

AMPLIFICADOR BASADO EN BJT PARA COMUNICACIONES ÓPTICAS

SOLUCIÓN

Apartado a

Para resolver el punto de polarización del circuito, suponemos ambos transistores en activa y, por tanto, el LED en directa y el zener en ruptura.

La malla base-emisor del T_1 nos permite calcular sus intensidades:

$$V_{CC} = I_{B1}R_1 + V_{BE} + (\beta + 1)I_{B1}R_3$$

Como la intensidad del LED es la óptima, calculamos las corrientes del transistor T_2 :

$$I_{B2} = \frac{I_{opt}}{(\beta + 1)}$$

La ley de ohm aplicada en R_2 nos permite calcular su valor:

$$R_2 = \frac{V_{CC} - V_{BE} - V_Y - V_Z}{I_{C1} + I_{B2}} = 459.2 \Omega$$

Comprobamos que las dos tensiones colector-emisor son mayores que 0,2V:

$$V_{CE1} = V_{CC} - (I_{C1} + I_{B2})R_2 - I_{E1}R_3$$

$$V_{CE2} = V_{CC} - V_Y - V_Z$$

El estado de los diodos es correcto porque la intensidad $I_D=I_{E2}$ sale positiva, y además es mayor que la intensidad mínima impuesta por el diodo zener y menor que la intensidad máxima impuesta por el diodo LED (que es más restrictiva que la corriente máxima impuesta por el diodo Zener).

Apartado b

Para la corriente máxima del diodo LED, la intensidad I_{B2} viene dada por:

$$I_{B2} = \frac{I_{max}}{(\beta + 1)}$$

Para esta I_{B2} obtenemos la corriente I_{C1} :

$$R_2 = \frac{V_{CC} - V_{BE} - V_Y - V_Z}{I_{C1} + I_{B2}}$$

La malla base-emisor del T_1 relaciona la I_{C1} con la resistencia R_3 :

$$V_{CC} = \frac{I_{C1}R_1}{\beta} + V_{BE} + \frac{(\beta + 1)I_{C1}R_3}{\beta} \rightarrow R_3 = 1.48 k\Omega$$

Apartado c

Aplicando el modelo de pequeña señal obtenemos las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 I_D &= (\beta + 1)i_{B2} \\
 I_{IN} + I_{R1} + i_{B1} &= 0 \\
 I_{R1}R_1 &= i_{B1}r_{\pi1} + (\beta + 1)i_{B1}R_3 \\
 \beta i_{B1} + I_{R2} + i_{B2} &= 0 \\
 I_{R2}R_2 &= i_{B2}r_{\pi2}
 \end{aligned}$$

Obteniendo la ganancia como:

$$\frac{I_D}{I_{IN}} = \frac{R_2 R_1 \beta (\beta + 1)}{(r_{\pi1} + (\beta + 1)R_3 + R_1)(r_{\pi2} + R_2)} = 2128.7$$

Apartado d

Si colocamos el condensador en paralelo a R_1 o R_2 la ganancia se anula, la ganancia se maximiza colocando el condensador en paralelo a R_3 que solo aparece en el denominador.

$$\frac{I_D}{I_{IN}} = \frac{R_2 R_1 \beta (\beta + 1)}{(r_{\pi1} + R_1)(r_{\pi2} + R_2)} = 6399.4$$

Apartado e

Las tensiones base-emisor de ambos transistores están relacionadas según la siguiente expresión:

$$\frac{v_{be2}}{v_{be1}} = \frac{\beta R_2 r_{\pi2}}{r_{\pi1}(r_{\pi2} + R_2)}$$

Dado que esta cantidad es mayor que 1, la tensión base-emisor del segundo es siempre mayor y, por tanto, es la más restrictiva. La relación entre la amplitud de salida y la tensión base-emisor del segundo es:

$$I_D = \frac{(\beta + 1)}{r_{\pi2}} v_{be2}$$

Por lo que la amplitud de la señal de salida está limitada hasta:

$$I_D = \frac{(\beta + 1)}{r_{\pi2}} 10mV = 3.88 mA$$

Así, la corriente por el diodo LED y el diodo zener oscila entre dos valores, teniendo en cuenta la corriente en continua (polarización) y en alterna (amplitud señal):

$$I_{D,max} = I_{opt} + \frac{(\beta + 1)}{r_{\pi2}} 10mV = 13.88 mA$$

$$I_{D,min} = I_{opt} - \frac{(\beta + 1)}{r_{\pi 2}} 10mV = 6.12 mA$$

Hay que comprobar que el valor máximo no supera la corriente máxima del diodo LED (que es más restrictiva que la potencia máxima del diodo Zener) y que el valor mínimo no es inferior a la corriente mínima en ruptura del diodo Zener (I_{zmin}).