en los modelos 16F886 y 16F887 , 4KB de memoria para los PIC 16F883 y 16F884 y 2KB para los PIC16F882 .
- Hasta 368 Bytes de memoria de Datos RAM.
- Hasta 256 Bytes de memoria de Datos EEPROM.
- Pines de salida compatibles para el PIC 16C73/74/76/77.
- Hasta 25 fuentes de interrupción internas y externas
- Pila de 8 niveles.
- Modos de direccionamiento directo e indirecto.

Características (2)

- Oscilador interno de precisión calibrado de fábrica y una tolerancia de $\pm 1\%$. Se puede seleccionar frecuencia de trabajo entre 32KHz y 8 MHz.
- Power-on Reset (POR).
- Detección y Reset por fallo de alimentación.
- Rango de alimentación de 2.0V a 5.5V
- Temporizador Power-on (POP) y Oscilador Temporizador Start-Up (OST).
- Perro Guardián (WDT) configurable por software.
- Código de protección programable.
- Modo SLEEP de bajo consumo.
- Programación serie en circuito con dos pines.
- Solo necesita 5V para programarlo en este modo.
- Bajo consumo:
 - 11 μA trabajando a 32 KHz y 2.0V 0 de 220 μA a 4 MHz con 2.0V de alimentación.
 - Consumo del temporizador WDT de 1 μA 2.0V

Periféricos de los PIC16F87X

- 24/35 líneas de E/S totalmente independientes y configurables. Soportan corrientes de hasta 25 mA algunas tienen capacidad de interrupción y se les puede asociar a resistencias de pull-up internas.
- Dos módulos comparadores de tensión analógicas con tensión de referencia fija o programable, entradas y salidas accesibles desde el exterior, modo latch SR y capacidad de disparo de un temporizador.
- Timer0: Temporizador-Contador de 8 bits con Preescaler de 8 bits.
- Timer1: Temporizador-Contador de 16 bits con preescaler que puede incrementarse en modo sleep de forma externa por un cristal/clock.
- Timer2: Temporizador-Contador de 8 bits con preescaler y postescaler.

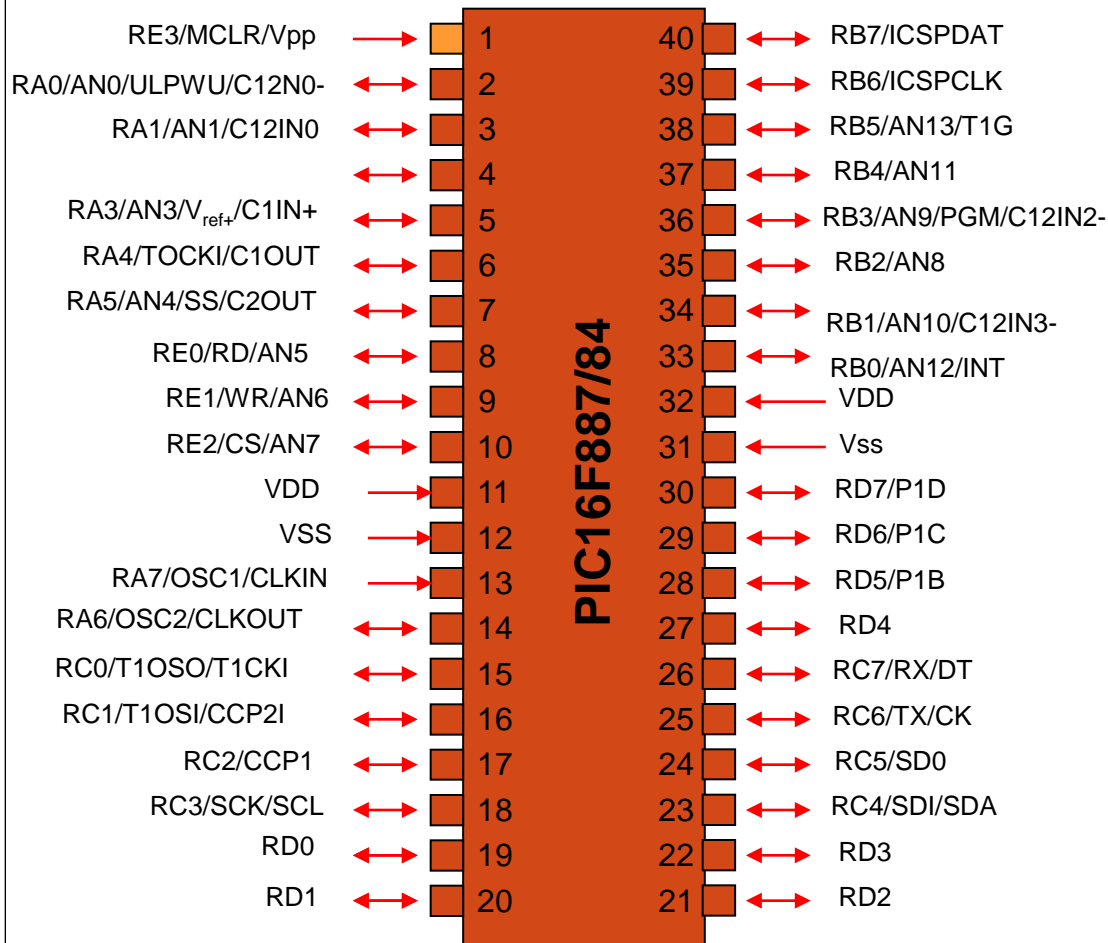
Periféricos de los PIC16F87X

- Dos módulos de Captura, Comparación, PWM. Resolución de 12.5nS en la captura, 20nS en la comparación y una frecuencia de 20KHz en el modo PWM.
- Modo USART para comunicaciones serie. Soporta RS-232, RS-485 y LIN2.0 Disponible autodetección de baudios.
- Convertidor A/D de 11 a 14 canales de entrada con una resolución de 10 bits
- Puerto Serie Síncrono Master (SSP) con SPI (*Serial Peripheral Interface*) e I²C (Master/Slave).
- Puerto Paralelo Esclavo (PSP) solo en encapsulado con 40 pines.

Diferencias entre los modelos de 28 pines y 40 pines

- Los de **40 pines** tienen **5 puertos** de E/S: A, B, C, D y E, los de **28 pines** solo **3 puertos** A, B y C.
- Los modelos de **40 pines** tienen **14 canales de entrada al convertidor A/D**, mientras que los de **28 pines** tienen **11 canales**.
- Solo poseen el **Puerto Paralelo Esclavo** los PIC16F87X de **40 pines**.

