

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.

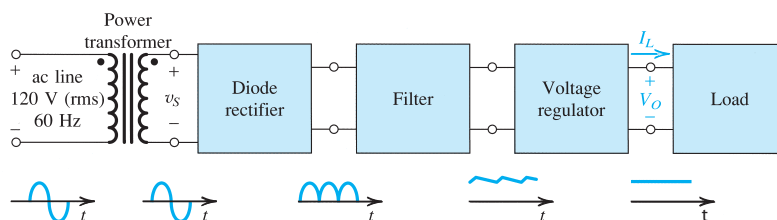


Figura 5: Diagrama de blocos de uma fonte *DC*.

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.

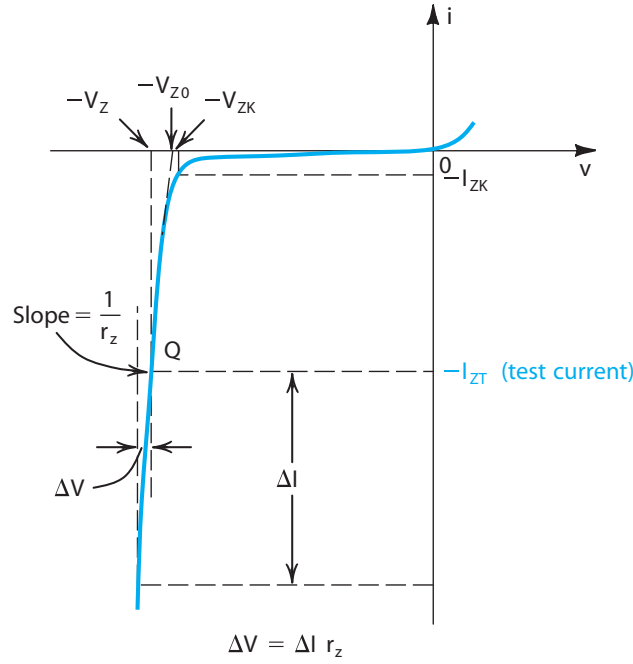


Figura 6: Relação detalhada da corrente e tensão de um Diodo Zener operando na região de ruptura.

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.

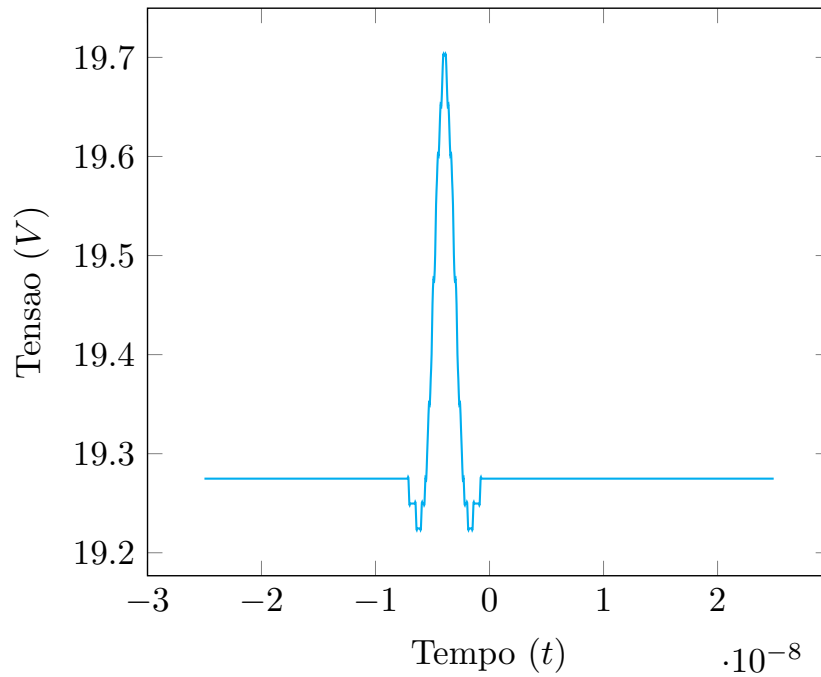


Figura 7: Sinal de entrada do circuito descrito na Figura 1, V_i , medida nos terminais do capacitor C_1 .

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.

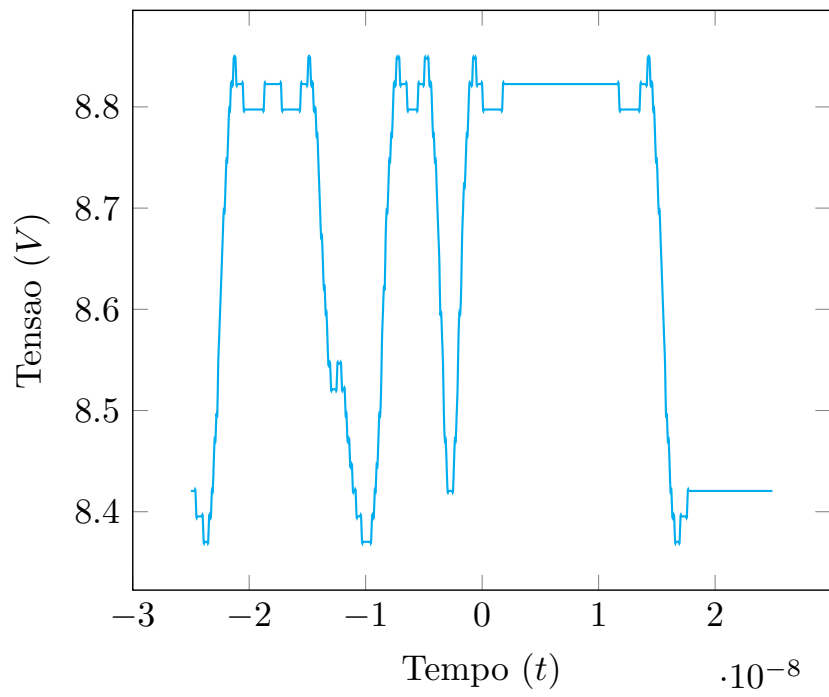


Figura 8: Sinal de saída do circuito descrito na Figura 1, V_o , medida nos terminais da carga R_l .

As medidas relevantes para V_o foram:

$$V_{medio} = 4.4V$$

$$V_{rms} = 60mV$$

$$V_{min} = 4.4V$$

$$V_{max} = 4.8V$$

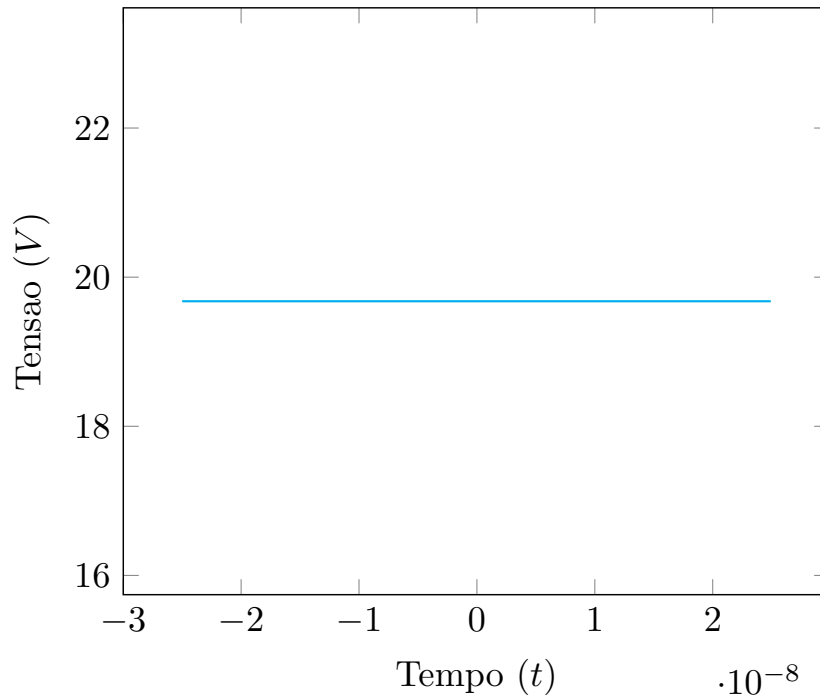


Figura 9: Sinal de entrada do circuito descrito na Figura 2, V_i , medida nos terminais do capacitor C_1 .

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.

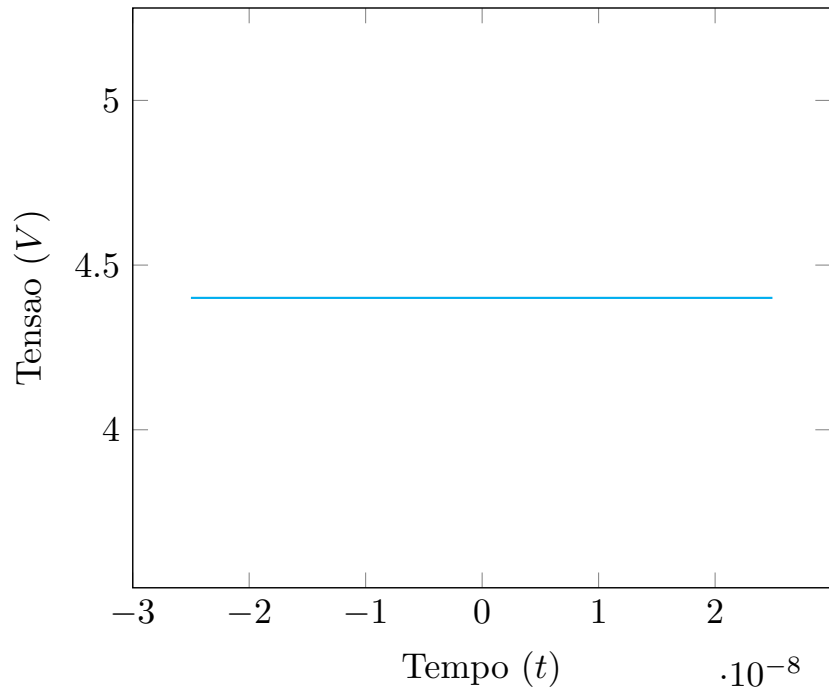


Figura 10: Sinal de saída do circuito descrito na Figura 2, V_o , medida nos terminais da carga R_l .

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	320×10^{-3}	200×10^{-3}	400×10^{-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_i 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	μA
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	μA

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}
I_{L_{min}} &= I_R - I_{zm} \\
I_{L_{min}} &= 10.73 \times 10^{-3} - 30 \times 10^{-6} = 10.7 \text{ mA}
\end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
R_{l_{max}} &= \frac{V_z}{I_{l_{min}}} \\
R_{l_{max}} &= \frac{8.8}{10.7 \times 10^{-3}} = 822.43 \Omega
\end{aligned} \tag{5}$$

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 ⁽²⁾	$T_J = +25^\circ\text{C}$	$V_I = 7 \text{ V to } 25 \text{ V}$	4.0	100.0	mV
			$V_I = 8 \text{ V to } 12 \text{ V}$	1.6	50.0	
Regload	Load Regulation ⁽²⁾	$T_J = +25^\circ\text{C}$	$I_O = 5 \text{ mA to } 1.5 \text{ A}$	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 ⁽³⁾	$I_O = 5 \text{ mA}$		-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		μV
RR	Ripple Rejection ⁽³⁾	$f = 120 \text{ Hz}$, $V_I = 8 \text{ V to } 18 \text{ V}$	62	73		dB
V_{DROP}	Dropout Voltage	$T_J = +25^\circ\text{C}$, $I_O = 1 \text{ A}$		2		V
R_O	Output Resistance ⁽³⁾	$f = 1 \text{ kHz}$		15		m
I_{SC}	Short-Circuit Current	$T_J = +25^\circ\text{C}$, $V_I = 35 \text{ V}$		230		mA
I_{PK}	Peak Current ⁽³⁾	$T_J = +25^\circ\text{C}$		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 mínimo do potenciômetro de 100Ω calculou-se:

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

4.4 Conclusão