

**Universidade Estadual de Maringá**

**Centro de Ciências Exatas**

**Departamento de Física**

**Material Didático para Física Experimental IV**

**NOÇÕES BÁSICAS PARA A UTILIZAÇÃO DO OSCILOSCÓPIO DIGITAL**

**Tektronix TBS 1022**

**Autores:**

**Alice Sizuko Iramina**

**Antonio Medina Neto**

**Francielle Sato**

**Wilson Ricardo Weinand**

**Maringá, outubro de 2015.**

## Sumário

<b>1. MONITORANDO O SINAL DE UM CIRCUITO RESISTIVO EM CA.....</b>	<b>2</b>
1.1. VERIFICAÇÃO DE OPERAÇÃO DO OSCILOSCÓPIO.....	3
1.2. DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES GERAIS DO GERADOR DE FUNÇÕES POLITERM POL-40.....	5
1.3. MONITORANDO O SINAL .....	6
1.4. UTILIZAÇÃO DE CURSORES.....	7
1.5. UTILIZANDO A FUNÇÃO MEDIDAS E ESCALA AUTOMÁTICA: .....	9
1.6. MEDIDAS SIMULTÂNEAS COM OS DOIS CANAIS DO OSCILOSCÓPIO.....	11
<b>2. APLICAÇÃO DAS FUNÇÕES BÁSICAS DO OSCILOSCÓPIO PARA A CARACTERIZAÇÃO DE CIRCUITOS.....</b>	<b>12</b>
2.1. DETERMINAÇÃO DA CONSTATANTE DE TEMPO NUM CIRCUITO RC EM SÉRIE .....	12
2.2. MEDIDAS DA DIFERENÇA DE FASE.....	14
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>17</b>

## 1. Monitorando o sinal de um circuito resistivo em CA

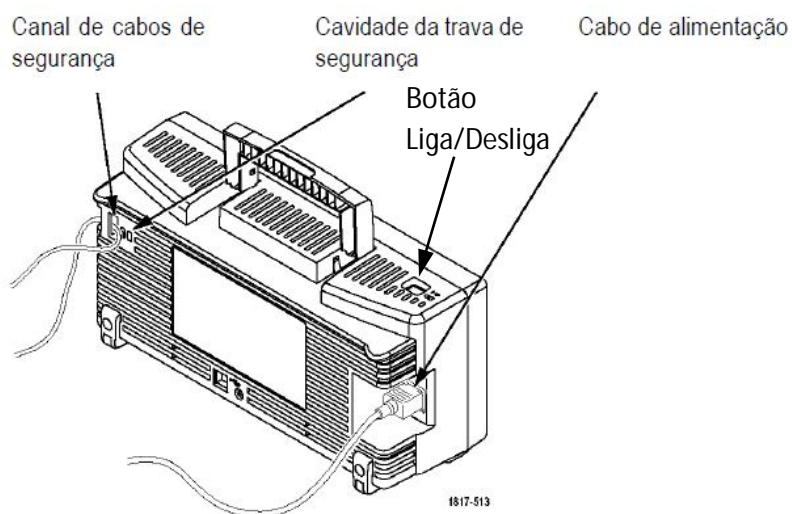
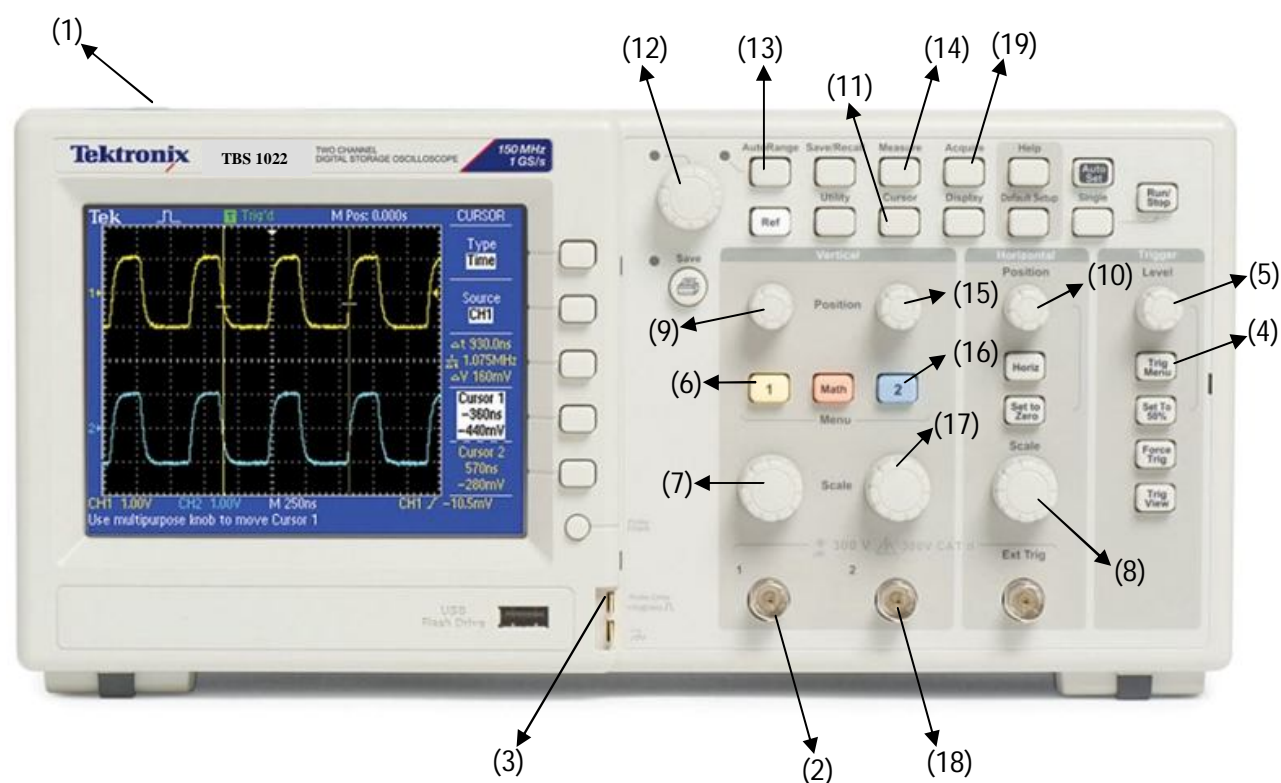


Figura 1: (Superior) Painel frontal [1] e (inferior) parte traseira do osciloscópio digital Tektronix TBS 1022 [2].



Figura 2: Ponta de prova.

