

Laboratório de Instrumentação Eletrônica

Introdução ao uso de osciloscópio e instrumentos virtuais do NIELVIS II+

João Vitor Viana do Amaral 304b

27 de abril de 2022

TP01

Cabeçalho da primeira página

☒ Primeira página diferente

Opções ▾

1. Familiarizar-se com osciloscópio e seus principais controles e ajustes;
2. Conhecer as características e instrumentos virtuais do módulo NI ELVIS II+;
3. Efetuar medições utilizando os instrumentos virtuais DMM (Digital Multimeter), Ohmímetro, Voltímetro, Analisador de Impedância, Capacímetro e Indutímetro.

Lista de material

- Lista de material, equipamentos e aplicativos de software necessários.
NIELVIS Instruments: DMM, Impedance Analyzer, Oscilloscope, Matlab
- Módulo NIELVIS II+
1 (um) cabo USB
- Caixa com alicate de corte, alicate de bico e cabos jumper de protoboard.
- 1 (uma) Ponta de prova de osciloscópio.
- 1 (um) par de cabos (vermelho+preto) banana-protoboard.
- Componentes discretos

Item	Descrição	Valor	Qtde.
1	Resistor de 1/4W	1.5kΩ	1
2	Capacitor polyester	100nF	1
3	Indutor ou laço indutivo	470μH ou ≈ 100μH	1

Recomendações

- Na parte experimental em que se solicita observar significa medir, identificar e registrar valores, esboçar gráficos, qualificar (e.g. alto >10V, baixo <10V), etc.

- No registro experimental recomenda-se tirar uma foto tirada com o celular da tela do osciloscópio. Focalize a tela e ajuste o foco para tirar uma foto adequada.
- A recomendação é que faça uma foto de você realizando os experimentos ilustrando sua presença no laboratório. Peça a um colega do seu grupo ou bancada que faça uma foto adequada (respeitosamente faça uma pose técnica na bancada de laboratório.)
- As formas de onda medidas com o osciloscópio do NIELVIS II+ podem ser salvas em arquivos texto. Usando um programa Matlab adequado para cada instrumento virtual desenha-se os gráficos para serem inseridos no corpo do relatório.
- No final da prática, certifique-se de:
 1. guardar as pontas de prova nas bolsas plásticas,
 2. . recolher e guardar componentes e ferramentas na caixa de sua bancada,
 3. desligar os equipamentos de bancada (osciloscópio, NIELVIS),
 4. encerrar sua seção no notebook e fechar a tampa do notebook.
 5. guardar os cabos de energia e cabos USB, nos armários ou no suporte de cabos.

1 Parte teórica

1.1 Introdução teórica

1.1.1 Impedância e reatância

A Lei de Ohm estabelece uma relação linear entre voltagem e corrente elétrica através de uma resistência elétrica linear, R . Entretanto, uma relação linear também é observada para os demais parâmetros de circuito conforme representado no diagrama ilustrado na figura 1. Considerando o caso de regime permanente senoidal com frequência $\omega = 2\pi f$, verifica-se que o operador derivada é equivalente algebricamente a uma variável complexa $s = j\omega$. Neste caso, substituindo-se o operador $\left(\frac{d}{dt} \rightarrow s = j\omega\right)$ na Figura 1 obtém-se as seguintes relações entre voltagem e corrente elétrica envolvendo os parâmetros **capacitância** e **indutância**:

$$\begin{array}{c} \text{L} \\ \text{---} \\ \text{+} \quad \text{V}_{21} \quad \text{---} \end{array} \quad X_L = \frac{V_{21}}{I} = j\omega L, \quad (1)$$

$$\begin{array}{c} \text{C} \\ \text{---} \\ \text{+} \quad \text{V}_{21} \quad \text{---} \end{array} \quad X_C = \frac{V_{21}}{I} = \frac{1}{j\omega C}, \quad (2)$$

em que X_L é a reatância indutiva e X_C é a reatância capacitiva. Note que reatância é medida por uma razão entre voltagem (V) e corrente elétrica (A) tendo, assim, unidade de

