

Zdravo Iztok!

V prilogi ti posiljam tekst - opis mojega sistema za seminar ZRS. Tema je zelo široka in zato lahko dam le bezen opis, upam pa, da bo predstava v živo dosti bolj jasna vsem... 73 de YT3MV

DIGITALNO PROCESIRANJE SIGNALOV ZA RADIOAMATERJE

=====

Matjaz Vidmar, YT3MV

1. Uvod v DSP tehniko

-----

Kaj sploh pomeni izraz "Digitalno Procesiranje Signalov" in cemu ta nova tehnika služi? Najprej si oglejmo, zakaj je do nje sploh prislo v profesionalni tehniki!

Se pred desetimi leti je bil postopek nacrtovanja in izdelave kateregakoli elektronskega vezja povsem točno zacrtan: razdeliti celotno nalogo vezja na primerno velike enote, ki jih znamo izdelati oziroma smo jih že preizkusili, nabaviti sestavne dele: upore, kondenzatorje, polprevodnike itd ter sestaviti in preizkusiti celotno napravo. Ze pri preizkusu prototipa se pojavijo tezave, ki so obicajno sorazmerne z zapletenostjo naprave. Potrebni popravki, ki jim sledijo, pa bistveno podaljsajo cas razvoja naprave, tudi dalec preko predvidenega roka.

Popravila kompliciranih naprav zahtevajo visoko kvalificiran in zato drag strokovni kader. Ekonomski racun pokaze, da se tiskanega vezja s 50 TTL chipi ne splaca popravljati niti v proizvodnji, kaj sele na terenu. Posledica je navidez nelogicna: kompliciranosti naprave ne omejuje vec cena sestavnih delov oziroma stroški izdelave pac pa cas, potreben za razvoj in možnost servisiranja!

Prvo veliko spremembo v nacinu nacrtovanja naprav so prinesli ceneni 8 bitni mikroracunalniki. Z uporabo univerzalnih "gradnikov" se razvoj naprave prevede na pisanje ustreznih programov, ki jih je dosti lažje preizkusati kot pa nepregledno mnozico TTL vrat. Testni programi, ki ne predstavljajo dodatnega "bremena" napravi, pa omogocajo hitro in ucinkovito iskanje napak tako v proizvodnji kot na terenu.

Nacrtovalci digitalnih naprav so si tako oddahnili... Nacrtovalci analognih naprav pa bojo takoj pristavili, da brez osciloskopa ali spektralnega analizatorja ne morejo ugotoviti izvora motenj niti vsaj uglasiti naprave... No, tudi v analogni tehniki se ponujajo nove resitve; najbolj zanimive so za nas tiste z uporabo mikroracunalnikov.

Danasnja mikroracunalska tehnika omogoca povsem digitalno obdelavo analognih signalov priblizno do 20 kHz, se pravi podrocje zvocnih frekvenc. Bistvo Digitalnega Procesiranja Signalov (DSP) je, da analogni signal takoj prevedemo v digitalno obliko in ga posredujemo racunalniku. Vse potrebne filtre, modulatorje in demodulatorje, fazno sklenjene zanke in druga vezja nadomestimo z ustreznimi matematicnimi enacbami, ki jih potem resuje racunalnik v realnem casu: sproti za vsak vzorec signala z A/D pretvornika.

"Softversko vezje" ima za profesionalno tehniko celo vrsto prednosti: uglasevanja in prezikusanja ni, z matematicnimi enacbami pa lahko opisemo tudi take sestavne dele, ki bi jih bilo zelo tezko ali celo nemogoce izdelati kot prave elektronske elemente. "Softverski" elementi se dajo z lahkoto spreminjati, bodisi pri razvoju bodisi med samim delovanjem vezja - vezje se lahko samodejno prilagaja signalu.

