
Arquitectura: unidades de cómputo

PID_00247321

José López Vicario
Màrius Montón Macián
Antoni Morell Pérez

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 1 hora



Universitat
Oberta
de Catalunya

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño general y la cubierta, puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste eléctrico, químico, mecánico, óptico, grabación, fotocopia, o cualquier otro, sin la previa autorización escrita de los titulares del copyright.

Índice

| | |
|--|----|
| Introducción | 5 |
| 1. Microprocesador | 6 |
| 2. Microcontrolador | 7 |
| 3. El procesador de señales digitales (DSP) | 8 |
| 4. Hardware programable (FPGA) | 9 |
| Bibliografía | 11 |

Introducción

En este contenido vamos a introducir los cuatro elementos principales del procesamiento digital de datos. Estos elementos son:

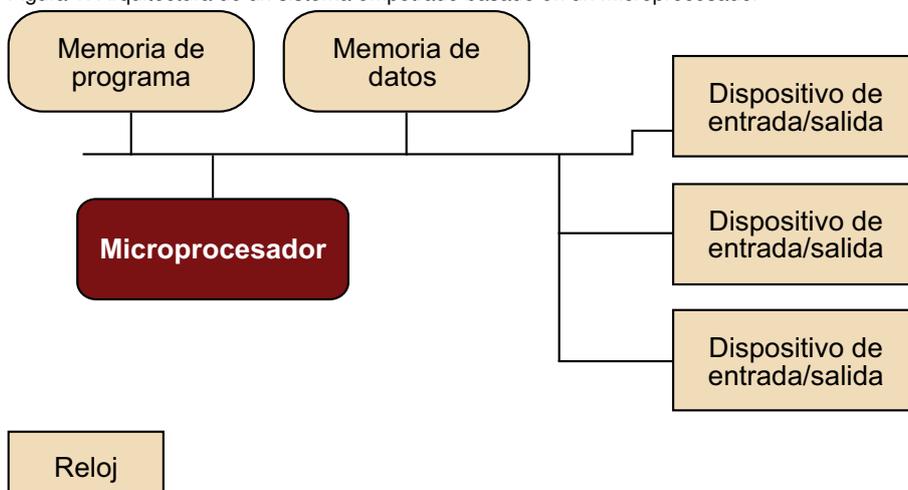
- Microprocesador: elemento para la computación de software de propósito general.
- Microcontrolador: especialización de los microprocesadores para aplicaciones determinadas.
- Procesador de señales digitales (DSP): especialización de los microprocesadores para aplicaciones de procesamiento de señal.
- Hardware programable (FPGA): dispositivo que permite reconfigurarse para desempeñar distintos circuitos hardware.

1. Microprocesador

El microprocesador es un dispositivo que integra en un solo chip las partes indispensables de la CPU, es decir, los registros internos, la unidad aritmético-lógica (ALU, *arithmetical and logical unit*) y la unidad de control. Esta última se encarga de gestionar la ejecución del programa, es decir, tomar las instrucciones de la memoria, interpretarlas, recoger los datos necesarios para llevarlas a cabo, ejecutarlas, entregar los resultados y pasar a la instrucción siguiente. La ALU, tal como su nombre indica, se ocupa exclusivamente de hacer los cálculos aritméticos y resolver las relaciones lógicas. Finalmente, los registros internos son memorias de alta velocidad y tamaño reducido en las que se guardan, de una manera temporal, los datos que se utilizan habitualmente durante la ejecución, ya sea porque es necesario o con el objetivo de favorecer la velocidad del sistema.

Cuando un sistema empujado está basado en un microprocesador, su arquitectura típica es la de la figura siguiente, en la que se aprecian varios elementos externos: la **memoria**, que habitualmente se divide en memoria de datos y de programa (microsoftware, *firmware*), los **dispositivos de entrada/salida** y el reloj del sistema. La memoria de datos suele ser memoria RAM, mientras que el microsoftware suele estar constituido por memoria ROM y es donde se guarda el conjunto de las instrucciones que tiene que ejecutar el sistema. En general, la arquitectura del sistema será de tipo Von Neumann o Harvard, en función de si se permite el acceso simultáneo a las dos memorias o no. Por lo tanto, en una arquitectura Harvard serán necesarios dos buses de información separados.

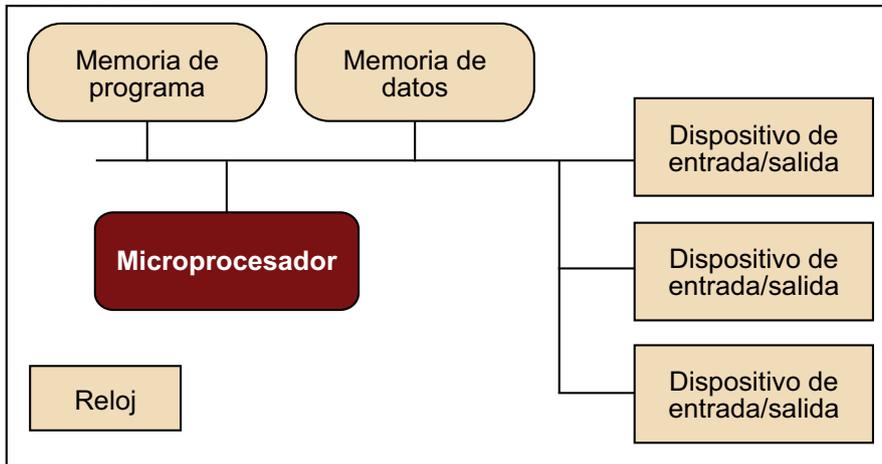
Figura 1. Arquitectura de un sistema empujado basado en un microprocesador



2. Microcontrolador

El último nivel de integración está representado por los microcontroladores, dispositivos que pueden llegar a incluir en un único chip todas las funcionalidades necesarias. Entre otras, pueden incluir reloj propio, dispositivos de entrada, convertidores de analógico a digital y viceversa, puertos de comunicación, etc. En el ámbito de los sistemas empotrados, los microcontroladores son especialmente útiles cuando queremos obtener sistemas de bajo coste, especialmente si se han de producir a gran escala. En este caso, la arquitectura del sistema es la que aparece en la figura siguiente:

Figura 2. Arquitectura de un sistema empotrado basado en un microprocesador y con microcontrolador



Microcontrolador

3. El procesador de señales digitales (DSP)

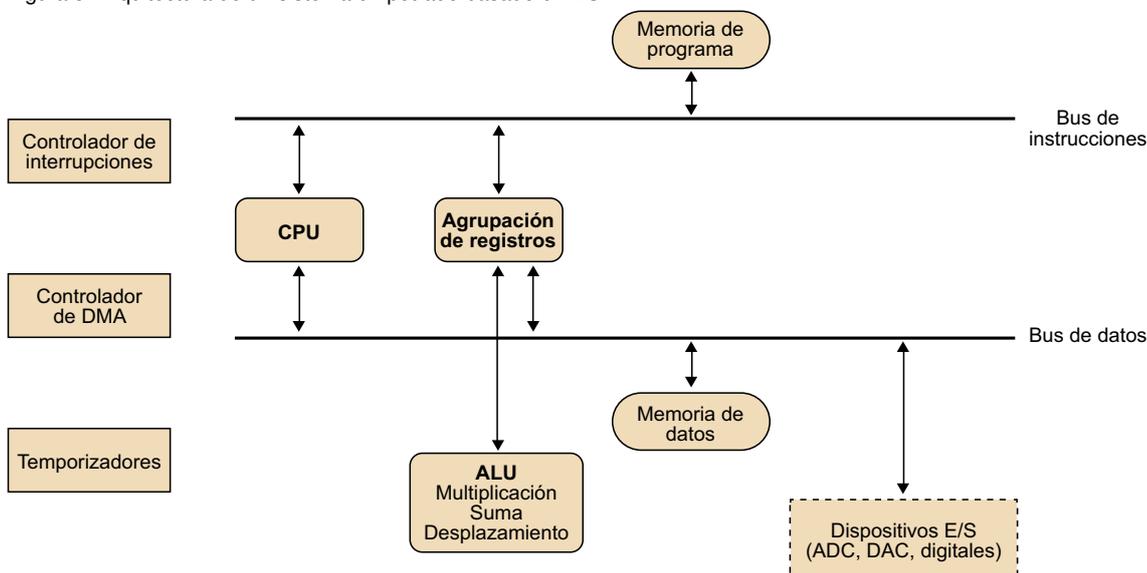
Además de los dispositivos de propósito general que hemos comentado hasta el momento, hay que destacar el DSP como un microprocesador de carácter específico diseñado para ofrecer un alto rendimiento en las aplicaciones que utilizan procesamiento de la señal, como pueden ser el tratamiento de voz, música, vídeo, imágenes, etc.

La diferencia básica entre un DSP y el resto de los procesadores es la capacidad para ejecutar operaciones aritméticas, como la suma, la multiplicación, el desplazamiento de bits o la multiplicación-acumulación en un solo salto de reloj. Este hecho permite, pues, hacer cálculos matriciales o convoluciones con pocos saltos. Además, suelen utilizar aritmética de saturación, es decir, se limitan los resultados de las operaciones entre un valor máximo y mínimo en vez de permitir el paso del valor máximo al mínimo, como sucede en los cuentakilómetros analógicos de los automóviles.

Debido a su especialización, pueden ser usados en solitario o junto a un procesador de carácter general que encarga al DSP las tareas específicas de procesamiento de la señal. Dado que los DSP trabajan muchas veces con señales del mundo real y, por lo tanto, analógicas, es común equiparlos con convertidores analógico-digitales (ADC) y digital-analógicos (DAC), así como con dispositivos digitales de entrada/salida de alta velocidad.

En la figura siguiente se puede apreciar el diagrama de bloques de un DSP, donde se aprecia una arquitectura de tipo Harvard con acceso independiente a datos y a instrucciones, que utiliza aplicaciones de alta velocidad junto a buses de datos de gran ancho de banda (pueden transportar una gran cantidad de bits por segundo).

Figura 3. Arquitectura de un sistema empujado basado en DSP



4. Hardware programable (FPGA)

A diferencia de los dispositivos anteriores, que están diseñados para la ejecución de una serie de instrucciones (software), las FPGA (*field programmable gate array* en inglés) están diseñadas para ser configuradas como un circuito digital *ad-hoc*. De esta manera, y mediante el uso de captura de esquemáticos o de lenguajes de descripción de HW (siendo VHDL y Verilog los más comunes), se puede diseñar un circuito digital que se implemente en una FPGA.

Las FPGA, además, se fabrican con la capacidad de tener distintas interfaces físicas disponibles en sus pines de entrada/salida, de manera que puedan ser compatibles con múltiples dispositivos distintos.

Las FPGA también llevan incorporados dispositivos específicos según la aplicación. Así, es posible encontrar FPGA con memorias integradas, de modo que se permite el almacenamiento temporal de gran cantidad de datos para, por ejemplo, el manejo y tratamiento de imágenes. Otras FPGA llevan integrados bloques DSP en HW, de manera que pueden manejar operaciones aritméticas complejas de forma muy rápida y eficiente (a ritmo de una operación por cada ciclo de reloj).

Los fabricantes de FPGA también ofrecen la posibilidad de integrar microcontroladores dentro de sus dispositivos programables. Aquí existen varios enfoques; los más usuales son los descritos a continuación:

- **Cores HW:** En una parte del chip de FPGA se ha introducido un microcontrolador en silicio interconectado con el resto de la lógica programable. De esta forma es posible usar el microcontrolador como un microcontrolador cualquiera y usar la parte programable para tareas específicas que requieran una gran especialización o cómputo que el microcontrolador no es capaz de realizar.
- **Cores Firm-IP.** En este caso el fabricante ofrece un microcontrolador para ser implementado por la FPGA. Así se permite la customización de ciertas partes de la arquitectura del microcontrolador (tipo de CPU, tamaño de la caché, etc.), la inclusión de tantos periféricos como sea necesario (es posible, por ejemplo, añadir tantas UART como sea necesario) o, incluso, añadir nuevas funcionalidades en el *core* del microcontrolador (añadir una instrucción nueva añadiendo una unidad funcional nueva al *datapath* de la ALU.)

Todo ello les proporciona una gran flexibilidad a la hora de implementar soluciones basadas únicamente en HW o con una mezcla de HW a medida y SW (microcontrolador) muy a medida de la aplicación y sus necesidades.

Fabricantes de FPGA

Los fabricantes más importantes de FPGA son Altera [Altera (2017)] y Xilinx [Xilinx (2017)]. Altera fue comprada en 2015 por Intel.

Hay que remarcar que, por todo ello, el diseño con este tipo de dispositivos tiene una complejidad mayor que usando solamente microcontroladores tradicionales.

Bibliografía

Altera (2017). «Altera webpage». URL: <https://www.altera.com>.

Xilinx (2017). «Xilinx webpage». URL: <https://www.wilinx.com>.