

Amplificadores Operacionais

José Humberto de Araújo¹

¹DFTE-UFRN

28 de junho de 2022



1 Introdução

- Operação dos Aplicadores Operacionais

2 Aplicações não-lineares

3 Aplicações Lineares

- Amplificador Inversor
- Amplificador Não inversor
- Somador

- Por simplicidade os AO serão tratados como um dispositivo tipo "caixa preta" onde necessitamos somente entender e aplicar algumas regras simples. Descreveremos o funcionamento dos AO e finalmente discutiremos as limitações reais do dispositivo.

- Por simplicidade os AO serão tratados como um dispositivo tipo "caixa preta" onde necessitamos somente entender e aplicar algumas regras simples. Descreveremos o funcionamento dos AO e finalmente discutiremos as limitações reais do dispositivo.
- A simbologia para o Amplificador Operacional (AO) é mostrada na figura 1. Há duas entradas para alimentação (V_{cc}^+ e V_{cc}^-), duas entradas de sinais, uma inversora (V_{in}^-) e outra não-inversora (V_{in}^+) e somente uma saída (V_{out}).

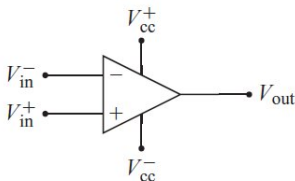


Figura 1: Simbologia do amplificador operacional

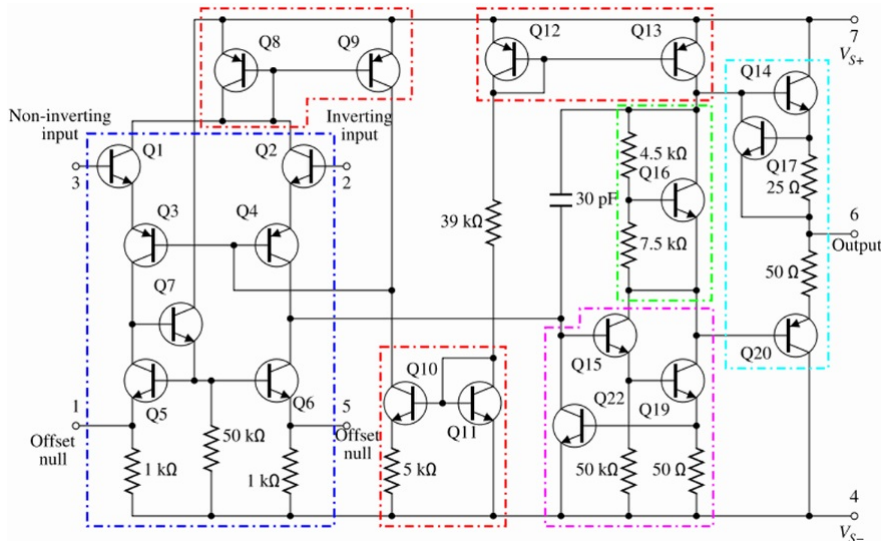


Figura 2: Amplificador operacional 741

- A operação básica do AO pode ser resumida da seguinte forma: a voltagem de saída (V_{out}) é proporcional a diferença entre as entradas inversora e não inversora,

$$V_{out} = A_{OL}(V_{in}^{+} - V_{in}^{-}). \quad (1)$$

Onde A_{OL} é o ganho de voltagem em loop aberto.

- A operação básica do AO pode ser resumida da seguinte forma: a voltagem de saída (V_{out}) é proporcional a diferença entre as entradas inversora e não inversora,

$$V_{out} = A_{OL}(V_{in}^{+} - V_{in}^{-}). \quad (1)$$

Onde A_{OL} é o ganho de voltagem em loop aberto.

- Este ganho é geralmente alto. Por exemplo para o AO $\mu A741$ é 200000.

Operação dos Amplificadores Operacionais

- A operação básica do AO pode ser resumida da seguinte forma: a voltagem de saída (V_{out} é proporcional a diferença entre as entradas inversora e não inversora,

$$V_{out} = A_{OL}(V_{in}^{+} - V_{in}^{-}). \quad (1)$$

Onde A_{OL} é o ganho de voltagem em loop aberto.

