

# Alguns instrumentos para medidas elétricas

## Aula 2

Prof. Henrique Barbosa  
Edifício Basílio Jafet - Sala 100

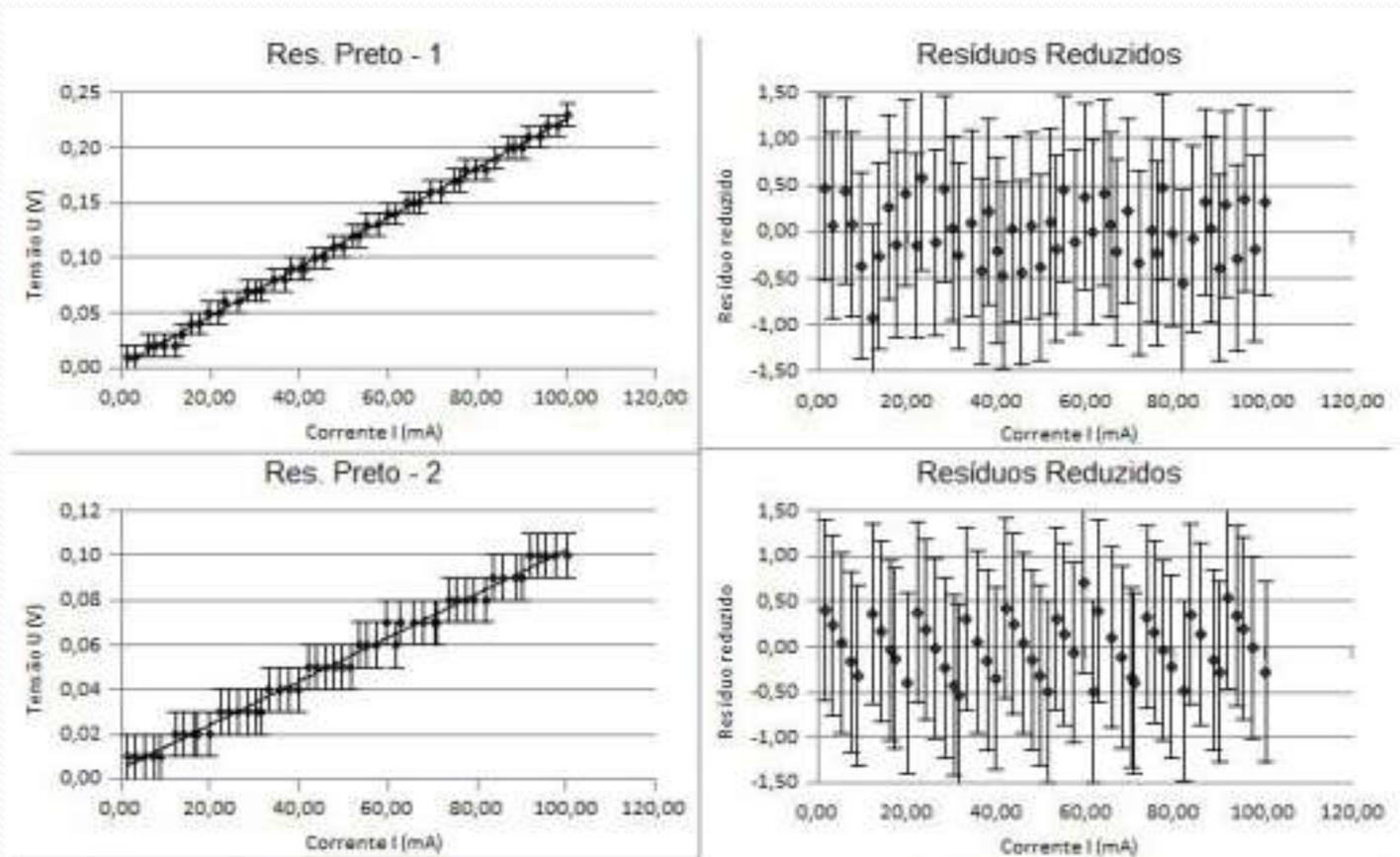
Tel. 3091-6647

[hbarbosa@if.usp.br](mailto:hbarbosa@if.usp.br)

<http://www.fap.if.usp.br/~hbarbosa>

# Precisão dos instrumentos

- As medidas de alguns grupos revelaram que o multímetro, ao mudar de escala, muda sua precisão e resistência interna, afetando as medidas:



# Comparação dos resultados

	Pilha (V)	Chuv. Verao ( $\Omega$ )	Chuv. Inv. ( $\Omega$ )	Res. Com. ( $\Omega$ )	Lamp. ( $\Omega$ )	Maos (M $\Omega$ )
H01	1,481(1)	22,2(3)	7,8(3)	4,80(2) $10^6$	25,9(3)	0,620(17)
H02	1, 4644 (10) V	17,16(32)	11,54(30)	4,912(21) $10^6$	28,90(30)	1,074(142)
H03	1,495(8)	22,2(5)	7,7(4)	46,7(5)	28,2(5)	
H04						
H05	1,61(2)	5,8(1)	17,4(1)	45,9(4)	29,2(2)	~1
H06	1,497(8)	22,0(12)	7,0(11)		300(12)	0,639(15)
H07	1,350(7)				290(12)	0,37(3)
H08	1,470(7)	12,6 (1)			11,6(9)	0,136(1)
H09		22,30(27)	7,70(16)	47,6(4)	161,3(14)	0,64(??)

# Resistência da Lâmpada

- A lâmpada era de 100W e 127V, portanto:

$$P = V \cdot I = V^2 / R$$

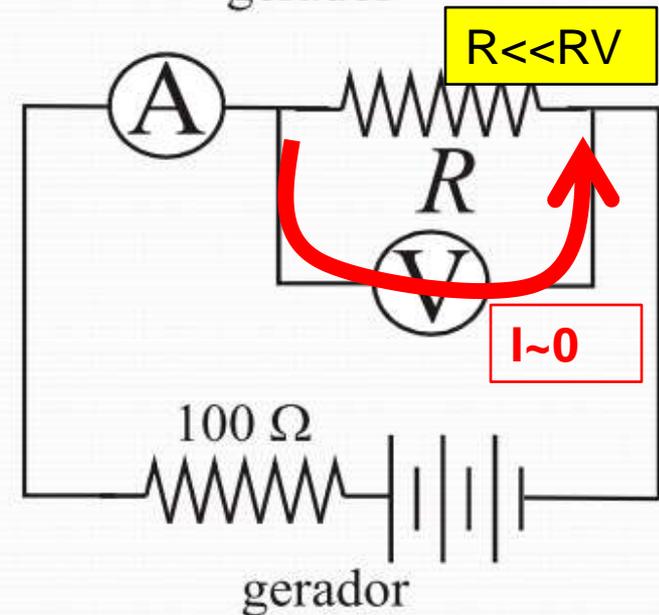
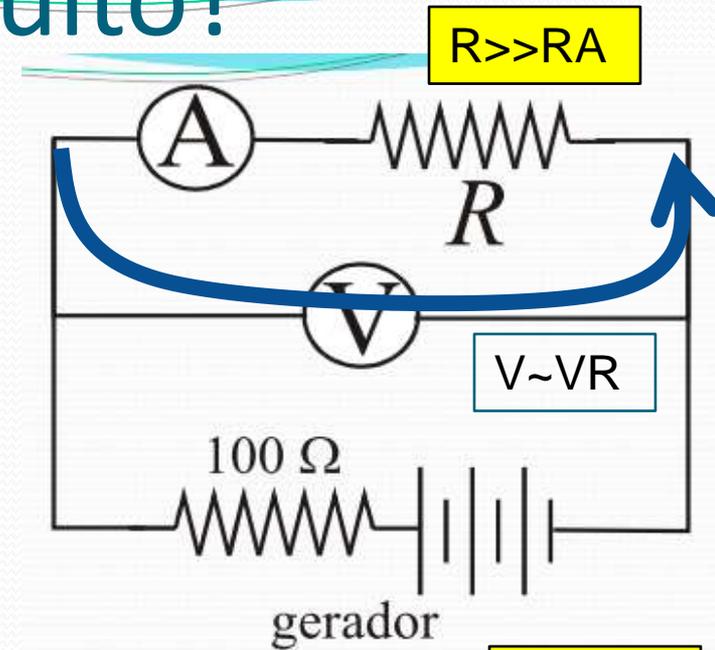
$$\Rightarrow R = V^2 / P = \frac{127 \text{ V} \cdot 127 \text{ V}}{100 \text{ W}} = 161 \text{ ohms}$$

- Entretanto os grupos mediram algo em torno de 25ohms
- Qual o problema??

Nos casos A e B não tínhamos os valores nominais correspondentes, e no caso D utilizamos os valores nominais de potência e tensão para chegar ao da resistência. No entanto não realizamos o teste Z nesse caso pois a grande diferença entre os valores nominal e o obtido levaram-nos a investigar explicações para a discrepância. O fato de termos tomado os dados cuidadosamente e termos nos comparado com a [1] levou-nos a crer que os valores estão corretos, e de fato, pela [4] pudemos ver que a resistividade de um fio de tungstênio varia consideravelmente com a temperatura. A relação entre o valor nominal e o obtido é de aproximadamente 16 vezes, e a tabela da [4] sugere que o tungstênio teria uma resistividade 16 vezes maior a 2600K do que à temperatura ambiente. Com efeito, sabe-se que é aproximadamente essa a faixa de temperatura que funciona uma lâmpada incandescente do tipo. Outros grupos, como das referências [2] e [3] obtiveram valores

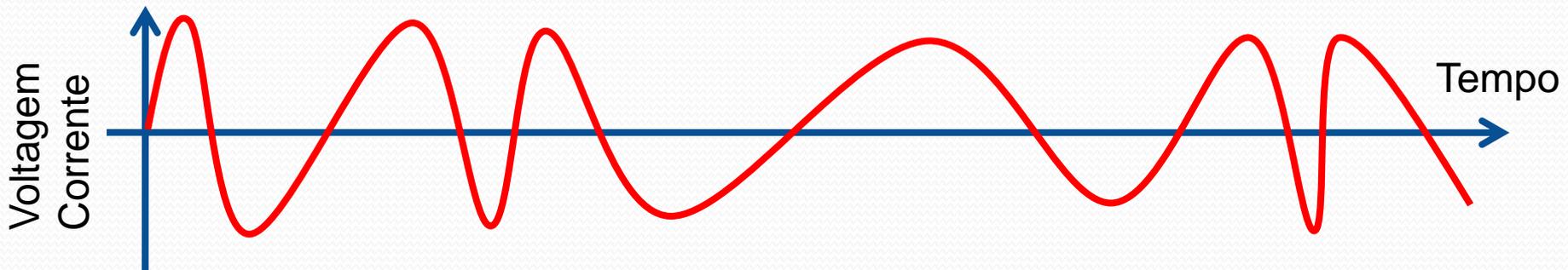
# Qual era o melhor circuito?

	A e R em serie	V e R em paralelo
H01	R grande	R peq
H02	$R \gg RA$	$R \ll RV$
H03		
H04	R grande	R pequeno
H05		melhor
H06	Grande	??
H07	Dourado	Preto
H08		
H09	Menor	Maior



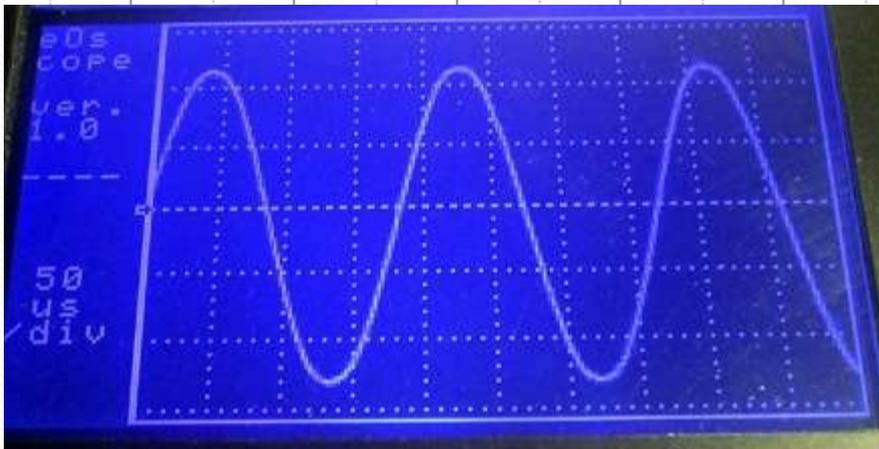
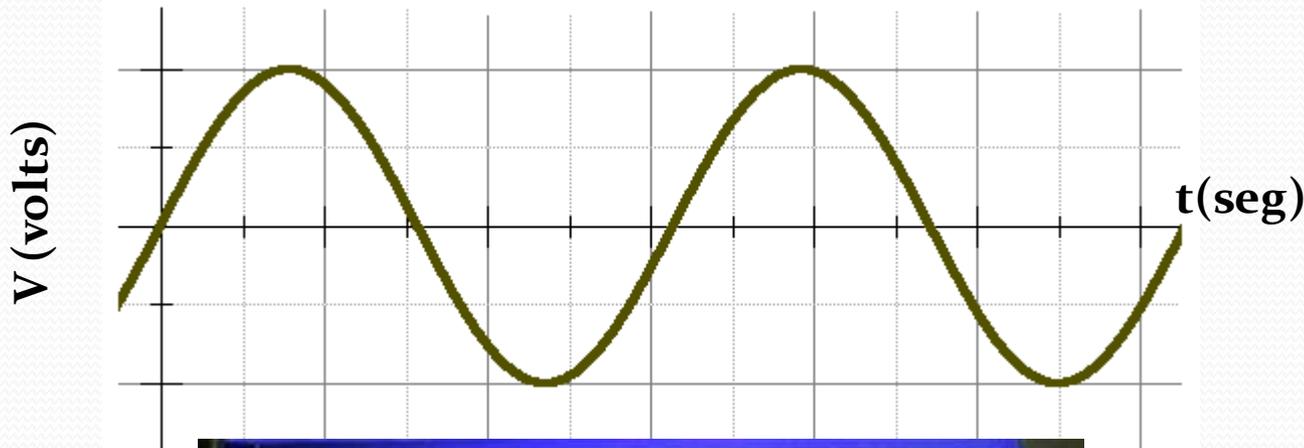
# Objetivo

- Na aula passada vocês mediram corrente e diferenças de potencial contínuas:
  - Contínuo = constante no tempo.
- Muitos aparelhos usam correntes e tensões alternadas:
  - Elas variam no tempo, mudando de valor e de sinal (sentido):
- Nesta semana o objetivo é medir tensões e correntes alternadas, com circuitos simples: resistores, capacitor e diodo e fonte de tensão alternada



# Tensão alternada

- Na grande maioria dos usos a tensão (ou corrente) é descrita por uma função harmônica simples:
  - por exemplo na sua casa, a D.D.P. fornecida é senoidal:



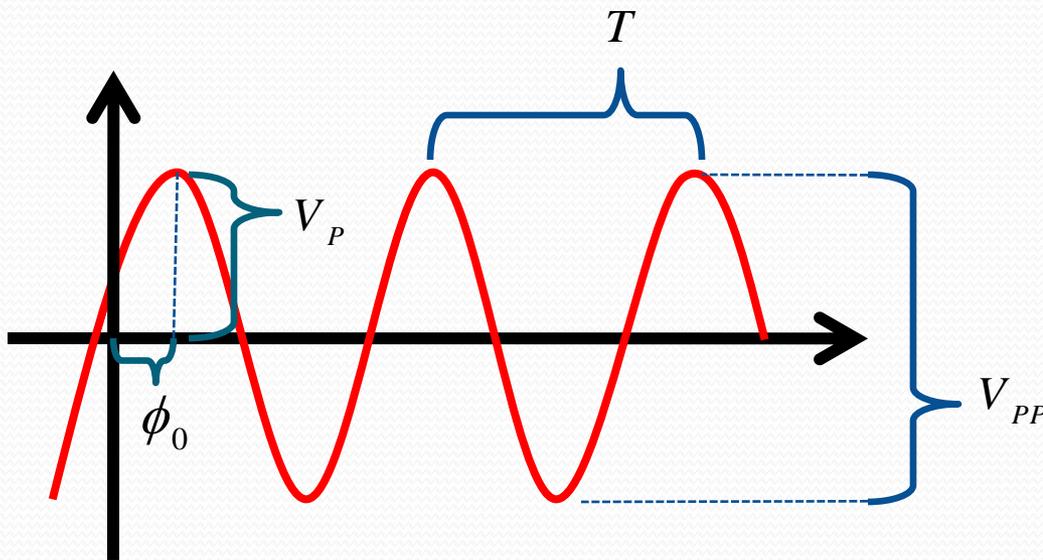
127V, 60Hz



# Tensão harmônica

- Como descrever matematicamente uma tensão senoidal?
  - $V_p$  é a tensão máxima ou **tensão de pico** ou amplitude
  - $\omega$  é a **frequência angular**
  - $\phi_0$  é a **fase da tensão alternada no instante  $t=0$**

$$V(t) = V_p \cos(\omega t + \phi_0)$$



$$\omega = 2\pi f \quad T = \frac{1}{f}$$

$$V_{PP} = 2V_p$$

$$V_{ef} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

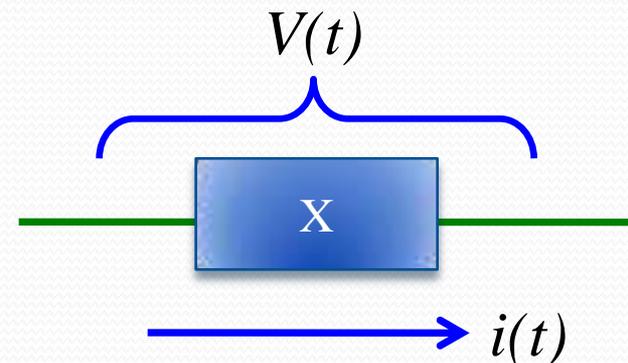
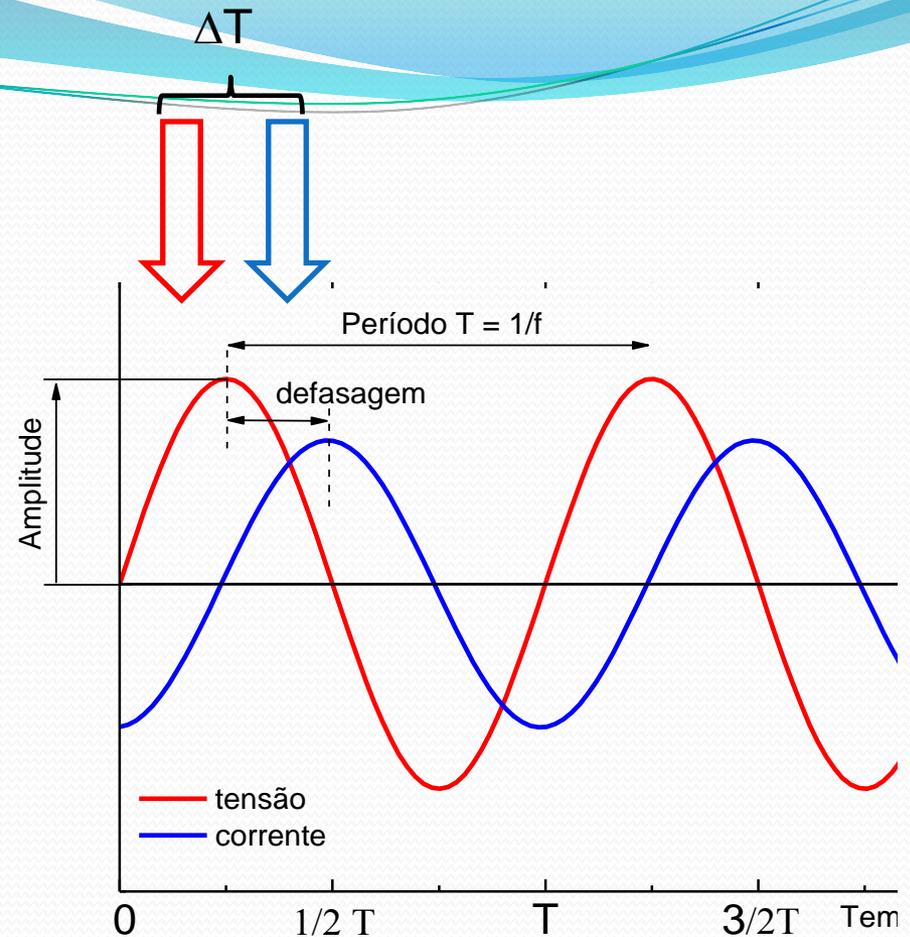
# A fase

- Em um circuito de corrente alternada a tensão e corrente não estão necessariamente em fase:

$$i(t) = i_0 \sin(\omega t)$$

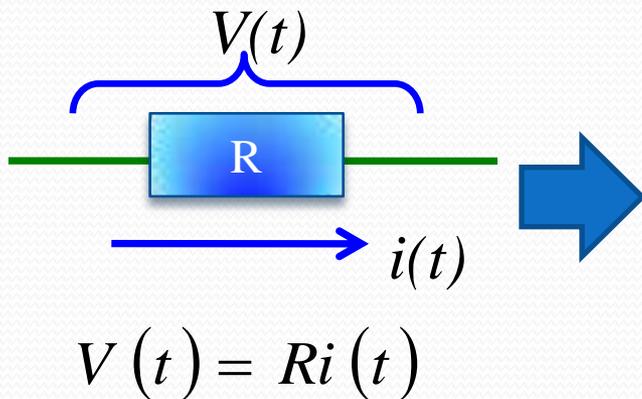
$$V(t) = V_P \sin(\omega t + \phi_0)$$

$$\phi = 2\pi \frac{\Delta T}{T} = \omega \cdot \Delta T$$



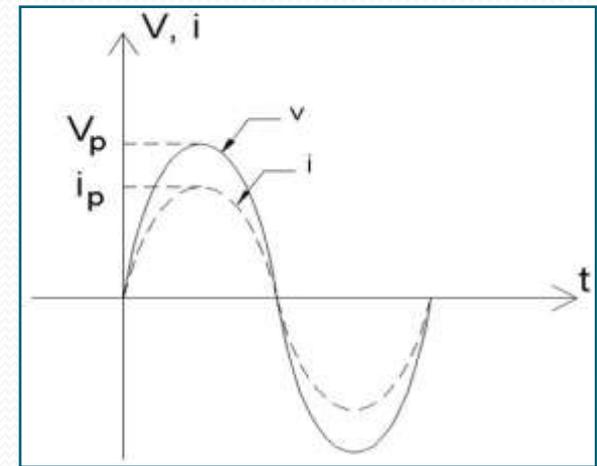
# Resistor ôhmico

- A lei de Ohm diz que  $V = R i$ , onde  $R$  é uma constante se o resistor for ôhmico. Assim, se a tensão estiver variando, temos que:



$$V(t) = V_p \text{sen}(\omega t + \phi_0)$$

$$i(t) = \frac{V_p}{R} \text{sen}(\omega t + \phi_0)$$



- Como as fases  $\phi_0$  são iguais, então que a corrente e a tensão no resistor estão em fase!

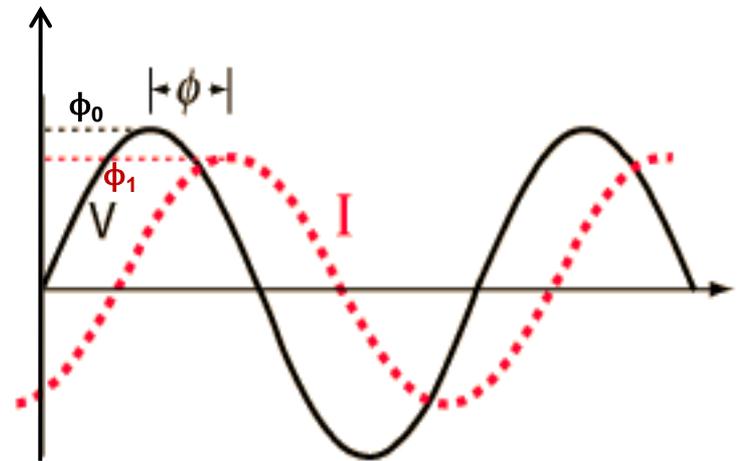
# Diferença de fase

- Mas para alguns elementos, a corrente e a tensão não estão em fase!

$$V(t) = V_p \text{sen}(\omega t + \phi_0) \quad i(t) = I_p \text{sen}(\omega t + \phi_1)$$

- Neste caso é mais importante saber a diferença de fase entre a corrente e a tensão do que os valores de  $\phi_0$  e  $\phi_1$ .  
Porque?

- Fase é uma fração de um ciclo (ou período) expressa em graus
- Entre o início e o fim de um período há uma diferença de fase de  $360^\circ$ .
- Um período corresponde a  $360^\circ$ ,  $\frac{1}{2}$  corresponde a  $180^\circ$ , etc...



A tensão é alternada, então a escala de tempo é, de certa maneira, arbitrária

# Diferença de fase

- Qual é a potência dissipada no elemento?

$$P(t) = V(t) \cdot i(t)$$

$$\bar{P} = \int_{\text{ciclo}} V(t) \cdot i(t) dt$$

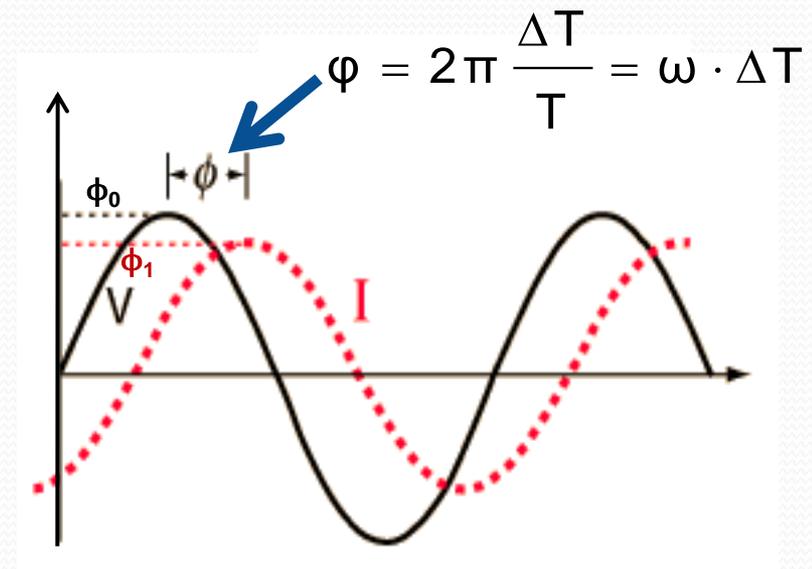
- Ela depende da diferença de fase entre corrente e tensão no elemento!

$$i(t) = i_p \text{sen}(\omega t)$$

$$V(t) = V_p \text{sen}(\omega t + \phi)$$



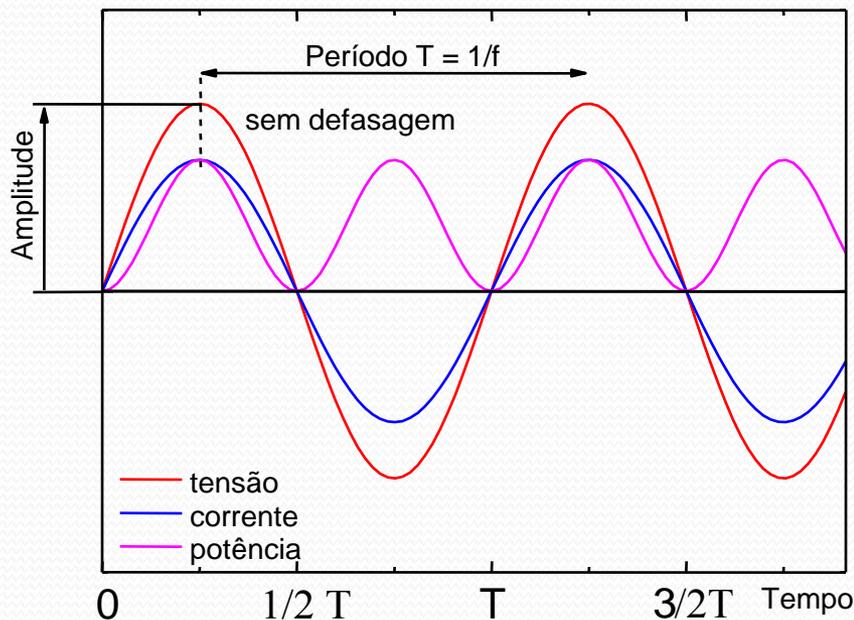
$$P(t) = V_p i_p \text{sen}(\omega t) \text{sen}(\omega t + \phi)$$



# Potência dissipada

- Para um resistor ôhmico, teremos então que:

$$P(t) = V(t) \cdot i(t) = V_p i_p \text{sen}^2(\omega t) > 0, \text{ sempre}$$



- A potência varia no tempo mas é sempre positiva o que significa que o resistor sempre consome potência!

# Capacitor Ideal

Em um capacitor ideal, a capacitância é dada pela razão entre carga acumulada e tensão elétrica, ou seja:

$$C = \frac{q(t)}{V(t)} \Rightarrow V(t) = \frac{q(t)}{C}$$

Além disso, carga e corrente estão relacionados

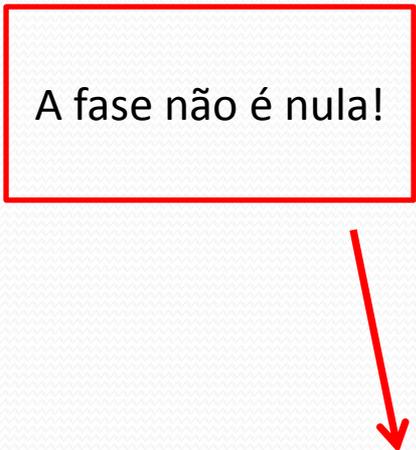
$$i(t) = \frac{d}{dt} q(t)$$

Portanto:

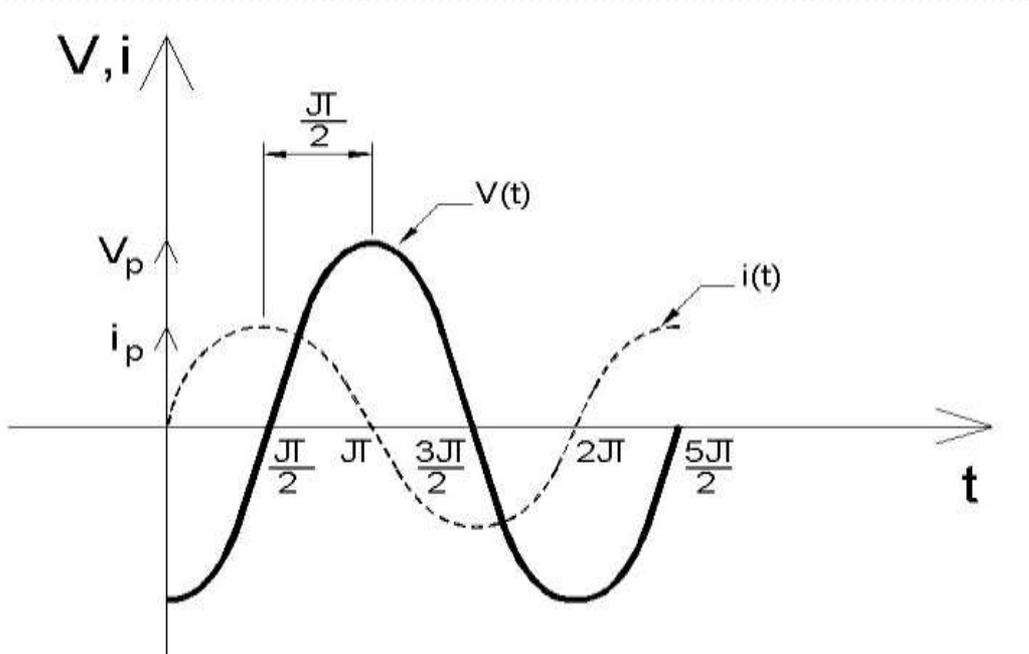
$$V(t) = V_p \cos(\omega t) = \frac{q(t)}{C}$$

$$i(t) = -\omega C V_p \sin(\omega t) = \omega C V_p \cos(\omega t - \pi / 2)$$

A fase não é nula!



# Capacitor Ideal



$$P(t) = \frac{i_0^2}{\omega C} \cos(\omega t) \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\bar{P} = \int_{\text{ciclo}} P(t) = 0$$

Isso significa que é capacitor, em média, não consome energia do circuito. Quando:  
 $P(t) > 0$ , está armazenando  
 $P(t) < 0$ , está devolvendo energia

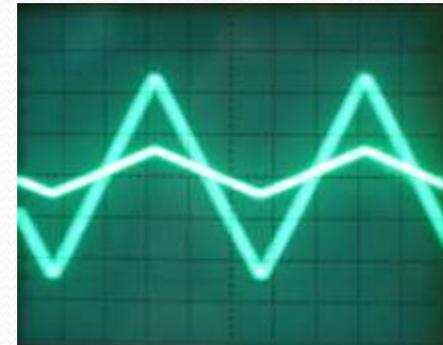
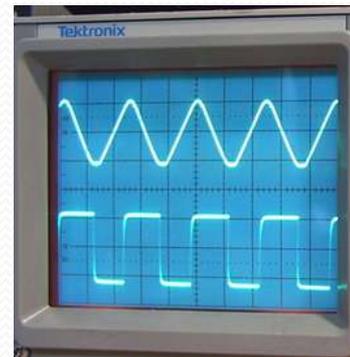
a corrente está adiantada de  $\pi/2$  em relação à tensão aplicada ao capacitor (Atenção: a defasagem de  $\pi/2$  é entre a corrente e a tensão diretamente sobre o capacitor e não quaisquer outras).

# Atividades no lab – 1

- Ligue o gerador com onda senoidal em **2,5V** de amplitude de pico e **1000Hz** de frequência:
  - Meça a saída do gerador com o voltímetro
    - Lembre-se de usar a escala para tensão alternada
  - Tire o voltímetro e ligue o osciloscópio na saída do gerador:
    - Leia o valor da tensão de pico e pico a pico e a frequência da onda
    - Compare com os valores mostrados no display do gerador (tensão alternada e freq) e com o valor medido com o voltímetro (tensão).
    - Salve os gráficos mostrados no osciloscópio para a síntese.
- Varie a frequência e a tensão e observe o que acontece na tela do osciloscópio.

# Atividades no lab – 2

- Ligue o gerador com onda quadrada de amplitude de pico de **2,5V** e **1000Hz** de frequência:
  - Meça a amplitude e frequência da onda com o osciloscópio.
- Ligue o gerador com onda triangular de amplitude de pico de **2,5V** e **1000Hz** de frequência:
  - Meça a amplitude e frequência da onda com o osciloscópio.
- Compare os valores das tensões de pico medidas para cada uma dessas ondas.
- Comente.



# Atividades no lab – 3

- Aplicar ondas quadradas de **2,5V** e **1000Hz** de frequência a um capacitor de **1 $\mu\Omega$** .
  - Meça com o osciloscópio as tensões no resistor auxiliar e no capacitor.
  - Observe o que acontece e descreva como o capacitor funciona no circuito.
- Aplicar ondas senoidais a um diodo:
  - Observe as tensões no resistor auxiliar e no diodo
  - Observe o que acontece e descreva como o diodo funciona no circuito.
- Salve os gráficos mostrados no osciloscópio para a síntese.

# Atividades no lab – 4

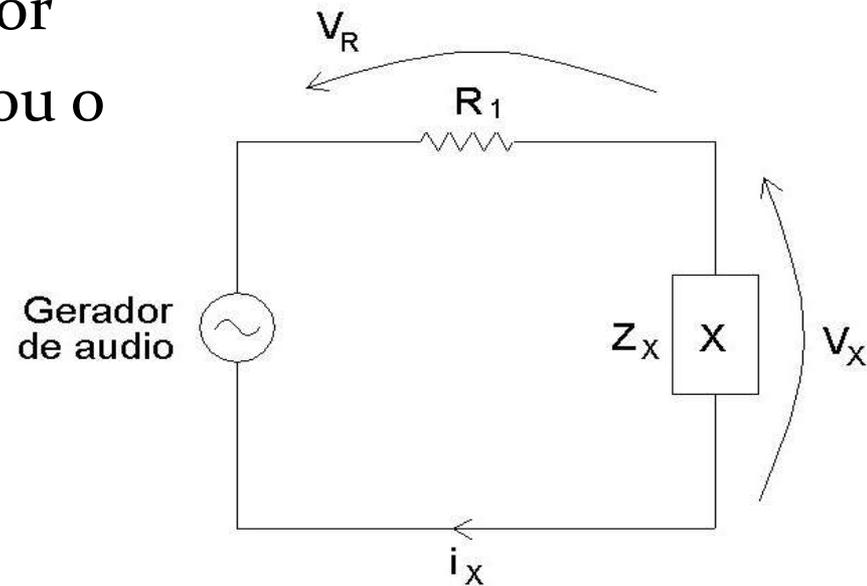
- Medir a resistência elétrica de um resistor desconhecido alimentado com corrente alternada:
  - Use ondas senoidais
  - Meça a amplitude e frequência da onda com o osciloscópio
  - Levante a curva característica como fez com corrente contínua, fazendo o ajuste, avaliação de erros, etc.

# Para entregar - Resumo

- Tensão da onda senoidal de 2.5V medida com multímetro e osciloscópio
  - figuras e análise
- Figuras das medidas das ondas quadradas e triangulares com o osciloscópio
  - figuras e discussão
- Descreva e discuta o que acontece ao aplicar
  - Uma onda quadrada em um capacitor
  - Uma onda senoidal em um diodo
- Levante a curva característica de um resistor desconhecido usando corrente alternada
  - Gráficos, figuras e análise

# O circuito

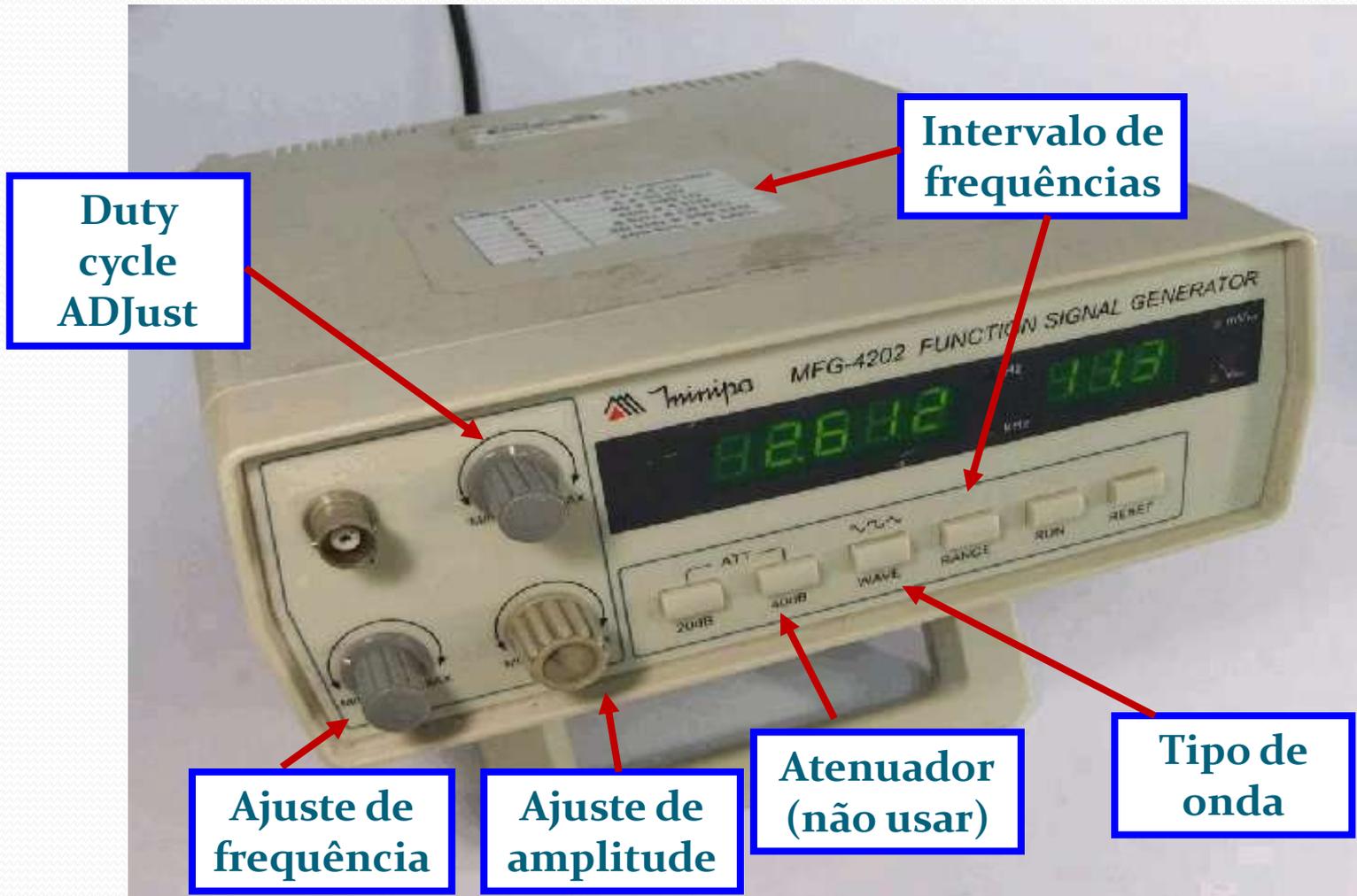
- O circuito é o mesmo da aula anterior. A diferença é que em vez de fonte de tensão contínua vamos usar uma fonte de tensão alternada: o gerador de áudio frequência
  - A resistência auxiliar  $R_1$  é de 47 ohms.
  - O instrumento de medida é o osciloscópio.
  - O elemento  $X$  vai ser o resistor
  - cuja resistência quer medir ou o
  - capacitor ou o diodo.



# Gerador de áudio frequência

- É uma fonte de tensão alternada
  - que gera:
    - Ondas senoidais,
    - Quadradas,
    - e triangulares
  - de frequência variável
    - de alguns Hz a centenas de kHz, permitindo, portanto, um amplo intervalo de variação
  - de amplitude (tensão de pico) também variável, geralmente entre 0 e 10V.

# Gerador de áudio frequência

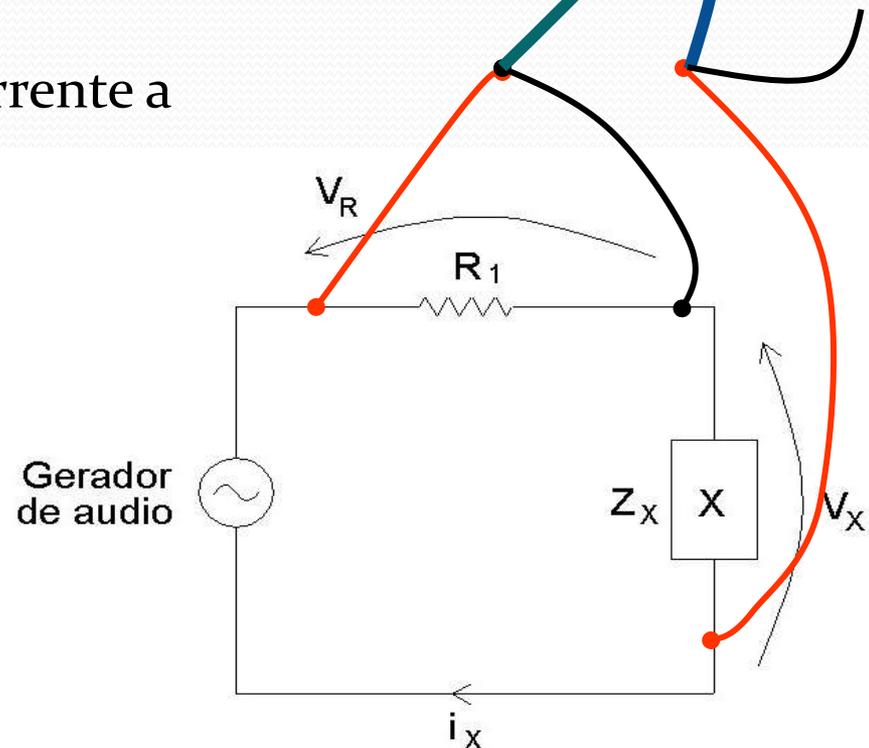
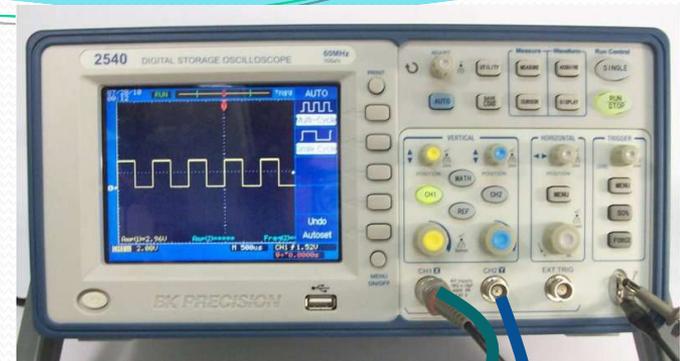


# Para a Medida

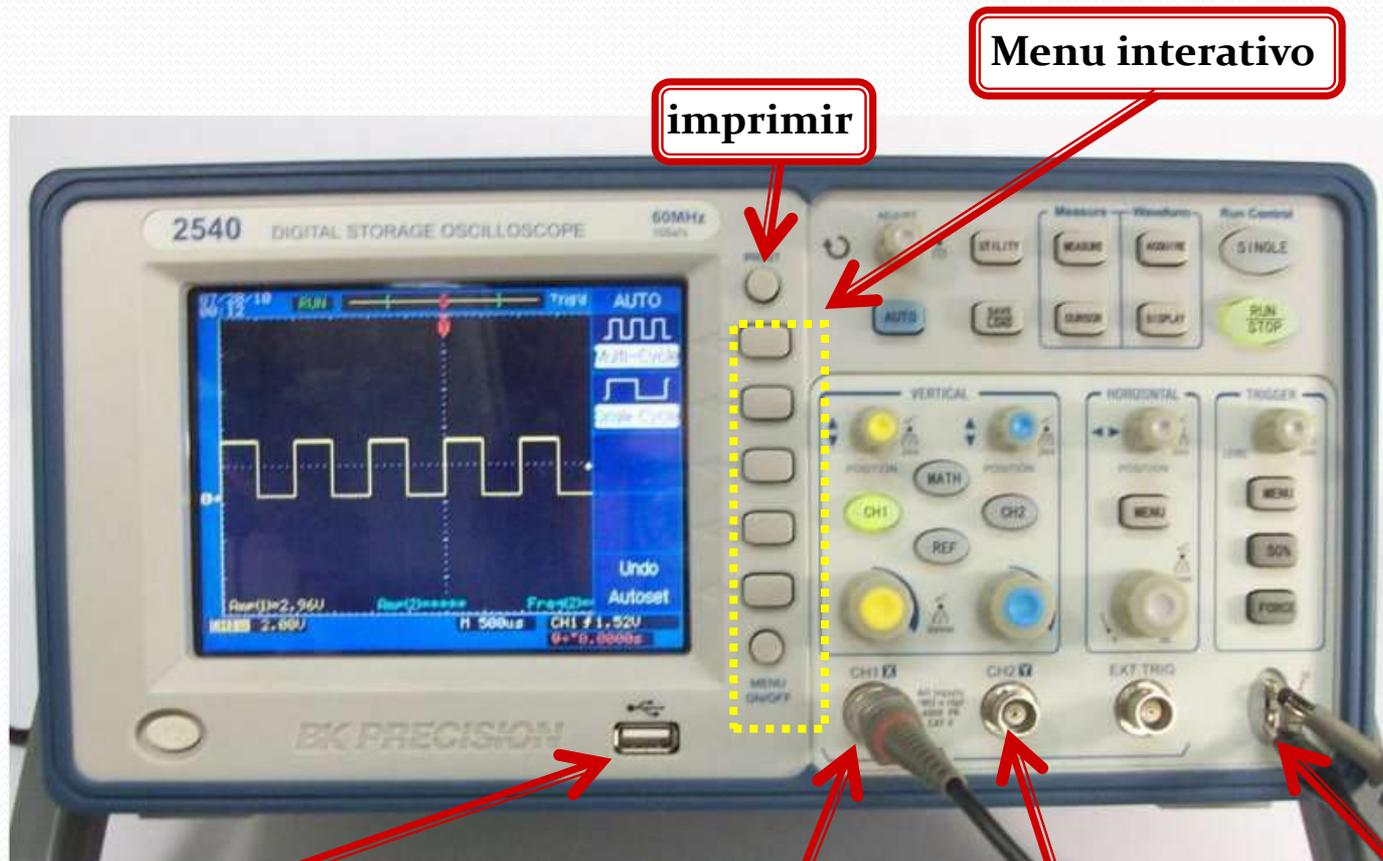
- Instrumentos de medida:
  - Osciloscópio
    - Canal 1:  $-V_R$ , portanto  $i_R = -\text{Canal 1}/R$
    - Canal 2:  $V_X$
  - Cuidado com ruídos
    - Estimar incertezas na tensão e corrente a partir do nível de ruído.

Os fios pretos nas pontas de prova são o “terra” e estão ligados no mesmo ponto dentro do osciloscópio. Por isso só usamos um e colocamos ele “no meio”...

Para correta medida de fase é necessário inverter uma das medidas (ou subtrair  $\pi$ , da diferença de fase medida).



# Osciloscópio



Menu interativo

imprimir

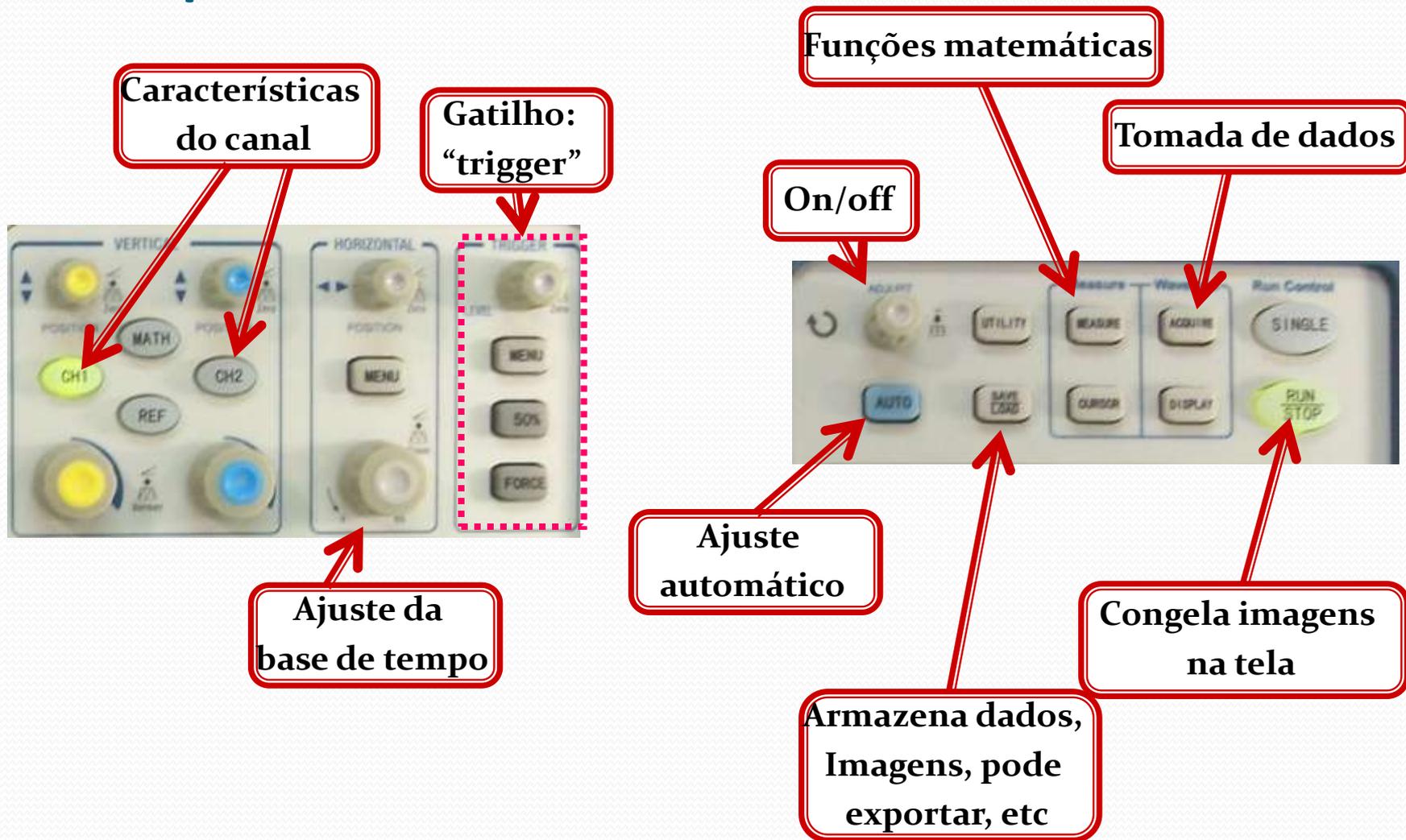
Entrada para USB

Canal 1

Canal 2

Teste da ponta de prova

# Principais controles



# A tela do osciloscópio

