

DECONSTRUIDO: Los Semiconductores y Otros Secretos de la Tecnología Cotidiana, presentado por Micron

¡Bienvenidos!

Esta exhibición está diseñada para guiarte a través del mundo escondido de los **microchips**.

Cada chip empieza con una oblea hecha de un material **semiconductor** (usualmente de silicio). Capa por capa, herramientas y sustancias químicas especializadas incrustan circuitos electrónicos pequeños en la oblea, dándole al chip su otro nombre: **el circuito integrado**.

Se producen los chips de maneras diferentes dependiendo de la tarea que va a realizar, pero esta exhibición se centra en uno de los tipos más comunes: **la memoria y capacidad de información**. Los chips que *guardan* información son tan comunes como los que *procesan* información para hacer tareas de computación. (Muchas personas se refieren a ellos como los “cerebros” del aparato electrónico.) Otros tipos, como los chips para aplicaciones específicas, son diseñados para una sola tarea repetitiva, como escanear códigos de barra.

Aprende más de cómo se fabrican **los chips de memoria**, y cómo se utilizan en los varios aparatos electrónicos que influyen en nuestras vidas, hogares, negocios, y más en

¡Deconstruido!

Agradecimientos especiales a: Computer History Museum (*California, USA*)

Exhibits & More

FASTSIGNS de Syracuse

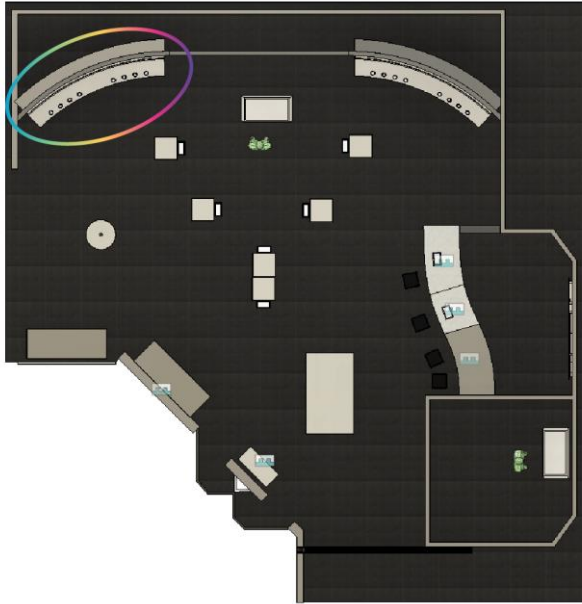
Gaylord Archival

Joshua Baumgarten, *Traductor de la exhibición*

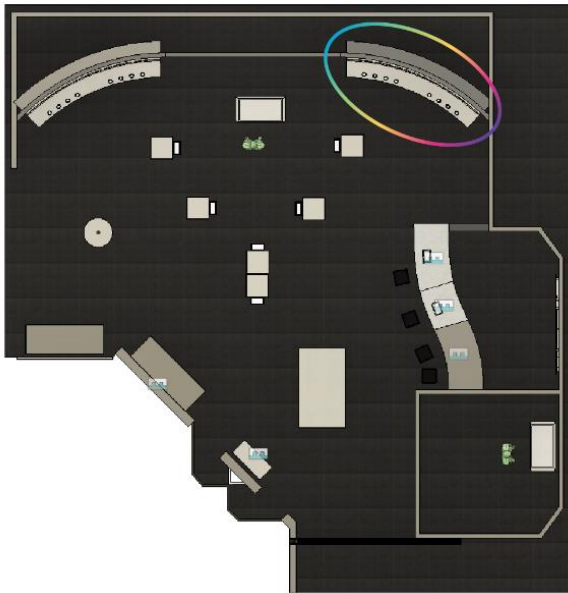
Miembros del CNY Exhibit Advisory Group

WCNY & the Reading Buddies

TRADUCCIÓN POR SECCIÓN



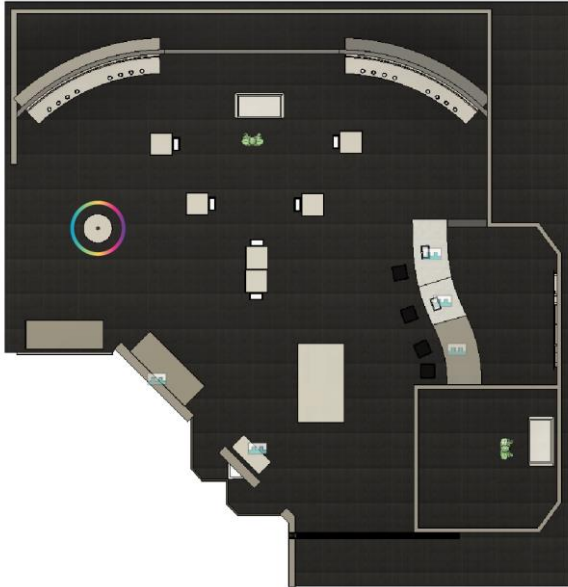
[TRADUCCIÓN AQUÍ](#)



