

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ  
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO  
JOÃO VITOR SPECHT KOGUT  
NICOLE MIGLIORINI MAGAGNIN

LABORATÓRIO - ELETRÔNICA APLICADA

Relatório apresentado como requisito parcial  
para a obtenção da M1 da disciplina de  
Eletrônica Aplicada do curso de Engenharia  
de Computação pela Universidade do Vale do  
Itajaí da Escola do Mar, Ciência e Tecnologia.

Prof. Walter Antonio Gontijo

Itajaí

2022

## **1. OBJETIVO**

A primeira atividade em laboratório da disciplina de Eletrônica Aplicada tem como objetivo avaliar o funcionamento de circuitos discretos e integrados de regulação de tensão e verificar na prática a regulação da tensão de saída dos circuitos.

Os circuitos são implementados em um Data Pool com uso de componentes como resistores, zeners e circuitos integrados reguladores de tensão, os valores de tensão e corrente são mensurados a partir de um multímetro e então, com auxílio de simulações previamente geradas no Software Multisim e cálculos de valores teóricos, são feitas comparações para verificar se o resultado prático e teórico coincidem e são esperados.

## **2. INTRODUÇÃO**

Circuitos reguladores de tensão são sistemas sistema projetados para manter automaticamente uma determinada tensão no circuito. Podem ser encontrados em dispositivos de fonte de alimentação, assim como alternadores de automóveis e usinas geradoras elétricas. Essas características de regulagem de tensão podem ser encontradas em circuitos com zener funcionando como fontes de tensão, independente da corrente ou como modelos com zener de funcionamento linear que trabalham frequentemente em sistemas de baixa potência. Estão presentes também em componentes chamados circuitos integrados reguladores de tensão ou CI, componentes esses completos e responsáveis por regular a tensão.

Diante das atividades propostas para este relatório realizado em laboratório para a disciplina de Eletrônica Aplicada, foram utilizados circuitos de modelo linear e um circuito com um Circuito Integrado Regulador de tensão ou CI regulador presente.

### 3. ROTEIRO

1) Meça com o multímetro as tensões “DC” da bancada/fonte e anote seus valores mínimo e máximo.

Tensão mínima na bancada: 1,3 V

Tensão máxima na bancada: 22,5 V

2) Antes do experimento teste com o multímetro os transistores utilizados, meça o parâmetro Beta dos transistores bem como os valores dos resistores utilizados.

Nas tabelas a seguir são comparados os valores teóricos dos componentes, presentes em suas especificações e datasheets e os valores obtidos por meio de medição utilizando o multímetro, ou seja, os valores reais.

#### Resistores:

Resistor teórico	Resistor prático
100 Ω	95,9 Ω
2,2k Ω	2,3k Ω
220 Ω	220 Ω
120 Ω	122 Ω
390 Ω	396 Ω
330 Ω	332 Ω

#### Zener 1N4733:

Valor	Datasheet	Valor real
Vz	5,1 V	4,9 V
Izt	49 mA	-
Rz	7 Ω	-

#### Transistores:

Modelo	$\beta$ Datasheet	$\beta$ Simulado
TIP 31	75	81
BC548	250	330

3) Monte o circuito regulador zener, varie a tensão  $V_i$ , meça  $V_o$ ,  $I_Z$  e  $I_{Rs}$  e preencha uma tabela. Calcule a regulação da tensão de saída. Faça uma comparação entre os valores obtidos no experimento e os teóricos. Use  $R_s=100\Omega$ ,  $R_L=2k2\Omega$  e  $V_z = 5,6V$ . Considere  $V_i = 10V$ ,  $12V$  e  $15V$

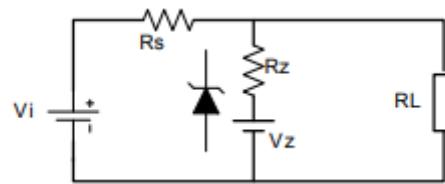


Figura 1 - Circuito proposto

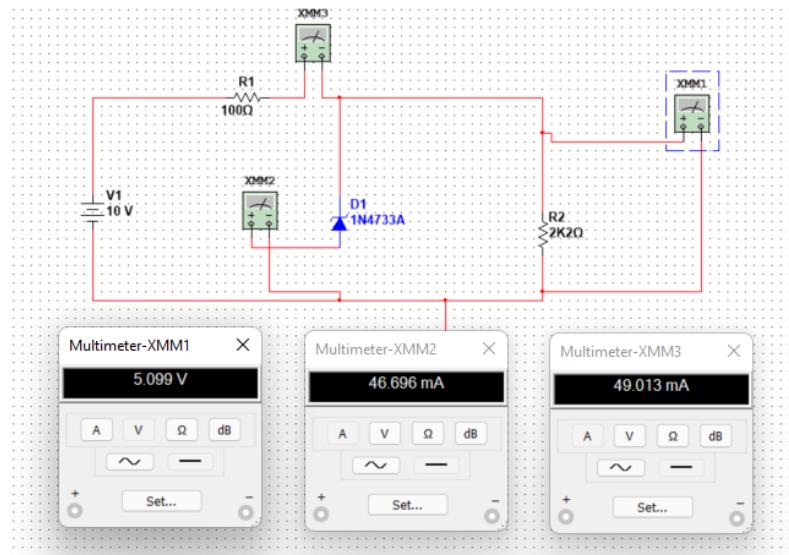


Figura 2 - Circuito simulado para  $V_i = 10V$  com os valores mensurados para  $V_0$ ,  $I_Z$  e  $I_{RS}$ , respectivamente

