



Experimento: **Amplificador inversor e não inversor**

1 Introdução

O presente relatório visa detalhar o experimento laboratorial realizado na disciplina laboratório de circuitos eletrônicos no dia 10 de setembro de 2019 sobre amplificador inversor e não inversor utilizando amplificadores operacionais, mais especificamente os do circuito integrado LM741.

Esses amplificadores inversores e não inversores possuem as mais diversas aplicações. O que difere um do outro é que o primeiro inverte a fase do sinal em 180° e o segundo não, como o próprio nome sugere. As características do Amp Op de alta impedância de entrada, baixa impedância de saída e ganho de tensão estável tornam o amplificador com Amp Op quase um amplificador ideal.

A prática tem o objetivo de comprovar os efeitos da realimentação negativa no controle do ganho de tensão de um amplificador inversor e não inversor. Também busca comprovar a validade das equações que definem o ganho de tensão para ambas as configurações. Os circuitos a serem montados estão dispostos abaixo.

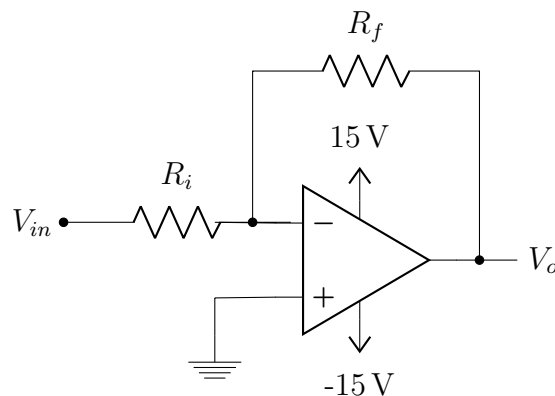


Figura 1: Amplificador inversor.

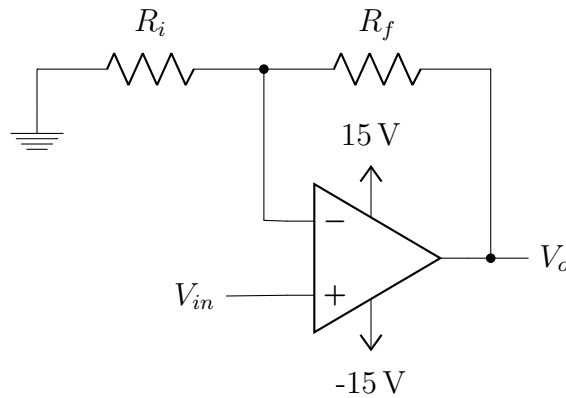


Figura 2: Amplificador não inversor.

Inicialmente calculou-se o ganho de tensão para cada um dos amplificadores (inversor e não inversor) e variando a resistência do resistor de realimentação. Em cada circuito os valores de R_f variou com $1.5k\Omega$, $15k\Omega$, $150k\Omega$.

O osciloscópio digital foi utilizado para medir as formas de onda na entrada e saída dos amplificadores. Vale destacar que o circuito foi alimentado com uma senoide de meia-onda de frequência de 500 Hz e amplitude variável. O gerador de funções não é capaz de gerar uma senoide de meia-onda, para isso foi utilizado um circuito retificador de meia onda na entrada. O circuito pode ser observado abaixo.

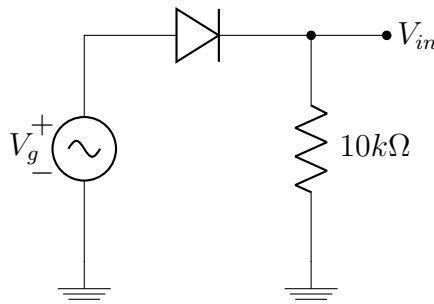


Figura 3: Retificador de meia-onda.

O fato de se utilizar uma meia-onda e não uma onda completa se justifica pela facilidade de observar a inversão de fase é uma meia-onda em comparação com uma onda completa. Apenas nos dois casos em que utilizou o resistor de $150k\Omega$ na realimentação, o circuito foi alimentado com uma tensão senoidal de onda completa, pois a amplitude deve ser finamente ajustada para não haver saturação.

