INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Secção de Sistemas e Controlo

Análise de Circuitos

2º Trabalho de Laboratório

Setembro de 1999

Elaborado por:

António Serralheiro

Aluno nº __________, _____________________________________, Turma________, Turno ___

Aluno nº __________, _____________________________________, Turma________, Turno ___

Aluno nº __________, _____________________________________, Turma________, Turno ___

Data:_________________

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS AMPLIFICADORES OPERACIONAIS

NOTAS:

Este Guia de Laboratório contém espaços para as respostas: não usar quaisquer folhas adicionais.
Os parágrafos assinalados com T , E e S representam, respectivamente, tópicos que requerem análise/trabalho teórico, experimental ou de simulação.

1. O AMPOP 741 COMO EXEMPLO DE UM AMPOP IDEAL

1.1 INTRODUÇÃO

Como já sabe, na figura 1a indica-se o símbolo eléctrico de um dispositivo denominado **amp**lificador **op**eracional (ampop). O seu funcionamento, em certas condições, pode ser aproximado pelo circuito da figura 1b. O ampop ideal corresponde, no circuito da figura 1b, a fazer $R_i=\infty\Omega$, $R_o=0\Omega$ e $A=\infty$.

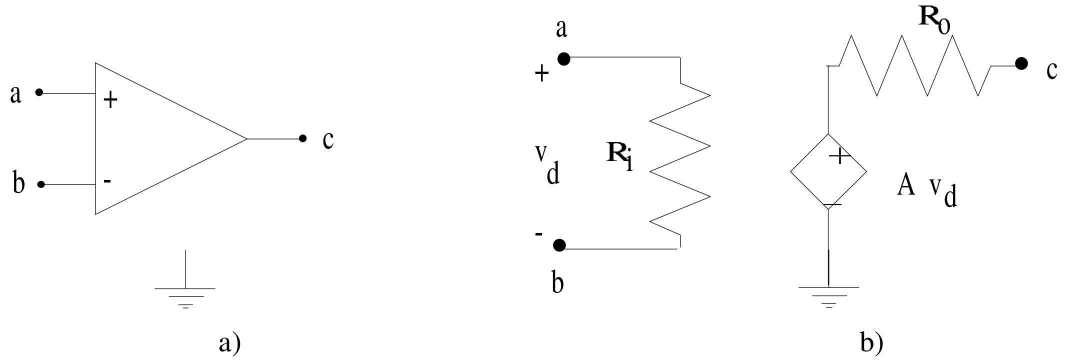

Figura 1: a) símbolo eléctrico do ampop. b) esquema eléctrico equivalente do ampop.

1.2 AMPLIFICADOR INVERSOR

T

Comece por analisar o circuito da figura 2, determinando o quociente entre as tensões de saída e de entrada, $G=\frac{v_o}{v_s}$, denominado ganho de tensão. Considere que o ampop é ideal.

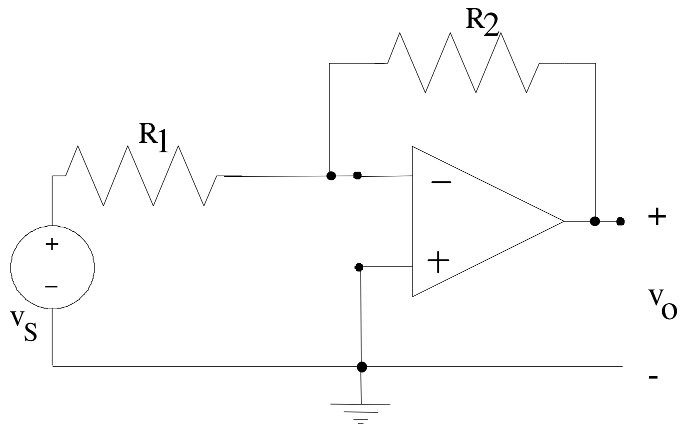

Figura 2. Amplificador inversor.

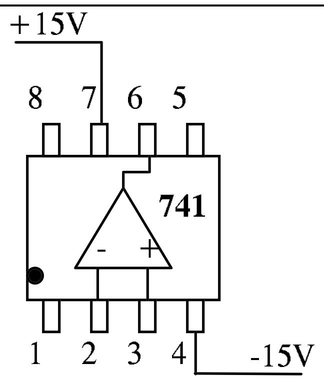

Figura 3. Esquema de ligações do ampop 741.

E

Realize, usando R_1= 5,6kΩ e R_2= 56kΩ, o circuito da figura 2. Tenha especial cuidado com as ligações e não se esqueça de ligar as fontes de alimentação externas, +15V e de -15V. **Não deve ligar** nenhum componente ou ligação **aos terminais 1, 5 e 8** do circuito integrado (figura 3). Lembre-se ainda de que deve ligar o ponto médio das tensões de alimentação (massa) ao terminal 3 (não inversor) do ampop.

- Coloque uma tensão sinusoidal em v_s de 0,5V da amplitude e de 1kHz de frequência.

Usando o resultado que obteve para G, determine, nestas condições, a amplitude do sinal de saída.

