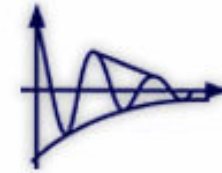


# VII Escola do CBPF

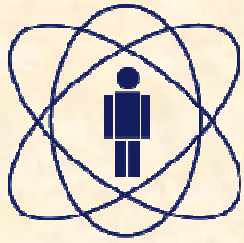
Rio de Janeiro, 14 a 25 de julho de 2008



## Fundamentos para Eletrônica e Sistemas de Medidas

Prof.: Geraldo Cernicchiaro  
[geraldo@cbpf.br](mailto:geraldo@cbpf.br)

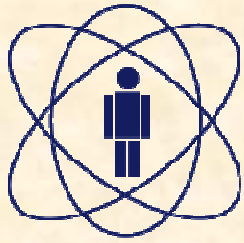
O curso pretende apresentar fundamentos físicos para se entender a eletrônica, e as bases de tecnologia moderna, a partir de elementos funcionais como amplificação, modulação, transmissão, demodulação e processamento de sinais elétricos, sem focar tecnicismos, nem sua implementação.



# EMENTA

---

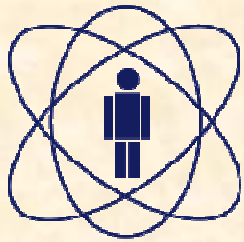
- **Eletricidade básica.**
- **Codificação, transmissão, processamento e decodificação de informação e sinais elétricos.**
- **Transdutores e sensores.**
- **O mundo analógico e as válvulas.**
- **Amplificação, retificação, modulação e demodulação.**
- **O mundo digital e noções de álgebra de Boole.**
- **Medidas elétricas e ruído.**
- **Dispositivos de medida: ADCs, DACs, osciloscópios, etc.**
- **Técnicas experimentais: magnetometria, resistividade, etc.**
- **Aquisição de dados e interfaces.**



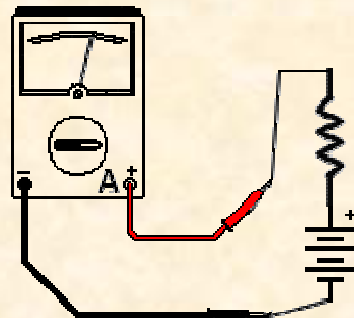
# Sumário

---

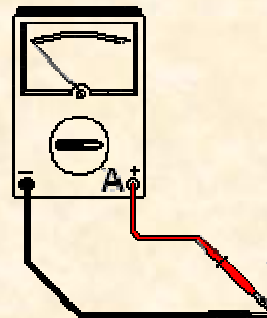
- **Aula 2**
  - **Circuitos**
  - **Norton e Thevenin**
  - **Medidas de resistência elétrica**
  - **Máxima transferência de energia**
  - **Válvula**
  - **Retificação**
  - **Amplificação**
  - **Eletrônica**



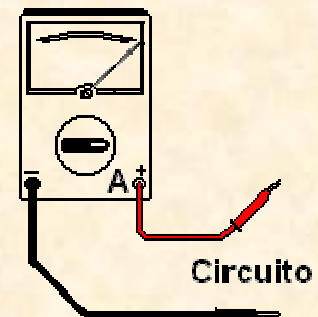
# Medida de Corrente - Ampère



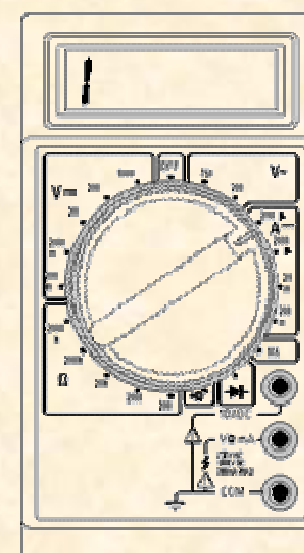
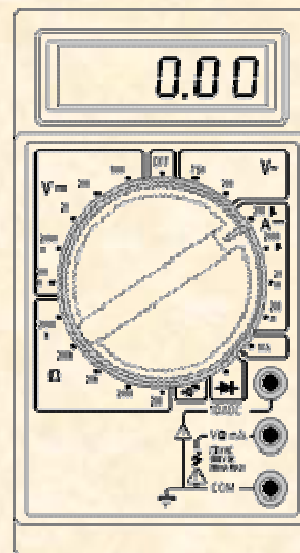
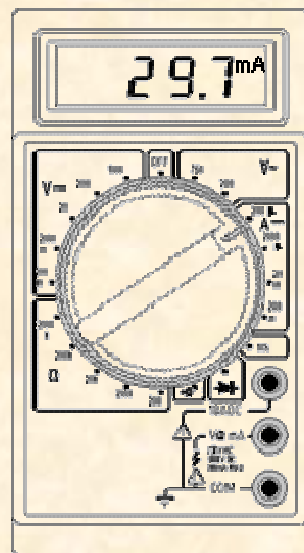
Medição  
Corrente

