



## ***4.1. HISTORIA DE LOS MICROCONTROLADORES***

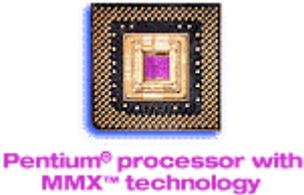
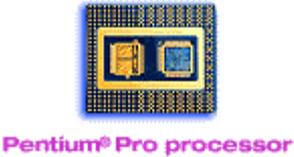
Inicialmente cuando no existían los microprocesadores las personas se ingeniaban en diseñar circuitos electrónicos y los resultados estaban expresados en diseños que implicaban muchos componentes electrónicos y cálculos matemáticos. Un circuito lógico básico requería de muchos elementos electrónicos basados en transistores, resistencias, etc, lo cual implicaba muchos ajustes y fallos; pero en el año 1971 apareció el primer microprocesador el cual originó un cambio decisivo en las técnicas de diseño de la mayoría de los equipos.[www. 17]



Figura 4.1. - Microprocesador Intel

Al principio se creía que el manejo de un microprocesador era para aquellas personas con un coeficiente intelectual muy alto; por lo contrario con la aparición de este circuito integrado todo sería mucho más fácil de entender y los diseños electrónicos serían mucho más pequeños y simplificados. Los diseñadores de equipos electrónicos ahora tenían equipos que podían realizar mayor cantidad de tareas en menos tiempo y su tamaño se redujo considerablemente; sin embargo, después de cierto tiempo apareció una nueva tecnología llamada microcontrolador que simplifica aún más el diseño electrónico.

## MICROPROCESADORES

MODELO	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="347 510 619 539"><b>INTEL CELERON</b></p>  <p>The logo for the Intel Celeron processor, featuring the Intel logo at the top, a stylized green and blue circular graphic in the middle, and the text 'celeron™ PROCESSOR' at the bottom.</p>	<p data-bbox="711 510 1452 815">Incluye 128 KB de caché secundaria, la cuarta parte de la que tienen un Pentium II. Está optimizado para aplicaciones de 32 bits y se comercializa en versiones que van desde los 266 hasta los 466 Mhz. La velocidad a la que se comunica con el bus (la placa base) sigue siendo de 66 Mhz.</p>
<p data-bbox="360 949 606 978"><b>PENTIUM MMX</b></p>  <p>The logo for the Pentium MMX processor, showing a square processor chip with a purple center and gold pins, with the text 'Pentium® processor with MMX™ technology' below it.</p>	<p data-bbox="711 949 1452 1361">El Pentium MMX está orientado a mejorar el rendimiento en aplicaciones multimedia, que necesitan mover gran cantidad de datos de tipo entero, como pueden ser videos o secuencias musicales o gráficos 2D. La gama MMX empieza en los 133 Mhz, pero sólo para portátiles, para ordenadores de sobremesa la gama empieza en los 166 Mhz. Sigue siendo un procesador optimizado para aplicaciones de 16 bits.</p>
<p data-bbox="368 1579 598 1608"><b>PENTIUM PRO</b></p>  <p>The logo for the Pentium Pro processor, showing a square processor chip with a blue center and gold pins, with the text 'Pentium® Pro processor' below it.</p>	<p data-bbox="711 1579 1452 1935">Este es uno de los mejores procesadores que ha sacado Intel, a pesar de su relativa antigüedad. Parte de este mérito lo tiene la caché de segundo nivel, que está implementada en el propio chip, y por tanto se comunica con la CPU a la misma velocidad que trabaja ésta internamente. Está optimizado para aplicaciones de 32 bits. (Windows NT, Unix, OS/2...)</p>

