

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE SANTA CATARINA – CAMPUS FLORIANÓPOLIS.
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO SUPERIOR DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
ELÉTRICA

Aluno (a): Ariene Maciel

Disciplina: Eletrônica I

SIMULAÇÃO DE CIRCUITOS COM AMPLIFICADORES
OPERACIONAIS AD8040 E AD8539.

Questão 1:

Amplificadores operacionais		
	AD8040	AD8539
Máxima e mínima tensão de alimentação	2.7 V to 12 V	2.7 V to 5.5 V
Tensão de modo comum	$\pm VS \pm 0.5 V$	2,5 V
CMRR	Min: 80 dB/ Typ: 90 dB	Min: 115 dB/ Typ: 150 dB
Máxima e mínima tensão de entrada	$\pm 5V$	0 a 5 V
Tensão de offset	6 mV maximum	13 μV maximum
Corrente de polarização	+0.7 μA to -1.5 μA	Typ: 15 pA/ Max: 25 pA
Consumo de corrente	1.3 mA	1 mA
Ganho em malha aberta	Min: 65 dB/ Typ 74 dB	Min: 115 dB/Typ: 145 dB
Impedância de entrada	6M Ω	10 M Ω

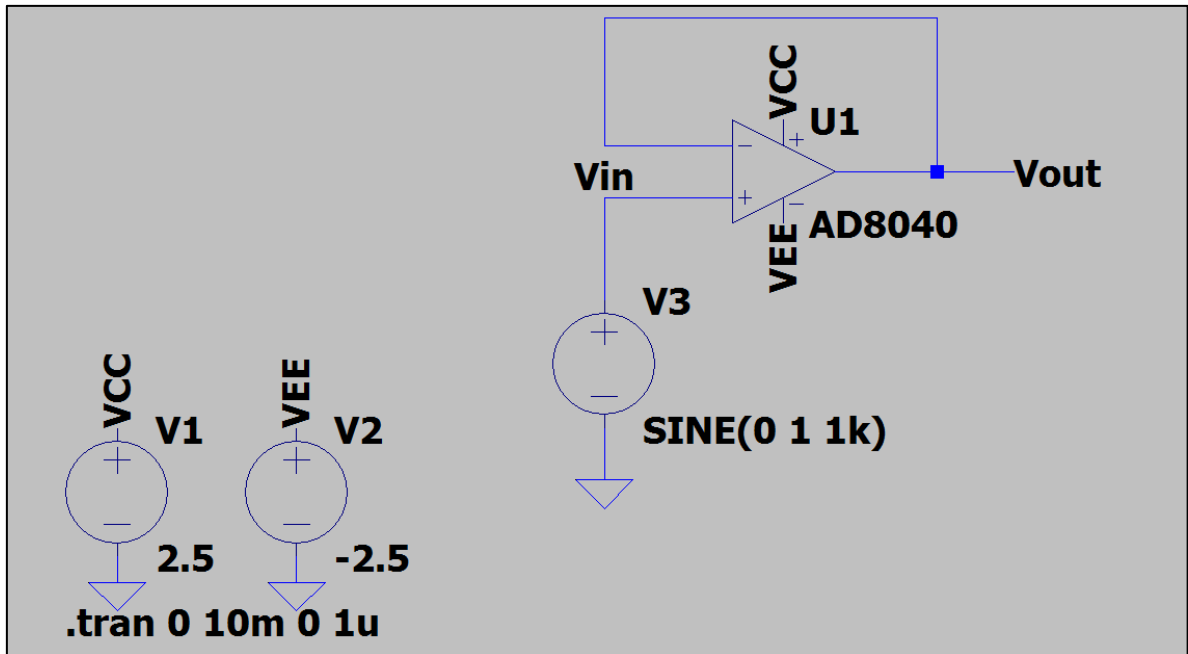
Para todas as simulações abaixo utilize a alimentação simétrica recomendada no datasheet.

2. Simule um circuito seguidor de tensão com cada um dos ampops indicados e verifique os efeitos decorrentes da máxima e mínima tensão de entrada.

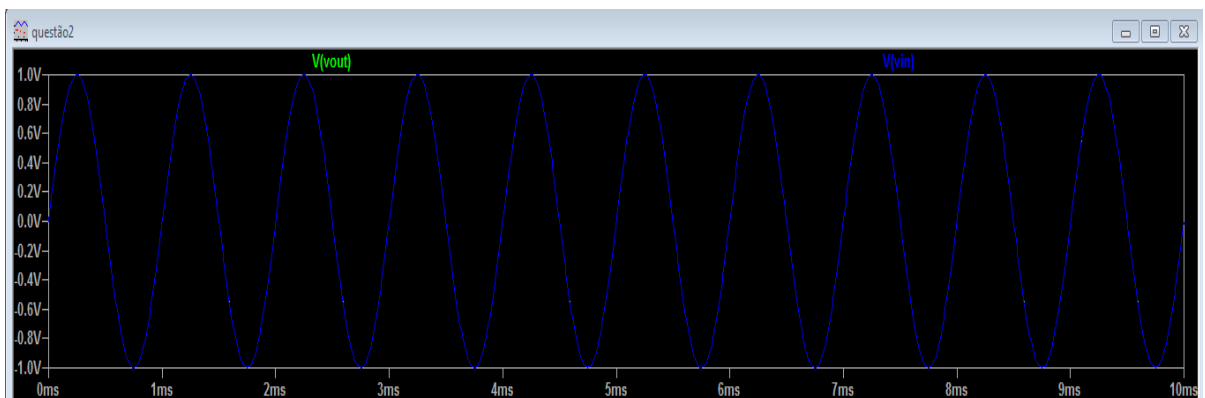
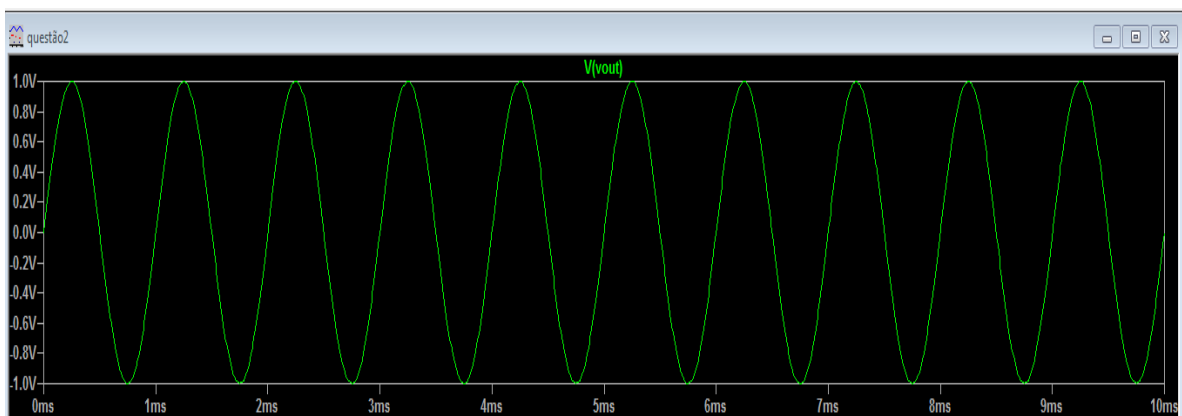
1. Dica utilize um sinal senoidal de 1kHz para auxiliar na visualização.

Resultados da Simulação

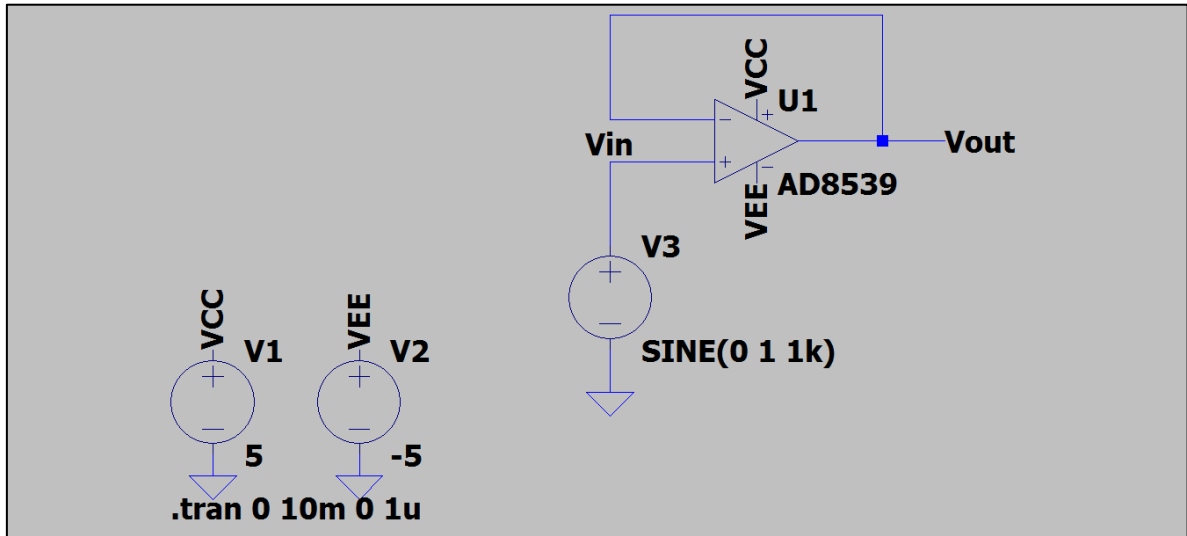
AD8040



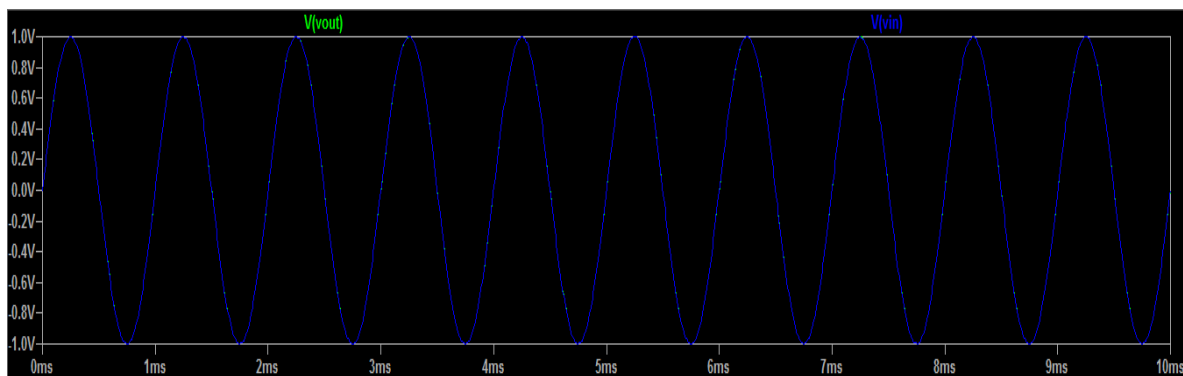
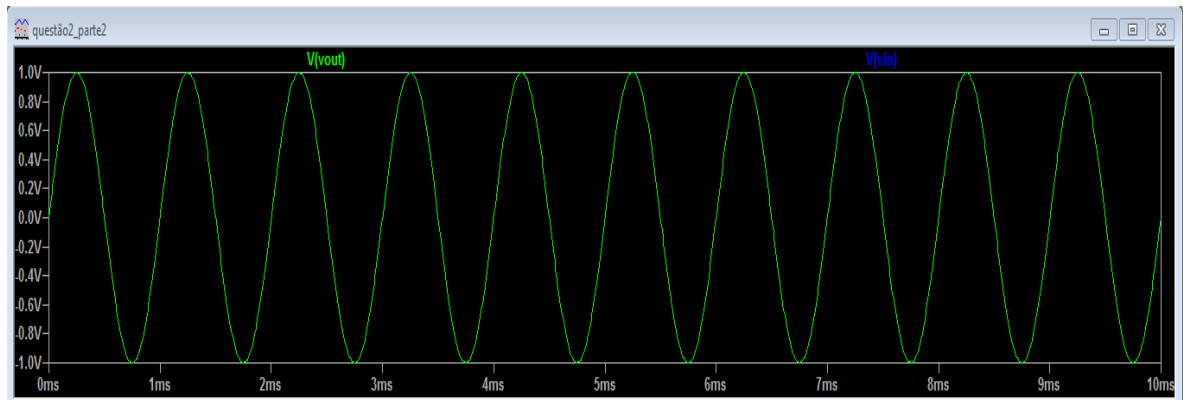
De acordo com o datasheet, os pinos VCC e VEE foram alimentados com 2.5 e -2.5 respectivamente. Também foi aplicado uma fonte senoidal com amplitude de 1 V e frequência de 1Khz.



AD8539



De acordo com o datasheet, os pinos VCC e VEE foram alimentados com 5 V e -5 V respectivamente. Também foi aplicado uma fonte senoidal com amplitude de 1 V e frequência de 1Khz.



2. Responda quais os valores das tensões de saturação?

Valores fora do intervalo de VCC e VEE.

3. Simule um circuito amplificador inversor com cada um dos ampops indicados e calcule os resistores para ter um ganho igual -100V/V .

