



TECNICAS DIGITALES III

Guía N° 9: *Introducción al dsPIC*

Objetivos:

Familiarizarse con el entorno de programación y nociones básicas sobre el controlador de señal dsPIC33

Bibliografía recomendada:

Título: **The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing.**

Autor: Steven W. Smith.

Editorial: California Technical Publishing.

(Este libro puede ser obtenido en formato electrónico del sitio web: www.dspguide.com)

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.

Disponible en autogestión.

Enunciado:

9 Uso básico del entorno / Configuración del proyecto

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

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 para las siguientes configuraciones. Eliminar todas las configuraciones restantes.

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



TECNICAS DIGITALES III

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 mnemonics de cada vector de interrupción se pueden encontrar en el 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`.

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 las declaraciones de variables deben ir en archivos `.c`.



TECNICAS DIGITALES III

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`.

9.1 Manejo básico de puertos en configuración básica

- 9.1.1 Crear un programa que lea el estado del botón 1 y lo asigne al LED 1. 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;
```

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**.

- 9.1.2 Crear un programa que encienda y apague el led 2 aproximadamente cada 1 segundo. Utilizar para el retardo un bucle FOR con una variable de 32 bits como índice (`uint32_t`). La duración total del retardo, en iteraciones de bucle FOR será de aproximadamente 155 mil ciclos.

9.2 Temporizador con interrupción y uso del PLL

- 9.2.1 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 se encuentra en el manual de referencia para temporizadores, [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



TECNICAS DIGITALES III

interrupts.c y agregar el código necesario para cambiar el estado de led 3. Configurar el registro PR3 con 0x40 y PR2 con 0x00 dentro de la rutina de configuración del timer.

- 9.2.2 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.
- 9.2.3 Calcular el valor a colocar en PR2 y PR3 para obtener una interrupción exactamente cada 1 segundo.

9.3 Uso del DAC con interrupciones y DMA

- 9.3.1 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 33-3 disponible el manual el 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)
 - 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 es de 40MHz y primeramente dividida por 256. El valor resultante es luego dividido por el contenido del campo DACFDIV del registro DAC1CON más 1 (DACFDIV+1).
 - 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. Indentificar los pines de salida mediante el manual de referencia de la placa dsPIC.

- 9.3.2 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.



TECNICAS DIGITALES III

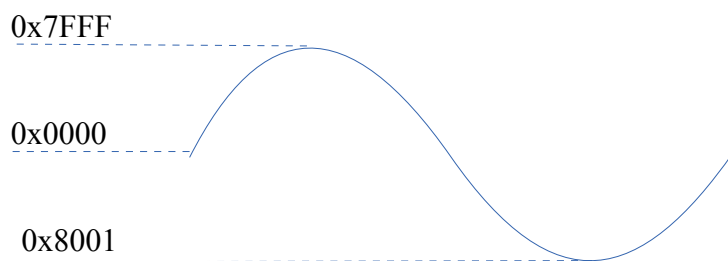
Las primeras líneas del ejemplo declaran la memoria DMA que se utilizará para almacenar la señal senoidal a transmitir, es conveniente que estas líneas se declaren en el archivo `main.c` y luego se utilicen desde `user.c` mediante la palabra clave **extern**.

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 MATLAB de frecuencia digital 1/16, con un ciclo de duración, y cuyos valores deberán mapearse luego a enteros de la siguiente manera:



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

9.4 Uso del ADC mediante DMA

9.4.1 Crear un programa que lea en conversor AD y sobrescriba los buffers DMA del DAC. Para esto configurar el ADC 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: $10 \times Tcy$). 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



TECNICAS DIGITALES III

- 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 39062Hz. 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 9.2.1 y modificarlo para trabajar en 16 bits.

Tomando como base la configuración DMA del ejercicio 9.3.2, 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

9.5 Uso de la UART mediante interrupciones

- 9.5.1 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 FC2RM, 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

También se deberá configurar el multiplexor de selección de pines para que el la salida TX esté mapeada en el puerto RP19, configurable desde el registro RPOR9 y la entrada RX en el 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.