

INTRODUCCIÓN

Los rápidos avances en la electrónica, particularmente en las técnicas de fabricación de circuitos integrados, han tenido, y sin duda continuarán teniendo, un gran impacto en la industria y la sociedad. El rápido desarrollo de la tecnología de circuitos integrados, empezando con la integración a gran escala (LSI, Large Scale Integration), y ahora la integración a gran escala (VLSI, Very Large Scale Integration) de circuitos electrónicos ha estimulado el desarrollo de computadores digitales más potentes, pequeños, rápidos y baratos y de hardware digital de propósito general. Estos circuitos digitales baratos y relativamente rápidos han hecho posible construir sistemas digitales altamente sofisticados, capaces de realizar funciones y tareas del procesamiento de señales digitales que normalmente eran demasiado difíciles y/o caras con circuitería o sistemas de procesamiento de señales analógicas. De aquí que muchas de las tareas del procesamiento de señales que convencionalmente se realizaban analógicamente se realicen hoy mediante hardware digital, más barato y a menudo más confiable.

Sistemas de DSP's modernos son apropiados para su implementación bajo el criterio VLSI. Las grandes inversiones necesarias para diseñar un nuevo circuito integrado sólo pueden ser justificadas cuando el número de circuitos a fabricar es grande, o cuando los niveles necesarios de desempeño son tan altos que no pueden ser alcanzados con la tecnología existente. A menudo, ambos argumentos son válidos, particularmente en comunicaciones y aplicaciones dirigidas a los consumidores. Avances en la tecnología de fabricación de circuitos integrados también abren nuevas áreas de desarrollo basadas en DSP, tales como sensores inteligentes, visión de robots y automatización, mientras entrega las bases para continuar los avances en áreas tradicionales del procesamiento digital de señales, tales como música, voz, radar, sonar, video, audio y comunicaciones.

Esta lectura tiene como fin entregar una breve introducción a los sistemas DSP a través de la presentación de sus principales características, aplicaciones y algunos datos de interés en cuanto a fabricantes, modelos y formas de elegir la plataforma más adecuada.

PROCESADORES DIGITALES DE SEÑALES

¿Procesamiento Digital de Señales (*Digital Signal Processing* – DSP)?

SEÑAL es definida como cualquier cantidad física que varía en el tiempo y que lleva información, generalmente acerca del estado o comportamiento de un sistema, como por ejemplo: radar, música, voz, sonar, etc.

PROCESAR UNA SEÑAL es la operación o transformación sobre la señal.

PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑAL (DSP) es una operación o transformación de una señal en un hardware digital según reglas bien definidas las cuales son introducidas al hardware a través de un software específico que puede o no manejar lenguajes tanto de alto como de bajo nivel.

En estricto rigor, digital signal processing se refiere al procesamiento electrónico de señales tales como sonido, radio y microondas usando técnicas matemáticas para realizar transformaciones o extraer información. En la práctica, las características que hacen a los DSP's tan buenos en el manejo de señales los hacen adecuados para muchos otros propósitos, tales como procesamiento de gráficos de alta calidad y simulaciones en ingeniería.

Un Procesador Digital de Señales (DSP, sigla en inglés de *Digital Signal Processor*) es un tipo de microprocesador, increíblemente rápido y poderoso. Un DSP es único porque procesa señales en tiempo real. Esta capacidad de procesamiento en tiempo real hace a los DSP ideales para aplicaciones que no toleran ningún retardo. Por ejemplo, no es fácil conversar a través de un teléfono celular cuando existe un retardo en la línea. Esto lleva a que la señal se corte o a confusión ya que ambos usuarios hablan a la vez. Con los teléfonos celulares actuales, los cuales usan DSP's, es posible hablar normalmente. El DSP dentro del teléfono procesa el sonido (convirtiéndolo de una señal analógica a digital, filtrando, comprimiendo y realizando otras tareas en forma digital) tan rápidamente que uno puede hablar y escuchar sin problemas de retardo ni ninguna molestia que ello implica. O sea, se procesa en tiempo real.

De Análogo a Digital

Las aplicaciones clásicas de los DSP's trabajan señales del mundo real, tales como sonido y ondas de radio que se originan en forma análoga. Como se sabe, una señal análoga es continua en el tiempo; cambia suavemente desde un estado a otro. Los computadores digitales, por otro lado, manejan la información discontinuamente, como una serie de números binarios, por lo que se hace necesario como primera etapa en la mayoría de los sistemas basados en DSP's transformar las señales análogas en digitales. Esta transformación la hacen los Conversores Análogo – Digital (ADC, en inglés).

