

ARQUITECTURA DE PROCESADORES DIGITALES DE
SENALES PARA LA ENSEÑANZA

René Romero T.

Universidad de Guanajuato
F.I.M.E.E.
Depto. de Electrónica
Prol. Tampico s/n Col. Bellavista
Salamanca, Gto., México 36730

Tel: (464) 8-09-11

Fax: (464) 7-24-00

E-Mail: romeror@quijote.ugto.mx

RESUMEN

En el presente trabajo, se muestra el desarrollo realizado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Guanajuato, encaminado a la incorporación de la tecnología del Procesamiento Digital de Señales en la enseñanza. Se tratan las arquitecturas desarrolladas y se muestran algunos prototipos realizados en base a dichas arquitecturas. También se muestran los resultados obtenidos con la implementación de las arquitecturas, las cuales fueron completamente diseñadas en la Facultad.

1. INTRODUCCION

Desde el desarrollo de métodos numéricos para la solución de diversos problemas matemáticos, y gracias a la formulación de nuevas teorías para la modelación descriptiva de cierto tipo de funciones, impulsadas por matemáticos como Gauss, Euler, Laplace, Fourier, Poincaré, entre otros, y gracias al desarrollo tecnológico en la electrónica, que ha permitido la integración de unidades computacionales cada vez mas sofisticadas; ha resultado en la formación del área del Procesamiento Digital de Señales (PDS). No ajenos a esta tecnología, y debido al gran impacto que puede tener en un sinúmero de aplicaciones, en nuestra Facultad se ha incorporado el diseño, aplicación y la teoría del PDS en los planes de estudio, tanto a nivel Licenciatura como a nivel Maestría.

La introducción del PDS en nuestra institución comenzó en 1989 con un programa de desarrollo integral para su incorporación a todos los niveles, tal como se muestra en la Fig. 1.

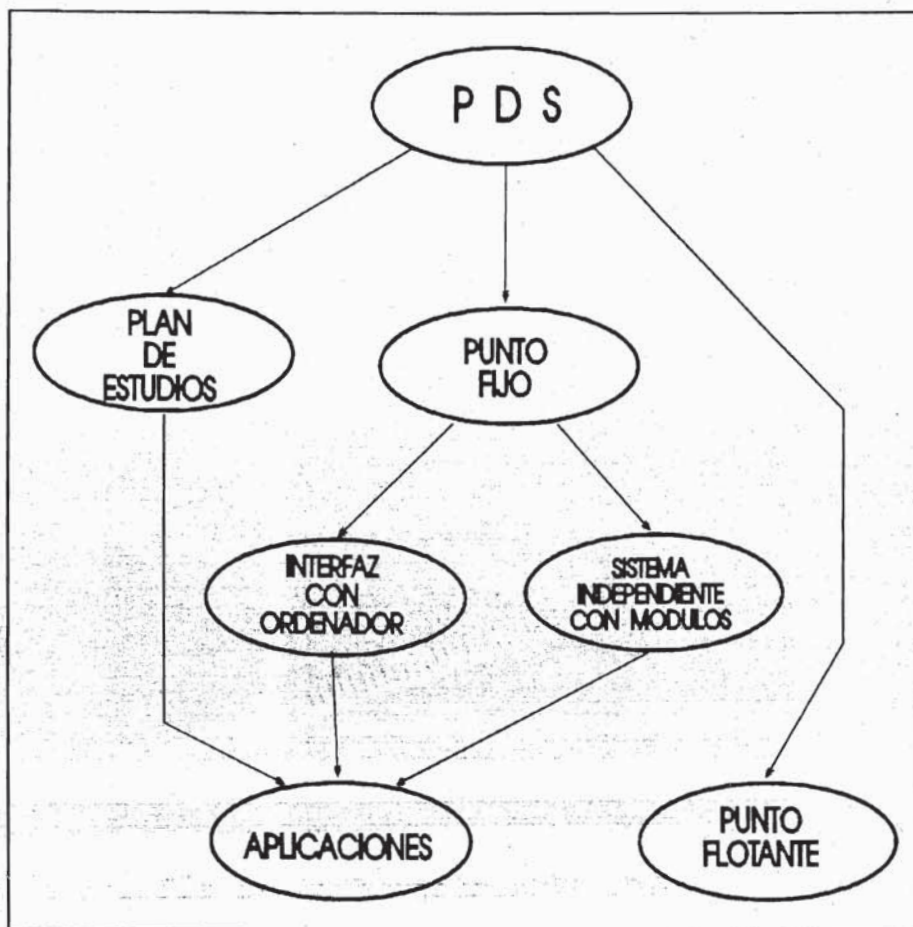


Figura 1. Incorporación del PDS.

Primero fueron implementados los cursos teóricos de PDS a nivel Licenciatura y Maestría, y en forma paralela se comenzó a estudiar la arquitectura de los procesadores de punto fijo; empezando el diseño de dos unidades para futuras aplicaciones.

Como segundo paso, se diseñaron las dos unidades, hasta obtener un modelo óptimo de cada una de ellas, procediendo a su realización en circuito impreso a nivel prototipo. La primera unidad diseñada fue una tarjeta compatible con micro-ordenador (Tipo PC-AT), que tiene como función principal, la de funcionar como procesador múltiple, en conjunto con el micro-ordenador, para ejecutar en tiempo real los algoritmos de PDS desarrollados. La segunda unidad es un módulo

independiente (Funciona sin interfaz) y una serie de módulos adicionales que le proporcionan una gran versatilidad para aplicaciones en el mundo físico. Cabe hacer notar que estas dos unidades fueron diseñadas en base a componentes de fácil adquisición en el mercado nacional, con el objeto de conocer a fondo la arquitectura del sistema; sin tener que depender de fabricantes terceros, donde uno tiene que sujetarse a las normas establecidas por su diseño.

En la tercera etapa, se están desarrollando aplicaciones específicas alrededor de las arquitecturas desarrolladas, habiéndose obtenido a la fecha, resultados satisfactorios del desempeño, además de estar trabajando actualmente con arquitecturas de PDS en punto flotante.

2. INCORPORACION AL PLAN DE ESTUDIOS

Con el objeto de crear un marco teórico para la aplicación de las técnicas de PDS se implementaron dos cursos basados en textos clásicos (Ref. [1], [2]) tanto a nivel Licenciatura, como a nivel Maestría, donde se exponían los fundamentos matemáticos del PDS y se incorporaban a la aplicación práctica, utilizando los sistemas desarrollados en la Facultad.

Esto significó un esfuerzo adicional por parte de los profesores y de los alumnos, ya que, si bien se conocían completamente los sistemas PDS, no dejaban de ser prototipos y se requería de la elaboración paralela de las prácticas. Sin embargo, gracias a la disposición tanto de alumnos como profesores, se realizó con éxito la empresa. De esta experiencia, resultaron como productos finales, un paquete de programas para el diseño de filtros IIR (Infinite Impulse Response) Ref. [3], un paquete de programas para el diseño de filtros FIR (Finite Impulse Response) adaptivos, y surgió un cuadernillo de prácticas con manual del usuario, de los sistemas PDS desarrollados.

El contenido de las materias se ha ido modificando en cada ocasión que es impartido el curso, de tal manera que se está actualizando el material docente en forma constante.

3. TARJETA DE MULTIPROCESO ADSP-2100

De entre las familias de circuitos PDS disponibles en el mercado, se decidió utilizar los circuitos ADSP-21xx de la compañía Analog Devices, ya que tienen excelentes características de desempeño, además de que se encuentran disponibles en cantidades bajas, a un precio accesible y se cuenta con toda la información para el diseñador. (Ref. [4], [5], [6]).

El sistema de multiproceso ADSP-2100 se implementó como se muestra en la Fig. 2. Consta de un PDS de punto fijo con arquitectura Harvard modificada, con memoria de programa y datos a su máxima capacidad (32K y 16K palabras respectivamente) e interfaz con micro-ordenador tipo PC/AT, mediante el uso de interrupciones y acceso directo a memoria (Ref. [7]).

