

INDICADOR BASADO EN LEDS CON CIRCUITO DE PROTECCIÓN BASADO EN ZENERS

Apartado a

Cuando se establece una tensión V_i positiva, los diodos LED que pueden conducir son L_1 y L_2 . Además, L_2 entrará en conducción si cae un voltaje en R_2 , por lo que L_1 tendrá que estar conduciendo previamente. Por lo tanto, si solo hay un LED encendido, la suposición correcta es que sea L_1 , obteniendo la siguiente ecuación para la malla:

$$V_i = I_{opt}R_1 + I_{opt}R_1 + V_{\gamma 1} + I_{opt}R_2$$

Para V_i negativas, el único LED que puede conducir es el L_3 . La ecuación de la malla correspondiente es:

$$V_i = -I_{opt}R_1 - I_{opt}R_1 - V_{\gamma 3}$$

De las dos ecuaciones anteriores se pueden determinar los valores de las resistencias R_1 y R_2 , obteniendo como solución 135 Ω y 210 Ω , respectivamente.

Apartado b

Para V_i positivos se pueden encender dos diodos LED, L_1 y L_2 . La condición límite para el encendido de L_2 es, que la corriente que circule en la malla estudiada anteriormente (L_1 ON), alcance un valor igual a:

$$IR_2 = V_{\gamma 2}$$

Y así podemos calcular la tensión V_i que alcanza dicho valor para la corriente:

$$V_i = IR_1 + IR_1 + V_{\gamma 1} + IR_2 = 9.4 V$$

Apartado c

Cuando V_i toma valores positivos, puede circular corriente por L_1 y L_2 , pero siempre circulará más corriente por L_1 , ya que parte circula por R_2 . Por tanto, L_1 es el diodo que limita por intensidad máxima. Del resultado del apartado anterior, se deduce que ambos diodos LED están en ON cuando por el diodo L_1 circula un 80% de su intensidad máxima. Justo para esta condición se debe de alcanzar el punto límite para la conducción del zener Z_2 en zona de ruptura y Z_1 en directa. La ecuación es:

$$V_{\gamma} + V_{Z2} = 0.8I_{MAX}R_1 + V_{\gamma 1} + V_{\gamma 2} \rightarrow V_{Z2} = 7.24V$$

Esto ocurre para una tensión V_i que se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$V_i = 0.8I_{MAX}R_1 + 0.8I_{MAX}R_1 + V_{\gamma 1} + V_{\gamma 2}$$

Cuando V_i toma valores negativos y llega a circular un 80% de la intensidad máxima por el diodo L_3 , el diodo zener Z_1 tiene que entrar en zona de ruptura y el Z_2 en directa. La ecuación es:

$$-V_Y - V_{Z1} = -0.8I_{MAX}R_1 - V_{Y3} \rightarrow V_{Z1} = 5.74V$$

Esto ocurre para una tensión V_i que se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$V_i = -0.8I_{MAX}R_1 - 0.8I_{MAX}R_1 - V_{Y3}$$

Apartado d

Para tensiones V_i superiores a la que marca la conducción de los diodos zener Z_1 en directa y Z_2 en ruptura, la corriente que circula por los LED es fija. El exceso de corriente que introduce V_i al tomar valores superiores, circula por los diodos zener. Calculamos la corriente máxima que puede circular a través del diodo zener en ruptura (Z_2):

$$I_{Z,MAX} = \frac{P_{MAX}}{V_{Z2}}$$

Comparamos este valor con la corriente máxima admitida en directa (límite para Z_1) y nos quedamos con el valor más restrictivo.

Calculamos la corriente I que circula por la resistencia que aparece entre la fuente V_i y los zeners, como la corriente máxima que puede circular a través de los zeners más la corriente que circula por L_1 , que hemos limitado al 80% de su valor máximo. A partir del dato de esa corriente, calculamos el voltaje V_i mediante:

$$V_i = IR_1 + V_Y + V_{Z2} = 16.87V$$

Alternativamente, para V_i inferiores a la que marca la conducción de los diodos zener Z_1 en ruptura y Z_2 en directa, calculamos la corriente máxima admitida por Z_1 en ruptura:

$$I_{Z,MAX} = \frac{P_{MAX}}{V_{Z1}}$$

Comparamos este valor con la corriente máxima admitida en directa (límite para Z_2) y nos quedamos con el valor más restrictivo.

Calculamos la corriente I que circula por la resistencia que aparece entre la fuente V_i y los zeners, como la corriente máxima que puede circular a través de los zeners más la corriente que circula por L_3 , que hemos limitado al 80% de su valor máximo. A partir del dato de esa corriente, calculamos el voltaje V_i mediante:

$$V_i = -IR_1 - V_{Z1} - V_Y = -16.53V$$

Apartado e

La tensión de ruptura de los diodos LED entra en juego cuando los diodos se polarizan en inversa, por lo que nos fijaremos en el valor de la tensión que soporta L_3 para V_i positivas y en el valor de la tensión que soportan L_1 y L_2 para tensiones V_i negativas.

Para V_i positivas, la tensión que soporta L_3 va creciendo hasta que se encienden ambos LED (L_1 y L_2). Para esa condición tenemos:

$$V_{D,L3} = -V_{\gamma1} - V_{\gamma2}$$

Este valor no alcanza la tensión de ruptura del diodo L_3 .

Para V_i negativas, no hay circulación de corriente por R_2 por lo que para el diodo L_2 :

$$V_{D,L2} = 0$$

La tensión que soporta el diodo L_1 va creciendo, hasta que se enciende el diodo L_3 . Para esa condición tenemos:

$$V_{D,L1} = -V_{\gamma3}$$

Por lo tanto, para ninguno de los dos diodos se alcanza el valor de la tensión de ruptura.