

# EE 530 Eletrônica Básica I

## AMPLIFICADOR OPERACIONAL

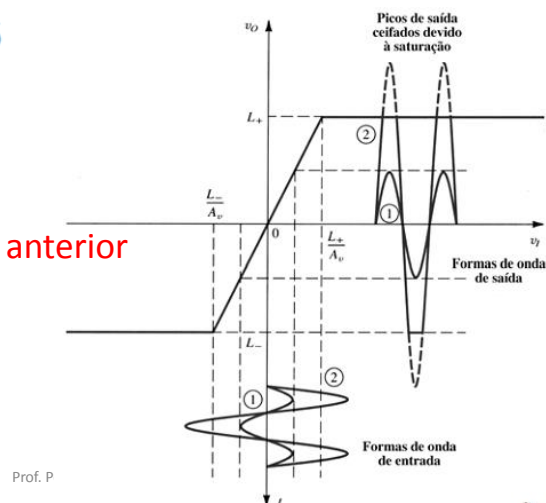
Prof. Pedro Xavier

### Amplificador operacional não ideal

- Ganho finito

$$A_0 \Rightarrow 10^5 \text{ a } 10^6$$

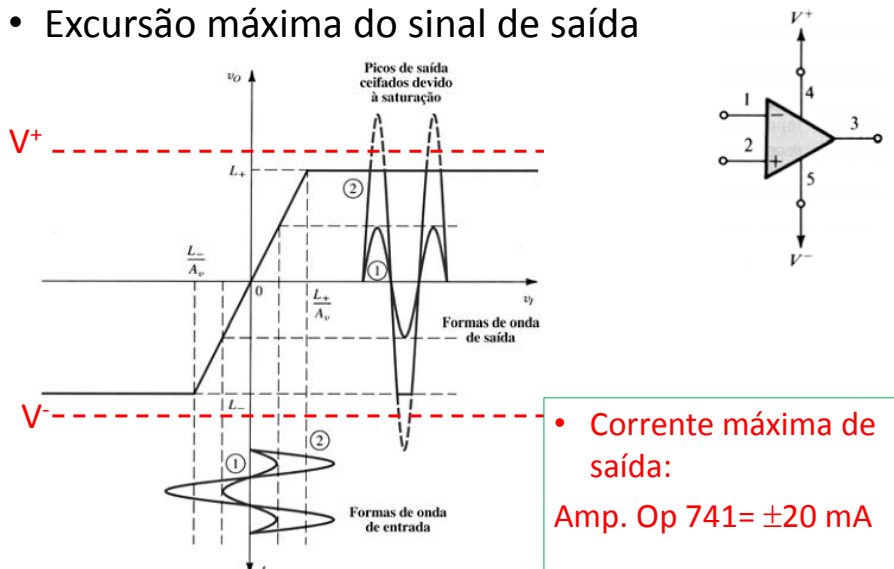
Já foi abordado na aula anterior



Prof. P

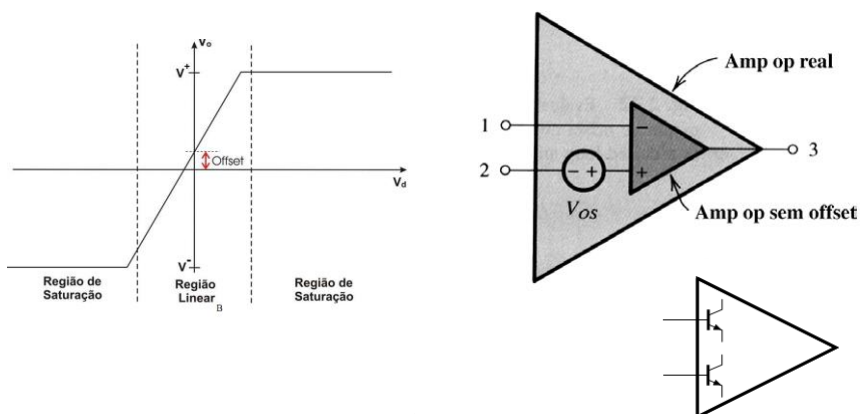
## Amplificador operacional não ideal

- Excursão máxima do sinal de saída



## Amplificador operacional não ideal

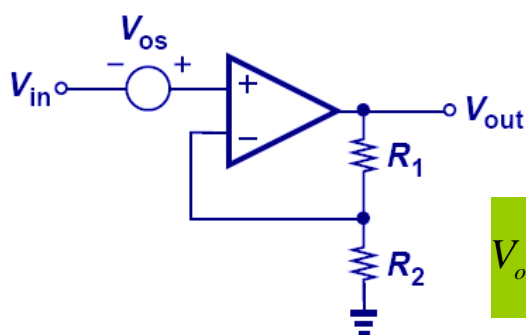
- Tensão de offset de entrada



Prof. Pedro Xavier

## Amplificador operacional não ideal

- Tensão de offset de entrada



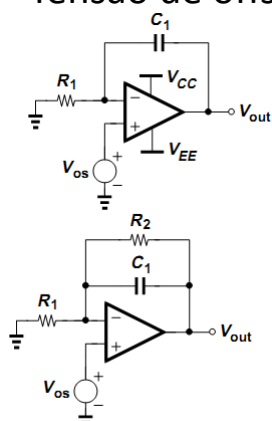
$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)(V_{in} + V_{os})$$

Pode levar à saturação.

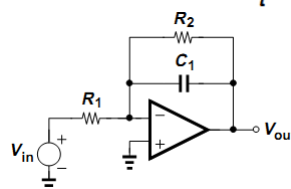
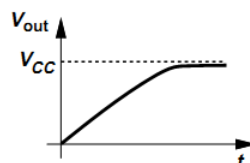
Prof. Pedro Xavier

## Amplificador operacional não ideal

- Tensão de offset de entrada



