



ARQUITECTURA DE COMPUTADORES: INTRODUCCIÓN Y CLASIFICACIÓN

WWW.FREELIBROS.COM

1

1.1. – Introducción a los computadores.....	1
1.1.1.- Un poco de historia: Las cinco generaciones	1
1.1.1.1 - La primera generación	1
1.1.1.2 - La segunda generación	2
1.1.1.3 - La tercera generación.....	3
1.1.1.4 - La cuarta generación.....	3
1.1.1.5 - La quinta generación.....	4
1.1.2.- Clasificación de los computadores	5
1.1.2.1 - Clasificación según su funcionamiento.....	5
1.1.2.2 - Clasificación según la finalidad	6
1.1.2.3 - Clasificación comercial.....	6
 1.2. – Fundamentos de la arquitectura de computadores	 7
1.2.1.- La arquitectura y el arquitecto de computadores	7
1.2.2.- Problemática en la arquitectura de computadores	9
 1.3. – Arquitectura clásica y moderna	 10
1.3.1.- Arquitectura clásica (1950-1990)	10
1.3.2.- Arquitectura moderna (1990-hoy).....	11
 1.4. – Influencia de la tecnología en la evolución de la arquitectura de los computadores	 12
1.4.1 - Primera etapa.....	12
1.4.2 - Segunda etapa.....	13
1.4.3 - Tercera etapa	14
1.4.4 - Cuarta etapa	15
 1.5. – Taxonomías o clasificaciones de computadores según su arquitectura	 16
1.5.1 - Taxonomía de Flynn	16
1.5.1.1 - Computadores SISD.....	16
1.5.1.2 - Computadores MISD	16
1.5.1.3 - Computadores SIMD	17
1.5.1.4 - Computadores MIMD.....	19
1.5.1.5 - Computadores MTMD.....	20
1.5.2. - Otras taxonomías.....	20

1.1- INTRODUCCIÓN A LOS COMPUTADORES.

Las computadoras no han nacido hace poco, en realidad el hombre siempre buscó tener dispositivos que le ayudaran a efectuar cálculos precisos y rápidos; una breve reseña histórica nos permitirá, comprender cómo llegamos a las computadoras actuales.

1.1.1- Un poco de historia: Las cinco generaciones

Aunque los antecedentes del computador se remontan al ábaco (que en su presente forma, fue introducido en China sobre el 1200 d. C.), se puede afirmar que no existieron los computadores, tal como hoy se les considera, hasta la aparición de la Electrónica a mediados del siglo XX y desde ese momento se han sucedido cinco generaciones.

1.1.1.1- La primera generación (1938 – 1952)

Esta generación ocupó la década de los cincuenta. Y se conoce como la primera generación. Estas máquinas tenían las siguientes características:

- Estas máquinas estaban construidas por medio de tubos de vacío.
- Eran programadas en lenguaje de máquina.

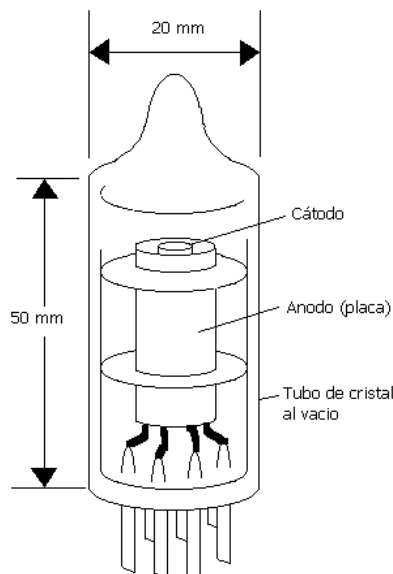


Figura 1.1 – Dibujo simplificado de un tubo de vacío.

En esta generación las máquinas son grandes y costosas, de elevado consumo, gran disipación de calor y una limitada vida de funcionamiento.

En 1.946 aparece el primer computador fabricado con Electrónica Digital, el computador ENIAC. Éste soportaba una estructura de 20 registros de 10 dígitos, tenía tres tipos de tablas de funciones y la entrada y salida de datos y resultados se realizaban mediante tarjetas perforadas.

Tenía unos 18.000 tubos de vacío, pesaba 30 toneladas, ocupaba 1.500 pies cuadrados y realizaba 5.000 sumas por segundo.

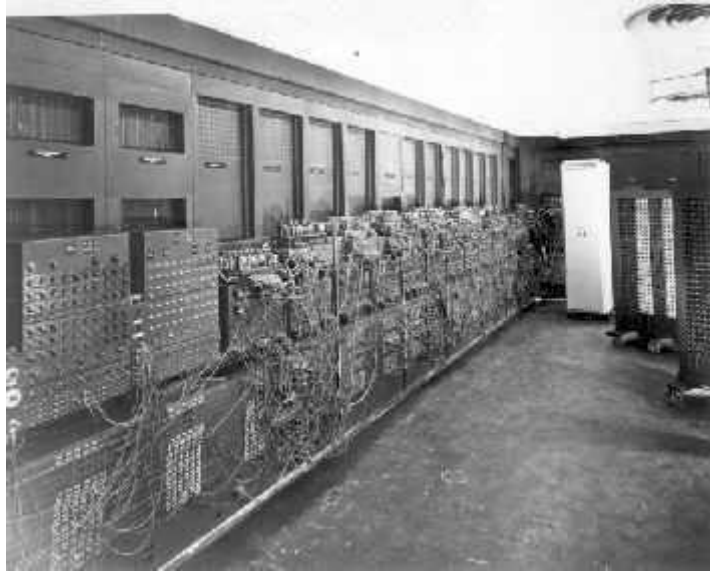


Figura 1.2 – ENIAC

Años posteriores el científico matemático Von Neumann propuso modificar el ENIAC en dos importantes aspectos, que dieron lugar al EDVAC. Estos aspectos fueron el programa almacenado en sustitución del programa cableado y la utilización de la aritmética binaria codificada en lugar de la decimal.

En 1951 aparece la primera computadora comercial: la UNIVAC I. Esta máquina, que disponía de mil palabras de memoria central y podía leer cintas magnéticas, fué usada para procesar los datos del censo de 1950 en los Estados Unidos.

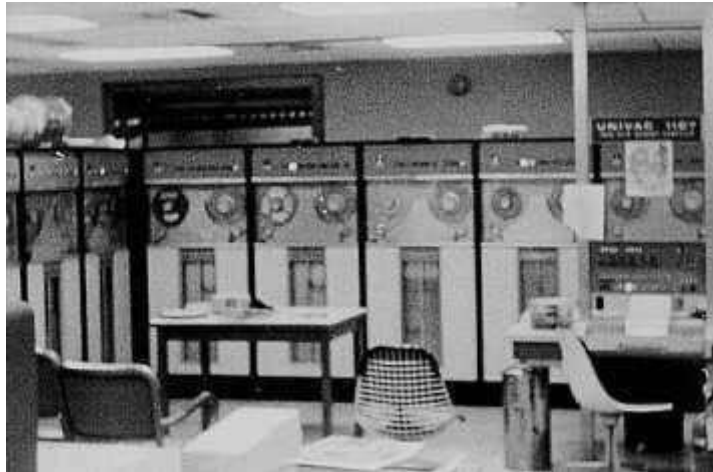


Figura 1.3 – 1951 UNIVAC (Universal Automatic Computer) de John Mauchly y J. Presper Eckert

Además del UNIVAC I se considera modelo representativo de esta época el IBM 701, al que siguieron el 704 y 709.

1.1.1.2- La segunda generación (1953 – 1962)

La tecnología de esta generación esta caracterizada por el descubrimiento del transistor, que se utilizan en la construcción de las Unidades Centrales de Proceso. El transistor, al ser más pequeño, más barato y de menor consumo que la válvula, hizo a los computadores mas asequibles en tamaño y precio. Las memorias empezaron a construirse con núcleos de ferrita.

Cerca de la década de 1960, las computadoras seguían evolucionando. Se reduce su tamaño y crece su capacidad de procesamiento. También en esta época se empezó a definir la forma de comunicarse con las computadoras, que se denominó programación de sistemas.