## MICROPROCESADORES

MODELO	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="368 555 596 584"><b>AMD ATHLON</b></p>  A photograph of an AMD Athlon processor, showing the AMD logo and the word 'Athlon' on the top surface.	<p data-bbox="710 555 1450 969">Le permite ser uno de los más rápidos en todo tipo de aplicaciones. 128 KB de caché de primer nivel (cuatro veces más que el Pentium III), bus de 200 ó 266 Mhz. Los modelos iniciales trabajan a 500, 550 y 600 Mhz, su único y mínimo inconveniente radica en que necesita placas base específicamente diseñadas para él, debido a su novedoso bus de 200 Mhz o más y a sus métodos de conexión</p>
<p data-bbox="389 1059 576 1088"><b>PENTIUM II</b></p>  A photograph of a Pentium II processor, showing the Intel logo and 'pentium II' branding on the top surface.	<p data-bbox="710 1059 1450 1417">Básicamente es un Pentium Pro, al que se ha incorporado el juego de instrucciones MMX. Está optimizando para aplicaciones de 32 bits. Se comercializa en versiones que van desde los 233 hasta los 400 Mhz. La velocidad a la que se comunica con el bus es de 66 Mhz, pero en las versiones a partir de los 333 ya pueden trabajar a 100 Mhz.</p>
<p data-bbox="384 1491 580 1520"><b>PENTIUM III</b></p>  A photograph of a Pentium III processor, showing the Intel logo and 'pentium III' branding on the top surface.	<p data-bbox="710 1491 1450 1686">Está optimizando para aplicaciones de 32 bits. Se comercializa en versiones que van desde los 450 hasta los 600 Mhz. La velocidad a la que se comunica con el bus (la placa base) es de 100 Mhz.</p>

<b>MICROPROCESADORES</b>	
<b>MODELO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>PENTIUM IV</b>  	<p>Se trata de un micro peculiar: su diseño permite alcanzar mayores velocidades de reloj (más Mhz...y Ghz), pero proporcionando mucha menos potencia por cada Mhz que los micros anteriores.</p> <p>Incluye mejoras importantes: bus de 400 Mhz (100 Mhz físicos cuádruplemente aprovechados) y nuevas instrucciones para cálculos matemáticos.</p>

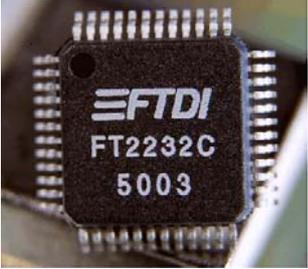
## ***4.2. - ¿QUÉ ES UN MICROCONTROLADOR***

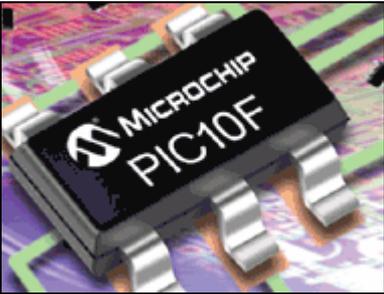
Como su nombre lo indica **Micro** por su tamaño, ya que es un dispositivo pequeño, y **Controlador** porque se utiliza principalmente para controlar otros circuitos o dispositivos electrónicos, mecánicos, etc.

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador por el usuario, y son introducidos en este a través de un programador, es decir que un microcontrolador es un circuito integrado que contiene toda la estructura (arquitectura) de un microcomputador. [LIB. 2].

Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo que gobierna, en su memoria sola reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan las conexiones de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles tiene como única finalidad atender a sus requerimientos.

## MICROCONTROLADORES

MODELO	DESCRIPCION
 <p>A close-up photograph of a black integrated circuit (IC) chip. The chip is square with a grid of pins on all four sides. The text on the chip reads "FTDI", "FT2232C", and "5003".</p>	<p>Permite la comunicación simultanea entre dos pertos de comunicación, se lo puede configurar para que un puerto maneja la comunicación serial y el otro puerto maneje la comunicacción paralela. De igual manera se lo puede utilizar para comunicación RS-232 o como comunicaciones sincronas.</p>
 <p>A photograph of a green printed circuit board (PCB) populated with several microcontroller chips. One chip is clearly visible with the ATMEL logo and "AT89C51" printed on it.</p>	<p>Cuenta internamente con una CPU de 8 bits, memoria, lógica de interrupciones, contadores y temporizadores y líneas de entrada/salida digitales. Fácil de programar, posee varias e incontables herramientas de desarrollo.</p>
<p><b>68HC11 MOTOROLA</b></p>  <p>A photograph of a square microcontroller chip with a central Motorola logo. The text on the chip reads "MC68HC811E2FN", "2C16J", and "QXQ9529".</p>	<p>Es un microcontrolador de 8 bits, con arquitectura tipo acumulador basada en los procesadores 6800.</p>

<b>MICROCONTROLADORES</b>	
<b>MODELO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>68HC11 MOTOROLA</b>  	<p>Es el microcontrolador más pequeño con un encapsulamiento SOT-23 de 6 pines. Tiene memoria Flash y es la solución ideal para aplicaciones de espacio reducido. Fácil de programar</p>

#### ***4.2.1 ARQUITECTURA DE LOS MICROCONTROLADORES***

##### ***Arquitectura Von Neumann***

Tradicionalmente los microprocesadores se basan en la estructura de Von Neumann, como se muestra en la siguiente figura, que se caracteriza por disponer de una única memoria principal en la que se almacenan los datos y las instrucciones. A esta memoria se accede a través de un sistema de buses único: [WWW. 18]

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bus de datos</li> <li>• Bus de direcciones</li> <li>• Bus de control</li> </ul> |
|--|

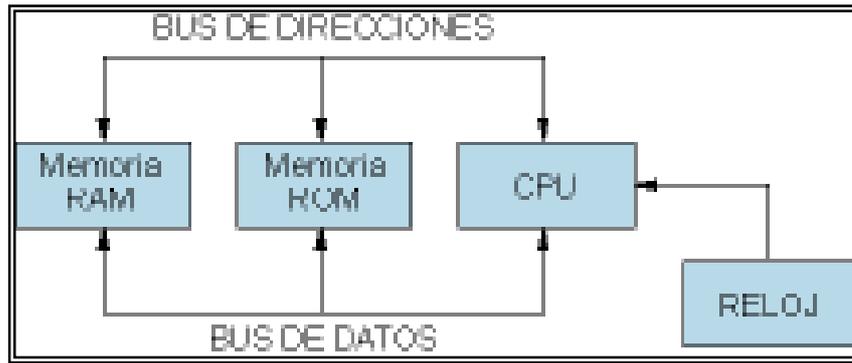


Figura 4.2. -Arquitectura según el modelo de Von Neumann

### *Arquitectura Harvard*

El modelo Harvard, representado en la figura siguiente, dispone de dos memorias:

- Memoria de datos
- Memoria de programa

Cada memoria dispone de su respectivo bus, lo que permite, que la CPU pueda acceder de forma independiente y simultánea a la memoria de datos y a la de instrucciones. Como los buses son independientes éstos pueden tener distintos contenidos en la misma dirección.

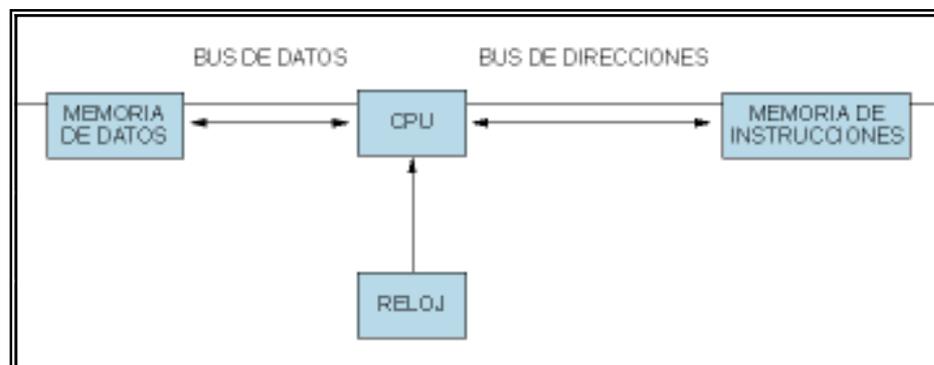


Figura 4.3.- Arquitectura según el modelo HARVARD

### *Arquitectura Ortogonal*

Cualquier instrucción puede utilizar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o destino.

### *Arquitectura Basada En Banco De Registros*

La arquitectura basada en banco de registros implica que todos los elementos del sistema, es decir, temporizadores, puertos de entrada/salida, posiciones de memoria, etc, estén implementados físicamente como registros.

En los PIC el manejo del banco de registros, que participan activamente en la ejecución de las instrucciones, es muy interesante al ser ortogonales. En la figura siguiente se muestra como la ALU (Unidad Aritmético-Lógica) efectúa sus operaciones con dos operandos, uno que proviene del registro W (Work), que en otras CPUs recibe el nombre de acumulador, y el otro que se encuentra en cualquier otro registro o del propio código de instrucción.

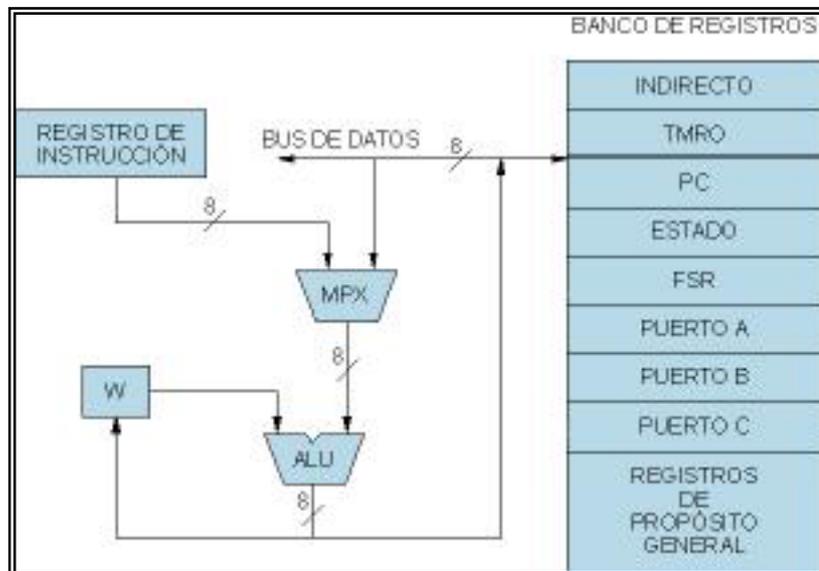


Figura 4.4. - Registros que pueden enviar datos a la ALU. El resultado puede ir a cualquier registro o al registro W

### 4.2.2. ¿QUÉ ES UN PIC?

Un PIC es un microcontrolador basado en memoria EPROM/FLASH desarrollado por Microchip Technology [www. 19].



Figura 4.5. - Microcontrolador PIC16F876

Un microcontrolador PIC dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, puertas serie y paralelo, CAD: Conversores analógico/digital, CDA: Conversores digital/analógico, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

### 4.2.3. TIPOS DE PIC

Existen diversas familias de PIC, las cuales se amplían constantemente las más básicas son:

**PIC16C5x:** Instrucciones de 12 bit, 33 instrucciones, 2 niveles de acumulador, sin interrupciones. En algunos casos la memoria es de tipo ROM, definida en fábrica.

**PIC16Cxx:** Instrucciones de 14 bit, 35 instrucciones, 8 niveles de acumulador, el PIC16C84 posee memoria EEPROM.

**PIC17Cxx:** Instrucciones de 16 bit, 55 instrucciones, 16 niveles de acumulador. A menos que se indique la memoria es de tipo EPROM.

Adicionalmente existen otras familias derivadas, como los PIC16Fxx que emplean memoria del tipo FLASH.

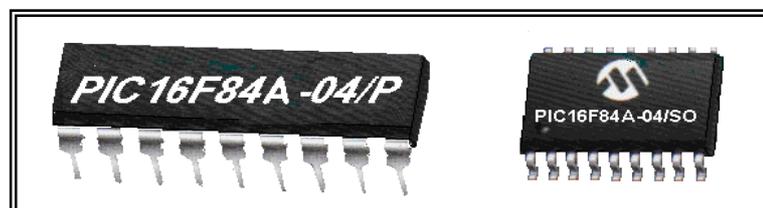


Figura 4.6.- Microcontrolador PIC16F84

**PIC16F84:** El “PIC16F84” es un microcontrolador con memoria de programa tipo FLASH, lo que representa gran facilidad en el desarrollo de prototipos y en su aprendizaje ya que no se requiere de borrado con luz ultravioleta como las versiones EPROM sino, permite reprogramarlo nuevamente sin ser borrado con anterioridad.

El PIC16C84 es un microcontrolador de la familia Microchip, totalmente compatible con el PIC16F84, su principal característica es que posee memoria “EEPROM” en lugar de memoria FLASH pero su manejo es igual.

En el modelo PIC16F84, la letra F hace referencia al tipo de memoria de programa, en este caso FLASH, si fuera PIC16C84, la letra C hace referencia al modelo con memoria de tipo EEPROM.

El PIC16F84 está dotado de 18 pines, 13 de los cuales con para E/S de datos 2 para la alimentación, 2 para clock y uno para reset. [www. 20]

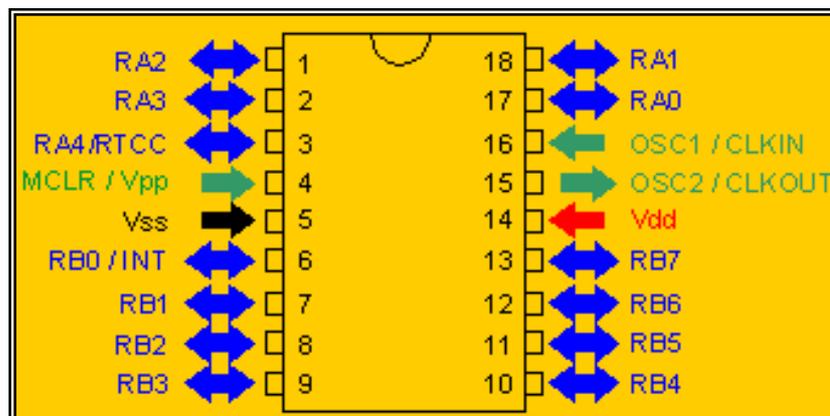
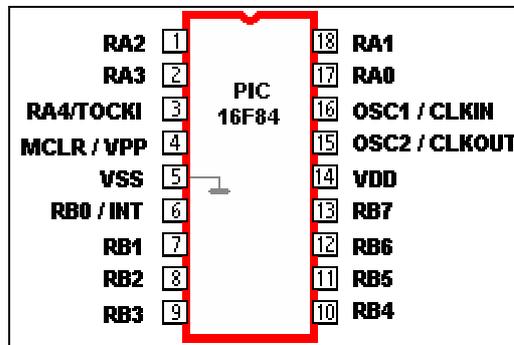


Figura 4.7.- Pines del Microcontrolador PIC16F84

Como se puede ver en la figura anterior, el PIC16F84 está dotado de un total de **18 pines** dispuestos en dos hileras paralelas de 9 pines cada una.

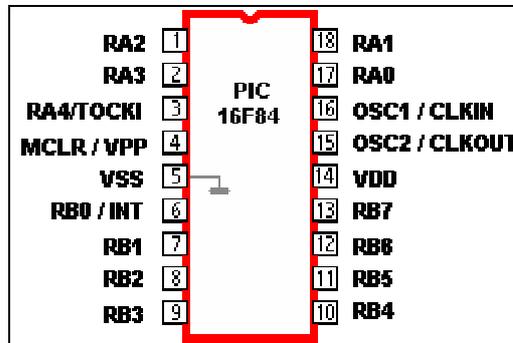
Los pines contrastados en **AZUL** representan las líneas E/S (entrada/salida) disponibles para nuestra aplicación. Los pines en **ROJO** y **NEGRO** son los pines de alimentación, y los de **VERDE** son reservados para el funcionamiento del PIC (MCLR para el reset y OSC1-2 para el clock).

## DETALLE DE LA ESTRUCTURA DEL PIC16F84



PIN	NOMBRE	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	RA2	E / S	Puerto A bidireccional, se puede configurar como entrada o salida
2	RA3	E / S	Puerto A bidireccional, se puede configurar como entrada o salida
3	RA4 / T0CKI	E / S	Puede ser configurado como entrada o salida o también se lo utiliza para la entrada del reloj
4	MCLR / V <sub>PP</sub>	E	Entrada de reset / entrada de voltaje de programación.
5	V <sub>SS</sub>	A	Referencia de tierra (masa) para todos los pines lógicos de E/S.
6	RB0 / INT	E / S	Puerto B bidireccional. Se puede seleccionar como entrada de interrupción externa.
7	RB1	E / S	Puerto B bidireccional. Se puede configurar como entrada y salida.
8	RB2	E / S	Puerto B bidireccional. Se puede configurar como entrada y salida
9	RB3	E / S	Puerto B bidireccional. Se puede configurar como entrada y salida

## DETALLE DE LA ESTRUCTURA DEL PIC16F84



PIN	NOMBRE	TIPO	DESCRIPCIÓN
10	RB4	E / S	Interrupción por cambio de estado
11	RB5	E / S	Interrupción por cambio de estado
12	RB6	E / S	Interrupción por cambio de estado
13	RB7	E / S	Interrupción por cambio de estado
14	V <sub>DD</sub>	A	Alimentación positiva para todos los pines lógicos E/S.
15	OSC2 / CLKOUT	S	Salida del oscilador externo
16	OSC1 / CLKIN	E	Entrada del oscilador externo / entrada de la fuente del reloj externa
17	RA0	E / S	Puerto A bidireccional, se puede configurar como entrada o salida
18	RA1	E / S	Puerto A bidireccional, se puede configurar como entrada o salida

El puerto A, tiene solo 5 pines que pueden configurarse como entrada o salida. El puerto B, tiene 8 pines que igualmente se pueden configurar como entrada o salida.

El pin 4, o sea, el reset se debe conectar se debe conectar con una resistencia de 10 Kohm a Vcc para que el PIC funcione, si se quiere resetear se deberá poner un micropulsador con una resistencia de 100 Ohm a tierra.

La máxima capacidad de corriente para los puertos se muestra en la siguiente tabla:

	PUERTO A	PUERTO B
MODO SUMIDERO	80 mA	150 mA
MODO FUENTE	50 mA	100 mA

Los pines 14 y 5 que son alimentación no deben sobrepasar los 5 voltios. Los pines de los puertos no utilizados se debe conectar a +5V (Vcc) con una resistencia de 10 Kohm.

### 4.3. SEMEJANZAS Y DIFERENCIAS ENTRE MICROPROCESADOR Y MICROCONTROLADOR

Al realizar un diseño con un microprocesador se puede observar que dependiendo del circuito se requiere algunos circuitos integrados adicionales además del microprocesador como por ejemplo: memorias RAM para almacenar los datos temporalmente y memorias ROM para almacenar el programa que se encargará del proceso del equipo, un circuito integrado para los puertos de entrada y salida y finalmente un decodificador de direcciones.

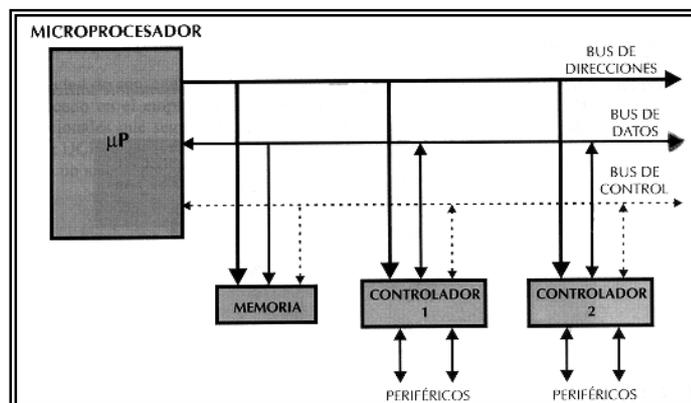


Figura 4.8. - Estructura de un sistema abierto basado en un microprocesador

En cambio un microcontrolador, es un solo circuito integrado, contiene todos los elementos electrónicos que se utilizan para hacer funcionar un sistema basado con un microprocesador; es decir, contiene en un solo integrado la unidad de proceso, la memoria RAM, memoria ROM, puertos de entrada, salida y otros periféricos, consiguiendo una reducción de espacio. El microcontrolador es en definitiva un circuito integrado que incluye todos los componentes de un computador.

