

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina  
Campus Florianópolis  
Curso Superior de Engenharia Eletrônica  
Eletrônica I

## FONTE DE TENSÃO LINEAR SIMÉTRICA

Bruno Eduardo Ferreira  
Alexsandro Gehlen

Florianópolis, 06 de julho de 2015.

Utilizando um transformador para reduzir a tensão da rede em cerca de 12V, seguido por uma ponte completa que retifica a onda de entrada em paralelo com o filtro puramente capacitivo para que a tensão decresça linearmente.

Para a saída do transformador foi realizado o seguinte cálculo:

$$V_p = 12 \cdot \sqrt{2} = 16,97V$$

Considerando a queda de tensão sobre 2 diodos da ponte retificadora, a tensão para o restante do circuito é expressa por:

$$V_p - 1,4 = 16,97 - 1,4 = 15,57V$$

O filtro capacitivo foi calculado conforme segue:

$$\frac{V_o}{2fRC} = V_r$$
$$C = \frac{1}{2.60.0,2} = 830\mu F$$

Neste caso, por não existir um capacitor comercial com o valor calculado, foi utilizado um capacitor de 1000 $\mu$ F.

Na sequência foi inserido um circuito regulador tipo série conforme a Figura 1 a seguir:

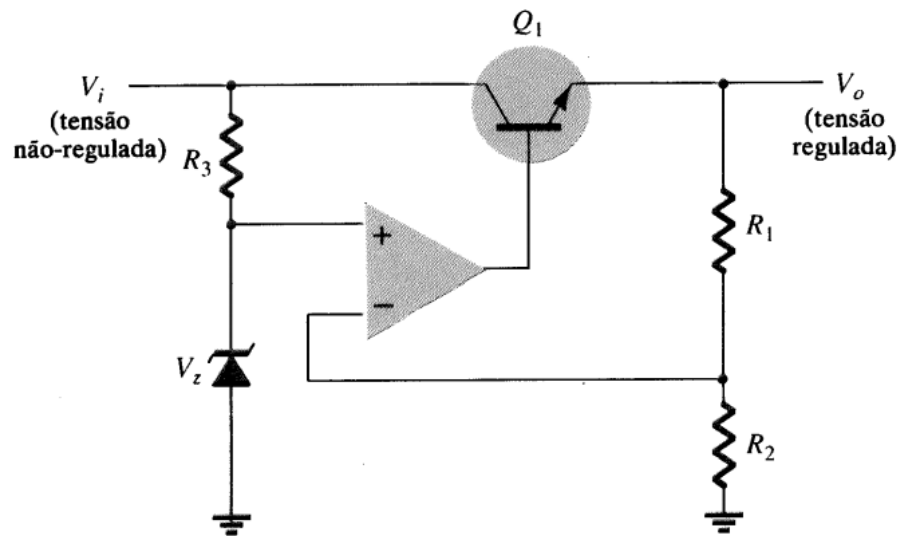


Figura 1: Regulador tipo série com amp-op

Neste circuito o regulador o amp-op faz a comparação entre a tensão de referência do diodo Zener com a tensão realimentada nos resistores  $R_1$  e  $R_2$ . Caso a tensão de saída varie, o transistor  $Q_1$  mantém a tensão de saída constante.

O diodo Zener escolhido foi de 5,1V, o  $R_2$  de 10k $\Omega$ , e  $R_1$  foi calculado da seguinte forma para que se tenha 7,0V na saída.

$$V_o = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot V_z$$

$$7 = \left(1 + \frac{R_1}{10 \cdot 10^3}\right) \cdot 5,1$$

$$R_1 = 3,73k\Omega$$

Para que a tensão de saída fique o mais próximo possível do valor desejado (7,0V), foi inserido um trimpot para alterar a resistência e assim chegar ao valor desejado.

Como a potência máxima suportada pelo Zener é de 0,5W, foi calculado o valor de  $R_3$  para que o Zener atue em uma faixa de tensão adequada, para isto foram calculados valores mínimo e máximo para este resistor.

$$I_{zmax} = \frac{P_z}{V_z}$$

$$I_{zmax} = \frac{0,5}{5,1}$$

$$I_{zmax} = 0,098$$

Para a corrente mínima consideramos que seja 10% do valor encontrado para a corrente máxima, ou seja,  $I_{zmin} = 0,0098$ .

Como valor máximo da tensão de entrada, foi adotado 16V, e 13,9V como valor mínimo.

$$R_{3max} = \frac{V_i - V_z}{I_{zmin}}$$

$$R_{3max} = \frac{16 - 5,1}{0,0098}$$

$$R_{3max} = 1112,24\Omega$$

$$R_{3min} = \frac{13,9 - 5,1}{0,098}$$

$$R_{3min} = 89,80\Omega$$

Identificadas as faixas de resistência em que o  $R_3$  irá atuar, foi escolhido um resistor de  $470\Omega$ .

Em paralelo com o diodo Zener, foram inseridos 2 capacitores de  $100\mu F$  em paralelo como.

Com o objetivo de realizar uma proteção contra curto-circuito ou sobrecarga, foi adicionado ao circuito mostrado anteriormente, um circuito limitador de corrente conforme Figura 2 a seguir:

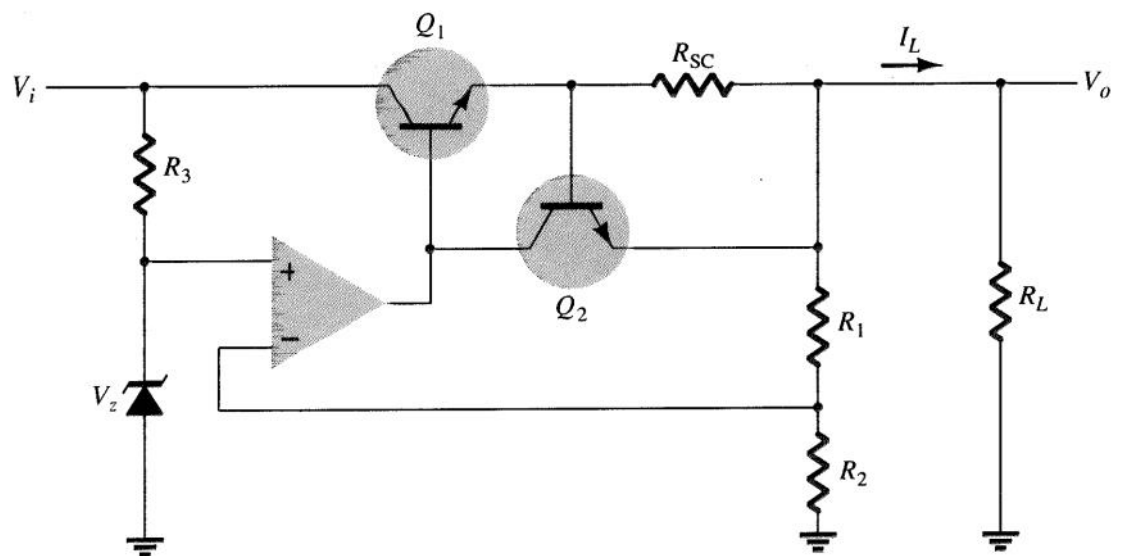


Figura 2: Circuito regulador com limitador de corrente

O circuito limitador funciona de modo que quando  $I_L$  aumenta, a queda de tensão sobre o resistor  $R_{SC}$  também aumenta, de modo que, ao atingir um determinado valor, o transistor  $Q_2$  começa a conduzir, desviando a corrente que passa pelo outro transistor, reduzindo então a corrente que passa sobre  $Q_1$ .

Para encontrar o valor de  $R_{SC}$ , foi realizado o cálculo dele para o pior caso, que é quando a corrente é máximo sobre a carga, ou seja, quando a carga é mínima, neste caso foi utilizado o valor de  $50\Omega$ .

$$I_{max} = \frac{7}{50} = 0,140mA$$

$$140mA + 10\% = 154mA$$

Considerando a queda no transistor de  $0,7V$ :

$$0,7 = 150 \cdot 10^{-3} R_{SC}$$

$$R_{SC} = 4,5\Omega$$

Para sair uma tensão de  $-7,0V$  na carga, foi elaborado o mesmo circuito porém com transistor PNP onde anteriormente havia um NPN, a alimentação do amp-op foi invertida sendo o positivo ligado ao terra e o negativo à saída de

tensão negativa vindo da ponte retificadora, além de inverter o diodo Zener. Ambos os circuitos montados são mostrados na Figura 3 a seguir:

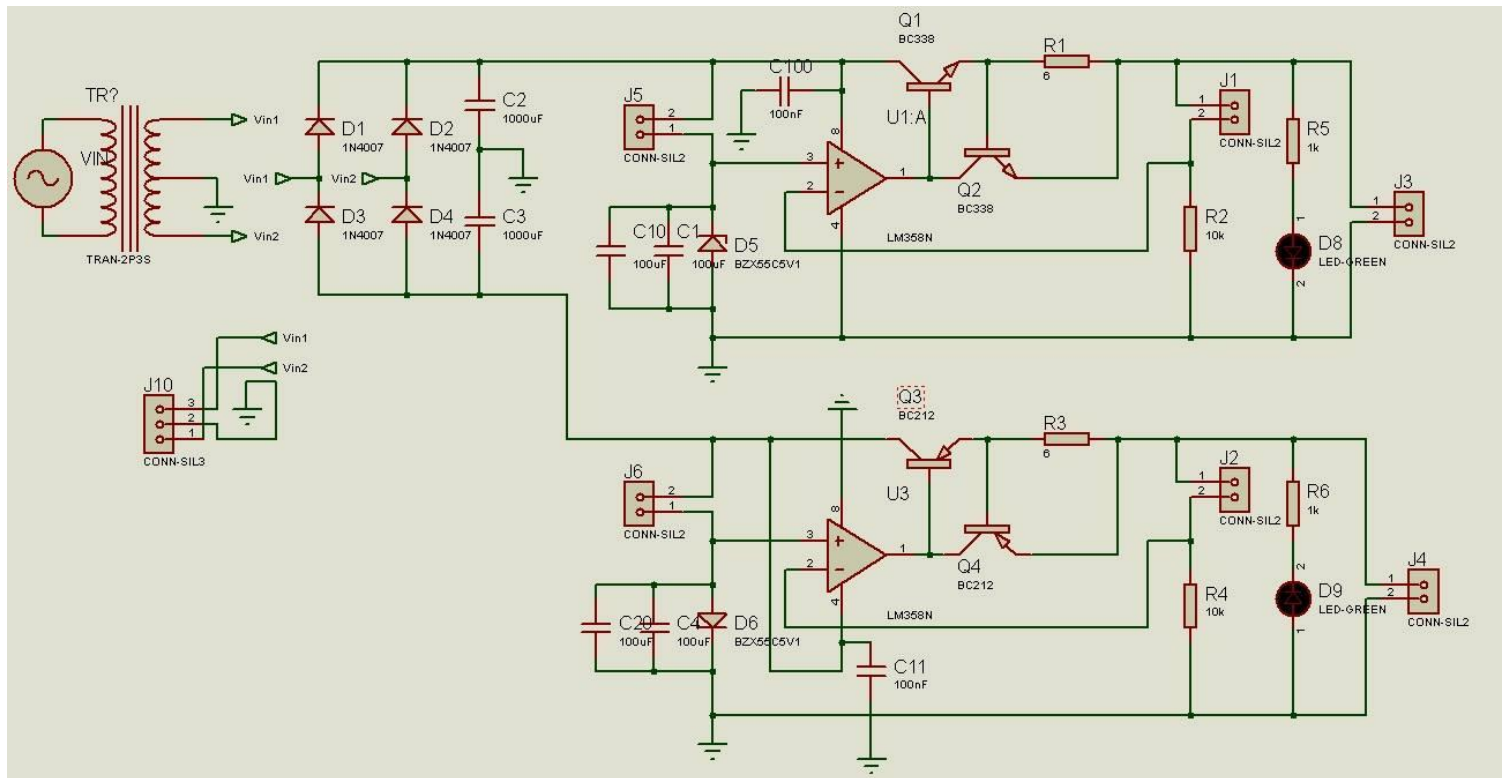


Figura 3: Esquemático da fonte de tensão

O cálculo da corrente dissipada sobre os transistors foi calculada da seguinte forma:

$$P = (V_i - V_o) \cdot I$$

$$P = (12 - 7) \cdot 0,140$$

$$P = 700 \text{ mW}$$

Os transistors utilizados foram o BC338 e o BC212. De acordo com o datasheet dos fabricantes dos transistors, o BC338 suporta uma potência dissipada de 625 mW, e o BC212 suporta 350mW. Devido ao motivo de que a potência no circuito ser maior que a potência suportada pelos transistors, houve um aquecimento muito alto, sendo recomendado utilizar transistors que suportem maiores potências.

A partir da Figura 3, foi desenvolvido o layout da placa de circuito conforme mostra a Figura 4.

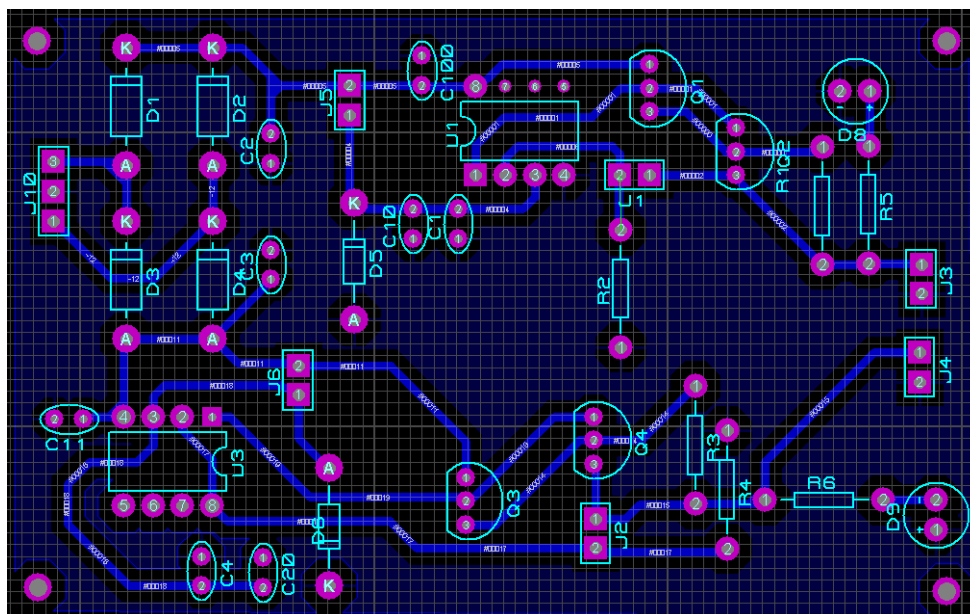


Figura 4: Layout da placa

Tendo como base os cálculos realizados, foram escolhidos os seguintes componentes:

**Tabela 1 – Lista de componentes utilizados**

<b>Componente</b>	<b>Valor/Tipo</b>	<b>Quantidade</b>
Diodo	1N4007	4
Capacitor	1000 $\mu$ F	2
Capacitor	100 $\mu$ F	4
Capacitor	100nF	2
Resistor	4,7 $\Omega$	2
Resistor	10k $\Omega$	2
Resistor	470 $\Omega$	2
Trimpot	10k $\Omega$	2
Zener	5,1V	2
Amp-op	LM358	2
Transistor	BC338	2
Transistor	BC212	2
Led	Vermelho	2

