

Desarrollo de una tarjeta de adquisición de datos para la docencia de Sistemas Periféricos

Germán Galeano Gil

Francisco Fernández de Vega

Dpto. de Informática

Universidad de Extremadura

Centro Universitario de Mérida

06800 Mérida

e-mail: ggaleano @unex.es

e-mail: fcofdez @unex.es

http:// atc.unex.es /ggaleano

http:// atc.unex.es /fcofdez

Resumen

En este trabajo presentamos una tarjeta de adquisición de datos utilizada para la docencia del diseño y control de sistemas periféricos en asignaturas de Ingeniería Telemática.

Exponemos además las experiencias de varios profesores que imparten docencia en una unidad temática formada por asignaturas del área de arquitectura de computadores en la titulación de Ingeniería Técnica en Telecomunicaciones.

1. Antecedentes

En el *Departamento de Informática del Centro Universitario de Mérida* [2], perteneciente a la Universidad de Extremadura [1], se ha constituido un grupo de docencia formado por profesores que imparten clases en varias asignaturas de la titulación en Ingeniería Telemática, dentro del área de *Arquitectura y Tecnología de Computadores* [3].

El principal problema que presentan los alumnos de esa titulación es que tienen dificultades para experimentar con periféricos de E/S avanzados, en especial aquellos que toman datos del exterior realizando una conversión digital-analógica, ya que en los laboratorios sólo disponen de PCs con una configuración muy básica. Por todo ello, las prácticas de la asignatura *Sistemas Electrónicos Digitales* [4] se limitaban a

explicar el funcionamiento de los periféricos y realizar un par de prácticas en las que se manejan a muy bajo nivel el teclado, el sistema de vídeo y el ratón. Algo similar ocurría con la asignatura de Sistemas Operativos.

Surgió así la idea de construir una tarjeta de propósito general que sirviera para la entrada y salida de datos y que fuera utilizada como elemento básico para la explicación del funcionamiento de los sistemas periféricos.

Para el diseño de esta tarjeta se partió de un trabajo previo de F. Fernández [5].

2. Planteamiento

El objetivo de este trabajo es construir, de una forma sencilla y económica, una tarjeta de adquisición y conversión analógico-digital. Es decir, un circuito que convierta una señal digital del ordenador en una analógica, y viceversa, tome una analógica del exterior y la convierta en digital.

Con esta tarjeta se persiguen seis objetivos:

- 1- Motivar al alumnado realizando prácticas sobre un dispositivo que ha sido construido enteramente por ellos.
- 2- Estudiar la teoría subyacente en el diseño hardware de periféricos de entrada y salida.
- 3- Estudiar en profundidad el diseño software del control de estos periféricos y la

comunicación de éstos con el procesador y la memoria.

- 4- Construir una plataforma que sirva de base para el desarrollo de futuros trabajos más avanzados, tales como el desarrollo de una tarjeta de adquisición de datos más potente, o construcción de tarjetas de adquisición y control específicas para problemas concretos.
- 5- Utilizar los datos obtenidos para realizar estudios explicados en otras asignaturas, como aplicar la transformada de Fourier para obtener las frecuencias principales, etc.
- 6- Construir un dispositivo con el menor coste económico, pero que sea sencillo y funcional.

La tarjeta que se presenta sirve para la digitalización y adquisición de datos cualesquiera, aunque para ahorrar costes y hacer más sencillo el diseño hardware, se le ha limitado a una resolución de 5 bits, resolución que es suficiente para nuestros propósitos.

La tarjeta desarrollada ha sido utilizada como dispositivo de entrada y salida de sonido. Así, la tarjeta permite, en general, realizar dos tareas básicas: emisión y captura de sonidos.

Además, se puede dotar al sistema de un software básico que acompañe a la tarjeta y que permita el control de ésta sin tener conocimientos de cómo es el hardware de la misma. Este software permitiría realizar operaciones como editar la señal de sonido obtenida y su manipulación para añadir efectos, como distorsión y eco, o cálculo del Espectro de Fourier [7].

En la elaboración del software que controla la tarjeta, los alumnos deben tener en cuenta las características relacionadas con el hardware del PC: repertorio básico de instrucciones del Intel 8086/8088, mapa de memoria, modos de direccionamiento, pila, interrupciones, rutinas de servicio, etc, así como el funcionamiento básico del sistema operativo (llamadas al sistema, entradas al kernel, etc).