- Este ganho é geralmente alto. Por exemplo para o AO $\mu A741$ é 200000.
- A corrente é restrita. Para o OP 741 é menor que 25 mA.
- A voltagem de saída V_{out} somente pode ficar entre um intervalo dado por duas voltagens de saturação:

$$V_{sat}^{-} \leq V_{out} \leq V_{sat}^{+} \quad (2)$$

onde $V_{sat}^{+} \simeq V_{cc}^{+} - 1V$ e $V_{sat}^{-} \simeq V_{cc}^{-} - 1V$

- As aplicações não lineares de AO usam um dispositivo chamado Comparador.

- As aplicações não lineares de AO usam um dispositivo chamado Comparador.
- Ele compara a voltagem das duas entradas e fornece uma saída positiva ou negativa dependendo se o sinal de entrada inversora é maior ou menor que da entrada não inversora.

- As aplicações não lineares de AO usam um dispositivo chamado Comparador.
- Ele compara a voltagem das duas entradas e fornece uma saída positiva ou negativa dependendo se o sinal de entrada inversora é maior ou menor que da entrada não inversora.
- A figura 2 mostra o circuito de um comparador.

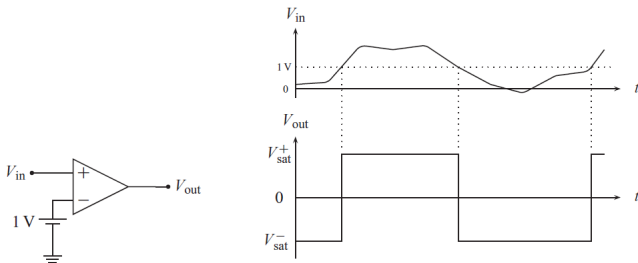


Figura 3: Circuito comparador

- As aplicações lineares são caracterizadas por uma retroalimentação, da saída para entrada inversora.

Regras de Ouro

- As aplicações lineares são caracterizadas por uma retroalimentação, da saída para entrada inversora.

Regras de Ouro

- 1) A saída será de tal forma que a diferença de tensão entre as entradas seja zero. O valor de tensão na saída (fornecido pelo AmpOp), será o necessário para que a diferença de tensão entre as entradas seja igual a zero.

- As aplicações lineares são caracterizadas por uma retroalimentação, da saída para entrada inversora.

Regras de Ouro

- 1) A saída será de tal forma que a diferença de tensão entre as entradas seja zero. O valor de tensão na saída (fornecido pelo AmpOp), será o necessário para que a diferença de tensão entre as entradas seja igual a zero.
- 2) Não flui corrente nas entradas do AO. As entradas de um AmpOp não "puxam" corrente (impedância de entrada infinita)

Amplificador Inversor

- Um sinal é aplicado na entrada inversora através de um resistor R_1 e uma retroalimentação entre esta entrada e a saída é feita através de um resistor R_f .

Amplificador Inversor

- Um sinal é aplicado na entrada inversora através de um resistor R_1 e uma retroalimentação entre esta entrada e a saída é feita através de um resistor R_f .
- A figura 3 mostra o diagrama do amplificador inversor.

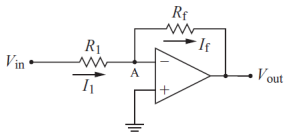


Figura 4: Amplificador inversor

Amplificador Inversor

- Um sinal é aplicado na entrada inversora através de um resistor R_1 e uma retroalimentação entre esta entrada e a saída é feita através de um resistor R_f .
- A figura 3 mostra o diagrama do amplificador inversor.

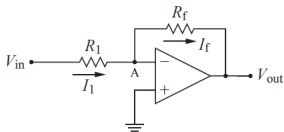


Figura 4: Amplificador inversor

- Aplicando a lei Ohm na entrada obtemos,

$$V_{in} - V_A = R_1 I_1 \quad (3)$$

Amplificador Inversor

- Um sinal é aplicado na entrada inversora através de um resistor R_1 e uma retroalimentação entre esta entrada e a saída é feita através de um resistor R_f .
- A figura 3 mostra o diagrama do amplificador inversor.

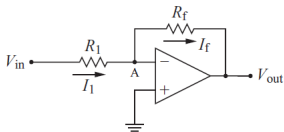


Figura 4: Amplificador inversor

- Aplicando a lei Ohm na entrada obtemos,

$$V_{in} - V_A = R_1 I_1 \quad (3)$$

- e na saída obtemos

$$V_A - V_{out} = R_f I_f \quad (4)$$

- Pela regra 1, $V_A = 0$, assim,

$$I_1 = \frac{V_{in}}{R_1} \quad (5)$$

$$V_{out} = -R_f I_f \quad (6)$$

- Pela regra 1, $V_A = 0$, assim,

$$I_1 = \frac{V_{in}}{R_1} \quad (5)$$

$$V_{out} = -R_f I_f \quad (6)$$

- Pela regra 2, $I_1 = I_f$, então

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_1} V_{in} \quad (7)$$

- Pela regra 1, $V_A = 0$, assim,

$$I_1 = \frac{V_{in}}{R_1} \quad (5)$$

$$V_{out} = -R_f I_f \quad (6)$$

- Pela regra 2, $I_1 = I_f$, então

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_1} V_{in} \quad (7)$$

- Assim a saída é proporcional a entrada tendo como constante de proporcionalidade a razão entre as resistências.

Amplificador Não Inversor

- No amplificador não inversor o sinal de entrada é aplicado diretamente na entrada não inversora (+) como é mostrado na figura 4.

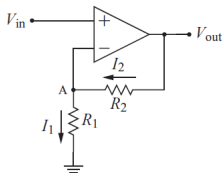


Figura 5: Amplificador não inversor

Amplificador Não Inversor

- No amplificador não inversor o sinal de entrada é aplicado diretamente na entrada não inversora (+) como é mostrado na figura 4.

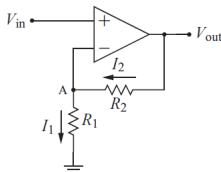


Figura 5: Amplificador não inversor

- Aplicando a lei de Ohm e as regras de ouro como no caso anterior podemos mostrar que:

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{in} \quad (8)$$

- Um circuito somador é mostrado na figura 4.

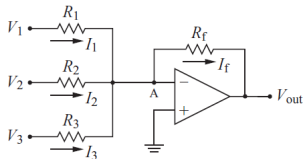


Figura 6: Circuito somador

- Um circuito somador é mostrado na figura 4.

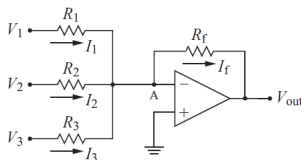


Figura 6: Circuito somador

- A versão mostrada aqui possui três entradas mas qualquer número é possível. As três correntes na entrada somam-se de modo que $I_f = I_1 + I_2 + I_3$. Assim a lei das malhas fornece:

$$V_{out} = -\left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3\right). \quad (9)$$

- Um circuito somador é mostrado na figura 4.

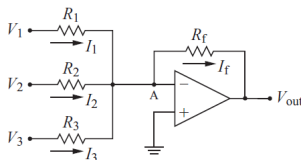


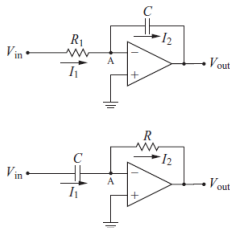
Figura 6: Circuito somador

- A versão mostrada aqui possui três entradas mas qualquer número é possível. As três correntes na entrada somam-se de modo que $I_f = I_1 + I_2 + I_3$. Assim a lei das malhas fornece:

$$V_{out} = -\left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3\right). \quad (9)$$

- Se quisermos a simples soma sem qualquer peso, basta usar todos os resistores iguais.

Figura 7: Integrador e diferenciador com AmpOp.



$$V_{out} = \frac{1}{RC} \int V_{in}(t) dt \quad (10)$$

$$V_{out} = RC \frac{dV_{in}}{dt} \quad (11)$$

Figura 8:

