



Universidad Autónoma Chapingo

**Departamento de Mecánica Agrícola
Ingeniería Mecatrónica Agrícola**

**Informe: Arquitectura interna y
externa de los sistemas embebidos**

Asignatura:

Sistemas digitales embebidos.

Nombre del profesor:

Luis Arturo Soriano Avendaño

Alumno:

Cocotle Lara Jym Emmanuel [1710451-3]

GRADO:

6°

GRUPO:

7

Fecha de entrega: 17/04/2021

Índice

Introducción	3
Desarrollo	3
Introducción a los sistemas embebidos.	3
Características.....	3
Estructura	4
Arquitectura interna del microcontrolador.	4
Arquitectura.	5
El microcontrolador.	8
Arquitectura externa del microcontrolador.....	9
Arquitectura interna de los microprocesadores de 8 y 16 bits, 32 bits (ARM).	10
Arquitectura ARM	10
Arquitectura interna:	11
Arquitectura ortogonal.	11
Organización de la memoria.....	12
Mapa de memorias programable.	12
Bancos de la memoria RAM.	12
Familias de los microcontroladores PIC.....	12
Arquitectura externa de los microprocesadores de 8 y 16 bits, 32 bits (ARM).....	13
Procesadores digitales de señal, DSP.....	13
Aplicaciones.....	14
Historia del DSP.	15
Distintos tipos de DSPs arquitectura y funcionamiento.	15
Aparece el DSP mejorado	16
El paralelismo	16
Visión hardware / software de los sistemas embebidos.....	17
Hardware	17
Software	17
Conclusión	18
Bibliografía	18

Introducción

Actualmente los sistemas embebidos se encuentran presentes en varias áreas de nuestra vida y nos rodean a veces sin siquiera notarlo. Los sistemas embebidos se utilizan para tener la capacidad de controlar, de poder supervisar o incluso de ayudar en la operación de diversos tipos de equipos, diferentes maquinarias etc. [1].

A través del tiempo los sistemas embebidos han ido evolucionando debido a las necesidades que surgían de la sociedad.

Los primeros sistemas embebidos se basaban exclusivamente en el procesador (microcontrolador), sin un sistema operativo y con las instrucciones grabadas directamente sobre él. Cuando el procesador quedaba obsoleto, el dispositivo también, y con ello la programación [8].

En este informe se pretende dar a conocer el concepto de un sistema embebido e ir desglosando los componentes que lo conforman como lo pueden ser los microprocesadores y los microcontroladores, y de igual manera profundizar sobre estas en lo que puede ser su arquitectura externa e interna, todo esto con el propósito de conocer a mayor detalle cada componente, su funcionamiento e importancia en los sistemas embebidos.

Desarrollo

Introducción a los sistemas embebidos.

Entendemos por embebido a algo que se encuentra oculto para no ser visto y sistema como una interfaz de múltiples componentes, los cuales funcionan para un propósito en común.

Un sistema embebido se entiende como un sistema electrónico diseñado específicamente para realizar unas determinadas funciones, habitualmente formando parte de un sistema de mayor entidad. La característica principal es que emplea para ello uno o varios procesadores digitales (CPUs) en formato microprocesador, microcontrolador o DSP lo que le permite aportar “inteligencia” al sistema anfitrión al que ayuda a gobernar y del que forma parte.

Características.

Algunas de las características básicas de los sistemas embebidos son:

- Se pueden encontrar actuadores, sensores, y módulos de entrada y de salida.
- Regular el funcionamiento de los dispositivos.
- La mayoría de los componentes se encuentran incluidos en la placa base.
- Están programados en lenguajes nativos.

- Diseñado para realizar distintas funciones en un sistema de las computadoras en tiempo real.
- Basado en microprocesadores y microcontroladores.
- Puede actuar como un sistema de frenos.
- Minimiza los recursos utilizados.
- Debe ser eficientes en cuanto energía, costo y tamaño de código.
- Posee un número limitado de funciones predefinidas para actuar [13].

Las principales características de un sistema embebido son el bajo costo y consumo de potencia. Los sistemas embebidos emplean procesadores muy básicos, relativamente lentos y memorias pequeñas para minimizar los costos.

Estructura

Un sistema embebido en principio estaría formando por un microprocesador y un software que se ejecute sobre este. Sin embargo, este software necesitara sin duda un lugar donde poder guardarse para luego ser ejecutado por el procesador.

Algunos de los elementos básicos de un sistema embebido son:

Microprocesador: Es el encargado de realizar las operaciones de cálculo principales del sistema. Ejecuta código para realizar una determinada tarea y dirige el funcionamiento de los demás elementos que lo rodean, a modo de director de una orquesta.

Memoria: En ella se encuentra almacenado el código de los programas que el sistema puede ejecutar, así como los datos. Su característica principal es que debe tener un acceso de lectura y escritura lo más rápido posible para que el microprocesador no pierda tiempo en tareas que no son meramente de cálculo.

Entradas al sistema: Pueden existir puertos para mouse, teclado, vídeo en formato digital, comunicaciones serie o paralelo, etc.

Salidas del sistema: Puertos de vídeo para monitor o televisión, pantallas de cristal líquido, altavoces, comunicaciones serie o paralelo, etc. [10].

Arquitectura interna del microcontrolador.

Un microprocesador es un dispositivo programable adaptable a una gran variedad de aplicaciones. Una característica de ellos es que poseen memoria para la ejecución de programas, este componente es necesario ya que no se conoce a prioridad cuál programa será ejecutado. Otra característica es que poseen un camino de datos genérico, conformado por varios registros y una o varias ULAs (Unidad Lógica Aritmética). Todo esto hace posible la ejecución de aplicaciones de diversos propósitos [10].

Es un circuito integrado constituido por millones de componentes electrónicos (como transistores, resistencias, etc). Su principal componente es la unidad central de procesamiento (CPU), la cual es la encargada de ejecutar las instrucciones programadas. Para poder realizar su tarea se necesitan otros chips adicionales (sistema mínimo) tales como memoria, circuitos de entrada salida E/S (I/O) y reloj.

Cualquier sistema digital basado en microprocesador es un circuito abierto ya que su configuración difiere según la aplicación a la que se destine.

En un microprocesador se puede acoplar cualquier modulo adicional para su configuración con las características que se deseen.

- Base de datos.
- Direcciones.
- Control de memoria y los módulos de entrada y salida.
- Esta integrado por varios circuitos integrados dentro de la misma placa.

Arquitectura.

El conjunto mínimo de elementos o bloques funcionales que permiten aprovechar las posibilidades del microprocesador como componente del sistema. Está formada por tres bloques básicos:

- CPU
- Memoria
- Unidad de Entrada/Salida

El CPU: es un sistema secuencial síncrono. Existe siempre un RELOJ (CLK). Normalmente la circuitería es interna y con un cuarzo externo se define la frecuencia de funcionamiento. La CPU tiene las siguientes funciones:

- Busca las instrucciones del programa que están en memoria.
- Las decodifica y ejecuta.
- Reconoce situaciones especiales (RESET, Interrupciones, etc.).

La memoria: es uno de los bloques más importantes y se destina al almacenamiento de información. Físicamente puede hacerse una distinción entre diferentes tipos de memoria, según que pueda usarse para leer y escribir información o solo para leerla. Estos dos tipos básicos de memoria se denominan respectivamente RAM (memoria de acceso aleatorio) y ROM (memoria de solo lectura). Funcionalmente las memorias pueden contener dos tipos de información: datos y programas. Por ello se habla también de memoria de programa (ROM) y memoria de datos (RAM).

La unidad de E/S: proporciona la interconexión con el mundo exterior, la actividad del microprocesador carecería de sentido si no estuviese relacionada con el mundo exterior. Es necesario que la tarea que ejecuta el procesador esté gobernada por los comandos y datos que le llegan desde fuera. Además, los resultados de esta, para tener alguna utilidad, deben ser enviados al exterior. Se utiliza el término general de “periférico” para denominar a cualquier dispositivo exterior al sistema. Ejemplos: Monitor, teclado, ratón, convertidores D/A y A/D, discos, impresoras.

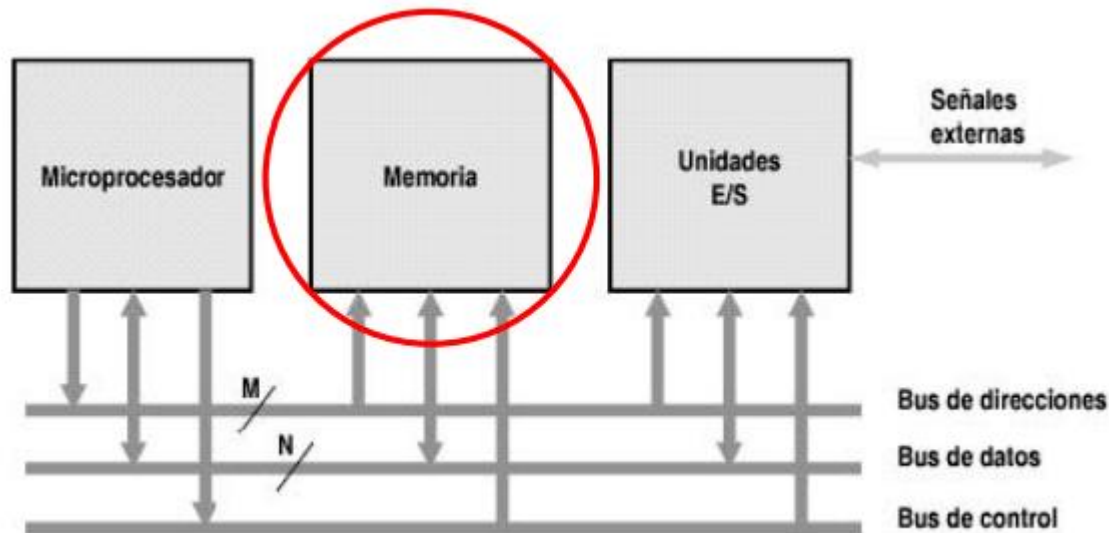
La forma de conexión de estos tres bloques puede obedecer a diferentes filosofías, pero es prácticamente aceptada la solución denominada estructura de buses, que se caracteriza fundamentalmente por su flexibilidad, modularidad, estandarización y facilidad de expansión.

