

Технически Университет Варна

Катедра „Електронна техника и микроелектроника“

*Дисциплина :
“Промислени средства за измерване и контрол”*

СЕНЗОРИ

ас. д-р Г.Николов

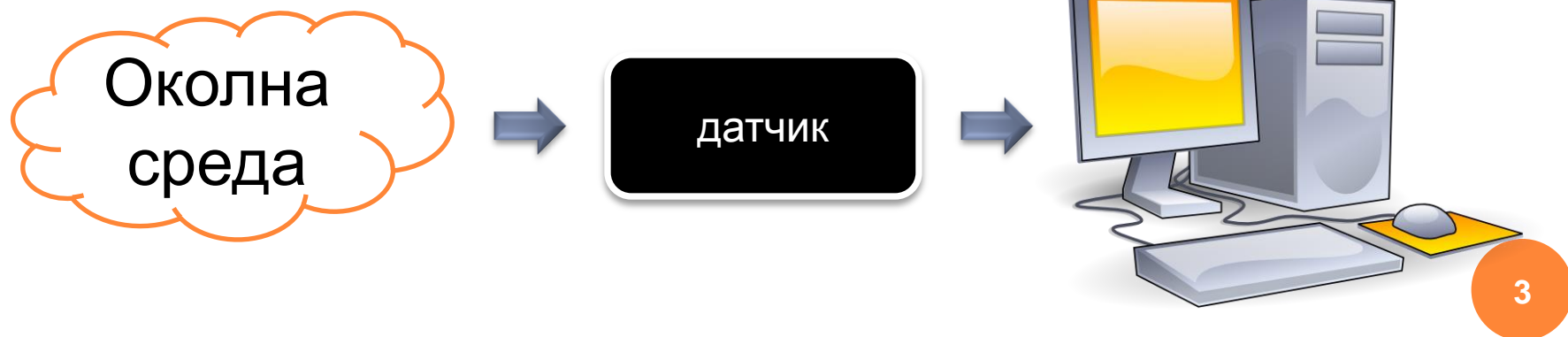
2015

СЪДЪРЖАНИЕ

○ Видове сензори	7
○ Датчици за температура	9
○ Оптични датчици	16
○ За преместване, позиция, скорост и ускорение	21
○ Сензори за газ	29
○ Датчици за магнитно поле	37

ОБЩА ИНФОРМАЦИЯ

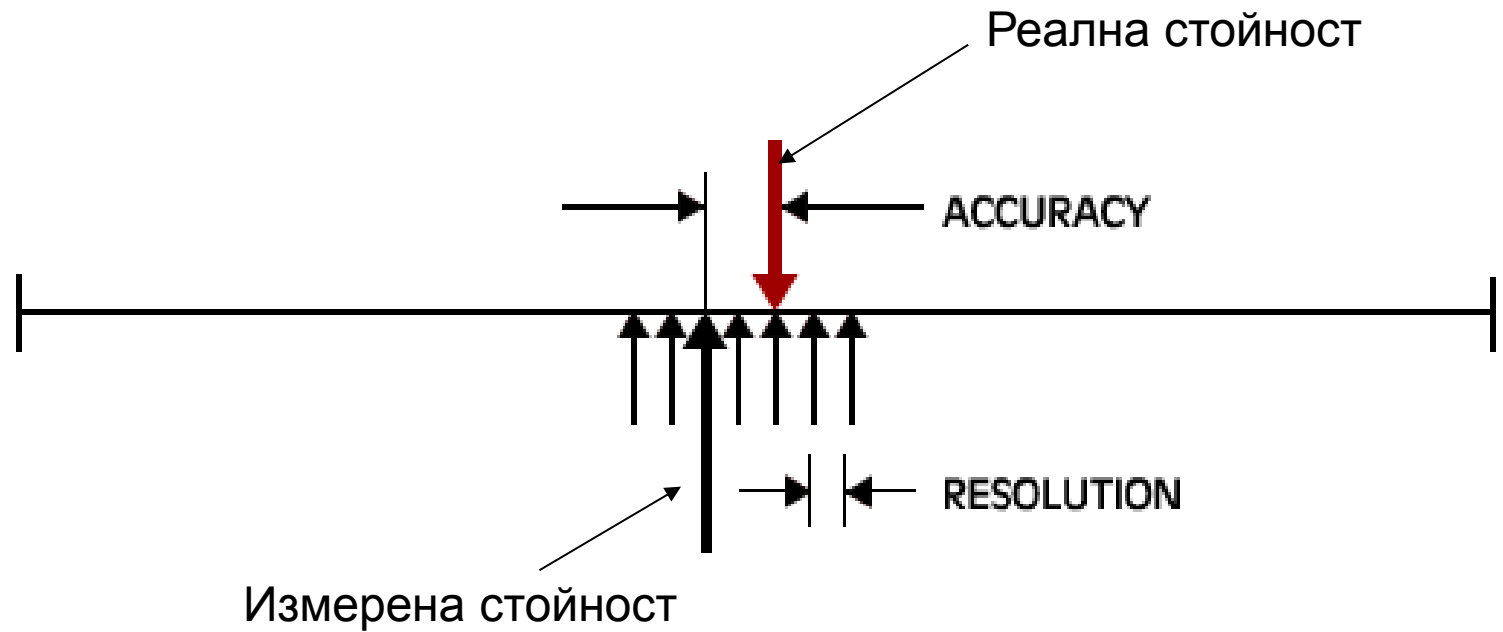
- Датчиците (сензорите) позволяват взаимодействието на съвременната електронна техника с околната среда.
- Идеалният датчик не променя измерваната величина



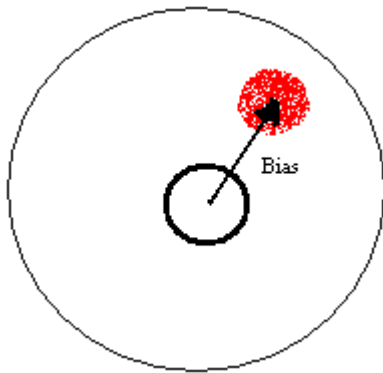
ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СЕНЗОРИТЕ

- Обхват (range) – разликата между минималната и максималната стойност, която може да се измери.
- Разделителна способност (resolution) – най-малакта промяна на измерваната величина, която може да бъде отчетена
- Грешка (error) – разликата между реалната и измерената стойности
- Линеиност (linearity) – показва в каква степен изходната характеристика се отклонява от права линия
- Чувствителност (sensitivity) – показва с колко се изменя изходната величина, при промяна на входното въздействие
- Точност (accuracy) – показва в какъв диапазон са очакваните стойности от сензора
- Повторяемост (precision) – показва как се изменя изходния сигнал на датчика при един и същ входен

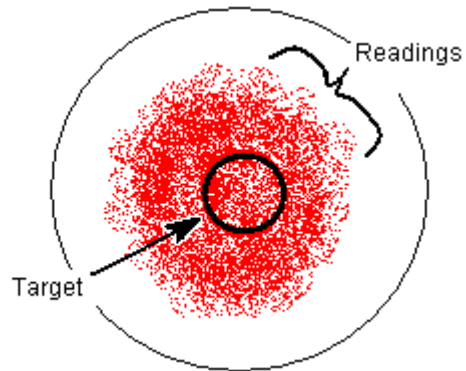
РАЗДЕЛИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ / ТОЧНОСТЬ



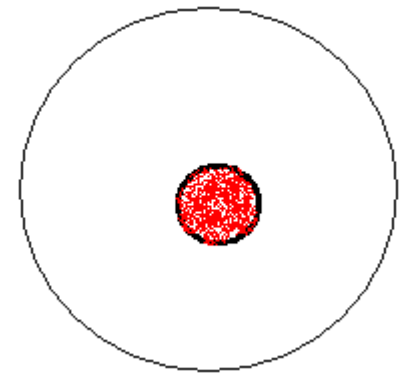
Точность и повторяемость



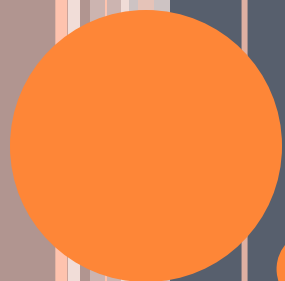
Повторяемость
без точность



Точность без
повторяемость



Повторяемость
и точность



ВИДОВЕ СЕНЗОРИ

- В зависимост от вида на изходния сигнал
 - Аналогови
 - Цифрови
 - Интелигентни
- В зависимост от измерваната величина
 - За температура
 - За светлина
 - Интензитет
 - Цвят
 - Влажност
 - Концентрация на газове
 - Механична деформация
 - Разстояние
 - Движение
 - Преместване и завъртане
 - Ускорение
 - Магнитно поле
 - Звук
 - Налягане
- В зависимост от директния контакт с обекта
 - Контактни
 - Безконтактни



ДАТЧИЦИ ЗА ТЕМПЕРАТУРА

9

ТЕМПЕРАТУРА

- Електромеханични
 - Биметална пластина
 - Живажни термометри
- Термодвойка
- Терморезистор
 - Термистор
 - Позистор
 - RTD
- PN преход
- Инфрачервени
- Базирани на други характеристики
 - Оптични
 - Скорост на звук и др.

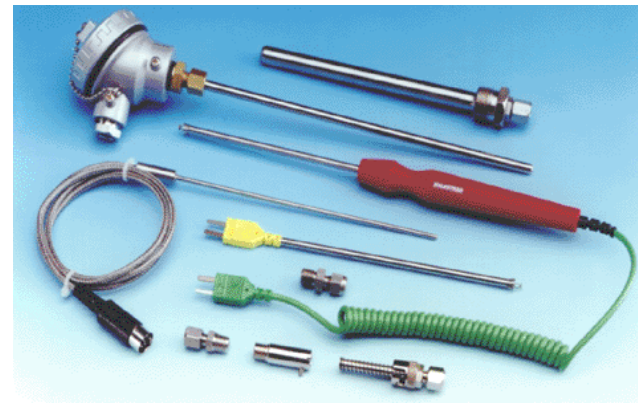
ТЕРМОДВОЙКИ

- 1826 – създадена е първата термодвойка, базираща се на ефекта на Seebeck
- Малко по стойност напрежение (няколко μV) се генерира при механична връзка между два различни метала.
- Позволяват измерване на температура до около $2000^{\circ}C$
- Изходният сигнал е много слаб, което го прави податлив на смущения
- Термодвойките нямат проблем със самозагряването
- Проблеми със линеаризацията на изходния сигнал
- Термодвойка тип К – (никел, хром, алуминий и др) – най-широко използвана, евтина. Работен температурен диапазон $-200^{\circ}C - 1250^{\circ}C$
- Термодвойка тип С – волфрам-рений – $2320^{\circ}C$ максимална температура
- Chromel-gold/iron – измервания при температура от $-272^{\circ}C - 300^{\circ}C$



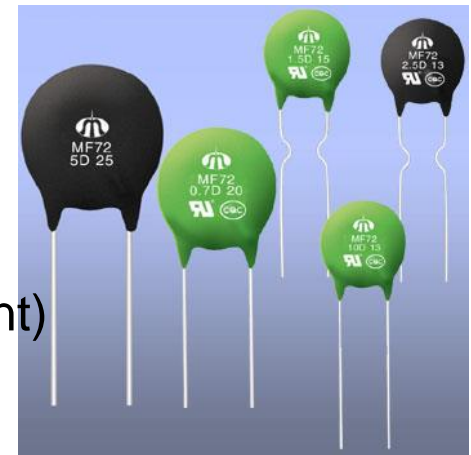
RTD – RESISTANCE TEMPERATURE DETECTOR

- 1771 е създаден първият температурен сензор изработен от платина
- Най често изработен от платина, но може и мед, никел и редица други елементи. Датчика може да изработен от тънък проводник от съответния метал или като тънкослойни метални покрития.
- Имат положителен температурен коефициент
- Широко използвани – PT100, PT1000
- PT100 има съпротивление 100Ω при 0°C
 - За всеки градус промяна в температурата съпротивлението се променя с $0,385$ ома.
- Скорост на реагиране ~ 100 секунди във въздух
- Широк диапазон от измервани температури -250° до $+800^{\circ}\text{C}$
- Изключително висока точност
- Възможно е самозагриване
- Висока цена
- Точносот $\sim 0,01^{\circ}\text{C}$



ПОЛУПРОВОДНИКОВИ РЕЗИСТОРИ

- Резистори, чийто съпротивление се променя при промяна на температурата се наричат терморезистори
- В зависимост от това в каква посока се изменя съпротивлението (нараства или намалява), терморезисторите са два вида:
 - Термистори (NTC – Negative Temperature Coefficient) – терморезистори с отрицателен температурен коефициент. Съпротивлението намалява с увеличаването на температурата
 - Позистори (PTC – Positive Temperature Coefficient) – терморезистори с положителен температурен коефициент. Съпротивлението нараства с увеличаването на температурата
- Характеризират се с много висока чувствителност, евтини и лесни за използване в електрониката. Имат сравнително ниска точност и висока нелинейност.



ИНФРАЧЕРВЕНИ СЕНЗОРИ

- Използват thermopile сензор, реагиращ на инфрачервената светлина (излъчваната топлина)
- Единствените безконтактни датчици за температура.
- Могат да измерват температурата до 2800°C
- Изключително високо бързодействие
- Сравнително висока цена
- Добра точност
- Предлагат се инфрачервени сензори с вградена електроника, за опростено свързване към микропроцесорна система



ДАТЧИЦИ ЗА ВЛАЖНОСТ

- Измерват относителна влажност – RH[%]
- Видове
 - Капацитивни – променя се диелектричната проницаемост на специфичен материал, ϵ_r – на водата е 81, а на повечето пасивни диелектрици под 10.
 - Резистивни – променя се съпротивлението на изолатор, при поглъщането на вода

Не всички сензори могат да измерват в целия диапазон от 0÷100%

Предлагат се цифрови комбинирани датчици (температура и влажност) – много удобни за употреба и с добра точност. Висока цена.





ОПТИЧНИ ДАТЧИЦИ

16

ФОТОРЕЗИСТОРИ

- Това са полупроводникови резистори, чийто съпротивление се променя при промяна интензитета на светлината
- Евтини
- Лесни за свързване към микропроцесорна система

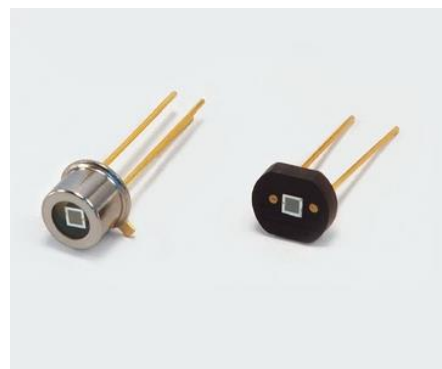
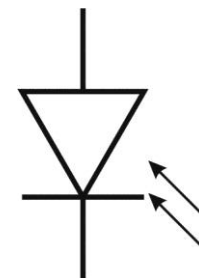
LDR 's



	Diam. 7mm	Diam. 12mm	Diam. 8mm	Diam. 12mm
Dark Resistance:	>20 MOhm	>20 MOhm	>20 MOhm	>20 MOhm
Ambient Resist.:	8.4 KOhm	5.6 KOhm	18.2 KOhm	3.0 KOhm
PL 11W @ 0cm:	300 Ohm	130 Ohm	850 Ohm	72 Ohm

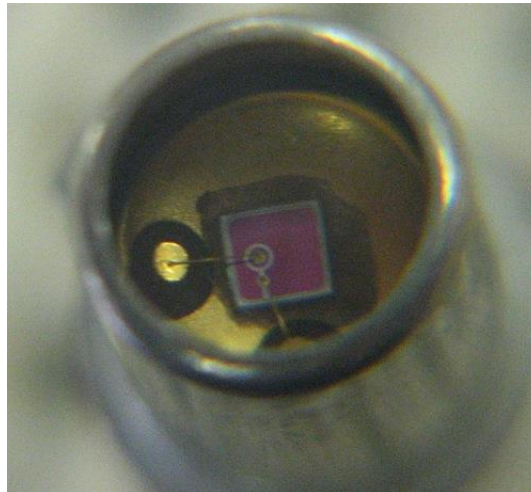
ФОТОДИОДИ

- Преобразуват светлината в електрически ток. Реагират на определена дължина на вълната. Имат сравнително малка чувствителност, но голямо бързодействие
- Работни режими
 - Фотоволтаичен – фотодиода работи на празен ход слънчевите батерии
 - Фотопроводим – фотодиода е включен в обратна посока. Високо бързодействие
- Приложение
 - Оптрони
 - Оптична комуникация
 - Детектори за дим
 - Детектор за пулс в медицината
 - Високоскоростни светлинни матрици
 - Приемници за сигналите от различни системи за дистанционен контрол (дистанционни управления)



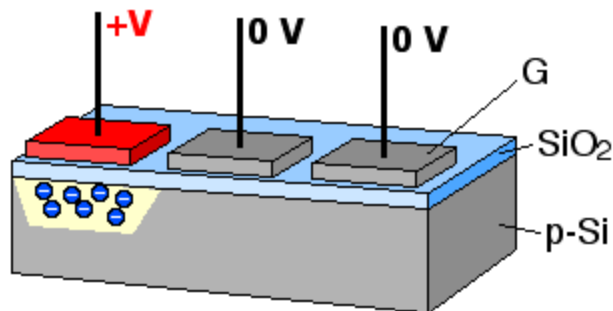
ФОТОТРАНЗИСТОРИ

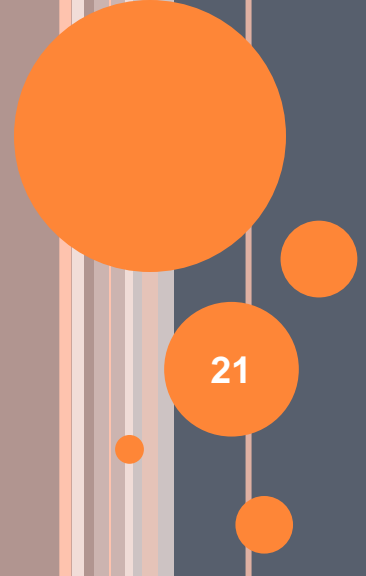
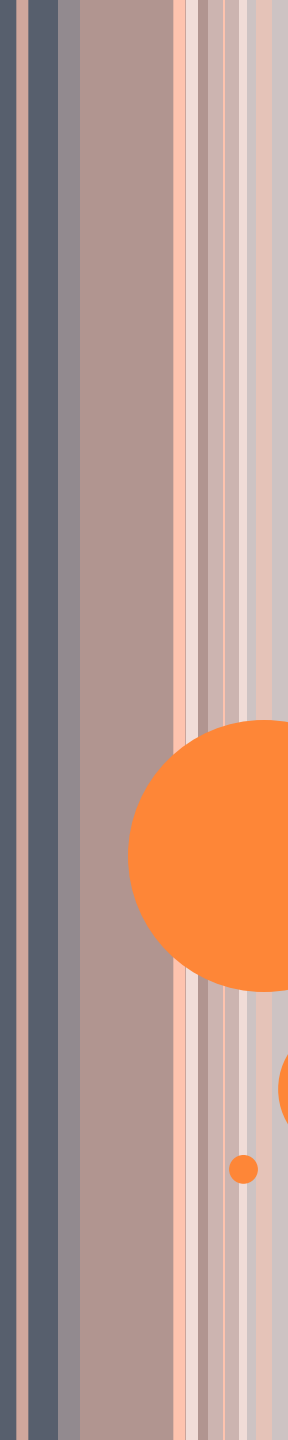
- Представяват транзистор, чийто корпус е изграден от прозрачен материал, и светлината може да освети PN прехода.
- Подобни на фотодиодите, но с по-висока чувствителност, за сметка на по-бавно време за реакция



CCD МАТРИЦИ

- Използват се силициев полупроводник. Заряда (респективно напрежението) на всеки пиксел е пропорционален на осветеността.
- Записа на светлинната информация става едновременно за всички пиксели, но прочитането става последователно пиксел по пиксел
- На края се обработва от усилвател на заряд



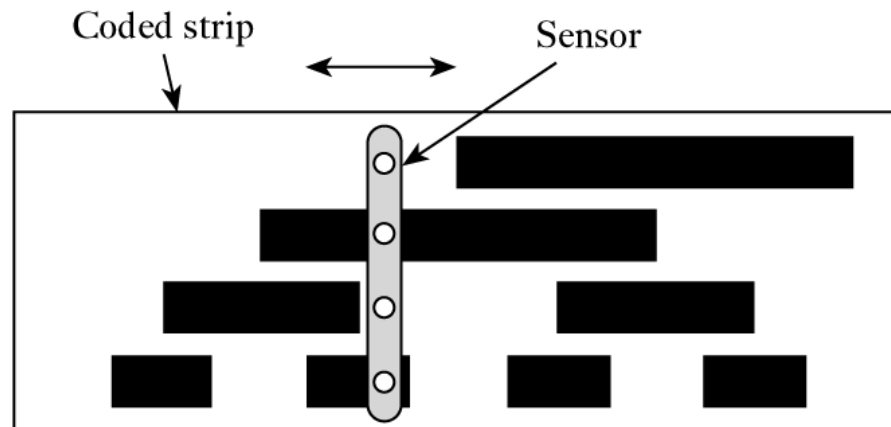


ЗА ПРЕМЕСТВАНЕ, ПОЗИЦИЯ, СКОРОСТ И УСКОРЕНИЕ

21

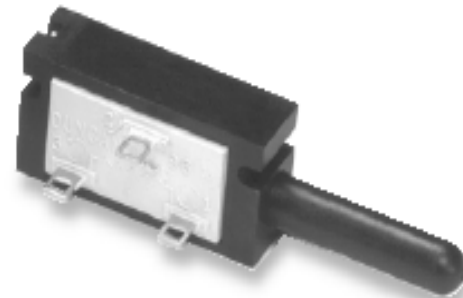
ЗА АБСОЛЮТНА ПОЗИЦИЯ – ЕНКОДЕРИ

- За датчик най-често се използва матрица от фотодиоди, но може и да не е оптичен
- Ивиците са ориентирани по такъв начин че всяка комбинация е уникална
- Може да бъде подреден в линия (за линейно преместване) или в окръжност (за ъглово преместване)
- Имат висока цена



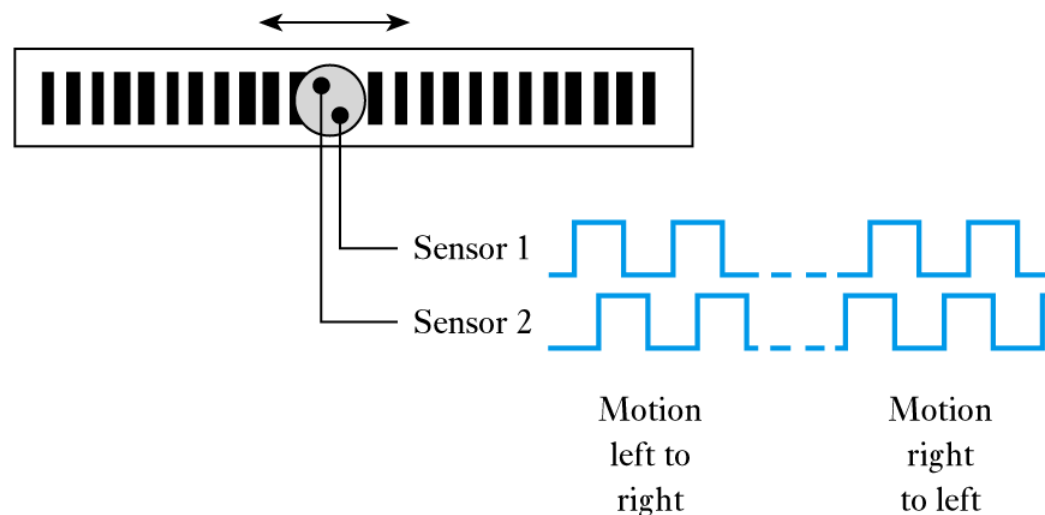
ЗА АБСОЛЮТНА ПОЗИЦИЯ – ПОТЕНЦИОМЕТРИ

- Линеен потенциометър – използва се промяната в електрическото съпротивление между съпротивителен елемент и подвижен контакт
 - Практически неограничена разделителна способност
 - Честотен диапазон до 10000Hz
 - Ниска цена
 - Заради триещите се части – ограничен живот



ЗА ОТНОСИТЕЛНА ПОЗИЦИЯ - ИНКРЕМЕНТАЛНИ

- Дават информация само за относителното преместване на обекта, не и за неговата абсолютна позиция.
- По-прост и по-евтин
- С един светодиодиод и един фотодиод може да се определи скоростта на движение, а с втори фотодиод може да се определи и посоката на преместване



ЗА ПОЗИЦИЯ

- Линеен променлив трансформатор
 - Компонент използващ магнитна индукция
 - Самият сензор може да има практически неограничена разделителна способност (ограничена само от електрониката след сензора)
 - Сравнително бавни, максимална скорост на промяна на местоположението на обекта – под 500Hz
 - Бърз контакт между движещата се част и намотките – много дълъг живот

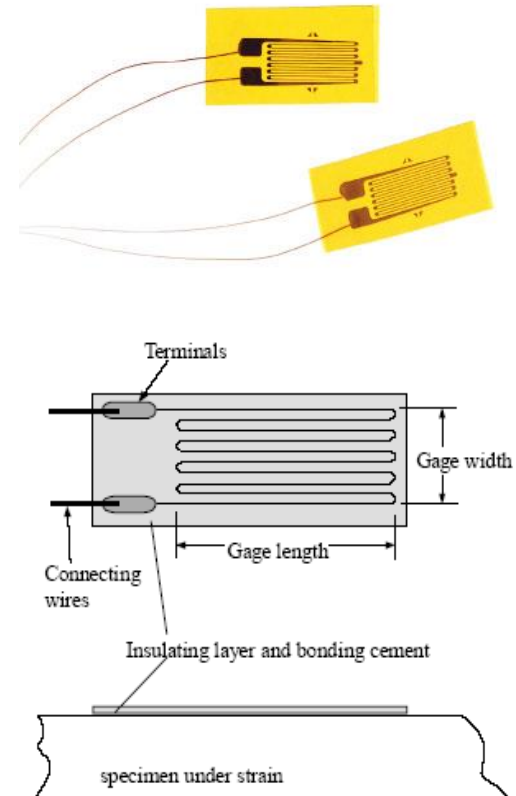


СЕНЗОРИ ЗА ДВИЖЕНИЕ

- Скоростта и ускорението мога да се получат съответно с едно и две диференцирания на сигнала за позиция
 - Води до увеличаване на шума в сигнала
 - Оптрон с процеп и перфориан диск е много евтино решение даващо тази възможност – компютърните мишки с топчета.
- Друг вариант е да се измерва скоростта директно – да се измерва честотата на поредица от импулси от фото или друг вид преобразувател.
- Има сензори даващи възможност дори ускорението да се измерва директно – MEMS акселерометри – iPhone.

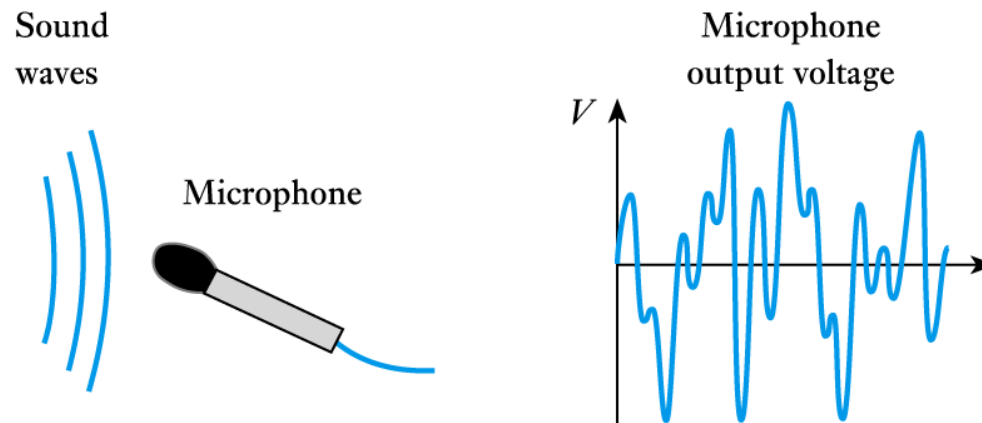
СЕНЗОРИ ЗА МЕХАНИЧНО НАПРЕЖЕНИЕ И ДЕФОРМАЦИЯ

- Тензорезистори – резистори, чието съпротивление се променя при изменение на деформацията им.
- Видове
 - Фолиеве
 - Жични
 - Оптични
 - Пиезоелектрични
- Обикновено са изработени от тънък проводник, монтиран по специален начин, чийто сечение и дължина се променят при деформация.
- Много ниска чувствителност, податливи на електромагнитни смущения, евтини.
- Приложение при електронните кантари и везни



МЕХАНИЧНИ ТРЕПТЕНИЯ - ЗВУК

- Най-често се използва микрофон.
- Различни видове
 - Електретен – евтин, малък
 - Динамичен – скъп, добра чувствителност
 - Пиезоелектричен – може да засича звук с честота над 1MHz
 - Въглероден – стара технология, големи





СЕНЗОРИ ЗА ГАЗ

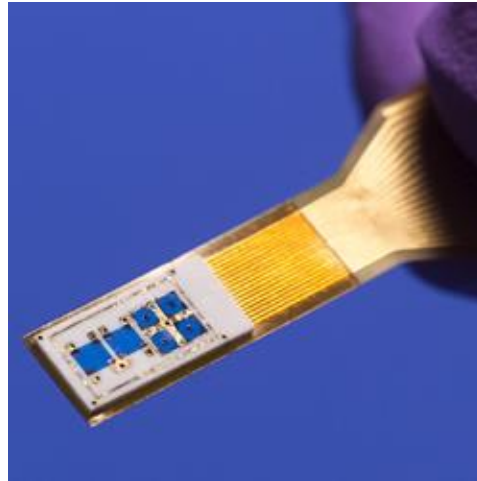
29

ВИДОВЕ

- Сензори базирани на метални окиси
- Капацитивни сензори
- Сензори с акустични вълни
- Калориметрични
- Оптични
- Електрохимични

СЕНЗОРИ БАЗИРАНИ НА МЕТАЛНИ ОКИСИ

- Известни са още като химирезистори (chemiresistors).
- Детекцията се основава на промяната на съпротивлението на тънкослойно метало-окисно покритие при поглъщането на молекулите на даден газ.



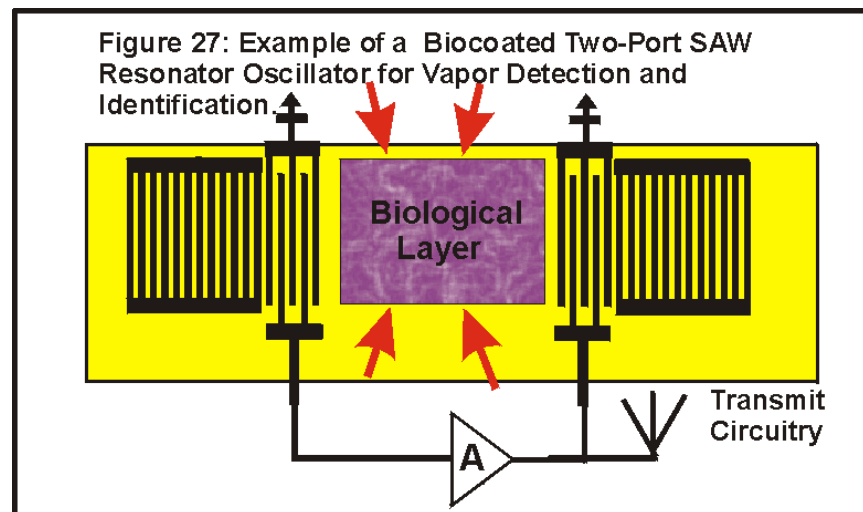
A suite of chemiresistors will characterize the reactivity of the Martian surface.
European Space Agency's ExoMars mission

КАПАЦИТИВНИ СЕНЗОИ

- Измерват промяната в диелектричната проницаемост на слой от изолационен материал между метални плочи, при присъствие на определен газ

СЕНЗОРИ С АКУСТИЧНИ ВЪЛНИ

- Тези датчици използват пиезоелектричен материал изграждащи един или няколко приемопредавателя
- В зависимост от материала се получава специфична резонансна честота, която се променя в зависимост от свойствата и състава на материала в който се разпространяват вълните.



КАЛОРИМЕТРИЧНИ СЕНЗОРИ

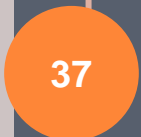
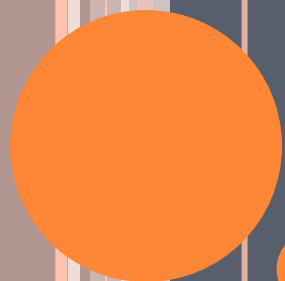
- Принципа на работа се основава на промяната на температурата на повърхността на катализатор
- Използват се най-често материали като Платина, Паладий, Родий
- При горенето на горими газове се отделя топлина. Тази топлина се балансира от намаляването на мощността на електрически нагревател, чиято консумирана мощност определя концентрацията на газа

ОПТИЧНИ ГАЗОВИ СЕНЗОРИ

- При тези сензори се използва някои от следните явления:
 - Промяна в индекса на пречупване
 - Поглъщане на светлината
 - Флуорисценция

ЕЛЕКТРОХИМИЧНИ

- Състоят се от:
 - Химически реактив (електролит или гел)
 - Два електрода – анод и катод, между които протича електрически ток
- Големината на електрическия ток е пропорционален на концентрацията на газа, реагиращ с реактива

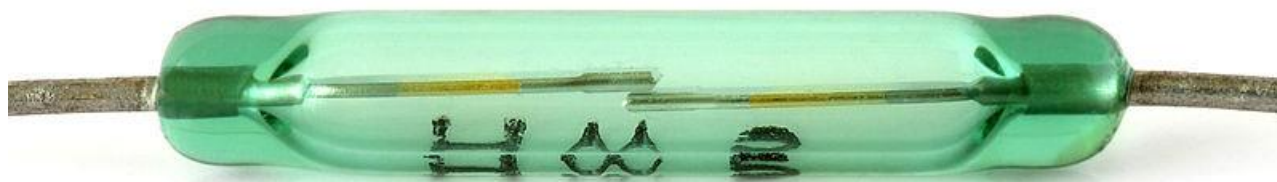


МАГНИТНО ПОЛЕ

37

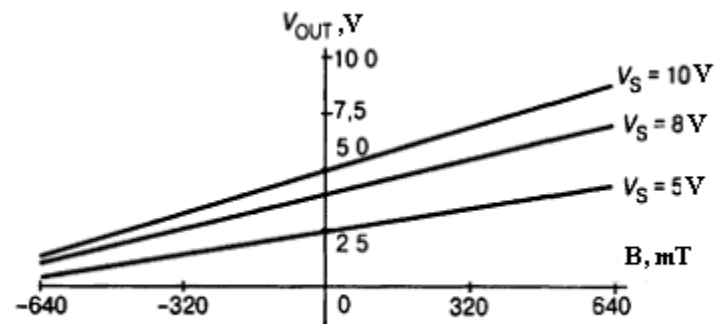
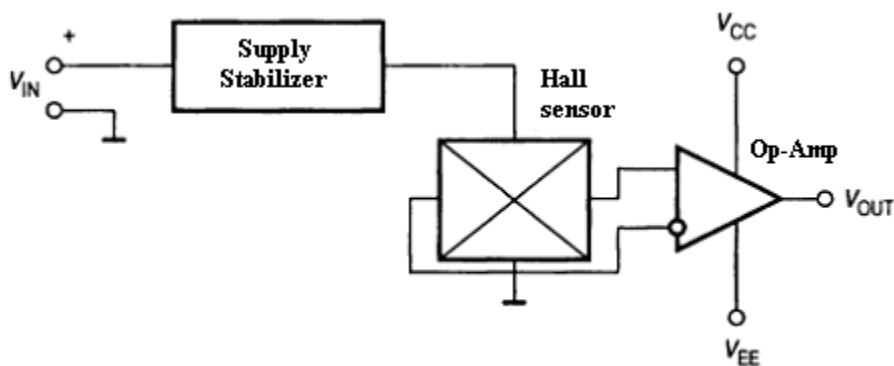
Рид ампули

- Електрически ключ който се управлява от магнитно поле.
- Двата контакта са изработени от магнитен материал.
- Маломощни елементи, имащи максимално бързодействие около 1ms.
- Използват се в т.нар рид релета, маломощни релета с висока бързина на превключване.



ДАТЧИЦИ НА ХОЛ

- Четири изводен елемент. Два от изводите се подава захранватне, между останалите два протича електрически ток, в зависимост от интензитета на магнитното поле.
- Прости и евтини, без движещи се части.
- Може не само да засича магнитно поле, но и да определи интензитета му.
- Предлагат се варианти с вградена електроника, за получаване на магнитно управляем ключ.



МАГНИТОРЕЗИСТОРИ

- По-висока чувствителност спрямо датчиците на Хол.
- Използват се за реализация на електронни компаси

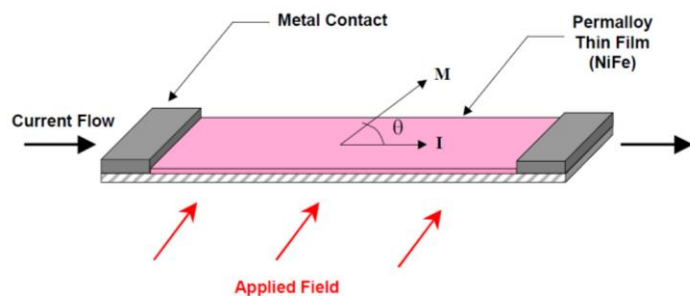


Figure 1
AMR Element

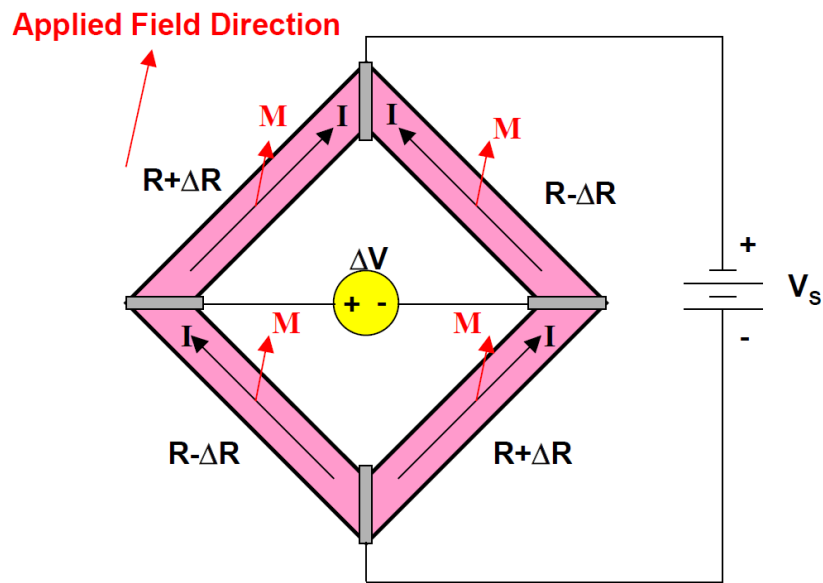


Figure 2
AMR Bridge

Въпроси?