

# EE 530 Eletrônica Básica I

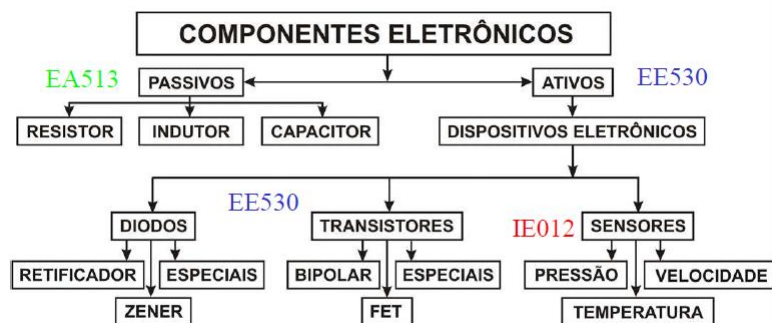
**PROF. PEDRO XAVIER DE OLIVEIRA**

Telefone: (19) 3521-9291

Fax: (19) 3289-3346

E-mail: [pedrox@ceb.unicamp.br](mailto:pedrox@ceb.unicamp.br)

Sala: E-42 (Centro de Engenharia Biomédica)  
209 (FEEC)



## Página do curso

- <http://www.fee.unicamp.br/deb/pedrox/graduacao>

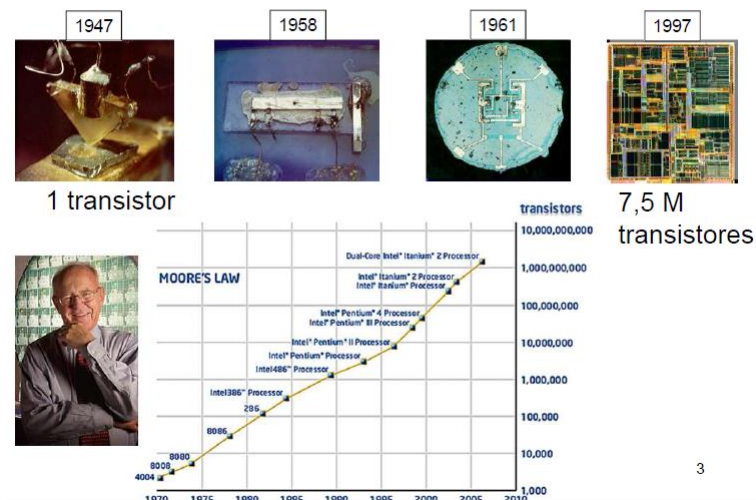
## INTRODUÇÃO

Eletrônica Discreta *versus* Integrada  
(Micro ou nanoeletrônica)



Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

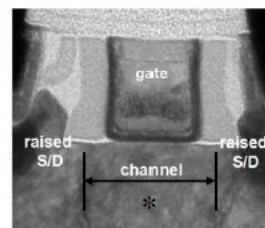
## Evolução da Eletrônica Integrada



Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

## Comparativo e evolução da tecnologia para microprocessadores

Nome	nº de transistores	ano	Fabricante	Pitch	Área de Si
Intel 4004	2,300	1971	Intel	10 $\mu\text{m}$	12 $\text{mm}^2$
8-Core Itanium	3,100,000,000	2012	Intel	32 nm *	544 $\text{mm}^2$
62-Core Xeon Phi	5,000,000,000	2012	Intel	22 nm	



Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

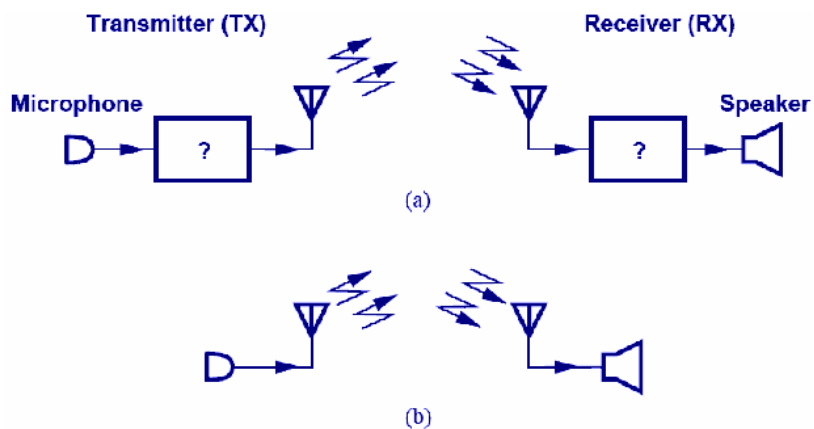
A

## Exemplos de Sistemas Eletrônicos

- Sistema de monitoramento da pressão em pneus de automóveis
- Câmera Digital
- Celular

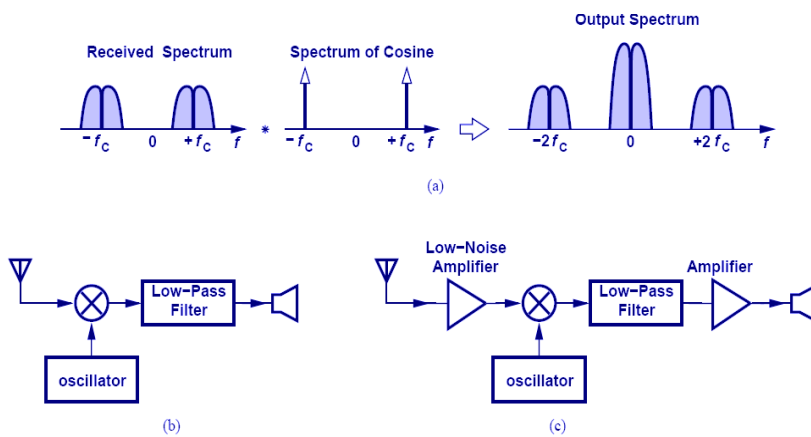


# Celular



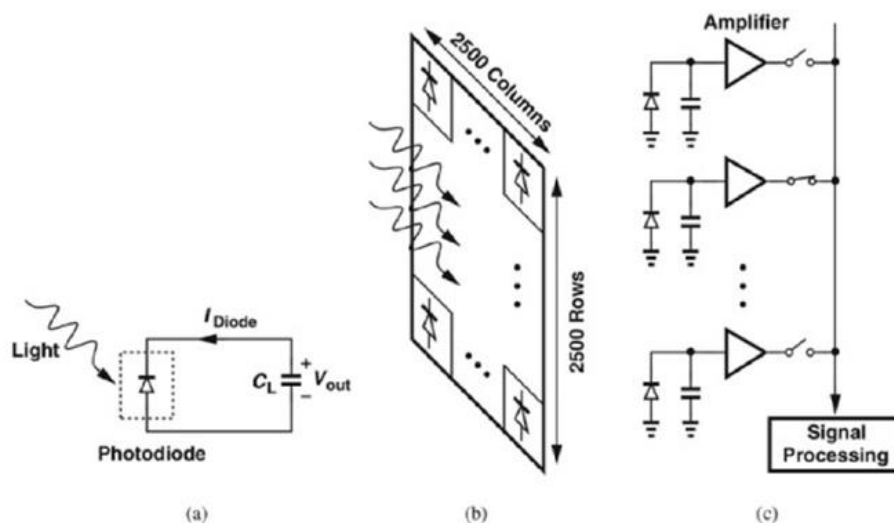
Fonte: Razavi

# Celular



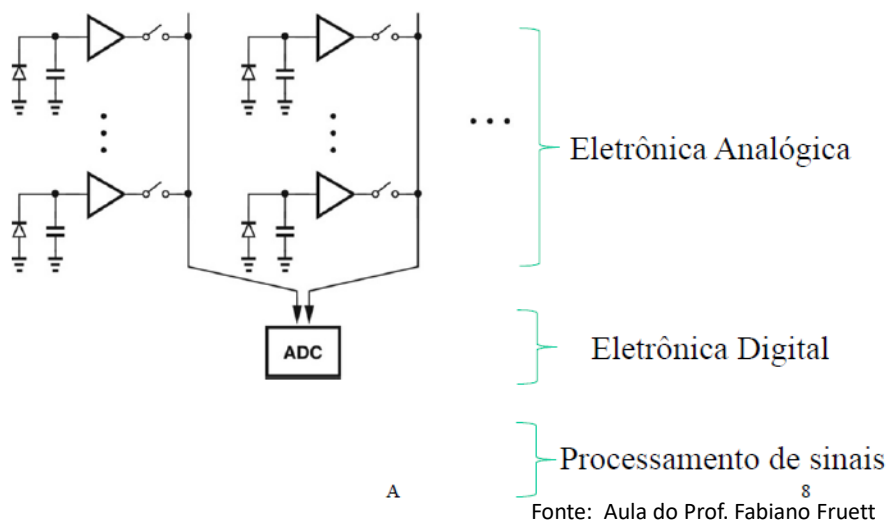
Fonte: Razavi

## Câmera Digital

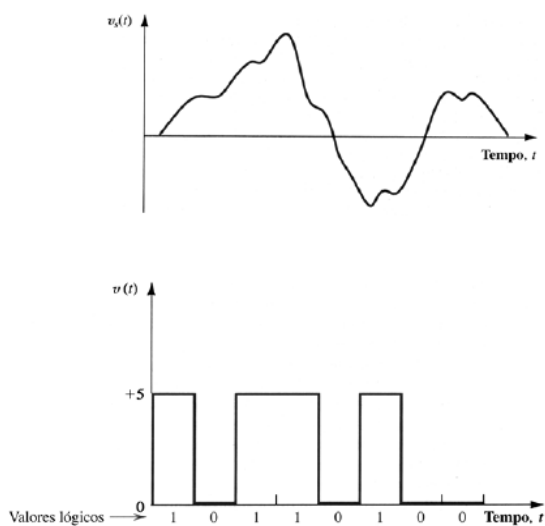


Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

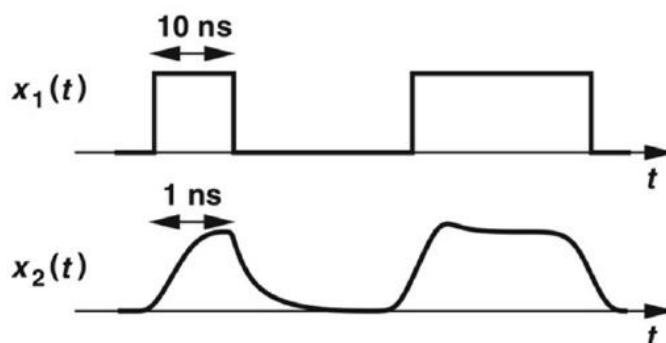
