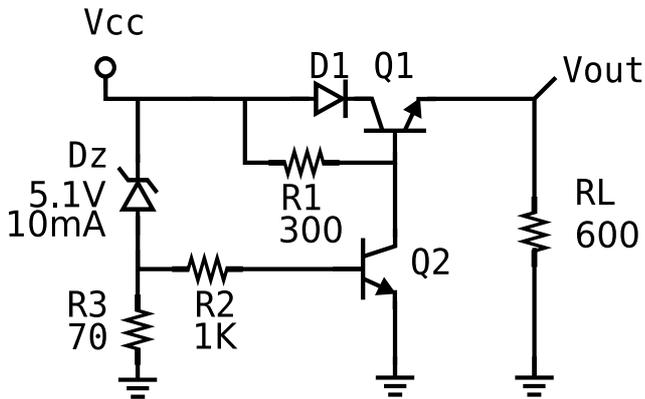


Problema 2

El siguiente circuito es una protección de sobretensiones:



Para asuntos de análisis, suponga que el diodo y las junturas base-emisor "se quedan" con 0.7V si están encendidas. En caso que un transistor esté en saturación, suponga que el voltaje colector-emisor es de 0.2V

a) Explique cualitativamente cómo funciona el circuito para el caso en que $V_{cc} = 4V$. Suponga que Q1 está inicialmente encendido.

b) ¿En qué zona trabaja Q1 para el caso anterior? Determine la tensión V_{out} .

Indicación: utilice condición de encendido de junturas.

c) Explique el comportamiento del circuito para el caso que $V_{cc} = 7V$. Indique la tensión V_{out} y el nuevo estado de Q1.

d) Indique para qué voltaje V_{cc} el transistor Q2 comienza a operar, y bosqueje una curva de V_{out} en función de V_{in} .

e) ¿Qué componentes se pueden dañar si V_{cc} supera los 10V?

Solución

a) Si $V_{cc} = 4V$, no se alcanza el voltaje zener, por lo que Dz queda en corte. Con esto, Q2 queda en corte. Se puede decir que "desaparecen" del circuito Dz, R2, R3 y Q2.

Como Q1 está encendido, V_{out} debiera ser cercano a V_{cc} . Si estuviera en saturación:

$$V_{out} = V_{cc} - 0.2V$$

b) En Q1, viendo la juntura base-colector, se tienen las siguientes expresiones:

$$V_{R1} = V_{cc} - (V_{out} + V_{BE})$$

Si Q1 estuviera en corte, la juntura base-emisor sería cercana a cero, y por lo tanto no pasaría corriente por R_L . Con esto, $V_{out} = 0$, pero esto hace que V_{R1} se quede con todo el voltaje, y para esto la juntura base-emisor debiera conducir, lo que es una contradicción. Por lo tanto, la juntura base-emisor está encendida.

Si estuviera en activa.

$$V_{out} = (\beta + 1)I_b = (\beta + 1) \frac{(V_{cc} - (V_{out} + 0.7))}{R1} R_L \Rightarrow V_{out} \left(\frac{R1}{R_L} + \beta + 1 \right) = (\beta + 1)(V_{cc} - 0.7)$$

$$\Rightarrow V_{out} \approx V_{cc} - 0.7$$

Como D1 está encendido, V_{ce} es cercano a cero, lo que contradice la suposición que esté en activa, por lo que está en saturación.

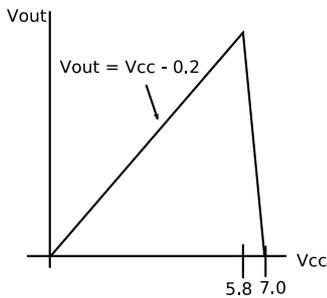
Si R_L comienza a disminuir, puede darse el caso que Q_1 entre en zona activa, pues en ese caso R_1/R_L puede parecerse a $\beta+1$.

c) En este caso, se alcanza el voltaje zener, por lo que D_z se enciende. Esto produce que R_2 tenga tensión, y por lo tanto la juntura base-emisor de Q_2 se enciende. Al ocurrir esto, la base del transistor Q_1 deja de recibir corriente, haciendo que se corte. Por lo tanto, $V_{out} = 0$, limitando voltaje.

Para 7V, $V_{R_3} = 7 - 5.1 = 1.9V$. $I_{R_2} = (1.9 - 0.7)/1K = 1.2mA$

Si Q_2 estuviera en activa, la corriente pasando por el colector de Q_2 sería 120mA. Suponiendo que esa corriente se saca de R_1 , $V_{R_1} = 120mA * 300 = 36V$, lo que no puede ocurrir. Entonces, R_1 limita la corriente. Para 7V, la corriente máxima que puede pasar es $(7 - 0.2)/300 = 22mA$. Como esta corriente es comparable con I_{R_2} , se concluye que **Q_2 está en saturación**. Con esto, el voltaje en la base de Q_1 tiende a cero, efectivamente cortando Q_1 .

d) Para que Q_2 comience a operar, la juntura base-emisor debe tener entre 0.6 y 0.7V. Como R_2 es mucho mayor que R_3 , prácticamente la corriente que pasa por el zener es lo que eleva la tensión en la juntura base-emisor. En ese caso: $I_{R_3} = 0.7/70 = 10mA$, por lo que el zener se encuentra en operación. Sumando los voltajes, se puede deducir que $V_{cc} = 5.1 + 0.7 = 5.8V$ cuando el circuito comienza a operar. Una curva sería del estilo:



e) A medida que V_c aumenta, la corriente en el zener comienza a aumentar, y por consecuencia R_3 . Esto produce que los componentes se calienten y puedan dañarse. Además, Q_2 también puede calentarse si V_{cc} es muy alto y R_1 se queda con poco voltaje, pues en ese caso el transistor quedaría entre zona activa y saturación. La potencia es del orden de $P_{Q_2} = V_{cc} * I_{R_3}$.