

TUTORIAL

ANALOG DISCOVERY 2

Prof. Fabio Romano Lofrano Dotto

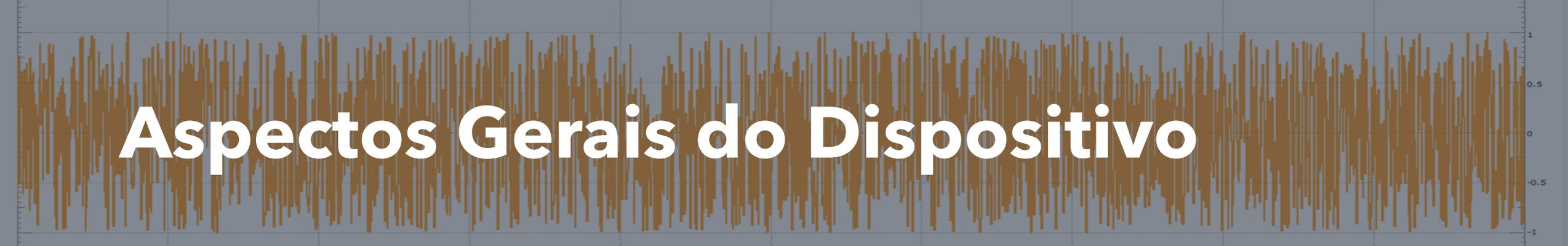
Prof. José Marcos Alves



Aspectos Gerais do Dispositivo

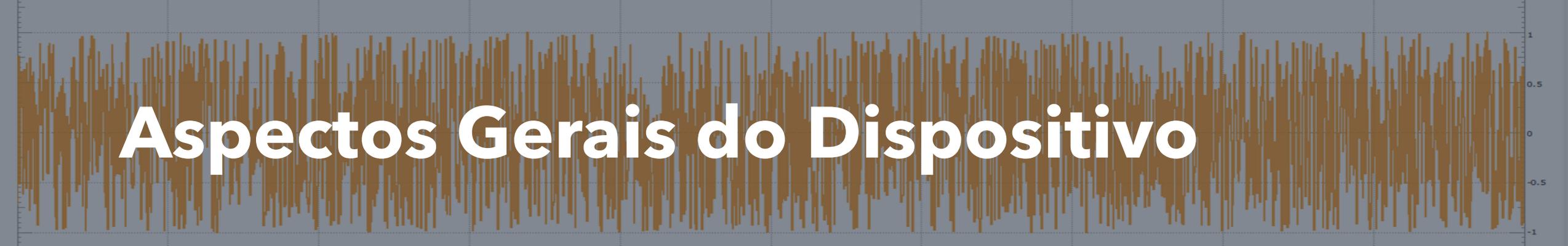
- Instrumento multifuncional que permite aos usuários medir, visualizar, gerar, registrar e controlar circuitos de sinais mistos de todos os tipos;





Aspectos Gerais do Dispositivo

- O software denominado *WaveForms* da *Digilent* será abordado ao longo deste material e deve estar devidamente instalado para aplicação e utilização do dispositivo no laboratório. Por meio deste software e do *Analog Discovery 2* abordaremos os instrumentos virtuais principais disponíveis.

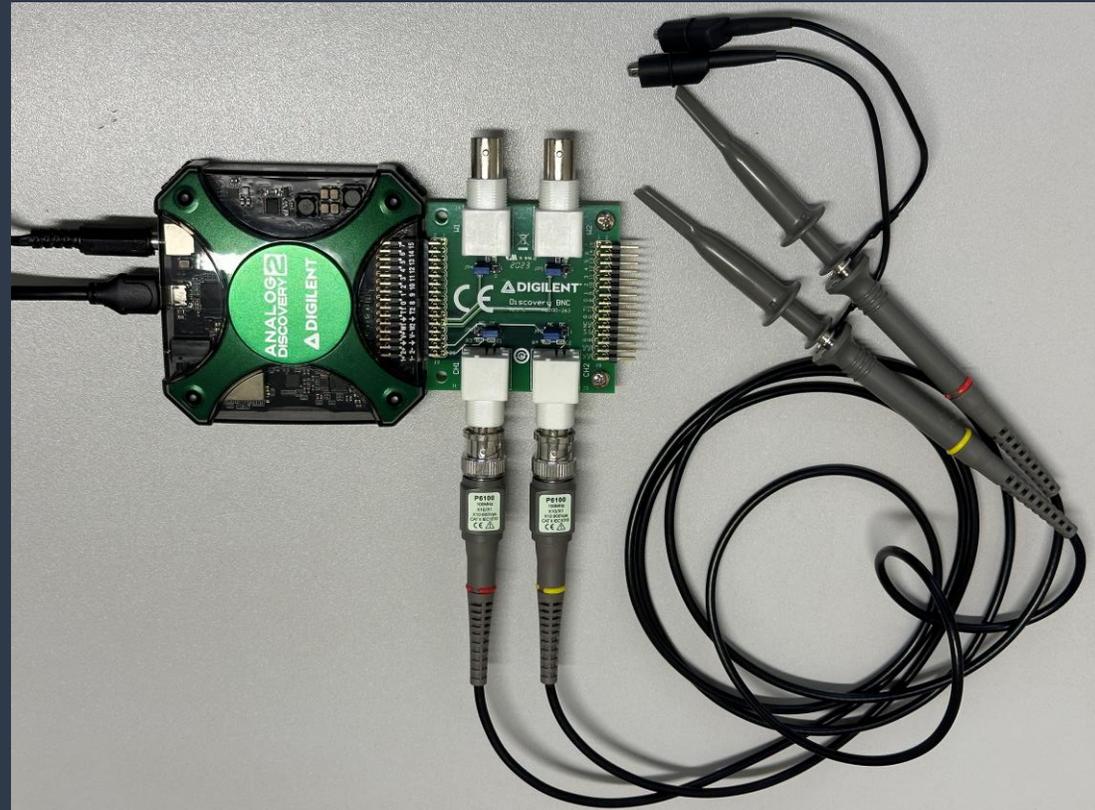


Aspectos Gerais do Dispositivo

- Dentre as diversas aplicações do *Analog Discovery 2* e do software *WaveForms*, abordaremos neste documento os principais recursos destinados ao uso no laboratório de circuitos eletrônicos:
 - (1) Osciloscópio
 - (2) Gerador de Formas de Onda
 - (3) Fonte de Alimentação DC Variável
 - (4) Voltímetro
 - (5) Analisador de Espectro
 - (6) Analisador de Impedâncias.

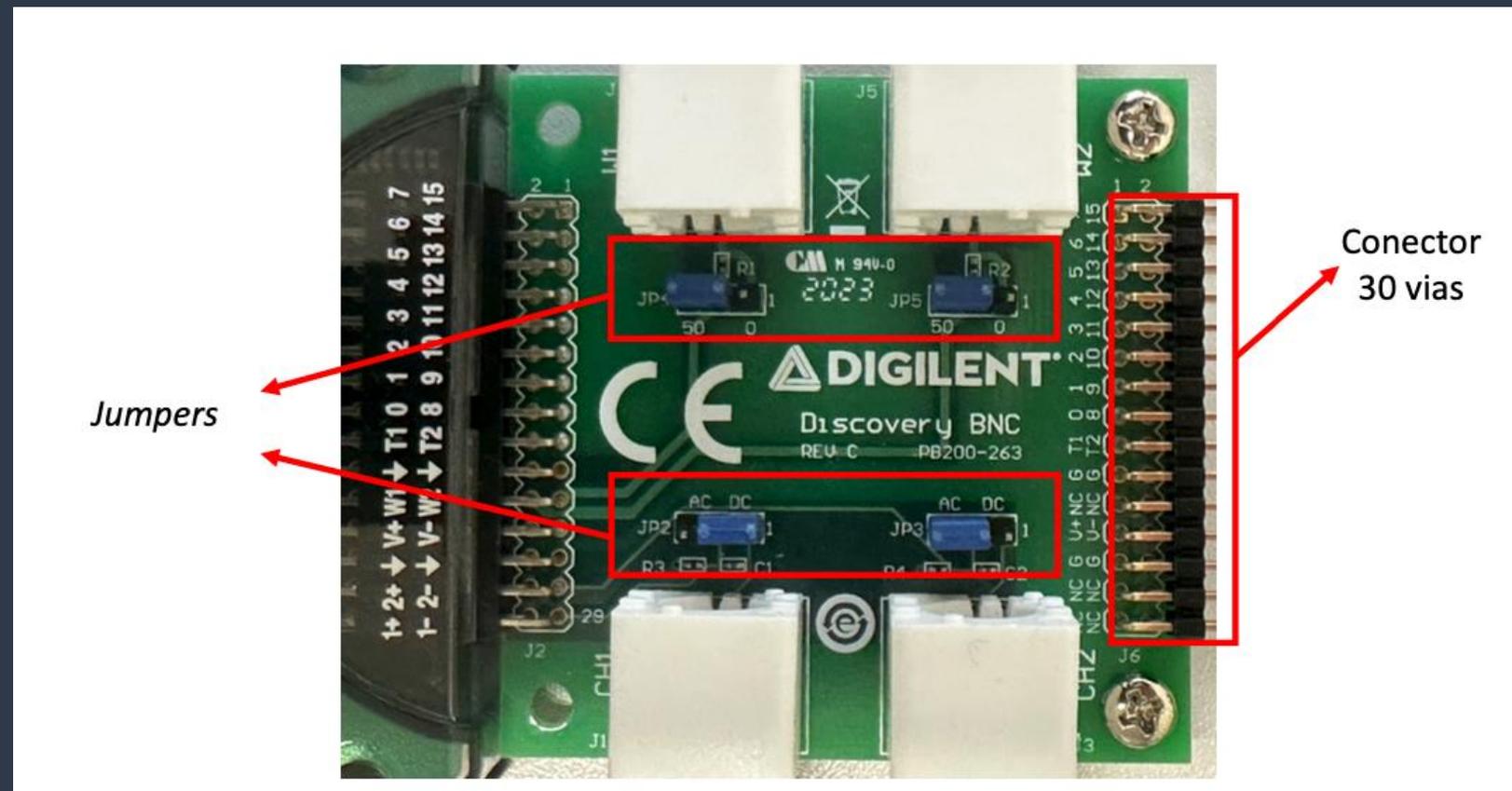
O Hardware do Analog Discovery 2

Adaptador BNC



O Hardware do Analog Discovery 2

Adaptador BNC



Jumpers:

(1) AC/DC

(2) 0Ω ou 50Ω

Cabo 30 vias:

V+, V-, GND

O Hardware do Analog Discovery 2

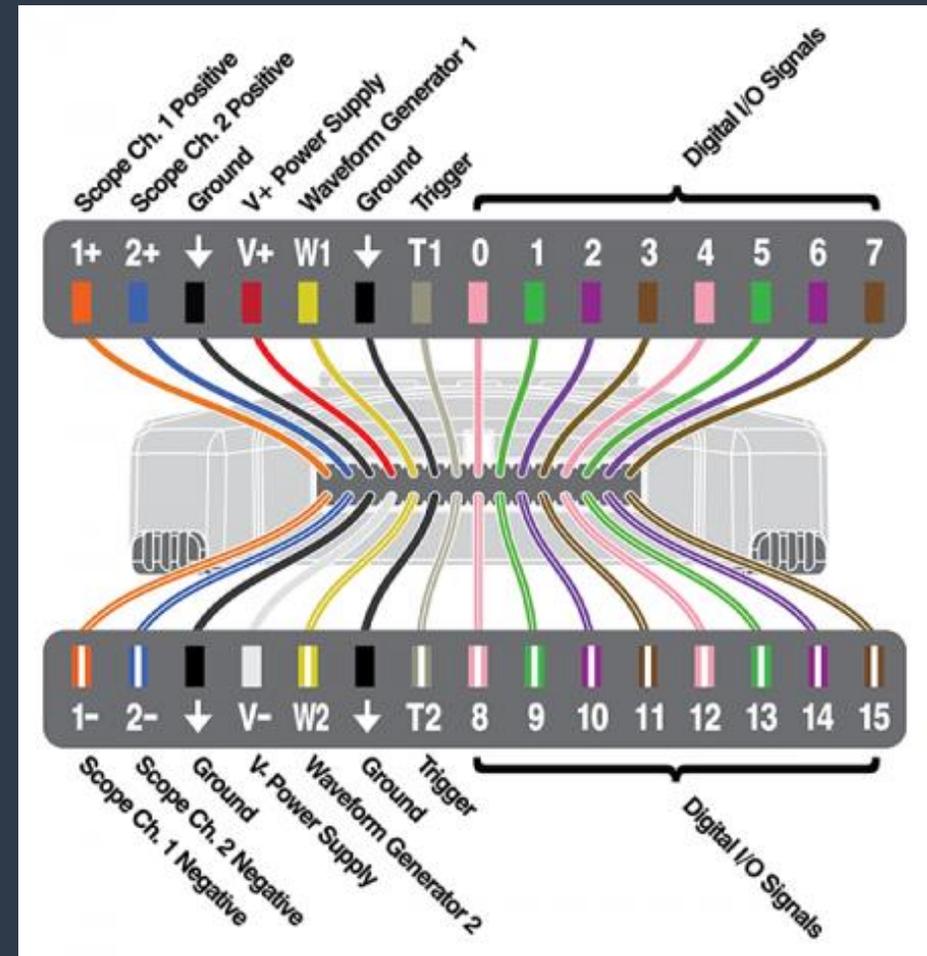
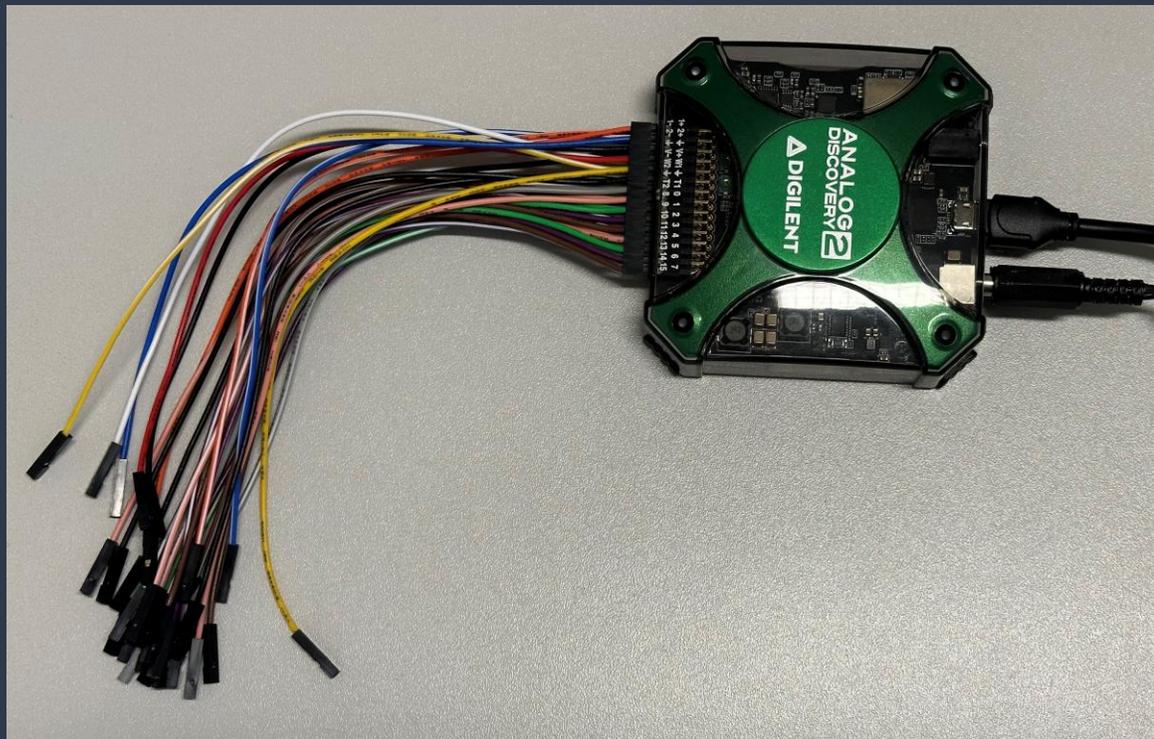
Pontas de Prova para Medição

