



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

ARQUITECTURAS AVANZADAS Y DE PROPÓSITO ESPECÍFICO

**PROCESADORES DIGITALES DE SEÑALES
(DSP)**

**Felipe Esquivel Delgado
Juan Siverio Rojas**

C/ Padre Herrera s/n
38207 La Laguna
Santa Cruz de Tenerife. España

T: 900 43 25 26

ull.es



ÍNDICE

Introducción	3
¿Qué es un DSP?	3
Historia del DSP	4
Aplicaciones	5
Procesadores de audios y medios	5
Texas Instruments	6
DM388 DaVinci DSP	6
Analog Devices	8
ADSP-21563	8
Tabla comparativa	9
Conclusión	10
Bibliografía	11



Introducción

En la actualidad se dispone de sistemas digitales denominados microprocesadores, los cuales permiten que los sistemas de control y comunicaciones sean variables, flexibles y no muy costosos. Dichos sistemas se caracterizan por poder procesar la información mediante la ejecución de programas que cuentan con un módulo de CPU, que se encarga de interpretar el conjunto de instrucciones y dar una respuesta. Esto permite que los sistemas se puedan utilizar en multitud de aplicaciones, solo cambiando los programas que se quieran ejecutar.

Una variante de estos sistemas son los microprocesadores DSP, cuya arquitectura está optimizada para las necesidades operacionales del procesamiento de señales digitales.

¿Qué es un DSP?

La principal diferencia entre un sistema DSP y un microprocesador de propósito general es que el DSP es más rápido para un tipo de operaciones concretas, ya que dispone de instrucciones especiales para realizarlas.

Las funciones principales de estos sistemas son convertir las señales analógicas a digitales, procesar matemáticamente la representación de una señal, dar como salida una señal analógica, y muchas más.

La mayoría de los sistemas de audio, video y transmisión de datos digitales usados en la actualidad, requieren algoritmos de una elevada complejidad matemática. La solución que aportan los DSP es que pueden realizar operaciones matemáticas complejas en un solo ciclo de reloj por lo que el procesado (de señales de audio, de video, etc.) es el ideal, en contraposición a lo que aportan los microprocesadores convencionales (cualquiera de los que tienen nuestros PC de casa).

Un microprocesador convencional posee una velocidad de procesamiento mucho mayor que un DSP aunque como no tiene instrucciones concretas, ni es específico para un tipo de operaciones es más lento que el DSP para las operaciones específicas para las que se han diseñado éstos. Como ejemplo tenemos un microprocesador Motorola 68000 que necesita 10 ciclos de reloj para una suma y 74 ciclos de reloj para una multiplicación. Sin embargo, un DSP puede realizar una operación MAC (Multiply, Add, y Accumulate), es decir permite multiplicar, sumar y guardar el resultado en un ciclo de reloj.



Esta instrucción MAC, es la base de los DSP, y dependiendo del tipo de arquitectura y tomando los últimos modelos de DSPs aparecidos en el mercado es posible realizar más de una operación MAC por ciclo. Esta instrucción es la base de los filtros digitales de señales, tanto FIR como IIR, de ahí que sean tan rápidos y usados como procesadores de señales. Podríamos decir que la arquitectura de los DSP ha sido pensada para poder realizar la operación MAC.

Otra de las cualidades a expresar en los DSP es la del paralelismo, la cual se optimiza en dos versiones diferentes, mediante la mejora del sistema superescalar o bien del sistema VLIW(en cual en el mundo del PC, por cuestiones de compatibilidad casi se ha descartado).

También se acostumbra a utilizar arquitectura Harvard y juego de instrucciones (ISA) tipo RISC.

Los DSP's pueden ser clasificados atendiendo a diferentes criterios. La clasificación más extendida es la que tiene en cuenta la precisión con que se realizan las operaciones. Atendiendo a este criterio tenemos la siguiente clasificación:

- DSP's de coma fija : los datos se representan en formato de coma fija. Presentan el problema de la limitación del rango dinámico de los datos que pueden representar. Por contra, su precio es bastante más económico que los de coma flotante.
- DSP's de coma flotante: los datos son representados con formato de coma flotante. Su rango dinámico es mucho mayor que los de coma fija, aunque su precio es mayor.

