



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ACATLAN

E. N. E. P. ACATLAN

"ARQUITECTURA, PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE LOS MICROPROCESADORES"



T E S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN MATEMATICAS
APLICADAS Y COMPUTACION
P R E S E N T A:
AURELIO JAIMES PEÑA



SANTA CRUZ ACATLAN, MEXICO

1993



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INTRODUCCION	1
1. ANTECEDENTES	3
1.1 CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES	5
1.2 BREVE HISTORIA	5
1.3 ESCALAS DE INTEGRACIÓN	7
2. MICROPROCESADORES	9
2.1 INTRODUCCION	9
2.2 CICLOS DE TRABAJO DE UN MICROPROCESADOR.	12
2.3 REGISTROS	12
2.4 INTERCONEXION DE LA MEMORIA.	13
2.5 INSTRUCCIONES. Nemotécnicos	13
2.6 FORMA DE DESARROLLO DE LOS DIFERENTES GRUPOS DE INSTRUCCIONES, SECUENCIA DE TRABAJO	14
2.6.1 BUSQUEDA (FETCH)	14
2.6.2 DECODIFICACIÓN	15
2.6.3 EJECUCIÓN	15
2.7 REPRESENTACIÓN DE UN PROGRAMA EN LA MEMORIA	18
2.8 INTERRUPCIONES	18
2.9 PROGRAMACIÓN DE MICROPROCESADORES	19
2.10 APLICACIONES DE LOS MICROPROCESADORES	20
2.11 MICROPROCESADORES RISC	22
3. MICROCOMPUTADORAS	24
3.1 INTRODUCCIÓN	24
3.2 PERIFÉRICOS	33
3.3 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UN COMPUTADOR DIGITAL	33
3.4 DESARROLLO DE UN SISTEMA UTILIZANDO MICROPROCESADORES	34
3.5 SISTEMAS MULTITAREA EN MICROCOMPUTADORES	36
4. MICROPROCESADORES INTEL DE LOS EQUIPOS IBM-PC y XT	38
4.1 LA COMPUTADORA PERSONAL DE IBM. (IBM-PC)	38
4.2 EL MERCADO DE LAS IBM-PC DIEZ AÑOS DESPUÉS	39
4.3 COMPONENTES DE LA COMPUTADORA IBM-PC	40
4.4 FUNCIONAMIENTO DE LA COMPUTADORA IBM-PC	40
4.5 CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS MICROPROCESADORES DE 16 BITS	41
4.6 TIPOS DE DATOS	45
4.7 CONCEPTOS DE LOS MICROPROCESADORES 8086/8088	49
4.8 LOS PROCESADORES 8086/8088	53
4.9 LA IBM PC-XT	55
4.10 APLICACIONES DE LOS MICROPROCESADORES 8086/8088	55
5. MICROPROCESADORES INTEL DE LOS EQUIPOS IBM-PC AT	57
5.1 LA COMPUTADORA PERSONAL IBM-AT	58
5.2 MODELOS AT 286	59

5.3 MODELOS XT 286	62
5.4 MODELOS AT 386	62
5.5 MODELOS AT 486	66
5.6 PENTIUM	68
5.7 SISTEMAS PS/2 Y PS/1 DE IBM	73
5.8 COPROCESADORES MATEMÁTICOS	74
CONCLUSIONES	77
APENDICE A	79
APENDICE B	80
APENDICE C	81
GLOSARIO	83
BIBLIOGRAFIA	88

INTRODUCCION

Mucho se ha escrito, y se seguirá escribiendo, en torno al mundo de las computadoras Personales, estando casi todo ello dedicado al software; grandes y pequeños programas, aplicaciones, herramientas, etc., inundan el mercado. Casi todos ellos, por pequeños que sean, tienen dedicados centenares de páginas. Cuando el usuario se decide por comprar uno concreto, comprueba como poco tiempo después se ve sorprendido por nuevas, y más potentes versiones del mismo, lo que conlleva más ríos de tinta, dedicados al tema.

Sin embargo muy poco se ha dicho sobre el hardware de las computadoras y no precisamente porque sean pocas las personas interesadas en este tema, pues son muchos los técnicos, y aficionados a la electrónica, y en general, los que están deseando introducirse al área de las Computadoras Personales.

Los microprocesadores y la electrónica digital han sido una de las revoluciones tecnológicas de mayor impacto en nuestra vida moderna y uno de los campos del conocimiento de más rápido crecimiento en las últimas décadas.

Existen pues dos grandes ramas dentro de las computadoras, el software y el hardware.

Por lo general es mayor el número de personas que conocen más del software que del hardware de los equipos de cómputo.

El objetivo principal del presente trabajo es el de ofrecer los conocimientos necesarios para tener congruencia entre el hardware y el software y así poder aprovechar de mejor forma los equipos de cómputo. Dado que es muy común la

adquisición de determinadas herramientas de software que se utilizan sobre un hardware inadecuado y en ocasiones incompatible, creando esto inversiones infructuosas.

Por hacer una analogía con algo cotidiano podemos pensar que el aprender a manejar un vehículo no necesariamente implica conocer su funcionamiento interno y que finalmente se le puede dar un uso satisfactorio, pero aquel conductor que conozca la mecánica que le permite satisfacer sus necesidades tendrá más ventajas sobre aquel que se conforma con solo conducir.

La presente tesis invita a conocer una parte importante de las microcomputadoras, el microprocesador, así como algunos otros elementos que interactúan con éste y que también forman parte del hardware

Los microprocesadores que se analizarán pertenecen a la familia Intel así como las microcomputadoras que los utilizan (IBM-PC) y para llegar a ello se muestra previamente un panorama de los microprocesadores en general.

También se mencionan otras aplicaciones de los microprocesadores, pues comúnmente al escuchar la palabra microprocesador se relaciona de inmediato (o exclusivamente) con una computadora a pesar de que estos son una de tantas opciones.

Basta mencionar los aparatos modernos que se utilizan ampliamente en la actualidad y que se basan en la tecnología digital como los equipos telefónicos, calculadoras, equipos de sonido digitales, televisiones, computadoras y otros equipos dedicados a procesos de control.

Al juntar todo esto se podrá contar con las bases necesarias para, entre otras cosas, tomar decisiones satisfactorias sobre la adquisición del equipo adecuado, dadas las necesidades del usuario.

Los siguientes temas tiene una utilidad práctica, y están dirigidos a estudiantes, profesores, aficionados, técnicos, ingenieros, investigadores y en general a todos aquellas personas relacionadas de una u otra forma con las computadoras personales.

1. ANTECEDENTES

La electrónica digital ha sido una de las revoluciones tecnológicas más importantes y decisivas de las últimas décadas. Su evolución vertiginosa ha cambiado el ritmo de nuestro tiempo y representa el liderazgo tecnológico de la vida moderna.

Los avances alcanzados en el campo de la electrónica digital han permitido el desarrollo y la fabricación masiva, a bajo costo, de calculadoras de bolsillo, relojes digitales, computadoras personales, robots y toda una generación de aparatos y sistemas inteligentes de uso doméstico, comercial, industrial, automotriz, científico, médico, etc.

En gran parte, todo este desarrollo ha sido posible gracias al milagro de la microelectrónica. Esta tecnología le ha permitido al hombre fabricar sobre diminutas pastillas de silicio sistemas completos que contienen miles de componentes electrónicos.

En sus comienzos, la electrónica digital era una ciencia exclusiva para ingenieros y unos pocos especialistas que la hacían misteriosa e impenetrable. Por fortuna, las cosas cambiaron y la invención de los circuitos integrados digitales la hizo accesible a todo el mundo.

La electrónica digital tuvo un desarrollo incipiente durante la era de los tubos de vacío. Después, con la invención del transistor, se facilitó su progreso y avance.

Pero, definitivamente, el gran salto se logró cuando aparecieron los circuitos integrados y revolucionaron el panorama tecnológico existente, relegando los transistores a labores secundarias.

En las décadas que siguieron a la introducción del transistor semiconductor en los años cuarenta han atestado un cambio sumamente drástico en la industria electrónica. La miniaturización que ha resultado nos maravilla cuando consideramos sus límites. Las ventajas asociadas con los sistemas semiconductores en comparación con las redes con bulbos de los años anteriores son, en su mayor parte, obvias: más pequeños y ligeros, no requieren calentamiento ni se producen pérdidas térmicas (lo que sí sucede en el caso de los bulbos), además de una construcción más resistente.

La minimización de los últimos años ha producido sistemas semiconductores tan pequeños que el propósito principal de su encapsulado es proporcionar simplemente algunos medios para el manejo del dispositivo y para asegurar que las puntas de conexión permanezcan fijas a la oblea del semiconductor. Tres factores limitan en apariencia los límites de la miniaturización: la calidad del propio material semiconductor, la técnica de diseño de la red y los límites del equipo de manufactura y procesamiento.

La introducción de los circuitos integrados hizo posible la miniaturización de los sistemas digitales, diversificó sus aplicaciones y masificó la producción de aparatos con tecnología digital.

La electrónica digital puede definirse como la parte de la electrónica que estudia los dispositivos, circuitos y sistemas digitales, binarios o lógicos.

A diferencia de la electrónica lineal o análoga, que trabaja con señales que puedan adoptar una amplia gama de valores de voltaje, los voltajes en electrónica digital están restringidos a adoptar uno de dos valores llamados niveles lógicos alto y bajo o estados 1 y 0.

Generalmente, un nivel lógico alto ó 1, corresponde a la presencia de voltaje y un nivel lógico bajo ó 0 corresponde a la ausencia del mismo.

Para comprender mejor el concepto de sistema digital tomemos como ejemplo un circuito eléctrico simple formado por una batería, una lámpara y un interruptor.

En este caso, el nivel alto ó 1 lógico representa la situación cuando se cierra el interruptor y se enciende la lámpara. El nivel bajo ó 0 se presenta cuando el interruptor está abierto y la lámpara está apagada.

En la realidad, los circuitos digitales no son más que una combinación de muchos interruptores, extremadamente rápidos, que se cierran o abren en un momento dado, formando determinados patrones de unos y ceros que se utilizan para muchos propósitos dentro de los aparatos electrónicos.

1.1 CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES

La principal razón para que los sistemas digitales hayan adquirido tanta popularidad y sean cada vez más sofisticados, compactos y económicos ha sido el alto grado de perfeccionamiento logrado en el desarrollo en masa de circuitos integrados.

Prácticamente, todos los equipos digitales modernos se fabrican usando circuitos integrados.

Un circuito integrado o CI es aquel en el cual todos los componentes, incluyendo transistores, diodos, resistencias, condensadores y alambres de conexión, se fabrican e interconectan completamente sobre un chip o pastilla semiconductora de silicio.

Una vez procesado, el chip se encierra en una cápsula plástica o de cerámica que contiene los pines de conexión a los circuitos externos.

Las cápsulas plásticas son más livianas pero las cerámicas son más resistentes y pueden trabajar a más altas temperaturas.

Una pastilla típica tiene aproximadamente de 2.5 a 6.5 mm de lado y 0.5 mm de espesor. Los chips digitales más pequeños contienen varios componentes sencillos. Los más grandes contienen circuitos y sistemas completos como memorias, microprocesadores, etc.

1.2 BREVE HISTORIA

El primer circuito integrado digital conocido fue concebido por Jack Kilby de Texas Instruments en 1959, más de una década después de la invención del transistor en los Laboratorios Bell (1947). Se trataba de un flip-flop desarrollado enteramente sobre un sustrato de germanio.

El flip-flop de Kilby contenía apenas 4 transistores, una cifra insignificante comparada con los casi 1,000,000 (!Un millón!) de transistores de un microprocesador moderno, como el 68030 de Motorola o el 80486 de Intel.

La primera familia de circuitos integrados digitales comercialmente disponible fue la serie 900 de Fairchild Semiconductor, introducida en 1961. Los chips de esta familia, denominada RTL (Resistor-Transistor Logic), operaban a 3.2 V y utilizaban internamente resistencias y transistores para realizar operaciones lógicas.

La familia RTL dio paso a otra familia de circuitos integrados digitales construidos a base de diodos y transistores. A esta nueva familia se le denominó DTL (Diode-Transistor Logic).

La siguiente familia en aparecer (1962) fue la TTL (Transistor-Transistor Logic), que utiliza sólo transistores y era más rápida que sus predecesoras. Los primeros trabajos en TTL fueron realizados por James Buidé de Pacific Semiconductors (ahora subsidiaria de TRW).

Con el tiempo se impuso en el mercado la serie TTL 74XX, lanzada originalmente por Texas Instruments, la cual sigue siendo una de las más utilizadas y económicas.

Mientras se desarrollaba la tecnología bipolar o TTL, algunos fabricantes, especialmente RCA, concentraba sus esfuerzos en los transistores de efecto de campo (FETs) y sus aplicaciones. En 1957, John Wallmark de RCA patentó el FET.

En 1962, Steven Hofstein y Frederic Heiman, también de RCA, desarrollaron el transistor MOS o MOSFET (FET de compuerta aislada). A finales de este año, Hofstein y Heiman lograron fabricar el primer circuito integrado MOS, el cual contenía 16 transistores MOSFET distribuidos sobre una pastilla de silicio de 0.063 mm de lado.

Para 1963, RCA ya producía chips que contenían cientos de transistores MOSFET en una área muy reducida. El desarrollo del transistor MOS y su facilidad de integración permitió el surgimiento de familias como la MOS de canal P (PMOS) entre otras de gran aceptación.

Dentro de las familias CMOS se impuso con el tiempo la serie 40XX, lanzada originalmente por la RCA, una de las más populares en la actualidad junto con la serie 74XX de National.

A pesar de que los circuitos integrados MOS prometían ser más simples de procesar, consumían menos potencia y permitían mayores niveles de integración que los bipolares, existían serios problemas en su fabricación, especialmente su extrema sensibilidad a la electricidad estática.

Además, los dispositivos MOS eran más lentos que los bipolares y requerían diferentes fuentes de alimentación. Debido a estos y otros inconvenientes, la tecnología MOS no tuvo mucha aceptación en sus comienzos.

Durante la mayor parte de los años 60's, sólo dos compañías, General Microelectronics y General Instruments producían chips MOS. Incluso RCA, pionero

de la tecnología MOS, desplazó la mayor parte de su interés hacia la tecnología bipolar, que era económicamente más rentable.

Sin embargo, la tecnología MOS resurgió con fuerza en 1967 cuando Fairchild lanzó al mercado la primera memoria MOS (una ROM de 64 bits) y se consolidó definitivamente en junio de 1971 con la introducción, por parte de Intel Corporation, del primer microprocesador (el 4004, de 4 bits).

Posteriores avances en los procesos de fabricación de los circuitos integrados aceleraron el crecimiento de una industria ya en expansión. En 1972, Mostek Corporation lanza la primera memoria de alta densidad (una RAM dinámica de 1024 bits) e Intel ofrece los primeros microprocesadores de 8 bits (el 8008 y el 8080).

En los años siguientes, otras industrias como National Semiconductor, Rockwell, AMI, Signetics Western Digital, RCA, Motorola y Zilog producen sus propios microprocesadores (1802, TMS1000, 6800, Z80, 8048, 8086, Z8000, 68000, etc.)

Para mediados de la década de los 70's, existían cerca de 40 microprocesadores diferentes en el mercado. Actualmente, la cifra de microprocesadores disponibles es muy alta.

1.3 ESCALAS DE INTEGRACIÓN

De acuerdo a su complejidad, los circuitos integrados digitales se clasifican en 4 categorías básicas llamadas SSI, MSI, LSI y VLSI. Esta clasificación se fundamenta en la cantidad de compuertas utilizadas para implementar la función propia del chip. Las compuertas son los bloques constructivos básicos de todos los circuitos digitales.

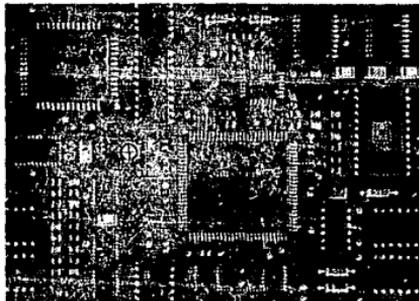
SSI significa Small Scale Integration (integración en pequeña escala) y comprenden los chips que contienen menos de 13 compuertas. Los CI SSI se fabrican principalmente empleando tecnologías TTL, CMOS y ECL.

MSI significa Medium Scale Integration (integración en mediana escala) y comprende los chips que contienen de 13 a 100 compuertas. Ejemplos: codificadores, registros, contadores, multiplexores. Los CI MSI se fabrican empleando tecnologías TTL, CMOS y ECL.

LSI significa Large Scale Integration (integración en alta escala) y comprende los chips que contienen de 100 a 1000 compuertas. Ejemplos: memorias, unidades aritméticas y lógicas (ALU's), microprocesadores de 8 y 16 bits. Los CI LSI se fabrican principalmente empleando tecnologías NMOS y PMOS.

VLSI significa **Very Large Scale Integration** (integración en muy alta escala) y comprende los chips que contienen más de 1000 compuertas. Ejemplos: microprocesadores de 32 bits, microcontroladores. Los CI VLSI se fabrican empleando tecnologías NMOS y PMOS.

A continuación se muestra una tarjeta con diferentes tipos de circuitos integrados.



2. MICROPROCESADORES

2.1 INTRODUCCION

Uno de los avances tecnológicos más importantes de las dos décadas pasadas fue la aparición de los circuitos con integración a gran escala (LSI). La tecnología y los métodos de manufactura mejorados han permitido la producción de circuitos muy complejos en chips individuales. En el dominio de la lógica digital, esta evolución pasó por las etapas de producción de subunidades lógicas estándar en paquetes de circuito integrado (CI).

Conforme aumentó la capacidad para construir circuitos integrados con alta densidad de elementos lógicos, se volvió una ventaja tomar en cuenta circuitos que requerían muchos elementos, pero relativamente pocas conexiones externas. El resultado fue la aparición de paquetes más complejos, tales como los chips de unidad de aritmética y lógica (ALU), capaces de efectuar las funciones aritméticas y lógicas usuales, con operandos de cuatro bits. La continuación lógica de esta tendencia propició la aparición de procesadores completos en un chip, a principios de la década de los setentas. Primero, hubo chips capaces de operar con cuatro bits en paralelo. Ya que tenían capacidades de procesamiento, pero no tamaño ni velocidad comparables con los de las minicomputadoras. Muy poco después hubieron chips más grandes. La tecnología que mejora cada vez más ha llegado al punto de fabricar circuitos con integración a muy gran escala (VLSI) para implantar un microprocesador de 32 bits en un solo chip.

No hay una definición estándar que cubra las diferentes variedades de microprocesadores. Sin embargo, todos los microprocesadores tienen ciertos atributos en común los cuales los distinguen de otros dispositivos. Esencialmente, un microprocesador es la parte de control y procesamiento (CPU) de una computadora

pequeña que se construye utilizando una determinada circuitería en una sola pastilla. Un microprocesador puede manejar y procesar tanto datos aritméticos como lógicos en un modo paralelo (todos los bits de la palabra simultáneamente) bajo el control de un programa.

Un microprocesador no es una computadora, sino parte de una. La adición de una memoria externa más los circuitos de entrada y salida para operar equipo periférico harán una computadora a partir de un microprocesador. Tal computadora se denomina microcomputadora. Aun cuando los términos "microprocesador" o "sistema microprocesador" son usados comúnmente en referencia a una microcomputadora, la microcomputadora es realmente una aplicación de los microprocesadores.

Al aumentar la capacidad de procesamiento de los chips de CI, se tiende a incrementar el número necesario de conexiones externas, lo que da como resultado paquetes más grandes. Es bastante común encontrar microprocesadores de ocho bits en paquetes de 40 patas. Es más difícil que un microprocesador de 16 bits quepa en un paquete de 40 patas sin multiplexar división en el tiempo el uso de algunas patas. Con la multiplexación en el tiempo, se utilizan conjuntos de patas para diferentes funciones en tiempos distintos. Tal forma compartida del tiempo es una posibilidad viable, pero inevitablemente se logra en detrimento de la velocidad de operación y con interfaces externas más complejas. La opción es utilizar paquetes con más de 40 patas.

El corazón de un microprocesador es un circuito integrado el cual contiene la unidad aritmética lógica (ALU), algunos registros y la circuitería de control necesaria para el procesamiento de instrucciones. Un sistema microprocesador completo pudiera contener de 30 o más CI, adicionales a la pastilla básica del microprocesador, uno del tipo moderadamente sofisticado puede contener una memoria de acceso al azar, uno o más buses de datos y una memoria de lectura solamente para el programa de microinstrucciones.

Los diferentes elementos que constituyen el esquema básico de un microprocesador son los siguientes:

La Unidad de Control interpreta la instrucción contenida en el Registro de Instrucción y genera las señales de control para transferir la información entre los diferentes elementos del microprocesador, así como de éste a los elementos externos (memoria y periféricos).

El Contador de Programa es un registro que contiene la dirección de la próxima instrucción. Al realizar cada instrucción se incrementa su contenido en una

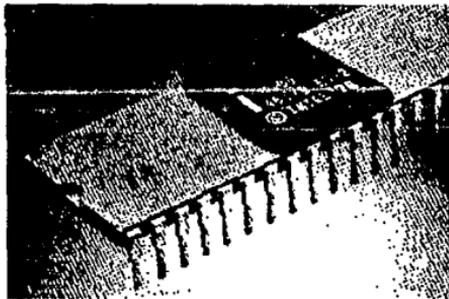
unidad, excepto cuando se trata de una instrucción de salto en que se cambia por el de la dirección a la que hay que saltar.

El Registro de Instrucción, como su nombre lo indica, es un registro que recibe la instrucción procedente de la memoria y la almacena temporalmente durante su ejecución.