2 Análise Teórica

O amplificadores operacionais são nada mais que amplificadores diferenciais com um ganho muito alto, impedância de entrada elevada e impedância de saída nula. Sua principal utilização, é como o nome já diz, é de realizar operações matemáticas, por exemplo, soma, diferenciação, integração, etc., quando operando na região ativa. Possui três modos de entradas, a inversora, a não inversora e a entrada diferencial.

Normalmente o amplificador operacional (AMPOP) possui duas entradas (entrada inversora e não inversora), uma saída e duas entradas para alimentação CC (V_{CC} e $-V_{CC}$). Basicamente a saída do amplificador operacional é um múltiplo da diferença das entradas. A equação da saída pode ser dada por:

$$V_o = A_d \times (V^+ - V^-), \text{ onde } V_i = (V^+ - V^-)$$

$$A_d = \frac{V_o}{V_i}$$

Onde A_d é o ganho de tensão do amplificador, ou seja a relação entre a tensão de entrada e da saída do AMPOP.

Nesta prática foi utilizado o CI LM741. Este amplificador operacional é um dos mais comuns na utilização em laboratório e sua pinagem pode ser constatada nos anexos deste texto.

2.1 Amplificador Inversor

O circuito amplificador inversor é um dos mais utilizados na prática por diversos motivos: permite o ajuste de ganho facilitando o quanto de ganho o operador necessita, permite inversão de fase do sinal, também nos possibilita uma baixa tensão em modo comum, possibilita um terra virtual.

A figura 1 nos mostra um amplificador inversor. Nesta configuração, o sinal a ser amplificado é aplicado à entrada inversora do amplificador operacional, enquanto a entrada não inversora é conectada ao terra do circuito. A saída é obtida pela multiplicação da entrada por um ganho constante, fixado pelo resistor R_1 e o resistor de realimentação R_f essa saída também é invertida em relação à entrada.

Podemos obter o ganho do AMPOP por dois métodos diferentes, um é em relação às correntes do AMPOP, o outro método, que será adotado aqui, será pela análise AC do circuito.

Primeiramente, o circuito equivalente CA para o AMPOP da figura 1 é dado abaixo:

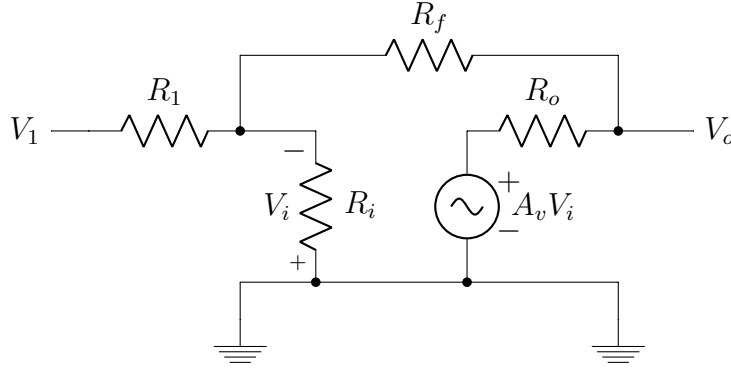


Figura 4: Circuito equivalente para amplificador inversor.

Pelas característica dos amplificadores operacionais, tem-se que $R_i = \infty$, sendo tratado como um ramo em aberto e $R_o = 0$, sendo tratado como um ramo em curto-circuito. Logo teremos um circuito simplificado dado por:

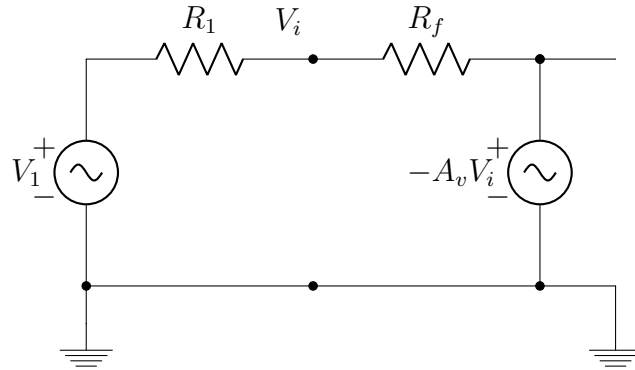


Figura 5: Circuito simplificado para o amplificador inversor.

