

VITAL PEREIRA BATISTA JÚNIOR

AUTOMAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO

DEDICATÓRIA

A minha esposa: Angélica Mariana.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pela vida.

PREFÁCIO

Este livro trata-se de conceitos básicos sobre automação e instrumentação.

A ideia principal deste livro é mostrar os conceitos de automação e instrumentação de forma simples e sem complicações.

Espera-se que após a leitura deste livro sobre o tópico de automação e instrumentação, o leitor possa perceber a importância desse conhecimento nas indústrias em geral.

Todo o material apresentado nesse livro é fruto das minhas aulas que foram e são ministradas na Fundação São João Batista – Faculdades Integradas de Aracruz – ES.

Sumário

CAPÍTULO 1: CONCEITOS BÁSICOS DE ELÉTRICA	6
CAPÍTULO 2: CONCEITOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA DIGITAL	29
CAPÍTULO 3: CONCEITOS DE SISTEMAS DE CONTROLE.....	55
CAPÍTULO 4: SENSORES	77
CAPÍTULO 5: CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	150
CAPÍTULO 6: LADDER	189
CAPÍTULO 7: REDE DE PETRI.....	211
CAPÍTULO 8: AVALIAÇÕES.....	221
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	232

Capítulo 1: Conceitos Básicos de Elétrica

Carga e Corrente

Carga é a propriedade elétrica das partículas que compõem a matéria, medida em Coulomb (C).

A carga do elétron é negativa e igual em magnitude a $1,602 \times 10^{-19} C$.

Normalmente convencionou-se o fluxo de corrente como sendo o movimento das cargas positivas, oposto ao fluxo de cargas negativas, como mostrado na Figura 1.

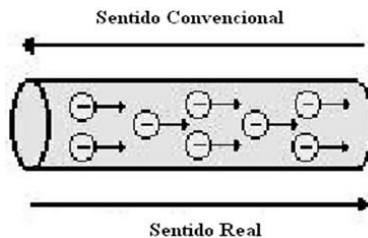


Figura 1 - Corrente elétrica devido ao fluxo de carga eletrônica em um condutor.

Corrente elétrica é a taxa de variação em relação ao tempo e é medida em Ampères (A).

Matematicamente,

$$i = \frac{dq}{dt}$$

1 ampère = 1 coulomb/segundo.

Quando a corrente não varia com o tempo, permanecendo constante, chama-se de corrente contínua (CC).

Uma corrente variante no tempo é chamada de corrente alternada.

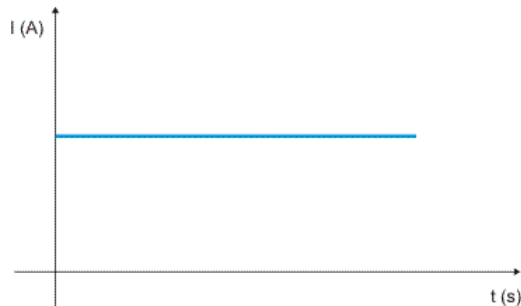


Figura 2 - Corrente contínua.

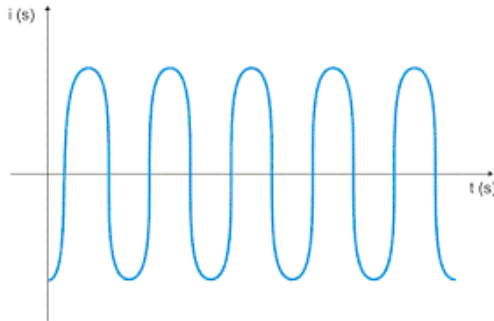


Figura 3 - Corrente alternada.

Exemplo 1: Quanta carga é representada por 4600 elétrons?

Solução: cada elétron possui $-1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$, logo 4600 irão possuir: $4600 \times -1,602 \times 10^{-19} = -7,3692 \times 10^{-16} \text{ C}$.

Exemplo 2: O total de carga que entra em um terminal é dado por $q = 5t \sin(4\pi t) \text{ mC}$. Calcule a corrente em $t = 0,5 \text{ s}$.

Solução:

$$\begin{aligned} i = \frac{dq}{dt} &= \frac{d(5t \sin(4\pi t))}{dt} = 5 \sin(4\pi t) + 5t \cos(4\pi t) \times 4\pi \\ &= [5 \sin(4\pi t) + 20\pi t \cos(4\pi t)] \text{ mA} \end{aligned}$$

Para $t = 0,5 \text{ s}$, $i = [5\text{sen}(4\pi 0,5) + 20\pi 0,5\cos(4\pi 0,5)]\text{mA} = [5\text{sen}(2\pi) + 10\pi\cos(2\pi)]\text{mA} = [0 + 10\pi]\text{mA} = 31,42\text{mA}$

* $\text{sen}(2\pi) = 0$ e $\cos(2\pi) = 1$.

Tensão e Potência

Tensão é a energia necessária para mover uma unidade de carga através de um elemento; é medida em volts (V).

$$v = \frac{dw}{dq}$$

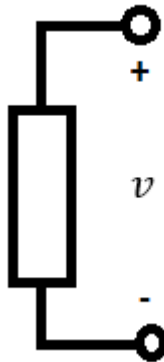


Figura 4 - Tensão nos terminais.

Potência é a variação da energia em função da variação do tempo; é medida em watts (W).

$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = v \cdot i$$

Convenção de polaridade de potência:

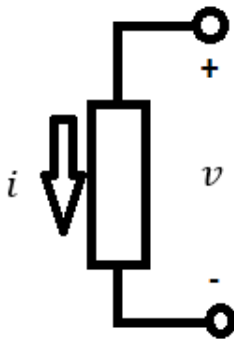


Figura 5 - Potência positiva ($p = v \cdot i$).

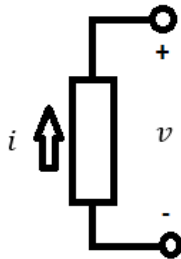


Figura 6 - Potência negativa ($p = -v \cdot i$).

Energia é capacidade de realizar trabalho; é medida em joule (J).

Exemplo 3: Calcular a potência fornecida a um elemento em $t = 3 \text{ ms}$ se a corrente que entra no terminal positivo é $i = 5 \cos(60\pi t) \text{ A}$ e a tensão é $v = 3i$.

Solução:

$$\begin{aligned} p &= v \cdot i = 3i \cdot i = 3i^2 = 3[5 \cos(60\pi t)]^2 = 3[25 \cos^2(60\pi t)] \\ &= 75 \cos^2(60\pi t) \end{aligned}$$

$$\text{Para } t = 3 \text{ ms}, p = 75 \cos^2(60\pi 3 \times 10^{-3}) = 53,47 \text{ W}.$$

* $\cos^2(60\pi 3 \times 10^{-3}) = \cos(60\pi 3 \times 10^{-3}) \times \cos(60\pi 3 \times 10^{-3})$ e o grau do cosseno é em radiano.

Exemplo 4: Quanta energia uma lâmpada de 100 W consome em duas horas?

Solução:

$$w = p \times t = 100 \times 2 \times 60 \times 60 = 720 \text{ kJ}$$

* É preciso converter horas para segundos.

Elementos do Circuito

Uma fonte elétrica é um dispositivo capaz de converter energia não elétrica em energia elétrica e vice-versa.

Símbolo para fonte de tensão e corrente.

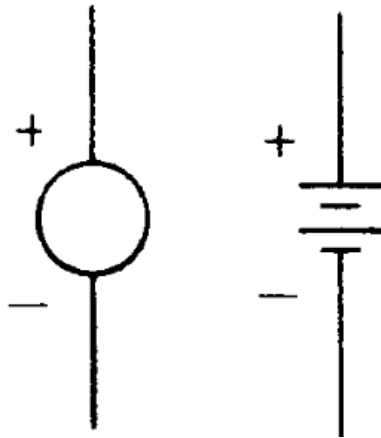


Figura 7 - Símbolo para fonte de tensão.



Figura 8 - Símbolo para fonte de corrente.

Lei de Ohm

A lei de Ohm estabelece que a tensão v em um resistor é diretamente proporcional à corrente i que flui através do resistor.

$$v = R \cdot i$$

A resistência R de um elemento mostra a sua capacidade de resistir ao fluxo de corrente elétrica, sendo medida em ohms (Ω).

Dois conceitos importantes:

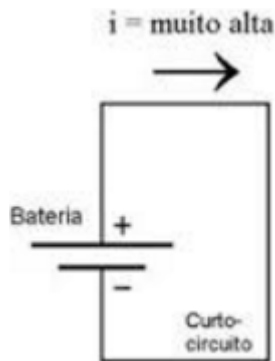


Figura 9 - Curto-circuito.

A Figura 9 mostra um exemplo de um curto-circuito. A Figura 10 mostra um circuito aberto. No curto-circuito se tem uma baixa resistência e elevada corrente já o circuito aberto apresenta corrente nula e resistência tendendo ao infinito.

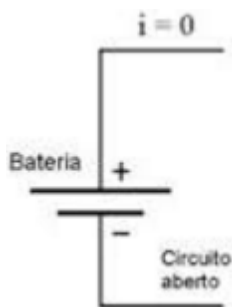
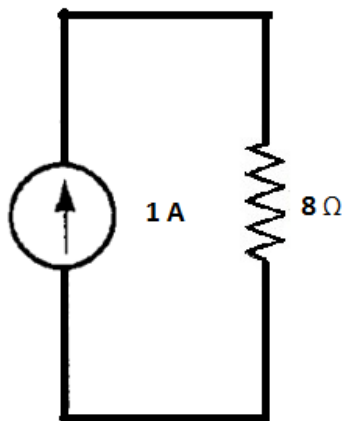


Figura 10 - Circuito aberto.

A potência dissipada por um resistor pode ser expressa em termos de R .

$$p = \frac{v^2}{R}$$

Exemplo 5: encontre v e determine a potência no resistor do circuito abaixo:



Solução:

$$v = R \cdot i$$

$$v = 8 \cdot 1 = 8 \text{ V}$$

$$p = \frac{v^2}{R}$$

$$p = \frac{8^2}{8} = 8 \text{ W}$$

Resistores em Série

Os resistores ligados em série apresentam a mesma corrente:

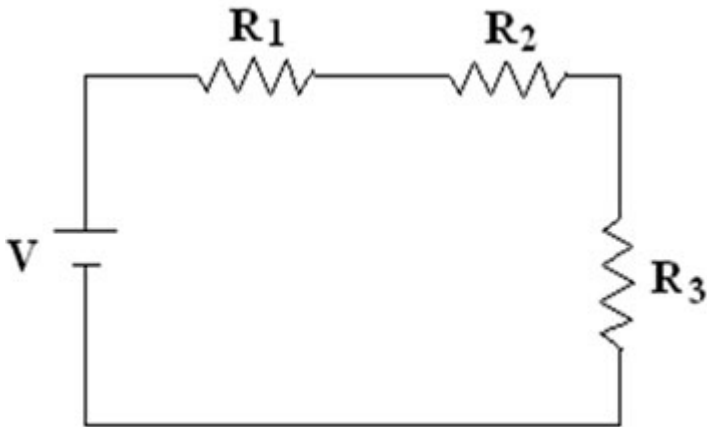


Figura 11 - Resistores em série.

A resistência equivalente:

$$R_{equivalente} = R_1 + R_2 + R_3$$

Logo, pode-se representar:



Figura 12 - Sistema equivalente.

Resistores em Paralelo

Os resistores ligados em paralelo apresentam a mesma tensão:

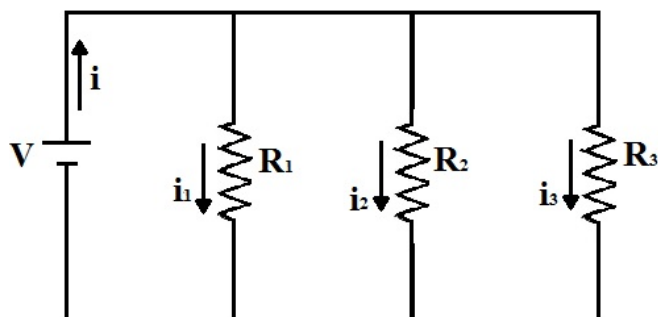


Figura 13 - Resistores em paralelo.

A resistência equivalente

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

Logo, pode-se representar:

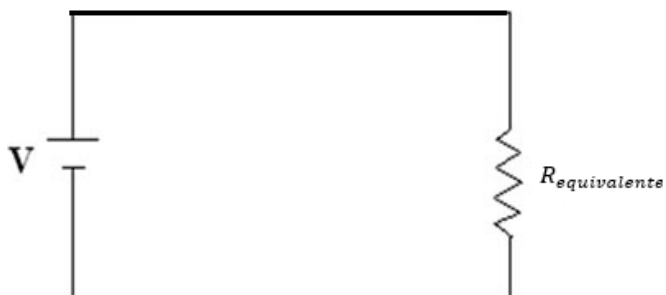
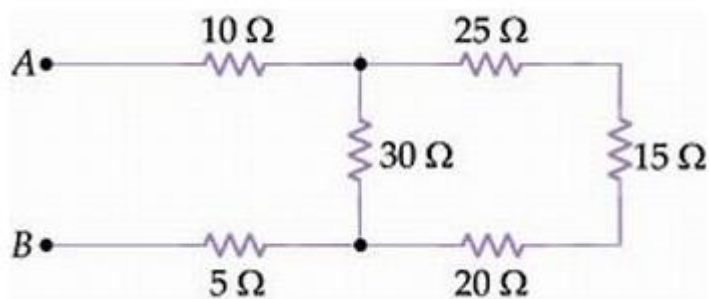


Figura 14 - Circuito equivalente.

Exemplo 6: encontre o resistor equivalente do circuito elétrico:



Solução:

Passo 1:

$$R_1 = 25 + 15 + 20 = 60 \, \Omega$$

Passo 2:

$$R_1/30 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{30}$$

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{60} + \frac{1}{30} = \frac{1+2}{60} = \frac{3}{60} \Rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{3}{60} \Rightarrow R_2 = 20 \, \Omega$$

Passo 3:

$$R_3 = 10 + 5 + R_2$$

$$R_3 = 10 + 5 + 20 = 35 \, \Omega$$

Logo,

$$R_{AB} = 35 \, \Omega$$

Transformador Ideal

Um transformador ideal consiste de dois enrolamentos magneticamente acoplados, com N_1 e N_2 espiras respectivamente.

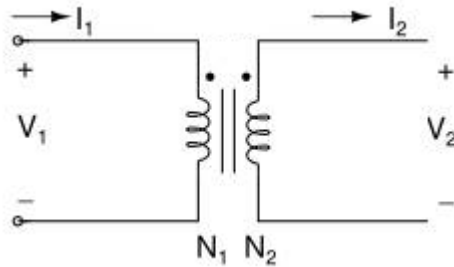


Figura 15 - Transformador ideal.

Relação entre tensão para um transformador ideal:

$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2}$$

Relação entre as correntes em um transformador ideal:

$$I_1 N_1 = I_2 N_2$$

Exemplo 7: Se a tensão no primário for de 100 volts e $N_1 = 1$, $N_2 = 50$, qual será a tensão V_2 ?

Solução:

$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2}$$

$$V_2 = N_2 \frac{V_1}{N_1}$$

$$V_2 = 50 \frac{100}{1}$$

$$V_2 = 5000 \text{ V}$$

Diodo Ideal e Real

O diodo é um dispositivo eletrônico, feito de material semicondutor, usado como chave estática. O diodo ideal apresenta a seguinte curva e simbologia: