

## 4 Relatório

### 4.1 Introdução

A maior aplicação do diodo Zener reside na regulação de tensão de saída de fontes de alimentação. Através da utilização do diodo Zener, em conjunto com um resistor, pode-se conseguir que uma fonte de alimentação forneça tensão praticamente constante à carga. O comportamento do diodo Zener na região de ruptura permite a montagem de circuitos reguladores de tensão, que serão extremamente úteis para a fontes de corrente contínua, a fim de reduzir o fator de ripple destas, assim como ilustrado na Figura 5.

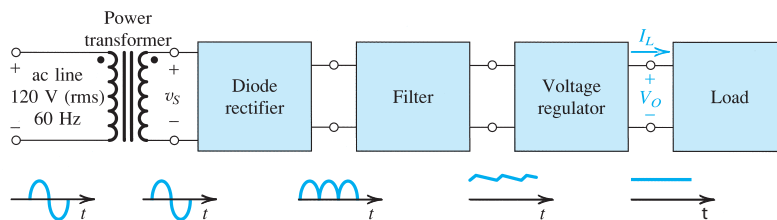


Figura 5: Diagrama de blocos de uma fonte *DC*.

A Figura 6 nos mostra detalhes da operação do diodo na região de ruptura. Observamos a existência de uma resistência dinâmica,  $r_z$ , o que implicará que a tensão que será aplicada na carga,  $V_o$ , terá uma pequena dependência na fonte de tensão,  $V_s$ . Em outras palavras, esperamos que se  $V_s$  aumente,  $V_o$  também será acrescido de um pequeno valor. O parâmetro que relaciona a variação de  $V_o$  e de  $V_s$  é chamado de regulação de linha.

Usando o raciocínio análogo ao parágrafo anterior, podemos relacionar a variação na corrente da carga e na tensão de saída, dado que temos uma resistência dinâmica  $r_z$ . No entanto, também há a possibilidade de pensarmos em termos de resistência, já que  $i_l = \frac{V_o}{R_l}$ . Logo, teremos uma pequena dependência entre a resistência da carga,  $R_l$ , e a tensão da carga  $V_o$ . O parâmetro que relaciona a variação de  $V_o$  e  $i_l$  é chamado de regulação de carga.

Neste experimento, estudaremos ambos os parâmetros e ainda exploraremos um componente mais sofisticado para regulação de tensão, um circuito integrado da família 78xx. O circuito integrado 7805 é um regulador linear de tensão, e será utilizado em diversas configurações, cada qual com sua própria aplicação. Um regulador linear de tensão, garante que se a tensão é garantidamente maior que um certo valor, um outro valor, mais baixo, será dado como saída.

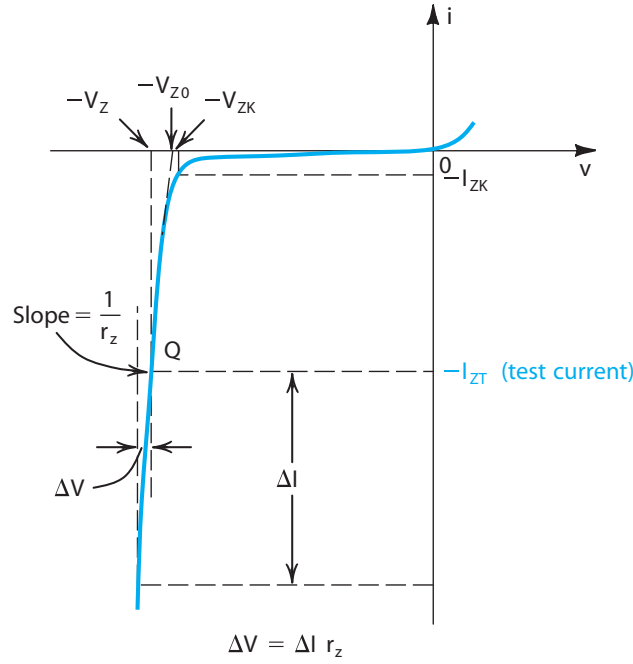


Figura 6: Relação detalhada da corrente e tensão de um Diodo Zener operando na região de ruptura.

