

AMPLIFICADOR OPERACIONAL

Relatório 05 de ELT 311

Wérikson F. O. Alves - 96708

Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Brasil

e-mails: werikson.alves@ufv.br

Resumo

Este relatório contempla a análise de amplificador operacional aplicada a diversos sinais de entradas diferentes para circuitos diferentes. Ao final, são apresentados os resultados acerca dos circuitos simulados.

Introdução

O amplificador operacional é um componente que permite a aplicação de um sinal de entrada e obter, para esta entrada, um sinal amplificado na saída, podendo ser invertido, maior/menor, ou com formatos de onda diferente da entrada.

Dependendo da disposição de resistores e/ou capacitores é possível obter diferentes respostas para o circuito, logo para este relatório serão simulados três circuitos diferentes apresentando, em seguida, seus respectivos resultados.

Objetivos

Portanto, os objetivos deste relatório são conhecer, entender e analisar o seu funcionamento e suas características básicas mais importantes. Além disto, verificar a operação de um amplificador inversor e a existência de terra virtual. Por fim, analisar e entender o funcionamento dos Amp-Op's funcionando como diferenciador e integrador.

Materiais e Métodos

- 01 Resistor de 1,2 k Ω ;
- 02 Resistor de 10 k Ω ;
- 02 Resistor de 1 k Ω ;

- 01 Resistor de 100 Ω ;
- 01 Capacitor de 0,01 μ F;
- 01 Capacitor de 0,1 μ F;
- 01 Amplificador Operacional 741.

Parte teórica

Analisando a folha de dados do amplificador operacional 741, para $V_{CC} = \pm 15V$ e temperatura ambiente (25°C) foram obtidos os dados solicitados na Tabela 1 e sua respectiva definição, contidos na Tabela 2.

Tabela 1: Características básicas do Amplificador 741.

Características	Min.	Tip.	Max.	Unidade
V_{IO}	-	2	6	mV
I_{IO}	-	20	200	nA
I_{IB}	-	80	500	nA
V_{ICR}	± 12	± 13	-	V
V_{OM}	-	± 14	-	V
A_{VD}	20	200	-	V/mV
r_i	0,3	2	-	M Ω
r_o	-	75	-	Ω
C_i	-	1,4	-	pF
CMRR	70	90	-	dB
I_{CC}	-	1,7	2,8	mA
P_D	-	50	85	mW
Largura de banda de ganho unitário	-	1	-	MHz
T_r tempo de subida	-	0,3	-	μ s
SR	-	0,5	-	V/ μ s
Fonte de tensão VCC	-	-	± 18	V
Dissipação interna de potência	-	-	500	mW
Tensão de entrada diferencial	-	-	± 30	V
Tensão de entrada para qualquer entrada	-	-	± 15	V

Tabela 2: Descrição dos parâmetros.

Características	Descrição
V_{IO}	Tensão de offset de entrada
I_{IO}	Corrente de offset de entrada
I_{IB}	Corrente de polarização de entrada
V_{ICR}	Faixa sobre a qual a tensão de entrada em modo-comum pode variar
V_{OM}	Valor máximo que o sinal de saída pode atingir
A_{VD}	Ganho de tensão de malha aberta do amp-op
r_i	Resistência de entrada do amp-op, quando medida sob condições de malha aberta
r_o	Resistência de saída do amp-op
C_i	Capacitância de entrada
CMRR	Razão de rejeição de modo-comum
I_{CC}	Corrente de alimentação
P_D	Dissipação total de potência
Largura de banda de ganho unitário	Faixa da frequência cujo o ganho é acima de 0,707 do valor máximo
T_r	tempo de subida
SR	Taxa de inclinação com ganho unitário
Fonte de tensão VCC	Tensão de alimentação do amp-op
Dissipação interna de potência	Potência dissipada internamente pelo componente
Tensão de entrada diferencial	Diferença máxima de tensão suportada pelos terminais do amp-op
Tensão de entrada para qualquer entrada	Tensão máxima suportada por um terminal de entrada