- Verifique este resultado experimentalmente.

- Faça um esboço dos sinais de entrada e de saída, indicando as respectivas amplitudes; não se esqueça de indicar o período das tensões.

S

Utilize o programa de simulação PSPICE para confirmar os resultados experimentais a que chegou:

- amplitude do sinal de saída, com uma entrada sinusoidal de 500mV de amplitude e 1kHz de frequência: ________________
- verifique que a frequência do sinal de saída é idêntica ao de entrada:_______________.

E

- Aumente gradualmente a amplitude do sinal de entrada. A partir de certa altura, a tensão de saída deixa de ser uma réplica (escalada) da tensão de entrada. Para que valores de tensão de entrada se observa este facto?

- Qual a tensão máxima de saída, sem que ocorra distorção visível da forma de onda?

- Como se denomina a distorção que observou?

S

Utilize o programa de simulação PSPICE para confirmar os resultados experimentais a que chegou:

- amplitude máxima do sinal de saída sem que ocorra distorção de saturação, com uma entrada sinusoidal de 1kHz de frequência:______________________

E

- Coloque uma tensão de 3V na entrada. Coloque o osciloscópio no modo XY, use o canal 1 para observar a tensão de entrada e o canal 2 para a de saída. Represente graficamente a curva obtida:

- Tente explicar a curva anterior. Entre que valores do sinal de entrada poderemos considerar o funcionamento do ampop linear?

1.3 AMPLIFICADOR NÃO-INVERSOR

Deve ter reparado que o circuito anterior amplificava a tensão de entrada (desde que $R_2 > R_1$), mas provocava-lhe uma desfasagem de -180º. De seguida ir-se-á analisar uma outra montagem que permite ter ganhos de tensão ≥ 1 e que, além disso, mantém a saída em fase com a entrada.

$\boxed{\text{T}}$

- Mostre que, considerando o ampop ideal, a relação entre as tensões de saída e de entrada $G=\frac{v_o}{v_s}$ é dada pela equação $G = 1+\frac{R_2}{R_1}$ para o circuito da figura 4:

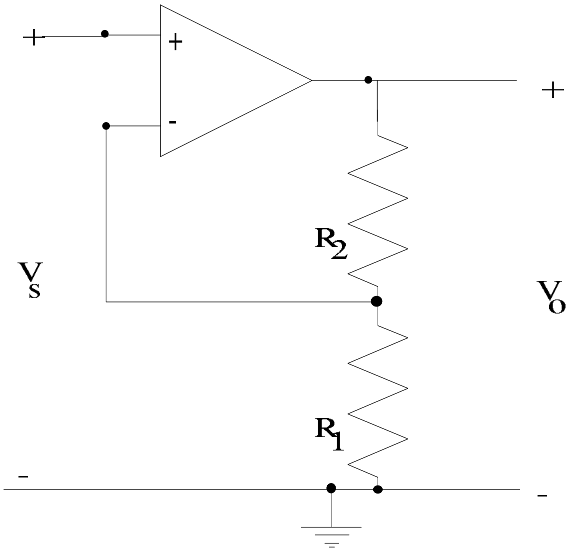

Figura 4. Amplificador não-inversor.

$\boxed{\text{E}}$

- Verifique experimentalmente a equação anterior; coloque na entrada uma tensão sinusoidal de 0,4V e de 1kHz de frequência e meça a tensão de saída.

- Qual a desfasagem entre as tensões de entrada e de saída?

S

Utilize o programa de simulação PSPICE para confirmar os resultados experimentais a que chegou:

- amplitude do sinal de saída, com uma entrada sinusoidal de 1kHz de frequência e 0,4V de amplitude:___________________
- amplitude máxima do sinal de saída sem que ocorra distorção de saturação:________________
- compare esta amplitude com a da montagem amplificador inversor:_______________________

2 ESTUDO EXPERIMENTAL DE ALGUMAS LIMITAÇÕES DO AMPOP

2.1 VARIAÇÃO DO GANHO COM A FREQUÊNCIA

Ao considerarmos o ampop como ideal estávamos a considerar que a constante de ganho A era ∞. Na prática teremos para A aproximadamente 10^6, mas apenas para frequências até cerca dos 10Hz. Assim, com o aumento da frequência do sinal de entrada, o ganho A vai diminuindo até se tornar unitário para uma frequência próxima de 1 MHz. Naturalmente que, nestas condições, as equações que foram obtidas para os ganhos de tensão dos amplificadores inversor e não-inversor deixam de ser válidas.

E

- Pretende-se, neste trabalho, verificar esta variação com a frequência: usando o circuito da figura 4, determine experimentalmente as amplitudes do sinal de saída, completando a seguinte tabela:

Frequência	Tensão de saída	Ganho da montagem (G)
1kHz		
10 kHz		
100 kHz		
400 kHz		
1 MHz		

Tabela 1. Variação do ganho da montagem amplificador não-inversor com a frequência.

Tenha, para realisar o ensaio anterior, o cuidado de não saturar a saída do ampop.

