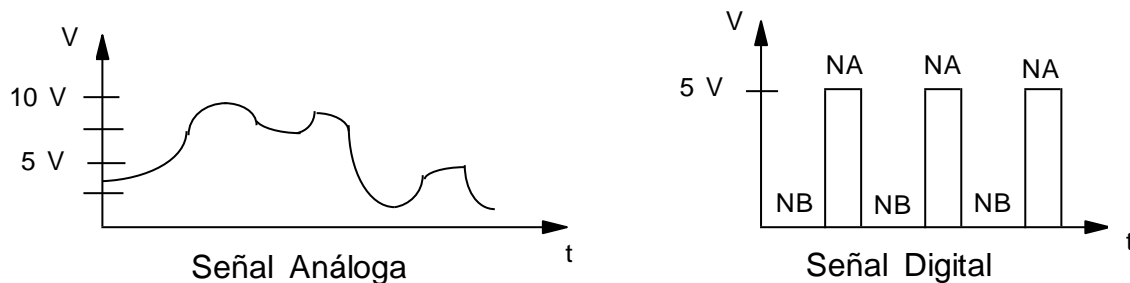


2.2 CIRCUITOS DIGITALES

La Electrónica Digital representa el liderazgo tecnológico de la vida moderna. Su aparición hizo posible la realización de las compuertas lógicas que dieron paso a la fabricación de calculadores, relojes, computadores, autómatas de uso doméstico, comercial, industrial, científico, médico, etc.

Los circuitos de la electrónica digital trabajan solamente con señales que pueden tomar uno de dos valores de voltaje. Estos valores son conocidos como Nivel Alto y Nivel Bajo, en lo sucesivo los llamaremos “NA” o “H” y “NB” o “L”. A cada nivel corresponde un rango de voltaje que varía de acuerdo a la familia a la cual pertenece el dispositivo.

Los circuitos análogos, en cambio, pueden adoptar una amplia gama de valores de voltaje que por lo general varían en forma continua. Encuentran su mayor aplicación en la radio, televisión, sonido y comunicaciones.



Según la interpretación que se le da en el diseño a los dispositivos digitales existen dos tipos de lógica:

Positiva o aquella que codifica el nivel más positivo de voltaje como el uno lógico y el nivel menos positivo como el cero lógico; y negativa en el caso contrario.

2.3. CIRCUITOS DIGITALES INTEGRADOS

Antiguamente los circuitos digitales se implementaban utilizando tubos al vacío y elementos discretos tales como resistencias y condensadores, entonces los computadores eran grandes conjuntos de tubos que consumían demasiada energía, ocupaban grandes espacios y su confiabilidad era mínima. Con la aparición, inicialmente de los transistores, y después de la microelectrónica los circuitos (tanto analógicos como digitales) fueron reducidos a pequeños encapsulados llamados chips, que son cada vez más pequeños, más rápidos, más económicos y consumen menos energía.

El estudio de los circuitos actuales usados en los computadores digitales, desde los PC hasta los grandes mainframe, está centrado en la tecnología de realización de los circuitos integrados (tecnologías de integración). Actualmente en un solo chip pueden

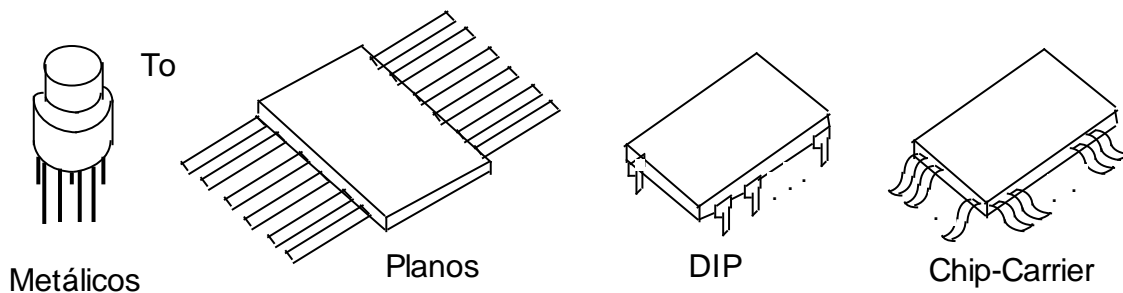
ser ensamblados desde unas cuantas compuertas sencillas hasta todo un microcomputador.

