



Simplificar la electricidad

**EASA - Fundamentos de electrónica 2**



27

36

LK7422

**MATRIX**  
[www.matrixmultimedia.com](http://www.matrixmultimedia.com)

Copyright © 2010 Matrix Multimedia Limited

Ficha 1 -	Pruebas de transistores	3
Ficha 2 -	Características del transistor BJT	5
Ficha 3 -	El transistor como interruptor	7
Ficha 4 -	El transistor como amplificador	9
Ficha 5 -	Amplificador acoplado a transformador	11
Ficha 6 -	Amplificador de emisor común estabilizado	13
Ficha 7 -	Amplificador de dos etapas	15
Ficha 8 -	Amplificador Push - Pull	17
Ficha 9 -	Oscilador Twin - T	19
Hoja de ejercicios 10 -	Oscilador en escalera	21
Ficha 11 -	Multivibrador astable	23
Preguntas de revisión		25
Notas del tutor		27
Respuestas		36

Desarrollado por Mike Tooley en colaboración con Matrix Technology Solutions Ltd.

# Ficha 1

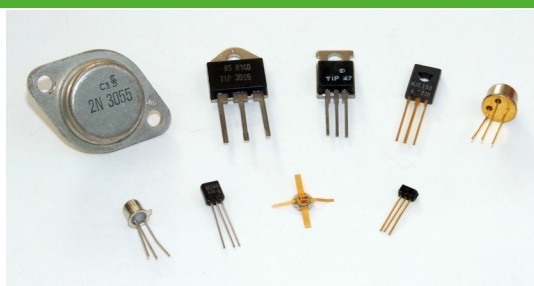
## Pruebas de transistores

Originalmente denominado "resistencia de transferencia", el transistor se encuentra en casi todos los circuitos electrónicos, ya sea como componente discreto o dentro de un circuito integrado (CI).

Los circuitos integrados contienen cientos, miles o incluso millones de transistores.

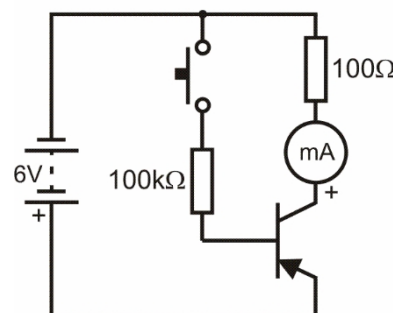
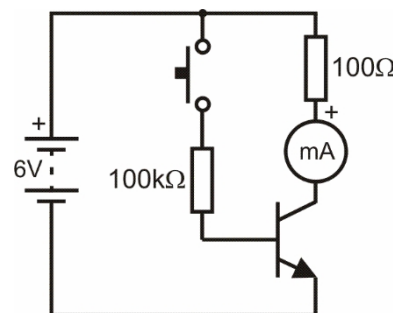
Los transistores de unión bipolar (BJT) son de dos tipos, NPN o PNP, según las impurezas utilizadas para "dopar" el monocristal de silicio del que está hecho. Las uniones P-N resultantes se fabrican mediante la difusión de impurezas a través de una máscara fotográficamente reducida.

En esta ficha aprenderás a realizar comprobaciones básicas en transistores NPN y PNP.



### Te toca a ti:

- Construye el circuito mostrado en el diagrama superior, diseñado para probar un transistor NPN.
- Ajuste la fuente de alimentación de CC a una salida de 6 V.
- Ajuste el multímetro para que lea hasta 20 mA CC.
- Mide la corriente que circula. Anótala en la tabla de la izquierda abajo.
- Pulse y mantenga cerrado el interruptor.
- Mida y registre la nueva corriente.
- A continuación, construye el circuito inferior, diseñado para probar un transistor PNP. Observa que la fuente de alimentación y el multímetro están ahora invertidos.
- Repita el mismo procedimiento que para el transistor NPN.
- Anota las mediciones en la tabla correspondiente.



Transistor NPN	
Interruptor	Corriente de colector (mA)
Abrir ( $I_B = 0 \mu A$ )	
Cerrado ( $I_B \sim 54 \mu A$ )	

Transistor PNP	
Interruptor	Corriente de colector (mA)
Abrir ( $I_B = 0 \mu A$ )	
Cerrado ( $I_B \sim 54 \mu A$ )	

# Ficha 1

## Pruebas de transistores

### ¿Y qué?

- ¿Qué le dicen los resultados? ¿Funcionan los dispositivos que ha comprobado? En caso negativo, ¿qué fallos ha detectado?
- La relación entre la corriente de colector ( $I_C$ ) y la corriente de base ( $I_B$ ) de un transistor da el valor de la ganancia de corriente, denominada  $h_{FE}$ , del dispositivo.

En otras palabras,

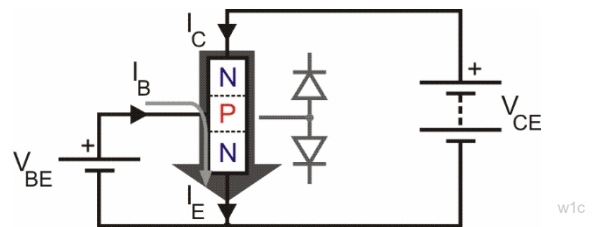
$$h_{FE} = I_C / I_B$$

Calcula la ganancia de corriente de cada uno de los dispositivos que has comprobado.

- Los transistores se fabrican en serie. El fabricante indicará valores típicos para la ganancia de corriente, pero dos dispositivos individuales pueden tener valores muy diferentes.

diferentes ganancias de corriente.

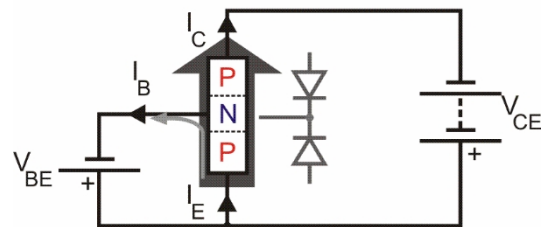
Dado que la ganancia de corriente de un transistor de pequeña señal puede variar entre 75 y 250, ¿son típicos tus valores calculados de ganancia de corriente?



Los diagramas muestran la dirección del flujo de corriente en los transistores NPN y PNP.

- Compáralos.

Puede ver por qué el transistor PNP puede considerarse como una imagen especular del dispositivo NPN.



### Para que lo sepas:

A menudo resulta útil poder realizar una comprobación funcional rápida de un transistor.

- Esto puede hacerse fácilmente si se dispone de un multímetro con función de comprobación de transistores.
- Alternativamente, se puede medir la resistencia directa e inversa de cada una de las dos uniones de diodos dentro del transistor (véase más arriba) utilizando un multímetro en el rango de Ohmios.
- Un tercer método consiste en conectar un transistor a una fuente de alimentación y medir la corriente que circula por el colector en respuesta a la corriente aplicada a la base. Cuando se aplica una corriente mucho menor a la base, debe fluir una corriente grande en el colector. Este es el método que has utilizado en esta investigación.

# Ficha 2

## Características del transistor BJT

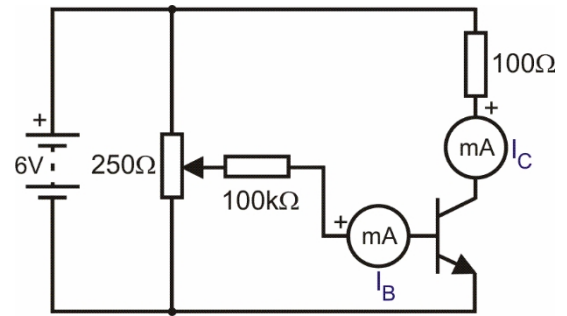
Una medida más significativa del rendimiento de un transistor se obtiene trazando gráficos que muestran cómo están relacionadas la corriente de base, la corriente de colector y la tensión colector-emisor.

Estas curvas características permiten predecir con exactitud cómo se comportará un transistor en un circuito concreto, y si es o no una elección adecuada.

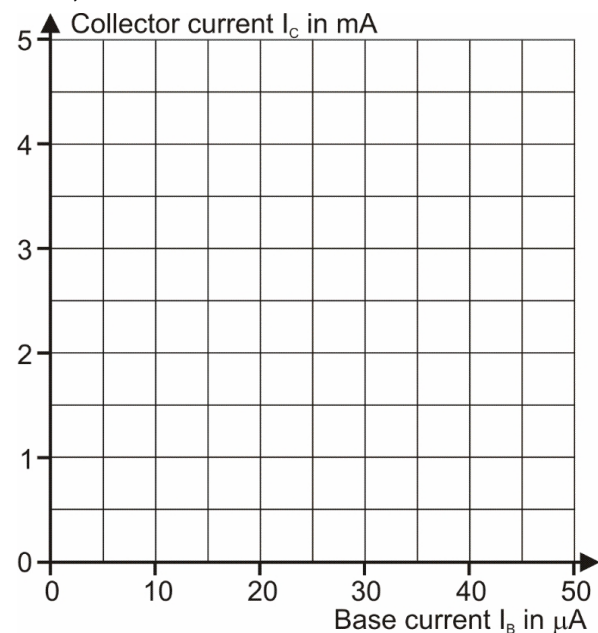
En esta ficha se representan dos características diferentes de un transistor. La primera se denomina **característica de transferencia**, mientras que la segunda se denomina **característica de salida (o colector)**.



- **Te toca a ti:**
- **1. Característica de transferencia - IC trazada frente a IB** Construye el primer circuito.
- Ajuste la fuente de alimentación de CC a una salida de 6 V.
- Ajusta el amperímetro de corriente base al rango de 2mA DC, y el amperímetro de corriente colector al rango de 20mA DC.
- Utilice el "potenciómetro" para variar la corriente de base,  $I_B$ , de 0  $\mu\text{A}$  a 50  $\mu\text{A}$  en pasos de 10  $\mu\text{A}$ . En cada paso, mida y registre la corriente del colector,  $I_C$ .
- Utilice sus resultados para trazar la característica de transferencia,  $I_C$  en función de  $I_B$ , en la cuadrícula proporcionada.



$I_B$ en $\mu\text{A}$	$I_C$ en mA
0	
10	
20	
30	
40	
50	



# Ficha 2

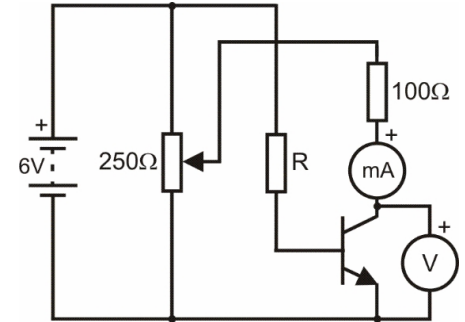
## Características del transistor BJT



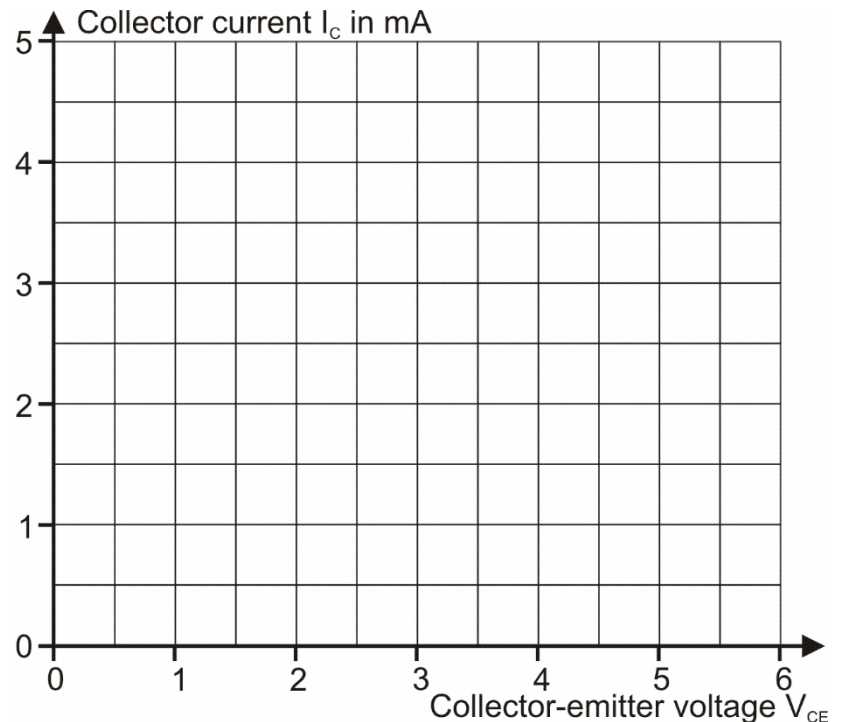
Continuación:

### 2. Característica de salida - $I_C$ trazada frente a $V_{CE}$

- Construye el segundo circuito utilizando un valor de  $200\text{k}\Omega$  para R.
- Ajuste la fuente de alimentación de CC a una salida de 6 V.
- Ajuste el amperímetro de corriente de colector en el rango de 20 mA CC y el voltímetro en el rango de 20 V CC.
- Usa el 'pote' para variar el voltaje del colector de 0V a 6V en pasos de 1V. Para cada uno, medir la corriente de colector,  $I_C$ .
- Utilice sus resultados para trazar la característica de salida,  $I_C$  en función de  $V_{CE}$ .
- Sustituye la resistencia de  $200\text{k}\Omega$  por una de  $100\text{k}\Omega$ , para obtener una corriente de base mayor, y repite este proceso.
- Traza una segunda curva característica en los mismos ejes.



$V_{CE}$	$I_C$	
	$R=200\text{k}\Omega$	$R=100\text{k}\Omega$
0.0 V		
1.0 V		
2.0 V		
3.0 V		
4.0 V		
5.0 V		
6.0 V		



¿Y qué?

- ¿Qué te dice la forma de los dos gráficos?
- Calcula la pendiente de la característica de transferencia para obtener la ganancia de corriente del transistor.

Ganancia de corriente =

- Calcular la pendiente de la característica de salida para obtener la resistencia de salida del transistor.

Resistencia de salida =

# Ficha 3

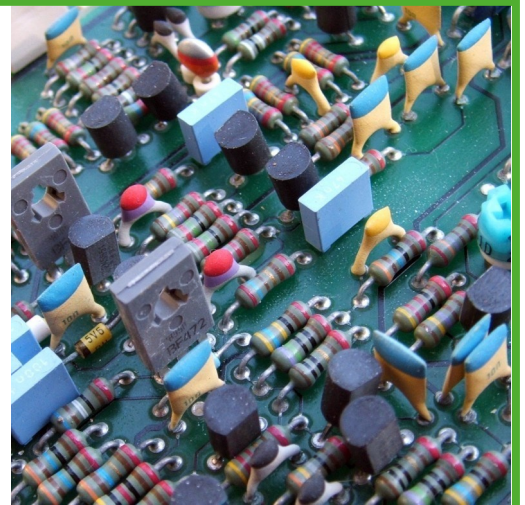
## El transistor como interruptor



Los interruptores electromecánicos funcionan a velocidades muy bajas. En cambio, los transistores pueden conmutar la corriente millones de veces más rápido. No hay piezas mecánicas móviles, por lo que no hay fricción ni desgaste.

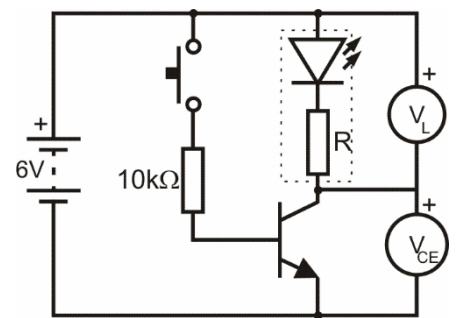
Los interruptores de transistor funcionan en condiciones **de saturación**, lo que significa que la tensión de colector será igual a la tensión de alimentación (en estado "apagado") o muy próxima a 0 V (en estado "encendido").

En esta ficha se construyen y prueban dos circuitos de conmutación sencillos. El primero hace funcionar un LED, el segundo, un motor de corriente continua.



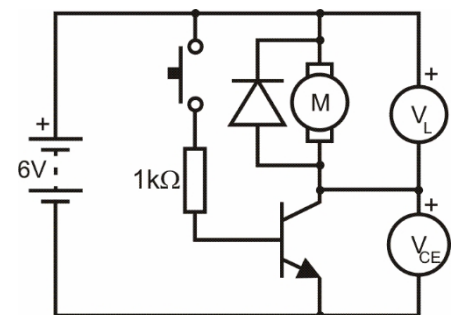
Te toca a ti.

- Construye el primer circuito de conmutación. El LED está controlado por el interruptor. La pequeña corriente de base que fluye cuando el interruptor está cerrado produce una corriente de colector mucho mayor, que fluye a través del LED.
- Mide y registra las tensiones a través del LED,  $V_L$ , y a través del transistor,  $V_{CE}$ .



Interrup tor	$V_{CE}$	$V_L$
Fuera de		
En		

- Construye el segundo circuito de conmutación. El diodo es un dispositivo 1N4001. Su función se explica en la página siguiente. El interruptor controla ahora un motor. Como antes, la pequeña corriente de base que fluye cuando el interruptor está cerrado controla una corriente de colector mucho mayor, que fluye a través del motor.
- Mide y registra las tensiones a través del motor,  $V_L$ , y a través del transistor,  $V_{CE}$ .



Interru ptor	$V_{CE}$	
Fuera		
de		
En		

# Ficha 3

## El transistor como interruptor



### ¿Y qué?

En el circuito del motor se conecta un diodo a través de la carga, pero no en el circuito del LED. He aquí por qué:

- El motor es un dispositivo electromagnético. Gira porque en su bobina se crea un intenso campo magnético cuando circula una corriente por ella.
  - Cuando la corriente deja de fluir, ese campo magnético se colapsa a través de esa bobina de alambre y genera una gran tensión en sentido contrario: un ejemplo de la ley de Lenz.
  - Esta "contrafase" puede ser lo suficientemente alta como para dañar el transistor.
  - Para evitarlo, se conecta un diodo en paralelo inverso. En lo que respecta a la alimentación del circuito, el diodo tiene polarización inversa y, en esencia, no hace nada. Sin embargo, para la gran tensión generada por la corriente descendente, el diodo está polarizado hacia delante, por lo que conduce libremente. La caída de tensión a través de él se sujeta a 0,7V, o -0,7V como lo ve el transistor. Esto no daña el transistor.
  - Cualquier dispositivo electromagnético similar, como un relé, debe ser puenteado por un diodo paralelo inverso de manera similar por la misma razón.
- Mira las dos tablas de resultados para  $V_{CE}$  y  $V_L$  .  
Suma las medidas,  $V_{CE}$  y  $V_L$  en cada caso.  
¿Qué nota?  
¿Cuál esperas que sea el resultado, teniendo en cuenta que el transistor y el LED / motor forman un divisor de tensión a través de los raíles de alimentación?
- Modificar el circuito LED para que el LED permanezca **encendido** cuando el interruptor esté abierto y se **apague**.  
cuando está cerrado  
(Sugerencia: tendrás que cambiar la posición del interruptor en el circuito).
  - Modifica el circuito del motor para que el interruptor controle a la vez un LED y el motor.

### Para que lo sepas:

- ¿Funciona el transistor como interruptor saturado en ambos circuitos? ¿Cómo lo sabe?
- Explica por qué la resistencia de base tiene un valor mucho menor en el circuito del motor que en el del LED.
- Calcula la corriente de base que circula cuando el interruptor está cerrado:
  - el circuito LED;
  - el circuito del motor.

(Supongamos que la tensión base-emisor es de 0,7 V cuando el transistor conduce una corriente).



# Ficha 4

## El transistor como amplificador

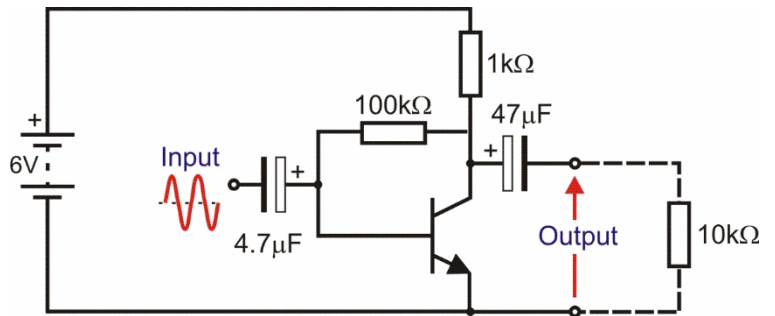
Cuando se utiliza un transistor de unión bipolar para amplificar señales de audio, primero nos aseguramos de que el transistor esté **polarizado**, lo que significa que fluirá cierta corriente de colector aunque no haya señal.

En esta hoja de ejercicios investigarás el funcionamiento de una etapa amplificadora de emisor común muy sencilla que utiliza esta técnica.



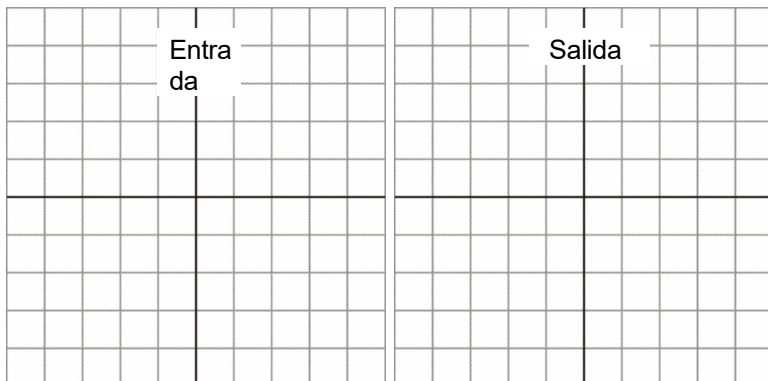
### Te toca a ti:

- Construye el circuito que se muestra al lado. La resistencia de  $10\text{k}\Omega$  actúa como carga para el amplificador.
- Ajuste la fuente de alimentación de CC a 6 V.
- Mide y registra las tensiones continuas presentes en el colector, la base y el emisor del transistor.
- Conecte la entrada a un generador de señales, ajustado para dar una salida de  $50\text{mV}$  pico a pico a una frecuencia de  $1\text{kHz}$ .
- Conecte un osciloscopio de dos canales para visualizar las formas de onda de entrada y salida. La conexión a tierra común se conecta al carril de alimentación negativo.

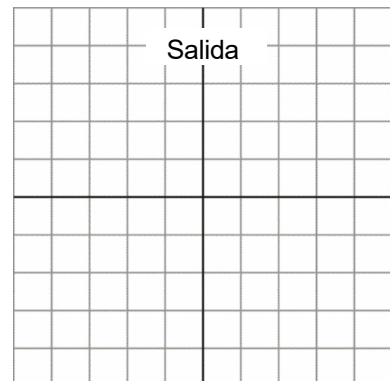


Medición	Tensión
Tensión de polarización CC en el colector	
Tensión de polarización CC en la base	
Tensión de polarización CC en el emisor	
Tensión de entrada, pk - pk	
Tensión de salida, pk - pk	

- Dibújalos en las cuadrículas proporcionadas.
- Ajuste los controles del osciloscopio para visualizar dos ciclos de las formas de onda de entrada y salida.
- Mide las tensiones pico a pico en la entrada y en la salida.
- Aumente la tensión de entrada a  $100\text{mV}$  pk-pk. Observa y dibuja el efecto en la salida.



Entrada =  $50\text{mV}$  pk-pk



Entrada =  $100\text{mV}$  pk-pk

# Ficha 4

## El transistor como amplificador



### ¿Y qué?

#### El comportamiento del transistor:

Cuando aumenta la tensión de entrada:

- la corriente de base aumenta;
- la corriente de colector aumenta;
- la tensión a través de la resistencia de  $1k\Omega$  aumenta;
- la tensión de salida disminuye.

Cuando la tensión de entrada disminuye:

- la corriente de base disminuye;
- la corriente de colector disminuye;
- la tensión a través de la resistencia de  $1k\Omega$  disminuye;
- la tensión de salida aumenta.

Para que esto ocurra, permitimos que fluya cierta corriente de base todo el tiempo, incluso cuando no hay señal de entrada. Esto se llama polarización DC.

Cuando no hay señal, una pequeña corriente de base todavía puede fluir a través de las resistencias de  $1k\Omega$  y  $100k\Omega$ . Como resultado, fluye una corriente de colector mayor, creando una caída de tensión a través de la resistencia de  $1k\Omega$ , y dejando una tensión de salida inferior a la tensión de alimentación.

