

PRÁCTICAS CON MICROCONTROLADORES PIC

G. Aranguren y L. Nozal
E. T. S. Ingenieros Industriales y Telecomunicación
Alda. Urquijo s/n, 48013 Bilbao
Tfno. 94-4278055 Fax 94-4414041
e-mail: jtpararg@bi.ehu.es

RESUMEN.- En la docencia de diseño de sistemas con microprocesador, siempre hemos encontrado la dificultad de establecer prácticas de laboratorio donde exista realización física de un prototipo, que no se reduzcan a la simulación o emulación de un microprocesador. En el Congreso TAEE'94 se presentó una comunicación que sugería solucionar este problema con la realización de prácticas basadas en microcontroladores.

Durante el primer cuatrimestre del curso 95/96 hemos realizado esta experiencia, empleando para ello el microcontrolador PIC16C74 de Microchip. Al final del cuatrimestre hemos evaluado los objetivos iniciales y presentamos los resultados en el presente artículo.

1.- INTRODUCCIÓN

La primera dificultad en la docencia de microprocesadores es encontrar el dispositivo adecuado: sencillo pero no obsoleto, actual pero no muy complejo, concreto pero muy estándar. La solución al problema es casi imposible de encontrar y, en la mayoría de los casos, debemos optar por reducir nuestras pretensiones y explicar un microprocesador obsoleto en el uso industrial pero de buenas características en el plano didáctico, o bien un microprocesador muy difundido aunque su empleo sea complejo.

En las prácticas de laboratorio todavía es más difícil encontrar el microprocesador adecuado: con una complejidad en la construcción del circuito del prototipo asequible, unos requerimientos de programación limitados, basado en un microprocesador actual, con un sistema de desarrollo de bajo costo, de disponibilidad alta, etc. Para solucionar este problema Santos y otros profesores de la UPM [1] presentaron en TAEE'94 su experiencia de realización de prácticas con microcontroladores, en concreto se presentaba la utilización de un microcontrolador de Motorola.

Después de valorar esta idea, nosotros hemos optado por adoptar la propuesta mencionada y seleccionar un microcontrolador para la realización de las prácticas. El microcontrolador que hemos seleccionado pertenece a la marca Microchip y es el modelo PIC16C74. La experiencia la hemos realizado durante este curso en la asignatura Electrónica Industrial de 6º de Ingenieros Industriales especialidad eléctrica, contando con 76 alumnos distribuidos en 24 grupos de trabajo, 12 grupos por laboratorio.

Además, para el curso próximo queremos incorporar esta práctica a la asignatura Sistemas Digitales de 4º cuatrimestre de Ingenieros de Telecomunicación, que en nuestra Escuela se imparte por primera vez según el nuevo plan de estudios.

2.- DIDÁCTICA DE LOS MICROCONTROLADORES

La utilización de un microcontrolador para las prácticas de microprocesadores limita unos pocos aspectos de los objetivos docentes. Por ejemplo, no se puede mostrar la realización del mapeado de memoria en su aspecto electrónico, no permite la posibilidad de emplear memorias dinámicas y unos pocos ejemplos más podríamos citar. Por el contrario, la mayoría de los objetivos del temario se pueden mostrar mediante los microcontroladores, sin ninguna dificultad ni complejidad adicional.

La programación, desde el momento en que se determina realizar unas prácticas, necesariamente se reduce a la utilización de un único lenguaje. Si se emplea un lenguaje de alto nivel puede ser válido para la mayoría de los microprocesadores, pero si se quieren mostrar más claramente las características de los microprocesadores es necesario utilizar un lenguaje ensamblador y aquí todos los lenguajes son distintos aunque similares. No hay ningún problema en seleccionar la programación de un microcontrolador.

Los aspectos generales de cualquier diseño hardware: alimentaciones, generadores de reloj, circuitos de reset, etc. quedan perfectamente mostrados con la utilización de un microcontrolador.

Un aspecto importante en la enseñanza de los microprocesadores es el concepto y modo de empleo de las interrupciones, que están presentes en todos los microcontroladores. Además en los microcontroladores son más evidente las fuentes de las interrupciones: temporizadores, watch dog timer, culminación de operaciones, etc.

Dependiendo del microprocesador seleccionado se pueden explicar y utilizar en las prácticas distintos periféricos: comunicaciones, puertos paralelos, temporizadores, etc. Con el empleo de microcontroladores la utilización de distintos periféricos no complica la realización electrónica, pero si enriquece las posibilidades de la programación y de la aplicación.

Además los microcontroladores tienen una serie de aspectos didácticos en que superan a los sistemas sencillos basados en microprocesadores. Es más fácil utilizarlos para actuar sobre pequeños procesos mediante la utilización de los convertidores analógicos/digitales, digitales/analógicos, controlar relés, etc.

3.- MICROCONTROLADOR PIC16C74

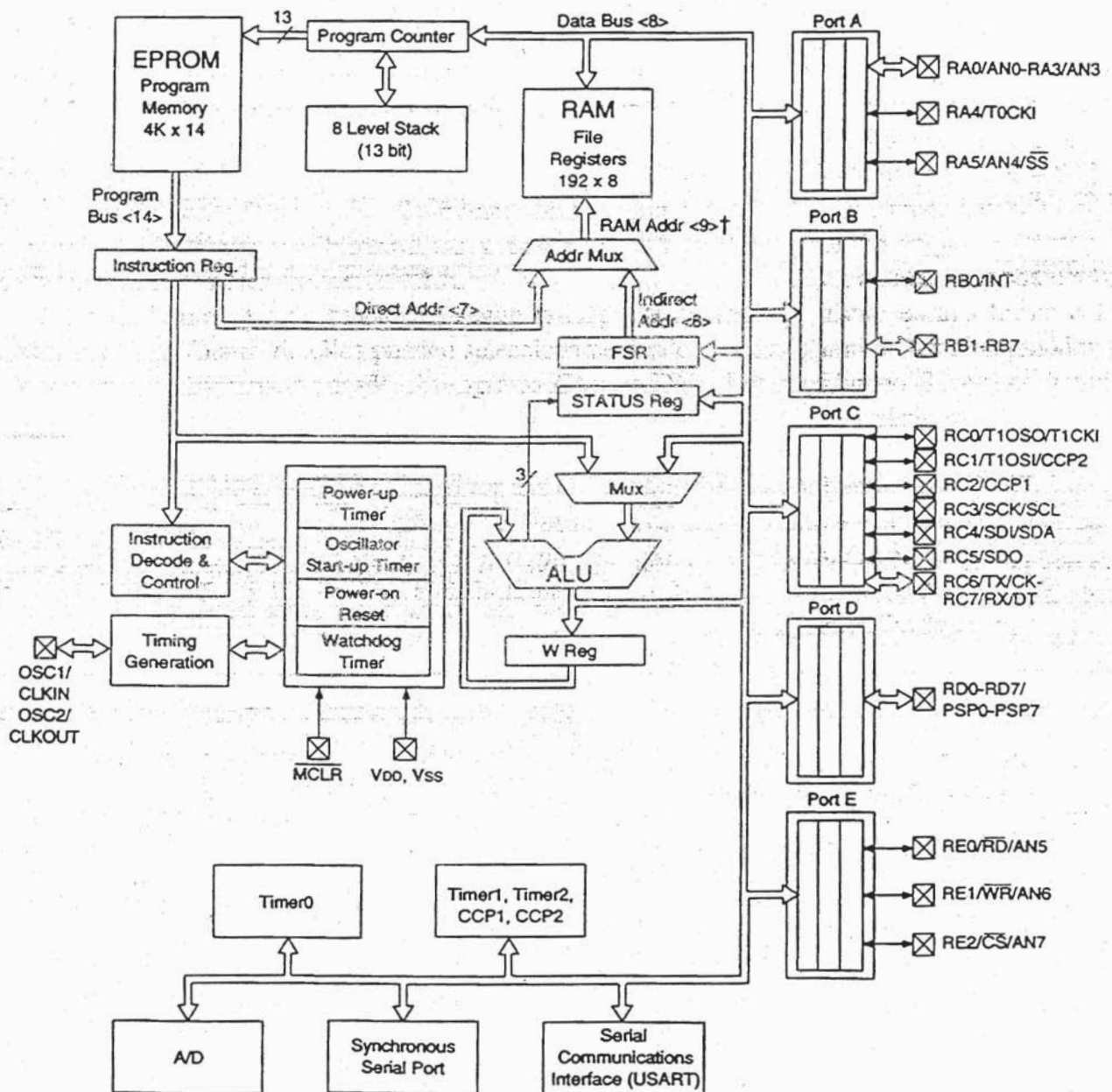
Actualmente existen en el mercado microcontroladores de todo tipo. Los más grandes son soportados por sistemas de desarrollo muy estándar, pero complejos y caros, los más pequeños, microcontroladores de 8 bits, han generado un mercado muy fructífero, con muchas aplicaciones en funcionamiento y con un bajo costo de los equipos de desarrollo. Su principal desventaja es la particularización de los equipos de diseño y programación a una sola familia de microcontroladores y, en algunos casos, a un único microcontrolador.

Entre estos microcontroladores algunos de los más característicos son las familias: PIC de Microchip, TMS370 de Texas Instruments, ST62 de SGS-Thompson, 68HC11 de Motorola, 8051 de Intel. Las tres primeras familias tienen un costo del sistema mínimo entre 25.000 y 35.000 pesetas, esto incluye el software de ensamblado y simulación y la tarjeta del programador. Puede ser suficiente con disponer de un equipo mínimo por laboratorio, ya que el software no es limitado y el programador tiene un uso limitado al momento de la programación.

Nuestra selección se centró en la familia PIC de Microchip, ya que cubre un amplio rango de las aplicaciones típicas de los microcontroladores, la documentación proporcionada es de gran calidad y muy completa [2], la arquitectura de estos microcontroladores es RISC lo que añade un nuevo aliciente en su empleo, el juego de instrucciones es reducido y la velocidad de

funcionamiento alta. El defecto más grande de esta familia es el empleo de registros en dos bancos que dificulta algo la programación.

La familia PIC está formada por más de 20 miembros, en nuestro caso particular determinamos un único microcontrolador para todos los alumnos con el fin de homogeneizar las explicaciones y el desarrollo de las prácticas. El microcontrolador seleccionado, PIC16C74, tiene 4K EPROM para el programa, 192 byte RAM, 3 temporizadores, 8 entradas analógicas para el convertidor analógico/digital, comunicación serie, comunicaciones series sincronicas SPI e I²C, 2 módulos de captura/comparación/PWM, 33 pines de entrada/salida, 12 fuentes de interrupciones, etc. Es decir, elegimos un microcontrolador que pudiera hacer casi todo, para poder reflejar la mayor parte del temario en la realización de la práctica. Figura 1.



† Higher order bits are from STATUS register.

Figura 1.- Arquitectura del microcontrolador PIC16C74.

Además, en la elección de este microcontrolador se consideró su fácil disponibilidad, bajo costo y buena documentación en manuales y ejemplos de aplicaciones [3].

El ensamblador y simulador funcionan bajo DOS y ocupan un simple disquete, este software no es limitado por lo que se pueden realizar todas las copias necesarias, e incluso facilitar que parte del trabajo pueda ser realizado en los ordenadores personales de los alumnos, descongestionando la utilización de los laboratorios, eterno problema de la mayoría de las escuelas.

4.- REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

Durante las clases de teoría hemos explicado varios microprocesadores y las arquitecturas de los circuitos que los utilizan.

En las prácticas de laboratorio hemos dedicado 4 horas a explicar desde el punto de vista teórico los microcontroladores y el microcontrolador PIC16C74: arquitectura, lenguaje de programación, ensamblador y simulador. Estas 4 horas nos han parecido insuficientes y tenemos previsto aumentarlas a 6 u 8 en cursos posteriores.

A continuación hemos proporcionado a los alumnos el manual completo de este microcontrolador y les hemos pedido que diseñen una aplicación práctica libremente determinada por ellos y la construyan: hardware y software. El tiempo del que han dispuesto han sido 3 meses (28 horas de prácticas en laboratorio), pudiendo utilizar sus propios equipos o los disponibles en el laboratorio.

El 65% de los alumnos han conseguido terminar la práctica completamente. Alguno de los circuitos que se han diseñado son: temporizador para encendido y apagado de pequeños electrodomésticos, termómetro, termostato, detectores de presencia, relojes de ajedrez, luxímetro, afinador de guitarra, cronómetro de Scalextric, controlador de acuario, medidor de pulsaciones, tacómetro, etc. En la figura 2 mostramos la baja complejidad que tiene el hardware desarrollado por uno de los grupos de alumnos; en concreto la realización consiste en un termómetro con posibilidad de mostrar la temperatura en Celsius o Ferenheit, capaz de almacenar las temperaturas extremas.

Un pequeño detalle que muestra el interés de los alumnos por esta práctica ha sido que varios de ellos han adquirido el programador del PIC para poder seguir desarrollando circuitos en su casa, sin duda han entendido que en esta práctica se hacen cosas útiles.

5.- ENCUESTA Y RESULTADOS

Lo más interesante para nosotros ha sido examinar los resultados, mediante nuestras observaciones en clase y una encuesta realizada a los alumnos.

Las conclusiones que hemos obtenido de la encuesta son las siguientes:

1. Todos los alumnos han concluido que esta práctica, con diseño hardware y software, ha sido más interesante y les ha aportado unos mayores conocimientos, que las prácticas iniciales de la asignatura donde sólo se consideraban los aspectos de programación de un microprocesador.
2. Ha sido valorada muy positivamente la disponibilidad de manuales completos y librerías de ejemplos. También han apreciado la posibilidad de conocer un microcontrolador en todos sus aspectos y no sólo los destacados en una explicación teórica.
3. Han valorado más positivamente los conocimientos alcanzados que las destrezas desarrolladas.
4. No se ha considerado una práctica especialmente difícil o irrealizable, por el contrario han considerado como más interesantes el aprendizaje de los aspectos más novedosos o difíciles.

5. El tiempo empleado en la práctica ha sido superior al previsto inicialmente, la dedicación real por parte de los alumnos ha sido de cerca de 40 horas, el superávit de horas ha sido realizado en ordenadores del centro de cálculo o propios de los alumnos, sin ocupar horas de laboratorio.

Por nuestra parte también hemos valorado positivamente el resultado y hemos añadido algunas consideraciones a las realizadas por los alumnos:

1. Se han realizado unas prácticas donde hay montaje físico además de programación. La programación ha dado cabida a la complejidad y variedad de los diseños, pero el hardware se ha mantenido en todos los casos en un tamaño asequible y a un costo razonable (unas 8.000 pesetas por grupo con empleo de microcontroladores borrables).

2. En la titulación de Industriales, plan antiguo, no hay mucho tiempo para enfrentar a los alumnos con la selección de componentes, definición de especificaciones de una aplicación, etc. Con esta práctica pensamos que lo hemos logrado en parte.

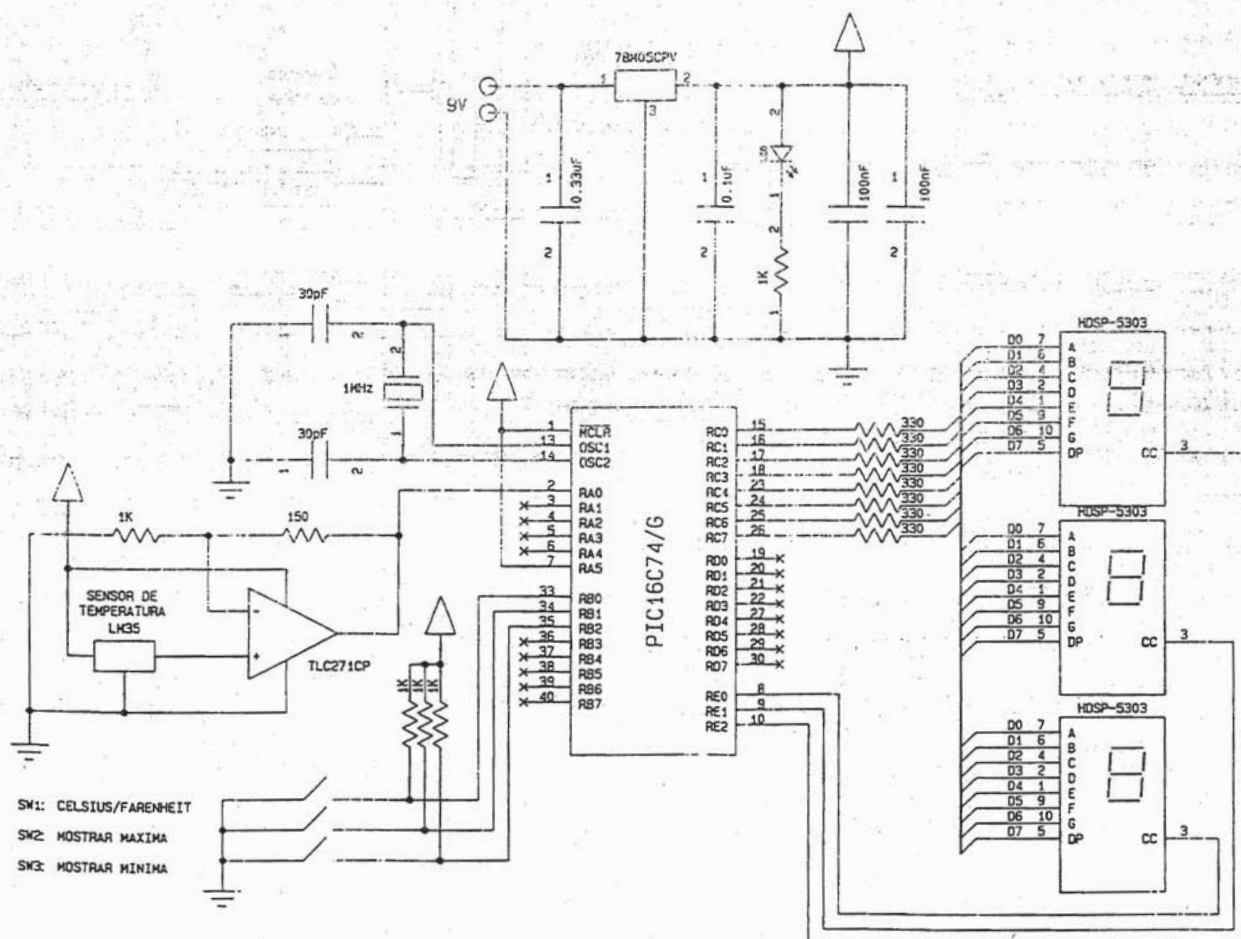


Figura 2.- Termómetro digital con máxima y mínima, para grados Celsius o Farenheit, basado en el microcontrolador PIC16C74.

6.- CONCLUSIONES

Dado el buen resultado de la experiencia de este curso, el próximo curso pensamos eliminar las prácticas previas, que se realizaban programando un microprocesador, y vamos a dedicar todo el tiempo de las prácticas de laboratorio al aprendizaje básico de este microcontrolador y al desarrollo de una práctica completa de libre diseño.

Como ha quedado mencionado anteriormente, esta práctica pretendemos incorporarla el próximo curso a la asignatura Sistemas Digitales correspondiente al 4º cuatrimestre de Telecomunicaciones, plan nuevo. Nuestra mayor preocupación para este nuevo reto es que los alumnos tendrán 4 años menos de edad que los actuales, su experiencia universitaria será menor y su capacidad como "ingenieros" para definir una aplicación será, en principio, menor.

7.- REFERENCIAS

[1] Santos, A., Boemo, E. I., Faura, J. y Vilallonga, A. "Microcontroladores: un laboratorio a distancia". *I Congreso sobre Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica*, pág. 421, Universidad Politécnica de Madrid, 1994.

[2] _ , "Pic 16/17 Microcontroller Data Book". Microchip, 1995.

[3] _ , "Embedded Control Handbook". Microchip, 1995.