

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE

SENA

CENTRO METALMECANICO



**CURSO VIRTUAL
ELECTRONICA BASICA**

MATERIAL DE APOYO

EL TRANSISTOR DE UNIÓN BIPOLAR BJT

TEMA 5**MATERIAL DE APOYO****EL TRANSISTOR DE UNIÓN BIPOLAR BJT**

Los objetivos de este tema serán los siguientes:

- Identificar los tipos de transistores de unión bipolar y sus terminales
- Reconocer las uniones que conforman un transistor bipolar sea NPN o PNP
- Probar las junturas del transistor utilizando un Multímetro Análogo o digital
- Comprobar el estado de funcionamiento de un transistor NPN o PNP

Los transistores son unos elementos que han facilitado, en gran medida, el diseño de circuitos electrónicos de reducido tamaño, gran versatilidad y facilidad de control.

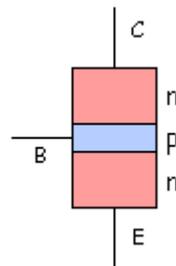
Vienen a sustituir a las antiguas válvulas termoiónicas de hace unas décadas. Gracias a ellos fue posible la construcción de receptores de radio portátiles llamados comúnmente "transistores", televisores que se encendían en un par de segundos, televisores en color... Antes de aparecer los transistores, los aparatos a válvulas tenían que trabajar con tensiones bastante altas, tardaban más de 30 segundos en empezar a funcionar, y en ningún caso podían funcionar a pilas, debido al gran consumo que tenían.

Los transistores tienen multitud de aplicaciones, entre las que se encuentran:

- Amplificación de todo tipo (radio, televisión, instrumentación)
- Generación de señal (osciladores, generadores de ondas, emisión de radiofrecuencia)
- Conmutación, actuando de interruptores (control de relés, fuentes de alimentación conmutadas, control de lámparas, modulación por anchura de impulsos PWM)
- Detección de radiación luminosa (fototransistores)

El transistor NPN

El transistor está compuesto por tres zonas de dopado, como se ve en la figura:

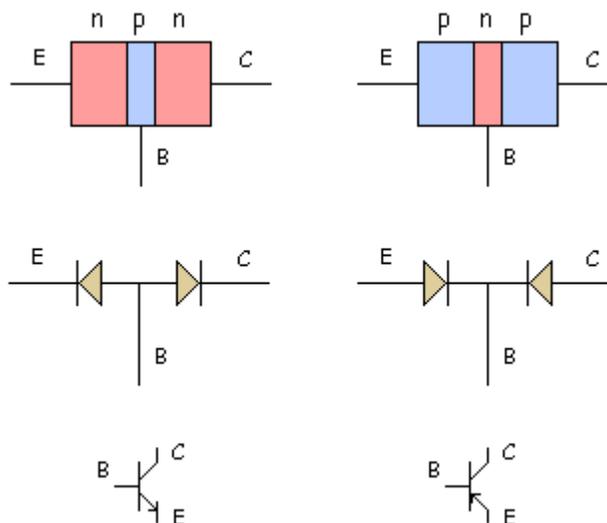


La zona superior es el "Colector", la zona central es la "Base" y la zona inferior es el "Emisor". El Emisor está muy impurificado, la Base tiene una impurificación muy baja, Mientras que el Colector posee una impurificación intermedia.

En este ejemplo concreto el transistor es un dispositivo NPN, aunque también podría ser un PNP.

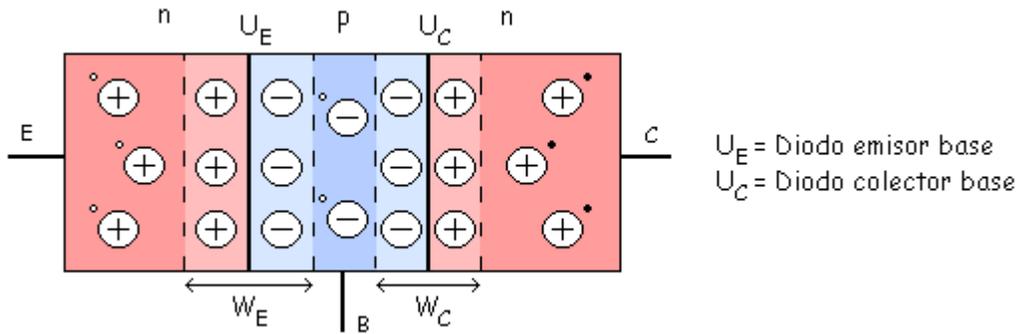
En principio es similar a dos diodos

Un transistor es similar a dos diodos, el transistor tiene dos uniones: una entre el emisor y la base y la otra entre la base y el colector. El emisor y la base forman uno de los diodos, mientras que el colector y la base forman el otro. Estos diodos son denominados: "Diodo de emisor" (el de la izquierda en este caso) y "Diodo de colector" (el de la derecha en este caso).



