

Cálculo do regulador-série com um transistor (M040)

A configuração mostrada na figura 1 é básica para um regulador de tensão tipo série usando um diodo zener como referência e um transistor para controlar a corrente de carga. As seguintes fórmulas são utilizadas para calcular os elementos deste circuito:

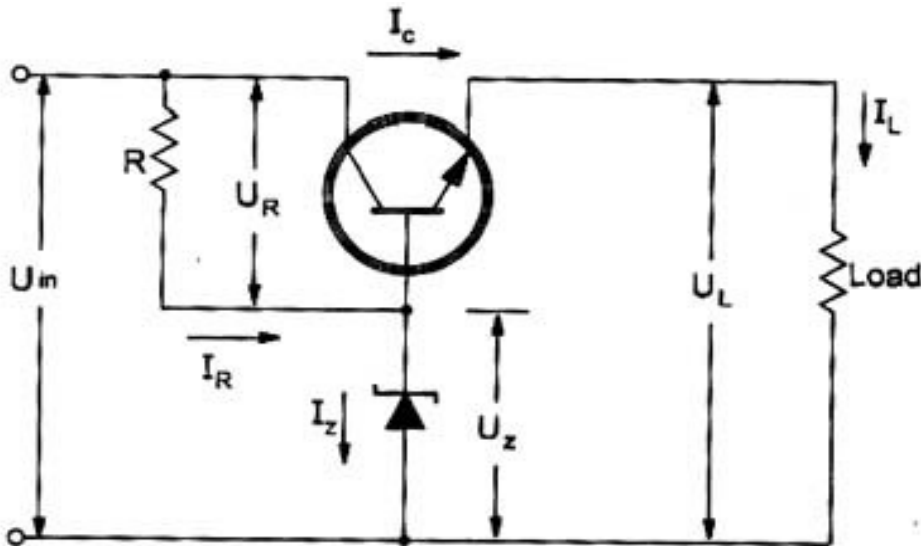


Figura 1

Ponto de Partida

Num projeto prático é importante partir de alguns parâmetros fixos e calcular os componentes a serem utilizados a partir deles. Os parâmetros fixos a serem usados nas fórmulas seguintes são:

Fixos:

U_L = tensão na saída (carga) em volts (V)

$U_{in(min)}$ = tensão mínima de entrada em volts (V)

$U_{in(max)}$ = tensão máxima de entrada em volts (V)

U_{in} = tensão de entrada(valor entre $U_{in(max)}$ e $U_{in(min)}$) - normalmente a variação da tensão de entrada adotada nos projetos é de **10%** em volts (V)

$I_z(min)$ = corrente mínima através do zener (indicada pelo fabricante) em amperes (A)

$I_{B(max)}$ = valor máximo da corrente de base (indicado pelo fabricante ou escolhido de acordo com o ganho do transistor como função da corrente de carga) em amperes (A)

Importante: $U_{in} > U_z$

Fórmula 1

Tensão na carga:

$$U_L = U_Z + U_{BE}$$

Onde: U_L é a tensão na carga em volts (V)

U_Z é a tensão do zener em volts (V)

U_{BE} é a queda de tensão na junção base-emissor do transistor (tipicamente 0,6 V para transistores de silício) em volts (V)

Formula 2

Tensão sobre R:

$$U_R = U_{in} - U_Z$$

Onde: U_R é a tensão sobre R em volts (V)

U_{in} é a tensão de entrada em volts (V)

U_Z é a tensão do zener em volts (V)

Obs: a tensão de entrada deve ser sempre maior do que a tensão do zener para operação correta. Uma diferença de pelo menos 3 V é recomendada nos projetos comuns.

Fórmula 3

$I_Z(\max)$:

$$I_Z(\max) = \left[\frac{U_{in(\max)} - U_Z}{U_{in(\min)} - U_Z} \right] \times (I_Z(\min) - I_B(\max))$$

Onde : $I_Z(\max)$ é a corrente máxima no diodo zener em amperes (A)

$U_{in(max)}$ é a tensão máxima de entrada em volts (V)

$U_{in(min)}$ é a tensão mínima de entrada em volts (V)

U_z é a tensão do zener em volts (V)

$I_z(min)$ é a corrente mínima no zener em amperes (A)

$I_B(max)$ é a corrente máxima na base do transistor em amperes (A)

Fórmula 4

$I_B(max)$

$$I_B(max) = \frac{I_c(max)}{\beta(min)}$$

Onde : $I_B(max)$ valor máximo da corrente de base em amperes (A)

$I_c(max)$ é a corrente máxima no coletor do transistor (corrente de carga) em amperes (A)

$\beta(min)$ é o ganho mínimo do transistor usado

Formula 5

Dissipação do Zener:

$$P_z = I_z(max) \times U_z$$

Onde : P_z é a potência mínima de dissipação do zener usado em watts (W)

$I_z(max)$ é a corrente máxima no diodo zener em amperes (A)

U_z é a tensão do zener em volts (V)

Fórmula 6

Calculando R:

$$R_{min} = \frac{U_{in(max)} - U_z}{I_z(max)}$$

and

$$R_{max} = \frac{U_{in(min)} - U_z}{I_B(max) + I_z(min)}$$

$$R_{min} < R < R_{max}$$

Onde: R é o resistor escolhido em ohms (?)

R_{min} é o valor mínimo de R em ohms (?)

R_{max} é o valor máximo de R em ohms (?)

U_{in(max)} é a tensão máxima de entrada em volts (V)

U_{in(min)} é a tensão mínima de entrada em volts (V)

U_z é a tensão do zener em volts (V)

I_{z(max)} é a corrente máxima no diodo zener em amperes (A)

I_{z (min)} é a corrente mínima no diodo zener em amperes (A)

I_{B(max)} é a corrente máxima de base no transistor em amperes (A)

Fórmula 7

Dissipação de R:

$$P = \frac{U_R^2}{R}$$

Onde : P é a potência dissipada em R em watts (W)

U_R é a tensão sobre R em volts (V)

R é a resistência em ohms (?)

Formula 8

Tensão mínima de entrada:

$$U_{in}(min) = U_z + R(I_z(min) + I_b(max))$$

Where: $U_{in}(min)$ é a tensão mínima de entrada em volts (V)

U_z é a tensão do zener em volts (V)

R é a resistência em ohms (?)

$I_z(min)$ é a corrente mínima no zener em amperes (A)

$I_b(max)$ é a corrente máxima na base do transistor em amperes (A)

Fórmula 9

Determinando o β do transistor:

$$\beta(min) = \frac{I_c(max)}{I_B(max)}$$

Onde: β (min) é o ganho mínimo do transistor usado

$I_c(max)$ é a corrente máxima no coletor do transistor (corrente de carga) em amperes (A)

$I_B(max)$ is the maximum base current in the transistor in amperes (A)

Exemplo de Aplicação:

Calcule os elementos práticos do circuito regulador de tensão da figura 2, partindo das informações dadas a seguir:

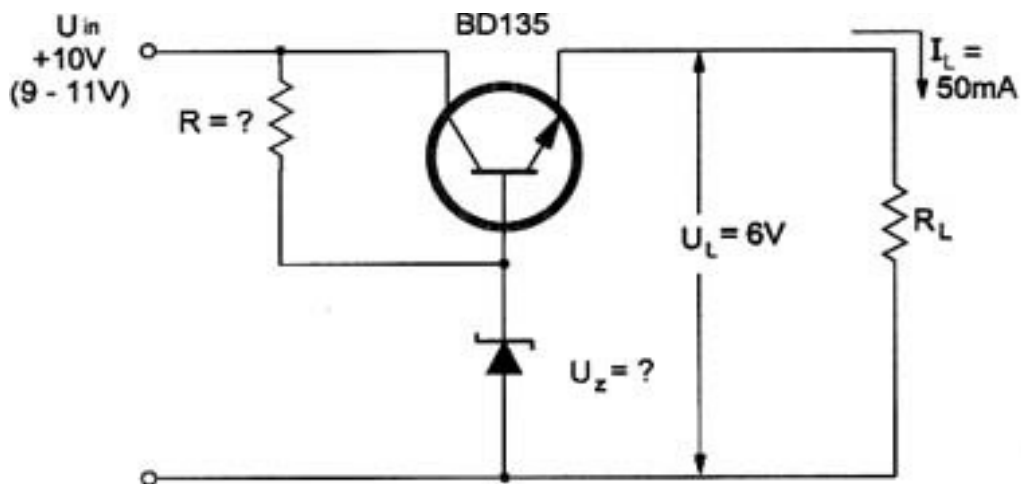


Figura 2

Dados: $U_{in} = 10 \text{ V}$ (10% de variação)

$U_{in(max)} = 11 \text{ V}$

$U_{in(min)} = 9 \text{ V}$

$U_L = 6 \text{ V}$

$I_L = 500 \text{ mA}$

Os parâmetros do zener serão fixados depois que a tensão for determinada.

Calculando U_z usando a fórmula 1:

$$U_z = U_{in} + 0.6 \text{ (vamos usar um transistor de silício)}$$

$$U_z = 10 - 3.4$$

$$U_z = 6.6 \text{ V}$$

(adotamos a tensão média de entrada)

Calculando U_R

$$U_R = U_{in} - U_z$$

$$U_R = 10 - 6.6$$

$$U_R = 3.4 \text{ V}$$

Determinando $I_z(max)$ usando a fórmula 4:

$$I_z(max) = \left[\frac{U_{in}(max) - U_z}{U_{in}(min) - U_z} \right] \times (I_z(min) + I_B(max))$$

$$I_z(max) = \left[\frac{11 - 6.6}{9 - 6.6} \right] \times (0.01 + 0.02)$$

$$I_z(max) = \frac{4.4}{2.4} \times 0.03 = 0.054 A$$

Calculando R: (fórmula 6)

$$R_{min} = \frac{11 - 6.6}{0.054}$$

$$R_{min} = \frac{4.4}{0.054} = 81.4 \Omega$$

$$R_{max} = \frac{9 - 6.6}{0.02 + 0.01}$$

$$R_{max} = \frac{3.4}{0.03} = 113 \Omega$$

$81.4 < R < 113$ ohms

Use um resistor de 100 Ω para R.

Determinando o β mínimo para o transistor (fórmula 9)

$$\beta(\min) = \frac{0.5}{0.02} = 25$$

Determinando a dissipação de potência de R: (fórmula 7)

$$P_R = \frac{(3.4)^2}{100} = 0.11W$$

O usado para U_R é $U_{in}(\max)$.

Um resistor de 1/4 ou 1/2 W pode ser usado num circuito prático.

Calculando a dissipação do diodo zener usando a fórmula 5:

$$P_Z = 6.6 \times 0.054 = 0.356W$$

Um diodo zener de 1/2 ou 1 W pode ser usado na prática

Fonte: <http://newtoncbraga.com.br/>