

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ  
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO  
FABIO IVO PEREIRA DE OLIVEIRA JUNIOR  
FELIPE RIBEIRO MACHADO

LABORATÓRIO ELETRÔNICA BÁSICA – M2

Relatório apresentado como requisito parcial para a obtenção da M2 da disciplina de Eletrônica Básica 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

## **OBJETIVOS**

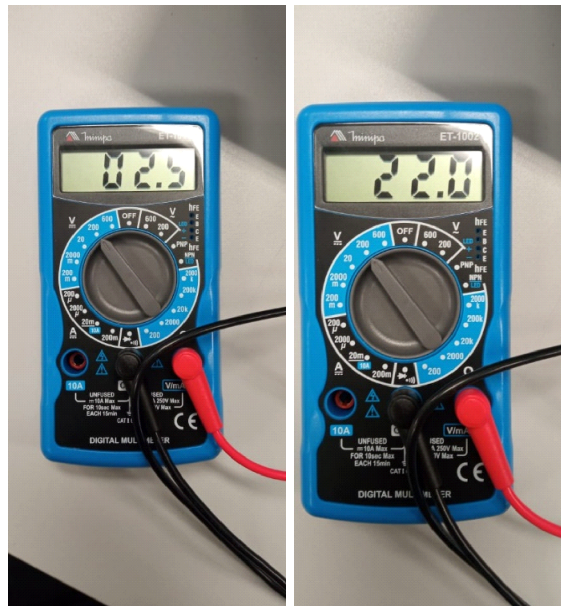
- Avaliar o funcionamento do transistor bipolar.
- Verificar o funcionamento do TBJ como chave.
- Verificar o funcionamento de circuitos de polarização DC.
- Avaliar o funcionamento do TBJ como amplificador.

## EXPERIMENTOS

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

Valor mínimo: 2.5 V

Valor máximo: 22 V



*Figura 1 – Tensão Mínima*

*Figura 2 – Tensão Máxima*

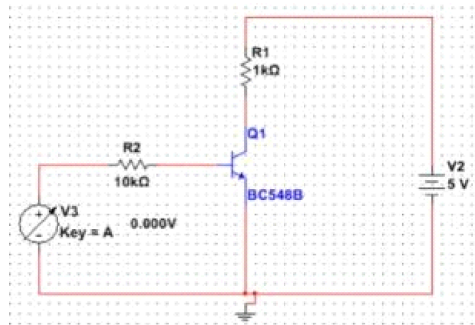
- Antes do experimento meça com o multímetro o Beta dos transistores e os resistores utilizados.

Componente	Valor teórico	Valor mensurado
Transistor BC548B	$90 < B > 450$	290
Resistor 10k $\Omega$	10k $\Omega$	9k91 $\Omega$
Resistor 1k $\Omega$	1k $\Omega$	960 $\Omega$
Resistor 2k2 $\Omega$	2k2 $\Omega$	2k15
Resistor 220 $\Omega$	220 $\Omega$	217 $\Omega$
Resistor 470k $\Omega$	470k $\Omega$	474k $\Omega$
Resistor 220 $\Omega$	220 $\Omega$	218 $\Omega$
Resistor 560 $\Omega$	560 $\Omega$	556 $\Omega$
Resistor 680 $\Omega$	680 $\Omega$	672 $\Omega$
Resistor 4k7 $\Omega$	4k7 $\Omega$	4k5 $\Omega$

22k $\Omega$	22k $\Omega$	21k4 $\Omega$
3k3 $\Omega$	3k3 $\Omega$	3k1 $\Omega$

*Tabela 1 – Valores dos Componentes*

3) Monte o circuito apresentado, varie a tensão  $V_i$  ( $V_3$  mostrada na figura), meça  $V_B$ ,  $V_C$ ,  $V_E$  e preencha a tabela. Faça uma comparação entre os valores obtidos no experimento e os teóricos.



*Figura 3 - Circuito 3 proposto*

$V_i(V)$	$V_B$	$V_C$	$V_E$	$R_{op}$
0	0 V	4.91 V	0 V	Cortado
5	0.72 V	0 V	0 V	Saturado

*Tabela 2 – Valores Mensurados*

## CÁLCULOS

$V_i = 0$ :

$$V_i - I_b * R_b - V_{be} = 0$$

$$0 - I_b * 10000 - 0,7 = 0$$

$$- 10000I_b = 0,7$$

$$I_b = - 70\mu A$$

$$I_c = 468 * - 70\mu A$$

$$= - 32mA$$

$$I_e = 469 * - 70\mu A$$

$$= - 33mA$$

$$V_b = V_{be} - V_e$$

$$= 0,7 - 0$$

$$= 0,7 \text{ V}$$

$$V_c = 5 \text{ V}$$

$$V_i = 5:$$

$$V_i - I_b * R_b - V_{be} = 0$$

$$5 - I_b * 10000 - 0,7 = 0$$

$$- 10000 I_b = 0,7 - 5$$

$$I_b = 430 \mu\text{A}$$

$$I_c = 468 * 430 \mu\text{A}$$

$$= 200 \text{ mA}$$

$$I_e = 469 * 430 \mu\text{A}$$

$$= 200 \text{ mA}$$

$$V_b = V_{cc} - I_b * R_b$$

$$= 0,7 \text{ V}$$

$$V_c = 5 \text{ V}$$

$$V_e = 0 \text{ V}$$

$$I_{c(sat)} = V_{cc}/R_c$$

$$= 5 \text{ mA}$$

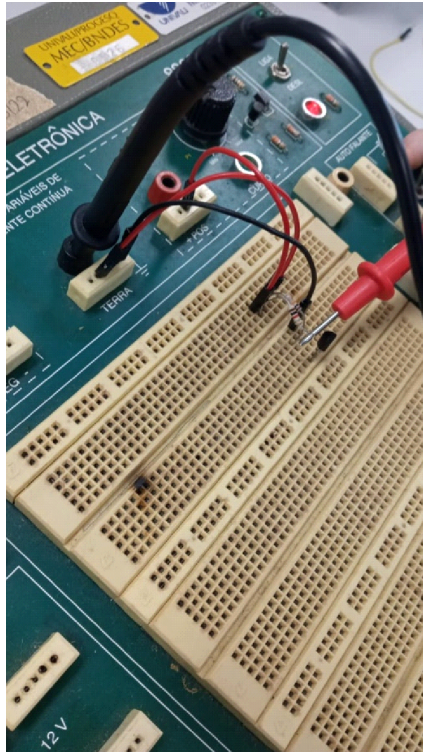


Figura 4 – Circuito projetado

#### RESULTADOS:

Vi(V)	VB	VC	VE	R <sub>op</sub>
0	0 V	5 V	0 V	Cortado
5	0.7 V	5 V	0 V	Saturado

Tabela 3 – Valores Obtidos pelos Cálculos

4) Monte os circuitos de polarização “D C” e meça as tensões VB, VE e VC, para cada valor de RC (R2 na figura). De posse dessas tensões calcule as correntes IB, IC e IE. Faça uma comparação entre os valores obtidos no experimento e os teóricos.

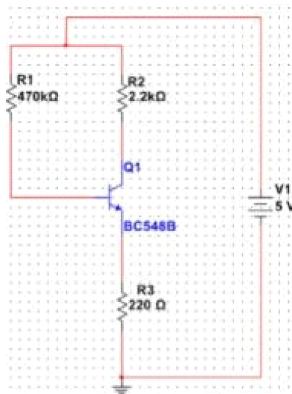


Figura 5 - Circuito proposto

<b>RC</b>	<b>VB</b>	<b>VE</b>	<b>VC</b>	<b>IB</b>	<b>IC</b>	<b>IE</b>	<b>R_op</b>
<b>2k2</b>	1.02 V	0.41 V	0.63 V	8,08 uA	1.94 mA	1,86 mA	Saturado
<b>220</b>	1.05 V	0.47 V	4.4 V	7,87 uA	2.04 mA	2.09 mA	Ativo
<b>560</b>	1.05 V	0.46 V	3.87 V	7.87 uA	2.12 mA	2.04 mA	Ativo
<b>680</b>	1.03 V	0.45 V	3.56 V	7.7 uA	2.06 mA	2.00 mA	Ativo

