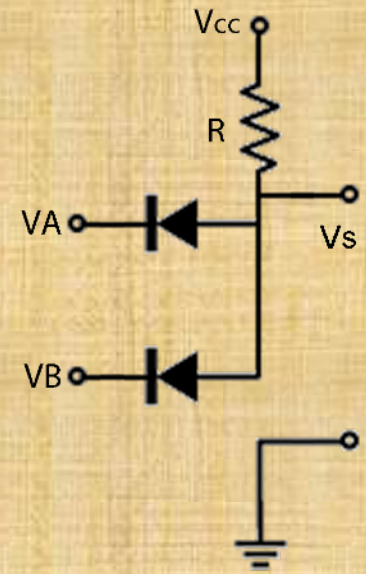




# Física Experimental para Eng. Informática



A melhor disciplina da Eng. Inf.  
por  
Rui Agostinho et al



# Leis básicas dos Circuitos

- Lei de Ohm

$$V = IR$$

- Lei de Kirchhoff das quedas de tensão

$$\sum V_k = 0$$

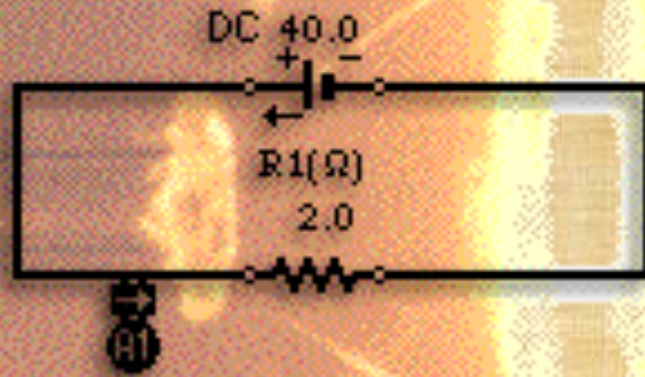
- Lei de Kirchhoff da Corrente (nodo)

$$\sum I_l = 0$$

# Lei de Ohm



Georg Ohm



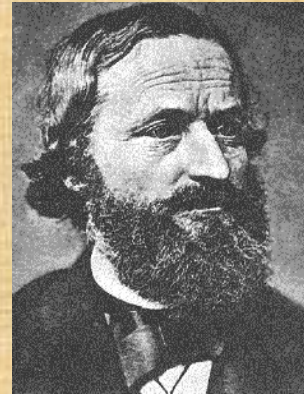
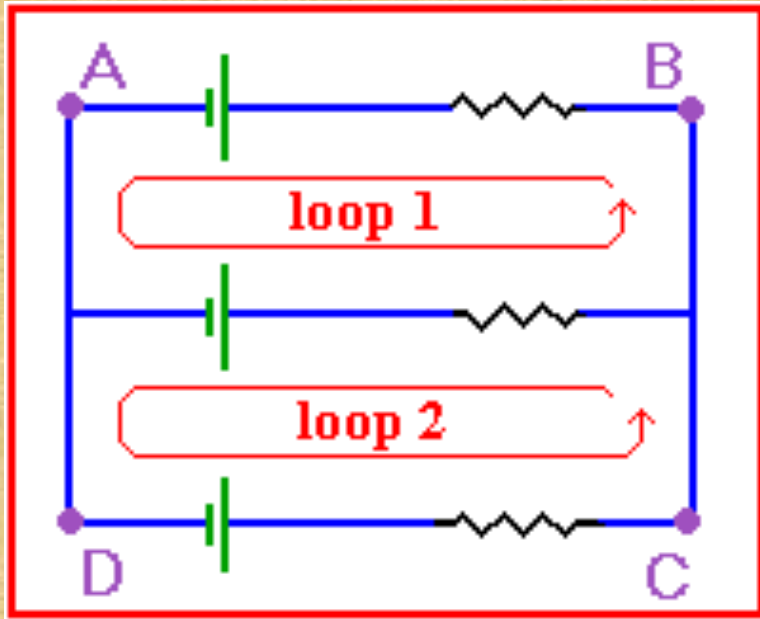
Voltage, V (volts)	Resistance, R (ohms)	Current, I (amps)
20.0	2.0	10.0
40.0	2.0	20.0

Existe uma relação linear simples entre a tensão  $V$ , a corrente  $I$  e a resistência  $R$ .

$$V = IR$$



# Lei de Kirchhoff das Malhas

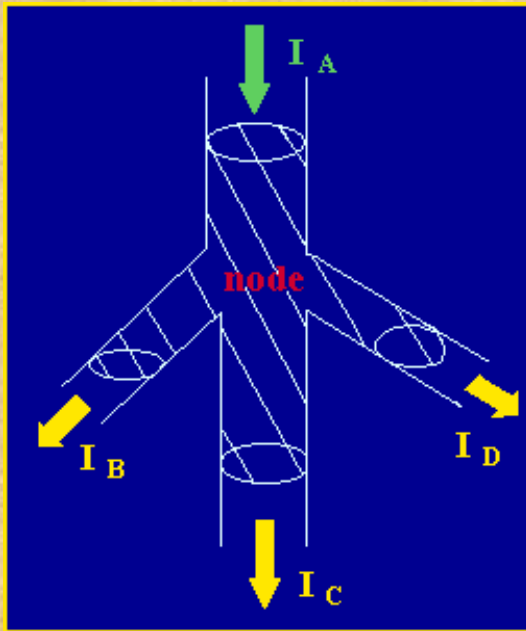


Gustav Kirchhoff

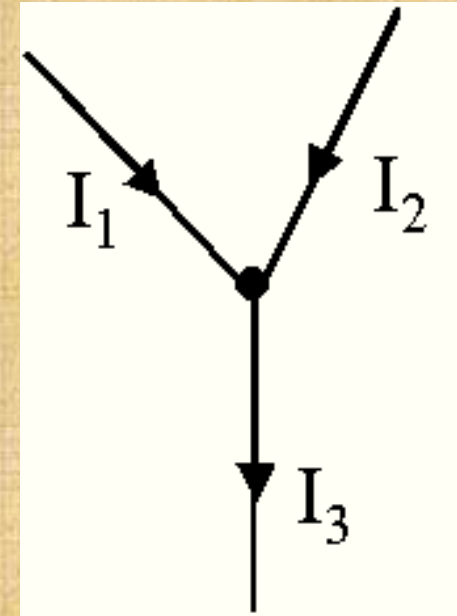
A soma das quedas de tensão ao longo de um circuito fechado é igual a zero.

$$\sum V_k = 0$$

# Lei de Kirchhoff das Correntes



É uma aplicação do princípio da conservação da carga.



A soma de todas as correntes correntes num nó do circuito eléctrico é igual a zero.

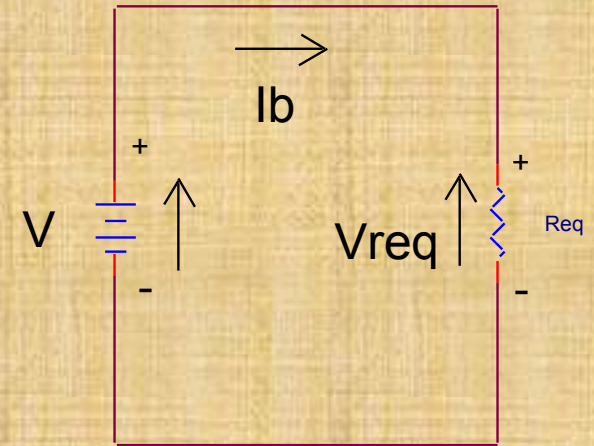
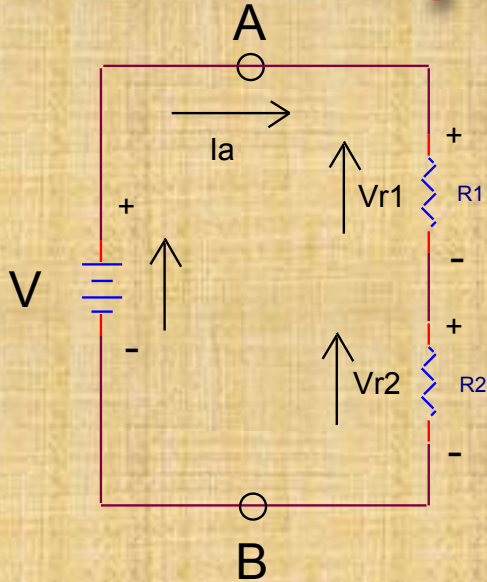
$$\sum I_l = 0$$

# Leis de conservação

- As leis de Kirchhoff baseiam-se em leis de conservação:
  - KVL mantém a tensão
  - KCL mantém a corrente
- Outras leis de conservação na física:
  - Conservação da energia
  - Conservação do momento linear ou angular
- Quando for possível conhecer as leis de conservação, a análise do sistema é muito mais simples.



