

1. Communication System and Data Acquisition System Komunikacijski sistem i sistem za akviziciju podataka

Doc.dr.sc. Jasmin Velagić, Ph.D.

I. Sadržaj predmeta

1. Uvodno predavanje. Upoznavanje s kolegijem, ocjenjivanjem i načinom rada. Komunikacijski sistem i sistem za akviziciju podataka. Osnovni pojmovi o distribuiranim sistemima i sistemima za daljinsko vođenje: definicije, načelne strukture, primjeri primjena. Komunikacijske mreže i sučelja prema operaterima u distribuiranim sistemima upravljanja i sistemima daljinskog vođenja.
2. Arhitektura distribuiranih sistema upravljanja i nadziranja. Centralizirana arhitektura, distribuirana arhitektura sa pojedinačnim vezama i distribuirana mrežna arhitektura s redundantnom komunikacijskom sabirnicom. Komponente sistema upravljanja: lokalna procesorska jedinica (LPU), centralna procesorska jedinica (CPU), operatorsko sučelje (HMI – Human Machine Interface). Slojevita hijerarhijska arhitektura nadziranja i upravljanja. Razine upravljanog uređaja, upravljanja pojedinačnim funkcijama i petljama regulacije, vođenja procesa, nadzora procesa, planiranja i analize.
3. Uvodna razmatranja o komunikacijskim mrežama. Pregled i primjena komunikacijskih mreža u industriji. Tipovi komunikacijskih mreža: LAN, MAN, WAN i Internet. Topologije mreža i prijenosni mediji. Mrežni uređaji: koncentrator (hub), obnovitelj (repeater), premosnik (bridge), preklopnik (switch), usmjerenik (router), poveznik (gateway), mrežna kartica i modem.
4. Mrežni softver, slojevi, sučelja, protokol, fizički medij i usluge. Komunikacijski protokoli i referentni modeli. OSI referentni model i TCP/IP. OSI model sa dva i tri čvora, umrežavanje s premosnicima. IP protokol: svojstva, struktura zaglavlja, adresiranje i fragmentiranje poruke. ICMP, ARP, TCP, UDP protokoli. Usporedba OSI i TCP/IP/UDP protokola.

I. Sadržaj predmeta

5. Fizički sloj OSI referentnog modela. Topologije i načini prijenosa. Prijenosni mediji: električni, optički i bežični. Tipovi kabela u komunikacijskim mrežama: kabel sa upletenom paricom (twisted pair), koaksijalni kabel i optička vlakna. Analogni modulacija: amplitudna, frekvencijska i fazna. Base band, Carrier band i Broadband modulacije. Tipovi digitalnih modulacija u modemske komunikacijama: ASK, FSK, BPSK, QPSK, QAM. Sinhronizacija i kodiranje signala: Manchester, diferencijalni Manchester, Xerxes.
6. Podatkovni sloj OSI referentnog modela. Podslaj okvira: formiranje okvira, otkrivanje i ispravljanje grešaka. Kodovi otkrivanja grešaka i kodovi ispravljanja grešaka. Hammingova udaljenost. Paritetni bitovi, CRC (Cyclic Redundancy Check) i BCH kodiranje. Podslaj pristupa mediju. Podslaj logičkog upravljanja.
7. Podatkovni sloj, nastavak. Problem dodjeljivanja kanala. Protokoli sa statičkim dijeljenjem kanala: TDMA, FDMA i CDMA. Protokoli sa višepokušajnim pristupom: ALOHA, CSMA, CSMA/CD, MAC. Protokoli bez sukoba i protokoli sa ograničenim sukobom. MAC adresiranje. Međupovezivanje mreža i virtualizacija mreža. PPP adresiranje. ATM i MPLS separirane mreže.
8. Bežične komunikacije. Prijenosni mediji u bežičnim komunikacijama: radio valovi, mikrovalovi, infracrveni valovi, zvuk i svjetlost. Tehnologije bežičnog prijenosa: Bluetooth, IrDa, GPRS (UMTS), Wireless LAN, ZigBee i UWB. Upravljanje otvorenim i zatvorenim sistemom koji sadrže wireless mrežu. Načini spajanja na Wireless LAN mrežu. Analiza osjetljivosti na kašnjenje. Uređaji za bežične komunikacije: PCI, PCMCIA i USB adapteri, Access Point, kabele, konektori za kabele i antene. Primjer: Upravljanje mobilnom platformom pomoću PDA Bluetooth-a.

I. Sadržaj predmeta

9. Komunikacije u realnom vremenu. Uvodna razmatranja o RT (real-time) komunikacijskim mrežama. Distribuiranost podataka u RT mrežama. Primjeri distribuiranih sistema za rad u realnom vremenu. Master-slave i peer-to-peer komunikacije. Difuzijski i ciklički načini prijenosa podataka. Događajni način rada. Mješoviti prijenos podataka.
10. Industrijske (RT) mreže. RT komunikacijski model. Distribuiranost podataka u RT mrežama. Ciklični i događajni načini rada. MODBUS, RTU i ASCII protokoli. Najvažnije RT komunikacijske mreže: PROFIBUS, PROFINET, PROFINET CBA, CAN, TTCAN, TTP i FlexRay. Opisi, karakteristike i komunikacije RT mreža. Usporedba RT komunikacijskih mreža.
11. Upravljanje u zatvorenoj petlji preko komunikacijske mreže. RT distribuirani komunikacijski sistemi. Globalno vrijeme – sinhronizacija lokalnih satova. Analiza kašnjenja u regulacijskom krugu. Problem promjenjivog komunikacijskog kašnjenja. Vremena uzorkovanja više regulacijskih petlji zatvorenih preko komunikacijske mreže. Primjeri mreža sa prosljeđivanjem zaloga (TP) i CAN mreža. Izvedba sistema upravljanja preko komunikacijske mreže. Primjer: upravljanje sistemom preko CAN mreže sa PID regulatorom i analiza stabilnosti za različita vremena kašnjenja.
12. Sistemi daljinskog vođenja. Osnovni pojmovi: teleoperacija, telemanipulacija, teleoperater, daljinsko upravljanje. Tipovi i stupnjevi teleoperacije. Vizuelna povratna veza i upravljačka povratna veza. Problem kašnjenja u sistemima daljinskog vođenja. Bilateralno daljinsko vođenje: koncepti pasivnosti sistema i teleoperacije u valnom području. Analiza stabilnosti. Primjer: bilateralno upravljanje robotskim manipulatorom sa povratnom vezom po sili.

I. Sadržaj predmeta

13. SCADA sistemi. Sklopovska i programska arhitektura. Komunikacije i sučelja unutar SCADA sistema. SCADA mrežne komponente i standardi. Zaštita SCADA sistema. Primjena SCADA sistema u telemetrijskim sistemima. Wireless SCADA sistemi (Zetron).

II. Literatura i polaganje ispita

Literatura:

1. Bilješke sa predavanja: <http://www.etf.unsa.ba/~jvelagic/lectures.html>.
2. Garzia, A.L. & Widjaja, I. (2003). *Communication Networks*, McGraw, New York, USA.
3. Mahalik, N.P. (2005). *Fieldbus Technologies: Industrial Network Standards for Real-Time Distributed Control*, Springer Verlag, Berlin, Germany.
4. Zurawski, R. (2005). *The Industrial Communication Technology Handbook*, CRC Press, Boca Raton, USA.
5. G. Niemeyer, *Using Wave Variables in Time Delayed Force Reflecting Teleoperation*, PhD thesis, MIT Press, 1996.
6. Velagić, J., Huseinbegović, S. and Osmić, N. (2007), *The Improvement of Telerobotic System Behavior in Contact with Remote Environment by Extension of an Impedance Controller*, 6th IEEE International Conference on Control and Automation (ICCA 2007), Guangzhou, China.
7. Velagić, J. (2008), *Design of Predictive Wave Controller for Telerobotic Manipulation*, Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics – ISIE, Cambridge, UK.



Ispit:

- | | |
|---------------------------|--------------|
| 1. Laboratorijske vježbe: | 30% |
| 2. Seminarski rad: | 50% |
| 3. Završni ispit: | 20% |
| 4. Termin ispita: | po dogovoru. |






1. KOMUNIKACIJSKI SISTEM I SISTEM ZA AKVIZICIJU PODATAKA

Sadržaj poglavlja:

Komunikacijski sistem

-  Model komunikacijskog sistema
-  Komunikacijski kanal

Sistem za akviziciju podataka

-  Hardver za akviziciju podataka
-  Senzori i aktuatori
-  Kondicioniranje signala
-  Računar
-  Softver

