

Placa de desarrollo para la mejora de la enseñanza de Sistemas Electrónicos Digitales y de Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales

Manuel Prieto, Antonio J. de Vicente

Dept. de Automática
Universidad de Alcalá
28871 Alcalá de Henares. Madrid
e-mail: mpm@aut.alcala.es
avicente@aut.alcala.es

Resumen

En el presente artículo se describe una placa desarrollada con el propósito de completar la enseñanza de los circuitos integrados programables PPI 8255A y USART 8251A en las asignaturas de Sistemas Electrónicos Digitales y de Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales, ambas pertenecientes a la titulación de I.T. Telecomunicación, especialidad en Telemática (Universidad de Alcalá).

1. Ubicación de las asignaturas y metodología de impartición

En la asignatura de Sistemas Electrónicos Digitales de la titulación de I.T. Telecomunicación en la especialidad de Telemática, impartida en la Universidad de Alcalá (publicada en el BOE del 24-5-1995), se estudia con profundidad el microprocesador 80x86 de INTEL y las distintas modalidades de entrada/salida. Se estudia la arquitectura del microprocesador, su lenguaje ensamblador y dos circuitos integrados periféricos de la familia INTEL, que son la interfaz paralelo 8255A y la interfaz serie 8251A. Como complemento a dicha asignatura, dentro del plan de estudios de la titulación, existe la asignatura Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales (BOE del 24-5-1995), donde el alumno, a base de una serie de prácticas, aplica los conocimientos adquiridos en la asignatura teórica.

El Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales consta de un conjunto de prácticas que

comprenden desde el conocimiento de las herramientas de programación, pasando por prácticas de programación en lenguaje ensamblador y hasta finalizar con unas prácticas en las que el alumno aplica las distintas técnicas de entrada/salida, abarcando, de este modo, todos los conocimientos impartidos en la asignatura teórica. Más concretamente, hay un total de 6 prácticas que se relacionan a continuación:

- Práctica uno: Herramientas. Conocimiento del programa ensamblador MacroAssembler y CodeView de Microsoft.
- Práctica dos: Introducción a la Programación en lenguaje ensamblador del 8086
- Práctica tres: Entrada/Salida por teclado y pantalla. Programas de visualización por pantalla y lectura por teclado en distintas modalidades.
- Práctica cuatro: Entrada/Salida. Mediante unas placas de desarrollo, se pondrán en práctica las técnicas de entrada/salida incondicional y condicional.
- Práctica cinco: Entrada/salida en paralelo con la PPI 8255A. Ejercicios de aplicación del circuito integrado específico para E/S paralela 8255A.
- Práctica seis: Transmisión serie con Transmisor Receptor Asíncrono Universal (UART 8250A). Comunicación con dos ordenadores a través de la RS232C. Se realizará la programación necesaria del integrado que lleva el ordenador PC para este propósito, basado en el 8250 de Intel

Una de las ventajas que tiene el estudiar el microprocesador 8086 frente a otros microprocesadores de 16 bits como el 68000 de Motorola, es la de que INTEL y otros fabricantes de microprocesadores, han mantenido la compatibilidad en toda su familia de microprocesadores 80x86, es decir, que el lenguaje ensamblador del 8086 es completamente entendible y ejecutable por un microprocesador de última generación, como pueda ser el Pentium IV. Esta cualidad permite que los alumnos puedan profundizar en la asignatura y complementar las prácticas que se les imparte en el laboratorio, con tal solo disponer de un PC en casa.

No obstante, para las prácticas dedicadas a la entrada/salida, es preciso hacerlas en el laboratorio, puesto que en él se dispone de una serie de placas que se conectan al bus de expansión ISA de los PCs.

En concreto, se le proporciona al alumno dos placas para la realización de las prácticas 4 y 5. Los ordenadores del laboratorio están dotados de una tarjeta de expansión del bus ISA (figura 1), desarrollada por nuestro departamento, que proporciona mediante un conector todas las líneas necesarias para conexión de aplicaciones de propósito general.

