Comunicación encriptada con "dsPIC"

Por, Ignacio Angulo, Iván Trueba, Aritza Etxebarría y José Mª Angulo

Departamento de Arquitectura de Computadores de la Facultad de Ingeniería ESIDE de la Universidad de Deusto

¡Los dsPIC ya están aquí!. Microchip comercializa más de 50 modelos diferentes agrupados en las familias dsPIC30F y dsPIC33F.

¿Y qué son los dsPIC?. Son microcontroladores PIC de 16 bits a los que se han añadido las prestaciones de los DSP (Procesadores Digitales de Señales).

¿Y para qué sirven?. Para desarrollar aplicaciones nuevas a las que no llegan los microcontroladores clásicos.

Además del elevado rendimiento y los numerosos periféricos que integran los dsPIC se distinguen por disponer de un "motor DSP" que añade al repertorio de instrucciones clásico un conjunto de 19 "instrucciones DSP" capaces de resolver óptimamente filtros, algoritmos para el tratamiento de la imagen y el sonido, ecuaciones matemáticas, etc..

La obsesión de Microchip con los dsPIC ha sido la de propiciar una suave transición a sus numerosos clientes de microcontroladores PIC hacia estos nuevos dispositivos imprescindibles para las aplicaciones del futuro.

Los autores de este artículo han creado una herramienta que facilita a los profesionales del diseño con microcontroladores el tránsito al nivel superior en el que se encuentran los dsPIC. Dicha herramienta consiste en el libro *"dsPIC. Diseño práctico de Aplicaciones"* editado por Mc Graw-Hill y que consta de tres partes. Comienza con un estudio claro sobre la arquitectura, funcionamiento y programación de los dsPIC. La segunda parte se destina a la simulación de programas y aplicaciones utilizando las herramientas que proporciona el fabricante desde su web. En la última parte se describe una colección de experiencias reales y proyectos basados en dsPIC y desarrollados en el entrenador *PIC School* de "Ingeniería de Microsistemas Programados S.L." de las que hemos elegido una muy sencilla e ilustrativa.

Encriptación de datos: Una aplicación que precisa dsPIC

Se propone comunicar un dsPIC30F4013 con un computador empleando el puerto serie del PC. Se utiliza el hardware de comunicaciones USART disponible en el dsPIC y que permite realizar este tipo de comunicación sin emplear recursos de la CPU. Los objetivos de esta experiencia son los siguientes:

- Configurar correctamente el dsPIC30F4013 para el envío y recepción de datos por el puerto serie
- Utilizar el motor DSP para realizar una encriptación de los datos en las comunicaciones

Para visualizar los datos enviados desde el dsPIC en el PC se puede utilizar cualquier programa Hyperterminal de comunicaciones, como el software Hyperterminal que se encuentra en la carpeta Accesorios/Comunicaciones del sistema operativo Windows.

Aprovechando las posibilidades matemáticas de los dsPIC se pueden desarrollar mecanismos de encriptación de comunicaciones mucho más avanzados que con un microcontrolador MCU. Con un microcontrolador, para codificar un dato rápidamente se le puede sumar o restar una cantidad fija, que solo sea conocida por el equipo con el que se establece comunicación.

Por ejemplo, si se quiere enviar el carácter ASCII "z", correspondiente al código ASCII 122, se le puede sumar una cantidad de forma que al transmitir el dato no pueda ser reconocido. El equipo receptor deberá restar la misma cantidad al recibir el dato para desencriptarlo y convertirlo en un carácter inteligible. Esto se aplicará a todos los datos transferidos. Sin embargo, un simple desplazamiento de datos a través de sumas y restas es una protección muy sencilla, que puede ser fácilmente descubierta por un programa que pruebe a restar y sumar cifras hasta localizar cadenas de información válidas.

Con un dsPIC es posible complicar mucho la encriptación ya que las operaciones matemáticas que se pueden ejecutar a gran velocidad son mucho más complejas que las sumas o restas de un microcontrolador MCU. Por ejemplo, podemos elevar al cuadrado un dato, dividirlo entre una cantidad y después enviar dos datos, el cociente y el resto de la división. Para poder desencriptar esta información, habría que conocer que hay 2 datos en transmisión por cada dato enviado, que

Figura 1. Organigrama de la práctica de transferencia de datos encriptados.

Figura 2. Tarjeta de entrenamiento PIC School. Cortesía de Ingeniería de Microsistemas Programados S.L.

está previamente elevado al cuadrado y luego desglosado entre cociente y resto de una división, que en el caso de esta experiencia tendrá el divisor 100.

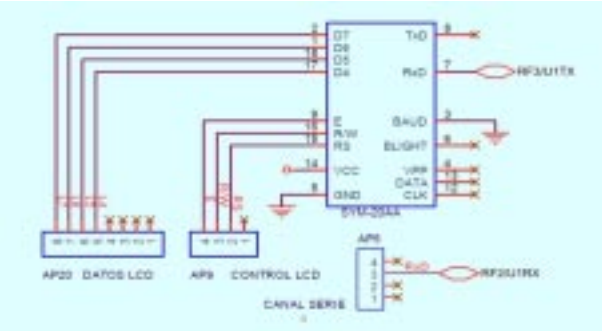
En la aplicación el dsPIC esperará la recepción de un carácter ASCII por el puerto serie. Una vez recibido el dato, lo reenviará hacia el PC a modo de ECO y hacia una pantalla LCD pero aplicando antes una codificación para encriptar los datos. Las comunicaciones se realizan a una velocidad de 9600 baudios, 8 bits de datos y con 1 bit de stop. Estos parámetros de la comunicación hay que tenerlos en cuenta a la hora de configurar el dsPIC, ya que la comunicación por el puerto serie es de tipo asíncrono y es necesario que los dos equipos conozcan previamente estos parámetros.

El programa se repite de forma indefinida en un bucle. Se espera a la recepción de un dato del ordenador. Cuando llegue el dato se aplica el algoritmo de encriptación que consiste en elevarlo al cuadrado y dividirlo entre 100. Tras realizar esta operación tenemos un cociente y un resto, ambos de 8 bits. Estos dos datos son reenviados hacia el PC y se mostrarán en la pantalla del ordenador.

Esquema electrónico

El hardware necesario para la implementación de esta aplicación se encuentra en la tarjeta PIC School, distribuida por Ingeniería de Microsistemas Programados S.L. (www.microcontroladores.com).

Figura 3. Esquema electrónico de la aplicación.



Para mostrar los mensajes en la pantalla LCD de la PIC School se utiliza un circuito conversor de serie a LCD. Este controlador serie SYM 20-AA requiere de las conexiones reflejadas en la Figura 3 entorno a la pantalla LCD.

Las patitas 25 y 26 del dsPIC, en las que se encuentran las salidas hardware de la USART, serán las utilizadas en esta experiencia. Para probar las comunicaciones y poner en marcha la práctica hay que conectar la tarjeta PIC School al ordenador empleando un cable para el puerto serie que disponga de un terminal DB9 hembra en un extremo y un DB9 macho en el otro. Los conectores tipo DB9 son el estándar más extendido en las comunicaciones por el puerto serie. Es el mismo tipo de cable que se utiliza para programar los dsPIC a través del programa WinPIC800. Así, se usa el mismo cable de la siguiente manera: Primero se programa el microcontrolador y una vez programado, en segundo lugar, antes de pasar a modo "RUN" se cambia el cable de posición en la PIC School, conectándolo al interfaz RS-232 para poder observar el funcionamiento de dicho laboratorio.

Construcción del programa

El programa comienza configurando el hardware de las comunicaciones y a las patitas R1X y T1X del dsPIC. La primera de ellas debe configurarse como entrada digital para poder recibir los datos y la segunda como salida. Es necesario acceder a los registros de control de la USART para activar la comunicación a la velocidad adecuada.

Una vez configurado el chip, el programa queda a la espera de recibir un nuevo carácter por el puerto serie, evento que es detectado por la USART. Cuando llegue el nuevo dato, se descarga y se aplica el algoritmo de cifrado para reenviarlo. Hay que destacar que la comunicación es full-duplex, de modo que si se recibe un nuevo dato mientras se está enviando la respuesta anterior también es almacenado en el buffer de recepción de la USART.

Grabación y ejecución

Una vez abierto el proyecto y tras compilar y grabar el programa en la memoria del dsPIC mediante el uso de la tarjeta PIC School y el soft-

```
.include "p30f4013.inc"
.global __U1RXInterrupt

__U1RXInterrupt:                ;Tratamiento de interrupción de recepción
      BCLR   IFS0,#U1RXIF       ;de dato. Primero se borra el flan de int.
      MOV    U1RXREG,W7         ;Se mueve a W7 el dato recibido
      MPY    W7*W7,A            ;Se eleva al cuadrado dicho dato
      MOV    ACCAL,W2           ;Se mueve a W2
      MOV    #0x0064,W3         ;Se divide entre 100
      REPEAT #17
      DIV.U  W2,W3              ;Se transmite el resultado de la división
      CALL   TRANSMITE
      MOV    W1,W0              ;Se transmite el resto de la división
      CALL   TRANSMITE
      RETFIE

.global _main

_main:
      BSET   CORCON,#0x0        ;Trabajo con enteros
      CALL   INICIAUART         ;Inicialización módulo UART
bucle:
      CLRWDT                    ;Se espera en un bucle infinito
      GOTO bucle                ; a que se dé una interrupción por llegada
                                ;de un carácter

INICIAUART:
      CLR U1BRG                 ;Se inicializa U1BREG para transmisión
      MOV #0x0019,W0            ;a 9600 baudios con un reloj de 4Mhz
      MOV W0,U1BRG
      MOV #0x8000, W0           ;Se habilita la recepción de datos
      MOV W0, U1MODE
      MOV #0x0510, W0
      MOV W0, U1STA
      MOV #0x8020, W0           ;Se habilita el módulo
      MOV W0, U1MODE
      MOV #0x0200, W0           ;Se habilita interrupción por recpeción
      MOV W0, IEC0
      CLR IEC1
      CLR IEC2
      RETURN


TRANSMITE:                      ;Rutina que envia un carácter
      BTSS   U1STA,#8           ;Espera a estar disponible
      BRA    TRANSMITE          ;
      MOV    W0,U1TXREG         ;Envia el dato a través de U1TXREG
      RETURN
.end
```

Figura 4. Código fuente del programa.

ware WinPIC800, se deberá ejecutar un programa de comunicación en el PC para poder enviar datos por el puerto serie y recibir las respuestas del dsPIC.

Una vez que el programa entra en ejecución todo carácter escrito con el teclado es enviado por el puerto serie hacia la tarjeta PIC School. Cada vez que se reciba un carácter por el puerto es mostrado en la pantalla. Se puede seleccionar en el menú de configuración del Hyperterminal la opción ECO de los caracteres escritos localmente, que sirve para que veamos en la pantalla los caracteres que estamos tecleando y están siendo enviados hacia el dsPIC. En la pantalla principal hay 2 iconos con los que iniciar y detener la comunicación, que tienen la forma de un teléfono colgado y un teléfono descolgado respectivamente.

Tras grabar el dsPIC, se pulsará el botón de Reset para comenzar la ejecución de la experiencia. Al teclear un carácter en el programa Hyperterminal de Windows se reciben dos caracteres en la pantalla del ordenador y en la pantalla LCD, que es un resultado ECO del carácter enviado pero encriptado. Se puede probar a realizar manualmente la operación de desencriptación y así comprobar que las operaciones son realizadas correctamente por el dsPIC. Todo carácter ASCII recibido tiene un valor asignado entre 0 y 255 que puede ser consultado en una tabla estándar de códigos ASCII o en el programa Mapa de Caracteres de las Herramientas del sistema operativo Windows.

Como ejemplo se ha tecleado en el ordenador la letra m que se corresponde con el código ASCII 109. El resultado de elevar 109 al cuadrado da 11881. Al dividir 11881 entre 100, el resultado es de 118 y resto 81, que se corresponden con los caracteres v y Q respectivamente, que aparecen sobre la pantalla LCD de la Figura 5.

Conclusiones

Los actuales técnicos, profesionales y diseñadores de sistemas con microcontroladores PIC van a poder desarrollar con suma facilidad aplicaciones con dsPIC gracias al esfuerzo que ha dedicado su fabricante Microchip en simplificar y homogeneizar el hardware y el software que rodean a los nuevos dispositivos y a herramientas tan sencillas y asequibles como la *PIC School* y libros como los que se citan en la bibliografía.

Bibliografía

"dsPIC: Diseño práctico de aplicaciones" Jose Mª Angulo Usategui, Aritza Etxebarria Ruiz, Ignacio Angulo Martínez e Iván Trueba Parra. Editorial Mc-Graw Hill 2006.

"Microcontroladores Avanzados dsPIC", Angulo, JM, García, B. , Angulo, I. y Vicente, J.. Editorial Thomson, 2006.

www.microchip.com: MICROCHIP

www.microcontroladores.com Ingeniería de microsistemas programados S.L.

Figura 5. Sistema PIC School conectado al puerto serie de un ordenador y con la experiencia en ejecución.