



ELÉTRICA BÁSICA

SUMÁRIO

1-	ELETROSTÁTICA	3
2-	TENSÃO ELÉTRICA	7
3-	RESISTÊNCIA ELÉTRICA	9
4-	CORRENTE ELÉTRICA	18
5-	POTÊNCIA ELÉTRICA	21
6-	CURTO ELÉTRICO	25
7-	MULTÍMETRO	30
8-	LEI DE OHM	35
9-	CIRCUITO SÉRIE	38
10-	CIRCUITO MISTO	42
11-	REPRESENTAÇÃO DC E AC (OSCILOSCÓPIO)	46

REFERÊNCIAS

1- ELETROSTÁTICA

Eletrostática é a parte da área da eletricidade que estuda as cargas elétricas sem movimento, ou seja, em estado de repouso.

Blindagem Eletrostática

A blindagem eletrostática torna o campo elétrico nulo. Isso acontece em decorrência da distribuição de cargas elétricas em excesso num condutor. As cargas de mesmo sinal tem a tendência de se afastar até que atingem o repouso.

Foi o que Michael Faraday provou com a Gaiola de Faraday. Nesse experimento, o químico sentou-se dentro de uma gaiola que estava submetida à descarga elétrica e saiu dela sem que nada acontecesse com ele.

Força e Energia Eletrostática

Força eletrostática é a força de interação eletrostática entre duas cargas elétricas através da atração e da repulsão.

Ela é calculada pela Lei de Coulomb, que é expressa pela seguinte fórmula:

$$|\mathbf{F}| = k_e \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

Onde,

k = constante eletrostática

q1 e q2 = cargas elétricas

r = distância entre as cargas

A constante eletrostática, também conhecida como constante de Coulomb, é influenciada pelo meio onde as cargas elétricas se encontram. Assim, a constante eletrostática influencia o valor da força.

Geralmente no vácuo, o seu valor é $9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$, mas ela pode aparecer em outros meios, por exemplo:

- Água $1,1 \cdot 10^8 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$
- Benzeno $2,3 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$
- Petróleo $3,6 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$

Energia eletrostática ou energia potencial elétrica é a energia produzida pelo excesso de cargas elétricas em atrito. Ela é medida pela seguinte fórmula:

$$E_p = \frac{k \cdot Q \cdot q}{d}$$

Onde,

k = constante eletrostática

Q = carga fonte

q = carga de prova ou teste

d = distância entre cargas

Campo Elétrico

Campo elétrico é o local onde as cargas elétricas se concentram, cuja intensidade é medida através da fórmula:

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{|q|}$$

Onde,

E = campo elétrico

F = força elétrica

q = carga elétrica

Carga Elétrica

As cargas elétricas são o resultado da atração ou repulsão das cargas. Cargas semelhantes se repulsam, enquanto as contrárias se atraem.

Elas são medidas em coulomb e a menor dessas cargas que é encontrada na natureza é a carga elementar ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$).

A fórmula da carga elétrica é:

$$Q = n \cdot e$$

Onde,

Q = carga elétrica

n = quantidade de elétrons

e = carga elementar

Além das fórmulas da eletrostática que foram citadas acima, são utilizadas também:

Potencial Elétrico

$$V = \frac{E_p}{Q}$$

Onde:

V = Potencial elétrico

E_p = energia potencial

Q = Carga elétrica

Diferença de Potencial

$$U = v_b - v_a$$

Onde,

U = diferença de potencial

v_a = potencial elétrico em a

v_b = potencial elétrico em b

Eletrostática vs Eletrodinâmica

Enquanto a Eletrostática estuda as cargas elétricas sem movimento, a Eletrodinâmica estuda as cargas em movimento.

Eletrostática e Eletrodinâmica são, portanto, áreas de estudo da física que se dedicam a diferentes aspectos da eletricidade.

Além dessas áreas, há também o Eletromagnetismo, que estuda a capacidade da eletricidade em atrair e reprimir polos.

2- TENSÃO ELÉTRICA

Tensão elétrica (denotada por ΔV), também conhecida como diferença de potencial (DDP), é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos ou a diferença em energia potencial elétrica por unidade de carga elétrica entre dois pontos. Sua unidade de medida é o volt – homenagem ao físico italiano Alessandro Volta. A diferença de potencial é igual ao trabalho que deve ser feito, por unidade de carga contra um campo elétrico para se movimentar uma carga qualquer. Uma diferença de potencial pode representar tanto uma fonte de energia (força eletromotriz), quanto pode representar energia "perdida" ou armazenada (queda de tensão). Um voltímetro pode ser utilizado para se medir a DDP entre dois pontos em um sistema, sendo que usualmente um ponto referencial comum é a terra. A tensão elétrica pode ser causada por campos elétricos estáticos, por uma corrente elétrica sob a ação de um campo magnético, por campo magnético variante ou uma combinação de todos os três.

Tensão e Lei de Ohm

Por analogia, a tensão elétrica seria a "força" responsável pela movimentação de elétrons. O potencial elétrico mede a força que uma carga elétrica experimenta no seio de um campo elétrico, expressa pela lei de Coulomb. Portanto a tensão é a tendência que uma carga tem de ir de um ponto para o outro. Normalmente, toma-se um ponto que se considera de tensão=zero e mede-se a tensão do resto dos pontos relativamente a este.

A tensão elétrica entre dois pontos, ou seja [(+) e (-)] é definida matematicamente como a integral de linha do campo elétrico:

$$\{ \displaystyle V_{\{a\}} - V_{\{b\}} = \int_{\{a\}}^{\{b\}} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \int_{\{a\}}^{\{b\}} E \cos \phi \, dl. \}$$

Para facilitar o entendimento da tensão elétrica pode-se fazer uma analogia entre esta e a pressão hidráulica. Quanto maior a diferença de pressão hidráulica entre dois pontos, maior será o fluxo, caso haja comunicação entre estes dois pontos. O fluxo (que em eletrodinâmica seria a corrente elétrica) será assim uma função da pressão hidráulica (tensão elétrica) e da oposição à passagem do fluido (resistência elétrica). Este é o fundamento da lei de Ohm, para a corrente contínua:

$$\{ \displaystyle V=R \cdot I \} \quad \text{ou} \quad \{ \displaystyle U/q=R \cdot I \}$$

onde:

R = Resistência (ohms)

I = Intensidade da corrente (ampères)

V = Diferença de potencial ou tensão (volts)

U = Energia potencial(joule)

Em corrente alternada, substitui-se a resistência pela impedância:

$$\{ \displaystyle U=Z \cdot I \}$$

onde:

Z = Impedância (ohms)

Pelo método fasorial, em corrente alternada, todas as variáveis da equação são complexas. A impedância representa, além da resistência a passagem de corrente elétrica, também o deslocamento angular na forma de onda produzido pelo equipamento (capacitores e bobinas ou indutores).

Podemos resumir em tais fórmulas matemáticas que a tensão eléctrica seria a diferença de potencial eléctrico, entre dois pontos, que geraria uma força capaz de movimentar os elétrons entre esses dois pontos distintos no espaço. O valor numérico desta grandeza física, medida em volts, seria então o resultado da multiplicação entre o valor da resistência (em ohms) e o valor da corrente (em ampères).

3- RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Resistência elétrica é a capacidade de um corpo qualquer se opor à passagem de **corrente elétrica** mesmo quando existe uma **diferença de potencial** aplicada. Seu cálculo é dado pela Primeira **Lei de Ohm**, e, segundo o **Sistema Internacional de Unidades** (SI), é medida em **ohms**.

Quando uma corrente elétrica é estabelecida em um **condutor metálico**, um número muito elevado de **elétrons** livres passa a se deslocar nesse condutor. Nesse movimento, os elétrons colidem entre si e também contra os **átomos** que constituem o metal. Portanto, os elétrons encontram uma certa dificuldade para se deslocar, isto é, existe uma resistência à passagem da **corrente** no condutor.

Os fatores que influenciam na resistência de um dado condutor são:

A resistência de um condutor é tanto maior quanto maior for seu **comprimento**.

A resistência de um condutor é tanto maior quanto menor for a **área** de sua **seção transversal**, isto é, quanto mais fino for o condutor.

A resistência de um condutor depende da **resistividade** do material de que ele é feito. A resistividade, por sua vez, depende da **temperatura** na qual o condutor se encontra.

Esses fatores que influenciam a resistência de um condutor podem ser resumidos pela Segunda **Lei de Ohm**

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

ρ é a resistividade elétrica do condutor;

R é a resistência elétrica do material;

ℓ é o comprimento do condutor;

A é a área da seção do condutor.

Essa relação vale apenas para materiais uniformes e **isotrópicos**, com seções transversais também uniformes.

Efeito Joule

Um condutor metálico, ao ser percorrido por uma corrente elétrica, se aquece. Num **ferro de passar** roupa, num secador de cabelos ou numa **estufa elétrica**, o calor é produzido pela corrente que atravessa um fio metálico. Esse fenômeno, chamado **efeito Joule**, deve-se aos choques dos elétrons contra os átomos do condutor. Em decorrência desses choques dos elétrons contra os átomos do **retículo cristalino**, a **energia cinética** média de oscilação de todos os átomos aumenta. Isso se manifesta como um aumento da temperatura do condutor. O efeito Joule é a transformação de **energia elétrica** em **energia térmica**.

Associações de resistências

A característica tensão-corrente de um sistema de várias resistências tem sempre o mesmo aspecto que a característica de uma única resistência; nomeadamente, é uma reta que passa pela origem. O declive dessa reta é a resistência equivalente. Podemos usar algumas regras simples para calcular a resistência equivalente, quando as resistências estiverem ligadas em série ou em paralelo.

Duas resistências estarão ligadas em série, quando uma estiver a seguir à outra, sem nenhum outro elemento de circuito no meio, como se mostra na figura ao lado:

Duas resistências ligadas em série.

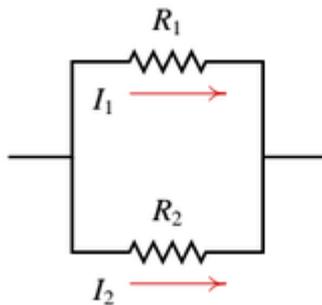
Num sistema de duas resistências ligadas em série, a corrente é a mesma nas duas resistências. A diferença de potencial no sistema é a soma das diferenças de potencial em cada resistência:

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 = (R_1 + R_2) I$$

Assim, o sistema é equivalente a uma única resistência R_s com valor igual à soma das duas resistências.

$$R_s = R_1 + R_2$$

Diz-se que duas resistências estão ligadas em paralelo, se os dois terminais de cada uma das resistências estiverem ligados entre os mesmos pontos, como mostra a figura a seguir:



Duas resistências em paralelo

Num sistema de duas resistências ligadas em paralelo, a diferença de potencial é a mesma nas duas resistências. A corrente no sistema é a soma das correntes em cada resistência:

$$I = I_1 + I_2 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \Delta V$$

Assim, o sistema é equivalente a uma única resistência R_p que verifica a equação:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{ou} \quad$$

$$R_p = R_1 || R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Em alguns sistemas com várias resistências é possível simplificar o sistema substituindo sucessivamente as resistências que se encontrarem em série ou em paralelo por uma resistência equivalente, até obter uma única resistência equivalente.

