
Introdução de transdutores

Notas de aula:

Valner Brusamarello

Aula 06

- Prof. Valner Brusamarello
- Transdutores



Transdutores

- **Definição:**

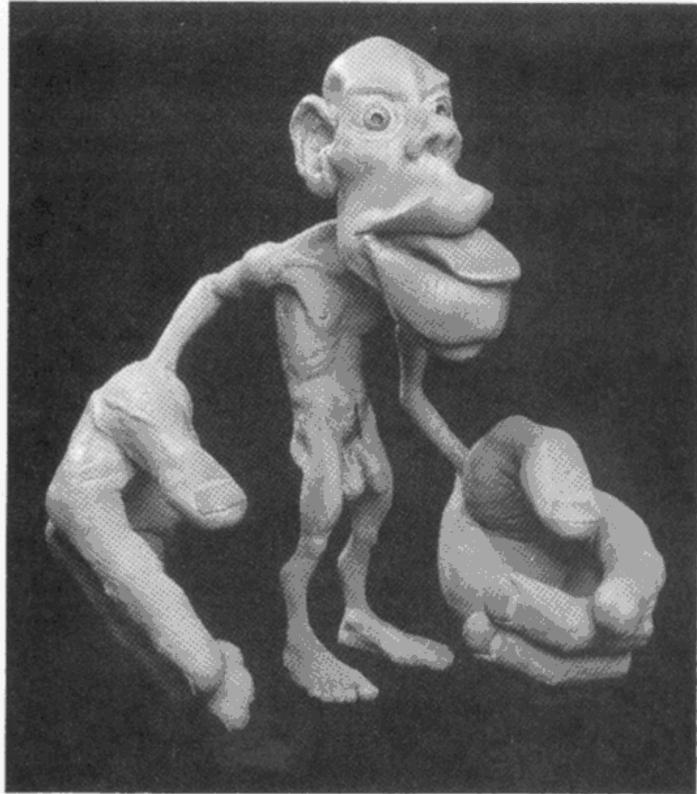
- **SENSOR:** [VIM 2008] é um elemento de um sistema de medição que é diretamente afetado por um fenômeno, corpo ou substância que contém a grandeza a ser medida. Pode-se citar como exemplos: o elemento de platina de um termômetro do tipo RTD, rotor de uma turbina para medir vazão, tubo de Bourdon de um manômetro, bóia de um instrumento de medição de nível, fotocélula de um espectrofotômetro, entre outros.
- **TRANSDUTOR:** é um dispositivo que converte um sinal de uma forma física para um sinal correspondente de outra forma física. [VIM2008] é um dispositivo utilizado em medições, que fornece uma grandeza de saída que tem uma correlação específica com a grandeza de entrada. Pode-se citar como exemplos: termopar, transformador de corrente, extensômetro de resistência elétrica (strain-gage), eletrodo de pH, entre outros.

- **Caracterização em relação a função**

- **Transdutores Sensores:** detectam as variáveis do processo e as transformam para posterior processamento
- **Transdutores Atuadores:** alteram as variáveis do processo
- **Transdutores Conversores:** convertem e/ou transferem energia entre dois sistemas



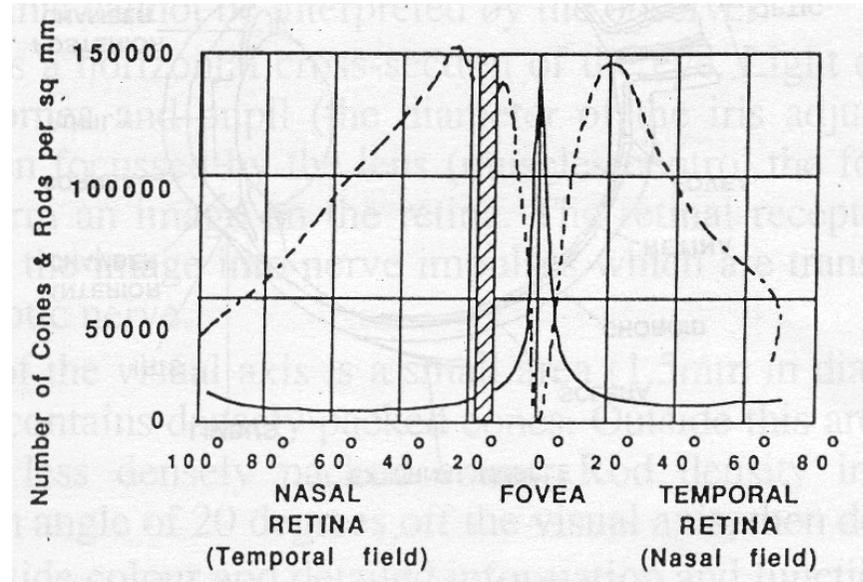
Transdutores Sensores Humanos: Toque



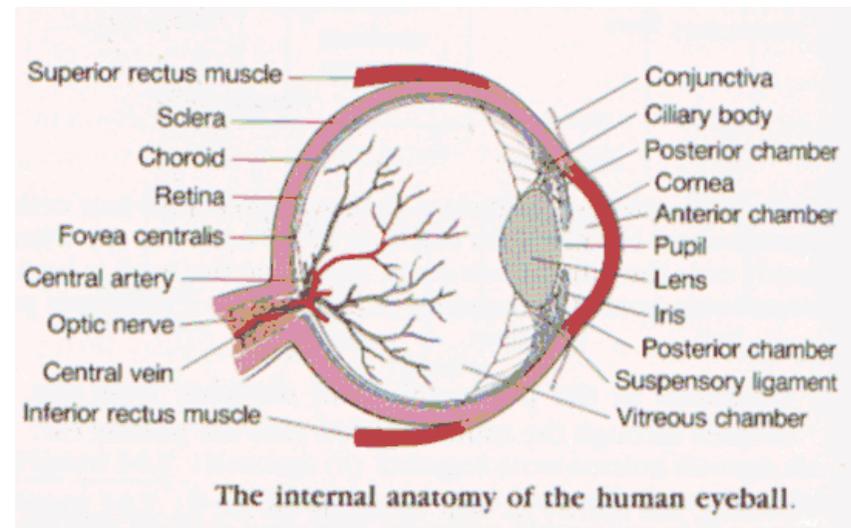
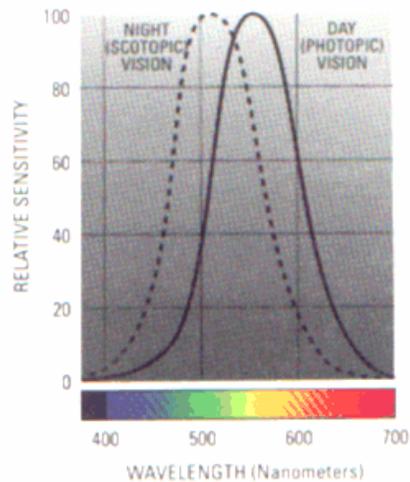
A sensory homunculus map depicts the areas of the postcentral gyrus of the cerebral cortex devoted to sensation in different parts of the body. Notice that a disproportionately large area of the cortex is devoted to the fingers and tips.