El Acumulador es un registro que almacena los datos procedentes de la memoria o procesador por la Unidad Aritmética y Lógica. Por ser las instrucciones del Microprocesador de una sola dirección, este registro es imprescindible para realizar operaciones con dos datos. La mayoría de los microprocesadores no poseen un único Registro Acumulador sino que tienen varios independientes entre sí o interconectados, formando una pequeña unidad de memoria. Esto permite al microprocesador almacenar resultados parciales sin necesidad de utilizar la memoria externa.

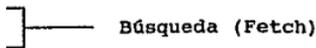
La Unidad de aritmética y Lógica, como su nombre indica, es un sistema combinacional operativo que, bajo el gobierno de la unidad de control, realiza operaciones elementales con los datos: suma y resta binaria, comparación aritmética, comparación binaria, Y lógica, O lógica, etc.

A continuación se muestra el microprocesador 8086 encapsulado.



2.2 CICLOS DE TRABAJO DE UN MICROPROCESADOR.

Cada microprocesador usa diferentes combinaciones de señales de reloj o sincronismo, para sus ciclos de trabajo, pero existen siempre las siguientes fases:

- a) Fase de direccionamiento
 - b) Fase de memoria
 - c) Fase de ejecución
- 
- Búsqueda (Fetch)

En un ciclo típico de microprocesador, los circuitos de control de tiempo y generadores de reloj, durante la fase de direccionamiento, disponen a todos los chips para que el rastreador (bus), conectado a la memoria se dirija hacia la posición que se debe leer (generalmente siguiendo la ejecución de un programa). Los microprocesadores emplean más de una fase o reloj (clock) para la operación de direccionamiento de la memoria, debido a que precisan de más de ocho bits para remitir o transmitir todas las posiciones necesarias.

Durante la fase de memoria, el contenido de la dirección enviada en el bus en la fase anterior, es colocado sobre el canal de memoria y enviado el dato a los circuitos de control lógico, a través de un bus de memoria.

Durante la fase de ejecución, los circuitos de control lógico interpretan y ejecutan la instrucción de programa (que normalmente contiene la posición de memoria direccionada).

2.3 REGISTROS

Son circuitos electrónicos capaces de almacenar una pequeña cantidad de bits. El registro difiere del resto de la memoria en que es mucho más fácil de direccionar y de manejar, utilizándose normalmente para manejar y operar con los datos durante la operación del microprocesador.

Estos circuitos se borran y escriben frecuentemente durante la operación, mientras que la memoria lo hace pocas veces. Se podría definir como memorias de una palabra, mucho más ágiles en su operación.

Puesto que deben almacenar datos, los registros están conectados al canal de la memoria, siendo accedidos a través del bus de ésta.

2.4 INTERCONEXION DE LA MEMORIA.

Hay diversidad de opiniones respecto a qué unidad de la computadora es el corazón del sistema. Hay quien opina que el corazón es la unidad de control, otros opinan que es la memoria. Es evidente no obstante que los computadores basan sus características en el programa almacenado en la memoria. Esto distingue o diferencia completamente un computador de un automatismo por muy complejo que sea.

Un computador digital, como demostró Turing en 1936 cuando aún no existían los computadores digitales, necesita básicamente una memoria de programa y además necesita que esta memoria sea modificable por el propio computador.

La memoria realiza dos operaciones: escribir y leer. Debido a que existe un bus conectado a ella, por él fluyen direcciones y datos hacia y desde la memoria.

Cuando es preciso leer una posición de la memoria, se coloca la dirección deseada en el bus. Los circuitos de control de la memoria decodifican la dirección y determinan la localización deseada (mapeo o rastreo). El contenido de esta posición es entonces colocado en el bus, pudiendo tomarse de él los datos deseados.

Evidentemente, para este proceso los circuitos de control del microprocesador informan en cada momento del significado de las informaciones presentes en el bus. Estas señales de reloj fuerzan al microprocesador a trabajar en ciclos.

2.5 INSTRUCCIONES. MNEMOTÉCNICOS.

La instrucción elemental para un microprocesador es una cantidad determinada de "unos" y "ceros" que guardan una posición y valor, considerando el sistema binario, los cuales producen en su unidad central una operación definida por el fabricante, es decir, para un fabricante la instrucción de SUMAR la codifica como 10110111 y para otro ello significa MOVER, esto se diseña de acuerdo a la lógica, velocidad de respuesta estimada y al uso primordial del microprocesador.

Así el microprocesador está preparado para entender un conjunto relativamente amplio de estas instrucciones, las cuales se le suministran desde la Memoria como "unos" y "ceros" alternados. Ello recibe el nombre de Código máquina y sólo en esta forma es como pueden ser introducidas en el microprocesador. La no normalización de estas instrucciones entre éstos, ni en sus códigos, ni en sus operaciones, hace difícil evaluar rápidamente el camino de obtención de resultados.

El uso de "unos" y "ceros" es muy abstracto para el programador, e incluso también la instrucción directamente en hexadecimal. Para ello se utilizan los Códigos Mnemónicos, que son contracciones de las palabras en inglés que indican la operación realizada, ello lo hace más inteligible para el humano y más fácilmente recordable o reconocible para el programador.

Cada Mnemotécnico equivale a una o más instrucciones en hexadecimal y por tanto, directamente a Código Máquina.

2.6 FORMA DE DESARROLLO DE LOS DIFERENTES GRUPOS DE INSTRUCCIONES, SECUENCIA DE TRABAJO.

En principio la ejecución de cualquier instrucción es de características parecidas. Todas las instrucciones tienen dos tiempos fundamentales, llamados de búsqueda (fetch) y de ejecución (execute). El tiempo de ejecución empieza por un subtiempo de decodificación de la instrucción y prosigue con la parte de ejecución propiamente dicha que puede tener varios subtiempos, dependiendo del tipo de instrucción.

2.6.1 BUSQUEDA (FETCH)

En todos los computadores digitales el tiempo de búsqueda tiene las mismas características. Es el comienzo de una nueva instrucción; por lo tanto el computador no sabe <<a priori>> qué le va a pedir aquella instrucción, y por tanto los tiempos de búsqueda son exactamente iguales. El desarrollo de un tiempo de búsqueda es el siguiente:

1. El contenido del contador de programa (CP / PC Program Counter), a través del bus interno de la unidad de control, aparece en el bus de direcciones y eventualmente se graba en el registro de direcciones de memoria.

2. El contenido de la posición de memoria direccionada por el registro de dirección de memoria (RDM), aparece en el registro de datos de memoria y en el bus de datos. Esta información se deposita en el registro de instrucción (RI). Además el contador de programa (CP) se incrementa en una unidad, ya que éste debe siempre señalar a la dirección de la instrucción siguiente a realizarse.

De esta forma se ha completado la operación de búsqueda de una nueva instrucción.

2.6.2 DECODIFICACIÓN

La primera parte del tiempo de ejecución es también exactamente igual para todas las instrucciones puesto que aun no se sabe que operación hay que realizar. De momento la parte de la instrucción llamada código de operación (opcode) se transfiere al decodificador de instrucción y aquí empieza la parte diferente de la instrucción.

La parte de código de operación pasa al decodificador de instrucción.

2.6.3 EJECUCIÓN

Dependiendo de las características del computador los diferentes tipos de instrucciones serán de 1, 2 o más palabras. En función del número de palabras y del tipo de instrucción (uno o varios ciclos de máquina) la ejecución tiene características diferentes.

Dentro del conjunto de instrucciones de un computador digital se encuentran instrucciones que tienen necesidad de ocupar una o varias palabras. A continuación se verá cual es la evolución de cada uno de los ciclos de ejecución de diversas instrucciones en función del número de palabras de cada instrucción y del número de ciclos de memoria que cada tipo de instrucción necesite ejecutar totalmente.

Instrucciones de una sola palabra

a) De un solo tiempo de ejecución.

La instrucción queda completamente definida con la información de la propia instrucción. Una instrucción de este tipo puede ordenar al microprocesador que complemente el acumulador, esto es, que convierta todos los "0" a "1" y viceversa. Otra instrucción de este tipo puede ser

MOV A,B

que significa traspasar la información de A y depositarla en B.

b) *De dos tiempos de ejecución.*

La instrucción es de una sola palabra pero no hay bastante información en la propia instrucción puesto que uno de los datos debe obtenerse de la memoria. Como ejemplo tenemos:

CMP M

Que significa realizar la función lógica de comparación entre el contenido de la posición de memoria M y el acumulador.

Si los contenidos a comparar coinciden, la bandera de cero pasa a valer 1, si no coinciden pasa a valer 0 además la bandera de signo pasa a 1 si el acumulador es mayor, o a 0 en caso contrario.

Instrucciones de dos palabras

a) *De dos tiempos.*

Las instrucciones de dos palabras deben ser necesariamente por lo menos de dos ciclos puesto que debe accederse dos veces a la memoria para obtener toda la instrucción.

Pueden ser de este tipo las instrucciones inmediatas y las de entrada y salidas.

1. Instrucciones inmediatas

Una instrucción de este tipo puede ser

MVI B,X

que significa colocar la información X, en el registro B.

2. Instrucciones de entradas/salidas

En las Instrucciones de este tipo, una vez reconocida o decodificada la instrucción hay que ir de nuevo a la memoria para obtener el número del canal o puerto de entrada o salida a utilizar.

Una instrucción de este tipo podría ser:

OUT X

que significa coger la información depositada anteriormente en el acumulador y sacarla por el puerto o canal número X.

Una instrucción de entrada sería:

IN X

que significa coger la información presente en la entrada X y depositarla en el acumulador.

b) *De tres tiempos.*

Existen instrucciones que deben acceder a memoria varias veces, por ejemplo las instrucciones inmediatas de carga en memoria. En este caso la primera palabra de la instrucción es el código de operación y la segunda es la información a cargar y en este caso debe hacerse un nuevo ciclo para cargar en memoria dicha información.

Instrucciones de tres palabras

Las instrucciones de tres palabras son las que llevan implícita una dirección o una palabra en la propia instrucción. Acostumbran a ser instrucciones de salto condicional o incondicional a otra parte del programa o a una subrutina o instrucciones de carga inmediata de palabras.

a) *De tres tiempos.*

Se desarrollan instrucciones de este tipo cuando la gestión de subrutina se realiza con una pila situada en la propia unidad de control o cuando estando situada la pila en la unidad de control o en la memoria el salto no es a una subrutina sino a otra parte del programa.

Una instrucción de este tipo podría ser:

JCY

que significa saltar a la subrutina que empieza en la posición de memoria Y siempre que el arrastre valga 1.

b) *De cinco tiempos.*

Este tipo de instrucciones se realizan si el computador no lleva el stack en la propia unidad de control sino que se encuentra en la memoria y en la unidad de control, solo hay un registro que hace de apuntador de la pila.

Una instrucción de este tipo podría ser

CALL Y

que significa saltar incondicionalmente a la subrutina que empieza en la posición de memoria Y.

2.7 REPRESENTACIÓN DE UN PROGRAMA EN LA MEMORIA.

Otra función importante en un microprocesador es la de almacenar instrucciones en los propios circuitos de la memoria. Para ello, las instrucciones deben tener las mismas características que los datos.

Así pues, las instrucciones son palabras que suministradas a la unidad de control del microprocesador, hacen que éste se comporte de acuerdo con unos patrones preestablecidos por el fabricante y que el usuario debe saber explotar adecuadamente.

Un conjunto de instrucciones que obligan a éste a realizar una tarea definida, pretendida por el usuario, recibe el nombre de Programa.

2.8 INTERRUPCIONES

Supongamos la construcción de un sistema que maneja datos procedentes de un teclado, y que acepta también los procedentes de una terminal remota. Normalmente se sigue un programa principal, que atiende las operaciones del teclado local. Pero al llegar datos procedentes de la terminal remota, el sistema debe Interrumpir su programa regular y servir a un programa especial para manejar los datos remotos. Cuando los datos remotos han sido manejados, el sistema debe volver al programa original, reanudando las operaciones allí donde las dejó. Esta posibilidad de manejar más de un programa recibe el nombre de posibilidad de interrupción.

2.9 PROGRAMACIÓN DE MICROPROCESADORES.

La técnica de la microprogramación, como concepto de diseño, apareció en 1951 como un intento de sistematizar la estructuración de la unidad de control de los computadores digitales. Los primeros trabajos sobre este tema se deben al profesor M. V. Wilkes del Laboratorio de Matemáticas de la Universidad de Cambridge. Las ventajas que incorpora, además de la facilidad de diseño, son:

- *Emulación.* A través de la microprogramación puede cambiarse fácilmente la interpretación de las instrucciones-máquina pertenecientes a una CPU determinada.

- *Flexibilidad.* Es sumamente simple realizar cambios en la unidad de control.

- *Instrucciones máquina muy potentes.* Utilizando tal técnica es posible disponer de un juego de instrucciones tan potentes como se desee.

Se denomina microinstrucción a un conjunto de órdenes que producen un movimiento elemental de datos en la CPU o en los elementos relacionados con ella. La sucesión de microinstrucciones para ejecutar una instrucción, se denomina macroinstrucción, y se genera con la evolución del autómata síncrono que forma realmente la unidad de control. Es importante destacar el orden de generación de las microinstrucciones, dependiendo del orden de aparición se obtiene la ejecución de diferentes macroinstrucciones.

Diversas macroinstrucciones pueden precisar, para su ejecución, grupos comunes de microinstrucciones. El concepto secuencia de microinstrucciones pone de manifiesto y simplifica la formación y manejo de dichos grupos. Es evidente que ordenando adecuadamente una sucesión de microinstrucciones no se generaría simplemente una macroinstrucción, sino que representaría una constitución elemental de un programa completo. A los programas así formados se les denomina microprogramas.

Nótese que un microprograma representa en realidad una secuencia larga de microinstrucciones que, bajo el punto de vista del usuario, se ve como una macroinstrucción.

2.10 APLICACIONES DE LOS MICROPROCESADORES

Los microprocesadores están abriendo nuevos caminos y posibilidades en un amplio abanico de nuevos equipos industriales, sistemas de automatización de fábricas, control numérico de máquinas herramientas, sistemas de adquisición de datos, balanzas electrónicas, manipulación de piezas mediante robots, inserción de componentes, vigilancia de la contaminación y fotocomposición.

Los sistemas basados en microprocesador ofrecen una gran flexibilidad para adaptar los sistemas de fabricación a la demanda del mercado continuamente cambiante y para optimizar estos sistemas cuando la producción aumenta.

Como la potencia de los micros está en continua expansión y crecimiento, están sustituyendo a los minis en muchas tareas en las que la potencia de estos no se aprovechaba adecuadamente.

La proliferación de aplicaciones es asombrosa. Actualmente se ha cubierto un amplio espectro que parece no tener límites y que abarca las telecomunicaciones, la industria, productos de consumo, el comercio, la instrumentación y los ordenadores. Dentro de este espectro de aplicaciones se pueden citar sistemas tan variados como el control de procesos, control numérico, proceso de palabras, controladores de comunicación, terminales inteligentes, sistemas de venta, juegos electrónicos, juguetería, calculadoras de bolsillo, instrumentos autocalibradores, control de automóviles, etc.

Los diseñadores de equipos industriales prefieren microprocesadores porque pueden ser adaptados a tareas que anteriormente solo podían ser resueltas con minicomputadores.

Los diseñadores de equipos de comunicaciones son entusiastas de los microprocesadores porque su flexibilidad les permite resolver los problemas que presentan los cambios continuos en la especificación de modems y multiplexores.

Los diseñadores de instrumentos de medida están utilizando los micros como componentes base para producir una familia de instrumentos "inteligentes" que pueden, no sólo medir datos, sino además reaccionar en función de estos datos.

Los fabricantes de computadores ven también en los microprocesadores los componentes ideales para interconectarlos a otros módulos de la misma tecnología.

Las características clave de un microprocesador, que condicionan de un modo muy determinante su campo de aplicación son las siguientes:

- * Longitud de palabra.
- * Arquitectura.
- * Velocidad.
- * Flexibilidad de programación.
- * Herramientas disponibles para el diseño.
- * Interrupción.

Especialmente se observa la longitud de palabra como elemento condicionante en muchas aplicaciones. Los requisitos, en cuanto a longitud de palabra, vienen impuestos por el número de bits en paralelo de las entradas y salidas, la precisión que se necesita en los cálculos, la longitud de los caracteres o la resolución de los convertidores analógico-digitales.

Relación entre la longitud de palabra y las aplicaciones típicas de un microprocesador.

4 bits

Control de la representación de dígitos Binario-Decimales.
 Cálculo aritmético.
 Cajas registradoras.
 Verificación de tarjetas de Crédito.
 Instrumentos Inteligentes.
 Juegos Electrónicos.

8 bits

Terminales e Instrumentos inteligentes.
 Concentradores de Datos.
 Preprocesadores de Comunicaciones.
 Control de Procesos.
 Control Numérico de Máquinas Herramientas.
 Edición de textos.
 Control de Tráfico.
 Educación: Sistemas de enseñanza Programada.
 Medicina.
 Sistemas de medición.

16 bits

Sistemas de Adquisición de Datos: Conversión Analógico-Digital.
Supervisión y alarma de Procesos.
Distribución y Control (Agua, Gas, Electricidad).
Test Automático.
Sistema de Navegación.
Control de Periféricos.

32 bits

Proceso de señales digitales.
Autocorrelación y cálculo de Transformadas de Fourier.
Filtros Digitales.
Interconexión con grandes ordenadores.

La elección de un microprocesador para una aplicación dada depende del costo, de la flexibilidad, de las características de diseño "performance" y de las necesidades de aplicación.

En muchos casos la velocidad no es elemento determinante, pero si un microprocesador es más veloz que otros (suponiendo que los otros factores sean iguales) tiene naturalmente una ventaja para cubrir un campo más amplio de aplicaciones. Cuando un microprocesador es lento para una aplicación pueden conectarse varios en paralelo o se les puede hacer trabajar en multiproceso.

2.11 MICROPROCESADORES RISC

RISC (*Reduced Instruction-Set Computing*) es una tecnología que está siendo utilizada en los diseños y fabricación de los nuevos microprocesadores y microcontroladores, debido a que este tipo de chips tienen una gran eficiencia, una integración de sistemas en un solo chip, cuentan con mayor velocidad y tiene una gran densidad (cantidad de transistores en un solo circuito integrado).

Está avanzando RISC en tal forma, que para el año 2000 se estima que un chip tendrá alrededor de 100 millones de transistores, trabajando con velocidades de más de 100 Mhz y por si fuera poco, estos chips incluirán unidades de procesamiento para video digital.

Para lograr tal eficiencia los procesadores RISC realizan varias instrucciones por cada ciclo de reloj.

Las instrucciones de punto flotante incluyen un grupo de operaciones que inician tanto con una suma como con una multiplicación. Combinando la suma y la multiplicación, con las operaciones enteras, resultan tres operaciones en cada ciclo de reloj. Con este paralelismo, la arquitectura RISC puede soportar el procesamiento de vectores por software. Las rutinas de un vector operan a una velocidad de 80 MFPS (millones de operaciones de punto flotante por segundo). El paralelismo puede también ser usado en otros algoritmos paralelos que no sean vectorizados.

- + Alta eficiencia
- + Integración de sistemas en un solo chip
- + Mayor velocidad
- + Mayor densidad (mayor cantidad de transistores en un solo circuito integrado).

3. MICROCOMPUTADORAS

3.1 INTRODUCCIÓN

Una de las muchas aplicaciones que tienen los microprocesadores son las microcomputadoras, que en forma general son microprocesadores acompañados de un conjunto específico de circuitos.

La palabra computadora abarca una gran variedad de máquinas, que difieren mucho entre si en cuanto a tamaño, velocidad y costo. Se utilizan palabras más específicas para referirse a cada clase de computadora como son Macrocomputadoras, Minicomputadoras y Microcomputadoras. A principios de la década de 1970 el término microcomputadora se acuñó para describir una computadora muy pequeña de bajo precio que consistía sólo en unos cuantos paquetes de circuitos de integración a muy alta escala (VLSI). Sin embargo, los conceptos básicos son en esencia los mismos para todas las clases de computadoras, y se basan en unas cuantas ideas bien precisas.

En su forma más simple, una computadora consiste en cinco partes principales e independientes desde el punto de vista funcional: unidades de entrada, de memoria, aritmética y lógica, de salida y de control las cuales se describirán a continuación.

Unidad de entrada

Las computadoras aceptan información codificada por medio de unidades de entrada, las cuales consisten en dispositivos capaces de "leer" tales datos. La más simple de estas unidades es el teclado. El teclado está cableado de manera que siempre que se oprima una tecla, la letra o dígito correspondiente se traduzca

automáticamente al código que le corresponda, y pueda entonces enviarse de manera directa, ya sea a la memoria o al CPU.

Existen muchos otros tipos de dispositivos de entrada, que incluyen plumnillas luminosas, bastón de mandos y esfera de mandos (mouse).

Memoria

Existen dos clases de dispositivos de memoria que cubren el almacenamiento primario y el secundario.

a) Almacenamiento primario o memoria principal.

Es un conjunto de circuitos electrónicos que se usan para almacenar una gran cantidad de posiciones binarias (1 y 0).

Los circuitos están contruidos de manera tal que se puede escribir o leer cada posición que contiene un dígito (bit).

Conceptualmente la memoria consiste en un número de posiciones o localizaciones. Escribir un bit consiste en colocar un 1 o un 0 en una determinada posición del circuito.

También, especificando una determinada localización o posición del circuito memoria, se puede obtener (leer) la información almacenada en forma de 1 o de 0. El circuito memoria es pues un bloque electrónico lleno de unos y ceros aleatoriamente, pero situados a voluntad del operador y bajo el control de éste.

Un solo dígito binario es una unidad de información demasiado pequeña para ser manejada convenientemente, por lo que normalmente se agrupan formando "palabras" de un número determinado de bits. Longitudes comunes son: 8, 12, 16, 18, 24, 32 y 64 bits.

Los circuitos de la memoria se diseñan de tal manera que cada posición o localización permite el almacenamiento de una "palabra" de formato determinado.

b) Almacenamiento secundario.

Aun cuando el almacenamiento primario es esencial, tiende a ser costoso y no es permanente. Por ello, cuando tienen que almacenarse grandes cantidades de datos se utiliza almacenamiento secundario adicional, que es más barato, sobre todo cuando no

es necesario el acceso muy frecuente a los datos. Existe una amplia variedad de dispositivos adecuados que incluyen discos y cintas magnéticas.

Unidad de Aritmética y Lógica.

Dentro de una computadora la ejecución de la mayoría de las operaciones tiene lugar dentro de la unidad de aritmética y lógica. Un ejemplo representativo sería cuando dos números localizados en la memoria principal deben sumarse. Para ello se traen a la unidad aritmética, en donde la verdadera adición se realiza. Después la suma puede almacenarse en la memoria. De manera semejante, cualquier otra operación aritmética o lógica se realiza trayendo los operandos necesarios a esta unidad, en donde se realiza la operación necesaria. Es conveniente señalar que no todos los operandos de un cálculo que esté en proceso residen en la memoria principal, ya que los procesadores contienen un cierto número de elementos de almacenamiento de alta velocidad denominados registros, los cuales pueden utilizarse para el almacenamiento temporal de operandos que se usen con frecuencia.

Unidad de salida

La unidad de salida es la contraparte de la unidad de entrada. Su función consiste en devolver los resultados procesados al mundo exterior. Hay dispositivos que proporcionan tanto una función de salida como una de entrada que se denominan unidades de entrada y salida (E/S). Existen dispositivos que se utilizan sólo para la salida como son las impresoras.

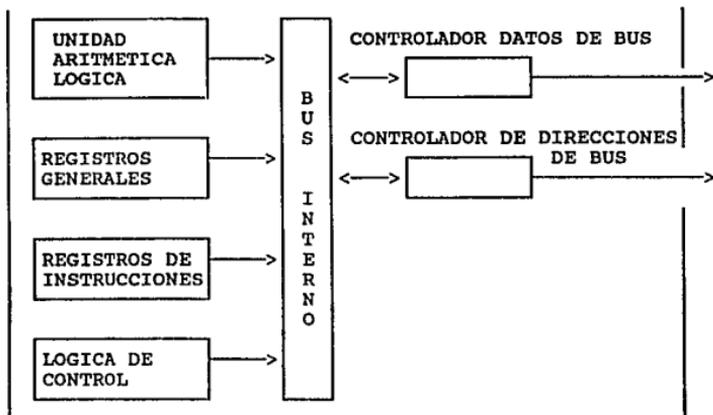
Unidad de control

Las unidades antes descritas proporcionan las herramientas necesarias para almacenar y procesar información. Su operación debe coordinarse en alguna forma organizada, lo cual es la tarea de una unidad de control. Es efectivamente el centro nervioso que envía señales de control a las otras unidades.

Una impresora de líneas escribirá un renglón sólo si se le dan instrucciones específicas para hacerlo. Lo común es que esto se efectúe por medio de la instrucción adecuada. El procesamiento de esta orden implica enviar señales de sincronización hacia y desde la impresora, lo cual es la función de la unidad de control.

Estructura básica de un microcomputador.

La siguiente figura muestra la estructura típica de un microprocesador en un computador.



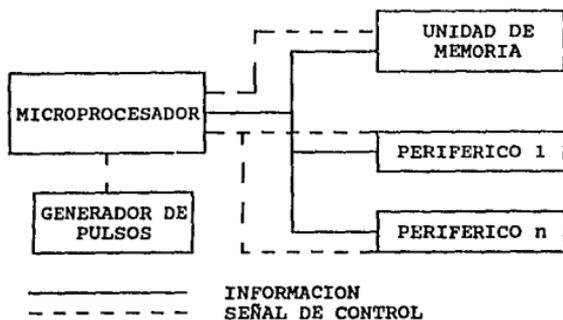
La unidad aritmética-lógica se encarga de realizar las operaciones aritméticas y lógicas, los registros generales cumplen ciertas funciones especiales (registros de pila, contador ordinal, etc.) o son de propósito general, y en ese caso sirven para realizar operaciones. El registro de instrucciones contiene la próxima instrucción a ejecutarse mientras esta es decodificada y ejecutada. La lógica de control se encarga de la coordinación y ejecución de las actividades que deben desarrollarse para la ejecución de las instrucciones. El bus interno comunica los distintos elementos.

Además de los anteriores, existen el controlador de datos del bus, que maneja la transferencia de información entre los dispositivos externos y la memoria, y el controlador de direcciones del bus que maneja el direccionamiento de los dispositivos externos.

Dependiendo del tipo de computador, la transferencia de información entre el bus interno y los distintos componentes puede ser de 8, 16 ó 32 bits, lo cual conduce a la clasificación de microcomputadores de 8, 16 ó 32 bits. La ventaja evidente de los de 32 sobre los de 16 u 8, o de los de 16 sobre los de 8, consiste en la rapidez de las operaciones, pues mientras en un caso el hardware maneja operandos de hasta 4 bytes (32 bits), en el otro sólo se permiten de 1 byte. Esto no implica que en un computador

de 8 bits no se puedan realizar operaciones con operandos más grandes, sino que éstas deben manejarse por software, lo cual es evidentemente más lento que si se realizara por hardware.

El esquema de bloques típico de un Microcomputador es el siguiente.



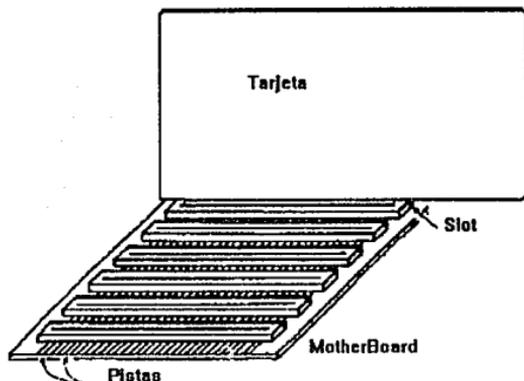
Para reducir al mínimo el número de terminales del microprocesador, las transferencias de información con los periféricos se realizan a través de la misma conexión de la memoria.

Las transferencias de información se realizan entre memoria y el microprocesador o un periférico en ambos sentidos a través de la conexión común representada en línea continua. El microprocesador envía señales de control a la memoria y a los periféricos para realizar transferencias con cualquiera de ellos. Pero además, los periféricos pueden decidir la iniciación de las transferencias y por ello envían señales de control al Microprocesador.

La utilización de una conexión común permite además la realización de transferencias entre la memoria y un periférico de forma directa bajo el nombre de Acceso Directo a Memoria. El periférico que desea realizar una transferencia directa con la memoria envía al microprocesador una señal de petición de Acceso Directo a Memoria y, cuando recibe de éste una señal de aceptación, inicia la transferencia enviando señales de control a la memoria.

El interior de una computadora normalmente se compone de un bus principal con varios dispositivos conectados a ella. El bus aparece como un racimo de conductores eléctricos en paralelo que atraviesa la computadora. El famoso bus S-100 de algunas computadoras está ubicado en una placa, llamada placa madre (mother board). Las cien líneas de señal del bus corren paralelamente de un extremo a otro de la placa.

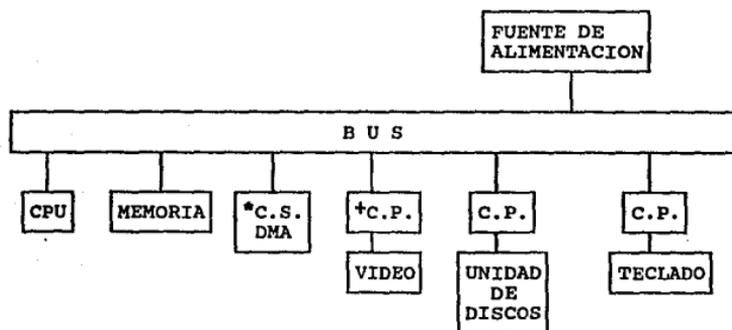
La siguiente figura ilustra lo anterior.



Físicamente, las señales son transportadas por una película de metal depositada sobre una base aislante formando pistas. A lo largo de la placa y colocados perpendicularmente a las pistas hay de 5 a 20 conectores, conectados a todas las líneas de señal del bus, y que permiten enchufar diversas placas al S-100. Dichas placas contienen funciones tan importantes como la memoria, la unidad central de proceso (UCP) y la interfaz de Entrada/Salida. Este es un ejemplo muy sencillo del principio de ortogonalidad (perpendicularidad) mediante el cual se consigue que dos cantidades o cualidades interactúen de forma totalmente uniforme. En este caso cada conector tiene acceso a exactamente el mismo número de líneas de señal del bus, de manera que las placas del S-100 pueden conectarse a las terminales en cualquier orden, si bien es cierto que algunas disposiciones consiguen además reducir niveles de ruido del sistema. Ni el bus S-100 ni los conductores eléctricos tienen elementos activos; esto es, normalmente no contiene transistores ni circuitos integrados, aunque algunos fabricantes incluyen unos pocos de ellos en lo que llaman circuitería terminal, cuya misión es minimizar el nivel de ruido a lo largo del bus. En algunos casos, parte de la fuente de alimentación está en la placa madre. Sin embargo, exceptuando la circuitería

terminal y, desde luego, la fuente de alimentación principal, todos los elementos activos se localizan en las placas conectadas a las terminales del bus S-100. En computadoras que no poseen el bus S-100, suele existir una placa en el circuito principal que contiene todos los componentes básicos de la computadora, y, a menudo, la placa madre que alberga el bus se conecta a dicha placa principal. Las funciones de la placa principal y la placa madre se pueden encontrar combinadas en una única placa. A pesar de todas estas diferencias, resulta muy conveniente adoptar el modelo lógico de un computador como el de un bus, al cual se le han conectado diversos dispositivos.

A continuación se muestra un diagrama de bloques de un sistema basado en buses.



*C.S. CONTROLADOR DEL SISTEMA
 †C.P. CONTROLADOR DE PERIFERICO

El bus principal de una computadora se divide en varios sub-buses:

Sub-bus de Alimentación

El sub-bus de alimentación hace llegar la corriente proveniente de la fuente de alimentación a los distintos componentes de la computadora. El sistema 8080 necesitaba un sub-bus de alimentación de varias líneas debido a que el chip de CPU requería tres tensiones de alimentación diferente, más una línea para tierra. Puesto que los nuevos chips (tanto microprocesadores como chips de soporte) sólo necesitan una tensión de alimentación (corriente continua, +5 volts o menos) este sub-bus está formado por únicamente dos cables: el de +5 volts y el de tierra. Los primeros equipos

requerían líneas de alimentación de 18 volts y en los equipos, posteriormente fueron eliminados.

A veces se envía una señal de tensión más alta, con una ligera ondulación o "rizado" de 60 o 120 Hz, de manera que cada placa rectifica la onda y disminuye el voltaje, consiguiendo una corriente continua local de +5 volts. De esta manera se consigue reducir el ruido, disminuir las caídas de tensión a lo largo del bus de alimentación y rebajar las señales parásitas entre las placas y el bus. Y, además, se reduce el precio del equipo.

Sub-bus de Control

El sub-bus de control lleva información sobre la temporización (sistema de señales de reloj), órdenes (memoria o acceso a la E/S), dirección de los datos (lectura o escritura), señales de ocupación (línea READY) e interrupciones.

Sub-bus de Dirección

El sub-bus de direcciones lleva señales de control especiales que provocan la selección de la información a través de la computadora. Esta información se utiliza para distinguir a la vez entre los varios dispositivos de E/S y las miles de celdas de memoria de la computadora. Por ejemplo, cuando se desea mover información de una celda a otra se realizan los siguientes pasos: se pone en el bus de direcciones la dirección de la primera celda; a continuación se transfieren los datos de la celda de memoria actualmente direccionada (la primera celda de memoria) al bus de datos; la dirección de la segunda celda de memoria se coloca sobre el bus de direcciones, y finalmente se transfieren los datos del bus de datos a la celda direccionada (en estos momentos la segunda celda de memoria).

Las direcciones se transmiten por el bus codificadas en binario, de manera que cada conductor lleva una señal correspondiente a un dígito binario diferente.

De acuerdo con las reglas de la aritmética binaria, con n dígitos binarios pueden representarse 2^n números binarios distintos. Los primeros procesadores de 8 bits como el Z80 tenían 16 líneas de señal, y podían por tanto producir $2^{16}=65,536$ direcciones distintas. Esta cantidad parecía más que suficiente para la mayoría de las aplicaciones de microcomputadoras; sin embargo, con la continua reducción del costo de la memoria, una microcomputadora de tamaño medio puede utilizar efectivamente 100,000 celdas de memoria, necesitando una dirección distinta para cada una de ellas.

Al mismo tiempo, los lenguajes actuales de alto nivel, requieren también grandes cantidades de memoria de 64 kb para arriba. El estándar propuesto por el IEEE para el bus S-100 especifica 24 líneas de señal para la dirección, dando por tanto un rango de direccionamiento de $2^{24} = 16,777,216$. Con esta cantidad de memoria podríamos guardar unas 16 copias de la Biblia.

Sub-bus de Datos

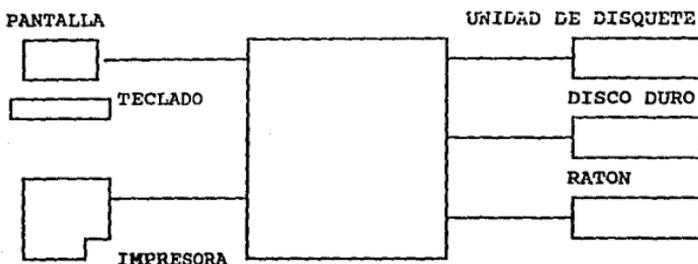
El sub-bus de datos transporta la información a través de la computadora. Tanto en los modelos basados en el 8080, 8085 y Z80, así como en los basados en el 8088, el bus de datos tiene ocho conectores, y es capaz de transportar ocho señales en paralelo. Esto significa que el bus de datos puede llevar unidades de información de ocho dígitos binarios, solo una unidad cada vez. Con estos ocho bits, cada unidad de información puede tomar cualquier valor entre 0 y $2^8 - 1 = 255$ en base 2. Sin embargo, en las máquinas de 16 bits, las 16 líneas de señal para datos corriendo en paralelo pueden utilizarse para representar números entre 0 y $2^{16} - 1 = 65,535$. Las grandes computadoras poseen sub-buses de datos de hasta 64 líneas que les permiten transportar valores entre 0 y $2^{64} - 1 = 1.8 \times 10^{19}$, de una sola vez. Las máquinas más pequeñas pueden representar y procesar números del mismo tamaño que las grandes a costa de utilizar un mayor número de ciclos de máquina para ello y, en consecuencia, operando a velocidades menores que las máquinas grandes. Sin embargo, una máquina pequeña con pocos usuarios puede dejar fuera de juego a una máquina mayor con una multitud de gente trabajando en ella.

Fuente de alimentación

La tarea de la fuente de alimentación consiste en convertir la corriente eléctrica que toma del exterior (normalmente corriente alterna de 120 volts y 60 Hz) en el tipo de señal que necesita el bus de alimentación; a saber, corriente de 8 volts, con una ligera ondulación si la regulación final de potencia se hace en las placas. Para el bus S-100 del antiguo modelo 8080, se necesita además un suministro de, aproximadamente, 20 volts, también con una ligera ondulación.

3.2 PERIFÉRICOS.

A continuación se muestran los periféricos que deben ser administrados.



La gran mayoría de la gente está ya familiarizada con los dispositivos externos que una microcomputadora lleva acoplados. Normalmente tendremos un teclado y una pantalla, que sirven para la interacción del usuario con la máquina. Unidad(es) de disco(s) flexible(s) y/o duro que constituyen el medio de almacenamiento auxiliar. Una impresora que permite tener copias físicas de los archivos y programas. Puede haber también otros dispositivos como graficadores, mouse, digitalizadores, etc. Todos estos dispositivos están conectados por medio de un cable a una "caja" que alberga a la computadora en sí.

Aunque las variaciones en la estructura y los componentes de los microcomputadores son inmensas, el esquema presentado anteriormente corresponde al de la mayoría de ellos.

3.3 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UN COMPUTADOR DIGITAL.

Hay muchas características que definen las posibilidades y potencia de un computador.

En cuanto al hardware:

- + Longitud de la palabra (8, 12, 16, etc. bits)
- + Velocidad de ejecución de una instrucción.
- + Capacidad de memoria directamente direccionable.

- + Número de instrucciones.
- + Número de registros.
- + Capacidad de interrupción.
- + Capacidad de mando de periféricos.

En cuanto al software

- + Tipos de lenguajes utilizables.
- + Sistemas operativos.

3.4 DESARROLLO DE UN SISTEMA UTILIZANDO MICROPROCESADORES.

Para desarrollar un sistema de microcomputador usando microprocesadores y otros elementos auxiliares es necesario disponer de ayudas tanto en el campo del hardware como en el campo del software. Para ello se han desarrollado unos microcomputadores específicos de características tales que permiten soportar el software para el desarrollo de sistemas y cuyas posibilidades de capacidad de memoria y de entradas y salidas los hacen adecuados para el ensamblaje, la edición y la prueba de sistemas desarrollados con estos microprocesadores.

Para desarrollar un sistema utilizando microprocesadores es indispensable tener mentalidad de uso de microprocesadores. Esto significa saber cuáles son las posibilidades de un sistema de microprocesador.

Para el diseñador procedente del hardware, de los circuitos integrados, las posibilidades de los microprocesadores le amplían enormemente su campo de actuación.

Con los sistemas clásicos discretos las posibilidades de dejar volar la imaginación son limitadas. Está comprobado que cuando se diseña un sistema y se prevén muchas posibilidades adicionales, nunca se necesitan éstas. En cambio siempre se necesita lo que no se ha previsto (Ley de Murphy o de La Tartine). También se sabe que es muy difícil, cuando no imposible hacer modificaciones en un sistema efectuado en hardware convencional, rígido e inamovible. Con los sistemas de microprocesadores todos estos inconvenientes quedan paliados y además se transforman en ventajas puesto que los sistemas son muchísimo más flexibles, su hardware es estándar; lo que varía es la programación de las EPROM y sus características y prestaciones pueden estar variando hasta el último momento.

Para el diseñador procedente del software las ventajas son fundamentalmente económicas, lo que influye en su mentalidad puesto que en los diseños o ideas que había tenido anteriormente nunca le había parecido posible realizar sistemas tan complejos a unos precios tan accesibles. Evidentemente los mismos sistemas realizados con microprocesadores pueden realizarse con minicomputadores o con macrocomputadores pero su precio sería 10, 100, 1000 veces superior.

Una vez obtenida la mentalidad de uso de microcomputadores es necesario tener las herramientas necesarias para el desarrollo. Estas herramientas incluyen manuales de uso y de programación de los microprocesadores y el acceso a un microcomputador con el que ensamblar programas, editar programas, ejecutar programas, ligarlo al sistema a través de sus puertos de entradas y salidas, conectarle teclados, visualizadores, impresoras, etc.

Desde su aparición en 1971 los microprocesadores y microcomputadores han despertado una atención total de los diseñadores de automatismos complejos, por su gran versatilidad y potencia lógica y de cálculo. Si en el comienzo de la década de los 70's había alguien renuente a la utilización de microprocesadores, no es ya el caso en estos momentos en que han demostrado profundamente su eficacia a todos los campos en los que se han aplicado.

De manera parecida a la evolución que tuvieron en su día los minicomputadores, los microcomputadores también han evolucionado.

De este modo se han diversificado sus aplicaciones y se han encontrado los fabricantes con que la demanda se movía en dos direcciones muy diferentes. Por un lado se pedía a los microprocesadores que fueran cada vez más potentes, prescindiendo relativamente del precio y por otro lado se pedía que fueran cada vez más baratos prescindiendo relativamente de su potencia de cálculo, puesto que en general para aplicaciones pequeñas la más pequeña potencia lógica y de cálculo es suficiente.

Así, puesto que la función crea el órgano, los fabricantes han evolucionado en estos dos caminos. Por un lado se han creado y se siguen creando microprocesadores cada vez más potentes a partir de los dos primeros que existieron en el mercado (Intel 4004 e Intel 8008). Esta potencia se ha concretado en varios factores como son: más velocidad, más instrucciones, más bits, microprogramación, más chips periféricos, más herramientas de apoyo, más software de base y aplicación, etc.

Una vez creado el microprocesador se le pueden dar muchos usos, uno de estos es crear un sistema de computo, lo cual implica todo un diseño por parte de ingenieros los cuales deben de contemplar que los elementos empleados en el sistema deben ser

compatibles entre si, trabajar en armonía y ser óptimos. Para lograr ésto se debe de contemplar los siguientes puntos:

Disipación de Calor. El conjunto de elementos trabajando juntos produce calor. El cual puede llegar a dañar al sistema.

Velocidad. Considerar que los diversos elementos del sistema trabajan a distintas velocidades. Es decir la memoria, video, discos duros y bus del sistema deberán poder mantenerse a la par con la velocidad del microprocesador para que el sistema aproveche al máximo las bondades de este y el sistema funcione de manera óptima.

Interferencia RF. Mientras más rápido sea el sistema, mayor interferencia RF producirá. Con microprocesadores sumamente veloces será más difícil para los fabricantes cumplir con las normas de emisión RF.

3.5 SISTEMAS MULTITAREA EN MICROCOMPUTADORES.

Existen sistemas con microprocesadores en los que paralelamente pueda ejecutarse más de una tarea. A estos sistemas se les denomina habitualmente multitarea. En estos casos, además de los programas específicos de cada tarea, será necesaria la existencia en el microcomputador, de un software cuya función sea la de coordinar la ejecución concurrente de dichos programas. A este software se le denomina **SISTEMA OPERATIVO**.

Para la ejecución concurrente de tareas (programas) aparecen dos alternativas extremas, no exclusivas: sistemas de multiproceso y de multiprogramación.

Sistemas de multiproceso:

Utilización de varios microprocesadores ejecutando en paralelo varias tareas con un sistema de comunicación entre ellos que permita la interacción de dichas tareas (**REDES DE MICROPROCESADORES**).

Sistemas de multiprogramación

Ejecución concurrente en un microcomputador de más de una tarea. Las tareas cuya ejecución va avanzando en paralelo diremos que están multiprogramadas.

Aunque estas alternativas ya existían en el caso de computadores de mayor capacidad de proceso, la aparición de los microcomputadores, a bajo costo, con sus características peculiares, está haciendo necesaria una readaptación de las técnicas utilizadas.

4. MICROPROCESADORES INTEL DE LOS EQUIPOS IBM-PC Y XT.

4.1 LA COMPUTADORA PERSONAL DE IBM. (IBM-PC)

En 1978 Intel crea su primer microprocesador de 16 bits el 8086 y en 1979 el 8088.

A finales de 1980, IBM decidió competir en el mercado de las computadoras personales de bajo costo. La compañía estableció una nueva división (Entry Systems Division), en Boca Raton, Florida, para desarrollar el sistema. Este pequeño grupo formado por 12 ingenieros y diseñadores trabajaría bajo la dirección de Don Estridge. El jefe de los diseñadores era Lewis Eggebrecht. Esta división desarrolló la primera IBM-PC. Estos ingenieros basaron su trabajo en el proyecto de el Sistema/23 DataMaster, que era una pequeña computadora de oficina introducida en 1980 (y la directa predecesora de la IBM-PC).

Gran parte del diseño de la PC fue influenciado por la DataMaster. El diseño de la DataMaster era de una sola pieza, con el display y el teclado integrados en la unidad. Como se consideró que estas características limitarían al equipo se optó por crear unidades externas en la PC, aunque el teclado de ésta fuera en su diseño interno como el de la DataMaster. Muchas otras partes de la IBM-PC también fueron copiadas de la DataMaster, incluyendo el bus de expansión, o las ranuras de entrada y salida, los cuales no solo tenían el mismo conector de 62-pin sino hasta la misma especificación de pin. Esta copia fue posible porque la PC utilizaba el mismo controlador de interrupciones y un controlador de acceso directo a memoria similar al de la DataMaster. Las tarjetas de expansión ya diseñadas para la DataMaster pudieron ser fácilmente llevadas a la PC. Ya que la DataMaster utilizaba un microprocesador 8085, con capacidad de direccionamiento de hasta 64K de memoria, llevó a los diseñadores a utilizar el microprocesador 8088, con una capacidad de

direccionamiento de memoria de hasta 1-megabyte, siendo similares ambos microprocesadores en el conjunto de instrucciones y en el diseño eléctrico.

Estidge y su equipo rápidamente desarrollaron el diseño y especificaciones para el nuevo sistema. Además de copiar gran parte del diseño del Sistema/23 DataMaster, se estudió su mercado. Los diseñadores mirando hacia la prevaencia de estándares, aprendieron de los logros de otros sistemas e incorporaron en la nueva PC todas las características de los sistemas populares además de otros detalles. Con parámetros específicos en el diseño para su comercialización, IBM produjo un sistema que llenó perfectamente un nicho en el mercado.

IBM trajo este sistema rápidamente con la idea deliberada de utilizar diseños existentes y comprar muchos componentes de otros vendedores. IBM contrató, de manera externa, compañías que desarrollaran tanto lenguajes como un sistema operativo para su PC, una de ellas fue una pequeña compañía llamada Microsoft. (IBM originalmente había contratado con Digital Research, quien ya tenía desarrollado el sistema operativo CP/M, pero esta compañía no estaba interesada en el proyecto. Microsoft si lo estuvo y se convirtió en una de las compañías más grandes de software en el mundo.) La utilización de vendedores externos fue además una invitación abierta para el mercado que deseara ofrecer soporte a este sistema.

Un miércoles 12 de agosto de 1981, un nuevo estandar tomó un lugar en la industria de las computadoras con la presentación del IBM-PC. Desde entonces, IBM ha vendido más de 10 millones de PC's, y la PC ha producido una larga familia de computadoras y periféricos. Desde entonces se han desarrollado más programas para esta familia que para otros sistemas en el mercado.

4.2 EL MERCADO DE LAS IBM-PC DIEZ AÑOS DESPUÉS.

En más de 10 años de que la IBM-PC fue introducida, muchos cambios han ocurrido. La industria de las computadoras ha avanzado en su velocidad inicial de proceso de 4.77 Mhz basado en el microprocesador 8088 a la velocidad de 50 Mhz basado en el microprocesador 486, más de 50 veces más veloz que la IBM-PC original. La primera PC sólo tenía dos unidades de disco flexible con capacidad de almacenamiento de 160K cada una, en los sistemas modernos fácilmente pueden almacenarse varios gigabytes en unidades de discos duros. La tendencia de estos sistemas ha sido el duplicar cada dos años tanto el desempeño del procesador así como la capacidad de almacenamiento.

Tales mejoras en el desempeño y capacidad de almacenamiento no sólo ha sido logrado por IBM, también han contribuido todos aquellos fabricantes de los sistemas "compatibles con IBM". A pesar de que IBM inventó el estandar IBM-compatible y

continúa marcando estos estándares, no domina por completo el mercado como lo hacía antes. Existen cientos de empresas que producen sistemas compatibles con IBM, además de los miles de periféricos producidos con componentes que mejoran a los hechos por IBM.

El mercado de los equipos compatibles con IBM es grande y próspero. Nueva tecnología estará disponible e integrada en estos sistemas. Los sistemas compatibles con IBM seguirán dominando el mercado de las computadoras personales durante los próximos diez años, ya que los precios de los equipos siguen disminuyendo así como aumentando la cantidad de software desarrollado para estos equipos.

4.3 COMPONENTES DE LA COMPUTADORA IBM-PC

- + una Tarjeta Principal con memoria incluida.
- + una Fuente de Poder de corriente directa.
- + una Tarjeta Adaptadora para el monitor.
- + una Tarjeta Controladora de discos flexibles y
- + una o dos Lectoras de disco flexible.

4.4 FUNCIONAMIENTO DE LA COMPUTADORA IBM-PC.

Internamente la tarjeta principal consta de 3 componentes principales que son: EL MICROPROCESADOR, LA MEMORIA ROM (o de sólo lectura: Read Only Memory) Y LA MEMORIA RAM (o de acceso aleatorio: Random Access Memory).

Además consta de otros accesorios como son: el DMA (Acceso Directo a Memoria), el PPI (Interface de Periféricos Programable), el PIC (Controlador de Interrupciones Programable), el Controlador de Bus, el Generador de señal de reloj, el Contador programable (o timer), el Checador de paridad, y una serie de Circuitos lógicos que permiten la interconexión de todos los circuitos integrados mencionados.

El microprocesador se encarga de pedir instrucciones por medio del BUS de direcciones, y recibirlas por medio del BUS de datos. Cada instrucción es interpretada para formar o tomar una acción específica, ya sea ésta de sumar, restar, leer, escribir, etc., enseguida el microprocesador incrementa su dirección de memoria en uno, y procede a leer la siguiente instrucción a ejecutar.

La memoria ROM contiene la información básica del sistema, y ésta permanece, aún apagada la máquina.

La memoria RAM, permite almacenar los programas que se van a ejecutar, y los datos con los que se estará trabajando, pero la información sólo se mantiene, mientras la máquina esté encendida.

Cuando se prende la computadora, lo primero que ocurre, es que el microprocesador direcciona hacia la memoria ROM y comienza a leer y ejecutar instrucciones de aquí.

Las rutinas que están funcionando en ese momento permiten "programar" o dar de alta adecuadamente, a cada uno de los circuitos programables que están en la tarjeta principal, tales como el DMA, PPI, Timer, y el control de interrupciones.

Son programados de acuerdo a la función que deben desempeñar en la tarjeta, conforme a los circuitos que tiene conectados físicamente. Además realiza una inspección del estado de la memoria RAM, el video, lee la configuración del sistema de los switches, verifica que estén las tarjetas auxiliares como la del disco duro, seriales, etc., manda un informe para que sea desplegado por el monitor y procede a leer el SISTEMA OPERATIVO que está contenido en los discos para pasarlo a la memoria RAM.

Al programa ejecutado en el ROM se le denomina "BIOS" por sus siglas en inglés Basic Input/Output System (Sistema Básico de Entrada/Salida).

El sistema operativo, es el programa que permite que el microprocesador atienda las instrucciones del teclado, las interprete, y proceda a cargar los archivos contenidos en los discos, a la memoria RAM de la computadora, para que sean ejecutados.

Así también permite realizar las copias de los programas de un disco a otro, y otras rutinas relacionadas con el manejo del sistema y de los discos.

4.5 CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS MICROPROCESADORES DE 16 BITS.

Dado que el primer IBM-PC está basado en el microprocesador 8088 y este es un microprocesador de 16 bits se presentará un estudio general de este tipo de microprocesadores.

Los microprocesadores de 16 bits son una generación más de microprocesadores. Son ingenios más grandes y poderosos, destinados a reemplazar o completar a las microcomputadoras de 8 bits de los años setenta, que fueron las que comenzaron la revolución de las microcomputadoras. Estas microcomputadoras de 16 bits son muy interesantes, entre otras cosas porque, para ciertas configuraciones, y en ciertos cálculos, pueden llegar a ser hasta 4,000 veces más potentes que los chips de 8 bits, a un costo relativamente igual.

Este poder de cálculo desemboca en el desarrollo y comercialización de nuevas máquinas más inteligentes causando un gran impacto. Estos microprocesadores de 16 bits permiten aumentar significativamente la "inteligencia" de todo dispositivo procesador. Con ello surge una nueva revolución en los "productos finales" que los fabricantes y diseñadores lanzan al mercado: como lo son máquinas con posibilidad de hablar y escuchar, redes de comunicación avanzada que permitan acceder a bases de datos gigantescas a través de la red telefónica y automóviles computarizados entre otros.

Los microprocesadores de 16 bits son capaces de tratar datos de varios tamaños básicos, incluyendo 8 y 16 bits, pero los mecanismos esenciales de los procesadores de 16 bits son siempre el doble que los equivalentes de los procesadores de 8 bits. Además, dado que cada parte del dato puede ser dos veces mayor, el procesador ofrece una precisión mucho más alta.

El número mayor representable con 8 bits es 255, mientras que con 16 bits puede llegarse a 65,535, un número 256 veces mayor. Tanto el rango de representación de números como la precisión aumenta considerablemente. Es interesante resaltar que los microprocesadores 8086/8088 todavía utilizan un juego de instrucciones orientado a octetos (bytes); esto es, cada instrucción en lenguaje máquina del 8088 ocupa de 1 a 6 octetos de memoria. Las instrucciones del 8080 necesitaban de 1 a 3 octetos. La ampliación en el 8088 le permite poseer un juego de instrucciones más amplio y versátil. Al mismo tiempo, al trabajar con 16 bits, el procesador puede cargar las instrucciones a doble velocidad que el 8080. La capacidad de tratar los datos de 16 en 16 bits aumenta la velocidad del microprocesador en otros sentidos. Así, por ejemplo, un procesador de 16 bits puede enviar y recibir un dato de 16 bits en una única transferencia, mientras que el procesador de 8 bits necesitaría para lo mismo dos operaciones distintas. El software también gana eficiencia, al resultar más fácil representar y operar grandes números de 16 bits en los registros del CPU. En un microprocesador de 8 bits se necesitan dos pasos para operar números de 16 bits, y el número de instrucciones a utilizar puede fácilmente ser cuatro veces mayor que las necesarias en un procesador de 16 bits.

La posibilidad de tratar a la vez datos de tamaño doble es sólo una parte de la historia de los microprocesadores de 16 bits. Los fabricantes y diseñadores

pretendieron aumentar el poder operativo más allá de lo que implica el doblar el tamaño de las palabras de datos, y para ello desarrollaron una circuitería más compleja en los chips.

Con los 70,000 transistores incorporados en el 8088 se pudieron crear sofisticadas estructuras de interrupción e incorporarlas al chip. Esto supone un control mucho más eficiente de casi todos los dispositivos periféricos de Entrada/Salida con muy poco hardware adicional.

Hay otras características de los chips de 16 bits que los sitúan muy por encima de sus hermanos de 8 bits. Por ejemplo la cantidad de memoria que puede utilizar un chip de 16 bits es enorme comparado con la de un microprocesador de 8 bits. El 8086/8088, por ejemplo, puede acceder a cerca de un millón de octetos de memoria de lectura/escritura, lo que contrasta con el máximo de memoria que puede utilizar un microprocesador de 8 bits, que suele ser de unos 64,000 octetos. Es evidente que con mayor cantidad de memoria, los programadores pueden desarrollar programas mucho más potentes y sofisticados. Con memorias mayores de 256,000 octetos es posible utilizar sistemas operativos avanzados que soporten lo mejor de los productos desarrollados para computadoras.

Pero quizás el aspecto más relevante y misterioso de los microprocesadores de 16 bits es la forma en la que sus diseñadores han distribuido sus funciones inteligentes. Los chips de 16 bits poseen mecanismos que soportan estructuras de cálculo más potentes que la de un solo procesador realizando una sola tarea. Mientras que los anteriores microprocesadores realizaban cálculos en un sistema, los microprocesadores de 16 bits distribuyen las funciones a realizar en subfunciones que se ejecutan en chips opcionales especialmente diseñados para ello. Estos chips no son obligatorios para las funciones usuales, pero están disponibles en caso de que se quieran utilizar. Hay chips especiales que realizan operaciones en coma flotante, funciones trigonométricas, e incluso funciones especiales de Entrada/Salida sin necesidad del procesador central.

Estos procesadores suplementarios, o procesadores paralelos, son algo más que simples chips de soporte. Son realmente microprocesadores completos dedicados a tareas especiales que antiguamente requerían placas completas para contenerlos. Un ejemplo es el chip matemático de Intel 8087. El 8087 es un potente microprocesador, con su propio lenguaje de programación, que puede realizar operaciones de alta precisión en un tiempo muy corto. Mientras que una raíz cuadrada en doble precisión (53 bits), ejecutada en un microprocesador de 16 bits por software, puede necesitar fácilmente 20 mili-segundos, con un chip de este estilo se ejecuta en menos de 36 microsegundos (mas de 500 veces más rápidamente, por supuesto esta razón tan buena no se mantiene en todas las operaciones normales). Este chip elimina la necesidad de utilizar rutinas de emulación, normalmente complejas y que requieren bastante

memoria. El uso de este chip con un lenguaje de programación como el BASIC o Pascal significa no solo una mayor rapidez de cálculo, sino un ahorro en la cantidad de memoria utilizada siendo de esta forma más fiable y barato.

Estos chips matemáticos, o procesadores paralelos, no se limitan a funciones científicas, o a extensiones de lenguajes de alto nivel.

Por ejemplo, es posible diseñar un controlador industrial barato y de alto rendimiento, con un chip matemático y un 8088. Esta combinación permite efectuar operaciones complejas en tiempo real.

El registro digital, el análisis espectral, la música sintética, el reconocimiento de voz y las comunicaciones son algunas aplicaciones de estas máquinas.

Otra área donde el procesador de 16 bits es importante es en la detección y tratamiento de errores. El tratamiento de errores es un área demasiado olvidada por la industria de microcomputadoras. Un programa que no trate correctamente los errores puede ocasionar graves problemas. Así, si la detección de errores es pobre, pueden quedar errores sin detectar que conviertan el resultado por lo menos en sospechoso. O si la recuperación de errores es pobre, el programa puede quedar "bloqueado", sin capacidad de reanudación a no ser destruyendo parte del trabajo realizado. Por otro lado, si el proceso de recuperación es bueno y ocurre un error, el programa mismo será capaz de arreglarlo automáticamente y continuar con el proceso. Todas las unidades de 16 bits poseen algoritmos potentes de detección y recuperación de errores. Especialmente el procesador matemático. Por ejemplo, si existe un error durante la instrucción de división, como podría ser un desbordamiento o una división por cero, el microprocesador lo detecta y provoca una interrupción del proceso. El programa puede tratar convenientemente esta interrupción, ya sea enviando un mensaje de aviso por consola, o ya sea devolviendo el control al programa, insertando valores más apropiados o lo que se desee. Con estos mecanismos de tratamiento de errores es tarea fácil el diseñar programas que no se bloqueen y que no paralicen al sistema.

Con todo esto se provee potencial para todos aquellos productos de consumo que requieran de su habilidad para ejecutar programas complicados de una forma rápida y eficiente. Los candidatos claros a incorporarlo son los computadores personales, los video juegos, los automóviles, los equipos de cocina, máquinas de escribir, contestadores automáticos y radios.

4.6 TIPOS DE DATOS.

Un tipo de datos es un formato o esquema de codificación que permite representar datos en la memoria de una computadora. Los microprocesadores de 16 bits utilizan varios formatos estándar para representar números y otros tipos de datos como caracteres alfanuméricos. Con el almacenamiento de datos y su representación encontramos una situación similar al diseño ortogonal del S-100, aunque a un nivel más abstracto. Esta vez las dos cantidades diferentes "corren" perpendicularmente en la tabla de ubicación. Estas cantidades ortogonales son unidades de memoria (bits, octetos, palabras, etc) y tipos de datos (lógicos, ordinales, enteros, números en coma flotante, etc.) Intuitivamente hablando, las unidades de memoria son nuestros conductores (realmente llevan información) y los tipos de datos son nuestros conectores (necesitan tener acceso a las diferentes unidades de almacenamiento). Igual que no todas las placas necesitaban de todos los conductores del S-100, no todos los tipos de datos utilizan todas las posibles unidades de memoria.

En términos matemáticos, la relación entre los tipos de datos y su almacenamiento es una aplicación en si, puesto que a un tipo de datos dado, le corresponde (usa) varios tamaños de almacenamiento de datos posibles, y a una unidad de memoria le corresponde (es usada por) varios tipos de datos diferentes.

TIPOS DE DATOS	1	2	3	4	5	6	7	8
LOGICO	*		*					
ORDINAL			*	*	*	*		
ENTERO			*	*	*	*		
COMA FLOT					*	*	*	
DIGITO BCD		*						
NUM BCD		*	*	*	*	*	*	
CARACTER			*					
CADENA								*
APUNTADOR					*			

1-BIT

5-PALABRA DOBLE

2-CUARTETO	6-PALABRA CUADRUPLE
3-OCTETO	7-PALABRA DE 80 BITS
4-PALABRA	8-BLOQUE

A continuación se describe cada uno de los diferentes tipos de datos.

Lógicos

Un dato lógico es una cantidad que solo puede tomar uno de dos valores posibles: verdadero o falso, 0 ó 1, activo o inactivo, si ó no, etc. Se necesita un solo bit para representarlo.

Ordinales

Son números enteros sin signo, o valores de contadores comenzando en cero. Se almacenan en la computadora en binario, ocupando distintos tamaños. Si se utilizan ocho bits para guardarlos, el ordinal puede tomar cualquier valor entre 0 y 255; en caso de utilizar 16 bits, el rango del ordinal varía de 0 a 65,535; y con 32 bits o 64 bits, el ordinal puede tomar cualquier valor entre 0 y 4,294,967,296 ó 1.84^{19} , respectivamente.

Enteros

Son números enteros con signo (+ ó -). En todos los microprocesadores actuales los enteros se representan en forma binaria de complemento a dos. Existen otros sistemas como el complemento a uno, o la representación en signo magnitud. En la representación de complemento a dos, el bit de más a la izquierda actúa a la vez como parte del número y como signo de éste.

En el sistema de numeración de complemento a dos con 8 bits, se pueden representar octetos entre -128 y +127; con 16 bits entre -32,768 y +32,767, y con 32 bits, el rango de enteros varía entre -2,147,483,648 y +2,147,483,647. Incluso hay enteros que ocupan 64 bits pudiendo tomar cualquier valor entre (aproximadamente) $\pm 9^{18}$ (esto es, un 9 seguido de 18 ceros).

Coma flotante

La representación en coma flotante está pensada para ofrecer una buena aproximación a los números reales. El sistema de representación en coma flotante se parece mucho a la notación científica en la cual cada número viene definido por un signo, una magnitud y un exponente. Se suelen utilizar para su representación 32 bits, 64 e incluso 80 bits. Los dos primeros formatos reciben el nombre de formatos reales cortos y largos, respectivamente y siguen la notación estándar IEEE de números en coma flotante.

El tercer formato (80 bits) lo utiliza internamente el 8087 y recibe el nombre de formato real temporal de Intel.

El formato corto utiliza los 32 bits de la siguiente manera:

1 bit para el signo, 8 para el exponente, y los 23 restantes para la magnitud. El rango de los números a representar es desde 2^{-126} (aproximadamente igual a 1.175×10^{-38}) a 2^{128} (3.40×10^{38}). Realmente la magnitud consta de 24 bits; lo que ocurre es que el último bit es siempre 1 y no se guarda en la computadora. Los 64 bits del formato real largo se distribuyen como sigue: 1 para el signo, 11 para el exponente y 52 para la magnitud. Pueden representarse números entre 2^{1022} (1.19×10^{4932}). En este caso todos los bits de la magnitud se almacenan. Los 64 bits proveen una precisión de más de 18 dígitos decimales.

El lenguaje Turbo C de la IBM PC ofrece un tipo de dato llamado float y otro double. El menor número positivo que se podría codificar en forma float es aproximadamente 10^{-37} y el mayor sería 10^{38} , con una precisión de 6 decimales. Es evidente que un número float puede tomar valores negativos y el valor 0.

Para un double, estos valores son respectivamente $\pm 10^{-307}$ y $\pm 10^{308}$, siendo su precisión del orden de 15 decimales.

Para darse una idea de lo que representa 10^{38} (el mayor valor para un float), calcular el número de microsegundos (millonésimas de segundo) que han transcurrido desde el origen del universo (estimado en 15 mil millones de años). Han sido 10^{23} . Se deberá multiplicar este número por mil millones y después por un millón para obtener 10^{38} .

El número así obtenido debiera multiplicarlo ocho veces por sí mismo para obtener (casi) 10^{308} .

Decimales-Codificados-en-Binario

En la representación Decimal-Codificados-en-Binario (BCD: Binary-Coded-Decimal), cada dígito decimal del número se almacena en un cuarteto (nibble) distinto. En total el número ocupa 10 bytes (80 bits) de memoria.

La notación BCD es ideal en aplicaciones de gestión, en las cuales cada centavo en un número de pesos y centavos es importante aunque los cálculos involucren millones o incluso miles de millones de pesos. Las CPU 8088/8086 tienen instrucciones especiales de proceso de números en BCD (DAA: Decimal Adjust for Addition, Ajuste Decimal para Suma, y DAS: Decimal Adjust for Subtraction, Ajuste decimal para resta).

Caracteres

Los caracteres se utilizan para representar letras del alfabeto u otros símbolos como dígitos (0-9) o símbolos de puntuación. Lo más común es utilizar el código ASCII para representar los caracteres.

En ASCII, a cada caracter se le asigna un número de manera única.

Por ejemplo la A se representa por un 65, la B por 66, y así sucesivamente. El 0 se representa por un 48, el 1 por 49, etc.

Cadenas

Una cadena es una secuencia de caracteres. Se utiliza para guardar textos. Por ejemplo, los mensajes de error son cadenas y algunos programas de textos consideran el documento a editar como una cadena muy larga (de incluso miles de caracteres).

Puesto que las cadenas tienen longitudes dinámicamente variables, se incluyen frecuentemente algunos bits extras con información sobre la longitud máxima y la longitud real de la cadena. Los procesadores de 16 bits no usan formatos especiales para representar cadenas, aunque suelen poseer a menudo instrucciones especiales que permiten tratar, de una manera general, varios formatos posibles.

Apuntadores

Las CPU Intel de 16 bits utilizan los apuntadores para "apuntar" a direcciones físicas en memoria. Se usan junto con la segmentación. En los procesadores 8086/8088, una dirección física de memoria se guarda como dos cantidades de 16 bits.

Ambas cantidades se combinan de una forma especial, formando una dirección real de 20 bits. Un apuntador es una palabra doble que almacena esas dos cantidades, el número de segmento y el desplazamiento.

Los microprocesadores Intel utilizan una forma distinta de asignación de memoria a los tipos de datos más largos que Zilog o Motorola. En los Intel, los bits menos significativos se guardan en los bytes de direcciones más bajos, mientras que los otros dos los guardan en los bytes de dirección más altos.

Estas diferencias se hacen patentes en la representación de números en BCD. En contraposición al sistema de Intel de guardar los dígitos binarios en orden ascendente de derecha a izquierda, el Motorola MC68000 y el Zilog Z8000 guardan los dígitos BCD justo en el orden inverso, aumentando de izquierda a derecha.

Otra diferencia es que, en Motorola y Zilog, los datos que ocupan varios bytes deben comenzar en bytes de dirección par.

Intel permite que comiencen en cualquier byte aunque, debido a que la CPU 8088 debe acceder a dos palabras para obtener la deseada, el acceso a datos multi-byte que comienzan en bytes impares resulta algo más lento.

4.7 CONCEPTOS DE LOS MICROPROCESADORES 8086/8088

A continuación se mostrarán algunos conceptos fundamentales de los microprocesadores de 16 bits que, o bien no se daban en los microprocesadores de 8 bits, o bien tenían un significado distinto. Se abordará primeramente la memoria.

Organización física de la memoria

La organización de la memoria en una computadora depende no sólo de la computadora en particular sino también del punto de vista adoptado.

Gracias a los avances tecnológicos actuales en la integración de circuitos, existen chips de memoria cada vez mayores. Cada año, alguien encuentra la manera de empaquetar más bits en un chip. Las distintas organizaciones de la memoria dentro del chip pueden tal vez entenderse mejor si se miran los terminales de salida de estos chips, y como se conectan con el mundo exterior. Para un chip de memoria, las líneas de señal que van a parar a los terminales de salida forman un bus, con los habituales sub-buses de alimentación, control, dirección y datos. Dependiendo del número de modelo del chip, los sub-buses de datos y direcciones tienen distintos tamaños. El sub-bus de datos puede tener un sólo bit de anchura, 4, 8, etc. según los casos. De igual forma el sub-bus de direcciones.

Si el sub-bus de datos del chip de memoria tiene un bit de anchura, se necesitarán 8 chips de memoria conectados en paralelo, para poder acceder a un byte, ó 16 chips para poder acceder a una palabra completa; si el sub-bus de datos tiene 4 bits, sólo se necesitarán 2 chips para acceder a bytes, ó 4 para acceder a palabras. Finalmente, si el sub-bus de datos tiene 8 bits de anchura, 1 chip será suficiente para acceder a bytes y dos para acceder a palabras.

Si el bus de direcciones se compone de n líneas de señal, se puede acceder a 2^n celdas de memoria distintas. Por ejemplo, con 10 líneas de dirección se pueden identificar $2^{10}=1,024$ celdas. Para cada chip, la dirección de la primera celda es la 0 y la dirección de la última celda es la 2^n-1 .

Los chips de memoria se conectan en placas para formar memorias mayores. Se suelen colocar formando matrices rectangulares, de manera que las columnas corresponden a rangos de direccionamiento distintos. Por ejemplo, si la placa contiene

ocho filas de chips de memoria cada uno de ellos con 10 líneas de dirección, se podrá acceder a $8 \times 2^{10} = 8,192$ bytes distintos en la placa.

Normalmente, hay conmutadores en la placa que permiten proyectar, o "poner en correspondencia" la memoria de la placa con una parte del espacio de direcciones de la computadora. Frecuentemente se necesitan varias placas de memoria, aunque, con las escalas de integración cada vez mayores, el número de placas necesarias va disminuyendo. Aunque la memoria se organice como largas líneas, la línea completa no necesariamente debe tener memoria "viva" asignada; esto es, puede haber espacios prohibidos.

Si a todas las posibles direcciones no se les asigna memoria real, cuando se intente leer alguna de estas direcciones no asignadas, a la computadora devolverá dígitos 1 (ó 0 según el convenio tomado).

Puede suceder que el sistema tenga más memoria real de la que puede acomodar en su rango de direcciones. Es el caso del 8080, 8085, ó el Z80, que pueden direccionar 64 kb y se consigue dividiendo la memoria en páginas, cada una de las cuales si tiene una correspondencia directa con la memoria real. Con un conjunto adicional de líneas de direccionamiento se selecciona una de las posibles páginas cada vez. Este esquema de direccionamiento recibe el nombre de paginación hardware. Ocurre a veces que el enviar la dirección de la página resulta bastante más lento que enviar una dirección normal. Para obviar este problema, la dirección correspondiente a la página se modifica lo menos posible de modo que el usuario trabaja normalmente en la misma página por largos períodos.

Un posible esquema de paginación frecuentemente utilizado en las computadoras de 8 bits consiste en enviar la información de selección de página a través de un puerto de E/S a las placas de memoria del sistema. En cada placa, una parte de la lógica se encarga de decodificar dicha información y activar o desactivar los chips de memoria de acuerdo con ella. De esta manera, los microprocesadores de 8 bits pueden utilizar memorias mucho mayores que los 64kb direccionables.

Existen pues dos formas de organización física de la memoria:

1. Como un espacio lineal de direcciones
2. Como un conjunto de páginas cada una de ellas organizada línealmente.

Esas son las posibles maneras en las que los otros dispositivos conectados al bus del sistema "ven" a la memoria.

Organización lógica de la memoria

Esta sería la forma como puede organizarse la memoria desde el punto de vista del programador.

En el caso más sencillo, la organización lógica de la memoria coincide con la física. Es la situación más frecuente en las microcomputadoras de 8 bits. Sin embargo las microcomputadoras de 16 bits, con su mayor espacio de direccionamiento requieren esquemas de organización más elaborados.

Existen dos métodos: la segmentación y la paginación.

Básicamente, la segmentación es un método de acceso a memoria en el cual toda dirección se compone de dos cantidades; un identificador de segmento y un desplazamiento. El identificador de segmento apunta a un área general de memoria (el segmento), mientras que el desplazamiento apunta a una dirección dentro de ese segmento. En la segmentación, la memoria real está organizada de una forma lineal, en la que cada celda tiene asignada una única dirección que se obtiene en base a un cálculo a partir del identificador de segmento y del desplazamiento. El desplazamiento es el valor que aparece en los programas como dirección del dato, o como rótulo, o como dirección de una instrucción del programa; mientras que el identificador de segmento aparece solo cuando se ha de cambiar de segmento. Es decir, una vez seleccionado el segmento, el programador y el procesador debe recordar en que segmento se hallan, para poder interpretar las direcciones del programa como direcciones dentro de ese segmento, hasta que se especifique un nuevo segmento. En ese momento se establece el nuevo identificador.

Normalmente, los cambios de segmento se hacen al comienzo del programa, cuando se debe acceder a áreas de datos distintas, o cuando se pasa control de una sección de código a otra.

En las microcomputadoras de 8 bits, al programar en lenguaje ensamblador, cada acceso a memoria corresponde a un desplazamiento y toda la memoria es de hecho, un único y gran segmento. En los procesadores de 16 bits, el espacio de direccionamiento es tan grande que el rango de direcciones accesibles al programador, suele ser inadecuado para cubrir toda la memoria disponible. La segmentación permite que el programador especifique sus propios rangos dentro del espacio direccionable real. En vez de tener un sólo rango, puede ser interesante definir varios rangos de direccionamiento.

El otro posible esquema es la paginación. La paginación también utiliza dos valores para representar una dirección. La memoria se divide en páginas lógicas, cada una de las cuales contiene unos cuantos miles de celdas. Cada acceso a memoria se

hace a partir de un identificador de página que selecciona la página deseada, y un desplazamiento que localiza la posición de la celda en la página. La paginación lógica puede realizarse incluso si la memoria está organizada linealmente, pero si la memoria está físicamente organizada en páginas, es muy interesante utilizar las mismas páginas físicas que lógicas para evitar retardos innecesarios que se pueden originar al tener que cambiar de página física varias veces dentro de una misma página lógica.

Aunque parezcan muy similares, hay varias diferencias entre la paginación y la segmentación:

1) las páginas tienen un tamaño fijo, mientras que el tamaño de los segmentos puede variar;

2) la segmentación permite que los segmentos comiencen y terminen en cualquier posición de la memoria, mientras que las páginas deben estar comprendidas entre unas fronteras de bloques rígidas;

3) los segmentos se pueden superponer y las páginas no

4) la segmentación obliga al programador a estar atento a los límites del segmento, mientras que en la paginación este aspecto suele hacerse automáticamente, sea vía hardware, sea a través del sistema operativo.

En general, la segmentación es un esquema más flexible, y como tal requiere a menudo una mayor atención por parte del programador, que debe recordar que tal trozo de programa o de datos está en el mismo segmento lógico que otro. El sistema Intel requiere que el programador defina realmente el comienzo y final de segmento.

La gestión de memoria actúa de interfaz entre el esquema lógico de direccionamiento de memoria y la organización física de esta. Se encarga de calcular la dirección física real de memoria a partir de la dirección lógica que el programador le define. Se utiliza la gestión de memoria tanto en la segmentación como en la paginación.

La gestión de memoria es necesaria si se piensa en esta como en un gigantesco río en el cual el tráfico para un usuario particular está localizado en ciertas regiones, a menudo muy separadas entre sí. Si hay varios usuarios, el sistema de gestión de memoria actúa a modo de controlador o guardia para todo ese tráfico.

Motorola adopta la opción de paginación. Por el otro lado, Intel y Zilog optan por la segmentación.

Las implementaciones Intel y Zilog de la segmentación son bastante distintas. Zilog usa un chip de gestión de memoria (MMU:Memory Management Unit) adicional que no necesita Intel. Zilog comercializa dos versiones de su microprocesador Z8000: una con segmentación y otra sin ella.

Intel ha incorporado en el propio chip de la CPU un esquema de gestión de memoria muy simple. El 8086/8088 tiene cuatro registros especiales llamados registros de segmentación: uno para el código, dos para los datos y uno para la pila. Los contenidos de estos registros se multiplican por 16 y se suman a la información sobre la dirección proveniente del resto de la CPU (el desplazamiento) para calcular las direcciones de memoria reales. Con el 8086/8088 los segmentos pueden comenzar en cualquier frontera de 16 bits y terminar en cualquier posición (hasta 64kb más adelante). Hay instrucciones especiales que cargan la información sobre los identificadores de segmento en los registros de segmentación.

Colas de instrucciones

Los microprocesadores 8086/8088 utilizan las colas de instrucciones.

Las instrucciones que han de ejecutarse llegan al procesador antes de lo necesario y "esperan" en una cola de instrucciones. Este sistema posee la ventaja de que cada instrucción puede extraerse de memoria mientras otras se están ejecutando, reduciéndose en consecuencia el tiempo de proceso. Por ejemplo, las instrucciones que incluyen directamente al dato (datos inmediatos), se ejecutan prácticamente a la misma velocidad que aquellas otras que utilizan datos de los segmentos de la CPU.

Las colas de instrucciones son normalmente cortas, de 4 a 6 bytes.

La cola del 8086 es de 6 bytes y la del 8088 es de 4. Cada uno de estos dos procesadores está en realidad dividido en dos subprocesadores separados, la Unidad de Interfaz de Bus (BIU:Bus Interface Unit) y la Unidad de Ejecución (UE). La BIU se encarga de controlar las transferencias entre la CPU y el mundo exterior, mientras que la UE es la que realiza las operaciones aritméticas y lógicas. La BIU, entre otras, extrae las instrucciones de la cola conforme se van necesitando, al mismo tiempo que la UE va ejecutando las anteriores instrucciones.

4.8 LOS PROCESADORES 8086/8088

El 8086 y el 8088 son microprocesadores de propósito general de 16 bits hechos por Intel.

Aunque Intel fue la primera en diseñar y fabricar los chips 8086 y 8088, hay otros fabricantes que producen su propia versión idéntica de estos chips (clones). El 8086 y 8088 están siendo fabricados por un gran número de empresas (la mayoría japonesas), como Fujitsu a la cual Intel garantiza una licencia a nivel mundial para fabricar y vender los chips 8086 y 8088. La licencia no es exclusiva y no implica ningún intercambio de dinero entre las dos compañías. El resto de los fabricantes de estos chips (como Siemens, AMD y NEC) operan sin ninguna licencia especial, pero con el beneplácito de Intel.

El 8086 y 8088 son prácticamente idénticos excepto por el tamaño de su bus de datos externo. Intel trata esta igualdad interna y desigualdad externa, dividiendo cada procesador 8086 y 8088 en dos sub-procesadores. Es decir, cada uno consta de una Unidad de Ejecución (EU: Execution Unit) y una Unidad de Interfaz de Bus (BIU: Bus Interface Unit) como ya se mencionó anteriormente. Las Unidades de Ejecución son idénticas en ambos procesadores, pero las Unidades de Interfaz de Bus son diferentes en varias cuestiones. Esta aproximación es un ejemplo claro de diseño modular. Esto es, el todo (el procesador) se divide en partes (los dos sub-procesadores), y cada parte o módulo forma una unidad de trabajo encargada de ciertas subtarefas. Esto es un principio fundamental en la teoría moderna de diseño del hardware y software, así como también lo es en otros temas que no tienen nada que ver con computadoras. En este caso, la ventaja de esta aproximación modular es el ahorro de esfuerzo necesario para producir el chip 8088. Sólo una mitad del 8086 (el BIU) debe rediseñarse para producir el 8088.

La razón por la cual se creó el 8088 con un bus de datos reducido de 8 bits, fue para prever la continuidad entre el 8086 y los antiguos procesadores de 8 bits de Intel, el 8088 y el 8085. Esta continuidad es especialmente importante para aquellos que han desarrollado investigaciones en estos tipos de productos. Teniendo el mismo tamaño de buses (así como requerimientos similares de control y tiempo), el 8088, que es internamente un procesador de 16 bits, puede reemplazar a uno de esos primeros procesadores de 8 bits en un sistema ya existente. Esto mejorará el rendimiento del sistema a un costo muy bajo. Por ejemplo, hay varias placas de CPU 8088 disponibles para el bus S-100. Si ya se tiene un sistema con un bus S-100, el costo de pasarse a uno de 16 bits (internamente) se limita justamente a una nueva placa de CPU y un nuevo software.

El primer microprocesador de 8 bits barato fue el 8080, que llegó a ser uno de los favoritos de los diseñadores, por encima de otros como el 6502 y 6800 que salieron al mercado casi al mismo tiempo y eran incluso más baratos. Se produjo una gran cantidad de hardware y software para sistemas basados en el 8080. Sin embargo el 8080 tenía ciertas desventajas, como el requerir tres tensiones de alimentación y dos señales de reloj diferentes. Más tarde se diseñó el 8085 para soslayar estos problemas. El 8085 requería únicamente una tensión de alimentación y producía sus propias

señales de reloj. Además, tenía una velocidad más alta que el 8080. Debido a estas mejoras, el 8085 no es directamente compatible, desde el punto de vista hardware, con el 8080, pero si es, en un 99% de los casos, compatible desde el punto de vista software.

4.9 LA IBM PC-XT.

Como ya se mencionó, los sistemas PC (Personal Computer), basan su nombre en el modelo que IBM sacó al mercado en agosto de 1981, la IBM PC. Esta computadora permitía ser empleada por una sola persona, y por su tamaño podía colocarse sobre un escritorio. La IBM PC basó su diseño en el microprocesador de 16 bits de Intel el 8088, corría a una frecuencia de 4.77 Mhz, pero tenía una limitación de memoria de 64KB, y no se le podía instalar un disco duro.

Posteriormente IBM introdujo al mercado el 8 de marzo de 1983 la IBM PC-XT. Esta computadora ya permitía la instalación de un disco duro de 10 MB lo que constituyó una revolución en la configuración de la computadora personal. XT significa XTended (extended/extendido). IBM escogió este nombre porque la IBM PC-XT incluía varias características no disponibles en la IBM-PC. La XT con 8 ranuras de expansión incrementó la capacidad de expansión; más suministros de corriente; memoria montada en zócalos; tarjeta principal con capacidad de expansión de hasta 640Kb de memoria sin utilizar ranuras de expansión; y disco duro opcional. Para obtener todas estas ventajas, la XT utilizó un diseño completamente diferente de tarjeta principal con respecto a la PC original. Aunque se siguió empleando el mismo microprocesador de Intel 8088, a 4.77 Mhz.

Este sistema estaba disponible en varios modelos, con una variedad en sus unidades de disco: una unidad de discos flexibles de 256Kb, dos unidades de discos flexibles de 256 Kb, una unidad de discos flexibles y un disco duro. Las primeras unidades de discos flexibles eran de gran tamaño aunque posteriormente se redujeron a la mitad.

4.10 APLICACIONES DE LOS MICROPROCESADORES 8086/8088

Dado que el 8088 no resulta mucho más caro que el 8080, se puede utilizar en todos aquellos lugares en los que el peso, costo y una inteligencia superior sean factores críticos, como en un avión o en ciertos tipos de armas. Con los subsistemas de un avión controlados independientemente por varios 8088 en modo esclavo, todo el

avión puede operar de forma más precisa, rápida y exacta. El procesador matemático realizaría los cálculos de navegación, afianzando el sistema de piloto automático.

Resulta curioso pensar que, con suficientes procesadores de este tipo, un avión de combate podría tener tanta inteligencia por el mismo, que el piloto podría quedarse en tierra, en una carlinga simulada.

La primera aplicación del 8088/8086 fue el mercado de las computadoras personales. Lo cual convulsionó al mercado haciendo una computadora que podía utilizar gran parte del software para procesadores de 8 bits existentes.

Con el 8088, un procesador numérico y un procesador de E/S, los mensajes recibidos se pueden guardar en una memoria RAM, directamente dentro de la máquina, en vez de en una cinta. La potente estructura del lenguaje del 8088 puede convertir al contestador automático en algo más que un simple sistema de captura de mensajes, pudiendo incluir programas recordatorio de citas e incorporar las posibilidades del correo electrónico.

Otro lugar de aplicación junto con el teléfono son las centrales privadas digitales PBX. La PBX es una pequeña central que permite conectar todos los teléfonos de una empresa con el exterior, dirigidos y controlados por uno o más empleados. Las PBX convierten cada teléfono del sistema en una estación inteligente. En la mayoría de los casos, cada PBX tiene varios empleados que se encargan de gestionar la recepción de llamadas y las peticiones de conferencia. El 8088 puede permitir sustituir los empleados por una computadora inteligente junto con un sintetizador de voz capaz de contestar a las llamadas de la compañía con un <<Buenas tardes, aquí la compañía XYZ, Con quien desea hablar?>> y capaz de actuar en consecuencia cuando le contesten <<Con el señor X, por favor>> Además, la computadora siempre contestará el mensaje de una forma clara y precisa que el interlocutor puede entender (al contrario de algunas telefonistas, que después de 3,000 llamadas empiezan a hablar entre dientes). Una PBX automática podría incluso conectar entre sí llamadas exteriores, cosa que no puede hacer un recepcionista u operador humano.

5. MICROPROCESADORES INTEL DE LOS EQUIPOS IBM-PC AT

En el presente capítulo se observará al microprocesador solamente como una aplicación a los microcomputadores. Es decir se analizarán los diversos sistemas existentes con sus correspondientes procesadores y sus características más sobresalientes. Ya que internamente sus principios son similares a los de sus antecesores 8086/8088 (forma de procesamiento, tipos de datos, acceso a memoria). Estos nuevos procesadores son más potentes que los anteriores y su diseño está más orientado a los microcomputadores. Pero también pueden aplicarse a las mismas áreas que los anteriores, aunque esto demandará de una mayor complejidad en los diseños de tales aplicaciones.