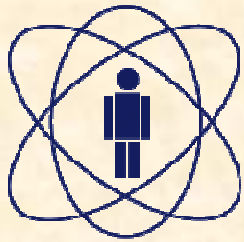


Corrente  
Nula

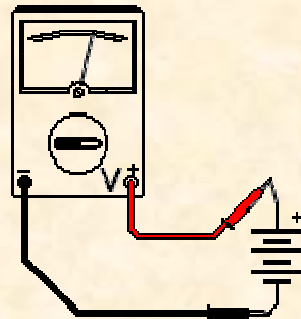


Excesso  
Corrente

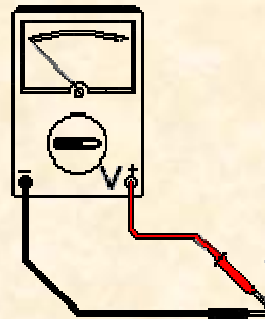




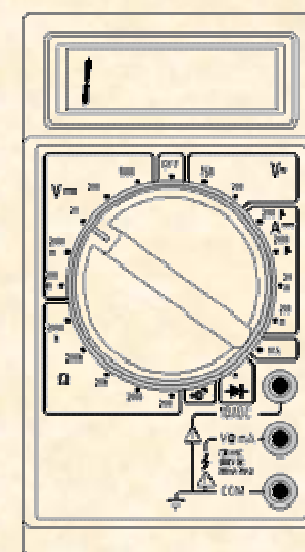
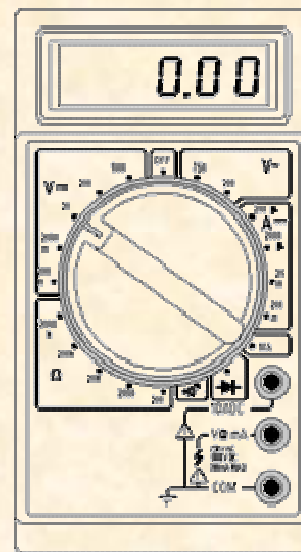
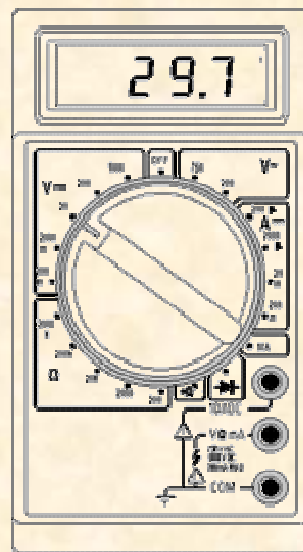
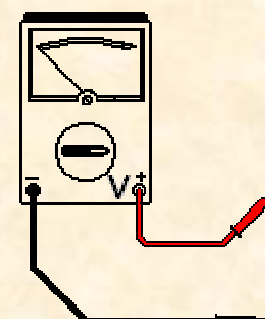
# Medida de Tensão - Volt

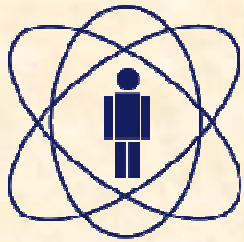


Medição  
Tensão

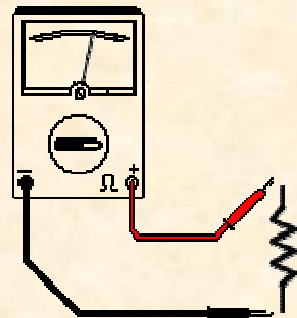


Tensão  
Nula

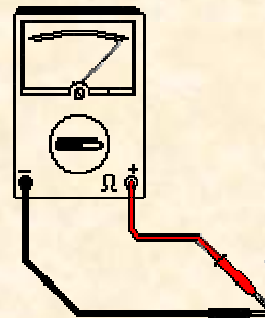




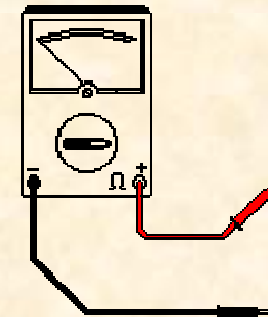
# Medida de Resistência Elétrica - Ohm



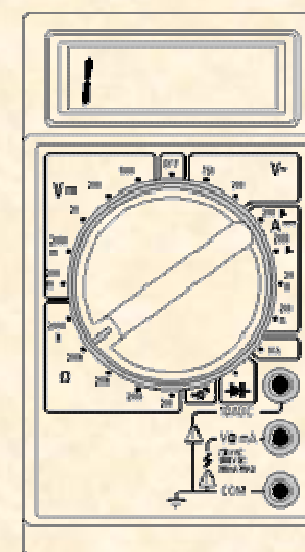
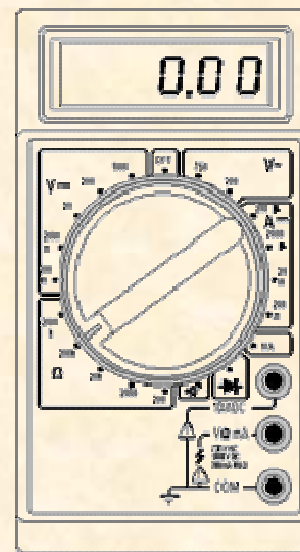
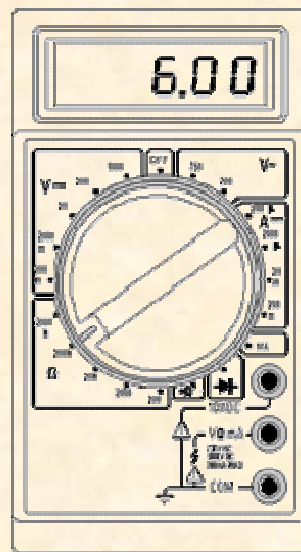
medição  
resistência

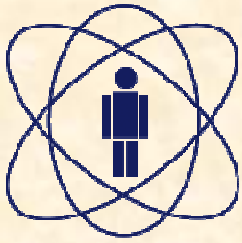


Resistência  
Nula - Curto



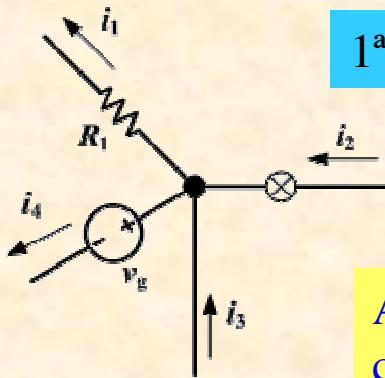
Resistência  
Infinita





# Leis de Kirchhoff

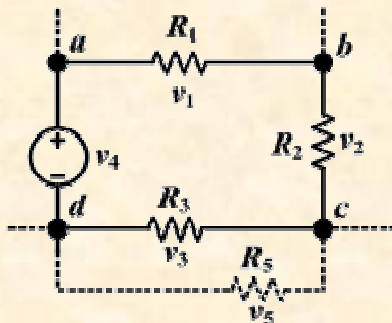
- Regem a associação de componentes num circuito (1845)



