



Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Ciências

Departamento de Física

ELECTRÓNICA ANALÓGICA

Trabalho Laboratorial N^o 1: Medição com Osciloscópio - Composição de Sinais e Figuras de Lissajous

1 Objectivos

1. Medir com Osciloscópio, as amplitudes e frequências de sinais periódicos. Comparar os valores eficazes (V_{rms}) com os medidos pelo Multímetro.
2. Obter as figuras de Lissajous resultantes da superposição de sinais periódicos perpendiculares entre si e, medir as suas características.

2 Material Necessário

Alimentação: Dois (2) Geradores de Sinais
Instrumentos: Osciloscópio e Multímetro
Diversos: Fios de conexão e dois (2) cabos BNC garra jacaré

3 Resumo Teórico

3.1 Osciloscópio de tubos de raios catódicos

O osciloscópio é um instrumento fundamental em laboratórios de pesquisa de Física, Química, Engenharia e até em alguns laboratórios de Medicina e Biologia. O osciloscópio, em comparação com outros instrumentos de medição, para além de efectuar medições das magnitudes dos sinais, permite também a visualização da evolução temporal desses sinais em seus circuitos. Assim, para além de amplitudes, pode-se conhecer também frequências e fases dos sinais periódicos.

Os osciloscópios sub-dividem-se em analógicos e digitais, porém, para o nosso caso consideraremos os analógicos visto que são os que estão disponíveis no nosso Laboratório de Física (Lab: ELMAG -DF/FC/UEM).

O osciloscópio analógico tem como elemento principal o tubo de raios catódicos. O tubo de raios catódicos é composto de um filamento, cátodo, grade de controle, ânodo de aceleração e focalização, placas de deflexão vertical e horizontal, e uma tela fluorescente, conforme se ilustra na Fig.1.

Quando o filamento é percorrido por uma corrente eléctrica, ele aquece devido ao efeito joule e, emite electrões que em seguida são acelerados (pela diferença de potencial aplicada entre o cátodo e o ânodo) até colidirem com a película fluorescente que resulta na emissão da luz que é visível no ecrã do osciloscópio. Durante o movimento do feixe de electrões do cátodo até a colisão com a película fluorescente, o feixe é sujeito a duas deflexões (horizontal e vertical) por intermédio de placas de deflexão que são submetidas a campos eléctricos controláveis¹.

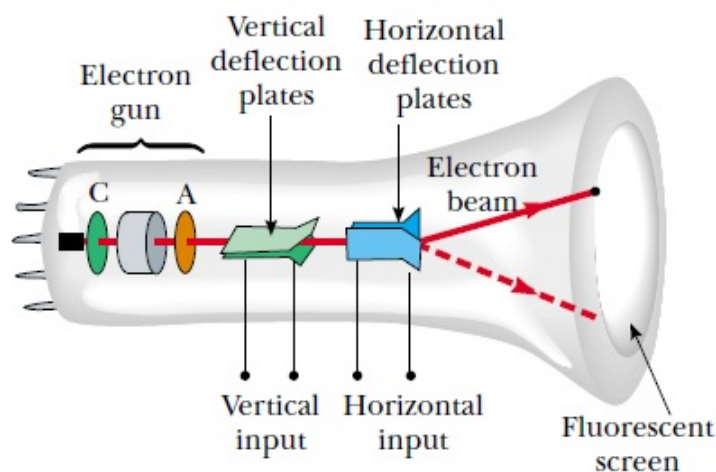


Figura 1: Tubo de raios catódicos e seus elementos (Serway, 2004)

3.2 Superposição de Sinais Periódicos Perpendiculares - Figuras de Lissajous

O nosso dia-a-dia é repleto de vários fenómenos que são consequências de superposição de sinais periódicos. Por exemplo, os sons que ouvimos e as imagens que vimos são produzidos pela superposição de sinais periódicos.

A superposição pode ocorrer em sinais periódicos que se propagam na mesma direcção (com frequências iguais ou não, com amplitudes iguais ou não) ou em direcções perpendiculares, como é o caso da nossa consideração.

Consideremos dois sinais harmónicos de mesma frequência, sendo um propagando-se ao longo do eixo-X e o outro propagando-se ao longo do eixo-Y, respectivamente dados pelas seguintes relações:

¹Para mais detalhes sobre o funcionamento dos osciloscópios de tubos de raios catódicos, recomenda-se mais leitura nos diversos manuais e/ou artigos disponíveis na Internet.

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_x) \quad (1)$$

$$y(t) = B \cos(\omega t + \phi_y) \quad (2)$$

Fazendo-se um rearranjo na eq.2 ($y(t) = B \cos(\omega t + \phi_x + \phi_y - \phi_x)$) e considerando-se a identidade matemática ($\cos(a + b) = \cos(a)\cos(b) - \sin(a)\sin(b)$), a combinação das duas equações (eqs.1 e 2) resulta em seguinte relação:

$$\frac{y^2}{B^2} + \frac{x^2}{A^2} - \frac{2xy}{AB} \cos(\Delta\phi) = \sin^2(\Delta\phi) \quad (3)$$

Sendo, $\Delta\phi = \phi_y - \phi_x$.

A eq.3 representa em geral uma elipse excepto em alguns casos particulares, isto é, quando $\Delta\phi = 0; \pi; \frac{\pi}{2}; \frac{3\pi}{2}$ e 2π .

Quando as frequências dos sinais representados pelas eqs.1 e 2 são diferentes (ω_x para $x(t)$ e ω_y para $y(t)$), a combinação das duas equações resulta numa expressão um pouco complicada que depende da razão das frequências (ω_y/ω_x).

Assim, dependendo da razão das frequências (ω_y/ω_x) e da diferença de fases ($\Delta\phi$) entre os sinais que se sobrepõem, tem-se uma família de curvas denominadas **Curvas de Lissajous**², conforme se ilustra na Fig.2.

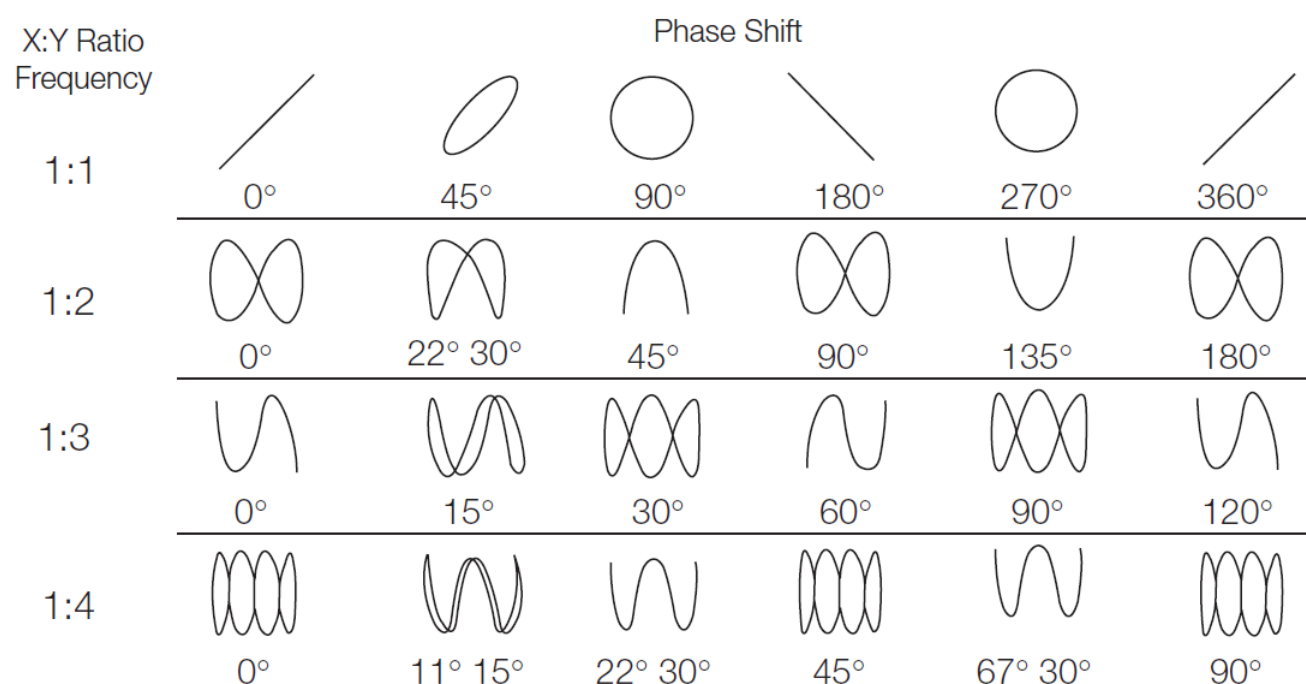


Figura 2: Figuras de Lissajous (Tektronix, 2009)

No que concerne às aplicações, as figuras de Lissajous podem ser utilizadas para a determinação de frequências desconhecidas e de diferença de fases entre dois sinais. Para a determinação de frequências, é necessário que se conheça a frequência de um dos sinais e, a outra (a desconhecida), determina-se contando o número

²Em homenagem ao Físico francês Jules Antoine Lissajous (1822 - 1880)

dos extremos (lóbos) da figura de Lissajous nos dois eixos perpendiculares no osciloscópio com vista a se conhecer a razão de frequências (Vide a Fig.2).

