

Ejercicios Resueltos de Dispositivos Electrónicos I

Examen de Septiembre de 2006 - Ejercicio 3¹

Enunciado

Obtener, razonadamente, el valor de los resistores R_{B1} y R_{C1} para que el diodo Zener D_{Z1} esté en zona zener y los transistores T_1 y T_2 funcionen en zona activa. Las condiciones de diseño son:

1. La potencia disipada por el diodo Zener D_{Z1} es de $P_{DZ1} = 150\text{mW}$.
2. La tensión $U_{CE-T_1} = 7\text{V}$.

La fuente de alimentación $U_{DC} = 24\text{V}$. Los resistores $R_{C2} = 470\Omega$, $R_{E2} = 500\Omega$, $R_{B2} = 10\text{k}\Omega$.

Para el diodo Zener: $V_Z = -10\text{V}$, $V_f = 0,78\text{V}$, $R_f = R_Z = 0\Omega$, $R_r = \infty\Omega$, $I_{Zmin} = 6\text{mA}$, $I_{Zmax} = 55\text{mA}$.

Para el transistor T_1 : $\beta = 80$, $V_{BEon} = V_{BEsat} = 0,7\text{V}$, $V_{CEsat} = 0,21\text{V}$.

Para el transistor T_2 : $\beta = 120$, $V_{BEon} = V_{BEsat} = 0,7\text{V}$, $V_{CEsat} = 0,19\text{V}$.

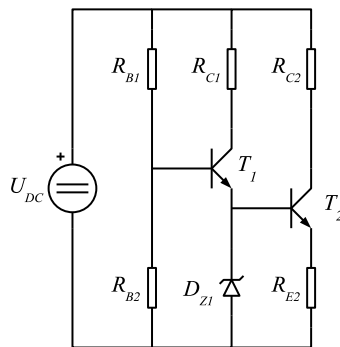


Figura 1: Circuito del enunciado

Solución

Los valores a encontrar de los dos resistores implican que es necesario hallar el valor de las corrientes y tensiones en los transistores, ya que es condición de funcionamiento que ambos estén en zona activa. El circuito se analiza de derecha a izquierda. Se sabe que el diodo Zener está regulando, por lo tanto, de la malla inferior derecha:

$$U_{DZ1} = U_{BE_{T2}} + U_{R_{E2}} \tag{1}$$

despejando y operando

$$U_{R_{E2}} = 10\text{V} - 0,7\text{V} = 9,3\text{V} \tag{2}$$

por lo que la corriente de emisor del transistor T_2 vale:

$$I_{E2} = I_{R_{E2}} = \frac{9,3\text{V}}{500\Omega} = 18,6\text{mA} \tag{3}$$

Si el transistor T_2 está en activa:

$$I_{B2} = \frac{I_{E2}}{\beta_2 + 1} = \frac{18,6\text{mA}}{121} = 153,719\mu\text{A} \tag{4}$$

¹Resuelto por el Prof. Andrés A. Nogueiras Meléndez, andres.nogueiras@dte.uvigo.es, 2006

$$I_{C2} = I_{E2} - I_{B2} = 18,6 \text{ mA} - 153,719 \mu\text{A} = 18,4468 \text{ mA} \quad (5)$$

la caída de tensión en el resistor de colector es:

$$U_{RC2} = I_{C2} \cdot R_{C2} = 18,4468 \text{ mA} \cdot 470 \Omega = 8,67(000) \text{ V} \quad (6)$$

y la caída de tensión entre colector y emisor del transistor T_2 es:

$$U_{CE_{T2}} = U_{DC} - U_{RC2} - U_{RE2} = 24 \text{ V} - 8,67 \text{ V} - 9,3 \text{ V} = 6,03 \text{ V} \quad (7)$$

por lo que se puede establecer el punto de trabajo del transistor en zona activa.

Del diodo Zener se sabe la potencia que disipa, luego:

$$I_{D_{Z1}} = \frac{P_{D_{Z1}}}{U_{D_{Z1}}} = \frac{150 \text{ mW}}{10 \text{ V}} = 15 \text{ mA} \quad (8)$$

lo que implica que la corriente de emisor del transistor T_1 debe ser:

$$I_{E1} = I_{B2} + I_{D_{Z1}} = 153,179 \mu\text{A} + 15 \text{ mA} = 15,1532 \text{ mA} \quad (9)$$

y, dado que está en zona activa:

$$I_{B1} = \frac{I_{E1}}{\beta_1 + 1} = \frac{15,1532 \text{ mA}}{81} = 187,077 \mu\text{A} \quad (10)$$

$$I_{C1} = I_{E1} - I_{B1} = 15,1532 \text{ mA} - 187,077 \mu\text{A} = 14,9661 \text{ mA} \quad (11)$$

De las condiciones de diseño se tiene sabe el valor de U_{CE-T_1} . Luego:

$$U_{RC1} = U_{DC} - U_{CE_{T1}} - U_{D_{Z1}} = 24 \text{ V} - 7 \text{ V} - 10 \text{ V} = 7 \text{ V} \quad (12)$$

y el valor del resistor R_{C1} es:

$$R_{C1} = \frac{U_{RC1}}{I_{C1}} = \frac{7 \text{ V}}{14,9661 \text{ mA}} = 467,724 \Omega \quad (13)$$

De la malla inferior central:

$$U_{R_{B2}} = I_{R_{B2}} \cdot R_{B2} = U_{BE_{T1}} + U_{D_{Z1}} \quad (14)$$

despejando y operando:

$$I_{R_{B2}} = \frac{U_{BE_{T1}} + U_{D_{Z1}}}{R_{B2}} = \frac{0,7 \text{ V} + 10 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = 1,07 \text{ mA} \quad (15)$$

En el nudo de la base del transistor T_1 :

$$I_{R_{B1}} = I_{B1} + I_{R_{B2}} = 187,077 \mu\text{A} + 1,07 \text{ mA} = 1,25708 \text{ mA} \quad (16)$$

la tensión que soporta el resistor R_{B1} es

$$U_{R_{B1}} = U_{RC1} + U_{CB_{T1}} = U_{RC1} + U_{CE_{T1}} - U_{BE_{T1}} = 7 \text{ V} + 7 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 13,3 \text{ V} \quad (17)$$

y el valor del resistor es

$$R_{B1} = \frac{U_{R_{B1}}}{I_{R_{B1}}} = \frac{13,3 \text{ V}}{1,25708 \text{ mA}} = 10,5801 \text{ k}\Omega \quad (18)$$