[TRADUCCIÓN AQUÍ](#)



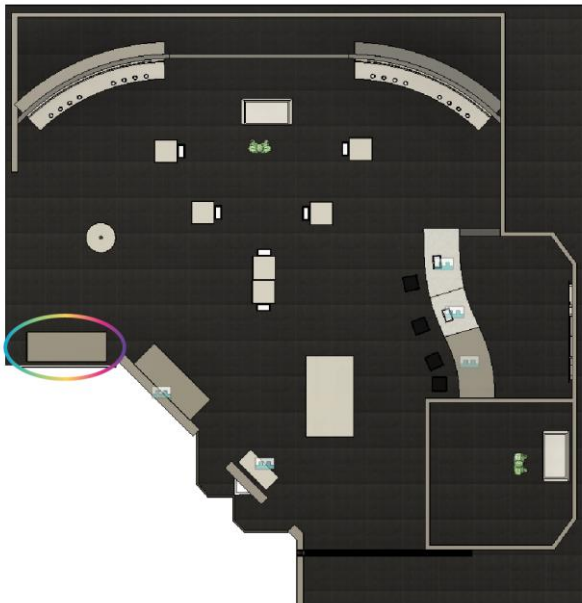
[TRADUCCIÓN AQUÍ](#)



[TRADUCCIÓN AQUÍ](#)

CARTELES CIRCULARES EN
EL ÁREA DE HABILIDADES

[TRADUCCIÓN AQUÍ](#)



[TRADUCCIÓN AQUÍ](#)

[EN MARCOS A LA IZQUIERDA]

Los primeros chips de RAM y el primer chip de DRAM comercial

Intel 1104, lanzado en 1970

Desde 1960, constantemente se han desarrollado nuevos tipos de transistores y chips. Los primeros chips almacenaban memoria en circuitos **biestables** (circuitos de **flip-flop**) que requerían muchos componentes. El primer chip de **memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM)**, lanzado comercialmente por primera vez en 1970, fue algo diferente.

Para almacenar información, los chips de DRAM utilizaban un solo condensador de capacidad, no un circuito de flip-flop. ¡Ahora, más memoria podía caber en un solo chip! El bajo costo y alta capacidad del chip de DRAM desencadenó un auge de la industria de la microelectrónica.

CRÉDITO: CHIPSCAPES - STEPHEN A. EMERY, JR.

MANTENIMIENTO DE LA MEMORIA

Durante miles de años, los humanos han desarrollado herramientas para recordar y manejar información. En todo el mundo, arqueólogos han descubierto dispositivos utilizados para recordar eventos, gestionar deudas, seguir calendarios, y más. Contar cuentos oralmente fue - y todavía es - una manera importante de conservar conocimiento sobre creencias, prácticas, y el pasado para muchas comunidades. ¡El chip de la computadora en un nuevo capítulo poderoso de esta historia extensa de los aparatos de memoria!

El bardo celta

Irlanda

Igual a varias culturas, el pueblo celta de Escocia, Irlanda, y Gales ha mantenido fuertes tradiciones de narración oral. Desde los cuentos de valentía en las batallas hasta las historias familiares, **los bardos** eran los guardianes de la memoria, capaces de retener y transmitir grandes cantidades de información mediante la poesía y el canto. En esta imagen, el bardo está de pie en la esquina inferior derecha, acompañado por un arpista (sentado).

CRÉDITO: GRABADO DE LA IMAGEN DE IRLANDA - JOHN DERRICK 1581 (ALAMY)

La rama de cómputo

Hampshire, Inglaterra

Como el recibo hoy, las ramas de cómputo se utilizaban en Europa medieval para llevar un registro de deudas y pagos. Ramas similares, algunas más viejas, han sido descubiertas en otras regiones del mundo. Los investigadores siguen explorando los posibles usos para contar, monitorizar, y gestionar varios tipos de información.

