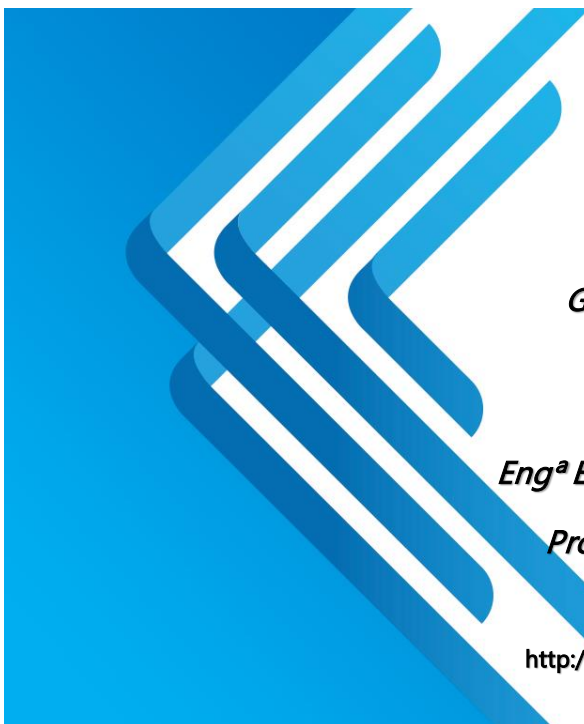




kroton
paixão por educar

GRADUAÇÃO PRESENCIAL
2º semestre- 2015

Eletrônica II
Engª Elétrica – 5º/6º semestres

Profº. Ms.Cristiano Malheiro

cmalheiro@aedu.com

<http://cristianotm.wix.com/notasdeaula>

1



Aula 9

Amplificador Operacional – pág. 199

O amplificador operacional é um componente eletrônico composto por resistências, transistores, FETs, capacitores, entre outros componentes embutidos em um mesmo encapsulamento. Foi um marco na eletrônica e uma continuidade da era da miniaturização que teve início com o transistor.

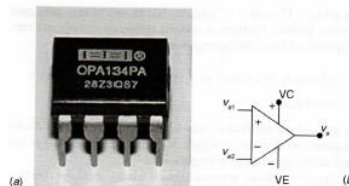
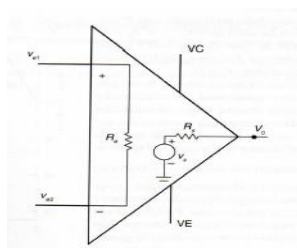


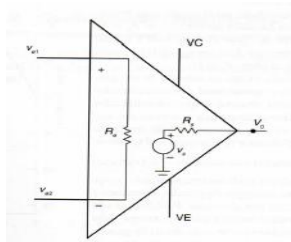
Figura 3.35 (a) Fotografia de um OPAMP e (b) representação do OPAMP ideal.



Aula 9

Amplificador Operacional – pág. 199

De maneira geral, o AMPOP é indicado para situações em que são necessários ganhos altos, imunidade ao ruído, impedância de entrada alta e impedância de saída baixa, sem distorção e com estabilidade.



3

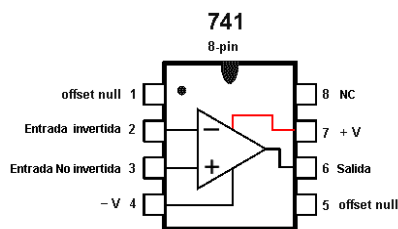
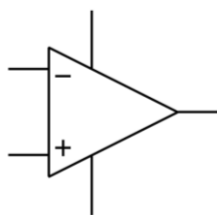
kroton
paixão por educar



Aula 9

Amplificador Operacional

Aplicado em diversas áreas: sistemas eletrônicos de controle industrial, na instrumentação industrial, na instrumentação médica (eletromedicina e bioeletrônica), nos equipamentos de telecomunicações, nos equipamentos de áudio, nos sistemas de aquisição de dados, etc...



4

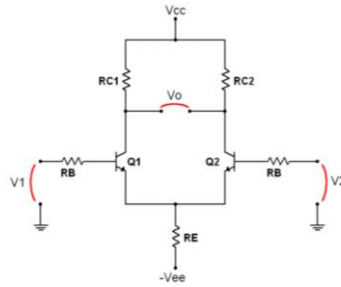
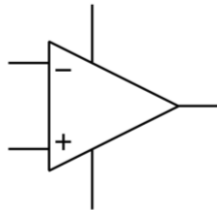
kroton
paixão por educar



Aula 9

Amplificador Operacional

É um amplificado operacional (AOP, AM OP, AO) multiestágio com entrada diferencial.