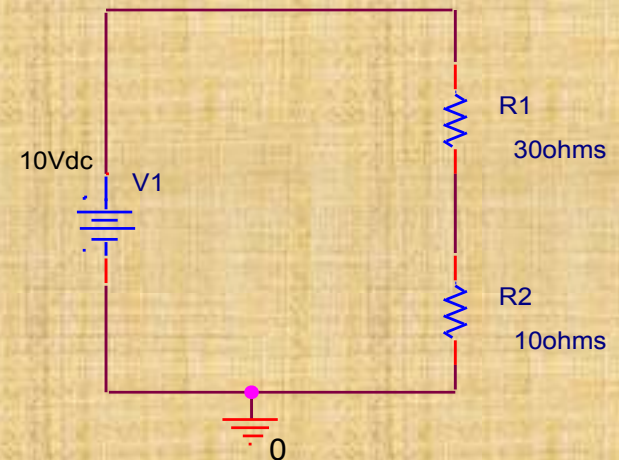
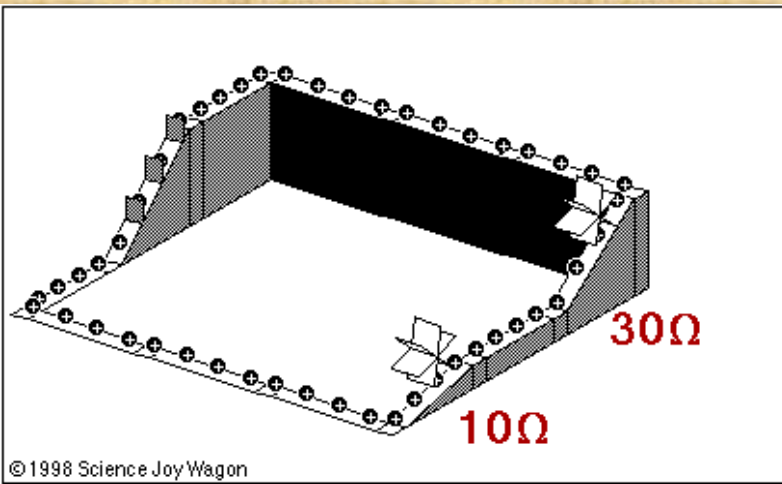
# Combinação de resistências em série



- A resistência total (equivalente) é igual à soma das resistências  $\Rightarrow I_a = I_b$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_N$$

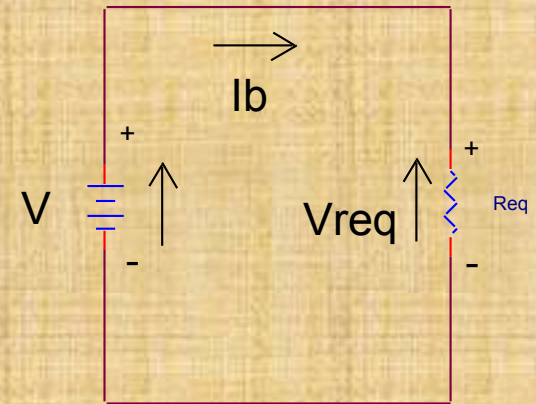
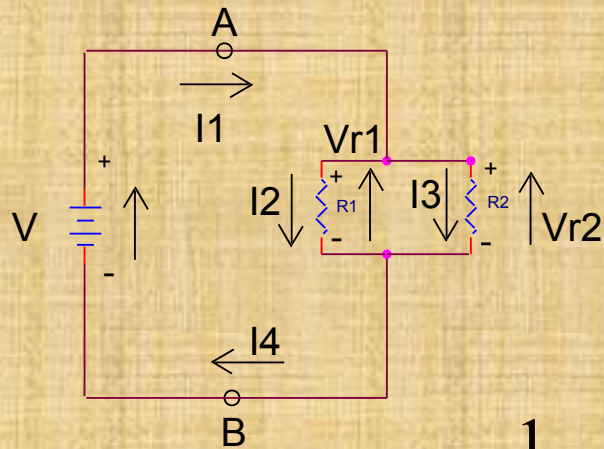
# Combinação de resistências em série



- O efeito das resistências é aditivo.
- Existe uma queda de tensão ao longo de cada resistência.  $R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_N$



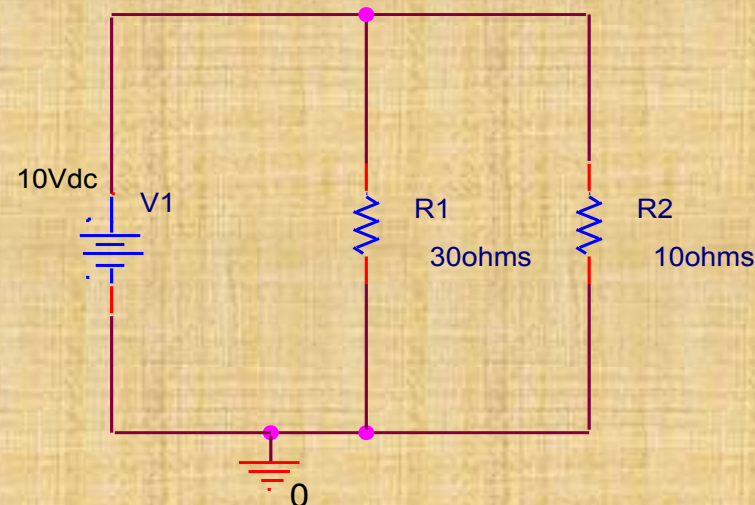
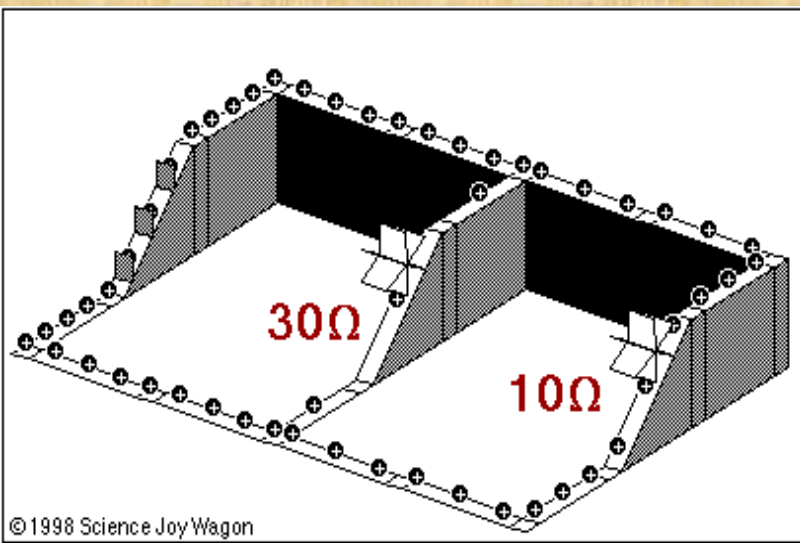
# Associação de resistências em paralelo



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

O inverso da resistência equivalente é igual à soma do inverso de cada resistência  $\Rightarrow I_1 = I_b = I_4$

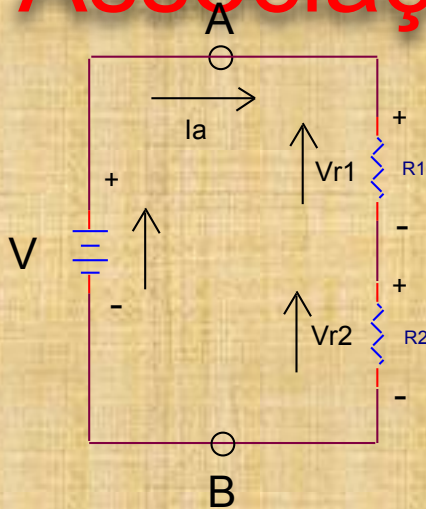
# Combinação de resistências em paralelo



Na associação em paralelo, existe a mesma d.d.p. aos terminais de cada resistência e existe mais do que um percurso para a circulação de corrente, o que permite baixar a resistência total (ou equivalente).

$$\frac{1}{R_{EQ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

# Associação de Resistências em Série

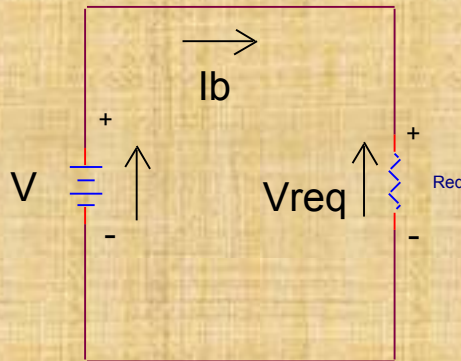


- LKM:

$$V = V_{r1} + V_{r2}$$

- Lei de Ohm:

$$V = I_a R_1 + I_a R_2$$



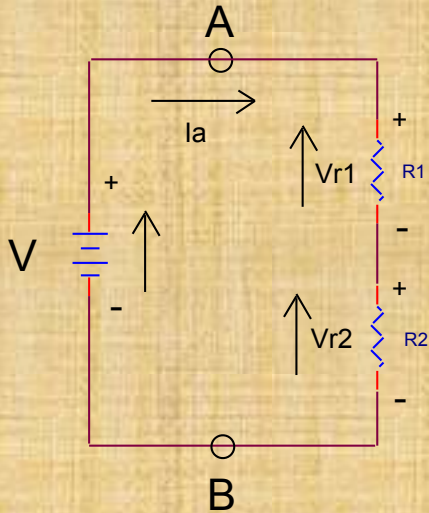
- Resolvendo para  $I_a$ :

$$I_a = \frac{V}{R_1 + R_2} = \frac{V}{R_{EQ}} = I_b$$

$$R_{EQ} = R_1 + R_2 + \dots + R_N$$



# O Divisor de Tensão



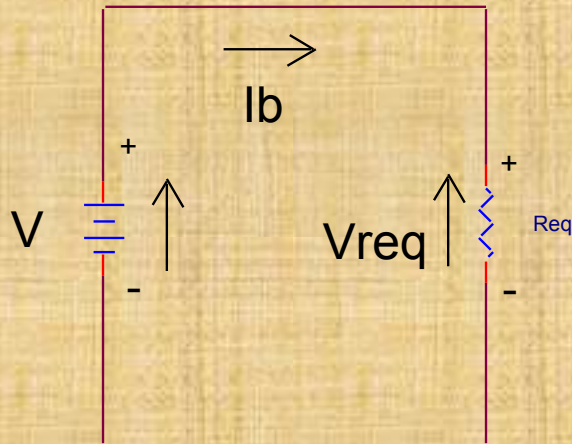
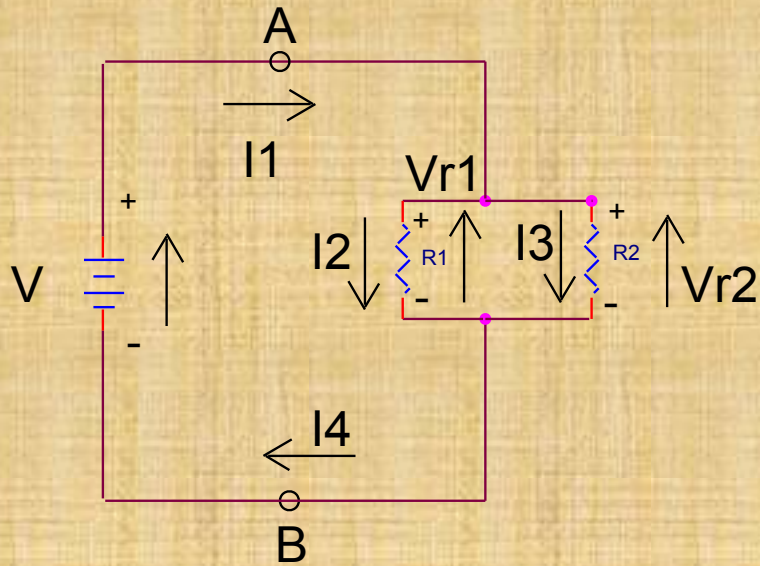
- Pretende-se usar a tensão no ponto intermédio das duas resistências em série:  
do resultado anterior obtém-se:

$$V_{r2} = I_a R_2 \quad \text{onde substituindo}$$

$$I_a = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

$$V_{r2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V$$

# Associação em Paralelo



- LKC:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

- Lei Ohm:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = \frac{V}{R_{EQ}}$$

- levando a:

$$\frac{1}{R_{EQ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

# Associações de Resistências

- Série  $R_{EQ} = R_1 + R_2 + \dots + R_N$
- Paralelo  $\frac{1}{R_{EQ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$
- Para duas resistências em paralelo,  
$$R_{EQ} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



## Conclusão:

- Resistências em série dão origem a uma resistência equivalente superior a qualquer uma das resistências individuais.
- Em paralelo, resulta que a resistência equivalente é menor que qualquer uma das resistências individuais.

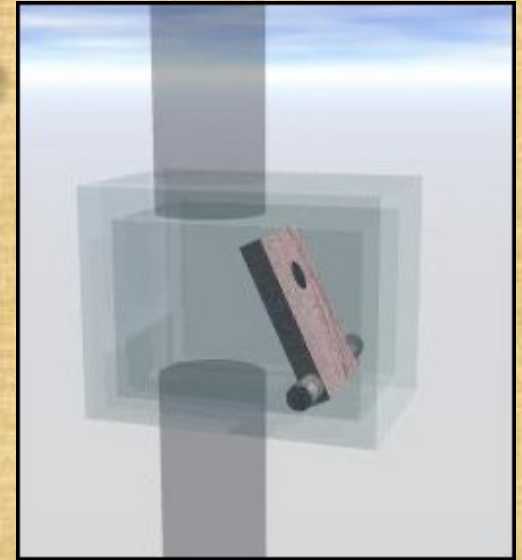
# O Díodo

- O díodo é um componente electrónico que actua como uma válvula que abre e fecha a passagem da corrente.

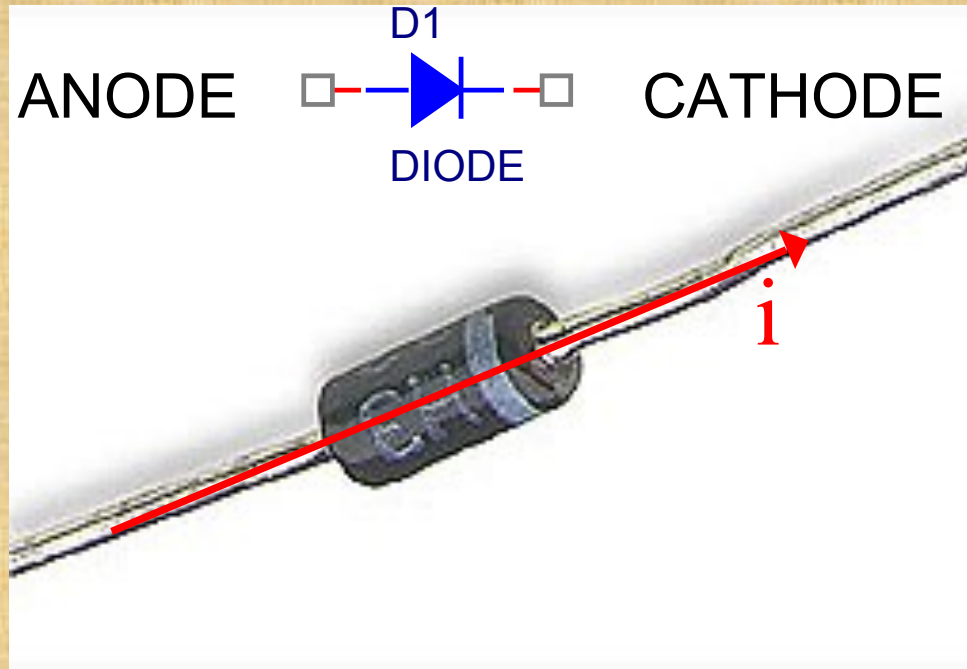
- É o modelo mais simplista de um díodo.

- Na realidade:

- a corrente que nele passa depende da tensão aos seus terminais.
- a corrente só passa numa única direcção.



# O Díodo de sinal

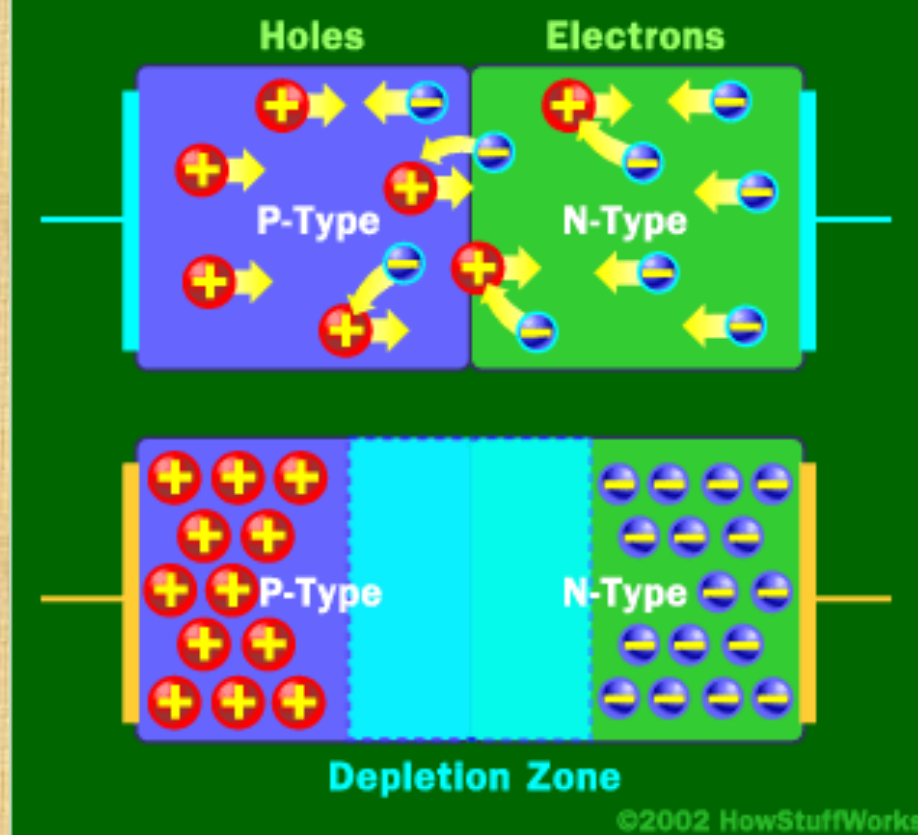


- Um díodo pode ser interpretado pela analogia com uma válvula eléctrica de uma só via.
- Constroem-se díodos a partir de materiais incluindo: o silício, o germânio ou o arseniato de gálio.

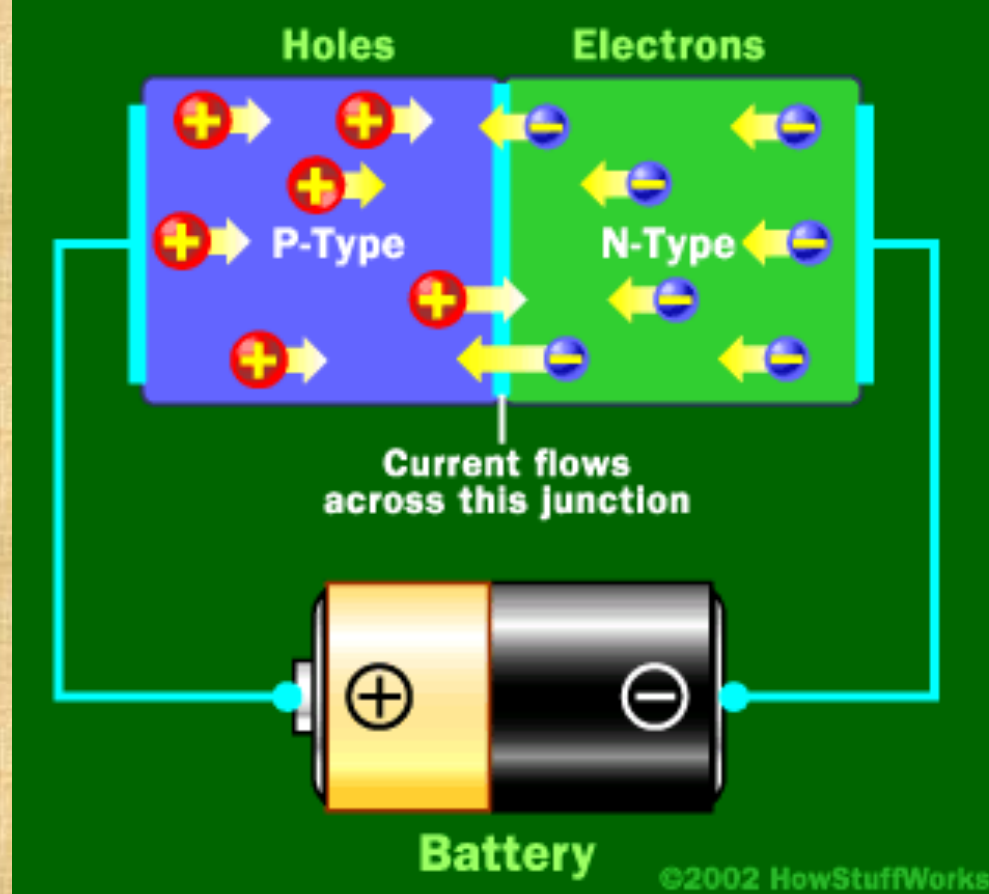


# Díodos

- Tal como numa válvula, para um díodo, é necessária uma pequena tensão positiva para permitir a passagem de corrente, ou seja, é necessário polarizar a junção do semicondutor.
- A tensão requerida para a passagem de corrente situa-se tipicamente entre:
  - 0,6-0,8 V para um díodo de silício.
  - $\approx 0,3$  V para um díodo de germânio.
  - $\approx 1,8$  volts para um díodo emissor de luz (LED)

