

## TRABAJO PRÁCTICO N° 1 TRANSISTORES

### 1.1 Trazado de la curva dinámica de un diodo

Construya el trazador de curvas V-I (tensión-corriente) de la figura 1.1. Este usa las entradas horizontal y vertical del osciloscopio para proveer un gráfico de V vs I. Explique cómo funciona. ¿Por qué no puede usar el oscilador en lugar del transformador de 6 V? ¿Qué debería hacer para poder usar el oscilador?

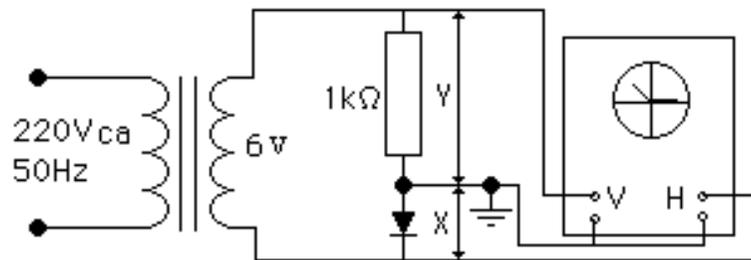


Fig. 1.1 – Trazador de curva dinámica

Pruebe el circuito. Primero use un diodo 1N4148. Compruebe dónde está el cero de tensión y corriente en la pantalla, conectando a masa las entradas horizontal y vertical del osciloscopio.

Adquiera una serie de datos utilizando la plaqueta de adquisición de la computadora y haga un gráfico de corriente vs tensión.

Invierta la polaridad del diodo y vea qué ocurre. Reemplace luego el 1N4148 por un diodo zener de 4.3V, y adquiera la nueva curva.

### 1.2 "Los transistores de juntura son diodos"

Atención: No crea demasiado lo que dice el título. Tome un transistor NPN BC548. Compruebe que se parece al objeto de la figura 1.2(a). Verifique sus terminales midiendo las uniones BE y BC con un multímetro en el rango Rx100 (o en el más próximo). Si dispone de un multímetro digital use la escala marcada con  $\nabla$ . Dicha escala mide la caída de tensión en milivolts del objeto conectado a una fuente de corriente constante (usualmente 10mA, pida el manual y verifíquelo). ¿Qué resultado piensa que obtendría si

midiera entre los terminales CE de acuerdo con la figura 1.2(c)? Mídalo con el multímetro.

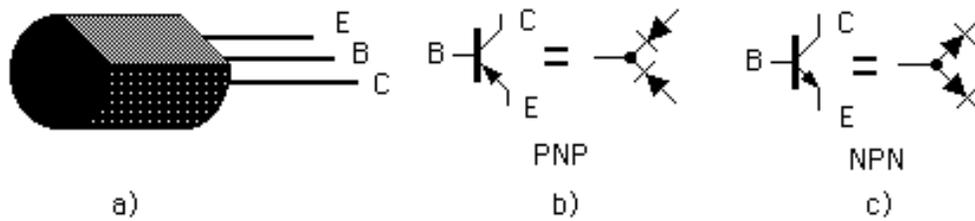


Fig. 1.2 – Encapsulado, símbolo y equivalencias

Recuerde esto como un método para identificar malos transistores: los buenos deben comportarse al menos como un par de diodos.

### 1.3 Ganancia de corriente del transistor ( $\beta$ )

Mida  $\beta$  ( $h_{FE}$ ) para varios valores de  $I_C$  con el circuito de la figura 1.3. Las resistencias de  $4k7\Omega$  y  $1k\Omega$  limitan las corrientes. ¿Qué corrientes limitan y a qué valores?