Antes y después de la difusión

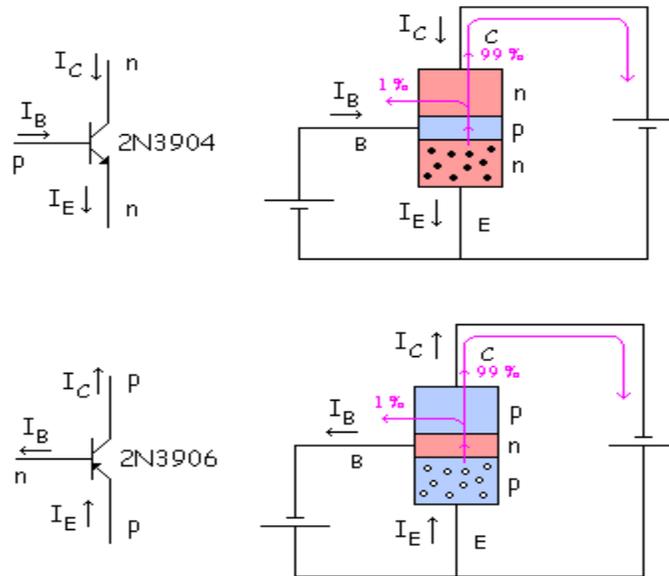
Vamos a hacer un estudio del transistor NPN, primeramente cuando está sin polarizar (sin pilas y en circuito abierto) se produce una "Difusión" (como un gas en una botella), donde los electrones cruzan de la zona n a la zona p, se difunden, encuentran un hueco y se recombinan. Esto hace que en las uniones entre las zonas n y p se creen iones positivos y negativos.



Esta difusión y recombinación se da hasta llegar al equilibrio, hasta conseguir una barrera de potencial de 0,7 V (para el Si). Se crean 2 z.c.e., una en la unión E-B (W_E) y otra en la unión C-B.

Transistores PNP

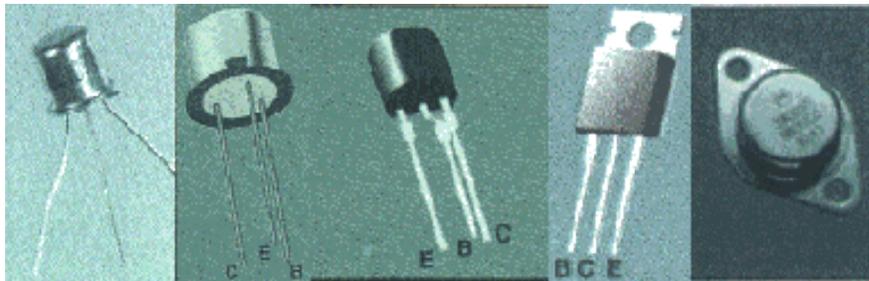
Comparamos los transistores NPN y PNP:



El emisor emite, el colector recoge y la base recombina. El sentido de las corrientes es el contrario al de los electrones.

Tipos de transistores

En electrónica es muy habitual el hablar de transistores de baja potencia (pequeña señal) y de transistores de potencia (gran señal). Es una forma muy sencilla de diferenciar a los transistores que trabajan con potencias relativamente pequeñas de los transistores que trabajan con potencias mayores, a continuación podemos observar el encapsulado de varios tipos de transistores de pequeña, mediana y alta potencia.



Transistores de baja potencia

Se le llama transistor de baja potencia, o pequeña señal, al transistor que tiene una intensidad pequeña (I_C pequeña), lo que corresponde a una potencia menor de 0,5 W. En este tipo de transistores interesará obtener β_{cc} grandes ($\beta_{cc} = 100 \div 300$).

$$P_D = V_{CE} \cdot I_C \leq 0,5 \text{ W}$$

Transistores de potencia

Se le llama transistor de potencia al transistor que tiene una intensidad grande (I_C grande), lo que corresponde a una potencia mayor de 0,5 W. En este tipo de transistores la β_{cc} que se puede obtener en su fabricación suele ser bastante menor que en los de baja potencia ($\beta_{cc} = 20 \div 100$).

$$P_D = V_{CE} \cdot I_C > 0,5 \text{ W}$$

Hoja de características de un transistor

Tensiones inversas de ruptura para el transistor 2N3904.

