

Universidad de La Habana
Facultad de Matemática y Computación



Transistor, microchip y microprocesador

Autores:

Javier E. Domínguez Hernández. C-412
David Orlando De Quesada Oliva. C-411

Fecha

20 de octubre de 2022

Resumen

Una síntesis de que personalidades participaron a lo largo de la historia en la creación del transistor, el microchip y el microprocesador, y como fue el camino para la invención de estos importantes componentes que forman parte no solo de la computadora actual, sino también de la gran mayoría de los dispositivos electrónicos que usamos en el día a día.

Abstract

A synthesis of which personalities participated throughout history in the creation of the transistor, the microchip and the microprocessor, and how was the path for the invention of these important components that are part not only of the current computer, but also the vast majority of electronic devices that we use on a daily basis.

Keywords: transistor, microchip, microprocesador, computación, descubrimiento, hardware

Índice general

1. El transistor	1
1.1. El surgimiento	2
1.2. Primeras aplicaciones	5
1.3. La transición hacia un semiconductor más conveniente: El silicio . . .	7
2. El microchip	9
3. El microprocesador	10
3.1. Surgimiento del microprocesador	11
3.1.1. Intel 4004	11
Bibliografía	12

Índice de figuras

1.1.	ENIAC primera computadora que utilizó los tubos de vacío	2
1.2.	<i>John Bardeen, William Shockley y Walter Brattain</i> , de izquierda a derecha en 1948.	4
1.3.	Réplica del primer transistor	4
1.4.	radio <i>Regency TR-1</i>	6
1.5.	transistor de silicio de <i>Texas Instruments</i> , anunciando su pequeño tamaño.	7
1.6.	Mineral de silicio	8

Capítulo 1

El transistor

Antes de la invención del primer transistor a finales de la década de 1930, ya existían dispositivos que cumplían la misma función que este pero con una menor eficiencia.

A finales del siglo XIX con el incipiente desarrollo de la tecnología de comunicación inalámbrica y la construcción de sistemas que utilizaran este método por la *compañía Marconi*, *Guglielmo Marconi* le asignó el cargo de consejero científico al físico inglés *John Ambrose Fleming*. *Marconi* necesitaba ayuda para mejorar el **detector**, que es el dispositivo que se encarga de extraer información de una corriente de radiofrecuencia modulada, y aunque ya él había desarrollado un **detector magnético**, este solo brindaba una señal de frecuencia de audio a un receptor de teléfono. Un **detector** confiable que pudiera guiar un instrumento de impresión era necesario. Fleming pudo desarrollar un **tubo al vacío** como resultado de su trabajo con **bombillas de efecto Edison**, a estas las denominó **válvulas de oscilación** ya que pasaba corriente en una sola dirección. Fleming presentó una patente para estos tubos, cedida a la *compañía Marconi* en el Reino Unido en noviembre de 1904 y esta se emitió en septiembre de 1905. Conocida más tarde como la **válvula Fleming**, la **válvula de oscilación** se desarrolló con el fin de rectificar la corriente de radiofrecuencia como componente detector de circuitos receptores de radio. [7]

En el propio siglo XIX ingenieros de telégrafos y teléfono habían reconocido la necesidad de incrementar la distancia que la señal pudiera ser transmitida. En 1906 *Robert Von Lieben* solicitó una patente para un **tubo de rayos catódicos** que usaba una bobina de deflexión magnética externa y estaba destinado a usarse como amplificador en equipos de telefonía. A *Lee de Forest* se le acredita la invención del tubo triodo en 1907, el cual tenía la capacidad de amplificar las señales, y que fue el primero de su tipo que tuvo uso práctico. Sin embargo estos **tubos de vacío** utilizados para amplificar la música y la voz que hicieron posibles las llamadas de larga distancia, creaban mucho calor y se quemaban muy rápido, requiriendo alto mantenimiento. [7,

6]

La **ENIAC** (*Electronic Numerical Integrator and Computer*) fue la primera computadora en usar los **tubos de vacío**, exactamente 18 000 de estos para poder funcionar, que hicieron que aquel dispositivo ocupara el tamaño de una habitación completa. Estos tubos permitían que las señales fueran enviadas y los cálculos realizados de forma más rápida a través del uso de conmutación eléctrica en vez de conmutación mecánica. Debido al enorme consumo de energía eléctrica de la **ENIAC**, muchas personas creyeron que esta se destruiría, sin embargo los **tubos de vacío** le permitieron soportar y funcionar. [4].

