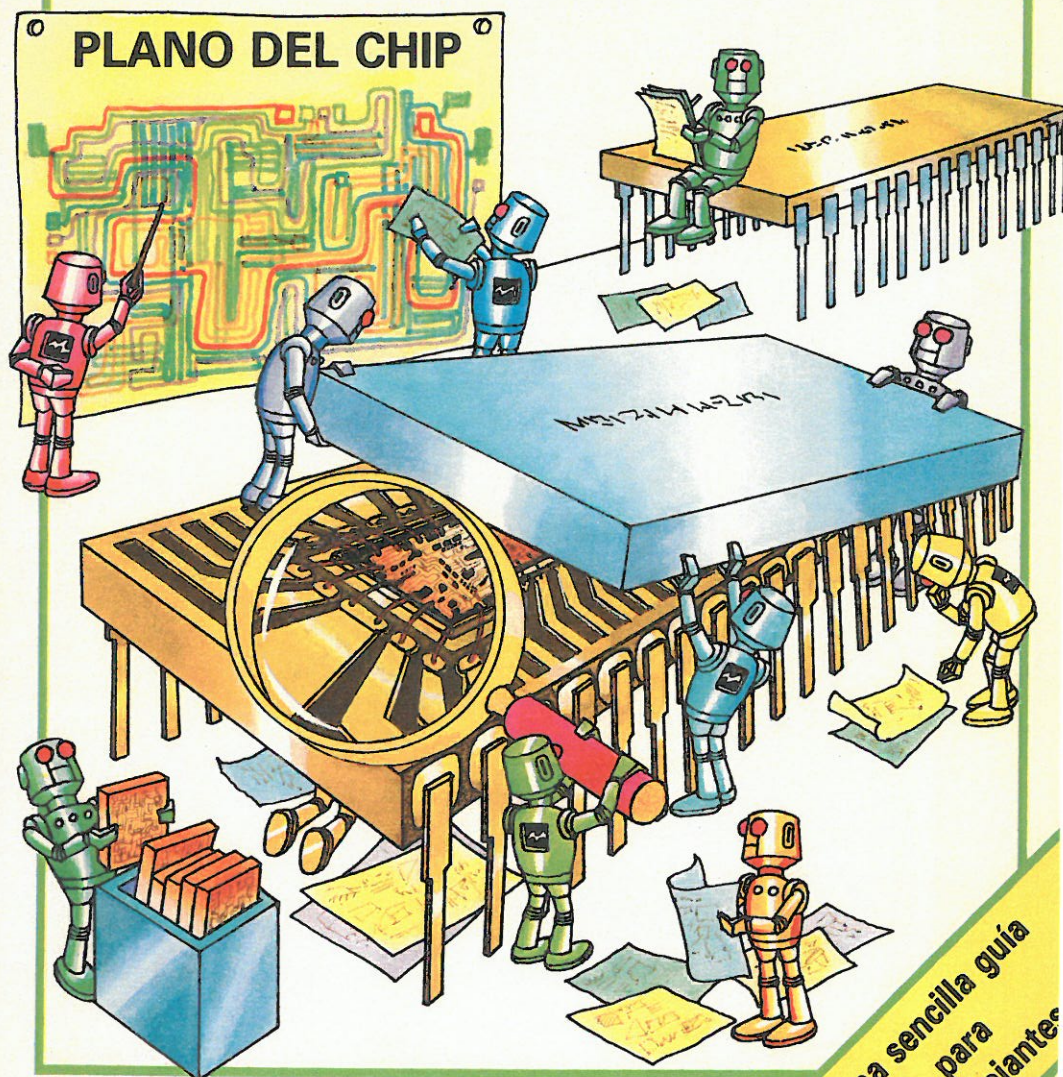


Colección Electrónica

EL CHIP

Qué es y qué puede hacer



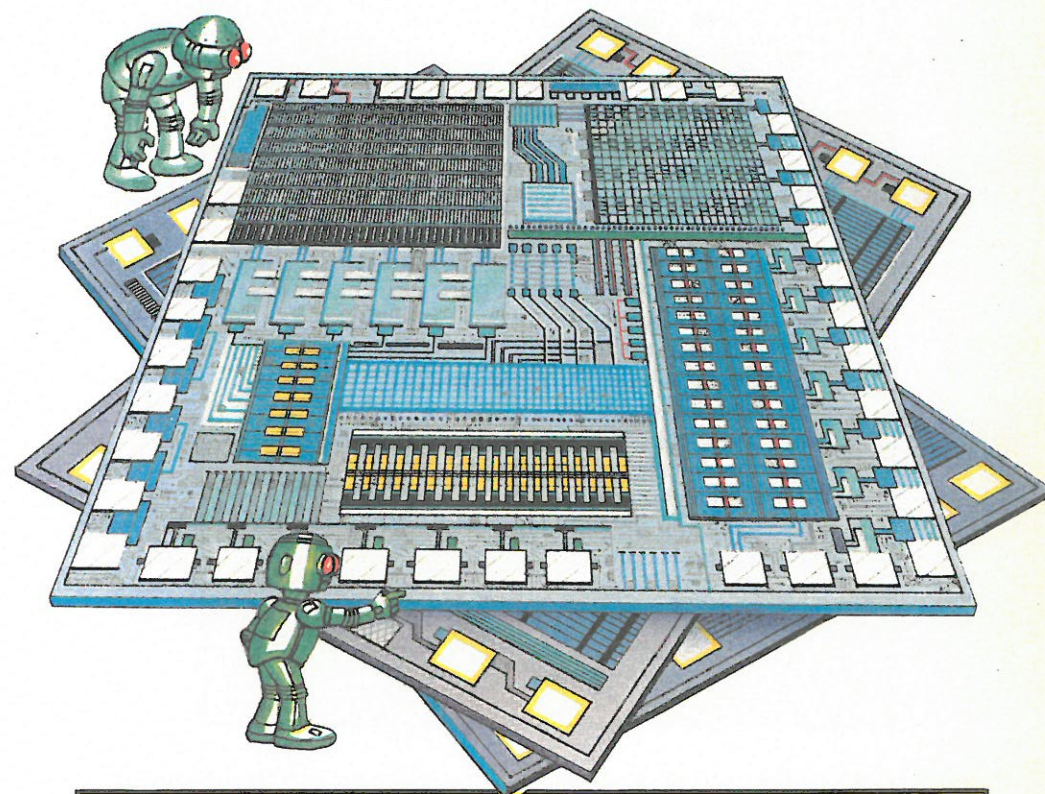
Ediciones
Pleso

Una sencilla guía
para
principiantes

Colección Electrónica

EL CHIP

Helen Davies y Mike Wharton



© Usborne Publishing 1983.

© Publicaciones y Ediciones Lagos, S. A. (PLESA), 1984. Sestao, 1. Pinto (Madrid).

Reservados todos los derechos para la lengua española. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida por ningún sistema, sin el permiso previo del editor.

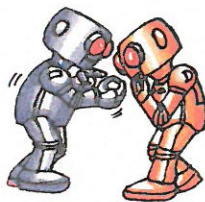
Impreso en España - Printed in Spain. MELSA. Pinto (Madrid).

Depósito legal: M-43511-1985

I.S.B.N. 84-7374-144-7

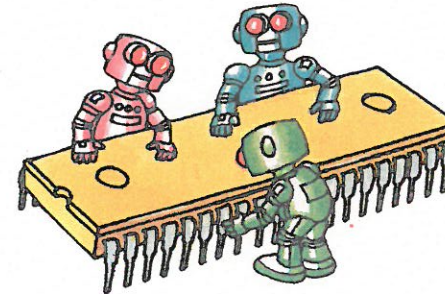
Contenido

- 3 Acerca de este libro
- 4 Introducción al chip
- 6 Cómo ha avanzado el chip
- 8 Más cosas sobre la electrónica
- 10 Cómo trabajan los chips
- 12 Diseño de un chip
- 14 Cómo están hechos los chips
- 16 Tipos de chips
- 18 Chips de memoria
- 20 Cómo trabajan los chips de memoria
- 22 Chip microprocesador
- 24 Los registros
- 26 Los circuitos de control
- 28 El reloj del microprocesador
- 30 Cómo entra y sale la información
- 32 Más sobre input y output
- 34 Dentro del ALU
- 36 Montaje de un circuito lógico
- 40 Cómo el ALU hace aritmética
- 42 Historia del chip
- 44 Consejos para el montaje de circuitos
- 46 Cuadro de las patillas del microprocesador
- 47 Palabras de los chips
- 48 Índice

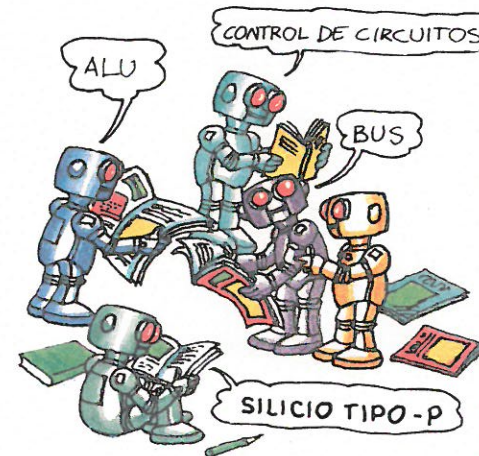


Acerca de este libro

El chip, más propiamente llamado chip de silicio o circuito integrado, es probablemente el invento más importante de este siglo. Para muchas personas, el chip es confuso, pues es muy pequeño y es capaz de hacer muchas cosas.

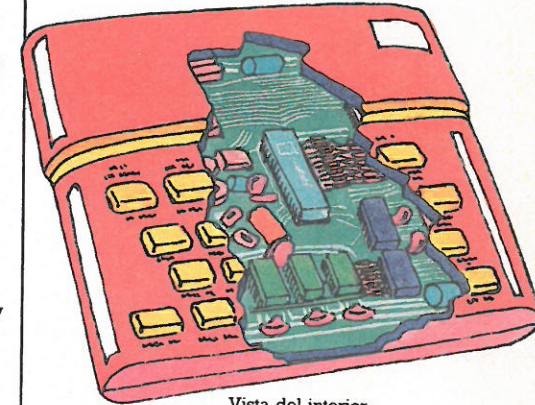


Este libro es un «viaje» por el interior del chip. Explica qué es un chip, cómo trabaja, y describe algunas de las asombrosas cosas que puede hacer. Puedes encontrar en este libro los diferentes tipos de chips que existen, para qué son y el significado de la jerga que ha sido inventada para describirlos.



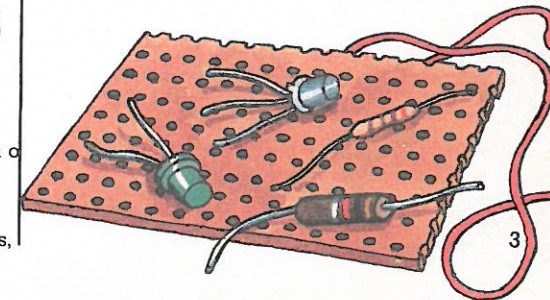
Si miras bajo el teclado de una microcomputadora o dentro de una lavadora o de un televisor, puedes encontrar una pequeña caja, que es la funda del chip. También puedes encontrar chips en los coches, en relojes de mano, teléfonos, videos,

equipo de hospitales, semáforos, robots e industrias. Este libro explica cómo un chip puede controlar todas estas cosas y hay un circuito electrónico para construir que te ayudará a comprender cómo funciona el chip.



Vista del interior de una computadora.

Desde su invención en 1958, el chip se ha desarrollado con increíble rapidez, y continúa su desarrollo. Cada nuevo robot o cada nueva calculadora más potente son el resultado de nuevos y más potentes chips. Uno de los inventos más recientes, en el que todavía se está trabajando, es un chip que reconoce y reproduce la inmensa complejidad y variedad del lenguaje humano. Esto y todos los logros de los chips están basados en unos cuantos principios elementales de electrónica, que se explican en este libro. También puedes encontrar algunos de los inventos que han contribuido al avance del chip.



Introducción al chip

Un chip es una pequeña laminilla de una sustancia llamada silicio, más o menos como la mitad del tamaño de una uña. Está cubierta de circuitos eléctricos microscópicos, a través de los cuales pasan pequeñas corrientes eléctricas. Utilizándolas el chip puede realizar todas las operaciones necesarias para controlar las computadoras, robots, naves espaciales, calculadoras y toda clase de equipos.

El uso de corrientes eléctricas en la realización de diferentes operaciones se llama electrónica. En un chip esto se llama microelectrónica, puesto que las corrientes y circuitos que usa son muy pequeños.



Cómo el chip controla los equipos

Usando corrientes como señales, un chip puede mandar y recibir mensajes, hacer cálculos, comparar información y tomar decisiones (lógicas y fáciles), como un diminuto cerebro electrónico. Esto es el procesamiento de información y por eso un chip es un microprocesador. Tu cerebro está procesando información continuamente, como puedes ver aquí.

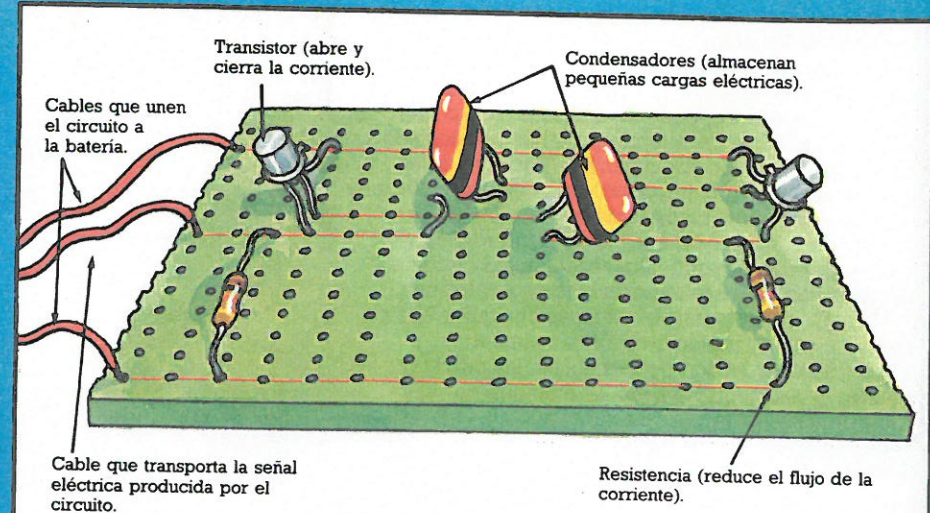


Un microprocesador aumentado varias veces para que puedas observar los intrincados circuitos eléctricos.

Un chip realiza funciones similares a las de un cerebro pero no piensa como los humanos. Un chip para cualquier cosa que haga necesita un grupo de instrucciones, llamadas programa. Si el perro de arriba fuera un gato, el microprocesador puede atropellarlo, hasta que no sea programado para no atropellar ni a perros ni a gatos.

Pads (almohadillas)

¿Qué es la electrónica?



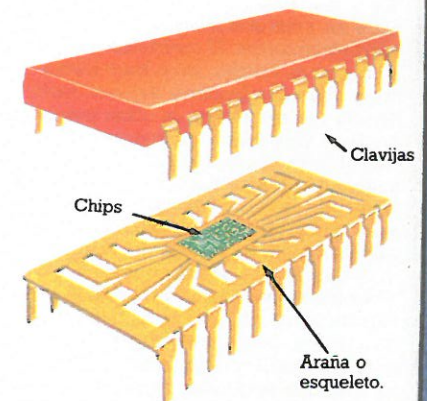
Electrónica es el control y manipulación de pequeñas corrientes eléctricas. Los elementos que controlan las corrientes se llaman componentes y un circuito es un conjunto de componentes unidos entre sí por cables.

El dibujo de arriba muestra un circuito con tres tipos de componentes: transistores, resistencias y condensadores, unidos por pistas de cobre que se reparten la parte inferior del panel del circuito. Las líneas de puntos muestran el camino que las corrientes eléctricas siguen a través de las pistas entre los componentes.

Un chip microelectrónico contiene cientos de circuitos, todos ellos en una pequeña pieza de silicio. Los componentes están dentro y fuera del silicio, unidos entre ellos por medio de unas pistas de aluminio finísimo, casi invisibles, grabadas en la superficie del chip. El nombre apropiado de un chip es el de circuito integrado o, en abreviatura, CI. El número de circuitos de un CI puede aumentar según avanza las técnicas de miniaturización.

Empaquetado de los chips

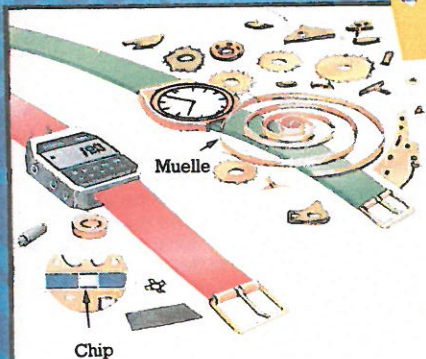
Los chips están empaquetados en pequeñas cajas de plástico con unas patas llamadas clavijas, hechas de cobre cubiertas con oro o estaño que son buenos conductores de electricidad. Estos transportan señales eléctricas desde él y hacia el chip, y la corriente para que funcione el chip. Si se quita la funda del chip, se puede ver el chip en el centro con las conexiones de metal unidas a las clavijas. El entramado de conexiones metálicas se llama esqueleto o araña. Los cables de oro que conducen las señales eléctricas de la araña al chip son más finos que un pelo humano. Están soldados al chip en unos puntos alrededor de los bordes llamados pads (almohadillas). Se pueden ver los pads en el dibujo de la página opuesta.



Cómo ha avanzado el chip

El chip se desarrolló muchísimo en la época de «la carrera del espacio» de 1950 a 1960, cuando los americanos intentaban meter más equipo electrónico en pequeños espacios. Los fabricantes industriales pronto utilizaron el pequeño tamaño del chip, así como su pequeño gasto de energía para hacer calculadoras de bolsillo y microcomputadores. Al mismo tiempo, por su precisión y bajo precio, los chips se adelantaron y adquirieron más importancia frente a las viejas formas de controlar equipos tales como relojes y cámaras, y sustituyeron a los voluminosos circuitos electrónicos en los televisores, radios y teléfonos.

Un chip puede controlar además cualquier tipo de máquina suministrando a ésta sus señales electrónicas de modo que la máquina los pueda utilizar, y la información de la máquina se transformaría en señales electrónicas.



Estos dos relojes nos muestran la diferencia entre los controles mecánicos y los microelectrónicos. El mecánico tiene más piezas en su interior, pero hace menos cosas. Para que funcione hay que darle cuerda y mientras ésta se afloja mueve las ruedas y engranajes que mueven las agujas del reloj. En el electrónico, el chip mide el tiempo y enciende las cifras en la pantalla. Puede dar la fecha y el día de la semana y tener un cronómetro, una alarma y una calculadora en la pantalla del reloj.

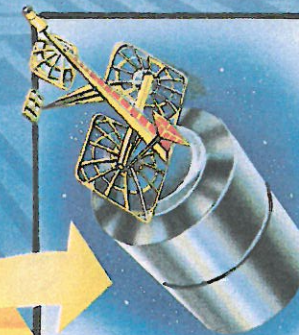
El chip de un reloj electrónico se alimenta de baterías muy pequeñas que pueden durar cinco años. Es mucho más seguro que los engranajes y ruedas de un reloj mecánico porque no hay partes móviles que se puedan romper o estropear.



En computadoras y video-juegos se usa un teclado o un mando (joystick) para transmitir los mensajes del usuario en forma de señales eléctricas que luego son procesadas por el chip o chips de su interior. Los resultados de este trabajo se interpretan a través de señales eléctricas que iluminan diferentes áreas de una pantalla para formar dibujos, palabras y números.



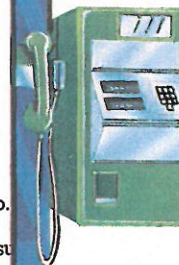
Los chips controlan muchos electrodomésticos, juegos y juguetes. En una lavadora, el chip almacena los programas de lavado en forma de señales en sus circuitos. Cuando la pones en marcha y aprietas los botones, éste cierra la puerta y selecciona el programa elegido. Luego usando señales eléctricas abre las válvulas que permiten el paso del agua y su salida, conecta y desconecta el calentador del agua, pone en marcha y para el sistema de rotación del tambor.



El pequeño tamaño de los chips y la increíble rapidez con que trabajan son vitales en los cohetes, donde los cálculos complejos deben ser realizados en segundos para regular los controles y mantenerlos en órbita. El ser humano es incapaz de realizar estos cálculos con la rapidez y exactitud requerida.



Un robot industrial funciona por medio de innumerables motores, cada uno de ellos produce el movimiento de una parte del mismo. Encendiendo y apagando los diferentes motores, un chip puede hacer que el robot lleve a cabo complejas secuencias de acciones.

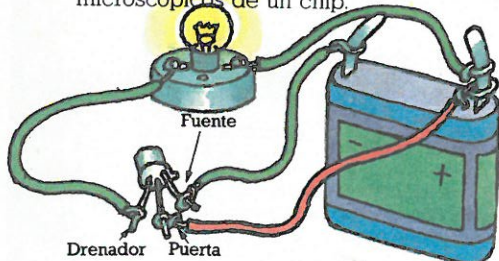


Este teléfono de monedas tiene un chip en su interior que controla electrónicamente la cantidad de dinero que has puesto, el tiempo de la llamada y calcula el costo de éste. Si sobra dinero, el chip manda una señal para devolver el número de monedas exacto al orificio de recogida de cambio. Si esto no se lleva a cabo correctamente, manda una llamada de modo automático a los ingenieros de reparaciones y a la policía si es atracada.

