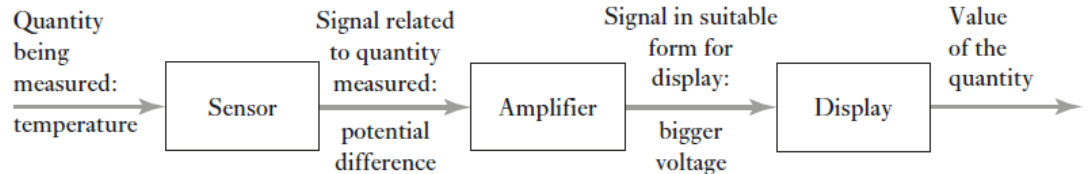
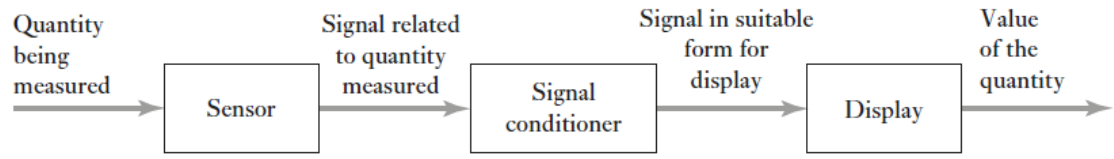
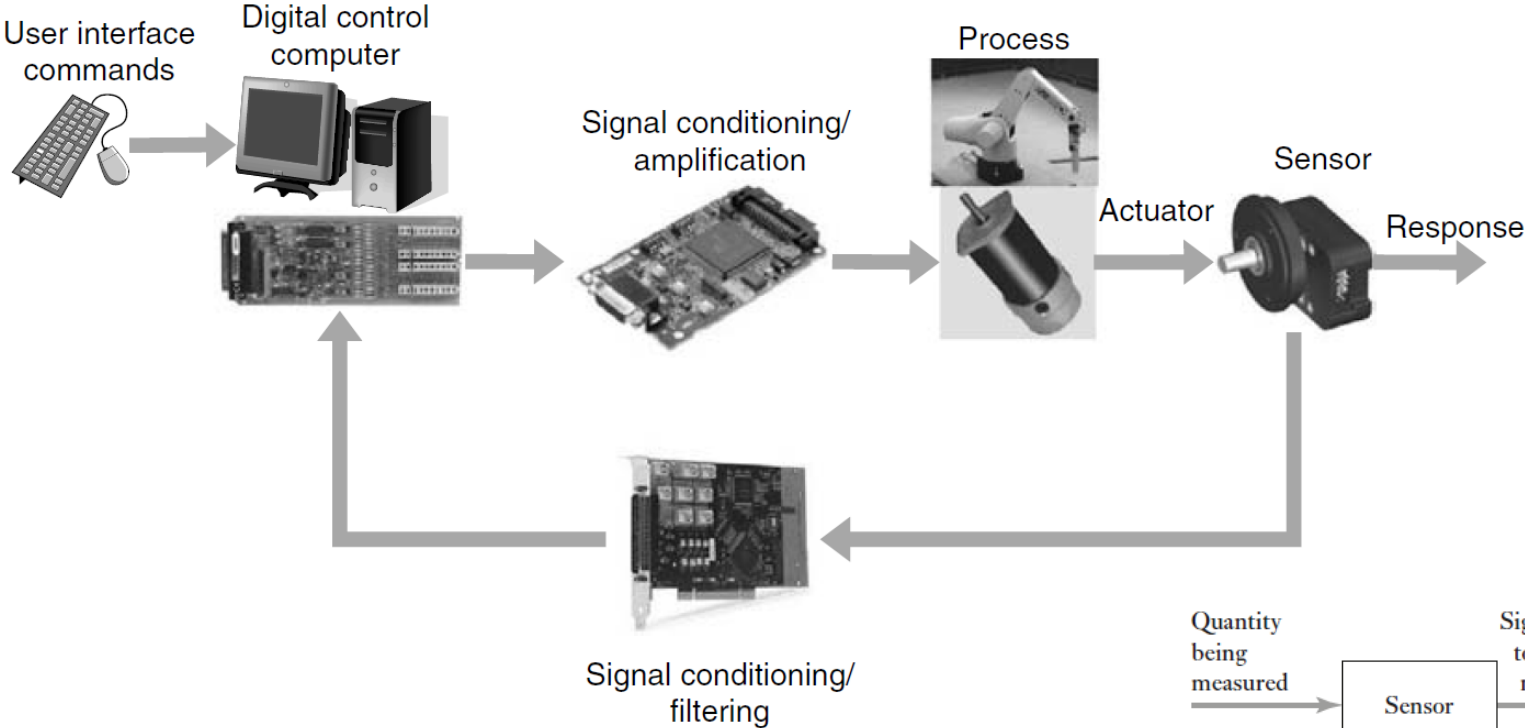