Cuanto mayor sea la corriente de base, mayor será la corriente de colector, mayor será la caída de tensión a través de la resistencia de  $1k\Omega$ , y menor será la tensión de salida a través de la unión colector-emisor. Nuestro objetivo es que la tensión de salida sea  $\sim$  la mitad de la tensión de alimentación cuando no hay señal. (llamado estado de reposo.) De esta forma, la tensión de salida puede subir y bajar en valores muy similares cuando hay una señal presente.

La señal se acopla dentro y fuera del amplificador a través de condensadores que aíslan el amplificador para que las tensiones y corrientes continuas de su interior no se vean afectadas por lo que se conecte a los terminales de entrada y salida.

- Utiliza tus resultados para calcular la ganancia de tensión del amplificador:

Ganancia de tensión = .....

#### Para que lo sepas:

- Explique por qué la salida se distorsiona para amplitudes de señal de entrada mayores.
- ¿Cuál es la tensión máxima de la señal de salida antes de que se aprecie distorsión?
- ¿Cómo se podría aumentar la tensión de salida?

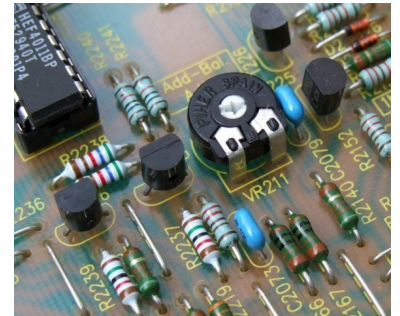
# Ficha 5

## Amplificador acoplado a transformador

Anteriormente, has investigado un sencillo amplificador de emisor común en el que se utilizaba un condensador para acoplar la señal del colector a la salida.

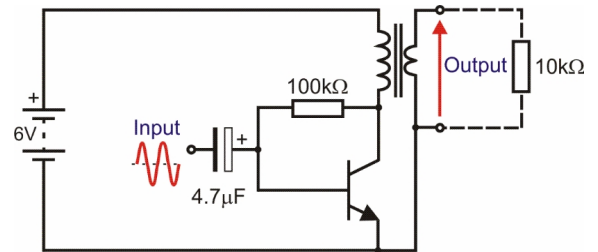
Se utilizan otros sistemas de acoplamiento entre etapas, como los basados en inductores y condensadores, y en transformadores. Este último tiene la ventaja de ofrecer una adaptación precisa de la impedancia a una carga, lo que garantiza una transferencia eficaz de la señal.

En esta hoja de ejercicios investigarás el funcionamiento de un simple amplificador de emisor común acoplado a transformador. Debes comparar los resultados obtenidos aquí con los obtenidos anteriormente.

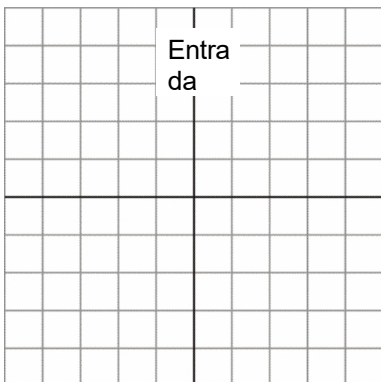


### Te toca a ti:

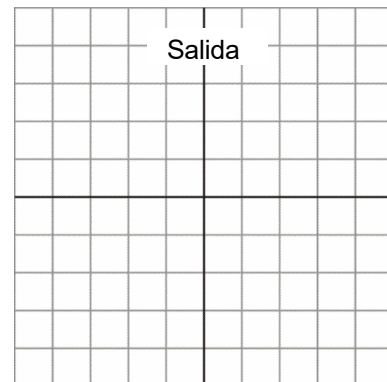
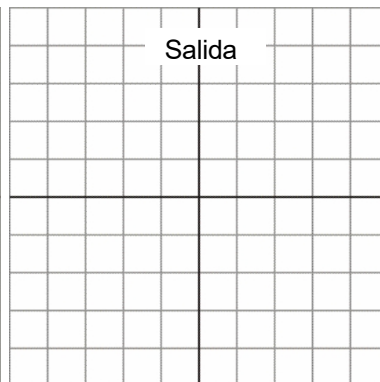
- Construye el circuito que se muestra. De nuevo, una resistencia de  $10k\Omega$  actúa como carga para el amplificador. El transformador 2:1, conectado como transformador reductor, se utiliza para acoplar la salida del amplificador.
- Ajuste la fuente de alimentación de CC a una salida de 6 V.
- Conecte la entrada a un generador de señales, ajustado para dar una salida de 20mV pico a pico a una frecuencia de 1kHz.
- Conecte un osciloscopio de doble traza para visualizar las formas de onda de entrada y salida, con la masa conectada al raíl de alimentación negativo.
- Ajuste los controles del osciloscopio para visualizar dos ciclos de las formas de onda de entrada y salida.
- Dibújalos en las cuadrículas proporcionadas.
- Mide las tensiones pico a pico en la entrada y en la salida.
- Aumentar el tensión de entrada a 100 mV pk-pk.



Medición	Tensión
Tensión de entrada, pk - pk	
Tensión de salida, pk - pk	



Entrada = 20mV pk-pk



Entrada = 100mV pk-pk

# Ficha 5

## Amplificador acoplado a transformador



### ¿Y qué?

En el amplificador acoplado a condensador estudiado anteriormente, la corriente de colector,  $I_C$ , fluía a través de la resistencia de  $1\text{ k}\Omega$  en serie con él. Esto genera calor residual. El papel del transformador es reducir esa pérdida de energía.

Los transformadores sólo responden a señales de corriente alterna. Éstas producen un campo magnético alterno en la bobina primaria que, a su vez, induce una señal de CA en el secundario, conectado a la carga.

Como resultado, la carga queda aislada de cualquier corriente continua que fluya por el transistor, pero recibe la señal de CA, a través del transformador.

Para obtener la máxima eficiencia, el transformador se elige de modo que la impedancia de salida del transformador sea igual a la impedancia de carga. Este es un ejemplo del teorema de la máxima transferencia de potencia.

- Utiliza tus resultados para calcular la ganancia de tensión del amplificador:

Ganancia de tensión = .....

- Compara el rendimiento de este amplificador con el amplificador acoplado a condensador que estudiaste anteriormente.
- Investiga qué ocurre si se invierte el transformador para que actúe como un elevador en lugar de como un reductor.

### Para que lo sepas:

Como antes, el transistor está polarizado, de modo que fluye una corriente a través del transistor incluso cuando no hay señal. Idealmente, esta corriente se ajusta para que el colector se sitúe a una tensión intermedia entre los raíles de la fuente de alimentación.

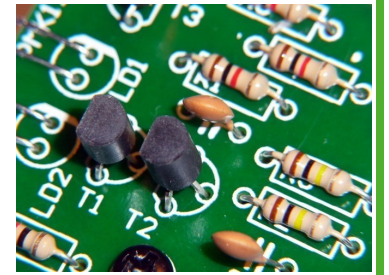
- ¿Cuál es la tensión máxima de la señal de salida antes de que se aprecie distorsión?
- ¿Cómo se podría aumentar la tensión de salida?

# Ficha 6

## Amplificador de emisor común estabilizado

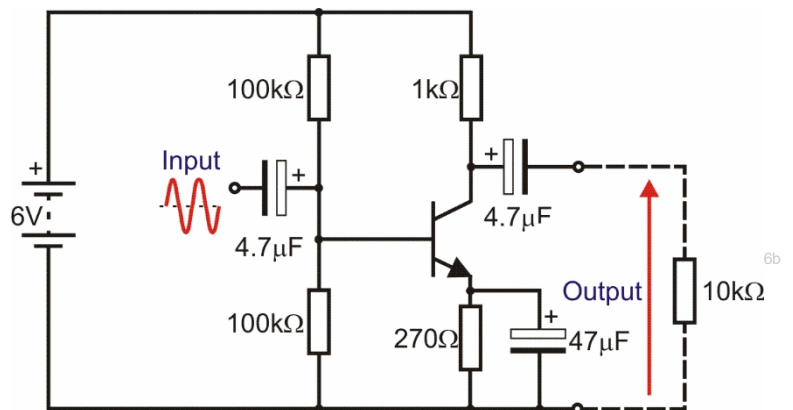
El simple emisor común puede mejorarse utilizando realimentación negativa de CC para estabilizar la etapa y compensar las variaciones en los parámetros del transistor, las tolerancias de los componentes y los cambios de temperatura.

En esta hoja de ejercicios se investiga el funcionamiento de un amplificador de emisor común que incorpora estabilización por realimentación de CC.

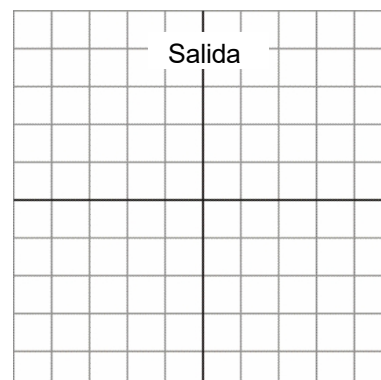
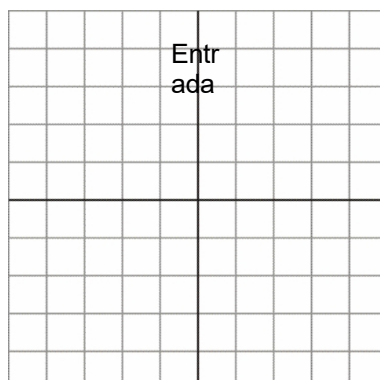


### Te toca a ti:

- Construye el circuito que se muestra al lado. De nuevo, una resistencia de  $10\text{k}\Omega$  actúa como carga para el amplificador. Una resistencia de emisor de  $270\Omega$  y un condensador paralelo de  $47\mu\text{F}$  proporcionan realimentación negativa. Dos resistencias de  $100\text{k}\Omega$  proporcionan un voltaje de polarización de CC para la base.
- Ajuste la fuente de alimentación de CC a una salida de  $6\text{V}$ .
- Mida y registre las tensiones continuas en el colector, base y emisor del transistor.
- Conecte la entrada a un generador de señales, ajustado para dar una salida de  $20\text{mV}$  pico a pico a una frecuencia de  $1\text{kHz}$ .
- Conecte un osciloscopio de doble traza para visualizar las formas de onda de entrada y salida, con la masa conectada al raíl de alimentación negativo.
- Ajusta los controles del osciloscopio para mostrar dos ciclos de las formas de onda de entrada y salida.
- Representélas en las cuadrículas suministradas.
- Mide las tensiones pico a pico en la entrada y en la salida.



Medición	Tensión
Tensión de polarización CC en el colector	
Tensión de polarización CC en la base	
Tensión de polarización CC en el emisor	
Tensión de entrada, pk - pk	
Tensión de salida, pk - pk	



Entrada =  $20\text{mV}$  pk-pk

# Ficha 6

## Amplificador C-E estabilizado



### ¿Y qué?

La tensión de reposo (CC) de la base se establece mediante las dos resistencias de  $100\text{k}\Omega$ , formando un divisor de tensión a través de los carriles de la fuente de alimentación.

- Con una fuente de alimentación de  $6\text{ V}$  y dos resistencias iguales, ¿qué tensión continua se espera en la base?

Tensión en la base = .....

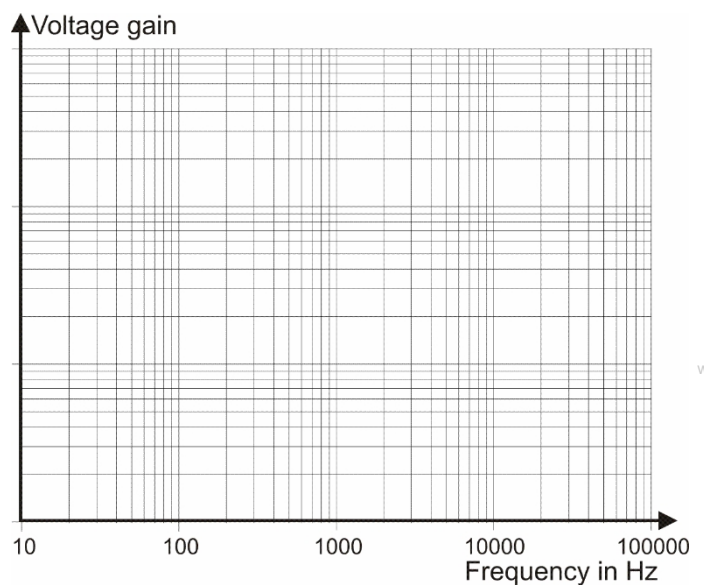
La realimentación negativa proporciona una señal que se opone a los cambios en la salida. Si la temperatura o los cambios en la fuente de alimentación, etc. hacen que la corriente continua de colector aumente, la tensión a través de la resistencia de emisor de  $270\Omega$  también aumenta. Como resultado, la caída de tensión a través de la unión base-emisor cae, reduciendo la corriente de base, que a su vez reduce la corriente de colector - ¡realimentación negativa!

Un efecto de la realimentación negativa es reducir la ganancia de tensión del amplificador. El condensador de  $47\mu\text{F}$  no tiene efecto sobre las corrientes continuas, que lo ven como un hueco en el circuito. Sin embargo, las señales de CA pueden fluir a través de este condensador, puentando la resistencia emisora. Como resultado, la ganancia de voltaje de CA no se ve tan afectada.

- Utiliza tus resultados para calcular la ganancia de tensión del amplificador:

Ganancia de tensión = .....

- Varía la frecuencia del generador de señales entre  $10\text{ Hz}$  y  $100\text{ kHz}$  y mide la tensión de salida a intervalos adecuados.
- Utilice estos datos para trazar una característica de respuesta en frecuencia para el amplificador que muestre la ganancia de tensión trazada en función de la frecuencia.
- Se proporciona una cuadrícula "log-log". Si no está seguro de cómo proceder, pregunte a su tutor.



### Para que lo sepas:

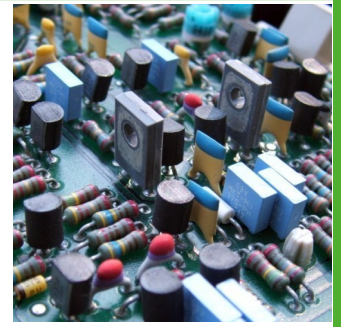
- Compara las tensiones continuas medidas en el colector, la base y el emisor con las medidas anteriormente para el amplificador acoplado a condensador (no compensado).
- Comente el rendimiento del amplificador y explique por qué el amplificador produce una oscilación de tensión de salida ligeramente inferior.

# Ficha 7

## Amplificador de dos etapas

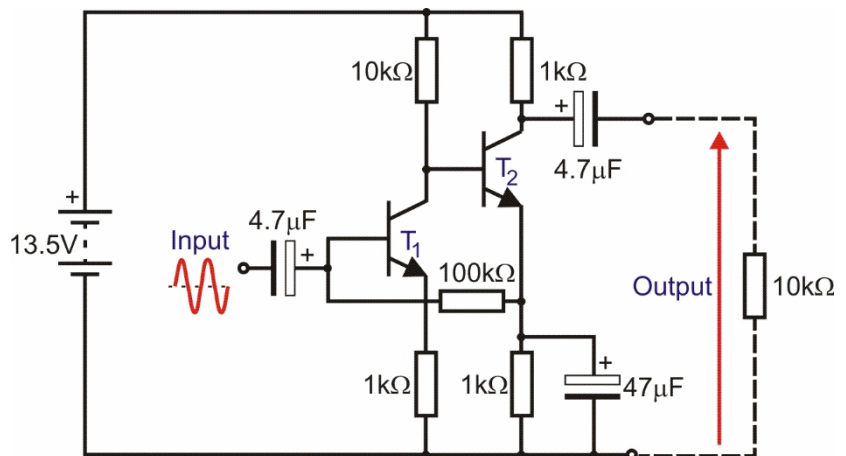
La ganancia de tensión producida por un amplificador de transistor de una etapa es insuficiente para muchas aplicaciones. Para superarlo, podemos utilizar un amplificador multi-etapa en la que se utilizan varios transistores en cascada (como se muestra en la disposición siguiente).

En esta hoja de trabajo construirás y probarás un amplificador de dos etapas en el que ambos transistores funcionan en modo emisor común.

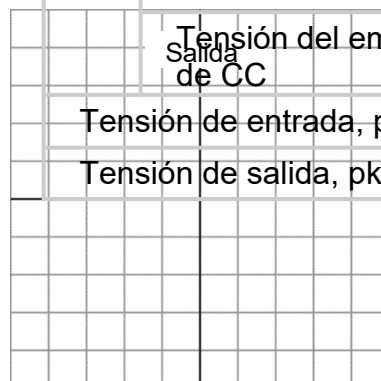
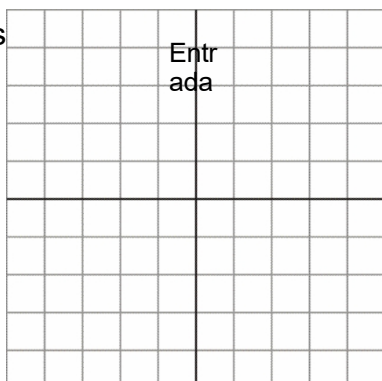


### Te toca a ti:

- Construye el circuito que se muestra al lado, que de nuevo utiliza una resistencia de carga de  $10\text{k}\Omega$ .
- Observe que la fuente de alimentación de CC está ahora ajustada a una salida de  $13,5\text{ V}$ .
- Mide y registra las tensiones continuas en el colector, la base y el emisor de cada transistor.
- Conecta la entrada a una señal ajustado para dar una salida de  $20\text{ mV}$  pico a pico a una frecuencia de  $1\text{ kHz}$ .
- Conecta un osciloscopio de doble traza para visualizar las formas de onda de entrada y salida, como antes.
- Ajuste los controles del osciloscopio para visualizar dos ciclos de las formas de onda.
- Dibújalos en las cuadrículas proporcionadas.
- Mide las tensiones de entrada y en



	Medición	Tensión
T <sub>1</sub>	Tensión continua del colector	
	Tensión de base CC	
	Tensión del emisor de CC	
T <sub>2</sub>	Tensión continua del colector	
	Tensión de base CC	
	Tensión del emisor de CC	
	Tensión de entrada, pk - pk	
	Tensión de salida, pk - pk	



Entrada =  $20\text{mV}$  pk-pk

# Ficha 7

## Amplificador de dos etapas

### ¿Y qué?

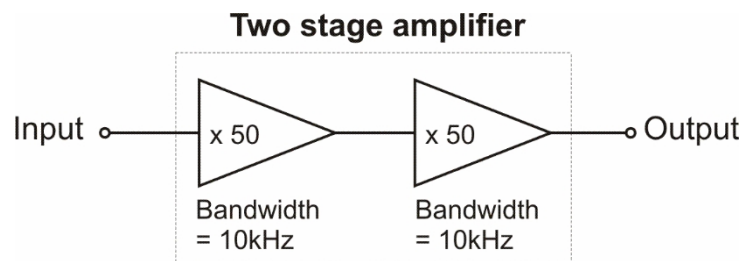
La ganancia de tensión global de la etapa es el producto de las ganancias individuales de cada etapa. Utilizando esta técnica se pueden producir amplificadores con ganancias de tensión de entre 200 y 1.000 típicamente. Básicamente, hay un equilibrio entre la ganancia de tensión y el ancho de banda (gama de frecuencias amplificadas).

*Cuanto mayor sea la ganancia de tensión, menor será el ancho de banda (y viceversa).*

El diagrama muestra un amplificador de dos etapas formado por dos amplificadores de tensión, cada uno con un ancho de banda de 10 kHz, conectados en cascada.

Cada amplificador por sí solo tiene una ganancia de 50x. Sin embargo, cuando se conectan en cascada, la ganancia total es de  $50 \times 50 (= 2\,500)$ .

El primer amplificador tiene un ancho de banda de 10 kHz, por lo que amplifica con éxito todas las frecuencias hasta 10 kHz. Lo mismo ocurre con el segundo amplificador. En total, el sistema tiene un ancho de banda de 10 kHz con una ganancia de tensión de ¡2.500!



**Overall,  
voltage gain =  $50 \times 50 = 2\,500$   
bandwidth = 10kHz**

- Utiliza tus resultados para calcular la ganancia de tensión del amplificador:

Ganancia de tensión =

.....

- ¿Encuentra, mediante investigación, la tensión máxima de la señal de salida que se puede obtener antes de que se note la distorsión? ¿Cómo podría aumentarse la tensión de salida?

### Para que lo sepas:

- Compara las tensiones continuas medidas en el colector, la base y el emisor con las medidas anteriormente para el amplificador acoplado a condensador (no compensado).
- Explique por qué la señal se distorsiona para amplitudes de señal de entrada mayores.



# Ficha 8

## Amplificador Push - Pull

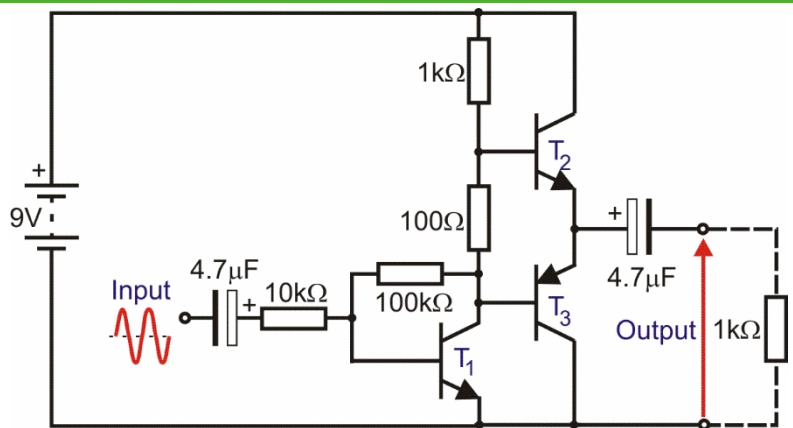
Los amplificadores se dividen en dos categorías generales: amplificadores de tensión y amplificadores de potencia. Para los primeros, la prioridad es aumentar la amplitud de tensión de la señal. Para los segundos, el objetivo es transmitir niveles significativos de potencia de la señal a un transductor de salida, como un altavoz.

Hasta ahora, los amplificadores han sido del primer tipo. En esta hoja de ejercicios, construirás y probarás un amplificador

**de potencia:** de transistores.



- Construye el circuito que se muestra al lado. Esta vez se utiliza una resistencia de carga de  $1\text{ k}\Omega$ , aunque, en la práctica, es probable que se utilice un valor mucho menor.
- Observe que la fuente de alimentación de CC está ajustada a una salida de  $9\text{ V}$ .
- Mide y registra las tensiones continuas en el colector, la base y el emisor de cada transistor.
- Conecta la entrada a una señal ajustado para dar una salida de  $500\text{ mV}$  pico a pico a  $1\text{ kHz}$ .
- Conecta un osciloscopio de doble traza para visualizar las formas de onda de entrada y salida, como antes.
- Ajuste los controles del osciloscopio para visualizar dos ciclos de las formas de onda.
- Dibújalos en las cuadrículas proporcionadas.
- Mide las tensiones pico a pico en la entrada y en la salida del amplificador.



Entrada			Salida		

	Medición	Tensión
T <sub>1</sub>	Tensión continua del colector	
	Tensión de base CC	
	Tensión del emisor de CC	
T <sub>2</sub>	Tensión continua del colector	
	Tensión de base CC	
	Tensión del emisor de CC	
T <sub>3</sub>	Tensión continua del colector	
	Tensión de base CC	
	Tensión del emisor de CC	
	Tensión de entrada, pk - pk	
	Tensión de salida, pk - pk	

# Ficha 8

## Amplificador Push - Pull

### ¿Y qué?

Este circuito utiliza un **par** de transistores **complementarios** emparejados ( $T_2$  es NPN y  $T_3$  es PNP con propiedades equivalentes.) Estos dos transistores conducen la carga.  $T_2$  conduce más intensamente en los semiciclos positivos de la señal, mientras que  $T_3$  conduce más intensamente en los semiciclos negativos.

Cada uno está conectado como un emisor-seguidor (o amplificador de colector común.)

### El seguidor del emisor:

Al lado se muestra el esquema del circuito de un seguidor de emisor simple, que utiliza un transistor npn.

Cuando el transistor npn conduce, hay una caída de 0,7 V entre la base y el emisor.

Como resultado:  $V_{OUT} = V_{IN} - 0,7$  e s decir,  $V_{OUT} \approx V_{IN}$

La corriente de salida,  $I_{OUT}$ , es en realidad la corriente de emisor  $I_E$  del transistor y la corriente de entrada,  $I_{IN}$ , es la corriente de base  $I_B$ .

$$I_{OUT} = I_B + I_C$$

donde  $I_C = h_{FE} \times I_B$  donde  $I_C$  = corriente de colector, y  $h_{FE}$  = ganancia de corriente del transistor.

Como  $h_{FE} \gg 1$ ,  $I_C \gg I_B$  y así  $I_E \gg I_B$ .

En otras palabras,  $I_{OUT} \gg I_{IN}$

Por tanto,  $P_{OUT} (=V_{OUT} \times I_{OUT}) \gg P_{IN} (=V_{IN} \times I_{IN})$ . El circuito es un amplificador de potencia.

Un tercer transistor ( $T_1$ ) se utiliza como **driver**. Esta etapa funciona como un amplificador emisor común convencional, el que investigó en la hoja de cálculo 4.

- Utiliza tus resultados para calcular la ganancia de tensión del amplificador:

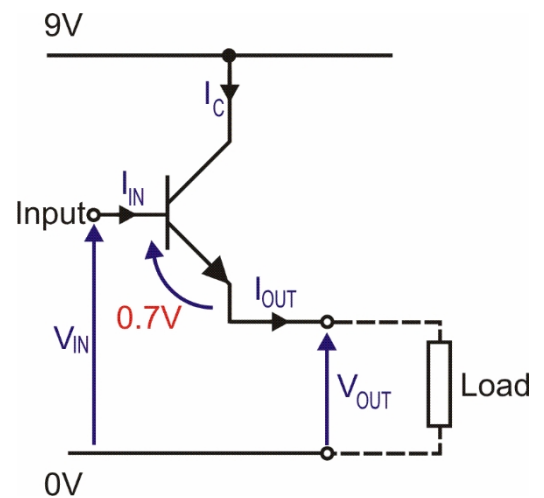
Ganancia de tensión =

.....

- Aumente la amplitud de la señal de entrada y observe la distorsión producida cuando el amplificador está sobrealimentado. ¿Cómo podría reducirse esta distorsión?
- Reduzca la amplitud de la señal a 50 mV pk-pk, o menos, y observe la distorsión producida en los puntos de cruce de tensión cero. Explique cómo se produce.

### Para que lo sepas:

- Explique por qué el valor óptimo de la tensión en la unión de los emisores de  $T_2$  y  $T_3$  es la mitad de la tensión de alimentación (es decir, 4,5 V para este circuito).

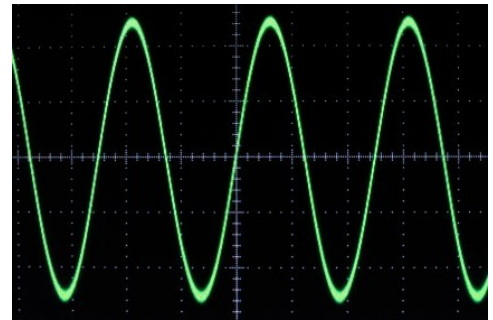


# Ficha 9

## Oscilador Twin - T

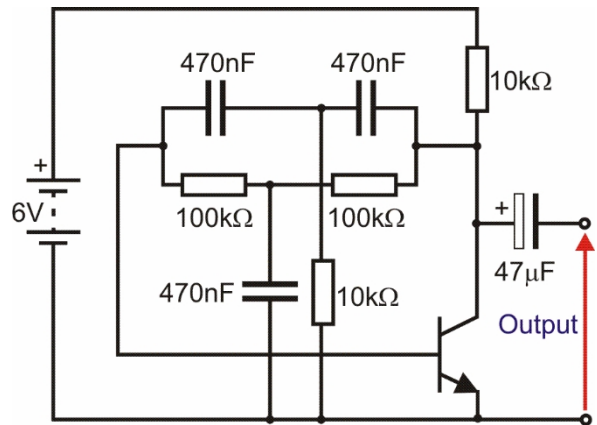


En los sistemas aeronáuticos se utilizan varias formas de oscilador para producir diversas formas de onda. Un amplificador de emisor común de una sola etapa y una red de realimentación de frecuencia selectiva pueden utilizarse como un simple oscilador sinusoidal.



En esta hoja de trabajo se investiga el funcionamiento de un oscilador de cambio de fase simple. El desplazamiento de fase lo proporcionan dos redes RC conectadas en paralelo en una disposición "Twin -T".

- Construye el circuito que se muestra al lado. Esta vez no hay resistencia de carga.
- Ajuste la fuente de alimentación de CC a una salida de 6 V.
- Mide y registra las tensiones continuas en el colector, la base y el emisor del transistor.
- Conecte un osciloscopio de doble traza para visualizar la forma de onda de salida.
- Ajuste los controles del osciloscopio para mostrar dos ciclos de la forma de onda.
- Dibújalo en la cuadrícula proporcionada y rotula los ejes de tensión y tiempo.
- Mida y registre la tensión de salida pico-pico.
- Mide y registra el tiempo de un ciclo completo de la onda (es decir, el tiempo periódico).



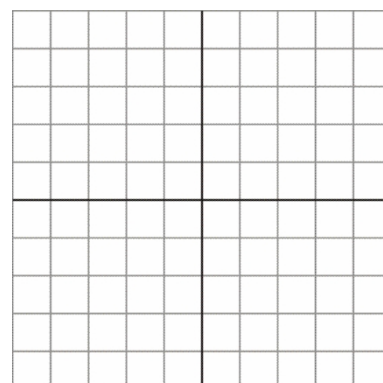
Medición	Valor
Tensión de polarización CC en el colector	
Tensión de polarización CC en la base	
Tensión de polarización CC en el emisor	
Tensión de salida, pk - pk	
Tiempo periódico	
Frecuencia calculada	

- Utiliza esta medida y la fórmula:

$$\text{frecuencia} = 1 / \text{período}$$

para calcular la frecuencia de la señal de salida. Anota el resultado en la tabla.

Señal de salida



# Ficha 9

## Oscilador Twin - T



### ¿Y qué?

El oscilador "Twin-T" utiliza dos redes RC "T".

- La "T" R-C-R actúa como un filtro de paso bajo.
- La "T" C-R-C actúa como un filtro de paso alto.

Se conectan en paralelo y proporcionan realimentación negativa al transistor. Esto reduce la ganancia de tensión para todas las frecuencias pasadas por los filtros. La frecuencia de resonancia se produce donde la realimentación negativa es mínima, es decir, para la frecuencia central bloqueada por ambos filtros.

El transistor produce un desplazamiento de fase de  $180^\circ$ , mientras que la red de realimentación proporciona otros  $180^\circ$ , garantizando así que la señal realimentada desde la salida a la entrada llegue en fase.

Siempre que el amplificador de transistores tenga una ganancia de tensión superior a las pérdidas asociadas a la red de realimentación, la oscilación se acumulará en la frecuencia de resonancia y se producirá una salida de onda sinusoidal continua.

### Para que lo sepas:

- Investiga cómo se puede controlar la frecuencia de salida cambiando los valores de los componentes de las redes RC. Documenta tus conclusiones.

# Ficha 10

## Oscilador de escalera



El oscilador en escalera, también llamado oscilador de desplazamiento de fase, es otro ejemplo de oscilador sinusoidal en el que una red de realimentación proporciona el desplazamiento de fase necesario.

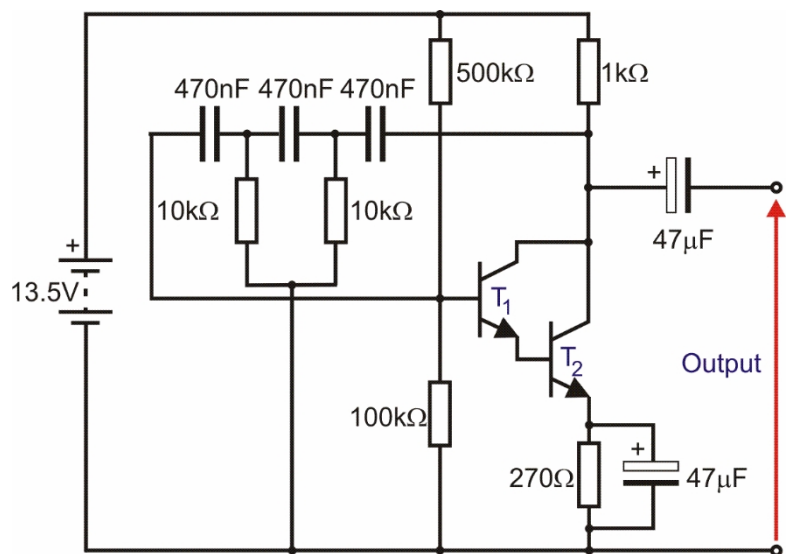


En esta hoja de ejercicios investigarás el funcionamiento de un sencillo tres -Oscilador de escalera de secciones.

### Te toca a ti:

- Construye el circuito que se muestra al lado. De nuevo, no hay resistencia de carga.
- Ajuste la fuente de alimentación de CC a una salida de 13,5 V.
- Mide y registra las tensiones continuas en el colector, la base y el emisor del transistor.
- Conecte un osciloscopio de doble traza para visualizar la forma de onda de salida.
- Ajuste los controles del osciloscopio para visualizar dos ciclos de la forma de onda.
- Dibújalo en la cuadrícula proporcionada y rotula los ejes de tensión y tiempo.
- Mida y registre la tensión de salida pico-pico.
- Mide y registra el periodo de la onda.
- Utiliza esta medida y la fórmula:  

$$\text{frecuencia} = 1 / \text{periodo}$$
 para calcular la frecuencia de la señal de salida. Anota el resultado en la tabla.



Medición	Valor
Tensión de polarización CC en el colector	
Tensión de polarización CC en la base	
Tensión de polarización CC en el emisor	
Tensión de salida, pk - pk	
Tiempo periódico	
Frecuencia calculada	

Señal de salida			

# Ficha 10

## Oscilador de escalera



### ¿Y qué?

Este circuito utiliza dos transistores NPN en una disposición conocida como par Darlington. El objetivo es aumentar la ganancia total de corriente. Un par Darlington se comporta como un único transistor con una alta ganancia de corriente, aproximadamente igual al producto de las ganancias de los dos transistores.

Los transistores actúan como amplificadores inversores, como has visto antes. En otras palabras, introducen un desfase de  $180^{\circ}$  entre la señal en la base y la señal en el colector.

Una sola red RC también produce un desfase, pero éste depende de la frecuencia de la señal. El valor máximo de desfase para una sola combinación RC es de  $90^{\circ}$ .

En este caso, a una frecuencia concreta, la escalera RC de tres secciones produce un desplazamiento de fase de  $180^{\circ}$ . Cada etapa RC proporciona un desplazamiento de fase de  $60^{\circ}$ , lo que da un desplazamiento de fase total de  $180^{\circ}$ .

El desfase total, de la escalera RC más el transistor, es por tanto de  $360^{\circ}$  pero sólo a esa frecuencia concreta. Esto equivale a una realimentación positiva. La realimentación positiva significa que la entrada (base) recibe una señal realimentada que está en fase con la señal aplicada y que, por lo tanto, se suma a ella. Esa señal combinada se amplifica y una fracción de la misma se devuelve a la entrada, para aumentarla aún más, y así sucesivamente. La realimentación positiva hace que el circuito oscile a esa frecuencia.

Como antes, el amplificador transistorizado es necesario para anular las pérdidas causadas por los componentes de la red RC y mantener así las oscilaciones.

Una desventaja de este circuito y otros similares es que no es posible tener una salida de frecuencia variable. Para ello sería necesario modificar los tres condensadores de forma sincronizada.

### Para que lo sepas:

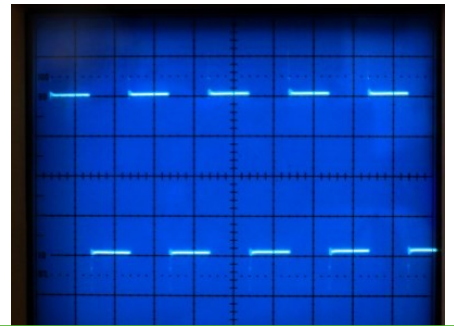
- ¿Qué tipo de forma de onda genera este circuito?
- Investiga cómo se puede controlar la frecuencia de salida cambiando los valores de los botones componentes en las redes RC. Documenta tus conclusiones.

# Ficha 11

## Multivibrador astable

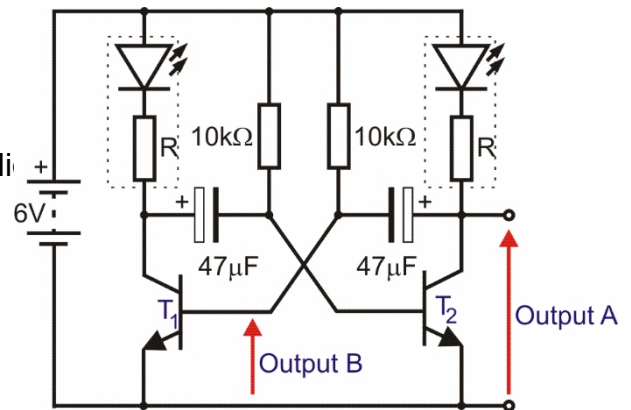
El multivibrador astable nos proporciona una forma cómoda de generar una onda cuadrada.

En esta ficha de trabajo construirás y probarás un circuito multivibrador astable. La frecuencia de oscilación es tan baja que podemos observar el comportamiento en los LEDs utilizados como cargas para el circuito. En la práctica, este circuito puede generar frecuencias mucho más elevadas.

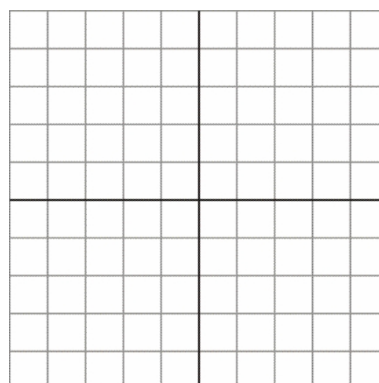
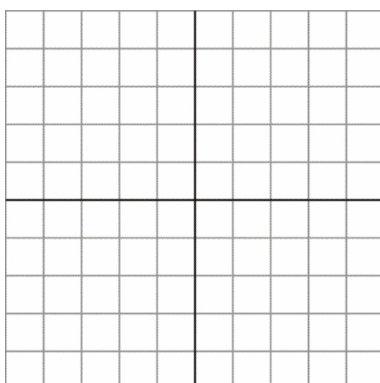


### Te toca a ti:

- Construya el circuito que se muestra al lado. La resistencia de protección R está incluida en el soporte del LED.
- Ajuste la fuente de alimentación de CC a una salida de 6V.
- Observe los dos LED: deben parpadear alternativamente.
- Ahora sustituye los condensadores de  $47\mu\text{F}$  por condensadores de  $470\text{nF}$  y observa el efecto.
- Conecte un osciloscopio de doble traza para visualizar la forma de onda de salida. Conecte el canal A al colector del transistor  $T_2$ , y el canal B a la base de  $T_1$ . La conexión a masa común se toma al carril negativo de alimentación.
- Ajuste los controles del osciloscopio para visualizar dos ciclos de las formas de onda.
- Dibújalos en la cuadrícula proporcionada y rotula los ejes de tensión y tiempo.
- Mida y registre la tensión de salida pico-pico en los canales A y B.
- Mida y registre el periodo de la onda. Utilízalo para calcular la frecuencia de la señal de salida. Anota el resultado en la tabla.



Medición	Valor
Tensión de salida -Ch A	
Tensión de salida -Ch B	
Tiempo periódico	
Frecuencia calculada	



# Ficha 11

## Multivibrador astable



### ¿Y qué?

Este oscilador tiene una función distinta a los estudiados anteriormente. Tenían una única frecuencia de resonancia. Esto significa que producen una salida a una sola frecuencia, es decir, una onda sinusoidal.

En este circuito, los transistores entran alternativamente en saturación (se encienden) y luego se apagan. Como resultado, la salida es una onda cuadrada. En términos de frecuencia, se trata de una serie interminable de frecuencias cada vez más altas, no sólo la frecuencia única vista anteriormente.

El circuito tiene dos estados estables que cambian alternativamente debido a la realimentación positiva proporcionada por los dos condensadores. Estos cambios de voltaje se transfieren "instantáneamente", porque el voltaje a través de un condensador es fijo hasta que ha habido tiempo para que la carga fluya hacia o desde sus placas. La velocidad a la que se produce la conmutación depende de la constante de tiempo de las resistencias de base y de los condensadores de acoplamiento.

En cada estado, un transistor está encendido y el otro apagado. La base de un transistor está a 0,7 V, mientras que la del otro está a baja tensión. El condensador conectado a él se carga hasta que la base alcanza unos 0,7V, momento en el que el transistor se enciende. Su colector cae hasta cerca de 0V, y este cambio se transmite a la base del otro transistor, apagándolo. El proceso se repite. La unión base-emisor con polarización directa del transistor encendido proporciona una vía para la carga/descarga de los condensadores.

Las salidas de onda cuadrada tienen muchas aplicaciones. En circuitos digitales, por ejemplo, proporcionan impulsos de reloj a los contadores. En sistemas más complejos, pueden sincronizar operaciones en todo el sistema.

Este circuito tiene una salida visual, con LEDs como cargas, pero en circuitos prácticos, con conmutación a una frecuencia mucho mayor, utilizaríamos simplemente resistencias.

### Para que lo sepas:

- Examine las dos formas de onda. Identifique los momentos en que  $T_1$  está en 'on' y  $T_2$  está en 'off', y marque en los gráficos.
- Investiga cómo se puede controlar la frecuencia de salida cambiando los valores de los componentes de las redes RC. Documenta tus conclusiones.
- Investiga el efecto sobre la forma de onda y el ciclo de trabajo de utilizar diferentes valores para los dos condensadores, por ejemplo, 470nF y 1 $\mu$ F.



## Sobre estas preguntas

Estas preguntas son las típicas que deberá responder en el examen EASA Parte 66.

Dedica 15 minutos a responder a estas preguntas y luego comprueba tus respuestas con las que figuran en la página 37.

Recuerde que **TODAS** estas preguntas deben intentarse **sin** utilizar calculadora y que la nota mínima para aprobar todos los exámenes tipo test de la Parte 66 es del 75%.

1. Al comprobar un transistor con un óhmetro, ¿qué resistencia se medirá entre la base y el colector?

- (a) alta resistencia unidireccional
- (b) alta resistencia en ambos sentidos
- (c) baja resistencia en ambos sentidos.

2. Un transistor de silicio tiene una tensión base-emisor de 0V. En esta condición el transistor será:

- (a) llevando a cabo fuertemente
- (b) conduciendo ligeramente
- (c) apagado.

3. El dispositivo mostrado es:

- (a) un transistor NPN
- (b) un transistor PNP
- (c) un JFET de canal N.



corriente convencional:

4. En un transistor PNP,

- (a) fluye hacia el colector
- (b) sale del colector
- (c) no hay flujo de corriente en el colector.

5. Para que un transistor conduzca, la unión base-emisor debe ser:

- (a) sesgado hacia delante
- (b) polarización inversa
- (c) de polarización directa o inversa, según corresponda a la señal de entrada.

6. El valor típico de ganancia de corriente de emisor común para un transistor es:

- (a) 10 a 50
- (b) De 50 a 250
- (c) más de 250.

7. En un amplificador de emisor común, la señal de entrada se lleva al:

- (a) base
- (b) colector
- (c) emisor.

8. La conexión marcada con una X en el diagrama es:

- (a) el emisor

- (b) la base
- (c) el recaudador.



9. Cuando un amplificador transistorizado utiliza el modo emisor común:
- (a) la señal de entrada se conecta al emisor y la salida se toma del colector
  - (b) la señal de entrada se conecta a la base y la salida se toma del colector
  - (c) la señal de entrada se conecta al colector y la salida se toma del emisor.
10. Cuando se utiliza un transistor en una etapa amplificadora convencional:
- (a) ambas uniones están polarizadas hacia delante.
  - (b) la unión colector-base está polarizada hacia delante y la unión base-emisor está polarizada hacia atrás
  - (c) la unión colector-base tiene polarización inversa y la unión base-emisor tiene polarización directa
11. La corriente de colector que circula por un transistor es de 150 mA cuando la corriente de base es de 3 mA. ¿Cuál de las siguientes opciones da el valor de la ganancia de corriente del emisor común?
- (a) 15
  - (b) 50
  - (c) 150.
12. Un interruptor transistor está saturado cuando hay:
- (a) sin corriente en la base y sin corriente en el colector
  - (b) sin corriente en la base y corriente máxima en el colector
  - (c) ningún aumento de la corriente de colector para un nuevo aumento de la corriente de base.
13. En una etapa amplificadora con transistor NPN:
- (a) el colector es más positivo que la base
  - (b) el emisor es más positivo que la base
  - (c) la base es más positiva que el colector.
14. Los dos transistores utilizados en un multivibrador astable:
- (a) conducen en semiciclos alternos de la salida de onda cuadrada
  - (b) conducen en semiciclos alternos de la salida de onda sinusoidal
  - (c) conducen en los semiciclos positivo y negativo de la salida de onda cuadrada.
15. En un oscilador sinusoidal que utiliza un solo transistor en modo emisor común:
- (a) no se necesita realimentación, ya que el transistor proporciona un desplazamiento de fase de 360°.
  - (b) el circuito de realimentación determinante de la frecuencia debe proporcionar un desplazamiento de fase de 180°.
  - (c) el transistor funciona como un interruptor saturado y la frecuencia viene determinada por los tiempos de carga/descarga.

**Respuestas en la página 37**

## Sobre este curso

### Introducción

Este cuaderno de ejercicios está pensado para reforzar el aprendizaje que tiene lugar en el aula o en la sala de conferencias. Proporciona una serie de actividades prácticas e investigaciones que complementan la sección 4.1.2 del módulo 4 de la parte 66 de la EASA, Fundamentos de electrónica.

Los equipos Locktronics permiten construir e investigar circuitos eléctricos de forma rápida y sencilla. El resultado final puede ser exactamente igual al diagrama del circuito, gracias a los símbolos impresos en cada soporte de componentes.

### Objetivo

El objetivo de este cuaderno es introducir a los estudiantes en los principios y conceptos básicos de los equipos eléctricos y electrónicos de las aeronaves. También proporciona una introducción útil a las mediciones eléctricas y al uso de amperímetros, voltímetros y osciloscopios.

### Conocimientos previos

Los alumnos deberán haber cursado previamente (o estar cursando simultáneamente) el Módulo 3 (Fundamentales Eléctricos) o tener conocimientos equivalentes en el Nivel 3.

### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar con éxito este curso el alumno habrá aprendido:

- cómo realizar pruebas funcionales sencillas en transistores:
  - utilizando un multímetro;
  - utilizando una fuente de alimentación y mediciones de corriente continua.
- las características básicas de transferencia y salida de un transistor de silicio en modo emisor común;
- cómo determinar la ganancia de corriente de un transistor a partir de la característica de transferencia;
- cómo determinar la resistencia de salida de un transistor a partir de la característica de salida;
- el uso de transistores en etapas simples de amplificación de emisor común;
- explicar el uso de la polarización de CC en un amplificador de emisor común;
- cómo calcular la ganancia de tensión de un amplificador de transistor;
- el uso de resistencia de emisor y condensador de derivación en un amplificador de emisor común estabilizado;
- reconocer y remediar la distorsión en un amplificador de emisor común de transistor;
- comparar el uso de condensadores y transformadores en el acoplamiento de amplificadores de tensión de transistores a sus salidas;
- para obtener el espectro de frecuencias de un amplificador;
- las ventajas de los amplificadores multietapa;
- distinguir entre las funciones de los amplificadores de tensión y los amplificadores de potencia;
- el uso de transistores en etapas de amplificación push-pull;
- para explicar el uso de un seguidor de emisor como amplificador de potencia;
- describir el papel de la realimentación positiva en los circuitos osciladores;
- la utilización de transistores en osciladores sinusoidales de cambio de fase (twin-T y ladder);
- para enumerar los usos de los circuitos estables;
- el uso de transistores en osciladores multivibradores estables.

# Notas del tutor



## Qué necesitarán los alumnos:

Este paquete está diseñado para trabajar con el Kit de Mantenimiento de Aeronaves Locktronics. Las piezas eléctricas / electrónicas necesarias para este libro de trabajo se enumeran en la página siguiente. Tenga en cuenta que el Kit de Mantenimiento de Aeronaves contiene muchas otras piezas que se utilizan en los otros libros de trabajo que en conjunto cubren aspectos del Módulo 3 y 4.