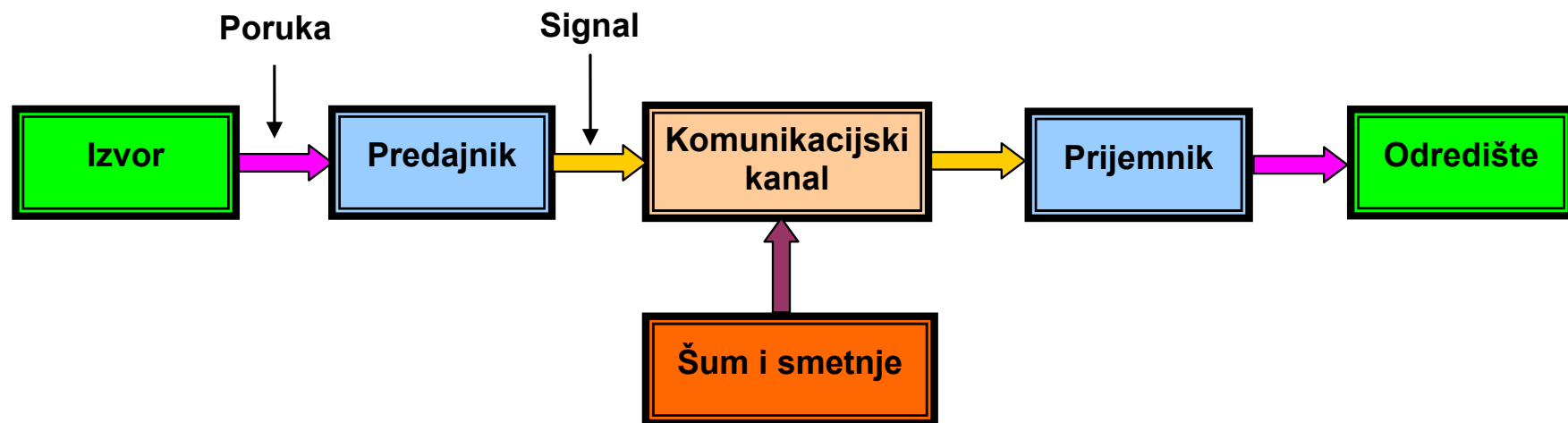
1.1 KOMUNIKACIJSKI SISTEM

Komunikacije – razmjena podataka između pošiljaoca i prijemnika.

Signal – stanje ili proces materijalnog sistema koji prenosi informaciju (poruku) od izvora prema odredištu u obliku pogodnom za prijenos.

Komunikacijski kanal – medij kroz koji prolazi signal.

Model komunikacijskog sistema



Model komunikacijskog sistema

Preciznije:

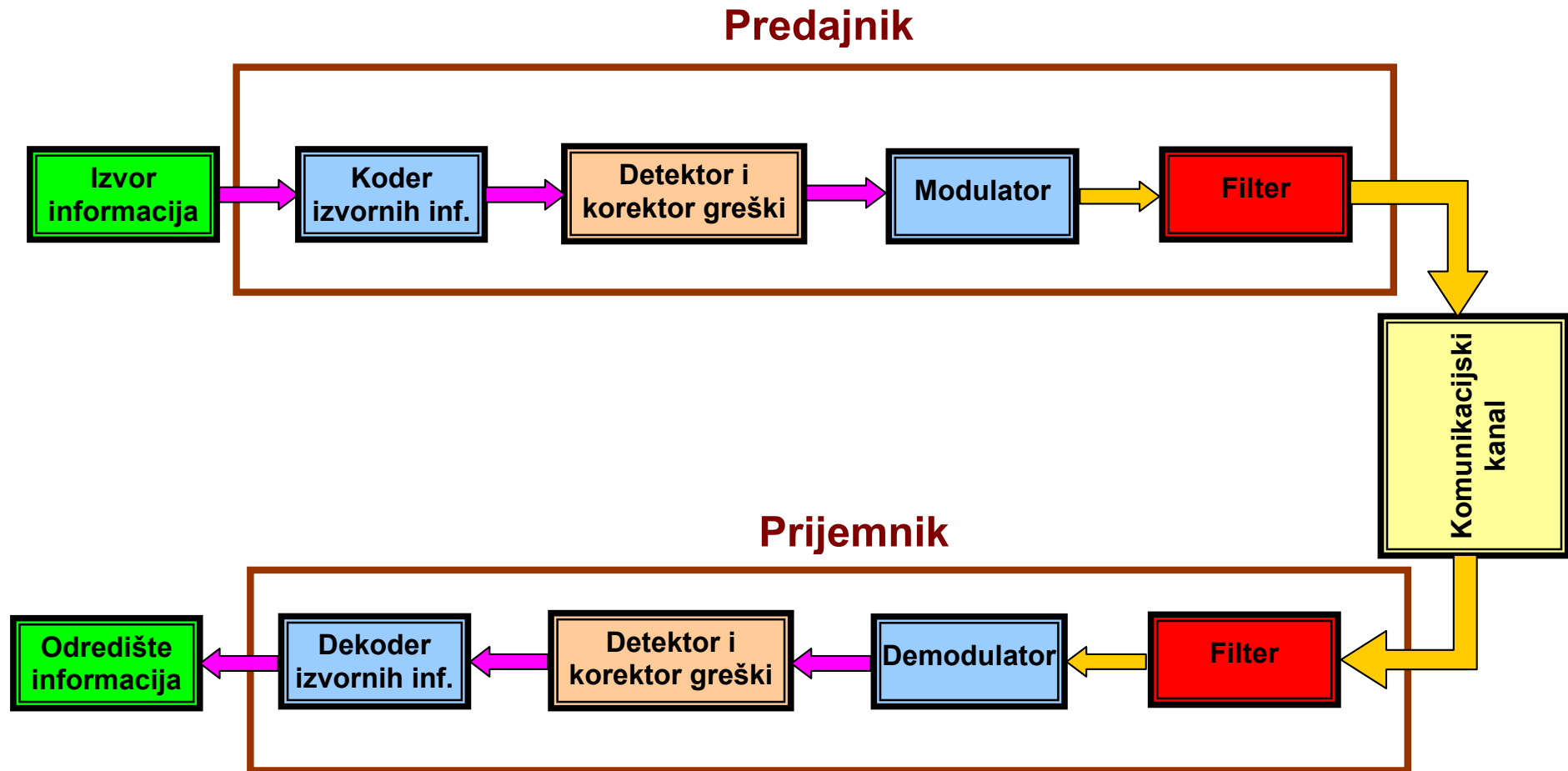
- Komunikacije obuhvaćaju načine, mehanizme i medije uključene u prijenos informacija.
- Komunikacijski kanal je tehnički oblikovan prijenosni sistem.

Komunikacije moraju odgovoriti na tri pitanja:

- Kojom tačnošću mogu biti preneseni simboli od kojih je sačinjena poruka (SINTAKSA).
- Koliko precizno preneseni simboli nose željeno značenje ili smisao poruke (SEMANTIKA).
- S kakvim uspjehom prenesena poruka kroz svoje značenje usmjerava na neku željenu aktivnost onoga kome je bila namijenjena (PRAGMATIKA).

Model komunikacijskog sistema

Poopćena shema modela komunikacijskog sistema

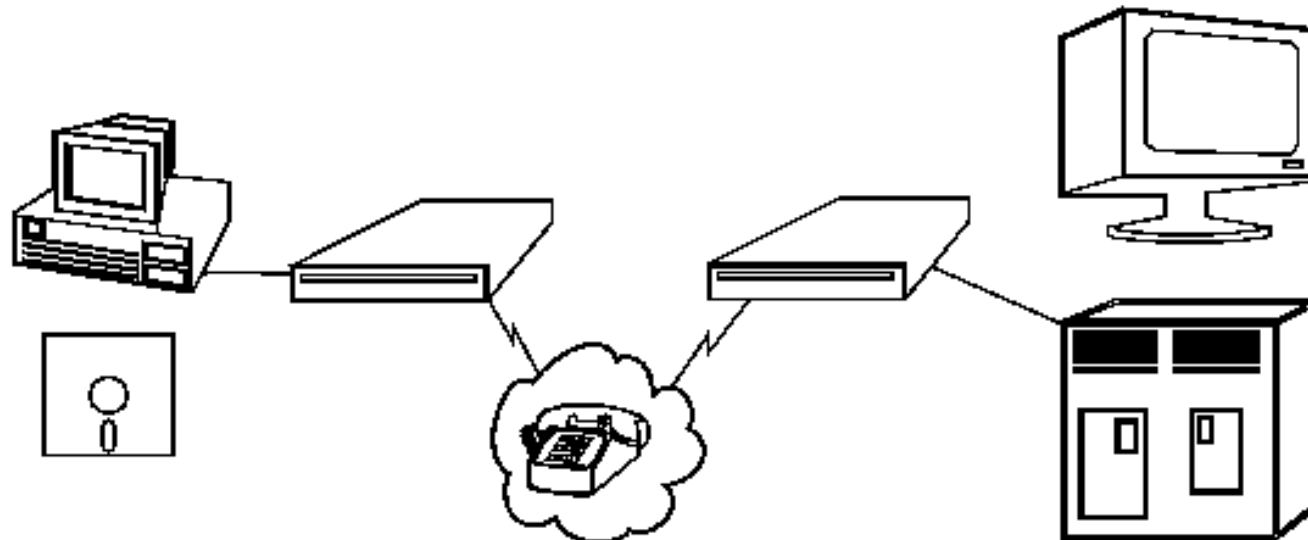
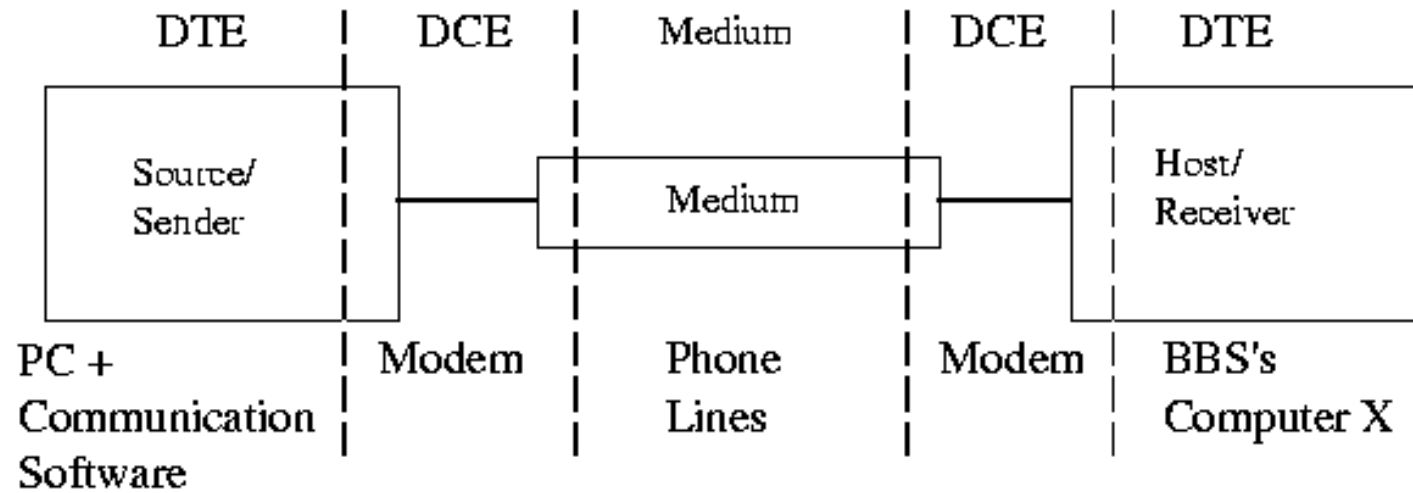


