

Sistema de Aquisição de Dados e Interfaces

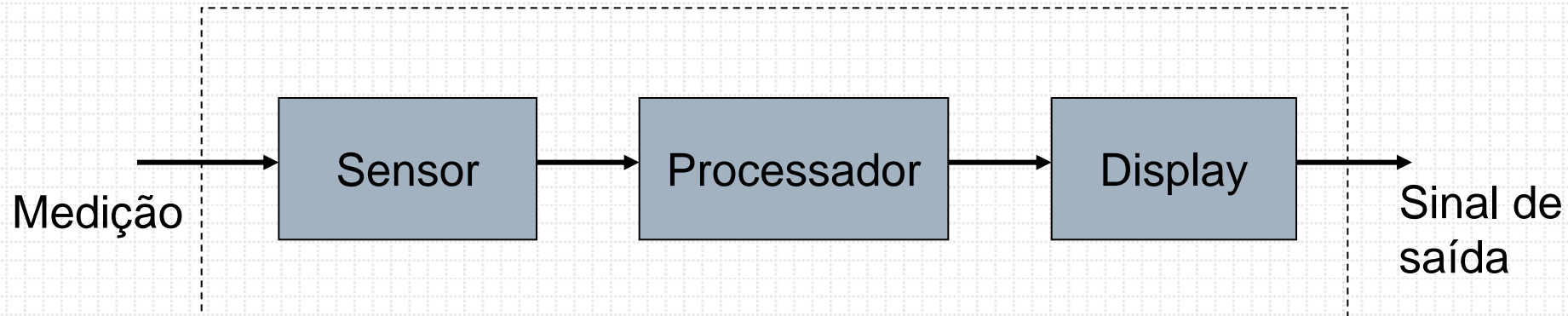
Microsensores

Resumo

- ✓ Sensores & microsensores
- ✓ Microsensores de força e pressão
- ✓ Microsensores de posição e velocidade
- ✓ Microsensores de aceleração
- ✓ Microsensores químicos
- ✓ Biosensores
- ✓ Sensores de temperatura

Sensor – Transdutor

- ✓ Dispositivo que converte uma quantidade física não elétrico ou química em um sinal elétrico.



Classificação dos Sensores

Forma do sinal	Medição
Térmico	Temperatura, calor, fluxo de calor, entropia, capacidade de calor, etc
Radiação	Raios gama, raios-X, ultra-violeta, luz visível e infravermelha, microondas, ondas de rádio, etc.
Mecânico	Posição, velocidade, aceleração, força, pressão, fluxo de massa, acústico, comprimento de onda, amplitude, etc
Magnético	Campo magnético, fluxo, momento magnético, magnetização, permeabilidade magnética, etc.
Químico	Umidade, nível de pH e íons, concentração de gás, materiais tóxicos e inflamáveis, concentração de vapor e odor, poluentes, etc.
Biológico	Açúcares, proteínas, hormônios, antígenos, etc.

✓ Neste curso a classificação é baseada na função que o sensor realiza

- ✓ Pressão
- ✓ Posição
- ✓ Aceleração
- ✓ etc

Mercado de sensores

- ✓ Pressão - 40 %
- ✓ Temperatura - 25 %
- ✓ Aceleração - 13 %
- ✓ Fluxo - 9 %
- ✓ Força - 5 %

Tendências na tecnologia de sensores

- ✓ Miniaturização
- ✓ Integração (sensor, processador de sinal e atuador)
 - ✓ sensor com circuitos processadores de sinais para linearização do sinal de saída, etc.
 - ✓ sensor com atuador embutido para calibração automática, mudança de sensibilidade, etc.
- ✓ Cadeia de Sensores
 - ✓ unidades com uma função (para melhorar confiabilidade)
 - ✓ Unidades de múltiplas funções

Microsensores

- ✓ Mercado global de sensores em 2003 era de US\$ 9.5 bilhões, 25 % de dispositivos baseados MEMS
- ✓ Crescimento anual de mercado de 20%
- ✓ Porque microsensores
 - ✓ Menor custo de fabricação (produção em massa, menos material)
 - ✓ Maior exploração da tecnologia de CI (integração)
 - ✓ Ampla aplicabilidade em cadeia de sensores
 - ✓ Menor peso (maior portabilidade)

Principais fabricantes da industrial

- ✓ Honeywell
- ✓ Delphi
- ✓ Emerson Electric
- ✓ Motorola
- ✓ Rockwell Automation
- ✓ Eaton
- ✓ Robert Bosch
- ✓ Siemens
- ✓ Texas Instruments
- ✓ Raytheon, etc

Aplicações

- ✓ Indústria Automotiva
 - ✓ Média de componentes eletrônicos de um carro é hoje de 20%
 - ✓ Para melhorar segurança (controle de air bag, ABS), redução do consumo de combustível e poluição
- ✓ Aplicações médicas
 - ✓ Medição de parâmetros físico/químicos do sangue (temperatura, pressão, pH)
 - ✓ Sensores integrados em catéteres
- ✓ Eletrônicos de consumo

Aplicações

- ✓ Aplicações Ambientais
 - ✓ determinação da concentração de substâncias (monóxido de carbono, metais pesados, etc.)
- ✓ Indústria alimentícia
 - ✓ contaminantes e impurezas
- ✓ Processos industriais
- ✓ Robótica
 - ✓ distância, aceleração, força, pressão, temperatura

Sensores de Pressão

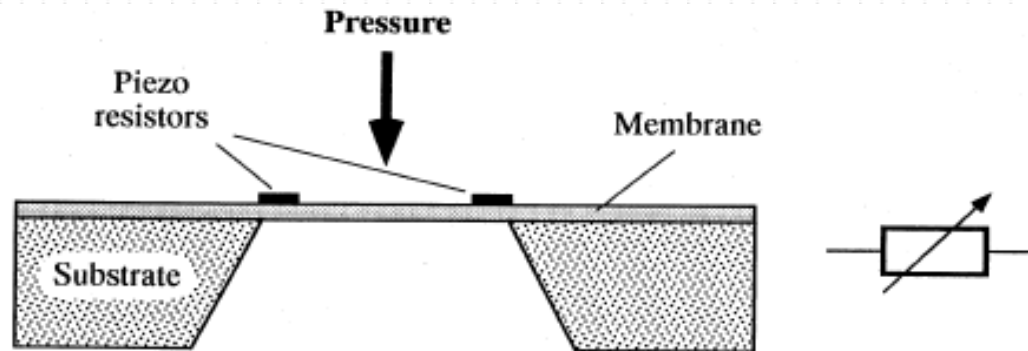
- ✓ Primeiros microsensores desenvolvidos e usados pela indústria
- ✓ Sensor de pressão piezoresistivo para reduzir o consumo de combustível através do controle da razão entre o ar e o combustível
- ✓ Dispositivo sensor para medir a pressão sanguínea e monitorar o estado do paciente durante a operação
- ✓ Baixo custo de produção, alta sensibilidade e baixa histese
- ✓ Produtos comerciais são geralmente piezoresistivos ou capacitivos

Sensores de pressão: exemplos do princípio de operação

- ✓ Sensores de membranas
- ✓ Deflecção de uma membrana
- ✓ Mudança na frequência de ressonância
- ✓ Estruturas planares paralela
- ✓ Métodos ópticos (Interferometro de Mach-Zehnder)

Sensor de pressão piezoresistivo

- ✓ Piezoresistivos integrados na membrana
- ✓ Pressão deflete a membrana
- ✓ Mudança da resistência proporcional a deflexão e consequentemente a pressão
- ✓ Mudança de resistência medida através de ponte de Wheatstone

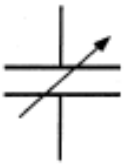
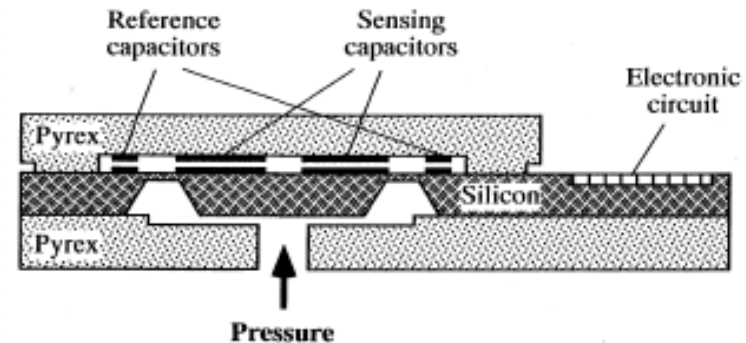


Sensor de pressão com membrana capacitiva

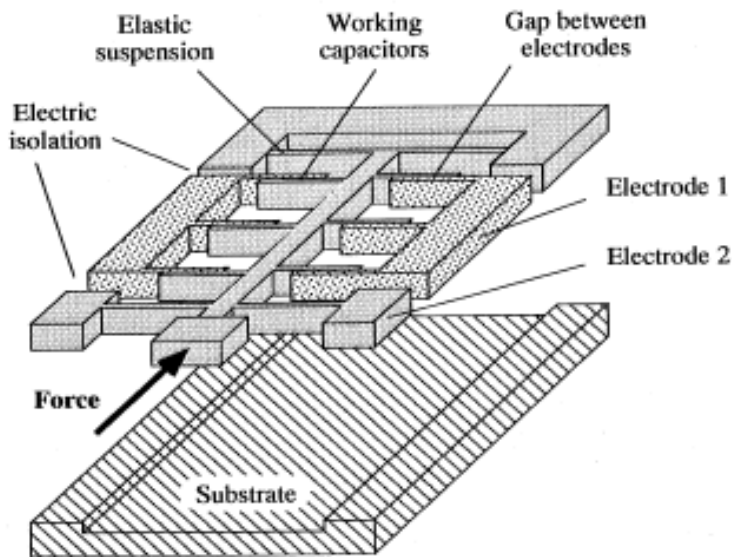
- ✓ Membrana deflete quando uma pressão é aplicada
- ✓ Distância entre os eletrodos muda
- ✓ Capacitância muda
- ✓ Sensores capacitivos tem
 - ✓ Nenhuma histerese
 - ✓ Melhor estabilidade a longo prazo
 - ✓ Alta sensibilidade
 - ✓ Maior custo de produção

Dimensões do chip: 8.4 mm x 6.2 mm

Fabricação: anisotropic etching



Sensor de pressão capacitivo baseado na estrutura de pente

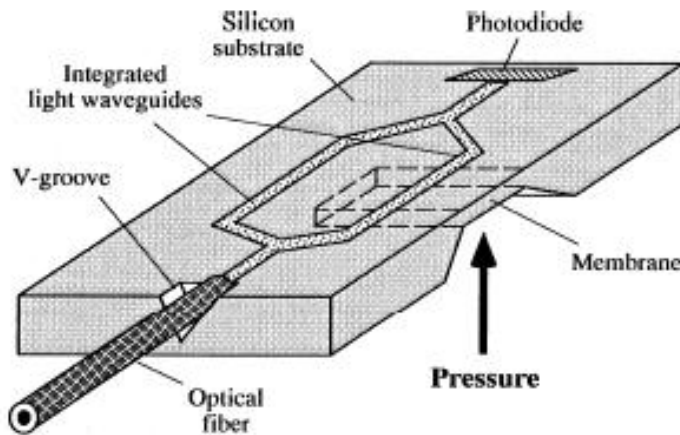


$$V_o = V_I \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2}$$

Fabrication: anisotropic etching

- ✓ Utiliza estrutura de pente paralela
- ✓ Força é aplicada em paralelo ao sensor de superfície
- ✓ Força é transformada em deslocamento => mudança da capacitância
- ✓ Em um lado a capacitância aumenta e no outro lado diminui => maior linearidade e sensibilidade

Interferômetro de Mach-Zehnder



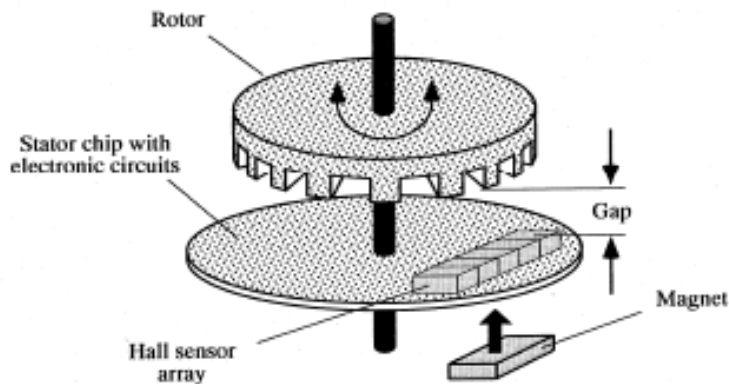
Tamanho chip: 0.3 mm x 5 mm
Saída: 14 $\mu\text{V}/\text{mbar}$

- ✓ Luz do laser é introduzida no sensor por uma fibra óptica
- ✓ Luz é dividida em dois feixes
- ✓ Um feixe cruza uma micromembrana que sofre deformação pela pressão
- ✓ A deformação muda as propriedades da luz
- ✓ Os feixes são combinados e chegam no fotodiodo
- ✓ Velocidades diferentes de propagação resulta em deslocamento de fase

Microsensores de posição e velocidade

- ✓ Aplicações
 - ✓ Automóveis
 - ✓ Robôs
 - ✓ Instrumentos médicos
- ✓ Métodos óptico e magnético sem contato são os mais significativos para MST – Tecnologia de Microestruturas

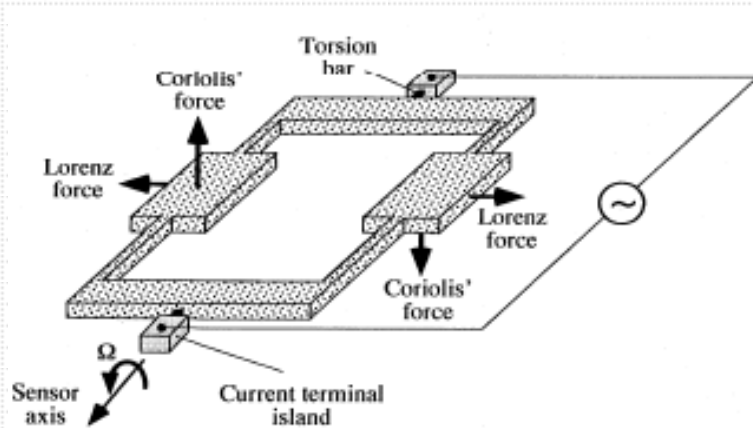
Sensor magnético para medição de deslocamento angular



Comprimento: 4 mm
Resolução: 0.028 graus

- ✓ Medição do ângulo de junção em robôs
- ✓ Medição baseada no sensor Hall de deslocamento angular
- ✓ Rotor com linha dentada
- ✓ Estator contém sensores Hall
- ✓ Ímã permanente localizado sob os sensores
- ✓ Dentes passando pelo sensor Hall muda o campo magnético

Sensor de velocidade angular capacitivo



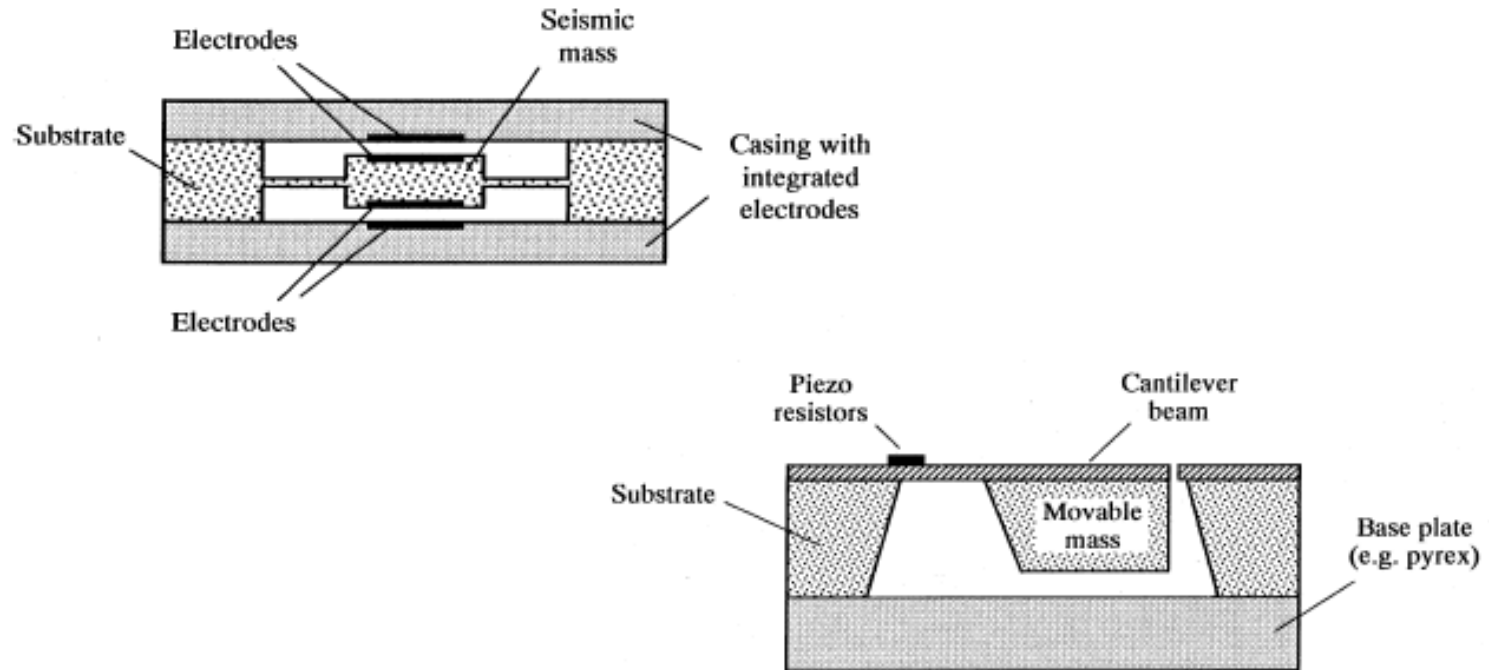
Size: 20 mm x 20 mm
Sensitivity: 0.5 mV s/deg

- ✓ O arranjo bifurcado é usado como um ressonador
- ✓ O ressonador começa a oscilar quando o campo magnético e a corrente alternada são aplicadas (força de Lorentz)
- ✓ A amplitude do ângulo de comutação é detectado pela mudança da capacitância entre os eletrodos fixos e móveis

Microsensores de aceleração

- ✓ Tem sido bastante utilizado na indústria automotiva
- ✓ Geralmente detectados com métodos capacitivos e piezoresistivos
- ✓ Uma haste flexível onde a massa é fixada é muito usado
- ✓ Sob aceleração a massa desloca a haste
- ✓ Deflecção da haste é detectada
- ✓ Pelo aumento da massa a sensibilidade pode ser aumentada

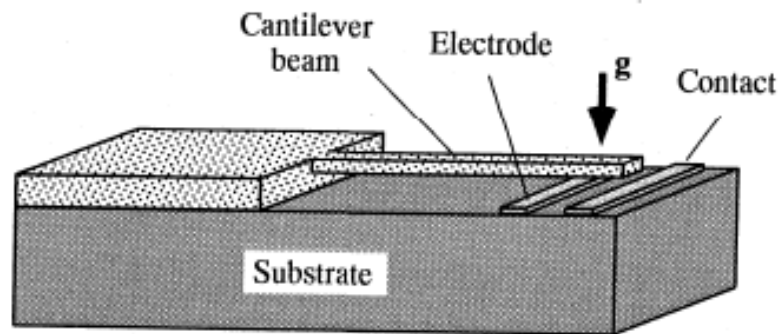
Examples do princípio piezoresistivo e capacitivo



Um acelerômetro capacitivo da Analog Devices

- ✓ Um acelerômetro capacitivo produzido em massa foi apresentado em 1991
- ✓ Integravam este sensor circuitos microeletrônicos para pré-amplificação de sinal, compensação de temperatura e sistema de auto-teste
- ✓ Um dos primeiros acelerômetros com sucesso comercial
- ✓ Atualmente usado em sistemas de airbags
- ✓ Faixa de ± 5 g, resolução 0.005 g

Microsensor cantilever capacitivo

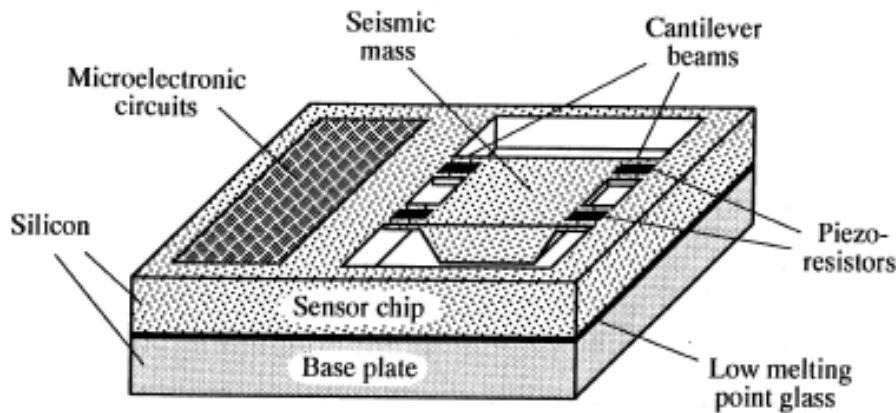


Cantilever length: 120 - 500 μm
Sensitivity: 0.6 - 100 mV/g
Fabrication: dry etching

- ✓ Sensor consiste de hastes
- ✓ Atuando como um eletrodo
- ✓ Voltagem dente-de-serra é aplicada para aumentar gradativamente a força eletrostática
- ✓ Finalmente a haste toca o contato
- ✓ Aceleração afeta a magnitude da tensão requerida para estabelecer o contato

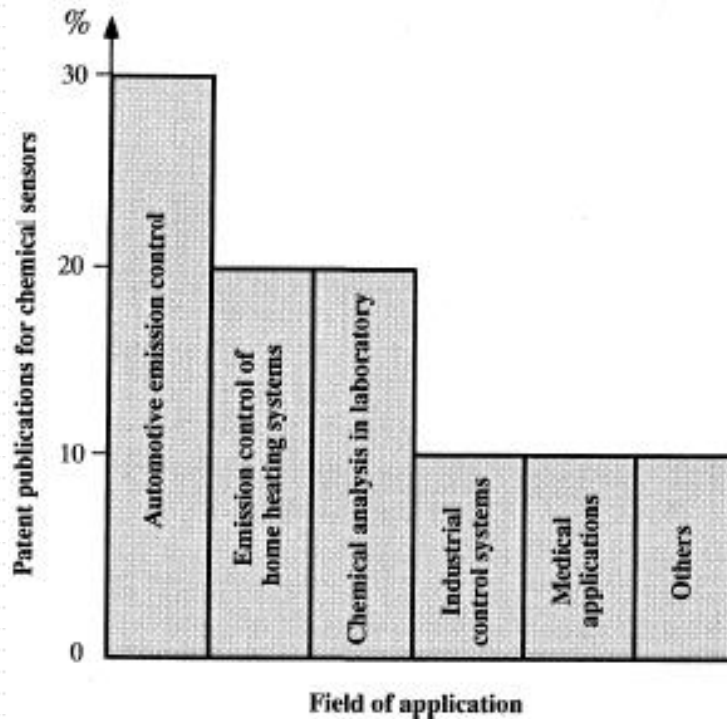
Microsensor piezoresistivo com amortecedor a óleo

- ✓ Sensor consiste de cantilever beams, uma massa sísmica e óleo
- ✓ O óleo amortece a ressonância da massa suspensa



Cantilever length: 480 μm
Seismic mass: 2 mg
Fabrication: wet etching

Sensores químicos



- ✓ Detecção da presença ou concentração de uma substância química
- ✓ Aplicações
 - ✓ diagnósticos médicos
 - ✓ ciência nutricional
 - ✓ Proteção da natureza
 - ✓ Indústria automobilística
- ✓ Aproximadamente 60 % dos sensores químicos são sensores de gás

Sensores químicos ...

- ✓ Métodos de medição convencionais geralmente são muito complicados e caros, requerendo condições de laboratório, etc.
- ✓ Objetivos dos microsensores:
 - ✓ Pequenos e baratos
 - ✓ Produzidos em massa
 - ✓ Precisos e robustos
 - ✓ Uso de pequenas quantidade de reagentes
 - ✓ Tempo de resposta curto

Sensores químicos ...

- ✓ Tendências de pesquisa (além do desenvolvimento de unidades de sensores):
 - ✓ Integração dos sensores com os sistemas de medição (processamento de sinal)
 - ✓ Integração de diversos tipos de sensores (para testar concentrações n)
 - ✓ Microsistemas com vários sensores idênticos (análise local de uma substância, distribuição de um parâmetro sobre um certo domínio)
- ✓ Princípio dos sensores
 - ✓ Princípio do potenciômetro conectado com um FET
 - ✓ Sensores acústico
 - ✓ Sensores ópticos