- Grande parte do cérebro é reservada aos dedos e lábios

Transdutores Sensores Humanos: Visão



Human visual response

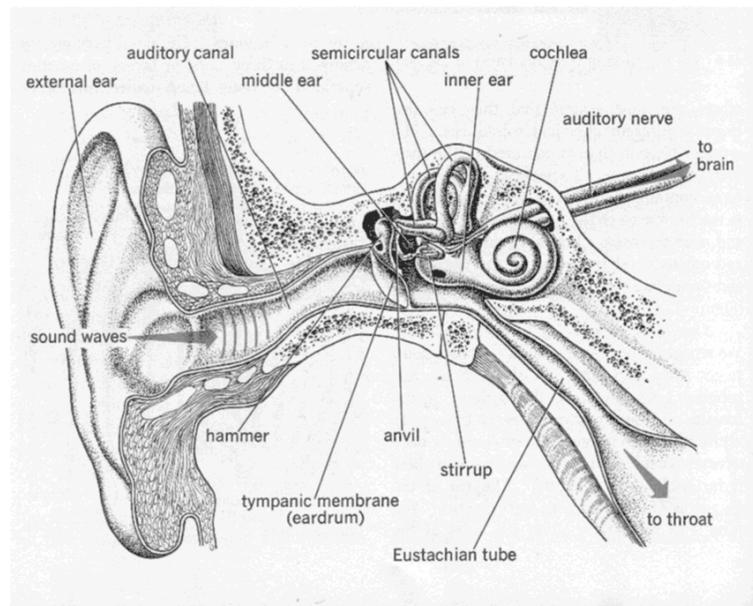
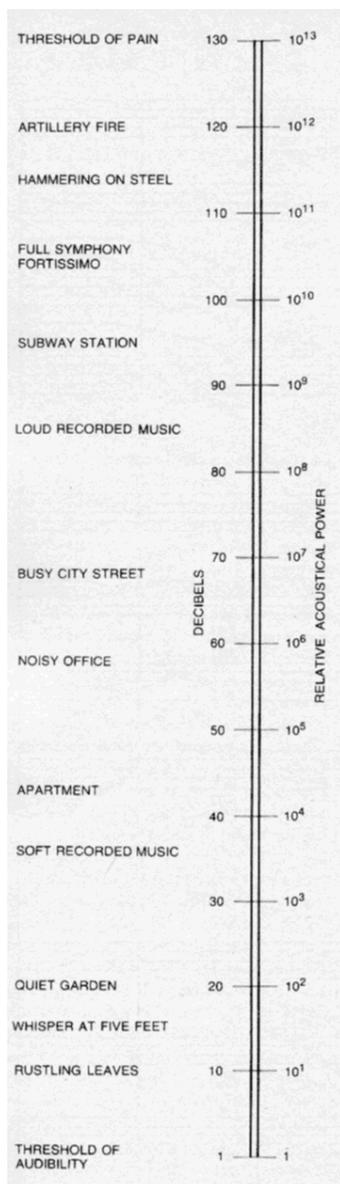


Transdutores Sensores Humanos:

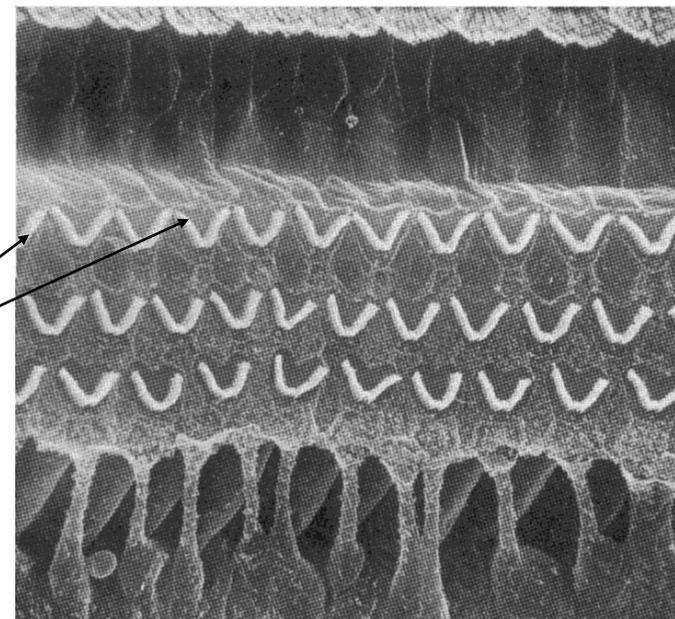
Visão

- Em termos de resolução e faixa dinâmica, o olho humano supera qualquer sensor eletrônico de luz disponível atualmente
 - RESOLUÇÃO (pontos por mm²)
 - Olho 150000
 - Tubo Vidicon 1500
 - Câmeras (nem tanto) moderna 150 to 400
 - Foveon CMOS array 35000
-

Transdutores Sensores Humanos: Audição



Células
ciliares na
Cóclea



Transdutores Sensores Humanos: Audição

- MEMBRANA DO TÍMPANO
 - 50 a 90 mm² (aproximadamente circular)
 - 0.1 mm de espessura
 - Deslocamento mínimo detectável: 10⁻⁸ mm
 - Deslocamento com desconforto: 10⁻¹ mm
 - A CÓCLEA
 - Resposta em frequência 50Hz to 17kHz (18-25 anos)
 - Resposta acima de 10kHz abaixo de:
 - 7dB (30-39 anos)
 - 13dB (40-49 anos)
 - 35dB (50-59 anos)
 - O diâmetro do átomo de hidrogênio é de 10⁻⁷ mm
 - Os microfones mais sensíveis são capazes de medir deslocamentos de 10⁻⁷ mm.
-

Transdutores Sensores Industriais

- Posição
- Velocidade
- Aceleração/Vibração
- Força/Pressão
- Tensão e Corrente Elétrica
- Temperatura
- Densidade
- Viscosidade
- PH
- ...



Transdutor Sensor

- Características desejáveis:
 - ❑ Devem **interferir minimamente** com as variáveis do processo ao monitorá-las
 - ❑ Proceder a **conversão** da informação de uma natureza para outra da forma mais **fiel, repetitiva e monotônica** possível
 - **Transdutor Sensor Ideal**
 - ❑ Não extrai energia do mensurando
 - ❑ Possui dimensão nula
 - ❑ Não possui massa
 - ❑ Não recebe energia de nenhuma fonte
-

Classificação de Transdutores Sensores

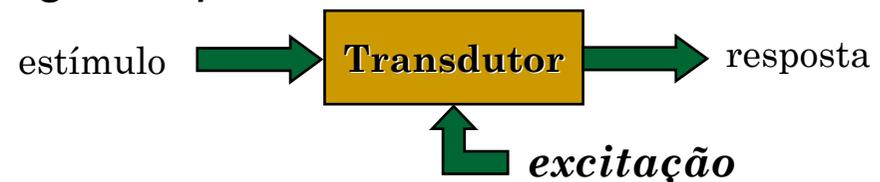
■ Passivos

- ❑ Sensores passivos geram diretamente um sinal elétrico em resposta a um estímulo.
- ❑ Não emitem radiação.
- ❑ Retiram energia do processo

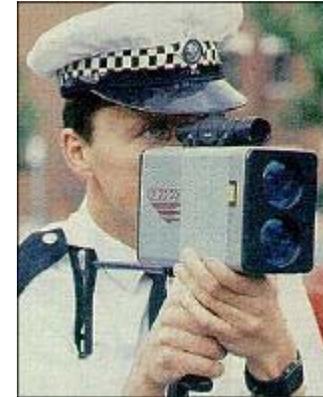


■ Ativos

- ❑ Sensores ativos requerem ser excitados por uma fonte externa de energia para operarem. Esse sinal de **excitação** é modificado pelo sensor, em função do estímulo (mensurando), para produzir o sinal de saída.
- ❑ Podem retirar ou inserir energia no processo



Transdutores Sensores Passivos e ativos



Classificação de Transdutores Sensores

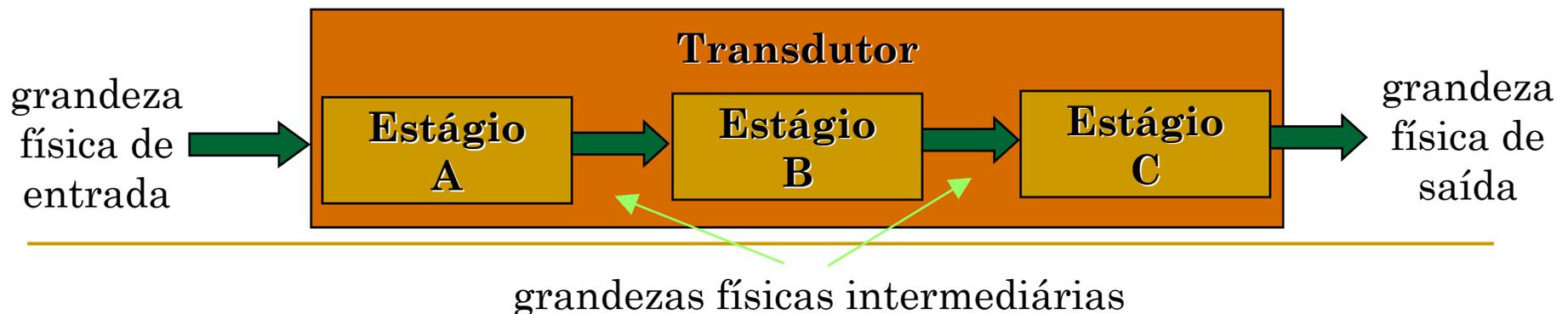
■ Simples

- Um transdutor é dito simples quando possui apenas um estágio de transdução entre entrada e saída



■ Composto

- Um transdutor é dito composto quando possui mais de um estágio de transdução entre entrada e a saída



Transdutores Sensores Simples e Compostos

- Simples (detector de proximidade indutivo)



- Produz uma variação de tensão elétrica quando algum material ferromagnético se movimenta próximo ao sensor (bobina em conjunto com um ímã)

- Composto (célula de carga)



- Estágio 1: Elemento Elástico - converte força ou pressão em deformação mecânica
 - Estágio 2: Extensômetros de resistência elétrica convertem deformação mecânica em variação de resistência elétrica
 - Estágio 3: Converte variação de resistência em variação de tensão elétrica
-

Princípios Físicos dos Transdutores Sensores

- Efeitos Mecânicos
 - Deslocamento e Velocidade (molas, diafragmas, bimetais, sistemas massa mola)
- Efeitos Elétricos
 - Variação de Resistência
 - Efeitos Termo-resistivos, Mecano-resistivos, Eletro-resistivos, Fotocontutivos.
 - Variação de Capacitância
 - Variação de Indutância
 - Princípio do Gerador Elétrico (lei de Faraday),
 - Efeitos Fotoelétricos
 - Princípio do Pirômetro de Radiação, Efeito Fotovoltáico,...
 - Efeitos Termelétricos
 - Efeito Peltier, Efeito Thompson, Efeito Seebeck
 - Efeito Piezelétrico

-

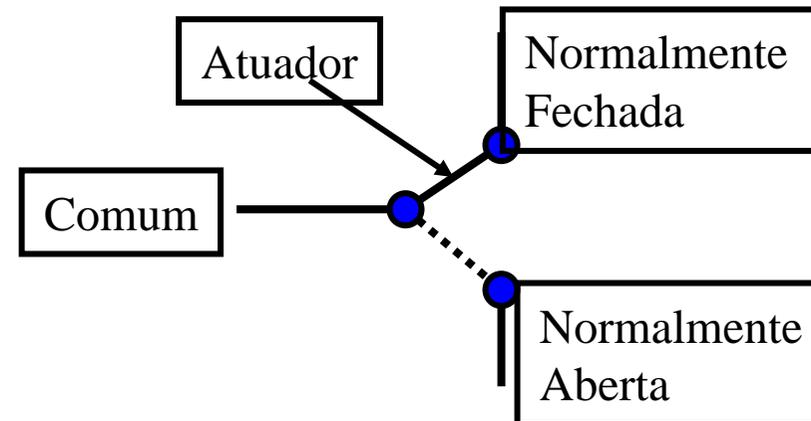
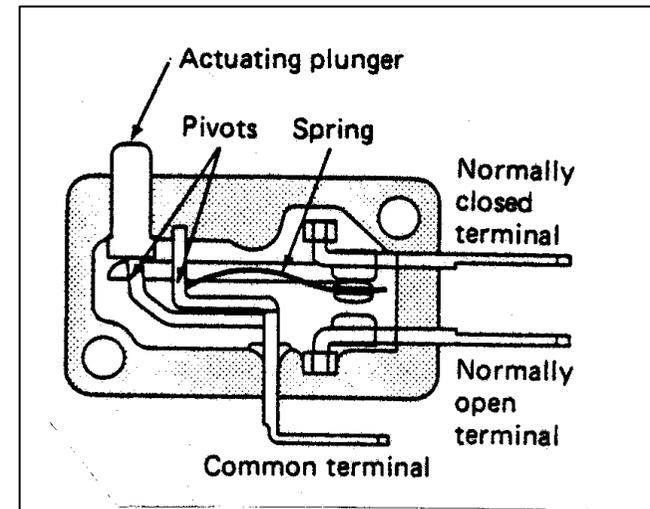
Princípios Físicos dos Transdutores Sensores

- Efeitos de Deslocamento e Deformações Mecânicas Relativas
 - Deslocamento ou mudança de dimensão em função da temperatura
 - Mudança na pressão de gás ou vapor confinado em função da temperatura
 - Fusão, amolecimento ou vaporização de materiais a temperaturas fixas
 - As leis de Newton do movimento e da atração gravitacional
 - A lei de conservação da energia
 - A lei de conservação da quantidade de movimento linear e angular
 - A lei de Hooke
 - Em um material elástico, a deformação relativa é proporcional a tensão mecânica aplicada
 - Os princípios de equilíbrio estático
 - Teorema de Bernoulli
 - Quando a velocidade de um fluido aumenta, sua pressão estática diminui e vice-versa
 - Princípio de Arquimedes
 - Lei de Pascal
-

Transdutores Sensores Mecânicos

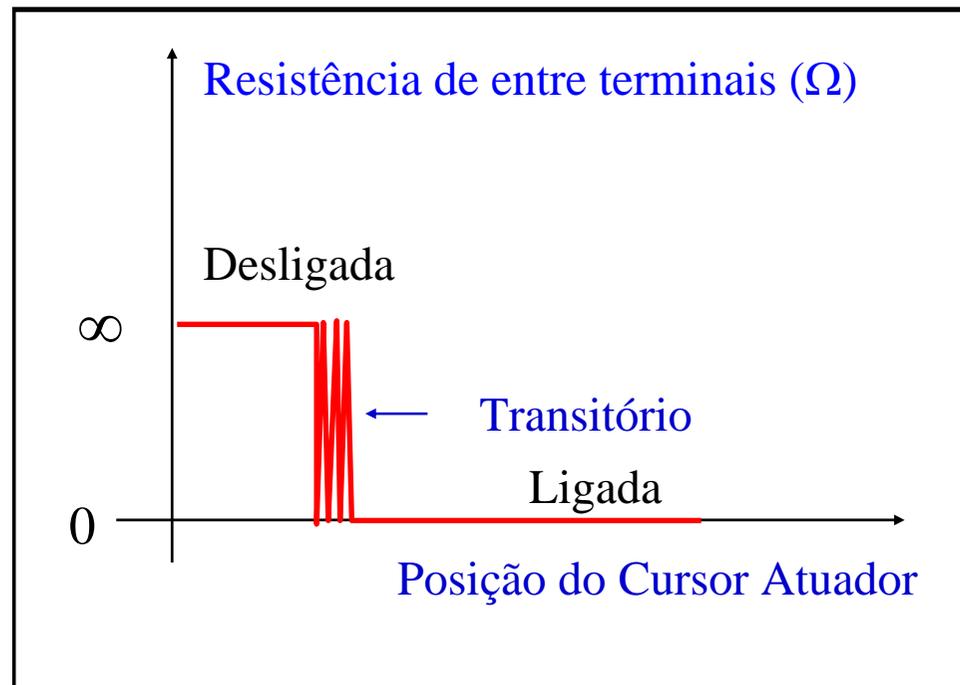
■ Chave Mecânica

- ❑ Empregada como Sensor de Proximidade, detectando a presença ou ausência de um objeto
- ❑ Operações liga/desliga
- ❑ Tipos
 - Normalmente Aberto
 - Normalmente Fechado
- ❑ Existem em uma grande variedade de formas para uma diversidade de aplicações
- ❑ Desgaste mecânico dos componentes, transitório de contato



Transdutores Sensores Mecânicos

- Função de Transferência Teórica



Exemplos de detectores de Proximidade tipo Chaves Mecânicas



Aplicações e Usos Características de Chaves Mecânicas

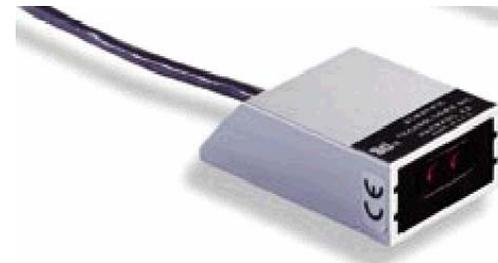
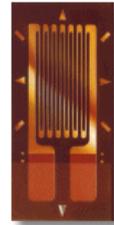
- Fácil de integrar em máquinas de qualquer tipo
 - **Requer Contato**
 - Tensão de operação: verificar limites, CA, CC
 - Muito Robustas (a prova de explosão, se necessário)
 - Normalmente empregadas como:
 - limitadores
 - indicador de presença ou ausência
 - indicar de porta aberta ou fechada
-

Exemplo do Uso de Chaves Mecânicas



Transdutores Resistivos

- Fornecem uma resistência em resposta ao estímulo
 - Potenciômetros
 - Posição do cursor
 - Extensômetros
 - Deformação linear
 - Termoresistores
 - Temperatura
 - Fotocondutores
 - Intensidade Luminosa



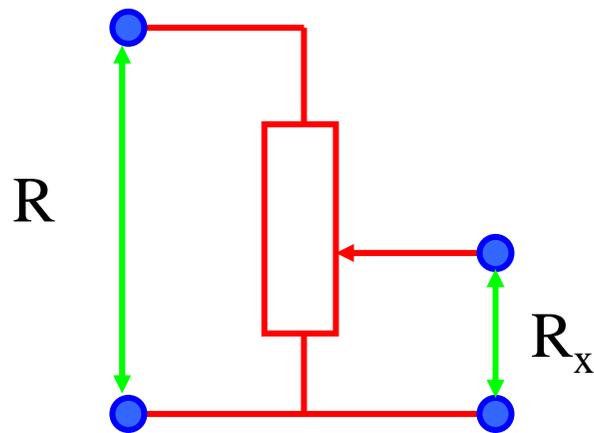
Transdutores Potenciométricos

- Fornecem uma resistência em resposta a posição do cursor



Transdutores Potenciométricos

- Função de Transferência Teórica
 - A resistência é diretamente proporcional ao comprimento do condutor

