



# Aula 3: Ponte de Wheatstone com LDR para acender LED

Professor

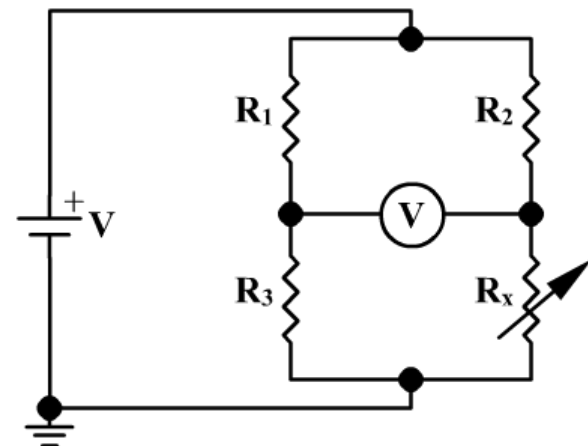
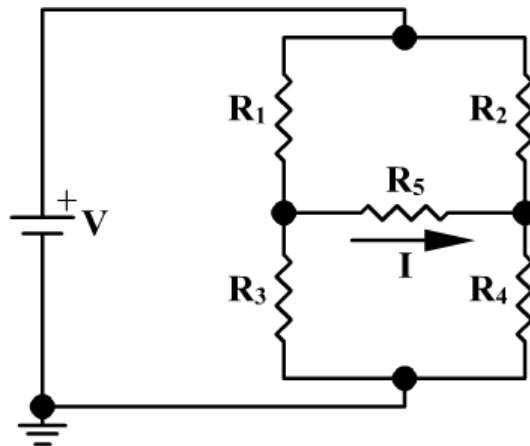
Patrick Marques Ciarelli

[patrick.ciarelli@ufes.br](mailto:patrick.ciarelli@ufes.br)

# Introdução Teórica

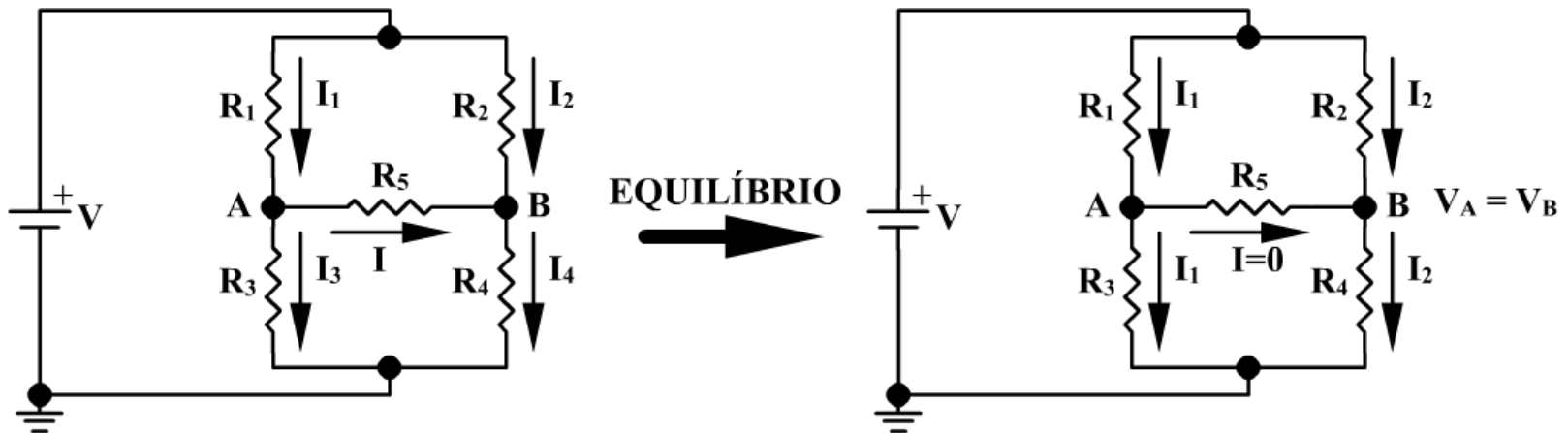
- Ponte de Wheatstone

- Ponte de Wheatstone é uma montagem que serve para descobrir o valor, com boa precisão, de uma resistência elétrica desconhecida, ou outra grandeza que pode ser traduzida como resistência por sensores (pressão, força, etc);
- Ela pode estar equilibrada ou não. Quando equilibrada, a corrente  $I = 0$  e  $V = 0$ , e é possível descobrir o valor da resistência  $R_x$ .



# Introdução Teórica

- Ponte de Wheatstone

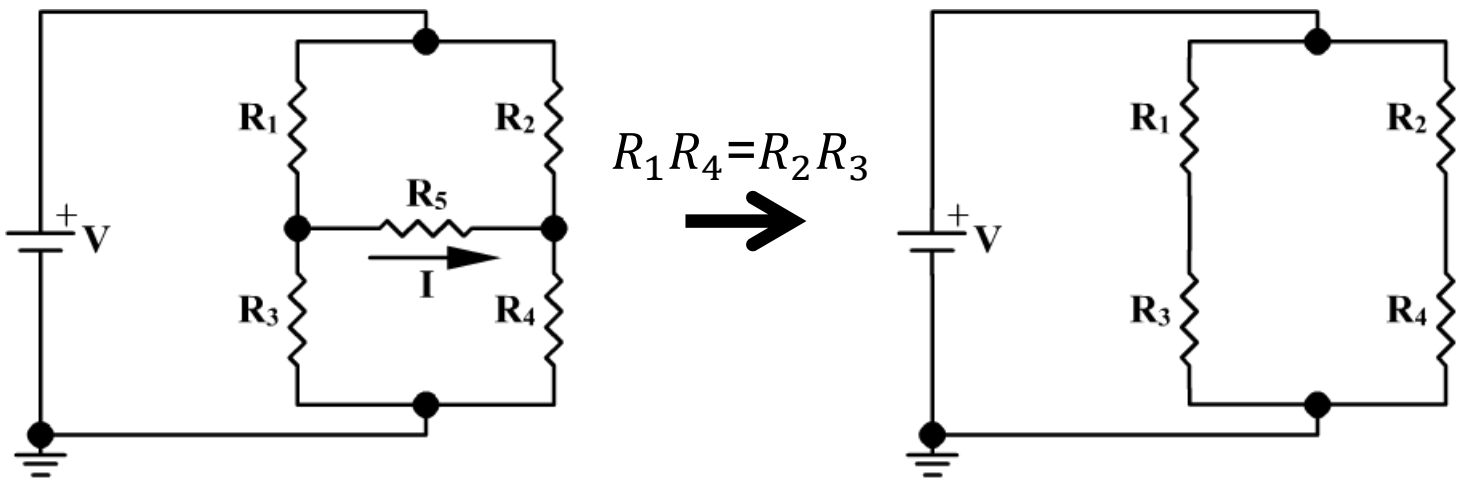


- Em equilíbrio:  $V_A = V_B$  e  $I = 0$ , logo:
- $R_1 I_1 = R_2 I_2$  (1) e  $R_3 I_1 = R_4 I_2$  (2)
- Dividindo (1) por (2):
- $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} \rightarrow R_1 R_4 = R_2 R_3$

# Introdução Teórica

- Ponte de Wheatstone

- Se  $R_1 R_4 = R_2 R_3 \rightarrow I = 0$  e  $R_5$  pode ser removido do circuito;



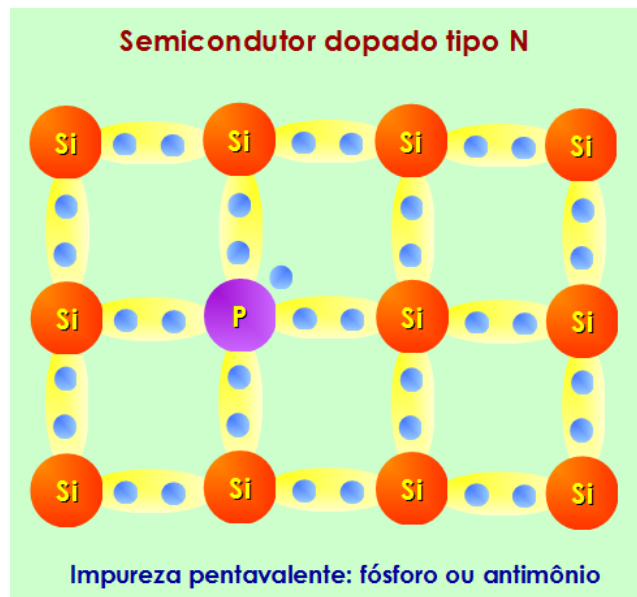
- Se  $R_1 R_4 \neq R_2 R_3 \rightarrow I \neq 0$  e  $R_5$  não pode ser removido sem alterar as características do circuito.

# Introdução Teórica

- Semicondutor
  - Materiais com capacidade de conduzir corrente elétrica intermediária entre condutores e isolantes;
  - A maioria dos semicondutores é feita de um condutor pobre que teve impurezas (átomos de outro material) adicionadas a ele;
  - O processo de adição de impurezas é chamado de dopagem.

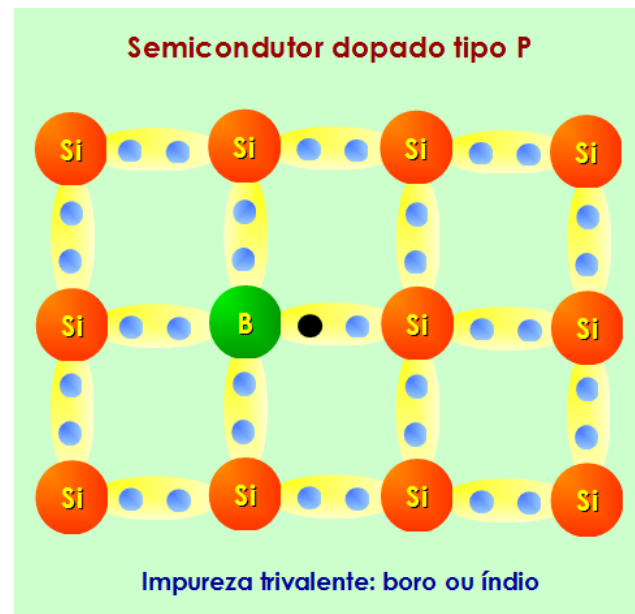
# Introdução Teórica

- Semicondutor – Material do tipo N
  - Material do tipo N é um semicondutor com elétrons extras (partículas carregadas negativamente);
  - Os elétrons livres podem mover-se de uma área carregada negativamente para uma área carregada positivamente.



# Introdução Teórica

- Semicondutor – Material do tipo P
  - Um semicondutor com buracos (lacunas) extras;
  - Efetivamente possuem partículas extras carregadas positivamente;
  - Elétrons podem pular de lacuna em lacuna, movendo-se de uma área carregada negativamente para uma área carregada positivamente.

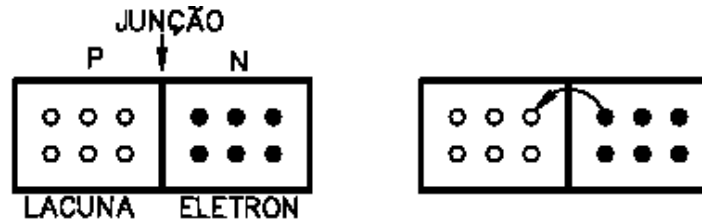


# Introdução Teórica

- Diodo

- Diodo é um componente semiconductor composto pela junção de um material do tipo p e um material do tipo n;

- 



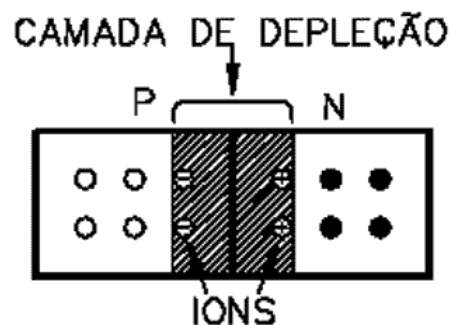
- Devido a repulsão mútua, os elétrons livres do lado  $n$  espalham-se em todas direções, alguns atravessam a junção e se combinam com as lacunas. Quando isto ocorre, a lacuna desaparece e o átomo associado torna-se carregado negativamente. (um íon negativo).



# Introdução Teórica

- Diodo

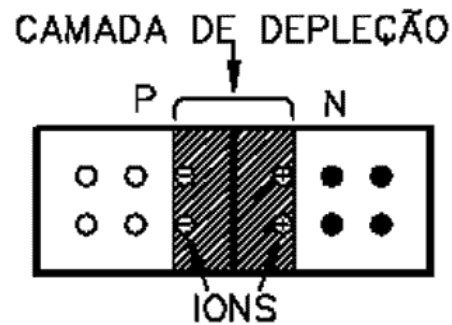
- Cada vez que um elétron atravessa a junção ele cria um par de íons. À medida que o número de íons aumenta, a região próxima à junção fica sem elétrons livres e lacunas, formando a camada de depleção;



- A camada de depleção age como uma barreira impedindo a continuação do movimento por difusão dos elétrons livres.

# Introdução Teórica

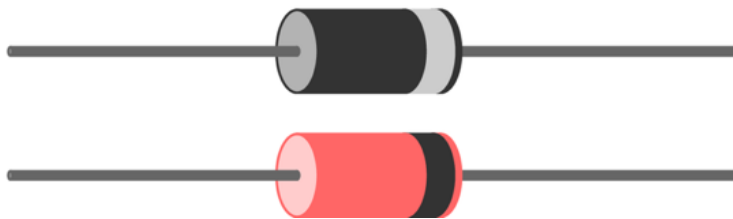
- Diodo
  - A diferença de potencial através da camada de depleção é chamada de barreira de potencial.
  - A 25°, esta barreira é de 0,7V para o silício e 0,3V para o germânio.



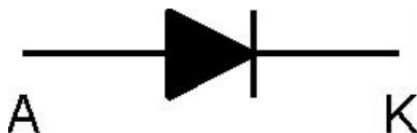
# Introdução Teórica

- Diodo - Simbologia

- O terminal conectado no material tipo P é chamado de Ânodo, e o terminal conectado no material tipo N é chamado de Cátodo.



Faixa que identifica o terminal cátodo



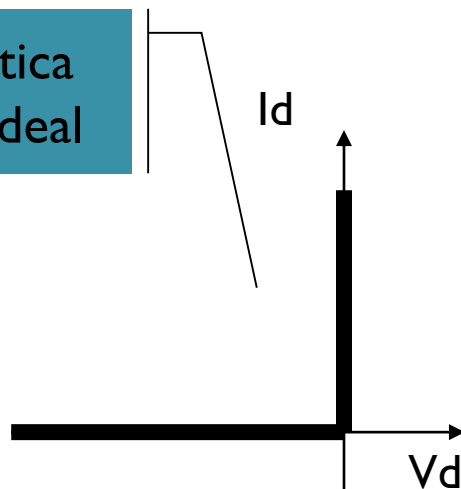
# Introdução Teórica

- Diodo Ideal
  - Um díodo consiste num dispositivo capaz de permitir a passagem de corrente num sentido e impedir no sentido oposto.

$V_d > 0$  - circuito fechado

$V_d < 0$  - circuito aberto

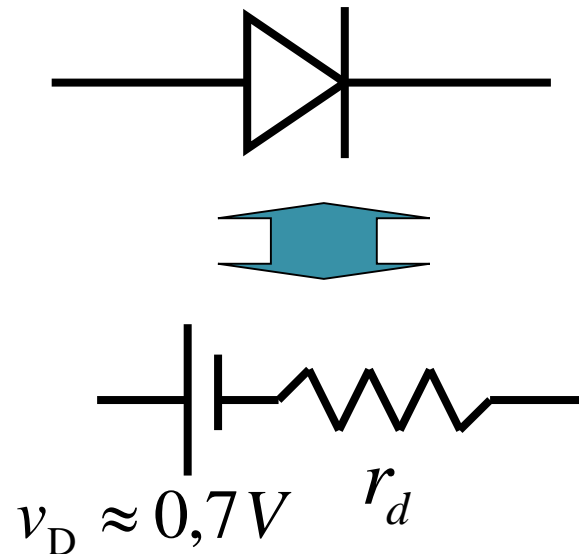
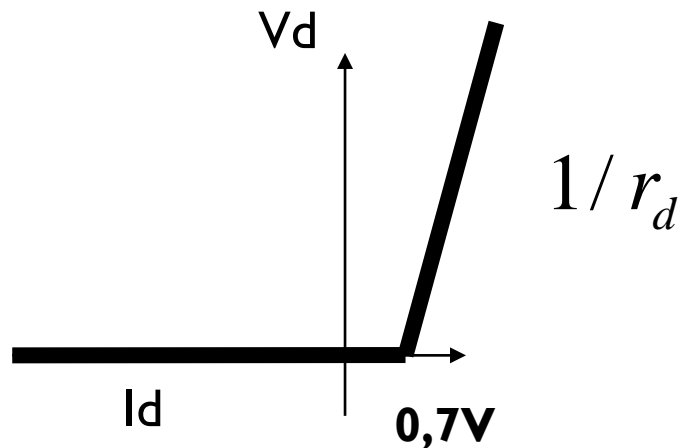
Característica  
do díodo ideal