Considerando $R_1 = 10\Omega$, tem-se:

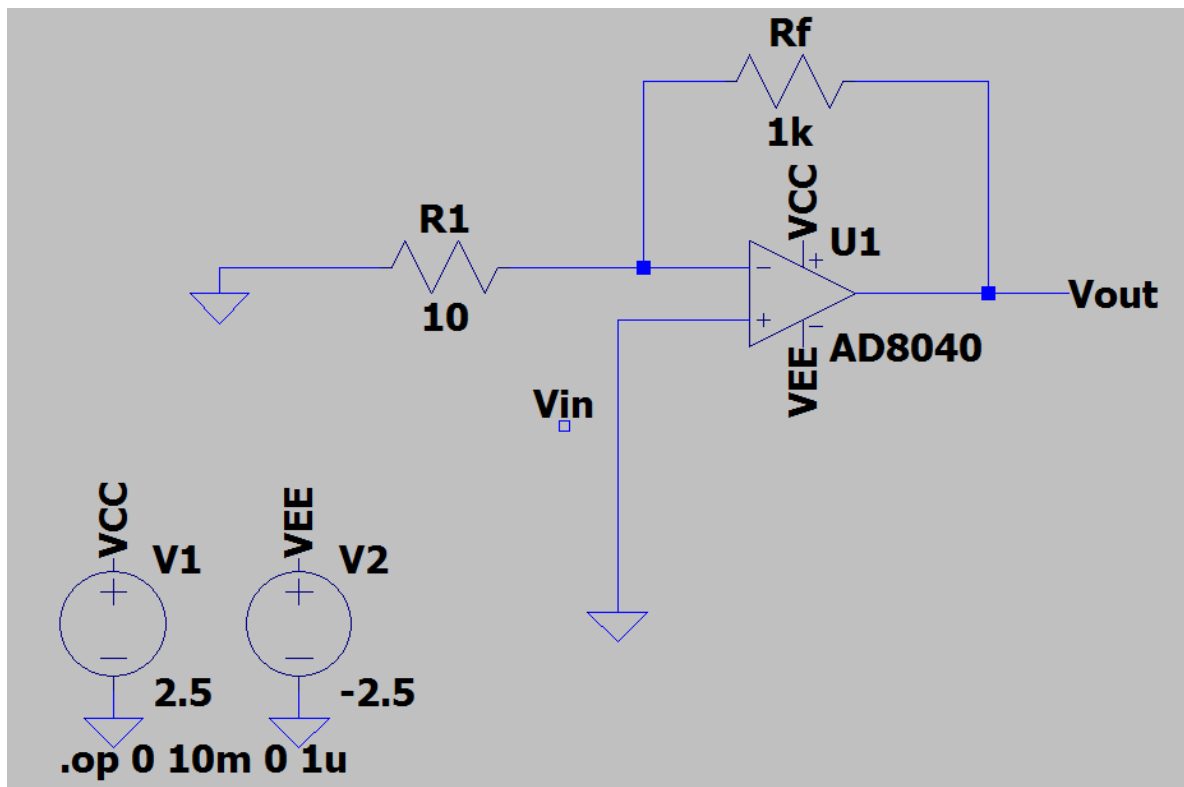
$$G = -\frac{R_f}{R_1}$$

Substituindo os valores:

$$R_f = 1000\Omega$$

1. Aplique 0V (zero) na entrada e verifique o valor da tensão na saída. Explique o resultado.

AD8040

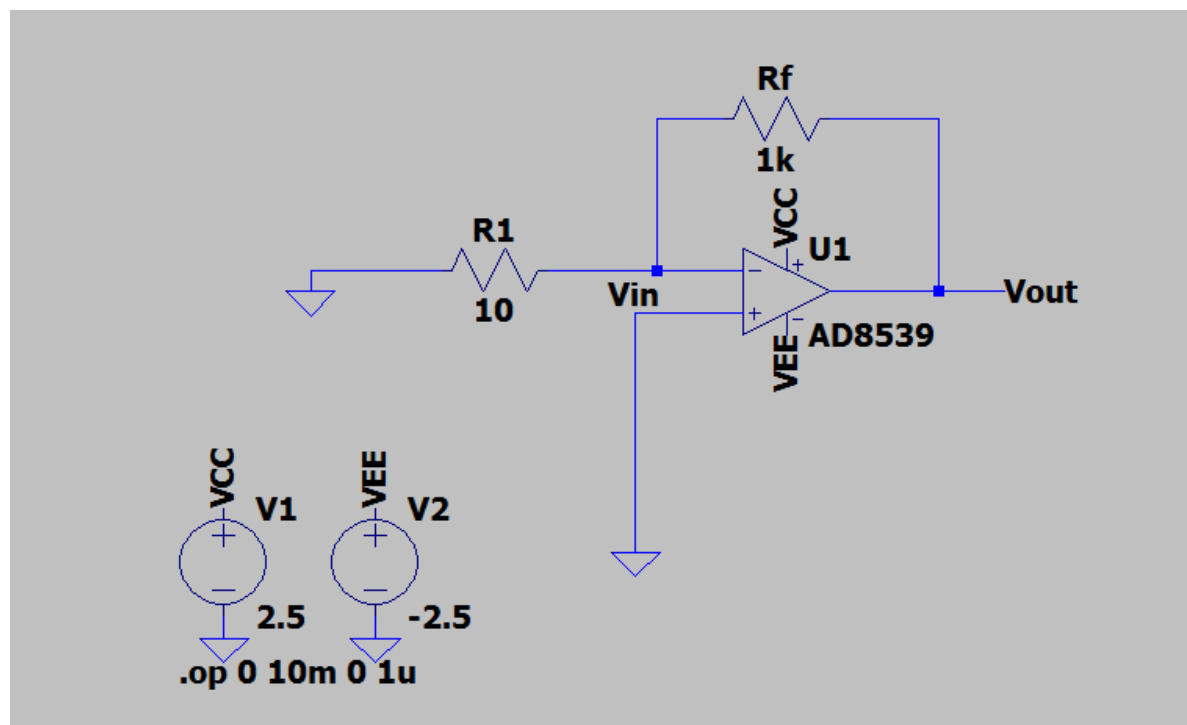


```

--- Operating Point ---
V(vcc) :      2.5          voltage
V(vee) :     -2.5          voltage
V(n001) :    3.33294e-007  voltage
V(vout) :    -0.00166634  voltage
I(Rf) :     -1.66667e-006  device_current
I(R1) :      3.33294e-008  device_current
I(V2) :      0.00127511    device_current
I(V1) :     -0.00127684    device_current
Ix(u1:1) :   -1.7e-006     subckt_current
Ix(u1:2) :   -1.7e-006     subckt_current
Ix(u1:3) :    0.00127684    subckt_current
Ix(u1:4) :   -0.00127511    subckt_current
Ix(u1:5) :    1.66667e-006  subckt_current

