Experiência 5:

- Sinais Senoidais e Fasores

Carlos Ramos
Roberto Onmori

2022

Laboratório de
Microeletrônica
Escola Politécnica
Universidade de São Paulo

Multímetro Digital

- mede:
  - tensão **AC** e **DC (V)**
  - corrente **AC** e **DC (A)**
  - resistência elétrica (Ω)
  - *temperatura (^oC)*
  - *capacitância (pF)*
  - *tempo (s)*

Observção:

DC – direct current CC – corrente contínua

AC – alternating current CA – corrente alternada

- Medida de Tensão:
- DC (valor médio)

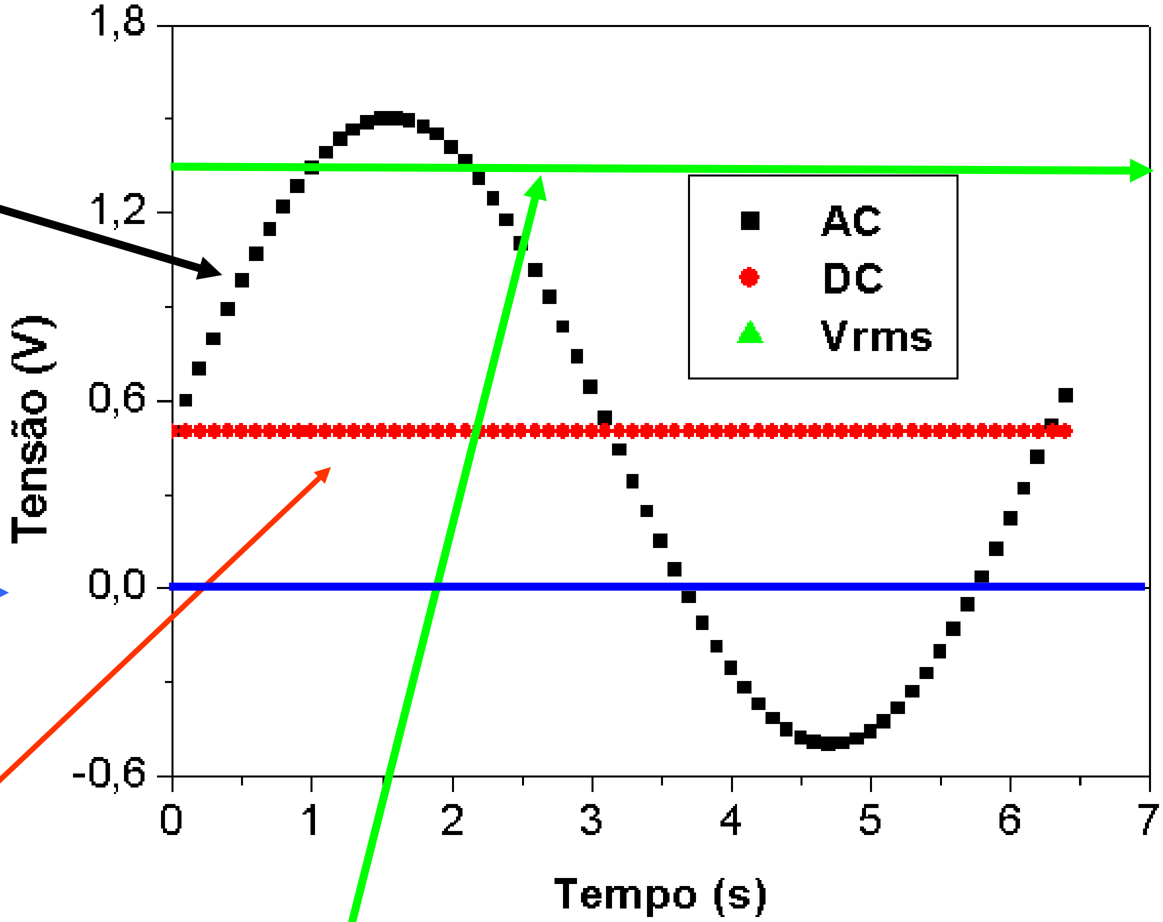
$$V_m = \frac{1}{T}\int_0^T v(t)dt$$

- AC (valor eficaz)

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)dt}$$

valor eficaz = valor *rms*

Sinal composto
AC + DC



Referência
OV

nível DC

$$V_{rms} = \sqrt{V_{AC}{}^2 + V_{DC}{}^2}$$

Leis de Kirchhoff na forma fasorial

As leis de Kirchhoff dizem:
- a soma das correntes em um nó é igual a zero e
- a soma das tensões em um laço é nula.

