



Universidad Autónoma del Estado de México

UAEM

C.U. UAEM Valle de Teotihuacán

## ***Licenciatura en Ingeniería en Computación***

**Circuitos integrados de pequeña, mediana y  
gran escala**

Unidad de Aprendizaje:

**Lógica secuencial y combinatoria**

Unidad de competencia

**II**

Elaborado por: M. en I. José Francisco Martínez Lendech

# INTRODUCCIÓN

La rapidez del desarrollo tecnológico ha dado lugar a que se puedan integrar simultáneamente en un mismo dispositivo un número determinado de puertas entre sí, que realizan una función concreta, así a principio de los años sesenta llegó la aparición del circuito integrado.

A partir de entonces se han ido mejorando las técnicas de fabricación de forma espectacular, hasta llegar a la actualidad, donde es posible encontrar en una superficie de algo más de 1 cm cuadrado cientos de miles de puertas lógicas.

Dependiendo del número de elementos (puertas) que se encuentren integrados en el chip se dice que ese circuito está dentro de una determinada escala de integración.

# INTRODUCCIÓN

El gran avance de la Electrónica, que ha permitido alcanzar el nivel de desarrollo actual, fue la sustitución de los tubos de vacío por los dispositivos semiconductores

La utilización de contactos entre materiales sólidos diferentes para controlar la corriente eléctrica fue relativamente temprana

1874, Braun hizo notar la dependencia de la resistencia de una unión metal-semiconductor con respecto a la polaridad de la tensión aplicada y las condiciones de las superficies de contacto

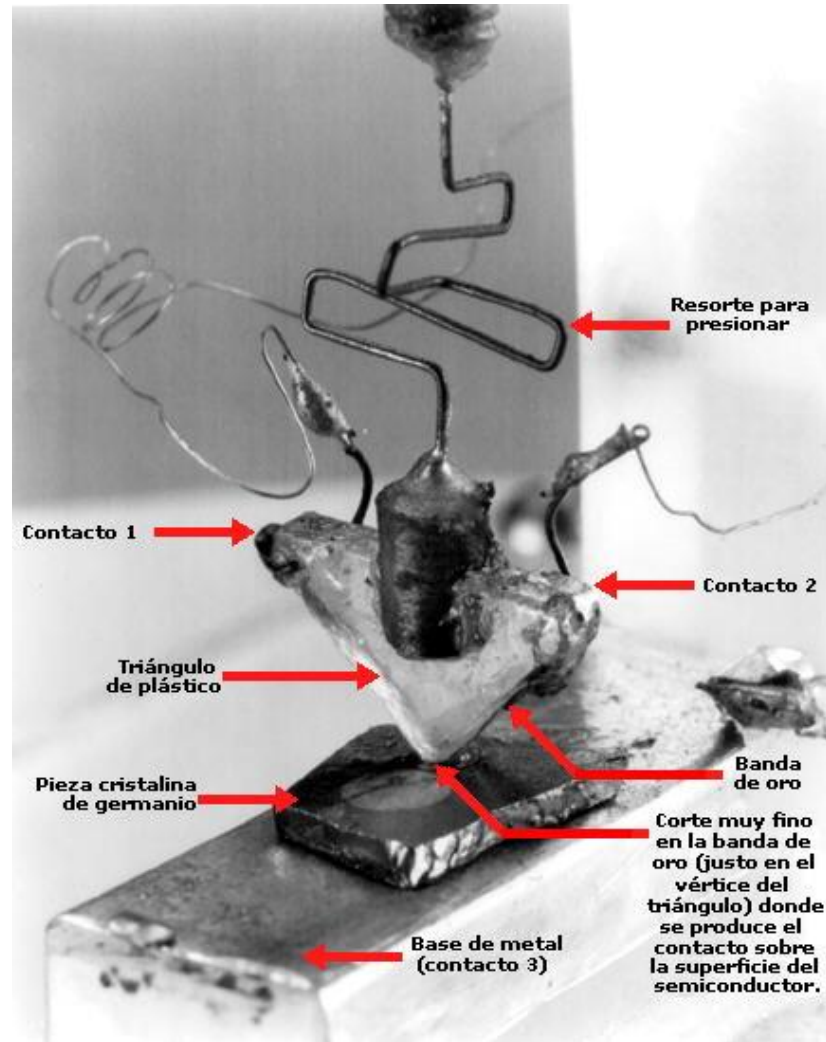
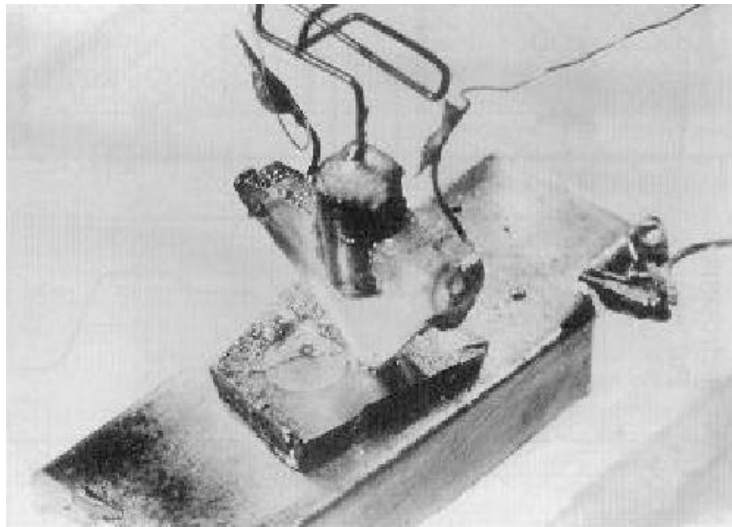
1904 se utilizó un dispositivo de puntas de contacto como rectificador (Diodo)

