

Zrilić Đuro

REFERAT

ISKRA-INŠTITUT ZA PRENOSNO TEHNIKO
LJUBLJANANOVI ALGORITAM ZA POSTIZAVANJE ADAPTIVNOSTI DIGITALNOG
ADAPTIVNOG DELTA MODULATORA

A NEW ALGORITHM FOR DIGITAL ADAPTIVE DELTA MODULATOR

Sadržaj: Predmet ovog rada je adaptivni delta modulator sa diskretnom promenom stepenice adaptacije na slogovnom principu. Ovak tip modulatora pogodan je za prenos govornih i telemetrijskih signala.

U dosadašnjim realizacijama ADM kodeka promene adaptivne stepenice bile su amplitudnog karaktera. Metoda postizavanja adaptivnosti, koja će biti prikazana ovde, omogućava postizavanje adaptivnosti na način pogodan za realizaciju kompletnog kodeka u LSI.

Prvo će biti kratko opisano dosadašnje stanje poznatih algoritama za postizavanje adaptivnosti, a zatim će biti opisan predloženi novi algoritam. U radu će biti prikazani i rezultati računarskih simulacija, kao i rezultati merenja izvedenih na modelu. Na kraju rada bit će uspoređeni rezultati dobiveni na realizovanom modelu sa rezultatima nadjanim u literaturi i kod nekih proizvođača.

Abstract: This article concerns the adaptive delta modulator having discrete change step-size of adaptation on the syllabic principle. This type of modulator is appropriate for the transmission of voice and telemetric signals.

In previous developments on the ADM codecs, changes of adaptive step-size were of an amplitude type. This article will discuss a method of adaptability which will make possible realisation of the complete codec in LSI.

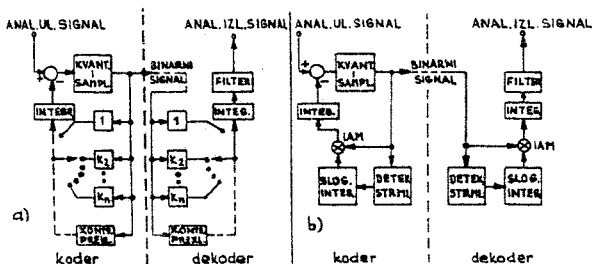
The first section of the article will briefly describe those algorithms, which are now used for reaching adaptability in transmission of voice and telemetric signals. Results of computer simulations will be discussed, so as various measured results conducted on the model. The final section of the article will present a comparison of results found in the literature and given by some manufacturers.

1. UVOD

Želeli bi odmah ukazati na osnovni problem koga ćemo razmatrati: kako i na koji način doći do ADM koji bi združio sve dobre osobine već postojećih delta modulatora? Odgovor nije jednostavan. Prvo i osnovno na što treba paziti je sačuvati jednostavnost ADM postupka. Drugo: sistem mora biti otporan protiv smetnji u prenosnom kanalu i treće: realizacija mora biti takva da omogućuje izradu ADM kodeka u LSI tehnici. Do sada je poznato nekoliko različitih rešenja ADM kodeka, kao i

algoritama po kojima se menja adaptivna stepenica. Poznato je, da su ADM kodeci sa trenutnom promenom adaptivne stepenice veoma jednostavni u konstrukcijskom pogledu, ali je njihova otpornost na smetnje u prenosnom kanalu minimalna. Sa druge strane, ADM kodeci sa slogovnom promenom adaptivne stepenice otporni su na smetnje u prenosnom kanalu, ali je njihova konstrukcija složena. Želja je: sjediniti prednosti jednog i drugog sistema.

Da bi se približili mogućnosti rešavanja ovog problema, neophodno je prikazati postojeće stanje u ovom području. Uopšteno govoreći, postoje dva sistema pogodna za prenos govornih i telemetrijskih signala. To su ADM sistemi na principu slogovne i trenutne adaptacije stepenice, čije su nam loše strane dobro poznate /1/, /2/. Slika 1 prikazuje blok šemu ADM sistema sa trenutnom i slogovnom adaptacijom.



Slika 1: Blok šema ADM sistema
a) sa trenutnom adaptacijom
b) sa slogovnom adaptacijom

Prikazani sistem na slici 1a predstavlja trenutni način postizanja adaptacije stepenice. To je poznati Abate /3/ algoritam. Šira primena ovog algoritma u ADM sistemu ima svoja ograničenja kada se radi o znatnijem uticaju kanalnih smetnji. Iz tog razloga je NASA /4/ upotrebila modifikovani Abate-algoritam. Primena ovog algoritma omogućuje vernu reprodukciju signala na prijemu i uz prisutnost izuzetno velikih kanalnih grešaka i to približno reda veličine 10^{-1} . SONG-ov algoritam, po kome se menja veličina adaptivne stepenice /5/ sličan je CVSD /6/ u GREEFKISOVOM /7/ algoritmu. Način delovanja ovih algoritama prikazan je u tabeli 1. Pregled ovih algoritama lepo je prikazan u radu /4/. Na komentaru prikazane tabele nećemo se zadržavati. Namera je samo da se prikaže postojeće stanje, bez većeg ponavljanja već poznatih činjenica.

Pošto se je ADM sa slogovnom adaptacijom do sada jedina pokazala

otpornom na kanalske smetnje, otuda i želja da se iskoristi ta njena dragocena osobina. Na žalost način na koji se postiže slogovna adaptivnost konstrukcijski je zahtevan i složen /8/. Da bi se sačuvala i druga dragocena klasične delta modulacije - konstrukcijska jednostavnost, neophodno je bilo da se istraživanja usmere ka traženju digitalnog rešenja ADM kodeka sa slogovnom adaptacijom, jer jedino "digitalni način razmišljanja" vodi do izrade ADM kodeka u LSI tehnici. Jednostavnost DM postupaka kao i razvoj moderne tehnologije baš je i doveo do upotrebe individualnih kodeka u telekomunikacijama.

Tabela 1.

1.	Modifikovani Abate - algoritam $ S(k+1) = \begin{cases} (S(k) + S_0)e(k); & \text{za } e(k) = e(k-1) \text{ i } S(k) < 8S_0 \\ S(k) e(k); & \text{za } e(k) = e(k-1) \text{ i } S(k) = 8S_0 \\ S_0e(k); & \text{za } e(k) \text{ bilo kakvo} \end{cases}$
2.	Songov algoritam $ S(k+1) = \begin{cases} S(k) + S_0; & \text{za } e(k) = e(k-1) \\ S(k) - S_0; & \text{za } e(k) \neq e(k-1) \end{cases}$
3.	CVSD - algoritam $ S(k+1) = \begin{cases} \beta S(k) + S_0; & \text{za } e(k) = e(k-1) = e(k-2) \\ \beta S(k) ; & \text{za } e(k) \text{ bilo kakvo} \end{cases} \quad \beta \approx 0,97$
4.	Greefkisov algoritam $ S(k+1) = \begin{cases} \beta S(k) + S_0; & \text{za } e(k) = e(k-1) = e(k-2) \\ \beta S(k) ; & \text{za } e(k) \text{ bilo kakvo} \end{cases}$

Gde je: S_0 - veličina osnovne stepenice

$S(k+1)$ - veličina stepenice u bilo kom trenutku

$e(k)$ - signal greške, koga prenosimo

2. NOVI ALGORITAM ZA POSTIZAVANJE DIGITALNE ADAPTIVNOSTI DM

Ideja o digitalizaciji kola povratne veze ADM kodera je stara /9/. Kao i mnogi drugi autori /10/ informaciju o stanju ulaznog signala dobivamo iz izlazne binarne povorke, a način kako je to ostvareno u ovom radu prikazan je u tabeli II.

Tabela II

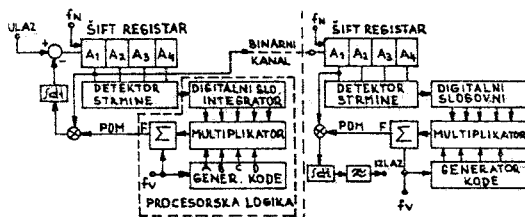
	promena stepenice	za realizovani primer
1. N-za redom jednakih bita	+ S_0	N = 0 ₂ , 7 ₂
2. M-za redom različitih bita	- S_0	M = 5 ₂ , 10 ₂
3. Ako se ne desi ni 1. ni 2.	nema promene	ostale kombinacije

Sadržaj tabele II, da se izrazi na sledeći način:

$$4. |S(k+1)| = \begin{cases} |S(k)| + S_0 & \text{za } e(k) = e(k-1) = e(k-2) \\ |S(k)| - S_0 & \text{za } e(k) \neq e(k-1) \neq e(k-2) \neq e(k-3) \\ |S(k)| & \text{za } e(k) \text{ - bilo kakvo} \end{cases}$$

Ovo je u stvari modifikacija algoritama iz tabele I. Ovakvo modifikovana strategija ima i neke svoje prednosti o kojima će biti govora kasnije. Međutim, od velikog je značaja, kako i na koji način dalje procesirati ovako detektirani signal u procesorskom sklopu.

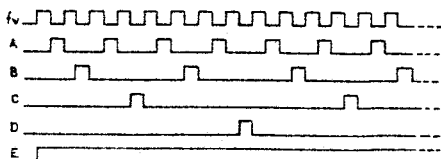
Na slici 2 prikazana je blok šema realizovanog ADM sistema sa diskretnom promenom stepenice na slogovnom principu.



Slika 2: Blok šema ADM sistema sa diskretnom promenom stepenice adaptacije

U dosadašnjim izvedbama ADM sa slogovnom adaptacijom signal iz sklopa "detektor strimine" bio je vodjen na slogovni integrator, vremenske konstante 10 - 50 ms. Želja je da ulogu slogovnog integratora preuzme neki digitalni sklop. Pri realizaciji sklopa "procesorska logika" koristili smo poznato činjenicu da se promena širine impulsa može ostvariti promenom frekvencije signala $\sqrt{11}$, $\sqrt{12}$. Dinamiku možemo izraziti odnosom širine impulsa maksimalne i minimalne frekvencije tj. $D = 20 \log 1024/32 = 30 \text{ dB}$. Znači, da bi imali 30 dB dinamiku ulaznog signala, potrebno je da odnos frekvencije f_V i f_N bude jednak 32.

Da bi ovo bilo bolje shvaćeno, posmatrajmo način delovanja sklopa "procesorska logika", čiji su vremenski dijagrami prikazani na slici 3.

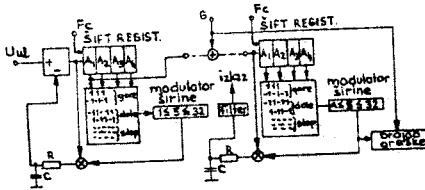


Slika 3: Vremenski dijagram rada sklopa "procesorska logika"

Predpostavimo da na ulazu nemamo prisutnog signala. Tada se na izlazu F kola za sabiranje pojavljuje samo signal frekvencije f_y . Predpostavimo sada drugu logičku krajnost, da na ulazu imamo signal koji je doveo sve logične izlaze digitalnog slogovnog integratora u logičko stanje "1". Tada se na izlazu F pojavi signal E. Kada se na izlazu slogovnog integratora pojave neke druge logičke kombinacije na izlazu F pojavljuje se odgovarajući širinski impuls. Promene širine impulsa na integratoru za rekonstrukciju, odgovaraju impulsnim amplitudnim promenama u klasičnim izvedbama ADM, slika 2 b /13/.

3. RAČUNARSKE SIMULACIJE

Radi provere postavljene koncepcije ovog načina postizavanja adaptivnosti vršene su računarske simulacije. Blok šema vršenih simulacija prikazana je na slici 4.

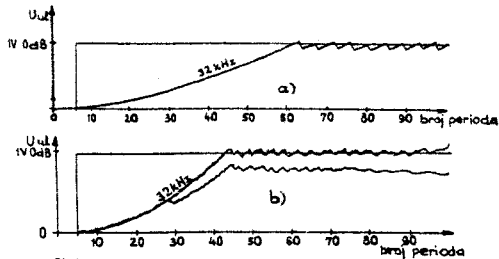


Slika 4: Blok šema simulacijskog modela

Simulacija odnosa signal-šum vršena je ranije /12/; teorijska granica odnosa signal šum kvantovanja za jednostruki tip integracije iznosi 27 do 29 dB.

Od velikog interesa je odziv sistema na odskočnu funkciju. To je u stvari najgori slučaj koji može nastupiti. Premda ova koncepcija nije predviđena za prenos istosmernih signala, za nas je bitan uticaj greške upravo kada na ulazu imamo odskočnu funkciju. Poznato je da su ADM sistemi sa slogovnom adaptacijom inertni i upravo radi toga zanima nas koliko je brz odziv na odskočnu funkciju. Radi poređenja sa postojećim slogovnim sistemima na slici 5a prikazan je odziv na odskočnu funkciju pri primeni poznatog Greefeksovog algoritma, a na slici 5b odziv na odskočnu funkciju pri primeni algoritma iz tabele 11.

Vidimo da je pri istim uslovima odziv novog algoritma za oko 20 bit perioda brži. Osim toga, interesantan je uticaj kanalne greške upravo pri delovanju ovog signala. Sa iste slike vidimo, da je ovaj uticaj najnepovoljniji kada greška deluje: u vremenu uspostavljanja stacionarnog stanja. Uticaj greške je manji kada se ova desi u stacionarnom stanju. Ovisno da li je greška pozitivna ili negativna, prijemni signal "otpliva" u plus ili minus.



Slika 5: Odziv sistema na odskočnu funkciju
a) prema Greefkesu
b) odziv novog algoritma

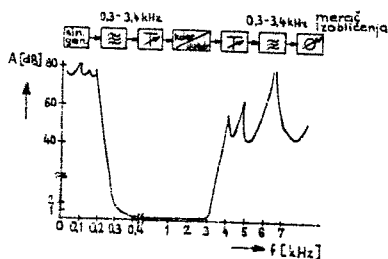
Premda ovaj sistem nije namenjen za prenos istosmernih signala sa slike 5 možemo zaključiti:

- da je sistem brži od postojećih,
- da je uticaj kanalne greške puno manji nego kod postojećih sistema, posebno onih sa trenutnom adaptacijom. Pošto je u praksi verovatnost pojave pozitivnih i negativnih grešaka jednako verovatna, to znači da će i prijemni signal dosta ver- no opisivati srednju vrednost, tj. odskočnu funkciju.

Vredno je napomenuti da je primena ovog algoritma pogodna i pri prenosu istosmernih signala, ali je neophodno ovaj sistem prilagoditi konceptu već dobro poznate delta-sigma modulacije. U tom cilju vršena je i provera na modelu, koje je dala vrlo povoljne rezultate.

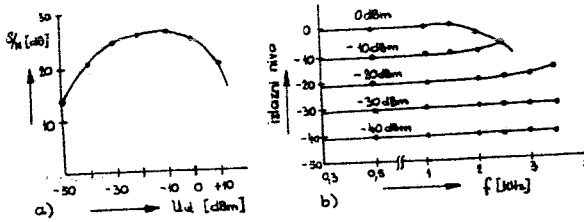
4. REZULTATI MERENJA NA MODELU

Pri oceni kvalitete realizovanog modela, postavilo se pitanje: kako i na koji način izvesti potrebna merenja? Preporuke za PCM sisteme postoje, dok ih za DM sisteme još uvek nemamo. Poznato je, da je veličina odnosa signal - šum DM obrnuto proporcionalan širini filtra. Zato je neophodno pri svakom prikazivanju rezultata dati i mernu metodu, kao i karakteristiku filtra /15/.



Slika 6: Blok šema merne metode

Prema ovoj mernoj metodi merili smo odnos signal - šum kvantovanja, šum praznog hoda te snimili frekventnu karakteristiku.

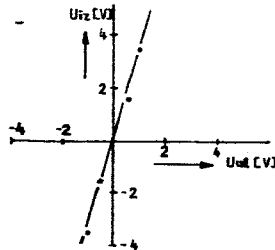


Slika 7: Rezultati merenja na modelu

- a) odnos signal-šum kvantovanja u funkciji ulaznog nivoa signala
b) frekventna karakteristika

Sa slike 7 vidimo da je odnos signal-šum kvantovanja ≥ 24 dB za 30 dB dinamičko područje. Treba napomenuti, da je integrator bio običan RC član. Kod preliminarne realizacije /12/ umesto RC člana bio je upotrebljen 12 bitni D/A konverter. Sada smo ga izbacili, jer doprinosi velikoj složenosti sistema, a osim toga njegovom upotrebom se ne dobiju bolji rezultati. Treba napomenuti, da je i cena takvog ADM znatno viša od varijante sa RC članom. Na slici 7b prikazana je frekventna karakteristika realizovanog modela. Vidimo da ovaj tip kodera prenosi dobro sve frekvencije iz govornog područja. Jedino pri višim nivoima ulaznog signala dolazi do izobličenja, međjutim, vidimo da je i pri tim nivoima prenos veran do 2 kHz. Izmerena vrednost šuma praznog hoda je: ≤ -76 dBmOp.

Već smo ranije napomenuli da je ovaj algoritam postizanja adaptivnosti pogodan za primenu u sistemima za prenos video i telemetrijskih signala. Neophodno je izvršiti određena vanjska prevezivanja. Naime, blok šema na slici 2 ostaje nepromenjena, s tom razlikom, što je neophodno integrator povratne veze premeštiti na ulaz sistema. Problem $\Delta \Sigma M$ obradjen je u referatu /14/, tako da se ovde samo daje prenosna karakteristika realizovanog $\Delta \Sigma$ sistema.



Slika 8: Prenosna karakteristika $\Delta \Sigma M$

Vidimo da su rezultati primenljivi, pogotovo kada se ima u vidu da je moguće prenositi signale čija je vrednost ≈ 10 mV pa i manja.

ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio da prikaže jedan nov pristup ka rešavanju problema realizacije ADM kodeka koristeći digitalne komponente. Pri ovome je naročito bilo važno da ADM kodek sačuva svoju jednostavnost i da bude što otporniji na uticaj kanalnih smetnji. Osim toga, nastojalo se da ADM kodek bude univerzalan, tj. da se bez većih konstrukcijskih promena može upotrebiti za prenos govornih i telemetrijskih signala.

Da li se u ovome uspelo? Odgovor možemo dobiti ako ukratko izvršimo poredjenje postojećeg stanja na ovom području.

Već ranije su vršena testiranja ADM kodeka sa slogovnom promenom stepenice engleske firme CM Ltd (FX-209) /15/, pod istim uslovima i istom metodom. Možemo slobodno reći da su rezultati merljivi i da su čak bolji od rezultata dobivenih testiranjem kola FX-209. Osim toga, integrisano kolo FX-209 ima problem nestabilnosti i velikog offseta tako da nije pogodna za prenos istosmernih signala. Slične rezultate dobili su autori u radu /11/, ali oni su umesto RC člana upotrebili dvojni integraciju a faktor dinamike je bio 64. Isto tako slične rezultate dobili su autori rada /10/.

Konstrukcijska opsežnost realizovanog kodeka nije velika. Kodek sadrži 20 "čipova" serije CMOS-CD 4000, dva sleditelja napona i jedan RC član. Znači, moguća je LSI realizacija sa tim da bi RC član bio eksteran. Prevezivanjem odgovarajućih "nožica" modulator bi radio kao $\Delta\Sigma$ ili klasični ADM.

LITERATURA

1. S. Leonardis, M. Jagodič, Đ. Zrilić, T. Pestotnik: "Delta modulacija u komunikacijskim sistemima", Telekomunikacije br. 4, str. 3 do 8, Beograd, oktobar 1976
2. S. Leonardis, M. Jagodič, Đ. Zrilić, N. Simić: "Delta kodek sa slogovnom i trenutnom adaptivnošću". Telekomunikacije br. 2, str. 17 do 21, Beograd, juni 1977.
3. J.E. Abate: "Linear and Adaptive Delta Modulation", Proceedings of the IEE, Vol. 55, No. 3, pp. 298 to 307, March 1967.
4. D.L. Schilling, J. Garodnick, H.A. Vang: "The Space Shuttle Ground Terminal Delta Modulation System", IEEE Transactions on Communications, Volume COM-26, number 11, p.p. 1625 to 1660, November 1978
5. C.L. Song, J. Garodnick, D.L. Schilling: "A Variable-Step-Size Robust Delta modulator", IEEE Transactions on Communications Technology, Vol. COM-19, No. 6, p.p. 1033 to 1044, December 1971
6. N.C. Seiler, R. Flowers, J. Friedman, "A Monolithic Implementation of a CVSD Algorithm", pp. 31-11 do 31-18, IEEE International Conference on Communications, Conference Record, 1976, Vol. 11.

7. J.A. Greefkes, "A Digitally Controlled Delta Codec for Speech Transmission", pp. 7-33 to 7-48, IEEE International Conference on Communications, Conference Record, 1970, Vol. 1.
8. R.J. Canniff: "Signal Processing in SLC-40, a 40 Channel Rural Subscriber Carrier", Bell Laboratories, Whippany, New Jersey, International Conference on communications ICC 75, pp. 40-7 to 40-11, jun. 16-18, San Francisco.
9. Đ. Zrilić, M. Jagodič, A. Iršič; "Adaptivni delta modulator sa digitalnom adaptacijom" str. 551 do 558, ETAN 75 - Ohrid
10. T. Moriya, K. Mureno, K. Matsuda; "Realization of an Adaptive Delta Modulation Codec Robust to Channel Errors". IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol. Cas 25, No. 7, pp. 476 to 481, july 1978
11. A. Tonozowa, K. Niwa, H. Kaneko, G. Ohshima; "A 32 kb/s Digitally Adaptive Delta Modulation for SCPC Application" ICC 76 Dallas, pp. 21.1-1 do 21.1-5.
12. Đ. Zrilić, C. Vegan, A. Iršič, "Adaptivni 32 kbit/s delta modulator sa digitalnom integracijom i adaptacijom", XXII konferencija ETAN-a, str. 11. 51 do 11 59. Zadar, jun, 1978.
13. Đ. Zrilić: "Digitalni adaptivni sklop za postizanje adaptivnosti delta modulatora" YU patent br. 24888
14. M. Petrovič: "Adaptivni delta-sigma modem za prenos video signalov". Referat - ETAN - 1979 v Mariboru
15. Đ. Zrilić, M. Jagodič, S. Leonardic: "Objektivne metode za oceno kvalitete DM kanala pri prenosu telefonskega govornega signala". YUTEL 77, str. C/IV-1 do C/IV-15, Ljubljana, oktober 1977.