СПЕЦИАЛИЗИРАНИ КОМПЮТЪРНИ СИСТЕМИ

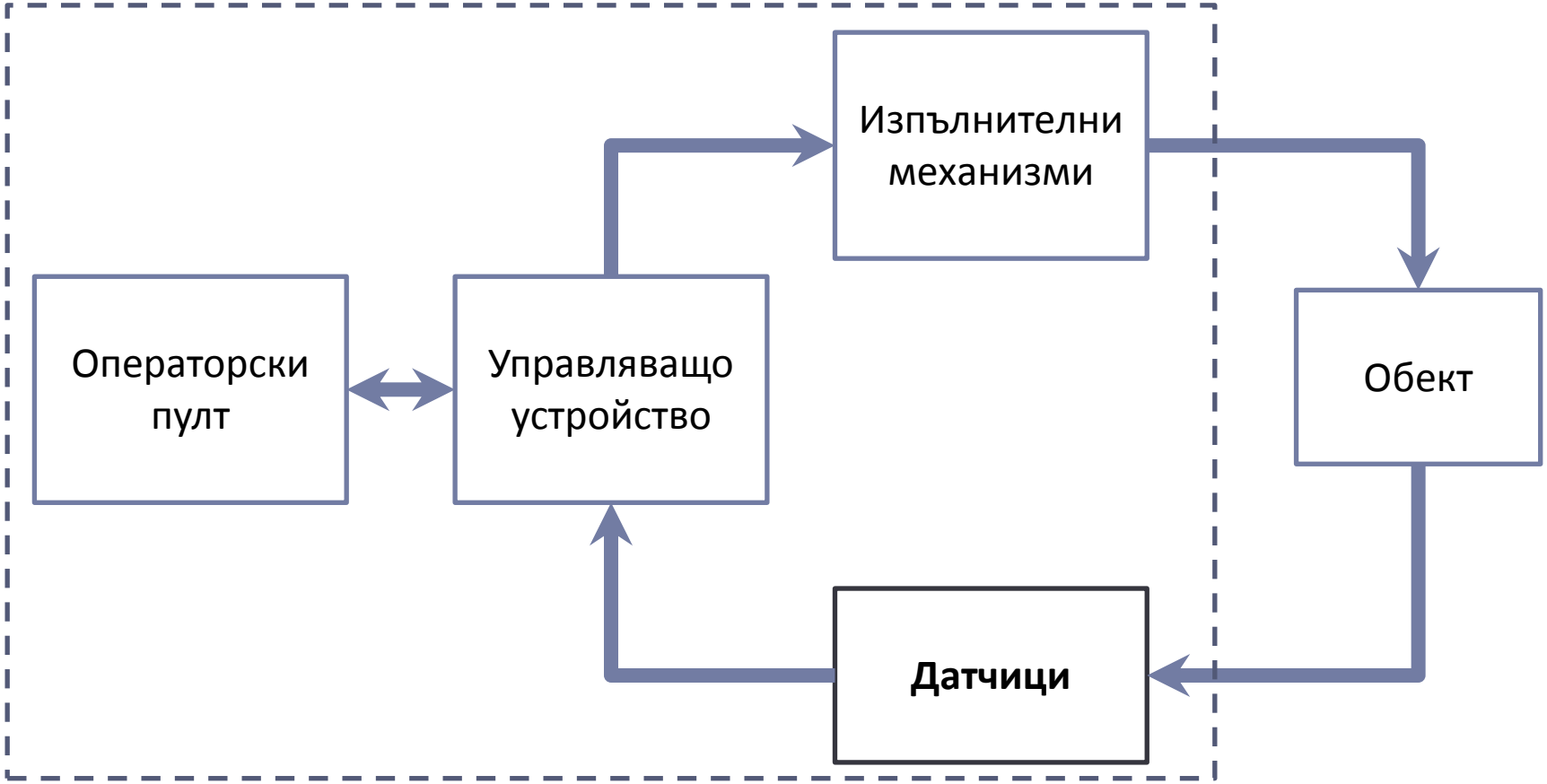
Връзка на СКС с обекти за управление

Датчици и изпълнителни механизми

Съдържание

- Датчици (сензори)
  - Класификация и общи изисквания към датчиците.
  - Датчици ON/OFF, инкрементални датчици, индуктивни датчици, въртящ се трансформатор, ултразвукови датчици.
  - Датчици за следене състоянието на околната среда. Температурни датчици, тензометрични датчици, датчик на Хол, датчици за налягане.
- Изпълнителни механизми. Определение. Класификация. Видове
  - Сервомеханизми. Класификация.
  - Видове сервосистеми.
  - Регулатори – видове, закони за регулиране.

Връзка на СКС с обект за управление



Датчици (сензори)

Основни понятия, дефиниции

- Според дефиницията на IEC за технически сензори:

„СЕНЗОРЪТ е първичният елемент в измервателната верига, който преобразува променливата входна величина в полезен измервателен сигнал.“

- **СЕНЗОРЪТ преобразува въздействието (величина, свойство, състояние) в полезен електрически (най-често) сигнал.**
- С помощта на сензори **неелектрическите величини се преобразуват в електрически.**

Следва обработка и визуализация на сигналите.

Датчици (сензори)

Сензорът

- няма зададени предварително фиксирани стойности на отчитаната величина;
- не работи самостоятелно;
- понякога е част от измервателен уред.

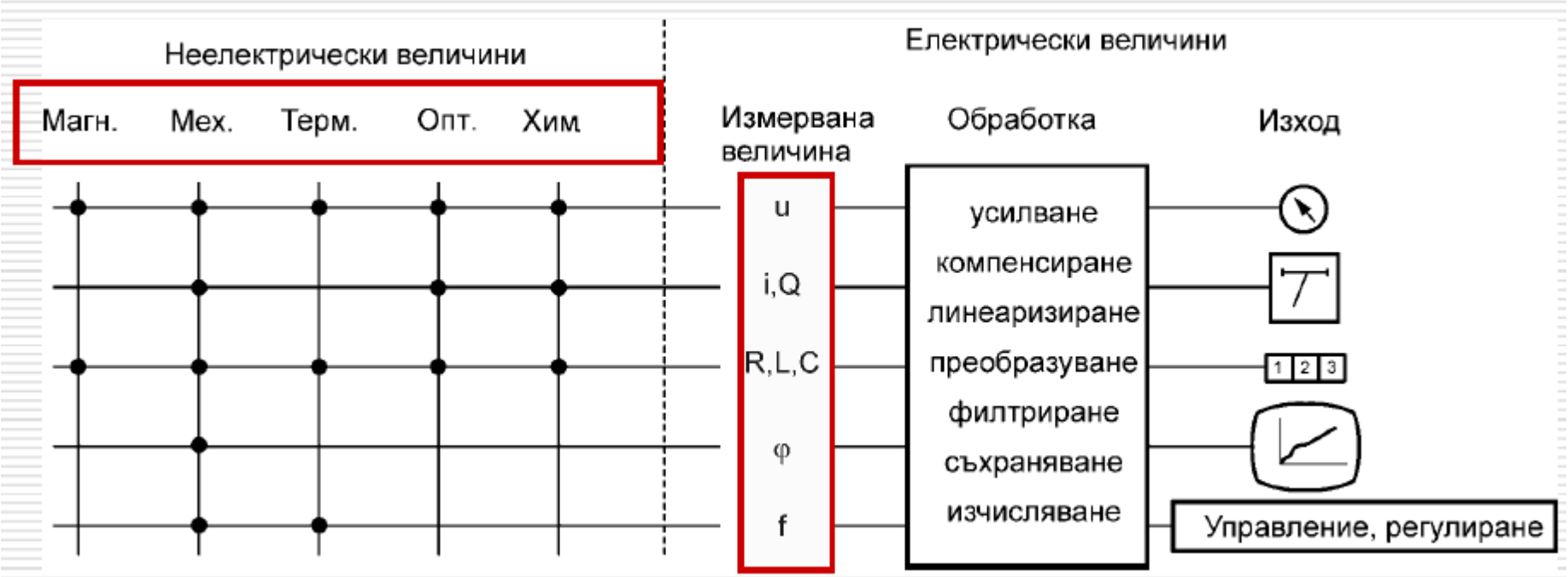
Датчици (сензори)

Историческа справка

- В. Сименс създава един от първите сензори 1860 г.
- Между 1920 и 1940 г. - необходимост от управление на сложни процеси.
- Развитие на полупроводниковата техника през 50-те и 60-те години.
- 60-те години – проблем: липса на сензори в редица области, които да преобразуват неелектрически величини в електрически.
- 70-те години: първи решения.

Датчици (сензори)

- **Предназначение на датчиците**



Датчици (сензори)

- **Изисквания към датчиците**
  - **Шумоустойчивост** – възможност за работа в условия на електромагнитни смущения, изменения в захранването и др.
  - **Устойчивост към изменение на параметрите на околната среда** – температура, влажност и др.
  - По възможност **абсолютно отчитане на измерваната величина** – това опростява по-нататъшната обработка на данните/информацията.
  - **Малки размери и проста конструкция**

Датчици (сензори)

Характеристики на датчиците:

- **Обхват** – разликата между минималната и максималната стойност, която може да се измери.
- **Разделителна способност (чувствителност)** – най-малката промяна на измерваната величина, ΔXmin която може да бъде отчетена (да предизвика изменение на изходната величина). Изменения по-малки от ΔXmin не се "усещат" от датчика. Очевидно е изискването ΔXmin да е колкото може по-малко.

Датчици (сензори)

Характеристики на датчиците:

- **Грешка** – разликата между реалната и измерената стойност.
- **Линейност** – показва в каква степен изходната характеристика се отклонява от права линия.
- **Точност** – показва в какъв диапазон са очакваните стойности от датчика.
- **Повторяемост** – показва как се изменя изходният сигнал на датчика при един и същ входен сигнал.