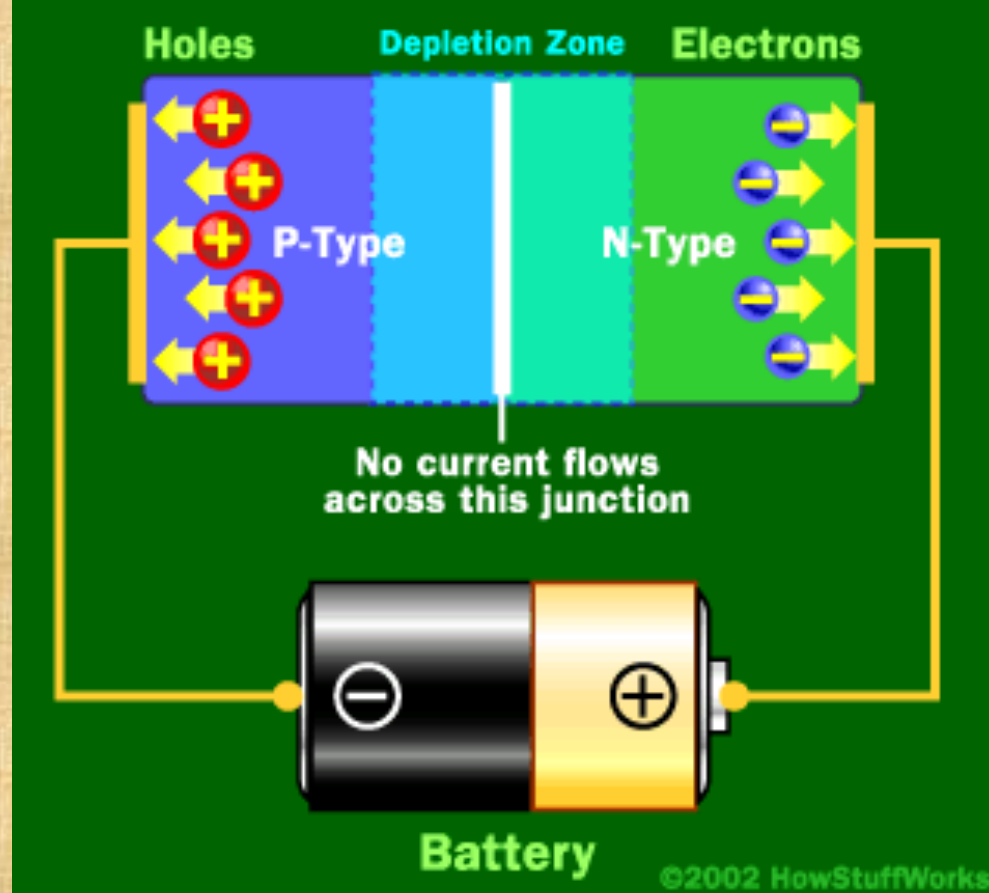


Na junção dos dois semicondutores, os electrões livres (cargas negativas) do material do tipo N (negativo) preenchem os buracos (cargas positivas=falta de electrões) do material tipo P (positivo). Isto cria uma camada isoladora no meio do díodo designada “zona de depleção”.



Quando o lado N do díodo é polarizado negativamente pelo circuito exterior (fonte de alimentação por exemplo), e o lado P é polarizado positivamente pelo circuito, o campo eléctrico criado fornece energia suficiente aos electrões e “buracos” para se moverem e ultrapassarem a zona de depleção. Força-se a passagem de corrente eléctrica.

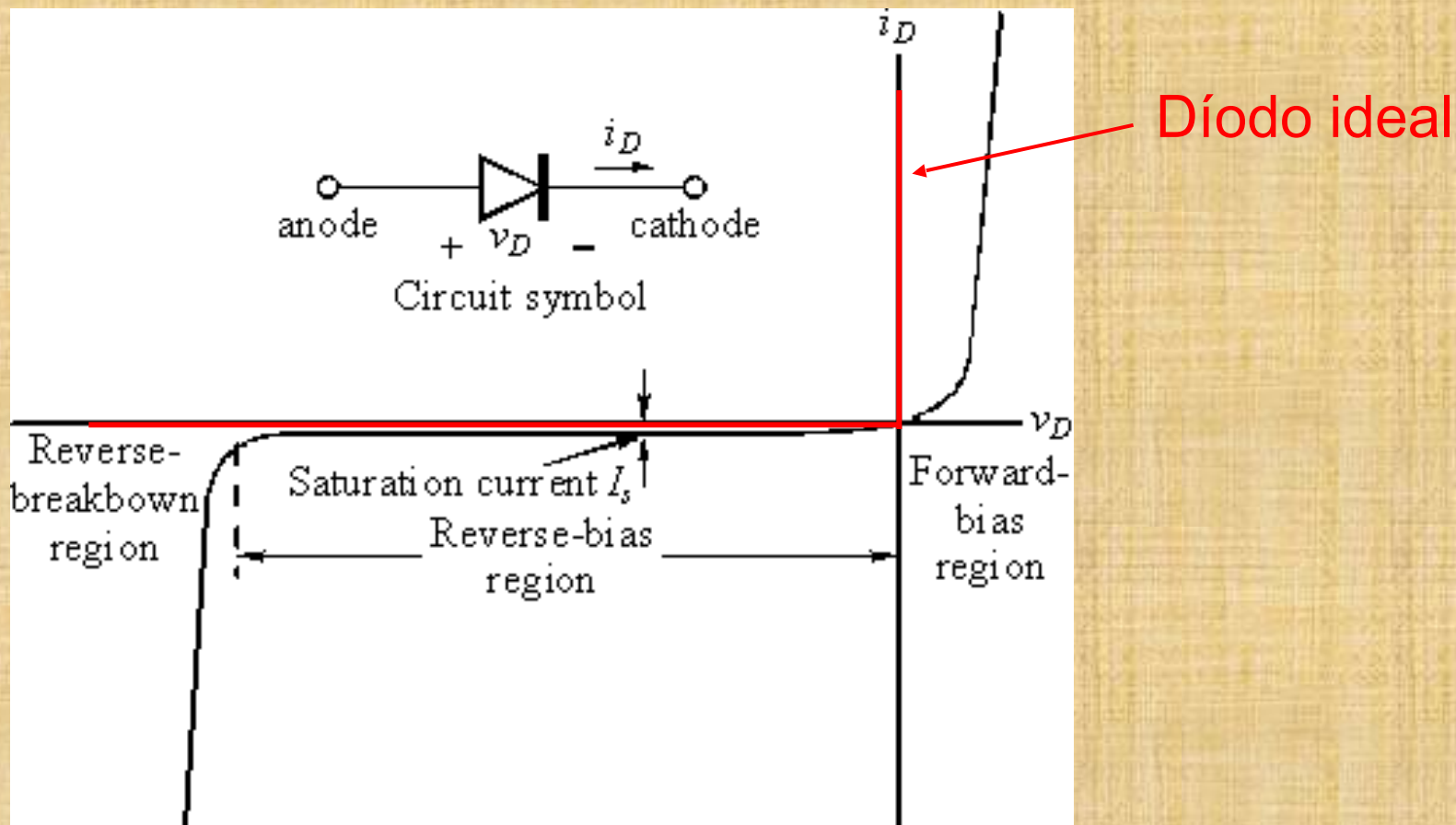




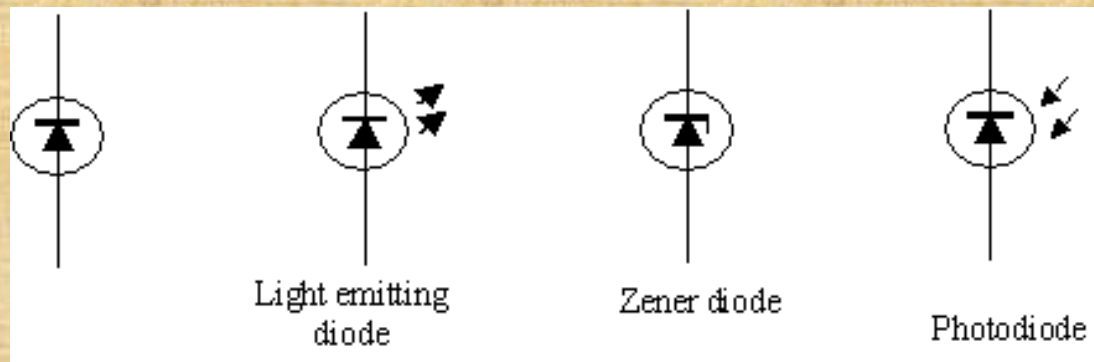
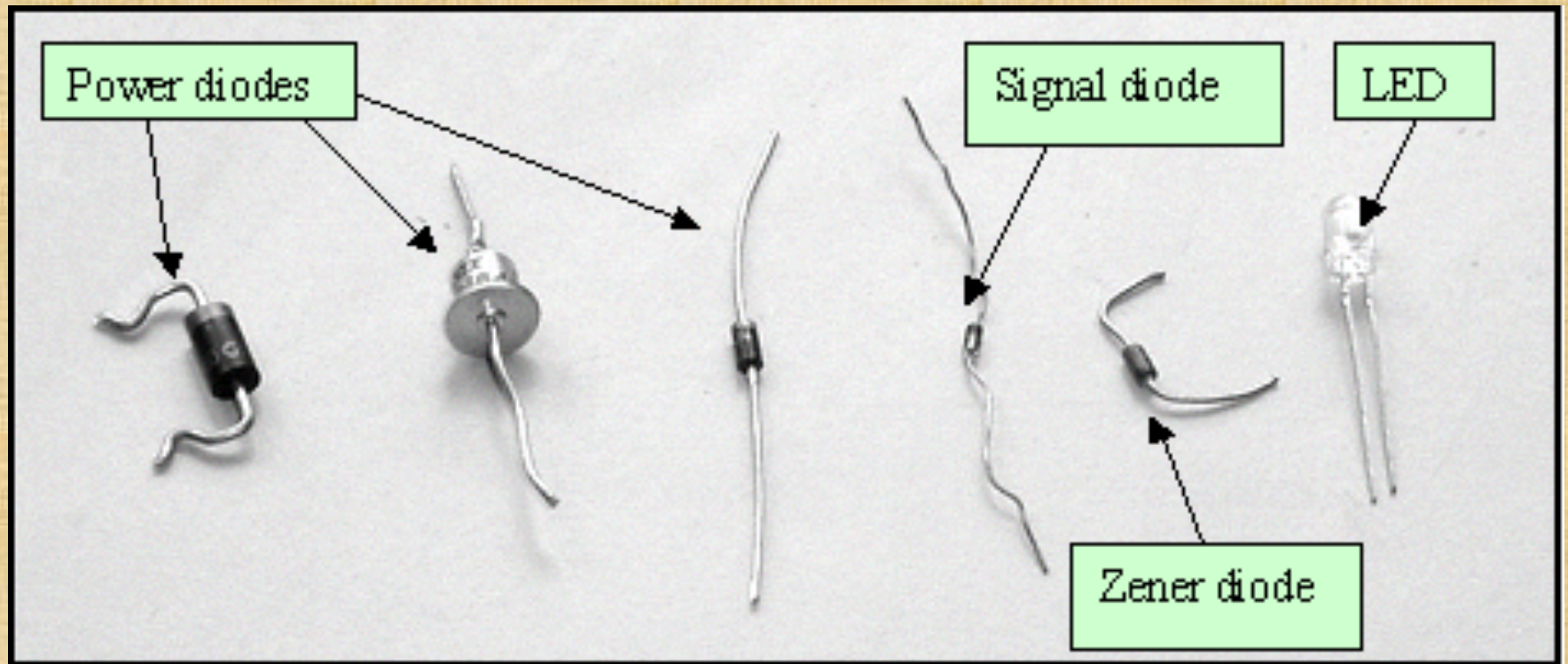
Quando o lado N do díodo é polarizado positivamente pelo circuito exterior (fonte de alimentação por exemplo), e o lado P é polarizado negativamente pelo circuito exterior, o campo eléctrico criado favorece o movimento dos electrões e “buracos” no sentido de aumentar a zona de depleção. Impede-se a passagem de corrente eléctrica no díodo.

# Característica I-V

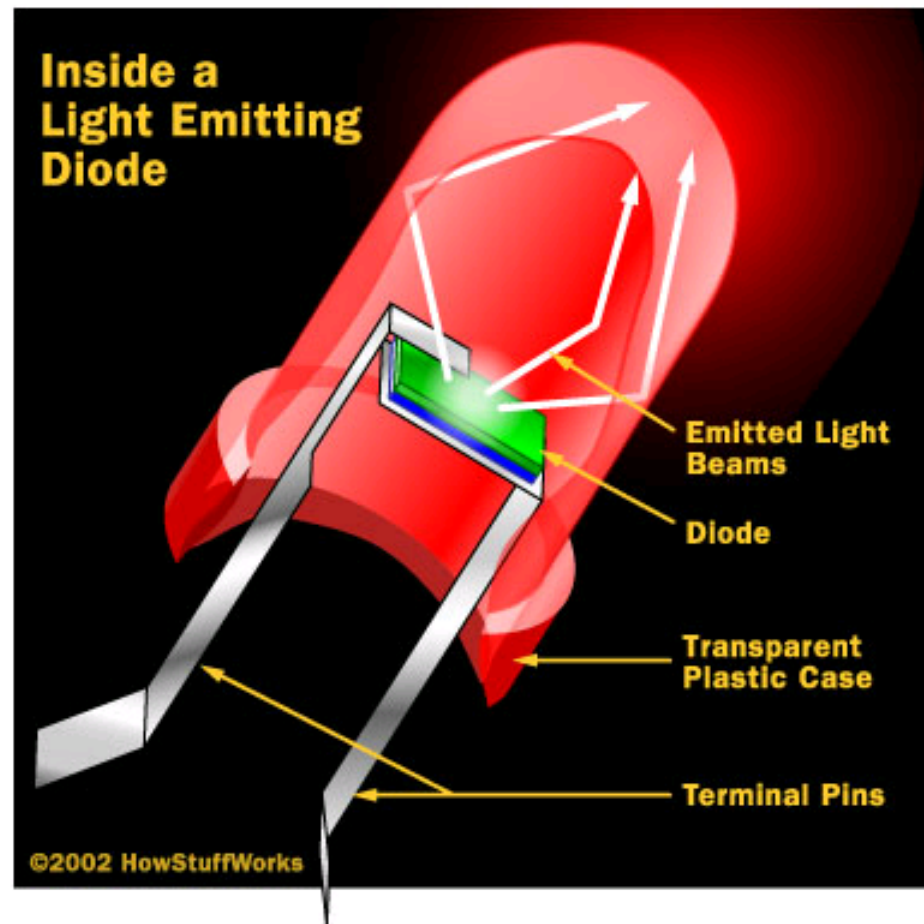
- Para um diodo ideal, a corrente flui num sentido único.
- Um diodo real aproxima-se de um diodo ideal.