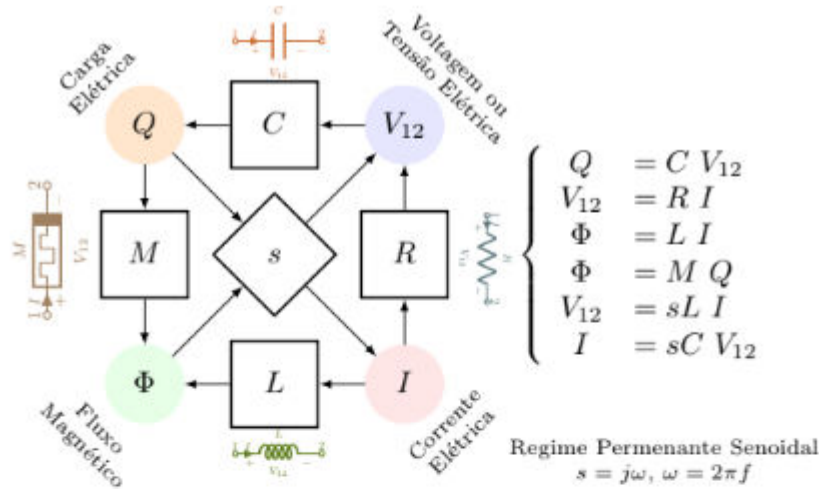


Figura 1: Relações entre grandezas elétricas no domínio da frequência complexa $s = \alpha + j\omega$. As polaridades de tensão e corrente elétrica são indicadas assumindo a convenção de queda de tensão. Considerando condições iniciais nulas, $v_{21}(0) = 0$ e $i(0) = 0$, a variável s equivale ao operador derivada, i.e. $s = \frac{d}{dt}$.

Ohm, (Ω). A Figura 2 ilustra o comportamento linear da impedância para uma determinada frequência ω constante. A Figura 2 ilustra a variação das reatâncias indutiva e capacitiva em função da frequência. A reatância indutiva varia linearmente com a frequência enquanto que a reatância capacitiva varia hiperbolicamente.

1.1.2 Como funciona o instrumento Impedance Analyzer para medição de impedância?

A caracterização de dispositivos e sistemas com dois terminais (dipolo) e quatro terminais (quadripolo) pode ser estática (CC) ou dinâmica (CA) conforme ilustrado na Figura 3. O NIEVIS II+ é um módulo equipado com instrumentos virtuais para realizar tanto caracterização estática CC (Instrumentos virtuais 2-Wire, 3-Wire) quanto dinâmica CA (Impedance Analyzer, Bode Analyzer). No caso do Impedance analyzer os terminais de testes estão ilustrados na Figura 4. O NIEVIS II+, através dos pinos DUT+ e DUT- (**D**evice **U**nder **T**est, que em tradução livre significa: Dispositivo Em Teste), aplica uma tensão senoidal de **amplitude** e **frequência** ajustáveis automaticamente sobre o DUT e mede simultaneamente a amplitude e fase da tensão V aplicada sobre o DUT e da corrente I que circula através do DUT. A partir dessas medições calcula a impedância e desenha o fasor numa tela gráfica.

Exemplo 1 Desenhar em coordenadas polares os seguintes números complexos usando os recursos do pacote Tikz e pgfplots.

1. $Z_1 = R = 1\Omega$

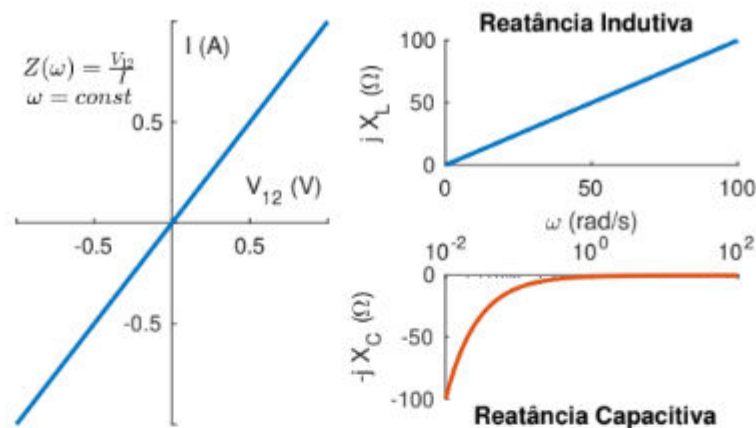
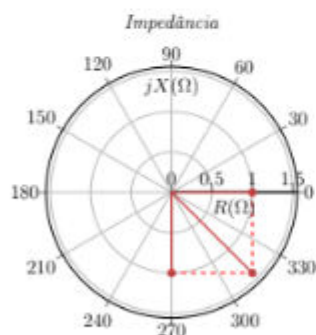


Figura 2: Característica linear da impedância, $Z(\omega) = \frac{V_{12}}{I}$, para uma determinada frequência, $\omega = \text{const}$, e reatâncias indutiva e capacitiva em função da frequência. A escala logarítmica foi usada no eixo da frequência da reatância capacitiva para ressaltar o comportamento de hipérbole.

$$2. Z_2 = X_C = 1 \angle (-90^\circ) \Omega$$

$$3. Z_3 = Z_1 + Z_2$$



1.2 Exercícios preparatórios para a prática

Exercício 1 (Cálculo de reatâncias e impedância) Calcule a impedância ou reatância que se pede considerando uma frequência $f = 1 \text{ kHz}$.

1. $C = 1 \mu\text{F}$, $X_C(1\text{kHz}) = ?$.

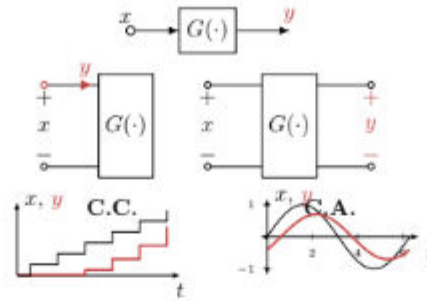


Figura 3: Representação com Diagrama de Blocos com terminais únicos de entrada e saída. Representação esquemática para caracterização de dispositivos e sistemas com dois terminais (dipolo) e quatro terminais (quadripolo), e formas de onda típicas em função explícita do tempo usadas para caracterizar os sistemas.

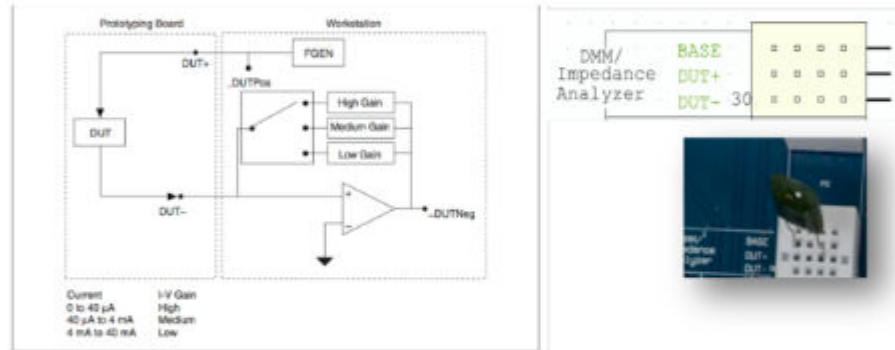


Figura 4: Circuito esquemático interno do instrumento virtual *Impedance Analyzer*.

1. $L = 47 \mu\text{H}$, $X_L(1\text{kHz}) = ?$
2. Calcule a impedância $Z(1\text{kHz})$ da combinação série de $R = 1 \text{ k}\Omega$ e $C = 1 \mu\text{F}$.

Resposta:

$$1. X_C(1\text{kHz}) = \frac{-j}{2\pi fC} = \frac{-j}{2\pi \cdot 1\text{e}3 \cdot 1\mu} = \frac{-500j}{\pi} = -159.15j \Omega.$$

Usando o Matlab: $C=1\text{e}-6$; $f=1\text{e}3$; $Xc = 1/(j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C)$; $Xc = 0.0 - 1.5915\text{e}+02i$

$$2. L = 47 \mu\text{H}, X_L(1\text{kHz}) = 2\pi fL, X_L(1\text{kHz}) = 0.094\pi \Omega$$

