

02 - Ulaz

02 - Ulaz

- računo može služiti samo za prikaz informacija, za upravljanje neovisno o ulazu i za upravljanje procesom na osnovu ulaza i izlaza

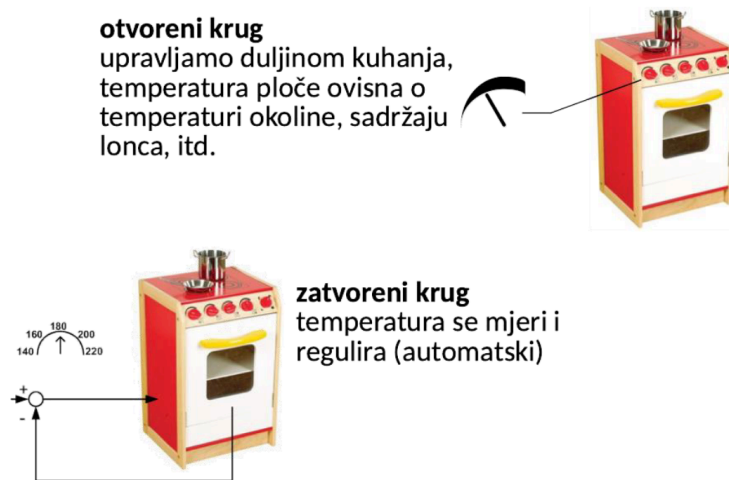
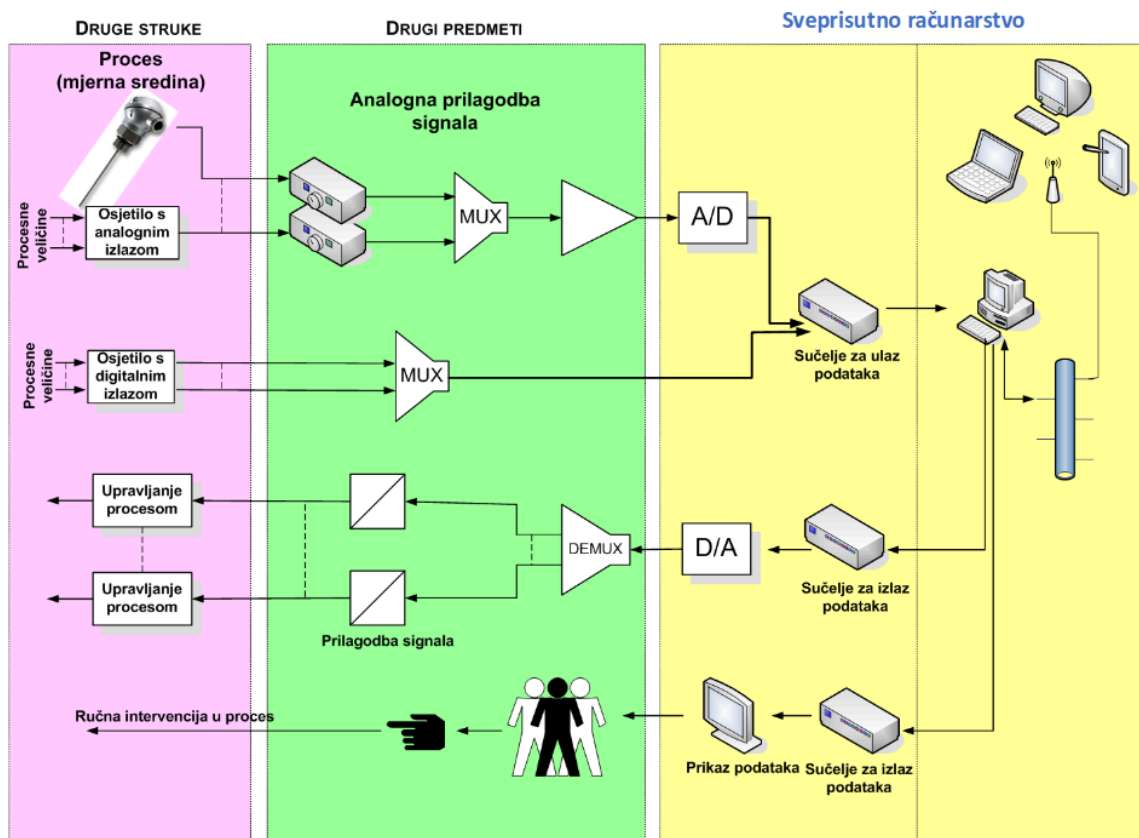


Fig. 1: otvoreni vs zatvoreni krug



Senzori

- prikupljaju informacijem mjerenjem okoline

- pretvara neelektričnu vrijednost u električnu vrijednost
- transducer (pretvarač) pretvara jednu vrstu energije u drugu

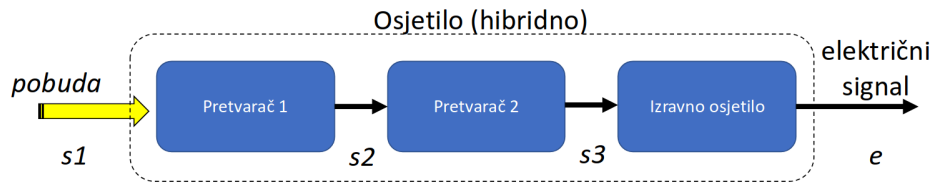


Fig. 3: senzor

- senzori s obzirom na:
 - mjesto lociranja: vanjska (prati se stanje promatranog procesa) ili interna (praćenje stanja samog sustava)
 - udaljenost od promatranog procesa/objekta: kontaktna (npr. termistor) ili beskontaktna (npr. kamera)
 - potreba za izvorom energije: pasivna (npr. fotodioda) ili aktivna (termistor, CO2 senzor...)