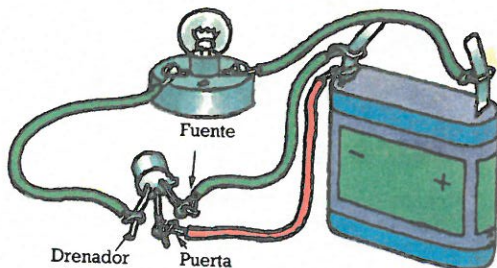
Más cosas sobre la electrónica

Los componentes más importantes en los circuitos de un chip son los transistores, y éstos son los que hacen el trabajo. El transistor enciende y apaga la corriente eléctrica. Es como el interruptor de una luz, pero el encendido o apagado se lleva a cabo por una fuerza eléctrica llamada tensión, en vez de manualmente. Los transistores se usan en gran cantidad en equipos electrónicos, como televisores y radios transistores.

Los dibujos de abajo muestran cómo un transistor puede ser utilizado para regular la corriente que pasa a la lámpara, encendiéndola y apagándola. El circuito es muy simple, pero el transistor en sí, trabaja del mismo modo que los transistores microscópicos de un chip.



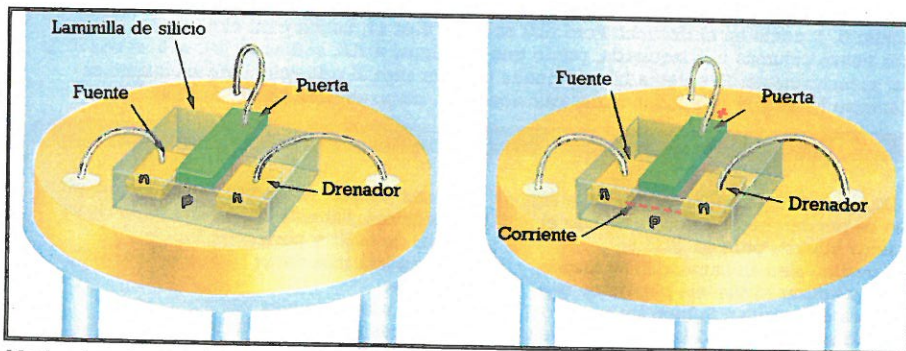
La lámpara no se enciende a menos que la corriente que atraviesa el circuito pase por el transistor. Las tres patillas del transistor se llaman fuente, puerta y drenador. Una corriente eléctrica sólo pasará por el transistor si se aplica tensión eléctrica a la puerta. Para que la puerta reciba tensión, debe estar conectada a la terminal positiva o al voltaje.



más alto, como se muestra en el dibujo de la izquierda. Si la puerta está conectada al polo negativo o lado de baja tensión de la batería, tendrá una baja intensidad y la lámpara no lucirá. Es decir, que la lámpara puede ser encendida y apagada cambiando la intensidad en la puerta.

Cómo trabajan los transistores

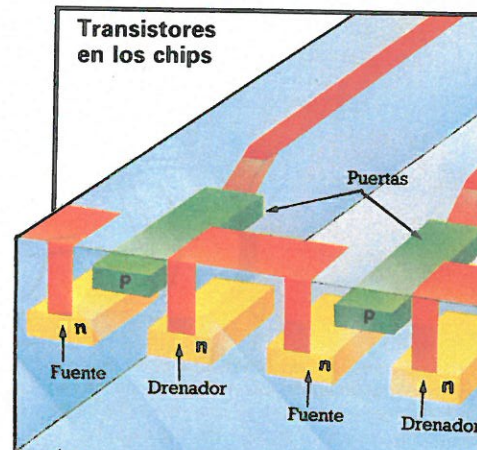
En los dibujos de abajo puedes ver el interior de la funda de metal del transistor de arriba. El transistor es por sí solo una laminilla de silicio. El silicio es uno de los elementos del sistema periódico, perteneciente al grupo de los semiconductores, que sólo conducen la electricidad bajo determinadas condiciones. Para hacer un transistor, el silicio es inyectado con impurezas que crean dos nuevos tipos de silicio, tipo-p y tipo-n.



Muchos transistores tienen dos islas de silicio tipo-n en un asentamiento de tipo-p (aunque también se pueden colocar al revés). El silicio de tipo-p aísla la corriente entre las dos islas de silicio tipo-n.

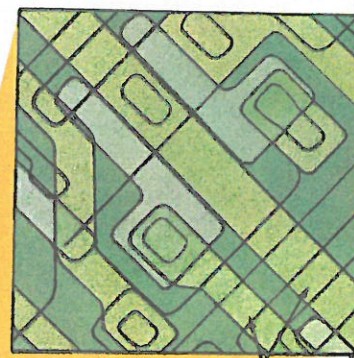
Sin embargo, cuando una baja tensión se aplica a la entrada metálica de encima del silicio de tipo-p, ésta cambia el silicio de tipo-p de cerca de la entrada a silicio de tipo-n y la corriente puede pasar a través del transistor.

Transistores en los chips



Los transistores de un chip son miles de veces más pequeños que los de la página opuesta, pero trabajan de la misma forma. El dibujo de arriba nos muestra dos transistores unidos en la superficie de un chip. Los cables de la fuente, puerta y drenador son pistas de aluminio situadas en la superficie de los transistores y separados de ellos por medio de una capa aislante de dióxido de silicio.

Los transistores en un chip se encienden cuando reciben una corriente de alto voltaje y se apagan con una baja. Estos voltajes son señales que el transistor recibe de los otros transistores cuando son encendidos y apagados.



Pistas de aluminio

Esto verías si mirases a través de un chip con un potentísimo microscopio. Las partes de color verde oscuro son las pistas de aluminio que van a la fuente, puerta y drenador de un transistor. Están aumentadas 2.000 veces.

Carrera controlada por chips



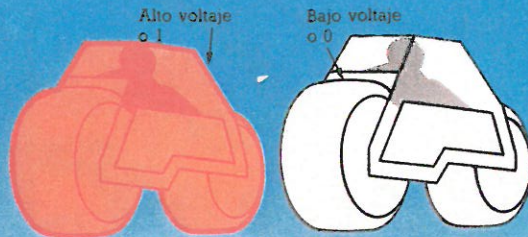
Pantalla de la computadora.

Gráfico de Computador

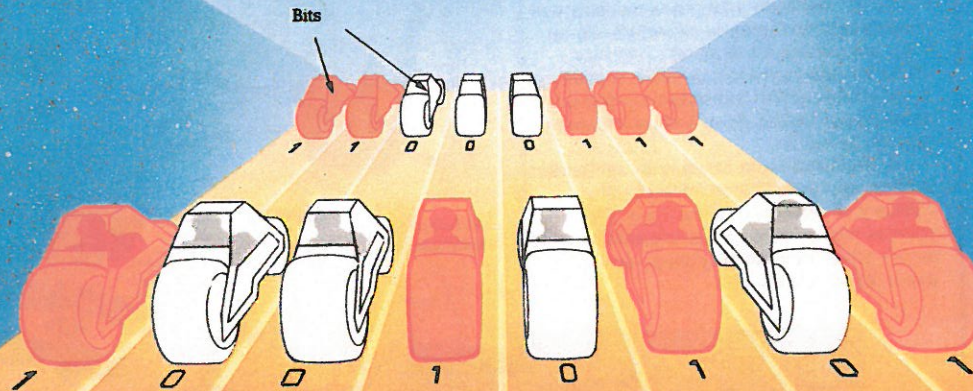
La suspensión de este coche de carreras está controlada por chips. Están en un panel dentro del coche y durante la carrera ajustan constantemente la suspensión del coche de acuerdo con la superficie de la carretera y distribuyen el peso en cada momento. Los detalles sobre el comportamiento del coche en la carrera se transmiten a una computadora en los boxes por medio de una pequeña antena situada en el casco del conductor. Estos muestran la suspensión durante la carrera a diferentes velocidades y a distintas condiciones de la carretera, sobre todo en las curvas.

Cómo trabajan los chips

Debido a que los transistores de los circuitos de un chip se conectan y se desconectan, se crean flujos de corrientes eléctricas. Estas se usan como una clave o código que representan los números, letras y cualquier otro tipo de información. Nosotros usamos continuamente códigos para representar información y resolver los problemas. Nuestro lenguaje y sistema de números son códigos, y también tenemos un código para los sonidos musicales. El chip solamente tiene un código, que se usa para representar desde números y palabras a dibujos, sonidos y movimientos.



El código de los chips tiene dos tipos de señales: una señal de alto voltaje y una señal de bajo voltaje. Un código con dos señales se denomina binario y se pueden representar mediante números, así el 1 representa el alto voltaje y el 0 representa el bajo voltaje. Los 0 y los 1 en el código de los chips se llaman BIT (abreviatura de dígitos binarios).

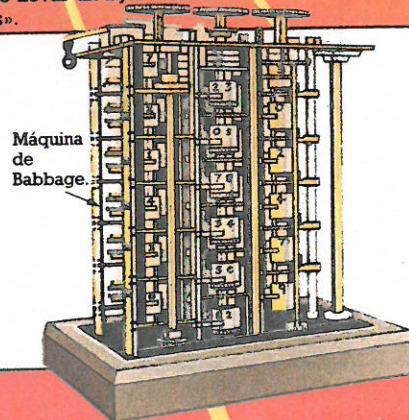


En el interior del chip, los bits fluyen por los circuitos en grupos de 8, llamados bytes. Cada byte es el código de un número, letra u otro tipo de información (ejemplo: la temperatura de un líquido o la posición del brazo de un robot).

Cuando viajan a través del chip los bits se mueven a lo largo de pistas de aluminio separados de manera que no se mezclen entre ellos. El grupo de ocho pistas paralelas que puede llevar un byte a la vez se llama «bus».

¿Por qué se usa el código binario?

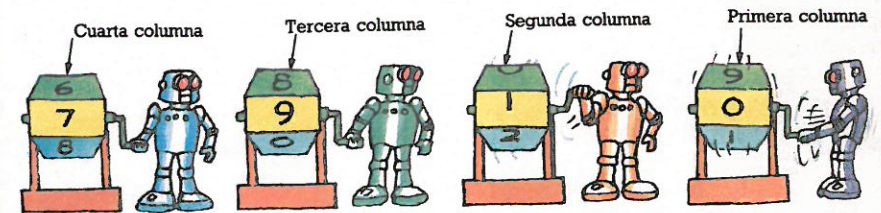
Cuando se proyectó una máquina capaz de hacer cálculos, se hizo que ésta utilizara el sistema decimal de números, pero estas máquinas eran demasiado complicadas para trabajar bien. Una de las primeras fue inventada por un matemático inglés, Charles Babbage, en 1821. Utilizó ruedas dentadas con 10 dientes (uno para cada dígito del 0 al 9) para representar las unidades, las decenas, las centenas y los millares. Las interconexiones entre estas ruedas dentadas eran demasiado complicadas, por lo que nunca llegó a trabajar realmente.



Cómo trabaja el código

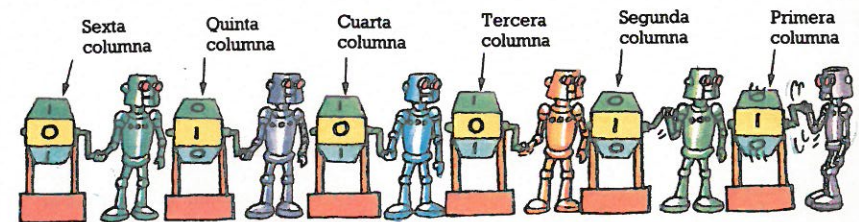
El sistema binario es un código de números y funciones de la misma forma que nuestro sistema decimal. El sistema decimal tiene diez dígitos (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). Para hacer números mayores que 9 se combinan los dígitos de acuerdo a una serie de reglas. El sistema binario utiliza las mismas reglas para combinar sus dos dígitos. Para entender cómo funciona el sistema binario, piensa en las reglas de cómo contar en el decimal.

Sistema decimal



Cuando cuentas en números decimales vas del 0 al 9 y se te acaban los dígitos. Para hacer el siguiente número tienes que utilizar una combinación de dos dígitos. La regla para hacer esto es crear una nueva columna a la izquierda del primer dígito y poner un 1 en ella, y luego empezar otra vez con 0 en la primera columna. Cada vez que la primera columna alcance el 9, se sumará otro 1 a la columna de la izquierda. Cuando la segunda columna alcance el 9, se crea una tercera columna a la izquierda de ésta, y así sucesivamente.

Sistema binario



Las reglas para contar en el sistema binario son exactamente las mismas, sólo que, como sólo hay dos dígitos, sólo puedes llegar al 1 antes de crear una nueva columna. Se empieza a contar 0, 1, como en el decimal. Pero el 2 es 10, el 3 es 11. Luego para el 4 tienes que crear una nueva columna a la izquierda, por lo que será igual a 100, el 5 es el 101, el 6 es el 110, y así sucesivamente. El sistema binario puede parecer raro al principio, pero en cuanto se dominan las reglas se pueden hacer cálculos en él, como se hacen en el decimal.

Los matemáticos saben desde hace siglos que se pueden hacer cálculos usando el sistema binario, pero en 1936 un matemático alemán llamado Zuse tuvo la idea de utilizar el sistema binario en una máquina de calcular. Si bien los números binarios son demasiado largos, y difíciles de manejar, son ideales para las máquinas porque tienen solamente dos números representativos y no diez.

Zuse era un estudiante de ingeniería de la Universidad de Berlín y vivía en su casa

con sus padres. El se construyó su primera calculadora, llamada Z1, en un rincón de su cuarto de estar y perfeccionándola y añadiéndola más cosas llegó a ocupar todo el cuarto.

El Z1 usaba simples interruptores mecánicos para representar en el sistema binario los 0 y los 1, y válvulas de luz para representar los resultados de los cálculos. Los interruptores en la máquina de Zuse fueron los precursores de los transistores de un chip.

*Se puede encontrar más información sobre esto en la página 40.

Diseño de un chip

Un chip es simplemente cientos de circuitos distintos unidos y reducidos a un tamaño microscópico. Si estos circuitos se construyeran con componentes electrónicos ordinarios, ocuparían el área de un gimnasio entero.

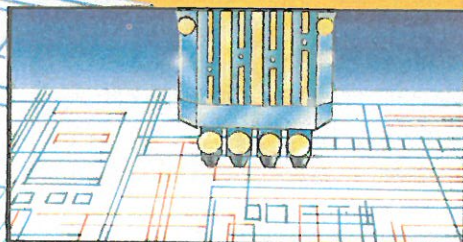
El trabajo de un diseñador de chips es el de trazar cada circuito individualmente y luego buscar la mejor forma de unirlos entre sí e introducirlos en el menor espacio posible. En un principio, cada circuito tenía que ser dibujado a mano. Ahora muchos circuitos cuando han sido revisados y probados se almacenan en computadoras y los diseñadores pueden utilizarlos como base para un nuevo chip, aunque aún se siguen diseñando los nuevos circuitos a mano antes de introducirlos en la computadora.

▲ Este dibujo muestra el trazado de un circuito en la pantalla de una computadora (aumentado unas 1.000 veces). Mandando instrucciones desde el teclado de la computadora, o usando un lápiz y una tabla unidas a la computadora, el diseñador puede añadir o alterar el circuito, almacenando el diseño en la computadora, y sacar otros de la computadora para exponerlos en la pantalla.

Cuando el diseño del circuito está terminado, el diseñador utiliza la computadora para que le ayude en el trabajo de buscar la forma de unir los circuitos entre sí. La velocidad con que trabaja un chip depende de la velocidad a que las señales eléctricas viajen por los circuitos. El tiempo que tardan es medido en nanosegundos, y nanosegundo es la millonésima parte de un segundo. El propósito del diseñador es el de hacer que los circuitos estén lo más juntos posible. Esto no solamente hace que el chip sea más rápido, sino también más poderoso, y que se introduzcan más circuitos en el mismo espacio.

Comprobación del trazado

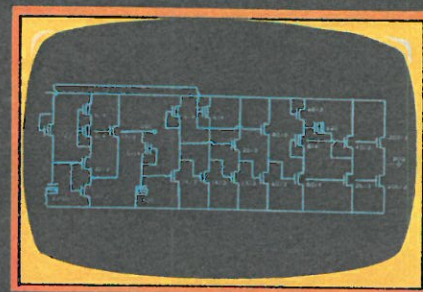
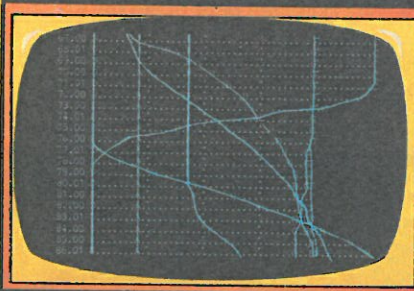
Equipo gráfico de una computadora, llamado plotter.



Cuando un diseño está terminado, la computadora retiene una lista de las posiciones exactas de cada componente y de las conexiones eléctricas. Los componentes se elaboran poniendo capas de diferentes productos químicos en la superficie del silicio. Los planos llamados comprobadores de trazado, de cada capa de chip, se producen conectando la computadora a un equipo muy preciso de dibujo (se muestra arriba). Los comprobadores de trazado son alrededor de 400 veces mayores que el chip y se utilizan para comprobar el trazado de cada capa con el diseño global.

Comprobación del diseño

Las producciones técnicas necesarias para producir un solo chip son tan caras que los modelos de prueba no se pueden hacer. El diseño final tiene que ser comprobado por una computadora de simulación. Simulación es la imitación de cada aspecto de una situación de manera que pueda verse el resultado de hacer algo sin tener que hacerlo en la práctica.



Una computadora puede simular la forma en que las corrientes eléctricas se mueven a través de los circuitos de un chip, mostrando cómo los transistores se encienden y apagan y los caminos que las señales eléctricas siguen a través de los circuitos. Cuando la computadora está comprobando el diseño, no muestra realmente cómo se mueven las señales por los circuitos. Lo que hace es mostrar gráficas de los cambios de voltaje en cada uno de los circuitos en particular.

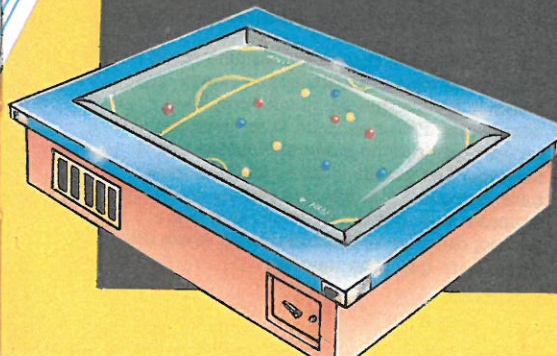
Comprobar la velocidad del nuevo chip es muy difícil, pues son más rápidos que cualquiera de los chips que tiene la computadora que lo está comprobando. Esto quiere decir que la computadora no puede medir las operaciones del nuevo chip y se tienen que hacer cálculos muy complicados para estimar su velocidad.

Más sobre la simulación de un computador

▼ Muchos de los juegos por computadora simulan situaciones reales. Por ejemplo, en un juego de una computadora de billar, esta reproduce en un dibujo las bolas de billar sobre la mesa. Apretando los botones de control, los jugadores pueden elegir la posición exacta y el momento para golpear la bola, y la computadora luego reproduce la distancia y la dirección en que se movería una bola real.



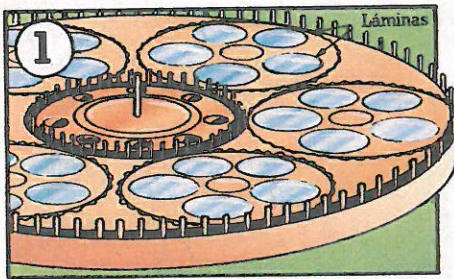
▲ Otro uso de simulación de una computadora es el analizar y mejorar la realización de los atletas. Películas del movimiento de un atleta se convierten en una serie de figuras de palos en la pantalla de una computadora. Estos reproducen el movimiento exacto del cuerpo del atleta. El efecto de alterar el movimiento de una parte del cuerpo puede ser investigado cambiándolo en la computadora y estudiando el efecto que produce en las figuras de palos.



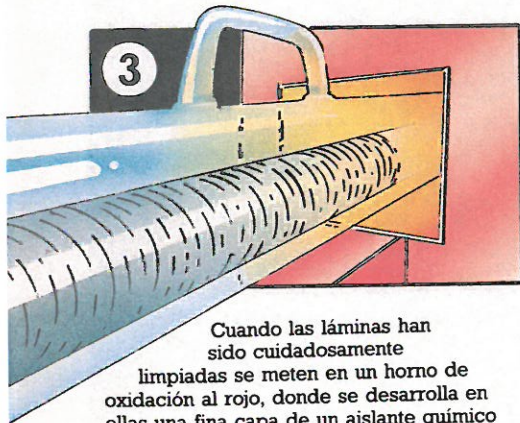
Cómo están hechos los chips

El introducir cientos de circuitos separados en un pequeño chip de silicio de alrededor de 5 mm² requiere unas increíbles técnicas de producción. Los componentes en los circuitos de un chip se miden en micras y deben ser colocados con una precisión de una o dos micras. Una micra es una milésima parte de un milímetro (esta página tiene alrededor de 170.000 micras de tamaño). Los chips se producen usando sofisticadas maquinarias controladas por computadoras ultra-limpias e industrias libres de polvo. Se usan microscopios muy potentes para observar los chips mientras dura su manufactura.