```

AD8539



--- Operating Point ---

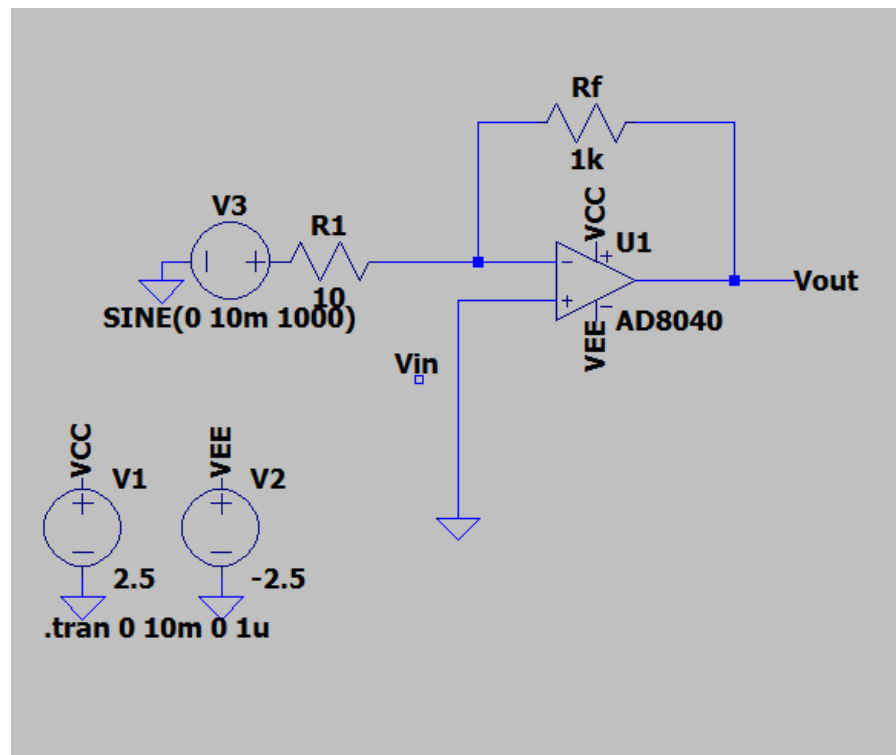
V(vcc) :	2.5	voltage
V(vee) :	-2.5	voltage
V(n001) :	1.37355e-005	voltage
V(vout) :	0.00138728	voltage
I(Rf) :	1.37354e-006	device_current
I(R1) :	1.37355e-006	device_current
I(V2) :	0.00014441	device_current
I(V1) :	-0.000145784	device_current
Ix(u1:1) :	1e-011	subckt_current
Ix(u1:2) :	-1e-011	subckt_current
Ix(u1:99) :	0.000145784	subckt_current
Ix(u1:50) :	-0.00014441	subckt_current
Ix(u1:45) :	-1.37354e-006	subckt_current

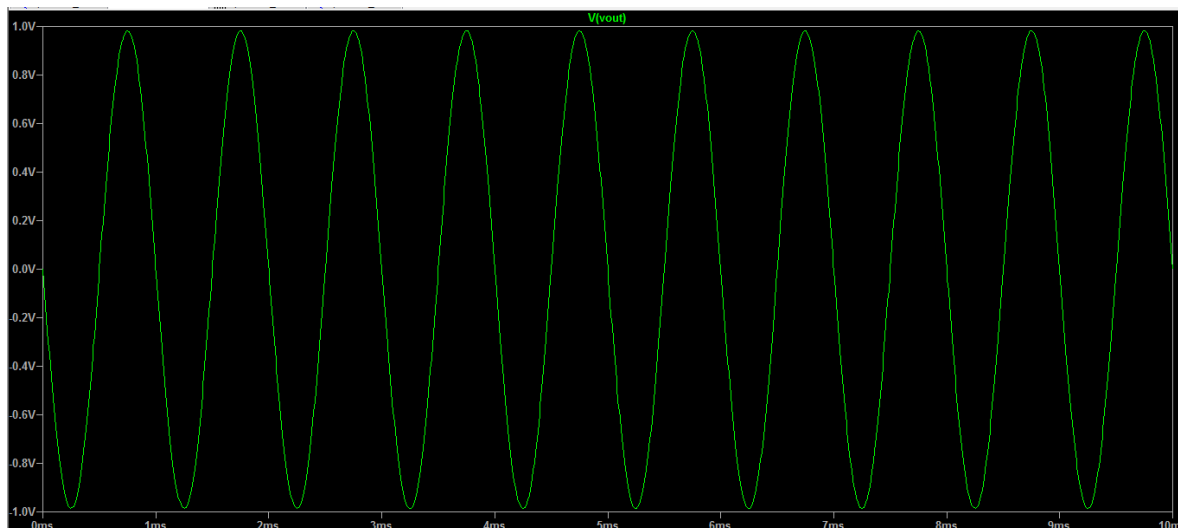
Conclusões:

Idealmente quando se aplica $V_{in} = 0V$ na entrada de um circuito amplificador inversor tem-se $V_{out} = 0V$. No entanto os dois amplificadores apresentam erros e por isso não alcançou o resultado ideal. Vale ressaltar também que apesar de ser um circuito inversor a saída do 8039 apresenta um menor valor no entanto não foi negativo.

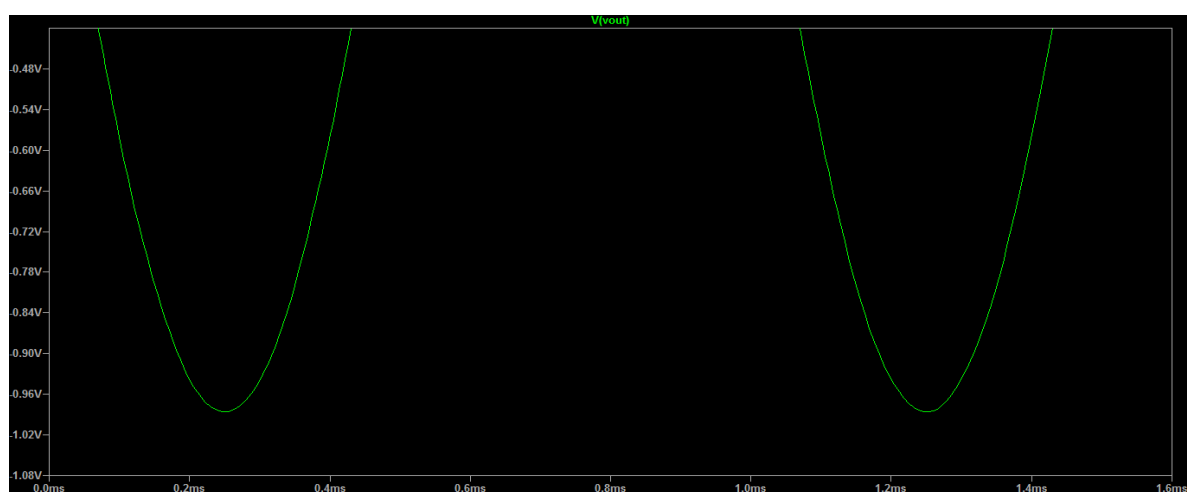
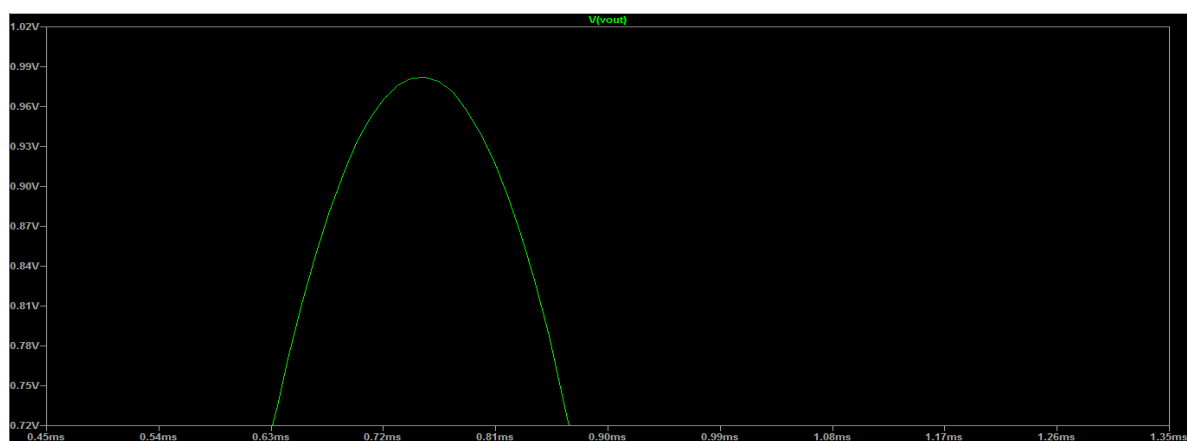
2. Aplique um sinal senoidal de $10mV_{pp}@1kHz$ na entrada e verifique o sinal de saída. Explique o resultado.