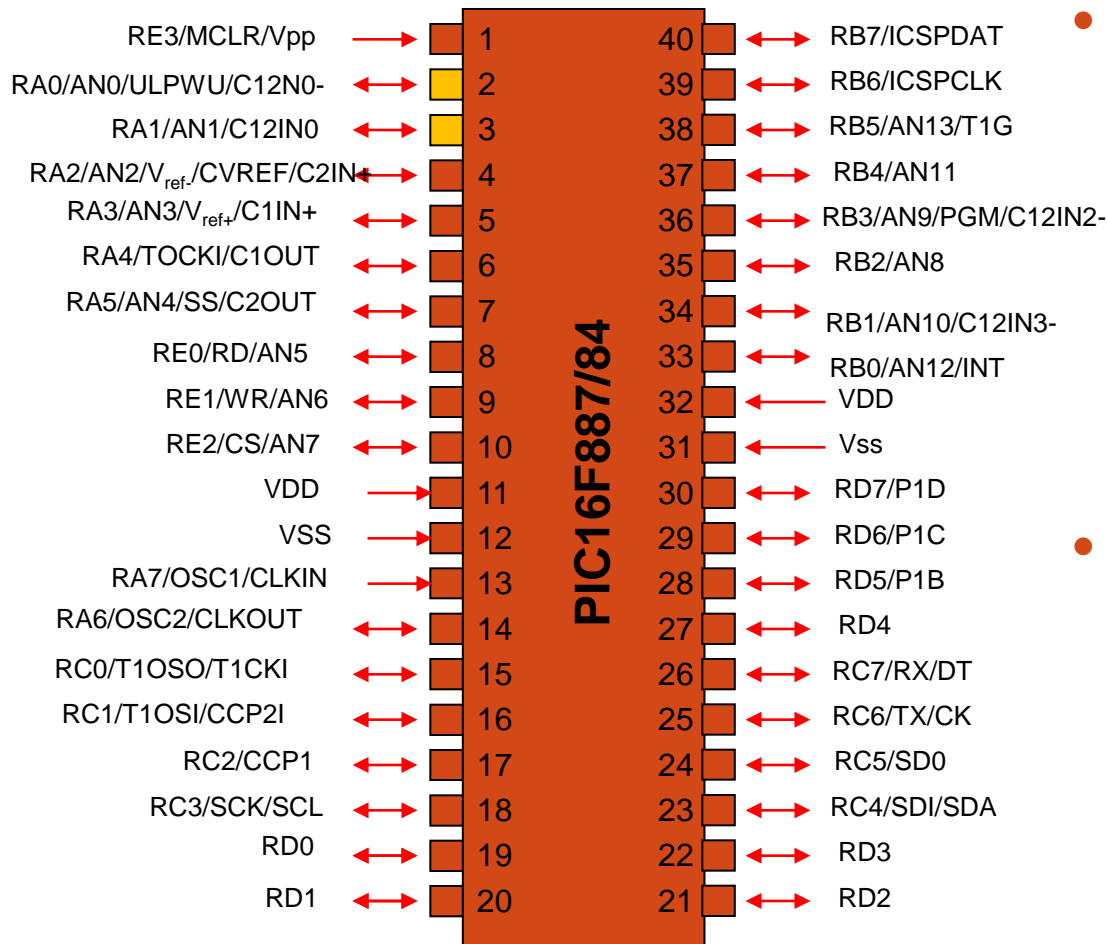
Descripción de los pines



- **RE3/MCLR/Vpp :**

- Línea de E/S de propósito general.
- Entrada Master Clear (reset). El Reset se activa con nivel bajo.
- Entrada de voltaje de programación o alto voltaje de prueba en modo control.

Descripción de los pines



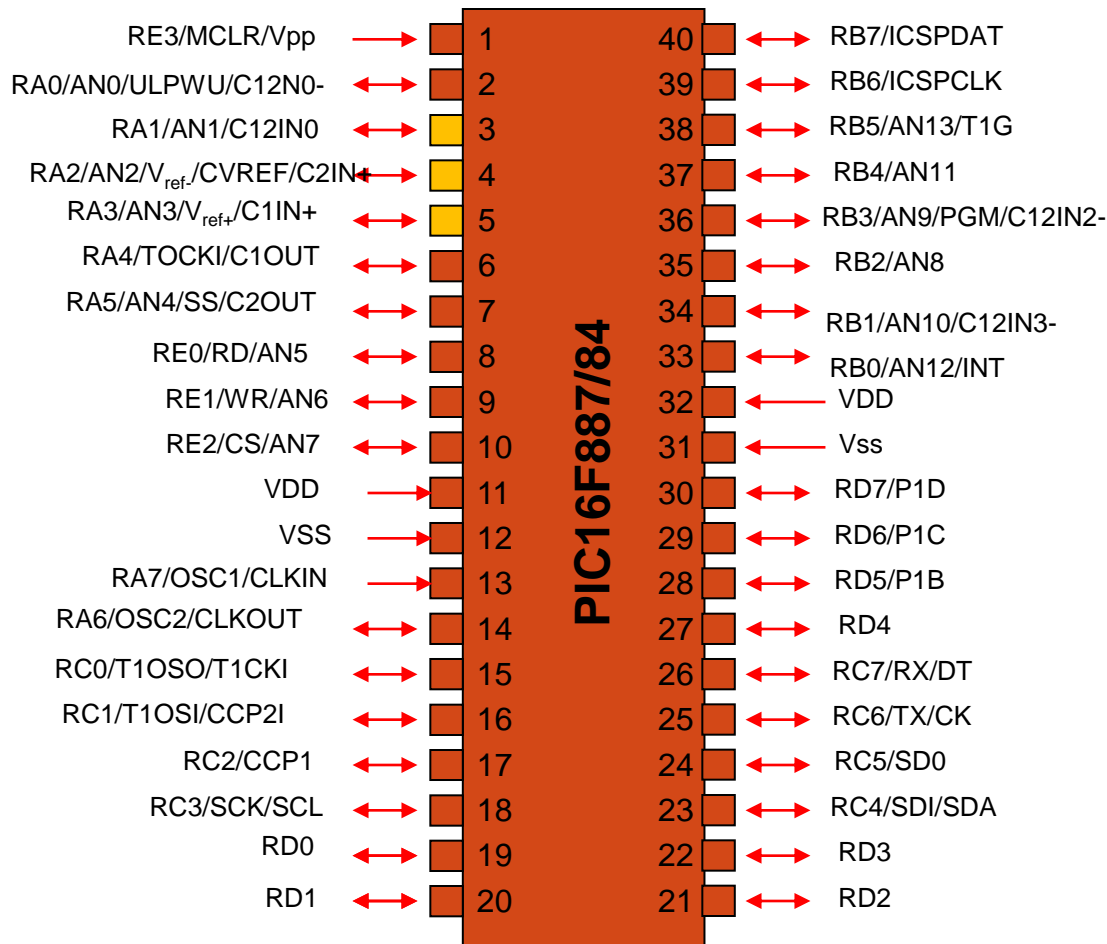
- **RA0/AN0/ULPWU/C12N0-:**

- Línea de E/S del propósito general
- Canal 0 del convertidor A/D
- Entrada de interrupción por cambio estado de RA0 con un muy bajo consumo.
- Entrada invertida 0 para los comparadores C1 o C2.

