

# Сензорни схеми и устройства

---

- 
- Доц. М. Маринов: [mbm@tu-sofia.bg](mailto:mbm@tu-sofia.bg)
  - Доц. Т. Джамийков: [tsd@tu-sofia.bg](mailto:tsd@tu-sofia.bg)
  - Доц. Г. Николов [gNIKOLOV@tu-sofia.bg](mailto:gNIKOLOV@tu-sofia.bg)

- Тел.: 2828
  - Каб. 1003
- Лекции
- Упражнения
- Изпит / Тест

# Съдържание

---

- 1. Основни понятия. Базови, интегрални и интелигентни сензори**
- 2. Основни сензорни характеристики**
- 3. Схеми за нормиране и линеаризиране на сензорните сигнали**
- 4. Методи за аналогово-цифрово преобразуване използвани в сензориката**

# Съдържание

---

- 5. Измерване на механични величини.**  
Микросензори за измерване на налягане, ускорение
- 6. Измерване на магнитни величини**
- 7. Измерване на термични величини**
- 8. Измерване на оптични величини**
- 9. Измерване на химико-биологични величини**
- 10. Програмиране на сензорни системи**
- 11. Сензорни мрежи**

# 1. Увод. Основни понятия и определения

---

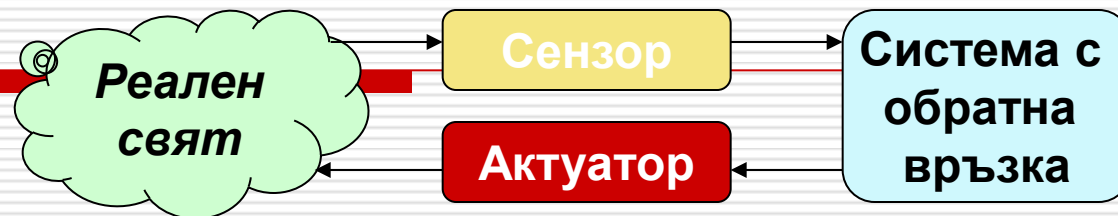
## 1.1. Увод. Основни понятия. Класификация

# Преобразуватели, сензори, актуатори...

---

- С преобразувател може да се означаи:
    - Сензор;
    - Актуатор;
    - Преобразувателят може да е част от сензор;
    - Сензор може да е част от преобразувател.
  - Много сензори могат да работят като актуатори (дуалност).
  - Много актуатори могат да работят като сензори.
  - ...
-

# Преобразуватели – сензори и актуатори



## □ Преобразувател

- Устройство, което преобразува една форма на енергия в друга. Основните видове енергия са: **електрическа, механична, магнитна, химична и топлинна.**

## □ Сензори и актуатори

### □ Сензор (напр. термометър)

- устройство, което измерва сигнал или въздействие;
- Получава информация от „реалния свят“.

### □ Актуатор (например електромотор, нагревател)

- устройство, което генерира сигнал или въздействие
-

# 1.1. Увод

---

## □ Увод

- 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 в-ни в електрически.
- 70-те години: първи решения.

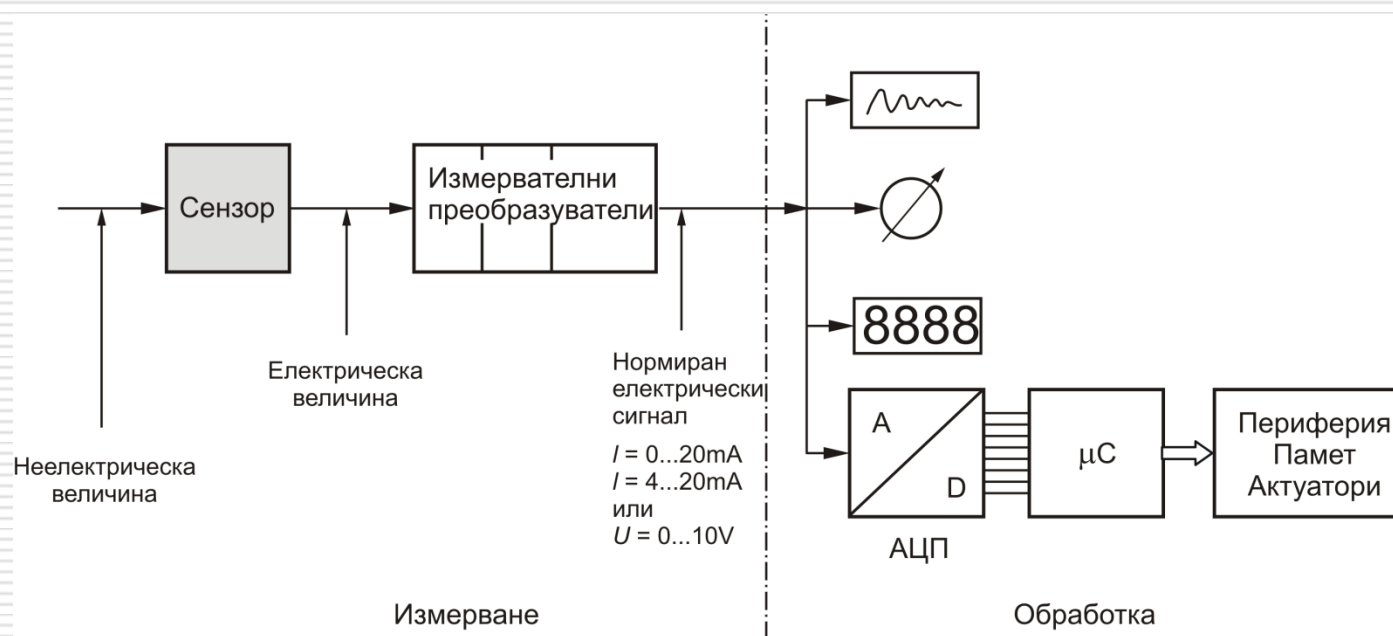


# 1.1. Увод

---

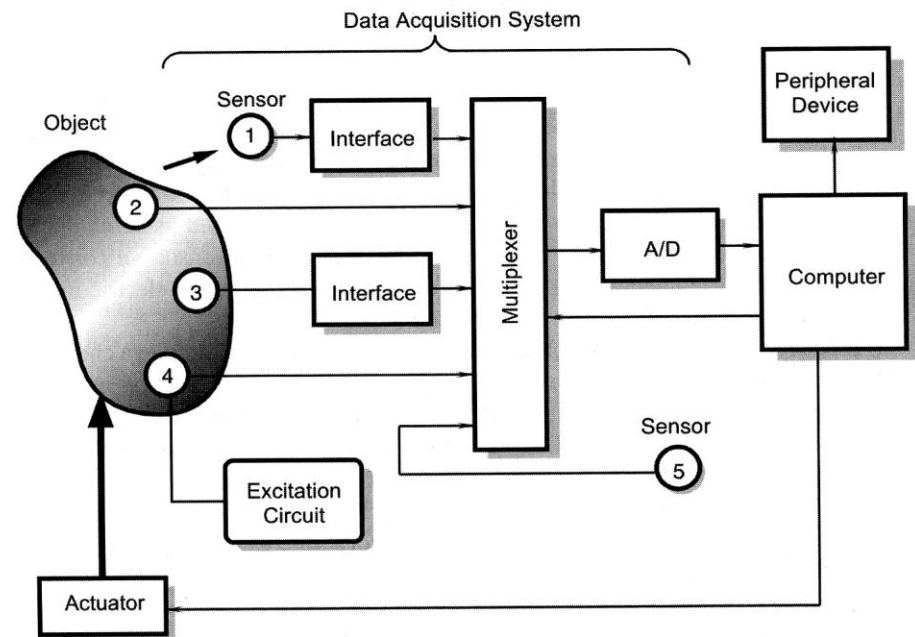
- Основни понятия, дефиниции
  - Според дефиницията на IEC (IEC draft 65-84) за технически сензори:
    - „**СЕНЗОРЪТ** е първичният елемент в измервателната верига, който преобразува променливата входна величина в полезен измервателен сигнал.“
    - (**СЕНЗОРЪТ** преобразува въздействието (величина, свойство, състояние) в полезен електрически сигнал.)
  - С помощта на сензори **неелектрическите** величини се преобразуват в **електрически**.
  - Следва обработка и визуализация на сигналите.
  - Понякога сигналите се използват за да въздействат на околната среда чрез т.нар. **актуатори** (изпълнителни механизми).

# 1.1. Увод. Сензори и системи за измерване и управление



# 1.1. Увод. Сензори и системи за събиране на данни

- Сензори и системи за събиране на данни (DAQ)
  - 1 - безконтактен сензор
  - 2 и 3 – активни сензори
  - 4 – пасивен сензор
  - 5 – сензор на системата за събиране на данни

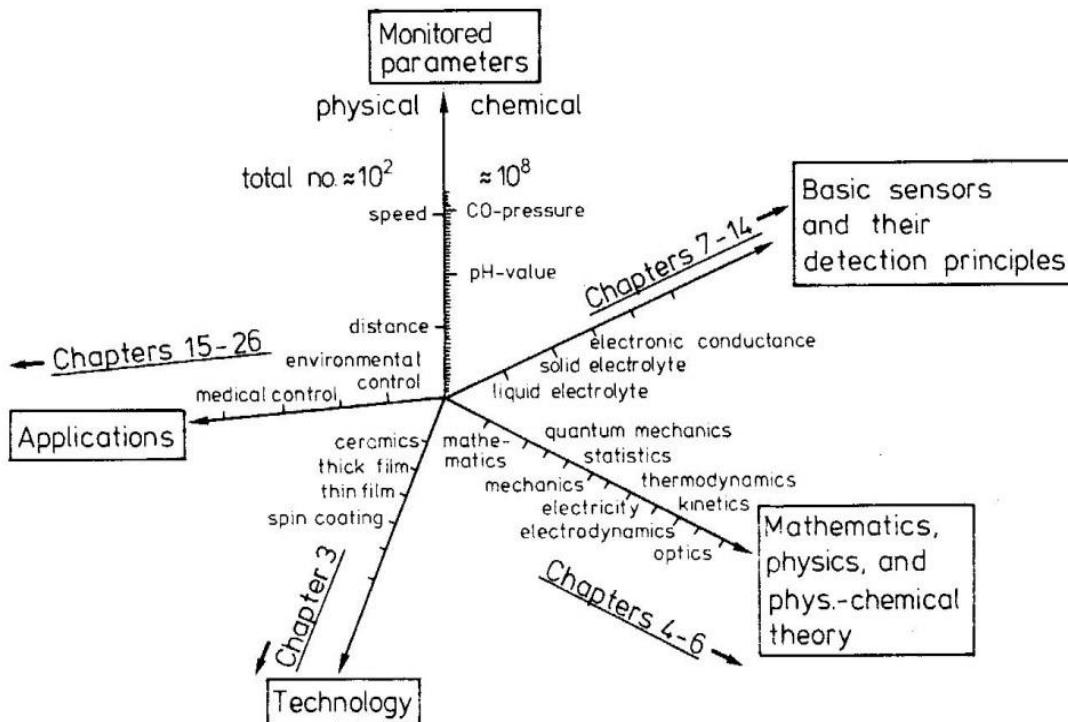


# 1.1. Класификация

---

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

# 1.1. Класификация



## ■ Основни критерии за класификация [Sensors91, p.6]

- Използвани физични и химични ефекти
- Вид на измерваната величина
- Приложения
- Технология на материалите
- .
- .
- .