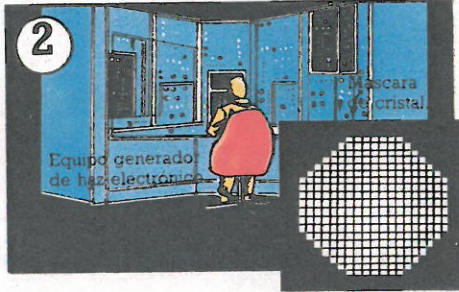
Para hacer un chip, las conexiones de los circuitos y los componentes se construyen en capas y sobre la superficie del silicio. Debe haber alrededor de 9 ó 10 capas diferentes. Puedes averiguar cómo se hacen en la parte inferior.



El silicio es un producto químico que forma parte de la arena ordinaria. Para hacer los chips, se hacen crecer cristales cilíndricos de silicio puro en un vacío y luego se cortan en láminas de 1/2 mm de espesor. Los rollos se introducen en una máquina como la del dibujo de arriba, que pule la superficie dejándola absolutamente lisa. Cada lámina puede hacer cientos de chips.



Cuando las láminas han sido cuidadosamente limpiadas se meten en un horno de oxidación al rojo, donde se desarrolla en ellas una fina capa de un aislante químico llamado dióxido de silicio. Luego se cubren con un plástico fino y suave, sensible a la luz, llamado fotorresistencia. Este proceso y el siguiente se repiten para cada capa de circuitos del chip.

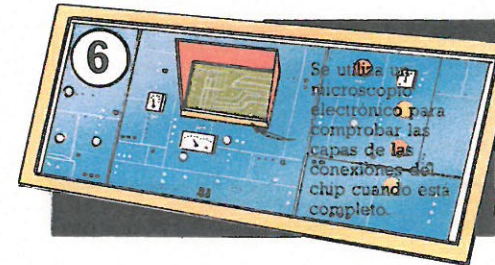
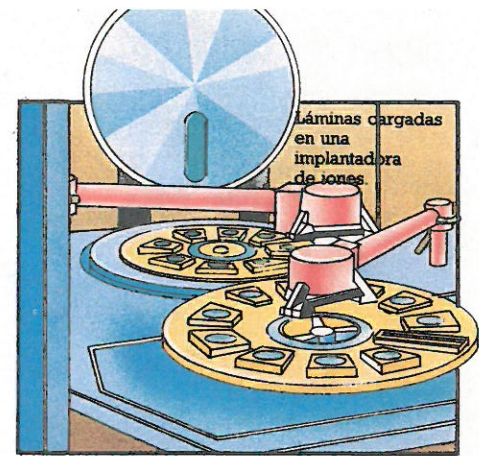


Usando el diseño del circuito que hay en la memoria de la computadora, se hace un grupo de «Fotomáscaras», una para cada capa del chip. Las máscaras son cuadrados de cristal en los que está impreso el diseño de una capa del circuito. Bien por un proceso de fotografía o por una técnica más precisa llamada litografía por haz electrónico. Las máscaras de cristal son de alrededor de 10 cm² y contienen el diseño para unos cien chips unidos.



Para transferir el diseño del circuito de la máscara al silicio, la máscara se pone sobre la lámina que se ilumina con luz ultravioleta. Esto endurece la fotorresistencia en las áreas que no están protegidas por la máscara. Los ácidos y disolventes se usan para desprender la fotorresistencia no expuesta y el dióxido de silicio que hay debajo, dejando al descubierto las áreas de silicio para que sean tratadas.

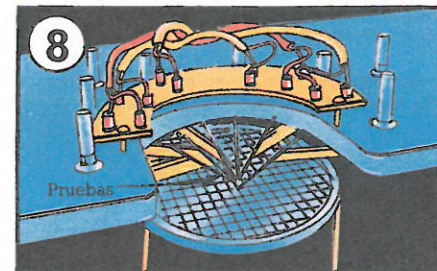
5 Las primeras capas que se introducen en el silicio son las impurezas químicas, llamadas dopants, que producen las partes tipo-n y p de los componentes. Los dopants son recubiertos por un método llamado implantación de iones (iones son partículas cargadas eléctricamente). Las láminas se introducen en una máquina especial donde son bombardeadas con iones del producto químico llamado dopant. Los iones viajan a una gran velocidad y golpean las láminas con tal fuerza que se introducen por sí solos en las partes expuestas del silicio.



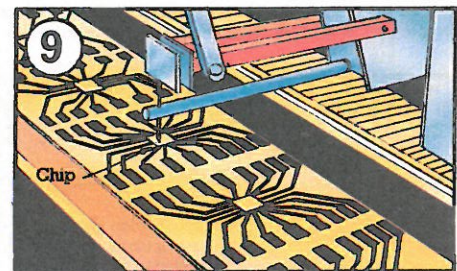
Cuando se han formado los componentes en el silicio, se ponen encima las conexiones de aluminio. Puede haber dos capas de conexiones separadas entre sí por medio de unas finas capas de dióxido de silicio. Las capas de aluminio se colocan por medio de un proceso de evaporación, usando máscaras para delimitar las pistas.



Este dibujo de una pequeña área de un chip aumentado muestra cómo una sola partícula de polvo puede causar una ruptura en la conexión del aluminio y destruir un circuito microelectrónico entero. El aire en las habitaciones donde se fabrican los chips se filtra continuamente y vuelto a poner en circulación para dejarlo sin polvo, y lo mismo los trajes de los trabajadores de la cabeza a los pies.



Cuando ha terminado la fabricación, se hacen pruebas eléctricas para comprobar cada chip por separado. Un 70% aparecen defectuosos después de esta prueba y se los marca con un punto rojo. Luego la lámina se corta en chips individuales con un diamante o una sierra láser y los chips defectuosos son descartados. Luego los chips perfectos son empaquetados como se muestra en el siguiente dibujo.



Para empaquetar los chips, unas máquinas parecidas a las de coser funden hilos de oro a los pads del borde y los unen a las conexiones metálicas de la estructura. Luego se pone la tapa de plástico y se doblan las clavijas. Cuando los chips están terminados se les somete a más pruebas para comprobar si pueden seguir trabajando en cualquier condición, por ejemplo, en frío extremo o en el espacio exterior.

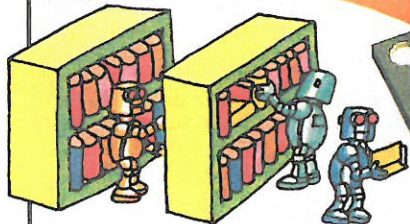
Tipos de chips

El dibujo de abajo muestra los tipos más importantes de chips que hay en una computadora doméstica. El más importante es el microprocesador. Este es el tipo del que normalmente se habla cuando uno se refiere al «chip», tiene los circuitos necesarios para controlar una computadora o cualquier otra máquina. A pesar de todo, un microprocesador no puede trabajar por sí solo. Necesita circuitos con señales eléctricas en forma de instrucciones para que le informen de qué es lo que tiene que hacer, almacenes para guardar la información mientras está trabajando y codificadores y descodificadores para traducir las señales eléctricas del mundo exterior a código binario y viceversa. Todos estos trabajos son hechos por diferentes tipos de chips.

Chips de memoria

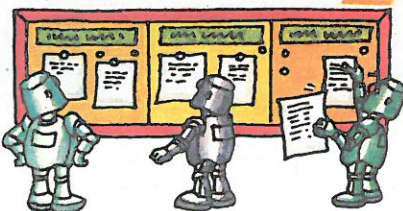
Estos tienen circuitos diseñados para almacenar información. Hay dos tipos de chips de memoria.

Chips ROM



ROM (Read Only Memory). Este chip almacena permanentemente información codificada eléctricamente. La información se almacena en el chip al fabricarlo distribuyendo los interruptores de los transistores para que produzcan el mismo tipo de señales cada vez que la corriente pase a través de ellos. El chip ROM es como una librería con grupos de instrucciones, llamadas programas, que dicen al microprocesador qué es lo que tiene que hacer. El microprocesador puede solamente «leer» información en un chip ROM y no puede almacenar nada más en él.

Chips RAM



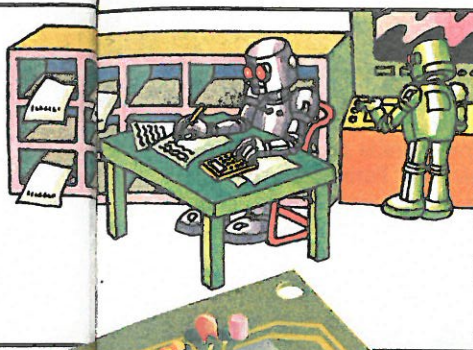
(Random Access Memory), Memoria de acceso o, quizás más adecuado, memoria de lectura / escritura. Los chips RAM son almacenes temporales donde la información eléctricamente codificada puede ser «escrita»

o «leída» y luego borrada cuando ya no es necesaria. Cada vez que se almacena una nueva información en un chip RAM, los interruptores de los transistores se reorganizan para crear la nueva serie de señales que representan esa información.

Puedes pensar que el chip RAM es como una pizarra (panel) de noticias donde el microprocesador puede retener temporalmente una información que necesite para una operación en particular.

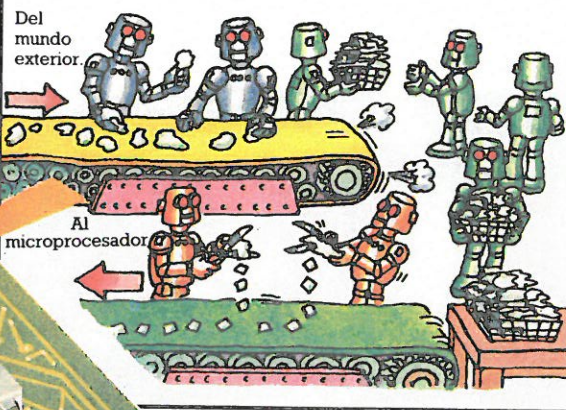
Chip microprocesador

El microprocesador es el chip que lleva a cabo los cálculos y las decisiones lógicas necesarios para controlar una máquina. En una computadora, el microprocesador es llamado Unidad Central de Proceso (Central Processing Unit) o chip CPU.



Chips interface

Estos chips cambian varios tipos de señales eléctricas del mundo exterior a señales binarias 0 y 1. Las cuales pueden tratar el microprocesador y otros chips. También traducen los códigos del sistema binario del microprocesador a señales eléctricas que pueden ser usadas para encender la pantalla de un televisor o controlar una maquinaria.



El reloj

A pesar de que un microprocesador lleva a cabo miles de operaciones cada segundo, solamente puede hacerlas una a una. Para mantener todas las operaciones en orden, un reloj de cuarzo mantiene el compás del tiempo.

Interconexiones

Todos los chips necesarios para controlar un equipo, tal como una computadora personal, están unidos a un panel llamado circuito impreso. PCB en abreviatura (Printed Circuit Board).. Estos tienen pistas metálicas impresas en su superficie, que llevan las señales eléctricas entre el microprocesador y los otros chips. Algunas de las pistas conducen a conexiones donde se enchufan otras partes de la máquina al circuito impreso.

Chips todo-en-uno



Muchas calculadoras, juegos y electrodomésticos como las máquinas de lavar están controladas por un solo chip que contiene todo el control, memoria e interface en uno. Este tipo de chip se llama microcomputador* o microprocesador aplicado. Se llama «aplicado» porque los

circuitos ROM (esto es, sus instrucciones) están montados en el chip. Esto quiere decir que el microprocesador solamente puede ser utilizado para las tareas descritas en los circuitos ROM.

Un microprocesador ordinario como el del dibujo no es aplicado. Sus instrucciones están en un chip ROM separado y cambiando el chip ROM el microprocesador puede hacer un trabajo diferente. Por ejemplo, el mismo microprocesador puede ser usado para controlar una computadora o un video-juego o un robot simplemente dándole un chip ROM diferente.

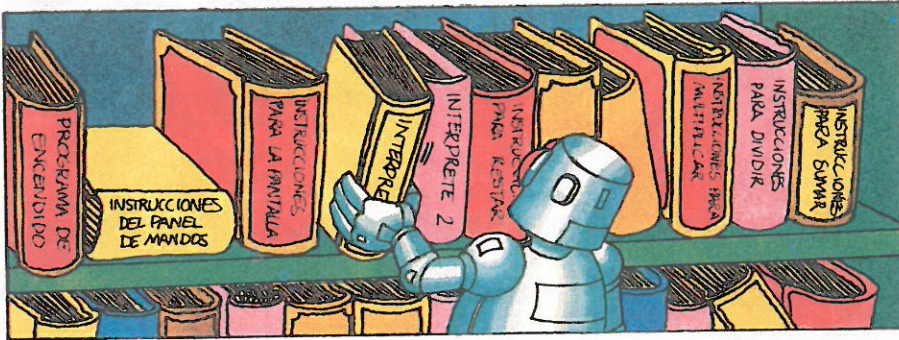
*Un chip ROM hecho de esta manera se llama ROM de máscara programada. Tienes más información sobre otros tipos de chips ROM en la página 47.

* Muchas computadoras pequeñas reciben el nombre debido a él.

Chips de memoria

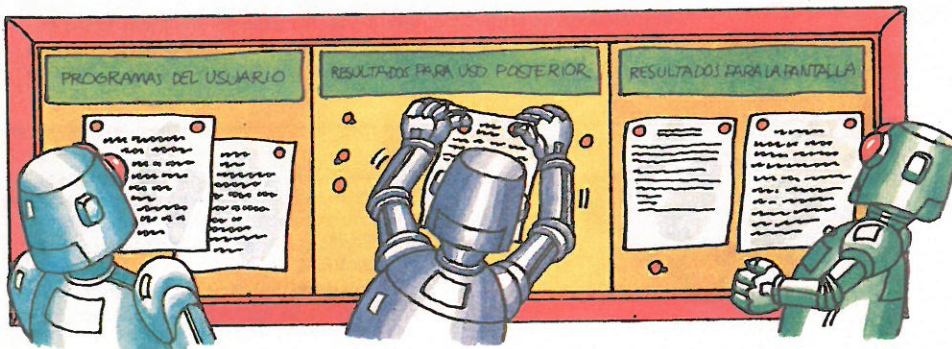
Los chips de memoria se usan para almacenar instrucciones eléctricamente codificadas e información. Pese a que un microprocesador trabaja increíblemente deprisa sólo puede llevar un número determinado de tareas tales como sumar dos números o comparar dos informaciones. Cada tarea está representada por un código binario de ocho bits, llamado instrucciones en código de máquina. Para hacer que un microprocesador haga alguna tarea se le debe dar una lista de instrucciones en código de máquina, que le diga cada una de las tareas que debe hacer. Estas listas de instrucciones o programas están almacenados en los chips de memoria.

Qué funciones tiene el chip-ROM



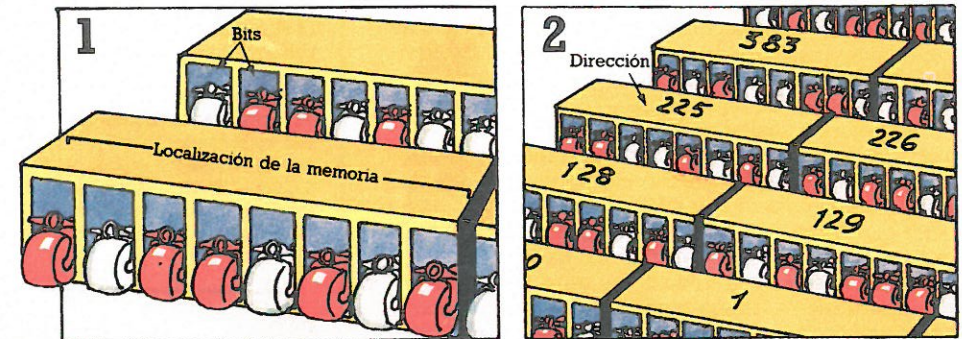
Un chip ROM tiene los programas que el microprocesador necesita para controlar una máquina. Estos programas se llaman Sistema Operativo o Monitor. En una computadora, ellos le dicen al microprocesador lo que tiene que hacer cuando la computadora es encendida, que hacer cuando se ha presionado una tecla, donde almacenar las señales eléctricas que ella produce, cómo iluminar la pantalla de T.V. para formar palabras y dibujos, y otras cosas. El chip ROM de una computadora también tiene que traducir las instrucciones del usuario escritas en forma de palabras y números al código de lenguaje máquina para que la computadora pueda comprenderlo.

Qué funciones tiene el chip-RAM



Los chips RAM son almacenes temporales para la información que el microprocesador necesita para una operación determinada, por ejemplo, puede almacenar el resultado de un cálculo que puede volver a necesitar más tarde en un programa. En una computadora los programas de instrucciones del usuario están almacenados en los chips RAM y los resultados del trabajo del microprocesador también se almacenan allí, antes de salir en la pantalla del televisor. Muchas veces un microprocesador copia en los chips RAM un programa almacenado permanentemente en el chip ROM, para poder trabajar con él.

Dentro de un chip de memoria



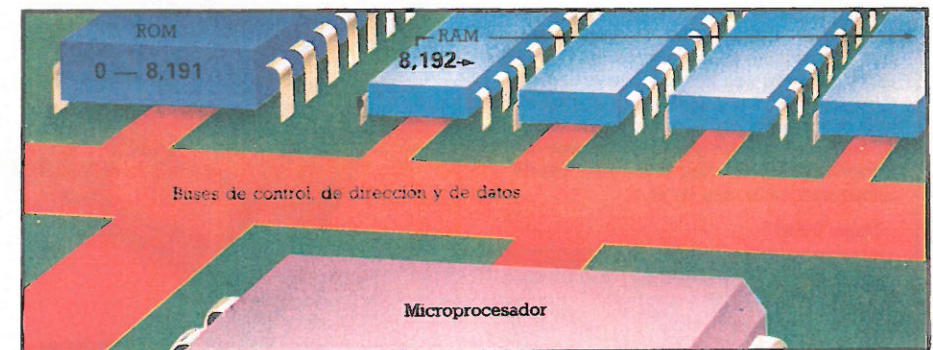
Los chips, ROM y RAM puedes imaginártelos como líneas de cajoneras con un bit de información. Para un chip, los datos pueden ser instrucciones codificadas en una máquina o información codificada. Un crupo de 8 cajas que pueden mantener un byte de información

se llama localización de memoria. Las localizaciones de memoria se numeran de manera que el microprocesador pueda controlar la información, y el número de cada localización se llama dirección.

Direcciones codificadas

Un microprocesador no tiene forma de distinguir entre chips ROM y RAM, de manera que las direcciones de las localizaciones de memoria en cada chip diferente no deben superponerse (imagina que cada casa en una ciudad tuviera un número diferente, en vez de repetir los números con nombres diferentes de calles). Los números empiezan en 0 en el ROM y van avanzando a través de los RAM chips.

Los números de las direcciones son codificados en códigos binarios de 16 bits, ya que se necesitan muchos. Un código de 8 bits solamente podría producir 256 direcciones diferentes, pero 16 bits pueden hacer 65.535 (2^{16}) posibilidades diferentes y, por tanto, producir este número de direcciones diferentes.

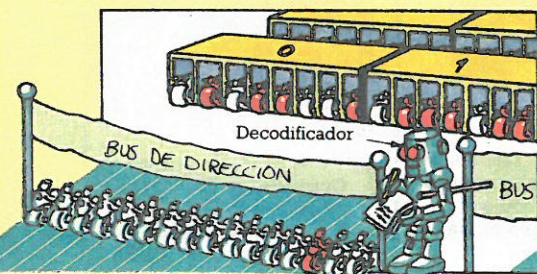


Unión de las memorias al microprocesador

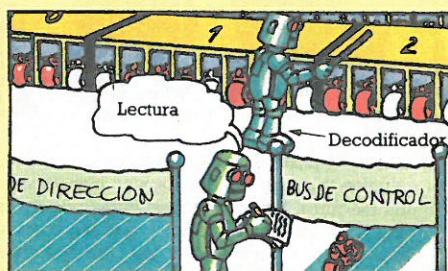
En una máquina, los chips de memoria están unidos al microprocesador por grupos de cables llamados buses. Hay tres buses, para las direcciones, para los datos y un tercero que lleva varias señales de control. El bus de direcciones tiene 16 cables, cada uno lleva un bit del código de dirección. El bus de datos tiene 8 cables porque los datos (ej. información e instrucciones) están codificados en 8-bits. El bus de control es un grupo de cables que lleva señales tales como las de lectura y escritura, que dicen al chip de memoria si el dato tiene que ser sacado o almacenado en una determinada localización de memoria.

