

Ejercicios Resueltos de Dispositivos Electrónicos I

Examen de Diciembre de 2005 - Ejercicio 3¹

Enunciado

Obtener, razonadamente, el valor de los resistores R_{B1} , R_{E1} , R_{C2} y R_{E2} para que el diodo Zener D_{Z1} esté en zona zener, el transistor T_1 funcione en zona activa y el transistor T_2 trabaje en saturación. Las condiciones de diseño son:

1. La potencia disipada en conjunto por R_{C2} y R_{E2} debe ser 1W. La proporción entre ambos resistores es $R_{C2} = 1,15 R_{E2}$
2. Considerar que en saturación las corrientes de colector y emisor son iguales
3. La corriente de base I_{B2} del transistor T_2 en saturación debe ser un 25 % mayor que la corriente mínima necesaria para estar en saturación.

La fuente de alimentación $U_{DC} = 24V$. El resistor $R_{C1} = 3,3k\Omega$.

Para el diodo Zener: $V_Z = -8V$, $V_f = 0,6V$, $R_f = R_Z = 0\Omega$, $R_r = \infty\Omega$, $I_{Zmin} = 4mA$, $I_{Zmax} = 35mA$.

Para el transistor T_1 : $\beta = 130$, $V_{BEon} = V_{BEsat} = 0,7V$, $V_{CEsat} = 0,2V$.

Para el transistor T_2 : $\beta = 115$, $V_{BEon} = V_{BEsat} = 0,7V$, $V_{CEsat} = 0,2V$.

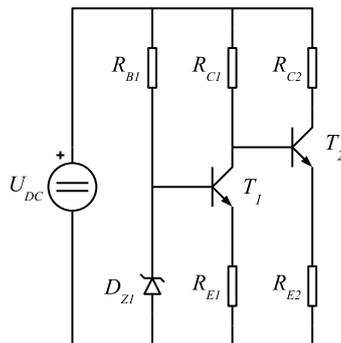


Figura 1: Circuito del enunciado

Solución

Si el transistor T_2 está en saturación se sabe que $V_{CE2} = 0,2V$, $V_{BE2} = 0,7V$ y $V_{CB2} = -0,5V$.

De la rama formada por los dos resistores y el transistor se tiene

$$U_{DC} = I_{C2} \cdot R_{C2} + V_{CE2} + I_{E2} \cdot R_{E2} \tag{1}$$

y de las condiciones de diseño

$$I_{E2} \cdot R_{E2} = \frac{U_{DC} - V_{CE2}}{2,15} \tag{2}$$

$$P_{max} = I_{C2}^2 \cdot R_{C2} + I_{E2}^2 \cdot R_{E2} = I_{E2}^2 \cdot 2,15 \cdot R_{E2} \tag{3}$$

sustituyendo la ec. 2 en la ec. 3, y despejando

$$P_{max} = I_{E2} \cdot (U_{DC} - V_{CE2}) \tag{4}$$

¹Resuelto por el Prof. Andrés A. Nogueiras Meléndez, andres.nogueiras@dte.uvigo.es, 2005

luego

$$I_{E2} = \frac{1}{U_{DC} - V_{CE2}} = 42,0168mA \quad (5)$$

y

$$R_{E2} = \frac{P_{max}}{I_{E2}^2 \cdot 2,15} = \frac{1W}{(42,0168mA)^2 \cdot 2,15} = 263,461\Omega \quad (6)$$

$$R_{C2} = 1,15 \cdot R_{E2} = 302,980\Omega \quad (7)$$

Dado que el transistor T_2 debe estar en saturación, la corriente mínima de base que hay que aportar es

$$I_{B2-min-sat} = \frac{I_{E2}}{\beta_2 + 1} = \frac{42,0168mA}{116} = 362,214\mu A \quad (8)$$

como se indica mayorar en un 25 %

$$I_{B2-sat} = I_{B2-min-sat} \cdot 1,25 = 452,767\mu A \quad (9)$$

La tensión en el resistor R_{C1} es

$$U_{RC1} = U_{RC2} + V_{CB2} = 302,980\Omega \cdot 42,0168mA - 0,5V = 12,2303V \quad (10)$$

por lo tanto, la corriente por el resistor es

$$I_{RC1} = \frac{U_{RC1}}{R_{C1}} = \frac{12,2303V}{3,3k\Omega} = 3,70615mA \quad (11)$$

y la corriente de colector del transistor T_1 es

$$I_{C1} = I_{RC1} - I_{B2-sat} = 3,70615mA - 452,767\mu A = 3,25338mA \quad (12)$$

Como la condición de diseño establece que el transistor T_1 está en zona activa

$$I_{B1} = \frac{I_{C1}}{\beta_1} = \frac{3,25338mA}{130} = 25,026\mu A \quad (13)$$

$$I_{E1} = I_{C1} + I_{B1} = 3,25338mA + 25,026\mu A = 3,27841mA \quad (14)$$

y de las ecuaciones de la malla inferior central

$$V_{DZ1} = V_{BE1} + R_{E1} \cdot I_{E1} \quad (15)$$

operando y despejando

$$R_{E1} = \frac{V_{DZ1} - V_{BE1}}{I_{E1}} = \frac{8V - 0,7V}{3,27841mA} = 2226,69\Omega \quad (16)$$

La tensión entre colector y emisor del transistor T_1 es

$$V_{CE1} = U_{DC} - U_{RC1} - R_{E1} \cdot I_{E1} = 24V - 12,2303V - 7,3V = 4,4697V \quad (17)$$

lo que garantiza que está trabajando en zona activa.

Por último, es necesario establecer un valor del resistor R_{B1} tal que haga permanecer al transistor T_1 en zona activa y al diodo D_{Z1} en zona Zener. La corriente que debe circular por R_{B1} viene dada por

$$I_{RB1} = I_{B1} + I_{DZ1} \quad (18)$$

La corriente por el diodo Zener, para que esté regulando, tiene que tomar valores entre

$$4mA \leq I_{DZ1} \leq 35mA \quad (19)$$

lo que implica la existencia de un rango de valores para la corriente por R_{B1}

$$4,02503mA \leq I_{RB1} \leq 35,0250mA \quad (20)$$

en consecuencia, y dado que la tensión que soporta el resistor es

$$V_{RB1} = U_{DC} - V_{DZ1} = 24V - 8V = 16V \quad (21)$$

los valores que puede tomar están en el rango

$$3975,13\Omega \geq R_{B1} \geq 456,817\Omega \quad (22)$$