- Poderá continuar a considerar o ampop como um circuito linear? Justifique cuidadosamente a sua resposta.

2.2 VELOCIDADE DE RESPOSTA

E

Referindo-se ainda ao circuito da figura 4, coloque na entrada uma onda quadrada de amplitude 0,5V e de 100μs de período fundamental.

- Desenhe a forma de onda na saída:

- Como deveria ser a tensão de saída considerando o ampop ideal?

- Determine a taxa de variação temporal do sinal de saída e indique-a em V/μs.

Esta grandeza é denominada por ***slew-rate***, e o valor típico que o fabricante do circuito integrado fornece é de 0,5V/μs.

T

- Qual deveria ser o slew rate de um ampop ideal?

- o que pode dizer àcerca da validade dos modelos do μA741 utilizados pelo PSPICE?

3. ALGUMAS APLICAÇÕES DE AMPOPS.

3.1 AMPLIFICADOR DE ISOLAMENTO (BUFFER)

Uma das aplicações possíveis para o ampop 741 é o de amplificador de ganho unitário, ou seguidor de tensão.

3.1.1 Medições num circuito resistivo simples

Considere o circuito da figura 5, composto por 4 resistências e uma fonte independente de tensão.

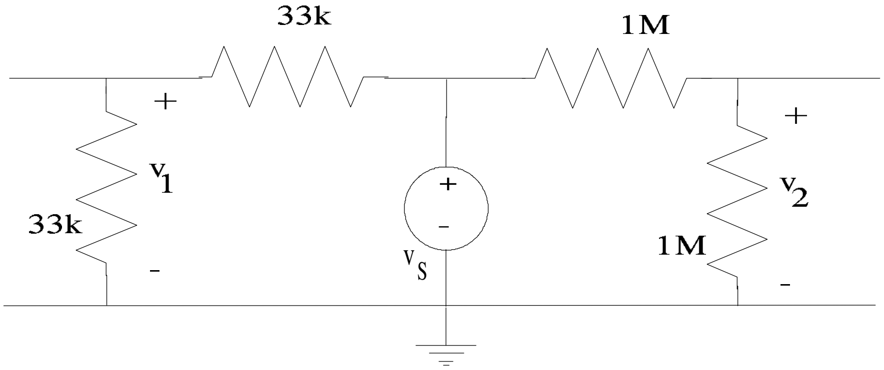

Figura 5

T

- Determine, as tensões assinaladas, V_1 e V_2, quando a fonte de tensão é uma fonte sinusoidal de 3V de amplitude e com uma frequência de 1kHz.

E

- Meça, usando o osciloscópio, as tensões indicadas, preenchendo a tabela seguinte:

	Valor Teórico	**Valor Medido**	**Valores Teórico - Medido**
v_1			
v_2			

- Como pode verificar, existe uma diferença importante entre os valores medidos e os calculados, que os erros de leitura não podem justificar. Assim, tente explicar o sucedido:

- Que característica deveria ter a entrada do osciloscópio para que não se verificasse a diferença anterior?

S

Utilize o programa de simulação PSPICE para confirmar os resultados da tabela anterior, simulando a entrada do osciloscópio através de uma resistência de R_{in} à massa:

	$R_{in} = \infty$	$R_{in} = 1M\Omega$	**Diferença das colunas anteriores**
v_1			
v_2			

- Comente os resultados da simulação para $R_{in} = 1M\Omega$ com os valores medidos no circuito da figura 5:

3.1.2 Utilização de um amplificador seguidor como auxiliar de medida

Monte, ao lado do circuito da figura 5, o circuito da figura 6.

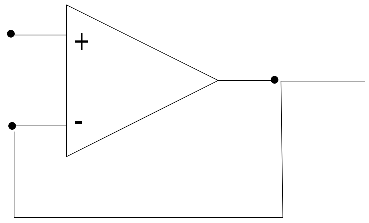

Figura 6

E

- Determine experimentalmente as tensões V_1 e V_2 e complete a tabela seguinte (os valores teóricos já foram determinados em 3.1.1). Neste caso, para medir V_1, ligue a entrada não-inversora do ampop ao terminar mais positivo da resistência de 33k, e para medir V_2, ligue agora a entrada não-inversora do ampop ao terminar mais positivo da resistência de 1M.

	Teórico	**Medido**	**Teórico - Medido**
v_1			
v_2			

- Comente os resultados obtidos:

T

- Explique teoricamente porque é que a tensão à saída do circuito da figura 6 é igual à tensão do terminal não-inversor.

$\boxed{S}$

Utilize o programa de simulação PSPICE para confirmar os resultados da tabela anterior, simulando a entrada do osciloscópio através de uma resistência de R_{in} = 1MΩ à massa. Deverá considerar, primeiramente, a entrada não-inversora do ampop ligada às resistências de 33kΩ e depois ligada às resistências de 1MΩ. Apresente os resultados das simulações na tabela seguinte:

	Valor Experimental	**Valor de Simulação**	**Experimental - Simulado**
v_1			
v_2			

- Comente os resultados obtidos: