



GRADUAÇÃO PRESENCIAL
1º semestre- 2015

Eletrônica Analógica II
Eng^a Controle e Automação – 6º/ 7º
semestres

Profº. Ms.Cristiano Malheiro

cmalheiro@anhanguera.com

<http://cristianotm.wix.com/notasdeaula>

1



Aula 11

Reguladores de Tensão a Transistor

O regulador a diodo zener possui limitação de corrente na regulação ($I_{zmáx}$ e I_{zmin}).

Para melhorar o 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.



Aula 11

Reguladores 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 4.11 mostra o circuito do regulador série.

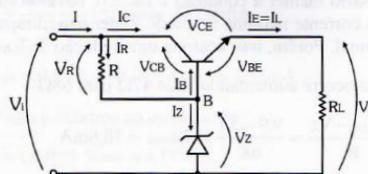


Figura 4.11 - Regulador série a transistor.

3

kroton
paixão por educar



Aula 11

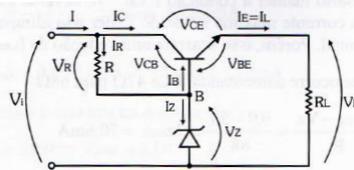


Figura 4.11 - Regulador série a transistor.

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

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: $V_i = V_R + V_Z$ (2)

Mas $V_R = V_{CB}$, logo: $V_i = V_{CB} + V_Z$ (3)

Ainda no transistor, temos: $V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$ (4)

Finalmente, na malha externa obtemos: $V_L = V_i - V_{CE}$ (5)

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

4

kroton
paixão por educar



Aula 11

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 em 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 se aplica 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 - V_{imin}

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

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

5



Aula 11

Máxima Tensão de Entrada Admissível - V_{imax}

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:

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

6



Aula 11

Dimensionamento do Diodo Zener

A escolha do diodo Zener deve ser feita a partir das características do projeto, de modo que o $I_{Zm\acute{a}x}$ nominal seja maior do que o $I_{Zm\acute{a}x}$ calculado para o circuito.

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

$$\frac{I_{Zm\acute{i}n} + I_{Bm\acute{a}x}}{I_{Zm\acute{a}x}} = \frac{V_{im\acute{i}n} - V_Z}{V_{im\acute{a}x} - V_Z} \Rightarrow \boxed{I_{Zm\acute{a}x} = (I_{Zm\acute{i}n} + I_{Bm\acute{a}x}) \cdot \frac{V_{im\acute{a}x} - V_Z}{V_{im\acute{i}n} - V_Z}}$$

em que $I_{Bm\acute{a}x} = \frac{I_{Cm\acute{a}x}}{h_{FEm\acute{i}n}}$ e $I_{Cm\acute{a}x} \cong I_{Em\acute{a}x} = I_{Lm\acute{a}x}$

7



Aula 11

Dimensionamento do Transistor

O transistor a ser escolhido deve apresentar as seguintes características:

$$BV_{CBO} > V_{im\acute{a}x}$$

$$I_{Cm\acute{a}x} > I_{Lm\acute{a}x}$$

$$P_{Cm\acute{a}x} > (V_{im\acute{a}x} - V_L) \cdot I_{Cm\acute{a}x}$$

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:

$$I_{Zm\acute{i}n} + I_{Bm\acute{a}x} = \frac{V_{im\acute{i}n} - V_Z}{R} \Rightarrow \boxed{R < \frac{V_{im\acute{i}n} - V_Z}{I_{Zm\acute{i}n} + I_{Bm\acute{a}x}}}$$

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):

$$I_{Zm\acute{a}x} = \frac{V_{im\acute{a}x} - V_Z}{R} \Rightarrow \boxed{R > \frac{V_{im\acute{a}x} - V_Z}{I_{Zm\acute{a}x}}}$$

8



Aula 11

Tensão de Ruptura entre Coletor e Base com Emissor Aberto - BV_{CBO}

Já vimos que no transistor a junção coletor-base deve estar reversamente polarizada.

É necessário garantir que essa tensão reversa não seja maior que a especificação BV_{CBO} ; caso contrário, ela pode provocar a ruptura (*breakdown*) da junção.

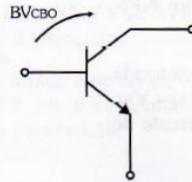


Figura 3.11 - Tensão de ruptura BV_{CBO} .