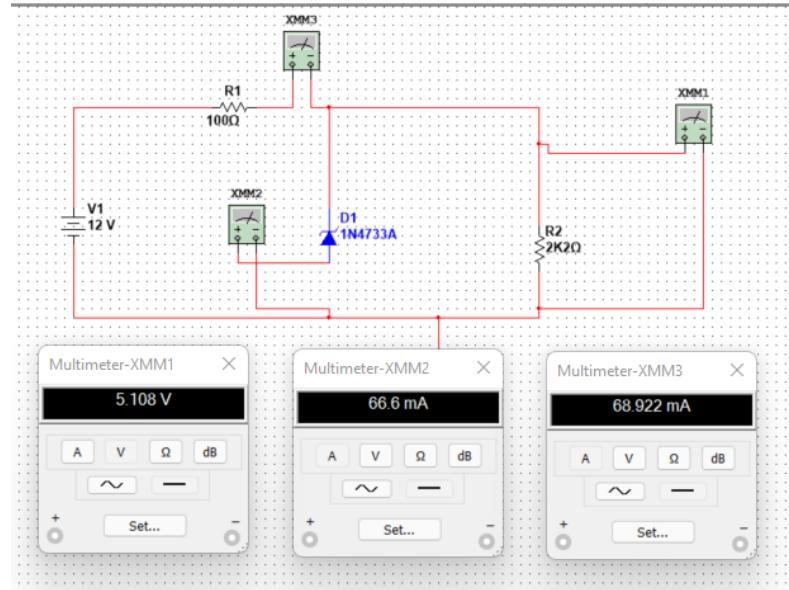


Figura 3 - Circuito simulado para  $V_i = 12V$  com os valores mensurados para  $V_0$ ,  $I_Z$  e  $I_{RS}$ , respectivamente

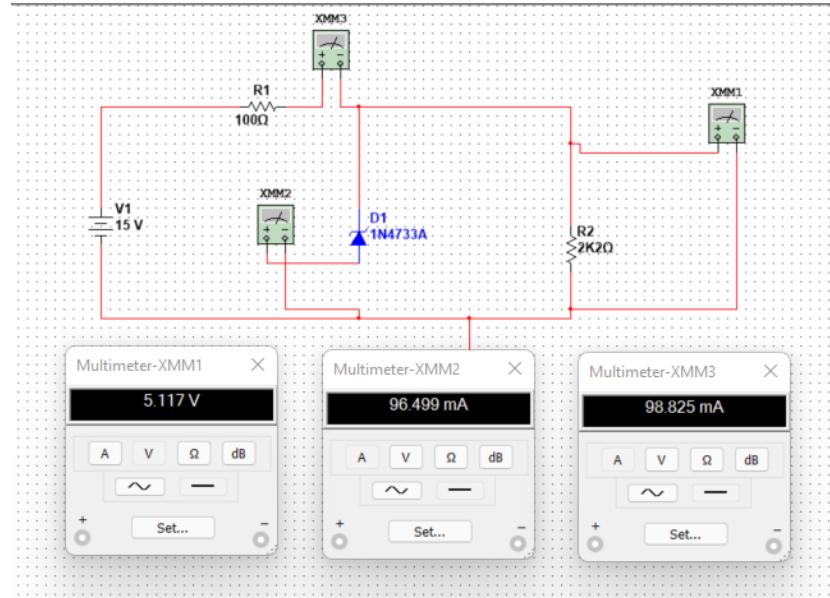


Figura 4 - Circuito simulado para  $V_i = 15V$  com os valores mensurados para  $V_0$ ,  $I_Z$  e  $I_{RS}$ , respectivamente

## CÁLCULOS

$$V_z = 5,1 V$$

$$R_z = 7\Omega$$

$$V = R_z * I_{Zt} = 7 * 49mA$$

$$V = 0,343 V$$

$$V_{z0} = V_z - V$$

$$V_{z0} = 5,1 - 0,343 = 4,757 V$$

**Para  $V_i = 10 V$**

$$IT = I_Z + I_{RL} = \frac{V_i - V_z}{R_S} = \frac{V_z - V_{z0}}{R_z} + \frac{V_z}{R_L}$$

$$\begin{aligned}
\frac{10 - V_Z}{100} &= \frac{V_Z - 4,757}{7} + \frac{V_Z}{2200} \\
MMC &= 15400 \\
154 * (10 - V_Z) &= 2200(V_Z - 4,747) + 7V_Z \\
1540 - 154V_Z &= 2200V_Z - 10.465,4 + 7V_Z \\
- 154V_Z - 2200V_Z - 7V_Z &= - 12.005,4 \\
2361V_Z &= 12.005,4 \\
V_Z &= 5,08 V
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
IRS &= \frac{Vi - V_Z}{RS} \\
IRS &= \frac{10 - 5,08}{100} \\
IRS &= 49 mA
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
IZ &= \frac{V_Z - V_Z0}{R_Z} \\
IZ &= \frac{5,08 - 4,757}{7} \\
IZ &= 46 mA
\end{aligned}$$

### Para $Vi = 12V$

$$\begin{aligned}
\frac{12 - V_Z}{100} &= \frac{V_Z - 4,757}{7} + \frac{V_Z}{2200} \\
MMC &= 15400 \\
154 * (12 - V_Z) &= 2200(V_Z - 4,747) + 7V_Z \\
1848 - 154V_Z &= 2200V_Z - 10.465,4 + 7V_Z \\
- 154V_Z - 2200V_Z - 7V_Z &= - 12.313,4 \\
2361V_Z &= 12.313,4 \\
V_Z &= 5,21 V
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
IRS &= \frac{Vi - V_Z}{RS} \\
IRS &= \frac{12 - 5,21}{100} \\
IRS &= 68 mA
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
IZ &= \frac{V_Z - V_Z0}{R_Z} \\
IZ &= \frac{5,21 - 4,757}{7} \\
IZ &= 64,7 mA
\end{aligned}$$

### Para $Vi = 15 V$

$$\begin{aligned}
\frac{15 - V_Z}{100} &= \frac{V_Z - 4,757}{7} + \frac{V_Z}{2200} \\
MMC &= 15400
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 154 * (15 - V_Z) &= 2200(V_Z - 4,747) + 7V_Z \\
 2310 - 154V_Z &= 2200V_Z - 10.465,4 + 7V_Z \\
 2361V_Z &= 12.775,4 \\
 V_Z &= 5,41 V \\
 V_o &= 5,41 - 0,7 = 4,71
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IRS &= \frac{Vi - V_Z}{RS} \\
 IRS &= \frac{15 - 5,41}{100} \\
 IRS &= 96 mA
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IZ &= \frac{V_Z - V_{Z0}}{R_Z} \\
 IZ &= \frac{5,41 - 4,757}{7} \\
 IZ &= 93 mA
 \end{aligned}$$

