

Experimento 01:

Instrumentos de Bancada e Geração de Sinais AC

1) Objetivos

Nesta experiência prosseguimos com a investigação dos demais instrumentos de bancada do laboratório a fim de compreender seu funcionamento. Então, produziremos sinais AC, a partir dos quais aferiremos parâmetros, com o intuito de aprender a operar adequadamente os equipamentos e desenvolver conceitos de amplitude, frequência, valor médio e valor eficaz de um sinal.

2) Estudo pré-laboratorial

Nessa secção dar-se-á uma explicação, no sentido lato, sobre as características principais dos demais instrumentos de bancada.

2.1) Multímetro

Quando mede-se uma tensão AC com multímetro, há interesse em saber o valor eficaz do sinal, ou seja, o valor RMS. Entretanto, há apenas uma classe específica de multímetros que podem fazer tal medição: os True RMS. Multímetros classificados com True RMS permitem a leitura precisa mesmo para tensões AC muito distorcidas.

É importante ressaltar que o conceito de sinal AC refere-se às correntes alternadas geralmente no formato senoidal, mas a definição também abarca as ondas triangulares ou quadradas. A corrente alternada é, portanto, toda corrente elétrica cujo sentido varia no tempo, ao contrário da corrente contínua cujo sentido permanece constante ao longo do tempo.

As formas dos sinais AC para leitura via multímetro dependem, em grande parte, da frequência em que a corrente varia. Os multímetros conseguem captar uma boa leitura em uma faixa de valores específica para cada modelo. A extrapolação desses valores implicam em uma leitura com pouca acurácia e, em casos de leituras com baixa frequência, um erro de precisão.

Use, agora, os manuais dos equipamentos, as referências bibliográficas e demais fontes de informação para responder as seguintes questões:

a) Sobre o multímetro ET-1110 da Minipa:

- Como devem ser os sinais AC para que possam ser medidos com o multímetro?
- Quais as medidas de um sinal AC que podemos obter com o multímetro? O que é peculiar a um multímetro "true rms"?

2.2) Geradores de funções

Os geradores de funções trabalham gerando algumas formas de onda, geralmente triangular, quadrada e senoidal. O equipamento permite manipular a amplitude, frequência, duty cycle e o offset dos sinais. As faixas de operação do equipamento dependem do modelo e das condições de uso.

Use, agora, os manuais dos equipamentos, as referências bibliográficas e demais fontes de informação para responder as seguintes questões:

b) Sobre os geradores de funções: modelo SDG 1020 da SIGLENT e modelo GV-2002 da iCEL:

- Quais as formas de onda possíveis de serem geradas pelo gerador de funções?
- Qual o intervalo de frequências permitido pelo equipamento?
- Qual a amplitude máxima e mínima possíveis para as formas de onda?
- Esse gerador de funções produz valor DC de tensão? Se sim, como? Se não, por quê?

2.3) Osciloscópio

Se ao gerador de funções é dada a função de produzir formas de onda variantes no tempo, ao osciloscópio é dada a função de análise desses sinais, não só gerados pelo gerador de funções, mas de quaisquer espécie desde que seja periódico e com um padrão definido. O osciloscópio é um aparelho eletrônico que permite-se visualizar e analisar uma diferença de potencial (DDP) em função do tempo em um gráfico bidimensional.

Atualmente os osciloscópios contam com uma gama de operações matemáticas, as quais permitem somar, subtrair, multiplicar e dividir sinais, além de poder aplicar transformações de domínio como a FFT ("Fast Fourier Transform").

Use, agora, os manuais dos equipamentos, as referências bibliográficas e demais fontes de informação para responder as seguintes questões:

c) Osciloscópio modelo 2530 da BK Precision:

- Explique a funcionalidade da função MEASURE.
- Explique como medir a amplitude e a frequência de um sinal periódico no osciloscópio sem o auxílio da função MEASURE (Dica: procure sobre a ferramenta "cursors").
-

2.4) Pesquisa e resposta:

b) O que é o valor pico-a-pico de um sinal AC? E a amplitude?

c) O que é o valor médio (também chamado de valor DC) de um sinal AC? Como ele pode ser calculado?

d) O que é o valor eficaz (também chamado de valor RMS) de um sinal AC? Como ele pode ser calculado?

e) Esboce as formas de onda e calcule a tensão eficaz V_{ef} para os seguintes sinais:

Formas de onda	Frequência (kHz)	Valor Médio (V)	Amplitude (V)	Valor Eficaz (V)
C1 - Quadrada	15	1	2	
C2 - Triangular	4	0	3	
C3 - Senoidal	1	0,5	2,5	

Tabela 2.1: Formas de onda.

Dica: resolva para um valor f de frequência e depois substitua cada um dos valores correspondentes no resultado. Lembre-se que $\omega = 2\pi f$, com ω medido em rad/s e f medido em Hz. Observe e comente: qual a relação entre a frequência da senoide e seu valor eficaz?