## 4.2 Análises

No experimento de número 1, montou-se o circuito descrito pela Figura 1, e nos terminais do capacitor, obtivemos a Figura 7 através de um osciloscópio. Para  $V_i$ , constatou-se os seguintes valores:

$$V_{medio} = 19.3V$$

$$V_{rms} = 140mV$$

$$V_{min} = 19.1V$$

$$V_{max} = 19.7V$$

De forma semelhante, observamos o comportamento da tensão  $V_o$  nos terminais da carga, obtendo assim a Figura 8. As medidas relevantes para  $V_o$  foram:

$$V_{medio} = 8.6V$$

$$V_{rms} = 140mV$$

$$V_{min} = 8.4V$$

$$V_{max} = 8.8V$$

Notou-se que os sinais, quando visualizados na tela do osciloscópio, parecem estar perfeitamente constantes. No entanto, quando coletados e graficados os dados deste sinal, observou-se pequenas flutuações entre os valores. Ressalta-se aqui, a importância da coleta de dados.

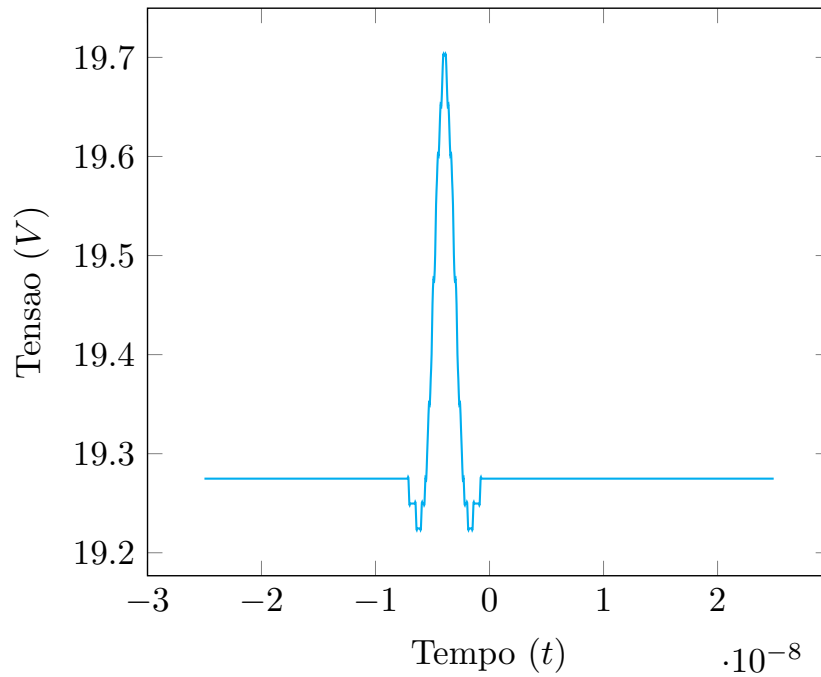


Figura 7: Sinal de entrada do circuito descrito na Figura 1,  $V_i$ , medida nos terminais do capacitor  $C_1$  .

No experimento de número 2, montou-se o circuito descrito pela Figura 2, e nos terminais do capacitor, obtivemos a Figura 9 através de um osciloscópio. Para  $V_i$ , constatou-se os seguintes valores:

$$V_{medio} = 19.5V$$

$$V_{rms} = 90mV$$

$$V_{min} = 19.2V$$

$$V_{max} = 19.7V$$

De forma semelhante, observamos o comportamento da tensão  $V_o$  nos terminais da carga, obtendo assim a Figura 10.