Usando o Matlab: $L=47\text{e}-6$; $f=1\text{e}3$; $Xl = j \cdot (2 \cdot \pi \cdot f \cdot L)$; $Xl = Xl = 0.0 + 0.2953i$

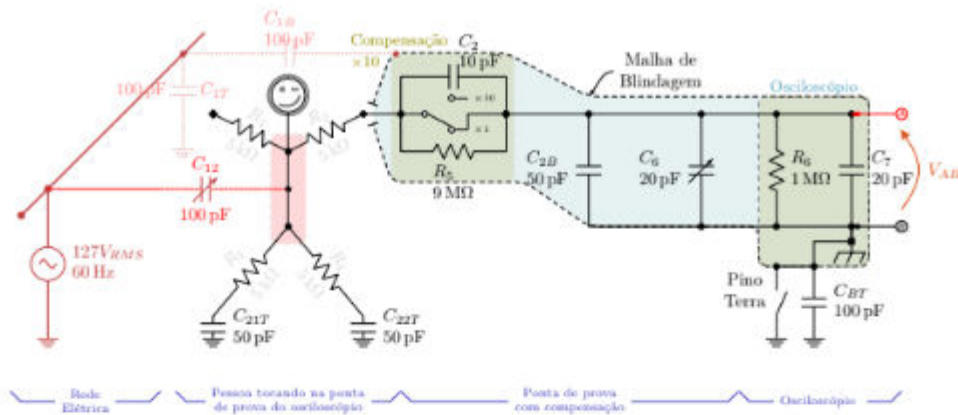


Figura 5: Diagrama esquemático de uma pessoa tocando a ponta de prova de um osciloscópio.

3. Calcule a impedância $Z(1kHz)$ da combinação série de $R = 1k\Omega$ e $C = 1pF$.

Usando o Matlab: $R=1e3; C=1e-6; f=1e3; Zs = R - j/(2*pi*f*C) ;$

$Zs = 1.0e+3 - 1.5915e+2i$

Convertendo para a forma polar ($Zs = [\theta^\circ, \rho]$):

$Zs = [angle(Zs)*180/pi abs(Zs)]; Zs = [-90 1012.6].$

Resposta:

$$Z(1kHz) = (1.0 - j0.15915)k\Omega = 1012.6/-90^\circ \Omega$$

2 Parte experimental

2.1 Procedimentos

Parte experimental

1. Conhecendo as funções básicas de osciloscópio:
 - (a) Conecte a ponta de prova ao pino PROBE no osciloscópio
 - experimente os ajustes de escala de amplitude e tempo e o ajuste de offset (deslocamento vertical da curva). Pressione o botão de **Autoset** para iniciar.
 - A função **Autoset** ajusta escalas automaticamente, **mas esta escolha é tendenciosa para os sinais de alta frequência!**

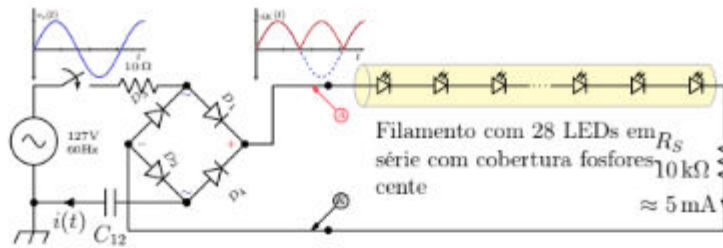
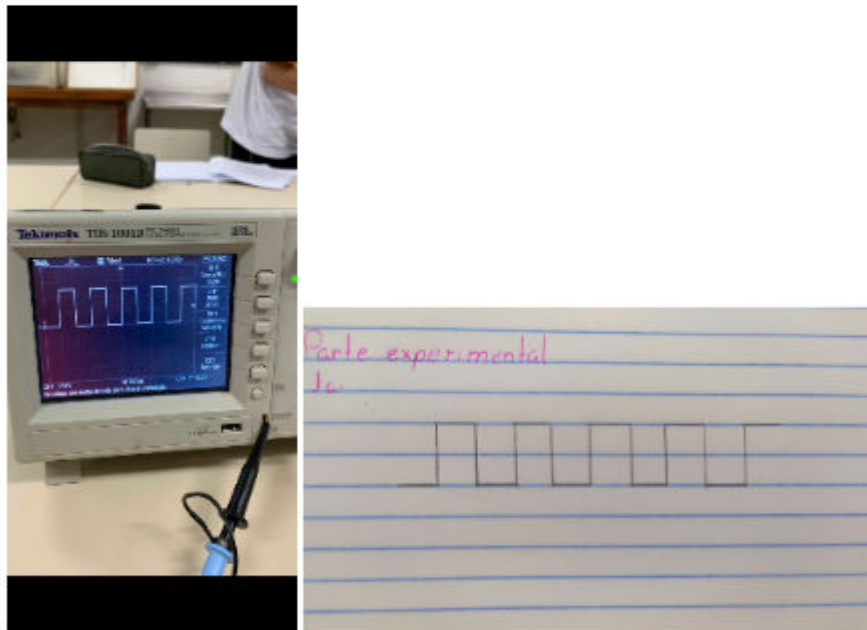