3) Simulações

Usando o simulador de circuitos QUCS 0.0.19, faça a simulação do procedimento experimental descrito no item 2.4e. Além dos desenhos do circuito, inclua em seu estudo pré-laboratorial as formas de onda de cada canal, sobrepostas à forma de onda da fonte.

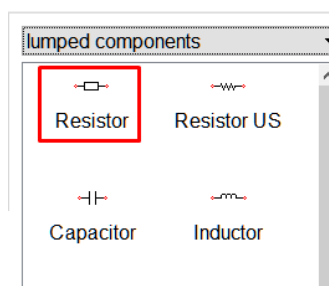
3.1) Onda Quadrada

- Abra um novo esquemático.

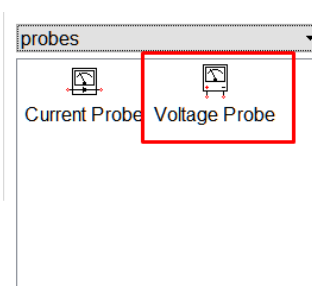


Figura 3.1: Inserção de um novo esquemático.

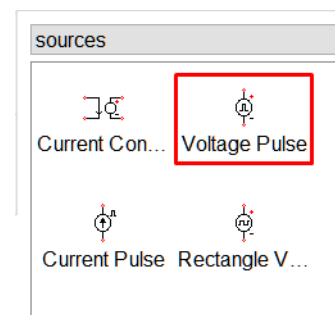
- Na aba Componentes, vá em componentes agrupados e coloque um resistor no esquemático. Vá em fontes e coloque um pulso de tensão no esquemático. Vá em ponteiros e coloque um voltímetro no esquemático.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.2: Inserção dos componentes.

- Como queremos uma onda quadrada e o offset da função é 1 V, U1 deve ser -1 V e U2 deve ser 3 V. T_r e T_f devem ser igual a zero. O sinal se inicia em zero então T1 deve ser 0. Como a frequência é de 15 kHz, encontra-se o valor do período de aproximadamente $66,67\mu s$, logo T2 deve ser $33,33\mu s$ (arredonda-se para $33,5\mu s$).

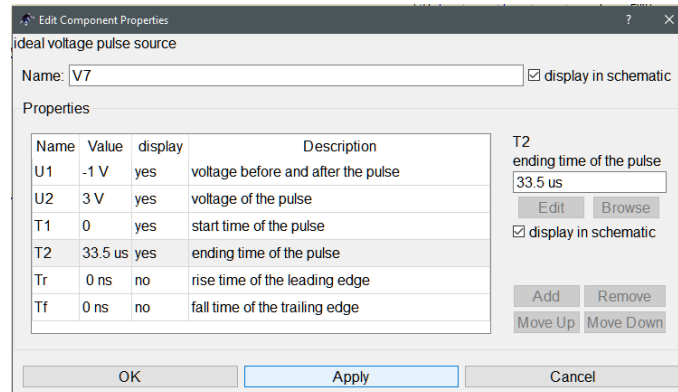


Figura 3.3: Parâmetro do pulso.

- Será utilizada a simulação transiente para se observar o comportamento do circuito. Essa simulação realiza uma análise temporal que permitirá observar gráficos em relação ao tempo.

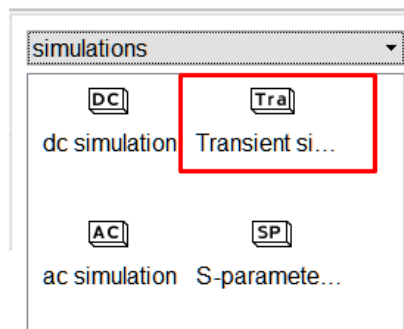


Figura 3.4: Inserção da simulação transiente.

- Como o período da onda é de $67ns$, coloque tempo suficiente para visualizar um período completo e resolução grande o suficiente para gerar a onda.

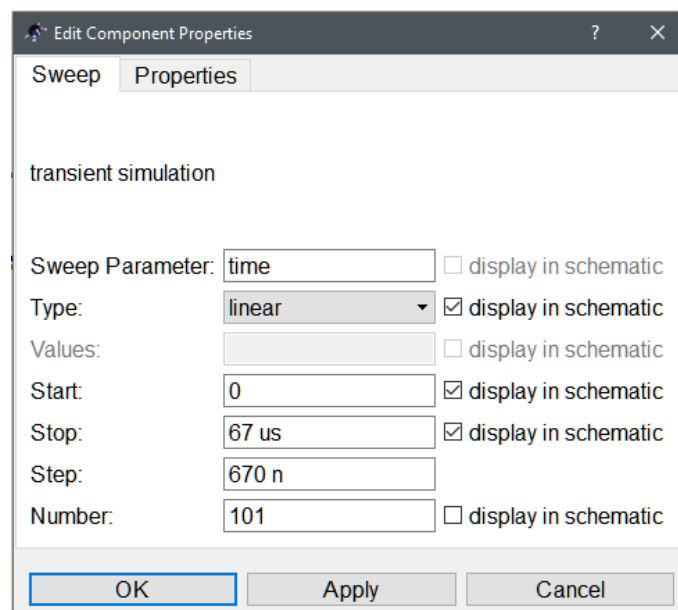


Figura 3.5: Parâmetros para a simulação transiente.