$$V_{outMAX} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_{os}$$



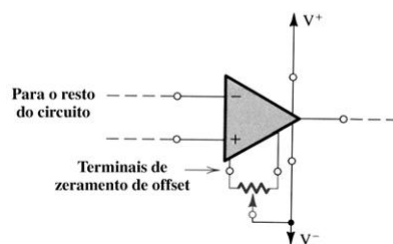
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1} \frac{1}{R_2 C_1 s + 1}$$

Prof. Pedro Xavier

# Amplificador operacional não ideal

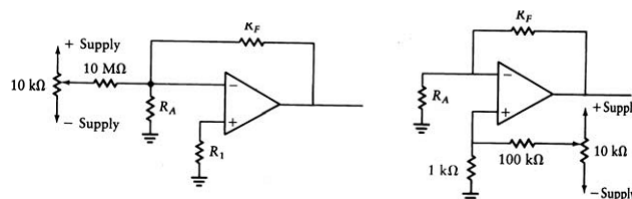
## Técnicas para redução do offset

Amp op com terminais adicionais



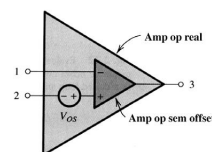
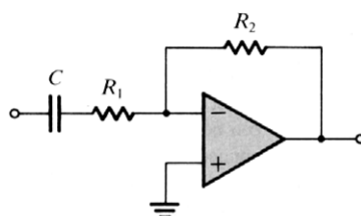
# Amplificador operacional não ideal

Quando o amp op não possuir estes terminais, pode minimizar o offset fazendo



## Amplificador operacional não ideal

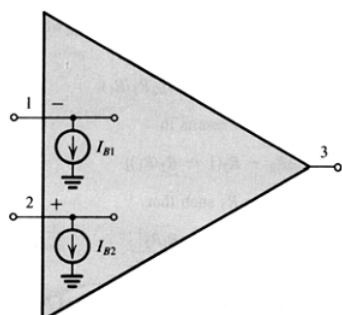
### Acoplamento capacitivo



A tensão cc de saída será igual a  $V_{OS}$  ao invés de  $V_{OS}(1 + R_2/R_1)$ , como seria o caso se não existisse o capacitor de acoplamento. Contudo o ganho de sinal do amplificador será zero em cc.