Una vez terminada la etapa de conversión análogo – digital, los datos son entregados al DSP el cual está ahora en condiciones de procesarla. Eventualmente el DSP deberá

devolver los datos ya procesados para lo cual es necesaria una etapa final que transforme el formato digital a análogo. Por ejemplo, una señal de audio puede ser adquirida (ADC) y filtrada para eliminar en gran medida ruido, crujidos de estática, amplificar ciertas frecuencias de interés, eliminar otras, etc. Luego de esto, la información puede ser devuelta a través de una conversión digital – análoga (DAC).

Ejemplos interesantes de aplicaciones de DSP's son:

1. Eliminar el eco en las líneas de comunicaciones.
2. Lograr hacer más claras imágenes de órganos internos en los equipos de diagnóstico médico.
3. Cifrar conversaciones en teléfonos celulares para mantener privacidad.
4. Analizar datos sísmicos para encontrar nuevas reservas de petróleo.

En su núcleo, un DSP es altamente numérico y repetitivo. A la vez que cada dato llega, éste debe ser multiplicado, sumado y además de eso transformado de acuerdo a fórmulas complejas. Lo que permite realizar todo ello es la velocidad del dispositivo. Los sistemas basados en DSP's deben trabajar en tiempo real, capturando y procesando información a la vez que ocurre. Los conversores análogo – digital deben adquirir la información lo suficientemente seguido como para captar todas las fluctuaciones relevantes de las señales. Si el ADC es muy lento se perderá información. El DSP también debe trabajar rápido para no perder información que le llega desde el ADC y además cumplir con el adecuado procesamiento de las señales. Por ejemplo, un sistema stereo maneja sonidos de hasta 20 KHz, por lo tanto el DSP deberá ser capaz de procesar alrededor del centenar de millones de operaciones por segundo. Otras señales, tales como transmisiones por satélite son del orden de los Gigahertz por lo que requieren un procesamiento de mayor velocidad.

Un DSP para cada Aplicación

Una forma de clasificar los DSP's y aplicaciones es a través de su rango dinámico. El rango dinámico es un conjunto de números, desde pequeños a grandes, que deben ser procesados en el curso de una aplicación. Por ejemplo, para representar una forma de onda entera de una señal particular es necesario un cierto rango de números para manejar sus valores mayores y menores. El DSP debe ser capaz de manejar los números generados tanto en la transformación análoga – digital como durante los cálculos (multiplicaciones, sumas, divisiones) con dicha señal. Si no es capaz de manejar todo el rango de números ocurrirá "overflow" o "underflow", lo cual producirá errores en los cálculos.

La capacidad del procesador es una función de su ancho de datos (el número de bits manipulados) y el tipo de aritmética que posee (punto fijo o flotante). Un procesador de 32 bits tiene un ancho de datos mayor que uno de 24 bits, el cual a su vez tiene un rango mayor que uno de 16 bits. DSP's de punto flotante tienen rangos mayores que uno de punto fijo. Cada tipo de procesador es ideal para un rango particular de aplicaciones. DSP's de 16 bits son ideales para sistemas de voz tales como teléfonos ya que ellos trabajan con un estrecho rango de frecuencias de audio. Stereos de alta fidelidad requieren ADCs de 16 bits

y un procesador de 24 bits de punto fijo. Los 16 bits del convertor permiten capturar todo el rango de la señal de audio y los 24 bits del procesador permiten operar cómodamente los grandes valores resultantes de la operación con los datos. Procesamiento de imágenes, gráficos 3-D y simulaciones científicas necesitan un rango dinámico mucho mayor y por lo tanto requieren procesadores de punto flotante de 32 bits y ADC's de 24 bits.

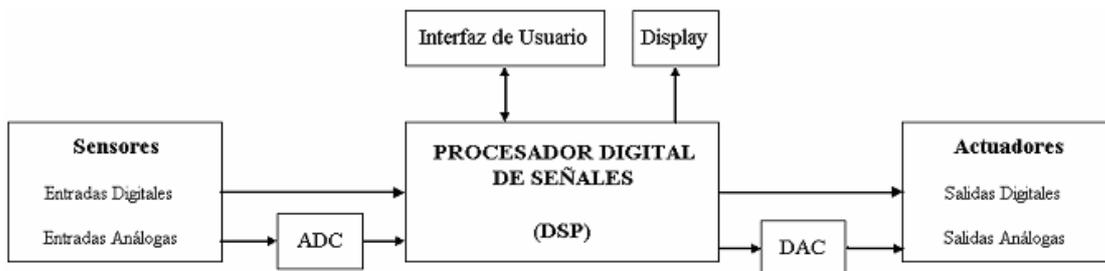


Figura 1: Diagrama de bloques conceptual de un sistema típico
 ADC : Conversor Análogo Digital. – DSP : Digital Signal Processor.
 DAC : Conversor Digital Análogo.

