



Física Experimental III

Notas de aula: <http://www.dfn.if.usp.br/~suaide>

LabFlex: <http://www.dfn.if.usp.br/curso/LabFlex>

Aula I

Prof. Alexandre Suaide

Ramal: 7072

Ed. Oscar Sala (Pelletron), sala 246

Experiência I – Circuitos C.C.

- Estudar elementos elétricos simples
 - Como eles se comportam?
 - O que acontecesse quando flui corrente sobre estes elementos?
 - Quais as suas características?
- Estudo de circuitos elétricos simples
- Medidas elétricas
 - Como medir grandezas elétricas?

Alguns conceitos importantes

- Potencial elétrico
- Corrente elétrica
- Energia e potência
- Resistência elétrica
 - Lei de Ohm
- Medindo tensões, correntes e resistências.

Campo elétrico

- Força coulombiana entre duas cargas

$$\vec{F}(q_1, q_2) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

- Força aplicada a uma carga devido à interação com várias cargas diferentes

$$\vec{F}(q) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i$$

Campo elétrico

- Em analogia ao campo gravitacional podemos dizer que a carga q sofre uma força devido ao campo elétrico resultante da presença das outras cargas:

$$\vec{F}(q) = q\vec{E}$$

- O campo elétrico, neste caso, vale:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i$$

O potencial elétrico

- Forças conservativas podem ser escritas através de um potencial, de tal modo que o campo de uma força conservativa é dado por:

$$\vec{E} = -\nabla \cdot V$$

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \hat{x} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{y} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{z}$$

- Unidades:
 - Potencial elétrico \rightarrow Volt (V)
 - Campo elétrico \rightarrow V/m (Volt por metro)

Corrente elétrica

- Se uma carga sofre uma força, então ela pode se movimentar.
- Define-se a corrente elétrica como sendo a quantidade de carga que atravessa uma secção transversal de um meio por unidade de tempo

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$$

- Unidade: Ampere. $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$

Energia e potência

- Se um corpo aumenta a sua velocidade, conseqüentemente, aumenta a sua energia cinética.
- Sejam dois corpos iguais que aumentam a sua velocidade de uma mesma quantidade, porém em intervalos de tempo diferentes.
 - Em um corpo, a transferência de energia se deu mais rapidamente que no outro.

Energia e potência

- Define-se potência como sendo a taxa de realização de trabalho, ou seja:

$$P = \frac{dW}{dt} = V \cdot i$$

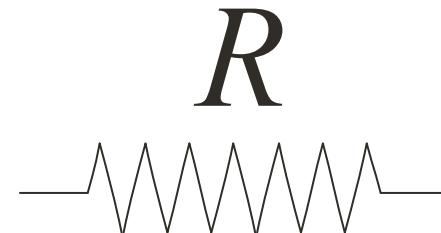
- Dois casos distintos
 - Potência negativa → Fornecendo energia.
 - Potência positiva → Absorvendo energia.
- Unidade: Watt: $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$

Resistência de um material

- Corrente elétrica
 - Elétrons livres se movendo em um condutor
 - Interação com outros elétrons e átomos do material
 - Resistência à movimentação das cargas

- Resistência elétrica

$$R = \frac{V}{i}$$



- Unidade Ω (Ohm) | $\Omega = | V/A$

Lei de Ohm

- Estabelece que a resistência elétrica

$$R = \frac{V}{i}$$

deve ser constante para um determinado material. Esta resistência não deve depender da tensão ou corrente no circuito utilizado, bem como de outras variáveis, como temperatura. Neste caso diz-se que o resistor é ôhmico.

Potência absorvida por um resistor

- Em um resistor

$$R = \frac{V}{i}$$

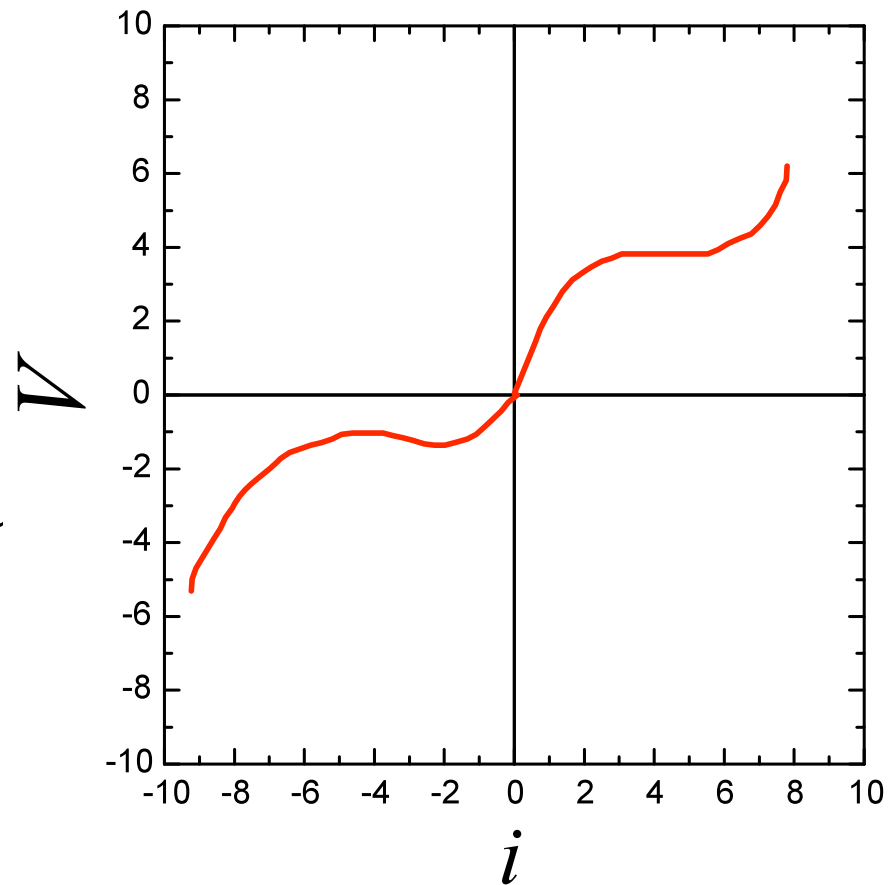
- Deste modo, podemos calcular a potência absorvida como sendo:

$$P = V \cdot i$$

$$P = R \cdot i^2 \quad \text{ou} \quad P = \frac{V^2}{R}$$

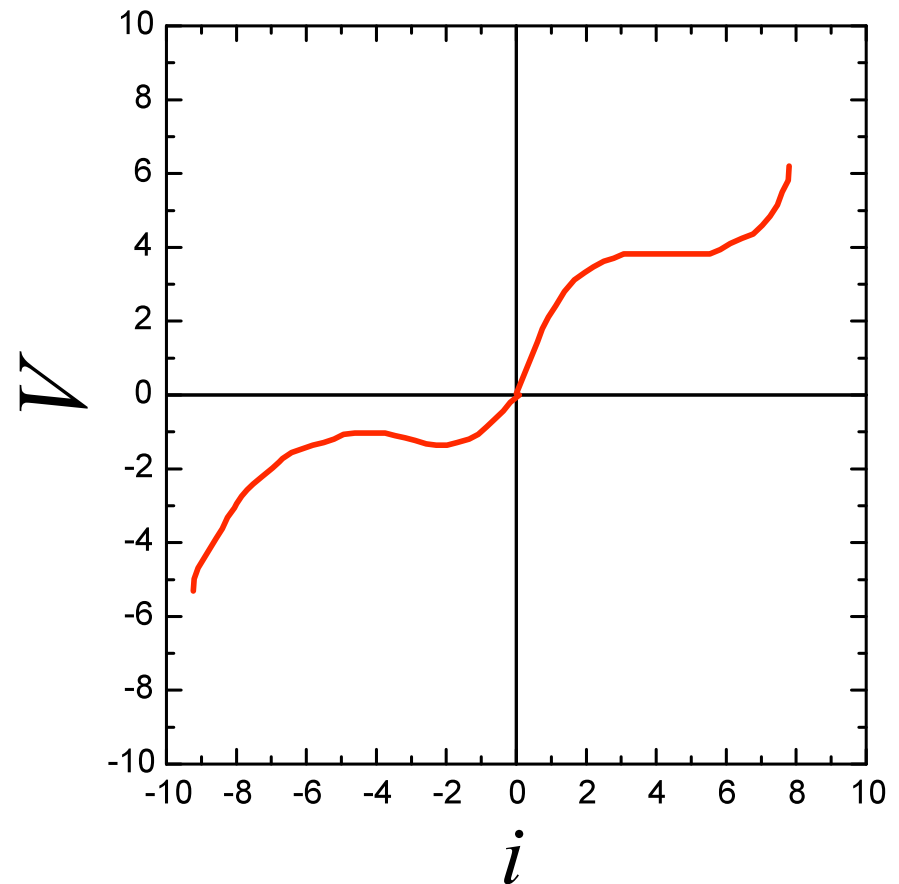
Curvas características

- O que é?
 - É um gráfico, característico de cada elemento, que estabelece qual a corrente que flui pelo elemento como função da tensão aplicada
 - Em geral, gráfico de $V \times i$ para Físicos
 - Técnicos, engenheiros preferem $i \times V$



Curvas características

- Pontos importantes
 - $i = 0$ para $V = 0$
 - Não há corrente se não há tensão aplicada
- Resistência do elemento
 - $R = V/i$
- Resistência dinâmica
 - $R = dV/di$
 - Relevância prática

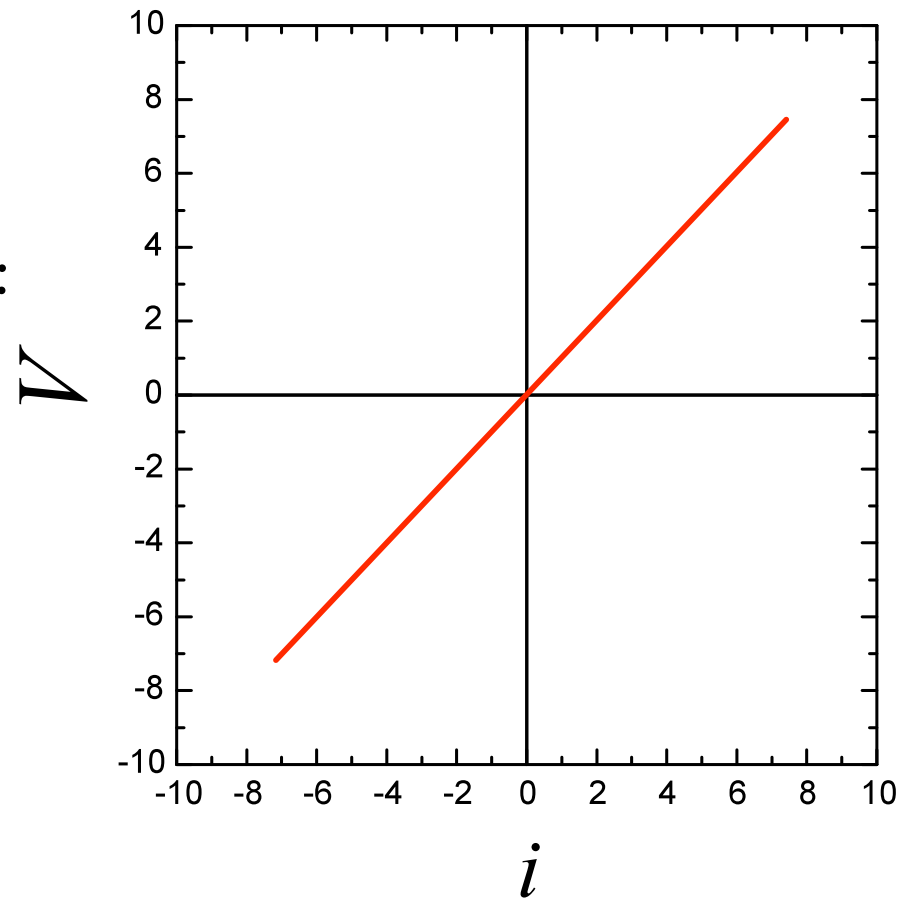


Exemplo: resistor ohmico

- No caso do resistor ohmico,
 - $R = V/i = \text{const.}$, ou seja:

$$V = R \cdot i$$

- Curva característica
 - Reta
 - Resistência dinâmica = resistência



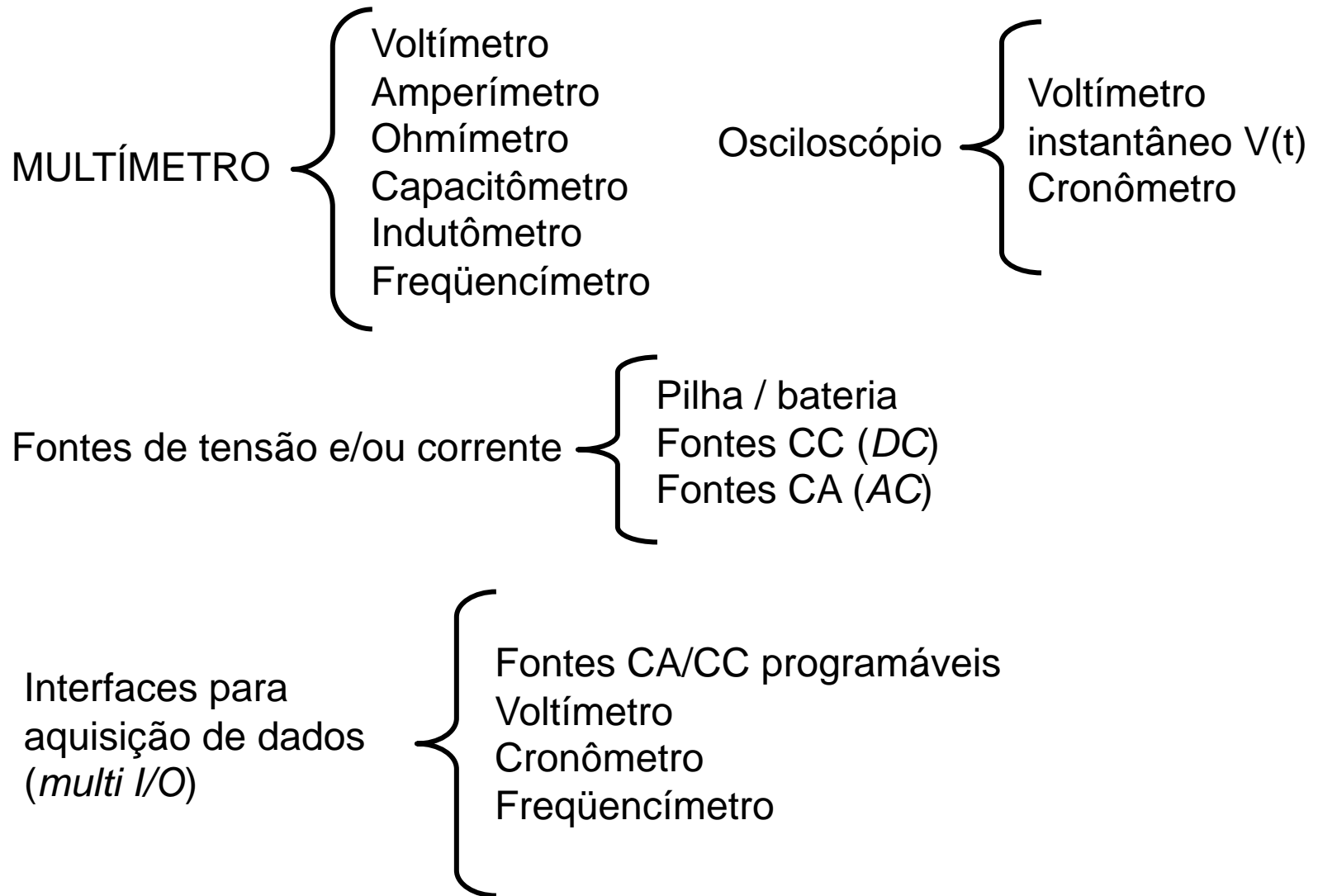
Os objetivos desta semana

- Se familiarizar com equipamentos do laboratório
 - Como realizar medidas elétricas
 - Fontes, multímetros, computador, etc.
- Medir as características de alguns componentes simples
 - Resistor, lâmpada, pilhas, chuveiro elétrico, etc.
- Estudar a influência dos instrumentos de medidas utilizados

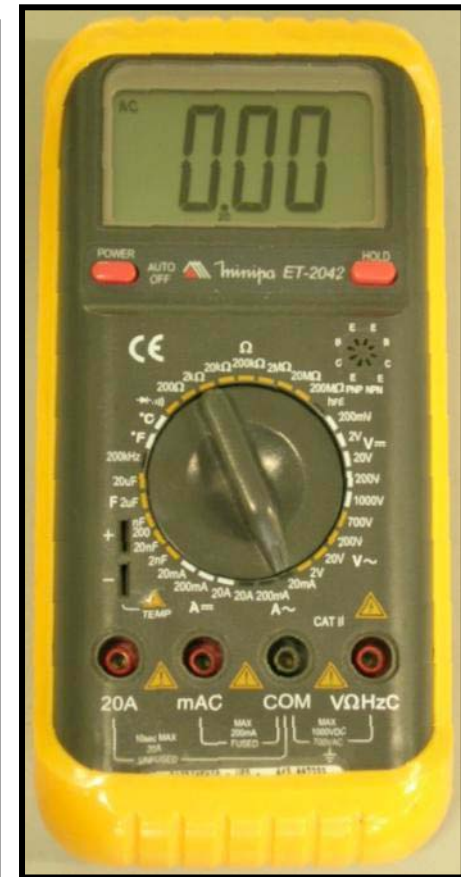
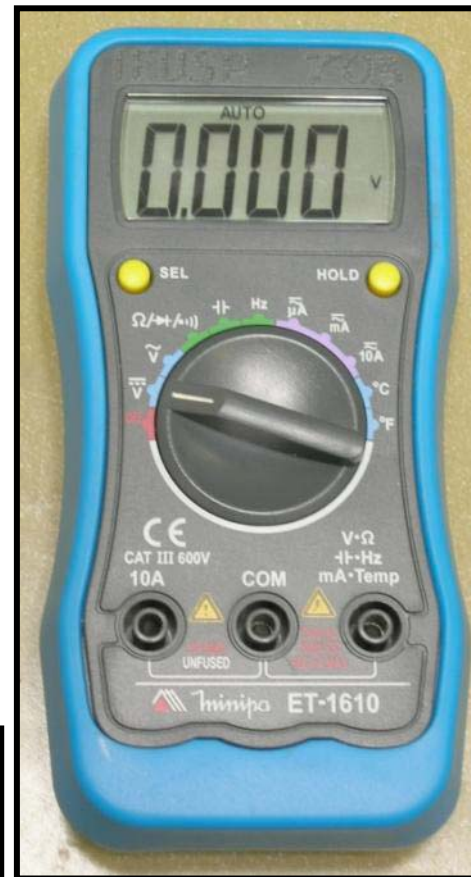
Como medir eletricidade?

- Muitas técnicas
 - Balanças de correntes
 - Medem a força entre dois fios utilizando uma balança mecânica
 - Balanças eletrostáticas
 - Medem a carga entre dois objetos utilizando uma balança mecânica
 - Amperímetros/voltímetros/osciloscópios/etc.
 - Instrumentos utilizados para medir correntes, tensões elétricas, etc.
 - Muito utilizado em situações práticas do dia-a-dia

Instrumentos básicos de um laboratório de eletrônica



Multímetro



Utilizando um multímetro

- Porta COM (comum)
 - Utilizada sempre
- As outras portas dependem do que vai medir (V, Ω , mA, etc)
- Olhe o seletor para saber o que está medindo
 - Cuidado com tensão (e corrente) contínua e alternada!
- HOLD, trava a leitura



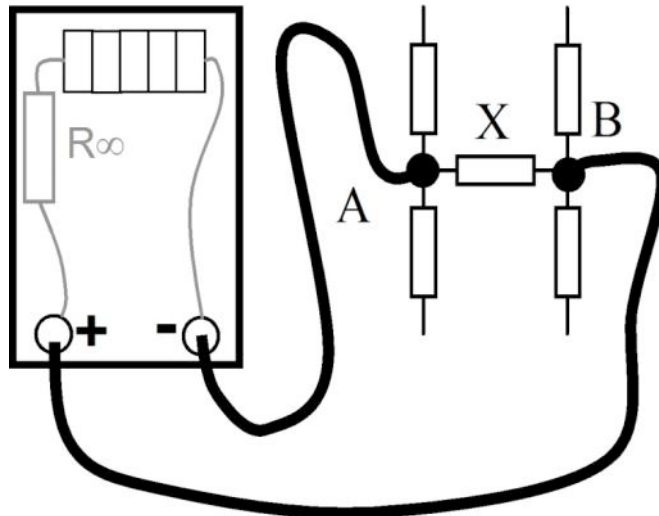
Fazendo a leitura

- Fiquem atentos com a escala utilizada
- Olhem os Algarismos disponíveis na tela, os Algarismos podem mudar com o valor medido.
- Fiquem atentos para a precisão (incerteza) do instrumento
 - Olhem o manual
 - Depende do modelo e da escala utilizada!

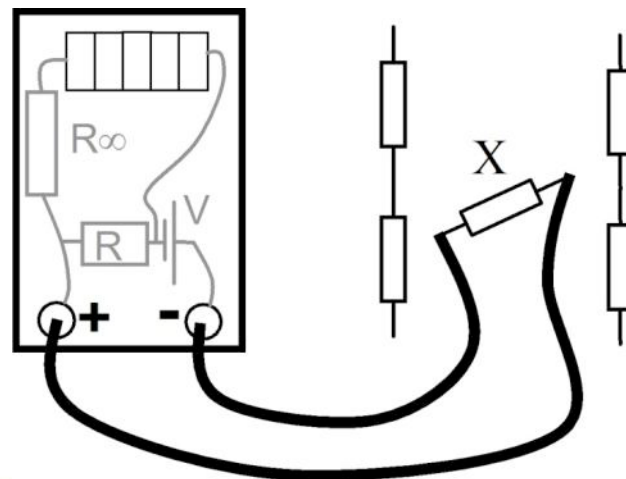


Utilizando um multímetro

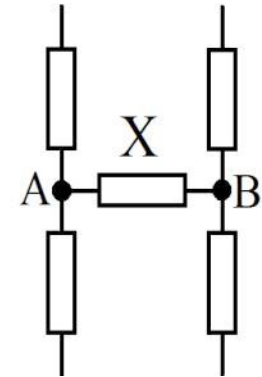
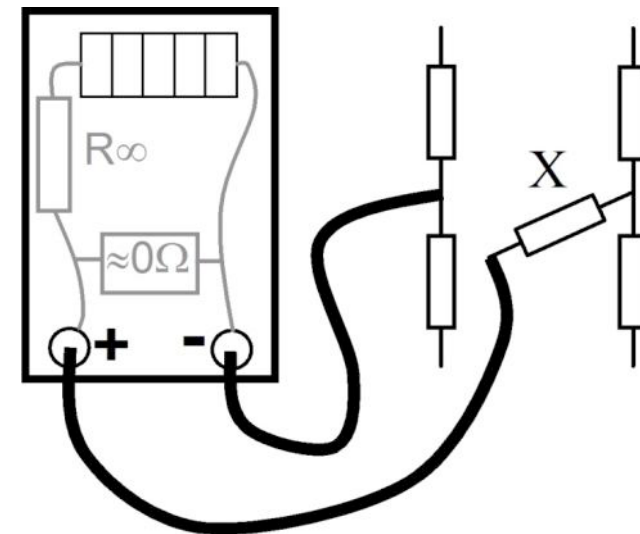
Voltímetro



Ohmímetro



Amperímetro



Interfaces para aquisição de dados e controle



Entradas digitais:
medir pulsos digitais

Entradas analógicas:
Um osciloscópio com
memória

Saída analógica
programada:
Fonte DC
Fonte AC
rampa

Podemos utilizar esta interface como
voltímetro, osciloscópio ou fonte e adquirir os
dados em computador

Ver programa DataStudio nos micros do Lab

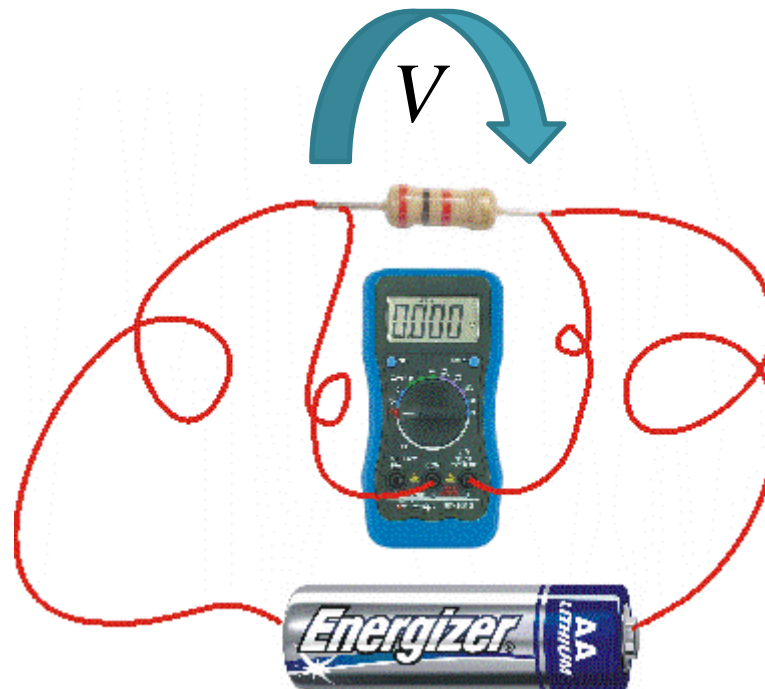
Medindo correntes e tensões em circuitos simples

- Seja um circuito elétrico simples composto de uma pilha e um resistor.
 - Como medimos a tensão no resistor e a sua corrente com um multímetro?



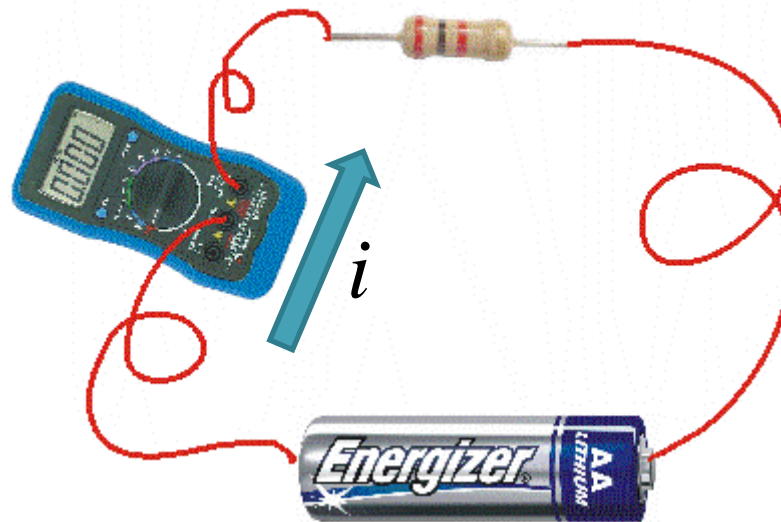
Medindo tensão

- O Voltímetro deve ser colocado em paralelo ao elemento que se quer medir a tensão



Medindo corrente

- O Amperímetro deve ser colocado em série ao elemento que se quer medir a corrente

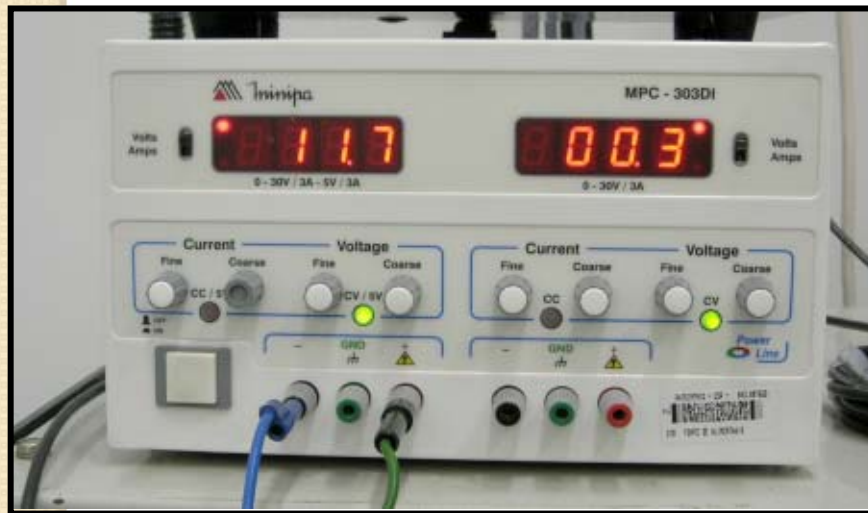


Quem é a nossa pilha?

DC - Direct Current - Tensão/Corrente contínua

Modo tensão (regula V, I depende do circuito)

Modo corrente (regula I, V depende do circuito)

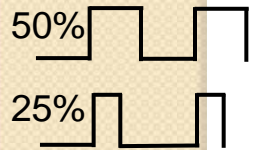


FONTE AC (Alternate Current)

Gerador de funções com amplificador casador de impedância



Duty cycle
ADJust



Frequency
ADJust

Amplitude
ADJust

atenuador

intervalo de
frequências

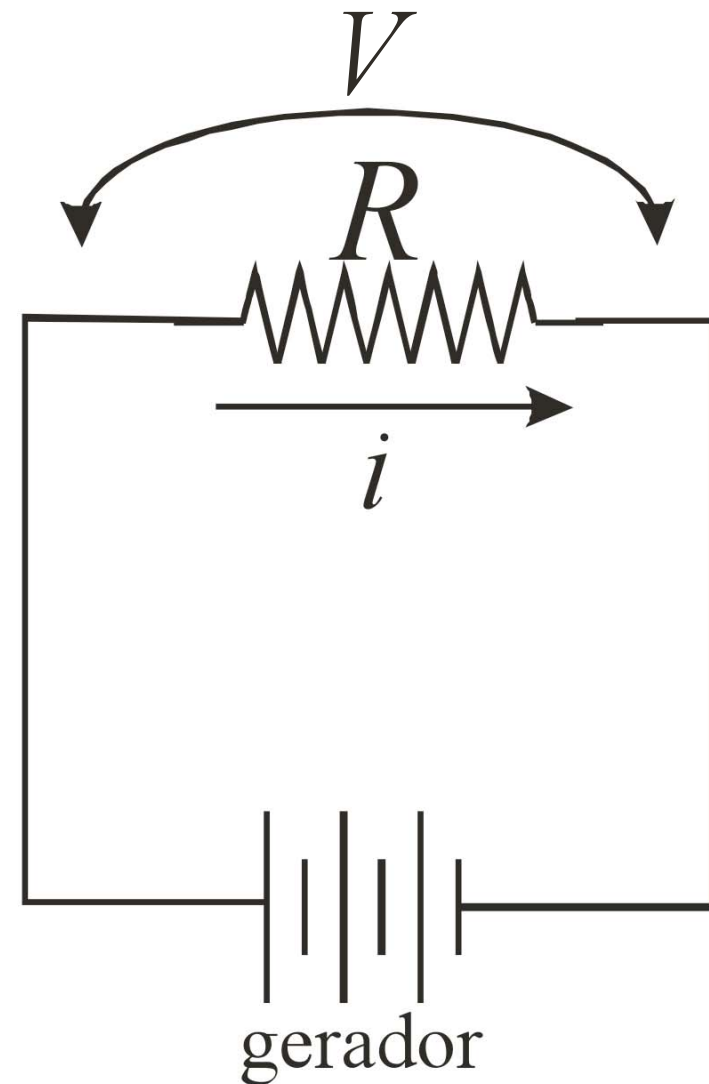
Executa
parâmetro

Atividades da semana (parte I)

- Realizar medidas elétricas de elementos simples:
 - Tensão elétrica de uma pilha A ou AA
 - Resistência elétrica de:
 - Chuveiro elétrico
 - Resistor comercial simples
 - Lâmpada comum de 60W (ou 100W), 127V
 - Resistência entre as mãos
 - Diodo simples (nas duas polaridades)
 - LDR (no escuro e no claro)
- Comparar com valores nominais
 - Ou calcular valores esperados a partir de valores nominais
 - **Apresentar resultados em uma tabela apropriada e discutir.**

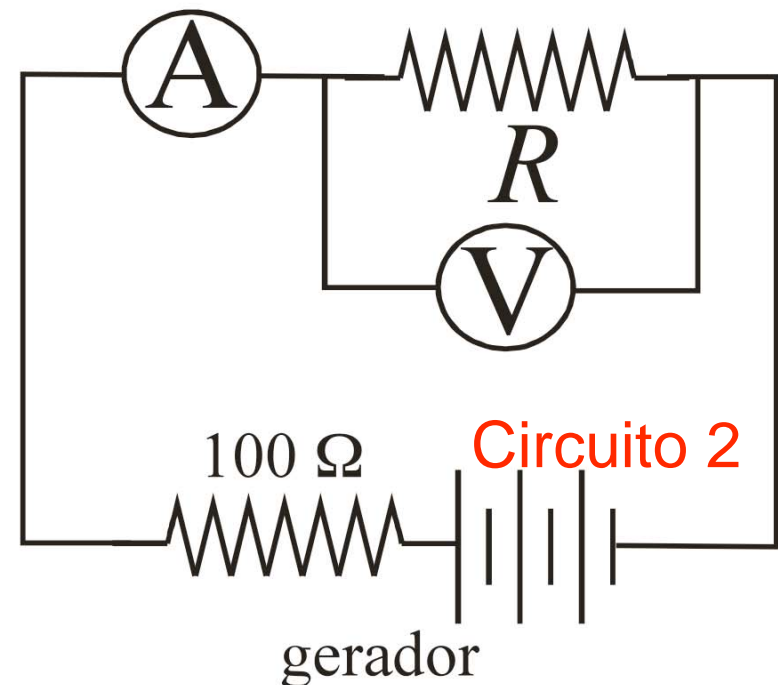
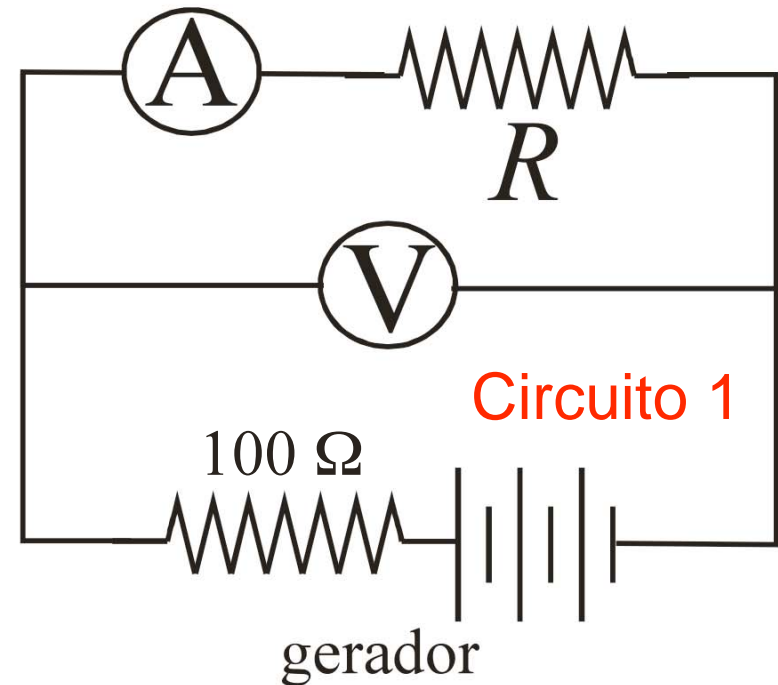
Medindo curvas características

- Utilizando um circuito elétrico simples
 - Mede-se a tensão elétrica sobre o resistor
 - Mede-se a corrente que flui sobre o mesmo
 - Faz-se o gráfico apropriado



Na prática

- Utiliza-se um voltímetro para medir a tensão no resistor
- E um amperímetro para medir a corrente no resistor
- O resistor de $100\ \Omega$ é para limitar a corrente no circuito
 - Cheque qual é a corrente máxima, neste caso
- Duas opções de circuito elétrico
 - Qual é melhor?



Atividades da semana (parte II)

- Medir a curva característica de dois resistores ôhmicos simples (gráfico de $V \times i$)
 - R grande e R pequeno (resistores pintados de preto).
 - Realizar medidas com tensão entre 0 e 20 V
 - Ajustar dados obtidos a retas apropriadas e comparar os valores experimentais de resistência elétrica com o esperado
 - Apresentar gráficos apropriados (circuitos 1 e 2) para cada resistor, os ajustes obtidos e discutir.
 - 4 conjuntos de dados

Atividades da semana: extra

- Com as medidas de resistências realizadas a partir das curvas características com os circuitos 1 e 2, é possível determinar as resistências internas do voltímetro e amperímetro utilizados.
- Obtenha as resistências internas do voltímetro (R_V) e amperímetro (R_A) e compare-as com as fornecidas pelo fabricante (manual)

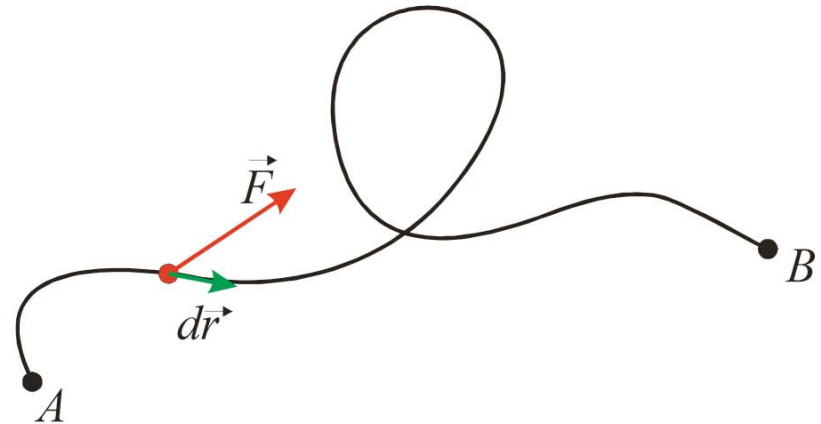


Extras

Trabalho de uma força

- Partícula sobre a ação de uma força.
- O trabalho realizado por esta força para deslocar a partícula do ponto A ao ponto B pelo caminho s é:

$$W = \int_s \vec{F} \cdot d\vec{r} = \Delta K$$



ΔK = variação da energia cinética

(teorema do trabalho-energia, ver Moysés I)

Potência elétrica

- No caso de corpos sujeitos a forças elétricas

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \frac{dq}{dt} = i \frac{dW}{dq}$$

- Quem é dW/dq ?
 - Precisamos calcular o trabalho exercido pelo campo elétrico para mover uma carga.

Quem é dW/dq ?

- Vamos calcular o trabalho realizado por um campo elétrico sobre uma carga.

$$W = \int_s \vec{F} \cdot d\vec{r} = \Delta K$$

- A força elétrica vale:

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

- Assim, o trabalho realizado por esta força é:

$$W = q \int_s \vec{E} \cdot d\vec{r} = \Delta K$$

Quem é dW/dq ?

- Mas também sabemos que:

$$\vec{E} = -\nabla V$$

- Assim temos que:

$$W = -\int_s \nabla V \cdot d\vec{r}$$

- A integral de linha de um campo conservativo é o seu próprio potencial (ver Cálculo III, Guidorizzi)

$$W = -q(V_B - V_A) = qV$$

Potência elétrica

Em circuitos elétricos o sinal é decidido se o componente fornece ou absorve energia

- Potência em um componente elétrico:

$$P = i \frac{dW}{dq} = i \frac{d(qV)}{dq} = Vi \frac{dq}{dq} = Vi$$

- A potência elétrica (absorvida ou produzida) é sempre o produto da tensão aplicada e a corrente gerada

$$P = Vi$$