Las características de la segunda generación son las siguientes:

- Están construidas con circuitos de transistores.
- Se programan en nuevos lenguajes llamados lenguajes de alto nivel.:Aparecen lenguajes como el FORTRAN (FORmula TRANslation), ALGOL (ALGOrithimic Language) y COBOL (COmmon Business Oriented Language).

Algunas de estas computadoras se programaban con cintas perforadas y otras más por medio de cableado en un tablero. Los programas eran hechos a la medida por un equipo de expertos: analistas, diseñadores, programadores y operadores que se manejaban como una orquesta para resolver los problemas y cálculos solicitados por la administración.

Las computadoras de esta generación fueron: la Philco 212 (esta compañía se retiró del mercado en 1964), la UNIVAC M460, la Control Data Corporation modelo 1604, seguida por la serie 3000, IBM mejoró la 709 y sacó al mercado la 7090, National Cash Register empezó a producir máquinas para proceso de datos de tipo comercial introduciendo el modelo NCR 315.

1.1.1.3- La tercera generación (1963 – 1971)

Con los progresos de la electrónica y los avances de comunicación con las computadoras en la década de los 1960, surge la tercera generación de las computadoras. Se inaugura con la IBM 360 en abril de 1964.

Las características de esta generación fueron las siguientes:

- Su fabricación electrónica esta basada en circuitos integrados.
- Su manejo se realiza mediante los lenguajes de control de los sistemas operativos.

IBM fabrica la serie 360 con los modelos 20, 22, 30, 40, 50, 65, 67, 75, 85, 90, 195 que utilizaban técnicas especiales del procesador, unidades de cinta de nueve canales, paquetes de discos magnéticos y otras características que ahora son estándares (no todos los modelos usaban estas técnicas, sino que estaba dividido por aplicaciones).

El sistema operativo de la serie 360, se llamó OS que contaba con varias configuraciones, incluía un conjunto de técnicas de manejo de memoria y del procesador que pronto se convirtieron en estándares.

A finales de esta década IBM de su serie 370 produce los modelos 3031, 3033, 4341. Burroughs con su serie 6000 produce los modelos 6500 y 6700 de avanzado diseño, que se reemplazaron por su serie 7000. Honey-Well participa con su computadora DPS con varios modelos.

1.1.1.4- La cuarta generación (1972 – 1987)

Los constantes progresos en el incremento de la densidad de integración nos llevan a la tecnología LSI (Alta Escala de Integración) y posteriormente a la VLSI (Muy Alta Escala de Integración). Lo que permitió la comercialización de circuitos integrados de memoria conteniendo 1 Gbits, con tiempo de acceso de 35 ns.

Aparecen los microprocesadores que son circuitos integrados de alta densidad y con una velocidad impresionante. Las microcomputadoras basadas en estos circuitos son extremadamente pequeñas y baratas, por lo que su uso se extiende al mercado industrial. Surgen las computadoras personales que han adquirido proporciones enormes y que han influido en la sociedad en general sobre la llamada "revolución informática".

En 1976 Steve Wozniak y Steve Jobs diseñan la primera microcomputadora de uso masivo y más tarde forman la compañía conocida como Apple que fué la segunda compañía más grande del mundo, detrás de IBM.



Figura 1.4 – Computador Apple II

En 1981 se vendieron 80.000 computadores personales, al siguiente subió a 1.400.000. Entre 1984 y 1987 se vendieron alrededor de 60 millones de computadores personales, por lo que no queda duda que su impacto y penetración han sido enormes.

Con el surgimiento de los computadores personales, el software y los sistemas que con ellas de manejan han tenido un considerable avance, porque han hecho más interactiva la comunicación con el usuario. Surgen otras aplicaciones como los procesadores de texto, las hojas electrónicas de cálculo, paquetes gráficos, etc. También las industrias del software de las computadoras personales crece con gran rapidez, Gary Kildall y William Gates se dedicaron durante años a la creación de sistemas operativos y métodos para lograr una utilización sencilla de las microcomputadoras (son los creadores de CP/M y de los productos de Microsoft).

No todo son microcomputadoras, por su puesto, las minicomputadoras y los grandes sistemas continúan en desarrollo. De hecho las máquinas pequeñas rebasaban por mucho la capacidad de los grandes sistemas de 10 o 15 años antes, que requerían de instalaciones costosas y especiales. Sin embargo, los grandes computadores no desaparecen; por el contrario, su presencia es imprescindible en prácticamente todas las esferas de control gubernamental, militar y de la gran industria. Las enormes computadoras de las series CDC, CRAY, Hitachi o IBM por ejemplo, son capaces de atender a varios cientos de millones de operaciones por segundo.

1.1.1.5- La quinta generación (1987 –)

En vista de la acelerada marcha de la Microelectrónica, la sociedad industrial ha procurado poner a esa altura el desarrollo del software y los sistemas con que se manejan las computadoras. Surge la competencia internacional por el dominio del mercado de la computación, en la que se perfilan dos líderes que, sin embargo, no han podido alcanzar el nivel que se desea: la capacidad de comunicarse con la computadora en un lenguaje más cotidiano y no a través de códigos o lenguajes de control especializados.

Japón lanzó en 1983 el llamado "programa de la quinta generación de computadoras", con los objetivos explícitos de producir máquinas con innovaciones reales en los criterios mencionados. Y en los Estados Unidos ya está en actividad un programa en desarrollo que persigue objetivos semejantes, que pueden resumirse de la siguiente manera:

- Procesamiento en paralelo mediante arquitecturas y diseños especiales y circuitos de gran velocidad.
- Manejo de lenguaje natural y sistemas de inteligencia artificial.

El futuro previsible de la computación es muy interesante, y se puede esperar que esta ciencia siga siendo objeto de atención prioritaria de gobiernos y de la sociedad en conjunto.

En los microprocesadores actuales para aumentar la velocidad de procesamiento se utilizan técnicas de segmentación y paralelización. En la segmentación se descompone la ejecución de las instrucciones máquina en pasos aislados. Con esto se consigue reducir los tiempos medios de ciclo y se consigue ejecutar varias instrucciones en paralelo. Los computadores superescalares utilizan microprocesadores que pueden ejecutar varias instrucciones en paralelo.

También en la actualidad se han extendido bastante los computadores paralelos de memoria distribuida formados por un conjunto de procesadores con memoria local conectados por una rápida red de interconexión que cooperan entre sí para resolver la misma tarea. Al principio estos computadores paralelos llevaban procesadores especializados pero el enorme tiempo de diseño y depuración de estos procesadores hace que la relación coste rendimiento disminuya si se diseñan con microprocesadores comerciales. Ejemplos son el CRAY 3TX y el IBM SP2.

Por otro lado la idea de computador vectorial no se ha abandonado, sólo que se tiende a utilizar tecnología CMOS en lugar de la ECL. También se utilizan los microprocesadores como elemento básico para el diseño de computadores paralelos de memoria compartida. Los microprocesadores se conectan a la memoria por medio de un bus como en el caso de las arquitecturas SG Power Challenge, Sun sparcs server, HP DEC8000. El número de procesadores de estos computadores suele ser inferior a 20.

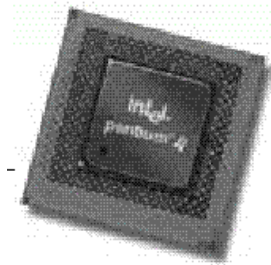


Figura 1.5. Foto de un Pentium IV a 2GHz.

1.1.2- Clasificación de los computadores.

Existen diversos métodos de clasificación de los computadores según la tecnología de su fabricación, de las aplicaciones y de otras diversas circunstancias, etc.

1.1.2.1- Clasificación según su funcionamiento.

- **Computador digital:** recibe este nombre porque procesa datos cuya representación responde a valores discretos como 0, 1, 2, etc., operando con ellos en etapas diversas y sucesivas.
- **Computador analógico:** tienen semejanza con instrumentos de medida tales como amperímetro, voltímetro, termómetro, etc.; los cuales controlan la medida de una magnitud de forma continua.
- **Computador híbrido:** posee características de los dos anteriores, habitualmente, los cálculos los realizan de forma analógica mientras que la entrada y salida de datos se hace de modo digital. La utilización del computador híbrido es frecuente en el control de procesos industriales, en ellos las funciones principales son controladas por un computador digital, mientras que la entrada de datos y salida de resultados se hace empleando computadores analógicos conectados con el digital.

1.1.2.2- Clasificación según la finalidad.

- **De propósito general:** cuando están dedicados a resolver cualquier tipo de aplicación dependiendo del programa que se utilice, como por ejemplo los computadores de las grandes empresas.
- **De propósito especial:** cuando únicamente pueden resolver un tipo concreto y particular de problemas como el computador de un coche o de una lavadora.

1.1.2.3- Clasificación comercial.

Habitualmente se han dividido en cuatro tipos en los cuales, a mayor tamaño, mayor coste, complejidad, potencia y necesidad de mantenimiento.

- Los **Supercomputadores o maxicomputadores** son las máquinas más potentes, complejas, grandes y costosas. Son utilizados por científicos y técnicos para resolver problemas complejos, como por ejemplo, serían los utilizados para la previsión del tiempo, desarrollos económicos a escala mundial, para estudios de medio ambiente, etc.. Un ejemplo de supercomputador es el “CRAY 2”.

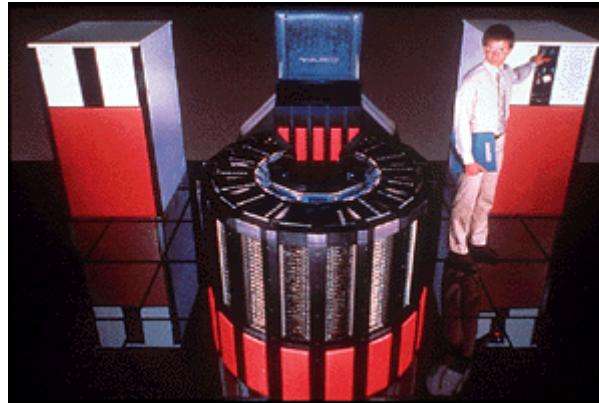


Figura 1.6. Supercomputador CRAY 2. Este computador tenía la memoria central más grande del mundo en 1985 con una capacidad de 2048 megabytes.

- Los **Mainframes o Computadores Grandes** tienen una alta velocidad de proceso y capacidad de memoria.. Se destinan a operaciones diarias en las grandes empresas u organizaciones como son la gestión de cuentas en bancos, facturaciones de fábricas. Podemos citar como ejemplo IBM 9370 Y 9000. Estos computadores suelen ser muy caros.
- Los **Minicomputadores** son máquinas de tamaño medio. Su costo es más reducido. Son máquinas con una capacidad de proceso y de memoria bastante elevados. Un ejemplo de minicomputador es el Vax 11/780.
- **Microcomputadores** : que son los de menor tamaño, capacidad de proceso, memoria y los más baratos. Se utilizan tanto en empresas como a nivel doméstico.

Podemos concluir diciendo que el avance de la tecnología se introdujo inicialmente en los supercomputadores, incrementándose así su rendimiento en relación con los demás tipos, pero ha medida que ha ido pasando el tiempo, los computadores de gamas más **bajas han incrementado** su rendimiento incluso más rápidamente. Así, los microcomputadores nos ofrecen el crecimiento de rendimiento más rápido.

En la figura 1.7 se muestran los diferentes crecimientos del rendimiento de los diferentes tipos de ordenadores.

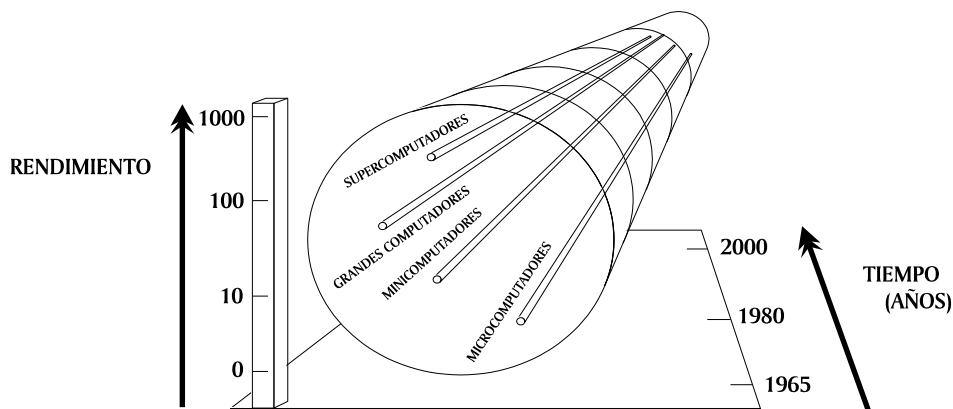


Figura 1.7. Crecimiento del rendimiento de los diferentes computadores

Cuando los supercomputadores han incrementado su rendimiento en un 8% anual, los computadores grandes lo han conseguido en un 15%, los minicomputadores en un 25% y los microcomputadores han alcanzado cotas de hasta un 35%. Esta información permite deducir que en un futuro no muy lejano, los diferentes tipos de computadores se unirán en uno sólo.

1.2-FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA DE COMPUTADORES.

1.2.1- La arquitectura y el arquitecto de computadores

Actualmente el uso de computadoras está muy extendido en nuestras actividades cotidianas, nos proporcionan mayor rapidez en nuestras tareas así como la posibilidad de manejar gran cantidad de datos. Así podemos percibir como de un tiempo a esta parte las computadoras ganan terreno en las actividades humanas, su capacidad de cálculo, de procesar datos, generar información e incluso simular procesos las convierten en herramientas indispensables únicamente limitadas por su propia capacidad.

Debemos tener en cuenta que el uso de computadores está muy extendido en actividades que requieren el manejo de gran cantidad de datos a una gran velocidad como, por ejemplo, en diagnósticos médicos, investigaciones nucleares y de energía, inteligencia artificial, etc... Es en estos casos, que demandan mayor capacidad y rapidez, cuando se sobrepasan las características de los computadores actuales. La solución pasa entonces por la construcción de mejores computadores que logren avances substanciales en su rendimiento.

Para lograr un aumento en el rendimiento se necesita mejorar la “arquitectura” de los computadores y desarrollar nuevas técnicas de procesamiento. El concepto de “arquitectura de un computador” se refiere a la integración de su estructura física con su estructura lógica. Se utiliza el término “arquitectura” para enfatizar la síntesis de elementos de ingeniería y ciencias exactas con elementos estéticos y de funcionalidad práctica, de la misma manera en que un arquitecto combinará las técnicas y conocimientos de la Ingeniería con la apreciación artística e integración de su obra con su entorno.

Esta “arquitectura de computadores” abarca las siguientes fases:

- Definición de las necesidades que pretende cubrir el computador.
- Planificación general del computador.
- Diseño del computador y sus componentes.
- Análisis del sistema obtenido.
- Especificación del sistema: características del sistema, de sus componentes y de las instrucciones ejecutables.

Así el arquitecto de computadores deberá tener un gran conocimiento del equipo físico y del equipo lógico, para poder obtener un buen rendimiento de la máquina, el cual depende principalmente del:

- Lenguaje de programación.
- Compilador.
- Sistema operativo.

- Arquitectura de la máquina.

Cada una de estas áreas dependerá de sí misma y de las siguientes, por lo que hay una gran incidencia en el buen desarrollo de unas sobre las otras. Así, el arquitecto tendrá que realizar las siguientes funciones:

1. **Seleccionar y organizar el hardware:** Implementación, estructura e interconexión de la CPU, subsistema de memoria, subsistema de entradas o salidas y redes de conexión.
2. **Seleccionar y estructurar el software:** Diseño del repertorio de instrucciones a nivel del lenguaje máquina, sistema operativo y compiladores.
3. **Elegir el lenguaje de programación** de alto nivel que mayor rendimiento pueda obtener del sistema diseñado.

Con todo lo expuesto hasta ahora podemos decir que para obtener el máximo provecho del computador, tan importante es conocer su estructura lógica como la física sólo de esta manera podremos obtener las máximas prestaciones de la estructura física aprovechando los recursos de la lógica.

1.2.2- Problemática en la arquitectura de computadores

El desarrollo de los computadores y en concreto de la Informática, está ligada al desarrollo de la electrónica. El avance de las tecnologías y el uso de los computadores ha conseguido que su diseño pase de un arte, en los primeros computadores, a una disciplina de Ingeniería que plantea gran dificultad, pero se basa en una metodología.

Al principio, las dos causas principales de la problemática en la arquitectura de computadores fueron:

1. La independencia entre el hardware y el software, y la falta de definición de las funciones de cada uno de ellos. Hasta hace pocos años, los arquitectos de computadores procedían del campo de la Ingeniería Electrónica, y potenciaban el equipo físico aplicando los constantes avances de la Microelectrónica, sin tener en consideración las prestaciones del sistema lógico.
2. El seguimiento a ultranza de la arquitectura de Von Neumann, no diseñada para soportar los nuevos sistemas operativos, lenguajes y aplicaciones.

Pero hoy en día, los inconvenientes ante los que nos enfrentamos son entre otros:

- **El factor tiempo.** En el diseño del equipo físico, el tiempo es un factor de gran relevancia. Se cita como ejemplo que cada tres años por el mismo precio y calidad obtenemos el doble del número de transistores contenidos en un chip, frecuencia de trabajo y densidad de discos magnéticos y la cuatriplicidad de la densidad de la memoria RAM.

La miniaturización es la constante en la evolución de los dispositivos electrónicos.

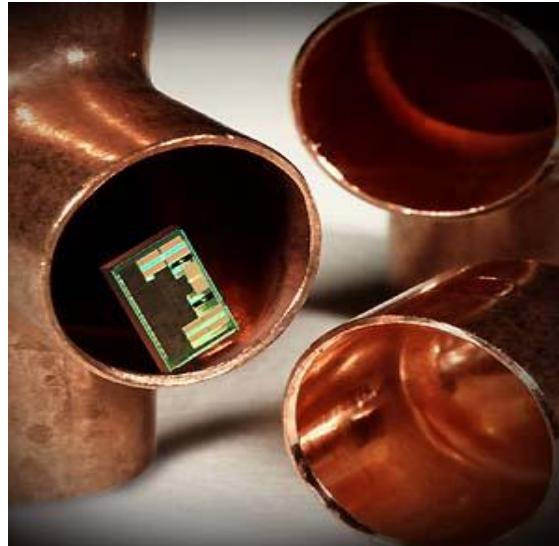


Figura 1.9 Microcomputador de IBM.

Este fenómeno de desarrollo acelerado conduce a la ley de Moore (1964), que asegura que el número de transistores que incorpora un circuito integrado se multiplica por cuatro cada aproximadamente año y medio. Se piensa que esta ley, vigente durante 40 años, todavía tiene por lo menos otros 10 ó 20 años de vida. Los últimos chips fabricados tienen más de 1.000 millones de transistores en poco más de un centímetro cuadrado.

- **El alcance de límites difícilmente superables de la tecnología hardware.** La búsqueda de mayor rendimiento, se basará en nuevas arquitecturas que exploten en mayor grado las posibilidades del hardware. Un ejemplo es la utilización de computadores paralelos.
- **Límite de coste y ventas.** El aprovechamiento de la compatibilidad con equipos anteriores disminuye la potencia en los nuevos equipos físicos. Un caso es la arquitectura de la familia de los procesadores 80x86 de Intel, en la que los nuevos modelos son compatibles con los anteriores. El rendimiento conseguido es mucho menor que aprovechando todos los recursos del nuevo sistema (Ejemplo: Pentium trabajando con un sistema operativo MS-DOS de 16 bits), pero el decremento de rendimiento se ve subsanado por los bajos costes de los equipos lógicos.

En conclusión, el alto nivel de conocimiento requerido del equipo físico y lógico, el factor tiempo, la tecnología hardware insuperable y las limitaciones de coste-ventas, hacen que la labor del arquitecto de computadores adquiera un alto grado de complejidad.

1.3- ARQUITECTURA CLÁSICA Y MODERNA.

1.3.1- Arquitectura clásica (1950 - 1990).

La arquitectura de un computador es la que fué definida por uno de los mejores matemáticos de la historia John Von Neumann, que propuso es una arquitectura en la cual la CPU (Unidad Central de proceso) está conectada a una única memoria donde se guardan conjuntamente instrucciones (programas) y datos (con los cuales operan estos programas). Además existe un módulo de entradas y salidas para permitir la comunicación de la máquina con los periféricos extremos que maneja el usuario.

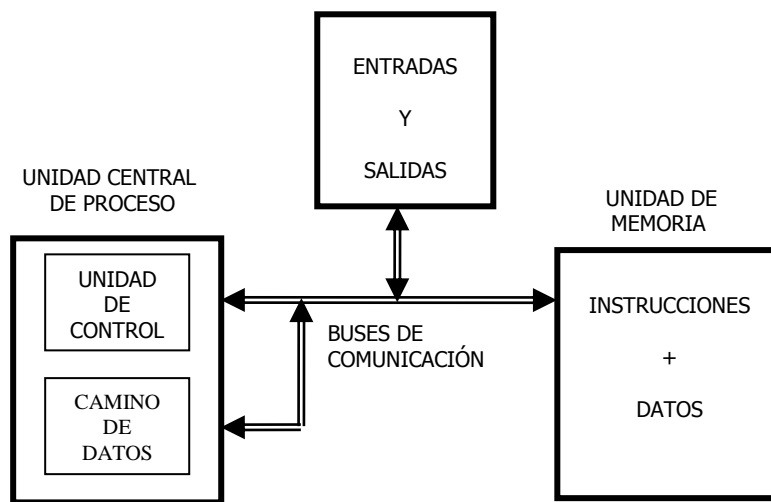


Figura 1.10. Arquitectura de J. Von Neumann.

Si se dispone de un microprocesador que maneja palabras de 8 bits, conectado a un bus de 8 bits de ancho, que lo conecta con la memoria, deberá manejar instrucciones de una o más unidades de 8 bits (1 byte), con lo que se obliga a la memoria a estar internamente dividida en unidades de 8 bits. En esta arquitectura si debemos acceder a una instrucción y/o dato de mas de 8 bits deberemos hacer de dos a mas accesos a memoria seguidos.

Esta arquitectura se denomina de tipo CISC “ Computador de Juego de Instrucciones Complejas”. Las instrucciones complejas exigen mucho tiempo de CPU para ejecutarlas y sólo un acceso a la memoria que era lenta.

También destaca el hecho de que compartir el bus ralentiza los tiempos de operación ya que no se puede hacer la búsqueda de un nueva instrucción antes terminar de realizar la transferencia de datos resultante de los resultados obtenidos por la operación anterior.

Por tanto, esta arquitectura tiene dos principales desventajas:

- La longitud de las instrucciones está limitada por la longitud de los datos, por lo tanto el procesador se ve obligado a hacer varios accesos a memoria para buscar instrucciones complejas.
- La velocidad de operación está limitada por el efecto cuello de botella, que significa que un bus único para datos e instrucciones impide superponer ambos tipos de acceso.

1.3.2- Arquitectura moderna (1990 - hoy).

Propone modificaciones en la arquitectura del equipo físico y mejoras y nuevas prestaciones en el tiempo lógico. Un ejemplo en el primer aspecto es la arquitectura Harvard, que está especialmente diseñada para atacar las debilidades de la arquitectura Von Neumann, la solución, conceptualmente, es harto sencilla, se construye un procesador que está unido a dos tipos de memoria diferentes por medio de dos buses independientes.

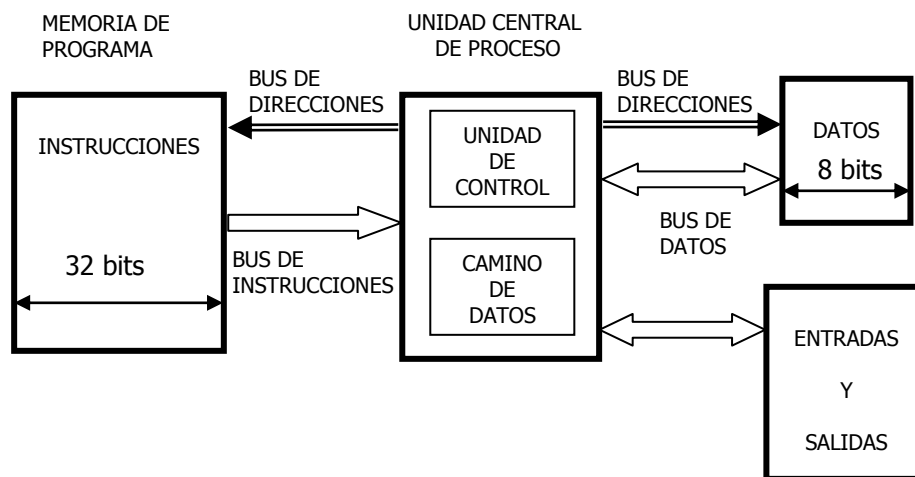


Figura 1.11. Arquitectura Harvard.

La memoria de datos y la memoria de instrucciones son independientes, almacenándose en ellas los datos y el programa, respectivamente.

Para un procesador de tipo RISC “Computador de Juego de Instrucciones Reducido”, el conjunto de instrucciones y el bus de la memoria de programa pueden diseñarse de manera tal que todas las instrucciones tengan la misma longitud que la posición de la memoria y lo mismo con los datos. Además, como los buses de ambas memorias son independientes, la CPU puede estar accediendo a los datos para completar la ejecución de una instrucción, y al mismo tiempo estar leyendo la próxima instrucción a ejecutar.

Una forma de potenciar el aislamiento entre las instrucciones y los datos es la incorporación de memorias caché ultrarápidas, que como sucede en los últimos modelos Pentium, una se encarga de guardar los datos que va a precisar la CPU y otra las instrucciones.

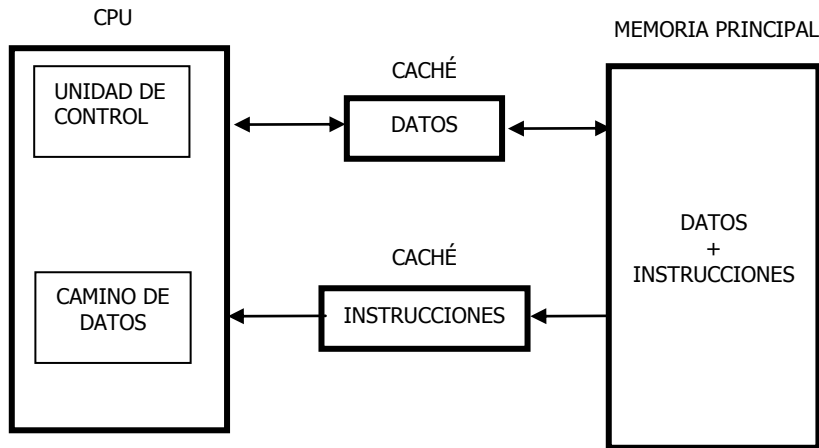


Figura 1.11. Arquitectura actuales Pentium.

1.4- INFLUENCIA DE LA TECNOLOGÍA EN LA EVOLUCIÓN DE LA ARQUITECTURA DE COMPUTADORES.

Desde los tiempos en que se estableció la arquitectura de von Neumann, el desarrollo de los computadores se ha realizado a un ritmo inimaginable, la causa del crecimiento de los computadores se debe fundamentalmente a la mejora en la tecnología. Esta evolución de la arquitectura de los computadores puede contemplarse en cuatro etapas sucesivas en las que se aprecia su relación con la tecnología.

1.4.1- Primera etapa

Esta primera etapa contempla la época situada en la mitad del siglo XX. La tecnología en aquellos momentos se basaba en las válvulas de vacío. Los computadores seguían plenamente el modelo de von Neumann, con un módulo de proceso (CPU), un módulo de E / S y una memoria

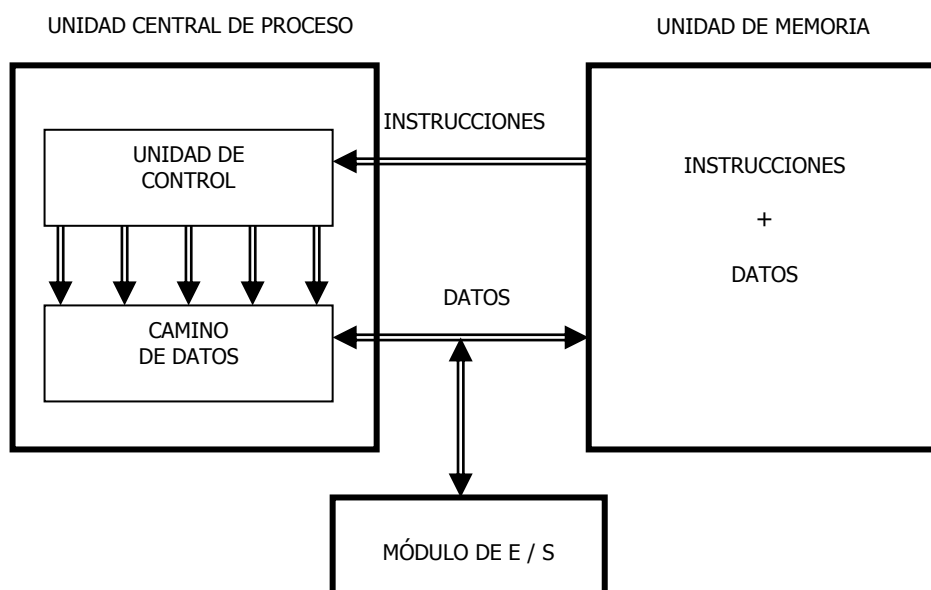


Figura 1.12. Diagrama general por bloques de los computadores de la primera etapa.

Tanto la CPU (Unidad Central de Procesos) como la memoria estaban construidas con válvulas de vacío con lo que la velocidad de funcionamiento en ambos bloques era igual, aprovechando por tanto el rendimiento de ambos por igual.

La sencillez de la CPU y el pequeño tamaño de la memoria obligaban a utilizar un conjunto reducido y elemental de instrucciones. La CPU tenía que acceder frecuentemente a memoria, pero al poseer ambos módulos la misma tecnología el rendimiento conjunto era aceptable. A este tipo de computadores se les denominó RISC (Computadores de Set de Instrucciones Reducidos).

1.4.2- Segunda etapa

En esta etapa aparecen los primeros circuitos integrados de pequeña y media escala de integración (SSI y MSI), que se aplican a la construcción de la CPU, mientras que la memoria principal es construida con núcleos de ferrita, cuyos tiempos de accesos son elevados.

La velocidad de la memoria principal es 10 veces menor que la CPU, lo que provoca largos períodos de inactividad de la CPU. A este fenómeno se le conoce como el “Cuello de Botella de Von Neumann”.

Para solucionar esta pérdida de rendimiento de la CPU, se utilizan juegos de instrucciones complejos, en los que cada instrucción equivale a varias operaciones elementales, evitándose así accesos a memoria principal. A este tipo de computadores se les denomina CISC (Computadores de Set de Instrucciones Complejo). La CPU contendrá una Memoria de Control, que se trata de una memoria rápida en la que se almacenan las operaciones elementales (microinstrucciones) correspondientes a cada instrucción compleja (macroinstrucción).

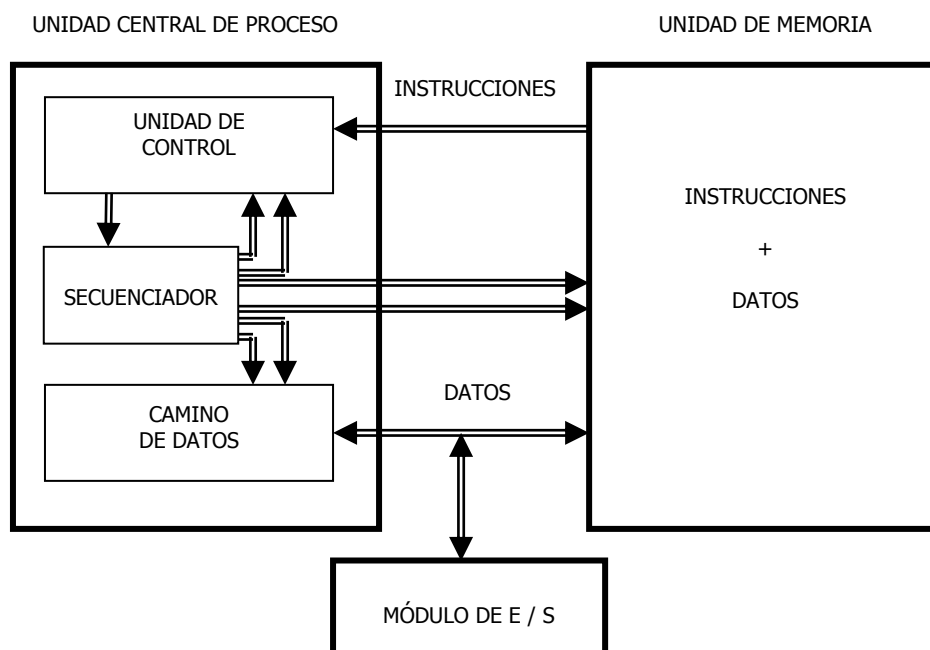


Figura 1.13. Diagrama general por bloques de la segunda etapa.