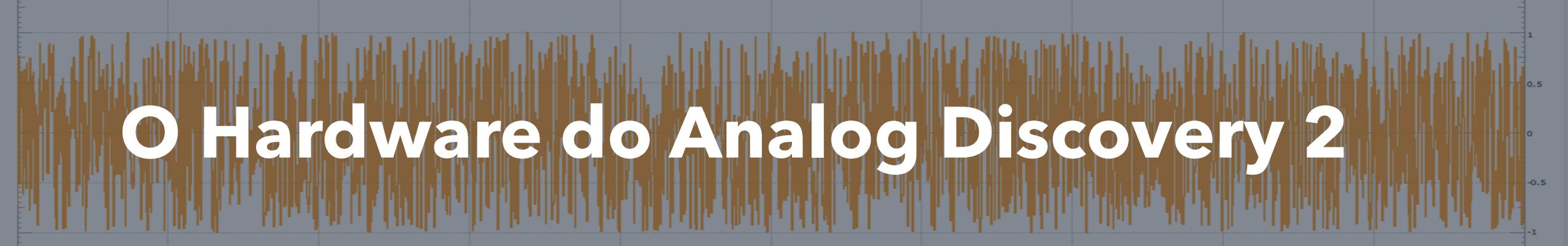


Fator de Escala: 1X e 10X

O Hardware do Analog Discovery 2

Cabo MTE



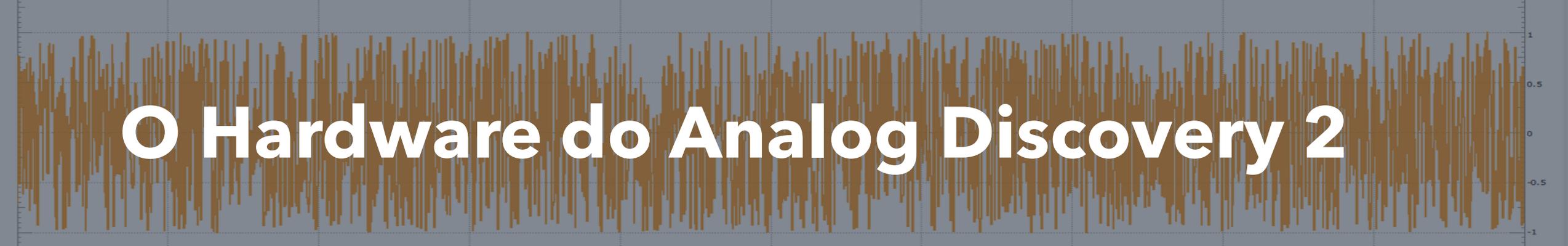


O Hardware do Analog Discovery 2

IMPORTANTE: Apesar dos canais de entradas analógicas serem totalmente diferenciais, uma conexão GND ao circuito sob teste é necessária para fornecer uma tensão de modo comum estável;

Necessário avaliar as conexões de alimentação e aterramento e garantir uma referência GND comum entre o Discovery 2 e o circuito em teste;

Para medições sem distorção, o modo comum e as tensões diferenciais precisam atender às especificações;

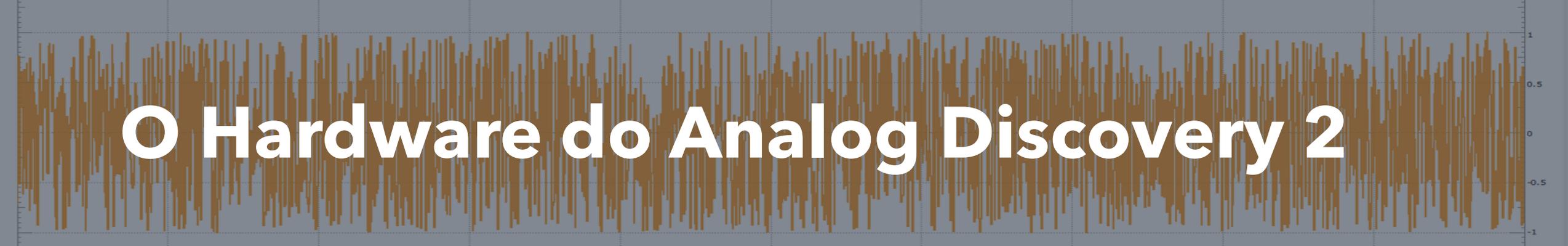


O Hardware do Analog Discovery 2

Entradas Analógicas:

Os canais de entrada analógicos do Discovery 2 atuam como um osciloscópio de dois canais, 14 bits e 100 MS/s;

São identificados pelos pinos acrescentados dos sinais "+", "-", os quais representam a entrada (+) e o terra (-). Portanto, tem-se a entrada 1, com os pinos 1+ (sinal) e 1- (terra) e 2, com os pinos 2+ (sinal) e 2- (terra);

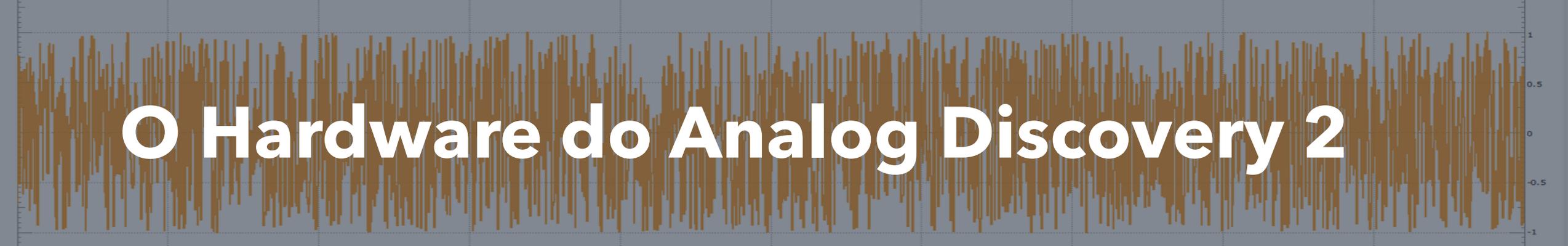


O Hardware do Analog Discovery 2

Entradas Analógicas:

O adaptador BNC permite que pontas de prova sejam utilizadas para realizar as medições em laboratório por meio das entradas CH1 (canal 1) e CH2 (canal 2);

As entradas CH1 e CH2 são eletricamente interligadas com as entradas analógicas 1 (1+ e 1-) e 2 (2+ e 2-), portanto, é possível obter o mesmo resultado sem a utilização deste adaptador por meio do cabo MTE;



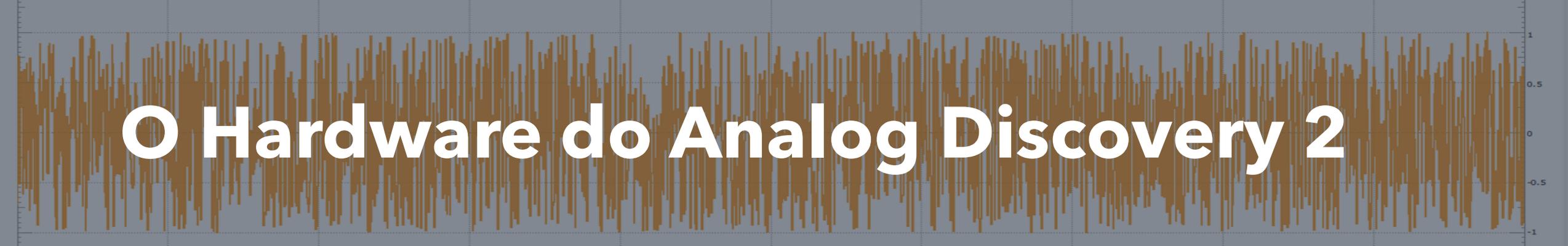
O Hardware do Analog Discovery 2

Saídas Analógicas:

Duas saídas (W1 e W2) também estão disponíveis para serem utilizadas para geração de sinais analógicos e serão úteis na funcionalidade de gerador de formas de onda, entre outros.

Disponíveis no adaptador BNC e cabo MTE;

Converte amostras digitais de 14 bits em analógico a uma taxa de até 100 MS/s em cada um dos dois canais;

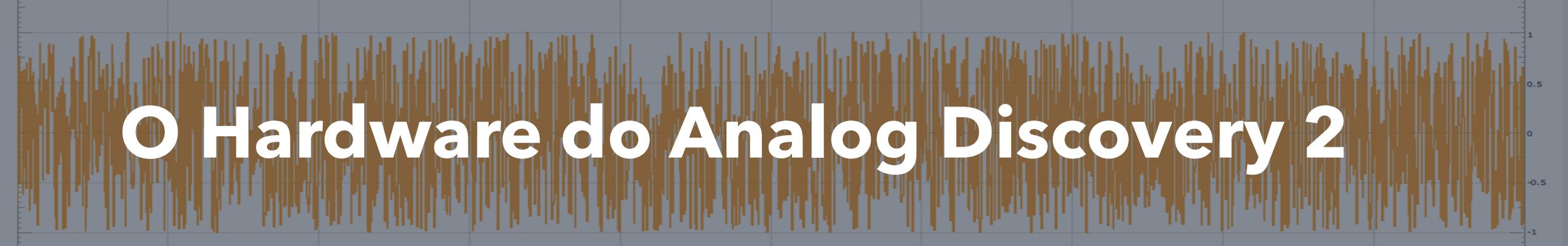


O Hardware do Analog Discovery 2

Saídas de Fonte de Tensão DC Variável:

Duas saídas de alimentação variável que podem ser usadas para alimentar circuitos de energia sob teste. Essas linhas podem ser configuradas para níveis de tensão entre 0,5 V a 5 V e -0,5 V a -5 V;

A corrente e a potência máxima de saída disponíveis dependem da escolha de alimentação do Discovery 2 (USB ou fonte de alimentação externa);



O Hardware do Analog Discovery 2

Pontos de Terra GND:

Internamente o dispositivo possui os seguintes pontos de GND interconectados e disponíveis nos pinos do conector: 1-, 2- e GND (▼).

Se conectar apenas um desses pontos ao GND do circuito sob teste, o GND já estará conectado aos demais pinos internamente;

O Hardware do Analog Discovery 2

Oscilloscope

Channels	2
Resolution	14-bit
Sample Rate	100 <u>MS/s</u>
Bandwidth	10 <u>MHz+</u>
Input Impedance	1 M Ω
Voltage Range	\pm 25V
Max Buffer Size	16384 Samples/channel

Arbitrary Waveform Generator

Channels	2
Resolution	14-bit
Sample Rate	100 <u>MS/s</u>
Bandwidth	12 <u>MHz+</u>
Input Impedance	1 M Ω
Voltage Range	\pm 5V
Max Buffer Size	16384 Samples/channel
Additional Output Port/s	Stereo Audio Output Jack

Programmable Power Supply

Channels	2
Output Voltage	0.5V to 5V or -0.5V to -5V
Maximum Power (USB)	500mW total
Maximum Power (External Supply)	2.1W per channel
Maximum Current	700mA per channel when using external power

Voltmeter

Channels	2 (Shared with Oscilloscope)
DC	\pm 25V
AC	\pm 25V

Spectrum Analyzer

Channels	2 (Shared with Oscilloscope)
Frequency Range	0Hz to 50MHz
Reference Circuit	Various

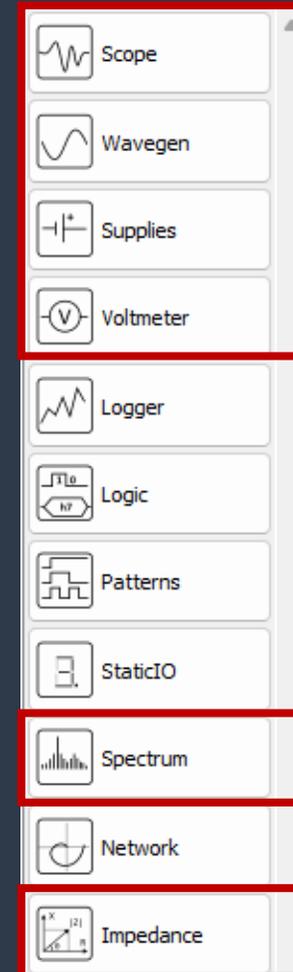
Impedance Analyzer

Inputs / Outputs	Shared with Oscilloscope and Waveform Generator
Frequency Sweep Range	100uHz to 25MHz
Frequency Steps	1 to 10000
Plots	Impedance, Admittance, Inductance, Capacitance, etc.

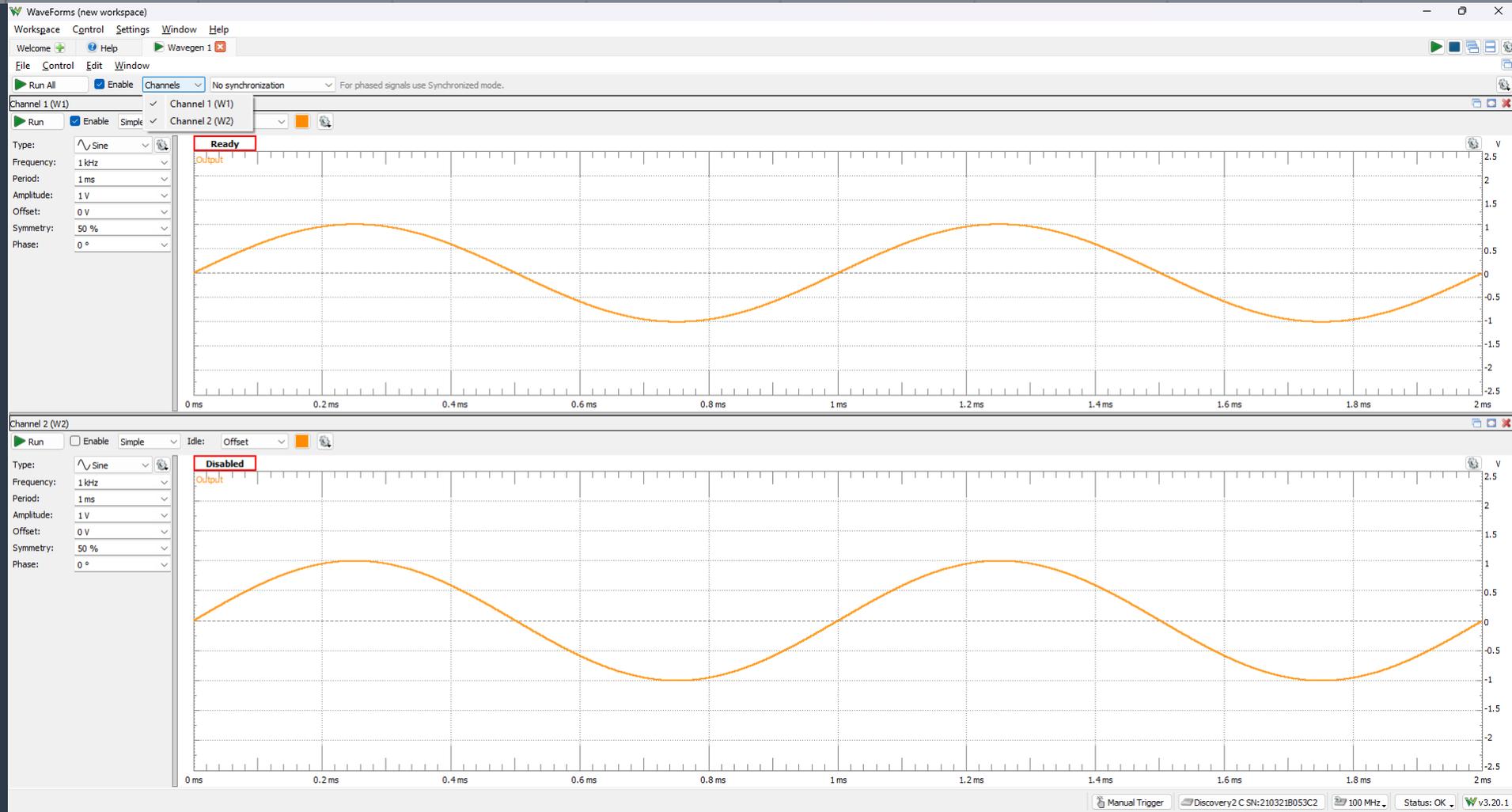
Software WaveForms

Instrumentos Virtuais a Serem Estudados:

- (1) Osciloscópio
- (2) Gerador de Formas de Onda
- (3) Fonte de Alimentação DC Variável
- (4) Voltímetro
- (5) Analisador de Espectro
- (6) Analisador de Impedâncias.