Los buses principales son tres:

- Bus de Datos:
 - Es el encargado de transmitir y recibir datos e instrucciones desde y hacia la memoria y unidades de E/S.
 - Es bidireccional.
 - Todos los bloques están conectados en paralelo y comparten todas las líneas del BUS.
 - Necesidad de alta Impedancia (Tri-estado).
- Bus de Direcciones:
 - Selecciona el dispositivo desde donde vamos a leer o escribir (datos o instrucciones)
 - Es unidireccional.
 - El número de líneas define la capacidad máxima de direccionamiento 16 líneas = 64K; 20 líneas = 1M; 24 líneas = 16M; 32 líneas = 4G.
 - Se utiliza la nomenclatura A0, A1, A2, etc. Es habitual trabajar en hexadecimal.
- Bus de Control:
 - Tiene una gran diversidad de líneas de control
 - Algunas son bidireccionales y otras no.

Esta estructura de buses compartidos exige por parte del microprocesador un mayor control sobre todo el sistema, puesto que en cada momento las informaciones contenidas en los buses se destinan a un solo elemento, debiendo impedirse la participación o interferencia de los restantes en el intercambio.

La regulación de la participación de los diferentes elementos conectados al bus se hace mediante el empleo del bus de direcciones. Los decodificadores de los diversos elementos reciben e interpretan si la dirección enviada por el microprocesador, contenida en el bus de direcciones, les corresponde o no [5].



1.- Elementos del microprocesador [5].

Arquitectura Von Neumann.

En esta arquitectura se observa que las computadoras utilizan el mismo dispositivo de almacenamiento para datos e instrucciones conectados mediante únicos bus de datos y bus de direcciones. Actualmente las computadoras de uso general utilizan esta arquitectura. Tienen el inconveniente que solamente puede llevar datos o instrucciones en un determinado momento [2].

Algunas características de esta arquitectura son:

- Es una arquitectura tradicional entre los sistemas digitales reprogramables.
- La CPU esta conectada a una memoria única que contiene instrucciones del programa
- La unidad de datos e instrucciones esta fijado en un ancho del bus de datos de la memoria exterior, la cual es de 8 bits.
- Cuando se requiera tener acceso a una instrucción de mas de un byte, deberá de realizar más de una operación.
- El bus limita la velocidad de operación.

La arquitectura Von Neumann se basa en tres propiedades:

1. Hay un único espacio de memoria de lectura y escritura, que contiene las instrucciones y los datos necesarios.
2. El contenido de la memoria es accesible por posición, independientemente de que se acceda a datos o a instrucciones.
3. La ejecución de las instrucciones se produce de manera secuencial: después de ejecutar una instrucción se ejecuta la instrucción siguiente que hay en la memoria principal, pero se puede romper la secuencia de ejecución utilizando instrucciones de ruptura de secuencia.

El objetivo de la arquitectura Von Neumann es construir un sistema flexible que permita resolver diferentes tipos de problemas. Para conseguir esta flexibilidad, se construye un sistema de propósito general que se pueda programar para resolver los diferentes tipos de problemas. Para cada problema concreto se define un programa diferente [7].

Arquitectura Harvard.

En esta arquitectura se utilizan dispositivos de almacenamiento (memorias) separados para las instrucciones y los datos, y tiene dos sistemas completos de buses, uno para datos y otro para instrucciones. Esta arquitectura permite llevar simultáneamente datos e instrucciones por lo que permite mayor rapidez [2].

El procesador dispone de un sistema de conexión independiente para acceder a la memoria de instrucciones y a la memoria de datos. Cada memoria y cada conexión pueden tener características diferentes; por ejemplo, el tamaño de las palabras de memoria (el número de bits de una palabra), el tamaño de cada memoria y la tecnología utilizada para implementarlas.

Debe haber un mapa de direcciones de instrucciones y un mapa de direcciones de datos separados. Los microcontroladores y el DSP (procesador de señales digitales o digital signal processor) son dos tipos de computadores que utilizan arquitectura Harvard [7].

El microcontrolador.

Se entiende por controlador al dispositivo que se emplea para el gobierno de uno o varios procesos. Un microcontrolador es un circuito que encierra un sistema digital programable completo. Generalmente se compone por los siguientes elementos.

CPU (unidad central de proceso).

Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales de las cuales posteriormente hablaremos en el apartado de la arquitectura interna del microprocesador.

Memoria.

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio circuito integrado. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos.

ROM con máscara: Es una memoria no volátil de sólo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip.

OTP (One Time Programmable): El microcontrolador contiene una memoria no volátil de sólo lectura "programable una sola vez" por el usuario. Es el usuario quien puede escribir el programa en el chip mediante un sencillo grabador controlado por un programa desde un PC. La versión OTP es recomendable cuando es muy corto el ciclo de diseño del producto, o bien, en la construcción de prototipos y series muy pequeñas. Tanto en este tipo de memoria como en la EPROM, se suele usar la encriptación mediante fusibles para proteger el código contenido.

EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory): Los microcontroladores que disponen de memoria EPROM pueden borrarse y grabarse muchas veces. La grabación se realiza, como en el caso de los OTP, con un grabador gobernado desde un PC. Si, posteriormente, se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a la EPROM a rayos ultravioleta durante varios minutos.

EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory): Se trata de memorias de sólo lectura, programables y borrables eléctricamente. Tanto la programación como el borrado se realiza eléctricamente desde el propio grabador y bajo el control programado de un PC. Es muy cómoda y rápida la operación de grabado y la de borrado. No disponen de ventana de cristal en la superficie.

FLASH: Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar. Funciona como una ROM y una RAM, pero consume menos y es más pequeña. A diferencia de la ROM, la memoria FLASH es programable en el circuito. Es más rápida y de mayor densidad que la EEPROM [9].

Arquitectura externa del microcontrolador.

La actividad del microcontrolador carecería de sentido si no estuviese relacionada con el mundo exterior. Es necesario que la tarea que ejecuta el microprocesador esté gobernada por los comandos y datos que le llegan desde fuera. Además, los resultados de la misma, para tener alguna utilidad, deben ser enviados al exterior. Un microcontrolador lleva en su interior un microprocesador que hace las operaciones aritméticas.

En sistemas informáticos se utiliza el término periférico para denominar a los dispositivos de comunicación hombre-máquina: impresoras, terminales de pantalla, dispositivos de almacenamiento masivo como cintas o discos magnéticos. Sin embargo, este término tiene un sentido más general que engloba a todo tipo de dispositivos susceptibles de ser conectados a un sistema procesador [].

Los puertos entrada/salida tienen las siguientes características:

- Trabajan entre 0 y 5 volts.
- Son capaces de entregar niveles TTL cuando la tensión de alimentación (V_{DD}) es de 5V.
 - 25 mA cuando el pin está a nivel bajo (modo sink), la suma de las 5 líneas no puede exceder de 80 mA, y la suma de 8 líneas no puede exceder de 150mA.
 - 20 mA cuando el pin está a nivel alto (modo source), la suma de las 5 líneas no puede exceder de 50 mA, y la suma de 8 líneas no puede exceder de 100mA.
- Los puertos son etiquetados comúnmente con el nombre de Port A y Port B.

Oscilador: sus pines están etiquetados como OSC1/CLKIN y OSC1/CLKOUT. Definidos por las siguientes frecuencias:

- XT: cristal de cuarzo (1000 kHz – 4MHz)
- RC: oscilador con resistencia y capacitor
- HS: cristal de alta velocidad (4 MHz – 20 MHz)
- LP: cristal para baja frecuencia y bajo consumo de potencia
- Externo: señal de reloj externa

Reset: Se denota por el pin Master Clear (MCLR). Cuando se presiona este botón se vuelve a la línea 1 del código para volverse a ejecutar.

Arquitectura interna de los microprocesadores de 8 y 16 bits, 32 bits (ARM).

Arquitectura ARM

ARM es una arquitectura RISC (Reduced Instruction Set Computer u Ordenador con un Conjunto Reducido de Instrucciones en español) desarrollada por ARM Holdings que generalmente se usa en unidades independientes. Inicialmente ARM se usaba en ordenadores personales por el año 1987 concebida por Acorn Computers para los Acorn Archimedes que incluían los ARM de 32 bits. Actualmente ARM pertenece a NVIDIA que realizó la compra por 40.000 millones de dólares en septiembre de 2020.

Actualmente ARM se puede encontrar en dispositivos de electrónica portátil e integrada, esta arquitectura está en los microprocesadores de menor tamaño y de bajo consumo, con un coste muy reducido, gracias a la simplicidad de estos son ideales para aplicaciones que no requieran de mucha potencia.

La arquitectura ARM se usa para poder fabricar microprocesadores, desde los más simples, pequeños y de bajo consumo hasta procesadores para ordenadores personales que requieren de más potencia. Dado su conjunto de instrucciones simples estos microprocesadores más pequeños consumen pocos recursos y poca energía obteniendo un gran equilibrio entre potencia y duración de batería en equipos portátiles con procesadores basados en ARM.

Gracias a la arquitectura ARM podemos tener dispositivos de pequeño tamaño y bajo consumo, con la arquitectura ARM se fabrican microprocesadores de todo tipo para dispositivos que usamos en el día a día y que no requieren de un gran procesamiento de datos, por ejemplo, son usados en ordenadores de a bordo de coches y barcos, que empezaron siendo ordenadores muy simples con medición de algunos datos de consumo y distancia y que ahora podemos ver como realizan algunas tareas algo más complejas [4].

Arquitectura interna:

CISC: Un gran número de procesadores usados en los microprocesadores están basados en la filosofía CISC (Computadores de Juego de Instrucciones Complejo). Disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo muchos ciclos para su ejecución. Una ventaja de los procesadores CISC es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros.

RISC (Reduced Instruction Set Computer): Tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microprocesadores están decantándose hacia la filosofía RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y, generalmente, se ejecutan en un ciclo. La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.

SISC: Se usan en los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es "específico", o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadores de Juego de Instrucciones Específico) [9].

Arquitectura ortogonal.

En un microprocesador con arquitectura ortogonal:

- Una instrucción puede utilizar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o destino.
- Work register/ ACC acumulador para los pics.
- La ALU es otros micros deja el resultado de cualquier operación en el registro.
- Para el PIC la salida de ALU va al registro W y también a la memoria de datos (representa un ahorro de instrucciones en operaciones de doble operando).

Organización de la memoria.

- Memoria de programa: En sus 1024 posiciones contiene el programa en las instrucciones que gobiernan la aplicación. Es de tipo no volátil, es decir, el programa se mantiene, aunque se desenergice.
- Memoria de datos RAM: se destina a guardar las variables y datos. Es volátil
- Memoria EEPROM: es de datos y escritura no volátil.

Mapa de memorias programable.

- El microcontrolador PIC tiene memoria de programa no volátil.
- Espacio de memoria (0000h-3fffh).
- Reset vector (la primera dirección 0000h).
- Vector de interrupción: es la dirección a la que se dirige el PIC cuando se produce una interrupción.
- Contador de programa: un registro de 13 bits que contiene la dirección de la memoria con la instrucción a ejecutar.
- Niveles de pila: son los niveles que se ejecutan cuando se utilizan subrutinas.

Bancos de la memoria RAM.

La memoria RAM de los microcontroladores PIC está dividida en 4 bancos, antes de modificar cualquier registro es necesario seleccionar el banco que contiene ese registro.

Cada banco se divide en 2 áreas:

- SFR: registros de funciones especiales.
- GPR: registros de propósito general.

Familias de los microcontroladores PIC.

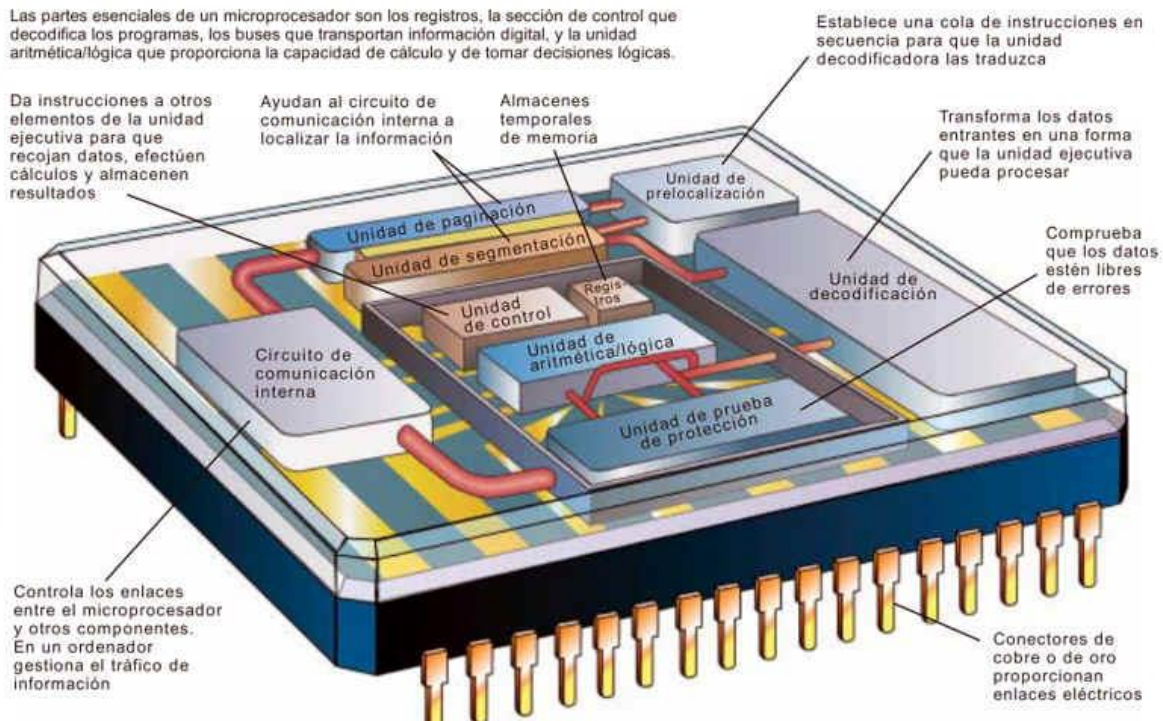
Microcontroladores de gama baja: Las instrucciones de los microcontroladores de la gama baja tienen una longitud de 12 bits. Además, disponen de un repertorio de 33 instrucciones.