- Utilize um resistor de $1k\Omega$ para verificar a onda gerada. Conecte os componentes sem esquecer a referência do terra como na figura abaixo:

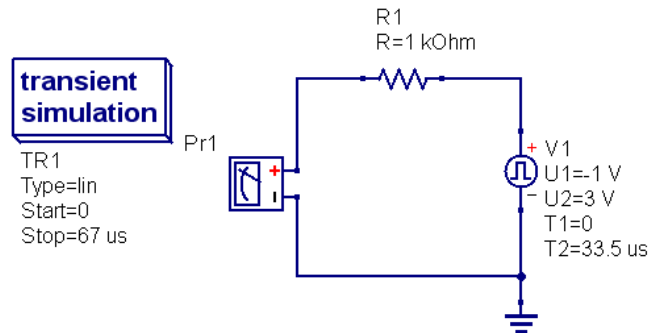


Figura 3.6: Circuito a ser montado.

- Salve e simule. Vá em Diagramas e insira um plano cartesiano.

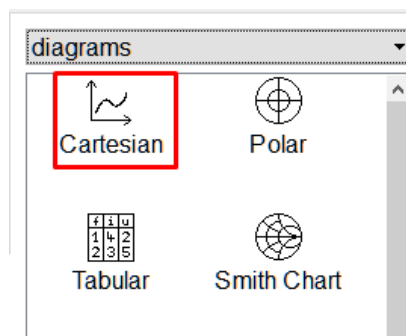


Figura 3.7: Inserção de um plano cartesiano.

- Coloque a tensão medida pelo voltímetro no gráfico e arrume o limite para aparecer o pulso da onda.

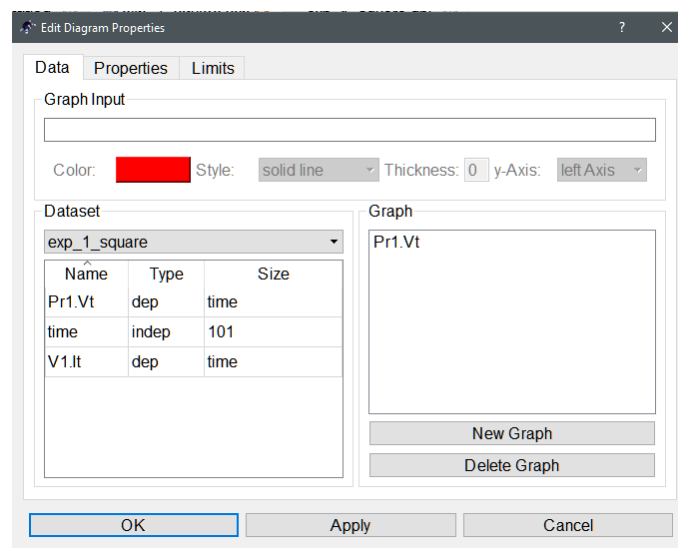


Figura 3.8: Parâmetros para o diagrama cartesiano.

- Assim, verifica-se a forma de onda pedida no exercício.

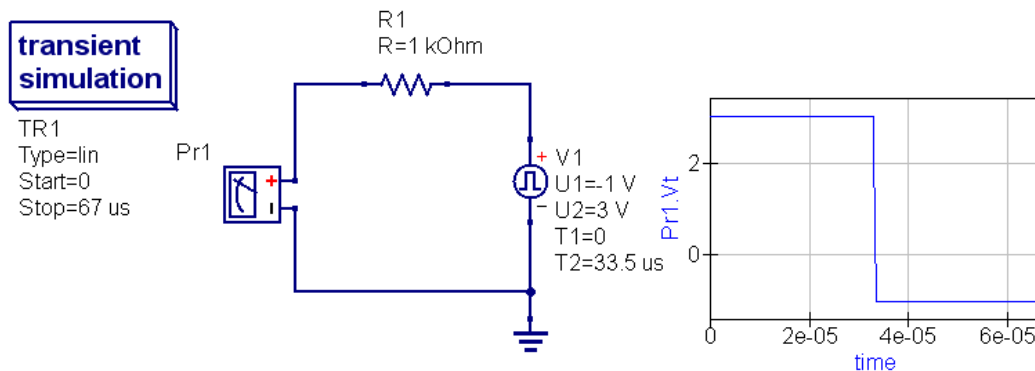


Figura 3.9: Resultado exigido pelo exercício.

3.2) Onda Triangular

- Vá em Arquivo → Salvar como... e mude o nome do arquivo para utilizar o esquemático já montado para a segunda onda.
- Como o offset da função é 0 V, U1 deve ser -3 V e U2 deve ser 3 V. O sinal se inicia em zero então T1 deve ser 0. Como a frequência é de 4 kHz, encontra-se o valor do período de 0,25 ms, logo T2 deve ser 250 μ s. Como queremos uma onda triangular, T_r e T_f devem ser metade do período, ou seja, 125 μ s.

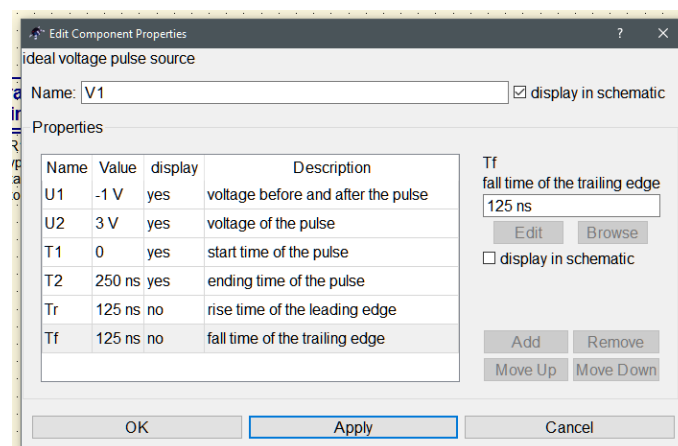


Figura 3.10: Parâmetros para a fonte de tensão triangular.

- Será utilizada a simulação transiente para se observar o comportamento do circuito. Essa simulação realiza uma análise temporal que permitirá observar gráficos em relação ao tempo.

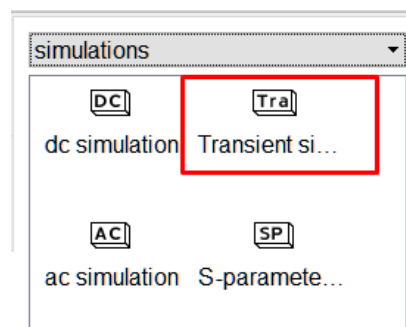


Figura 3.11: Inserção da simulação transiente.

- Como o período da onda é de 250 μ s, coloque tempo suficiente para visualizar um período completo e resolução grande o suficiente para gerar a onda, ou seja, maior ou igual a 250 μ s.

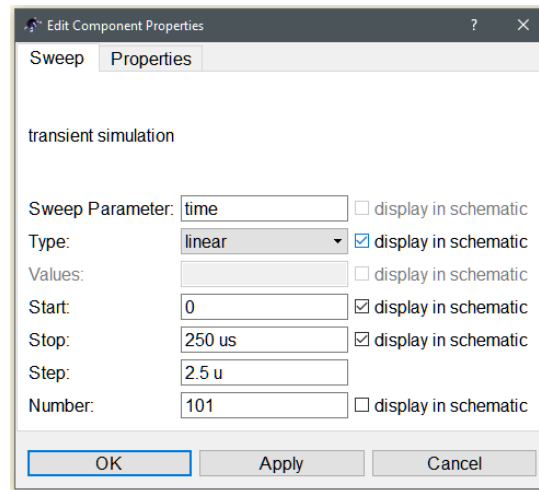


Figura 3.12: Configuração dos parâmetros para a simulação transiente.

- Salve e simule o arquivo. Vá em Diagramas e insira um plano cartesiano

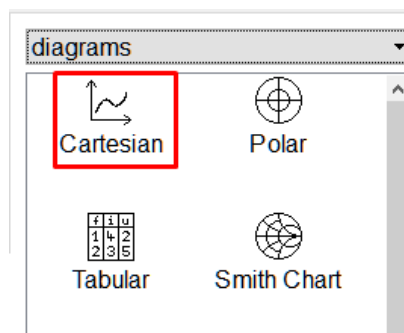


Figura 3.13: Inserção de um plano cartesiano.

- Coloque a tensão medida pelo voltímetro no gráfico.

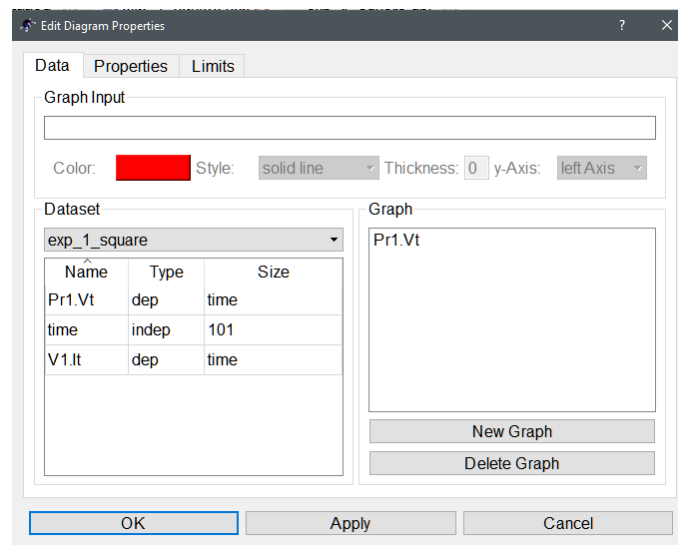


Figura 3.14: Parâmetros para o diagrama cartesiano.

- Assim, verifica-se a forma de onda pedida no exercício.

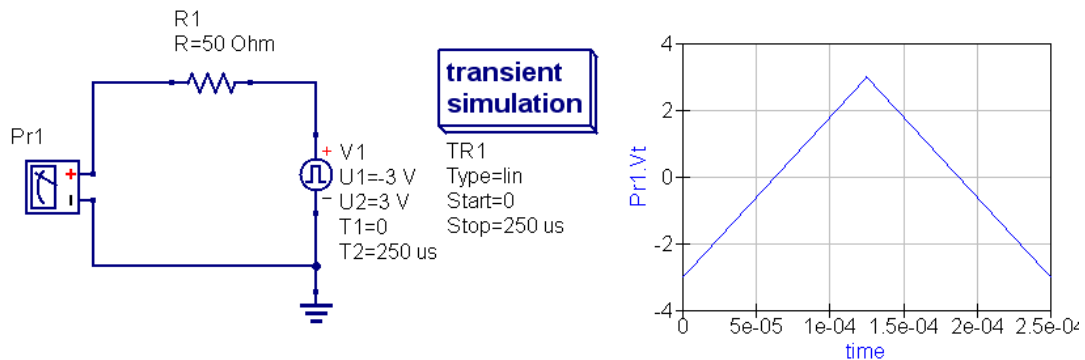


Figura 3.15: Resultado exigido pelo exercício.

3.3) Onda Senoidal

- Vá em Arquivo → Salvar como... e mude o nome do arquivo para utilizar o esquemático já montado para a terceira onda.
- Como se quer uma onda senoidal, troque a fonte para uma fonte de tensão AC.

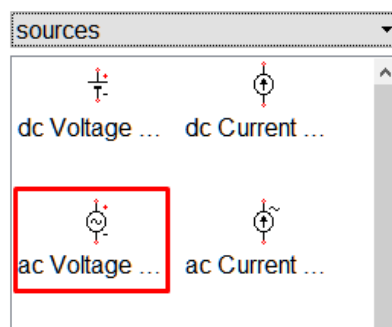


Figura 3.16: Inserção de uma fonte AC.

- Configure sem o offset.

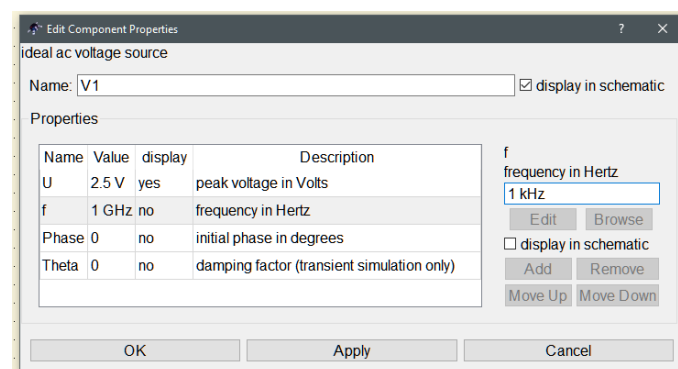


Figura 3.17: Parâmetros da fonte AC.

- Utilize a ferramenta de Equação para colocar o offset na onda.



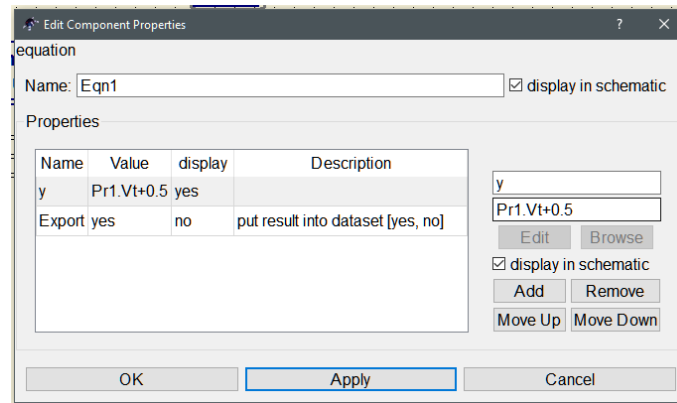


Figura 3.18: Parâmetros da equação de offset.

- Será utilizada a simulação transiente para se observar o comportamento do circuito. Essa simulação realiza uma análise temporal que permitirá observar gráficos em relação ao tempo.

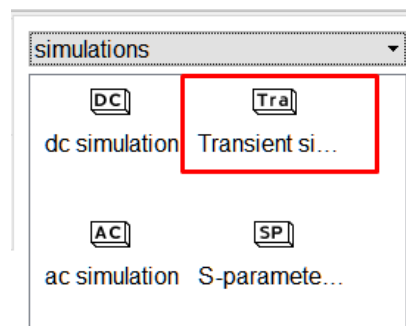


Figura 3.19: Inserção da simulação transiente.

- Como o período da onda é de 1 ms, coloque tempo suficiente para visualizar um período completo e resolução grande o suficiente para gerar a onda.

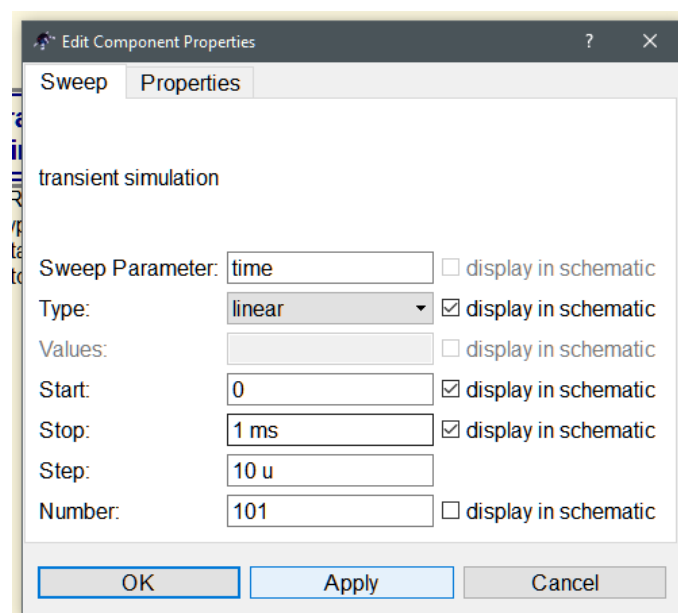


Figura 3.20: Parâmetros para a simulação transiente.

- Salve e simule o arquivo. Vá em Diagramas e insira um plano cartesiano.

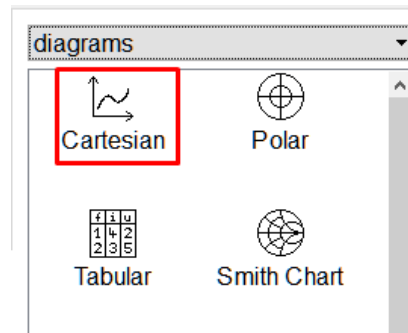


Figura 3.21: Inserção de um plano cartesiano.

- Coloque a equação calculada no gráfico.

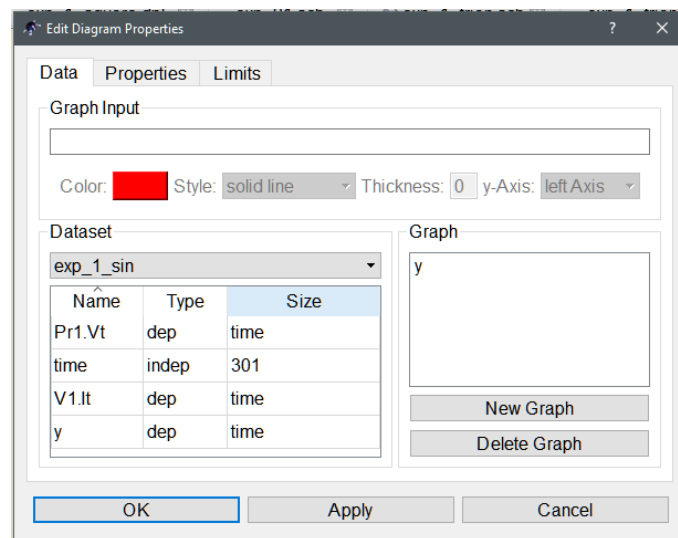


Figura 3.22: Parâmetro do diagrama cartesiano.

- Assim, verifica-se a forma de onda pedida no exercício.

**transient
simulation**

TR1
Type=lin
Start=0
Stop=1 ms

Equation

Eqn1
 $y = Pr1.Vt + 0.5$

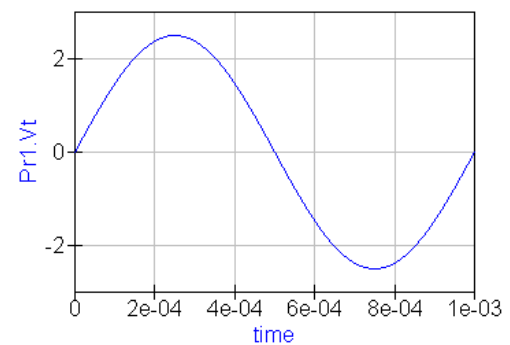
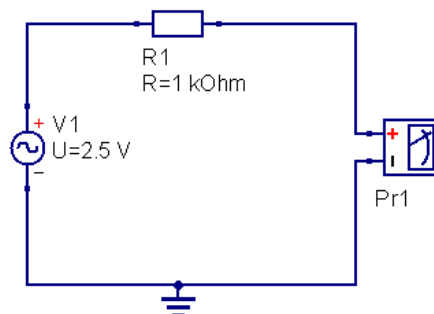


Figura 3.23: Resultado esperado pelo exercício.

3.4) Extra: Verificação no Octave/Matlab

No Octave ou Matlab, digite o escreva o código abaixo e execute.

```
1 %Verificacao das formas de onda via Matlab/Octave
2
3 %Onda Quadrada
4 A1 = 2;
5 f1 = 15*10^3;
6 T1 = 1/f1;
7 x1 = 0:T1/1000:2*T1;
8 y1 = A1*square(2*pi*f1*x1)+1;
9 subplot(2,2,1);
10 plot(x1, y1)
11 title('Onda Quadrada')
12 axis([0 2*T1 -3 4])
13 xlabel('Tempo (ms)')
14 ylabel('Amplitude(V)')
15 vrms_square = rms(y1)
16 vavg_square = mean(y1)
17 grid on
18
19 %Onda Triangular
20
21 A2 = 3;
22 f2 = 4000;
23 T2 = 1/f2;
24 x2 = 0:T2/100:2*T2;
25 y2 = A2*sawtooth(2*pi*f2*x2,1/2);
26 subplot(2,2,2)
27 plot(x2, y2)
28 title('Onda Triangular')
29 xlabel('Tempo (ms)')
30 ylabel('Amplitude (V)')
31 vrms_trian = rms(y2)
32 vavg_trian = mean(y2)
33 grid on
34
35 %Onda Senoidal
36
37 A3 = 2.5;
38 f3 = 1000;
39 T3 = 1/f3;
40 x3 = 0:T3/100:2*T3;
41 y3 = sin(2*pi*f3*x3)+0.5;
42 subplot(2,2,[3,4]);
43 plot(x3, y3)
44 title('Onda Senoidal')
45 xlabel('Tempo (ms)')
46 ylabel('Amplitude (V)')
47 vrms_sin = rms(y3)
48 vavg_sin = mean(y3)
49 grid on
```

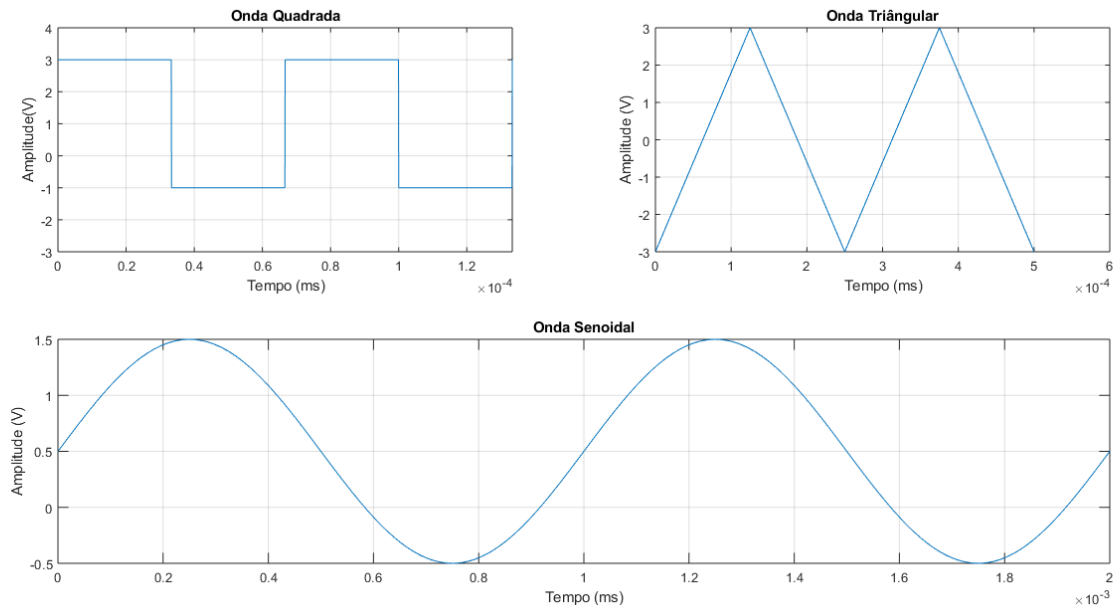


Figura 3.24: Formas de onda obtidas.

4) Experimento

4.1) Geração e medição de ondas

a) Ajuste o gerador de funções para gerar cada uma das formas de onda indicadas na tabela 2.1, visualizando-as no osciloscópio. Certifique-se de que o gerador de funções está ajustado no modo “alta impedância” (explique o que essa opção faz) e que o osciloscópio está ajustado para “acomplamento DC” (Sim, DC! Explique o motivo), com o ganho do probe em 1x. Verifique se o trigger do osciloscópio está associado ao CH1.

Para cada curva, meça com o multímetro e com o osciloscópio os valores de tensão AC (eficaz) e DC (médio). Compare os valores medidos com os dois instrumentos e justifique.

b) Utilizando a última curva ajustada (C3), altere a frequência para os seguintes valores: 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 1 MHz, medindo novamente com o multímetro e o osciloscópio os valores DC e AC da tensão para cada frequência. O que mudou? Este resultado faz sentido teoricamente? Os valores medidos correspondem aos calculados no seu estudo pré-laboratorial? Explique em termos de limitação de medida do multímetro para frequências muito altas e/ou muito baixas.

c) Assim como a fonte de alimentação DC, o gerador de funções também possui resistência interna. Monte o circuito da Figura 4.1 e meça a tensão de saída em CH1. Se $R_{in} = 0$, qual seria o valor esperado de V_{CH1} ? Ao invés disso, quanto foi observado? Com base nesta informação, e utilizando o conceito de divisão de tensão, estime a resistência interna do gerador de funções. Em seus cálculos, utilize o valor real do resistor R.

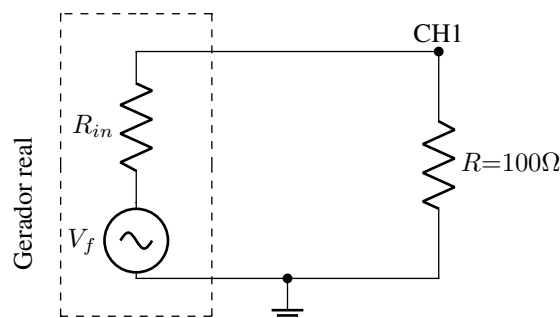


Figura 4.1: Circuito para estimação de R_{in} do gerador de funções.

d) As pontas de prova de um osciloscópio deveriam ter resistência de entrada infinita, mas na prática possuem R_{in} grande e finita. Monte o o circuito da Figura 4.2 e meça a tensão de saída em CH1. Se $R_{in} \rightarrow \infty$, qual seria o valor esperado de V_{CH1} ? Ao invés disso, quanto foi observado? Com base nesta informação, e utilizando o conceito de divisão de tensão, estime a resistência interna

da ponta de prova. Em seus cálculos, utilize os valores reais de R_1 e R_2 .

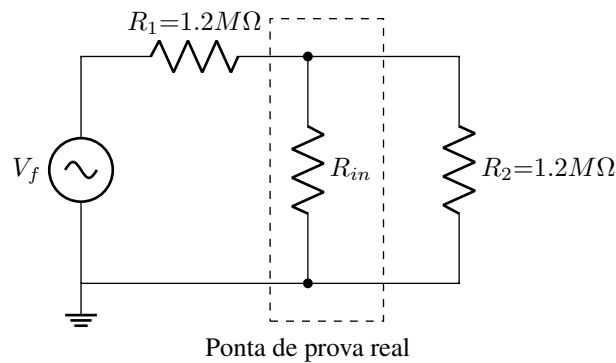


Figura 4.2: Circuito para estimação de R_{in} da ponta de prova do osciloscópio.

4.2) Funções matemáticas do osciloscópio

Gere uma onda senoidal com uma frequência de 1kHz, $2V_{pp}$ (tensão pico-a-pico) e $0V_m$ (tensão média) e alimente o CH1 do osciloscópio com essa forma de onda. Utilize a fonte de alimentação para gerar uma tensão DC de 2 V e alimente o CH2 do osciloscópio. Verifique o resultado das operações soma “+”, subtração “-” e multiplicação “*” usando o botão MATH do osciloscópio.

4.3) Espectro de frequência de uma forma de onda

Gere uma onda senoidal com uma frequência de 100kHz e alimente o CH1 do osciloscópio com essa forma de onda. Anote os valores de frequência e amplitude da onda. Utilizando a função FFT do botão MATH do osciloscópio gere o espectro da função senoidal criada e esboce-o. Varie a frequência para 50kHz e 10kHz, descrevendo e justificando o que acontece.