Los circuitos integrados (CI) están provistos de terminales o conectores de entrada/salida llamados pines o patas, que luego se interconectan en las tarjetas impresas usando cintas conductoras, alambres, caminos impresos sobre las tarjetas u otros medios.

En la medida que avanzan las tecnologías de integración se hizo necesario emplear chips de 8, 14, 16, 20, 28, 40, 50, 64 y más pines.

El cuerpo (cápsula) que recubre los CI tiene diferentes formas y su composición también varía. Los cuerpos más empleados son: Planos, DIP, chip-carrier y metálicos.

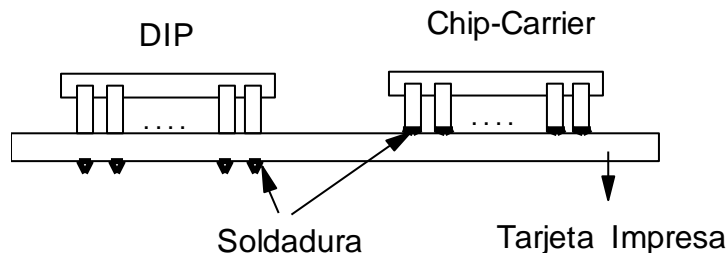
Planos: Los primeros CI tenían ésta forma y ya eran totalmente herméticos. Se realizaban de cerámica o de metal. Los pines se ubican en forma paralela al cuerpo y esto hacía difícil su montaje.



DIP: (Dual In-Line Package). Paquete de doble hilera. Pueden ser de plástico o de cerámica. El cuerpo de cerámica se utiliza para montajes donde existe considerable consumo de potencia. Son conocidos también como cerDIP. El de plástico es más económico.

Los DIPs fueron diseñados para soldarse por la parte inversa de la tarjeta sobre la cual se encuentran.

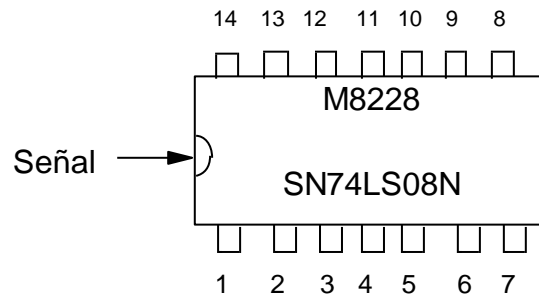
Chip-carrier: Se diferencia de los DIPs en que su montaje es superficial.



Metálicos: La cápsula metálica TO se emplea sobre todo en aplicaciones militares.

Sobre las cápsulas se encuentra información concerniente al fabricante y a las características del integrado. []

Ejemplo:



- 82 → Año de fabricación.
- 28 → Semana o día del año.
- SN → Siglas del fabricante en este caso Texas Instruments.
- 74LS → Familia TTL Shottky de baja potencia.
- 08 → Función. En este caso 4 compuertas de 2 entradas AND.
- N → Indica que la cápsula es de plástico. J o F se emplean para cerámica. T y W se emplean en los CI planos:
T-metálico, W-de cerámica.

Por estas normas se rige la firma Texas Instruments y gran parte de los fabricantes con ciertas modificaciones.

Por conveniencia se ha decidido numerar los pines en el sentido contrario a las manecillas del reloj a partir de una señal hecha sobre el encapsulado.