Датчици (сензори)

Характеристики на датчиците:

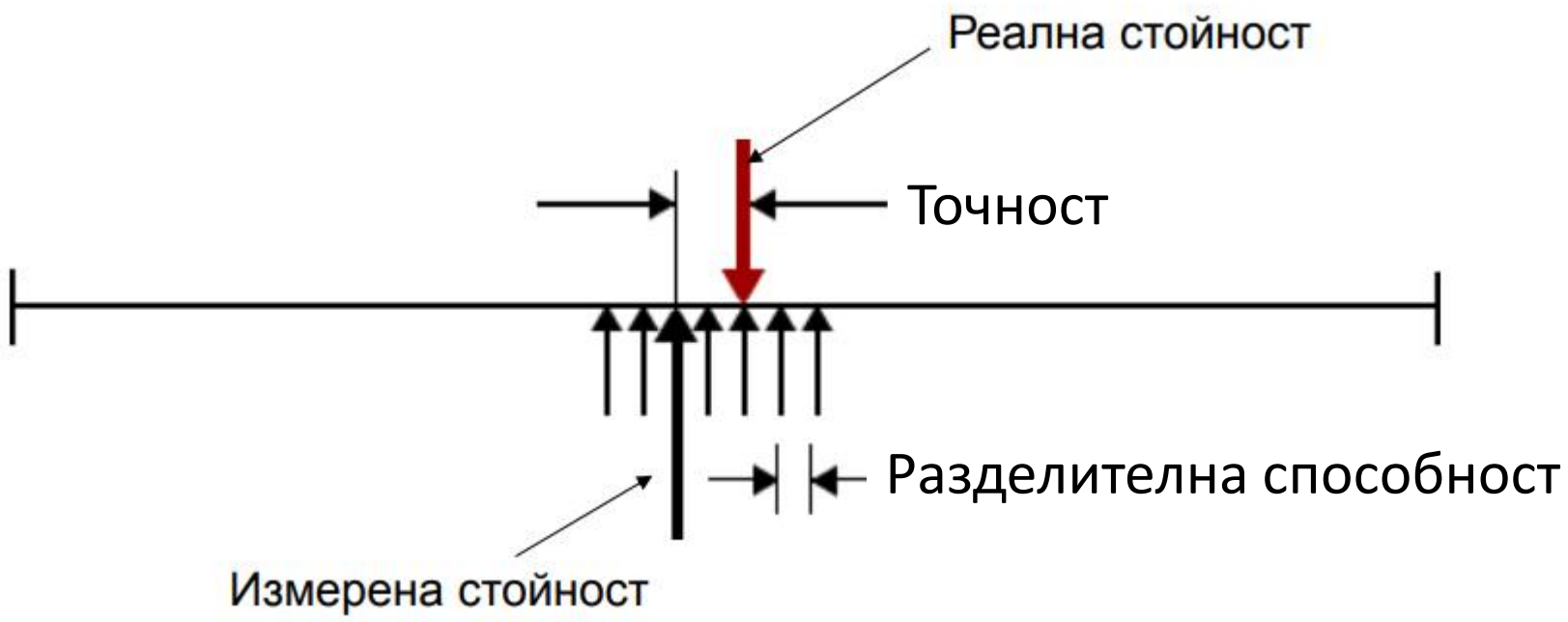
- **Инертност -** измерва се с времето от възникване на изменението на входната величина до възникване на съответното изменение на изходната величина.

Колкото е по-малко това време, толкова по-точна е информацията за процеса, който се контролира.

Ако динамиката на процеса е по-голяма, ще се получават усреднени стойности на входната величина.

Датчици (сензори)

Характеристики на датчиците:



[ас. д-р Г.Николов - *“Промишлени средства за измерване и контрол”***]**

Датчици (сензори)

- **Критерии за класификация**
  - Използвани физични и химични свойства или ефекти
  - Вид на измерваната величина
  - Приложения
  - Технология на материалите
  - Точност
  - **Според функционалната принадлежност**
  - **Интелигентност**
  - **Активни и пасивни**

Датчици (сензори)

Активни датчици

Преобразуват физическата величина директно в електрически сигнал.

Не се нуждаят от външно захранване.

Тъй като функционират на електродинамична или пиезоелектрична основа, те измерват само **промени** на измерваната величина. Статични измервания не са възможни.

Датчици (сензори)

- **Активни датчици (сензори) и преобразувани неелектрически величини**

Активни сензори	Неелектрически величини
Термоелемент	Температура
Фотоелемент	Фотометрични величини
Електрохимични елементи	pH
Пиезокристали, кварцови резонатори	Сила, налягане, ускорение

[http://diliev.com/Home/Emo/%D0%A1%D0%95%D0%9C%D0%95%D0%A1%D0%A2%D0%AA%D0%A0%208/%D0%A1%D0%A1%D0%A3/ssu/1/%D0%A1%D0%A1%D0%A3-2015-%D0%9C%D0%9C/SSU-1.pdf]

Датчици (сензори)

- **Пасивни датчици -** преобразуват една форма на енергия в друга, използвайки външен захранващ източник.

Чрез допълнителна електроника изменението на измерваната величина се преобразува в електрически сигнал.

Този вид сензори се използват както при динамични, така и при статични измервания.

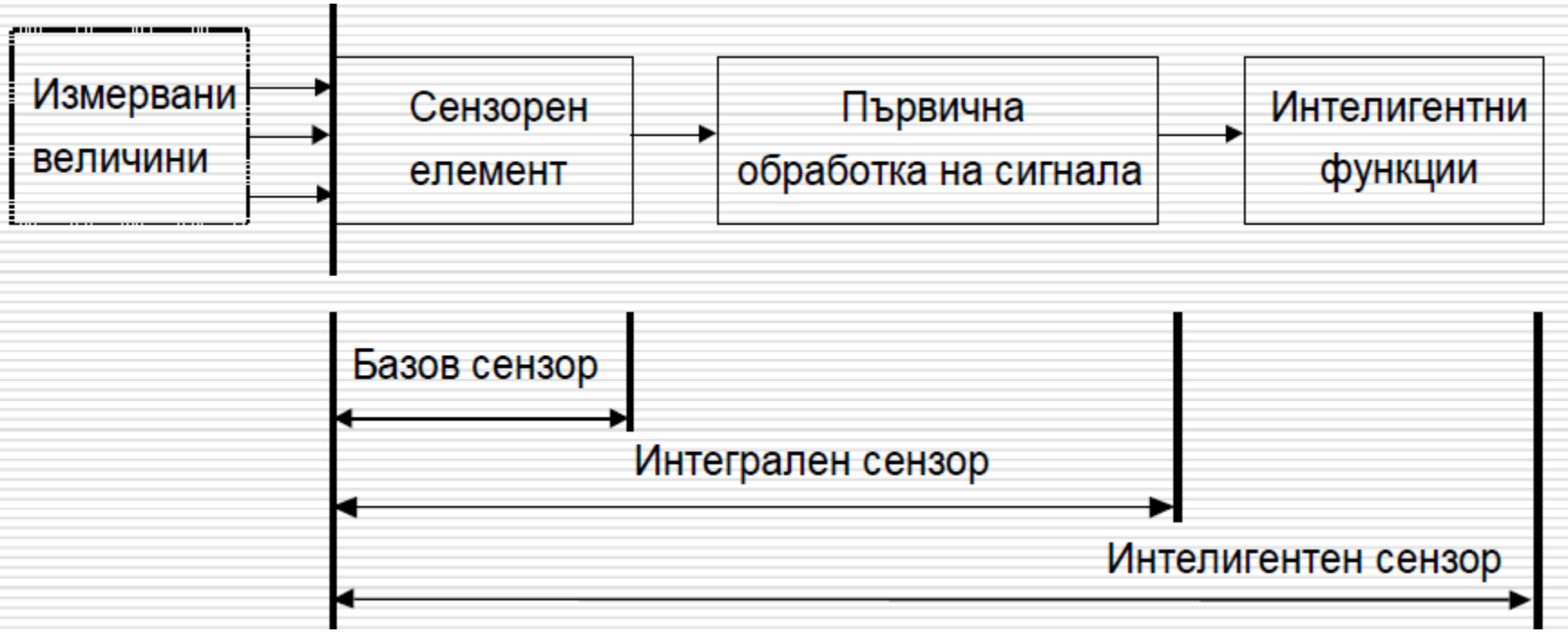
Датчици (сензори)

- **Пасивни датчици (сензори)**

Пасивни датчици	Повлияна електрическа величина	Неелектрическа величина
Потенциометър	Електрическо съпротивление	Дължина, ъгъл
Тензорезистор	Електрическо съпротивление	Сила, налягане, тегло
Термосъпротивление	Електрическо съпротивление	Температура
Фоторезистор, фотодиод, фототранзистор	Електрическо съпротивление	Фотометрични величини
Магниторезистор	Електрическо съпротивление	Дължина, ъгъл
Датчик на Хол	Електрическо напрежение	Скорост, позиция
Индуктивен датчик	Индуктивност	Положение, преместване
Капацитивен датчик	Капацитет	Положение, разстояние
Радиоактивен датчик	Йонизация	Ниво, плътност

Датчици (сензори)

- **Класификация на датчиците според тяхната интелигентност**



[http://diliev.com/Home/Emo/%D0%A1%D0%95%D0%9C%D0%95%D0%A1%D0%A2%D0%AA%D0%A0%208/%D0%A1%D0%A1%D0%A3/ssu/1/%D0%A1%D0%A1%D0%A3-2015-%D0%9C%D0%9C/SSU-1.pdf]

Датчици (сензори)

- **Верига на преобразуване**

diliev.com/Home/Emo/СЕМЕСТЪР%208/ССУ/ssu/1/2015/2014/SSU-1.ppt

Датчици (сензори)

- **Класификация според интелигентността**

Сензорни елементи / Базови сензори

Генерират необработен електрически сигнал

Датчици (сензори)

- **Класификация според интелигентността**

Интегрални сензори с аналогов изход

- ✓ Първична обработка на сигнал
- ✓ Основно аналогов изход
- ✓ Най-често напрежение
- ✓ Ток

Датчици (сензори)

- **Класификация според интелигентността**

Интегрални сензори с цифров изход

- ✓ Аналогова обработка на сигнала
- ✓ Аналогово-цифрово преобразуване
- ✓ Цифров изход

diliev.com/Home/Emo/СЕМЕСТЪР%208/ССУ/ssu/1/2015/2014/SSU-1.ppt

Датчици (сензори)

- **Класификация според измерваната величина -** Датчици за определяне **свойствата на работната среда** (обекта)

Величини	Примери
Механични	Дължина, обем, налягане, скорост, ускорение
Термични	Температура, топлинен поток, ентропия
Електрически	Напрежение, ток, заряд, съпротивление
Магнитни	Интензивност на полето, магнитен момент
Радиационни	Интензивност, фаза, дължина на вълната
Химични	Концентрация, pH

diliev.com/Home/Emo/СЕМЕСТЪР%208/ССУ/ssu/1/2015/2014/SSU-1.ppt

Датчици (сензори)

- **Класификация** на датчиците **според управление на движението на изпълнителните органи** на механична конструкция:
  - ✓ Датчици за обратна връзка по положение
  - ✓ Датчици за обратна връзка по скорост
  - ✓ Датчици за измерване на усилия
  - ✓ Датчици за измерване на ускорение

Датчици

- Други **критерии за класификация**
  - Използвани физични и химични ефекти
  - Вид на измерваната величина
  - Приложения
  - Технология на материалите
  - Точност

Датчици - класификация

ON/OFF датчици

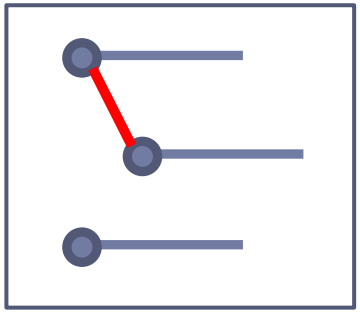
- Крайни датчици, които носят информация дали изпълнителният механизъм е достигнал до дадена точка, но не се знае точното положение (например в милиметри)
  - **Контактни датчици (превключватели)** – най-простите датчици

  Контактната група е изработена от модули, позволяващи многократно включване/изключване.