Historia del DSP

Con el fin del procesamiento de datos en el menor tiempo posible, se desarrollaron unos microprocesadores que poco a poco eran menos de propósito general y más especializados en tratamiento de señales digitales, con el objetivo de realizar este tratamiento en tiempo real.

En 1979, Intel introdujo el I2920, un procesador de 25 bits de número entero con un ciclo de instrucción de 400 ns y una ALU también de 25 bits. No poseía multiplicador hardware y no tuvo éxito en el mercado.

Por la misma época, NEC introdujo el upd7720, un procesador de 16 bits que tenía una memoria de programa de 512 words y una memoria de datos de 128+512. Éste fue realmente el primer procesador digital de señal integrado, capaz de ser utilizado en aplicaciones reales con ALUs de $16 \times 16 \rightarrow 32$ – 16 bits.



Sobre el año 80, Texas Instruments había introducido el TMS 32010 como competidor del procesador de NEC y Fujitsu introdujo el MB8764, ambos ICs programables de 16 bits.

Fue Texas Instruments quien acuñó el término Digital Signal Processor (DSP) procesador digital de señales, y se apropió de las siglas «DSP» para referirse a este tipo específico de producto.

Hoy en día hay muchos fabricantes de DSP como pueden ser Analog Devices, Hitachi, Motorola, Nec, Texas Instruments, Zilog

Aplicaciones

Estos sistemas DSP permiten procesamiento en tiempo real a diversas aplicaciones informáticas por lo que se pueden utilizar en una variedad de ámbitos como por ejemplo:

- Aviónica y defensa: adecuados para aplicaciones de defensa y aviónica que incluyen radar, guerra electrónica, aviónica y radios definidas por software.
- Codificación/decodificación de vídeo: proporcionan soluciones de codificación de video programables de alta densidad, energéticas y rentables.
- Visión de máquina: aplicaciones tanto industriales como no industriales donde se proporciona orientación operativa a los equipos.
- Audios y medios: aplicaciones con reconocimiento de voz, amplificadores de audio, receptores de audio y video, etc.

En este caso, se ha elegido como ámbito el procesamiento de audios y medios, basándose principalmente en el procesador DM388 de la familia de procesadores DaVinci y el procesador ADSP-21563 de la familia de procesadores SHARC.

Procesadores de audios y medios

Los DSP son importantes en los equipos de audio modernos, desde auriculares hasta dispositivos para vehículos y equipos profesionales. Estos sistemas DSP pueden proporcionar potencia de procesamiento para efectos de alta calidad que pueden ser ecualizadores, cancelación de ruido, reconocimiento de voz, etc.



Texas Instruments

Es una compañía de tecnología estadounidense que diseña y fabrica semiconductores y circuitos integrados a nivel mundial. Fue el primer fabricante de dispositivos DSP en el mercado por lo que sus productos están ampliamente consolidados en el mercado y tienen una gran valoración respecto al resto de compañías.

Los DSP fabricados por Texas Instruments cuentan con ventajas como por ejemplo una gama más amplia de productos, bajo coste en sistemas de desarrollo y módulos de evaluación, amplia librería software para aplicaciones, existencia de Debuggers, etc.

Texas Instruments engloba su conjunto de DSP's mediante el prefijo TMS320.



DM388 DaVinci Digital Media Processor

DM388 DaVinci DSP

La familia de procesadores DaVinci combina un núcleo DSP basado en TMS320 C6000 VLIW y un núcleo de CPU ARM todo en un solo chip (SoC). Al utilizar tanto un procesador de propósito general como un DSP, su versatilidad es mucho mayor, aunque también su consumo.

En el caso del procesador DM388 DaVinci, es un dispositivo altamente integrado, rentable y de bajo consumo que resuelve necesidades de procesamiento en videoconferencias HD como por ejemplo terminales de Skype, reproductores multimedia, proyectores de red, equipos de audio y videos para el hogar, entre otros. Es un procesador que proporciona codificación de vídeo de alta calidad con la velocidad más baja posible en todas las condiciones, y también el bajo consumo de energía y alto rendimiento hacen que sea adecuado para aplicaciones portátiles.