Utilizando a sobreposição é possível calcular a tensão V_i em termos dos componentes por causa de cada uma das fontes.

Para a fonte V_1 somente ($-A_v \times V_i$ fixado em zero):

$$V_{I1} = R_f \frac{V_1}{R_1 + R_f}$$

Já para a fonte $-A_v \times V_i$ somente (V_1 fixado em zero):

$$V_{I2} = R_1 \frac{(-A_v \times V_i)}{R_1 + R_f}$$

A tensão total V_i é então:

$$V_i = V_{I1} + V_{I2} = \frac{R_f}{R_1 + R_f} V_1 + \frac{R_1}{R_1 + R_f} (-A_v \times V_i)$$

$$V_i = \frac{R_f}{R_f + (1 + A_v)R_1} V_1$$

Se $A_v \gg 1$ e $A_v \times R_1 \gg R_f$, como normalmente ocorre, tem-se:

$$V_i = \frac{R_f}{A_v R_1} V_1$$

Logo tem-se:

$$A_d = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-A_v \times V_i}{V_i}$$

Substituindo V_i , teremos:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{-A_v R_f V_1}{V_i A_v R_1} = -\frac{R_f V_1}{R_1 V_i}$$

Se $V_i = V_1$, portanto teremos:

$$\frac{V_o}{V_1} = -\frac{R_f}{R_1}$$

O resultado da Equação acima mostra que a razão da tensão de saída global pela tensão de entrada depende somente dos valores dos resistores R_1 e R_f desde que A_v seja muito grande.

A resistência de entrada pode ser obtida a partir da corrente e da tensão de entrada, como na entrada só tem R_1 logo:

$$R_{in} = R_1$$

2.2 Amplificador não Inversor

O circuito do amplificador não inversor não possibilita a inversão de polaridade do sinal. Nessa configuração, o sinal a ser amplificado é aplicado diretamente na entrada não inversora. Suas principais características são: ganho de tensão positivo, alta impedância de entrada, baixa impedância de saída.

Para determinar o ganho de tensão do circuito, podemos utilizar a representação equivalente CA mostrada abaixo.

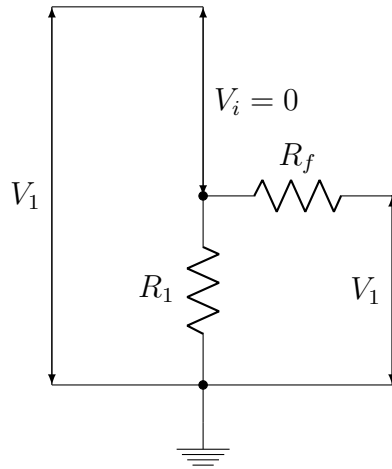


Figura 6: Circuito simplificado para o amplificador não-inversor.

Podemos notar que a tensão através de R_1 é V_1 , uma vez que $V_i \approx 0$ V. Isso também vale para a tensão de saída através do divisor de tensão entre R_1 e R_f , de maneira que teremos:

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_f} V_o$$

O que resulta em um ganho:

$$A_d = \frac{V_o}{V_1} = \frac{R_1 + R_f}{R_1} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

A resistência de entrada para este caso é muito grande, logo:

$$R_{in} = \infty$$

3 Resultados e discussão

As tabelas abaixo mostram os resultados obtidos a partir das entradas indicadas para o circuito inversor e não inversor, também comparando o valor do ganho teórico com o medido.

V_{in}	V_o	R_f	A_v medido	A_v teórico
$880mV_p$	$-820mV_p$	$1.5k\Omega$	-0.93 V/V	-1 V/V
$880mV_p$	$-9.2V_p$	$15k\Omega$	-10.45 V/V	-10 V/V
$100mV_p$	$-9.4V_p$	$150k\Omega$	-94 V/V	-100 V/V

Tabela 1: Parâmetros para o amplificador inversor.