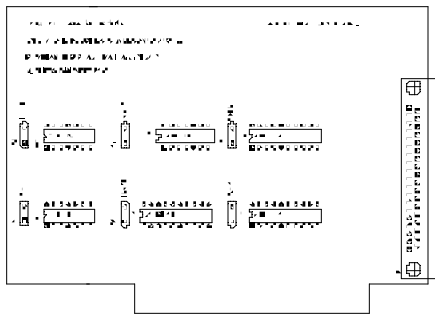


Figura 1. Tarjeta de Expansión Bus ISA

Para la práctica 4 se conecta una tarjeta de E/S que dispone de un conjunto de leds y de unos microinterruptores para poner en práctica los conocimientos de E/S condicional e incondicional. Para la práctica 5, se conecta a la tarjeta expansora una placa dotada de una PPI 8255A y unos leds de modo que el alumno programe dicha PPI para realizar un conjunto de procesos de entrada/salida a través de la interfaz paralela. Esta placa sólo

permite trabajar en uno de los tres modos de operación que soporta la PPI (modo 0).

Los esquemáticos y los PCBs, tanto de la tarjeta expansora de bus como de las tarjetas de las prácticas 4 y 5, están a completa disposición del alumno para que conozcan el diseño de las mismas y, en caso de que estén interesados, puedan fabricarse su propias placas. Está información la tienen disponible en la página web de la asignatura (<http://atc2.aut.alcala.es>) y en el servicio de reprografía de la Escuela Politécnica.

En cuanto a la práctica seis que versa sobre las comunicaciones serie, puesto que un ordenador PC no dispone de una interfaz serie USART 8251A, que es la que se explica en la asignatura teórica de Sistemas Electrónicos Digitales, la práctica seis consiste en la implementación de un sistema de comunicación entre dos ordenadores PC a través de la interfaz serie de los PCs.

Aunque el laboratorio complementa perfectamente a la asignatura teórica en los aspectos de programación en lenguaje ensamblador, en lo que se refiere a las prácticas de entrada/salida, se ha detectado una carencia en los aspectos electrónicos de la comunicación. En todo momento el alumno trabaja desde su puesto, programando, sin ver qué es lo que realmente está ocurriendo a nivel de señales. Aunque este aspecto se explica en la asignatura teórica, se ha detectado que a gran parte de los alumnos no les queda claro cuál es el funcionamiento a nivel de señales de los procesos de entrada/salida y en general del microprocesador (señales de control).

Con el doble propósito de mostrar a los alumnos de forma práctica el funcionamiento de un sistema microprocesador, y el de completar las prácticas de laboratorio, se ha desarrollado la Placa de Demostración del funcionamiento de la PPI y de la USART (PDPU)

2. Objetivo

El objetivo del desarrollo de esta placa es mostrar el funcionamiento de la interfaz paralelo 8255A (PPI) y de la interfaz serie 8251 (USART). Con este propósito, la placa se ha diseñado de forma que sirva de interfaz para la comunicación entre dos ordenadores PCs (figura 2), uno que será el que se llamará de ahora en adelante local, y otro el que se denominará remoto.

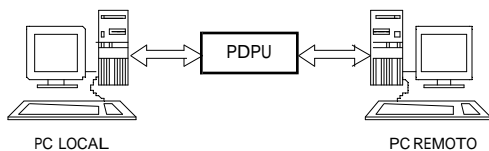


Figura 2. Montaje de laboratorio

El tipo de comunicación entre ambos ordenadores será configurable y podrá ser en paralelo o en serie. Se han colocado puntos de prueba para las señales de interés, de forma que se pueda ver su evolución mediante un analizador lógico (tabla 1) y contrastarla con la representada en los cronogramas proporcionados por el fabricante.

Tabla 1. Puntos de prueba en la PDPU

Líneas USART	Líneas PPI
Tx, Rx	INTR
TxC, RxC	OBF
DSR, DTR	ACK
RTS, CTS	IBF
TxRDY, RxRDY	STRB

Resaltar que, aún cuando la PDPU se ha diseñado con el propósito de comunicar dos ordenadores, siempre se podrá trabajar con la parte local o remota de forma independiente, no siendo requisito indispensable disponer de dos ordenadores para observar la evolución de ciertas señales (Tx, por ejemplo).

Respecto a la asignatura teórica, el objetivo que se persigue es dedicar un día a la demostración, de forma práctica, del funcionamiento y los modos de operación de la PPI y de la USART, consiguiendo al mismo tiempo mostrar el funcionamiento del microprocesador en lo que a sus señales de control se refiere. Para ello, una vez explicados los conceptos teóricos de ambos circuitos integrados, se montaría el sistema en el aula y mediante un PC, un analizador lógico y un cañón de vídeo se explicaría, de forma práctica y realizando la programación "in situ" y paso a paso, la evolución de las señales y los cronogramas.

