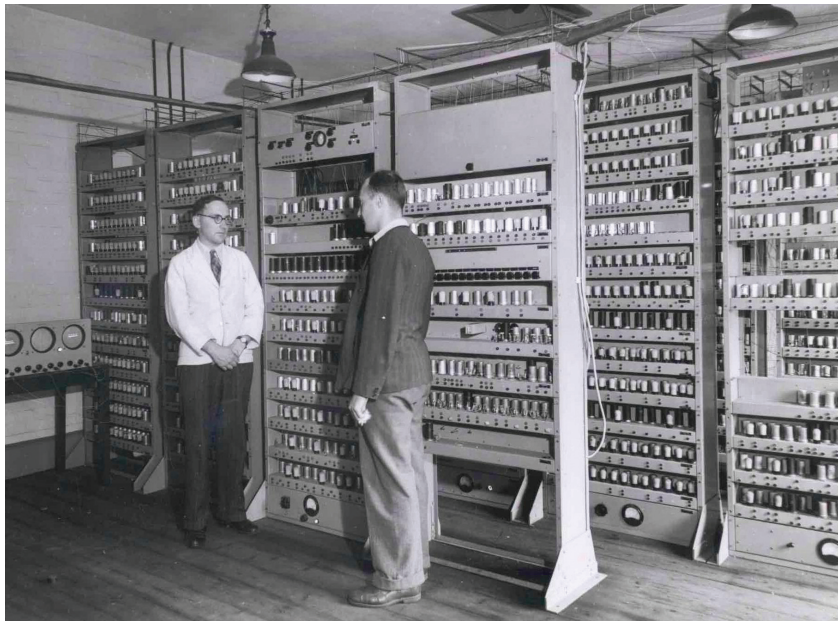


# HACIA LA DOBLE HÉLICE

## El transistor y su necesaria **evolución tecnológica**

Alexander S. Douglas exclamó “Tres en línea, ¡he conseguido ganar a la computadora!” frente a la pantalla de 35 x 16 píxeles, mientras miraba las interminables hileras de válvulas de vacío que se amontonaban en la habitación formando uno de los primeros ordenadores de la historia, el llamado EDSAC...

Por **Luis Carlos PARDO**, doctor en Ciencias Físicas por la UPC  
luis.carlos.pardo@upc.edu



El ordenador EDSAC, durante su construcción en la Universidad de Cambridge

### LA LEY DE MOORE

Sin embargo, el EDSAC tenía una capacidad de cálculo mucho menor que la del chip contenido en una tarjeta de felicitación musical. Este increíble, y hasta hace poco imparable proceso de miniaturización, fue de hecho profetizado por un joven ingeniero hace unos 40 años: la cantidad de transistores en un circuito integrado se duplicará cada dos años. Gordon Moore, autor de dicha profecía, y cofundador de Intel, ha reconocido, sin embargo, que su famosa ley dejará de cumplirse en breve si no se supera la electrónica basada en el silicio, y parece que la respuesta está en nuestras propias células. Pero ésta, como ya esta-

mos acostumbrados en esta sección, es complicada y empezó a responderse en 1947, en los laboratorios Bell, en Nueva Jersey.

### DAVID Y GOLIAT

El silicio tiene propiedades que no iguala ningún otro material: es capaz, a cambio de una pequeña cantidad de energía, de ceder alguno de sus cuatro electrones de valencia para poder conducir la electricidad. Es más, el agujero que deja atrás el electrón liberado también conducirá la electricidad, debido al salto de los electrones para intentar rellenarlo. Podemos incluso forzar a que

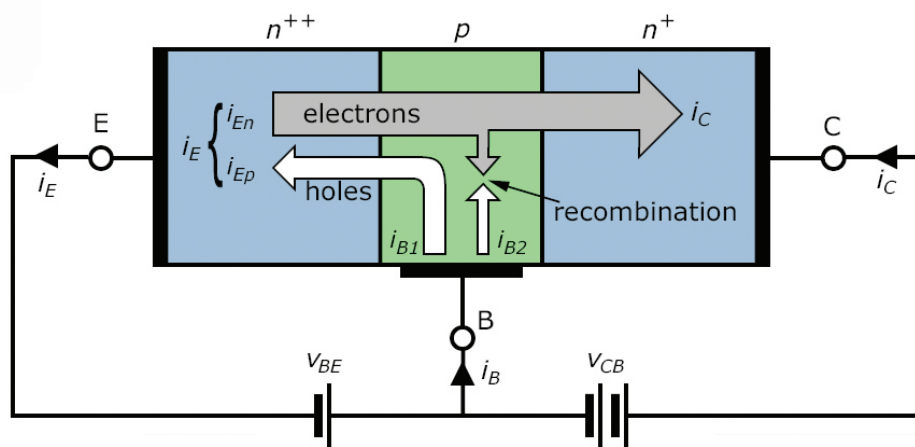
existan más agujeros o más electrones añadiendo impurezas al silicio, creando semiconductores de tipo P o N, respectivamente. Es precisamente al poner en contacto dos semiconductores de tipo P y N cuando podemos crear válvulas de corriente, de manera que sólo sea posible la conducción en un sentido, creando de esta manera un diodo (ver “VideoPopular” 134), que supone la antecámara del transistor.

