

# Transistores Bipolares

- Guía 4 -

Laboratorio de Electrónica – Departamento de Física – FCEyN – UBA

Cátedra: Schmiegelow

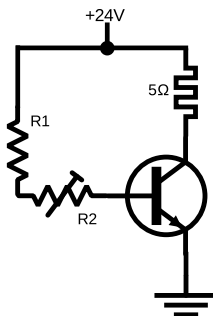
## Transistores como llaves y reguladores

1. **Regulación Lineal** Se tiene un controlador de temperatura que funciona con un calefactor resistivo de  $5\ \Omega$  y una fuente de tensión de  $24\text{ V}$  ( $6\text{ A}$  máximo). El controlador puede variar la potencia del calefactor entre  $15\text{ W}$  y  $100\text{ W}$ . Según el fabricante, el controlador funciona con un circuito como el de la siguiente figura. El transistor del controlador se rompió y ya no se consigue su reemplazo. Debemos encontrar nuevos elementos que funcionen en los mismo límites. Después de buscar un poco, y hablar con colegas, llegamos a la conclusión de que un transistor tipo Darlington puede ser un buen reemplazo, un TIP122.

- Usando la hoja de datos del posible reemplazo, verifiquen que la corriente máxima  $i_{ce}$  y la potencia máxima que puede disipar sean mayores que las máximas esperadas.
- Determinen los valores de la resistencia limitadora  $R_1$  y la resistencia variable  $R_2$  de modo que al controlar  $R_2$  el calefactor esté entre las potencias pedidas. Justifiquen por qué seguramente será necesario cambiar las originales al haber cambiado el transistor.
- Si se opera el calefactor a  $15\text{ W}$ : ¿cuál es la potencia disipada por el transistor?

**Nota** En este circuito, la potencia disipada en el calefactor depende del factor de ganancia del transistor  $\beta$ . Esa no es generalmente una buena idea. Más adelante veremos cómo utilizando realimentación, podemos resolver este problema.

**Nota** En este circuito, buena parte de la potencia se disipa en el transistor, esto no es lo más eficiente. Hay otro tipo de amplificadores, los Clase D, que son más eficientes y disipan poca potencia fuera de la carga pero son, por lo general, más complejos y ruidosos.

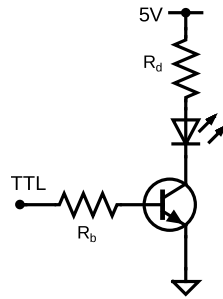


2. **Corte y Saturación** Se tiene un transmisor de datos de alta velocidad ( $\approx 100\text{ MHz}$ ) que funciona pulsando un LED cuya emisión está acoplada a una fibra óptica. El circuito del controlador del LED se indica en la siguiente figura y utiliza un transistor tipo BC548 y tiene una fuente de alimentación de  $5\text{ V}$ . El encendido del led se controla con una señal tipo TTL ( $0\text{ V} \equiv$  apagado) y  $5\text{ V} \equiv$  encendido) que empuja al transistor a los regímenes de corte y saturación.

Queremos actualizar el sistema a un nuevo tipo de LED que tiene distinta tensión de polarización y distinta corriente máxima de funcionamiento. El nuevo LED tiene un umbral de conducción en  $2,8\text{ V}$  y deseamos pulsarlo con una corriente de  $50\text{ mA}$ .

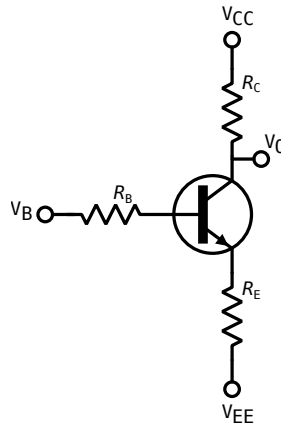
- Determinar los valores de la resistencias limitadora  $R_d$  para asegurarse de que en el límite de saturación la corriente sobre el LED sea la deseada.

- b) ¿Cuánto debe valer la resistencia  $R_b$  para que el transistor sature con una tensión de control alta (5 V)?