Microcontroladores de gama media: Las instrucciones de los microcontroladores de la gama media tienen una longitud de 14 bits. Además, disponen de un repertorio de 35 instrucciones.

Microcontroladores de gama alta: Las instrucciones de los microcontroladores de la gama alta tienen una longitud de 16 bits. Además, disponen de un repertorio de 75 instrucciones [3].

Arquitectura externa de los microprocesadores de 8 y 16 bits, 32 bits (ARM).

El microprocesador es el encargado de ejecutar los programas, desde el sistema operativo hasta las aplicaciones de usuario, haciéndolo mediante lenguajes de bajo nivel, basándose en operaciones aritméticas y lógicas simples [11].



2.- Arquitectura externa del microprocesador [11].

Procesadores digitales de señal, DSP.

Un DSP (Digital Signal Processor) es un microprocesador específico para el tratamiento de señales, esta especialización se necesita a la hora de procesar señales de cualquier tipo en tiempo real. 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 función principal de un DSP es la siguiente:

- La entrada es una señal analógica, ya sea audio, video, cualquier señal recibida por cable o por otro medio.
- El DSP convierte la señal analógica a digital para su posterior procesamiento.
- Procesado matemático de la representación de la señal.
- Se vuelve a convertir la señal obtenida de digital a analógica.

- Se da a la salida una señal analógica. De esta forma se obtiene un procesamiento en tiempo real de la representación matemática de la señal.

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.

La diferencia principal entre un DSP y un microprocesador convencional es que el DSP es muy rápido para un tipo de operaciones concretas.

- Tiene instrucciones especiales para ellas.
- Las pueden realizar de forma paralela.
- Su velocidad de procesamiento es mas baja que un procesador convencional, pero para las operaciones que debe realizar es suficiente.
- La velocidad de procesado en un DSP no es la característica más importante.

Un microprocesador convencional posee una velocidad de procesamiento mucho mayor que un DSP. Aunque.

- No tiene instrucciones concretas
- Ni es específico para un tipo de operaciones.
- Es mas lento que el DSP para las operaciones específicas para los que se han diseñado éstos.

Sin embargo, un DSP puede realizar una operación MAC (Multiply, Add, Accumulate) es decir permite multiplicar, sumar y guardar el resultado en un ciclo de reloj.

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. Como ejemplo tenemos el buque insignia de Texas Instruments el TMS320C64xx que llega a realizar hasta 1200-4000 MMACs (10^6 operaciones MAC por segundo) de 16 bit. A una velocidad máxima de 1GHz.

Este tipo de operación MAC es una de las instrucciones especiales de los DSPs y una de las más importantes a la hora del procesado digital de señales [6].

Aplicaciones.

Se utilizan para comunicaciones mediante Modem ADSL, manejo en comunicaciones entre protocolos diferentes, procesos de comunicación entrada salida I/O para en los que en algunos casos se necesita un procesador en exclusiva. Sus aplicaciones más importantes se dan en la telefonía móvil, en aparatos de audio y video digital, en MODEM y sistemas de comunicación. Algunos ejemplos de usos concretos de estos dispositivos son: para la

codificación de Huffman, utilizado en algoritmos de comunicaciones. Para la Transformada discreta del Coseno, utilizada en imagen y vídeo, etc. [6].

Historia del DSP.

Durante los últimos 25 años, los diferentes dispositivos se han ido desarrollando desde el primer procesador de señal programable ICs a los diseños de actuales SoC (System on Chip) y los basados en soluciones FPGA (Full Programmable Gate Array).

En 1979, Intel introdujo el I 2920, un procesador de 25 bits de número entero con un ciclo de instrucción de 400 ns y una ALU también de 25 bits. 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 16×16 .

En 1995, el 95% de las aplicaciones orientadas a hardware se desarrollaban utilizando procesadores digitales de señales. En esta época, solamente un número muy pequeño de empresas comenzaban a investigar la tecnología de FPGA. En la actualidad, los papeles han cambiado y existe una mayoría abrumadora de soluciones basadas en FPGAs.

Este hecho indudablemente se debe a que los nuevos dispositivos FPGA se están convirtiendo en dispositivos increíblemente flexibles, integran “Funciones de Aplicación Específicas”, y cores programables, haciéndolos muy competitivos con respecto a otras soluciones [6].