## Amplificador operacional não ideal

- Corrente de polarização de entrada

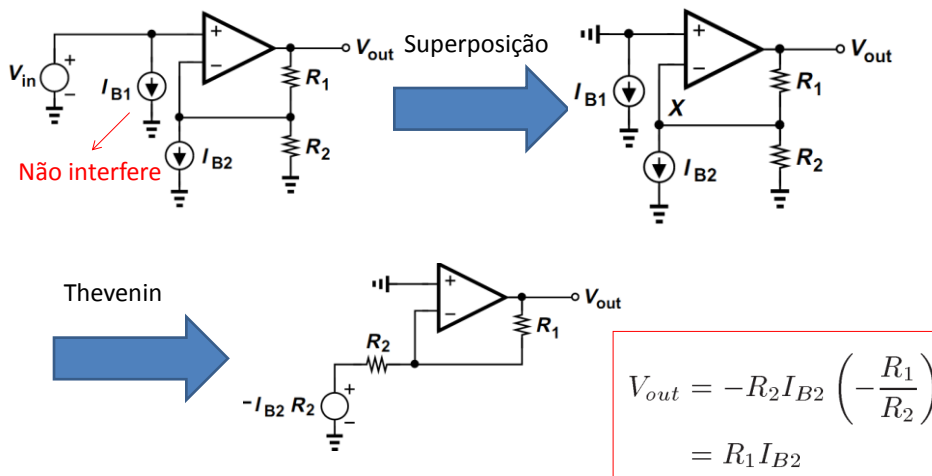


Esta corrente é maior para amplificadores com transistores bipolares do que para amplificadores com transistores MOS.

$$\approx 0.1-1 \mu\text{A}$$

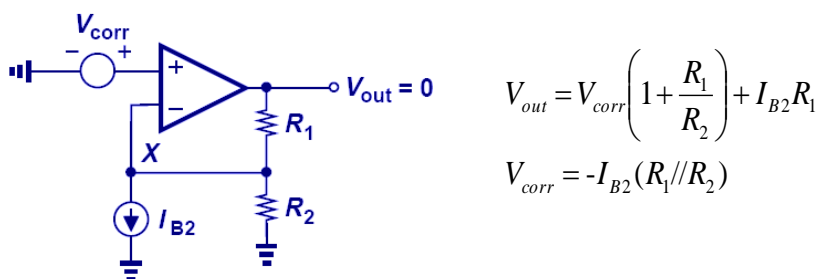
## Amplificador operacional não ideal

- Corrente de polarização de entrada



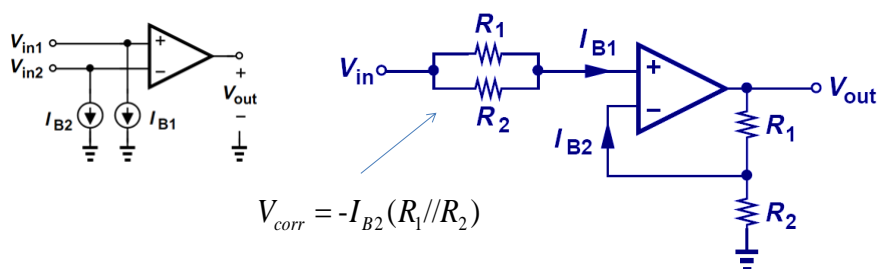
## Amplificador operacional não ideal

- Corrente de polarização de entrada
  - Forma de corrigir o erro



## Amplificador operacional não ideal

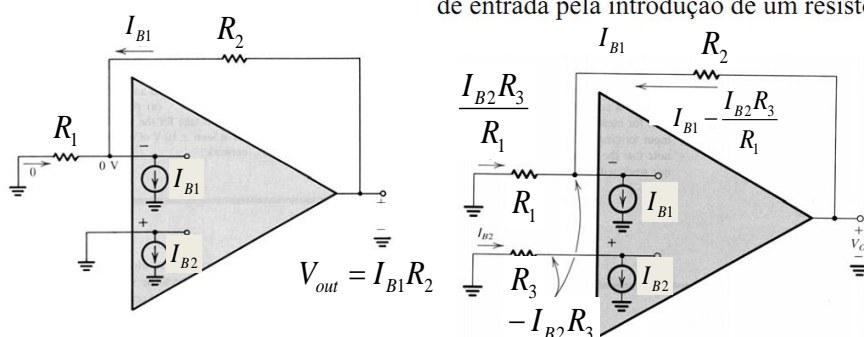
- Corrente de polarização de entrada
  - Forma de corrigir o erro da variação da corrente com  $\beta$ , supondo  $I_{B1}=I_{B2}$ .