Figura 6: Circuito de teste de fase usando lâmpada de filamento de LED. Note que a capacitância C_{12} representa o acoplamento de campo elétrico da pessoa com o circuito da rede elétrica no entorno do filtro de linha ou tomada em que se realiza o teste da conexão de fase da rede elétrica.

Resposta:

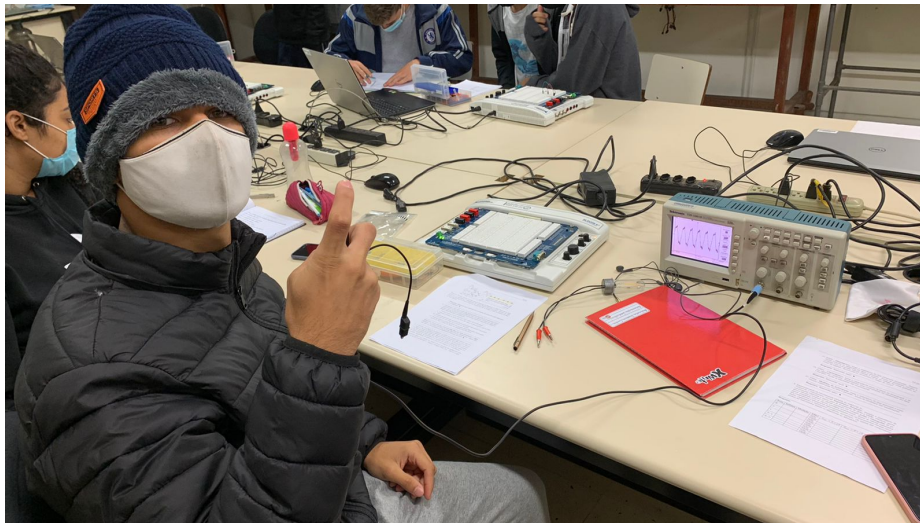
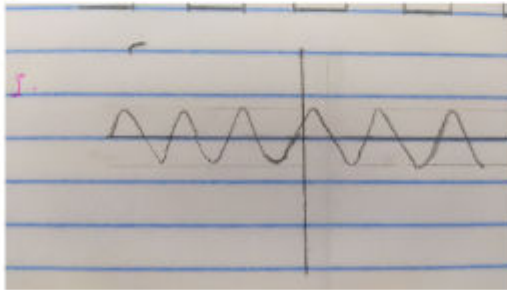


- (b) Experimente tocar com a ponta dos dedos a ponta de prova do osciloscópio com a garra jacaré de terra flutuando e observe (faça um esboço do sinal em suas anotações) a forma de onda (amplitude e frequência) conforme ilustrado na Figura 5. Avalie o sinal observado considerando:
- Tocando apenas a ponta de prova com a garra jacaré flutuando.

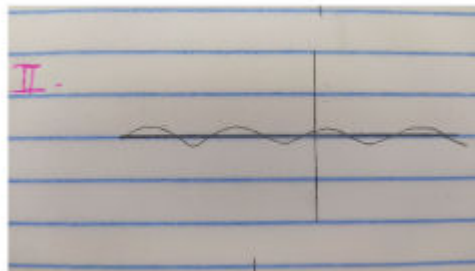
- ii. Tocando a ponta de prova com uma das mãos e a garra jacaré com a outra mão.
- iii. Tocando apenas a ponta de prova com a garra jacaré flutuando e encostando a outra mão em um colega ou no metal da bancada.
- iv. Tocando apenas a ponta de prova com a garra jacaré flutuando e levantando os pés do chão. Utilize um banco de madeira para esta parte.

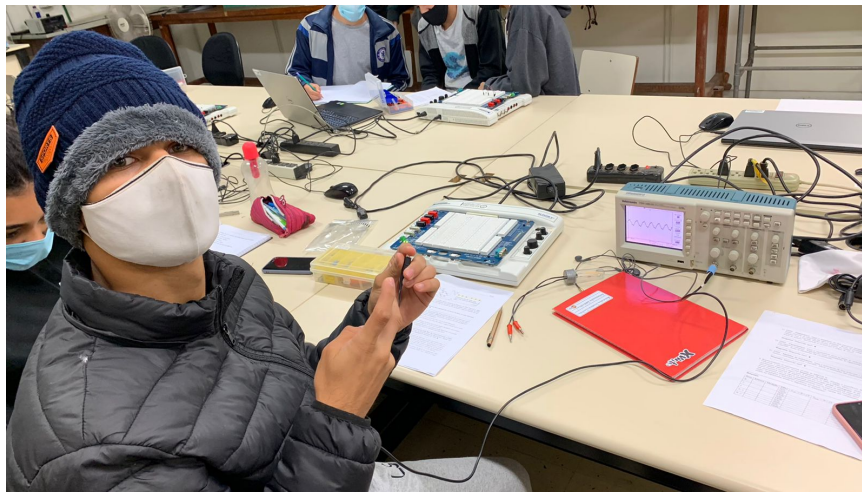
Respostas:

i-

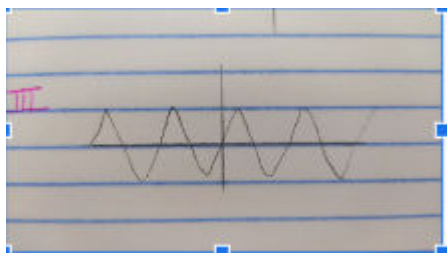


ii-

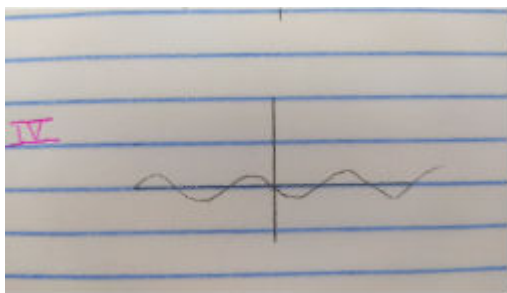




iii-



iv-



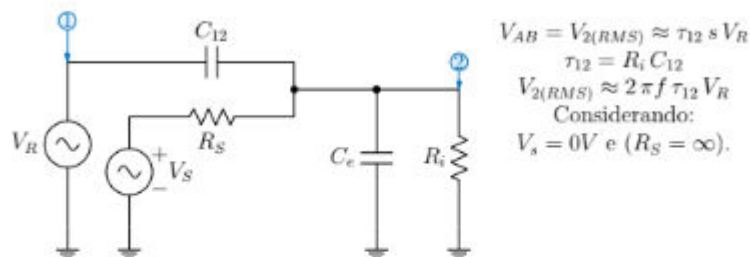


Figura 7: Circuito equivalente de acoplamento de ruído por campo elétrico.

$$V_2 = \frac{\tau_{12} s}{(\tau_{12} + \tau_1) s + 1} V_R + \frac{R_i}{R_S(\tau_2 s + 1) + R_i} V_S$$

em que $\tau_{12} = (R_i \parallel R_S) C_{12}$, $\tau_1 = (R_i \parallel R_S) C_e$ e $\tau_2 = R_i (C_e + C_{12})$. Considerando a frequência da rede elétrica, $f = 60\text{Hz}$, temos que $(\tau_{12} + \tau_1) s \ll 1$ e $R_i \gg R_S(\tau_2 s + 1)$, resultando em V_2 , aproximadamente, $[V_2 \approx \tau_{12} s V_R + V_S]$

Resposta:

c



Registre o fato do osciloscópio ou NIELVIS estar ou não com o pino de terra do cabo de alimentação conectado no terra da rede elétrica.

2. Utilizando o NIELVIS II+, experimente as seguintes funcionalidades:

(a) DMM - Voltímetro: meça as voltagens das fontes de alimentação do NIELVIS II+: $V_A = 5V$, $V_B = 15V$ e $V_C = -15V$. Inverta a polaridade das pontas de prova e verifique a mudança no sinal das medidas.

Resposta:

$V_A = 4,95V$

$V_B = 15,6V$

$V_C = -15,1V$

Invertido:

$V_A = -4,95V$

$V_B = -15,6V$

$V_C = 15,1V$

(b) DMM - Voltímetro: meça as voltagens entre as fontes de alimentação do NIELVIS II+: V_{AB} , V_{BA} , V_{AC} , V_{CA} , V_{BC} e V_{CB} . Estes índices seguem a designação das fontes do item anterior. Verifique se os sinais estão corretos ao inverter a polaridade do voltímetro e anote a mudança observada (i.e. leitura positiva e negativa).

Resposta:

$V_{AB} = -10,6V$

$V_{BA} = 10,6V$

$V_{AC} = 20,1V$

$V_{CA} = -20,1V$

$V_{BC} = 30,8V$

$V_{CB} = -30,8V$

(c) DMM - Ohmímetro: meça a resistência de dois resistores fornecidos. Experimente conectar os resistores em série e paralelo. Anote os resultados obtidos e compare com a previsão teórica obtida a partir do código de cores gravado no corpo do resistor. Recomenda-se memorizar o código de cores!

Resposta:

Resistores de $1,5K\Omega$



Em série:

- Valor da previsão teórica: $3c$
- Valor obtido: $1,51K\Omega$

Em paralelo:

- Valor da previsão teórica: $0,75K\Omega$
- Valor obtido: $0,75K\Omega$

(d) DMM - **Capacímetro:** meça a capacitância entre os pinos do protoboard e de um capacitor conhecido. Experimente duas combinações de capacitores em série e paralelo. Anote os resultados das combinações.

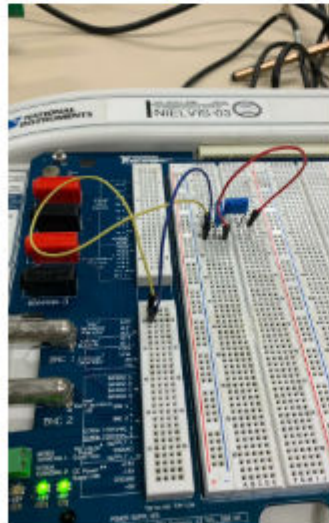
Resposta:

Capacitor de $0,1\mu = 100n$

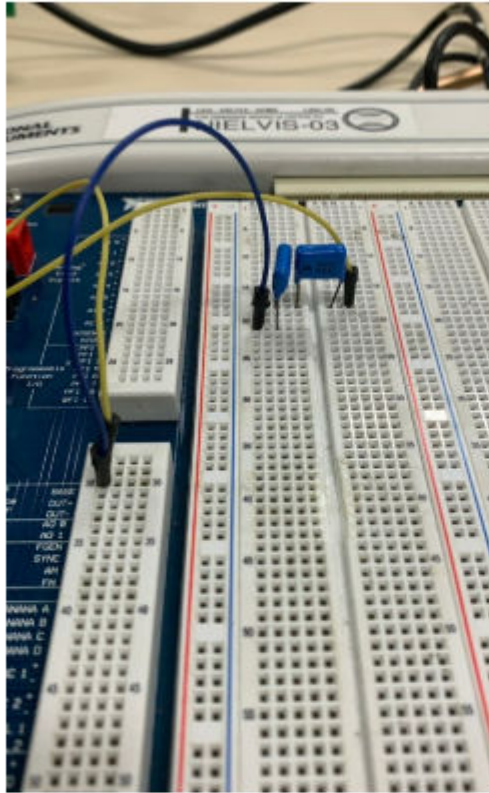
- Valor medido: $103n$

Valor dos pinos da protoboard: $3,6pF = 0,36n$

Capacitores em paralelos = $0,11\mu F$



Capacitores em série = $9,00\text{nF}$

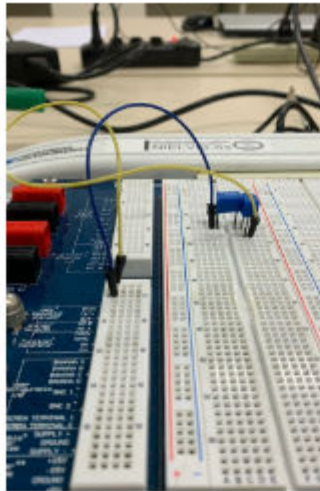


(e) DMM - **Medidor de indutância**: meça a indutância de dois indutores e experimentalmente combinação em série e paralelo. Anote os resultados das combinações.

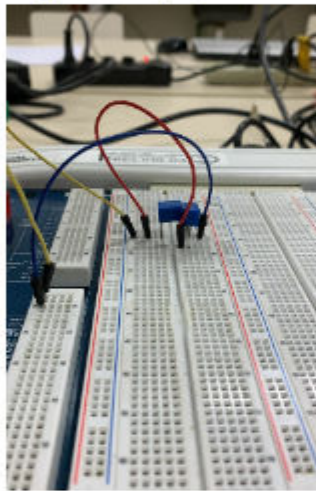
Respostas:

$L = 470\mu\text{F}$

Em série = $0,82\text{ mH}$



Em paralelo = 0,213 mH



3. Experimentando os instrumentos virtuais do NIELVIS II+.

Utilizando o instrumento virtual **Impedance Analyzer**, obtenha a impedância de combinações sugeridas a seguir para as frequências de 1kHz e 10kHz. Observe, anote, esboce fasores e compare os valores expressos em notação **polar** e **retangular** de números complexos com os valores previstos teoricamente. Anote os valores registrados nos componentes e mensurados experimentalmente com os instrumentos virtuais ohmímetro, capacímetro e indutímetro conforme apropriado. Os valores dos componentes podem ser selecionados dentre os disponíveis no laboratório.

Resposta:

Item	Leitura	Medição	f(Hz)	$Z_{calc} = R + jX$	$Z_{med} = R + jX$	$Z_{med} = Z \angle \theta^\circ$
R	1,5 k Ω	1,51 k Ω	1kHz	1500 + j0	1,51k Ω + j2	1,51k Ω \angle 0,076°
			10kHz		1,51k Ω + j19	1,51k Ω \angle 0,763°
C	100nF	100nF	1kHz	-j1,59k	60k Ω - j1,55k	1,55k Ω \angle -87,9°
			10kHz	-j0,15k	7k Ω - j156	156k \angle -87,5°
L	470 μ H	470 μ H	1kHz	j0,62	4,5k Ω + j0,77	4,5k Ω \angle 9,68°
			10kHz	j6,28	4,41k Ω + j7,7	8,36k Ω \angle 57,9°
R+L	1,5k Ω	1,49k Ω	1kHz	1,5k Ω + j0,62	1,5k Ω + j2,6	1,5k Ω \angle 0,08°
	470 μ H	470 μ H	30kHz	1,5k Ω + j18,85	1,5k Ω + j80	1,5k Ω \angle 3,5°
R+C	1,5k Ω	1,51k Ω	1kHz	1,5k Ω + j15,9k	1,5k Ω + j1,55k	2,15k Ω \angle -46,4°
	100nF	100nF	10kHz	1,5k Ω + j1,59k	1,5k Ω + j140,5	1,5k Ω \angle -5,5°

Resistor = 1,5k Ω

Indutor = 470 μ H

Capacitor = 100nF

2.2 Conclusões e sugestões

Utilizamos neste trabalho alguns componentes que nos ajudaram a comparar resultados que já eram esperados.