

Apunte para final Organización y Arquitectura de Computadoras

Mariano Gabriel Gili

e-mail:mariano040783@hotmail.com

23 de julio de 2004

Resumen

Ésto es un apunte adecuado al programa dado por la cátedra “Organización y Arquitectura de Computadoras” que hice con el fin de estudiar para dar el final y de paso para aprender a utilizar la herramienta L^AT_EX. Cabe aclarar que no recomiendo basarse solamente en éste material para presentarse al examen, el cual cedo para leer una vez ya leída la bibliografía propuesta por la cátedra como resumen recordatorio.

Índice

1. Unidad 1: Computadoras digitales	3
1.1. Conceptos introductorios	3
1.2. Clasificación de las computadoras	3
1.3. Evolución histórica de las computadoras	4
1.4. Arquitectura Von Neumann: sus elementos	5
1.5. Parámetros característicos de las computadoras	8
1.6. Definición de hardware, software y firmware	8
2. La información en una computadora	8
2.1. Tamaños privilegiados	8
2.2. Representaciones numéricas	8
2.2.1. Números enteros	8
2.2.2. Punto flotante	9
2.3. Representaciones alfanuméricas	10
2.3.1. Algunas codificaciones	10
2.4. Álgebra de Boole	11
2.5. Puertas lógicas	11
2.6. Circuitos lógicos combinacionales	12
2.6.1. Implementación de las funciones booleanas	12
2.7. Sumadores	12
2.7.1. Tabla de verdad	12
2.7.2. Ecuación booleana	12
2.7.3. Gráfica de un sumador usando puertas AND, OR, NOT	13
2.8. El factor tiempo: Circuitos lógicos secuenciales	13
2.8.1. Biestables	14
2.8.2. Registros	15
2.8.3. Contadores	16

3. Unidad Central de Procesamiento	17
3.1. Unidad Aritmético Lógica	18
3.2. Organización de los registros	18
3.2.1. Tamaño y cantidad	19
3.3. Unidad de Control	19
3.4. Microprocesadores	20
3.5. Ciclo de instrucción	20
3.5.1. Captación y ejecución	20
3.5.2. Estados del ciclo de instrucción	22
3.5.3. Interrupciones	22
3.5.4. Las interrupciones y el ciclo de instrucción	22
3.6. Repertorio de instrucciones	23
3.6.1. Elementos de una instrucción máquina	23
3.6.2. Representación de las instrucciones	23
3.6.3. Tipos de operandos	24
3.6.4. Tipos de operaciones	25
3.6.5. Modos de direccionamiento y formatos	26
3.6.6. Formato de instrucciones	27
3.6.7. Longitud de una instrucción	27
3.6.8. Asignación de los bits	27
3.6.9. Instrucciones de longitud variable	27
4. Memoria interna y externa	27
4.1. Clasificación según características claves	27
4.2. Jerarquía de memoria	29
4.3. Memorias de semiconductores	30
4.3.1. Organización	30
4.3.2. Organización interna de la memoria	31
4.4. ¿Qué es la memoria virtual?	31
4.5. Conexión CPU-Memoria: Bus del Sistema	32
4.5.1. Estructura del bus	32
4.5.2. Funcionamiento	33
4.5.3. Jerarquía de buses	33
4.6. Discos magnéticos	33
4.6.1. Organización y formato de los datos	35
4.6.2. Características físicas	35
4.6.3. Parámetros para medir las prestaciones de un disco	35
4.7. RAID: Conjunto redundante de discos independientes	36
4.8. Memorias ópticas	36
4.8.1. CD-ROM: memoria de disco compacto de sólo lectura	36
4.8.2. Worm	36
4.8.3. Disco óptico borrable	37
4.8.4. Disco Video Digital -DVD	37
4.9. Cinta magnética	37
5. Periféricos	37
5.1. Videoterminales	38
5.1.1. Tubos de Rayos Catódicos -TRC	38
5.1.2. Pantallas planas o LCD -presentación de cristal líquido	38
5.1.3. Clasificación de una Videoterminal	38
5.1.4. Principales parámetros que caracterizan a una pantalla	39
5.2. Impresoras	39
5.2.1. Impresoras de caracteres	39
5.2.2. Impresoras de línea	39
5.2.3. Impresora de página	39
5.2.4. Mecanismo de impresión	39
5.3. Modem	40

Índice de figuras

1.	Arquitectura propuesta 1	6
2.	Arquitectura propuesta 2	6
3.	Arquitectura propuesta 3	6
4.	Arquitectura propuesta 4	7
5.	Arquitectura propuesta por Von Neumann	7
6.	AND, OR y NOT	11
7.	NAND y NOR	12
8.	Sumador	13
9.	Biestable S-R	14
10.	Biestable S-R sincrónico	15
11.	Biestable D	15
12.	Biestable J-K	15
13.	Registro paralelo	16
14.	Registro de desplazamiento	17
15.	Contador asíncrono	17
16.	Estructura interna de la CPU	18
17.	Unidad de Control	20
18.	Ciclo de instrucción básico	21
19.	Estados del ciclo de instrucción	21
20.	Ciclo de instrucción con interrupciones	22
21.	Estados del ciclo de instrucción con interrupciones	23
22.	Jerarquía de memoria	29
23.	Celda de memoria	31
24.	Organización 2D	31
25.	Organización 2 y 1/2D o 3D	32
26.	Bus de altas prestaciones	34

1. Unidad 1: Computadoras digitales

1.1. Conceptos introductorios

Una computadora es una máquina digital y sincrónica, con cierta capacidad de cálculo numérico y lógico, controlada por un programa almacenado y con posibilidad de comunicación con el mundo exterior.

- *Digital* porque las señales eléctricas que se manejan y la información que se procesa se presenta por medio de valores binarios.
- *Sincrónica* porque las operaciones se realizan a corde a un reloj central que da pulsos de sincronismo a todos los elementos de la computadora, es decir, todas las operaciones se realizan en instantes de tiempo predefinidos y coordinados.
- *Cálculo numérico y lógico* simples (suma, disyunción, conjunción, comparaciones) a través de la ALU (Unidad Aritmético Lógica).
- *Controlada por un programa* porque se tienen órdenes o instrucciones almacenadas que la computadora puede leer, interpretar y ejecutar ordenadamente.
- *Comunicación con el mundo real* (analógico) a través de dispositivos periféricos.

1.2. Clasificación de las computadoras

- *Desechables*: generalmente chips individuales, tarjetas de felicitación por ejemplo.
- *Incorporadas*: en teléfonos, televisores, juguetes, microondas, etc. Contienen un procesador, poca memoria y cierta capacidad de E/S, todo en un sólo chip.

- *De juegos*: normales con capacidades gráficas especiales pero software limitado y sin ninguna extensibilidad. Contienen un procesador, unos cuantos Mb de memoria, algún tipo de display entre otras cosas.
- *Personales*: incluidas los modelos de escritorio y portátiles. Incluyen varios Mb de memoria, un disco duro, unidad de CD-ROM, modem, etc. Cuentan con Sistemas Operativos complejos, muchas opciones de expansión y enorme surtido de software.
- *Servidores*: se utilizan como servidores de red con configuraciones de uno o más procesadores, muchos Gb de memoria y de disco y capacidad de trabajo en red de alta velocidad.
- *Mainframes* (macrocomputadoras): llenan una habitación. Suelen tener mayor capacidad de E/S y están equipadas con grandes “granjas” de discos que llega Tb de datos o más. Extremadamente costosas.
- *Supercomputadoras*: CPU (Unidad Central de Procesamiento) inconcebiblemente rápidas, muchos Gb de memoria y sus discos y redes muy rápidas. Se emplean para resolver problemas de muchos cálculos en ciencia e ingeniería, como simular el choque de galaxias.

1.3. Evolución histórica de las computadoras

■ *Generación cero (computadoras mecánicas)*:

- **1642** Blaise Pascal fue el primero que contruyó una máquina calculadora, totalmente mecánica, con engranajes y se impulsaba con una manivela operada a mano. Sólo sumaba y restaba.
- **1672** Leibniz construyó otra máquina mecánica que también multiplicaba y dividía.
- **150 años más tarde** Charles Babbage construyó la máquina de diferencias, la cual podía sumar y restar, ejecutaba un sólo algoritmo -método de diferencias finitas empleando polinomios-. Tenía un método de salida, perforaba los resultados en una placa de cobre.
También la máquina analítica que tenía 4 componentes: almacén (memoria), el molino (unidad de cómputo), la sección de entrada (lector de tarjetas perforadas) y la sección de salida (perforadas e impresas). Era programable y Ada Lovelace le ayudó a producir el software. Se considera a Babbage el padre de la computadora digital moderna por sus construcciones.
- **1944** Aiken construyó la computadora de propósito general que Babbage no culminó conocida como Mark I y Mark II, disponían de entrada y salida mediante una cinta de papel perforada.

■ *La primera generación (tubos de vacío 1945-1955)*:

Máquinas muy grandes, costosas y de difícil operación.

- **Colossus (1943)** fue la primera computadora digital del mundo impulsada por la segunda guerra mundial para decodificar mensajes de los alemanes.
- **Eniac (1946)** primera computadora electrónica de propósito general. Pesaba 30 toneladas, contenía 18000 tubos de vacío, se programaba manualmente por medio de conmutadores y cables.
- **IAS (1952)** construída por John Von Neumann, quien vio que el programa podía representarse en forma digital en la memoria de la computadora junto con los datos, también que la aritmética decimal podía ser sustituida por una binaria y describió un diseño básico que se conoce como “*la máquina de Von Neumann*” (sección 1.4), base de todas las computadoras digitales actuales.
- **Univac (1947)** primera computadora comercial de éxito.

■ ***Segunda generación (transistores 1955-1965):***

Inventado en 1948, mucho más pequeño, más barato y disipa menos calor que un tubo de vacío. Dio lugar a computadoras más pequeñas, confiables y económicas que las anteriores. En ésta época también se produjeron adelantos en:

- ALU y UC (Unidad de Control) más complejas;
- lenguajes de programación de alto nivel;
- aparición del bus, conjunto de alambres en paralelo que conecta los componentes de una computadora.

■ ***Tercera generación (circuitos integrados 1965-1980):***

El circuito integrado permitió colocar decenas de transistores en un sólo chip. Lo cual permitió computadoras aún más pequeñas, más rápidas y menos costosas que las transistorizadas. En estos tiempos nace la idea de “*familia de computadoras*”, en la cual un conjunto de máquinas respondía a los siguientes puntos:

- conjunto de instrucciones similares o idénticas;
- SO también similares o idénticos;
- velocidad creciente;
- número creciente de puertos de E/S;
- memoria creciente;
- costo creciente.

Adelantos de la época:

- multiprogramación (varios programas en la memoria);
- estructura de bus.

■ ***Cuarta generación (integración a gran escala 1980 en adelante):***

Fue posible colocar primero decenas de miles, luego centenares de miles y por último millones de transistores en un sólo chip.

Componentes más pequeñas y rápidas. Aparición de las computadoras personales, para procesamiento de texto, hojas de cálculo entre otras aplicaciones interactivas.

Adelantos en:

- SO: MS-DOS, Windows;
- memoria: aparición de la memoria semiconductora dejando de lado los núcleos magnéticos.

1.4. Arquitectura Von Neumann: sus elementos

Secuencia de esquemas del avance arquitectónico de las computadoras hasta la propuesta por Von Neumann:

- “Memoria principal” dividida en “Memoria de instrucciones”, donde residen las órdenes que la computadora debe interpretar y ejecutar, y “Memoria de datos”, donde se almacena la información con la cual realizará los procesos la computadora que sean necesarios para la resolución de un problema.
- “IN/OUT” representa los dispositivos que permiten la comunicación con el mundo.
- “Bus de comunicación” permite el paso de información de direcciones, datos y control.

Figura 1: Arquitectura propuesta 1



Figura 2: Arquitectura propuesta 2

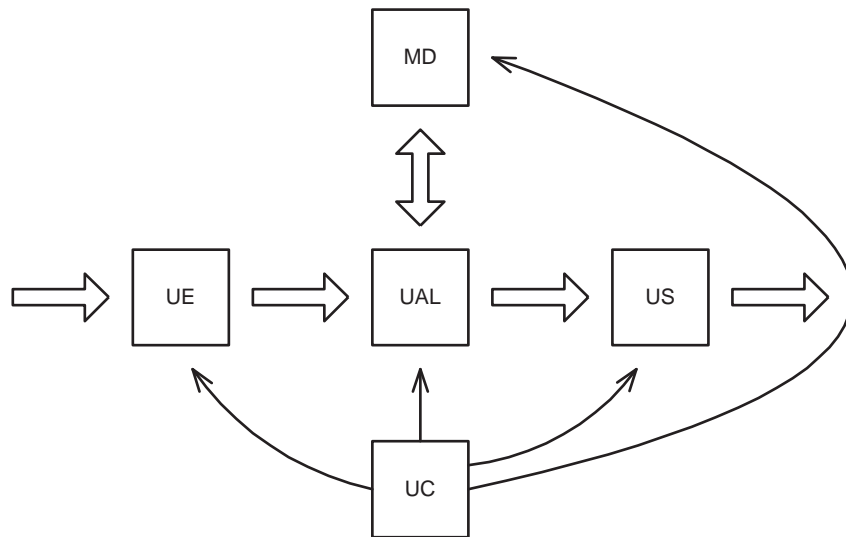


Figura 3: Arquitectura propuesta 3

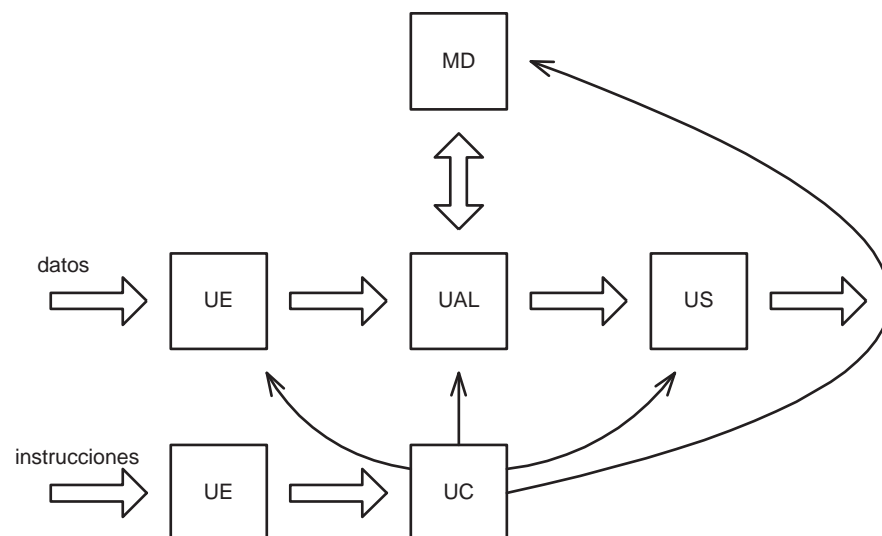


Figura 4: Arquitectura propuesta 4

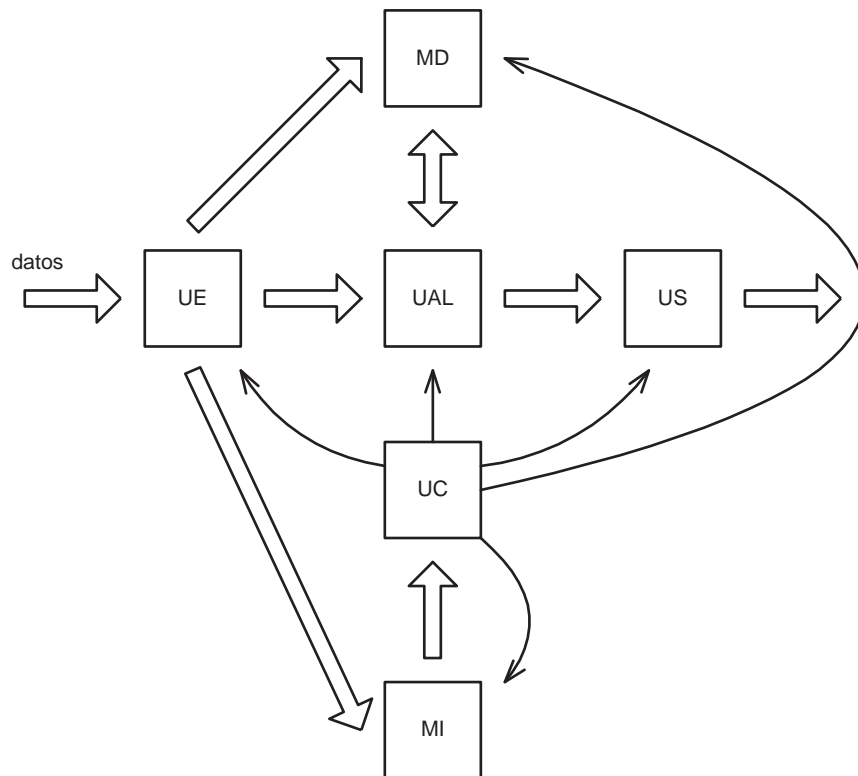
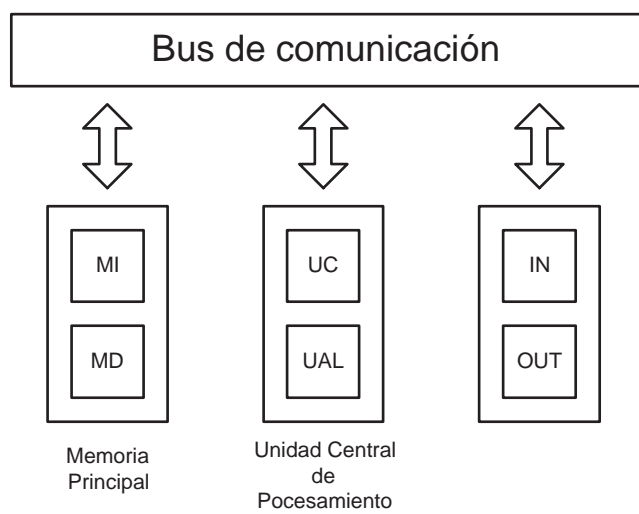


Figura 5: Arquitectura propuesta por Von Neumann



- La “Unidad de control” ejecuta las instrucciones y genera señales de control.
- La “Unidad aritmético-lógica” realiza operaciones elementales como suma, resta, conjunción, disyunción, comparaciones.
- La combinación de los anteriores dos forman la “Unidad central de procesamiento” que en las computadoras personales está representada por el microprocesador (486, 586, Pentium, AMD, etc).

1.5. Parámetros característicos de las computadoras

- **Ancho de palabra:** expresa el número de bits que maneja en paralelo la computadora. Mientras mayor sea el ancho de palabra mayor será su potencia de cálculo.
- **Memoria RAM:** el tamaño de la memoria principal.
- **Memoria auxiliar:** el tamaño de los periféricos de almacenamiento de los que se disponen.
- **Mips** (millones de instrucciones por segundo): velocidad de ejecución de las instrucciones de máquina. No es exacto ya que depende del tipo de instrucciones que se ejecuten.
- **Mflops** (millones de operaciones en punto flotante por segundo): expresa la potencia de cálculo científico de una computadora.

1.6. Definición de hardware, software y firmware

- **Hardware:** refiere a los objetos tangibles de una computadora (circuitos integrados, cables, memorias, etc), no ideas abstractas, algoritmos o instrucciones.
- **Software:** consta de algoritmos (instrucciones detalladas que indican cómo hacer algo) y sus representaciones en la computadora: los programas. La esencia del software es la serie de instrucciones que forman los programas, no los medios físicos en los que se registran.
- **Firmware:** rutinas de software almacenadas en memoria de sólo lectura (ROM), como por ejemplo rutinas de inicio de las computadoras y las instrucciones de E/S en bajo nivel.

2. La información en una computadora

2.1. Tamaños privilegiados

Vinculados con la forma de almacenamiento y manipulación de información de las computadoras.

- **Bit:** unidad básica de memoria, un dígito binario, la unidad más simple.
- **Byte:** conjunto de 8 bits.
- **Palabra:** bytes agrupados en palabras. Es la unidad natural de organización de la memoria. El tamaño de la misma suele coincidir con el número de bits utilizados para representar números y con la longitud de las instrucciones, existen excepciones.

2.2. Representaciones numéricas

2.2.1. Números enteros

- **Módulo y signo:**
el bit de más a la izquierda representa el signo (0=positivo,1=negativo), el resto (módulo) el valor.
Rango de representación $\rightarrow [-2^{n-1} + 1, 2^{n-1} - 1]$ con dos representaciones del cero (una positiva y una negativa).

- **Sin signo:**
 todos los bit representan el valor.
 Rango $\rightarrow [0, 2^n - 1]$
- **Complemento a 1:**
 idem **módulo y signo** pero para obtener el negativo de un número se complementan los bits de su representación positiva.
 Rango $\rightarrow [-2^{n-1} + 1, 2^{n-1} - 1]$ también con dos representaciones del cero.
- **Complemento a 2:**
 signo \rightarrow bit de más a la izquierda.
 El negativo se obtiene:
 1. se complementan todos sus bits;
 2. se suma 1.
 Rango $\rightarrow [-2^{n-1}, 2^{n-1} - 1]$
- **Exceso a 2^{n-1} :**
 al número a representar se le suma el exceso 2^{n-1} .
 Rango $\rightarrow [-2^{n-1}, 2^{n-1} - 1]$

2.2.2. Punto flotante

Surgen de la necesidad de representar números reales y enteros con un rango de representación mayor que la representación de punto fijo. Se tiene como contra una disminución en la precisión de los números representados.

$$\text{número} = \text{mantisa} * \text{base}^{\text{exponente}}$$

Normalización: una mantisa cuyo dígito de la izquierda no es cero es un número normalizado. Son preferibles porque existe una única manera de representarlo.

Error de la representación: dado que no siempre podemos representar exactamente el números que queremos definimos:

- error absoluto $\rightarrow EA(x) = |x' - x|$,
 donde x' es el número más próximo a x .
- error relativo $\rightarrow ER(x) = EA(x)/x$

Representación estándar IEEE 754: se desarrolló para facilitar la portabilidad de los programas de un procesador a otro y para alentar el desarrollo de programas numéricos sofisticados. Ampliamente adoptado y se utiliza en todos los procesadores y coprocesadores aritméticos.

Base implícita: 2

Se define el formato simple de 32 bits y el doble de 64 bits, con exponente de 8 y 11 bits respectivamente. Para ambos existe además los formatos ampliados (cuya forma depende del procesador); esta ampliación incluye bits adicionales en el exponente (rango ampliado o extendido) y en la mantisa (precisión ampliada). Estos reducen la posibilidad de que el resultado final se vea deteriorado por un error excesivo de redondeo, entre otros.

Existen combinaciones también que representan valores especiales.
 Clases de números:

- exponente entre 1 y 254 (simple) y 2046 (doble) \rightarrow número en coma flotante normalizados $< > 0$. Con bit con valor 1 de la izquierda de la coma binaria implícito y exponente sesgado.

- exponente 0 junto con fracción 0 \rightarrow 0 (positivo y negativo).
- exponente con todos 1 junto con fracción 0 $\rightarrow +/\infty$.
- exponente 0, fracción \neq 0 \rightarrow número desnormalizado.
- exponente con todos unos, fracción \neq 0 \rightarrow **NaN** (not a number), señala condición de excepción.

Sesgo: valor fijo, se resta para conseguir el valor verdadero. Normalmente el sesgo es $2^{k-1} - 1$, donde k es el número de bits.

NaN indicadores y silenciosos:

Indicador: señala una condición de operación no válida siempre que aparece como operando (variables no inicializadas entre otras).

Silencioso:

- sumas y restas de infinitos opuestos;
- $0 * \infty$;
- $0/0$ ó ∞/∞ ;
- etc.

2.3. Representaciones alfanuméricas

Una computadora trabaja internamente con un conjunto de caracteres que permiten manejar datos, información, instrucciones, órdenes de control, etc. Existen caracteres:

- alfabéticos;
- numéricos del 0 al 9;
- especiales;
- de control.

Cada caracter se maneja por medio de un conjunto de 8 bits mediante un sistema de codificación binario (código de caracteres).

2.3.1. Algunas codificaciones

El primer código utilizado de 6 bits $\rightarrow 2^6 = 64$ caracteres fue el **FIELDATA** en el cual se codificaban:

- 26 letras mayúsculas;
- 10 cifras;
- 28 especiales.

Con el nacimiento de los lenguajes de programación de alto nivel comenzaron a utilizarse códigos de 7 bits, agregando a los de 6 bits las letras minúsculas y caracteres cuyos significado son órdenes de control entre periféricos, por ejemplo el **ASCII** (AMERICAN Standard Code for Information Interchange).

Hoy los códigos son de 8 bits, **EBCDIC** (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code) y el **ASCII extendido**.

2.4. Álgebra de Boole

La circuitería digital en computadores digitales se diseña y se analiza con el uso de la disciplina matemática “Álgebra de Boole” (nombre en honor al matemático inglés George Boole que dio los principios básicos de esta álgebra):

- variables pueden tomar el valor **1** ó **0**.
- operaciones lógicas básicas:
 - AND (\cdot) \rightarrow al menos un 0 \rightarrow resultado 0.
 - OR ($+$) \rightarrow al menos un 1 \rightarrow resultado 1.
 - NOT ($-$) \rightarrow invierte valor $\rightarrow \bar{1} = 0$ y $\bar{0} = 1$.
- operaciones extras:
 - XOR $\rightarrow x \text{ XOR } 1 = \bar{x}$ y $x \text{ XOR } 0 = x$.
 - NAND \rightarrow AND negado.
 - NOR \rightarrow OR negado.
- postulados básicos:

$A \cdot B = B \cdot A$	$A + B = B + A$	conmutatividad ley distributiva elemento neutro elemento complementario
$A \cdot (B + C) = (A \cdot B) + (A \cdot C)$	$A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$	
$1 \cdot A = A$	$0 + A = A$	
$A \cdot \bar{A} = 0$	$A + \bar{A} = 1$	

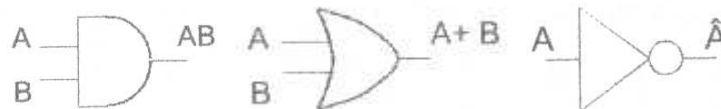
- otros postulados:

$A \cdot A = A$	$A + A = A$	ley asociativa teorema de De Morgan
$A \cdot (B \cdot C)$	$(A \cdot B) \cdot C$	
$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$	$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$	

2.5. Puertas lógicas

El bloque fundamental de construcción de todos los circuitos lógicos digitales son las puertas. Las funciones lógicas se implementan interconectando puertas.