- **RA1/AN1/C12IN0:**

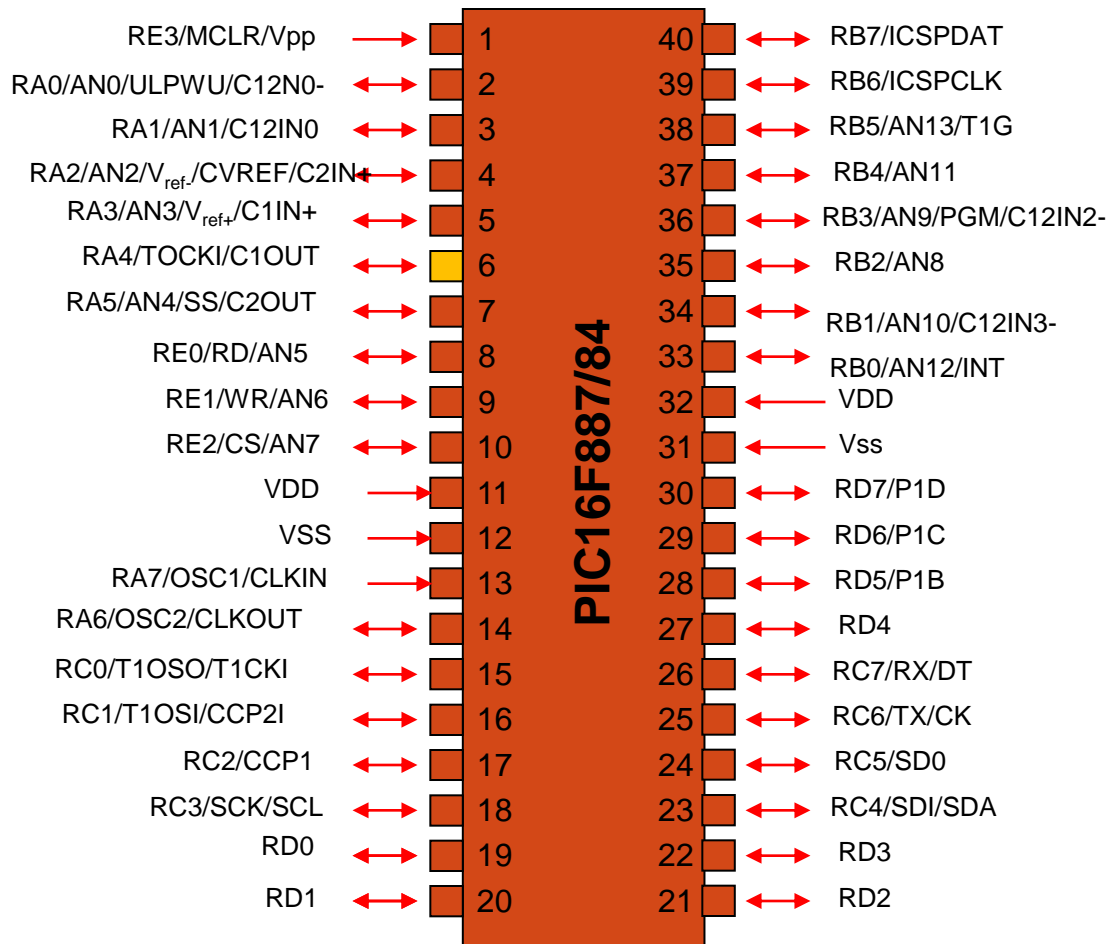
- Línea de E/S de propósito General
- Canal 1 del convertidor A/D.
- Entrada invertida 1 para los comparadores C1 o C2.

Descripción de los pines



- RA2/AN2/V_{ref-}/CVREF/C2IN:**
 - Línea de Entrada/Salida de propósito general
 - Canal 2 del convertidor A/D
 - Entrada de tensión positiva de referencia para el convertidor A/D
 - Entrada no invertida del comparador C1.
- RA3/AN3/V_{ref+}/C1IN:**
 - Línea de Entrada/Salida de propósito general
 - Canal 3 del convertidor A/D.
 - Entrada de tensión positiva de referencia para el convertidor A/D
 - Entrada no invertida del comparador C1.

Descripción de los pines



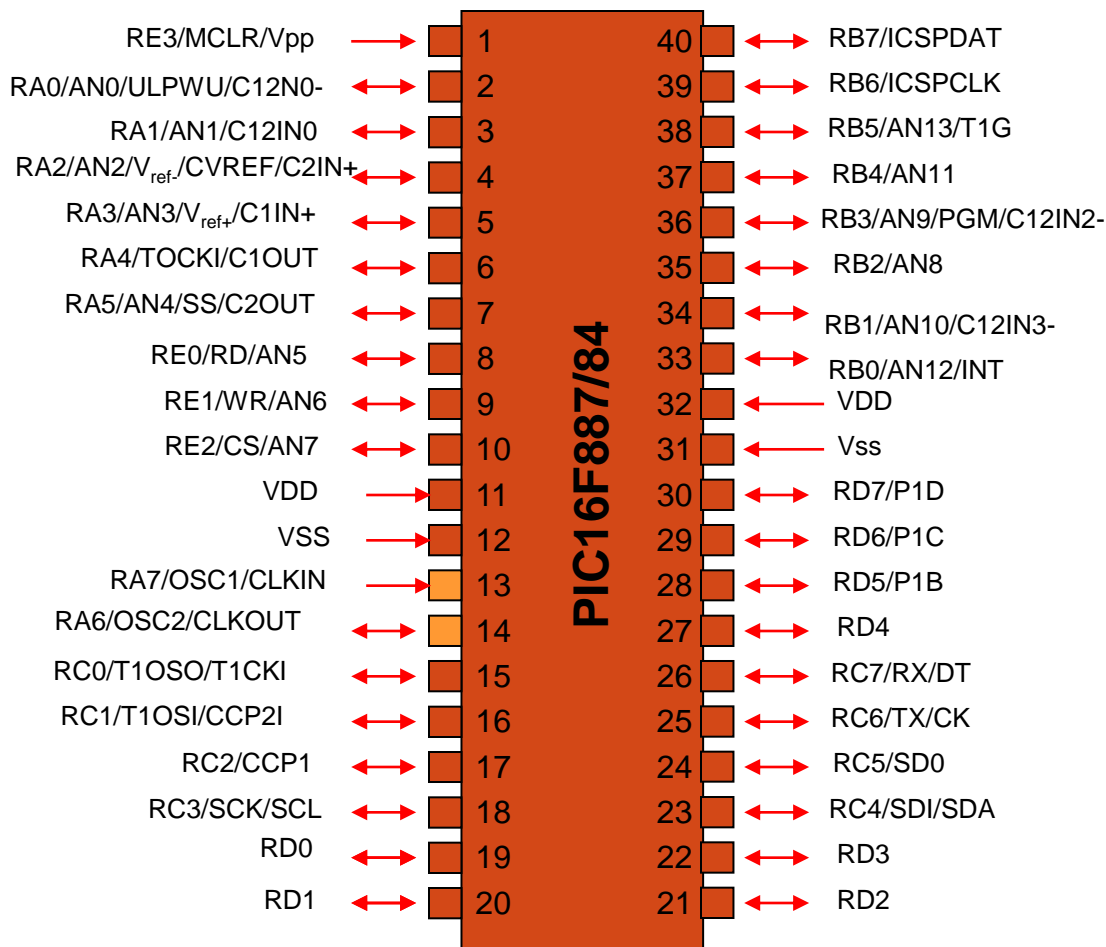
- **RA4/T0CKI/C1OUT:**

- Línea de E/S de propósito general
- Entrada de reloj externo para el Timer0.
- Salida del comparador C1