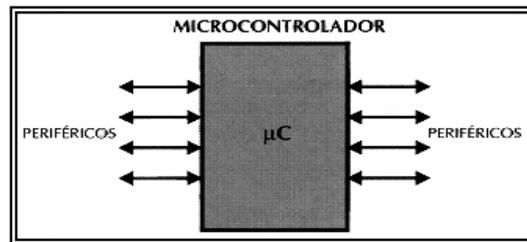


Figura 4.9. - Estructura de un microcontrolador.

<b>MICROPROCESADOR Y MICROCONTROLADOR</b>	
<b><u>SEMEJANZAS</u></b>	<b>DIFERENCIAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ambos son sistemas digitales capaces de variar su ejecución en base a un programa.</li> <li>▪ El objetivo principal de ambos sistemas, microcontrolador y microprocesador, es el procesado de información.</li> <li>▪ Ambos recogen información de entradas del exterior y dispositivos de almacenamiento, procesan esta información, y pueden volcar información en dispositivos de salida hacia el exterior o en dispositivos de almacenamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Simplificación de circuitería en un microcontrolador.</li> <li>▪ El costo para un sistema basado para un microcontrolador es menor.</li> <li>▪ El tiempo de desarrollo de un proyecto electrónico se disminuye considerablemente utilizando un microcontrolador.</li> <li>▪ Un microprocesador está diseñado para procesar grandes cantidades de información, sin embargo, el microcontrolador está diseñado para realizar tareas de control de dispositivos.</li> </ul>

## MICROPROCESADOR Y MICROCONTROLADOR

### SEMEJANZAS

### DIFERENCIAS

- Un sistema con microprocesador es menos portable que un sistema con microcontrolador ya que el microprocesador precisa de una gran cantidad de hardware externo en cambio el microcontrolador integra todos los periféricos que precisa para funcionar.
- La fiabilidad y robustez de un sistema con un microcontrolador, sin más elementos externos a parte de la alimentación, es mayor que la de un microprocesador al que hay que conectar los periféricos y memoria externos. El hecho de integrar los periféricos y la memoria en el mismo circuito integrado hacen que el microcontrolador tenga una altísima inmunidad tanto al ruido electromagnético como al ruido mecánico (vibraciones).
- Las aplicaciones para microprocesadores se desarrollan sobre un sistema operativo, lo que aísla al programador de la máquina no necesitando este conocer el hardware del ordenador.

<b>MICROPROCESADOR Y MICROCONTROLADOR</b>	
<u>SEMEJANZAS</u>	<b>DIFERENCIAS</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La portabilidad de programas para microprocesadores (PC) es muy elevada. En el caso de los microcontroladores el programador debe conocer a la perfección las características y el funcionamiento del microcontrolador que se desee programar.</li>   <li>▪ La portabilidad de los programas suele ser nula, es decir, un programa desarrollado para una tarjeta concreta difícilmente funcionará en otra tarjeta distinta, aunque ambas tengan el mismo microcontrolador.</li> </ul>

#### ***4.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN PLC Y UN PIC***

Un PIC es un “circuito integrado programable”, es decir que con él podemos hacer un circuito integrado a nuestra medida, mientras que un PLC es una máquina para controlar eventos o procesos en tiempo real, lo que significa que podemos utilizar a un PIC como base para construir un PLC.