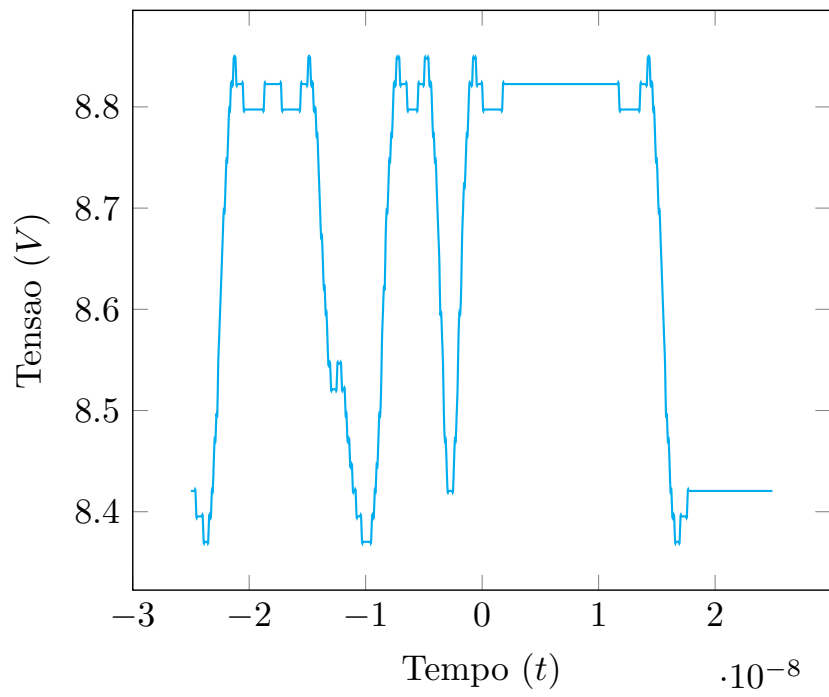


Figura 8: Sinal de saída do circuito descrito na Figura 1,  $V_o$ , medida nos terminais da carga  $R_l$  .

As medidas relevantes para  $V_o$  foram:

$$V_{medio} = 4.4V$$

$$V_{rms} = 60mV$$

$$V_{min} = 4.4V$$

$$V_{max} = 4.8V$$

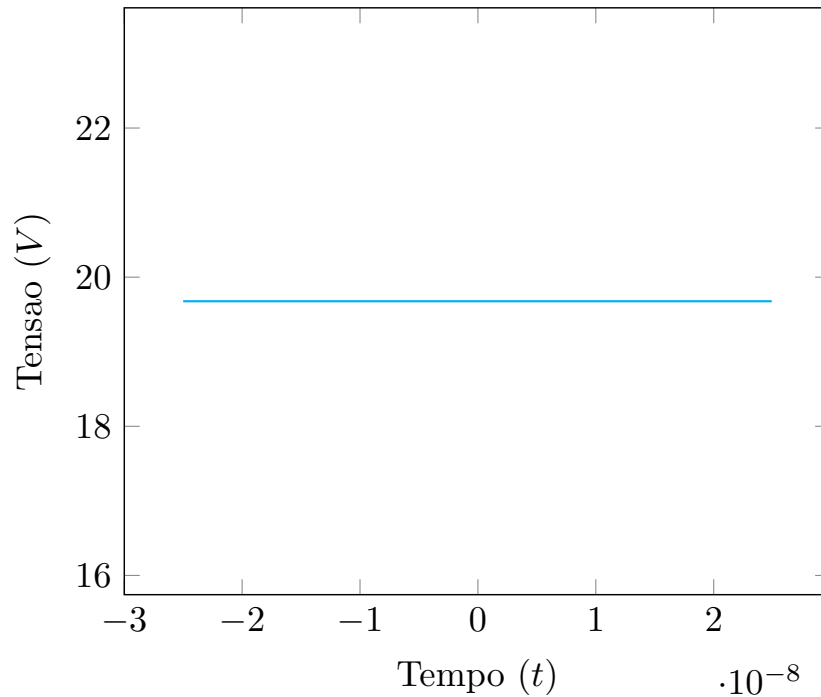


Figura 9: Sinal de entrada do circuito descrito na Figura 2,  $V_i$ , medida nos terminais do capacitor  $C_1$  .

No experimento de número 3, montou-se o circuito descrito pela Figura 3, e variando o potenciômetro, percebeu-se a influência da variação de carga no circuito. Para uma medida mais precisa, representou-se o potenciômetro por 3 resistências e obteve-se a Tabela 1.

No experimento de número 4, montou-se o circuito descrito pela Figura 4, e utilizou-se de um amperímetro para medir a corrente em  $R_l$  e de um voltímetro para medir  $V_o$ . Repetindo a medição para dois valores de resistência distintos, construiu-se a Tabela 2.

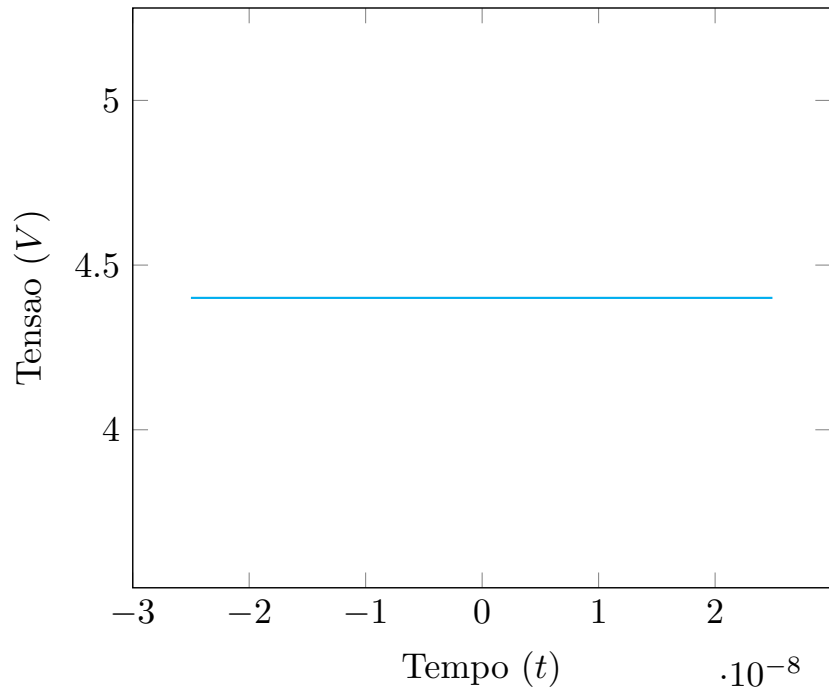


Figura 10: Sinal de saída do circuito descrito na Figura 2,  $V_o$ , medida nos terminais da carga  $R_l$ .

Tabela 1: Valores obtidos através do osciloscópio para três diferentes resistências, paralelas com a carga, no sistema descrito pela Figura 3.

$[\Omega]$	Médio [V]	Mínimo [V]	Máximo [V]
100	$320 \times 10^{-3}$	$200 \times 10^{-3}$	$400 \times 10^{-3}$
470	2.3	2.2	2.4
820	4.15	4	4.2

Tabela 2: Valores obtidos através de um voltímetro e um amperímetro para duas diferentes cargas no sistema descrito pela Figura 4.

$[\Omega]$	$V_l[V]$	$i_l[mA]$
47	20.35	111.5
100	2.3	56.1

### 4.3 Discussões

O diodo Zener, quando reversamente polarizado em uma tensão suficiente para que se atinja a zona de ruptura, se comporta como um regulador de tensão, que proporcionará uma queda de tensão constante, no caso 8.8V. Como o diodo Zener está em paralelo com a carga, esta sofrerá uma queda constante de mesmo valor. O resistor  $R_s$  é responsável por controlar a quantidade de corrente que entrará no diodo Zener e na carga, pois a queda de tensão nele será  $V_i - V_z$ , sendo  $V_z$  a tensão no terminal do diodo Zener. Nota-se aqui, que o fator de ondulação é muito próximo de zero, pois a tensão saída é praticamente constante.

Para uma configuração em que se manteve fixo  $V_i$  e  $R_L$  variável, determinou-se os limites de operação do regulador Zener, utilizando-se, quando necessário, as informações do datasheet (Fairchild Nov-2014) presentes na Tabela 3.

Tabela 3: Datasheet do 1N4007 retirado da fabricante Fairchild (Novembro de 2014).

Rating	Symbol	Typ	Max	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage Drop, ( $I_F = 1.0 \text{ Amp, } T_J = 25^\circ \text{C}$ )	$V_F$	0.93	1.1	V
Maximum Full –Cycle Average Forward Voltage Drop, ( $I_O = 1.0 \text{ Amp, } T_L = 75^\circ \text{C, 1 inch leads}$ )	$V_{F(AV)}$	–	0.8	V
Maximum Reverse Current (rated DC voltage) ( $T_J = 25^\circ \text{C}$ ) ( $T_J = 100^\circ \text{C}$ )	$I_R$	0.05 1.0	10 50	$\mu\text{A}$
Maximum Full –Cycle Average Reverse Current, ( $I_O = 1.0 \text{ Amp, } T_L = 75^\circ \text{C, 1 inch leads}$ )	$I_{R(AV)}$	–	30	$\mu\text{A}$

$$R_{L_{min}} = \frac{RV_z}{V_i - V_z} \quad (1)$$

$$R_{L_{min}} = \frac{820 \times 8.8}{19.3 - 8.8} = 687.24\Omega$$

$$I_{L_{max}} = \frac{V_z}{R_{L_{min}}} \quad (2)$$

$$I_{L_{max}} = \frac{8.8}{687.24} = 12.8mA$$

$$I_R = \frac{V_R}{R} \quad (3)$$

$$I_R = \frac{8.5}{820} = 10.73mA$$

$$I_{L_{min}} = I_R - I_{zm} \quad (4)$$

$$I_{L_{min}} = 10.73 \times 10^{-3} - 30 \times 10^{-6} = 10.7 \text{ mA}$$

$$R_{l_{max}} = \frac{V_z}{I_{l_{min}}} \quad (5)$$

$$R_{l_{max}} = \frac{8.8}{10.7 \times 10^{-3}} = 822.43 \Omega$$

Para o experimento 2, temos o valor máximo de corrente de carga quando toda corrente passar apenas pela carga. Para uma tensão  $V_{max} = 4.8V$  e uma carga fixa de  $1k\Omega$ , teremos uma corrente máxima na carga  $I_{l_{max}} = 4.8 \text{ mA}$ . Utilizando-se parte do datasheet (Fairchild Sep 2014) da família *78xx/78xxA*, a tensão de entrada mínima é  $7V$ .

Para o circuito do experimento 3, obteve-se a expressão de  $V_o$  em função de  $R_1$  e  $R_2$  e na corrente do terminal 2 do regulador de tensão 7805. Para os cálculos utilizou-se da informação que a diferença de tensão entre o pino 2 (*GND*) e o pino 3 (*Output*) é de  $5V(4.8-5.2V)$  segundo o datasheet mostrado na Tabela 4.

Tabela 4: Datasheet do 7805 retirado da fabricante Fairchild (Setembro de 2014).

Refer to the test circuit,  $-40^\circ\text{C} < T_J < 125^\circ\text{C}$ ,  $I_O = 500 \text{ mA}$ ,  $V_I = 10 \text{ V}$ ,  $C_I = 0.1 \mu\text{F}$ , unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$T_J = +25^\circ\text{C}$	4.80	5.00	5.20	V
		$I_O = 5 \text{ mA to } 1 \text{ A}$ , $P_O = 15 \text{ W}$ , $V_I = 7 \text{ V to } 20 \text{ V}$	4.75	5.00	5.25	
Regline	Line Regulation <sup>(2)</sup>	$T_J = +25^\circ\text{C}$	$V_I = 7 \text{ V to } 25 \text{ V}$	4.0	100.0	mV
			$V_I = 8 \text{ V to } 12 \text{ V}$	1.6	50.0	
Regload	Load Regulation <sup>(2)</sup>	$T_J = +25^\circ\text{C}$	$I_O = 5 \text{ mA to } 1.5 \text{ A}$	9.0	100.0	mV
			$I_O = 250 \text{ mA to } 750 \text{ mA}$	4.0	50.0	
$I_Q$	Quiescent Current	$T_J = +25^\circ\text{C}$		5	8	mA
$I_Q$	Quiescent Current Change	$I_O = 5 \text{ mA to } 1 \text{ A}$		0.03	0.50	mA
		$V_I = 7 \text{ V to } 25 \text{ V}$		0.30	1.30	
$V_O/T$	Output Voltage Drift <sup>(3)</sup>	$I_O = 5 \text{ mA}$		-0.8		mV/ $^\circ\text{C}$
$V_N$	Output Noise Voltage	$f = 10 \text{ Hz to } 100 \text{ kHz}$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$		42		$\mu\text{V}$
RR	Ripple Rejection <sup>(3)</sup>	$f = 120 \text{ Hz}$ , $V_I = 8 \text{ V to } 18 \text{ V}$	62	73		dB
$V_{DROP}$	Dropout Voltage	$T_J = +25^\circ\text{C}$ , $I_O = 1 \text{ A}$		2		V
$R_O$	Output Resistance <sup>(3)</sup>	$f = 1 \text{ kHz}$		15		m
$I_{SC}$	Short-Circuit Current	$T_J = +25^\circ\text{C}$ , $V_I = 35 \text{ V}$		230		mA
$I_{PK}$	Peak Current <sup>(3)</sup>	$T_J = +25^\circ\text{C}$		2.2		A