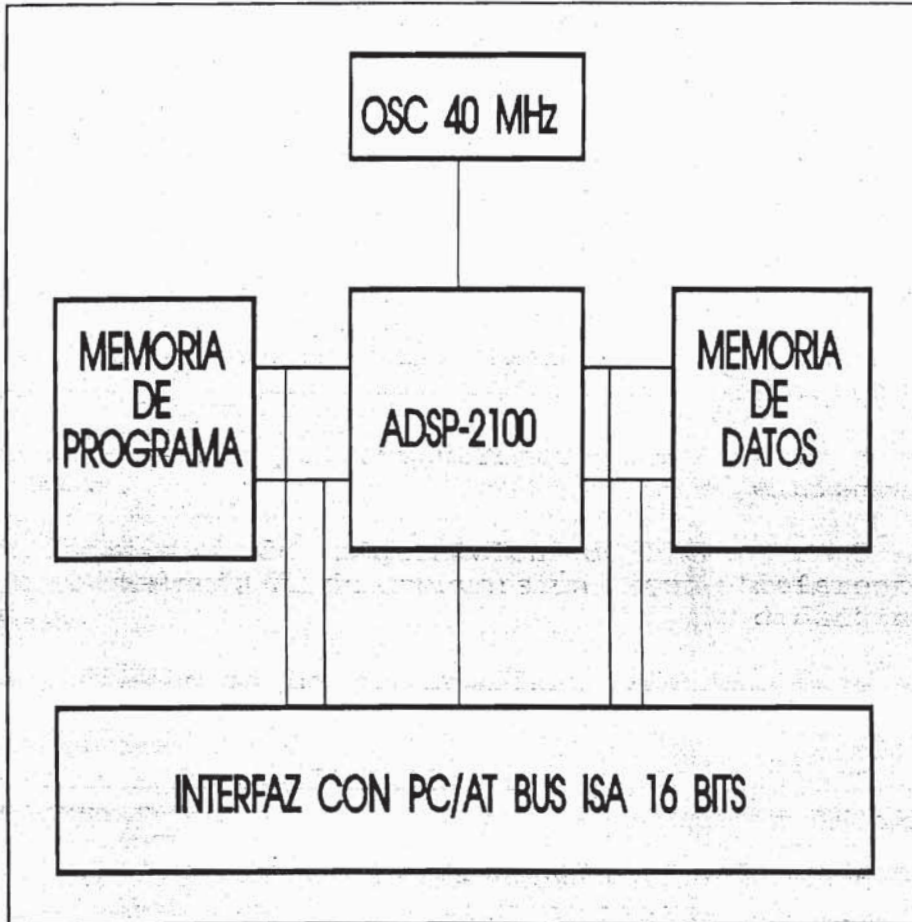


Figura 2. Diagrama a Bloques de la Tarjeta ADSP-2100.

En la Fig. 3 se muestra una fotografía de la tarjeta ADSP-2100, con sus componentes principales. Actualmente se encuentra en producción en serie, para atender las demandas de uso de los diversos proyectos que se han generado a partir de este sistema.

Además de la circuitería, se desarrolló una librería en lenguaje C y PASCAL para facilitar el acceso y uso de la tarjeta, de tal manera que el usuario solo tenga que realizar su programa para el PDS y enlazarlo mediante las rutinas de interfaz ya creadas. Esto permite que el proceso de depuración sea óptimo, ya que tan pronto

como ha sido creado el programa, éste puede ser transferido al sistema y comprobar su funcionalidad en tiempo real, lo que minimiza tiempos de desarrollo.