CRÉDITO: "TALLY STICKS" - MUSEOS DEL AYUNTAMIENTO DE WINCHESTER (CC BY-SA 2.0)

Quipu (Khipu)

Lima, Perú

Durante miles de años, los Incas de Sudamérica utilizaron un sistema de cuerdas anudadas para contar y mantener registros. Una colección de estas cuerdas se llama un **Quipu**, una palabra que quiere decir 'nudo' en Quechua, un idioma de los Andes Peruanas. Cuerdas anudadas similares fueron utilizadas para mantener información en Tíbet, China, Japón, y otros lugares.

CRÉDITO: "INCA QUIPU" - CLAUS/ABLEITER/MUSEO LARCO, LIMA (CC BY-SA 3.0)

Los cinturones Wampum

América del Norte

Cinturones hechos de cuentas de concha, llamados wampum, fueron utilizados por los nativos americanos en la parte noroeste del continente para recordar información. En cada cinturón, el patrón de las cuentas cuenta una historia – desde el registro de un tratado importante o periodos de adversidad hasta la simbolización de valores y estilos de vida. También, los Wampum sirvieron como símbolos de estatus, regalos, o ayuda para recordar cuentos. La llegada de los colonizadores europeos a América del Norte les dio a los Wampum un nuevo papel como moneda, pero su significado cultural sigue viviendo para las comunidades indígenas y los artistas en la actualidad.

CRÉDITO: REPLICA WAMPUM BELT, 2023 - ARTISTA: TONY GONYEA (ONONDAGA, BEAVER CLAN)

TUBOS A TRANSISTORES

Antes del año 1950, los dispositivos electrónicos solían depender de **los tubos de vacío**. Un tubo de vacío funcionaba como una bombilla incandescente con algunos cables adicionales en su interior. Estos cables adicionales permitían que el tubo de vacío **amplificara señales de radio**. Por eso, los tubos de vacío eran más útiles para audífonos, radios, y televisores.

Más importante para el futuro de las computadoras, un tubo de vacío también podía **encenderse y apagarse** – ¡hasta 10.000 veces por segundo! La capacidad de funcionar como un interruptor significó que los ingenieros podían utilizar los tubos de vacío para calcular y guardar información con señales eléctricas (ENCENDIDO y APAGADO).

El uso de tubos de vacío como interruptores tenía algunas desventajas serias. Consumían mucha energía, emitía calor, y atraía insectos. Los tubos también eran grandes y frágiles, y los empleados frecuentemente tenían que reemplazarlos cuando se rompían o dejaban de funcionar.

A la derecha: El tipo de tubos de vacío utilizado en radios a lo largo del siglo XX.

A finales de los años 1940, los investigadores de Bell Labs inventaron un nuevo tipo de interruptor que cambió al mundo de los dispositivos electrónicos: **el transistor**. Un transistor podía encenderse y apagarse, al igual que un tubo de vacío, pero con mayor rapidez – y sin un tubo de vidrio frágil. También, los transistores requerían menos energía, emitían menos calor, y eran más pequeños que los tubos de vacío.

Los transistores se consideran **dispositivos de estado sólido** porque están hechos con materiales semiconductores en lugar de tubos o componentes que se mueven. Los semiconductores no conducen bien la electricidad, pero mediante técnicas especiales, se puede permitir que fluya más electricidad a través de ellos. Un transistor está hecho de varias capas de materiales semiconductores, y cada una es tratada utilizando estas técnicas. Este sándwich de semiconductores permite que la electricidad fluya solamente cuando hay una corriente en ciertos lugares. Ahora, el transistor puede funcionar como un interruptor– ¡puede encenderse o apagarse!

Arriba: Algunos de los primeros semiconductores se construían con el material semiconductor germanio. El primer transistor de silicio (Fairchild 2N1613) se lanzó en 1960. Hoy en día, el silicio es el material principal de los semiconductores en la industria de la microelectrónica.

Antes del chip de la computadora, una forma común de memoria era **la memoria de núcleos**. Hechos de pequeños imanes enhebrados con cables, los dispositivos de núcleos utilizaban campos magnéticos para orientar los imanes en una dirección para representar ENCENDIDO, y en otra dirección para representar APAGADO.

La memoria de núcleos ya era común en los años 1970, ¡pero enhebrar miles de imanes pequeños con cables pequeños era difícil! El proceso requería mucho tiempo y trabajadores cualificados que pudieron tejer o coser. Aumentar la capacidad de memoria en un núcleo era un proceso limitado debido a que los componentes necesitaban ser bastante grandes para ser montados a mano.

A LA IZQUIERDA EN LA PARTE SUPERIOR: Una de las varias mujeres contratadas para hacer la tarea meticulosa de enhebrar los imanes en el cable pequeño.

