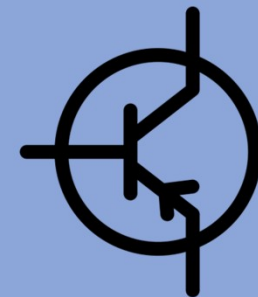
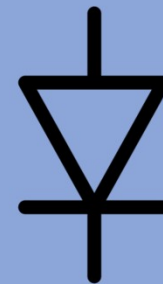


Aula 7 – Amplificadores operacionais (Amp-ops)

Disciplina: Eletrônica Analógica e Digital

Professor: Daniel Gueter



Cronograma

- 18/02 – Aula 1 - Introdução da disciplina e Semicondutores
- 25/02 – Aula 2 - Revisão de circuitos
- 04/03 – Feriado - Carnaval
- 11/03 – Aula 3 - Diodo Zener e Introdução a Transistores
- 18/03 – Aula 4 - Continuação da aula 3
- 25/03 – Aula 5 - Outros dispositivos semicondutores, Optoeletrônica e Acopladores Ópticos
- 01/04 – Aula 6 (Semana de Oficina) - Topologias de circuitos incluindo semicondutores z
- **08/04 – Aula 7 - Amplificadores operacionais (Amp-ops)**
- 15/04 – Prova
- 22/04 – Prova substitutiva

Amplificadores operacionais (Amp-ops)

Amplificadores operacionais (Amp-ops) – O que são?

- Os amplificadores operacionais, também conhecidos como **amp-ops**, são circuitos amplificadores, compostos por transistores, resistores e capacitores.
- Dentre as suas funções, podemos citar algumas abaixo:
 - **Realizar operações matemáticas**, como soma e subtração;
 - **Amplificar sinais elétricos** como:
 - Amplificar sinais de áudio;
 - Amplificar sinais de vídeo;
 - Amplificar sinais de radiofrequência;
 - Atuar como **filtro de sinais**;
 - Compor **circuitos osciladores**, que criam sinais de diferentes formas de onda.

Amplificadores operacionais (Amp-ops) – O que são?

- Os amp-ops são compostos por vários estágios internos, geralmente encontrados fisicamente na forma de CIs (Circuitos integrados).
- O primeiro estágio de um amp-op é sempre um **amplificador diferencial**.

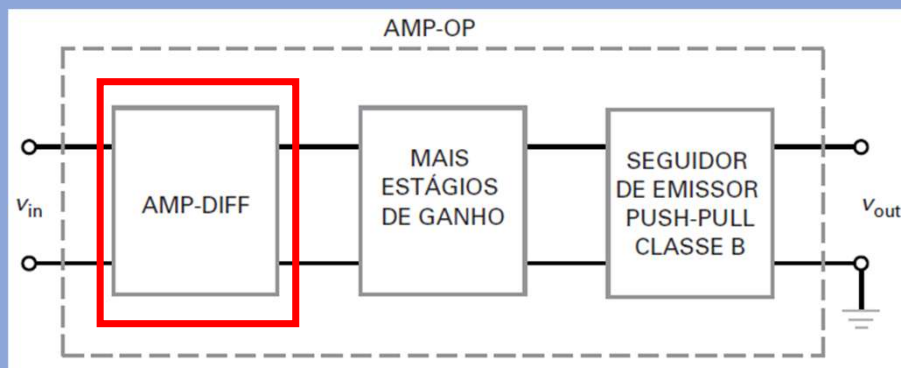
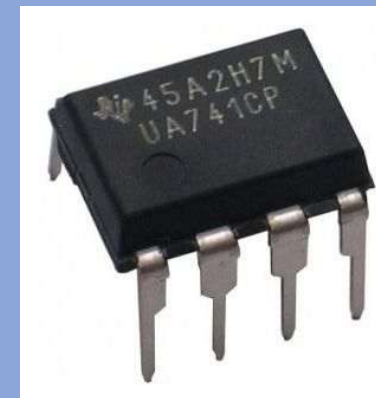


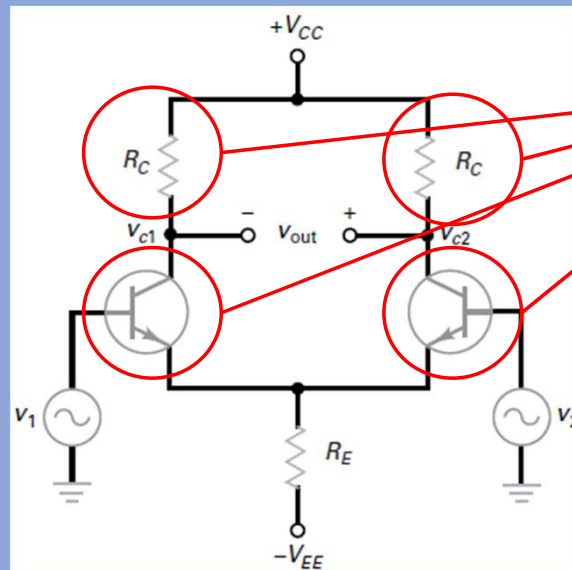
Diagrama de blocos de um amp-op



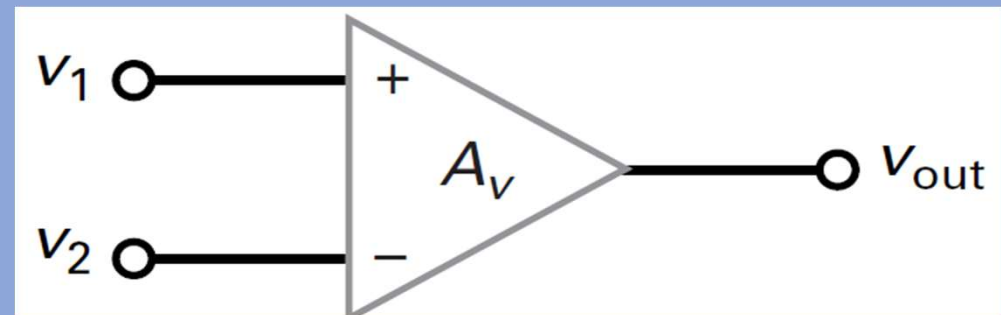
Amp-op em forma de CI

O que é um amplificador diferencial?

- O amplificador diferencial compara as entradas V_1 e V_2 .
- A tensão de saída V_{out} é dada pela equação $V_{out} = A_V(V_1 - V_2)$
- Note que caso as entradas V_1 e V_2 sejam idênticas, o valor V_{out} é nulo, pois não há diferença entre os potenciais V_{c1} e V_{c2} .



Transistores e resistores idênticos



Triângulo que compõe a típica representação de um amplificador diferencial com terminação simples

Amplificador diferencial

Voltando ao Amp-op

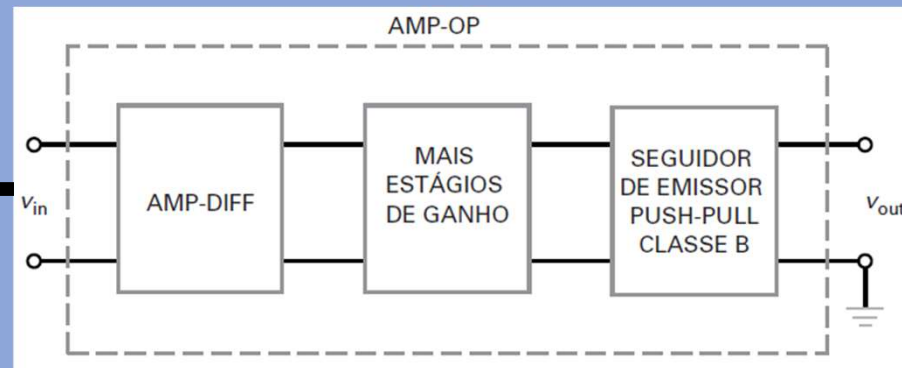
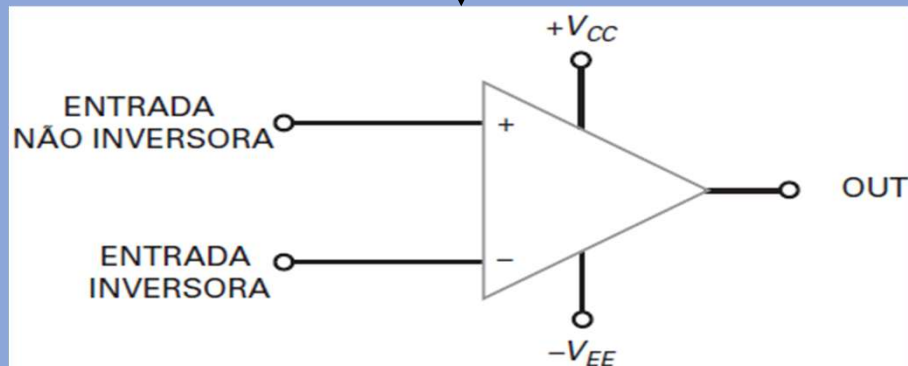
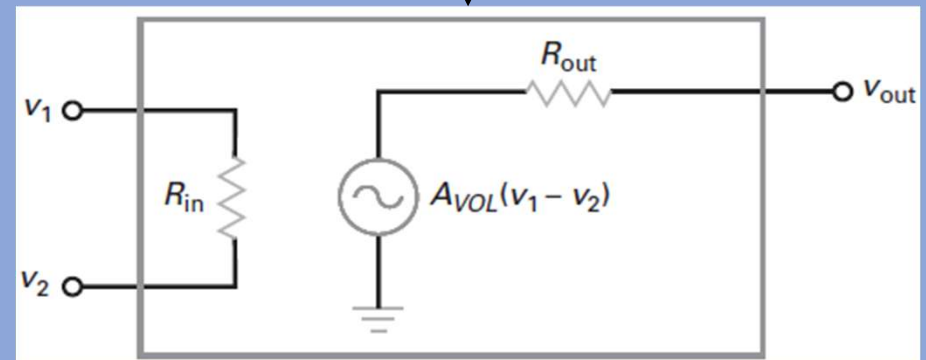


