

LABORATORIJSKI IZVORI NAPETOSTI

Za izvajanje meritev potrebujemo napetosti od nekaj mV do tudi nekaj MV, enosmerne in izmenične napetosti frekvenc od mHz do več MHz. Pri tem želimo, da lahko napetost in frekvenco v določenih mejah spreminjamo. Za meritev pa je pomembno, da sta napetost kot frekvenca stabilni.

Enosmerni napajalniki (generatorji)



Napajalniki, ki jih običajno uporabljamo, so usmerniki omrežne napetosti in stabilizirane izhodne napetosti. Izhodno stabilno napetost lahko nastavljamo v določenih mejah in tudi izhodni tok je omejen. Za naše potrebe si moramo izbrati primeren napajalnik, ki bo deloval v območju naših potreb. Najbolj pogosti napajalniki so v mejah 0-30V do maksimalnega toka 3A, ki ga lahko tudi omejimo. Pri napajalnikih je pomemben tudi podatek stabilnosti izhodne napetosti in valovitost usmerjene napetosti.

Izmenični sinusni in nesinusni generatorji

Izvori izmeničnih napetosti so lahko:

- Javno električno omrežje kot izvor za direktno napajanje ali pa preko nastavljivih transformatorjev (variak). Če napetost omrežja niha, jo lahko stabiliziramo, kar pa je malo dražja rešitev.
- Elektronski generatorji so izvori izmeničnih napetosti sinusnih in nesinusnih oblik (pravokotne, trikotne, ipd.). Imajo veliko frekvenčno in amplitudno stabilnost v širokem območju.
- Generatorji izmeničnega toka so za velike moči do več kVA.

Nastavljivi transformatorji

Enofazni nastavljivi transformatorji so izdelani za sekundarne tokove od 2 A do 10A. Regulacija napetosti je zvezna od 0 do 300 V. Izdelani so v toroidni izvedbi z

ločenim primarnim in sekundarnim navitjem ali pa kot avtotransformatorji (variak). Pri delu s slednjimi moramo posebno paziti, ker so izhodne sponke v galvanski zvezi z omrežnim faznim vodnikom!

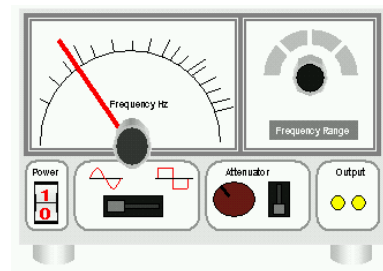


Trifazni nastavljivi transformator je sestavljen iz treh enofaznih, s skupno pogonsko osjo. Izhodne napetosti so do 520 V, toki pa glede na velikost transformatorja 4, 8 ali 10 A. Primarna navitja so vezana v vezavi zvezda na napetost 400 V.

Elektronski generatorji

RC generatorji

Za manj zahtevne meritve se uporabljajo RC generatorji (starejše izvedbe), ki delujejo v frekvenčnem območju od 20 Hz do 200 kHz. Izhodna napetost je zvezno nastavljiva od 5 mV do 5 V. Impedanca med izhodnima sponkama je 600 Ω ali 50 Ω , popačenje izhodnega signala je od 0,1 % do 0,5 %.



Funkcijski generator

Funkcijski generator je vir izmeničnih napetosti treh različnih oblik: **sinusne, trikotne in pravokotne** izhodne napetosti. Frekvenčno območje je od 0,05 Hz do 5(10) MHz, izhodne napetosti 5 V ali 10 V_{pp}, pri izhodni impedanci 50 Ω .



Operating Modes	
Sine - Square - Triangle - DC - Pulse	
free running, internal sweep, or external frequency modulation, with or without DC Offset	
Frequency Range	
Total Range:	0.05 Hz to 10 MHz
(8 Decade Steps)	
Variable Frequency	
Adjustment:	x0.09 to x1.1 (12:1)
Frequency Stability:	<0.5%/h or 0.8%/day
at constant ambient temperature	
(medium frequency control position)	
Waveform Characteristics	
Sine Wave Distortion	
0.05 Hz to 1 MHz:	max. 0.5%
1 MHz to 10 MHz:	max. 5%
Square Wave Risettime:	typ. 15 ns
Overshoot:	<5%
(when output is terminated with 50 Ω)	
Triangle Non-Linearity:	<1% (up to 100 kHz)

Outputs	
Signal Output:	short-circuit proof
Impedance:	50 Ω
Output Voltage	
into 50 Ω	10 V _{pp}
open circuit	20 V _{pp}
Pulse Output Voltage	
into 50 Ω :	5 V _{pp}
open circuit:	10 V _{pp}
Attenuation:	
max.	60 dB
2 steps:	20 dB $\pm$ 0.2 dB each
variable:	0 to 20 dB
Amplitude Flatness: (sine/triangle)	
0.05 Hz to 0.5 MHz:	max. 0.2 dB
0.5 MHz to 10 MHz:	max. 2.0 dB
DC-Offset: variable (on/off, except impulse function)	
Offset range:	
into 50 Ω	max. $\pm$ 2.5V
open circuit	max. $\pm$ 5V
Trigger Output:	
square wave synchronous	
to signal outputs	+5V / TTL

Pomembni podatki za funkcijske generatorje so:

- oblika izhodne napetosti,
- frekvenčno območje,
- frekvenčna stabilnost,
- popačenja izhodne napetosti,
- maksimalna velikost izhodne napetosti,
- izhodna impedanca.

Visokofrekvenčni generator

ali signalni generator (**HF-Synthesizer**)

Delujejo v območju frekvenc od 1 Hz do nekaj GHz z možnostjo različnih modulacij. Uporabljajo se v meritvah visokofrekvenčnih naprav kot so radio, televizija in telekomunikacijske naprave.



Ker sinusne generatorje uporabljamo pri meritvah visokofrekvenčnih naprav, je njihova izhodna napetost relativno majhna: od nekaj mikrovoltov do nekaj voltov (3 V). Velikost izhodne napetosti podajamo v dBm. Iz dokumentacije ugotovimo karakteristike generatorja, ki jih moramo skrbno prebrati.

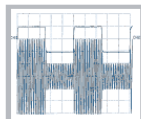
Ob vse večji digitalizaciji so današnji generatorji digitalno krmiljeni in tudi signale, ki jih pridobivamo, so iz digitalne sinteze. Pri tem nam proizveden signal prikažejo z vsemi potrebnimi podatki.

3 GHz RF Synthesizer HM 8135

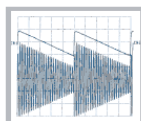
HO870 USB Interface



Internal modulation source



Internal modulation source



Frequency range from 1 Hz to 3 GHz

Output power from -135 dBm to +13 dBm

Frequency resolution 1 Hz (accuracy 0.5 ppm)

Input for external time base (10 MHz)

Modulation modes: AM, FM, Puls, Φ , FSK, PSK

Rapid pulse modulation: typ. 200 ns

Internal modulator 10 Hz to 200 kHz

High spectral purity

OCXO optional

RS-232 interface, optional: USB, IEEE-488



MERJENJE ELEKTRIČNIH VELIČIN

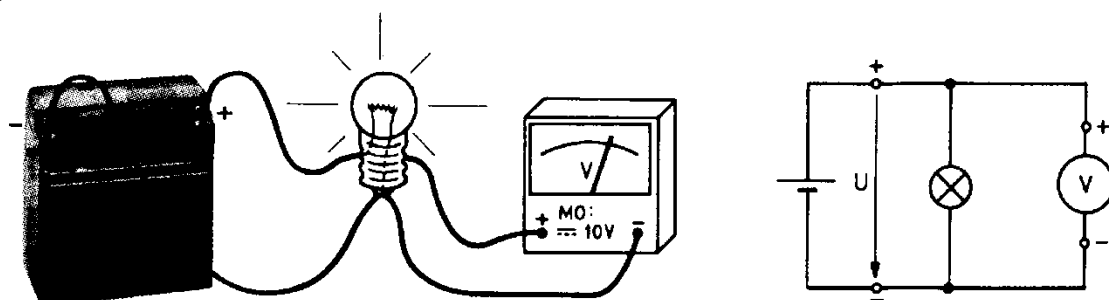
Pogledali si bomo merjenje napetosti, toka, moči, upornosti, frekvence z instrumenti, ki smo si jih že ogledali. Dodali bomo še kakšno merilno metodo ali podrobnost oziroma opozorilo pri meritvi.

Merjenje napetosti in tok

Merjenje električne napetosti

Električno napetost merimo z voltmetri (V-metri)!

V-meter priključimo vzporedno (paralelno) na izvor napetosti ali na porabnik v električnem krogu!



Merjenje električne napetosti

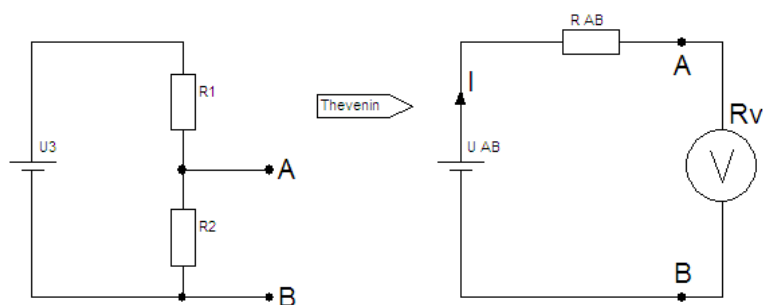
Pred priključitvijo V-metra na napetost moramo paziti na:

- vrsto napetosti. Ali merimo enosmerno ali izmenično napetost. Temu primerno izberemo merilnik ali položaj preklopnika na instrumentu;
- polariteto merjene enosmerne napetosti in polariteto priključkov V-metra (najpogosteje je pozitivni pol rdeče barve);
- velikost merjene napetosti. Ob neznani velikosti napetosti najprej izberemo največje merilno območje. Nato merilno območje postopoma zmanjšujemo do merilnega območja, ki omogoča odčitavanje napetosti v zgornjih 2/3 skale.

Ob priključitvi voltmetra na napetost, nam ta s kazalcem pokaže velikost napetosti na skali. Da lahko to naredi, potrebuje določeno moč, da zavrti kazalec. Zaradi tega mora skozi instrument teči tok, ki ima pri določeni napetosti dovolj veliko moč. Kako veliki tok bo stekel skozi voltmeter nam podaja njegova notranja upornost R_v . Podajamo jo v: $R_v = 20 \text{ k}\Omega/\text{V}$. Za 10 voltno merilno območje je njegova notranja upornost 10 x večja. $R_v = 10 \cdot 20 \text{ k}\Omega/\text{V} = 200 \text{ k}\Omega/\text{V}$. Če imamo elektronski ali digitalni voltmeter ima navadno konstantno notranjo upornost neodvisno od merilnega območja. Najbolj pogosta vrednost notranje upornosti je $10 \text{ M}\Omega$.

Ob priključitvi voltmetra v vezje, se razmere v vezju spremenijo zaradi notranje upornosti voltmetra. Voltmeter v vsakem primeru ne bo pokazal prave vrednosti napetosti ampak približek, ki je odvisen od notranje upornosti voltmetra. Pri meritvi imamo opravka s sistematsko napako, ki jo lahko zmanjšamo z dovolj veliko notranjo upornostjo voltmetra.

Primer: Meritev napetosti na uporovnem delilniku napetosti.



Na delilniku napetosti, ki ga sestavljata upora R_1 in R_2 , bi bila v idealnih razmerah napetost U_{AB} , enaka razmerju upornosti R_1 in R_2 ($U_3 : U_{AB} = R_1 + R_2 : R_2$).

$$U_{R_2} = U_{AB} = U_3 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}; \text{ napetost delilnika brez obremenitve}$$

Vezje delilnika lahko pretvorimo po Theveninovem teoremu v nadomestno vezje, ki ga sestavljata vir napetosti U_{AB} , ki je enak napetosti neobremenjenega delilnika napetosti U_{R_2} in notranji upornosti R_{AB} ($R_{AB} = R_1 \parallel R_2$).

$$R_{AB} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}; \text{ nadomestna upornost vzporedno vezanih uporov } R_1 \text{ in } R_2.$$

Novo nadomestno vezje po Theveninu ima vir napetosti, ki je enak idealni napetosti delilnika napetosti U_{AB} in notranjo upornost, ki je nadomestna upornost vzporedne vezave uporov R_1 in R_2 . Če na tako vezje priključimo voltmeter z določeno notranjo upornostjo R_v , bo napetost voltmetra med točkama A in B enaka:

$$U_{v(AB)} = U_{AB} \frac{R_v}{R_{AB} + R_v}; \text{ napetost, ki jo bo pokazal voltmeter.}$$

Zaradi notranje upornosti voltmetra bo nastala sistematska napaka, ki jo lahko izrazimo z relativno napako:

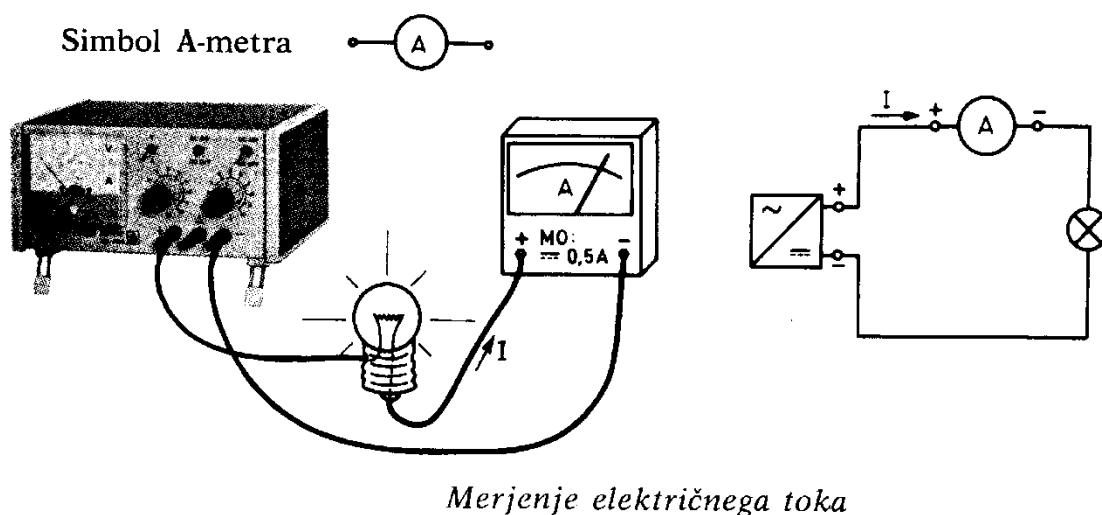
$$e = \frac{U_v - U_{AB}}{U_{AB}}, \text{ če to izrazimo z upornostmi v vezju dobimo: } e = -\frac{1}{1 + \frac{R_v}{R_{AB}}}$$

Zadnji negativni izraz za relativno napako nam odkriva, da je rezultat merjenja vedno manjši od prave vrednosti U_{AB} . Na napako zelo vpliva upornost voltmetra R_V . Če je upornost voltmetra enaka notranji upornosti vezja R_{AB} , nam voltmeter kaže 50% prave napetosti. Z večanjem upornosti voltmetra pa se napaka manjša.

Notranja upornost V-metra naj bo čim večja!

Merjenje električnega toka

Električni tok merimo z ampermetri (A-metri)!



A-meter vključimo v električni krog zaporedno (serijsko) s porabnikom in izvorom napetosti!

Pazimo na polariteto priključkov in velikost merilnega območja.

Ob menjavanju merilnih območij izklopimo napajanje in preklopimo, ko ne teče tok!

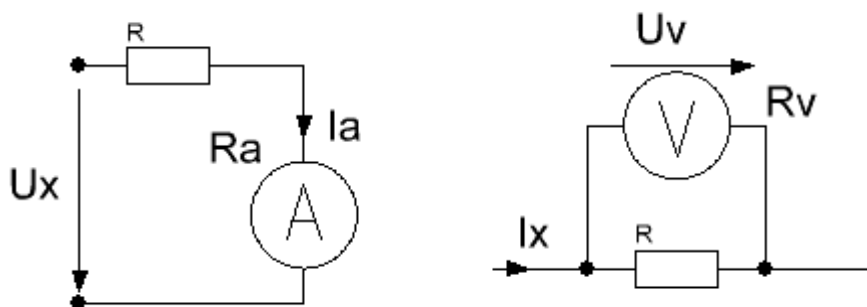
Notranja upornost ampermetra vnese v vezje dodatno upornost, ki spremeni razmere delovanja. Zaradi tega ampermeter kaže manjši tok, kot teče takrat, ko ga v vezju ni. Nastalo negativno sistematično napako zmanjšamo tako, da izberemo ampermeter s čim manjšo notranjo upornostjo.

Notranja upornost ampermetra naj bo čim manjša!

Če pri meritvi napetosti uporabimo kompenzacijsko metodo, s katero ne obremenjujemo izvora napetosti, odpravimo sistematsko napako. Lahko rečemo, da pri taki metodi merjenja ima voltmeter neskončno notranjo upornost. Podobno metodo lahko uporabimo tudi za merjenje toka.

Posredno merjenje napetosti in toka

Pogosto merimo napetost posredno preko merjenja toka skozi znano upornost (spodaj prva slika) ali tok posredno, tako da merimo napetost na znani upornosti (druga slika).



V prvem primeru je tok ampermetra sorazmeren:
$$I_a = \frac{U_x}{R + R_a}$$

Če je upornost ampermetra R_a zanemarljiva v primerjavi z upornostjo R , je izmerjena napetost približno: $U_x = I_a \cdot R$.

Pri posrednem merjenju toka pa je napetost voltmetra:
$$U_v = I_x \cdot \frac{R \cdot R_v}{R + R_v}$$

Če je upornost voltmetra zelo velika v primerjavi z upornostjo, je iskana vrednost toka enaka:

$$I_x = \frac{U_v}{R}$$

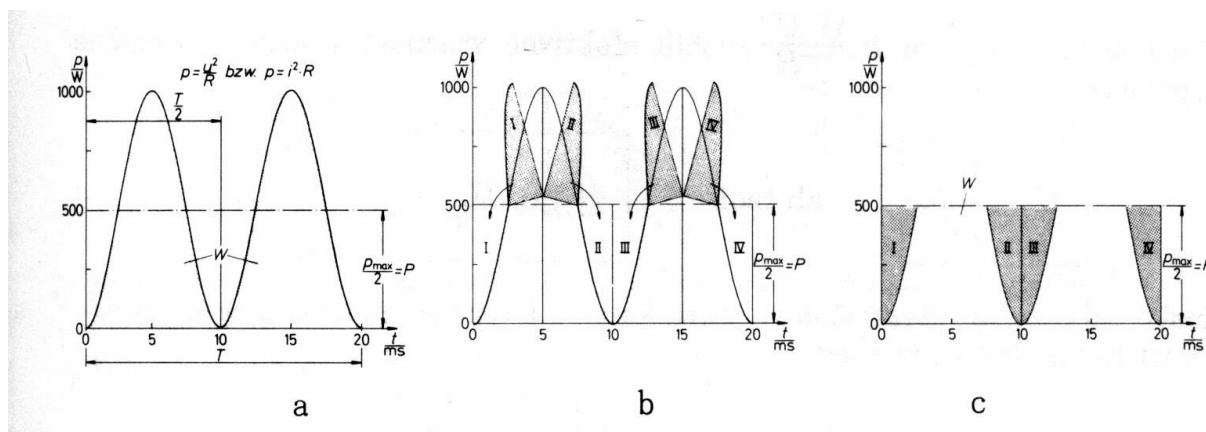
Merjenje efektivne napetosti ali toka

Že pri instrumentu z vrtljivo tuljavico smo spoznali, da za merjenje izmeničnih napetosti potrebujemo usmernik. Instrument pa nam kaže srednjo vrednost usmerjene napetosti, ki pa ni efektivna. Zato moramo skalo instrumenta prirediti tako, da oštevilčenje premaknemo oziroma vrednosti pomnožimo s faktorjem oblike. Tako sedaj instrument kaže srednjo vrednost usmerjene napetosti, mi pa iz korigirane skale odčitamo efektivne vrednosti. Izmerjena napetost velja le za sinusno obliko napetosti, ki pa ni vedno. Kako izmeriti napetost nesinusne oblike?

Kaj je efektivna vrednost napetosti ali toka?

Učinek oziroma delo enosmernega toka se s časom ne spreminja in je zato enako površini kvadrata pod premico moči.

Pri izmeničnih veličinah je moč enaka kvadratu toka in se s časom spreminja. Zato moramo vzeti srednjo vrednost moči, ki pa je enaka polovici maksimalne moči. Naslednja slika nam to dokazuje.



Slika a prikazuje moč izmeničnega toka na neki upornosti, ki je valovita. Če to moč na polovici prerežemo in z zgornjo polovico moči zapolnimo spodnji del, kjer manjka površina moči (slika b), dobimo pravokotnik, ki predstavlja polovico moči, vendar brez manjkajočih delov moči in se s časom ne spreminja. Če bi imeli enosmerno napetost oziroma tok, bi dobili enako sliko kot prikazuje slika c, kjer se s časom moč ne spreminja. Sedaj pa se vprašajmo, kako veliko izmenično napetost potrebujemo, da bomo dobili tako veliko moč ($P_{\max}/2$)?

$$P = \frac{P_m}{2}; \quad W = P \cdot t$$

$$I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$U_{ef} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

$$I = 0,707 \cdot I_m$$

$$U = 0,707 \cdot U_m$$

Iz tega ugotovimo, da potrebujemo napetost ali tok, ki je za faktor 0,7 manjša od maksimalne vrednosti izmenične napetosti. Tedaj bomo s produktom izmeničnega toka in napetosti dobili pravokotnik brez lukenj, kot pri enosmernih razmerah. In če sedaj to postavimo v definicijo:

Efektivna vrednost izmeničnega toka I je tista vrednost toka I , ki opravi enako delo pri enakih pogojih (R , t), kot številsko enako velik enosmerni tok I .

Zato vse izmenične veličine podajamo v efektivnih vrednostih, pri čemer pa izpustimo indeks »ef«.

Kako izmerimo efektivno vrednost toka ali napetosti?

Pri sinusnih oblikah tokov in napetosti smo ugotovili, da enostavno maksimalno vrednost toka ali napetosti delimo s korenom iz 2 in tako dobimo efektivno vrednost. Analogni instrumenti merijo srednjo vrednost usmerjenega toka ali napetosti, ter to tudi pokažejo. Da bodo kazali efektivno vrednost, moramo pokazano vrednost instrumenta korigirati tako, da skalo izrišemo korigirano za faktor oblike 1,11 in to velja le za sinusne oblike izmenične veličine. Ko merimo katerokoli drugo obliko izmenične veličine (pravokotno, trikotno, popačeno, ipd), rezultat merjenja ni več pravi. Zato za merjenje nesinusnih oblik izmeničnih veličin potrebujemo posebni postopek pretvorbe izmenične veličine, ki ga imenujemo RMS (Root Mean Square) ali prava efektivna vrednost, ki je koren iz srednje vrednosti kvadratov merjene veličine.

$$x_{\text{rms}} \approx \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}}$$

Za merjenje RMS izmenične veličine potrebujemo merilnike, ki imajo napisano, da merijo RMS izmenične veličine.

Merjenje z osciloskopom

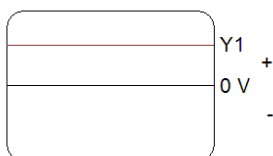
Osciloskop je merilnik, ki nam izmerjeno veličino tudi prikaže na zaslonu. Tako merjeno veličino vidimo in izmerimo, kar potrebujemo. Najpogosteje merimo periodične izmenične veličine. Za neperiodične in enkratne pojave potrebujemo posebne osciloskope, ki jim pravimo spominski osciloskopi.

Da lahko z osciloskopom merimo, moramo poznati vsaj osnovne nastavitve na osciloskopu. Poglejmo si za standardni dvokanalni osciloskop vhodne nastavitve.

Vertikalni sistem:	Kanala Y1, Y2 in invertiranje Režim izrisovanja: enojni, preklopni (Chopper) in izmenični (Alt.) Vhodna izbira: DC, AC, GND (0) Vhodni delilnik: $K_y = 5 \text{ mV/div(cm)} \dots 20 \text{ V/div}$ Mejna frekvenca: $f_{zg} = 20 \text{ MHz}$ (odvisno od osciloskopa)
Horizontalni sistem:	Časovna baza: $K_x = 0,2 \text{ us/div} \dots 100 \text{ ms/div}$ Proženje (Triger): interno iz Y1 ali Y2: pozitivno ali negativno Zunanje (eksterno) Normalno ali avtomatično DC, AC, LF, HF

Merjenje enosmerne, izmenične in mešane napetosti

Enosmerna napetost: Za merjenje enosmerne napetosti moramo:
 Vhod Y1 kanala (ali Y2) vezati na maso (GND), da lahko nastavimo žarek osciloskopa na sredino ekrana – ničelna linija.
 Nato izberemo za vhod DC, ker merimo enosmerno napetost in vhodni delilnik postavimo na položaj, da je linija izrisane napetost na področju ekrana. Če je nad ničelno linijo, je pozitivna, če je pod ničelno linijo, pa je negativna.
 Število kvadratkov od ničelne linije do izrisane linije nam podaja velikost napetosti, če to vrednost pomnožimo s konstanto vhodnega delilnika napetosti.



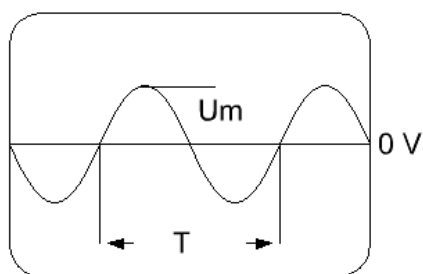
Velikost časovne baze nastavimo poljubno tako, da je slika prijetna za gledanje (ne utripa).

Da nam osciloskop izriše črto za nivo nič voltov, pustimo vklopljeni drugi kanal in vhod preklopimo na GND.

Izmenična napetost: Nastavitve:

Pri merjenju izmenične napetosti postavimo vhodno stikalo na AC.

Izmerimo lahko maksimalno vrednost napetosti in periodo izmenične napetosti. Ne moremo pa izmeriti efektivne vrednosti izmenične napetosti, lahko jo le izračunamo iz izmerjene maksimalne napetosti.

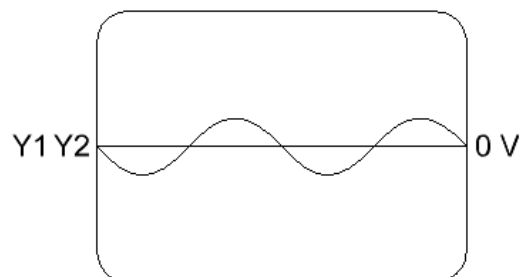
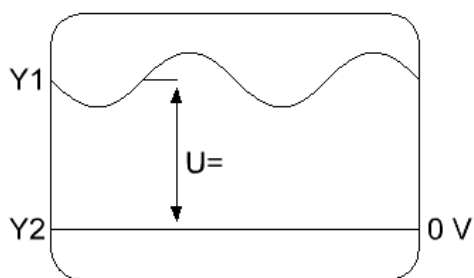


$$U_{ef} = U_m / \sqrt{2}$$

Tudi tu imamo vklopljeni drugi kanal zato, da nam izriše linijo za 0 V.

Mešana napetost, ki je sestavljena iz enosmerne in izmenične.

Če je enosmerna komponenta relativno majhna, bomo videli celotno sliko na ekranu. Glej sliko! Enosmerna komponenta je tista, ki premakne izmenični signal stran od nivoja 0 V. Vhodna izbira kanala Y1 je postavljena v DC položaj.

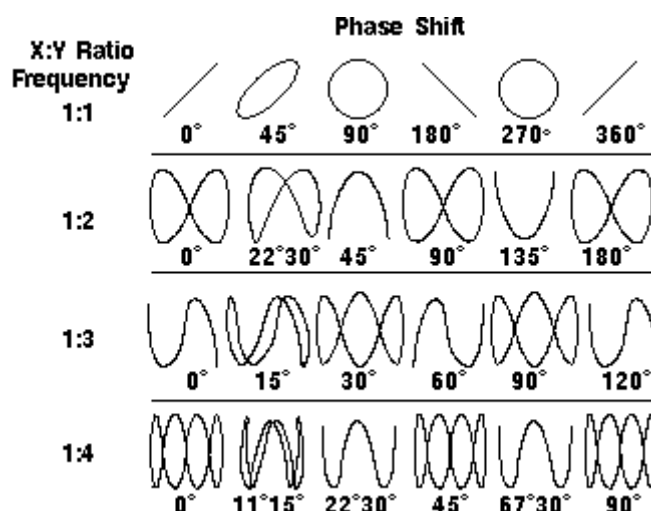


Če sedaj vhodno stikalo prekllopimo v položaj AC, se razmere spremenijo. V tem položaju nam vhodni kondenzator prepreči dostop enosmerne napetosti, zato vidimo le izmenično. To je primerno posebej, če je enosmerna komponenta velika in izrine sliko izmeničnega signala iz ekrana ali je tedaj izmenični signal videti premajhen.

Merjenje frekvence

V horizontalni smeri na osciloskopu odčitujemo čas merjene veličine. Zato lahko izmerimo periodo izmenične veličine ter izračunamo frekvenco, ki je $f = 1/T$ [Hz].

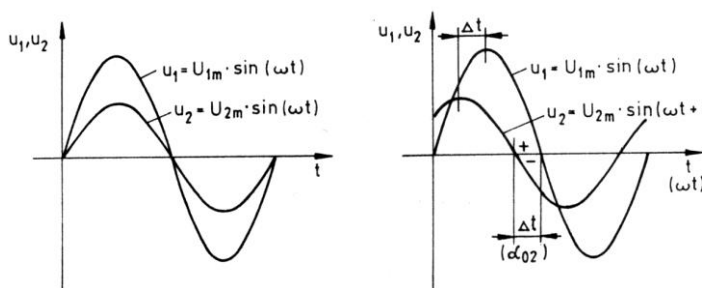
Na osciloskopu lahko tudi primerjamo dve frekvenci in iz slike ugotovimo njuni razmerji. Iz slike lahko tudi ugotovimo fazni kot med njima. Krivulje, ki se pojavijo, imenujemo Lissajous-jeve krivulje. Na sliki imamo nekaj primerov različnih razmerij frekvenc in različne fazne kote med frekvencama.



Merjenje faznega kota

Izmenični veličini **enakih frekvenc**, ki imata enaka začetka (začetna kota), imata v **vsakem trenutku enako smer**, zato pravimo, da sta **v fazi**.

Če se začetek spreminjanja med dvema napetostma razlikuje, govorimo o **faznem premiku**, ki ga izrazimo v časovnih enotah ali v kotnih enotah – **fazni kot** (velja le za veličine enakih frekvenc).



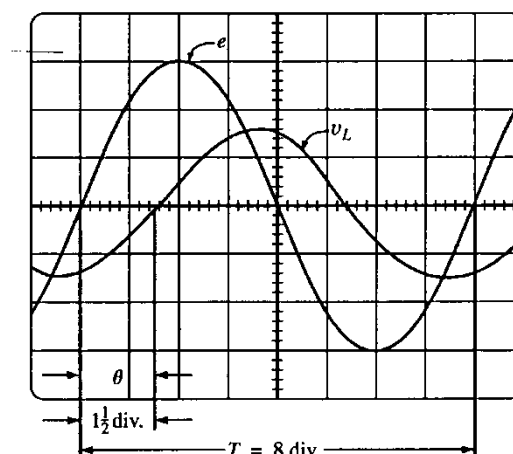
Fazni kot izračunamo po skupnem računu: **div**
 pomeni division – delitev, delec (kvadrata na osciloskopu).

Primer:

$$\frac{8 \text{ div}}{360^\circ} = \frac{1,5 \text{ div}}{\varphi} \Rightarrow \varphi = \left(\frac{1,5}{8} \right) 360^\circ = 67,5^\circ$$

splošno:

$$\varphi = \frac{(\text{div.za}\varphi)}{(\text{div.za}T)} \times 360^\circ$$



T-perioda

Merjenje moči

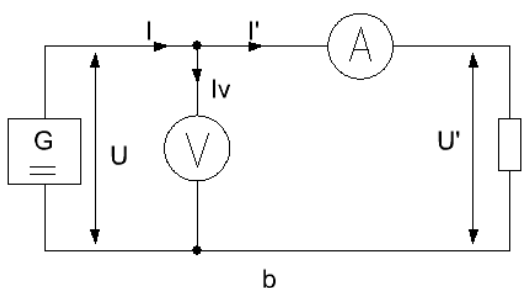
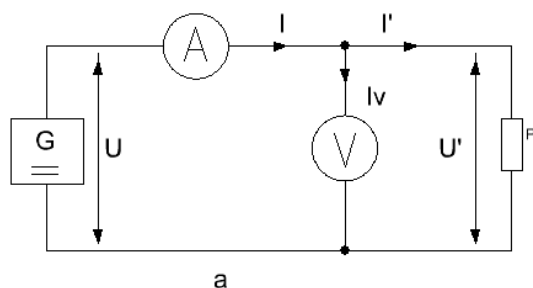
Enosmerni tokokrogi

Če skozi upornost R teče električni tok I, ki ga poganja napetost U, se bo na njem pojavila električna moč P, ki jo lahko izračunamo:

$$P = I^2 \cdot R \quad P = \frac{U^2}{R} \quad P = U \cdot I \quad \text{enota moči je W – Watt}$$

Moč enostavno izmerimo tako, da izmerimo napetost na bremenu in tok skozi njega, ter izračunamo moč $P=UI$ [W]. Metodo merjenja imenujemo UI metoda.

Problemi nastanejo pri močeh, ki so v velikostnem razredu porabe instrumentov, kjer moramo to upoštevati. Zato lahko uporabimo dve vezavi, ki se različno odzivata na meritve pri velikih ali majhnih tokovih.



Amperemeter pred voltmetrom – vezje a. Amperemeter meri še tok voltmetra, zato ga moramo upoštevati pri korekciji rezultata meritve.

$$P_p = U' \cdot I' = U' \cdot I - \frac{U'^2}{R_v}; \quad \text{upoštevamo porabo voltmetra.}$$

Pri bremenih, kjer je tok bremena mnogo večji od toka voltmetra, lahko porabo voltmetra zanemarimo. Zato je ta vezava primerna za merjenje moči bremen z velikimi tokovi, ker takrat ni potrebno upoštevati porabe voltmetra.

Ampermeter za voltmetrom – vezje b. Ampermeter sedaj meri tok porabnika, medtem ko voltmeter meri napetost porabnika plus padec napetosti na ampermetru. Zato moramo porabo ampermetra odšteti od skupne moči.

$$P_p = U' \cdot I' = U \cdot I' - I'^2 \cdot R_a; \quad \text{upoštevamo porabo ampermetra}$$

Voltmeter meri napetost bremena in padec napetosti na ampermetru, zato je izmerjena moč prevelika. Če pa to vezavo uporabimo pri bremenih, ki imajo majhne tokove, pa je tudi padec napetosti na ampermetru majhen in ga lahko proti veliki napetosti bremena zanemarimo.

Tudi pri dinamičnem vatmetru lahko napetostno tuljavico vežemo pred ali za tokovno tuljavo. Za korekcijo veljajo sedaj enaka načela, kot smo jih spoznali pri UI metodi.

Izmenični tokokrogi

V izmeničnih tokokrogih so zraven ohmskih upornosti še tuljave in kondenzatorji, ki povzročijo kompleksne tokove in zaradi tega je moč sestavljena iz realne moči in imaginarne moči.

Realna moč ali **delovna (P)**, se meri v **[W]** in se pojavlja le na ohmskih bremenih.

Imaginarno ali **jalovo moč (Q)** merimo v **[Var]** (varih), pojavlja se na induktivnih ali kapacitivnih bremenih.

Seštevek vektorjev delovne in jalove moči nam daje **navidezno moč S [VA]**.

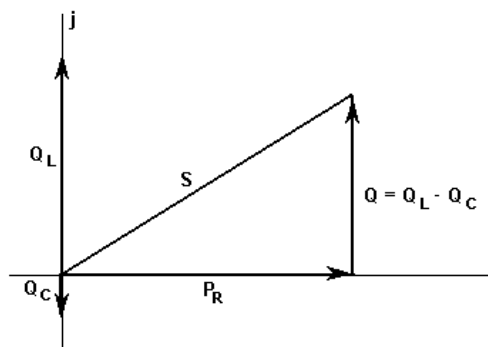
Trikotnik moči:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$\text{faktor moči: } \cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$$\varphi = \arccos \varphi$$

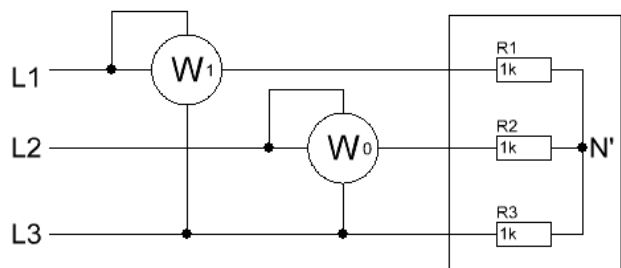
$$Q_L = I^2 X_L, Q_C = I^2 X_C, Q = I^2 (X_L - X_C)$$



Vatmeter meri le delovno moč, zato za jalovo moč potrebujemo merilnik, ki meri jalovo moč.

Merjenje delovne moči v trifaznem sistemu

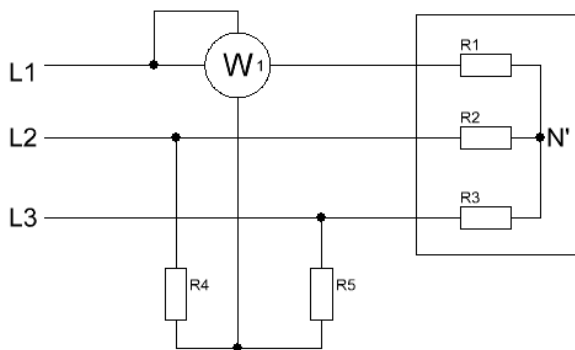
Trifazni sistem je lahko trivoden ali štirivoden. V trivodnem sistemu merimo delovno moč bremena z dvema vatmetroma v Aronovi vezavi.



Delovna moč trifaznega bremena, ki je lahko nesimetrično (impedance posameznih faz bremena niso enake), je enaka:

$$P = P_1 + P_2$$

Zgornja enačba velja ne glede na to, ali je trifazni vir simetričen in uravnovešen ali ne. Simetrični je takrat, ko so bremena enaka (elektromotor) in da napetosti U_{L1} , U_{L2} in U_{L3} tvorijo enakostranični trikotnik (vir uravnovešen). Če je breme simetrično in vir uravnovešen, lahko moč izmerimo le z enim vatmetrom.



$$P = 3 P_w$$

Ko merimo moč trifaznega bremena z enim vatmetrom, moramo narediti umetno ničlišče, ki sestoji iz uporov R4, R5 in notranje upornosti napetostne veje merilnika. Vse tri upornosti morajo biti enake.

V štirivodnem sistemu merimo moč s tremi vatmetri, ker je obremenitev neenakomerno razporejena na posamezne faze. Skupno moč štirivodnega sistema dobimo tako, da seštejemo moči, ki jih kažejo vatmetri.

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Če je moč trifaznega sistema prevelika za neposredno merjenje, razširimo območje vatmetra s tokovnimi in napetostnimi transformatorji.

Merjenje upornosti

Upornost je snovno geometrijska lastnost. To pomeni, da je upornost neke snovi odvisna od samega materiala (baker, železo, plastika, ..) in dimenzij tega materiala (dolžina, debelina). Tako ločimo materiale, ki imajo majhno upornost – prevodniki (baker, aluminij, ...) in materiale, ki imajo veliko upornost – izolatorji (plastika, keramika, ...).

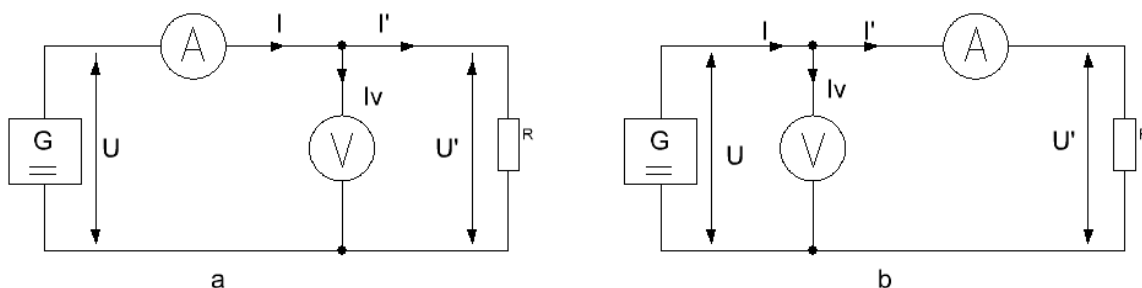
$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} [\Omega], \quad \rho - \text{specifična upornost, } l - \text{dolžina, } A - \text{preseka materiala ali vodnika}$$

Upornost se tudi spreminja v odvisnosti od temperature, kar moramo tudi upoštevati.

$$\Delta R = R_{20} \cdot \Delta \vartheta \cdot \alpha [\Omega]; \quad R_{20} - \text{upornost pri } 20^\circ\text{C, } \vartheta - \text{temperatura, } \alpha - \text{temperaturni koeficient}$$

Nasprotno od upornosti je prevodnost: $G = \frac{1}{R} \left[\frac{1}{\Omega} = \Omega^{-1} = S \right]$; enota je Siemens.

Merjenje upornosti po UI metodi



Izmerimo tok in napetost ter izračunamo upornost. Za še večjo točnost meritve moramo upoštevati upornost instrumentov, ki vplivajo na razmere v vezju.

Primer vezja a:

$$R = \frac{U'}{I'} = \frac{U'}{I - \frac{U'}{R_v}}; \quad \text{upoštevamo, da ampermeter meri še tok voltmetra, ki ga odštejemo.}$$

Primer vezja b:

$$R = \frac{U'}{I'} = \frac{U - I' \cdot R_a}{I'}; \text{ upoštevamo, da voltmeter kaže dodani padec napetosti na ampermetru.}$$

Napaka meritve je odvisna od uporabljenih instrumentov.

Omenjena merilna metoda je temeljna za razumevanje meritve upornosti. Zraven te pa imamo še mnogo drugih metod in načinov merjenja upornosti, kot so:

Mostične merilne metode, med katerimi je najbolj poznan Wheatstoneov mostič. Pri njem s spreminjanje uporov v vezju dosežemo ravnovesje in nato izračunamo upornost (namesto računanja je že izpisana skala na potenciometru). Za merjenje zelo majhnih upornosti uporabimo Thomsonov mostič, ki upošteva tudi upornosti priključnih vezic.

Neposredno merjenje upornosti z univerzalnimi merilniki (digitalnimi ali analognimi), ki merijo tok ali napetost merjenega upora in pokažejo že preračunano upornost merjenca.

Merilniki upornosti, ki zaradi velikih upornosti potrebujejo tudi višje napajalne napetosti.

Merilniki ozemljitvene upornosti so posebno poglavje, kjer uporabljajo posebne metode.

Za vsakdanje merjenje pasivnih elementov uporabljamo merilnike, ki nam direktno pokažejo vrednost elementa, delujejo pa na mostičnih ali drugih metodah.



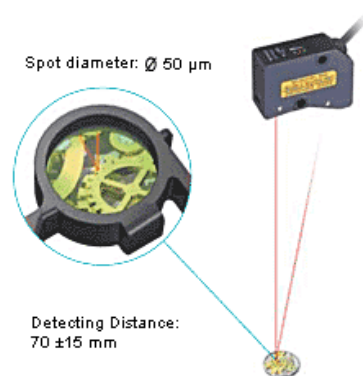
MERJENJE NEELEKTRIČNIH VELIČIN

Merjenje neelektričnih veličin ni nova zadeva, ampak mnogo starejša od naše avtomatizacije. Že nekdanji ljudje merili svojo prehojeno pot ali se tehtali, si merili temperaturo in podobno. Danes v času avtomatizacije, robotizacije, ko podatke predeluje računalnik, potrebujemo pretvornike, ki bodo mehansko ali drugo izmerjeno veličino pretvorili v električno obliko. Takšne pretvornike danes imenujemo tipala ali s tujko senzorji. Za različne neelektrične veličine potrebujemo temu primerne senzorje. Princip delovanja pretvornikov temelji na enem ali več fizikalnih zakonih, povezanih z učinki električnega toka ali napetosti. Poglejmo si nekaj primerov pretvornikov.

Merjenje dolžin (premikov)

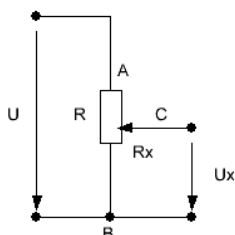
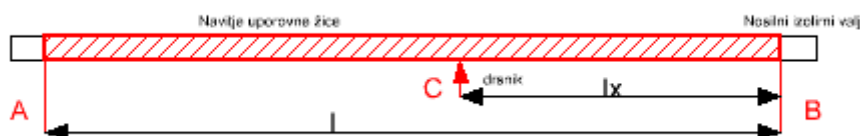
Za merjenje dolžin uporabljamo: potenciometre v obliki trakov, optične s kodirnimi trakovi, potenciometre za merjenje kotov zasuka ali dolžin, kodirne digitalne kotne pretvornike, induktivne senzorje za zasuke in dolžino, kapacitivne senzorje za merjenje višine tekočine v posodi. Ultrazvočne in optične oziroma laserske merilnike dolžine. Z

izboljševanjem tehnologije se tudi merilniki izpopolnjujejo ter postajajo vedno bolj natančni in uporabni.



Analogno merjenje dolžin s potenciometrom

Za merjenje večjih dolžin (0 do 10mm, 0 do 100mm, 0 do 2m) uporabljamo potenciometer. Narejen je tako, da na izolirni valj premera 2mm navijemo uporovno žico (debeline 0,1mm ali manj). Ovoji morajo biti med sabo izolirani. Celotno navitje predstavlja upornost $R[\Omega]$ žice oziroma potenciometra. Če na to palico pritismo drsnik (kontakt) bo upornost med tem drsnikom in koncem navitja primerno manjša od celotne upornosti. Upornost med drsnikom in koncem navitja bo v razmerju z dolžino celotnega navitja.



$$l_x/l = R_x/R = U_x/U$$

$$l - \text{dolžina navitja [m]}$$

$$l_x - \text{dolžina do drsnika [m]}$$

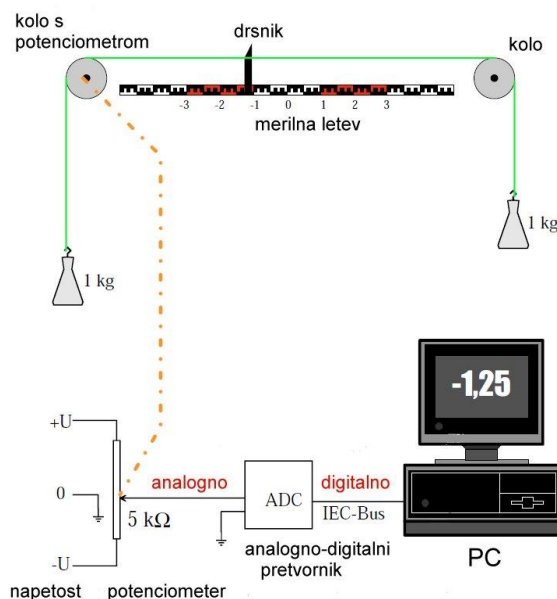
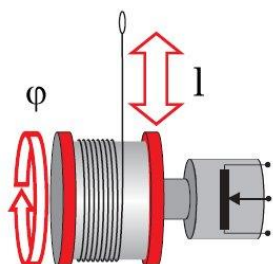
$$U_x = l_x(U/l)[V]$$

$$l_x = l(U_x/U)[m]$$

Pri tej metodi so napetosti relativno velike in lahko izhodni signal merimo z V-metri brez dodatnih ojačevalnikov. Lahko uporabimo tudi potenciometre kjer spreminjamo upornost z vrtenjem drsnika po uporovni snovi. Istočasno lahko takšne potenciometre uporabljamo tudi za merjenje kota premika merjenca.

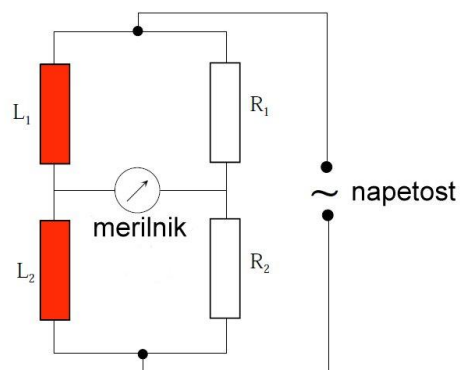
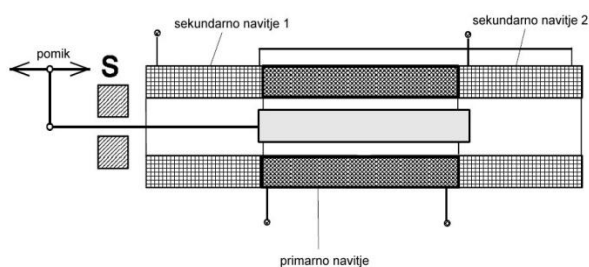
Vrtenje potenciometra, ki je vezan na kolešček, je enak spremembi drsnika na merilni letvi. Zato je napetost na potenciometru tudi temu primerna kje se nahaja drsnik. Analogno vrednost napetosti, ki je primerljiva z velikostjo pomika lahko pretvorimo v digitalno obliko. Digitalno vrednost naše meritve pa lahko prikaže digitalni merilnik ali jo obdelamo z računalnikom.

Za merjenje višine tekočine lahko uporabimo kapacitivne sonde, ki se jim spreminja kapacitivnost v odvisnosti od višine tekočine v posodi. Za vrsto tekočine (električno prevodne ali neprevodne), ki je v posodi so sonde prilagojene.



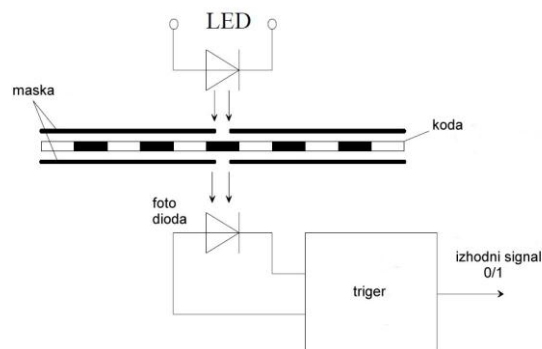
Merjenje dolžin z induktivnim senzorjem

Za merjenje majhnih dolžin uporabljamo induktivne senzore, ki delujejo na principu razlike induktivnosti dveh tuljav, ki st vezani na napetost (diferencialni induktivni senzor). Merimo lahko dolžine od $10\mu\text{m}$ do 10mm .



Digitalno merjenje dolžin

Pri digitalnem merjenju dolžin ni dovolj, da analogno meritev prevedemo v digitalno obliko, ampak moramo samo meritev pripraviti v digitalni obliki. Za razbiranje razdalje uporabimo merilno letev na kateri so natančno označene prozorne in neprozorne črte, prečno na smer gibanja letve. Širina črt določa natančnost meritve. Glava skozi katero potuje letev ima na eni strani izvor svetlobe (LED) in na drugi strani foto občutljiv element (fotodiodo), ki zaznava prehode svetlo temno in tako pretvarja gibanje letve ali glave v tokovne impulze. Impulzi na izhodu predstavljajo digitalne enke in ničle (1,0), ki jih elektronski števec preštevata in s tem meri dolžino premika merilne letve.



Z uporabo več vrstic označenih črt v smislu digitalne kode (primer: Gray-eve kode) lahko vsak premik točno odberemo kot vrednost tiste dolžine kot bi odbirali iz merila tračnega metra.

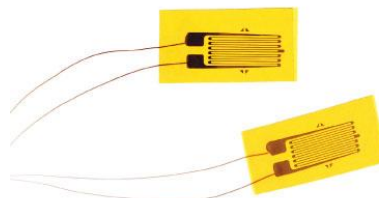
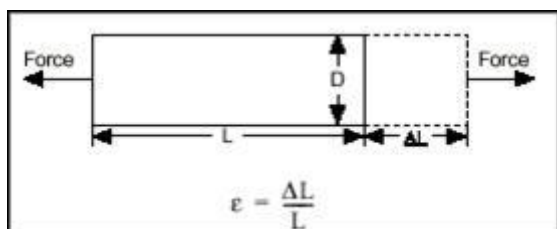
Merjenje sile

Za merjenje sil uporabljamo: vijačne vzmeti, uporovne lističe, piezoelektrične pretvornike, merilniki navora, merilniki tlaka (mehanski, polprevodniški), merilniki hitrosti in pospeška.

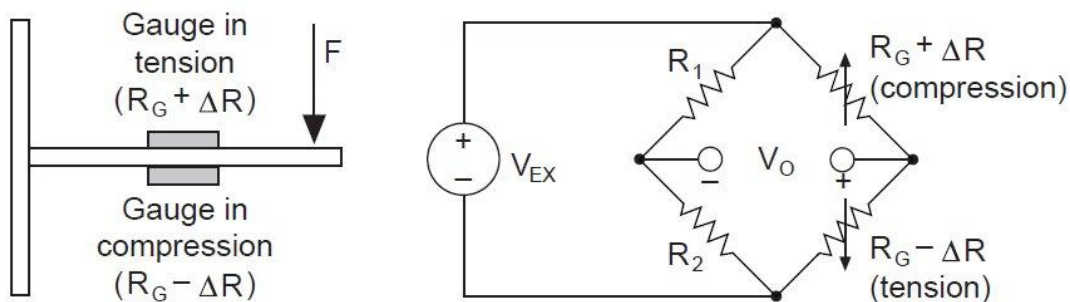
Uporovni lističi

Princip sloni na tem, če električni vodnik v obliki valja (žica) obremenimo z natezno silo, se bo valj (žica) zaradi sile raztegnil in s tem se bo premer valja zmanjšal, povečala pa se bo dolžina. Ker je električna upornost valja (žice) odvisna od dolžine premera in specifične upornosti materiala, se bo upornost spremenila.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} [\Omega] \quad \rho - \text{specifična upornost } [\Omega\text{m}], l - \text{dolžina vodnika [m], } A - \text{preseka vodnika (valja) [m}^2]$$



Merilni listič le papir na katerega je naperjen kovinski vodnik (žica). Listič prilepimo s posebnim lepilom na mesto deformacije zaradi sile in žico lističa vežemo v mostično vezje kjer električno ugotavljamo spremembo upornosti in s tem posredno velikost sile.



$$\frac{V_0}{V_{EX}} = -\frac{GF \cdot \epsilon}{2}$$

Slika prikazuje pripenjanje merilnih lističev na testni vzorec in električno vezje, kako jih priključimo za merjenje z merilno metodo.

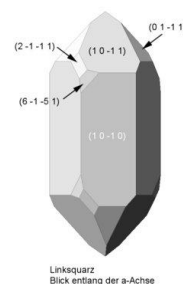
Piezoelektrični pretvornik

Osnova je kristal (SiO_2), ki ga po določenih ravninah razrežemo v ploščice. Ploščica kristala se pod vplivom zunanje sile deformira in električno polarizira. Enako se deformira, če se ploščica kristala izpostavi električnemu polju. Ta pojav imenujejo Piezo efekt.

Če piezoelektrični pretvornik tlačno ali natezno obremenimo, se v notranjosti pojavi električna polarizacija, ki se manifestira kot električno polje oziroma napetost na stranicah kristala. Napetost, ki jo lahko preko ojačevalnega elementa izmerimo je enaka sili obremenitve kristala.

Predstavniki takšnih materialov z elastičnimi, dielektričnimi in piezoelektričnimi lastnostmi so:

kristaliziran kremenjak, litijev niobij, nekaj vrst feroelektrične keramike, feroelektrični polimeri, neparjen ali brizgan film kadmijevega sulfida ali cinkovega oksida.



Merjenje temperature

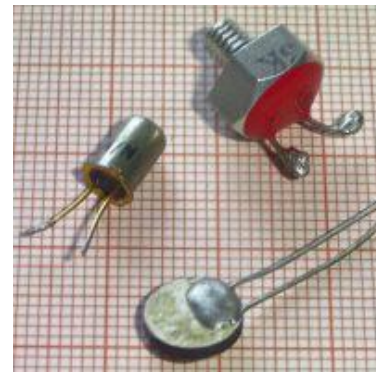
Merjenje temperature je najpogostejša meritev v vsakdanjem življenju, industriji, znanosti, medicini itd. Načine merjenja so različni in odvisni od zahtevnosti meritve, točnosti in hitrosti odziva na temperaturne spremembe. Najpogosteje uporabljamo merilnike v temperaturnem območju od -50°C do nekaj 100°C . Za merjenje temperature uporabljamo predvsem uporabne pretvornike (termistorje), termočlene ali polprevodniška vezja, ki že integrirano vezje vsebuje senzor temperature. Primer: LM 35



Uporovni pretvorniki

Upor je osnovni element, ki direktno vpliva na spremembo električne veličine (ohmov zakon). Od zunaj lahko spreminjamo upornost upor:

z drsnikom (potenciometer),
če material mehansko nategujemo, se spremeni presek materiala in s tem upornost (uporovni lističi),
uporabimo material, ki se mu spreminja upornost ob spremembi temperature (temperaturni koeficient)(NTK, PTK),
svetlobno odvisni upori (LDR),
napetostno odvisni upori (VDR) itd.



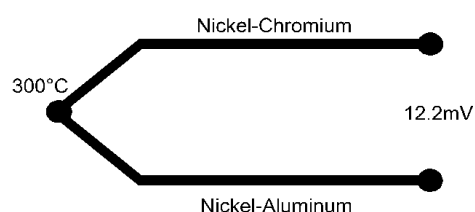
$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} [\Omega]; \quad \Delta R = R_{20} \cdot \Delta \vartheta \cdot \alpha [\Omega]; \quad R = \frac{U}{I}$$

Slika prikazuje upore z negativnim temperaturnim ($-\alpha$) koeficientom (NTK).

Termočleni

Termočlen predstavlja spoj dveh različnih kovin. Če ta spoj segrevamo, se na drugih koncih priključkov pojavi napetost, ki je odvisna od razlike temperatur in od vrste spojenih kovin. ($U = k\Delta T$) Spodnja tabela prikazuje vrednosti koeficienta k za nekatere pogosto uporabljene kombinacije pri 20°C.

kombinacija snovi	oznaka	k [$\mu\text{V/K}$]	T območje [$^{\circ}\text{C}$]
Cu - konstantan	T	40	-200 do 350
kromel - konstantan	E	60	-200 do 900
kromel - alumel	K	40	0 do 1200
nikrosil - nisol	N	27	0 do 1200
Fe - konstantan	J	52	-150 do 1000
Pt ₁₀₀ - Pt ₉₀ Rh ₁₀	S	5.9	0 do 1500



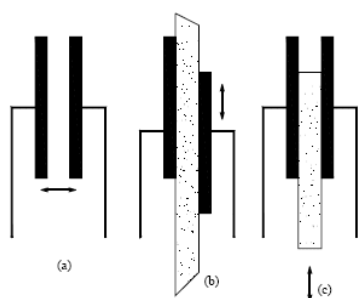
Senzorji

Nekaj principov tipal

Kapacitivni pretvornik

Sprememba kapacitivnosti v odvisnosti od merjene veličine je v mnogih aplikacijah fizikalnih pretvornikov.

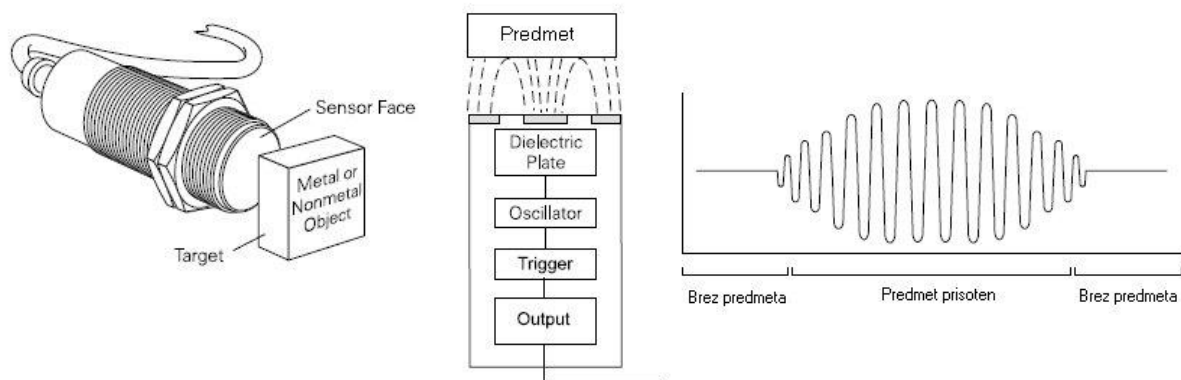
Premike, hitrost, pospešek, silo, tlak, podtlak, pretok, nivo, nivo zvočnega tlaka, relativno vlažnost, merimo s pomočjo kapacitivnega senzorja in pretvornika.



$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d} [F]$$

Enačba za kapacitivnost (C) nam podaja, da je kapacitivnost odvisna od materiala (dielektrika) (ϵ) med ploščama, od velikosti plošč (A) in obratno sorazmerna od razdalje med ploščama (d). Vsaka sprememba enega izmed parametrov kondenzatorja je lahko vplivna veličina za meritev in s tem za pretvornik spremenjene veličine v električno.

V praksi uporabljamo spremembo dielektrika oziroma izolatorja kondenzatorja. Sprememba dielektrika nam da preko elektronike izhodni električni signal, ki predstavlja prisotnost predmeta pred senzorjem.



Kapacitivni senzorji zaznavajo nekovinske materiale, zato ji uporabljamo za zaznavanje tekočin, plastičnih materialov in podobno.

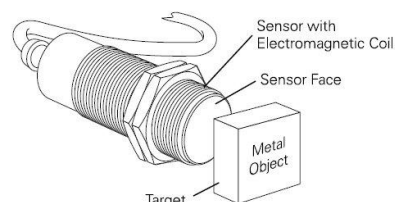
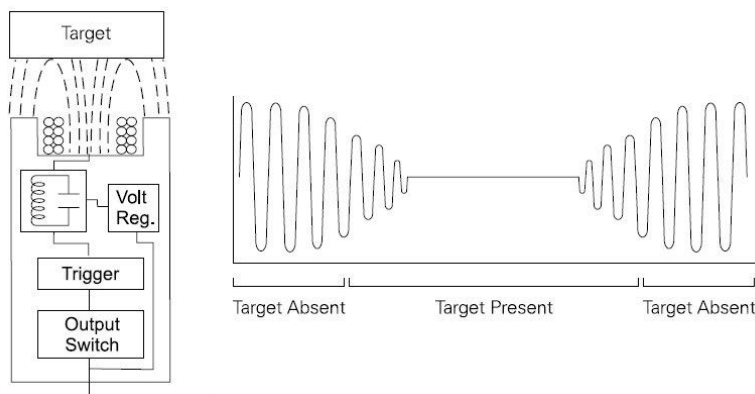
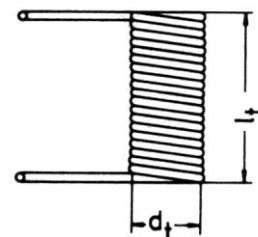
Omogočajo zaznavo oddaljenega predmeta na osnovi njegovih dielektričnih lastnosti. V senzorju sta vgrajeni dve elektrodi, ki predstavljata kondenzator. V primeru, da med njiju postavimo predmet z relativno dielektrično konstanto večjo od 1, se kapacitivnost kondenzatorja občutno spremeni. Sprememba kapacitivnosti sproži delovanje oscilatorja in v končni fazi ustvari izhodni signal (oziroma preklopi polprevodniško stikalo).

Induktivni pretvorniki

Navita žica predstavlja tuljavo z lastnostjo induktivnosti ($L[H]$). Induktivnost je snovno – geometrijska lastnost, ki je odvisna od kvadrata števila ovojjev (N^2), dolžine tuljave (l_t), preseka tuljave (A) in materiala (μ), ki se nahaja v tuljavi (jedro, ki je lahko feromagnetno ali brez jedra – zračna tuljava).

$$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l_t} [H] \text{ Vsak parameter tuljave lahko spreminjamo in z}$$

elektronskim vezjem spremenimo v električno veličino. Vsaka sprememba materiala v tuljavi vpliva na spremembo induktivnosti. To spremembo induktivnosti zazna elektronika, ki na izhodu električno predstavi spremembo.

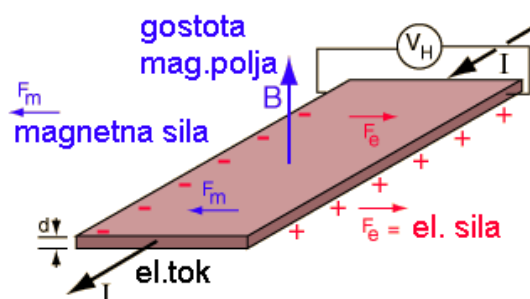


Omogočajo zaznavo predmeta oddaljenega največ 60 mm. Induktivni senzorji ustvarjajo v svoji bližini oscilirajoče magnetno polje. Ko se pred senzorjem pojavi kovinski predmet, se oblika in velikost polja spremenita. Senzor zazna spremembo in preklopi polprevodniško stikalo ali ustvari tokovni impulz, katerega velikost je odvisna od razdalje med predmetom in senzorjem.

Induktivni senzorji zaznavajo železne predmete, lahko pa tudi zaznamo baker, aluminij ali podobne kovine. Pri ne feromagnetnih materialih je izhodni signal nižji za določen faktor, ki nam pove vrsto materiala predmeta pred senzorjem.

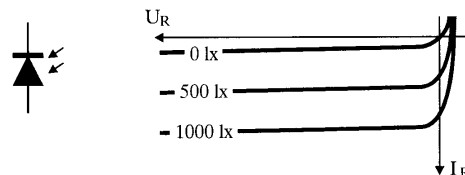
Hallov efekt

Hallov efekt oziroma Hallova sonda je ploščica polprevodnika. Če skozi njo teče tok in ploščico sekajo silnice magnetnega polja, deluje na elektrone dodatna sila, zato se na eni strani ploščice pojavi več elektronov kot na drugi - s tem pa se pojavi napetost. Hallova sonda ima torej 4 priključke: skozi dva spustimo električni tok, na drugih dveh pa se, ko je Hallova sonda v magnetnem polju, pojavi Hallova napetost. Vse skupaj je v ohišju.



Fotodioda

Fotodioda vsebuje PN-spoj, ki pri osvetlitvi povzroči tok. Fotodioda se uporablja pri zaporni napetosti. Če je dioda neosvetljena, teče v zaporni smeri zelo majhen tok, ki ga imenujemo tok nasičenja, če pa kristal diode (PN spoj) osvetlimo, se poveča tok v zaporni smeri. Večja je osvetlitev diode, večji bo tok.



Fotoelektrična tipala (senzorji)

Deluje na principu oddajanja svetlobe (LED, Laser), ki se odbije od odsevnika ali zadene oviro in se ne vrne na sprejemnik (foto dioda).

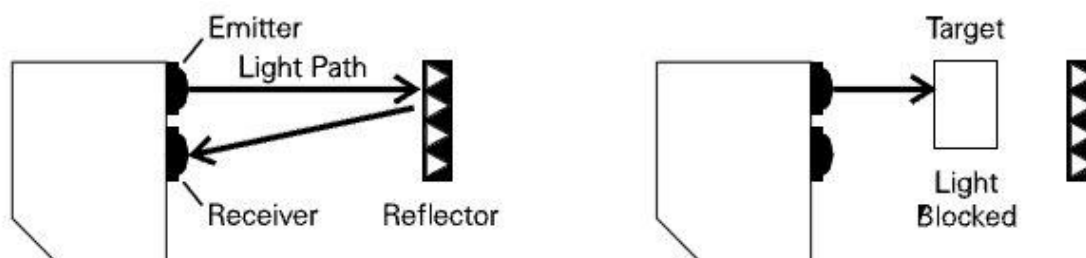
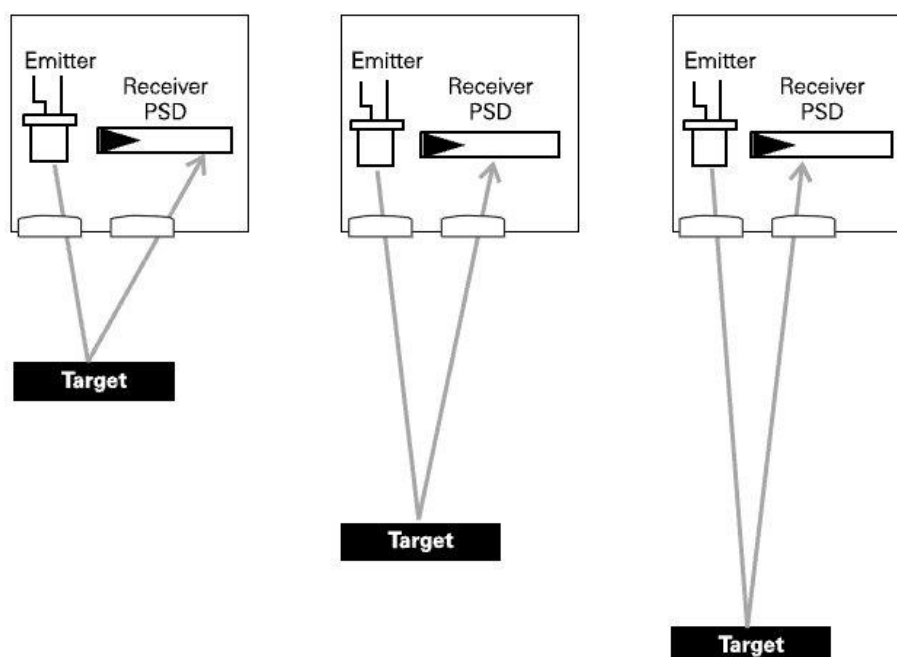
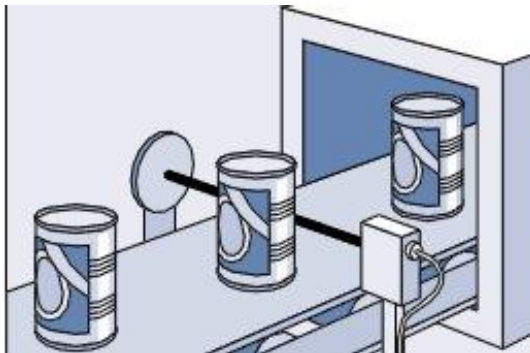


Foto senzorji uporabljajo navadno infra svetlobo. Proti zunanjim motnjam pa žarek svetlobe moduliramo in na sprejemniku prepuščamo skozi filter, ki zazna le odbito svetlobo ne pa motilne.

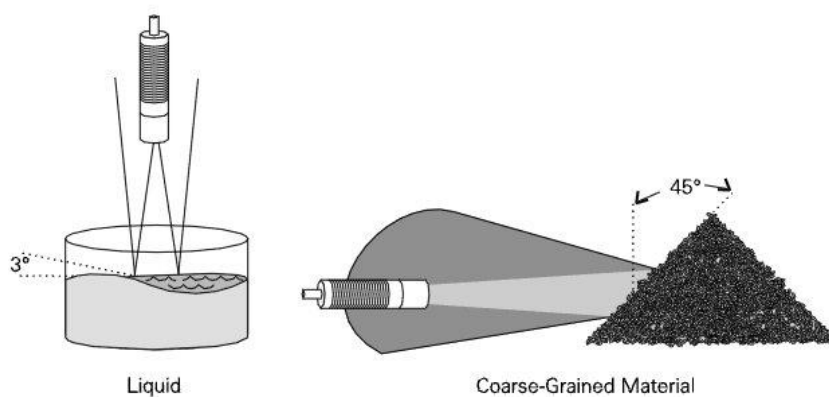
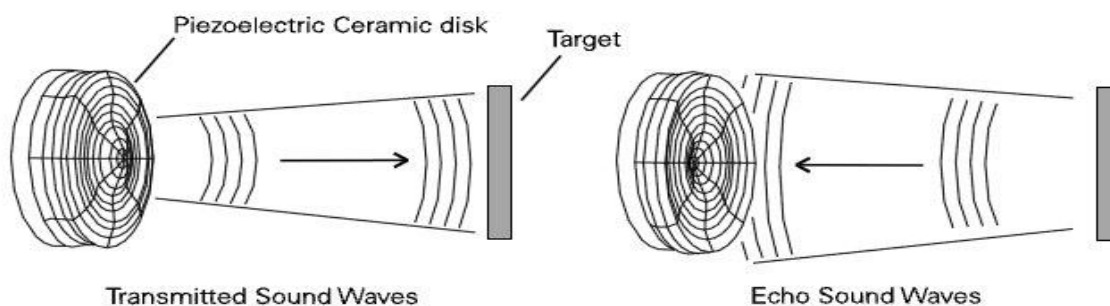
S posebnim svetlobnim senzorjem (PSD – Position Sensor Detector) lahko izmerimo razdaljo do ovire.





Ultrazvočna tipala (senzorji)

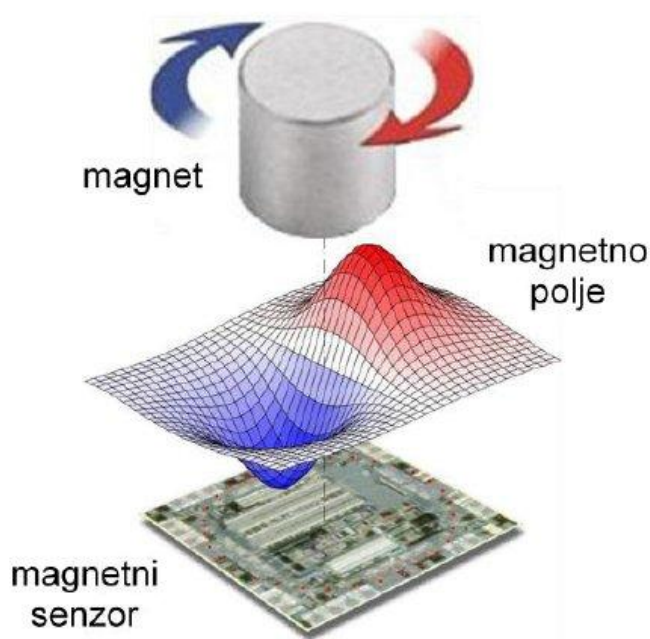
UZ tipala delujejo tako, da keramična tableta na osnovi pizzo efekta odda ultrazvočni impulz, ki ga nato sprejme v obliki odbitega vala in s tem ugotovi, da se je zvok odbil od ovire.



Ultrazvočni senzorji so primerni za nadzor višine tekočin v posodah ali za zaznavanje sipkih materialov.

Magnetni princip merjenja premikov in kotov

Pri magnetnem principu senzor dajalnika zaznava spremembo jakosti in smeri magnetnega polja. Uporablja se permanentni magnet v obliki cilindra, ki se pritrdi na konec osi in se vrti. Nasproti njega se nahaja magnetni senzor. Z vrtenjem osi in magneta se spreminja jakost magnetnega polja, kar senzor zazna in pretvori v električne signale.



AM256 - 8-bitni kotni magnetni senzor

- Brezkontaktni dajalnik kotne pozicije preko 360°
- Idealen za zahtevna okolja zaradi magnetnega principa delovanja
- Popolna rešitev "sistem na čipu"
- 8-bitni absolutni dajalnik
- Izhodni signali
 - inkrementalni
 - paralelni
 - serijski SSI
 - analogni sinusni
- Industrijsko optimizirana linearnost
- Delovne hitrosti do 60.000 obratov / minuto
- Napajanje: 5 V DC
- Nizka poraba. Tipično 13 mA.
- Razširjeno temperaturno območje delovanja (-40 °C do +125 °C)
- SMD ohišje SSOP28

Primeri industrijskih senzorjev.

Tlačna stikala

Tlačna stikala se uporabljajo v sistemih, kjer nadzorujemo tlak ali vakuum tekočine (zrak, voda, olje, itd.).

Za nadzor fiksnih omejitev so na voljo tako elektromehanski, kot tudi elektronski tipi.

V primeru, da želimo regulirati proces z nenehno povratno zvezo, ponujamo izvedbe z tokovnimi 4 - 20 mA ali napetostnimi 0 - 10V, izhodi.



Končna stikala

Uporabljajo se za zaznavanje prisotnosti ali odsotnosti togih objektov. Ob sprožitvi končnega stikala se preklopijo brezpotencialni kontakti. Te lahko uporabimo kot vhodni signal za nadzorni sistem ali za aktiviranje oziroma prekinitev nekega procesa.

Na voljo so v kovinskih ali plastičnih ohišjih, z različnimi sprožilci-stikali.

Kapacitivni in induktivni senzorji

Zaradi svojega hitrega odziva, visoke hitrosti delovanja in možnosti zaznave objekta brez fizičnega stika, so induktivni in kapacitivni senzorji idealni za predmete, ki jim mejna stikala ne ustrezajo. Sem spadajo npr. krhki ali sveže prebarvani objekti, kjer vsak fizični kontakt predstavlja možnost poškodbe predmeta.



Induktivni senzorji

Omogočajo zaznavo predmeta oddaljenega največ 60 mm. Induktivni senzorji ustvarjajo v svoji bližini oscilirajoče magnetno polje. Ko se pred senzorjem pojavi kovinski predmet, se oblika in velikost polja spremenita. Senzor zazna spremembo in preklopi polprevodniško stikalo ali ustvari tokovni impulz, katerega velikost je odvisna od razdalje med predmetom in senzorjem.

Na voljo je več načinov priključitve senzorjev. Na voljo so v različnih dimenzijah v plastičnem ali kovinskem ohišju. Izbiramo lahko med AC in DC napajalno napetostjo. Senzorji so zaliti z umetno smolo, ter tako dobro zaščiteni pred motnjami v industrijskem okolju.



Kapacitivni senzorji

Omogočajo zaznavo oddaljenega predmeta na osnovi njegovih dielektričnih lastnosti. V senzorju sta vgrajeni dve elektrodi, ki predstavljata kondenzator. V primeru, da med njiju postavimo predmet z relativno dielektrično konstanto večjo od 1, se kapacitivnost kondenzatorja občutno spremeni. Sprememba kapacitivnosti sproži delovanje oscilatorja in v končni fazi ustvari izhodni signal (oziroma preklopi polprevodniško stikalo). Na voljo so v različnih dimenzijah v plastičnem ali kovinskem ohišju. Izbiramo lahko med AC in DC napajalno napetostjo.



Fotoelektrični senzorji

So primerni za zaznavanje kakršnegakoli predmeta (neprozoren, prozoren ali odbojen) in so primerni za uporabo v različnih industrijskih, komercialnih in hišnih aplikacijah.

Uporabljamo pet sistemov zaznavanja:

Presvetljevanje - predmet seka žarek med oddajnikom in sprejemnikom

Odboj - žarek, ki se prekine, se odbija od reflektorja; oddajnik in sprejemnik sta nameščena v istem ohišju.

Polariziran odboj - oddani žarek je horizontalno polariziran, reflektor ga zavrti za 90° za sprejem na sprejemniku.

Razprševanje - zaznava odboj žarka od premikajočega se objekta

Razprševanje z zmanjševanjem vpliva ozadja - če ozadje odbija žarke, se zmanjša občutljivost senzorja; z zmanjševanjem vpliva omejimo možnost napake.

Ponudba fotoelektričnih senzorjev je obširna in zajema modele, ki uporabljajo različne sisteme zaznavanja, zaznava barv (RGB), različne napajalne napetosti, v plastičnih ali kovinskih ohišjih različnih dimenzij.



Priključitev senzorjev

Tipalo oziroma senzor sestoji iz neposrednega pretvornika mehanske veličine (premik) v električno (napetost) in elektronike, ki zagotavlja delovanje pretvorbe. Vse skupaj je zaprto v enem ohišju, ki zagotavlja priročnost in mehansko trdnost. Za delovanje je potrebna električna napetost, ki jo dovedemo preko priključnih sponk in priključek za izhodni signal.

Na senzor priključimo napajalno napetost, ki mora biti pravilne velikosti in polaritete. Pri nekaterih senzorjih je lahko napajalna napetost izmenična.

Primer:

Napajalna napetost: 10 do 30 V enosmerne napetosti (DC)

Pozitivni priključek: žica rjave barve

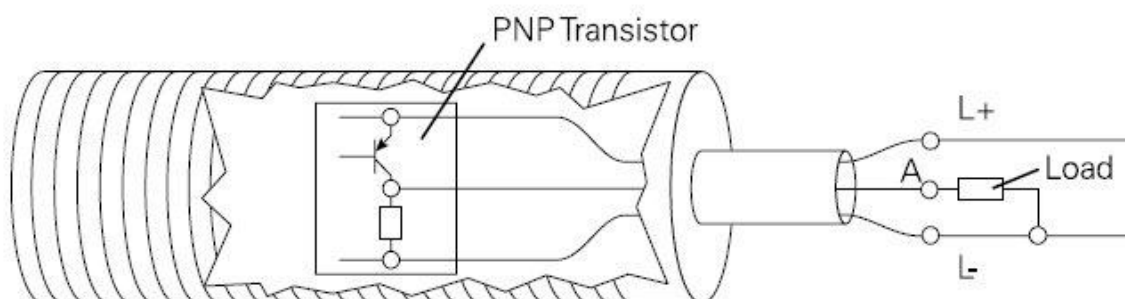
Negativni priključek: žica modre barve

Izhodni priključek: žica črne barve

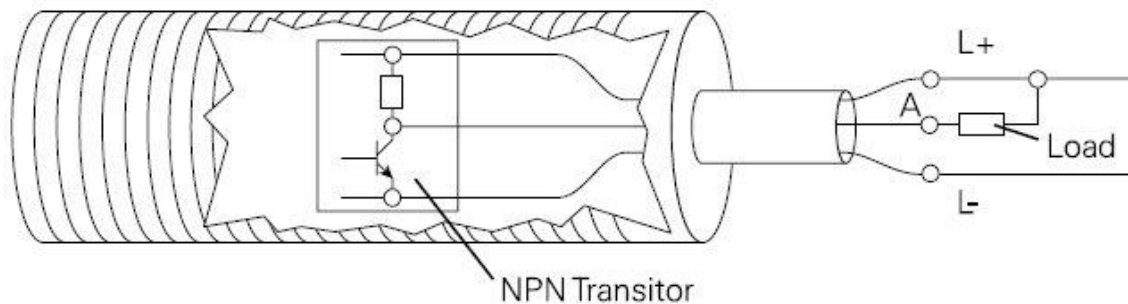
Iz izhodnega priključka dobimo signal, ki nam ponazarja stanje na vhodu senzorja oziroma tipala. Ta signal nam lahko na bremenu (žarnici ali releju) manifestira vhodno stanje senzorja. Odvisno od vrste izhoda senzorja lahko izhodni priključek vežemo preko bremena na pozitivni ali negativni pol napajalne napetosti.

PNP tip izhod senzorja.

Ker je kolektor PNP tranzistorja priključen preko kolektorskega upora na negativni pol baterije je tudi pri tem tipu senzorja tako priključeno breme.

**NPN tip izhod senzorja.**

Ker je kolektor NPN tranzistorja priključen preko kolektorskega upora na pozitivni pol baterije je tudi pri tem tipu senzorja tako priključen.

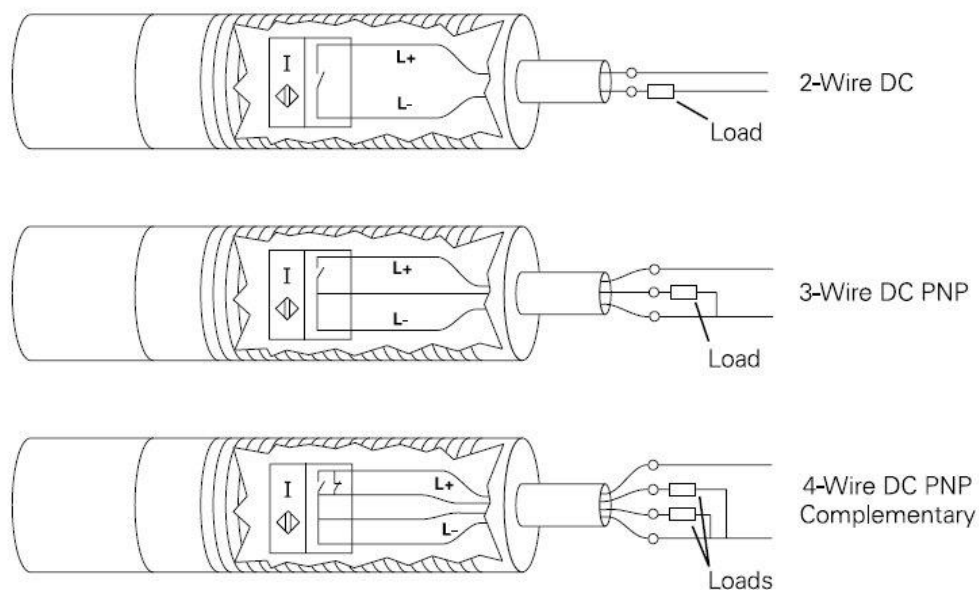


Tranzistor na izhodu elektronike senzorja lahko prevaja ko senzor ne zaznava predmeta ali zunanjega vpliva ali je lahko zaprt. Glede na to lahko tranzistor obravnavamo kot stikalo, ki je staknjeno ali razklenjeno v normalnem ali nevzbujenem stanju.

Normally open (NO) – v normalnem (nevzbujenem) stanju odprto stikalo.

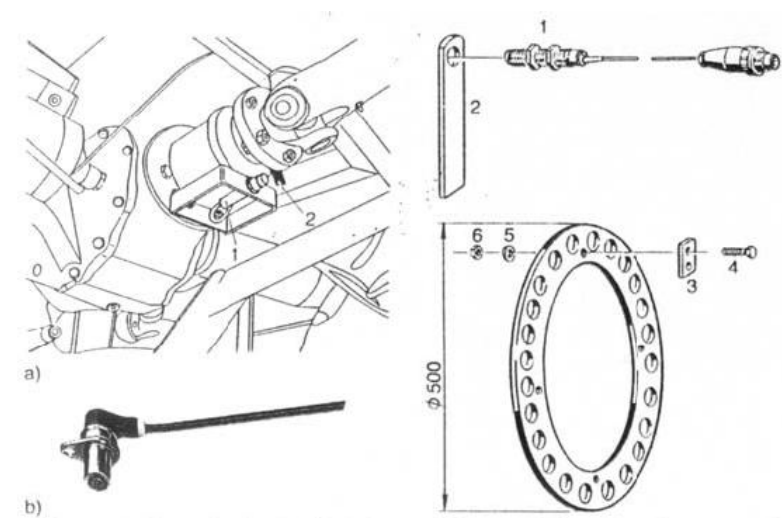
Normally closed (NC) - v normalnem (nevzbujenem) stanju zaprto stikalo.

Imamo še variante izhodnih priključkov dva, tri ali štiri.

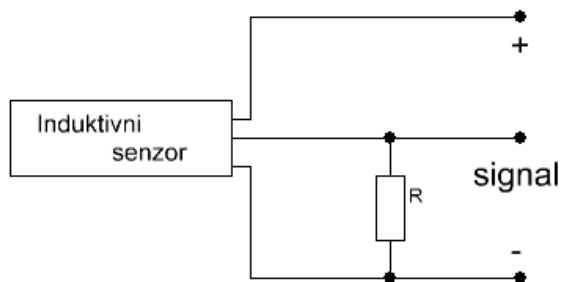


Meritev števila vrtljajev

- število vrtljajev v praksi merimo z magnetno-induktivnimi in optičnimi merilniki. Merilnik pritrdimo ob vrteči del z izvrtinami ali delom, ki sega iz njega. Merilnik zazna, da je v njegovem magnetnem polju feromagnetni material (železo), na izhodu iz senzorja se spremeni napetost ali tok (npr iz 0 V na 12 V, iz 0 mA na 20 mA ...)



- sorazmerno velika natančnost, običajno je natančnost meritve vrtljajev tolikšna, da je ni treba upoštevati pri izračunu skupne napake
- priključitev



- switching frequency - frekvenca preklapljanja, senzorji zmorejo različno število preklopov v sekundi, manjši (do premera približno 12 mm) do približno 4000/s, večji (premer nad 80 mm) pa le nekaj 10 preklopov na sekundo.
- poravnana montaža pomeni, da je mogoče senzor montirati poravnano s kovinsko steno, sicer pa mora pri neporavnani montaži senzorski del moleti iz kovinske površine.
- ročni merilniki vrtljajev so običajno optični. Meritev poteka tako, da na vrtečem se delu nalepimo srebrno odbojno nalepko tipične dimenzije 5 mm (po potrebi ostali del počrnimo). Optični merilnik usmerimo na vrteči se del z nalepko in preberemo vrtljaje na zaslonu
- izhodni signal iz induktivnih sond je pravokoten in pulzirajoč. Običajno pretvorimo tak signal v napetostni ali tokovni signal, ki ga nato zajamemo z računalnikom. V ta namen uporabljamo f - U pretvornike (f - frekvenca se pretvori v U - napetost)

RAČUNALNIŠKI MERILNI SISTEMI

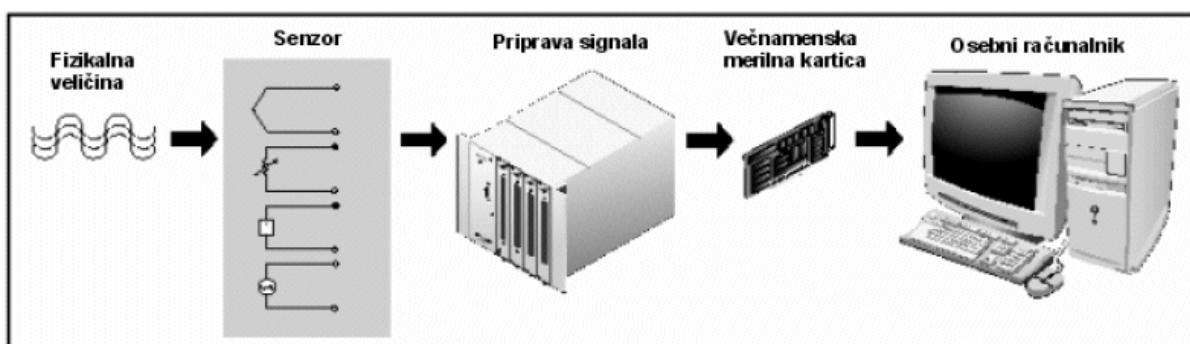
Do sedaj smo spoznali elektromehanske instrumente, ki so merjeno električno veličino prikazovali s kazalci. Dodali smo lahko mehanizem za zapisovanje in dobili registrirne instrumente, ki so že beležili zgodovino meritve. Korak naprej so bili elektronski dodatki kot so ojačevalniki, ki so razširili območje meritev na majhne vrednosti merjenih električnih veličin in tudi možnost, da se ta podatek prenese na drugo napravo preko žične povezave. Z vse večjo elektronizacijo merilnikov se je krog uporabe vedno bolj širil. S pojavom računalnika pa je nastal pravi bum možnosti uporabe elektronskih merilnih naprav.

Ob našem pregledu merjenj smo bili nekako omejeni na meritve napetosti in toka ter posredno še upornosti, moči in dela električnega toka. Vseskozi pa je bila potreba po merjenju še drugih fizikalnih veličin kot so: temperatura, osvetlitev, mehanske sile in pritiski tekočin in plinov itd. Zato je bila potreba po pretvorbi teh veličin v električne, za katere že imamo merilnike.

Pretvornik veličin imenujemo senzor ali aktuator, ki fizikalno veličino pretvori v električno, primerno za naše merilne sisteme. Senzor naj bi bil predvsem občutljiv na merjeno veličino in nedovzeten za ostale veličine, ki predstavljajo motilne signale.

Zgradimo si lahko merilno napravo, ki bo vsebovala naslednje komponente:

- **Senzor** – pretvornik merjene veličine v električno.
- **Elektronsko vezje**, ki bo signal senzorja po potrebi ojačilo, filtriralo ali pripravilo za nadaljnjo obdelavo.
- **Digitalizacija signala** za računalniško obdelavo in avtomatizacijo merilnega in prikazovalnega sistema (analogno – digitalna pretvorba).
- **Računalnik** za obdelavo dobljenih izmerjenih podatkov, prikaz teh rezultatov in povratni vpliv na meritev ali korekcijo ali signalizacijo.



Slika prikazuje gradnike od zajema veličine do obdelave in prikaza.

Računalnik

Računalnik opravi veliko dela s pomočjo dobre programske opreme. Zajete podatke z analizo pretvori v pomembne informacije. Analiza izmerjenih podatkov vključuje:

- Analizo z diferencialnimi enačbami, optimiranje, prilagajanje krivulj, integriranje, linearno algebro, statistiko, itd.
- Obdelavo signalov kot je npr. filtriranje, okenske funkcije, transformacije, odkrivanje vrhov, harmonska analiza, spektralna analiza, itd.
- Avtomatizacijo testnih in merilnih postopkov.
- Analizo izvajamo z ustreznimi programskimi orodji kot so npr. LabVIEW, Matlab, Excel, C, itd.

Računalniška slika lahko prikaže delovanje celotnega merilnega ali regulacijskega sistema, v katerega lahko preko računalnika tudi posredujemo in vplivamo na potek meritve ali sistema regulacije ali nadzora.

Računalniški prikaz merilnih rezultatov vključuje:

Na lokalnem računalniku - Grafi, grafikoni, tabele, analogni prikazovalniki, prikazovalniki nivoja, kontrole, slikovni prikazi, generatorji poročil, itd.

Po internetu - publiciranje na splet, TCP/IP, Datasocket, VI strežnik, daljinski nadzor (Remote Panel), itd.

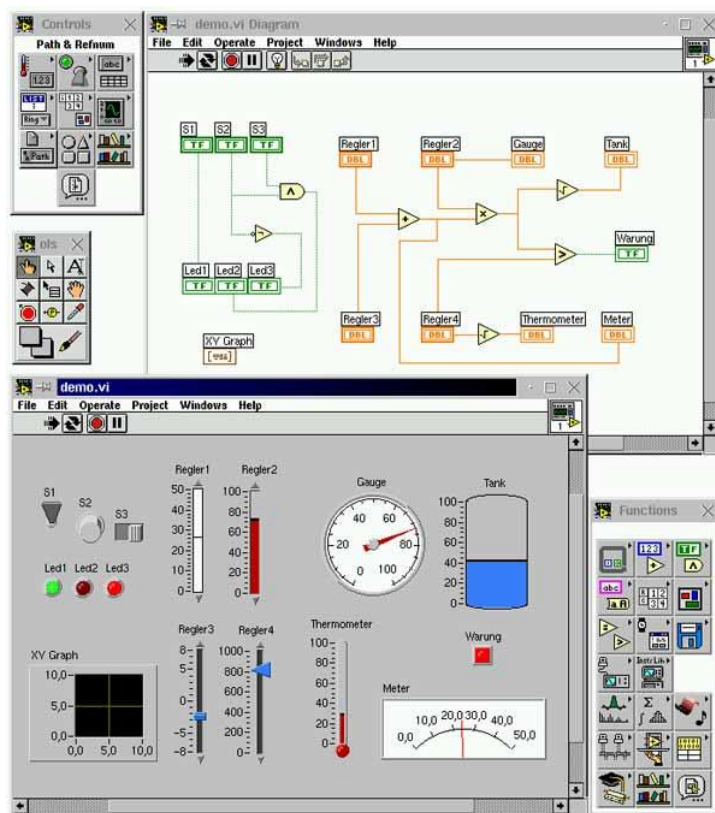
Povezave v podjetju - SQL orodja, (baze podatkov), Internet orodja (FTP, E-mail, Telnet, (HTML).

Prikaz merilnih rezultatov izvajamo z ustreznimi programskimi orodji kot so npr. LabVIEW, Excel, DIAdem, itd.

Slika desno prikazuje programsko orodje LabVIEW.

Zgornji del slike predstavlja izdelavo aplikacije z blokovnimi elementi. S tem načinom lahko hitro sestavljamo sistem in ga sproti testiramo ter spreminjamo. Izvorno kodo programa tako grafično prikazujemo (G jezik). Program vsebuje obširno knjižnico funkcij in je primeren za dokumentiranje.

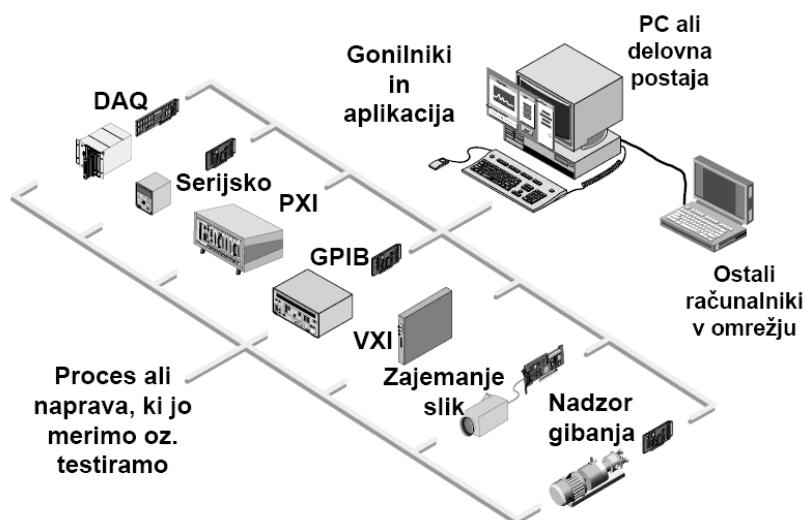
Spodnji del slike prikazuje čelno ploščo sistema, ki jo enostavno sestavimo in imenujemo uporabniški vmesnik. Za uporabniški vmesnik imamo obširno knjižnico elementov za kontrolo in indikacijo.



Digitalizacija signala

Računalniška strojna oprema ima navadno dodatno kartico, ki vsebuje vhodno-izhodne enote za digitalno krmiljenje in A/D in D/A pretvornike. Velikost sistema narekuje obširnost in kvaliteto teh vhodno izhodnih enot.

Mnogokrat uporabimo tudi klasične instrumente kot samostojne enote in jih povežemo v mrežo s posebnimi vodili, ki so primerna za merilno tehniko. Omenimo le nekaj klasičnih, kot so: RS232, RS422 in RS485 (serijska vodila), posebej v merilni tehniki poznamo IEEE488 (GPIB) in druga. Ta vodila povezujejo elektroniko ali elektronski instrument z računalnikom kot osrednjo procesno enoto.

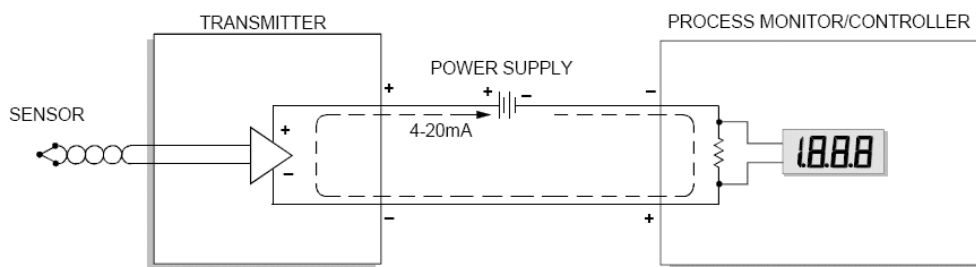


Povezave merilnih instrumentov (vodila – BUS)

Tokovna zanka 4-20 mA

Tokovna zanka 4-20 mA je široko uporabljena metoda za prenos informacij od ene postaje

(oddajnik) do druge postaje (sprejemnik). Torej, ta sistem omogoča le dve postaji. Tipični sistem tokovne zanke je namenjen temperaturnemu območju od 0 do 100 oC za tokovno območje 4 mA do 20 mA. Zanka (dve žici) je narejena med oddajnikom in sprejemnikom. Oddajnik vsili določen tok (regulirani tokovni generator) v zanko. Sprejemnik meri padec napetosti na upor v zanki. Ta metoda uporablja tokovno signaliziranje namesto napetostnega, zato je relativno neobčutljiva na potencialne razlike med oddajnikom in sprejemnikom. To ima podoben učinek kot diferencialno (uravnoteženo) napetostno signaliziranje pri RS-422 in RS-485, ki prav tako zahteva dve žici. Druga značilnost te metode je, da primarno ni digitalna, kot jih običajno uporablja večina senzorskih mrež.

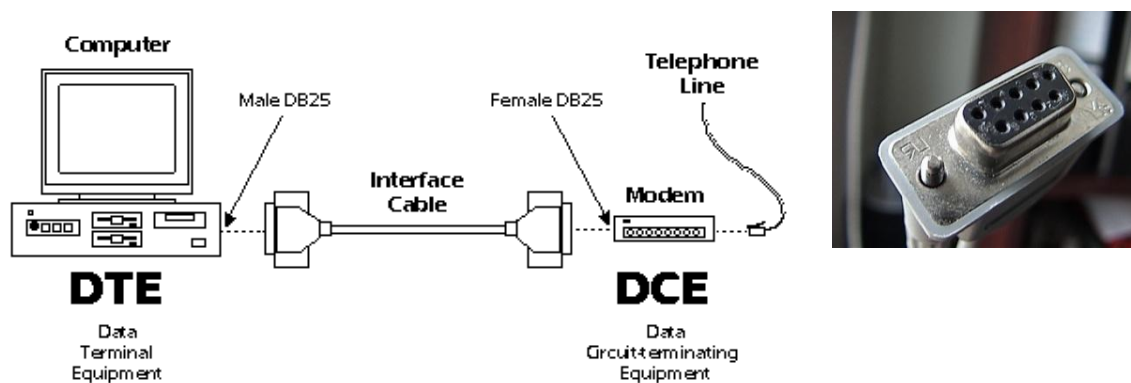


Merjena veličina se lahko zvezno spreminja v območju od 4 mA do 20 mA, zato lahko naravno lažje predstavlja analogno kot digitalno veličino. Druga značilnost te metode je, da lahko zaključenost (integriteto) zanke preverjamo. Če je zanka neprekinjena, za dobro

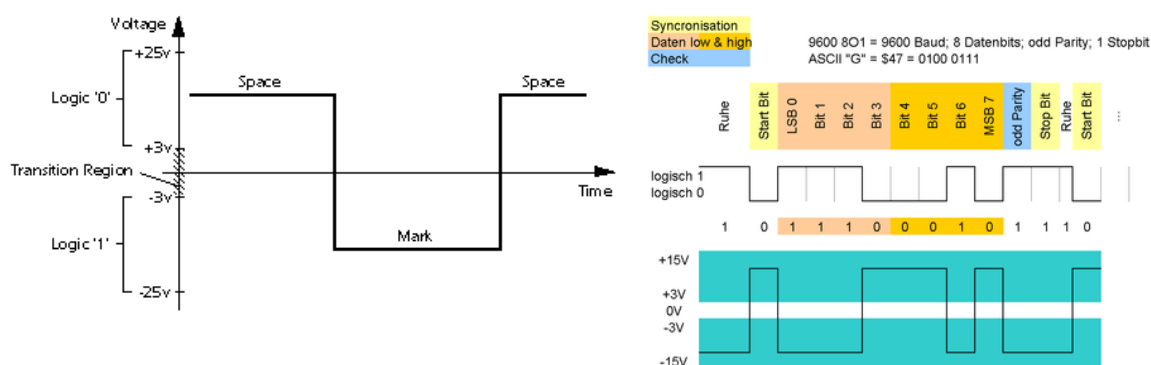
delovanje tok ne sme pasti pod 4 mA. Če se tok približa vrednosti 0 mA, sprejemnik zaključi, da je prišlo do napake oziroma, da je zanka morda prekinjena. Ta sistem se veliko uporablja v različnih sistemih avtomatizacije industrijskih procesov (na primer naftnih rafinerijah) za povezavo senzorjev (oddajnikov) z nadzornimi računalniki. Ker je ena postaja vedno oddajnik, druga pa vedno sprejemnik, te vrste komunikacij spadajo k enosmernim (*unidirectional*) ali pa pol *dvosmernim* (half duplex) komunikacijam.

Serijsko vodilo - RS232

RS232 so serijska oz. zaporedna vrata za povezovanje računalnika z perifernimi napravami. Standard so razvili leta 1969. V začetku je bil namenjen za prenašanje podatkov med strežnikom in terminali (DTE (Data terminal equipment) - DCE (Data Circuit-terminating Equipment)). Če so se podatki prenašali po telefonskih linijah, je bil na RS232 priključen modem. Danes se v glavnem uporablja za priključitev vmesnikov za zajem podatkov in upravljanje zaradi preprostega programiranja. V sodobnem računalniku pa ga zaradi svoje univerzalnosti in hitrosti prenosa močno izpodriva USB. Leta 1997 se je RS232 preimenoval v EIA232(Electronic Industries Alliance).

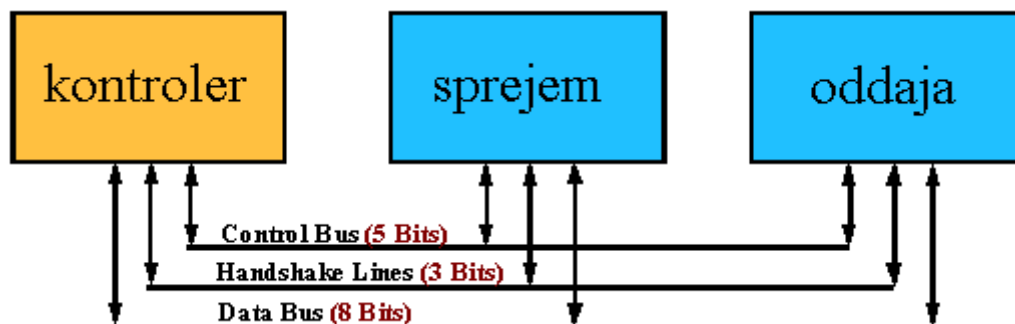


Logični nivoji podatkov, ki jih prenašamo so od -25 V do +25 V (običajno -12V do +12 V), pri čemer je logična ničla med +3 V do +25 V in logična ena med -3 V in -25 V.

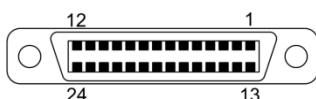


Paralelno vodilo – GPIB

(IEEE 488, IEC 625, HP-IB, ANSI MC 1.1)



Paralelno vodilo GPIB (General Purpose Interface Bus) ali IEEE488 (Institute of Electrical and Electronics Engineers), kot mnogokrat zasledimo v podatkih instrumentov, ki so podprti s tem vodilom. Standard je bil izoblikovan v letu 1960 v podjetju Hewlett Packard za potrebe povezav njihovih instrumentov. Vodilo prenaša 8 bitov vzporedno in še 5 kontrolnih bitov ter 3 bite za ročno kontrolo. Konektor je 24 pinski Aphenol. Uporabimo lahko do 20 m dolg kabel.



USB vodilo

USB - Univerzalno serijsko vodilo (angleško Universal Serial Bus) je večnamensko vodilo, namenjeno priklopu različnih naprav na računalnik. Naenkrat lahko priključimo do 127 naprav. Naprave z manjšo porabo električne moči se lahko napajajo kar iz tega vodila. Operacijski sistem sam poskrbi za nalaganje gonilnika, ko priključimo napravo na osebni računalnik oziroma pri prvem priklopu zahteva zgoščenko z gonilniki. Prenos poteka po štirižilnem kablu (ozemljitev, napajanje +5 V in parica za prenos podatkov). Hitrosti vmesnika USB so med 1,5 in 12 Mbps, novejša različica USB2 pa zmore delovati z višjo hitrostjo 480 Mbps.

Tipalo merjene veličine

Senzorji ali tipala zaznajo merjeno veličino in jo pretvorijo v električno veličino, zato jim tudi rečemo pretvorniki. Veliko je sistemov in možnosti pretvorb, omenili bi jih le nekaj izrazitih.

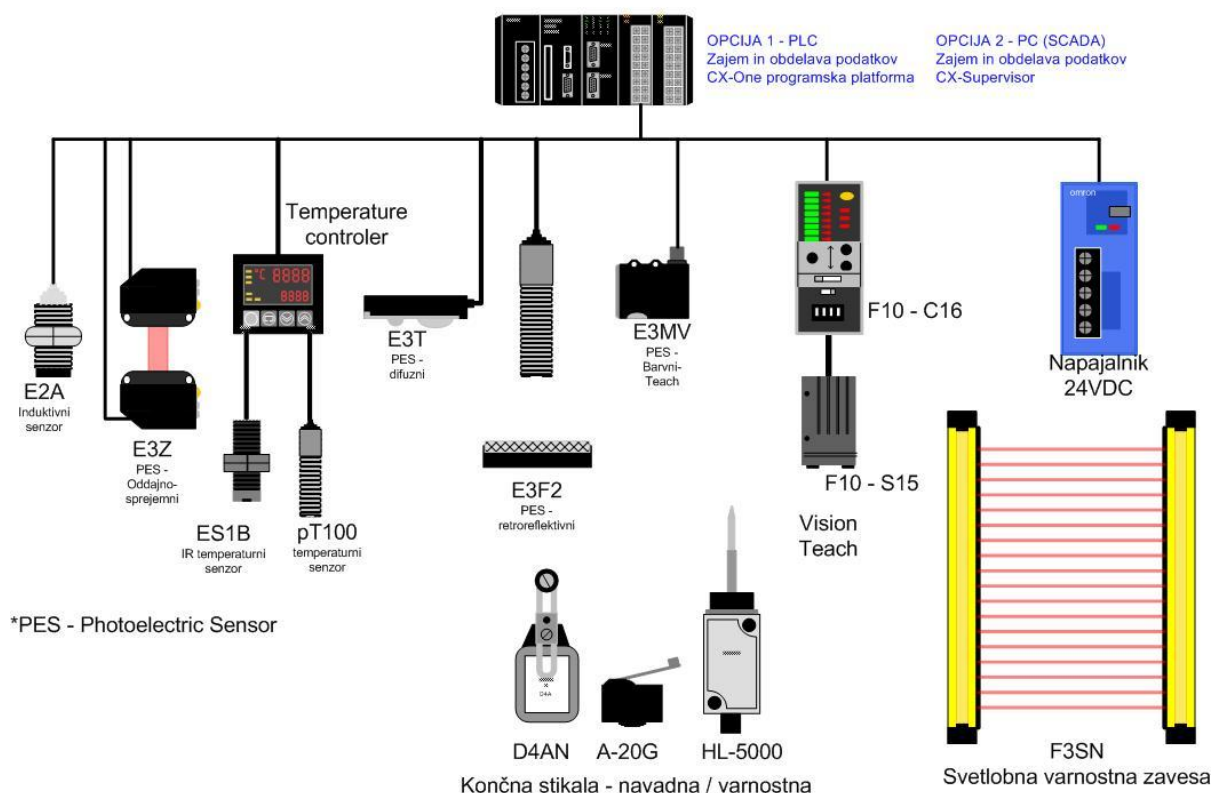
Principi delovanja pretvornikov temeljijo na lastnosti ali veličini:

- kapacitivnost
- induktivnost in elektromagnetizem
- upornost in temperaturna odvisnost
- Hallov efekt
- Piezoelektrični efekt
- fotoelektrični
- fotouporovni
- Dopplerjev efekt

Senzorji omogočajo velik razpon meritev na vseh področjih delovanja znanosti: od fizike, kemije in medicine. Raziskave in razvoj na področju pretvornikov in merilne tehnologije je zelo dinamičen, stalno se pojavljajo novi načini in izboljšave na že osvojenih tehnologijah. Med novejšje izboljšave na področju merilnih pretvornikov je integracija vezij za procesiranje signalov skupaj z merilnim pretvornikom v celoto, kar poznamo pod imenom inteligentni merilni pretvorniki. Z izbiro merilnega pretvornika je poleg vprašanja o ceni, potrebno odgovoriti tudi vprašanja glede:

občutljivosti sistema, merilnega območja, vhodne upornosti in popačenja, frekvenčnega območja, izhodne impedance, energijske porabe, šuma, napake in natančnosti, preciznosti, kalibracije in okoljske prilagojenosti.

SENZORSKA PLATFORMA



LITERATURA

BERGELJ Franc: Meritev 1.del, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, 2004

BERGELJ Franc: Meritev 2.del, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, 2005

BERGELJ Franc: Osnove meritev, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo, Ljubljana, 1992

Orehek Anton: Merilniki in merilne metode v elektroniki, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 1998

Pozne Anton: Električne meritve I.del, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo, Ljubljana, 1995

Trontelj Janez: Meritve v elektroniki, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo, Ljubljana, 1992

Mavsar Ivan: Električne meritve, Srednja šola tehniških in zdravstvene usmeritve, Novo mesto, 1991

Mlakar Franc: Splošne električne meritve, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo, Ljubljana, 1996

Schmusch Wolfgang: Elektronische Messtechnik, Wurzburg, Vogel, 2001

Kocjančič Slavko: Merjenje in krmiljenje z računalnikom, Ljubljana, 2001 (Študijsko gradivo za študente Pedagoške fakultete v Ljubljani)

Svetovni splet:

Iskra MIS, d.d. <http://www.iskra-mis.si/index.php?id=112&L=1>

ISKRAEMECO

<http://www.iskraemeco.si/emecoweb/slo/company/fact.htm>

Višja strokovna šola Novo mesto

<http://www.sc-nm.com/scnm/portal/visja/4200/sl-SI/DesktopDefault.aspx>

Senzorji (Univerza Maribor)

<http://leoss.feri.uni-mb.si/senzorji.html>

Meritve (Univerza Maribor, ...)

http://labie.uni-mb.si/predmeti_mikola/meritve.html

<http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/electro/lissajou.html>

Reklamni material: <http://www.keyence.com/usa.php>, ...

http://wiki.fmf.uni-lj.si/wiki/Glavna_stran, http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page,

Senzorji:

<http://www3.sea.siemens.com/step/templates/lesson.mason?sensors:1:1:1>