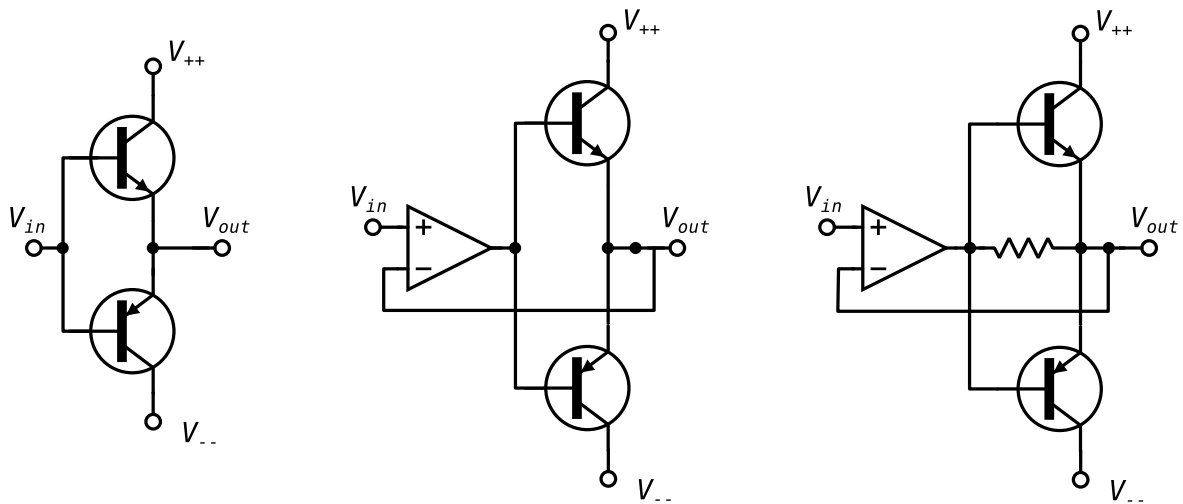


3. **Amplificador Clase A** EXTRA: Consideren la siguiente configuración de amplificador lineal de Clase A.

- ¿Qué condiciones deben de cumplir  $V_{CC}$  y  $V_{EE}$  respecto a  $V_B$  para que el circuito se encuentre en un régimen de operación lineal?
- ¿Cuánto vale  $V_O$  como función  $V_B$ ?
- Determinar la ganancia de pequeña señal  $g$  del circuito (AYUDA: considerar  $g = \frac{\Delta V_O}{\Delta V_B}$ )
- ¿Cuál es la impedancia de entrada y salida de este circuito?



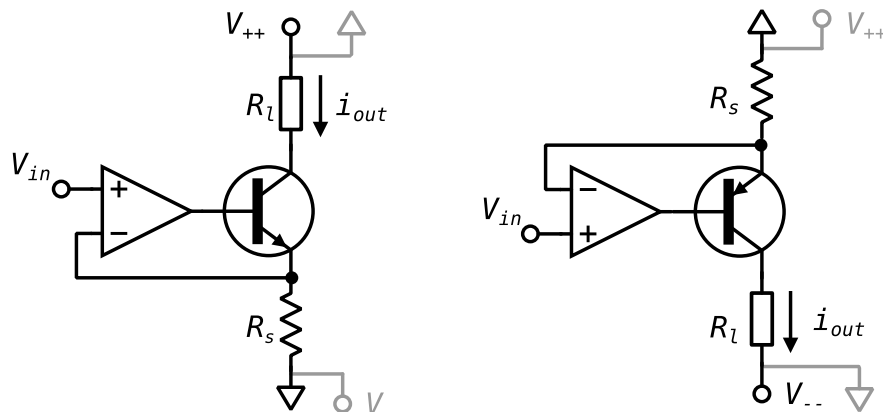
4. **Amplificador Clase B** Consideren las siguientes distintas configuraciones de amplificadores Clase B. Analicen cómo es la salida en cada caso para una señal de entrada sinusoidal. ¿Qué rol cumple la resistencia en la salida del OpAmp en el último caso?



5. **CASO: NPN vs PNP y fuentes de corriente estabilizadas.** Consideremos los siguientes dos circuitos que funcionan como fuente de corriente sobre una carga  $R_L$ . Ignoren las partes indicadas en gris para empezar.

- ¿Cuánto vale la corriente sobre la carga en cada caso? ¿Depende el resultado del factor de ganancia del transistor, podremos despreciar este efecto?
- Discutan por qué utilizarían uno u otro circuito, y qué pasará en cada caso si reemplazaran las tensiones de alimentación indicadas en negro por la indicadas en gris.