Muchos tipos de sistemas IBM-PC y compatibles existen en el mercado, los cuales son aparentemente similares, pero realmente hay diferencias en su arquitectura.

Sistemas operativos como el OS/2 en su versión 1.X requiere de una plataforma 286 y en la versión 2.X de una 386.

Ambientes como Windows ofrecen diferentes capacidades y modos de operación según sean las bondades del hardware sobre el cual trabaja.

Conociendo y entendiendo las diferencias entre los diversos tipos de equipo se podría estar preparado para instalar, configurar y utilizar modernos sistemas operativos y aplicaciones, aprovechando de manera óptima el hardware.

Todos los sistemas IBM y compatibles se pueden clasificar en dos tipos básicos:

Sistemas tipo PC y XT

Sistemas tipo AT.

5.1 LA COMPUTADORA PERSONAL IBM-AT

Muchos árboles genealógicos tienen raíces que son centenarias. En el diseño de microprocesadores, las computadoras se están desarrollando a una velocidad fenomenal. El árbol genealógico del microprocesador tiene poco más de una década. Si el desarrollo continúa a la velocidad actual, estaremos añadiendo hojas al árbol cada año.

Los avances en la computación personal por lo general no se deben a descubrimientos sensacionales sino a mejoras pequeñas e incrementales. Esto recuerda las famosas palabras de Tomás Alba Edison, "El genio es uno por ciento de inspiración y noventa y nueve por ciento de transpiración".

Continuando con los avances en el diseño de las Computadoras Personales de IBM surge un nuevo grupo de microprocesadores.

El 14 de agosto de 1984, IBM introduce la Computadora Personal AT (Advanced Technologies) de 6 Mhz, el cual empleaba el microprocesador de 16 bits de Intel, el 80286.

En septiembre de 1986 aparecen los modelos PC-AT de 8 Mhz y los modelos PC-XT 286, éste último modelo corresponde al de una computadora con los mismos recursos que una XT, pero utilizando un microprocesador de 16 bits, el 80286 de Intel.

En septiembre de 1986, la compañía Compaq, saca su modelo Deskpro 386 a 16 Mhz, y sería el primer PC en emplear el microprocesador 80386SX de Intel, de 32 bits internos y 16 bits externos.

En septiembre de 1989, la compañía inglesa Apricot, saca su modelo VX-FT a 25 Mhz, basado en el microprocesador 80486, de Intel. Este microprocesador emplea 32 bits, e incluye un coprocesador matemático y memoria caché en el mismo chip.

Posteriormente a la aparición de cada modelo, otras compañías sacaban al mercado, modelos similares, pero con características superiores en velocidad,

memoria RAM, etc., de tal forma que los diseñadores originales, como IBM, han tenido que actualizar sus modelos a como está el mercado.

En el presente capítulo se manejarán los términos CPU, procesador, microprocesador o chip a manera de sinónimo para evitar la repetición del término microprocesador, aunque en capítulos anteriores ya se han mencionado sus conceptos formales.

5.2 MODELOS AT 286

Este CPU de nueva generación fue diseñada, principalmente, para aplicaciones que requerían altas prestaciones. Compatible con el 8088/8086, el 80286 aprovechó las características del estado del arte en gestión de memoria, mecanismos de protección, gestión de tareas y soporte de memoria virtual. Todas estas características potentes están contenidas en una pastilla VLSI, una organización que proporciona al usuario de microcomputadoras las características de arquitectura y cálculo de las minicomputadoras.

El 80286 es compatible con el 8088/8086 debido a su conjunto común de modos de direccionamiento e instrucciones básicas. La arquitectura base soporta lenguajes de alto nivel como Pascal y C, ya que el diseño del conjunto de registros está bien adaptado al código generado por el compilador.

El 80286 soporta diferentes tipos de datos muy potentes, como cadenas, BCD, y formatos en punto flotante. El diseño también soporta un direccionamiento eficiente de estructuras complejas de datos, como arreglos estáticos/dinámicos, registros y arreglos de registros.

La arquitectura de memoria del 80286 soporta técnicas de programación modular, que permiten al ingeniero de software dividir la memoria en segmentos. La segmentación de memoria proporciona un código más corto, ya que las referencias a un segmento pueden ser menores. El esquema de segmentación se presta por sí mismo a implementaciones eficientes de gestiones sofisticadas de memoria -por ejemplo, memoria virtual y protección de memoria.

El 80286 también proporciona un gran espacio de direcciones para soportar los requerimientos de grandes aplicaciones. La cantidad de memoria que puede manejar le permite al procesador guardar en ella programas muy grandes con sus correspondientes estructuras de datos, permitiendo accesos a alta velocidad.

Para aplicaciones con requerimientos dinámicos de memoria, como por ejemplo sistemas multiusuarios, el 80286 suministra a cada usuario unos 2^{30} bytes (un

gigabyte) de espacio virtual de direcciones. El gran espacio de direcciones casi elimina las restricciones sobre el número o tamaño de los programas que pueden ser parte del sistema.

Este microprocesador se diseñó para soportar aplicaciones multiusuario, reprogramables y multitarea en tiempo real. El 80286 tiene protección de memoria permanente para los sistemas operativos y privacidad de datos de programas.

Los modelos AT 286 basan su funcionamiento en el microprocesador 80286, de 16 bits de datos y 24 bits de direcciones. Con respecto a su memoria aceptan hasta 16MB de memoria RAM en la tarjeta principal. Este sistema maneja un slot largo el cual se compone de dos partes. La mayor de 62 pines, maneja la misma distribución de datos, direcciones, voltajes de alimentación, etc. que el slot de 62 pines que emplea el sistema XT. La otra parte del slot del AT tiene 36 pines, y maneja el resto de datos, direcciones, interrupciones y DMA para completar lo que emplea el sistema AT. El hecho de que emplee 16 bits de datos, obliga a tener un mínimo de 512 KB de memoria

IBM incluyó en su modelo AT 286 varias características no disponibles en los anteriores modelos de PC, como son: un avanzado microprocesador con mayor rendimiento, mayor capacidad de almacenamiento tanto en discos duros como en discos flexibles, mayor capacidad de direccionamiento en la memoria y un avanzado coprocesador matemático. Este nuevo diseño seguía manteniendo la compatibilidad tanto en software como en hardware con los modelos anteriores.

En los mejores casos, los sistemas IBM-AT 286 eran de dos a cinco veces más veloces que los equipos IBM-XT. El aumento en el desempeño de estos equipos fue el resultado de la combinación del procesador 80286, memoria de 16 bits y las nuevas capacidades de los discos duros.

Estos sistemas estaban disponibles en varios modelos: una unidad de discos flexibles y varios modelos de discos duros mejorados. Cassette con lenguaje BASIC en ROM, así como un calendario y reloj con batería de respaldo. Todos los modelos estaban equipados con unidades de discos flexibles de alta capacidad (1.2M) un teclado y un candado. Los modelos mejorados tenían un disco duro de 20M o uno de 30M y un adaptador serial o paralelo. Todos los modelos se podían expandir a 16M de memoria mediante la instalación de tarjetas. Posteriormente se utilizan nuevas unidades de discos flexibles de 3 1/2 pulgadas con capacidad de 720 Kb.

Además todos los modelos incluían un selector de voltaje según el país; un ventilador de velocidad variable el cual reducía el ruido que este producía; el ventilador giraba lento cuando el sistema estaba frío y rápido cuando estaba caliente.

Con respecto a la seguridad, cuando el sistema estaba cerrado por el candado no se podía quitar la cubierta ni se podían teclear comandos.

Con el tiempo estas características se fueron mejorando creando nuevos modelos de AT 286. Algunas de estas mejoras fueron: aumento de velocidad en el reloj del sistema, discos duros de mayor capacidad, tarjetas principales de menor tamaño (25% más pequeñas), unidades de discos flexibles de 3 1/2 pulgadas con capacidad de 1.4M.

El 80286 tiene dos modos de operación: el modo real y el modo protegido. Estos modos nos hacen pensar que existen dos procesadores diferentes en uno. En el modo real el 80286 se comporta como un 8086/8088 y es totalmente compatible con estos microprocesadores. Ejecutando cada instrucción del código exactamente como lo haría un 8086/8088.

El 80286 trabajando en el modo real se encuentra limitado; no alcanza a aprovechar las bondades del diseño de este procesador. En la mayoría de las veces este procesador se utiliza sólo en el modo real. Esta limitante se da, ya que el sistema operativo DOS permite únicamente el modo real. En este modo el procesador sólo puede direccionar 1M de memoria, de igual forma como lo hace el 8086/8088. De tal forma que una AT-286 corriendo bajo el sistema operativo DOS sólo se comporta como una PC muy veloz, aunque este no haya sido su destino.

El modo real fue creado para que pudiera correr el software basado en el 8086/8088 con pocas o ninguna modificación hasta que se desarrollara el nuevo software que aprovechara el modo protegido del microprocesador.

En el modo protegido el 80286 es algo verdaderamente nuevo. En este modo el procesador automáticamente mapea un gigabyte de memoria dentro del espacio físico de 16M. Estando en modo protegido el 80286 también soporta la multitarea, corriendo los programas en áreas protegidas de memoria, de tal forma que, si alguno de ellos tuviera problemas, no sería necesario reiniciar el sistema (boot). Lo que sucede en una determinada área de memoria no afecta a los programas que se ejecutan en otras áreas.

En el modo protegido, un programa "cree" que puede disponer de un gigabyte de memoria. Sin embargo, el 80286 sólo puede direccionar físicamente 16M de memoria. Cuando un programa pide más memoria de la que físicamente existe, el CPU mueve a disco una parte del código que se encuentra en la memoria, dejando con esto, espacio libre para ser utilizado. Todo este proceso es transparente para los programas, es decir, no se dan "cuenta" de los movimientos que se realizan para poder contar con un gigabyte. Cuando se maneja más memoria de la que realmente existe se dice que se cuenta con memoria virtual, la cual es completamente controlada por el sistema

operativo. Gracias a la memoria virtual, el tamaño de los programas, corriendo bajo OS/2 o UNIX, pueden ser extremadamente grandes.

Todas las características del procesador 80286 en modo protegido son atractivas, pero generalmente no están disponibles, ya que el sistema operativo DOS corre solamente bajo modo real. Para resolver esta incongruencia entre software y hardware, se creo un sistema operativo que pudiera correr tanto en modo real como en el modo protegido, este sistema operativo es el OS/2, el cual fue desarrollado por IBM.

OS/2 1.X puede correr tanto los programas desarrollados bajo DOS en modo real, como los programas desarrollados para el modo protegido. En el modo protegido, OS/2 trabaja multitareas y puede direccionar un gigabyte de memoria virtual ó 16M de memoria real. Existen otros sistemas operativos como UNIX o XENIX, que también pueden soportar el modo protegido del 286. OS/2 no es tan popular como DOS y no existen muchas aplicaciones para este sistema operativo trabajando en modo protegido.

Un punto importante a señalar es el hecho de que cuando un programa pasa del modo real al modo protegido, ya no puede regresar al modo real, lo cual solo se logra reiniciando el sistema (boot).

5.3 MODELOS XT 286

Este modelo de computadora combinó el costo, flexibilidad y apariencia de una computadora IBM-XT con la velocidad y gran rendimiento del microprocesador 80286 de Intel. Este modelo tenía por fuera apariencia de una PC-XT, pero por dentro era toda una AT.

5.4 MODELOS AT 386

El Intel 80386 es un procesador optimizado de 32 bits para altas velocidades de operación y para sistemas multitarea. Con registros de 32 bits, el 80386 soporta direcciones y tipos de datos de 32 bits.

La gestión de memoria integrada y arquitectura de protección incluye registros de traducción de direcciones y mecanismos de protección para soportar sistemas operativos y hardware avanzado de multitarea.

Con una elevada anchura de banda del bus y una traducción de direcciones en la pastilla acortan significativamente el tiempo medio de ejecución de la instrucción,

manteniendo un alto rendimiento del sistema. Estas características de diseño de arquitectura habilitan al 80386 a ejecutar instrucciones a una frecuencia de 3 a 4 millones por segundo.

Características adicionales incluyen autotest, acceso directo a la memoria intermedia donde se realiza la traducción de página, y cuatro nuevos registros.

Este microprocesador soporta varios tipos de datos además de los soportados por el 8086/80286. El 80386 soporta enteros con signo y sin signo de 32 bits y campos de bits de 1 a 32 bits de longitud. El microprocesador soporta los tipos de apuntadores estándares, definidos para la familia 8086/80286, así como un apuntador de desplazamiento de 32 bits y un apuntador completo de 48 bits.

Además de los operandos inmediatos de 8 y 16 bits soportados por el 8086/80286, el 80386 también soporta operandos de 32 bits, con la indicación general que el campo de operando inmediato de 16 bits se extiende a 32 bits.

Cuando se accede a un segmento mayor de 64K, las direcciones efectivas pueden ser de 32 bits o de 16 bits. La dirección efectiva se forma sumando un registro base opcional, un registro índice opcional y un desplazamiento opcional. Además, los modos de direccionamiento de 32 bits han sido expandidos para permitir el uso de cualquier registro de propósito general como registro base o índice.

Inicialmente este procesador causó revuelo en la industria de PC por su nivel de desempeño que ofrecía en máquinas de escritorio. Fue introducido por Intel en 1985, aunque comercialmente apareció a finales de 1986 y principios de 1987. Este chip se utilizó por primera vez en los equipos COMPAQ Deskpro 386 así como en algunos clones de IBM-AT y posteriormente en los sistemas de IBM PS/2 Modelo 80. Desde entonces IBM ha introducido algunos otros sistemas que también utilizan el microprocesador 386. Comparado con los microprocesadores 8088 y 80286, el 80386 ofrece un mayor desempeño en casi todas las áreas de operación. Aparte de su desempeño este microprocesador tiene características que llaman la atención.

El 386 puede ejecutar las mismas instrucciones que un 286 ó un 8086/8088 en menos ciclos de reloj. Además el 386 puede cambiar de modo protegido a modo real bajo el control del software sin necesidad de reiniciar el sistema, ahorrando con esto tiempo. El 386 puede direccionar 4 gigabytes de memoria física y por medio de software 64 terabytes de memoria virtual. El 386 cuenta con un nuevo modo llamado real-virtual, el cual puede manejar simultáneamente varias sesiones en modo real.

Probablemente la mejor característica de este microprocesador (aparte de su gran velocidad) es la disponibilidad de varios modos de operación:

+ Modo Real

+ Modo Protegido

+ Modo Real Virtual (también llamado Virtual 86).

El modo real es un modo compatible con el 8086/8088, este modo lo maneja de la misma forma como lo hace el 286. El 386 operando bajo modo real puede correr software del tipo 8086/8088 sin tener que modificarlo. Un sistema 386 corriendo en este modo funciona como un "turbo PC". Tanto el sistema operativo DOS, como el software desarrollado en él sólo pueden correr bajo este modo, además de sólo poder correr un programa a la vez. Un programa trabajando bajo este modo solo podrá acceder 1M de memoria.

En modo protegido es totalmente compatible con el modo protegido del 286. Algunas personas dicen que el modo protegido es el "modo nativo" del 386, porque con un sistema operativo avanzado, como el OS/2, funciona de inmediato en modo protegido. Para el modo protegido del 386, Intel extendió las capacidades de direccionamiento de memoria con una nueva Unidad de Manejo de Memoria (UMM) la cual puede manejar de una manera sofisticada la memoria e intercambiar programas. Como estas características fueron agregadas a las ya existentes del 286 el procesador 386 es totalmente compatible con el código escrito para el 286.

El modo Real Virtual es totalmente nuevo. En este modo el procesador puede trabajar en modo protegido varios procesos que trabajen en modo real. Varias copias tanto del DOS como de otros sistemas operativos pueden correr simultáneamente en este procesador, cada uno de ellos en un área privada de memoria. Si alguno de los programas tiene problemas, no afecta a los demás. En este caso es posible reiniciar sólo el sistema de la partición que tuvo problemas. Una PC con un 386 se convierte en múltiples PCs.

Estas características solo son aprovechadas si se utilizan sistemas operativos especializados como Windows y OS/2 2.X. Bajo windows un sistema 386 puede correr una copia del DOS en cada partición del sistema, el cual se refleja como varias "ventanas" a través de la pantalla del computador. Cada una de estas "ventanas" es un proceso distinto. De tal manera que cada "ventana" solo podrá direccionar 1M de memoria, comportándose como si se tratara de una PC. Todo el proceso de multitarea es realizado a través del hardware del procesador y no por medio de switcheo por

software. OS/2 aprovecha estas capacidades y puede manejar tanto el modo Protegido como el modo Real Virtual.

Puesto que el 386 es un procesador de 32 bits, cuenta con registros internos de 32 bits, un bus interno de 32 bits y un bus externo también de 32 bits, además cuenta, dentro del mismo chip, con la Unidad de Manejo de Memoria (MMU) la cual puede manejar, como ya se mencionó, 4 gigabytes de memoria física y 64 terabytes de memoria virtual. El 386 contiene 275,000 transistores un chip del tipo VLSI (Very-Large-Scale-Integrated). El chip cuenta con 132-pin y consume menos energía que el 8086. Esta característica se debe a los materiales con los que fue construido este chip.

El microprocesador 386 en ocasiones también es identificado como 386DX.

Existen versiones especiales del 386. Una es la 386SX. Este chip guarda la misma relación con el 386, como el 8086 la tiene con el 8088. Es decir, el 386SX está restringido en su comunicación con el exterior al utilizar una interfase de 16 bits (lo que le permite manipular 16 bits de datos y 24 bits de direcciones), aunque su interior es idéntico al del 386. El 386SX fue diseñado para ofrecer una alternativa más económica en los sistemas con capacidades de un 386 pero con un costo de un sistema 286. Es decir, en cuanto a programas que puede ejecutar es similar a un 386, pero en cuanto al uso de la memoria RAM y su direccionamiento, es comparable al de un 286.

Además de la interfase de 16 bits, el 386SX utiliza un direccionamiento de memoria de 24 bits contra los 32 bits del del 386. De tal manera que el SX puede direccionar hasta 16M de memoria física y el 386 puede direccionar 4 gigabytes. Este límite no es un problema, pues la mayoría de los sistemas no utilizan más de 16M.

Una variación del 386SX es el 386SL. Este es un CPU de bajo consumo, diseñado para sistemas portátiles (laptop, notebook, etc) los cuales requieren de elementos con bajo consumo de energía. El chip SL, ofrece principalmente características en el aprovechamiento de la energía, cosa muy importante en sistemas que trabajan con baterías. El chip SL ofrece varios modos "sleep", los cuales conservan la energía. Estos chips además cuentan con una arquitectura que cuenta con un Sistema Manejador de Interrupciones (SMI), el cual permite una utilización óptima de la energía. Además en los chips SL se tiene un soporte especial de funciones para el manejo de memoria expandida del tipo LIM (Lotus Intel Microsoft) y un controlador de caché. El controlador de caché está diseñado para manejar procesos caché de 16K a 64K. Con estas funciones extras el número de transistores en los chips SL es de 855,000 comparado con los 275,000 transistores del 386.

Además Intel a introducido un compañero especial del chip 386SL llamado subsistema de E/S 82360SL. Este chip cuenta con varias funciones para el manejo de periféricos comunes, como son los puertos serial y paralelo, un controlador de acceso

directo a memoria (DMA), el controlador de interrupciones, así como un manejador de energía. Este subsistema trabajando junto con el 386SL forman una solución ideal para los sistemas portátiles que requieren de un espacio reducido y un bajo consumo de energía.

Otra variación del 386SX es el IBM 386SLC. En este chip, IBM agrega algunas de las características del 486, como son: un cache de 8K, esta característica lo hace ser similar como un 486SX, pero con un costo mucho menor. Realmente el 386SLC es casi tan rápido como el 386SX. En un principio el chip 386SLC sólo estuvo disponible para los equipos PS/2 Modelo 57 y posteriormente para otros modelos PS/2. El diseño y fabricación de este chip es posible ya que IBM cuenta con una licencia por parte de Intel, facultándolo legalmente para producir y modificar los chips 386. Por lo general ningún otro fabricante tiene estos permisos de Intel. Los clones de los procesadores 386 producidos por otros fabricantes tienen que recurrir a la ingeniería inversa sin el consentimiento de Intel y con la consecuente acción legal.

Fabricante como AMD y Chips and Technologies han desarrollado clones de los microprocesadores Intel 386 y 386SX a pesar de los problemas legales con Intel. Estos chips compatibles con el 386 están disponibles en velocidades hasta de 40Mhz, mientras que Intel produce chips 386 de 33Mhz. Intel no puede ofrecer chips de más de 33Mhz ya que estas velocidades igualarían a las de los chips 486 de baja velocidad. En realidad Intel ha ido bajando los precios de la línea 486 para atraer a la industria a cambiar a los 486 como línea principal.

5.5 MODELOS AT 486

El microprocesador 80486 de Intel fue introducido a finales de 1989, e incluido en los sistemas durante 1990. Este chip también ha estado disponibles en varias versiones. Este chip ha tenido dos principales características sobre los primeros procesadores: integración y actualización. Las funciones integradas en el 486 es la incorporación, en el mismo chip, de un coprocesador matemático, un controlador de caché y una memoria caché. El 486 ha sido diseñado pensando en una posible actualización en cuanto a duplicación de velocidad, coprocesador matemático y caché externo.

El procesador 486 es fabricado utilizando tecnología CMOS de bajo consumo de energía. Tiene registros y un bus de datos como el del 386: registros internos de 32 bits, un bus de datos externo de 32 bits y un bus de direcciones de 32 bits. El chip estandar contiene 1.2 millones de transistores en una pieza de silicio no mayor a la uña de un pulgar, más de cuatro veces el número de componentes de un procesador 386, lo cual indica el poder del chip.

