

TEMA 1

Intensidade de Corrente nas Cargas em Série

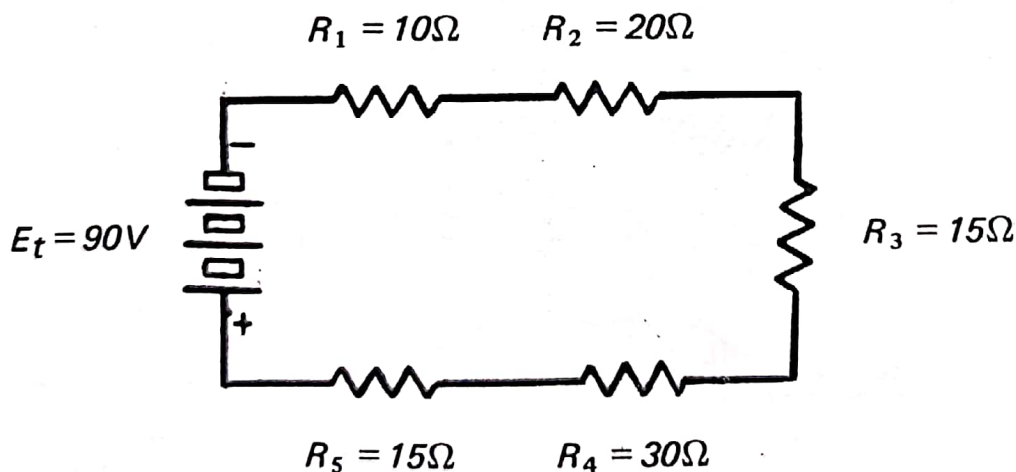
Quando em um circuito se utilizam várias cargas em série, a resistência total do circuito é a **soma** da resistência de cada uma das cargas. Assim, um circuito que possui 5 cargas em série, constituída cada uma delas por uma resistência de 100 ohms, a carga total do circuito será de $5 \times 100 = 500$ ohms.

A intensidade de corrente de um circuito, que contem cargas em série, se obtem somando primeiro a resistência de cada uma das cargas e aplicando a Lei de Ohm ($I = \frac{E}{R}$).

De acordo com o que já foi estudado, a corrente no circuito da figura é obtida da seguinte maneira:

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

$$R_t = 10 + 20 + 15 + 30 + 15 = 90\Omega$$



Determinada a resistência total, aplicamos a Lei de Ohm para obter o valor da corrente I :

$$I_t = \frac{E_t}{R_t} = \frac{90}{90} = 1 \text{ A}$$

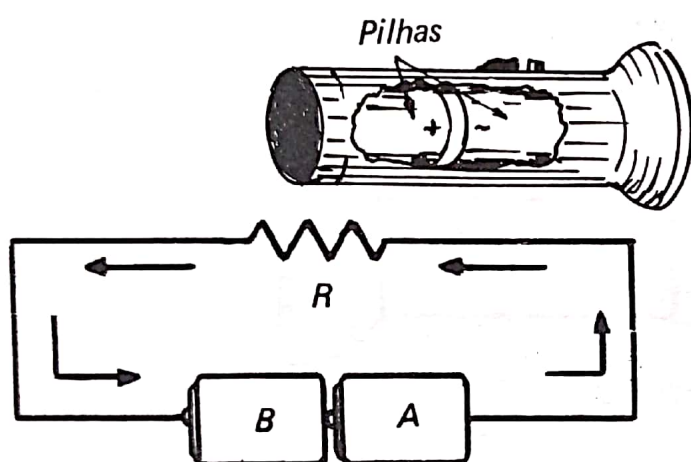
TEMA 2

Fontes de Tensão em Série

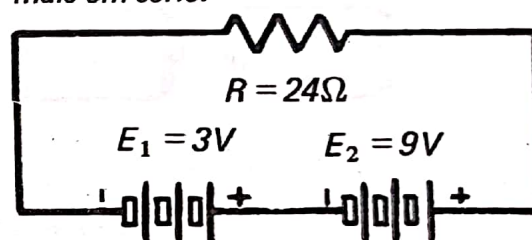
Qualquer pessoa, que em alguma ocasião adquiriu pilhas para seu rádio portátil ou lanterna, ou uma bateria para carro, sabe que as pilhas comuns fornecem uma tensão de 1,5 V, no entanto, as baterias podem ser de 6 V, 9 V, 12 V, etc..

Quando não é possível obter uma bateria, que forneça o valor exato de tensão que se necessita para determinado fim, é possível conseguir esse valor particular combinando duas ou mais pilhas ou baterias.

Foi dito que, duas ou mais fontes estão em série, quando se ligam uma atrás da outra, de modo que o pólo positivo de uma carga esteja em contato com o pólo negativo da outra. Os dois terminais que estão livres, se ligam ao circuito. A tensão resultante das fontes em série, é sempre maior que uma só delas.



Quando se deseja obter uma tensão maior que a fornecida por uma só pilha, ou fonte de energia, deve-se ligar duas ou mais em série.



Como pode ser visto na figura, a corrente sai do pólo negativo da bateria A, percorre o circuito formado pela resistência da carga e dos condutores, para entrar, logo depois, pelo pólo positivo da bateria B. Em seguida, passa do terminal negativo de B ao terminal positivo de A, onde termina o percurso.

Quando duas ou mais fontes de tensão se ligam em série aditiva (logo explicaremos este termo), a tensão total do conjunto é igual à soma das tensões individuais de cada fonte.

Para calcular a corrente, em um circuito que tenha fontes ligadas em série, deve-se encontrar, em primeiro lugar, a tensão total e logo aplicar a Lei de Ohm

$$\text{na forma } I = \frac{E}{R}$$

Para se obter o valor da corrente no circuito da ilustração anterior, calcula-se em primeiro lugar a tensão total. Assim: $E_{\text{tot}} = E_1 + E_2$

$$E_t = 3 + 9 = 12 \text{ V}$$

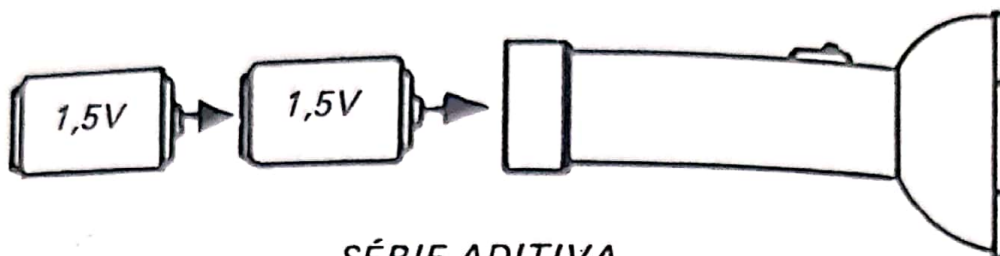
E para encontrar a corrente.

$$I = \frac{E_t}{R} = \frac{12}{24} = 0,5 \text{ A}$$

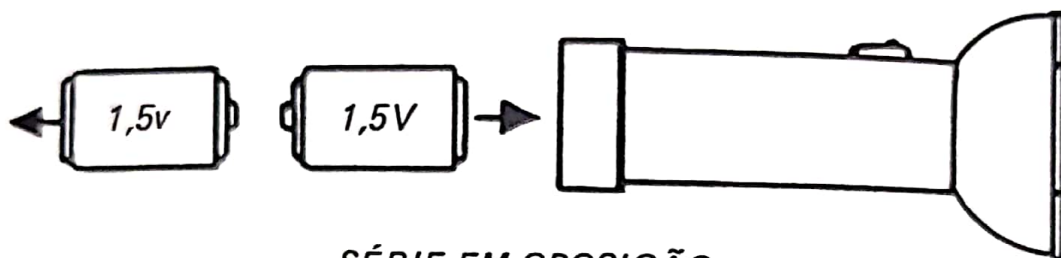
TEMA 3

Fontes em Oposição e Série

Se duas fontes de tensão são ligadas em série, de tal maneira que suas polaridades estejam em sentidos opostos diz-se que estão ligadas em série, em oposição. Agora será entendido porque se falou em série aditiva.



SÉRIE ADITIVA
Tensão total 3V

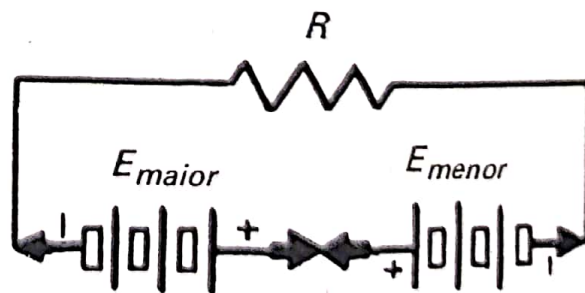
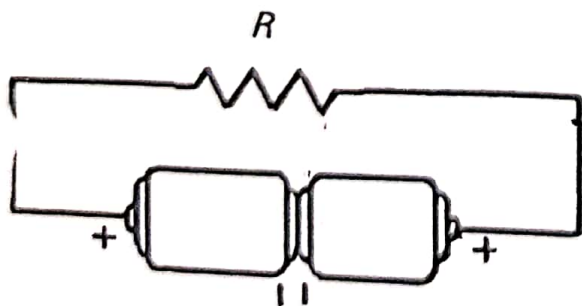


SÉRIE EM OPOSIÇÃO
Tensão total 0V

A tensão total de um conjunto de fontes ligadas em série e em oposição, é igual à diferença entre as tensões particulares de cada fonte.

A polaridade da tensão total será a mesma que da fonte, cuja tensão for maior. Se ambas as fontes têm a mesma tensão, a tensão resultante é zero.

$$E_{\text{tot}} = E_{\text{maior}} - E_{\text{menor}}$$



Se as polaridades das pilhas ou baterias não estão ligadas na mesma direção, estarão em oposição e SÉRIE, diminuindo então as tensões.

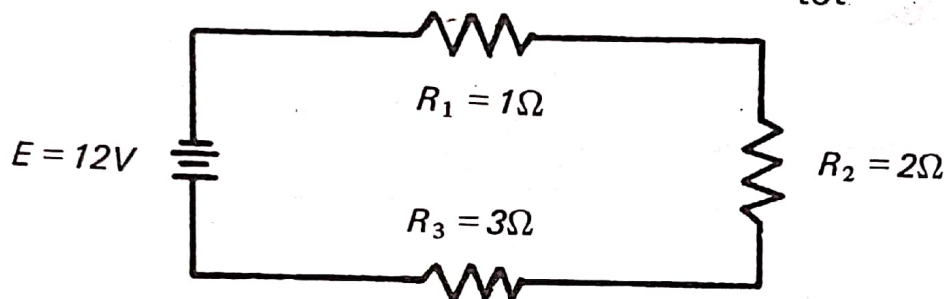
TEMA 4

Consumo de Potência em Circuitos-Série

Em circuitos que possuem uma carga única, a potência total é a que consome essa carga.

Quando o circuito possui várias cargas ligadas em série, cada uma delas consumirá uma certa quantidade de potência e a **potência total** será a soma das potências individuais de cada carga.

Esta potência total pode encontrar-se de duas maneiras: a primeira consiste em calcular a potência consumida por cada carga em particular e logo somar todas as potências; a segunda forma é mais simples e consiste em calcular primeiro a R_{tot} do circuito e determinar logo a potência sobre a R_{tot} .



Para encontrar a potência que consome cada uma das cargas do circuito anterior, devemos conhecer primeiro a corrente total do circuito, e para isto é preciso calcular antes a R_{tot} . Então procederemos assim:

$$R_{tot} = R_1 + R_2 + R_3 = 1 + 2 + 3 = 6 \text{ ohms}$$

Calculamos em seguida a corrente;

$$I = \frac{E}{R_{tot}} = \frac{12}{6} = 2 \text{ ampères}$$

Cálculo da potência em cada carga:

$$P = I^2 R$$

$$P_1 = 2 \times 2 \times 1 = 4 \text{ watts}$$

$$P_2 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ watts}$$

$$P_3 = 2 \times 2 \times 3 = 12 \text{ watts}$$

Cálculo da potência total:

$$P_{tot} = P_1 + P_2 + P_3 = 4 + 8 + 12 = 24 \text{ watts}$$

Pode-se calcular a potência total de forma mais simples, uma vez determinada a corrente, procede-se da seguinte forma:

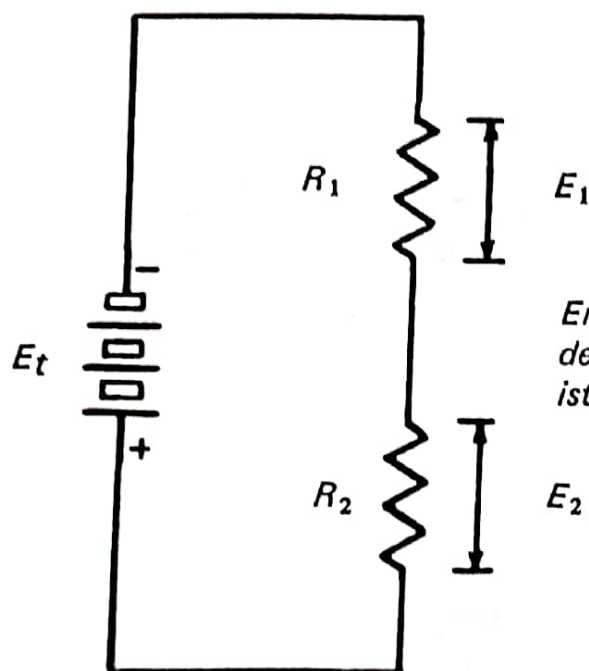
$$P_{tot} = EI = 12 \times 2 = 24 \text{ watts}$$

TEMA 5

Quedas de Tensão

Sabemos que quando se liga uma fonte de energia elétrica em uma carga formada por uma resistência, se produz um fluxo de corrente do terminal negativo para seu terminal positivo. Os elétrons que percorrem a resistência da carga, recebem energia da bateria e transportam para a carga em forma de calor. É evidente que desta maneira os elétrons vão perdendo a energia que a fonte lhe fornece em forma de tensão ou forma elétrica.

Já que o potencial entre os terminais da bateria são revelados em volts, a energia que os elétrons perdem ao longo do circuito, também se indica em volts.



Em um circuito em série, a soma das quedas de tensão é sempre igual à tensão aplicada, isto é, da fonte.

Por exemplo, se uma resistência é ligada a uma bateria de 100 volts perde-se 100 volts, o que se considera como uma queda de potência. Isto ocorre sempre que circula uma corrente por uma resistência.

Se à mesma fonte se ligam em série, duas ou mais resistências, em cada uma delas se produzirá uma queda de tensão parcial, porém a queda total será sempre de 100 volts. Isto significa que a soma das quedas parciais de tensão ou queda de tensão total, sempre será igual à tensão da fonte.

TEMA 6

Cálculo da Queda de Tensão

Em todo circuito série, a soma das quedas de tensão é sempre igual à tensão da fonte.

Esta regra se cumpre em todos os casos, qualquer que seja a quantidade de cargas que integram o circuito. Quanto maior for o número de cargas diferentes, menor será a queda de tensão em cada uma delas.

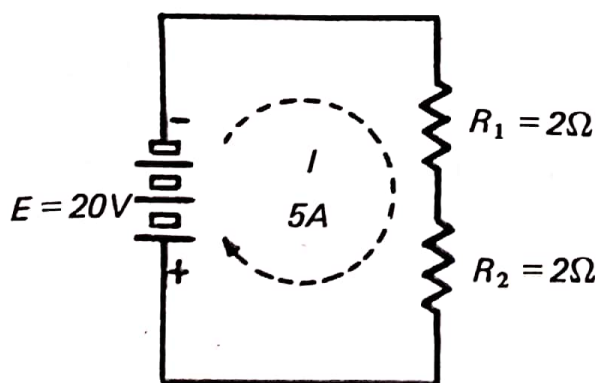
Considera-se que a queda de tensão é produzida pela energia fornecida à carga, é evidente que depende da intensidade de corrente que percorre a carga e da resistência desta.

Assim, quanto maior for a corrente ou mais alto o valor da resistência, maior será a queda de tensão. Quanto mais baixo for a corrente ou menor a resistência, menor será a queda de tensão.

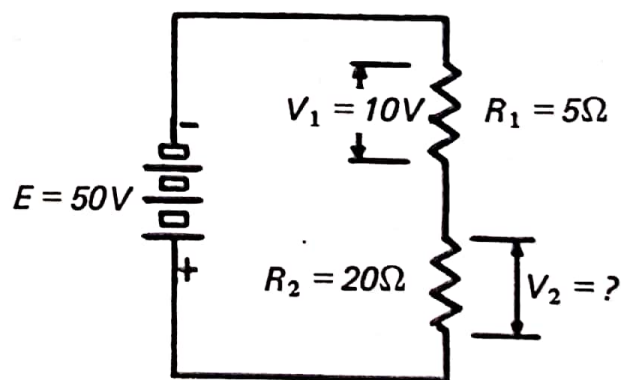
Este fenômeno se expressa por meio da equação $E = IR$, que é uma das expressões da Lei de Ohm e indica a relação entre tensão, corrente e resistência. Daqui para frente, representaremos uma queda de tensão com a letra V .

Assim: $V = IR$.

Podemos acrescentar ainda, sempre que uma corrente circula por uma resistência, produz nela uma queda de tensão proporcional ao valor da corrente e da resistência.



A



B

Para o circuito A, a queda de tensão em R_1 é:

$$V_1 = IR_1 = 5 \text{ A} \times 2\Omega = 10\text{V}$$

TEMA 7

Polaridade das Quedas de Tensão

Tanto a magnitude de uma tensão, como a de uma corrente, têm polaridade.

Em um circuito em série, a corrente é a mesma através de todo o circuito e sua polaridade está determinada pela direção em que flui, isto é, do negativo para o positivo da fonte.

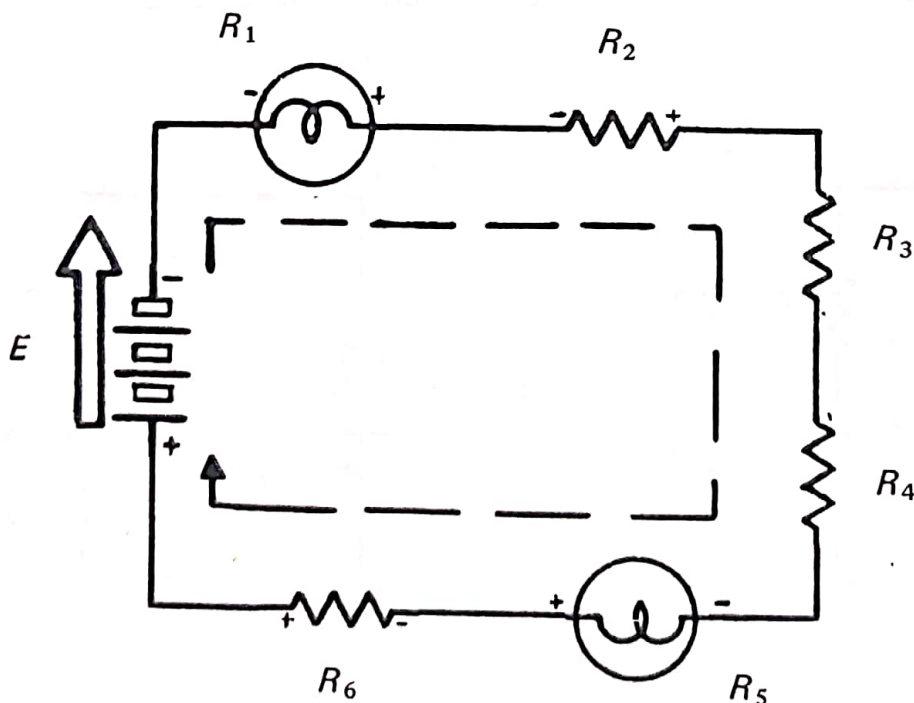
Por sua vez, todas as quedas de tensão sobre as resistências do circuito têm também polaridades.

As polaridades da queda de tensão são determinadas pela direção do fluxo da corrente.

A extremidade de uma resistência, por onde entra a corrente, tem polaridade negativa ($-$), e a extremidade onde a corrente sai, tem polaridade positiva ($+$).

Isto ocorre independentemente da quantidade de resistência que componha o circuito série.

As quedas de tensão nas resistências de cargas, sempre tem polaridades opostas à polaridade da fonte, e isto é evidente, ao se considerar que em cada resistência se produz uma queda de potencial já que no interior da fonte ocorre uma elevação de potencial.



Através das cargas, a corrente entra pelo lado negativo e sai pelo positivo, e na fonte, entra pelo positivo e sai pelo negativo.

Já sabemos, portanto, que a queda em R_1 , V_1 é igual a 10 volts, e como a soma das quedas deve ser igual à tensão da fonte, a tensão restante deve encontrar-se sobre R_2 e podemos determiná-la desta maneira

$$V_2 = E - V_1 = 20 - 10 = 10\text{volts}$$

É lógico que ambas as quedas de tensão sejam iguais, já que as duas resistências são iguais e são percorridas pela mesma corrente.

Para reconhecer a queda de tensão sobre uma resistência de um circuito em série, pode-se fazer uso da seguinte fórmula, conhecida como fórmula do divisor de tensão.

$$V_1 = \frac{E R_1}{R_{\text{tot}}}$$

Onde:

V_1 é a queda de tensão que se deseja conhecer.

E a tensão da fonte.

R_1 a resistência sobre a qual se produz a queda que se quer calcular.

R_{tot} a resistência total do circuito série.

Calculemos por intermédio desta expressão a queda de tensão sobre R_2 do circuito B da ilustração anterior:

$$V_2 = \frac{E R_2}{R_1 + R_2} = \frac{50\text{V} \times 20\Omega}{5\Omega + 20\Omega} = \frac{1000}{25} = 40\text{volts}$$

A queda de tensão na resistência de 20 ohms, é de 40volts. Isto é efetivo, já que, se somarmos estes valores ao da queda em R_1 que é de 10V, nos dará a tensão da fonte que é de 50volts.