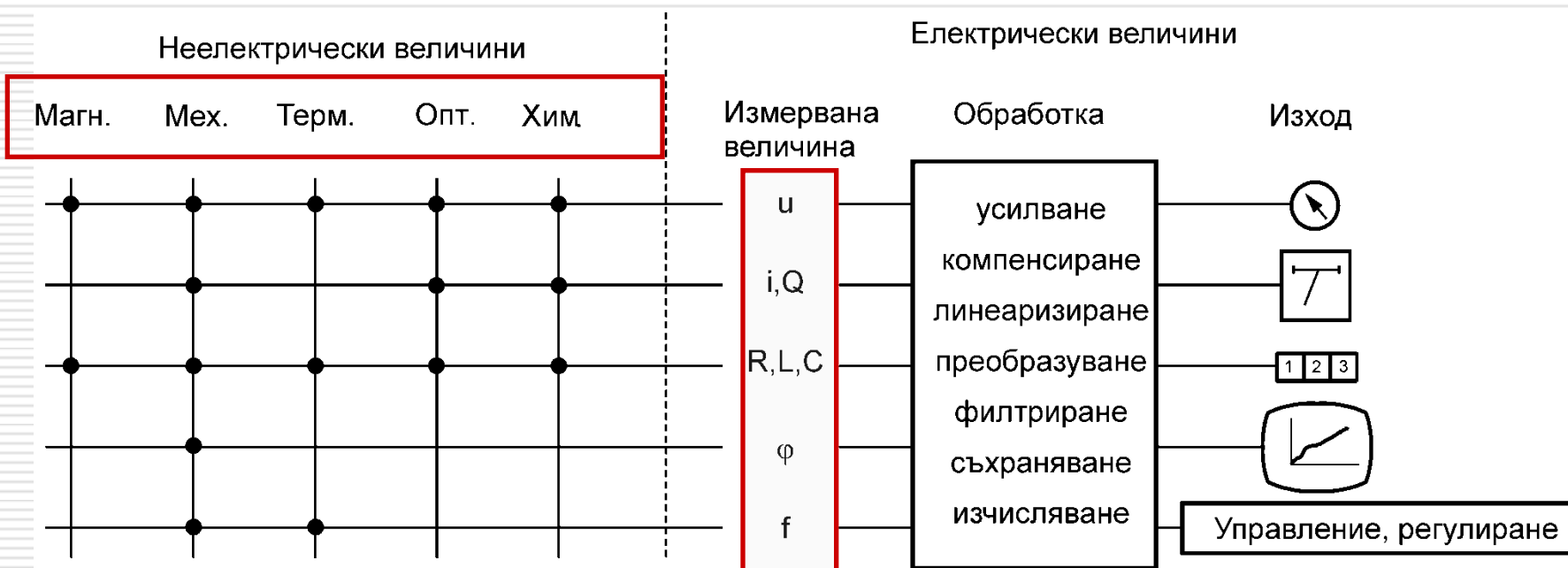
# 1.1. Класификация

---

## ■ 6 основни класа сигнали

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, рН

# 1.1. Увод



# 1.1. Класификация

---

- Активни сензори и преобразувани неелектрически величини

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



# 1.1. Класификация

## □ Пасивни сензори

Пасивни сензори	Повлияна електрическа величина	Неелектрическа величина
Потенциометър	Омично съпротивление	Дължина, ъгъл
Тензорезистор	Омично съпротивление	Сила, налягане, дължина, ъгъл
Термосъпротивление	Омично съпротивление	Температура, поток
Фоторезистор, Фотодод, фототранзистор	Омично съпротивление	Фотометрични величини
Магниторезистор	Омично съпротивление	Дължина, ъгъл
Сензор на Хол	Напрежение	Дължина, ъгъл
Индуктивен сензор	Индуктивност	Дължина, ъгъл
Капацитивен сензор	Капацитет	Дължина, ъгъл
Радиоактивен сензор	Йонизация	Дължина, ъгъл

# Пасивни сензорни елементи

## □ Температурни сензори

### ■ Термистори

□ Температурно чувствителни резистори

### ■ RTDs (resistive temperature devices)

□ Температурно чувствителни резистори

## □ Сензори за налягане

### ■ Пиезорезистивни

□ Изменение на съпротивлението с промяна на налягането



# Активни сензорни елементи

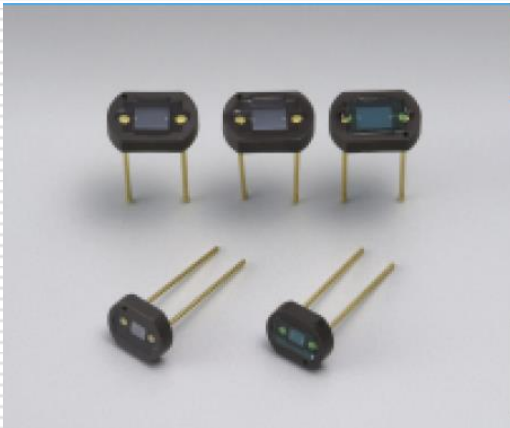
□ Температура => напрежение

■ Термодвойки

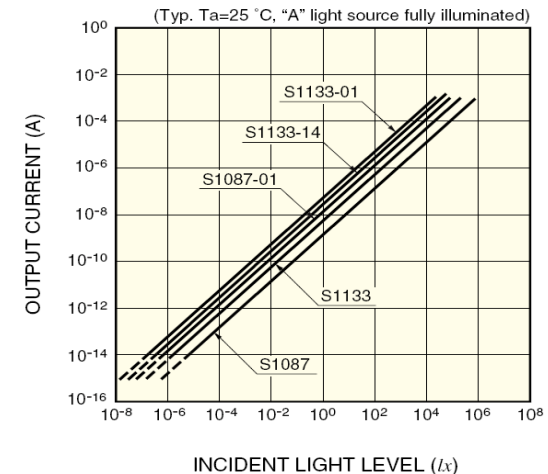
□ Температура => напрежение ( $\mu\text{V}$ )

□ Светлинно лъчение => ток

■ Генерира ток пропорционален на лъчението



■ Short circuit current linearity



# 1.1. Основни понятия и определения

- VDI/VDE 2600
- AMA



Фиг. 1.4. Базови интегрални и интелигентни сензори

# Верига на преобразуване



# Видове сензори



## □ Сензорни елементи / Базови сензори

- Генерират необработен електрически сигнал

## □ Интегрални сензори с аналогов изход

- Първична обработка на сигнал
- Основно аналогов изход

□ Най-често напрежение

□ Ток



# Видове сензори

## □ Интегрални сензори с цифров изход

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



# Интегрални сензори с аналогов изход

---

## □ Акселерометър

- Акселерометър ADXL330
- Аналогов изход - напрежение

## □ Индустриални стандарти за аналоговия изход

- Сензори за налягане, поток, газ и др.
  - 4~20 mA, 0~5 V, 0~10 V
-

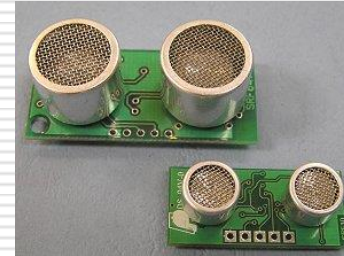


# Интегрални сензори с цифров изход

---

## □ Ултразвуков сензор

- SRF10
- Интерфейс: I<sup>2</sup>C



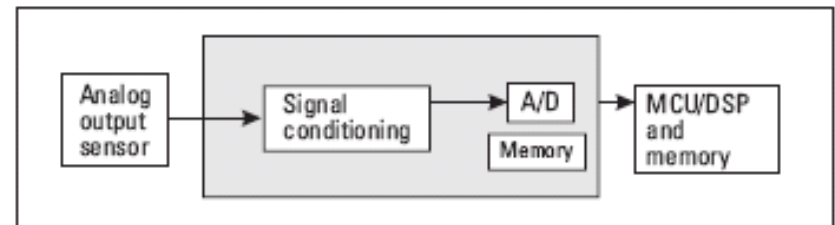
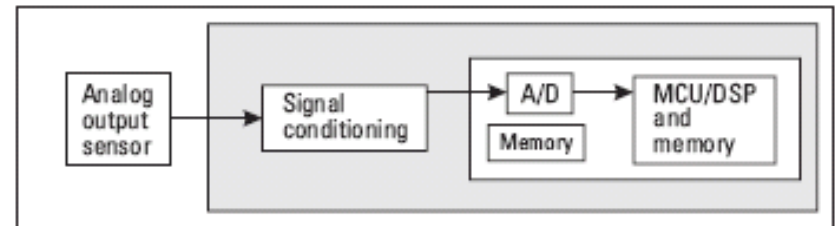
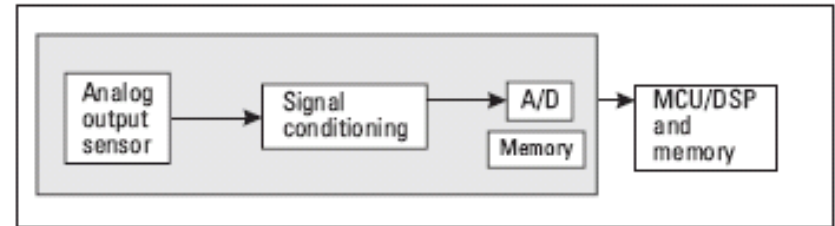
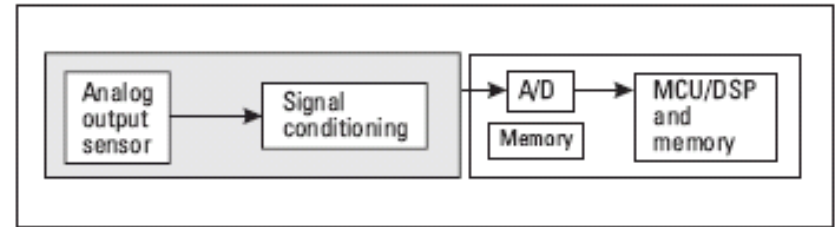
## □ GPS

- Garmin GPS18
- Интерфейс: UART



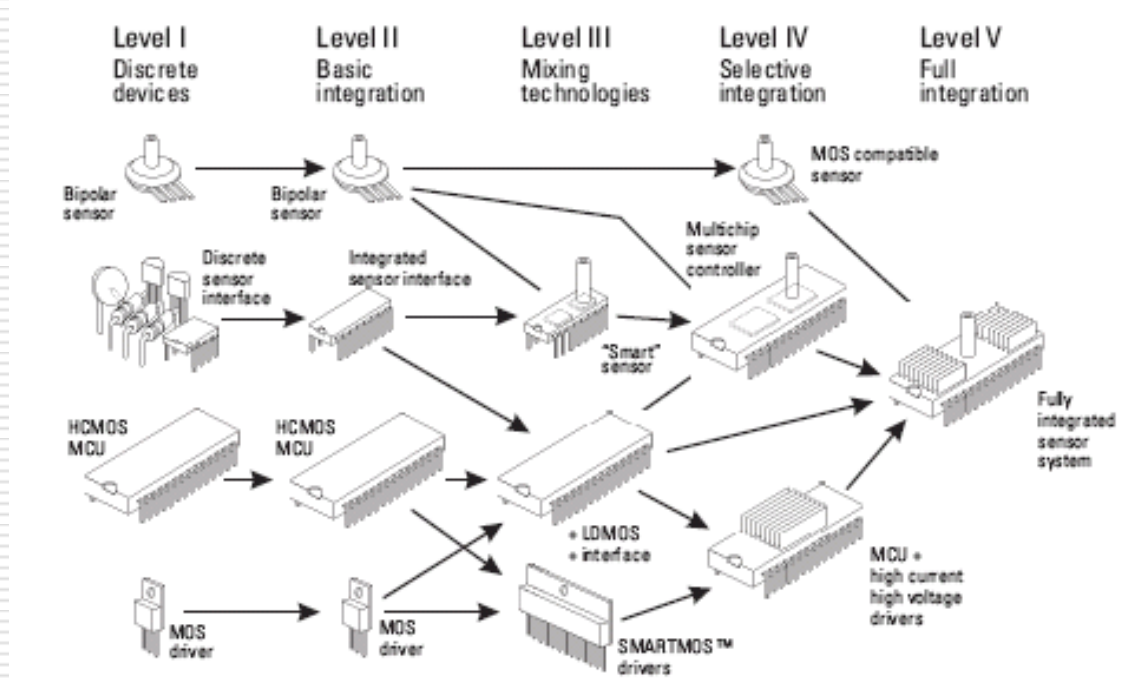
# 1.1. Основни понятия и определения

## □ Възможности за интеграция



# 1.1. Основни понятия и определения

## □ Миграция на сензорните технологии



# 1.2. Интелигентни сензори

---

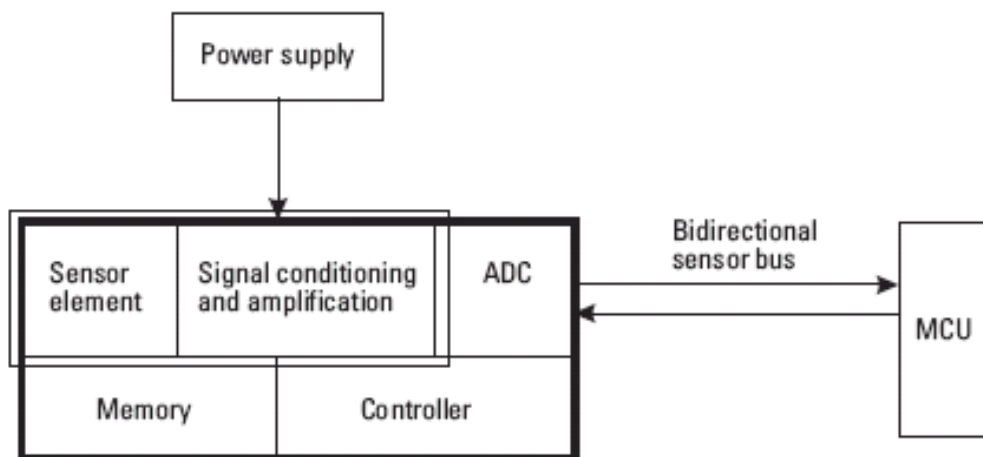
- Стандарти

  - Фамилия стандарти **IEEE 1451**

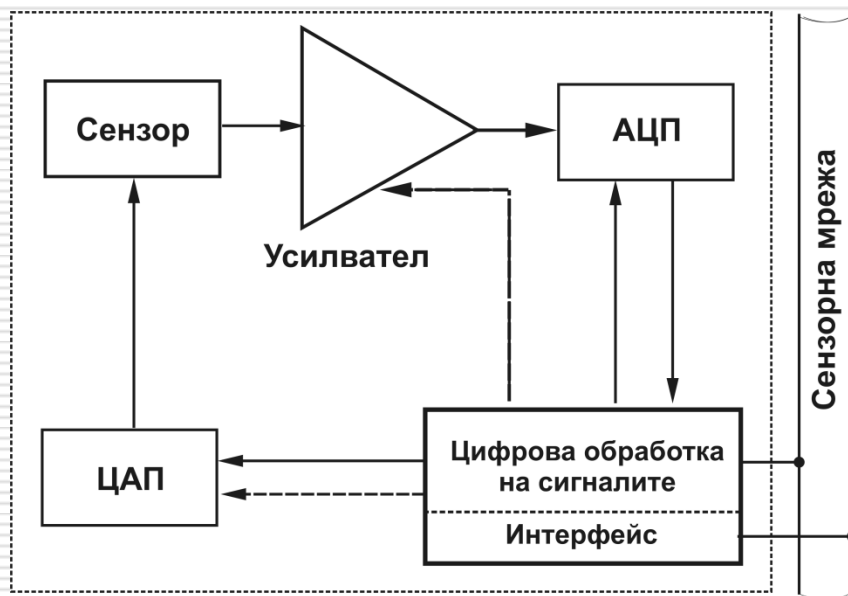
# 1.2. Интелигентни сензори

---

## □ Модел на интелигентен сензор



# 1.2. Интелигентни сензори



Фиг. 1.5. Основни компоненти на интелигентните сензорни

- Аналогова обработка на сигналите
- Аналогово-цифрово преобразуване
- Цифрова обработка на сигналите
- Цифрово-аналогово преобразуване
- Комуникационен интерфейс

# 1.2. Интелигентни сензори

Аналогова обработка на сигналите	Аналогово-цифрово преобразуване	Цифрова обработка на сигналите	Цифрово-аналогово преобразуване	Сензорен комуникационен интерфейс
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Настройка на усилването</li> <li>-Компенсиране на офсета и дрейфа му</li> <li>-Компенсиране на температурни влияния</li> <li>-Линеаризиране</li> <li>-Честотно компенсиране на характеристиките</li> <li>-Потискане на шумове и смущения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Кодиране</li> <li>-Настройка на динамичния обхват</li> <li>-Настройка на времената за преобразуване</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Аритметични операции (+, -, *, /)</li> <li>-Интерполация</li> <li>-Редукция на данни</li> <li>-Класификация на данни</li> <li>-Съхраняване на данни за сензора и за калибриране</li> <li>-Комуникация по интерфейса</li> <li>-Функционален тест на сензора</li> <li>-Локализиране и корекция на грешките</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Аналогови сигнали за стимулиране/ управление на сензора</li> <li>-Настройка на работни параметри (амплитуди, форми на сигналите и др.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Използване основно на серийни интерфейси</li> <li>-Форматиране на рамките за обмена (адреси, данни, команди)</li> <li>-Софтуерно управление на сензорите</li> <li>-Свързване на сензорите в мрежа</li> </ul>

Фиг. 1.6. Основни характеристики на интелигентните сензори