Los estudiantes también necesitarán:

- bien dos multímetros, como el LK1110, capaces de medir corrientes en el intervalo de 0 a 200 mA, y tensiones en el intervalo de 0 a 200 V;
- o amperímetros y voltímetros equivalentes.

Para otros módulos de la serie, necesitarán:

- un generador de funciones, como el LK8990, o equivalente;
- y un osciloscopio capaz de monitorizar las señales que produce, como el osciloscopio virtual LK6730 Pico 4000.

Si le falta algún componente o necesita artículos adicionales, póngase en contacto con Matrix o con su distribuidor local.

## Fuentes de energía:

Los estudiantes tendrán que utilizar una fuente de alimentación de CC de bajo voltaje ajustable. La tensión de salida de la fuente de alimentación de CC suministrada puede ajustarse para proporcionar salidas de 3 V, 4,5 V, 6 V, 7,5 V, 9 V o 13,5 V, con corrientes típicas de hasta 1 A. La tensión se cambia girando el dial selector situado justo encima de la clavija de masa hasta que la flecha señale la tensión deseada.

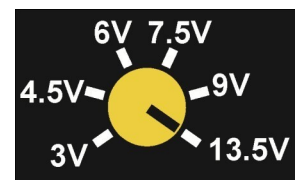
Los tutores pueden decidir realizar cualquier ajuste necesario en el voltaje de la fuente de alimentación, o pueden permitir que los alumnos realicen esos cambios.

Cada ejercicio incluye un voltaje recomendado para ese circuito en particular.

En el ejemplo de al lado, la fuente de alimentación de CC se ha ajustado para proporcionar un salida de 13,5 V CC.



p28a



p28b

# Notas del tutor

La tabla de la derecha muestra las piezas necesarias para los 4 libros de ejercicios de la serie Fundamentos de electrónica.



Can tida d	Código	Descripción
1	HP3728	Fuente de alimentación de CA, 12 V CA, 1,5 A, Reino Unido
1	LK2340	Fuente de tensión alterna portadora
1	LK3982	Voltímetro, 0V a 15V
1	LK4002	Resistencia, 100 ohm, 1W, 5% (DIN)
1	LK4003	Condensador, 1.000 uF, electrolítico 30V
1	LK4123	Transformador, relación de vueltas 2:1
1	LK4663	Motor solar de baja potencia
3	LK5202	Resistencia, 1k, 1/4W, 5% (DIN)
3	LK5203	Resistencia, 10k, 1/4W, 5% (DIN)
1	LK5205	Resistencia, 270 ohm, 1/2W, 5% (DIN)
2	LK5207	Resistencia, 180 ohm, 1/2W, 5% (DIN)
1	LK5208	Potenciómetro, 250 ohm (DIN)
2	LK5214	Potenciómetro, 10k (DIN)
2	LK5218	Resistencia, 100k, 1/4W, 5% (DIN)
2	LK5224	Condensador, 47uF, Electrolítico, 25V
1	LK5240	Transistor RHF, NPN
1	LK5241	Transistor LHF, NPN
1	LK5242	Diodo, germanio
3	LK5243	Diodo, potencia, 1A, 50V
1	LK5247	Diodo zener, 4,7 V
1	LK5248	Tiristor
12	LK5250	Enlace de conexión
1	LK5254	Diodo zener, 8,2 V
1	LK5255	Transistor RHF, PNP
1	LK5256	Transistor LHF, PNP
1	LK5266	Puente rectificador
1	LK5402	Termistor, 4,7k, NTC (DIN)
2	LK5603	Plomo, rojo, 500 mm, apilable de 4 mm a 4 mm
2	LK5604	Plomo, negro, 500 mm, apilable de 4 mm a 4 mm
2	LK5607	Plomo, amarillo, 500 mm, apilable de 4 mm a 4 mm
2	LK5609	Plomo, azul, 500 mm, apilable de 4 mm a 4 mm
1	LK6202	Condensador, 100uF, Electrolítico, 25V
1	LK6205	Condensador, 1 uF, Poliéster
4	LK6206	Condensador, 4,7uF, electrolítico, 25V
2	LK6207	Interruptor, pulsar para hacer, tira metálica
1	LK6209	Interruptor, encendido/apagado, tira metálica
1	LK6214	Condensador, VARIABLE, 0-200pF
3	LK6216	Condensador, 0,47 uF, Poliéster
1	LK6218	Resistencia, 2,2k, 1/4W, 5% (DIN)
1	LK6224	Interruptor, conmutador
1	LK6232	Resistencia, 500k, 1/4W, 5% (DIN)
1	LK6234L	Op Amp Carrier (TL081) con cables de 2mm a 4mm
1	LK6238	Resistencia, 200k, 1/4W, 5% (DIN)
1	LK6239	Condensador, 1nF, Poliéster
2	LK6635	LED, rojo, 5V (SB)
1	LK6706	Motor de 3 a 12 V CC, 0,7 A
1	LK6860	Portador de puerta AND (ANSI)
1	LK6861	Portador de puerta OR (ANSI)
2	LK6862	NO portador de puerta (ANSI)
1	LK7409	Portapilas AA
1	LK7483	Transformador 1:1 con núcleo de ferrita retráctil
2	LK8275	Soporte de alimentación con símbolo de batería
1	LK8492	Soporte de fuente de alimentación de doble rail
2	LK8900	Zócalo métrico de 7 x 5 con pilares de 4 mm
1	LK9381	Amperímetro, 0mA a 100mA

## Usando este curso:

Se espera que las hojas de trabajo se impriman / fotocopien, preferiblemente en color, para uso de los alumnos. Los alumnos deben conservar su propia copia de todo el cuaderno de ejercicios.

Las hojas de trabajo suelen contener:

- una introducción al tema investigado y a su aplicación aeronáutica;
- instrucciones paso a paso para la investigación práctica que sigue;
- una sección titulada "¿Y qué?", cuyo objetivo es poner a prueba a los alumnos cuestionando su comprensión de un tema y también ofrecer un resumen útil de lo que se ha aprendido. Puede utilizarse para desarrollar ideas y como desencadenante de debates en clase.
- una sección titulada "Preguntas", en la que se propone a los alumnos un trabajo complementario. Las respuestas a estas preguntas figuran al final del cuaderno.

Este formato fomenta el autoaprendizaje y permite a los alumnos trabajar al ritmo que mejor se adapte a sus capacidades. Corresponde al tutor comprobar que la comprensión de los alumnos sigue el ritmo de su progreso a través de las hojas de ejercicios y proporcionarles trabajo adicional que suponga un reto para los alumnos más brillantes. Una forma de hacerlo es "dar el visto bueno" a cada ficha a medida que el alumno la completa y, de paso, mantener una breve charla con cada alumno para evaluar su comprensión de las ideas contenidas en los ejercicios.

Por último, se ha incluido una serie de "preguntas de repaso" para concluir el trabajo sobre cada tema. Estas preguntas son de dificultad mixta y son las típicas a las que se enfrentarán los alumnos cuando realicen los exámenes del Módulo 4 de la CAA. Se recomienda a los alumnos que realicen estas preguntas en condiciones de examen y sin utilizar apuntes ni calculadoras.

## La hora:

La mayoría de los alumnos tardarán entre ocho y diez horas en completar todas las fichas. Se prevé que se necesitará un tiempo similar para apoyar el aprendizaje en un entorno de clase, tutoría o autoaprendizaje.

Hoja de trabajo	Notas para el tutor	Cronometraje
1	<p>En la primera ficha, los alumnos realizan algunas comprobaciones sencillas del funcionamiento de un transistor. Puede ser útil una breve introducción a esta actividad y recordar a los alumnos que un transistor está formado por dos uniones P-N y que cada una de ellas puede considerarse que actúa como un diodo, conduciendo la corriente en una sola dirección.</p> <p>Los tutores pueden demostrar el uso de un multímetro con función de comprobación de transistores o de un comprobador de transistores específico. Alternativamente, si no se dispone de estos instrumentos, los tutores pueden mostrar cómo se pueden utilizar las lecturas de resistencia directa e inversa para indicar el estado "correcto/incorrecto" de cada una de las uniones de un transistor.</p> <p>El método que deben adoptar los alumnos en esta hoja de ejercicios consiste en medir la corriente de colector de un transistor con y sin corriente de base aplicada. Si no se aplica corriente de base, la corriente de colector no debe ser medible (la corriente de fuga debe ser despreciable). Con corriente de base aplicada, la corriente de colector debe ser medible. Con los valores utilizados, la corriente de base debería ser de aproximadamente <math>54\mu\text{A}</math>. Con un valor típico de ganancia de corriente de emisor común (por ejemplo, 100), esto debería dar como resultado una corriente de colector de unos 5,4 mA. La resistencia de 100 ohmios en serie con el medidor se incluye para limitar la corriente en caso de cortocircuito del dispositivo.</p> <p>Los tutores pueden considerar útil proporcionar a los alumnos algunos transistores defectuosos (es decir, dispositivos en circuito abierto y/o cortocircuito). Los alumnos deben ser capaces de identificar los dispositivos "buenos" y "malos" aplicando el procedimiento que han utilizado en esta ficha de investigación.</p>	30 - 45 minutos

2	<p>Este ejercicio práctico consiste en realizar una serie de mediciones que permitirán a los alumnos trazar las características de transferencia y salida (colector) de un transistor conectado en modo emisor común.</p> <p>Los alumnos deben registrar los valores medidos en tablas y, a continuación, utilizar los datos para trazar las características de transferencia y salida (colector). Los estudiantes deben tener acceso a las características de muestra de una variedad de transistores NPN comunes (por ejemplo, BC108 o BC548) para que puedan compararlas con sus propios gráficos.</p> <p>Invite a los alumnos a comentar la forma de los dos gráficos. Deberán comprobar que la característica de transferencia es casi perfectamente lineal y que la característica de salida (colector) también es lineal para cada uno de los dos valores fijos de corriente de base (es decir, <math>30\mu\text{A}</math> y <math>60\mu\text{A}</math>).</p> <p>Los alumnos pueden necesitar ayuda para calcular la ganancia de corriente del emisor común y la resistencia de salida. Se pueden dar ejemplos apropiados y pedir a los alumnos que sustituyan los valores utilizados por sus propios valores medidos. También puede ser útil comparar los resultados obtenidos por distintos alumnos.</p>	60 - 90 minutos
---	---	-----------------



Hoja de trabajo	Notas para el tutor	Cronometraje
3	<p>En esta ficha los alumnos investigan el uso de un transistor como interruptor saturado. Empezarán construyendo y probando un sencillo circuito de conmutación de LED. Deberán realizar mediciones de tensión para verificar que el transistor funciona en condiciones de saturación cuando el interruptor está cerrado.</p> <p>A continuación deben conectar el circuito de control de encendido/apagado del motor . Tenga en cuenta que, debido al aumento de la corriente de colector, este circuito requerirá un valor mucho menor de la resistencia de base para que el transistor se sature por completo. En este circuito, los alumnos deben medir y registrar la tensión que aparece a través de la carga (es decir, el motor). Deberán comprobar que es de 0V (con el interruptor abierto) o de 6V (con el interruptor cerrado).</p>	45 - 60 minutos

4	<p>En esta hoja de ejercicios, los alumnos exploran una aplicación práctica de los transistores en forma de una sencilla etapa amplificadora de emisor común. Con el fin de hacer frente a la amplia variación en la ganancia de corriente de emisor común, la corriente de polarización de base se deriva del colector del transistor en lugar de la línea de alimentación positiva. Los tutores deben explicar la necesidad de la polarización y la función de la resistencia de carga del colector. Los ejemplos prácticos que incluyan el cálculo de la tensión y la corriente en la base y el colector del transistor pueden ser muy útiles y deben proporcionar valores típicos con los que los estudiantes puedan comparar sus resultados medidos.</p> <p>Los alumnos necesitarán un osciloscopio de dos canales (o un instrumento virtual equivalente) con el que visualizar las formas de onda de entrada y salida. En caso necesario, antes de que los alumnos comiencen a realizar sus propias mediciones, deben recibir instrucciones sobre el uso de este instrumento de prueba. También es importante recordar a los alumnos que la conexión a tierra común del osciloscopio debe llevarse al carril negativo de alimentación.</p> <p>Las indicaciones de tensión típicas de esta investigación son las siguientes: Tensión del colector = 3,8V Tensión de base = 0,67 V</p> <p>Los alumnos deben realizar los ajustes necesarios para visualizar al menos dos ciclos de las formas de onda de entrada y salida en una escala de tiempo común. A continuación, deben dibujar las formas de onda que han observado, asegurándose de incluir los ejes de tensión y tiempo etiquetados. Alternativamente, cuando se utilice un instrumento virtual, deberán capturar los datos de la pantalla y transferirlos como archivo de imagen a una copia impresa.</p> <p>Los alumnos deben medir la tensión pico a pico en la entrada y la salida y utilizarla para calcular la ganancia de tensión del amplificador. Normalmente, deberían obtener una salida de 4 V pico a pico para una entrada de 50 mV pico a pico a 1 kHz. Esto implica una ganancia de tensión de alrededor de 80.</p> <p>Por último, los alumnos deben investigar el efecto de sobrecargar la entrada del amplificador en la forma de onda de salida. Para ello, deberán aumentar la tensión de entrada de unos 50 mV pk-pk a unos 100 mV pk-pk. Deberán comprobar que la tensión de salida máxima obtenible (antes de que se observe distorsión) es de unos 5V pk-pk.</p>	45 - 60 minutos
---	---	-----------------

5	<p>Esta hoja de trabajo es similar a la Hoja de Trabajo 4, pero ahora los estudiantes construyen y prueban un amplificador de emisor común que está acoplado al transformador en lugar de acoplado a RC. Una vez más, los tutores deben explicar la necesidad de polarización y la función del transformador como carga de colector.</p> <p>Un ejemplo práctico que incluya el cálculo del valor de la carga del colector de CA a partir de la relación de vueltas del transformador (es decir, 2:1) y la carga de salida (es decir, la resistencia fija de 10 k<math>\Omega</math> conectada a través de la salida) podría ser extremadamente útil.</p> <p>Los alumnos necesitarán un osciloscopio de dos canales (o un instrumento virtual equivalente) con el que visualizar las formas de onda de entrada y salida. En caso necesario, antes de que los alumnos comiencen a realizar sus propias mediciones, deben recibir instrucciones sobre el uso de este instrumento de prueba. También es importante recordar a los alumnos que la conexión a tierra común del osciloscopio debe llevarse al carril negativo de alimentación.</p> <p>Las indicaciones de tensión típicas de esta investigación son las siguientes: Tensión del colector = 6,2V Tensión de base = 0,69V</p> <p>Los alumnos deben realizar los ajustes necesarios para visualizar al menos dos ciclos de las formas de onda de entrada y salida en una escala de tiempo común. A continuación, deben dibujar las formas de onda que han observado, asegurándose de incluir los ejes de tensión y tiempo etiquetados. Alternativamente, cuando se utilice un instrumento virtual, deberán capturar los datos de la pantalla y transferirlos como archivo de imagen a una copia impresa.</p> <p>Los alumnos deben medir la tensión pico a pico en la entrada y la salida y utilizarla para calcular la ganancia de tensión del amplificador. Normalmente deberían obtener una salida de 5V pk-pk para una entrada de 20mV pk-pk a 1kHz. Esto infiere una ganancia de tensión de alrededor de 250. (Tenga en cuenta que, en comparación con la hoja de trabajo 4, este aumento en la ganancia es el resultado del gran aumento del valor de la resistencia de carga del colector de CA).</p> <p>Una vez más, los alumnos deben investigar el efecto de sobrecargar la entrada del amplificador en la forma de onda de salida. Para ello, deberán aumentar la tensión de entrada de unos 20 mV pk-pk a unos 50 mV pk-pk.</p>	45 - 60 minutos
---	--	-----------------

Hoja de trabajo	Notas para el tutor	Cronometraje
6	<p>Esta hoja de ejercicios es similar a las hojas de ejercicios 4 y 5, pero ahora los estudiantes construyen y prueban una etapa amplificadora de emisor común totalmente estabilizada.</p> <p>Una vez más, los tutores deben proporcionar una explicación del circuito, incluida la función del divisor de potencial de la base y la resistencia del emisor.</p> <p>Un ejemplo práctico será de gran utilidad y debería incluir el cálculo de las tensiones y corrientes de polarización, mostrando el efecto tanto de un aumento como de una disminución de la corriente de colector.</p> <p>Una vez más, los alumnos necesitarán un osciloscopio de dos canales (o un instrumento virtual equivalente) con el que visualizar las formas de onda de entrada y salida. En caso necesario, antes de que los alumnos comiencen a realizar sus propias mediciones, deben recibir instrucciones sobre el uso de este instrumento de prueba. También es importante recordar a los alumnos que la conexión a tierra común del osciloscopio debe llevarse al carril negativo de alimentación.</p> <p>Las indicaciones de tensión típicas de esta investigación son las siguientes: Tensión del colector = 3,55V Tensión base = 1,43V Tensión emisor = 0,76V</p> <p>Como antes, los alumnos deben realizar los ajustes necesarios para visualizar al menos dos ciclos de las formas de onda de entrada y salida en una escala de tiempo común. A continuación, deben dibujar las formas de onda que han observado, asegurándose de incluir los ejes de tensión y tiempo etiquetados. Alternativamente, cuando se utilice un instrumento virtual, deberán capturar los datos de la pantalla y transferirlos como archivo de imagen a una copia impresa.</p> <p>Los alumnos deben medir la tensión pico a pico en la entrada y la salida y utilizarla para calcular la ganancia de tensión del amplificador. Normalmente deberían obtener una salida de 3V pk-pk para una entrada de 50mV pk-pk a 1kHz. Esto infiere una ganancia de tensión de alrededor de 60. Los alumnos deben comparar este valor con los obtenidos en la Ficha 4 y en la Ficha 5.</p>	45 - 60 minutos

7	<p>En esta ficha los alumnos investigan el funcionamiento de un amplificador de dos etapas de alta ganancia. Los tutores deben proporcionar una explicación del circuito, incluida la función del bucle de realimentación que proporciona polarización de base para la primera etapa derivada de la corriente de emisor en la segunda etapa.</p> <p>Una vez más, un ejemplo práctico puede ser de gran utilidad y debería proporcionar valores típicos que los alumnos puedan comparar con sus valores medidos.</p> <p>Las indicaciones de tensión típicas de esta investigación son las siguientes: <math>T_1</math> :</p> <p>Tensión colector = 3,54V Tensión base = 1,62V Tensión emisor = 0,98V</p> <p><math>T_2</math> :</p> <p>Tensión colector = 10,75V Tensión base = 3,54V Tensión emisor = 2,89V</p>	45 - 60 minutos
---	--	-----------------

Hoja de trabajo	Notas para el tutor	Cronometraje
8	<p>Esta hoja de trabajo es similar a la Hoja de Trabajo 7 pero los estudiantes investigarán el funcionamiento de un amplificador push-pull basado en un par de transistores complementarios.</p> <p>Los tutores deben proporcionar una explicación del circuito que incluya el funcionamiento de la etapa de salida complementaria (<math>T_2</math> y <math>T_3</math>) y la etapa excitadora (<math>T_1</math>).</p> <p>Una vez más, un ejemplo práctico de cálculo de la corriente y la tensión de polarización puede resultar muy útil, ya que proporcionará valores típicos que los alumnos podrán comparar con sus resultados medidos.</p> <p>Una vez más, los alumnos necesitarán un osciloscopio de dos canales (o un instrumento virtual equivalente) con el que visualizar las formas de onda de entrada y salida. En caso necesario, antes de que los alumnos inicien sus propias mediciones, se les enseñará a utilizar este instrumento de prueba. También es importante recordar a los alumnos que la conexión a tierra común del osciloscopio debe llevarse al carril negativo de alimentación.</p> <p>Las indicaciones de tensión típicas de esta investigación son las siguientes: <math>T_1</math> :</p> <p>Tensión colector = 5,08V Tensión base = 0,63V Tensión emisor = 0V</p> <p><math>T_2</math> :</p> <p>Tensión colector = 9,18V Tensión base = 5,46V Tensión emisor = 4,92V</p> <p><math>T_3</math> :</p> <p>Tensión colector = 0V Tensión base = 5,08V Tensión emisor = 4,92V</p> <p>Como antes, los alumnos deben realizar los ajustes necesarios para visualizar al menos dos ciclos de las formas de onda de entrada y salida utilizando una escala de tiempo común. A continuación, deben dibujar las formas de onda que han observado, asegurándose de incluir los ejes de tensión y tiempo etiquetados. Alternativamente, si se utiliza un instrumento virtual, debería ser posible capturar los datos de la pantalla y transferirlos como un archivo de imagen a una copia impresa.</p> <p>Una vez más, los alumnos deben medir la tensión pico a pico en la entrada y la salida y utilizarla para calcular la ganancia de tensión del amplificador. A los alumnos más capaces se les puede pedir que determinen la potencia de salida máxima sin distorsión que se puede suministrar a la carga y compararla con el cálculo teórico.</p>	45 - 60 minutos

Hoja de trabajo	Notas para el tutor	Cronometraje
9	<p>Esta tarea práctica consiste en investigar la forma de onda de salida producida por un oscilador Twin-T. Los tutores deben explicar el funcionamiento del circuito, incluido el desfase producido por la red de realimentación. Los alumnos también deben recordar las condiciones necesarias para la oscilación, en términos de desplazamiento de fase global, pérdida de la red de realimentación y ganancia de tensión proporcionada por el amplificador de transistor.</p> <p>Como antes, los alumnos deben realizar los ajustes necesarios para visualizar al menos dos ciclos de la forma de onda sinusoidal de salida. A continuación, deben dibujar la forma de onda que han observado, asegurándose de incluir los ejes de tensión y tiempo etiquetados. Alternativamente, si se utiliza un instrumento virtual, debería ser posible capturar los datos de la pantalla y transferirlos como un archivo de imagen a una copia impresa. Por último, los alumnos deben medir el tiempo periódico de la forma de onda de la pantalla y utilizarlo para calcular la frecuencia de la forma de onda de salida.</p>	45 - 60 minutos
10	<p>Esta tarea práctica consiste en investigar la forma de onda de salida producida por un oscilador de red en escalera. Los tutores deben explicar el funcionamiento del circuito, incluido el desfase producido por la red de realimentación. Los alumnos también deben recordar las condiciones necesarias para el funcionamiento, en términos de desfase global, pérdida de la red de realimentación y ganancia de tensión proporcionada por el amplificador de transistor.</p> <p>Como antes, los alumnos deben realizar los ajustes necesarios para visualizar al menos dos ciclos de la forma de onda sinusoidal de salida. A continuación, deben dibujar la forma de onda que han observado, asegurándose de incluir los ejes de tensión y tiempo etiquetados. Alternativamente, si se utiliza un instrumento virtual, debería ser posible capturar los datos de la pantalla y transferirlos como un archivo de imagen a una copia impresa. Por último, los alumnos deben medir el tiempo periódico de la forma de onda de la pantalla y utilizarlo para calcular la frecuencia de la forma de onda de salida.</p>	45 - 60 minutos

11	<p>Esta tarea práctica consiste en investigar las formas de onda de salida producidas por un multivibrador astable. Los tutores deben explicar el funcionamiento del circuito, incluida la acción de los componentes RC de temporización. Los tutores deben presentar a los alumnos las formas de onda que deben encontrar en el circuito, incluida la relación entre la forma de onda de la tensión de base y la correspondiente forma de onda de la tensión de colector. Los tutores también deben recordar a los estudiantes que los transistores en este circuito funcionan como interruptores saturados y esto debe ser contrastado con el modo lineal (Clase A) utilizado en las Hojas de Trabajo 9 y 10.</p> <p>Una vez más, los alumnos deben realizar los ajustes necesarios para visualizar al menos dos ciclos de las formas de onda del colector y de la base. A continuación, deben dibujar las formas de onda que han observado en una escala de tiempo común, asegurándose de incluir los ejes de tensión y tiempo etiquetados. Alternativamente, si se utiliza un instrumento virtual, debería ser posible capturar los datos de la pantalla y transferirlos como un archivo de imagen a una copia impresa. Por último, los alumnos deben medir el tiempo periódico de la forma de onda de la pantalla y utilizarlo para calcular la frecuencia de la forma de onda de salida.</p>	45 - 60 minutos
----	--	-----------------



## Cuestionario de revisión

1. (a)
2. (b)
3. (a)
4. (b)
5. (a)
6. (b)
7. (a)
8. (c)
9. (b)
10. (c)
11. (b)
12. (c)
13. (a)
14. (a)
15. (b)

31 07 23 Reformateado al nuevo estilo