Potência Máxima ($P_{CM\acute{a}x}$)

É a potência contínua máxima de coletor que o transistor pode dissipar durante o seu funcionamento para que ele opere com segurança.

O fato do transistor operar com $I_C < I_{Cm\acute{a}x}$ não é garantia de que ele esteja protegido. É necessário também verificar que $P_C > P_{Cm\acute{a}x}$.

9



Aula 11

Nesta última fórmula, deve-se usar o $I_{Zm\acute{a}x}$ nominal do diodo Zener, e não o $I_{Zm\acute{a}x}$ 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:

$$P > \frac{(V_{im\acute{a}x} - V_Z)^2}{R}$$

Exercício Resolvido

Projete um circuito regulador série a transistor com as seguintes características:

- $V_L = 5V$
- $I_{Lm\acute{a}x} = 2A$
- $V_i = 12V \pm 10\%$

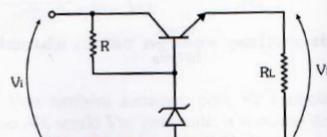


Figura 4.12 - Regulador série a transistor.

10



Aula 11

As tensões mínima e máxima na entrada são:

$$V_{\text{mín}} = 0,9.V_i = 0,9.12 \Rightarrow V_{\text{mín}} = 10,8\text{V}$$

$$V_{\text{máx}} = 1,1.V_i = 1,1.12 \Rightarrow V_{\text{máx}} = 13,2\text{V}$$

Especificações do transistor TIP31:

- $BV_{\text{CBO}} = 80\text{V}$
- $P_{\text{Cmáx}} = 65\text{W}$
- $I_{\text{Cmáx}} = 3\text{A}$
- $h_{\text{FEmin}} = 30$

Verifique a potência a ser dissipada pelo transistor em função das condições impostas pelo projeto.

$$P_{\text{Cmáx}} = (V_{\text{máx}} - V_L).I_{\text{Cmáx}} \Rightarrow P_{\text{Cmáx}} = (13,2 - 5).2 \Rightarrow P_{\text{Cmáx}} = 16,4\text{W}$$

Assim, nenhuma das três especificações máximas do transistor é ultrapassada:

$$BV_{\text{CBO}} > V_{\text{máx}} \Rightarrow BV_{\text{CBO}} > 13,2\text{V} \quad (\text{no transistor: } BV_{\text{CBO}} = 80\text{V})$$

$$I_{\text{Cmáx}} > I_{\text{Lmáx}} \Rightarrow I_{\text{Cmáx}} > 2\text{A} \quad (\text{no transistor: } I_{\text{Cmáx}} = 3\text{A})$$

$$P_{\text{Cmáx}} > 16,4\text{W} \quad (\text{no transistor: } P_{\text{Cmáx}} = 65\text{W})$$

11

kroton
paixão por educar



Aula 11

Portanto, o transistor escolhido pode ser utilizado.

Especificações do diodo Zener BZX79-C5V6:

- $V_Z = 5,6\text{V}$
- $P_{\text{Zmáx}} = 400\text{mW}$

Foi escolhido um diodo com $V_Z = 5,6\text{V}$, pois de acordo com a expressão (1), a tensão de saída é $0,6\text{V}$ menor do que V_Z , ou seja, $V_L = V_Z - V_{\text{BE}} = 5,6 - 0,6 = 5\text{V}$.

Verifique a corrente máxima que o diodo Zener conduz no circuito para saber se ela é menor do que $I_{\text{Zmáx}}$ fornecido pelo fabricante. Para essa análise, calcule antes $I_{\text{Zmáx}}$ e $I_{\text{Zmín}}$ do diodo Zener e $I_{\text{Bmáx}}$ do transistor.

Sabendo-se que $I_{\text{Cmáx}} \cong I_{\text{Lmáx}}$, tem-se:

$$I_{\text{Bmáx}} = \frac{I_{\text{Cmáx}}}{h_{\text{FEmin}}} = \frac{2}{30} \Rightarrow I_{\text{Bmáx}} = 66,7\text{mA}$$

$$I_{\text{Zmáx}} = \frac{P_{\text{Zmáx}}}{V_Z} = \frac{400 \cdot 10^{-3}}{5,6} \Rightarrow I_{\text{Zmáx}} = 71,4\text{mA}$$

