

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SANTA CATARINA

Gean Lucas Rafael Espindola  
Leocardia Szeskoski  
Paulo José da Rosa Neto

Departamento Acadêmico de Eletrônica  
Eletrônica Analógica I  
Professor Daniel Lohmann

## **ESTUDO DE RETIFICADORES**

Florianópolis  
2020

## Parte 1: Seguidor de tensão

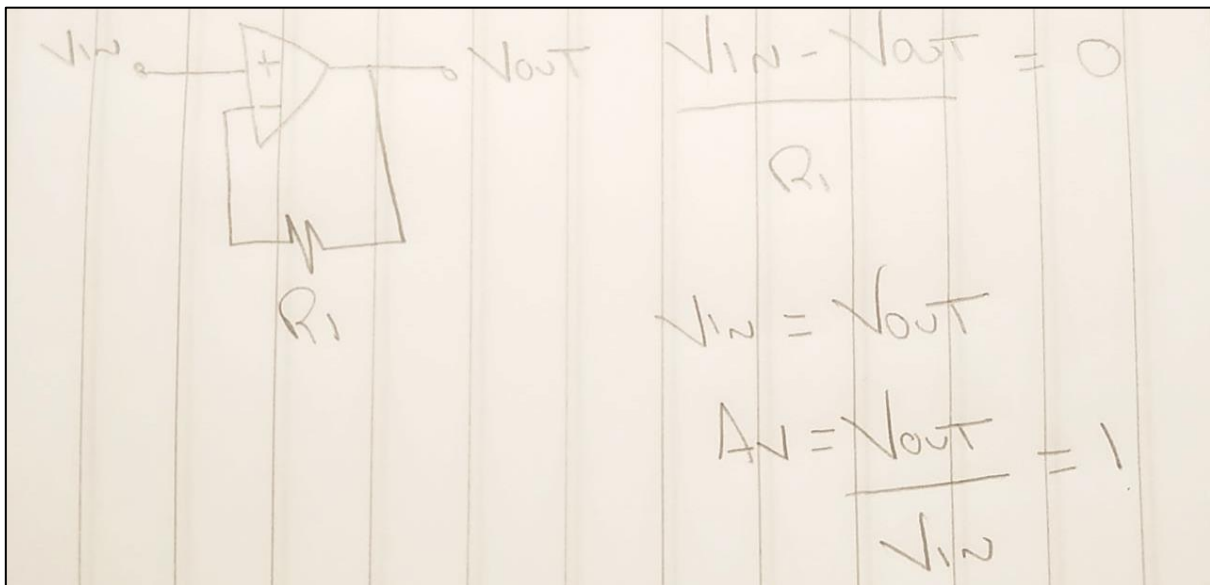
Objetivo específico: Verificar o funcionamento de um circuito seguidor de tensão.

Experimento: Utilizando um AmpOp. Lm324N e um TL082 monte dois circuitos na configuração de seguidor de tensão (Buffer), com uma resistência de realimentação de 10kΩ em cada um dos circuitos. Utilize a alimentação simétrica de +/-12V. (limite a corrente em 0,05A).

### Procedimentos:

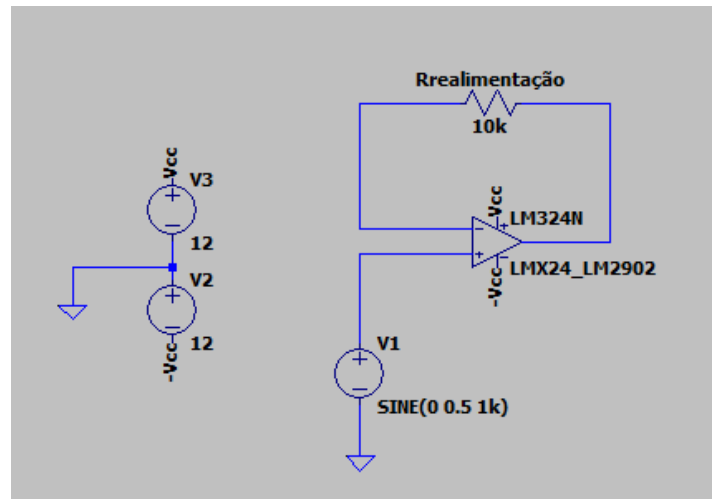
- 1 - Simular o circuito utilizando como tensão de entrada um sinal senoidal com 0,5 Vp e 1kHz.
- 2 - Discutir os resultados.

### Resultados Calculados:

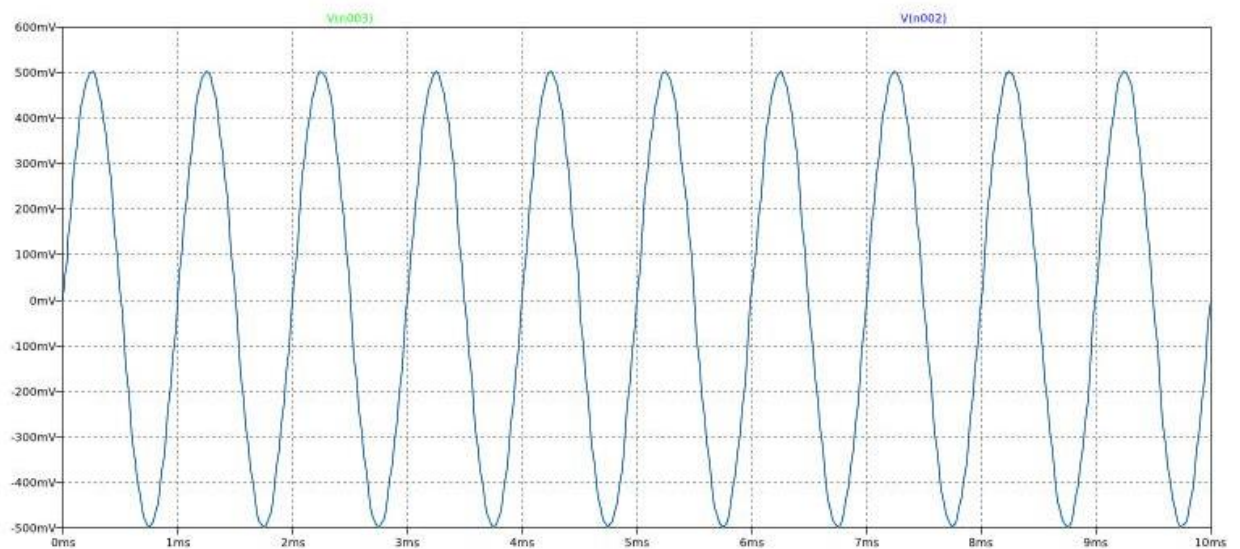


## > LM324N

Simulação do circuito LM324 no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments:

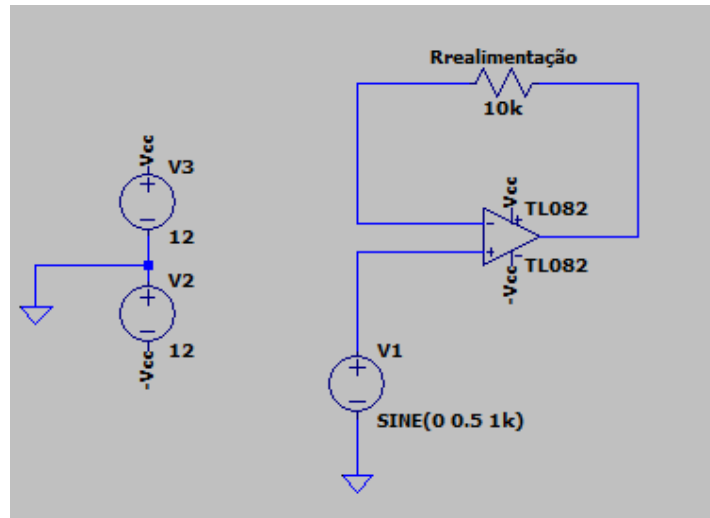


Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:

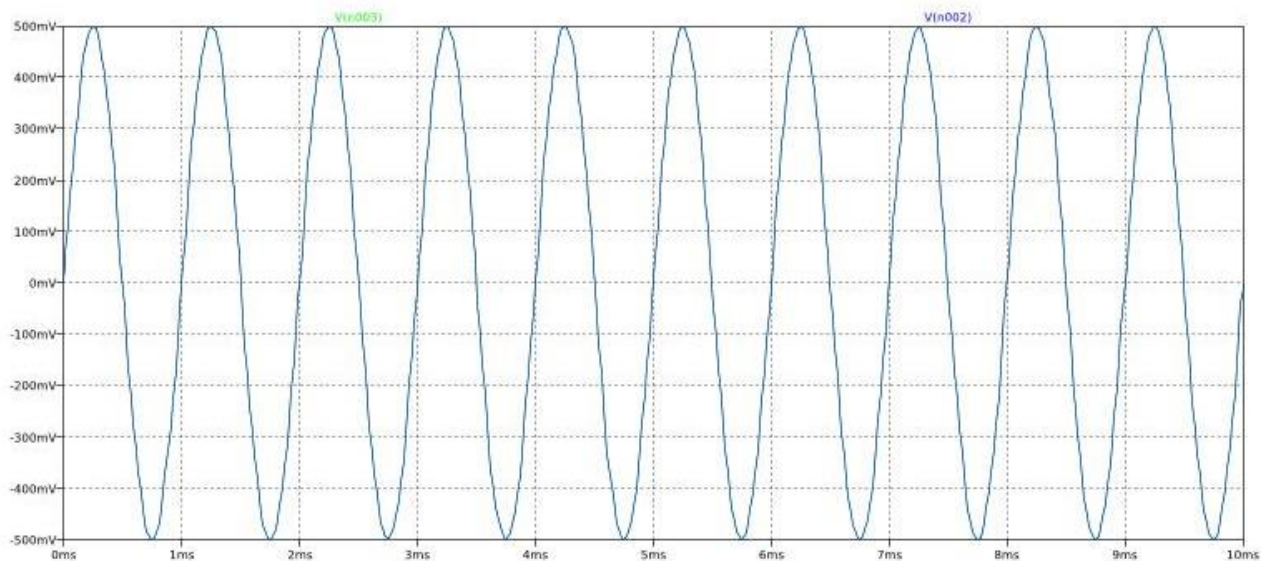


## > TL082

Circuito montado no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments:



Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:



### Conclusões Parte 1:

O resistor de 10k na realimentação do amp op não influencia na tensão de saída pois não há diferença de potencial, logo temos um seguidor de tensão, que se confirma também pelo resultado da simulação, onde o formato de onda da tensão de saída é praticamente mesmo da tensão de entrada em ambos modelos de AMPOP Lm324N e TL082, pelo circuito ser um seguidor de tensão, era esperado que o ganho do circuito fosse 1 conforme o resultado calculado com  $A_v = 1 \text{ V/V}$  e também pela topologia Buffer. Após análise para ambos os modelos se verificou que não houve ganho de tensão na saída  $V_{out}$ .

## Parte 02: Amplificador inversor

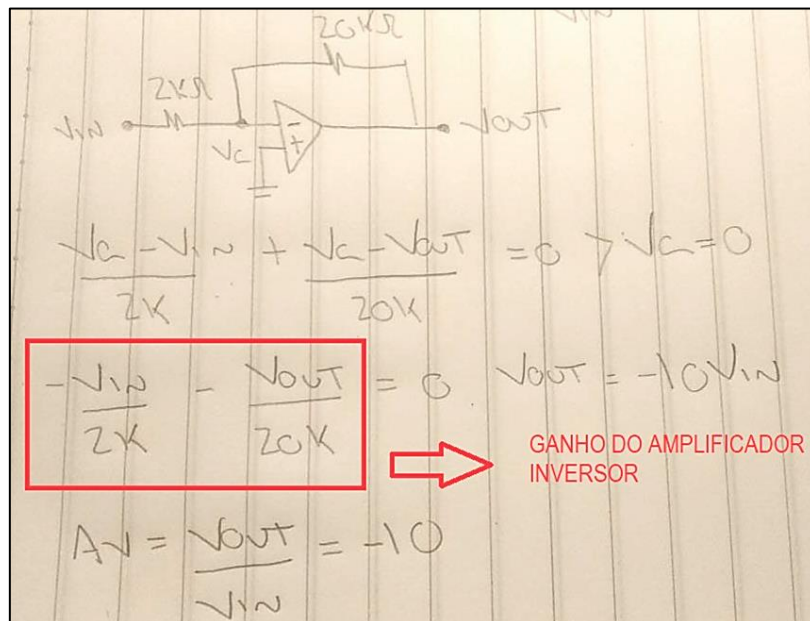
Objetivo específico: Medir o ganho de um amplificador inversor e verificar o efeito da saturação.

Experimento: Utilizando um Amp.OP. Lm324N e o TL082 monte dois amplificadores inversores utilize o resistor de realimentação com valor 20 kΩ e a resistência de entrada de 2kΩ. Utilize a alimentação simétrica de +/-12V. (limite a corrente em 0,05A)

### Procedimentos:

- 1 - Simular o circuito utilizando como tensão de entrada um sinal senoidal com 0,5 Vp e 1kHz.
- 2 - Mostrar os resultados da tensão de saída.
- 3 - Verificar o valor do ganho obtido.
- 4 - Ir aumentando o valor da tensão de entrada e verificar para qual valor da tensão de entrada ocorre a saturação do sinal.
- 5 - Verificar qual o valor da queda de tensão com relação à tensão de alimentação.
- 6 - Discutir os resultados.

### Resultados Calculados:



The image shows a handwritten circuit diagram of an inverting amplifier. The input signal  $V_{in}$  is connected to the inverting input (-) of an operational amplifier through a 2kΩ resistor. The non-inverting input (+) is connected to ground. A feedback resistor of 20kΩ connects the output  $V_{out}$  back to the inverting input. The op-amp is represented by a triangle with a '+' sign at the non-inverting input and a '-' sign at the inverting input. Below the diagram, the following calculations are shown:

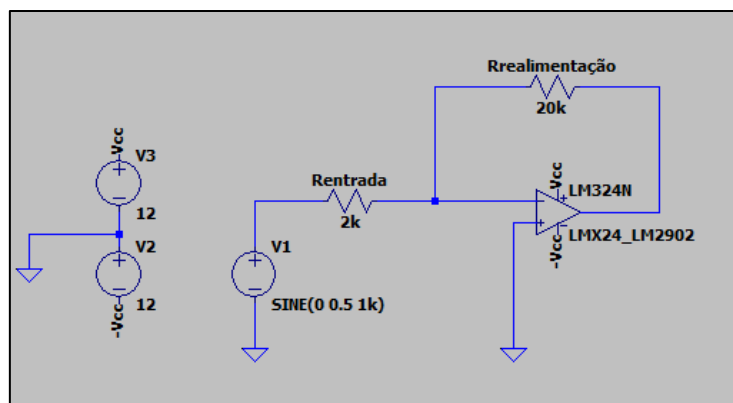
$$\frac{V_a - V_{in}}{2k} + \frac{V_a - V_{out}}{20k} = 0 \Rightarrow V_a = 0$$
$$\boxed{-\frac{V_{in}}{2k} - \frac{V_{out}}{20k} = 0} \quad V_{out} = -10V_{in}$$

A red arrow points from the boxed equation to the text: **GANHO DO AMPLIFICADOR INVERSOR**

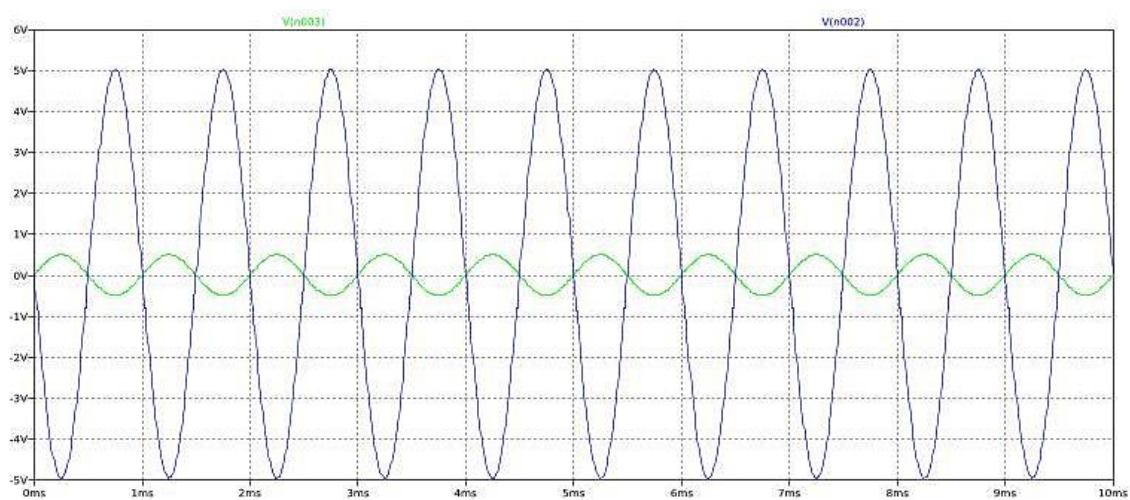
$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -10$$

## > LM324N

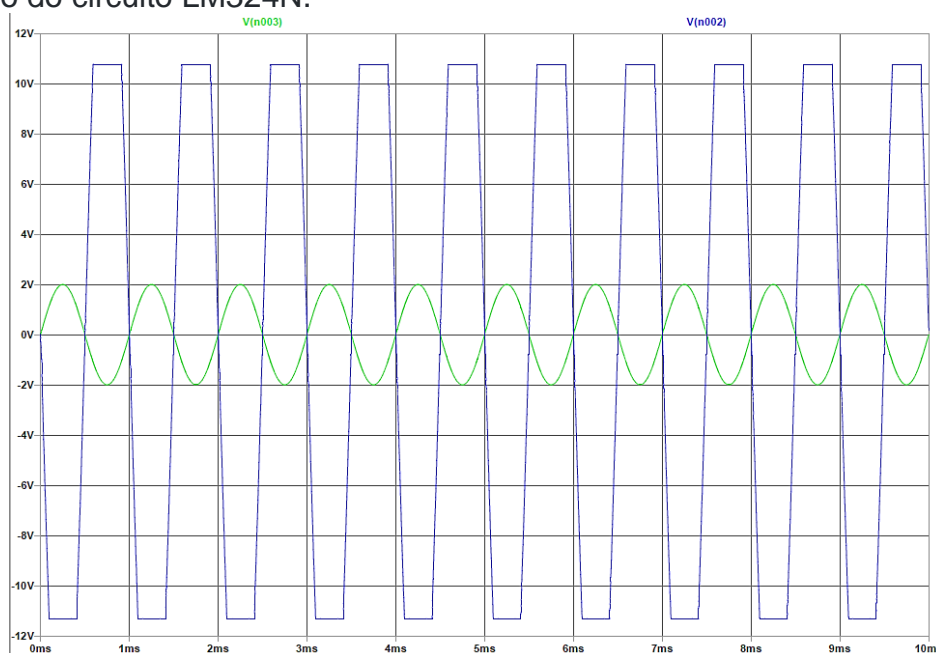
Simulação do circuito LM324 no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments:



Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:

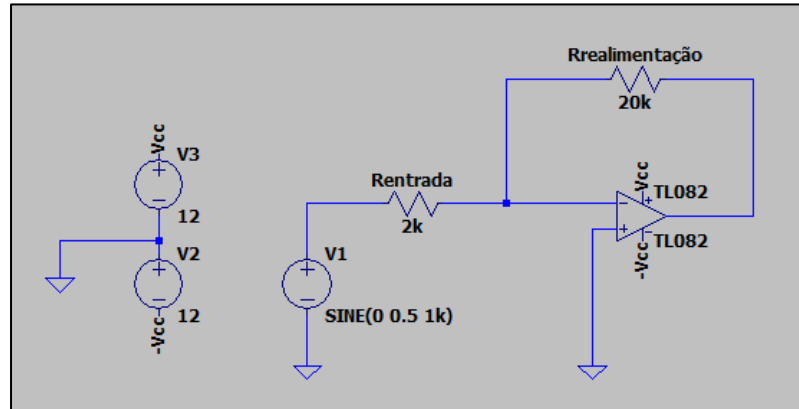


Saturação do circuito LM324N.

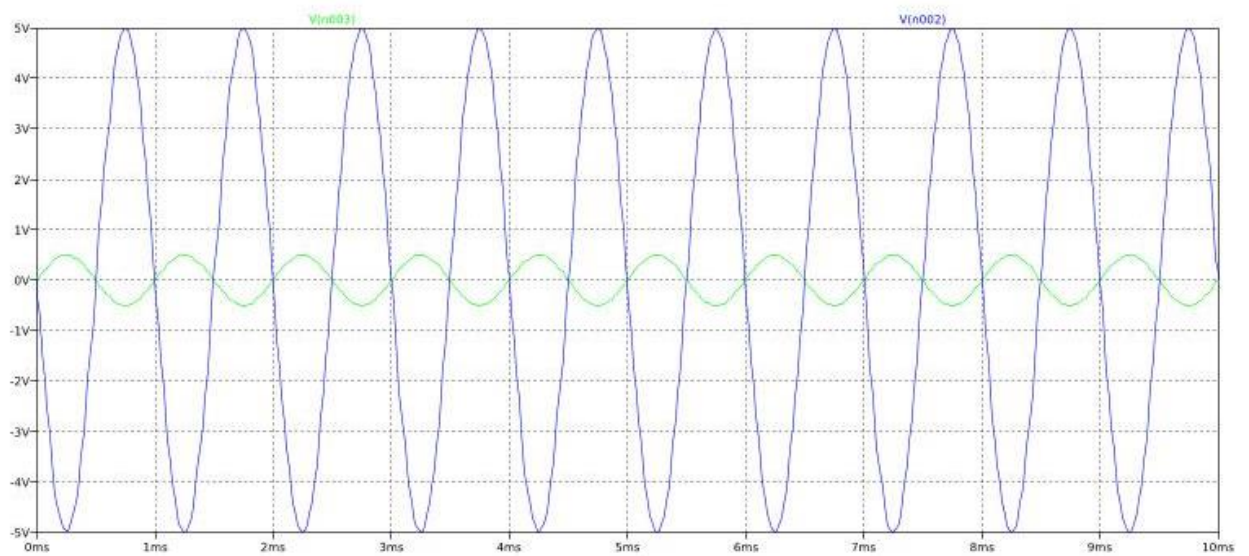


> TL082

Circuito montado no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments:

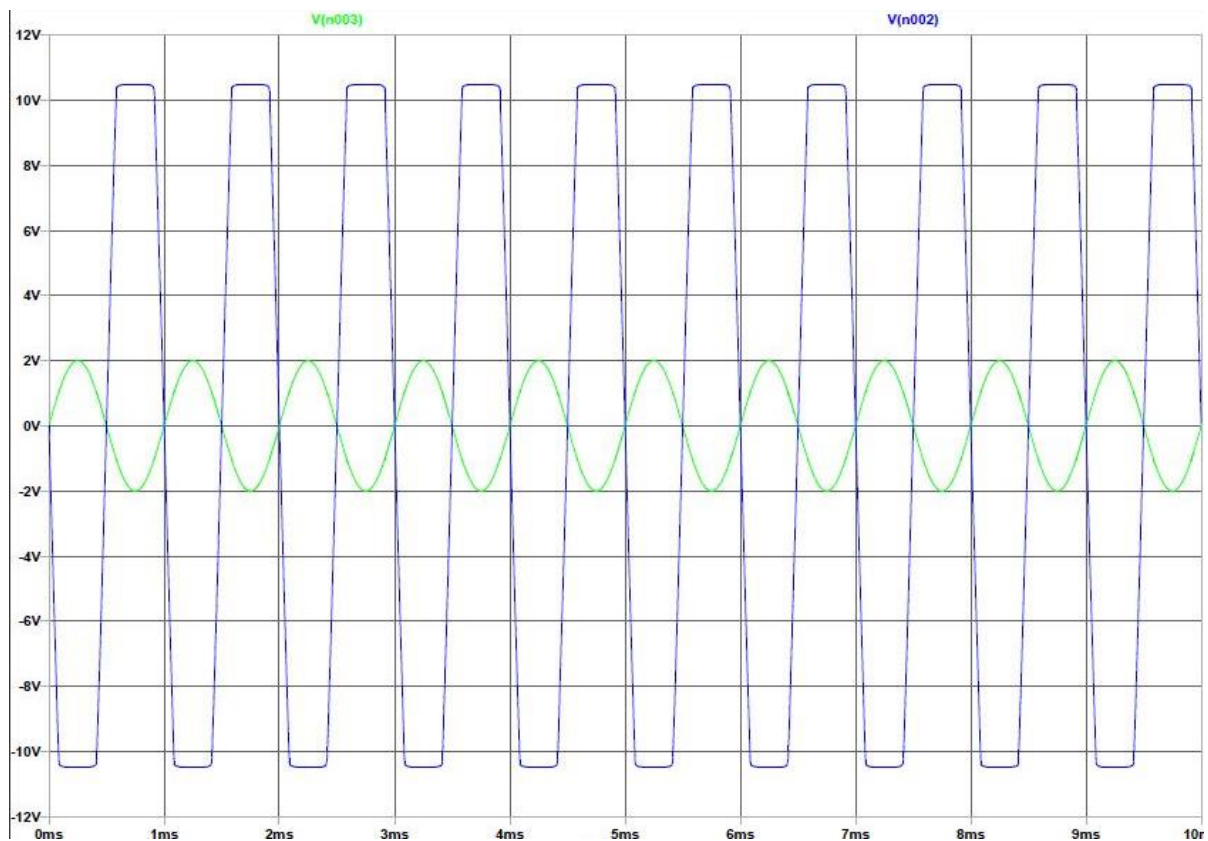


Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:





## Saturação do circuito TL082.



### Conclusões Parte 2:

Pelos resultados calculados verificou-se que o valor de ganho foi de  $-10 \text{ V/V}$ , com isso a tensão de saída deverá ficar dez vezes maior e com a senoide invertida, este fato pode ser visto nas simulações apresentadas. Para as simulações de saturação, em ambos AMPOPS se espera que a saturação ocorra a partir de um valor ligeiramente abaixo de 12V. Para o LM324N o valor máximo para saturação foi de 10,5V e para o TL082 mostrou resultado de saturação de 10,48. No geral, obtivemos resultados satisfatórios de simulação, se compararmos com os valores esperados encontrados teoricamente.



### Parte 03: Amplificador não-inversor

Objetivo específico: Medir o ganho de um amplificador não-inversor.

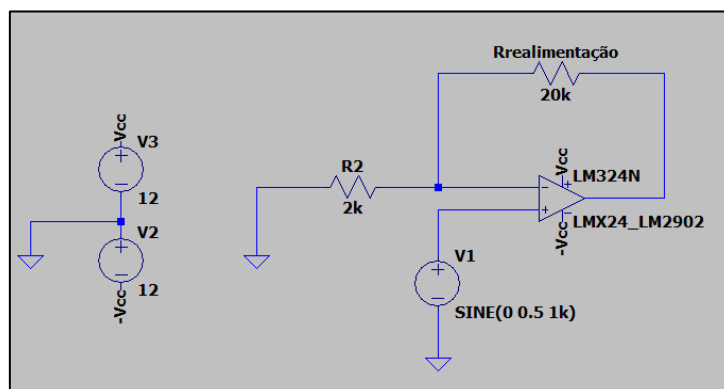
Experimento: Utilizando um Amp.OP. Lm324N e o TL082 monte dois amplificadores não-inversores use o resistor de realimentação com valor 20 k $\Omega$  e o outro resistor igual à 2k $\Omega$ . Utilize a alimentação simétrica de +/-12V. (limite a corrente em 0,05A)

#### Procedimento:

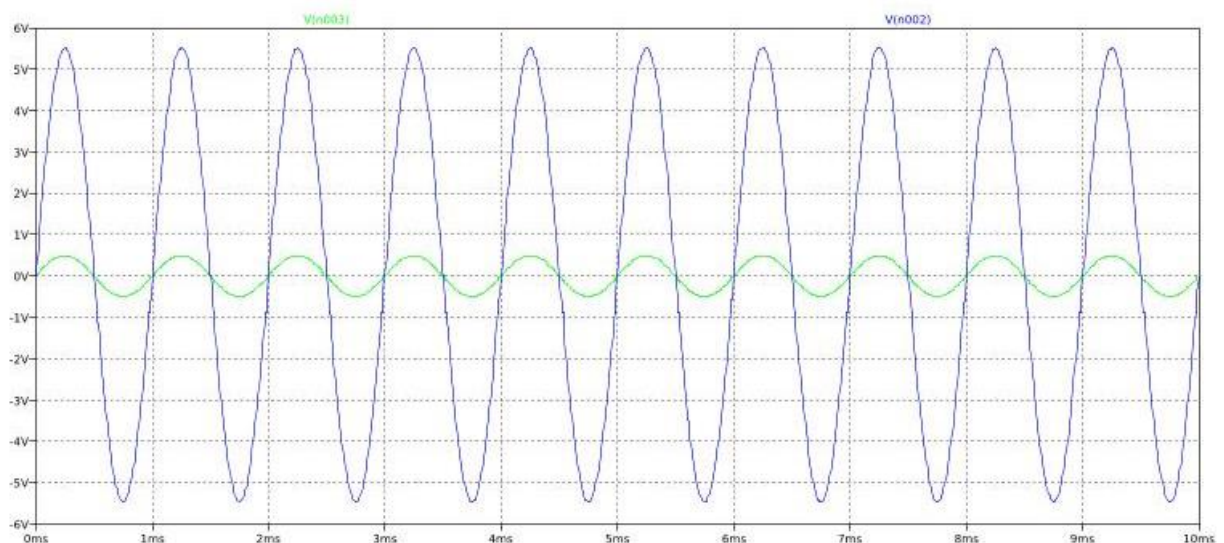
- 1 - Configure no gerador de função um sinal senoidal com 0,5Vp @ 1 kHz e mostre o mesmo no canal 1 do osciloscópio;
- 2 - Mostre a saída do amplificador no canal 2 do osciloscópio e chame o professor novamente e mostre os resultados;
- 3 - Verifique o valor do ganho obtido;
- 6 - Qual o valor da queda de tensão com relação a tensão de alimentação?

#### > LM324N

Simulação do circuito LM324 no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments:

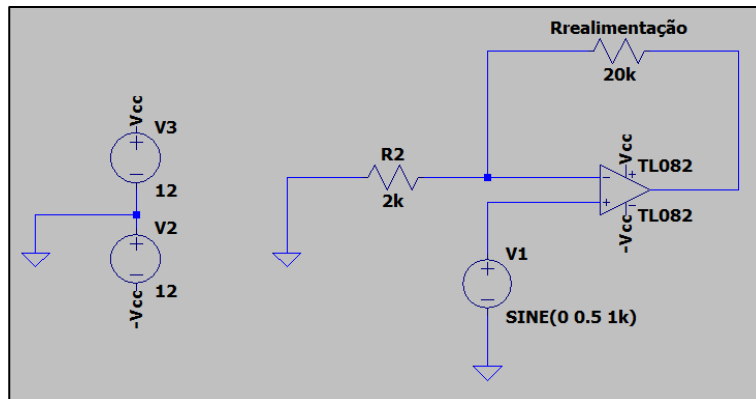


Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:

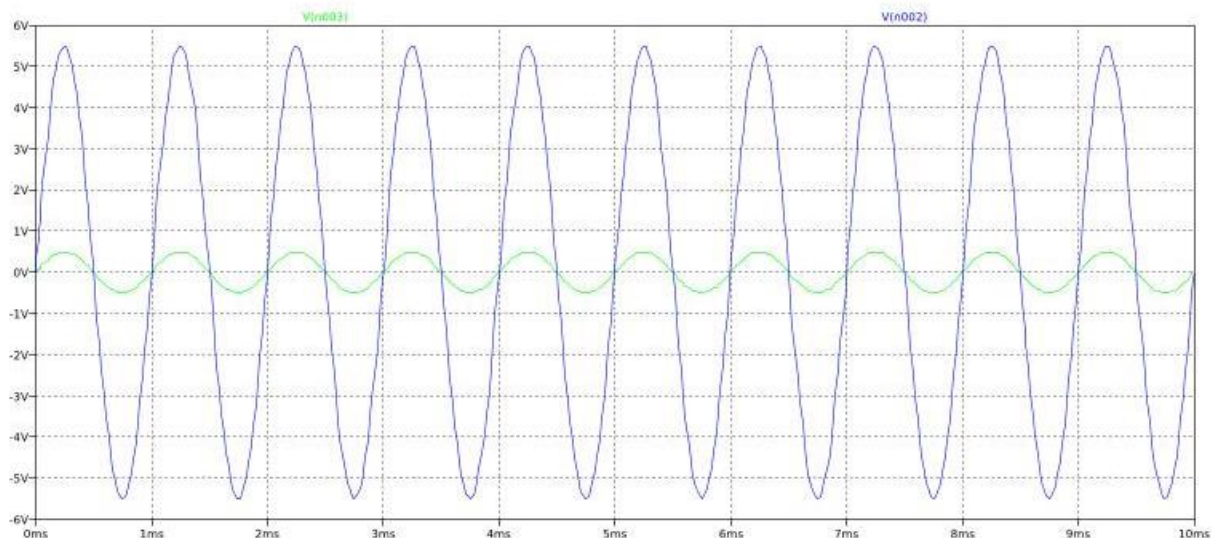


## > TL082

Circuito montado no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments:



Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:



### Conclusões Parte 3:

Nas duas simulações o sinal da tensão de saída tem amplitude de aproximadamente 5,46 V, correspondendo a um ganho de aproximadamente 11 vezes o valor de entrada.

Na simulação foi possível verificar que o sinal de saída tinha a amplitude onze vezes maior do que o sinal de entrada, e os ciclos positivos e negativos do sinal de saída coincidiam com os do sinal de entrada.

Sendo a máxima amplitude do sinal da tensão de saída depende da tensão de alimentação do ampop, 12V neste caso, o maior valor de tensão esperado para o sinal saturado era de +-11,99V.

#### Parte 04: Amplificador subtrator

Objetivo específico: verificar as não idealidades dos ampops aplicadas em um circuito subtrator.

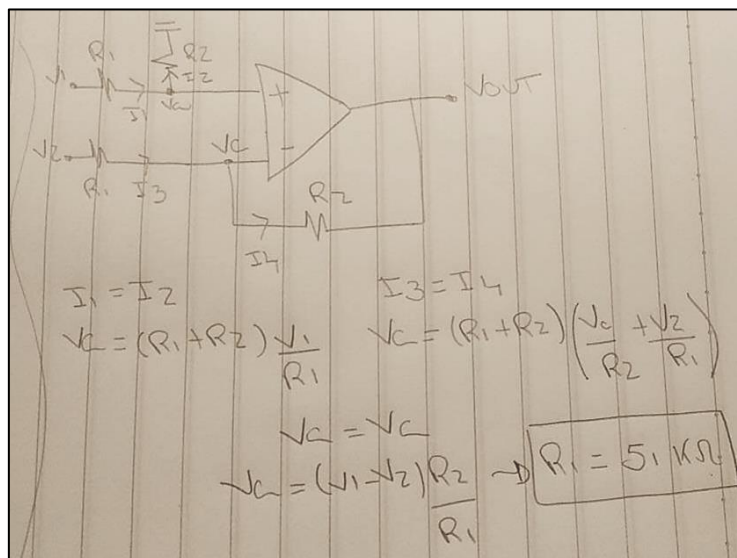
Experimento: Utilizando um Amp.OP. Lm324N e o TL082 monte dois amplificadores subtratores use o resistor de realimentação com valor 510kΩ e ganho igual a 10V/V.

Utilize a alimentação simétrica de +/-12V. (limite a corrente em 0,05A)

#### Procedimento:

- 1 - Compare os resultados para o LM324N e para TL082.
- 2 - Caso a fonte V1 tenha o valor igual á 0(zero)V, qual o valor da tensão de saída, para ambos os circuitos? Explique.
- 3 - Caso o seja alterado para o circuito abaixo, existe alguma variação na saída? Explique.
- 4 - Justifique as dissimilaridades encontradas utilizando os dados do datasheet.

#### Resultados Calculados:



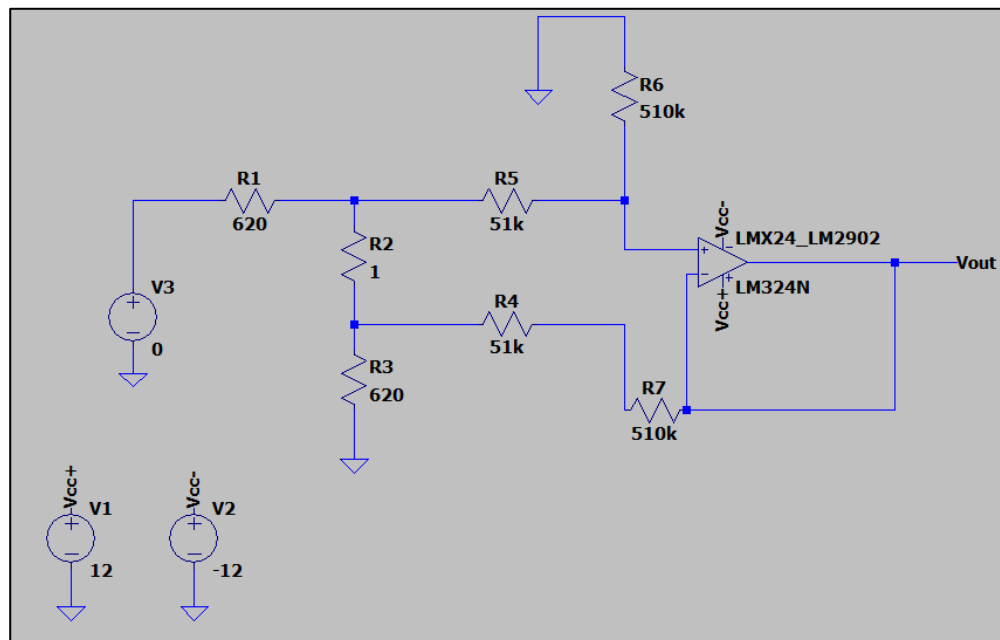
Sendo  $R_1 = 51 \text{ k}\Omega$

e  $V_o = (V_1 - V_2) * (R_2/R_1)$

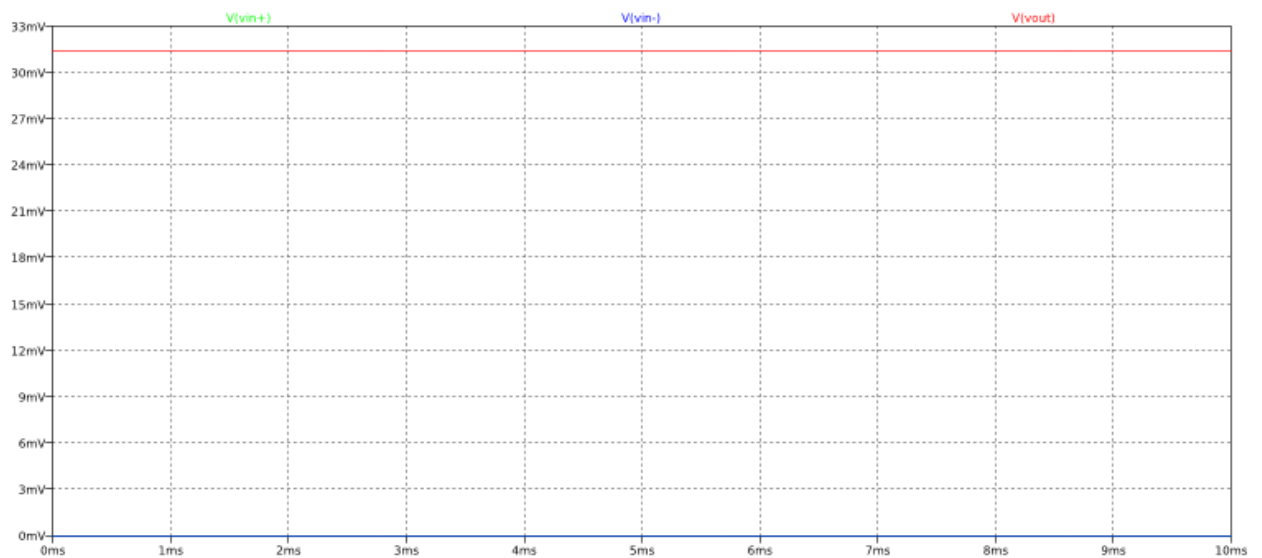
Temos que  $V_o = (510/51) * (V_1 - V_2) > V_o = 10 * (V_1 - V_2)$ .

## > LM324N

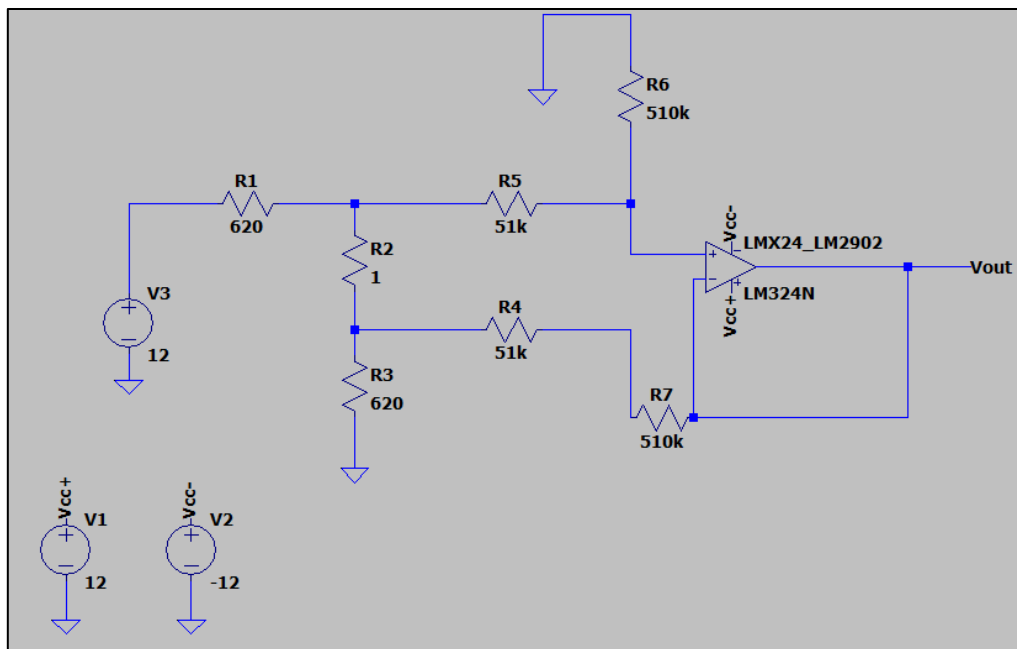
Simulação do circuito LM324 no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments: com  $V_1=0$  (modelo 1)



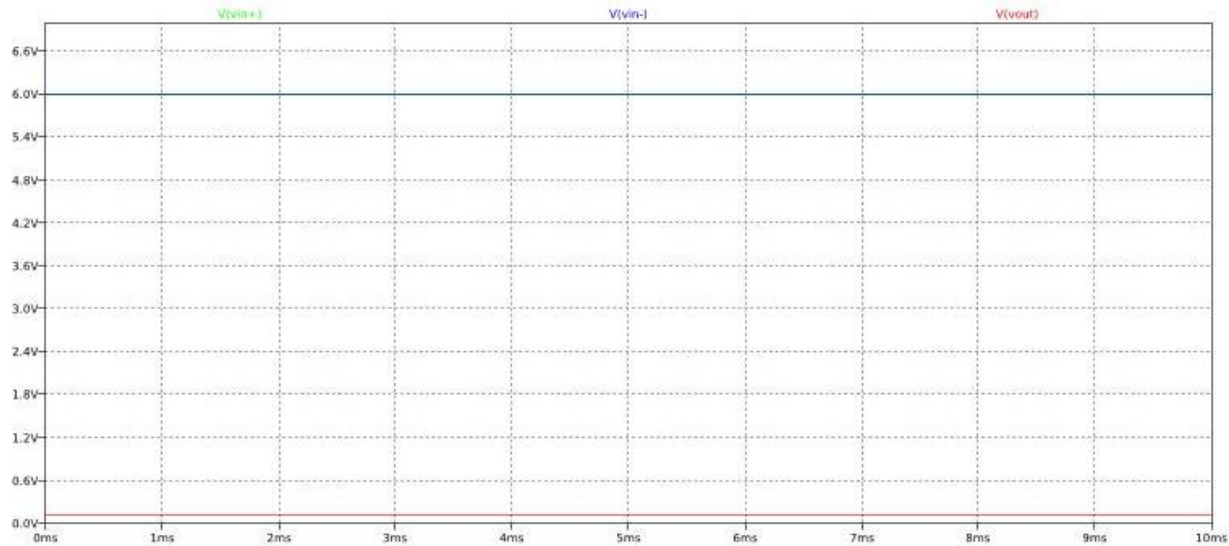
Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:



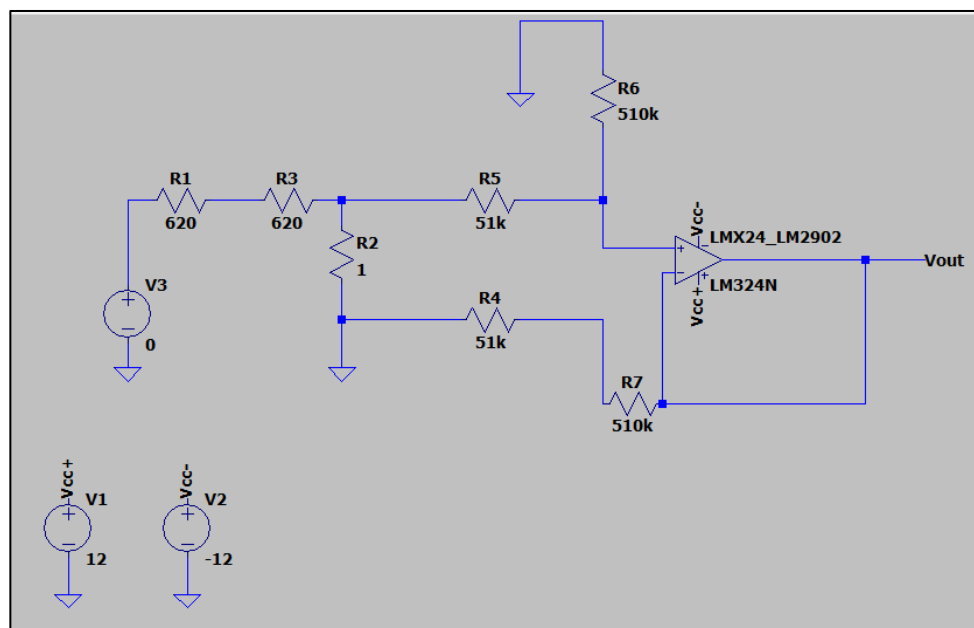
Simulação do circuito LM324 no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments:  
(modelo 1)



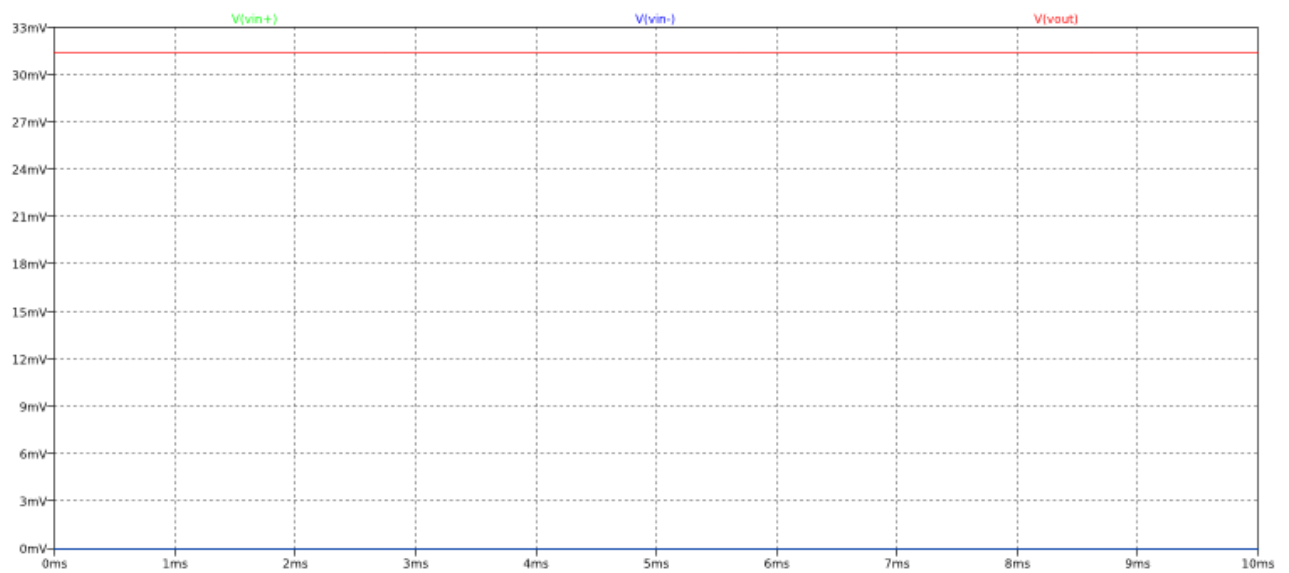
Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:



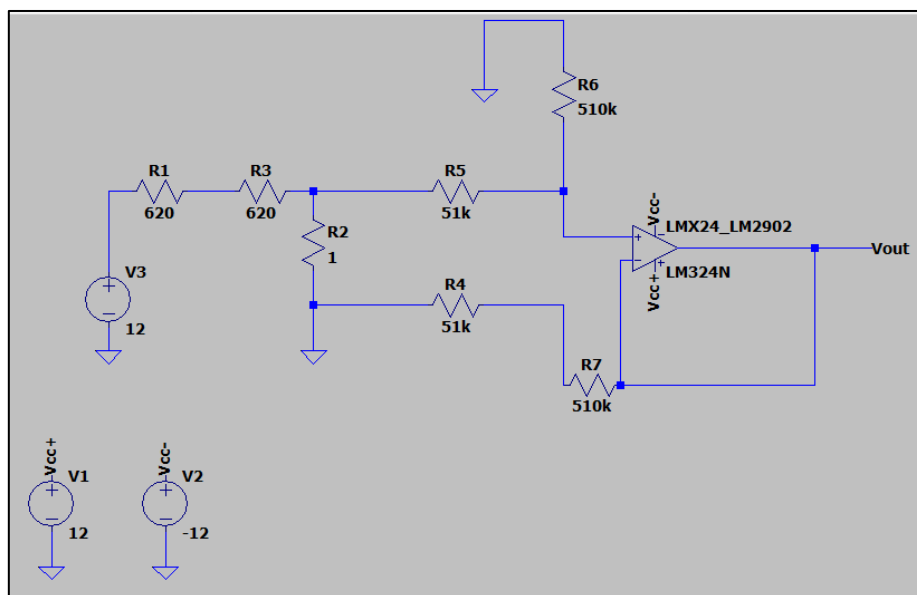
Simulação do circuito LM324 no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments: com  $V_1=0$  (modelo 2).



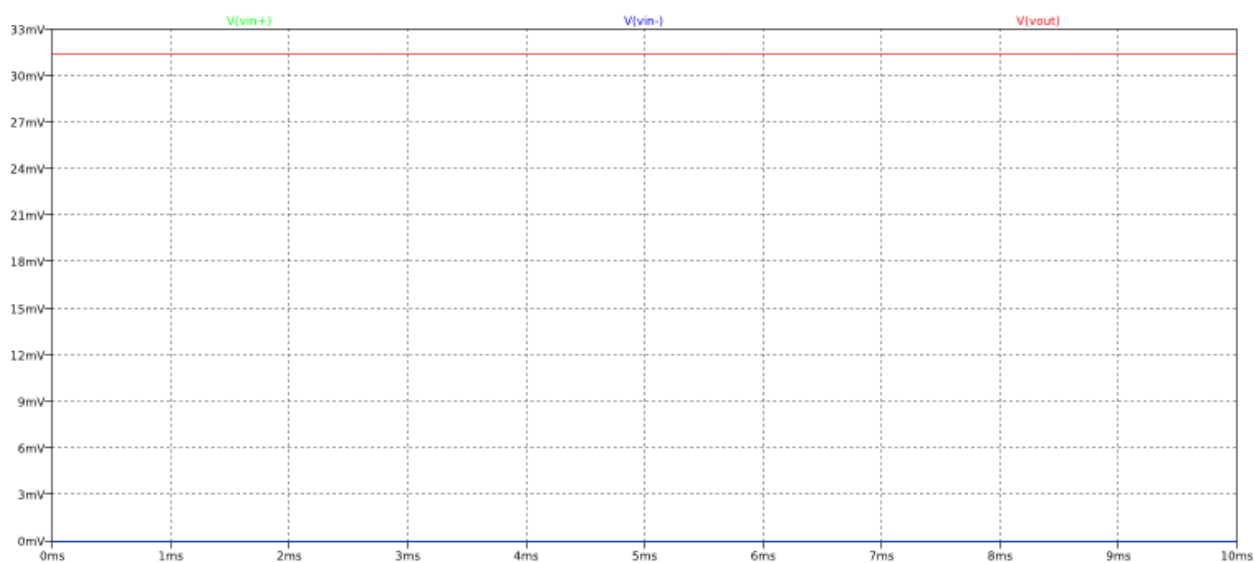
Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:



Simulação do circuito LM324 no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments: (modelo 2).



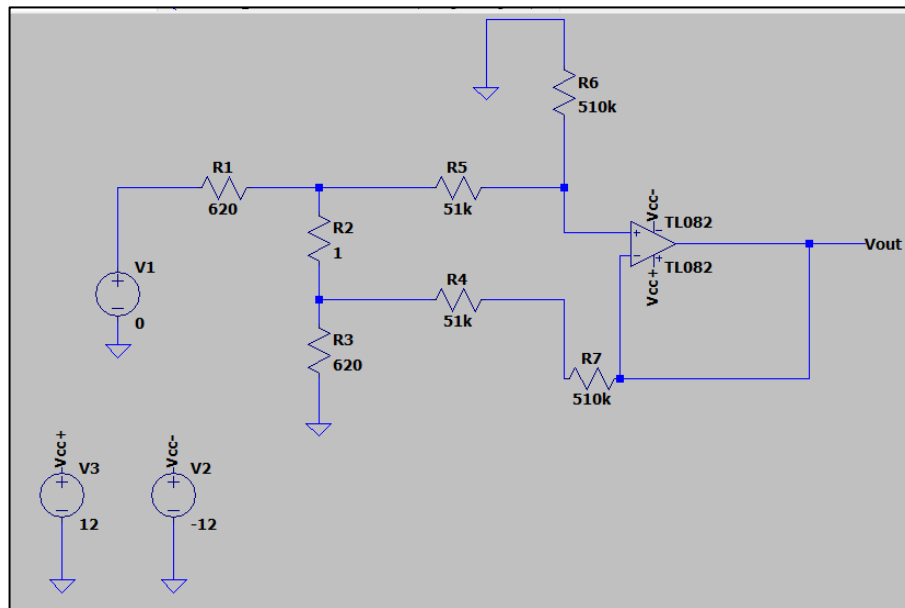
Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:



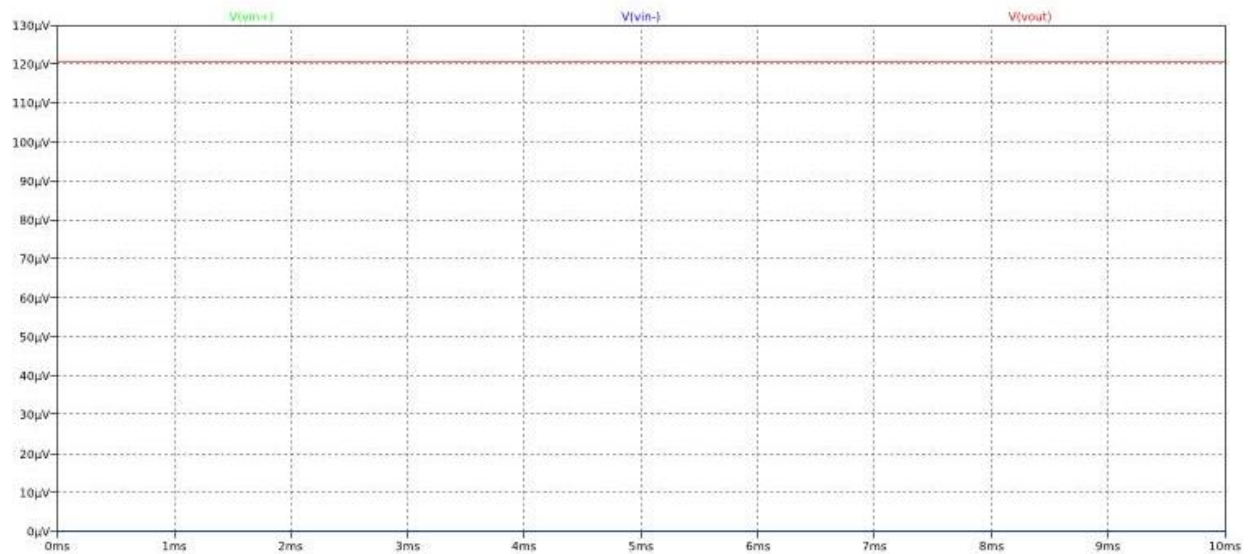


## > TL082

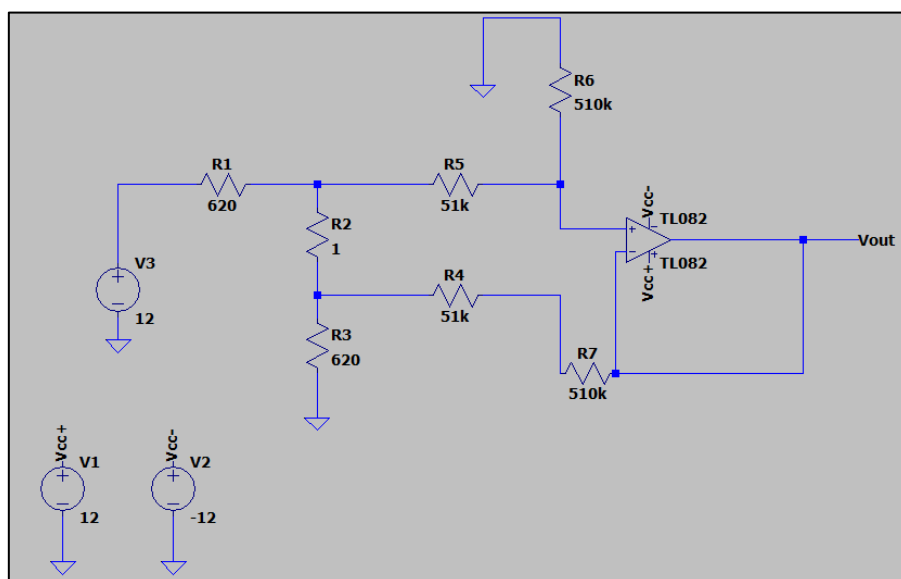
Circuito montado no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments: com  $V1=0$  (modelo1)



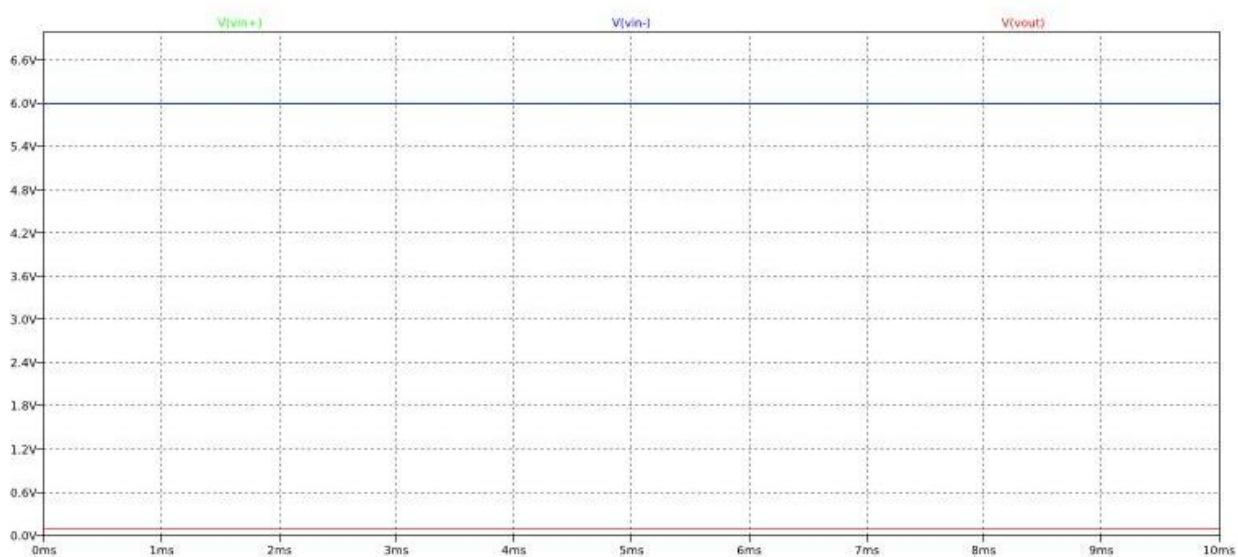
Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:



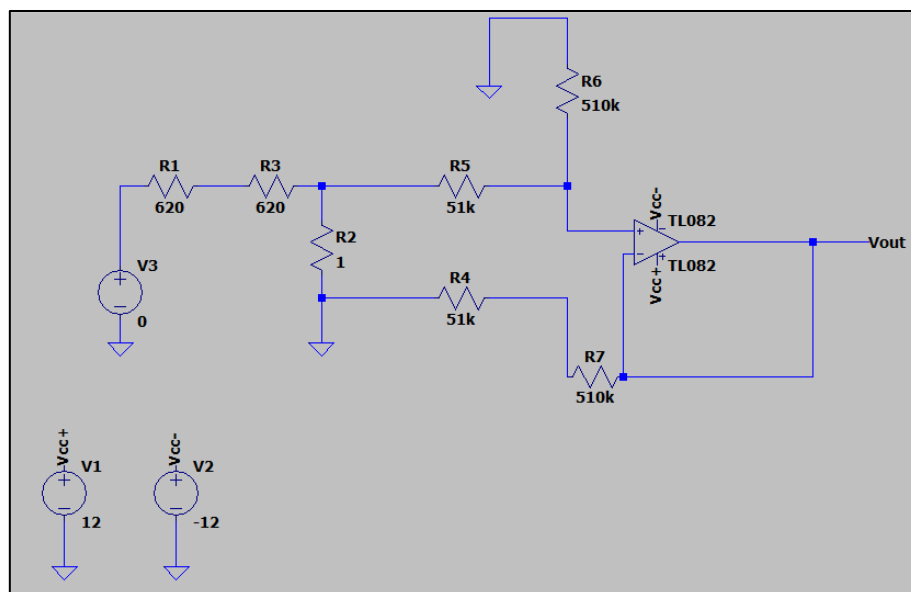
Circuito montado no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments: (modelo 1).



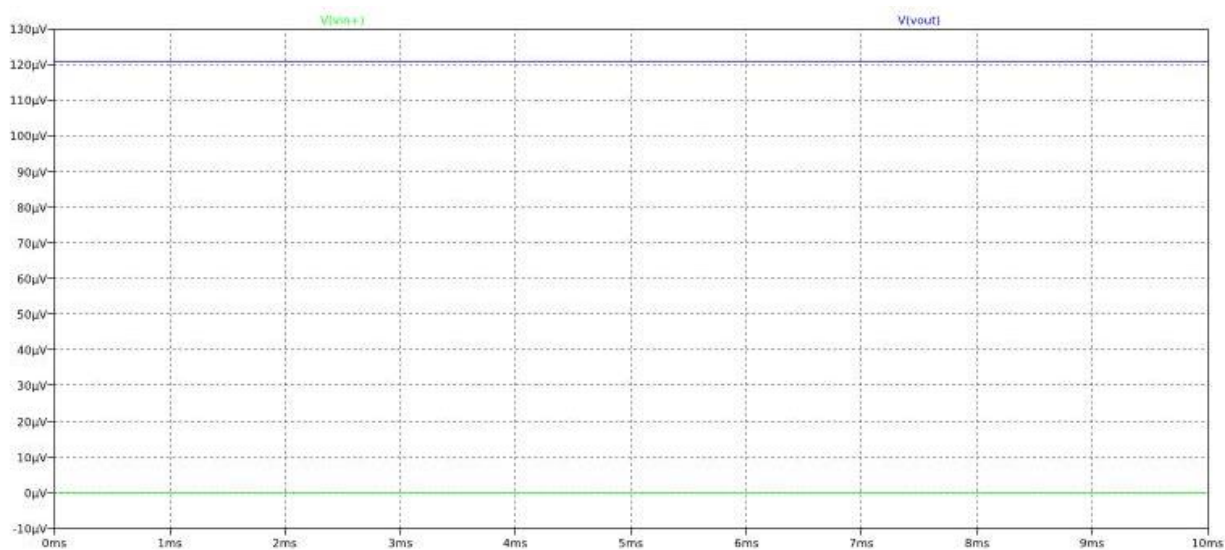
Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:



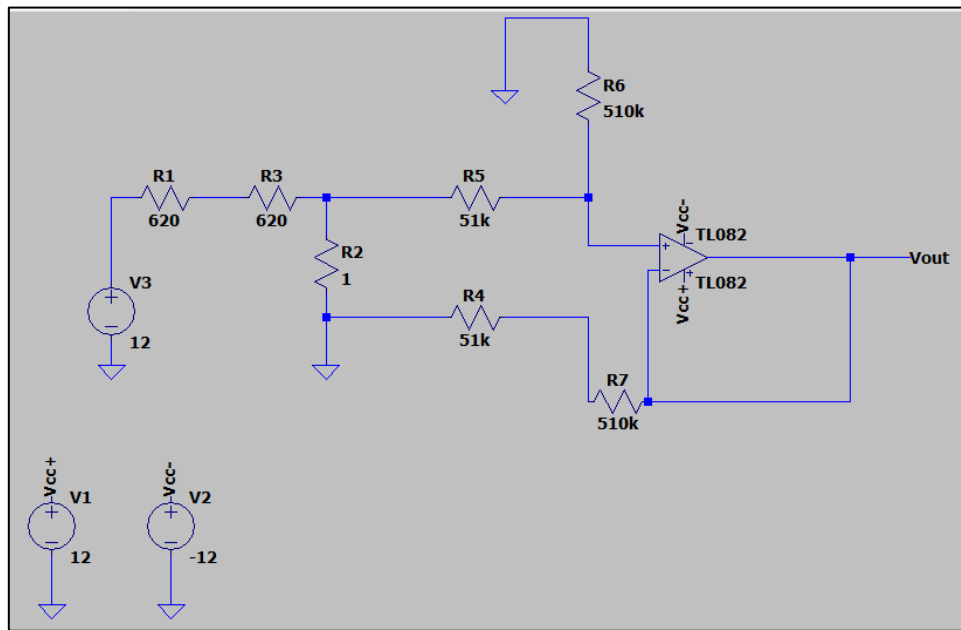
Circuito montado no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments: com V1=0 (modelo 2)



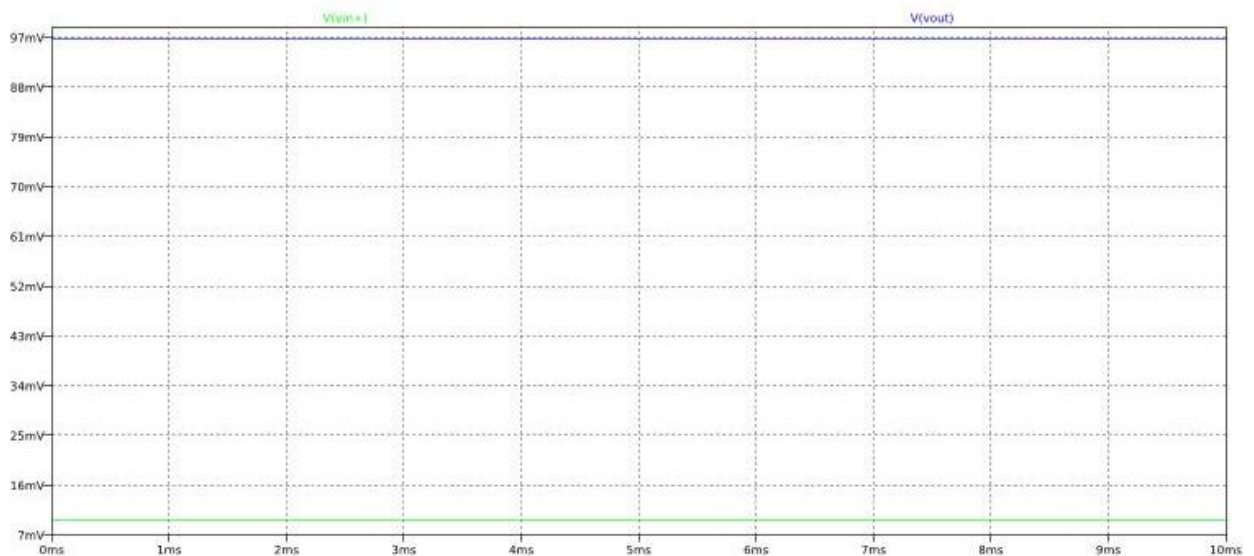
Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:



Circuito montado no LTspice, utilizando o modelo da Texas Instruments: (modelo 2)



Tensão de entrada e tensão de saída do circuito:



#### Conclusões Parte 4:

Para a primeira análise comparando os dois circuitos simulados para a tensão de entrada de 12V, verificou-se que a tensão de saída sobre o LM324 foi de aproximadamente 130mV, já para o TL082 o resultado foi melhor mostrando aproximação de tensão do valor teórico ficando em 95,14mV. No decorrer das simulações após a comparação entre os gráficos verificou-se há ocorrência de uma pequena melhora nos valores de tensão de saída e novamente tem-se no TL082 um melhor resultado. Com isso podemos concluir que o amplificador subtrator é de grande ajuda relacionado a tensão e pode ser utilizado para diversas finalidades.