Estado	Polarização	Circuito equivalente
Condução		
Bloqueio		

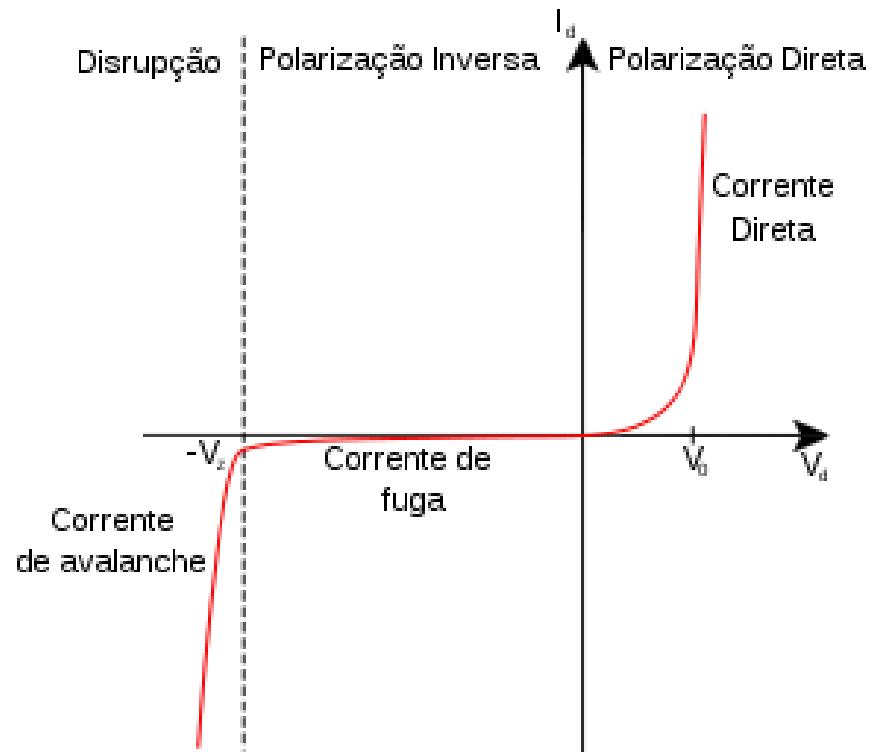
# Introdução Teórica

- Diodo Real (aproximação)
  - Devido a camada de depleção existe uma queda de tensão no diodo que pode ser aproximada por  $0,7V$  (em diodos de silício);
  - Além disso, existe uma resistência interna  $r_d$  que assume normalmente valores reduzidos.



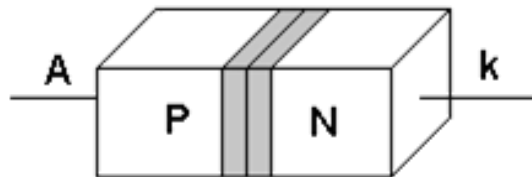
# Introdução Teórica

- Diodo Real (aproximação)
  - Curva característica de um diodo



# Introdução Teórica

- Led
  - O led é um tipo especial de diodo que emite luz ao passar corrente por ele;
  - A cor da luz emitida pelo led depende do material semicondutor que o constitui.

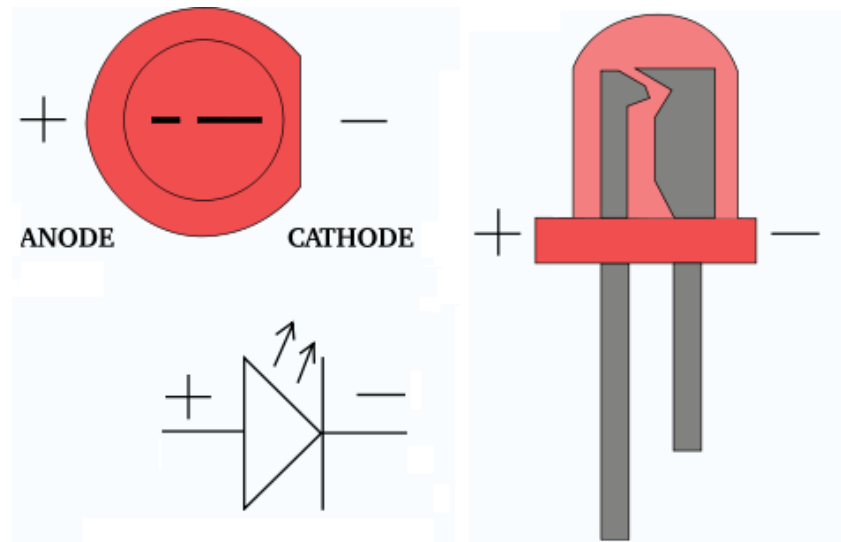
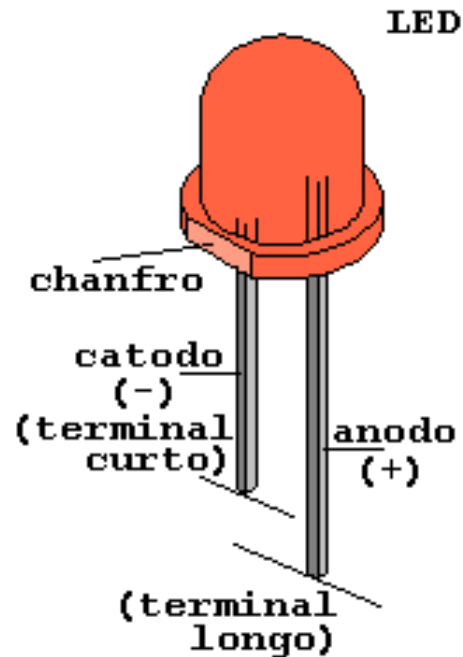


- Simbologia:



# Introdução Teórica

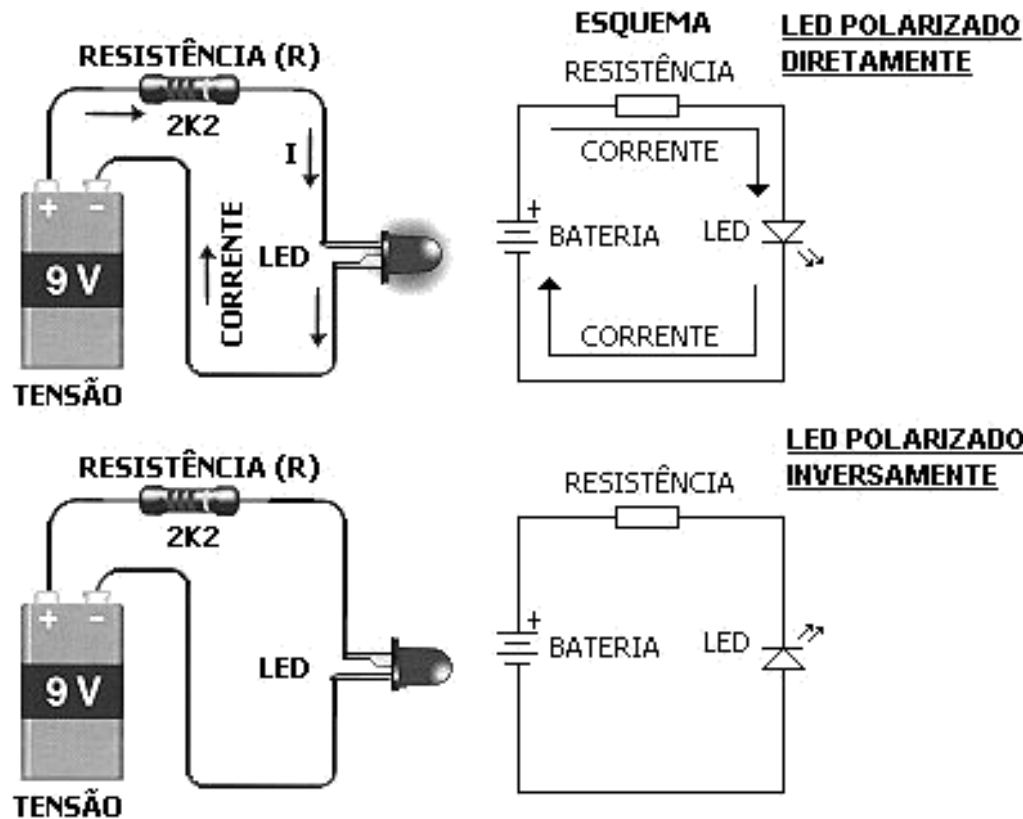
- Led
  - Identificação visual dos terminais





# Introdução Teórica

- Led

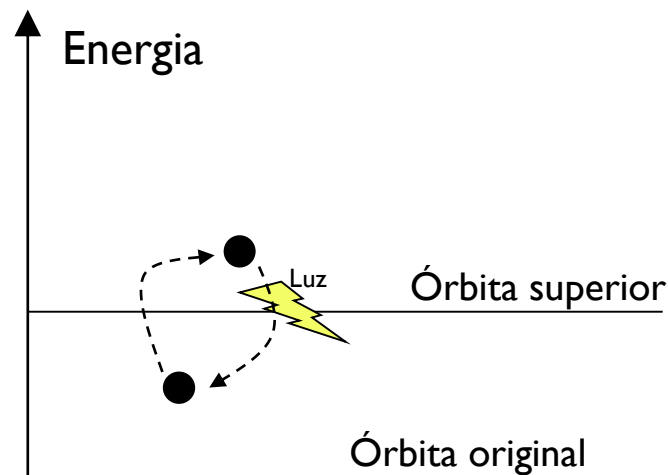


O led está diretamente polarizado, e emite luz, quando o ânodo está positivo em relação ao cátodo.

O led está inversamente polarizado, e não emite luz, quando o ânodo está negativo em relação ao cátodo.

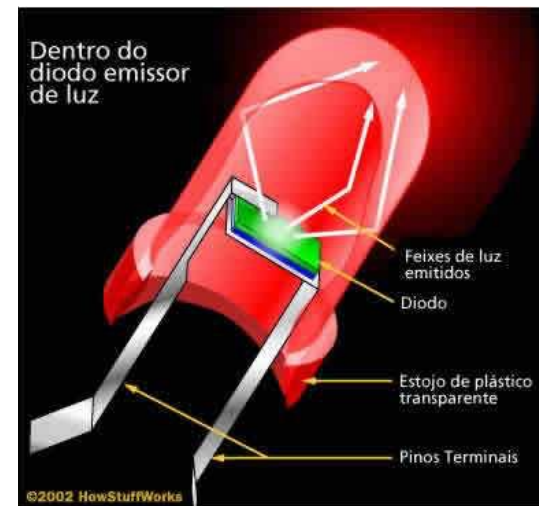
# Introdução Teórica

- Led (princípio de funcionamento)
  - Ao ser aplicada uma tensão que polariza diretamente o led, muitos elétrons recebem energia pulando para um orbital mais alto;
  - Como muitos não podem permanecer nessa zona, eles caem de um orbital alto para um mais baixo, tendo como efeito a perda de energia, que é liberada na forma de luz (fótons).



# Introdução Teórica

- Led
  - Todos os diodos liberam luz!
  - A maioria não o faz muito eficientemente;
  - Diodo comum: o próprio material semicondutor termina absorvendo parte da energia da luz;
  - LEDs: fabricados especialmente.



# Introdução Teórica

- Led
  - Em geral, os leds operam com nível de tensão de 1,6 a 3,3V, e uma corrente mínima de 10 mA;
  - Tensão: dependente do comprimento da onda emitido.
    - Infravermelhos: menos de 1,5V
    - Vermelhos: 1,7V
    - Amarelos: 1,7V ou 2,0V
    - Verdes: entre 2,0V e 3,0V
    - Azuis, violeta e ultra-violeta: mais de 3,0V

# Introdução Teórica

- Led
  - A corrente direta ( $I_F$ ) deverá estar compreendida entre 10 e 100 mA.

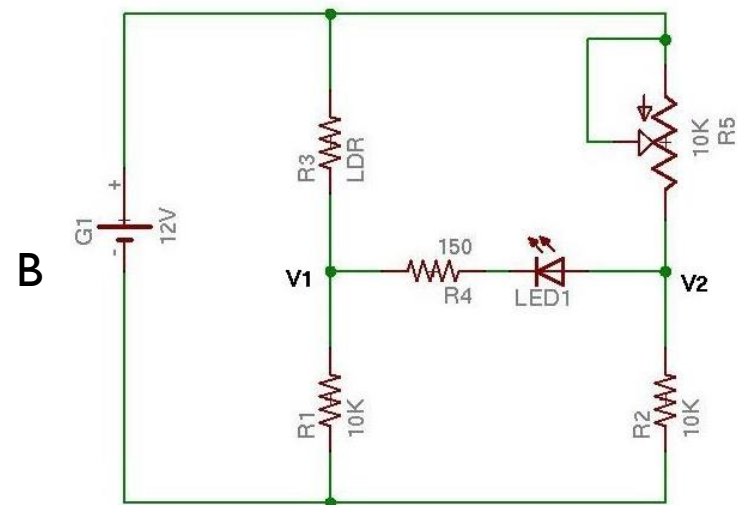
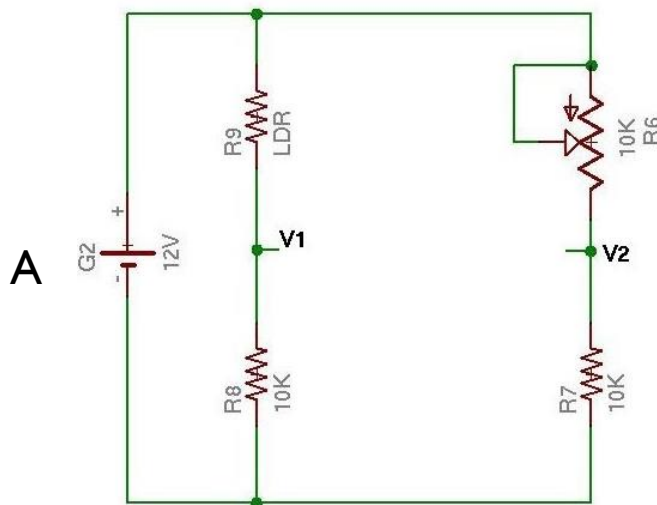
$V_F$  – Tensão máxima de polarização direta.

$V_R$  – Tensão máxima de polarização inversa.

<b>Led vermelho</b>	Material semiconductor que o constitui: <b>Fosfoarsenieto de gálio</b>	$V_F = 1,6 \text{ V}$ $V_R = 3 \text{ V}$
<b>Led verde</b> <b>Led amarelo</b>	Material semiconductor que o constitui: <b>Fosforeto de gálio</b>	$V_F = 2,4 \text{ V}$ $V_R = 3 \text{ V}$
<b>Led infra vermelho</b>	Material semiconductor que o constitui: <b>Arsenieto de gálio</b>	$V_F = 1,35 \text{ V}$ $V_R = 4 \text{ V}$

# Experimento

- Montar os circuitos abaixo, e:
  - Montar o circuito A e variar o potenciômetro até encontrar o equilíbrio da ponte;
  - Tapar o LDR e perceber a diferença de potencial entre V1 e V2;
  - Montar o circuito B e tapar e destapar o LDR e verificar se o led acende e apaga.



# Ideias para Projetos

- Carinho que segue uma trilha;
- Iluminação automática na presença de pessoas;
- Estufas com controle de temperatura;
- Separar itens em uma esteira de acordo com o tipo de material.