### TABELA COMPARATIVA

<b>Vi = 10V</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor calculado</b>	<b>Valor simulado</b>	<b>Valor mensurado</b>
	Vo	5,08 V	5,09 V	4,7 V
	IZ	43 mA	47 mA	47,5 mA
	IRS	49 mA	50 mA	49 mA
<b>Vi = 12 V</b>	Vo	5,21 V	5,1 V	4,81 V
	IZ	64,7 mA	67 mA	49 mA
	IRS	68 mA	70 mA	70mA
<b>Vi = 15V</b>	Vo	5,41 V	5,1 V	4,92V
	IZ	93 mA	96,5 mA	49 mA
	IRS	96 mA	99 mA	99 mA

- 4) Monte o circuito regulador série, varie a tensão Vi, meça Vo, Vz, VCE, IRS e preencha uma tabela. Calcule a regulação da tensão de saída. Faça uma comparação entre os valores

obtidos no Lab e os teóricos. Use  $R_s=220\Omega$ ,  $R_L=2k2\Omega$ ,  $V_z = 5,6V$ ,  $T1 = TIP31$  (Beta=75). Considere  $V_i = 10V$ ,  $12V$  e  $14V$ .

Devido a problemas durante a aula prática, foi autorizado pelo professor a substituição dos valores de  $V_i$  para  $8V$ ,  $9V$  e  $10V$ .

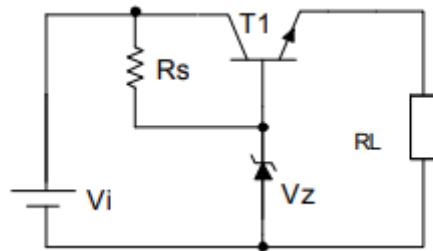


Figura 5 - Circuito proposto

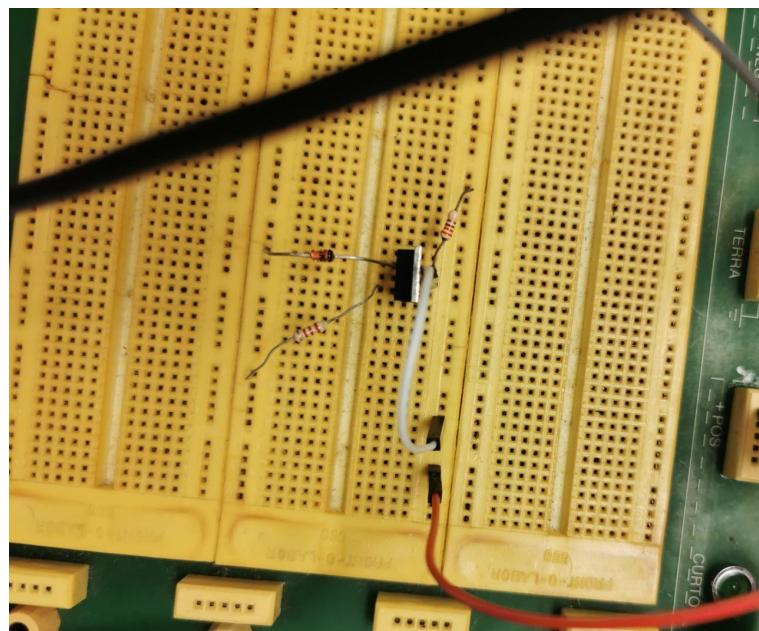


Figura 6 - Circuito implementado

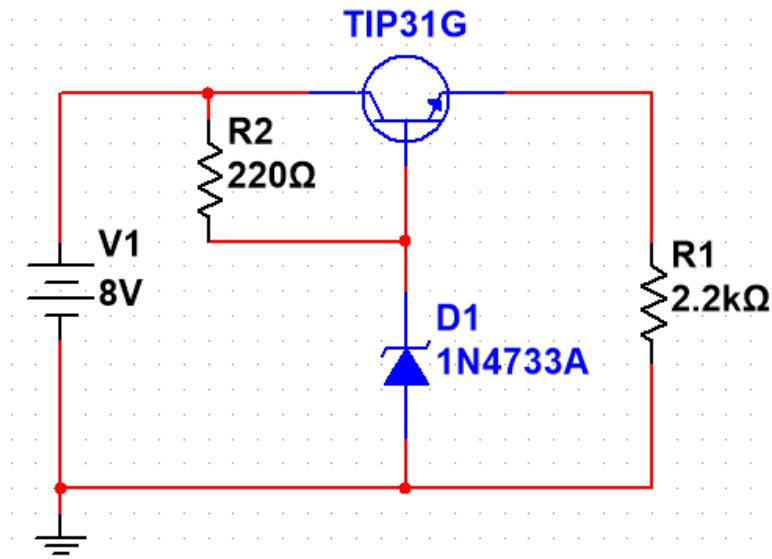


Figura 7 - Circuito simulado

## CÁLCULOS

Para  $v_i = 8V$

$$\begin{aligned} \frac{(8-V_z)}{220} &= \frac{(V_z-5)}{7} + \frac{(V_z-0,7)}{(76*2200)} \\ mmc &= 1170400 \\ 5320(8 - V_z) &= 167200(V_z - 5) + 7(V_z - 0,7) \\ 172527 * V_z &= 878564,9 \\ V_z &= 5,09 V \end{aligned}$$

$$V_o = V_z - 0,7 = 4,39 V$$

$$I_Z = \frac{(V_z - V_{zo})}{R_z} = \frac{(5,09 - 5)}{7} = 12,8 mA$$

$$I_{rs} = \frac{(V_i - V_z)}{R_s} = 13,2 mA$$

$$V_{rs} = I_{rs} * R_s = 2,91 V$$

$$V_{ce} = V_i - V_o = 3,61 V$$

**Cálculo de corrente real:**

$$I_{rs} = \frac{(V_i - V_z)}{R_s} = \frac{(8 - 5,06)}{220} = 13,3 mA$$

$$I_Z = \frac{(V_Z - V_{Z0})}{R_Z} = \frac{(5,1 - 5)}{7} = 14,2 \text{ mA}$$

**Para Vi = 9V**

$$\begin{aligned}\frac{(9 - V_Z)}{220} &= \frac{(V_Z - 5)}{7} + \frac{(V_Z - 0,7)}{76 * 2000} \\ mmc &= 1170400 \\ 5320(9 - V_Z) &= 167200(V_Z - 5) + 7(V_Z - 0,7) \\ 172527 * V_Z &= 883884,9 \\ V_Z &= 5,12 \text{ V}\end{aligned}$$

$$V_o = V_Z - 0,7 = 4,42 \text{ V}$$

$$I_Z = \frac{(V_Z - V_{Z0})}{r_Z} = \frac{(5,12 - 5)}{7} = 17,1 \text{ mA}$$

$$I_{RS} = \frac{(Vi - V_Z)}{R_S} = 17,6 \text{ mA}$$

$$V_{RS} = I_{RS} * R_S = 3,7 \text{ V}$$

$$V_{CE} = Vi - V_o = 4,52 \text{ V}$$

**Cálculo de corrente real:**

$$\begin{aligned}I_{RS} &= \frac{(Vi - V_Z)}{R_S} = \frac{(9 - 5,1)}{220} = 17,7 \text{ mA} \\ I_Z &= \frac{(V_Z - V_{Z0})}{R_Z} = \frac{(5,1 - 5)}{7} = 14,2 \text{ mA}\end{aligned}$$

**Para Vi = 10 V**

$$\begin{aligned}\frac{(10 - V_Z)}{220} &= \frac{(V_Z - 5)}{7} + \frac{(V_Z - 0,7)}{(76 * 2200)} \\ mmc &= 1170400 \\ 5320(10 - V_Z) &= 167200(V_Z - 5) + 7(V_Z - 0,7) \\ 172527 * V_Z &= 889204,9 \\ V_Z &= 5,15 \text{ V}\end{aligned}$$

$$V_o = V_Z - 0,7 = 4,45 \text{ V}$$

$$I_Z = \frac{(V_Z - V_{ZO})}{R_Z} = \frac{(5,15 - 5)}{7} = 21 \text{ mA}$$

$$I_{RS} = \frac{(V_i - V_Z)}{R_S} = 22 \text{ mA}$$

$$V_{RS} = I_{RS} * R_S = 4,84 \text{ V}$$

$$V_{CE} = V_i - V_o = 5,55 \text{ V}$$

### Cálculo de corrente real:

$$I_{RS} = \frac{(V_i - V_Z)}{R_S} = \frac{(10 - 4,9)}{220} = 23,1 \text{ mA}$$

$$I_Z = \frac{(V_Z - V_{ZO})}{R_Z} = \frac{(4,9 - 5)}{7} = -14,2 \text{ mA}$$

**TABELA COMPARATIVA**

<b>Vi = 8V</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor calculado</b>	<b>Valor simulado</b>	<b>Valor mensurado</b>
	Vo	4,39 V	4,6 V	5,2 V
	VZ	5,09 V	5,06 V	5,1 V
	I <sub>Z</sub>	12,8 mA	13,3 mA	14,2 mA
	V <sub>RS</sub>	2,91 V	2,93 V	3,06 V
	I <sub>RS</sub>	13,2 mA	13,3 mA	13,3 mA
	V <sub>CE</sub>	3,61 V	3,39 V	3,1 V
	REG		18,4 %	
<b>Vi = 9 V</b>	Vo	4,42 V	4,61 V	4,4 V
	VZ	5,12 V	5,05 V	5,1 V
	I <sub>Z</sub>	17,1 mA	17,8 mA	14,2 mA
	V <sub>RS</sub>	3,77 V	3,92 V	4 V
	I <sub>RS</sub>	17,6 mA	17,8 mA	17,1 mA
	V <sub>CE</sub>	4,52 V	4,38 V	4,05 V
	REG		4,77 %	
<b>Vi = 10V</b>	Vo	4,45 V	4,62 V	4,39 V

	Vz	5,15 V	5.08 V	4,9 V
	Iz	21 mA	22.3 mA	-14,2 mA
	VRS	4,84 V	4.92 V	5,2 V
	IRS	22 mA	22.4 mA	23,1 mA
	VCE	5,55 V	5.37 V	5,2 V
	REG		5,23 %	

5) Monte o circuito regulador completo, varie a tensão  $V_i$ , meça  $V_o$ ,  $V_z$ ,  $V_{CE}$ ,  $I_{Rs}$  e preencha uma tabela. Calcule a regulação da tensão de saída. Faça uma comparação entre os valores obtidos no experimento e os teóricos. Use  $R_1=220\Omega$ ,  $R_2=120\Omega$ ,  $R_a=330\Omega$ ,  $R_b=390\Omega$ ,  $R_L=2k2\Omega$ ,  $V_z=5,6V$ ,  $T1=TIP31$  ( $\beta=75$ ),  $T2=BC548$  ( $\beta=250$ ). Considere  $V_i = 13V$ ,  $14V$  e  $15V$ .