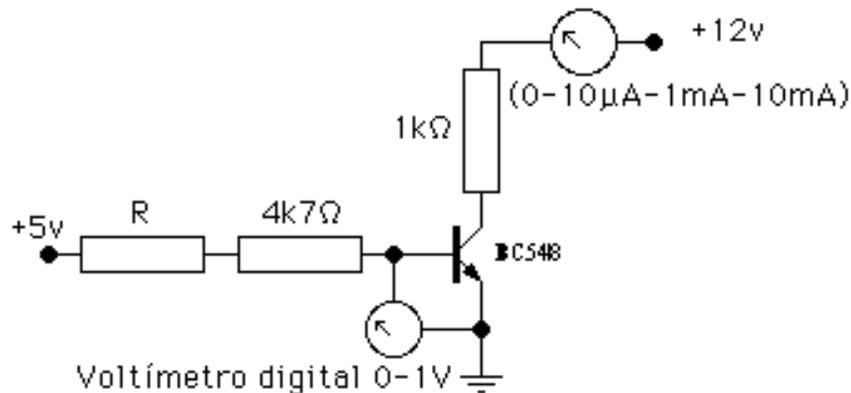


Fig. 1.3 Circuito para medición de  $\beta$

Pruebe con varios valores de  $R$ , por ejemplo  $4M7\Omega$ ,  $1M\Omega$ ,  $470k\Omega$ ,  $100k\Omega$ ,  $47k\Omega$ ; estime la corriente de base en cada caso ( $V_{BE} \cong 0.6V$ ), y con la corriente de colector medida, calcule el  $\beta$ .

Si dispone de un multímetro que mida  $\beta$ , úselo. Conecte el transistor con la polaridad correcta (elijá NPN con el selector), y luego intercambie colector y emisor. ¿Qué ha ocurrido? ¿Son el colector y el emisor intercambiables tal como sugiere el modelo *naif* de los dos diodos? **NO DESARME EL CIRCUITO.**

### 1.4 Ecuación de Ebers-Moll

En el circuito usado en punto anterior para medir  $\beta$  (fig 1.3) ponga un voltímetro digital entre Base y Emisor. Ponga distintos valores de R para obtener corrientes de colector desde unos pocos  $\mu\text{A}$  hasta algunos mA. Grafique el crecimiento logarítmico de  $V_{BE}$  con  $I_C$  y confirme (¡o no!) la ley "60mV/déc".

### 1.5 El transistor como llave

Ensaye el circuito de la figura 1.4 en el cual el transistor actúa como llave: saturado o apagado. Encienda y apague la corriente de base conectando y desconectando la resistencia en el *protoboard* (para no fatigar los terminales de la resistencia use un cable).

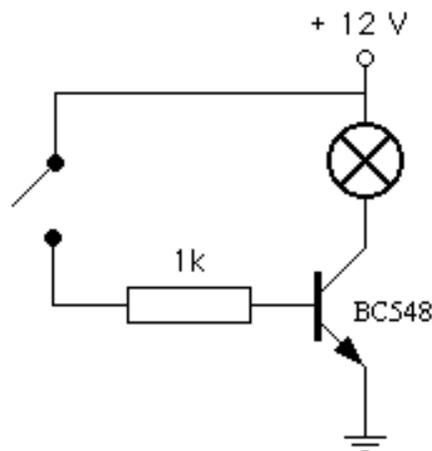


Fig. 1.4 – El transistor como llave

¿Cuánto vale aproximadamente la corriente de base? ¿Cuál es el  $\beta$  mínimo que se requiere para asegurar la saturación del transistor? Mida la tensión colector-emisor de saturación,  $V_{CE(sat)}$ .

Ponga una resistencia más grande en lugar de la de  $1\text{k}\Omega$ . Vea si el transistor sigue saturado. Mida nuevamente la tensión de saturación.

### 1.6 Seguidor por emisor

Arme el circuito seguidor por emisor con un transistor NPN como el de la figura

1.5. Aplíquelo una señal sinusoidal y observe en el osciloscopio la pobre réplica que se obtiene. Explique qué sucede.

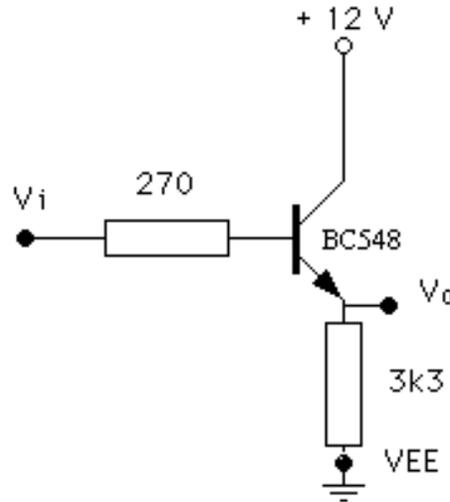


Fig. 1.5 – Seguidor por emisor

Ahora ensaye conectando el retorno de emisor (el punto marcado  $V_{EE}$ ) a  $-12V$  en lugar de conectarlo a masa y mire la salida. Explique qué sucede. **NO DESARME EL CIRCUITO.**

### 1.7 Impedancia de entrada y de salida del seguidor por emisor

Reemplace en el último circuito la resistencia de  $270\Omega$  por otra de  $10k\Omega$ , con el fin de simular una fuente de señal de impedancia moderada (figura 1.6).

