



**Universidade Federal de Uberlândia**  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
FEELT

## **AMPLIFICADOR DIFERENCIAL**

Relatório da Disciplina de Eletrônica Analógica II  
por

Lesly Viviane Montúfar Berrios  
11811ETE001

Prof. Gustavo Brito de Lima  
Uberlândia, Março / 2020

# Sumário

<b>1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Introdução teórica</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Procedimento Experimental</b>	<b>3</b>
3.1	Materiais e ferramentas . . . . .	3
3.2	Montagem . . . . .	3
<b>4</b>	<b>Dados teóricos e experimentais</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Simulação</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Resultados e Discussões</b>	<b>7</b>
6.1	Análise comparativa . . . . .	7
6.2	Saída simples vs. saída diferencial . . . . .	7
<b>7</b>	<b>Conclusões</b>	<b>8</b>

# 1 Objetivos

Realizar a análise em corrente contínua (CC) e alternada (CA) de um circuito amplificador diferencial, com intuito de confirmar experimentalmente o procedimento teórico.

## 2 Introdução teórica

O amplificador diferencial é o estágio de entrada da maioria dos amplificadores operacionais, daí a importância de estudá-lo. Além disso, tem a função de aumentar a impedância de entrada, reduzir a corrente de polarização e o *offset* da tensão de saída. A Figura 1 exemplifica a estrutura de um amplificador diferencial.

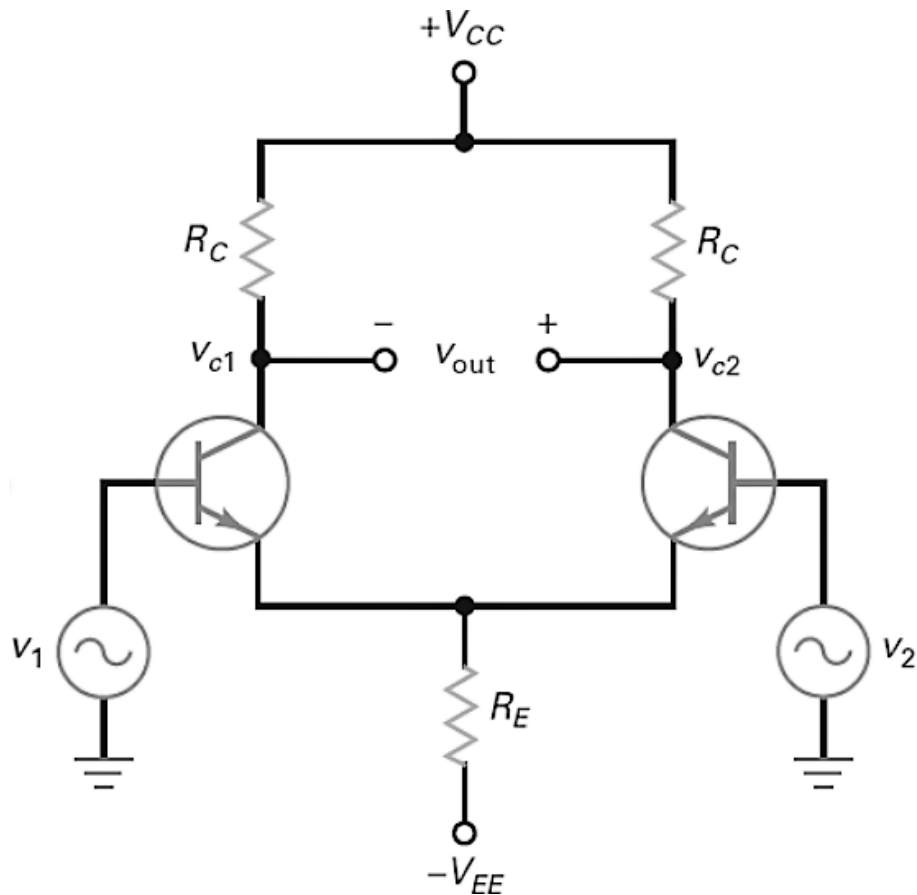


Figura 1: Amplificador diferencial.

Nesse circuito, a relação entre entrada e saída é dada como na Equação 1, e, da análise em corrente contínua (CC), percebe-se que o *offset* de tensão de saída é nulo quando as tensões de entrada estão em fase e são de mesma amplitude.

$$V_{out} = A_v (V_{in}^+ - V_{in}^-) \quad (1)$$

## 3 Procedimento Experimental

### 3.1 Materiais e ferramentas

- 2 transistores BC337 ou similar;
- 2 resistores 6k8;
- 1 resistor 5k6;
- 1 resistor de 1k;
- 1 resistor de 100k;
- 1 Fonte de alimentação simétrica;
- 1 Multímetro;
- 1 Gerador de Funções;
- 1 Osciloscópio

### 3.2 Montagem

A montagem a ser utilizada no experimento trata-se do amplificador diferencial da Figura 2. Assim, da análise a nível CC tem-se o circuito da Figura 3a, enquanto que para o nível CA, o da Figura 3b, no qual é aplicado um sinal senoidal de  $10mV$  de pico e frequência de  $1kHz$ . Cada circuito da Figura 3, será analisado e montado separadamente durante o experimento, para assim poder coletar os dados de  $V_{out,1}$ ,  $V_{out,2}$  e  $I_T$ .