AD8040

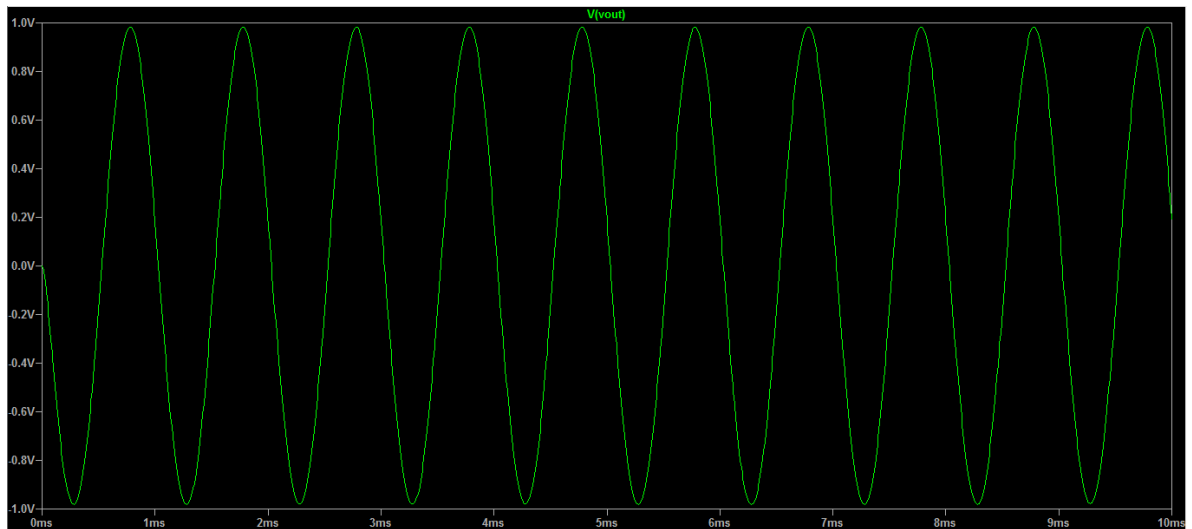
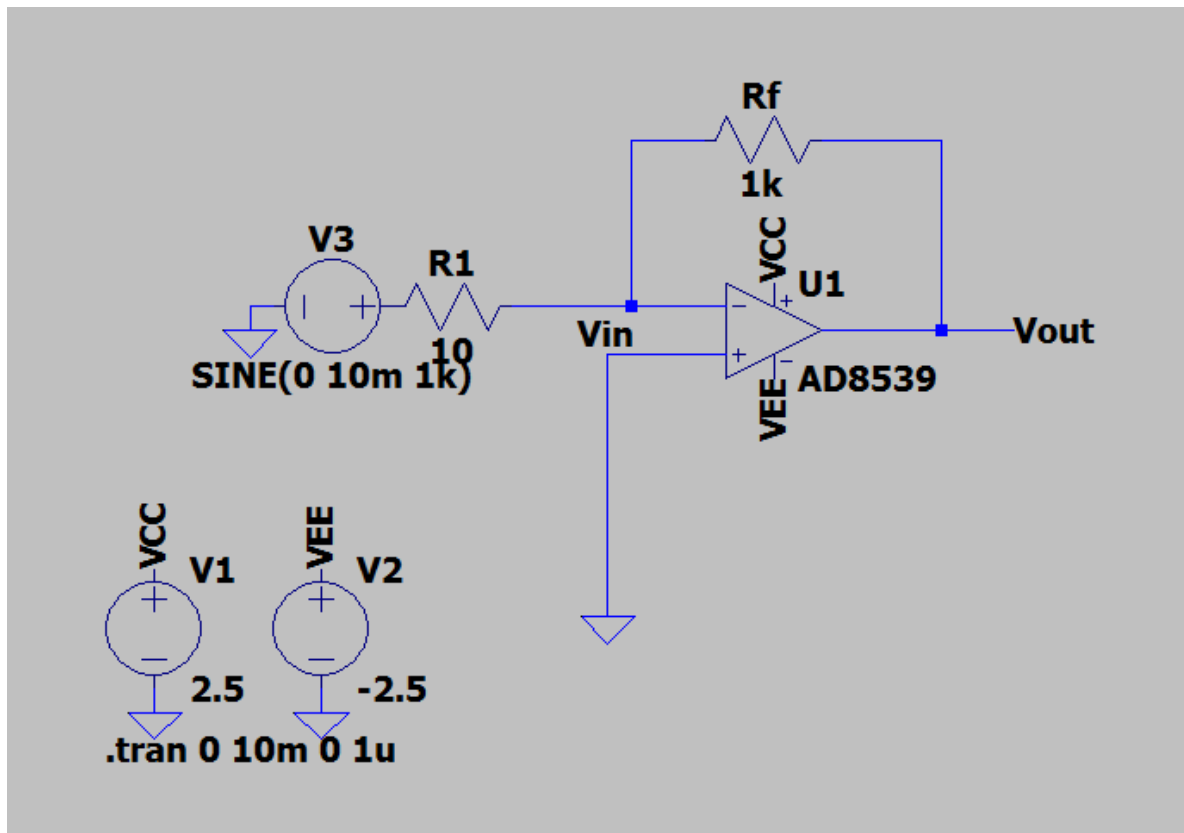