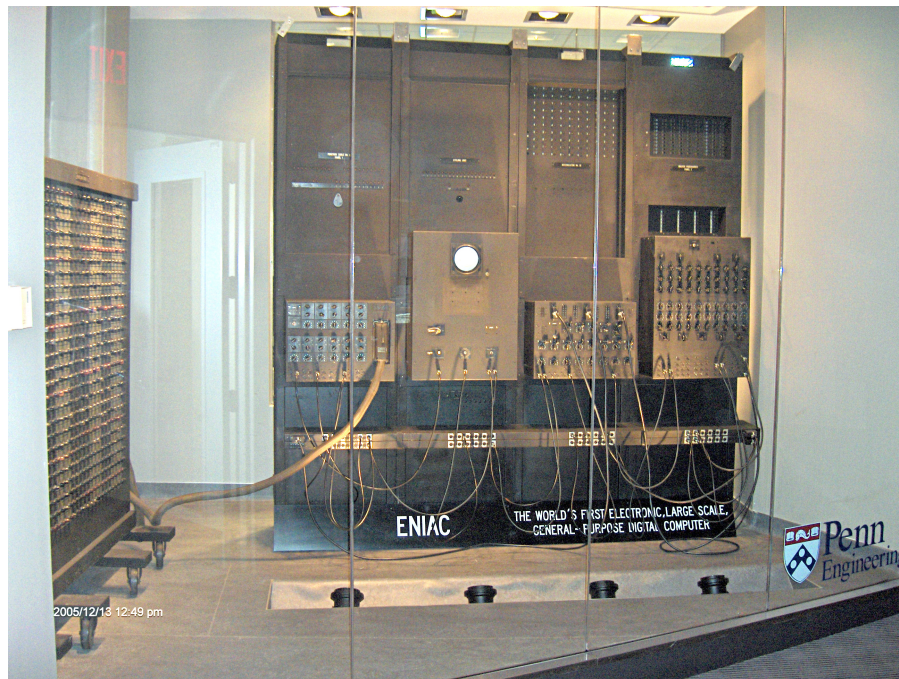


Figura 1.1: **ENIAC** primera computadora que utilizó los **tubos de vacío**.

1.1. El surgimiento

Debido a que las computadoras dependían de los **tubos de vacío** tan frágiles, grandes, costosos y con un consumo enorme de energía, solo las grandes compañías, los militares y las universidades con proyectos de investigación podían permitírselas. Por esta razón el inicio de la era digital, aquella donde los dispositivos electrónicos se convertirían en una parte indispensable en nuestro día a día, no ocurriría sino hasta

el martes 16 de diciembre de 1947. Ese día 2 científicos en los *laboratorios Bell* lograron armar un pequeño artilugio que habían inventado a partir de unas tiras de oro, papel de aluminio, un trozo de material semiconductor(**germanio**) y un sujetapapeles doblado, el cual movido a la perfección podía amplificar una corriente eléctrica y encenderla y apagarla.