No sistema internacional de unidades, a unidade usada para medir a resistência é o ohm, designado pela letra grega omega maiúscula, $\{\displaystyle \Omega\}$. Uma resistência de 1 ohm é uma resistência em que uma tensão de 1 volt produz uma corrente de 1 ampere:

$$\{\displaystyle 1\Omega = 1\left(\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}\right)\}$$

Usando a lei de Ohm, a potência dissipada por efeito Joule numa resistência $\{\displaystyle P=(I,\Delta V)\}$ pode ser escrita em função do valor da resistência:

$$\{\displaystyle P=R\cdot I^2=\frac{\Delta V^2}{R}\}$$

Assim, a especificação da potência de um dispositivo elétrico tem implícito um valor da diferença de potencial (tensão) que deverá ser usado para o seu correto funcionamento. Quanto maior for essa potencia nominal, menor será a resistência do dispositivo.

Caso os valores dos resistores sejam iguais, a resistência equivalente é igual ao valor de uma das resistências dividido pelo número de resistores utilizados

$$\{\displaystyle R_{eq.} = R/N\}$$

onde N = Número de resistores, em outras palavras,

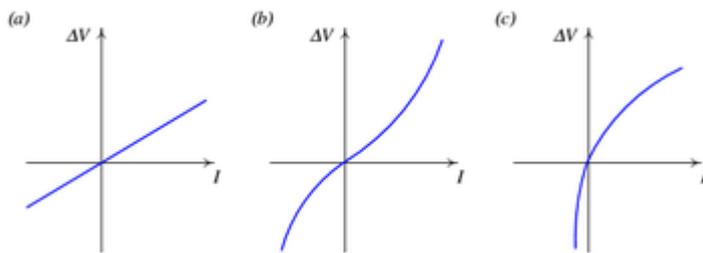
A Resistência Equivalente com dois resistores de valores diferentes pode ser definido da seguinte forma:

$$\{\displaystyle R_{eq} = R_1 || R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}\}$$

Para mais de dois resistores associados em paralelo deve-se aplicar a seguinte equação:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_n}$$

Caraterísticas tensão-corrente



Caraterísticas tensão-corrente de três dispositivos diferentes.

A potência elétrica que dissipa um elemento de um circuito, por exemplo, uma lâmpada, é igual ao produto da diferença de potencial e a corrente no elemento: $P = \Delta V \cdot I$.

Duas lâmpadas diferentes podem ter diferentes valores da potência, com o mesmo valor da **tensão**.

Por exemplo, existem lâmpadas pequenas de 12 V com potências de 1 W e de 2 W; isso indica que para o mesmo valor da diferença de potencial, a corrente na **lâmpada** de 2 W é o dobro do que a corrente na lâmpada de 1 W.^[2]

Cada elemento de circuito tem uma curva caraterística que mostra os valores resultantes da corrente, I , para diferentes valores da diferença de potencial, ΔV . A figura ao lado mostra algumas dessas curvas caraterísticas, para três elementos de circuito diferentes.

Lei de Ohm



Diagrama de circuito para uma resistência.

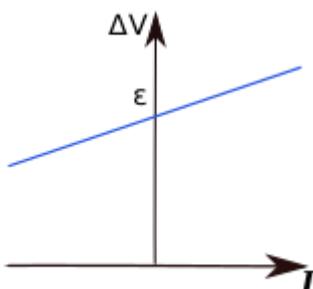
Em alguns condutores (o caso (a) na figura acima), designados de ohmicos, a curva característica é uma reta que passa pela origem. Essa relação linear entre I e ΔV expressa-se matematicamente com a [Lei de Ohm](#):

$$\Delta V = R I$$

Onde R é uma constante resistência, que corresponde ao declive da característica tensão-corrente. Um condutor ohmico designa-se simplesmente de resistência. A figura ao lado mostra o diagrama usado para representar nos circuitos uma resistência.

Nos materiais não ohmicos o declive não é constante, o que indica que a resistência é diferente para diferentes valores da diferença de potencial.

Resistência em uma Pilha



Característica tensão-corrente de uma bateria.

Uma pilha ou bateria fornece energia eletrostática, devido às reações químicas entre os elétrodos e o eletrólito, mas também dissipa alguma energia em calor, devido à passagem de cargas pelos elétrodos e pelo eletrólito.

Assim, a característica da bateria é a soma da função constante $\Delta V = \varepsilon$ mais a característica de uma resistência r .

A ordenada na origem é o valor da fem, e o declive é a resistência interna da pilha. Assim, o diagrama de circuito correspondente deverá incluir uma fem ligada em série com uma resistência (ver figura ao lado).

A barra mais fina e mais comprida, na representação gráfica da fem, representa o eletrodo positivo, e a barra mais curta e grossa o eletrodo negativo.

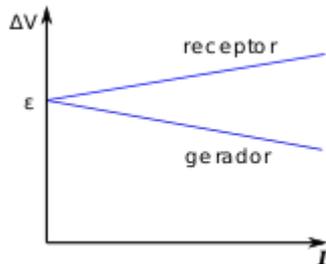
No lado em que I é negativa no gráfico, quer dizer que a corrente entra na bateria pelo eletrodo negativo e sai pelo eletrodo positivo. Esse é o modo normal de funcionamento das baterias; nessas condições a bateria funciona como gerador, as cargas de condução ganham energia potencial na passagem pela bateria. A bateria fornece potência elétrica; parte dessa potência fornecida pelas reações químicas é dissipada em calor dentro da própria bateria.

No lado em que I é positiva no gráfico, a corrente entra na bateria pelo eletrodo positivo e sai pelo eletrodo negativo. As cargas perdem energia potencial durante a sua passagem pela bateria. Assim, deverá existir outra bateria externa que fornece energia às cargas de condução e que mantem a diferença de potencial entre os elétrodos por cima do valor da fem. Diz-se que a bateria está a funcionar como receptor.

É costume representar a corrente na bateria em valor absoluto. Assim, os dois modos de funcionamento da bateria aparecerão no mesmo quadrante da característica tensão-corrente. Nos dois ramos, o valor absoluto do declive é igual à resistência interna r .

No modo de gerador, a diferença de potencial entre os elétrodos é:

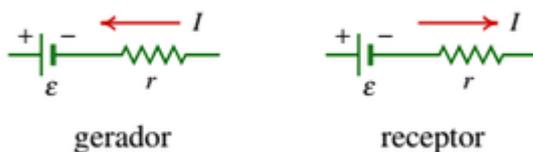
$$\Delta V_{\text{gerador}} = \varepsilon - rI$$



Os dois ramos da característica tensão-corrente de uma bateria

o sentido da corrente implica que as cargas de condução ganham energia na passagem pela fem, mas dissipam alguma dessa energia na resistência interna. A potência total fornecida

pela bateria é a potencia fornecida pela fem $\{\displaystyle (\varepsilon)\}$,
 menos a potência dissipada na resistência interna $\{\displaystyle (I^2r)\}$.



Sentido da corrente numa bateria, nos dois modos de operação

No modo de receptor, a diferença de potencial entre os elérodos é:

$$\{\displaystyle \Delta V_{\text{receptor}} = \varepsilon + rI\}$$

neste caso, as cargas de condução perdem energia na fem e na resistência interna. A potência total dissipada na bateria será a soma da potência dissipada na fem $\{\displaystyle (\varepsilon)\}$, mais a potência dissipada na resistência interna $\{\displaystyle (I^2r)\}$. A parte da potência dissipada devida à fem, poderá ser

usada para inverter as reações químicas entre os elétrodos e o eletrólito, se a bateria for recarregável; caso contrário, essa potência também é dissipada em calor.

4- CORRENTE ELÉTRICA

A **corrente elétrica** designa o movimento ordenado de cargas elétricas (partículas eletrizadas chamadas de íons ou elétrons) dentro de um sistema condutor.

Esse sistema apresenta uma diferença de potencial elétrico (ddp) ou tensão elétrica.

A corrente elétrica que transita nos resistores pode transformar energia elétrica em energia térmica (calor), num fenômeno conhecido como **Efeito Joule**.

A resistência de um fio condutor facilita ou dificulta a passagem da corrente elétrica, sendo calculada através da fórmula da **Primeira Lei de Ohm** ($R=U/I$).

Os aparelhos eletrônicos, pilhas e baterias, apresentam o polo negativo e o polo positivo. Isso explica a **diferença de potencial** (ddp) presente no circuito de cada um deles.

Observe que o **sentido da corrente elétrica** é caracterizado de duas maneiras. Uma delas é a “**corrente elétrica real**”, ou seja, aquela que possui o sentido do movimento dos elétrons.

A outra maneira é a “**corrente elétrica convencional**”, cujo sentido é contrário ao movimento dos elétrons e é marcada pelo movimento das cargas elétricas positivas.

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a intensidade da corrente elétrica é medida em **Ampère** (A), a resistência em **Ohm** (Ω) e a tensão elétrica (ddp) é medida em **Volts** (V).

Condutores Elétricos

Os condutores elétricos são materiais que permitem a movimentação dos elétrons, ou seja, a passagem da corrente elétrica. Um material é considerado um condutor elétrico dependendo da diferença de potencial ao qual ele está submetido.

Os melhores condutores elétricos são os metais, por outro lado, os materiais que dificultam a movimentação dos elétrons são chamados de isolantes. São exemplos madeira, plástico e papel.

Há três **tipos de condutores**:

- **Sólidos** - caracterizado pelo movimento dos elétrons livres;
- **Líquidos** - movimento de cargas positivas e negativas;
- **Gasosos** - movimento de cátions e ânions.

Tipos de Corrente Elétrica

- **Corrente Contínua (CC)**: possui sentido e intensidade constantes, ou seja, apresenta diferença de potencial (ddp) contínua, gerada por pilhas e as baterias.
- **Corrente Alternada (CA)**: possui sentido e intensidade variados, ou seja, apresenta diferença de potencial (ddp) é alternada, gerada pelas usinas.

Tensão Elétrica

A tensão elétrica, também chamada de diferença de potencial (ddp), caracteriza a diferencial do potencial elétrico de dois pontos num condutor. É, portanto, a força decorrente da movimentação dos elétrons em determinado circuito.

No sistema Internacional (SI), a tensão elétrica é medida em **Volts (V)**. Para calcular a tensão elétrica de um circuito elétrico, utiliza-se a expressão:

Onde,

U= Tensão elétrica (V)

R = Resistência (Ω)

i= Intensidade da corrente (A)

Intensidade da Corrente Elétrica

A intensidade da corrente elétrica, representada pela letra 'i', designa a quantidade de carga elétrica (Q) que atravessa um condutor em determinado intervalo de tempo (Δt).

No sistema internacional sua unidade de medida é o Ampère (A), sendo calculada através da seguinte expressão:

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

Onde,

I: intensidade da corrente (A)

Q: carga elétrica (C)

Δt : intervalo de tempo (s)

Energia Elétrica

A energia elétrica é produzida a partir do potencial elétrico de dois pontos de um condutor. Dessa forma, Para calcular a energia elétrica utiliza-se a equação:

$$E_{el} = P \cdot \Delta t$$

Onde:

E_{el} : energia elétrica (kWh)

P: potência (kW)

Δt : variação do tempo (h)

5- POTÊNCIA ELÉTRICA

Potência elétrica é definida como a rapidez com que um trabalho é realizado. Ou seja, é a medida do trabalho realizado por uma unidade de tempo.

A unidade de potência no sistema internacional de medidas é o **watt** (W), em homenagem ao matemático e engenheiro James Watts que aprimorou a máquina à vapor.

No caso dos equipamentos elétricos, a potência indica a quantidade de energia elétrica que foi transformada em outro tipo de energia por unidade de tempo.

Por exemplo, uma lâmpada incandescente que em 1 segundo transforma 100 joule de energia elétrica em energia térmica e luminosa terá uma potência elétrica de 100 W.

Fórmula da Potência Elétrica

Para calcular a potência elétrica utilizamos a seguinte fórmula:

$$P = U \cdot i$$

Sendo,

P: potência (W)

i: corrente elétrica (A)

U: diferença de potencial (V)

Exemplo

Qual a potência elétrica desenvolvida por um motor, quando a diferença de potencial (ddp) nos seus terminais é de 110 V e a corrente que o atravessa tem intensidade de 20A ?

Solução:

Para calcular a potência, basta multiplicar a corrente pela ddp, sendo assim temos:

$$P = 20 \cdot 110 = 2200 \text{ W}$$

Frequentemente, a potência é expressa em kW, que é um múltiplo do W, de forma que 1 kW = 1000 W. Sendo assim, a potência do motor é de **2,2 kW**.

Efeito Joule

Os resistores são dispositivos elétricos que ao serem percorridos por uma corrente, transformam energia elétrica em energia térmica.

Esse fenômeno é chamado de efeito Joule e neste caso dizemos que o resistor dissipa a energia elétrica.

Aquecedores, chuveiros elétricos, secadores de cabelo, lâmpadas incandescentes, ferros de passar roupa são exemplos de equipamentos que utilizam esse efeito.

Cálculo da Potência no Efeito Joule

Para calcular a potência elétrica em um resistor, podemos usar a seguinte expressão:

$$P = R \cdot i^2$$

Sendo,

P: potência (W)

R: resistência (Ω)

i: corrente (A)

Usando a Lei de Ohm ($U = R \cdot i$), podemos substituir a corrente na expressão anterior e encontrar a potência em função da diferença de potencial e da resistência.

Nesse caso, teremos:

Sendo,

P: potência (W)

U: ddp (V)

R: resistência (Ω)

Exemplo

Um chuveiro elétrico apresenta as seguintes especificações: 2200 W - 220 V, considerando que o chuveiro foi instalado corretamente, determine:

- a) o valor da resistência elétrica do chuveiro quando em funcionamento.
- b) a intensidade da corrente que o atravessa.

Solução:

a) Para encontrar o valor da resistência podemos usar a fórmula da potência no efeito Joule, assim temos:

b) Para encontrar a corrente, podemos novamente usar a fórmula da potência, só que agora a que aparece a corrente.

Cálculo da Energia Elétrica

Quando um equipamento elétrico fica em funcionamento durante um determinado intervalo de tempo, podemos calcular a energia elétrica que foi consumida.

Para fazer esse cálculo, basta multiplicar a potência do equipamento pelo tempo de funcionamento, assim a energia elétrica é encontrada usando-se a fórmula:

$$E_{el} = P \cdot \Delta t$$

Sendo,

E_{el} : energia elétrica (J)

P: potência (W)

Δt : intervalo de tempo (s)

No cotidiano, é muito comum o valor da energia elétrica ser expresso em **kWh**.

Neste caso, para transformar de Joule para kWh, podemos usar a seguinte relação:

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$$

Exemplo

Um aquecedor elétrico apresenta uma potência de 3000 W. Qual o custo mensal deste aquecedor ao ficar ligado durante 3 horas todos os dias? Considere que 1 kWh custa R\$ 0,40.

Solução:

Primeiro vamos calcular o valor da energia consumida pelo aquecedor em 1 dia:

$$E_{el} = 3000 \cdot 3 = 9000 \text{ Wh} = 9 \text{ kWh}$$

Como queremos saber do custo em 1 mês, vamos multiplicar esse valor por 30, assim encontramos:

$$E_{el} = 9 \cdot 30 = 270 \text{ kWh}$$

Finalmente, para encontrar o valor em reais, basta multiplicar o valor encontrado por 0,40, então:

$$\text{Valor} = 270 \cdot 0,4 = 108$$

Assim, custo do aquecedor ao final de 1 mês será de **108 reais**.

6- CURTO ELÉTRICO

Curto-circuito é a passagem de corrente elétrica acima do normal em um circuito devido à redução abrupta da impedância deste. Normalmente o curto-circuito provoca danos tanto no circuito elétrico em que ocorre como no elemento que causou a redução de impedância.

Um exemplo de curto-circuito, que acidentalmente é comum em residências, ocorre quando se coloca as extremidades de um fio metálico nos orifícios de uma tomada. Geralmente os curto-circuitos provocam reações violentas devido à dissipação instantânea de energia, tais como: explosões, calor e faíscas. É uma das principais causas de incêndios em instalações elétricas mal conservadas ou com erros de dimensionamento.

Curto-circuitos em sistemas elétricos de potência

Ocorre curto-circuito quando uma ligação errada é feita eliminando componente(s) do circuito, a diferença de potencial elétrico (ddp) vale zero e a corrente elétrica passa pelo fio que não tem resistência. A análise de curto-circuitos envolve dois corpos é uma disciplina da engenharia elétrica que utiliza ferramentas matemáticas, tais como os componentes simétricos, para calcular os curto-circuitos. É importante salientar que a os engenheiros devem se cuidar, classificando um curto-circuito como sendo uma região num circuito elétrico na qual a d.v.p. (diferença de variação potencial) é nula. O objetivo principal dessa disciplina é reajustar adequadamente negócios de proteção de geradores, linhas de transmissão e de redes de distribuição de energia elétrica.

Curto-circuito é um dos problemas mais comuns relacionados à instalação elétrica. Ele pode causar danos mais graves, como incêndios, acidentes domésticos e também perdas eletrônicas, que podem acabar gerando muitas despesas – sejam elas financeiras, ou através da perda de dados importantes, no caso de computadores e notebooks, por exemplo.

Desleixo e falta de cuidado com as instalações elétricas e com o modo que você utiliza os aparelhos no dia a dia, facilitam para que aconteçam acidentes e despesas inesperadas. Se você será o responsável pelos custos, caso um curto-circuito aconteça, e quer garantir a segurança da sua casa ou empresa, existem alguns sinais que alertam sobre esse risco. E principalmente, há várias ações simples que podem evitá-lo.

Mas afinal, **o que é um curto-circuito?** Pode ser um termo bastante usual, mas nem por isso as suas causas e consequências são bem conhecidas. Nesse post você vai entender o processo elétrico que leva ao curto-circuito, o que fazer nesses casos e como evitar para que isso aconteça na sua instalação

O que é e quando acontece um curto-circuito

Um curto-circuito elétrico se dá através de uma elevada passagem de corrente elétrica, muito ou pouco acima do normal, dependendo da intensidade de energia. Será justamente esse aumento repentino da tensão no circuito elétrico que vai ocasionar essa falha. Isso faz com que os aparelhos ou instalações que estejam conectadas a esse circuito elétrico parem de funcionar instantaneamente.

Para saber também: *circuito elétrico é o caminho da corrente elétrica. Basicamente formado por gerador, um condutor de energia e um elemento que vai utilizar essa energia.*

Imagine a situação: você está preparado para receber certa quantidade de trabalho e finalizar em algumas horas. Até que essa quantia é quadruplicada, mas você tem ainda o mesmo tempo e capacidade para resolver. Assim como um curto-circuito, é muito provável que você não consiga dar conta, não é mesmo?

Mas e como esse circuito será sobrecarregado? Quando a corrente elétrica que passa pela tomada e chega ao aparelho é maior do que ele está preparado para suportar, esse excesso será transformado em calor e irá derreter o fio elétrico.

Assim, essa descarga elétrica pode danificar o circuito. Ligar muitos aparelhos na mesma tomada, fios desencapados e ligações não realizadas corretamente também podem ocasionar esse problema. Essas situações ocorrem na maioria das vezes por

desatenção, falta de informação sobre o assunto e pela falta de manutenção na rede elétrica.

Aqui também é importante falar da função dos fusíveis e disjuntores. Eles são os responsáveis por proteger a instalação e os equipamentos conectados a ela, e por isso, podem evitar que um curto-circuito aconteça. Ao detectarem uma sobrecarga, eles interrompem a circulação de corrente elétrica, tentando evitar que algum problema aconteça no sistema. A diferença entre eles é que o fusível depois de queimado não tem como voltar a funcionar. Já o disjuntor pode ser ligado manualmente depois de ter sido desarmado.

Comprar produtos que tenham qualidade é muito importante, mas escolher o modelo mais adequado para a sua instalação, é melhor ainda. Um dos fatores que interferem nessa escolha será a potência dos equipamentos que precisam de eletricidade para funcionar. No entanto, não basta apenas ter bons disjuntores ou fusíveis, é preciso cuidar da instalação como um todo para evitar que um curto-circuito aconteça.

Como identificar e o que fazer depois do curto-circuito

É possível identificar se ocorreu um curto com base em sinais bem perceptíveis. Alguns deles são:

- **Cheiro de queimado**, principalmente se você não sabe identificar de onde está vindo;
- **Tomadas manchadas** de preto, aparentando estarem queimadas;
- **Lâmpadas com tempo de vida útil anormal**, ou seja, queimando rápido demais;
- **Queda de energia** constante e sem motivos aparentes, ainda mais se você perceber que foi apenas em sua casa ou em alguns cômodos;
- **Sobrecarga elétrica**, ocasionando o desarmamento do disjuntor e a queima do fusível.

Depois de identificar a possibilidade de ter acontecido um curto-circuito, você precisa descobrir o ponto do circuito elétrico que está causando isso. É melhor fazer essa

verificação logo em um primeiro momento, do que deixar acontecer mais de uma vez, dando a chance de acontecer um acidente grave. Por isso é importante também saber quais instalações e tomadas estão em cada circuito da sua casa.

No caso do fusível, reinstale, e no caso do disjuntor, ligue-o novamente.

Procure pelos sinais citados e desconecte os equipamentos que você desconfia que ocasionaram o problema.

Se o circuito elétrico voltar a funcionar, pode ser defeito em algum aparelho mesmo. Caso você não encontre evidências, pode ser problema no circuito que está recebendo muita corrente elétrica. Tente diminuir essa carga, desconectando aparelhos da tomada, por exemplo.

Tem chances ainda de o circuito voltar a funcionar e o fusível ou disjuntor falharem novamente. Nesse caso, o problema pode estar em algum aparelho que ainda está conectado, ou no próprio circuito elétrico. Quando o problema persiste, ou se você não se sente seguro para fazer essas verificações, o mais recomendado é chamar um eletricista para resolver! Não subestime uma ajuda profissional nessas horas!