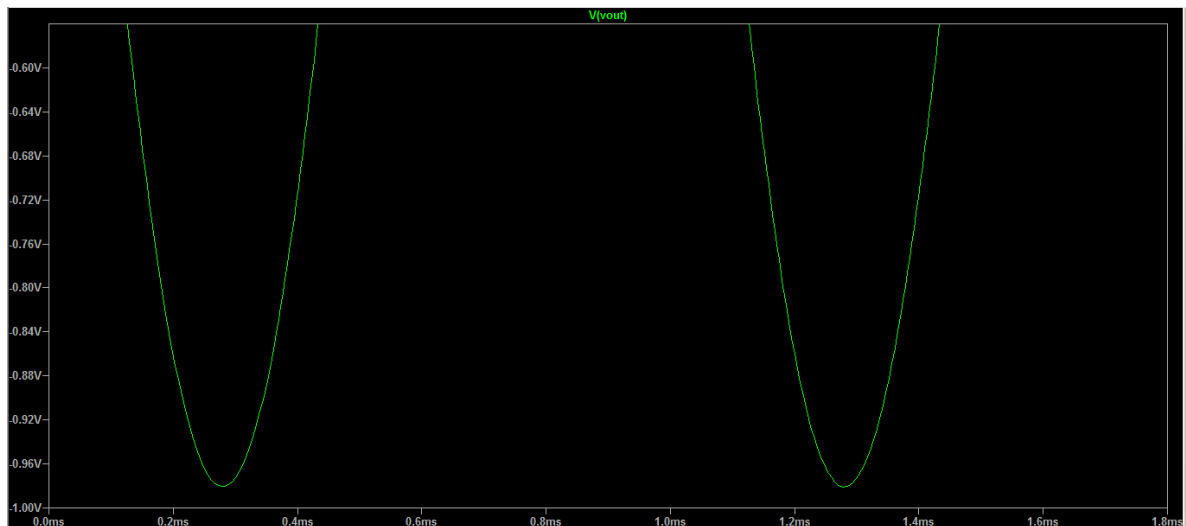
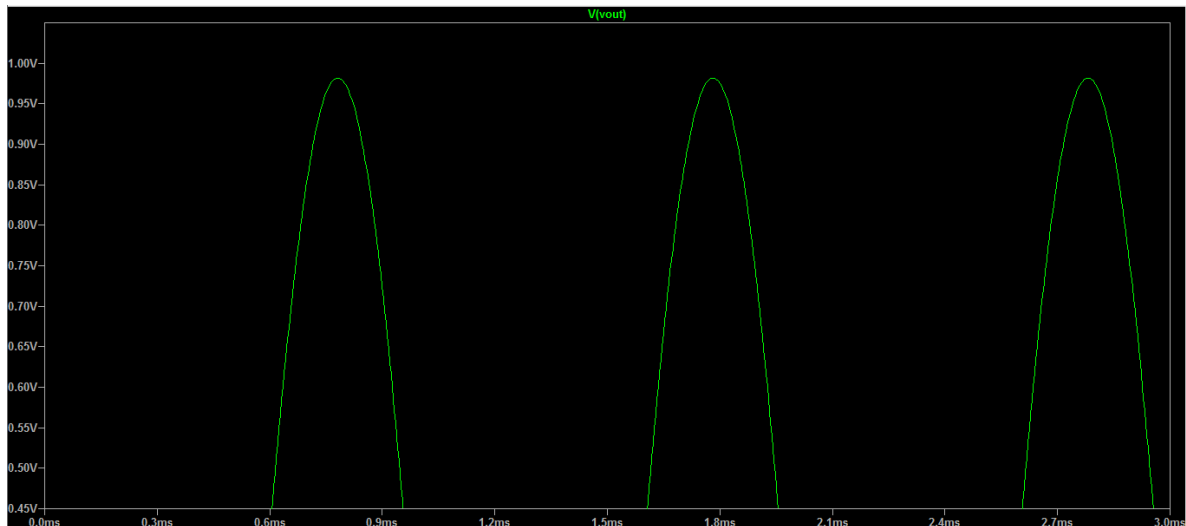
Dando um pouco de zoom no Pico das curvas, percebe-se que não atingiu o valor idealmente de 1V e -1V



AD8539



Novamente percebe-se que a curva não alcançou o valor idealmente de pico.



4. Simule um circuito amplificador não inversor com cada um dos ampops indicados e calcule os resistores para ter um ganho igual 10V/V.

Considerando $R_1 = 10\Omega$, tem-se:

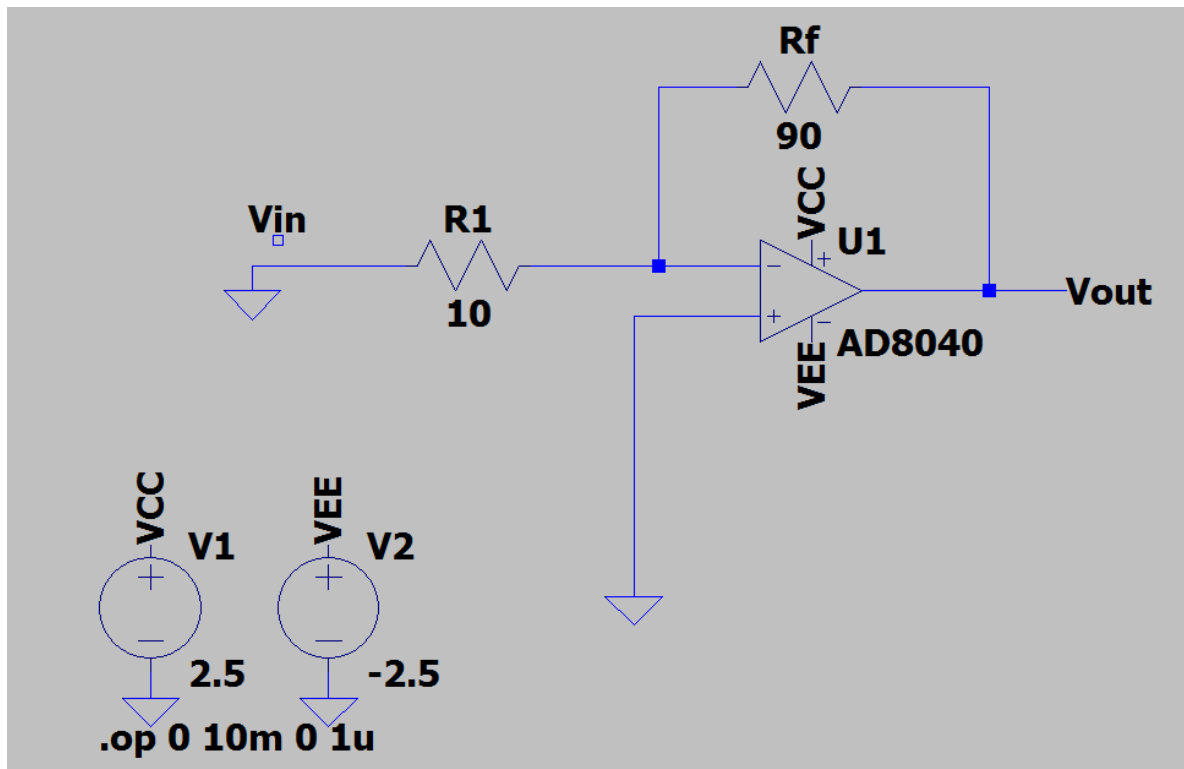
$$G = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

Substituindo os valores:

$$R_f = 90\Omega$$

1. Aplique 0V(zero) na entrada e verifique o valor da tensão na saída. Explique o resultado.

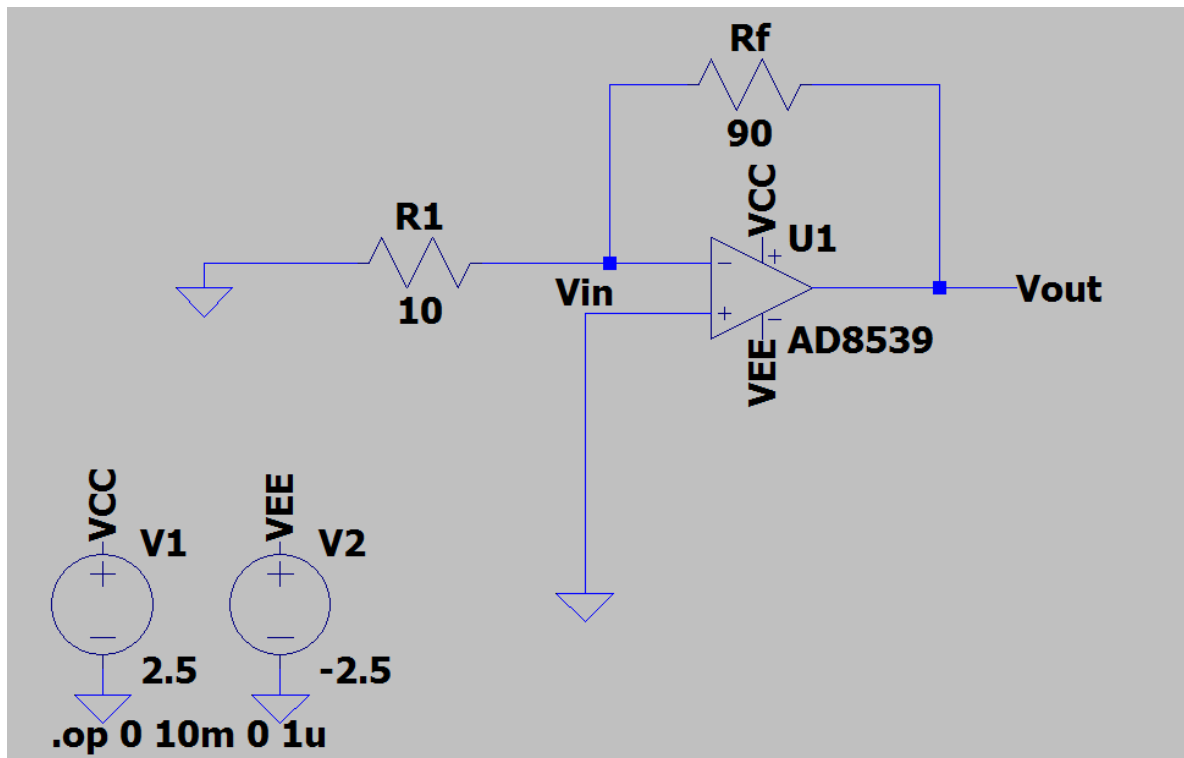
AD8040



--- Operating Point ---

V(vcc):	2.5	voltage
V(vee):	-2.5	voltage
V(n001):	3.27471e-007	voltage
V(vout):	-0.000149725	voltage
I(Rf):	-1.66725e-006	device_current
I(R1):	3.27471e-008	device_current
I(V2):	0.00127509	device_current
I(V1):	-0.00127682	device_current
Ix(u1:1):	-1.7e-006	subckt_current
Ix(u1:2):	-1.7e-006	subckt_current
Ix(u1:3):	0.00127682	subckt_current
Ix(u1:4):	-0.00127509	subckt_current
Ix(u1:5):	1.66725e-006	subckt_current

AD8539



--- Operating Point ---		
V(vcc) :	2.5	voltage
V(vee) :	-2.5	voltage
V(n001) :	1.37355e-005	voltage
V(vout) :	0.000137355	voltage
I(Rf) :	1.37354e-006	device_current
I(R1) :	1.37355e-006	device_current
I(V2) :	0.000144411	device_current
I(V1) :	-0.000145784	device_current
Ix(u1:1) :	1e-011	subckt_current
Ix(u1:2) :	-1e-011	subckt_current
Ix(u1:99) :	0.000145784	subckt_current
Ix(u1:50) :	-0.000144411	subckt_current
Ix(u1:45) :	-1.37354e-006	subckt_current

Conclusões:

Quando se aplica $V_{in}=0V$ em um circuito não inversor, ele passa a ter um comportamento igual a um circuito não inversor. Novamente o AmpOp 8539 não apresenta um comportamento de um circuito inversor.

2. Aplique um sinal contínuo de 5mV, 50mV, 200mV e 500mV na entrada e verifique o sinal de saída. Qual o erro com relação ao ganho calculado? Explique o resultado.

AD8040

Para V3= 5mV

```

    --- Operating Point ---
V(vcc):      2.5          voltage
V(vee):     -2.5          voltage
V(n001):     0.00492       voltage
V(n002):     0.005         voltage
V(vout):     0.0490471     voltage
I(Rf):       0.000490301    device_current
I(R1):       0.000492       device_current
I(V3):       1.69917e-006   device_current
I(V2):       0.00127411     device_current
I(V1):       -0.00176781    device_current
Ix(u1:1):    -1.69917e-006  subckt_current
Ix(u1:2):    -1.69918e-006  subckt_current
Ix(u1:3):     0.00176781    subckt_current
Ix(u1:4):    -0.00127411    subckt_current
Ix(u1:5):    -0.000490301   subckt_current

```

Para V3= 50mV

```

    --- Operating Point ---
V(vcc):      2.5          voltage
V(vee):     -2.5          voltage
V(n001):     0.0495485     voltage
V(n002):     0.05          voltage
V(vout):     0.495333      voltage
I(Rf):       0.00495316     device_current
I(R1):       0.00495485     device_current
I(V3):       1.69167e-006   device_current
I(V2):       0.00128037     device_current
I(V1):       -0.00623691    device_current
Ix(u1:1):    -1.69167e-006  subckt_current
Ix(u1:2):    -1.69174e-006  subckt_current
Ix(u1:3):     0.00623691    subckt_current
Ix(u1:4):    -0.00128037    subckt_current
Ix(u1:5):    -0.00495316    subckt_current