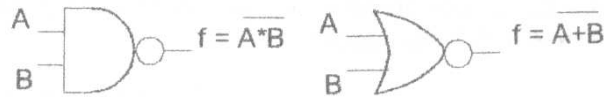
Figura 6: AND, OR y NOT



Conjunto de puertas funcionalmente completas (cualquier función booleana se puede implementar usando sólo las del conjunto):

- AND,OR,NOT
- AND,NOT \rightarrow ya que $A + B = \overline{\bar{A} \cdot \bar{B}}$
- OR,NOT \rightarrow ya que $AB = \overline{\bar{A} + \bar{B}}$
- NAND:

Figura 7: NAND y NOR



- NOT $\rightarrow \overline{AA} = \bar{A}$
- AND $\rightarrow \overline{(\overline{AB})(\overline{AB})} = AB$
- OR $\rightarrow \overline{(\overline{AA})(\overline{BB})} = A + B$
- NOR:
 - NOT $\rightarrow \overline{A + A} = \bar{A}$
 - AND $\rightarrow \overline{(\overline{A + A}) + (\overline{B + B})} = AB$
 - OR $\rightarrow \overline{(\overline{A + B}) + (\overline{A + B})} = A + B$

2.6. Circuitos lógicos combinacionales

Es un conjunto de puertas interconectadas cuya salida es función solamente de la entrada en un momento dado (consiste de n entradas y m salidas).

PUede definirse de 3 formas:

- **tabla de verdad:** para cada una de las 2^n combinaciones de las n entradas, se enumera el valor binario de cada una de las n salidas.
- **símbolo gráfico:** describe la organización de las interconexiones entre puertas.
- **ecuaciones booleanas:** cada salida se expresa como una función booleana de entrada.

2.6.1. Implementación de las funciones booleanas

- SOP (sum of products, suma de productos)
- POS (product of sums, producto de sumas)

Luego generalmente es posible obtener una función booleana más sencilla (conveniente ya que se necesitan menos puertas para implementar la función) por medio de simplificaciones. Para ello contamos con métodos, nombramos algunos:

- simplificación algebraica: aplicación de identidades que reducen la función.
- mapas de Karnaugh.
- método de Quine-McKlusky.

2.7. Sumadores

2.7.1. Tabla de verdad

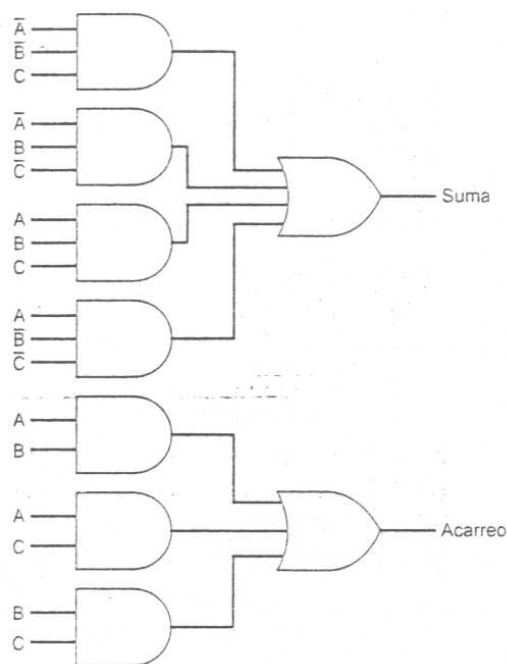
2.7.2. Ecuación booleana

$$\begin{aligned} Suma &= \overline{A}BC + A\overline{B}\overline{C} + ABC + A\overline{B}C \\ Carry &= AB + AC + BC \end{aligned}$$

Cuadro 1: Tabla de verdad: suma binaria

Suma de un bit aislado				Suma con acarreo de entrada				
A	B	$Suma$	$Acarreo$	C_{in}	A	B	$Suma$	C_{out}
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	1	1	0	1
				1	0	0	1	0
				1	0	1	0	1
				1	1	0	0	1
				1	1	1	1	1

Figura 8: Sumador



2.7.3. Gráfica de un sumador usando puertas AND, OR, NOT

Como la salida de cada sumador depende del sumador previo, hay un retardo que crece del bit menos significativo al más. Cada sumador de un bit experimenta una cantidad del retardo de puerta, el cual se acumula entonces para sumadores grandes el retardo acumulado se hace muy alto.

Por medio de un procedimiento “acarreo anticipado”, los valores de acarreo se determinan sin pasar por todas las etapas previas.

2.8. El factor tiempo: Circuitos lógicos secuenciales

Los circuitos combinacionales, excepto para la ROM, no proporcionan memoria o información de estado, algo esencial para una computadora. Para esto se usan los circuitos secuenciales. Donde la salida actual depende no sólo de la entrada actual, sino también de la historia pasada de las entradas. Se puede decir también que la salida actual depende de la entrada actual y del estado actual del circuito. Se implementan con circuitos combinacionales.

2.8.1. Biestables

El más sencillo. Existen varios que enumeraremos.

Propiedades:

- dispositivo con dos estados. Está en un estado en ausencia de entrada.
- tiene dos salidas, siempre complementarias (Q y \bar{Q})

Biestables:

■ S-R:

Tiene dos entradas (Set y Reset) y dos salidas (Q y \bar{Q}), y consiste de dos NOR conectadas por realimentación.

Las entradas S y R sirven para escribir los valores 1 y 0 en la memoria. Las entradas S=R=1 no están permitidas ya que producirían una salida inconsistente $Q = \bar{Q} = 0$.

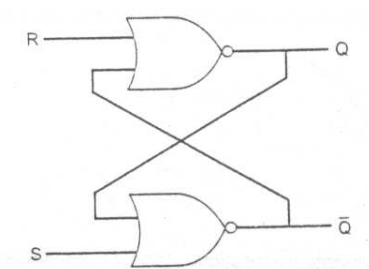
Cuadro 2: Tabla característica

entrada actual		entrada actual	estado siguiente
S	R	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	-
1	1	1	-

Cuadro 3: Tabla característica simplificada

S	R	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	-

Figura 9: Biestable S-R



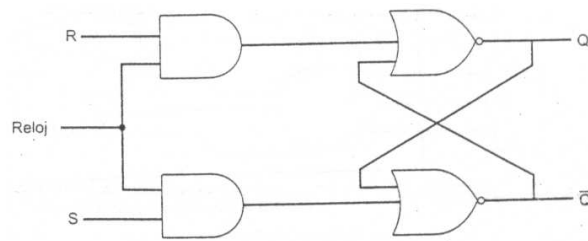
■ S-R síncrono:

Las entradas S y R se aplican a las entradas de las puertas NOR sólo durante el pulso de reloj.

■ D:

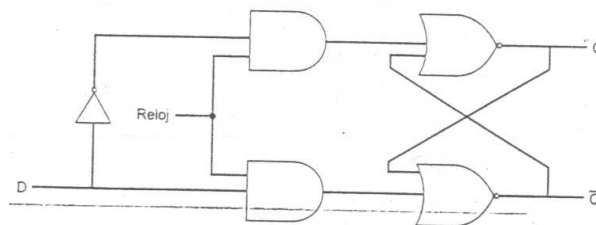
Resuelve la ambigüedad del S-R (cuando S=R=1). Éste sólo tiene una entrada D. Siendo la entrada a la puerta AND inferior el complemento de la superior.

Figura 10: Biestable S-R sincrónico



- Cuando $D=1$ y $reloj=1 \rightarrow Q = 1$
- Cuando $D=0$ y $reloj=1 \rightarrow Q = 0$
- Cuando $reloj=1 \rightarrow Q_n$ (valor actual)

Figura 11: Biestable D

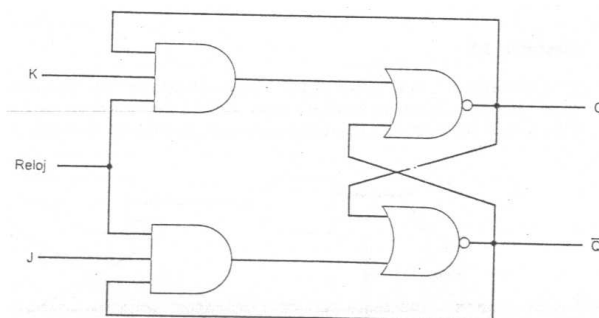


■ J-K:

Tiene también 2 entradas como el S-R pero todas las combinaciones son válidas.

- Sin entrada \rightarrow salida estable
- J \rightarrow puesta a 1
- K \rightarrow puesta a 0
- J y K \rightarrow invierte valor

Figura 12: Biestable J-K



2.8.2. Registros

Es un circuito digital usado en la CPU para almacenar uno o más bits de datos. Se usan dos tipos básicos e registros:

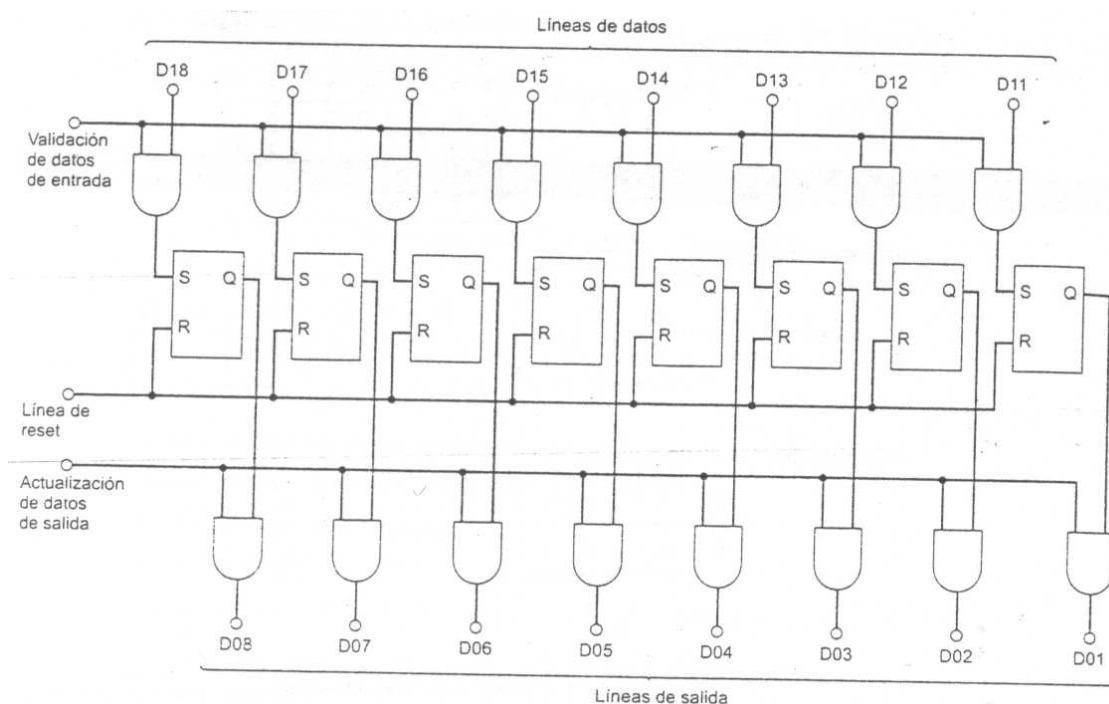
J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	\bar{Q}_n

■ Paralelos:

Consiste en un conjunto de memorias de un bit que se pueden leer o escribir simultáneamente. Se usa para almacenar datos.

Compuestos por biestables S-R. Una señal de control (validación de dato de entrada) que controla la escritura en los registros de los valores. La salida también se controla de una manera similar. Como extra, hay disponible una línea de puesta a 0 (reset).

Figura 13: Registro paralelo



■ De desplazamiento:

Acepta y/o transfiere información vía serie. Los datos se introducen a través del biestable que está más a la izquierda/derecha. Con cada pulso de reloj, los datos se desplazan una posición y el bit del último biestable se transfiere fuera. Se pueden usar como interfaz de dispositivos serie de E/S, en la ALU para realizar desplazamientos lógicos y funciones de rotación.

2.8.3. Contadores

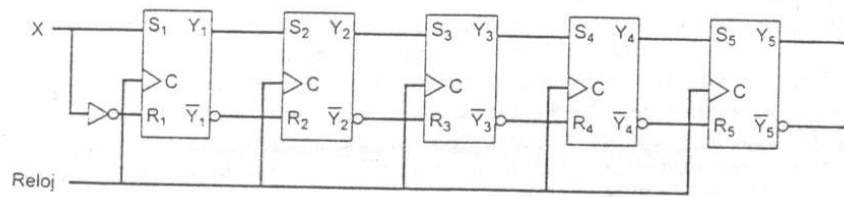
Es un registro cuyo valor se puede incrementar fácilmente en 1 módulo la capacidad de ese registro. Uno hecho con n biestables puede contar hasta 2^{n-1} , luego se pone a cero. Un ejemplo es el contador de programa "PC".