## 1.1.Verificação de operação do osciloscópio

Este procedimento deve ser realizado de modo manual ou automático antes da utilização do osciloscópio digital a fim de verificar a correta operação do equipamento. Primeiramente será descrito o procedimento para o modo manual.

### ❖ Procedimento manual:

- 1-Ligar o osciloscópio no botão indicado na Fig.1(1);
- 2-Conectar a ponta de prova (Fig.2) com lado do conector BNC ao canal 1 (Fig. 1(2)) e a outra extremidade ao PROBE COMP (Fig. 1(3)). Conecte o conector BNC ao osciloscópio antes de conectá-la ao PROBE COMP. Conecte o terminal de referência da ponta de prova antes de conectar a entrada da ponta de prova. Desconecte a entrada da ponta de prova e seu fio de referência da ponta antes de desconectar o conector BNC do osciloscópio. A ponta de prova para este osciloscópio tem uma atenuação de 10x. Em caso da utilização de uma ponta de prova com seleção de ganho, selecionar a atenuação de 10x;
- 3-Ajuste a escala da base tensão para 2V por divisão (Fig. 1 (7)) e base tempo para 500 $\mu$ s por divisão (Fig. 1 (8));
- 4-Encontre uma onda quadrada com período de 1ms ( $f = 1\text{kHz}$ ) e uma tensão pico a pico ( $V_{pp}$ ) de 5V, para isto é necessário o ajuste do nível de *trigger* (Fig.1(5)). Caso tenha obtido sucesso neste procedimento deverá obter um sinal conforme ilustra a Fig. 3.
- 5-Para ajustar o nível de *trigger* pressione TRIG MENU (Fig. 1(4)) e ajuste: "tipo" – borda; "origem" – CH1; "inclinação" – subida; "modo" – auto; "acoplamento" – CA, e ajuste o botão do *trigger* (Fig. 1- (5))

até obter um único sinal. Caso o nível de *trigger* não esteja ajustado corretamente o sinal na tela do osciloscópio ficará instável, tal como ilustra a Fig. 4.

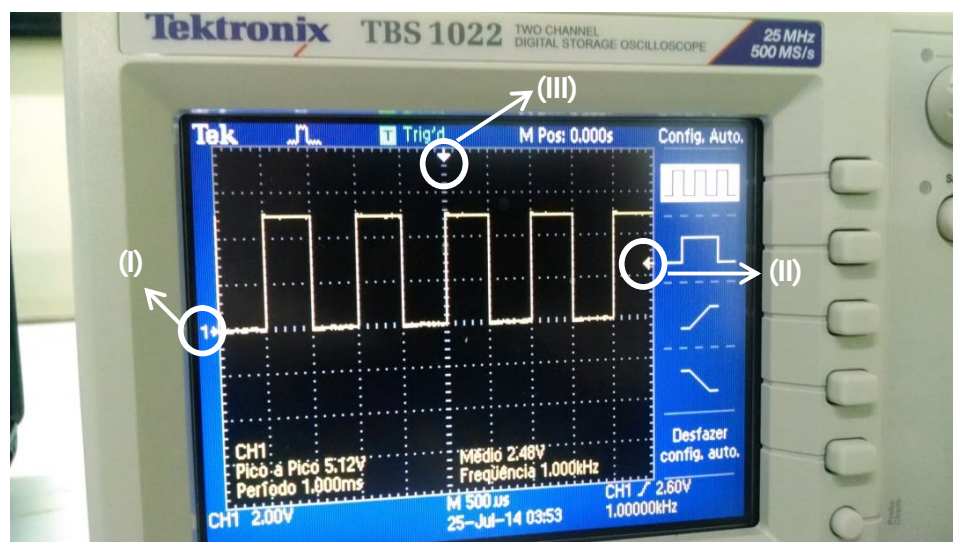


Figura 3: Sinal de uma onda quadrada com período de 1ms e  $V_{pp}$  de ~5V.

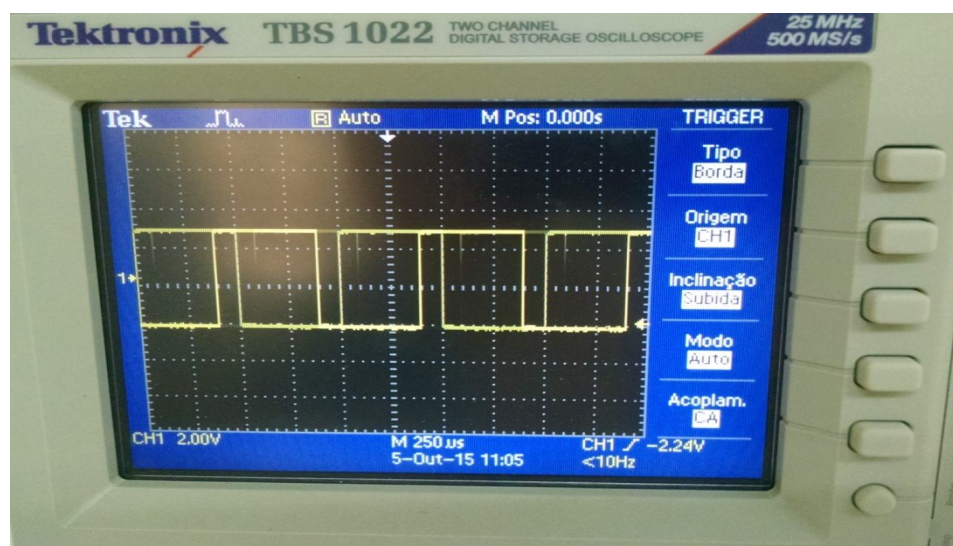


Figura 4: Sinal no osciloscópio com o nível de *trigger* desajustado.

Na Fig. 3, a marcação (I) mostra a seta à esquerda na tela que indica o zero do sinal do canal utilizado, a marcação (II) mostra a seta à direita na tela que indica o nível de *trigger* e a marcação (III) mostra a seta no topo da tela que indica o início do sinal com relação à posição vertical (base tempo). O cruzamento das retas que contém as setas (II) e (III) indicam o ponto inicial do sinal.

❖ Procedimento automático:

1-Repita os passo de 1 e 2 do procedimento manual;

2-Pressione DEFAULT SETUP (conf. padrão) e em seguida pressione AUTOSET, devem aparecer na parte inferior da tela (Fig. 3) as informações: CH1; pico a pico ~5V; período 1ms; médio ~2,5V e de frequência 1kHz;

Após este procedimento o osciloscópio está pronto para ser utilizado.

