

# EE530 Eletrônica Básica I

Fabiano Fruett

## B - Amplificador Operacional Ideal

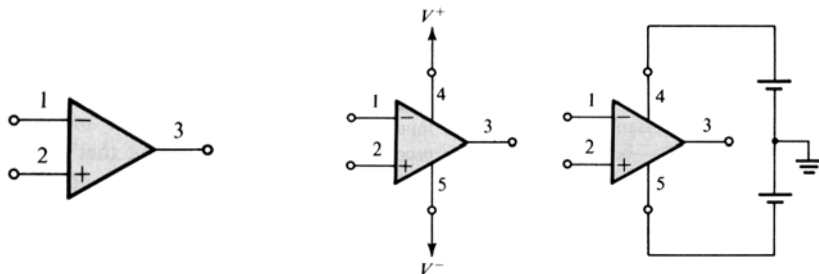
- Características ideais
- Realimentação negativa
- Amplificador não inversor
- Amplificador inversor

B

I

O amplificador operacional é um circuito eletrônico de grande versatilidade que tem larga aplicação

Simbologia básica:

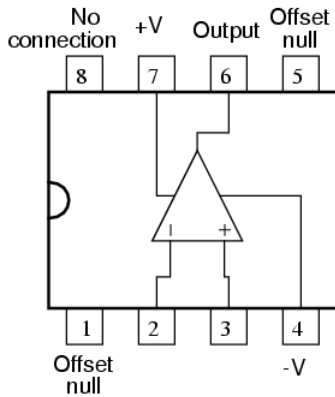


B

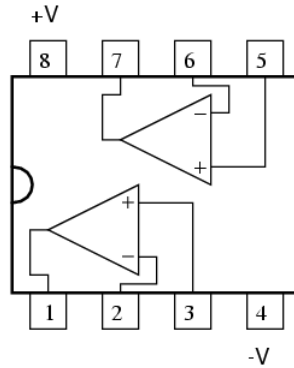
2

# Encapsulamento Típico

Typical 8-pin "DIP" op-amp integrated circuit



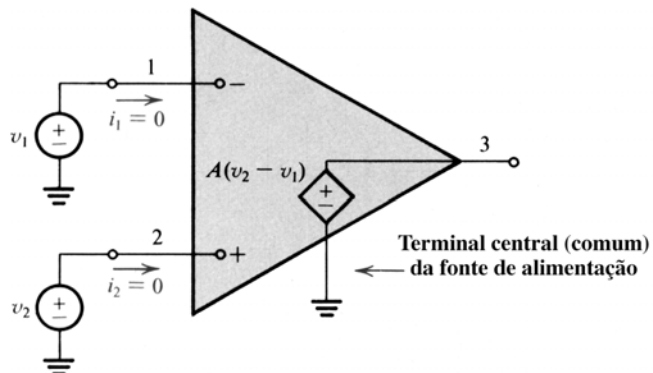
Dual op-amp in 8-pin DIP



B

3

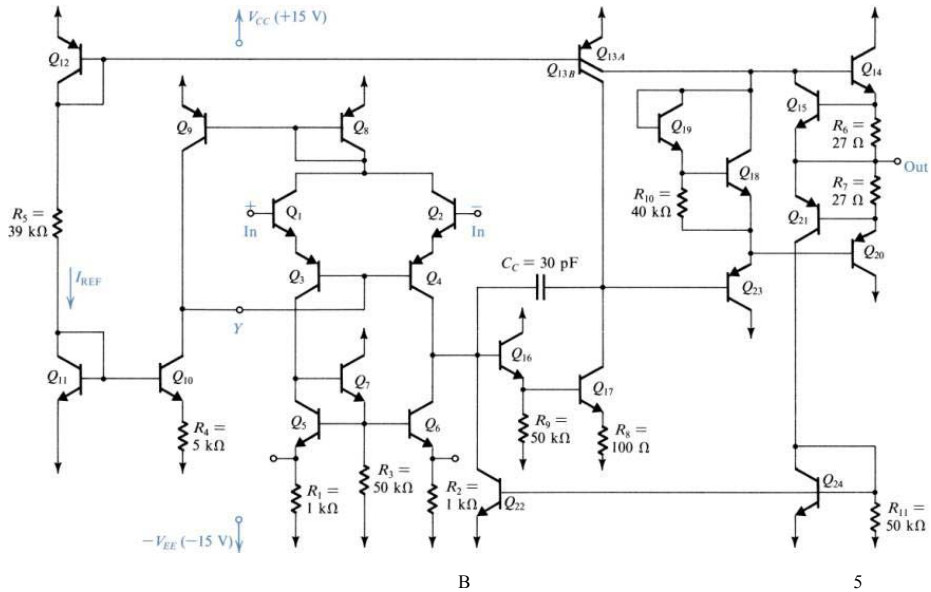
## Circuito equivalente simplificado do amplificador de tensão