## Amplificador operacional não ideal

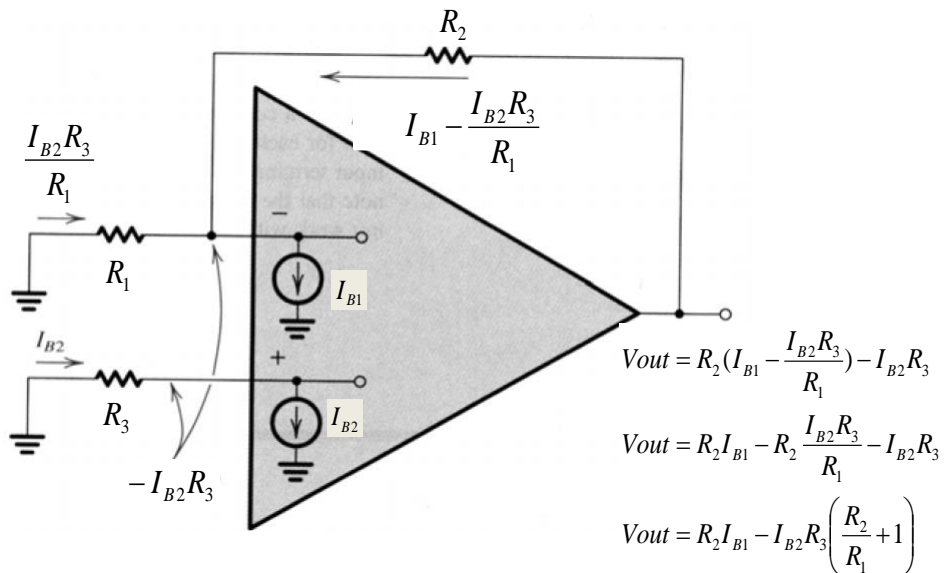
- Corrente de polarização de entrada

Reduzindo o efeito da corrente de polarização de entrada pela introdução de um resistor  $R_3$



## Amplificador operacional não ideal

- Corrente de polarização de entrada



## Amplificador operacional não ideal

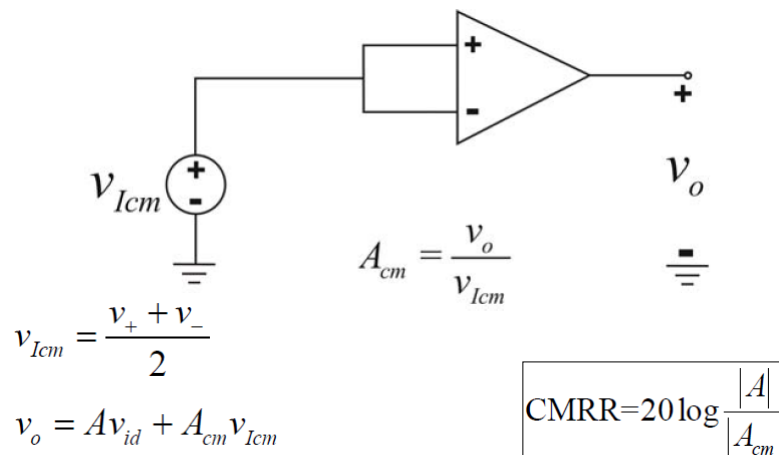
- Corrente de polarização de entrada

– Resolver para o caso do integrador (para casa)



## Amplificador operacional não ideal

- Razão de rejeição de modo comum (CMRR)



## Fontes de figuras da aula

- Aula do prof. Fabiano Fruett
- Fundamentos de Microeletrônica (Razavi)
- Microeletrônica (Sedra)

## Sugestão de estudo

- Razavi, cap. 8
- Sedra/Smith, cap. 2
- Sedra/Smith, cap. 8
- Savant, cap. 10

Prof. Pedro Xavier