Como conclusión, se incrementa el proceso de decodificación de la macroinstrucción pero se reduce el número de accesos a memoria principal, solucionándose el problema de las diferentes velocidades de la memoria y la CPU, y acercándonos al modo de programar de los lenguajes de alto nivel, que comienzan a desarrollarse por esta época.

1.4.3- Tercera etapa

La tecnología de circuitos integrados siguió evolucionando, alcanzando la alta escala de integración (LSI), que permitía la fabricación de memorias rápidas, pero que seguían siendo lentas con respecto a la CPU.

La decodificación de instrucciones complejas requería más tiempo que el acceso a estas memorias, por lo que los computadores CISC disminuyen la complejidad de las instrucciones, reduciéndose así el número de microinstrucciones correspondientes a cada instrucción. Este nuevo tipo de computadores entre RISC y CISC obtiene el mayor rendimiento posible de la CPU y estas memorias.

Aparece la memoria caché que se encarga de guardar la información de uso más frecuente de la memoria principal, para disminuir el número de accesos a esta última. Estas memorias son más rápidas, más caras y se usan con pequeñas capacidades. Como se ve en la figura 1.14 la Unidad de Control accede a la memoria caché, y sólo cuando no está la información que necesita en ella, a la memoria principal. El contenido de la caché está optimizado para que sea el de más uso, obteniendo de 5 a 10 veces velocidades mayores que la memoria principal.

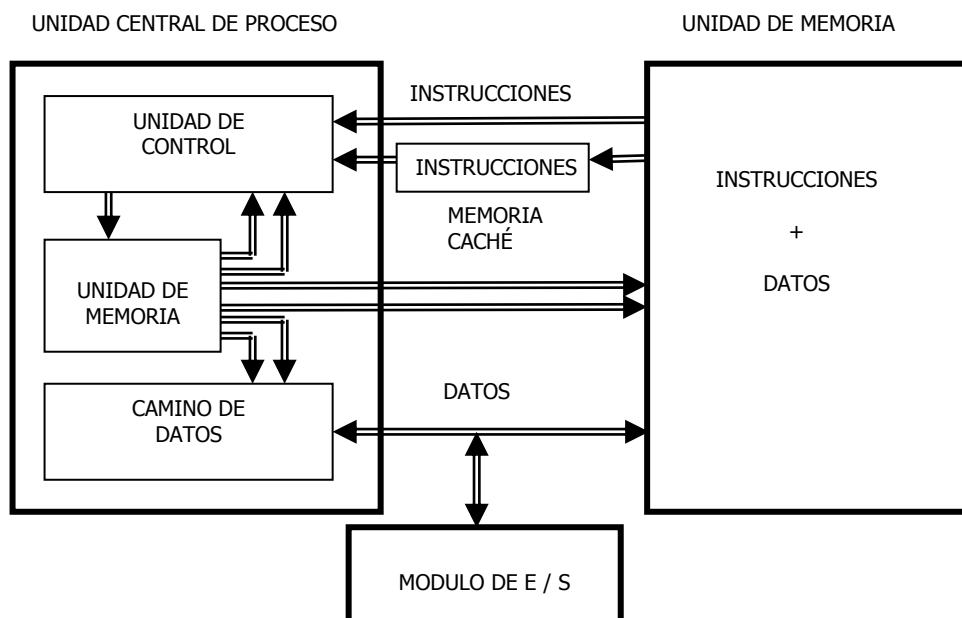


Figura 1.14. Diagrama general por bloques de la tercera etapa.

1.4.4- Cuarta etapa

Se desarrolla la tecnología VLSI (Muy alta escala de integración) que se aplica tanto a la CPU como a la memoria caché, por lo que se vuelve a los computadores RISC.

Las instrucciones vuelven a ser pocas y básicas, desapareciendo así la Memoria de Control.

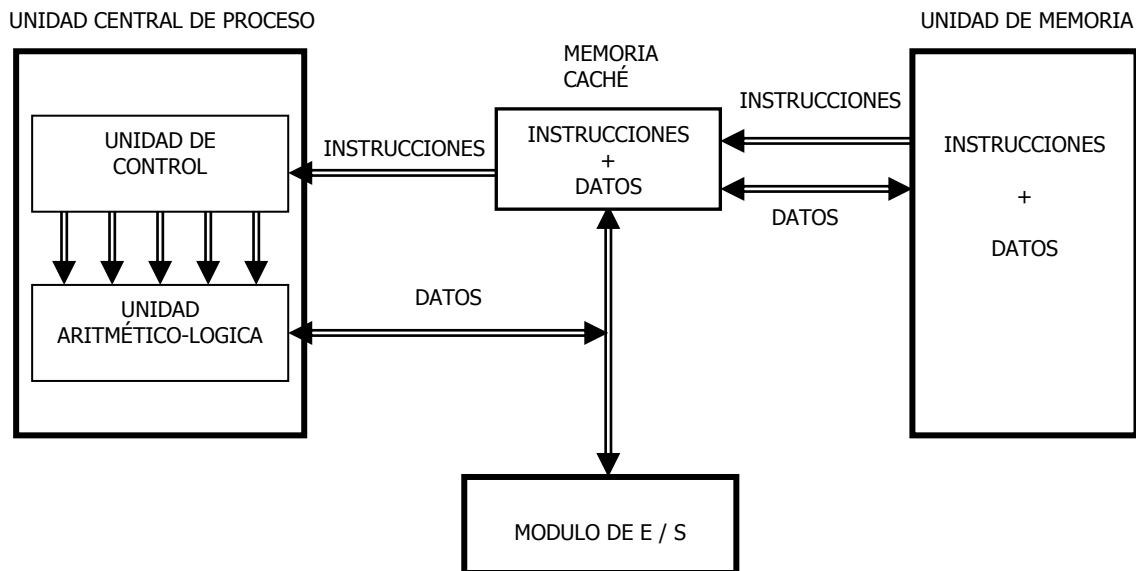


Figura 1.15. Diagrama general por bloques de la cuarta etapa.

En esta etapa el acceso a memoria se hará siempre a la caché, que contendrá la parte de la memoria principal a utilizar en la mayoría de los accesos.

1.5-TAXONOMÍAS O CLASIFICACIONES DE COMPUTADORES SEGÚN SU ARQUITECTURA

Según las diferentes arquitecturas desarrolladas pueden clasificarse los computadores de diferentes puntos de vista. Una de las clasificaciones más extendida es la denominada taxonomía de Flynn (1966), que se detalla a continuación.

1.5.1- Taxonomía de Flynn

Esta taxonomía se basa en el número de flujos de instrucciones y flujos de datos que posee cada sistema computador.

El proceso computacional consiste en la ejecución de una secuencia de instrucciones sobre un conjunto de datos. Flujo de instrucciones es la secuencia sobre la que opera un procesador, y el flujo de datos comprende la secuencia de datos de entrada y los resultados parciales y totales.

Las arquitecturas de computadores se caracterizan por el hardware que destinan a atender a los flujos de instrucciones y datos.

Flynn propuso 4 categorías:

- **SISD**: Simple flujo de instrucciones, simple flujo de datos.
- **MISD**: Múltiple flujo de instrucciones, simple flujo de datos.
- **SIMD**: Simple flujo de instrucciones, múltiple flujo de datos.
- **MIMD**: Múltiple flujo de instrucciones, múltiple flujo de datos.

Después introdujo una quinta clasificación separada un poco de las cuatro anteriores:

- **MTMD**: Múltiple tareas, múltiple flujo de datos.

1.5.1.1- Computadores SISD

Responden a los monoprocesadores convencionales (tipo Von Neumann) que más se usan. Al disponer de una única Unidad de Proceso (Camino de Datos) sólo existe un Flujo de Instrucciones y un Flujo de Datos.

