

Sumário

Introdução	5
Associação de resistores	6
Tipos de associações de resistores	6
Associação série de resistores	7
Associação paralela de resistores	8
Associação mista de resistores	9
Resistência equivalente de uma associação	9
Resistência equivalente de uma associação série	10
Resistência equivalente de uma associação paralela	11
Resistência equivalente de uma associação mista	14
Apêndice	19
Questionário	19
Bibliografia	19



Espaço SENAI

Missão do Sistema *SENAI*

Contribuir para o fortalecimento da indústria e o desenvolvimento pleno e sustentável do País, promovendo a educação para o trabalho e a cidadania, a assistência técnica e tecnológica, a produção e disseminação de informação e a adequação, geração e difusão de tecnologia.

Valorização das Pessoas – Reconhecimento e respeito às pessoas pelo seu trabalho e valorização destas como agentes de mudança.

Introdução

Em face de os resistores serem normalmente os componentes mais encontrados na maioria dos circuitos eletrônicos, as associações de resistores são também muito comuns.

Assim sendo, é importante que se conheçam os tipos e características elétricas dessas associações, o que se pode classificar como condição indispensável para que se alcance o sucesso no desenvolvimento de qualquer atividade ligada à eletrônica.

Este fascículo, que tratará das associações de resistores e suas resistências equivalentes, visa a capacitá-lo a identificar o tipo de associação e a determinar a sua resistência equivalente.



Para ter sucesso no desenvolvimento do conteúdo e atividades deste fascículo, o leitor já deverá ter conhecimentos relativos a:

- Resistores.

Associação de resistores

A associação de resistores é uma reunião de dois ou mais resistores em um circuito elétrico, como pode ser visto no exemplo da **Fig.1**.

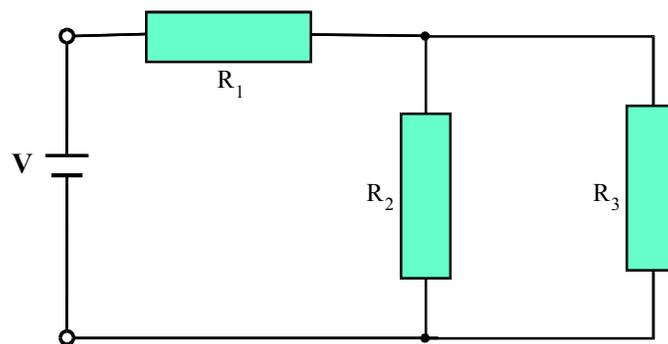


Fig.1 Exemplo da associação de três resistores.

As associações de resistores são utilizadas na maioria dos circuitos elétricos e eletrônicos.

TIPOS DE ASSOCIAÇÕES DE RESISTORES

Os resistores podem ser associados originando circuitos das mais diversas formas. A **Fig.2** mostra alguns tipos de associação de resistores.

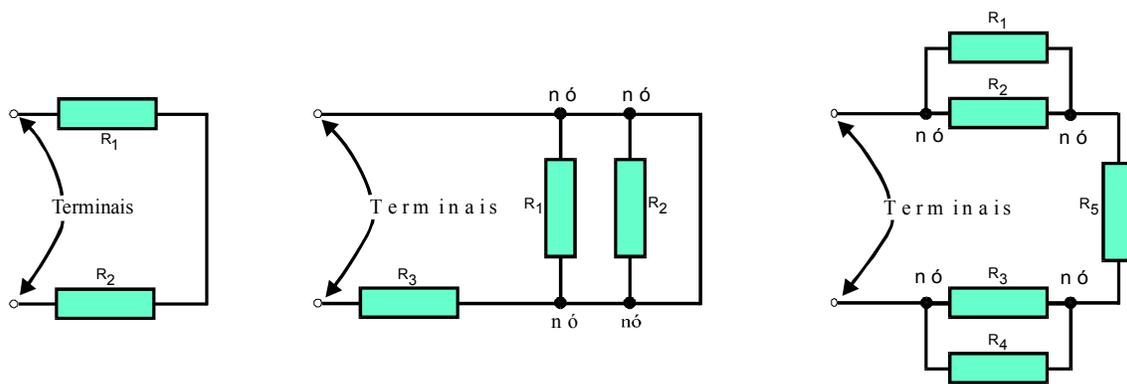


Fig.2 Tipos de associação de resistores.

Como pode ser visto nesta figura, os pontos da associação que são conectados à fonte geradora são denominados de **terminais** e os pontos onde existe a interligação entre dois ou mais resistores são denominados de **nós**.

