

Informatīvā atskaite

par projekta Nr.4

“Jaunu tehnoloģiju izpēte un pielietošana elektroniskās aparātbūves jomā”

otrā etapa realizāciju

Projekta vadītājs: Dr.hab.sc.comp. J.Artjuhs
Elektronikas un datorzinātņu institūts

Otrā etapa darbi ir saistīti ar augstfrekvences signālu kopas vienlaicīgu diskretizāciju, kam tradicionāli tiek izmantoti Datu Vākšanas un Apstrādāšanas Sistēmas (DVAS) ar atsevišķiem analogciparu pārveidotāju (ACP) katrā kanālā. Šis DVAS tips principā var nodrošināt signālu diskretizāciju ar daudz augstāku ātrumu. Tomēr pastāv viena būtiska problēma, kura traucē šādu DVAS attīstību ātrdarbības palielināšanas virzienā: pārāk liels datu apjoms, kurus nepieciešams pārraidīt personālajam datoram un veikt tā ilgstošu apstrādi. Neskatoties uz to, ka signālu diskretizācijas ātrums DVAS'ā ar atsevišķiem ACP var bez īpašām problēmām sasniegt līdz pat dažiem simtiem MB/s katrā kanālā, praksē šo ātrumu un kanālu skaitu nākas ievērojami ierobežot lielu datu masīvu nepārtrauktas ievadīšanas personālajā datorā neiespējamības dēļ. Otrais darba etaps šajā Projektā ir veltīts, galvenokārt, minētās problēmas risināšanai - **DVAS ātrdarbības paaugstināšanai**. Tika izpētītas divas metodes problēmas risināšanai, kuras ļauj desmitiem reižu samazināt datu apjomu lietišķai pēcapstrādei.

Pirmā metode balstās uz datu saspiešanas iespējam jau signālu diskretizācijas posmā ar kanālu pseidogadījuma multipleksēšanas palīdzību DVAS'ā ar vienu ACP. Teorētiskie priekšnoteikumi šai pieejai izriet no Elektronikas un datorzinātņu institūtā izstrādātās «Signālu bezpārklājumu ciparu apstrādes tehnoloģijas» (*Digital Alias-free Signal Processing: DASP*). Šīs metodes pielietošanai ir daži raksturīgi ierobežojumi signālu klasei (tiem jābūt kvazistacionāriem atlasē robežās), tomēr iespējamo pielietojumu spektrs paliek pietiekami plašs. Kaut arī strukturāli tāda sistēma ir līdzīga tradicionālajai DVAS ar secīgu kanālu multipleksēšanu, tā nodrošina datu saspiešanu N reižu (kur N – kanālu skaits) ar vienādām prasībām diskretizējamo signālu frekvenču joslai. Tika izskatīti faktori, kuri veicina piedāvātās metodes efektīvu praktisko realizāciju. Piemēram, ir vienkāršāk aparātveidā ģenerēt pseidogadījumskaitļus, kuriem sadalījums ir vienmērīgs. Tam var izmantot labi zināmus un relatīvi vienkāršus pseidogadījumskaitļu ģeneratorus uz nobīdes reģistru bāzes. Multipleksējot kanālus ar šo skaitļu vadību tiek realizēta gadījumu diskretizācijas metode, kura principiāli atšķiras no zināmām metodēm. Konkrētāk, laika intervālu sadalījums starp secīgiem diskretizācijas momentiem katrā kanālā būs nevienmērīgs plašā diapazonā. Teorētiski tāds sadalījums atbilst zināmās Bernulli shēmas realizācijai. Tāds gadījumu diskretizācijas paveids pēc Bernulli shēmas nav tradicionāls DASP tehnoloģijai. Šīs gadījumu diskretizācijas metodes efektivitāte tika papildus pētīta Projekta ietvaros.

DVAS moduļa eksperimentālais paraugs ar pseidogadījuma multipleksēšanas kanālu tika izstrādāts ar mērķi eksperimentāli pārbaudīt piedāvāto signālu diskretizācijas metodi. Modulis nodrošina 8 neatkarīgus diskretizācijas kanālus (ienākošiem) signāliem diapazonā $\pm 1V$ un paralēlo interfeisu datu pārraidei uz personālo datoru. Katrs no diviem moduļa 8-bitu ACP nepārtraukti diskretizē signālus savā ievadā ar frekvenci 25 MHz, nodrošinot joslu līdz 12,5 MHz katram ienākušam signālam. Tādējādi datu plūsmas intensitāte ACP izejā nepārsniedz 50 MB/s., kas principā ir pieņemami nepārtrauktai datu ievadei personālajā datorā. Ar tradicionālo pieeju tamlīdzīgai pārveidošanai datu plūsmas intensitāte sastādītu 200 MB/s.

Kopumā DVAS eksperimentālā parauga izstrādāšana un tā pētījumi parādīja pseidogadījuma kanālu multipleksēšanas metožu efektivitāti datu saspiešanai un vienlaicīgai signālu

diskretizācijai. Eksperimentā tika realizēts četrkārtīgs datu saspiešanas koeficients, kura palielināšanas galīgas iespējas ir papildus jāpēta.

Otrā ātrdarbības palielināšanas metode balstās uz datu saspiešanas iespēju ar problēmorientētu datu priekšapstrādi reālā laikā. Gandrīz vienmēr diskretizētie signāli satur daudz vairāk informācijas, nekā tas ir vajadzīgs konkrētam pielietojumam. Attiecīgi problēmorientētā iepriekšējā signālu apstrāde reālā laikā parasti ļauj ievērojami saspiest datu apjomu. Tāda datu saspiešanas veida efektivitāte ir atkarīga no konkrēta pielietojuma. Piemēram, mēs tikām pētījuši pielietojuma gadījumus, kas ir saistīti ar digitālo sinhronās demodulāciju kompleksi modulētiem signāliem.

Digitālā demodulācijas tehnika, atšķirībā no analogas, ļauj operēt ar daudziem modulētiem signāliem multipleksēšanas režīmā. Tādu pielikumu tipisks piemērs ir daudzkanālu bioimpedanšu analīze zondējošo (nesošo) signālu biomodulācijas apstākļos. Šajā gadījumā atbilstošo sinhronās detektēšanas daudzkanālu sistēmu var uzskatīt kā specializētu DVAS, kurā nodrošina bioimpedanšu digitālu attēlošanu daudziem ienākušiem signāliem vienlaikus. Tāds DVAS modulis (apzīmējams tālāk kā DM-modulis) ir tipveida DVAS moduļa ar kanālu multipleksēšanu un specializētā ciparu pre-procesora (kurš apstrādā datus moduļa izejā reālā laikā) kombinācija.

Kompleksas sinhronās demodulācijas teorētiskie principi reālā laikā ir labi zināmi, tomēr to praktiskā realizācija ar ciparu metodēm ir visai sarežģīta problēma. Sekojot šiem principiem, nepieciešams nepārtraukti ģenerēt ciparu formā divus sajūgtas sinusoidālas formas signālus, reālā laikā veikt šo signālu reizināšanu ar diskretizēto ienākošo signālu un t.l. Visu šo funkciju izpildei ir nepieciešami jaudīgi skaitļošanas resursi, kas ir adaptēti darbam reālā laikā. Šo iemeslu dēļ, neskatoties uz digitālo sinhrono demodulatoru nozīmīgām potenciālajām priekšrocībām, tie praktiski nav izplatīti. Šo Projektu ietvaros veikto pētījumu principiālais jaunums ir tas, ka tika izstrādāts un praktiski realizēts kompleksveida demodulācijas netradicionālais princips, kurš arī risina minēto problēmu.

Teorētiski priekšnoteikumi problēmas risināšanai izriet no DASP tehnoloģijas, konkrētāk, no signālu spektrālas analīzes metodes ar neortogonālu (taisnleņķu) pamatfunkciju bāzē. Šīs metodes atbilstošā adaptācija kompleksveida sinhronās demodulācijas uzdevumam paver iespēju radikāli vienkāršot tehnisko DM-moduļa realizāciju un ievērojami paaugstināt tā ātrdarbību. Piemēram, signālu digitālas reizināšanas funkciju, kuras realizācija ir visai sarežģīta, izrādījās iespējams aizstāt ar vienkāršu datu uzkrājošu summēšanu. Detalizētāk DM-moduļa darbības teorētiskie principi ir izklāstīti publikācijā «*Yu.Artyukh, E. Boole, V. Vedin. Digital Synchronous Demodulator for Measurement of Complex Amplitude Deviation. Electronics and Electrical Engineering, 2006, Nr.5 (69), pp. 29-32*»

DM-modulis tika izstrādāts kā eksperimentālais paraugs, kas ir nepieciešams vispirms tā funkcionēšanas eksperimentāliem pētījumiem. Veikto eksperimentu rezultāti parādīja, ka izveidotais DM-moduļa paraugs nesējsignāla frekvencē ap 100 kHz nodrošina vienlaicīgu kompleksveida demodulāciju četriem pievadītiem signāliem ar modulācijas frekvenci līdz 1,25 kHz katram no tiem. Datu saspiešanas koeficients, pateicoties iepriekšējai specializētai datu apstrādei bija apmēram 50. Šajā gadījumā mērījumu frekvence tika ierobežota galvenokārt ar interfeisa caurlaides spēju. Pašam DM-modulim ir augstāka ātrdarbība (līdz 50 000 mērījumiem sekundē).

Kopumā šo pētījumu rezultāti ļauj izdarīt secinājumus ka projekta uzdevumi sekmīgi izpildīti pilnā apjomā. Papildus tika veikti pētījumi, kas orientēti uz perspektīvo virzienu noteikšanu nākamajiem Programmas etapiem un uz risināmas problēmas zinātnisko priekšnoteikumu analīzi.

Konferencē (10th International Conference "ELECTRONICS'2006", May 23-25, 2006, Kaunas, Lithuania) tika referēti un žurnālā "Electronics and Electrical Engineering" nopublicēti četri referāti, kas atspoguļo pētījumu rezultātus:

1. I.Bilinskis, A.Rybakov. Iterative Spectrum analysis of Nonuniformly Undersampled Wideband Signals. *Electronics and Electrical Engineering*, 2006, Nr. 4(68), p. 5-8.
2. Yu.Artyukh, V.Bespal'ko, E.Boole. Statistical Approach to Linearity Evaluation of High-precision Event Timers. *Electronics and Electrical Engineering*, 2006, Nr. 4(68), p. 73-76.
3. Yu.Artyukh, E.Boole, V.Vedin. Digital Synchronous Demodulator for Measurement of Complex Amplitude Deviation. *Electronics and Electrical Engineering*, 2006, Nr. 5(69), p. 29-32.
4. I.Bilinskis, Z.Ziemelis. Decomposition of Random Sampling Point Processes. *Electronics and Electrical Engineering*, 2006, Nr. 5(69), p. 45-48.

Šī pētījumi bija arī pasniegti referātā: I.Bilinskis. "Bridging the gap between computers and the real world"; Seminars: "Information & Partnering days for Information Society Technologies (IST) and Microsystems Technologies", Berlīnē, 2006. gada 12. maijā.