- **RA5/AN4/SS/C2OUT:**

- Línea de E/S de propósito general
- Canal 4 del convertidor A/D
- Entrada selección del dispositivo esclavo en el módulo SPI
- Salida del comparador C2

Descripción de los pines



- **RA6/OSC2/CLKOUT:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Conexión de cristal de cuarzo o resonador
- Salida de frecuencia de trabajo ($F_{OSC}/4$)

- **RA7/OSC1/CLKIN :**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Conexión con cristal de cuarzo o resonador externo.
- Entrada de reloj externo o de oscilador RC.

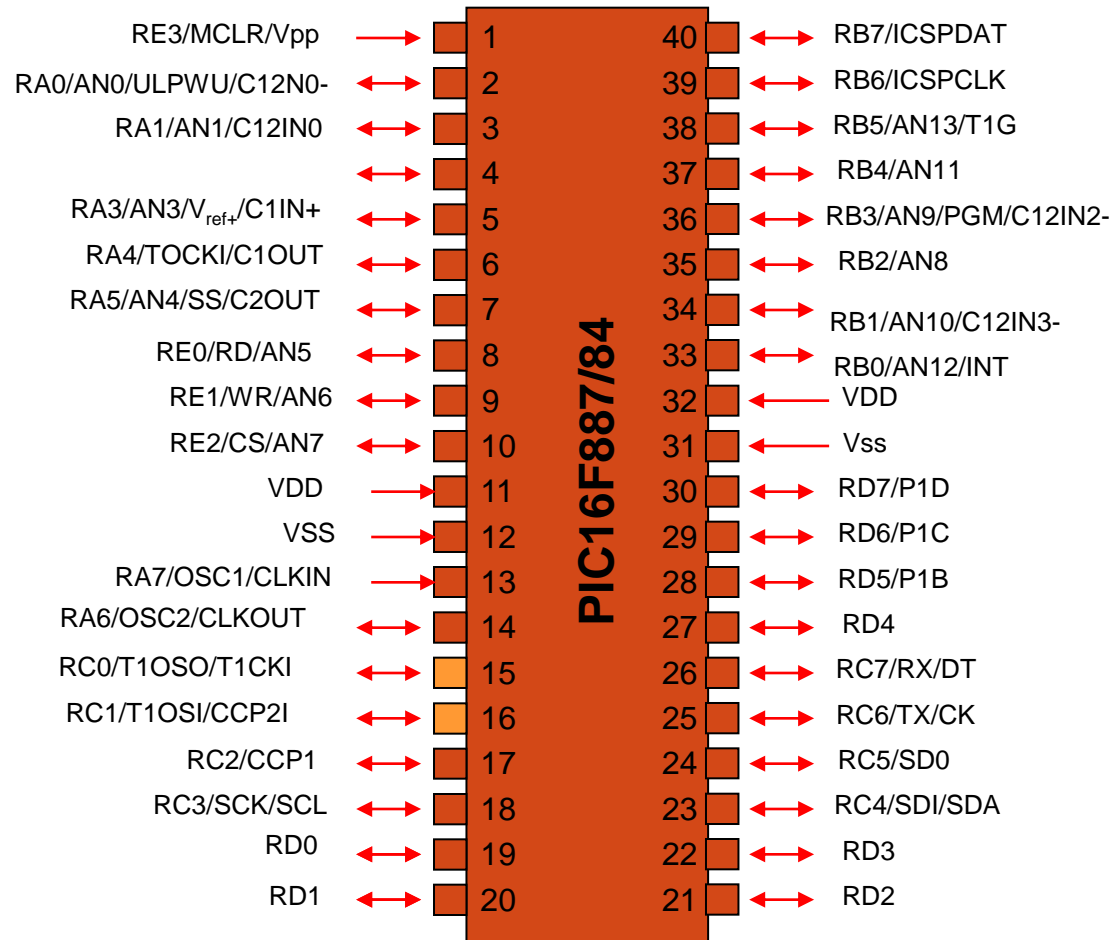
Descripción de los pines

• RC0/T1OSO/T1CKI :

- Entrada/Salida de propósito general.
- Salida del oscilador para el TMR1
- Entrada de reloj externo para TMR1

• RC1/T1OSI/CCP2:

- Entrada/Salida de propósito general.
- Entrada del oscilador para el TMR1
- Entrada/Salida para el módulo CCP2.