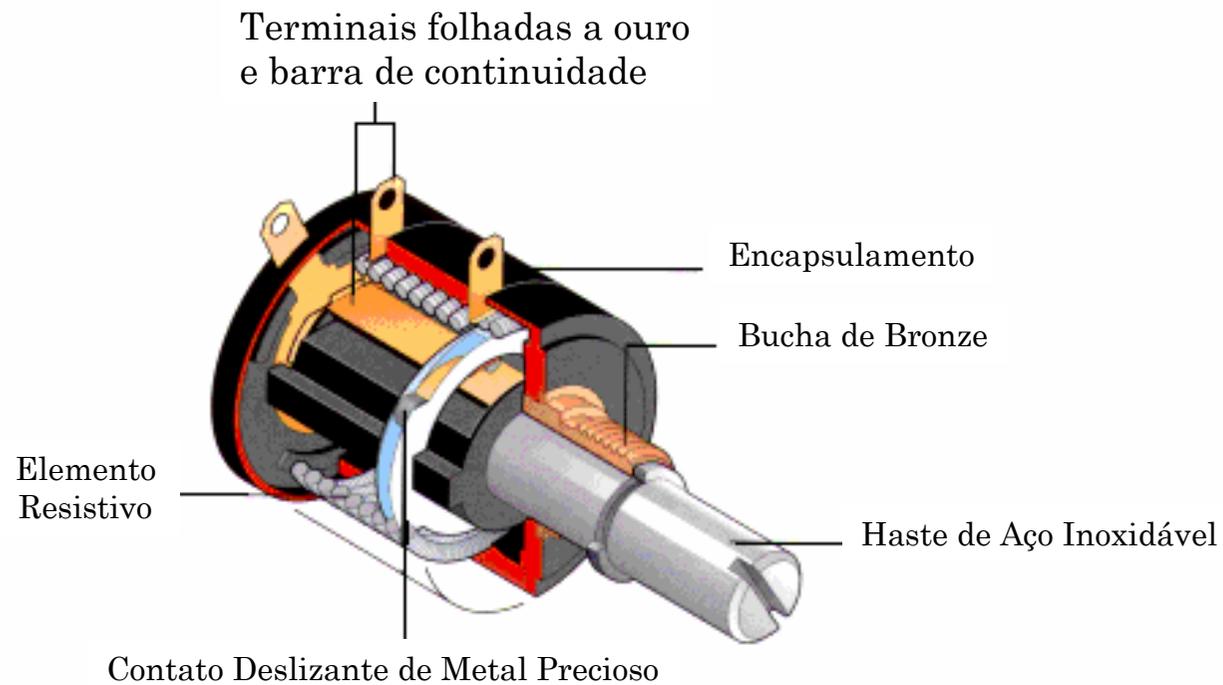


$$R_x = \rho \frac{l_x}{A} = \rho \frac{kl}{A}$$

$$R_x = kR \quad \text{para} \quad 0 < k < 1$$

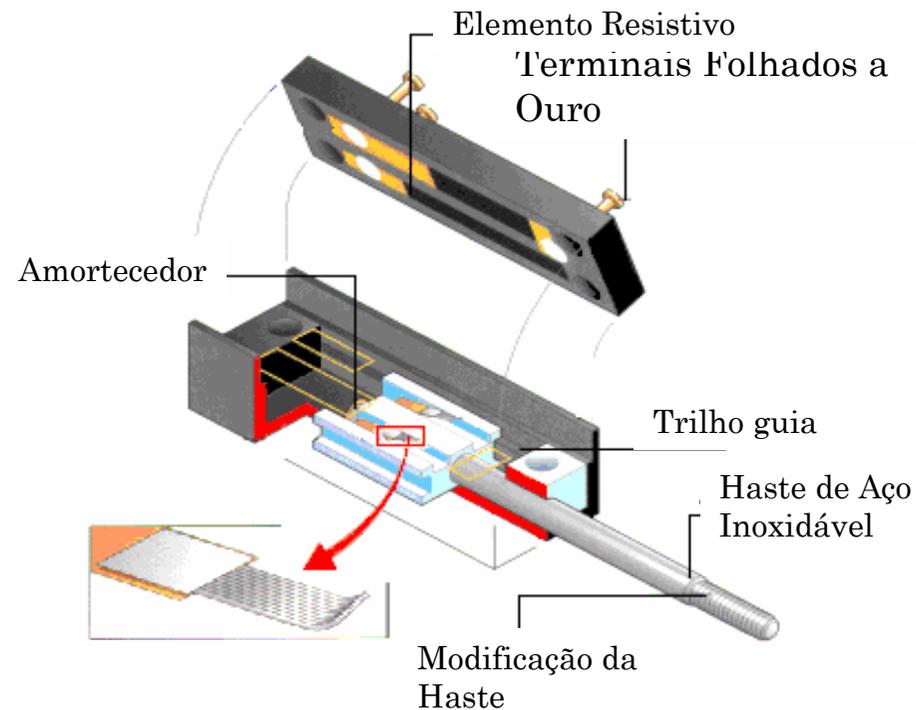
Transdutores Potenciométricos

- Potenciômetros Rotativos
 - Respondem a posição angular do cursor



Transdutores Potenciométricos

- Potenciômetros Lineares
 - Respondem a posição linear do cursor



Transdutores Potenciométricos

■ Tipos de Potenciômetros

□ Fio

- O contato desliza sobre um enrolamento de fio de Níquel-Cromo
- O fio tende a se danificar, mal contato, variações com a temperatura

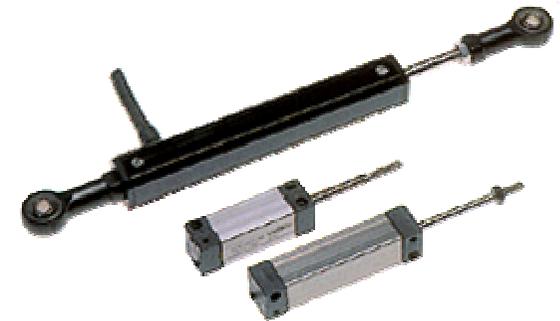
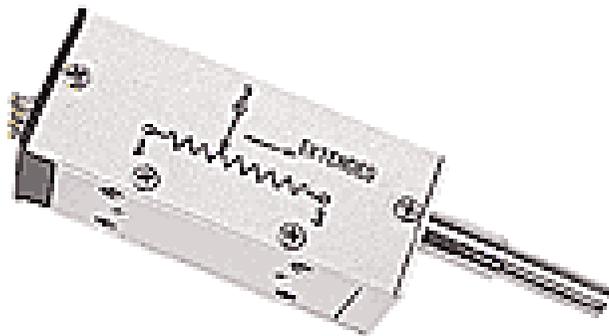
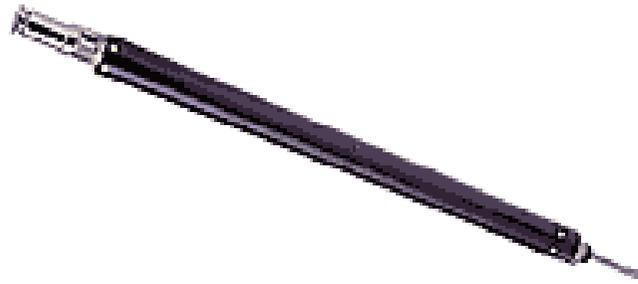
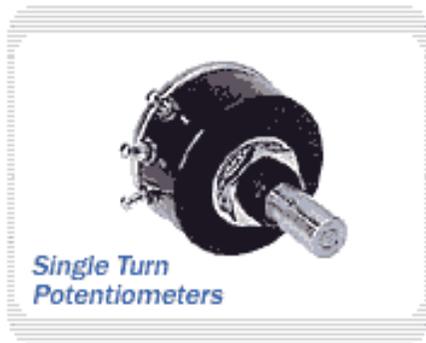
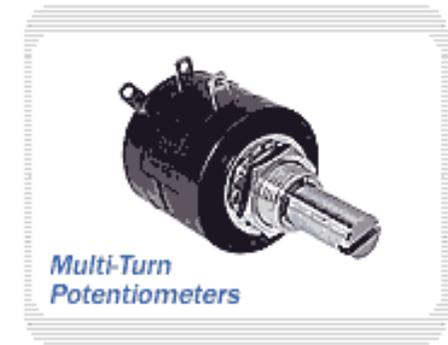
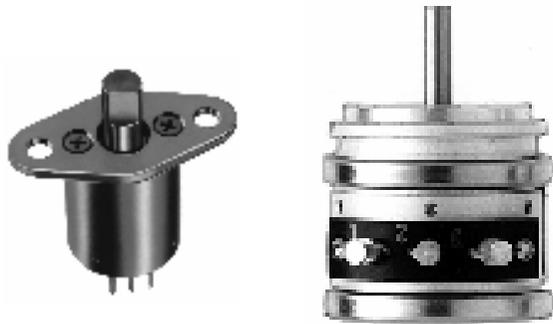
□ Cerâmico

- O contato desliza sobre uma trilha de cerâmica resistiva
- Melhor do que os potenciômetros de fio