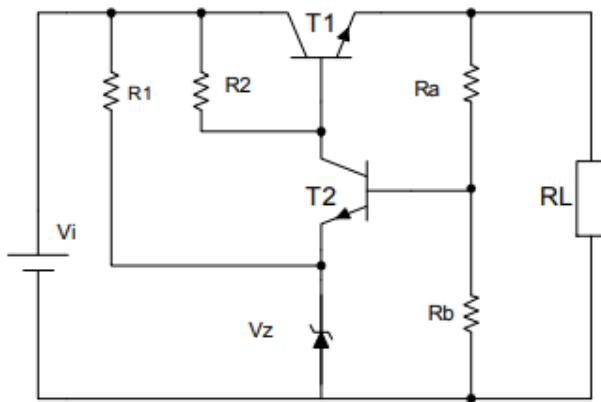


Figura 8 - Circuito proposto

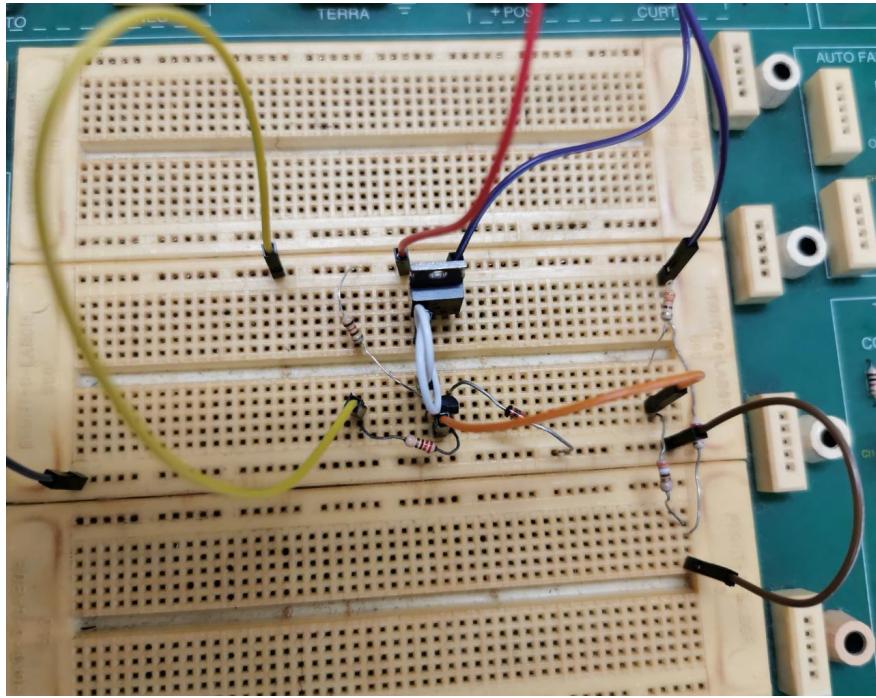


Figura 9 - Circuito Implementado

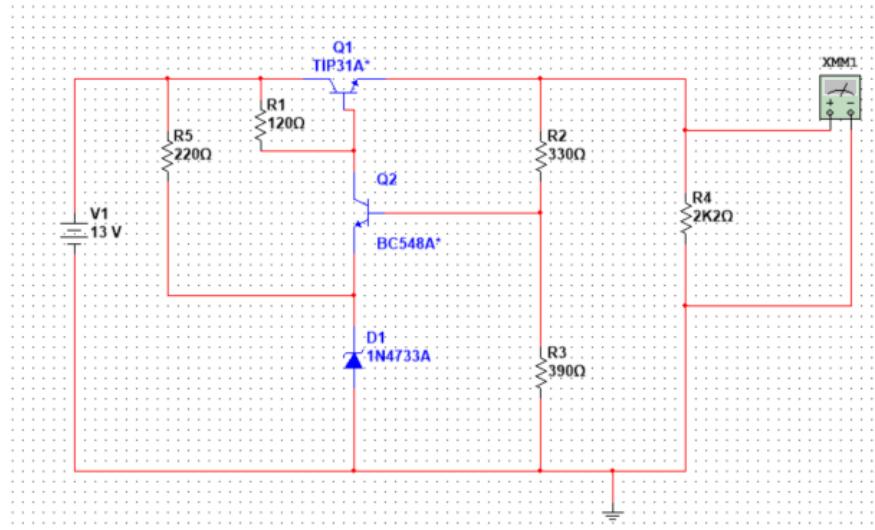


Figura 10 - Circuito simulado

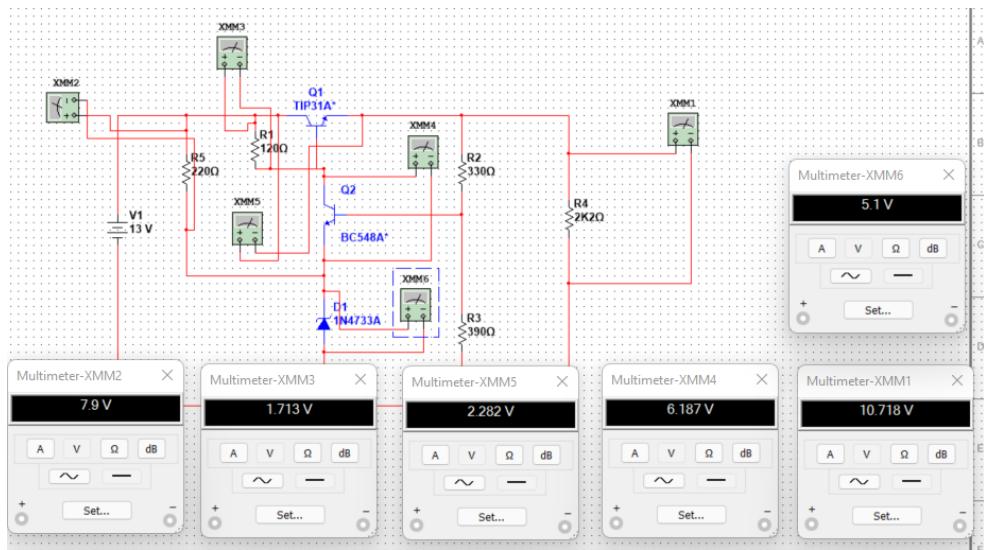


Figura 11 - Circuito simulado para  $V_i = 13V$  com os valores mensurados para  $V_{RS1}$ ,  $V_{RS2}$ ,  $V_{CE1}$ ,  $V_{CE2}$ ,  $V_o$  e acima de  $V_z$

