

Fabricación de circuitos integrados

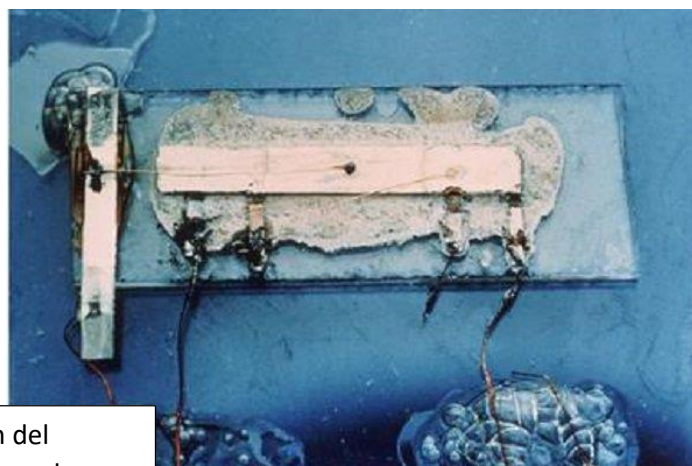
1. Los Circuitos Integrados

Un circuito integrado es un pequeño circuito electrónico utilizado para realizar una función electrónica específica, como la amplificación. Se combina por lo general con otros componentes para formar un sistema más complejo y se fabrica mediante la difusión de impurezas en silicio monocristalino, que sirve como material semiconductor, o mediante la soldadura del silicio con un haz de flujo de electrones.

La fabricación de estos es compleja, ya que tienen una alta integración de componentes en un espacio muy reducido, en ocasiones llegando a ser microscópicos, clasificándose en dos grandes grupos, lo analógicos y los digitales.

El primer circuito integrado fue desarrollado en 1958 por el ingeniero Jack St. Clair Kilby, justo meses después de haber sido contratado por la firma "Texas Instruments". Los elementos más comunes de los equipos electrónicos de la época eran los llamados "tubos al vacío".

En el verano de 1958 Jack Kilby concibió el primer circuito electrónico, cuyos componentes, tanto los activos como los pasivos, estuviesen dispuestos en un solo material, semiconductor, que ocupaba la mitad de espacio de un clip para sujetar papeles. El 12 de septiembre de 1958, el invento de Jack Kilby se probó con éxito. El circuito estaba fabricado sobre una pastilla cuadrada de germanio, un elemento químico metálico y cristalino, que medía seis milímetros por lado y contenía apenas un transistor, tres resistencias y un condensador.



Esta es una imagen del primer circuito integrado que ese creo.



La capacidad de producción masiva de circuitos integrados, confiabilidad y facilidad de agregarles complejidad, impuso la estandarización de los circuitos integrados en lugar de diseños utilizando transistores que pronto dejaron obsoletas a las válvulas o tubos de vacío.

Existen dos ventajas principales de los circuitos integrados sobre los circuitos convencionales: coste y rendimiento. El bajo coste es debido a que los chips, con todos sus componentes, son impresos como una sola pieza por fotolitografía y no contruidos por transistores de a uno por vez.

Algunos de los circuitos integrados más avanzados son los microprocesadores, que son usados en múltiples artefactos, desde ordenadores hasta electrodomésticos, pasando por los teléfonos móviles, de estos vamos a hablar más en profundidad sobre su fabricación. Los chips de memorias digitales son otra familia de circuitos integrados que son de importancia crucial para la moderna sociedad de la información.

Los fabricantes tuvieron éxito al duplicar el número de transistores en un chip cada 18 meses, tal como lo predijo la ley de Moore. Sin embargo, a medida que los tamaños se han reducido a escalas de átomos, los fabricantes se están acercando cada vez más a los límites de la miniaturización. Para solucionar este problema, los investigadores están actualmente buscando soluciones tales como el uso de pequeños "mini tubos de carbón", los cuales esperan utilizar en los microchips del futuro.

1.1 Tipos y Clasificación

La escala de integración de los circuitos integrados se fue desarrollando en la siguiente secuencia de acuerdo a la densidad de integración que poseían:

- Circuitos SSI (Small Scale Integration). Estos son los circuitos de baja escala de integración, los cuales solo contienen un máximo de 10 compuertas lógicas o 100 transistores y comprenden la época de investigación de los IC's.
- Circuitos MSI (Medium Scale Integration). Estos son los circuitos de media escala de integración, los cuales contienen entre 10 y 100 compuertas lógicas o de 100 a 1000 transistores utilizados ya más comercialmente.