Como evitar um curto-circuito

Melhor do que resolver um problema é saber como evitá-lo. Com algumas atitudes você pode deixar a sua casa ou trabalho mais seguros e adequados. Primeiramente, o mais recomendado é que você faça uma manutenção elétrica com um profissional, pelo menos a cada 5 anos. E quando perceber que os problemas e ajustes estão se acumulando, viabilize uma reforma elétrica!

Reforma elétrica: 8 sinais que alertam que chegou a hora

Outros modos de prevenir um curto-circuito têm muito a ver com a atenção e o cuidado que você pode ter no dia a dia. Procure adequar a capacidade do sistema elétrico ao seu consumo de energia. Por isso, evite também a sobrecarga de

aparelhos nas tomadas. Ligar diversos eletrônicos no mesmo ponto, não é uma boa alternativa! Apenas aumenta a chance de ocorrer um curto e de estragar seus equipamentos.

Cuide também com a fiação da sua instalação elétrica. Fios velhos, em má conservação ou já desencapados precisam ser trocados. Você pode também proteger as tomadas – além de ser um cuidado especial para as crianças, você evita que sejam conectados objetos inadequados, que não sejam o aparelho que você quer ligar.

Compre materiais de qualidade e que sejam os mais indicados para a sua instalação elétrica. Nesse caso, dê uma atenção maior ao escolher fusíveis ou disjuntores.

7- MULTÍMETRO

Um multímetro ou multitest (multimeter ou DMM - digital multi meter em inglês) é um aparelho destinado a medir e avaliar grandezas elétricas. Existem modelos com mostrador analógico (de ponteiro) e modelos com mostrador digital.

Utilizado na bancada de trabalho (laboratório) ou em serviços de campo, incorpora diversos instrumentos de medidas elétricas num único aparelho como voltímetro, amperímetro e ohmímetro por padrão e capacitímetro, freqüencímetro, termômetro entre outros, como opcionais conforme o fabricante do instrumento disponibilizar.

Tem ampla utilização entre os técnicos em eletrônica e eletrotécnica, pois são os instrumentos mais usados na pesquisa de defeitos em aparelhos eletro-eletrônicos devido à sua simplicidade de uso e, normalmente, portabilidade.

Diferentes fabricantes oferecem inúmeras variações de modelos. Oferecem uma grande variedade de precisões (geralmente destaca-se a melhor precisão para medidas em tensão CC), nível de segurança do instrumento, grandezas possíveis de serem medidas, resolução (menor valor capaz de ser mostrado/exibido), conexão ou não com um PC, etc.

Há modelos destinados a uso doméstico (onde o risco de um acidente é menor) e modelos destinados a uso em ambiente industrial (que devido as maiores correntes de curto-circuito apresentam maior risco). A precisão de leitura (exatidão) não é o que diferencia estas duas opções e sim sua construção interna (trilhas do CI mais espaçadas, maior espaçamento entre a placa de CI e a carcaça e maior robustez a transientes nos modelos industriais).

Analógico

O mostrador analógico funciona com base no galvanômetro, instrumento composto basicamente por uma bobina elétrica montada em um anel em volta de um ímã. O anel munido de eixo e ponteiro pode rotacionar sobre o ímã. Uma pequena mola espiral — como as dos relógios — mantém o ponteiro no zero da escala. Uma

corrente elétrica passando pela bobina cria um campo magnético oposto ao do ímã promovendo o giro do conjunto. O ponteiro desloca-se sobre uma escala calibrada em tensão, corrente, resistência etc. Uma pequena faixa espelhada ao longo da escala curva do mostrador, ajuda a evitar o erro de paralaxe.

Este equipamento possui o que chamamos de suspensão, que trata de um mecanismo que permite um movimento com baixo atrito.

Estes também possuem uma escala sobre a qual são realizadas as leituras, esta caracteriza-se pelo:

Calibre: Que é o valor máximo medido por um instrumento sem que ocorra nenhum dano

Posição do zero: trata-se de quando o instrumento não está efetuando medidas, podendo este variar

Linearidade: que se refere em como a escala é dividida

Principais características operacionais dos multímetros analógicos:

Sensibilidade [S]: É uma grandeza diretamente relacionada com a resistência interna dos instrumentos, sendo esta calculada da seguinte forma: $S=1/I_{m\acute{a}x} [\Omega/V]$ Logo, quanto maior for a sensibilidade de um instrumento, melhor este será.

Resolução: Através deste, torna-se possível identificar a capacidade de um instrumento em diferenciar grandezas com valores próximos entre si.

Digital

O modelo com mostrador digital funciona convertendo a corrente elétrica em sinais digitais através de circuitos denominados conversores análogo-digitais. Esses circuitos comparam a corrente a medir com uma corrente interna gerada em incrementos fixos que vão sendo contados digitalmente até que se igualem, quando o resultado então é mostrado em números ou transferidos para um computador pessoal. Várias escalas divisoras de tensão, corrente, resistência e outras são possíveis.

Sua característica básica é a conversão dos sinais analógicos de entrada em dados digitais, sendo esta conversão realizada por circuitos eletrônicos. O que torna sua identificação evidente é seu display (visor), que pode ser de 2 tipos: LED ou LCD.

Abaixo encontra-se uma tabela, no qual torna-se possível identificar quais as vantagens e desvantagens de cada tipo de display:

Tipo	Vantagens	Desvantagens
LED	<p>Pode ser visualizado virtualmente de qualquer ângulo;</p> <p>Proporciona leituras mais fáceis à distância;</p> <p>É mais durável que LCD;</p> <p>Pode ser utilizado em ambientes com pouca luz;</p> <p>Seu tempo de resposta varia pouco com a temperatura ambiente</p> <p>Pode ser utilizado em condições ambientais adversas;</p>	<p>Consumo de energia mais elevado que o LCD;</p> <p>Difícil leitura sob a luz solar;</p>
LCD	<p>Permite leitura em ambientes externos, mesmo sob incidência direta de raio solar;</p> <p>Consumo de energia muito baixo;</p>	<p>Uso em ambientes com pouca luz exige iluminação de fundo;</p> <p>Tempo de resposta decresce em baixas temperaturas;</p>

Principais características operacionais dos multímetros digitais:

Resolução: esta é fornecida através do número de dígitos ou contagens de seu display;

Exatidão: informa o maior erro possível em determinada condição de medição;

Categoria: diz respeito à segurança, tanto do operador quanto do equipamento, desta maneira os instrumentos digitais são hierarquizados em 4 categorias de sobretensão, são elas:

Categoria I: trata-se do equipamento de baixa energia com proteção, que limita efeito dos transientes;

Categoria II: trata-se de equipamentos consumidores de energia fornecida por uma instalação fixa. Exemplos incluem aparelhos domésticos, laboratoriais entre outros;

Categoria III: são equipamentos em instalações fixas. Exemplo: equipamentos para uso industrial com conexão permanente à uma instalação fixa.

Categoria IV: são equipamentos para uso na origem da instalação. Exemplo: Medidor de eletricidade;

Equipamentos TRUE RMS

A maioria dos medidores de tensão e corrente não são muito confiáveis quando se trata de formas de ondas que não são senoidais, assim, para estas situações, somente os instrumentos classificados como True RMS são confiáveis e darão a indicação exata.

Grandezas a serem medidas

A definição sobre qual medição será realizada, acontece por uma chave rotativa que seleciona a função a ser realizada. O multímetro é composto por diversas funções de medições, entre elas temos:

Voltímetro

Esta função é utilizada para medir tensões AC/DC; Um voltímetro considerado ideal apresenta na entrada uma resistência elétrica de valor infinito, de forma que a corrente que o percorre é nula, assim não se estabelece uma diferença de potencial no aparelho, garantindo assim a não interferência do aparelho no funcionamento do circuito.

Amperímetro

Esta função é utilizada para medir correntes. Um amperímetro é considerado como ideal quando possui resistência interna igual a zero, ou seja, equivale a um curto-circuito. Na prática, a menos que se busque grande exatidão em uma medida, pode-se considerar que os amperímetros são ideais.

Ohmímetro

Esta função é utilizada para medir resistividade. Um ohmímetro considerado como ideal mede a resistência conectada entre seus terminais e entrega potência nula ao resistor.

Cuidados

Como qualquer equipamento eletrônico, o multímetro necessita de cuidados, tanto para o equipamento como para o operador, em sua utilização:

Nunca se deve ligar um amperímetro em paralelo com a carga que se deseja medir a corrente, pois quando ligado em paralelo causará um curto-circuito nos terminais da carga, podendo ocasionar a queima do equipamento e risco de choque elétrico no operador;

Um voltímetro não deve ser colocado em série na carga que se deseja medir a tensão pois haverá interrupção da corrente demandada pela carga.

Não utilizar a escala de corrente para medir tensão e vice-versa.

Nunca tentar medir resistência com o circuito ligado, podendo ocorrer em dano no equipamento.

Ao utilizar equipamentos analógicos ou digitais sem comutação automática de escala, deve-se observar a escala correta do circuito testado. Caso isso não ocorra, poderá ocorrer uma sobre-carga no circuito interno do equipamento e conseqüentemente, danos internos.

8- LEI DE OHM

As **Leis de Ohm**, postuladas pelo físico alemão Georg Simon Ohm (1787-1854) em 1827, determinam a resistência elétrica dos condutores.

Além de definir o conceito de resistência elétrica, Georg Ohm demonstrou que no condutor a corrente elétrica é diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada.

Foi assim que ele postulou a **Primeira Lei de Ohm**.

Suas experiências com diferentes comprimentos e espessuras de fios elétricos, foram cruciais para que postulasse a **Segunda Lei de Ohm**.

Nela, a resistência elétrica do condutor, dependendo da constituição do material, é proporcional ao seu comprimento. Ao mesmo tempo, ela é inversamente proporcional à sua área de secção transversal.

Resistência Elétrica

A resistência elétrica, medida sob a grandeza Ω (**Ohm**), designa a capacidade que um condutor tem de se opor à passagem de corrente elétrica.

Em outras palavras, a função da resistência elétrica é de dificultar a passagem de corrente elétrica.

Observe que a resistência de 1Ω (ohm) equivale a $1V/A$ (Volts/Ampère)

Resistores

Os resistores são dispositivos eletrônicos cuja função é a de transformar energia elétrica em energia térmica (calor), por meio do efeito joule.

Dessa maneira, os resistores ôhmicos ou lineares são aqueles que obedecem a primeira lei de ohm ($R=U/I$). A intensidade (i) da corrente elétrica é diretamente

proporcional a sua diferença de potencial (ddp), chamada também de voltagem. Por outro lado, os resistores não ôhmicos, não obedecem a lei de ohm.

Leis de Ohm: Enunciados e Fórmulas

Primeira Lei de Ohm

A **Primeira Lei de Ohm** postula que um condutor ôhmico (resistência constante) mantido à temperatura constante, a intensidade (i) de corrente elétrica será proporcional à diferença de potencial (ddp) aplicada entre suas extremidades.

Ou seja, sua resistência elétrica é **constante**. Ela é representada pela seguinte fórmula:

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{ou} \quad U = R.I$$

Onde:

R: resistência, medida em Ohm (Ω)

U: diferença de potencial elétrico (ddp), medido em Volts (V)

I: intensidade da corrente elétrica, medida em Ampère (A).

Segunda Lei de Ohm

A **Segunda Lei de Ohm** estabelece que a resistência elétrica de um material é diretamente proporcional ao seu comprimento, inversamente proporcional à sua área de secção transversal.

Além disso, ela depende do material do qual é constituído.

É representada pela seguinte fórmula:

$$R = \frac{\rho.L}{A}$$

Onde:

R: resistência (Ω)

ρ : resistividade do condutor (depende do material e de sua temperatura, medida em $\Omega.m$)

L: comprimento (m)

A: área de secção transversal (mm^2)

9- CIRCUITO SÉRIE

Diferença entre Circuito Série e Paralelo

Em circuitos elétricos e eletrônicos algum que vemos com muita frequência é uma única fonte de energia alimentando vários equipamentos e dispositivos que quando em funcionamento podem trabalhar no mesmo instante entregando suas potências nominais sem quedas.

Para que isso ocorra existem alguns métodos de ligação que permitem esse fato, e além disso existem métodos que permitem por exemplo aumentar a energia fornecida pela fonte de eletrônicos por exemplo, essas formas de ligação determinam como as fontes irão entregar sua corrente para o circuito.

Sendo assim, podemos realizar ligações em nosso circuito onde até mesmos as fontes de energia podem ser ligadas de forma associada e que irão fornecer um valor maior de tensão para o circuito empregado, para isso existem duas formas de circuitos, série e paralelo.

Nesse artigo então vamos desvendar como funciona um **circuito série** e um **circuito paralelo**, além de claro explicar como retirar o máximo de aproveitamento de cada circuito e quais locais eles possuem melhor aplicação.

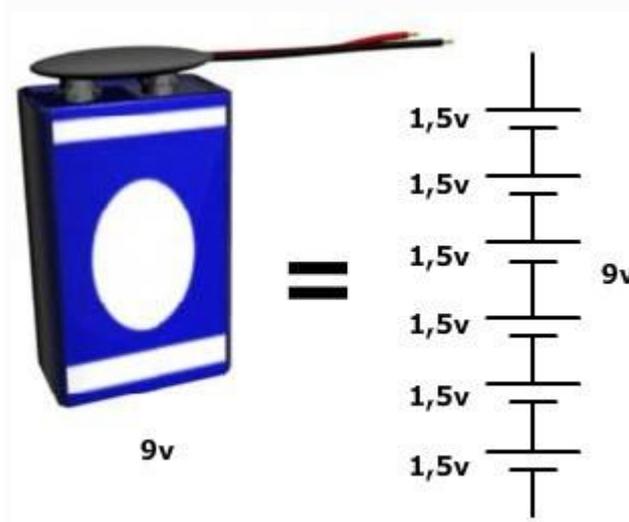
Circuitos série

Para começarmos a desvendar esses dois circuitos vamos iniciar pelas ligações dos circuitos em série, e como melhor forma de explicar o funcionamento desse circuito vamos adotar como início associação em série de fontes e para isso vamos falar em pilhas e baterias.

O princípio de funcionamento dos circuitos serie dão-se pela ligação de componente em sequência, ou seja, sem divisão do circuito. Para entender melhor vamos falar então da associação em série de fontes de energia.

Em circuitos eletrônicos temos alguns abastecidos por baterias de 9v e outros por 6 pilhas de 1,5V cada, o que esses circuitos tem em comum?

Isso mesmo, a alimentação é a mesma, quando associação 6 pilhas de 1,5v em série obtemos um total de 9v, isso deve-se pelo fato de serem ligadas com positivo de um no negativo da outra e isso causa o efeito soma, mas se uma das pilhas estiver invertidas essa então ira subtrair 1,5v do circuito, veja o exemplo abaixo.



Assim como podemos associar fontes de alimentação podemos também associar cargas em ligações dos circuitos série, para exemplificar essa situação de cargas vamos imaginar lâmpadas.

A ligação das cargas, lâmpadas, devem ser também em sequência, ou seja o terminal de uma conectada ao terminal da próxima, e a primeira lâmpada do circuito e a última irão receber a alimentação do circuito, deve-se tomar cuidado sempre com circuitos de corrente contínua pelo fato do positivo e negativo.

Como característica desse circuito as cargas não vão receber a mesma tensão fornecida pela fonte, ou seja, se uma fonte fornece 20v e temos no circuito 4 lâmpadas idênticas cada uma ficara com 5v, porém caso a resistência das lâmpadas sejam diferentes esse valor pode mudar e a intensidade de luz vai ter variação pois afeta diretamente na potência da carga.

Outra característica desse circuito em serie com cargas é a dependência, ou seja, nesse mesmo circuito de lâmpadas, caso uma delas venham queimar as demais não

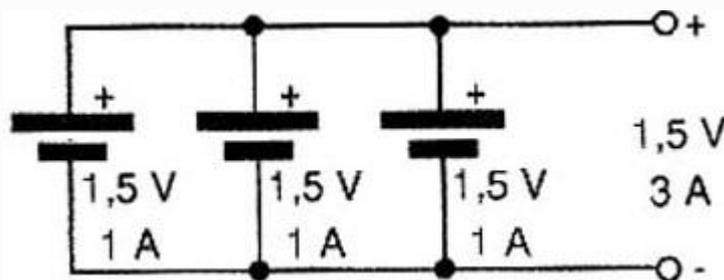
vão acender, isso ocorre pois tecnicamente o circuito foi rompido e a corrente do circuito é a mesma, um exemplo desse fato são os piscas-piscas de natal.

Circuito paralelo

As ligações em **circuito paralelo** são exatamente o inverso do circuito série, onde no paralelo o que modifica é a corrente no circuito e a tensão se mantém constante, vamos imaginar novamente nosso conjunto de pilhas, e os terminais são conectados positivo com positivo e negativos com negativos.

Pegando as mesmas 6 pilhas de 1,5v e associando em paralelo nós teremos uma somatória de correntes e não de tensão, ou seja, entre os polos da associação vamos ter 1,5v, porém se considerarmos que cada pilha possui 1 A de corrente teremos então 6 A aplicados no circuito.

Essa técnica de associação de fontes em paralelo não é muito bem vinda, principalmente com pilhas. Isso deve-se pelo fato de que se uma das pilhas se descarregar ela vai sobrecarregar outra para que seja mantido a mesma tensão e corrente no circuito desequilibrando assim o sistema.



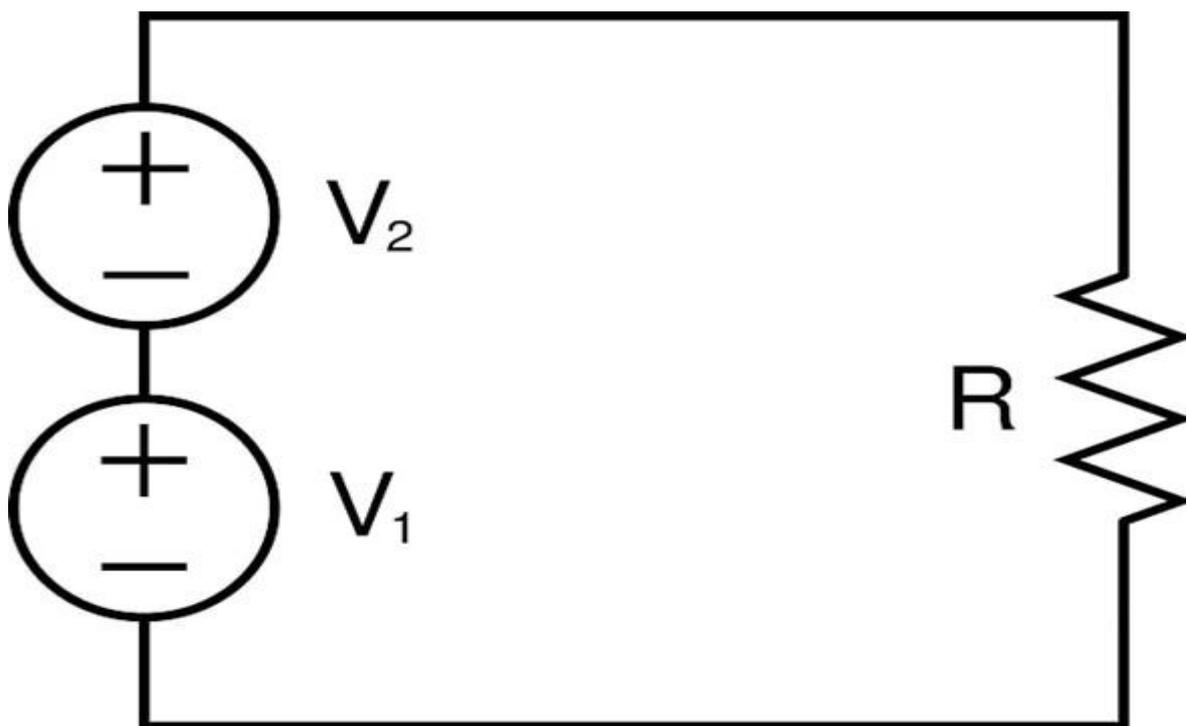
Para **associação em paralelo em cargas**, como nossas lâmpadas, todas as lâmpadas vão receber mesma tensão fornecida pela fonte, e o valor de corrente será drenada proporcionalmente a potência de cada lâmpada, mas no final a soma das correntes sempre serão iguais ao total fornecido pela fonte.

Esse tipo de circuito é o mais comum visto em nosso dia a dia, ele está empregado em nossas instalações residenciais, onde ligamos diversos aparelhos e eles conseguem trabalhar com potência total pois recebem a mesma tensão fornecida pela rede.

Agora que você aprendeu como associar as cargas do seu circuito ficou mais fácil de entender como sua casa funciona, repare então se ao ligar o chuveiro a lâmpada perde potência, se isso ocorrer existe algo errado.

10-CIRCUITO MISTO

No dia a dia, utilizamos a eletricidade de várias formas, da hora que acordamos até a hora em que vamos dormir. Para que possamos fazer uso desta eletricidade, existem diversos caminhos que levam as correntes de um lado a outro, com controle da tensão com a qual a corrente entra em nossas casas. Esta corrente segue caminhos diferentes, chamados de circuitos.



Um circuito elétrico é o conjunto de caminhos pelo quais ocorrerá a passagem de corrente elétrica, de uma ponta a outra, alimentando conectores por estes caminhos interligados. Podem haver vários tipos de caminhos: caminhos retos e sequenciais, caminhos paralelos entre si, e caminhos misturados.

Logo, os circuitos mistos, na verdade, são a junção de dois tipos de circuitos elétricos fundamentais: circuito em série e circuito em paralelo. Vejamos a princípio um pouco de cada um:

Circuito em série

Um circuito em série é um circuito onde componentes são conectados um em sequência do outro. Neste circuito, a corrente que passa pelos componentes será sempre a mesma, mas a tensão que sofrerá ao passar por cada terminal nos componentes será diferente, em razão da resistência desses componentes.