*Tabela 4 - Valores Mensurados*

## CÁLCULOS

Para os cálculos do segundo circuito, temos a imagem abaixo.

$$Q - 5 - 470K I_B - V_{BE} - I_C \cdot 220 = 0$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$\boxed{\beta = 290}$$

$$I_E = I_B + \beta I_B$$

$$5 - 470K I_B - 0,7 - 220(I_B + \beta I_B) = 0$$

$$4,3 - 470K I_B - 220 I_B + 63800 I_B = 0$$

$$I_B = \frac{4,3}{405,920}$$

$$I_B = 10,6 \mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 290 \cdot 10,6 \mu A = 3,07 \text{ mA}$$

$$I_E \approx I_C \approx 3,07 \text{ mA}$$

$$V_C = 5 - I_C \cdot 2,2K = -0,754 \text{ V}$$

$$V_E = 3,07 \text{ mA} \cdot 220 = 0,68 \text{ V}$$

$$V_{BE} = V_B - V_E$$

$$0,7 = V_B - 0,68$$

$$1,38 \text{ V} = V_B$$

Saturado.



$$\begin{aligned}
 b- \quad & 5 - I_c 470k - 0,7 - 220 I_c = 0 \\
 & 4,7 - 470k I_c - 220 I_c - 638000 I_c = 0 \\
 & 405,980k I_c = 4,3 \\
 & I_c = 10,64 \mu A
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_c &= \beta I_b = 100 \cdot 290 = 3,07 \text{ mA} \\
 I_e &= I_b + I_c = 3,07 \text{ mA} + 10,6 \text{ mA} = 3,08 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5 - 220 \cdot 3,08 \text{ mA} - V_{ce} - 3,08 \text{ mA} \cdot 210 &= 0 \\
 4,3246 - V_{ce} - 0,6776 &= 0 \\
 V_{ce} &= 3,64 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5 - 220 \cdot 3,07 \text{ mA} &= V_c \\
 V_c &= 4,3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{ce} &= V_c - V_e \\
 3,64 &= 4,3 - V_e \\
 V_e &= 0,66 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{be} &= V_b - V_e \\
 0,7 &= V_b - 0,66 \\
 1,36 &= V_b
 \end{aligned}$$

Atimo

$$C - 5 - 470k I_B - 0,7 - (I_B - \beta I_B) 220 = 0$$

$$4,3 - 470k I_B - 220 I_B - 6380 I_B = 0$$

$$I_B = 10,64 \mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 220 \cdot 10,64 = 3,07 \text{ mA}$$

$$I_{E \approx I_C} \approx 3,07 \text{ mA}$$

$$5 - 560 \cdot I_C - V_{CE} - I_C 220 = 0$$

$$5 - 560 \cdot 3,07 \text{ mA} - V_{CE} - 3,07 \text{ mA} \cdot 220 = 0$$

$$3,2808 - V_{CE} - 0,6754 = 0$$

$$V_{CE} = 2,6 \text{ V}$$

$$V_C = 5 - 3,07 \text{ mA} \cdot 560$$

$$V_C = 3,2808 \text{ V}$$

$$V_{CE} = V_C - V_E$$

$$2,6 = 3,3 - V_E$$

$$V_E = 0,68 \text{ V}$$

$$V_{BE} = V_B - V_E$$

$$0,7 = V_B - 0,68$$

$$V_B = 1,4 \text{ V}$$

Ativo

$$d. \quad 5 - 470k I_B - 0,7 - 220 \cdot (I_B + \beta I_B) = 0$$

$$5 - 470k I_B - 0,7 - 220 I_B - 6300 I_B = 0$$

$$I_B = 10,64 \mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 290 \cdot 10,64 = 3,07 \text{ mA}$$