## VENTAJAS

[WWW. 21]

<b><i>PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)</i></b>	<b>PIC (MICROCONTROLADOR)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Permite reprogramación.</li><li>▪ Menor tiempo de elaboración de proyectos.</li><li>▪ Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.</li><li>▪ Trabaja en ambientes industriales.</li><li>▪ Consume poca potencia.</li><li>▪ Posee auto-diagnóstico.</li><li>▪ Realiza operaciones aritméticas.</li><li>▪ Tiene mayores capacidades de almacenamiento.</li><li>▪ Mantenimiento económico</li><li>▪ Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata.</li><li>▪ Si el autómata es muy limitado para el proceso industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistema de producción</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tiene un juego de instrucciones menor y más sencillo.</li><li>▪ Unidad de procesamiento tipo RISC con arquitectura Harvard.</li><li>▪ Reducción notable en cuanto a tamaño de código y en velocidad de ejecución.</li><li>▪ El campo de aplicación de los microcontroladores PIC es más variado.</li><li>▪ Gran flexibilidad de E/S. Todos los terminales de sus puertos comparten múltiples funciones que pueden ser configuradas independientemente y bit a bit.</li><li>▪ Se aplica la técnica de segmentación (“pipe-line”) en la ejecución de las instrucciones, permitiendo al procesador realizar al mismo tiempo la ejecución de una instrucción y la búsqueda del código de la siguiente.</li><li>▪ Herramientas de soporte potentes y económicas, el ensamblador y simulador los regala la empresa Microchip.</li><li>▪ Precio reducido</li></ul>

## DESVENTAJAS

[WWW. 21]

<b>PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)</b>	<b>PIC (MICROCONTROLADOR)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Adiestramiento de técnicos, es necesario personal capacitado para el mantenimiento y programación de los PLC.</li><li>▪ Requiere una buena regulación de voltaje.</li><li>▪ Cuando se daña en muchos casos es necesario la reposición total del PLC.</li><li>▪ Los equipos que se han adquirido como PLCs se convierten en una caja negra la cual no puede ser analizada en caso de existir daños.</li><li>▪ Fragilidad ante sobrecarga de sensores.</li><li>▪ Se dificulta la localización de fallas debido a su diseño más complejo que los anteriores.</li><li>▪ La falla del PLC puede detener por completo los procesos que controla,</li><li>▪ Adiestramiento de técnicos, es necesario personal capacitado para el mantenimiento y programación de los PLC.</li><li>▪ Requiere una buena regulación de voltaje.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Las limitaciones tecnológicas impiden que los módulos lógicos contenidos en un microcontrolador tengan una elevada potencia y capacidad, por lo que existe gran cantidad de modelos para seleccionar en cada caso el que se ajuste mejor a los requerimientos del problema.</li><li>▪ Un microcontrolador PIC se utiliza para controlar pequeñas tareas no áreas industriales.</li><li>▪ La integración de la mayor parte de los elementos necesitados en un sistema (Memoria, Interfaces E/S, etc.) conduce a una dificultad de expansión o ampliación de sus características.</li><li>▪ El programador debe conocer a la perfección las limitaciones tecnológicas impiden que los módulos lógicos contenidos en un microcontrolador tengan una elevada potencia y capacidad, por lo que existe gran cantidad de modelos para seleccionar en cada caso el que se ajuste mejor a los requerimientos del problema.</li></ul>

## DESVENTAJAS

[WWW. 21]

<b>PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)</b>	<b>PIC (MICROCONTROLADOR)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Cuando se daña en muchos casos es necesario la reposición total del PLC.</li><li>▪ Los equipos que se han adquirido como PLCs se convierten en una caja negra la cual no puede ser analizada en caso de existir daños.</li><li>▪ Fragilidad ante sobrecarga de sensores.</li><li>▪ Se dificulta la localización de fallas debido a su diseño más complejo que los anteriores.</li><li>▪ La falla del PLC puede detener por completo los procesos que controla, mientras que una falla en un sistema convencional solo lo interrumpe parcialmente.</li><li>▪ La interferencia eléctrica puede alterar o interrumpir la memoria del PLC.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ La integración de la mayor parte de los elementos necesitados en un sistema (Memoria, Interfaces E/S, etc.) conduce a una dificultad de expansión o ampliación de sus características.</li><li>▪ El programador debe conocer a la perfección las características y el funcionamiento del microcontrolador concreto que se desee programar, ya que la probabilidad de los programas suele ser nula, es decir, un programa desarrollado para una tarjeta posiblemente no funcionará en otra tarjeta distinta, aunque ambas tengan el mismo microcontrolador.</li></ul>