

- METROLOGIJA
- PROCES I PROCESNE VELIČINE
- MERNI PRETVARAČI
- MERNI SISTEM

# Metrologija-nauka o merenju i njen značaj

Nauka o merenju ili metrologija je specijalizovani deo pojedinih prirodnih i tehničkih nauka koji se bavi metodama merenja fizikalnih veličina, razvojem izradom mernih uređaja, reprodukcijom i pohranjivanjem mernih jedinica, te svim ostalim aktivnostima koje omogućavaju merenje i usavršavanje mernih postupaka.

- Merenje predstavlja skup aktivnosti čiji je cilj dobivanje vrednosti merne veličine (fizičke veličine).
- Značaj merenja kao praktične tehničke delatnosti od prvenstvene je važnosti kako u svakodnevnom životu tako i u svim područjima privrede i nauke. Kuda god krenemo susrećemo se sa merenjem.
- Količine aktivnih supstanci u medicini, merenja na uzorcima krvi, kao i efekti hirurškog lasera moraju biti precizni kako zdravlje pacijenta ne bi bilo ugroženo.

- Skoro da je nemoguće opisati bilo koju pojavu bez oslanjanja na merenje: meri se težina pisma, sobna temperatura, pritisak u gumama itd.
- Postoje različite delatnosti koje direktno zavise od merenja.
- Značaj merenja kao praktične tehničke delatnosti od prvenstvene je važnosti kako u svakodnevnom životu tako i u svim područjima privrede i nauke.

- Tako npr. u USA u 1978. godini je procenjeno da je izvršena  $2 \cdot 10^9$  merenja svakog dana, odnosno 100 merenja po stanovniku. U Evropi i USA se za procese merenja potroši 6 % bruto nacionalnog dohotka (GDP).
- Metrologija je postala dio naše svakodnevnice. Kuda god se krene susreće se merenjem.

- Industrijska proizvodnja zahteva česta merenja.
- U tehničkoj dijagnostici se vrše merenja u cilju utvrđivanja stanja tehničkih sistema.
- Nakon konstrukcije novog proizvoda vrše se ispitivanja karakteristika prototipnog rešenja.

- Kontrola i merenje se vrše u svrhu automatskog upravljanja procesima.
- Bez merenja se ne može zamisliti kontrola kvaliteta proizvoda kao uslova za njegovu prodaju.

- Eksperimentalna ispitivanja i studiozna analiza rezultata ispitivanja, su bitni uslovi za uspešan i brz razvoj nauke.
- Pomoću eksperimenata formiraju se i nova otkrića u nauci .
-



- U svakom eksperimentu merenja imaju veoma značajnu ulogu.
- Bez merenja eksperimenti bi imali daleko manji značaj.
- Ona daju uslove za daleko bolje i studiozno razmatranje pojava.

- Neophodnost velikog broja eksperimenata, zahtjeva uvek i obimna i mnogobrojna merenja.
- Danas nije pitanje samo izmeriti neku veličinu, već je isto tako važno i kako je izmeriti, da bi se rezultati dobili najpovoljnijim putem.

- Ogroman progres tehnike i tehničkih nauka zahtevao je i odgovarajući razvoj metoda merenja i instrumenata i prateće opreme koja se koristi za merenje.
- Mnoge oblasti nauke razvile su se tek kada je ostvarena odgovarajuća mogućnost merenja. I u tom području ostvaren je ogroman progres.
- Novi metodi merenja razvijeni u fizici, pokazali su se odlučujućim u razvoju tehnike. Mnoge oblasti savremene tehnike razvile su se zahvaljujući novim mogućnostima merenja.

- Osnovna delatnost laboratorija je merenje, iz čega proizilaze nova naučna saznanja u različitim oblastima delatnosti.
- Merenja čiji se rezultati koriste u naučne svrhe treba ponavljati određeni broj puta.