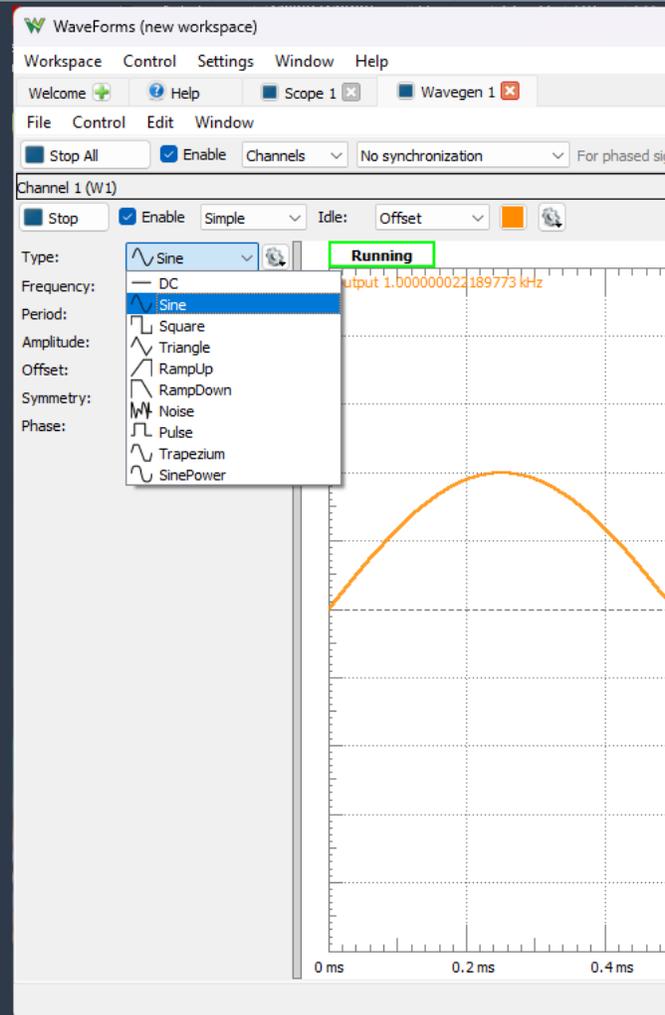
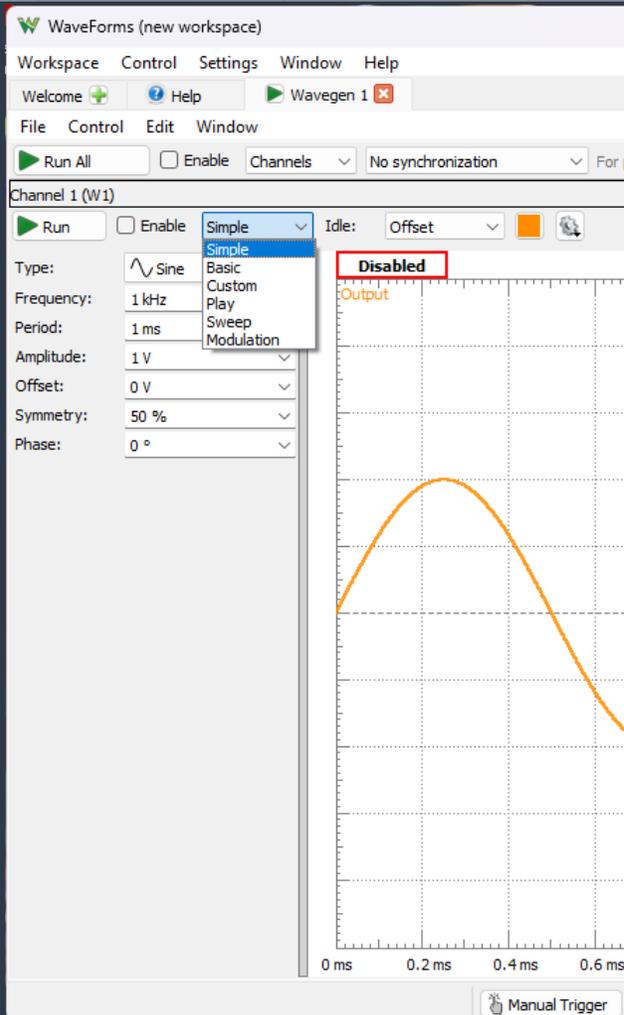


Software WaveForms



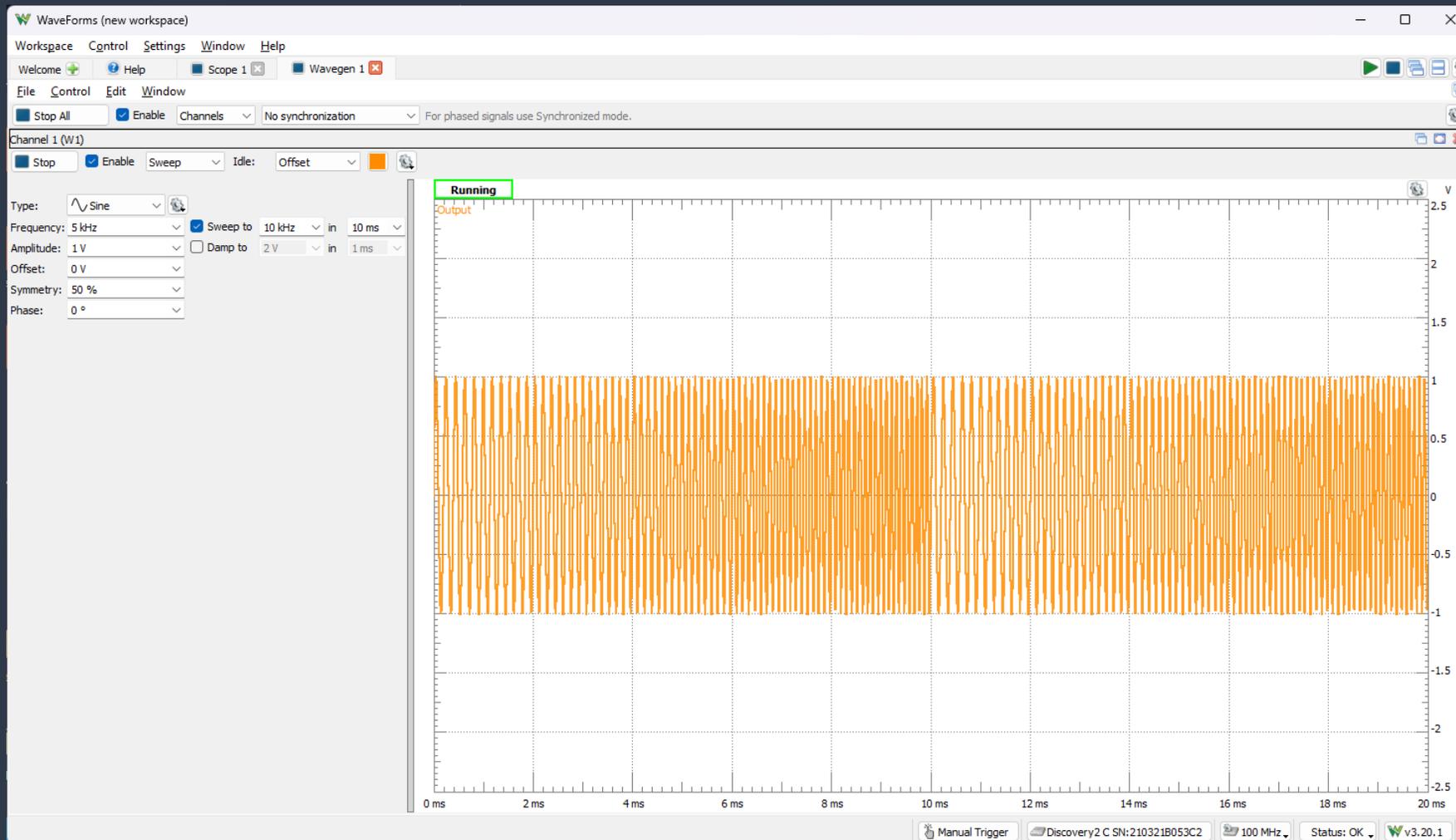
Gerador de
Formas de Onda
(Wavegen)

Software WaveForms



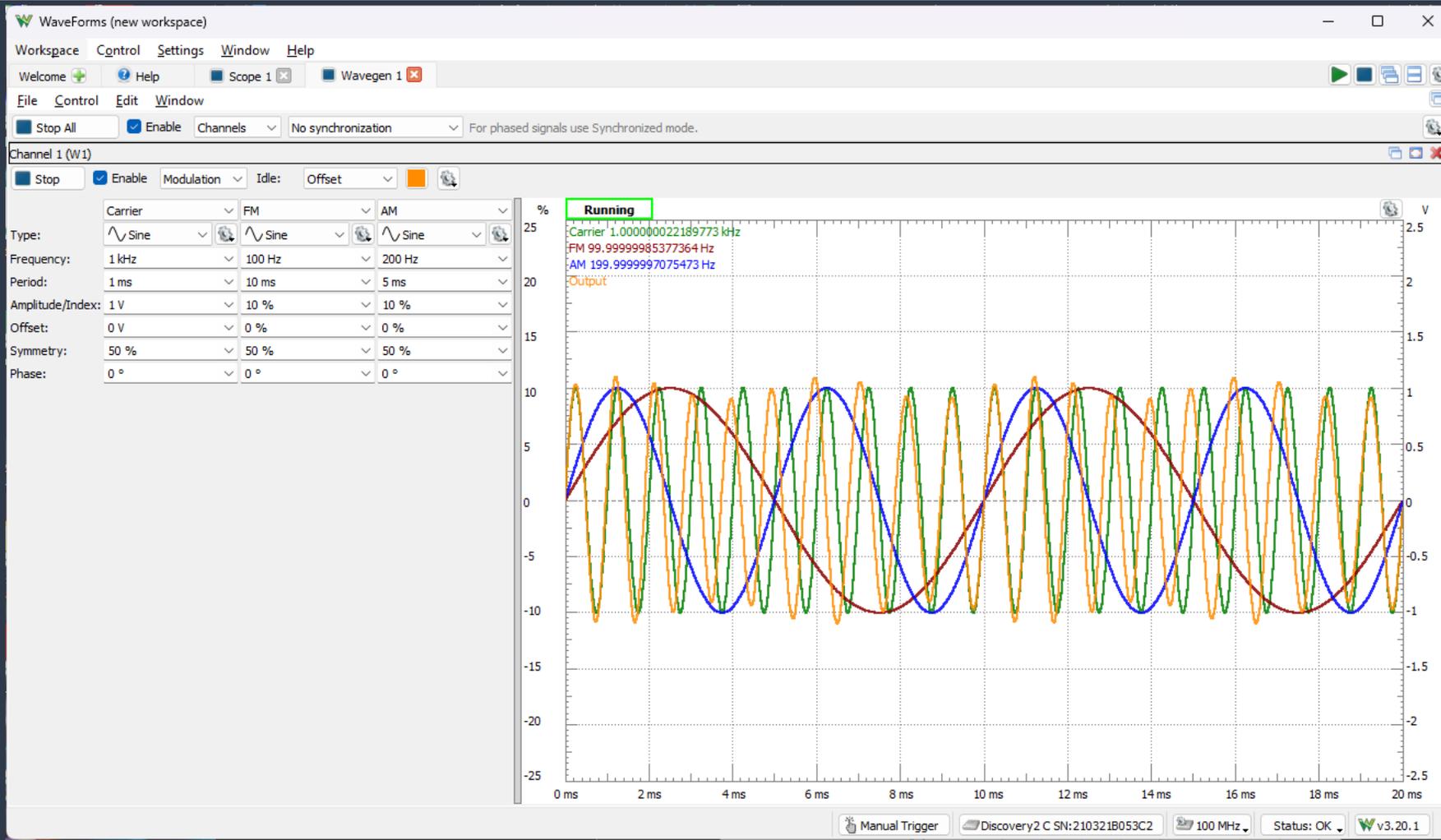
Gerador de
Formas de Onda
(Wavegen)

Software WaveForms



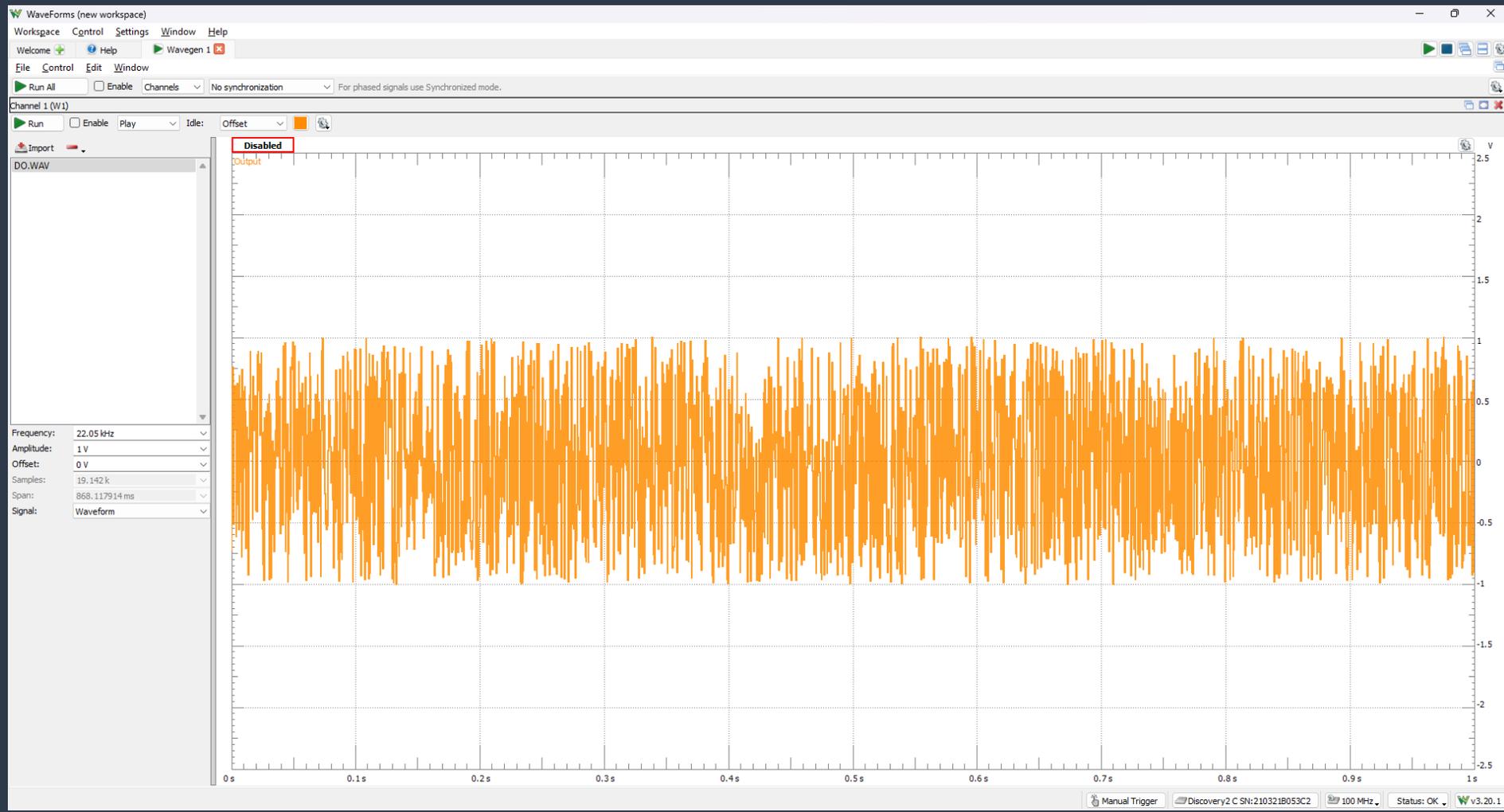
Funções
Avançadas do
Gerador de
Sinais
(Wavegen)
Sweep