# Сензори, Актуатори и Процесори

Примена во машинство, управувачки и мехатронички системи,  
системи за автоматизација

(ЧАС 2-Интеграција на системите за управување)

# Вовед



# Вовед

- Модерните начини за прибирање податоци кај управувачките системи често опфаќаат некоја форма на систем за автоматско собирање податоци со микропроцесорски контролер. Разбирањето на автоматизираните системи за мониторинг и прибирање податоци бара сериозно познавање на физиката, електрониката и теоријата за мерење физички големини. Во ова поглавје ќе бидат опфатени основните закони на физиката и електрониката неопходни за да се разберат основните концепти на автоматско прибирање податоци, како и управувањето со податоци и контролата на квалитетот.

# Концепти на мерење

- Мерењето е една од најважните активности во сите сфери од животот како наука, трговија, комуникација, транспорт, здравје и јавна безбедност. Метрологијата е гранка на науката посветена на мерењето, која е дефинирана како процес на споредување непозната количина, наречена мерена големина со стандардна големина на позната количина. Едноставните примери на мерење вклучуваат: (1) мерење на температурата на околината во однос на стандардна скала на температура, како што е скалата на Целзиус или Келвин, или (2) мерење на должината на објектот во однос на стандардна мерна должина, како што е мерна лента.

# Концепти на мерење

- Бидејќи сите мерења се споредба со стандардна вредност, тие мора да бидат изразени во облик на единица мерка. Мерните единици се споредуваат со сет од стандардни единици дефинирани од Systeme Internationale d'Unites (SI), систем на мерни единици. Само седум SI единици се потребни да ги изразат или да ги изведат сите други единици кои се користат за определување на мерните единици. Табела 1 ги наведува овие седум единици и нивните поврзани физички големини. Стандард е физичка застапеност на определена физичка големина, додека стандардниот протокол ги опишува процедурите потребни за создавање на стандардот. Секоја земја има национално тело за стандардизација кое ги претставува националните интереси во меѓународните организации за стандардизација, ги промовира стандардизациските активности и подготвува и усвојува доброволни национални стандарди.

# Концепти на мерење

**ТАБЕЛА 1:** Седум основни единици на SI системот

Физичка големина	Единица	Ознака
Должина	метар	m
Маса	килограм	kg
Време	секунда	s
Електрична струја	Ампер	A
Интензитет на светлина	Кандела	Cd
Температура	Келвин	K
Количина на супстанција	Мол	mol

# Сензори и мерни претворувачи на сигнал

- Сензорските мерни уреди, познати како мерни инструменти, најчесто се нарекуваат сензори или мерни претворувачи. Сензорот е уред кој детектира и реагира на сигнал или стимулација, додека мерен претворувач е уред кој ја претвора влезната енергија од еден облик во излезна енергија со друг облик. Кога се изведуваат автоматски мерења, обично се користат инструменти кои ги содржат и сензорот и мерниот претворувач.
- Некои сензори, исто така, служат како претворувачи, бидејќи директно ја конвертираат енергијата (слика 4). Силициумските соларни ќелии ја претвораат енергијата на светлината во електрична струја и термопаровите, кои ја претвораат топлинската енергија во електричен напон, се пример за сензори кои се и претворувачи на сигнал. Сепак, многу сензори бараат дополнителни електрични кола за да генерираат мерлив излезен сигнал.

# Класификација на сензорите

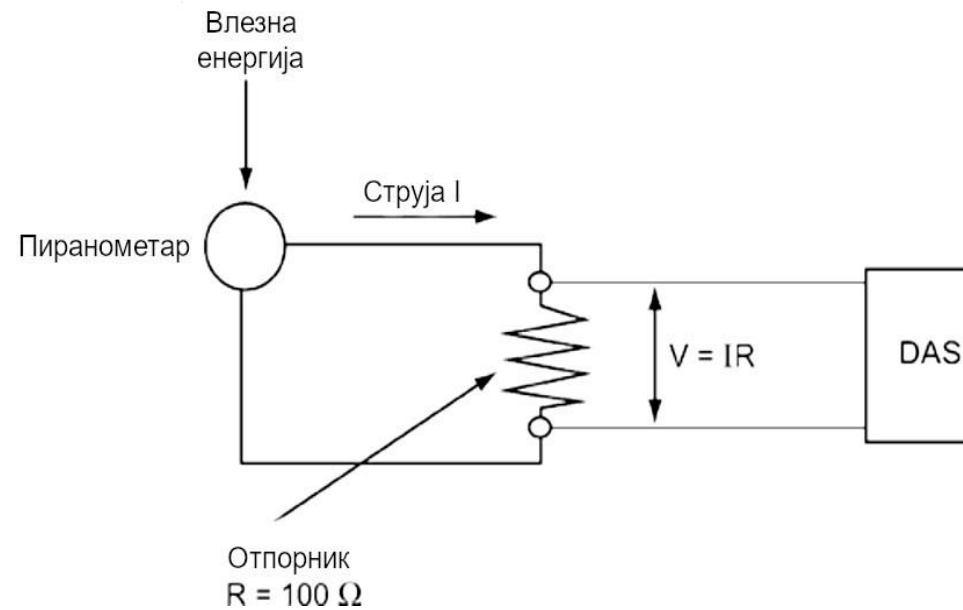
- Сензорите се класифицираат во две категории: активни и пасивни претворувачи на сигнали. Активните сензори бараат дополнителна надворешна енергија за генерирање излезен сигнал кој може да се мери со систем за прибирање податоци. Со други зборови, активните сензори мора да се активираат, инаку нема да можат да ја измерат физичката променлива. Примери за активни сензори вклучуваат термистори, отпорнички трансмитери за поместување и сензори за влажност со променлива капацитивност. Активните сензори обично генерираат излезни сигнали кои се полесни за следење со систем за прибирање податоци.



# Класификација на сензорите

- Пасивните сензори генерираат излезен сигнал без дополнителен надворешен извор на енергија. Примери за пасивни сензори вклучуваат термопарови, силициумски пиранометри (слика 4) и фотоволтаични сензори. Едноставноста и ниската цена на овие сензори често се неутрализира, затоа што генерираат мали излезни сигнали кои бараат дополнителни електрични кола, како што е засилувач на сигналот пред мерењето со систем за прибирање податоци. Излезниот сигнал од мерниот претворувач може да биде во аналоген или дигитален формат.

# Класификација на сензорите

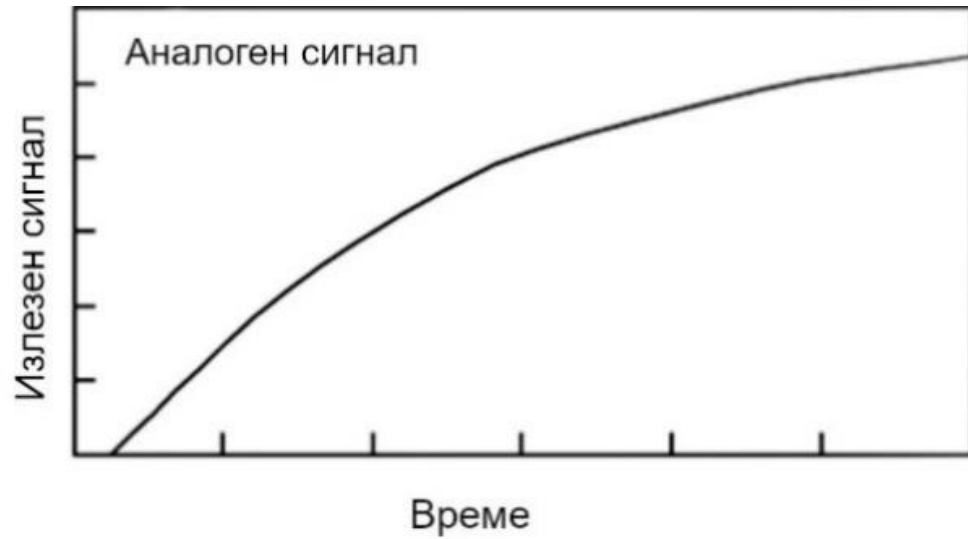


**СЛИКА 4:** Електрично коло кое се состои од пиранометар и отпорник. Пиранометарот генерира електрична струја пропорционална на флуksот на влезната енергија. Промената на електричниот потенцијал ( $V$ ) резултира како струја која тече низ отпорникот.

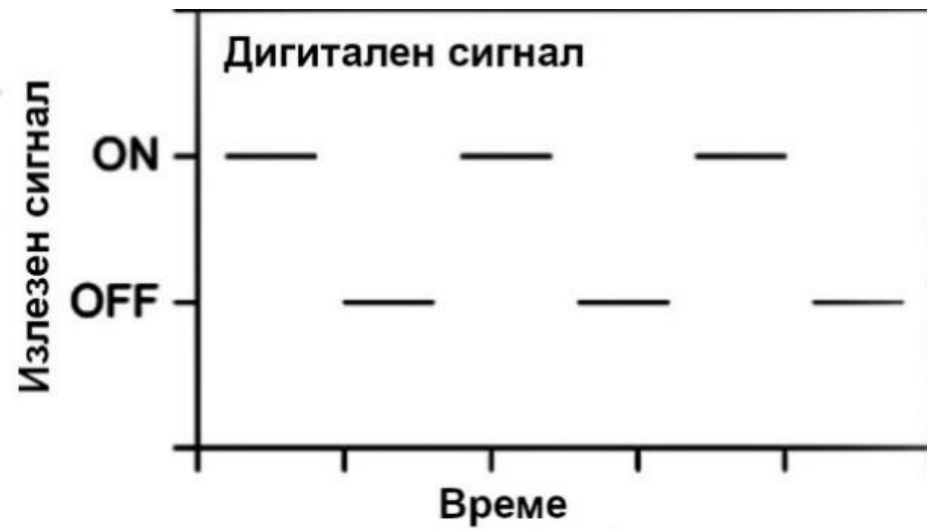
# Класификација на сензорите

- Аналогните сигнали се континуирани сигнали кои се менуваат на начин пропорционален на промената на мерниот сигнал (слика 5). Спротивно на аналогните сигнали, дигиталните сигнали (слика 6) имаат две дискретни состојби кои може да се опишат како „вклучено/исклучено“ или „да/не“. Повеќето физички променливи се менуваат на континуиран начин, така што најголемиот дел од претворувачите генерираат аналогни излезни сигнали. Овие излезни сигнали се електрични по природа и обично се појавуваат како напон (електричен потенцијал) или струја (проток на електрично полнење). Напонските излезни сигнали се класифицирани како наизменична струја (АС) или еднонасочна струја (DC). Излезните сигнали кои користат наизменична струја осцилираат периодично (синусоидно) околу некој среден напон, бидејќи струјата во колото на претворувачот на сигнал се менува во двете насоки. За еднонасочна струја, сигналот на претворувачот секогаш се менува во една насока. Повеќето претворувачи на сигнал генерираат нисконапонски DC излези, кои се релативно едноставни за мерење.

# Класификација на сензорите



СЛИКА 5: Аналогните сигнали се континуирани со текот на времето.



СЛИКА 6: Дигиталните излезни сигнали флукутираат помеѓу две дискретни нивоа, како што се вклучено/исклучено или високо/ниско.

# Спецификации на сензорите

- Производителите применуваат серија тестови за калибрирање и оценување на перформансите на мерните претворувачи на сигнали при различни надворешни услови. Резултатите од овие тестови се сумирани во документ кој се нарекува спецификации на мерниот претворувач. Разбирањето на информациите содржани во спецификацискиот лист во голема мера може да ги подобри шансите за правилно мерење. Целосен преглед на информациите наведени во спецификацискиот лист е невозможно да се пренесе, бидејќи ќе бидат вклучени премногу детали, но, сепак, треба да се разгледаат некои од поважните информации што најчесто се наоѓаат на спецификациите.
- Спецификациите на мерните претворувачи на сигнали генерално спаѓаат во три категории: статички и динамички. Важни статички спецификации вклучуваат точност, прецизност, резолуција и чувствителност, линеарност и хистерезис.

# Избор на сензори

- Одлуката кој сензор ќе се избере зависи од голем број фактори, вклучувајќи: (1) потребната точност, резолуција и прецизност на мерењата, (2) условите на околината, (3) кој систем за прибирање податоци се користи за управувачкиот систем и (4) цената на сензор. Првиот чекор е да се одреди потребната точност, резолуција и прецизност на предложеното мерење, бидејќи поголема точност, прецизност и резолуција обично резултираат со зголемени трошоци. Ако е целта да се измери температура со точност од  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , би било непотребно да се купи поскап сензор со точност до  $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

# Избор на сензори

- Следниот чекор е да се одреди средината во која ќе се користи сензорот. Треба да се земат предвид условите од животната средина кои можат да влијаат врз мерењето, како што се температурата, влажноста, вибрациите и контаминацијата, по што се врши избор на сензор кој е соодветен за условите во околината. Некои мерни претворувачи треба да користат конвенционален високонапонски извор на напојување (на пример, 120 или 240 V AC) за да функционираат правилно. Ако мерниот претворувач треба да се користи во оддалечено опкружување со ограничено напојување, тогаш треба да се изберат мерни претворувачи со ниска потрошувачка на енергија. На пример, ако во спецификациите е наведен напон 5V DC и максималната струја од 5 mA, тогаш моќноста на мерниот претворувач (P) е:
  - $P = 5V \cdot 0.005A = 0.025W = 25mW$

# Избор на сензори

- Статичките карактеристики се однесуваат на перформансите на мерниот претворувач кога сензорот работи во стабилна состојба (мерната променлива не се менува).
- Точноста се дефинира како разлика помеѓу измерената вредност и вистинската вредност на параметарот и генерално е прикажана како максимална грешка што може да се очекува во мерењето. Точноста најчесто се изразува како процент од вкупниот излез (најголем излез) на мерниот претворувач. На пример, ако се користи температурен сензор со точност од 1 % од максималниот излез кој е  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , тогаш мерниот претворувач треба да ја мери температурата до  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (1 % од  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- Прецизноста се дефинира како варијација во излезот на мерниот претворувач кога се повторуваат мерните вредности. Инструментот со висока прецизност генерира мала варијација во излезот кога постојано се мери статичната мерка, додека инструментот со ниска прецизност генерира поголеми варијации во излезот под исти услови. Прецизноста често се меша со точност, но двата параметра се разликуваат. Прецизноста се однесува само на варијацијата на излезните вредности од инструментот и не укажува дали вредностите се точни.



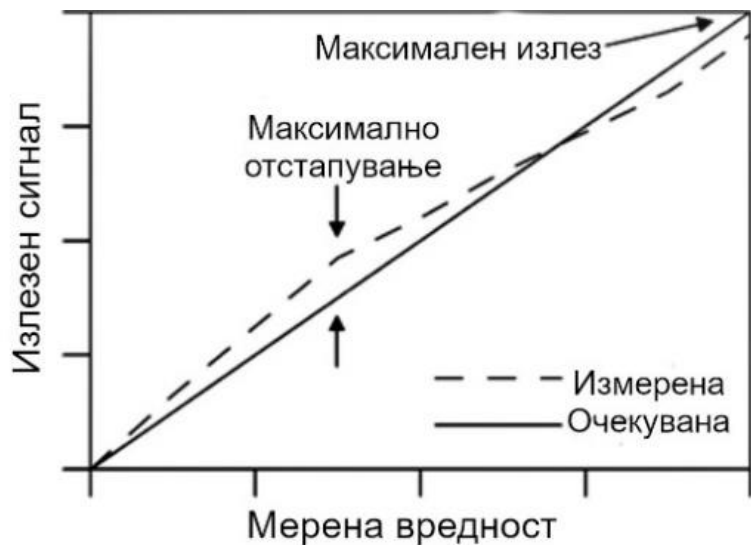
# Избор на сензори

- Резолуцијата е дефинирана како најмала промена во мерниот уред што може да се детектира од страна на мерниот претворувач. Резолуцијата може да биде претставена или како апсолутна вредност (на пример,  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) или процент од целосната вредност. На пример, кај температурниот сензор со максимален излез од  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , резолуција од 1 % би значела најмала промена која мерниот претворувач може да ја детектира е 1 % од  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  или  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Чувствителноста е дефинирана како промена во излезот на мерниот претворувач што се јавува како одговор на дадена промена во мерната големина. На пример, чувствителноста на термопар од бакар-константа е  $40\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$  кога се користи за мерење на температурите во амбиенталниот опсег.

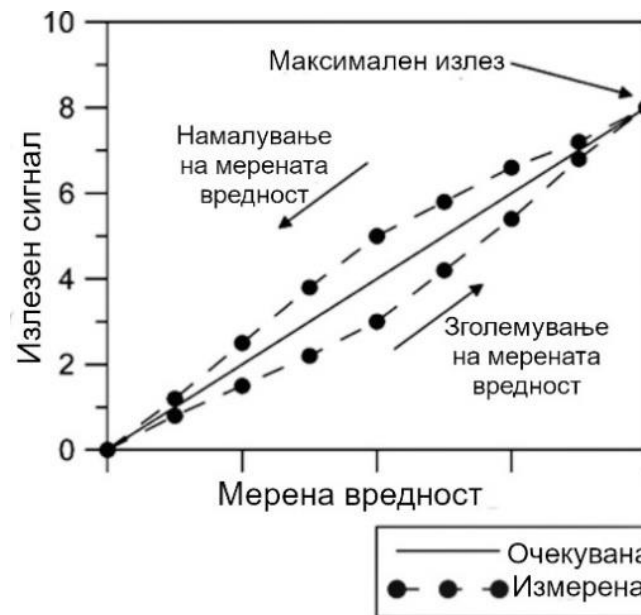
# Избор на сензори

- Линеарност. Пожелно е сензорот да генерира линеарен излез како одговор на промените на мерната големина (слика 8). Повеќето сензори се конструирани за да обезбедат линеарен одзив на промените на мерната променлива, но сите помалку или повеќе отстапуваат од посакуваната линеарност. Отстапувањето најчесто се претставува како процент од максималната измерена вредност. Да претпоставиме дека за температурен сензор максималното отстапување од очекуваниот линеарен излез е  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при максимален излез од  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Линеарноста се пресметува на следниот начин:  $(100\% * [0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/50\text{ }^{\circ}\text{C}] )$ , што е еднакво на  $0,4\%$  од максималната вредност.
- Хистерезисот се дефинира како разлика во излезните вредности кои одговараат на истите мерења во зависност од тоа дали мерната променлива се зголемува или се намалува. Слика 9 дава визуелна претстава за хистерезис. Испрекинатата крива на слика 10 го покажува излезот на сензорот, кога мерната променлива се зголемува и потоа се намалува преку целосниот работен опсег на сензорот. Максималната разлика во излезот што произлегува од хистерезисот обично е изразена како процент од максимално измерената вредност.

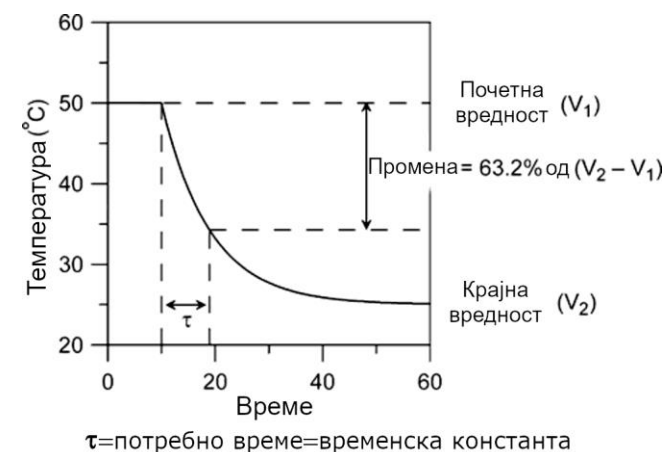
# Избор на сензори



**СЛИКА 8:** Сите сензори покажуваат извесно отстапување од идеалниот или очекуваниот линеарен одзив. Спецификацијата на линеарноста се дефинира како максимално отстапување од линеарноста изразено како процент од максималниот измерен излез.



**СЛИКА 9:** Резултатите од хистерезисот кога излезните вредности се разликуваат во зависност од тоа дали мерната променлива се зголемува или се намалува. Спецификацијата на хистерезисот е максимална девијација изразена како процент од максималната измерена вредност на излезот.



**СЛИКА 10:** Временската константа е мерка за тоа колку брзо сензорот реагира на отскочна промена на мерната променлива.

# Избор на сензори

- Динамичките спецификации се однесуваат на перформансите на сензорот кога се менува мерната големина (не е во стабилна состојба). Две динамички спецификации кои најчесто се среќаваат на спецификацискиот лист се:
- Времето на одзив е дефинирано како време потребно за сензорот целосно да реагира на промена во облик на отскочен влез во мерната променлива и генерално е претставено како време потребно за излезот на мерниот претворувач да достигне 95 % – 98 % од референтната влезна промена во мерната големина.
- Временска константа е времето потребно за излезот на сензорот да изнесува 63,2 % ( $1 - [1/e]$ ) од референтната влезна промена. Често се зема оваа вредност наместо време на одзив (слика 10).

# Избор на сензори

- Спецификациите на сензорот од аспект на работната средина се однесуваат на неговите перформанси кога се работи во агресивни средини. Тие се дизајнирани да му помогнат на корисникот во одредувањето дали конкретниот сензор ќе функционира при одредена мерна задача.
- Четири најважни спецификации на сензорот од аспект на животна средина се температура, влажност, притисок и вибрации.

# Избор на сензори

- Температура. Влијанието на температурата на перформансите на сензорот може да се изрази на неколку начини. Спецификација на вообичаена мерна температура е оперативен опсег на температури при кои мерниот претворувач ќе работи со пропишаните грешки на мерење. Работен опсег може да биде од  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $50^{\circ}\text{C}$ . Меѓутоа, дури и во рамките на работниот опсег кај сензорот може да се појават грешки поголеми од пропишаните поради промената на температурата. Грешките при мерењето на температура може да бидат изразени како процент од максималната вредност измерена во степени која може да ја измери сензорот или како предизвикани промени во сензитивноста по измерен степен.

# Избор на сензори

- Влажност. За секој сензор е важно да е специфициран работниот опсег на влажност. Ако сензорот е поставен на отворено или во заситена внатрешна средина, особено е важно да се забележи дали сензорот може да толерира кондензирана средина.
- Нормално, спецификациите за влажност ќе вклучуваат и работен опсег и етикета „кондензирачки“ или „некондензирачки“, за да се покаже дали сензорот е дизајниран да издржи работа во течна вода што резултира со заситена околина.
- На пример, спецификацијата за влага може да биде прикажана како релативна влажност од 0 % до 95 %, без кондензација.

# Избор на сензори

- Притисокот може да има влијание врз перформансите на сензорот, особено ако сензорите треба да се потопат во вода или да се инсталираат во услови на низок притисок, како, на пример, при високи надморски височини. Спецификација на вообичаен измерен притисок е грешката при мерењето која се дефинира како максимална промена на излезот при промена на амбиенталниот притисок.
- Вибрациите може да имаат сериозно влијание врз перформансите на сензорот кога се користи кај авиони, возила и машини.
- Спецификациите за вибрација генерално ја покажуваат амплитудата и фреквенцијата на вибрациите кои може да се толерираат или грешката која произлегува од примената на вибрации на мерниот претворувач.