Parte prática

Inversor

Para a primeira etapa, com base na Figura 1, as resistências R_a e R_b formam um circuito atenuador, o qual permite aplicar pequenos sinais a entrada do amplificador no nó B, desta forma pode-se calcular o ganho global do circuito por meio de duas LKC, uma no nó B e outra

em C:

$$\frac{V_B - V_A}{R_a} + \frac{V_B - 0}{R_b} + \frac{V_B - V_C}{R_1} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{V_C - V_B}{R_1} + \frac{V_C - V_D}{R_2} = 0 \quad (2)$$

Sabendo que $V_C = 0$ e que $V_D = V_o$ ao desenvolver as equações e substituir uma em outra, obtém-se:

$$V_o = -V_A \cdot \left(\frac{R_2 R_b}{R_b R_1 + R_a R_1 + R_a R_b} \right) \quad (3)$$

$$V_o = \frac{-10 \cdot V_A}{111}$$

Em seguida, foi simulado o circuito mostrado na Figura 1, na qual a entrada está em aberto obtendo os resultados apresentados na Figura 2.

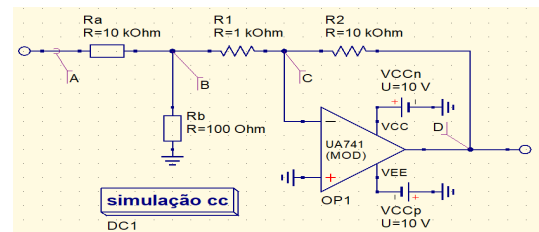


Figura 1: Amp-op Atenuador-Inversor: Entrada em aberto.

A.V	B.V	C.V	D.V
6.36e-05	6.36e-05	0.0007	0.00616

Figura 2: Resposta para entrada em aberto.

Depois, foi simulado o circuito da Figura 3 na qual a entrada foi aterrada, obtendo os seguintes resultados, Figura 4.

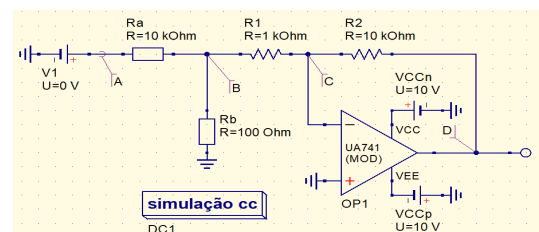


Figura 3: Amp-op Atenuador-Inversor: Entrada aterrada.

A.V	B.V	C.V	D.V
0	6.31e-05	0.0007	0.00617

Figura 4: Resposta para entrada aterrada.

Para a Figura 5 a entrada se encontra alimentada com +10 V, desta forma obtendo os resultados na Figura 6.

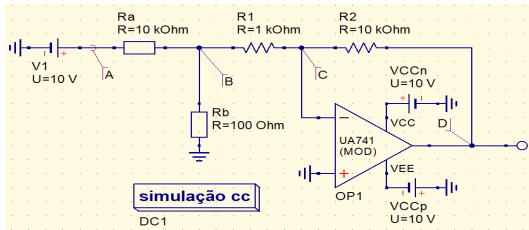


Figura 5: Amp-op Atenuador-Inversor: Entrada +10 V.

A.V	B.V	C.V	D.V
10	0.0902	0.000705	-0.895

Figura 6: Resposta para entrada +10 V.

Por fim, foi simulado o circuito da Figura 7, na qual a entrada foi alimentada por -10 V, chegando-se no resultados da Figura 8.

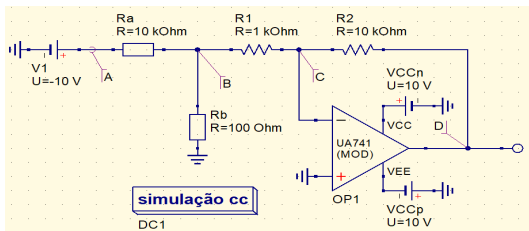


Figura 7: Amp-op Atenuador-Inversor: Entrada -10 V.

A.V	B.V	C.V	D.V
-10	-0.09	0.000695	0.907

Figura 8: Resposta para entrada -10 V.