$$\begin{aligned}
V_o \frac{R_2}{R_1 + R_2} &= V_o - 5 \\
V_o \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} - 1 \right) &= -5 \\
V_o &= \frac{5}{R_1} (R_2 + R_1) \\
V_o &= I_2 (R_2 + R_1)
\end{aligned} \tag{6}$$

Para o valor de  $100\Omega$  da resistência  $R_2$ , representando a resistência variável do potenciômetro, em série com a resistência intrínseca fixa do potenciômetro calculou-se:

$$V_o = 0.01 \times (100 + 470) = 5.7V$$

Para o valor de  $470\Omega$  da resistência  $R_2$ , representando a resistência variável do potenciômetro, em série com a resistência intrínseca fixa do potenciômetro calculou-se:

$$V_o = 0.01 \times (470 + 470) = 9.4V$$

Para o valor de  $820\Omega$  da resistência  $R_2$ , representando a resistência variável do potenciômetro, em série com a resistência intrínseca fixa do potenciômetro calculou-se:

$$V_o = 0.01 \times (820 + 470) = 12.9V$$

No entanto, ao observarmos a Tabela 1 observamos uma divergência enorme entre a prática e a teoria. Isto é um indicador provável de uma falha na montagem do circuito. Especula-se que a dupla tenha substituído ambos os resistores, que representa o valor fixo do potenciômetro e o valor variável, por um resistor equivalente, o que ocasionou no fracasso do experimento de número 3.

Analisando a Tabela 2 podemos validar algumas expectativas teóricas advindas da teoria de uma fonte de corrente com regulador de tensão. Como descrito anteriormente, o datasheet nos informa que a tensão entre os pinos *GND* e *Output* se mantém constante em  $5V$ , desta forma, se variarmos o valor da resistência compreendida entre estes dois pinos, teremos uma fonte de corrente ajustável, regulada pelo valor da resistência empregada. Ao trocarmos uma resistência de  $100\Omega$  por uma menor (praticamente metade) de  $47\Omega$  fornecemos uma corrente a  $R_l$  de quase duas vezes maior.

## 4.4 Conclusão

Neste experimento compreendeu-se o funcionamento de diversos circuitos reguladores de tensão e de uma configuração que permite construir uma fonte de corrente. Os experimentos 1 e 2 foi de extrema valia para entender melhor a teoria de funcionamento de um Diodo Zener e do circuito integrado 7805 e a importância destes tipos de circuitos no fim do encadeamento de circuitos que compõe uma fonte de tensão *DC*. Foi possível comparar, a partir dos gráficos e dos valores coletados no osciloscópio, que o 7805 desempenha melhor a função de regulador de tensão em comparação com o diodo Zener. Entendeu-se também, como utilizar configurações com um potenciômetro e um circuito integrado 7805 para obter-se tensões e correntes variáveis através da mudança de resistência.