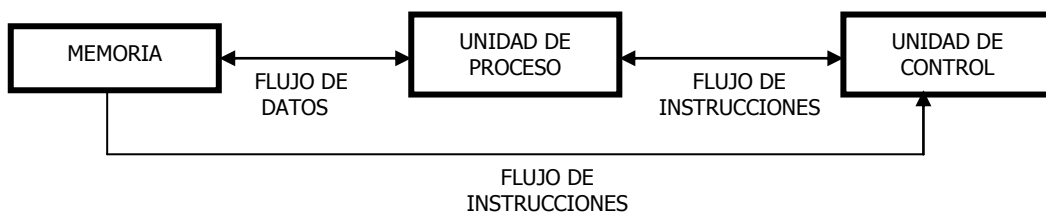


Figura 1.16. Estructura básica de los ordenadores SISD.

1.5.1.2- Computadores MISD

Existen n Unidades de Proceso, cada una con su propia Unidad de Control y sus propias instrucciones, pero operando sobre el mismo flujo de datos, de forma que la salida de un procesador pasa a ser la entrada (operandos) del siguiente en el macrocauce de los datos. Se hacen diferentes operaciones con los mismos datos.

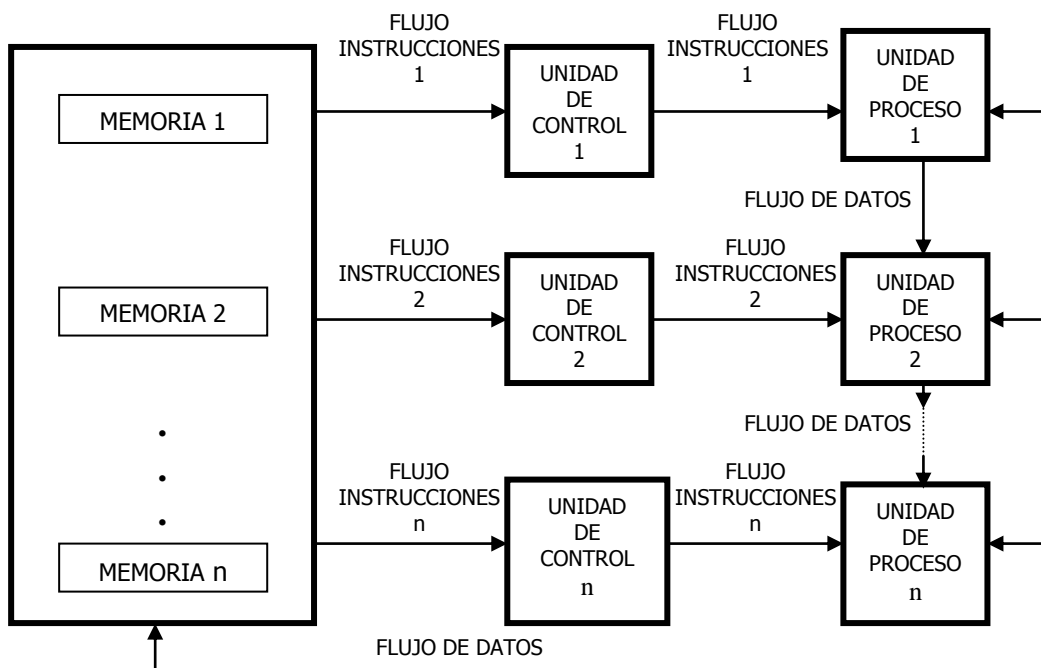


Figura 1.17. Arquitectura de los computadores MISD.

Los arquitectos de computadores han menospreciado esta organización y de hecho no existe ninguna materialización real de este tipo.

1.5.1.3- Computadores SIMD

Flujo único de instrucciones y Flujo múltiple de Datos. Sólo hay una Unidad de Control que controla las diferentes Unidades de Proceso. Todas las Unidades de Proceso reciben la misma instrucción, pero operan sobre los diferentes datos procedentes de la memoria compartida.

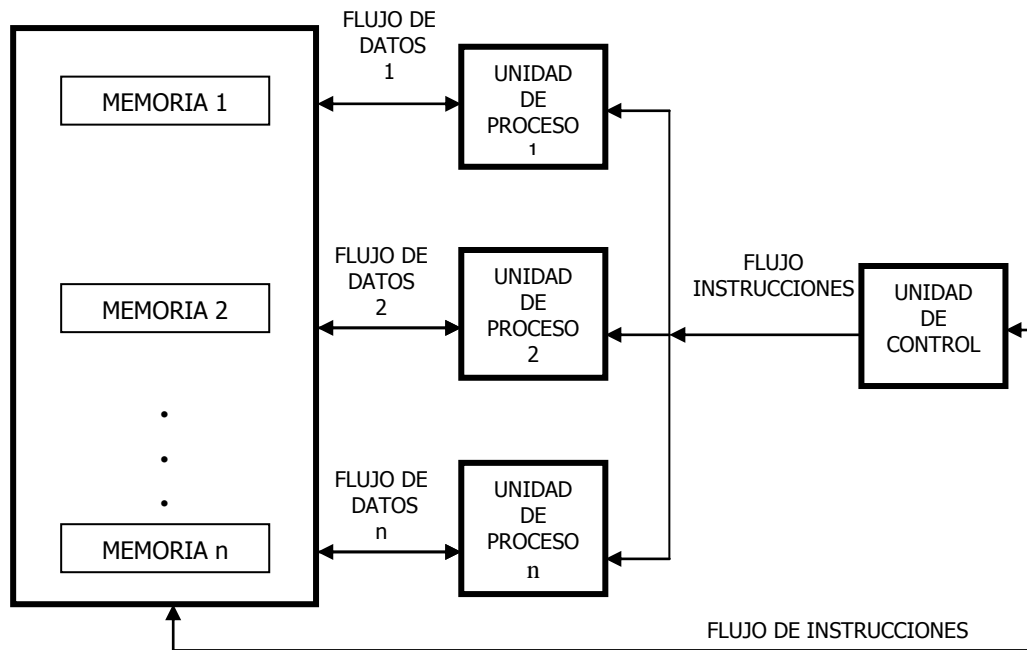


Figura 1.18. Arquitectura de los computadores SIMD.

La misma instrucción la reciben todas las Unidades de Proceso, pero a veces no todas la realizan porque la instrucción lleva codificado los procesadores que intervienen y los que están inactivos.

La mayoría de los computadores SIMD necesitan que exista intercomunicación entre las Unidades de Proceso, para compartir datos y resultados intermedios. Hay dos formas de lograrlo:

1. **Memoria Compartida:** Todas las Unidades de Proceso utilizan una memoria común y cuando una quiere enviar un dato a otra, primero lo escribe en una posición que la otra conoce y luego ésta lee dicha posición. Es como un tablón de anuncios que puede usar todo el mundo.
2. **Red de Interconexión:** Las M posiciones de la memoria se reparten entre los N procesadores a razón de M/N posiciones de memoria local para cada uno, además cada procesador se une con los demás mediante una línea Full-Duplex de forma que en un momento determinado un procesador puede recibir datos de otro y al mismo tiempo mandar otros datos a un tercer procesador. Ver Figura 1.19.

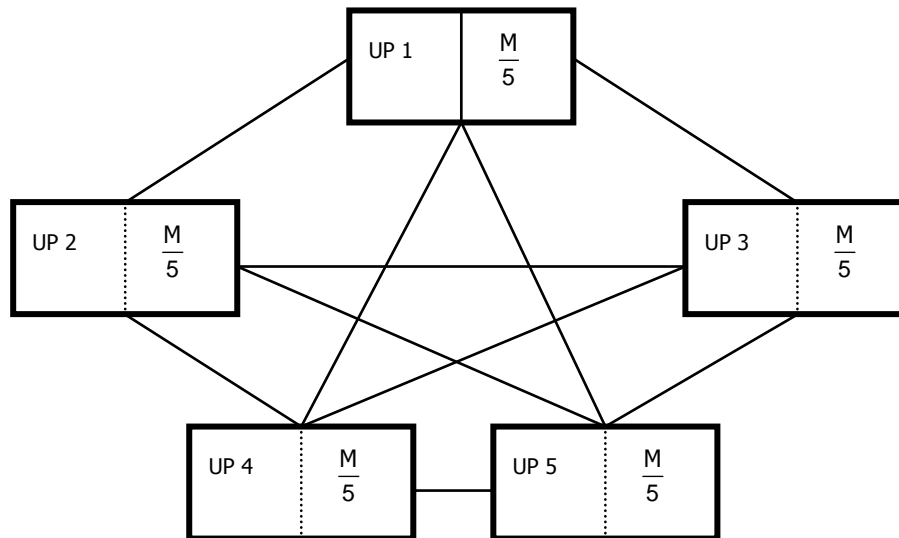


Figura 1.19. Arquitectura con red de interconexión.

En este caso particular los 5 procesadores se reparten las M posiciones de memoria. Permite la comunicación instantánea entre cualquier pareja de procesadores y de varias parejas entre sí (sólo un procesador se comunica con otro). Además existen varios tipos de interconexión de redes como la conexión serie o lineal, bidimensional o malla, en árbol, etc...

Los SIMD son mucho más útiles y comerciales en el mercado que los MISD y también más flexibles. Además, es más fácil hacer algoritmos para los SIMD que para los MISD.

El caso ideal de los SIMD es cuando un problema se puede dividir en subproblemas idénticos y además éstos tienen las mismas instrucciones.

Algunos ejemplos de esta arquitectura fueron: Thinking Machines CM-2, MassPar computers, Procesador MMX

1.5.1.4- Computadores MIMD

Este tipo de computadora se basa en el paralelismo como las SIMD, la diferencia es que la arquitectura MIMD es asíncrona. No tiene un reloj central. Cada procesador en un sistema MIMD puede ejecutar su propia secuencia de instrucciones y tener sus propios datos. Esta característica es la más general y poderosa de esta clasificación.

Es una agrupación de monoprocesadores convencionales, cada uno con su Unidad de Control, su Unidad de Proceso y su memoria local. Cada uno dispone de su Flujo de Instrucciones y de su Flujo de Datos, trabajan en paralelo y de forma asíncrona y están comunicados entre ellos igual que los SIMD. Usan la memoria compartida o bien la red de interconexión.

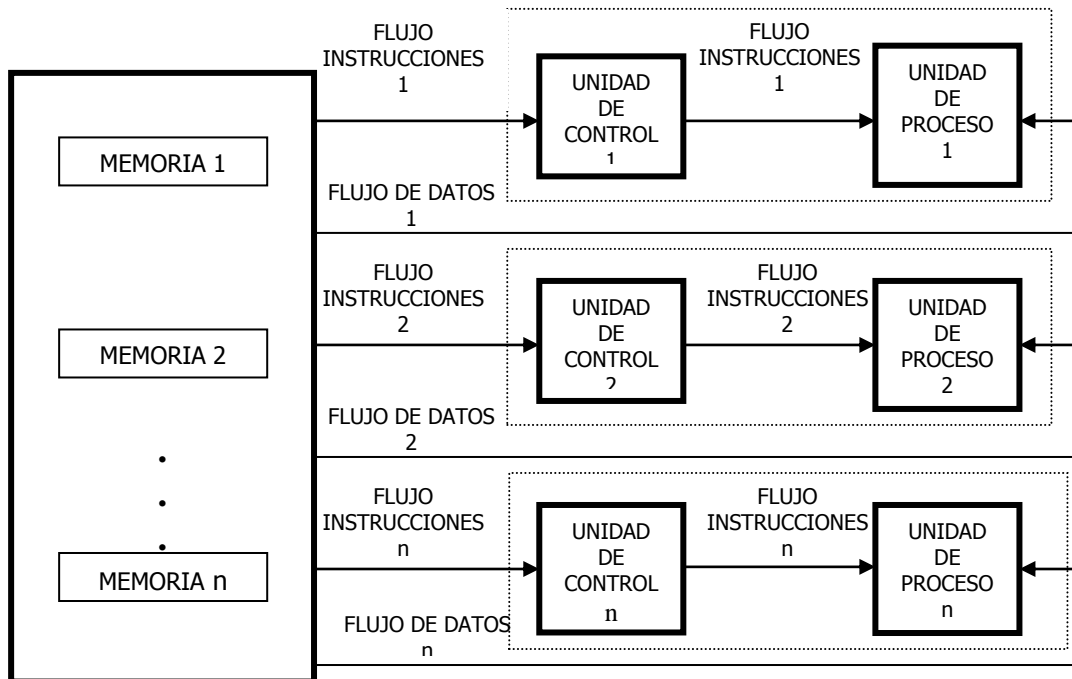


Figura 1.21. Arquitectura de los computadores MIMD.

Se supone que son los sistemas más perfectamente paralelos, ya que el paralelismo es total, pero también son los más caros.

Los algoritmos para los MIMD deben tener un factor claro de paralelismo, aunque pueden ser totalmente asíncronos, y además se necesita intercomunicación. Normalmente comienzan cargando una tarea básica a uno cualquiera de los procesadores, y éste va descomponiendo tareas y lanzándolas a los demás, así como creando dos colas, una de proceso y otra de procesadores. En la primera se van introduciendo los procesos pendientes de ejecutar, y en la segunda se van metiendo los procesadores que van quedando libres después de terminar su tarea.

Ejemplos de computadores con arquitectura MIMD son BURR D-85, Cmp, CRAY/2, CRAY-MP y IBM 370/168MP..

1.5.1.5- Computadores MTMD

Estos computadores surgen como una extensión a la clasificación de Flynn, algo restringida al contemplar la ejecución sólo a nivel de instrucciones. Múltiples Tareas con Múltiples Flujos de Datos.

Son como los computadores MIMD, la única diferencia es la tarea que se aplica a cada Unidad de Proceso. Estos computadores son capaces de ejecutar concurrentemente un número determinado de tareas, cada una con su propio conjunto de datos.

1.5.2- Otras taxonomías

Existen otras taxonomías que no son tan populares como la de Flynn entre las que destaca la taxonomía de Shore que al igual que la de Flynn, clasifica los computadores en función del número de elementos; pero mientras que la taxonomía de Flynn pretende clasificarlos por la organización del software (Instrucciones y Datos), la clasificación de Shore lo hace por la estructura del hardware (Unidad de Control, Unidad de Proceso y Memoria de Datos e Instrucciones). Por lo tanto la aparición de paralelismo dentro de cada uno de estos componentes no se valora.

La arquitectura Shore se representa seis tipos:

1. **Tipo 1:** Formada por una UC (Unidad de Control) conectada a una UP (Unidad de Proceso) y a una Memoria de Instrucciones.
2. **Tipo 2:** Similar a la anterior, con la salvedad de que las lecturas de memoria se realizan de forma paralela, es decir, un bit de cada palabra por cada acceso. Así la unidad de proceso está preparada para realizar operaciones con los datos leídos de esta forma.
3. **Tipo 3:** Es una combinación de las arquitecturas anteriores; está formada por una memoria bidimensional a la que acceden dos UP que operan en consecuencia a la lectura que realizan, horizontal o vertical. La UC supervisa las dos UP.
4. **Tipo 4:** Existen múltiples UP conectadas a una sola UC, que recibe órdenes de una Memoria de Instrucciones. Cada UP trabaja con una Memoria local de Datos. No existe ninguna comunicación entre ellas.
5. **Tipo 5:** Es similar a la anterior, pero las UP se encuentran interconectadas entre ellas, pudiendo así la misma UP acceder a varios módulos de memoria.
6. **Tipo 6:** En esta arquitectura se integran la UP y la Memoria local en un solo componente, que lógicamente estará conectado a una UC.

Esta clasificación es bastante incompleta, y queda poco determinado el tipo de paralelismo que se puede encontrar en un sistema. Además, tampoco diferencia, por ejemplo, sistemas que implementen la segmentación dentro de la Unidad de Proceso y/o Unidad de Control, de los que no las utilicen.

Otra taxonomía es la “Estructural” que no se basan sólo en el paralelismo para clasificar los computadores, sino que estudian también el modo de tratar los datos, la existencia de segmentación y su tipo. Es una aproximación a la clasificación global y en la que intervienen varios criterios, incluyendo la aplicación o no de técnicas de paralelismo en distintos niveles.