Se ligarmos dessa forma, em uma única malha dois componentes em série, e nestes componentes conectarmos duas lâmpadas, uma ao lado da outra, notaremos que o brilho de ambas será o mesmo, pois a corrente que flui para ambas é a mesma e a resistência de cada componente mantém a mesma tensão elétrica, de forma que a energia é bem distribuída.

Se no meio deste circuito em série ocorrer um curto circuito, a corrente elétrica passará somente até a metade do caminho, levando energia apenas para uma lâmpada. Assim, uma acenderá enquanto a outra, estará apagada.

O curto circuito ocorre quando há uma passagem de energia elétrica acima do normal pela malha e as resistências não são capazes de segurar, ocorrendo a chamada redução de impedância. É muito comum em alguns casos haver faíscas e até explosões, em razão da força com que a corrente elétrica acaba se dissipando naquele ponto onde ocorre a baixa resistência e então, o curto circuito.

Um bom exemplo de circuito em série são as luzes de natal. Elas estão conectadas de forma que se uma delas apagar, as demais em seguida também não acenderão, por conta de algum curto-circuito.

Circuito em paralelo

Já no circuito em paralelo, qualquer um dos terminais de entrada e saída dos componentes ou das resistências estão conectados entre si, um paralelo ao outro. Ao contrário do outro modelo, neste circuito, a tensão elétrica exercida nestes terminais será sempre a mesma, mas a corrente que passa por estes terminais poderá variar, dependendo da resistência do componente.

Se ligarmos duas lâmpadas e uma fonte de energia elétrica em um circuito em paralelo – todas em paralelo, veremos que a corrente que passa pela malha até as

lâmpadas chegará aos terminais com a mesma tensão elétrica, em razão das resistências de ambos os componentes serem as mesmas. Assim, as correntes que passam pelas duas lâmpadas também serão as mesmas e, portanto, ambas estarão acesas.

Agora, ao contrário do modelo anterior, se neste circuito em paralelo, em um dos componentes houver um circuito aberto (quando não há passagem contínua de corrente elétrica, provocada pela quebra de um fio ou um interruptor), aquela lâmpada não acenderá. As outras ligadas neste circuito em paralelo, acenderão normalmente, por receberem a corrente elétrica sem qualquer interrupção.

Um outro exemplo fácil de entender como funciona o circuito em paralelo, é o sistema no qual as nossas casas mantêm seus equipamentos conectados: Luzes e tomadas estão ligadas através de circuitos elétricos em paralelo, de forma que aparelhos elétricos e luminárias funcionem isoladamente.

Circuitos Mistos

Em um circuito elétrico misto, existem ambos os tipos de ligação descritos acima. Nós temos os dois modelos de circuito conectados: paralelos e em séries. Ou seja, os componentes eletrônicos, as resistências, estarão dispostos tanto um na sequência do outro, como um em paralelo com relação ao outro.

Desta forma, alguns pontos de consumo de energia estão conectados ao mesmo tempo, de forma que se romper a energia entre eles, mais de um componente não irá funcionar. E outros funcionam de forma independente, cada qual conforme a necessidade, em circuitos abertos ou fechados.

Como já vimos, são trechos com funcionamento de energia elétrica independente. Em algumas empresas, por exemplo, o circuito misto é bastante empregado. Existem departamentos cujo circuito que distribui energia para iluminação é ligado em série, de forma que uma sala tenha todas as suas lâmpadas funcionando em conjunto.

Em escolas, por exemplo, o circuito misto é comum em salas de aula, onde a corrente elétrica liga as lâmpadas em série de uma sala de aula. Em paralelo, nas distribuições de energia entre as salas, cujos circuitos elétricos são independentes.

11-REPRESENTAÇÃO DC E AC (OSCILOSCÓPIO)

O osciloscópio é um instrumento de medida de sinais elétricos/eletrônicos que apresenta gráficos a duas dimensões de um ou mais sinais elétricos (de acordo com a quantidade de canais de entrada). O eixo vertical (y) do ecrã (monitor) representa a intensidade do sinal (tensão) e o eixo horizontal (x) representa o tempo, tornando o instrumento útil para mostrar sinais periódicos. O monitor é constituído por um "ponto" que periodicamente "varre" a tela da esquerda para a direita.

Descrição



Um típico osciloscópio é uma caixa retangular com uma tela, conectores de entrada, knobs para controle e botões na frente do painel. Atualmente existem osciloscópios fixos com tela de cristal sólido

Para ajudar na medidas, uma grade chamada graticule ou retículo é desenhada na face da tela. Cada quadrado na graticule é conhecido como uma divisão. O sinal a ser medido é ligado a um dos canais de entrada, geralmente através de um conector coaxial, como os conectores BNC ou tipo N. Se a fonte do sinal já possui seu conector coaxial, então um simples cabo é usado para ligá-la, caso contrário um cabo específico chamado ponta de prova para osciloscópio é usado.

Em seu modo mais simples, o osciloscópio desenha repetidamente uma linha horizontal chamada de traço através do meio da tela da esquerda para a

direita. Um dos controles, o timebase control (controle da base de tempo), determina a velocidade com que a linha é desenhada, e é calibrado em segundos por divisão.

Se a tensão de entrada difere do zero, o traço pode ser defletido tanto para cima quanto para baixo. Outro controle, o vertical control (controle vertical), determina a escala da deflexão vertical, e é calibrado em volts por divisão. O traço resultante é um gráfico da voltagem (tensão) em função do tempo.

Se o sinal de entrada é periódico, então um traço relativamente estável pode ser obtido apenas ajustando a base de tempo (timebase) de acordo com a frequência do sinal de entrada. Por exemplo, se o sinal é uma onda seno com frequência igual a 50 Hz, então seu período é de 20 ms, então a base de tempo (timebase) deve ser ajustada de modo que o tempo entre as passagens sucessivas seja de 20 ms. Este modo é chamado de continual sweep (varredura contínua). Infelizmente, a base de tempo dos osciloscópios não é perfeitamente precisa, e a frequência do sinal não é perfeitamente estável, então o traço pode se mover pela tela, dificultando as medidas.

Para prover um traço mais estável, os osciloscópios modernos tem uma função chamada trigger (desencadear ou disparar). Quando o triggering é utilizado, o instrumento irá parar cada vez que a varredura chegue no extremo direito da tela e retornar de volta ao lado esquerdo da tela. O osciloscópio então aguarda um evento específico antes de começar a desenhar o próximo traço. O evento de trigger (disparo) é comumente acionado quando a forma de onda da entrada atinge uma tensão em uma direção específica (tensão crescente ou decrescente) determinada pelo usuário.

Este recurso resincroniza a base de tempo ao sinal de entrada, impedindo o deslizamento horizontal do traço. Desta forma, o trigger permite a visualização de sinais periódicos tais como ondas quadradas e ondas seno.

O circuito de Trigger também permite a visualização de sinais não-periódicos, tais como pulsos que não se repetem em uma taxa fixa.

Os Tipos de trigger incluem:

trigger externo, um pulso de uma fonte externa conectada a uma entrada dedicada do osciloscópio.

trigger de borda, um detector de borda que gera um pulso quando o sinal passa de uma tensão limiar especificada em uma direção específica.

video trigger, um circuito que extrai pulsos sincronizantes de formatos de vídeo tais como PAL e NTSC e disparam a base de tempo em todas as linhas, em uma linha específica, em todos os campos, ou em um quadro. Este circuito é tipicamente encontrado dos dispositivos monitores de forma de onda.

trigger por atraso, aguarda um tempo específico após passar por uma tensão limiar antes de começar a varredura. Nenhum circuito de trigger funciona instantaneamente, sempre ocorre um pequeno atraso, porém um circuito de trigger por atraso estende este valor até um intervalo conhecido e ajustável. Deste modo, o operador pode examinar um pulso particular em um longo grupo de pulsos.

A maioria dos osciloscópios também permitem que você tire a base de tempo e a insira um sinal no amplificador horizontal. Isto é chamado de modo X-Y, e é útil para ver a relação de fase entre dois sinais, o que é comum em análise de rádio e televisão.

Quando os dois sinais são senóides de frequência e fases variáveis, o traço resultante é chamado de curva de Lissajous.

Alguns osciloscópios possuem cursores, que são linhas que podem ser movidas sobre a tela para medir o intervalo de tempo entre dois pontos, ou a diferença entre duas tensões.

Muitos osciloscópios possuem um ou mais canais de entrada, permitindo que eles mostrem mais de um sinal na tela.

Geralmente o osciloscópio tem um conjunto de controles verticais para cada canal, porém apenas um sistema de trigger e base de tempo.

Um osciloscópio dual-timebase (base de tempo duplo) possui dois sistemas de trigger de modo que dois sinais possam ser vistos em diferentes eixos de tempo. Isto

também é chamado de modo "magnificação". O usuário mantém um sinal complexo desejado usando uma configuração de trigger compatível. Então ele permite a "magnificação", "zoom" ou "base de tempo dupla", e pode mover uma janela para observar os detalhes do sinal complexo.

Algumas vezes o evento que o usuário deseja ver pode ocorrer apenas ocasionalmente. Para capturar estes eventos, alguns osciloscópios são "storage scopes" (osciloscópios de armazenamento) que preservam o sinal mais recente na tela.

Alguns osciloscópios digitais podem fazer a varredura a velocidades baixas como uma vez por hora, emulando um gravador em papel de tira. Isto é, o sinal passa pela tela da direita para a esquerda. A maioria dos osciloscópios mais sofisticados mudam do modo de varredura para o modo de escrita em tira com cerca de uma varredura a cada dez segundos. Isto ocorre porque caso contrário, o osciloscópio iria aparentar estar quebrado: está coletando informações, porém o ponto não pode ser visto na tela.

Exemplos de usos



Ponta de prova de um osciloscópio.

O uso clássico de um osciloscópio é diagnosticar uma peça defeituosa em um equipamento eletrônico. Em um rádio, por exemplo, se olha no esquema elétrico do aparelho e se localizam as conexões entre os estágios (como mixer eletrônico, osciladores eletrônicos, amplificadores).

Então o terra do osciloscópio é ligado ao terra do circuito, e a ponta de prova é colocada na conexão entre dois estágios no meio do circuito.

Quando o sinal esperado está ausente, se sabe que algum estágio precedente do circuito está defeituoso. Como a maioria das falhas ocorre por causa de um único componente defeituoso, cada medida pode provar que metade do estágio de uma peça complexa está funcionando corretamente, ou seja, que não é a causa do defeito.

Uma vez que o estágio defeituoso é encontrado, testes mais específicos deste estágio podem geralmente mostrar a um profissional experiente qual componente está com defeito. Uma vez que este componente é substituído, a unidade pode voltar à operação, ou ao menos o próximo defeito pode ser procurado.

Outro uso possível é a checagem de um circuito novo. Muito frequentemente circuitos novos se comportam abaixo do esperado devido aos níveis de tensão errados, ruído elétrico ou erros no projeto. Os circuitos digitais geralmente operam a partir de um oscilador (clock), então um osciloscópio de traço duplo (dual-trace) é necessário para verificar circuitos digitais. Osciloscópios com "armazenamento" são muitos úteis para "capturar" efeitos eletrônicos raros que podem levar a uma operação defeituosa.

Outro uso é para engenheiros de software que programam circuitos eletrônicos. Muitas vezes o osciloscópio é a única maneira de ver se o software está rodando corretamente. Para essa aplicação existe, no entanto, um equipamento mais apropriado, o analisador lógico, uma espécie de osciloscópio digital que permite a leitura de dezenas de canais simultaneamente.

Conselhos para uso

O problema mais típico encontrado quando se utiliza um osciloscópio não familiar é que o traço não está visível.

Muitos osciloscópios mais recentes possuem "opções de reset" ou um botão "auto set up". Utilize-o caso haja confusão.

Alguns instrumentos possuem um botão "beamfinder", que limita o tamanho do traço de modo que ele irá aparecer na tela.

Outra razão para a "perda" do traço é um ajuste de luminosidade (brightness) muito baixo. Todos os osciloscópios possuem um ajuste de luminosidade que serve para tornar o traço visível tanto em varreduras lentas como nas mais rápidas. Um ajuste muito tenue pode tornar o traço pouco visível. Um ajuste muito intenso pode deixar o sinal borrado. Alguns osciloscópios possuem um ajuste de foco que permite ajustar a espessura do traço.

Verifique que primeiro você configure as opções de canal para acoplamento "DC", com trigger automático.

Aumente o valor do volts per division (volts por divisão) do canal (efetivamente diminuindo a Altura da linha) até a linha aparecer.

Configure o time per division (tempo por divisão) próximo da velocidade do evento desejado, e então ajuste o volts per division até o evento aparecer em um tamanho útil.

Os osciloscópios comumente possuem uma saída de teste que pode ser medida para se assegurarem que um canal e sua ponta de prova estejam funcionando.

Quando se utiliza um osciloscópio não familiar, é recomendado medir a este sinal primeiro.

A capacitância do fio na ponta de prova pode fazer com que o osciloscópio mostre imprecisamente sinais de alta velocidade.

Se o sinal parece distorcido, ou seja, se ele mostrar pontas ou elevações estranhas, a capacitância da ponta de prova deve ser ajustada. Muitas destas (como as com atenuação de 10x) tem um pequeno parafuso de ajuste para a capacitância. A maioria dos osciloscópios provê uma saída de teste que produz uma onda quadrada para o ajuste da ponta. O ajuste deve ser feito de modo que as bordas da onda pareçam um quadrado, sem excessos nem arredondamento.

A largura de banda das pontas de teste devem ser iguais ou exceder à largura de banda dos amplificadores de entrada do osciloscópio.

Em geral, a conexão de terra do osciloscópio deve ser ligada ao terra do circuito que está sendo analisado. A maioria dos osciloscópios possuem um conector de terra em sua saída. Para medir precisamente sinais de alta frequência, o cabo de terra deve ser o mais curto possível; para frequências acima de 100 MHz, o conector embutido terra deve ser removido e substituído por um pequeno pino de terra que sai do anel de terra na ponta da prova.

Se o osciloscópio possui uma conexão com o terra das linhas de alimentação, e provável que o pino de terra também esteja ligado ao terra (através do chassi do osciloscópio). Se o circuito em teste também tem sua referência com o terra das linhas de alimentação, então conectar o pino de terra a qualquer sinal teria o mesmo efeito de um curto-circuito ao terra, podendo causar danos ao circuito em teste ou ao próprio osciloscópio. Isto pode ser evitado alimentando-se o osciloscópio através de um transformador de isolamento.

Existem dois acoplamentos possível no canal de entrada:

"AC" coupling (acoplamento AC) bloqueia qualquer DC (corrente contínua) no sinal. Isto é útil quando se mede um pequeno sinal em um offset d.C. Note que o modo de acoplamento a AC é feito se adicionando um capacitor internamente, que, apesar de ter um valor alto, pode afetar o modo como os sinais de baixa frequência irão aparecer.

"DC" coupling (acoplamento DC) usado quando se mede uma tensão contínua, não bloqueia nenhum sinal.

Verifique se você está ajustando o trigger do canal correto. Ajuste o trigger delay para zero.

Ajuste o nível de trigger até o evento desejado.

Após tudo, ajuste do trigger delay até a característica desejada do sinal aparecer.

As pontas de prova do osciloscópio são relativamente caras e frágeis. Para reduzir a capacitância, o condutor no cabo de prova é algumas vezes mais fino que um fio de cabelo humano. A "caneta" plástica da ponta é muitas vezes fácil de se quebrar. Deve-se evitar deixar a ponta de prova em algum local em que ela possa ser pisada.

Seleção

Os osciloscópios geralmente possuem uma lista das características acima. A medida básica é a largura de banda de seus amplificadores verticais. Os osciloscópios típicos para propósito geral devem possuir uma largura de banda de no mínimo 100 MHz, apesar de larguras de bandas muito menores serem aceitáveis para aplicações em frequências na faixa de áudio.

Uma taxa de varredura útil pode ser de um segundo a 100 nanossegundos, com triggering e varredura com atraso.

Para trabalhar com sinais digitais, dois canais são necessários, e um instrumento com uma taxa de varredura de no mínimo 1/5 da frequência máxima do sistema digital é recomendada.

O benefício principal de um osciloscópio de qualidade é a boa qualidade do circuito de trigger.

Se o trigger for instável, o display sempre será um pouco confuso.

A qualidade melhora enormemente conforme a frequência de resposta e a estabilidade da tensão do trigger aumentam.

Os osciloscópios de empactamento digital costumavam mostrar sinais eléctricos, do género AA-2B, denominados por vezes de quebrados devido às baixas taxas de armazenamento, porém este problema hoje em dia é muito mais raro devido ao aumento no tamanho das memórias.

Até o ano de 2004, um osciloscópio dual-channel, com armazenamento, de 150 MHz, novo custava cerca de US\$1.200, sendo considerado muito bom para o uso geral.

Osciloscópio de raios catódicos (CRO)

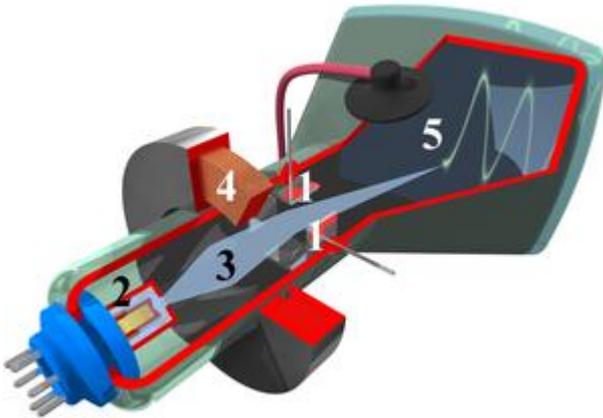


Diagrama em corte de um osciloscópio CRO típico.

1. Eletrodos de deflexão por tensão 2. Acelerador de elétrons 3. Raio de elétrons
4. Bobina de foco 5. Lado interior de tela revestido com fósforo

O mais novo e mais simples tipo de osciloscópio consiste num tubo de raios catódicos, um amplificador vertical, uma base de tempo, um amplificador horizontal e uma fonte de alimentação. Estes são chamados de osciloscópios 'analógicos' para serem distinguidos dos osciloscópios 'digitais' que se tornaram relativamente comuns nos anos 90 e 2000.

Antes da introdução do tubo de raios catódicos (CRO) nesta forma atual, o mesmo já vinha sendo utilizado em outros instrumentos de medição.

O tubo de raios catódicos é uma estrutura de vidro com vácuo no seu interior, similar aos tubos de televisões a preto e branco, que possuem uma face plana coberta com um material fosforescente (o fósforo).

A tela possui tipicamente menos de 20 cm de diâmetro, sendo muito menos do que as telas da maioria das televisões.

A parte no pescoço do tubo é o acelerador de elétrons, que é uma placa de metal aquecida com uma malha de fios (o grid) na sua frente. Um pequeno potencial de grid é usado para bloquear os elétrons de serem acelerados quando o raio precisa ser desligado, como durante o retorno do varrimento ou quando nenhum evento de trigger (disparo de evento) ocorre. É aplicada uma diferença de potencial de, no mínimo, algumas centenas de volts para fazer com que a placa

aquecida (o cátodo) fique carregado negativamente com relação às placas de deflexão. Para osciloscópios com uma largura de banda maior, onde o traço pode mover-se mais rapidamente através da tela, é tipicamente utilizada uma tensão de aceleração pós-deflexão de mais de 10 000 volts, aumentando a velocidade com que os elétrons atingem o fósforo. A energia cinética dos elétrons é então convertida pelo fósforo em luz visível no ponto do impacto. É através da variação dessa tensão que se obtém o ajuste de luminosidade.

Quando ligado, um tubo de raios catódicos (CRT) normalmente mostra um único ponto brilhante no centro da tela, porém este ponto pode ser movido eletrostaticamente ou magneticamente. O CRT de um osciloscópio utiliza a deflexão eletrostática.

Entre o acelerador de elétrons e a tela existem dois pares de placas metálicas opostos chamados de placas de deflexão. O amplificador vertical gera um diferença de potencial através de um par de placas, gerando um campo elétrico vertical, através do qual o raio de elétrons passa; quando os diferenciais das placas são os mesmos, o raio não é defletido.

Quando a placa superior é positiva com relação à inferior, o raio é defletido para cima; quando o campo é invertido, o raio é defletido para baixo. O amplificador horizontal realiza uma função semelhante com os pares de placas de deflexão horizontais, fazendo com que o raio se mova para a direita ou para a esquerda.

Este sistema de deflexão é chamado de deflexão eletrostática, e é diferente do sistema de deflexão eletromagnética utilizado nos tubos das televisões.

Em comparação à deflexão magnética, a deflexão eletrostática pode seguir mudanças aleatórias no potencial, porém, é limitada a ângulos de deflexão pequenos.

A base de tempo é um circuito eletrônico que gera uma tensão de rampa. Esta é uma tensão que muda continuamente e linearmente no tempo. Quando ela atinge um valor pré-definido a rampa é reiniciada, com a tensão retornando ao seu valor inicial. Quando um evento de trigger é reconhecido o reset é ativado, permitindo que a rampa volte ao seu estado inicial e cresça novamente.

A tensão da base de tempo geralmente controla o amplificador horizontal. O seu efeito é a varredura do raio de elétrons a uma velocidade constante da esquerda para a direita através da tela, e então retornando o raio rapidamente para a esquerda para iniciar a próxima varredura.

A base de tempo pode ser ajustada para o período do sinal medido.

Desse modo, o amplificador vertical é controlado por uma tensão externa (a entrada vertical) que é tirada do circuito que está sendo medido. O amplificador possui uma impedância de entrada muito alta, de tipicamente um megohm, de modo que ele consome apenas uma pequena corrente da fonte do sinal.

O amplificador controla a deflexão causada pelas placas verticais com uma tensão que é proporcional à entrada vertical.

O ganho do amplificador vertical pode ser regulado para se ajustar à amplitude da tensão de entrada. Uma tensão positiva de entrada move o raio para cima, e uma tensão negativa o move para baixo, de modo que a deflexão vertical do ponto mostra o valor da diferença de potencial da entrada.

