

# Primeiro Relatório de Medidas Eletromagneticas

Gabriel Soares  
Henrique da Silva

15 de fevereiro de 2023

## Sumário

- 1 Introdução
  - 1.1 Analise preliminar . . . . .
- 2 Medicoes no Laboratorio
- 3 Resultados preliminares
  - 3.1 Montando o circuito . . . . .
  - 3.2 Valores esperados . . . . .
- 4 Medicoes no laboratorio
  - 4.1 Valores experimentais . . . . .
- 5 Conclusões

## 1 Introdução

Neste relatório, vamos discutir o comportamento de um multímetro, e como ele induz erros para certas bandas de frequência e o por que.

Todos arquivos utilizados para criar este relatório, e o relatório em si estão em: [https://github.com/Shapis/ufpe\\_ee/tree/main/5thsemester/labcircuitos](https://github.com/Shapis/ufpe_ee/tree/main/5thsemester/labcircuitos)

### 1.1 Analise preliminar

Analisaremos a maneira que o multímetro mede tensões.

Especificamente mediremos uma tensão conhecida de  $5 V_{pp}$ , e analisaremos o erro absoluto da medição em função da frequência provinda do gerador de sinais.

Faremos isto para dois tipos de onda de entrada, senoidal e serra.

## Resultados esperados

### Onda senoidal

Para a onda senoidal esperamos que o erro seja mais alto para frequências baixas, e para frequências altas.

Isto ocorre porque o multímetro tem uma banda de confiança, quando nos afastamos desta banda de confiança, perdemos a certeza nas medidas.

## Onda dente de serra

Neste caso temos que lembrar que podemos decompor a onda em senoidais por serie de Fourier. E como vimos anteriormente as decomposicoes que tiverem frequencia alta ou baixa serao problematicas.

Mas esperamos que os erros sejam mais distribuidos ao longo da banda inteira que testarmos.

## 2 Medicoes no Laboratorio

Vamos utilizar o osciloscopio para medir uma tensao de saida conhecida do osciloscopio, esta de  $5V_{pp}$ . E registraremos o erro absoluto e relativo entre nossas medidas e a esperada de  $5V_{pp}$ .

Freq (Hz)	Erro (V)	Erro
10	0.1818	3.58
15	0.1267	2.50
60	0.0930	1.83
120	0.0916	1.80
300	0.0913	1.80
600	0.0924	1.82
1000	0.0941	1.85
10000	0.1139	2.25
20000	0.1388	2.74
30000	0.1219	2.40
40000	0.1114	2.19
50000	0.0766	1.51
60000	0.0373	0.73
70000	0.0050	0.10
80000	0.0162	0.32
90000	0.0247	0.49
100000	0.0213	0.42
110000	0.0068	0.13
120000	0.0172	0.34
130000	0.0497	0.98
140000	0.0893	1.76
150000	0.1349	2.66
160000	0.1858	3.66
170000	0.2401	4.73
180000	0.2995	5.90
190000	0.3606	7.10
200000	0.4253	8.38
250000	0.7718	15.21
300000	1.1342	22.35
330000	1.1342	26.11

Primeiro vale lembrar que a resistência de Thevenin e a de Norton são iguais. Logo obtendo uma também obteremos a outra.

Neste caso, resolvendo o sistema vamos obter que esta resistência é igual a  $R_c$

$$\frac{V_a - V_1}{R_1} + \frac{V_a - V_0}{R_3} + \frac{V_a - V_2}{R_2} = 0 \quad (1)$$
$$V_0 = -A * V_a$$

Que nos da:

$$V_0 = -\frac{AR_1R_3V_2 + AR_2R_3V_1}{(R_2 + R_1)R_3 + (A + 1)R_1R_2} \quad (2)$$

E para o caso específico do amp op ideal, fazemos  $A$  tender a infinito e simplesmente temos:

$$V_0 = -\frac{R_1R_3V_2 + R_2R_3V_1}{R_1R_2} \quad (3)$$
$$V_0 = -\frac{R_3}{R_1}V_1 - \frac{R_3}{R_2}V_2$$

Daí podemos juntar (1) com (3) e obter:

$$A_{v1} = -\frac{R_3}{R_1} \quad (4)$$
$$A_{v2} = -\frac{R_3}{R_2}$$

Também é importante notar que as resistências vistas de  $V_1$  e  $V_2$  são as seguintes:

$$I_n = \frac{V_1 - V_a}{R_n} \rightarrow R_{im_n} = \frac{V_n}{I_n} = R_n * \frac{V_n}{V_n - V_a} = R_n \quad (5)$$

## 3 Resultados preliminares

Aqui vamos fazer uma análise utilizando a teoria demonstrada acima para saber como montar o circuito para termos um ganho  $A_1 = -2$  e  $A_2 = -4$

### 3.1 Montando o circuito

Nos termos da equação (4) como os ganhos se comportam a partir das resistências do circuito. Então, basta resolvermos este sistema utilizando valores de resistores comerciais.

$$A_{v1} = -\frac{R_3}{R_1} = -2 \quad (6)$$
$$A_{v2} = -\frac{R_3}{R_2} = -4$$

Podemos então escolher resistores com aproximadamente os seguintes valores:

$$\begin{aligned} R_1 &\approx 100k\Omega \\ R_2 &\approx 47k\Omega \\ R_3 &\approx 220k\Omega \end{aligned} \quad (7)$$

### 3.2 Valores esperados

Vamos analisar as seguintes combinações de tensões em  $V_1$  e  $V_2$ :  $-1, 2; -0, 6; 0; 0, 6; 1, 2$

A análise será feita em  $C\#$  e esta em: [https://github.com/Shapis/ufpe\\_ee/blob/main/4thsemester/labcircuitos/Relatorio3/Program.cs](https://github.com/Shapis/ufpe_ee/blob/main/4thsemester/labcircuitos/Relatorio3/Program.cs)

$V_2 \downarrow / V_1 \rightarrow$	$-1.2V$	$-0.6V$	$0.0V$	$0.6V$	$1.2V$
$-1.2V$	8.26	6.94	5.62	4.30	2.98
$-0.6V$	5.45	4.13	2.81	1.49	0.17
$0.0V$	2.64	1.32	0	-1.32	-2.64
$0.6V$	-0.17	-1.49	-2.81	-4.13	-5.45
$1.2V$	-2.98	-4.30	-5.62	-6.94	-8.26

## 4 Medicoes no laboratorio

Nesta etapa nós montamos o circuito como indicado na secao 1.1, com única diferença que nós alimentamos o Amp Op com uma diferença de potencial de  $20V$  já que ele é um elemento ativo.

Foto do circuito abaixo:

### 4.1 Valores experimentais

$V_2 \downarrow / V_1 \rightarrow$	$-1.2V$	$-0.6V$	$0.0V$	$0.6V$	$1.2V$
$-1.2V$	8.37	7.03	5.72	4.31	3.01
$-0.6V$	5.48	4.18	2.85	1.45	0.23
$0.0V$	2.67	1.36	0.04	-1.31	-2.62
$0.6V$	-0.21	-1.54	-2.84	-4.18	-5.53
$1.2V$	-3.03	-4.36	-5.67	-7	-8.32

Resolvendo este sistema linear da seguinte maneira:

$$V_1^n A_1^n + V_2^n A_2^n = V_0^n \quad (8)$$

Temos que o ganho  $A_1$  real é  $-2.2$  e o ganho  $A_2$  real é  $-4.7$

Pelo método dos mínimos quadrados. O que fiz foi o seguinte: Fixei o  $V_2$  em um valor específico, e variei o  $V_1$  para cada valor  $V_0$  obtido.

Isto me deu cinco retas aproximadas pelo método dos mínimos quadrados.

Com as cinco equações em mãos fiz o mesmo passo que utilizei para conseguir o ganho real não aproximado por este método de  $A_1$  e  $A_2$  e obtive os mesmos ganhos que havia obtido anteriormente.  $A_1 = -4.7$  e  $A_2 = -2.2$

## 5 Conclusões

Nesta prática vimos como controlar o de tensão em um circuito a partir de uma montagem simples de resistores e um amplificador operacional.

Também aprendemos a utilizar potenciômetros para o controle de tensões de entrada em um circuito.