

**Relatório Eletrônica Básica**  
**Polarização por divisor de tensão**  
**Acadêmico: Stephen Michael Apolinário**

## Objetivo

- Estudar a polarização por divisor de tensão do transistor
- Analisar a região de operação do transistor.
- Obter as tensões e as correntes dos canais Base, Emissor e Coletor.
- Realizar as simulações dos circuitos apresentados em aula.

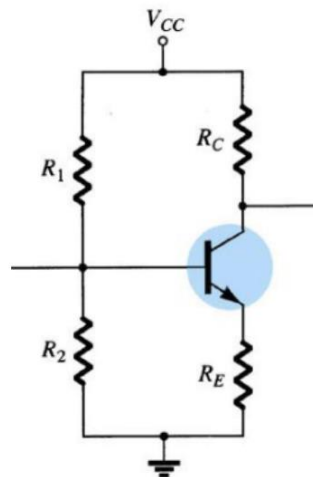
## Introdução

Este relatório tem a finalidade de validar os conceitos aprendidos na disciplina, o circuito de polarização do emissor pode ser modificado a fim de se obter a polarização por divisor de tensão. Essa polarização é utilizada quando precisamos diminuir a tensão a ser aplicada na base sem ter que alterar a fonte, abordaremos essa polarização a seguir.

## Desenvolvimento

Neste exemplo podemos observar a modificação do circuito, onde mais um resistor foi adicionado no canal Base do transistor, isso faz com que a Base seja polarizada através de divisão de tensão, veja a imagem abaixo:

### Polarização por divisor de tensão



Agora temos um resistor R1 e R2, onde polariza a Base do transistor por meio de divisor de tensão. No exemplo abaixo descobriremos as correntes e as tensões nos terminais B,C e E.

## Polarização por divisor de tensão

**EXERCÍCIO** - Considere que:

$$V_{CC} = 22V.$$

$$R_1 = 39K, R_2 = 3k9, R_C = 10k, R_E = 1k5, \\ B = h_{fe} = 140.$$

Calcule:

$I_B, I_C, V_B, V_E, V_C$  e  $V_{CE}$ .

Analisando o circuito usando o método de equivalência de thevenin:

$$V_{th} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} * V_{CC} \rightarrow \frac{3k9}{3k9 + 39k} * 22 = 2V$$

$$R_{th} = \frac{R_2 * R_1}{R_2 + R_1} = \frac{3900 * 39000}{3900 + 39000} = 3545,45 \text{ Ohms}$$

Considerando  $V_{BE} = 0,7v$  temos:

$$\text{Malhas de entrada: } V_{CC} - I_B * R_B - V_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{th} - V_{BE}}{R_{th} + (B + 1) * R_E}$$

$$I_B = \frac{2 - 0,7}{3545,45 + (B + 1) * 1500} = 6,035 \mu A$$

$$I_C = \beta * I_B \rightarrow 140 * 6,035 \mu A = 0,845 \text{ mA}$$

$$I_E = (\beta + 1) * I_B \rightarrow (140 + 1) * 6,035 \mu A = 0,851 \text{ mA}$$

$$V_B = V_{th} - I_B * R_{th} \rightarrow 2 - (6,035 \mu A * 3545,45) = 1,98 \text{ V}$$