12

kroton
paixão por educar



Aula 11

$$I_{Z\min} = 0,1 \cdot I_{Z\max} = 0,1 \cdot 71,4 \cdot 10^{-3} \Rightarrow I_{Z\min} = 7,14 \text{mA}$$

Portanto, a corrente $I_{Z\max}$ do circuito é:

$$I_{Z\max} = (I_{Z\min} + I_{B\max}) \cdot \frac{V_{\text{imáx}} - V_Z}{V_{\text{imin}} - V_Z} = (7,14 \cdot 10^{-3} + 66,7 \cdot 10^{-3}) \cdot \frac{13,2 - 5,6}{10,8 - 5,6} \Rightarrow$$

$$I_{Z\max} = 107,8 \text{mA}$$

Como se vê, o diodo Zener escolhido não pode ser utilizado, pois a sua máxima corrente (71,4mA) é inferior à máxima corrente que ele pode conduzir no circuito (107,8mA).

Veja, então, como se comporta o diodo 1N4734, cujas especificações são as seguintes:

- $V_Z = 5,6 \text{V}$
- $P_{Z\max} = 1000 \text{mW}$

Neste caso, $I_{Z\max}$ e $I_{Z\min}$ do diodo Zener valem:

$$I_{Z\max} = \frac{P_{Z\max}}{V_Z} = \frac{1000 \cdot 10^{-3}}{5,6} \Rightarrow I_{Z\max} = 178,6 \text{mA}$$

13



Aula 11

$$I_{Z\min} = 0,1 \cdot I_{Z\max} = 0,1 \cdot 178,6 \cdot 10^{-3} \Rightarrow I_{Z\min} = 17,86 \text{mA}$$

Portanto, a corrente $I_{Z\max}$ do circuito é:

$$I_{Z\max} = (I_{Z\min} + I_{B\max}) \cdot \frac{V_{\text{imáx}} - V_Z}{V_{\text{imin}} - V_Z} = (17,86 \cdot 10^{-3} + 66,7 \cdot 10^{-3}) \cdot \frac{13,2 - 5,6}{10,8 - 5,6} \Rightarrow$$

$$I_{Z\max} = 123,4 \text{mA}$$

Assim, o diodo 1N4754 pode ser utilizado, pois $123,4 \text{mA} < 178,6 \text{mA}$.

Por fim, calcule a faixa de valores para o resistor R.

$$R < \frac{V_{\text{imin}} - V_Z}{I_{Z\min} + I_{B\max}} \Rightarrow R < \frac{10,8 - 5,6}{17,86 \cdot 10^{-3} + 66,7 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow R < 61,5 \Omega$$

14



Aula 11

$$R > \frac{V_{im\acute{a}x} - V_Z}{I_{Zm\acute{a}x}} \Rightarrow R > \frac{13,2 - 5,6}{178,6 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow R > 42,6\Omega$$

Adote $R = 47\Omega$.

Calcule agora a potência máxima dissipada pelo resistor no circuito:

$$P > \frac{(V_{im\acute{a}x} - V_Z)^2}{R} \Rightarrow P > \frac{(13,2 - 5,6)^2}{47} \Rightarrow P > 1,22W$$

Portanto, R escolhido é $R = 47\Omega \times 2W$

Lembre-se de que, para a implementação desse circuito, é importante verificar a necessidade de colocação de dissipador de calor no transistor (veja o capítulo 3, tópico 3.6)

15

kroton
paixão por educar



Aula 11

4.4.4. Fonte de Alimentação Simétrica

A fonte de alimentação apresentada na Figura 4.17 utiliza dois reguladores série, sendo um com transistor NPN e outro com transistor PNP, de modo que a saída fornece uma tensão positiva (+Vcc) e outra negativa (-Vcc) em relação ao terminal comum (terra).

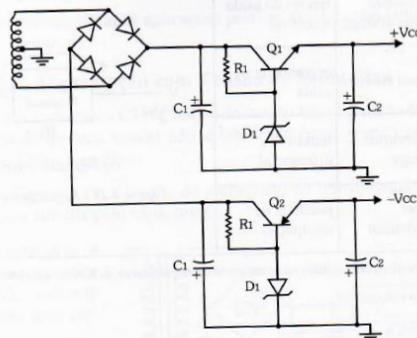


Figura 4.17 - Fonte de alimentação simétrica.

Como sugestão, deve-se adotar $C_2 \geq 100 \mu F$.

16

kroton
paixão por educar



Aula 11

4.5. Regulador de Tensão em Circuito Integrado

Existem diversos tipos de reguladores de tensão fabricados em circuito integrado. A maioria possui internamente um circuito limitador de corrente. Outros possuem também um circuito de proteção contra sobrecarga térmica ou sobrecarga de potência, desligando o circuito quando a temperatura interna atinge o seu limite.

Destacam-se como vantagens dos CIs reguladores de tensão: menor tamanho, menor custo, alta confiabilidade e alta durabilidade.

O CI regulador de tensão fornece na saída uma tensão fixa a partir de uma tensão de entrada não regulada, que pode ser positiva ou negativa. Existe também o regulador cuja tensão de saída pode ser ajustada por um circuito externo.

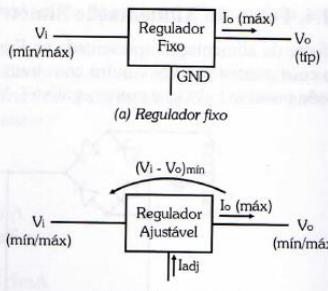
17



 paixão por educar


Aula 11

Os CIs reguladores de tensão mais simples têm apenas três terminais. A tabela seguinte mostra as principais especificações desses CIs.

Especificação		Descrição	Símbolos
V_i (mín / máx)	<i>input voltage range</i>	faixa de tensão de entrada	 <p>(a) Regulador fixo</p> <p>(b) Regulador ajustável</p> <p>Figura 4.18 - Reguladores de tensão.</p>
V_o (típ)	<i>fixed output voltage</i>	tensão de saída fixa	
(*) V_o (mín / máx)	<i>adjustable output voltage</i>	tensão de saída ajustável	
I_o (máx)	<i>output current</i>	corrente de saída	
(*) $V_i - V_o$ (mín)	<i>differential voltage</i>	tensão diferencial	
PD (máx)	<i>power dissipation</i>	potência de dissipação	

* Especificações válidas somente para os reguladores de tensão ajustáveis.



 paixão por educar



Aula 11

A tabela seguinte mostra alguns tipos de CIs reguladores de tensão comerciais, bem como as suas principais características e especificações.

Código	Características	Especificações
7805	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regulador positivo ▪ Tensão fixa ▪ Alta corrente 	$V_o = 5 \text{ V}$ (típ) $V_i = 8 \text{ a } 35 \text{ V}$ (mín/ máx) $I_o = 1,5 \text{ A}$ (máx)
78L12	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regulador positivo ▪ Tensão fixa ▪ Baixa corrente 	$V_o = 12 \text{ V}$ (típ) $V_i = 13,7 \text{ a } 35 \text{ V}$ (mín/ máx) $I_o = 100 \text{ mA}$ (máx)
79L12	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regulador negativo ▪ Tensão fixa ▪ Baixa corrente 	$V_o = -12 \text{ V}$ (típ) $V_i = -13,7 \text{ a } -35 \text{ V}$ (mín/máx) $I_o = 100 \text{ mA}$ (máx)
LM 317M	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tensão ajustável ▪ Média corrente 	$V_o = 1,2 \text{ a } 37 \text{ V}$ (mín/ máx) $V_i = 5 \text{ a } 40 \text{ V}$ (mín/ máx) $I_o = 500 \text{ mA}$ (máx) $V_i - V_o = 3,0 \text{ V}$ (mín) PD = limitada internamente

Um mesmo regulador de tensão integrado é fabricado com diferentes encapsulamentos (plástico, cerâmico ou metálico), dependendo da corrente máxima de saída e com diferentes tipos de conexão (soquete *dual-in-line* ou solda direta).

17



Aula 11

4.5.1. Fonte de Alimentação com Tensão de Saída Fixa

A aplicação mais comum do CI regulador de tensão fixo é para a obtenção de tensões constantes a partir de uma tensão não estabilizada (com *ripple*) proveniente de um retificador com filtro capacitivo.

No circuito da Figura 4.19, a tensão do secundário do transformador é retificada pela ponte de diodos e filtrada pelo capacitor C_1 .

O regulador estabiliza a tensão de saída no valor fixo $V_L = V_o$, podendo fornecer à carga uma corrente $I_L \leq I_{omáx}$.