V_{CBO}60V(máximo valor en inversa Voltaje colector – base con el emisor abierto)

V_{CEO}40V (máximo valor en inversa voltaje colector - emisor con la base abierta)

V_{EBO}6 V (máximo valor en inversa voltaje emisor –base con el colector abierto)

En realidad en la hoja de características tenemos que diferenciar los transistores en:

- Transistores de pequeña señal (I_C pequeña), por ejemplo: 2N3904.
- Transistores de potencia (I_C grande), por ejemplo: 2N3055.

Corriente y potencia máximas

En las uniones del transistor se suelen dar unas temperaturas muy elevadas, siendo la unión más problemática la unión CB, porque es la que más se calienta.

En un transistor se dan tres tipos de temperaturas:

Θ_{T_j} = Temperatura de la unión.

Θ_{T_c} = Temperatura de la cápsula.

Θ_{T_A} = Temperatura del ambiente.

EJEMPLO: $T_j = 200 \text{ }^\circ\text{C}$

Para sacar el calor de la unión tenemos que el flujo calorífico ha de pasar de la unión al encapsulado y posteriormente al ambiente.

Hay una resistencia térmica unión-cápsula que dificulta que el calor pase de la unión a la cápsula (Θ_{jC}).

Hay una resistencia térmica cápsula-ambiente que dificulta que el calor pase de la cápsula al ambiente (Θ_{CA}).

$$\Theta_{jC} = 125 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

$$\Theta_{CA} = 232 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

$$\Theta_{jA} = 357 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

Son unas resistencias que se oponen al paso de calor.

Factor de ajuste

Indica como disminuye la $P_{Dm\acute{a}x}$ por cada grado de aumento de temperatura por encima de un valor determinado.

EJEMPLO: Para el 2N3904 $P_{Dm\acute{a}x} = 350 \text{ mW}$ (a $25 \text{ }^\circ\text{C}$) Factor de ajuste = $- 2,8 \text{ mW}/^\circ\text{C}$

Si T_A aumenta a $60 \text{ }^\circ\text{C}$: $P_{Dm\acute{a}x} = 350 - 2,8 (60 - 25) = 252 \text{ mW}$

Ese factor de ajuste es el inverso de la resistencia térmica:

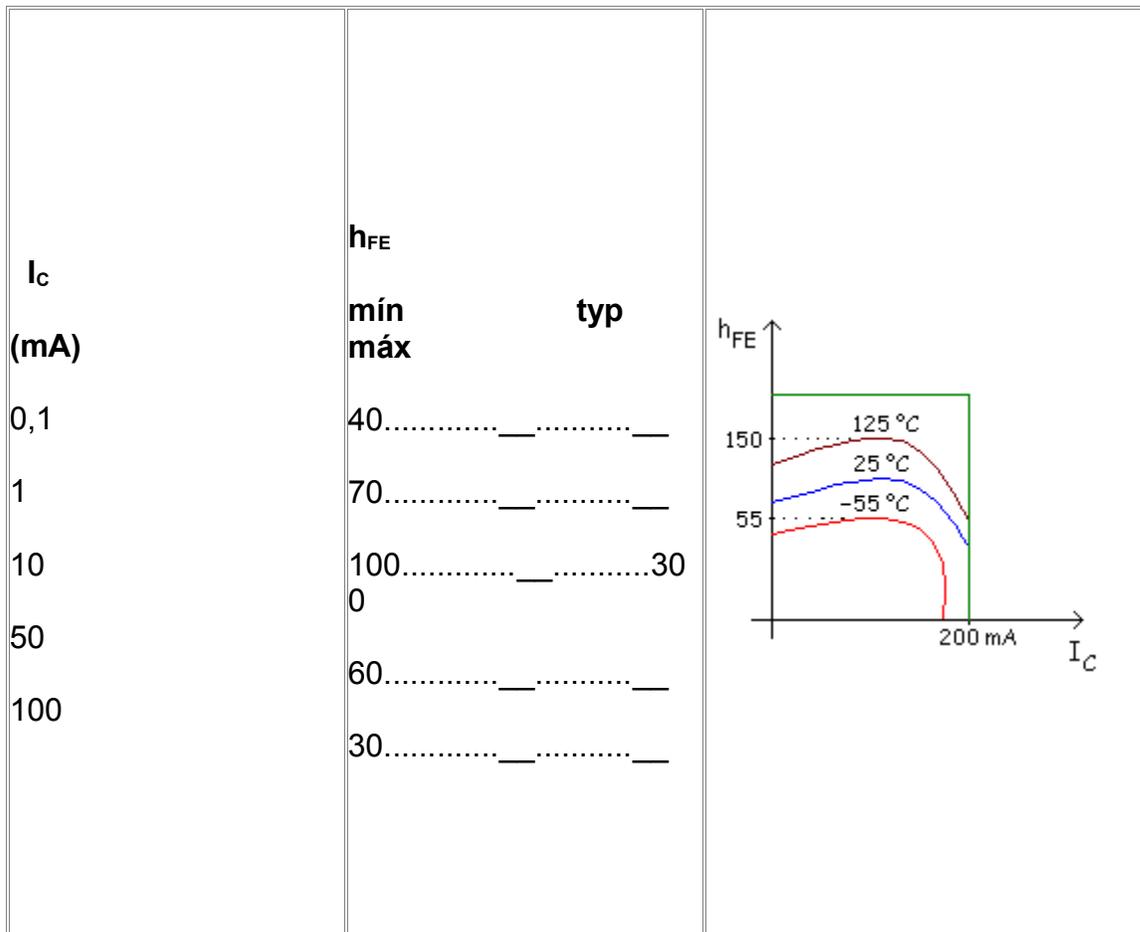
$$\text{Factor de ajuste} = 1 / \Theta_{jA}$$