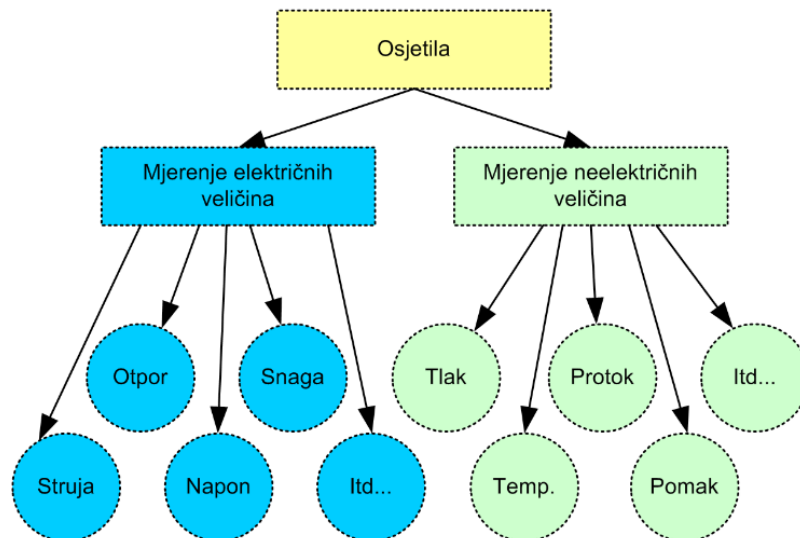


Fig. 4: vrste osjetila po funkciji

- svojstva senzora:
 - osjetljivost - koliko se mijenja izlaz kada se promijeni ulaz
 - raspon - dozvoljenim minimum i maksimum
 - preciznost - koliko je različit izlaz za isti ulaz
 - točnost - koliko je različit izlaz u odnosu na idealan izlaz
 - rezolucija
 - pomak - pomak izlaza u odnosu na idealni izlaz
 - linearnost - koliko je sličan izlaz pravcu
 - histereza - nelinearnost odziva ovisna o smjeru promjene ulazne veličine
 - vrijeme odziva
 - dinamička linearnost - sposobnost senzora da prati brze promijene

Informacije

- oblici informacije: amplituda napona, frekvencija, binarni signal...
- A/D pretvorba
- primjeri pretvorbe:
 - mosni spoj:

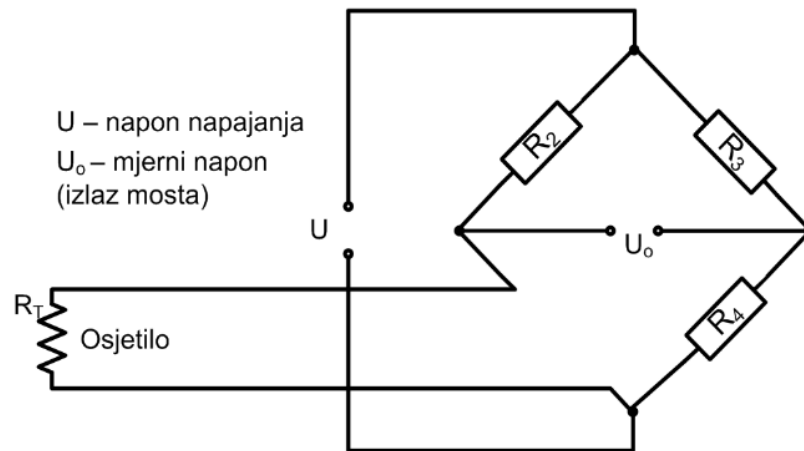


Fig. 5: mosni spoj

- pojačalo:

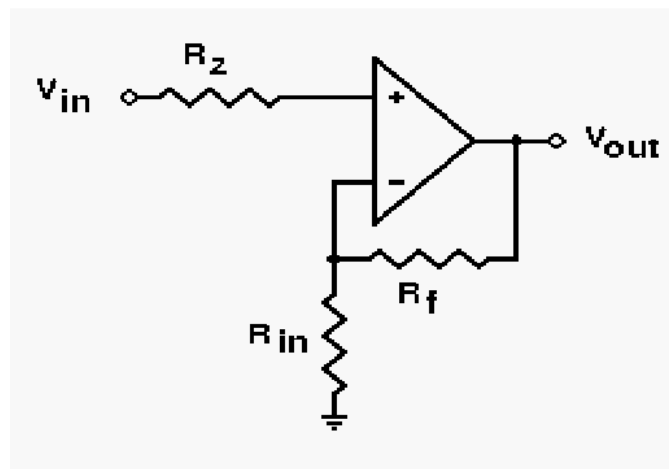


Fig. 6: pojačalo

- prilagodba opterećenja: ulaz mora odgovarati karakteristikama izlaza kako ga ne bi strujno ili naponski opterećivao
- linearizacija funkcija:

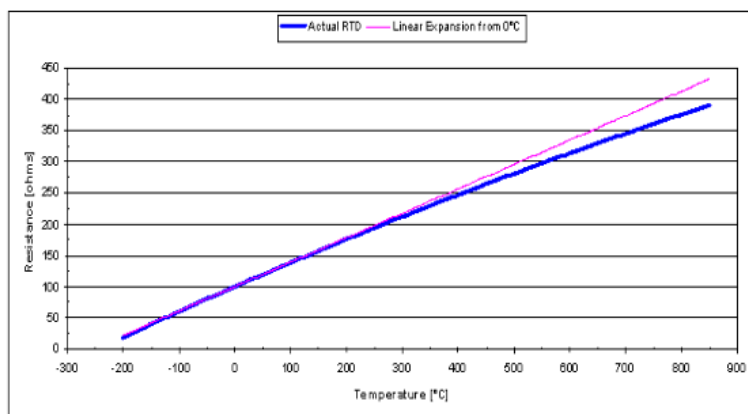
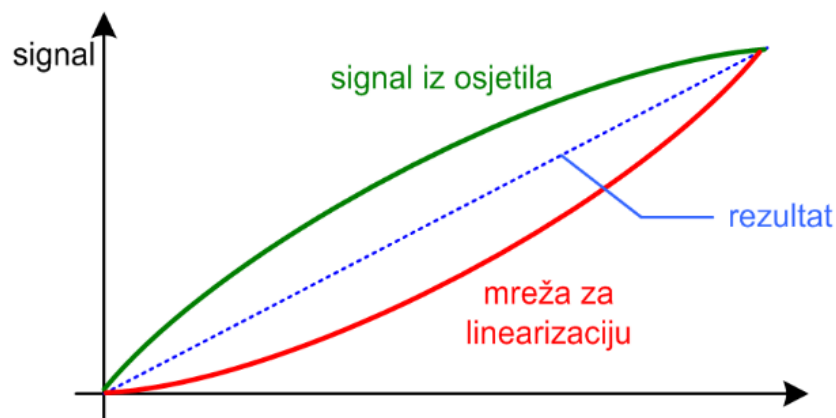


Fig. 7: linearizacija funkcija

- filtriranje: micanje šuma/interferencije
- standardno područje - osjetilo u određenom standardnom području predstavlja neki izlaz (npr. termometar 0-20mA predstavlja 0-100C)

D-A pretvorba

- pretvara digitalni signal (0110101) u analogni signal (3.7V)
- karakteristike D/A pretvornika:
 - rezolucija - koliko različitih izlaznih razina D/A može poprimiti
 - frekvencija - maksimalna frekvencija na kojoj može raditi
 - THD (Total Harmonic Distortion, ukupno harmonično izobličenje) - mjera šuma koji DAP unosi u signal
 - dinamički raspon dB - razlika između najmanjeg i najvećeg signala koji DAP može generirati

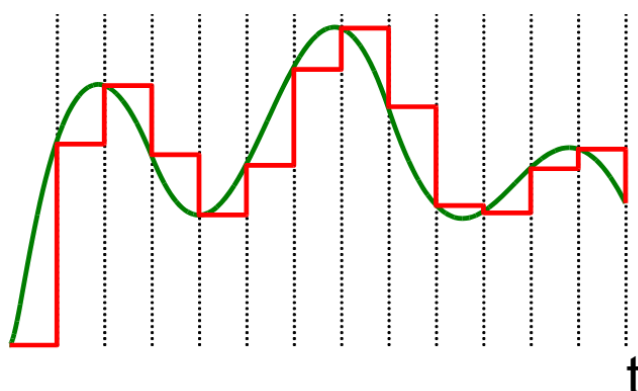


Fig. 8: realni D/A pretvornik

- tipovi D/A prevornika:
 - R/2 R:
 - invertirajuće operacijsko zbrajalo

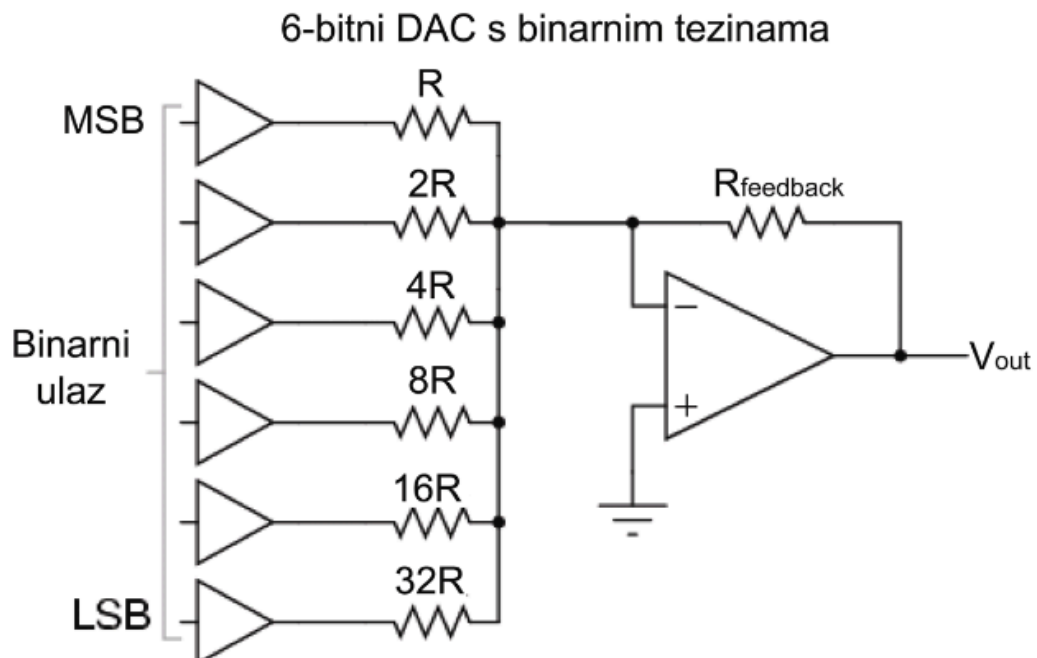


Fig. 9: R/2 R pretvornik

- R/2R:
 - samo dvije vrijednosti otpora

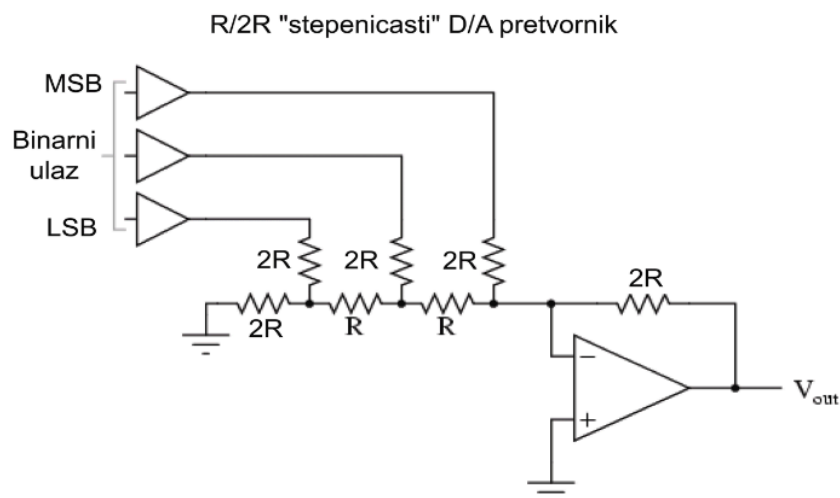


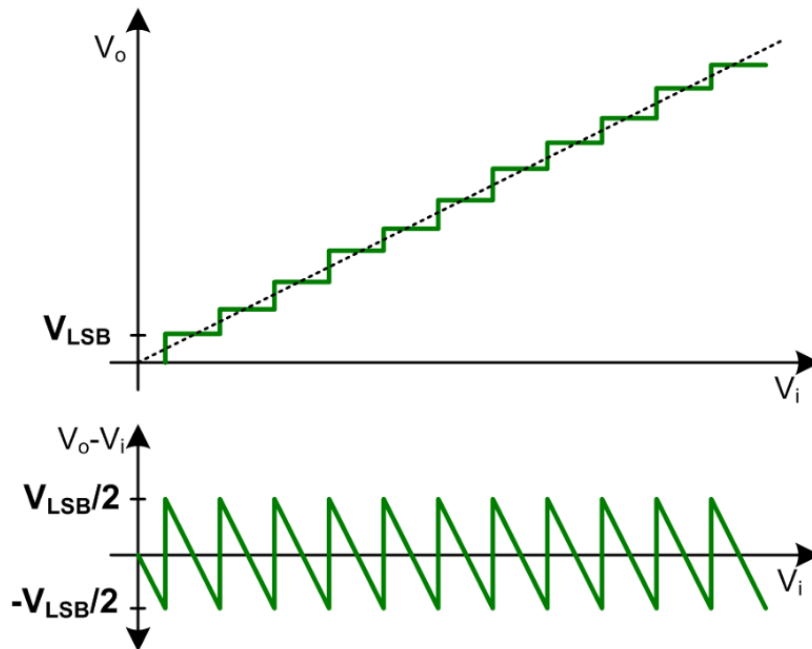
Fig. 10: R/2R pretvornik

- D/A s PWM i filterom
- delta sigma
- ...

A/D pretvorba

- pretvorba analogne vrijednosti (3.3V) u digitalnu (10010)

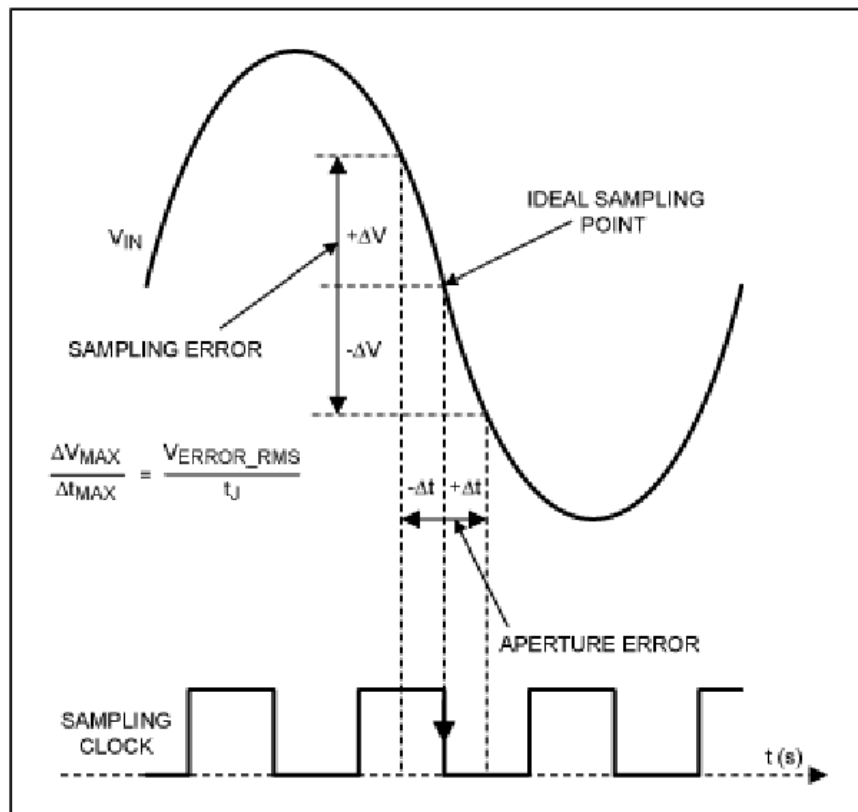
- osnovni parametri su razlučivost (broj bitova prevornika) i brzina pretvorbe (broj uzoraka/s - sps)
- brzina pretvorbe bi trebala biti **barem** duplo veća od najveće frekvencije



- proces pretvorbe:
 - sampling (uzorkovanje) - uzimanje input uzoraka
 - kvantizacija - određivanje amplitude uzorka, svakoj amplitude se dodijeni neka od N kvantizacijskih razina
 - kodiranje - određivanje koda svakoj kvantizacijskoj razini
- svojstva A/D pretvornika:
 - rezolucija - koliko izlaznih vrijednosti se može poprimiti 2^{bits}
- Na primjer:
 - Ulazni signal: -5 do 10V (raspon = 15V)
 - Rezolucija: 12 bita (4096 vrijednosti)
 - Rezolucija: $15V / 4096 \approx 0,00366 \text{ V/vrijednosti} = 0,00366 \text{ V/bit}$

Fig. 12: primjer rezolucije

- točnost - nepreciznost takta koji radi uzorkovanje dovodi do greške



$$\Delta t < \frac{1}{2^{brojbitova} \cdot \pi \cdot f_{ulazno}}$$

- stopa uzorkovanja
 - frekvencija kojom se pretvara u analogni signal
 - vrijeme uzorkovanja - vrijeme potrebno da se uzorkovanje obavi
 - kod brzih promjena inputa se treba input "snimiti" (npr. sa Sample and Hold kondenzatorom koji se nabije na ulaznu veličinu i zadržava je) dok se radi uzorkovanje

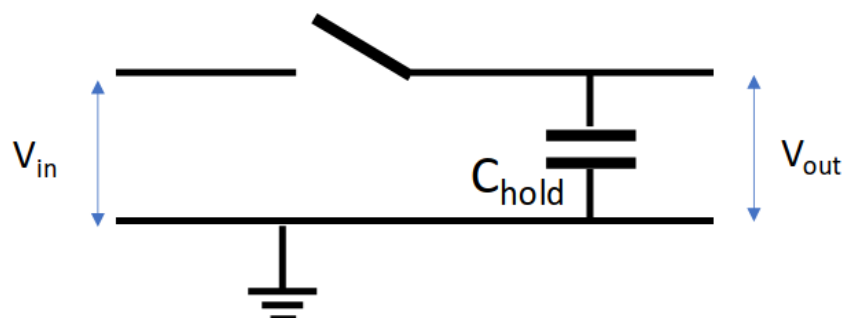


Fig. 15: Sample and Hold kondenzator

- aliasing:
 - sampling frequency mora biti barem dva puta veća od frekvencije input signala, inače dolazi do aliasinga
 - signal se propušta kroz filter koji miče sve frekvencije $> 2f$

- dithering (zamućivanje) - **namejerno** dodavanje šuma u input kako bi se izbjegao aliasing
- oversampling - uzimanje uzoraka većom frekvencijom kako bi se postigla veća točnost

Princip rada A/D pretvornika

- uglavnom se koristi brojilo (osim kod skupljih spojeva)
- metode pretvorbe:
 - successive approximation (sukcesivna aproksimacija)
 - integration (integracija)
 - direct comparison (neposredna usporedba)
- prateći A/D pretvornik:
 - koristi brojilo "naprijed/natrag"
 - ako je ulaz veći od izlaza - brojilo se povećava
 - ako je ulaz manji od izlaza - brojilo se smanjuje
 - izlaz se mijenja svakim taktom (bit boggle)

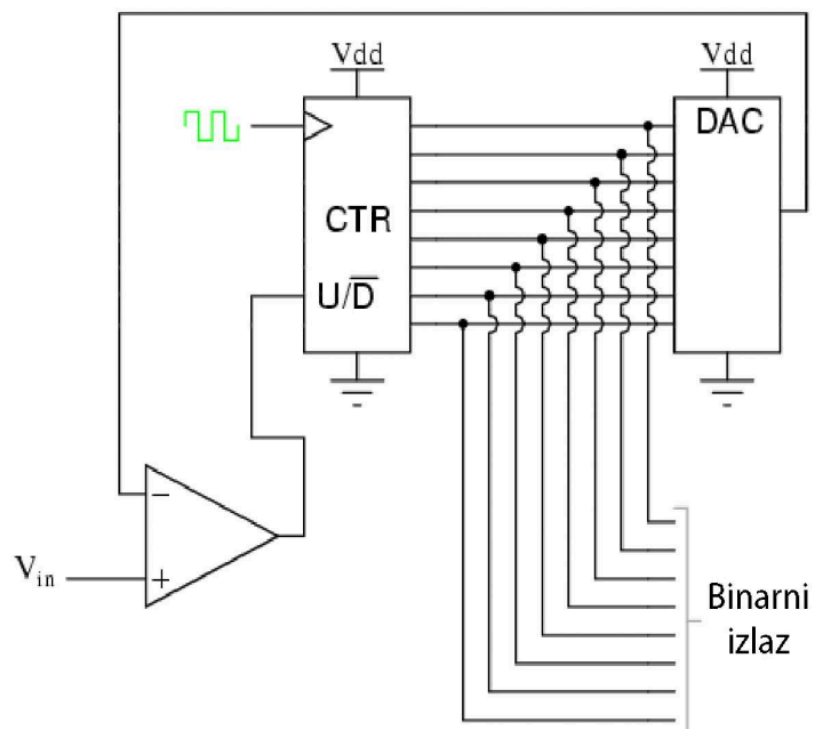


Fig. 16: shema pratećeg A/D pretvornika

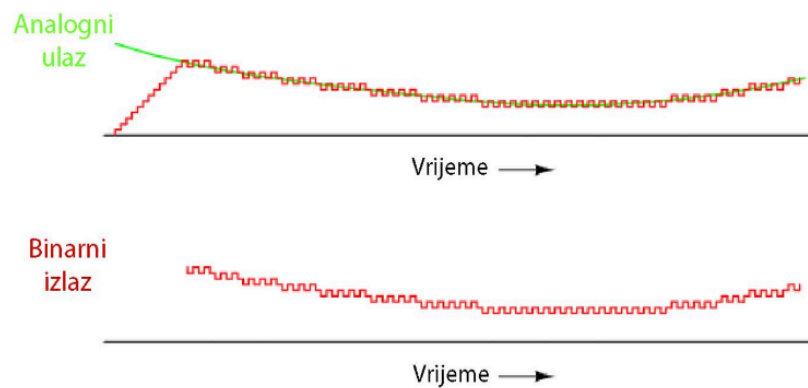


Fig. 17: A/D izlaz tijekom vremena

- sukcesivna aproksimacija:
 - konstantno vrijeme pretvorbe, obavlja se u koracima

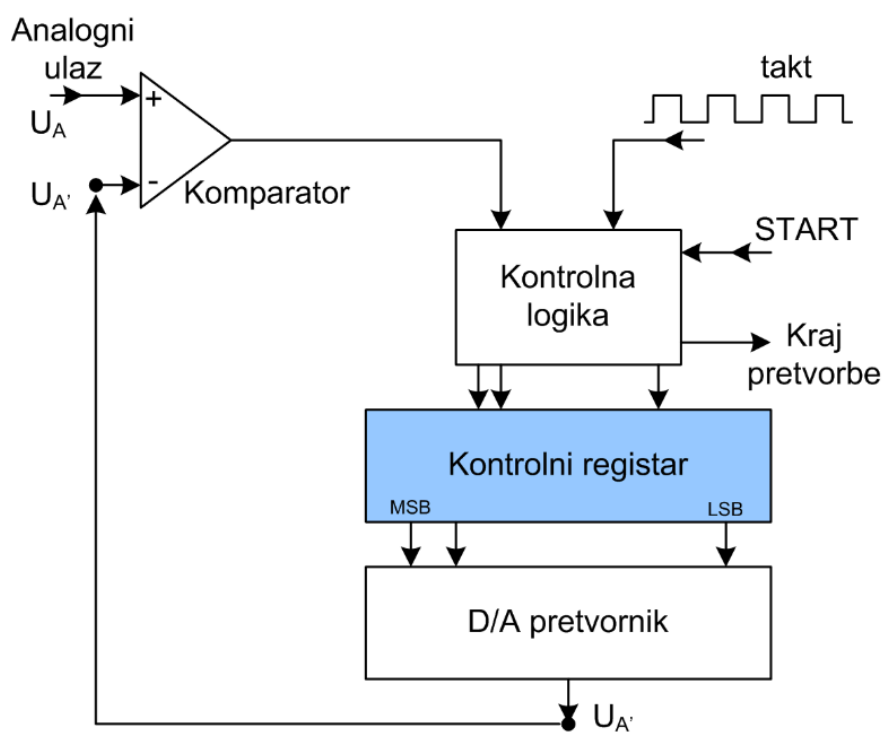


Fig. 18: shema sukcesivne aproksimacije

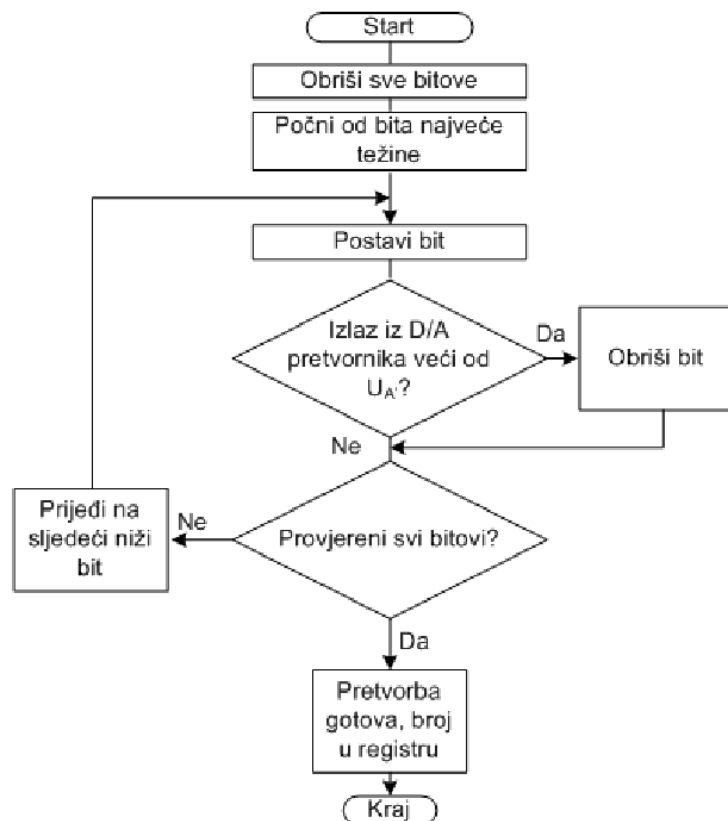
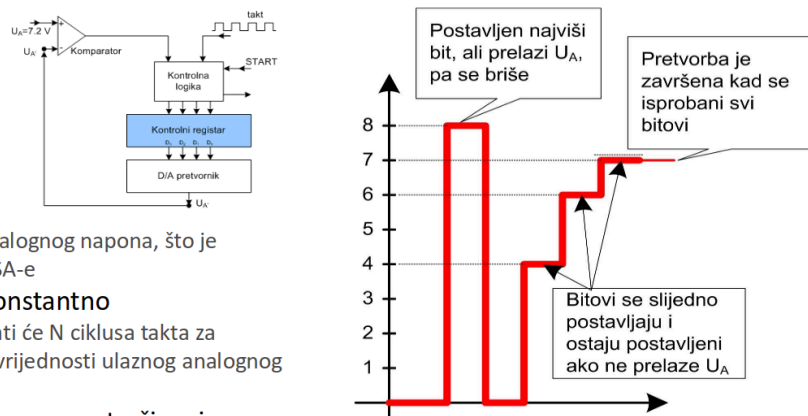


Fig. 19: algoritam sukcesivne aproksimacije

- Neka je kontrolni registar 4-bitni, razlučivost pretvornika 1 V, ulazni analogni napon $U_A = 7.2$ V



Krajnja vrijednost je 7

- manja je od ulaznog analognog napona, što je karakteristika metode SA-e

Vrijeme pretvorbe je konstantno

- N bitni pretvornik trebati će N ciklusa takta za pretvorbu, neovisno o vrijednosti ulaznog analognog napona.

Postupak se naziva i binarno pretraživanje

- postupak obilaska binarnog stabla po dubini (preorder traversal)

Fig. 20: primjer sukcesivne aproksimacije

- Brzina pretvorbe do 5 Msps, razlučivost 8-16 bita.