As seguintes medidas foram realizadas utilizando um multímetro de precisão:

**Tabela 2: Medidas de tensão sobre a carga**

Tensão de entrada no Trafo (V)	Tensão de saída no Trafo (V)	Carga ( $\Omega$ )	Tensão sobre a carga(V)	Ripple (mV)	Percentual de Ripple (%)
200	10,30	50	-6,96	4,24	0,06
200		500	-6,98	1,70	0,02
200		50	6,97	3,82	0,05
200		500	7,00	0,99	0,01
220	11,40	50	-6,96	3,45	0,05



220		500	-6,99	1,56	0,02
220		50	6,99	3,14	0,04
220		500	7,02	0,93	0,01
240	12,40	50	-6,99	3,18	0,05
240		500	-7,02	1,51	0,02
240		50	7,00	2,73	0,04
240		500	7,03	0,85	0,01

A imagem a seguir demonstra a forma de onda do filtro capacitivo na saída da ponte retificadora.

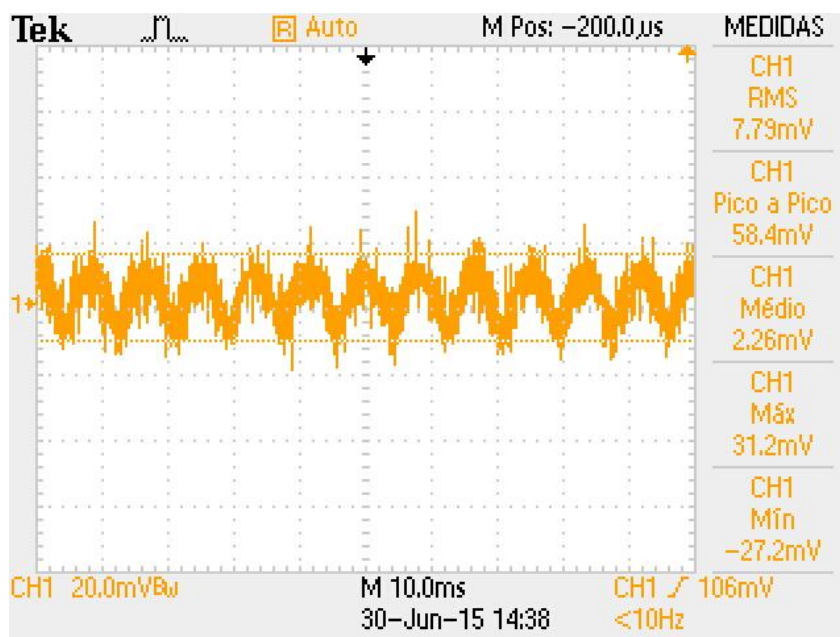


Figura 5: Onda retificada

Sobre a carga foi gerado o gráfico da onda de Ripple sobre ela, neste caso o foi realizada a medição sobre uma carga de  $50\Omega$ . As figuras 6, e 7 mostram o ripple com a tensão de saída 7,0V e -7,0V, com a tensão da rede aplicada na entrada do circuito.