1920 se había generalizado el uso comercial de rectificadores cobre-óxido de cobre o hierro-selenio

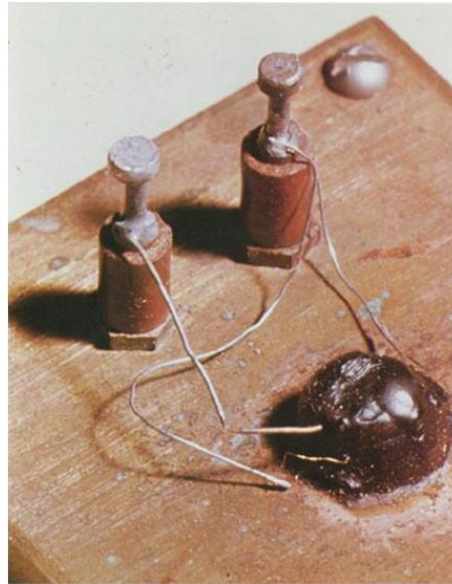
# Primer transistor

1947 En los laboratorios de la Bell Telephone Shockley Bardeen y Brattain inventan el Transistor de puntas de contacto.

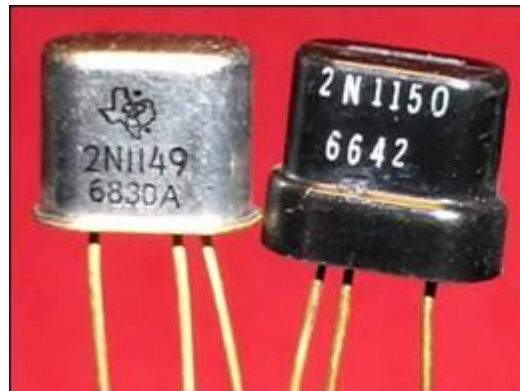
Consiguieron Nobel en 1956



**1948 Shockley** propuso el transistor bipolar de unión (nnp pnp)



**1951 Teal, Spark y Buehler** construyeron el primer transistor bipolar de unión con posibilidades comerciales inmediatas



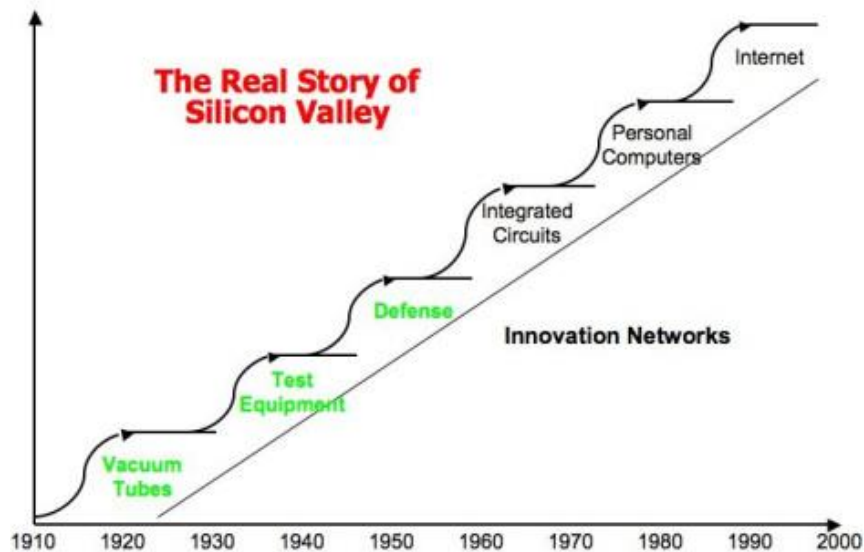
**1953 Dacey y Ross** fabricaron primer transistor de efecto campo operativo, el FET de unión (JFET).

**1955 I.M.Ross** describió la estructura **MOSFET de enriquecimiento** tal como se conoce hoy día, es decir, con uniones p-n en la fuente y el drenador.

A pesar de ser la idea del MOSFET más antigua que la del BJT, fueron los avances tecnológicos producidos en el desarrollo del transistor bipolar los que hicieron viable al de efecto campo. No obstante habría que esperar a que se perfeccionara la tecnología para poder aprovechar toda la potencia del MOSFET

### **1955 Nacimiento del Silicon Valley en Palo Alto (California)**

Hewlett y Packard ,Shockley Transistor Corporation, Fairchild Semiconductor Corporation, Texas Instruments



**1958 Kilby de Texas Instruments idea de circuito integrado**, patentó un flip-flop realizado en un cristal de germanio con interconexiones de oro

**1959 Noyce de Fairchild patentó la idea de circuito integrado de silicio** utilizando en 1960 la tecnología planar para definir, mediante fotolitografía, transistores y resistencias interconectados usando líneas delgadas de aluminio sobre el óxido de pasivación



## Se comenzó a usar el silicio como material semiconductor por sus propiedades:

- Fácil oxidación, Pasivación.
- Su oxido puede ser atacado sin atacar al Si.
- Usando su resistividad se hacen resistencias y las uniones **pn** pueden actuar como condensadores





## **1960 Kanhng y Atalla fabrican el primer MOSFET operativo**

Alrededor de 1968 ya se habían propuesto las estructuras básicas MOS. Desde entonces la mayor parte de los esfuerzos tecnológicos se han dedicado a la miniaturización de los dispositivos con el propósito de aumentar su velocidad y la densidad de integración:

*1960 SSI (Small Scale Integration) 10-100 componentes/chip*

*1966 MSI (Mediun Scale Integration) 100-1000 componentes/chip*

*1969 LSI (Large Scale Integration) 1000-10000 componentes/chip*

*1975 VLSI (Very Large Scale Integration) 10mil-100mil componentes/chip*

*1985 ULSI (Ultra Large Scale Integration) 100mil-1millón componentes/chip*

*Actualmente GLSI (Giga Large Scale Integration) mas de 1millón comp/chip*

# CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES MONOLÍTICOS

**Los circuitos integrados** digitales monolíticos (CIDM) se pueden clasificar de acuerdo con dos grandes conceptos interrelacionados.

- a) según la forma en que se realizan físicamente, que a su vez da lugar a:
- según el tipo de dispositivos utilizado, los CIDM bipolares, MOS y BICMOS.
  - según el número de dispositivos colocados en el interior de un único circuito, los CIDM SSI, MSI, LSI, VLSI, ULSI y GLSI.
- b) según la forma en que se realiza el diseño desde el punto de vista del ingeniero de aplicaciones:
- los CIDM normalizados o estándar (standard off-the-shelf integrated circuits).
  - los CIDM especificados por el usuario.

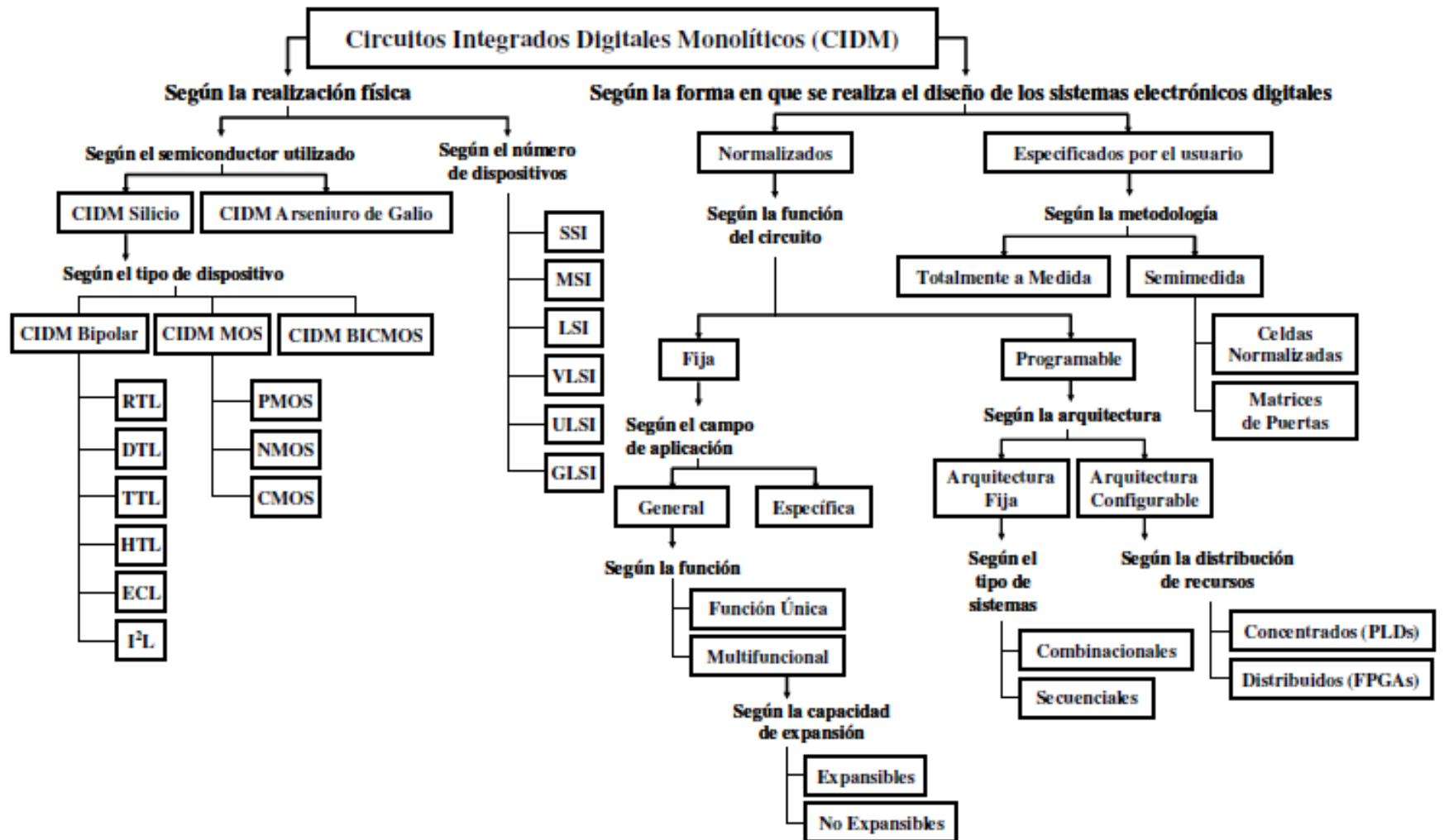
## CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE DISPOSITIVO UTILIZADO.

**Si se utilizan** transistores bipolares se obtienen los CIDM bipolares que fueron los primeros en desarrollarse, y han tenido una gran evolución con la finalidad de reducir al máximo el producto del tiempo de propagación por la potencia disipada.

el otro dispositivo que se utiliza para realizar los CIDM es el transistor de efecto de campo de puerta aislada [metal oxide semiconductor (MOS).

la combinación de transistores MOS y bipolares permite realizar circuitos con gran cargabilidad de salida (fan-out).

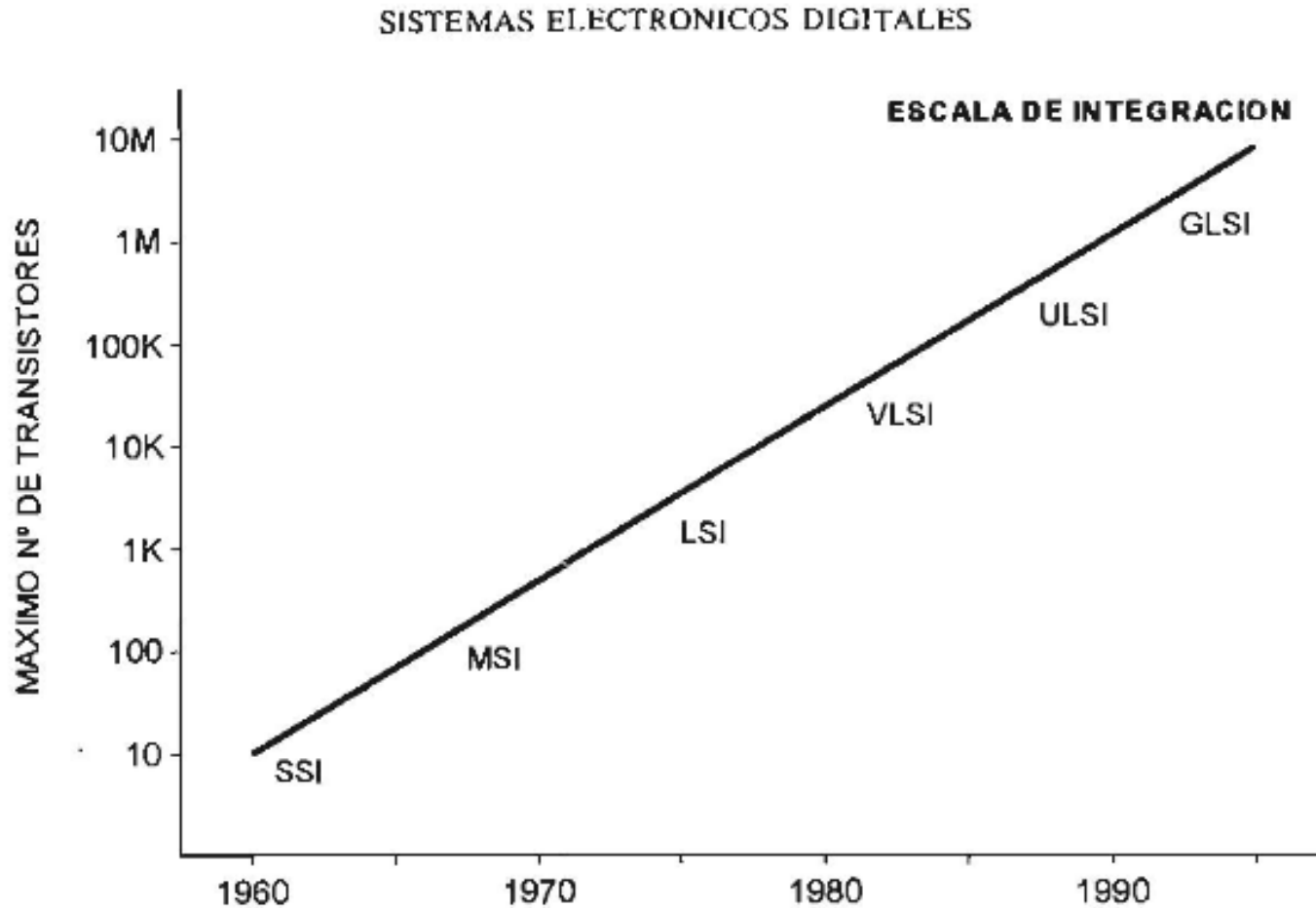
# MAPA CONCEPTUAL DE LOS CIRCUITOS INTEGRADOS



## EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTEGRACIÓN.

<b>Nivel de integración</b>	<b>Nº de componentes</b>	<b>Nº de puertas</b>
Pequeña escala de integración ( <u>SSI</u> )	<b>10 a 100</b>	<b>1 a 12</b>
Mediana escala de integración ( <u>MSI</u> )	<b>100 a 1000</b>	<b>12 a 100</b>
Gran escala de integración ( <u>LSI</u> )	<b>1.000 a 10.000</b>	<b>100 a 1.000</b>
Muy gran escala de integración ( <u>VLSI</u> )	<b>10.000 a 100.000</b>	<b>1.000 a 10.000</b>
Ultra gran escala de integración ( <u>ULSI</u> )	<b>100.000 a 1.000.000</b>	<b>10.000 a 100.000</b>
Giga gran escala de integración ( <u>GLSI</u> )	<b>Más de 1.000.000</b>	<b>Más de 100.000</b>

# REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTEGRACIÓN.



# CLASIFICACIÓN DE INTEGRACIÓN

SSI (Small Scale Integration) Integración a pequeña escala

MSI (Medium Scale Integration) Integración a media escala

LSI (Large Scale Integration) Integración a gran escala

VLSI (Very Large Scale Integration) Integración a muy gran escala

ULSI (ultra large scale integration) integración a ultra gran escala

GLSI (giga large scale integration) integración a giga gran escala

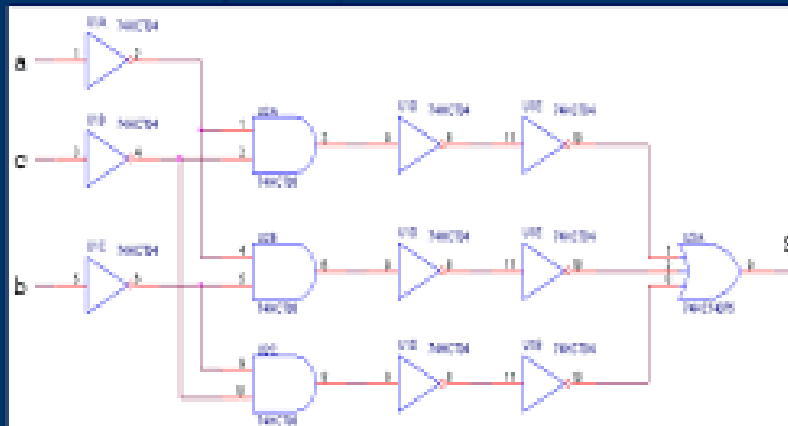
# ESCALAS DE INTEGRACIÓN SSI

SSI (Short Scale Integration): Es la escala de integración mas pequeña de todas, y comprende a todos aquellos integrados compuestos por menos de 12 puertas.

## Circuitos Integrados SSI

Ejemplo1

$$S = f(a, b, c) = \bar{a} \bar{c} + \bar{a} \bar{b} + \bar{b} \bar{c}$$





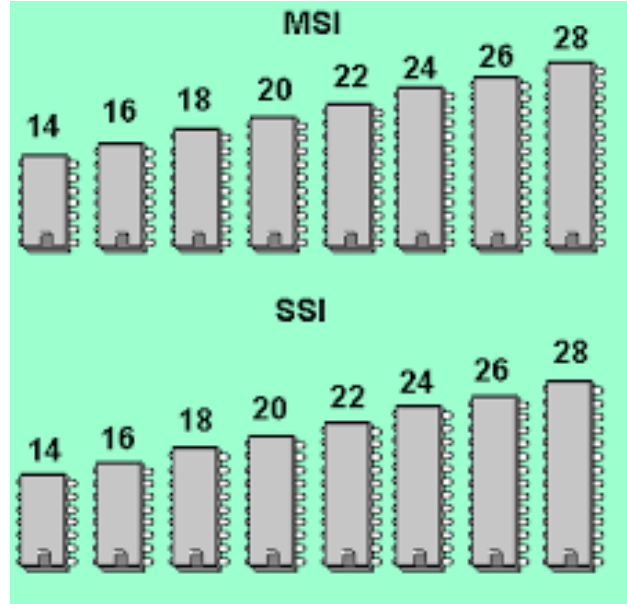
## ESCALAS DE INTEGRACIÓN SSI

Se comenzó integrando puertas elementales en un número de una a seis en función del número de entradas, y biestables del tipo j-k principal subordinado (master-slave), tipo d activado por flancos (edge-triggered) y d cerrojo (latch). estos circuitos constituyen la pequeña escala de integración (SSI), denominación que engloba a los circuitos integrados que contienen entre 10 y 100 componentes, equivalentes aproximadamente a 1 y 12 puertas lógicas respectivamente.



## ESCALAS DE INTEGRACIÓN MSI

MSI (Médium Scale Integration): Esta escala comprende todos aquellos integrados cuyo número de puertas oscila entre 12 y 100 puertas. Es común en sumadores, multiplexores,... Estos integrados son los que se usaban en los primeros ordenadores aparecidos hacia 1970.



## ESCALAS DE INTEGRACIÓN MSI

La existencia de muchos sistemas digitales complejos normalizados tales como contadores, multiplexores, decodificadores, etc., ha permitido su diseño en circuito integrado y produjo la aparición de la escala de integración media (MSI). bajo esta denominación se incluyen aquellos circuitos integrados que contienen de 100 a 1000 componentes, equivalentes aproximadamente a 10 y 100 puertas lógicas respectivamente.



## ESCALAS DE INTEGRACIÓN LSI

LSI (Large Scale Integration): A esta escala pertenecen todos aquellos integrados que contienen más de 100 puertas lógicas (lo cual con lleva unos 1000 componentes integrados individualmente), hasta las mil puertas. Estos integrados realizan una función completa, como es el caso de las operaciones esenciales de una calculadora o el almacenamiento de una gran cantidad de bits.



# ESCALAS DE INTEGRACIÓN LSI

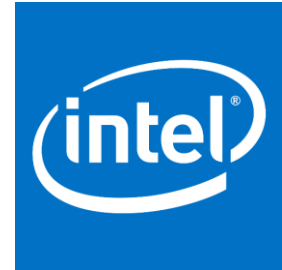
El desarrollo combinado de la teoría de los bloques funcionales y de las técnicas microelectrónicas condujo a los circuitos de gran escala de integración (LSI), que poseen un número de puertas comprendido entre 100 y 1000, y dio lugar al nacimiento del microprocesador.



# ESCALAS DE INTEGRACIÓN VLSI

Compañías más importantes que producen circuitos integrados VLSI

- Intel
- Texas Instruments
- Samsung
- Analog Devices
- ATI Technologies
- Advanced Micro Devices (AMD)
- STMicroelectronics
- Freescale Semiconductor
- Infineon



# ESCALAS DE INTEGRACIÓN VLSI

Compañías más importantes que producen circuitos integrados VLSI

- IBM
- NEC
- Toshiba
- NVIDIA
- Qualcomm
- National Semiconductor
- Renesas
- Broadcom
- Micron
- Transmeta



## ESCALAS DE INTEGRACIÓN VLSI

VLSI: (Very Large Scale Integration) de 1000 a 10000 puertas por circuito integrado, los cuales aparecen para consolidar la industria de los integrados y para desplazar definitivamente la tecnología de los componentes aislados y dan inicio a la era de la miniaturización de los equipos apareciendo y haciendo cada vez mas común la manufactura y el uso de los equipos portátiles.





# ESCALAS DE INTEGRACIÓN VLSI

El progreso continuo de las técnicas de integración permitió la realización de circuitos de muy gran escala de integración (VLSI), de ultra gran escala de integración (ULSI) y de giga gran escala de integración (GLSI) que llegan a contener más de 1.000.000 de componentes (equivalentes aproximadamente a 100.000 puertas) en su interior.



## ESCALAS DE INTEGRACIÓN ULSI

**ULSI (ULTRA LARGE SCALE INTEGRATION):** Tecnología de circuitos integrados que utiliza entre 100.000 y un millón de transistores por circuito integrado, equivalentes a 10.000 y 100.000 puertas lógicas. Actualmente se utiliza para fabricar microprocesadores complejos.



## ESCALAS DE INTEGRACIÓN GLSI

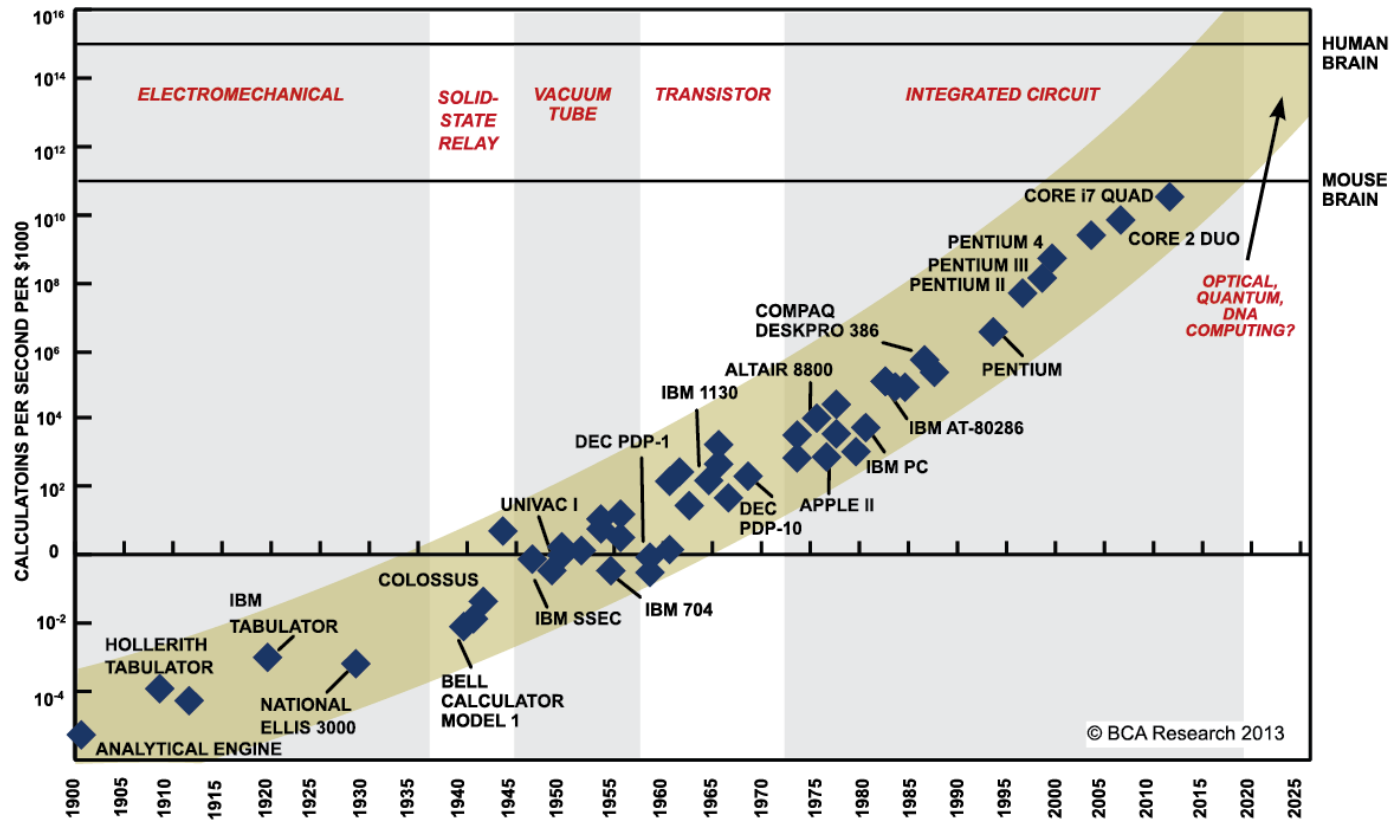
**GLSI (Giga Large Scale Integration):** Tecnología de circuitos integrados que utiliza más de un millón de transistores por circuitos integrado y más de 100.000 puertas lógicas.



# LEY DE MOORE

La ley de Moore expresa que aproximadamente cada dos años se duplica el número de transistores en un microprocesador.

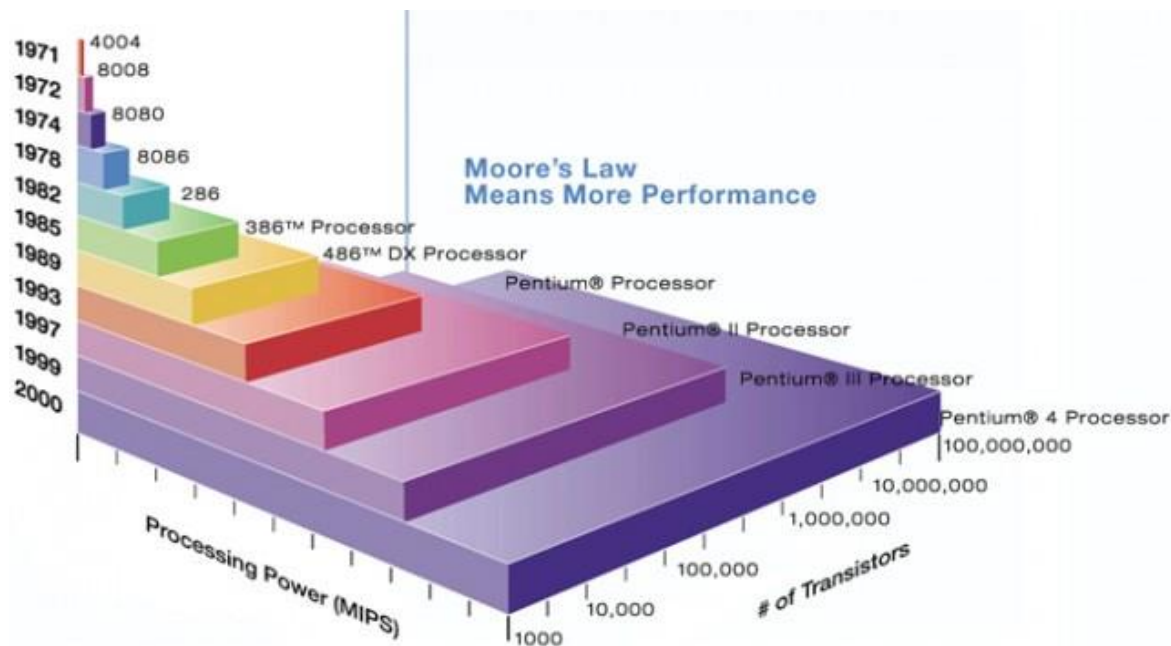
## Predicciones conforme a la ley de Moore



SOURCE: RAY KURZWEIL, "THE SINGULARITY IS NEAR: WHEN HUMANS TRANSCEND BIOLOGY", P.67, THE VIKING PRESS, 2006. DATAPPOINTS BETWEEN 2000 AND 2012 REPRESENT BCA ESTIMATES.

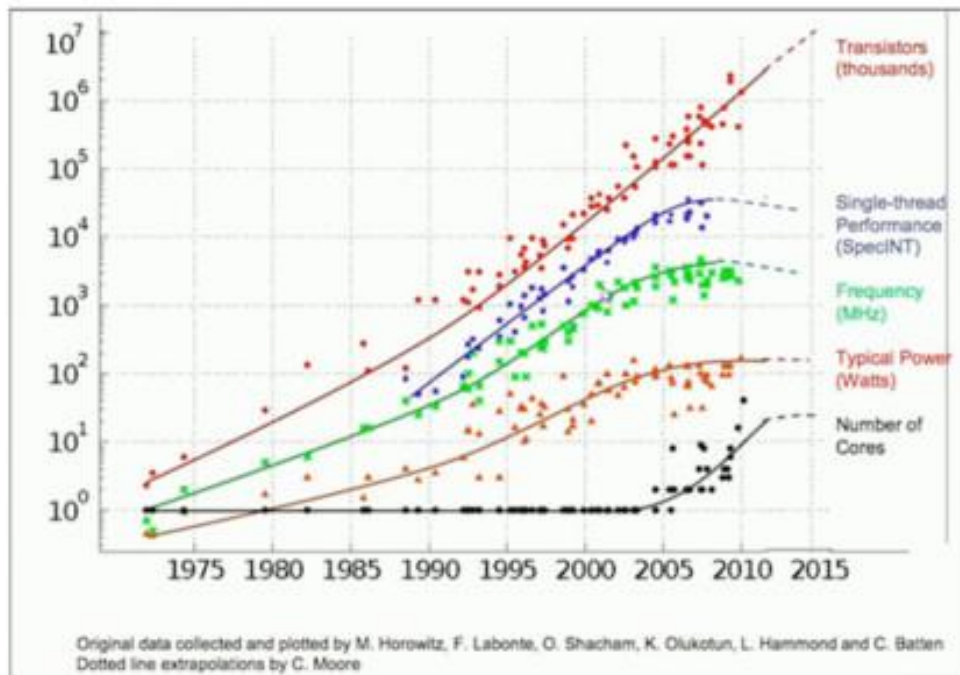
# LEY DE MOORE

Sin embargo, en 2007 el propio Moore determinó una fecha de caducidad: “Mi ley dejará de cumplirse dentro de 10 o 15 años”, según aseguró durante la conferencia en la que afirmó, no obstante, que una nueva tecnología vendrá a suplir a la actual.