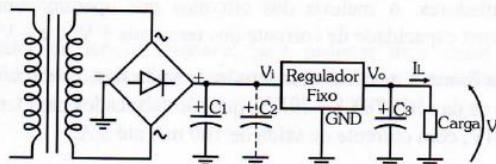


Figura 4.19 - Fonte de alimentação com tensão de saída fixa.

20



Aula 11

Caso o regulador de tensão esteja distante do capacitor de filtro C_1 , os fabricantes aconselham a ligação de um outro capacitor próximo ao terminal de entrada do circuito integrado (C_2), para evitar que ondulações surgidas nos condutores prejudiquem o seu desempenho.

O capacitor C_3 tem a função de filtro, sendo exigido em alguns CIs, dependendo da aplicação e do tipo de carga que é alimentada.

Os valores desses capacitores são fornecidos nos manuais dos fabricantes em função da aplicação, estando entre $1\mu\text{F}$ e $2,2\mu\text{F}$ para a maioria dos CIs.

21

kroton
paixão por educar



Aula 11

4.5.2. Fonte de Alimentação Simétrica

O circuito da Figura 4.20 mostra uma fonte de alimentação simétrica usando um par de reguladores de tensão integrados (positivo / negativo).

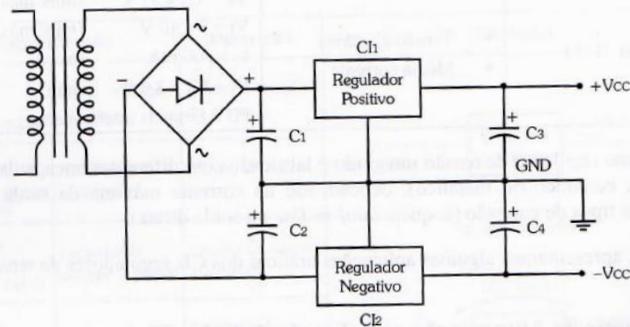


Figura 4.20 - Fonte de alimentação simétrica.

22

kroton
paixão por educar

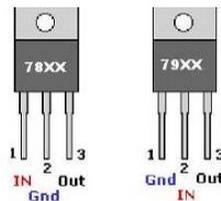


Aula 11

O funcionamento do circuito é semelhante ao anterior, com a diferença de que o CI1 estabiliza as variações positivas do retificador, enquanto o CI2 estabiliza as variações negativas.

O único cuidado que deve ser tomado é em relação à capacidade de corrente dos dois reguladores. A maioria dos circuitos que operam com tensões simétricas exige a mesma capacidade de corrente dos terminais + VCC e - VCC da fonte de alimentação.

Para fontes simétricas com tensão de saída fixa, os circuitos integrados mais utilizados são os da série 78XX / 79XX, que são fabricados para tensões de saída desde $\pm 2V$ até $\pm 24V$, com corrente de saída de 100 mA até 3 A.



23

kroton
paixão por educar



Aula 11

4.5.3. Fonte de Alimentação Ajustável

Uma fonte de alimentação com tensão de saída ajustável, feita com regulador de tensão integrado de três terminais, é extremamente simples e segura.

O circuito da Figura 4.21 mostra um exemplo que utiliza o regulador de tensão LM317.

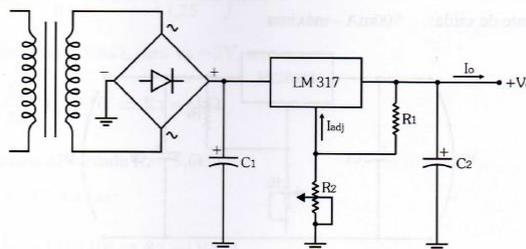


Figura 4.21 - Fonte de alimentação com saída ajustável com o LM317.

O primeiro ponto a ser considerado no projeto é que esse circuito integrado só mantém a tensão de saída regulada se a tensão diferencial for maior ou igual à especificada pelo manual do fabricante, por exemplo, $V_i - V_o \geq 3,0 V$, para o LM317M.

24

kroton
paixão por educar



Aula 11

O primeiro ponto a ser considerado no projeto é que esse circuito integrado só mantém a tensão de saída regulada se a tensão diferencial for maior ou igual à especificada pelo manual do fabricante, por exemplo, $V_i - V_o \geq 3,0 \text{ V}$, para o LM317M.

Os manuais de circuitos integrados lineares fornecem, para cada tipo de regulador de tensão ajustável, as expressões necessárias para o projeto de fontes de alimentação.

