

A/D KONVERTORJI

Obstaja veliko principov A/D pretvorbe in prav tako načinov izvedb A/D pretvornikov. Zelo popularne so izvedbe pret., ki imajo v povratno vezavo vključen dig-anal pretvornik; te pretvornike lahko razdelimo na naslednje izvedbe: prištevalni ADC, sledilni ADC, ADC z zaporednim približevanjem.

Vemo, da pri analognem pretvorniku posreduje merilna naprava informacijo o velikosti merjene veličine v obliki analognega signala. To pomeni, da imamo sorazmernost med fizikalno veličino in električnimi signali na izhodu pretvornika.

Pri digitalnih pretvornikih pa elektronska naprava pretvarja informacijo v niz impulzov (konstantne amplitude) z določeno kodo in določenim vzorcem. Samo tako se izognemo raznim motilnim vplivom(šum), ker lažje beremo signal, če je v digitalni obliki. Tako si npr. privoščimo, da upade amplituda binarnega signala 1 celo na 75%, kljub temu, da bo npr. končni rele zanesljivo pritegnil, tj. vrednotil binarni signal kot 1. V regulacijskih krogih in v industrijski avtomatizaciji se vedno bolj pojavlja zahteva po spreminjanju analognih signalov v digitalne in obratno.

A/D konvertorji

Vsi podatki fizikalnih sistemov so analogni. V kolikor želimo vse veličine shranjevati, obdelovati na mikroračunalniku ali številčno prikazati, jih moramo pretvoriti v električno digitalno obliko.

Po tej metodi se torej analogna informacija pretvori neposredno v numerično kodirano vrednost in ker se digitalni signal izraža v določeni kodi, pravimo temu pretvorniku tudi kodirnik.

Pravzaprav je kodiranje postopek, s katerim kvantizirani vzorec (to je digitalna vrednost, ki se najbolj bliža nivoju vzorčene vrednosti vhodnega signala) spremenimo v določeno kombinacijo binarnih impulzov.

Pretvorimo npr. linearni pomik 4 ščetk neposredno v digitalno besedo s pomočjo traka.

Če naj bo v digitalni besedi 4 bitov, potem je trak razdeljen na štiri pasove iste debeline, na katerih je 16 sektorjev. Na kvadratih, ki so na nekaterih območjih prevodni, druge pa neprevodni, drsijo ščetke. Tiste ščetke, ki so na prevodnem sektorju, dobijo preko njega napetost, druge pa ostanejo brez napetosti. Sektorji so kombinirani tako, da zaporedje napetostnih breznepetostnih stanj predstavlja binarno število. Podobno lahko uresničimo tudi z uporabo svetlobe, ki prodira(al ne) skozi prozorne (ali neprozorne) dele fotocelice in števca impulzov.

V takšnem sistemu je število stanj enako 2^b , če je b število bitov v kodirnem izrazu. Obstoječi sistemi kodirajo informacijo z 8, 10 ali 12 biti. V prvem primeru je signal kvantiziran na $2^8=256$ nivojev, tretjem pa na $2^{12}=4096$ stanj.

Povdariti je treba še, da obstaja še veliko načinov A/D pretvorbe, ki se med seboj razlikujejo po hitrosti (obstaja npr. celo pretvornik tipa »flash«) in natančnosti. Lahko pa zberemo metodo delovanja, tako da amplitudo vhodnega signala določimo ali direktno s primerjavo na enem ali več komparatorjih ali pa indirektno, kjer pretvorimo to amplitudo najprej v neko pomožno veličino, ki jo nato lažje pretvorimo v digitalno obliko.

A/D konvertor z ramp tehniko

Osnova tega konvertorja je v linearno naraščajoči referenčni napetosti, ki ji primerjamo analogno napetost u_v . Princip je torej zasnovan na spreminjanju napetosti v času oziroma posredno v število impulzov, ki je sorazmerno vhodni napetosti u_v . Na začetku naraščanja strmine na invertirani vhod komparatorja, začne prehod impulzov skozi vrata AND v števec. Ko se napetost rampe izenači z napetostjo u_v , se izhod komparatorja preklopi v stanje 0 in števec je ustavljen do naslednje rampe.

Seveda je število, ki je dospelo na števec, ko so bila vrata odprta, merilo za velikost izmerjene vrednosti u_v . Krmilna enota, ki daje takt odčitavanja, sproži začetek naraščanja referenčne napetosti, resetira digitalni števec ter odpre vrata, ki omogočijo, da impulzi s časovne baze pridejo na vhod števca.

Zaporedni digitalni izhod je na vhodu števca, vzporedni digitalni izhod pa predstavlja izhod elektronskega registra.

Primera A/D konvertorja z DAC

ADC s stopničasto napetostno komparacijo

A/D konvertor je sestavljen iz povratne vezave sestavljene iz komparatorja, časovnika, ki pošilja impulze na elektronski števec in D/A pretvornika, katerega izhodna referenčna napetost U_r narašča s časom. Ko stopničasta referenčna napetost doseže izmerjeno vhodno napetost u_v , preklopi komparator in sproži impulz, ki ustavi štetje (STOP).

Na števcu ostane digitalno zapisana kodirana vrednost, ki odgovarja analogni vhodni vrednosti. Izhod DAC-a je kodiran zapis ali je podan v desetiškem sistemu na številčnem prikazovalniku.

Krmilna enota sproži s priključkom start štetje ter izbriše (reset) zapisano vrednost v števcu in na številčnem prikazu, ko želimo pripraviti inštrument za novo konverzijo. Izhodna napetost D/A konvertorja, ki ima obliko stopnic, je toliko bolj natančna, kolikor natančnejša je višina posamezne stopničke.

Običajno je krmilna enota taktnik, ki določa pogostnost ponovne konverzije.

Opisani sistem se uporablja v digitalnih voltmetrih za AC-DC napetosti.

Povratna vezava v sistemu je zaključena le v času, ko števec šteje, ostali čas je prekinjen. Obstajajo izboljšave in torej hitreje oblike takega

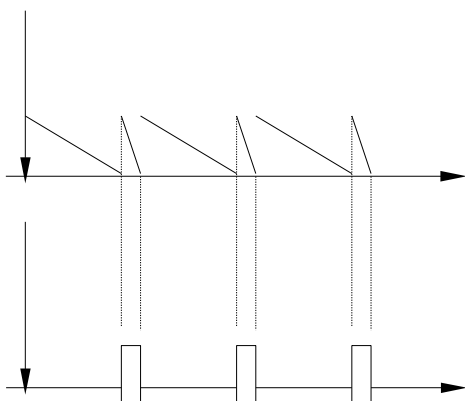
ADC pretvornika.

A/D konverter s pretvorbo napetosti v frekvenco

Kot pove že naslov, pretvorimo tu z veliko resolucijo analogno napetost v frekvenco, ki jo merimo z digitalnim frekvencometrom. Tak način konverzije sestavljajo operacijski ojačevalnik (A), izveden kot generator rampe (integrator), primerjalni člen, ki sproži delovanje preciznega impulznega generatorja (monostabilni multivibrator), ki proizvaja z določeno amplitudo in časom signale za integrator.

Vhodna napetost požene tok skozi R_1 , v skupno točko operacijskega ojačevalnika. Ta tok se zaključi prek C in povzroči, da se izhod integratorja odmakne od nič voltov. Če je vhodna napetost pozitivna, je sprememba na izhodu negativna in obratno. Preden začnemo s pretvorbo, izpraznimo kondenzator; s tem postavimo integrator na nič. Ko vključimo napetost u_v , ki predstavlja vhodno veličino, se začne kondenzator polniti, kar povzroča na izhodu integralnega člena linearno naraščanje napetosti u_1 .

Slika:



Strmina naraščanja napetosti u_1 je proporcionalna napetosti u_v . Ko u_1 doseže prag referenčne napetosti U_r , preklopi komparator svoj izhod u_i . Po preklopu se kondenzator sprazne na napetost u_1 linearno pada in ko po času t_2 doseže vrednost nič, primerjalni člen ponovno preklopi v prvotno stanje, itd. Zaradi tega dobimo na izhodu zaporedje impulzov žagaste oblike, katerih frekvenca je premo sorazmerna napetosti u_v . Torej s konstanto k , ki jo spreminjamo z referenčno napetostjo, številčno prilagodimo frekvenco napetostnih impulzov analogni vhodni napetosti. Signal na izhodu primerjalnega člena lahko krmili tudi logična AND vrata, katerih drugi vhod obdržimo v stanju 1 za čas t_2 . V tem intervalu šteje števec število impulzov, ki dospejo iz oscilatorja in ob koncu tega časa dobimo vrednost vhodnega signala na prikazovalniku. Obstajajo seveda še druge pretvorbe analognega signala v digitalno obliko, npr. A/D konverter z dvojno ali trojno strmino, z delta načinom, ... Te metode imajo veliko večjo resolucijo in s tem ločljivost, toda so počasnejše in s tem bolj primerne za instrumentacijo ali počasnejše "on line" sisteme.

V zadnjem času se pojavljajo na tržišču tudi integrirana vezja, ki poleg A/D pretvornika vsebujejo še analogni multiplekser in včasih "sample and hold" vezje ali prilagoditveni ojačevalnik. Ta integrirana vezja imajo tudi "tristate" kontrolo, tako da se lahko direktno priključijo na podatkovno vodilo "data bus" mikroračunalnika.

ADC z zaporednim približevanjem

ADC z zaporednim približevanjem je pretvornik s povratno vezavo, kjer je v vejo povratne zveze vključen D/A pretvornik. Logično vezje, ki krmili delovanje D/A pretvornika je zasnovano drugače kot pri sledilnih ADC.

Princip delovanja ADC z zaporednim približevanjem je zasnovan na približevanju željeni vrednosti po metodi binarnega drevesa.

V prvem poskusu se postavi bit najvišje utežne vrednosti in prek DA pretvornika primerja z vh. analogno vrednostjo. Če je vh. analogna vrednost večja, se ta bit ohrani zapisan v registru, drugače pa se izbriše. V drugem koraku se postavi bit, ki je na drugem najvišjem mestu in ponovno primerja z vhodno analogni napetostjo. Če je ta nižja, se ohrani v registru, drugače se izbriše. Enako se ponovi tudi v tretjem koraku. Postavljeni bit najvišje utežne vrednosti ima težo polovice polne izhodne vrednosti; naslednji po teži ima težo četrte polne izhodne vrednosti, tretji bit pa le osmino polne izh. Vrednosti. S sestavljanjem posameznih bitov, npr. v 8-bitni zapis, lahko dobimo analogni vrednosti ekvivalentni digitalni zapis. Približevanje končni vrednosti z zaporednim postavljanjem ali brisanjem posameznih bitov 8-bitnega ADC lahko prikažemo tudi z diagramom poteka, kjer je z U_a označena vh. analogna vrednost, z U_p pa je polna vrednost, ki jo lahko opišemo z določenim številom bitov.

Da bi A/D pretvornik lahko deloval po algoritmu z zaporednim približevanjem, mora biti opremljen z ustrezno logiko. To logiko sestavljajo latchi in pomikalni register za toliko bitov, kolikor jih ima digitalni izhod.

Postopek pretvorbe:

- postavi se bit najvišje utežne vrednosti, ki ima težo polovice max vrednosti, kar znaša 5V; ker je to nižje od priključene U , se ta bit ohrani v latchu
- postavi se bit 2, ki ima težo četrte max vrednosti; ker vsota, ki jo ponazarjata bit 1 in 2, presega priključeno vrednost ($5+2,5 > 6,75$), se ta bit ponovno briše
- postavi se bit 3, ki ima težo osmine max vrednosti, ker je vsota, ki jo ponazarjata postavljena bita 1 in 3 manjša od priključene napetosti, se ta bit ohrani
- postopek se ponavlja do bita 8 tako, da se ob prekoračitvi vrednosti 6,75 postavljeni bit briše, če je vsota, ki jo predstavljajo postavljeni biti, manjša od 6,75 pa se postavljeni bit ohrani.
- Na izhodu dobimo digitalni podatek

Nekateri karakteristični parametri

Pomembnejši parametri, ki jih daje graditelj so:

- resolucija je najmanjša sprememba vhodnega analognega signala, ki povzroči spremembo koda na izhodu. Je torej število bitov vsakega vzorca, ki nam določa tudi iznos kvantizacijskega šuma, ki ga ta pretvorba nujno vnese v signal. Ker je resolucija odvisna od bitov, imamo npr. 8bitni A/D konvertor, ki zlahka loči $2^8=256$ diskretnih nivojev.
- čas pretvorbe je največji čas, ki ga ADC porabi, da vzorec vhodnega signala spremeni v digitalno obliko. Razpon časov je od nekaj μs za počasne in nekaj ns za hitre konvertorje.
- Napaka linearnosti je max odklon karakteristične krivulje od premice, ki povezuje skrajni točki prenosne karakteristike pretvornika. Napaka linearnosti je specifična vsakemu vezju.
- Diferencialna nelinearnost je razlika med širino dveh zaporednih stopnic v prenosni karakteristiki in teoretično vrednostjo 1LSB. Taka diferencialna linearnost $\pm 1/2$ LSB pomeni, da je velikost bitov 1LSB $\pm 1/2$ LSB.
- Offset napaka je vrednost, za katero prenosna karakteristika pretvornika zgreši koordinatno izhodišče glede na abscisno os.
- Temperaturni drift. Napake glede offset in linearnosti merimo v ppm/ $^{\circ}C$. v glavnem imajo manj kot 5 ppm za vsako stopinjo spremembe temperature.
- Razpon vh. napetosti predstavlja interval, kjer se lahko spremeni analogna napetost. Tipične vrednosti so med 0 in 10 V
- Napaka ojačanja je razlika v naklonu med dejanskim in idealnim potekom prenosne karakteristike.
- Odzivni čas je čas, ki preteče od trenutka, ko na vhod pretvornika priključimo stopnico, katere amplituda je enaka max vh. vrednosti, pa do trenutka, ko izhodna vrednost pride v zahtevano območje okrog končne vrednosti. Odzivni čas DAC pretvornika se z obremenitvijo spreminja. Napetostni dig-anal pretvornik ima zaradi izhodnega op. ojačevalnika večji odzivni čas kot tokovni.

POVZETEK:

Seznani smo se s sistemi, ki povezujejo digitalne sisteme z analognim okoljem; takšna vezja imenujemo digitalno-analogni oziroma analogno-digitalni pretvorniki, ki jih krajše označujemo z DAC oziroma ADC.

Literatura:

- Cvetko Štandeker: Digitalni sistemi
- Carlo Mucci: Elektrotehnika in digitalna elektronika