□ Filme Plástico

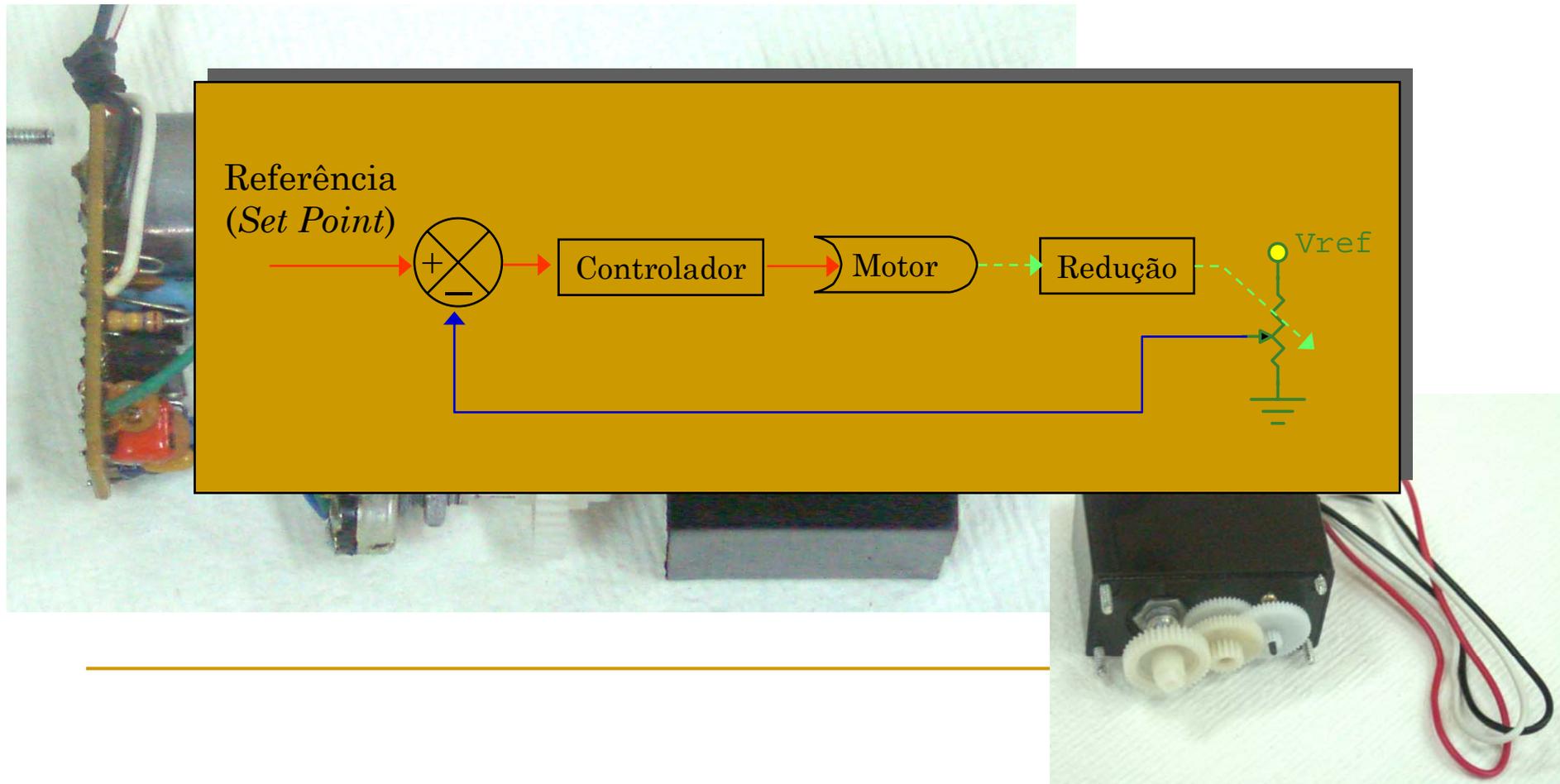
- Alta resolução
 - Alta durabilidade e baixa sensibilidade a temperatura
-

Transductores Potenciométricos



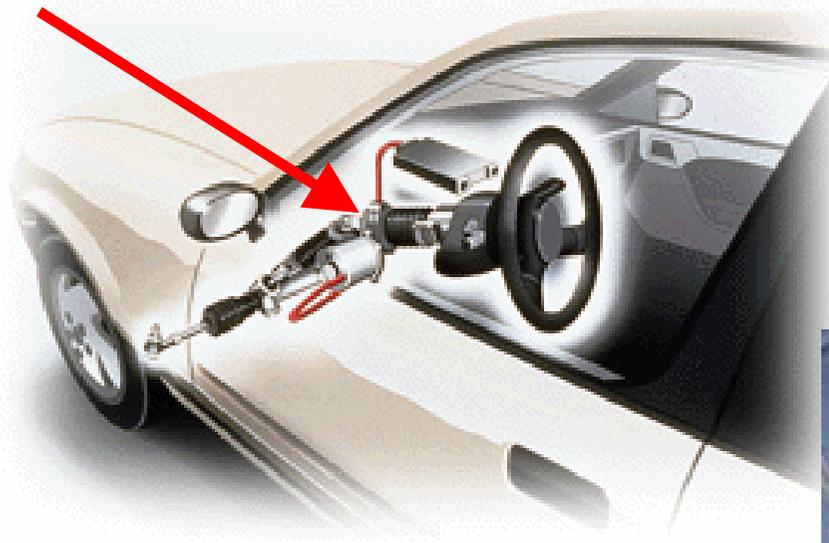
Transdutores Potenciométricos

- Exemplo de Aplicação
 - Medindo a posição do eixo de um servo-posicionador

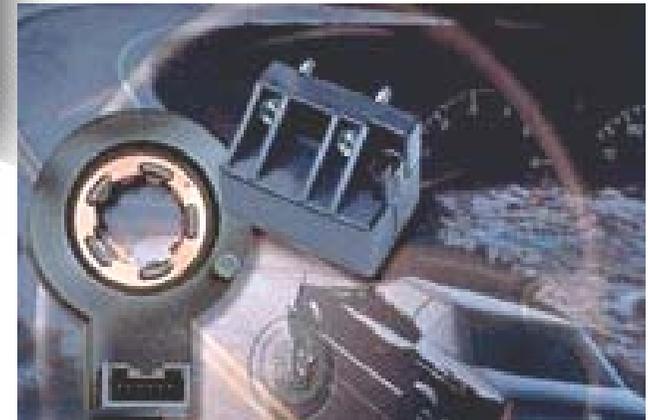


Transdutores Potenciométricos

- Exemplos de Aplicação
 - Sistema de Direção Automática



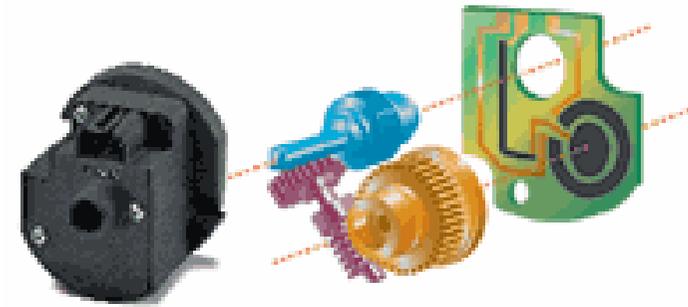
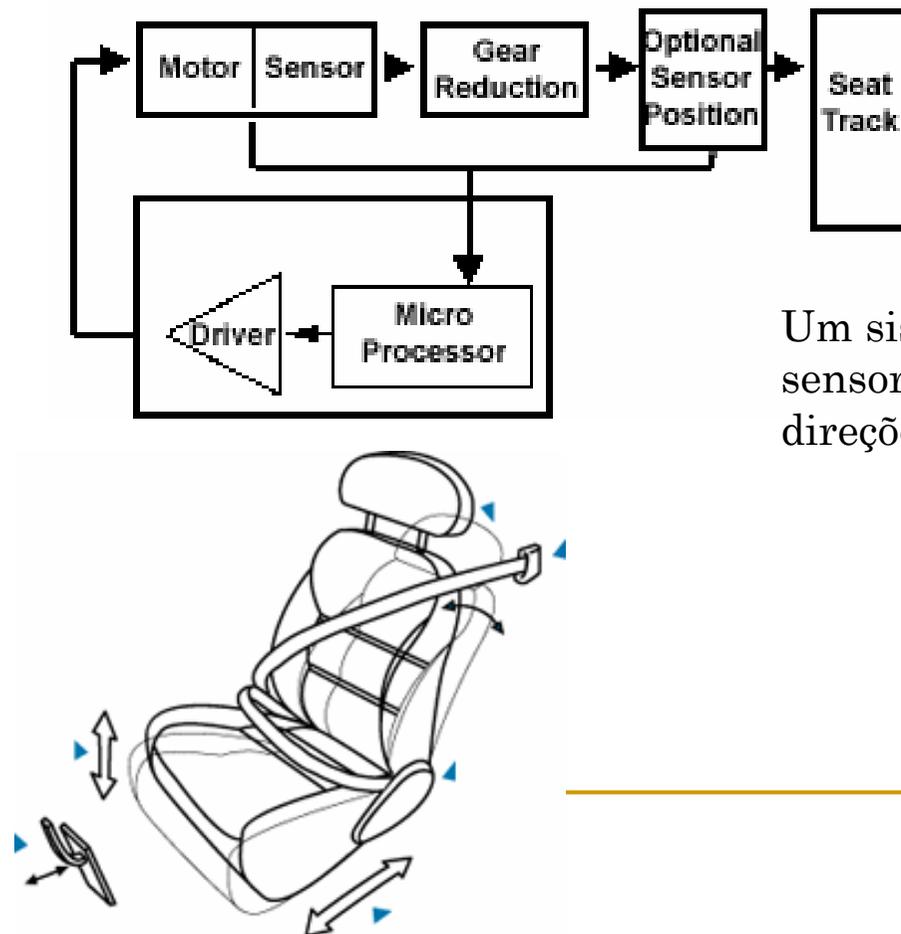
Uma saída analógica determina com precisão a posição angular do eixo da barra de direção, utilizando um sistema que integra um conjunto de redução mecânica e um sensor potenciométrico de filme resistivo



Transdutores Potenciométricos

■ Exemplos de Aplicação

- Sistema de Posicionamento de Bancos de Automóveis



Um sistema integrado contendo os posicionadores e sensores potenciométricos de posição para as três direções de ajuste da poltrona



Transdutores Potenciométricos

■ Exemplos de Aplicação

- Sistema de Medida de Posição de Pedal em Máquinas Pesadas



O sensor fornece um sinal ao microprocessador para que este processe e determine as ações necessárias como por exemplo aumentar a injeção de combustível, frear, etc...

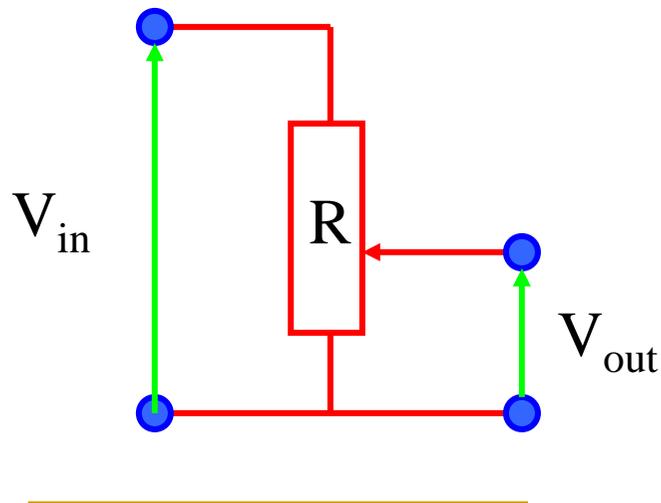
Uma saída analógica determina a posição do pedal a medida que este pressiona eixo do sensor potenciométrico linear de filme resistivo



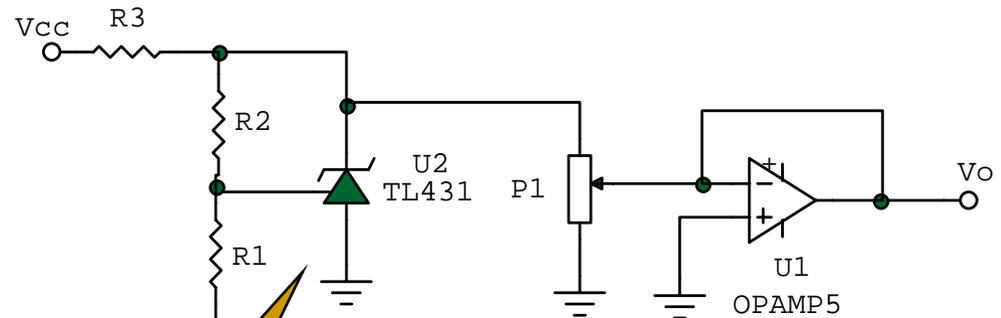
Transdutores Potenciométricos

- Exemplo de Condicionamento

Normalmente empregado como **Divisor de Tensão**



- Circuito Completo



Fonte de Referência

Seguidor de Tensão (*Buffer*)