Algunos ejemplos de los usos de DSP's en la actualidad son:

1. Wireless LAN
2. Reconocimiento de Voz
3. Manejo de imágenes digitales
4. Reproductores digitales de audio
5. Teléfonos celulares
6. Modems inalámbricos
7. Cámaras digitales
8. Control de motores
9. Manejo de bombas, ventiladores, HVAC
10. Inversores industriales
11. Automatización de fábricas
12. Transporte

¿Qué hace a un DSP un DSP?

Una de las más importantes características de un DSP es su capacidad de realizar operaciones de multiplicación y acumulación (MACs) en sólo un ciclo de reloj. No obstante ello, es necesario que el dispositivo posea la característica de manejar aplicaciones críticas en tiempo real. Esto requiere de una arquitectura que soporte un flujo de datos a alta velocidad hacia y desde la unidad de cálculo y memoria. Esta ejecución a menudo requiere el uso de unidades DMA (Direct Memory Access) y generadores de direcciones duales (DAG's) que operan en paralelo con otras partes del chip. Los DAG's realizan los cálculos de direcciones, permitiendo al DSP buscar dos datos distintos para operar con ellos en un

solo ciclo de reloj, de tal forma que es posible ejecutar algoritmos complejos en tiempo real.

Es importante para DSP's tener un mecanismo efectivo de salto para la ejecución de loops ya que el código generalmente programado es altamente repetitivo. La arquitectura permite realizar estos loops sin instrucciones adicionales ni demoras, las que al ejecutarse millones de veces empiezan a generar retardos significativos.

Los DSP's deben manejar rangos dinámicos extendidos y de precisión para evitar overflow y underflow y para minimizar los errores de redondeo. Para acomodarse a esta capacidad, los DSP's incluyen acumuladores dedicados con registros más anchos que el tamaño nominal de los datos para así conservar la precisión (por ejemplo, DSP's de 16 bits poseen acumuladores de 32 bits para manejar el resultado de las multiplicaciones). También deben soportar el manejo de buffers circulares para la ejecución de funciones algorítmicas, tales como filtros. En estos tipos de buffers el puntero del buffer se actualiza en paralelo con otras funciones del chip en cada ciclo de reloj. En cada ciclo el buffer circular realiza una comprobación de "fin de buffer" para verificar si es necesario volver al inicio de éste sin demorar así la ejecución del algoritmo a causa de la ejecución de instrucciones adicionales de comparación y salto.

Por otro lado, los microcontroladores se utilizan sobre todo en aplicaciones donde existen acontecimientos externos los que requieren de la detección y el control. El ambiente externo es detectado por cualquiera de los dispositivos periféricos; puertos digitales I/O, pines dedicados de interrupción, o las entradas análogas (de analógico a digital). La fuente de las señales a estos pines viene de los interruptores, sensores análogos y/o digitales, y de las señales de estado de otros sistemas. Cada entrada representa un pedazo de información sobre el estado de un cierto acontecimiento exterior. Las salidas se envían a actuadores, relays, motores o a otros dispositivos que controlen acontecimientos. Entre la detección y actuación está el microcontrolador, analizando las entradas y el estado actual del sistema, determinando cuándo y qué encender y/o apagar. El software es el que hace todo esto, toma las decisiones, generalmente trabaja de una manera condicional; es decir, realiza saltos sólo bajo ciertas condiciones y realiza manipulaciones a nivel de bits. Las interrupciones son consideradas como condiciones externas que alteran el flujo principal del programa.

Arquitecturas Estándar en DSP

Las arquitecturas de los computadores actuales están comúnmente clasificadas como RISC's (*Reduced Instruction Set Computers*) y CISC's (*Complex Instruction Set Computers*). Estos últimos tienen un gran número de instrucciones sumamente poderosas, mientras que la arquitectura RISC posee pocas instrucciones y realiza movimientos de datos entre registros en un ciclo de máquina. Hoy en día los computadores RISC comienzan a reemplazar a los CISC's, porque se puede alcanzar un más alto rendimiento por medio del uso de un eficiente compilador como a través de la ejecución de instrucciones simples en forma ordenada.

DSP's estándares tienen muchos rasgos de una arquitectura tipo RISC, pero ellos son procesadores de propósitos específicos cuya arquitectura es especialmente diseñada para operar en ambientes de alta necesidad de cálculo. Un DSP estándar ejecuta varias operaciones en paralelo mientras que un RISC usa unidades funcionales altamente eficientes que pueden iniciar y completar una instrucción simple en uno o dos ciclos de reloj.