Apesar do ilimitado número de associações diferentes que se pode obter interligando resistores em um circuito elétrico, todas essas associações podem ser classificadas segundo três designações básicas. São elas:

- Associação série.
- Associação paralela.
- Associação mista.

Cada um dos tipos de associação apresenta características específicas de comportamento elétrico.

ASSOCIAÇÃO SÉRIE DE RESISTORES

Uma associação de resistores é denominada de associação série, quando os resistores que a compõem estão interligados de forma que exista apenas um caminho para a circulação da corrente elétrica entre seus terminais.



Na associação série existe apenas um caminho para circulação da corrente elétrica entre os terminais.

A **Fig.3** mostra dois exemplos de associação série de resistores.

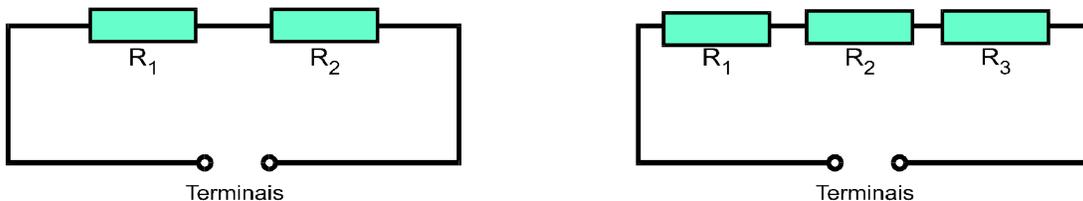


Fig.3 Dois exemplos de associação série de resistores.

Conectando-se uma fonte geradora aos terminais das associações série apresentadas nesta figura, verifica-se que existe realmente apenas um caminho para a circulação da corrente elétrica, conforme ilustrado na **Fig.4**.

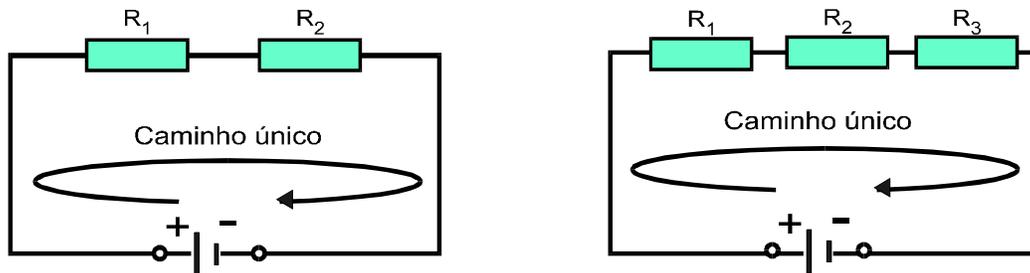


Fig.4 Caminho da corrente em uma associação série de resistores.

ASSOCIAÇÃO PARALELA DE RESISTORES

Uma associação de resistores é denominada **paralela** quando os resistores que a compõem estão interligados de forma que exista mais de um caminho para a circulação da corrente elétrica entre seus terminais.



Na associação paralela existe mais de um caminho para a circulação da corrente elétrica.

A **Fig.5** mostra dois exemplos de associação paralela de resistores.

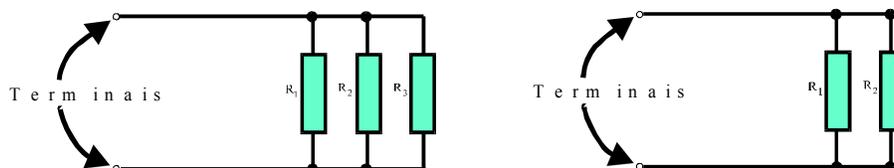


Fig.5 Dois exemplos de associação paralela de resistores.

Conectando-se uma fonte geradora aos terminais das associações paralelas apresentadas nesta figura, verifica-se que existe sempre mais de um caminho para a circulação da corrente elétrica, como pode ser visto na Fig.6.