O procedimento manual ou automático para verificação de funcionamento do osciloscópio também pode ser realizado para o canal 2, neste caso é necessário que esteja conectado somente a ponta de prova no canal 2.

## 1.2.Descrição das funções gerais do gerador de funções Politerm POL-40

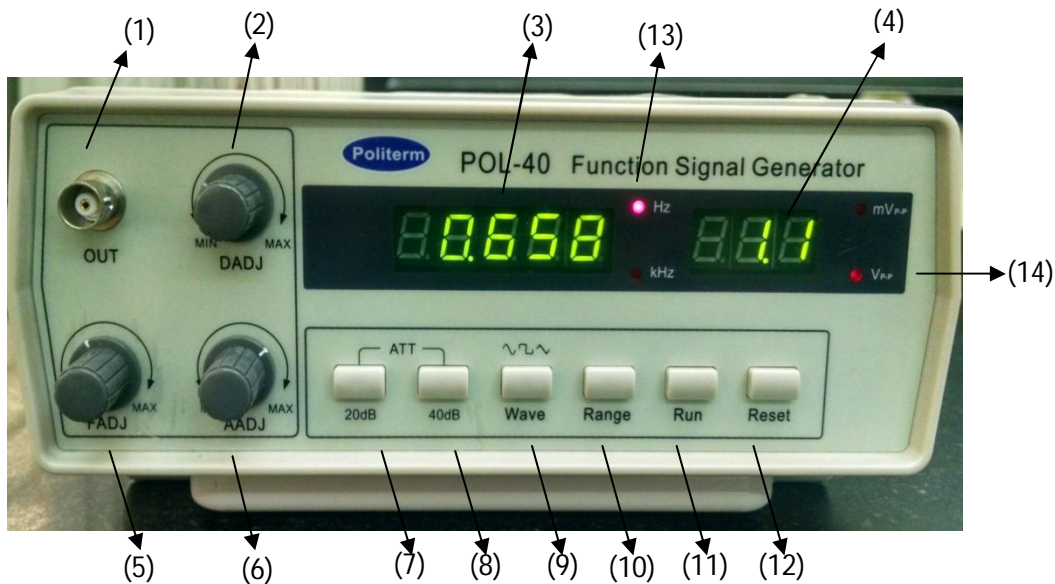


Figura 5: Gerador de funções Politerm POL-40.

O cabo da tensão de saída do gerador deve ser conectado em "OUT" (Fig.5(1)). A amplitude da onda gerada pelo equipamento é regulada no botão "AADJ" (Fig.5(6)) e o *display*, mostrado na Fig.5(4), indica o valor da tensão pico a pico ( $V_{pp}$ ), entretanto este valor deve ser monitorado pelo osciloscópio, pois para diferentes intervalos de frequência a tensão não é mantida. Os LED's, na Fig.5(14) indicam a ordem de grandeza mV ou V da tensão  $V_{pp}$ .

O botão "FADJ" (Fig.5(6)) regula a frequência e o *display*, mostrado na Fig.5(3), indica o valor da frequência e os LED's, Fig.5(13), indicam sua ordem de grandeza Hz e kHz. O intervalo de frequência é selecionado no botão "RANGE" (Fig.5(10)) que varia de 1 – 7, este intervalo é indicado a direita no *display* (Fig.5(3)), sendo 1) 0,5 – 3,0 Hz; 2) 1 – 30 Hz; 3) 10 – 280 Hz; 4) 120 – 2700 Hz; 5) 1 – 26 kHz; 6)



10 – 235 kHz e 7) 115 – 2500 kHz. Os valores podem variar de acordo com o equipamento. Após selecionar o intervalo de frequência desejado é necessário apertar "RUN" (Fig.5 (11)).

A forma da onda é selecionada no botão "WAVE", Fig.5(9), sendo indicada à esquerda do *display*, mostrado na Fig.5(3), e a forma é indicada pelos números 1, 2 e 3: senoidal, quadrada e triangular, respectivamente. Após selecionar a forma de onda desejada é necessário apertar "RUN" (Fig.5 (11)).

O botão indicado na Fig.5(2) "DADJ" ajusta o ciclo de atividade do sinal de saída (variando de 20 a 80%), para maior precisão selecione a forma de onda triangular no gerador de função, e monitore sua simetria pelo osciloscópio. O ajuste deve ser realizado até que se obtenha uma onda simétrica.

### 1.3.Monitorando o sinal

❖ Objetivo: Monitorar o sinal verificando amplitude e frequência para uma onda senoidal num circuito resistivo em CA.

❖ Procedimento:

1- Monte o circuito com um resistor e o gerador de função, e conecte o canal 1 do osciloscópio ao circuito como mostra a Fig.6;

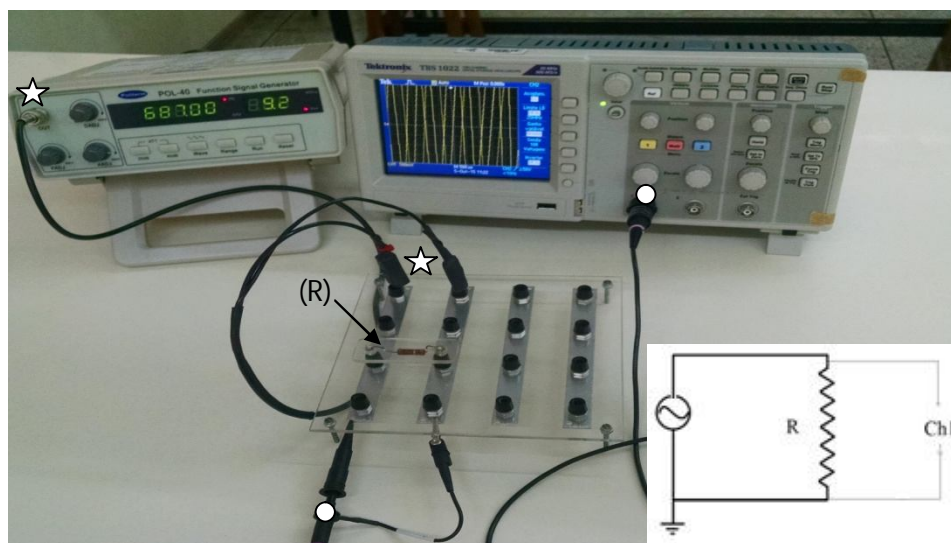


Figura 6: Circuito resistivo em CA. O símbolo estrela indica o cabo de saída do gerador de função e símbolo círculo indica a ponta de prova conectada ao canal 1 do osciloscópio.