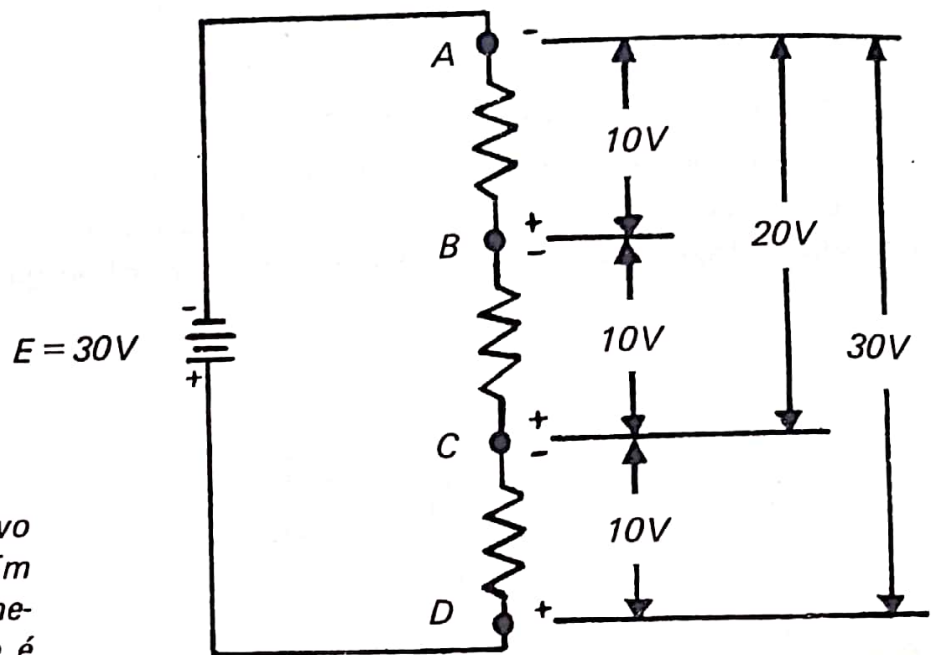
Por outro lado, é possível encontrar o valor da corrente em qualquer circuito série, pode-se conhecer o valor de uma resistência e a queda de tensão sobre ela, por meio da equação $I = V/R$. Onde V é a queda de tensão.

A corrente do circuito B pode ser obtida da seguinte forma:

$$I = \frac{V_1}{R_1} = \frac{10\text{V}}{5\Omega} = 2\text{ampères}$$

TEMA 8

Polaridade e Tensão em um Ponto do Circuito



Um ponto é positivo ou negativo somente em relação a outro. Em muitas ocasiões, um ponto é negativo com relação a outro e é positivo em relação a um terceiro.

Ao se observar com atenção a figura anterior, pode se ver que os pontos de união das resistências estão marcadas com uma letra, e além disso, a polaridade das tensões ou queda de tensão em cada resistência.

Segundo se observa, nos pontos B e C estão indicadas as duas polaridades + e -. Isto significa que tais pontos são positivos e negativos ao mesmo tempo?

Na realidade, não tem sentido dizer que um ponto qualquer é positivo ou negativo, se não for estabelecido se o outro ponto é negativo ou positivo. Logo, um ponto é positivo, em relação a outro ponto.

Sob este ponto de vista, fica claro então, que o ponto B é positivo em relação ao ponto A, e negativo em relação ao ponto C. O ponto C, por sua vez é negativo em relação ao ponto D, e positivo em relação a B.

Pela mesma razão, em um ponto qualquer não pode haver tensão. A tensão existe quando há uma **diferença de potencial** entre dois pontos.

Isto pode ser observado na ilustração, onde se tem uma queda de tensão de 10volts sobre cada resistência. Logo, a tensão entre os pontos A e B, entre B e C, e entre C e D, é, em todos os casos, de 10volts. A tensão entre A e C é a soma das tensões A e B, mais a de B e C, isto é, 20V. Da mesma maneira, a tensão entre os pontos A e D é de 30V.

TEMA 9

Quedas de Tensão no Circuito de Potenciômetro

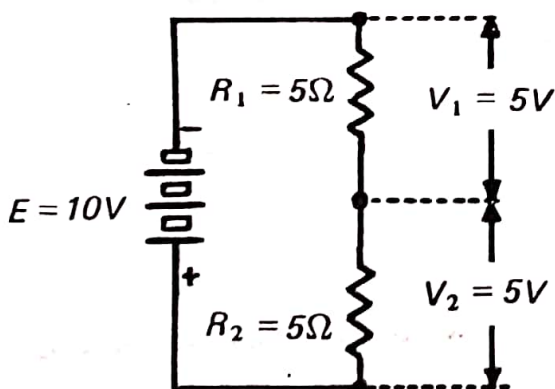
Do que foi exposto no tema anterior, pode-se concluir a utilidade que pode ter, o efeito das quedas de tensão sobre as resistências de um circuito em série, já que permite obter diferentes tensões a partir da tensão de uma fonte de tensão fixa. É evidente que, quanto maior a quantidade de resistências ligadas em série, maior será a quantidade de tensões diferentes com que se pode contar.

Uma maneira simples de obter grande quantidade de tensão com uma só resistência de carga, consiste em usar um potenciômetro.

Como já foi citado, um potenciômetro tem três terminais conectados ao circuito. O terminal central do potenciômetro divide a resistência total em duas resistências que estão ligadas em série, cada uma das quais tem sua própria queda de tensão.

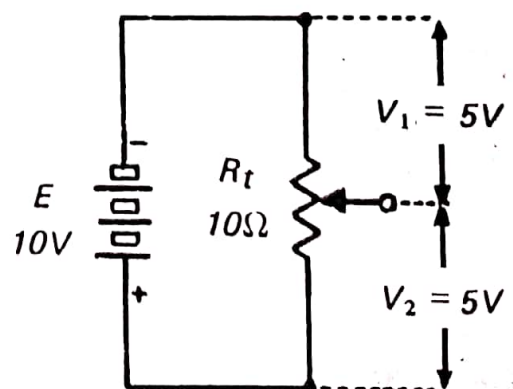
Mudamos a posição do curso do potenciômetro, modifica-se o valor das duas resistências em série (enquanto uma aumenta, a outra diminui) e muda, conseqüentemente, o valor das tensões.

UM POTENCIÔMETRO



Produz o mesmo efeito que

DOIS RESISTORES EM SÉRIE

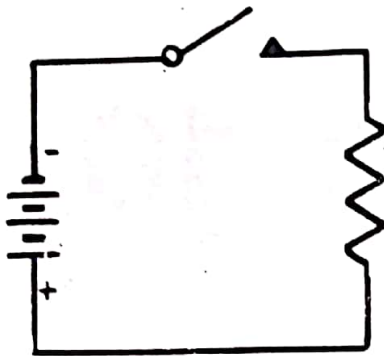


Mudando a posição do cursor de um potenciômetro, obtêm-se duas resistências em série de qualquer valor, e assim, obtêm-se diferentes quedas de tensão.

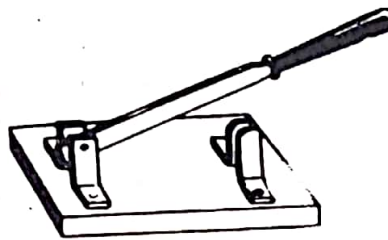
TEMA 1

Circuito Aberto

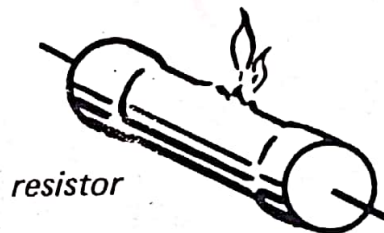
Se um circuito em série é interrompido em algum ponto, instantaneamente a corrente deixa de fluir.



*interruptor
aberto*

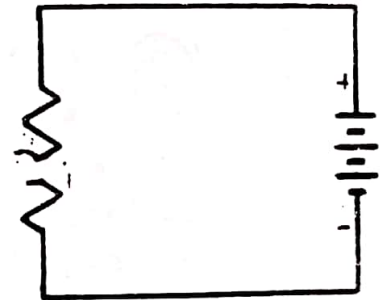


interruptor



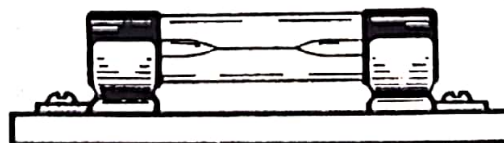
resistor

*resistência
queimada*



Um circuito pode abrir de forma deliberada por intermédio de um interruptor, ou isto pode ocorrer em consequência de uma falha ou defeito, como por exemplo, um cabo cortado ou uma resistência queimada.

Geralmente usam-se fusíveis para proteger o circuito contra excessos de corrente que pode danificar a fonte ou a carga. A função de um fusível consiste em abrir o circuito quando a corrente ultrapassa certo limite.



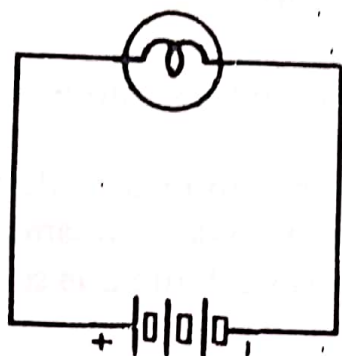
Fusível

Em um circuito de série, aberto, não há fluxo de corrente, e portanto, não pode haver queda de tensão sobre as resistências que formam a carga. Da mesma forma, se não há tensão nem corrente sobre as cargas, não haverá consumo de potência.

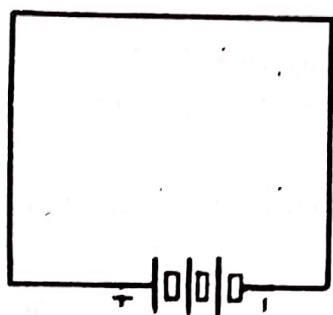
TEMA 2

Curtos-Circuitos

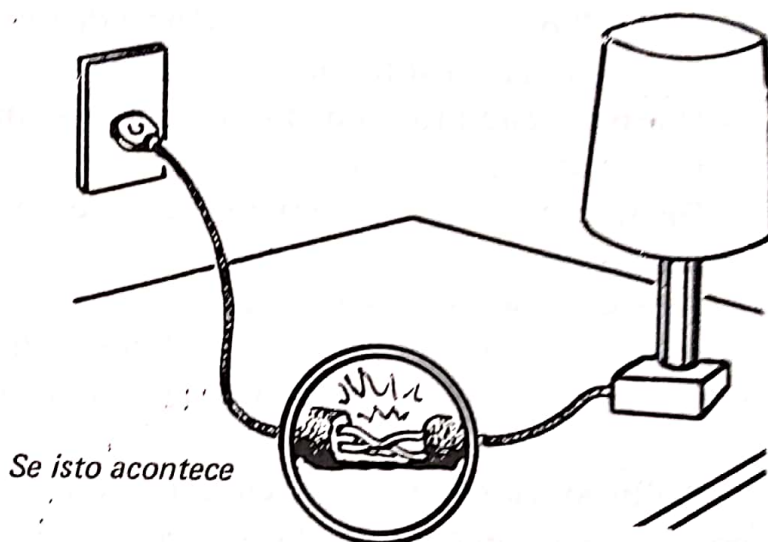
Em um circuito de C.C., a resistência é a única que se opõe à passagem da corrente e determina seu valor.



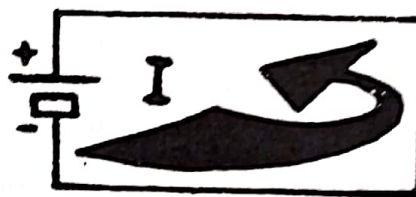
este circuito



se converte neste circuito



Se isto acontece



*Corrente muito elevada
em curto-circuito*

Se o valor da resistência for muito pequeno ou zero, a corrente através do circuito seria excessivamente grande. Esta condição, de resistência zero entre os terminais de uma fonte, recebe o nome de curto-circuito.

Recordando o que foi dito sobre materiais condutores, torna-se evidente que a resistência zero, ou ausência total de resistência, é uma condição que não pode ocorrer na prática. Por melhor condutor que seja um material, e por maior que seja sua área de secção transversal, sempre haverá algo de resistência. Mas este algo de resistência impede somente que a corrente se eleve até o infinito.

Por estas razões, se considera que em um circuito existe um "curto", quando a resistência diminui a tal ponto, que o excesso de corrente pode danificar os componentes do circuito.

Os fusíveis e alguns tipos de interruptores automáticos protegem os circuitos contra o perigo dos curtos-circuitos.

TEMA 3

Fusíveis

Para que a proteção exercida por um fusível, sobre o circuito, seja efetiva, este deve ser capaz de:

- a) "Saber" ou "perceber" a existência de um curto-circuito.
- b) Abrir o circuito antes que se produzam danos irreparáveis.
- c) Manter o circuito fechado quando as condições são normais, isto é, quando não existir curto-circuito.

De forma elementar, um fusível está constituído por um pedaço de fio de metal maleável, como o chumbo, fechado dentro de um tipo de vasilhame.

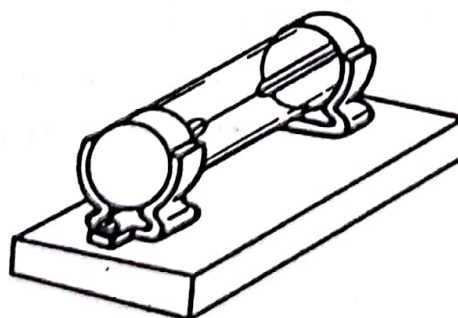
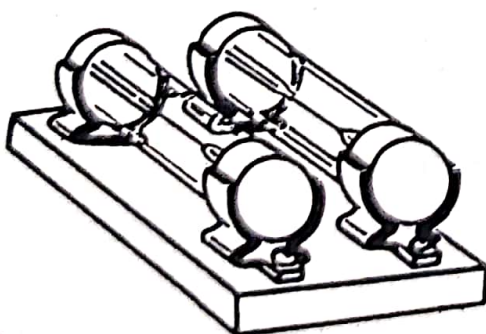
Está sempre ligado em série, juntamente com a carga e a fonte que se deseja proteger. Por ser feito de fio condutor, o fusível não introduz uma resistência apreciável ao circuito, portanto, em condições normais não tem nenhum efeito sobre ele.

Ao produzir-se um curto-circuito, aumenta a corrente que passa pelo fusível, com a qual aumenta em proporção o calor produzido por $I^2 R$. O ponto de fusão do material de que é feito o fusível, é baixo, de modo que, este se funde a temperaturas mais baixas que os condutores comuns.

Desta maneira, o circuito se abre antes que o calor produzido pelo excesso de corrente danifique outros materiais.

A corrente máxima que pode suportar um fusível está determinado pelo tipo de material que é fabricado, e de sua secção transversal.

Um fusível inutilizado deve ser substituído por outro de iguais características.



Estes são fusíveis



Este é o símbolo de um fusível

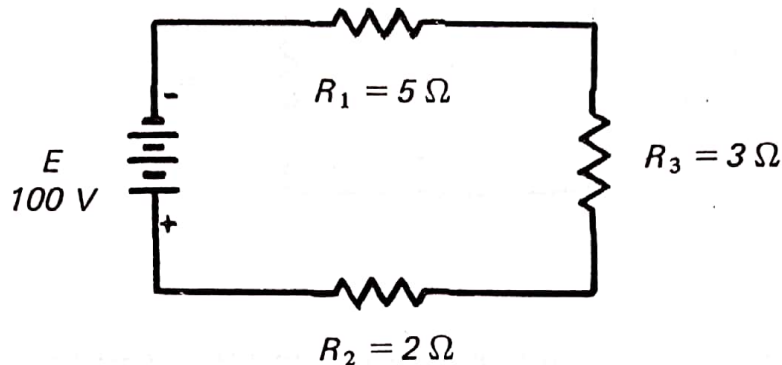
Outro dispositivo de proteção usado com freqüência, é o interruptor automático, que não se queima ao ocorrer um "curto" mas desliga. Volta-se a ligar logo após o conserto do inconveniente que produziu o curto-circuito.

Em uma das primeiras lições se estudou um interruptor deste tipo, baseado no fenômeno do eletromagnetismo.

TEMA 4

PROBLEMAS

Problema 1 — Calcular a corrente e a potência total no seguinte circuito.



Resposta: Calcula-se primeiramente a R_t do circuito.

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 = 5 + 2 + 3 = 10 \, \Omega$$

Uma vez conhecida a resistência total, procura-se o valor da corrente aplicando a Lei de Ohm:

$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{100 \, V}{10 \, \Omega} = 10 \, A$$

A potência pode ser calculada de três maneiras diferentes. Porém, qualquer que seja o método usado, o primeiro passo será, dizer qual é a fórmula mais adequada das três.

$$P = EI \quad P = I^2 R \quad P = \frac{E^2}{R}$$

Calcularemos a P_t determinando a potência sobre cada resistência:

$$P_t = I^2 R_1 + I^2 R_2 + I^2 R_3$$

$$P_t = 10 \times 10 \times 5 + 10 \times 10 \times 2 + 10 \times 10 \times 3 = 500 + 200 + 300 = 1000 \, W$$

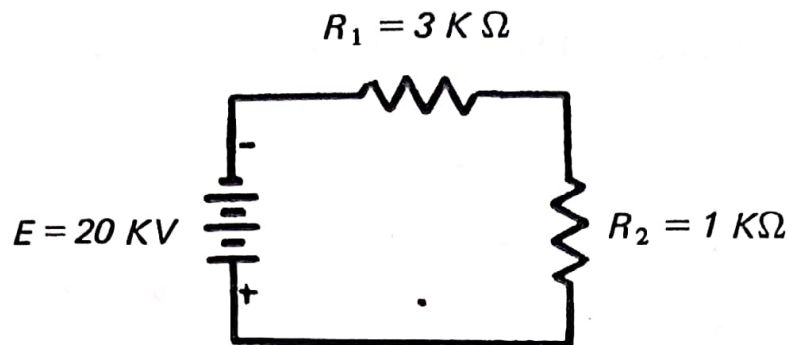
Encontraremos agora a P_t , por meio da corrente e da R_t . Usamos a mesma fórmula que antes:

$$P_t = I^2 R_t = 10 \times 10 \times 10 = 1000 \, W$$

Finalmente, como já se conhece a tensão da fonte e a corrente, calcularemos a P_t , com base nestes dois valores.

$$P_t = EI = 100 \times 10 = 1000 \, W$$

Problema 2 — Qual é a corrente que circula neste circuito?



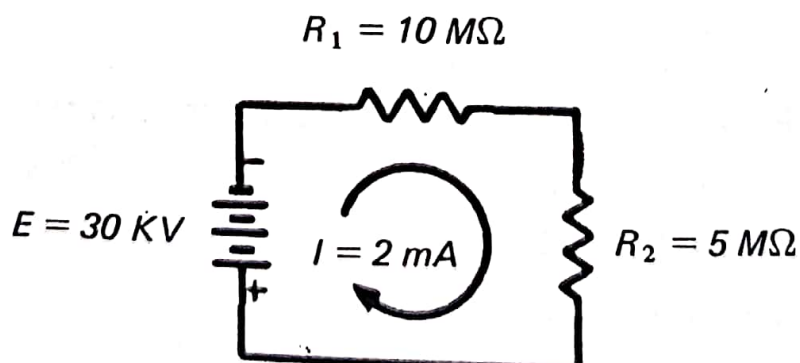
Sempre que se resolve algum problema, deve-se substituir as unidades para expressar os valores das magnitudes elétricas.

Assim, antes de substituir pela fórmula adequada, deve-se converter as quantidades dadas no circuito, pelas unidades básicas: 20 kilovolts = 20.000 volts; 3 kilohms = 3.000 ohms e 1 kilohms = 1.000 ohms.

Aplicamos agora a Lei de Ohm em sua forma $I = \frac{E}{R_t}$

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{20000 \text{ V}}{3000 \Omega + 1000 \Omega} = 5 \text{ A}$$

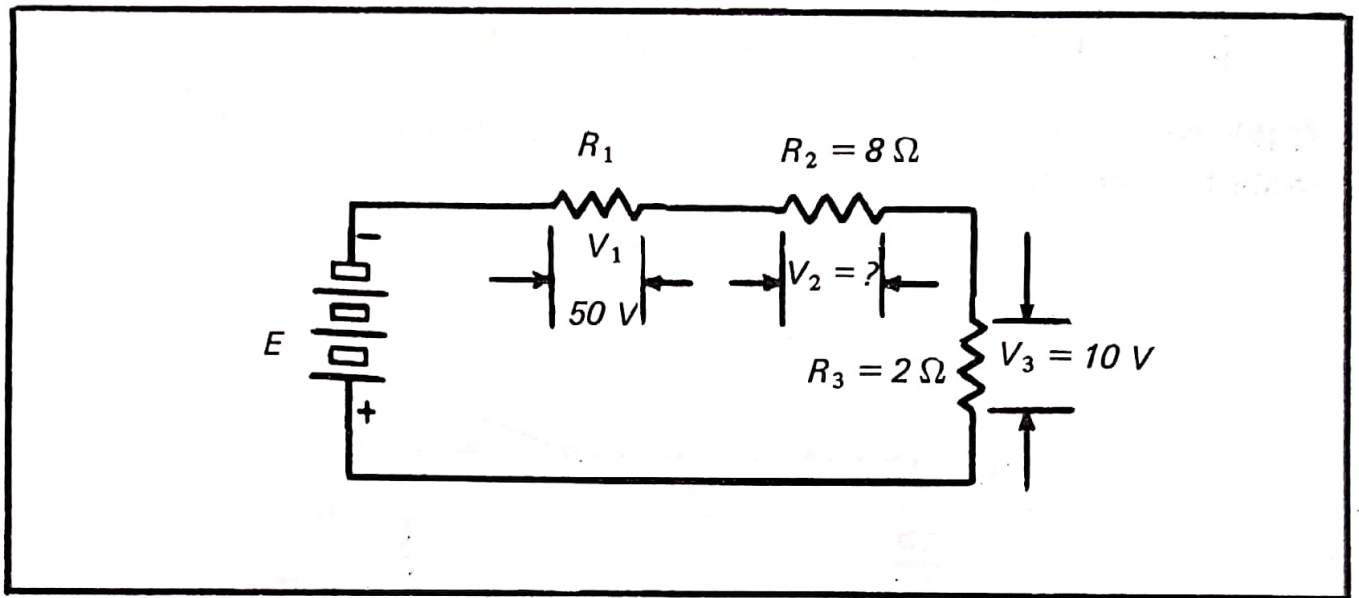
Problema 3 — Converter os valores dados no circuito seguinte, em unidades básicas.



$$\begin{aligned} 1 \text{ KV} &= 1.000 \text{ V} \\ 1 \text{ M}\Omega &= 1.000.000 \Omega \\ 1 \text{ mA} &= 0,001 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{logo } 30 \text{ KV} &= 3.0000 \text{ V} \\ \text{logo } 10 \text{ M}\Omega &= 10.000.000 \Omega \text{ e } 5 \text{ M}\Omega = 5.000.000 \\ \text{logo } 2 \text{ mA} &= 0,002 \text{ A} \end{aligned}$$

Problema 4 — Encontrar o valor da tensão da fonte do circuito dado a seguir.



Este problema, que parece complicado à primeira vista, é na realidade muito simples de resolver, aplicando os conhecimentos que foram obtidos até agora. Sabemos que a tensão está dada através de $E = IR$. Sabemos, além disso que a tensão das fontes é igual à soma das quedas de tensão de circuito $E = V_1 + V_2 + V_3$. Tendo em vista estas considerações, resolveremos o problema passo a passo:

Primeiro passo: determinamos a corrente em R_3 , que é semelhante à todas do circuito.

$$I = \frac{V_3}{R_3} = \frac{10 \text{ V}}{2 \Omega} = 5 \text{ A}$$

Segundo passo: determinamos o valor de R_1 .

$$R_1 = \frac{V_1}{I} = \frac{50 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 10 \Omega$$

Terceiro passo: calculamos o valor da fonte.

$$E = IR_t = 5 \text{ A} \times 20 \Omega = 100 \text{ V}$$

De outra forma, que é mais simples, teríamos que proceder da seguinte maneira:

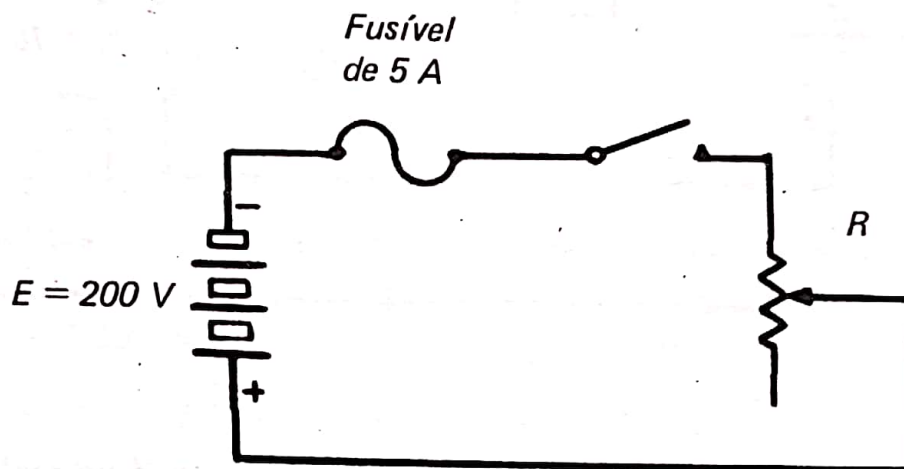
- 1 — Calcula-se a corrente por R_3 , onde o resultado é de 5 ampères.
- 2 — Calcula-se a queda de tensão sobre R_2 .

$$V_2 = IR_2 = 5A \times 8 \Omega = 40 V$$

- 3 — Tomamos as quedas de tensão.

$$E = V_1 + V_2 + V_3 = 50 + 40 + 10 = 100 V$$

Problema 5 — Quanta potência consome a resistência R quando no circuito seguinte, o interruptor encontra-se aberto?



É evidente que se o interruptor encontra-se aberto, não haverá corrente no circuito; portanto, a corrente dissipada será zero.

Problema 6 — O fusível do mesmo circuito é de 5 ampères no máximo. Qual é, então, o valor mínimo que pode tomar R , sem que entre em fusão?

O valor mínimo que pode ter R é aquele que fixa a corrente em 5 ampères.

$$R = \frac{E}{I} = \frac{200}{5} = 40 \Omega$$

Qualquer valor de resistência inferior ao calculado, fará com que a corrente ultrapasse a capacidade do fusível e este então se queimará.

Problema 7 — Se o fusível se queima e abre o circuito: Qual será a queda de tensão sobre R ?

Se não há corrente no circuito, não há queda de tensão sobre R .

TEMA 5

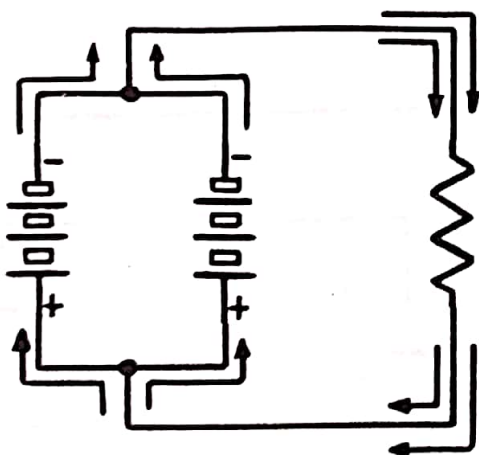
Circuito em Paralelo

Os circuitos que até agora analisamos, são todos do tipo em série. Sua característica fundamental é que a corrente é a mesma em qualquer ponto do circuito.

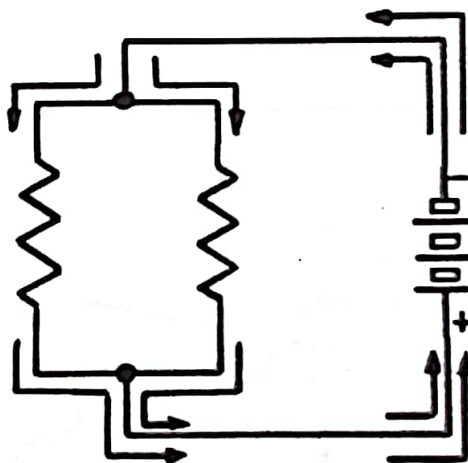
Existe grande número de outros circuitos, nos quais a corrente não é a mesma em todos os seus pontos.

São os circuitos chamados **em paralelo**. "Um circuito paralelo é aquele onde a corrente tem vários caminhos para fluir, do pólo negativo para o positivo da fonte".

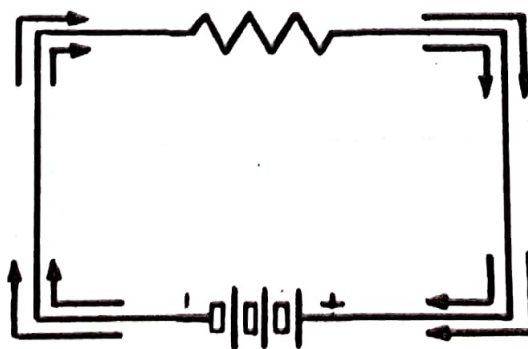
Quando os componentes de um circuito estão dispostos de modo que a corrente possa seguir várias trajetórias, diz-se que os elementos do circuito **estão em paralelo**.



*Este é um
circuito em paralelo.*



*Este também é um
circuito em paralelo.*



*Este não é um circuito
em paralelo.*

TEMA 6

Cargas em Paralelo

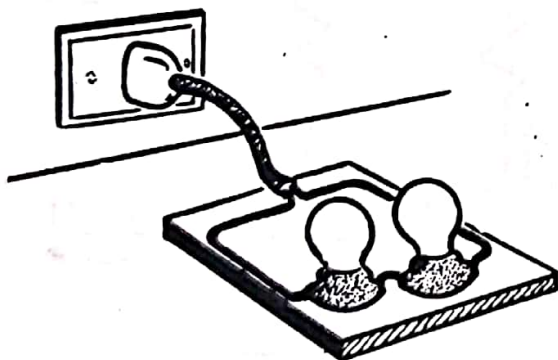
Nos circuitos em série, todas as cargas têm quantidades iguais de corrente, sendo que a mesma sai e retorna à bateria.

Muitas vezes, no entanto, as cargas se ligam à fonte de tal modo, que a corrente através de cada uma delas é diferente em todos os casos. Neste caso, a corrente que sai da fonte se **divide** ou bifurca e só uma parte dela flui por cada carga. Foi dito então, que as cargas estão **ligadas em paralelo** e o **circuito é paralelo**.

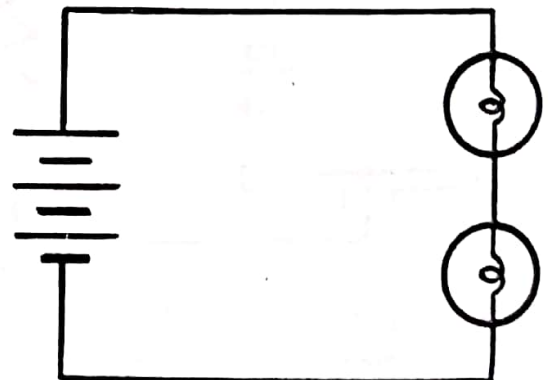
Os diferentes percursos que realiza a corrente em um circuito paralelo, se chamam **ramos** e cada corrente recebe o nome de **corrente de ramo**.

Como a corrente total que sai da fonte, se divide entre os ramos, torna-se evidente que qualquer corrente do ramo é inferior à corrente total da bateria.

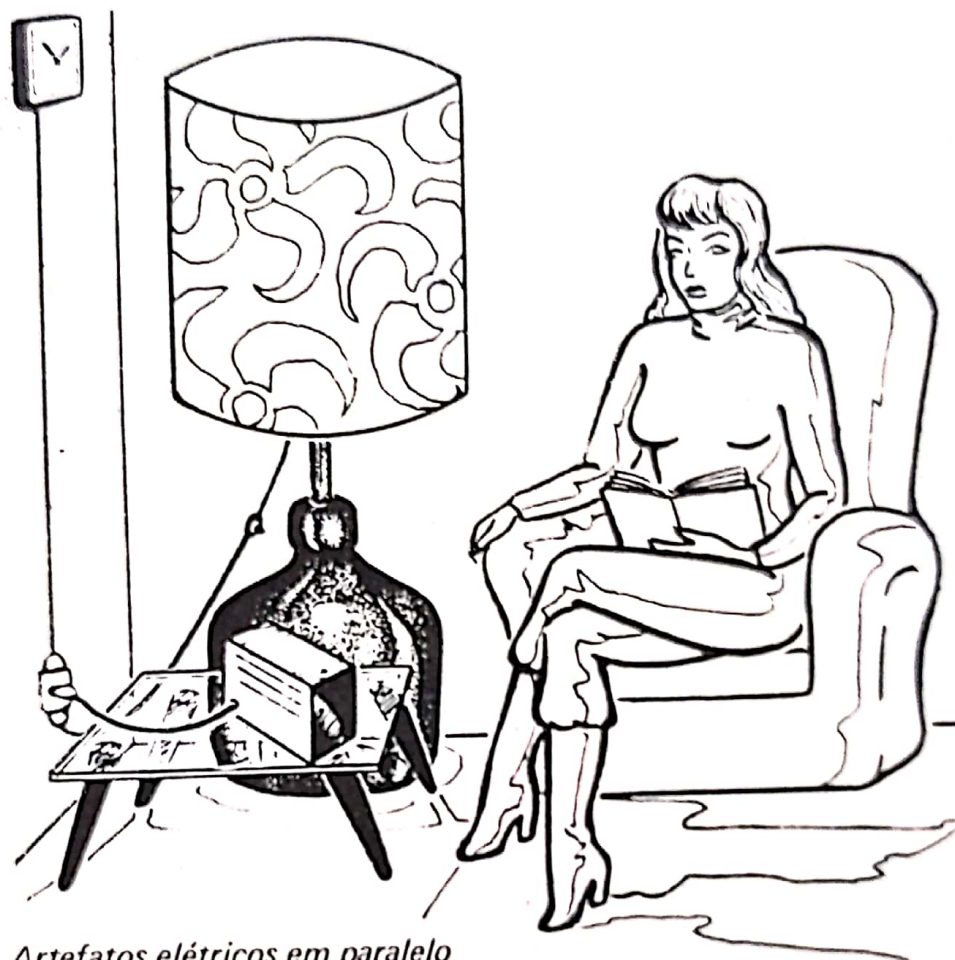
Se um dos ramos de um circuito paralelo se interrompe, a corrente continuará fluindo pelo circuito através dos ramos que não estão abertos.



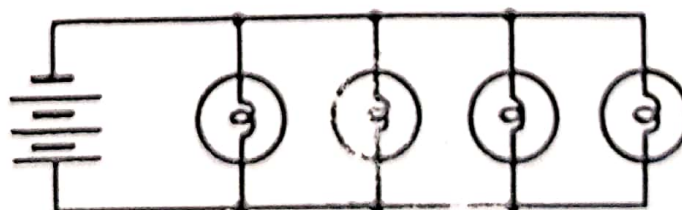
Lâmpadas em série.



*Circuito de lâmpadas em série.
Se uma queima, apagam-se todas.*



Artefatos elétricos em paralelo



Circuito de lâmpadas em paralelo.

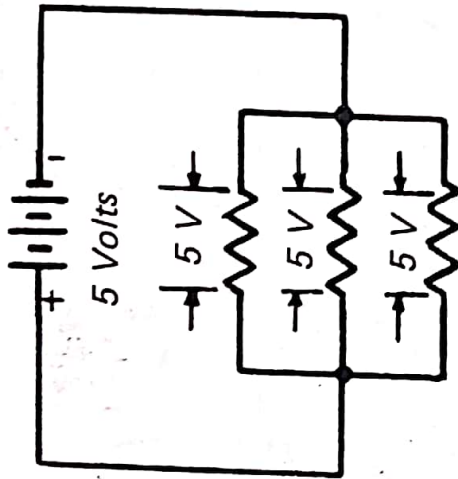
Se uma lâmpada se queima continua circulando corrente pelas demais.

TEMA 1

Queda de Tensão nos Circuitos Paralelos

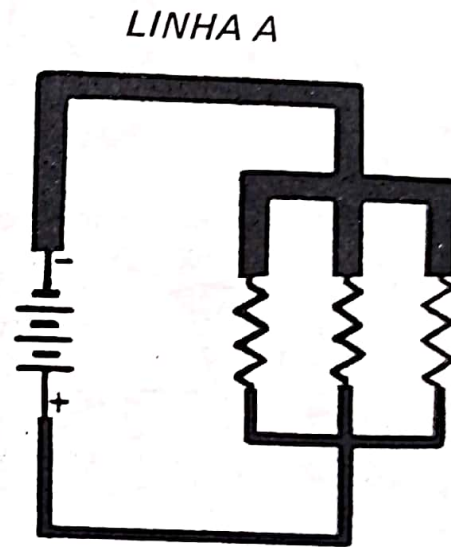
Recordemos que, nos circuitos em série a tensão da fonte se distribui ao longo do circuito em forma de quedas de tensão, que se produzem em cada resistência e a soma de todas essas quedas é igual à tensão da fonte.

Quando as cargas são ligadas em paralelo, a queda de tensão sobre cada uma delas será igual à tensão da fonte, já que, como se pode observar no diagrama seguinte, cada carga está ligada entre os dois terminais da fonte, e portanto, tem aplicada a tensão total entre suas próprias extremidades.



$$E_{\text{fonte}} = E_{R_1} = E_{R_2} = E_{R_3}$$

(A)



LINHA B

(B)

Observando com atenção o circuito A da figura, nota-se que a tensão da fonte é a mesma em cada ramo, tendo em conta que as linhas que representam os condutores, são consideradas como linhas de igual potencial. Isto significa que as linhas que ligam cada carga com a fonte, têm o mesmo potencial em toda sua extensão. Isto se compreenderá melhor observando a ilustração B.

A linha A representa o pólo negativo da bateria em toda a sua extensão, entretanto, a linha B o faz com o pólo positivo.

O potencial da bateria é de 5 volts, portanto, a diferença de potencial entre os terminais de cada carga é também de 5 volts.

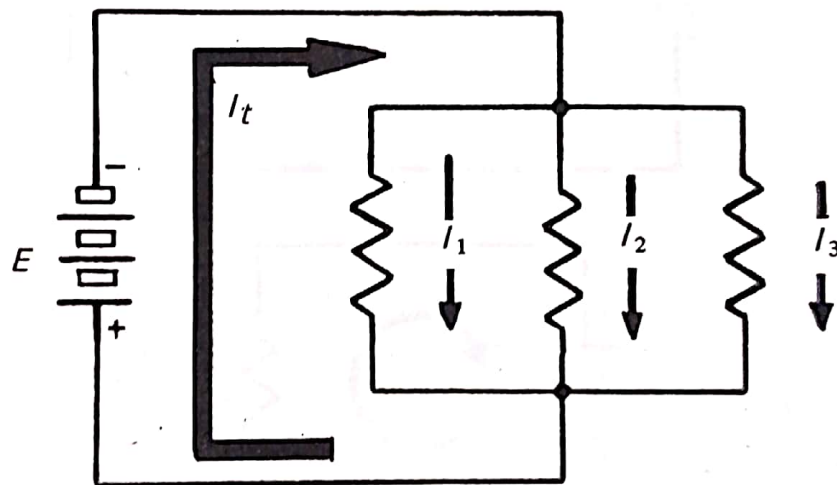
TEMA 2

A Corrente em Circuitos Paralelos

Nos circuitos paralelos a corrente se bifurca na entrada de cada ramo para voltar a recombinar-se à saída antes de retornar ao pólo positivo da fonte.

Isto significa que ao pólo positivo da bateria deve entrar uma quantidade de corrente exatamente igual à que abandona o pólo negativo, e já que no circuito não há mais energia elétrica que a fornecida pela fonte, podemos afirmar que a soma das correntes do ramo deve ser igual à corrente total. Expressando em forma matemática, fica desta maneira:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$



O valor da corrente de cada ramo está determinado pela tensão da bateria, dividida pela resistência de cada ramo em particular.

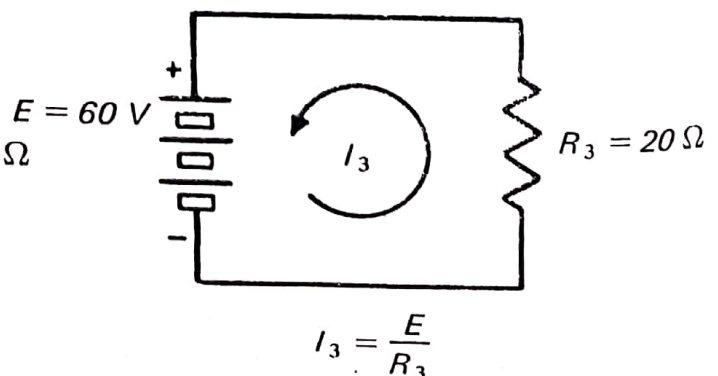
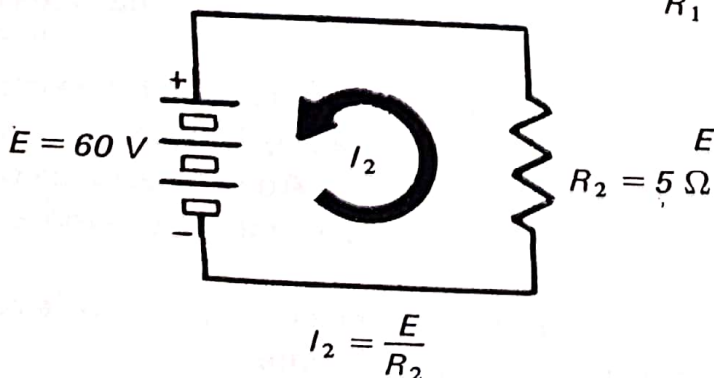
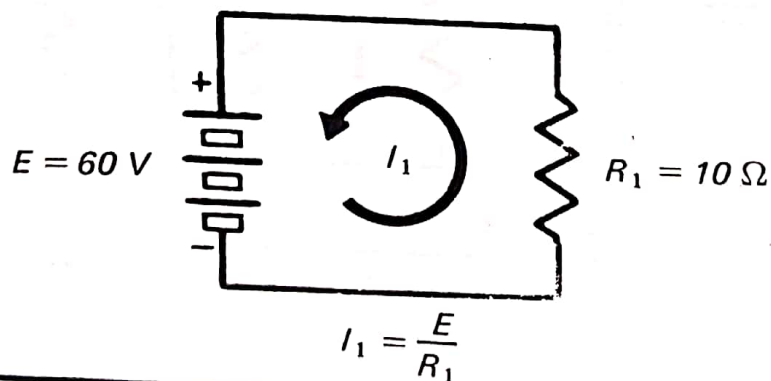
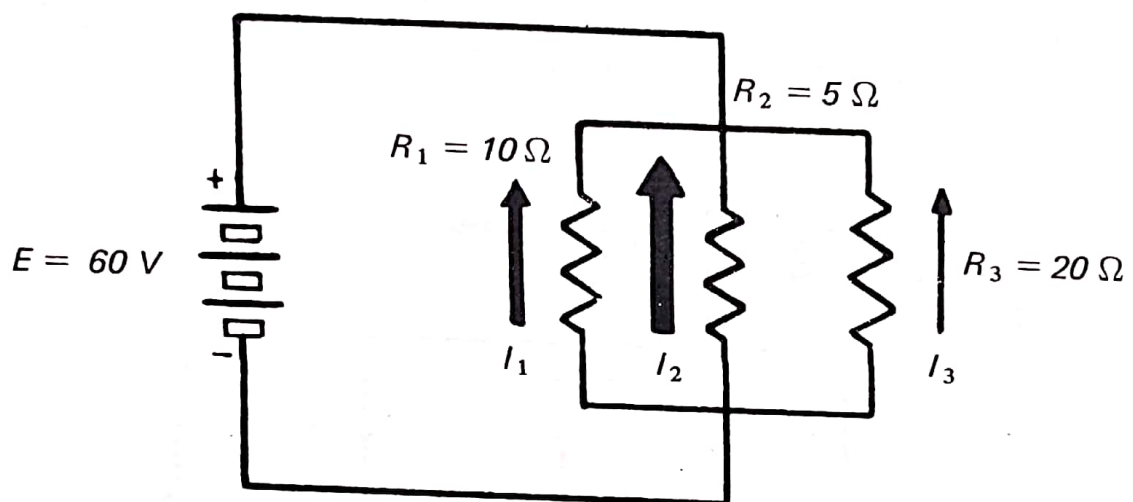
É preciso considerar, que a mesma tensão se aplica às extremidades de cada ramo, conseqüentemente, a corrente que circula pelo ramo, será tão menor, quanto mais elevado for o valor da resistência desse ramo. Ao contrário, a corrente será cada vez maior, tanto quanto menor for a resistência do ramo em questão.

No próximo tema, veremos que ao acrescentar resistência em paralelo, a resistência total do circuito diminui, com isso aumenta a corrente.

TEMA 3

Cálculo das Correntes do Ramo

Em cada ramo de um circuito em paralelo, a corrente é diferente, mas em qualquer ponto de um ramo, a corrente é a mesma. Esta condição é semelhante a um circuito série e deve ter-se em conta, para calcular as correntes dos ramos. Para efetuar este cálculo, se considera cada ramo como um circuito elementar em série e se aplica a Lei de Ohm.



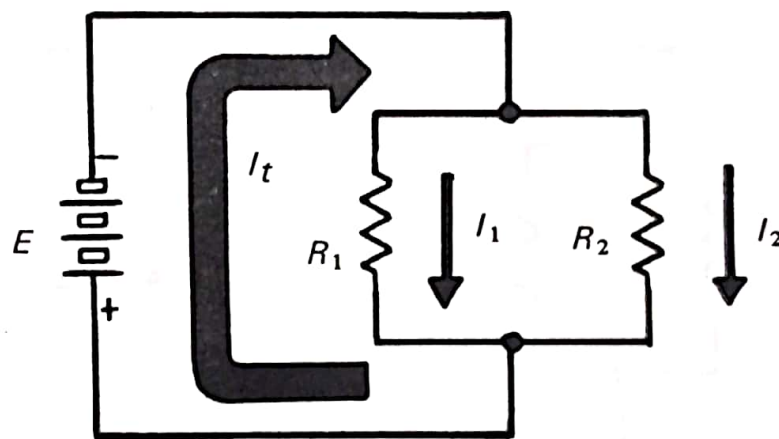
TEMA 4

Cálculo da Corrente Total

Considerando-se que a soma das correntes de cada ramo é igual à corrente total de um circuito paralelo, para calcular a corrente total deve-se calcular primeiramente, a corrente que circula em cada ramo e logo somar estes valores.

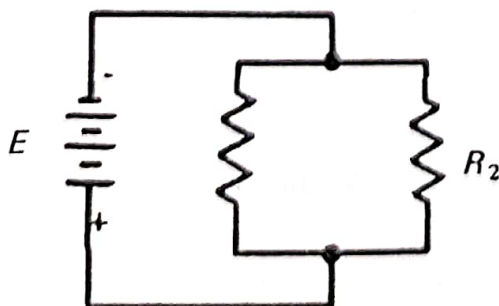
Por exemplo, no circuito da figura anterior, a corrente total será igual à soma das correntes de cada ramo, isto é, $6A + 12A + 3A = 21$ ampères.

Às vezes é mais prático encontrar primeiro a R_t do circuito, e logo calcular I_t por intermédio da fórmula $I_t = E/R_t$.

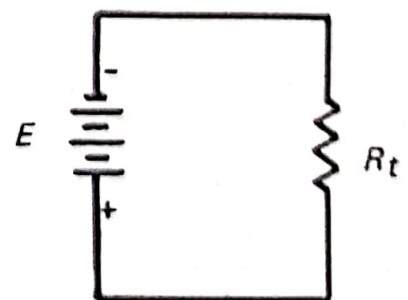


$$I_t = I_1 + I_2$$

O que foi dito anteriormente, nem sempre é verdade, já que muitas vezes torna-se complicado o cálculo da resistência total de um circuito em paralelo.



O equivalente deste circuito



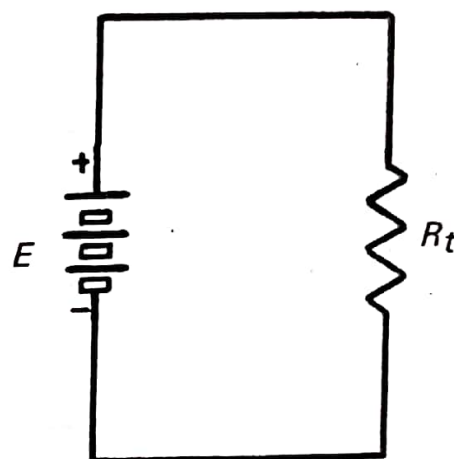
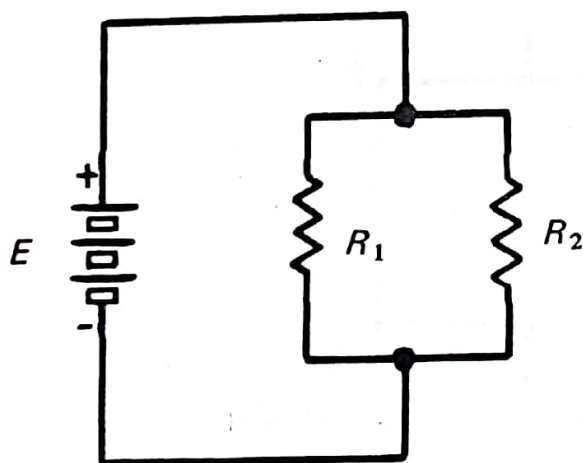
É este circuito

TEMA 5

Cálculo da Resistência Total

Nos circuitos em série, a resistência total é simplesmente a soma de todas as resistências do circuito. Quanto maior o número de resistências, maior será a resistência total.

Portanto, torna-se evidente que sempre a resistência total é maior que qualquer uma das resistências individuais.



A resistência total de um circuito paralelo será menor que a menor das resistências ligadas.

Nos circuitos paralelos ocorre um efeito totalmente diferente e oposto. A resistência total neste caso, é menor que a menor resistência do circuito e quanto maior o número de resistências que se ligam em paralelo, menor será a resistência total.

A razão disto, é que quanto maior a quantidade de ramos tenha um circuito, maior será a quantidade de corrente fornecida pela fonte. Como a Lei de Ohm deve cumprir-se sem exceção ou seja, $R = E/I$, se I aumenta de valor, a razão ou quociente E/I será menor.

Vários métodos podem ser utilizados para o cálculo de R_t de um circuito paralelo. A escolha do mais conveniente, depende do número de resistências que se tenha e se seus valores são iguais ou não.

TEMA 6

Resistências Iguais em Paralelo

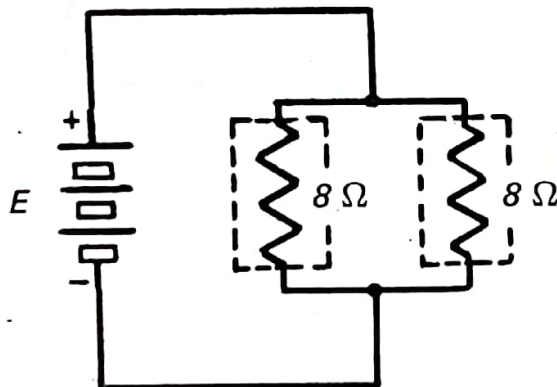
O caso mais simples de resolver é o das duas resistências iguais, em paralelo.

Considerando as duas resistências como dois pedaços iguais de certo material, é evidente que as duas juntas equivalem a um pedaço do mesmo material, mas com o dobro de secção transversal. Como já foi dito, a resistência é inversamente proporcional à área da secção transversal do condutor, de modo que se esta aumenta o dobro, a resistência diminui à metade.

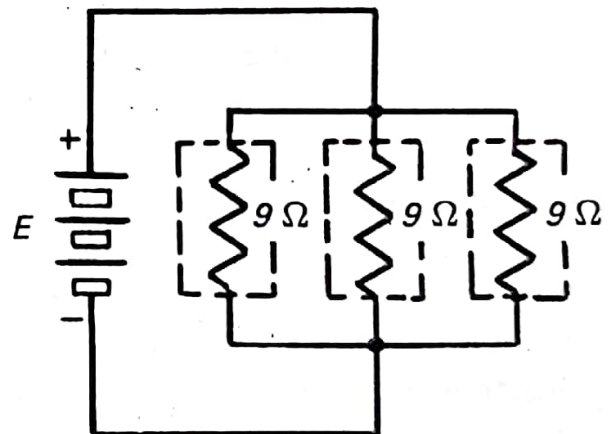
Deixaremos estabelecido, então, que ao se ligar em paralelo, duas resistências de igual valor, a resistência total é igual à **metade do valor** de uma delas.

Da mesma forma, se o número das resistências posto em série for três, a R_t será igual a **um terço** do valor de uma. Podemos estabelecer a seguinte regra:

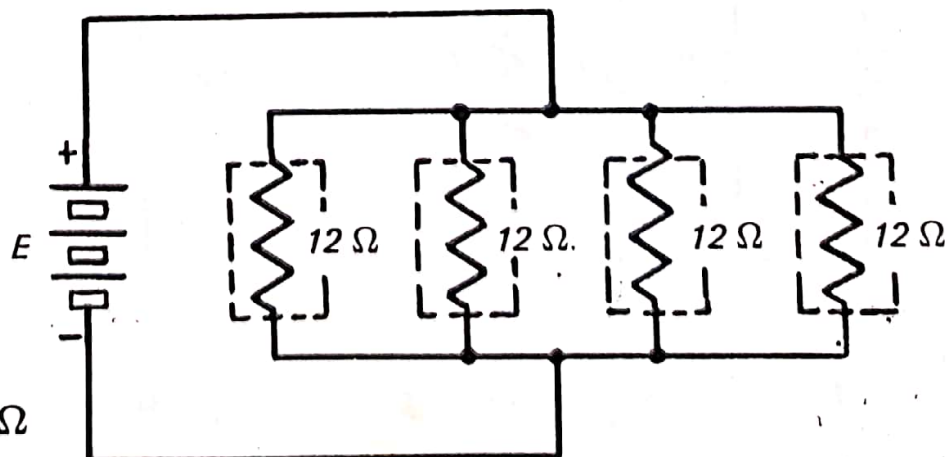
A resistência total de um circuito formado por várias resistências do mesmo valor, em paralelo, é igual ao valor de uma delas dividido pelo número de resistências.



$$R_t = \frac{8}{2} = 4 \Omega$$



$$R_t = \frac{9}{3} = 3 \Omega$$



$$R_t = \frac{12}{4} = 3 \Omega$$

TEMA 7

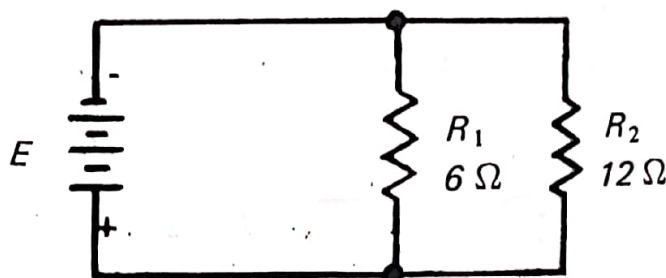
Duas Resistências de Valores Diferentes em Paralelo

Quando se tem duas resistências de diferentes valores, em paralelo, pode-se encontrar a resistência total aplicando a expressão que pode se chamar produto sobre soma. Segundo esta equação, primeiro se multiplicam os valores de duas resistências e o produto se divide pela soma de ambos os valores. Escreve-se assim:

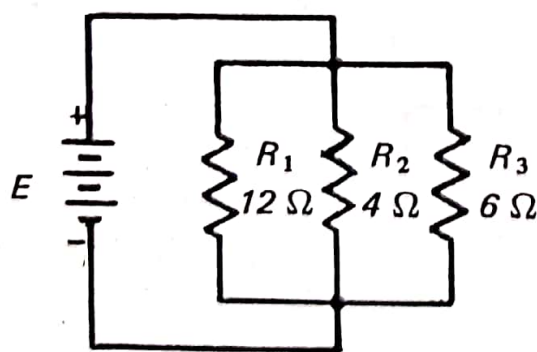
$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \begin{array}{l} \text{(produto)} \\ \text{(soma)} \end{array}$$

Suponhamos um circuito com duas resistências em paralelo, a primeira de 6 ohms e a outra de 12 ohms. Aplicamos a fórmula — produto sobre soma — e o problema fica resolvido:

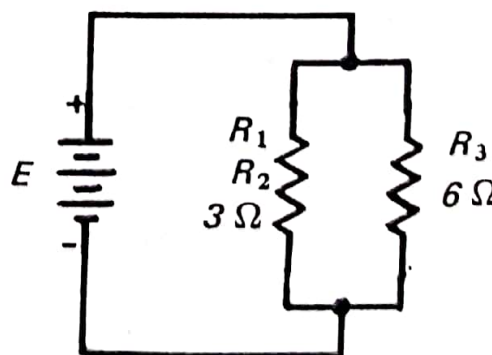
$$R_t = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = \frac{72}{18} = 4 \Omega$$



Esta mesma expressão pode ser utilizada para encontrar a resistência total de um circuito com mais de duas resistências em paralelo. Assim, procede-se na forma indicada na figura b, isto é, resolve-se primeiro o paralelo entre duas resistências e o valor encontrado (R parcial), combina-se com o valor da terceira resistência para se chegar ao valor final ou R_t .



$$R_1 R_2 = \frac{12 \times 4}{12 + 4} = 3 \Omega$$



$$R_t = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2 \Omega$$

TEMA 8

Três ou mais Resistências Diferentes em Paralelo

O método denominado de produto sobre soma, é um caso particular de um método muito mais geral, para o cálculo de resistência em paralelo.

Este método geral se baseia na soma das condutâncias para chegar ao valor da R_t em um circuito paralelo.

Deve-se recordar, que a condutância é uma propriedade dos condutores que é recíproca da resistência. Desta maneira, matematicamente a condutância (G) é igual ao valor recíproco da resistência (R), isto é:

$$G = \frac{1}{R}$$

Em um circuito paralelo, a condutância total do circuito é igual à soma da condutância de todos os ramos. Matematicamente:

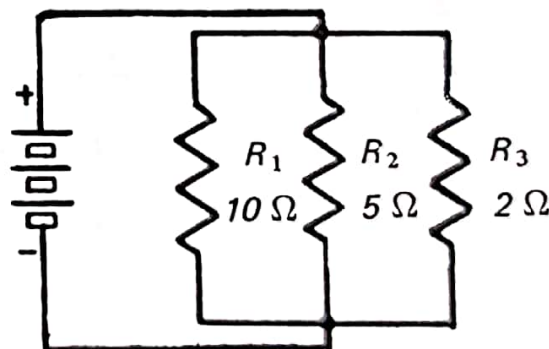
$$G_t = G_1 + G_2 + G_3 \dots + G_n$$

Mas como $G = \frac{1}{R}$, podemos transformar a expressão anterior assim:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots + \frac{1}{R_n}$$

Logo:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots + \frac{1}{R_n}}$$



Esta expressão significa que a resistência total de um circuito em paralelo, é igual ao valor recíproco da soma dos valores recíprocos de todas as resistências do circuito.

O exemplo da figura também poderia resolver-se assim:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2}} = \frac{1}{0,1 + 0,2 + 0,5} = \frac{1}{0,8} = 1,25 \Omega$$

TEMA 9

Cálculo da Resistência total em Função da Tensão e da Corrente

Os diferentes métodos que temos estudado para calcular a resistência total de um circuito paralelo, se baseiam somente nos valores das resistências do circuito.

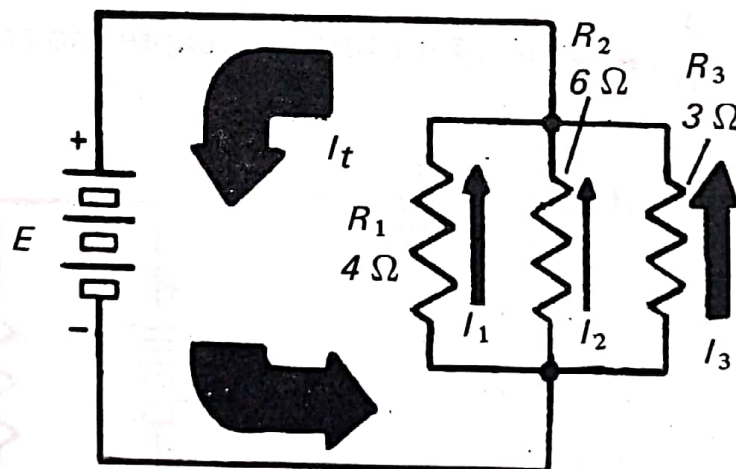
Outro método para obter o mesmo resultado, se baseia na aplicação da Lei de Ohm, na sua seguinte forma:

$$R_t = \frac{E}{I_t}$$

Onde E é a tensão da fonte e I_t , a corrente total do circuito paralelo.

Quando se conhece somente a tensão da fonte, calcula-se a corrente total depois de se calcular a corrente de cada ramo e logo somá-las.

Porém, se não se conhece a tensão da fonte, dá-se um valor arbitrário e com ele se obtém valores hipotéticos para a corrente, que logo depois de somados, permitirão aplicar a expressão para calcular R_t .



No exemplo da figura supõe-se que a fonte tenha uma tensão de 12 volts, logo:

$$I_t = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3} = \frac{12}{4} + \frac{12}{6} + \frac{12}{3} = 3 + 2 + 4 = 9 \text{ A}$$

Com este valor de corrente obteremos:

$$R_t = \frac{E}{I_t} = \frac{12}{9} = 1 \frac{1}{3}$$

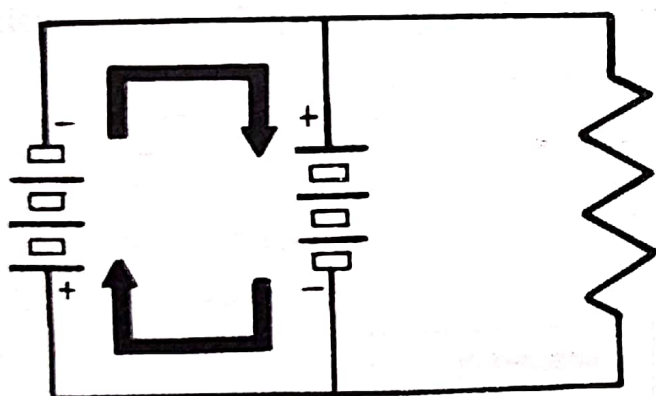
Mediante o método, baseado na soma dos recíprocos, obtém-se o mesmo resultado.

TEMA 10

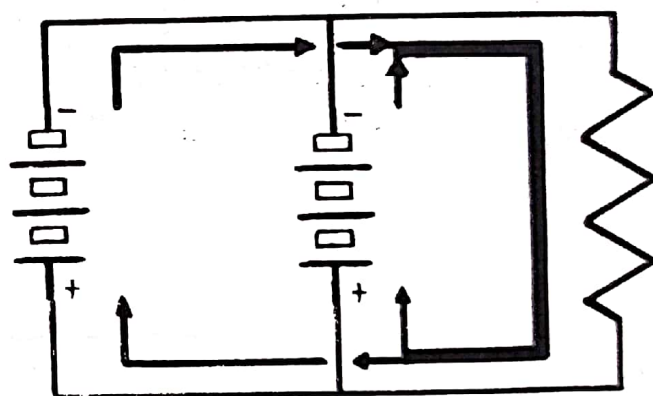
Fontes em Paralelo

Nos circuitos paralelos que vimos até agora, sempre os elementos em paralelo eram ramos, e neles, a corrente total era fornecida pela fonte, tendo cada ramo uma parte dessa corrente.

Também pode acontecer que um circuito tenha duas ou mais fontes de energia em paralelo, e neste caso a corrente total será a da carga, mesmo que cada fonte forneça uma parte dela. Logo, a corrente da carga é a **corrente total** e a corrente que cada fonte fornece, a **corrente do ramo**.



Forma incorreta de ligar fontes em paralelo.



Forma correta de ligar fontes em paralelo.

O que foi dito anteriormente, não significa que um circuito com fontes em paralelo não possa ter ramos em paralelo. Quando isso ocorre, a corrente total é a soma das correntes de diferentes ramos.

Sempre que as fontes são ligadas em paralelo, deve-se ter o cuidado de que a tensão de ambas, seja a mesma, do contrário, a fonte de tensão mais elevada forçará uma corrente através da fonte de potencial mais baixo. Além disso, essa corrente constituirá uma perda de energia, as fontes correm o risco de se danificarem.

TEMA 11

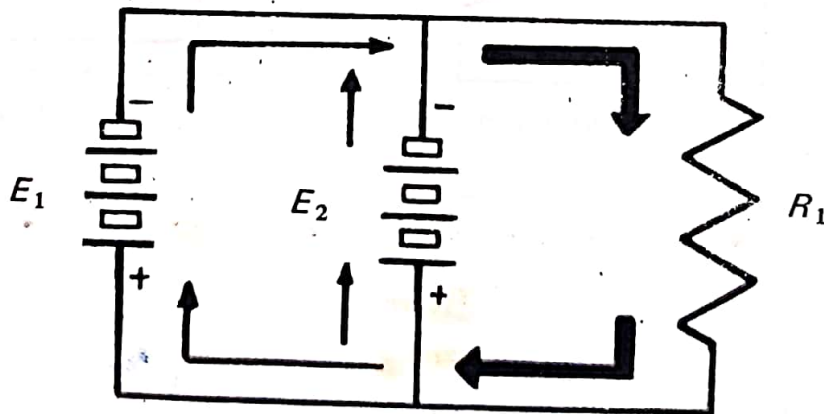
A Corrente das Fontes em Paralelo

Já foi dito que para se fazer a ligação em paralelo de duas fontes de tensão, o valor desta deve ser igual em ambas, do contrário, a tensão tenderá a igualar-se.

Isto significa que não há aumento nem diminuição da tensão de saída. Desta forma, a tensão sobre as resistências de carga, independente do seu número, será a mesma na qual se usará uma só fonte.

A razão de utilizar duas ou mais fontes em paralelo, baseia-se no fato de que uma fonte de tensão é capaz de fornecer uma só corrente máxima, de tal maneira que se um circuito necessita dispor de uma corrente que exceda o limite máximo de uma só fonte, a solução está em ligar duas ou mais em paralelo.

Outras vezes, as baterias se ligam em paralelo para que possam prestar serviço durante um tempo mais prolongado, pelo motivo que uma bateria se esgota na medida que fornece energia a um circuito. Desta maneira, o esgotamento é mais lento e a duração muito maior.



Se existem duas fontes ligadas em paralelo, cada uma delas fornece metade da corrente total.