

# MANUAL DOS EQUIPAMENTOS

## Laboratório de Circuitos Elétricos 1

Departamento de Engenharia Elétrica

Faculdade de Tecnologia

Universidade de Brasília

## 1 EQUIPAMENTOS

### 1.1 Multímetro

#### 1.1.1 Medindo tensão

Os sinais elétricos podem ser classificados segundo sua mudança com o passar do tempo: DC (direct current), constante no tempo ou AC (alternate current), variante no tempo. Os símbolos para cada uma delas, conforme mostra a figura 1, já é de conhecimento dos alunos de Circuitos Elétricos 1.



Figura 1 – Símbolos de tensão contínua e alternada

Assim, quando uma medição for necessária o aluno deve posicionar o botão do multímetro na posição relativa ao tipo de sinal. Uma observação importante a respeito das medições do multímetro deve ser feita. Para uma tensão contínua, o multímetro mostra simplesmente o valor médio da tensão. Mas para uma corrente alternada o multímetro mostra o valor RMS. Mas isso serve APENAS PARA ONDAS SENOIDAIS COM FREQUENCIAS ATÉ 5 KHz e para ondas quadradas com frequência até 200 KHz E MESMO ASSIM COM ERROS DE 6% A 8% . Quando o Multímetro for usado como Voltímetro, ele deve sempre ser ligado em paralelo com o componente sobre o qual se deseja medir a diferença de potencial (tensão).

#### 1.1.2 Medindo corrente

Do mesmo modo que para tensão a corrente pode ser classificada como contínua ou alternada. Os símbolos para cada uma delas, conforme mostra a figura 2, também já é de conhecimento dos alunos de Circuitos Elétricos 1.



Figura 2 – Símbolos de corrente contínua e alternada

Versão 1.0 01/09/2011 LS, KG e JV.

Os valores mostrados pelo multímetro para as medidas de corrente para os casos AC e DC são análogos ao caso das tensões.

#### 1.1.3 Medindo resistência

A resistência de um componente pode ser medida usando o multímetro. Um detalhe muito importante deve ser considerado na hora de calcular a resistência de um componente:

**NUNCA UM COMPONENTE DEVE TER SUA RESISTÊNCIA MEDIDA QUANDO ESTE ESTIVER CONECTADO A UMA FONTE DE TENSÃO, A UM CIRCUITO OU A QUALQUER OUTRO ELEMENTO.**

Para ter sua resistência medida corretamente, o componente deve estar isolado de quaisquer outros elementos (ativos ou passivos) caso contrário a medida poderá estar incorreta.

#### 1.1.4 Medindo continuidade

A continuidade de um componente serve para descobrir se ele está funcionando corretamente ou não. O multímetro apresenta um BIP caso o componente apresente resistência zero (em curto). Se um resistor estiver estragado porque está curto circuitado, o teste de continuidade apresentará um BIP. Se o resistor estiver funcionando corretamente ou se ele estiver estragado porque está “em aberto” (resistência infinita) o teste de continuidade não poderá definir seu correto funcionamento.

No caso de um capacitor o teste de continuidade definirá se ele está funcionando (caso em que o multímetro NÃO apresentará BIP algum), se está queimado ou curto circuitado (caso em que o multímetro apresentará um BIP).

Novamente deve-se lembrar de que este teste deve ser efetuado apenas se o componente estiver desconectado DE OUTROS COMPONENTES. A figura 3, a seguir, exemplifica um esquema usado para alimentar dois resistores de maneira independente. Um com 3,3V e outro com 5V.

#### 1.1.5 Medindo capacitância

O multímetro pode ser usado para medir a capacitância de um componente. Existem dois terminais no multímetro denominados de “Cx+” e “Cx-” onde o componente deve ser introduzido a fim de que seja medida sua capacitância. Deve-se

Laboratório de Circuitos Elétricos 1

tomar o cuidado de por a chave giratória de definição de medidas na posição correta, colocar o terminal positivo do componente no terminal “Cx+” do multímetro e colocar o terminal negativo do componente no terminal “Cx-” do multímetro.

## 1.2 Fonte de tensão

### 1.2.1 Ajustando a tensão

Essa fonte é capaz de fornecer duas tensões diferentes pois ela possui dois geradores de tensão DC independentes com capacidade máxima de 15V cada. A figura 3 ilustra a separação dessas duas fontes de tensão.



Figura 3 – Fonte de tensão

Cada fonte de tensão pode ser usada separadamente. Portanto cada uma delas tem seu terminal positivo e seu terminal negativo. Um esquema para alimentar dois resistores de forma independente com tensões de 3,3V e 5V está ilustrado na figura 4.

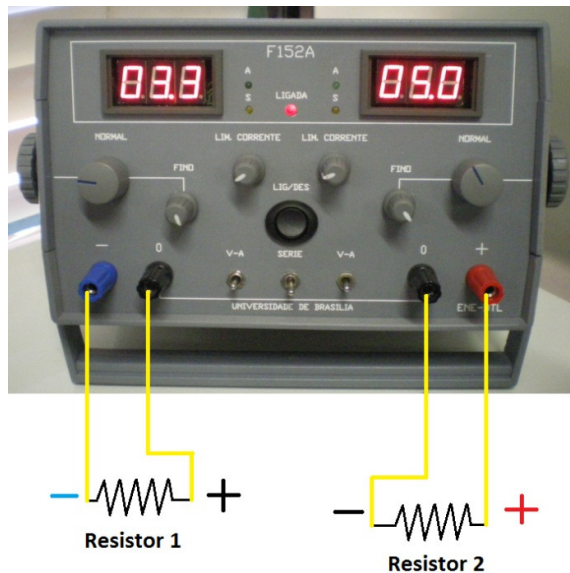


Figura 4 – Fonte de tensão alimentando dois resistores independentemente entre si com 3,3V e 5V

É importante salientar que as FONTES 1 e 2 SÓ PODEM SER UTILIZADAS como ilustrado na figura 4 SE OS RESISTORES 1 E 2 ESTIVEREM EM CIRCUITOS DIFERENTES. Isso ocorre porque os terminais pretos (positivo da FONTE 1 e negativo da FONTE 2) estão

internamente conectados. Portanto ao utilizar as duas fontes ao mesmo tempo em um mesmo circuito cria-se um problema de referencia de tensão e isso pode fazer o circuito não funcionar corretamente ou até mesmo queimar os componentes e as fontes.

### 1.2.2 Ligação entre as FONTES 1 e 2

Percebe-se da figura 4 que a FONTE 1 não possui um terminal com indicação de positivo. Ela possui apenas um terminal indicando 0V (preto) e outro indicando tensão negativa (azul). O esquema da figura 5 ilustra esse problema e apresenta sua solução.