Supondo idealmente o circuito simétrico, os transistores Q1 e Q2 idênticos, podemos observar que a tensão de saída V_o será diretamente proporcional à diferença entre as tensões de entrada V_1 e V_2 , o que faz com que a tensão de saída seja zero quando $V_1 = V_2$.

5

kroton
paixão por educar



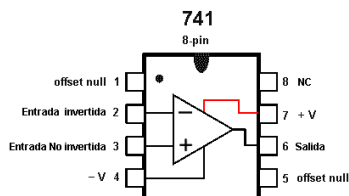
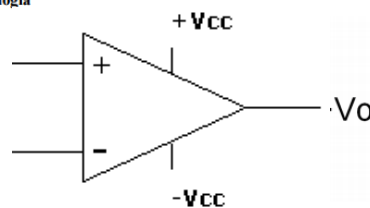
Aula 9

Amplificador Operacional

Características:

- Impedância de entrada infinita;
- Impedância de saída nula;
- Ganho de tensão infinito;
- Resposta de frequência infinita;
- Insensibilidade à temperatura.

1.2 – Simbologia



- V_- – entrada inversora;
- V_+ – entrada não-inversora;
- V_o – saída.

6

kroton
paixão por educar



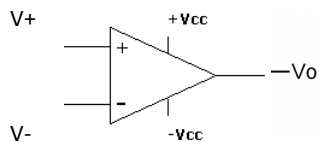
Aula 9

Amplificador Operacional

Ganho de um Amplificador Operacional Malha Aberta:

O AOP possui duas entradas e uma saída, que possui um valor múltiplo da diferença entre as duas entradas. O fator A é o ganho de tensão do Amplificador Operacional, ou seja, a relação entre a tensão de entrada diferencial e a de saída do dispositivo:

$$Vo = A \cdot [(V+) - (V-)]$$



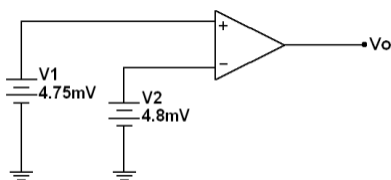
7



Aula 9

Amplificador Operacional

Exemplo 1:



Considere:

Alimentação simétrica igual a +/-15Vcc

Exemplo 2. Para o mesmo circuito:

V1	V2	V0
1	2	
4	3	
3	3	

8



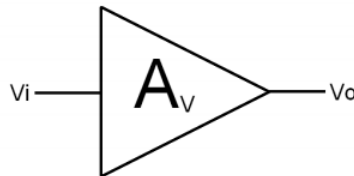


Aula 9

Amplificador Operacional

1.6 – Ganho de Tensão de um Amplificador

Na figura abaixo, temos o símbolo de um amplificador genérico:



Sendo:

- V_i – sinal de entrada;
- V_o – sinal de saída;
- A_v – ganho de tensão.

9



Aula 9

Amplificador Operacional

Conceitua-se ganho de tensão, o fator pelo qual a tensão de entrada é multiplicada resultando a saída do dispositivo.

Assim, podemos escrever:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \quad A_v (dB) = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$$

A importância da utilização do ganho de tensão em decibéis (dB) justifica-se quando são utilizados grandes valores para A_v .

10





Aula 9

Amplificador Operacional

Ganho de Tensão

Para que a amplificação seja viável, inclusive para sinais de baixa amplitude, como sensores, é necessário que o amplificador possua um alto ganho de tensão. Idealmente esse ganho seria infinito.

Nos manuais dos fabricantes encontra-se o valor do ganho de tensão dos AOP, o qual representaremos por A_V . Para o AOP 741 o valor típico de A_V é de 200.000, porém existem AOP com A_V da ordem de 10^7 ou mais.

11



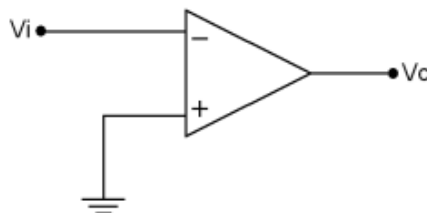
Aula 9

Amplificador Operacional

Modos de Operação

a) Sem realimentação

Este modo é também denominado operação em malha aberta e o ganho do AOP é estipulado pelo próprio fabricante, ou seja, não se tem controle sobre o mesmo. Esse tipo de operação é muito útil quando se utiliza circuitos comparadores. Na figura abaixo temos um AOP em malha aberta. Este circuito é um comparador e será estudado posteriormente:



12





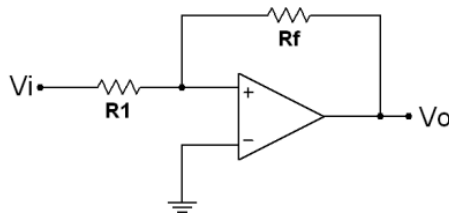
Aula 9

Amplificador Operacional

Modos de Operação

b) Realimentação positiva

Esse tipo de operação é denominada operação em malha fechada. Apresenta como inconveniente o fato de conduzir o circuito à instabilidade. Uma aplicação prática da realimentação positiva está nos circuitos oscilados. A figura abaixo mostra um AOP submetido à realimentação positiva:



13



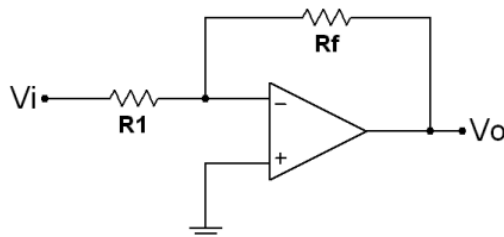
Aula 9

Amplificador Operacional

Modos de Operação

c) Realimentação negativa

Esse modo de operação é o mais importante em circuitos com AOP, também é um modo de operação em malha fechada, porém com resposta linear e ganho controlado. Na figura abaixo temos um AOP operando com realimentação negativa.



14

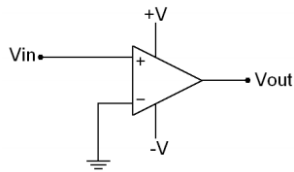


Aula 9

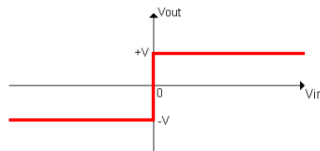
Amplificador Operacional

Modos de Operação

a) Malha Aberta – Comparador não Inversor



Com essa conclusão, podemos construir um gráfico da função de transferência do circuito:



A partir do circuito podemos concluir que:

$$se \begin{cases} V_{in} > 0 \Rightarrow V_{out} = +V \\ V_{in} < 0 \Rightarrow V_{out} = -V \end{cases}$$

15

kroton
paixão por educar

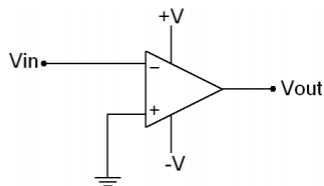


Aula 9

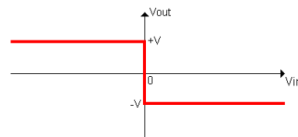
Amplificador Operacional

Modos de Operação

a) Malha Aberta – Comparador Inversor



Com essa conclusão, podemos construir um gráfico da função de transferência do circuito:



A partir do circuito podemos concluir que:

$$se \begin{cases} V_{in} > 0 \Rightarrow V_{out} = -V \\ V_{in} < 0 \Rightarrow V_{out} = +V \end{cases}$$

16

kroton
paixão por educar



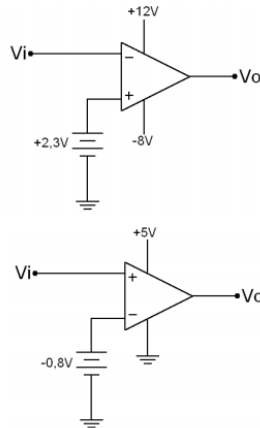
Aula 9

Amplificador Operacional

Exercício:

Construa as funções de transferência dos circuitos abaixo:

1)



17

kroton
paixão por educar



Aula 9

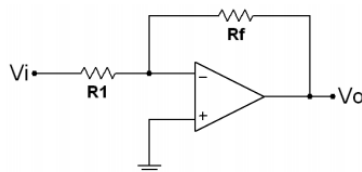
Amplificador Operacional

Modos de Operação

c) Malha Fechada – Realimentação Negativa

1. Amplificador Inversor

O amplificador de ganho constante mais amplamente utilizado é o amplificador inversor, mostrado abaixo. A saída é obtida pela multiplicação da entrada por um ganho (fator A) constante, fixado pelo resistor de entrada R_1 e o resistor de realimentação R_f . Essa saída também é invertida em relação à entrada.



$$V_O = -\frac{R_f}{R_1} V_i$$

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

18

kroton
paixão por educar



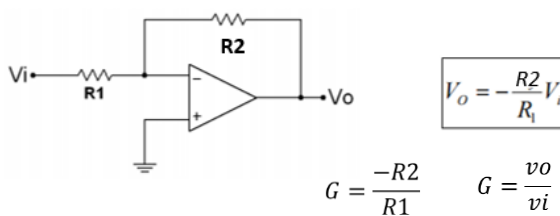
Aula 9

Amplificador Operacional

Modos de Operação

c) Malha Fechada – Realimentação Negativa

1. Amplificador Inversor



Prove o ganho deste amplificador operacional – conceito de curto virtual

19



Bibliografia desta aula:

CRUZ, Eduardo Cesar Alves; CHOUERI, Salomão. **Eletrônica Aplicada**, 2ª edição. São Paulo: Editora Érica, 2013.

20