## Conexão do Focal Planar Array (FPA) com o ADC



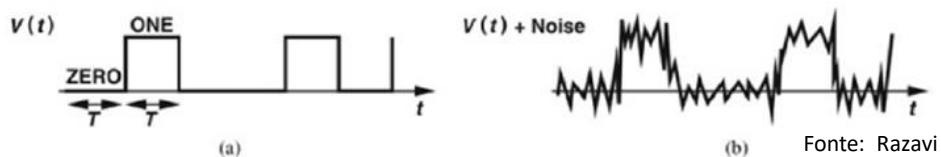
## Sinais Analógicos e Sinais Digitais



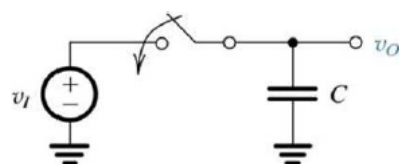
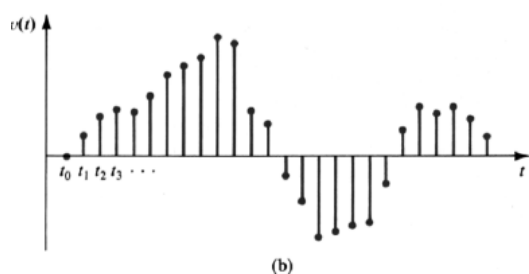
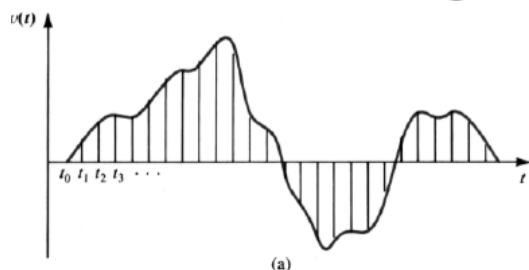
## Sinal Digital de 100 Mb/s e 1 Gb/s



