

Zrilič Dj., Iršič A., Jagodič M.

ISKRA RAZISKOVALNI INŠTITUT, LJUBLJANA

ADAPTIVNI DELTA MODULATOR SA DIGITALNOM ADAPTACIJOM

1. Uvod

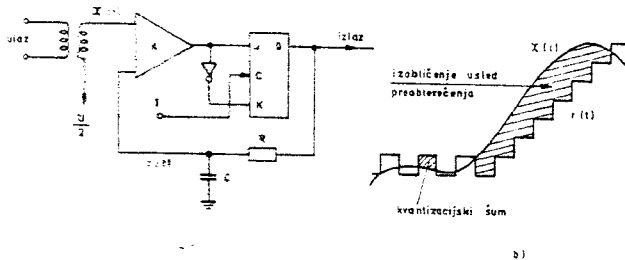
Proces delta modulacije (DM) pretvara analogni signal u sekvencu binarnih impulsa, isto kao i kod PCM, s tom razlikom da DM generira samo jedan impuls za jedan uzorak. Ovaj impuls nam govori kako se prijemni signal promijenio u odnosu na prethodni uzorak. Kod PCM sistema je ulazni signal kodiran kao apsolutni nivo svakog uzorka, a u delta sistemu promjena ulaznog signala je kodirana kao relativni nivo impulsa koji slijede. Tako je demodulirani signal određen u potpunosti sa prošlošću prethodne impulsne sekvence.

U radu će biti osvjetljeni nedostaci koje srećemo kod linearne DM, kao i mogućnost rješavanja tih nedostataka adaptivnom DM. Biće prikazana neka od mogućih rješenja ADM, kao i rezultati mjerenja odnosa signal/kvant. šum.

2. Linearni delta modulator

Linearno delta modulacija (LDM) je primjer najjednostavnije DM. Jedan prsti LDM je prikazan na slici 1a. Način rada ovog modulatora je sljedeći: Kada je ulazni signal na komparatoru veći od napona na kondenzatoru C, komparator utvrdi taj trenutak i uzrokuje da se na njegovom izlazu generiše pozitivan impuls. Taj impuls biva u ritmu takta preko D flip-flopa poslan u kanal. Istovremeno se vrši punjenje kondenzatora C preko otpora R. Punjenje C se nastavlja sve dotle, dok napon na C ne predje napon ulaznog signala, kada izlaz komparatora

ide na nulu. To isto stanje je preneseno u kanal i C ima otvoren put pražnjenja preko R. Da bi napon na kondenzatoru vjerno sledio ulazni signal potrebno je da frekvencija takta bude dovoljno visoka.



Slika 1 - Princip linearnog delta modulatora

Johnson [1] pokazuje da su ti uslovi ograničenja za potpunu aproksimaciju dani sa

$$A = \frac{U}{2\sqrt{1+\omega^2 C^2 R^2}} \quad (2.1)$$

gdje je: A - amplituda ulaznog signala
 U - napon napajanja
 ω - kružna frekvencija ulaznog signala

Kada su ti uslovi prekoračeni, t.j. amplituda ulaznog napona A je veća od onog određenog jednačinom (2.1), dolazi do preopterećenja i kvantizacioni šum naglo raste. Iz (2.1) vidimo da sa smanjivanjem vrijednosti za R , raste vrijednost amplitude ulaznog signala A . To povećanje amplitude ulaznog signala bi prouzrokovalo povećanje kvantizacionog šuma, čiju bi odvisnost mogli prikazati kao proporcionalnu vrijednosti $\frac{1}{R^2}$. Da bi zadržali odgovarajući odnos signal/kvant. šum, R bi trebao biti smanjen samo do vrijednosti za koju se veličina ulazne amplitude A približava granici preopterećenja. Ovaj problem rada LDM na granici preopterećenja rješava adaptivni DM.

Kao što smo vidjeli LDM radi sa fiksnim korakom integracije (slika 1b), i radi toga ne postoji mogućnost, pri većim strminama ulaznog signala $x(t)$, da rekonstruisani signal $r(t)$ brzo prati ulazni signal $x(t)$. Na osnovu ovog možemo zaključiti da:

- kod LDM se javlja preopterećenje, kada ulazni signal $x(t)$ prevazilazi maksimalnu moguću amplitudu rekonstruisanog signala lokalnog demodulatora $r(t)$
- kod LDM je šum kvantovanja veći, ukoliko je veći korak integracije (digitalizacije), i to naročito pri malom nagibu ulaznog signala
- je izlaz iz kadera LDM direktno proporcionalan strmini ulaznog signala.

Mozemo zaključiti da se sa malim korakom digitalizacije javlja preopterećenje, a pri velikom koraku digitalizacije veliki šum kvantovanja, kod signala male amplitude.

3. Adaptivni delta modulator

Poznato je da je kod LDM ograničen opseg ulaznog nivoa signala, tako da ti jednostavni sistemi imaju tipičan opseg dinamike od oko 15 dB. Kada ulazni signal ima veći opseg nivoa, moramo upotrebiti adaptivni način modulacije. Možemo odmah na početku postaviti pitanje: u čemu je prednost adaptivnog načina modulacije?

Kod LDM amplituda impulsa, koji dolaze na integrator, je konstantna, zato su i oscilacije aproksimiranog signala, oko ulaznog signala, konstantne amplitude. Ako ulazni signal ima veliku amplitudu veliki je i odnos signal/kvant. šum, a impulsne oscilacije oko ulaznog signala predstavljaju već znani kvantizacijski šum. Kada se amplituda ulaznog signala smanji, linearno se smanji i odnos signal/kvant. šum.

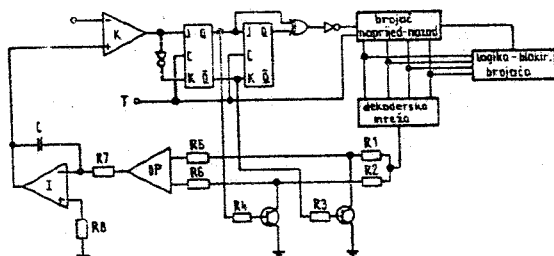
Sa promjenom amplitude impulsa, u skladu sa strminom ulaznog signala, mijenja se takodje amplituda oscilacija, a stim ostaje odnos signal/kvant. šum konstantan u širokom području. Odnos signal/kvant. šum je tim bolji, čim manja je amplituda oscilacija oko ulaznog signala, mada dodjemo tu do neke granice, koju zovemo

nagibno preopterećenje sistema.

Najugodniji odnos signal/kvant. šum postizemo tačno na granici nagibnog opterećenja $/2/$. Upravo kod ADM radimo na granici preopterećenja, gdje se amplituda impulsa, koji dolaze u lokalni demodulator, mijenja tako da se svaka vrijednost amplitude ulaznog signala aproksimira tačno na granici nagibnog preopterećenja.

4. Realizacija ADM

Pri realizaciji ADM težilo se je za tim da ta realizacija bude što jeftinija i jednostavnija. Uglavnom su razmatrane tri varijante, kod kojih se težilo za što većom digitalizacijom. Prva realizovana varijanta je prikazana na slici 2.

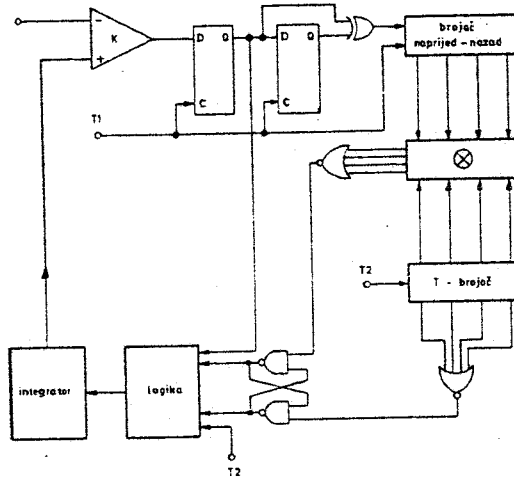


Slika 2 - Uprošćena šema ADM sa brojačem naprijed - nazad, prva varijanta

Kao što se vidi sa slike, modulator sadrži pored digitalnih i linearne komponente. Iako je ova varijanta davala obećavajuće rezultate, na njenoj optimizaciji se nismo zadržavali, jer je analogna zahtjevnost ove varijante očita.

Realizovana je druga varijanta (Slika 3) čiji princip, kao i prethodne, se temelji na radu brojača naprijed-nazad. Naime, ovdje je usvojena varijanta paralelnog rada dva brojača. Prvi brojač naprijed-nazad, a drugi njemu paralelan, je obični

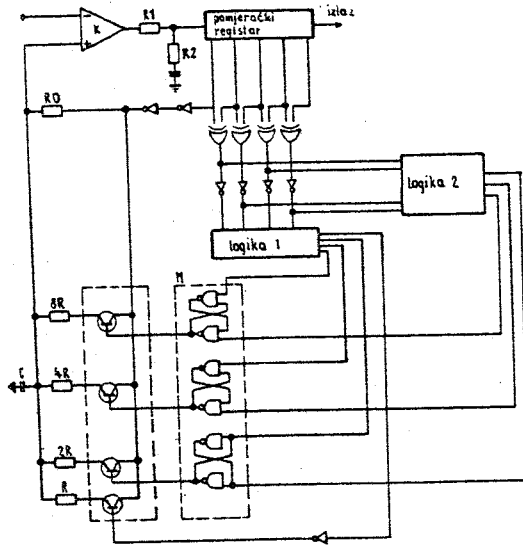
T-brojač. Frekvencije takta ovih brojača su različite i one su u odnosu $f_2 = n f_1$. Naime, ideja se sastojala u tome da frekvencija takta lokalnog demodulatora f_2 (T-brojač) bude znatno veća od frekvencije takta lokalnog demodulatora f_1 . Sa frekvencijom f_1 idemo na liniju i ona odgovara vrijednosti od 32 kHz. Ovim smo željeli postići što bolju adaptivnost, sa jedne strane, i kompatibilnost sa drugim sistemima, sa druge strane.



Slika 3 - Uprošćena šema ADM sa brojačem naprijed-nazad, druga varijanta

Laboratorijska ispitivanja ove, potpuno nove, ideje su u toku. Medjutim nedostatak ove, kao i prethodne varijante se ogleda na prijemnoj strani. Poznato je da se brojač naprijed-nazad može naći u bilo kom od svojih mogućih n -položaja. Pošto se isti brojač nalazi na prijemnoj strani, to se nameće problem vraćanja brojača u sinhronizam.

Treća varijanta koja je realizovana, a koja je najmanje analogno zahtjevna, je prikazana na slici 4.



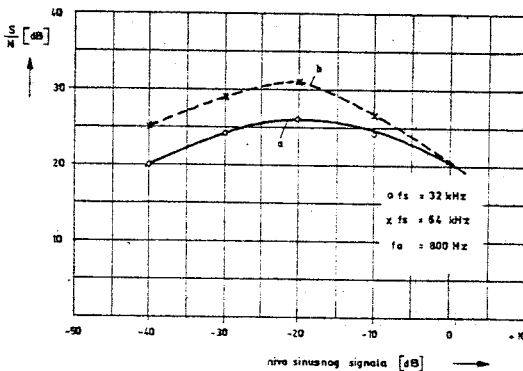
Slika 4 - Uprošćena šema ADM sa pomjeračkim registrom, treća varijanta

Naime, mogućnost izrade ove varijante u monolitnoj tehnici je očita. Jedini spoljnji element bi bio kondenzator i otpornici širokih tolerancija. Izrada može biti integrisana i jeftina. Način rada ovog modulatora je sledeći:

Uzmimo slučaj da informaciju šaljemo na liniju. Prije nego što se što desi, informacija biva memorisana u pomjeračkom registru. Pri istom stanju dvije susjedne celice pomjeračkog registra, preko modulo-2-sabirača, biće uključena logika koja će uključiti odgovarajući strujni generator. Koji će od strujnih generatora biti uključen ovisno je od stanja u pomjeračkom registru. Sa uključivanjem pojedinih strujnih generatora mijenja se veličina RC konstante, a time i brzina prilagodjavanja signala, lokalnog demodulatora, ulaznom signalu. Znači, veličina povratne veze lokalnog demodulatora biva određena sa stanjem u pomjeračkom registru. Ukoliko pretpostavimo da kašnjenje koje unosi pomjerački registar nema uticaja, onda

teorijski nema granice za broj bita koje možemo čuvati pred predajom. Postoji neka upotrebna gornja granica za N (broj bita koje vodimo u povratnu vezu sistema). Prema Wingu /3/, za sisteme koji kodiraju i prenose govor, je $N \leq 4$. Eksperimentalni rezultati su pokazali, da povećanje broja celica pomjeračkog registra bitno ne utiče na povećanje dinamike. Sa logikom detektiramo promjenu amplitudnih nivoa ulaznih signala, čime je dalje preko memorijskog sklopa i strujnih generatora omogućena adaptacija. Memorija M ima zadatak da održava nivo adaptacije, odnosno da zadrži optimalnu RC konstantu.

Na ovom modelu su vršena mjerenja odnosa signal/kvant. šum pri frekvenciji odmjerenja od 32 i 64 kHz.



Slika 5 - Odnos S/N u funkciji dinamike ulaznog signala

Sa slike 5 se vidi da kriva a ima dinamički opseg od 20 dB, za odnos signal/kvat. šum od 24 dB. Za frekvenciju odmjerenja od 64 kHz dinamički opseg je oko 32 dB, za odnos signal/kvat. šum veći od 25 dB. Ovi rezultati su za sinusoidalni signal frekvencije $f_0 = 800$ Hz, mereno širokopojasno. Za govorni signal, mjereno psfomterički, možemo predvidjeti cca 3 - 6 dB bolje rezultate.

5. Zaključak

Cilj ovog rada je bio da prouči mogućnost realizacije ADM i da prouči mogućnost upotrebe digitalnih komponenata za poboljšavanje njegovih osobina.

Upotrebom digitalnih komponenata postizemo visok stepen integracije, otpornosti prema šumovima, velike temperaturne tolerancije, tolerancije u napajanju i mogućnost egzaktne generacije istog signala na dva različita mjesta prenosnog sistema.

Moramo napomenuti, da su radovi na ovim varijantama još uvijek u toku i da se radi na poboljšanju dinamičkog opsega kod frekvencija odmjerenja od 32 kHz i niže.

6. Literatura

- /1/ Johnson, F.B.: "Calculating Delta Modulator", IEEE Trans., 1968 AU-16, pp 121-129
- /2/ De Jager, F.: "Delta Modulation, a Method of PCM Transmission using the 1- Unit Code. Philips Res. Report (1952) pp 442-466
- /3/ Wing, P.A.: "Adaptive Delta Modulation" Electronics Letters 1-st. May 1969, Vol 5 No. 9.
- /4/ Kikkert, C.J.: "Digital Techniques in Delta Modulation". IEEE Trans. on Communication Technology, August 1971 pp. 570-574.
- /5/ Bettinger, O.: "Digitale Sprachübertragung bei mobilen Funkdienst" Elektrisches Nachrichtenwesen. Band 47, Nr. 4. 1972, s. 220-226.
- /6/ Jaunt, S.: Adaptive delta modulation with a one bit memory BST J, Vol. 49, 1970 No. 3.
- /7/ Jagodič M., Leonardis S., Iršič A., Mrše J., Zrilić Dj.: Poročilo za SBK "Digitalni prenosni sistemi z adaptivno delta modulacijo - 1. faza", April 1974.