B

4

# Circuito do amp op 741



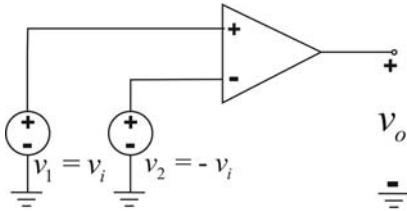
Fonte: Sedra/Smith Fig. 10.1

## Características ideais de um amp. op. de tensão:

- Impedância de entrada infinita
- Impedância de saída muito baixa
- Ganho diferencial infinito
- Razão de Rejeição em Modo Comum (CMRR) infinita
- Excursão do sinal de saída de  $V^+$  até  $V^-$
- Offset nulo
- Função de transferência linear
- Módulo e fase inalterados pela frequência

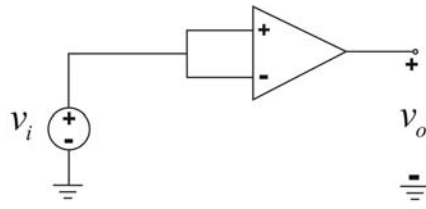
## Razão de Rejeição em Modo Comum (CMRR)

Ganho diferencial



$$v_d = v_1 - v_2 = 2v_i$$

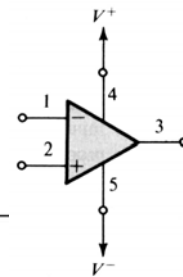
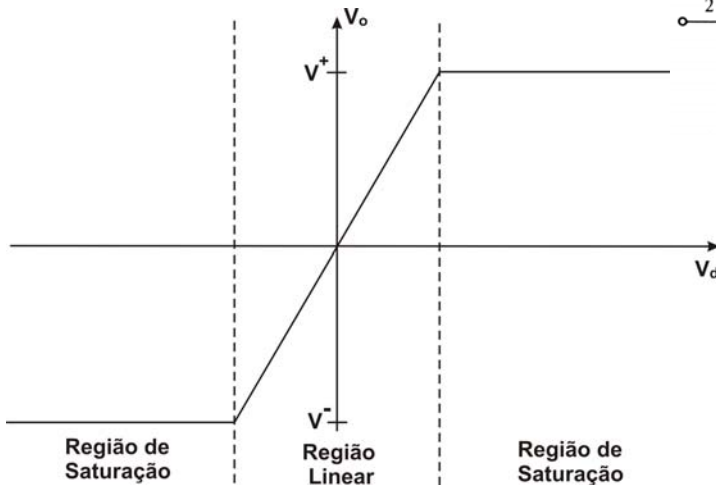
Ganho em modo comum



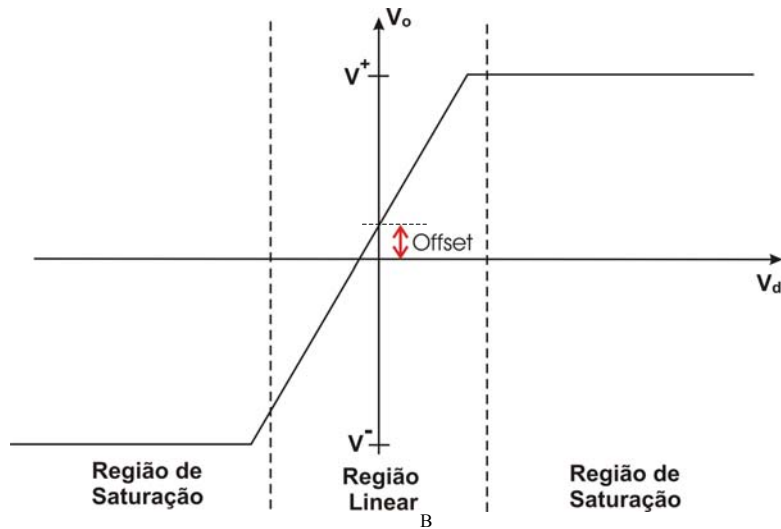
$$v_c = v_i$$

$$v_o = A_d v_d + A_c v_c \quad \text{B} \quad \text{CMRR[dB]} = 20 \log \frac{A_d}{A_c} \quad 7$$