Por meio destes resultados, podemos ver que esta configuração inverte a polaridade do sinal de entrada na saída e diminui o valor em relação a entrada por meio de um ganho (menor que 1), o qual é comprovado pela Equação 3.

Diferenciador

Para a segunda etapa, foi simulado o circuito de um Amp-op diferenciador. Foram aplicados 3 sinais de entrada diferentes sendo estes uma onda senoidal (Figura 9), quadrada (Figura 10) e triangular (Figura 11), assim obtendo as suas devidas respostas, Figuras 12, 13 e 14, respectivamente, como pode ser visto a seguir:

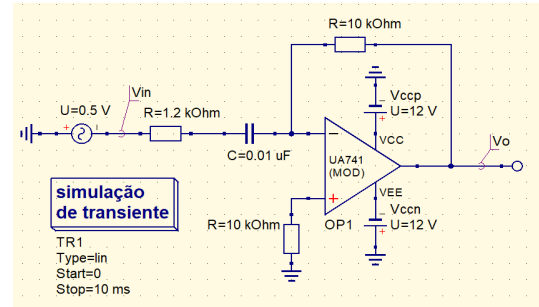


Figura 9: Amp-op Diferenciador: Entrada senoidal.

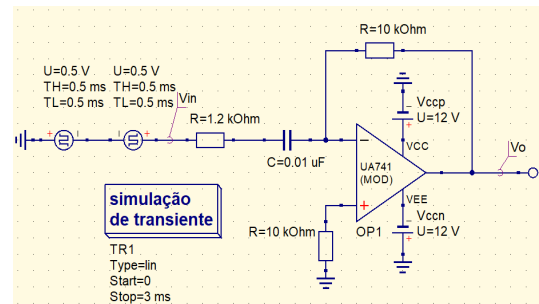


Figura 10: Amp-op Diferenciador: Entrada quadrada.

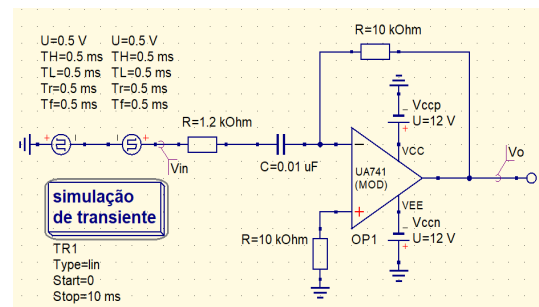


Figura 11: Amp-op Diferenciador: Entrada triangular.

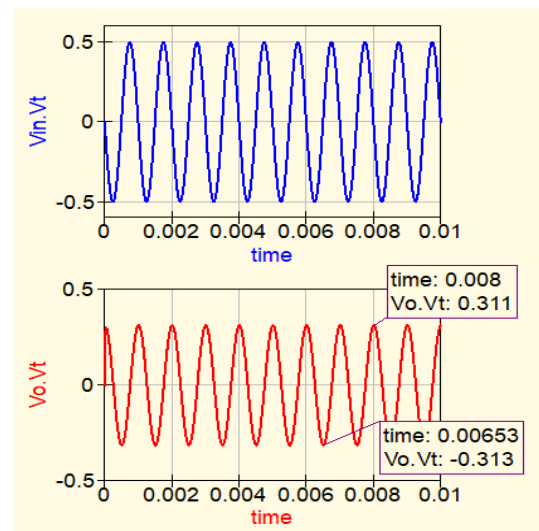


Figura 12: Resposta para entrada senoidal.

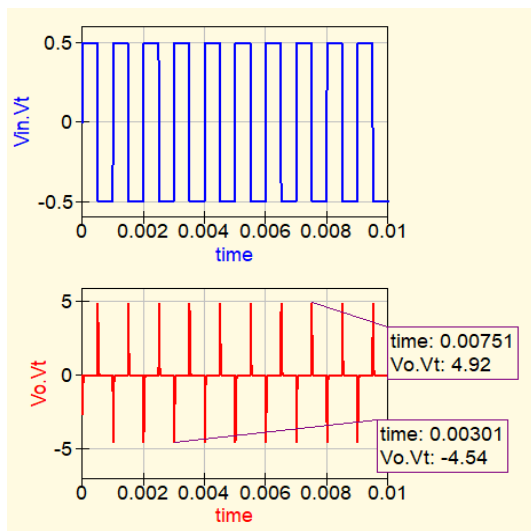


Figura 13: Resposta para entrada quadrada.

