

Transistores y Fuentes

- Guía 3 -

Laboratorio de Electrónica – Departamento de Física – FCEyN – UBA

Cátedra: Larotonda y Schmiegelow

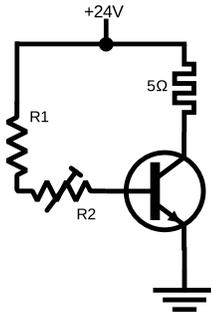
Transistores como llaves y reguladores

1. **Regulación Lineal** Se tiene un controlador de temperatura que funciona con un calefactor resistivo de $5\ \Omega$ y una fuente de tensión de 24V (6A máximo). El controlador puede variar la potencia del calefactor entre 15W y 100W . 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 mismos 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 15W : ¿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 β . 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.

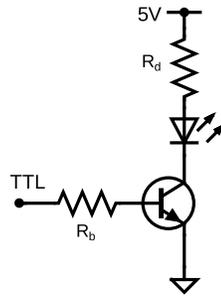


2. **Corte y Saturación** Se tiene un transmisor de datos de alta velocidad ($\approx 100\text{MHz}$) que funciona pulsando un LED cuya emisión está acoplada a una fibra óptica. El circuito del controlador del LED se indica en la siguiente figura y utiliza un transistor tipo BC548 y tiene una fuente de alimentación de 5V . 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 50mA .

- 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.

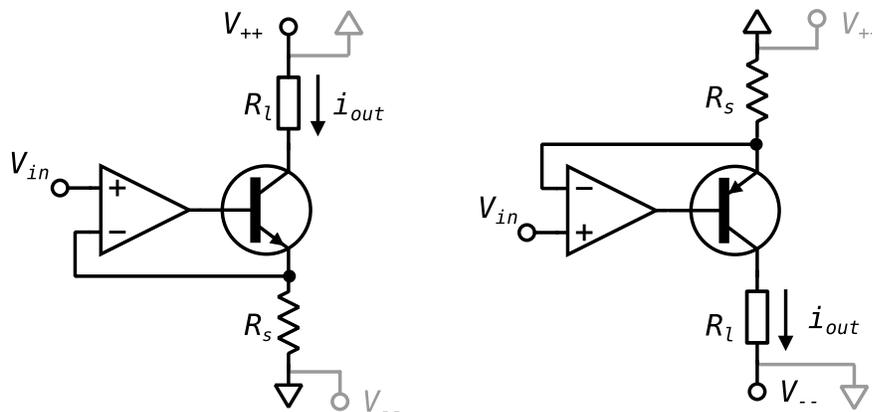
- b) ¿Cuánto debe valer la resistencia R_b para que el transistor sature con una tensión de control alta (5 V)?



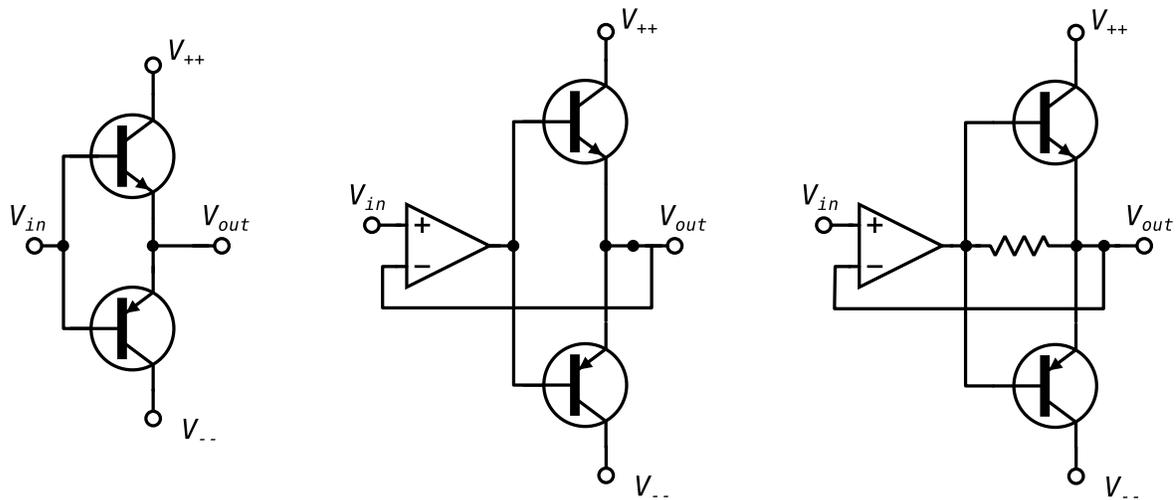
3. **NPN vs PNP y fuentes de corriente estabilizadas.** Consideremos los siguientes dos circuitos que funcionan como fuente de corriente sobre una carga R_L . Ignoren las partes indicadas en gris para empezar.

- a) ¿Cuánto vale la corriente sobre la carga en cada caso? ¿Depende el resultado del factor de ganancia del transistor, podremos despreciar este efecto?
- b) 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?



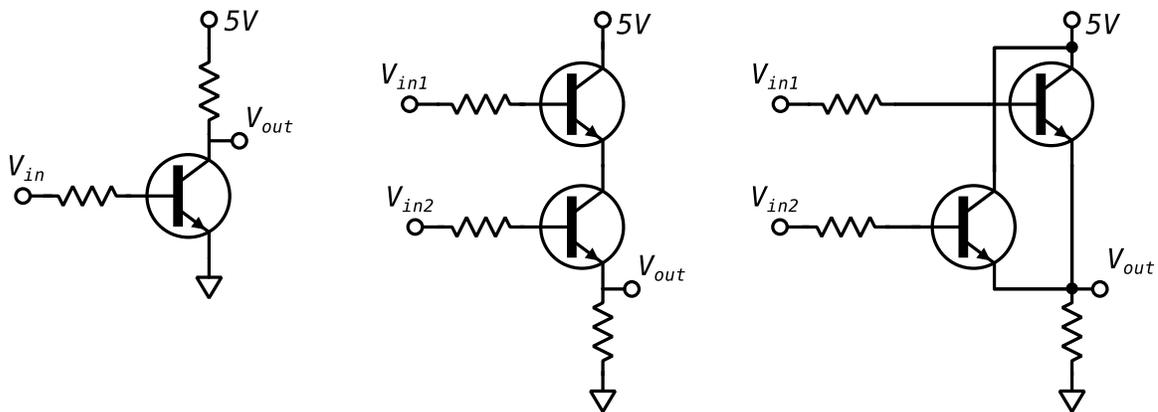
4. **Amplificador Clase B** Consideren las siguientes distintas configuraciones de amplificadores Clase B. Analicen cómo es la salida en cada caso para una señal de entrada sinusoidal. ¿Qué rol cumple la resistencia en la salida del OpAmp en el último caso?



5. **Lógica digital con transistores** Analizaremos una familia de circuitos lógicos llamada Resistor-Transistor Logic RTL. Una predecesora, un poco dejada de lado, de la popular TTL (transistor-transistor logic) que tuvo sus momentos de gloria en las primeras computadoras y en sistemas de control de misiones espaciales como las Apollo. Supongamos que deseamos codificar los símbolos binario $\{0,1\}$ utilizando dos niveles de tensión: *bajo* (idealmente 0 V, aceptable hasta 0,8 V) y *alto* (idealmente 5 V, aceptable hasta 2 V). En la siguiente figura se muestran tres circuitos de una familia lógica más simple que realizan la operaciones lógicas elementales: negación (*NOT*), producto (*AND*) y suma (*OR*).

- Construyan una tabla con la tensión de salida esperada para cada combinación de las entradas e identifiquen cada una como nivel bajo o alto (tabla de verdad).
- Asignen valores a las resistencias para garantizar: (i) que los niveles de salida se encuentren en el rango adecuado en cada caso, (ii) que la impedancia de salida no supere los 500Ω y (iii) que la corriente de entrada sea $< 1,5 \text{ mA}$.

Extra Investiguen cómo son los circuitos equivalentes de las familias lógicas TTL y CMOS.

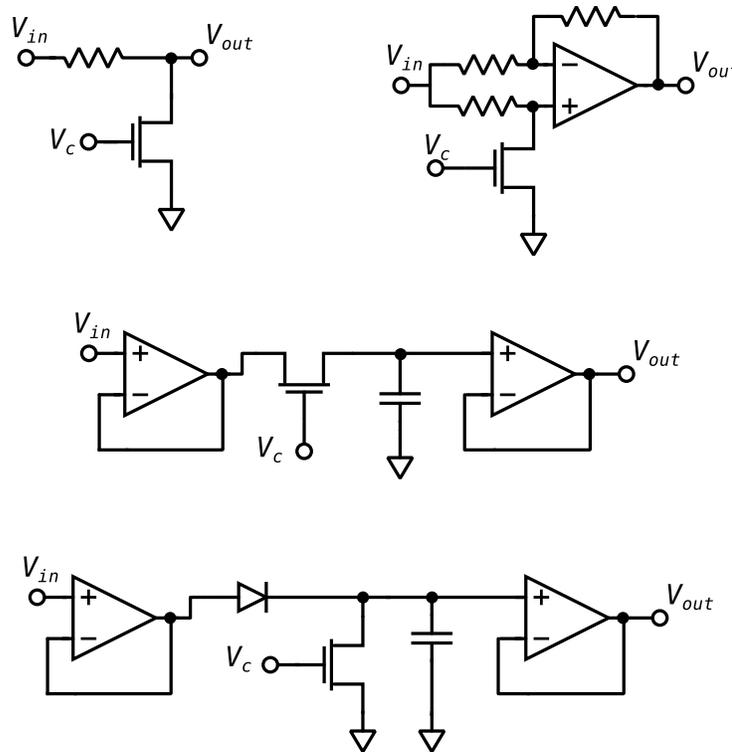


6. **Interruptores analógicos.** Considere los siguientes circuitos. En ellos una señal digital controla lo que pasa con una o más señales analógicas.