Durante mucho tiempo hubo una persona encargada de encontrar un reemplazo para los **tubos de vacío**, un reemplazo menos costoso, más sólido y más barato, esa persona fue el físico experto en estado sólido *William Shockley*, graduado del **MIT**(*Massachusetts Institute of Technology*), quien fue contratado por *Mervin Kelly* jefe del departamento de **tubos al vacío** de los *laboratorios Bell* con este fin. Luego de 3 años a *Shockley* se le ocurrió que podría encontrar una solución utilizando materiales sólidos como el **silicio** en vez de los filamentos de una bombilla, “Se me ha ocurrido que es posible crear un amplificador utilizando semiconductores en vez del vacío”, escribió *Shockley*. Él parecía tener la capacidad de visualizar la teoría cuántica por cómo explicaba el movimiento de los electrones. Sus colegas decían que podía mirar material semiconductor y ver los electrones. Sin embargo, para transformar su intuición en un invento real, *Shockley* necesitaba un socio que fuera un hábil experimentador, y fue *Walter Brattain* quien disfrutaba creando dispositivos con semiconductores quien se unió a *Shockley* en su tarea. Lamentablemente sus ideas tuvieron que esperar pues recién comenzó la II Guerra Mundial, y no fue hasta casi 4 años después que regresaron a su trabajo en los laboratorios que retomaron su investigación, y fueron asignados a un grupo cuyo objetivo principal era encontrar el tan buscado reemplazo sólido para los **tubos de vacío** utilizando semiconductores. Esta vez decidieron incorporar al grupo un nuevo teórico además de *Shockley*, experto en teoría cuántica, *John Bardeen*, un niño genio que se había saltado tres grados en la escuela, *Bardeen* había trabajado durante su servicio en tiempos de guerra en la Artillería Naval y discutió el diseño de torpedos con nada más ni nada menos que *Albert Einstein*. Él era uno de los mejores expertos del mundo en el uso de la teoría cuántica para comprender cómo materiales conducen la electricidad, y tenía, según sus colegas, una “capacidad genuina para colaborar fácilmente con experimentadores y teóricos”. Así, ya se habían juntados los 3 hombres más importantes de este proyecto. [2]



Figura 1.2: *John Bardeen, William Shockley y Walter Brattain*, de izquierda a derecha en 1948.

Las más sorprendentes ideas provinieron de las interacciones entre ellos. "La cercana y constante colaboración entre experimentalistas y teóricos se extendió a través de todas las etapas de la investigación, desde la concepción del experimento hasta los análisis de los resultados", dijo *Bardeen*. Gracias a esta estrecha colaboración fue que el 16 de diciembre de 1947 lograron crear el primer **transistor** de la historia.



Figura 1.3: Réplica del primer **transistor**.

Los *laboratorios Bell* fueron el fruto de un inmenso trabajo y hasta cierto punto una apuesta de la **AT&T** (*American Telephone and Telegraph Company*) que a principios de 1907 pasaba por una grave crisis, y con la guía *Alexander Graham Bell*, *Theodore Vail* y el apoyo de la junta directiva lograron salvar a la empresa de la quiebra, y a la vez juntar un gran talento en este lugar, teóricos, científicos de materiales, metalúrgicos, ingenieros e incluso escaladores de postes de **AT&T**, y fueron 3 de estos talentosos expertos los que hicieron el descubrimiento, sin embargo la invención del **transistor** no fue el resultado del trabajo de solo ellos 3, fue la mezcla del conocimiento de diversos talentos presentes desde el inicio en los *laboratorios Bell*, e incluso antes. Como escribiera *William Shockley* "Son necesarios muchos hombres de varios campos de la ciencia, juntando su talento, para poder llevar a cabo toda la investigación necesaria para el desarrollo de un nuevo dispositivo". Tiempo después, los 3 descubridores serían galardonados con el *Premio Nobel* en física por sus investigaciones con semiconductores y su descubrimiento sobre el **transistor**. [1, 2]

1.2. Primeras aplicaciones

La primera línea de producción comercial de transistores del mundo se encontraba en la planta de *Western Electric* en *Union Boulevard* en *Allentown, Pensilvania*. La producción comenzó el 1 de octubre de 1951 con el **transistor de germanio de contacto puntual**. La primera aplicación comercial de transistores en telecomunicaciones fue en el otoño de 1952 en generadores de tonos para señalización multifrecuencia del sistema de conmutación de barra transversal No. 5 en la instalación de *Englewood, Nueva Jersey*, utilizada para la primera prueba de campo de marcación directa a distancia (DDD). Para 1953, el transistor se usaba en algunos productos, como audífonos y centrales telefónicas, pero aún había problemas importantes que impedían su aplicación más amplia, como la sensibilidad a la humedad y la fragilidad de los cables conectados a los cristales de **germanio**. [1]

