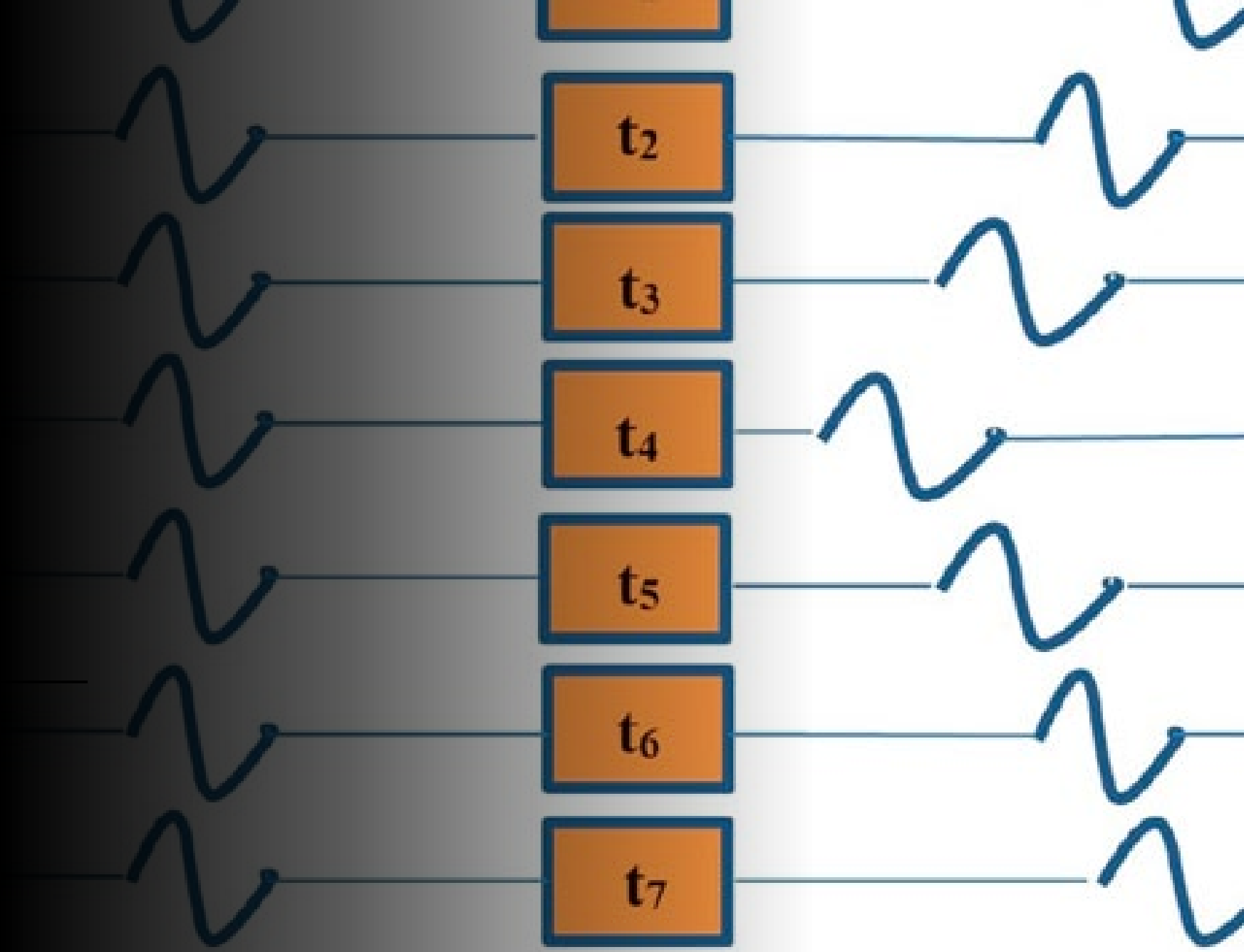
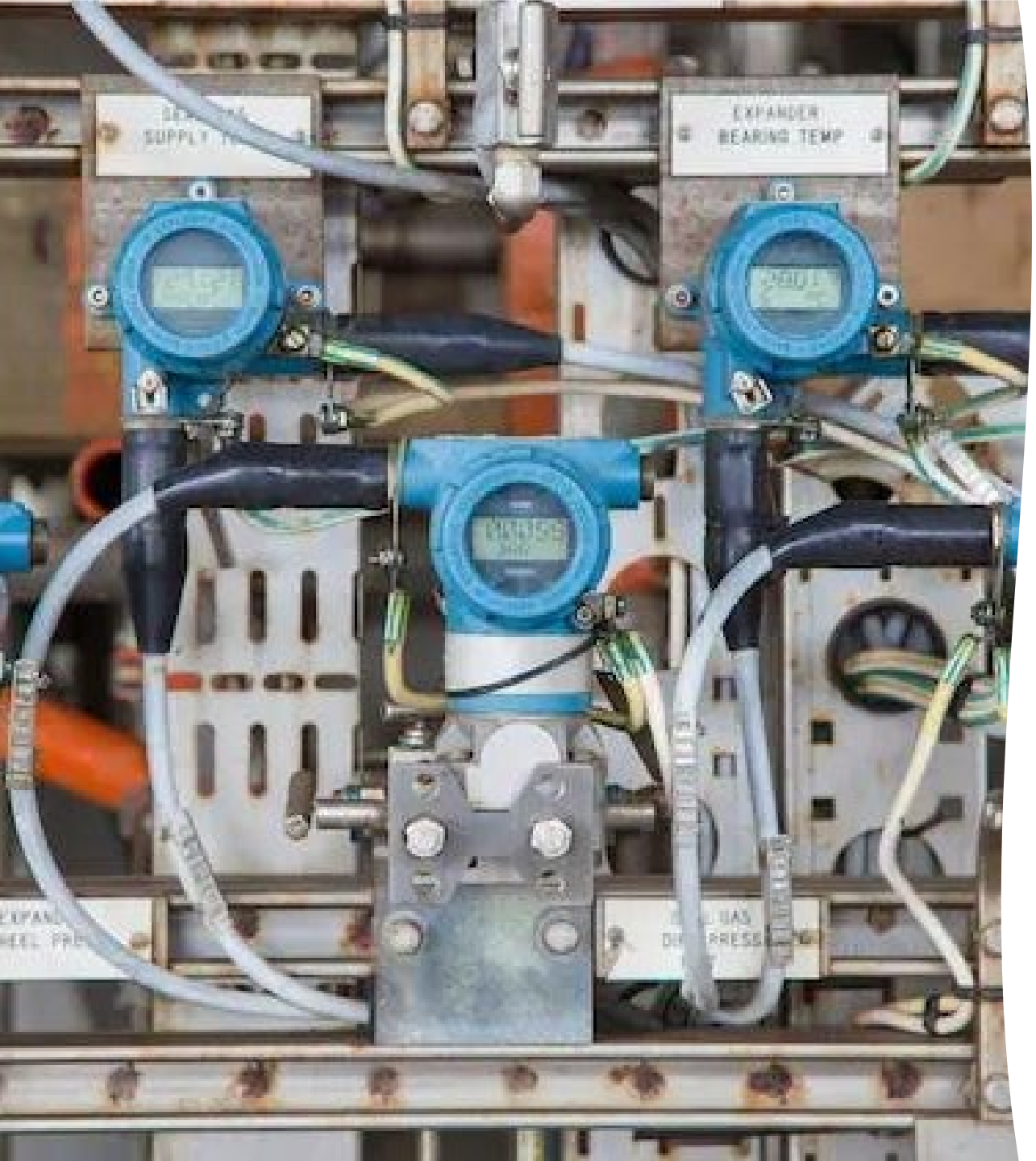
PRETVARAČI

Akvizicija i obrada podataka



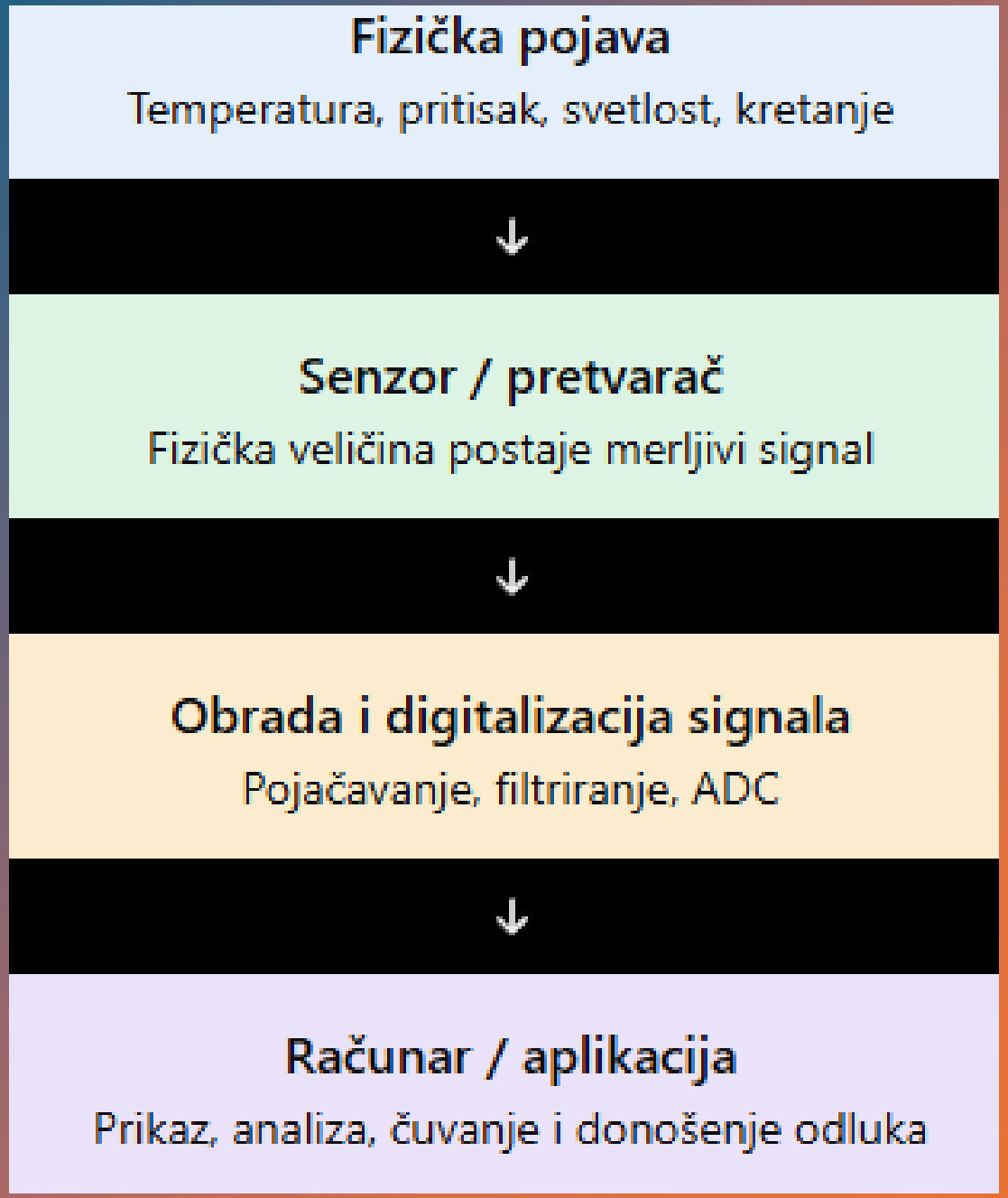
This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY



- Pretvarači su uređaji koji pretvaraju jednu fizičku veličinu ili oblik energije u drugi, pogodan za merenje, prenos, obradu ili upravljanje.

Primeri:

- Temperaturni pretvarač pretvara temperaturu u električni signal.
- Pretvarač pritiska pretvara pritisak u napon ili struju.
- Fotoelektrični pretvarač pretvara svetlost u električni signal.
- Analogno-digitalni konvertor pretvara analogni signal u digitalni zapis.



• Uloga pretvarača u akviziciji podataka

- Akvizicija podataka predstavlja proces prikupljanja, pretvaranja, digitalizacije i prosleđivanja podataka računarskom sistemu!!!!!

- Temperaturni senzor meri temperaturu prostorije, elektronsko kolo obrađuje signal, a računar prikazuje vrednost od 24,5 °C.

Razlika između senzora, pretvarača i konvertora

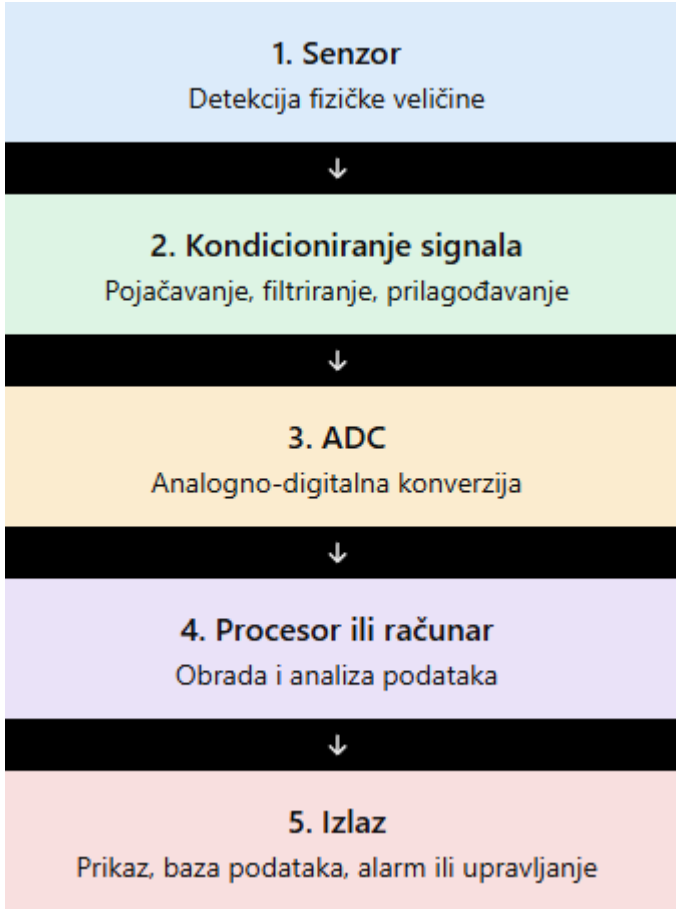
Pojam	Osnovna uloga	Primer
Senzor	Detektuje fizičku veličinu ili promenu	Fotoćelija detektuje svetlost
Pretvarač (transducer)	Pretvara fizičku veličinu ili energiju u drugi oblik	Pretvarač pritiska daje električni signal
Konvertor	Menja oblik ili reprezentaciju signala	ADC pretvara analogni napon u digitalnu vrednost

Važno je napomenuti da se u tehničkoj literaturi pojmovi senzor i pretvarač često preklapaju.

Savremeni senzorski moduli mogu sadržati senzorski element, elektroniku za obradu i digitalni interfejs u jednom uređaju.

Primer: Digitalni senzor temperature može direktno slati numeričku vrednost računaru, iako se unutar njega fizička temperatura najpre pretvara u električni signal.

Arhitektura sistema za akviziciju



Digitalni senzori često već imaju ugrađenu elektroniku i ADC, pa računaru šalju digitalne podatke.

Fizičke veličine i odgovarajući signali

Fizička veličina	Primer senzora ili pretvarača	Tipičan izlaz
Temperatura	Pt100, termistor, termopar	Otpor, napon
Pritisak	Piezorezistivni senzor	Napon ili struja
Svetlost	Fotodioda	Struja
Sila	Merni most sa mernim trakama	Mali diferencijalni napon
Ubrzanje	Akcelerometar	Analogni ili digitalni podatak
Položaj	Enkoder	Impulsi ili digitalni podatak
Vlažnost	Kapacitivni senzor	Analogni ili digitalni signal

Izbor pretvarača zavisi od fizičke veličine koja se meri, potrebne tačnosti, uslova okruženja i načina na koji će se podaci dalje obrađivati.

Klasifikacija pretvarača

Pretvarači se mogu klasifikovati prema različitim kriterijumima:

- Prema merenoj veličini: temperaturni, pritisni, optički, mehanički.
- Prema izlazu: analogni i digitalni.
- Prema principu rada: otpornički, kapacitivni, induktivni, piezoelektrični, termoelektrični i fotoelektrični.
- Prema potrebi za pobudom: samogenerišući i pobudom napajani.
- Prema primeni: laboratorijski, industrijski, medicinski, automobilski i UAV sistemi.

Primer: Termopar je termoelektrični pretvarač, dok je Pt100 otpornički temperaturni senzor.

Aktivni i pasivni pretvarači



Pretvarači kojima je potrebna pobuda
Zahtevaju spoljašnje napajanje ili mernu pobudu.
Primeri: Pt100, merni most sa mernim trakama.



Samogenerišući pretvarači
Ne zahtevaju spoljašnju električnu pobudu za stvaranje osnovnog mernog signala.
Primeri: termopar, piezoelektrični senzor.

Terminologija „aktivni” i „pasivni” nije potpuno ujednačena u svim oblastima.
Zato je preciznije navesti da li senzor sam generiše signal ili zahteva spoljašnju pobudu.

Osnovne karakteristike pretvarača

Karakteristika	Značenje
Merni opseg	Granice vrednosti koje uređaj može da meri
Osetljivost	Promena izlaza u odnosu na promenu ulaza
Tačnost	Bliskost izmerene vrednosti stvarnoj ili referentnoj vrednosti
Preciznost ponavljanja	Sličnost rezultata pri ponovljenim merenjima
Linearnost	Koliko izlaz prati idealnu linearnu zavisnost
Histereza	Razlika izlaza pri istoj ulaznoj vrednosti, zavisno od smera promene
Vreme odziva	Brzina reagovanja na promenu ulaza
Drift	Promena karakteristika tokom vremena

Analogni signali: napon i struja

Naponski izlaz
0–5 V
Primer: izlaz senzora proporcionalan merenoj veličini.
Prednost: jednostavna primena.
Ograničenje: pad napona i smetnje mogu uticati na merenje.

Strujni izlaz
4–20 mA
Primer: industrijski pretvarač pritiska.
Prednost: pogodan za prenos signala na većim udaljenostima i u okruženju sa smetnjama.
Vrednost 4 mA predstavlja donju granicu mernog opsega, a 20 mA gornju.

Otpornički pretvarači temperature



Dve česte grupe su:

- RTD senzori, poput Pt100, kod kojih otpor platine raste sa temperaturom u uobičajenom mernom opsegu.
- Termistori, kod kojih se otpor snažno menja sa temperaturom. Kod NTC tipa otpor opada sa porastom temperature.

Za određivanje temperature meri se električni otpor, a zatim se preko karakteristike senzora izračunava temperatura.

Prednosti: dobra osetljivost i široka primena.

Ograničenja: potreba za mernom strujom, mogućnost samozagrevanja i uticaj priključnih vodova.

Termoparovi

Termopar se sastoji od dva različita provodnika spojena tako da se, zbog temperaturne razlike, stvara mali termoelektrični napon.

Princip rada:

- Temperatura mernog spoja se menja.
- Nastaje promena termoelektričnog napona.
- Elektronski uređaj meri napon.
- Temperatura se izračunava na osnovu karakteristike termopara.
- Termoparovi se koriste za merenje veoma visokih temperatura, u pećima, motorima i industrijskim procesima.

Važno: Za tačno merenje potrebna je kompenzacija temperature referentnog spoja, poznata kao kompenzacija hladnog spoja.

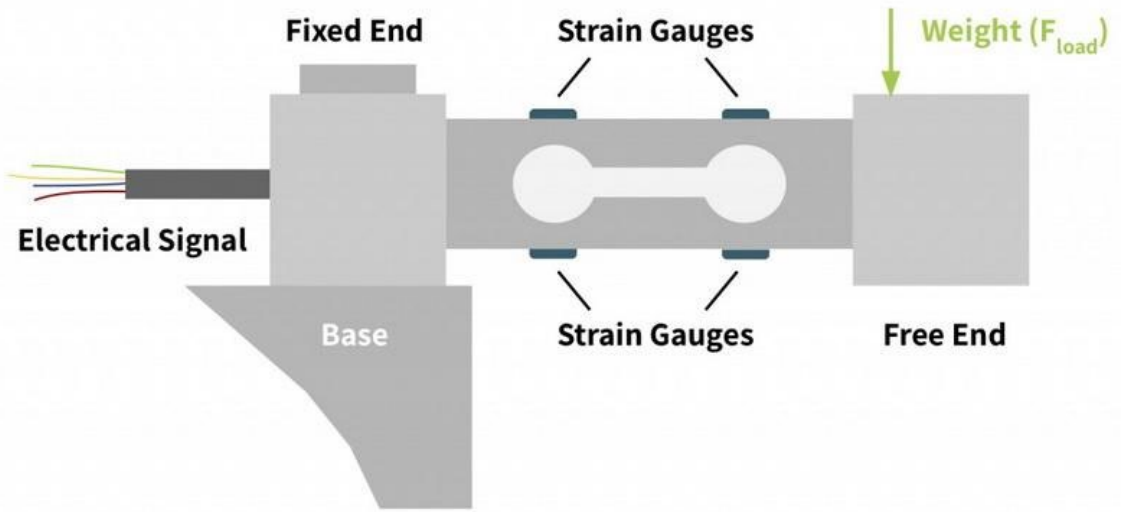


Pretvarači sile i pritiska

- Kod čestih pretvarača sile i pritiska koristi se piezorezistivni princip: mehaničko opterećenje izaziva deformaciju materijala i promenu električnog otpora.
- Merni most može pretvoriti veoma malu promenu otpora u diferencijalni napon koji se zatim pojačava.

Primeri primene:

- Vaga za merenje mase.
- Senzor pritiska u hidrauličnom sistemu.
- Merenje sile na industrijskoj mašini.
- Nadzor pritiska u cevovodu.



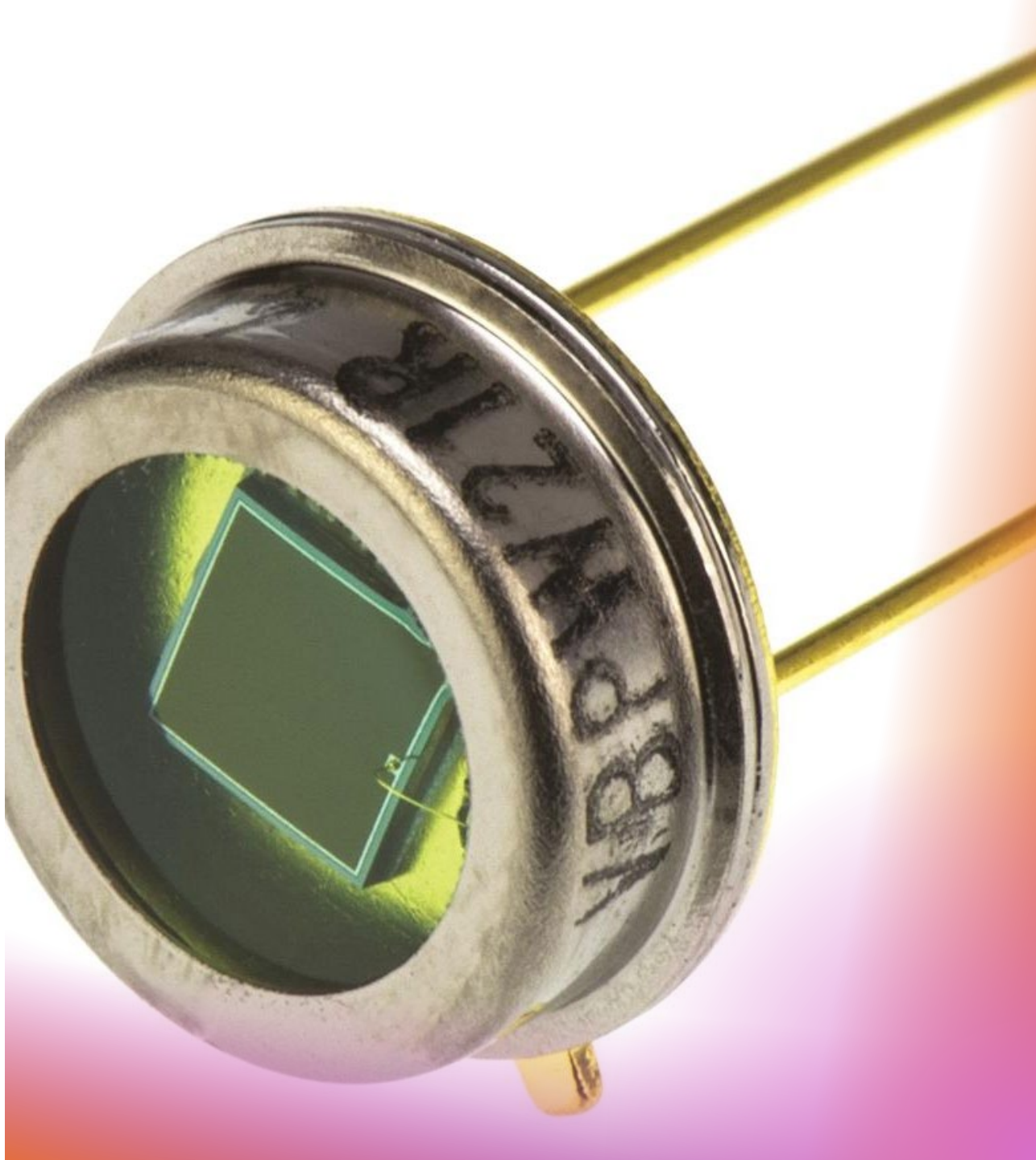
Optički pretvarači

Optički pretvarači koriste svetlost kao ulaznu veličinu ili kao deo mernog postupka.

Najčešći primeri su:

- Fotodioda: pretvara svetlost u električnu struju.
- Fototranzistor: daje električni izlaz koji zavisi od osvetljenja.
- CMOS senzor slike: pretvara optičku sliku u električne signale koji se digitalizuju.
- Infracrveni senzor: detektuje infracrveno zračenje, u skladu sa konstrukcijom i namenom senzora.

Primena: automatsko osvetljenje, brojanje objekata, industrijska kontrola, kamere i sistemi za daljinsko posmatranje.



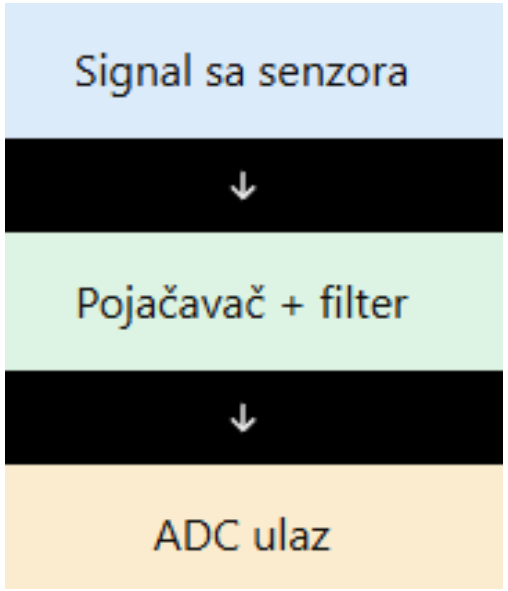


Pretvarači kretanja i položaja

Tri važne vrste su:

- Akcelerometar: meri ubrzanje.
- Žiroskop: meri ugaonu brzinu.
- Enkoder: daje informaciju o položaju ili pomeranju, često u obliku impulsa ili digitalnog koda.
- Akcelerometri i žiroskopi često su objedinjeni u IMU jedinici (Inertial Measurement Unit).

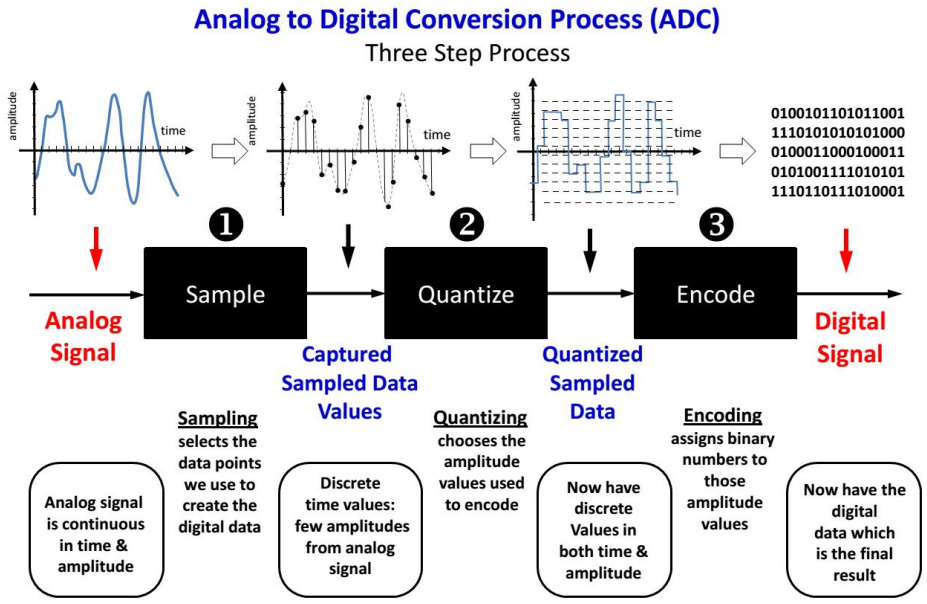
Primer: IMU u bespilotnoj letelici pruža podatke o kretanju i orijentaciji koji se koriste u sistemu stabilizacije i navigacije.



• Kondicioniranje signala

Signal sa senzora nije uvek odmah pogodan za digitalizaciju. Može biti preslab, sadržati šum ili imati opseg koji nije usklađen sa ulazom ADC-a.

- Kondicioniranje signala obuhvata:
- Pojačavanje slabog signala.
- Filtriranje neželjenih frekvencija.
- Galvansku izolaciju kada je potrebna.
- Linearizaciju karakteristike senzora.
- Prilagođavanje naponskog ili strujnog opsega.
- Zaštitu ulaza elektronskog sistema.



Note: “Discrete time” corresponds to the timing of the sampling.

Analogno-digitalni konvertori (ADC)

ADC (Analog-to-Digital Converter) pretvara analogni signal u digitalnu vrednost koju računar može da obrađuje.

Proces se može objasniti kroz tri koraka:

- Uzorkovanje: merenje signala u određenim vremenskim trenucima.
- Kvantizacija: dodeljivanje izmerene vrednosti najbližem nivou koji konvertor može da predstavi.
- Kodiranje: predstavljanje izabranog nivoa digitalnim kodom.

•Rezolucija ADC-a

- Rezolucija određuje broj različitih digitalnih kodova koje ADC može da predstavi.
- Za N-bitni ADC broj kodova je:

$$L = 2^N$$

Za idealni ADC sa ulaznim opsegom od 0 do 10 V i rezolucijom od 12 bita:

$$L = 2^{12} = 4096$$

Približan korak kvantizacije iznosi:

$$\Delta V = \frac{10\ \text{V}}{4096} \approx 2{,}44\ \text{mV}$$

Uzorkovanje i aliasing

- Analogni signal je kontinuiran u vremenu, dok digitalni sistem raspolaže vrednostima izmerenim u određenim trenucima.
- Frekvencija uzorkovanja predstavlja broj uzoraka u sekundi.
- Prema Nyquist–Shannonovoj teoremi, za idealno rekonstruisanje signala ograničenog na frekvencije do fmax, frekvencija uzorkovanja mora biti veća od dvostruke najveće frekvencije signala:

$$f_s > 2f_{\max}$$

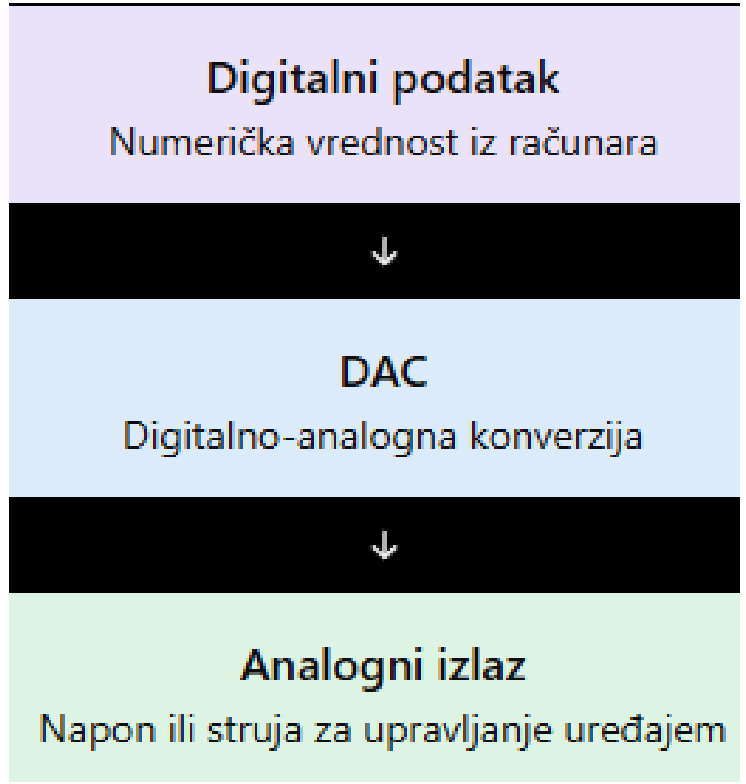
- Ako se signal uzorkuje presporo, može doći do aliasinga — pojave da se signal predstavi kao drugačija frekvencija od stvarne.

Primer: Za pravilno digitalno beleženje signala čija je najveća relevantna frekvencija 100 Hz, potrebno je uzorkovanje iznad 200 uzoraka u sekundi, uz odgovarajuće filtriranje i praktičnu rezervu.

Digitalno-analogni konvertori (DAC)

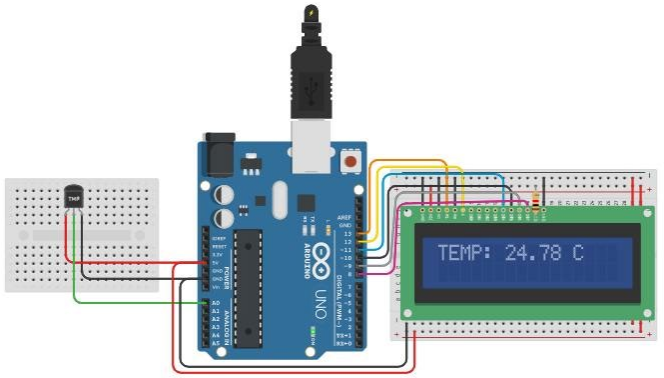
Primeri primene: generisanje zvuka, upravljanje naponom, industrijska automatizacija i zadavanje referentnih signala.

ADC i DAC imaju suprotne osnovne uloge: ADC uvodi analogne podatke u digitalni sistem, a DAC omogućava digitalnom sistemu da proizvede analogni izlaz.



• Arduino i temperaturni senzor

- Cilj je da mikrokontroler očitava temperaturu i prikaže rezultat.



Osnovni tok sistema:

- Senzor meri temperaturu.
- Senzor ili njegovo elektronsko kolo formira signal.
- Mikrokontroler očitava analogni ili digitalni izlaz.
- Program preračunava sirovu vrednost u temperaturu.
- Rezultat se prikazuje na računaru ili displeju.

Kod analognog senzora program mora poznavati odnos između izlaznog napona i temperature. Kod digitalnog senzora taj preračun može biti već obavljen unutar senzora.

Pretvarači u UAV sistemima

U bespilotnim letelicama različiti senzori prikupljaju podatke potrebne za navigaciju, snimanje i analizu prostora.

- RGB kamera: registruje vidljivu svetlost i formira slike.
- Termalna kamera: registruje infracrveno zračenje u svom spektralnom opsegu.
- GNSS prijemnik: obezbeđuje podatke o položaju i vremenu.
- IMU: meri ubrzanje i ugaonu brzinu.
- Barometarski senzor: procenjuje promene pritiska koje se mogu koristiti za procenu visine.
- Podaci se mogu kombinovati radi georeferenciranja snimaka, izrade prostornih modela i detekcije anomalija.

Važno: Termalna kamera ne meri automatski apsolutnu temperaturu svakog objekta bez dodatnih pretpostavki. Na rezultat utiču kalibracija, emisivnost, atmosfera, udaljenost i podešavanja uređaja.



Digitalni senzori i komunikacioni interfejsi

Interfejs	Osobine i tipična primena
I^2C	Dve signalne linije; često se koristi za senzore na štampanoj ploči
SPI	Brz serijski prenos; čest kod senzorskih modula i memorija
UART	Serijska komunikacija između uređaja
RS-485	Diferencijalni prenos pogodan za industrijska okruženja
USB	Povezivanje uređaja sa računarom

Digitalni senzor može slati rezultate merenja kroz standardizovan komunikacioni interfejs.

Primer: Digitalni senzor temperature može poslati podatak od 24,5 °C preko I^2C interfejsa. Računar tada prima digitalnu vrednost umesto da neposredno meri analogni napon senzorskog elementa.

Kriterijum	Pitanje pri izboru
Merni opseg	Koje minimalne i maksimalne vrednosti očekujemo?
Tačnost	Kolika je dozvoljena greška?
Osetljivost	Koliku promenu ulaza treba registrovati?
Vreme odziva	Koliko brzo senzor mora reagovati?
Okruženje	Da li postoje vlaga, vibracije, prašina ili ekstremne temperature?
Izlaz	Da li sistem prima napon, struju ili digitalne podatke?
Integracija	Kako se senzor povezuje sa računarom ili mikrokontrolerom?
Cena i održavanje	Koliki su troškovi nabavke, kalibracije i zamene?

Kako izabrati odgovarajući pretvarač?

Izbor pretvarača treba zasnivati na zahtevima primene, a ne samo na ceni ili deklarisanoj tačnosti.

Primer: Za industrijsko merenje pritiska na većoj udaljenosti često je pogodan pretvarač sa izlazom 4–20 mA. Za povezivanje senzora na mikrokontroler može biti praktičniji digitalni senzor sa I^2C ili SPI interfejsom.

Pitanja

- Koja je razlika između senzora i ADC-a?
- Zašto je ponekad potrebno pojačati signal pre digitalizacije?
- Šta znači rezolucija ADC-a od 12 bita?
- Zašto industrijski sistemi koriste strujni izlaz 4–20 mA?
- Koje senzore koristi UAV za snimanje i navigaciju?
- Zašto visoka rezolucija ne garantuje i visoku tačnost merenja?