Pueden ser:

■ Contador asincrónico o de onda:

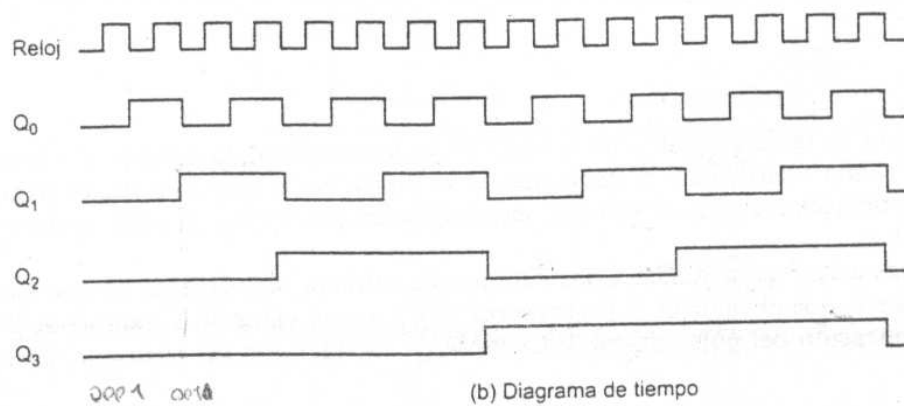
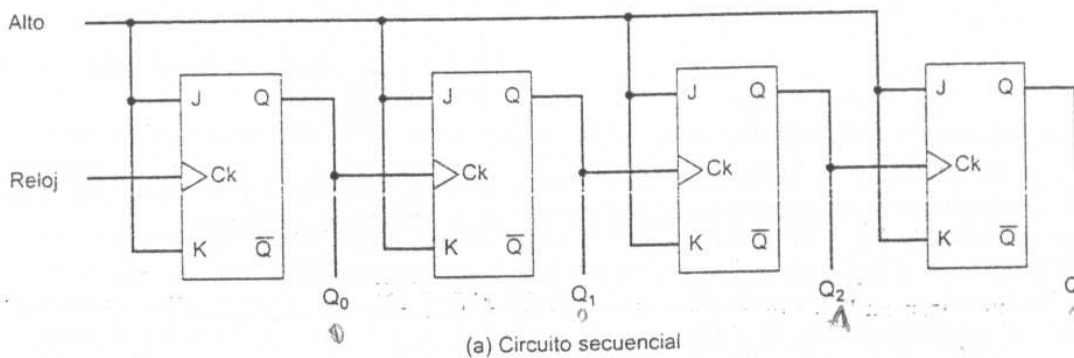
El cambio por incrementar el contador empieza en un extremo y se transfiere como una onda hasta el otro extremo.

Figura 14: Registro de desplazamiento



Se incrementa con cada pulso de reloj. Las entradas de cada biestable se mantienen a 1 constante.

Figura 15: Contador asíncrono



■ Contador síncrono:

El asíncrono tiene la desventaja del retardo por el cambio de valor, proporcional al tamaño del contador. Cosa que en el síncrono no sucede ya que todos los biestables cambian al mismo tiempo

3. Unidad Central de Procesamiento

Es el cerebro de la computadora.

Su función es ejecutar programas almacenados en la memoria principal, es decir, buscando sus instrucciones y exminándolas para después ejecutarlas una tras otra.

Se compone de varias partes:

- **Unidad de Control:**

busca instrucciones en la memoria principal y determina su tipo.

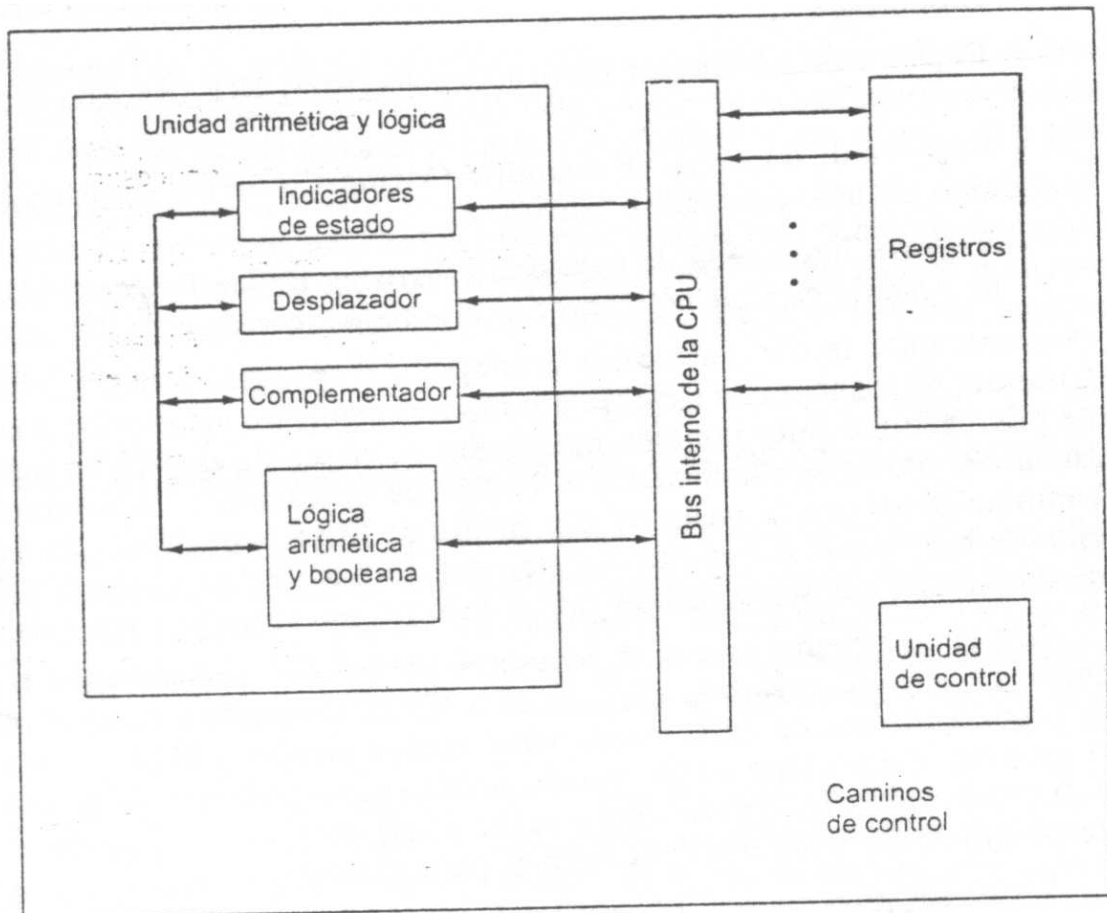
- **ALU:**

realiza operaciones (suma, conjunción, etc) necesarias para ejecutar las instrucciones.

- **Memoria -registros:**

almacena resultados temporales e información de control.

Figura 16: Estructura interna de la CPU



3.1. Unidad Aritmético Lógica

Realiza las operaciones aritméticas y lógicas. Los datos se presentan a ella en registros y por medio de ellos también salen los resultados, también activa flags como resultado de operaciones.

Es gobernada a través de señales de la unidad de control.

3.2. Organización de los registros

Existen de dos tipos:

- **visibles para el usuario:**

pueden ser manipulados por un programador.

Clasificación:

- uso general: pueden ser asignados para diversas funciones.
- datos: contener datos.
- direcciones: punteros de segmento, registros índice, puntero de pila.
- códigos de condición: flags -bits fijados por el hardware como resultado de operaciones.

■ **de control y estado:**

utilizados por la unidad de control para controlar el funcionamiento de la CPU, y por programas del SO para controlar la ejecución de programas.

Hay cuatro esenciales para la ejecución de una instrucción:

- contador de programa -PC: contiene la dirección de la instrucción a captar.
- Registro de instrucción -IR: la instrucción captada más recientemente.
- Registro de dirección de memoria -MAR: la dirección de una posición de memoria.
- Registro intermedio de memoria -MBR: los datos a escribir/leídos de memoria.

También existe un conjunto de registros, “palabra de estado del programa” -PSW:

- signo
- cero
- acarreo
- igual
- desbordamiento
- interrupciones habilitadas/inhabilitadas
- supervisor

3.2.1. Tamaño y cantidad

¿Qué conviene?

- ¿Usar registros de uso general o especializados?

Afecta al diseño del repertorio de instrucciones. Con el uso de especializados queda implícito en el CODOP (código de operación) qué tipo de registro usar, lo cual ahorra bits. Por otro lado, limita la flexibilidad del programador.

- Cantidad de registros de uso general, datos y direcciones:

Más registros requieren más bits para el campo de operando. Pocos registros producen más referencias a memoria. Parece óptimo entre 8 y 32 registros, más no reducen notablemente las referencias a memoria.

- Longitud de los registros:

Los que contienen direcciones deben ser lo suficiente grandes para tomar la dirección más grande. Los de datos deben ser capaces de contener valores de todos los tipos de datos.

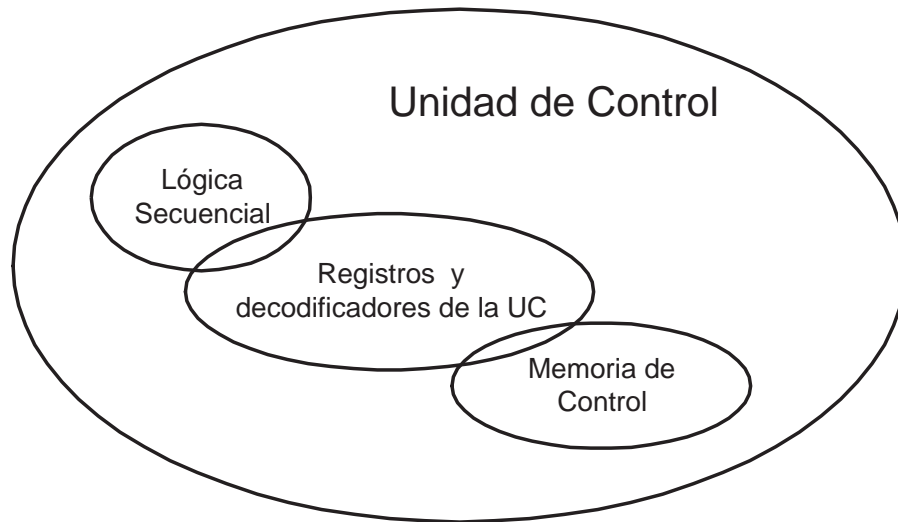
3.3. Unidad de Control

Controla el funcionamiento de la CPU y de la computadora.

Modelo general de la UC:

- Entradas:
 - **reloj**: mantiene la hora exacta, hace que se ejecute una/s microoperación/es en cada pulso de reloj.

Figura 17: Unidad de Control



- **Registro de instrucción -IR:** el CODOP de la instrucción determina las microoperaciones a realizar.
- **Indicadores -flags:** determinan el estado de la CPU y el resultado de operaciones.
- **señales de control del bus de control:** señales de interrupción, reconocimiento, etc.

■ Salidas:

- **señales de control internas al procesador:**
 - de transferencia de datos entre registros;
 - activan funciones de la ALU.
- **señales de control hacia el bus de control:**
 - de control de la memoria;
 - de control de los módulos E/S.

3.4. Microprocesadores

Chip que contiene todos los componentes de la CPU en el mismo. Tipo de circuito sumamente integrado (circuito electrónico complejos formados por componentes extremadamente pequeños incluidos en una única pieza plana de material semiconductor).

3.5. Ciclo de instrucción

Es el procesamiento que requiere una instrucción

3.5.1. Captación y ejecución

- Se capta una instrucción de memoria utilizando el PC;
- Incrementa el PC salvo se indique otra cosa;
- Instrucción captada se almacena en el IR;
- CPU interpreta el CODOP de la instrucción y la ejecuta.