Otro parámetro

Este parámetro es el B_{cc} (beta = ganancia de corriente) que ya hemos visto anteriormente ($I_C = \beta_{cc} \cdot I_B$ Zona Activa).

$$\beta_{cc} = h_{FE}$$

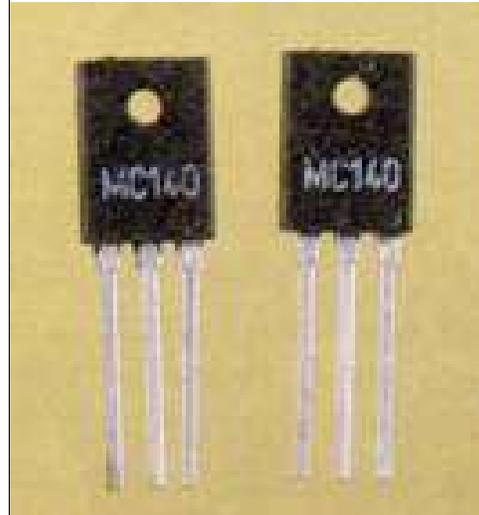
Seguimos con el ejemplo del transistor 2N3904. En el catálogo suele venir:



Este valor es para la zona activa. Como se ve en la gráfica, existe una tolerancia de fabricación o dispersión de valores en la fabricación que por ejemplo para $I_C = 10$ mA va desde 100 hasta 300.

Encapsulado de Transistores

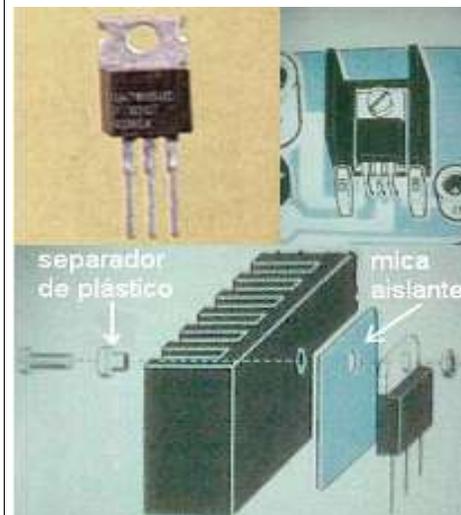
Ahora vamos a ver los transistores por fuera. Están encapsulados de diferentes formas y tamaños, dependiendo de la función que vayan a desempeñar. Hay varios encapsulados estándar y cada encapsulado tiene una asignación de terminales que puede consultarse en un catálogo general de transistores. Independientemente de la cápsula que tengan, todos los transistores tienen impreso sobre su cuerpo sus datos, es decir, la referencia que indica el modelo de transistor. Por ejemplo, en los transistores mostrados a la derecha se observa la referencia "MC 140".



Cápsula TO-220. Se utiliza para transistores de menos potencia, para reguladores de tensión en fuentes de alimentación y para tiristores y triacs de baja potencia de salida.

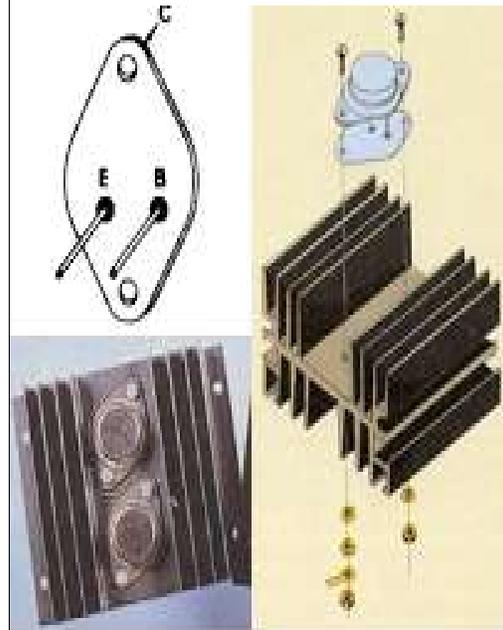
Generalmente necesitan un radiador de aluminio, aunque a veces no es necesario, si la potencia que van a disipar es reducida.

Abajo vemos la forma de colocarle el radiador y el tornillo de sujeción. Se suele colocar una mica aislante entre el transistor y el radiador, así como un separador de plástico para el tornillo, ya que la parte metálica está conectada al Terminal central y a veces no interesa que entre en contacto eléctrico con el radiador.



Cápsula TO-3. Se utiliza para transistores de gran potencia, que siempre suelen llevar un radiador de aluminio que ayuda a disipar la potencia que se genera en él.

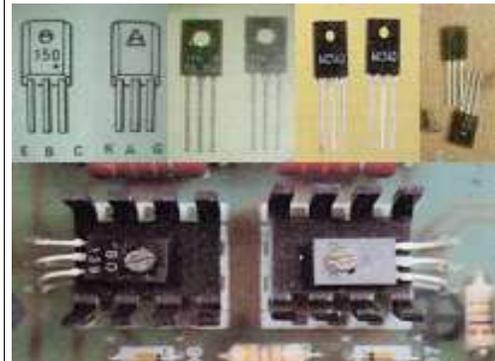
Arriba a la izquierda vemos su distribución de terminales, observando que el colector es el chasis del transistor. Nótese que los otros terminales no están a la misma distancia de los dos agujeros. A la derecha vemos la forma de colocarlo sobre un radiador, con sus tornillos y la mica aislante. La función de la mica es la de aislante eléctrico y a la vez conductor térmico. De esta forma, el colector del transistor no está en contacto eléctrico con el radiador. del transistor no está en contacto eléctrico con el radiador.



Cápsula TO-18. Se utiliza en transistores de potencia reducida, a los que no resulta generalmente necesario colocarles radiador.

Arriba a la izquierda vemos la asignación de terminales de un transistor BJT y de un Tiristor.

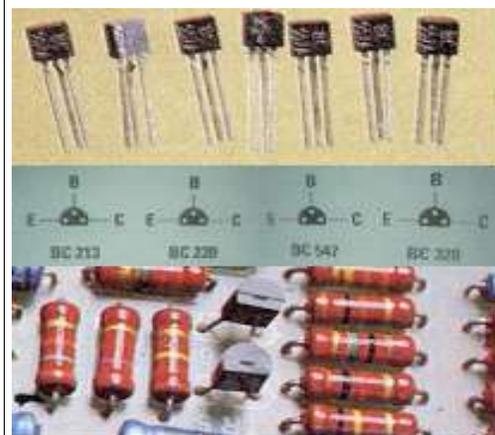
Abajo vemos dos transistores que tienen esta cápsula colocados sobre pequeños radiadores de aluminio y fijados con su tornillo correspondiente.



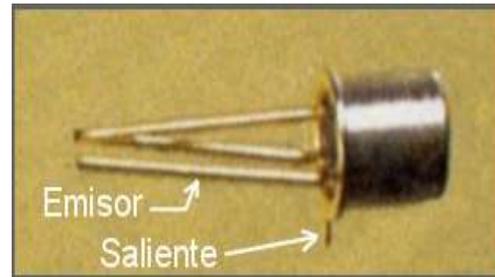
Cápsula TO-92. Es muy utilizada en transistores de pequeña señal.

En el centro vemos la asignación de terminales en algunos modelos de transistores, vistos desde abajo.

Abajo vemos dos transistores de este tipo montados sobre una placa de circuito impreso. Nótese la indicación "TR5" de la serigrafía, que indica que en ese lugar va montado el transistor número 5 del circuito, de acuerdo al esquema electrónico.