DSP's típicos son caracterizados generalmente por las siguientes cualidades en su arquitectura:

1. Una unidad funcional rápida que puede multiplicar y acumular en un ciclo de instrucción. Un ciclo de instrucción puede durar generalmente 1 ó 2 ciclos de reloj. Disponibles en DSP's de punto fijo y flotante.
2. Varias unidades funcionales que realizan operaciones en paralelo, incluyendo accesos a memoria y cálculo de direcciones. Las unidades poseen típicamente una unidad principal (ALU) junto con dos o más unidades de generación de direcciones. Estas unidades funcionales poseen su propio conjunto de registros y muchas instrucciones se realizan en un solo ciclo de instrucción.
3. Varias unidades de memoria on-chip (generalmente 2 ó 3) usadas para almacenar instrucciones, datos o tablas. Cada unidad de memoria puede ser accesada una vez en cada ciclo de instrucción.
4. Varios buses para incrementar las tasas de transferencia hacia y desde memoria y evitar conflictos de direcciones.
5. Soporte para tipos especiales de direccionamiento, especialmente módulo y bit-reverse, requerido en el cálculo de la FFT. Direccionamiento módulo es muy eficiente para la implementación de buffers circulares.
6. Soporte para manejo de loop con bajo costo en tiempo y manejo rápido de interrupciones, especialmente aquellas que se deben a los puertos seriales.

Arquitectura Harvard

En la arquitectura clásica de Neumann la ALU y la unidad de control están conectadas a una sólo unidad de memoria que almacena tanto instrucciones de programa como datos. Durante la ejecución de un programa, una instrucción es leída desde la memoria y decodificada, los operandos necesarios son obtenidos (fetched) desde la memoria, y, finalmente, la instrucción es ejecutada. La principal desventaja es que la memoria se transforma en el cuello de botella de esa arquitectura.

La instrucción que con más frecuencia realiza un DSP estándar es la multiplicación y acumulación. Ésta debe ser realizada con eficiencia, y para ello debería ser completada en un ciclo de instrucción. Esto implica que dos valores deben ser leídos desde memoria y

(dependiendo de la organización) un valor debe ser escrito, o dos o más registros de direcciones deben ser actualizados, en ese ciclo. Por lo tanto, una longitud grande en la memoria es tan importante como la operación de multiplicación–acumulación.

Varios buses y memorias incluidas en el chip son utilizadas de forma que lecturas y escrituras a diferentes unidades de memoria pueden ser hechas a la vez. Dos memorias son utilizadas en la arquitectura Harvard clásica. Una de ellas es utilizada exclusivamente para datos, mientras que la otra es utilizada para instrucciones. Esta arquitectura alcanza un alto grado de concurrencia (lecturas y escrituras simultáneas). Los DSP's actuales usan varios buses y unidades de ejecución para alcanzar niveles incluso más altos de concurrencia. Chips con múltiples DSP y procesadores RISC existen hoy en día.

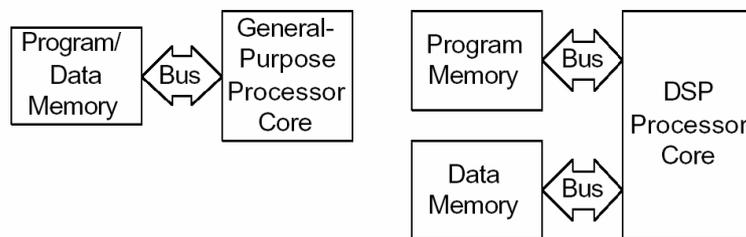


Figura 2: Tipos de arquitectura de memoria entre un Microcontrolador (arquitectura von Neumann) y un DSP (arquitectura Harvard).

Diferencias entre Microcontroladores y DSP's

Una de las diferencias más importante encontrada entre un DSP y un Microcontrolador es la estructura de memoria que poseen. En un microcontrolador es posible encontrar una memoria lineal, en la que se almacenan tanto datos como instrucciones de programa. Esto obliga a generar programas que no sobrepasen límites de tamaño ya que podrían sobrescribirse datos por instrucciones o viceversa. Un DSP posee dos bloques separados e independientes de memoria, cada uno con su propio bus de acceso, permitiendo así al procesador ir a buscar la siguiente instrucción y dato en el mismo ciclo de reloj (Fetch). En la figura siguiente se muestra un diagrama de los tipos de memorias y su conexión con el núcleo operaciones.

Otra diferencia importante entre un Microcontrolador y un DSP (y aún entre DSP's) es la cantidad de unidades de ejecución que poseen, las cuales son capaces de realizar operaciones en paralelo. Por ejemplo, además de la típica ALU, un DSP posee bloques MAC de multiplicación y acumulación, se encuentran también bloques sólo para corrimientos, shifters. En la figura siguiente se observa un diagrama de bloques de un microcontrolador PIC12C5XX, el cual sólo posee una unidad aritmética para todo tipo de cálculo, desde cálculo de direcciones de salto, búsqueda de datos hasta operaciones lógicas.

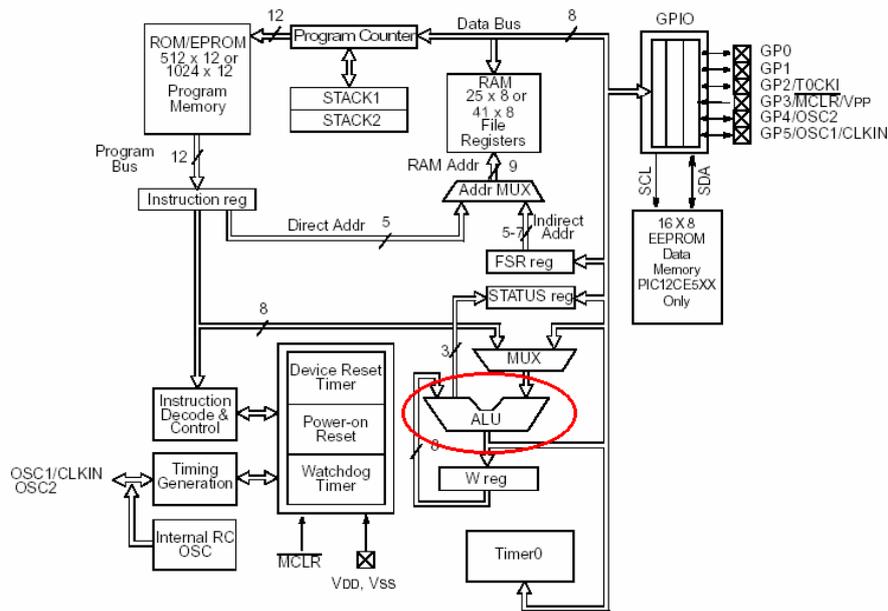


Figura 3: Diagrama de bloques de la arquitectura del PIC-12C5XX

La siguiente figura muestra parte de un diagrama de bloques del DSP TMS320F241. En ella se pueden ver 3 unidades de cálculo, CALU, ARAU, y una unidad de multiplicación la cual permite además realizar corrimientos:

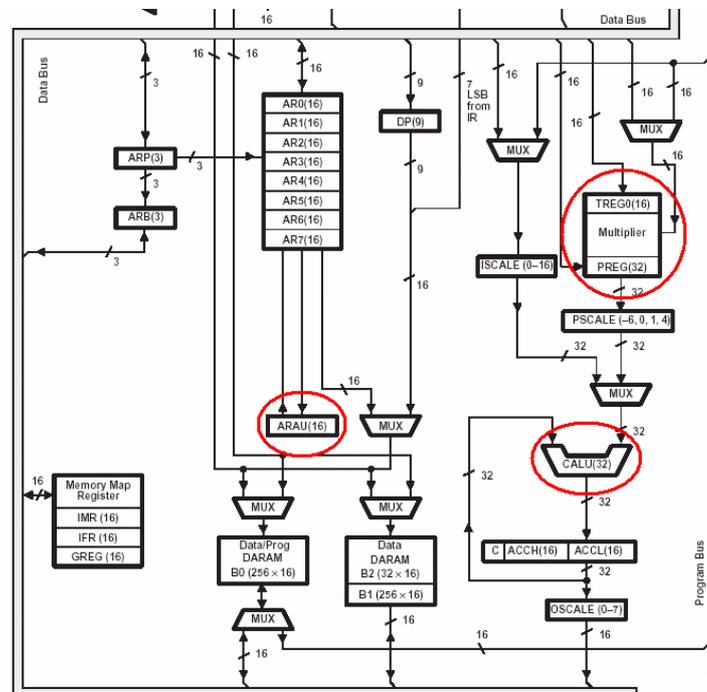


Figura 4: Diagrama de bloques del DSP TMS320F241

La unidad CALU realiza las operaciones aritmético – lógicas, mientras que la unidad ARAU permite realizar cálculos sobre registros auxiliares para direccionamientos indirectos tanto a memoria de datos como de programa. Finalmente la unidad de multiplicación y suma permite una rápida ejecución de operaciones iterativas tales como algoritmos de filtros.

Cabe destacar que en la actualidad cada vez se empieza a desarrollar más la tecnología mezclada entre microprocesadores y DSP's. Diversas son las razones para que se produzca esta integración, sin embargo a groso modo es posible identificar una en particular. Los requerimientos de control en tiempo real bajo condiciones cada vez más exigentes en cuanto a necesidad de cálculo han llevado a los fabricantes de microcontroladores (microchip, ST, etc.) a integrar a sus microprocesadores características de DSP (unidades de cálculo paralelas, pipeling, etc.) y por el otro lado los fabricantes de DSP's (Texas, Motorola, Analog Device, etc.) empiezan a utilizar las características de Microcontroladores (Conversores A/D, puertos digitales I/O, bloques PWM) integrándolas dentro del DSP.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DSP'S

- La Tecnología VLSI (*Very Large Scale Integration*) da la posibilidad de diseñar sistemas con la capacidad para ejecutar procesamiento en tiempo real de muchas de las señales de interés para aplicaciones en comunicaciones, control, procesamiento de imagen, multimedia, etc.
- Los sistemas digitales son más confiables que los correspondientes sistemas análogos.
- Los sistemas digitales ofrecen una mayor flexibilidad que los correspondientes sistemas análogos.
- Mayor precisión y mayor exactitud pueden ser obtenidas con sistemas digitales, comparado con los correspondientes sistemas análogos.
- Un sistema programable permite flexibilidad en la reconfiguración de aplicaciones **DSP**.
- La tolerancia de los componentes en un sistema análogo hacen que esto sea una dificultad para el diseñador al controlar la exactitud de la señal de salida análoga. Por otro lado, la exactitud de la señal de salida para un sistema digital es predecible y controlable por el tipo de aritmética usada y el número de bits usado en los cálculos.
- Las señales digitales pueden ser almacenadas en un disco flexible, Disco Duro o CD-ROM, sin la pérdida de fidelidad más allá que el introducido por el conversor Análogo Digital (ADC). Éste no es el caso para las señales análogas.

A pesar de ellas existen algunos inconvenientes que deberán ser tomados en cuenta al momento de escoger una plataforma para el procesamiento de señales analógicas por medio digitales:

- La conversión de una señal analógica en digital, obtenida muestreando la señal y cuantificando las muestras, produce una distorsión que nos impide la reconstrucción de la señal analógica original a partir de muestras cuantificadas.
- Existen efectos debidos a la precisión finita que deben ser considerados en el procesado digital de las muestras cuantificadas.
- Para muchas señales de gran ancho de banda, se requiere procesado en tiempo real. Para tales señales, el procesado analógico, o incluso óptico, son las únicas soluciones válidas. Sin embargo, cuando los circuitos digitales existen y son de suficiente velocidad se hacen preferibles.

Fabricantes de DSP's

Actualmente el mercado se ha ampliado enormemente en cuanto a la oferta de DSP's. Existen diversos fabricantes, cada uno con un tipo especial y particular de arquitectura, uso y/o aplicación. Entre los más conocidos destacan:

1. Texas Instruments (<http://dspvillage.ti.com/docs/dspproducthome.jhtml>)

Familias	TMS320C6000	TMS320C5000	TMS320C2000
----------	-------------	-------------	-------------

2. Motorola (<http://www.motorola.com/semiconductors>)

Familias	56300	56800	56800E	MSC8100 (StarCore)
----------	-------	-------	--------	-----------------------

3. Analog Devices (<http://www.analog.com/technology/dsp/index.html>)

Familias	Blackfin	Familia Sharc	TigerSharc	ADSP-21xx
----------	----------	---------------	------------	-----------

Una de las principales ventajas de los fabricantes antes mencionados es que a esta altura de su desarrollo han acumulado un gran nivel de conocimiento, sus procesadores se han utilizado para resolver problemas reales y han dado resultados positivos. Ellos reúnen en sus páginas web documentos y aplicaciones de utilidad para quienes trabajan en nuevos desarrollos y/o para quienes recién empiezan a trabajar con microprocesadores.

En particular, la familia TMS320C6000 está formada por una serie de procesadores que poseen características distintas unos de otros. En la tabla siguiente es posible observar las diferencias entre procesadores. Estas están fundamentalmente formadas por la cantidad de memoria disponible dentro del chip y la velocidad de procesamiento de cada instrucción. Es

posible encontrar en los sitios web de cada empresa tablas similares a la mostrada en la figura 5, indicando las principales características de los DSP's.

Device Name	Cycle Time (ns)	Data /Program Memory (bits)	DMA	External Memory Interface	Host Port / Exp. Bus / PCI	McBSP	Timers	GPIO	Core Supply (Volts)	IO Supply (Volts)	Approx. 1KU Price (US\$)	Description
SM320C6701	7	512K/512K	4	(1) 32-bit	(1) 16-bit HPI	2	(2) 32-bit		1.9	3.3	509.65	Floating Point Digital Signal Processor, Military
SMJ320C6701	7	512K/512K	4	(1) 32-bit	(1) 16-bit HPI	2	(2) 32-bit		1.9	3.3	849.98	Floating Point Digital Signal Processor, Military
TMS320C6701											78.57	Floating-Point Digital Signal Processor
TMS320C6701-150	6.7	512K/512K	4	(1) 32-bit	(1) 16-bit HPI	2	(2) 32-bit		1.8	3.3	Call	Floating-Point Digital Signal Processor
TMS320C6701-167	6	512K/512K	4	(1) 32-bit	(1) 16-bit HPI	2	(2) 32-bit		1.9	3.3	Call	Floating-Point Digital Signal Processor
TMS320C6711											21.54	Floating-Point Digital Signal Processor
TMS320C6711-100	10	32Kbits L1D Data Cache; 32Kbits L1P Program Cache; 512Kbits L2 Cache	16 (EDM A)	(1) 32-bit	(1) 16-bit HPI	2	(2) 32-bit		1.8	3.3	Call	Floating-Point Digital Signal Processor
TMS320C6711-150	6.7	32Kbits L1D Data Cache; 32Kbits L1P Program Cache; 512Kbits L2 Cache	16 (EDM A)	(1) 32-bit	(1) 16-bit HPI	2	(2) 32-bit		1.8	3.3	Call	Floating-Point Digital Signal Processor
TMS320C6711B											21.54	Floating-Point Digital Signal Processor
TMS320C6711B-100	10	32Kbits L1D Data Cache; 32Kbits L1P Program Cache; 512Kbits L2 Cache	16 (EDM A)	(1) 32-bit	(1) 16-bit HPI	2	(2) 32-bit		1.8	3.3	Call	Floating-Point Digital Signal Processor
TMS320C6711B-150	6.7	32Kbits L1D Data Cache; 32Kbits L1P Program Cache; 512Kbits L2 Cache	16 (EDM A)	(1) 32-bit	(1) 16-bit HPI	2	(2) 32-bit		1.8	3.3	Call	Floating-Point Digital Signal Processor
TMS320C6711C											24.15	Floating-Point Digital Signal Processor
TMS320C6711C-167											Call	Floating-Point Digital Signal Processor
TMS320C6711C-200	5	32Kbits L1D Data Cache; 32Kbits L1P Program Cache; 512Kbits L2 Cache	16 (EDM A)	(1) 32-bit	(1) 16-bit HPI	2	(2) 32-bit		1.26	3.3	21.55	Floating-Point Digital Signal Processor
TMS320C6712											18.06	Floating-Point Digital Signal Processor

Hardware de Laboratorio

Durante el curso del laboratorio de DSP's se trabajará con las plataformas TMS320C6711 y posteriormente, según preferencia de cada grupo, se podrá optar por trabajar con el DSP TMS320F241 o continuar el desarrollo con el C6711. El F241 es un DSP especialmente dedicado a aplicaciones de control ya que está conformado por periféricos tales como conversores A/D, puertos PWM, puertos digitales I/O, etc.

El trabajo con el procesador C6711 se llevará a cabo con una tarjeta DSK (*Development Starter Kit*) la cual es explicada en detalle en la guía de trabajo del primer laboratorio.

A grandes rasgos se puede decir que el DSK es una tarjeta en la cual se han integrado junto al DSP algunos elementos importantes para poder utilizarlo; memorias RAM para manejo de datos, algunos leds para conocer estados, un puerto paralelo para comunicación con el PC, etc. Se han integrado elementos necesarios para el funcionamiento no aislado del procesador y su interacción con el medio y los usuarios.

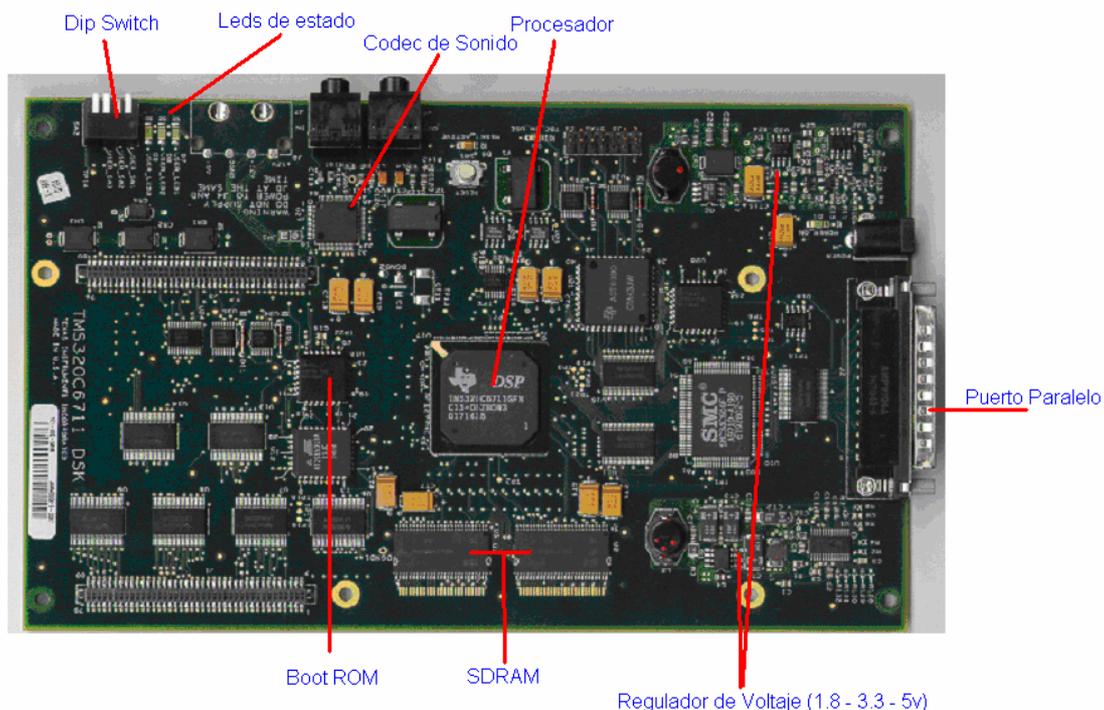


Figura 6: Tarjeta DSK TI TMS320C6711.