3. Desarrollo

El desarrollo de la tarjeta se realiza a tres niveles:

1. Desarrollo hardware: consiste en construir el circuito mediante la sobrepresión de las pistas y el soldado de los componentes.
2. Desarrollo de un driver muy básico, mediante interrupciones software (DOS) o uno más avanzado mediante manejadores de dispositivo (Linux). Constituiría la capa software más básica.
3. Desarrollo del programa de control de la tarjeta y manipulación de los datos que incremente las presentaciones de la tarjeta, basándose en la capa de software anterior.

3.1. Desarrollo hardware

La principal función de la tarjeta construida es la de dedicarse exclusivamente a realizar la conversión digital-analógica, dejando el resto de las tareas bajo el control de la CPU del micro.

A grandes rasgos, el esquema básico de la tarjeta de sonido implementada es el mostrado en la figura 1.

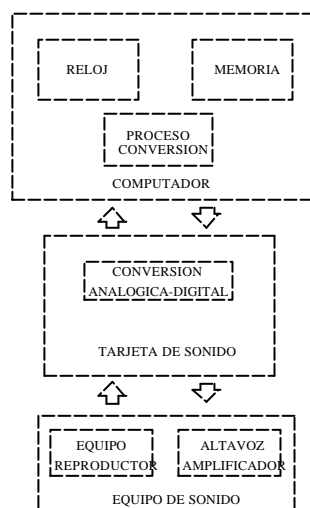


Figura 1. Esquema de la tarjeta

En este esquema, se observa que el computador se encarga de gestionar la memoria, la frecuencia de muestreo y la comunicación con la tarjeta, siendo ésta última la encargada de realizar las conversiones, tanto digital-análogica como analógica-digital, y conexión con el exterior. En el caso de la tarjeta de sonido que se ha construido, esa conexión se ha realizado con un altavoz con amplificador en la salida y con un micrófono en la entrada, permitiendo el conjunto la captura y emisión de sonido.

Teniendo en cuenta las tareas encomendadas a la tarjeta (captura -digitalización de sonido- y emisión de sonido), la tarjeta consta de dos módulos diferentes que se relacionan:

- **Módulo conversión Analógica-Digital:** tiene como misión capturar señales de sonido (analógicas) procedentes de un equipo de sonido, convertirlas en señales digitales manipulables por el ordenador y transferírselas.
- **Módulo conversión Digital-Analógica:** se encarga de recoger señales de sonido digital, procedentes del computador, transformarlas en señales analógicas y enviarlas al amplificador, para que puedan ser escuchadas por el usuario

Con todo esto, el esquema resultante una vez analizado el sistema es el mostrado en la figura 2.

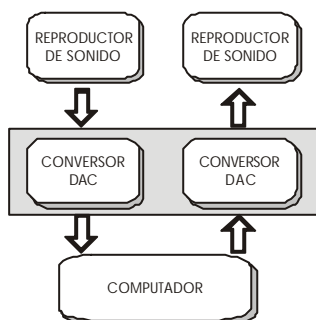


Figura 2. Esquema de bloques del sistema

Para realizar la conversión Analógica/Digital se ha utilizado un DAC 0800 de Motorola y comparadores UA741, que aunque no son de muy buena calidad, son muy económicos y ofrecen un buen resultado.

La tarjeta también permite capturar señales sonoras del exterior. Para ello se ha utilizado un método muy sencillo y económico que consiste en lo siguiente: el DAC0800 es capaz de transformar una muestra de 5 bits (un valor numérico digital) en un valor analógico de voltaje o intensidad. Así, todo valor entre 0 y 32 (valores posible con 5 bits) tiene asignado su correspondiente voltaje, que se encuentra entre un valor máximo y mínimo. Utilizando un comparador adecuado, sería posible determinar si la señal de entrada (con un voltaje que debe estar entre el valor máximo y mínimo con el que trabaja el DAC) es mayor o menor que cualquier señal procedente del ordenador.

El funcionamiento es pues el siguiente: cuando se recibe una señal de entrada, el ordenador envía a la tarjeta una secuencia de señales digitales que serán comparadas con los comparadores UA741 con la señal de entrada. De este modo, la tarjeta comprueba continuamente la señal de entrada con las sucesivas señales tipo que envía el ordenador. Cada resultado de las comparaciones es enviado por la tarjeta al ordenador. Cuando la comparación sea la adecuada, el proceso termina y el ordenador conoce la codificación digital de la señal de entrada.