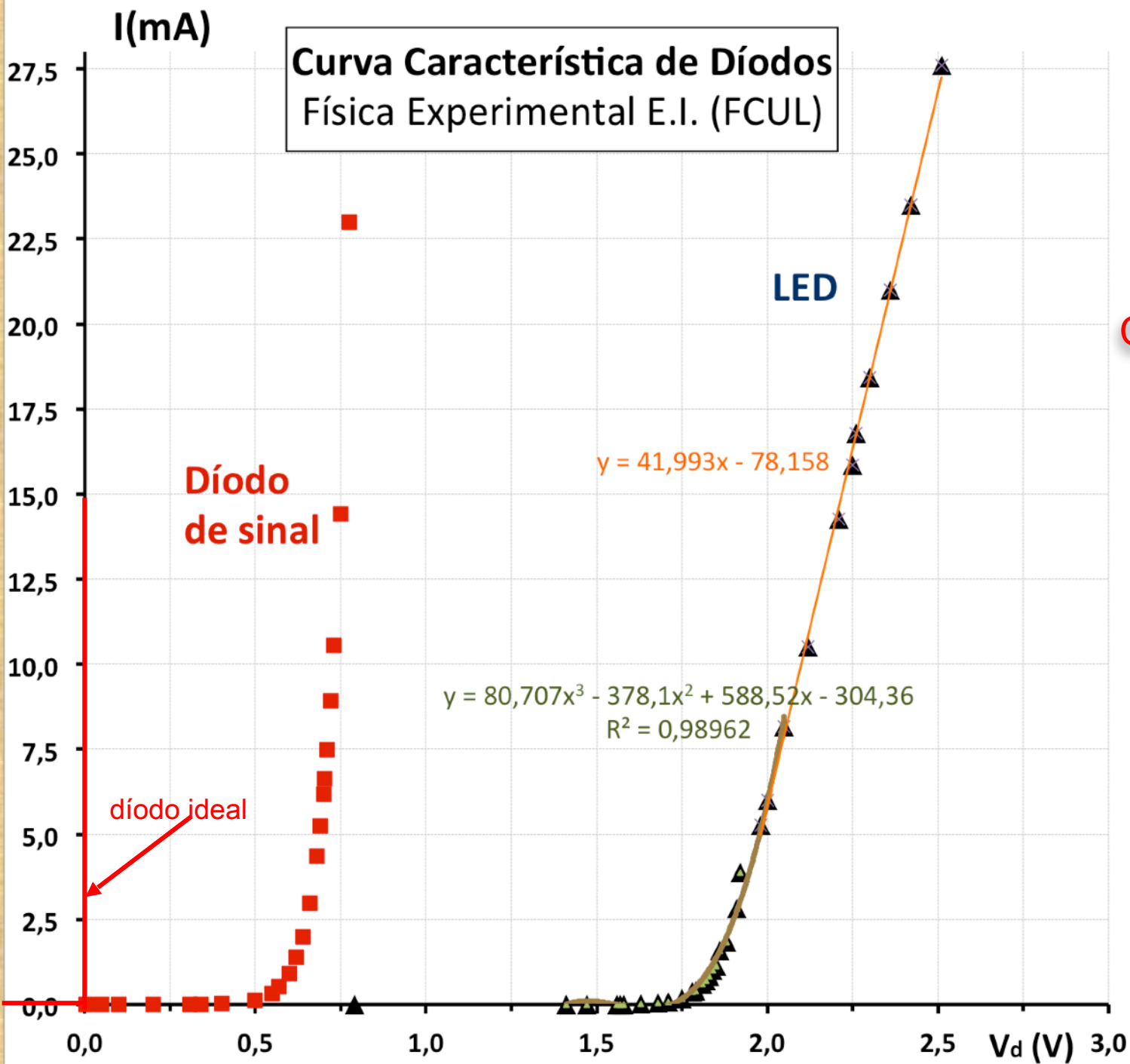
# Tipos de Díodos





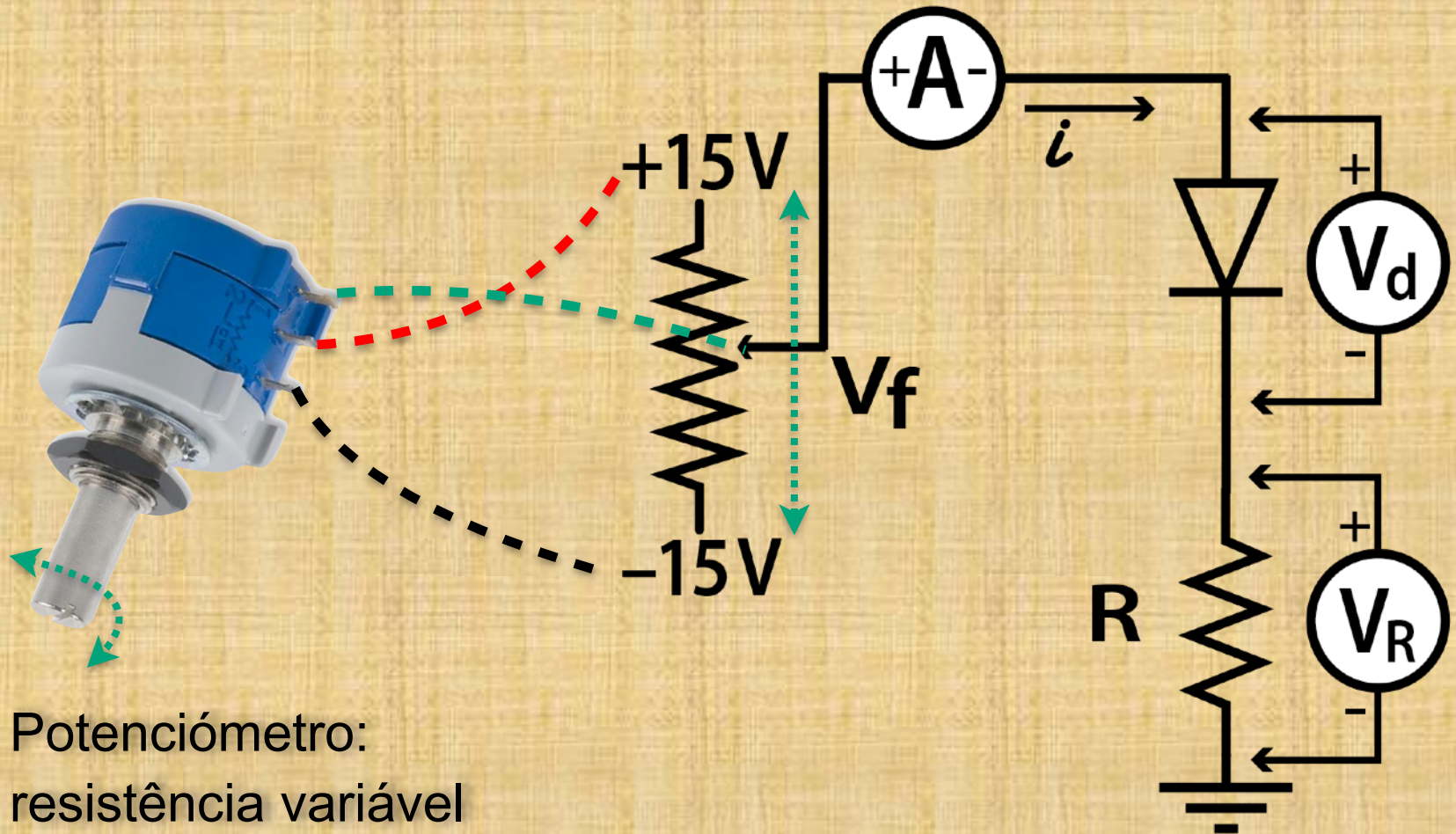


LEDs have several advantages over conventional incandescent lamps. For one thing, they don't have a filament that will burn out, so they last much longer. Additionally, their small plastic bulb makes them a lot more durable. They also fit more easily into modern electronic circuits.