Este procesador permite a los fabricantes de equipos y fabricantes de diseño llevar rápidamente al mercado dispositivos con un sólido soporte de sistemas operativos, interfaces de usuario, y alto rendimiento de procesamiento, con la máxima flexibilidad del procesador. Además combina el procesamiento de audio y video con un conjunto de periféricos altamente integrados.

Incluye un coprocesador de imágenes y video de alta definición para poder descargar diversas tareas que conlleven procesamiento de imágenes y video usando algoritmos comunes. La capacidad de programación es proporcionada por una CPU ARM Cortex-A8 RISC con extensión NEON y por coprocesadores de imagen y video en alta definición. Esta CPU permite a los desarrolladores separar las funciones de control de los algoritmos programados en los coprocesadores, reduciendo así la complejidad del software del sistema. Este procesador de 32 bits con extensión en punto flotante incluye:

- 32 KB caché de datos
- 32 KB caché de instrucciones
- 256 KB caché L2
- 48 KB ROM de arranque
- 64 KB RAM

El conjunto de periféricos con los que cuenta el dispositivo ofrece la posibilidad de controlar otros dispositivos periféricos externos y comunicarse con otros procesadores. Entre ellos, se incluyen:

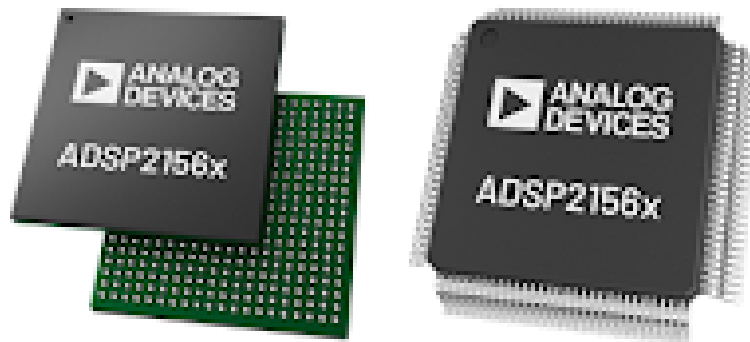
- Subsistema de procesamiento de video HD
- Dos puertos USB 2.0 PHY
- Dos puertos serie de audio McASP
- Cuatro interfaces seriales SPI
- Una interfaz de cámara paralela
- Hasta 125 puertos E/S de uso general
- Temporizador de vigilancia del sistema
- Y muchos más



Analog Devices

Analog Devices es otra compañía de semiconductores la cual juega también un importante papel en este ámbito de los dispositivos DSP. Es una gran potencia en cuanto al diseño, fabricación y comercialización de una amplia gama de circuitos integrados analógicos y de procesamiento de señales digitales que se usan en múltiples dispositivos electrónicos.

Es una compañía que se centra en los campos de la automoción y los dispositivos profesionales de audio.



Familia de DSP ADSP2156x

ADSP-21563

El procesador ADSP-21563 es miembro de la familia de productos SHARC (Super Harvard Architecture Single-Chip Computer) y todos los que pertenezcan al grupo ADSP-2156x también lo son. SHARC se utiliza en una variedad de aplicaciones de procesamiento de señales que van desde aplicaciones de guerra guiadas por una CPU hasta ordenadores de procesamiento de radar que requieren de un gran número de CPUs. Generalmente tienen buena conectividad con otros procesadores cercanos que pertenezcan a la misma familia.



Este procesador de punto flotante de 32, 40 o 64 bits está optimizado para aplicaciones de audio en punto flotante que requieran un alto rendimiento con una gran cantidad de memoria estática en el chip. Dispone también de múltiples buses internos que eliminan los cuellos de botella y de una innovadora interfaz de audio digital. También tiene mejoras en el núcleo que a su vez se refleja en mejoras en la caché y el sistema de predicción, mientras que se mantiene la compatibilidad con el conjunto de instrucciones anterior.

