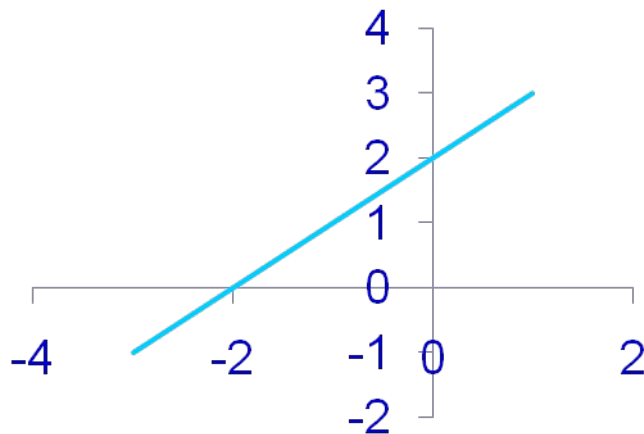


INTRODUÇÃO

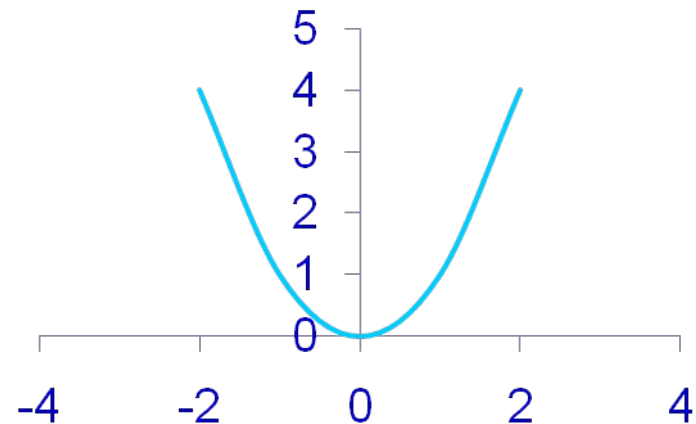
O que é um circuito não linear?

É fácil entender a diferença entre um circuito linear e um não linear, basta ver a diferença entre uma equação linear e uma não linear.