A resposta deste sistema é muito mais rápida do que a de sistemas de medição mecânicos como os multímetros, onde a inércia do ponteiro atrasa a sua resposta para a entrada.

Quando todos estes componentes trabalham simultaneamente, o resultado é um traço brilhante na tela que representa um gráfico da tensão em função do tempo. A tensão está representada pelo eixo vertical, e o tempo no horizontal.

Observar sinais de alta velocidade é difícil utilizando um osciloscópio de raios catódicos convencional, especialmente se os sinais não forem repetitivos, muitas vezes necessitando que o ambiente seja escurecido ou que uma capa especial seja colocada sobre a tela do tubo. Para auxiliar na visualização de tais tipos de sinal, utilizam-se osciloscópios especiais com tecnologia de visão noturna, utilizando uma placa com microcanais na fase do tubo para amplificar sinais de baixa intensidade de luz.



Câmera de osciloscópios da Tektronix® Modelo C-5A com pacote de filmes Polaroid instantâneos atrás.

Apesar de um osciloscópio de raios catódicos permitir que os sinais sejam vistos na sua forma elementar, não possui nenhum meio de gravar este sinal em papel para o propósito de documentação. Posteriormente, câmeras especiais para osciloscópios foram desenvolvidas para poderem fotografar a tela diretamente. As câmeras mais novas utilizavam filmes de rolo ou em chapas, enquanto nos anos 70 as câmeras instantâneas Polaroid® se tornaram populares.

A maioria dos osciloscópios multi-canais não possuem múltiplos raios de elétrons. Em contrapartida, eles mostram apenas um ponto por vez, porém alternam este entre os valores de um canal e outro, ou alternam as varreduras (modo ALT) ou várias vezes por varredura (modo CHOP). Muito poucos osciloscópios de raio duplo foram construídos; nestes, o acelerador de elétrons forma dois raios de elétrons e existem dois pares de placas de deflexão vertical e um conjunto comum das placas de deflexão horizontal.

O amplificador vertical e o controle da base de tempo são calibrados para mostrar a distância vertical na tela que corresponde a uma certa diferença de potencial, e a distância horizontal, que corresponde a um certo intervalo de tempo.

A fonte de alimentação é um componente importante do osciloscópio que provê baixas tensões para alimentar o aquecedor do catodo no tubo e os amplificadores vertical e horizontal. São necessárias altas tensões para controlar as placas de deflexão eletrostática. Estas tensões devem ser muito estáveis, já que qualquer variação causaria erros no posicionamento e brilho do traço.

Os osciloscópios analógicos mais recentes adicionaram processamento digital ao projeto padrão. A mesma arquitetura básica - tubo de raios catódicos, amplificadores vertical e horizontal - foi mantida, embora o raio de elétrons seja controlado por um circuito digital que permite mostrar gráficos e textos juntos com as formas de onda analógicas. As capacidades extra deste sistema incluem:

demonstração na tela das configurações do amplificador e da base de tempo;

cursores de tensão - linhas horizontais ajustáveis com demonstração de tensão;

cursores de tempo - linhas verticais ajustáveis com demonstração de tempo;

menus na tela para configuração do trigger e outras funções.

Osciloscópios analógicos com armazenamento

Uma capacidade extra disponível em alguns osciloscópios analógicos é chamada de 'armazenamento'.

Esta permite que a imagem do traço que normalmente decai em uma fração de segundo permaneça na tela por vários minutos ou mais tempo. Um circuito elétrico então pode ser deliberadamente ativado para armazenar e apagar o traço da tela.

O armazenamento é realizado utilizando o princípio da emissão secundária. Quando o raio de elétrons de escrita ordinário passa sobre um ponto na superfície de fósforo, ele não apenas faz o fósforo se iluminar momentaneamente, além disso a energia cinética do elétron atinge elétrons livres da superfície de fósforo. Isto pode deixar uma rede de cargas positivas. Os osciloscópios com armazenamento provêm um ou mais aceleradores de elétrons, (chamados de "flood guns") que produzem um fluxo de elétrons de baixa energia que percorre toda a tela de fósforo. Os elétrons da flood gun são desenhados mais nitidamente nas áreas da tela de fósforo onde o acelerador de elétrons deixou uma rede de cargas positivas: desta forma, os elétrons das flood guns re-iluminam o fósforo nas áreas carregadas positivamente da tela.

Se a energia dos elétrons da flood gun estiver corretamente balanceada, cada elétron liberado pela flood gun atinge um elétron secundário da tela de fósforo,

assim preservando a rede de cargas positivas nas áreas iluminadas de tela de fósforo. Desta forma, a imagem originalmente feita pelo raio de escrita pode ser mantida por um longo tempo. Eventualmente, pequenos desbalanceamentos na taxa de emissão secundária podem fazer com que a tela inteira seja alimentada positivamente (se ilumine) ou que se alimente negativamente (apagando a imagem). São estes desbalanceamentos que limitam o tempo máximo de armazenamento possível.

Alguns osciloscópios utilizam uma forma de armazenamento estritamente binária (on/off) conhecida como "armazenamento biestável". Outros permitem uma série constante de ciclos de limpeza curtos e incompletos que criam a impressão de um fósforo com "persistência variável". Certos osciloscópios também permitem o desligamento parcial ou total das flood guns, permitindo a preservação (invisível) da imagem armazenada para posterior visualização. (A alimentação positiva ou negativa ocorre somente quando as flood guns estão ligadas ("on"), com as flood guns desligadas, apenas os defeitos nas cargas podem degradar a imagem armazenada).

Osciloscópios com armazenamento digital

O osciloscópio com armazenamento digital (DSO) é atualmente o tipo preferido da maioria das aplicações industriais, apesar de osciloscópios analógicos CRO simples ainda serem utilizados por hobbistas. O osciloscópio digital substituiu o método utilizado no osciloscópio de armazenamento analógico por uma memória digital, que é capaz de armazenar as informações por quanto tempo forem necessárias sem degradação. Isto também permite um processamento complexo do sinal por circuitos de processamento de sinal digital de altas velocidades.

A entrada vertical, ao invés de controlar o amplificador vertical, é digitalizada por um conversor analógico-digital para criar um conjunto de informações que é armazenado na memória de um microprocessador.

O conjunto de informações é processado e então enviado para a tela, que nos osciloscópios mais antigos era um tubo de raios catódicos, porém atualmente pode ser também um LCD. Osciloscópios com o LCD colorido são comuns. O conjunto de

dados pode ser enviado através de uma LAN ou WAN para processamento ou arquivamento. A imagem da tela pode ser diretamente gravada no papel através de uma impressora ou plotter, sem a necessidade de uma câmera para osciloscópios. O próprio software de análise de sinal pode extrair muitas características úteis como tempo de subida, largura de pulso e amplitude, espectros de frequência, histogramas e estatísticas, mapas de persistência, e um grande número de parâmetros úteis para profissionais de campos especializados como as telecomunicações, análises de drives de disco e eletrônica de potência.

Osciloscópio baseado em computador

Apesar de a maioria das pessoas pensarem no osciloscópio como um instrumento dentro de uma caixa, um novo tipo de "osciloscópio" está surgindo, o qual consiste de um conversor analógico-digital externo (algumas vezes com sua própria memória ou com habilidade de processamento de dados) conectado a um PC que provê o display, interface de controle, armazenamento em disco, rede e muitas vezes a alimentação elétrica. A viabilidade destes Osciloscópio baseados em PC esta no seu uso comum e no baixo custo dos PCs padrão. Isto torna o instrumento particularmente prático para o mercado educacional, onde os PCs são comuns porém os investimentos em equipamentos são comumente baixos.

As vantagens dos osciloscópios baseados em PC incluem:

Custo reduzido (considerando que o usuário já possua um PC).

Fácil exportação de dados para softwares comuns do PC como processadores de texto e planilhas.

Habilidade de controlar o instrumento através de um programa no PC.

Uso das funções de rede e armazenamento do computador, que aumentam o custo em um osciloscópio comum.

Portabilidade mais fácil quando utilizado em uma laptop.

Este tipo de instrumento também possui desvantagens, entre elas:

Necessidade de instalar o software no PC.

Tempo levado pelo boot do PC, quando comparado ao tempo praticamente instantâneo de início de atividades de um osciloscópio padrão (apesar de alguns osciloscópios modernos serem PCs ou máquinas similares).

Portabilidade reduzida em uma desktop.

O inconveniente de usar parte da tela do PC como display do osciloscópio.

Alternativas ao osciloscópio

Existe uma alternativa prática ao osciloscópio que pode ser útil em muitas necessidades, e algumas vezes superior em reparo de rádio, que é ouvir os sinais.

O plano básico é mixar (multiplicar) uma frequência intermediária com o sinal, e então amplificar e ouvir o resultado em um alto-falante. Em outras palavras, se utiliza a modulação em amplitude para inserir o sinal na banda de áudio. (portanto para frequências de áudio não é necessária modulação)

Com os circuitos de estado sólido modernos, tal tipo de equipamento é barato e poder ser alimentado por uma pequena bateria.

Este sistema de diagnóstico foi muito usado quando o rádio estava no princípio de seu desenvolvimento, e ainda é utilizado na Ásia, e por alguns operadores de rádio amador. Na União Soviética, o instrumento para diagnóstico de rádios combinava um multímetro com um oscilador, um mixer de frequência e um amplificador de áudio para realizar este trabalho.

Osciloscópios na cultura popular

Nos anos 50 e 60, os osciloscópios eram frequentemente utilizados em filmes e programas de televisão para representar equipamento científico e técnico genérico, O programa da TV norte-americana de 1964 The Outer Limits usava uma imagem de um osciloscópio em seus créditos de abertura ("There is nothing wrong with your television set....") enquanto o filme Colossus: The Forbin Project mostrava um osciloscópio Tektronix RM503 montado em um rack.

Uso incomum

Em 1958 William Higinbotham criou o que seria um dos primeiros videogames do mundo ao adaptar um osciloscópio para uma simulação de partida de tênis, em Tennis for Two.

REFERÊNCIAS

<https://www.todamateria.com.br/eletrostatica/>>acesso em 08/01/2020

https://pt.wikipedia.org/wiki/Resist%C3%A2ncia_el%C3%A9trica>acesso em 08/01/2020

<https://www.todamateria.com.br/corrente-eletrica/>>acesso em 08/01/2020

<https://www.todamateria.com.br/potencia-eletrica/>>acesso em 08/01/2020

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Curto-circuito>>acesso em 08/01/2020

<http://blogdecorwatts.com/seguranca/curto-circuito-quando-acontece-o-que-fazer-e-como-evitar/>>acesso em 08/01/2020

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Mult%C3%ADmetro>>acesso em 08/01/2020

<https://www.todamateria.com.br/leis-de-ohm/>>acesso em 08/01/2020

<https://www.sabereletrica.com.br/circuito-serie-e-paralelo/>>acesso em 08/01/2020

<https://www.resumoescolar.com.br/fisica/circuitos-mistos/>>acesso em 08/01/2020

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Oscilosc%C3%B3pio>>acesso em 08/01/2020