Cómo trabajan los chips de memoria

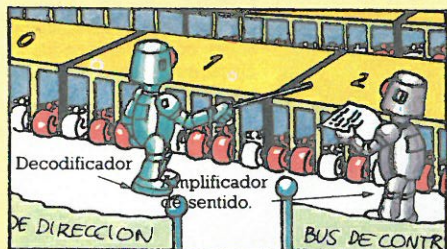
Los dibujos de abajo muestran cómo se envía la información y las instrucciones entre los chips de memoria y el microprocesador.



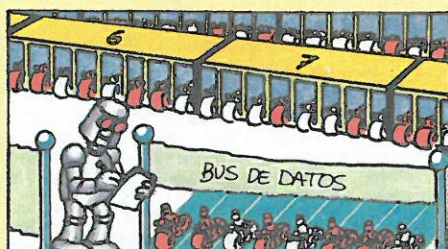
Cuando el microprocesador quiere buscar una información en una determinada localización de memoria, manda el bus de direcciones a la memoria del chip. Cuando el código llega, los circuitos decodificadores en el chip de memoria leen el grupo de señales y apuntan a la dirección de la memoria deseada.



Una señal en el bus de control indica si la localización de memoria tiene que ser leída o escrita. Las localizaciones de las memorias en los chips ROM solamente pueden ser leídas, pero en los chips RAM el microprocesador puede o bien leer la información o escribirla (ej., almacenarla).



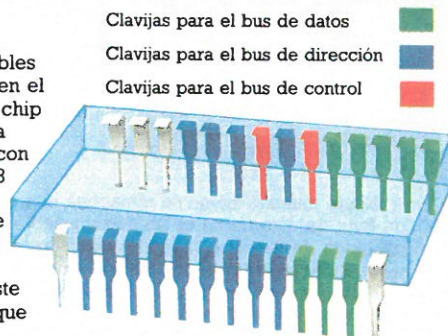
Si la señal de control dice «leer», los circuitos o amplificadores de sentido leen el código almacenado en la localización de



memoria y ponen una copia de ella en el bus de datos (el código queda duplicado - no deja la localización de memoria).

Más sobre los buses

Es fácil pensar en los buses como grupos de cables paralelos, pero en realidad son pistas impresas en el circuito impreso. Los buses van directamente al chip transportados desde el PCB por las clavijas de la funda del chip. El dibujo muestra un chip ROM con 28 clavijas, 8 de ellas llevan el bus de datos de 8 bit, pero sólo hay 13 clavijas para el bus de dirección. Esto es debido a que un chip no tiene 65.536 localizaciones de memoria, por lo que no necesita todas las direcciones que pueden ser producidas por el bus de dirección de 16 bit. Este chip tiene 8.192 localizaciones de memoria, así que necesita 13 líneas para producir todas sus direcciones ($2^{13} = 8.192$).

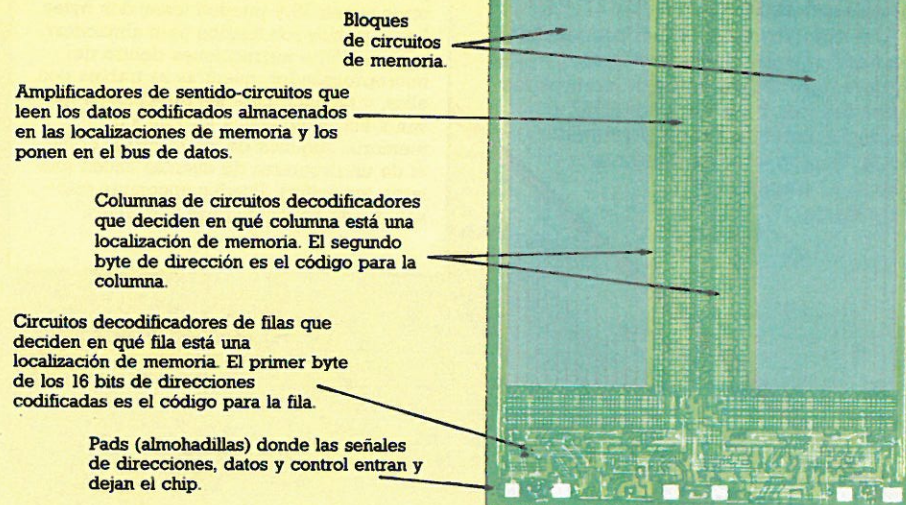


Las clavijas sobrantes son para la provisión de energía.

Como es un chip de memoria

El dibujo de abajo muestra un chip RAM, muy aumentado, para que puedas ver que los circuitos están puestos en dos bloques. Los bloques están hechos de miles de circuitos idénticos o células de memoria, colocadas en filas y columnas. Cada una de ellas está formada con unos seis componentes electrónicos y puede tener un bit de información. Una localización de memoria son ocho células.

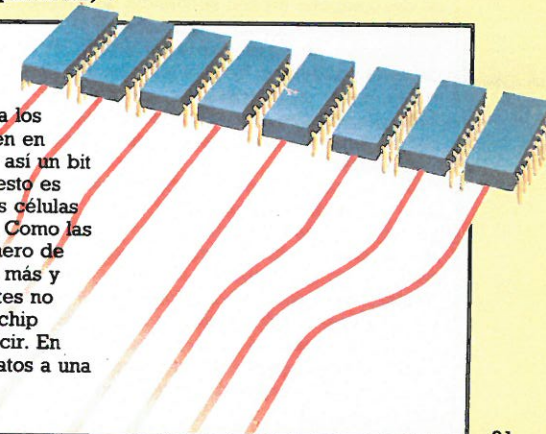
El bus de datos corre entre dos bloques de células de memoria, para que la señal de una célula determinada recorra la distancia más corta posible para llegar al bus de datos. Esto es importante porque afecta al «tiempo de acceso» del chip. El trabajo de acceso es el tiempo que tarda una información en ir de la memoria al microprocesador. Un tiempo típico de acceso son 200 nanosegundos.



El tamaño de los chips de memoria suele ser medido por el número de bits (no bytes) que puedan tener. El chip de este dibujo puede tener 16.384 bits (porque hay dos bloques de 128 columnas y 64 filas). Este número se escribe como 16 k (k significa kilo, lo que quiere decir 1,024 en el lenguaje de los chips y de las computadoras)*.

Más sobre los chips RAM

Muchos chips RAM tienen sólo una clavija para los datos. En una máquina, los chips RAM se ponen en grupos de 8 y los bytes de datos se dividen, y así un bit va a cada uno de los ocho chips. La razón de esto es que en un principio los chips tenían muy pocas células de memoria y necesitaban menos direcciones. Como las técnicas de producción han avanzado y el número de células de un chip ha aumentado, se necesitan más y más clavijas para las direcciones. Los fabricantes no quieren aumentar el número de clavijas en un chip porque esto puede hacerlo más caro de producir. En vez de esto reduce el número de clavijas de datos a una y siempre utilizan los chips en grupos de 8.



*Una letra mayúscula K quiere decir Kilobyte y el tamaño de los chips de memoria, especialmente los ROM, también se expresan en kilobytes. Por ejemplo, el chip ROM de la página opuesta tiene 8 K porque almacena 8,192 ($8 \times 1,024$) bytes.

Chip microprocesador

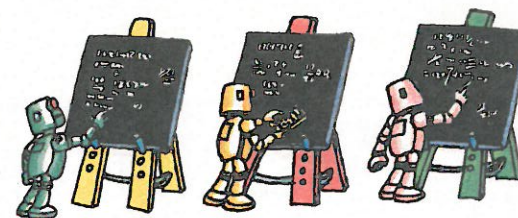
Este dibujo muestra los circuitos de un microprocesador, el tipo de chip que controla una máquina, como un robot o una computadora. Un microprocesador controla una máquina mandando señales eléctricas y procesándolas, o trabajando la información que recibe de la máquina. El microprocesador sabe qué señales tiene que mandar, cómo recoger la información, cómo procesarla y qué hacer con los resultados, gracias a las instrucciones almacenadas en los chips de memoria. Puedes encontrar más sobre programas abajo.

Los circuitos de un microprocesador se pueden agrupar en tres tipos importantes: los circuitos de control, los registradores y los circuitos ALU, o unidad aritmética lógica (Arithmetic Logic Unit), y es aquí donde se realiza el trabajo más importante.

Registros

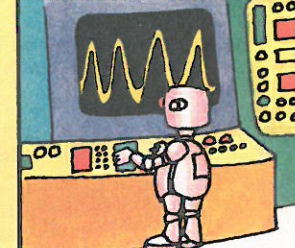
Los registros son como localizaciones de memoria montados en el mismo procesador. Algunos tienen 8 cajoneras y pueden tener un byte de información, otros tienen 16 y pueden tener dos bytes. Los registros son usados para almacenar información e instrucciones dentro del microprocesador, mientras se trabaja con ellas, y también para las direcciones que van a ser mandadas a los chips de memoria. Algunos de los registros como el de un programa de cuentas hacen una tarea específica. Puedes encontrar más sobre esto en las páginas siguientes.

Unidad Aritmética Lógica



Esta es la parte del microprocesador donde se realizan los cálculos y las decisiones lógicas necesarias para controlar una máquina. Estas se hacen manipulando los códigos binarios a través de circuitos que los cambian en formas determinadas. En realidad, los circuitos electrónicos solamente pueden llevar a cabo un número limitado de simples operaciones lógicas. Todos los cálculos y las decisiones son organizados a partir de esto. Puedes averiguar cómo se hace esto en las páginas 34 a 41.

Circuitos de control



Cerca de los dos tercios de la superficie de un microprocesador está ocupada por circuitos de control. Estos organizan todas las tareas del microprocesador, mandando señales para abrir y cerrar los registros, sincronizando las operaciones en el ALU y así sucesivamente. Los circuitos de control están unidos al reloj del microprocesador. Puedes encontrar más información sobre cómo trabajan los circuitos de control en las páginas 26 a 29.

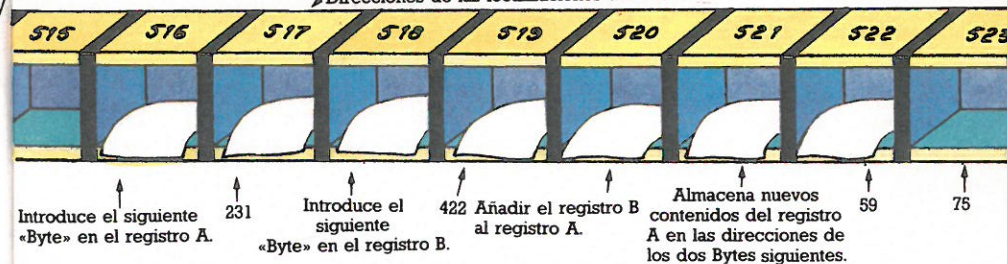
Más sobre programas

Cada trabajo que hace un microprocesador se descompone en una secuencia de simples tareas e instrucciones eléctricamente codificadas, necesarias para cada tarea. A la derecha puedes ver un ejemplo del tipo de instrucciones que necesita un microprocesador; están escritas en castellano con números decimales para que puedas entenderlas.

Un programa es una lista de instrucciones para un trabajo determinado y cada instrucción está codificada en un byte de 8 bits de código binario. Las instrucciones suelen estar acompañadas de una información o señal de la dirección de donde se encuentra la información, y éstas también están codificadas en sistema binario y forman parte de un programa. Las direcciones toman 2 bytes de un programa, porque son de 16 bits de longitud.

1^{er} byte INTRODUCE EL SIGUIENTE BYTE EN REGISTRO A.)
 2^o byte 231
 3^{er} byte INTRODUCE EL SIGUIENTE BYTE EN REGISTRO B.)
 4^o byte 422
 5^o byte UNE EL REGISTRO B AL REGISTRO A
 6^o byte ALMACENA NUEVOS CONTENIDOS DEL REGISTRO A EN LAS DIRECCIONES EN LOS DOS SIGUIENTES BYTES.
 7^o byte 59
 8^o byte 75
 Estos dos bytes son datos.
 Estos dos bytes son instrucciones.
 Estos dos bytes son una dirección.

Direcciones de las localizaciones de memoria



Este dibujo muestra cómo se almacena el programa de la izquierda en un chip de memoria. Cada Byte del programa es un código de 8 señales eléctricas almacenadas en una localización de memoria. Cuando un microprocesador está trabajando atrae los bytes de un programa uno por uno en orden numérico. Sólo puede decir si un determinado byte es una instrucción, una dirección o un dato, por su posición en el programa. Por ejemplo: el primer byte de un programa es siempre una instrucción. Si un programador pone un byte de datos primero, por error, el microprocesador puede tratar el dato como una instrucción y el programa entero puede enloquecer o "estropearse".

Los registros

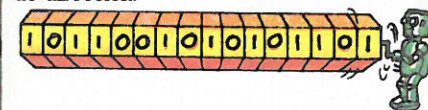
Alrededor de un décimo de la superficie de un chip está cubierta con registros. Estos son almacenes temporales de información, instrucciones y direcciones, cuando se mueven dentro del microprocesador. Algunos de los registros tienen que jugar un papel especial en la operación del microprocesador y éstas se describen abajo. Los registros trabajan de la misma forma que las localizaciones de memoria en un chip RAM. Los datos pueden ser leídos de ellos o escritos en ellos, y leer datos quiere decir tomar una copia de ellos, no sacarlos realmente del registro. Los datos solamente son sacados de un registro cuando se introducen otros en su lugar.

El programa del contador

El programa del contador es un registro de 16-bits y los códigos binarios que retiene son direcciones. Su trabajo es visualizar la siguiente dirección desde donde se va a sacar una información o dato, para que el programa se ejecute en el orden correcto.



Al principio de un programa, el contador del programa está cargado con la dirección de la primera instrucción (que es el primer byte del programa). Esta se pone en el bus de dirección.



Mientras la instrucción se lanza y se saca, el contador del programa automáticamente aumenta en 1, de manera que el número que contiene es la dirección del siguiente byte del programa (es más o menos como el contador en una cassette). La operación que automáticamente aumenta el número en el contador del programa en 1 se llama incrementación.

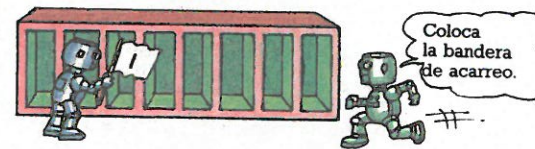
El contador del programa mantendrá visualizado direcciones en orden numérico a menos que se le ordene que salte a otra parte diferente del programa. Cuando esto ocurre, la nueva dirección es cargada al contador del programa y empieza a contar otra vez desde ahí.

Registro de instrucciones

Cada instrucción que se trae al microprocesador desde los chips de memoria es enviada a este registro de 8 bits y luego es transportada fuera por los circuitos de control. Una instrucción se mantiene en el registro de instrucciones hasta que es reemplazada por la siguiente instrucción traída desde los chips de memoria.

Registro de bandera

Esto es un registro de 8 bits y cada uno de los bits lo usa separadamente el ALU para indicar que ha ocurrido algo particular. Cada bit en el registro se llama «bandera», y señala un suceso diferente. Si el bit es un 1 (un voltaje alto), la bandera queda puesta indicando que el evento ha ocurrido. Si el bit es un 0 (voltaje bajo), quiere decir que el evento no ha sucedido.



Por ejemplo, una de las banderas se llama bandera de acarreo y la usa el ALU cuando está haciendo una suma. Si el resultado de sumar dos números binarios es más grande que 8 bits (y no puede caber en el acumulador), el ALU lo indica, colocando la bandera de acarreo.

Acumulador

Esto es un registro de 8 bits unido al ALU. Lo usa el ALU cuando está haciendo cálculos; por ejemplo, para que el ALU sume dos números, uno de ellos tiene que estar almacenado en el acumulador. Cuando la suma ha terminado, la solución se envía al acumulador, donde reemplaza al número original. A menudo se dice que el registro acumula los resultados y así es como toma su nombre.

Registros de trabajo

Estos son registros de 8 bits donde se almacenan los datos preparados por el ALU para trabajar en ellos, o donde los resultados están almacenados temporalmente por si son necesarios de nuevo. El número de registros de trabajo en un microprocesador varía entre 6 y 30 de acuerdo a cómo estén hechos. O sea que muy pocos datos se pueden mantener dentro de un microprocesador al mismo tiempo. Muchos de ellos han de ser almacenados en los chips RAM y sacados cada vez que se necesitan.

En algunos microprocesadores, los registros de trabajo están colocados en parejas para poderlos usar a la vez y retener códigos de dirección.

Los circuitos de control

Los circuitos de control de un microprocesador son como el capitán de un barco diciendo a cada persona lo que tiene que hacer y cuándo lo tiene que hacer. Cada instrucción codificada de una máquina que llega al registro de instrucciones implica muchas pequeñas operaciones separadas, tales como abrir y cerrar los registros, recoger datos de la memoria y otras cosas. Los circuitos de control mandan señales fuera para hacer que todas estas operaciones tengan lugar en orden y en el momento adecuado. Ellos son controlados por el reloj del microprocesador, del que puedes encontrar más en la página siguiente.

El reloj

El reloj del microprocesador manda un flujo de pulsaciones de corriente eléctrica a los circuitos de control para sincronizar la realización de todas las operaciones. Cuando los circuitos de control reciben una pulsación del reloj manda una señal.

Señales de control

Los circuitos de control están unidos a los demás circuitos del chip por medio de pistas llamadas líneas de control. Hay entre 60 y 100 dentro del microprocesador y cada una lleva una señal para una operación determinada. Una señal de control es un simple número binario 1 ó 0 que provoca una operación en el circuito al que es enviado*.

Cómo se descodifican las instrucciones

GRUPO DE INSTRUCCIONES

01110101 #, @, X, L, Z, @, V, A
11101011 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0
10010110 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0
00011101 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0
10011010 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0
11011000 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0

Dentro de los circuitos de control hay una lista de todas las instrucciones codificadas de la máquina que el microprocesador puede entender: «Grupo de instrucciones del microprocesador». El número de instrucciones que hay en él varía entre 70 y 150, dependiendo de cómo está hecho el microprocesador.

Los circuitos de control contienen un grupo pequeño de circuitos de memoria llamados Microprograma ROM. Estos tienen una secuencia de señales para cada

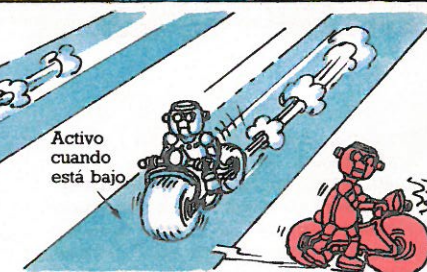
instrucción en el Grupo de Instrucciones. Los controles de señales hacen que las instrucciones codificadas de la máquina se lleven a cabo dentro del microprocesador.

Cuando las instrucciones codificadas de una máquina llegan al registro de instrucciones su conjunto de señales 0 y 1 se usa como dirección para localizar el lugar en el Microprograma ROM, donde están almacenadas las señales de control para esa instrucción.

Más sobre las señales de control



Activo cuando está alto.



Activo cuando está bajo

En términos electrónicos, una señal binaria 1 es un alto voltaje y la señal binaria 0 es un bajo voltaje. Una línea de control suele tener un bajo voltaje la mayor parte del tiempo. Y la señal para hacer algo se da cambiando ésta a un alto voltaje (puedes hacerlo mandando un número binario 1). La línea de control se dice que está «activa cuando está alta».

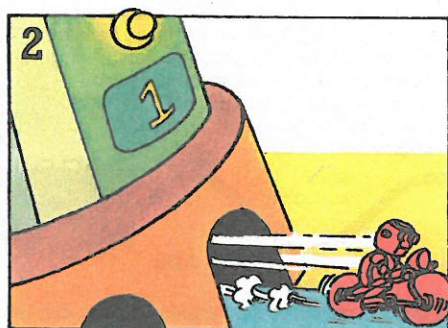
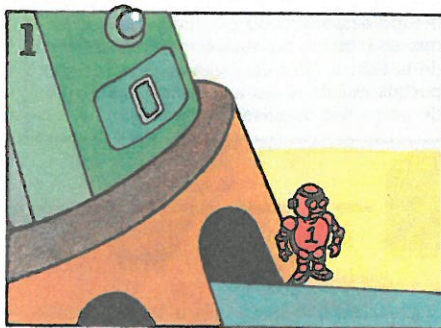
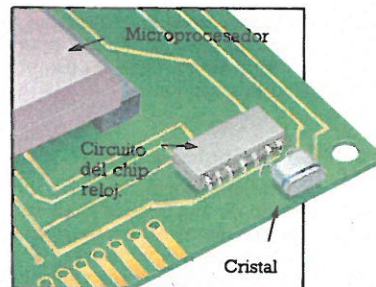
Puede ocurrir al revés, que la línea de control esté «activa cuando está baja». O sea, que la línea tiene un alto voltaje la mayor parte del tiempo, y para hacer que suceda algo con un alto voltaje tiene que cambiarse a uno más bajo (esto es una señal binaria 0). En efecto, todas las señales 1 y 0 en el código de los chips son bajos y altos de voltaje.

*Algunas de las líneas de control forman el bus de control que lleva señales de control a los chips desde el microprocesador, ej. a los chips de memoria.

El reloj del microprocesador

Cada pequeña operación electrónica que sucede en los circuitos de un chip tiene que ser impulsada por una señal de control. Las señales de control por sí solas son impulsadas por el reloj del microprocesador.

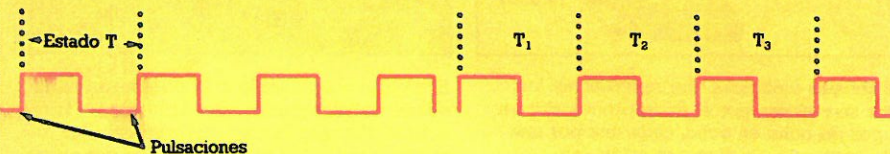
El reloj es un grupo de circuitos unidos a una fina tira de cristal de cuarzo. Los circuitos pueden estar sobre el microprocesador o en un chip separado. El cristal de cuarzo está siempre separado porque él solo es tan grande como un chip.



Cuando una corriente eléctrica pasa a través del cristal de cuarzo, éste vibra a una velocidad precisa y regular. Los circuitos del reloj usan estas vibraciones para mandar una corriente regular de pulsaciones a la unidad de control del microprocesador. Cada vez que la unidad de control recibe una pulsación manda una señal y se produce una operación en algún lugar del microprocesador. Nada puede ocurrir sin una pulsación del reloj, y si éste se salta una pulsación, los circuitos del chip pueden quedar congelados por un instante.

La velocidad a la cual el reloj manda pulsaciones se mide en megahertzios y controla la velocidad a la que trabaja el microprocesador. Un megahertzio es un millón de pulsaciones por segundo. Un reloj de microprocesador puede ir a una velocidad de 2 y 4 megahertzios, que quiere decir que el microprocesador produce hasta 4 millones de pequeñas operaciones cada segundo*.

Más sobre el reloj

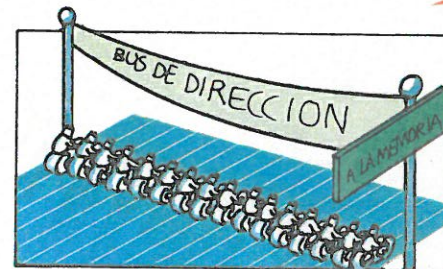
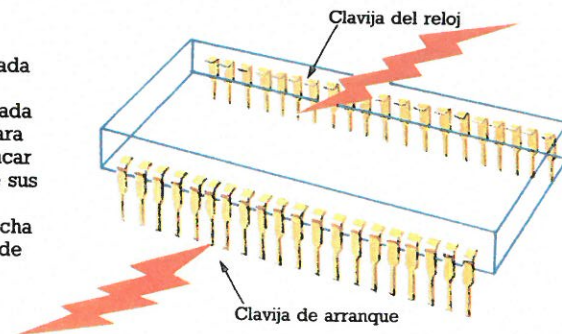


El flujo de pulsaciones del reloj se representa normalmente por medio de una línea como ésta llamada onda cuadrada. La parte de la línea que va hacia arriba representa una pulsación y el intervalo entre ésta y la siguiente pulsación (la siguiente línea vertical hacia arriba) se llama un ciclo del reloj o estado T.

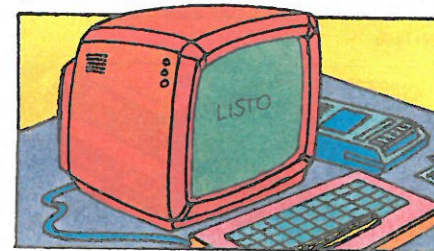
Los ingenieros y los programadores miden el tiempo que toma el microprocesador en llevar una instrucción codificada de una máquina en estados T. El número de estados T es el mismo número de operaciones electrónicas que requiere la instrucción. Puede ser de 4 a 20, dependiendo de lo complicada que sea la instrucción.

Cómo empieza un chip a trabajar

Cuando se enciende una máquina controlada por un microprocesador, lo primero que sucede es que una señal eléctrica es enviada directamente al contador del programa para ponerlo en 0. Esto se llama señal de arrancar y entra en el microprocesador por una de sus clavijas. Tan pronto como la señal de arrancar se envía, el reloj se pone en marcha y esto genera señales desde los circuitos de control.



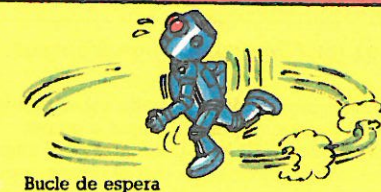
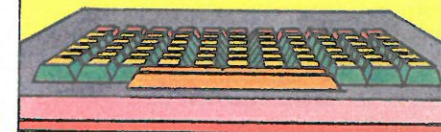
Las primeras señales de control ponen el número del contador de programa (es cero, 0000000000000000 en binario) en la dirección del bus y buscan el byte almacenado en esa dirección llevándolo al Registro de Instrucciones. El número binario 0000000000000000 es siempre la dirección de la primera localización de memoria que hay en el chip ROM. El byte que almacena es el primero en una secuencia de instrucciones que preparan a la máquina para su uso.



Conseguir que la máquina esté lista en una computadora significa que las localizaciones de memoria en los chips RAM estén libres, hacer una prueba para comprobar que están almacenando correctamente señales eléctricas, comprobar todas las direcciones input - output para ver si todo el equipo está conectado y finalmente visualizar un mensaje en la pantalla para que el usuario sepa que ya puede empezar a escribir programas.

Matando el tiempo

Durante todo el tiempo en que la máquina está encendida, el reloj está enviando pulsaciones, por lo que el microprocesador ha de estar haciendo algo (aunque no se necesite hacer nada en ese momento). Para prevenir que el microprocesador corra ciego a través de programa tras programa se escriben rutinas especiales llamados bucles de espera en el chip ROM. Esto hace que el microprocesador trabaje sobre una serie de instrucciones una y otra vez hasta que tengan que hacer otra cosa.



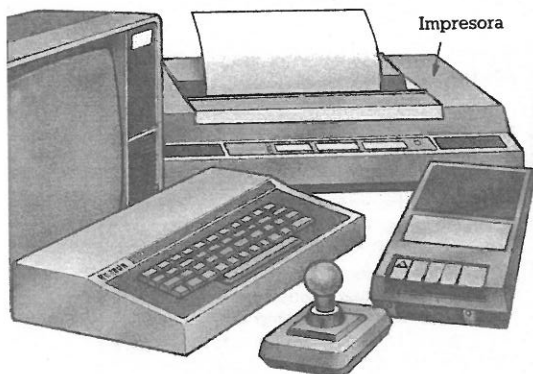
Bucle de espera

Uno de los bucles de espera de una computadora es una secuencia de pruebas para comprobar si se ha presionado una tecla del teclado. Cuando el microprocesador no tiene otra cosa que hacer, los programas de control le indicarán a la computadora que ejecute estas pruebas una y otra vez. Se estima que el microprocesador de una computadora gasta el 98% de su tiempo buscando en el teclado.

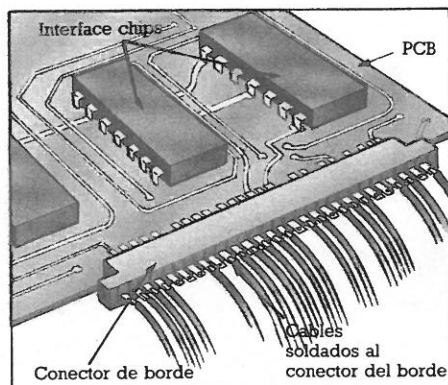
* Esto es, uno cada 250 nanosegundos.

Cómo entra y sale la información

Un microprocesador solamente es útil si se puede conectar de alguna manera al mundo exterior, de forma que mande sus señales fuera y reciba información. Un microprocesador que controla una computadora o un juego, por ejemplo, necesita ser capaz de recibir las instrucciones del que lo usa y visualizar los resultados llevándolos fuera. Un microprocesador que controla una máquina, como por ejemplo el brazo de un robot o de una lavadora, tiene que hacer que la máquina se mueva y al mismo tiempo recibir información de lo que está haciendo la máquina (esto se llama retroalimentación). Las piezas de un equipo que traducen la información entre el «mundo real» y las señales eléctricas se llaman mecanismos de entrada / salida (input / output).



El mecanismo input de una microcomputadora puede ser un tablero de mandos o una grabadora de cassettes o un mando de juegos, y el output, la pantalla de TV o una impresora.* En otras máquinas, los inputs son normalmente «sensores», que cambian las cantidades físicas (calor, velocidad, fluidez de un líquido) en señales eléctricas y los outputs son motores que cambian las señales eléctricas en movimientos.

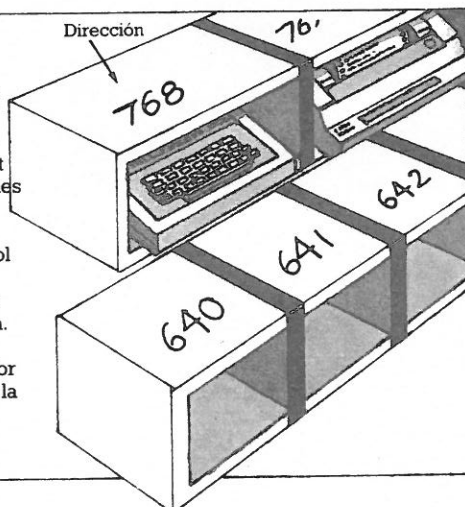


Los equipos de input y output están conectados al microprocesador por medio de cables soldados a enchufes finos y largos llamados conectores de borde que se encajan al borde del circuito impreso. Muchos equipos de input y output operan con señales que son diferentes a las señales binarias. Para convertir las señales eléctricas de inputs y outputs al sistema binario y al contrario se usan chips especiales llamados chips interface.

Búsqueda de equipos input/output

Un microprocesador no puede saber dónde ni qué tipo de mecanismo input o output están unidos a él. Para permitir que el chip intercambie información con el equipo input output se le hace semejantes a localizaciones de memoria con un byte de datos. Cada equipo de input y output tiene su propia dirección y está unida a los buses de control de datos y direcciones. La información se envía entre los inputs y outputs de la misma forma que de las localizaciones de memoria.

Algunos equipos de output tienen dos direcciones, una a la que el microprocesador manda datos y otra la señal de posición de la que el microprocesador puede recoger información del equipo de output.



Señales de conversión

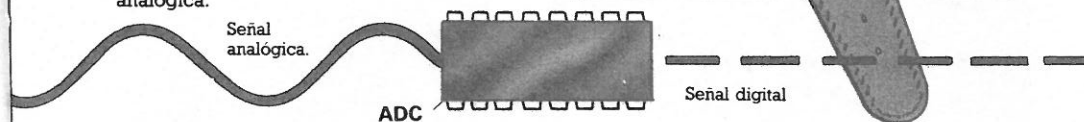
Abajo hay ejemplos de señales eléctricas producidas por un equipo input y cómo se transforman para que las use el microprocesador.

De analógico a digital

Las señales eléctricas producidas por el teclado de una computadora son completamente diferentes a las producidas, por ejemplo, por un sensor de calor. En el teclado cada tecla crea una señal independiente que se produce cuando se presiona la tecla y desaparece cuando la tecla no es presionada. Se les llama señales digitales. La señal que procede del termostato está siempre presente, pero varía con el aumento o descenso de la temperatura. A esto se le llama señal analógica.

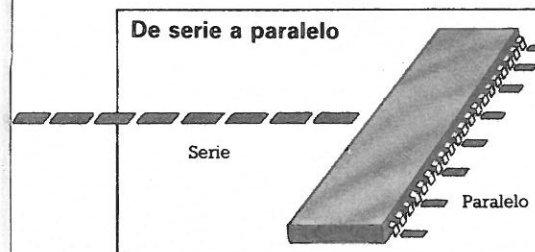


Un reloj mecánico es analógico porque el tiempo está marcado por unas manecillas que se mueven constantemente alrededor de la esfera. Un reloj electrónico es digital porque señala el tiempo como unas series de pequeños impulsos separados.

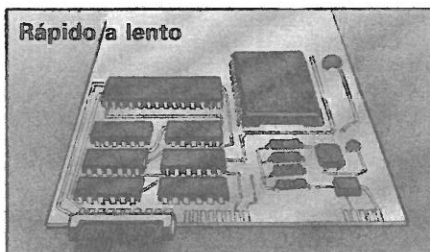


Un microprocesador sólo puede trabajar con señales digitales, que son 0 ó 1 sin ningún estado intermedio. Antes de que una señal analógica, como la temperatura o la velocidad, se envíe a un microprocesador tiene que transformarse a la forma digital. Esto se hace pasando la señal analógica a través de un chip de interface que se llama convertidor analógico a digital (ADC). El ADC mide la señal analógica en intervalos regulares (ejemplo: mil veces por segundo), produciendo series de valores que se traducen al sistema binario y se envían al microprocesador.

De serie a paralelo



Las señales eléctricas que representan los datos se mueven por el microprocesador en grupos de ocho en ocho, cada una por una pista separada. Se dice que están «en paralelo». En algunos equipos, sin embargo, las señales eléctricas viajan una tras otra por una única pista. Estas están «en serie». Las cintas de cassette con los programas de la computadora almacenan los bytes de los datos de serie. Antes de pasar al microprocesador, los programas pasan por un chip de interface, que pasa las señales en serie a señales en paralelo. El chip se llama convertidor de serie a paralelo.



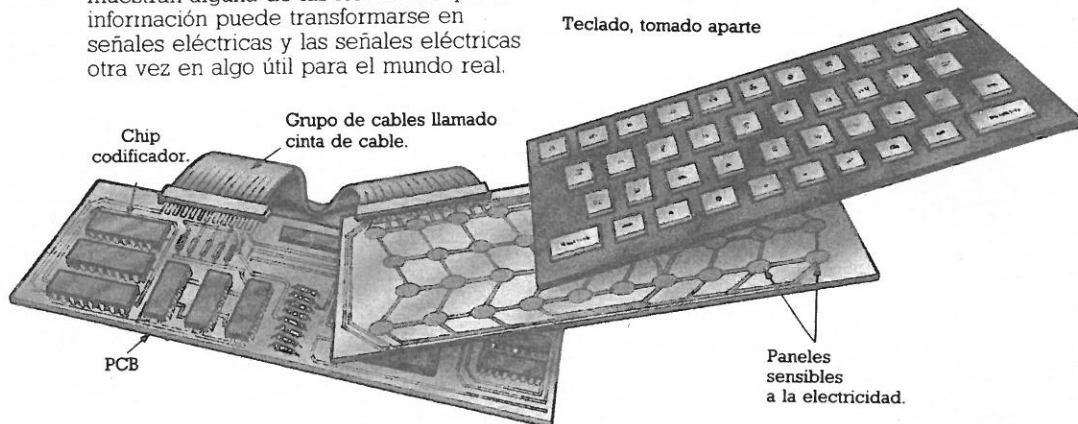
El equipo output unido a un microprocesador puede trabajar mucho más despacio de lo normal. Por ejemplo, un microprocesador puede mandar mil caracteres* a la impresora en menos de un segundo pero a la impresora le lleva un minuto o dos imprimirlos. Para solucionar esto determinadas zonas del chip RAM, llamadas buffers, almacenan caracteres en forma de código mientras esperan a ser impresos.

* Un carácter es una letra, número o símbolo.

* Los equipos de output e input de una computadora se llaman también periféricos.

Más sobre input y output

Los dibujos de estas dos páginas muestran alguna de las formas en que la información puede transformarse en señales eléctricas y las señales eléctricas otra vez en algo útil para el mundo real.

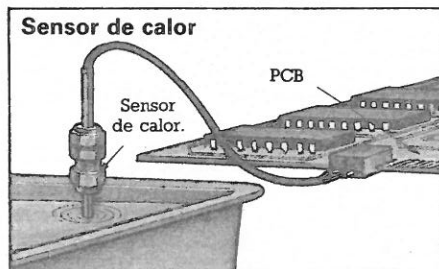


Teclado de la computadora

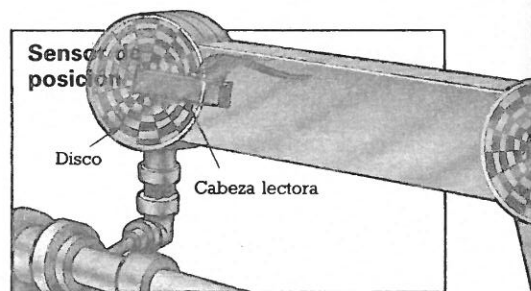
Algunos teclados tienen un panel eléctricamente sensible entre cada tecla. Los paneles están colocados sobre una hoja de plástico y unidos por pistas eléctricas formando una tela de filas y columnas. Cuando se presiona una tecla, las señales de su fila y columna se mandan a un chip de interface llamado codificador. Este reconoce qué tecla se ha presionado y produce el código binario preciso.

El teclado y su chip de interface tiene una

sola dirección y cuando el microprocesador busca datos del teclado de direcciones en realidad está tomando los datos del chip interface que ha producido un código binario. Cuando el microprocesador en una computadora está listo para recibir las instrucciones del usuario, busca bytes en el teclado de direcciones una después de otras y las pone en los chips RAM.

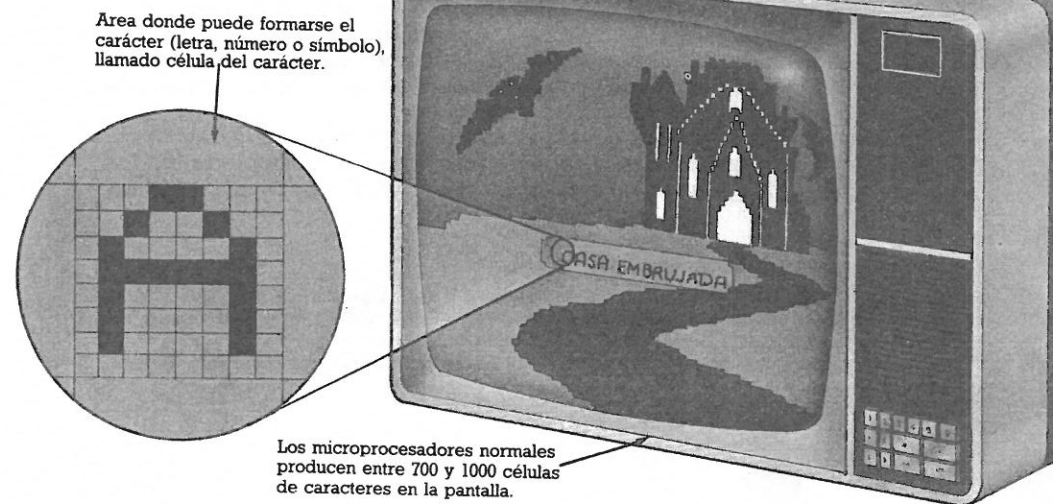


El sensor que se muestra en este dibujo transforma la temperatura de un líquido (por ejemplo, el agua de una lavadora) en una señal eléctrica. El sensor contiene un pequeño componente electrónico llamado transistor que permite el paso de diferentes cantidades de corriente eléctrica a través de él de acuerdo con lo caliente que esté. De este modo una temperatura variable se transforma en una corriente eléctrica. Esta corriente es analógica y debe ser transformada en digital antes de que la pueda utilizar el microprocesador (ver pág. 31).



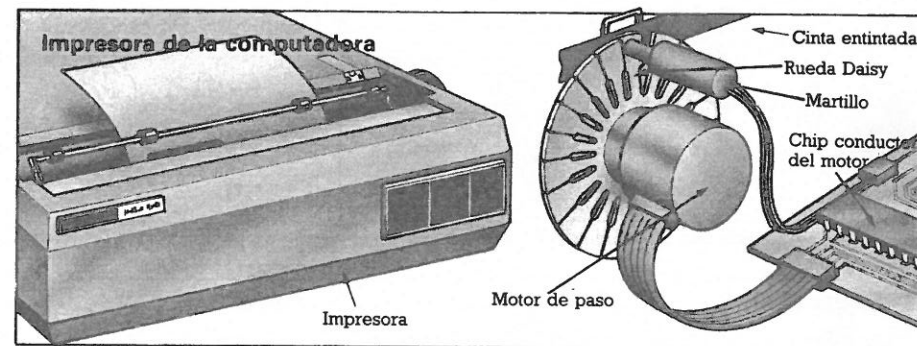
Cada junta del brazo de un robot está ajustada con un sensor llamado codificador óptico de posición, el cual posibilita al microprocesador saber dónde está el brazo. El codificador tiene dos partes —un disco plano conectado a la parte móvil del robot y una «cabeza lectora» conectada a la parte fija—. El disco plano está dividido en segmentos cada uno con un dibujo distinto en blanco y negro. Al moverse el brazo, la cabeza lectora produce una serie de señales binarias que se ajustan al dibujo de blanco y negro bajo él. De este modo se producen los códigos binarios de posición.

Pantalla de televisión



La pantalla de televisión o VDU (Unidad de despliegue visual) unida a la computadora convierte las señales eléctricas del microprocesador en dibujos de luz para formar palabras, números y dibujos que los usuarios pueden entender.

Cada zona de la pantalla de televisión donde puede formarse un carácter tiene una dirección diferente. Cuando el microprocesador tiene información que mandar, manda un código binario por cada carácter a un chip de interface llamado generador de caracteres*. Este traduce el código en una serie de señales que encienden una serie de puntos en una dirección de la pantalla para formar el carácter especificado por el código.



Un pequeño «motor de paso» se usa para transformar señales eléctricas a movimientos de la impresora de un computador. El motor de paso se mueve un espacio fijo cada vez que recibe una señal eléctrica. El motor mueve un disco de plástico llamado rueda Daisy que tiene números, letras y símbolos en el borde.

Cuando el microprocesador de una computadora tiene información para imprimir, manda códigos binarios para letras y números a la dirección de la impresora. Los chips del interior de la impresora convierten los códigos en el número de señales necesarias para traer la letra requerida bajo el martillo.

Muchas impresoras tienen dos direcciones. La segunda se llama dirección de estado y tiene los datos sobre la impresora. Como, por ejemplo, si está preparada para recibir información o si está imprimiendo o si se le ha acabado el papel.

*El generador de caracteres es normalmente un chip ROM extra. En algunas computadoras pequeñas los circuitos del generador de caracteres están en el chip ROM principal.

Dentro del ALU

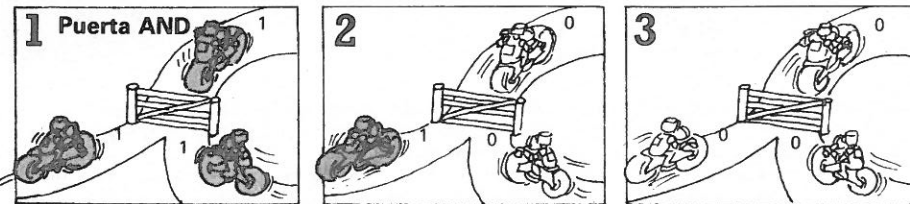
Todos los datos que se introducen en un microprocesador son eventualmente trabajados dentro de la Unidad Aritmética y Lógica (ALU). Esta es la parte del microprocesador que realiza los cálculos y toma decisiones. Esto lo hace mandando bytes de código binario a través de circuitos llamados puertas lógicas. Estas puertas son la clave del funcionamiento de un microprocesador.

Hay muchos tipos diferentes de puertas lógicas hechas combinando los interruptores de diferentes formas. Las puertas están diseñadas para producir diferentes señales, de acuerdo con las señales que reciban, como se muestra abajo.

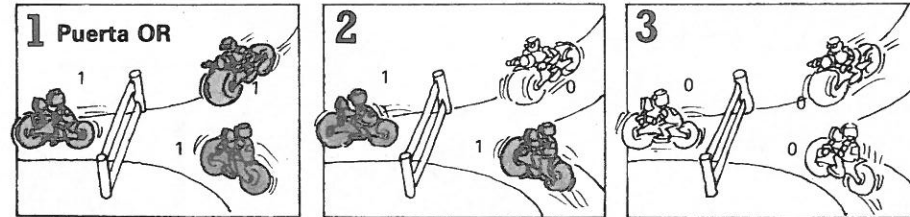
Cómo trabajan las puertas lógicas

Las pistas que llevan las señales a una puerta lógica se llaman inputs y a la pista que lleva la señal fuera se llama output. Muchas puertas lógicas tienen dos inputs y un output y están organizadas en grupos para tratar con el código binario de 8 bits.

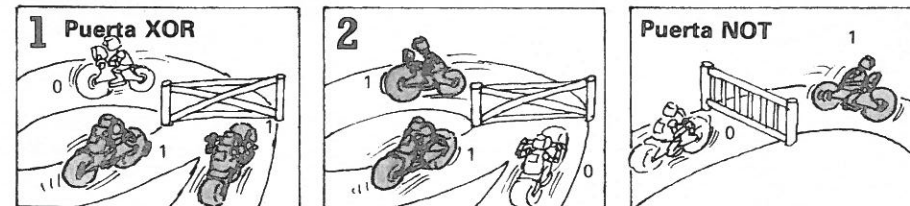
Hay 4 tipos importantes de puertas lógicas en el ALU y puedes ver cómo trabajan en los dibujos de abajo.



Estos tres dibujos muestran cómo trabaja una puerta AND. Tiene dos inputs y un output. Puede mandar una señal binaria 1 si recibe una señal en cada uno de los dos inputs (primer dibujo). Si recibe sólo una señal 1 o ninguna, manda una señal binaria 0 (segundo y tercer dibujos).



Una puerta OR manda una señal binaria 1 si recibe una señal en uno de los dos o en los dos inputs.

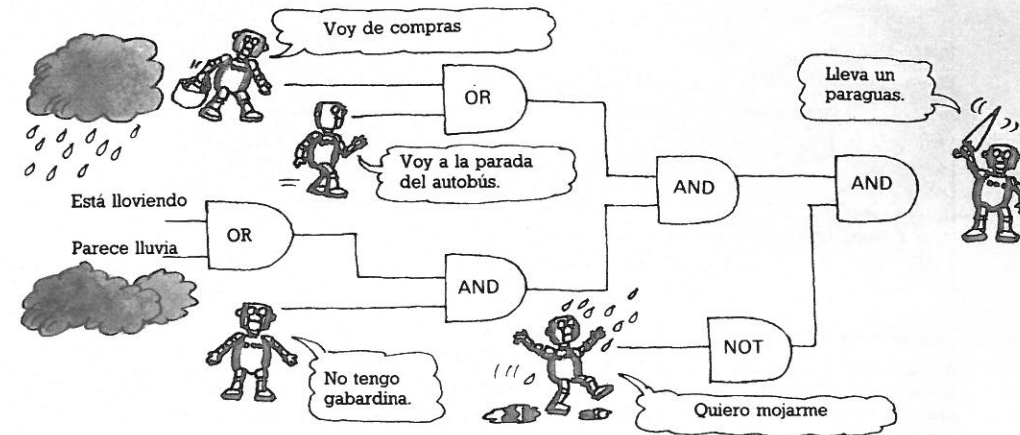


XOR viene de puerta «OR exclusiva», y esta puerta es como una OR excepto que solamente manda una señal 1 si recibe una señal 1 en uno u otro de sus inputs, pero no en los dos.

Una puerta NOT tiene solamente un input y siempre manda lo opuesto de lo que recibe. Por lo que si un input es 0, su output es 1 y viceversa.*

Decisiones complicadas

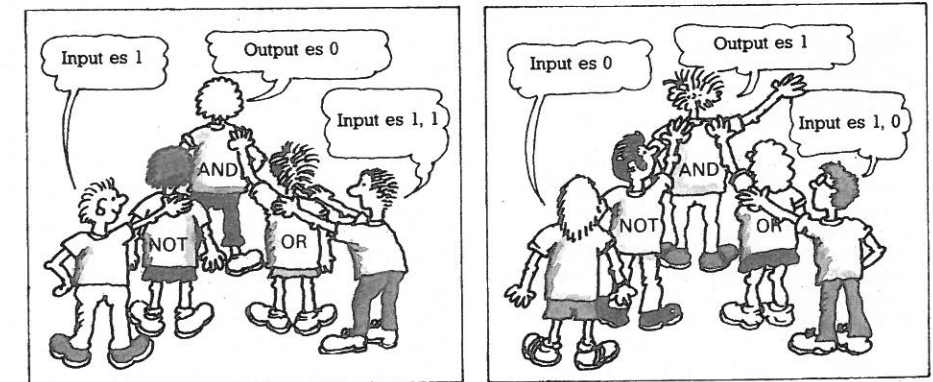
Cada tipo de puerta lógica solamente puede tomar una decisión muy simple identificando si ha recibido una determinada información. El ALU de un microprocesador a veces tiene que hacer complicadas decisiones que afectan muchos factores, para hacer esto las puertas se agrupan como se muestra abajo.



El circuito de puertas está diseñado para que el output de una puerta se ramifique en el input de la siguiente. Cada puerta es un punto de decisión y la decisión tomada se convierte en uno de los inputs del siguiente punto de decisión hasta que se llega a la decisión final. Siempre que el problema se pueda dividir en series de escalones de decisiones lógicas, éste puede ser realizado por los circuitos de puertas lógicas de un microprocesador.

Un circuito lógico humano

Puedes reunir un grupo de personas para hacer un modelo de circuito lógico; cada persona es una puerta, sus dos hombros son los inputs y un brazo es el output. Todos han de aprender las reglas del input y del output para la puerta que representan (en la página opuesta). Tú también necesitas que alguien dé los inputs iniciales a las primeras puertas, como se muestra en el dibujo de abajo.



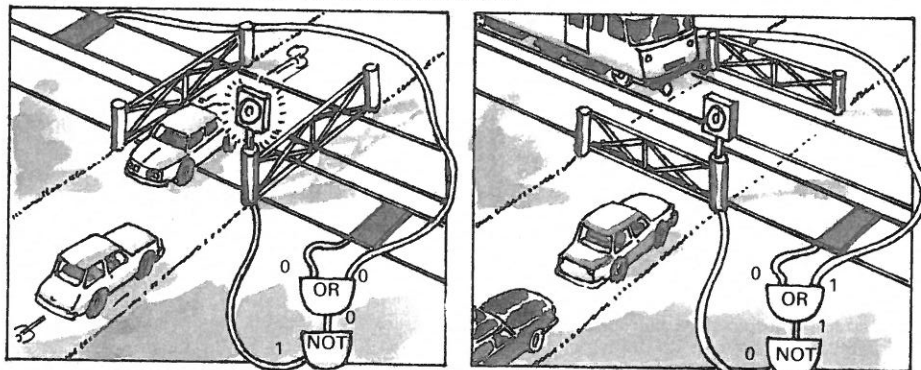
Si tu hombro es tocado, el input es 1 binario; si no es tocado, el input es 0 binario.

Levantando tu brazo representas un output 1 binario. Para pasar esto a la siguiente puerta debes tocar su hombro con la mano.

* Otro nombre para una puerta NOT es «inversora», puede invertir la señal que recibe.

Montaje de un circuito lógico

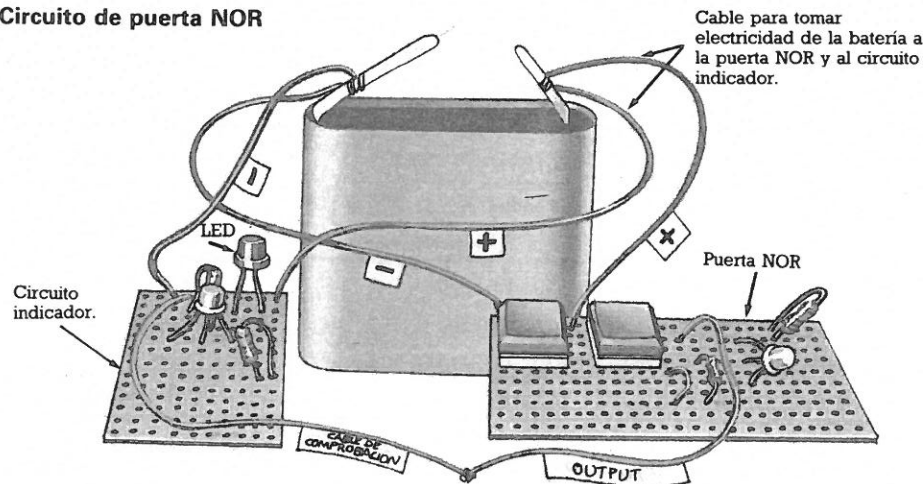
Los dibujos de abajo muestran cómo las puertas lógicas se pueden utilizar para controlar una pieza de equipo como una luz de un semáforo verde en un paso de nivel. Puedes averiguar cómo montar un circuito como éste en las siguientes páginas. Los circuitos electrónicos que controlan los pasos a nivel reales son mucho más complicados, pero trabajan de una forma similar.



La luz verde ha de estar encendida para dejar pasar los coches, pero si viene un tren en una o en las dos direcciones la luz tiene que apagarse. Un circuito lógico como éste puede realizarse con la combinación de una puerta OR con una NOT, como se muestra arriba. Los inputs de la puerta OR son dos interruptores puestos a través de la vía del tren. Estos mandan una señal binario 1 (es decir, una señal de alto voltaje) a la puerta OR cuando un tren pasa sobre ellos. Una puerta OR manda un binario 1 si recibe en uno o en ambos de sus inputs, de manera que si viene un tren mandará 1 a la puerta NOT. La puerta NOT cambia el 1 a 0 (una señal de bajo voltaje) que apaga la luz verde.

Una puerta OR combinada con una NOT se llama puerta NOR. Puedes montar una puerta NOR usando un simple transistor y dos componentes llamados resistencias.

Circuito de puerta NOR



OUTPUT de la puerta NOR unido al circuito indicador.

Este dibujo muestra cómo es la puerta NOR cuando está montada. Para comprobar la puerta se necesita un segundo circuito

llamado circuito indicador. Está hecho usando un componente llamado LED que luce cuando recibe una señal binaria 1.*

* Puedes encontrar más sobre todos los componentes en la página 44.

El equipo que necesitas

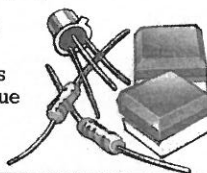
Para hacer la puerta NOR se necesita una batería, algunos componentes electrónicos como los de abajo y un equipo de soldar. Puedes averiguar cómo reconocer, usar y soldar los diferentes componentes en las páginas 44 y 45. Puedes comprarlos en una tienda de electrónica o por correo a través de un anuncio en una revista de electrónica.

Cosas que tienes que comprar

Una batería de 4,5 voltios, unos 150 cm. de cable de cobre, dos circuitos impresos con 10 pistas y 24 agujeros separados 0,1 pulgadas.

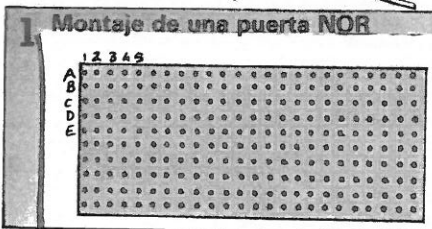
Componentes para la puerta Nor

Un transistor BC 107
Dos resistencias 1K(Ω)
Dos teclas para dos interruptores montables
PCB con dos clavijas que encajen en el circuito impreso

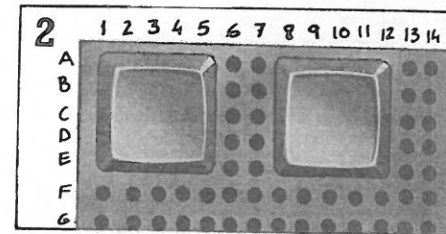


Componentes para el indicador

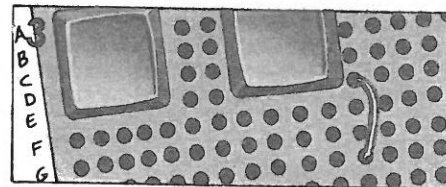
Un LED verde
Un transistor BC 107
Una resistencia de 1K ohmios
Una resistencia de 270 ohmios



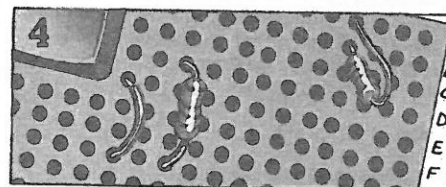
Pon uno de los circuitos sobre una hoja de papel con las pistas puestas de forma horizontal boca abajo y haz una cuadrícula, dando a cada pista una letra y un número a los agujeros.



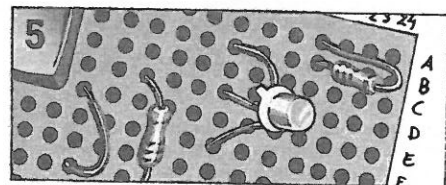
Primero soldar las patillas de uno de los interruptores a los agujeros A4 y E2, y las patillas de otro al A11 y E9.



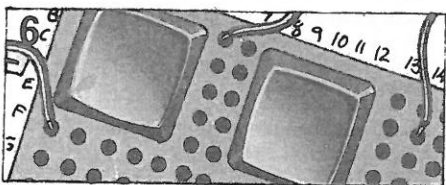
Corta un trozo de cable de 1,5 cm. de largo y quita un poco de plástico de cada extremo; suelda el cable a los agujeros E13 y H13.



Suelda una de las resistencias 1K (bandas marrón, negro y rojas) en los agujeros D15 y H15, y el otro en A21 y B21.

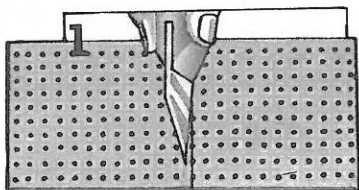


Coloca el transistor con la patilla del colector en B18, la base en D18 y el emisor en F18. Puedes averiguar cual es cada una en la página 44.

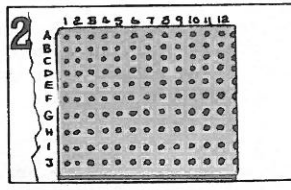


Quita el plástico de las puntas de dos cables de 30 cm. y de un cable de 6 cm. Suelda el cable de 30 cm. en A6 y márcalo con «+»; suelda el otro cable de 30 cm. a F1 y márcalo con «-». Suelda el cable de 6 cm. a B14 y márcalo con «output».

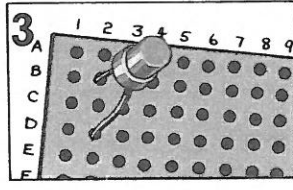
Montaje del circuito indicador



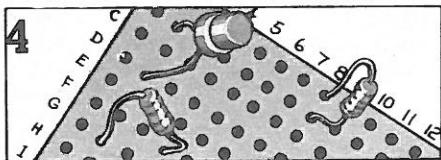
Rompe el circuito de manera que quede con 12 agujeros y 10 pistas. Para romper el circuito, córtalo primero con una cuchilla afilada.



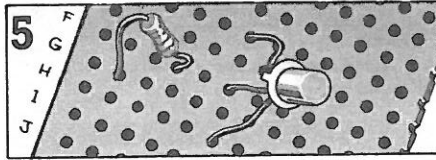
Apoya el panel en un trozo de papel con las pistas puestas de forma horizontal boca abajo, después debes hacer una cuadrícula como se muestra arriba.



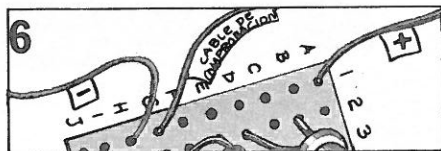
Suelta el LED en los agujeros B2 y D2. La patilla próxima al borde liso (o la patilla más gruesa, mira en la página 44) tiene que ir en el agujero D2.



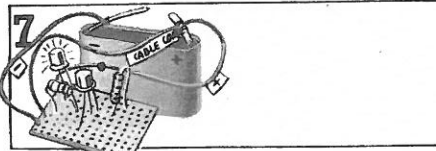
Suelta la resistencia 1K (bandas marrón, negra y, roja) en G2 y F4. Suelta la resistencia de 270 ohmios (bandas roja morada, y marrón) en A8 y B8.



Coloca el transistor con el colector en D6, la base en F6 y el emisor en H6 (mira en la página 44).



Suelta un cable de 30 cm. de largo en el agujero A1 y etiquétalo con '+'. Suelta otro cable de 30 cm. en H1 y etiquétalo con '-'. Luego suelta uno de 6 cm. en G1 y etiquétalo con 'cable de prueba'.

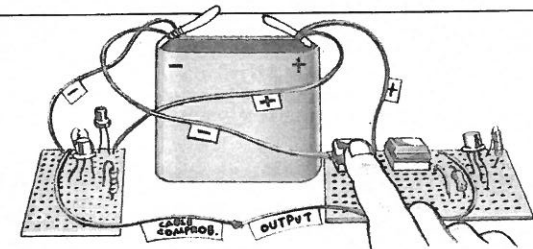


Para comprobar cómo trabaja el indicador conectando a la batería, pon el cable de prueba en la terminal de la batería positiva (+). El LED debe lucir mostrando que hay un alto voltaje (1 binario) presente.*

Comprobación de la puerta NOR

Para comprobar una puerta necesitas conectarlo al indicador del circuito. Une el cable de output de la puerta NOR con el cable de comprobación del indicador. Puedes soldarlo para hacer una unión más firme.

Luego une el cable + de la puerta NOR y el + del indicador y engánchalos a la terminal + de la pila. Debes hacer lo mismo con los cables - y unirlos a la terminal -.



Tan pronto como los circuitos estén conectados, el LED verde debe lucir mostrando que ninguno de los interruptores están presionados (una puerta NOR, solamente da un alto voltaje output cuando toma dos bajos voltajes inputs). Si presionas uno o los dos interruptores, la luz se apagará mostrando que el input ha cambiado a 1 y el output a 0.

Más sobre las puertas lógicas

Los circuitos lógicos son útiles pues también producen el mismo output para el mismo conjunto de inputs. Una puerta lógica con dos inputs, por ejemplo una puerta NOR, puede recibir 4 esquemas diferentes de señales binarias, 0,0; 0,1; 1,0; 1,1. Los ingenieros y los diseñadores de chips escriben tablas de input y output mostrando todos los resultados posibles que una puerta lógica puede producir. La tabla para una puerta NOR se muestra abajo.

INPUT A	INPUT B	OUTPUT
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Tabla para una puerta NOR

Si has construido la puerta NOR de las últimas páginas puedes comprobar estas tablas de verdad. Marca los interruptores con las letras A y B y trabaja con la tabla línea a línea presionando el interruptor A cada vez que el input A dé 1 y el interruptor B cada vez que el input B dé 1. El LED verde muestra cuál es el output.

El nombre propio para una tabla input y output es el de una tabla de verdades. Si quieres, puedes mirar atrás en las descripciones de las puertas AND, OR y XOR y trata de escribir una tabla de verdades para cada una de ellas. Puedes comprobar las respuestas en la página 47.

La historia de las puertas lógicas

Los principios en los que se basan las puertas lógicas electrónicas y las tablas de la verdad fueron pensados por un matemático irlandés llamado George Boole alrededor de 1850. Estudiaba la forma en que se toman decisiones y probablemente nunca pensó que sus ideas pudieran ser usadas más tarde para diseñar circuitos electrónicos.

En sus esfuerzos por estudiar cómo se toman decisiones lógicas, pensó que habría tres procesos básicos de pensamiento a los que llamó AND, OR y NOT (Y, O y NO). Estos son los procesos del pensamiento que las puertas lógicas pueden imitar. Boole inventó las tablas de la verdad para demostrar que supuesta una afirmación verdadera o falsa (y nada más) era posible predecir los resultados de un proceso de pensamiento concreto. La tabla de la verdad de Boole para un proceso AND se muestra abajo. El también escribió tablas de verdad para procesos OR y NOT.

AFIRMACIÓN A	AFIRMACION B	CONCLUSION
Ej. El Sol está brillando.	Ej. Llevo puesto un abrigo de piel.	Ej. Tengo demasiado calor.
FALSO	FALSO	FALSO
VERDADERO	FALSO	FALSO
FALSO	VERDADERO	FALSO
VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO

Si tú cambias la palabra verdadera a binario 1 y falso por binario 0. Esta tabla de verdad es exactamente igual a la de la puerta electrónica AND. Puedes comprobar esto mirando a la tabla de verdad de la puerta AND en la página 47.

Cuando la gente se dio cuenta de que era posible construir circuitos electrónicos que podían producir los mismos resultados que los procesos de pensamientos lógicos humanos, se hicieron posibles los microprocesadores y las computadoras.

*Si el indicador no funciona, comprueba que todos los componentes están en sus agujeros y que están firmemente soldadas las uniones.

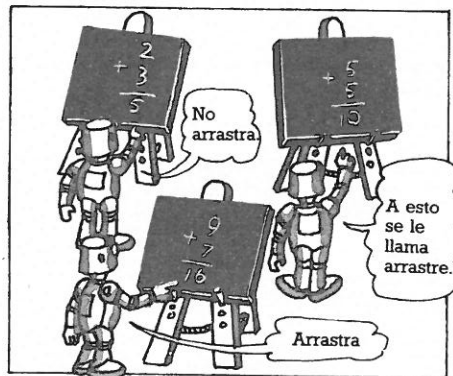
Cómo el ALU hace aritmética

Combinando las puertas lógicas de una forma particular es posible hacer un circuito que sume dos números. Para que comprendas un circuito necesitas saber las reglas para sumar en el sistema binario, y éstas se muestran abajo.

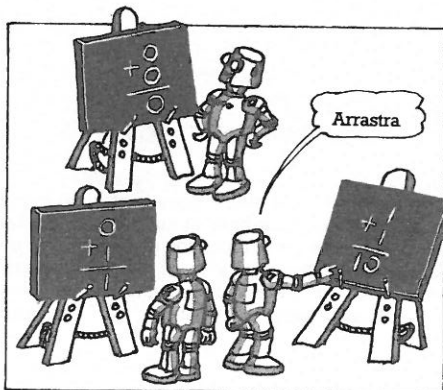
El circuito de sumar solamente puede sumar un dígito binario a otro. Para sumar códigos binarios de 8 bit, el ALU necesita un grupo de 8 circuitos de suma unidos entre sí. Este grupo de circuitos se llama sumador.

Cómo sumar en el sistema binario

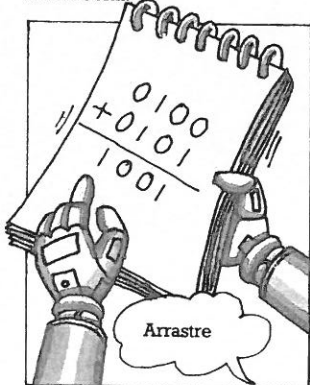
Las reglas para sumar en el sistema binario son las mismas que para sumar en el sistema decimal.



En el sistema decimal, el dígito mayor es 9. Cuando el resultado de añadir dos dígitos es más de 9, por ejemplo, $5 + 5 = 10$, el resultado aparece arrastrando 1 y empezando otra vez en 0, en la columna de la derecha.



En el sistema binario, las reglas de la suma son las mismas; de todos modos, como el dígito mayor en el sistema binario es 1, tan pronto como sumas $1 + 1$ tienes que arrastrar. Mira los ejemplos de arriba.



Aquí puedes ver cómo se suman dos números binarios de 4 bits. Puedes revisar la suma convirtiendo todos los números en decimales, como se muestra a la derecha.

Conversión de binario a decimal

BINARIO	1	1	1	1
DECIMAL	8	4	2	1

$$0100 = 4$$

$$0101 = 4 + 1 = 5$$

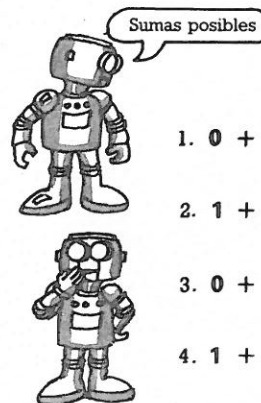
$$1001 = 8 + 1 = 9$$

En los números binarios cada dígito tiene un valor doble que el que se halla a su derecha. Para encontrar el equivalente decimal de los números binarios necesitas doblar el número decimal cada vez que te muevas un lugar a la izquierda en el número binario, como se muestra en la tabla de arriba. Usando esta tabla puedes ver que el número binario 0100 es 4 en el sistema decimal, y el 0101 es 5, y el 1001 es 9 ($4 + 5 = 9$).



Diseño de un circuito de suma

Diseño de un circuito electrónico que sume dos dígitos binarios necesitas hacer una tabla de verdad mostrando todas las posibles sumas y los resultados que dos dígitos pueden producir y luego pensar en un circuito que tenga la misma tabla de verdad. Como el sistema binario de números tiene sólo dos dígitos, sólo son posibles 4 sumas diferentes.* Estas se muestran abajo. Para escribirlas con una tabla de verdad debes hacer que los dígitos sumados sean inputs y las respuestas los output. De hecho, la tabla necesita dos outputs, uno para la parte de los resultados y otro para la parte del arrastre.

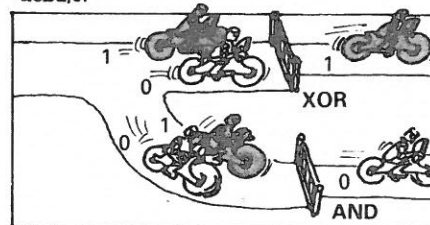


- $0 + 0 = 0$
- $1 + 0 = 1$
- $0 + 1 = 1$
- $1 + 1 = 10$

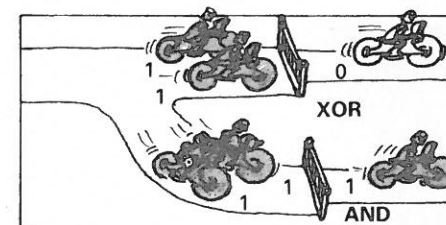
INPUT PARA EL PRIMER DÍGITO BINARIO	INPUT PARA EL SEGUNDO DÍGITO BINARIO	OUTPUT PARA EL RESULTADO	OUTPUT PARA EL ARRASTRE
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	0	1

Qué puertas lógicas se usan

Un circuito para hacer una tabla de verdad para sumar (mostrado encima) puede hacerse usando solamente dos puertas lógicas. Una puerta XOR puede producir el output para el resultado y una puerta AND puede producir el output para el arrastre; se puede comprobar esto mirando la tabla de verdad AND o XOR en la página 47. Los inputs, esto es, los dígitos para ser sumados, tienen que ser introducidos en las dos puertas a la vez, como se muestra debajo.



Estos dibujos cómo el circuito de sumar $1 + 0$ y $1 + 1$. Dentro del ALU hay un grupo de 8 circuitos como éstos, cada uno para sumar cada uno de los bits en un byte de código binario. También hay un segundo grupo de



circuitos que suman lo que se arrastra de un circuito de suma a su izquierda. Si el último bit de un byte produce un arrastre se indica mandando una bandera de arrastre o acarreo al registro de banderas (mirar pág. 25).

Cómo se hacen otras funciones aritméticas

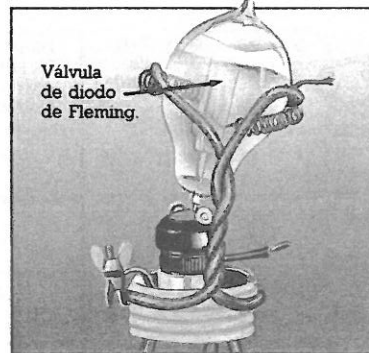
El ALU hace todo tipo de funciones aritméticas sumando en sus circuitos de suma. Para restar números hace uno de ellos negativo y suma. La multiplicación se hace sumando una y otra vez, y la división se hace restando una y otra vez. Los cálculos complicados como hallar raíces cuadradas se dividen en pasos sencillos, cada uno de los cuales solamente comprende la suma. Un grupo de reglas para hacer cálculos complicados se llama un logaritmo. En un chip de una calculadora de bolsillo, los circuitos ROM tienen un logaritmo para cada operación matemática que puede hacer.

*En el sistema decimal, que tiene diez dígitos diferentes, la suma de los dígitos produce 100 posibles sumas.

Historia del chip

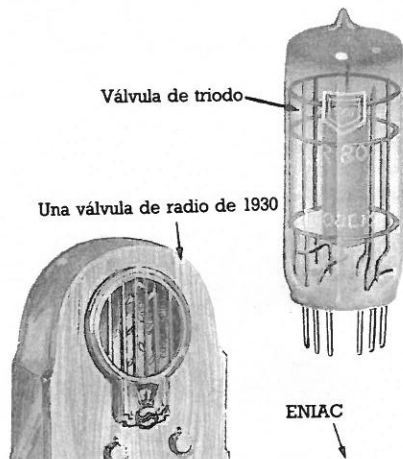
Los orígenes del chip se encuentran en el desarrollo e investigación de la electrónica (el control de la electricidad), que avanzó vertiginosamente en la primera mitad de este siglo. Los componentes electrónicos primero se usaron para reproducir el sonido en las radios y para regular la velocidad de un motor eléctrico. En estas dos páginas tienes información sobre el desarrollo de los primerísimos componentes electrónicos y cómo se hizo posible el chip.

A principio de este siglo, los científicos se dieron cuenta de que podían controlar una corriente eléctrica. La electrónica empezó en 1904 con la investigación de una válvula de diodos termoiónicos, o diodo, por Ambrose Fleming. El diodo permitía a la corriente pasar en una sola dirección. Trabajaba emitiendo electrones (partículas cargadas eléctricamente) de un cable calentado dentro de un tubo de cristal donde se ha hecho el vacío. Los electrones eran atraídos a un plato de metal al otro lado del tubo y la corriente podía pasar en esa dirección.



Válvula de diodo de Fleming.

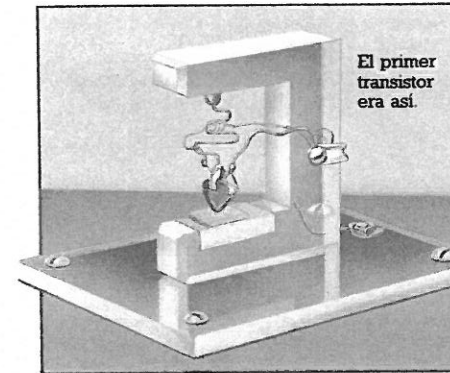
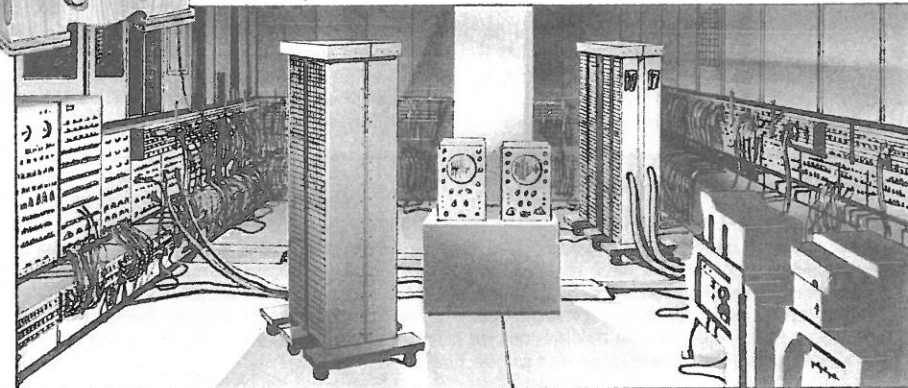
Después de este año, Lee de Forest descubrió que poniendo una rejilla de metal en medio de un diodo, él podía controlar y variar la cantidad de corriente que pasaba. Este invento, llamado la válvula de triodo, fue muy importante para el desarrollo de la radio y la televisión, porque permitía que las corrientes fueran amplificadas (hacerlas más grandes). También se descubrió que la válvula de triodo podía actuar como un interruptor. Esto dio paso a las primeras computadoras electrónicas en 1940: Colossus en Inglaterra y ENIAC en USA. ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator); la máquina tenía la increíble suma de 18.000 válvulas. Ocupaba una habitación entera y generaba una enorme cantidad de calor. Los ingenieros tenían que trabajar las 24 horas del día reemplazando válvulas recalentadas.



Válvula de triodo

Una válvula de radio de 1930

ENIAC

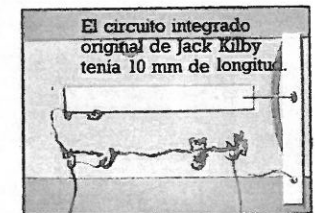


El primer transistor era así.

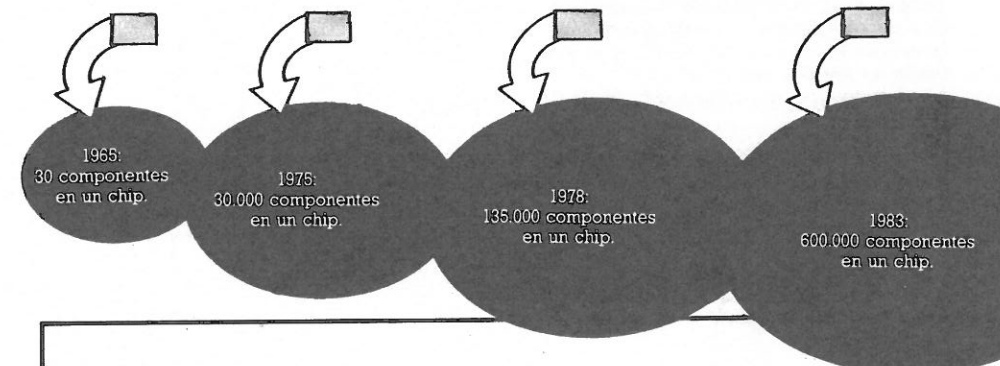
En 1947, tres científicos americanos: Bardeen, Brattain y Shockley, inventaron un ingenio que se dio a conocer con el nombre de transistor. El transistor podía hacer lo mismo que una válvula de triodo pero era más pequeño, más sólido y no necesitaba calentarse. Originalmente, los transistores se hacían de un semiconductor llamado Germanio, más tarde se usó el silicio.

Los transistores se usaron comercialmente como amplificadores de sonido, pero gradualmente reemplazaron a las válvulas en la televisión, grabadoras, radios y otros equipos más grandes, ej. en centrales de teléfonos. Fueron usados por primera vez en computadoras en 1953.

En 1958, un americano llamado Jack Kilby trabajando en Texas Instruments tuvo la idea de poner dos transistores en un cristal de silicio e hizo el primer circuito integrado. La necesidad de miniaturización creada por los programas de defensa y por American Space permitió a los científicos encontrar nuevas formas de añadir más y más componentes en un solo chip de 5 mm². Los dibujos de la derecha dan una idea de la velocidad del progreso.



El circuito integrado original de Jack Kilby tenía 10 mm de longitud.



El futuro

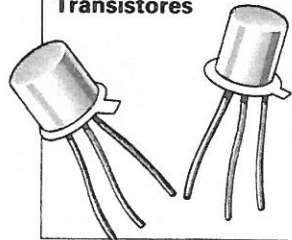
Los fabricantes están intentando hacer chips más potentes incrementando el número de componentes en ellos y la velocidad a la que trabajan. En el presente, la investigación se dirige a fabricar un interruptor de baja potencia y gran velocidad que pueda sustituir a los transistores en los chips. El nuevo super interruptor se llama Josephson Junction. Fue primeramente pensado en 1962 por un científico de la Universidad de Cambridge llamado Brian Josephson y ha sido desarrollado desde entonces por los Laboratorios Bell en USA. Josephson Junction son dos finas capas de metal separadas por una capa más fina de material aislante. A

temperaturas de cientos de grados por debajo de 0 los metales se transforman en «superconductores» y este interruptor se enciende y apaga 10 veces más rápido que los transistores actuales. Los científicos creen que usando la tecnología de este interruptor de Josephson una computadora del tamaño de una pelota de base-ball puede procesar toda la información que ahora se almacena en una computadora del tamaño de una habitación entera, y hacerlo más rápido, aunque necesitaría trabajar a temperaturas más bajas de cero. El siguiente paso que los científicos quieren dar es el de hacer crecer chips biológicamente.

Consejos para el montaje de circuitos

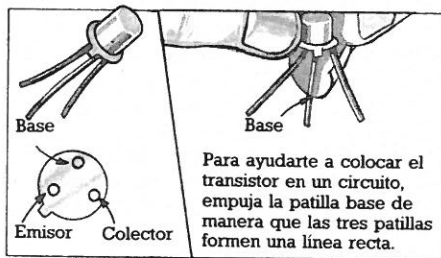
Estas dos páginas dan información sobre componentes electrónicos y cómo soldarlos, que te ayudará a montar el circuito lógico descrito en las páginas 36 y 38.

Transistores



Los transistores bipolares y MOSFET parecen exactamente lo mismo por fuera.

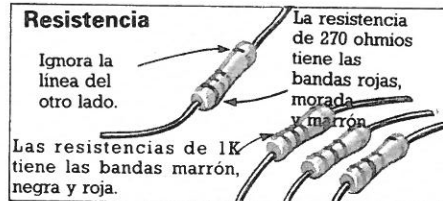
Los transistores que se necesitan para montar un circuito lógico se llaman bipolares o transistores de unión. Son ligeramente diferentes a los descritos en la pag. 8 (que se llaman FET, Field Effect Transistors) y encienden y apagan la corriente de la misma manera.



Para ayudarte a colocar el transistor en un circuito, empuja la patilla base de manera que las tres patillas formen una línea recta.

Las tres patillas de un transistor bipolar se llaman el emisor, la base y el colector. La corriente solamente puede pasar a través del transistor entre el emisor y el colector cuando se manda un voltaje a la patilla base. El dibujo de abajo muestra cómo reconocer qué patilla es cada una en el transistor BC 107.

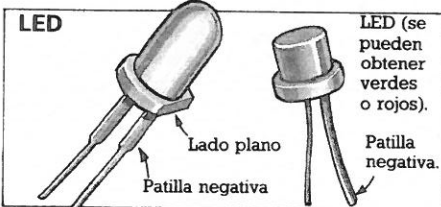
Resistencia



La resistencia de 270 ohmios tiene las bandas rojas, morada y marrón.

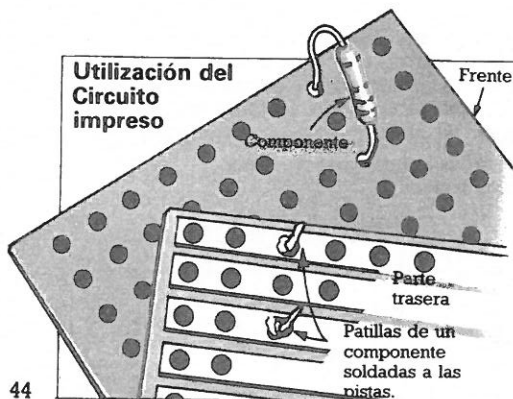
Las resistencias de 1K tienen las bandas marrón, negra y roja.

Las resistencias reducen la corriente de la batería a un nivel al que otros componentes del circuito pueden con ella. Su poder (que es la cantidad en que reducen la corriente) es medida en ohmios* y se indica por el grupo de bandas de color que rodean a la resistencia. Cuando se habla de componentes, K representa 1.000, de manera que una resistencia de 1K tiene una potencia de 1.000 ohmios.



LED viene de diodo emisor de luz. Un diodo es un componente a través del cual la corriente puede pasar en una sola dirección. Los LED tienen una patilla positiva y otra negativa y es importante colocarlos bien en los circuitos. En algunos LED se puede reconocer la patilla negativa porque es más gruesa. En otros LED el cuerpo tiene un lado liso y la patilla negativa está pegada a él.