Figura 18: Ciclo de instrucción básico

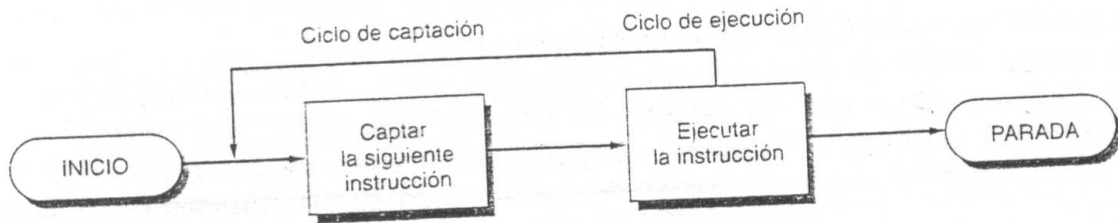
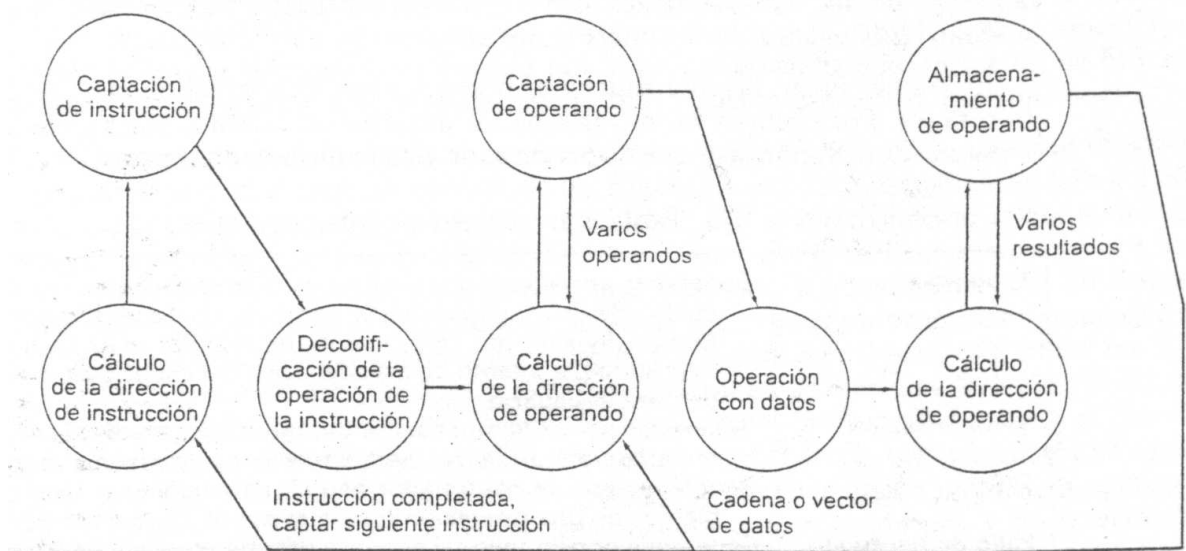


Figura 19: Estados del ciclo de instrucción



3.5.2. Estados del ciclo de instrucción

- **Cálculo de la dirección de la instrucción:** determina la dirección de la siguiente instrucción a ejecutar.
- **Captación de instrucción:** la CPU lee la instrucción desde su posición en la memoria.
- **Decodificación de la operación indicada en la instrucción:** analiza la instrucción para determinar el tipo de operación y el/los operando/s a usar.
- **Cálculo de la dirección del operando:** si se necesita de memoria o E/S, determina la dirección del mismo.
- **Captación de operando:** desde memoria o E/S.
- **Operación con los datos:** realiza la operación indicada en la instrucción.
- **Almacenamiento de operando:** escribe el resultado en memoria o en la E/S.

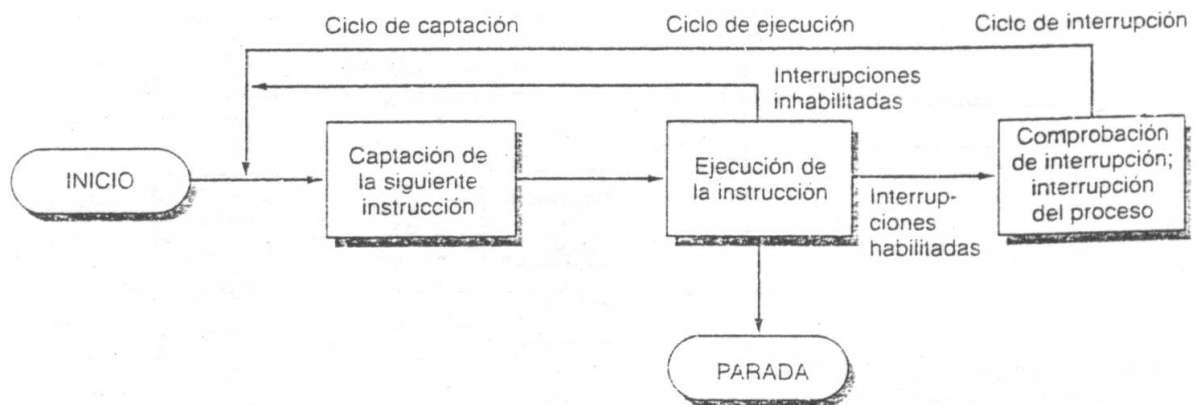
3.5.3. Interrupciones

Proporcionan una forma de mejorar la eficiencia del procesador. Son cambios en el flujo de control no causados por el programa en ejecución. Detiene el programa en ejecución y transfiere el control a un manejador de interrupciones.

3.5.4. Las interrupciones y el ciclo de instrucción

Para permitir el uso de interrupciones se añade un “ciclo de interrupción” al ciclo de instrucción. En el cual el procesador comprueba si se ha generado alguna interrupción, indicada por la presencia de una señal.

Figura 20: Ciclo de instrucción con interrupciones

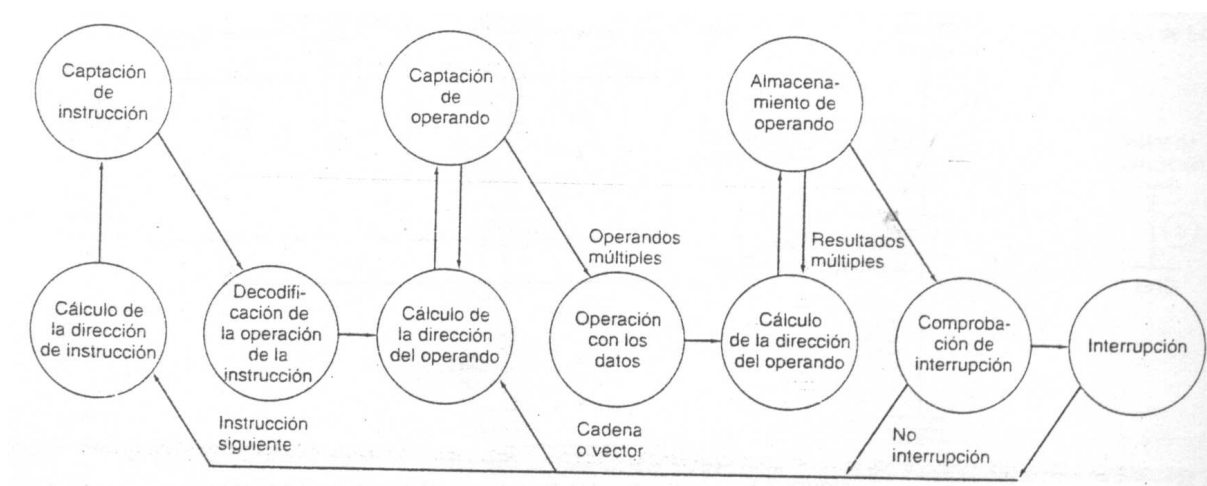


Si no hay Interrupciones → el procesador continúa con el ciclo de captación

Si hay:

- suspende la ejecución del programa en curso y guarda su contexto.
- carga el PC con la dirección de comienzo de la rutina de gestión de interrupción.
- prosigue con el ciclo de captación con la primera instrucción del programa de gestión de interrupciones.

Figura 21: Estados del ciclo de instrucción con interrupciones



3.6. Repertorio de instrucciones

El funcionamiento de la CPU está determinado por las instrucciones que ejecuta (instrucción máquina o de la computadora). Al conjunto de instrucciones distintas se lo conoce como repertorio de instrucciones.

3.6.1. Elementos de una instrucción máquina

- **Código de operación:** código binario (CODOP);
- **Referencia a operandos fuente:** la operación puede implicar operandos;
- **Referencia a operando resultados:** la operación puede producir un resultado;
- **Referencia a la siguiente instrucción:** dice a la CPU de dónde captar la siguiente instrucción.

Operandos fuente pueden estar en:

- Memoria principal o virtual: debe indicarse la dirección del mismo.
- Registros de la CPU: pueden ser referenciados por instrucciones máquinas. Si sólo hay uno, puede ser implícito; de lo contrario tendrán asignado un número único y la instrucción debe contenerlo.
- Dispositivo de E/S: debe especificar el módulo y dispositivo. En caso de E/S asignadas en memoria, se dará otra dirección de memoria principal o virtual.

3.6.2. Representación de las instrucciones

Cada instrucción se representa por una secuencia de bits. La cual está dividida en campos correspondientes a los elementos constitutivos de la misma.

En la práctica se utiliza representaciones simbólicas de las instrucciones máquinas.

Tipos de instrucciones: Un lenguaje máquina expresa las operaciones de una manera elemental, que implican operaciones de transferencia de datos a/desde registros.

Se pueden clasificar en:

- procesamiento de datos;

- almacenamiento de datos;
- transferencia de datos;
- control.

Número de direcciones:

- 4 direcciones:
 - 2 para operandos fuente de operaciones aritmético-lógicas,
 - 1 para operando resultado,
 - 1 para la próxima instrucción a captar.
- 3 direcciones:
 - 2 para operandos fuente,
 - 1 para operando resultado.
- 2 direcciones:
 - 2 para operandos fuente de las cuales una se usa también para el resultado.
- 1 dirección:
 - una segunda dirección debe estar implícita.
- 0 direcciones:
 - aplicable con una memoria pila.

Menos direcciones implica:

- instrucciones más primarias → CPU menos compleja.
- instrucciones más cortas.
- programas más largos → mayor tiempo de ejecución y complejidad.

Con instrucciones de 1 sola dirección, el programador tiene generalmente sólo un registro de uso general, el “acumulador”.

En cambio con instrucciones de múltiples direcciones, se dispone de múltiples registros, lo cual implica que las operaciones se realizan sólo con registros generando un procesamiento más veloz.

3.6.3. Tipos de operandos

Instrucciones máquina operan con datos. Categorías más importantes de datos:

1. **direcciones.**
2. **números:** están limitados en la magnitud de números representables y, en el caso de coma flotante, en la precisión. Subtipos numéricos:
 - enteros
 - coma flotante
 - decimal (decimal empaquetado)
3. **caracteres:** se han ideado diversos códigos que permiten representar caracteres con bits, algunos ejemplos:
 - ASCII:
 - cada caracter es representado por un patrón de 7 bits (se transmiten usando 8);

- el octavo bit se fija en 0 o se utiliza como bit de paridad para detectar errores.
 - EBCDIC:
 - código de 8 bits empleado en las IBM S/370.
4. **datos lógicos:** a veces es útil considerar una unidad de n bits como n elementos de 1 bit-lógicos.

3.6.4. Tipos de operaciones

Clasificación:

1. **Transferencia de datos:**
La instrucción debe especificar:
 - posición de los operandos fuente y destino;
 - longitud de los datos;
 - modo de direccionamiento para cada operando.
2. **Aritméticas:**
operaciones básicas (suma, resta, multiplicación y división).
Operaciones de un sólo operando (valor absoluto, negación, incrementar, decrementar).
Una instrucción aritmética puede implicar operaciones de transferencia de datos para llevar a la ALU los operandos.
3. **Lógicas:**
manipulan bits individualmente dentro de una palabra o unidad direccionable (not, and, or, xor, igual).
Funciones de desplazamiento y rotación:
 - desplazamiento (a izquierda o a derecha): el bit saliente se pierde y se introduce un 0.
 - desplazamiento aritmético: trata el dato como entero con signo, no desplaza el bit de signo.
 - rotación:
preserva todos los bits que se operan.
4. **Conversión:**
cambian el formato u operan sobre el formato de los datos.
5. **De E/S:**
 - programadas aisladas:
los puertos E/S son accesibles mediante una orden específica.
 - programadas asignadas en memoria:
existe un espacio de direcciones para las posiciones de memoria y los dispositivos de E/S. Se utilizan las mismas instrucciones máquina para acceder a memoria.
6. **Control del sistema:**
instrucciones privilegiadas que pueden ejecutarse sólo en modo supervisor. Normalmente reservadas para que las use el sistema operativo. Ej: modificar un registro de control.
7. **Control de flujo:**
Se pueden encontrar:
 - a) bifurcación - de salto:
tiene la dirección de la siguiente instrucción a ejecutar como operando. Las más comunes "salto condicional".
 - b) salto implícito:
incluye una dirección de manera implícita (normalmente se salta 1 instrucción).

- c) llamada a procedimiento:
se requieran dos instrucciones básicas: de llamada, que produce una bifurcación al procedimiento, y una de retorno, al lugar desde el que se llamó.
La dirección de retorno y parámetros pueden ir a:
- un registro;
 - al principio del procedimiento;
 - a una pila.

3.6.5. Modos de direccionamiento y formatos

Cómo especificar los operandos y las operaciones de las instrucciones.

La unidad de control determina el modo de direccionamiento que se emplea mediante CODOP's diferentes y/o 1 o más bits del formato de instrucciones como campo de modo.

La dirección efectiva sin memoria virtual es una dirección de memoria principal o un registro; con memoria virtual será una dirección virtual o un registro, la dirección efectiva dependerá del mecanismo de paginación y no es visible al programador.