- Mida  $Z_o$ , la impedancia de salida del seguidor, conectando una carga de  $560\Omega$  con capacitor de bloqueo (¿por qué?) a la salida y observando la caída en amplitud de la señal de salida. Para esto emplee una señal de entrada menor que  $1V$ . (Mirando la salida del seguidor como una fuente de tensión en serie con  $Z_o$  -Thèvenin-, la carga de  $560\Omega$  forma un divisor de tensión para la frecuencia en la que la impedancia del capacitor de desacople es despreciable). ¿El valor obtenido coincide con lo que esperaba?
- Quite la carga de  $560\Omega$ . Mida  $Z_i$ , la impedancia en la base del transistor para esta configuración particular del circuito, mirando alternativamente a ambos lados del resistor de  $10k\Omega$ . Para esta medición la resistencia de emisor de  $3.3k\Omega$  es también "la carga". Nuevamente use una señal pequeña. Analice los resultados.

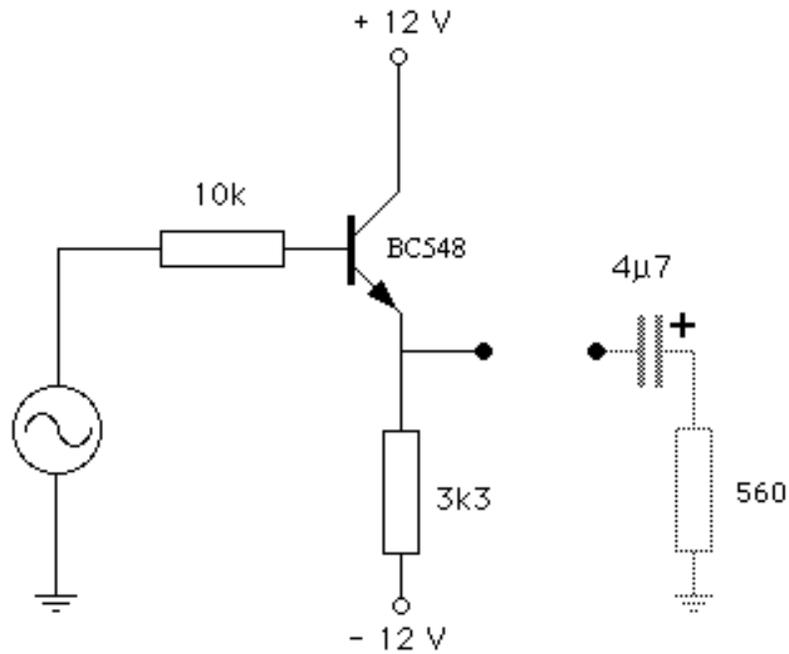


Fig. 1.6 – Circuito para medir  $Z_i$  y  $Z_o$  del seguidor por emisor

### 1.8 Seguidor con fuente de alimentación única

La figura 1.7 muestra un circuito seguidor por emisor polarizado apropiadamente.

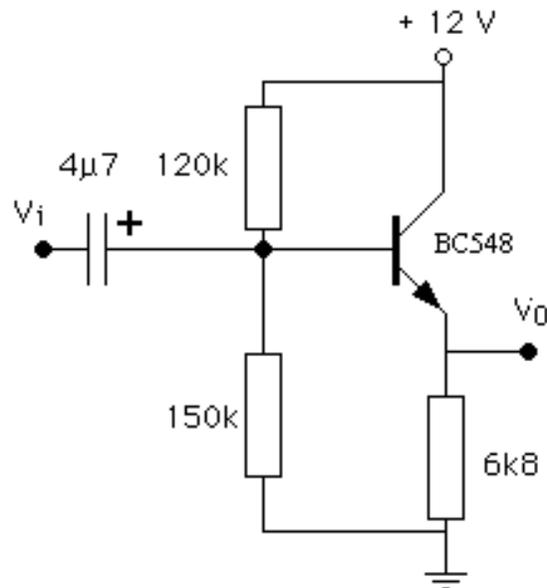


Fig. 1.7 – Seguidor con fuente única

Ármelo y compruebe la capacidad de realizar grandes excursiones en la señal en la salida antes de recortar. Para lograr el mayor rango dinámico, los circuitos amplificadores deben recortar simétricamente.