La programación es similar a RISC, por lo que se tiene un conjunto de instrucciones reducido y por tanto, más fácil de recordar.

Este procesador con soporte de punto flotante para 32, 40 y 64 bits cuenta con al menos:

- Memoria SRAM en nivel L1 de 640 KB
- Memoria SRAM en nivel L2 de 512 KB
- Interfaz en nivel L3 optimizada para baja potencia del sistema
- Aceleradores de hardware avanzados
- Arranque rápido y seguro con protección IP

Como el procesador Texas, este también tiene un conjunto de periféricos para poder explotar todas las diferentes funciones:

- Dos interfaces SPI cuádruples
- Una interfaz SPI octal
- Seis interfaces de temporizador de uso general
- Dos temporizadores de vigilancia
- 22 pines de E/S de uso general y 24 pines DAI

Tabla comparativa

TMS320C6xx: es de los procesadores más potentes del mercado de DSP y es compatible con sus predecesores más inmediatos, pero tiene algunos inconvenientes, como son el alto consumo de memoria, alto coste y mayor dificultad de programación en ensamblador. Además, su consumo energético es bastante alto.



ADSP-21563: Como ventajas tiene bajo consumo, bajo coste de chip, bajo uso de memoria, aunque sus inconvenientes son también muy importantes, como que no es tan rápido y no es compatible con arquitecturas anteriores.

Dispositivo	Mhz	L1 RAM	L2 RAM	SPI	GPIO	DDR3	UART
DM388	1 x 1000	32 KB instrucción y 32 KB datos	256 KB	Cuatro entradas	Hasta 125	16/32 bits	3
ADSP-21563	1 x 800	640 KB	512 KB	1 SPI octal y 2 SPI cuádruple	22	-	2

Conclusión

Ambos dispositivos cuentan con unas prestaciones bastante altas que generan rendimientos muy buenos en el campo del procesado de audio y video. Sin embargo hay algunos detalles que hacen que se pueda tender a utilizar un dispositivo u otro. Por ejemplo, el procesador ADSP-21563 cuenta con una memoria RAM de mayor tamaño, lo que elimina la necesidad de una memoria externa, frente a una RAM de menor tamaño del dispositivo DM388. Sin embargo, el procesador de la marca Texas puede llegar hasta los 1000 Mhz de frecuencia mientras que el de la familia Analog Device solamente puede llegar a los 800 Mhz.

Por otro lado este procesador DM388 cuenta con extras que tienen bastante peso como pueden ser un motor de detección de rostros, un motor de procesamiento de imágenes de video de alta definición programable, un subsistema de procesamiento de videos HD, y algunas más. Además, hay que recordar que el DM388 cuenta con una CPU ARM Cortex-A8 nada despreciable para trabajo de propósito general.

Para concluir, desde mi punto de vista, el procesador DM388 está destinado a un procesamiento más intenso de imágenes de video HD, más ligado al campo de las cámaras de seguridad, mientras que el procesador ADSP-21563 está más centrado en el procesamiento de audio en tiempo real y por tanto tiene funcionalidades centradas en eso. Dependiendo de lo que se requiera en el momento y de las necesidades, escogería uno u otro, ya que se podría sacar rendimientos distintos.



Bibliografía

- <https://www.intervalzero.com/processors/the-difference-between-a-dsp-microcontroller-and-a-processor/#:~:text=A%20DSP%20processor%20is%20a,digital%20signal%20processing%20operational%20needs.&text=It%20utilizes%20a%20digital%2Dto,digital%2Dto%2Danalog%20converter>.
- <https://www.ti.com/processors/digital-signal-processors/applications.html>
- <https://www.analog.com/en/parametricsearch/11131#/>
- <https://www.analog.com/en/products/adsp-21563.html#product-overview>
- https://www.ti.com/lit/ds/symlink/dm388.pdf?ts=1610099488161&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FDm388
- <https://www.analog.com/en/products/landing-pages/001/adsp-2156x-family.html>