En la primavera de 1952, *Pat Haggerty* el presidente de la compañía *Texas Instruments*, que recién había dejado el campo de la exploración de petróleo por los transistores pues su presidente estaba convencido de que cambiaría el mundo por completo, y creían que lograrían aprovechar este recién descubierto artilingio para su beneficio. El problema era que las personas en los *Laboratorios Bell* eran escépticos de si serían capaces de lograrlo, por lo que se negaban a darles una licencia para hacer uso de la nueva tecnología, al menos en un principio. Sin embargo, en la primavera de 1952 *Haggerty* logró convencerlos de que les vendieran una licencia para fabricar el **transistor**. Él también contrató a *Gordon Teal*, un investigador químico que trabajó en uno de los largos pasillos de los *Laboratorios Bell* cerca del equipo de semiconductores. *Teal* era un experto en la manipulación de **germanio**, pero cuando se unió a *Texas*

Instruments había cambiado su interés al **silicio**, un elemento más abundante que podía funcionar mejor a altas temperaturas. De esta forma en mayo de 1954, pudo fabricar un transistor de **silicio** que usaba la **unión n-p-n** arquitectura desarrollada por *Shockley*, lo que permitió, más adelante, reducir el precio de los transistores de \$16 a solo \$3, facilitando que el **transistor** pudiera llegar al mercado consumidor. Para junio de 1954 *Haggerty* había llegado a un acuerdo con una pequeña compañía de *Indianapolis* que fabriaba amplificadores para antenas, para juntos crear lo que llamarían el radio **Regency TR-1**, que salió a la venta por \$49.95. [2]



Figura 1.4: radio *Regency TR-1*.

1.3. La transición hacia un semiconductor más conveniente: El silicio

El **germanio** era difícil de purificar y tenía un rango de temperatura operativa limitado. Los científicos tenían la teoría de que el **silicio** sería más fácil de fabricar, pero pocos se molestaron en investigar esta posibilidad. *Morris Tanenbaum* y algunos colaboradores en los *Laboratorios Bell* fueron los primeros en desarrollar un **transistor** de **silicio** funcional el 26 de enero de 1954. Unos meses más tarde, *Gordon Teal*, trabajando de forma independiente en *Texas Instruments*, desarrolló un dispositivo similar.



Figura 1.5: **transistor** de **silicio** de *Texas Instruments*, anunciando su pequeño tamaño.

Ambos dispositivos se fabricaron controlando el dopaje de cristales de **silicio** individuales mientras crecían a partir de **silicio** fundido. *Morris Tanenbaum* y *Calvin S. Fuller* desarrollaron un método superior en los *Laboratorios Bell* a principios de 1955 mediante la difusión gaseosa de impurezas donantes y aceptadoras en chips de **silicio** monocristalinos.

Sin embargo, hasta finales de la década de 1950, el **germanio** siguió siendo el material semiconductor dominante para los transistores y otros dispositivos semiconductores. El **germanio** se consideró inicialmente el material semiconductor más eficaz, ya que podía demostrar un mejor rendimiento debido a una mayor movilidad de los portadores. La relativa falta de rendimiento en los primeros semiconductores de **silicio** se debió a que la conductividad eléctrica estaba limitada por estados superficiales cuánticos inestables, que impedían que la electricidad penetrara de manera confiable en la superficie para llegar a la capa de **silicio** semiconductor.



Figura 1.6: Mineral de silicio

En 1955, *Carl Frosch* y *Lincoln Derick* de *Bell Telephone Laboratories*(**BTL**) descubrieron accidentalmente que el dióxido de **silicio**(SiO_2) podía crecer sobre **silicio**. Demostraron que la capa de óxido evitaba que ciertos dopantes entraran en la oblea de **silicio**, mientras que permitía otros, descubriendo así el **efecto pasivante** de la oxidación en la superficie del semiconductor. En la década de 1950, *Mohamed Atalla*, retomó el trabajo de *Frosch* sobre la oxidación, investigó las propiedades superficiales de los semiconductores de **silicio** en los *Laboratorios Bell*, donde propuso un nuevo método de fabricación de dispositivos semiconductores, recubriendo una oblea de **silicio** con una capa aislante de óxido de **silicio** para que la electricidad podría penetrar de manera confiable en el **silicio** conductor que se encuentra debajo, superando los estados superficiales que impedían que la electricidad llegara a la capa semiconductor. Esto se conoce como **pasivación superficial**, un método que se volvió fundamental para la industria de los semiconductores, ya que más tarde hizo posible la producción en masa de circuitos integrados de **silicio**.