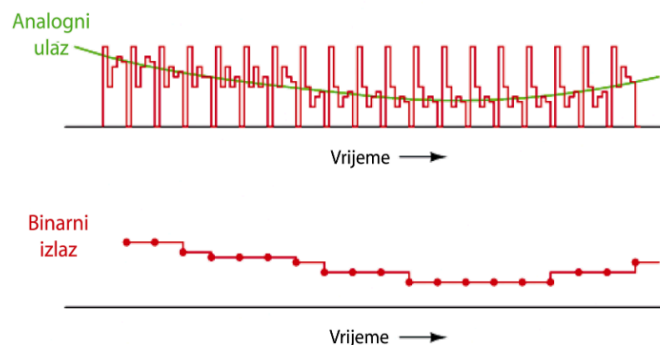


Fig. 21: A/D izlaz tijekom vremena

- metoda integracije
 - single slope (jednostavnije) ili dual slope (kompliciranije)
 - single slope:
 - problem točne frekvencije, R, C
 - radi pilasti valni oblik:

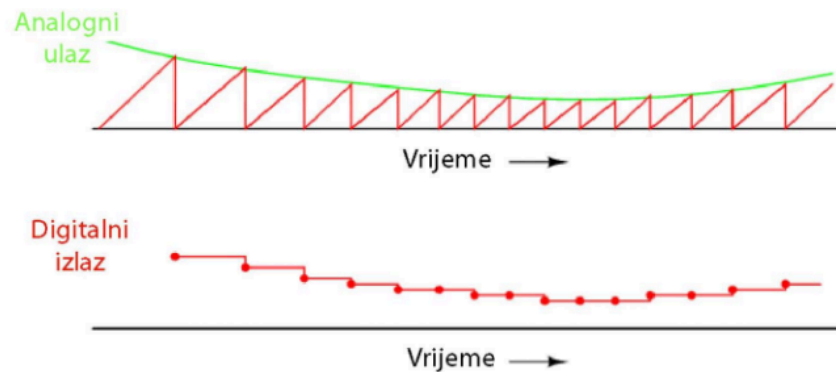


Fig. 22: single slope A/D izlaz tijekom vremena

- calibration drift!! - Da se brzina brojača iznenadno poveća, to bi smanjilo period u kojem se integrator «zamotava» (rezultira sa manje napona akumuliranog u integratoru), ali to znači da će brojati brže i dok se integrator «odmotava»
- dual slope - analogna integracija, mjeri se vrijeme da se kondenzator nabije do nepoznatog napona a isprazni od poznatog napona, precizna ali jako spora!!

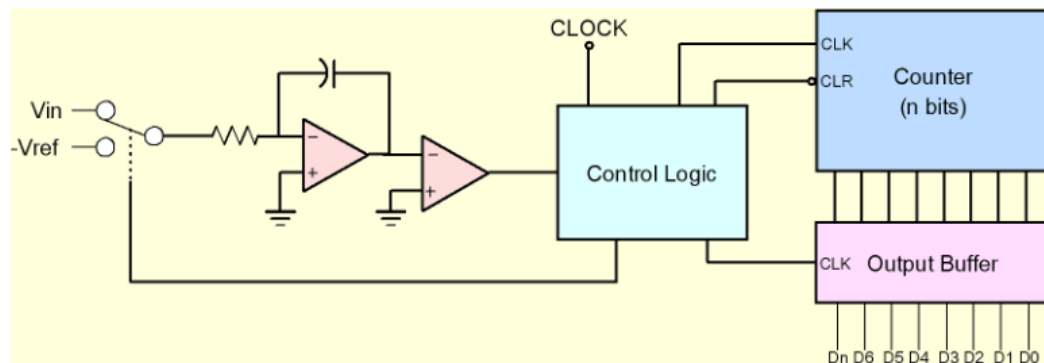


Fig. 23: dual slope A/D shema

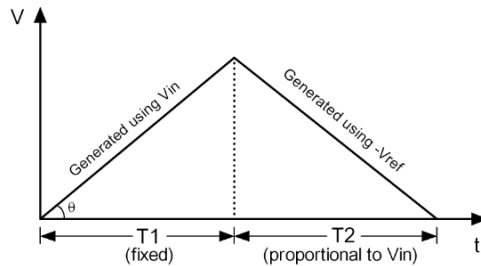
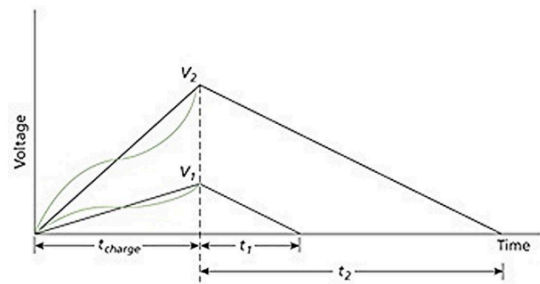
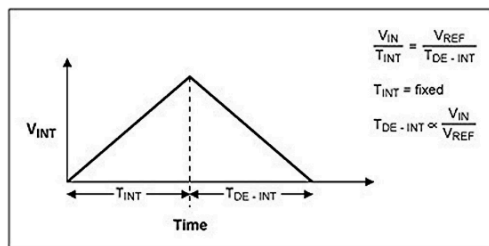


Fig. 24: dual slope napon tijekom vremena

- metoda paralelne pretvorbe (flash)

- najbrža metoda
- paralelna pretvorba
- zahtijeva puno više sklopova
- 3-bitni flash pretvornika

- Naponsko djelilo postavlja referentnu razinu za svaki komparator
- Sedam razina, prva = 1 V, druga = 2 V, itd.
- Analogni ulaz spojen je na ulaz svakog komparatora

- Npr. ako je $3\text{ V} < U_A < 4\text{ V}$, izlazi C_1 , C_2 i C_3 komparatora biti će u niskoj razini, ostali u visokoj
- Enkoder će reagirati samo na nisku razinu na C_3 , i na izlazu dati 011