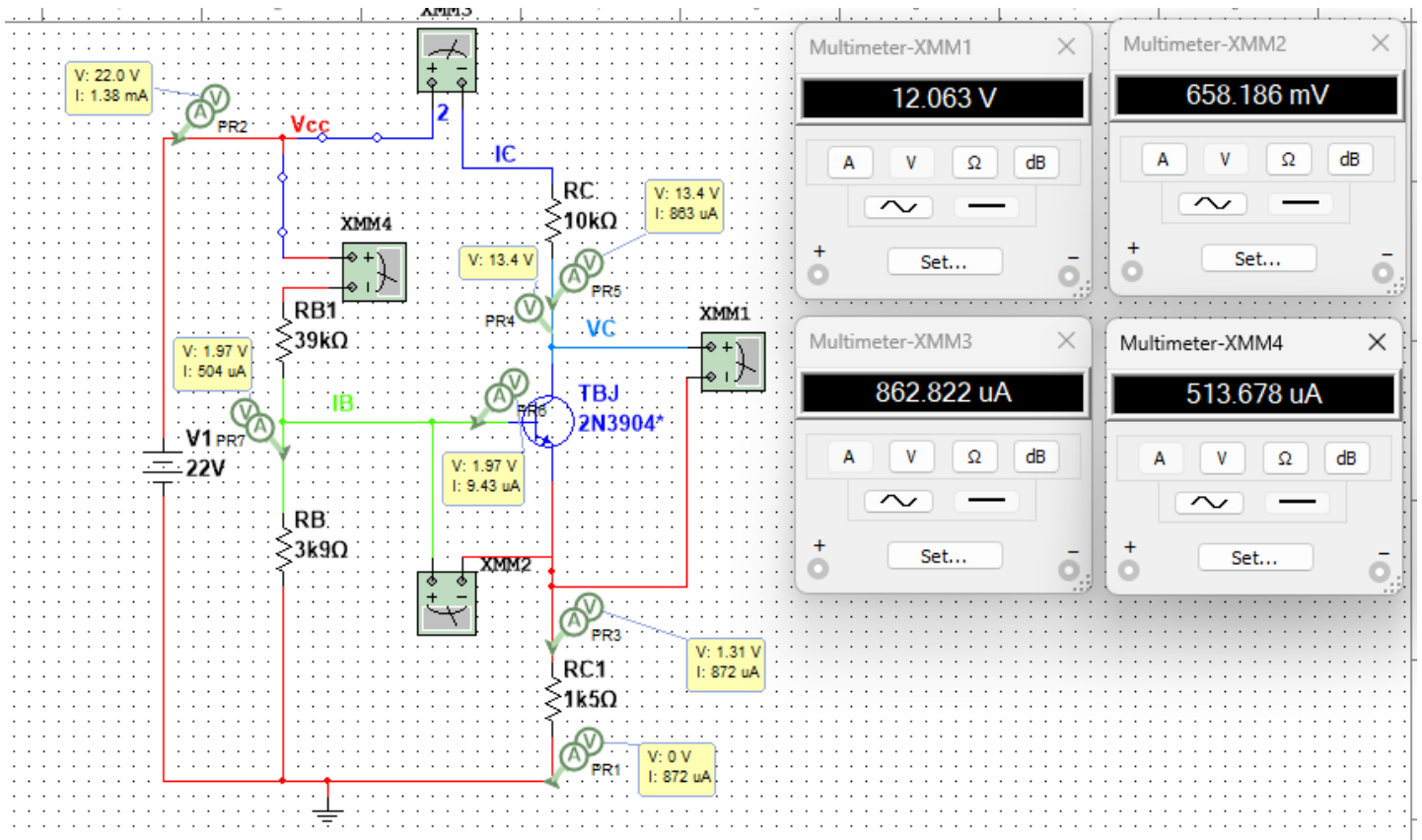
$$V_C = V_{CC} - I_C * R_C \rightarrow 22 - (0,845 \text{ mA} * 10k) = 13,55 \text{ V}$$

$$V_E = I_E * R_E \rightarrow 0,845 \text{ mA} * 1k5 = 1,28 \text{ V}$$

$$V_{BE} = V_B - V_E \rightarrow = 1,98 \text{ V} - 1,28 \text{ V} = 0,7 \text{ V}$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 13,55 \text{ V} - 1,28 \text{ V} = 12,27 \text{ V}$$

Abaixo a simulação do circuito e os valores obtidos, foi usado o Transistor 2n3904 com o beta modificado para 140, veja a simulação abaixo:



Comparando os valores:

	Simulação	Teórico
$I_B$	9,43 uA	6,035 uA
$I_C$	863 uA	0,845 mA
$I_E$	872 uA	0,851 mA
$V_{CE}$	12,063 V	12,27 V
$V_C$	13,4 V	13,55 V
$V_{BE}$	658,186 mV	0,7 V
$V_B$	1,97 V	1,98 V
$V_E$	1,31 V	1,28 V

### Análise simplificada

Se a seguinte fórmula  $B \cdot R_E \geq 10 \cdot R_{B2}$ , for satisfeita, uma análise simplificada pode ser aplicada ao circuito acima, vejamos:

$$B = 140$$

$$RB = 3k9$$

$$RE = 1k5$$

$$140 * 1500 \geq 10 * 3900$$

$$210000 \geq 39000$$

Logo observamos que a equação é verdadeira então podemos fazer a seguinte

$$VB = \frac{RB2}{RB1 + RB2} * Vcc \rightarrow \frac{3k9}{39k + 3k9} * 22 = 2V$$

$$VE = VB - VBE \rightarrow 2V - 0,7 = 1,3V$$

$$IE = \frac{VE}{RE} \rightarrow \frac{1,3}{1k5} = 0,867mA$$

$$IC \approx IE \rightarrow IC = 0,867mA$$

$$IE = (\beta + 1) * IB \rightarrow IB = \frac{IE}{(\beta + 1)} = 6,1489 uA$$

$$VC = Vcc - IC * RC \rightarrow 22 - (0,867 mA * 10k) = 13,33 V$$

$$VBE = VB - VE \rightarrow = 2V - 1,3V = 0,7V$$

$$VCE = VC - VE = 13,33V - 1,3V = 12,03V$$

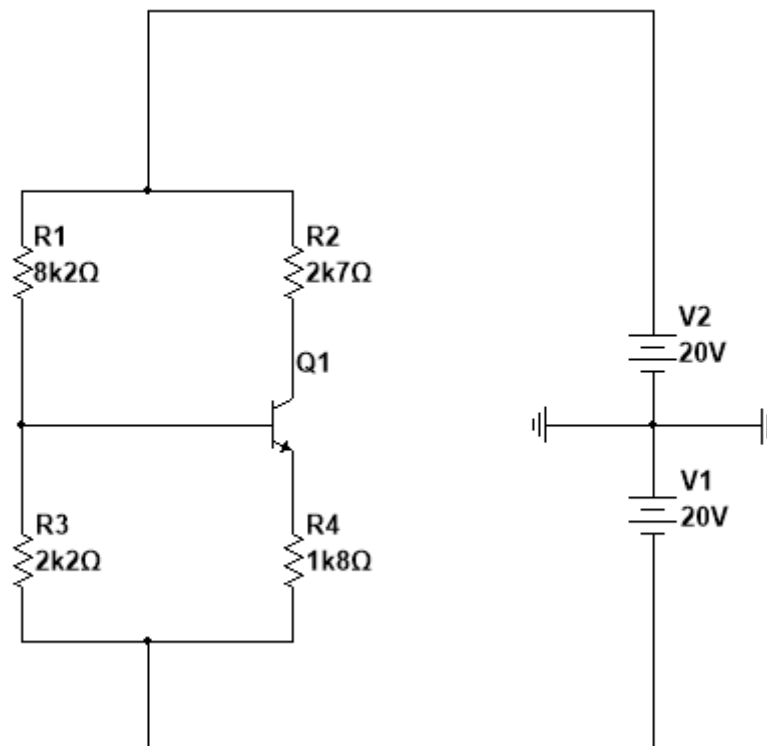
Comparação entre análise real e simplificada:

	Simplificada	Teórico	Simulação
IB	6,1489 uA	6,035 uA	9,43 uA
IC	0,867 mA	0,845 mA	863 uA
IE	0,867 mA	0,851 mA	872 uA
VCE	12,03	12,27 V	12,063 V
VC	13,33 V	13,55 V	13,4 V
VBE	0,7 V	0,7 V	658,186 mV
VB	2 V	1,98 V	1,97 V
VE	1,3 V	1,28 V	1,31 V

Observamos que os valores obtidos pelo método de simplificação, foram próximos dos valores obtidos pela análise real como também dos valores simulados, ou seja, o comportamento do circuito é coincidente com o comportamento real esperado, sendo esse método válido como uma alternativa de análise de circuito.

#### DIVISOR DE TENSÃO COM FONTE SIMÉTRICA:

As fontes simétricas podem ser usadas em várias aplicações, para alimentar os amplificadores operacionais, sistemas de medição, e outros equipamentos que necessitam deste tipo de fonte. Abaixo um circuito com Base polarização por divisor de tensão e o circuito é alimentado por uma fonte simétrica, veja abaixo:



Cálculos:

$$\beta = 90$$

$$R_{th} = \frac{R_{B1} * R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} \rightarrow \frac{8200 * 2200}{8200 + 2200} = 1.734,6154 \text{ Ohms}$$

$$V_{th} = -V_{ee} + I * R_{B2}$$

$$I = \frac{V_{cc} + V_{ee}}{R_{B1} + R_{B2}} \rightarrow \frac{20 + 20}{8200 + 2200} = 3,8462 \text{ mV}$$

$$V_{th} = -20 + 3,8462 * 2200 = -11,5385V$$

$$V_{th} - I_B * R_{th} - V_{BE} - I_E * R_E + V_{cc} = 0$$

$$I_E = (\beta + 1) * I_B$$

$$V_{th} - I_B * R_{th} - V_{BE} - [(\beta + 1) * I_B] * R_E + V_{cc} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{cc} - V_{th} - V_{BE}}{R_{th} + (\beta + 1) * R_E} \rightarrow \frac{-11,5385 + 20 - 0,7}{1.734,6154 + (120 + 1) * 1k8} = 35,5uA$$

$$I_E = (120 + 1) * 35,5uA = 4,27795mV$$

$$I_C \approx I_E \rightarrow I_C = 4,28mA$$

$$V_B = -11,5 - 35,5uA * 1k7 = -11,5639V$$

$$V_E = V_B - V_{BE} \rightarrow -11,5639V - 0,7 = -12,2639V$$

$$V_C = V_{cc} - I_C * R_C \rightarrow 20 - (4,28mA * 2k7) = 8,444V$$

$$V_{BE} = V_B - V_E \rightarrow = -11,5639V - (-12,2639V) = 0,7V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 8,444V - (-12,2639V) = 20,7079V$$

## Considerações Finais

Podemos concluir que os métodos de análise de circuitos aplicados neste documento foram valores aproximados aos valores simulados. Vimos que a polarização por divisor de tensão tem como finalidade diminuir a tensão a que será aplicada no canal Base do transistor sem que seja necessário alterar a fonte de alimentação. A análise do circuito pode ser efetuada de uma maneira simplificada caso seja satisfeita uma condição de relação entre os parâmetros Beta do transistor e os resistores RE e RB2.

Para que a análise simplificada seja válida, vimos deve ser satisfeita a condição  $B \cdot R_E \geq 10 \cdot R_{B2}$ . Com isso observamos se a condição era válida e assim aplicamos o método simplificado, e ao comparar os valores da análise real, notamos que os valores foram próximos, ou seja, o circuito ainda mantém o comportamento esperado mesmo avaliando pela perspectiva simplificada.