- **Inmediato:**
el operando está en la instrucción. Usado generalmente para definir y utilizar constantes, inicializar variables.
ventaja: no requiere referencia a memoria.
desventaja: tamaño del número restringido al tamaño del campo de dirección de la palabra.
- **Directo:**
el campo de dirección contiene la dirección efectiva del operando.
ventaja: sólo una referencia a memoria, no necesita cálculo especial.
desventaja: proporciona un espacio de direcciones restringido.
- **Indirecto:**
el campo de dirección referencia a la dirección de una palabra de memoria que contiene la dirección efectiva del operando.
ventaja: espacio de direcciones amplio.
desventaja: requiere dos referencias a memoria para captar el operando.
variante: direccionamiento multinivel o en cascada
- **Por registros:**
el campo de direcciones referencia a un registro que contiene el operando.
ventaja: campo de dirección pequeño en la instrucción y no se requiere referencia a memoria.
desventaja: espacio de direccionamiento muy limitado
- **Indirecto con registro:**
el campo de direcciones referencia a un registro que contiene la dirección efectiva del operando.
ventaja: espacio de direccionamiento amplio y emplea una referencia a memoria menos que el *indirecto*.
- **Con desplazamiento:**
se requieren de dos campos de direcciones, uno contiene el valor directo a una dirección de memoria, y el otro refiere a un registro cuyo contenido se suma a la dirección anterior para generar la dirección efectiva del operando.
Existen:
 - relativo al PC:
donde el registro referenciado es el PC.
 - con registro base:
donde el registro contiene la dirección de memoria, y el campo de dirección el desplazamiento.
 - indexado:
el campo de dirección contiene la dirección de memoria principal y el registro el desplazamiento.

- **De pila:**

las instrucciones máquina no incluyen referencia a memoria, operan implícitamente con la cabecera de la pila.

3.6.6. Formato de instrucciones

Define la descripción en bits de una instrucción en términos de las distintas partes que la componen.

Debe incluir un código de operación (CODOP) e implícita o explícitamente, ninguno o algunos operandos. Cada operando se referencia con uno de los modos de direccionamiento, con lo cual el formato debe, implícita o explícitamente, indicar el modo de direccionamiento para cada operando.

3.6.7. Longitud de una instrucción

Afecta y se ve afectada por el tamaño de memoria, su organización, el bus, la CPU y la velocidad de la CPU.

El programador desea más CODOP's, más operandos, más modos de direccionamiento y mayor rango de direcciones.

Más CODOP's y operandos implica redactar programas más cortos, más modos de direccionamiento implica obtener más flexibilidad y más memoria principal implica direccionar rangos de memoria grandes.

Todo lo anterior nombrado refleja en una instrucción el uso de más bits con lo cual la longitud se incrementa.

Otra consideración a tener en cuenta es que el tamaño de la instrucción sea igual al de las transferencias a memoria o al menos múltiplo sino no conseguiremos un número entero de instrucciones durante un ciclo de captación, además siendo el tamaño igual, el pedido de una instrucción de memoria no se vuelve un cuello de botella.

3.6.8. Asignación de los bits

Para una longitud de instrucción dada:

más codop's implica más bits en el campo de codop, lo que implica menos bits de direccionamiento.

Factores que definen los bits de direccionamiento:

- cantidad de modos de direccionamiento
- número de operandos
- número de registros
- número de conjunto de registros: al agrupar los registros la manera de referenciar a uno determina el uso de menos bits ya que el codop determina que conjunto se usa.
- rango de direcciones
- granularidad de las direcciones: para direcciones que hacen referencia a memoria, una dirección puede referenciar una palabra o un byte.

3.6.9. Instrucciones de longitud variable

Proporciona un amplio repertorio de codops de longitud variable, un direccionamiento más flexible con varias combinaciones de referencias a registros y a memoria, así como de modos de direccionamiento, de manera eficiente y compacta.

4. Memoria interna y externa

4.1. Clasificación según características claves

- Ubicación:

- CPU → registros
 - Interna → memoria principal
 - Externa → dispositivos periféricos de almacenamiento
- Capacidad:
en términos de bytes o de palabra, en caso de memoria interna (8, 16 y 32 bits)
 - Unidad de transferencia:
 - palabra pero hay casos excepcionales
 - bloques
 - Método de acceso:
 - secuencial:
la memoria se organiza en unidades (registros). Para acceder a uno se debe ir trasladando desde la posición actual a la deseada por todos los registros intermedios. Ejemplo: cintas
 - directo:
se accede directamente a una vecindad dada de registros o bloques, luego una búsqueda secuencial contando o esperando hasta alcanzar la posición. Ej: discos
 - aleatorio -random:
cada posición direccionable tiene un único mecanismo de acceso. Tiempo de acceso constante e independiente del historial de acceso. Ej: memoria principal y cache
 - asociativa:
de tipo aleatoria donde se hace una comparación de ciertos bits de una palabra buscando coincidencias de valores dados, y esto para todas las palabras simultáneamente. Una palabra es accedida basándose en una parte de su contenido y no de su dirección o posición.
 - Prestaciones:
 - tiempo de acceso:
en memorias aleatorias → tiempo en realizarse una lectura o escritura.
otro tipo → tiempo en situar mecanismo de lectura/escritura en la posición deseada.
 - tiempo de ciclo de memoria:
se aplica a las memorias aleatorias. Es el tiempo de acceso y otro tiempo más que se requiere hasta que se pueda iniciar un segundo acceso a memoria.
 - velocidad de transferencia:
velocidad a la que se pueden transferir datos.
 - Dispositivo físico:
 - semiconductor
 - soporte magnético
 - soporte óptico
 - magnético-óptico
 - Características físicas:
volátil/no volátil: volátil → la información desaparece cuando se desconecta la alimentación.
borrable/no borrable: no borrable → no pueden modificarse. Ej: ROM.
 - Organización:
disposición o estructura física en bits para formar palabras.

4.2. Jerarquía de memoria

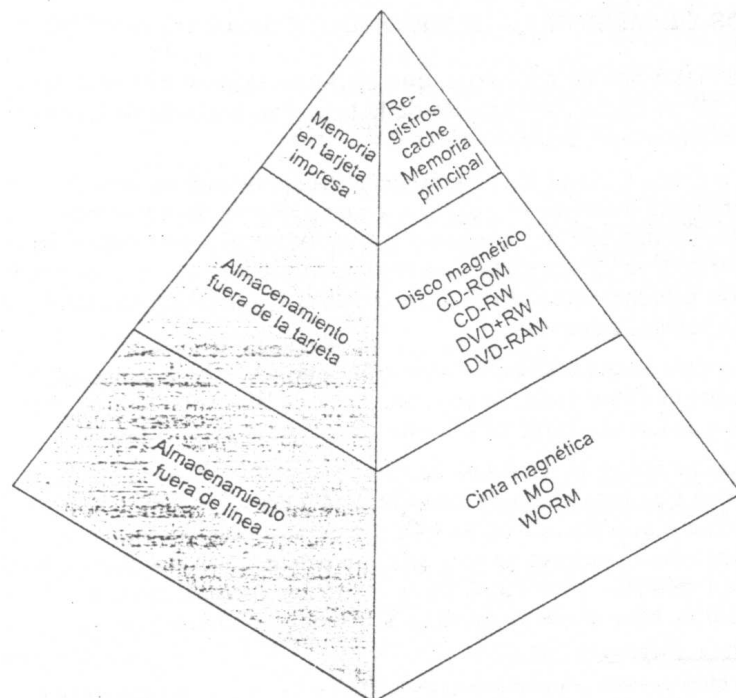
Existe una relación entre las tres características clave de costo, capacidad y tiempo de acceso:

- a menor tiempo de acceso, mayor costo por bit.
- a mayor capacidad, menor costo por bit.
- a mayor capacidad, mayor tiempo de acceso.

Es deseable utilizar tecnologías de memoria que proporcionen gran capacidad. Sin embargo, hay que satisfacer las prestaciones requeridas, se necesitan memorias costosas, de capacidad baja y alta velocidad.

La solución es contar con una jerarquía de memorias en cambio de un sólo tipo.

Figura 22: Jerarquía de memoria



Cuando se desciende en la jerarquía ocurre:

1. disminuye costo por bit
2. aumenta capacidad
3. aumenta tiempo de acceso
4. disminuye frecuencia de accesos por parte del procesador

De esta manera, memorias más pequeñas, costosas y rápidas, se complementan con otras grandes, económicas y lentas.

El éxito de esta organización se debe al último item: disminución de frecuencia del acceso. El cual es válido por el principio de “localidad de las referencias”. En el que se plantea que durante el curso de la ejecución de un programa, las referencias a memoria tienden a estar agrupadas.

Entonces, es posible organizar los datos a través de la jerarquía, de manera que el porcentaje de accesos a cada nivel más bajo sea menor que el nivel anterior.

4.3. Memorias de semiconductores

■ Memorias de acceso aleatorio -RAM:

- es posible leer y escribir datos eléctricamente.
 - es volátil, pueden utilizarse sólo como almacenamiento temporal.
1. dinámica:
datos se almacenan como cargas en condensadores y éstos se descargan, requieren refrescos periódicos.
 2. estática:
utilizan configuraciones de puertas (biestables). No necesitan refrescos y son más rápidas que las dinámicas, más complejas y caras.

■ Memorias de sólo lectura -ROM:

- contienen un patrón permanente de datos que no pueden alterarse.
- se construye como un chip de circuito integrado, con los datos cableados en la fabricación, lo que implica alto costo y no se permiten fallos.
- no volátiles.

■ ROM programable -PROM:

- no volátiles.
- pueden grabarse sólo una vez con posterioridad a la fabricación y con un equipo especial de grabación.

■ Memorias de sobre todo lectura:

- útil para aplicaciones donde las lecturas son más frecuentes que las escrituras.
- no volátil.
- tres tipos:
 1. **Memoria de sólo lectura programable y borrrable -EPROM:**
 - se lee/escribe eléctricamente.
 - antes de escribir, se deben borrar todas las celdas mediante exposición del chip encapsulado a radiación ultravioleta.
 2. **ROM programable y borrrable eléctricamente -EEPROM:**
 - se puede escribir en cualquier momento y lugar, es direccionable.
 - más costosas y menos densas.
 3. **Memoria flash (por la velocidad con la que se programan):**
 - tecnología de borrado eléctrico, más rápido que las EPROM.
 - es posible borrar sólo bloques de memoria, pero no a nivel de byte.

4.3.1. Organización

Elemento básico de una memoria → la “celda” de memoria.

Cada celda soporta un bit de información.

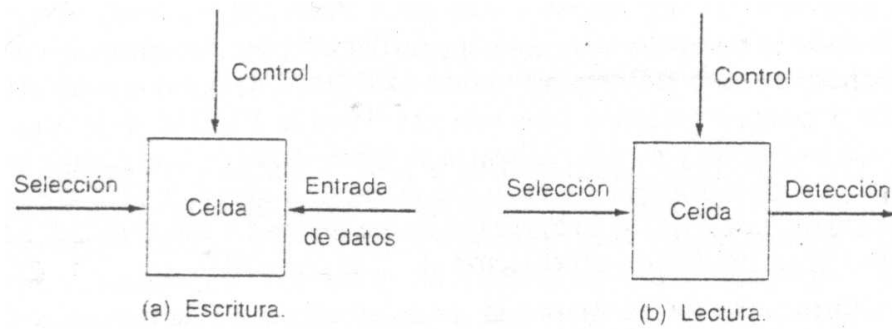
Propiedades de las celdas:

- presentan dos estados (representan el 0 y el 1).
- puede escribirse en ellas para fijar su contenido.
- puede leerse para detectar su estado.

La celda posee tres terminales:

1. de selección: selecciona la celda para la operación a realizar.
2. de control: indica el tipo de operación.
3. de lectura/escritura: fija el estado de celda o como salida del estado de la celda.

Figura 23: Celda de memoria

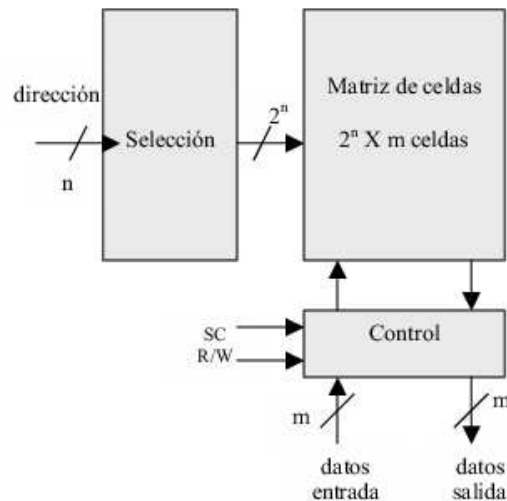


4.3.2. Organización interna de la memoria

■ Organización 2D

Celdas forman una matriz de 2^n filas y m columnas, siendo 2^n el número de palabras y m

Figura 24: Organización 2D



el número de bits de cada palabra.

Cada fila es seleccionada por la decodificación de una configuración diferente de los n bits de dirección.

desventaja: el decodificador (selector de palabras) crece exponencialmente con el tamaño de la memoria.

■ Organización 2 1/2D o 3D

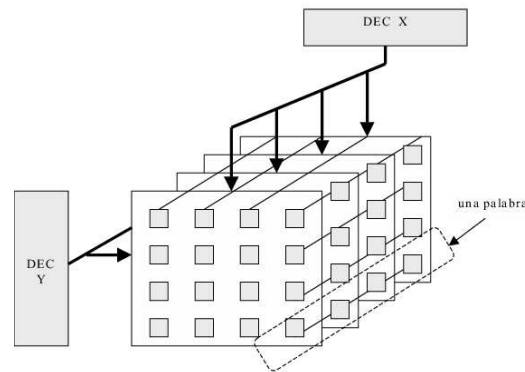
Se utilizan dos decodificadores de $2^{n/2}$ operando en coincidencia. Las líneas de dirección se reparten entre los dos decodificadores. Para una configuración de las líneas de dirección se selecciona un único bit de la matriz.