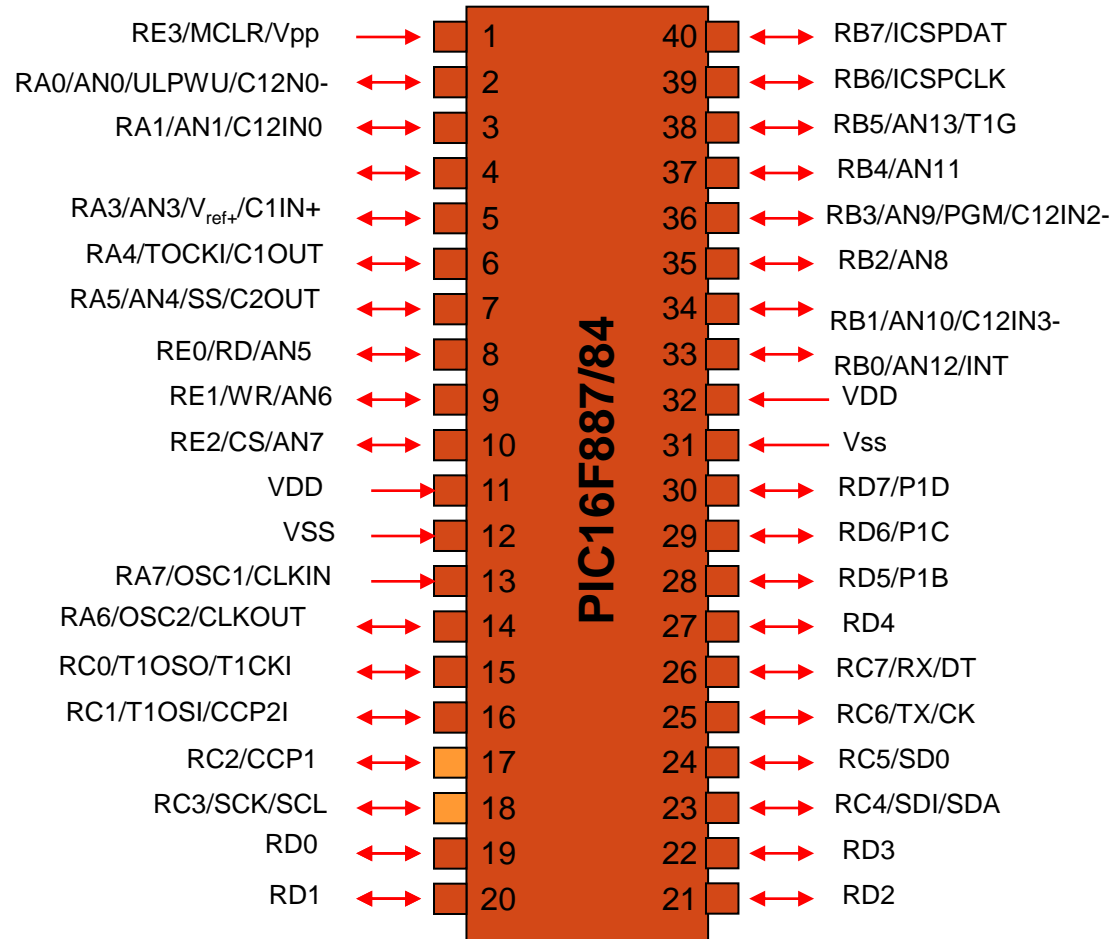
Descripción de los pines

- **RC2/CCP1 :**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Salida A de la señal PWM
- E/S del módulo CCP1

- **RC3/SCK/SCL:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Señal de reloj para el bus SPI
- Señal de reloj para el bus I2C



Descripción de los pines

- **RD0:RD4 :**

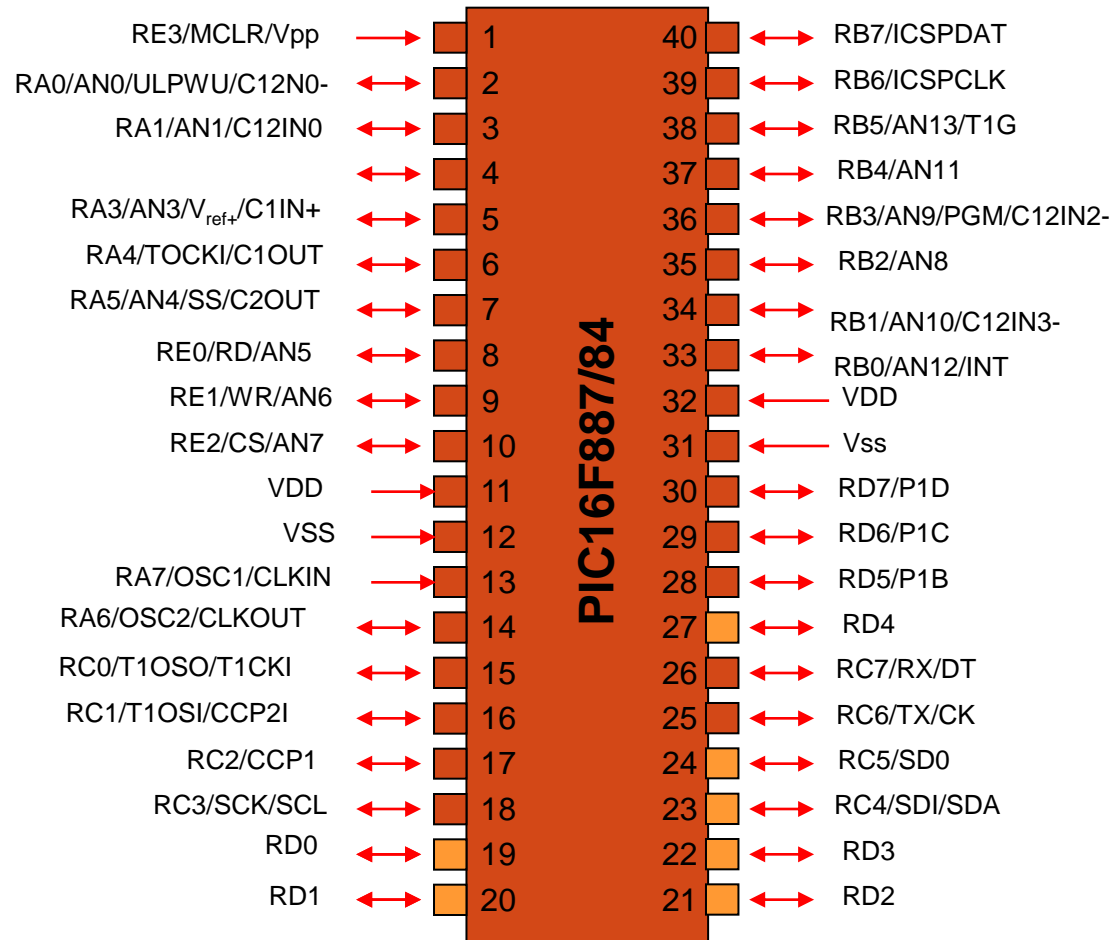
- Entrada/Salida de propósito general.

- **RC4/SDI/SDA :**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Señal de datos para el bus SPI
- Señal de datos para el bus I2C

- **RC5/SD0 :**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Señal de datos para el bus SPI



