

EJERCICIO 1 (realizar los cálculos con una precisión de 5 cifras significativas)

Un resistor de la serie E24 (tolerancia de la serie $\pm 5\%$) y valor nominal 220Ω se utiliza en un circuito que trabaja a 85°C de temperatura ambiente. En estas condiciones, el resistor permite el paso de una corriente máxima de $0,15 \text{ A}$ sin deteriorarse por sobrecalentamiento. Sabiendo que la resistencia térmica es de 20°C/W :

(1) **a)** Calcular la temperatura máxima que puede alcanzar el resistor

La temperatura del cuerpo del componente es $T_C = T_A + R_T \cdot P$, donde T_A es la temperatura ambiente, P la potencia disipada y R_T la resistencia térmica.

De acuerdo con los datos del ejercicio, la máxima potencia que puede disipar el resistor a una temperatura ambiente de 85°C es igual a:

$$P_{Max}(85^\circ\text{C}) = I_{Max}^2 \cdot R$$

Para obtener el valor máximo de la potencia se debe considerar el máximo valor que puede tener la resistencia de un resistor de la serie E24 y de valor nominal $R_N = 220 \Omega$. Como la tolerancia de esta serie es $\pm 5\%$ ($T = 0,05$), el valor máximo que puede tener la resistencia será:

$$R_{Max} = R_N(1 + T) = 220\Omega(1 + 0,05) = 231\Omega$$

La potencia máxima que se puede disipar será:

$$P_{Max}(85^\circ\text{C}) = (0,15\text{A})^2 \cdot 231\Omega = 5,1975\text{W}$$

Y la temperatura máxima:

$$T_{Max} = 85^\circ\text{C} + 20 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}} \cdot 5,1975\text{W} = 85^\circ\text{C} + 103,95^\circ\text{C} = 188,95^\circ\text{C}$$

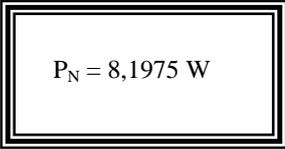
$$T_{Max} = 188,95^\circ\text{C}$$

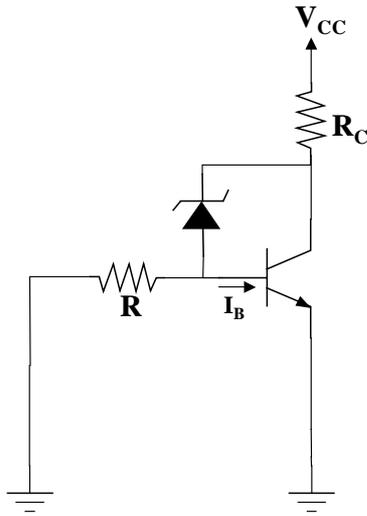
(1) **b)** Calcular la potencia nominal del resistor a temperatura nominal de 25 °C.

La temperatura máxima que puede alcanzar un resistor no varía, es siempre la misma aunque cambie la temperatura ambiente. Por lo tanto, utilizando la misma expresión que en el apartado a):

$$T_C = T_A + R_T \cdot P \leq 188,95^\circ C \Rightarrow P \leq \frac{188,95^\circ C - T_A}{R_T} = \frac{188,95^\circ C - 25^\circ C}{20 \frac{^\circ C}{W}} = 8,1975W$$

La potencia máxima que puede disipar el resistor a la temperatura nominal (25 °C) es 8,1975 W y ese valor es por definición la potencia nominal.


$$P_N = 8,1975 W$$

EJERCICIO 2 (realizar los cálculos con una precisión de 5 cifras significativas)(2) a) Calcular la corriente I_B y el estado del transistor y el zener en el circuito de la figura.DATOS: $V_{CC} = 10\text{ V}$ $R_C = 120\ \Omega$ $R = 100\ \Omega$ Transistor: $V_{BEon} = 0,7\text{ V}$ $V_{CEsat} = 0,2\text{ V}$ $\beta = 200$ Diodo: $V_Z = 5\text{ V}$ 

Debido a la polaridad de la tensión V_{CC} , el zener sólo puede estar en corte o en regulación (zona zener). Si el zener estuviera en corte, el transistor también lo estaría ya que no habría tensión en el circuito de base para polarizar la unión base-emisor en directa. Si los dos dispositivos estuvieran en corte, en el zener caería entre cátodo y ánodo una tensión de 10 V que sería mayor que la tensión V_Z , por lo que el zener estaría regulando.