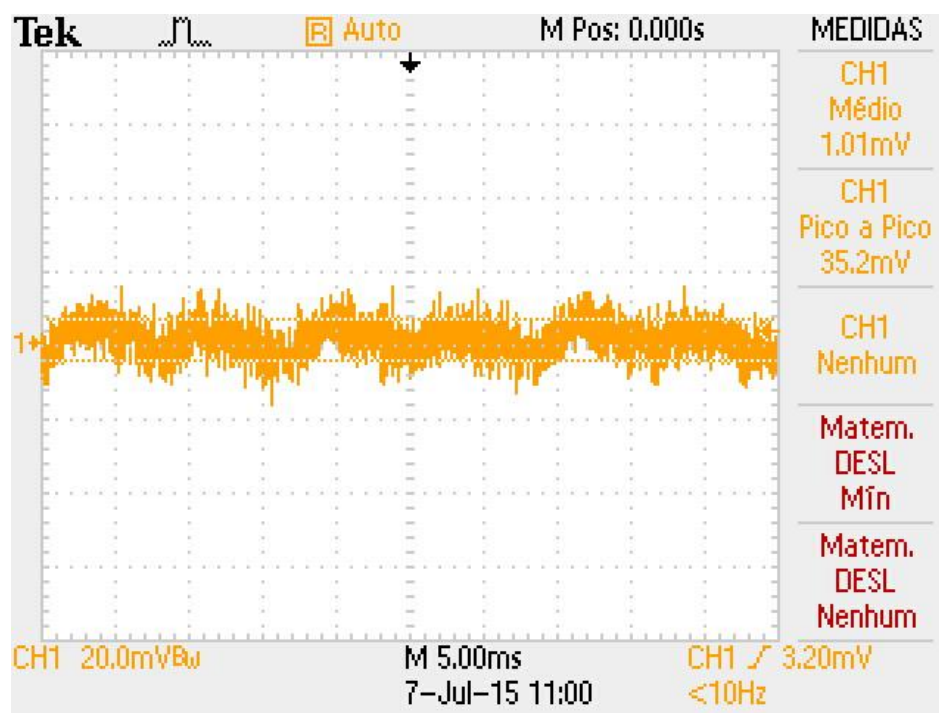


Figura 6: Ripple sobre a carga com tensão de 7,0V

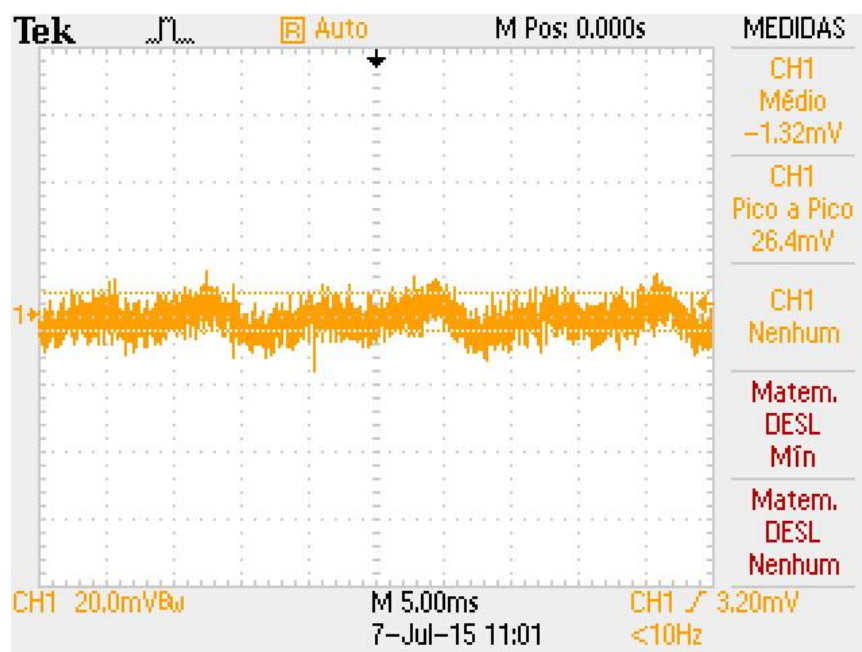


Figura 7: Ripple sobre a carga com tensão de -7,0V

Novamente sobre a carga de  $50\Omega$  foram realizadas as medidas do ripple. Desta vez foi aplicada uma tensão de 240,0V na entrada do circuito.

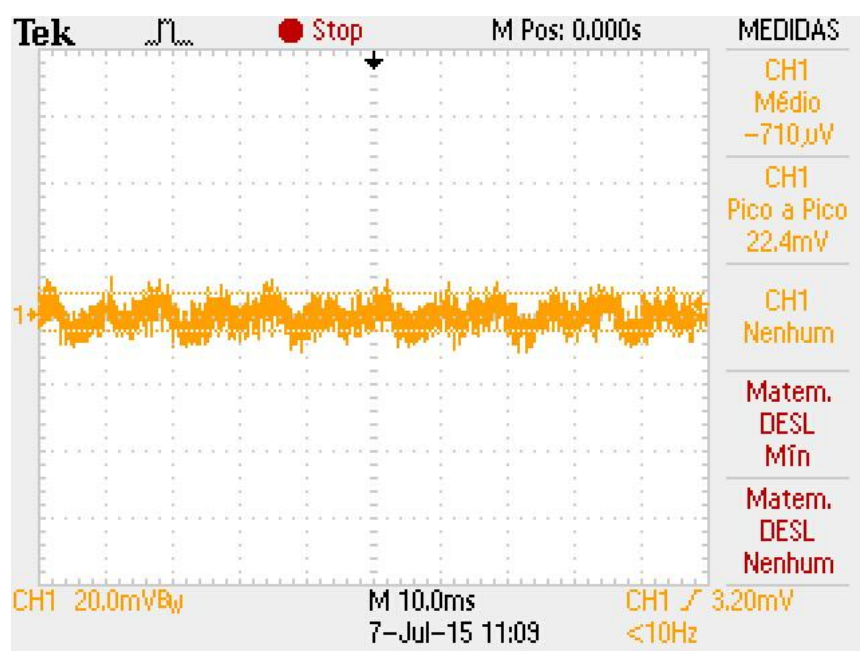


Figura 8: Ripple sobre a carga com tensão de -7,0V

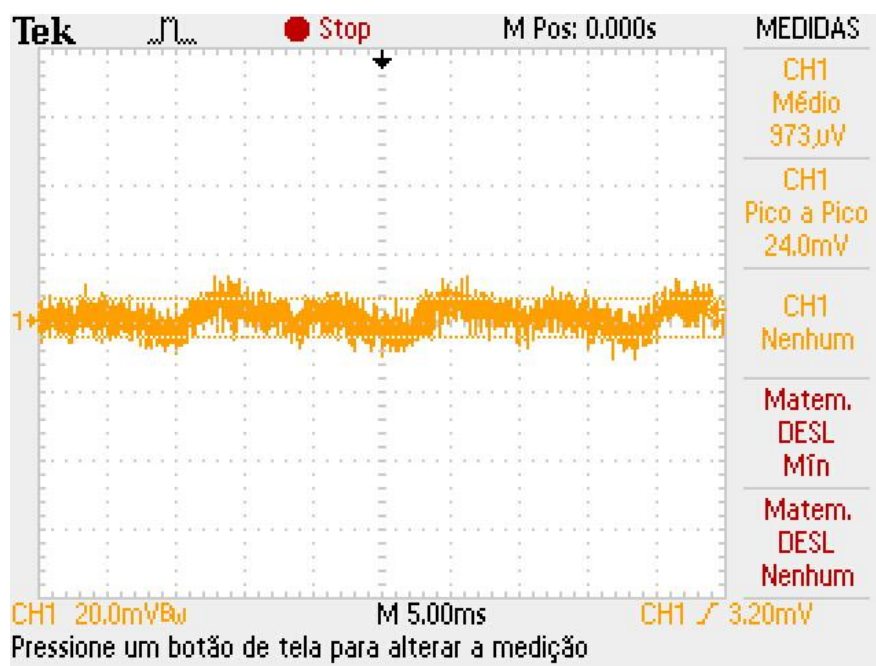


Figura 9: Ripple sobre a carga com tensão de 7,0V

As figuras 10 e 11 mostram o ripple sobre a carga de  $50\Omega$  quando aplicada uma tensão de entrada no circuito de 220,0V.

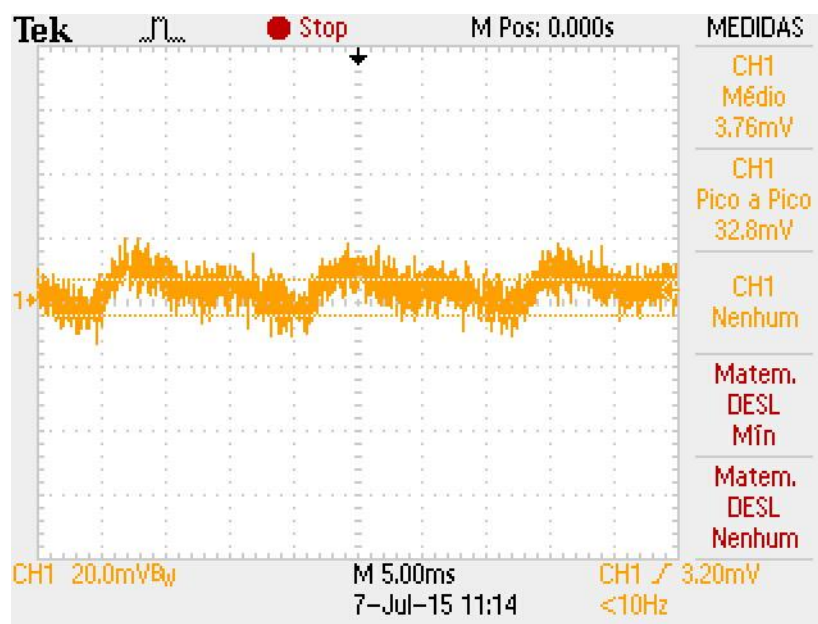


Figura 10: Ripple sobre a carga com tensão de 7,0V

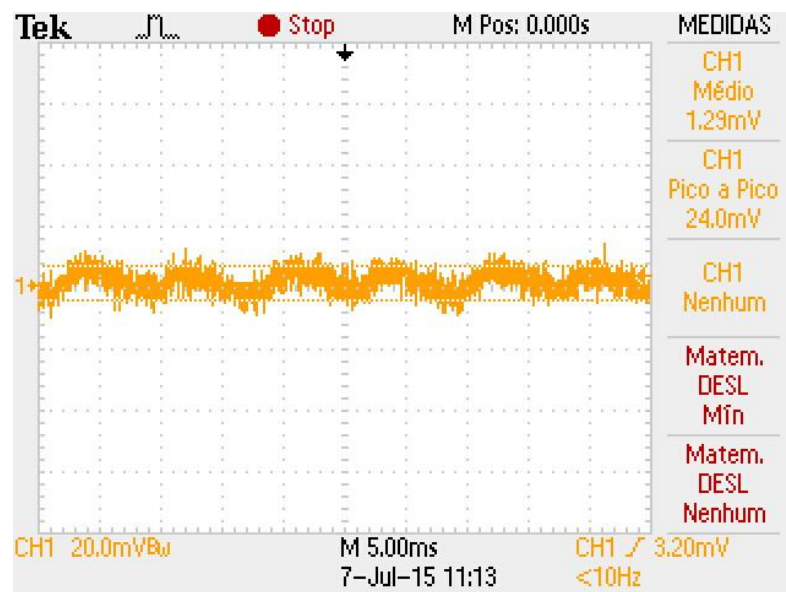


Figura 11: Ripple sobre a carga com tensão de -7,0V

As figuras 12 e 13 mostram o ripple sobre a carga de  $50\Omega$  quando aplicada uma tensão de entrada no circuito de 200,0V.