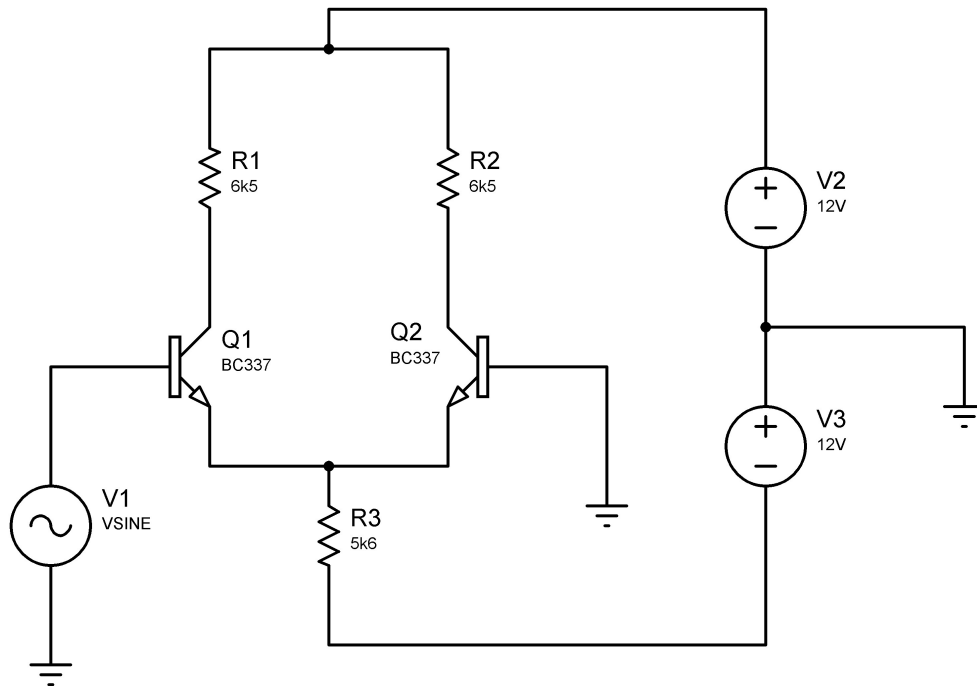


Figura 2: Montagem do amplificador diferencial.

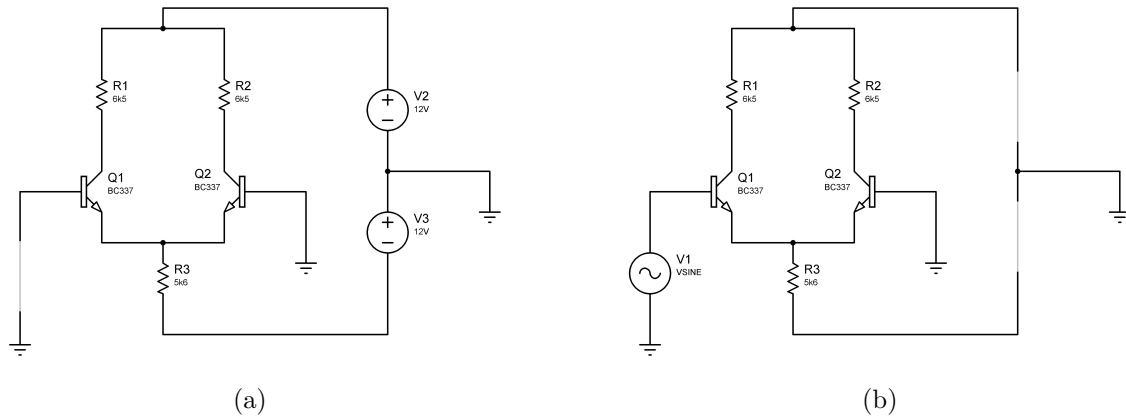


Figura 3: Análise (a) CC e (b) CA do circuito amplificador diferencial.

## 4 Dados teóricos e experimentais

Durante o experimento, a partir da análise CC, utilizando-se o circuito da Figura 3a, obteve-se os dados experimentais da Tabela 3, os quais podem ser determinados teoricamente por meio das Equações 2, 3 e 4. Considere que  $I_C = I_E = \frac{I_T}{2}$ ,  $V_{BE} = 0,7V$  e  $V_{CC} = 12V$ .

$$I_T = \frac{-V_{BE} + V_{CC}}{R_3} \quad (2)$$

$$V_{out,1} = V_{CC} - \left(\frac{I_T}{2}\right) R_1 \quad (3)$$

$$V_{out,2} = V_{CC} - \left(\frac{I_T}{2}\right) R_2 \quad (4)$$

Tabela 1: Tensões de polarização do amplificador diferencial.

	$I_T(\text{mA})$	$V_{out,1} \text{ (V)}$	$V_{out,2} \text{ (V)}$
Teórico	2,0179	5,4420	5,4452
Experimental			
Erro (%)			

Já a Figura 3b permite realizar a análise CA. Substitui-se o transistor pelo modelo equivalente  $T$  ou  $\pi$  e assim tem-se as relações das Equações 5 e 6, que

correspondem ao ganho no caso de saídas simples e diferencial respectivamente. Considere a tensão térmica  $V_T = 25mV$  e a resistência equivalente no terminal emissor  $r'_E = \frac{V_T}{I_E} = 24,7795\Omega$ , já que  $I_E = \frac{I_T}{2} = 1,0089A$ . A Tabela 2 contemplam a comparação entre os dados teóricos e experimentais obtidos.

$$A_{simples} = \frac{V_T}{2r'_E} \quad (5)$$

$$A_{diferencial} = \frac{V_T}{r'_E} \quad (6)$$

Tabela 2: Ganho no caso de saída simples e diferencial, respectivamente.

	<b>Ganho em Saída Simples</b>	<b>Ganho em Saída Diferencial</b>
Teórico	131,157	262,314
Experimental		
Erro (%)		

## 5 Simulação

Da simulação computacional, pode-se confirmar os valores das grandezas teóricas. Utilizando-se o software *PROTEUS*, a simulação do esquemático da Figura 4 fornece os dados dispostos na Tabela 3. Ademais, a simulação permitiu recolher dados analógicos, no intervalo de tempo de  $[0, 1\text{ms}]$ , das saídas  $V_{out,1}$  e  $V_{out,2}$ ,  $V_{out,2} - V_{out,1}$  e da corrente  $I_T$ , contemplados nas Figuras 5a, 5b, 6a e 6b.

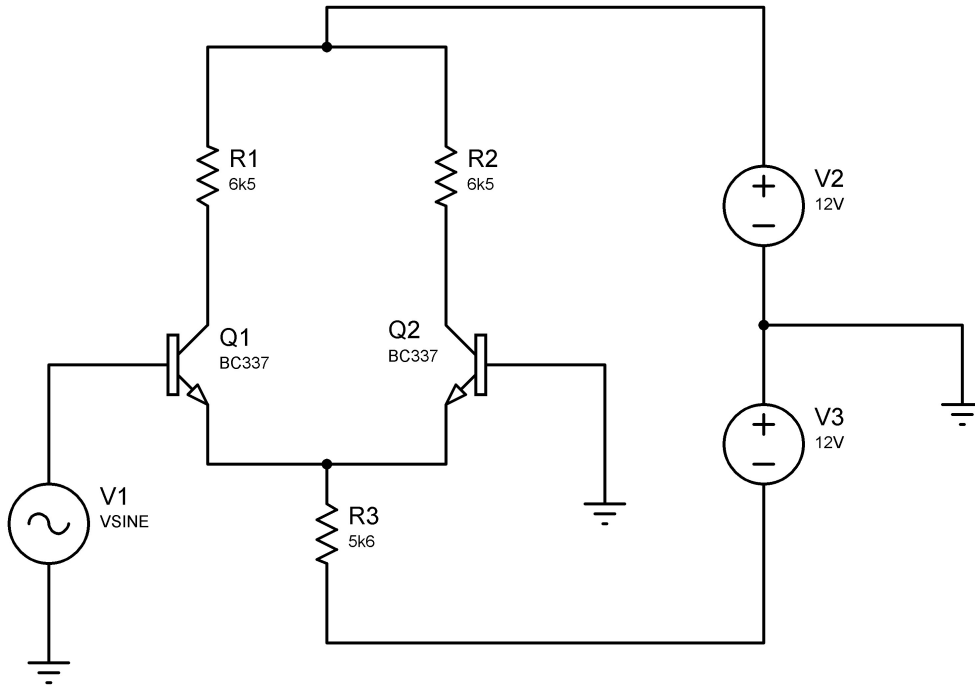
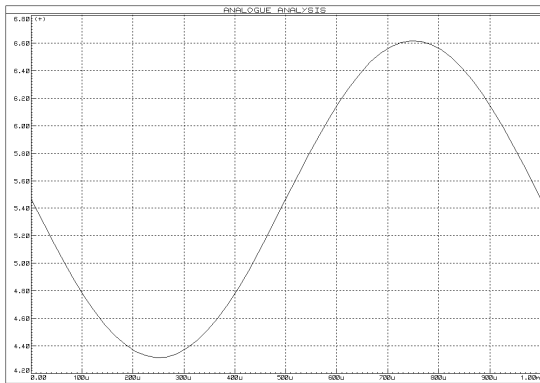
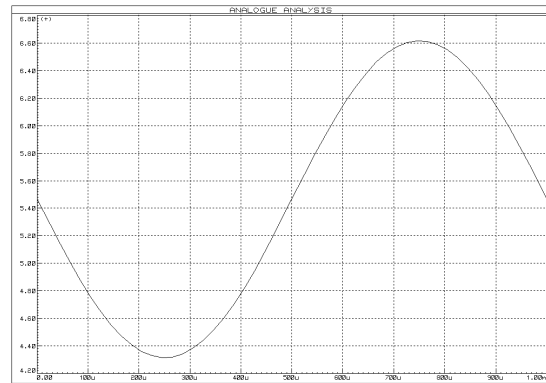


Figura 4: Circuito esquemático.



(a)



(b)

Figura 5: Dados analógicos das saídas (a)  $V_{out,1}$  e (b)  $V_{out,2}$ .

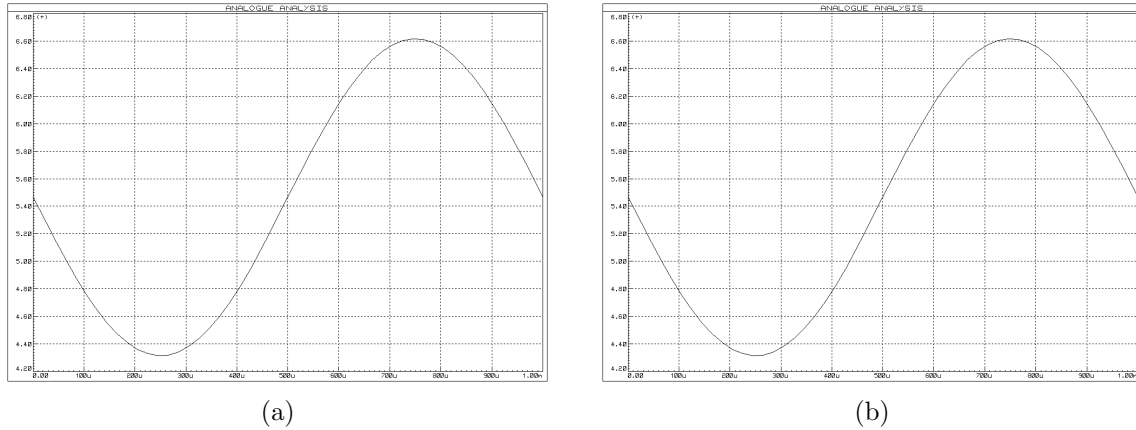


Figura 6: Dados analógicos da (a) saída diferencial  $V_{out,1} - V_{out,2}$  e (b) corrente  $I_T$ .

Tabela 3: Tensões de polarização do amplificador diferencial obtidos na simulação.

	$I_T(\text{mA})$	$V_{out,1} \text{ (V)}$	$V_{out,2} \text{ (V)}$
Teórico	2,0179	5,4420	5,4452
Simulação			
Erro (%)			

## 6 Resultados e Discussões

### 6.1 Análise comparativa

No decorrer do relatório, tem-se a comparação entre os dados teóricos, experimentais e de simulação, dos quais não se espera grande diferença, à exceção dos experimentais, que podem sofrer alteração de condições devido ao meio - que gera incerteza na medida.

### 6.2 Saída simples vs. saída diferencial

A escolha pela saída simples ou diferencial depende da aplicação. Como analisado teoricamente e experimentalmente, a saída diferencial oferece um nível de *offset* quase nulo, conforme a Figura 6a, além do dobro de ganho comparando quando o amplificador é usado em saída simples, pela Tabela 2. Essas características permitem que seja aplicado, por exemplo, em ... .

Enquanto que quando usado em saída simples, pode ser aplicado em diversas outras aplicações em que ... é essencial. Por exemplo, a ... utiliza esse aspectos com o intuito de ... .



## 7 Conclusões

## Referências

- [1] Sedra, A.; Simth, K; “Análise de Circuitos Em Engenharia”, Oxford University Press, 5<sup>a</sup> Ed., 2004.
- [2] Malvino; “Eletrônica”, Pearson, 5<sup>a</sup> Ed., 2004.
- [3] Boylestad, R; “Intrdução À Análise de Circuitos”, Pearson, 10<sup>a</sup> Ed., 2004.