- Circuitos LSI (Large Scale Integration). Estos contienen entre 100 y 1000 puertas lógicas o de 1000 a 10000 transistores los cuales expandieron un poco el abanico de uso de los IC's.
- Circuitos VLSI (Very Large Scale Integration). Los cuales contienen más de 1000 puertas lógicas o más de 10000 transistores, aparecen para consolidar la industria de los IC's y para desplazar definitivamente la tecnología de los componentes aislados y dan inicio a la era de la miniaturización de los equipos.

Existen tres tipos de circuitos integrados:

- Circuito monolítico: La palabra monolítico viene del griego y significa "una piedra". La palabra es apropiada porque los componentes son parte de un chip. El Circuito monolítico es el tipo más común de circuito integrado. Ya que desde su intervención los fabricantes han estado produciendo los circuitos integrados monolíticos para llevar a cabo todo tipo de funciones. Los tipos comercialmente disponibles se pueden utilizar como amplificadores, reguladores de voltaje, conmutadores, receptores de AM, circuito de televisión y circuitos de ordenadores. Pero tienen limitantes de potencia. Ya que la mayoría de ellos son del tamaño de un transistor discreto de señal pequeña, generalmente tiene un índice de máxima potencia menor que 1 W. Están fabricados en un solo monocristal, habitualmente de silicio, pero también existen en germanio, arseniuro de galio, silicio-germanio, etc.
- Circuito híbrido de capa fina: Son muy similares a los circuitos monolíticos, pero, además, contienen componentes difíciles de fabricar con tecnología monolítica. Muchos conversores A/D y conversores D/A se fabricaron en tecnología híbrida hasta que progresos en la tecnología permitieron fabricar resistencias precisas.
- Circuito híbrido de capa gruesa: Se apartan bastante de los circuitos monolíticos. De hecho, suelen contener circuitos monolíticos sin cápsula (dices), transistores, diodos, etc, sobre un sustrato dieléctrico, interconectados con pistas conductoras. Las resistencias se depositan por serigrafía y se ajustan haciéndoles cortes con láser. Todo ello se encapsula, tanto en cápsulas plásticas como metálicas, dependiendo de la disipación de potencia que necesiten. En muchos casos, la cápsula no está "moldeada", sino que simplemente consiste en una resina epoxi que protege el circuito. En el mercado se encuentran circuitos híbridos para módulos de RF, fuentes de alimentación, circuitos de encendido para automóvil, etc.

2. Microprocesadores

Es un circuito electrónico que actúa como Unidad Central de Proceso (CPU) de un ordenador. Llamados por muchos como el “cerebro”. Es un circuito microscópico constituido por millones de transistores integrados en una única pieza plana de poco espesor. El microprocesador (micro) se encarga de realizar todas las operaciones de cálculo y de controlar lo que pasa en el ordenador recibiendo información y dando órdenes para que los demás elementos trabajen.

El primer microprocesador fue el Intel 4004, producido en 1971. Se desarrolló originalmente para una calculadora, y resultaba revolucionario para su época. Contenía 2.300 transistores en un microprocesador de 4 bits que sólo podía realizar 60.000 operaciones por segundo. El primer microprocesador de 8 bits fue el Intel 8008, desarrollado en 1979 para su empleo en terminales informáticos. El Intel 8008 contenía 3.300 transistores.

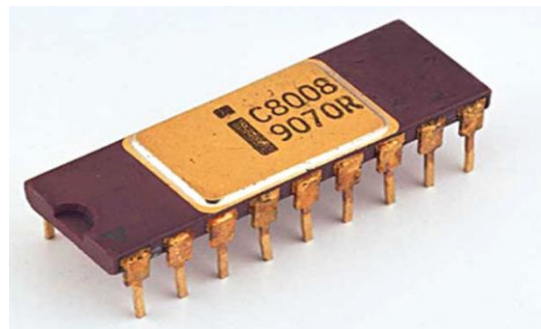
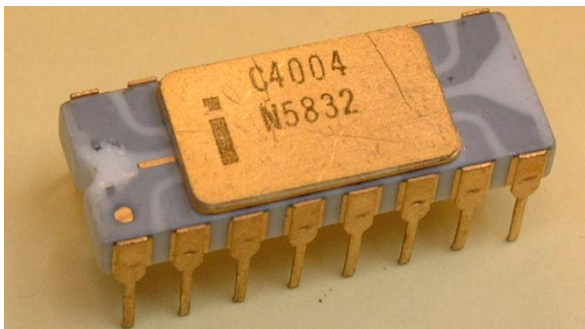


Imagen de la izquierda muestra el microprocesador 4004.
Imagen de la derecha el microprocesador 8008

El primer microprocesador realmente diseñado para uso general, desarrollado en 1974, fue el Intel 8080 de 8 bits, que contenía 4.500 transistores y podía ejecutar 200.000 instrucciones por segundo.