Diagrama de blocos de um amp-op



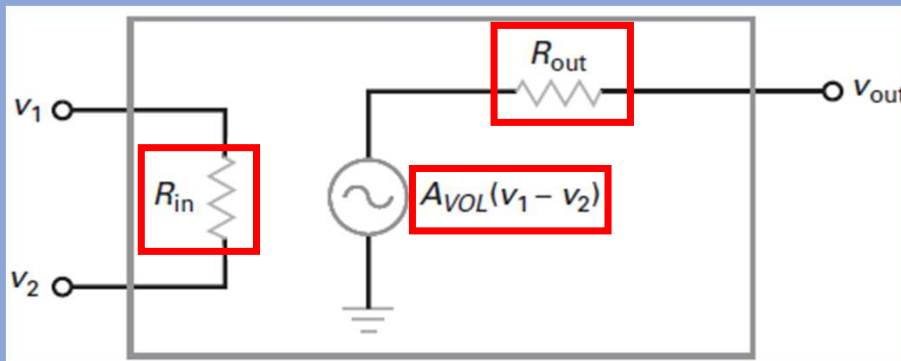
Símbolo esquemático de um amp-op



Circuito equivalente de um amp-op

Voltando ao Amp-op

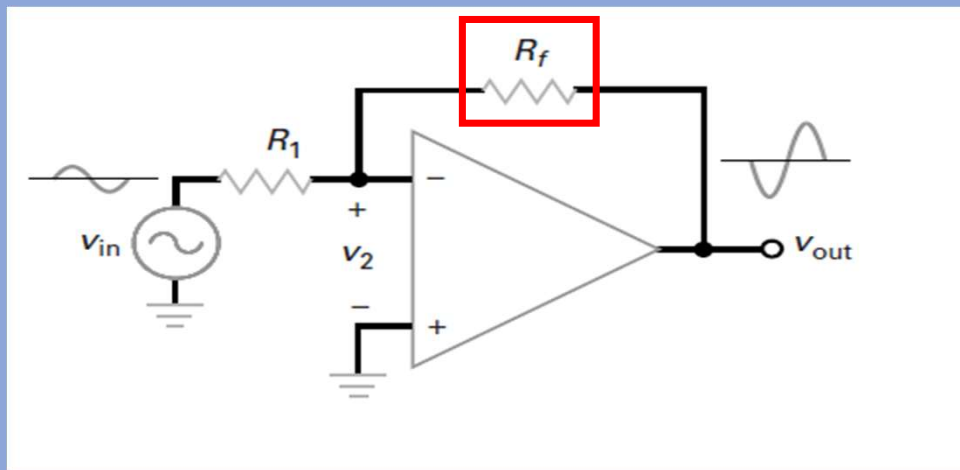
- A características de um Amp-op são:
 - O ganho tensão em malha aberta A_{VOL} é **muito elevado** (± 100.000), sendo considerado **infinito em um amp-op ideal** .
 - A resistência R_{in} é **muito elevada** , sendo considerada **infinita em um amp-op ideal** .
 - A resistência de saída R_{out} é **muito baixa** , sendo considerada **nula em um amp-op ideal** .



Circuito equivalente de um amp-op

Exemplo de aplicação: Amplificador inversor

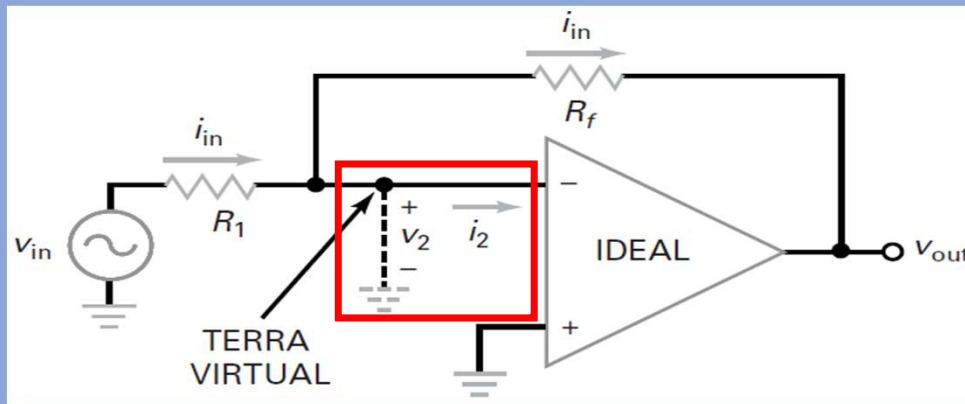
- O amplificador inversor é o circuito mais simples que utiliza um amp-op.
- A sua principal característica é utilizar uma **realimentação negativa** por meio do resistor de realimentação R_f .
- Note que em um amplificador inversor o **signal de saída é o signal de entrada amplificado e invertido**.



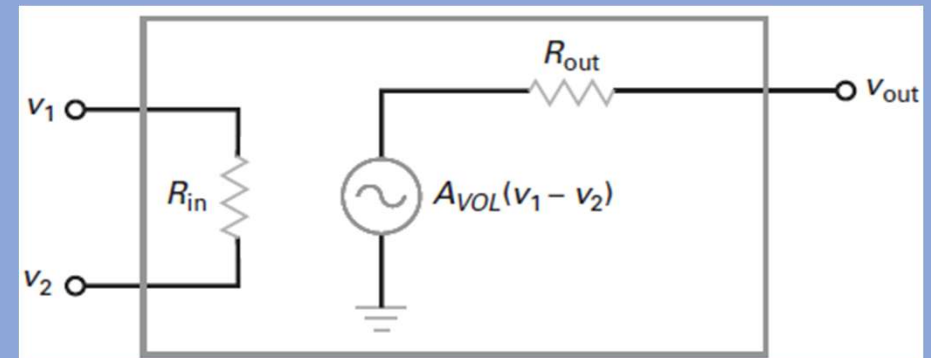
Amplificador inversor

Exemplo de aplicação: Amplificador inversor

- Neste tipo de configuração, aplica-se o conceito de **terra virtual** para facilitar a análise. Ele se baseia em:
 - Como a resistência R_{in} é infinita, i_2 é **zero**.
 - Como o ganho A_{VOL} é infinito, V_2 é **zero**.
 - Sendo assim, o terra virtual vira um **curto-circuito para a tensão** ($V_2 = 0$), e um **circuito aberto para a corrente** ($i_2 = 0$).