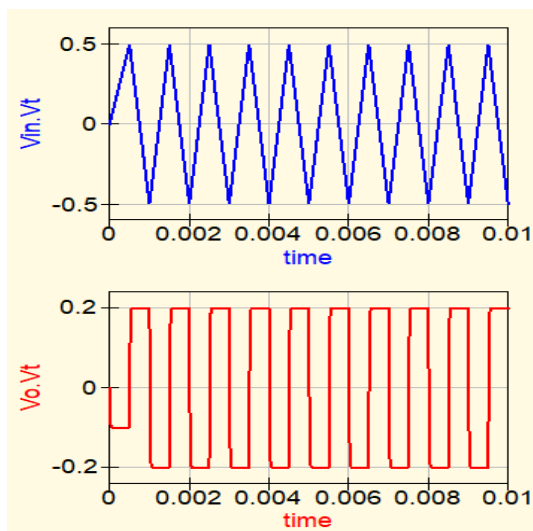


Figura 14: Resposta para entrada triangular.

Portanto, pôde-se observar que a característica de inversor ainda permanece ativa nesse circuito. Além disso, pôde-se comprovar que o sinal de saída foi derivado em relação ao sinal de entrada.

Integrador

Para a última etapa, foi simulado um circuito de amp-op integrador aplicado com diferentes sinais de entrada, logo para uma entrada senoidal, Figura 15, foi obtido o sinal de saída, Figura 16:

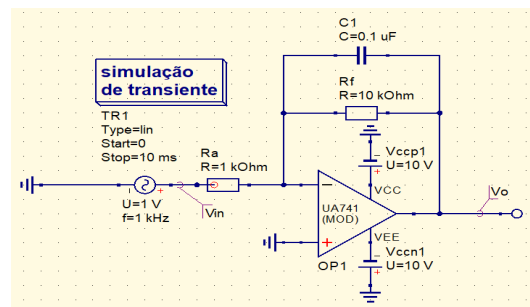


Figura 15: Amp-op Integrador: Entrada senoidal.

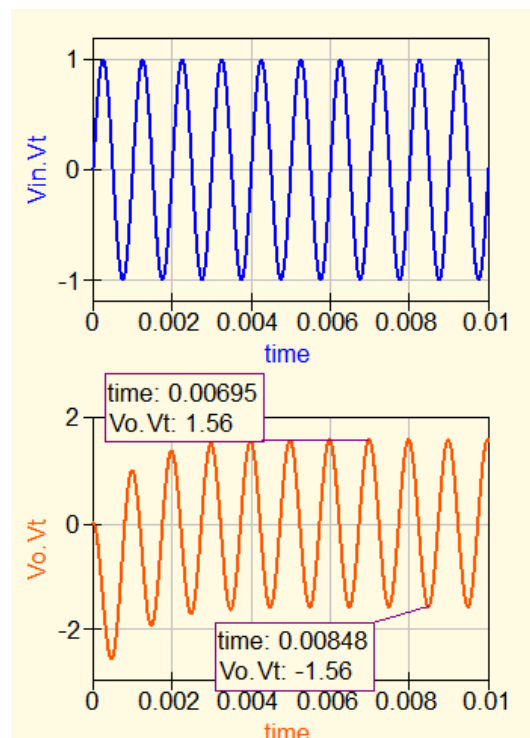


Figura 16: Resposta para entrada senoidal.