V_{in}	V_o	R_f	A_v medido	A_v teórico
$1V_p$	$3.52mV_p$	$1.5k\Omega$	3.52 V/V	2 V/V
$536mV_p$	$5.76V_p$	$15k\Omega$	10.74 V/V	11 V/V
$100mV_p$	$10V_p$	$150k\Omega$	100 V/V	101 V/V

Tabela 2: Parâmetros para o amplificador não inversor.

As formas de onda obtidas no osciloscópio digital podem ser observadas no anexo.

Quando sugerido remover o resistor de realimentação, observa-se que pela teoria o ganho será infinito. Isso quer dizer que o amplificador irá saturar para qualquer valor de entrada, como confirmado na prática e observado na figura 7.

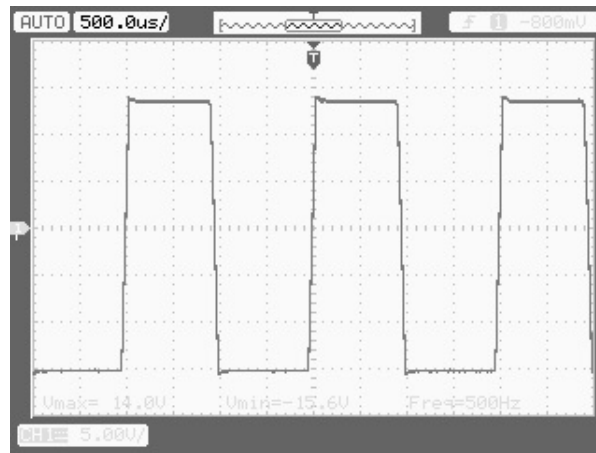


Figura 7: Sinal de tensão na saída com o circuito sem o resistor de realimentação.

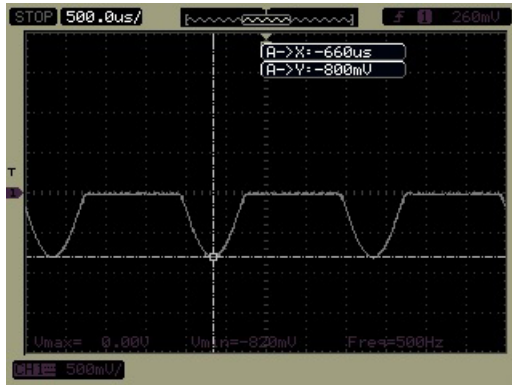
Observa-se na tabela uma ótima concordância entre os valores obtidos teoricamente com aqueles medidos em laboratório.

4 Conclusões

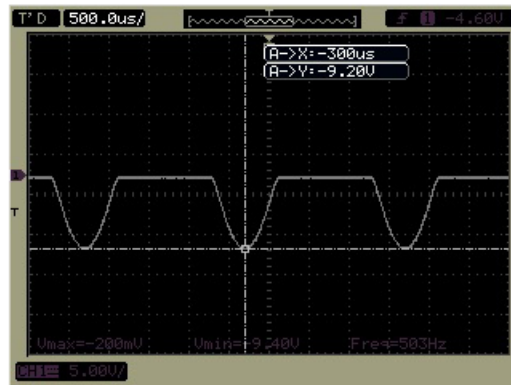
Nesta prática foi estudado o amplificador tipo inversor e não inversor, foi possível realizar sua montagem e fazer a análise do ganho A_v do circuito proposto para diferentes valores resistências de referência. Primeiramente foi analisado o circuito inversor e percebemos que a medida que trocamos as resistências de referência o sinal de entrada era amplificado e invertido na saída do AMPOP, depois constatou que no circuito não inversor não houve inversão do sinal de entrada na saída. Além disso foi possível notar que quando a resistência de referência é retirada do sistema, o circuito satura, e não amplifica o sinal desejado, não importando o valor sinal de entrada.

