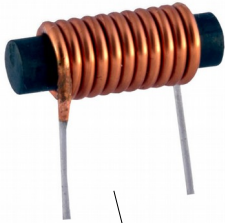

Introdução

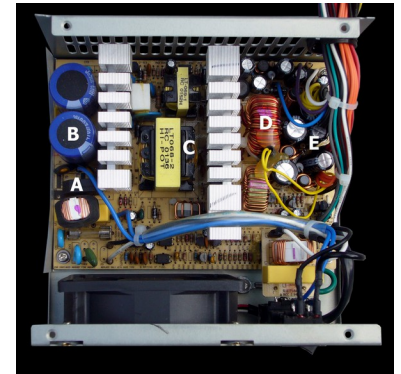
Análise de circuitos e Engenharia

Dispositivos físicos



Ferramentas matemáticas

$$v(t) = L \frac{d}{dt} i(t)$$



Modelos matemáticos



Sistemas reais complexos



O Sistema Internacional (SI)

International System of Units (SI)

SI Base Units

Base Quantity	Name	Symbol
Length	meter	m
Mass	kilogram	kg
Time	second	s
Electric current	ampere	A
Temperature	kelvin	K
Amount of substance	mole	mol
Luminous intensity	candela	cd

SI Derived Units

Derived Quantity	Name	Symbol	Equivalent SI units
Frequency	hertz	Hz	s^{-1}
Force	newton	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Pressure	pascal	Pa	N/m^2
Energy	joule	J	$N \cdot m$
Power	watt	W	J/s
Electric charge	coulomb	C	$s \cdot A$
Electric potential	volt	V	W/A
Electric resistance	ohm	Ω	V/A
Celsius temperature	degree Celsius	$^{\circ}C$	K^*

*Unit degree Celsius is equal in magnitude to unit kelvin.

SI Prefixes

Factor	Name	Symbol	Numerical Value
10^{12}	tera	T	1 000 000 000 000
10^9	giga	G	1 000 000 000
10^6	mega	M	1 000 000
10^3	kilo	k	1 000
10^2	hecto	h	100
10^1	deka	da	10
10^{-1}	deci	d	0.1
10^{-2}	centi	c	0.01
10^{-3}	milli	m	0.001
10^{-6}	micro	μ	0.000 001
10^{-9}	nano	n	0.000 000 001
10^{-12}	pico	p	0.000 000 000 001

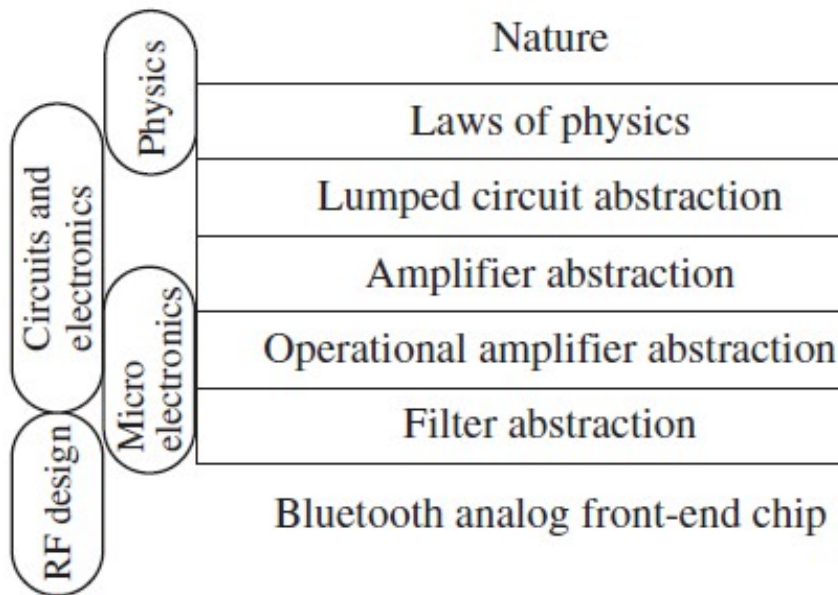
* Adapted from NIST Special Publication 811

* SI rules and style conventions recommend using spaces rather than commas to separate groups of three digits.

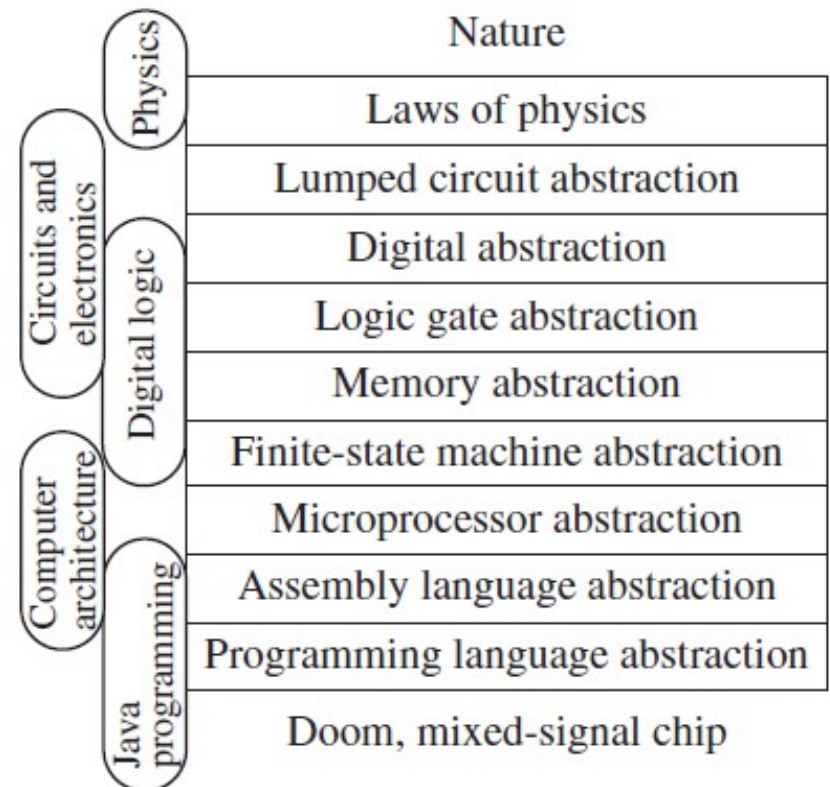
Circuitos elétricos

- Formados por “abstrações” de elementos reais

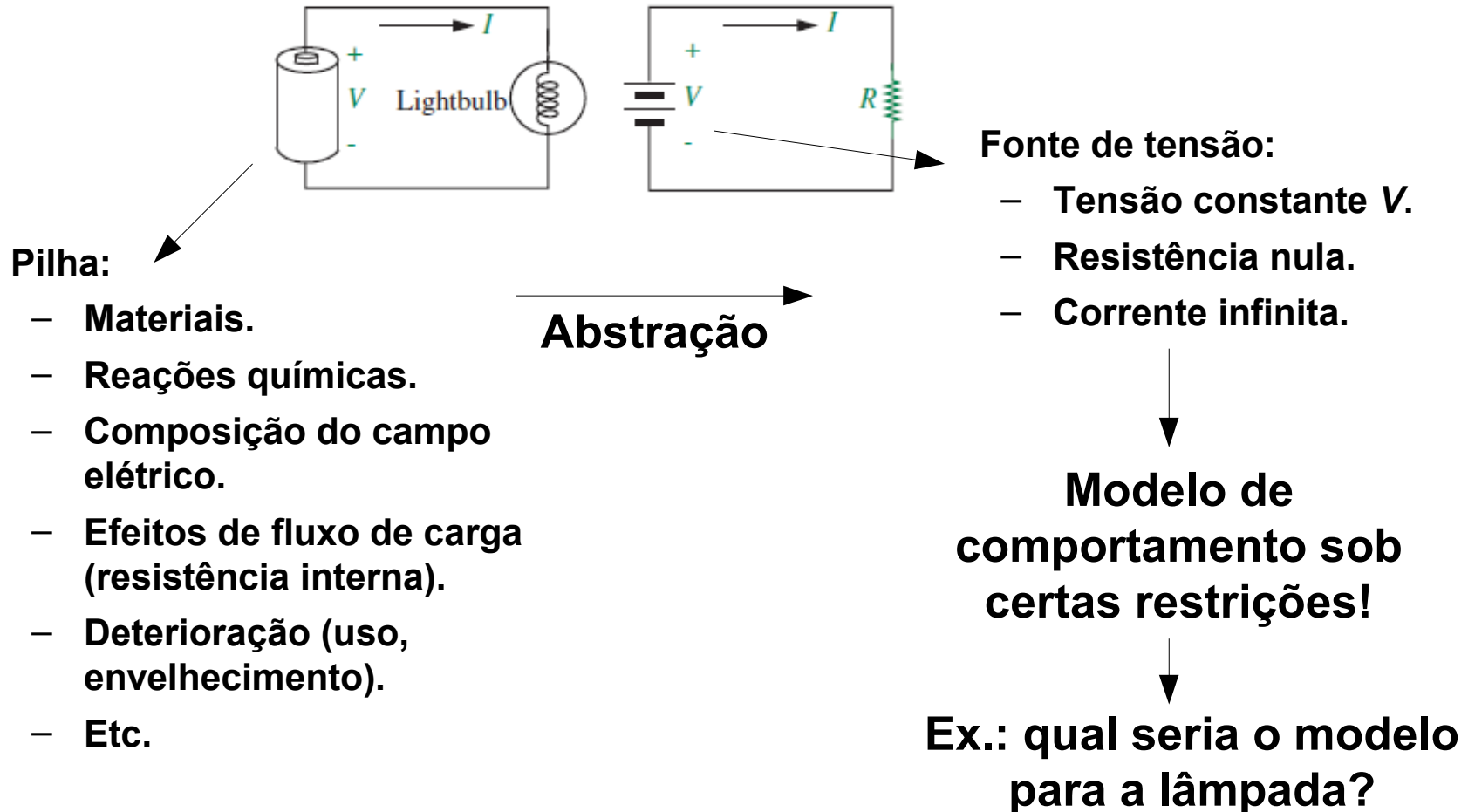
Engenharia elétrica:



Engenharia da computação:

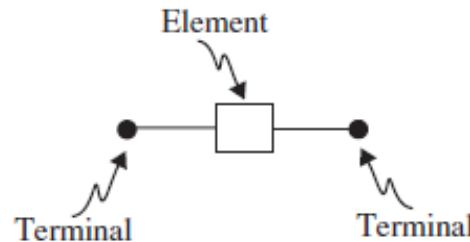


Exemplo:



Elementos de parâmetros concentrados

- Elementos de circuitos são tratados como “caixas pretas”:



- Nos interessa o comportamento externo → detalhes internos são irrelevantes.
- O dispositivo é “acessado” por meio de terminais.
- Nos interessam, *principalmente*, as relações entre tensão e corrente no elemento.
- Conexões entre elementos são realizadas por meio de *abstrações de fios*:
 - Resistência nula.
 - Questões como material, isolamento, disposição, etc. não nos interessam!

Elementos de parâmetros concentrados

- Elementos de parâmetros concentrados → simplificação da teoria eletromagnéticas (leis de Maxwell):
 - Efeitos elétricos acontecem *instantaneamente* em todo o sistema → não há propagação de ondas → tamanho do circuito muito menor do que o comprimento de onda!

$$\lambda = \frac{c}{f} \left\{ \begin{array}{ll} \lambda & \rightarrow \text{Comprimento de onda [m]} \\ c & \rightarrow \text{Velocidade de propagação [m/s]} \\ f & \rightarrow \text{Frequência [Hz = 1/s]} \end{array} \right.$$

Exemplos:

- Linha de transmissão operando a 60 Hz.
 - Placa mãe operando a 1 GHz.
 - Microprocessador operando a 4 GHz.
- A carga elétrica líquida em cada componente é sempre zero.
 - Não há acoplamento magnético entre os elementos e entre estes e o circuito externo.

Modelos de circuitos elétricos

Circuito real

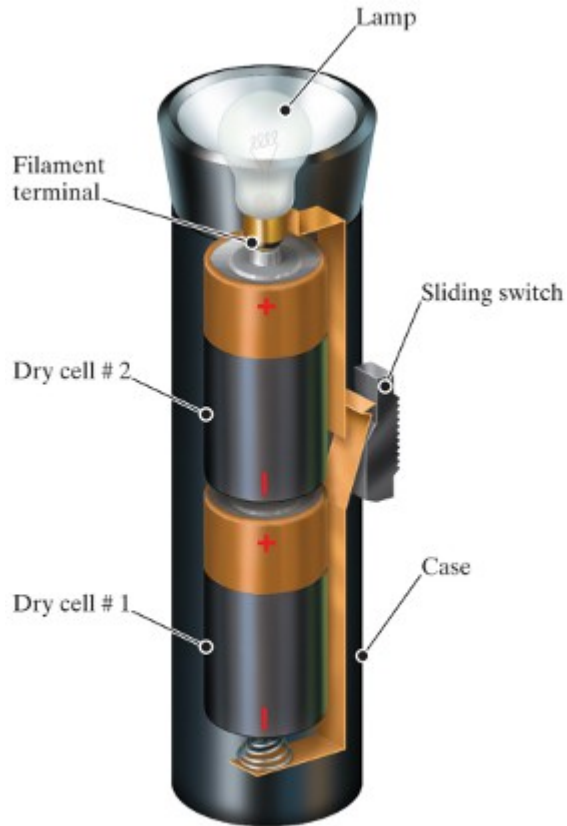


Figure: 02-11

Copyright © 2008 Pearson Prentice Hall, Inc.

Diagramas de circuitos

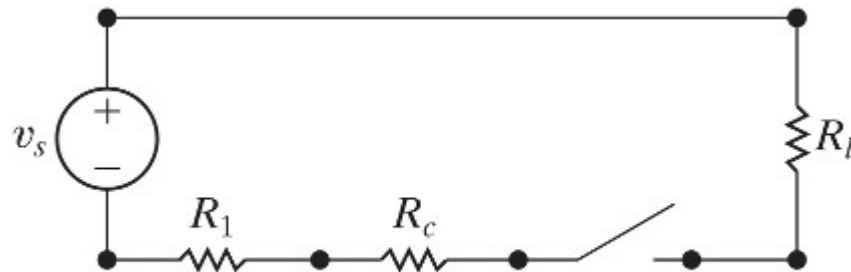


Figure: 02-12

Copyright © 2008 Pearson Prentice Hall, Inc.

Relações matemáticas

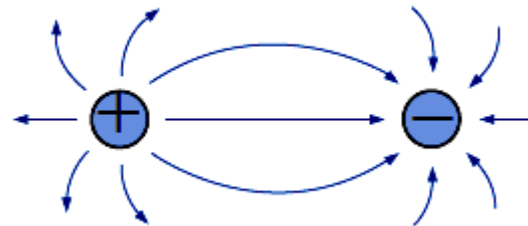
$$v_{Rl}(t) = R_l \cdot i_{Rl}(t)$$

$$v_s(t) = v_{Rl}(t) + v_{R1}(t) + v_{Rc}(t)$$

Variáveis de circuitos elétricos

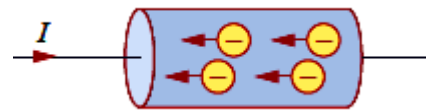
- **Cargas elétricas:**
 - Sempre bipolares.
 - Múltiplos da carga fundamental do elétron: $e^- = 1,6022 \times 10^{-19} C$
- **Tensão elétrica (diferença de potencial) → separação de cargas → energia necessária para separar cargas elétricas.**

$$v = \frac{dw}{dq} \quad \left\{ \begin{array}{ll} v \rightarrow \text{Tensão [V]} \\ w \rightarrow \text{Energia [J]} \\ q \rightarrow \text{Carga [C]} \end{array} \right.$$



- **Corrente elétrica → movimento de cargas → taxa de variação da carga com o tempo.**

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \left\{ \begin{array}{ll} i \rightarrow \text{Corrente [A]} \\ t \rightarrow \text{Tempo [s]} \\ q \rightarrow \text{Carga [C]} \end{array} \right.$$



Convenção → direção contrária ao fluxo de elétrons.

Relações entre tensão e corrente

- **Abstração de elementos de circuitos:**
 - Têm apenas dois terminais (1 porta).
 - Descrito em termos das tensões e correntes nos terminais.
 - Não podem ser subdivididos.

Queda de tensão de 1
para 2
ou

Elevação de tensão
de 2 para 1.

Polaridade da tensão

Depende de qual
terminal se toma
como *referência*.

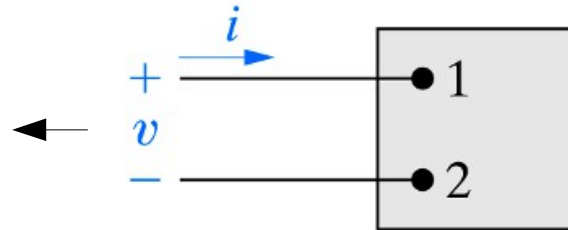


Figure 01-05
Copyright © 2000 Pearson Prentice Hall, Inc.

Direção da corrente

Toda a corrente que
entra pelo terminal 1
deve sair pelo
terminal 2.

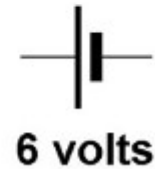
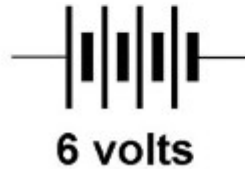
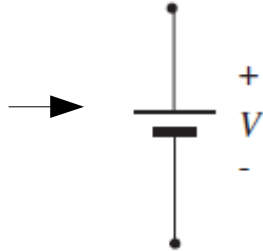


Convenção passiva

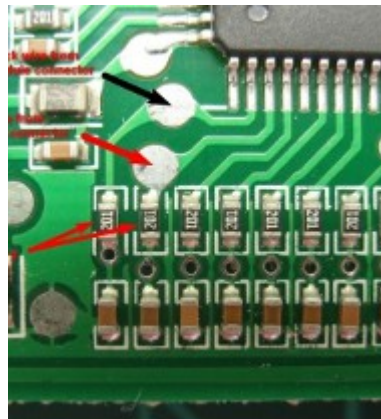
Se a corrente flui na direção da
queda de tensão → mesmo sinal.
Caso contrário → sinais
contrários.

Exemplos

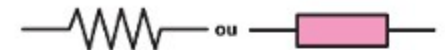
- Pilhas e baterias:



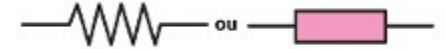
- Resistores:



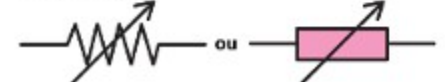
Resistor Fixo



Reostato



Potenciômetro

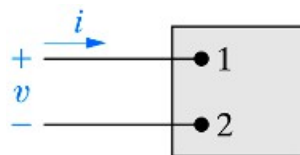


Variáveis de circuitos elétricos

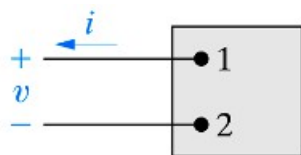
- **Potência** → taxa de variação da energia com o tempo.
 - Mais intuitivamente → capacidade de entregar (ou receber) mais ou menos energia por segundo.

$$P = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = v \cdot i \rightarrow \boxed{P = v \cdot i} \rightarrow \text{Potência [W]}$$

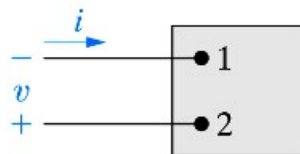
$$w = \int_{t_0}^t p dt = \int_{t_0}^t v \cdot i dt \rightarrow \text{Energia [J]}$$



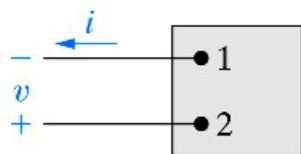
(a) $p = vi$



(b) $p = -vi$



(c) $p = -vi$



(d) $p = vi$

Atenção aos sinais:

Potência positiva → energia *fornecida* ao elemento.