CRÉDITO: RAYTHEON CORPORATION (REPRODUCIDO CON PERMISO)

A LA IZQUIERDA EN EL CENTRO: Una vista detallada de los imanes y cables pequeños en un núcleo.

CRÉDITO: DENNIS VAN ZUIJLEKOM (CC BY-SA 2.0)

A LA IZQUIERDA EN LA PARTE INFERIOR: Ejemplo de un plano de memoria de núcleos de uno de los primeros aparatos de grabación.

Las tarjetas perforadas de IBM

c. 1960s–70s

Muchas de las primeras computadoras dependían de un sistema de tarjetas perforadas que originalmente se utilizaba en máquinas de tejer automáticas. Los programas informáticos e información se escribían en las tarjetas perforando el papel, como si fuera un código. Luego, la tarjeta perforada se insertaba en un lector que convertía el patrón en señales de ENCENDIDO (agujero) y APAGADO (sin agujero) que la computadora podía procesar. Sin embargo, pronto se necesitó una solución nueva – ¡ya que 5 megabytes de información podían requerir más de 60,000 tarjetas!

Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC)/Computador e Integrador Numérico Electrónico

c. 1947–55

En los años 1940, las limitaciones del tubo de vacío afectaron a una de las primeras computadoras, el ENIAC. Aunque podía multiplicar cientos de números por segundo, ENIAC estaba limitado por la frecuencia con la que sus 18,000 tubos de vacío se consumían. También pesaba 30 toneladas y ocupaba un sala entera en la Universidad de Pensilvania – aproximadamente 1500 pies cuadrados (aprox. 1394 metros cuadrados).

CRÉDITO: EJÉRCITO DE EEUU

La radio de transistores

c. 1970s

Los transistores podían amplificar señales de radio, por lo que las radios fueron algunos de los primeros dispositivos de consumo que los utilizaron. Los transistores eran más pequeños y consumían menos energía en comparación con los tubos de vacío que se utilizaban en la mayoría de las radios de esa época. Esto significaba que las radios con transistores podían ser más portátiles. La portabilidad y otros factores contribuyeron a la disminución de las radios con tubos, lo que comenzó en los años 1960.

EN PRÉSTAMO PERMANENTEMENTE DE LA COLECCIÓN DEL SR. CHRISTOPHER PERRINE.

El éxito del transistor demostró que los materiales semiconductores podrían utilizarse para fabricar componentes de circuito más pequeños. Los ingenieros se preguntaban, ¿podrían fabricarse los otros componentes de un circuito a partir de un semiconductor como el silicio? ¿Y si *toda* la circuitería fue esculpida en un solo trozo de silicio?

La resolución de esta pregunta fue el invento del **circuito integrado**, también conocido como un **chip**. Antes de esto, se utilizaban materiales diferentes para fabricar cada componente de un circuito separadamente. Para hacer un circuito, esos componentes necesitaban ser montados a mano. En un chip, todos los componentes y rutas del circuito se esculpían en un solo trozo de material semiconductor (el silicio). El resultado fue un chip más pequeño que cualquier circuito existente.

Sin embargo, los primeros chips hacían caber a unos pocos transistores, y fabricarlos era un reto. Hoy, un chip puede contener millones, y aún mil millones de transistores, con más de billón de chips fabricados cada año. Lograr esta escala de fabricación significó que los transistores tuvieron que encogerse aún más, expandiendo los límites de la ciencia y de las técnicas de fabricación ya conocidas.

¡Puedes aprender más del proceso de fabricación de los chips en Chip Chemistry!

Jack Kilby y colegas en Texas Instruments

c. 1960s

Jack Kilby ganó el Premio Nobel de Física en 2000 por su desarrollo del **circuito integrado** (también conocido como el "chip"). Durante el mismo periodo en el que Kirby desarrolló el chip, otros ingenieros y físicos, como Robert Noyce, estaban trabajando en otros laboratorios, haciendo descubrimientos coincidentes. Kilby y su equipo también crearon

un prototipo de una de las primeras aplicaciones más famosas del chip: la calculadora de bolsillo.

DE IZQUIERDA A LA DERECHA: De pie – Charles Phipps, Joe Weaver; Sentado – James R Biard, Jack Kilby, James Fischert

La Ley de Moore

Gordon Moore, quien co-fundó Fairchild e Intel – algunas de las primeras compañías de chips – publicó un artículo en 1965 que se trató de la rapidez del desarrollo de los chips. Sus ideas fueron discutidas y se convirtieron en la Ley de Moore, una predicción: *que cada 18 meses, el número de transistores que podrían caber en un chip duplicaría mientras el precio reduciría.*

La predicción de que las compañías de chips encontrarían maneras de hacer caber a más transistores en un chip con menos costos resultó ser sorprendentemente precisa.

¡Puedes aprender más de cómo los fabricantes de chips utilizan soluciones creativas para avanzar la tecnología de chips en *New & Next!*

Mujeres navajo en la inauguración de la instalación en Shiprock

c. 1965

Desde 1965 hasta 1975, Fairchild Semiconductor, un líder en la industria de chips de la mitad del siglo XX, operó una instalación de fabricación en Shiprock, NM que empleaba a cientos de mujeres navajo.

Durante esta época, las mujeres – especialmente las mujeres de color (inmigrantes y nativas americanas) – ganaban menos que los hombres. Contratar a estas mujeres atraía a las compañías que intentaban sobrevivir una costosa carrera de producir chips con componentes más pequeños y fiables.

CRÉDITO: MUSEO DE LA HISTORIA DE COMPUTADORAS, CA, USA (REPRODUCIDO CON PERMISO)

Obleas de silicio

c. 1970

Para producir un chip, los circuitos que almacenan la memoria se incrustan en obleas redondas de silicio. Luego, las obleas se dividen en chips individuales, o **dados**. En aumentos bajos, se puede ver la circuitería incrustada en las obleas sin cortar. Los chips de hoy contienen millones y aún mil millones de componentes del circuito que se miden apenas algunos nanómetros de ancho.

Las primeras tarjetas de memoria flash (capacidad de 4 MB)

c 1980s–90s

Los investigadores de esta época no se limitaban con la búsqueda de maneras de fabricar circuitos más pequeños en chips. Otro desafío de la ingeniería era que los chips de memoria solo podían guardar información cuando estaban recibiendo una carga. Inventada en Japón en 1981, la memoria flash resolvió este problema. ¡Este es el tipo de memoria que tú puedes utilizar hoy en forma de memoria USB o una tarjeta de memoria de una cámara!

¡Puedes aprender más de la capacidad de memoria temporaria y permanente en *Inside a Chip!*

La tecnología de los chips sigue avanzando para cumplir con las necesidades de los aparatos electrónicos más nuevos y complejos. Los fabricantes de chips constantemente buscan maneras de producir chips que puedan **guardar más información, usar menos energía, funcionar más rápidamente, y ser más baratos.**

Para lograr estas metas, se requiere una investigación extensa e ingeniería creativa. Los dispositivos de **memoria flash**, por ejemplo, tenían la capacidad limitada al ser inventados. En los años 2000, los fabricantes comenzaron a apilar capas de memoria, una encima de otra. Este nuevo método de capacidad en 3D seguía desarrollándose, y los dispositivos de memoria flash de hoy en día pueden contener más de 200 capas – y este número sigue creciendo.

Middle Left

Los sistemas electrónicos orgánicos

Investigadores trabajan no solo para fabricar sistemas electrónicos más poderosos y eficientes, sino también para adaptarlos a situaciones nuevas. Una área de desarrollo principal incluye el uso de **materiales orgánicos** como semiconductores. Estos materiales, como los polímeros o moléculas con carbono, pueden ser utilizadas para fabricar varios componentes, incluso transistores, pilas solares, diodos electroluminiscentes.

Los materiales orgánicos suelen ser más accesibles y económicos, y pueden ser diseñados para biodegradarse una vez que dejan de funcionar. Esto ayudaría a reducir las millones de toneladas de desechos tecnológicos producidos en el mundo cada año.

Otro beneficio principal de los materiales orgánicos es la **flexibilidad** física. Componentes flexibles son útiles para los productos de consumo como pantallas curvas, celulares plegables, o biosensores portátiles que se amoldan a la forma del cuerpo. Aparatos electrónicos orgánicos están expandiendo los límites de lo que pensamos posible – ¡un pliegue a la vez!

Bottom Left

Los transistores 3D

Fabricar transistores más pequeños es clave para fabricar chips más poderosos. (¡Cuando hay más transistores en un chip, este chip tendrá una mejor capacidad de memoria!) Sin embargo, cuanto más pequeño el chip, más difícil controlarlo. Para resolver este problema, investigadores exploran diseños nuevos para transistores. Hasta los años 1980, el transistor estándar se llamaba un transistor plano porque todos sus componentes se ubicaban en la misma superficie plana. En los años 1990, nuevos diseños llevaron los transistores al siguiente nivel – literalmente – con la adición de una aleta tridimensional. Esta **FinFET** proporcionó un mejor control y redujo las pérdidas electrónicas. Otros tipos de transistores 3D han surgido, como el Transistor **Gate-All-Around**, y hay aún más en camino.

Bottom Middle

¿El ADN podría ser el futuro del almacenamiento de información?

Bottom Right

Hacer zoom en un chip

Los transistores en chips fabricados hoy pueden tener un espesor de apenas unos pocos nanómetros. Este video combina imágenes de un chip capturadas por microscopios cada vez más potentes, permitiendo una vista a la escala nanométrica de los transistores actuales.

CIENCIA DE LOS SEMICONDUCTORES

Estructura atómica de conductores, aisladores, y semiconductores.

CONDUCTORES

1 a 3 electrones valencias

AISLADOR

Capa completa de electrones valencias

SEMICONDUCTORES

4 electrones valencias

Un **conductor** es un material, muchas veces hecho de metal, que conduce la electricidad.

Un **aislador** es un material que no conduce la electricidad.

Un **semiconductor** es un material que conduce algo de electricidad, pero no tanto como un conductor.

Los semiconductores son distintos de los conductores y aisladores porque tienen 4 electrones en su capa exterior (llamados **electrones de valencias**). Científicos comenzaron a descubrir, probar, y explorar los materiales semiconductores en el siglo XIX. Su funcionamiento único no fue completamente explicado hasta los años 1930, después de décadas de teorizar y experimentar.

Sulfuro de plata

Conocido por su trabajo en química y electromagnetismo, Michael Faraday fue el primer científico que anotó las propiedades únicas de lo que hoy día se llaman los semiconductores. En sus experimentos con sulfuro de plata, un compuesto de plata y azufre, él se dio cuenta de que mejora la conducción de electricidad con el calor.

Hoy día, el sulfuro de plata se puede encontrar en esmaltes de cerámica, agentes antibacterianos, resistencias térmicas especiales, además de la mancha producida por la reacción entre objetos de plata y el aire.

Selenio

Como con el sulfuro de plata, propiedades inusuales del selenio fueron registradas en el siglo XVIII. Sin embargo, la conductividad del selenio aumentaba con la luz (no con el

calor). Hoy día, la mayoría del selenio en los semiconductores ha sido reemplazada por el silicio, pero el selenio todavía se utiliza en la producción de vidrio, arte, y ciertos tipos de sensores.

Galena (sulfuro de plomo)

En los años 1870, el científico alemán Ferdinand Braun descubrió una propiedad única de cristales de galena: funcionaban como conductores en una dirección, ¡pero no en la otra! Estas primeras observaciones de lo que hoy día se llama el **efecto rectificador** fueron un paso crucial del desarrollo de **diodos** que podían controlar y cambiar corrientes eléctricas. Aunque los cristales de galena se usaban en aparatos como las “radios de cristal” a principios del siglo XX, la mayoría de la galena ha sido reemplazada por el silicio en los aparatos electrónicos de hoy.

Sulfuro de cobre

En 1926, el científico polaco-americano Julius Lilienfeld presentó una patente de un aparato que se convirtió en la base del **transistor de efecto de campo**, una pieza fundamental de los chips. La patente de Lilienfeld sugería una manera de utilizar el sulfuro de cobre para controlar y amplificar corrientes eléctricas, pero no hay registro que indique que el aparato fue construido.

Germanio

Mientras se comprendía mejor el funcionamiento de semiconductores, científicos e ingenieros de los años 1940 exploraban nuevos materiales semiconductores y sus diversas aplicaciones. La necesidad de sistemas de radar más avanzados durante la Segunda Guerra Mundial, por ejemplo, impulsó la investigación de nuevos materiales semiconductores. En 1947 se utilizó el germanio para crear el primer **transistor** funcional, y poco después, surgieron radios de transistores muy populares. El germanio tenía una debilidad clave: no resistía bien el calor. Otro material semiconductor llamado silicio sí podía soportar el calor, pero trabajar con él era más complicado. Esto implicaba que el desarrollo de transistores de silicio llevaba más tiempo, pero a finales de los años 1950, el silicio era (y todavía es) el material semiconductor principal utilizado en los dispositivos electrónicos.

Sería difícil imaginar la vida humana sin el **silicio**. Durante miles de años, este material versátil se ha utilizado en diversas aplicaciones – desde cuentas y materiales de construcción hasta cristalería y cerámica. Algunas de las primeras herramientas de la humanidad fueron los pedernales hechos de sílice, y una de las herramientas más poderosas hoy – el **chip de la computadora** – se inicia con la sílice encontrada en la arena.

A pesar de ser uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, pocas veces se puede encontrar el silicio en su forma pura. Los fabricantes de chips necesitan purificar el silicio de **arena** (sílice, o dióxido de silicio) antes de dividirlo en obleas. Luego, se incrustan pequeños circuitos en las obleas, que luego se cortan (en **dados**) en ‘chips’ individuales.

A. Las pajitas, fundas de celulares, & utensilios de cocina

Silicona (polímero derivado del silicio)

B. La arena

Dióxido de silicio (sílice)

C. Los selladores

Silicona (polímero derivado del silicio)

D. El agua de silicio

Silicio puro (purificado de arena de sílice)

E. El cuarzo

Dióxido de silicio (sílice)

F. El silicio de alta pureza

G. El granito

Dióxido de silicio (sílice)

H. El gel de sílice

Forma porosa del dióxido de silicio (sílice)

Para crear y conectar los circuitos de un chip de silicio, algunas partes del chip necesitan conducir la electricidad mejor que otras. Siendo un material semiconductor, el silicio generalmente no conduce la electricidad bien – pero con un poco de ayuda, ¡sí puede hacerlo! Mediante un proceso llamado **doping**, los fabricantes de chips incorporan elementos como el boro o el fósforo en partes específicas de un chip hecho de silicio puro. Este proceso permite que las partes con doping conduzcan la electricidad mejor que las partes sin doping, y que se sirvan de base para la creación de vías eléctricas complejas (circuitos) dentro del chip.

El proceso de doping se llama **tipo-P** o **tipo-N**, dependiendo de qué elementos (llamados impurezas o dopantes) son incorporados.

Tipo-N

La impureza que dona contribuye electrones libres.

Tipo-P

La impureza que acepta crea un hueco.

Tipo-B

En el proceso de **doping de tipo-N**, los fabricantes de chips incorporan un elemento con *cinco* electrones en su capa exterior a un pedazo de silicio, que tiene *cuatro*. Cuando el silicio se vincula con uno de estos elementos, como el arsénico, ¡el electrón de valencia extra del arsénico queda sin pareja! Ese electrón puede moverse y conducir la electricidad, haciendo que la parte del silicio con arsénico sea más conductora que el silicio puro circundante.

A. El bismuto

B. El arsénico

C. El fósforo

D. El antimonio

Tipo-P

En el proceso de **doping de tipo-P**, los fabricantes de chips incorporan un elemento con *tres* electrones en su capa exterior a un pedazo de silicio, que tiene *cuatro*. Cuando el silicio se vincula con uno de estos elementos, como el boro, el electrón de valencia extra del silicio queda sin pareja. En lugar de una pareja, hay un hueco al que el electrón de valencia se mueve para llenar – ¡dejando otro hueco en el proceso! Otro electrón se

desplaza para llenar este nuevo hueco, y este proceso se repite. Esta corriente resultante del salto de electrones hace que la parte del silicio con boro sea más conductora que el silicio puro circundante.

A. El aluminio

B. El indio

C. El galio

D. El boro

Si millones de transistores pequeños y otros componentes de un circuito fueran fabricados por separado, sería imposible ensamblarlos en un chip de computadora. En cambio, los fabricantes de chips crean capas e incrustan los componentes de un circuito en uno solo trozo sólido de **silicio**.

Fabricar los chips de esta manera representa un desafío de ingeniería y requiere una amplia variedad de técnicas precisas, luces, y equipo. Algunas etapas del proceso requieren un ambiente estéril (o *cleanroom*), una área sellada donde los fabricantes de chips pueden controlar con precisión factores como el polvo, la temperatura, y otros elementos.

Aquí solo se exhiben algunas partes del proceso de la fabricación de chips (o *chip fab*) - ¡puedes aprender más visitando el simulador de la fabricación de chips semiconductores!

[Electromagnetic Waves Figure]

Radio Microonda Infrarrojo Visible Ultravioleta Ultravioleta Extrema Rayos X
Gamma

(6)

El proceso de **fotolitografía** se repite, capa tras capa, para fabricar todas las partes y vías del circuito necesarias. Técnicas especiales como **etching** y **doping** terminan el proceso, y las últimas capas de materiales de conexión se aplican. Finalmente, la oblea se divide en chips individuales, llamados **dados**.

¡Puedes aprender más del doping de semiconductores en el panel a la derecha!

(5)

Después de endurecerse más, sustancias químicas llamadas **reveladores** disuelven los materiales fotorresistentes sobrantes en la oblea.

(4)

Después de endurecerse en el horno, la oblea se expone a la **luz ultravioleta (UV)** – ¡o incluso a la luz ultravioleta extrema (UVE)! El material fotorresistente en la superficie de la oblea reacciona a la luz en las partes expuestas según el patrón de la máscara. Este endurece o ablanda estas partes para formar los componentes de un circuito.

(3)

Un filtro de vidrio con un patrón se coloca sobre la oblea. Este filtro se llama una **máscara** o **retículo**.

(2)

La superficie de la oblea está cubierta con una capa fina de un material susceptible a la luz, llamado un material **fotorresistente**.

(1)

En la **fotolitografía**, se utilizan luces y sustancias químicas especiales para fabricar millones de circuitos pequeños en una oblea de silicio, capa por capa. Para empezar, la oblea se limpia, se seca, y se prepara.

La tecnología de asistencia

Para 1954, casi todos los audífonos utilizaban los transistores. Un audífono también fue utilizado en la primera implementación comercial del circuito integrado (chip). Desde entonces, la eficiencia y el tamaño pequeño de los transistores y chips han transformado el campo de la tecnología de asistencia. Hoy en día, los dispositivos electrónicos, aplicaciones, y software no solo ayudan a las personas sordas o con discapacidades auditivas, sino también a personas con discapacidades visuales, problemas de movilidad, dificultades de aprendizaje, y más.

La consola de juegos

Chip de memoria: Guarda información usada para procesar tareas.

Disipador de calor: Absorbe el calor generado por la consola.

¿Puedes encontrar los componentes ilustrados? ¡Busca las pistas anaranjadas!

El aparato móvil

Chip de módem: Conecta un aparato a una red celular a través de señales radio.

Lector de huellas digitales: Lee la huella digital del usuario para abrir el aparato.

¿Puedes encontrar los componentes ilustrados? ¡Busca las pistas anaranjadas!

Los auriculares de la realidad virtual

Cámara: Captura los movimientos del usuario que interactúa con el mundo virtual.

Altavoz: Reproduce sonidos y música para que el usuario completamente se sumerja en el mundo virtual.

¿Puedes encontrar los componentes ilustrados? ¡Busca las pistas anaranjadas!

Un mercado para la memoria

Aunque los primeros clientes de los chips eran las agencias aeroespaciales y militares, los chips estaban disponibles para los consumidores en los años 1970 en productos como radios, calculadoras, y las primeras computadoras personales. Hoy en día, los chips de memoria se encuentran en una amplia variedad de dispositivos de consumo en el mercado.

¡Intenta esto!

Selecciona una ficha y ponla en un espacio libre en el cuadro. ¿Qué pasa cuando pones una ficha de boro (B) o una de fósforo (P)? ¿Cómo compara esto con lo que pasa cuando pones una ficha de silicio (Si)?

El silicio no conduce bien la electricidad simplemente porque es un material semiconductor. En un proceso llamado doping, los fabricantes de chips incrustan elementos como el boro y el fósforo en partes específicas de un pedazo de silicio. Como resultado, estas partes conducen la electricidad mejor que las áreas circundantes. Así, se construyen miles de circuitos pequeños en un solo chip de silicio.

¡Puedes aprender más visitando *Chip Chemistry*!

¿Cuáles son las habilidades de CTIM?

Hacer observaciones

Trabajar en equipo

Razonamiento analítico

Encontrar patrones

Resolución de problemas

Hacer preguntas

"Realmente fue la solución de problemas: identificaste el problema, trabajaste sobre 5 o 50 o 500 estrategias posibles, encontraste maneras de eludir los límites que la naturaleza había incorporado a los materiales y fuerzas, y perfeccionaste la una solución que funcionó."

– *T.R. REID, PERIODISTA QUE CUBRIÓ LOS MICROCHIPS EN LOS AÑOS 1980*

Simulador de la fabricación de chips semiconductores

Diseñado por Pine Grove Team 8 Orange, East Syracuse-Minoa School District

Profesores/Personal

Jason Fahy, Taylor Hartford, Kevin Michaud, Tina Oakley, Emily Spath

Estudiantes

Kate Callahan, Cerrah Colton, Connor Crofut, Aiden Gardner, Caitlin Gill, Carlie Gill, Carter Kiggins, Aubrey Mallof, Romelo Martin, Olivia Rodman, Callie Rodriguez, Elijah Suave, Gavin Schepp, y Alana Turbeville *con agradecimientos especiales a Dr. Donna Desiato*