

6872 Fundamentos de Eletrônica

Aula 8: Aplicações do Transistor

Elvio J. Leonardo

Bacharelado em Ciência da Computação
Departamento de Informática
Universidade Estadual de Maringá

v. 2020

Roteiro

- ▶ Regulador de Tensão
- ▶ Fonte de Corrente

Regulador de Tensão

Mantém a tensão constante

- ▶ Recebe a tensão de entrada não-estabilizada e fornece tensão de saída estabilizada

- ▶ No circuito ao lado:

$$V_L = V_Z - V_{BE} \approx \text{constante}$$

VANTAGEM:

com um zener de menor potência, eu consigo tratar uma carga maior.

- ▶ Cálculo exato: *Se $I_Z > 10 \cdot I_{B \max}$ → Posso desconsiderar I_B .*

Note que $I_E = I_L = (\beta + 1)I_B$

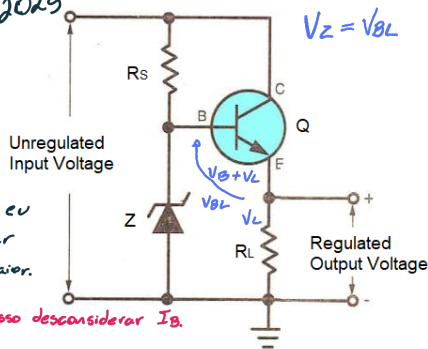
$$\frac{V_{in(max)} - V_Z}{I_{Z(max)} + I_{B(min)}} \leq R_S \leq \frac{V_{in(min)} - V_Z}{I_{Z(min)} + I_{B(max)}}$$

- ▶ Cálculo aproximado:

Supondo que $I_Z \gg I_B$, escolhe-se um valor de I_Z entre $I_{Z(min)}$ e $I_{Z(max)}$
Além disso, utiliza-se para V_{in} o valor médio entre $V_{in(min)}$ e $V_{in(max)}$

$$R_S \approx \frac{V_{in} - V_Z}{I_Z}$$

26/06/2025



DADO
 V_L, I_{Lmin}, I_{Lmax}



CALCULAR
 V_Z, i_Z, R_S

Quando escolher $i_Z \rightarrow \frac{i_{ZMAX} + i_{ZMIN}}{2}$

Uma corrente "no meio"
da região linear é mais
segura e mais recomendável

$$V_Z = V_L + V_{BE}$$

$$I_{Bmax} = \frac{I_{Lmax}}{\beta + 1}$$

escolher: $i_Z > 10 \cdot i_{Bmax}$

$$P_Z = i_Z \cdot V_Z$$

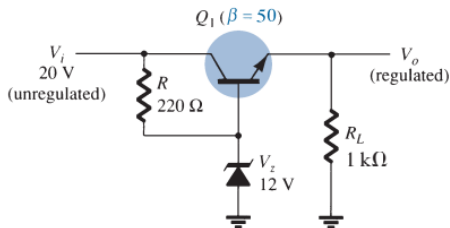
$$R_S = \frac{V_{in} - V_Z}{i_Z}$$

$\beta \rightarrow$ Coletor

$\beta + 1 \rightarrow$ Emissor

Exemplos

- [Boylestad pg. 816]
- $$V_o = V_Z - V_{BE} = 12 - 0,7 = 11,3 \text{ V}$$
- $$V_{CE} = V_i - V_o = 20 - 11,3 = 8,7 \text{ V}$$
- $$I_R = \frac{V_i - V_Z}{R} = \frac{20 - 12}{220} = 36,4 \text{ mA}$$
- $$I_L = \frac{V_o}{R_L} = \frac{11,3}{1\text{k}} = 11,3 \text{ mA}$$
- $$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} = \frac{11,3}{51} = 222 \text{ } \mu\text{A}$$
- $$I_Z = I_R - I_B = 36,4 - 222\mu = 36,2\text{mA}$$



- [Hetem pg. 79] A partir de uma fonte de tensão que fornece 7,5 V com um ripple de 2%, projetar um regulador que garanta 5 V na saída. Utilizar um diodo Zener cuja corrente seja $I_Z = 200 \text{ mA}$
- Utilizando cálculo aproximado (isto é, supondo $I_Z \gg I_B$)
- $$V_Z = V_L + V_{BE} = 5 + 0,7 = 5,7 \text{ V}$$
- $$R_S = \frac{V_I - V_Z}{I_Z} = \frac{7,5 - 5,7}{200\text{m}} = 9 \text{ } \Omega$$
- $$P_Z = V_Z I_Z = 5,7 \times 200\text{m} = 1,14 \text{ W}$$