Komunikacijski kanal

- Sa stajališta hardvera, komunikacijski kanal predstavlja skup uređaja koji osiguravaju prijenos informacija po zajedničkom prijenosnom putu .
- Komunikacijski kanal unosi šum, slabi zvučni signal, uzrokuje interferenciju i druge vrste distorzije signala.
- Parametri komunikacijskog kanala:
 - Količina prenesenih podataka (megabajti po mjesecu).
 - Brzina prijenosa (bitovi po sekundi).
 - Vrijeme korištenja (broj sati po mjesecu).

KOMUNIKACIJSKI SISTEM

Primjer: Modemska komunikacija

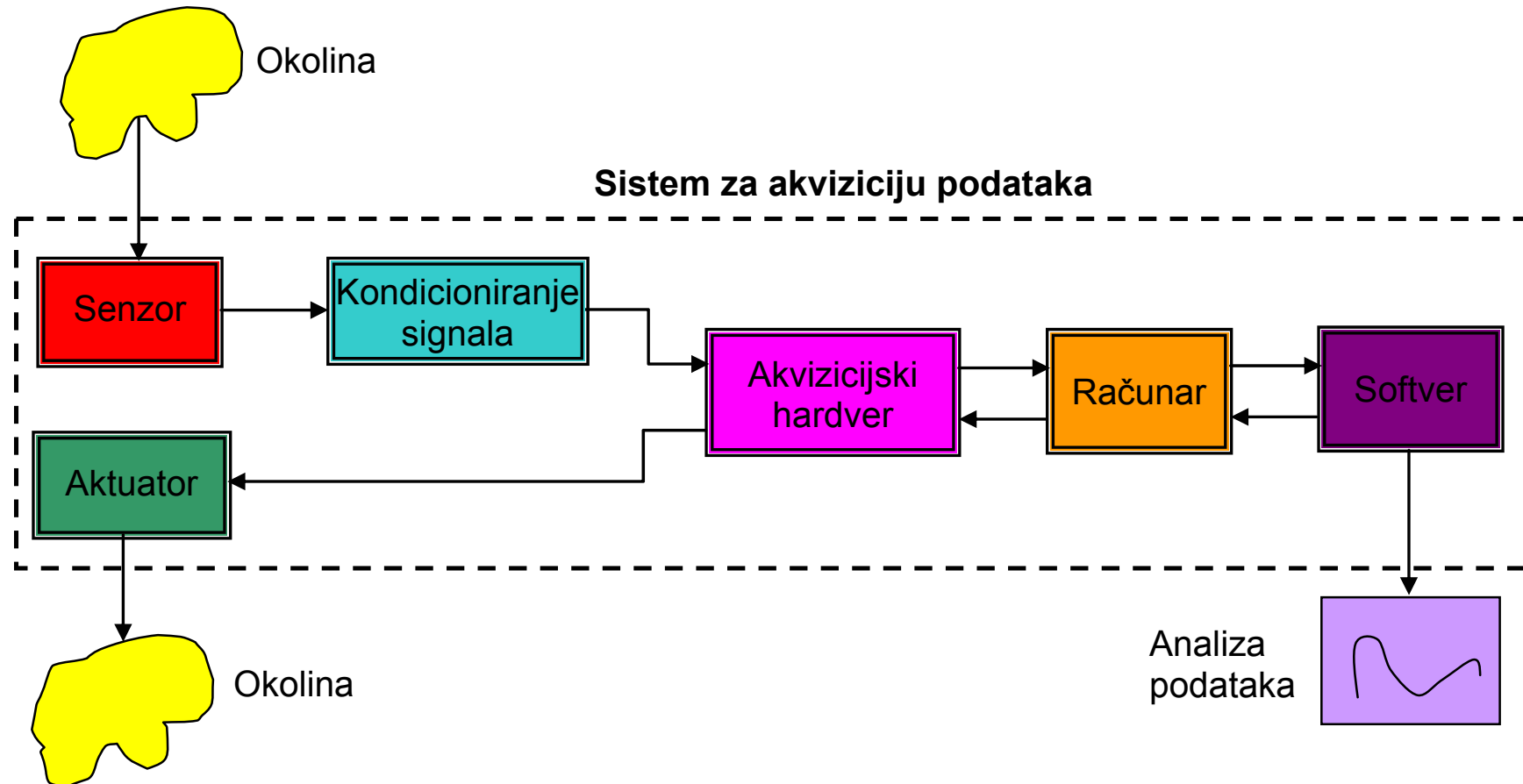


1.2 SISTEM ZA AKVIZICIJU PODATAKA

Sistem akvizicije podataka - komponente:

- **Sklopovlje (hardver) akvizicije podataka.** Glavna funkcija je analogno-digitalna i digitalno-analogna konverzija.
- **Senzori i aktuatori (transducers).** Transducer je uređaj koji transformira ulaznu energiju jednog oblika u izlaznu energiju drugog oblika. Primjeri senzora i aktuatora su mikrofoni i zvučnici, respektivno.
- **Hardver za kondicioniranje signala.** Senzorski signali su često nekompatibilni sa hardverom za kondicioniranje signala. Signal se može kondicionirati pojačavanjem signala ili uklanjanjem neželjenih frekvencijskih komponenti.
- **Računar.** Uključuje procesor, sistemski sat, sabirnicu za prijenos podataka, memoriju i prostor za pohranu podataka.
- **Softver.** Omogućuje razmjenu informacija između računara i hardvera. Tipični softver omogućuje konfiguriranje vremena uzorkovanja i prikupljanje prethodno definirane količine podataka.

Prikaz sistema za akviziciju podataka

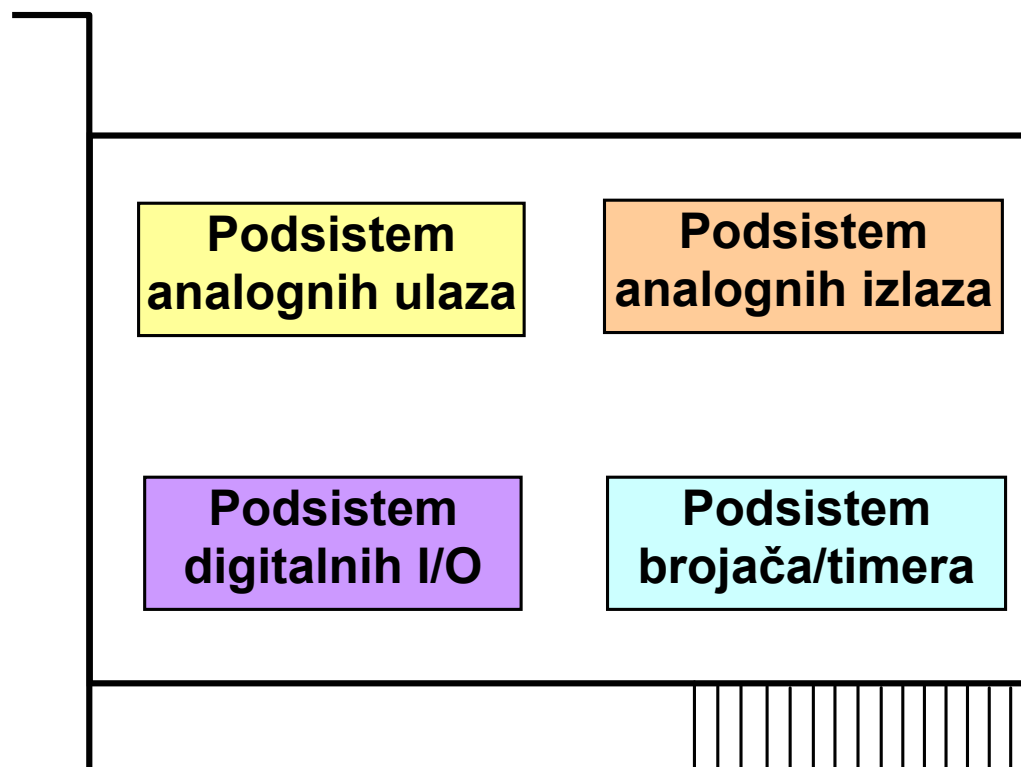


Dvije važne karakteristike sistema akvizicije podataka:

- Ulazni signal preko senzora dolazi do bloka za analizu podataka.
- Izlazni signal iz računara se transformira u analogni signal i prosljeđuje aktuatoru.