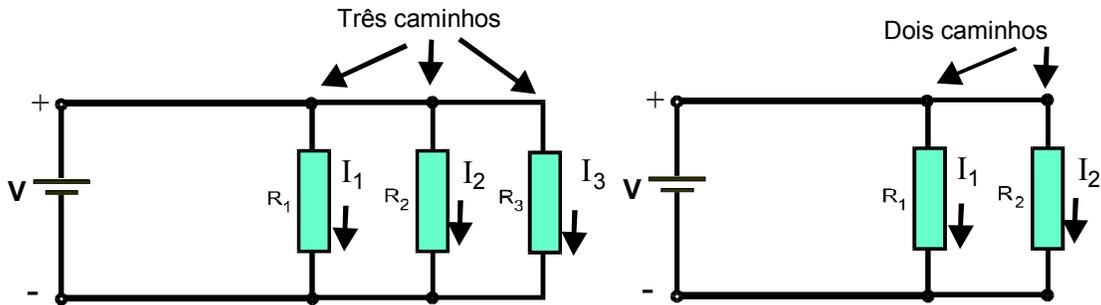


Fig.6 Caminhos da corrente em uma associação paralela de resistores.

ASSOCIAÇÃO MISTA DE RESISTORES

Uma associação de resistores é denominada de **mista** quando for composta por grupos de resistores em série e em paralelo. A Fig.7 mostra alguns exemplos de associação mista de resistores.

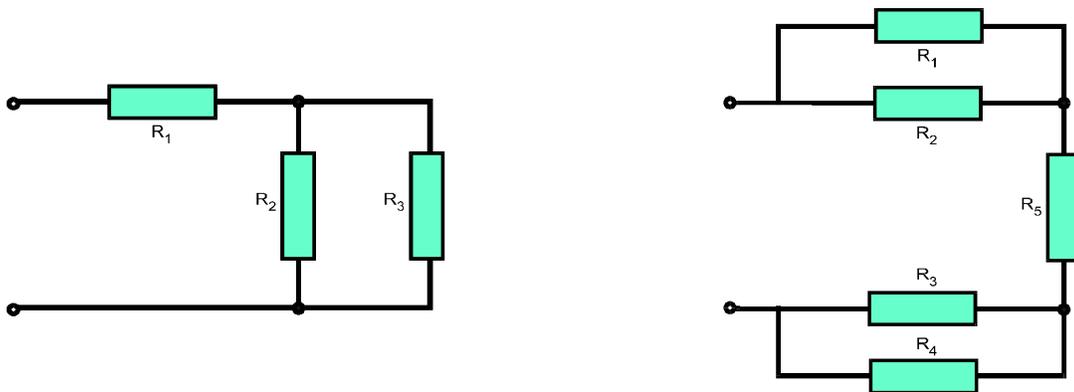


Fig.7 Exemplos de associação mista de resistores.

RESISTÊNCIA EQUIVALENTE DE UMA ASSOCIAÇÃO

Quando se associam resistores, a resistência elétrica entre terminais é diferente das resistências individuais. Por esta razão, a resistência de uma associação de resistores recebe uma denominação específica: **resistência total** ou **resistência equivalente**.

A resistência equivalente de uma associação depende dos valores dos resistores que a compõem e do tipo de associação feita.

RESISTÊNCIA EQUIVALENTE DE UMA ASSOCIAÇÃO SÉRIE

Em uma associação série, a mesma corrente elétrica flui através de todos os resistores, um após o outro. Cada um dos resistores apresenta uma resistência à circulação da corrente no circuito, como ilustrado na **Fig.8**.

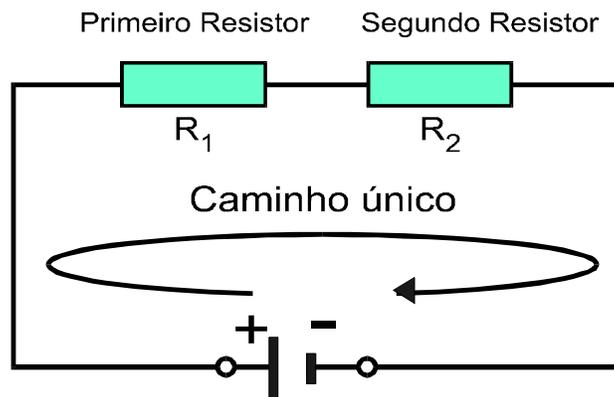


Fig.8 Corrente I percorrendo uma associação série de resistores.

Ao longo de todo o circuito, a resistência equivalente é a soma das resistências parciais. Matematicamente, a resistência equivalente de uma associação série de n resistores é dada por:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (1)$$

onde $R_1, R_2, R_3 \dots R_n$ são os valores ôhmicos dos resistores associados em série.

Assim, se um resistor de 120Ω for conectado em série a um resistor de 270Ω , a resistência equivalente entre os terminais da associação será:

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

$$R_{eq} = 120\Omega + 270\Omega$$

$$R_{eq} = 390\Omega$$

RESISTÊNCIA EQUIVALENTE DE UMA ASSOCIAÇÃO PARALELA

Na associação paralela, existe mais de um caminho para circulação da corrente elétrica, como mostrado na **Fig.9**.

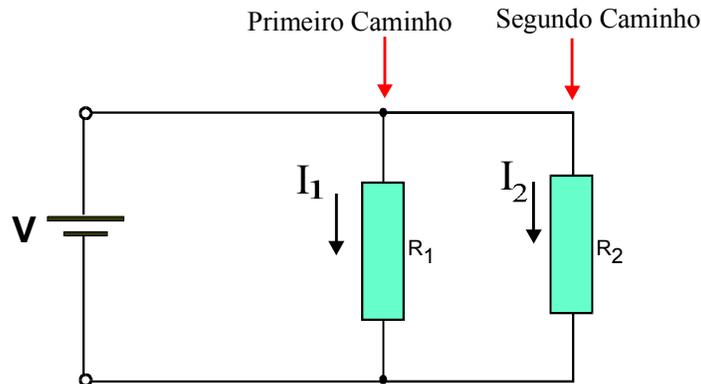


Fig.9 Correntes I_1 e I_2 percorrendo uma associação paralela de resistores.

Dispondo de dois caminhos para circular, a corrente flui com maior facilidade do que se houvesse apenas um caminho.

A partir desta maior facilidade ao circular em um maior número de caminhos do que em um único, verifica-se que a oposição à passagem da corrente em dois (ou mais) resistores em paralelo é menor do que em apenas um.



O valor da resistência equivalente de uma associação de resistores em paralelo é sempre menor que o resistor de menor valor.

Associando-se, por exemplo, um resistor de 120Ω em paralelo com um resistor de 100Ω , a resistência equivalente da associação será, obrigatoriamente menor que 100Ω .

A resistência equivalente de uma associação paralela de resistores é dada pela equação:

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad (2)$$

onde R_1, R_2, \dots, R_n são valores ôhmicos dos resistores associados.

Exemplo 1:

Calcular a resistência equivalente da associação paralela dos resistores $R_1=10\Omega$, $R_2 = 25\Omega$ e $R_3 = 20\Omega$.

Solução :

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

$$R_{\text{eq}} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{25} + \frac{1}{20}} = \frac{1}{0,1 + 0,04 + 0,05} = 5,26 \Omega$$

O resultado encontrado comprova que a resistência equivalente da associação paralela ($5,26\Omega$) é menor que o resistor de menor valor (10Ω).

Para associações paralelas com apenas dois resistores, pode-se utilizar uma equação mais simples, deduzida da equação geral:

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

$$R_{\text{eq}} = \frac{1}{\frac{R_1 + R_2}{R_1 \times R_2}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (3)$$



A resistência equivalente da associação paralela de 2 resistores é dada pela equação $R_{\text{eq}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$.

Exemplo 2 :

Cálculo a resistência equivalente da associação paralela de dois resistores $R_1 = 1,2k\Omega$ e $R_2 = 680\Omega$ com o emprego da **Eq.(3)**.

Solução :

$$R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1.200 \times 680}{1.200 + 680} = \frac{816.000}{1.880} = 434 \Omega$$

Um outro caso particular da associação de resistores é aquele que envolve a associação de dois ou mais resistores de mesmo valor.

Nesta situação, pode-se utilizar uma terceira equação, específica para associações paralelas onde todos os resistores têm o mesmo valor.

Esta equação também é deduzida da equação geral.

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

Como neste caso todas as resistências são iguais a R , tem-se que:

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \dots + \frac{1}{R}} = \frac{1}{n \left(\frac{1}{R} \right)}$$

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \quad (4)$$

 **A resistência equivalente da associação paralela de n resistores de mesmo valor R é dada pela equação $R_{eq} = \frac{R}{n}$.**

Exemplo 3

Calcular a resistência equivalente de três resistores de 120Ω associados em paralelo.

Solução :

$$R_{\text{eq}} = \frac{R}{n}$$

$$R_{\text{eq}} = \frac{120}{3} = 40 \Omega$$

RESISTÊNCIA EQUIVALENTE DE UMA ASSOCIAÇÃO MISTA

Para determinar a resistência equivalente de uma associação mista de resistores, utiliza-se um recurso: dividir a associação em pequenas partes que possam ser calculadas como associações série ou paralelas.

Para realizar corretamente a divisão da associação mista, utilizam-se os nós formados no circuito. A partir da identificação dos nós, procura-se analisar como estão ligados os resistores entre cada dois nós do circuito, como ilustra o exemplo da **Fig.10**.

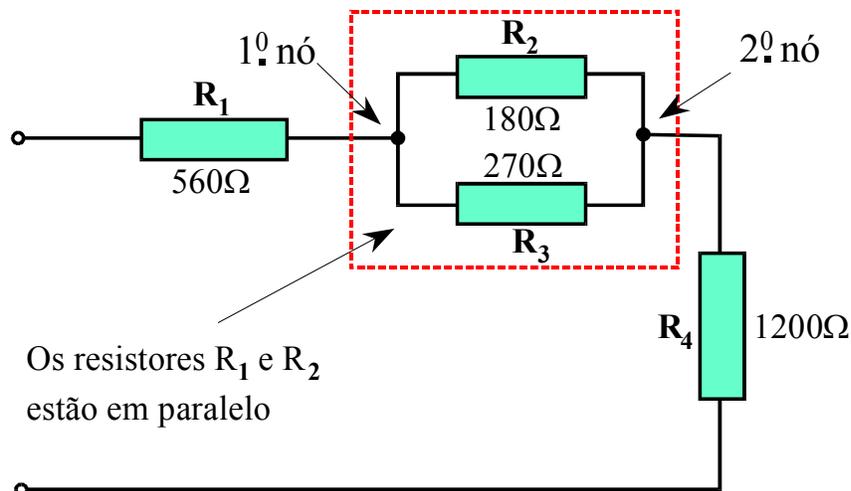


Fig.10 Divisão de uma associação mista em associações série e paralelo.

Desconsiderando-se tudo o que está antes e depois destes nós, e examinando a forma como R_2 e R_3 estão associados, conclui-se que R_2 e R_3 formam uma associação paralela de dois resistores, cuja resistência equivalente pode ser calculada como sendo:

$$R_{\text{eq}} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{180 \times 270}{180 + 270}$$

$$R_{\text{eq}} = \frac{48.600}{450} = 108 \Omega$$

Os dois resistores associados em paralelo R_2 e R_3 podem então ser substituídos por um resistor equivalente, que pode ser chamado de R_a , igual a 108Ω .

Ao executar a substituição, a associação mista original torna-se uma associação série simples, constituída pelos resistores R_1 , R_a e R_4 , como mostrado na **Fig.11**.

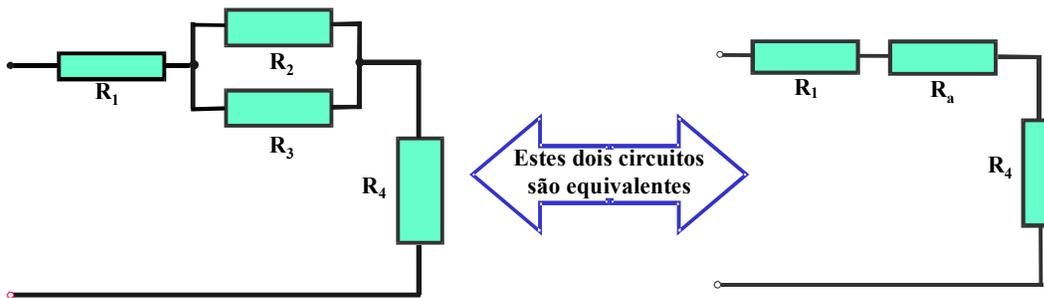


Fig.11 Circuito da Fig.10 simplificado.

A resistência equivalente de toda esta associação é determinada através da equação da associação série.

Usando valores do circuito, tem-se:

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_a + R_4$$

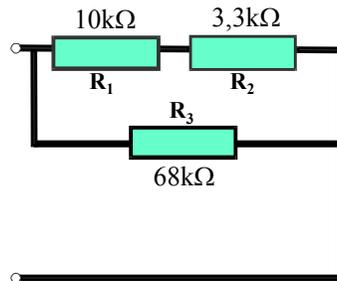
$$R_{\text{eq}} = 560\Omega + 108\Omega + 1.200\Omega = 1.868\Omega.$$

O resultado significa que toda associação mista original tem o mesmo efeito para a corrente elétrica que aquele de um único resistor de 1.868Ω .

Exemplo 4

Determinar a resistência equivalente da associação de resistores mostrada na figura abaixo.

Solução :

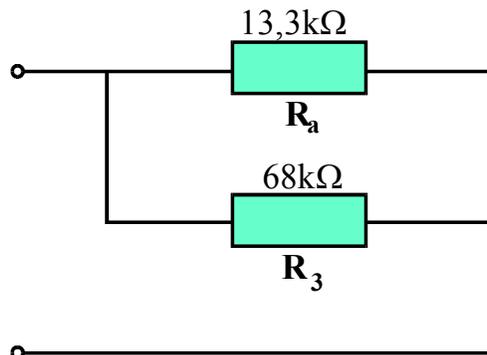


Como pode ser visto nesta figura, os resistores R_1 e R_2 estão ligados em série e, portanto, podem ser substituídos pelo seguinte resistor equivalente:

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

$$R_{eq} = 10.000 + 3.300 = 13.300\Omega.$$

Substituindo-se, portanto, R_1 e R_2 pelo seu valor equivalente R_a no circuito original, tem-se:



Analisando o circuito formado por R_a e R_3 , vê-se que estes resistores estão em paralelo e por isto podem ser substituídos pelo seguinte resistor equivalente:

$$R_{eq} = \frac{R_a \times R_3}{R_a + R_3} = \frac{13.300 \times 68.000}{13.300 + 68.000}$$

$$R_{eq} = 11.124 \Omega.$$

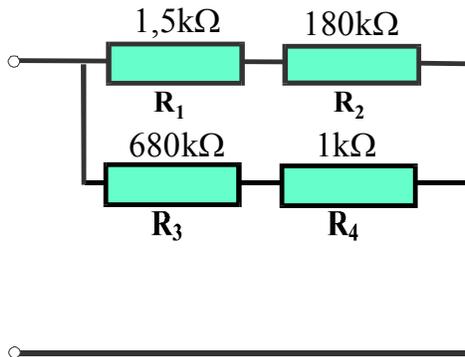
A partir deste resultado, conclui-se que toda a associação mista pode ser substituída por um único resistor de 11.124Ω .

Aplicando-se uma tensão a toda a associação de resistores ou a um único resistor de 11.124Ω , a corrente total que circula no circuito é a mesma.

Exemplo 5

Determinar a resistência equivalente da associação de resistores mostrada na figura abaixo.

Solução :



Como pode ser visto nesta figura, os resistores R_1 e R_2 estão ligados em série e R_3 e R_4 também. Deste modo, R_1 e R_2 podem ser substituídos por um resistor R_a equivalente e R_3 e R_4 por outro resistor equivalente R_b , cujos valores são :

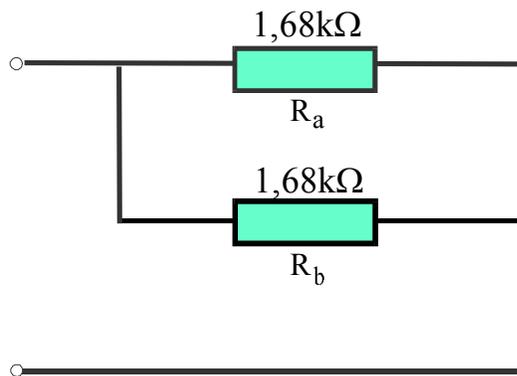
$$R_a = R_1 + R_2$$

$$R_a = 1.500\Omega + 180\Omega = 1.680\Omega.$$

$$R_b = R_3 + R_4$$

$$R_b = 680\Omega + 1.000\Omega = 1.680\Omega.$$

Substituindo R_1 e R_2 por R_a e R_3 e R_4 por R_b no circuito original, tem-se:



A resistência equivalente da associação é portanto:

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

$$R_{eq} = \frac{1.680}{2} = 840 \Omega$$

Toda associação pode ser substituída por um único resistor de 840Ω .

Apêndice

QUESTIONÁRIO

1. Em uma associação série de resistores, existem quantos caminhos para a circulação da corrente elétrica entre os terminais ? E em uma associação paralela ?
2. O valor da resistência equivalente de uma associação de resistores em paralelo é sempre maior ou menor que o resistor de menor valor ?

BIBLIOGRAFIA

SENAI/ Departamento Nacional, Associação de resistores. Divisão de Ensino e Treinamento, 1980, 71p. (Módulo Instrucional: Eletricidade-Eletrotécnica, 6).

VAN VALKENBURG, NOOGER & NEVILLE. Eletricidade Básica. 12.^a ed. São Paulo, Freitas Bastos, 1970, v.2.