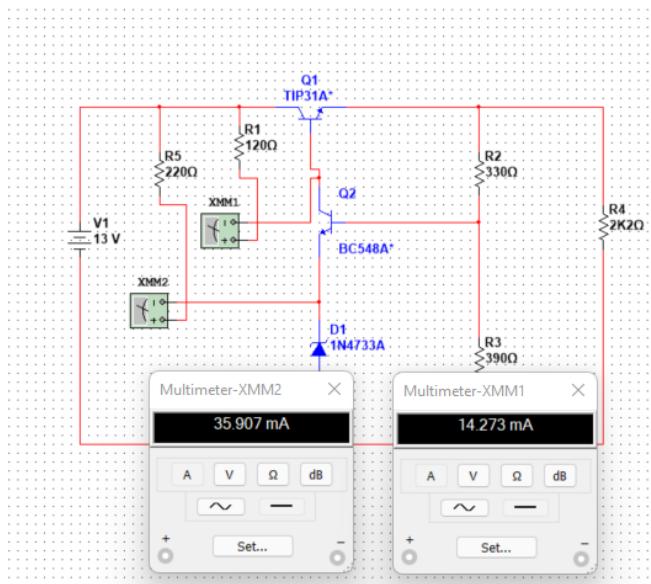


Figura 12 - Circuito simulado para  $V_i = 13V$  com  $I_{RS1}$  e  $I_{RS2}$  mensurados

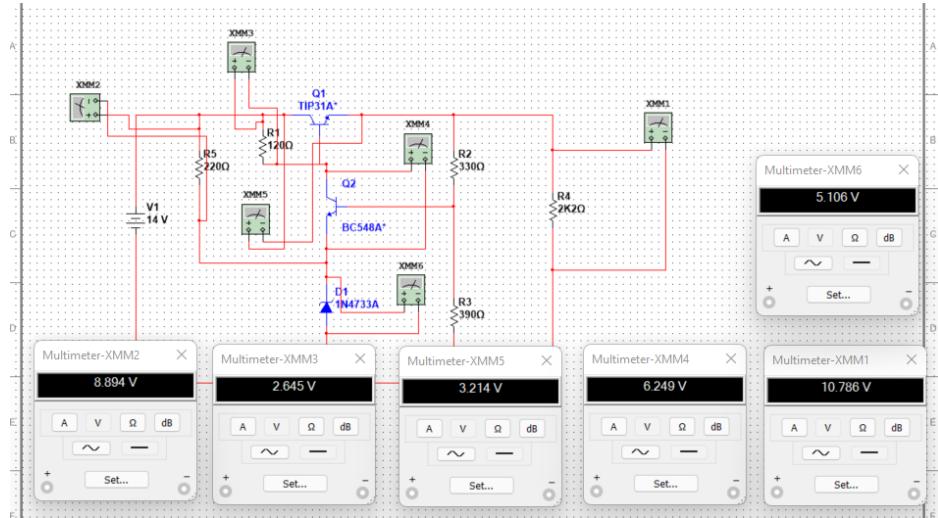


Figura 13 - Circuito simulado para  $V_i = 14V$  com os valores mensurados para  $V_{RS1}$ ,  $V_{RS2}$ ,  $V_{CE1}$ ,  $V_{CE2}$ ,  $V_o$  e acima de  $V_z$

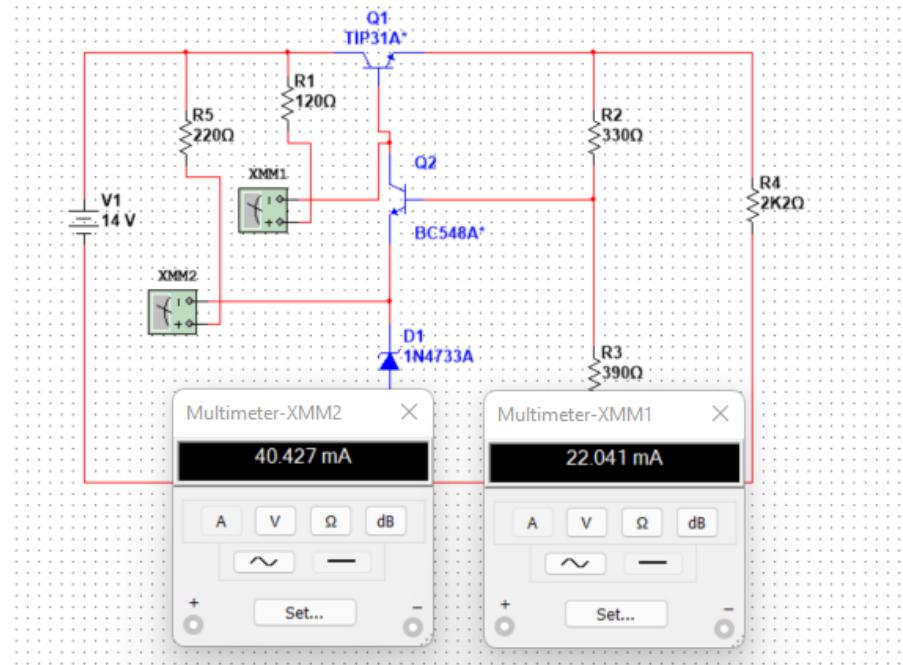


Figura 14 - Circuito simulado para  $V_i = 14V$  com os valores mensurados para  $I_{RS1}$  e  $I_{RS2}$

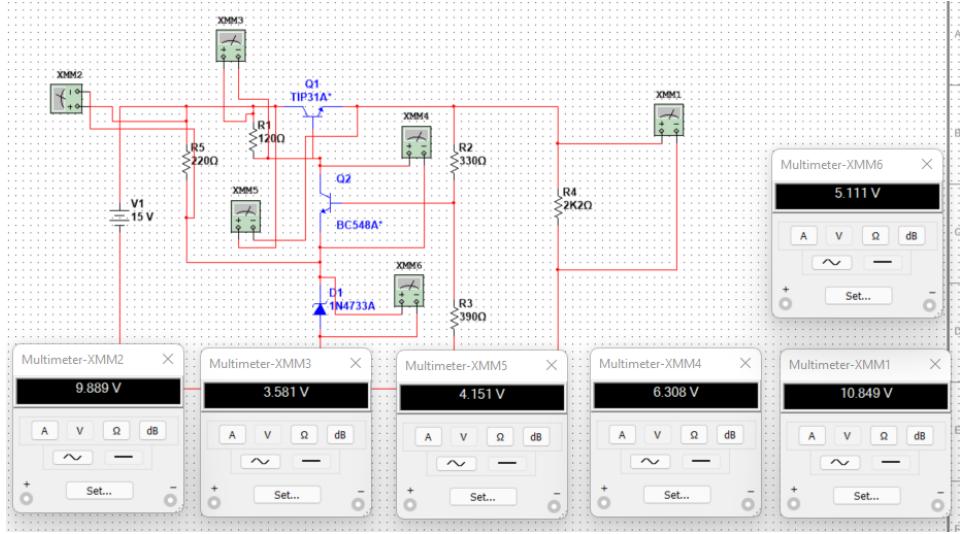


Figura 15 - Circuito simulado para  $V_i = 15V$  com os valores mensurados para  $V_{RS1}$ ,  $V_{RS2}$ ,  $V_{CE1}$ ,  $V_{CE2}$ ,  $V_o$  e acima de  $V_z$