$$I_E \approx I_C \approx 3,07 \text{ mA}$$

$$V_E = I_E \cdot 220 = 3,07 \cdot 220 = 0,6754 \text{ V}$$

$$V_{BE} = V_B - V_E$$

$$0,7 = V_B - 0,68$$

$$V_B = 1,4 \text{ V}$$

$$5 - 680 \cdot 3,07 \text{ mA} - V_{CE} - 3,07 \cdot 220 = 0$$

$$V_{CE} = 2,23 \text{ V}$$

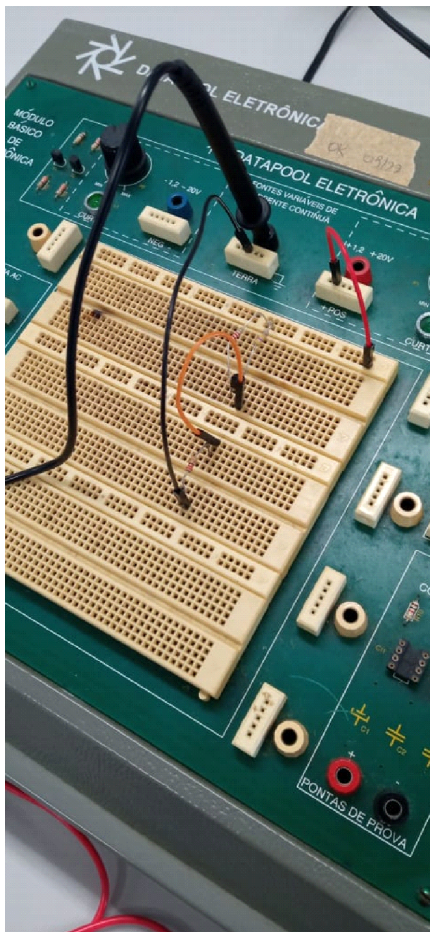
$$V_{CE} = V_C - V_E$$

$$2,23 = V_C - 0,68$$

$$2,91 \text{ V} = V_C$$

A time





*Figura 6 - Circuito projetado*

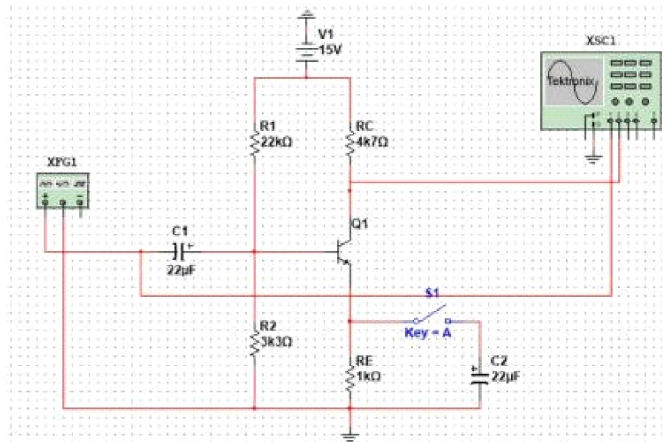
### RESULTADOS:

RC	VB	VE	VC	IB	IC	IE	R_op
2k2	1,38 V	0,68 V	0,75 V	10,6 $\mu$ A	3,07 mA	3,08 mA	Saturado
220	1,36 V	0,66 V	4,3 V	10,6 $\mu$ A	3,07 mA	3,07 mA	Ativo
560	1,4 V	0,68 V	3,3 V	10,6 $\mu$ A	3,07 mA	3,07 mA	Ativo
680	1,4 V	0,68 V	2,91 V	10,6 $\mu$ A	3,07 mA	3,07 mA	Ativo

*Tabela 5 - Valores Obtidos pelos Cálculos*

- Verifique a calibração do scope (frequência de 1kHz e amplitude dada no aparelho).

- Conecte a saída do gerador de funções ao Scope. Ajuste o gerador e meça no Scope um sinal senoidal de 50mV de pico e frequência de 1kHz.
- Monte o circuito amplificador e meça as tensões VB, VE e VC. Obtenha o ganho de tensão (Av) teórico para as duas condições do circuito (chave S1 aberta e fechada). Ajuste o gerador (XFG1) para um sinal senoidal de 50mV de pico e frequência de 1kHz, meça com o Scope Vi e Vo e apresente as formas de onda. Faça uma comparação entre os valores obtidos no experimento e os teóricos. Obs: O transistor Q1 é um BC548