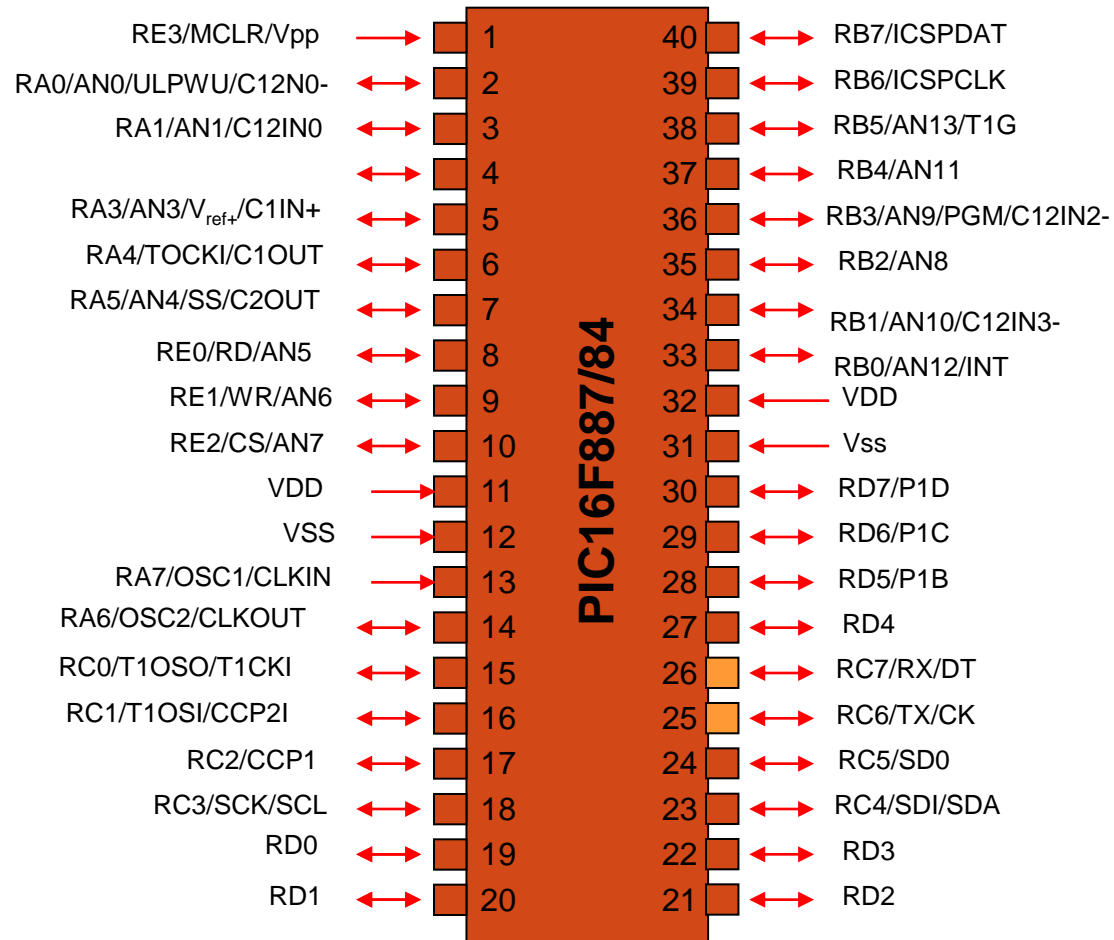
Descripción de los pines

- RC6/TX/CK:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Transmisión asíncrona desde el USART
- Reloj para el USART en modo asíncrono

- RC7/RX/DT:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Recepción asíncrona del USART.
- Datos para el USART en modo síncrono.



Descripción de los pines

- **RD5/P1B:**

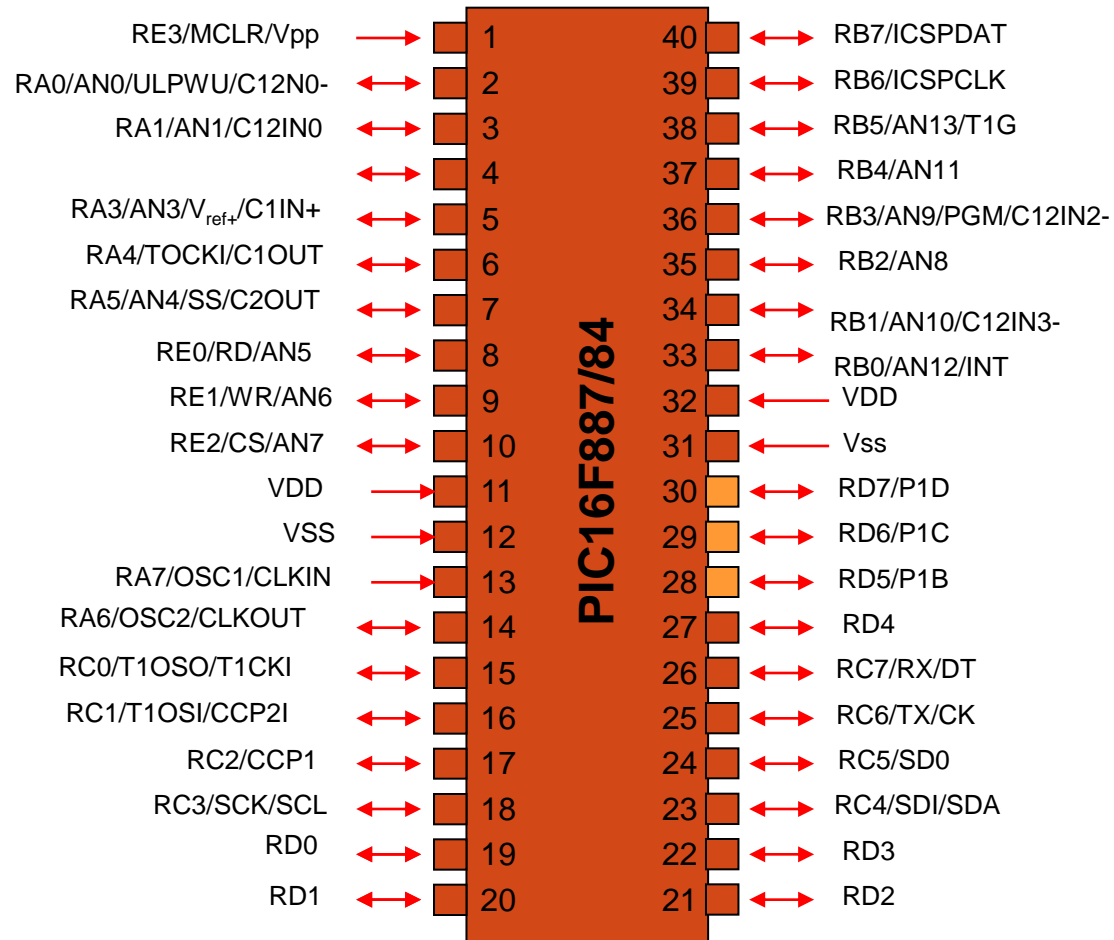
- Entrada/Salida de propósito general.
- Salida B del PWM

- **RD6/P1C:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Salida C del PWM

- **RD7/P1D:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Salida D del PWM