Elas valem para:
-sinais DC (constantes) e
- sinais variantes no tempo
    - valor no tempo t soma algébrica
    - valor eficaz soma vetorial

Representação em função do fasor

Tensão

$$V(t) = V_m \cos(\omega t + \theta)$$

Fasor

$$\hat{V}_m = V_m e^{j\theta}$$

Relação constitutiva do resistor

A corrente através do resistor é dada por:

$$i(t) = \frac{v(t)}{R} = \frac{V_m \cdot \cos(\omega t + \theta)}{R}$$

À qual corresponde o fasor

$$\hat{I}_m = \frac{\hat{V}_m}{R}$$

$$\Downarrow$$

$$R\hat{I}_m = \hat{V}_m$$

Relação constitutiva do capacitor

A corrente através do capacitor é dada por:

$$\mathrm{i(t)} = \mathrm{C}\frac{\mathrm{dv(t)}}{\mathrm{dt}} = -\omega C V_m sen(\omega t + \theta)$$

Como –sen x=cos(x+π/2) $$i(t) = \omega C V_m \cos(\omega t + \theta + \pi/2)$$

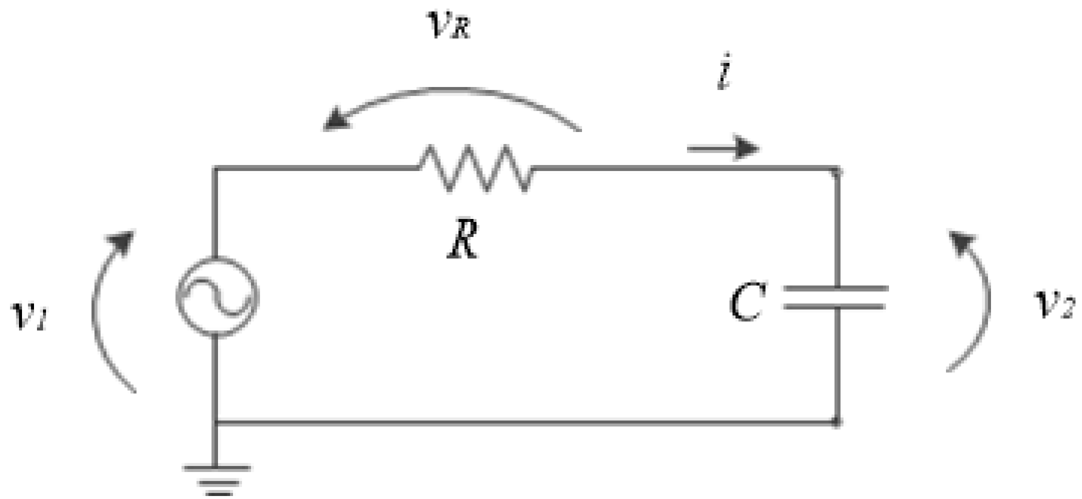
À qual corresponde o fasor

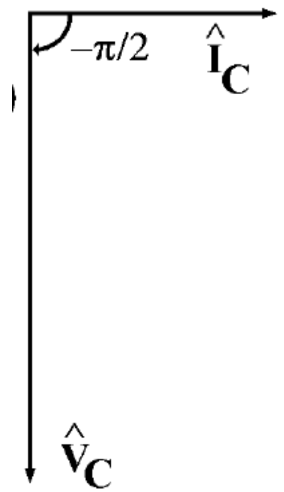
$$\hat{\mathrm{I}}_{\mathrm{m}} = \omega C V_m e^{j(\theta + \pi/2)} = e^{j\pi/2}\omega C V_m e^{j\theta}$$

Donde a relação entre fasores:

$$\hat{\mathrm{I}}_{\mathrm{m}} = j\omega C\hat{V}_m \quad \Rightarrow \quad \hat{V}_m = -j\frac{1}{\omega C}\hat{\mathrm{I}}_{\mathrm{m}}$$

Impedância do Capacitor





$$i_C(t) = I_C \cos(\omega t + \theta) \qquad v_C(t) = I_C \frac{1}{\omega C} \operatorname{sen}(\omega t + \theta)$$

$$v_C(t) = \frac{1}{C} \int i_c(t)\, dt \qquad \hat{\mathbf{V}}_\mathbf{C} = -j \frac{1}{\omega C} \hat{\mathbf{I}}_\mathbf{C} = e^{-j\pi/2} \frac{1}{\omega C} \hat{\mathbf{I}}_\mathbf{C}$$

Relação constitutiva do indutor

A corrente através do indutor é dada por:

$$\mathrm{i(t)} = \frac{1}{L}\int v(t)dt = \frac{V_m}{\omega L} sen(\omega t + \theta)$$

$$i(t) = -\frac{1}{\omega L} V_m \cos(\omega t + \theta + \pi/2)$$

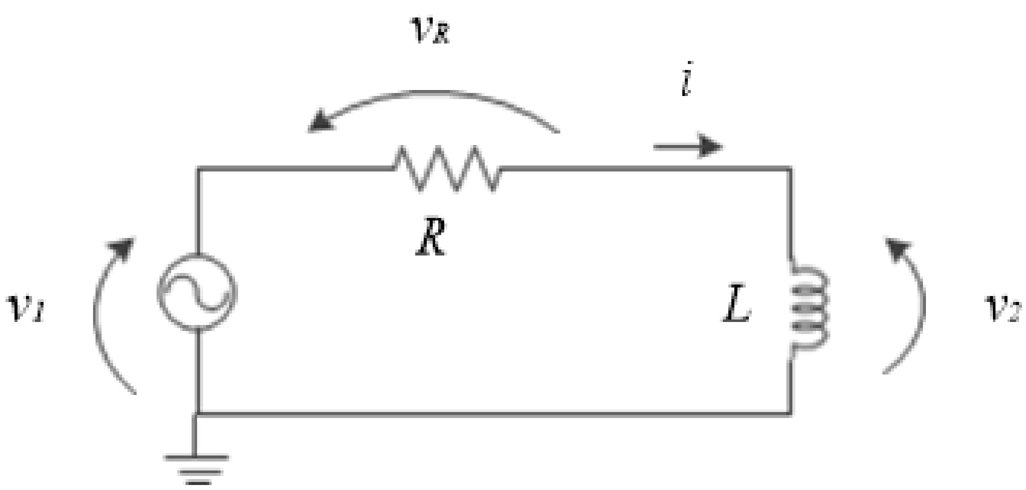
À qual corresponde o fasor

$$\hat{\mathrm{I}}_{\mathrm{m}} = e^{j\pi} \frac{1}{\omega L} V_m e^{j(\theta + \pi/2)}$$

Donde a relação entre fasores:

$$\hat{\mathrm{I}}_{\mathrm{m}} = -j\frac{1}{\omega L}\hat{V}_m = \frac{1}{j\omega L}\hat{V}_m \quad \Rightarrow \quad \hat{V}_m = j\omega L \hat{\mathrm{I}}_{\mathrm{m}}$$

Impedância do Indutor



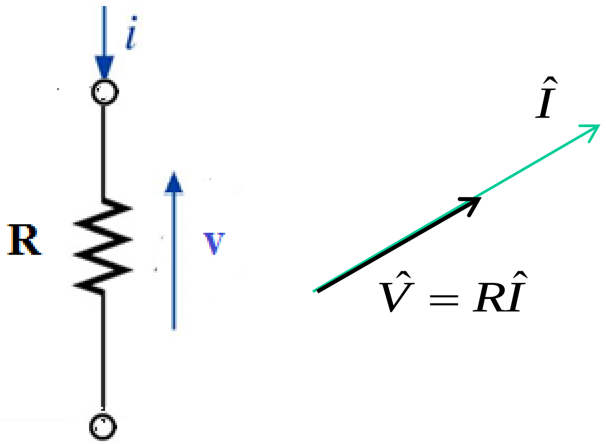
$$i_L(t) = I_L \cos(\omega t + \theta)$$

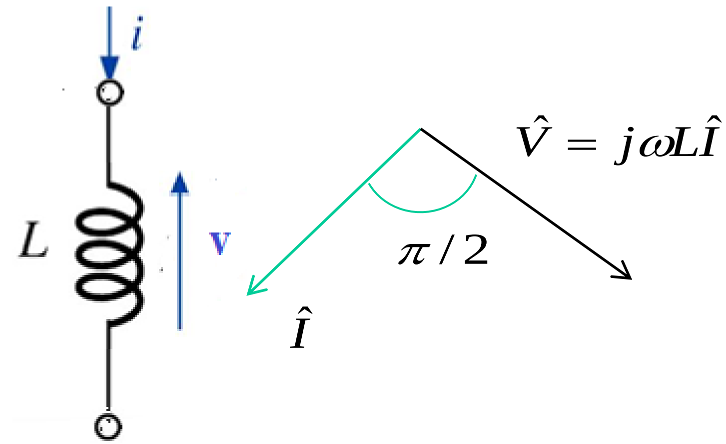
$$v_L(t) = -I_L \omega L \operatorname{sen}(\omega t + \theta)$$

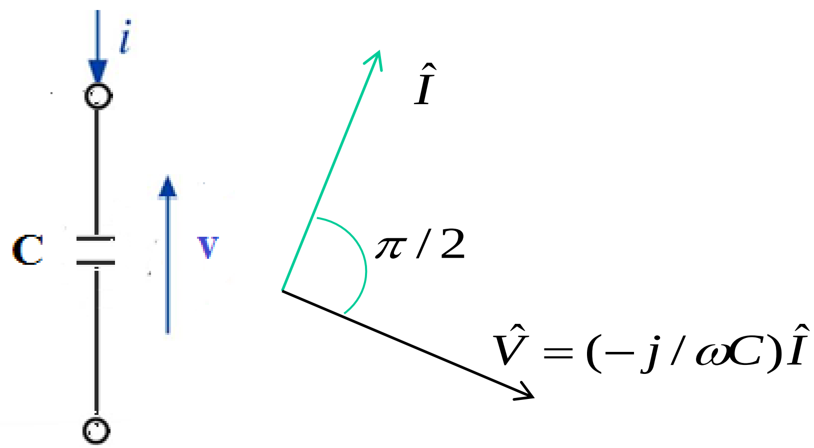
$$v_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt}$$

$$\hat{\mathbf{V}}_{\mathbf{L}} = 0 + j\omega L\, \hat{\mathbf{I}}_{\mathbf{L}} = e^{+j\pi/2}\, \omega L\, \hat{\mathbf{I}}_{\mathbf{L}}$$

Diagrama de fasores

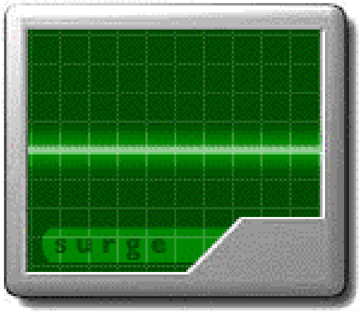






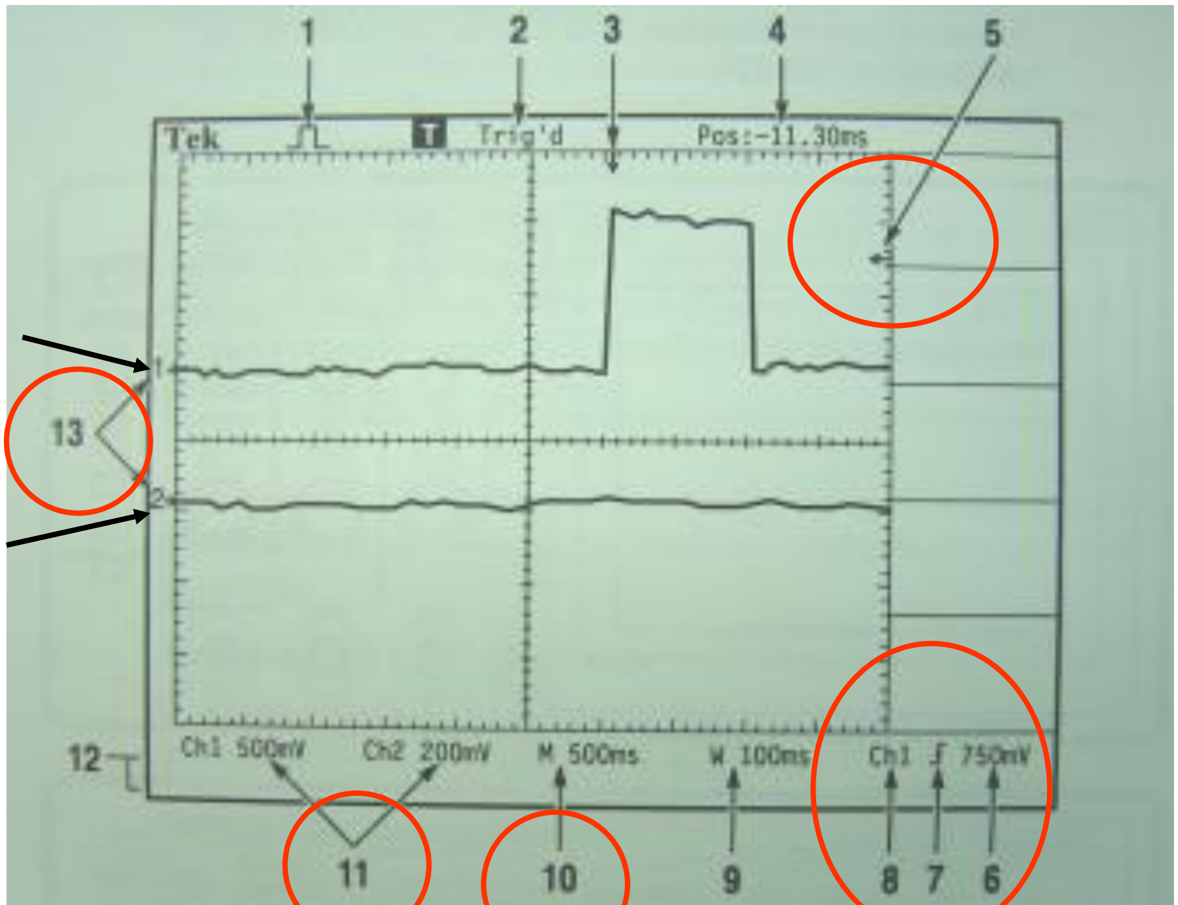
Osciloscópio

- Objetivo: visualização do sinal amostrado



canal 1 CH1
ref zero

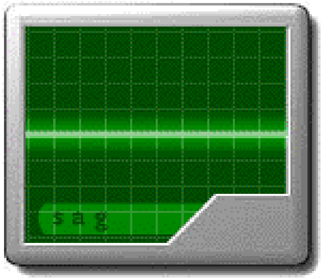
canal 2 CH2
ref zero



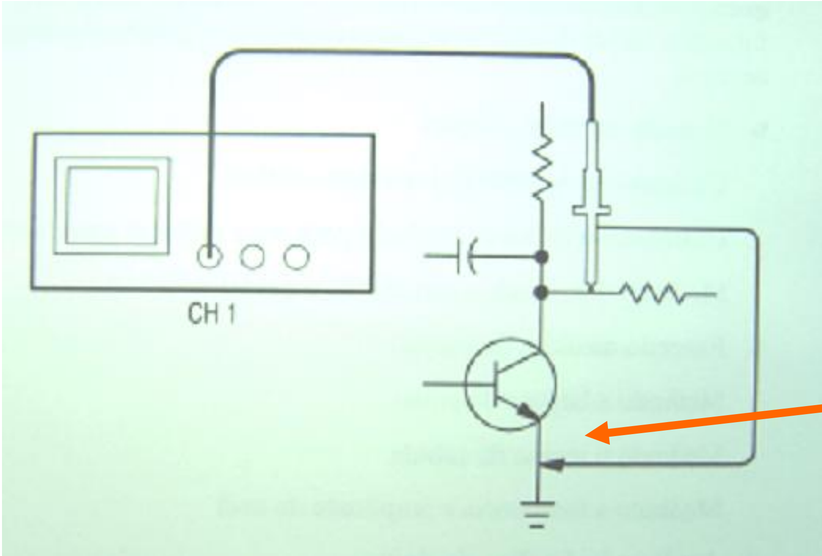
deflexão vertical volts/div

taxa de varredura tempo/div

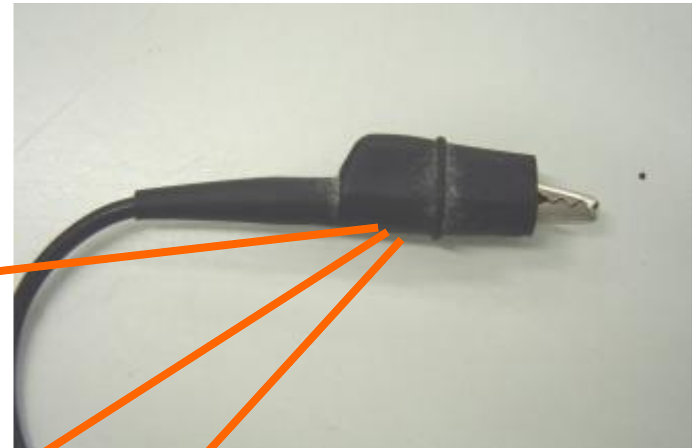
nível trigger



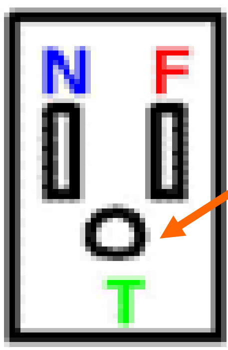
Ponta de Prova (x10)