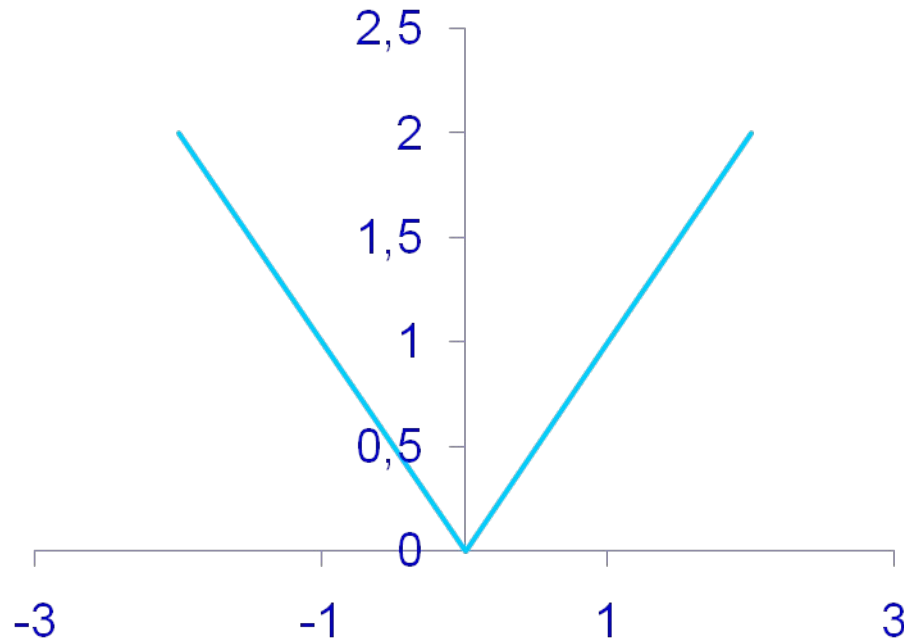
$$y = x + 2$$



$$y = x^2$$



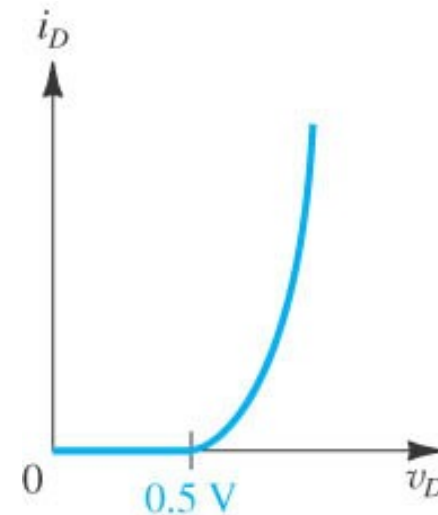
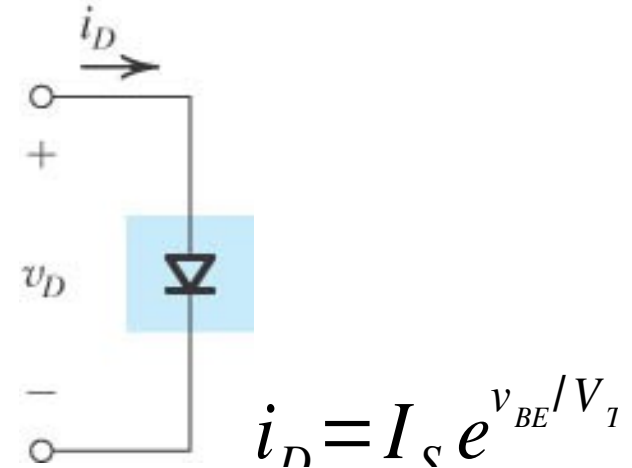
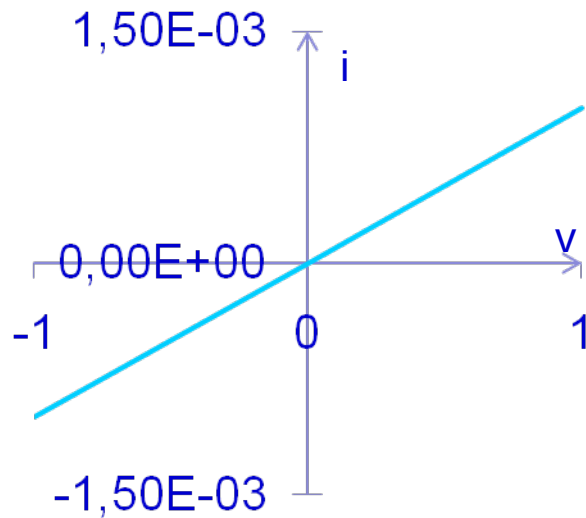
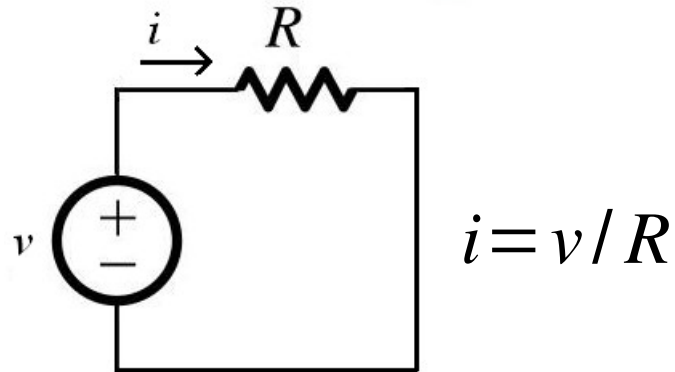
Função valor absoluto: linear ou não linear?