Cápsula TO-18. Se utiliza en transistores de pequeña señal. Su cuerpo está formado por una carcasa metálica que tiene un saliente que indica el Terminal del **Emisor**.

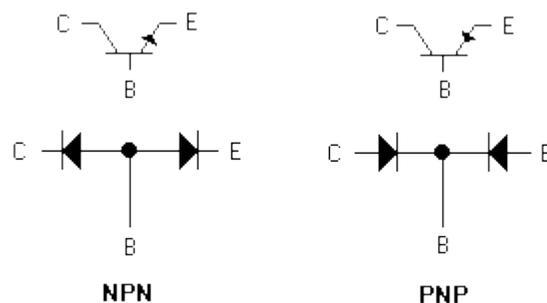


Cápsula miniatura. SOT-223. (SMD) Conocido como de montaje superficial. Se utiliza en transistores de pequeña señal. Al igual que el anterior, tienen un tamaño bastante pequeño.



PRUEBA DE TRANSISTORES

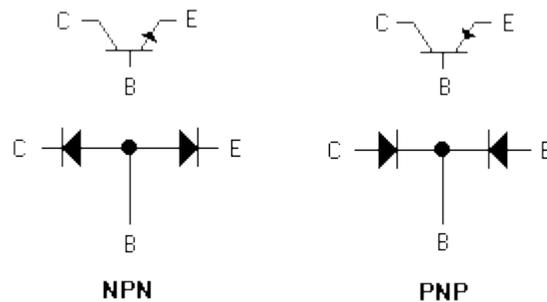
Un transistor bipolar equivale a dos diodos en oposición (tiene dos uniones), por lo tanto las medidas deben realizarse sobre cada una de ellas por separado, pensando que el electrodo base es común a ambas direcciones.



Un transistor bipolar equivale a dos diodos en oposición

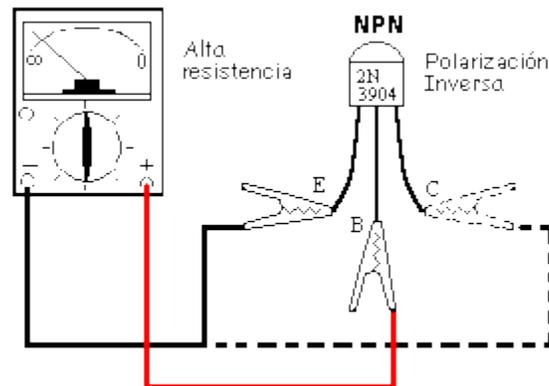
Se empleará un Multímetro analógico y las medidas se efectuarán colocando el instrumento en las escalas de resistencia y preferiblemente en las escalas ohm x

1, ohm x 10 ó también ohm x 100. Antes de aplicar las puntas al transistor es conveniente cerciorarse del tipo de éste, ya que si es NPN se procederá de forma contraria que si se trata de un PNP. Para el primer caso (NPN) se situará la punta negra (positivo) del Multímetro sobre el Terminal de la base y se aplicará la punta roja sobre las patillas correspondientes al emisor y colector. Con esto se habrá aplicado entre la base y el emisor o colector, una polarización directa, lo que traerá como consecuencia la entrada en conducción de ambas uniones, moviéndose la aguja del Multímetro hasta indicar un cierto valor de resistencia, generalmente baja (algunos ohm) y que depende de muchos factores.



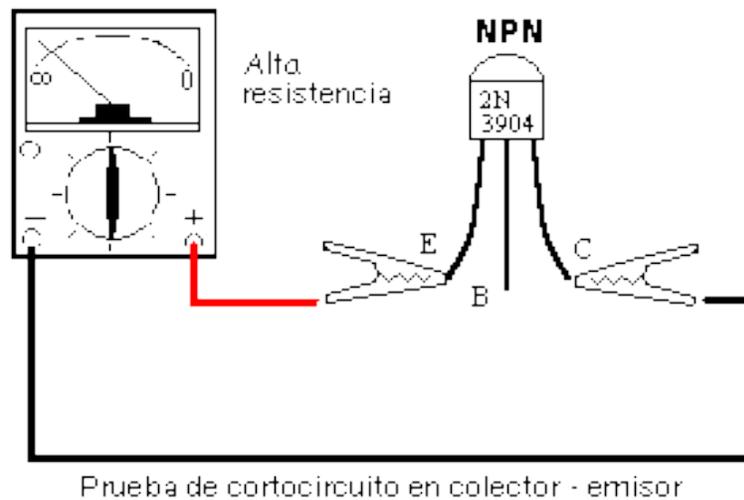
Un transistor bipolar equivale a dos diodos en oposición

A continuación se invertirá la posición de las puntas del instrumento, colocando la punta roja (negativa) sobre la base y la punta negra sobre el emisor y después sobre el colector. De esta manera el transistor recibirá una tensión inversa sobre sus uniones con lo que circulará por él una corriente muy débil, traduciéndose en un pequeño o incluso nulo movimiento de la aguja. Si se tratara de un transistor PNP el método a seguir es justamente el opuesto al descrito, ya que las polaridades directas e inversas de las uniones son las contrarias a las del tipo NPN.



Las comprobaciones anteriores se completan con una medida, situando el Multímetro entre los terminales de emisor y colector en las dos posibles

combinaciones que puede existir; la indicación del instrumento será muy similar a la que se obtuvo en el caso de aplicar polarización inversa (alta resistencia), debido a que al dejar la base sin conexión el transistor estará bloqueado. Esta comprobación no debe olvidarse, ya que se puede detectar un cortocircuito entre emisor y colector y en muchas ocasiones no se descubre con las medidas anteriores.



PRUEBA DE TRANSISTORES CON MULTIMETRO DIGITAL

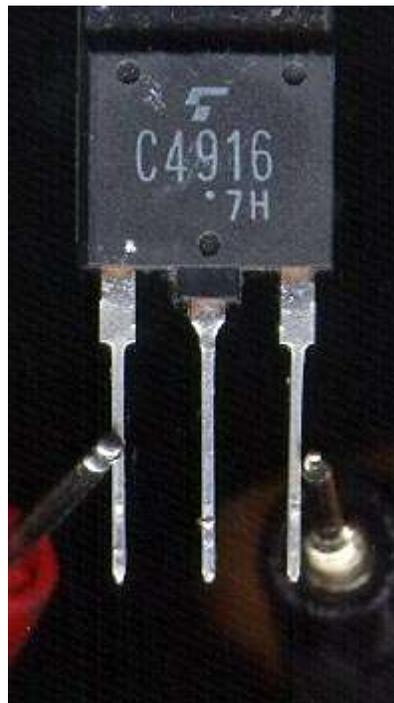
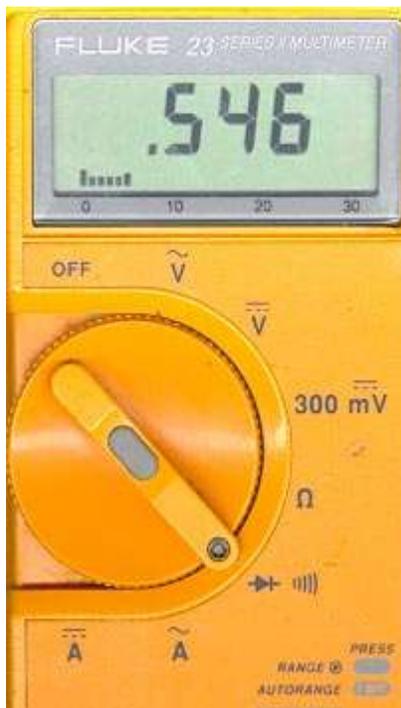


FIG. 1, el Tester Digital está seleccionado para realizar mediciones de semiconductores (símbolo del diodo). Al colocar las Puntas de Prueba, POSITIVO en uno de los Pines del TRANSISTOR y NEGATIVO en el otro extremo. éste nos da un valor que es de 0.546, a continuación veremos la siguiente imagen:



FIG. 2

Vemos que al mantener la Punta de Prueba Positiva en el mismo Pin y colocamos la Punta de Prueba Negativa en el Pin central, el instrumento nos da un valor distinto y menor que la medición anterior que es de .474, Si nosotros invertimos las Puntas de Prueba y realizamos las mismas acciones anteriores, como se ve en las figuras siguientes:

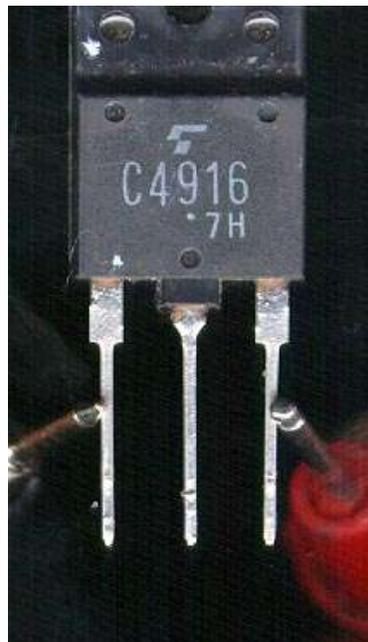
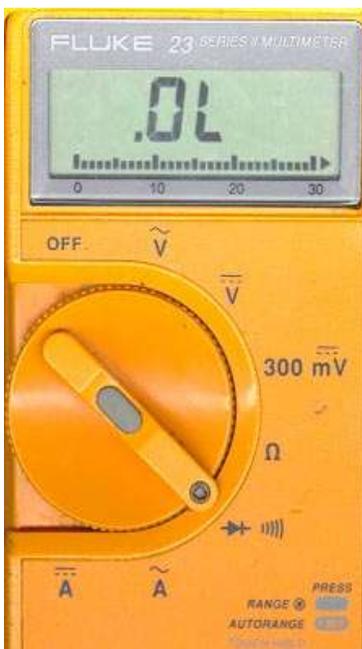


FIG. 3

Vemos que al colocar las Puntas de Prueba, NEGATIVO en uno de los Pines del TRANSISTOR y POSITIVO en el otro extremo el instrumento nos da un valor infinito FIG. 3, a continuación veremos la siguiente imagen :

FIG. 3

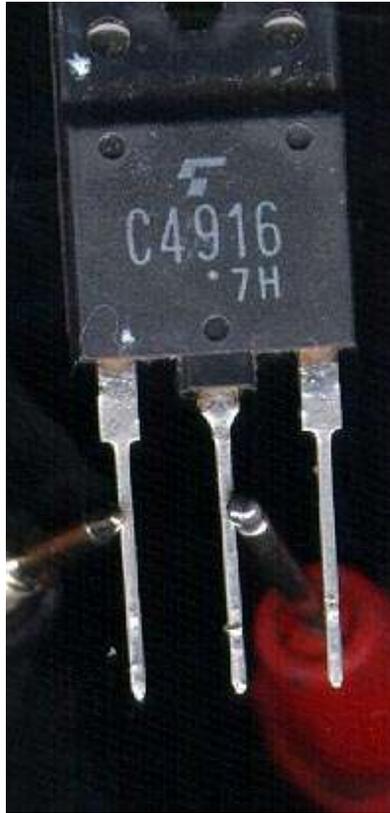


FIG. 4

Vemos que al mantener la Punta de Prueba Negativa en el mismo Pin y colocamos la Punta de Prueba Positiva en el Pin central, el instrumento nos sigue dando un valor infinito FIG. 4.

FIG. 4

Vemos que al mantener la Punta de Prueba Negativa en el mismo Pin y colocamos la Punta de Prueba Positiva en el Pin central, el instrumento nos sigue dando un valor infinito FIG. 4.

Los resultados de éstas pruebas nos están demostrando algo que es primordial, especialmente en la medición de un TRANSISTOR de Silicio Bipolar y es la identificación individual de cada uno de los Pines. La imagen que muestra la FIG. 1 y FIG. 2 tienen en común la Punta de Prueba POSITIVA, y recordando que las junturas de un TRANSISTOR tienen en común la BASE, ya tenemos identificado el primer Pin.

La FIG. 1 y FIG. 2 muestran que el instrumento da DOS valores diferentes al usar la Punta de Prueba NEGATIVA. En la FIG. 1 el valor es superior al de la FIG. 2 y por norma natural de las junturas la BASE EMISOR es mayor FIG. 1 que la BASE COLECTOR FIG. 2, es decir que el TRANSISTOR es del tipo (N-P-N), la P es la base ROJO POSITIVO común y está polarizado directamente por el tester digital y para ambas junturas, una juntura N-P es la EMISOR-BASE y la otra juntura P-N es la BASE-COLECTOR.

La FIG. 3 y la FIG. 4 nos muestran que al medir con polarización inversa las junturas del TRANSISTOR, éste se comporta como un aislante.

NOTA 1: El Tester Digital entrega en las Puntas de Prueba un voltaje suficiente para hacer trabajar y polarizar directamente las junturas del transistor; el voltaje es entregado por la batería interna y es un voltaje continuó y no alterno.

FIG. 1 BASE - EMISOR MAYOR QUE FIG. 2 BASE – COLECTOR

Para un transistor P-N-P el proceso es inverso

BIBLIOGRAFIA:

Material preparado por Ing. Martín E. Duran Instructor de electrónica centro metalmeccanico SENA Regional Antioquía.

Tomado de curso de electrónica básica en Internet Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial EIBAR(España) Autor: Andrés Aranzabal Olea

http://scsx01.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema5