

# FONTE AUXILIAR REGULADA A TRANSISTOR COM PROTEÇÃO DE CURTO-CIRCUITO

Fundação Universidade Federal de Rondônia  
Núcleo de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Elétrica - DEE  
Disciplina de Eletrônica I

## I. OBJETIVOS

- Dimensionar os componentes de uma fonte auxiliar regulada com proteção de curto-circuito.
- Uma vez conhecidos os valores dos componentes, simular o circuito completo no programa Multisim ou Proteus.
- Posteriormente, realizar a montagem do mesmo em laboratório.

## II. INTRODUÇÃO

Numa prática anterior, analisamos um tipo de circuito regulador de tensão que consegue manter a tensão de saída estável para uma faixa de correntes na carga. Vimos que essa faixa é relativamente pequena, pois uma corrente muito elevada na carga fatalmente levaria o diodo Zener a sair fora da região de regulação, isto é, com  $I_Z < I_{Zmin}$ .

Para melhorar a desempenho do regulador de tensão, ou seja, para ampliar a faixa de correntes na carga, pode-se utilizar um transistor que, conforme já vimos, é basicamente um amplificador de corrente.

### A. Regulador Série a Transistor

O circuito regulador de tensão a transistor que analisaremos denomina-se *regulador série a transistor*, pois os terminais coletor e emissor do transistor estão em série com a carga, uma vez que por eles passa a corrente que segue para a carga.

O princípio de funcionamento é simples. O diodo Zener tem a função de criar uma referência de tensão estabilizada ( $V_Z$ ), mas em vez de controlar diretamente a corrente na carga, ele gera uma corrente de base muito menor ( $I_B$ ) que controla a corrente de coletor ( $I_C$ ), cuja ordem de grandeza é muito maior. Como  $I_C \cong I_E$ , a corrente de coletor corresponde à corrente na carga ( $I_L$ ).

A figura 1 mostra o circuito do regulador série.

Note que a carga não mais se encontra em paralelo com o diodo Zener, mas em série com o elemento de controle, ou seja, o transistor.

Na malha de saída do circuito, temos:

$$V_L = V_Z - V_{BE} \quad (1)$$

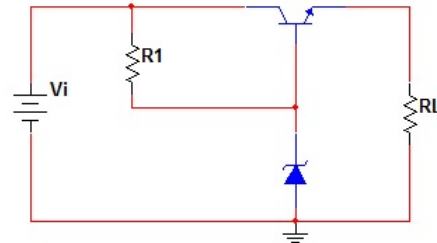


Figura 1. Regulador série a transistor.

Como  $V_{BE}$  é praticamente constante ( $V_{BE} \cong 0,6V$ ), o mesmo ocorrendo com  $V_Z$ , a tensão na carga  $V_L$  também é praticamente constante, só que  $0,6V$  menor que  $V_Z$ .

Na malha de entrada do circuito temos:

$$V_i = V_R + V_Z \quad (2)$$

Mas:  $V_R = V_{CB}$ , logo:

$$V_i = V_{CB} + V_Z \quad (3)$$

Ainda no transistor, temos:

$$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE} \quad (4)$$

Finalmente, na malha externa obtemos:

$$V_L = V_i - V_{CE} \quad (5)$$

Vamos agora analisar o comportamento de circuito regulador por meio dessas expressões.

Se a tensão de entrada  $V_i$  aumentar,  $V_{CB}$  também aumenta, pois  $V_Z$  é constante, conforme a expressão (3). Pela expressão (4), sendo  $V_{BE}$  constante, o aumento de  $V_{CB}$  causa o aumento de  $V_{CE}$ . Agora, pela expressão (5), o aumento de  $V_i$  é acompanhado do aumento de  $V_{CE}$ , de modo que a diferença entre eles, que é a tensão na carga  $V_L$ , permanece constante.

O mesmo raciocínio no caso de a tensão de entrada  $V_i$  diminuir, ou seja, a tensão na carga  $V_L$  permanece constante.

**Mínima tensão de entrada admissível:** Há uma tensão de entrada mínima para a qual o circuito não perde as características de regulação. Nesse caso, a corrente  $I_R$  é mínima. Substituindo  $V_{Rmin} = R \cdot I_{Rmin}$  na expressão (2), temos:

$$V_{imin} = V_{Rmin} + V_Z \Rightarrow V_{imin} = R \cdot I_{Rmin} + V_Z$$

Mas  $I_{Rmin} = I_Z + I_{Bmax}$ , de modo que a expressão anterior fica:

$$V_{imin} = R \cdot (I_{Zmin} + I_{Bmax}) + V_Z$$

$$\Rightarrow I_{Zmin} + I_{Bmax} = \frac{V_{imin} - V_Z}{R} \quad (6)$$

**Máxima tensão de entrada admissível:** Há também um valor máximo de tensão de entrada, acima do qual o circuito perde as suas características de regulação, tendo como principal consequência o dano do diodo Zener. A expressão que relaciona as grandezas envolvidas é:

$$V_{imax} = R \cdot (I_{Zmax} + I_{Bmin}) + V_Z$$

Mas, na pior condição,  $R_L = \infty$  (circuito aberto) e, portanto,  $I_{Bmin} = 0$ . Assim:

$$V_{imax} = R \cdot I_{Zmax} + V_Z \Rightarrow I_{Zmax} = \frac{V_{imax} - V_Z}{R} \quad (7)$$

**Dimensionamento do diodo zener:** A escolha do diodo Zener deve ser feita a partir das características do projeto, de modo que o  $I_{Zmax}$  nominal seja maior do que o  $I_{Zmax}$  calculado para o circuito.