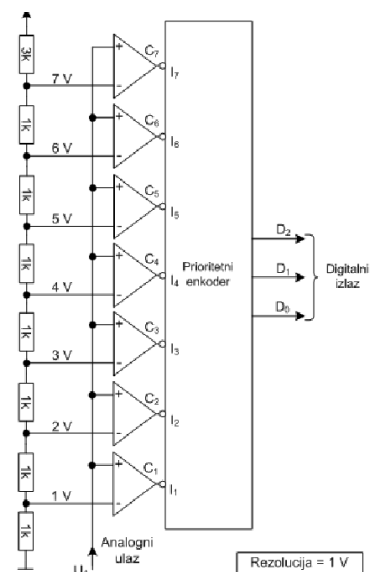


Fig. 25: flash primjer

- pretvorba započinje čim se signal pojavi na ulazu
- trajanje pretvorbe ograničeno vremenom propagacije signala (jako malo)

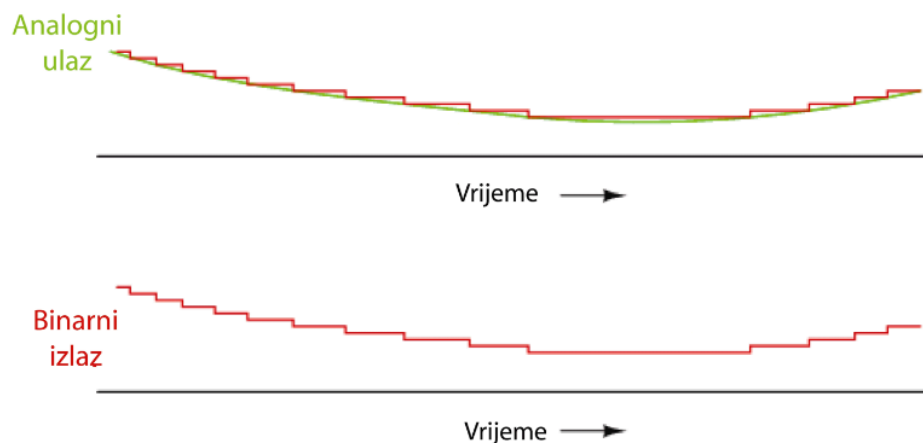


Fig. 26: A/D izlaz tijekom vremena

Usporedba karakteristika A/D pretvornika

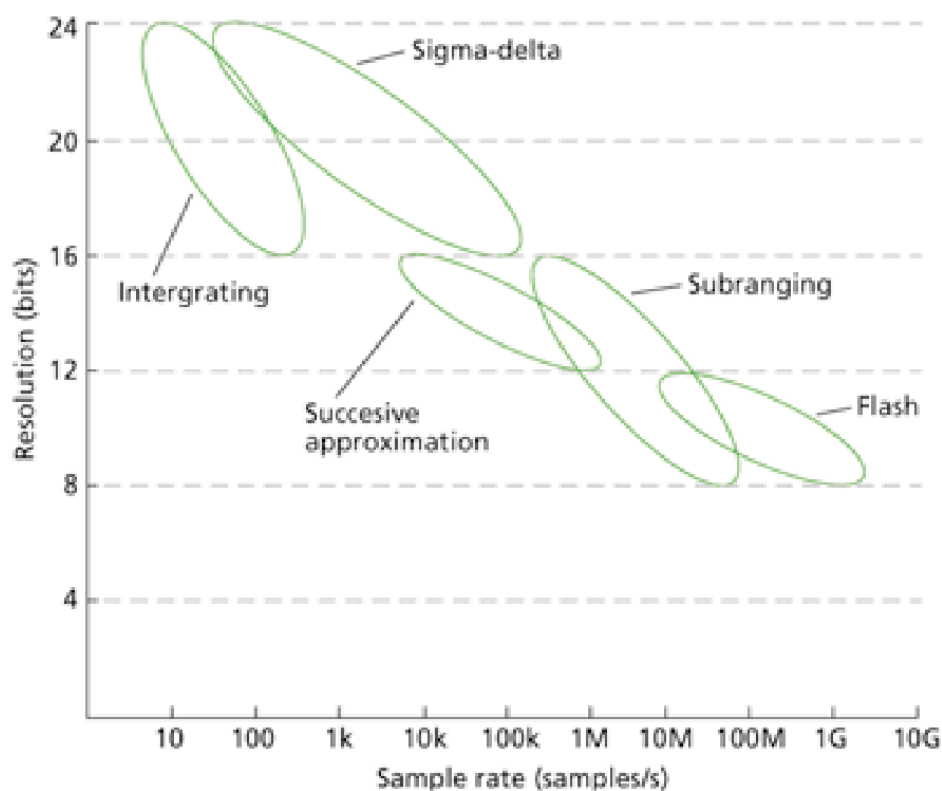


Fig. 27: sample rate po rezoluciji

- rezolucija (broj bitova koji izlazi iz pretvornika) - integracijski, dvo-kosinski, tracking, successive approximation, flash
- brzina/frekvencija uzorkovanja - flash, track, successive approximation, dvo-kosinski
- step recovery (brzina promjene izlaza prema velikoj promjeni na ulazu) - flash, successive approximation, integracijski, dvo-kosinski, track
- A/D pretvornik može biti:
 - ugrađen - manji broj komponenta, ne troše se U/I linije ali rezolucija max 10 bitova i ograničeno na successive approximation
 - vezan na sabirnicu - nema ograničenja na tip pretvornika, ali treba se koristiti vanjska sabirnica

- analogno multipleksiranje - omogućuje korištenje A/D pretvornika za više signala
ESP32 ima ADC1 (8 kanala) i ADC2 (10 kanala) pretvornik, koristi successive approximation i rezolucija je 12 bitova