5 Anexos

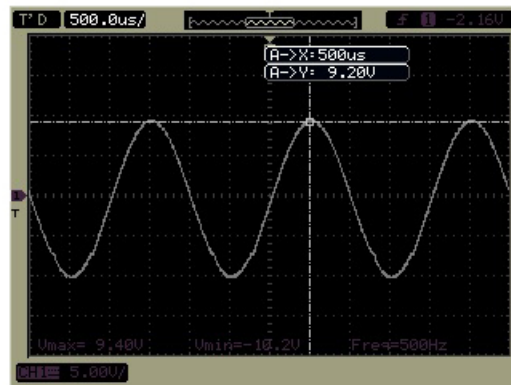
Vide abaixo as formas de onda obtidas na prática:



(a)

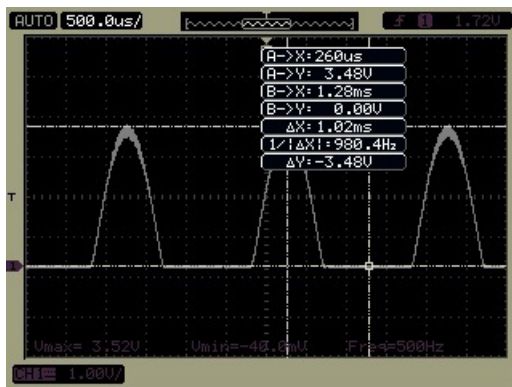


(b)

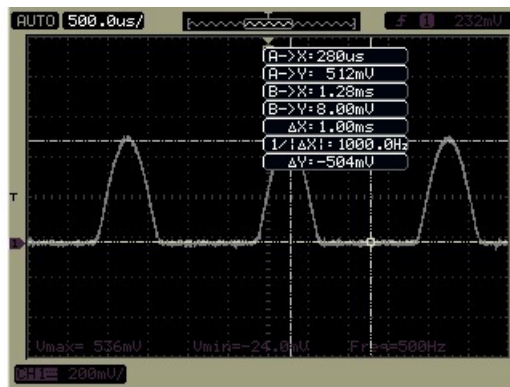


(c)

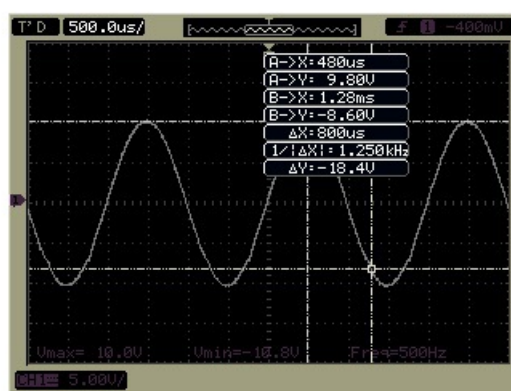
Figura 8: Tensão na saída do circuito inversor para os ganhos de (a) -1, (b) -10 e (c) -100.



(a)



(b)



(c)

Figura 9: Tensão na saída do circuito não inversor para os ganhos de (a) 2, (b) 11 e (c) 101.

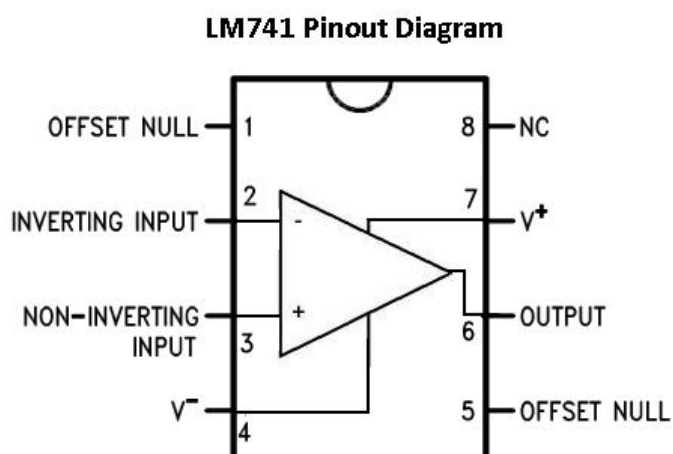


Figura 10: Pinagem do LM741

Vide em anexo abaixo as folhas de cálculo utilizadas durante o experimento:

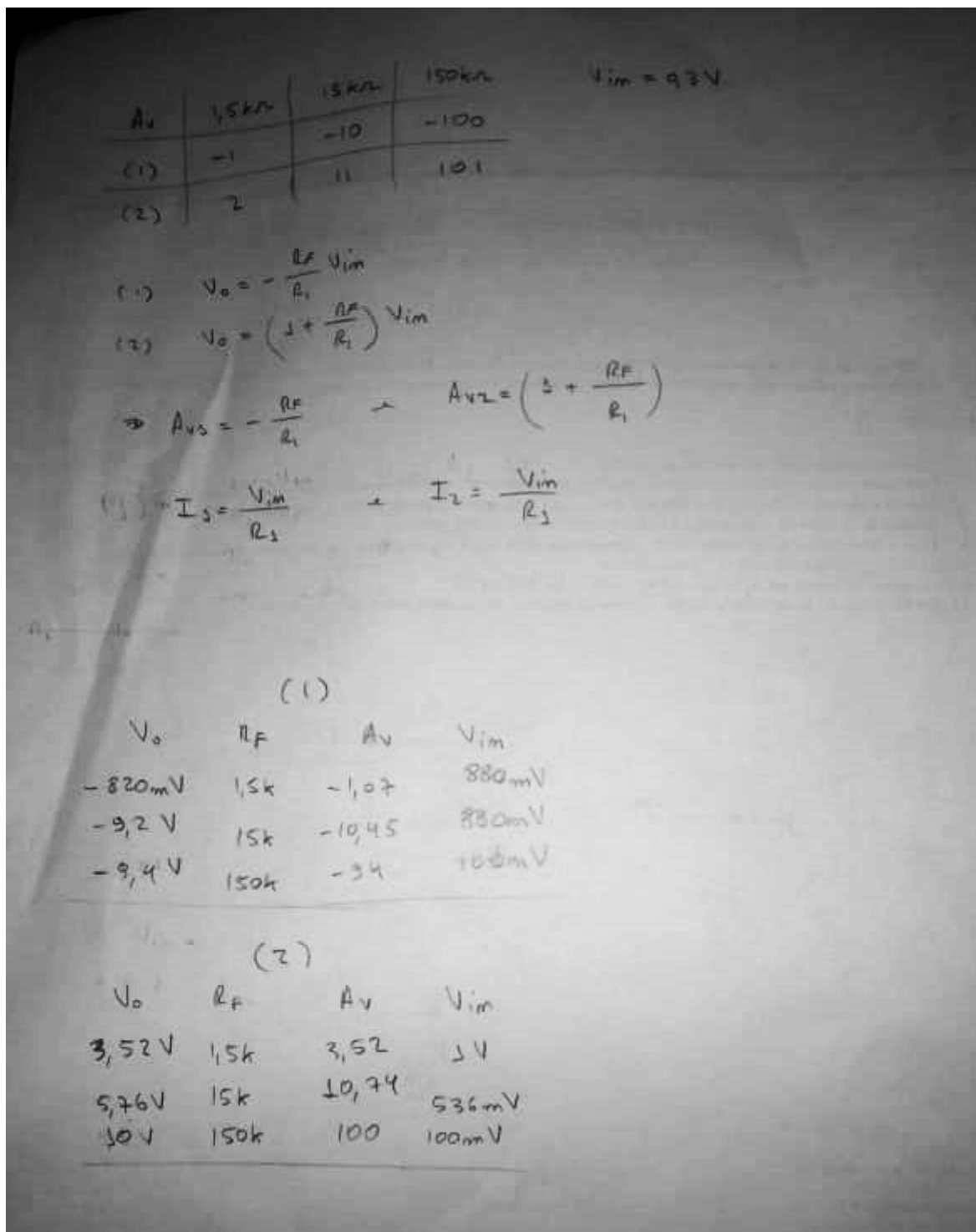


Figura 11: Folha de cálculos.