## Função de transferência e Regiões de operação



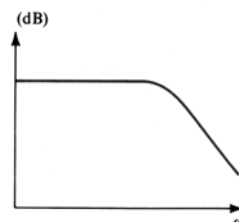
## Função de transferência com offset



9

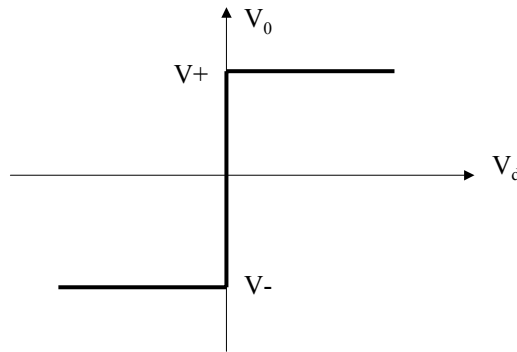
## Resposta em frequência

Os amplificadores são dispositivos **diretamente acoplados** (d.a.), o que significa que um amplificador diretamente acoplado é aquele que amplifica sinais cujas frequências são baixas ou mesmo zero. O amplificador ideal amplificará sinais de qualquer frequência com o mesmo ganho. Contudo, o amplificador real possui faixa de passagem em frequência limitada.



B

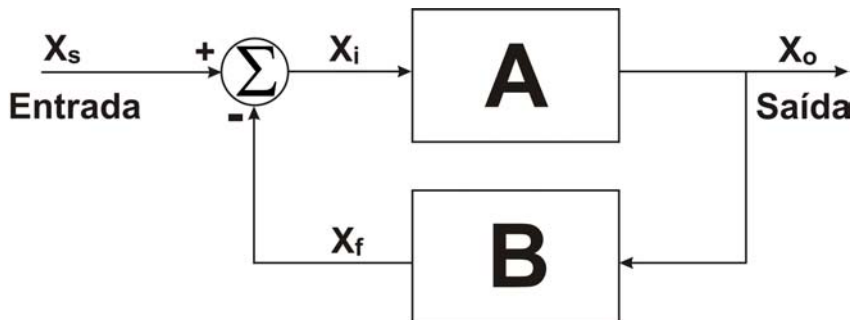
# Para que serve um amplificador ideal com ganho infinito



B

11

## Realimentação negativa



$$\frac{X_o}{X_s} = \frac{A}{1 + AB}$$

Além de possibilitar o controle do ganho, a realimentação beneficia outros aspectos, que serão vistos posteriormente.

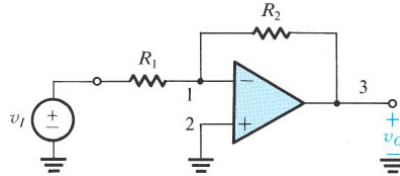
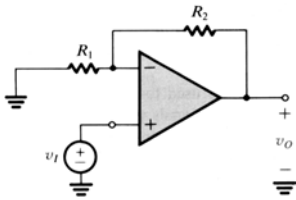
B

12

## Configurações de amplificadores realimentados

- Não inversor

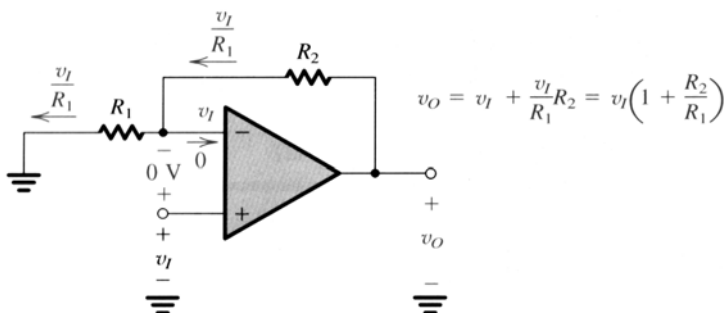
- Inversor



B

13

## Análise da configuração não-inversora usando o conceito do curto-circuito virtual



Verificamos que:

- $A_v$  é independente do ganho de malha aberta  $A$
- $A_v$  é positivo, o que significa que  $v_O$  está em fase com relação a  $v_I$
- A impedância de entrada desta configuração é idealmente infinita