Capítulo 2

El microchip

Capítulo 3

El microprocesador

El microprocesador es un procesador de computadora, donde la lógica del procesamiento de datos y el control están incluidos en un solo circuito integrado, o en un pequeño número de circuitos integrados. El microprocesador contiene los circuitos aritméticos, lógicos y de control necesarios para realizar las funciones de la unidad central de procesamiento de una computadora. El circuito integrado es capaz de interpretar y ejecutar instrucciones de programa y realizar operaciones aritméticas. El microprocesador es un circuito integrado digital multipropósito, controlado por reloj y basado en registros que acepta datos binarios como entrada, los procesa de acuerdo con las instrucciones almacenadas en su memoria y proporciona resultados (también en forma binaria) como salida. Un microprocesador hipotético minimamente funcional podría incluir solo una **ALU**(*arithmetic logic unit*) y una sección lógica de control. La **ALU** realiza sumas, restas y operaciones como **AND** y **OR**. Cada operación de la **ALU** establece uno o más *flags* en un registro de estados, que indican los resultados de la última operación (por ejemplo, si el resultado es cero, si es negativo, si hay desbordamiento, etc.). La lógica de control recupera los código de instrucción desde la memoria e inicia la secuencia de operaciones necesarias para que la **ALU** lleve a cabo la instrucción[3].

Antes de los microprocesadores las computadoras pequeñas se construían utilizando *racks* de placas de circuito con muchos circuitos integrados de mediana y pequeña escala, generalmente del tipo **TTL**(*Transistor-Transistor Logic*) [5]. Los microprocesadores combinaron esto en uno o unos pocos circuitos integrados a gran escala.

El incremento continuo de las capacidades de los microprocesadores desde que se empezaron a fabricar ha dejado otras formas de computadoras casi completamente obsoletas, con uno o más microprocesadores usados en todo desde pequeños sistemas embebidos y dispositivos portátiles hasta los enormes *mainframes* y las supercomputadoras

3.1. Surgimiento del microprocesador

Las invenciones a veces ocurren cuando las personas se enfrentan a un problema y luchan por resolverlo. En otras ocasiones, suceden cuando las personas adoptan una meta visionaria. La historia de cómo Ted Hoff y su equipo de Intel inventaron el microprocesador es un caso de ambos [2]. Hoff, que había sido un joven profesor en Stanford, se convirtió en el duodécimo empleado de Intel, donde fue asignado para trabajar en el diseño de chips. Se dio cuenta de que era un desperdicio y poco elegante diseñar muchos tipos de microchips que cada uno tuviera una función diferente, lo que Intel estaba haciendo. Llegaría una empresa y le pediría que construyera un microchip diseñado para realizar una tarea específica. Hoff imaginó, al igual que Noyce y otros, un enfoque alternativo: crear un chip de propósito general que pudiera ser instruido o programado para realizar una variedad de aplicaciones diferentes según se desee. En otras palabras, una computadora de propósito general en un chip.

3.1.1. Intel 4004

Bibliografía

- [1] *History of the transistor*. Oct. de 2022. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_transistor#Origins_of_transistor_concept (vid. pág. 5).
- [2] Walter Isaacson. *The innovators: How a group of hackers, Geniuses, and geeks created the Digital Revolution*. Simon & Schuster, 2014 (vid. págs. 3, 5, 6, 11).
- [3] *Microprocesador*. Oct. de 2022. URL: <https://es.wikipedia.org/wiki/Microprocesador> (vid. pág. 10).
- [4] Lisa Richards. «The Vacuum Tube in computer history». En: *The History of Vacuum Tubes in Computer History* (sep. de 2022). URL: <https://www.mapcon.com/us-en/the-vacuum-tube-in-computer-history> (vid. pág. 2).
- [5] *Transistor–transistor logic*. Mayo de 2022. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor%E2%80%93transistor_logic (vid. pág. 10).
- [6] *Triode*. Ago. de 2022. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Triode> (vid. pág. 2).
- [7] *Vacuum tube*. Sep. de 2022. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum_tube (vid. pág. 1).