Za prakticno izvedbo DSP vezja potrebujemo zelo zmogljive racunalnike, zato je DSP tehnika postala zanimiva sele s pojavom cenениh 16 in 32 bitnih mikroracunalskih ter ustreznih A/D in D/A pretvornikov. Prvi mikroracunalski izdelani prav za DSP so se pojavili na trziscu sele sredi tega desetletja, zato lahko pricakujemo v prihodnjih nekaj letih mnozicno proizvodnjo in uporabo tako v profesionalni kot v amaterski tehniki.

## 2. Hardware in software za DSP

-----

V DSP tehniki potrebujemo ustrezen hardware: primerne A/D in D/A pretvornike ter mikroracunalske ter software: programsko opremo.

Oglejmo si najprej problem analogno / digitalne pretvorbe. Kako pogosto in s kaksno natančnostjo je treba jemati vzorce signala, da bo naprava delovala res tako, kot to opisujejo enacbe? Teorija zahteva, da signal vzorcimo vsaj z dvakrat visjo frekvenco, v praksi pa potrebujemo se nekaj rezerve. Na primer, nizkofrekvenčni signal na izhodu amaterskega sprejemnika vsebuje frekvence do 3.5 kHz, zato je najnižja dopustna frekvenca vzorčenja 7 kHz, v praksi pa bomo izbrali frekvenco vzorčenja 10 kHz.

Natančnost A/D pretvornika lahko opisemo z dolzino besede v bitih, obicajni A/D pretvorniki imajo dolzino besede med 8 in 16 biti. Vsak dodatni bit pomeni razsiritev dinamicnega podrocja za 6 dB. Vzorcenje na 8 bitov natančnosti ustreza kvaliteti telefonske zveze: dinamika okoli 48 dB, laserski gramofoni uporabljajo 16 bitni zapis: dinamika okoli 96 dB!

Od racunalnika zahtevamo predvsem, da zna hitro mnoziti in sestevati, bolj komlicirane funkcije pa lahko napisemo tudi v tabelaricni obliki. V vecini primerov uporabe zadosca racunanje z natančnostjo 16 bitov. Zaradi cimboljsega izkoriscanja racunalnika se splaca racunati s celimi stevili (predznacenimi - dvojski komplement).

Stevilo racunskih operacij na sekundo je v tesni povezavi s frekvenco vzorčenja signala. Oglejmo si primer navadnega

nihajnega kroga s kondenzatorjem in tuljavo z izgubami. Na vsakem vzorcu signala moramo opraviti dve množenji in dve sestevanji. Pri frekvenci vzorčenja 10 kHz imamo na razpolago samo 100 mikrosekund! 8 bitni mikroracunalniki, na primer znani Z80, potrebuje za eno samo 16 bitno množenje preko 200 mikrosekund in je za naso nalogo neuporaben.

16 bitni mikroracunalniki so za dva velikostna razreda hitrejši: na primer, MC68010 potrebuje za 16 bitno množenje okoli 4 mikrosekunde. S 16 bitnimi mikroracunalniki lahko izdelamo DSP vezja, ki nadomestijo nekaj nihajnih krogov, na primer FSK modem za RTTY. Mikroprocesorji, izdelani posebno za DSP tehniko so se za velikostni razred hitrejši: mikroprocesorji serije TMS320xx opravijo množenje in sestevanje hkrati v 200 nanosekundah. Matematični koprocesorji niso uporabni v DSP tehniki, ker racunajo v formatu s plavajoco vejico ter veliko natančnostjo, ki je ne potrebujemo, za operacije s celimi stevili pa niso nič hitrejši od navadnih 16 bitnih mikroprocesorjev.

V DSP tehniki se uporabljajo v glavnem zelo enostavni in kratki programi, saj za izvajanje daljšega programa preprosto ni časa! Vsi programi se zato obvezno pišejo naravnost v strojnem ali zbirnem jeziku. V višjem jeziku si lahko privoščimo le poskuse, ki ne tečejo v realnem času in seveda tiste dele programa, ki se ne izvajajo ravno pogosto. Prvi DSP mikroprocesorji (TMS32010) so zato imeli zelo omejen programski spomin: samo 4096 besed (dolžine 16 bitov).

