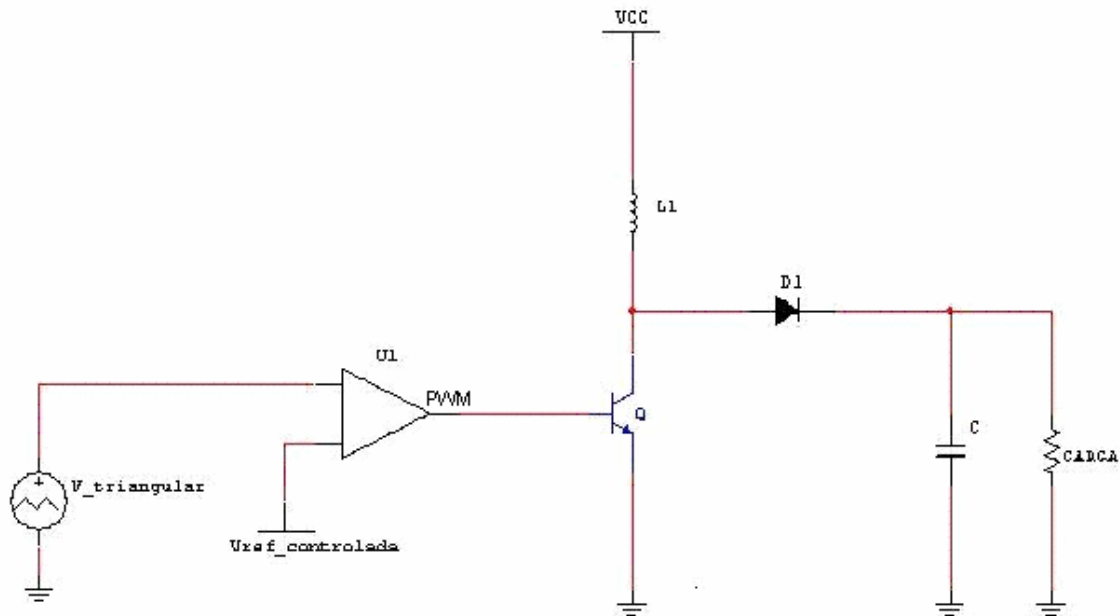


PAUTA C3 P2 CIRCUITOS ELECTRÓNICOS primavera 2007

En el circuito regulador de conmutación de la figura, la frecuencia de conmutación del transistor es 15 [kHz], con un ciclo de trabajo de $\delta = 0.3$.



Donde $\delta = \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}}$, $L = 15$ [mH], $C = 680$ [uF], $R = 10$ [Ω]

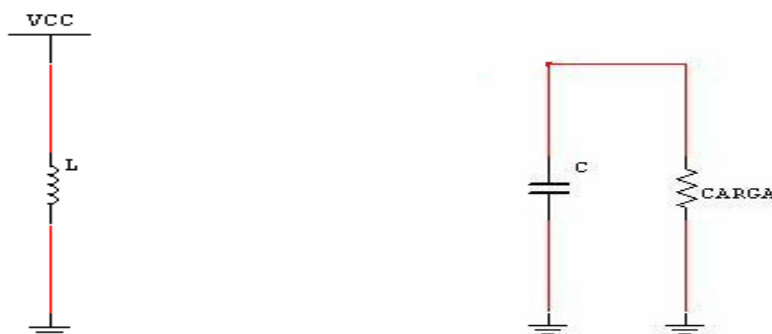
- Determine el voltaje de salida en régimen permanente.
- Dibuje acotadamente el voltaje en el condensador.

Solución:

Según en qué parte del período se encuentra el transistor se puede analizar el circuito en base a dos circuitos equivalentes.

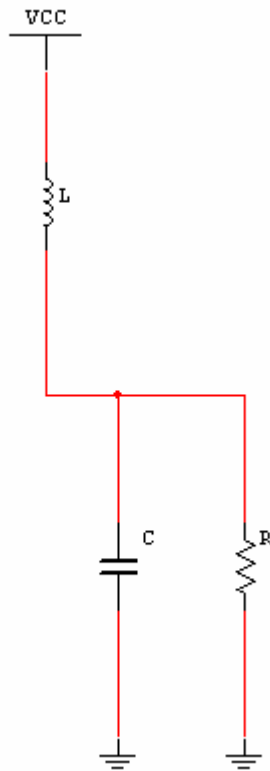
Suponiendo que $V_{CE}(\text{sat}) = 0$ y $V_D = 0$ en directa se tiene lo siguiente:

- t_{ON} (transistor encendido => switch cerrado):



La bobina se encuentra a V_{CC} , con lo cual almacena energía. En diodo está polarizado inversamente comportándose como circuito abierto y el condensador se descarga entregando corriente a la resistencia de carga.

- t_{OFF} (transistor apagado => switch abierto):



La inductancia está en serie con V_{CC} .
En diodo está en directa, con lo cual se comporta como cortocircuito (aprox. $V_D = 0$).

Se cumple que:

$$V_O = V_{CC} + V_L^{OFF}$$

Como el voltaje en una inductancia está definido por:

$$V_L = L \cdot \frac{dI_L}{dt}$$

La corriente en la inductancia durante el tiempo en que el transistor está encendido aumenta en

$$\Delta I_L = \frac{1}{L} \cdot V_{CC} \cdot t_{ON}$$

Y como está en régimen permanente debe ser igual a la disminución de la corriente en la inductancia durante el tiempo en que el transistor está apagado

$$\Delta I_L = \frac{1}{L} \cdot V_L^{OFF} \cdot t_{OFF}$$

Luego $V_{CC} \cdot t_{ON} = V_L \cdot t_{OFF}$ así se tiene la siguiente relación entre el voltaje de entrada y el de la inductancia durante el periodo en que el transistor está apagado

$$V_L^{OFF} = \frac{t_{ON}}{t_{OFF}} \cdot V_{CC}$$

Así el voltaje de salida es:

$$V_o = V_{CC} + \frac{t_{ON}}{t_{OFF}} \cdot V_{CC} = \left(1 + \frac{t_{ON}}{t_{OFF}}\right) \cdot V_{CC}$$

Como $\delta = \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}}$ se tiene:

$$V_o = V_{CC} \cdot \frac{1}{1 - \delta}$$

Con lo cual:

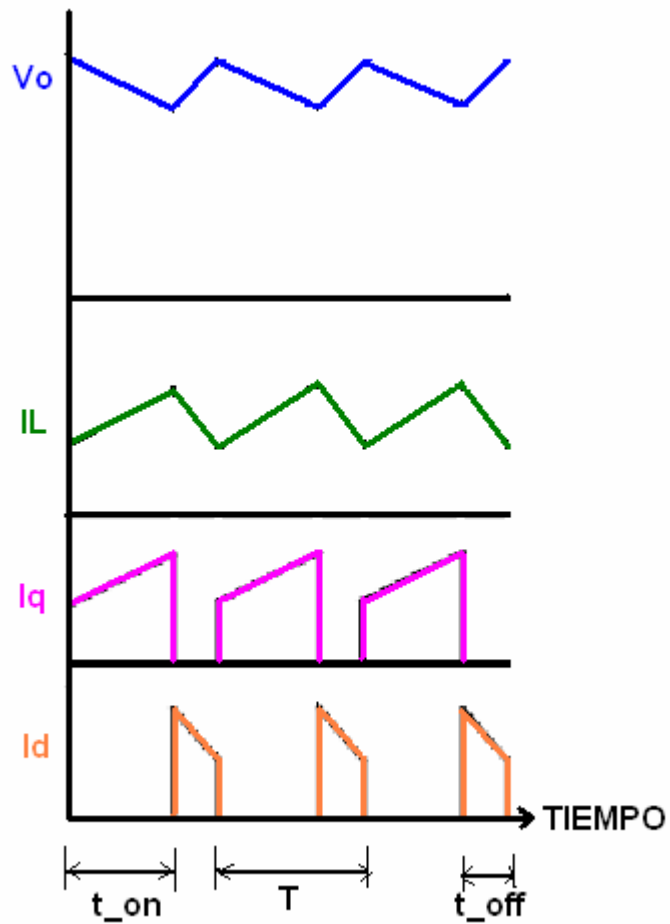
$$V_o \approx 1.43 \cdot V_{CC}$$

En base al análisis cualitativo anterior y observando la constante de tiempo del circuito RC se tiene:

$$RC = 6.8[\mu s] \gg 20[\mu s] = t_{ON}$$

Con lo cual se tiene que el condensador no se descarga considerablemente por lo que el zumbido es despreciable. Numéricamente está dado por:

$$V_z = V_o \cdot (1 - e^{-\frac{t_{ON}}{RC}}) \approx 0.00293 \cdot V_o$$



El la figura se muestra la forma aproximada del voltaje de salida V_o , corriente en la bobina I_L , corriente en el transistor I_q y en el diodo I_d .

Puntajes:

- + 4 pts. por aproximación de la magnitud de V_o
- + 2 pts. por aproximación de forma de V_o