Para além dos lóbos, a razão de frequências também pode ser determinada com recurso ao método das tangentes. Assim:

$$\frac{\omega_y}{\omega_x} = \frac{N_y}{N_x} \quad (4)$$

Onde, N_y é o número de tangências na vertical (ao longo do eixo-y) e, N_x é o número de tangências na horizontal.

4 Procedimentos de execução

4.1 Medição com osciloscópio

1. Ligue o osciloscópio, gire o controle “Intensity” até o aparecimento do feixe eletrônico e utilize o controle “Focus” para focalizar o feixe eletrônico.
2. Utilize os controles $\longleftrightarrow \updownarrow$ de forma a centralizar o feixe eletrônico.
3. Mantenha os controles “VARIABLE” da escala de tempo e voltagem na posição de calibração (CAL).
4. Mantenha o controle “MODE” na posição (NORMAL).
5. Mantenha o controle “SOURCE” na posição (INT) e mantenha o controle “AC-GND-DC” em AC;
6. Insira o sinal senoidal na entrada do canal-1 do osciloscópio utilizando os cabos BNC. Lembre-se de conectar também os terminais de terra.
7. Atue no controle “LEVEL” para fixar a varredura eletrônica na tela.
8. Ajuste e anote a escala de voltagem do osciloscópio (Volt/Div) de modo a ter uma boa observação da amplitude pico a pico do sinal a medir.
9. Ajuste e anote a escala de tempo do osciloscópio (Time/Div) de modo a ter uma boa observação do período do sinal;
10. Para valores de frequência e voltagem no gerador de sinais, preencha os restantes campos da Tab.1 usando o osciloscópio e o multímetro. (Use o sinal senoidal no gerador de sinais!)

Tabela 1:

Gerador de Sinais		Osciloscópio				Multímetro
f(Hz)	V(V)	Vpp(V)	Vrms(V)	T(s)	f(Hz)	V(V)
60	3					
100	5					
150	7					

4.2 Obtenção de figuras de Lissajous

1. Ligue os geradores de sinais aos canais do osciloscópio sendo um para o canal 1 (Ch1) e outro para o canal 2 (Ch2);
2. Ajuste o cursor de sensibilidade vertical (Volt/Div) para a posição X-Y e assegure que o feixe de elétrons esteja no centro do écran do osciloscópio.
3. Use a escala de 100Hz para os dois geradores de sinais.
4. Varie ligeiramente a frequência de um dos geradores (por exemplo, o ligado ao Ch2) e obtenha uma elipse. Meça as amplitudes A e B (Vide a Fig.3) dessa elipse e determine o ângulo de defasamento ($\Delta\phi = \arcsen(B/A)$). Compare com o valor teórico na Fig.2.
5. Obtenha no osciloscópio a figura de Lissajous semelhante à Fig.4. Determine as frequências dos sinais com base dos quais obteve essa figura. Determine o ângulo de defasamento entre os dois sinais.

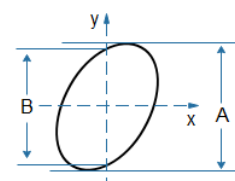


Figura 3:

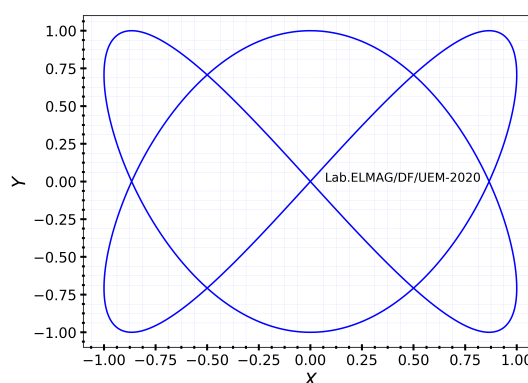


Figura 4:

Referências

- Serway, J. (2004). *Physics for scientists and engineers* (6th ed.). Thomson Brooks/Cole.
- Tektronix. (2009). *Oscilloscope fundamentals*. Retrieved 2020-03-23, from https://engineering.case.edu/lab/circuitlab/sites/engineering.case.edu.lab.circuitlab/files/docs/Oscilloscope_Fundamentals_-_Tektronix.pdf