Potência negativa → energia *retirada* do elemento (ou fornecida *pelo* elemento).

Exemplo

- Considere que, ao calcular a tensão e a corrente em um elemento com as seguintes referências de polaridade e direção, obteve-se os seguintes resultados.

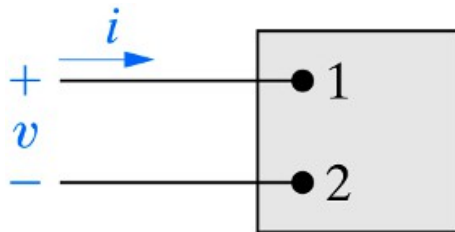


Figure 91-05
Copyright © 2000 Pearson Prentice Hall, Inc.

$$v = -10 \text{ V}$$

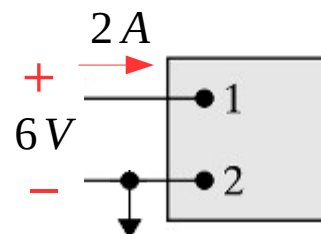
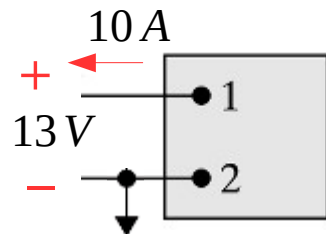
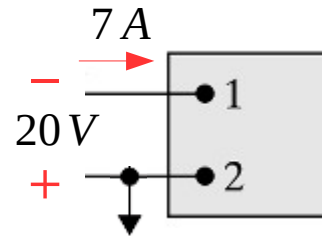
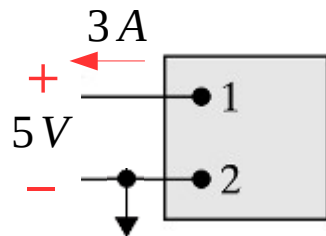
$$i = 4 \text{ A}$$

Determine:

- A verdadeira polaridade de tensão e direção de corrente.
- A potência no elemento.
- Se a energia está sendo fornecida ou extraída do elemento.

Exemplo

- Nos exemplos abaixo, considere sempre que o terminal 2 é tomado como referência.
 - Determine os valores das tensões e correntes, incluindo seus sinais.
 - Determine as potências e se a energia está sendo fornecida ou extraída de cada elemento.



Exemplo

- Uma linha de transmissão entre Celilo, Oregon, e Sylmar, Califórnia, está funcionando a 800 kV e transportando uma corrente de 1800 A. Determine:
 - Qual cidade está fornecendo a energia.
 - Calcule a potência sendo transmitida.

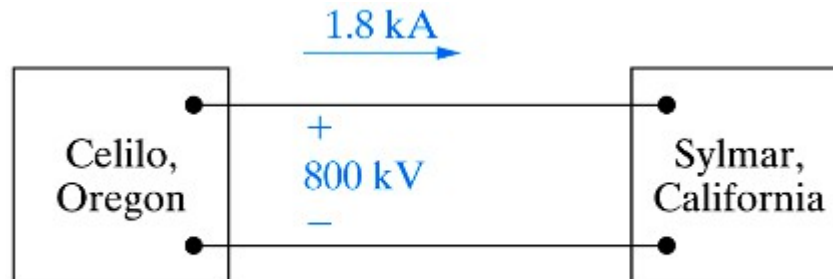


Figure: 01-05-01UNAO
Copyright © 2008 Pearson Prentice Hall, Inc.