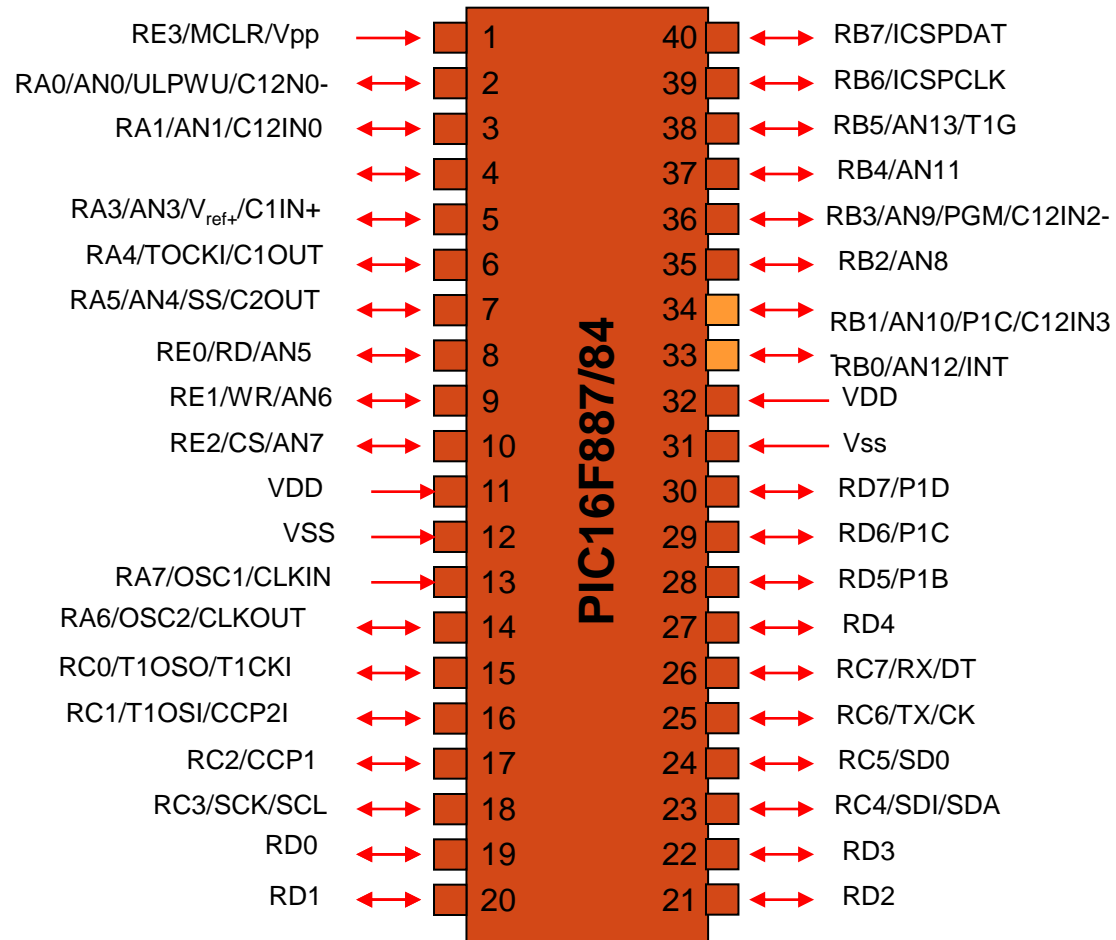
Descripción de los pines

- RB0/AN12/INT:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Canal 12 del convertidor A/D
- Entrada de Interrupción externa.

- RB1/AN10/P1C/C12IN3-:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Canal 10 del convertidor A/D
- Salida D e la señal PWM
- Entrada invertida 3 para los comparadores C1 o C2.



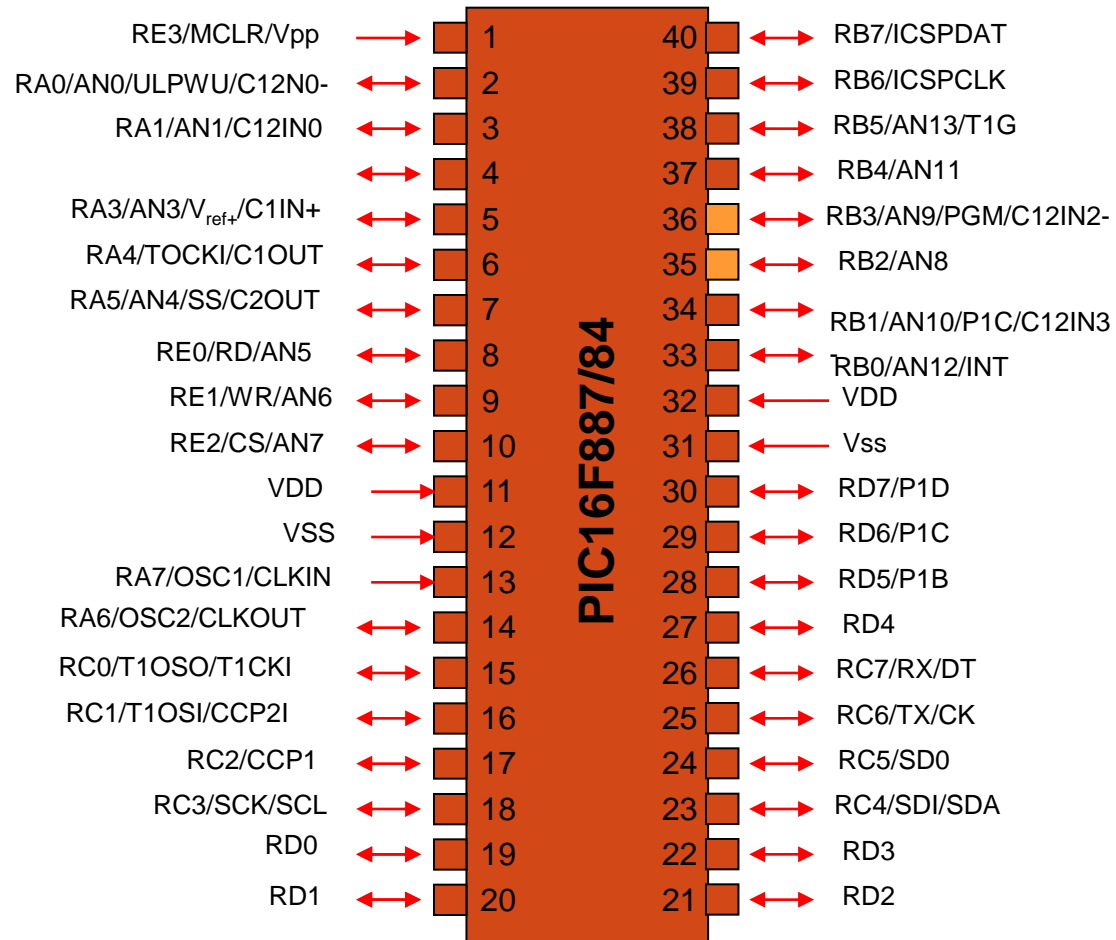
Descripción de los pines

- RB2/AN8:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Canal 8 del convertidor A/D

- RB3/AN9/PGM/C12IN2-:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Canal 9 del convertidor A/D
- Habilitación de grabación ICSP con bajo voltaje.
- Entrada invertida 2 para los comparadores C1 o C2.



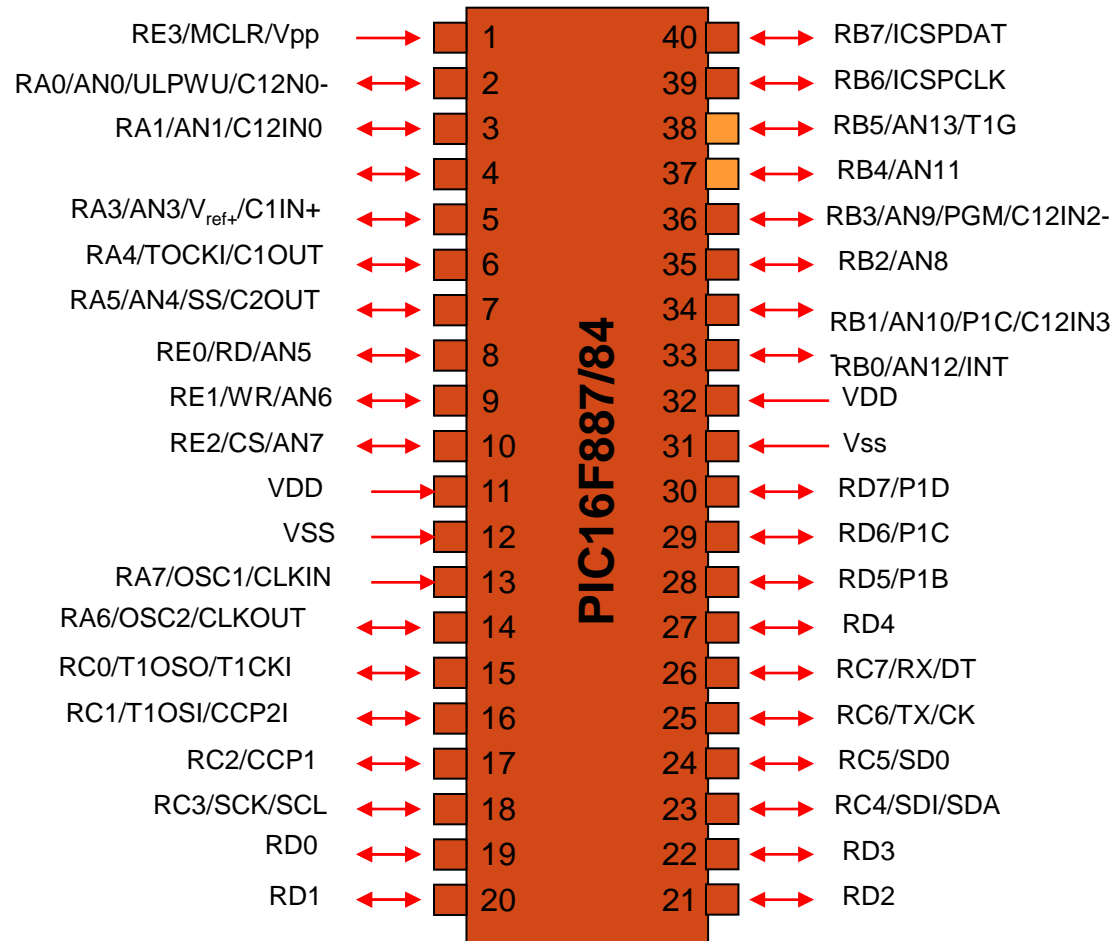
Descripción de los pines

- RB4/AN11:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Canal 11 del convertidor A/D

- RB5/AN13/T1G:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Canal 13 del convertidor A/D
- Entrada de disparo para el Timer1



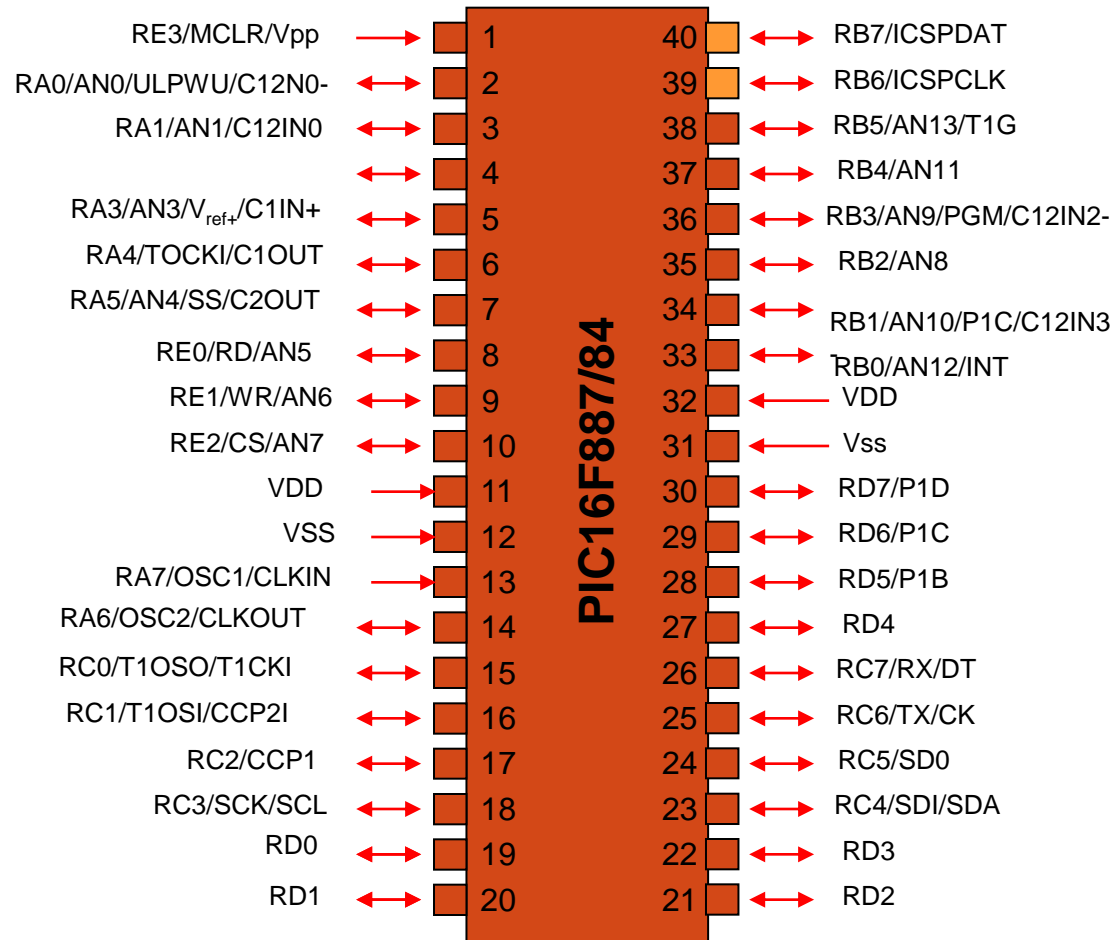
Descripción de los pines

- RB6/ICSPCLK:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- Reloj serie para grabación serie ICSP.

- RB7/ICSPDAT:**

- Entrada/Salida de propósito general.
- E/S de datos de grabación serie ICSP.



Centros participantes en el proyecto: “Aprendizaje de la Electrónica a través de la Robótica” 2009-2011



- IES Politécnico Jesús Marín (Málaga)
- IES Juan de la Cierva (Madrid)
- IES Luis de Lucena (Guadalajara)
- IES María Moliner (Segovia)
- IES Joan Miró (San Sebastián de los Reyes. Madrid)
- IES Virgen de las Nieves (Granada)
- IES Torreón del Alcázar (Ciudad Real)