Utilización del Circuito impreso

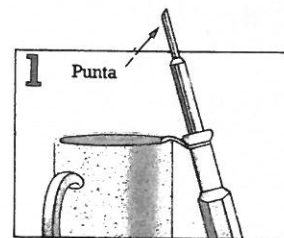
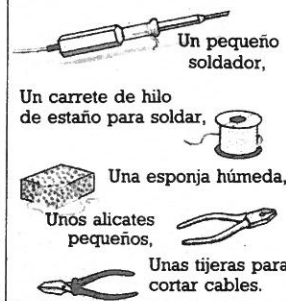


El circuito está especialmente diseñado para montar circuitos electrónicos. Tiene filas de agujeros con tiras de cobre en la parte trasera uniendo los agujeros. Tienes que introducir las patillas de los componentes y los cables de una batería a través de los agujeros y soldarlos al cobre de atrás. Luego la corriente eléctrica puede pasar a los componentes a través de las pistas de cobre. El tamaño de un panel viene dado por el número de pistas y por el número que hay en cada pista (ej. 10 pistas x 24 agujeros).

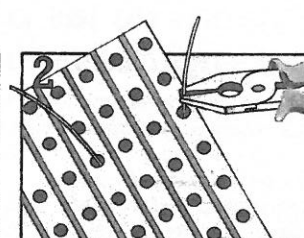
*El símbolo del ohmio es Ω .

Cómo soldar

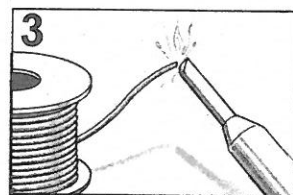
Lo que necesitas:



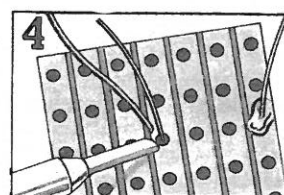
Enchufa el soldador. Sujétalo en alto mientras se calienta de manera que la punta no toque nada.



Para soldar un componente en el panel busca los agujeros correctos e introduce las patillas a través de ellos. Dóblalas con cuidado con los alicates.



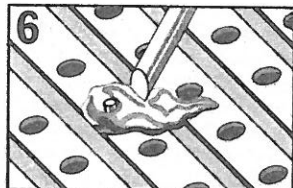
Toca el extremo del estaño con la punta del soldador caliente de manera que una gota de metal se funda y se adhiera a la punta.



Luego toca la patilla del componente con la punta del soldador y con el extremo del estaño hasta que una gota del metal se una a la pista.



Deja la unión enfriarse unos segundos, luego separa de ti el circuito impreso y corta las patillas cerca de la soldadura, con los alicates de cable.



Es muy importante quitar el estaño que haya entre las pistas; pasa la punta caliente a lo largo de la pista unas cuantas veces.



Después de cada unión limpia la punta con la esponja mojada y recuerda desenchufar el soldador cuando hayas acabado.

Desoldando

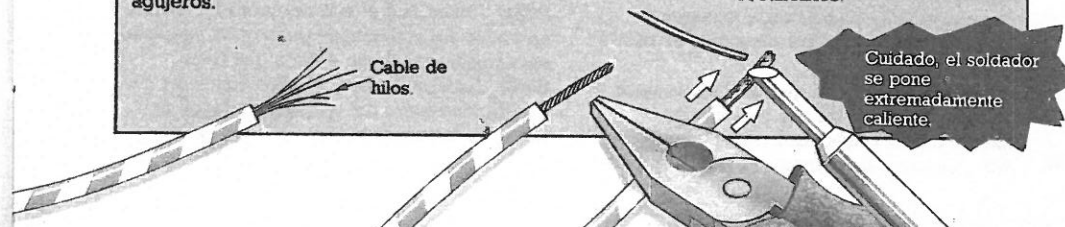
Para quitar o desoldar un componente encaja la punta de un lápiz entre las patillas del componente en el lado superior del panel, pide a alguien que incline el panel y sujete el lápiz tirando del componente hacia fuera mientras tú con el soldador fundes el metal que lo une a las pistas.

Cómo soldar un cable

Si estás usando cable de hilos, ayuda el cubrir las puntas, soldando una fina capa de estaño, ya que lo hará más fácil meterlo en los agujeros.

Quita alrededor de un cm. del plástico protector de los cables, usando unas tenazas de pelado. Trenza los hilos de cable entre sí.

Pon algo pesado sobre el cable para sujetarlo y que no se mueva. Pasa sobre los hilos del cable la punta del soldador y el estaño unas cuantas veces para recubrirlos.



Cuidado, el soldador se pone extremadamente caliente.

Cuadro de las patillas del microprocesador

Las patillas de la funda del microprocesador llevan la electricidad, las direcciones, los datos y las señales de control dentro y fuera del chip. El dibujo de la derecha es un diagrama o cuadro de patillas de uno de los microprocesadores más comunes, el Z80 (Z viene de Zilog, nombre del fabricante). Las patillas están numeradas de 1 a 40, empezando por el 1 en la parte superior de la funda. Las etiquetas de cada patilla indican la señal que transportan. Debajo puedes encontrar qué quiere decir cada etiqueta y qué es lo que hace cada señal. Muchas de las etiquetas tienen una raya encima. Esto indica que la patilla está activa cuando hay un bajo voltaje. Puedes encontrar qué quiere decir esto en la página 27.

A11	1	40	A10
A12	2	39	A9
A13	3	38	A8
A14	4	37	A7
A15	5	36	A6
Ø	6	35	A5
D4	7	34	A4
D3	8	33	A3
D5	9	32	A2
D6	10	31	A1
Vcc	11	30	A0
D2	12	29	GND
D7	13	28	RFSH
A0	14	27	M1
D1	15	26	RESET
INT	16	25	BUSRQ
NMI	17	24	WAIT
HALT	18	23	BUSAK
MREQ	19	22	WR
IORQ	20	21	RD

A0-A15 Estas patillas sacan los códigos de las direcciones de 16 bit fuera del microprocesador. A indica la dirección y el número se refiere a la posición del bit en el código.

D0-D7 Estas patillas llevan los códigos de datos de 8 bit dentro y fuera del microprocesador. D indica datos.

Ø Esta patilla lleva la señal del reloj (representada por la letra griega fi) al microprocesador.

Vcc Esta patilla es para la fuente de energía. Está conectado a + 5 voltios.

INT Son las iniciales de interrumpir. Esta señal interrumpe lo que el microprocesador esté haciendo, para hacer que reaccione a una emergencia exterior, por ejemplo que se caliente demasiado.

NMI (Non maskable interrupt) interrupción no cubierta. Esta es una segunda señal de interruptor que pasa por encima la primera. Se llama no cubierta, pues nada puede cubrirla.

HALT Esta es una señal que el microprocesador manda para avisar a otros chips que ha parado de trabajar temporalmente.

MREQ Memoria requerida. Es una señal de control que el microprocesador manda para dejar a los chips de memoria saber que hay una dirección en el bus de direcciones.

IORQ Input/output requerido. Esta es similar a la señal de memoria requerida excepto en que deja saber al equipo de input/output que hay una dirección en el bus de dirección.

RD Señal de control que indica que tiene que leer los datos de una localización de memoria o de una unidad (input/output).

WR La señal de control que indica que los

datos tienen que ser escritos en una localización de memoria o en una unidad (input/output).

BUSAK **BUSRQ**. Estas señales se usan cuando el microprocesador está compartiendo señales y buses de datos con otros microprocesadores. **BUSAK** es una señal que el microprocesador manda para hacer saber a otro procesador que los buses de datos y direcciones están libres para su uso.

WAIT (esperar) Esta es una señal que se manda al microprocesador para hacerle esperar unos ciclos de reloj por si acaso ocurre algo. Por ejemplo: algunos tipos de chips ROM trabajan más lentamente que la mayoría de los chips de memoria, de manera que el microprocesador tiene que esperar más tiempo los datos que traen este tipo de chip. El microprocesador empieza a esperar cuando el voltaje de la patilla baja y espera hasta que se incrementa otra vez.

BUSRQ Bus requerido. Es la señal que envía otro microprocesador que está compartiendo buses para indicar a este microprocesador que los quiere usar.

RESET Esta patilla lleva la señal de puesta a cero que sitúa el contador del programa en 0 cuando el microprocesador se enciende por primera vez (mirar pág. 29).

M1 Esta es una señal que el microprocesador manda a otros chips para hacerles saber que está trayendo una instrucción de la memoria.

RFSH Señal que el microprocesador manda a un chip RAM dinámico (mirar pág. opuesta) para mantener intacto el dato que tiene.

GND Esta patilla lleva el abastecimiento de electricidad fuera del microprocesador. Se llama de tierra porque está conectada a 0 voltios.

Palabras de los chips

ACIA Un chip interface muy común que maneja conversaciones en serie y paralelo. **ACIA** (Asynchronous Communication Interface Adaptor) (Adaptador para el interface asincronizador de comunicaciones).

CMOS Un tipo de chips que contiene los dos canales n y p MOSFET (mirar abajo). Funciona con muy poca electricidad. CMOS significa semiconductor complementario de óxido de metal (Complementary Metal Oxide Semiconductor).

chip RAM dinámico Es un chip RAM que necesita estar constantemente recibiendo señales eléctricas para retener sus datos.

EPROM o **EAROM** ROM eléctricamente alterable (programable). Es similar a un chip EPROM, descrito debajo, pero sus programas se borran aplicando voltajes a diferentes patillas. También conocido como EEPROMs o EEROMs (eléctricamente borrables).

EPROM Un chip ROM similar a un PROM (mirar debajo), pero sus programas se pueden borrar y escribir otros nuevos por un proceso que incluye el llenar el chip con luz ultravioleta. El EPROM también tiene siempre un agujero en la funda para este propósito.

Flip-flop Es un circuito eléctrico hecho con transistores, que puede estar en uno de los dos estados 0 y 1. Flip-flops son usados en chips de memoria para formar celdas de memoria y en un microprocesador para formar registros.

LSI (Large Scale Integration) Integración a gran escala. Escala de integración normalmente se refiere al número de componentes en un chip. En chips LSI hay de 100 a 10.000.

MOS (Metal Oxide Semiconductor) Semiconductor de óxido de metal. Esto describe la tecnología usada en la fabricación de muchos chips, que usan el metal como un conductor eléctrico y el dióxido de silicón como un aislante.

MOSFET Transistor semiconductor de óxido de metal de efecto de campos. Hay dos tipos de MOSFETs: canal-n descrito en las

páginas 8 y 9, y canal-p, que está compuesto de dos partes de silicón una tipo p sobre otra tipo n.

MSI Integración a media escala. En los chips MSI hay entre 10 y 100 componentes.

NAND puerta Un tipo de puerta lógica que realiza la operación opuesta a una puerta AND. NAND significa «NO AND».

NMOS Un tipo de chip que contiene solamente MOSFET de canal-n (mirar arriba). Los chips NMOS trabajan muy deprisa.

PMOS Un tipo de chip que contiene solamente un MOSFET de canal-p (mirar arriba). Los chips PMOS usan mucha energía.

PROM Es un tipo especial de chip ROM, en el cual se pueden escribir programas después de que han sido fabricados fundiendo pequeños fusibles en los circuitos. PROM quiere decir ROM programable.

SSI Integración a pequeña escala. En SSI hay menos de 10 componentes.

RAM estático Un tipo de chip RAM que no necesita señales especiales para poder retener los datos almacenados cuando se encienden.

TTL Transistor Transistor Lógico que describe chips con circuitos lógicos basados en transistores bipolares (no MOSFETs).

UART Un chip interface que maneja conversaciones en serie y paralelo. UART significa transmisor/receptor asincrónico Universal.

ULA Significa matriz lógica determinada. Es un chip con puertas lógicas que un fabricante puede montarlo de manera diferente dependiendo del uso que se quiera hacer de él.

VIA Un tipo de chip interface que puede manejar todos los tipos de conversación de señales (ej. análogo/digital, serie/paralelo). VIA significa adaptador interface versátil.

VLSI Significa integración a gran escala. Los chips VLSI tienen más de 10.000 componentes.

Tabla de verdad AND

INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Tabla de verdad OR

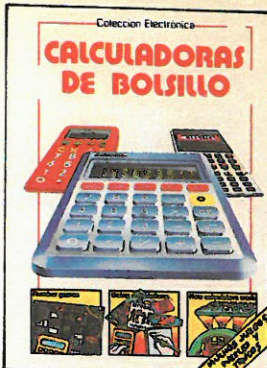
INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Tabla de verdad XOR

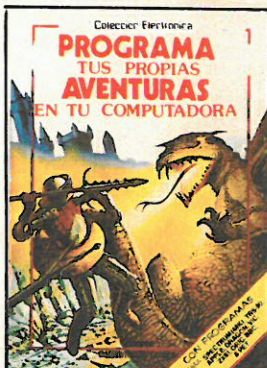
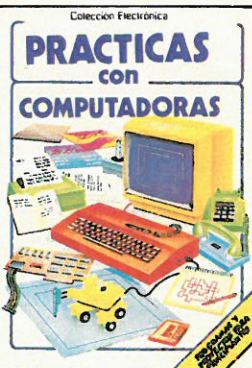
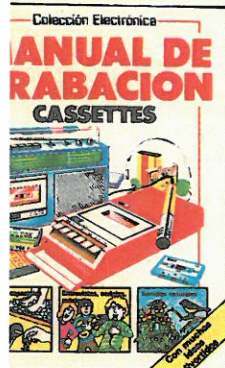
INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Indice

- Acumulador, 25
- ACIA chip, 47
- Activo cuando hay alto/voltaje, 27, 46
- ALU, 22, 23, 25, 34-35, 40-41
- Analogico, 31, 32
- Aritmético, 40-41
 - Código, 10, 11, 22, 23
 - señales, 10, 17, 19, 22, 23, 30, 31
- Bandera de transporte o de llevar, 25, 41
- Bardeen, 43
- Base (patilla de transistor), 44
- Binario, sistema
- Bits, 10, 21, 25
- Boole, George, 39
- Brattain, 43
- Buffers, 31
- Bus, 10, 19, 20, 21, 30
- BUSAK, señal de reconocimiento, 46
- (BUSRQ), señal requerida, 46
- Bytes, 10, 22, 23, 29
- Calculadora, 21, 11
- Cassette grabadora, 30, 31
- Circuitos impresos (PCB), 17, 30, 32
- Circuito integrado (CI), 5, 43
- Circuito de suma
- CMOS chip, 47
- Coche de carreras del Gran Prix, 9
- Código de 16 bits, 19, 46
- Código de 8 bits, 10, 19
- Codificador, 32
- Codificador óptico de posición, 32
- Código de instrucciones de una máquina, 18, 26, 28
- Colector (patillas del transistor), 44
- Colossus, 42
- Componentes, 5, 42, 44
- Componentes electrónicos, 5, 42
- Computadora, 6, 18, 29, 39, 42, 43
- Condensador, 5
- Control
 - autobús de, 19, 20, 27, 30
 - circuitos de, 22, 23, 26, 28
 - líneas de, 27
 - señales de, 20, 26, 27, 28, 29, 46
- Conector de borde, 17, 30
- Contador de programa, 22, 24, 29, 46
- Cristal de cuarzo, 28
- Cómo soldar, 45
- Data, 19
 - bus de, 19, 20, 21, 30
- Definición de circuito, 4
- Diodo, 42
- Dirección, 19, 20, 22, 23, 25, 33
 - bus de direcciones, 19, 20, 29, 30
 - dirección de estado, 30, 31, 33
 - direcciones input/output, 29, 30
- Dispositivos, 30, 33
- Dopant, 15
- EAPROM/EEPROM chip, 47
- EAROM/EEPROM chip, 47
- Electrónica, 4, 5, 42
- Electrones, 42
- Emisor (patilla de un transistor), 44
- Entrada (en un transistor), 8, 9
- Escala de integración, 47
- Espacio, 6, 7, 43
- Fleming, Ambrose, 42
- Flip-Flop, 47
- de Forest, Lee, 42
- Fotomáscara, 14
- Fotorresistencia, 14
- Generador de caracteres (33)
- Germanio, 43
- HALT, señal del microprocesador, 46
- Incrementado, 24
- Input/output
 - dirección, 29, 30
 - equipos, 30-33
- (IORQ), señal, 46
- INT, señal del interruptor, 46
- Interface chips, 17, 30, 31, 32, 42, 47
- Intérprete, 18
- Implantación de iones, 15
- Invertidor, 34
- Impresora, 30, 31, 33
- Junction Josephson, 43
- K, 21, 44
- Kilby, Jack, 43
- Kilobyte, 21
- Máquina de restar de Babbage, 10
- Mando de juego, 6, 30
- Megahercios, 28
- Memoria
 - chips, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 47
 - localización, 19, 20, 21
 - señal de refresco (RFSH), 46
 - señal requerida (MREQ), 46
- memoria de acceso aleatoria (RAM), 16
 - chip RAM, 18, 21, 25, 29, 31, 47
- Memoria de solo lectura (ROM), 16
 - chip ROM, 18, 21, 25, 29, 47
- Mezclador térmico, 32
- Micrón, 14
- Microprocesador, 4, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 28, 29
- Microprocesador dedicado, 17
- Microprocesador Z 80 - 46
- Microprograma ROM 26
- Monitor, 18
- Mosfet, 47
- Máquinas de lavar, 7, 30
- Motor escalonado, 33
- NAND (puerta), 47
- Nanosegundo, 12, 21
- NMOS chip, 47
- (NMI), señal de interruptor no enmascarable, 46
- NOR (puerta), 36, 39
- NOT (puerta), 34, 36, 39
- Ohmio, 44
- Onda cuadrada, 28
- Patillas, 5, 20, 46
- Pantalla de televisión, 6, 18, 30, 33
- PMOS/chip, 47
- Programas, 22
- PROM, 47
- Panel de mandos, 6, 30, 31, 32
- Puertas lógicas, 34, 35, 39
- Puerta OR, 34, 39, 41, 47
- Puerta AND, 34, 39, 41, 47
- RAM dinámico, 46
- RAM estático, 42
- Registro de instrucciones, 24, 26, 29
- Registros, 22, 23, 24, 25, 26
- Registros de trabajo, 25
- Reloj, 17, 23, 26, 27, 28, 29, 46
- Relojes, 6, 31
- Resistencia, 5, 44
- Salida de un transistor, 8, 9
- Señales digitales, 31, 32
- Señales eléctricas, 30, 31, 33
- Señales de leer y escribir, 19, 20, 46
- Señales de empieza o de puesta en 0, 29, 46
- Señal HALT, 46
- Señal interruptor (INT), 46
- Señal requerida (IORQ), 46
- Sensor de calor, 31, 32
- Señales paralelas, 31, 47
- Señales de serie, 31, 47
- Semiconductor, 8, 43
- Sensores, 30, 31, 32
- Sensores de amplificación, 20, 21
- Shockley, 43
- Silicio, 5, 8, 14, 15, 43, 47
 - dióxido, 14
- Simulación, 13
- Sistema de operación, 18
- Tablas de verdades, 39, 41, 47
- Transistor, 5, 8, 9, 34, 43, 44, 47
- Transistores bipolares, 44
- Transistor de efecto de vuelta, 44, 47
- Transistor de unión, 44
- TTL (transistor lógico), 47
- UART (transmisor/recibidor Asincrónico Universal), 47
- ULA (llegada lógica no consultada), 47
- Unidad procesadora central (CPU), 16
- Válvula termoiónica de diodos, 42
- Válvulas, 47
- Válvulas de triodo, 42, 43
- VDU (unidad de despliegue visual), 33
- VIA (adaptador versátil interface), 47
- Voltaje, 8, 9, 10, 27
- Wait -señal-, 46
- Zilog, 46
- Zuse, 11



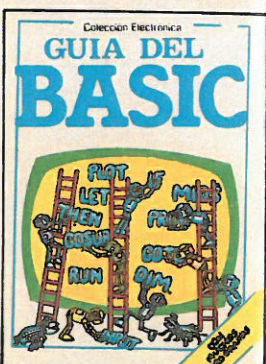
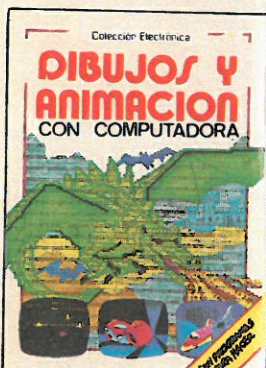
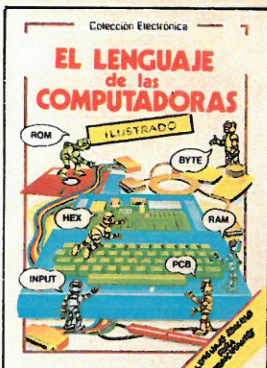
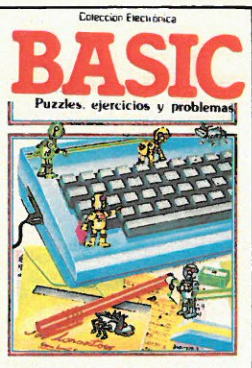
Colección Electrónica



EL CHIP

PLESA

PLESA



EL CHIP

Qué es y qué puede hacer



Ediciones Plesa

Una sencilla guía para principiantes