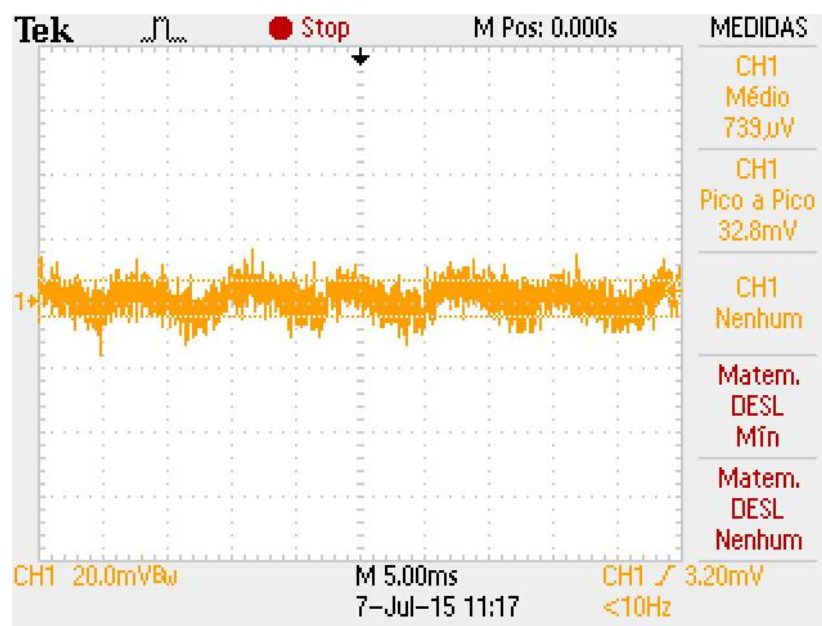


Figura 12: Ripple sobre a carga com tensão de 7,0V

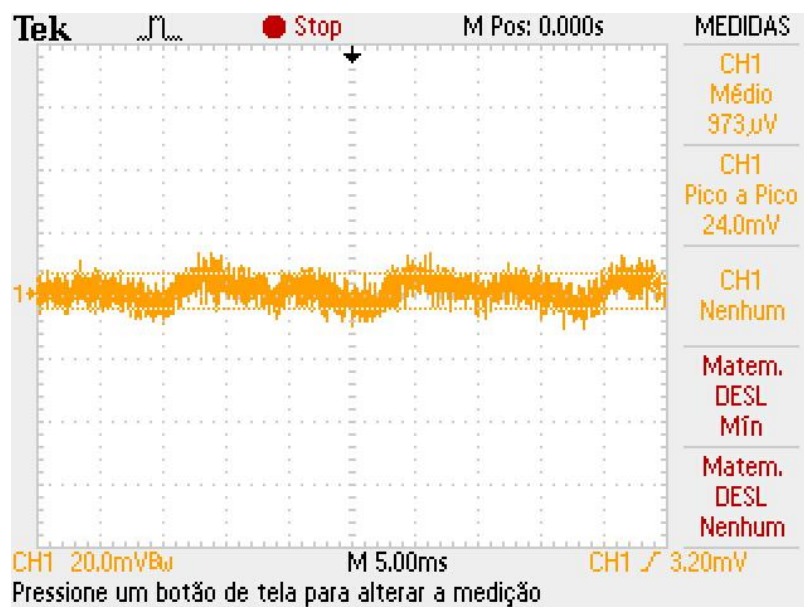


Figura 13: Ripple sobre a carga com tensão de -7,0V

Para testar o limitador de corrente, foi verificada inicialmente a tensão de saída no circuito que marcou 7,0V sobre uma carga de  $50\Omega$ , em seguida a carga foi trocada para  $20\Omega$ . As figuras 14 e 15 mostram respectivamente as duas situações.



Figura 14: Tensão sobre a carga de  $50\Omega$



Figura 15: Tensão sobre a carga de  $20\Omega$

O mesmo teste realizado para o limitador de corrente para 7,0V foi realizado também para -7,0V, conforme as figuras 16 e 17 a seguir.





Figura 16: Tensão sobre a carga de 50Ω

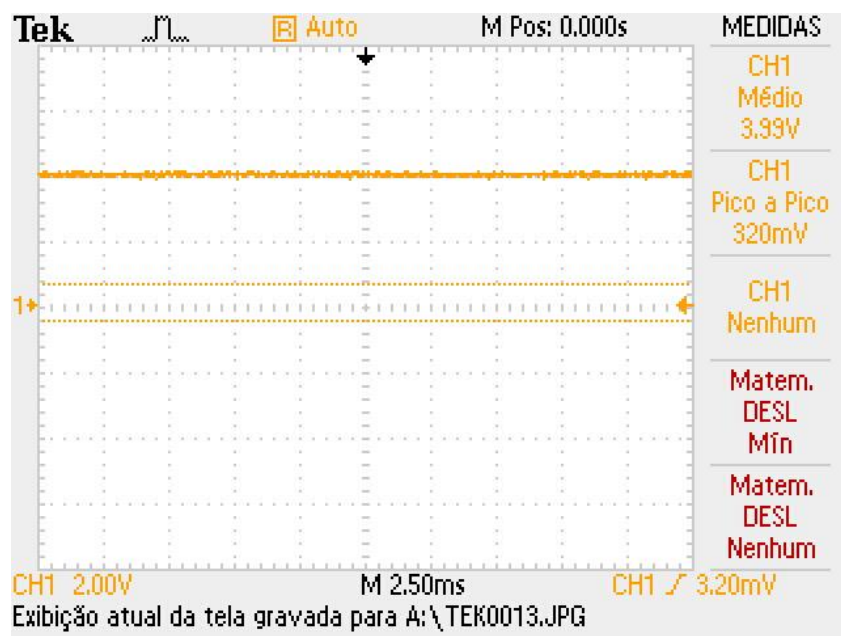


Figura 17: Tensão sobre a carga de 20Ω

A placa final é mostrada nas figuras 18 e 19:

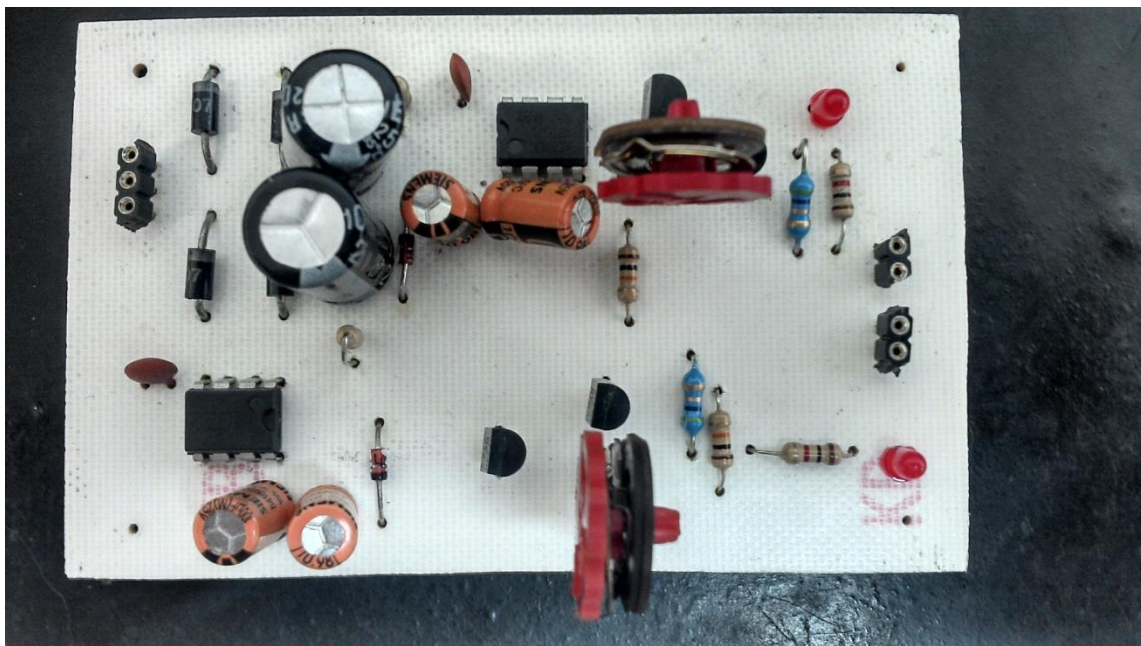


Figura 18: PCB visão superior

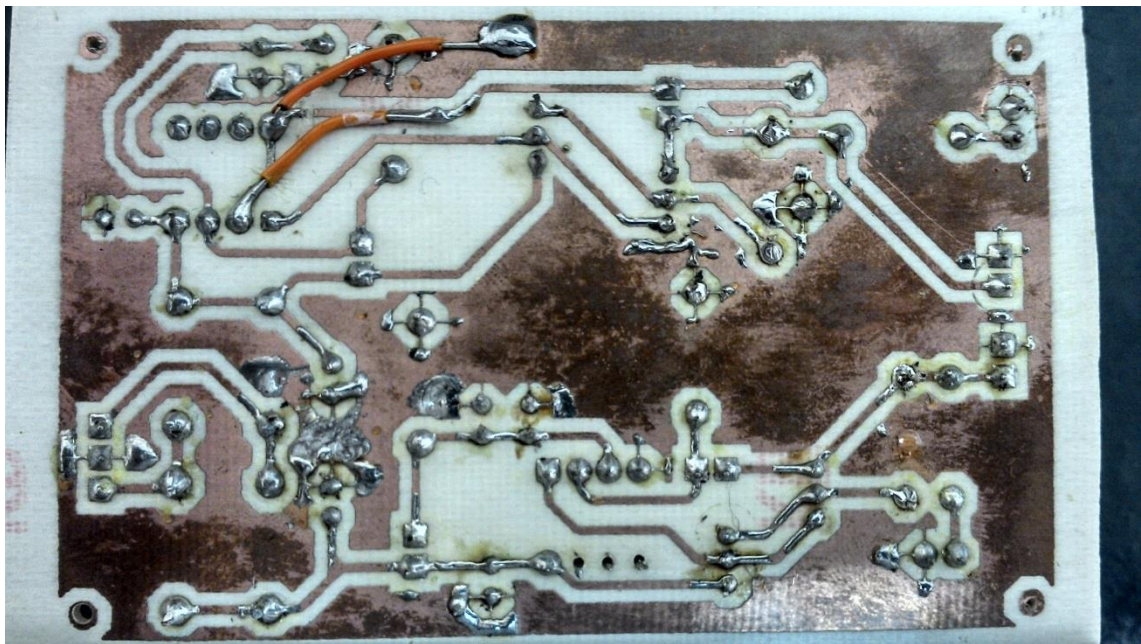


Figura 19: PCB visão inferior



## REFERÊNCIAS

BARBI, Ivo. **Eletrônica de Potência**. 6.ed Florianópolis: Edição do Autor, 2006.

BOYLESTAD, R. L. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. 8 ed. São Paulo: Pearson- Prentice Hall, 2004.