De hecho, podríamos imaginar un transistor como dos diodos juntos, uno conectado en inversa –impidiendo el paso de la corriente–, y otro conectado en directa. De esta manera, al conectar un transistor a la corriente eléctrica, el diodo conectado en inversa impedirá el paso de la corriente. Sin embargo, al aplicar una pequeña corriente eléctrica a la zona común de los dos diodos, el transistor es capaz de conducir la electricidad. Dicho con otras palabras: el transistor es como un pequeño interruptor, que se acciona usando electricidad. Pero las aplicaciones del transistor no acaban aquí... Si ahora medimos la intensidad que atraviesa el transistor, y la pequeña corriente que aportamos a la zona común entre los dos diodos, veremos que la primera es proporcional, y mucho mayor que la segunda. Es decir, somos capaces de controlar la intensidad que atraviesa el transistor utilizando una corriente eléctrica unas 100 veces menor. De esta manera, es posible utilizar el transistor también como ampli-

ficador en circuitos electrónicos. Pero, ¿qué sucede microscópicamente para que una corriente tan pequeña pueda controlar otra corriente 100 veces más intensa?

“ Usando el ADN como base se podrían producir transistores con unas cuantas moléculas

Un transistor es un sandwich de un semiconductor tipo P, con un exceso de agujeros, rodeado de dos semiconductores tipo N, con un exceso de electrones. Al semiconductor tipo P que está en medio se le acostumbra a llamar “base”, mientras que a los semiconductores tipo N se les llama “emisor” y “colector”. Al aplicar una corriente eléctrica entre los semiconductores N, es decir, entre emisor y colector, ésta no puede pasar, ya que se encuentra con una barrera de cargas positivas que repele los electrones responsables de la corriente eléctrica (ver “VÍdeoPopular” 134). De hecho, esto no es del todo cierto: si conseguimos hacer la base, es decir, la zona que causa la barrera, lo suficientemente pequeña, algunos electrones conseguirán pasar de la base al colector, y podremos medir una pequeña corriente eléctrica.



Esquema del funcionamiento de un transistor convencional, construido con silicio

ca. Si ahora, además, inyectamos una corriente en la base, dominada por los agujeros, los electrones inyectados “taparán” los agujeros de la base: dicho de una manera más precisa, los agujeros y los electrones se recombinarán. De esta manera, es posible controlar la cantidad de cargas positivas que forman la barrera que impide el paso de la corriente entre la base y el colector con una pequeña corriente aplicada a dicha base.

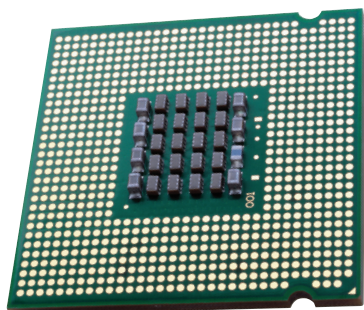
### LA VIDA Y EL TRANSISTOR

La tecnología que hemos descrito antes, basada en semiconductores, ha sido capaz de crear procesadores con hasta 800 millones de transistores, pero... ¡Ya no caben más! Las extrañas leyes de la

física cuántica empiezan a ser importantes a escalas tan pequeñas, y ya no es posible seguir miniaturizando más los transistores. Pero existen otros materiales con propiedades semiconductoras, entre ellos uno que lleva funcionando los últimos 4.000 millones de años: el ADN.

El ADN es un “alfabeto” formado por cuatro letras (A,T,C,G), que corresponden a cuatro moléculas diferentes. La propiedad más interesante de estas moléculas es que, como en un puzzle, se pueden unir indefinidamente, formando largas frases (el ADN) con instrucciones para construir desde un virus hasta un cuerpo humano. Pero, además, estas moléculas tienen propiedades eléctricas: si bien las parejas CG conducen la electricidad, la combinación AT no lo hace. De esta manera, al igual que sucede con el transistor, tenemos una barrera al paso de corriente, y parece que, además, es posible controlarla aplicando una pequeña corriente. Las ventajas de usar el ADN en vez del silicio son numerosas: en primer lugar, podríamos construir transistores muchos más pequeños, con sólo unas cuantas moléculas. Pero aún más importante, sería la manera de fabricar estos transistores, puesto que consistiría únicamente en montar un puzzle con las piezas tomadas de la naturaleza, cosa mucho más sencilla que crear desde cero el rompecabezas, como en el caso del silicio ■

## PROCESADORES, DIGAN LUIIIIIIS



La fabricación de procesadores con millones de transistores impresos en cada uno no es nada fácil: es imposible crear las diminutas estructuras de un chip usando cualquier método mecánico. Para trazar sobre las obleas de silicio los circuitos electrónicos, se deposita sobre ellas una resina cuyo comportamiento químico cambia con la luz. Después de proyectar la “foto” del circuito que se quiere conseguir, se lava la resina, dejando marcado en el silicio la estructura final del chip.