- Para cada caso, identifiquen cómo se copia o transforma la entrada en la salida en función de la tensión de control. AYUDA. Estos circuitos se llaman: analog switch, analog inverter, sample and hold y peak detector. El primero es la base con la cual se arman

multiplexores, el segundo es un componente fundamental de un detector de fase (como hay en los amplificadores Lock-in analógicos) y los últimos dos son muy comunes en etapas de entrada de conversores analógico-digitales (como hay en los osciloscopios).

b) Discutan por qué estos circuitos no podrían realizarse con transistores bipolares.

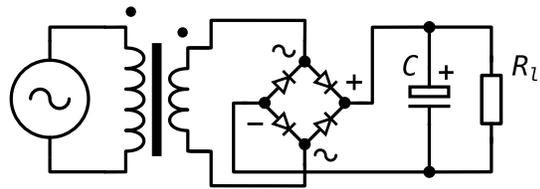
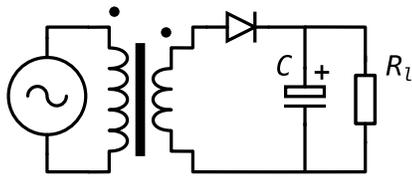


7. **Lógica CMOS y consumo de energía.** Analice y compare cualitativamente el consumo energético de las implementaciones RTL y CMOS de una compuerta NOT. La baja disipación de calor de la tecnología CMOS es lo que permite integrar un mayor número de transistores en un espacio mas reducido, y es una de las razones por las cuales esta tecnología desplazó a otras alternativas en la fabricación de computadoras.

Fuentes

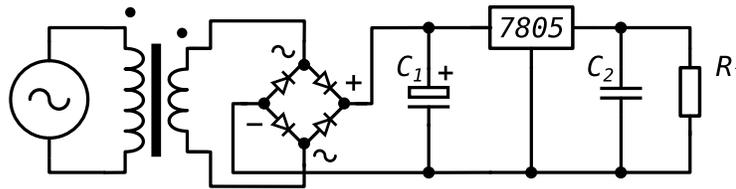
8. **Rectificación.** Consideren los siguientes dos circuitos de rectificación.

- ¿Cuánto vale el ripple en cada caso?
- ¿Cómo nomeclarían las tensiones de salida?
- EXTRA: ¿Cómo utilizarían este tipo de circuitos para hacer una fuente con dos tensiones, una positiva y una negativa?
- EXTRA: Hay una mejor solución para este problema de una fuente positiva y negativa utilizando un transformador con punto medio. ¿Cómo es el circuito en este caso?



9. **Fuente Lineal-DC Regulada.** Consideren el siguiente circuito de una fuente regulada con un LM7805. Elijan los parámetros del circuito para conseguir que regule a 5V con hasta una corriente máxima de 1 A. Consideren que la tensión de línea es de 50 Hz

- Elijan un valor para el capacitor tal que el ripple a la entrada del regulador sea menor que el 10% en el caso más exigente, cuándo circula 1 A. ¿Cuánto se reduce el ripple después del regulador?
- ¿Cómo elegirían el transformador si queremos hacer una fuente regulada de 5 V para que la disipación en el regulador sea lo menor posible pero que siempre regule?
- EXTRA: ¿Cómo modificarían el circuito para hacer una fuente de -5 V? Ayuda: los LM79xx son los hermanos negativos de los LM78xx.