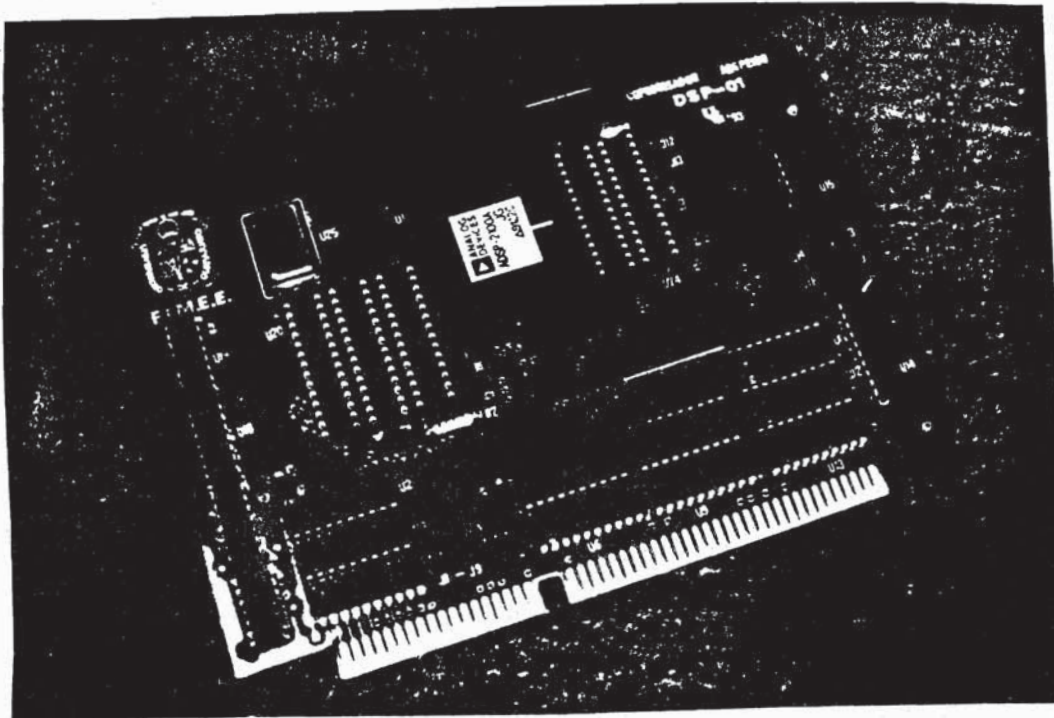


Figura 3. Fotografía de la Tarjeta ADSP-2100.

4. TARJETA INDEPENDIENTE ADSP-2105

El segundo sistema desarrollado fué basado en el ADSP-2105, el cual es un PDS tipo ordenador, que integra en la misma pastilla la unidad central de proceso, un puerto de tipo serial PCM (Pulse Code Modulation), 512 palabras de memoria de datos, 1024 palabras de memoria de programa y compatibilidad del 100% en programación con la familia ADSP-21xx.

Además del PDS, en el sistema se le incorporaron 8K palabras adicionales de datos, memoria externa tipo EPROM (Ereasable Programmable Read Only Memory) para el botado de los programas, dos puertos paralelos completos de entrada y salida de 16 bits, y se le dotó de los conectores necesarios para que el usuario pueda hacer uso completo de las facilidades de este sistema. En la Fig. 4 se tiene el diagrama de bloques del sistema, y en la Fig. 5 se muestra una fotografía del prototipo, el cual se ha producido en serie.

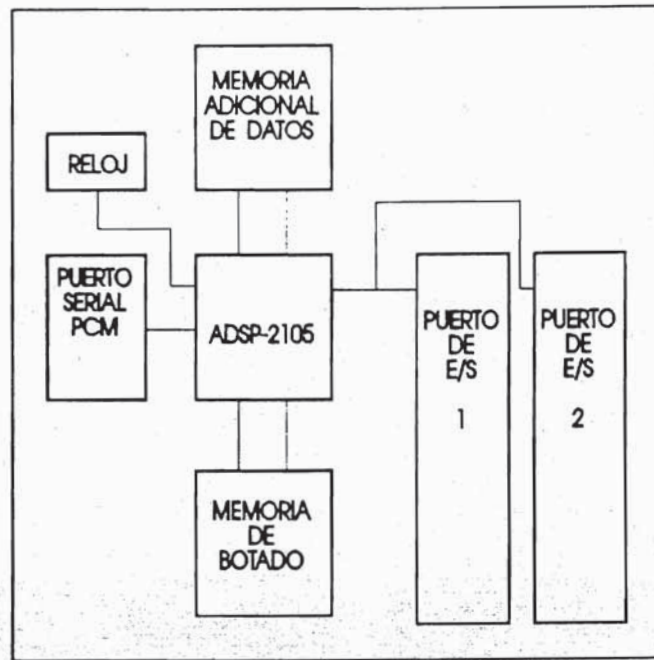


Figura 4. Diagrama de Bloques del Sistema ADSP-2105.

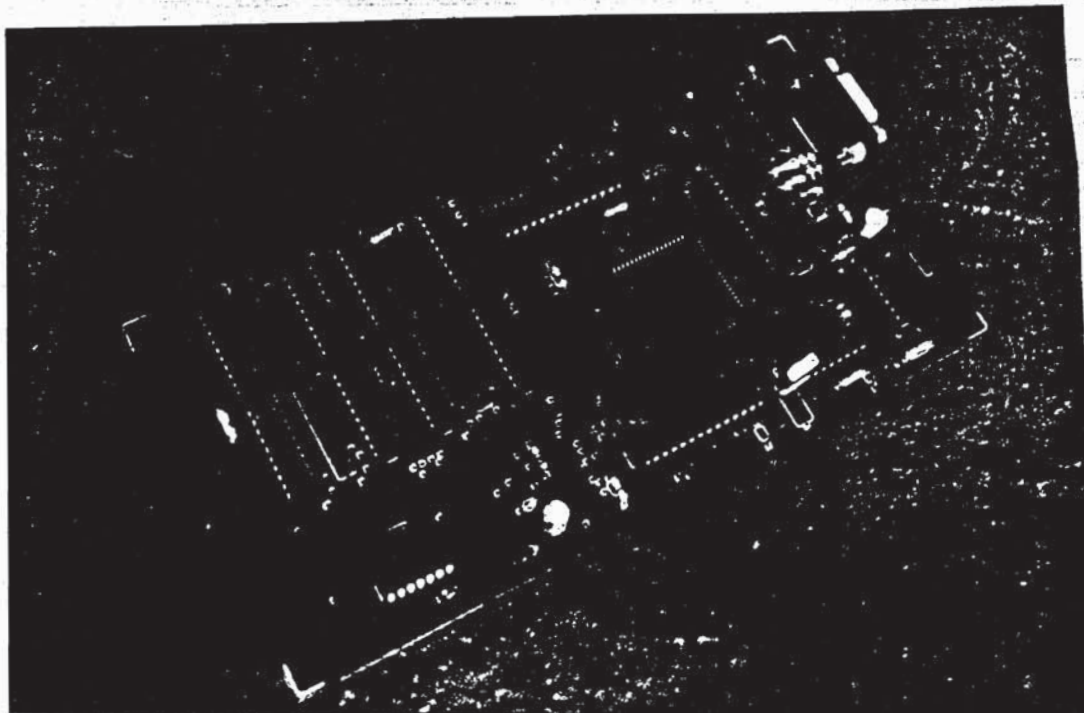


Figura 5. Fotografía del Prototipo ADSP-2105.

En forma paralela, se desarrollaron tarjetas electrónicas para conectar el sistema ADSP-2105 con el mundo físico, las cuales consistían en diversos sistemas de adquisición de datos (8, 12 y 16 bits), una interfaz para interconectarse con sistemas basados en microprocesadores (MC6803 y MC68000) y una interfaz de multiproceso (Conexión de varios ADSP-2105 en cascada).

5. RESULTADOS

El haber sido nosotros quienes desarrollamos los sistemas de PDS, nos permitió conocer a fondo, tanto la estructura de circuito como las aplicaciones de los algoritmos diversos en que se ha trabajado.

Cabe mencionar que entre los productos que han surgido alrededor de los sistemas PDS se encuentran:

1 Paquete para el diseño de filtros digitales tipo IIR asistido por computadora.

2 Paquete de diseño asistido por computadora para filtros digitales tipo FIR adaptivos.

3 Desarrollo de sistemas de adquisición de datos en diferentes resoluciones y velocidad de conversión, con fines didácticos y de bajo costo.

4 Creación de un laboratorio de procesamiento digital de señales con recursos propios.

5 Apoyo al área de los sistemas digitales con arquitecturas de multiproceso de alto desempeño.

6 Apoyo al área de los microprocesadores mediante la incorporación de los PDS como co-procesadores de los mismos.

7 Desarrollo de diversos instrumentos de medición tales como: Analizador de vibraciones en dos canales, Analizador de espectros en banda base de alta resolución y Sintetizadores de frecuencia de precisión.

8 Apoyo al área de procesamiento de imágenes y robótica.

En la Fig. 6 se muestra una fotografía del Analizador de espectros en banda base, desarrollado en base al ADSP-2105. En la Fig. 7 se muestra una pantalla de micro-ordenador, aplicando la tarjeta ADSP-2100 como analizador de espectros en tiempo real. En la Fig. 8 se puede observar la tarjeta ADSP-2105 y una tarjeta de micro-procesador, las cuales han sido conectadas en multiproceso.