- Laboratoriji služe da bi se merenjem potvrdile ili proverile odabrane ili željene veličine nekog proizvoda.
- Na rezultat merenja mogu uticati i spoljni faktori. Zato ih je potrebno održavati na konstantnom nivou.

- Merenja koja se provode u svrhu kontrole ili utvrđivanja kvantitativnog nivoa nekog radnog parametra ili neke veličine gotovog proizvoda ne zahtevaju isti niz radnji koje se moraju provesti kod merenja za istraživačke svrhe.
- Faktori spoljne okoline kod proizvodnih merenja mogu se zanemariti ukoliko ne utiču na rezultat merenja.

- Industrijska proizvodnja zahteva česta i različita merenja .
- Nakon konstrukcije novog proizvoda vrši se ispitivanje karakteristika prototipnog rešenja.
- Praćenje toka proizvodnje i određivanje škarta određuje se korištenjem merenja uz korištenje namenske konvencionalne ili specijalne merne opreme.
- Bez merenja se ne može zamisliti kontrola kvaliteta proizvoda kao osnovnog uslova za njegovu prodaju zadovoljenje potreba i želja kupca.

- Kao i svaki odgovoran posao, tako i poslove merenja, mogu ispravno vršiti lica teorijski i praktično kvalifikovana za takve poslove .
- Merenja mogu biti vrlo jednostavna i rutinska. Za takva merenja nije potrebna posebna obuka.
- Međutim, za složena merenja sa sofisticiranom opremom vršiocu moraju proći obuku i dobro poznavati metode i principe merenja.
- Posebno je važno da poznaju oblast u kojoj se vrše merenja.



- *Merenje sačinjava skup eksperimentalnih postupaka izvršenih u cilju određivanja vrednosti fizičkih veličina.*
- *Merenja daju kvantitativne odnose - podatke o stanju i zbivanjima u fizičkom svetu.*
- *Krajnji cilj uzimanja podataka ili informacija putem merenja je ovladavanje pojavama odnosno upravljanje u najopštijem smislu.*

- *Svrha merenja se, u najopštijem slučaju, može izraziti u:*
  - nastojanju čoveka da upravlja procesima u industriji i životnoj sredini, odnosno silama prirode;
  - principu: da bi se moglo upravljati prethodno se mora meriti:
  - logički: treba nastojati da se upravlja automatski svim onim čime se može upravljati manuelno.

# Zadaci i podela metrologije

Osnovni zadaci metrologije mogu se razvrstati na sledeće:

- razvoj generalne teorije merenja,
- utvrđivanje jedinica fizičkih veličina i njihovih sistema,
- razvoj pouzdanih etalona mernih jedinica metoda i postupaka njihovog čuvanja i reproduciranja,
- razrada metoda ocene greške merenja, stanja i tačnosti sredstava merenja i kontrole.

,

Prema oblastima kojima se bavi metrologija se deli na:

- metrologiju dužina, površina i uglova,
- metrologiju mase, sile i pritiska,
- metrologiju fizičko - hemijskih veličina,
- metrologiju električnih veličina.

,

# Metrologija se može podeliti na:

- opštu i
- primenjenu

- **Opšta metrologija** bavi se problemima merenja i kontrole povezanim sa svim metrološkim oblastima bez obzira koje se fizičke veličine mere i koja se merna sredstva koriste. Opšta metrologija se bavi pojmovima, pravilima i principima. Tako da su oblasti proučava: sistem jedinica merenja, greške merenja, metrološke karakteristike mernih sredstava, teorije i informacije o merenju.

- **Primenjena metrologija** se bavi problematikom merenja u jednoj jedinoj karakterističnoj oblasti. Tu spada merenje i kontrola poznate i definisane jedne ili više fizičkih veličina.