### 3. Področja uporabe DSP tehnike v radioamaterstvu

-----

DSP tehnika se bo v radioamatersvu uveljavila najprej na naslednjih področjih:

A) Modemi in kompletni terminali za RTTY, PACKET itd.  
Ceprav je prvi pogled nesmiselno zamenjati par operacijskih ojačevalcev z dragim mikroprocesorjem postanejo stvari bolj jasne, ko pomislimo, koliko različnih amaterskih standardov oddaje obstaja. Navadna RTTY oddaja s shiftom 170 Hz ima lahko nizke (1275/1445) ali visoke (2125/2295) tone. Za vsako hitrost oddaje (45, 50, 75 ali 110 baudov) bi bilo treba prilagoditi pasovno sirino filtrov v modemu! Oddaje v ASCII kodi so v glavnem v KCS standardu (sinhroni toni 1200/2400), PACKET pa uporablja BELL-202 (1200-2200) in BELL-103 standarde! Vse nasteti načini oddaje so le FSK, na amaterskih satelitih in v bližnji bodočnosti tudi za zemeljske zveze se uporablja PSK modulacija, ki zahteva spet drugačne modeme. Za demodulacijo vseh teh vrst oddaj je potrebna ali cela gora najrazlinejsih modemov ali pa en sam DSP računalek z ustreznimi programi, saj ne potrebujemo vseh demodulatorjev hkrati! S standardnim 16 bitnim mikroprocesorjem (na primer MC68010) se da izdelati ne samo vrhunski modem ampak tudi cel ostali del terminala, da nam na zaslonu TV monitorja izpiše tekst...

B) Nadomescanje delov sprejemnikov in oddajnikov.

Najdražji sestavni deli amaterskih radijskih postaj so vsekakor kristalni filtri, se posebno ce zahtevamo za vsak nacin oddaje svoj filter. DSP procesorji obetajo tudi tu bistvene poenostavitve: v postaji bo le en širokopasovni (10 kHz) kristalni filter, signal na izhodu tega se potem mesa na nizje frekvence v doseg DSP mikroprocesorja, ki lahko signale poljubno filtrira in demodulira. Z DSP tehniko se da izdelati tudi zelo ozke CW filtre, ki ne zvonijo! Na podoben nacin bo DSP procesor nadomestil dobrsen del navlake v oddajniku. DSP tehnika nam zato obljublja boljse, manjse in predvsem cenejse radijske postaje.

C) Detekcija sibkih signalov v sumu ali QRM.

Zveze preko meseca zahtevajo vrhunsko opremo: mocne oddajnike, ogromne antenske sisteme in občutljive sprejemnike. Kljub vsej tej opremi se da obicajno vzpostaviti le zvezo v telegrafiji in se to le z dobro uvezbanim operatorjem. Zvezo bi se dalo izboljšati, ce bi lahko zmanjsali hitrost prenosa. Hitrosti telegrafije pa ne moramo zmanjsati pod neko mejo (okoli 50 znakov v minuti), ker clovesko uho ni vec sposobno prepoznati zvocne slike pri zelo nizkih hitrostih ter v prisotnosti suma. Z uporabo racunalnika se da intergracijski cas poljubno povecati ter s tem zmanjsati potrebne dimenzije antenskega sistema oziroma moc oddajnika. Skupina ameriskih amaterjev ze razvija protokol za komunikacijo preko meseca s smesno majhnimi napravami: na 432 MHz naj bi zaznali s pomocjo DSP procesorja svoj lastni eho z eno samo jagi anteno in 100 W oddajnikom!

D) Prenos in obdelava slik.

Amaterska televizija ni nikoli zazivala kot bi lahko prav zaradi tezav s standardom. Danasnji SSTV standard je zelo slab, predvsem kar se sinhronizacije tice. Razen tega obstaja se cel kup nekompatibilnih variant prenosa barvne slike: vsak proizvajalec aparatov ima svoj sistem... Zmogljivejsi racunalniki bodo omogocili prenos slike v poljubnem standardu, glede na kvaliteto zveze med postajama, ter pretvorbo med razlicnimi standardi.

#### 4. Opis prototipa majhnega DSP racunalnika

-----

Za eksperimentiranje z DSP tehniko sem tudi sam razvil manjsi mikroracunalniski sistem, osnovan na 16 bitnem mikroprocesorju MC68010. Sistem je sestavljen na vec tiskanih vezjih, ki se povezujejo preko 64 polnih "eurocard" konektorjev ter bus plosce. Trenutno sestavljajo sistem naslednje enote:

A) Procesorska plosca. poleg mikroprocesorja so tu se 32kB EPROM z operacijskim sistemom, 64kB CMOS RAM za operacijski sistem in sklad, paralelni vhod za tastaturo ter real-time-clock.

B) Video plosca. Ima 128kB dual-port dinamicni RAM da cimmanj ovira procesor ter generira sliko z 256 koristnimi vrsticami, vsaka vrstica ima 512 tock ter vsaka tocka 256 moznih sivih

nivojev.

C) CMOS RAM plosce. Sistem vsebuje normalno 4 plosce za skupno 1MB spomina. CMOS RAM ima skupaj z uro pomožno baterijsko napajanje.

D) Analogna I/O plosca. Vsebuje 8bitni logaritemski A/D in D/A pretvornik MK5156, programirani generator takta ter logiko za prekinitve. Na plosci je se neodvisen RS-232 port.

E) Pekac za eprome. Pece eprome 2764/27128/27256 vseh verzij po hitrem postopku.

F) Floppy plosca. Na njej kraljuje kontroler za disketne pogone 2797, v kotu pa je se Z8530 SCC chip, ki bo sluzil za hitre povezave z drugimi napravami...

Za ta racunalnik sem razvil lasten operacijski sistem, ki vkljucuje monitorski program, tekst editor ter prevajalnik za visji jezik. Vsi uporabniški programi so pisani v visjem jeziku, ki omogoca tudi enostavno vstavljanje ter komunikacijo z deli v strojnem jeziku, ki jih potrebujem pri DSP.

Zaenkrat sem razvil naslednje uporabniske programe:

A) Univerzalni RTTY Baudot / ASCII demodulator. Vsebuje DSP demodulator, ki omogoca sprejem oddaje s hitrostjo med 45 in 1200 baudi ter poljubnimi frekvencami tonov med 1000 in 2400 Hz. Sprejeti tekst prikaze na zaslonu ter po potrebi shrani v spomin za kasnejso obdelavo z urejevalnikom teksta. Program se je zelo dobro izkazal v hudem QRM na KV, kjer se obnasa bolje kot demodulatorji z operacijskimi ojacevalci, ter za sprejem satelitov UOSAT-OSCAR 9 in 11.

B) Program za PACKET (1200bps BELL-202). Vsebuje DSP modem, softverski PLL, X.25 protokol kontroler ter vso dodatno logiko za sprejem im oddajo po AX.25 protokolu.

C) Program za avtomatsko zasledovanje satelitov. Vsako sekundo izracuna polozaj satelita ter ga posreduje preko RS-232 porta vmesniku za krmiljenje rotatorjev. Ker program potrebuje le 2% celotne zmogljivosti procesorja, je prirejen tako, da gre v enostaven multitask z drugimi programi.

D) Program za sprejem slik z vremenskih satelitov. Vsebuje DSP demodulator 2400 Hz AM podnosilca ter enostaven program za filtriranje, snemanje ter prikaz slik. Omogoca poljubne povecave in izreze slik, rocno in avtomatsko sinhronizacijo za vse standarde oddaje.

Sistem ter programsko opremo zaenkrat sele razvijam, opisani dokoncani programi so enostavno tisti, ki sem jih najbolj nujno potreboval...

\*\*\*\*\*