No caso do LM317, a principal expressão é a que relaciona a tensão de saída em função dos resistores externos, conforme segue:

$$V_o = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{adj} \cdot R_2$$

O termo $I_{adj} \cdot R_2$ nesta expressão pode ser desprezado quando desejamos projetar uma fonte de alimentação ajustável por um controle externo (fonte para laboratório), já que R_2 é substituído por um potenciômetro.

Quando utilizamos o regulador de tensão ajustável para projetar uma fonte de alimentação fixa e de precisão, este termo deve ser considerado, pois ele define a tolerância da tensão de saída.

25



Aula 11

Exercício Resolvido

Projete uma fonte de alimentação variável usando o LM317M com as seguintes especificações:

- Tensão de entrada: $20\text{V} \pm 10\%$
- Tensão de saída: 2 a 15 V - estabilizada e ajustável
- Corrente de saída: 500mA - máxima

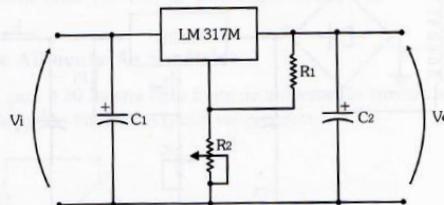


Figura 4.22 - Fonte de alimentação com saída ajustável LM317M.

Inicialmente é preciso verificar se a tensão de entrada atende às especificações dadas pelo fabricante do LM317M, ou seja, $V_i - V_o \geq 3,0 \text{ V}$ e $V_i \leq 40 \text{ V}$.

26



Aula 11

Inicialmente é preciso verificar se a tensão de entrada atende às especificações dadas pelo fabricante do LM317M, ou seja, $V_i - V_o \geq 3,0 \text{ V}$ e $V_i \leq 40 \text{ V}$.

As tensões mínima e máxima na entrada são:

$$V_{\text{mín}} = 0,9 \cdot V_i = 0,9 \cdot 20 \Rightarrow V_{\text{mín}} = 18 \text{ V}$$

$$V_{\text{máx}} = 1,1 \cdot V_i = 1,1 \cdot 20 \Rightarrow V_{\text{máx}} = 22 \text{ V}$$

Assim, as tensões de entrada atendem às especificações do circuito.

27



Aula 11

Cálculo de R₁ e R₂

Como R₂ é formado por um potenciômetro para ajuste da tensão de saída mínima e máxima, adote um valor para R₁ e calcule o valor mínimo e máximo de R₂, utilizando a fórmula simplificada de V_o.

$$V_o = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \Rightarrow R_2 = \left(\frac{V_o}{1,25} - 1 \right) \cdot R_1$$

Adotando-se R₁ = 10kΩ, para V_o = 2V, tem-se:

$$R_2 = \left(\frac{2}{1,25} - 1 \right) \cdot 10 \cdot 10^3 \Rightarrow R_2 = 6 \text{ k}\Omega$$

Valor comercial adotado R₂ = 5,6kΩ

Para V_o = 15V, tem-se:

$$R_2 = \left(\frac{15}{1,25} - 1 \right) \cdot 10 \cdot 10^3 \Rightarrow R_2 = 110 \text{ k}\Omega$$

28



Aula 11

Portanto, R_2 é formado por um resistor de $5,6k\Omega$ em série com um potenciômetro de $100k\Omega$, como indica a Figura 4.23.

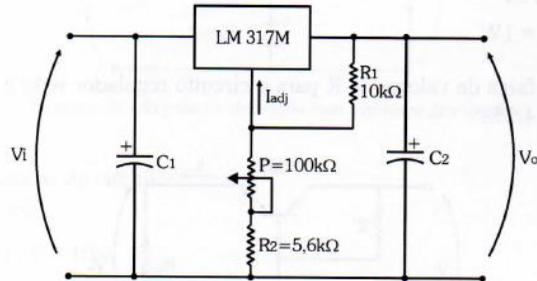


Figura 4.23 - Fonte de alimentação com saída ajustável de 2 a 15V.

29

kroton
paixão por educar



kroton
paixão por educar

Bibliografia desta aula:

1. CRUZ, E. C.: Eletônica Aplicada. 2ª ed. São Paulo: Editora Érica, 2013.
2. <http://www.feng.pucrs.br/~fdosreis/ftp/elobasicem/Aulas%202006%20II/Aula10/Transistor.pdf>

30