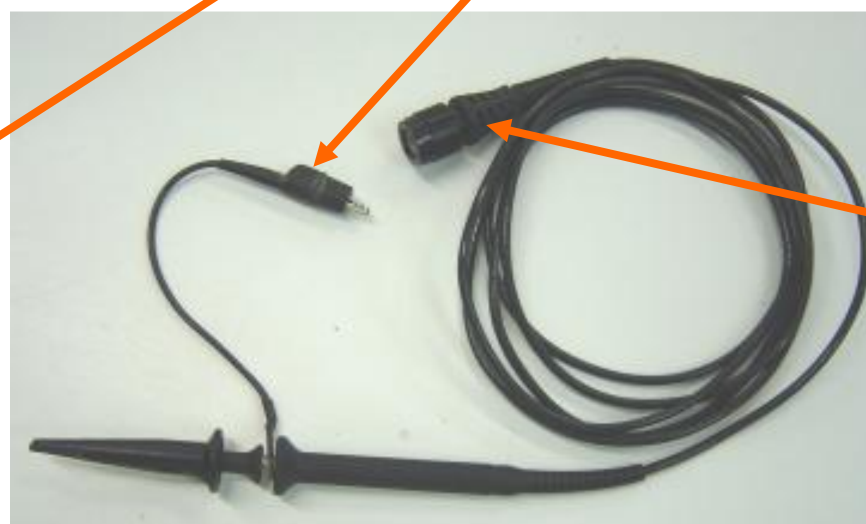
Esquema de medida com ponta de prova

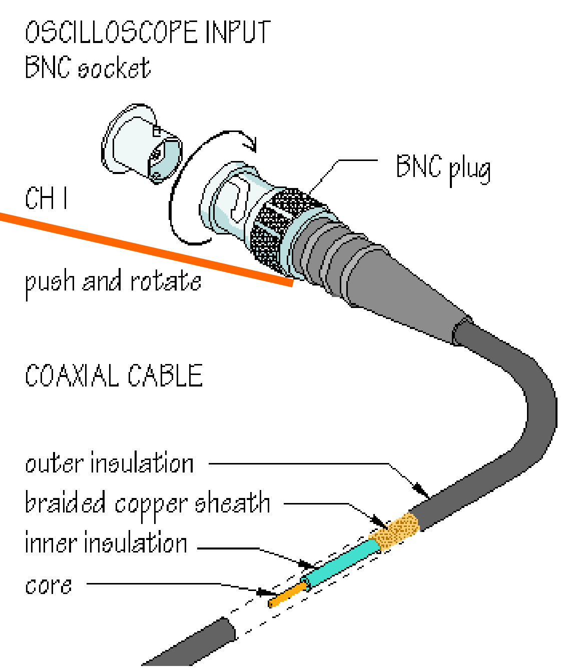


Exclusiva do Osciloscópio!!