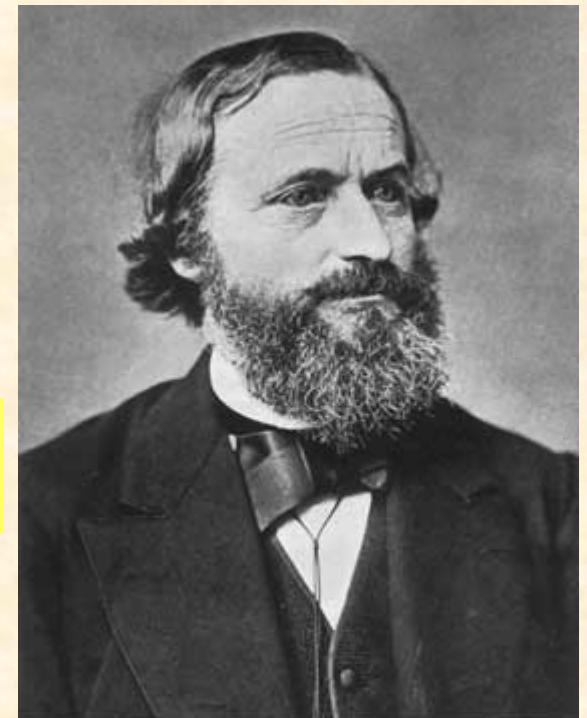
1ª - Lei das correntes ou lei dos Nós

A soma algébrica das intensidades de corrente que concorrem num nó é nula

1ª - Lei das tensões ou lei das Malhas

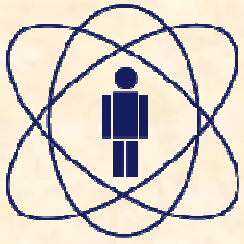


A soma algébrica das quedas de tensão ao longo de uma malha fechada é zero

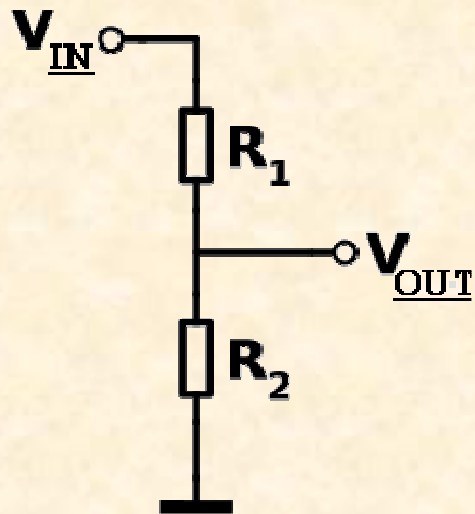


Library of Congress

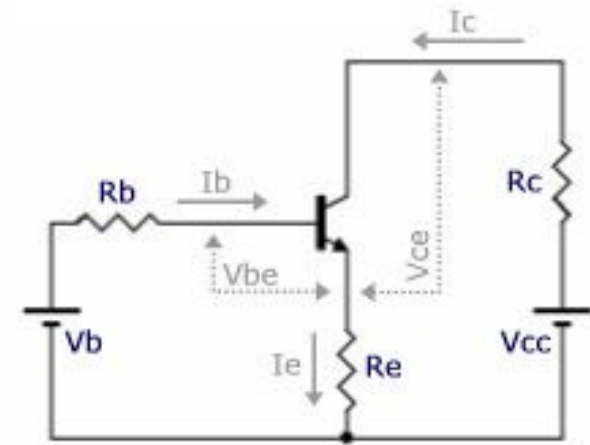
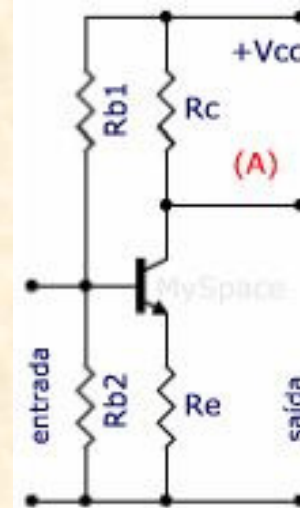
G. R. Kirchhoff (1824-1887)

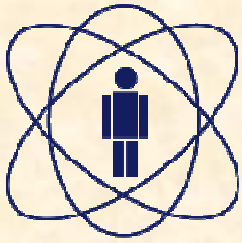


# Divisores de tensão



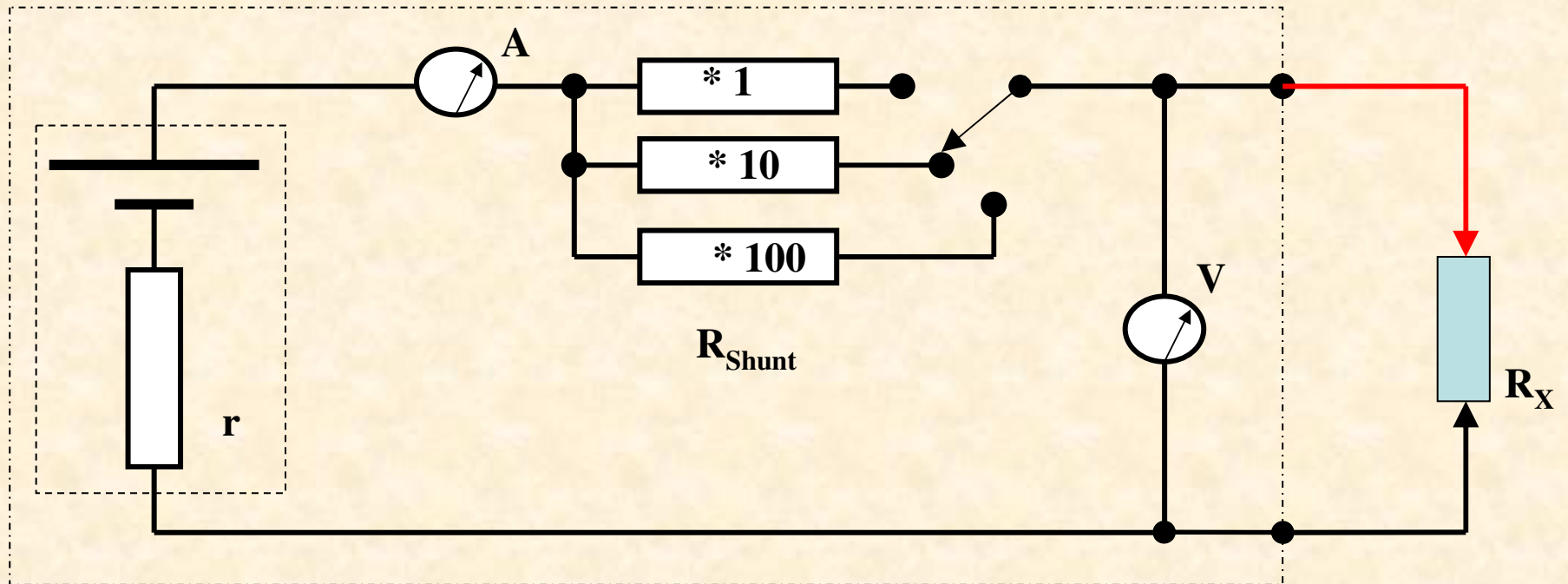
$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in}$$



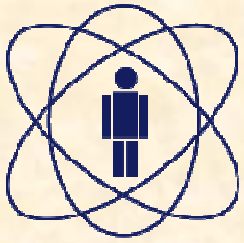


# Medida de resistência elétrica

Medição a dois fios

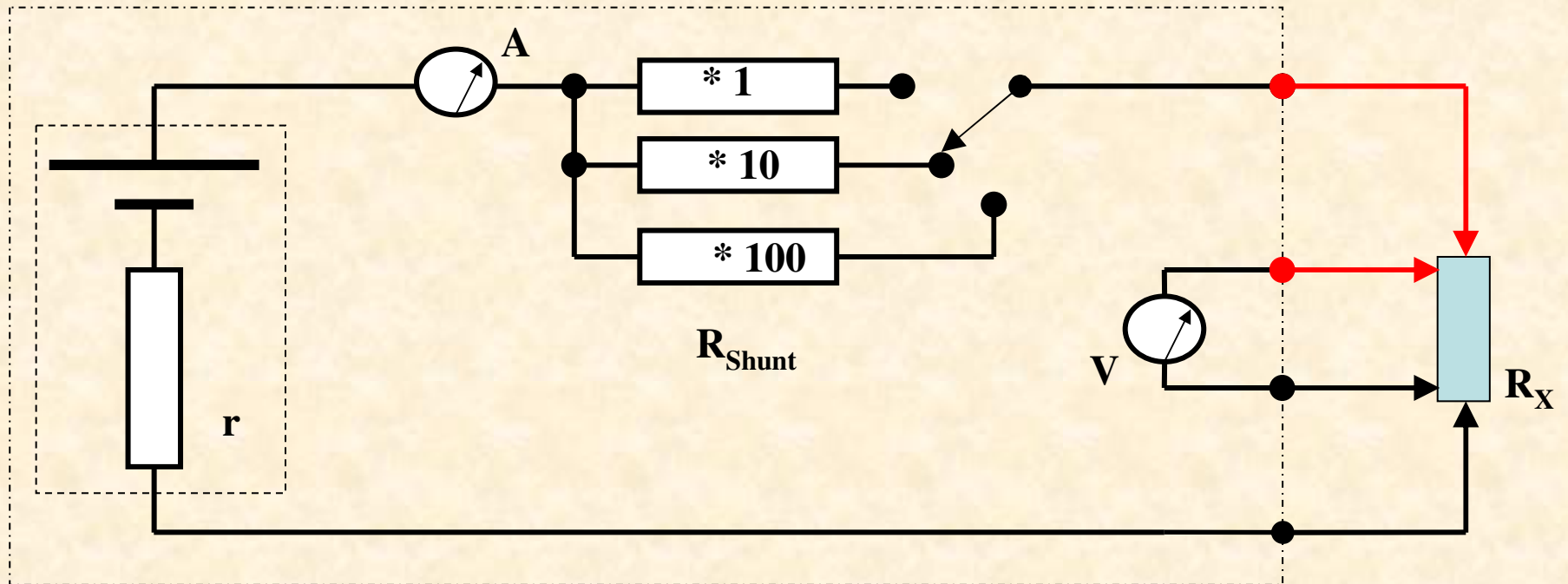


Funciona para medir valores altos de resistência

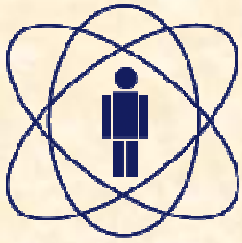


# Medida de resistência elétrica

## Medição a quatro fios

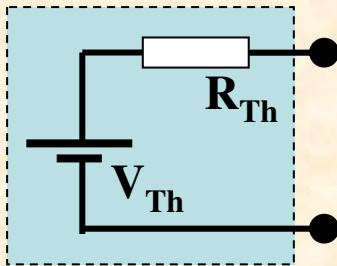


**A medida independe da resistência das ponteiras e dos contatos**



# Circuito equivalente

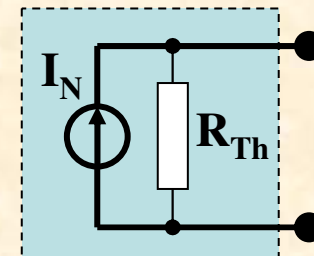
## Equivalente de Thévenin

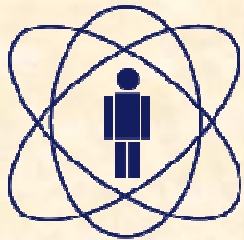


O teorema de Thévenin afirma que, do ponto de vista de um qualquer par de terminais, um circuito linear pode sempre ser substituído por uma fonte de tensão com resistência interna  $R_{Th}$ .

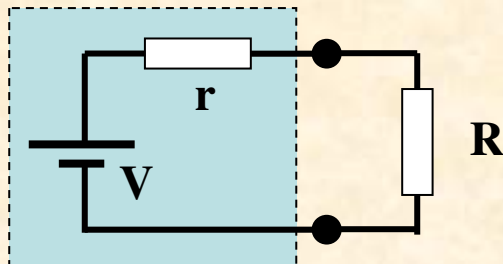
## Equivalente de Norton

A transformação de fonte indica que uma fonte de tensão com resistência interna não nula pode ser substituída por uma fonte de corrente com resistência interna não infinita  $R_{Th}$ .





# Máxima transferência de energia



$$P = I^2 * R$$

$$e \quad I = \frac{V}{(R + r)}$$

$$P = \frac{V^2 * R}{(R + r)^2}$$

é máximo para

$$\frac{dP}{dR} = 0$$

$$(u/v)' = (u'.v - u.v') / v^2$$

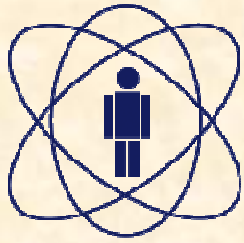
$$\frac{dP}{dR} = \frac{(R + r)^2 * \frac{d(V^2 R)}{dR} - \frac{d(R + r)^2}{dR} * V^2 R}{(R + r)^4} = \frac{(R + r)V^2 - 2RV^2}{(R + r)^3} = 0$$

$$\frac{dP}{dR} = \frac{(r - R)V^2}{(R + r)^3} = 0$$

$$\text{como } \begin{cases} V^2 \neq 0 \\ (R + r)^3 \neq 0 \end{cases}$$

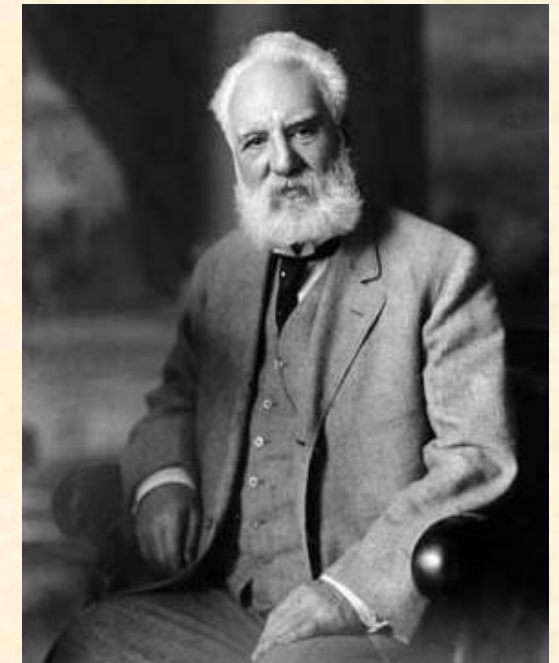
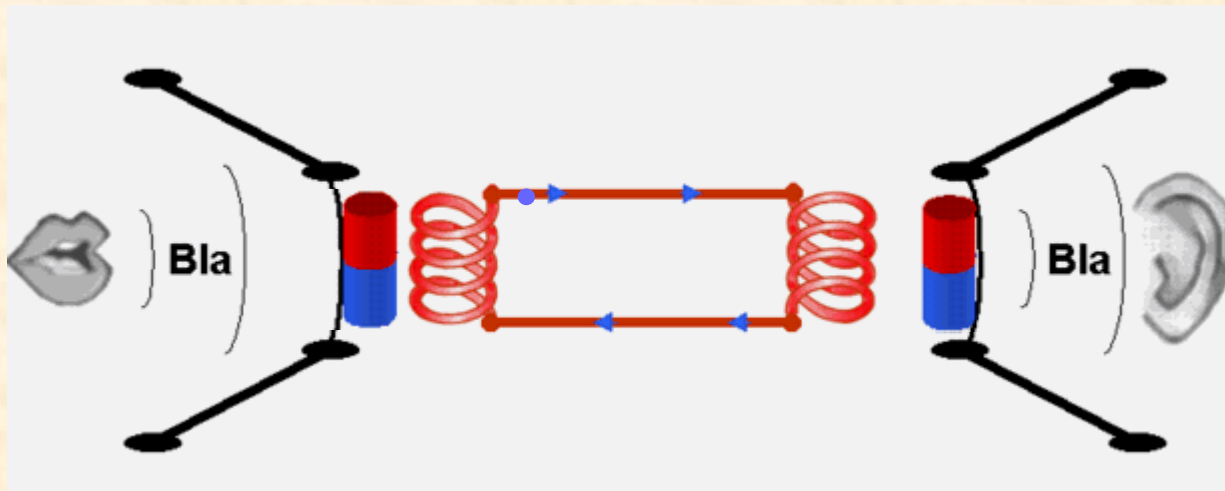
$$\text{logo } r - R = 0$$

$$\text{então } R = r$$



# Telefone de Bell

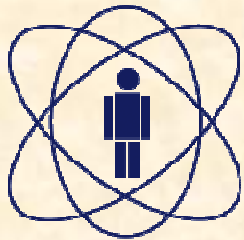
- A membrana faz vibrar o imã que por sua vez induz uma corrente alternada na primeira bobina no ritmo das ondas sonoras



A. G. Bell (1847 - 1922)

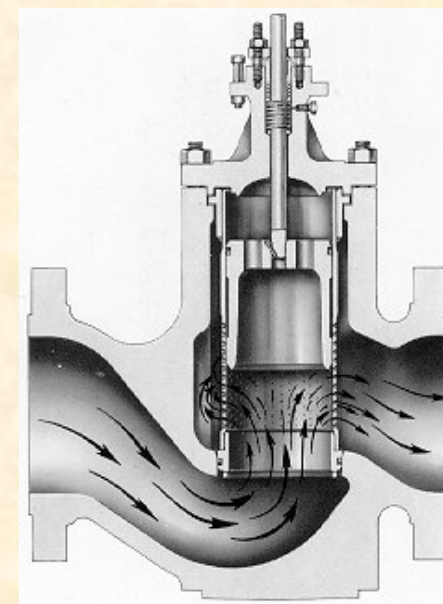
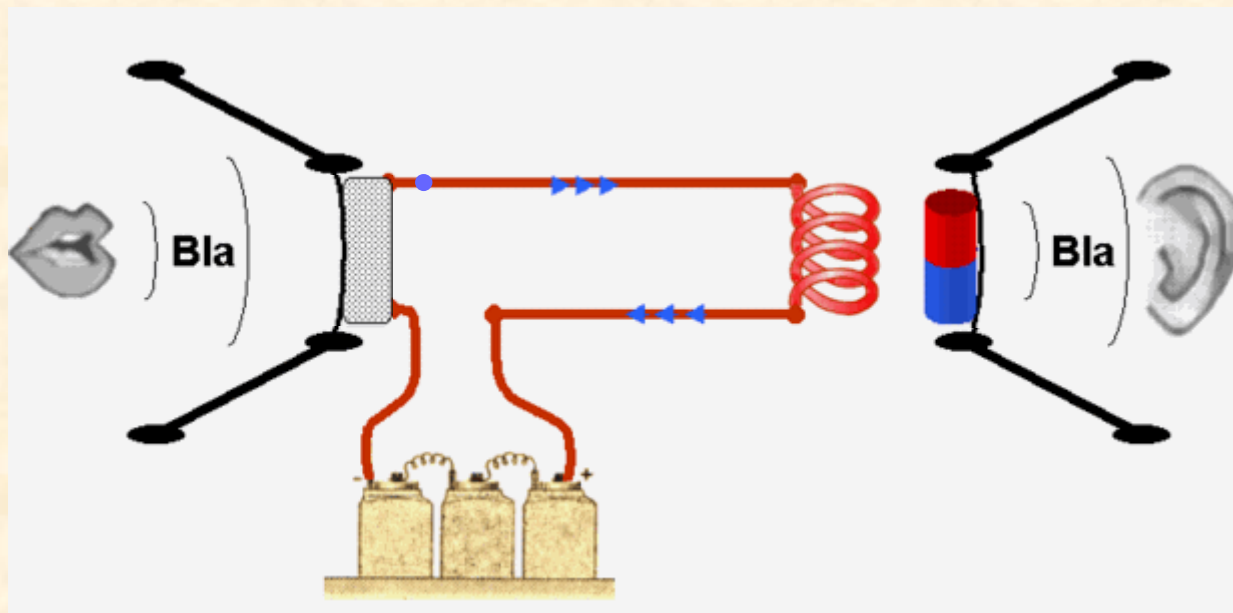
- A corrente induz um campo magnético que faz vibrar o imã acoplado a membrana produzindo ondas sonoras

Problema - nível do sinal



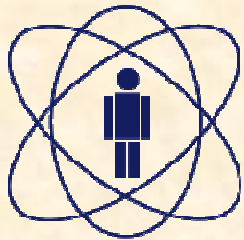
# Telefone de Edison

- A pressão sonora faz vibrar as membranas do microfone
- Estas comprimem os grãos de carbono variando sua resistência elétrica
- Variando a corrente no circuito que excitam a corrente no alto-falante



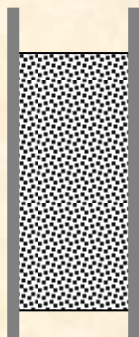
- Análogo de uma válvula hidráulica

• Uma forma de amplificação



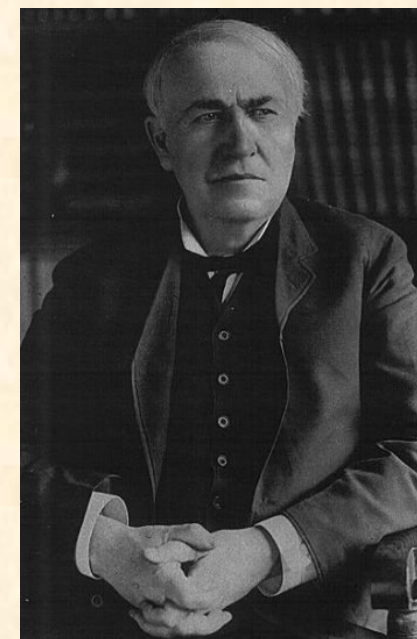
# Microfone de carvão

- O microfone (1877) é composto por duas placas metálicas separadas por grãos de carbono

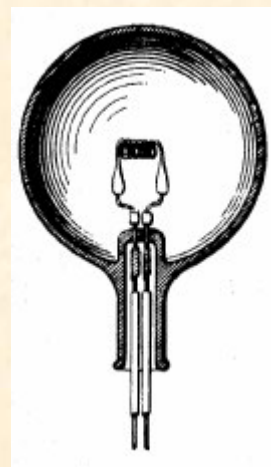


- Quando o som faz vibrar a placa, a pressão sobre os grãos varia na mesma frequência.

- Fazendo variar a resistência elétrica do dispositivo (maior pressão comprime os grãos diminuindo a resistência)



T. A. Edison (1847 –1931)



- J. W. Swan (1878)
- 1º lâmpada viável comercialmente

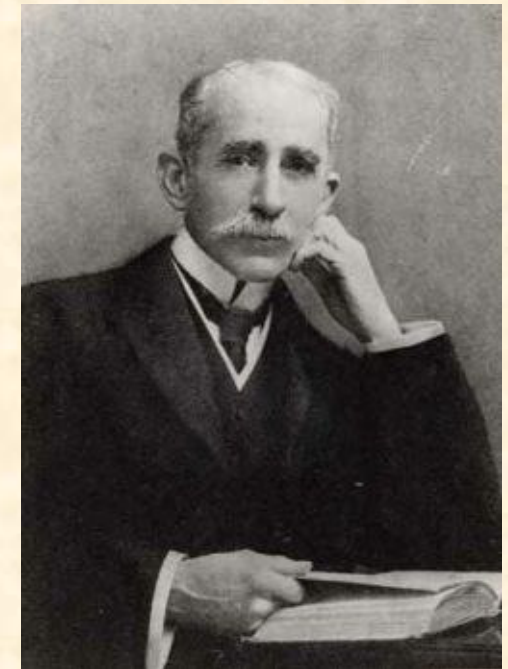
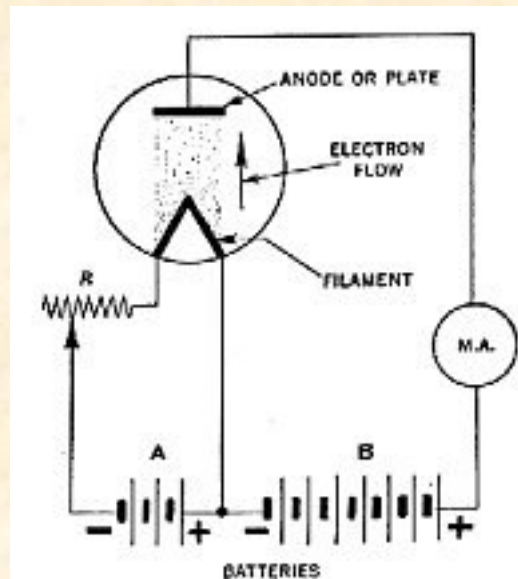


# Válvula Diodo

- O filamento metálico da válvula (1904) ao ser aquecido
- Emite elétrons que agitados graças à alta temperatura,



- conseguem vencer a barreira superficial do metal

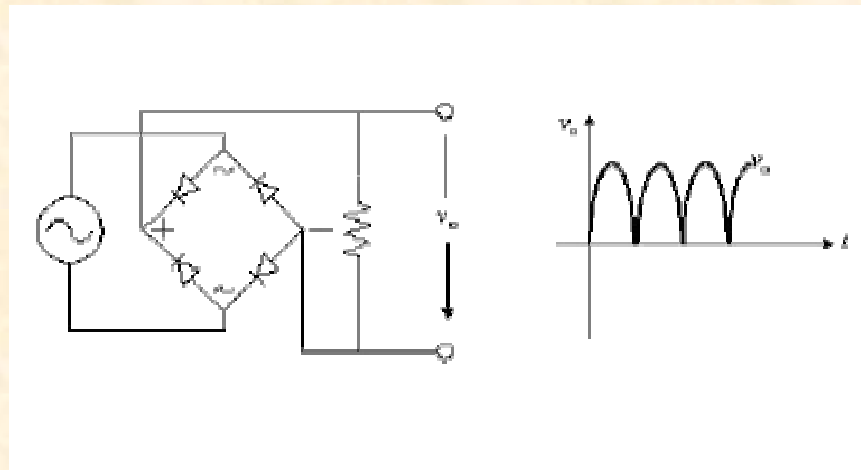
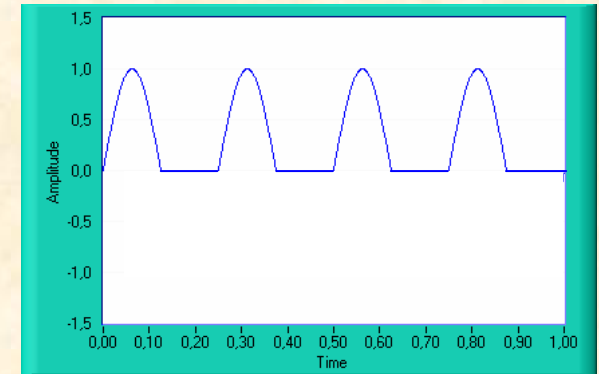
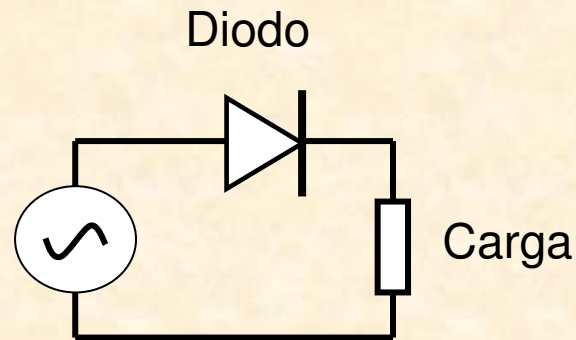
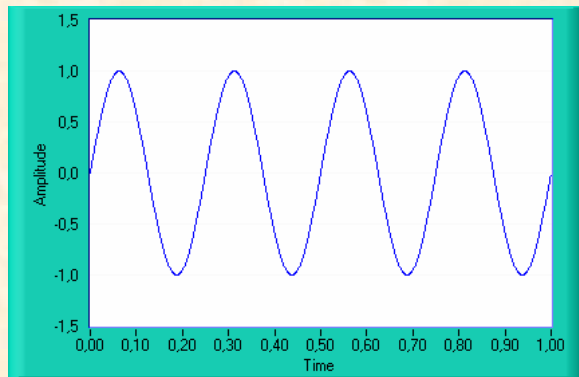


J. A. Fleming (1849–1945)

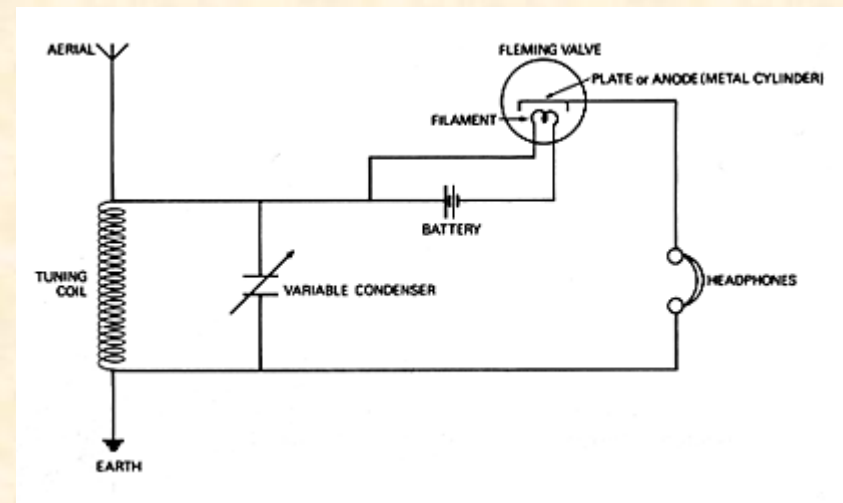
- Fechando o circuito com a placa polarizada positivamente



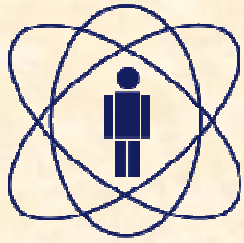
# Válvula Retificadora



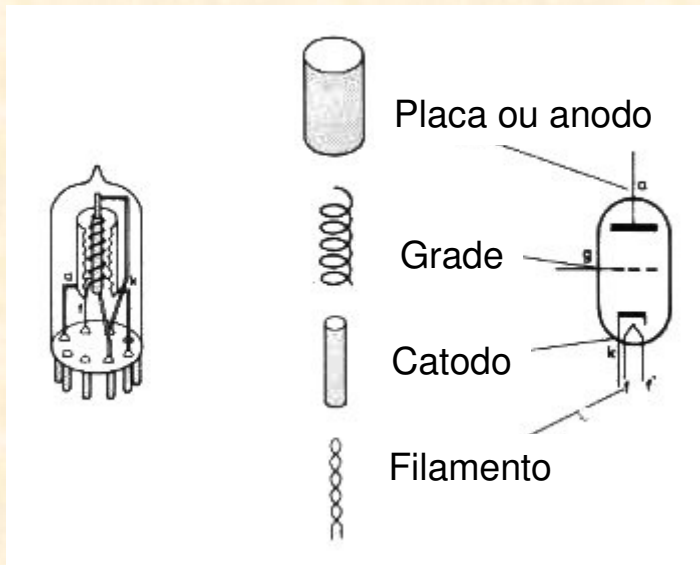
Retificação de onda completa



Detector de ondas radioelétricas

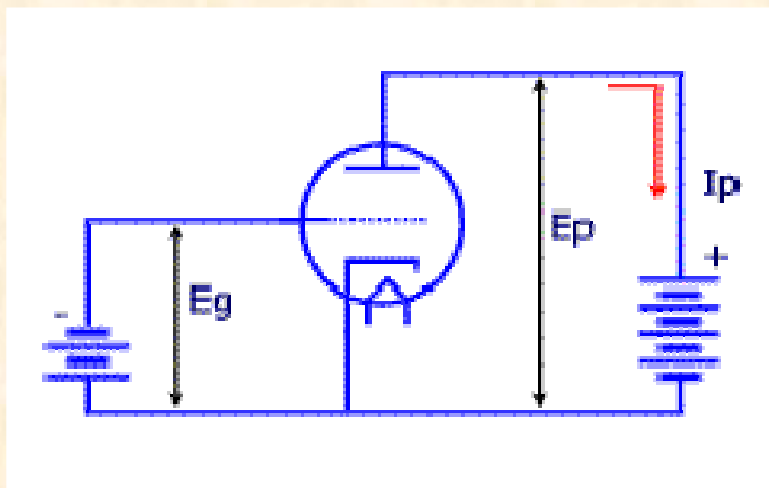
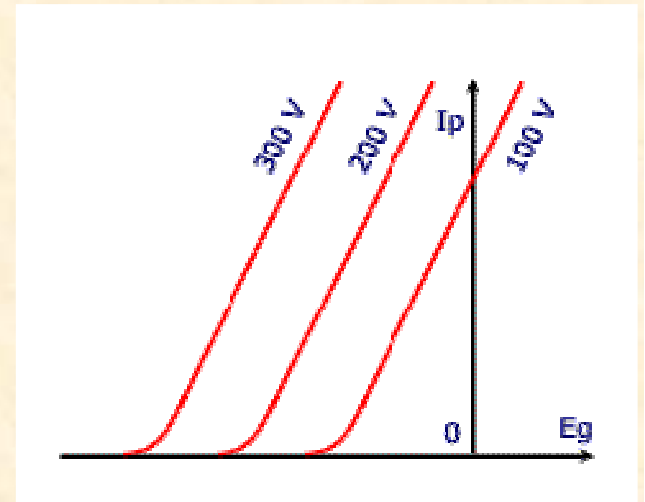


# Válvula Triodo



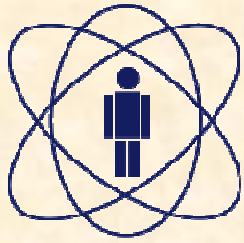
- De Forest (1907) introduz uma grade entre o anodo e o catodo

- Aplicando uma pequena variação negativa na grade se produz uma grande variação na corrente entre anodo e catodo.



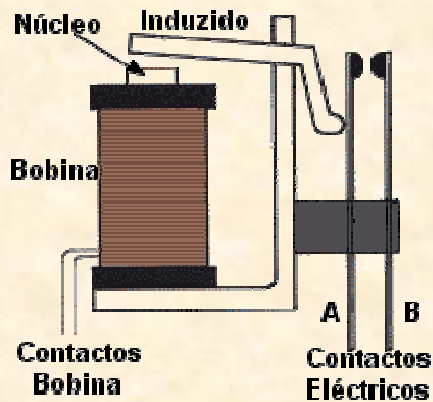
- A válvula não só detectava como também amplificava os sinais aplicados à grade.



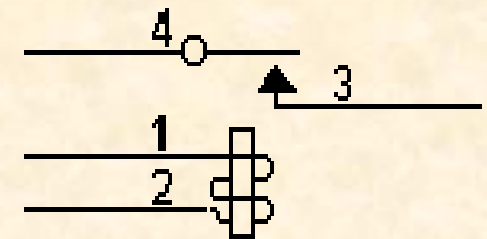


# Relé

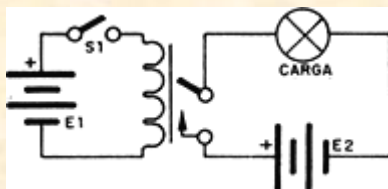
- Os relés são dispositivos comutadores electromecânicos.



- Uma pequena corrente na bobina cria um campo magnético que através do seu núcleo atrai o induzido, fechando os contactos entre os pontos A e B.

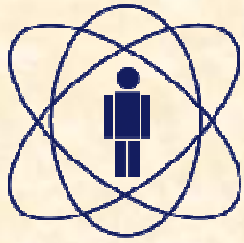


- Simbolo.

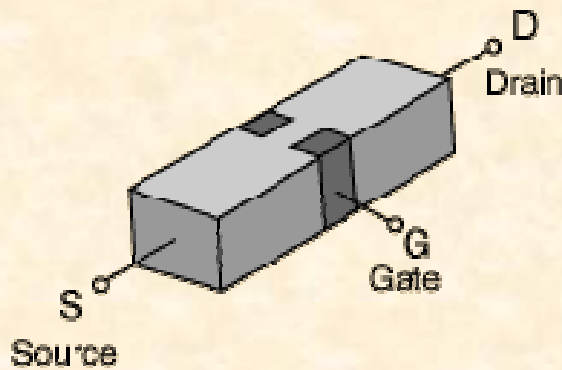


- Possibilita o controle de circuitos de altas correntes

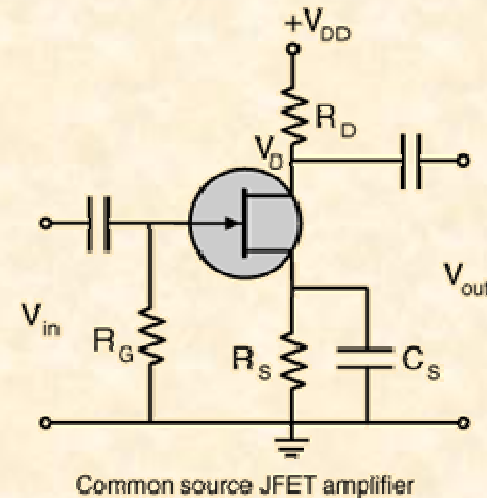
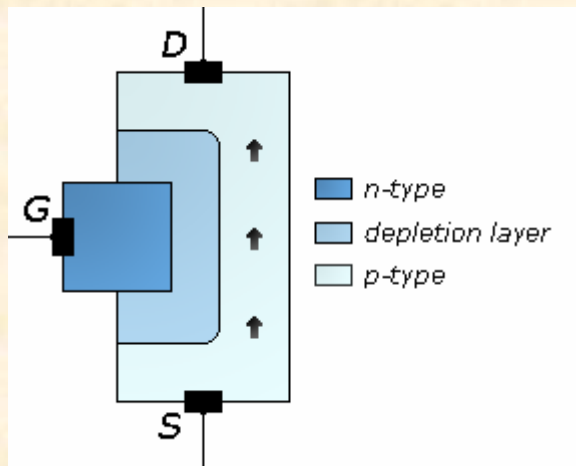




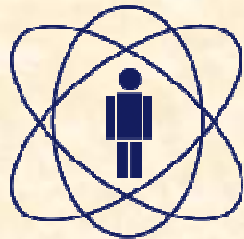
# Transistor de Efeito de Campo - FET



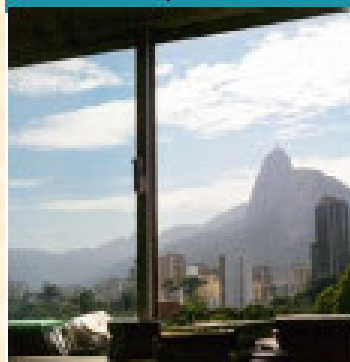
- Um FET é um dispositivo semiconductor que controla o fluxo de portadores em seu interior utilizando um canal, cuja espessura é controlada por regiões de depleção, nas quais não existem portadores.



- D - dreno (drain)
- S - fonte (source)
- G - "controle do porta" (gate)

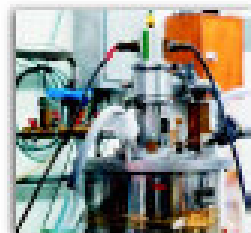


CBPF | CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS



# MESTRADO EM INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA PROFISSIONALIZANTE EM FÍSICA

Formação interdisciplinar de recursos humanos qualificados para instrumentação, em ambiente de pesquisa de fronteira, voltado à inovação tecnológica e à física aplicada



## ÁREAS DE ATUAÇÃO

- APLICAÇÕES EM RAIOS-X
- AUTOMAÇÃO DE EXPERIMENTOS
- CRIOGENIA
- DETEÇÃO DE PARTÍCULAS
- PROCESSAMENTO DE SINAIS E IMAGENS
- COMPUTAÇÃO DE ALTO DESEMPENHO
- TÉCNICAS EXPERIMENTAIS EM MAGNETISMO
- NANOSCOPIA

## PROGRAMA PARA 2006/2007

### SEGUNDO SEMESTRE 2006

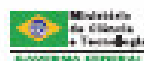
- ▶ MECÂNICA QUÂNTICA APLICADA
- ▶ METROLOGIA
- ▶ MÉTODOS EXPERIMENTAIS E SISTEMAS DE MEDIDAS
- ▶ COMPUTAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ALTO DESEMPENHO

### PRIMEIRO SEMESTRE 2007

- ▶ ELETRÔNICA ANALÓGICA E DIGITAL
- ▶ PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS E IMAGENS
- ▶ MAGNETISMO APLICADO

Inscrições abertas até 27 DE JULHO DE 2006  
Data de entrega de admitência 31 DE JULHO DE 2006

INFORMAÇÕES E INSCRIÇÕES ▶ [www.cbpf.br/instrumentacao](http://www.cbpf.br/instrumentacao)



Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF/USP  
Gratuitamente ao Transporte Coletivo - CPC  
Rua Dr. Carlos Chagas, 130, sala - 2005-100  
Barro Preto - RJ, Brasil - Postal: Instrumentação@cbpf.br  
Tel: +55 (21) 246-7600/246-7500 - Fax: +55 (21) 246-7500