```

Para V3= 200mv

```

      --- Operating Point ---
V(vcc):      2.5          voltage
V(vee):     -2.5          voltage
V(n001):     0.175394     voltage
V(n002):     0.2          voltage
V(vout):     1.75379      voltage
I(Rf):       0.0175377    device_current
I(R1):       0.0175394    device_current
I(V3):       1.66667e-006 device_current
I(V2):       0.00126161   device_current
I(V1):       -0.0188394   device_current
Ix(u1:1):    -1.66667e-006 subckt_current
Ix(u1:2):    -1.67077e-006 subckt_current
Ix(u1:3):     0.0188394   subckt_current
Ix(u1:4):    -0.00126147  subckt_current
Ix(u1:5):    -0.0175377   subckt_current

```

Para V3= 500mV

```

      --- Operating Point ---
V(vcc):      2.5          voltage
V(vee):     -2.5          voltage
V(n001):     0.175397     voltage
V(n002):     0.5          voltage
V(vout):     1.75382      voltage
I(Rf):       0.017538     device_current
I(R1):       0.0175397    device_current
I(V3):       1.61667e-006 device_current
I(V2):       0.00119035   device_current
I(V1):       -0.0188396   device_current
Ix(u1:1):    -1.61667e-006 subckt_current
Ix(u1:2):    -1.67077e-006 subckt_current
Ix(u1:3):     0.0188396   subckt_current
Ix(u1:4):    -0.00119035  subckt_current
Ix(u1:5):    -0.017538    subckt_current

```

AD8539

Para V3= 5mV

--- Operating Point ---		
V(vcc) :	2.5	voltage
V(vee) :	-2.5	voltage
V(n001) :	0.0050126	voltage
V(vout) :	0.050126	voltage
V(vin) :	0.005	voltage
I(Rf) :	0.00050126	device_current
I(R1) :	0.00050126	device_current
I(V3) :	-1e-011	device_current
I(V2) :	-7.36854e-005	device_current
I(V1) :	-0.000427575	device_current
Ix(u1:1) :	1e-011	subckt_current
Ix(u1:2) :	-1e-011	subckt_current
Ix(u1:99) :	0.000427575	subckt_current
Ix(u1:50) :	7.36854e-005	subckt_current
Ix(u1:45) :	-0.00050126	subckt_current

Para V3= 50mV

--- Operating Point ---		
V(vcc) :	2.5	voltage
V(vee) :	-2.5	voltage
V(n001) :	0.050004	voltage
V(vout) :	0.50004	voltage
V(vin) :	0.05	voltage
I(Rf) :	0.0050004	device_current
I(R1) :	0.0050004	device_current
I(V3) :	-1e-011	device_current
I(V2) :	-0.0002	device_current
I(V1) :	-0.0048004	device_current
Ix(u1:1) :	1e-011	subckt_current
Ix(u1:2) :	-1e-011	subckt_current
Ix(u1:99) :	0.0048004	subckt_current
Ix(u1:50) :	0.0002	subckt_current
Ix(u1:45) :	-0.0050004	subckt_current

Para $V_3 = 200\text{mV}$

```

--- Operating Point ---
V(vcc) :      2.5      voltage
V(vee) :     -2.5      voltage
V(n001) :     0.123626 voltage
V(vout) :     1.23626  voltage
V(vin) :      0.2      voltage
I(Rf) :      0.0123626 device_current
I(R1) :      0.0123626 device_current
I(V3) :     -1e-011    device_current
I(V2) :     -0.0002    device_current
I(V1) :     -0.0121626 device_current
Ix(u1:1) :    1e-011    subckt_current
Ix(u1:2) :   -1e-011    subckt_current
Ix(u1:99) :    0.0121626 subckt_current
Ix(u1:50) :    0.0002    subckt_current
Ix(u1:45) :   -0.0123626 subckt_current

```

Para $V_3 = 500\text{mV}$

```

--- Operating Point ---
V(vcc) :      2.5      voltage
V(vee) :     -2.5      voltage
V(n001) :     0.123993 voltage
V(vout) :     1.23993  voltage
V(vin) :      0.5      voltage
I(Rf) :      0.0123993 device_current
I(R1) :      0.0123993 device_current
I(V3) :     -1e-011    device_current
I(V2) :     -0.0002    device_current
I(V1) :     -0.0121993 device_current
Ix(u1:1) :    1e-011    subckt_current
Ix(u1:2) :   -1e-011    subckt_current
Ix(u1:99) :    0.0121993 subckt_current
Ix(u1:50) :    0.0002    subckt_current
Ix(u1:45) :   -0.0123993 subckt_current

```

A tabela a seguir apresenta o comparativo do comportamento dos dois Amp ops na medida em que se altera a tensão de entrada.

Tabela Comparativa							
8040				8539			
Vin	Vout	Ganho	Erro em relação ao ganho de 10 v/v	Vin	Vout	Ganho	Erro em relação ao ganho de 10 v/v
0,005	0,0490471	9,81	1,91	0,005	0,0501260	10,03	-0,25
0,050	0,495333	9,91	0,93	0,05	0,50004	10,00	-0,01
0,200	1,753790	8,77	12,31	0,20	1,23626	6,18	38,19
0,500	1,753820	3,51	64,92	0,50	1,23993	2,48	75,20

É perceptível que o Amp op 8039 apresenta um erro menor quando a tensão de entrada é pequena se comparado com o 8040. No entanto o 8040 tem um erro menor quando a tensão de entrada é maior.

Caso deseja-se projetar um amplificador subtrator com ganho de 100V/V, para sinais muito pequenos com variação de $\pm 10\mu\text{V}$ até $\pm 30\text{mV}$ de muito baixa frequência, qual desses ampops você utilizaria? Justifique a sua resposta.

AmpOp 8539 pois apresenta menor erro para sinais de entrada baixo e por ter menor valor de tensão de modo comum, tensão de Offset e consumir menor corrente. E também segundo o datasheet do 8040 ele tem uma excelente performance de 125 MHz conforme o trecho a seguir: “the amplifiers provide excellent performance with 125 MHz small signal bandwidth and 60 V/ μs slew rate”

Escolha um terceiro ampop com características melhores que os ampops acima para uma aplicação como subtrator.

INA 592

1 Features

- G = 1/2 amplifier
- G = 2 amplifier
- Low offset voltage: 40 μV (maximum)
- Low offset voltage drift: $\pm 2 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (maximum)
- Low noise: 18 $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ at 1 kHz
- Low gain error: $\pm 0.03\%$ (maximum)
- High common-mode rejection: 88 dB (minimum)
- Wide bandwidth: 2 MHz GBW
- Low quiescent current: 1.1 mA per amplifier
- High slew rate: 18 V/ μs
- High capacitive load drive capability: 500 pF
- Wide supply range:
 - Single supply: 4.5 V to 36 V
 - Dual supply: $\pm 2.25 \text{ V}$ to $\pm 18 \text{ V}$
- Specified temperature range:
 - -40°C to $+125^\circ\text{C}$
- Packages: 8-Pin MSOP and SOIC, 10-pin VSON