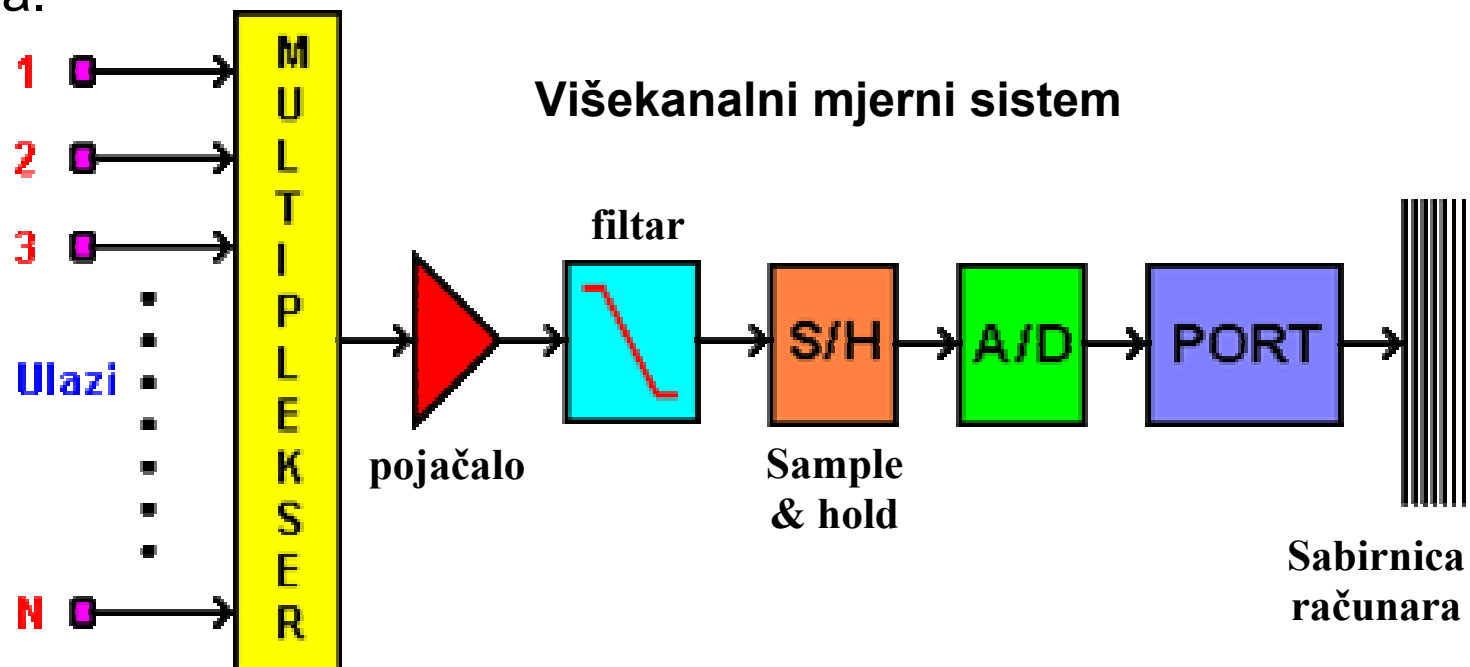
Hardver za akviziciju podataka

- Ugrađuje se preko slotova u unutrašnjost računara ili se izvana preko kablova priključuje na računar.
- Sastoji se od podsistema, gdje svaki od njih obavlja specifičan zadatak.
- Podsystemi uključuju: analogne ulaze, analogne izlaze, digitalne ulaze/izlaze, brojač/timer.



Podsistem analognih ulaza

- Transformira analogne ulaze iz senzora u digitalne informacije (bitove) koje se unose u računar (rezolucija obično 12 ili 16 bita).
- Podsistem analognih ulaza predstavljaju AI podsistem, A/D pretvornik ili ADC.
- Funkcije ovog podsistema su uzorkovanje i kondicioniranje.
- Uzorkovanje i kondicioniranje se obavljaju korištenjem jednog ili više kanala (obično dostupno 8 ili 16 ulaznih kanala).
- Kod većine digitalnih pretvornika uzorkovanje se obavlja pomoću S/H kruga.

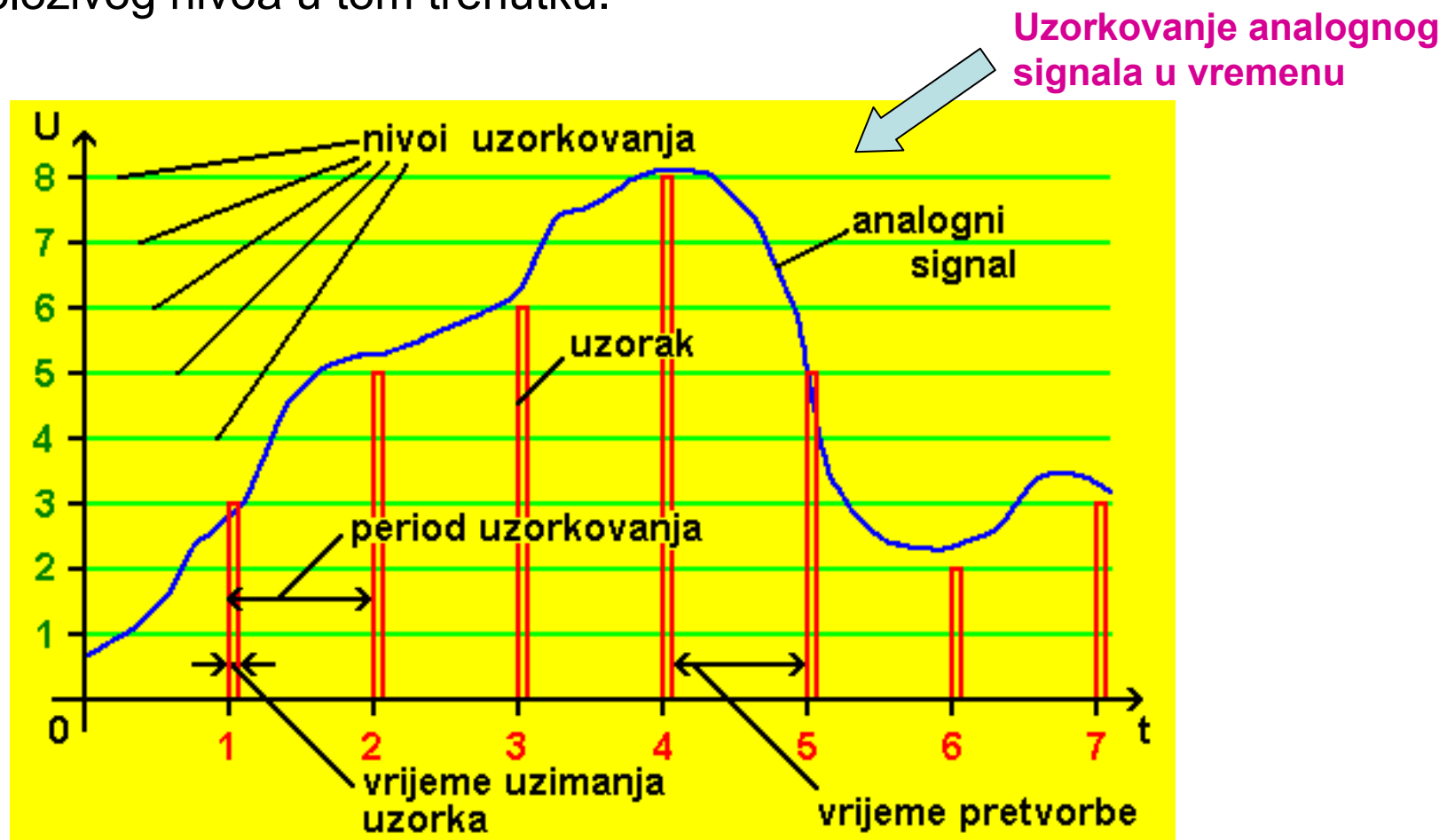


Podsistem analognih ulaza

- **Pojačalo** ima zadatak pojačati ili smanjiti ulazni analogni signal na odgovarajući iznos.
- **Filter** uklanja više harmonike iznad frekvencije uzorkovanja.
- **S/H** ima zadatak da u trenutku uzorkovanja očita vrijednost analognog signala na ulazu i zadrži ga do narednog uzorkovanja. Na neki način djeluje kao memorija za pamćenje analogne vrijednosti između uzorkovanja kako se na ulazu u A/D sklop ne bi mijenjala vrijednost tokom pretvorbe.
- **Analogno-digitalni pretvornik** će u vremenu između dva uzorkovanja izvršiti pretvorbu analogne vrijednosti u binarni zapis, najčešće u BCD kodu.
- **Port računara** je međusklop (kanal) koji binarnu vrijednost isporučuje na sabirnicu računara i zadaje se kao brojčana vrijednost prema preporuci proizvođača.

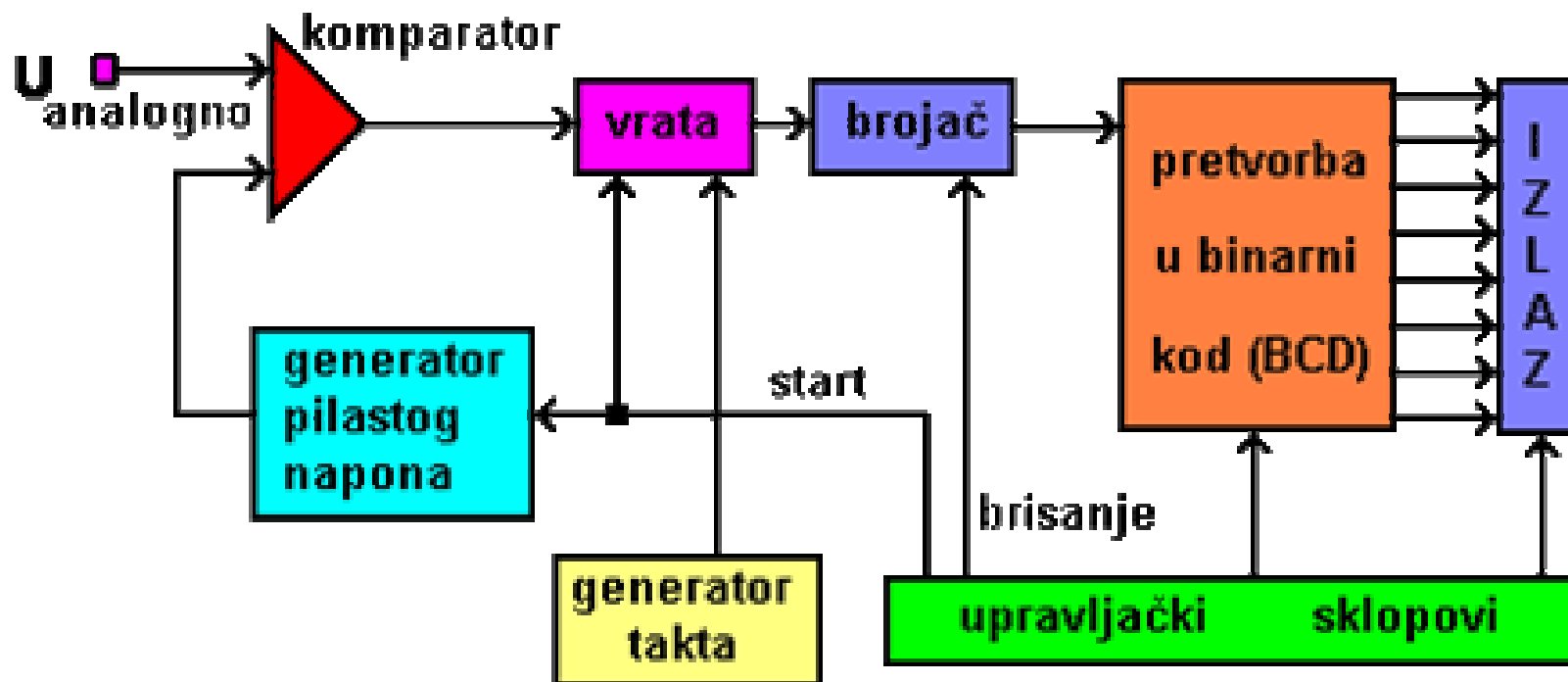
Uzorkovanje ulaznih signala

- Ne pretvara se cjelokupan analogni signal, nego samo njegovi uzorci u vremenu.
- Ne uzima se stvarna vrijednost uzorka već vrijednost najbližeg raspoloživog nivoa u tom trenutku.



A/D pretvorba

- Usporedba ulaznog signala sa poznatim pilastim naponom – najjednostavniji način.
- Upravljački dio daje takt, istovremeno se otvaraju vrata i brojač broji impulse sve do momenta kad se veličina analognog signala ne izjednači s veličinom pilastog napona.
- Komparator daje nalog vratima za prekid prolaska iz generatora takta u brojač.
- Bolji rezultati sa generatorom sukcesivne aproksimacije.



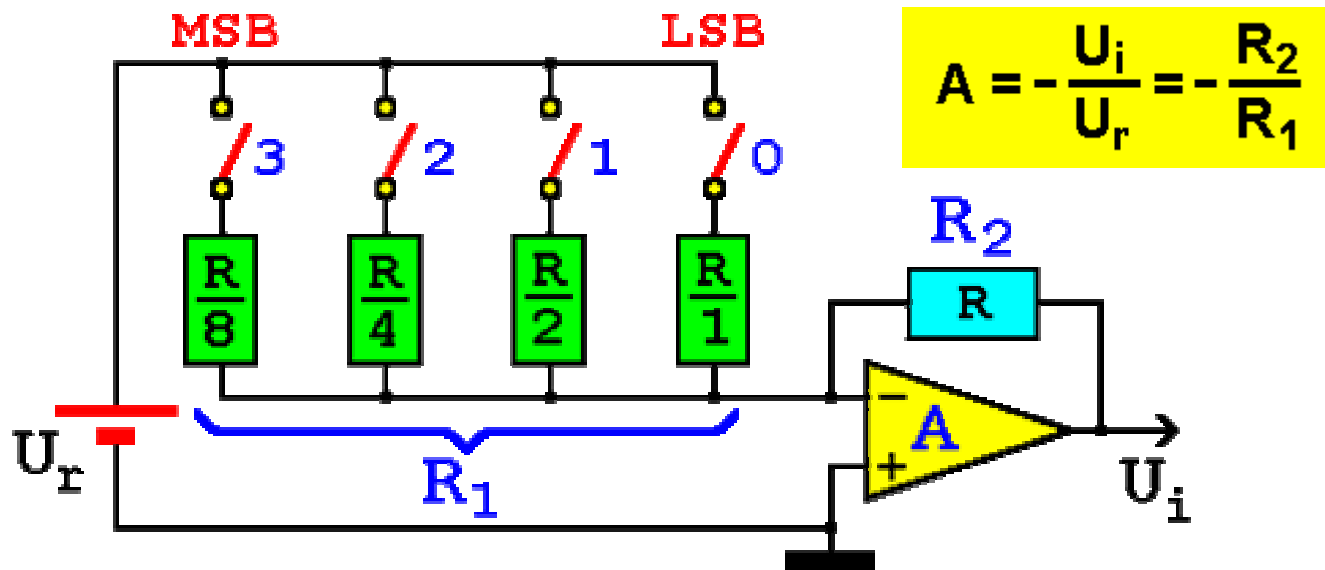
Podsistem analognih izlaza

- Pretvara digitalne podatke, pohranjene u računaru, u analogne signale.
- Rezolucija obično 12 ili 16 bita.
- Tipična kartica za akviziciju podataka ima dva izlazna kanala sa po 12 bita rezolucije.
- Sa specijalnim hardverom omogućuje izvršavanje analognih operacija nad višestrukim kanalima.
- Podsystemi analognih izlaza su poznati pod imenima AO podsystemi, D/A pretvornici ili DAC.
- Načini realizacije D/A pretvorbe vrlo su raznoliki ali u načelu koriste mrežu otpora ili mrežu strujnih izvora u takozvanoj paralelnoj pretvorbi kada se u jednom koraku binarnoj kombinaciji dodjeljuje izlazni signal.
- Izlaz D/A pretvornika je najčešće napon koji napaja elektromotor nekog upravljačkog uređaja.

D/A pretvorba

D/A pretvorba s težinskim otpornicima

- Paralelna izvedba – na sve sklopove istovremeno se dovode odgovarajući bitovi od bitova najmanje (LSB) do bitova najveće (MSB) težinske vrijednosti.
- Elektroničke sklopke upravljane kombinacijom bitova.
- Operacijsko pojačalo sa velikim ulaznim i veoma malim izlaznim otporom.



Broj	R_1	A
0000	-	0
0001	R	-1
0010	R/2	-2
0100	R/4	-4
1000	R/8	-8
0011	R/3	-3
1100	R/12	-12

D/A pretvorba

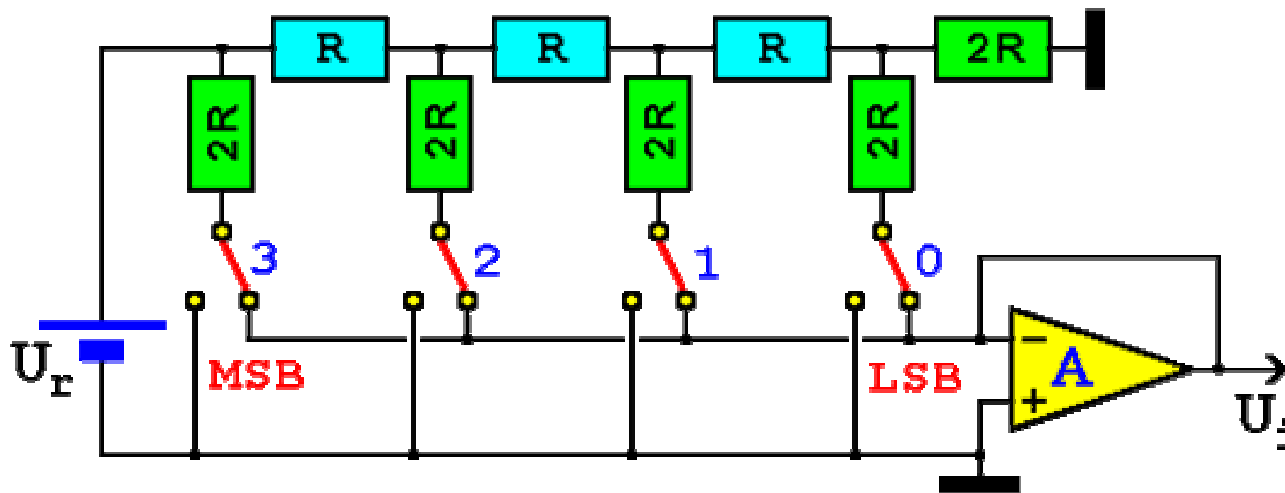
D/A pretvorba s težinskim otpornicima

- Promjenom odnosa otpora operacijsko pojačalo daje na izlazu uvećanje nepromjenjivog referentnog napona (ulaznog) u ovisnosti o broju uključenih otpornika kojima se vrijednost smanjuje s faktorom 2^n u nazivniku.
- Ukupna vrijednost paralelnog spoja otpornika iznosi R_1 i mijenja se sukladno položaju sklopki kojima upravljaju binarne kombinacije. Vrijednost R_2 se ne mijenja.
- Negativni predznak ukazuje da će se izvršiti promjena faze izlaznog napona u odnosu na ulazni.
- Otpor R_1 predstavlja paralelni spoj otpora koji se sklopkama 0-3 uključuju u strujni krug u ovisnosti o binarnim kombinacijama koje s njima upravljaju.

D/A pretvorba

D/A pretvorba s R-2R otpornom mrežom

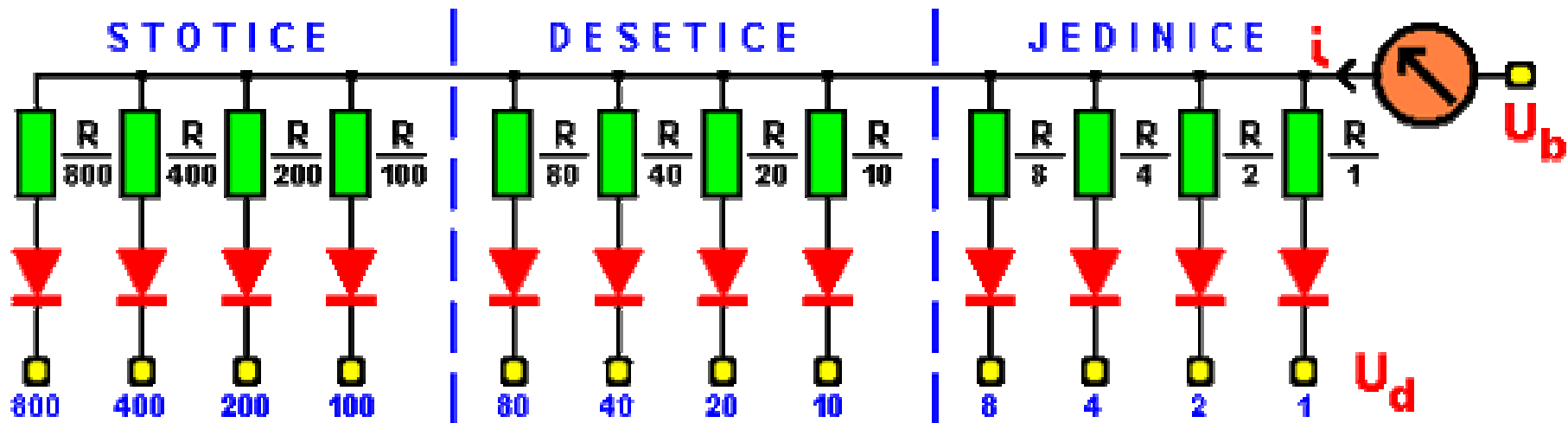
- Nedostatak pretvorbe s težinskim otpornicima - zahtijevaju se tačni odnosi između pojedinih otpornika.
- **R-2R** otporna mreža koristi samo dvije vrijednosti otpornika što je tehnološki čini jednostavnijom za izradu.
- Operacijsko pojačalo samo prosljeđuje izlaz iz otporne mreže bez pojačavanja i u potpunosti odvaja otpornu mrežu od sklopova koji slijede na njegovom izlazu te cijeli sklop time čini vrlo stabilnim.
- Moderna CMOS tehnologija - D/A pretvornici s težinskim kapacitetima gdje se koriste kapacitivni naponski djelitelji. Ima veliku tačnost, ali ne koristi paralelni rad.



D/A pretvorba

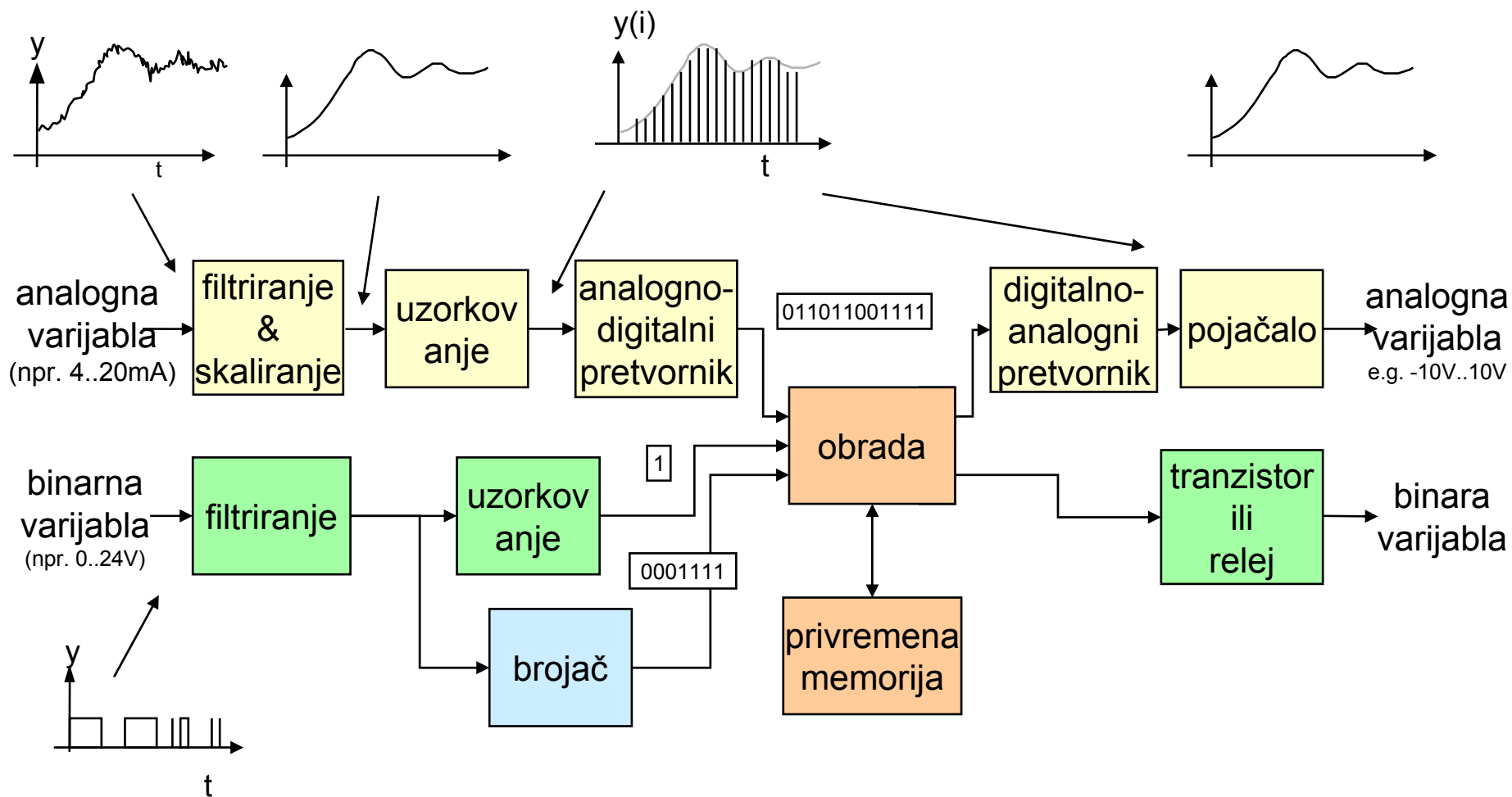
Pretvornik sa težinskim otpornicima za BCD pretvorbu

- Deset mogućih stanja dekadskog brojila može se prikazati s 4 binarna stanja (**BCD** kod).
- Sve znamenke od 0-999 mogu se prikazati s ukupno 12 binarnih stanja koristeći 3 dekade sa po četiri binarna člana.
- Vrijednost otpora u svakoj dekadi je u odnosu **8:4:2:1**, a umjesto mehaničkih sklopki upotrebljavaju se uklopne diode.
- Pojednostavljena shema takvog pretvornika prikazana je na narednoj slici.



Primjer pretvorbe signala

Lanac signala kod A/D i D/A pretvorbi



Digitalni I/O i brojač/timer podsistemi

- Digitalni I/O podsistemi su projektirani da uvedu i izvedu digitalne vrijednosti (logičke razine) u i iz hardvera.
- Ovim vrijednostima se rukuje bilo kao pojedinačnim bitovima, linijama, ili portovima, koji tipično sadrže osam linija.
- Budući da većina kartica uključuje samo digitalne I/O sposobnosti, to je obično ograničena na izvršavanje jednostavnih operacija i neophodan je specijalni hardver da bi se obavile napredne I/O operacije.
- Brojač/timer podsistemi koriste se za brojanje događaja, mjerenje frekvencije i perioda, i generiranje pulsnih impulsa.

Senzori

- Pretvaraju fizičke fenomene u signale koji predstavljaju ulaze hardvera za akviziciju podataka.
- Postoje dvije vrste senzora na temelju karaktera izlaznog signala: analogni i digitalni.
- Digitalni senzori proizvode izlazni signal koji predstavlja digitalni prikaz ulaznog signala i ima vrijednosti amplitude signala u diskretnim vremenskim trenucima.
- Standardi digitalnih senzora uključuju TTL ili ECL (emiter-coupled) logike.
- Primjeri digitalnih senzora: prekidači i enkoderi položaja.
- Analogni senzori proizvode signal koji je proporcionalan ulaznom signalu i koji ima kontinuiranu amplitudu u vremenu.
- Analogni senzori tipično mjere temperaturu, pritisak, ubrzanje, itd.
- Karakteristike senzora, relevantnih za izbor u određenoj primjeni:
 - Izlaz senzora (strujni 0-20 mA, 4-20 mA, naponski signali, ± 10 V). Strujni signali za prijenos u okolinama sa izraženim šumom. Šum ima manji utjecaj na strujne signale. Naponski signali za sučelja (interfejse).
 - Propusni opseg senzora, tj. propusni opseg mjenog signala.

Kondicioniranje signala

Kondicioniranje signala obuhvaća:

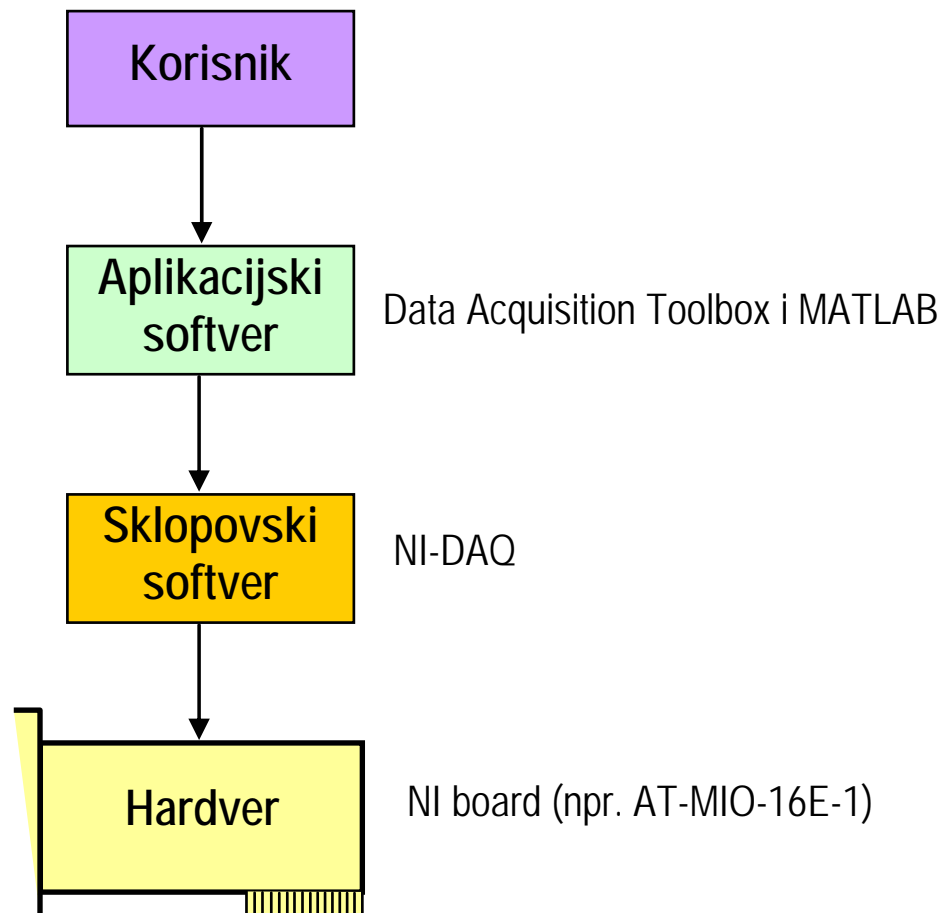
- **Pojačavanje signala.** Signali malih iznosa (npr. 100 mV) se pojačavaju, a signali velikih iznosa slabe.
- **Filtriranje.** Filtriranjem se uklanja neželjeni šum iz korisnog signala (signal od interesa). Problem su sporopromjenjivi signali (npr. temperatura) i pojačani signali visokih frekvencija koji mogu smanjiti tačnost sistema. Rapidno brzi signali, kao npr. vibracije, zahtijevaju upotrebu antialiasing filtera.
- **Električnu izolacija.** Ako signal sadrži visokonaponske tranzijente koji mogu oštetiti računar tada se signali iz senzora moraju električki izolirati. Također problem razlike potencijala uzemljenja.
- **Multipleksiranje.** Tehnika mjerenja više signala sa pojedinačnih mjernih uređaja.
- **Pobuđivanje,** odnosno dovođenje pobudnog signala.

Računar

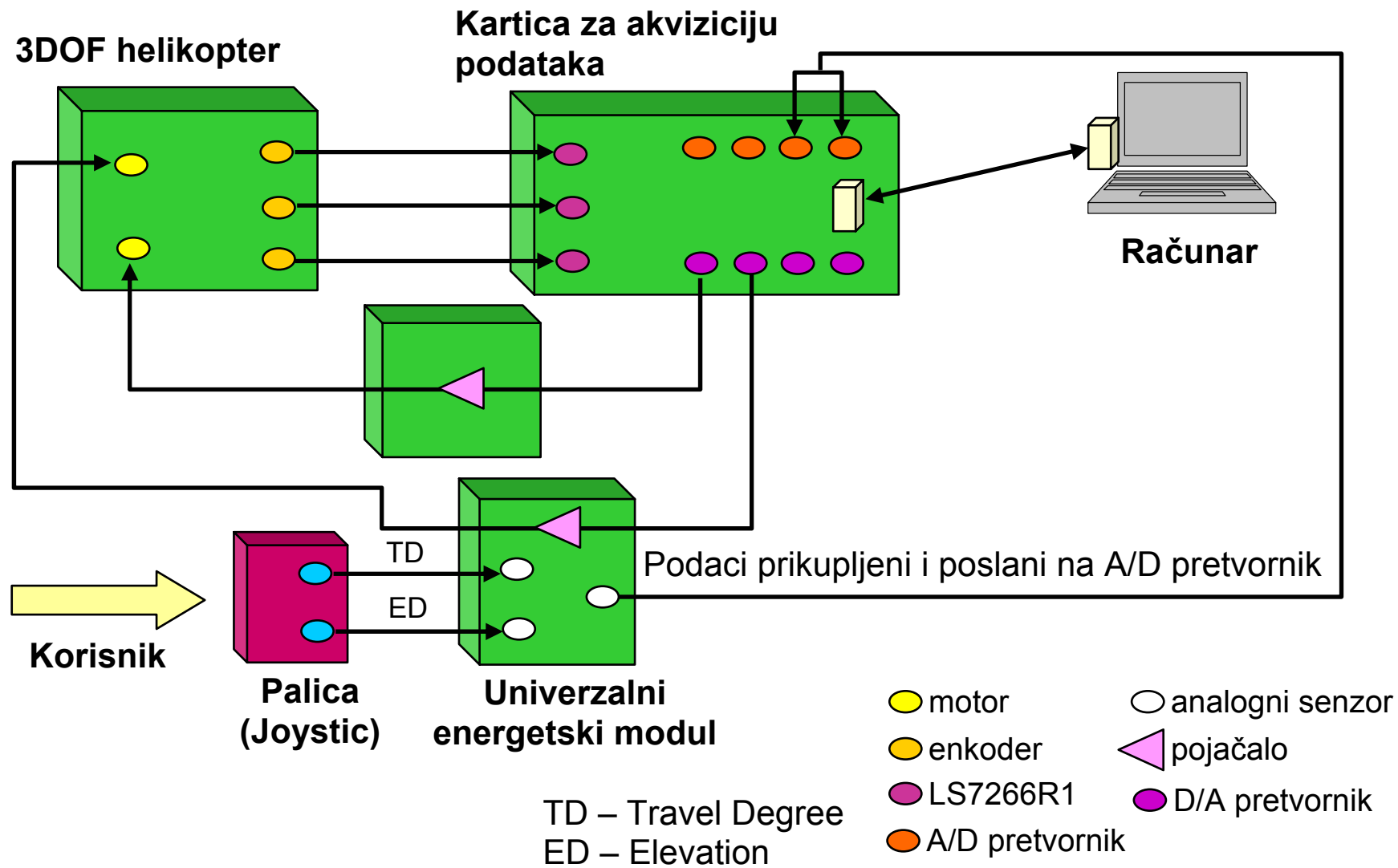
- Računar osigurava procesor, sistemski sat, sabirnice za prijenos podataka, memoriju i disk prostor za pohranu podataka.
- **Procesor** kontrolira kako se brzo podaci mogu prihvatati od pretvornika.
- **Sistemski sat** omogućuje dobivanje vremenskih informacija o prikupljenim podacima.
- Znanje o pohranjenim informacijama od senzora općenito nisu dovoljne. Neophodno je znati kada su se desila mjerenja.
- Podaci iz hardvera se prenose u sistemsku memoriju preko DMA (Dynamic Memory Access) ili prekida.
- **DMA** je upravljani hardver i radi ekstremno velikim brzinama.
- Maksimalna brzina akvizicije podataka je također određena arhitekturom sabirnica računara.

Softver

- Primanje informacija iz hardvera i slanje informacija u hardver.
- Postoje dvije vrste softvera: sklopovski i aplikacijski.
- Sklopovski softver omogućuje pristup i upravljanje hardverom.
- Aplikacijski softver.

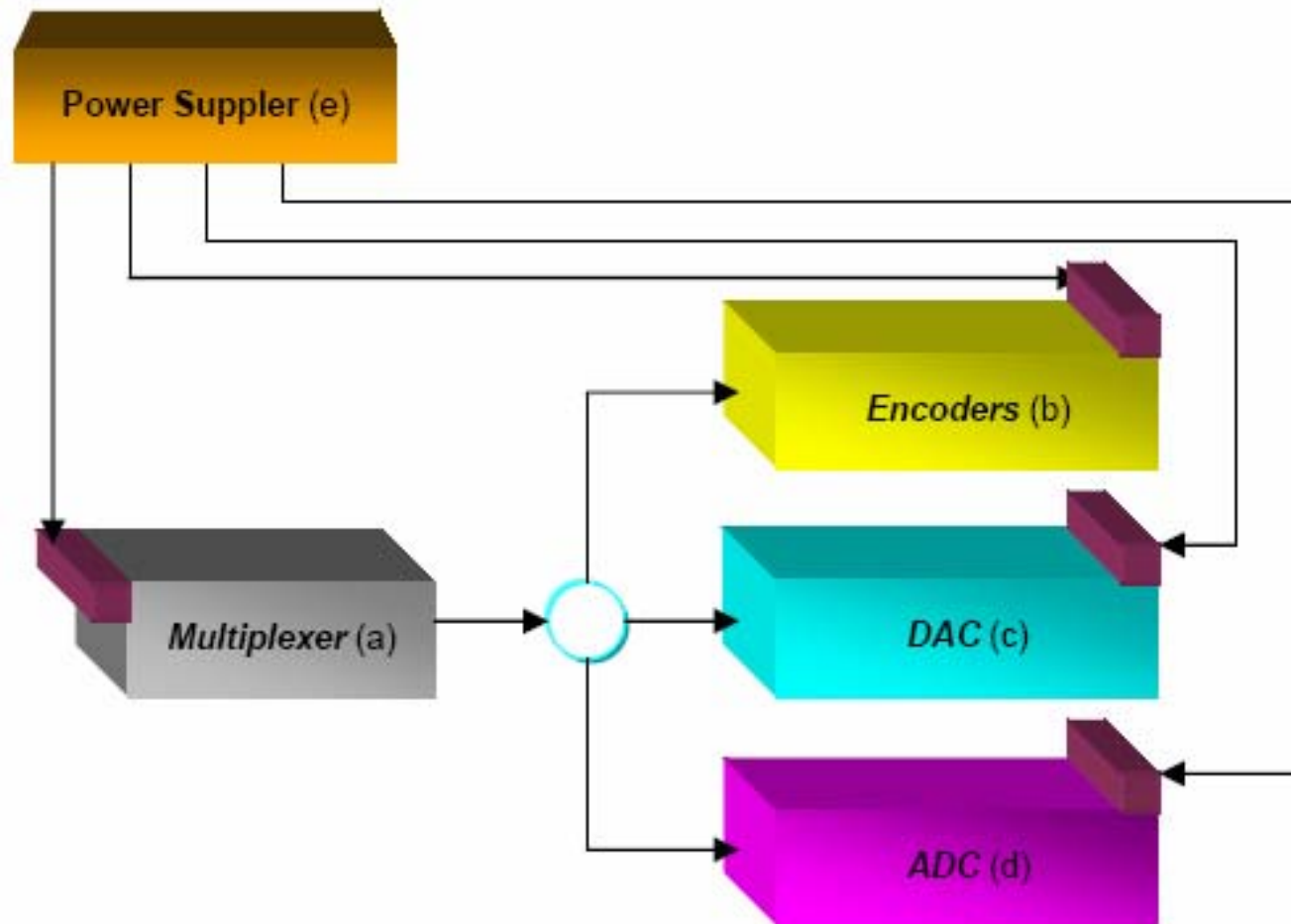


Primjer: sistem za akviziciju podataka kod helikoptera

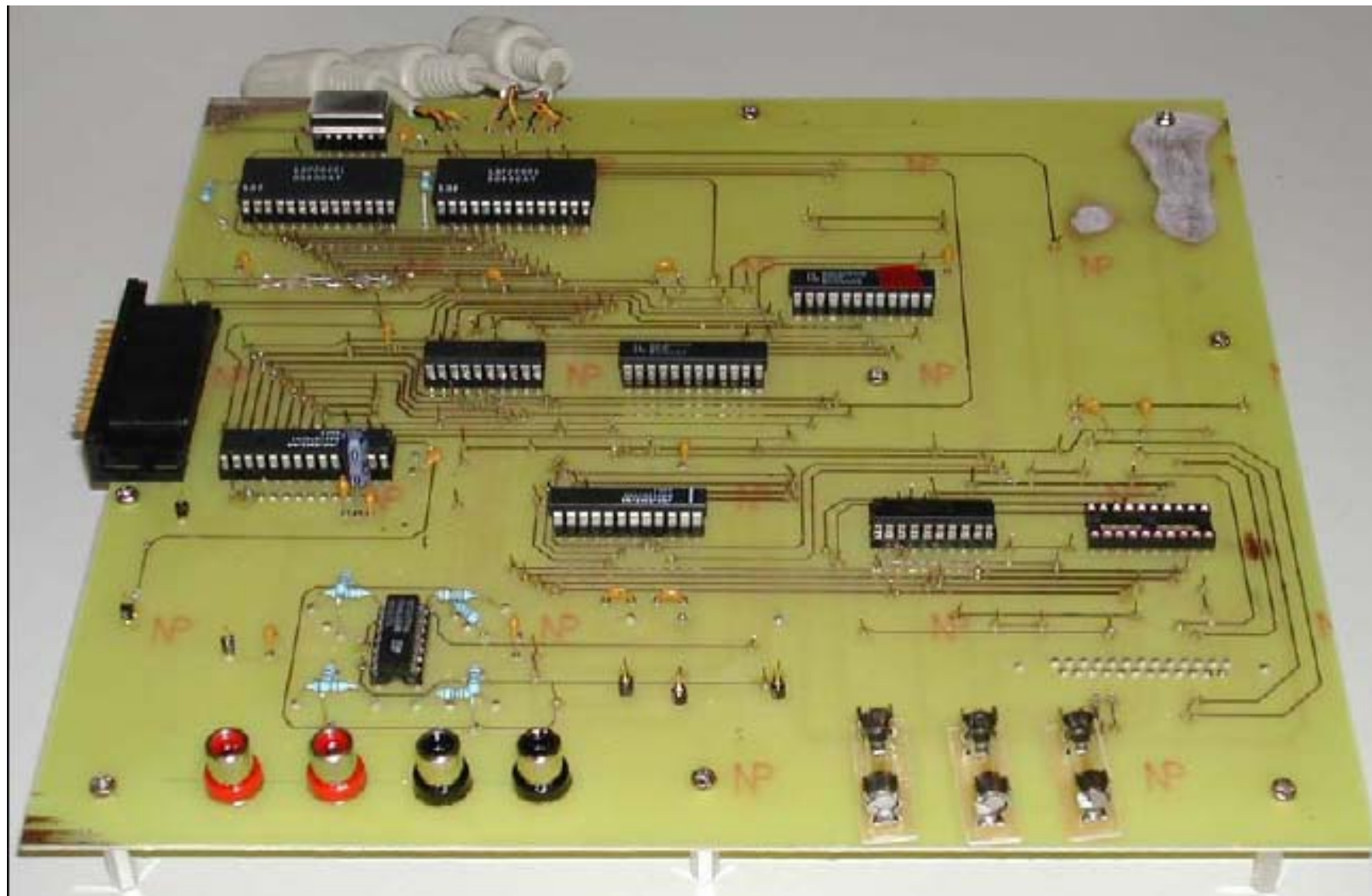


Kartica za akviziciju podataka (hardver)

- ADC i DAC - pretvorba analognog u digitalni signal i obratno.
- Multiplekser – dekodiranje adresa.
- Enkoderi – slijeđenje pozicije.
- Izvor napajanja – napajanje kartice za akviziciju podataka.



Kartica za akviziciju podataka (hardver)



Softver

- C-MEX fajlovi kompajlirani sa WATCOM-om.
- S-funkcije povezane sa postojećim regulatorom (kontrolerom).
- Model izgrađen pomoću RTW-a (Real-Time Workshop).
- Real time upravljanje unutar RTWT-a (Real-Time Windows Target).