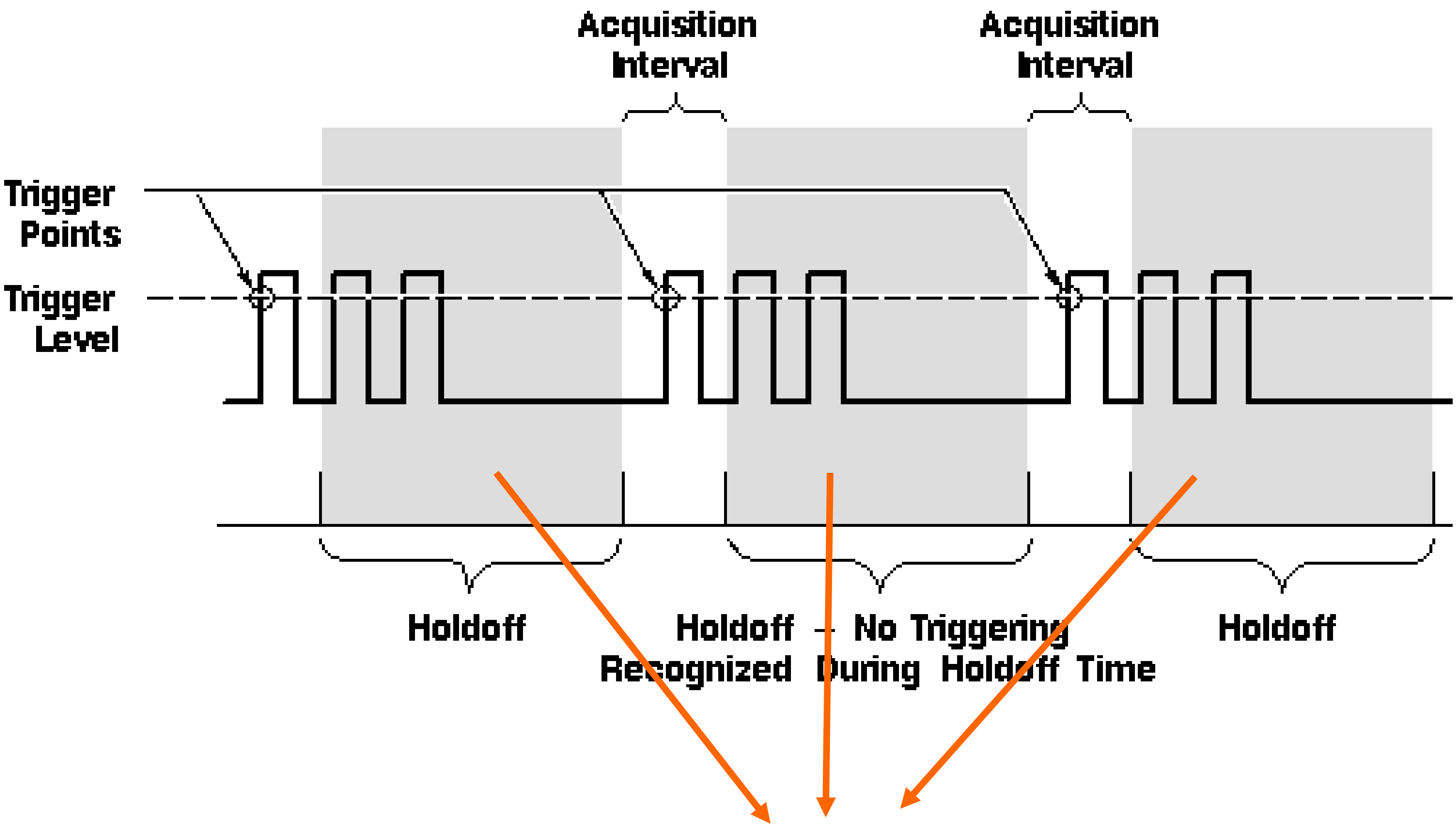


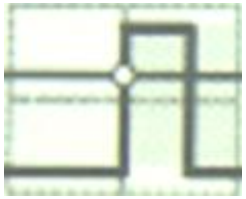
Tomada elétrica de três pinos

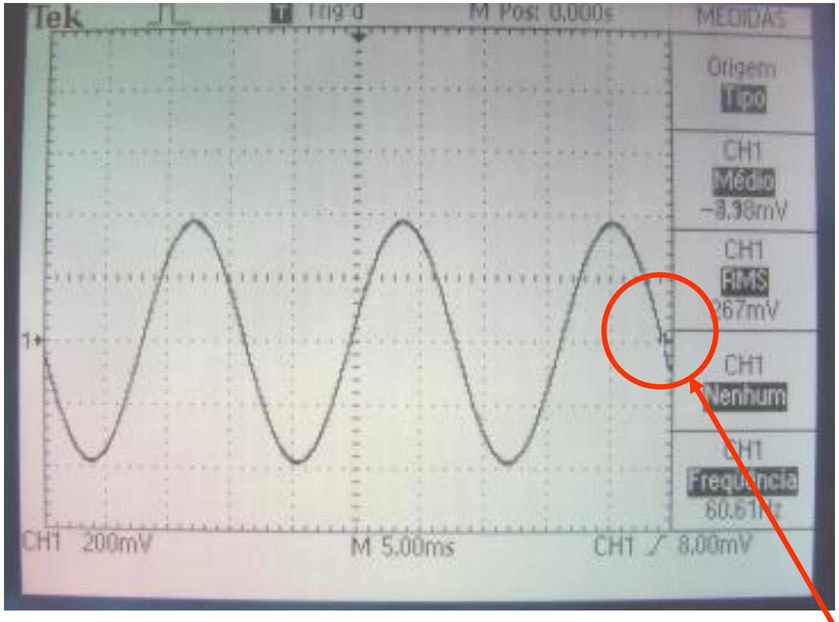




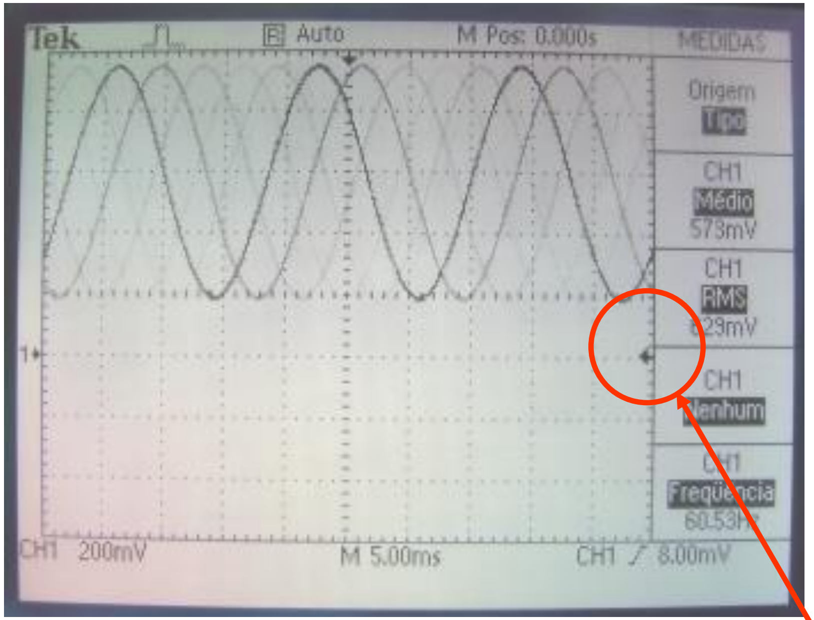
Nível de Disparo “Trigger”



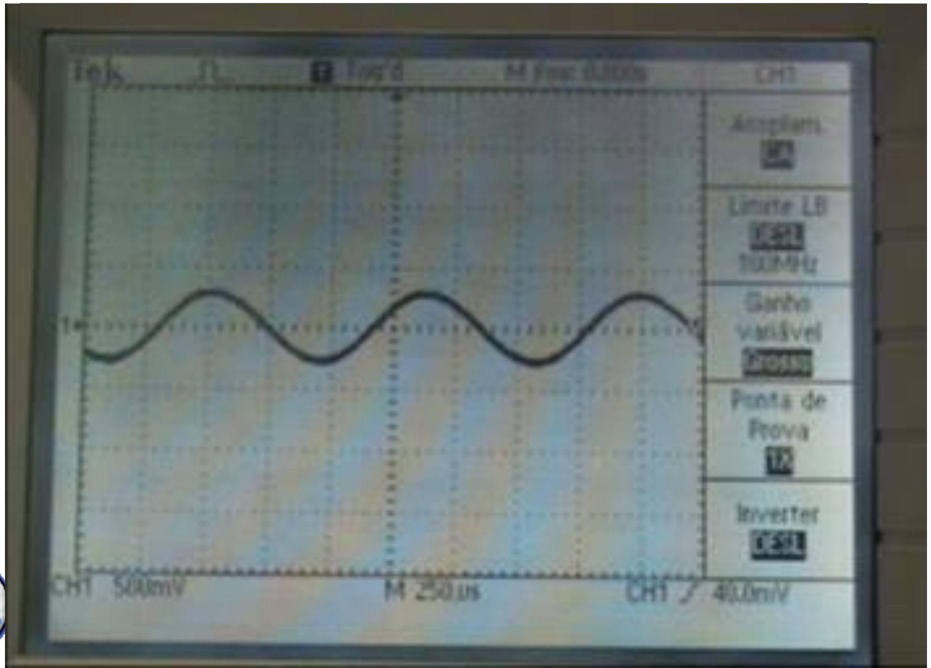
Na tela do osciloscópio observo: 



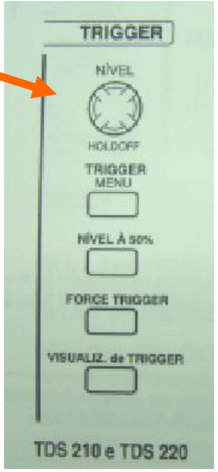
Modo AC
Somente ondas alternadas



Modo DC (sem ajuste de trigger)
Ondas alternadas e Ondas contínuas



Modo DC
(com ajuste de trigger)
Ondas alternadas e
Ondas contínuas



Ao terminar a experiência deixar a bancada em ordem!!!

Boa experiência !!!!