Distintos tipos de DSPs arquitectura y funcionamiento.

En la arquitectura convencional de DSP, introducida en los años 80, se separan los buses de datos y de memoria y ofrecen las instrucciones de anchura fija, ejecutando una instrucción por ciclo de reloj.

Las instrucciones pueden ser bastante complejas. Una sola instrucción puede incorporar dos movimientos de los datos, una operación del MAC, y dos actualizaciones del puntero. Estas instrucciones complejas hacen que el DSP convencional posea alto grado de densidad de código al realizar operaciones matemáticas repetitivas. Las instrucciones de anchura fija son ineficaces cuando las tareas realizan incrementos simples del contador como parte de un lazo de control, por ejemplo. Incluso si el contador solamente aumenta 10, el procesador necesita utilizar la anchura de la palabra completa para los valores. DSPs convencionales son también débiles en la manipulación de datos a nivel de bit.

No obstante, debido a su potencia de cómputo, los DSPs convencionales ganaron presencia en aplicaciones para comunicaciones y aplicaciones media. Los dispositivos para comunicaciones incluyen el módem y procesadores de telefonía, codificación de voz y

filtros. Usos en aplicaciones media, incluyen audio digital, vídeo, y proyección de imagen [6].

Aparece el DSP mejorado

Mientras que el proceso tecnológico de fabricación de semiconductores se desarrollaba, los DSPs convencionales comenzaron a adquirir periféricos, memoria local, puertos de I/O, contadores de tiempo, y controladores dma, todo ello incluido en el mismo chip. Su arquitectura básica, sin embargo, no cambió en más de una década. A mediados de los 90s, comenzó a emerger el DSP mejorado.

Una característica común de estos DSPs mejorados es la presencia de un segundo MAC, que permite un cierto paralelismo en el cómputo. En muchos casos, este paralelismo se extiende a otros elementos en el DSP, permitiendo que el dispositivo realice en una sola instrucción, operaciones de múltiples datos (SIMD Single Instruction Multiple Data).

Esto se logra a menudo con el empaquetamiento de los datos, que permite a los registros, y a los data-path, manejar dos “medias palabras” (half-words) como operandos en cada ciclo de reloj.

Junto con el empaquetamiento de datos, muchos DSPs mejorado permiten instrucciones con anchuras fraccionarias de palabra, lo cual permite lanzar instrucciones múltiples simultáneamente.

El DSP mejorado también tiende a incorporar características para aumentar la velocidad de ejecución de algoritmos en un espacio de aplicación específico, así como agregar periféricos de propósito especial y memoria. La naturaleza exacta de la especialización varía con el uso al que va destinado el DSP mejorado [6].

El paralelismo

Existen dos principales opciones para conseguir este lanzamiento múltiple de instrucciones en los DSPs: Very Long Instruction Word (VLIW) y arquitecturas superscalares.

Ambos tienen unidades múltiples de la ejecución configuradas para funcionar en paralelo y usan sistemas de instrucciones RISC. Sin entrar mucho en detalle el funcionamiento podría definirse como sigue:

Las instrucciones de una arquitectura de VLIW son explícitamente paralelas, compuestas de varias instrucciones secundarias que controlan diferentes recursos. Las arquitecturas superescalares, por su parte, cargan instrucciones, después utilizan programas run-time hardware para identificar las instrucciones que pueden funcionar en paralelo y “mapearlas” en sus unidades de la ejecución [6].

Visión hardware / software de los sistemas embebidos.

Hardware

Normalmente un sistema embebido se trata de un módulo electrónico alojado dentro de un sistema de mayor entidad ('host' o anfitrión) al que ayuda en la realización tareas tales como el procesamiento de información generada por sensores, el control de determinados actuadores, etc. El núcleo de dicho módulo lo forma al menos una CPU en cualquiera de los formatos conocidos:

- Microprocesador.
- Microcontrolador de 4, 8, 16 o 32 bits.
- DSP de punto fijo o punto flotante.
- Diseño a medida 'custom' tales como los dispositivos FPGA.

El módulo o tarjeta, además puede haber sido desarrollado para satisfacer una serie de requisitos específicos de la aplicación a la que está dirigido. Entre éstos, podemos citar:

- Tamaño: por lo general deberá ser reducido, aunque también es posible que se desee que adopte un formato estándar: PC-104, Eurocard, etc.
- Margen de temperatura específico del ámbito de aplicación:
 - Gran consumo (0°C hasta 70°C)
 - Industrial y automoción. Márgenes de temperatura hasta 125°C
 - Aeroespacial
 - Militar
 - Electromedicina
- Consumo de energía: En aplicaciones en las que es necesario el empleo de baterías, se buscará minimizar éste.
- Robustez mecánica: Existen aplicaciones donde los dispositivos sufren un alto nivel de vibraciones, golpes bruscos, etc. En el diseño se deberá tener en cuenta dicha posibilidad.
- Coste: No es lo mismo diseñar un producto a medida con pocas unidades que diseñar un producto para el competitivo mercado del gran consumo. La calibración de los costes es esencial y es tarea de los ingenieros de diseño [12].

Software

En lo que se refiere al software, se tendrán requisitos específicos según la aplicación. En general para el diseño de un SE no se dispone de recursos ilimitados, sino que la cantidad de memoria será escasa, la capacidad de cálculo y dispositivos externos será limitada, etc.

Podemos hablar de las siguientes necesidades:

- Trabajo en tiempo real.

- Optimizar al máximo los recursos disponibles.
- Disponer de un sistema de desarrollo específico para cada familia de microprocesadores empleados.
- Programación en ensamblador, aunque en los últimos años, los fabricantes o empresas externas han mejorado la oferta de compiladores que nos permiten trabajar en lenguajes de alto nivel, tales como C.

El empleo de un sistema operativo determinado o el no empleo de éste dependerá del sistema a desarrollar y es una de las principales decisiones que habrá que tomar en la fase de diseño del SE. Así, en el caso de decidirse por el empleo de microcontroladores y DSP, por lo general no se usará sistema operativo mientras que, si se emplea algún micro del tipo ARM, PowerPC, Intel X86, o cualquier otra, sí que lo llevará. La decisión dependerá de los requisitos del sistema, tanto técnicos como económicos [12].

Conclusión

Los sistemas embebidos han ayudado a la humanidad a progresar en el ámbito tecnológico, ya que es a través de estos que varios dispositivos han sido creados para facilitar la vida cotidiana.

El conocimiento de los componentes que forman al sistema embebido, así como la función y la importancia de cada uno es importante para el ingeniero mecatrónico, ya que es a partir de este conocimiento que el ingeniero puede crear nuevos sistemas para responder a las demandas de la actualidad.

Bibliografía

1. Agustina, R. M. (2015). *Introducción a los sistemas de tiempo real*. Recuperado el 16 de 05 de 2021, de <http://exa.unne.edu.ar/informatica/SO/RamosAgustina-TpSO.pdf>
2. *Arquitectura de Von Neumann y Harvard*. (2021). Recuperado el 16 de 05 de 2021, de http://ciecfie.epn.edu.ec/wss/VirtualDirectories/80/pag_personales/pchico/Materiales_Micros/Conceptos%20adicionales.pdf
3. *Capítulo 3. Microcontroladores PIC*. (2021). Recuperado el 16 de 05 de 2021, de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11301/fichero/Memoria%252FCapítulo+3.pdf+#:~:text=Las%20instrucciones%20de%20los%20microcontroladores,construcción%20de%20ensambladores%20y%20compiladores>.
4. Delgado, A. (02 de 10 de 2020). *¿Qué es ARM y para qué se usa?* Recuperado el 16 de 05 de 2021, de <https://www.geeknetic.es/ARM/que-es-y-para-que-sirve>
5. *DISEÑO DE UN SISTEMA BASADO EN MICROPROCESADOR*. (2010). Recuperado el 16 de 05 de 2021, de

http://ciecfie.epn.edu.ec/wss/VirtualDirectories/80/pag_personales/pchico/Materiales_Micros/SIST_MICROP.pdf

6. *DSPs*. (2021). Recuperado el 16 de 05 de 2021, de <https://www.electronicasi.com/wp-content/uploads/2013/04/dspElectronica-avanzada.pdf>
7. *El computador*. (2021). Recuperado el 16 de 05 de 2021, de http://cv.uoc.edu/annotation/8255a8c320f60c2bfd6c9f2ce11b2e7f/619469/PID_00218274/PID_00218274.html#w31aab5c11
8. INCIBE. (08 de 02 de 2018). *Introducción a los sistemas embebidos*. Recuperado el 16 de 05 de 2021, de <https://www.incibe-cert.es/blog/introduccion-los-sistemas-embebidos>
9. *Los microcontroladores*. (09 de 09 de 2016). Recuperado el 16 de 05 de 2021, de <http://microcontroladorpic16f887.blogspot.com/2016/09/arquitectura-interna.html>
10. *MASTER DEGREE: Industrial Systems Engineering*. (2011). Recuperado el 16 de 05 de 2021, de http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE5_3_1.pdf
11. *Microprocesadores*. (2014). Recuperado el 16 de 05 de 2021, de <https://arquitectura20.webnode.com.co/microprocesadores/>
12. Miñarro, B. Ú. (2009). *Apuntes de: Sistemas embebidos*. Recuperado el 16 de 05 de 2021, de <https://www.um.es/documents/4874468/19345367/ssee-t01.pdf/4ea71f56-2950-4c3f-acbe-e7699e490f4e>
13. *Sistemas Embebidos: ¿Qué son? y su función*. (2019). Recuperado el 16 de 05 de 2021, de https://siaguanta.com/c-tecnologia/sistemas-embebidos/#Caracteristicas_de_los_sistemas_embebidos