*Figura 7 - Circuito proposto*

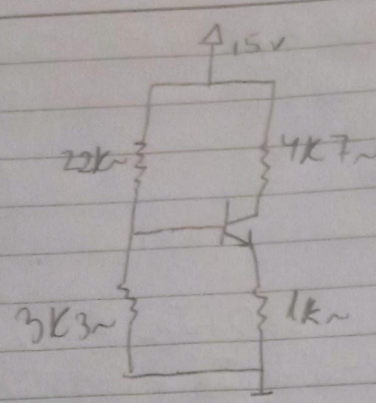
VB	VE	VC	IB	IC	IE	R_op
1.93 V	1.3 V	8.47 V	0.005 mA	1.34 mA	1.29 mA	Ativa

*Tabela 6 - Valores Mensurados*

## CÁLCULOS

Os cálculos para o terceiro circuito podem ser vistos na imagem abaixo.

3-



$$R_{th} = 22k // 3k3 = \frac{22k \cdot 3k3}{22k + 3k3} = 2k87$$

$$V_{th} = \frac{15 \cdot 3k3}{3k3 + 22k} = \frac{49500}{25k3} = 1,96V$$

$$1,96 - 2k87 I_B - 0,7 - 1k(I_B + \beta I_B) = 0$$

$$1,26 - 2k87 I_B - 1k I_B - 200k I_B = 0$$

$$I_B = 4,3 \mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 200 \cdot 4,3 \mu A = 1,25 mA$$

$$I_E \approx I_C \approx 1,25 mA$$

$$V_B = 1,96 - 4,34 \cdot 2870 = 1,95V$$

$$V_{BE} = V_B - V_E$$

$$0,7 = 1,95 - V_E$$

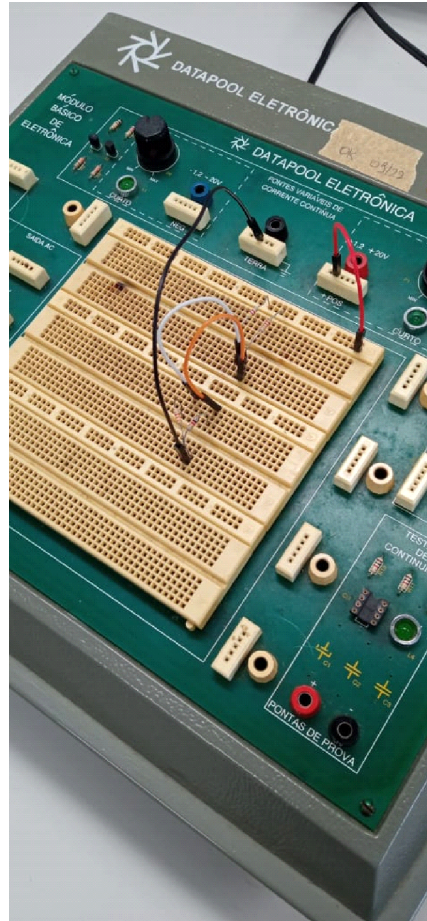
$$V_E = 1,24V$$

$$V_C = 15 - 1,25 mA \cdot 4k7$$

$$V_C = 9,13V$$

Ativo

tilibra



*Figura 8 - Circuito projetado*

### RESULTADOS E COMPARAÇÃO:

Componente	Valor Calculado	Valor Experimental	Erro (%)
<b>VB</b>	1,95 V	1,93 V	1,02
<b>VC</b>	9,13 V	8,47 V	7,79
<b>VE</b>	1,24 V	1,3 V	4,61
<b>IB</b>	4,3 $\mu$ A	5 $\mu$ A	14
<b>IC</b>	1,25 mA	1,34 mA	6,72
<b>IE</b>	1,25 mA	1,29 mA	3,1
<b>R_op</b>	Ativo	Ativo	0

*Tabela 7 - Valores Obtidos pelos Cálculos*

## **DISCUSSÃO DE RESULTADOS**

Com este relatório dos trabalhos realizados em laboratório foi possível consolidar os conhecimentos aprendidos em sala de aula ao longo da M2. Além de visualizar na prática os componentes com os quais foi trabalhado em meio a simulação.

Os resultados obtidos foram satisfatórios e muito próximos aos cálculos e simulações, ainda mais levando em consideração a variância dos componentes práticos que não está presente em meio teórico e simulado. Os experimentos tiveram resultados positivos.