El diagrama de la figura 3 muestra la iteración entre DAC0800 y el comparador:

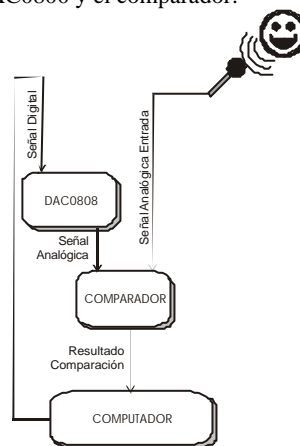


Figura 3. Proceso de conversión Analógico-Digital

La figura 4 muestra el circuito completo simplificado de la tarjeta. Como se puede apreciar, el circuito es muy compacto y puede ser implementado sin problemas sobre una superficie

de 8x8 cm. La figura 5 muestra el aspecto final del dispositivo.

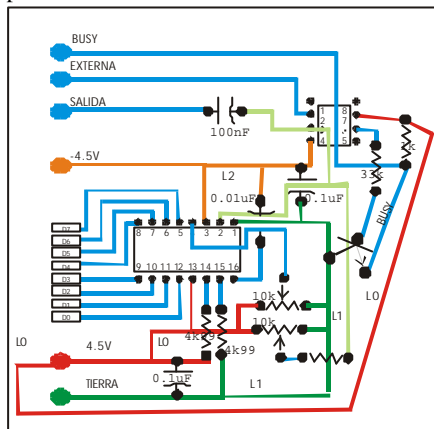


Figura 4. Layout de la tarjeta

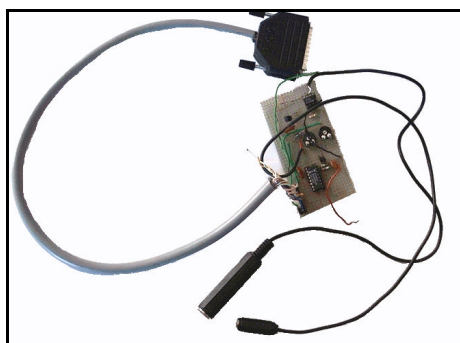


Figura 5. Aspecto de la tarjeta

3.3. Desarrollo software

Como acabamos de ver, la única misión de la tarjeta es realizar la conversión analógica-digital y viceversa. Posteriormente, la información producida es enviada al ordenador a través del puerto paralelo para que la CPU la procese.

Así pues, el procesador ha de encargarse de la siguientes tareas básicas:

- Comunicación con la Tarjeta de Sonido.
- Gestión de Memoria Dinámica en donde almacenar los resultados que se van generando.
- Gestión de Tiempos.

Será necesario establecer, tal como indica el primer punto, un modo de comunicación entre computador y tarjeta, en tiempo real, ya que la tarjeta no dispone de buffers de almacenamiento.

La comunicación se darán en dos sentidos, del ordenador a la tarjeta (emisión), y de la tarjeta al ordenador (captura).

En cuanto a la Gestión de Memoria Dinámica, el computador habrá de controlar la memoria disponible e ir almacenando en ellas las muestras enviadas por la tarjeta y al ritmo que la frecuencia de muestreo vaya marcando.

Será también el Computador el encargado de fijar, utilizando el reloj programable, la frecuencia de muestreo y emisión. Los componentes de la tarjeta deberán ser capaces de trabajar a la frecuencia fijada por el micro.

4. Secuenciación docente

En un principio, la construcción y manejo de la tarjeta se realiza únicamente en las asignaturas de Sistemas Electrónicos Digitales y Sistemas Operativos, de la titulación de Ingeniería en Telecomunicaciones, rama Telemática.

Como se puede apreciar en la figura 6, la asignatura de Sistemas Electrónicos Digitales se imparte en el segundo año y se basa en los conocimientos aprendidos en Electrónica e Introducción de computadores, impartidas ambas en el primer año. Además, esta asignatura, junto con la de Estructura de Computadores, sirven de base teórica para explicar el funcionamiento de los Sistemas Operativos (tercer año).

Par la creación de esta tarjeta y del sistema software asociado, los profesores de las asignaturas de Sistemas Electrónicos Digitales y Sistemas Operativos se pusieron de acuerdo y se repartieron las tareas.