Extra Este tipo de circuitos es típicamente utilizado para alimentar diodos y diodos láser. Dependiendo del tipo de encapsulados en el que fueron fabricados que pueden requerir tener el cátodo o el ánodo conectado a tierra. ¿Cuál de estas fuentes usarían y cómo conectarían sus alimentaciones si tuvieran que usarlas para un diodo láser que requiere tener el cátodo a tierra?



## Fuentes

6. **Regulador paralelo con diodo Zener.** Un circuito regulador paralelo con diodo Zener tiene en su entrada una tensión no regulada  $V_{NR} = 19 \pm 0,5V$ . Si la corriente por la carga ( $I_L$ ) puede variar entre 0 y 15 mA:
- Calcule las tensiones de salida máxima ( $V_O^{\max}$ ) y mínima ( $V_O^{\min}$ ) y calcular la regulación de carga  $\Delta V_O = V_O^{\max} - V_O^{\min}$ .

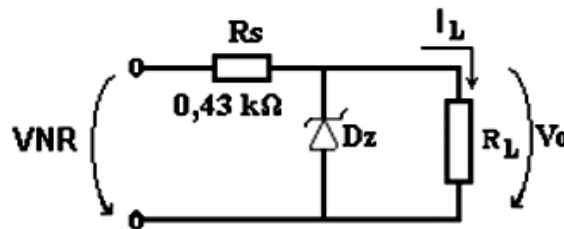
- b) Calcule la potencia máxima disipada por el zener ( $P_{Zmax}$ ).
- c) Determine el valor mínimo de la resistencia de carga ( $R_{Lmin}$ ).
- d) Determine si el zener se mantiene siempre en regulación.

**Datos:**  $V_{ZO} = 10V$ ;  $R_Z = 15\Omega$ ;  $I_{ZK} = 1mA$ ;  $I_{ZM} = 50mA$ ;  $P_{ZM} = 500mW$ .

**Nota:**  $V_{NR}$  es la tensión que aparece en el filtro capacitivo, y se expresa como  $V_{DC} \pm (V_{RC}/2)$ .  $V_{NR}$  varía por la carga y descarga del capacitor, pero las componentes de directa son el promedio de las variaciones. Por tanto, para calcular las componentes de DC de cualquier magnitud, solamente se utiliza  $V_{DC}$ , cumpliéndose que  $I_{DC} = I_L + I_Z$ .

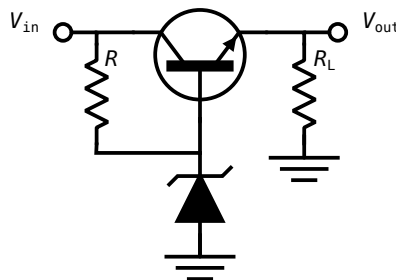
$I_{ZK}$  e  $I_{ZM}$  son los valores requeridos por el fabricante para mantener al zener en la zona de la regulación.

$P_{ZM}$  es la potencia máxima que puede disipar el Zener, y se estima como  $P_{ZM} = I_{ZM} * V_{ZO}$ .



7. **Regulador serie con diodo Zener.** En el regulador de tensión serie de la figura:

- a) Explique su principio de operación y compárelo con el regulador paralelo.
- b) Determine qué valor de  $R$  es adecuado para polarizar el Zener de forma correcta considerando que  $V_{in} = 10 V$ .
- c) Calcule la potencia disipada en el diodo Zener y compare con el regulador paralelo. ¿Cuál es la ventaja en este caso?



**Datos:**

■ **Transistor:**

$$\beta_F = h_{FE} = 100, \quad V_{BE} = 0,7V, \quad V_{BEsat} = 0,8V, \quad V_{CEsat} = 0,2V, \quad I_{CO} = 0$$

■ **Diodo Zener:**

$$V_{ZO} = 5,7V, \quad I_{ZK} = 2mA, \quad R_Z = 15\Omega$$

- 8. **Regulador serie con circuito integrado 7812.** El circuito de la figura corresponde a un regulador de tensión serie basado en el circuito integrado **LM7812**, utilizado para obtener una tensión continua estabilizada de 12V a partir de una fuente no regulada  $V_{CC}$ .

- Los capacitores  $C_I$  y  $C_O$  (típicamente  $0,33\ \mu\text{F}$  y  $0,1\ \mu\text{F}$ ) mejoran la estabilidad del regulador y suprimen oscilaciones.
- La potencia disipada en el encapsulado depende fuertemente de la corriente de carga y de la tensión de entrada.
- Si  $T_j$  supera los  $T_{jmax}$ , se requiere un disipador térmico.

a) Según el fabricante la regulación de carga  $\Delta V_O$  es mínimo 12 y máximo 120 mV. ¿Cómo se compara con el regulador paralelo?

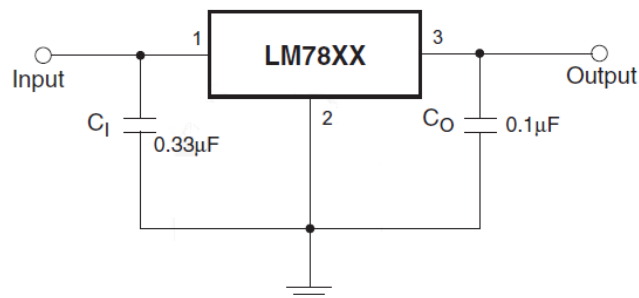
b) Si la tensión de entrada es  $V_{CC} = 18\text{ V}$  y la carga es  $R_L = 250\ \Omega$ , determine la corriente que circula a través de la carga:

$$I_L = \frac{V_{OUT}}{R_L}$$

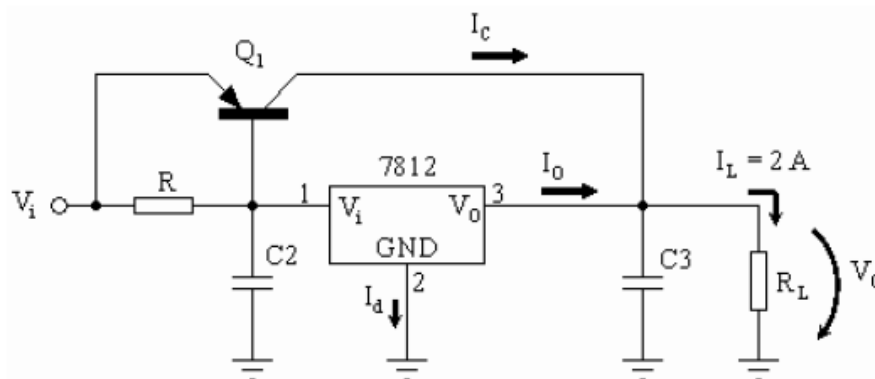
despreciando la corriente de ajuste, la potencia disipada por el regulador es aproximadamente:

$$P_D = (V_{CC} - V_{OUT}) I_L$$

c) El fabricante nos indica que el modelo de transferencia de calor para este dispositivo es  $T_j = T_{amb} + \theta_{JA} P_D$ , donde  $\theta_{JA} = 65^\circ\text{C/W}$ , verifique que el dispositivo puede operar sin disipador considerando las siguientes temperaturas de trabajo:  $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ ,  $T_j^{\max} = 125^\circ\text{C}$ .



9. **CASO: Regulador serie 7812 con transistor de salida.** Si al circuito del ejercicio anterior se le coloca un transistor externo de potencia, se puede incrementar la corriente de carga que puede suministrar la fuente. Para el caso del circuito mostrado a continuación se requiere una corriente a la carga de 2 A.



a) Explique el **principio de operación** del conjunto 7812 + transistor de salida. Compare su comportamiento con el 7812 trabajando solo (sin transistor externo).

b) Determine:

(i) El valor de  $R$  necesario para que el circuito opere en las condiciones requeridas.

(ii) ¿Qué modelo de transistor emplearía? Justifique.

(iii) Determine la **tensión mínima de entrada**  $V_{CC(\min)}$  necesaria para mantener la salida regulada a 12V cuando la corriente de salida sea máxima. Considere las caídas necesarias:

$$V_{CC(\min)} \geq V_{B(\min)} + V_{CE(\text{sat o margen})}$$

donde

$$V_{B(\min)} \approx V_{OUT} + V_{BE}$$

es la tensión mínima que debe proporcionar el 7812 a su salida para que la base del transistor quede en el nivel adecuado.