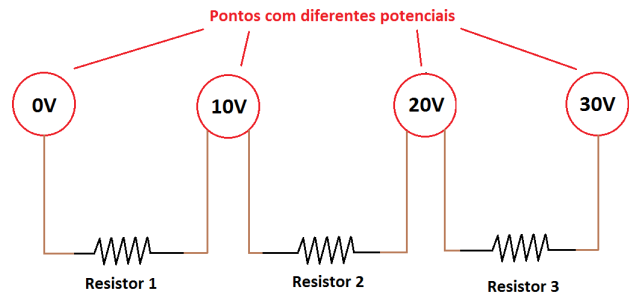


Figura 5 – Pontos de diferentes potenciais

Para se gerar uma tensão (ou DDP – diferença de potencial) sobre um componente é necessário coloca-lo em contato com 2 pontos que possuam potenciais diferentes. Por exemplo, para aplicar sobre um resistor uma tensão (ou DDP) de 10V pode-se proceder de qualquer uma das formas ilustradas na figura 5.:

Para o resistor 1:  $10V - 0V = 10V$

Para o resistor 2:  $20V - 10V = 10V$

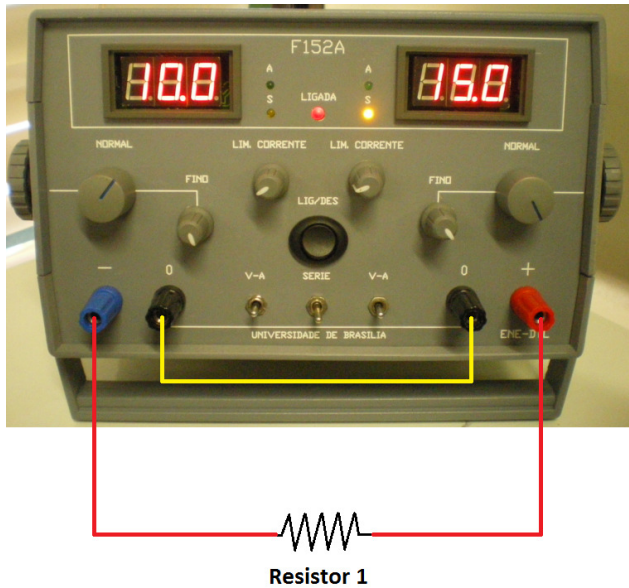
Para o resistor 3:  $30V - 20V = 10V$

A diferença de potencial entre os resistores é sempre de 10V. Percebe-se que o ponto de potencial 10V é o ponto de maior potencial para o resistor 1 mas é o ponto de menor potencial para o resistor 2. Logo não importa o valor do potencial em um ponto e sim a diferença entre os dois pontos que define a tensão em um componente. Isso significa que na FONTE 1 o terminal azul é o ponto de MENOR potencial e o terminal preto é o ponto de MAIOR potencial. Logo se o mostrador digital estivesse mostrando 15,0 então a diferença entre o terminal preto e o azul seria de 15,0 Volts com o terminal preto sendo positivo e o terminal azul sendo o negativo (independente do valor exato do potencial em cada terminal).

Para esta fonte os terminais pretos estão conectados. Isso significa que ambos possuem o mesmo potencial SEMPRE. Ela foi construída desta forma para permitir alcançar valores de tensão maiores que 15V. A ideia é usar a FONTE 1 e a FONTE 2 em série. Como cada uma delas é capaz de fornecer 15V então em série elas podem fornecer 30V.

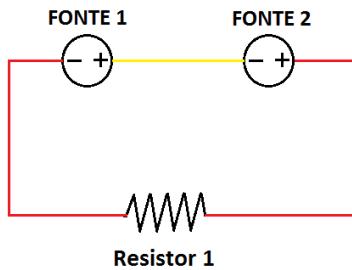
Para obter esses valores de tensão é necessário conectar o componente ao terminal negativo da FONTE 1 e o terminal positivo da FONTE 2. Neste caso a tensão sobre o componente será a soma das tensões que aparecem nos mostradores. A figura 6 ilustra uma forma de se obter 25 Volts (10 + 15) em

um resistor usando a série dessas fontes (lembrando que o fio amarelo apenas ilustra o fato de que os terminais pretos estão internamente conectados).



**Figura 6 – Fontes de tensão sendo usada em série**

A figura 7 mostra um esquema desta ligação.

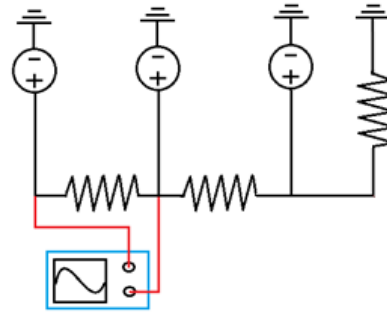


**Figura 7 – Esquema da fonte de tensão sendo usada em série**

### 1.2.3 Referência de tensão

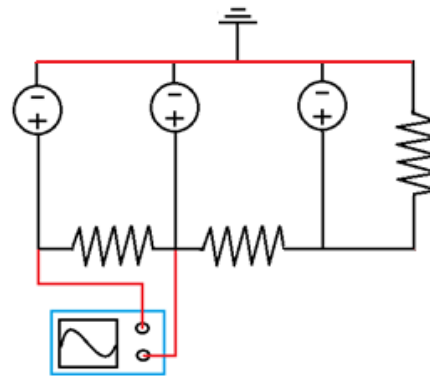
Um fator decisivo no bom funcionamento de um circuito é a referência de tensão. Geralmente usa-se o valor de Zero Volts para esse fim. Portanto, **TODO CIRCUITO DEVE TER UMA REFERENCIA DE TENSÃO**. As fontes de tensão geralmente vêm com um terminal indicando o valor zero. Isso significa que essa é a sua referência de Zero volts.

Considere o exemplo a seguir. Três fontes estão alimentando um circuito composto de 3 resistores. Um osciloscópio está conectado em paralelo ao primeiro resistor a fim de medir a queda de tensão sobre ele. A figura 8 ilustra esse circuito.



**Figura 8 – Circuito com erro na referência de tensão**

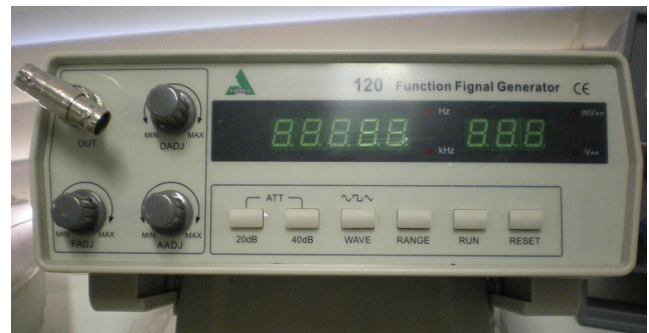
O problema deste circuito reside no fato de que as fontes de tensão nem sempre usam o mesmo referencial para o Zero Volts. Isso pode causar um erro na medida feita pelo osciloscópio. A maneira de evitar esse erro é colocar todas as fontes sobre a mesma referência conforme ilustra a figura 9.



**Figura 9 – Circuito com referência de tensão correta**

Lembrando que o gerador de sinal também é uma fonte e deve ter sua referência unida à referência das outras fontes do circuito.

## 1.3 Gerador de sinal AC



**Figura 10 – Gerador de sinal**

### 1.3.1 As três variáveis de um sinal AC

Existem três variáveis que definem um tipo de sinal elétrico AC gerado para alimentar um circuito. Eles são descritos a seguir.

### 1.3.1.1 Tipo de onda

O tipo da onda ou o formato da onda é definido de acordo com a aplicação. A rede elétrica brasileira utiliza uma onda com formato senoidal. Mas existem diversos tipos de onda. Esse gerador de sinal AC é capaz de gerar ondas senoidais, quadradas e triangulares, conforme ilustra a figura 11.

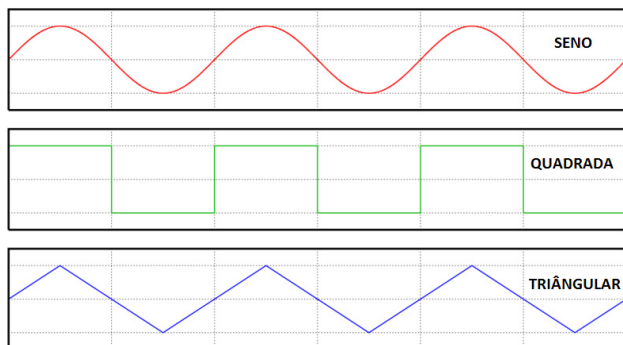


Figura 11 – Formatos de ondas

Para ajustar o tipo de onda desejado utiliza-se o botão WAVE do gerador de sinais. Ele alterna entre os três formatos.

### 1.3.1.2 Amplitude

A segunda característica de um sinal AC é sua amplitude. A amplitude é a medida de afastamento máximo com relação à posição de equilíbrio de um sinal.

Existe também a medida de VALOR PICO A PICO ou Vpp. Ele mede a distância entre o valor máximo e o valor mínimo de um sinal oscilante. Para ondas simétricas ele é justamente o dobro da amplitude conforme ilustra a figura 12

Existem duas maneiras de modificar o valor da amplitude da onda produzida no gerador de sinal AC. O primeiro deles é usando os botões de atenuação ou ATT. Podem ser geradas amplitudes a partir de 4 faixas de referência. A primeira faixa de referência é obtida quando os dois botões ATT (20dB e 40 dB) estão desativados. A segunda é obtida quando apenas o botão 20dB está ativado. Ela gera uma faixa de referência 10 vezes menor do que a primeira faixa de referência. A terceira é obtida quando apenas o botão de 40 dB está ativado. Ela gera uma faixa de referência 100 vezes menor que a primeira.

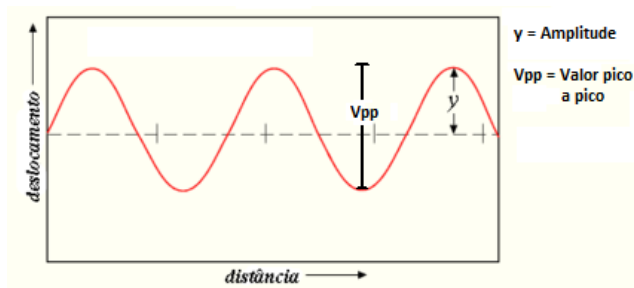


Figura 12 – Valores de Amplitude e Pico a Pico de uma onda senoidal

A quarta é obtida quando os dois botões, 20 dB e 40 dB, estão ativados. Ela gera uma faixa de tensão que é 100 vezes menor que a primeira.

A segunda maneira de modificar o valor da amplitude é através do botão “Ajuste de Amplitude” ou AADJ. Ele permite um ajuste fino da amplitude do sinal gerado.

Note que apesar de o gerador de sinal apresentar as legendas Vp-p e mVp-p o valor que aparece no mostrador É O DA AMPLITUDE E NÃO O VALOR DE PICO A PICO.

### 1.3.1.3 Frequência

A última variável de um sinal AC é sua frequência. A frequência é definida como a quantidade de vezes que um sinal oscila entre seu valor máximo e seu valor mínimo no intervalo de um segundo.

Neste gerador de sinal AC o valor da frequência pode ser alterado de duas maneiras.

A primeira maneira é através do botão RANGE. Ele possui sete faixas de frequências que são selecionadas quando o botão é pressionado repetidas vezes.

A segunda maneira através do botão “Ajuste de Frequência” ou FADJ. Este botão permite um ajuste fino das frequências que estão “entre” as faixas estabelecidas pelo botão RANGE.

### 1.3.1.4 Outros botões do gerador de sinal.

Existem ainda mais três botões no gerador de sinal.

- RESET: quando pressionado ele reinicia o gerador de sinal.
- RUN: quando pressionado faz o gerador de sinal mostrar o valor da frequência e a amplitude da onda que esta sendo gerada. ELE DEVE SER PRESSIONADO TODA VEZ QUE FOR FEITA ALGUMA MODIFICAÇÃO EM UMA DAS TRÊS VARIÁVEIS DA ONDA (tipo da onda – WAVE, frequência -RANGE ou FADJ ou amplitude – ATT ou AADJ).
- DADJ: o botão de “Ajuste de Ciclo de Trabalho” ou “Adjustment of Duty Cycle” serve para ajustar a simetria da onda no sentido horário ou anti-horário de forma a mudar os pontos em que a onda está trabalhando nos pontos de máximo e de mínimo.

## 1.4 Osciloscópio



Figura 13 – Imagem do Osciloscópio



### 1.4.1 Função de um Osciloscópio

O osciloscópio é uma ferramenta de análise de tensão. Ele permite visualizar o formato da onda de um determinado sinal. Em seu visor é disponibilizado um gráfico cujo eixo das abscissas é o tempo e o eixo das ordenadas é a tensão. Portanto um osciloscópio mostra um gráfico TENSÃO X TEMPO de um sinal qualquer (AC ou DC).

No caso de um sinal DC o osciloscópio mostrará apenas uma linha reta indicando que em qualquer instante de tempo o valor da tensão é constante.

No caso de um sinal AC o osciloscópio permite uma análise temporal detalhada do comportamento desse sinal.

### 1.4.2 Usando os MENUS das funções do osciloscópio

Cada função do osciloscópio possui um menu. Todos eles são manuseados da mesma maneira.

Os botões de navegação dos menus estão ilustrados na figura 14.

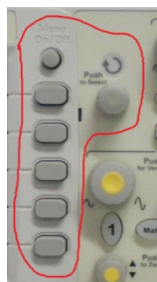


Figura 14 – Botões de navegação dos menus do osciloscópio

Quando algum botão de MENU é pressionado (como por exemplo o menu do TRIGGER, ou o menu referente a posição HORIZONTAL, ou o botão de menu CURSORS ou o botão MEASURE) são mostrados na tela do osciloscópio os submenus de cada um desses menus passíveis de serem alterados. Primeiramente deve-se escolher qual dos submenus será alterado pressionando-se um dos cinco botões em forma de retângulo. Em seguida deve-se usar o botão giratório para navegar dentro do sub menu escolhido. Quando o cursor do botão giratório estiver sobre a opção escolhida dentro do sub menu, esse botão deve ser pressionado para que a escolha seja definida. Em seguida um novo botão retangular deve ser pressionado e o botão giratório deve ser usado da mesma forma. Quando as alterações forem finalizadas deve-se pressionar o botão MENU ON/OFF para que as opções desapareçam deixando apenas os formatos de ondas na tela.

### 1.4.3 Canais de entrada de sinais

Para se medir um sinal no osciloscópio primeiro é preciso fornecer tal sinal para o osciloscópio. Para tanto existem dois canais de entrada. É nesses canais que se deve introduzir o sinal de tensão cujo comportamento deseja-se analisar. Portanto esse osciloscópio permite a visualização simultânea de dois sinais. Os canais de entrada são denominados de 1 e 2 ou Amarelo e Verde respectivamente e são mostrados na figura 15 circulado com uma linha vermelha.

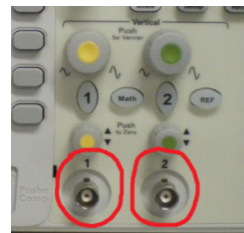


Figura 15 – Canais de entrada e cursores de tensão do Osciloscópio

### 1.4.4 Ajuste da escala de tensão

Considere que o gerador de sinais esta fornecendo uma onda senoidal. Sua saída é conectada ao osciloscópio através da entrada Amarela. Portanto o visor do osciloscópio mostrará a onda ilustrada na figura 16.

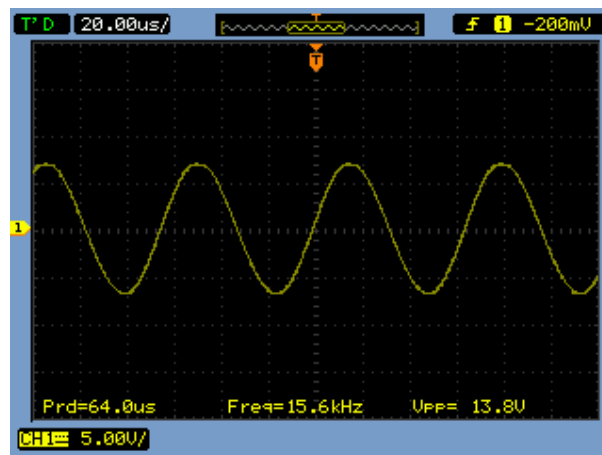
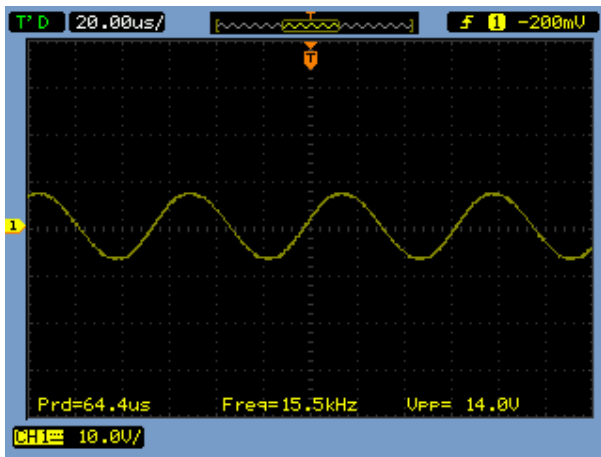


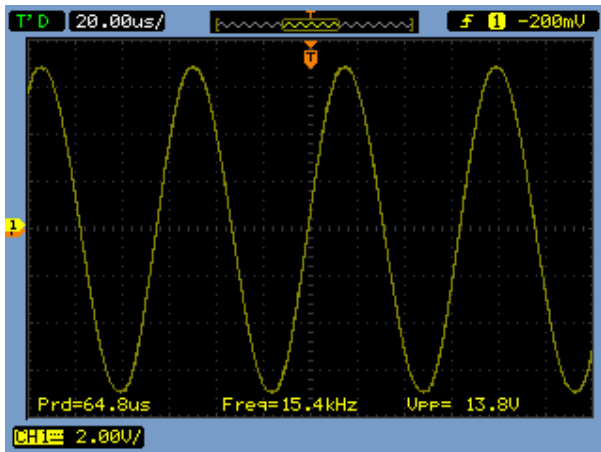
Figura 16 – Forma de onda mostrada no visor do Osciloscópio

Repare que no canto inferior direito da imagem existe a indicação de um dos canais de entrada com uma medida de tensão (neste caso o canal é o CH1 e a medida de tensão é 5.00 volts). Esse é o valor referente à escala de tensão. O gráfico é composto por linhas e colunas pontilhadas na cor branca. Esses espaçamentos são definidos de acordo com a escala do gráfico. Como neste caso a referencia é 5.0 volts isso significa que a distancia entre cada linha pontilhada é de 5 volts. A figura 17 indica exatamente a mesma onda. A diferença é que nela a escala de tensão foi mudada para 10.0 volts. Portanto a distancia entre cada linha é agora de 10 volts e por isso a imagem da onda se reduziu. Repare que existem três indicações na cor amarela na parte inferior da figura 17. “Prd” significa o período da onda, “Freq” significa frequência e “Vpp” significa o valor de pico a pico da onda. Como as ondas das figuras 16 e



**Figura 17 – Forma de onda com escala de tensão reduzida mostrada no visor do Osciloscópio**

17 são idênticas esperava-se que todos esses valores fossem iguais. Mas isso não ocorre. A explicação para tal se deve ao fato de que o osciloscópio possui um erro em suas medidas. Para reduzir ao máximo esse erro de leitura a onda deve ocupar a ÁREA MÁXIMA DO GRÁFICO sem deixar nenhuma parte da onda cortada. Por isso a melhor maneira de capturar a forma da onda neste caso seria com a escala de tensão em 2,00 Volts como indica a figura 18.



**Figura 18 – Forma de onda com erro mínimo mostrada no visor do Osciloscópio**

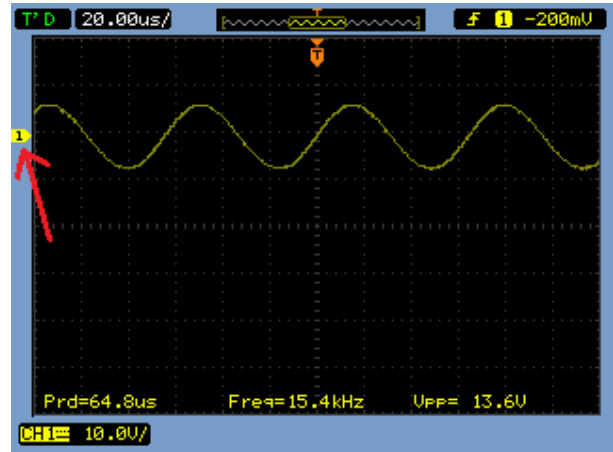
A entrada amarela possui três botões. O botão amarelo giratório maior é usado justamente para mudar a escala de tensão do gráfico.

O botão giratório menor serve para mudar a referência de zero na escala de tensão para a onda. Cuidado, esse botão não altera a referência de zero da onda, ele apenas altera a POSIÇÃO da referência da onda NA TELA DO OSCILOSCÓPIO. A figura 19 ilustra a mesma onda mostrada na figura 17 com a referência de zero em outra posição (um pouco mais acima).

Por fim o botão do meio indicado com o valor 1 serve para fazer aparecer ou desaparecer a onda do visor do osciloscópio. Caso ele esteja acionado, uma luz sobre ele estará acesa e a onda será mostrada. Caso ele esteja desacionado a luz estará apagada e a onda não será mostrada. Para o canal verde os botões seguem os mesmos princípios.

Versão 1.0 01/09/2011 LS, KG e JV.

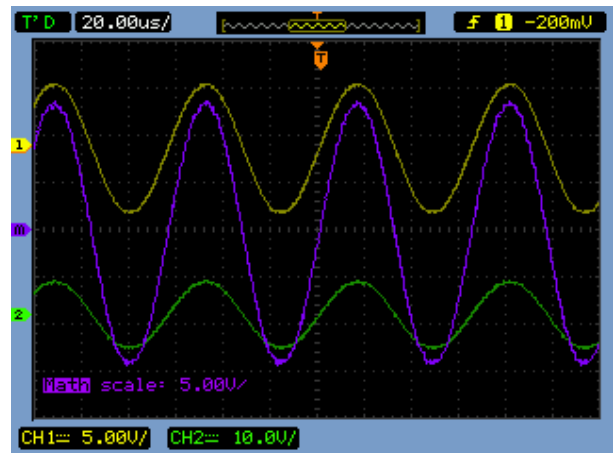
Existe ainda a possibilidade de se obter uma terceira entrada para o osciloscópio. Mas ela não é externa e sim interna.



**Figura 19 – Forma de onda com referência de zero modificada mostrada no visor do Osciloscópio**

O botão MATH localizado entre os botões dos canais de entrada serve para criar essa terceira entrada. Quando pressionado ele requisita qual deve ser essa entrada. Depois de pressionado deve-se escolher a operação (estão disponíveis apenas as operações de soma, subtração, multiplicação e FFT das entradas 1 e 2), as origens dos operandos (em que ordem os canais devem ser operados) e a inversão ou não da resposta.

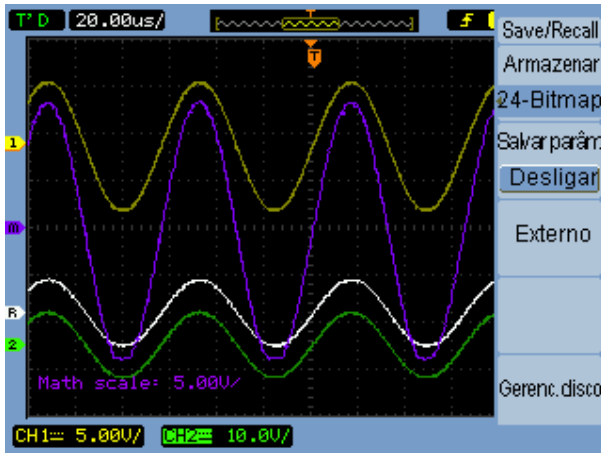
A figura 20 mostra, na cor roxa, a operação de adição das ondas da entrada 1 (Amarela) e 2 (Verde). Note que as ondas não estão na mesma escala nem na mesma referência de zero para a tensão. O botão Referência (REF) é utilizado para se criar uma referência visual na tela do osciloscópio.



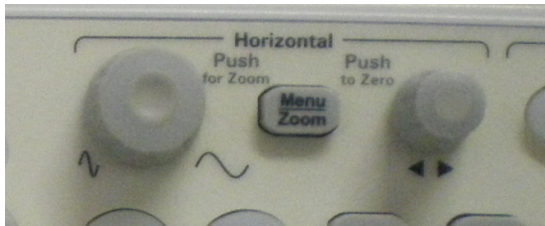
**Figura 20 – Formas das ondas 1, 2 e a operação de subtração entre elas mostrada no visor do osciloscópio**

Por exemplo, se as ondas apresentadas na figura 20 estiverem sendo medidas e o botão REF for pressionado será aberto um menu onde o usuário pode escolher entre a onda mostrada no canal 1, 2 ou MATH e salvar essa onda na tela do osciloscópio. Será gerada uma imagem na cor BRANCA que será exatamente igual à onda escolhida no menu anterior. Mesmo que as escalas de tempo, de tensão ou a referência de zero sejam alteradas a onda de referência não mudará sua posição na tela conforme ilustra a figura 21. A onda do canal 2 foi usada

para se gerar uma onda de referência e a referência de zero da onda original foi deslocada um pouco para baixo para que fosse possível visualizar a onda de referência.

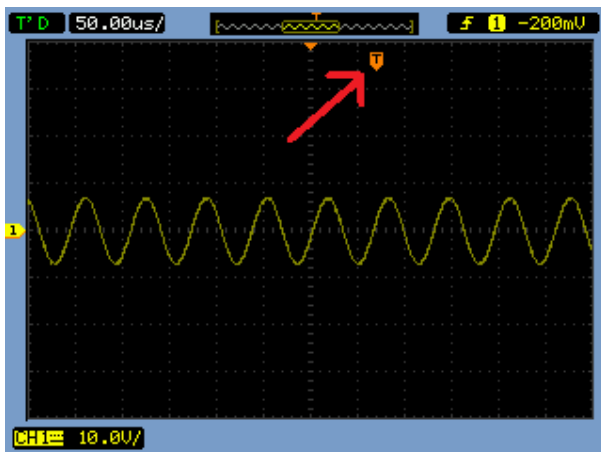


**Figura 21 – Formas de onda do canal 1 (Amarela), 2 (Verde), MATH (Roxa) e onda de referência (Branca) usando como base a onda do canal 2.**



**Figura 22 – Cursores da escala de tempo do osciloscópio**

O botão giratório menor serve para mudar a referência de zero na escala do tempo para todas as ondas que estiverem sendo mostradas no osciloscópio ao mesmo tempo (mais para a esquerda ou mais para a direita). O botão giratório maior serve para mudar a escala do tempo para as ondas. Considere a figura 20. Nela existe um valor mostrado na cor BRANCA no canto superior esquerdo da tela. Ele indica 20  $\mu$ s. Isso significa que a distância entre as colunas pontilhadas na cor branca representam um tempo de 20  $\mu$ s. A figura 23 ilustra a mesma onda da figura 17 com a escala de tempo alterada e ainda deslocada para a direita.

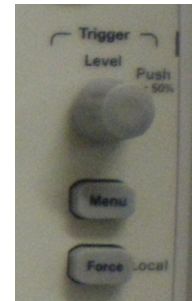


**Figura 23 – Forma de onda com escala de tempo reduzida e deslocada mostrada no visor do Osciloscópio**

Versão 1.0 01/09/2011 LS, KG e JV.

## 1.4.5 Ajuste do disparo (Trigger)

A fim de evitar que a onda mostrada no osciloscópio fique se movimentando e sua visualização fique prejudicada existe uma ferramenta nos osciloscópios que permite ajustar qual ponto da onda passará “sempre” pelo ponto de referência de zero de tensão. Para isso é usado a função “Disparo” (Trigger) cujos botões de controle são mostrados na figura 24.



**Figura 24 – Botões da função “Disparo” (Trigger) do Osciloscópio**

### 1.4.5.1 Botão menu

Antes de definir qual o ponto da onda deve passar pela referência deve-se definir qual dos canais será usado como FONTE para o disparo. Ele pode ser definido usando-se o botão de menu da figura 24. Como as ondas são periódicas cada vez que a onda completa um período cada valor de tensão dessa onda aparece uma vez na borda de subida e uma vez na borda de decida (aparece duas vezes). A função disparo define qual valor de tensão será usado como referência. Logo é necessário definir se esse ponto de tensão escolhido será o da borda de decida ou o da borda de subida. É no menu que essa escolha é definida.

Existem outras funções no botão menu que não serão exigidas dos alunos nesta matéria, mas é aconselhável seu conhecimento por todo engenheiro que se utilize de um osciloscópio em sua profissão.

### 1.4.5.2 Botão de nível (Level)

O botão de nível serve para definir qual o ponto da onda passará pela referência de zero do tempo. As figuras 25, 26 e 27 ilustram uma onda onde o nível do Disparo (explicitado pela linha laranja) não está definido para nenhuma das duas ondas, uma onda onde o nível está definido pelo canal amarelo e outra onde o nível está definido pelo canal verde, respectivamente. Repare que para as figuras 26 e 27 o nível do gatilho cruza a onda no ponto de referência zero do tempo (ilustrados pelas circunferências vermelhas). À medida que o nível do gatilho é modificado o ponto da onda que cruza o ponto de referência zero da tensão também se modifica.

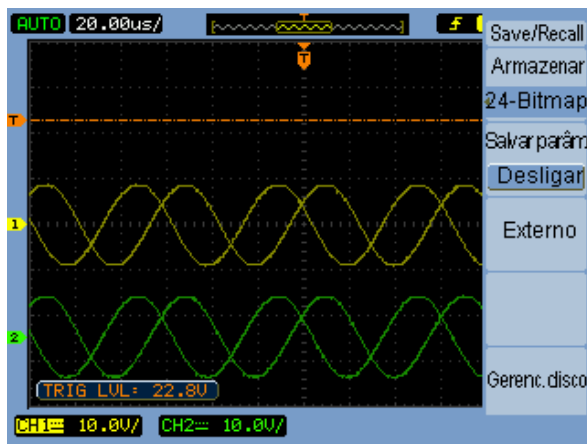


Figura 25 – Nível do gatilho explicitado pela linha laranja fora do escopo das ondas dos canais amarelo e verde.

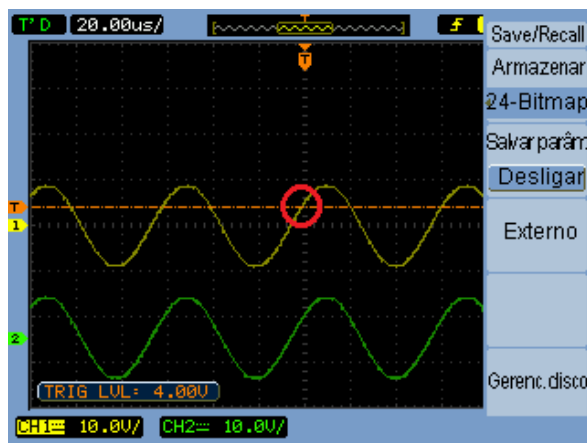


Figura 26 – Nível do gatilho explicitado pela linha laranja dentro do escopo da onda do canal Amarelo.

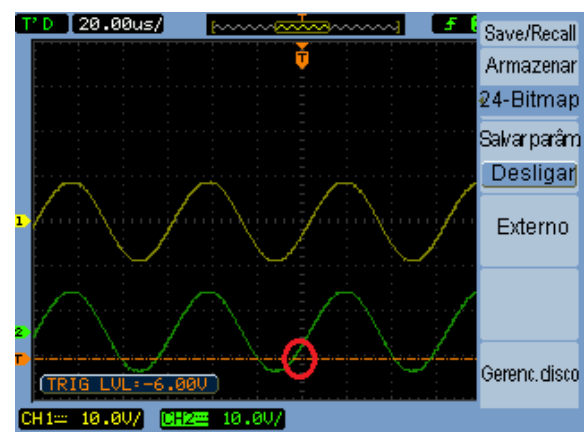


Figura 27 – Nível do gatilho explicitado pela linha laranja dentro do escopo da onda do canal Verde.

#### 1.4.6 Cursores para medição precisa de valores

O osciloscópio foi desenvolvido para que o engenheiro pudesse medir os valores e visualizar a forma de determinadas ondas em variados pontos. Para que a medição dos valores possa ser precisa o osciloscópio disponibiliza uma função chamada CURSORES.

Quando o botão “CURSORS” é pressionado abre-se um sub menu “MODO de medição dos cursores” onde o usuário escolhe entre os modos MANUAL, AUTOMÁTICO, ACOMPANHAR OU DESLIGAR. Quando um dos modos é escolhido e o botão giratório do menu é pressionado duas linhas brancas aparecem na tela. Essas linhas definem os valores do gráfico sobre o qual estão estacionadas. Mover os cursores sobre o gráfico significa mudar os valores que eles definem. É importante salientar que o cursor define o valor sobre a referência de zero do canal que está selecionado. Logo é importante verificar se o canal selecionado é o correto ANTES DE FAZER MEDIÇÕES.

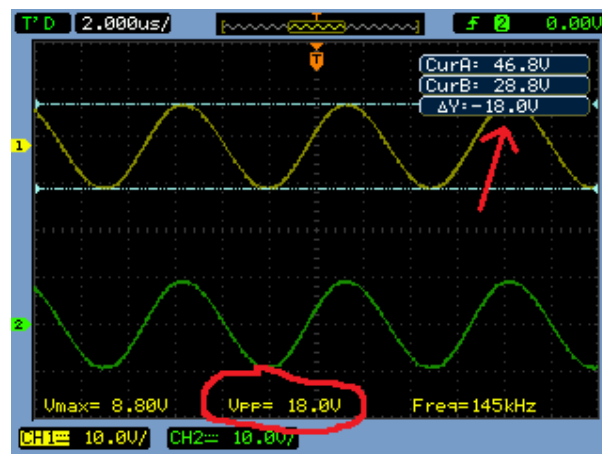


Figura 28 – Cursores definindo valores de máximo e mínimo para a onda do canal amarelo.

O menu cursor é extenso. Por isso deve-se pressionar seguidas vezes o botão CURSORS para que todas as opções sejam exibidas.

A figura 28 mostra duas ondas senoidais e os cursores sobre os pontos de tensão de máximo e mínimo da onda do canal amarelo (lembrando que anteriormente o canal amarelo foi selecionado como referência no respectivo submenu).

O valor de máximo para essa onda é de 46,8V e o valor de mínimo é de 28,8V. Portanto a distancia ( $\Delta V$ ) é de 18V, coincidindo com o valor Vpp como era de se esperar.

#### 1.4.7 Função MEDIÇÃO

A função MEDIÇÃO permite escolher quais dos parâmetros das ondas serão exibidos na tela. Na figura 28 são exibidos os parâmetros Vmax, Vpp e Frequência (Freq) da onda do canal amarelo. Essa mudança é possível pressionando-se o botão MEASURE. Quando pressionado ele exibe um menu onde permite-se escolher a FONTE (canal amarelo ou verde) e o tipo de parâmetro (tensão ou tempo). Nele é possível escolher uma variada gama de medidas (Vpp, Vmax, Vmin, período, frequência, etc).

#### 1.4.8 Salvando imagens

O osciloscópio permite salvar ou até mesmo imprimir as imagens diretamente da tela. Para isso existe uma porta USB que pode ser diretamente conectada em um computador. Existe ainda a possibilidade de ser usada como saída para um dispositivo de armazenamento (Pen Drive, HD externo, etc).



No caso de dispositivo externo seu uso é simplificado. Primeiro o dispositivo deve ser conectado à saída USB. Em seguida deve-se pressionar o botão SAVE/RECALL. Um sub menu será aberto. Nele deve-se escolher o tipo de arquivo a ser gerado pelo osciloscópio (PNJ, Bitmap, etc). Em seguida pressiona-se o botão retangular referente ao submenu EXTERNO. Em seguida pressiona-se o botão retangular referente ao submenu NOVO ARQUIVO e em seguida o submenu SALVA.

Essa é apenas uma das variadas formas de salvar uma imagem. O aluno deve testar as outras formas de armazenamento e todas as ferramentas disponíveis neste osciloscópio.

Existem outros botões no osciloscópio que não estão definidos neste manual. Eles serão apresentados aos alunos no decorrer dos laboratórios pelo professor e pelos monitores caso necessários.

## 1.5 Resistores



**Figura 29 – Resistores de carbono**

Um resistor é um elemento elétrico que segue a seguinte relação fornecida pela lei de Ohm:

$$V = R \times I$$

Sendo “R” o valor da resistência do elemento, “V” o valor da tensão e “I” a corrente que passa pelo resistor. A representação teórica do resistor pode-se ser vista na figura 30.



**Figura 30 – Representação teórica do resistor**

Nos laboratórios são utilizados os resistores feitos de carbono como os da figura 29. Observe que há algumas faixas de cores envolta dos resistores. O valor da resistência do resistor é especificado por essas faixas de cores que seguem um determinado código. Os resistores existentes no mercado se dividem em quatro grupos: com 3, 4, 5 ou 6 faixas. No laboratório são encontrados apenas os que têm 4 ou 5 faixas. Os resistores com 4 faixas são o foco do curso de circuitos elétricos e nos roteiros são solicitados apenas os resistores que têm 4 faixas. Pode-se especificar o valor da resistência a partir das cores seguindo a tabela 2:

### 1.5.1 Resistores com quatro faixas:

Observando um resistor de 4 faixas, pode-se ver que uma das cores das extremidades é quase sempre da cor prata ou ouro. Essa é a quarta cor. A quarta cor indica a tolerância do resistor (1% para a cor marrom, 2% para a cor vermelha, 5% para a cor dourada e 10% para a cor prata). As outras três indicam o valor da resistência. Segundo a convenção, a primeira cor indica o valor do primeiro algarismo, a segunda cor indica o valor do segundo algarismo e a terceira indica o número de zeros que seguem os dois primeiros algarismos.

**Tabela 2 - Código de cores para resistores**

Cor	Dígito ou número de zeros
Preto	0
Marrom	1
Vermelho	2
Laranja	3
Amarelo	4
Verde	5
Azul	6
Violeta	7
Cinza	8
Branco	9
Marrom	± 1% de tolerância
Vermelho	± 2% de tolerância
Ouro	± 5% de tolerância
Prata	±10% de tolerância



**Figura 31 – Resistor de quatro faixas**

Repare na figura 31 que o resistor da parte de baixo é da cor ouro, assim, essa é a quarta cor e a faixa da parte de cima é a primeira cor, no caso a faixa marrom. Observe na tabela 2 os valores de cada cor:

**Marrom → 1**

**Preto → 0**

**Laranja → 3**

Considere a convenção de que a primeira cor se refere ao primeiro algarismo, que a segunda cor se refere ao segundo algarismo e que a terceira cor se refere ao número de zeros que acompanham os dois primeiros algarismos, tem-se:

**Resistência = 10000Ω**

Se no lugar da cor laranja houvesse a cor vermelha o valor da resistência seria de 1000Ω, já que o número referente a cor vermelha é 2, então seriam adicionados 2 zeros junto com os dois primeiros dígitos.

Considere o caso em que seja fornecida a resistência e se quer procurar pelo resistor. Para encontrar o resistor precisa-se saber a cor das faixas do resistor. Supondo o caso em que se quer achar o resistor de 4,7k:

$$4,7k\Omega = 4700\Omega$$

Primeira cor: amarelo

Segunda cor: violeta

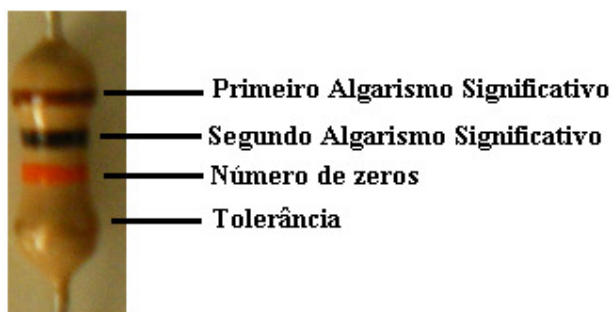
Retirando-se os dois primeiros algarismos, resta apenas 00, ou seja, 2 zeros. Olhando na tabela 2 qual a cor que se refere a cada valor, tem-se:

**4 → amarelo**

**7 → violeta**

**2 → vermelho**

Assim, o resistor tem como primeira cor o amarelo, como segunda o violeta e como terceira cor o vermelho. Com esse exemplo, pode-se compreender como é feita a leitura da resistência do resistor. A figura 32 mostra resumidamente o conceito aplicado.



**Figura 32 – Leitura do resistor de 4 faixas**

### 1.5.2 Resistores com 5 faixas:

O cálculo da resistência é semelhante ao do resistor com 4 faixas. A diferença está na quantidade de algarismos explicitados. A primeira e a segunda faixas seguem a mesma lógica. A terceira faixa agora se refere ao terceiro algarismo

Versão 1.0 01/09/2011 LS, KG e JV.

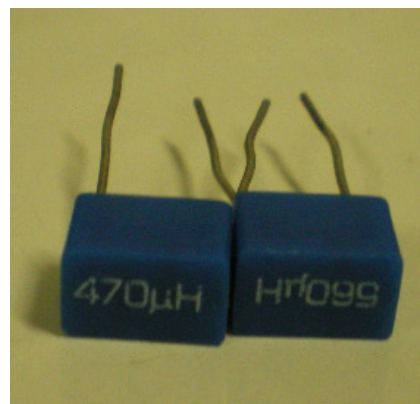
significativo. A quarta faixa se refere ao número de zeros que acompanham os três primeiros algarismos e a quinta faixa é a tolerância.

## 1.6 Indutores



**Figura 33 – Representação gráfica do indutor**

Indutores são elementos armazenadores de energia. Diferentemente do resistor ôhmico seus parâmetros dependem do tempo. Eles armazenam energia através de um campo magnético, fenômeno explicado pela teoria eletromagnética desenvolvida por James Maxwell. A figura 33 mostra um modelo gráfico do indutor. A figura 34 mostra os indutores que são comumente encontrados no laboratório. Um valor de indutor muito utilizado em laboratório é o de 1 mH. Nesse caso é comum encontrar indutores no laboratório com valores de 470μH e o de 560μH (para que seja possível fazer a associação em série).



**Figura 34 – Representação do indutor utilizado no laboratório**

## 1.7 Capacitores

Um capacitor é um elemento armazenador de energia e seus parâmetros dependem do tempo, assim como em um indutor. O capacitor armazena energia dentro de um campo elétrico. Um capacitor é composto por duas placas feitas de material condutor separadas por um isolante.

### 1.7.1 Capacitor Cerâmico

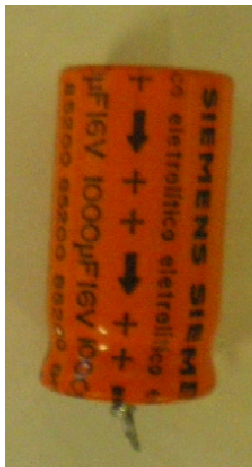
Capacitor cerâmico é o tipo mais comum e conhecido de capacitor. São também os mais comuns nos laboratórios de circuitos elétricos. Geralmente têm baixos valores de capacitância, sendo quase sempre menores que 22nF. Esse capacitor não tem polaridade. A figura 35 mostra um capacitor cerâmico utilizado no laboratório.



**Figura 35 – Capacitor Cerâmico**

### 1.7.2 Capacitor Eletrolítico

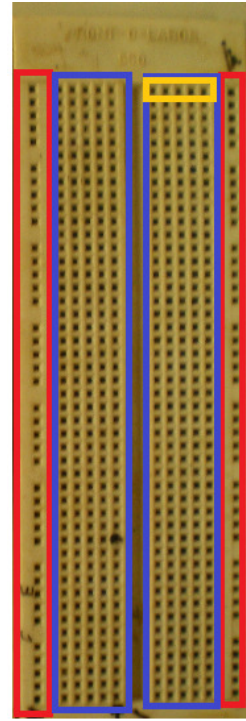
É o segundo tipo de capacitor mais conhecido e utilizado. Também o é no laboratório de circuitos elétricos. Os capacitores eletrolíticos têm valores mais elevados de capacitância do que os capacitores cerâmicos. Um aspecto importante dos capacitores eletrolíticos é sua polaridade. Inverter essa polaridade na hora de ligá-lo a um circuito pode ocasionar sua ruptura (que por vezes pode ser acompanhada de uma pequena explosão). Existe uma convenção para a definição da polaridade de um capacitor eletrolítico. Sinais negativos no lado direito do capacitor indicam que este lado é o polo negativo. A figura 36 mostra um capacitor eletrolítico utilizado no laboratório. Como se pode ver, o lado fotografado indica o terminal positivo.



**Figura 36 – Capacitor Eletrolítico**

## 1.8 Protoboard

Na figura 37 pode-se observar uma protoboard semelhante às utilizadas no laboratório. Também chamada de matriz de contato, com a protoboard é possível montar circuitos elétricos para diversas aplicações. A parte superior da protoboard é feita de plástico em que há vários furos. A parte inferior é composta de contatos metálicos. A vantagem de se utilizar uma protoboard é a facilidade de inserção de componentes, uma vez que a soldagem não é necessária.



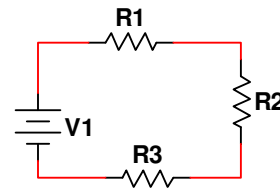
**Figura 37 – Funcionamento da protoboard**

Como se pode visualizar na figura 37 a protoboard é composta de linhas e colunas de furos. Cada linha ininterrupta tem o mesmo potencial, ou seja, cada conjunto de 5 furos consecutivos em linha representam um mesmo nó. Pode-se observar também que há colunas destacadas na lateral. Nesse caso cada coluna inteira também tem um mesmo potencial, portanto representam o mesmo nó. As linhas horizontais costumam ser usadas para componentes como resistores, indutores, capacitores, e as linhas verticais para alimentação (Vcc e Terra).

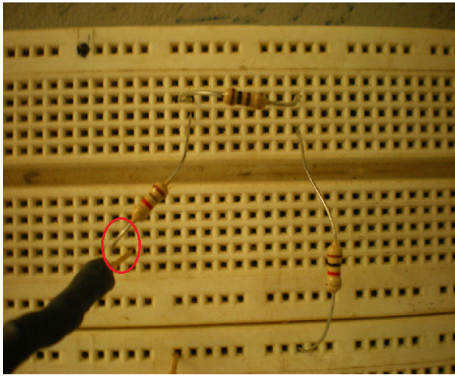
Na figura 37, os retângulos vermelhos se referem às linhas equipotenciais laterais na vertical, ou seja, cada retângulo vermelho é um mesmo nó. Os retângulos azuis mostram áreas diferentes, no qual cada linha horizontal é um mesmo nó, sendo que o retângulo amarelo mostra um exemplo de nó nessa parte da Protoboard.

### 1.8.1 Circuito em série

Nesse exemplo pretende-se mostrar um erro muito comum que ocorre no laboratório. A figura 38 ilustra o esquemático do circuito série.



**Figura 38 – Circuito série**

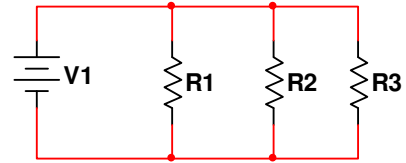


**Figura 39 – Circuito em série na protoboard**

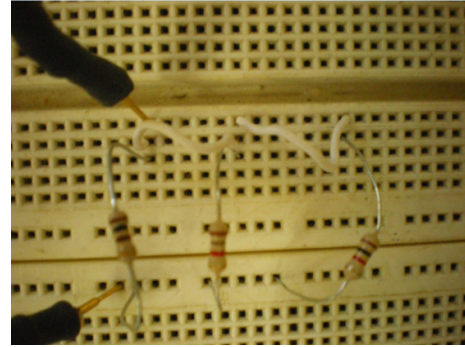
A figura 39 é o circuito da figura 38 montado sobre a protoboard. Ela apresenta um erro destacado no círculo em vermelho. As pontas dos resistores são unidas a um mesmo nó colocando a extremidade de um dos resistores no mesmo potencial da extremidade do outro resistor. A fonte de tensão deveria ter sido colocada no mesmo nó que a extremidade do primeiro resistores de modo que haja uma ligação entre o resistor e a fonte. Porém na figura a fonte e o resistor não estão conectados. Esse erro é muito comum e deve ser evitado por meio de observação e atenção. Observe que no circuito adequadamente montado para ir de um polo da fonte de tensão para o outro a corrente irá percorrer os três resistores, portanto trata-se de um circuito em série.

### 1.8.2 Circuito em paralelo

A figura 40 ilustra o esquemático do circuito paralelo.



**Figura 40 – Circuito em paralelo**



**Figura 41 – Circuito em paralelo na protoboard**

A figura 41 é o circuito da figura 40 montado sobre a protoboard. Observe nela que foram usados fios auxiliares entre os furos.