El 486 contiene una unidad de procesamiento, un coprocesador matemático, unidad de manejo de memoria y una memoria caché de 8K. Este caché es una de las razones por las que el 486 tiene el doble de rendimiento que un 386. Es decir el desempeño de un 486 a 20 Mhz es el mismo que el de un 386 a 40 Mhz y el rendimiento de un 486 veloz va más allá que el de un 386. El 486 es completamente compatible con todos los procesadores anteriores como el 386.

La familia de 486 aumenta y son varias las versiones de este chip que se encuentran disponibles. Las versiones del 486 son:

- | | |
|----------------------|---|
| 486DX | CPU con coprocesador matemático incluido. |
| 486SX | Un 486 sin coprocesador matemático. |
| 486 OverDrive | Un CPU doblemente veloz y con coprocesador. |

Todos estos chips tienen una arquitectura de 32 bits y un caché interno de 8K, pero son distintos en otros puntos. El 486SX es una versión del 486 de bajo costo por lo que no tiene incorporado un coprocesador matemático. Es difícil de entender, al principio, que los sistemas basados en el procesador 486SX no contemplan la posibilidad de adicionar un coprocesador matemático. Es decir no existe un socket para un coprocesador en un sistema 486SX. Esto causa confusión ya que una de las características importantes de los procesadores 486 es la actualización. En estos equipos se puede ver una advertencia de Intel donde se indica la ausencia de este socket.

Existe un chip 487SX que funciona como un 486SX con un coprocesador matemático integrado. Es decir el 486SX es un 486 sin coprocesador integrado y el 487SX es un 486SX con un coprocesador. Además se puede pensar que un 487SX con una unidad matemática es un 486. La única diferencia entre un 487SX y un 486 son los pines donde el diseño de uno con respecto al otro son incompatibles.

Si se agrega un 487SX al socket de un sistema de un 486SX el 487SX tomará las funciones de coprocesador matemático y un procesador. Esta es una de las razones por las que el 487SX es tan caro, ya que realmente se está comprando más de lo que se piensa, dado que los chips 8087, 80287 y 80387 son los procesadores matemáticos de sus correspondientes procesadores 8086/8088, 80286 y 80386 nos llevaría a pensar que el 487 es un coprocesador para el 486, pero como ya se explicó el 487 es algo más que eso.

Intel también anunció su línea de procesadores 486 OverDrive, los cuales caben en el mismo socket que un 486 normal ofreciendo el doble en la velocidad del reloj. Estos procesadores OverDrive vuelven obsoleto al 487SX ya que incluyen el coprocesador matemático y un doble de velocidad. El costo de un 486SX es igual al de un 386 pero con la posibilidad de actualización.

Un sistema basado en el procesador 486DX no tiene un socket compatible para chips de actualización, pero esto no saca al 486DX del juego de la actualización. Intel ha anunciado los procesadores OverDrive DX que reemplazan el 486DX.

Otro miembro de la familia 486 es el procesador 486SL que es básicamente un SX pero con menor consumo de energía. El chip SL está diseñado especialmente para sistemas laptop o notebook que trabajan con baterías. Los chips SL cuentan con técnicas especiales de ahorro de energía como lo es el modo "sleep". Estos modos reducen el consumo de energía cuando es necesario.

Una de las razones por las que los procesadores 486 son más veloces que los 386 es que todos los chips de la familia 486 incluyen una memoria caché interna de 8K junto con su controlador. En general un chip 486 es doblemente veloz que que su equivalente 386. Es decir un 486SX a 20 MHz es igual de veloz que un 386 a 40 MHz y un 486DX OverDrive a 66 MHz es aproximadamente igual que un 386 a 132 MHz.

Por otro lado los 8 KB de memoria caché permiten hacer que el CPU trabaje mejor, ya que con ella es posible reducir el número promedio de estados de espera a casi cero, al tener memoria RAM muy rápida, cerca del microprocesador.

En resumen, la razón por la que la familia de procesadores 486 tienen un alto desempeño es porque llevan integrado una memoria caché con su controlador y un coprocesador matemático. La posibilidad de ser actualizados consiste en el poder agregar un procesador o cambiar el existente por otro, gozando con esto del doble de velocidad. También se podría decir que el 486 integra en un sólo chip al microprocesador 80386, al coprocesador matemático 80387 y 8K de memoria caché.

5.6 PENTIUM

El 22 de marzo de 1993 Intel presenta su microprocesador Pentium. A este procesador le correspondería, siguiendo la línea de microprocesadores anteriores (80x86), el nombre de 80586 pero Intel decidió cambiarle su identificación y para ello invitó a su personal a proponer un nuevo nombre. El resultado de esto fue Pentium.

Con este nuevo procesador, Intel ha comenzado a llevar un difícil curso entre la tradición y la revolución. Por una parte, Intel debe prolongar la vida de la arquitectura

del 80x86 que tiene mas de 10 años de edad, un diseño que abarca una base instalada de decenas de millones de computadoras y miles de programas. Las corporaciones e individuos que han gastado billones de dólares para comprar ese hardware y software están tan ansiosos de proteger su inversión como lo está Intel.

Al mismo tiempo, Intel debería además alentar el desarrollo del rendimiento del microprocesador a nuevos niveles que satisfagan la creciente demanda del cómputo en los 90. Las aplicaciones de multimedia con video en movimiento completo y nuevos y robustos sistemas operativos como Windows NT están recorriendo los límites de las computadoras de escritorio más rápidas que existen actualmente. Para cumplir con estas necesidades, los ingenieros están colocando más y más transistores dentro de sus diseños de CPUs. Nuevas y exóticas arquitecturas que ni siquiera fueron soñadas hace unos cuantos años están comenzando a aparecer ahora. Para mantener el paso, Intel deberá adaptar esos avances a sus chips 80x86 sin desviarse en forma radical de la arquitectura básica utilizada en un principio.

Pentium no es sólo otro nuevo chip sino un nuevo chip 80x86, un evento que solamente sucede cada cuatro años. Como tal es una seductora combinación de limitaciones heredadas y posibilidades futuras.

Es imperativo que el chip sea compatible con los chips 80x86 previos, y así es. También Pentium es rápido. También es caro. Con un Precio de Fabricante Original (OEM) cercano a los mil dólares por chip en cantidades de producción. Pentium es hasta hoy día demasiado costoso para el mercado masivo de las computadoras de escritorio. Pero esto mismo sucedió con el 486, 386, 286 y el 8086 cuando aparecieron en el mercado. Al caer inevitablemente los precios y mejorar el rendimiento, Pentium puede convertirse en el microprocesador dominante de mediados de los 90.

Sin embargo, Intel enfrenta un reto que nunca antes ha experimentado con un nuevo CPU para PCs el cual es la competencia. Windows NT de Microsoft es la selección anticipada de sistema operativo para los sistemas Pentium, pero las estaciones de trabajo listas para utilizar Windows NT basadas en CPUs RISC competirán con los primeros sistemas Pentium en el mercado. Por primera vez, no tendrá que seleccionar Intel para la arquitectura de sistemas de PCs de la próxima generación.

Intel ha anunciado dos versiones de Pentium: una con velocidad de reloj de 66 MHz y la otra con 60 MHz. El Pentium más rápido proporciona poco más del doble del rendimiento del 486 más rápido actual, el 486DX2-66 con doble velocidad de reloj. Pentium de 66 MHz está clasificado con 112 MIPS y Pentium de 60 MHz proporciona cerca de 100 MIPS. Contra los cerca de 54 MIPS que proporciona un 486DX2-66 a 66 MHz. Con esto Pentium marca la primera vez que un chip 80x86 ha

roto la mágica barrera de los 100 MIPS, la cual hasta ahora ha sido del dominio exclusivo de los microprocesadores basados en RISC.

Los procesadores RISC son la mayor amenaza en un futuro para Pentium. Sin estar limitados por ningún requerimiento de mantener la compatibilidad con el viejo hardware y software, los chips RISC se encuentran libres de abarcar nuevas arquitecturas radicales y teorías de diseño avanzado. Como resultado, pueden proporcionar impresionantes niveles de rendimiento en bruto que dejaría muy atrás a la mayoría de los chips basados en CISC. Pero también tienden a ser caros, en parte porque ninguno ha logrado el volumen que lleve a una producción en masa barata, cuando menos no en la escala de los chips más populares de Intel.

Intel ha estado adaptando cuidadosamente elementos clave de la filosofía RISC a su arquitectura 80x86 decididamente basada en CISC. Algunos indicios de esto se hicieron evidentes en algunos elementos del 486 como la memoria caché, pero Pentium va mucho más allá que esto. El pipeline superescalador de Pentium, es una característica común de los chips RISC. Bajo ciertas circunstancias Pentium es capaz de ejecutar dos instrucciones de máquina simultáneamente, porque no tiene uso, sino dos pipelines enteros acomodados en paralelo. También tiene una predicción inteligente de transferencia y otras características RISC avanzadas.

Aunque el pipeline de Pentium no se ejecuta en paralelo, en el chip existen otras mejoras que aumentan significativamente su rendimiento de punto flotante (cerca de dos veces más rápido que el del 486). Esto junto con los ALUs superescalares, coloca a Pentium en una posición de competencia cercana a los chips RISC.

Las primeras versiones de Pentium se basan en una tecnología BiCMOS de 0.8 micrones y 5 volts, con cerca de 3.1 millones de transistores. Se espera que las versiones futuras utilicen una tecnología de 0.65 micrones y 3.3 volts corriendo a 100 MHz o más.

Intel mantiene su estrategia de mercadotecnia de crear numerosas variaciones de un microprocesador básico, se podrá anticipar una amplia variedad de versiones de Pentium para muchos propósitos: servidores, computadoras de escritorio y portátiles. Una variación de Pentium, cuyo nombre en código es P24T, el cual es un Pentium actualizado para computadoras basadas en el 486, una especie de Pentium OverDrive.

Sin embargo, algunas de estas computadoras no serán tan rápidas como los sistemas diseñados especialmente para el Pentium, debido a que el P24T accederá a su memoria cache secundaria en un bus de 32 bits que corre a solamente 33 MHz. Los sistemas Pentium tendrán un bus de 64 bits que accederá a la memoria caché secundaria a la velocidad total del CPU.

Otro tipo de actualización eliminará el cuello de botella del bus del P24T aislando el Pentium en una tarjeta hija especial. Los sistemas con esta actualización liberarán todo el poder de Pentium enlazando el chip con su memoria caché secundaria a la velocidad total del CPU en un bus de 64 bits. La tarjeta hija se conectará en un contacto especial en la tarjeta madre.

Se enfocará tanta atención a los aspectos del hardware necesario para el diseño del microprocesador que fácilmente se pasan por alto otros factores, como la ingeniería de software. Por casi dos años, Intel ha trabajado con desarrolladores de herramientas para asegurar que existan compiladores especialmente optimizados para Pentium.

Más que cualquier microprocesador Intel previo, Pentium necesita código optimizado para lograr su potencial completo. Aunque es totalmente compatible con código escrito para los chips 80x86 anteriores (el juego de instrucciones es casi idéntico al 486), se puede obtener una ganancia significativa en el rendimiento escribiendo código que explote su arquitectura superescalar. Esto no es sorprendente pues el código optimizado es también importante al maximizar el rendimiento de los chips RISC que inspiraron elementos cruciales de Pentium.

Al hacerse más exóticas las arquitecturas del procesador, se ha hecho más importante que el software conozca qué está tratando de hacer el hardware.

De acuerdo a Intel, los programas optimizados para el Pentium correrán cerca de un 30 por ciento más rápido que los programas no optimizados. Además, los usuarios pueden esperar ganancias de cerca de diez por ciento cuando estos programas se corran en un 486 y tal vez un cinco por ciento cuando se corran en un 386. El código optimizado no correrá en todos los chips anteriores, pero la mayoría de los sistemas 286, 8086 y 8088 carecen de la velocidad y de la memoria para correr las principales aplicaciones existentes.

Otro aspecto fácilmente pasado por alto sobre el rendimiento de Pentium es el diseño de los sistemas de computadora que rodean al chip. El diseñar un buen sistema alrededor de Pentium es mucho más que solamente colocar un chip en el contacto y añadir más memoria.

El principal problema de diseño es tener una ingeniería de tarjeta madre confiable que sea lo suficientemente rápida como para que se mantenga a la par del chip. Este no es un problema específico de Pentium; ya ha sido encontrado por los ingenieros al diseñar sistemas para el 486DX a 50 MHz. (El 486DX2 a 66 MHz con doble velocidad de reloj tiene un bus que corre a solamente 33 MHz, así que presenta menor dificultad a ese respecto). Pero en cuanto a Pentium, éste es un problema particular debido a que hasta la versión más lenta tiene una velocidad de reloj a 50

MHz. A esa velocidad, no existe margen para un diseño descuidado o tolerancias de fabricación muy amplias.

Cuando se diseñan sistemas para que corran en forma confiable a altas velocidades de reloj, un ingeniero tiene que manejar cuidadosamente todas "las condiciones límites": La emisión térmica, las variaciones de voltaje, las pérdidas de señal, las interferencias RF y la señalización TTL, todas se vuelven significativas.

Las consideraciones térmicas son especialmente críticas. Pentium es un chip caliente en más de una forma. Un solo ventilador para toda computadora no sería suficiente, y la colocación de ventiladores y ventanas de enfriamiento no es un asunto casual ni fortuito.

Pentium presenta un reto de tipo diferente para la competencia de Intel. Esta competencia cae dentro de dos grupos: los que fabrican chips compatibles con 80x86 y los que promueven arquitecturas enteramente diferentes, generalmente basadas en la arquitectura RISC.

El mercado mundial de los procesadores 80x86 es tan grande que el primer grupo puede sobrevivir dando precios menores a los de Intel y a los fabricantes de computadoras con una fuente de suministro alterno. Los principales integrantes de este grupo son AMD y Cyrix. Ambas compañías están teniendo problemas en obtener copias del 486. El proyecto 486 de AMD sufrió un descalabro en diciembre de 1992 cuando un juez federal falló contra la compañía en una batalla en la corte sostenida por largo tiempo contra Intel. El juez decidió que un acuerdo de licencia entre las dos compañías en 1976 no daba a AMD el derecho de utilizar el microcódigo de Intel en microprocesadores futuros, incluyendo el chip compatible con el 486 que AMD había planeado lanzar al mercado. Como resultado, AMD se vio forzada a reescribir su microcódigo. La presentación del Am486 se atrasó varios meses.

Cyrix presentó tres procesadores 486 durante 1992: el Cx486SLC, el Cx486DLC y el Cx486S2/50. Pero a pesar de sus nombres, ninguno está considerado como un chip realmente de tipo 486. Aunque son compatibles con el juego de instrucciones del 486, carecen de FPU's integrados y tienen solamente 1 ó 2 Kb de memoria cache interna. El 486SX de Intel tampoco tiene FPU, pero tiene una memoria cache de 8 Kb.

Obtener una copia de Pentium probará un reto aún mayor, no solamente porque es más rápido, sino también porque su arquitectura es más compleja. Existen dos enfoques generales al problema: copiar la arquitectura tan parecida como sea posible o partir del diseño interno de Pentium y utilizar otras técnicas para fabricar un chip que proporcione el mismo nivel de rendimiento. Tanto AMD como Cyrix están tomando el segundo enfoque.

5.7 SISTEMAS PS/2 Y PS/1 DE IBM.

Por otra parte IBM, el creador del sistema PC, ha seguido desarrollando estos mismos sistemas de una manera distinta a la de los demás fabricantes.

Desde el punto de vista del software existe compatibilidad con las demás, pero en el área del hardware sus diseños son distintos.

Entre otras cosas, IBM diseñó un nuevo tipo de bus para sus sistemas al cual le llamó Micro Canal (Micro Channel/ MCA), por lo que los slots de estos equipos son distintos a los demás y por lo tanto no se podrán intercambiar tarjetas que no sean del tipo Micro Canal.

Este diseño tiene varias ventajas sobre las demás, entre ellas es que posee una alta velocidad con una reducción de interferencias sobre TV y radios.

Estos equipos los cuales están clasificados como PS/2 y PS/1, tienen un alto valor en el mercado al igual que sus componentes. Están ensamblados totalmente por robots, lo cual reduce el posible error humano.

Es importante hacer notar el número de cables es menor que el los demás sistemas además de no tener switches lo cual disminuye los problemas de instalación y configuración al incorporar nuevos elementos al sistema.

MICROPROCESADORES INTEL EN LOS SISTEMAS DE IBM

microprocesador	sistema
8086	PS/2 25, 30
8088	PC, XT, Convertible, Portable, PCjr
286	AT,XT-286,PS/1,PS/2 25-286,30-286,50,50 Z,60
386SX	PS/1 SX, PS/2 25SX, 35, 40, L40, 55. 57, 65
386SLC	PS/2 57M
386DX	PS/2 70, P70, 80
486SX	PS/2 90,95
487SX	PS/2 90, 95
486DX	PS/2 70, P75, 90, 95

DESARROLLO DE LOS MICROPROCESADORES INTEL.

CPU	Precio lanzamiento / Precio actual	MIPS de inicio / MIPS máximos	Numero de transistores
8086 jun 1978	360 / NA Dlls	.33 / .75	29,000
286 feb 1982	360 / 8 Dlls	1.2 / 2.66	134,000
386 oct 1985	299 / 91 Dlls	5 / 11.4	275,000
486 ago 1989	950 / 317 Dlls	20 / 54	1.2 millones
Pentium mar 1993	*900 Dlls	112	3.1 millones

NA descontinuado * estimado

Intel se sujeta a un ciclo de producto remarcadamente regular. Cada nueva generación sigue a la anterior en cerca de 44 meses. El número de transistores en los microprocesadores de la serie 80x86 se ha incrementado exponencialmente desde la aparición del 8086 en 1978. Durante este periodo, el tamaño mínimo característico se ha reducido de 3 micrones en el 8086 a 0.8 micrones en el Pentium.

Por otra parte si nos refiriéramos de manera estrictamente formal al nombre de esta serie de Microprocesadores se utilizaría la siguiente forma: iAPX 8086, iAPX 80286, iAPX 80386, iAPX 80386 e iAPX 80486, pero por cuestiones prácticas, es válido referirse a los mismos como procesadores, CPUs o chips 8086, 286, 386 y 486.

5.8 COPROCESADORES MATEMÁTICOS

Todo procesador central puede utilizar un chip Coprocesador Matemático. Algunos microprocesadores ya lo tienen interconstruido en el mismo chip, se podría decir que son dos chips en uno. Los coprocesadores proveen al CPU de funciones matemáticas (exponenciales, logarítmicas y trigonométricas) a través de hardware. Con esto se libera al CPU de la carga excesiva de procesos matemáticos.

Estos chip matemáticos (como algunas veces son también llamados) aumentan el rendimiento del sistema al realizar operaciones de 10 a 100 veces más rápido que procesador central.

Los coprocesadores matemáticos tienen un conjunto de instrucciones diferentes al del microprocesador central. Esto significa que para que un programa aproveche este coprocesador matemático debe detectar su presencia en el sistema y utilizar las instrucciones necesarias de este.

Un programa que sólo necesite realizar operaciones de suma, resta, multiplicación y división no tendrá una mejoría en tiempo de ejecución. Los programas que realmente aprovechan al coprocesador aritmético son aquellos que involucran cálculos complejos, como son los programas de diseño asistido por computadora (CAD), programas estadísticos, etc.

Este chip se puede considerar como un microprocesador más en un sistema, trabajando paralelamente con el procesador central. Para ello cada modelo de microprocesador tiene su propio coprocesador matemático específico.

También se puede tomar este chip como una extensión del procesador central añadiendo más registros de punto flotante a los del microprocesador central. Utiliza su propia cola de instrucciones para controlar el flujo de éstas desde el microprocesador central, ejecutando sólo aquellas que le corresponden, e ignorando el resto del microprocesador central. Necesita la misma estructura de buses, la misma alimentación y el mismo tipo de sincronización que el procesador central funcionando en modo máximo.

A continuación se muestra el tipo de coprocesador matemático para cada microprocesador de Intel.

Procesador	Coprocesador
8086	8087
8088	8087
286	287

Procesador	Coprocesador
386SX	387SX
386SL	387SX
386SLC	387SX
386DX	387DX
486SX	487SX
487SX	INTERNAMENTE CONSTRUIDO
486DX	INTERNAMENTE CONSTRUIDO

ESPECIFICACIONES DE LOS COPROCESADORES DE INTEL

NOMBRE	CONSUMO ENERGIA	NUMERO DE TRANSISTORES	FECHA DE INTRODUCCION
8087	3 watts	45,000	1980
287	3 watts	45,000	1982
287XL	1.5 watts	40,000	May 90
387SX	1.5 watts	120,000	Jun 88
387DX	1.5 watts	120,000	Feb 87

CONCLUSIONES

Toda persona que utilice una computadora o que desee adquirir una debería estar informada de los alcances y limitaciones de los diversos equipos de cómputo y conocer sus características más importantes tanto en el campo del software como en el del hardware. Con ello se podrá aprovechar al máximo el equipo, convirtiéndose en una herramienta que realmente incremente la productividad y no como en algunos casos que ocasiona lo contrario creando incluso un total rechazo a las computadoras.

Tal vez parezca caótico el tratar de identificar los distintos equipos de cómputo que hay en el mercado, por su gran cantidad de tipos y nomenclaturas. A tal grado que en ocasiones, ni los mismos vendedores conocen realmente lo que ofrecen. Los diversos fabricantes aportan a esta confusión ofreciendo equipos conocidos con nomenclaturas modificadas por ofrecer alguna pequeña característica extra.

Para realizar una adecuada elección de equipo de cómputo primero es necesario determinar que herramienta de software se utilizará (lenguajes, paquetes, etc.) y bajo que ambiente trabajará (red, monousuario, tipo del sistema operativo, etc). Por lo general el software viene acompañado de indicaciones que nos muestran los requerimientos mínimos para su funcionamiento, en caso de no contar con tales indicaciones solicitarlas al distribuidor y en base a esto elegir un equipo que soporte desahogadamente dichos requerimientos de software. Es conveniente elegir un equipo por arriba de lo mínimo necesario y no adquirir ningún hardware adicional sin antes estar completamente seguro de su compatibilidad con el equipo y el software donde se pretende instalarlo.

La tendencia del software es hacia un ambiente gráfico, lo cual vuelve más intuitivos los programas y reduce la curva de aprendizaje de los mismos. Para ello es necesario equipos muy potentes por lo que los primeros procesadores de 16 bits 8086/8088 y 80286 son ya obsoletos siempre y cuando se piense utilizarlos en computadoras personales (esto no sucede en su utilización en equipos de control).

Se puede pensar en los equipos 80386 como mínimo, aunque también tenderán, en poco tiempo a la obsolescencia. Aunque para estar preparados para esto es conveniente adquirir equipo escalable, es decir, equipo que nos permita una actualización de manera relativamente sencilla y económica, esto claro con el compromiso del distribuidor a ofrecernos lo necesario para tal fin.

En forma general la escalabilidad consiste en mejorar el desempeño de un equipo como lo sería cambiar a un microprocesador más elevado o mejorar la velocidad de procesamiento, entre otros. Esto se debe dar sin perder la armonía con los demás componentes del hardware, como lo podría ser el cambiar un microprocesador 386 por un 486 teniendo en el equipo un reloj lento.

Por otro lado podemos tomar los equipos 486 como una elección con un tiempo desahogado en su aprovechamiento, aunque siempre es importante pensar en equipos 486 escalables.

Por el momento no será muy conveniente la adquisición de equipos basados en el novedoso PENTIUM ya que es una opción elevada en su precio además de que existen pocos fabricantes de equipos que los incluyen en sus modelos. Lo mejor será esperar a que bajen de precio y alcancen su madurez.

ESTA TAREA NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

DIFERENCIAS ENTRE SISTEMAS PC-XT Y AT

ATRIBUTOS	XT	AT
SOPORTE DE PROCESADORES MODOS DE PROCESADOR	TODOS LOS INTEL 80XX REAL	286 O MAYOR REAL/PROTEGIDO/ VIRTUAL REAL
TAMAÑO DE LOS SLOTS	8 BIT	16/32 BIT
MAXIMO DE MEMORIA	1 MEGABYTE	16 O 4096 MEGABYTES
TAMAÑO DEL ROM	F0000-FFFF	0E0000-0FFFFF/ FE0000-FFFFF
CONTROLADOR DE DISCOS FLEXIBLES	250 KHZ	250/300/500/1000 KHZ
CAPACIDAD DE LAS UNIDADES DE DISCO FLEXIBLE	360K O 720K	1.2M/1.44M/2.88M
INTERFASE DEL TECLADO	UNIDIRECCIONAL	BIDIRECCIONAL
CMOS SETUP/RELOJ	NO	YES

ES POSIBLE SABER LA VELOCIDAD Y TIPO DE MICROPROCESADOR CON QUE CUENTA EL EQUIPO UTILIZADO, MEDIANTE UTILERIAS COMO NORTON, PCTOOLS O CON LA VERSION 6.0 DEL SISTEMA OPERATIVO DOS, ENTRE OTROS.

APENDICE B

VELOCIDADES DE LOS MICROPROCESADORES

LAS VELOCIDADES DE LOS SISTEMAS SE MIDEN POR SU FRECUENCIA, GENERALMENTE EXPRESADA COMO UN NUMERO DE CICLOS POR SEGUNDO. UN PEQUEÑO OSCILADOR DE CRISTAL DE QUARTZO CONTROLA LOS IMPULSOS DE RELOJ QUE DETERMINAN LA VELOCIDAD DEL EQUIPO. CUANDO UN VOLTAJE ES APLICADO AL QUARTZO, ESTE EMPIEZA A VIBRAR (OSCILAR) DE UNA MANERA ARMONICA CADA VIBRACION ES UN IMPULSO DE RELOJ. EN UNA COMPUTADORA SE REALIZAN MILLONES DE ESTOS CICLOS POR SEGUNDO, CUYA ABREVIACION ES MEGAHERTZ, MHZ, Y SE UTILIZA COMO UNIDAD DE MEDIDA. UN HERTZ ES IGUAL A UN CICLO POR SEGUNDO. UN MEGAHERTZ SON 1,000,000 HERTZ. UN CICLO ES EL ELEMENTO MAS PEQUEÑO DE TIEMPO PARA UN MICROPROCESADOR. ALGUNAS INSTRUCCIONES SE PUEDEN REALIZAR EN UN SOLO CICLO DE RELOJ, PERO LA MAYORIA REQUIEREN DE VARIAS.

VELOCIDADES DE LOS MICROPROCESADORES INTEL													
VELOCIDADES DISPONIBLES (EN MHZ)													
PROCESADOR	TIPO	5	6	8	10	12	16	20	25	33	40	50	66
8086	UCP	X	X	X	X								
8088	UCP	X	X	X	X								
8087	CM	X	X	X	X								
80286	UCP		X	X	X	X	X	X					
80287	CM		X	X	X	X							
80386 DX	UCP						X	X	X	X	X		
80387 DX	CM						X	X	X	X	X		
80386 SX	CPU						X	X	X				
80387 SX	CM						X	X	X				
80386 SL	CPU						X	X	X				
80386 SLC	CPU							X					
80486 SX	UCP						X	X	X				
80487 SX	UCP+CM						X	X	X	X	X		
80486 SL	UCP						X	X	X				
80486 DX	UCP+CM							X	X	X		X	X
80486 DX2	UCP+CM						X	X	X	X	X	X	X
486 OVERDRIVE							X	X	X	X	X	X	X
PENTIUM	UCP+CM									X		X	X

UCP = UNIDAD CENTRAL DE PROCESO

CM = COPROCESADOR MATEMATICO

LOS PROCESADORES 486 OVERDRIVE Y DX2 TRABAJARAN AL DOBLE DE LA VELOCIDAD DEL SISTEMA SOBRE EL CUAL ESTAN INSTALADOS. ESTOS PROCESADORES ESTAN DISPONIBLES EN 16/33 MHZ, 20/40 MHZ, 25/50 MHZ Y 33/66 MHZ.

APENDICE C

APLICACIONES Y LOS PROCESADORES

A P L I C A C I O N E S	286AT	386SX	386DX	486SX	486DX
BASES DE DATOS DBASE, CLIPPER, FOXBASE	X				
BASES DE DATOS CON WINDOWS DATA ACCES, FOXBASE, PARADOX		X			
BASES DE DATOS CON IMAGENES PARADOX, DATA ACCES			X		
CONTABLES Y ADMINISTRATIVOS CON POCO VOLUMEN DE INFORMACION	X				
PROG. CONT. CON CONSULTA DE INFORMACION HISTORICA		X			
PROG. CONT. CON MUCHA INFORMACION Y TRABAJANDO BAJO RED			X		
DESKTOP PUBLISHING BAJO WINDOWS TIPOGRAFIA LASER PAGE MAKER, VENTURA			X		
DESKTOP PUBLISHING BAJO WINDOWS CON SCANNER DE IMAGENES Y TIPOGRAFIA LASER				X	
DESKTOP PUBLISHING ARTES GRAFICAS CON SCANNER COLOR RETOQUE Y SEPARACION DE COLOR					X
CAD (COMPUTER AIDED DESIGN)					X
DISEÑO GRAFICO EN BLANCO Y NEGRO COREL DRAW			X		
PRESENTACIONES: HARDVARD GRAPHICS, POWERPOINT, PERSUASION			X		
DISEÑO GRAFICO A COLOR COREL DRAW				X	
HOJA ELECTRONICA DE CARACTERES: LOTUS123, QUATRO	X				
HOJA ELECTRONICA BAJO WINDOWS: EXCEL, QUATRO Y LOTUS			X		

APENDICE C (CONT.)

APLICACIONES Y LOS PROCESADORES

A P L I C A C I O N E S	286AT	386SX	386DX	486SX	486DX
JUEGOS BASICOS DE UN DISCO	X				
JUEGOS AVANZADOS CON SONIDO E IMAGENES DIGITALIZADAS			X		
MULTIMEDIA EDUCATIVOS Y TUTORIALES		X			
MULTIMEDIA CON GRAFICAS Y SONIDO AVANZADO			X		
PROCESADOR DE PALABRAS BASICO DE CARACTERES: WORDSTAR, WORKS	X				
PROC. DE PALABRAS BAJO WINDOWS: WINDOWS-WRITE, WORD, WORDPERFECT		X			
PROGRAMACION DESARROLLO DE APLICACIONES CON CARACTERES	X				
DESARROLLO DE PROGRAMAS EN MODOS GRAFICOS		X			
DESARROLLO DE PROGRAMAS CON UNIX-32 BITS				X	
ESTACION DE TRABAJO DE RED PARA PROGRAMAS CON CARACTERES	X				
SERVIDOR DE RED HASTA 10 NODOS NETWARE 2.2			X		
ESTACION DE TRABAJO DE RED PARA PROGRAMAS EN WINDOWS				X	
SERVIDOR DE RED HASTA 20 NODOS NETWARE 2.2 Y 3.11				X	
SERVIDOR DE RED DE MAS DE 20 NODOS NETWARE 3.11 Y 4.0					X
PROGRAMAS BASADOS EN SISTEMA OPERATIVO UNIX 32 BITS				X	

GLOSARIO

- Acumulador.-** Es un registro del CPU que almacena el resultado de operaciones aritméticas y lógicas. Algunos microprocesadores cuentan con dos acumuladores o con registros múltiples que sirven como acumuladores.
- Algoritmo.-** Conjunto de reglas (por lo general matemáticas) para resolver un problema en particular.
- ALU.-** (*Arithmetic Logic Unit*/UAL *Unidad de Arimética y Lógica*) Circuito lógico que realiza funciones aritméticas y lógicas. Este circuito permite al microprocesador realizar las funciones de Suma, Resta, Incrementar, Decrementar, etc.
- Aritmética de doble precisión.-** Operaciones aritméticas que se realizan utilizando dos operaciones de acumulador sucesivo.
- Arquitectura.-** Organización interna de un microprocesador. Las interconexiones de registros, ALU's, control lógico, etc. que hace posible diferenciar un microprocesador de otro.
- Asíncrono.-** Comunicaciones en serie. Vgr. Procesos que no tienen un intervalo de tiempo regular entre la transmisión y recepción. El bit de inicio de cada paquete sincroniza la lectura de cada paquete individual.
- Bandera.-** (*Flag*) Bit que indica la existencia de cierta condición.
- Bit.-** Dígito Binario. La unidad de datos más pequeña en un sistema digital. El término bit proviene de "Binary digit" (dígito binario). Un bit se almacena y transmite como una señal que puede estar en dos estados; activa (on) o inactiva (off). Puede utilizarse para almacenar variables lógicas (a menudo llamadas indicadores) o números en aritmética modulo 2; pero también combinados con otros bits, puede almacenar tipos de datos complejos.
- Bloque.-** Un bloque es un grupo de celdas de memoria continuas (octetos o palabras). No tiene tamaño fijo, aunque en ciertos contextos (como en archivos en disco) un bloque significa un tamaño definido (256, 512 o 1,024) de octetos. Los bloques se utilizan para almacenar cadenas, trozos de texto o trozos de programas.
- Bus.-** Vía de comunicación digital entre un microprocesador y otros dispositivos.
- Búsqueda.-** (*Fetch*) Lectura del siguiente paso del programa colocándolo en el registro de instrucciones.
- Byte.-** Un byte u octeto son 8 bits, o 2 cuartetos. Un byte puede almacenar un carácter, un número del 0 al 255 o dos números BCD (0 a 99).

Caché.- Es un buffer inteligente. Utilizado por un algoritmo inteligente, un caché contiene los datos que han sido más accedidos en un área determinada. Dando como resultado mayor velocidad en el proceso.

Chip.- Pieza de silicio utilizada para construir circuitos integrados. A menudo este término se utiliza como sinónimo de circuito integrado.

CISC.- (*Complex Instruction-Set Computer*) Conjunto de instrucciones complejas para computadora. Se refiere a las computadoras tradicionales que operan con grupos largos de instrucciones de microprocesador. Muchas de las computadoras modernas, incluyendo los procesadores Intel 80x86 están en esta categoría. Los procesadores CISC cuentan con un conjunto de instrucciones expandidas que son complejas en su naturaleza y requieren de varios ciclos de ejecución para completarse. Esta estructura contrasta con los procesadores RISC (*Reduced Instruction-Set Computer*), los cuales cuentan con menos instrucciones que se ejecutan rápidamente.

CMOS.- (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*/Semiconductor de Metal Oxido Complementario) Tecnología de bajo consumo de energía, utilizada para construir algunos microprocesadores y memorias.

Código de operación.- (*Opcode*) Parte de un paquete de instrucciones de una computadora que designa la función a realizar por la instrucción.

Compuerta.- Circuito lógico con dos o mas entradas y una única salida cuyo estado se define por la combinación de 0's y 1's lógicos en las entradas.

Conjunto de Instrucciones.- (*Set de instrucciones*) Lista finita de operaciones que el microprocesador realiza en respuesta a un código binario dado.

Contador de Programa.- (*PC*) Registro del CPU que indica la dirección de memoria de la siguiente instrucción.

CPU.- (*Central Processing Unit / Unidad Central de Proceso*) Toda la lógica del microprocesador, incluyendo registros, ALU's y circuitos de control.

Cuarteto.-Un cuarteto (*nibble*) son 4 bits, es decir, medio octeto (byte). Se utiliza fundamentalmente para almacenar dígitos en Código-Decimal-Codificado-en-Binario (BCD) o en hexadecimal.

Dirección absoluta.- Es la dirección real de una localidad de memoria.

Dirección.- Número binario que identifica una localidad de memoria. El direccionamiento usualmente se realiza por medio de un número binario de 12 o 16 bits. Este número se puede convertir a su equivalente octal o hexadecimal.

Direccionamiento relativo.- Técnica donde el paquete de dirección se obtiene sumando o restando un número del valor Program Counter.

Dispositivo.- Término que se refiere a los transistores o al equipo conectado al sistema del microprocesador.

DMA.- (*Direct Memory Access/ Acceso Directo a Memoria*) Operación especial que libera al microprocesador de la carga de trabajo en el acceso a memoria y que permite a un dispositivo externo leer o escribir grandes bloques de memoria.

Ejecución.- Parte del ciclo de un microprocesador en donde se ejecutan las instrucciones obtenidas de la memoria.

Ensamblador.- Es un lenguaje de programación que convierte mnemónicos a lenguaje de máquina. Los ensambladores permiten al programador utilizar nombres o etiquetas en lugar de valores numéricos para las direcciones. El ensamblador convierte estas etiquetas en direcciones absolutas.

FPV.- (Float Point Value) Números de punto flotante, es decir, números formados por enteros y decimales.

IC.- (Integrated Circuit/CI Circuito Integrado) Circuito electrónico construido sobre una pastilla de silicio que contiene muchos transistores interconectados para ejecutar una función específica. Existen 4 tipos: SSI Small Scale Integration con < 13 compuertas, MSI Medium Scale Integration de 13 a 100 compuertas, LSI Large Scale Integration de 100 a 1000 compuertas y VLSI Very Large Scale Integration más de 1000.

Instrucción de máquina.- Instrucciones del microprocesador expresadas en su forma binaria.

Interfase.- Circuitos necesarios para conectar el microprocesador a algún dispositivo dado. Este dispositivo puede ser memoria o dispositivo de E/S. Interfazar es un término general utilizado para interconectar dispositivos electrónicos.

LSB.- (Least Significant Bit/BMS Bit Menos Significativo) Bit de menor peso en un paquete binario.

Memoria.- Circuitos en los cuales se almacenan los datos del microprocesador y las instrucciones.

Microcomputadora.- Es un completo sistema de cómputo construido utilizando un microprocesador como la unidad central de proceso.

Microprocesador.- Circuito integrado que ejecuta todas las funciones que se encuentran generalmente dentro de un CPU de una computadora digital.

Microprogramación.- Implementación de un circuito para decodificar y realizar la búsqueda de instrucciones. Un microprocesador microprogramado generalmente busca instrucciones en una ROM.

MIPS.- Millones de Instrucciones por Segundo. Se refiere al número promedio de instrucciones en lenguaje de máquina que un computador puede ejecutar en un segundo. Dado que diversos procesadores pueden realizar funciones diferentes en una sola instrucción, MIPS sólo se usa como una medida general del desempeño de diferentes tipos de computadoras.

Nemotécnico.- Abreviación que guarda cierta correlación con el conjunto de instrucciones de un microprocesador. El código Mnemónico se puede convertir a instrucciones binarias.

- Palabra.-** (paquete) Una palabra consta de un número fijo de bits, aunque este número varíe de una computadora a otra. Los microprocesadores de las generaciones actuales tienen palabras de 16 bits, 32 bits, 64 bits, o incluso 80 bits.
- Paralelo.-** Movimiento de un paquete digital de un lugar a otro donde los bits se mueven simultáneamente.
- Periférico.-** Dispositivo como la impresora o la unidad de almacenamiento masivo que es un accesorio al microprocesador o a la microcomputadora.
- Programa almacenado.-** Técnica básica por la cual el microprocesador realiza una secuencia de operaciones para resolver un problema en particular, se almacenan las instrucciones en la memoria del microprocesador.
- Programa en lenguaje de máquina.-** Programa que consiste en una serie de instrucciones de máquina escritas en forma binaria, octal o hexadecimal.
- RAM.-** (*Random Access Memory*) Memoria de Acceso Aleatorio, cualquier memoria de lectura y escritura.
- Registro de instrucciones.-** Registro dentro del microprocesador que recibe el paquete del programa y lo almacena mientras este paquete es decodificado y ejecutado.
- Registro.-** Circuito lógico para almacenar un paquete binario.
- Reloj.-** Generador de pulsos constantes para el microprocesador, la memoria, dispositivos de E/S.
- RISC.-** (*Reduced Instruction Set Computer*). Conjunto de instrucciones reducidas para computadora. Los procesadores RISC cuentan con un conjunto simple de instrucciones que requieren de uno o pocos ciclos de ejecución. Estas instrucciones simples pueden
- ROM.-** (*Read Only Memory*) Memoria que contiene un conjunto permanente de paquetes digitales.
- Serial.-** Método de transmisión de paquetes de datos que consiste en enviar un bit a la vez en lugar de transmitir el paquete completo sobre líneas múltiples.
- Sistema binario.-** Sistema numérico que expresa cantidades solamente utilizando los símbolos 0 y 1. La lógica digital se basa en señales binarias.
- Stack.-** (Pila) Serie de registros o localidades de memoria en donde el PC o los contenidos del PC pueden ser almacenados temporalmente.
- Sumador.-** Circuito lógico formado por la combinación de compuertas conectadas para realizar la suma binaria de dos señales de entrada. Un sumador completo generalmente incluye un acarreo de entrada y de salida.
- Tiempo de acceso.-** Es el tiempo que transcurre entre la llamada y la entrega del dato.
- TTL.-** (*Transistor-Transistor Logic* / Lógica de Transistor a Transistor) Forma común de construcción lógica utilizada para el SSI y MSI.

UART.- (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter / Transmisor Receptor Asíncrono Universal*) Circuito LSI que convierte entradas en paralelo a datos en serie agregando bits de inicio y fin. También convierte datos en serie incluyendo éstos bits de inicio y fin a paquetes en paralelo. Además realiza algunas funciones para detectar errores.

BIBLIOGRAFIA

1. **INTRODUCCION AL MICROPROCESADOR 8086/8088**
CHRISTOPHER L. MORGAN
MITCHELL WAITE
MC GRAW-HILL

CAPITULOS TESIS 2,4
2. **MICROPROCESSOR TECHNOLOGY**
JOHN D. KERSHAW
BRETON PUBLISHERS
A DIVISION OF WADSWORTH

CAPITULOS TESIS 2,3
3. **MICROPROCESADORES Y MICROCOMPUTADORAS**
VARIOS AUTORES BAJO COORDINACION DE JOSE MOMPIN POBLET
MARCOMBO

CAPITULOS TESIS 2,3
4. **LOGICA DIGITAL Y DISEÑO DE COMPUTADORES**
M. MORRIS MANO
PRENTICE HALL

CAPITULOS TESIS 1,2,3
5. **INTRODUCCION A LA INGENIERIA EN COMPUTACION**
FRANCO P. PREPARATA
HARLA

CAPITULOS TESIS 2,3
6. **PRODUCT GUIDE**
INTEL

CAPITULOS TESIS 4
7. **BEGINNER'S GUIDE TO MICROPROCESSORS**
CHARLES M. GILMORE
TAB BOOKS

CAPITULOS TESIS 1,2
8. **MICROPROCESSOR INTERFACING TECHNIQUES**

VOLUME I
AUSTIN LESEA
RODNAY ZAKS
SYBEX

CAPITULO TESIS 2

- 9. DISEÑO DE SISTEMAS DIGITALES CON MICROPROCESADORES**
E. MANDADO
E. TASSIS

CAPITULOS TESIS 1,2,3

- 10. LENGUAJE ENSAMBLADOR PARA MICROCOMPUTADORAS IBM**
GODFREY
PRENTICE HALL

CAPITULOS TESIS 4,5

- 11. ORGANIZACION DE COMPUTADORAS**
HAMACHER
VRANESIC
ZAKY
MC GRAW HILL

CAPITULO TESIS 3

- 12. SISTEMAS DIGITALES PRINCIPIOS Y APLICACIONES**
RONALD J. TOCCI
PRENTICE HALL

CAPITULOS TESIS 1,3

- 13. MANUAL GAMA MASTER**
ING. MIGUEL LLANO SOTELO
ING. ANGEL RAUL SANTIAGO REYES
MICRO COMPUTACION APLICADA DEL PACIFICO, S.A. DE C.V.

CAPITULOS TESIS 4,5

- 14. UPGRADING AND REPAIRING PCs**
MUELLER
SCOTT QUE

CAPITULOS TESIS 3,4,5