

Electrónica 1

Práctico 7 Transistores (Gran Señal)

Objetivo: En esta hoja se estudia la aplicación del transistor como llave y circuitos de amplia aplicación basados en ello.

Ejercicio 1.

El circuito de la Figura 1 es un tipo sencillo de conversor DC-DC del tipo *Step-Up*. Con él se obtiene una tensión DC regulada a la salida de valor superior a la de entrada (verificar que el circuito efectivamente se comporta así) con alta eficiencia en el sentido que la relación entre la potencia consumida de la fuente y la transferida a la carga es alta. El objetivo de este ejercicio es conocer el principio de funcionamiento de este tipo de conversores DC y como realizar su análisis. A los efectos de simplificar el análisis se asume que el condensador de filtrado de salida es infinito. Esto es una simplificación que implica asumir que la tensión en bornes del condensador es prácticamente constante (la ondulación o *ripple* a la salida es nulo). A los efectos de analizar el condensador infinito, se debe tener en cuenta que la ecuación del condensador ($i=C.dV/dt$) que ahora *pierde sentido* al tender C a infinito, debe sustituirse por la condición de que en régimen la integral de la corriente por el condensador en un ciclo debe ser nula (es decir que en régimen, en un ciclo entra al condensador la misma cantidad de carga que sale).

Se desea mantener sobre R una tensión de 20 V. Se supone que la inductancia es ideal y que el transistor funciona como llave (entre corte y saturación).

Datos: $V_{CESAT} = 0.5V$, $V_{\gamma} = 1.2V$, $\Delta T = 40\mu s$, $C = \infty$.

- Calcular el ciclo de trabajo del transistor, necesario para obtener el funcionamiento deseado, calculando luego los valores de T_1 y T_2 .
- Calcular L si la variación pico a pico de la corriente en la inductancia debe mantenerse igual a 1,5 A.
- Calcular la eficiencia del circuito $\left(\eta = \frac{P_{DCOUT}}{P_{DCIN}}\right)$

Ejercicio 2.

El circuito de la Figura 2 implementa un conversor DC / DC que en lugar de elevar la tensión de entrada, la reduce (es del tipo *Step-Down*). El transistor funciona como llave (entre corte y saturación) con $V_{CESAT} = 0.5V$ y $V_{BE} = 0.7V$, el diodo tiene $V_{\gamma} = 1.2V$ y se supondrá que el condensador es infinito.

Se desea:

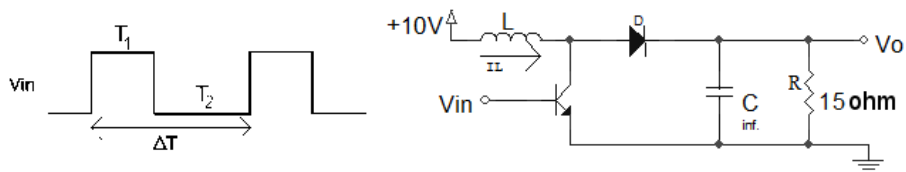


Figura 1

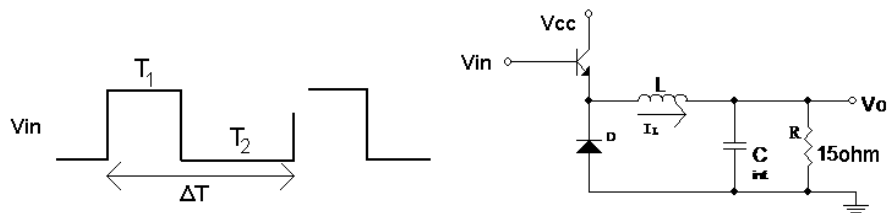


Figura 2

- Calcular $V_o = f(T_1/\Delta T; V_\gamma; V_{CESAT}; V_{CC})$
- Graficar I_L en función del tiempo.
- Calcular la eficiencia del circuito $\left(\eta = \frac{P_{DCOUT}}{P_{DCIN}}\right)$
- Determinar el ciclo de trabajo $T_1/\Delta T$ y el valor de V_{CC} si se desea obtener un voltaje de salida $V_o = 15V$ con una eficiencia del 95 %.

Ejercicio 3.

En este ejercicio se estudia una configuración ampliamente utilizada cuando un interruptor debe conmutar una carga inductiva, en este caso un relé. En la Figura 3.1, R y L modelan la bobina de un relé, el cual se maneja a través del transistor T. El circuito está funcionando en régimen con una entrada $V_b = 3V$ cuando en el instante $t = 0$ pasa a ser $V_b = 0V$. (ver Figura 3.2.(b))

Para este ejercicio suponer:

- si el transistor está cortado $I_C = 0$.
- si el transistor está saturado $V_{BE} = 0.7V$ y $V_{CESAT} = 0.5V$.
- $\beta = 50$.
- el diodo se comporta según la Figura 3.2.(a).

Para el circuito de la Figura 3.1:

- Calcular R_b para que el transistor sature.
- Calcular y graficar (para $t < 0$ y para $t \geq 0$): V_{ce} ; I_C ; e I para el circuito con y sin diodo D. ¿Qué función cumple el diodo?

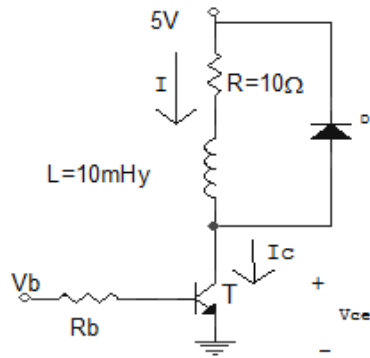


Figura 3.1

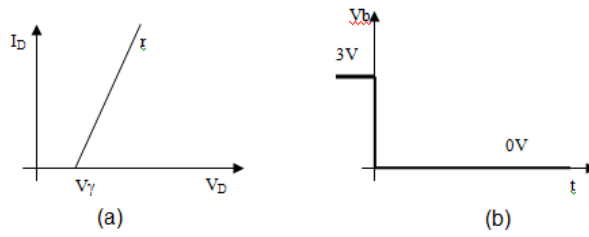


Figura 3.2

Ejercicio 4.

En este ejercicio se aplica el transistor MOS como interruptor.
 El MOSFET de la Figura 4 tiene tensión umbral $V_{t0} = 1V$ y $\mu \cdot C_{ox} = 100\mu A/V^2$.
 Determinar W/L y R de modo que cuando $V_i = V_{DD} = 5V$, la resistencia drain-source sea 50Ω y V_O sea $50mV$.

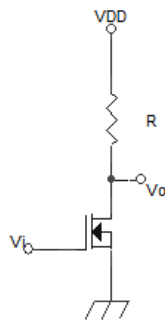


Figura 4

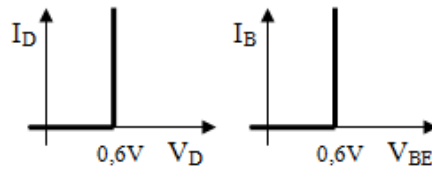


Figura 5.1

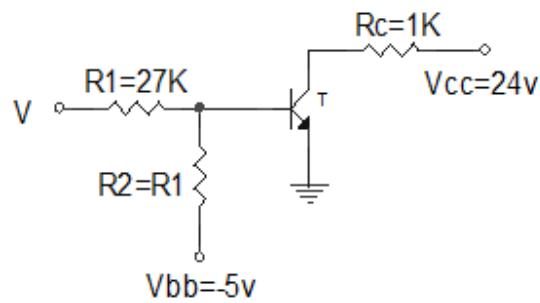


Figura 5.2

Ejercicio 5.

El objetivo de este ejercicio es entender y ejercitar el manejo del transistor bipolar en sus distintas zonas de operación (corte, saturación y activa). Adicionalmente en la parte c) se estudia un circuito bastante usado para modificar el funcionamiento de un transistor utilizado como llave.

Datos: $\beta = 100$; $V_{ceSAT} = 0,3V$; características entrada dadas por la Figura 5.1.

- En el circuito de la Figura 5.2, hallar que valores debe tomar V para que T esté cortado y que valores debe tomar para que T esté saturado. (Llamemos V_1 y V_2 a esos valores respectivamente).
- Sea V_{2MIN} el mínimo valor de V tal que el transistor T esté saturado. Graficar $V_{ce}(t)$ y $V_{be}(t)$, cuando $V(t)$ es como en la Figura 5.3. Despreciar los transitorios.

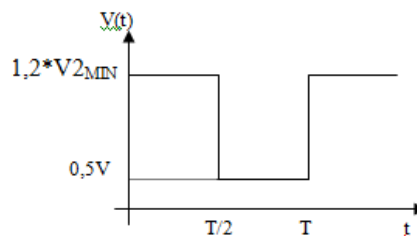


Figura 5.3

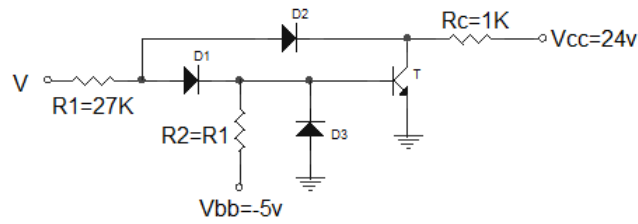


Figura 5.4

- (c) Se modifica el circuito de la Figura 5.2, en la forma indicada en la Figura 5.4. Calcular nuevamente $V_{ce}(t)$ y $V_{be}(t)$, siendo $V(t)$ el de la Figura 5.3. Indicar para cada instante el estado del transistor y los diodos despreciando los transitorios.
- (d) Teniendo en cuenta lo hecho anteriormente y que a veces resulta interesante no saturar un transistor bipolar pues para sacarlo de saturación se tiene un cierto retardo asociado con retirar los portadores minoritarios en exceso existentes en la juntura base colector; ¿Qué función cumplen los diodos D1, D2 y D3 en el circuito de la Figura 5.4?

Solución

Ejercicio 1

(a) $T_1 = 21.6\mu s$ $T_2 = 18.4\mu s$

(b) $L = 137\mu H$

(c) $\eta = 0.92$

Ejercicio 2

(a) $V_0 = V_i \frac{T_1}{\Delta T} - V_{CESAT} \frac{T_1}{\Delta T} - V_\gamma \frac{\Delta T - T_1}{\Delta T}$

(b) $i_{L1} = \frac{(V_i - V_{CESAT} - V_0)}{L} t + i_{o1}$ $t \in [0, T_1]$

$i_{L2} = -\frac{(V_\gamma + V_0)}{L} t' + i_{o2}$ $t' \in [0, T_2]$

$i_{L1}(T_1) = i_{o2}$

$i_{L2}(T_2) = i_{o1}$

(c) $\eta = \frac{V_0 \Delta T}{V_i T_1}$

(d) $\frac{T_1}{\Delta T} = 0.82$

Ejercicio 3

(a) $R_b < 255.6\Omega$

(b) sin diodo:

$V_{CE}(t) = V_{CC} + LI_0 \delta(t)$

$I_C(t) = 0$

con diodo:

$I_t = -\frac{V_\gamma}{R+r} + (I_0 + \frac{V_\gamma}{R+r}) e^{-\frac{R+r}{L} t}$ mientras $I_t > 0$

Luego se hace cero en un $t = t1$

$V_{CE}(t) = V_{CC} + V_\gamma + rI$ si $t < t1$

$V_{CE}(t) = V_{CC}$ luego

Ejercicio 4

$\frac{W}{L} = 50$

$R = 4.95k\Omega$

Ejercicio 5

(b) T cortado: $V_1 < 6.2V$

T saturado: $V_2 > 12.6V$