  Трябва да бъдат прахо- и влагозащитени и да имат специфична конструкция на задвижването.

ON/OFF датчици

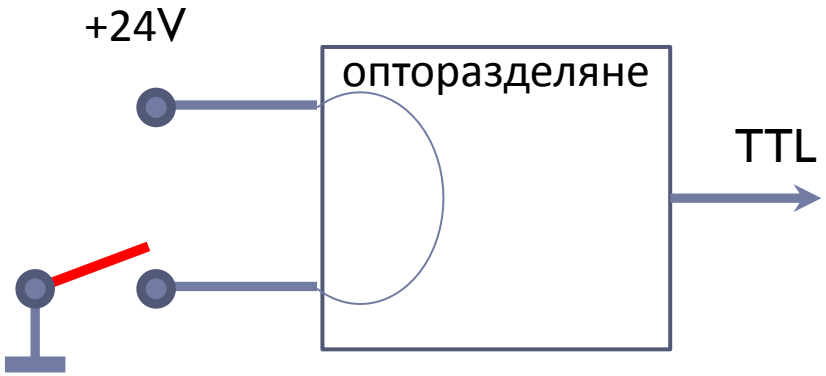
- **Контактни датчици (превключватели)**

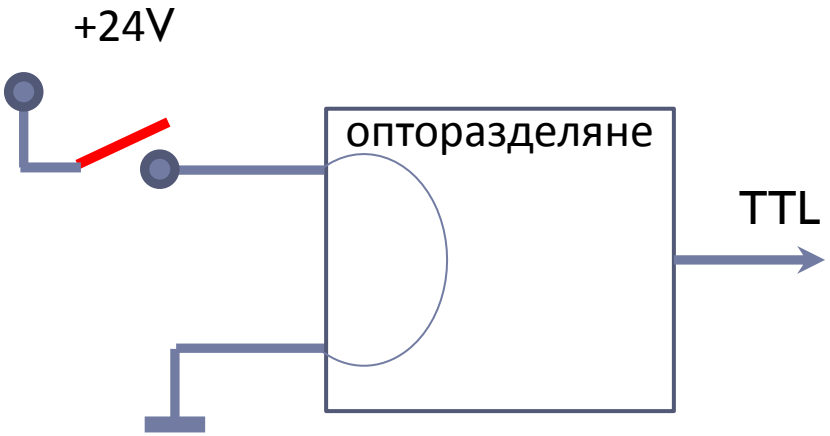


нормално затворен

общ

нормално отворен

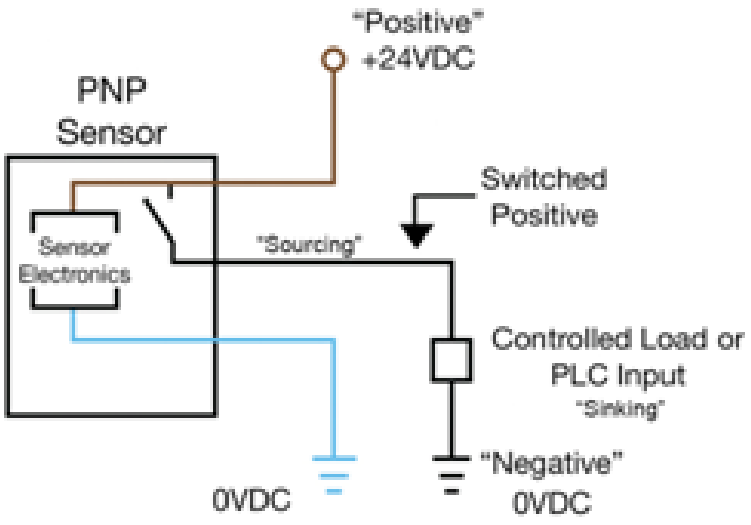


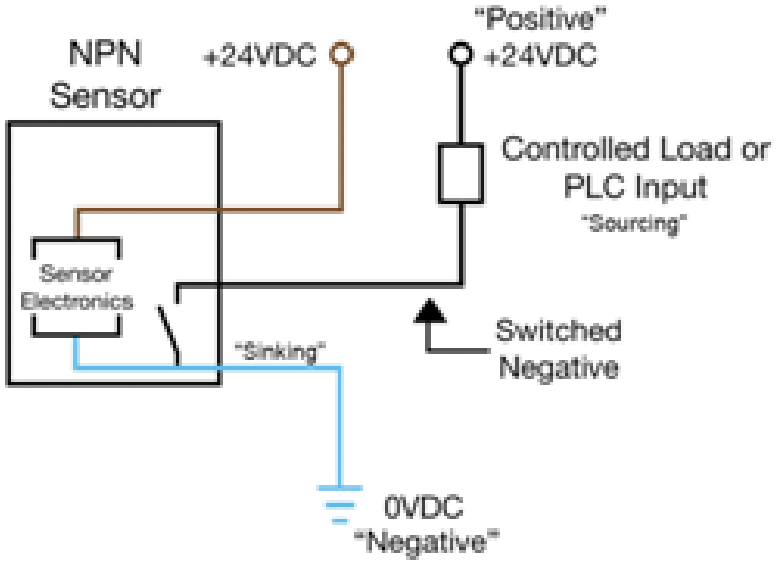


ON/OFF датчици

- **Контактни датчици**

Включване

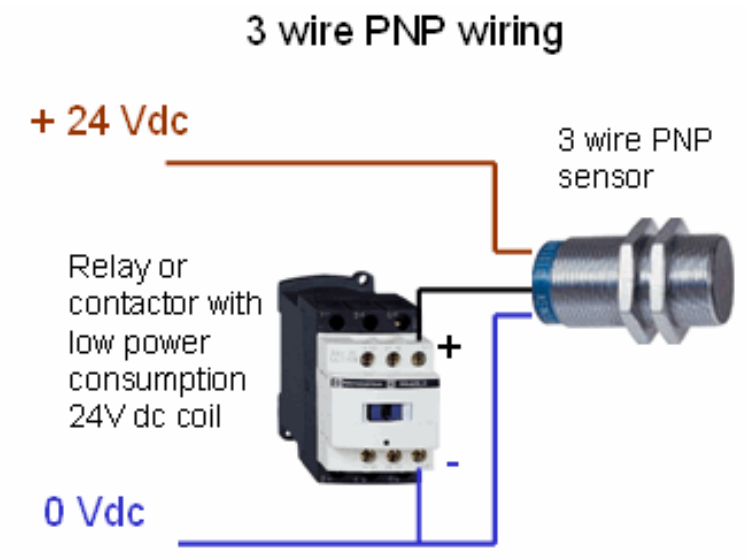


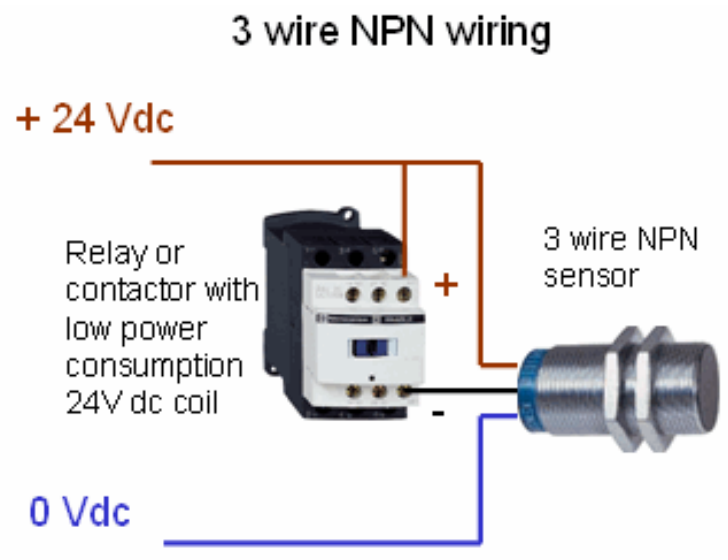


ON/OFF датчици

- **Контактни датчици**

Включване

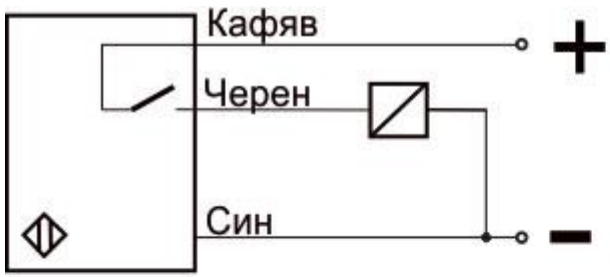




ON/OFF датчици

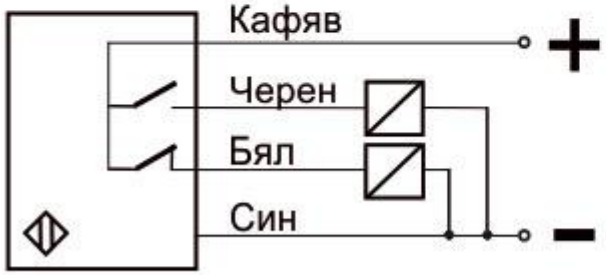
- **Контактни датчици**

Включване



1 PNP/NO

3 NPN/NO



2 PNP/NO+NC

4 NPN/NO+NC

ON/OFF датчици

- **Електромагнитни датчици**

Електронни устройства, които служат за комутиране на електрически вериги.

Принципът им на действие се основава на превключване на изхода си (отваря или затваря) при приближаване на метален предмет към чувствителната част на датчика.

Предимства на електромагнитните датчици:

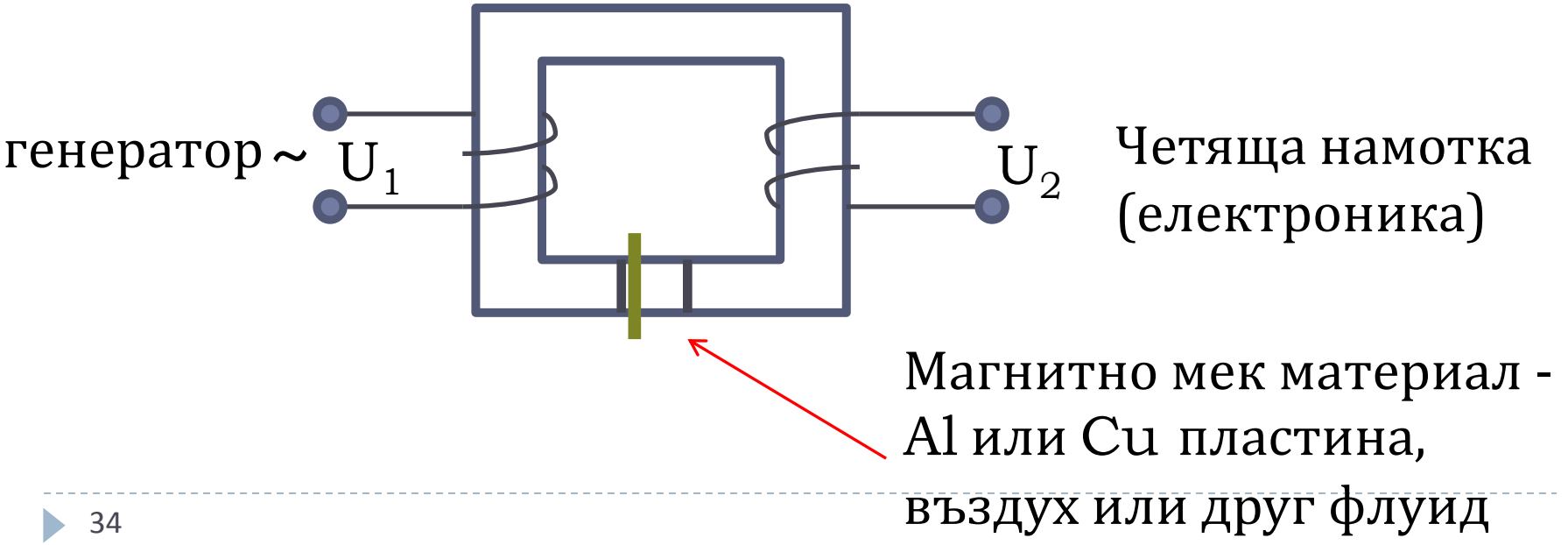
- ✓ проста конструкция
- ✓ висока надеждност
- ✓ безконтактни

ON/OFF датчици

- **Електромагнитни датчици**

Безконтактни ключове, при които се измерва съпротивлението (то се променя) на магнитната верига при преминаване на магнитния поток през обекта.

За контрол на наличието и (евентуално) положението на обекти от метал.

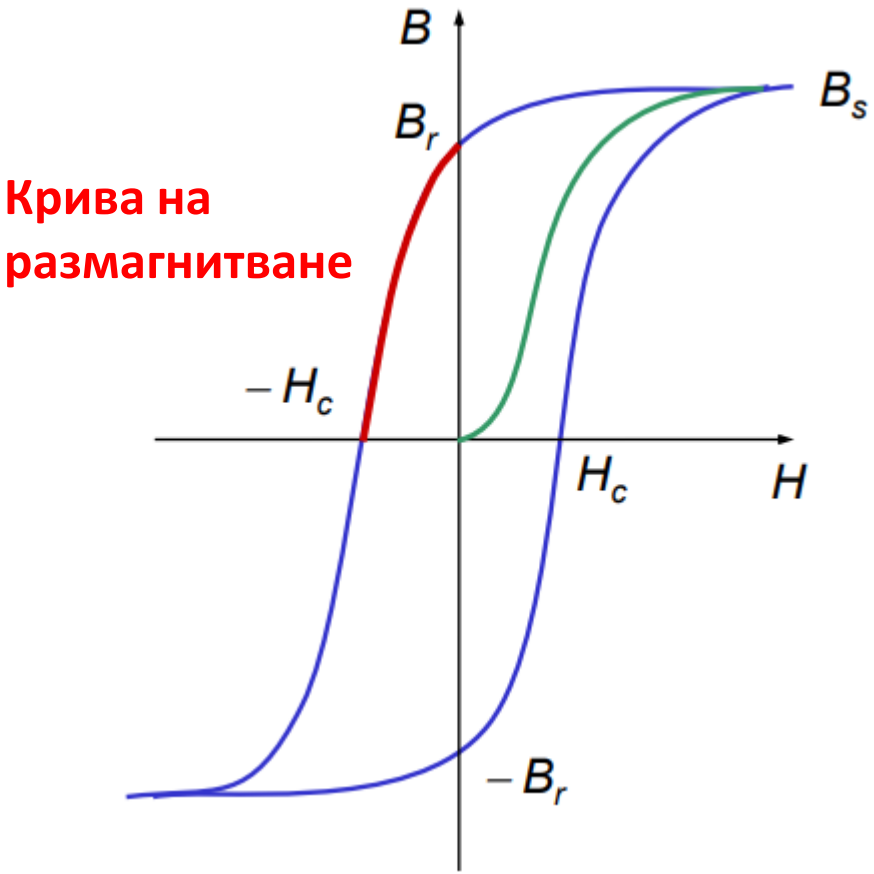


ON/OFF датчици

- **Електромагнитни датчици**

Хистерезис – получава се в резултат на необратимото намагнитване.

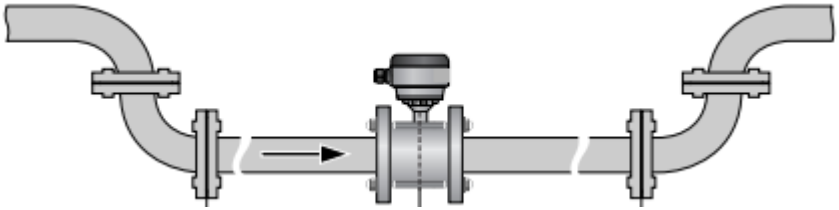
При премахване на полето доменната структура не се възстановява, поради което част от намагнитването се запазва.



ON/OFF датчици

- **Електромагнитни датчици**

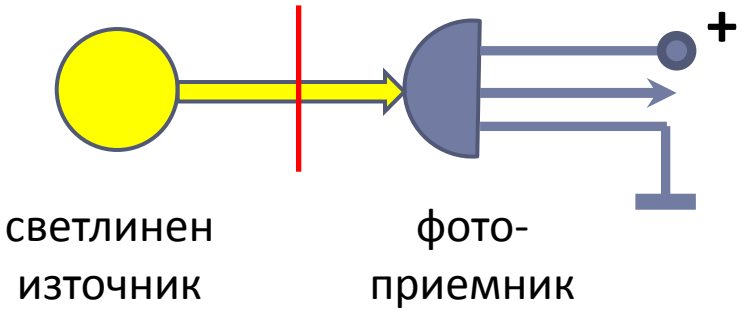
Електромагнитен датчик за поток

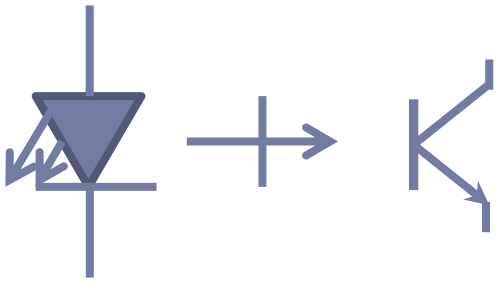


ON/OFF датчици

- **Оптични ON/OFF датчици**

Пресичане на светлинен поток





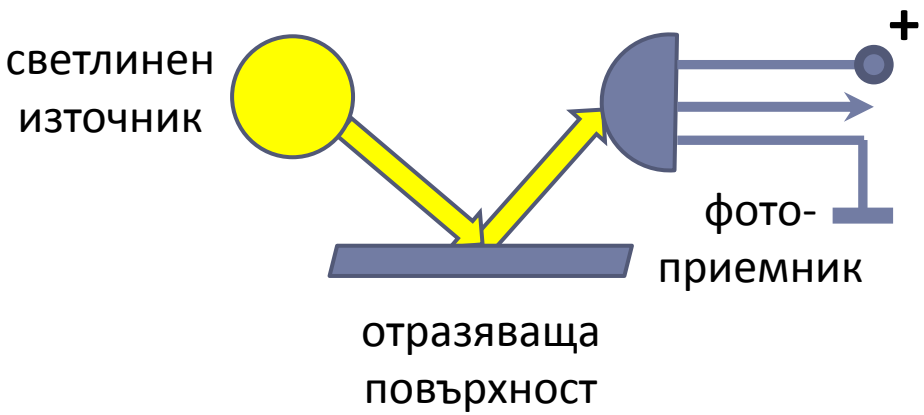
Светлинният поток, излъчван от източника, се пресича (поглъща) от непрозрачния обект.

Фотоприемникът регистрира наличие/отсъствие на светлина.

ON/OFF датчици

- **Оптични ON/OFF датчици**

Отразяване на светлинен поток



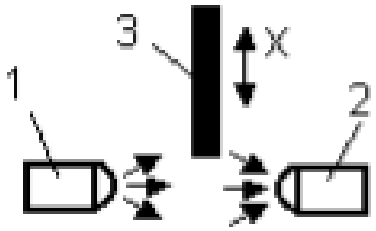
Източникът и приемникът на светлината се разполагат от едната страна на обекта, като светлинният поток се отразява от рефлектора (отразяващата повърхност).

ON/OFF датчици

- **Оптични датчици**

Според принципа на действие:

Оптични сензори от **бариерен тип** – съставени са от приемник и предавател в два различни корпуса, разположени един срещу друг. При прекъсване на постоянния светлинен лъч между двата, приемникът задейства електрическата верига на изхода си.



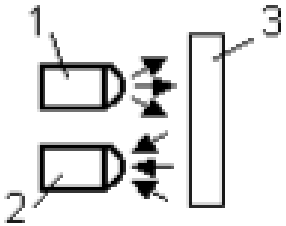
ON/OFF датчици

- **Оптични датчици**

Според принципа на действие:

Оптични сензори от **дифузен тип** – при тях приемникът и предавателят се намират в един корпус без наличието на допълнителен рефлектор. Генерираният лъч светлина се отразява от самия обект и малка част от него се връща към приемника. При прекъсване на отразената светлина приемникът задейства електрическата верига на изхода си и сменя своето работно състояние.

Дифузните оптични датчици работят в инфрачервената област на спектъра.



ON/OFF датчици

- **Оптични датчици**

Според принципа на действие:

Оптични сензори **от маркерен тип** – използват се за проследяването на цветен маркер върху различни видове основа – цветна или прозрачна. Приемникът и излъчвателят са в един корпус и работят във видимата област на спектъра.

ON/OFF датчици

- **Оптични датчици**

Инфрачервен сензор ULTRALUX с малък обхват, включващ/изключващ електрическа верига при наличие на движещ се обект в обсега на действие на датчика.

Оптичен, бариерен датчик комплект излъчвател и приемник модел Leuze LS72/2S/2E с метален корпус 90x35x16 mm, 12-30VDC захранване, NPN, NO, обхват 0.5m

Фотоелектричен сензор сензор с метален корпус 107x40x40mm , бариерен тип, PNP , работно разстояние – 10000mm (10m) (с възможност за по-голям обхват, в зависимост от рефлектора и работната среда), светодиодна индикация на работното състояние, възможност за ръчна настройка на работния обхват.

ON/OFF датчици

- **Оптични датчици**

Оптичен сензор с пластмасов корпус, дифузен тип, един изход NPN и един изход PNP, по един нормално затворен контакт, работно разстояние: 0-700 mm (с възможност за по-голям обхват в зависимост от работната среда и рефлектора).

Фотоелектричен сензор с метален корпус, маркерен тип, червен, преход NPN, с един нормално отворен и един нормално затворен контакт, работно разстояние – 2-20mm, четирипроводен кабел с дължина 2 m, светодиодна индикация на работното състояние, възможност за ръчна настройка на работния обхват.

ON/OFF датчици

- **Оптични датчици**

Оптоелектронен сензор с метален корпус 65x46x22 mm, дифузен тип, преход NPN, с един нормално отворен и един нормално затворен контакт, работно разстояние – 0-500 mm, четирипроводен кабел с дължина 2 m, светодиодна индикация на работното състояние, възможност за ръчна настройка на работния обхват.

Оптоелектронен сензор с метален корпус с функция за следене на положението на цветен маркер върху различен тип основа - прозрачна или непрозрачна. Възможността за пълен микропроцесорен контрол позволява оптималната му настройка спрямо околната осветеност и цвета на самия маркер. Датчикът разполага с пълен изход PNP+NPN с възможност за последваща конфигурация като нормално отворен или нормално затворен контакт, което го прави универсален за приложение.Сензорът разполага с вградени защити от пренапрежение, претоварвания и късо съединение. С шлиц, самообучаващ се.

ON/OFF датчици

- **Ултразвукови датчици**

Представляват система от излъчвател и приемник на сигнал.

Отчитат наличието на обект в зоната на действие.

Предимства пред оптичните:

- ✓ Могат да откриват и прозрачни детайли.
- ✓ Не се влияят от електромагнитни смущения, осветление, прах, агресивни пари, могат да работят и във водна среда.
- ✓ Могат да откриват както метални, така и неметални обекти.

ON/OFF датчици

- **Ултразвукови датчици**

Представляват система от излъчвател и приемник на сигнал.

Отчитат наличието на обект в зоната на действие.

Недостатъци:

- ✓ Малка точност и невъзможност за откриване на обекти с малки размери.
- ✓ Използват се по-рядко.

Ултразвуковите датчици могат да бъдат и от тип за следене положението на обект (не само за наличие, т. е. не само ON/OFF).

ON/OFF датчици

- **Ултразвукови датчици**

Ултразвуков датчик, UD64N, 14-30VDC, NPN, NO+NC, 4m

Ултразвуковите датчици отчитат присъствието на обект, който се намира в зоната на задействане. Обхвата на датчика може да се програмира в диапазон от 0.3m до 4 mm. Предимства: липса на физически контакт, защита от обратно свързване на захранването, защита от пренапрежение при индуктивен товар, защита от късо съединение на изходите

Ултразвуков датчик, UDT73401-10, M30x100 mm, 14-30 VDC, NPN / PNP, NO+NC, 10 m, самообучаващ се

Ултразвуковите датчици отчитат наличието на обект, който се намира в зоната на задействане. Обхвата на датчика може да се програмира в диапазон от 0.45 m до 10 m.
Предимства: липса на механичен контакт, защита от обратно свързване на захранването, защита от пренапрежение при индуктивен товар, тригерна защита на изходите по ток.

Датчици за положението на работния орган

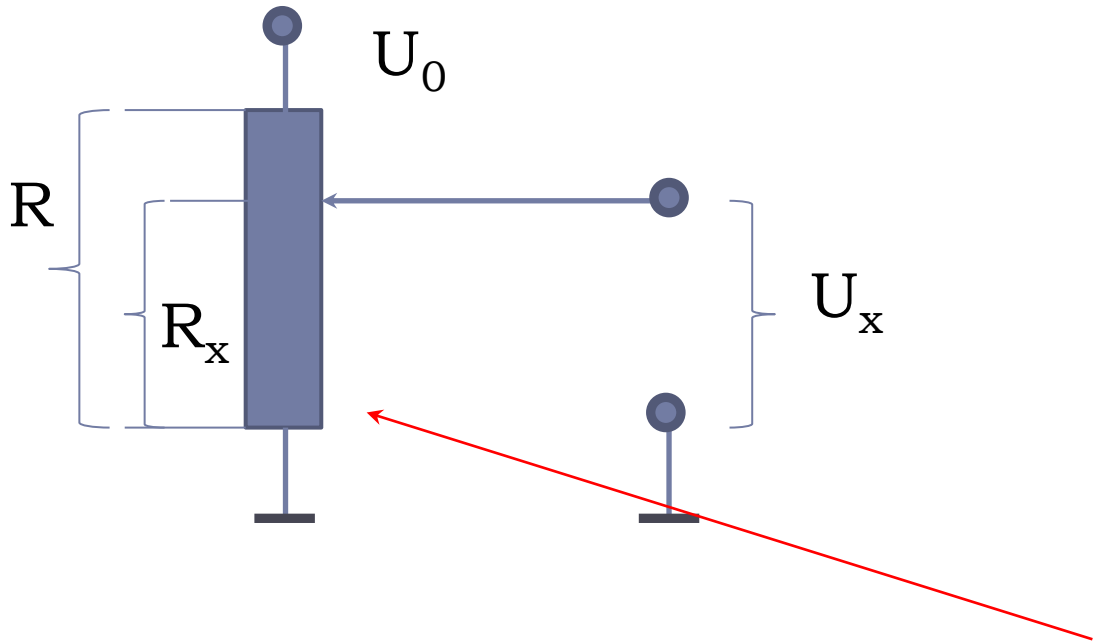
- По-сложни, по-скъпи и по-трудна обработка на информацията от ON-OFF.
- Може да има и аналогов сигнал, затова е възможно цифрово преобразуване на сигнала.

Датчици за положението на работния орган

- Съществуват **два основни метода** за определяне и измерване на положение:
  - Сензорът изработва сигнал, който е функция на положението на подвижната му част, а изменението на сигнала е пропорционално на преместването;
  - Сензорът генерира един или два импулса на всяко елементарно преместване - общото преместване се измерва чрез интегриране на тези импулси в зависимост от честотата на преместване.

Датчици за положението на работния орган

- **Потенциометричен датчик**



$$U_x = \frac{R_x}{R}.U_0$$

- ротационен
- с линейно преместваем плъзгач

U_x дава информация за положението

Датчици за положението на работния орган

- **Потенциометричен датчик**
  - ✓ Линеен потенциометър

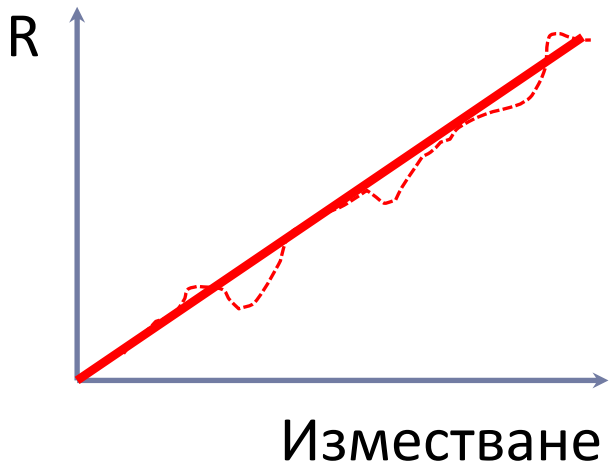
Датчици за положението на работния орган

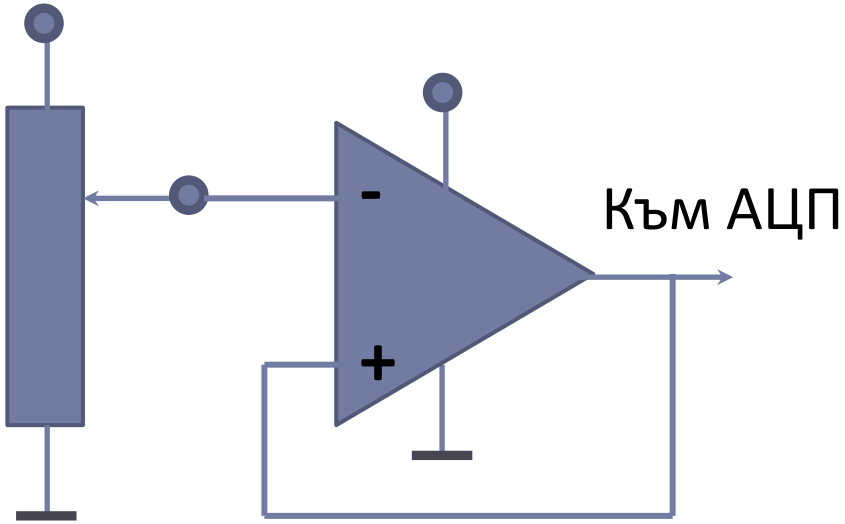
- **Потенциометричен датчик**
  - ✓ Ротационен потенциометър – с въртяща се ос и възвратно-постъпателно движение на работния орган

    - еднооборотни
    - многооборотни – с по-висока точност

Датчици за положението на работния орган

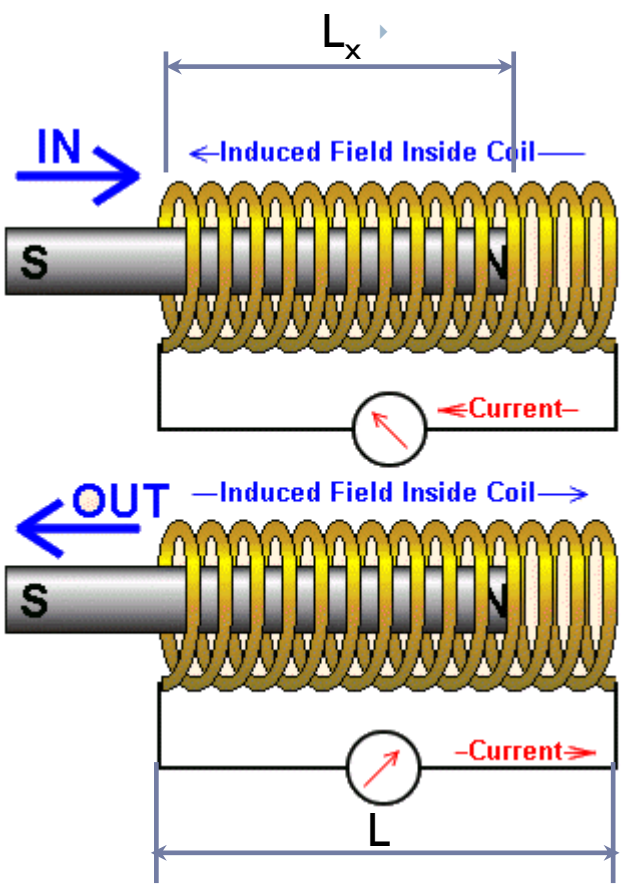
- **Потенциометричен датчик**





Датчици за положението на работния орган

- **Индуктивен датчик**



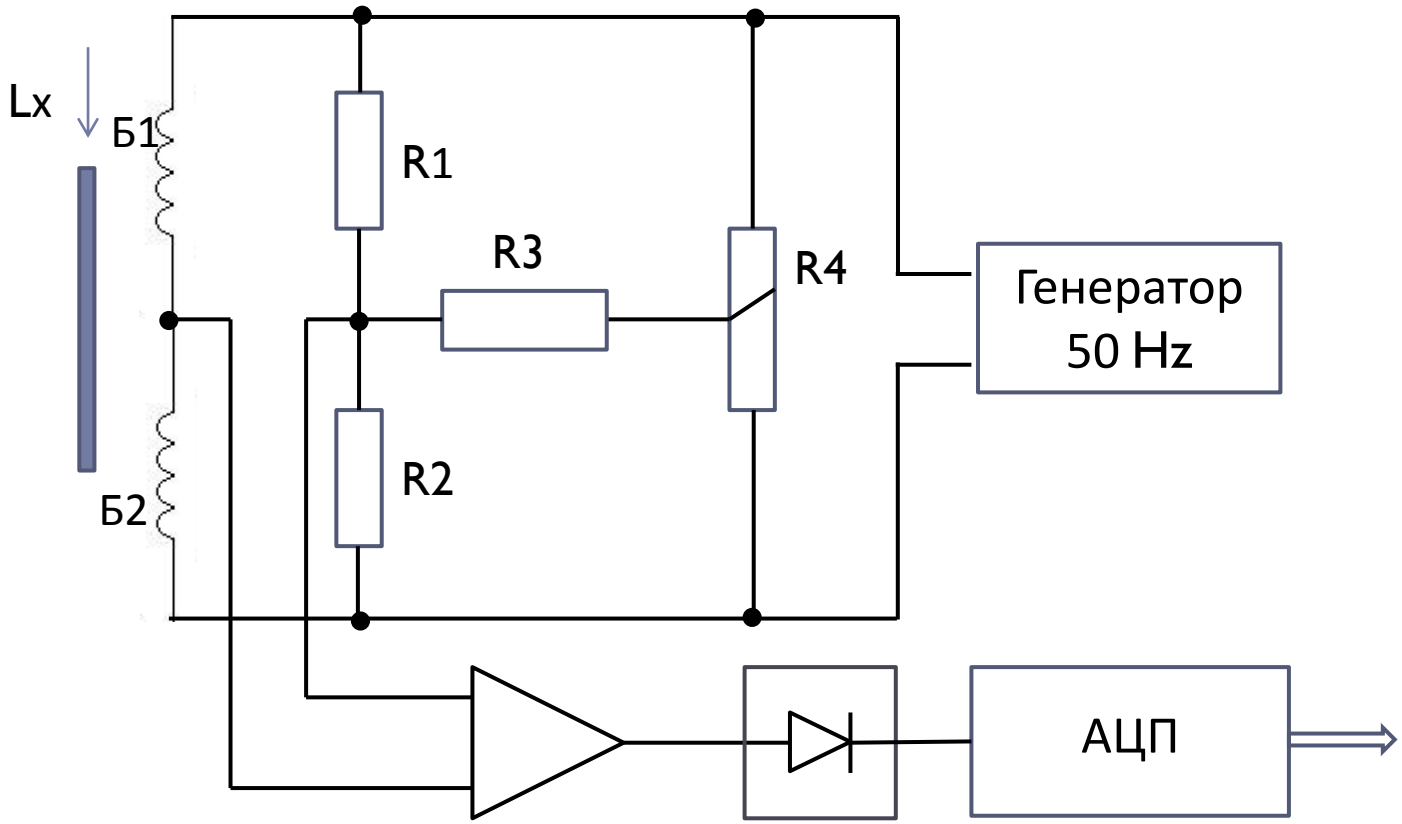
$$L = f(L_x)$$

Представлява управляема променлива индуктивност, която се използва за изменение на параметрите на електрическата верига, включваща освен индуктивността L още и източник E на променливо напрежение.
Измерваното преместване въздейства върху един от параметрите на магнитния контур, който променя магнитния поток през намотката и съответния електрически сигнал.

Датчици за положението на работния орган

- **Индуктивен датчик**

Измерване на индуктивност



Датчици за положението на работния орган

- **Индуктивен датчик**

Ако подвижният елемент е феромагнитна сърцевина, то неговото преместване може да се отрази върху два параметъра:

- индуктивността на бобината (сензори с променлива индуктивност на бобината);
- коефициента на връзка между намотките на трансформатора (сензори с променлив коефициент на връзката между първичната и вторичната намотки на трансформатора).

Датчици за положението на работния орган

- **Индуктивен датчик**

Разстояние на сработване

- ✓ *Стандартен детектируем обект* – определен по размери и материал еталонен детектируем обект (флаг) за определяне на разстоянието на сработване.
- ✓ *Номинално разстояние на сработване* (Sn) – максималното разстояние на сигурно сработване на датчика от стандартен детектируем обект.

Датчици за положението на работния орган

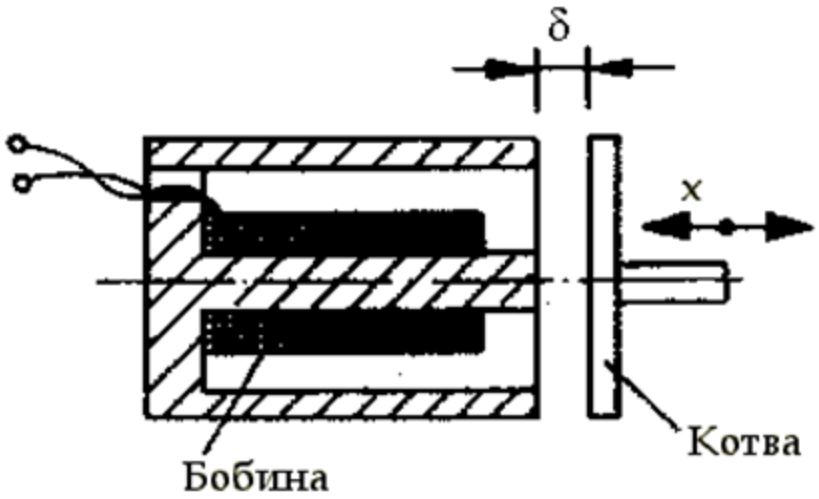
- **Индуктивен датчик**

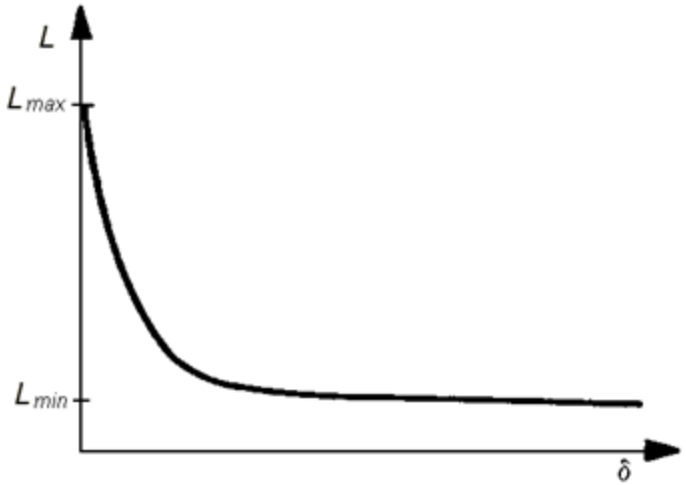
Разстояние на сработване

- ✓ *Работно разстояние на сработване* (Sa) – реалното разстояние между датчика и флага.
  - При нормална работа работното разстояние следва да бъде до 80 % от номиналното, за да бъдат избегнати евентуални проблеми при промяна на температурата и захранващото напрежение.
  - При необходимост от постигане на максимална работна честота се препоръчва работното разстояние да бъде около 50 % от номиналното.

Датчици за положението на работния орган

- **Индуктивен датчик** с променлива индуктивност

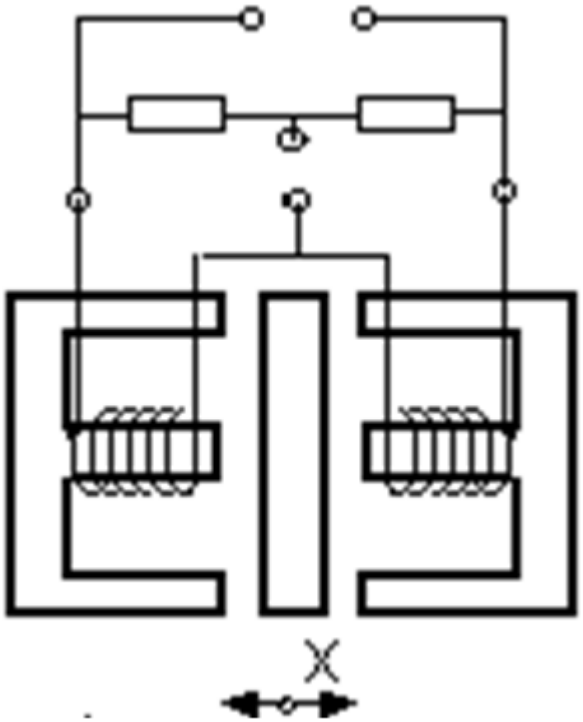




[ТУ – ВАРНА, Дисц. “СЕНЗОРНА ТЕХНИКА”, Кат. “ЕТМ”, ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ “ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИНДУКТИВНИ СЕНЗОРИ ЗА ЛИНЕЙНО ПРЕМЕСТВАНЕ”]

Датчици за положението на работния орган

- **Индуктивен датчик** с променлива индуктивност



Датчици за положението на работния орган

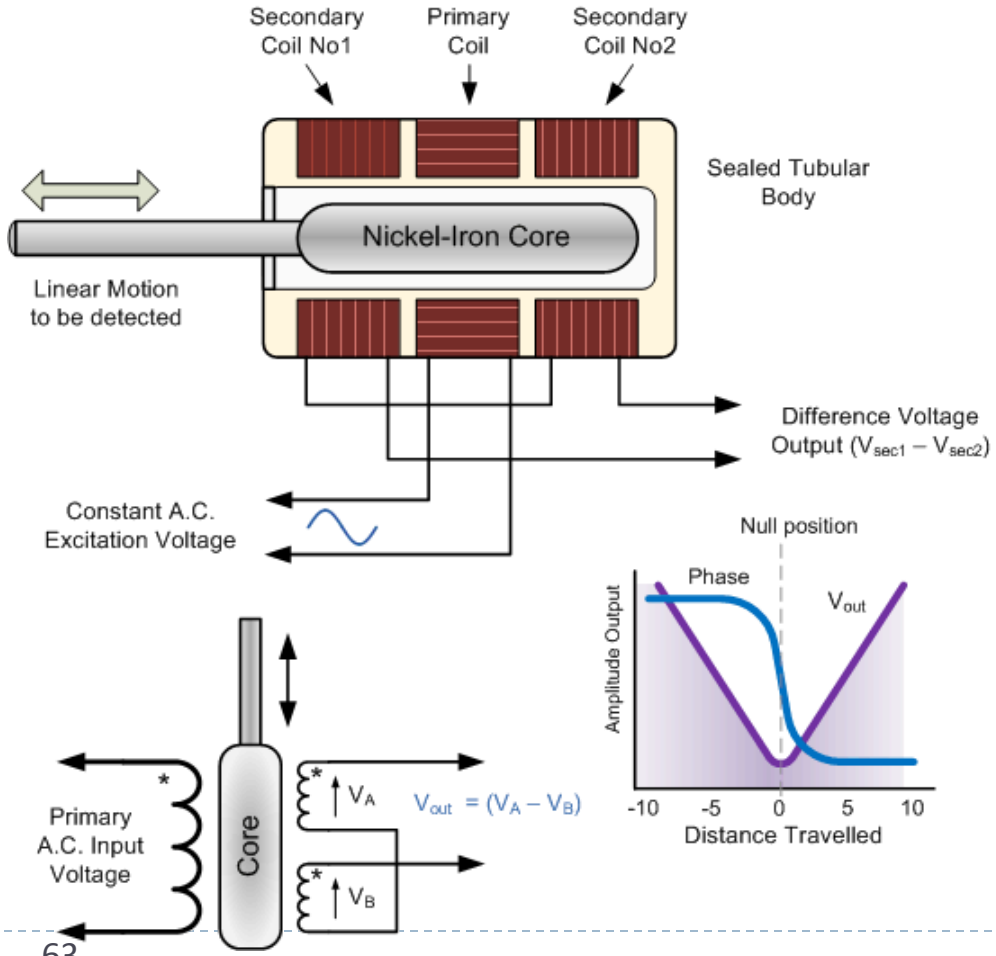
- **Линейно-променлив диференциален трансформатор (LVDT)**
- Диференциалният трансформатор представлява сензор за линейно или ъглово положение или преместване с добра линейност и висока чувствителност, който може да работи в тежка околна среда: от -250 C до +600 C; повишена радиоактивност; корозионна среда.

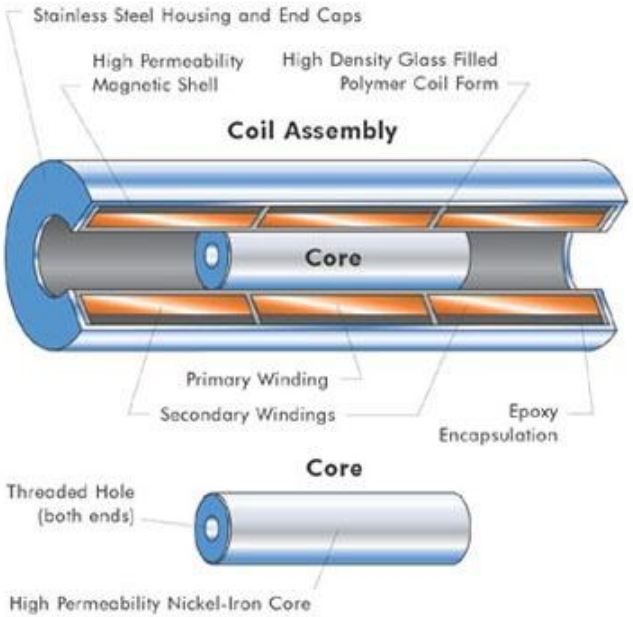
Датчици за положението на работния орган

- **Линейно-променлив диференциален трансформатор (LVDT)**
- Предимствата на диференциалния трансформатор пред подобните му индуктивни сензори са:
  - значително по-проста схема – липсва необходимост от мост и съответната му балансировка;
  - независимост на захранващия контур от измервателния и появата между тях на галваническа изолация, потискане на надлъжни смущения (от общ вид).

Датчици за положението на работния орган

- **Линейно-променлив диференциален трансформатор (LVDT)**





Датчици за положението на работния орган

- **Оптични датчици**

  ФРП (фоторастерови преобразуватели)

Работят на фотоелектрически принцип и служат за измерване на позицията на работния орган.

Имат висока точност, добро бързодействие, добра повторяемост, висока надеждност, малки размери и тегло.

Датчици за положението на работния орган

- **Оптични датчици**

ФРП (фоторастерови преобразуватели)

✓Два основни метода на преобразуване:

- **инкрементални датчици –** за последователно отчитане на единични премествания. Преобразуват ъгъла на завъртане или линейното преместване на обекта в пропорционален брой импулси (например в механичната мишка). Не дават абсолютната стойност на положението на работния орган. По-евтини.
- **кодови датчици (абсолютни) –** за отчитане на ъглово или линейно преместване с кодова маска:
    - **еднооборотни;**
    - **многооборотни.**

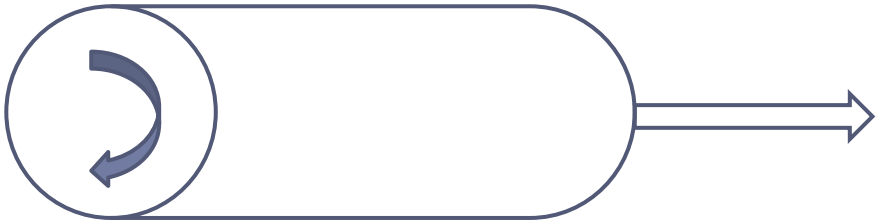
Датчици за положението на работния орган

- **Оптични датчици**

  Кодови оптични датчици

  Дават абсолютната стойност на положението на работния орган.

  - ✓ линейни
  - ✓ ъглови



Код на текущата позиция – 14, 16 и повече бита

За един оборот генерират например 2^{14} различни кода, т. е. той е 14-битов.

Разрешаващата способност на линейните кодови датчици е 10 микрона.

За ъгловите е (360 градуса :2:14 =) 0,02 градуса.

Тези датчици са по-скъпи. Използват се в роботиката.

Датчици за положението на работния орган

- **Оптични датчици**

  Кодови оптични датчици

оптичен диск

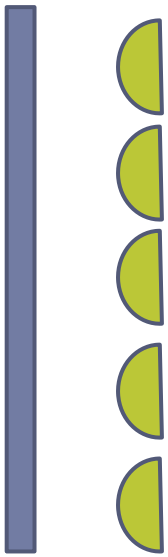
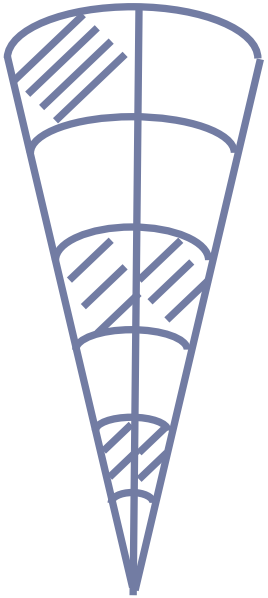
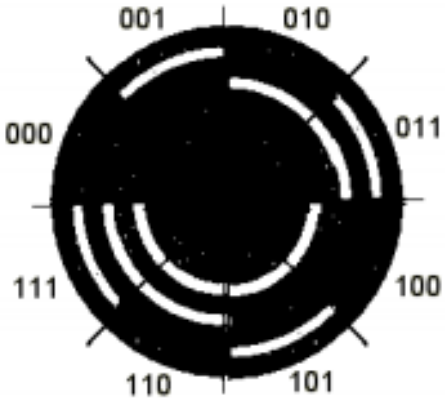
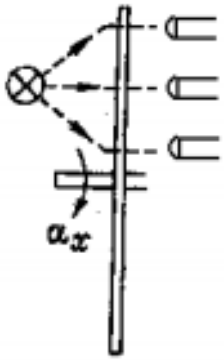


Фото-приемници



кодове (код на Грей)

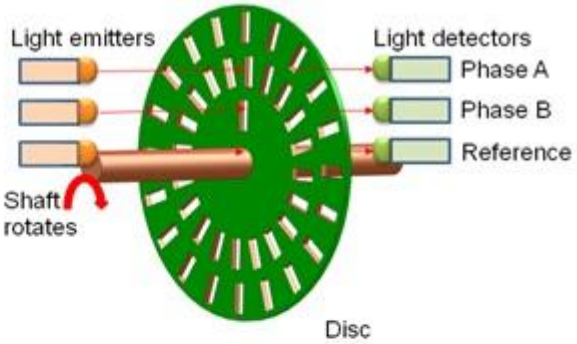


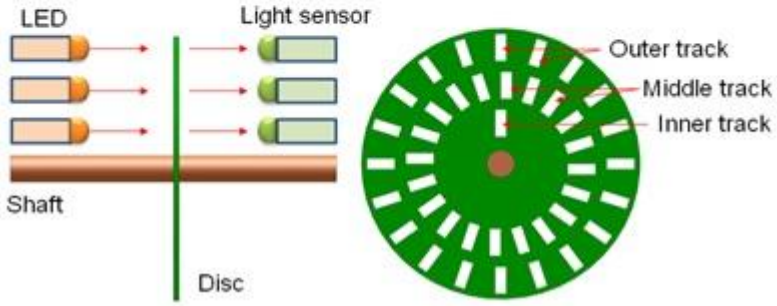


Датчици за положението на работния орган

- **Оптични датчици**

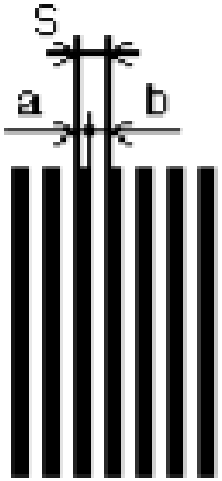
  Кодови оптични датчици

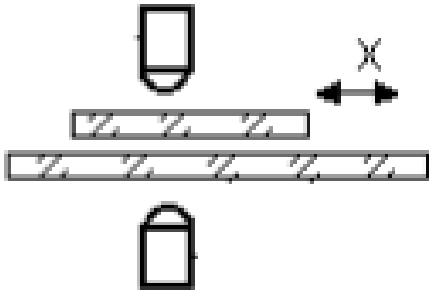




Датчици за положението на работния орган

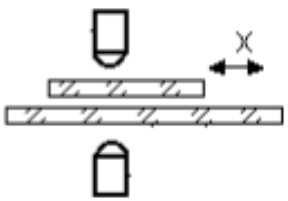
- **Оптични датчици**
  - **Инкрементални**те **(растерови) датчици** за линейно и ъглово преместване се състоят прозрачни пластини върху които са нанесени непрозрачни ивици, образуващи решетка (растер).

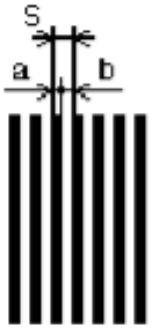




Датчици за положението на работния орган

- **Оптични датчици**
  - ✓ **Инкрементални (растерови) датчици**





Ако се наложат две решетки една върху друга, при постоянно разстояние между тях (S= const и S < a), се образуват непрозрачни и прозрачни зони, които модулират светлинния поток, излъчван от източника при относително преместване на двете решетки една спрямо друга.

Едната решетка е неподвижна **– основен или измервателен** растер, а другата е подвижна – **индикаторен** растер.

Двете решетки образуват **комбиниран** растер.

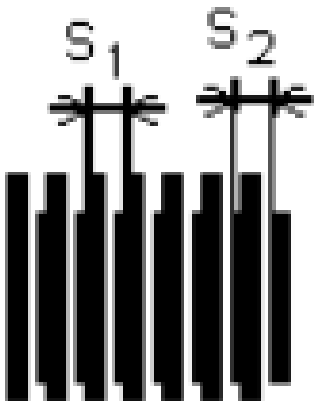
Комбинираният растер може да бъде **обтюрационен, нониусен или моаров.**

Датчици за положението на работния орган

- **Оптични датчици**

  Инкрементални (растерови) датчици

  Обтюрационен растер - двете решетки са успоредни и имат еднакви стъпки s1 = s2 = s.



Датчици за положението на работния орган

- **Оптични датчици**

  Инкрементални (растерови) датчици

  Нониусен растер - решетките са успоредни, но са с различни стъпки S1 ≠ S2.

Чувствителността k=S2/(S1-S2) зависи от разликата между стъпките S1 и S2, а образуваните тъмни и светли зони са със стъпка Sx.

$$s_x = \frac{s_1 s_2}{|s_1 - s_2|}$$

Датчици за положението на работния орган

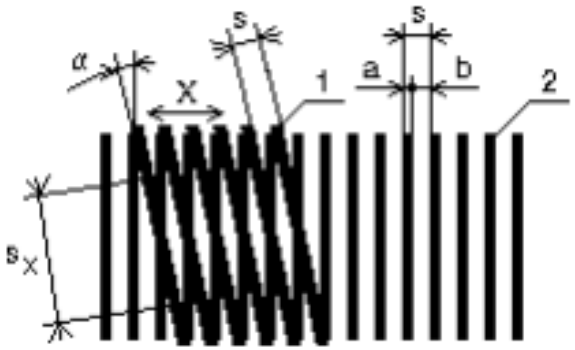
- **Оптични датчици**

  Инкрементални (растерови) датчици

  Моаров растер - решетките са завъртяни една спрямо друга на ъгъл α и S1 = S2 = S.

Чувствителността зависи от ъгъла α:

$$k = \frac{1}{2\sin\frac{\alpha}{2}}$$

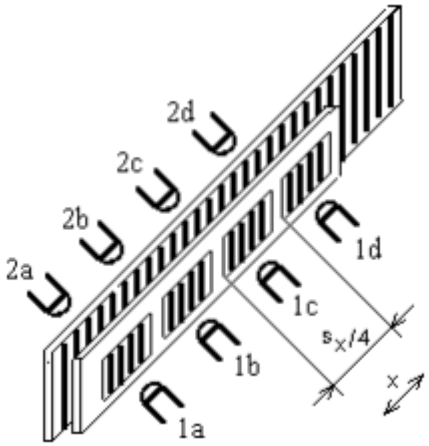


Датчици за положението на работния орган

- **Оптични датчици**

  Инкрементални (растерови) датчици

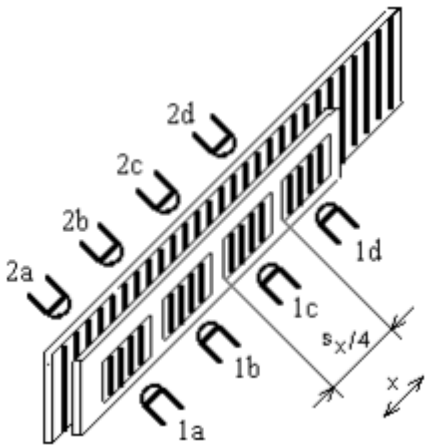
  Най-често се използват многофазни комбинирани растери (дву или четири фазни), които се състоят от n индикаторни решетки, последователно изместени на стъпка Sx/n.

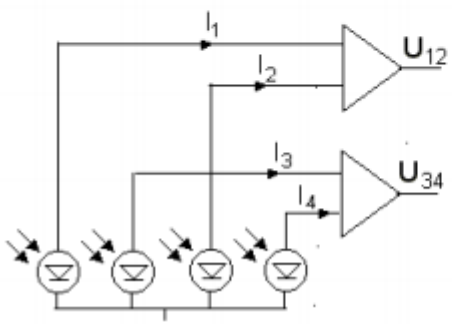


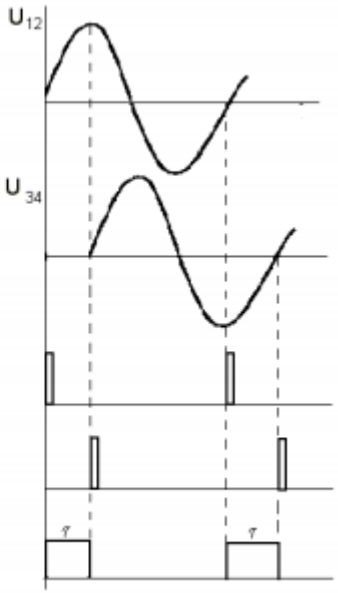
Датчици за положението на работния орган

- **Оптични датчици**

  Инкрементални (растерови) датчици







Датчици за положението на работния орган

- **Оптични датчици**

инкрементални енкодери

абсолютни еднооборотни

абсолютни многооборотни

- **при еднооборотните енкодери се генерират до 16384 (14 bit) уникални сигнала за един оборот и при втори оборот процесът се рестартира**

- **при многооборотните се генерират до 8192 (13 bit) дефинирани ъглови позиции за оборот, за до 8192 (13 bit) отделни оборота, или общо 33,5 млн. дефинирани позиции**

Датчици за положението на работния орган

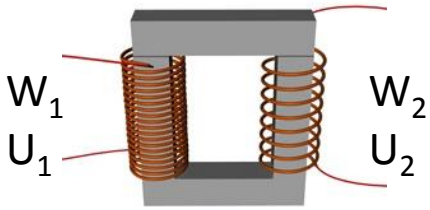
- **Оптични датчици**

ФОТОРАСТЕРЕН ПРЕОБРАЗУВАТЕЛ, ФРП - 7.Н-А55L-1024-D.CX, 5V, 1024 ИМПУЛСА ЗА ОБОРОТ, 6000MIN-1

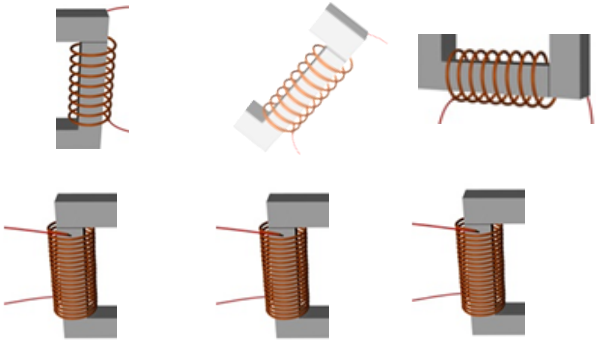
ФОТОРАСТЕРЕН ПРЕОБРАЗУВАТЕЛ, ФРП - ROD 426A, 5V, 12 000MIN-1

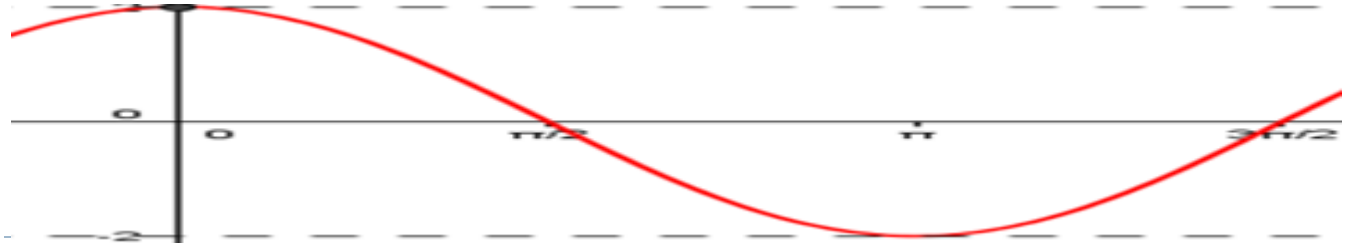
Датчици за положението на работния орган

- **Въртящ се трансформатор**



$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = k$$





Литература

diliev.com/Home/Emo/СЕМЕСТЪР%208/ССУ/ssu/1/2015/2014/SSU-1.ppt

ас. д-р Г. Николов, ТУ-Варна - *“Промишлени средства за измерване и контрол”*

доц. д-р Румен Йорданов, “Сензорни устройства”

доц. д-р Сава Иванов, ТУ-Варна – записки от лекции