Não linear porque a função não pode ser escrita na forma

$$y = ax + b$$

No domínio dos circuitos elétricos o circuito será classificado como linear ou não linear pela inspeção de sua característica i - v



Capítulo 1 – Amplificadores Operacionais

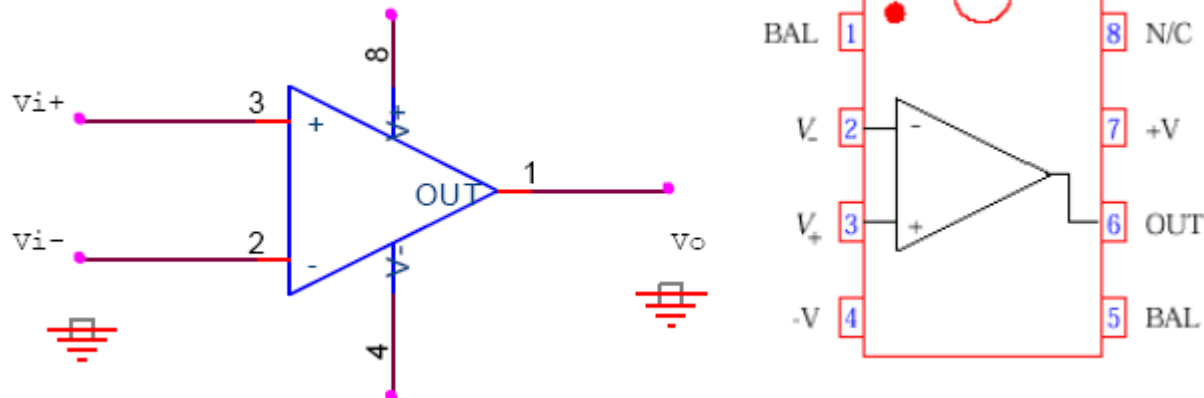
“The term “operational amplifier” (op amp) was coined in the 1940s, well before the invention of the transistor and the integrated circuit. Op amps realized by vacuum tubes¹ served as the core of electronic “integrators,” “differentiators,” etc., thus forming systems whose behavior followed a given differential equation. Called “analog computers,” such circuits were used to study the stability of differential equations that arose in fields such as control or power systems. Since each op amp implemented a mathematical operation (e.g., integration), the term “operational amplifier” was born.

B. Razavi, Fundamentals of Microelectronics

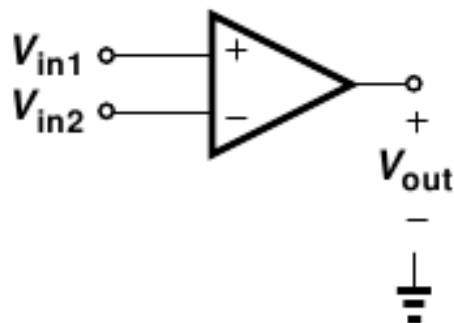
1.1 Amplificador Operacional (AmpOp)

O amplificador operacional (AMPOP ou OPAMP) é um amplificador diferencial integrado de alto ganho, com resposta em frequência desde DC até centenas de MHz dependendo do modelo.

simbologia e encapsulamento típico



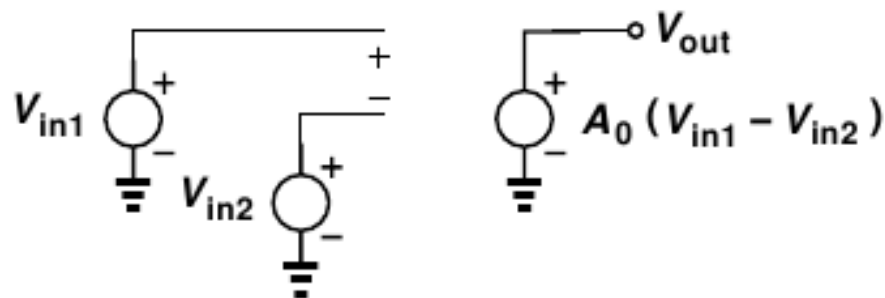
Símbolo Simplificado



V_{in1} – entrada não inversora

V_{in2} – entrada inversora

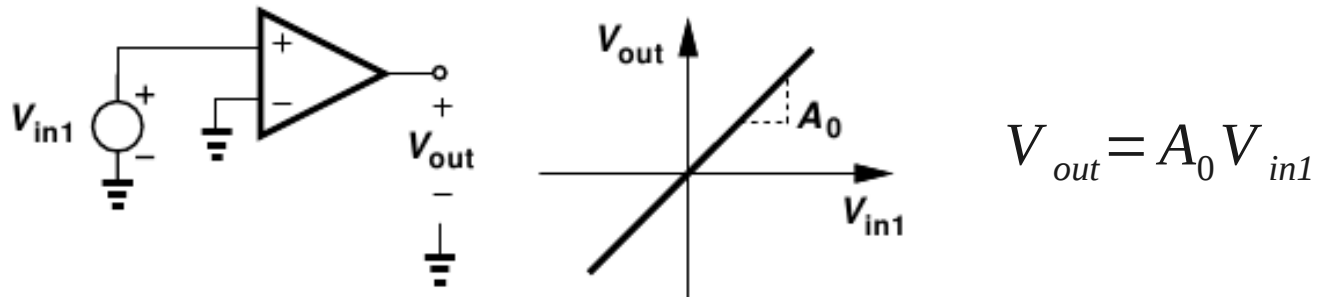
Modelo Elétrico



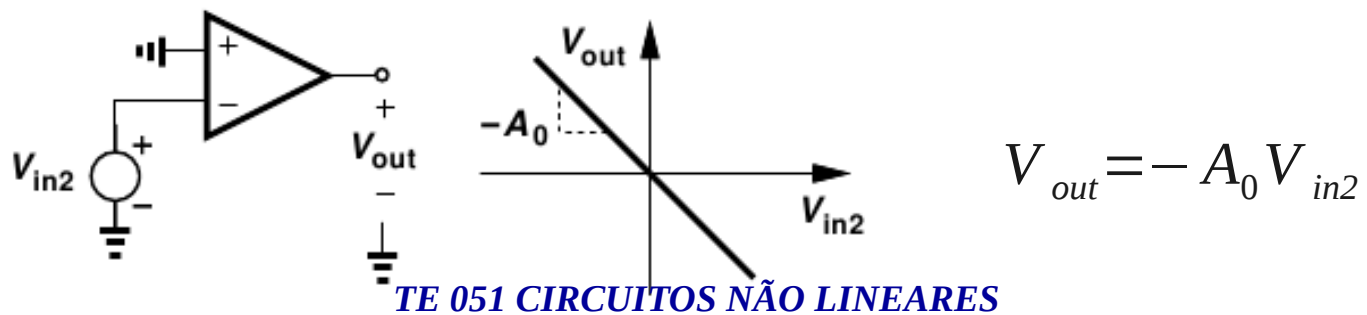
$$V_{out} = A_0 (V_{in1} - V_{in2})$$

A_0 – Ganho de tensão

Característica de transferência para entrada não inversora



Característica de transferência para entrada inversora



TE 051 CIRCUITOS NÃO LINEARES

AMPOP IDEAL

- Resistência de entrada infinita
- Resistência de saída nula
- Ganho de tensão diferencial infinito
- Largura de faixa infinita
- Balanceamento Perfeito do par de transistores da entrada (quando $v_1 = v_2$ então $v_o = 0$)

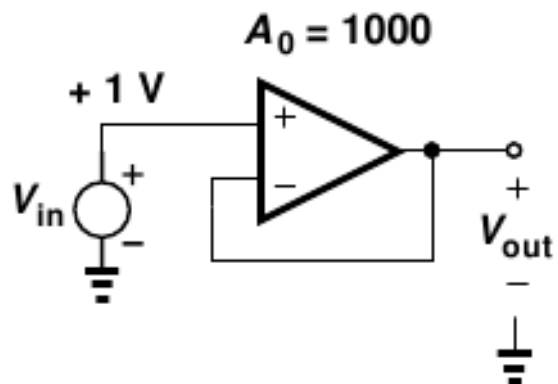
Como o ganho de tensão é muito alto e a tensão de saída é limitada então a diferença de tensão na entrada deve ser muito pequena

$$V_{in1} - V_{in2} = \frac{V_{out}}{A_0}$$

No caso ideal

$$A_0 = \infty \quad V_{in1} = V_{in2}$$

Exemplo: “*Buffer*” de ganho unitário. Determine o ganho e a tensão na saída se $V_{in} = 1\text{ V}$ e $A_0 = 1000$.



Exercício: Que valor de A_0 é necessário para o ganho ser 0.9999?

1.2 Parâmetros de um AmpOp Real

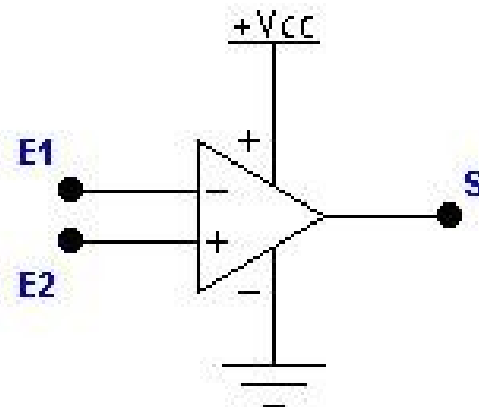
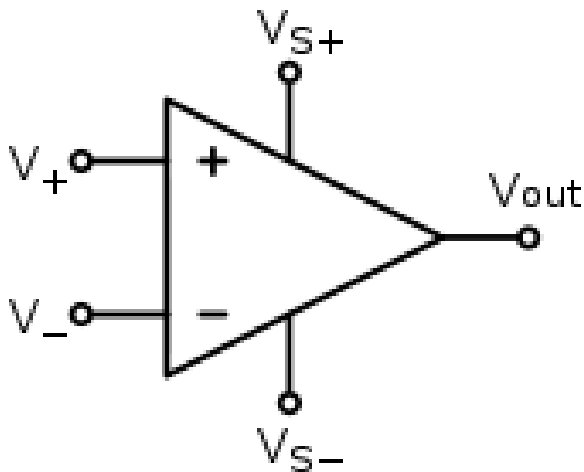
Parâmetros Máximos

São as condições limites toleradas pelo Amp Op, sem que haja danos.

Tensão de Alimentação: $+V_{cc}$, $-V_{cc}$

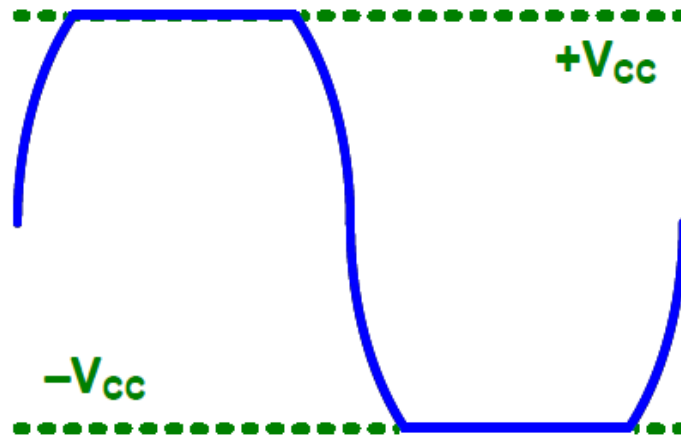
Tensão positiva e negativa de alimentação de um amp. op.

Pode ser fonte simétrica (bipolar) ou fonte simples (ou unipolar)



Saturação

- A variação da saída do AMPOP não pode ultrapassar a tensão da fonte de alimentação (menos alguns millivolts)
- Tipicamente AMP OPs são alimentados por tensões simétricas (± 3 , ± 5 , ± 12 V, ± 15 V)
- Se saturado, o AMP OP irá comportar-se com forte não linearidade.



Parâmetros Máximos

- **Dissipação Interna de Potência:**

- É a potência de dissipação máxima que o operacional suporta sob temperatura ambiente (500mW@<75°C)

- **Tensão diferencial de entrada (V_d):**

- tensão máxima que pode ser aplicada entre as entradas V_+ e V_- do operacional;

- **Tensão de entrada de modo comum:**

- tensão máxima de entrada que pode ser aplicada simultaneamente entre as duas entradas e o terra;
- geralmente, essa tensão máxima é igual á tensão da fonte.

Parâmetros Máximos

■ Temperatura de operação:

- Faixa de temperatura ambiente na qual o fabricante garante as especificações técnicas do Amp. Op. dada no manual.
 - Militar: - 55 °C a +125 °C;
 - Comercial:.....0 °C a +70 °C.

■ Duração de curto circuito na saída:

- Período de tempo permissível para curto-circuito na saída do operacional, em relação à terra ou a um dos dois terminais da fonte.