Para a entrada sendo um sinal quadrado, foi obtido o seguinte sinal de saída:

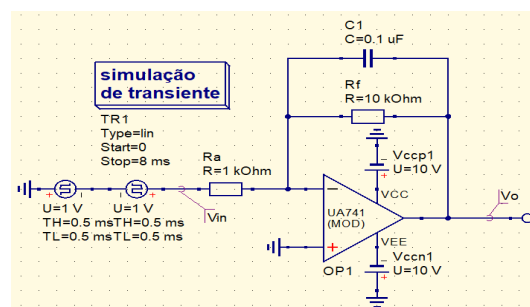


Figura 17: Amp-op Integrador: Entrada quadrada.

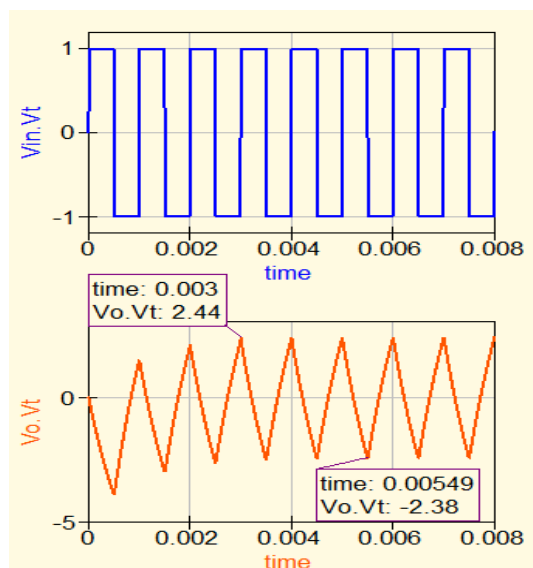


Figura 18: Resposta para entrada quadrada.

E por último foi simulado um sinal de onda triangular, obtendo o sinal de saída na Figura 20.

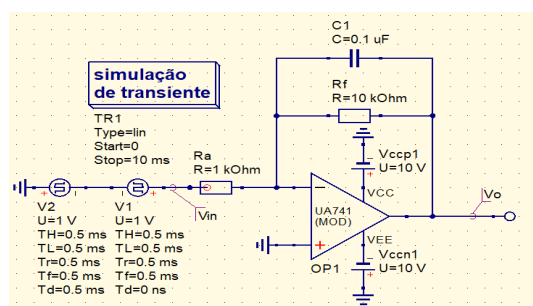


Figura 19: Amp-op Integrador: Entrada triangular.

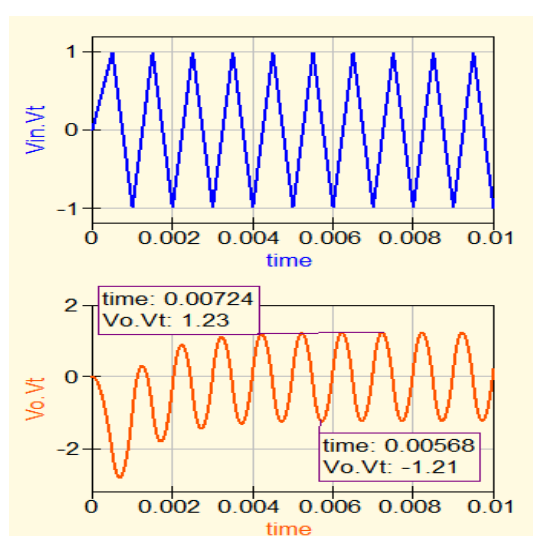


Figura 20: Resposta para entrada triangular.

Semelhantemente ao diferenciador, foi observado que

o sinal de saída foi integrado em relação ao sinal de entrada, além de também ter sua polaridade invertida.

Conclusão

Portanto, através destes resultados, vemos que cada configuração provoca uma mudança específica no sinal de saída, logo, pode-se combinar várias configurações em cascata a fim de obter sinais de saída mais complexos, ou seja, pegando o sinal de saída de um e tornando-o o sinal de entrada de outro.

Referências

- [1] R. L. Boylestad and L. Nashelsky, *Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos*, vol. 6. Prentice-Hall do Brasil, 1984.
- [2] "All datasheet-lm741 datasheet (pdf)-fairchild semiconductor <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/53589/fairchild/lm741.html>."