



Guía N° 5: *Introducción al dsPIC*

Objetivo:

Familiarizarse con el controlador de señal ¹ dsPIC33 y su entorno de programación

Fecha de entrega:

01/09/2017

Formato de entrega:

Esta guía se resuelve sobre un único proyecto base, en el cual cada ejercicio se corresponde con porciones de código, que serán comentadas/descomentadas para evaluar cada punto. Cada porción debe estar indicada con los comentarios necesarios.

Toda la carpeta del proyecto deberá comprimirse en un archivo .zip o .rar y enviarse por correo con título *Entrega Guía 5*.

Bibliografía recomendada:

Título: Programming dsPIC MCU in C

Authors: Zoran Milivojević, Djordje Šaponjić

Editorial: MikroElektronika

Disponible online en: <http://www.mikroe.com/products/view/266/programming-dspic-mcu-in-c/>

[Manual de Referencia de la placa de desarrollo](#)

[Página web del dispositivo](#)

Requisitos

Tener instalado alguna versión del MPLABX de Microchip, disponible desde la sección Downloads en <http://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide>

Tener instalado el compilador de C XC16 de Microchip, disponible desde la sección Downloads en <http://www.microchip.com/mplab/compilers>

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_signal_controller



Uso básico del entorno / Configuración del proyecto

Desde el menú hacer click en **File** → **New Project**, luego en la ventana Categories seleccionamos **Samples** → **Microchip Embedded** y en la ventana **Projects** seleccionamos **dsPIC33 C Template** y hacemos click en **Next**. En la siguiente ventana establecemos el nombre del proyecto, la ubicación de la carpeta del proyecto y lo marcamos como proyecto principal (tildando **Set Main Project**). Hacer click en **Finish** y tendremos creada toda la estructura de proyecto.

Luego, haciendo click derecho sobre el nombre del proyecto en la pestaña **Projects** seleccionamos **Properties**. Hacer click en **Manage Configuration**, seleccionar la primer configuración y renombrarla como XC16_dsPIC33FJ128GP804. El nombre aquí no tiene importancia, solo sirve como ayuda identificar la configuración. Eliminar todas las configuraciones restantes.

Elegir como dispositivo el dsPIC33FJ128GP804, de la familia dsPIC33. Dentro de **Hardware Tools** seleccionar Pickit 3 y como Compiler Chain seleccionar XC16 (Que deberá estar instalado previamente).

A continuación hacer click en el botón Clean and Build, que tiene como ícono un martillo y una escoba. Si todo está configurado correctamente, el proyecto se compilará sin errores. Llegado a este punto podemos comenzar a agregar código.

Pasos genéricos para la edición de la plantilla de proyecto y el agregado de código

P1 - El primer paso es la selección de los bits de configuración. Las instrucciones para esto están en el archivo *configuration_bits.c*

P2 - A menos que no se usen interrupciones en la aplicación, agregue todos los vectores de interrupción que se pretendan usar en el archivo *interrupts.c*. Se proveen segmentos de código que pueden usarse como ejemplo. Verifique con la hoja de datos que la interrupción usada esté presente en el dispositivo. Los mnemónicos de cada vector de interrupción se pueden encontrar en archivo *.h* del dispositivo.

P3 - Los parámetros de sistema como la frecuencia de operación se definen en el archivo *system.h*. Agregue funciones de sistema en *system.h* y *system.c*. Por ejemplo, una función para determinar el origen de un reset, la conmutación entre fuentes de reloj, el salto a un modo de bajo consumo, etc, son el tipo de funciones consideradas como funciones a nivel de sistema.

P4 - Las funciones a nivel de usuario irán en *user.h* y *user.c*. Estas son funciones que hacen cosas como inicializar I/O, periféricos como el ADC, cómputo de algoritmos del usuario y realizar cálculos sobre datos muestreados. Los prototipos de función irán en



user.h, mientras que la implementación de estas irá en el archivo *user.c*. Se recomienda que cada función tenga un nombre descriptivo como por ejemplo *ConfigurarADC()*.

P5 - Agregar código al archivo *main.c* en la línea que dice <INSERT USER APPLICATION CODE HERE>.

Por ejemplo, las llamadas a funciones en *user.c* o *system.c* o el bucle principal del programa.

Las variables globales pueden agregarse también en el archivo *main.c*. Como práctica general, las macros y prototipos de función debe ir en *archivos.h*, mientras que as declaraciones de variables deben ir en archivos *.c*.

Se recomienda que cada porción de código se ubique dentro de una función con nombre descriptivo y evitar la utilización de código suelto en el main.

P6 - Diseñar el resto de la aplicación. Agregar nuevos archivos y realizar las verificaciones necesarias.

P7 - Documente lo que hace el proyecto e incluya información adicional en el archivo *project_information.txt*.

1. Manejo básico de puertos en configuración básica

- 1.1. Crear un programa que lea el estado del botón 0 (según la tabla en página 3 del manual de referencia de la placa de desarrollo) y lo asigne al LED 0 (también según la tabla de página 3). Ver referencia de la placa de desarrollo para identificar banco y bit para el botón y el LED. Para escribir un bit de un puerto de salida se debe primero configurar ese bit en modo salida, escribiendo 0 al bit correspondiente en el registro TRISX, donde X es la letra que designa al puerto. Una manera sencilla de hacerlo es mediante:

```
TRISXbits.TRISXY = 0; // X Letra de Puerto, Y número de bit del puerto
```

Luego se puede escribir el bit mediante

```
LATXbits.LATXY = valor;
```

Para leer un bit de un puerto se puede tomar el valor haciendo

```
valor = PORTXbits.RXY;
```

Se puede encontrar información relacionada al acceso a los puertos en [Section 10. I/O Ports - dsPIC33F/PIC24H FRM](#).

Generar el código para los bits de configuración desde **Window** → **PIC Memory View** → **Configuration Bits**. Modificar el bit FWDTEN para apagar el

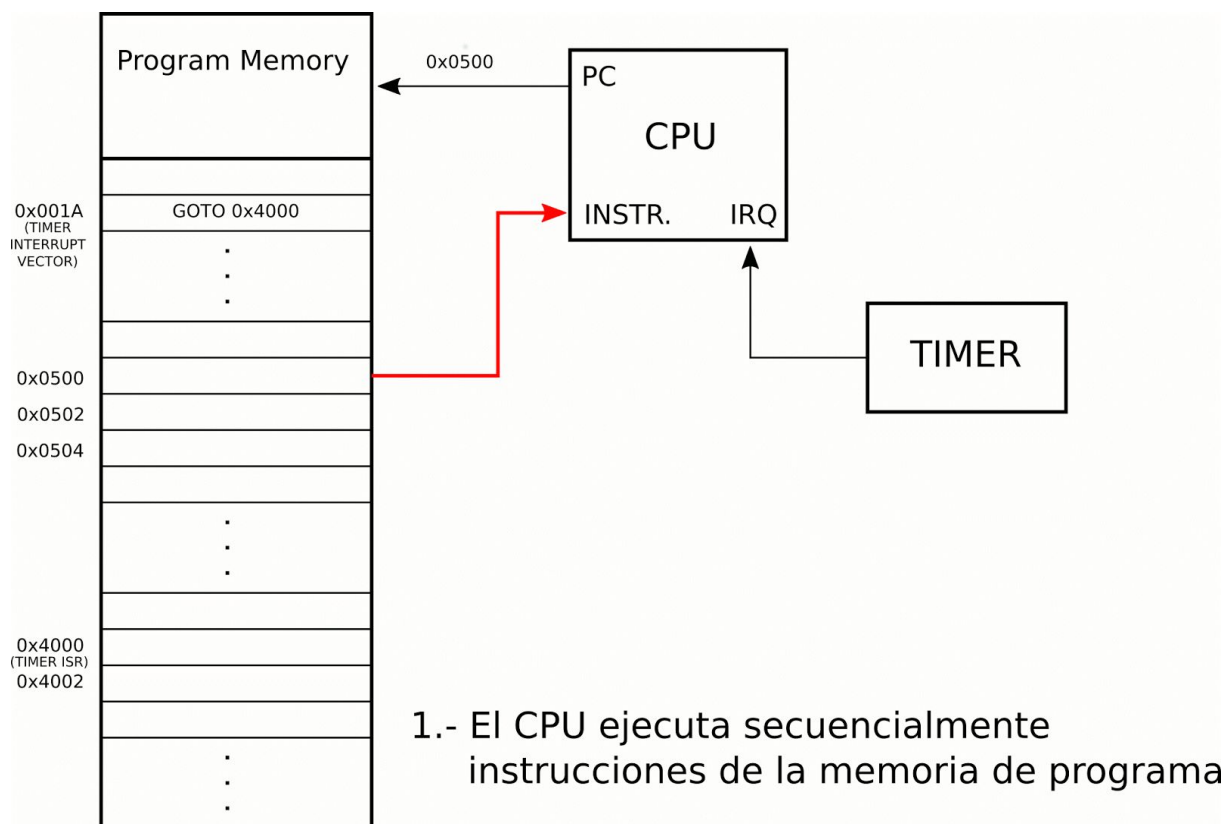


Watchdog y hacer click en **Generate Source Code**. Pegar el código generado en el archivo *configuration_bits.c*.

- 1.2. Crear un programa que encienda y apague el led 1 aproximadamente cada 1 segundo. Utilizar para el retardo un bucle FOR con una variable de 32 bits como índice (tipo de dato `uint32_t`). La duración total del retardo, en iteraciones del bucle FOR será de aproximadamente 155 mil ciclos.

2. Temporizador con interrupción ² y uso del PLL

Las interrupciones son señales que indican al procesador que un evento necesita atención inmediata. Estas causan que la CPU detenga momentáneamente el flujo de ejecución normal para ejecutar el código asociado a la interrupción en particular. Algunos registros importantes como el contador de programa y el registro de estado se almacenan automáticamente en la memoria de stack, de manera de poder continuar con la aplicación en curso luego de atender la interrupción. Puede consultarse información adicional sobre el funcionamiento de las interrupciones en [Section 32. Interrupts \(Part III\) - dsPIC33F/PIC24H FRM](#).



- 2.1. Crear un programa para encender y apagar un led mediante una interrupción generada cada un segundo. Se deberá configurar un temporizador en modo 32bits, dentro de una función en el archivo *user.c*. El código de configuración para el timer se encuentra en el manual de referencia para temporizadores,

² <https://en.wikipedia.org/wiki/Interrupt>



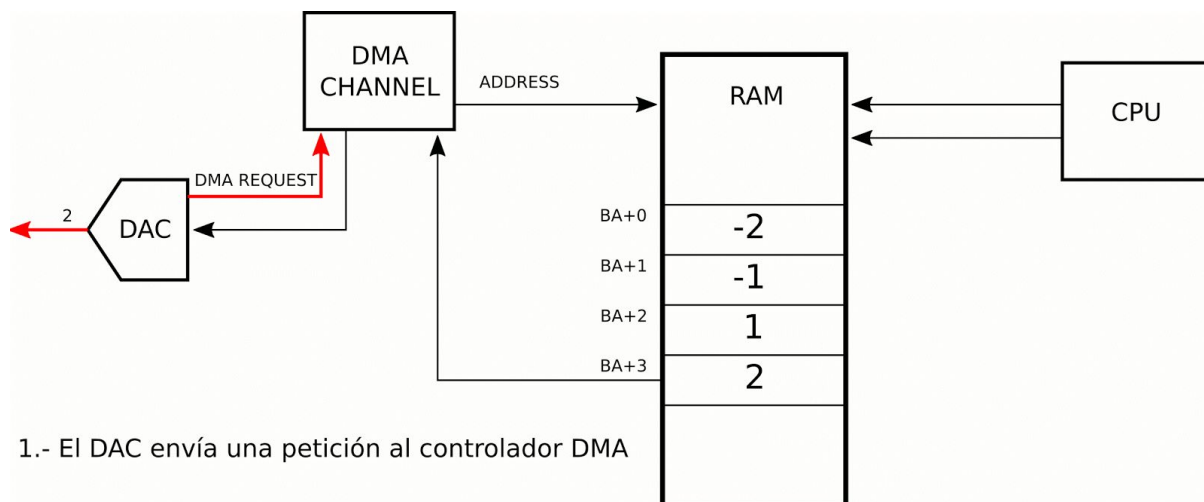
[Section 11. Timers - dsPIC33F/PIC24H FRM](#) , página 18, ejemplo 11-6.

Traducir todos los comentarios del ejemplo al castellano. Copiar la rutina de interrupción al archivo *interrupts.c* y agregar el código necesario para cambiar el estado de led 2. Configurar el registro PR3 con 0x40 y PR2 con 0x00 dentro de la rutina de configuración del timer.

- 2.2. Configurar el clock de sistema para funcionar a 40MIPS, utilizando el ejemplo de código disponible en el manual de oscilador [Section 39. Oscillator \(Part III\) - dsPIC33F FRM](#). Página 23, ejemplo 39-1. La primer parte del ejemplo corresponde a bits de configuración que hay que modificar desde *configuration_bits.c*. Colocar la rutina de configuración de PLL dentro de *system.c*. Calcular el valor a colocar en PR2 y PR3 para obtener una interrupción exactamente cada 1 segundo.

3. Uso del DAC con interrupciones y DMA ³

El controlador de acceso directo a memoria es un bloque que permite el intercambio de datos entre memoria y periféricos, sin asistencia del CPU. Una vez configurado permite disminuir considerablemente la carga de trabajo sobre la unidad de procesamiento automatizando la transferencia de datos. Los detalles de operación del controlador de acceso directo a memoria se pueden ver en [Section 38. Direct Memory Access \(DMA\) \(Part III\) - dsPIC33F/PIC24H FRM](#).



- 3.1. Crear un programa que permita escribir dos valores alternados a través del DAC de audio. Para ello crear una tarea en *user.c* que configure el DAC de acuerdo al ejemplo 33-1 de la página 11 en el manual del DAC: [Section 33. Audio Digital-to-Analog Converter \(DAC\) - dsPIC33F FRM](#).

Revisar cada una de las siguientes configuraciones y modificar el ejemplo de ser necesario:

- Interrupción si la fifo está vacía. (ver campos del registro DAC1STAT)

³ https://en.wikipedia.org/wiki/Direct_memory_access



- Salida del canal izquierdo y salida del canal derecho habilitadas. (ver campos del registro DAC1STAT)
- Frecuencia de trabajo del DAC de 39062.5. Tener en cuenta que la frecuencia de entrada, como figura en el manual del oscilador, es de 160MHz y primeramente dividida por 256. El valor resultante se debe dividir por el contenido del campo APSTCLR del registro ACLKCON y luego por el contenido del campo DACFDIV del registro DAC1CON más 1 (DACFDIV+1), de manera que las divisiones resulten en la frecuencia esperada.
- Formato de datos signado. Ver campo FORM en el registro DAC1CON.
- Valor por defecto en 0. Ver registro DAC1DFLT

Luego, en la rutina de interrupción se deberá escribir alternadamente los valores 0x7FFF (máximo positivo) y 0x8000 (máximo negativo). Se recomienda el uso de una variable global para llevar el estado de la salida, que deberá ser definida en el archivo *main.c* e inicializada en la función *main* de dicho archivo. Esta variable global podrá ser accedida desde el archivo *interrupts.c* utilizando una declaración de variable externa, del siguiente modo:

```
extern uint16_t mi_variable; // Colocar esta línea en el archivo
                             // interrupts.c
```

Chequear finalmente la salida del DAC con un osciloscopio. Identificar los pines de salida mediante el manual de referencia de la placa dsPIC.

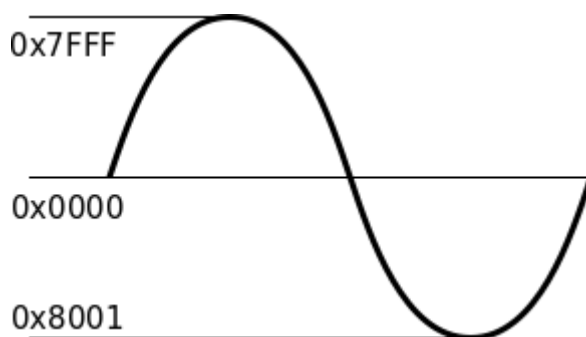
- 3.2. Crear un programa que genere una salida senoidal de 1220Hz mediante el DAC, utilizando acceso directo a memoria (DMA). Ver para ello el ejemplo 33-2 del manual de referencia del DAC y modificar los mismos registros que fueron modificados en el punto anterior.

Las primeras líneas del ejemplo declaran la memoria DMA que se utilizará para almacenar la señal senoidal a transmitir, es conveniente que estas líneas se declaren en el archivo *main.c* y luego se utilicen desde *user.c* mediante la palabra clave *extern*.

El uso del atributo `__attribute__((space(dma)))` le indica al linker que ubique la memoria en la zona de memoria DMA válida. Esta memoria puede cargarse con valores de la manera en que se inicializa un arreglo en c, mediante el uso corchetes en la declaración del arreglo, por ejemplo:

```
int mi_arreglo[4]={0x0000,0x18F8,0x30FB,0x471C};
```

Para obtener los elementos del arreglo, se deberá crear una senoidal en Octave/MATLAB de frecuencia digital 1/16, con un ciclo de duración, y cuyos valores deberán mapearse a enteros de la siguiente manera:



Una manera de realizar lo anterior es escalando la señal entre ± 32767 ($\pm 2^{15}-1$), luego aplicar la operación **floor** para convertir a entero y por último sumar 65536 (2^{16}) sólo a los números que sean negativos.

4. Uso del ADC mediante DMA

- 4.1. Crear un programa que lea en conversor AD y sobrescriba los buffers DMA del DAC. En primer lugar se debe configurar el canal DMA para el ADC. Para esto configurar el ADC, siguiendo el manual [Section 16. Analog-to-Digital Converter \(ADC\) - dsPIC33F/PIC24H FRM](#) de la siguiente manera:
- ADC en modo 12 bits, ver campo AD12B en el registro AD1CON1
 - Vdd y Vss como referencia de voltaje. Ver campo VCFG en registro AD1CON2
 - Tcy como clock de conversión. Ver campo ADRC en registro AD1CON3
 - Divisor de clock en 10 (Tad: 10xTcy). Ver campo ADCS en registro AD1CON3
 - Poner todos los bits del registro AD1PCFGL como entradas digitales excepto el bit correspondiente a AN0, que deberá configurarse como entrada analógica
 - Muestreo únicamente en canal cero (CH0). Ver campo CHPS en el registro AD1CON2bits
 - Entrada positiva en AN0. Ver campo CH0SA en registro AD1CHS0
 - Habilitar muestreo automático. Ver campo ASAM en registro AD1CON1
 - Tipo de datos fraccional con signo. Ver campo FORM en registro AD1CON1
 - Un incremento por muestra. Ver campo SMPI en registro AD1CON2
 - Timer 5 como temporizador de muestro. Ver campo SSRC en registro AD1CON1
 - Período de muestreo: 5xTad. Ver campo SAMC en registro AD1CON3
- Como el muestreo se generará a partir del Timer 5, se deberá configurar este para generar una interrupción cada 39062,5Hz. No es necesario habilitar interrupciones pues solo se usará para comandar al ADC. Se puede usar el código de configuración de timer de 32 bits del punto 2.1 y modificarlo para trabajar en 16 bits.
- Tomando como base la configuración DMA del ejercicio 3.2, aplicarla al canal DMA 2 y modificar los siguientes registros:
- DMA2PAD → Establecer el valor definido para el ADC en la tabla 38-1 del



manual DMA: Section 38. Direct Memory Access (DMA) (Part III) - dsPIC33F/PIC24H FRM . También se puede tomar la dirección de ADC1BUF0.

- DMA2REQ → De la misma tabla tomar el valor para ADC1 Convert Done
- DMA2STA → Apuntar al buffer derecho B
- DMA2STB → Apuntar al buffer derecho A

También se deberá cambiar la dirección de la transacción DMA para que sea de periférico a RAM. Ver campo DIR en registro DMA2CON

5. Uso de la UART mediante interrupciones

- 5.1. Crear un programa que permita recibir un carácter del puerto serie y reenviarlo como eco, a través del MCP2200. Comenzar tomando el ejemplo 7-1 del manual de referencia de la UART: [dsPIC33/PI4 FRM. UART](#). Antes de habilitar la UART, activar la interrupción poniendo en 1 el bit U1RXIE del registro IEC0. Luego habilitar la transmisión UART poniendo en 1 el bit UTXEN del registro U1STA.

En la rutina de interrupción por recepción se deberá conmutar el estado del Led 3 de manera que cada vez que llegue un carácter cambie de estado. También se deberá configurar el multiplexor de selección de pines para que la salida TX sea mapeada al puerto RP19, configurable desde el registro RPOR9 y la entrada RX al puerto RP20, configurable desde el registro RPINR18. Ver los detalles desde el manual de configuración de pines remapeables: [Section 30. I/O Ports with Peripheral Pin Select \(PPS\) - dsPIC33F/PIC24H FRM](#) La comunicación se podrá probar con cualquier programa de acceso al puerto serie disponible.

Ver en la página <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/en546923> información relacionada al driver para Linux/Windows en la sección Documentation.