Existen varias matrices de celdas básicas, tantas como bits tenga la palabra de memoria, actuando en paralelo sobre ellas los circuitos de decodificación:

4.4. ¿Qué es la memoria virtual?

Con el uso de la paginación, digamos la táctica de dividir el proceso en páginas llevó al desarrollo de la "memoria virtual".

Figura 25: Organización 2 y 1/2D o 3D



Para entender la memoria virtual veamos la paginación por demanda, donde cada página de un proceso se introduce en memoria sólo cuando se necesita.

Es un derroche cargar todas las páginas de un proceso cuando sólo se utilizaran unas pocas, carguemos sólo las necesarias. Entonces si el programa salta a una instrucción de una página que no está en memoria principal, se produce un fallo de página. Lo cual indica al sistema operativo que debe cargar la página deseada.

ventaja: más procesos en memoria y eficiencia ya que las páginas que no se utilizan no sufren cambios de almacenamiento.

Para el intercambio de páginas, existen varios algoritmos complejos usados por los sistemas operativos, los cuales tratan de evitar la hiperpaginación (donde el procesador hace más intercambios de páginas que ejecutar instrucciones de los procesos).

Gracias a la paginación por demanda es posible que un proceso sea mayor que la memoria principal ya que no se carga entero.

Ahora la memoria principal es la memoria real, y como se dispone de memoria mayor (la disponible en disco), es la que se conoce como memoria virtual.

Posibilita una multiprogramación muy efectiva y libera al usuario de las restricciones de la memoria principal.

4.5. Conexión CPU-Memoria: Bus del Sistema

Bus es un camino de comunicación entre dos o más dispositivos; se trata de un medio de transmisión compartido, se conectan varios dispositivos.

Está construido por varios caminos de comunicación o líneas.

Las computadoras poseen distintos tipos de buses a distintos niveles dentro de la jerarquía del sistema, al que se conectan los componentes principales (procesador, memoria, E/S) se lo conoce como "bus del sistema".

4.5.1. Estructura del bus

Existen diseños de buses muy diversos.

Las líneas se pueden clasificar en tres grupos y éstas en grupos se llaman bus:

1. **de datos:**
consta de 8, 16 y 32 líneas (anchura del bus) lo cual determina cuántos bits se pueden transferir al mismo tiempo.
2. **de direcciones:**
se utilizan para designar la fuente o el destino del dato situado en el bus de datos. Anchura del bus de dirección determina la máxima capacidad de memoria posible, también se usan para direccionar los puertos de E/S.

3. **de control:**

Se utilizan para controlar el acceso y el uso de las líneas de datos y de direcciones ya que estas son compartidas por todos los componentes.

Las señales de control transmiten órdenes que especifican las operaciones a realizar e información de temporización que indican la validez de los datos y las direcciones.

Líneas de control típicas:

- **escritura en memoria:** el dato en el bus debe escribirse en la posición direccionada.
- **transferencia reconocida:** indica que el dato se ha aceptado o se ha situado en el bus.
- **petición de bus:** indica que un módulo necesita el bus.
- **cesión del bus:** se cede el control del bus a un módulo que lo solicitó.
- **petición de interrupción:** si hay una interrupción pendiente.
- **interrupción reconocida:** señala que la interrupción pendiente se ha aceptado.
- **reloj:** para sincronizar las operaciones.
- **inicio:** pone los módulos conectados en su estado inicial.

4. existen también líneas de alimentación para suministrar energía a los componentes conectados

4.5.2. **Funcionamiento**

Si un módulo desea enviar un dato a otro:

1. obtener el uso del bus,
2. transferir el dato a través del bus.

Si se desea pedir un dato a otro:

1. obtener el uso del bus,
2. transferir la petición al otro módulo con las líneas de control y de dirección apropiadas,
3. esperar a que se reciba el dato.

Físicamente el bus de sistema es un conjunto de líneas de metal grabadas en una tarjeta (tarjeta de circuito impreso).

4.5.3. **Jerarquía de buses**

Si se conecta muchos dispositivos al bus, las prestaciones disminuyen.

Entonces se utilizan varios buses organizados jerárquicamente.

De esta forma las transferencias de E/S con la memoria principal a través del bus de sistema no interfieren la actividad del procesador.

La interfaz del bus de expansión regula las transferencias de datos entre el bus del sistema y el bus de expansión. Esto permite aislar el tráfico de información entre la memoria y el procesador del tráfico correspondiente a las E/S.

Desventaja: trata a todos los dispositivos de E/S por igual cuando algunos ofrecen prestaciones cada vez mayores.

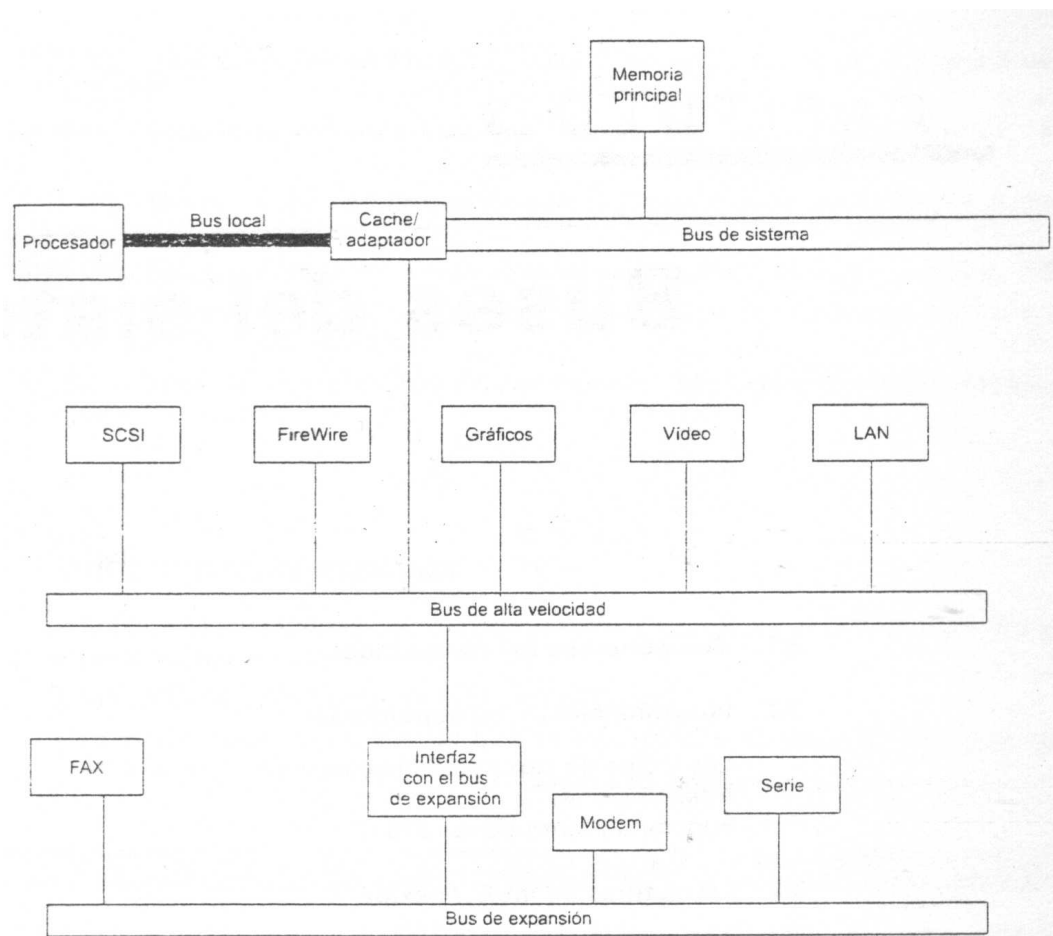
El bus de alta velocidad acerca al procesador los dispositivos que exigen prestaciones elevadas y es independiente del procesador.

4.6. **Discos magnéticos**

Es un plato circular construido de metal o plástico, cubierto por un material magnetizable. Los datos se graban en él y después se recuperan a través de una bobina (cabeza). Durante una lectura o escritura, la cabeza permanece quieta mientras el plato rota bajo ella.

- **Mecanismo de escritura:** un campo magnético producido por el flujo eléctrico que atravieza la bobina se graba en la superficie bajo ella.
- **Mecanismo de lectura:** la corriente eléctrica que atravieza la bobina producida por un campo magnético que se mueve respecto a la bobina.

Figura 26: Bus de altas prestaciones



4.6.1. Organización y formato de los datos

Los datos se organizan en un conjunto de anillos concéntricos en el plato (“pistas”) del mismo ancho que la cabeza.

Pistas adyacentes separadas por bandas vacías, previene errores debidos a desalineamientos de la cabeza o a interferencias del campo magnético.

Se suele almacenar el mismo número de bits en cada pista, ésto implica que la densidad aumenta según se avanza de la pista más externa a la más interna.

Los datos se transfieren en bloques, los cuales se almacenan en regiones llamadas “sectores”, pueden ser de longitud fija o variable. Para evitar impresiones los sectores adyacentes se separan con intrapistas vacías.

Existe una forma para identificar las posiciones de los sectores (comienzo de la pista, principio y fin de cada sector, etc); ésta se gestiona mediante datos de control extras que son usados sólo por el controlador del disco y no accesibles al usuario.

4.6.2. Características físicas

■ Cabeza:

- fija: existe una cabeza por pista, todas se montan en un brazo rígido.
- móvil: sólo una cabeza por cara del plato montada en un brazo móvil.

■ Disco:

- no extraíble: permanentemente montado en la unidad de disco.
- extraíble: puede ser quitado y sustituido por otro disco.

■ Platos:

- varios: apilados verticalmente, varios brazos. Platos constituyen un “paquete de disco”.
- único

■ Mecanismo de la cabeza:

- contacto: usado con los disquetes.
- separación fija: cabeza a una distancia fija sobre el plato dejando una capa de aire.
- separación aerodinámica (winchester): la cabeza está en el contorno de una hoja de metal aerodinámica que reposa sobre la superficie del plato cuando no se mueve. Con la presión de aire generada por el giro del disco hace subir la hoja encima de la superficie.

4.6.3. Parámetros para medir las prestaciones de un disco

Cuando la unidad de disco funciona, el disco rota a una velocidad constante.

Para leer/escribir la cabeza debe posicionarse en la pista deseada y al principio del sector deseado.

En un sistema de cabeza móvil, el tiempo que tarda en posicionarse en la pista es el “tiempo de búsqueda”.

Una vez seleccionada la pista, se debe esperar hasta que el sector apropiado rote hasta alinearse con la cabeza; este tiempo que pasa se conoce como “retardo rotacional” o “latencia rotacional”.

$$\text{“tiempo de búsqueda”} + \text{“retardo rotacional”} = \text{“tiempo de acceso”}$$

Una vez posicionada la cabeza, se lleva a cabo operación lectura/escritura, ésto conlleva un tiempo de transferencia de datos.

4.7. RAID: Conjunto redundante de discos independientes

Consta de 6 niveles independientes, los cuales no implican relación jerárquica sino métodos diferentes que poseen tres características comunes:

1. RAID es un conjunto de unidades físicas de discos vistas por el sistema operativo como una,
2. los datos se distribuyen a través de las unidades físicas del conjunto,
3. capacidad de los discos se usa para almacenar información de paridad que garantice la recuperación de los datos en caso de fallo de disco.

La estrategia RAID reemplaza una unidad de disco de gran capacidad por unidades de menor capacidad y distribuye los datos de forma que se puedan habilitar accesos simultáneos a los datos de varias unidades mejorando las prestaciones de E/S.

Además de permitir que varias cabezas operen simultáneamente, con el incremento de los fallos, RAID utiliza la información de paridad almacenada que permite la recuperación de datos perdidos.

4.8. Memorias ópticas

El gran éxito del CD posibilitó el desarrollo de la tecnología de discos de memoria óptica de bajo costo. Hay una gran variedad de discos ópticos.

4.8.1. CD-ROM: memoria de disco compacto de sólo lectura

Tanto el CD de audio como el CD-ROM comparten una tecnología similar. La principal diferencia es que los lectores de CD-ROM son más robustos y tienen dispositivos de corrección de errores.

El disco se forma a través de una resina, como el policarbonato, y se cubre con una superficie altamente reflectante (normalmente aluminio). La información digital se graba como una serie de hoyos microscópicos en la superficie reflectante. La superficie con los hoyos se protege con una capa final de laca transparente.

La información se recupera con un láser de baja potencia. El cual pasa a través de la capa protectora transparente mientras un motor hace girar el disco sobre el láser. La intensidad de la luz reflejada cambia si se encuentra en un hoyo. Un fotosensor detecta este cambio que se convierte en una señal digital.

La información se empaqueta con densidad uniforme a lo largo del disco en segmentos del mismo tamaño y se explora a la misma velocidad, rotando el disco a una velocidad variable. Se dice que el láser lee los hoyos a una velocidad lineal constante (CLV).

Los datos de un CD-ROM se organizan en una secuencia de bloques.

Un bloque consta de los siguientes campos:

- sincronización: identifica el principio de un bloque.
- cabecera: contiene la dirección del bloque y el byte modo:
 - 0 campo de datos en blanco.
 - 1 uso de código de corrección de errores.
 - 2 sin uso de código.
- datos: datos del usuario.
- auxiliar: datos del usuario adicionales en modo 2, sino en modo 1 el código de corrección.

4.8.2. Worm

Es un CD de una escritura varias lecturas.

Para proporcionar un acceso más rápido, se usa una velocidad angular constante (CAV) (se incrementa el espaciado lineal entre bits de información más externos del disco, el disco gira a una velocidad fija), sacrificando parte de su capacidad.

Fabricación: se usa un láser de alta potencia para producir una serie de ampollas en el disco. Así luego un láser de baja potencia puede producir calor suficiente para reventar las ampollas pregrabadas.

4.8.3. Disco óptico borrable

Se puede escribir y reescribir repetidamente.

Se utiliza un sistema magnético-óptico (la energía de un haz de láser junto con un campo magnético). El haz láser calienta un determinado punto, y un campo magnético puede cambiar la orientación magnética (polo) de este punto mientras se eleva su temperatura.

Como el proceso de polarización no causa un cambio físico en el disco, el proceso se puede repetir varias veces.

Como los Worm los discos ópticos borrables usan una velocidad angular constante.

4.8.4. Disco Video Digital -DVD

LLeva al video a la edad digital. Proporciona películas con una calidad de imagen impresionante. Tiene mucha más capacidad que un CD-ROM.

Comparación con un CD-ROM:

- un DVD estandar almacena 4,7 Gb por capa, y los de doble capa y una cara 8,5 Gb.
- utiliza un formato de compresión conocido como MPEG para imágenes de alta calidad.
- de una capa puede almacenar una película de dos horas y media, uno dual una de más de cuatro horas

4.9. Cinta magnética

El medio es una cinta de plástico flexible cubierta por un óxido magnético, es análoga a una cinta de grabación doméstica.

Se estructura en un pequeño número de pistas paralelas. Los primeros sistemas de cinta usaban 9 pistas (datos de 1 byte con un bit de paridad); los nuevos usan 18 o 36 pistas.

Los datos se leen y escriben en bloques contiguos (registros físicos de cinta), éstos están separados por bandas vacías (bandas inter-registros).

Es un dispositivo de acceso secuencial. Si la cabeza de la cinta está en el registro 1, para leer el registro n , es necesario leer los registros físicos del 1 al $n - 1$.

Fueron el primer tipo de memoria secundaria.

5. Periféricos

Se denominan tanto a las unidades o dispositivos a través de los cuales la computadora se comunica con el mundo exterior, como a los sistemas que almacenan o archivan la información sirviendo de memoria auxiliar de la principal.

La computadora es una máquina que no tiene sentido si no se puede comunicar con el exterior, digamos, si careciera de los periféricos tales como:

- unidades de entradas: para dar los programas que queremos ejecutar y los datos correspondientes.
- unidades de salida: nos da los resultados de los programas.
- unidad de almacenamiento masivo o memoria auxiliar.

Las operaciones de E/S se realizan a través de una amplia gama de dispositivos.

Un dispositivo externo se conecta a la computadora mediante un enlace a un módulo de E/S. El enlace se utiliza para intercambiar señales de control, estado y datos entre los módulos de E/S y el dispositivo externo (periférico).

Se pueden clasificar:

- **hombre-máquina:** permite la comunicación con el usuario de la computadora (monitor,etc).
- **máquina-máquina:** con elementos del equipo (discos magnéticos, cintas, etc).

- **máquina-mundo físico:** con dispositivos remotos (uno hombre-máquina, uno máquina-máquina, computadora, etc).

La conexión con el módulo de E/S se realiza a través de señales de control, estado y datos.

Los datos se intercambian en forma de un conjunto de bits que son enviados/recibidos a/desde el módulo de E/S.

Las señales de control determinan la función que debe realizar el dispositivo.

Las de estado indican el estado del chip.

5.1. Videoterminales

5.1.1. Tubos de Rayos Catódicos -TRC

La imagen se forma al incidir un haz de de electrones sobre la superficie interna de la pantalla que está recubierta de un material fosforescente, análogamente a un TV.

Se desplaza el haz de electrones de izquierda a derecha y de arriba a abajo y, dependiendo de la intensidad con la que inciden los electrones en la pantalla así de brillante será cada punto de la imagen. La cual, para ser visualizada durante un tiempo debe ser repetida o refrescada periódicamente, al menos 25 veces por segundo. De aquí la denominación de pantalla de barridos.

5.1.2. Pantallas planas o LCD -presentación de cristal líquido

Es una tecnología muy compleja, tiene muchas variaciones y está cambiando rápidamente.

Los cristales líquidos son moléculas orgánicas viscosas que fluyen como un líquido pero también tienen una estructura espacial como un cristal.

Cuando todas las moléculas están alineadas, las propiedades ópticas del cristal dependen de la dirección y la polarización de la luz incidente. Con un campo es posible modificar la alineación molecular y por ende las propiedades ópticas del cristal.

Una pantalla LCD consiste en 2 placas de vidrio paralelas entre las que hay un volumen sellado que contiene un cristal líquido. Una luz detrás de la placa trasera ilumina la pantalla desde atrás. Cada placa tiene conectados electrodos transparentes. Éstos unidos a cada placa sirven para crear campos eléctricos en el cristal líquido. Diferentes partes de la pantalla reciben diferentes voltajes y con ésto se controla la imagen que se exhibe. Pegados adelante y atrás de la pantalla hay filtros polarizantes porque la tecnología lo requiere.

5.1.3. Clasificación de una Videoterminal

Según capacidad de mostrar colores en:

- monitor monocromo: blanco y negro, ámbar o verde.
- monitor color: el color de cada punto se obtiene con mezcla de los colores rojo, verde y azul.

Según capacidad de representación:

- Pantallas de caracteres: sólo admiten caracteres.
- Pantallas gráficas: permiten trazados de líneas y curvas continuas.

En las de caracteres, se posee una memoria de imagen (RAM) que almacena la información de cada celda (código de caracter y sus atributos) y una memoria de sólo lectura (generador de caracter -ROM) donde se almacenan los patrones de los caracteres representados como una matriz de puntos.

Con esta información almacenada el proceso a seguir es:

1. se leen de la memoria de imagen los códigos que corresponden a cada posición.
2. los códigos son enviados al generador de caracteres que proporciona la matriz de puntos correspondiente.

En las gráficas se posee una memoria de imagen que contiene la información de cada punto de imagen (intensidad, color, y otros atributos) en vez de la correspondiente a cada celda.

La calidad de pantalla gráfica depende de la densidad de puntos de imagen.

5.1.4. Principales parámetros que caracterizan a una pantalla

- Tamaño: dada en función del tamaño de la diagonal principal (14", 15", 17").
- Número de celdas o caracteres: usual de 24 filas y 80 columnas.
- Resolución: número de puntos de imagen en pantalla, el cual no depende del tamaño de la pantalla. Usuales:
 - CGA → 640*200 puntos
 - VGA → 640*480 puntos
 - SVGA → 1024*768 puntos
 - hay superiores.

5.2. Impresoras

Son periféricos que escriben la información de salida sobre papel.

Inicialmente eran como las máquinas de escribir, hoy son muy sofisticadas, parecidas algunas en su funcionamiento a máquinas fotocopadoras.

Tradicionalmente se utilizaba papel contiguo y el arrastre se efectuaba con un tractor que tenía dientes metálicos que encajaban en orificios que se encontraban en los márgenes del papel. Ahora existen impresoras que efectúan el arrastre por fricción o presión.

5.2.1. Impresoras de caracteres

Realizan la impresión por medio de un cabezal que va escribiendo la línea caracter a caracter. Existen unidireccionales o bidireccionales.

5.2.2. Impresoras de línea

Se imprimen simultáneamente todos o varios caracteres correspondientes a una línea de impresión.

5.2.3. Impresora de página

Se caracterizan por contener un tambor rotativo donde se forma, con tinta o polvillo especial (tóner), la imagen de la página a imprimir.

5.2.4. Mecanismo de impresión

1. Por impacto de martillos

Sobre la superficie de la línea a imprimir en el papel se desliza una cinta entintada y delante de ésta pasa una pieza metálica donde está moldeado el juego de tipos de impresión. Cuando pasa el tipo a grabar sobre su posición en el papel, se dispara un martillo que golpea la cinta contra el papel, quedando impreso en tinta sobre el papel el caracter en cuestión. Hay otras donde cada caracter se crea por el disparo de ciertas agujas metálicas que conforman el caracter con un conjunto de puntos.

Desventaja: Son muy ruidosas.

Pueden encontrarse:

■ De rueda

El cabezal de impresión es una rueda metálica que contiene los moldes de los tipos. Ésta se desplaza perpendicularmente al papel a lo largo de un eje paralelo al rodillo donde se asienta el papel.

La rueda gira constantemente y cuando el tipo a marcar pasa delante de la cinta entintada se dispara un martillo que imprime la tinta sobre el papel. Hecho esto la rueda se desplaza hacia su derecha o a la línea siguiente.

- **De margarita**

los caracteres están moldeados en los pétalos de una rueda en forma de margarita. Esta forma parte del cabezal de impresión. Un motor posiciona la hoja de la margarita correspondiente al carácter a imprimir frente a la cinta entintada, es golpeada por un martillo el pétalo escribiendo el carácter sobre el papel. **Desventajas:** lentas.

Ventajas: de calidad de impresión.

- **Matriciales o de agujas o de matriz de puntos**

Los caracteres se forman por medio de una matriz de agujas. Éstas golpean la cinta contra el papel transfiriendo las mismas imprimiendo el carácter.

Desventajas: al ser los caracteres punteados, la calidad de impresión es baja; lentas.

Ventajas: económicas y confiables.

- **De tambor**

- **Compacto**

Contiene una pieza cilíndrica cuya longitud coincide con el papel. En la superficie del cilindro se encuentran en circunferencias los caracteres, tantos como posiciones de impresión de una línea.

El tambor siempre gira y cuando se posiciona una generatriz de una determinada letra, se imprimen simultáneamente la cantidad que corresponda en la línea.

- **De ruedas**

Cada circunferencia gira independientemente, entonces todos los caracteres de la línea se imprimen a la vez, posicionándose previamente cada tipo.

2. **Térmicas**

Se utiliza un papel especial termosensible que se ennegrece al aplicar calor. El mismo se transfiere desde el cabezal por una matriz de resistencias que al recibir una corriente eléctrica se calientan, formándose los puntos en el papel.

Pueden ser de caracteres o de líneas.

3. **De inyección de tinta**

la cabeza de impresión móvil, que lleva un cartucho de tinta, se mueve horizontalmente a lo ancho del papel rociando tinta con sus diminutas boquillas mientras el papel va pasando. Dentro de cada boquilla, una gota de tinta se calienta eléctricamente más allá de su punto de ebullición hasta que hace explosión, donde sale disparada por la salida de la boquilla hacia el papel. Luego la boquilla se enfría y el vacío que se genera prepara otra gotita.

Desventajas: lentas, cartuchos de tinta caros.

Ventajas: económicas, silenciosas y buena calidad.

4. **Láser**

Un cilindro (cilindro de precisión giratorio) se carga eléctricamente y se recubre con un material fotosensible. Luego la luz de un láser se mueve a lo largo del cilindro usando un espejo octogonal giratorio para barrer el cilindro a lo largo. El haz de luz modula para producir un patrón de puntos claros y oscuros, en los cuales donde el haz incide se pierde su carga eléctrica.

Una vez que se ha pintado una línea de puntos, el cilindro gira para pintar la siguiente línea. Luego, las líneas llegan al tóner (depósito de polvo negro sensible a las cargas electrostáticas). El tóner es atraído hacia los puntos que conservan la carga.

Más adelante, el cilindro recubierto con tóner se oprime contra el papel y transfiere a éste el polvo negro. El papel pasa entre rodillos calientes que fusionan el tóner con el papel permanentemente, fijando la imagen.

Continuando su rotación, el cilindro pierde su carga y un raspador elimina el residuo de tóner.

Ventajas: alta calidad de impresión, buena velocidad y costo moderado.

5.3. **Modem**

Es un dispositivo que permite conectar dos computadoras remotas utilizando la línea telefónica de forma que puedan intercambiar información entre sí.

La información que maneja la computadora es digital. El problema es que, por las limitaciones físicas de las líneas de transmisión, no es posible enviar información digital, sólo pueden transmitirse señales analógicas.

Entonces para poder usar las líneas telefónicas es necesario un proceso de transformación de la información durante el cual ésta se adecúa para ser transportada por el canal de comunicación. Proceso que se conoce como modulación-demodulación que realiza el modem.

Posee conversores análogo/digital y digital/análogo adecuados para conectar líneas telefónicas a la computadora.

Existen distintos tipos de modulación de una señal analógica para que transporte información digital:

- de amplitud
- de frecuencia
- de fase
- métodos combinados que permiten transportar más información por el mismo canal.

Los modems modernos operan con tasas de datos entre 28822 bits/seg y 57600 bits/seg y normalmente a tasas de bauds más baja (porque envían varios bits por baud).