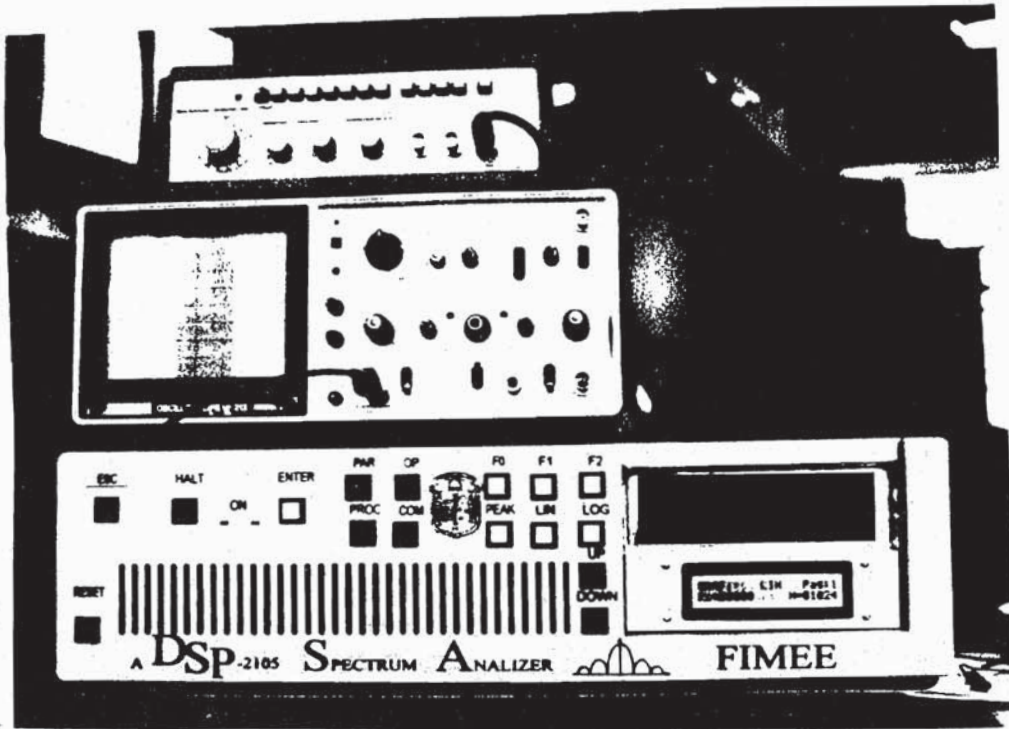


Figura 6. Analizador de Espectros en Banda Base.

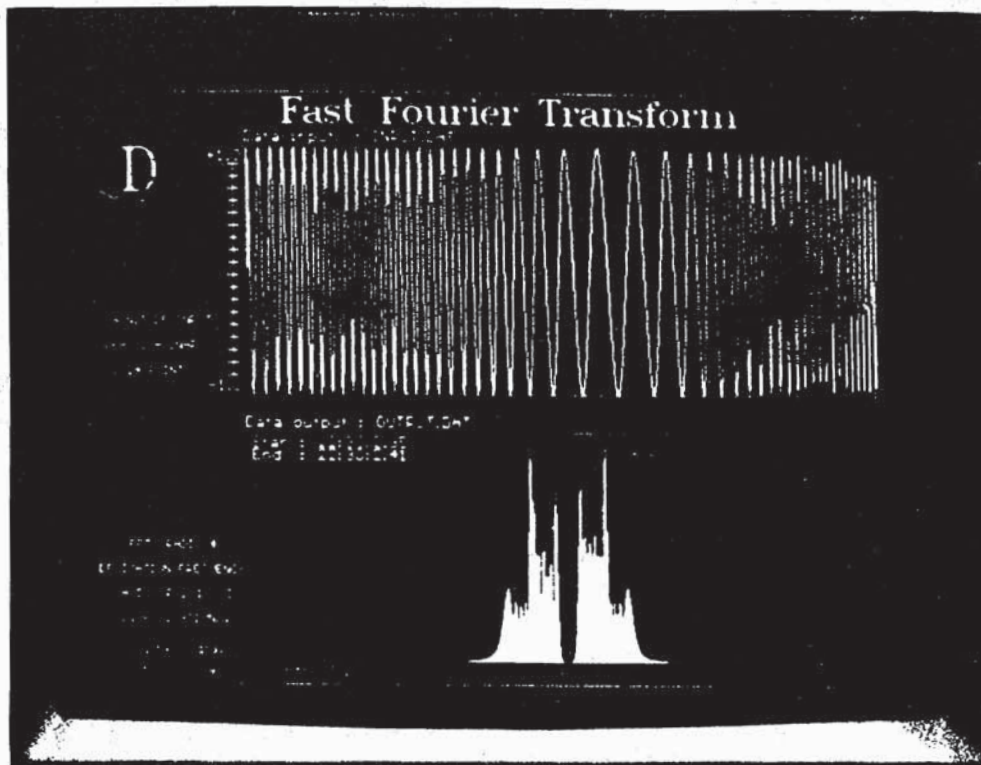


Figura 7. Espectro obtenido con el ADSP-2100.