2- Selecione a forma de onda senoidal no gerador de função (veja item 1.2);

3- Selecione o canal 1 (Fig. 1(6)), aparecerá uma tela (Fig. 7) na qual as seguintes configurações devem ser ajustadas: "Acoplamento" – CA; "limite LB" – desligado; "ganho variável" – grosso ou fino; "sonda" - 10x voltagem e "inverter" – desligado;



Figura 7: Tela do osciloscópio para configuração de medida manual no canal 1.

- 4-Ajuste a frequência de 5kHz no gerador de função;
  - 5-Ajuste o nível de *trigger* até obter um sinal estável;
  - 6-Ajuste as bases de tensão e tempo, vertical e horizontal, respectivamente, para a taxa de varredura mais adequada em volts/divisão (vertical) e segundos/divisão (horizontal);
  - 7- Ajuste a posição do sinal com relação às posições vertical e horizontal (Fig.1(9) e Fig.1(10)) até centralizá-lo na tela do osciloscópio;
- Caso a onda senoidal apareça assimétrica realize o ajuste de sua simetria utilizando o botão “DADJ” conforme descrito na página 6;
- 8-Repita este procedimento para as outras frequências e preencha a Tabela 1.

Tabela 1: Dados experimentais obtidos para o circuito resistivo em CA para diferentes frequências.

Frequência (Hz)	Período ( $T$ ) (s)	$1/T$ ( $s^{-1}$ )	$V_{pp}$ (V)
10			
100			
1000			
10000			

#### 1.4.Utilização de cursores

- ❖ Objetivo: Utilizar os cursores do osciloscópio para medidas de período e  $V_{pp}$  de uma onda.
- ❖ Procedimento:



- 1-Monte o circuito com um resistor e o gerador de função, e conecte o canal 1 do osciloscópio ao circuito como mostra a Fig.6;
- 2-Seleção a forma de onda senoidal no gerador de função (veja item 1.2) e ajuste na frequência de \_\_\_\_\_;
- 3-Ajuste a saída do gerador de função para  $V_{pp}$  de \_\_\_\_\_ utilizando o osciloscópio;
- 4-Ajuste o nível de *trigger* tendo como origem o canal 1;
- 5-Seleção a função "cursors" (Fig.1(11)). Nesta função é possível realizar medidas de tempo e tensão com relação à posição dos cursores (vertical e horizontal), bem como, a variação entre eles. Na tela do osciloscópio (Fig. 8) aparecerão as seguintes configurações que devem ser ajustas: "tipo" – amplitude e "origem" – CH1.

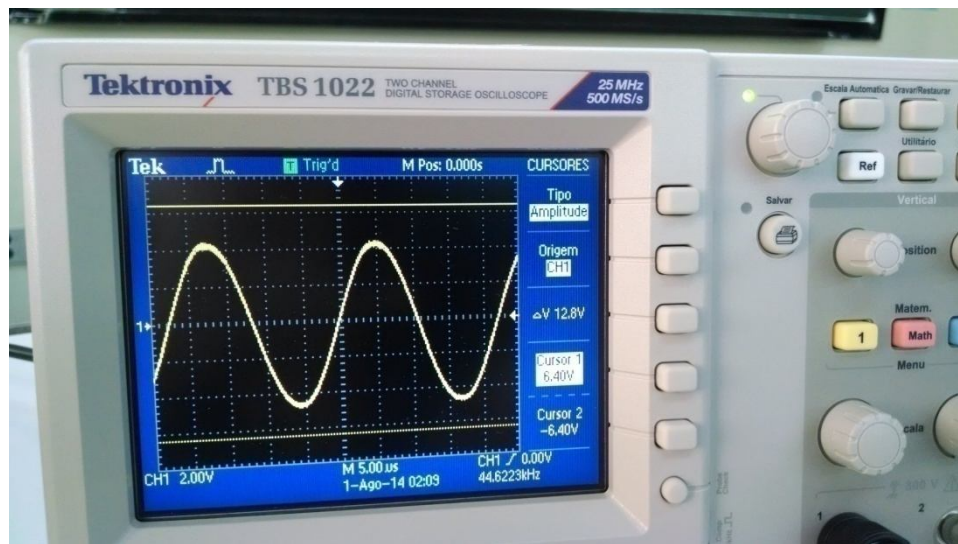


Figura 8: Ajuste dos cursores para medida de amplitude.

- 6-Seleção o "cursor 1", e com o botão indicado na Fig. 1(12), ajuste o cursor na posição de máxima intensidade da onda;
- 7-Seleção o "cursor 2", e com o botão indicado na Fig. 1(12), ajuste o cursor na posição de mínima intensidade da onda;
- 8-Anote os valores de  $\Delta V =$  \_\_\_\_\_,  $V_{\text{cursor 1}} =$  \_\_\_\_\_ e  $V_{\text{cursor 2}} =$  \_\_\_\_\_;
- 9-Ainda na função "cursors" selecione a opção "tipo"- tempo e mantenha a mesma origem no canal 1 (Fig. 9);

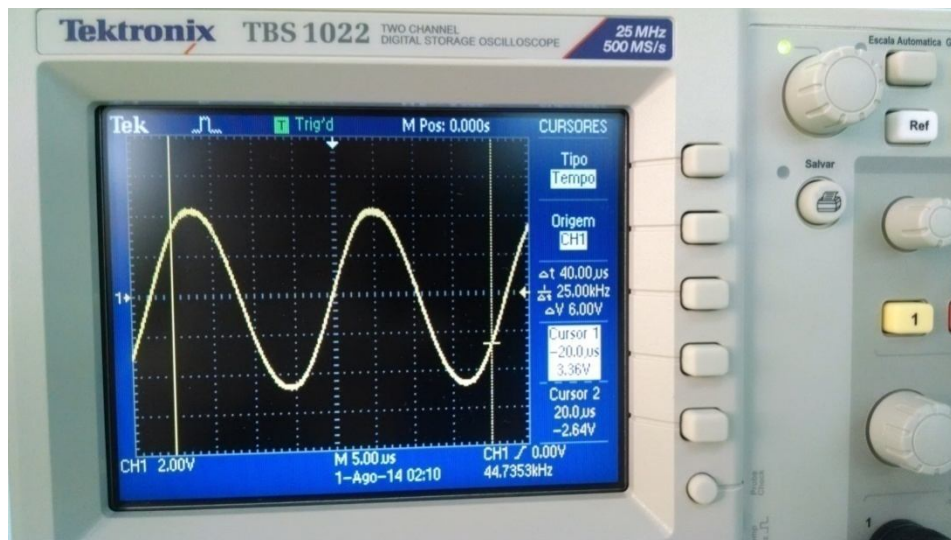


Figura 9: Ajuste dos cursores para medida de tempo.

10-Seleção com o cursor 1 e 2 um período da onda, e anote os valores fornecido pelo osciloscópio:

$\Delta t =$  \_\_\_\_\_,  $1/\Delta t =$  \_\_\_\_\_,  $\Delta V =$  \_\_\_\_\_,  $t_{\text{cursor1}} =$  \_\_\_\_\_,  
 $t_{\text{cursor2}} =$  \_\_\_\_\_,  $V_{\text{cursor1}} =$  \_\_\_\_\_ e  $V_{\text{cursor2}} =$  \_\_\_\_\_.

11-Depois das medidas selecione "tipo" – desligado;

### 1.5.Utilizando a função medidas e escala automática:

❖ Objetivo: Ajuste de escala e medidas no modo automático.

❖ Procedimento:

1-Mantenha as mesmas configurações realizadas no procedimento de 1 até 4 do item 1.4.;

2-Seleção a função "escala automática" (Fig.1(13)), neste menu selecione "autoranging" – ligado e selecione "vertical e horizontal". Nesta função o osciloscópio ajusta as melhores escalas para tensão e tempo, e ainda ajusta o de nível de *trigger* e o zero da base temporal (posição horizontal) automaticamente, baseado em um algoritmo desenvolvido pelo fabricante, otimizando a visualização do sinal a ser monitorado. Caso seja feito um ajuste manual esta função é desabilitada automaticamente;

3-Seleção a função "medidas" (Fig. 1(14)), e na tela aparecerão cinco opções que podem ser ajustadas (Fig.10);

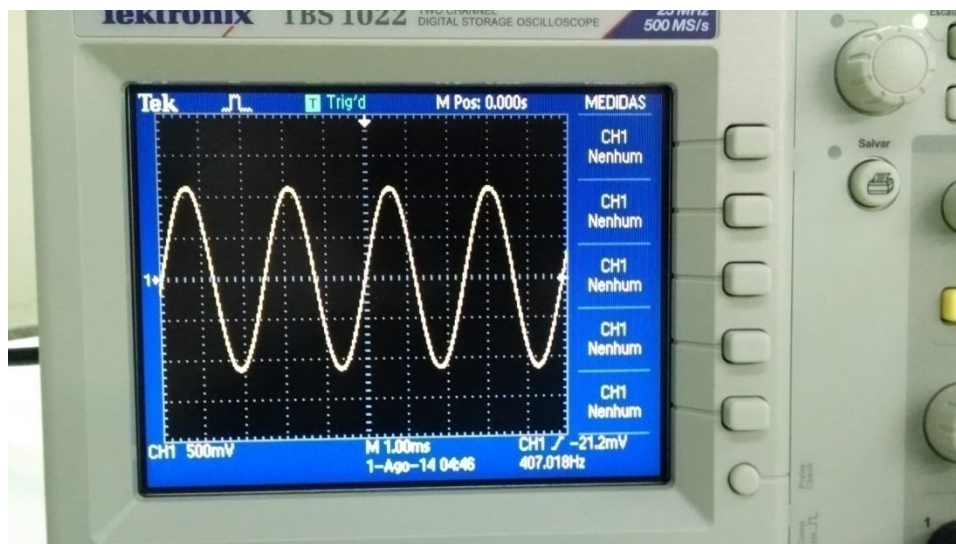


Figura 10: Utilização da função medida no osciloscópio.

4-Seleção a primeira opção, e na nova tela configure “origem” – CH1 e “tipo” – frequência e aperte “voltar”;

5-Seleção a segunda opção e configure “origem” – CH1 e “tipo” – período e aperte “voltar”;

6-Seleção a terceira opção e configure “origem” – CH1 e “tipo” – pico a pico e aperte “voltar”;

Após os procedimentos de 4-6 realizados com sucesso a configuração da tela de “medidas” aparecerá tal como ilustra a Fig. 11, e as medidas podem ser obtidas diretamente desta tela. As demais opções podem ser selecionadas de acordo com o que se deseja medir;

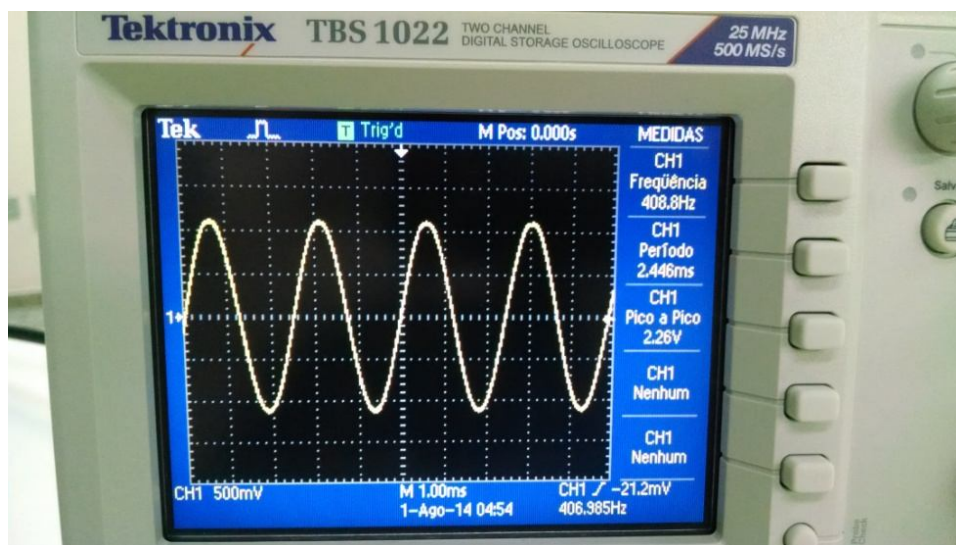


Figura 11: Configuração da função medida.

## 1.6. Medidas simultâneas com os dois canais do osciloscópio

❖ Objetivo: Utilizar os dois canais do osciloscópio para monitorar sinais em um circuito divisor de tensão.

❖ Procedimento:

- 1-Monte o circuito como ilustrado na Fig.12 com  $R_x = 2,2k\Omega$ , lembre-se de respeitar as polaridades das pontas de provas com as do gerador de função;
- 2-No gerador de função, ajuste a frequência para 1kHz e selecione a forma da onda como senoidal com uma  $V_{ppTotal}$  de 10V, utilize o osciloscópio para ajustar a  $V_{ppTotal}$ ;
- 3-Ative os canais 1 e 2 do osciloscópio Fig. 1 (6) e Fig.1(16), respectivamente;
- 4-Selezione a função "escala automática" e ajuste "autoranging" - ligado, nesta função o nível de *trigger* deve estar com a origem no canal 1. A Fig. 13 ilustra a tela que deverá aparecer no osciloscópio;
- 5-Selezione a função "medida" e ajuste as duas primeiras opções, sendo a "origem" – CH1, para "tipo" frequência e pico a pico, selecione a terceira opção deste *menu* e configure "origem"- CH2 e "tipo" – pico a pico;
- 6-Anote da tensão pico a pico do canal 2 ( $V_{Ch2}$ ) na Tabela 2 e compare com o valor de  $V_x$  calculado utilizando a relação:

$$I = \frac{V_{ppTotal}}{R+R_x} ; \quad V_x = R_x I = \left( \frac{R_x}{R+R_x} \right) V_{ppTotal} = \left( \frac{1}{1+R/R_x} \right) V_{ppTotal} \quad (1)$$

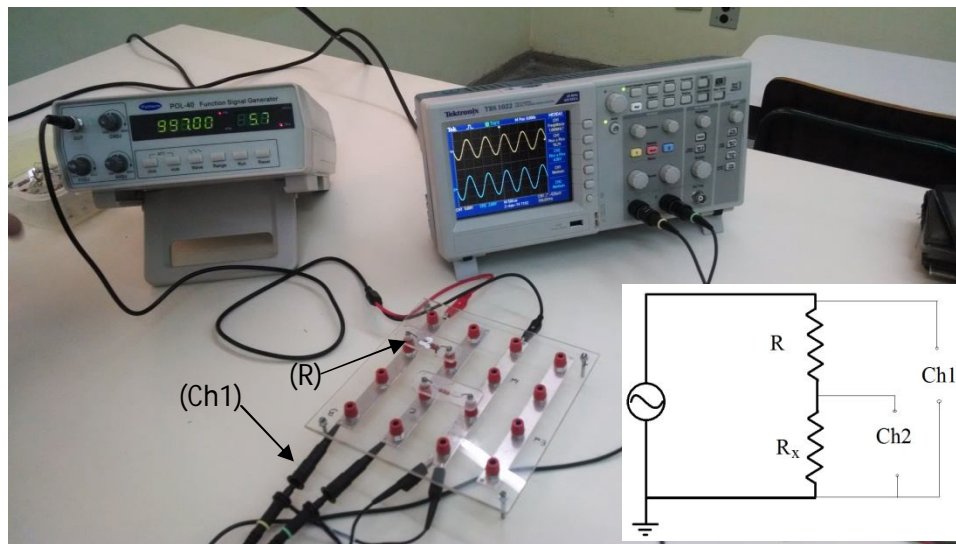


Figura 12: Circuito divisor de tensão. O osciloscópio está representado pelos canais Ch1 e Ch2, o canal Ch1 monitora a  $V_{ppTotal}$  do circuito, enquanto que o Ch2 somente a tensão sobre o resistor  $R_x$ .  $R$  é o resistor fixo no circuito ( $R = 2,2 k\Omega$ ) e os valores para  $R_x$  estão na Tabela 2. A  $V_{ppTotal}$  é mantida constante independente do resistor  $R_x$ .



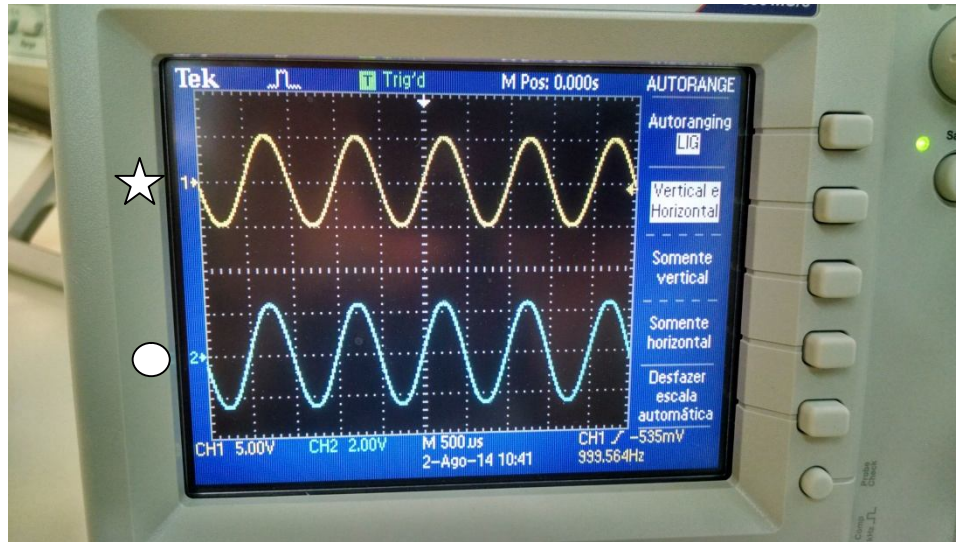


Figura 13: Sinal dos dois canais simultaneamente na tela do osciloscópio. O canal 1 está indicado pela estrela e o canal 2 pelo círculo.

7-Substitua os demais resistores  $R_x$ 's que constam na Tabela 2 e preencha os demais dados da tabela.

Tabela 2: Valores das tensões pico a pico sobre o resistor  $R_x$ , sendo  $V_x$  o valor calculado e  $V_{Ch2}$  o valor medido.

$R_x$ (k $\Omega$ )	$V_x$ (V)	$V_{Ch2}$ (V)
2,2		
0,1		
10,0		
$f = 1$ kHz		
$V_{ppTotal} = 10$ V		

## 2. Aplicação das funções básicas do osciloscópio para a caracterização de circuitos

### 2.1.Determinação da constante de tempo num circuito RC em série

❖ Considerações gerais:

Durante o processo da descarga, a tensão em um capacitor num circuito RC-série é dado por:

$$V_C = V_0 e^{-t/\tau}, \quad (2)$$

na qual  $\tau = RC$ .

Para  $t_1 = 0 \Rightarrow V_1 = V_0$  e para  $t_2 = \tau \Rightarrow V_2 = V_0/e$ . Assim a diferença de tensão é dada por:

$$\Delta V = V_1 - V_2 = V_0(1 - 1/e) = 0,63V_0. \quad (3)$$

❖ Objetivo: Uso de cursores para a determinação da constante de tempo ( $\tau$ ) para o circuito RC-série com onda quadrada.

❖ Procedimento:

1-Monte o circuito como ilustrado na Fig.14, lembre-se de respeitar as polaridades das pontas de provas com as do gerador de função;

2- Ative os canais 1 e 2 do osciloscópio Fig. 1 – (6) e (16) respectivamente;

3-No gerador de função ajuste uma frequência de 500Hz e selecione a forma da onda como quadrada com uma  $V_{ppTotal} = 10V$ , utilize o osciloscópio para ajustá-la acionando a função “medida” sendo a “origem” canal 2 e “tipo” – pico a pico. Caso necessário ajuste o ciclo de atividade de sinal de saída “DADJ”, conforme descrito na página 6.

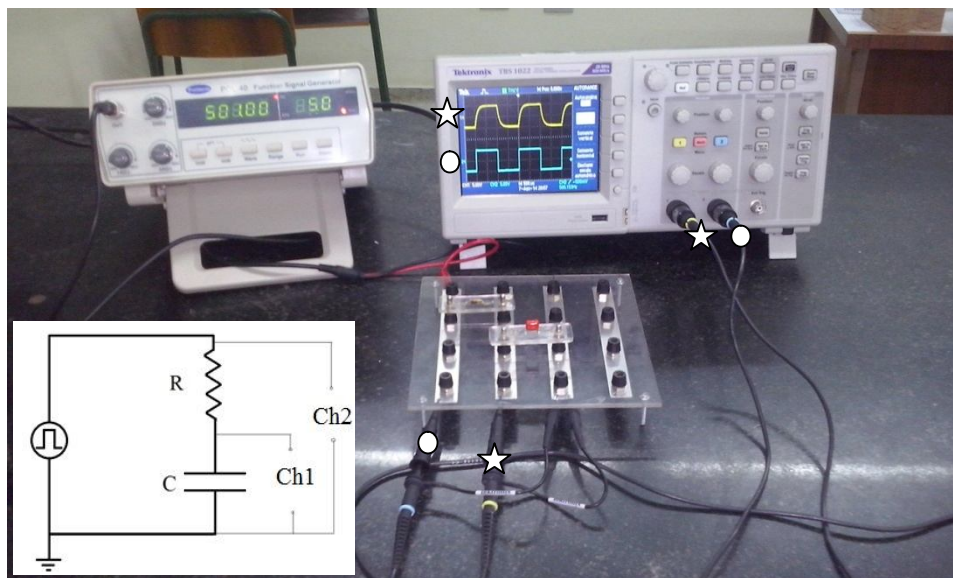


Figura 14: Circuito RC-série. O osciloscópio está representado pelos canais 1 e 2, o canal 2 monitora a  $V_{ppTotal}$  do circuito, enquanto que o canal 1 monitora a  $V_C$ . Os símbolos estrela indicam o canal 1 e os círculos canal 2. Sendo  $R = 10k\Omega$ ,  $C = 0,01\mu F$ ,  $f = 500Hz$  e  $V_{ppTotal} = 10V$ .



- 4-Seleção a função ESCALA AUTOMÁTICA e ajuste "autoranging" – ligado;
- 5-Seleção a função TRIG MENU e ajuste a "origem" - canal 2 e "inclinação" - descida, a Fig.14 ilustra os sinais que deverão aparecer na tela do osciloscópio;
- 6-Seleção a função "cursors" (Fig. 1(11)) e ajuste "tipo" – tempo e "origem" – CH1 e posicione o cursor 1 na posição  $t \sim 0s$  e movimente o cursor 2 até a posição na qual o valor de  $\Delta V$  indique 63% de  $V_{ppTotal}$ . Veja a Fig. 15.

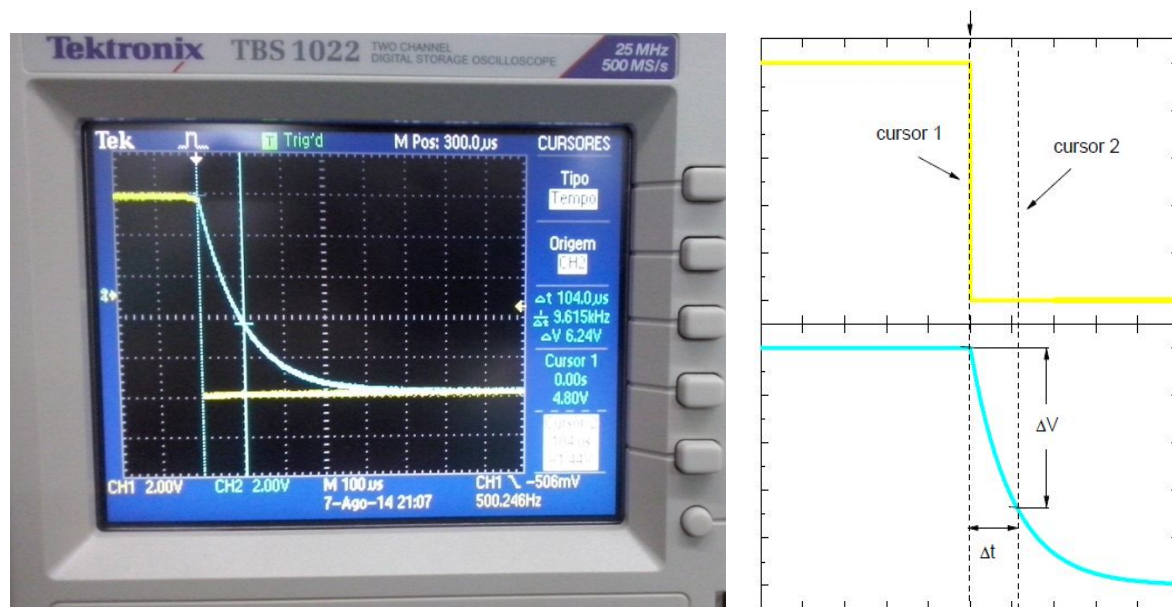


Figura 15: Sinais para o circuito RC-série – descarga no capacitor.

O valor do  $\Delta t$ , que corresponde a  $0,63 V_{ppTotal}$ , é o  $\tau$  experimental do circuito RC-série. Anote este valor e compare com o valor calculado. Preencha a Tabela 3 para os demais circuitos com a mesma frequência.

Tabela 3. Valores das constantes de tempo obtidas para u circuito RC-série.

$C_{eq}(nF)$	$R_{eq}(k\Omega)$	$\tau_{experimental}(\mu s)$	$\tau_{calculado}(\mu s)$	Desvio percentual
10	10			
20	10			
10	5			

## 2.2.Medidas da diferença de fase

### ❖ Considerações gerais:

A figura 16 mostra dois sinais senoidais com uma diferença e fase  $\varphi$ , que podem ser descritos como:

$$V_1 = V_{01}\text{sen}(\omega t) \qquad V_2 = V_{02}\text{sen}(\omega t - \varphi) \qquad (4)$$

A diferença de fase pode ser facilmente calculada por:

$$T \rightarrow 360^\circ$$

$$\Delta t \rightarrow \varphi$$

Portanto:

$$\varphi = (360^\circ / T)\Delta t = (360^\circ f)\Delta t \qquad (5)$$

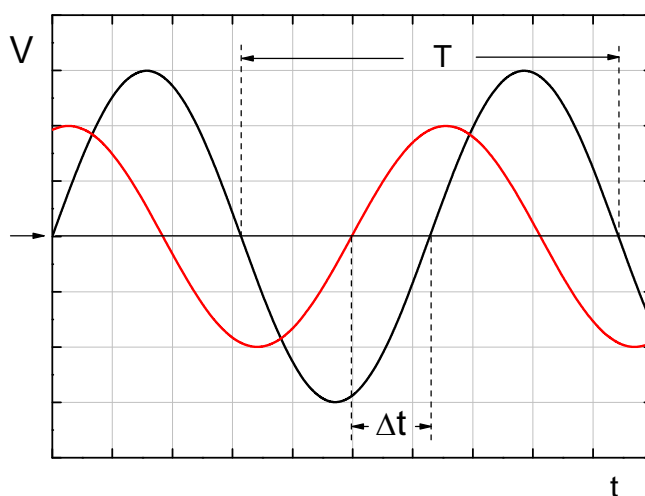


Figura 16: Representação de dois sinais senoidais com uma diferença de fase  $\varphi$ .

❖ Objetivo:

Determinar a diferença de fase num circuito RC-série.

❖ Procedimento:

- 1-Monte o circuito como ilustrado na Fig.17, lembre-se de respeitar as polaridades das pontas de provas com as do gerador de função;
- 2-No gerador de função, ajuste a frequência  $f = 150\text{kHz}$  e selecione a forma da onda senoidal com  $V_{ppTotal} = 10\text{V}$ , utilize o osciloscópio para ajustá-la;
- 3-Seleção o TRIG MENU o qual deve estar com a "origem"- canal 2 e "inclinação" – subida;
- 4- Ajuste o zero da escala vertical dos dois canais para o centro da tela, a marcação na Fig.18 indica o ajuste da escala vertical;
- 5-Seleção a função AQUISIÇÃO (Fig.1(19)), ajuste para 16 médias e selecione "médias";

- 6- Selecione a função "cursors" (Fig. 1(11)), ajuste "tipo" – tempo e "origem" – CH1 e posicione o cursor 1, tal que a tensão seja aproximadamente 0V;
- 7- Selecione "origem" - CH2 e movimente o cursor 2 até posição adjacente ao primeiro cursor, tal que a tensão seja aproximadamente 0V. Veja a Fig. 18. Não movimente o cursor 1 após ter selecionado a origem como CH2;
- 8- Meça o valor de  $\Delta t$  e determine a diferença de fase  $\varphi_{cursor}$ . Anote estes valores na Tabela 4;
- 9- Repita o procedimento para o outro circuito e anote os valores na Tabela 4;

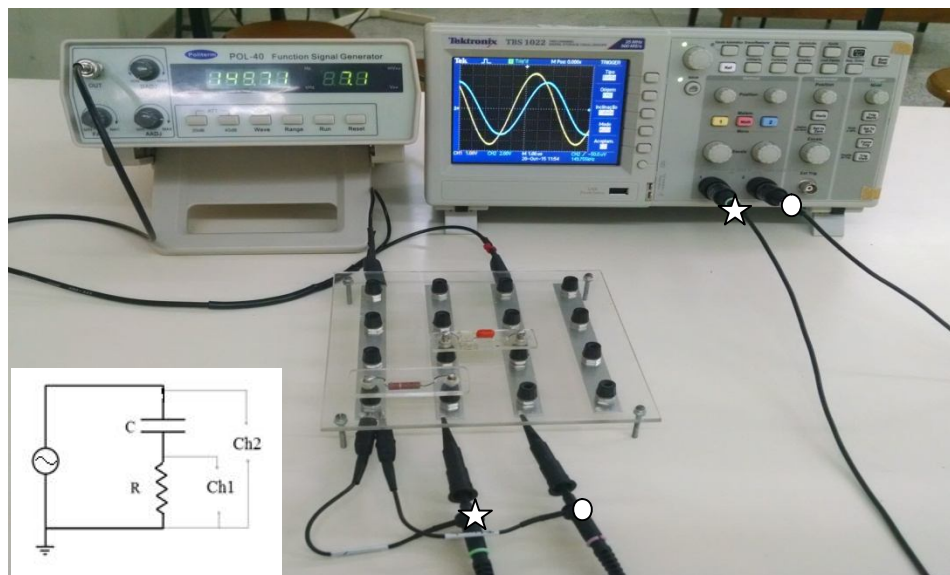


Figura 17: Circuito RC-série. O osciloscópio está representado pelos canais 1 e 2, o canal 2 monitora a  $V_{ppTotal}$  do circuito, enquanto que o canal 1 monitora a  $V_R$ . Os símbolos estrela indicam o canal 1 e o círculo canal 2. Sendo  $R = 100\Omega$ ,  $C = 0,01\mu F$ ,  $f = 150kHz$  e  $V_{ppTotal} = 10V$ .

A medida da diferença de fase também pode ser feita automaticamente utilizando o seguinte procedimento:

- 10- Selecione a função ESCALA AUTOMÁTICA e ajuste "autoranging" – ligado;
- 11- Selecione a função MEDIDA e ajuste a "origem" – CH1, "tipo" - fase e "origem2" - CH2. Selecione voltar e verifique o valor da diferença de fase;
- 12- Anote o valor da fase em  $\varphi_{automático}$  na Tabela 4, e repita o procedimento para o outro circuito, também anotando o valor na Tabela 4.

Tabela 4. Medidas da diferença de fase num circuito RC-série.

$R_{eq}(\Omega)$	$C(nF)$	$\Delta t (ns)$	$\varphi_{cursor}(^\circ)$	$\varphi_{automático}(^\circ)$
100	10			
50	10			



Figura 18: Sinais defasados dos dois canais na tela do osciloscópio.

### 3. Referências bibliográficas

- [1] <http://www.tek.com/> acessado em 05 de outubro de 2015.
- [2] Manual do Usuário do osciloscópio Séries TDS1000B e TDS2000B Tektronix.
- [3] <http://www.del.ufms.br/tutoriais/oscilosc/oscilosc.htm> acessado em 25 de julho de 2014.