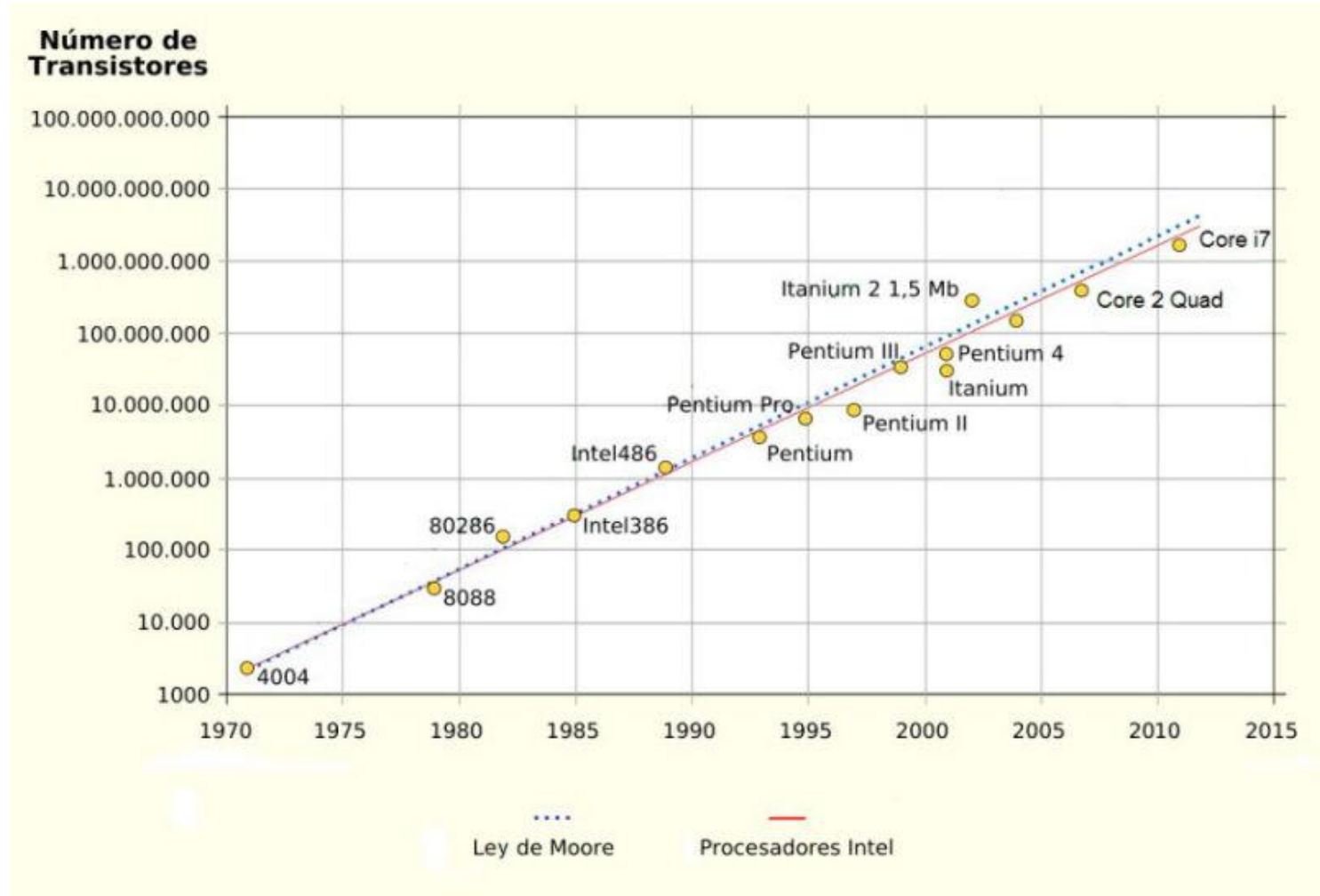


# LEY DE MOORE

Actualmente esta ley se aplica a ordenadores personales y teléfonos móviles o celulares. Sin embargo, cuando se formuló no existían los microprocesadores, inventados en 1971, los ordenadores personales, popularizados en los años ochenta y la telefonía celular o móvil apenas estaba en fase de experimentación.



# LEY DE MOORE (TENDENCIAS)



# FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Stallings, W. (2011). Data & Computer Communications. (9th edition). New Jersey: Prentice Hall.
- Tocci, R.J., Widmer, N.S. (2007). Sistemas digitales: Principios y aplicaciones. (10ª edición). México: Pearson Education.
- Floyd, T.L. (2006). Fundamentos de sistemas digitales. (9ª edición). Madrid: Pearson Education.
- Morris, M. (2003). Diseño digital. (1ª edición). México: Prentice Hall.
- Mandado, E. (1992). Sistemas electrónicos digitales. (7ª Edición). México: Marcombo.