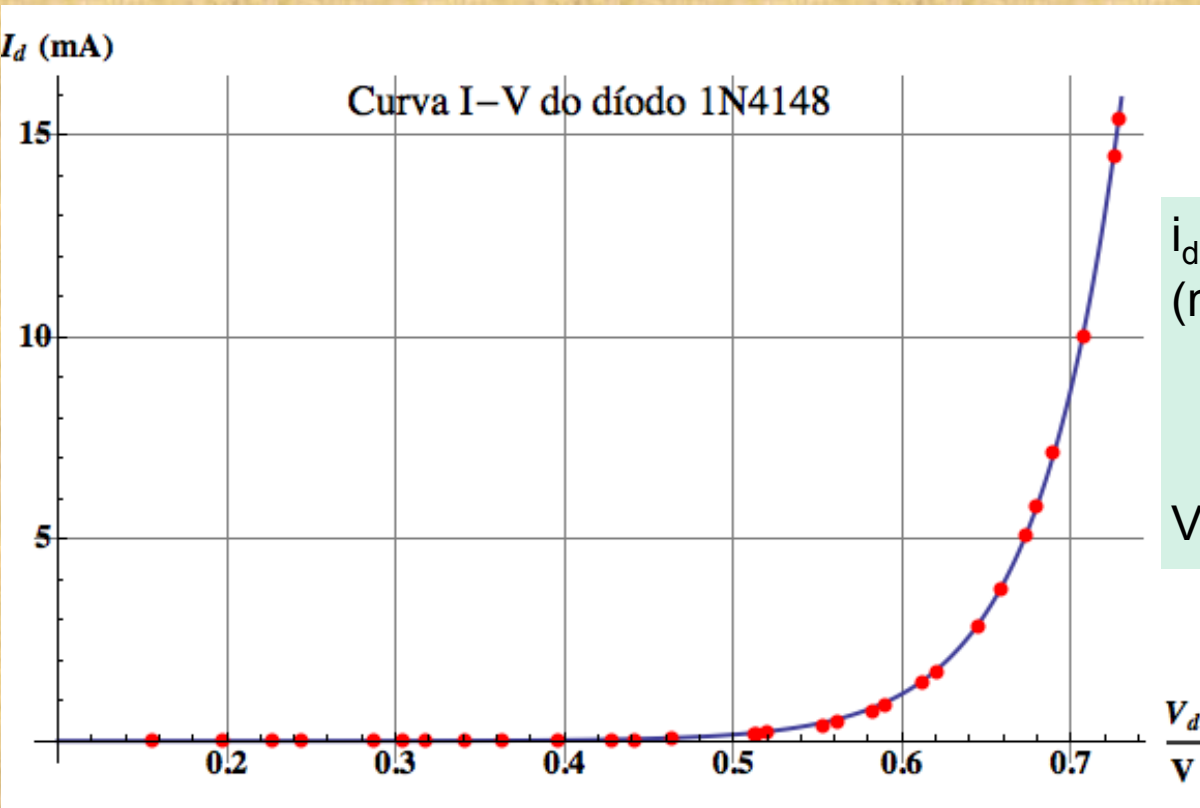
Curva  
Característica I-V  
do diodo  
e do LED

# Circuito para estudar o Díodo





# Resistência dinâmica do Díodo



$$i_d = 6,7352 \times 10^{-6} \exp(20,1020 V_d) \text{ (mA)}$$

Invertendo a equação:

$$V_d = 0,5924 + 0,049746 \ln(i_d) \text{ (V)}$$

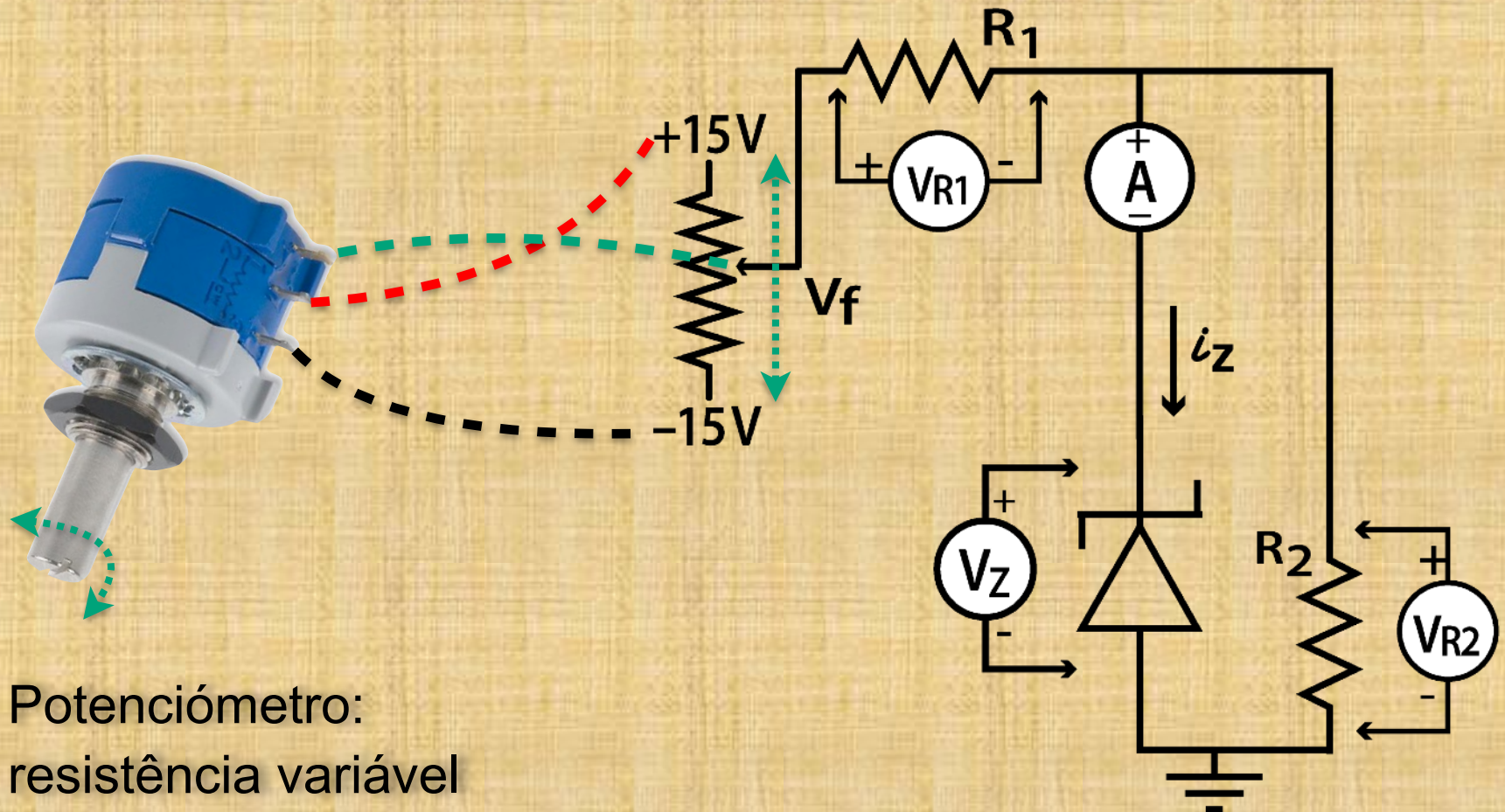
Resistência dinâmica obtém-se de:

- Se a resistência for ôhmica (da lei de Ohm) =>  $R(i) = \text{constante} = R$
- No caso do díodo a derivada dá —> ou seja,  $R_d$  *diminui com a corrente!*

$$R(i) = \frac{dV(i)}{di}$$

$$R_d(i) = 49,746 / i_d \text{ (} i_d \text{ em mA, } R_d \text{ em } \Omega \text{)}$$

# Circuito para estudar o Zener



# díodo Zener

Física Experimental DF FCUL

Curva Característica do  
Díodo Zener BZX-C4V7