Amplificador inversor com conceito de terra virtual

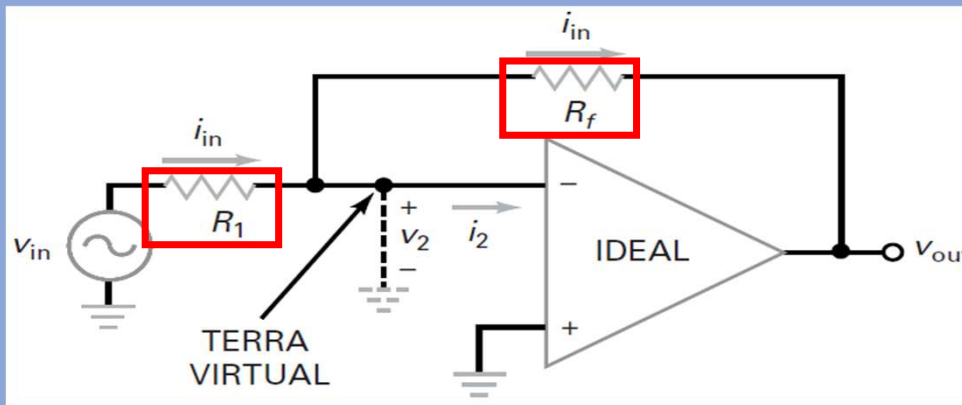


Circuito equivalente de um amp-op

Exemplo de aplicação: Amplificador inversor

- Como $V_2 = 0$ e $i_2 = 0$, na prática, o ganho real, chamado de **ganho de tensão em malha fechada** A_{VCL} , é calculado pela simples conta abaixo:

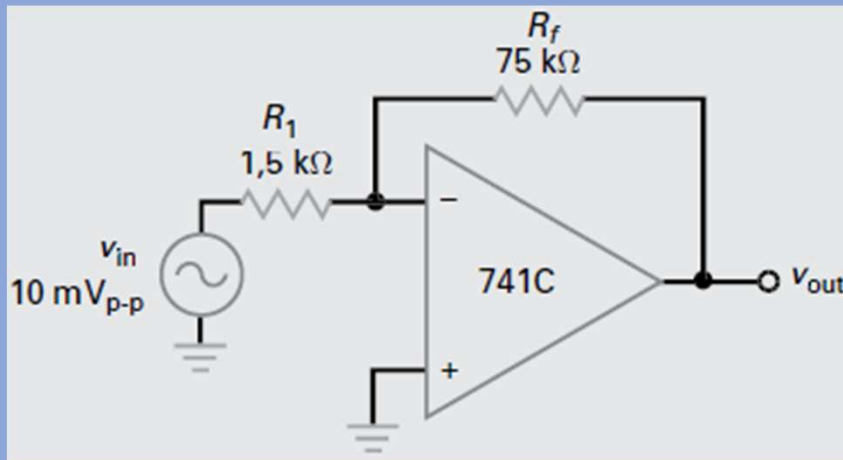
$$A_{VCL} = \frac{-R_f}{R_1}$$



Amplificador inversor com conceito de terra virtual

Exercício de Amplificador inversor

- No circuito amplificador inversor abaixo, qual é o ganho de tensão em malha fechada?



Solução:

$$A_{VCL} = \frac{-R_f}{R_1}$$

$$A_{VCL} = \frac{-75\text{k}}{1,5\text{k}}$$

$$A_{VCL} = -50$$