En cuanto al laboratorio, la PDPU permite la realización de nuevas prácticas para el trabajo con la interfaz paralela y el trabajo con la interfaz serie que realmente se explica en teoría, la USART 8251A y no con la interfaz serie UART, que es la que se encuentran integradas en los PCs.

3. Descripción de la placa

El diagrama de bloques de la PDPU se muestra en la figura 3. En la PDPU se distinguen dos partes, que son la parte local y la parte remota. Ambas son prácticamente idénticas, pues disponen de sendas PPIs y sendas USARTs.

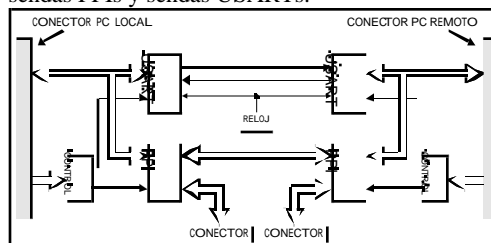


Figura 3. Diagrama de bloques de la PDPU

Existe un conector para el PC local y otro para el PC remoto, de donde se toman todas las señales necesarias para el correcto funcionamiento de la placa, es decir, las señales del bus del sistema (bus de direcciones, bus de datos y bus de control). Por lo tanto, cada uno de los PCs deberá disponer de una tarjeta expansora de bus insertada en uno de sus slots ISA.

El bloque de control lo constituye básicamente un circuito decodificador de direcciones basado en una PAL programada convenientemente. En cuanto al circuito de reloj, las señales de reloj necesarias son comunes a la USART local y a la remota, con el objeto de que ambas estén sincronizadas.

3.1. Configuraciones

El proceso de configuración de la placa consiste principalmente en programar las USARTs y las PPIs de forma adecuada. La configuración de las USARTs es totalmente programable y dependerá del tipo de comunicación que se desee establecer entre ambos ordenadores (síncrona, asíncrona, tipo paridad, bits de stop, etc.). No obstante, tal como se ha ideado la PDPU, los puertos A y B de las PPIs no pueden trabajar en los tres modos posibles. La configuración de las PPIs local y remota puede deducirse del diagrama de bloques de la figura 3. Ambas PPIs disponen de un puerto bidireccional, lo que nos lleva a concluir que este puerto sólo puede ser el puerto A en modo 2. El puerto B de las PPIs local y remota pueden configurarse en modo 0 o modo 1 (tabla 2).

Tabla 2. Configuraciones de las PPIs

PPI local			PPI remota		
Pto.	Modo	Tipo	Pto.	Modo	Tipo
A	2	E/S	A	2	E/S
B	0/1	E ó S	B	0/1	E ó S

Las 8 líneas del puerto B y las correspondientes líneas del puerto C de las que precisa el puerto B en modo 1, se han llevado a sendos conectores.

El usuario, previo a operar con la PDP, deberá configurar convenientemente la sección que le corresponde (local o remota). Orientado al laboratorio, el alumno deberá incluir unas líneas de configuración al comienzo de cualquier programa desarrollado en las prácticas con la PDP. Cabe destacar este aspecto, puesto que, por ejemplo, para la establecer la comunicación entre los ordenadores de dos grupos de laboratorio, requiere que ambos grupos se pongan de acuerdo en cuanto a la configuración, contribuyendo a la mejora de la comprensión del concepto de comunicación entre ordenadores.

Como se ha comentado, ambas partes, local y remota, disponen de conectores que posibilitan el acceso a las líneas del puerto B. De este modo se pueden conectar nuevas tarjetas para entrada/salida a través de la PPI, como por ejemplo tarjetas basadas en un ADC, en un DAC, en relojes de tiempo real, etc., es decir, la PDP ofrece posibilidades de ampliación con vista a la incorporación de nuevas prácticas.

4. Aplicación de la placa PDP

Como se ha mencionado en el apartado 2, con esta placa se persiguen dos objetivos:

- por un lado el que los alumnos no sólo conozcan cómo se programan de forma teórica los circuitos integrados programables PPI y USART, si no que también vean de forma práctica las señales que entran en juego en el manejo de estas interfaces.
- el desarrollo de nuevas prácticas, que permitan ver al alumno la PPI en profundidad (trabajo en los tres modos posibles de operación de la PPI) y la USART, dispositivo

con el que hasta el momento no se ha trabajado en el laboratorio.

4.1. Aplicación en la asignatura de Sistemas Electrónicos digitales.

Tras haber explicado en clase los temas dedicados a las interfaces paralela y serie, se dedicaría uno o dos días, dependiendo del número de horas disponibles, a una clase demostrativa sobre el funcionamiento de estas interfaces.

Se convocaría a los alumnos a estas sesiones demostrativas en las que se montaría un sistema compuesto por un ordenador PC (conexión al puerto local) con su correspondiente tarjeta expansora de bus, la PDP, un analizador lógico con salida de vídeo y un cañón de video para la proyección de la salida registrada por el analizador en un pantalla. A cada uno de los alumnos se entregaría las especificaciones de una aplicación a desarrollar. Con estas especificaciones se iría realizando la programación de la aplicación paso a paso con la colaboración de los alumnos y viendo en todo momento, en la pantalla, qué es lo que está ocurriendo a nivel de señales.

Por ejemplo, en el caso de la USART, una aplicación podría consistir en transmitir un conjunto de bytes en modo serie a través de la USART. Finalizada la programación, algo parecido a lo que verían los alumnos en la pantalla sería la forma de onda mostrada en la figura 4, donde el alumno puede apreciar claramente el bit de comienzo, los bits de datos, los bits de parada y la frecuencia de transmisión de los bits.



Figura 4. Forma de onda

Bajo estas condiciones, se pueden cambiar las especificaciones de la aplicación y ver cómo afectan a la forma de onda de salida. Por ejemplo, se podrían cambiar el número de bits de parada, el ancho del carácter, el factor de división, etc.

4.2. Aplicación en la asignatura de Laboratorio de Sistemas Electrónicos digitales.

La razón por la que se han implementado dos PPIs y dos USARTs en la PDPU (parte local y remota), ha sido pensando en realizar dos prácticas en el laboratorio, consistentes en comunicar dos PCs en paralelo y en serie. Todos los PCs del laboratorio tendrán una tarjeta expansora de bus conectada al bus ISA y se colocará una PDPU por cada dos puestos. Al alumno se le explicaría el objetivo de la práctica, el diseño de las placas (expansora de bus y PDPU) y, finalmente, procederían a conectar la PDPU a las tarjetas expansoras y a desarrollar las prácticas.

Tanto para el caso de la PPI como para la práctica con la USART, los alumnos trabajarían por parejas. Un grupo trabajaría con una parte de la PDPU y el otro con la otra parte y las prácticas consistirían en hacer un programa similar al *talk* típico en las máquinas UNIX o un programa de *chat*. En estos programas, lo que escribe uno de los usuarios se muestra en el monitor del usuario remoto, y viceversa.

Para el caso de la PPI, los alumnos estarían estableciendo una comunicación paralelo entre dos ordenadores a través del puerto A de la PPI trabajando en modo 2 (la placa con la que actualmente se trabaja en el laboratorio sólo permite la operación en modo 0). Respecto a la USART, el tipo de comunicación que establecerían los alumnos entre los dos ordenadores sería una comunicación serie a través del interfaz serie que realmente se estudia en la asignatura teórica. Esta comunicación podrá ser síncrona o asíncrona, y ambos grupos (local y remoto) tendrán que ponerse de acuerdo para que se establezca la comunicación con éxito (mismas configuraciones), lo que ayudará a los alumnos a entender las comunicaciones serie y el trabajo con la USART.

5. Conclusión

Se ha presentado una placa desarrollada por el Departamento de Automática de la Universidad de

Alcalá para completar la enseñanza de la asignatura de Sistemas Electrónicos Digitales. Esta placa servirá para asentar los conceptos explicados en clase y para la realización de nuevas prácticas de laboratorio.

En el curso académico actual 2000/2001 se ha llevado a cabo la presentación de la PDPU a los alumnos (punto 4.1), teniendo una gran aceptación por su parte. La asistencia fue masiva, con gran participación de los alumnos, lo que nos ha llevado a concluir, a los profesores que impartimos ambas asignaturas, que la sesión con la PDPU les ayudó a comprender el funcionamiento de las interfaces paralelo y serie. Todo esto nos ha decidido a incluir la PDPU en el programa de prácticas del próximo curso académico.

Referencias

- [1] Intel. "Microprocessor and Peripheral Handbook", Volumen I y II. 1989
- [2] Hans-Peter Messmer. "The Indispensable PC Hardware Book". Addison-Wesley.