Dividindo a expressão (6) pela (7), chegamos a:

$$\frac{I_{Zmin} + I_{Bmax}}{I_{Zmax}} = \frac{V_{imin} - V_Z}{V_{imax} - V_Z}$$

$$\Rightarrow I_{Zmax} = (I_{Zmin} + I_{Bmax}) \cdot \frac{V_{imax} - V_Z}{V_{imin} - V_Z} \quad (8)$$

em que:

$$I_{Bmax} = \frac{I_{Cmax}}{h_{FEmin}} \text{ e } I_{Cmax} \cong I_{Emax} = I_{Lmax}$$

**Dimensionamento do transistor:** O transistor a ser escolhido deve apresentar as seguintes características:

$$BV_{CBO} > V_{imax}$$

$$I_{Cmax} > I_{Lmax}$$

$$P_{Cmax} > (V_{imax} - V_L) \cdot I_{Cmax}$$

**Dimensionamento do resistor R:** Após a escolha do transistor e do diodo Zener, deve-se dimensionar o resistor de

polarização R usando as mesmas condições críticas do circuito para garantir a estabilização da tensão.

Da expressão (6) obtemos o valor máximo de R para a tensão mínima de entrada:

$$I_{Zmin} + I_{Bmax} = \frac{V_{imin} - V_Z}{R} \Rightarrow R < \frac{V_{imin} - V_Z}{I_{Zmin} + I_{Bmax}} \quad (9)$$

Da expressão (7) obtemos o valor mínimo de R para a tensão máxima de entrada, considerando a pior condição de carga, isto é,  $R_L = \infty$  (circuito aberto):

$$I_{Zmax} = \frac{V_{imax} - V_Z}{R} \Rightarrow R > \frac{V_{imax} - V_Z}{I_{Zmax}} \quad (10)$$

Nesta última fórmula, deve-se usar o  $I_{Zmax}$  nominal do diodo Zener, e não o  $I_{Zmax}$  calculado, para resultar uma faixa de valores possíveis de R mais ampla.

O resistor R escolhido deve ter uma potência nominal maior do que a maior potência que ele dissipa no circuito. No caso mais crítico, tem-se:

$$P > (V_{imax} - V_Z)^2 \cdot R$$

### III. MATERIAIS UTILIZADOS

- Multímetro digital ICCEL MD - 6601;
- Gerador de Tensão DC Instrutherm FA - 3030;
- Transistor BC337;
- Resistores;
- Diodo Zener 1N4744;
- Potenciômetro;
- Protoboard;

### IV. PARTE EXPERIMENTAL

#### A. Primeiro passo

Projetando uma fonte auxiliar regulada a transistor com proteção de curto-circuito:

- a) Monte o circuito da figura 2. Adapte os valores dos resistores para valores comerciais.

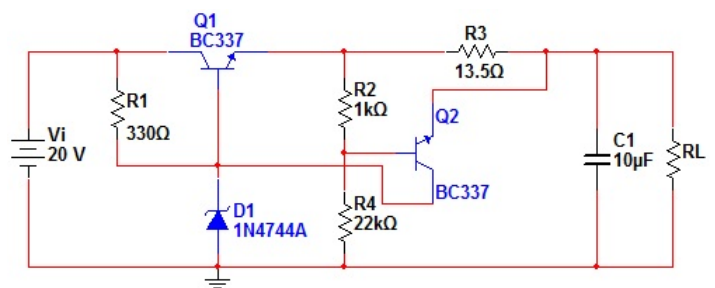


Figura 2. Circuito da fonte auxiliar.

- b) Varie a corrente de saída de 0mA a 100mA.  
c) Com os dados obtidos, levante a curva da tensão de saída em função da corrente de saída.

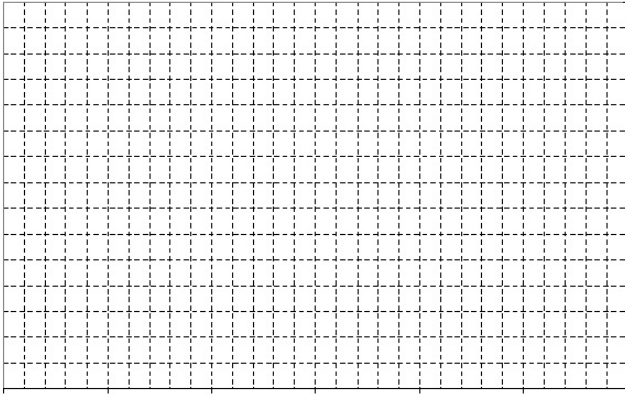


Figura 3. Curva característica.

### B. Segundo passo

Simulando o circuito:

- a) Simule o circuito anterior utilizando o Multisim ou o Proteus.
- b) Levante a curva da tensão de saída em função da corrente de saída.

### C. Terceiro passo

Análises e comparações:

- a) Analise o circuito e diga porque foram utilizados aqueles determinandos componentes.
- b) Explique o funcionamento da parte do circuito que corresponde a proteção contra curto-circuito.
- c) Por fim, compare os dados práticos com os simulados e realize uma conclusão.

### REFERÊNCIAS

- [1] CRUZ, Eduardo Cesar Alves; CHOUERI JÚNIOR, Salomão. Eletrônica Aplicada, 1ª edição. São Paulo: Érica, 2007.