Por lo tanto, el zener está polarizado en la zona de regulación, lo que supone que $V_{CB} = V_Z = 5\text{ V}$ que polariza la unión colector-base en inversa y el transistor está en activa.

Analizando el circuito se obtiene:

$$V_{CE} = V_Z + V_{BE} = 5\text{ V} + 0,7\text{ V} = 5,7\text{ V}$$

$$I_{R_C} = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{10\text{ V} - 5,7\text{ V}}{120\ \Omega} = 35,833\text{ mA}$$

$$I_{R_C} = I_C + I_Z = \beta \cdot I_B + I_B + I_R = (\beta + 1)I_B + I_R$$

$$I_R = \frac{V_{BE}}{R} = \frac{0,7\text{ V}}{100\ \Omega} = 7\text{ mA}$$

$$I_{R_C} = (\beta + 1)I_B + I_R \Rightarrow I_B = \frac{I_{R_C} - I_R}{\beta + 1} = \frac{35,833\text{ mA} - 7\text{ mA}}{201} = \frac{28,833\text{ mA}}{201} = 143,44\ \mu\text{A}$$

El zener regula
El transistor en activa
 $I_B = 143,44\ \mu\text{A}$

(0,5) **b)** Calcular el valor mínimo que debe tener la resistencia R_C para polarizar el transistor bipolar en saturación.

El transistor bipolar nunca puede estar en saturación ya que el zener al estar conectado entre el colector y la base impide que esta unión pueda llegar a estar polarizada en directa. El zener fija una tensión de 5 V entre colector y base que hace que esta unión este siempre polarizada en inversa, lo que implica que el transistor va a estar siempre en activa.

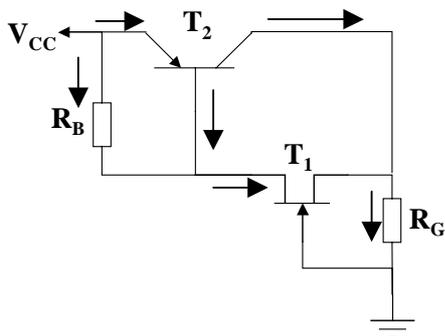
(0,5) **c)** Calcular lo mismo que en el apartado a) pero si al circuito se le aplica una tensión de polarización $V_{CC} = 4,5$ V.

Si la tensión de polarización V_{CC} es igual a 4,5 V, esto implica que no hay una tensión suficiente para llevar al zener a la zona de regulación y entonces el zener estaría polarizado en corte. Al estar el zener en corte el transistor también lo está en corte y no habría corrientes por el circuito (las únicas corrientes serían las corrientes inversas de saturación del diodo y de la unión colector-base que las consideramos despreciables) y por lo tanto la $I_B = 0$.

El zener en corte El transistor en corte $I_B = 0$ A

EJERCICIO 3 (realizar los cálculos con una precisión de 5 cifras significativas)

(3) Calcular el estado de los transistores en el circuito de la figura, así como las corrientes y las tensiones indicadas en la tabla (indicar en la figura el sentido de las corrientes). Poner los resultados en la tabla. Resolver el problema sin despreciar la corriente I_B .



DATOS: $V_{CC} = 20 \text{ V}$ $R_B = 470 \Omega$ $R_G = 560 \Omega$

Transistor T1: $|V_P| = 4 \text{ V}$ $|I_{DSS}| = 10 \text{ mA}$

Transistor T2: $|V_{Beon}| = 0,6 \text{ V}$ $|V_{Cesat}| = 0,2 \text{ V}$ $\beta = 100$

T1	
Estado	Saturado
I_D	1,3091 mA
V_{DS}	16,847 V

T2	
Estado	Activa
I_C	3,2492 mA
I_B	32,492 μA
I_E	3,2816 mA
V_{CE}	-17,447 V

Se supone que T1 está saturado y T2 en activa.