### 1.9 Amplificador con emisor común

Arme el circuito amplificador con emisor común de la figura 1.8. ¿Cuánto valdrá su ganancia de tensión? Médalo.

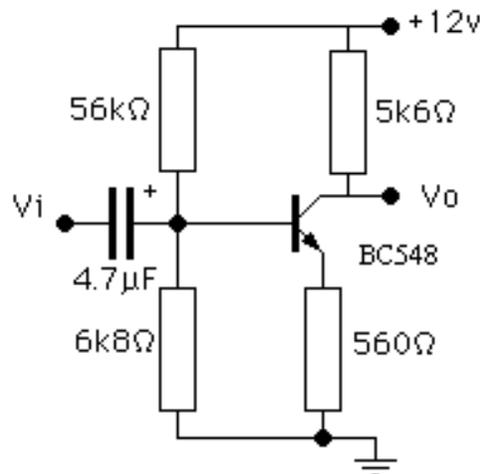


Fig. 1.8 Amplificador con emisor común

¿La señal de salida está o no invertida respecto de la señal de entrada? ¿Está bien ubicado el punto de trabajo (punto Q)? Para responder a esto piense cuidadosamente que significa “el punto Q está bien ubicado”.

¿Qué puede decir del punto de -3dB en bajas frecuencias de este amplificador? ¿Cuánto valdrá la impedancia de salida? Compruébelo colocando un capacitor de bloqueo (fíjese bien en la polaridad!) y una resistencia de carga. **NO DESARME EL CIRCUITO.**

### 1.10 Amplificador emisor común con capacitor de “bypass”

En el circuito de la figura 1.8 coloque un capacitor de 68μF (ojo con la polaridad!) en paralelo con la resistencia de emisor de 560Ω. Primero mida la tensión de colector sin señal. Luego excítelo con una señal triangular de 10kHz de amplitud tal que casi llegue a recortar. ¿La forma de onda se ve como en la figura 1.9? Explique el origen de la

distorsión.

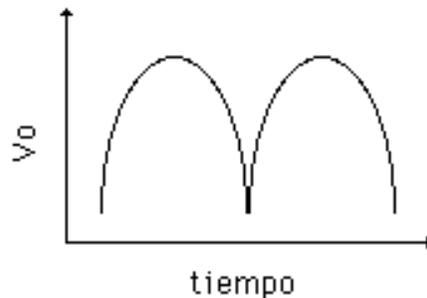


Fig. 1.9 – Salida del amplificador emisor común con máxima excursión excitado con onda triangular

Ahora quite el capacitor de  $68\mu\text{F}$ , aumente la amplitud del oscilador (ya que la ganancia se verá fuertemente reducida) y observe la mayor salida sin distorsión. Mida la ganancia de tensión. ¿Coincide con la predicción?

Coloque nuevamente el capacitor, reduciendo la señal del generador hasta que su amplitud sea aproximadamente  $100\text{mV}$ . Calcule la ganancia de tensión en el punto de trabajo, usando  $r_E$  (resistencia dinámica del diodo BE). Mida la ganancia. ¿Coincide con lo calculado? . **NO DESARME EL CIRCUITO.**

### 1.11 Seguidor por emisor (*buffer*)

Vuelva al circuito del la Fig. 1.8 y agréguele un seguidor por emisor con un transistor NPN. Piense cuidadosamente acerca del acoplamiento y de la polarización del mismo. Use una resistencia de emisor de  $1\text{k}\Omega$ .

Mida nuevamente la impedancia de salida empleando una señal pequeña. ¿Se modifica la ganancia del amplificador por haber agregado el seguidor por emisor?

#### **Páginas de WWW con hojas de datos de componentes:**

<http://www.national.com/> (National Semiconductor)

<http://www.ti.com/> (Texas Instruments)

<http://www.sci.siemens.com/> (Siemens)

<http://www.onsemi.com/>

<http://www.freescale.com>

<http://www.questlink.com/> (Base de datos de Componentes)