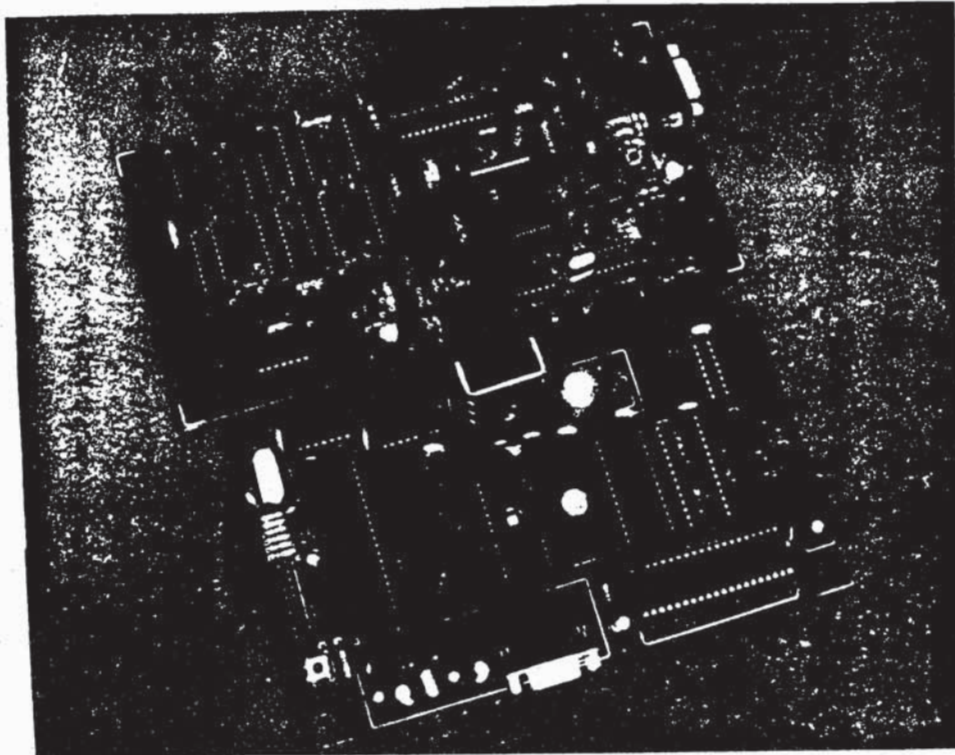


Figura 8. ADSP-2105 y MC6803.

6. CONCLUSIONES

Como se puede ver, los resultados obtenidos se han reflejado en una incorporación de las técnicas más modernas del PDS al plan de estudios en una Universidad pública de un país en desarrollo, aprovechando los recursos disponibles, y con un control elevado en los parámetros que conforman el entorno de esta área del conocimiento, permitiendo que los involucrados (Profesores, Investigadores y Alumnos) posean las herramientas necesarias e incursionen en nuevas aplicaciones, a sabiendas que cuentan con arquitecturas abiertas, modificables a las necesidades particulares.

La innovación en la elaboración del proyecto, tal como fue planteado, consistió en buscar la manera de contar con un laboratorio de PDS, sin tener que depender de terceras fuentes, donde se tiene poca libertad para aplicar los equipos ofrecidos.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer, "Digital Signal Processing", Ed. Prentice Hall, 1975.
- [2] S. M. Kay, "Modern Spectral Estimation, Theory and Application", Ed. Prentice Hall, 1988.

[3] A. Antoniou, "Digital Filters: Analysis and Design", Ed. Mc Graw Hill, 1979.

[4] Analog Devices, "ADSP-2100 Family User's Manual", Analog Devices Inc., 1989.

[5] Analog Devices, "Digital Signal Processing Applications, Using the ADSP-2100 Family", Ed. Prentice Hall, 1990.

[6] Analog Devices, "ADSP-21xx Cross Assembler and Simulator", Analog Devices Inc., 1993.

[7] L. C. Eggebrecht, "Interfacing to the IBM Personal Computer", Second Edition, Ed. SAMS, 1990.