En cada experiencia se recomienda pedir en pañol un osciloscopio y una fuente generadora de señales.

Software de Laboratorio

Para poder realizar la programación del DSP es necesario contar con las herramientas apropiadas. El DSK es vendido junto al programa Code Composer Studio el cual es un ambiente de trabajo que permite escribir, compilar, simular y realizar debug de los códigos que se crean. En sí, Code Composer Studio es una interfaz estándar tipo windows que posee menús, barras de herramientas que ayudan a construir, revisar (debug) y testear aplicaciones en tiempo real.

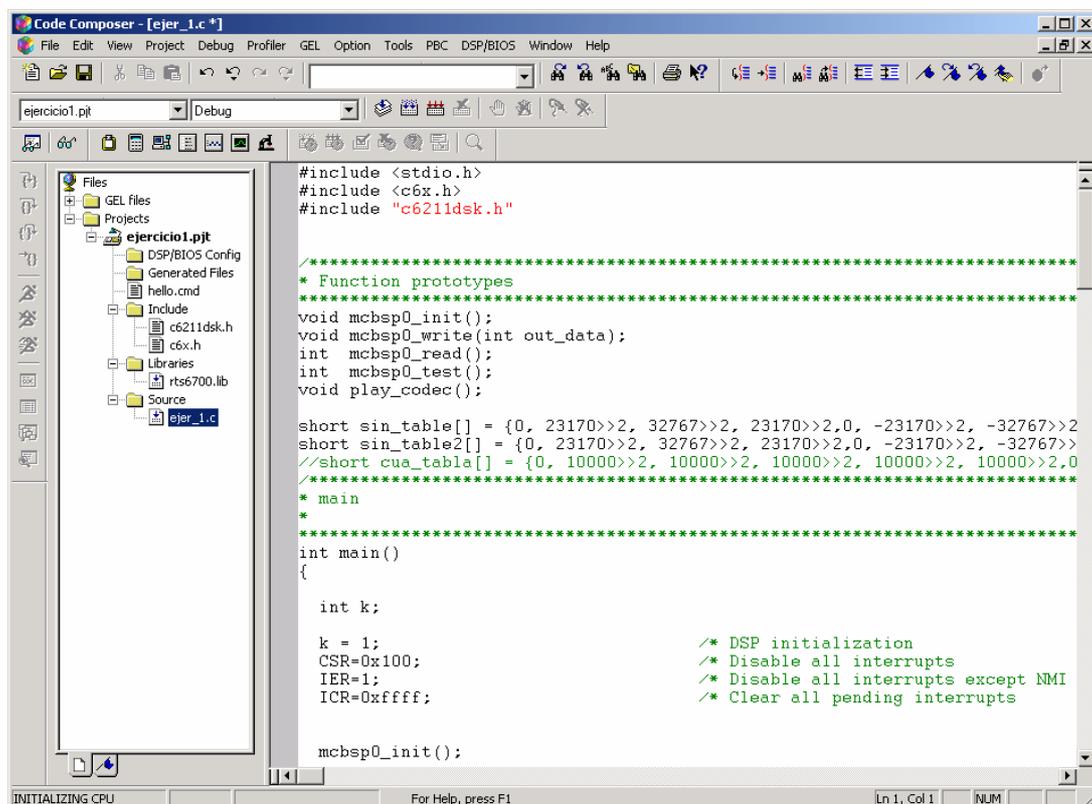


Figura 7: Code Composer Studio

La figura 7 muestra una vista general del Code Composer Studio. En ella se observa a la izquierda una ventana en la que se ha declarado el proyecto en el que actualmente se está trabajando y los diferentes módulos que éste posee. Los módulos están formados por el o los archivos en C, C++ o Assembler, librerías de funciones, archivos "include" y otros más específicos a la aplicación que se esté realizando.

La ventana principal puede mostrar el editor de texto que se utiliza para escribir el código, además puede mostrar gráficos de variables utilizadas en el DSP, un mapa de la memoria de programa y/o datos, etc. En el desarrollo de los laboratorios se deberá adquirir el manejo apropiado de este software para así acelerar el proceso de programación.

Para las aplicaciones de filtros digitales se utilizará MATLAB como herramienta de diseño. Los programas necesarios para el trabajo serán entregados en forma de base para que luego sean modificados apropiadamente.