En principio, se consideraron los siguientes objetivos:

- El objetivo de la asignatura de Sistemas Electrónicos Digitales es mostrar al alumno el funcionamiento intrínseco de un periférico de E/S y cómo se puede manejar a través de los puertos de E/S

- El objetivo de la asignatura de Sistemas Operativos es mostrar al alumno cómo el sistema operativo enmascara al periférico y dota a las aplicaciones de mecanismos para manejar el dispositivo de forma más sencilla

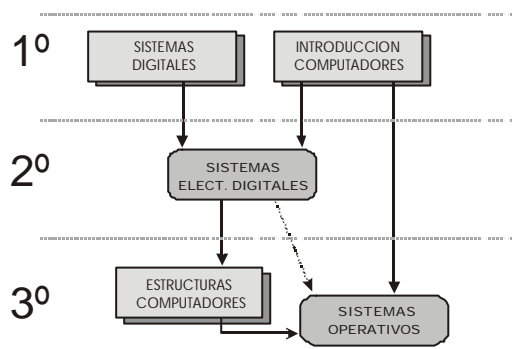


Figura 6. Asignaturas relacionadas con Sistemas Electrónicos Digitales y con Sistemas Operativos.

Partiendo de esos objetivos, se realizó un reparto de tareas y resultó entonces la unidad didáctica que se muestra en la tabla 1.

Como se aprecia en esa tabla, en la asignatura de Sistemas Electrónicos Digitales se introduce a los alumnos en el funcionamiento teórico del dispositivo y se implementa físicamente la tarjeta. Además se realizan varios programas de tests y se construye un pequeño controlador, muy sencillo y elemental, en ensamblador, simulando el

funcionamiento de los servicios del sistema operativo DOS.

Sin embargo, como ya se ha comentado anteriormente, en la asignatura de Sistemas Operativos, el enfoque varía. Aquí se trata de enseñar al alumno cómo el Sistema Operativo hace de intermediario entre los programas y el hardware. Por ello, en esta asignatura se construye una librería y un dispositivo que permite controlar la tarjeta.

5. Conclusión

Esta experiencia docente ha tenido muy buenos resultados ya que los alumnos se encuentran muy motivados desde el comienzo en la realización de las prácticas.

Además, es para ellos muy gratificante observar cómo un dispositivo construido por ellos mismos funciona y responde a las órdenes enviadas por el ordenador.

Por otro lado, los alumnos asimilan mucho mejor los conceptos relativos al funcionamiento de los periféricos y cómo los programas y el sistema operativo interactúa con ellos, y se sienten muy motivados.

Los autores de este trabajo consideramos que es muy importante motivar al alumnado mediante la realización de trabajos teórico-prácticos como éste, que además sirven de hilo conductor para unir los conocimientos aprendidos en diferentes asignaturas.

Sesión	Curso	Asignatura	Objetivos	Horas
1	2º	S.E.D.	- Explicar el funcionamiento eléctrico de la tarjeta - Construir la físicamente y probarla con un programa de test	2
2	2º	S.E.D.	- Explicar el funcionamiento de la tarjeta desde el punto de vista software - Construcción de un pequeño programa de test en ensamblador	2
3	2º	S.E.D.	- Construcción de un nuevo servicio del sistema operativo DOS mediante interrupción software - Testeo del servicio con un programa realizado en C	6
4	3º	S.O.	- Testeo de la tarjeta mediante un programa que haga llamadas al sistema en LINUX	2
5	3º	S.O.	- Construcción de una librería y un fichero de dispositivo que permita manipular la tarjeta y enviar / recibir datos de ella	10

Tabla 1. Secuenciación de la implementación en sesiones prácticas de la tarjeta de sonido y su software asociado

Referencias

- [1] Universidad de Extremadura. <http://www.unex.es>
- [2] Centro Universitario de Mérida. <http://cum.unex.es>
- [3] Area de Arquitectura y Tecnología de Computadores de la Universidad de Extremadura. <http://atc.unex.es>
- [4] <http://cum.unex.es/profesores/ggaleano/sed>
- [5] F. Fernández: "Sistema de adquisición de señales de sonido". Proyecto Fin de Carrera Licenciatura en Informática. Universidad de Sevilla. 1994.
- [6] Sistemas Controlados por Computador. Karl Aström. Paraninfo
- [7] Introductory digital signal processing with computer applications. Paul A. Linn, Wolfgang Fuerst. Ed. John Wiley and sons
- [8] Integrated Circuits Data Book. Ed. Burn Brown