Como T1 está saturado se cumple que

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 = 10 \left(1 + \frac{V_{GS}}{4} \right)^2 \text{ mA}$$

Se tiene una ecuación con dos incógnitas, por lo que se necesita otra ecuación que sale del análisis del circuito

$$\left. \begin{aligned} I_D &= I_{R_B} + I_B = I_{R_B} + \frac{I_C}{\beta} \\ I_C + I_D &= I_{R_G} = -\frac{V_{GS}}{R_G} \Rightarrow I_C = -I_D - \frac{V_{GS}}{R_G} \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_D = I_{R_B} - \frac{I_D}{\beta} - \frac{V_{GS}}{\beta \cdot R_G} \Rightarrow I_D + \frac{I_D}{\beta} = I_{R_B} - \frac{V_{GS}}{\beta \cdot R_G} \Rightarrow$$

$$I_D = \frac{\beta \cdot I_{R_B}}{\beta + 1} - \frac{V_{GS}}{(\beta + 1)R_G} = \frac{100}{101} \cdot \frac{0,6V}{0,47K} - \frac{V_{GS}}{101 \cdot 0,56K} = \left(1,2639 - \frac{V_{GS}}{56,56} \right) \text{ mA}$$

Igualando las ecuaciones:

$$10 \left(1 + \frac{V_{GS}}{4} \right)^2 = 1,2639 - \frac{V_{GS}}{56,56}$$

Operando se llega a la siguiente ecuación de 2º grado:

$$V_{GS}^2 + 8,0282 \cdot V_{GS} + 13,977 = 0$$

Se resuelve y se llega a dos posibles resultados:

$$V_{GS} = \begin{cases} -2,5527V \\ -5,4755V \end{cases}$$

El resultado de $-5,4755V$ no puede ser porque $|V_{GS}| > |V_P|$ y el transistor T1 estaría en corte. Por lo tanto la respuesta correcta es:

$$V_{GS} = -2,5527V$$

Sustituyendo valores en las ecuaciones del circuito se hallan el resto de valores:

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 = 10 \left(1 + \frac{V_{GS}}{4} \right)^2 \text{ mA} = 10 \left(1 - \frac{2,5527}{4} \right)^2 \text{ mA} = 1,3091 \text{ mA}$$

$$V_{DS} = V_{CC} - V_{EB} + V_{GS} = 20V - 0,6V - 2,5527V = 16,847V$$

$$I_C = I_{R_G} - I_D = -\frac{V_{GS}}{R_G} - I_D = \frac{2,5527V}{0,56K} - 1,3091 \text{ mA} = 3,2492 \text{ mA}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{3,2492 \text{ mA}}{100} = 32,492 \mu\text{A}$$

$$I_E = I_B + I_C = 32,492 \mu\text{A} + 3,2492 \text{ mA} = 3,2816 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = -V_{GS} - V_{CC} = 2,5527V - 20V = -17,447V$$

Ahora hay que comprobar las suposiciones:

* Suposición que transistor T1 está saturado

V_{DS} tiene que ser positiva, V_{GS} negativa y tiene que cumplirse lo siguiente

$$|V_{DS}| \geq \|V_P\| - \|V_{GS}\| \quad \Rightarrow \text{Se cumple y entonces suposición correcta}$$
$$16,847V \geq 4V - 2,5527V = 1,4473V$$

* Suposición que transistor T2 en activa

Como el transistor es pnp, para que el transistor esté en activa la unión de colector-base tiene que estar polarizada en inversa y esto ocurre si la tensión V_{CE} es y mayor en módulo que la V_{CE} en saturación. Esto se cumple por lo que la suposición es correcta.

Como las dos suposiciones son correctas, los cálculos realizados son válidos y el problema está resuelto.