Software WaveForms



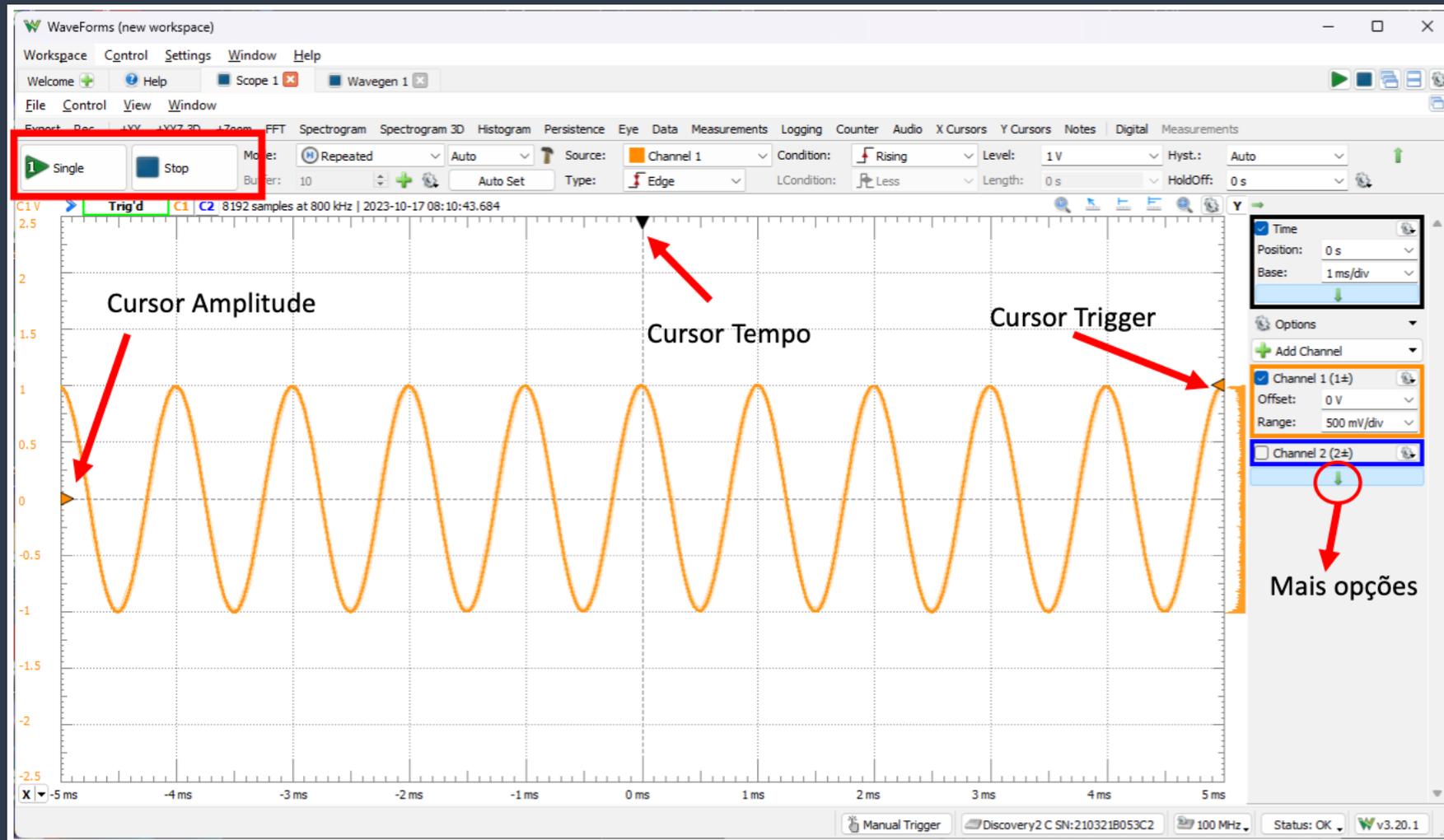
Funções
Avançadas do
Gerador de
Sinais
(Wavegen)
Modulation

Software WaveForms



Funções
Avançadas do
Gerador de
Sinais
(Wavegen)
Play

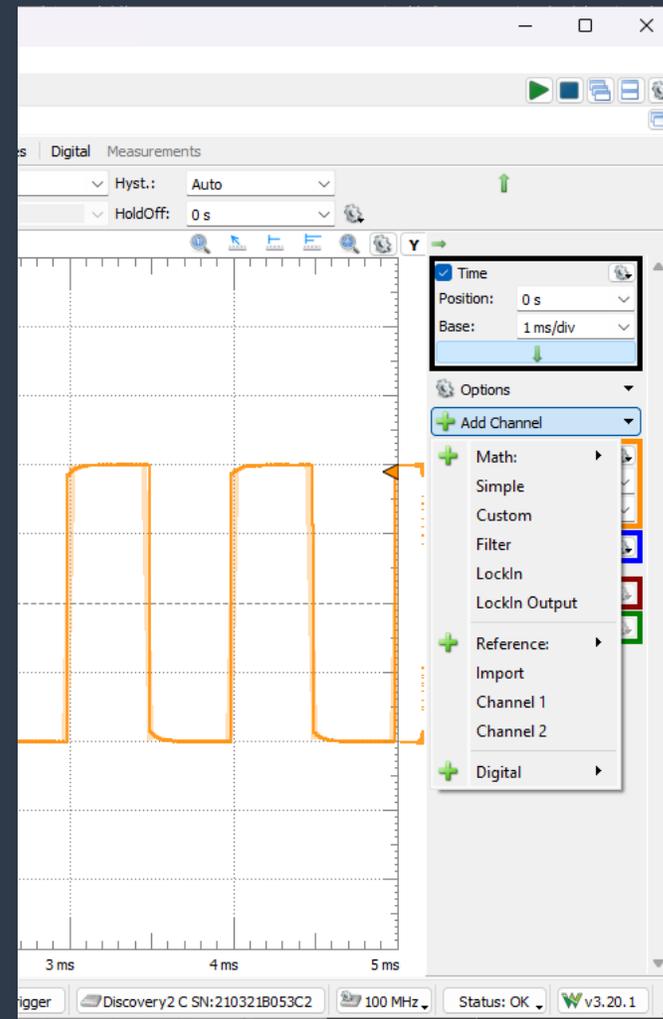
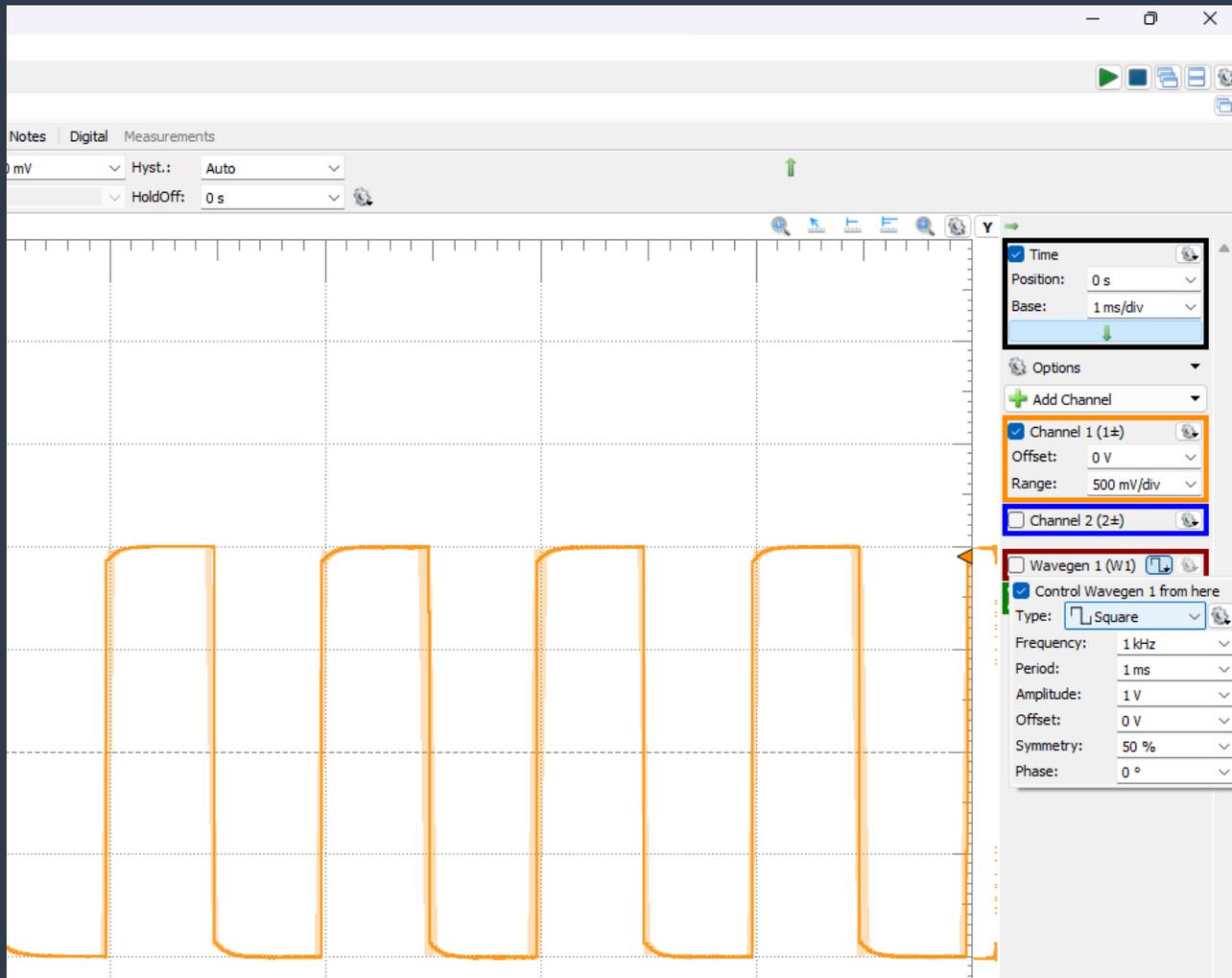
Software WaveForms



Osciloscópio
(Scope)

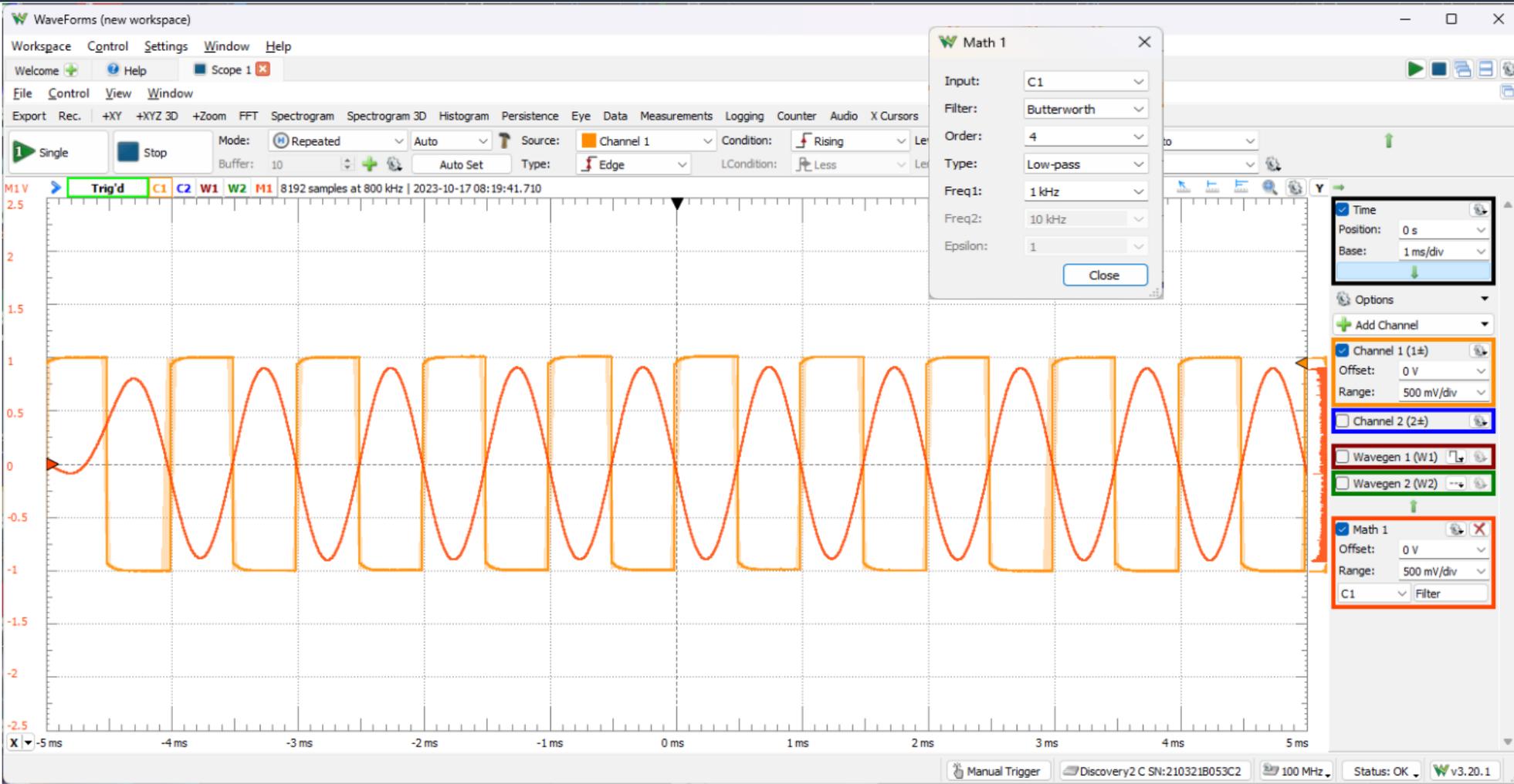
Mais opções

Software WaveForms



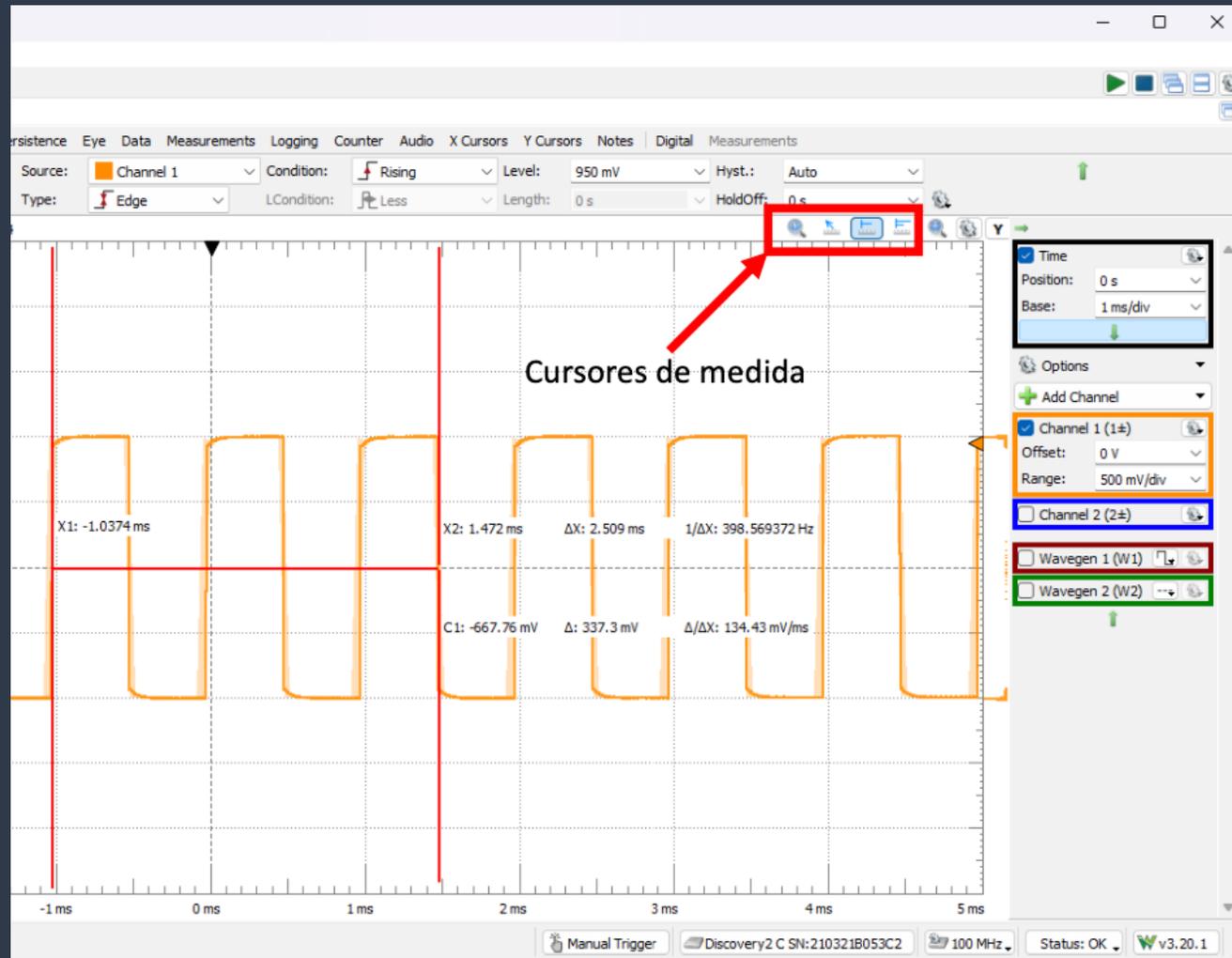
Osciloscópio
(Scope)

Software WaveForms



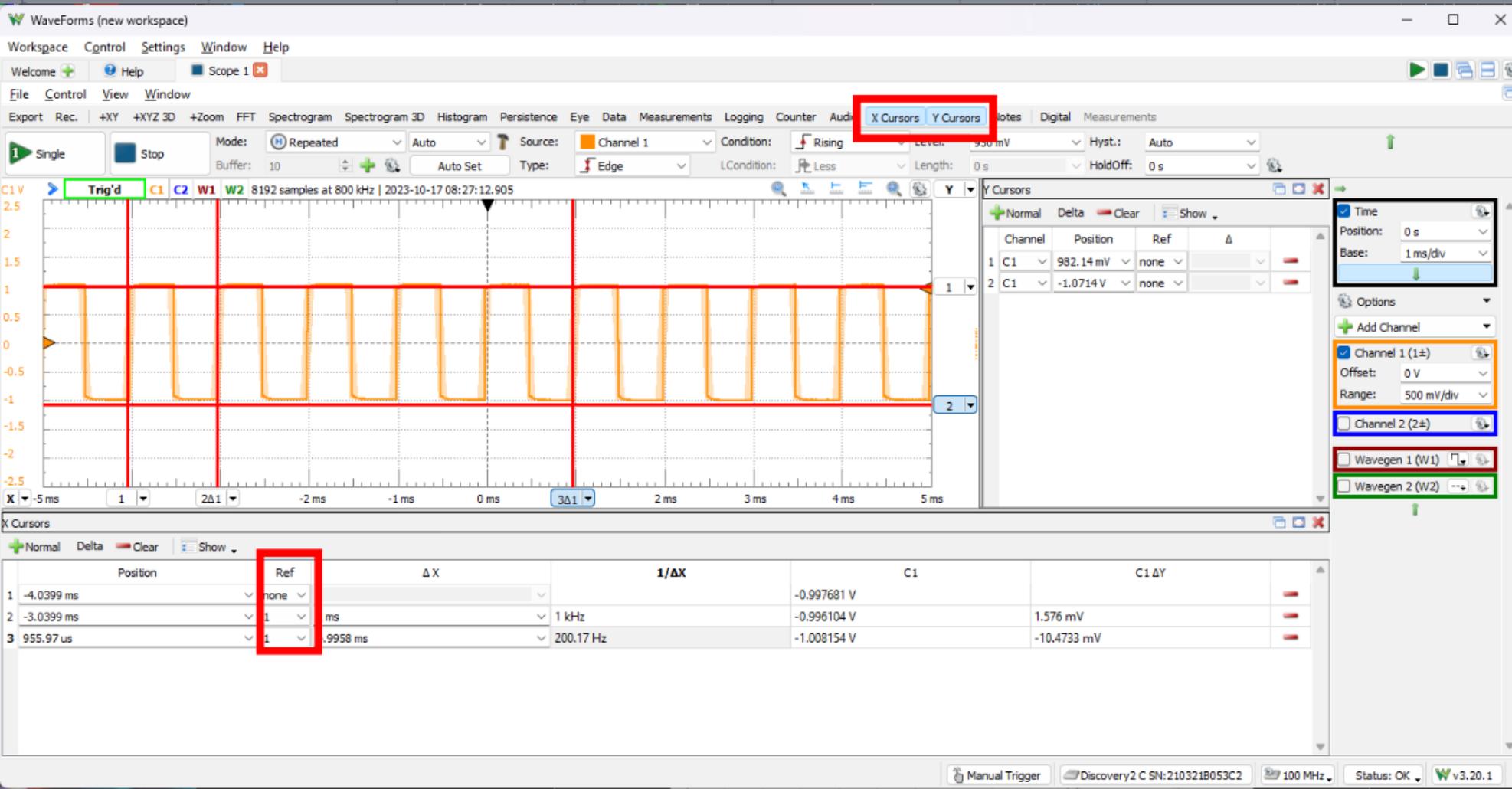
Osciloscópio
(Scope)

Software WaveForms



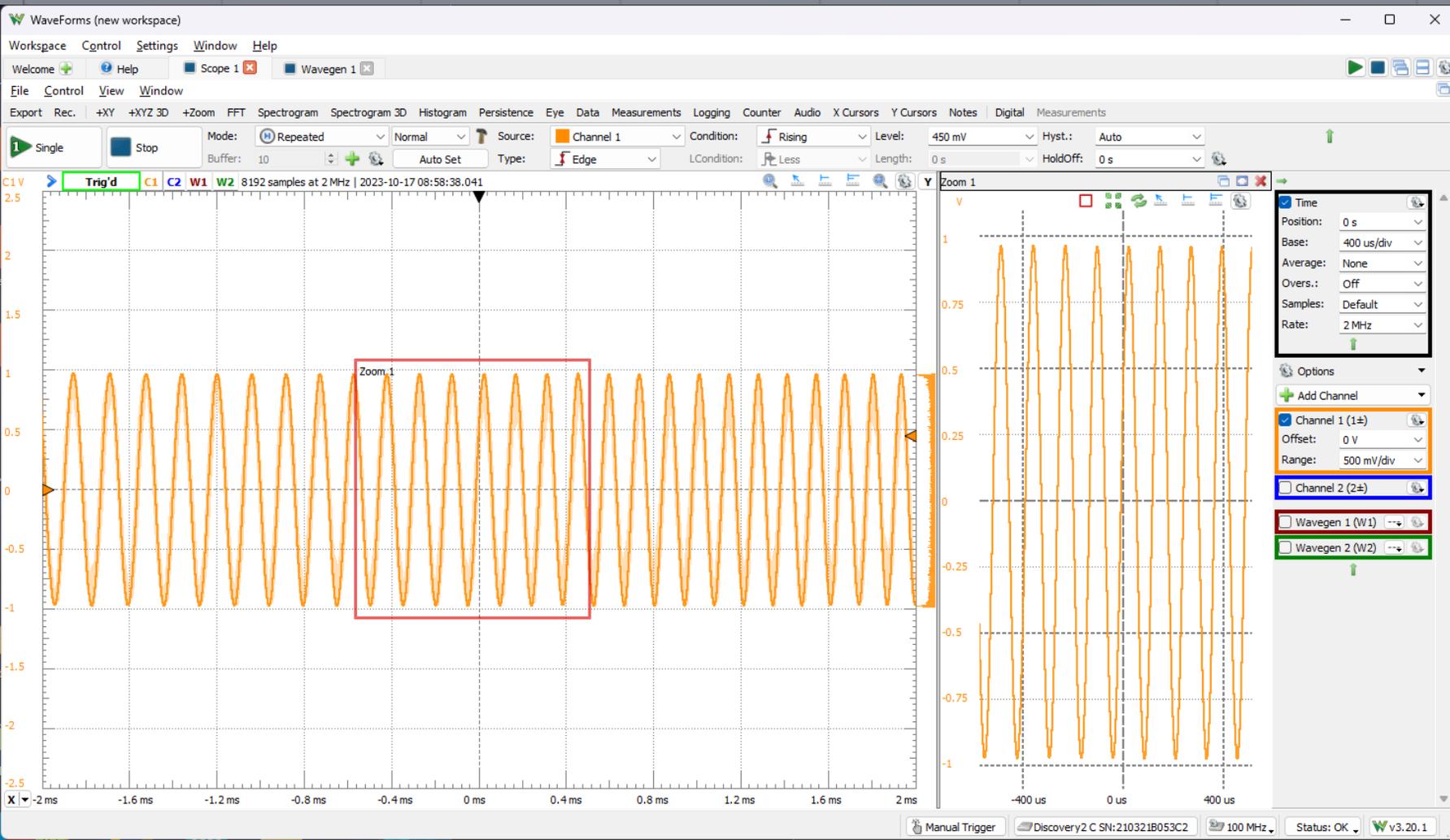
Osciloscópio
(Scope)

Software WaveForms



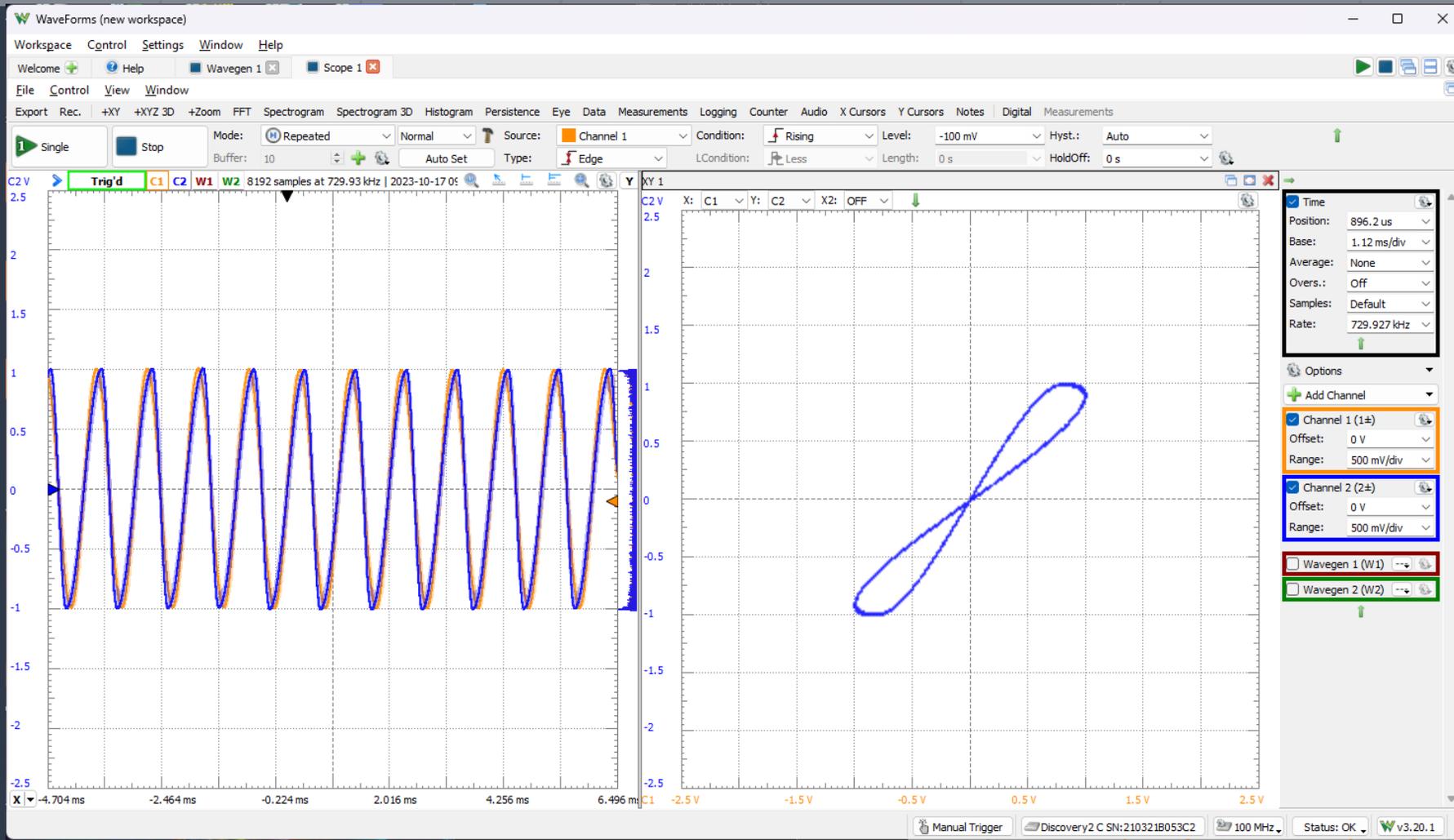
Osciloscópio
(Scope)

Software WaveForms



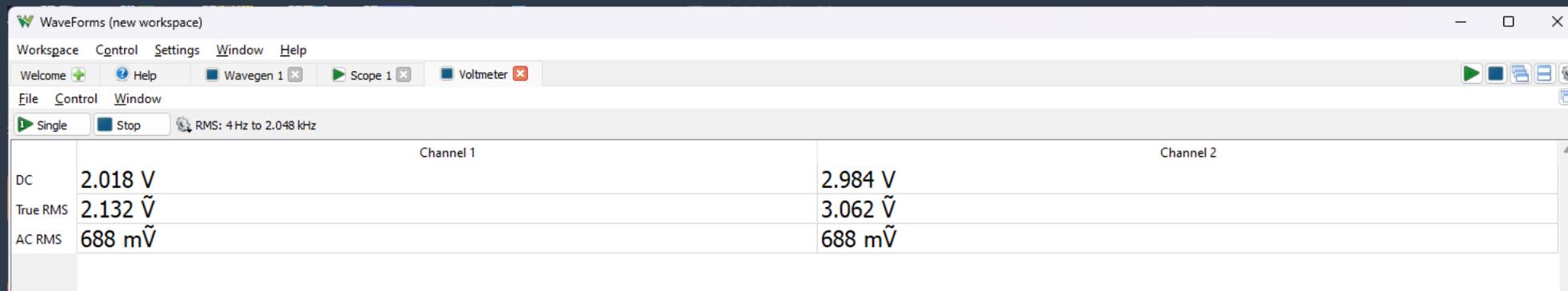
Osciloscópio
(Scope)
+Zoom

Software WaveForms



Osciloscópio
(Scope)
+XY

Software WaveForms



Voltímetro
(Voltmeter)

Software WaveForms

WaveForms (new workspace)

Workspace Control Settings Window Help

Welcome Help Wavegen 1 Scope 1 Supplies

File Control Window

Master Enable is On

Positive Supply (V+) On 5 V

Tracking

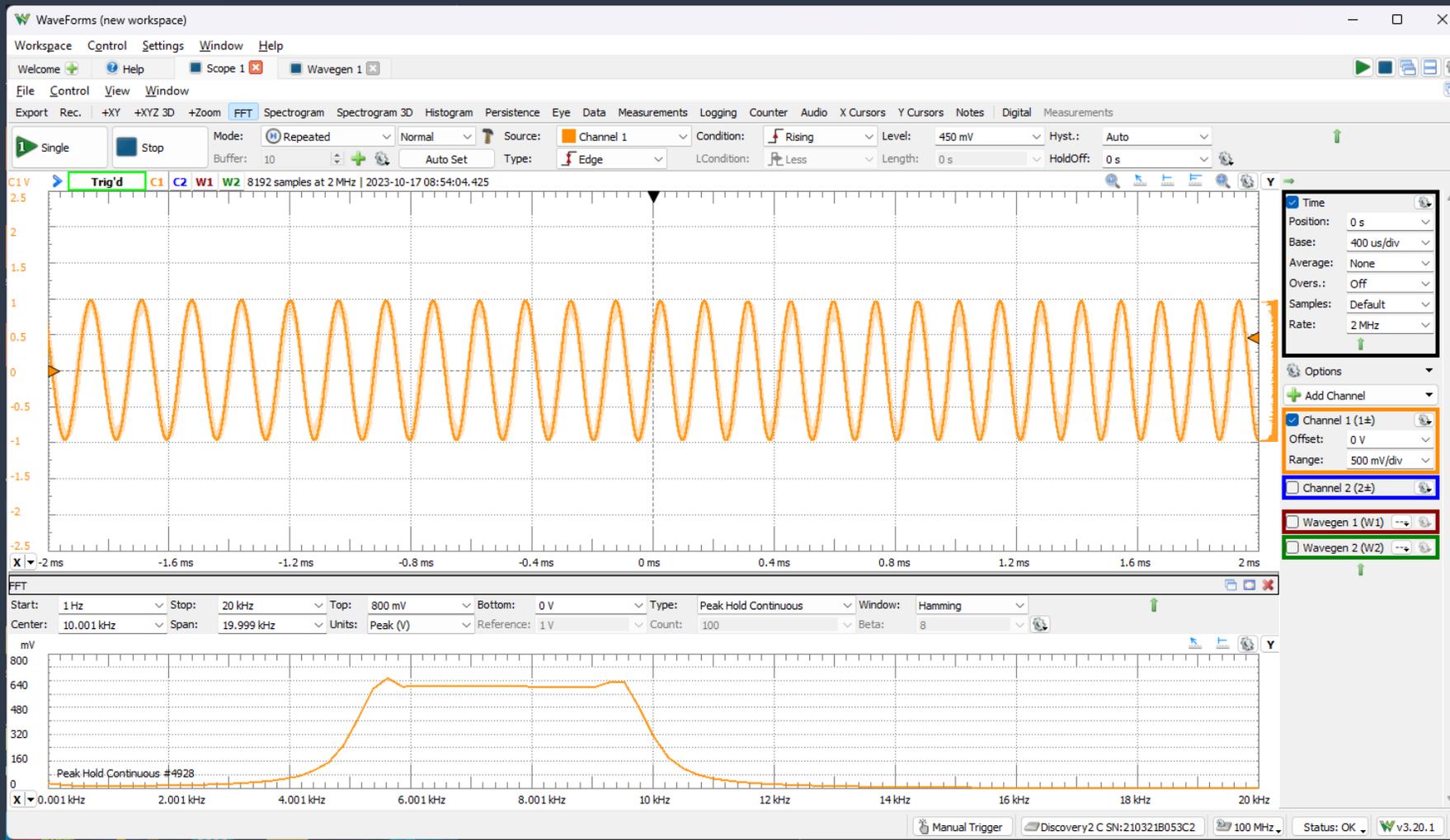
Negative Supply (V-) On -5 V

System Monitor

USB Voltage:	4.934 V	AUX Voltage:	0.000 V	Temperature:	45.75 °C / 114.35 °F
USB Current:	346.1 mA	AUX Current:	0.0 mA		

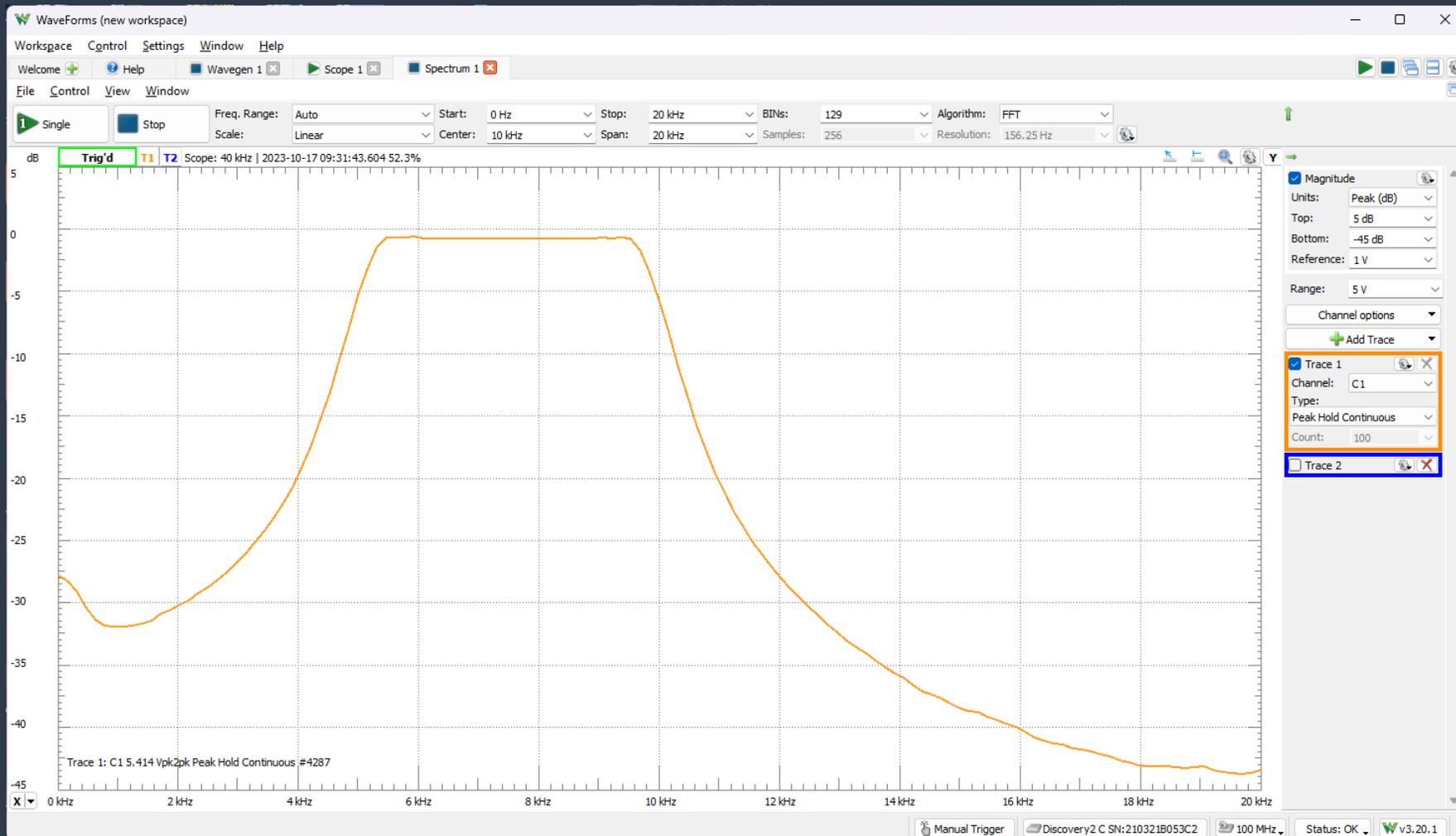
Fonte de Alimentação Variável DC
(Supplies)

Software WaveForms

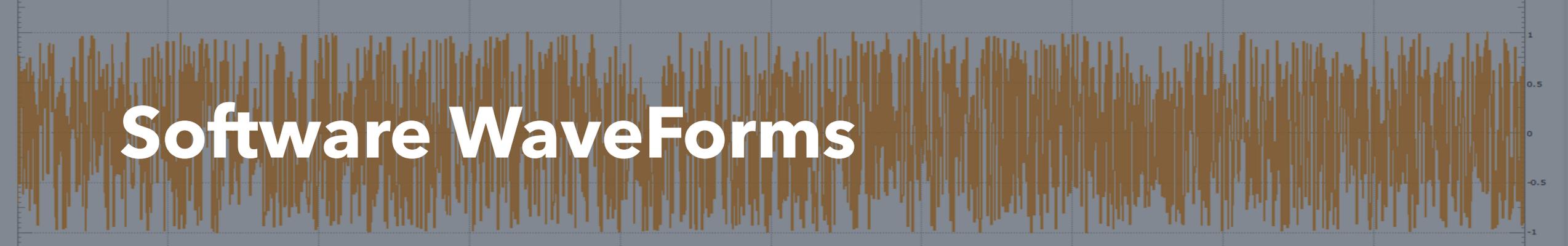


Análise Espectral
(Scope)
FFT

Software WaveForms



Análise Espectral
(Spectrum)
FFT



Software WaveForms

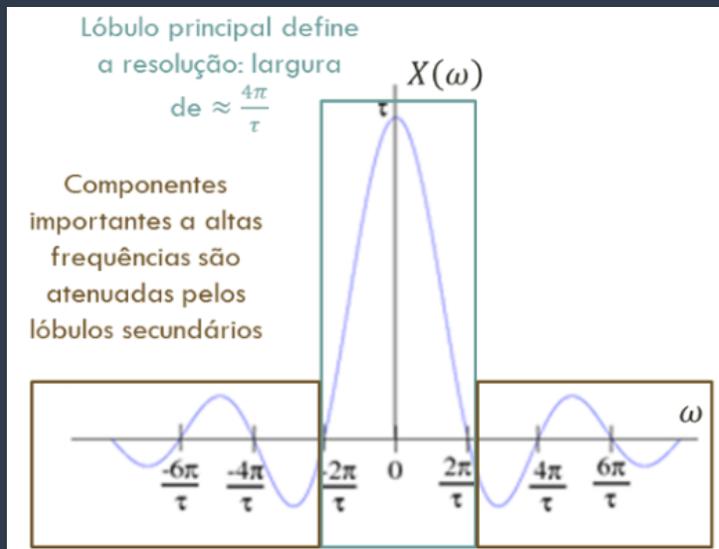
Efeito das Janelas

- Se a amostragem do sinal não cobrir ciclos inteiros, o espectro calculado irá apresentar o fenômeno de vazamento espectral ("*leakage*"), que se traduz no seguinte erro básico: as amplitudes calculadas sofrem um achatamento e um espalhamento em torno dos valores espectrais originais;
- Uma solução para o *leakage* é o janelamento (*windowing*). Diferentes tipos de janelas podem ser utilizadas. A mais simples é a retangular, que é igual a 1 durante o intervalo de tempo que se pretende analisar, e igual a zero fora desse intervalo;

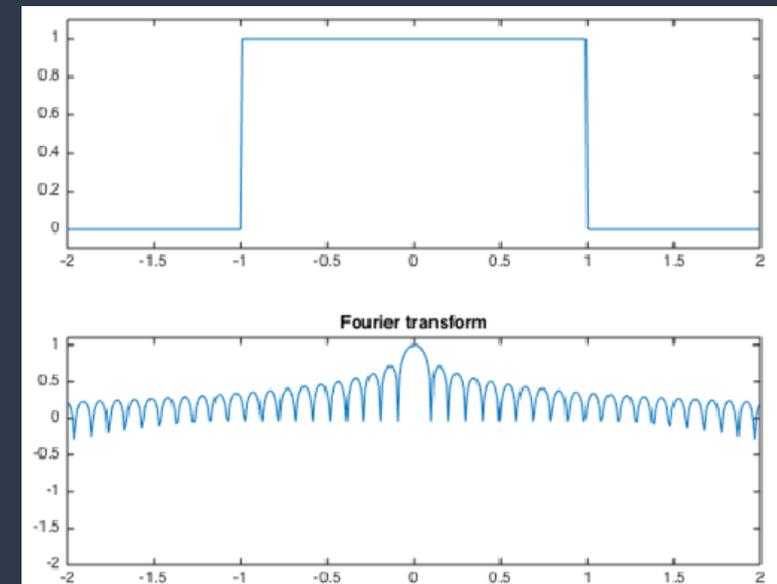
Software WaveForms

Efeito das Janelas

A janela retangular no domínio do tempo, resulta em uma função sinc no domínio da frequência



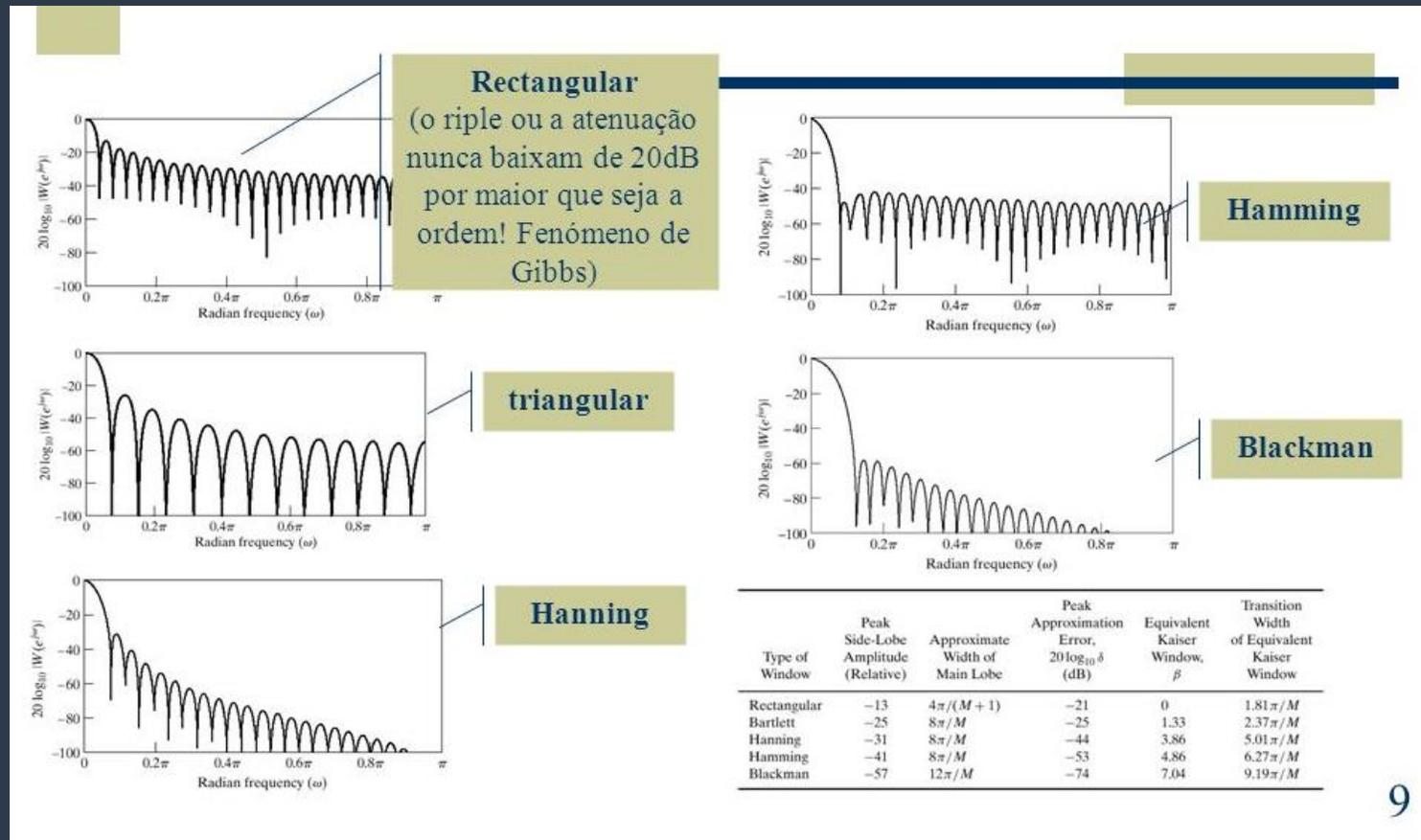
A janela retangular fornece boa resolução de frequência, mas os lóbulos laterais são muito altos, resultam em muito ruído de fundo. Além disso, ocorre o fenômeno de *leakage*



Software WaveForms

Efeitos das Janelas

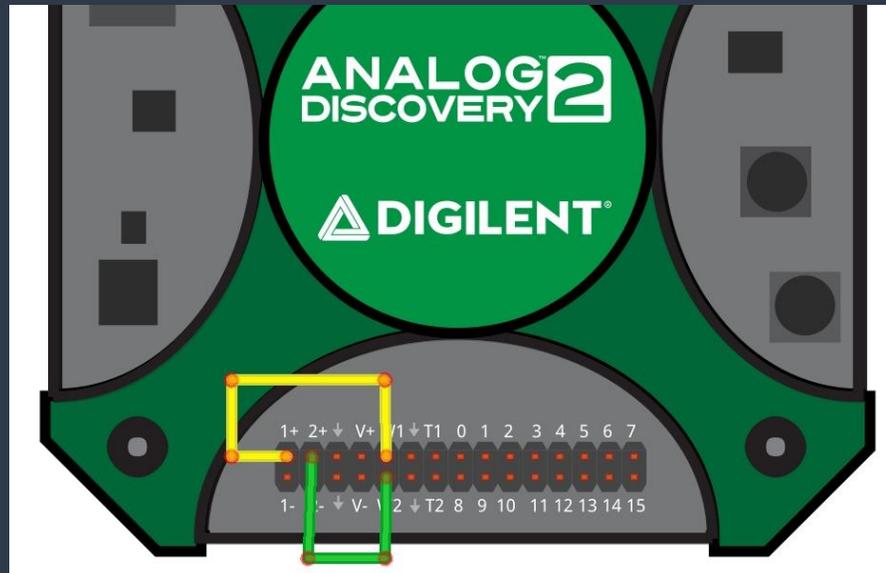
Existem várias janelas, além da retangular, cujo objetivo é diminuir a influência dos extremos da amostragem



Prática Experimental WaveForms

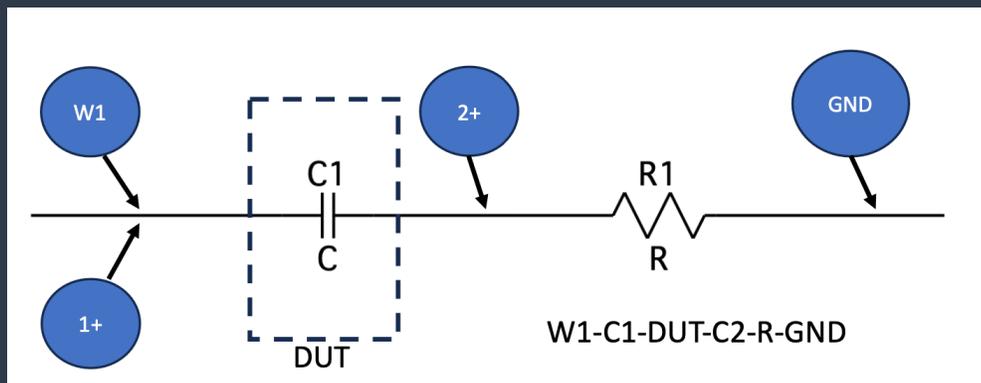
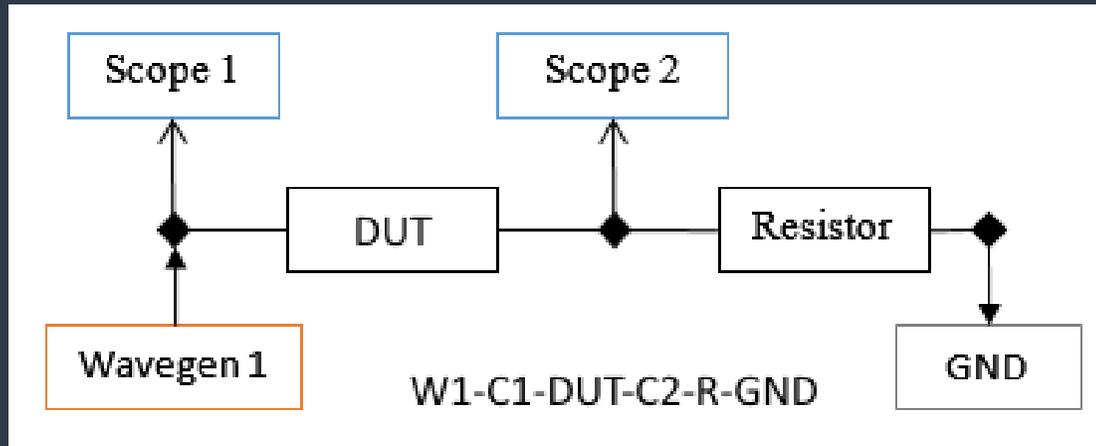
Atividade de Laboratório - Parte 1:

- Realizar o roteiro do Tópico 2 "Roteiro Experimental dos Principais Recursos do Software *WaveForms*" e compreender o funcionamento de cada instrumento virtual, seus parâmetros e configurações.



Prática Experimental de Filtros

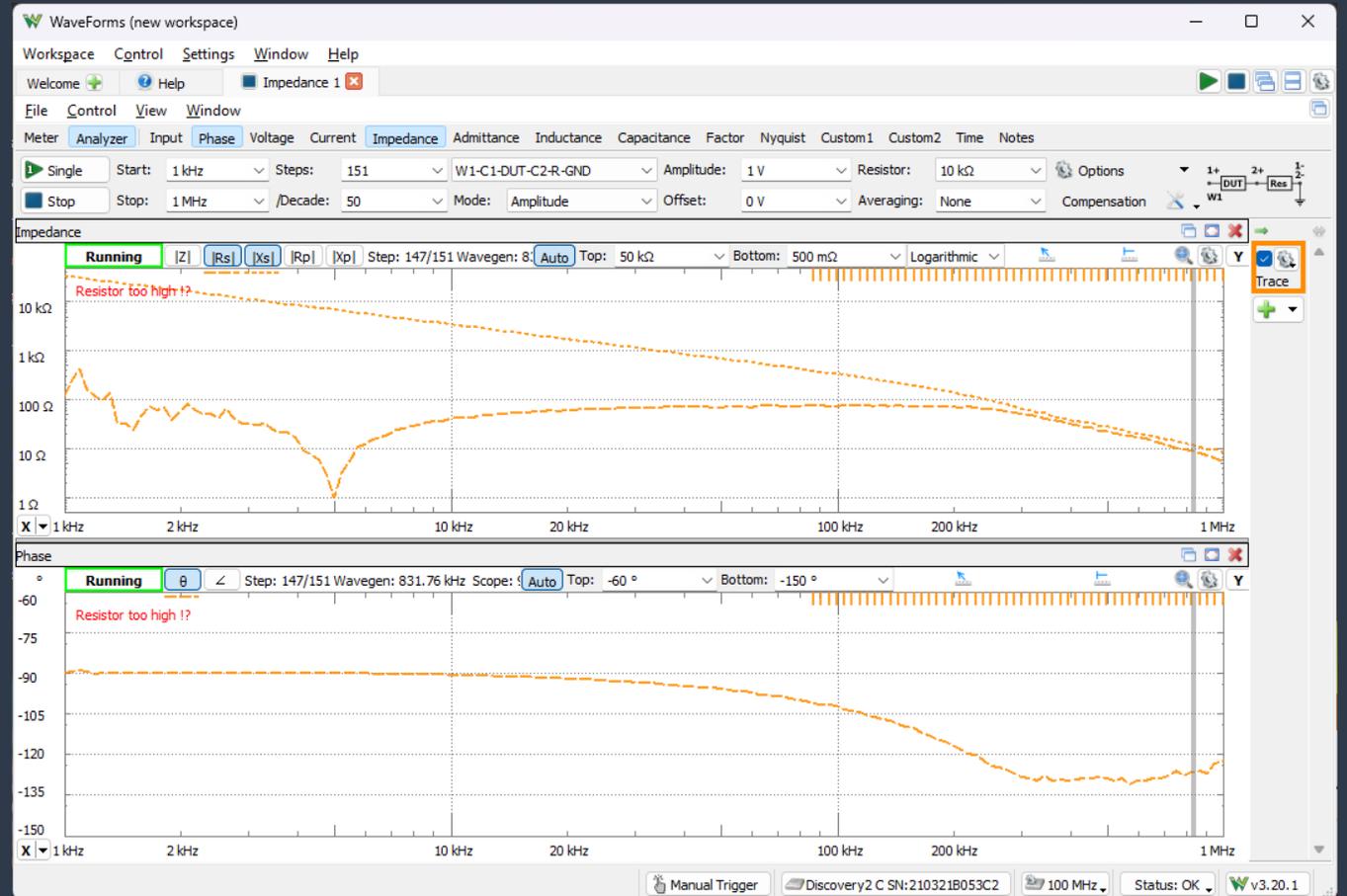
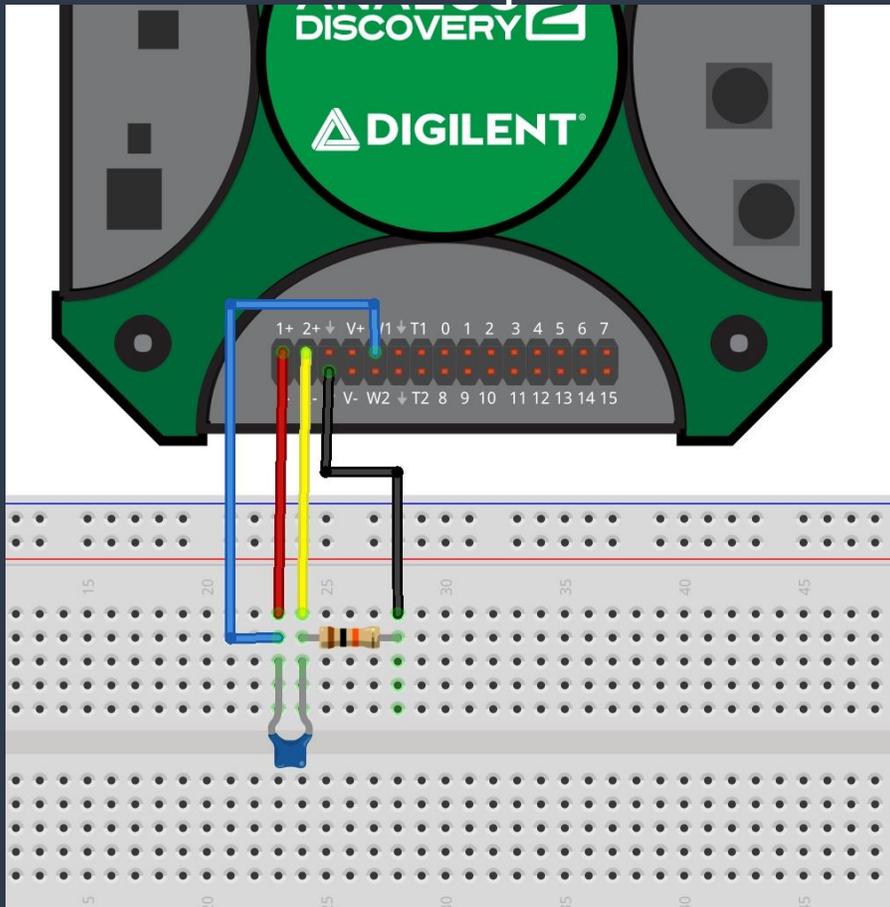
Analizador de Impedâncias (*Impedance*):



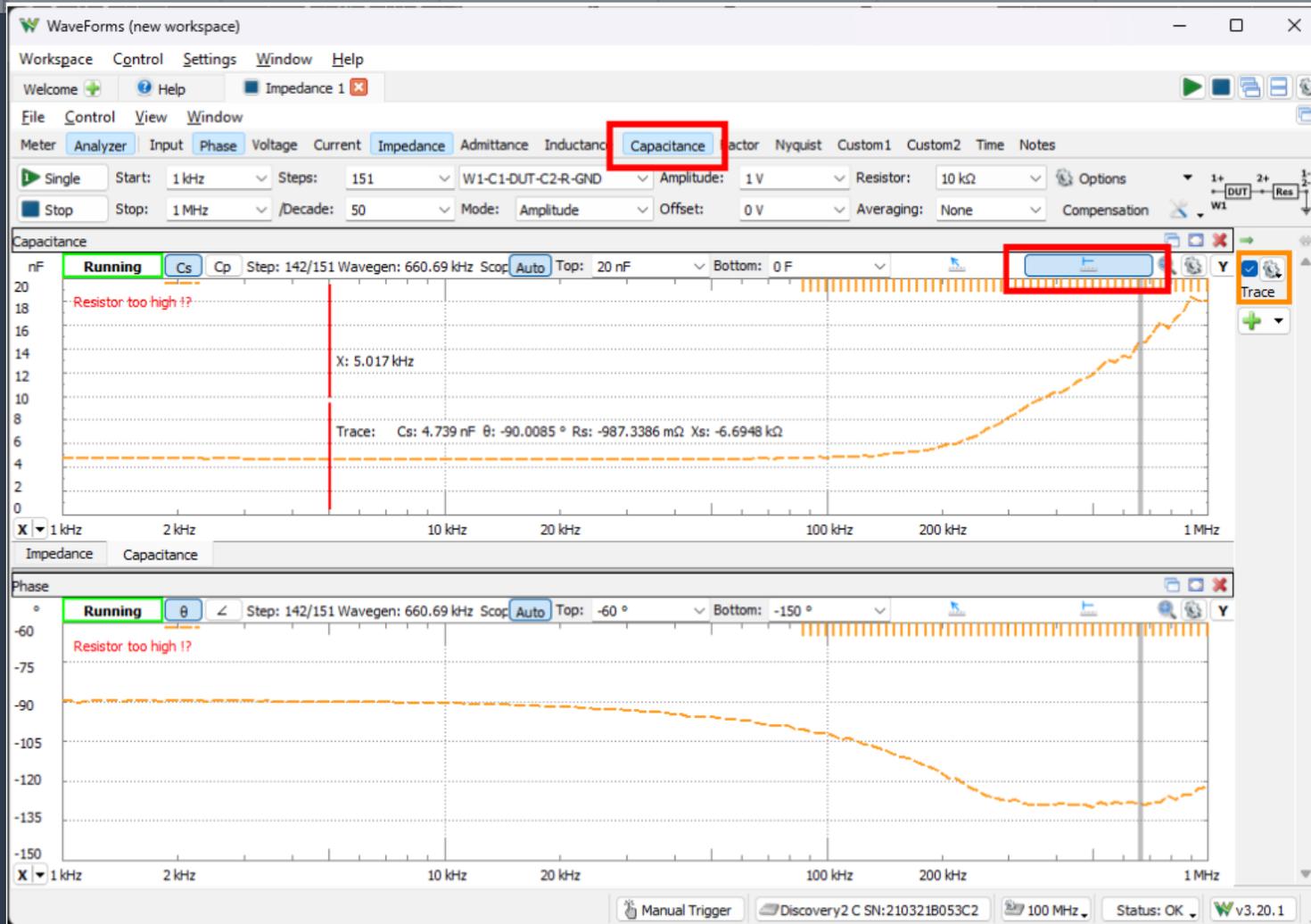
Capacitance	Ref Resistor	Inductance
100 pF	1 M Ω	
1 nF	100 k Ω	
10 nF	10 k Ω	1 μ H
1 μ F	1 k Ω	10 μ H
10 μ F	100 Ω	100 μ H
100 μ F	10 Ω	1 mH

Prática Experimental de Filtros

Analizador de Impedâncias (*Impedance*):



Prática Experimental de Filtros



WaveForms (new workspace)

Workspace Control Settings Window Help

Welcome Help Impedance 1

File Control View Window

Meter Analyzer Input Phase Voltage Current Imp

Single Auto Frequency W1-C1-DUT-C2-R-G

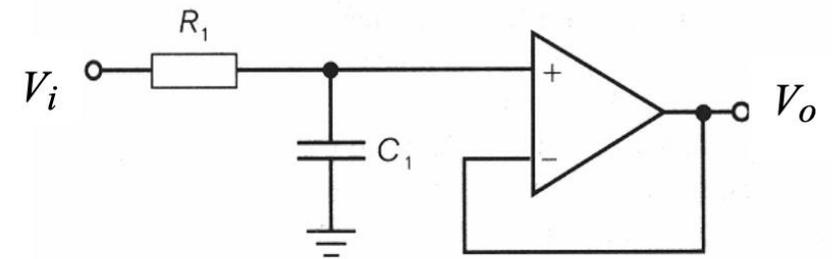
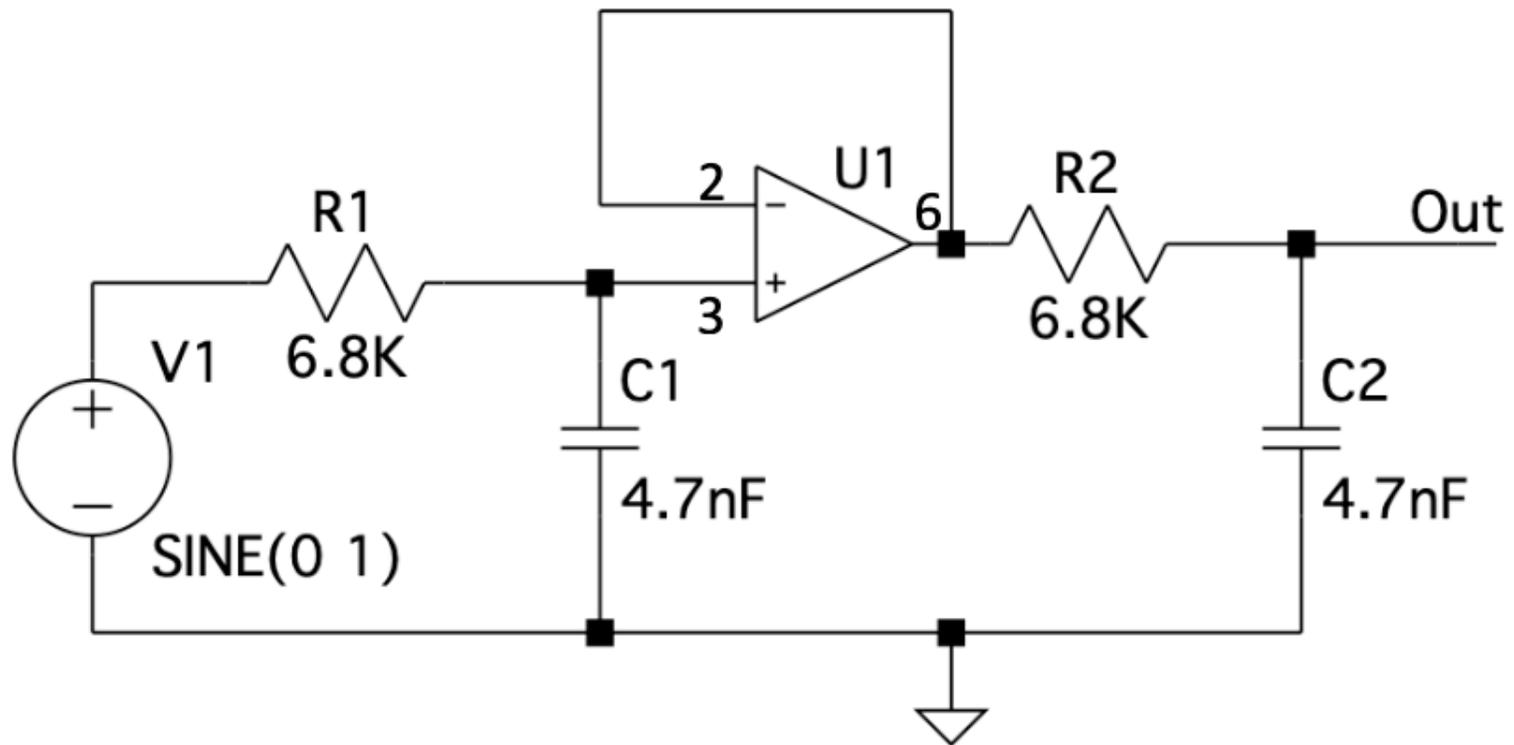
Stop 1 kHz Mode: Amplitude

Element: Auto Model: Series

Cs	Series Capacitance	4.79783586 nF
Z	Impedance	33.1723026 kΩ
Rs	Series Resistance	66.5147778 Ω
Xs	Series Reactance	-33.172235961 kΩ
∠	Input Phase	-73.129091761 °
θ	Phase	-89.885114439 °
D	Dissipation	0.002005134
Q	Quality	498.719789

Prática Experimental de Filtros

Filtro Passa Baixas RC (2 filtros passivos RC) - Parte 2

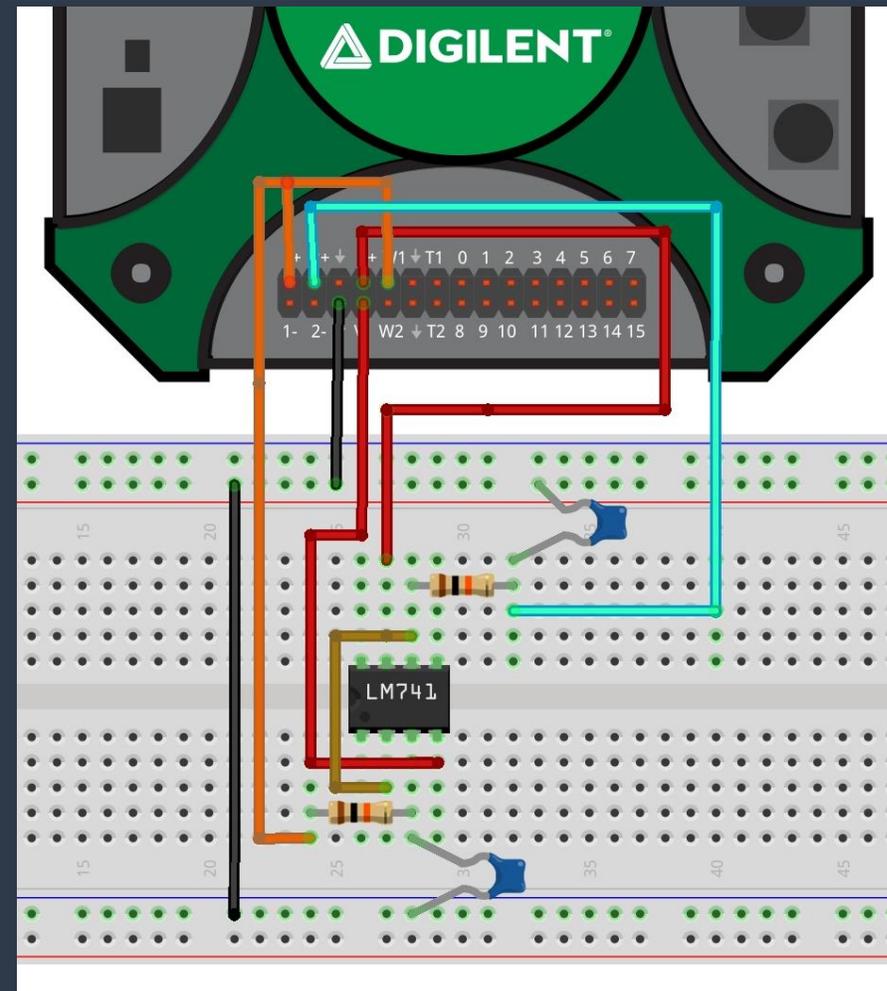


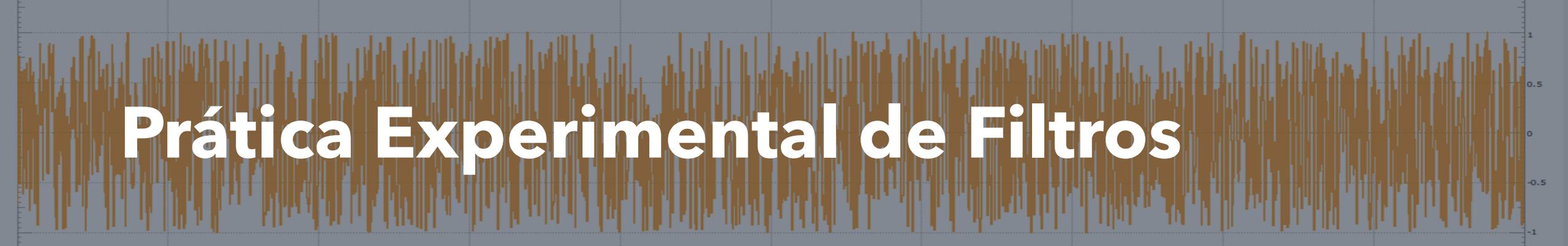
*Passa-baixo não inversor
de ganho unitário:*

$$A_v = 1 \quad , \quad f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

Prática Experimental de Filtros

Filtro Passa Baixas RC - Parte 2





Prática Experimental de Filtros

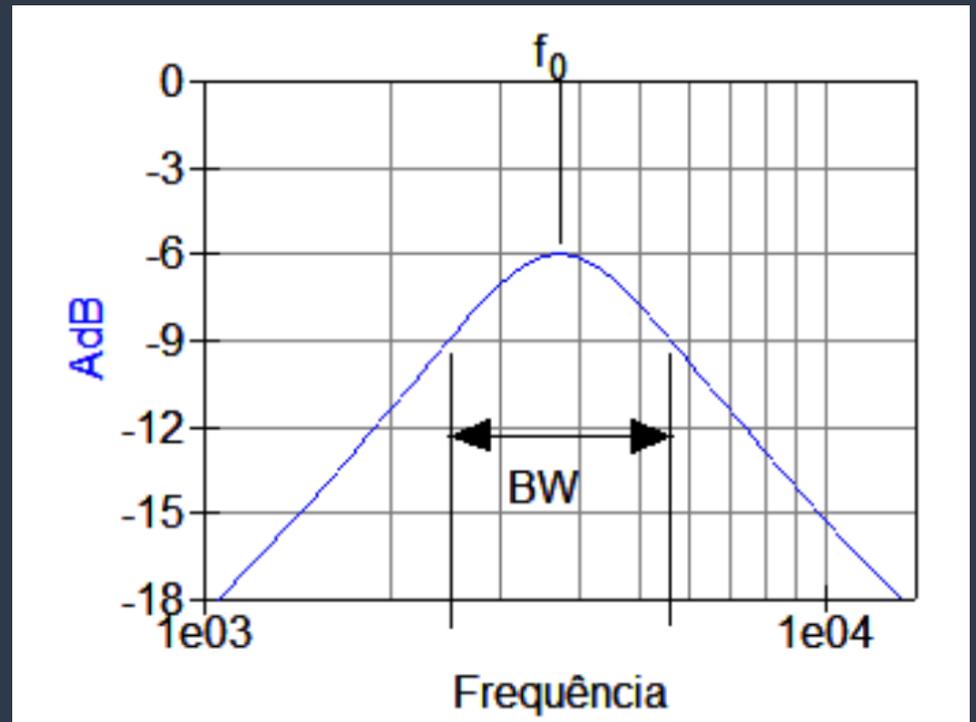
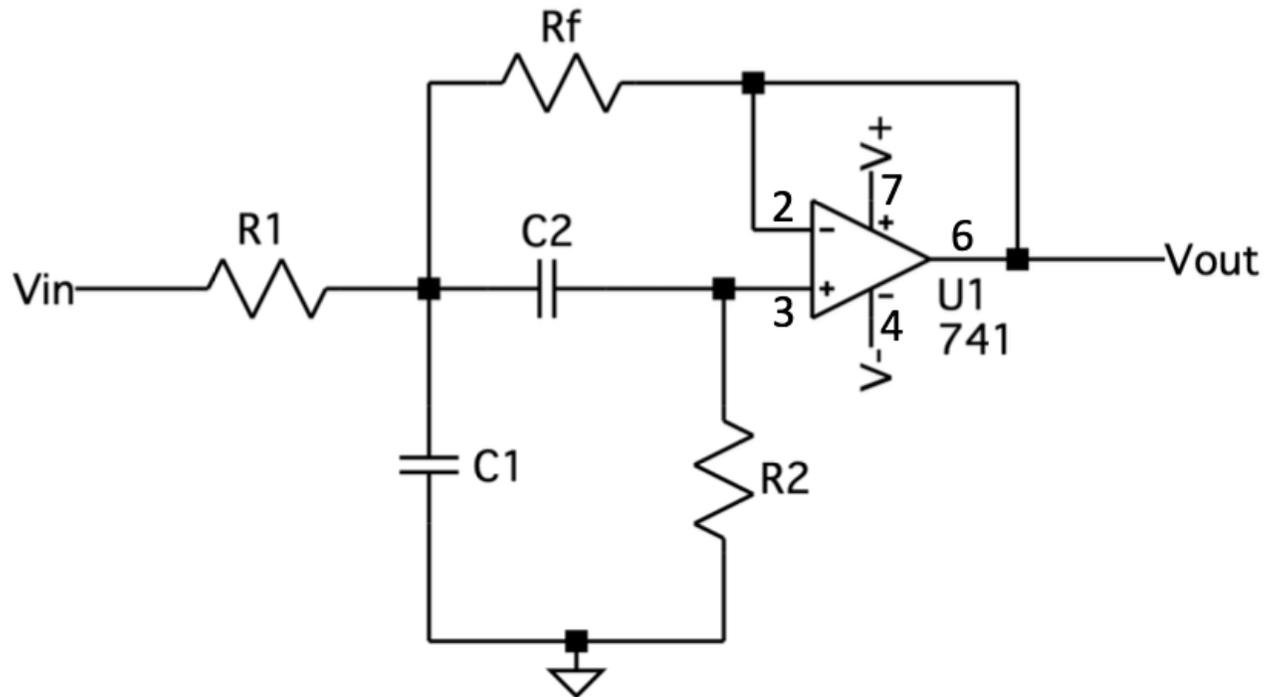
Atividade de Laboratório - Parte 2

- Realizar o roteiro do tópico 3.1 "Caracterização dos Componentes utilizando o Analisador de Impedâncias" e Tópico 3.2 "Filtro Passa Baixas RC", comparando os resultados práticos e teóricos;
- Compreender a aplicação do analisador de impedâncias e sua aplicação na caracterização de componentes passivos;
- O aluno deve adquirir experiência na montagem em *protoboard* com o *Discovery 2* e explorar recursos de análise espectral para determinação da frequência de corte, curva do ganho x frequência, banda de passagem, entre outros;

Prática Experimental de Filtros

Atividade de Laboratório - Parte 3:

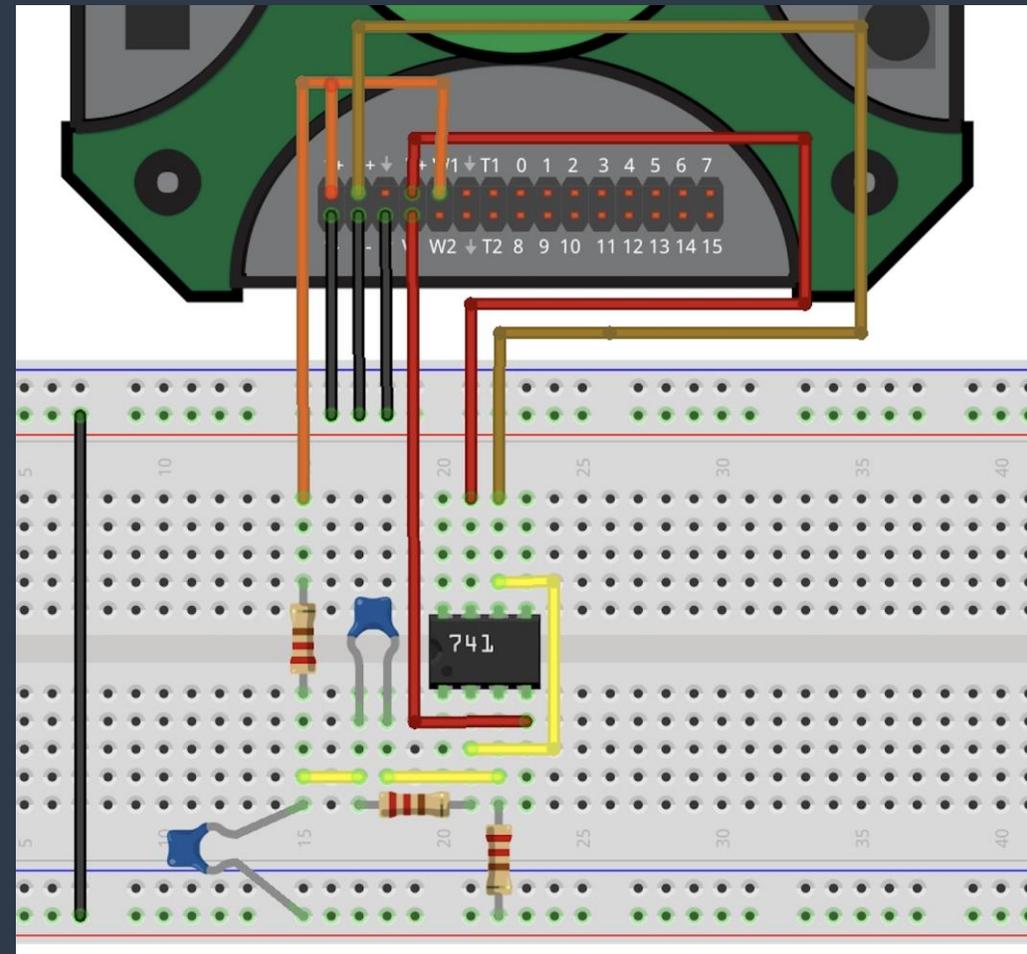
- Realizar o roteiro do tópico 3.3 "Filtro Passa Banda *Sallen-Key*"



Prática Experimental de Filtros

Atividade de Laboratório - Parte 3:

- O aluno deve ser capaz de projetar o filtro *Sallen Key* Passa Banda Tipo 2 e realizar a análise em frequência (FFT / *Spectrum*) usando a instrumentação virtual;
- Comparar o resultado experimental com os modelos teóricos.
- Simular no LTSpice e comparar a resposta em frequência e comportamento;





Referências para Consulta

- Guia de Início Rápido Analog Discovery 2: <https://digilent.com/reference/test-and-measurement/analog-discovery-2/getting-started-guide>
- Manual de Referência do Analog Discovery 2: <https://digilent.com/reference/test-and-measurement/analog-discovery-2/reference-manual>
- Manual do Hardware do Analog Discovery 2: <https://digilent.com/reference/test-and-measurement/analog-discovery-2/hardware-design-guide>
- Especificações do Analog Discovery 2: <https://digilent.com/reference/test-and-measurement/analog-discovery-2/specifications>
- Suporte Técnico e Fóruns do Analog Discovery 2: <https://forum.digilent.com/forum/8-test-and-measurement/>
- Tutoriais do software WaveForms: <https://digilent.com/reference/software/waveforms/waveforms-3/start>
- Manual de Referência do Software WaveForms: <https://digilent.com/reference/software/waveforms/waveforms-3/reference-manual>