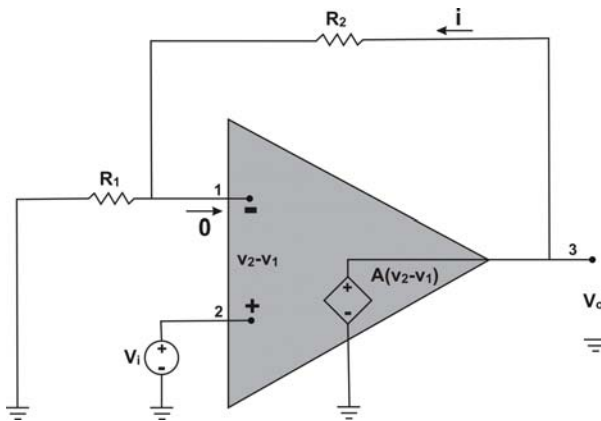
B

14

**Negociamos o alto ganho de malha aberta por um bem controlado ganho de malha fechada!**

# Análise da configuração não inversora supondo o ganho $A$ **finito**

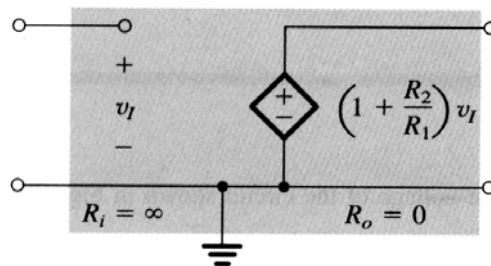
OBS: Aqui não podemos aplicar o conceito do curto-circuito virtual!



B

15

## Modelo equivalente da configuração não inversora

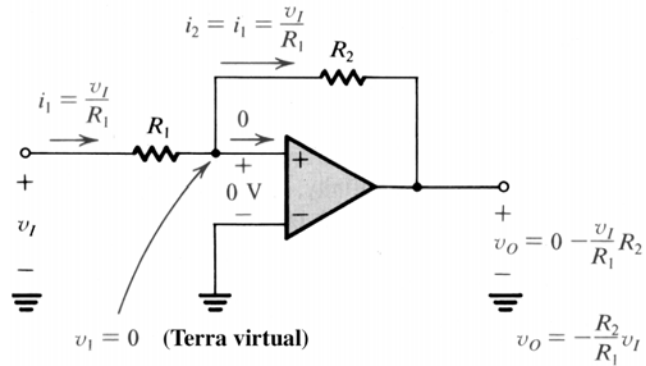


B

16



## Análise da configuração inversora usando o conceito do terra virtual

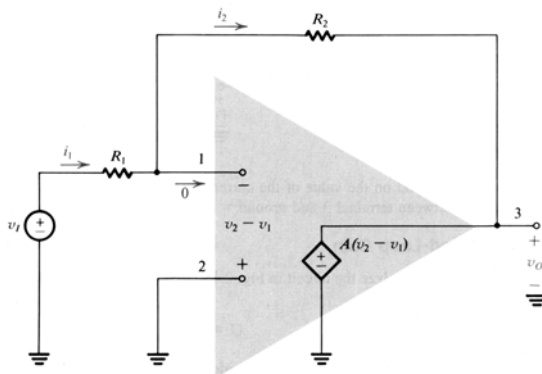


B

17

Novamente, negociamos o alto ganho de malha aberta por um bem controlado ganho de malha fechada!

## Análise do efeito do ganho $A$ finito

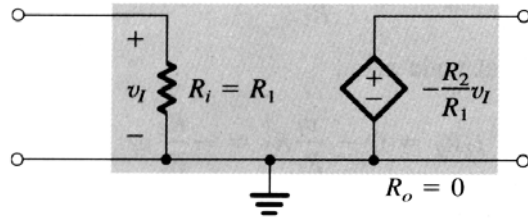


$$A_v = G \equiv \frac{v_O}{v_I} = \frac{-R_2/R_1}{1 + (1 + R_2/R_1)/A}$$

B

18

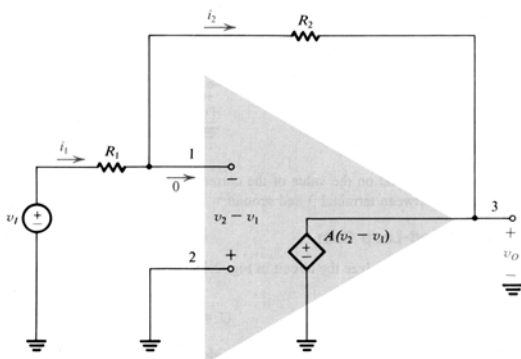
Resistência de entrada e de saída para o circuito na configuração inversora (supondo amp op ideal)



B

19

**Exercício:** Calcule a resistência de entrada da configuração inversora supondo amp. op. real (com  $A$  finito)?



$$R_I = R_1 + \frac{R_2}{1 + A}$$

B

20

## Sugestão de estudo

- Texto cap. 2 do Sedra/Smith  
Problemas seção 2.2 até 2.3
- Introdução à realimentação cap. 8 seção 8.1  
Exercício 8.1, Problemas seção 8.1