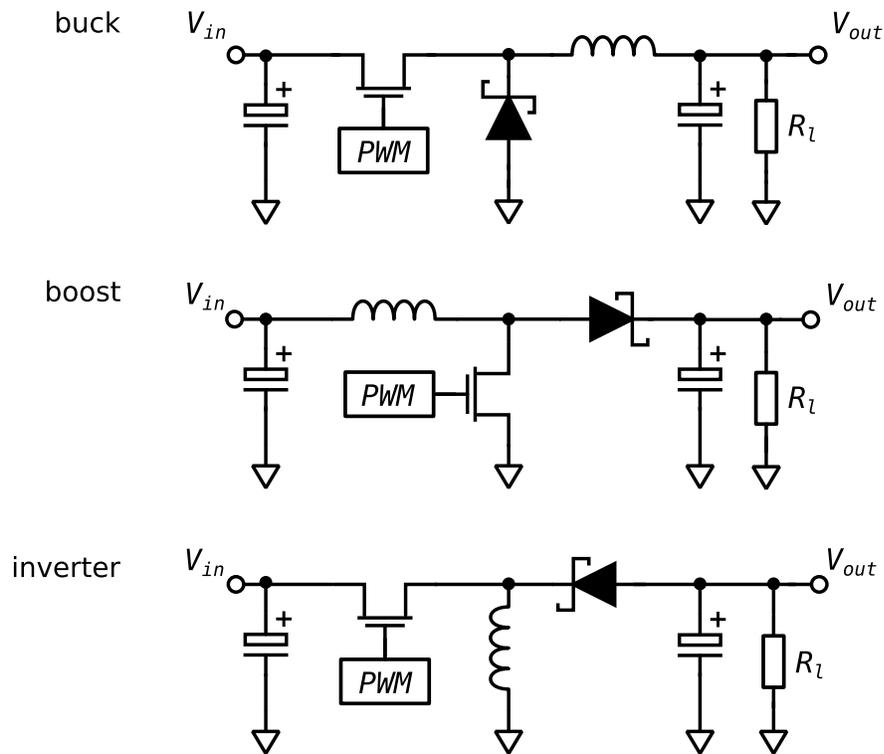
10. **Regulador DC-DC** (ej.: cargador USB para auto) La tensión de del enchufe del encendedor de un auto es de 12 V nominales. Para cargar un dispositivo por USB, se requiere una tensión constante de 5 V y una corriente de hasta 1 A. Una solución sencilla a esta conversión de tensiones se logra con un regulador LM7805.

- ¿Cómo es el circuito que debemos armar con el regulador? ¿Qué otros componentes debemos colocar en el circuito junto al regulador?
- ¿Cuánta potencia se disipará en el regulador en el caso de mayor consumo? ¿Se necesitará colocar algún tipo de disipador?
- ¿Cuánto variará la salida si la tensión de entrada varía en 1 V?
- ¿Mejoraría algo en este caso utilizar un regulador tipo “low-dropout”?

11. **Reguladores de Switching** Consideren los siguientes tres circuitos transformadores DC-DC tipo switching (amplificadores de Clase D). En todos ellos, hay un modulador PWM, que controla un transistor en régimen de corte y conducción.

- Determinen cualitativamente, en cada caso, la polaridad de la salida y si es mayor o menor a la tensión de entrada.
- Determinen cuantitativamente, en cada caso, cuánto vale la tensión de salida V_{out} en función de la tensión de entrada V_{in} y del valor del ciclo de trabajo (“duty cycle”) $D = t_{on}/(t_{on} + t_{off})$ del PWM. Consideren el caso ideal para el diodo, el transistor y la bobina. Ayuda: usen que el producto tensión-tiempo sobre la inductancia debe ser igual en cada parte del ciclo.

Ayuda: Los circuitos tienen nombres comunes en inglés, en orden: buck converter (step-down), boost (step-up) e inverter.



12. **CASO: Alimentación a pilas**, ¿switching o lineal? Se tiene un circuito digital que para funcionar necesita una tensión constante de 3.3 V que puede consumir hasta 500 mA y se lo alimentaría con pilas. Consideremos dos opciones para pilas: pilas alcalinas (tensión nominal 1,5) o baterías de litio (tensión nominal 3,7 V)

Reguladores Lineales

- a) Consideraremos tres opciones de reguladores lineales: el LM7833 y el LM1117-33 y el LT1763-3.3. Cuánto valen los “dropout-voltages” en cada caso?
- b) Considerando la respuesta anterior, ¿cuántas pilas alcalinas o baterías de litio necesitaríamos utilizar en cada caso?

Regulador de switching

- c) Analicen los beneficios de utilizar un regulador de switching tipo el NCP1400A o NCP1423 para alimentar un circuito que necesita 3.3 V con pilas alcalinas. ¿Cuántas pilas se necesitan? Comparen este resultado con lo que obtendrían con un regulador lineal.

Extra La tensión de las pilas disminuye a medida que se las utiliza. Investiguen cómo es la forma funcional de la tensión de cada tipo de pila función de la energía consumida. ¿Cómo definirían la carga o energía total de una pila/batería? ¿Qué tensión tiene cada una antes de “descargarse por completo”? ¿Seguirán funcionando los reguladores de los puntos anteriores hasta la descarga total?

Bibliografía Horowitz & Hill, "The Art of Electronics", Tercera Edición, Capítulo 9.12.

Bilbiografía Reddy, David Linden, Thomas B. (2001). Linden's handbook of batteries (3 ed.). New York: McGraw-Hill.