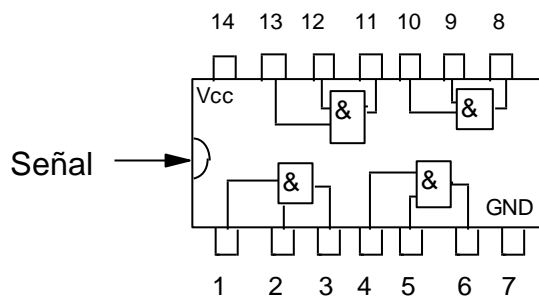


Tabla de Verdad

13	12	11
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

La función exacta de los CI está dada por la tabla de verdad que se encuentra en los manuales de circuitos integrados digitales del fabricante.

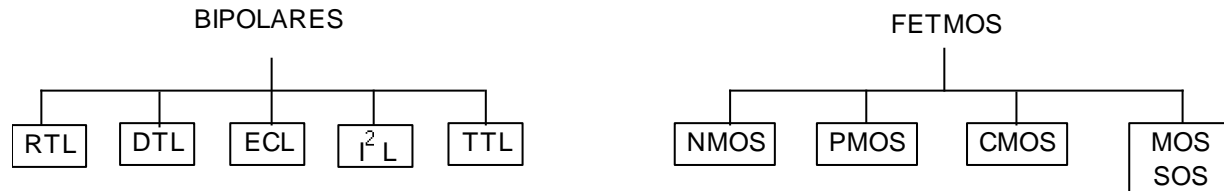
2.4. FAMILIAS DE CI DIGITALES

Los CI se clasifican en dos grandes grupos de acuerdo al tipo de transistor que utilicen en su realización:[]

Bipolares conocidos como PNP o NPN.

De efecto de campo o conocidos como FET-MOS.

Dentro de cada grupo se han desarrollado diferentes familias de CI, cada una de las cuales tiene su propio diseño que varía de fabricante a fabricante.



RTL	→	Lógica de Resistencia a Transistor.
DTL	→	Lógica de Diodo a Transistor.
ECL	→	Lógica Acoplada por Emisor.
I ² L	→	Lógica de Inyección Integrada.
TTL	→	Lógica de Transistor a Transistor.
NMOS	→	Lógica de Metal-Oxido Semiconductor canal N.
PMOS	→	Lógica de Metal-Oxido Semiconductor canal P.
CMOS	→	Lógica de Metal-Oxido Semiconductor Complementaria.
MOS SOS	→	Lógica de Metal-Oxido Semiconductor sobre sustrato de Zafiro.

2.5. CARACTERISTICAS DE LOS CI DIGITALES

Entre los parámetros más importantes están: Disipación de potencia, niveles lógicos de voltajes de salida y de entrada, tiempo de retardo en la propagación de señales (máxima frecuencia de conmutación), corrientes de entrada y de salida, inmunidad al ruido, fan-out o abanico de salida y confiabilidad. []

Por lo general los parámetros básicos dependen entre sí funcionalmente, y las variaciones en uno trae consigo cambios en otros. Por ejemplo, al disminuir los tiempos de conmutación (retardo de propagación) aumenta la disipación de potencia.

Disipación de potencia: Se toma el promedio de la potencia media disipada durante un intervalo de tiempo largo. En los CI realizados con transistores bipolares el tiempo de conmutación es solo una pequeña parte del total de tiempo de trabajo, por esto la potencia media para estos circuitos se define teniendo en cuenta solo las disipaciones en régimen estático (es decir, cuando la salida de la compuerta esta en NA o en NB, pero no conmutando). Sin embargo la disipación aumenta con la frecuencia de conmutación.

$$P = 0.5 (P_H + P_L)$$

Donde:

$P_H \rightarrow$ Disipación de potencia cuando la compuerta está en NA.

$P_L \rightarrow$ Disipación cuando está en NB.

En los CI, realizados con transistores FETMOS, la disipación de potencia en régimen estático es diez o más veces menor que en régimen dinámico (o sea, la disipación se presenta en los tiempos de conmutación). Por esto para ellos se toma la potencia media para la máxima frecuencia de conmutación.

Niveles de voltaje de salida y de entrada: Define los rangos de voltaje para los dos estados lógicos. Ellos son:

$V_{OH}^{MIN} \rightarrow$ Voltaje mínimo de salida para NA.

$V_{OL}^{MAX} \rightarrow$ Voltaje máximo de salida para NB.

$V_{IH}^{MIN} \rightarrow$ Voltaje mínimo de entrada para NA.

$V_{IL}^{MAX} \rightarrow$ Voltaje máximo de entrada para NB.

Tiempo de retardo de propagación: Determina la velocidad del CI y se define como el intervalo de tiempo necesario para que la salida refleje los cambios sucedidos en las señales de entrada.

Corrientes de entrada y de salida: Este parámetro define la capacidad de carga de las salidas de los CI. En determinados momentos las entradas o salidas de los CI reciben corrientes, en otros ellas suministran.

Estas corrientes se conocen como:

$I_{OH} \rightarrow$ Corriente de salida para el NA.

$I_{OL} \rightarrow$ Corriente de salida para el NB.

$I_{IH} \rightarrow$ Corriente de entrada para el NA.

$I_{IL} \rightarrow$ Corriente de entrada para el NB.

Protección contra el ruido: Mide el grado de inmunidad de un CI contra el ruido electromagnético ambiental. En concreto es el intervalo de voltajes que puede tomar una salida en un nivel lógico y dentro del cual puede variar, sin que las entradas conectadas a ella lo tomen como un cambio de estado lógico.

Fan-out: Es la capacidad que tiene una salida para conectarse a un determinado número de entradas de circuitos de un mismo tipo. El fan-out es un parámetro más comparativo que práctico.

Confiabilidad: Por lo general se da como la frecuencia de daño, según la siguiente fórmula:

$$\lambda = n / (NT)$$

Donde: $T \rightarrow$ Tiempo de prueba.

$N \rightarrow$ Número total de CI.

$n \rightarrow$ Número de CI dañados durante la prueba.

Las posibilidades de trabajo sin daños de CI en el tiempo t se calcula así:

$$P(t) = \exp^{(-\lambda t)}$$

Criterios de comparación entre CI: Los parámetros más empleados para comparar CI son el retardo de propagación y la disipación de potencia.

A menor retardo más velocidad de conmutación y por esto a mayor frecuencia podrán procesar información las compuertas.

Menor disipación de potencia conlleva a un mayor coeficiente de integración y menor consumo de energía.

Pero toda disminución en el tiempo de retardo conlleva un aumento de la disipación de potencia.

Por esto se ha tomado el producto $P \times t$ como valor comparativo. Se conoce como el Trabajo Medio de Conmutación y sus unidades son el Julio.

$$A = P \times t$$

Donde:

- A → Trabajo Medio de Conmutación.
- P → Disipación media de potencia.
- t → Tiempo medio de retardo de propagación.

Un valor bajo de A indica un muy corto tiempo de propagación con una baja disipación de potencia. Un valor de cero indicaría tiempos de propagación igual a cero (cualquier programa correría en tiempo cero) sin consumo de energía, que sería lo ideal.

2.6. ESCALAS DE INTEGRACION

De acuerdo a la cantidad de elementos que contenga un chip, los CI se clasifican en la siguiente forma: []

- S.S.I. Baja Escala de Integración. Chips que contienen menos de 13 compuertas, se realizan con tecnologías TTL, CMOS Y ECL. Ejemplos: Compuertas y Flips-Flops.
- M.S.I. Media Escala de Integración. Contienen entre 13 y 100 compuertas, se realizan con tecnologías CMOS, TTL Y ECL. Ejemplos: Codificadores, registros, multiplexores, contadores, etc.

- L.S.I. Larga Escala de Integración. Contienen entre 100 y 1000 compuertas, se realizan con tecnologías I²L, NMOS Y CMOS. Ejemplos: Memorias, ALUs, microprocesadores de 8 y 16 bits.
- V.L.S.I. Muy Larga Escala de Integración. Contienen más de 1000 compuertas, se realizan con tecnologías I²L, NMOS Y CMOS. Ejemplos: Microprocesadores de 32 bits, microcontroladores, memorias de gran capacidad, etc.