Los microprocesadores modernos tienen una capacidad y velocidad mucho mayores. Entre ellos figuran el Intel Pentium Pro, con 5,5 millones de transistores; el UltraSparc-II, de Sun Microsystems, que contiene 5,4 millones de transistores; el PowerPC G4, desarrollado conjuntamente por Apple, IBM y Motorola, con 7 millones de transistores, y el Alpha 21164A, de Digital Equipment Corporation, con 9,3 millones de transistores.

2.1 Proceso de Fabricación

Los microprocesadores se fabrican empleando técnicas similares a las usadas para otros circuitos integrados, como chips de memoria. Generalmente, los microprocesadores tienen una estructura más compleja que otros chips, y su fabricación exige técnicas extremadamente precisas.

La fabricación económica de microprocesadores exige su producción masiva. Sobre la superficie de una oblea de silicio se crean simultáneamente varios cientos de grupos de circuitos. El proceso de fabricación de microprocesadores consiste en una sucesión de deposición y eliminación de capas finísimas de materiales conductores, aislantes y semiconductores, hasta que después de cientos de pasos se llega a un complejo "bocadillo" que contiene todos los circuitos interconectados del microprocesador. Para el circuito electrónico sólo se emplea la superficie externa de la oblea de silicio, una capa de unas 10 micras de espesor (unos 0,01 mm, la décima parte del espesor de un cabello humano). Entre las etapas del proceso figuran la creación de sustrato, la oxidación, la litografía, el grabado, la implantación iónica y la deposición de capas.

La primera etapa en la producción de un microprocesador es la creación de un sustrato de silicio de enorme pureza, una "rodaja" de silicio en forma de una oblea redonda pulida hasta quedar lisa como un espejo. En la actualidad, las obleas más grandes empleadas en la industria tienen 200 mm de diámetro.

En la etapa de oxidación se coloca una capa eléctricamente no conductora, llamada dieléctrico. El tipo de dieléctrico más importante es el dióxido de silicio, que se "cultiva" exponiendo la oblea de silicio a una atmósfera de oxígeno en un horno a unos 1.000 °C. El oxígeno se combina con el silicio para formar una delgada capa de óxido de unos 75 angstroms de espesor (un ángstrom es una diezmilmillonésima de metro).

Casi todas las capas que se depositan sobre la oblea deben corresponder con la forma y disposición de los transistores y otros elementos electrónicos. Generalmente esto se logra mediante un proceso llamado fotolitografía, que equivale a convertir la oblea en un trozo de película fotográfica y proyectar sobre la misma una imagen del circuito deseado. Para ello se deposita sobre la superficie de la oblea una capa fotosensible cuyas propiedades cambian al ser expuesta a la luz. Los detalles del circuito pueden llegar a tener un tamaño de sólo 0,25 micras.

Como la longitud de onda más corta de la luz visible es de unas 0,5 micras, es necesario emplear luz ultravioleta de baja longitud de onda para resolver los detalles más pequeños. Después de proyectar el circuito sobre la capa fotorresistente y revelar la misma, la oblea se graba: esto es, se elimina la parte de la oblea no protegida por la imagen grabada del circuito mediante productos químicos (un proceso conocido como

grabado húmedo) o exponiéndola a un gas corrosivo llamado plasma en una cámara de vacío especial.

En el siguiente paso del proceso, la implantación iónica, se introducen en el silicio impurezas como boro o fósforo para alterar su conductividad. Esto se logra ionizando los átomos de boro o de fósforo (quitándoles uno o dos electrones) y lanzándolos contra la oblea a elevadas energías mediante un implantador iónico. Los iones quedan incrustados en la superficie de la oblea.

En el último paso del proceso, las capas o películas de material empleadas para fabricar un microprocesador se depositan mediante el bombardeo atómico en un plasma, la evaporación (en la que el material se funde y posteriormente se evapora para cubrir la oblea) o la deposición de vapor químico, en la que el material se condensa a partir de un gas a baja presión o a presión atmosférica. En todos los casos, la película debe ser de gran pureza, y su espesor debe controlarse con una precisión de una fracción de micra.

Los detalles de un microprocesador son tan pequeños y precisos que una única mota de polvo puede destruir todo un grupo de circuitos. Las salas empleadas para la fabricación de microprocesadores se denominan salas limpias, porque el aire de las mismas se somete a un filtrado exhaustivo y está prácticamente libre de polvo. Las salas limpias más puras de la actualidad se denominan de clase 1. La cifra indica el número máximo de partículas mayores de 0,12 micras que puede haber en un pie cúbico de aire (0,028 metros cúbicos). Como comparación, un hogar normal sería de clase 1 millón.



Procesadores actuales de Intel y AMD respectivamente.