Oblast	Subpodručje	Važni mjerni standardi (etaloni)
1. Masa i pripadajuće veličine	Mjerenje mase Sila i pritisak	Standardi mase, standardi za balans-vage, ćelije opterećenja, momenta i momenta uvijanja sa uljem, gasom podmazivanim, sklop klipa i cilindra, mašine za testiranje silom
	Zapremina i gustoća Viskozitet	Stakleni areometri, laboratorijske posude, vibracioni densimetri, stakleni kapilani, viskozimetri, rotacioni viskozimetri, viskozimetarske skale
2. Elektricitet i magnetizam	Istosmjerne struje (digitalni konvertori)	Kriogeni strujni komparateri Džozefson i Klitzing Hallov efekat, referentne potenciometarske metode, komparatorski mostovi
	Naizmjenične struje	AC/DC konvertori, standardni kapacitori kapacitori, standardni induktori, kompenzatori
	HF	Termalni konvertori, kalorimetri, bolometri
	Visoka struja i visoki napon	Mjerni transformatori struje i napona, referentni visokonaponski izvori
3. Dužina	Talasna dužina i interferometrija	Stabilizirajući laser, interferometri, laserski interferometarski mjerni sistemi, interferometarski komparatori
	Dimenzionalna metrologija	Mjerne pločice, linijska skala, prstenovi, masteri, mjerni mikroskopi, optički standardi, CMM, laserski skenirajući mikroskopi, dubinski mikrometri
	Ugaona mjerenja	Autokolimatori, rotirajući stolovi, ugaoni blokovi, poligoni, nivelatori-libele
	Oblik	Upravnost, paralelnost pravougaonost, standardi za okruglost, cilindričnost
	Kvalitet površine	Standardi za hrapavost, mjerna oprema za hrapavost
4. Vrijeme i frekvencija	Mjerenje vremena	Cezijum atomski sat, oprema za mjerenje vremenskog intervala
	Frekvencija	Atomski sat, kvarcni oscilatori, laseri, elektronski brojači i sintetiseri (alati za geodetsko mjerenje dužine)
5. Termometri	Mjerenje temperature kontaktom	Gasni termometri, ITS 90, otpornički termometri, termoelementi
	Bez-kontaktno mjerenje temperature	Visokotemperaturna crna tijela, kriogeni radiometri, pirometri, Si-fotodiode



	Vlažnost	Elektronički higrometri, generatori temperaturene vlažnosti dvostrukog pritiska
Oblast	Subpodručje	Važni mjerni standardi (etaloni)
6. Jonizirajuća radijacija i radioaktivnost	Apsorbovana doza - Industrijski proizvodi visokog nivoa	Kalorimetri, kalibrirane doze, Diskromatski dozimetar
	Apsorbovana doza – Medicinski proizvodi	Kalorimetri, jonizirajuće komore
	Zaštita od radijacije	Jonizirajuće komore, nivo radijacionih /polja proporcionalno i drugi brojači TEPC, neutronske spektrometri
7. Fotometrija i radiometrija	Optička radiometrija	Kriogeni radiometar, detektori, stabilizirajući laser, referentni izvori, referentni materijali – Au fiberi
	Fotometrija Kalorimetrija	Detektori vidljivog područja, Si fotodiode, kvantni efikasni detektori
	Optička vlakna	Referentni materijali - Au vlakna
8. Protok	Protok gasa (zapremina)	Rotirajući gas metri, turbinski gas metri, transfer metri sa kritičnim mlaznicama
	Protok vode (zapremina, masa i energija) Protok drugih tečnosti	Standardi zapremine, Coriolisovi standardi za masu, nivo metri, induktivni mjerači protoka, ultrazvučni mjerači protoka
	Anemometrija	Anemometri
9. Akustika ultrazvuk i vibracije	Akustična mjerenja	Standardni mikrofoni, kalibratori zvuka, mikrofoni
	Akcelerometri	Akcelerometri, transduceri sile, vibratori, laserski interferometri
	Akustička mjerenja u tečnostima	Hidrofoni
	Ultrazvuk	Ultrazvučni mjerači snage, radijacioni balanseri sile
10. Količine supstance	Hemija	referentni materijal
	Klinička hemija	
	Hemija materijala	Čisti materijali, referentni materijali
	Hemija hrane Biologija Mikrobiologija pH mjerenja	referentni materijali

# PROCES I PROCESNE VELIČINE

- *Proces je u najopštijem smislu transformacija mase i energije u nekom uređaju ili sistemu.*
- Kada se govori o procesima u industrijskoj proizvodnji onda se pre svega misli na automatizovane procese kretanja materijala i proizvoda.
- Najveći stepen automatizacije proizvodnje danas se odvija u procesnoj industriji.

# PROCES I PROCESNE VELIČINE

- *Procesna industrija obuhvata one grane kod kojih se transformiše znatna količina energije i kontinualno prerađuje velika količina materijala i proizvoda, što je i uslovalo potrebu za automatizacijom.*
- *To je pre svega proizvodnja energije i sirovina, a u razvijenom svetu i određenih proizvoda široke potrošnje.*
- *Procesna industrija se odvija u termoelektranama i toplanama a zatim u procesnu industriju spada proizvodnja metala, hemikalija, naftinih derivata, papira, cementa, tekstila, duvana i sl.*

# PROCES I PROCESNE VELIČINE

- Proces se karakteriše parametrima I promenljivima procesa.
- *Parametri procesa su veličine koje se u jednom procesu ne menjaju ali od njih zavise statičke i dinamičke karakteristike procesa.*
- Parametri procesa su na primer: zapremina skladišta, snaga agregata odnosno instalisana snaga, kapacitet proizvodne linije odnosno mogućnosti mašina.

# PROCES I PROCESNE VELIČINE

- Parametri procesa se određuju u investicionoj fazi tako da se u proizvodnom procesu uzimaju kao poznate konstante i ne mere se:
- *Promenljive procesa su veličine koje se u toku procesa mogu menjati, kao na primer: vlažnost, temperatura, koncentracija materijala, pritisak, zatim zalihe, odnosno količina materijala, viskozitet i sl.*

# PROCES I PROCESNE VELIČINE

- Proces je *stacionaran* ako se *promenljive* ne menjaju sa vremenom bez dodatnih spoljnih uticaja i *nestacionaran* ako se bar jedna promenljiva menja sa vremenom.
- Na proces deluju spoljni uticaji koji menjaju pojedine promenljive procesa i izazivaju odstupanje od željenog stacionarnog režima.
- Dejstvo ovih uticaja naziva se *poremećaj procesa* i *posledicaje promena kvaliteta* proizvoda.
- Poremećaj procesa se ustanovljava merenjem a ispravlja regulacionim delovanjem.

# PROCES I PROCESNE VELIČINE

- Tipične procesne veličine su: pomeraj, brzina, ubrzanje, sila, pritisak, protok, napon, struja, učestanost, pH vrednost, vlažnost, temperatura, količina mase, sastav materijala.

# MERNI PRETVARAČI

- Pretvarači vrše pretvaranje jednog oblika energije ili signala u određeni zahtevani drugi oblik energije ili signala.
- Sam pojam pretvarača (konvertora) je veoma širok i generalno obuhvata svaku promenu oblika energije ili signala. U praksi se, međutim, naziv pretvarač u energetici koristi za pretvaranje jednosmerne u naizmeničnu struju (DC/ AC konvertori) - invertorski pretvarači i pretvaranje energije jednog u drugi naponski nivo - jednosmerni pretvarači.
- U informacionim tehnikama, koje se zasnivaju na obradama signala, pretvarači vrše prevođenje signala iz jednog informacionog oblika u neki drugi (na primer analogno digitalni pretvarači) ili iz jednog energetskog oblika u drugi (na primer pretvarači neelektričnih u električne signale).



# MERNI PRETVARAČI

- Merni pretvarači su pretvarači signala i vrše pretvaranje merene veličine u pogodan signal koji sadrži merne podatke, odnosno mernu informaciju.
- „Merni pretvarač je uređaj koji prima informaciju u obliku fizičke veličine (njegova ulazna veličina) i u skladu sa određenim fizičkim zakonom pretvara je u informaciju u obliku iste te ili neke druge fizičke veličine" (definicija iz metrološkog rečnika).
- U mernoj i regulacionoj tehnici koristi se naziv davač, merni davač ili transdjuser (engl. transducer, nem. Messumformer, Geber).

# MERNI PRETVARAČI

- Postoji veliki broj različitih tipova davača koji imaju različita imena zavisno od prirode fizičke pojave koja je u osnovi njihovog funkcionisanja: davač linearnog pomeraja, ugla, brzine, ubrzanja; davač protoka; davač temperature; davač pritiska; davač nivoa i dr.
- Mereni signali su energetski slabi signala i zato se element ili deo mernog davača koji neposredno prima fizičku veličinu i pretvara je u veličinu pogodnu za merenje zove osetni element ili osetilo, senzor ili detektor (eng. sensor, detekting device, nem. Messfuler).

# MERNI PRETVARAČI

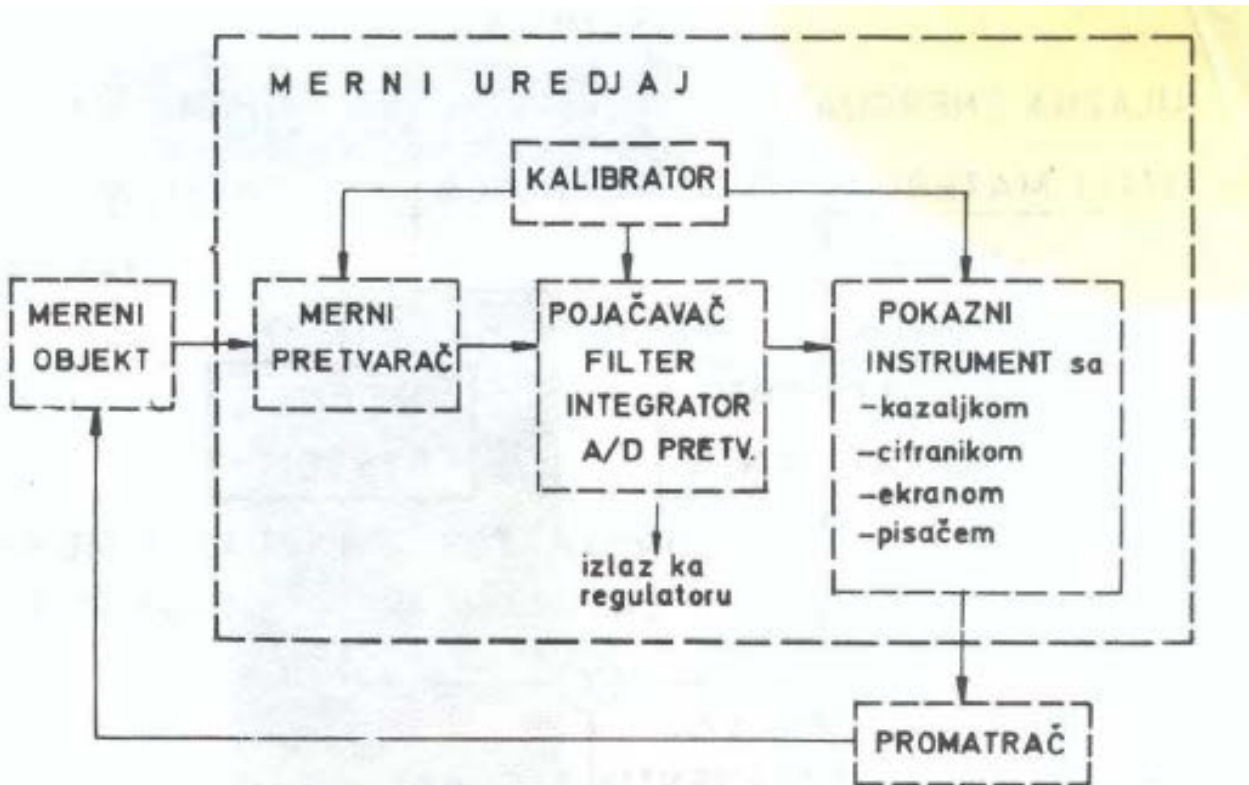
U tabeli nabrojani su primeri osetnih elemenata sa ulaznim i izlaznim veličinama.

Tabela 1.1. Primeri osetnih elemenata

Ulazna veličina	Osetni element	Izlazna veličina
Temperatura	Termospreg	Elektromotorna sila
	Tečni i gasni termometri	Pomeraj
	Otporni termometri	Promena otpornosti
	Pritisni termometri	Pritisak
Pomeraj	Induktivni pretvarač	Promena induktivnosti
	Potenciometar	Promena otpornosti
Kretanje/brzina	Elektrodinamički gener.	Napon
	Doplerski radar/ultrazvuk	Promena učestanosti
Protok	Venturimetar	Pritisak
	Termootporni protokomer	Promena otpornosti
Pritisak	Manometar	Kretanje tečne kolone
	Bardonova (Bourdon) sev	Pomeraj
Gasni pritisak	Piranijeva cev	Promena otpornosti
Sila	Uravnotežena opruga	Pomeraj
	Otporne trake	Promena otpornosti
	Piezo-električni senzor	Naelektrisanje
	Otporni higrometri	Promena otpornosti
Vlažnost	Otporni higrometri	Promena otpornosti
Osvetljaj	Foto ćelija	Napon
Radioaktivnost	Dozimetri	Napon
Koncentracija	Mas.NMR spektrometri	Promena spektra

# MERNI SISTEM

- *Merni sistem predstavlja skup elemenata pomoću kojih se ostvaruje funkcija merenja određenih fizičkih veličina. Za bliže upoznavanje najosnovnijih elemenata mernog sistema pogodna je uopštena funkcionalna šema na slici*



# MERNI SISTEM

- *Mereno objekt sadrži merenu fizičku veličinu.*
- Merena fizička veličine već rečeno, može biti: količina materije, sila, pritisak, temperatura, vlažnost, sastav materijala, napon, struja, učestanost i dr.
- *Merni pretvarači pretvaraju merenu veličinu u električni signal pogodan za dalju obradu. Električni signal se može dobiti neposrednim pretvaranjem merene veličine u električni signal.*

- U praksi se često koriste složeniji pretvarači kod kojih se merena veličina pretvara u električni signal posredno posle više pretvaranja.
- Tako se, na primer, Burdonova cev, koristi za pretvaranje pritiska u pomeraj a zatim se pomoću induktivnog pretvarača dobije elektromotorna sila.

# MERNI SISTEM

- Pojačivači signala se koriste zato što pretvarači obično daju na izlaz veličine čije su vrednosti suviše male da bi se odmah mogle koristiti i prikazivati. Zato se signali od osetnih elemenata prvo pojačavaju pre bilo koje dalje obrade.
- Pojačavači mernih signala se nekad moraju ugrađivati neposredno uz osetni element jer je signal koji on daje toliko mali da se, usled slabljenja u toku prenosa, na ulazu instrumenta nebi mogao detektovati.
- Pojačavač treba da samo poveća intenzitet signala a ne sme da utiče na oblik signal jer su u njemu sadržane vrednosti merene veličine.

- Promena oblika signala usled uticaja parazitnih signala, smetnji i uticaja parametara kola za obradu signala smanjuje ili uništava informaciju koju signal sa sobom nosi.
- Zavisno od vrste signala i zahteva pod kojim uređaji rade primenjuju se odgovarajući pojačavači.
- Postoje razvijeni pojačavači za skoro sve vrste signala: mehanički, hidraulični, pneumatski, optički i električni. Svi oni koriste potencijal dopunskog energetskog izvora.



# MERNI SISTEM

- *Filtar ima funkciju da odvoji mereni signal od drugih neželjenih signala. Nepoželjni signali se obično označavaju kao smetnje i šumovi. Postoje razvijeni mehanički, pneumatski i ogroman broj najrazličitijih tipova električnih filtara.*

# MERNI SISTEM

- *Integrator ima funkciju da izvrši određenu vrstu usrednjavanja mernog signala u cilju dobijanja dejstva neke veličine u određenom intervalu vremena ili u cilju eliminisanja, smetnji.*
- *Ovo se čini kada je neka pojava brzopromenljiva i kada nisu toliko bitne trenutne vrednosti već učinak na duži period odnosno srednje vrednosti i u slučaju kad su smetnje mnogo kraće pa se njihovim usrednjavanjem smanjuje i njihov uticaj.*

# MERNI SISTEM

- *A/D pretvarač (konvertor) vrši pretvaranje analognog u digitalni (cifarski) oblik signala. Pritom se teži očuvanju svih vrednosti koje predstavljaju informaciju o merenoj veličini.*
- *Ovo je razumljiva potreba obzirom na značaj digitalne tehnike ne samo za dalju analizu i obradu mernih signala već i u sklopu regulacione petlje upravljačkih sistema.*
- *Obradeni merni signal se prosleđuje regulacionom elementu u slučaju automatizovanog sistema ili na pokazni instrume u slučaju manuelnog upravljanja.*

# MERNI SISTEM

- *Pokazni uređaji u mernim sistemima daju merni signal u vizuelnom obliku i namenjeni su promatraču odnosno rukovaocu kao krajnjem korisniku.*
- Postoji analogan način prikazivanja pomoću skala i grafikona (pisači) ostavljaju trajne zapise – hard copy a na ekranima se vrše privremena posmatranja i digitalni pomoću alfanumeričkih prikazivača.

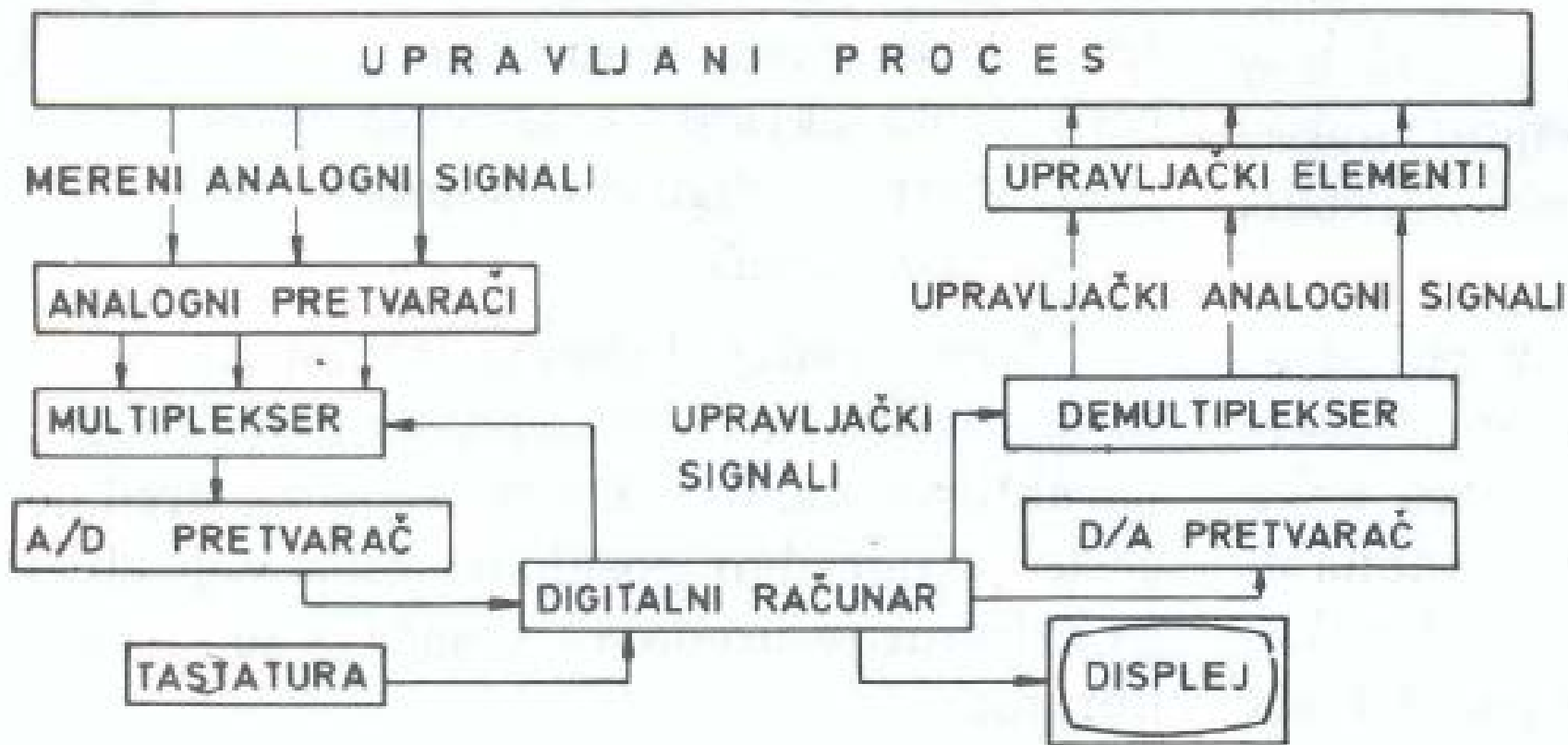
# MERNI SISTEM

- Merni uređaj obično sadrži na više mesta elemente za podešavanje nule i drugih karakteristika. U okviru mernog uređaja često je ugrađen poseban sklop koji služi za kalibraciju uređaja i označava se kao kalibrator.
- *Kalibracija (baždarenje ili umeravanje)* predstavlja postupak utvrđivanja stvarnog položaja znakova (eventualno samo izvesnih glavnih znakova) na merilu u funkciji odgovarajućih vrednosti merene veličine.
- To je postupak koji se obavlja u toku održavanja ili priprema mernog uređaja za rad.

- U savremenim mernim sistemima kao i u sistemima upravljanja veliki broj funkcija vrši digitalni računar sa kojim su značajno proširene mogućnosti pojedinih delova i sistema kao celine.

- Digitalni računar može da se koristi za merenje i upravljanje procesom koji obuhvata nekoliko ulaznih signala kao što su temperatura, pritisak, protok, koji su po prirodi analogni.
- Zbog toga se ovi signali pomoću *A/D pretvarača prvo prevode u digitalni oblik*.
- Multiplekser, kojim se upravlja iz računara, ima ulogu da napravi vremenski raspored signala, pošto je dovoljan jedan serijski ulaz i jedan *A/D pretvarač*.
- Pošto su oni u digitalnom, cifarskom obliku prevode se pomoću *D/A (digitalno - analognih) pretvarača* u analognu formu kako bi mogli da deluju na krajnje izvršne elemente analognog tipa, kao što su ventili i motori.

Na slici je data najopštija blok šema digitalnog računara u sistemu merenja i upravljanja



Digitalni računar u sistemu za merenje i regulaciju