## Efeito do Ruído em um Sinal Digital



# Amostragem para conversão analógico-digital

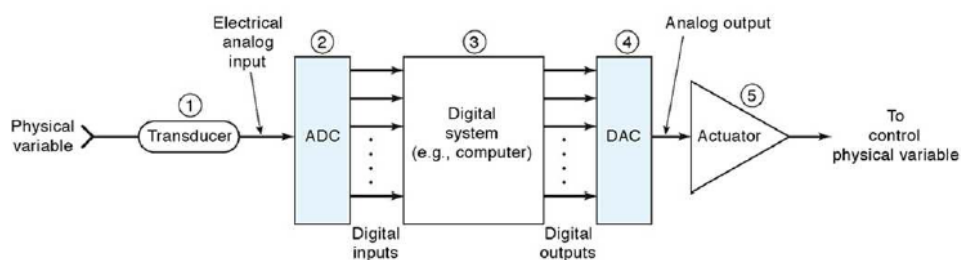


Circuito Sample and Hold

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

## Exemplo de aplicação dos conversores de dados:

### Sistema de controle



Continua em EE610 Eletrônica Digital ...

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett



## Circuitos Analógicos – Circuitos Digitais e Circuitos MixSignal (AMS)

Exemplos de circuitos e sistemas AMS:

- Câmera Digital
- DVD Player
- Telefone celular
- RFID tags
- Conversores de sinais (A/D e D/A)
- Transdutores (sensores e atuadores)

etc

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

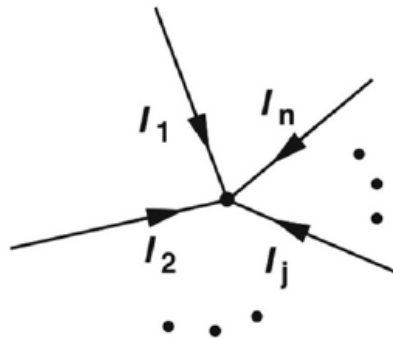
### **Informações importantes aos descrentes da tecnologia analógica**

- A grande maioria dos CIs digitais incorpora circuitos analógicos.
- Os limites dos sinais digitais tem natureza analógica.
- Sensores e Atuadores são, em grande maioria, elementos estritamente analógicos
- Engenheiros eletrônicos analógicos são minoria no mercado, portanto ...

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

# Teoremas Básicos de Circuitos

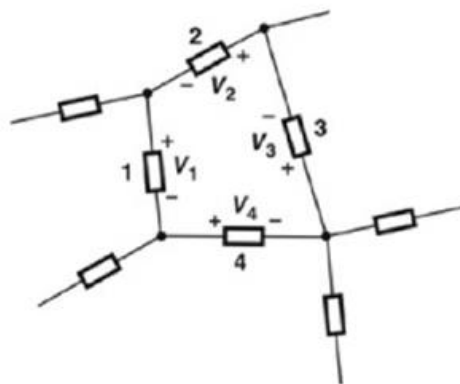
## Lei das Correntes de Kirchhoff (LCK) ou Lei dos nós



$$\sum_j I_j = 0.$$

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

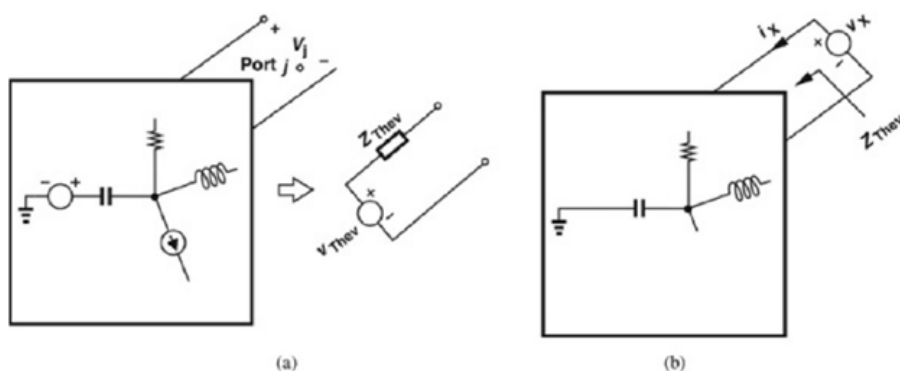
## Lei das Tensões de Kirchhoff (LTK)



$$\sum_j V_j = 0,$$

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

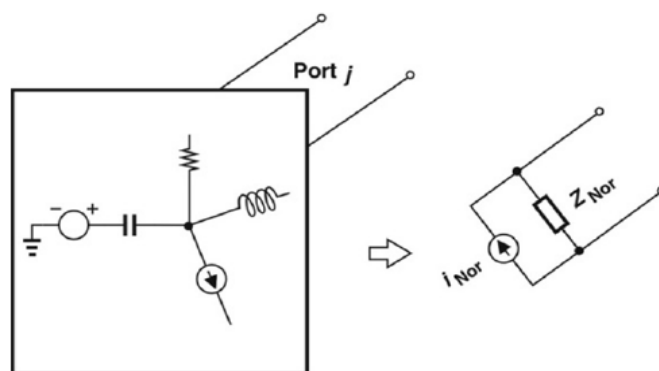
## Circuito Equivalente de Thévenin



O valor da tensão da fonte é a tensão obtida nos terminais a-b quando estes estão em circuito aberto (Tensão de Thevenin,  $V_{ab} = V_{Th}$ ) e a Impedância de Thevenin ( $Z_{Th}$ ) é a impedância equivalente obtida a partir dos terminais a-b, com todas as fontes independentes consideradas nulas.

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

## Circuito Equivalente de Norton



O valor da corrente da fonte é a corrente que circula do terminal a para b quando estes são curto-circuitados (Corrente de Norton,  $I$ ). A Impedância de Norton ( $R_N$ ) é aquela obtida dos terminais a-b, quando todas as fontes são anuladas. Considerando que a resistência a partir de dois terminais só possui um valor, a resistência dos circuitos de Thevenin e Norton são, portanto, idênticas, bastando que esta seja determinada para um dos circuitos equivalentes ( $R_{Th} = R_N$ ).

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

## Análise de circuitos eletrônicos



### Blocos:

- Fonte de sinal
- Circuito eletrônico
- Carga

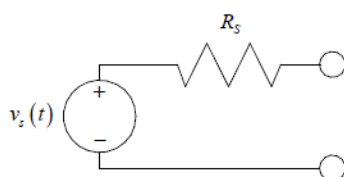
### Exemplo:

- Microfone
- Amplificador
- Alto falante

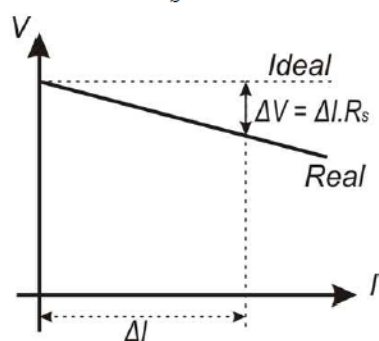
25

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

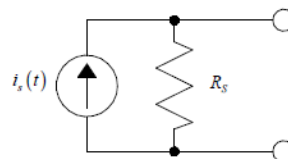
### Fonte de tensão



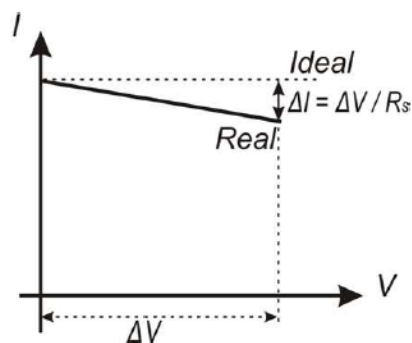
$$R_s \approx 0$$



### Fonte de corrente



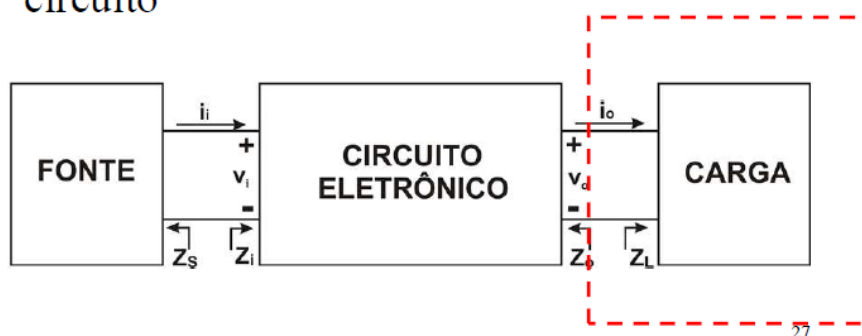
$$R_s \approx \infty$$



Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

## Carga

Elemento que recebe o sinal processado pelo circuito eletrônico; pode ser uma simples associação de componentes passivos ou ser composta por um estágio do circuito

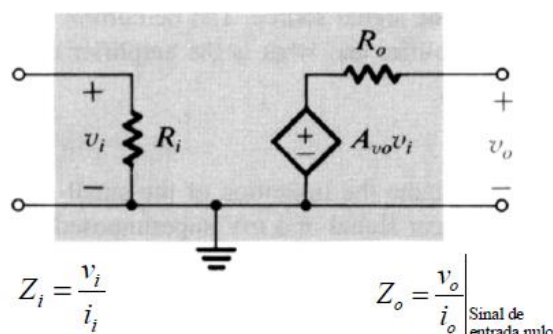


Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

## Circuito eletrônico

Processa o sinal da fonte antes de entregá-lo à carga

Exemplo: Amplificador de tensão

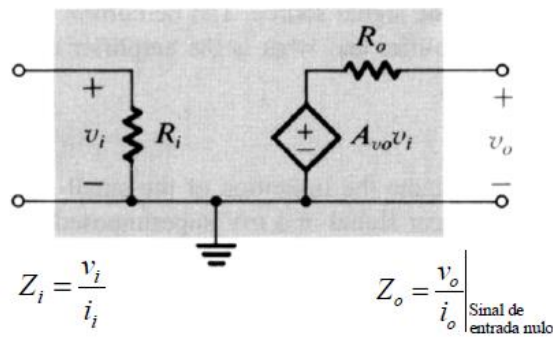


Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

# Circuito eletrônico

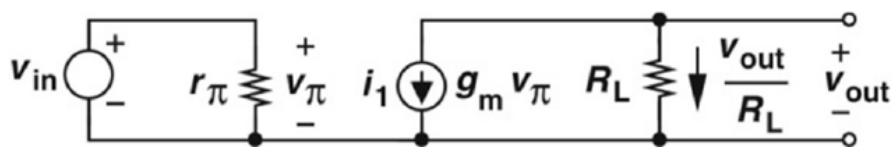
Processa o sinal da fonte antes de entregá-lo à carga

Exemplo: Amplificador de tensão



Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

## Exemplo 1.5

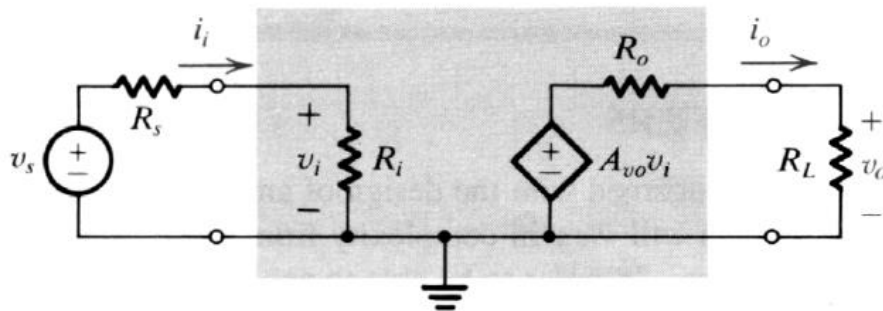


Determine o ganho

**PARA CASA**

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

## Amplificador de tensão com fonte de sinal de entrada e carga resistiva



Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

## Parâmetros relacionados ao ganho

Ganho de tensão de circuito aberto

$$A_{vo} \cong \left. \frac{v_o}{v_i} \right|_{R_L \rightarrow \infty}$$

Ganho de tensão global

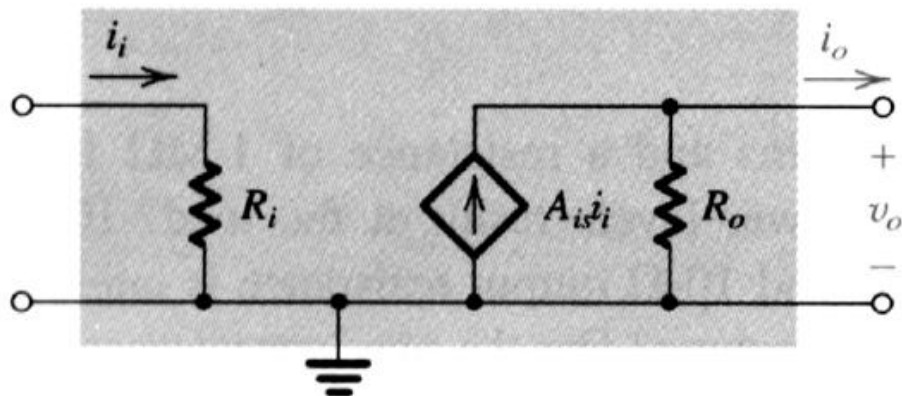
$$\frac{v_o}{v_s} = A_{vo} \frac{R_i}{R_i + R_s} \frac{R_L}{R_L + R_o}$$

Ganho de tensão

$$A_v \cong \frac{v_o}{v_i} = A_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_o}$$

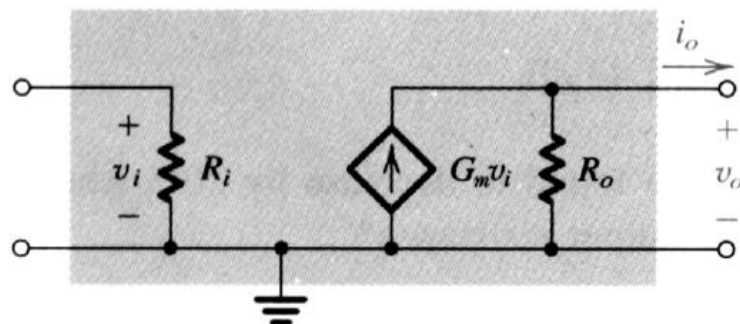
Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

# Amplificador de corrente



Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

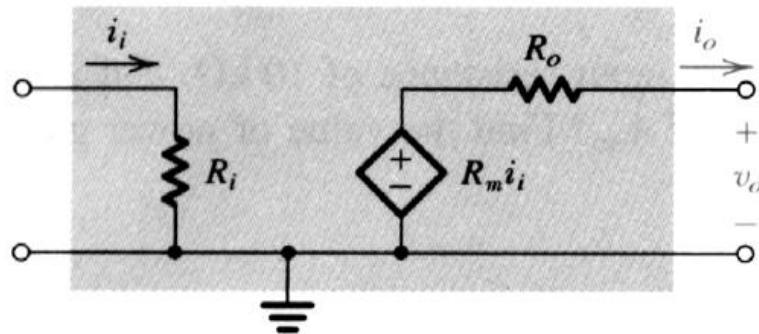
# Amplificador de transcondutância



Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett



## Amplificador de transresistância



Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

## Conceitos básicos de análise e projetos de circuitos eletrônicos

**Análise:** Uma vez conhecidos os valores e características dos componentes do circuito, trata-se da obtenção dos valores de tensão e/ou corrente para estes componentes ou de parâmetros de circuitos, como impedâncias ou ganhos.

Geralmente os modelos de amplificadores são unilaterais, isto é, o sinal é unidirecional, só circula da entrada para a saída. Portanto a análise parte de fonte em direção a carga.

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

# Projeto

Processo de calcular valores e especificações de componentes e de escolher dispositivos de forma que os circuitos realizem o processamento necessário do sinal.

O projeto é feito utilizando-se das equações obtidas durante a análise para obtenção dos valores dos componentes.

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

# Simulação

A simulação é uma ferramenta valiosa dentro do processo de análise e projeto de circuitos. Contudo a fidelidade do resultado de simulação depende dos modelos e parâmetros utilizados. A análise dos resultados de simulação deve ser criteriosa.

*A simulação é uma caricatura da realidade*

O programa de simulação de circuitos eletrônicos mais utilizado é o PSPICE.

<http://www.orcad.com/downloads/demo/default.asp>

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

## Dicas

- Os livros Razavi e Sedra/Smith trazem ao final de cada capítulo alguns exemplos de simulação com PSPICE.
- O livro do Boylestad traz exemplos de análise computacional passo-a-passo.

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

## Sugestão de estudo

- Razavi Cap. 1
- Sedra/Smith quarta edição
  - Cap. 1, seções 1.1, 1.3, 1.4 e 1.5
  - Problemas : 1.1, 1.2, 1.11, 1.15 e 1.16

Fonte: Aula do Prof. Fabiano Fruett

FIM