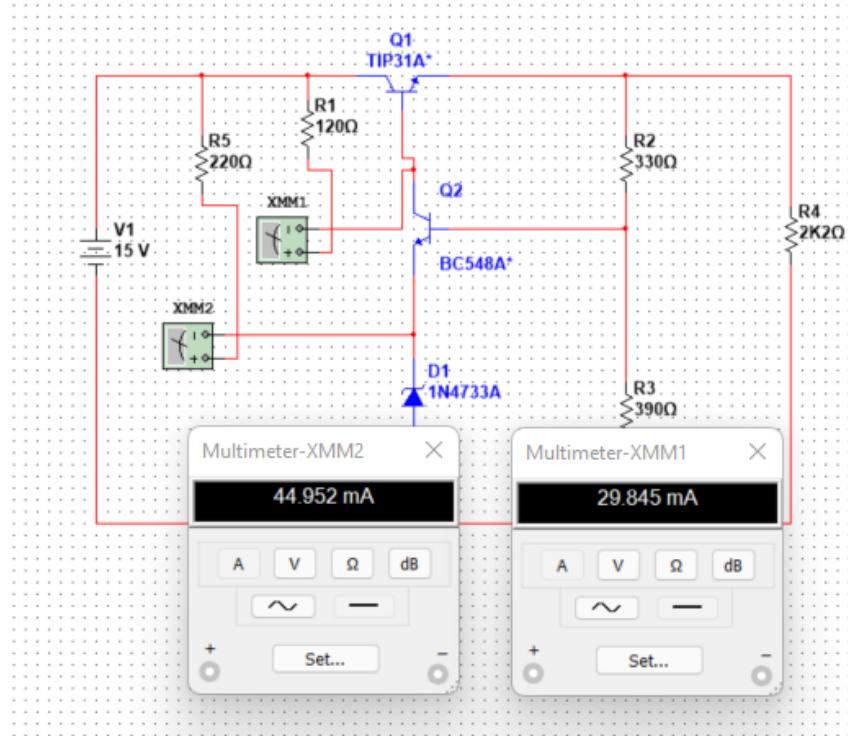


Figura 16 - Circuito simulado para  $V_i = 15V$  com os valores mensurados para  $IRS1$  e  $IRS2$

## CÁLCULOS

Para  $V_i = 13V$

$$\begin{aligned}
 V_f &= V_z + V_{BE} \\
 V_f &= 5,1 + 0,7 = 5,8 \\
 V_o &= \frac{R_x + R_y}{R_y} = \frac{330 + 390}{390} = 10,89 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$IRS1 = \frac{13-5,1}{220} = 35mA$$

$$IRS2 = \frac{13-(10,89+0,7)}{120} = 12mA$$

$$VCE1 = Vi - Vo = (13 - 10,89) = 2,11 V$$

$$VCE2 = Vo' - Vz = (10,89 + 0,7) - 5,1 = 6,49 V$$

$$VRS1 = IRS1 * RS1 = 35mA * 220 = 7,7 V$$

$$VRS2 = 12mA * 120 = 1,44 V$$

**Para Vi = 14 V**

$$IRS1 = \frac{14-5,1}{220} = 40mA$$

$$IRS2 = \frac{14-(10,89+0,7)}{120} = 20mA$$

$$VCE1 = Vi - Vo = (14 - 10,89) = 3,11 V$$

$$VCE2 = Vo' - Vz = (10,89 + 0,7) - 5,1 = 6,49 V$$

$$VRS1 = IRS1 * RS1 = 40mA * 220 = 8,8 V$$

$$VRS2 = 20mA * 120 = 2,4 V$$

**Para Vi = 15 V**

$$IRS1 = \frac{15-5,1}{220} = 45mA$$

$$IRS2 = \frac{15-(10,89+0,7)}{120} = 28mA$$

$$VCE1 = Vi - Vo = (15 - 10,89) = 4,11 V$$

$$VCE2 = Vo' - Vz = (10,89 + 0,7) - 5,1 = 6,49 V$$

$$VRS1 = IRS1 * RS1 = 45mA * 220 = 9,9 V$$

$$VRS2 = 28mA * 120 = 3,36 V$$

Vi = 13V	Valor	Valor calculado	Valor simulado	Valor mensurado
	Vo	10,89 V	10,72 V	10 V
	Vz	5,1 V	5,1 V	4,9 V
	VCE1	2,11 V	2,3 V	0,1 V
	VCE2	6,49 V	6,18 V	5,9 V
	VRS1	7,7 V	7,9 V	8,2 V
	VRS2	1,44 V	1,7 V	2,1 v
	IRS1	35 mA	35 mA	37 mA

	IRS2	12 mA	14,3 mA	17,5 mA
<b>Vi = 14 V</b>	Vo	10,89 V	10,8 V	10,36 V
	Vz	5,1 V	5,106 V	5 V
	VCE1	3,11 V	3,2 V	0,1 V
	VCE2	6,49 V	6,2 V	6,2 V
	VRS1	8,8 V	8,9 V	9 V
	VRS2	2,4 V	2,65 V	2,7 V
	IRS1	40 mA	40 mA	40,1 mA
	IRS2	20 mA	22,04 mA	22,5 mA
<b>Vi = 15V</b>	Vo	10,8 V	10,8 V	10,5 V
	Vz	5,1 V	5,11 V	5,05 V
	VCE1	4,11 V	4,15 V	0,1 V
	VCE2	6,49 V	6,3 V	6,3 V
	VRS1	9,9 V	9,9 V	10 V
	VRS2	3,36 V	3,52 V	3,6 V
	IRS1	45 mA	45 mA	45 mA
	IRS2	28 mA	30 mA	30 mA

Por solicitação do professor, as correntes não foram mensuradas na prática e apenas realizados os cálculos para os valores reais utilizando os valores obtidos através de mensuração de VRS1 e VRS2 divididos por RS1 e RS2, respectivamente.

- 6) Monte o circuito com o CI regulador de tensão,. Meça Vo para Vi = 8V e Vi =10V. Calcule a regulação da tensão de saída. Faça uma comparação entre os valores obtidos no experimento e os teóricos.



Figura 17 - Circuito proposto

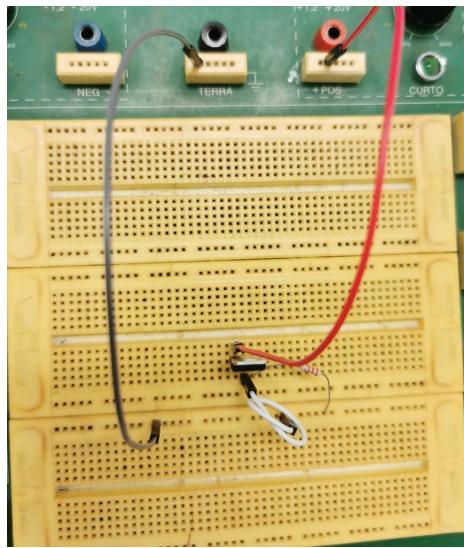


Figura 18 - Circuito implementado

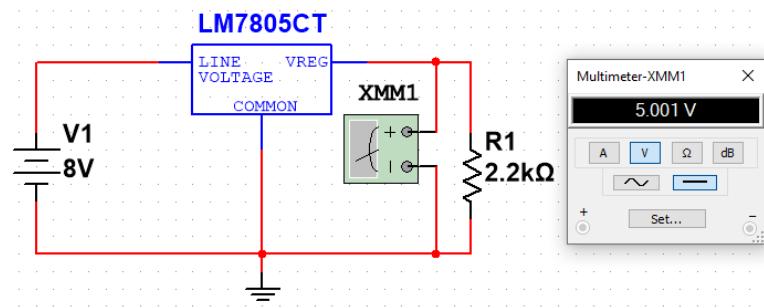


Figura 19 - Circuito simulado para  $V_i = 8V$  e um  $RL = 2k2\Omega$

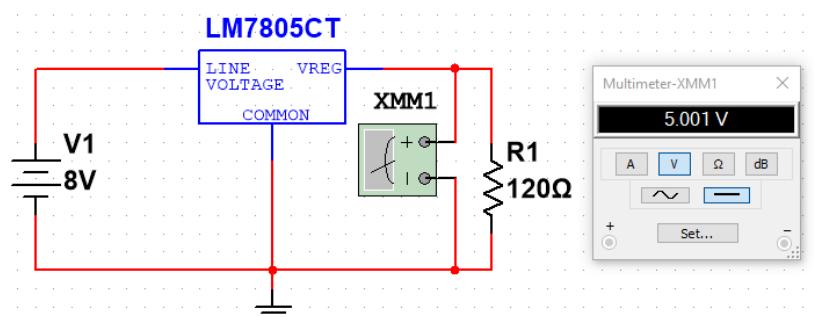


Figura 20 - Circuito simulado para  $V_i = 8V$  e um  $RL = 120\Omega$

Foram realizadas duas implementações para este exercício, uma com uma carga de  $2k2\Omega$  e outra com a carga de  $120\Omega$ .

#### TABELA COMPARATIVA

**Para carga de  $2k2\Omega$ :**

<b>Para <math>V_i = 8V</math></b>	<b>V<sub>reg</sub> calculado</b>	<b>V<sub>reg</sub> Simulado</b>	<b>V<sub>reg</sub> mensurado</b>
	5 V	5.001 V	4,36 V
<b>Para <math>V_i = 10 V</math></b>	5 V	5.002 V	4,3 V

**Para carga de  $120 \Omega$ :**

<b>Para <math>V_i = 8V</math></b>	<b>V<sub>reg</sub> calculado</b>	<b>V<sub>reg</sub> Simulado</b>	<b>V<sub>reg</sub> mensurado</b>
	5 V	5.001 V	4,7 V
<b>Para <math>V_i = 10 V</math></b>	5 V	5.001 V	4,78 V

#### **4. CONCLUSÃO**

Com as implementações realizadas em laboratório foi possível a consolidação dos conhecimentos adquiridos durante a primeira parte da matéria de Eletrônica Aplicada. Com o uso de cálculos e simulações, foram obtidas expectativas de resultado em implementações que foram posteriormente atendidas no laboratório, fazendo com que a comprovação dos conhecimentos fosse obtida.

Os cálculos realizados chegaram a valores muito próximos ou idênticos a realidade e pode-se dizer que bastante conhecimento foi adquirido sobre circuitos reguladores de tensão, sejam eles reguladores em série, paralelos, completos ou CI reguladores.

## **5. REFERÊNCIAS**

**Conheça três tipos diferentes de reguladores de tensão.** Disponível em:  
<<https://www.topgadget.com.br/howto/electronica/conheca-tres-tipos-diferentes-de-reguladores-de-tensao.htm>>. Acesso em: 30 mar. 2022.

**HTML.ALLDATASHEET.COM. 1N4733A Datasheet(1/4 Pages) FAIRCHILD | 1N4728A - 1N4758A Zener Diodes.** Disponível em:  
<<https://html.alldatasheet.com/html-pdf/549162/FAIRCHILD/1N4733A/486/1/1N4733A.html>>. Acesso em: 30 mar. 2022.

**ALLDATASHEET.COM. TIP31 Datasheet(PDF) - Continental Device India Limited.**  
Disponível em:  
<<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/603543/CDIL/TIP31.html>>. Acesso em: 30 mar. 2022.

**Transistor NPN - BC548.** Disponível em:  
<<https://www.baudaelectronica.com.br/transistor-npn-bc548.html>>. Acesso em: 30 mar. 2022.