Fonte de Corrente

Mantém a corrente constante

- ▶ Fornece valor de corrente constante à carga
- ▶ No circuito ao lado:

V_Z constante

V_{BE} constante

$V_E = V_Z - V_{BE} \approx \text{constante}$

$$V_E = V_Z - V_{BE} \approx \text{constante}, I_E = \frac{V_E}{R_E} \approx \text{constante},$$

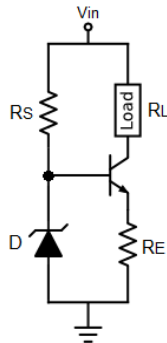
e portanto $I_L = I_C \approx I_E \approx \text{constante}$

- ▶ Escolher V_E : algum valor entre $2 \text{ V} \leq V_E \leq 30\% \times V_{in}$
 - ▶ Quanto maior V_E , mais estável o circuito
 - ▶ Quanto maior V_E , menor a faixa de valores permitidos para R_L
- ▶ Escolher um valor de I_Z entre $I_{Z(\min)}$ e $I_{Z(\max)}$
- ▶ Cálculo de R_S :
Note que $I_E = (\beta + 1)I_B$

$$R_S = \frac{V_{in} - V_Z}{I_Z + I_B} \approx \frac{V_{in} - V_Z}{I_Z}$$

- ▶ Cálculo da faixa permitida para R_L :

$$0 \leq R_L \leq \frac{V_{in} - V_{CE(\text{sat})} - V_E}{I_L}$$



Cálculo aproximado supõe $I_Z \gg I_B$

V_Z constante

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} \approx \text{constante}$$

V_{BE} constante

$$V_E = V_Z - V_{BE} \approx \text{constante}$$

$$I_E = I_L \approx I_E \approx \text{constante}$$

$V_E \uparrow$ GRANDE \rightarrow Pouca variação de R muda muito i

$3V < V_E < 5V \rightarrow$ "Sweet spot". Depende do valor do zener.

$V_E \downarrow$ PEQUENO \rightarrow Não sobra tensão pra carga R_L

$0 \leq R_L \leq R_{L\text{MÁX}}$ \rightarrow Transistor saturado (age como chave fechada)

\downarrow

$$V_{CE\text{sat}} = 0,2V$$

$$V_{CE} = V_{in} - V_{BE}$$
$$V_L = 0$$

Exemplo:

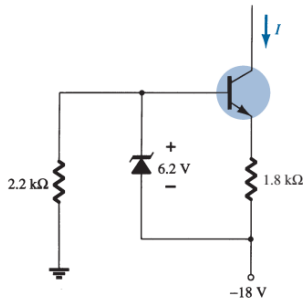
$$V_{L\text{max}} = V_{in} - V_{BE} - V_{CE\text{sat}}$$
$$= 20 - 6,5 - 0,2 = 13,3V$$

$$R_L \leq \frac{13,3V}{500mA} = 26,6\Omega$$

Para uma fonte de corrente, existe uma faixa limitada para R_L (pois, para manter aquela corrente i_L , apenas V_{in} é a tensão máxima disponível para V_L . Ela passa toda para V_L quando o transistor está em saturação)

Exemplos

- [Boylestad pg. 215] Calcule I
 $V_E = V_Z - V_{BE} = 6,2 - 0,7 = 5,5 \text{ V}$
 $I = \frac{V_E}{R_E} = \frac{5,5}{1,8\text{k}} = 3,06 \text{ mA}$



- [Hetem pg. 82] Calcular os resistores para uma fonte de corrente que forneça 0,5 A, sabendo-se que o Zener tem uma tensão $V_Z = 7,2 \text{ V}$, e que a fonte de tensão oferece $V_I = 20 \text{ V}$
 $V_E = V_Z - V_{BE} = 7,2 - 0,7 = 6,5 \text{ V}$
 $R_E = \frac{V_E}{I_E} = \frac{6,5}{0,5} = 13 \Omega$
 Supondo $\beta = 100$, $I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{0,5}{100} = 5 \mu\text{A}$
 Supondo $I_Z = 20 \text{ mA}$, temos $R_S = \frac{V_I - V_Z}{I_Z + I_B} \approx \frac{V_I - V_Z}{I_Z} = \frac{20 - 7,2}{20\text{m}} = 640 \Omega$
 $P_Z = V_Z I_Z = 7,2 \times 20\text{m} = 144 \text{ mW}$
 $R_L \leq \frac{V_I - V_{CE(sat)} - V_E}{I_L} = \frac{20 - 0,2 - 6,5}{0,5} = 26,6 \Omega$