

Darbības programma: "Uzņēmējdarbība un inovācijas" ;
Prioritātes numurs un nosaukums: 2.1. "Zinātne un inovācijas"
Pasākuma numurs un nosaukums: 2.1.1. "Zinātne, pētniecība un attīstība"
Aktivitātes numurs un nosaukums: 2.1.1.1. aktivitāte "Atbalsts zinātnei un pētniecībai"

PROJEKTS Nr. 2010/0307/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/078

Projekta nosaukums: " Augstas jutības superplatjoslas radiolokācijas tehnoloģija" (LoTe)

Līguma noslēgšanas datums: 10.12.2010.g.

Projekta sākuma datums: 01.01.2011.g.

Projekta beigu datums: 31.12.2013.g.

EIROPAS REĢIONĀLĀS ATTĪSTĪBAS FONDA saņēmējs: Elektronikas un datorzinātņu institūts (EDI)

ZINĀTNISKĀ PĒTĪJUMA PROGRESU APLIECINOŠĀ DOKUMENTĀCIJA

Pārskata numurs Nr.7. par periodu no 01.09.2012.g līdz 31.12.2012.g.

Projekta zinātniskais vadītājs: Dr.sc.comp. Kārlis Krūmiņš

Projekta izpildītāju saraksts: *Vad pētn.* Dr.sc.comp. Elmārs Beinārs
Vad pētn. Dr.habil.sc.comp. Ēvalds Hermanis
Pētn. Dr.sc.comp. Valdis Kārklīšs
Pētn. Dr.sc.comp. Vladimirs Aristovs
Zin.asist. Arturs Seļivanovs
Zin.asist. Vilnis Pētersons
El.inž. Nikolajs Agafonovs
Progr.inž. Tamāra Laimiņa
Progr.tehn. Valdemārs Plociņš
Montāžas darbu atslēdznieks Uldis Jansons
Zin.asist. Gatis Šūpols /Profesionāla rakstura darbs bez atlīdzības/
Bakalaura studiju students Kaspars Plečkens /Brīvprātīgais darbs bez atlīdzības/

Saturs

Anotācija	3
Ievads	3
Rezultātu kopsavilkums	4
1. Adaptīvās s-metodes modernizācija 15 mkV jutības pārveidotājam.....	4
2. Kombinētās adaptīvās metodes efektivitātes izpēte 15 mkV jutības pārveidotājam.	5
3. Signālu pārveidošanas metožu pārbaude mazāka fāzes punktu skaita apstākļos.	6
4. Komparatora SBK2 modeļa sastādīšana, darba režīmu piemeklēšana un komparatora darbības principa pārbaude un analīze	7
5. Pārveidotāja galvas SBK2 konstrukcijas izstrāde, izgatavošana un eksperimentālā pārbaude	10
6. Elpošanas lokācijas viena punkta metodes eksperimentālā pārbaude ar uzlaboto antenu sistēmu un uzlaboto signālapstrādes algoritmu	13
7. Stroboskopiskā pārveidotāja izvērzes nelinearitātes izpēte un nelinearitātes samazināšanas iespēju izpēte.....	14
8. Transistoru komparatora matemātiskā modeļa izveide un priekšlikumi komparatora darbības uzlabošanai	20
9. Stroboskopiskā pārveidotāja sajūgšana ar raidītāju un atstaroto signālu iegūšana galveno komponentu metodes eksperimentiem	22
10. Iegultās sistēmas FriendlyARM pieslēgšana stroboskopiskajam pārveidotājam, sistēmas aplikācijas izstrāde, eksperimentu veikšana stroboskopiskā pārveidotāja sasaistei ar datoru	24
Secinājumi:	27
Turpmākie darbi:	28
Pielikums 1	29
Adaptīvās s metodes modernizācija 15 mkV jutības pārveidotājam.	29
Pielikums 2	33
Kombinētās adaptīvās metodes efektivitātes izpēte 15 mkV jutības pārveidotājam.....	33
Pielikums 4	46
Elpošanas radiolokatora uz viena punkta metodes bāzes vadības un signālapstrādes programma	46
Pielikums 5	76
Регистрация дыхания человека по форме СШП сигнала на первой главной компоненте	76

Anotācija

Pārskata periodā (01.09.2012 – 31.12.2012) tika veiktas sekojošas aktivitātes: veikta adaptīvās s-metodes modernizācija 15 mkV jutības pārveidotājam; kombinētās adaptīvās metodes efektivitātes izpēte 15 mkV jutības pārveidotājam; signālu pārveidošanas metožu pārbaude mazāka fāzes punktu skaita apstākļos; komparatora SBK2 modeļa sastādīšana, darba režīmu piemeklēšana un komparatora darbības principa pārbaude un analīze; pārveidotāja galvas SBK2 konstrukcijas izstrāde, izgatavošana un eksperimentālā pārbaude; elpošanas lokācijas viena punkta metodes eksperimentālā pārbaude ar uzlaboto antenu sistēmu un uzlaboto signālapstrādes algoritmu; stroboskopiskā pārveidotāja izvērzes nelinearitātes izpēte un nelinearitātes samazināšanas iespēju izpēte; tranzistoru komparatora matemātiskā modeļa izveide un priekšlikumi komparatora darbības uzlabošanai; stroboskopiskā pārveidotāja sajūgšana ar raidītāju un atstaroto signālu iegūšana galveno komponentu metodes eksperimentiem; iegultās sistēmas FriendlyARM pieslēgšana stroboskopiskajam pārveidotājam, sistēmas aplikācijas izstrāde, eksperimentu veikšana stroboskopiskā pārveidotāja sasaistei ar datoru.

Ievads

Iepriekšējā pārskata periodā tika veikts signālu pārveidošanas adaptīvās s-ud metodes pētījums liela signāla precīzai reģistrācijai. Pētījuma rezultāti tika noformēti kā zinātnisks raksts un ir publicēti žurnālā „Автоматика и вычислительная техника”, Nr. 5, c. 70-78. Saskaņā ar šo metodi soļa aprēķināšanai tekošajā fāzes punktā izmanto informāciju, kas iegūta signāla mērīšanas procesā iepriekšējā fāzes punktā. Tādā veidā, izmainot “up-and-down” procedūras soli, metode adaptējas mērāmā signāla izmaiņu lielumam. Rezultātā signāla mērīšanai tiek izmantots mazāks signāla salīdzināšanas ar sliksni operāciju (strobu) skaits. Tas nozīmē, ka pielietojot šādu metodi radiolokators vienā un tai pašā laika vienībā spēs apsekt lielāku ceļa gabalu nekā pielietojot klasisko “up-and-down” procedūru. s-ud metode soļa aprēķināšanai izmanto n -tās pakāpes binomu.

Dotajā pārskata periodā tika veikts pētījums par to kādā veidā, pielietojot sarežģītāku soļa aprēķināšanas funkciju, uzlabot s-ud metodes efektivitāti. Ar efektivitāti te tiek saprasta augstāka signāla reģistrācijas precizitāte pie uzdotā strobu skaita vai mazāks strobu skaits pie uzdotās precizitātes.

Lai uzlabotu signāla pārveidošanas efektivitāti metožu adaptācijai var izmantot gan to informāciju par signālu, kas tiek iegūta mērīšanas laikā tekošajā fāzes punktā gan arī to informāciju, kas jau iegūta signāla mērīšanas laikā iepriekšējā fāzes punktā. Šāda veida metodes tika nosauktas par kombinētajām adaptīvajām metodēm. Viena no adaptīvajām metodēm, kas adaptācijai izmanto informāciju par signālu tekošajā fāzes punktā ir k-ud metode. Lai uzlabotu metodes efektivitāti pārskata periodā tika pētīta kombinētā adaptīvā metode, kas veidota uz k-ud metodes bāzes.

Lai salīdzinātu dažādu signāla pārveidošanas metožu efektivitāti šis salīdzinājums visām metodēm jāveic vienādos apstākļos – pie viena un tā paša fāzes punktu skaita n_T uz radiolokācijas signāla periodu. Lai neienestu signāla diskretizācijas radīto kļūdu un nodrošinātu pietiekami precīzu signāla reģistrāciju līdz šim projektā visi pētījumi tika veikti pie visai liela fāzes punktu skaita $n_T = 50$. Lai zondētu dziļākus grunts (vai kādas citas vides) slāņus radiolokācijas aparatūrā var nākties pārslēgt garākas izvērzes. Pie viena un tā paša punktu skaita uz izvērsi tas noved pie mazāka fāzes punktu skaita n_T uz monosvārstības periodu. Līdz ar to rodas jautājums par nepieciešamo salīdzināšanas operāciju skaitu pie mazākiem n_T . Šāds pētījums pārskata

periodā tika veikts s – metodei un s – metodei ar signāla aizkaves korekciju.

Pārskata periodā tika veikta komparatora SBK2 modeļa sastādīšana, darba režīmu piemeklēšana un komparatora darbības principa pārbaude un analīze (piezīme: iepriekšējā pārskata perioda beigās sastādītajos darba uzdevumos ieviesusies drukas kļūda - rakstīts SBK3, jābūt SBK2). Komparatoram SBK2 ir divas stāvokļa nolasīšanas iespējas. Vienā gadījumā binārais signāls tiek noņemts no tuneļdiožu TD1 un TD2 savienojuma punkta, otrā – no TD3 anoda. Lai izvērtētu traucējumu ietekmi katrā no šiem gadījumiem, tika padots traucējums vienā gadījumā tuneļdiožu TD1 un TD2 savienojuma punktā, otrā gadījumā – tāda pat lieluma traucējums uz TD3 anodu un salīdzināta traucējumu ietekme. Bez tam pārskata periodā tika veikta parazītiskās induktivitātes strobosignāla ķēdē ietekmes izpēte. Visos šajos pētījumos pie jebkurām shēmas elementu lieluma izmaiņām tiek piemeklēts signāla nobīdes kompensācijas spriegums U_0 un palaišanas impulsa darba spriegums $U_0 = 1,15 \cdot U_{0\min}$, lai nodrošinātu normālu shēmas darbības režīmu, pie kura tad arī tiek veikti attiecīgie pētījumi.

Ir veikta pārveidotāja galvas SBK2 konstrukcijas izstrāde un izgatavošana. Taču eksperimentālā izpēte turpinās, jo daži praktiskie rezultāti nesakrīt ar modelēšanas rezultātiem.

Ir veikta elpošanas lokācijas viena punkta metodes eksperimentālā pārbaude ar uzlaboto antenu sistēmu un uzlaboto signālapstrādes algoritmu. Uzlabotais algoritms veiksmīgāk atrod un seko darba punktam uz atstarotā signāla.

Lai kvalitatīvi veiktu stroboskopiski pārveidoto signālu papildapstrādi, ir precīzi jāzin izvērse skalas vērtība. Sakarā ar to, ka stroboskopiskajā pārveidotājā izvērse formēšanai izmanto analogā veidā formētu “ātro zāģi” tā forma nav ideāli lineāra. Tas noved pie nelineāras izvērse, t.i., izvērse skalas iedaļas nav ar vienādu vērtību. Tāpēc veikts pētījums par nelineāras izvērse ietekmi un tās samazināšanas iespējam.

Balansa komparatoru uz tranzistoru bāzes var strobēt kā pa kolektoriem, tā arī pa emiteriem. Lai noskaidro katra paņēmiena priekšrocības un trūkumus, veikts attiecīgs pētījums.

Datu ansambļa formēšanai galveno komponentu metodes pārbaudei izgatavots pārbaužu stands, uzstādīta radiolokatora uztvērējiekārta, raidītājs, kā arī raidošā un uztverošā antena. Datu pārraidei no radiolokatora uz datoru izgatavots un pielietots mikroprocesoru bloks. Atstaroto signālu ansambli formēti izmantojot elpošanas imitācijas maketu.

Elpošanas radiolokatorā no objekta atstaroto impulsu uztveršanai tiek izmantots augstas jutības komparatora tipa stroboskopiskais pārveidotājs, kas saistīts ar datoru iegūto datu apstrādei un analīzei. Pēc datu analīzes algoritmu galīgas izstrādes paredzēts datoru aizstāt ar iegulto sistēmu, piemēram, FriendlyARM.

Rezultātu kopsavilkums

1. Adaptīvās s-metodes modernizācija 15 mkV jutības pārveidotājam.

Pārskata periodā tika veikts pētījums par to kā, pielietojot sarežģītāku soļa aprēķināšanas funkciju, uzlabot s-ud metodes efektivitāti. Ar efektivitāti tiek saprasta signāla reģistrācijas augstāka precizitāte pie uzdotā strobu skaita vai arī mazāks strobu skaits pie uzdotās precizitātes. Saskaņā ar s-metodi ar troksni maskēta ieejas signāla $U_{1i} = u_{1i} + X_i$ momentānā vērtība tiek noteikta n strobēšanas operāciju ciklā pēc formulas

$$e_{ij} = e_{i,j-1} + s_i \operatorname{sgn}(U_{1i} - e_{i,j-1}) \quad (1)$$

kur

s_i - solis i -tajā ciklā,

e - strobējamā komparatora sliekšņa vērtība.

Par mērījuma rezultātu tiek pieņemts lielums $u_{2i} = e_{in}$.

Soļa vērtība nākamajam ciklam tiek aprēķināta kā funkcija no w tekošajā ciklā:

$$s_{i+1} = s_0 f(w_i), \quad (2)$$

kur

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \operatorname{sgn}(U_{1i} - e_{ij}). \quad (3)$$

Saskaņā ar s-metodi funkciju $f(w_i)$ aprēķina kā

$$f_1(w_i) = s_0 (1 + k |w_i|^r). \quad (4)$$

Ar mērķi samazināt signāla u_2 kropļojumus pie mazām ieejas signāla amplitūdām, kā arī samazināt strobēšanu skaitu n tika veikta metodes modernizācija, pielietojot sarežģītāku soļa aprēķināšanas funkciju:

$$f_2(w_i) = s_0 (1 + k_1 |w_i|) (1 + k_2 |w_i|^r), \quad (5)$$

kur

k_1, k_2, r - metodes parametri.

Pētījuma rezultātā secināts, ka s-metodē soļa adaptācijai izmantojot variantu (5), izdodas samazināt signāla u_2 kropļojumus pie mazām ieejas signāla amplitūdām, vai arī strobēšanu skaitu n aptuveni par 20%.

Pētījuma ietvaros tika pētīts arī pārveidojuma rezultāta uzlabojums, pielietojot pārveidotā signāla aizkaves korekciju. Pētījuma rezultāti parādīja, ka ar aizkaves korekciju signāla formas kropļojumi pie $n=150$ mazām amplitūdām samazinās no $\sigma_{f1} = 0.078$ līdz $\sigma_{f2} = 0.015$ (pētījuma pilnu izklāstu sk. *Pielikumā 1*).

2. Kombinētās adaptīvās metodes efektivitātes izpēte 15 mkV jutības pārveidotājam.

Ir zināmi divu veidu adaptācijas pamatprincipi komparatora tipa stroboskopiskajos pārveidotājos. Vienā no tiem adaptācijai izmanto informāciju, kas tiek iegūta par signālu tā momentānās vērtības mērīšanas procesā dotajā fāzes punktā [K. Круминьш, В. Плоциньш. Адаптивный *k-up-and-down* метод при компараторном стробоскопическом преобразовании сигналов UWB радиолокации. *Автоматика и вычислительная техника*. - 2012. - No. 6. - С. 58-68]. Otrs princips izmanto informāciju, kas iegūta par signālu tā mērīšanas procesā iepriekšējā fāzes punktā [B. Карклиньш, К. Круминьш. Адаптивные методы в дискретной стробоскопии. *Автоматика и вычислительная техника*. - 2010. - No. 5. - С. 24-32]. Šo abu principu apvienojums tika piedāvāts LZP projektā 09.1581 un tādas metodes tika nosauktas par kombinētām adaptīvajām metodēm. Pārskata periodā šādas kombinētās adaptīvās metodes pielietojuma efektivitāte tika pētīta 15 mkV radiolokatora vajadzībām. Kombinētā metode veidota uz *k-up-and-down* metodes un α - *up-and-down* metodes bāzes un nosaukta par α - *k-up-and-down* metodi. Ar statistiskās modelēšanas palīdzību tika meklētas metodes parametru α , s_0 , k , un r optimālās vērtības. Par optimālajām parametru vērtībām tika saprastas tādas vērtības, pie kurām kombinētā metode ar minimāli iespējamo strobu skaitu pie maskējošā trokšņa vidējās kvadrātiskās novirzes $\sigma_1 = 271 \text{ mkV}$ nodrošina projektā uzdotās UWB radiolokatora uztvērējiekārtas jutību $\sigma_2 = 15 \text{ mkV}$. Papildus tam vēl tika pieprasīta sekojošu nosacījumu izpilde: maksimālā pārveidojamā signāla amplitūda $A_1 = 25 \text{ mV}$ (dinamiskais diapazons 64

dB) un pieļaujamais kropļojumu faktors $\bar{\sigma}_f < 0.0353$. Šeit jāatzīmē, ka kropļojumu faktors tiek mērīts viduvētam signālam, lai pie mazām signāla amplitūdām izslēgtu trokšņa iespaidu uz kropļojumu faktora mērījuma rezultātu. Pētījumu rezultātā tika atrasts, ka metodes parametru optimālās vērtības ir $\alpha = 0.7$; $s_0 = 0.00271 \sigma_1$; $k = 42$ un $r = 6$, kuras nodrošina minimālį strobu skaitu $n = 214$. Salīdzinājumam: pie $\sigma_1 = 271 \text{ mkV}$ un $\sigma_2 = 15 \text{ mkV}$ un $A_1 = 25 \text{ mV}$ klasiskā *up-and-down* metode prasa 2040 strobus; α -*up-and-down* metode – 700 strobus; k -*up-and-down* metode – 272 strobus. Tātad, pielietojot kombinēto adaptīvo signālu transformācijas metodi radiolokatora ātrdarbība salīdzinot ar klasisko *up-and-down* metodi ir palielinājusies 9,53 reizes, kas ir būtisks signālapstrādes sasniegums. Tuvāk ar pētījuma izklāstu var iepazīties *Pielikumā 2*. Par pētījuma rezultātiem tiek gatavota publikācija.

3. Signālu pārveidošanas metožu pārbaude mazāka fāzes punktu skaita apstākļos.

Pārslēdzot garāku pārveidotāja izvērsi pie viena un ta paša punktu skaita uz izvēsi, samazinās punktu skaits n_T uz signāla periodu. Līdz šim projektā visi pētījumi tika veikti pie visai liela fāzes punktu skaita $n_T = 50$. Pārskata periodā veikta mazāka fāzes punktu skaita n_T ietekme s-metodes gadījumā. Ir saprotams, ka, lai pie mazāka n_T iegūtu to pašu precizitāti kāda iegūta pie $n_T = 50$ strobu skaitu nāksies palielināt. Pētījuma rezultāti parādīja, ka nav problēmu ar lielas amplitūdas ($A_1 = 25 \text{ mV}$) signāla precīzu pārveidošanu, bet ir problēmas ar mazas amplitūdas $A_1 = 271 \text{ mkV}$ signāla pārveidošanu, kas ir dotās adaptīvās metodes un arī dažu citu līdzīgu adaptīvo metožu specifiska īpašība. Tāpēc n_T ietekmes pētījums tika veikts pie relatīvi mazas ieejas signāla amplitūdas 271 mkV un pieprasot pārveidojuma precizitāti 0,98 no ieejas signāla amplitūdas $A_1 = 271 \text{ mkV}$. Pētījuma rezultātā tika iegūts, piemēram, ka pie $n_T = 30$ nepieciešamais strobu skaits vienā fāzes punktā ir $n = 210$, kas nozīmē, ka kopējais strobu skaits uz signāla periodu būs $n \cdot n_T = 6300$. Salīdzinājumam pie $n_T = 50$ nepieciešamais strobu skaits vienā fāzes punkta ir $n = 150$, kas nozīmē, ka kopējais strobu skaits uz signāla periodu būs $n \cdot n_T = 7500$. No šejienes var izdarīt secinājumu, ka no kopējā strobu skaita ekonomijas viedokļa (jeb radiolokatora ātrdarbības viedokļa) pie vienas un tās pašas uzdotās pārveidojuma precizitātes izdevīgāk ir lietot mazāku fāzes punktu skaitu. Varētu interesēties pie kāda n_T reizinājums $n \cdot n_T$ sasniedz minimumu. Taču konkrētajā projektā ir uzdots pieļaujamais kropļojumu faktors $\sigma_{f1} \leq 0.05$, kas nepieļauj fāzes punktu skaitu samazināt zem 30. Tātad, ja radiolokatora ekspluatācijas apstākļi pieprasītu garāku izvērsi kā rezultātā n_T iznāktu mazāks par 30, tad jāpieļauj lielāks kropļojumu faktors. Lielāks pieļaujamais kropļojumu faktors pie uzdotā n_T arī būtiski samazina nepieciešamo strobu skaitu. Tā, piemēram, pie $n_T = 48$ samazinot precizitāti no 0,98 uz 0,95 strobu skaitu var samazināt no 150 uz 80 (pētījuma pilnu izklāstu sk. *Pielikumā 3*).

4. Komparatora SBK2 modeļa sastādīšana, darba režīmu piemeklēšana un komparatora darbības principa pārbaude un analīze

4.1. Sastādīts komparatora SBK2 modelis komparatora dinamikas pētījumiem un piemeklēti darba režīmi pie šādiem nosacījumiem (šeit un turpmāk uzrādīti tikai galvenie nosacījumi): komparatora tuneļdiožu pīķa strāvas $I_{p1}=6\text{ mA}$; $I_{p2}=10\text{ mA}$; strobējošās diodes pīķa strāva $I_{p3}=20\text{ mA}$; atbalsta pretestība $R_a=3\text{ }\Omega$; palaišanas impulsa fronte $T_o=1\text{ ns}$; tuneļdiožu kapacitātes $C_1=C_2=0,8\text{ pF}$; $C_3=1,0\text{ pF}$; kapacitāte palaišanas impulsa ķēdē $C_o=100\text{ pF}$; parazītiskās induktivitātes $L_{s1}=L_{s2}=L_{s3}=L_v=0,3\text{ nH}$.

Iegūtie rezultāti:

- vēlamais pretestību strobsignāla ķēdē diapazons $R_v=24 \dots 26\text{ }\Omega$.
- Iegūtais minimālais pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiks pozitīvam testsignālam $T_r=51\text{ ps}$;
- negatīvam testsignālam 59 ps ;
- komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsu platumi vēlamajā R_v diapazonā, ja TD1 pārslēdzas $T_{no}=17 \dots 27\text{ ns}$;
- komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsu platumi vēlamajā R_v diapazonā, ja TD1 nepārslēdzas $T_{ne}=306 \dots 313\text{ ns}$.

Secinājumi:

- Šādam komparatora modelim pie optimālajām R_v vērtībām pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiki apmierina projektā uzdotās prasības $T_r<100\text{ ps}$;
- Komparatora stāvokļu nolasīšana ir labi separējama.

4.2. Sastādīts komparatora SBK2 modelis trokšņu ietekmes pētījumiem un piemeklēti darba režīmi pie iepriekšējiem nosacījumiem. Vienā gadījumā komparatora stāvokļa nolasīšanas signāls tiek noņemts parastā veidā (no TD1 anoda), otrā – no TD3 anoda. Lai novērtētu trokšņu iespaidu katrā no šiem nolasīšanas variantiem caur nolasīšanas ķēdes rezistoru $R_e=510\text{ }\Omega$ tika padota vienāda lieluma sprieguma izmaiņa, kas imitē trokšņa iedarbību. Abos gadījumos pārveidotāja modeļa izejā izmērītas attiecīgās kompensācijas sprieguma izmaiņas.

Iegūtie rezultāti:

- Ja ar komparatora stāvokļa nolasīšanas ķēdi pieslēdzas pie TD1 anoda tad traucējumu iespaids ir $0,19$ nosacītās vienības;
- Ja ar komparatora stāvokļa nolasīšanas ķēdi pieslēdzas pie TD3 anoda tad traucējumu iespaids ir $0,02$ nosacītās vienības.

Secinājums: Komparatora stāvokļa nolasīšana, pieslēdzoties pie TD3 anoda, ir ar aptuveni 10 reizes augstāku trokšņu noturību.

4.3. Sastādīts komparatora SBK2 modelis komparatora dinamikas pētījumiem un piemeklēti darba režīmi jaudīgākas strobējošās tuneļdiodes gadījumā, pie lēnākas palaišanas impulsa frontes un bez atbalsta pretestības: $I_{p1}=6\text{ mA}$; $I_{p2}=10\text{ mA}$; strobējošās diodes pīķa strāva $I_{p3}=50\text{ mA}$; atbalsta pretestība $R_a=0,0\text{ }\Omega$; palaišanas impulsa fronte $T_o=4\text{ ns}$; tuneļdiožu kapacitātes $C_1=C_2=0,8\text{ pF}$; $C_3=1,0\text{ pF}$; kapacitāte palaišanas impulsa ķēdē $C_o=1000\text{ pF}$; parazītiskās induktivitātes $L_{s1}=L_{s2}=L_{s3}=L_v=0,3\text{ nH}$.

Iegūtie rezultāti:

- vēlamais pretestību strobsignāla ķēdē diapazons $R_v=23 \dots 30\text{ }\Omega$.
- Iegūtais minimālais pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiks pozitīvam testsignālam $T_r=45\text{ ps}$;

- negatīvam testsignālam 58 ps;
- komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsu platumi vēlamajā R_v diapazonā, ja TD1 pārslēdzas $T_{no}=183 \dots 112$ ns;
- komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsu platumi vēlamajā R_v diapazonā, ja TD1 nepārslēdzas $T_{ne}=311 \dots 325$ ns.

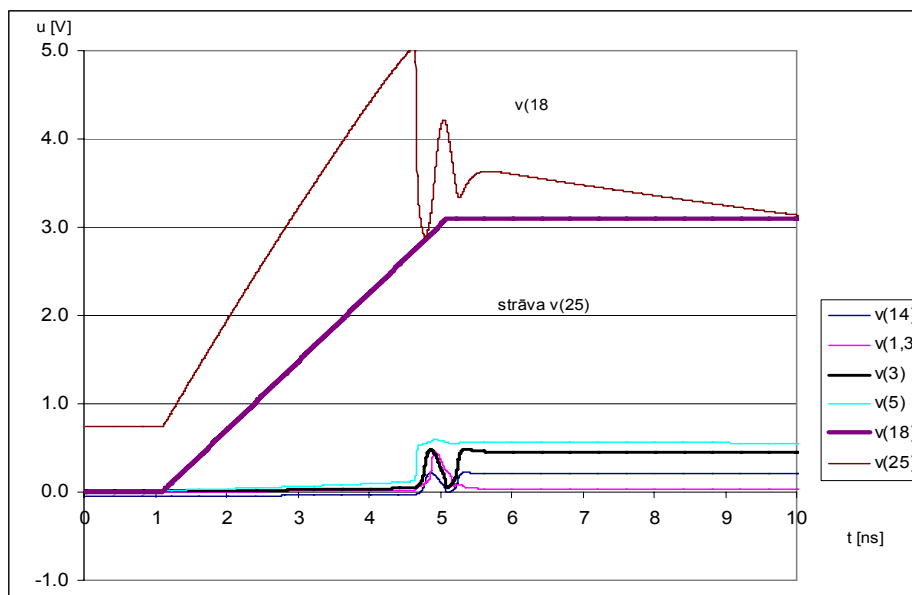
Secinājumi:

- Pārejas raksturlīknes kāpuma laiki pie jaudīgas strobējošās tuneļdiodes ($I_{p3}=50$ mA) un lēnas (4 ns) palaišanas impulsa frontes ir aptuveni tādi pat kā ar mazjaudīgu strobējošo tuneļdiodi ($I_{p3}=20$ mA) un ātru (1 ns) palaišanas impulsa fronti.
- Jaudīgas strobējošās tuneļdiodes gadījumā pretestības R_v pielaižu diapazons ir pietiekoši plašs ($R_v=23 \dots 30$ Om) arī bez atbalsta pretestības R_a pielietojuma. Tas nedaudz vienkāršo shēmu un konstrukciju.
- Jaudīgas strobējošās tuneļdiodes gadījumā komparatora stāvokļu nolasīšanas separējamība sliktāka (attiecība ir 2,16) nekā mazjaudīgas strobējošās tuneļdiodes gadījumā (attiecība ir 14,07).

4.4.a. Sastādīts komparatora SBK2 modelis un piemeklēti darba režīmi parazitiskās induktivitātes L_v strobējošā ķēdē ietekmes uz komparatora dinamiku pētījumiem. Pētījuma nosacījumi: $I_{p1}=6$ mA; $I_{p2}=10$ mA; $I_{p3}=50$ mA; $C_1=C_2=0,8$ pF; $C_3=1$ pF; $L_{s1}=L_{s2}=0,3$ nH; $R_a=0,0$ Om; $C_o=1000$ pF; $T_o=4$ ns; $L_v+L_{s3}=8,3$ nH.

Iegūtie rezultāti:

Pie tik lielas parazitiskās induktivitātes ($L_v=8,3$ nH) strobējošā ķēdē komparatora elektriskajā shēmā ierosinās svārstības (sk. Zīm. 1.).



Zīm. 1. Parazitiskās svārstības komparatora elektriskajā shēmā pie lielas ($L_v=8,3$ nH) parazitiskās induktivitātes strobējošā ķēdē.

Parazitiskās svārstības noved pie komparatora dinamikas ievērojamas pasliktināšanās. Minimālais kāpuma laiks pozitīvam testsignālam ir 90 ps, negatīvam testsignālam 105 ns. Salīdzinājumam šie paši parametri pie mazas parazitiskās induktivitātes ($L_v=L_s=0,3$ nH) bija attiecīgi 45 ps un 58 ps.

Pretestību strobējošā ķēdē pieļaujamais diapazons ir $R_v=17$ Om ... 25 Om.

Komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsu platumi šajā R_v diapazonā ir 420 ns un 143,5 ns, to attiecība 2,92.

Secinājumi:

- Pie tik lielas parazitiskās induktivitātes ($L_v=8,3$ nH) strobsignāla ķēdē pārejas raksturlīknes kāpuma laiks pozitīvam testsignālam ir kritiski tuvs projektā pieprasītai vērtībai (100 ps). Pie negatīva testsignāla tas pārsniedz pieļaujamo vērtību.
- Tik liela ($L_v=8,3$ nH) parazitiskā induktivitāte strobsignāla ķēdē nav pieļaujama.

4.4.b. Parazitiskās induktivitātes ar lielumu $L_v+L_{s3}=4,3$ nH strobsignāla ķēdē ietekmes uz komparatora dinamiku pētījums. Pārējie pētījuma nosacījumi tādi paši kā iepriekšējā piemērā.

Iegūtie rezultāti:

- Pie parazitiskās induktivitātes ar lielumu $L_v+L_{s3}=4,3$ nH svārstības elektriskajā shēmā samazinās.
- Minimālais kāpuma laiks pozitīvam testsignālam ir 67 ps, negatīvam testsignālam 87 ps.
- Salīdzinājumā ar “bezinduktīvā” ($L_s=0,3$ nH) komparatora gadījumu kāpuma laiki ir 1,24 reizes lielāki.
- Pretestību strobsignāla ķēdē pieļaujamais diapazons ir $R_v=14$ Om ... 26 Om.

Secinājumi:

- Pārejas raksturlīknes kāpuma laiki kā pozitīvam, tā negatīvam testsignālam ir uzlabojušies.
- Pārejas raksturlīknes kāpuma laiks negatīvam testsignālam ir kritiski tuvs (87%) projektā uzdotajam kāpuma laikam.
- Pretestības R_v strobsignāla ķēdē pieļaujamais diapazons ir visai plašs $R_v=14$... 26 Om.

4.4.c. Parazitiskās induktivitātes ar lielumu $L_v+L_{s3}=2,3$ nH strobsignāla ķēdē ietekmes uz komparatora dinamiku pētījums. Pārējie pētījuma nosacījumi tādi pat kā iepriekšējā piemērā.

Iegūtie rezultāti:

- Pie parazitiskās induktivitātes ar lielumu $L_v+L_{s3}=2,3$ nH svārstības elektriskajā shēmā praktiski nav novērojamas.
- Minimālais kāpuma laiks pozitīvam testsignālam ir 56 ps, negatīvam testsignālam 72 ps.
- Pretestību strobsignāla ķēdē pieļaujamais diapazons ir $R_v=18$ Om ... 28 Om.

Secinājumi:

- Pārejas raksturlīknes kāpuma laiki kā pozitīvam, tā negatīvam testsignālam ir uzlabojušies. Salīdzinājumā ar “bezinduktīvā” ($L_s=0,3$ nH) komparatora gadījumu tie ir tikai 1,24 reizes lielāki.
- Pārejas raksturlīknes kāpuma laiki ar pietiekamu rezervi apmierina projekta prasības.
- Pretestības R_v strobsignāla ķēdē pieļaujamais diapazons ir visai plašs $R_v=14$... 26 Om.

4.4.d. Parazitiskās induktivitātes ar lielumu $L_v+L_{s3}=2,3$ nH strobsignāla ķēdē ietekmes uz komparatora dinamiku pētījums pie $R_a=2$ Om. Veikts pētījums par to, vai, pielietojot atbalsta pretestību R_a , neuzlabojas minimālie pārejas raksturlīknes kāpuma laiki pozitīvam un negatīvam testsignālam. Respektīvi, cik nozīmīgs ir pretestības R_a pielietojums.

Iegūtie rezultāti:

- Iegūts, ka minimālais kāpuma laiks pozitīvam testsignālam pieļaujamā pretestību R_v diapazonā ir 59 ps, negatīvam testsignālam 72 ps.
- Pie pretestības R_v vērtībām mazākām par 22 Om shēmā parādās degradēts

režīms, kā rezultātā strauji pieaug kāpuma laiks negatīvam testsignālam (pie $R_v=14\ \Omega$ $T_{rn}=110\ \text{ps}$) un samazinās pozitīvam testsignālam (pie $R_v=14\ \Omega$ $T_{rp}=58\text{ps}$).

Secinājums:

Pretestības R_a pielietojums komparatorā SBK2 (vismaz nesimetrisku $I_{p1}=6\ \text{mA}$; $I_{p2}=10\ \text{mA}$ tuneļdiožu gadījumā) pārejas raksturlīknes kāpuma laikus neuzlabo un bez tās var iztikt. Tas nedaudz vienkāršo komparatora elektrisko shēmu un pārveidotāja galvas mehānisko konstrukciju.

4.4.e. Parazītiskās induktivitātes ar lielumu $L_v+L_s=2,3\ \text{nH}$ strobsignāla ķēdē ietekmes uz komparatora dinamiku pētījums pie $R_a=0,0\ \Omega$ un $R_a=2\ \Omega$ simetrisku tuneļdiožu $I_{p1}=I_{p2}=10\ \text{mA}$ gadījumā.

legūtie rezultāti:

- Pārejas raksturlīknes minimālie kāpuma laiki pozitīvam (negatīvam) testsignālam un optimālais pretestības R_v strobsignāla ķēdē lielums pie $R_a=0,0\ \Omega$ ir: $T_{rp}=68\ \text{ps}$ ($T_{rn}=80\ \text{ps}$); $R_v=32\ \Omega$.
- Pārejas raksturlīknes minimālie kāpuma laiki pozitīvam (negatīvam) testsignālam un optimālais pretestības R_v strobsignāla ķēdē lielums pie $R_a=2,0\ \Omega$ ir: $T_{rp}=56\ \text{ps}$ ($T_{rn}=66\ \text{ps}$); $R_v=36\ \Omega$.

Secinājumi:

- Komparatoram SBK2 ar parazītisku induktivitāti $L_v=L_s=2,3\ \text{nH}$ strobsignāla ķēdē simetrisku tuneļdiožu ($I_{p1}=10\ \text{mA}$; $I_{p2}=10\ \text{mA}$) gadījumā atbalsta pretestībai R_a ir nozīme: bez pretestības kāpuma laiki ir $68\ \text{ps}$ ($80\ \text{ps}$) pie $R_v=32\ \Omega$; ar pretestību tie ir mazāki $56\ \text{ps}$ ($66\ \text{ps}$) pie $R_v=36\ \Omega$.
- Pretestības R_v optimālās vērtības komparatoram ar simetriskām tuneļdiodēm un nesimetriskām tuneļdiodēm praktiski neatšķiras: ja $R_a=0,0\ \Omega$ tad $R_v=32\ \Omega$; ja $R_a=2\ \Omega$ tad $R_v=36\ \Omega$.

5. Pārveidotāja galvas SBK2 konstrukcijas izstrāde, izgatavošana un eksperimentālā parbaude

Ir veikta pārveidotāja galvas SBK2 konstrukcijas izstrāde un izgatavošana. Konstrukcijas fotogrāfija kopā ar pieslēgtiem komparatora darba režīmu regulēšanas potenciometriem parādīta Foto 1. Pārveidotāja galvas SBK2 konstrukcija no SBK1 konstrukcijas atšķiras to, ka balansa komparatoram pieslēgtās elektronisko shēmu pirmās pakāpes un balansa komparators atrodas zem kopēja ekrāna. Šāda tehniskā risinājuma mērķis ir samazināt inducēto trokšņu iespaidu uz balansa komparatoru. Pie šāda risinājuma inducētie trokšņi var iedarboties tikai uz komparatoram pieslēgto elektronisko shēmu izejas ķēdēm, kas atrodas ārpus ekrāna. Līdz ar to balansa komparators caur elektronisko shēmu pirmajām pakāpēm tiek ievērojami atsaistīts no ārējām ķēdēm.

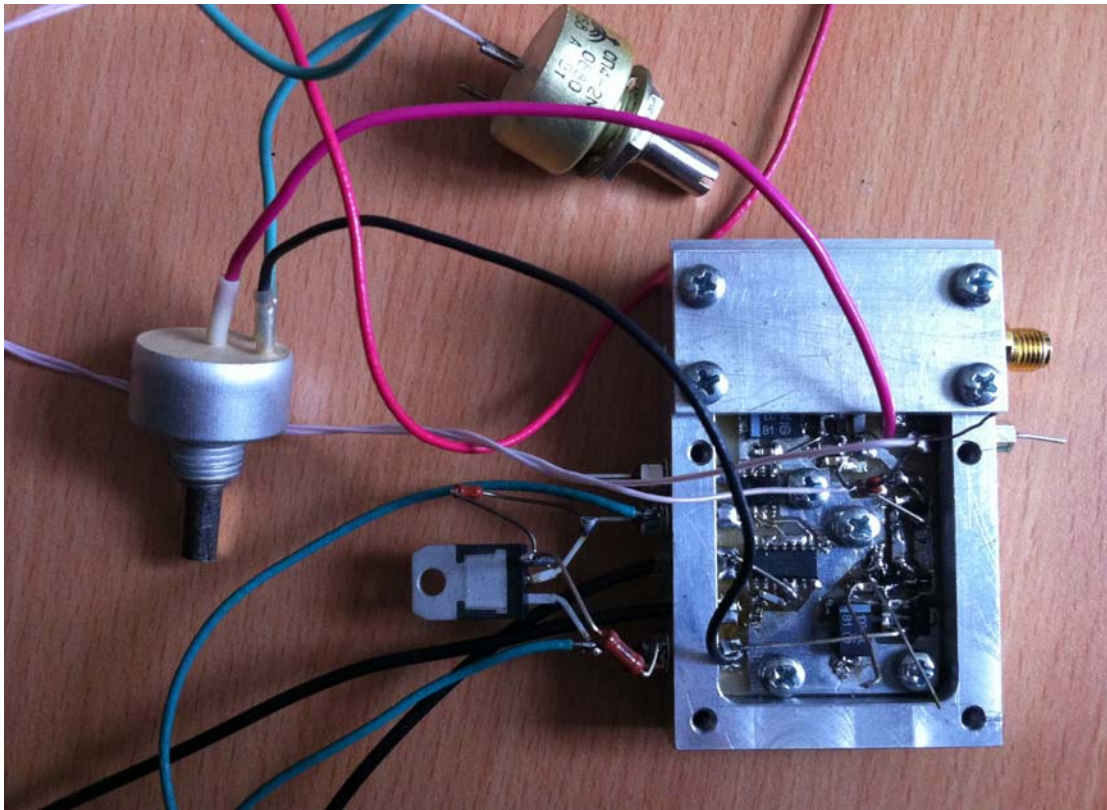


Foto 1. Pārveidotāja galvas SBK2 konstrukcija

Veicot SBK2 eksperimentālo izpēti tika konstatētas vairākas nesakritības ar komparatora datormodelī iegūtiem rezultātiem:

1. Komparators strobģeneratora takts frekvenci dala lielāku vai mazāku skaitu reižu atkarībā no komparatora induktivitātes lieluma (sk. Foto 2.).

Atrasts šīs nesakritības izskaidrojums: datormodelī, risinot pārejas procesa uzdevumu, takts periods praktiski ir “bezgalība”, bet fizikālā iekārtā - viena mikrosekunde. Līdz ar to datormodelis neņem vērā strobsignāla formētāja refrakcijas laiku. Lai veiktu šī efekta pētījumus datormodelī stipri palielinās modelēšanas ilgums. Ja viena pārejas procesa ar garumu 10 ns modelēšanas ilgums ir 10 sekundes, tad pie takts perioda 1 mks modelēšanas ilgums pieaug 100 reizes un sasniedz 16,6 minūtes. Bet, lai veiktu refrakcijas pētījumu datormodelī, ir vajadzīgi vismaz divi takts periodi. Līdz ar to viena pārejas procesa uzdevuma risināšanas ilgums būs divas reizes ilgāks, t.i., 33,2 minūtes. Tāpēc šāda veida pētījumus atliek veikt tikai fizikāli.

2. Palaižot komparatoru caur kapacitāti komparators pārslēdzas kā no pozitīvās, tā no negatīvās strobsignāla frontes (sk. Foto 3.). Tas izskaidrojams ar kapacitātes diferencējošo darbību. Lai komparatora parazītisko pārslēgšanos no negatīvās frontes novērstu, jālieto palaišanas impulss ar lēzenu aizmugurējo fronti.

Arī šis efekts datormodelī pie īsajiem pārejas procesa risināšanas laikiem nav novērojams. Lai šo efektu novērotu stipri pieaug uzdevuma risināšanas laiks.

3. Fizikālajos eksperimentos tika izmainīta komparatora palaišanas signāla ķēde un panākts tāds SBK2 darba režīms, pie kura komparators nedala frekvenci un nenostādā no palaišanas impulsa pakalējās frontes. Diemžēl tādā režīmā komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platuma modulācija ir ļoti niecīga un praktiski nebūs iespējams to separēt (sk. Foto 4.).

Secinājumi:

- Lai izslēgtu frekvences dalīšanu tālākos pētījumos ir jālieto mazāka induktivitāte un atbilstoši jāoptimizē shēmas darba režīmi.

- Lai panāktu plašāku komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa modulāciju, pētījumi jāturpina ar mazākas jaudas strobējošo tuneļdiodi, jo lielas jaudas tuneļdiode ir pārāk “neatkarīga” no procesiem shēmā.

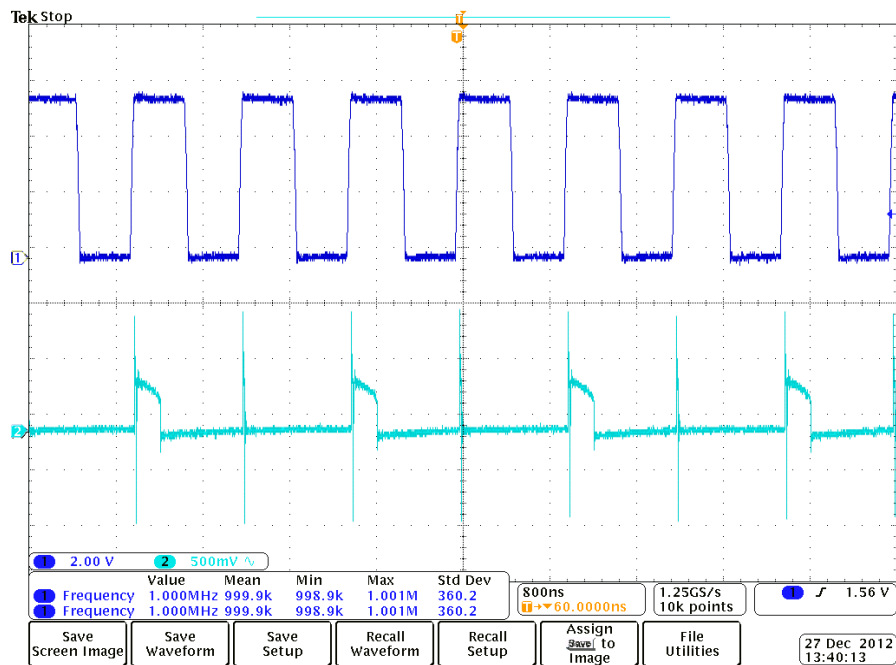


Foto 2. SBK2 signāli frekvences dalīšanas režīmā: augšējā oscilogramma – strobsignāls ar takts frekvenci 1 MHz; apakšējā oscilogramma – balansa komparatora pārslēgšanās oscilogramma (redzams, ka balansa komparatora takts frekvenci dala ar 2).

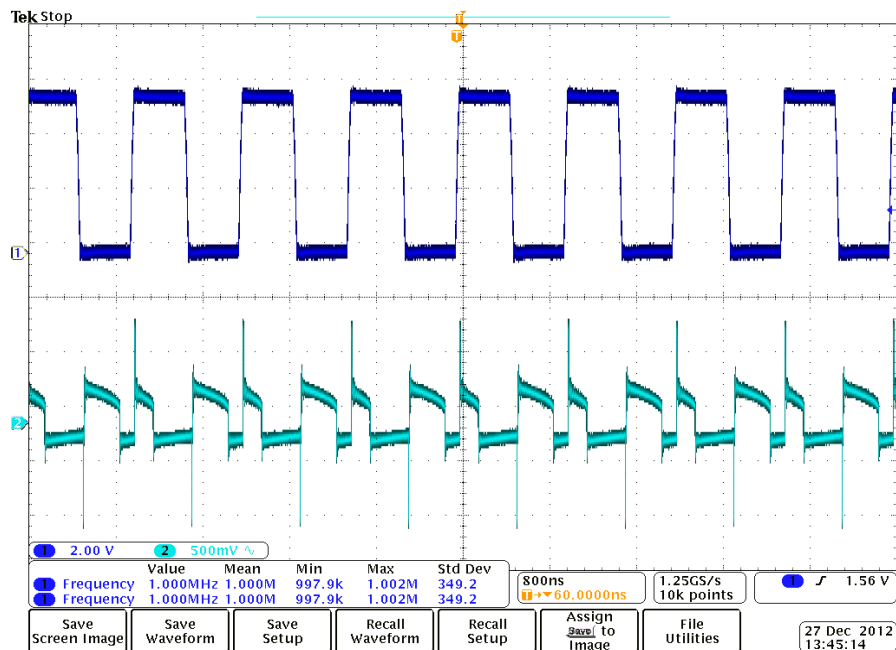


Foto 3. SBK2 signāli, kas ilustrē komparatora parazitisko pārslēgšanos: augšējā oscilogramma – strobsignāls ar takts frekvenci 1 MHz; apakšējā oscilogramma – balansa komparatora pārslēgšanās oscilogramma (redzams, ka balansa komparatora pārslēdzas ne tikai no strobsignāla pozitīvās, bet arī no negatīvās frontes).

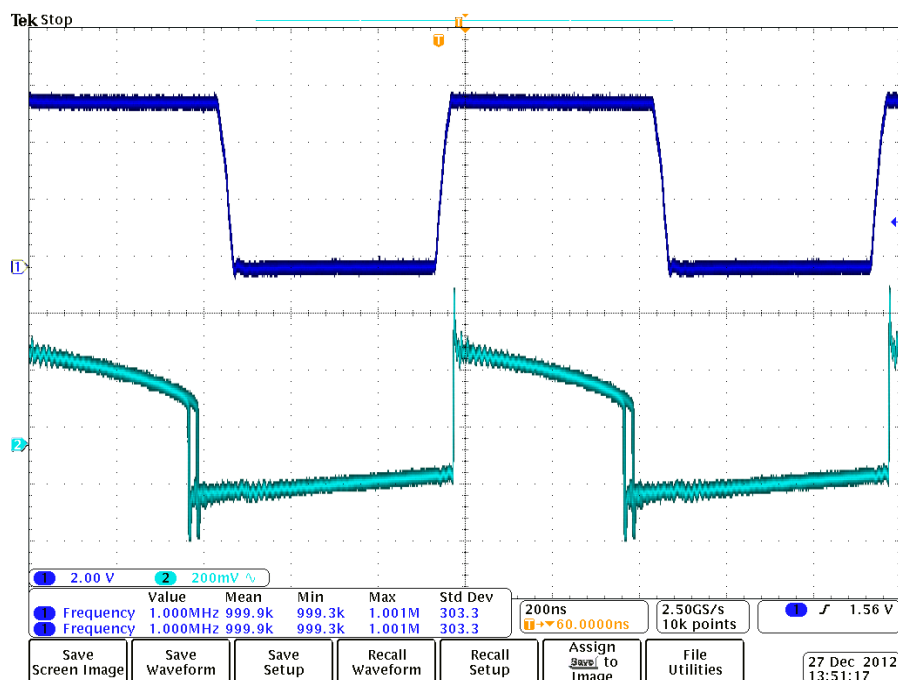


Foto 4. SBK2 signāli, kas ilustrē komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platuma modulāciju: augšējā oscilogramma – strobsignāls ar takts frekvenci 1 MHz; apakšējā oscilogramma – komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platumu izmaiņas atkarībā no TD1 pārslēgšanās un nepārslēgšanās.

6. Elpošanas lokācijas viena punkta metodes eksperimentālā pārbaude ar uzlaboto antenu sistēmu un uzlaboto signālapstrādes algoritmu

Elpošanas lokācijas viena punkta metode paredz no objekta atstarotā signāla strobēšanu tikai vienā fāzes punktā – UWB signāla stāvākajā daļā kur signāls iet caur “nulli”. Metodes priekšrocība ir tā, ka nenotiek izvērse visā lokācijas dziļumā (vai kādā tā diapazonā) un līdz ar to objekts (slimnieks) tiek apstarots ievērojami mazāk. Ja, piemēram, uz visu lokācijas dziļumu ir 1024 izvērses punkti, tad zondējošais signāls tiek izstarots $n \cdot 1024$ reizes, kur n ir nepieciešamais strobu skaits vienā izvērses punktā. Savukārt viena punkta metodei zondējošā signāla izstarošana un atstarotā signāla strobēšana notiek tikai vienā izvērses punktā, kas teorētiski prasa tikai n zondējošā signāla izstarojumus. Praktiski izstarojumu skaits iznāk lielāks, jo gan aparātūras temperatūras dreifa, gan objekta iespējamās pārvietošanās dēļ ir nepieciešams veikt automātisku darba punkta meklēšanu. Tas nozīmē, ka laiku pa laikam noteiktā izvērses diapazonā ir jāveic zondējošā signāla izstarošana katrā tā fāzes punktā, darba punkta meklēšana un iestādīšana gan pa X-asi, gan pa Y-asi. Taču ar visu to kopējais zondēšanu skaits iznāk mazāks nekā citām elpošanas lokācijas metodēm. Viena punkta metodei problēmas rada parazitiskie atstarojumi, kas apgrūtina automātisko darba punkta meklēšanu un iestādīšanu. Praktiski tas izpaužas tā, ka darba punkts aiziet uz “viltus” punktu un neveic vajadzīgos mērījumus. Tāpēc pārskata periodā tika veikti algoritma uzlabojumi un sašaurināta antenu virziena diagramma, lai samazinātu radiolokatora stara kontrolējamo telpas laukumu, kurā var atrasties traucējošie objekti. Lai izdarītu galīgo secinājumu par viena punkta metodes efektivitāti aparātūra būtu

jāuzstāda un metode jāpārbauda konkrētos klīniskos apstākļos, kas iziet ārpus dotā projekta iespējām.

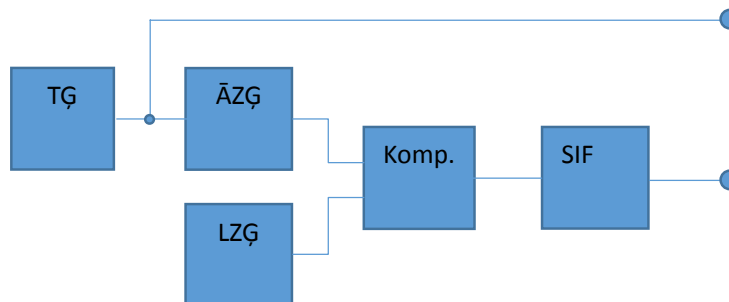
Viena punkta metodes elpošanas radiolokatora vadības un signālapstrādes pilna programma pievienota *Pielikumā 4*.

7. Stroboskopiskā pārveidotāja izvērses nelinearitātes izpēte un nelinearitātes samazināšanas iespēju izpēte

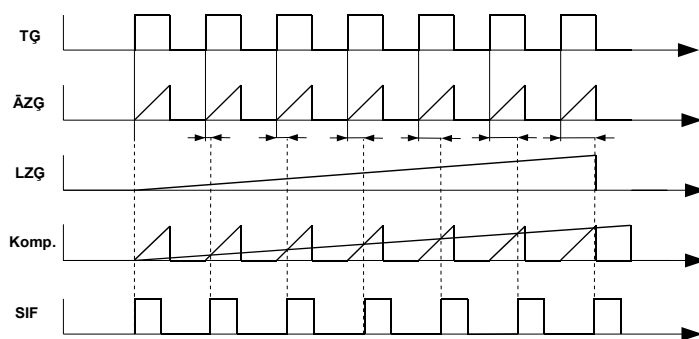
Stroboskopiskajā pārveidotājā notiek laikā ātri mainīgu atkārtojošu (ps un ns) procesu pārveidošana ekvivalentajā (ms) laikā. Šādi pārveidotāji tiek izmantoti platjoslīgās mēriekārtās (piem., ekvivalentā laika GHz diapazona osciloskopi) kā arī ultraplātjoslas impulsu lokatoros. Lokatoros uztvertā signāla ekvivalentā laika ass ataino objektu novietojumu telpā/plaknē attiecībā pret mēriekārtas atrašanās vietu. Lai uzlabotu šādu lokatoru objektu izšķiršanas spēju, tiek izmantoti dažādi signālu pēcapstrādes algoritmi. Šo algoritmu efektivitāti ietekmē uztvertā signāla kropļojumi, kurus ievieš pats pārveidotājs. Pētījumā koncentrējamies uz kropļojumiem pa laika izvērses asi. Tika izstrādāta metode kā novērtēt un novērst izvērses nelinearitāti, veicot iegūto datu matemātisko apstrādi.

Laika izvērses blokshēma.

Ekvivalento laiku veido stroboskopiskā pārveidotāja izvērses bloks, kur blokshēma redzama attēlā 1. Izvērses bloka galvenās sastāvdaļas ir taktsimpulsu ģenerators (TĢ), ātrā zāģa ģenerators (ĀZĢ), lēnā zāģa ģenerators un komparators. Taktsimpulsu ģenerators palaiž ātrā zāģa ģeneratoru, kas tālāk tiek padots uz komparatoru, kurš salīdzina to ar lēnā zāģa ģenerators (LZĢ) signāla vērtību ātrā zāģa nostrādāšanas laikā. Lēnā zāģa sprieguma līmeņa izmaiņa ātrā zāģa perioda laikā ir relatīvi maza, tāpēc var uzskatīt, ka notiek ātrā zāģa signāla salīdzināšana ar konstantu spriegumu. Šis apgalvojums ir korektāks gadījumos, kad lēno zāģi realizē ar ciparu-analogo pārveidotāju. Komparatora nostrādāšanas brīdis (fāze) attiecībā pret taktsimpulsu ģeneratoru laikā mainās, veidojot ekvivalento laiku, kura soli nosaka laika nobīde Δt starp iepriekšējo komparatora nostrādāšanas fāzi (skat. 2. att).



1.att. Stroboskopiskā pārveidotāja laika izvērses bloks



2. att. Izvērses bloka laika diagrammas.

Ja blokshēmas visi elementi ir ideāli, tad ģenerators izejā, attiecībā pret taktimpulsu ģenerators, iegūstam lineāru ekvivalento laiku. Diemžēl bloka aparātūras realizācijā ir jāsaskaras ar novirzēm no ideālā gadījuma.

Nelinearitātes cēloņu izpēte.

Galvenais izvēršanas nelinearitātes cēlonis ir ātrā zāģa nelinearitāte. Pirms veikt laika izvēršanas sistēmas nelinearitātes novērtēšanu vispirms ir jāveic zāģveida signālu ģenerators linearitātes pārbaude.

Vispārināti nestabilitātes pa laika asi var aprakstīt kā divu avotu radītu nelinearitāti. Vienu nestabilitāti rada laika dreibēšana – praktiski trokšņveidīgs raksturs, bet otram nestabilitātei ir sistēmātisks raksturs un tā rodas iekārtas defektu dēļ. Par šo laika nelinearitātes modeli vairāk var lasīt [3]. Minētajā avotā aprakstīts kā reālā kanālā veicot nolases ar soli Δt iespējams aprakstīt nelinearitāti pa laika asi. Katrs laika solis nav ideāli konstants, tam klāt summējas fāzes dreibēšana un sistēmātiskā laika nelinearitāte.

Darbā vērsts uzsvars uz sistēmātiskās kļūdas radīto nelinearitāti. Tiek pieņemts, ka laika dreibēšanas kļūdas radītais efekts ir salīdzinoši niecīgs attiecībā pret sistēmātisko kļūdu un to var neņemt vērā.

Avotā [4] aprakstīts kā iespējams vienlaicīgi cīnīties gan ar laika dreibēšanas kļūdām, gan sistēmātiskām laika mēroga kļūdām ar dekonvolūcijas palīdzību. Tāpat literatūrā pieejami daudz raksti, kuros aprakstītas metodes kā noteikt laika nelinearitāti [2], [5] un [6].

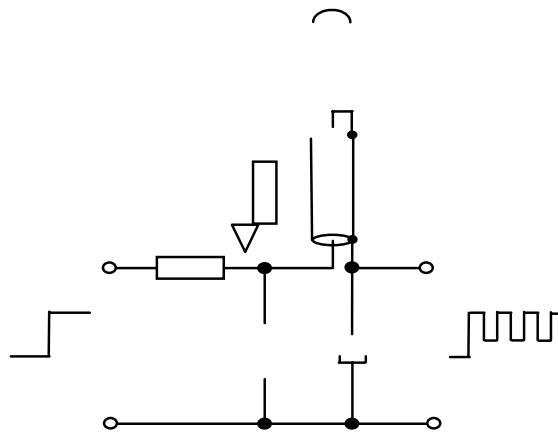
Metode nelinearitātes novērtēšanai un korekcijai.

Lai novērtētu izvēršanas bloka nelinearitāti ir nepieciešams izveidot nelinearitātes noteikšanas metodi, ar kuras palīdzību iespējams noteikt bloka kopējo nelinearitāti, kā arī veikt tās izkompensēšanu.

Ieteiktās metodes pamatdoma ir izmantot palaižamu ģenerators, kura impulsu periods būtu vairākkārt mazāks par kopējā ekvivalentā laika izvēršanas periodu. Šādi taktimpulsu periodi, pie nosacījuma, ka ģenerators frekvence ir stabila, sadalītu pārbaudāmo ekvivalento laiku nogriežņos. Analizējot testa signāla periodu izmaiņu pēc nelineāro kropļojumu iespaida ir iespējams fiksēt nelinearitāti.

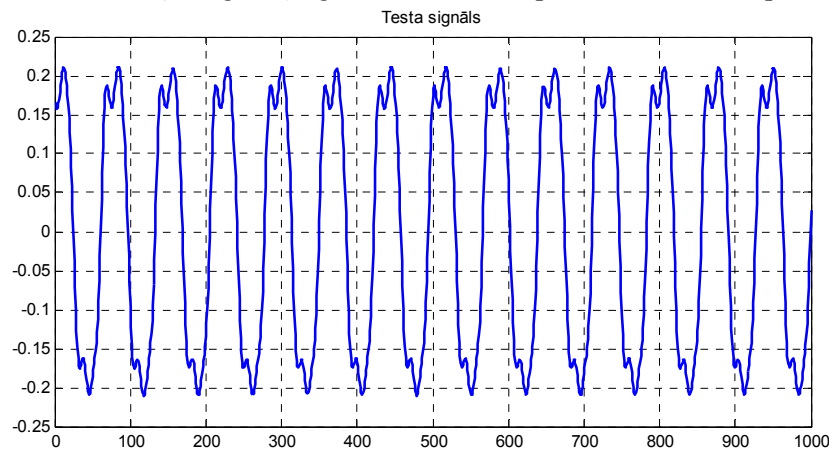
Kā palaižamu ģenerators nav ieteicams izmantot harmonisko signālu ģenerators, jo šādu ģenerators palaišanās fāze ir haotisks process, kura dēļ katra palaišanas impulsa laikā notiek haotiska ģenerators sākumfāzes nobīde.

Eksperimentāli tika noskaidrots ka šādam mērķim ir piemērots tuneļdiodes ģenerators (3. att.).



3. att. Palaižama tunelīdiodes ģenerators principiālā shēma

Ģenerators sastāv no tunelīdiodes, aizkaves līnijas, kuru veido īsslēgta 10 cm gara koaksiālā kabeļa nogrieznis un ieejas rezistora un sloģojošā rezistora. Izslēgtā koaksiālā kabeļa nogriežņa garums nosaka impulsu atkārtšanās periodu.



4. att. Izmantotais testa signāls

Lai noteiktu, vai izmantotais testa signāls ir derīgs, tiek noteikti visi pierakstītā signāla periodi. Lai noteiktu signāla periodu garumus iespējams pielietot paņēmienus, kur periodu garumu nosaka pēc ekstrēmumiem, vai arī pēc punkta, kur šķērsots zināms līmenis. Dotajā darbā periodi tiek noteikti starp punktiem, kur signāls šķērso nulles līmeni. Ar interpolācijas palīdzību iespējams precīzāk noteikt nulles šķērsošanas vietas, ko nevar pielietot attiecībā uz ekstrēmumiem.

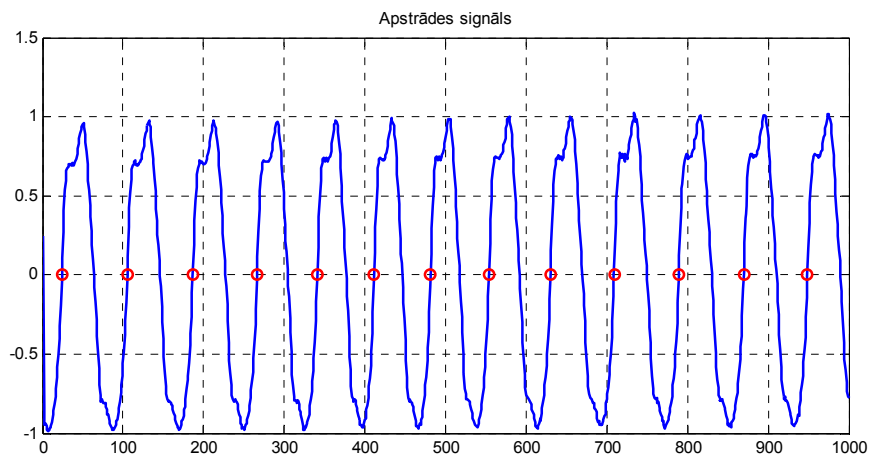
Nelineāra rakstura klātbūtnē periodu garumi tiek izmainīti. Jāievēro tikai, ka nelineāram procesam jābūt lēni mainīgam salīdzinot ar periodiskā signāla izmaiņu. Iegūstot šo periodu vērtības iespējams aprēķināt deviāciju starp periodiem. Periodu deviācijas attiecība pret periodu vidējo vērtību dod periodu izmaiņu procentos:

$$G = \frac{\sigma}{T} \cdot 100\% \quad (1)$$

Tas ir lielums pēc kura var orientēties cik lieli ir signāla kropļojumi pa laika asi.

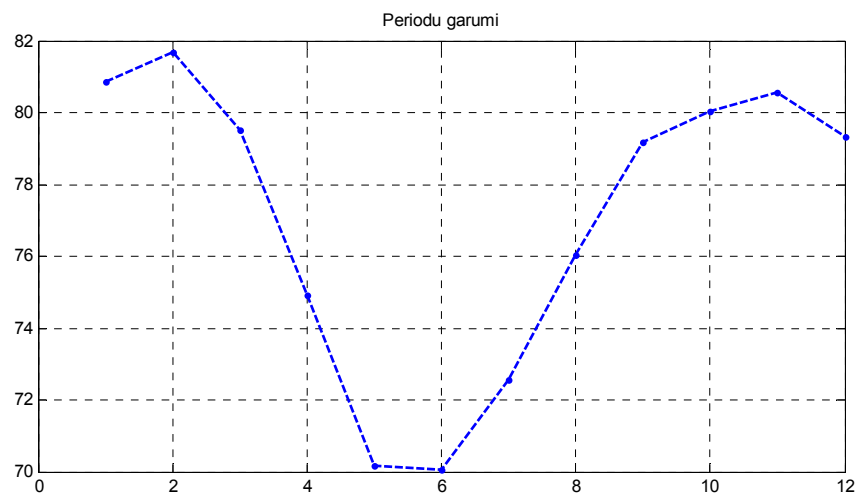
Ekspperimentālie salīdzinājumi un rezultātu novērtējums

Veicot datu savākšanu ar pārbaudāmo iekārtu, tiek iegūti rezultāti, kas redzami 5. att.



5. att. Testa signāls pēc nelineāro efektu iespaida.

Apskatot rezultātus nemaz uzreiz nav iespējams pateikt, ka signālam rodas nelinearitāte pa laika asi, tāpēc 6. att. redzams testa signāla periodu garums. Tā kā iegūto izmantotā signāla mērvienības pa x un y asi nav būtiskas un var attiecināt uz jebkāda veida signālu, tad mērvienībām nepievērsīsim uzmanību.



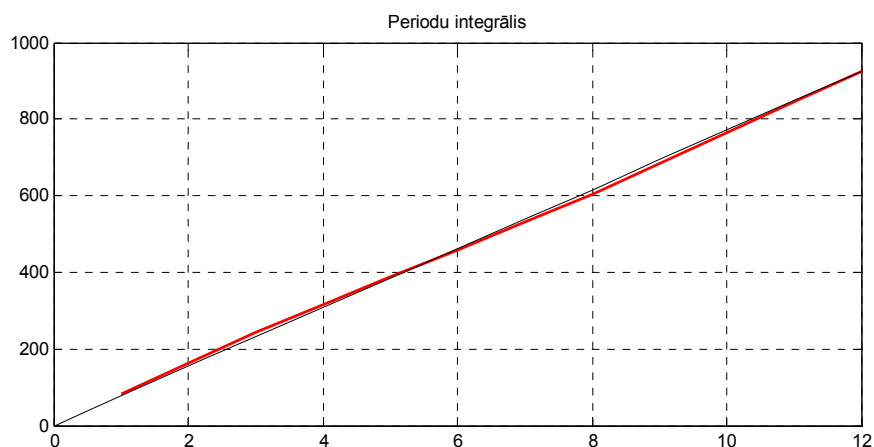
6. att. Testa signāla periodu garumi

Redzams, ka periodu garumi mainās plašās robežās pa no 70 līdz 82 punktiem. Izmantojot formulu (1), iegūst konkrēto periodu deviāciju procentos.

$$G = \frac{\sigma}{T} \cdot 100\% = 5.46\% \quad (2)$$

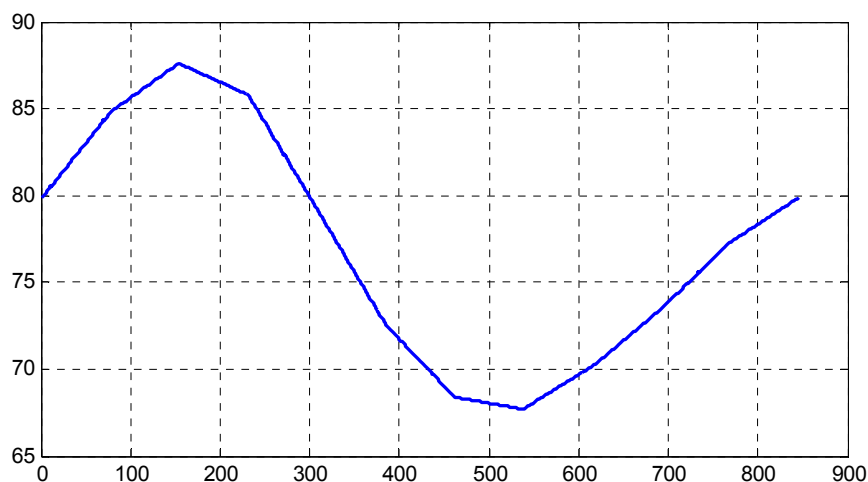
Balstoties uz testa signālu, zināms, ka periodiem visā signāla garumā jābūt vienādiem. Tas nozīmē, ka nepieciešams, lai periodu garumi grafikā veidotu horizontālu taisni. Pēc savāktās informācijas par periodu garumiem ir iespējams veikt signāla korekciju, kuras rezultātā periodi tiek izlīdzināti ar vienādu garumu.

Lai veiktu linearizēšanu tiek kumulatīvi summēti iegūto periodu garumi 7. att., tādā veidā iegūstot grafiku, kas attēlo signāla nulles krustošanas koordinātes. Stabila periodiska signāla gadījumā visiem signāla periodiem jābūt vienādiem. Tas nozīmē, ka integrālim no šo periodu garumiem būtu jābūt lineāri augoši taisnei. Jebkādas novirzes no taisnes attiecināmas kā signāla kropļojumi par laika asi.



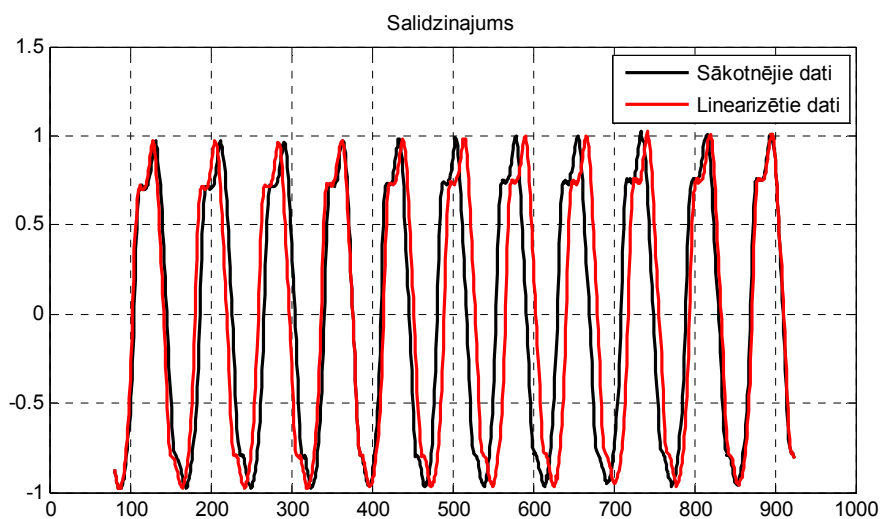
7. att. Periodu garumu kumulatīvā summa

Vizuālai interpretācijai dotais grafiks ir neuzskatāms, jo periodu garumu kumulatīvā summa maz atšķiras no taisnes. Tādēļ 8. att. attēlots perioda kumulatīvās summas un aproksimējošās taisnes starpība.



8. att. Periodu garumu kumulatīvās summas.

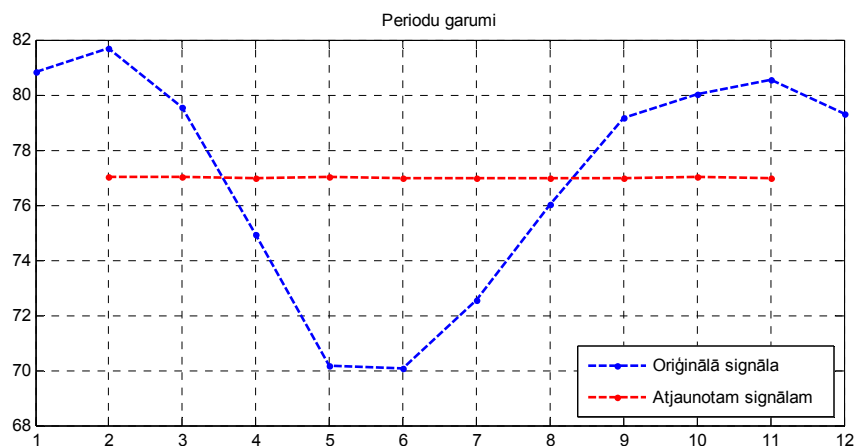
Rezultātā iegūtās vērtības nepieciešams interpolēt ar konstantu soli, lai palielinātu punktu skaitu, līdz lielumam, kas vienāds ar punktu skaitu, ko iekļauj linearizējamā signāla aplūkojamais apgabals. Šāda manipulācija nepieciešama, lai iegūtu datus paša signāla linearizēšanai. Veicot interpolāciju sākotnējam signālam punktos, kuru vērtības satur periodu integrālis, tiek iegūta funkcija f_1 , kas attēlota attēlā 9., kā funkcija no periodu integrāļa veido to pašu sākotnējo apstrādājamo signālu. Savukārt interpretējot funkcijas f_1 argumentu kā lineāru funkciju, tiek iegūta funkcija f_2 , kas jau ir sākotnējā signāla linearizācijas rezultāts.



9. att. Sākotnējā testa signāla un linearizētā signāla salīdzinājums

Lai pārbaudītu kādu iespaidu radījis augstāk minētais algoritms, tad apskatīsim pārveidotā signāla periodu garumus grafiski un aprēķināsim signāla periodu deviāciju, ko salīdzināsim ar iepriekš aprēķināto:

$$G = \frac{\sigma}{T} \cdot 100\% = 0.00018\% \quad (3)$$



10. att. Sākotnējā signāla un atjaunotā signāla periodu salīdzinājums

Redzams, ka signāls koriģēts precīzi uz periodu vidējās vērtības. Kļūda, kas vēl pastāv ir tikai un vienīgi skaitļošanas neprecizitāšu radītas un nav ņemama vērā (sk. 10. att.).

Secinājumi

Aplūkojot rezultātu skaidri redzams, ka nevar garantēt signāla nelinearitātes precīzu izkompensēšanu posmā starp signāla periodiem. Savukārt varam apgalvot, ka signāls nulles šķērsošanas punktos tiek linearizēts precīzi. Atkarībā no nepieciešamās linearizēšanas precizitātes nepieciešams arī izmantot pietiekoši augstas frekvences testa signālu. Taču metodes būtiskais trūkums, ka signāls nekad netiks linearizēts absolūti precīzi visā laika diapazonā.

Izmantotās literatūras saraksts

1. J. Schoukens, R. Pintelon and G. Vandersteen, „A Sinewave Fitting Procedure for Characterizing Data Acquisition Channels in the Presence of Time Base Distortion and Time Jitter” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 46, pp. 1005 -1010, Aug. 1997.
2. J. Verspecht, “Accurate spectral estimation based on measurements with a distorted-timebase digitizer,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 43, pp. 210–215, Apr. 1994.
3. G. N. Stenbakken, J. P. Deyst „Time-Base Nonlinearity Determination Using Iterated Sine-Fit Analysis” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 47, pp. 1056 – 1061, Oct. 1998.
4. P. D. Hale, C. M. Wang, D. F. Williams, K. A. Remley, J. D. Wepman, „Compensation of Random and Systematic Timing Errors in Sampling Oscilloscopes” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 55, pp. 2146 – 2154, Dec. 2006.
5. J. R. Scott, Jr., “Error corrections for an automated time-domain network analyzer,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. IM-35, pp. 300–303, Sep. 1986.
6. C. M. Wang, P. D. Hale, and K. J. Coakley, “Least-squares estimation of timebase distortion of sampling oscilloscopes,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 48, pp. 1324–1332, Dec. 1999.

8. Tranzistoru komparatora matemātiskā modeļa izveide un priekšlikumi komparatora darbības uzlabošanai

Komparatora vienkāršots matemātiskais modelis

Pieņemsim, ka uz komparatoru iedarbojas ideāls lēciens. Tad komparatora ātrdarbība ir atkarīga tikai no ieejas RC ķēdes ieejas signālam un stroba signālam. RC ķēžu kapacitāti nosaka tranzistoru slēguma kapacitāte, bet pretestību nosaka ieejas pretestība un slēguma kolektoru pretestības. Jāapskata divi joslas ietekmējošie faktori – signāla ieejas RC ķēde un stroba ieejas RC ķēde.

Dotajā slēgumā (skat. 1., 2. att)

$$C_{ekv} = C_{ke} || C_{be}, \quad (1)$$

Stroba ieejas pretestība R_{stroba} ir atkarīga no strobēšanas paņēmiena – pa emiteriem vai pa kolektoriem.

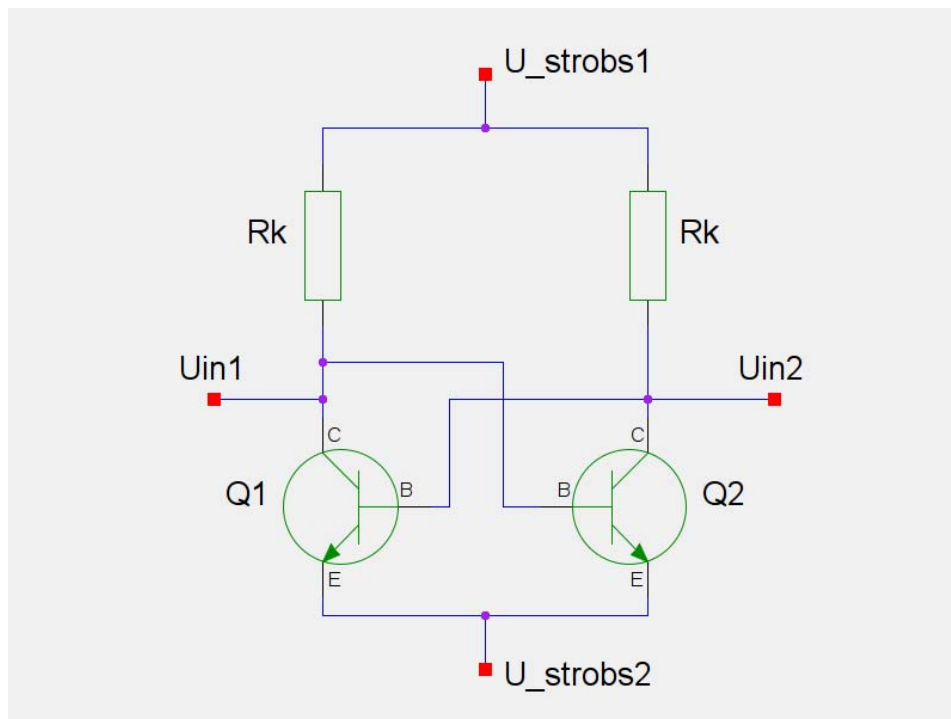
Pa emiteriem, kad $U_{strobs1}$ ir zeme, bet negatīvs stroba signāls tiek padots uz $U_{strobs2}$.

Pa kolektoriem, kad uz $U_{strobs1}$ tiek padots pozitīvs stroba signāls, bet $U_{strobs2}$ ir pieslēgts pie zemes.

Ieejas signāls pienāk pie U_{in1} vai uz U_{in2} , atkarībā no tā, kādu funkcionalitāti vēlamies panākt (līmeņa šķērsošanas detektoru vai arī stroboskopisko signālu pārveidotāju).

Strobēšanas paņēmienā atšķirība ir sekojoša:

- kapacitāšu uzlādes secība;
- ieejas optimālā pretestība R_{in} ;
- stroba ietekme uz ieejas signālu.



1. att. Komparatora pamatshēma

Pa emiteriem:

R_k ir zemēts, tāpēc ieejas signāls izdalās uz R_k un ieejas signāla salāgojumam ir nepieciešams $R_{in}=R_k$. Bez stroba iedarbes, komparatora tranzistori “karājas gaisā” un ieejas signāls praktiski neietekmē lādiņa lielumu uzkrāto uz to parazītiskām kapacitātēm.

Šīs kapacitātes tiek lādētas ar strobu, kura slodze ir

$$RC_{strobe} = (R_{in} + (R_k || R_{in})) C_{ekv} \quad (2)$$

Pienākot strobam, emiteri tiek pievilkti pie barošanas sprieguma un signāls sāk iedarboties (uzlādēt) C_{ekv} ar stroba pieaugšanas ātrumu. Sekojoši, slēguma joslu ierobežo stroba RC ķēde.

Stroba signāls nesajaucas ar ieejas signālu un tā trokšņi un amplitūdas fluktuācijas nepārklājas un neietekmē ieejas signāla iedarbi uz komparatoru.

Pa kolektoriem:

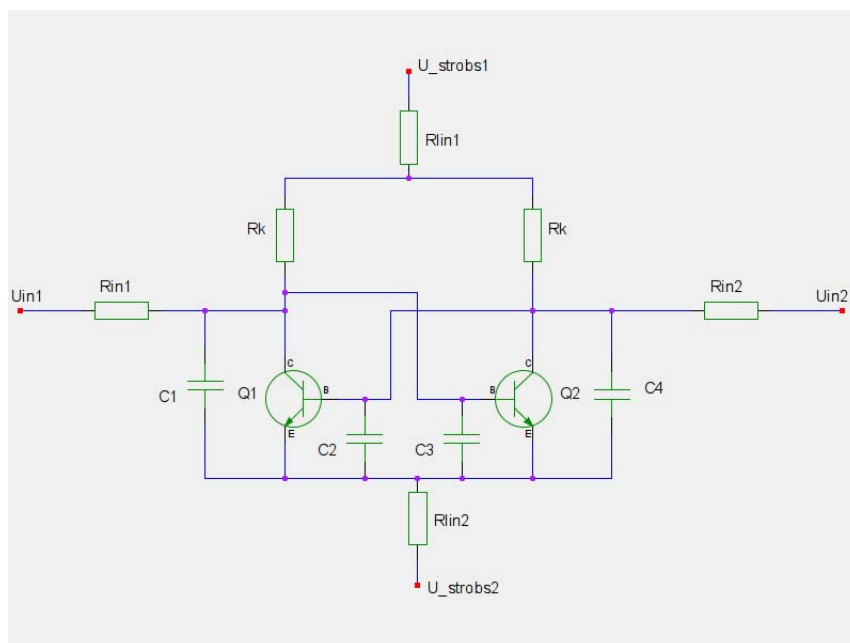
Bez stroba iedarbes R_k un emiteri ir zemēti un signāls krīt uz $R_k || C_{ekv}$.

$$RC_{in} = R_{in} C_{ekv} \text{ ar papildus zudumiem } R_k \quad (3)$$

$$RC_{strobe} = (R_{in} + R_k) C_{ekv} \quad (4)$$

R_{in} raksturs ir komplekss un stipri atkarīgs no tranzistoru tipa, ātrdarbības un S parametriem un ir ne mazāks par vairākiem simtiem omu.

Stroba signāls sajaucas ar ieejas signālu, kā rezultātā summējās to trokšņi un krīt komparatora izšķirtspēja.



2. att. Komparatora pilnais slēgums (ar ieejas pretestībām un parazītiskām kapacitātēm)

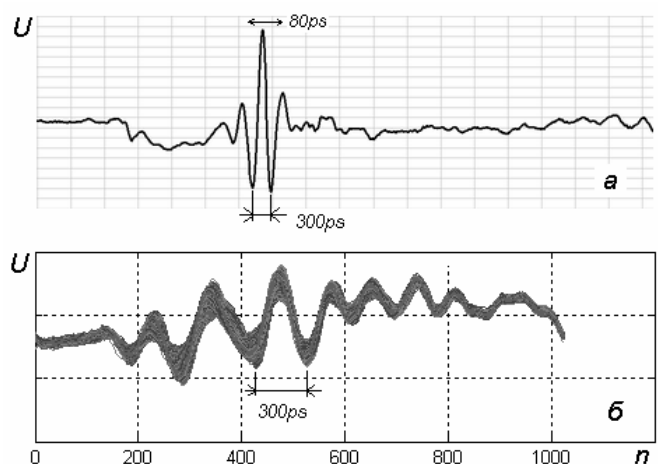
Salīdzinājums:

Strobēšanai pa emiteriem ir viennozīmīga priekšrocība gan pēc trokšņu noturības, gan pēc joslas platuma.

Viennozīmīga un precīza ieejas pretestības salāgošanas iespēja strobēšanai pa emiteriem rezultātā paaugstina jutību. Savukārt, stroba signāla atdalījums no ieejas signāla dod trokšņu līmeņa samazinājumu.

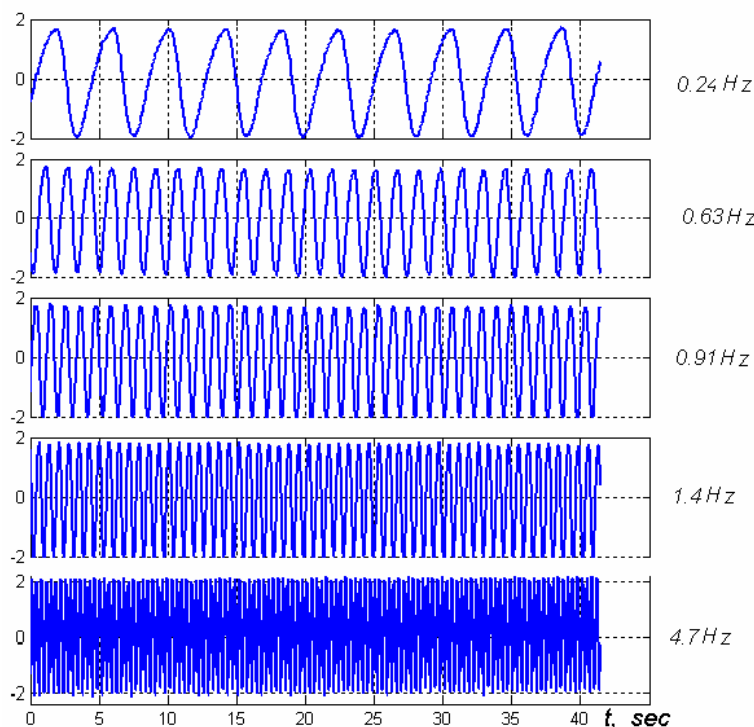
9. Stroboskopiskā pārveidotāja sajūgšana ar raidītāju un atstaroto signālu iegūšana galveno komponentu metodes eksperimentiem

Datu ansambļa formēšanai galveno komponentu metodes pielietojumam tika izgatavots pārbaužu stends. Stendā tika uzstādīta radiolokatora uztvērējiekārta, raidītājs kā arī raidošā un uztverošā antena. Kā uztvērējiekārta izmantots augstas jutības komparatora tipa stroboskopiskais pārveidotājs, kas izgatavots dotā ERAF projekta ietvaros. Datu pārraidei no radiolokatora uz datoru izgatavots un pielietots mikroprocesoru bloks. Galveno komponentu metodes algoritma pārbaudei, izmantojot elpošanas imitācijas maketu, tika formēti atstaroto signālu ansambļi. Atstarojuma iegūšanai uz maketa tika nostiprināta metāliska atstarojošā plāksne ar izmēriem 41 x 23 cm. Atstarotie no plāksnes UWB signāli bija ar centrālo frekvenci 3 GHz (sk. Zīm. 1a.). Maketam darbojoties atstaroto signālu fāze (aizkave) tika modulēta 80 ps robežās, kas atbilst atstarojošās plāksnes telpiskām sinusoidālas formas svārstībām ar 12 mm amplitūdu. Līdz ar to atstarotā signāla fāzes izmaiņas ir sagaidāmas arī ar sinusoidālu formu, ja vien fāzes modulācija nepārsniedz UWB signāla ceturdaļperiodu.



Zīm. 1. Elpošanas radiolokatora uztverto signālu oscilogrammas: a) atstarotais no metāliskās plāksnes ar izmēriem 41 x 23 cm signāls; b) no cilvēka atstarotais ar elpošanu modulētais signāls cilvēkam mierīgi elpojot (pierakstītas 1000 realizācijas).

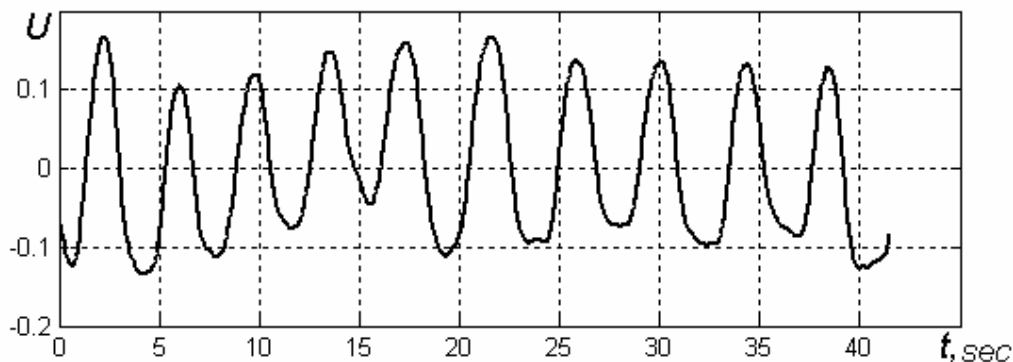
Iegūto signālu ansambļu apstrāde, no kuriem katrs ansamblis attiecās uz elpošanas maketa atšķirīgas frekvences mehānisko svārstību, ļāva izdalīt atstarotā signāla fāzes modulācijas formu. Iegūtie rezultāti apstiprināja prognozi, ka reģistrētajam signālam būs mazas atšķirības no sinusoidālas formas (sk. Zīm. 2.).



Zīm. 2. Pirmās galvenās komponentes signāla forma pie dažādām elpošanas maketa atstarojošās plāksnes svārstības frekvencēm.

No cilvēka, kurš atrodas apkārtējo metālisku un nemetālisku priekšmetu (krēsls, skapītis, gulta) tuvumā, atstarotais signāls ir ar ļoti sarežģītu formu. Rezultātā cilvēka elpošana izraisa nevis vienkāršu atstarotā signāla fāzes modulāciju, bet kompleksu signāla izmaiņu, ieskaitot signāla amplitūdas un formas izmaiņu. Zīm. 2b. parādīts tāda signāla 1000 realizāciju ansambļa pieraksts. Šāda signālu ansambļa apstrāde, pielietojot galveno komponentu metodi, ļāva izdalīt cilvēka krūšu kurvja svārstības pirmās

galvenās komponentes signāla veidā (sk. Zīm. 3.).



Zīm. 3. Cilvēka elpošanas svārstība, kas iegūta izmantojot atstarotā signāla pirmo galveno komponenti.

Secinājumi:

- Izmantojot augstas jutības komparatora tipa stroboskopisko pārveidotāju uz tuneļdiožu bāzes, kopā ar divpakāpju impulsu formētāju uz SRD diodes un lavīntranzistora, iegūti cilvēka elpošanas pieraksta pozitīvi rezultāti.
- No vienkāršiem mērķiem (metāliska plāksne) un sarežģītiem mērķiem (cilvēks apkārtējo priekšmetu vidū) atstaroto signālu apstrādes rezultāti, izmantojot pirmo galveno komponenti, attēlo minēto mērķu svārstības.

Augstāk minēto pētījumu rezultāti ir izklāstīti arī publikācijā М. Грейтанс, В. Аристов, В. Петерсонс. Регистрация дыхания человека по форме СШП сигнала на первой главной компоненте, kas iesniegta publicēšanai žurnālā „Измерительная техника”. Iesniegto publikāciju skat. *Pielikumā 5*.

10. Iegultās sistēmas FriendlyARM pieslēgšana stroboskopiskajam pārveidotājam, sistēmas aplikācijas izstrāde, eksperimentu veikšana stroboskopiskā pārveidotāja sasaistei ar datoru

Impulsu radiolokācijas principi plaši pielietojami zemes garozas pētījumos, caursienas lokācijā, taču pasaulē vērojamas iestrādes arī medicīnas jomā [1] kā arī medicīnas iekārtās, piemēram, sirdsdarbības diagnosticēšanā, grūtnieču medicīniskajā apsekošanā, ausu-kakla-deguna dobuma izpētei, kā arī pacientu kustības un elpošanas detektēšanā (1. att.).

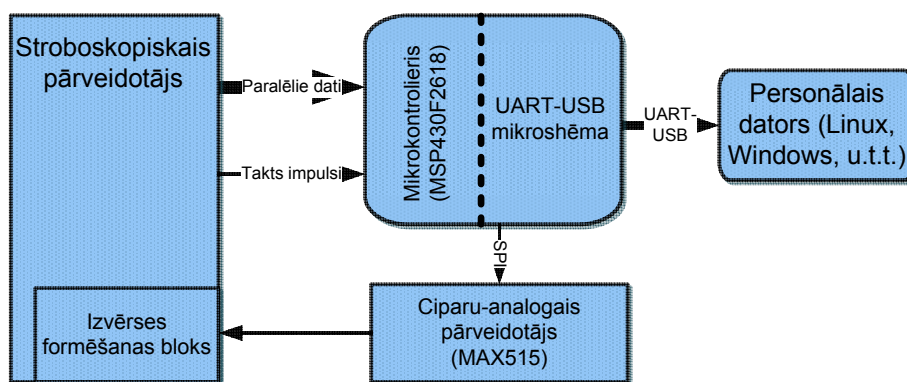
Šī iekārta spēj noteikt pacienta elpošanas ritmu un ārkārtas gadījumā (elpošanas apstāšanās gadījumā) dod trauksmes signālu medicīnas darbiniekiem. Iekārtas darbības princips balstās uz izstaroto radiofrekvenču impulsu atstarošanās signālu analīzi, izdalot elpošanu raksturojošās signāla komponentes. Šo impulsu uztveršanai nepieciešama superplatjoslas, augstas jutības radiofrekvenču uztveršanas iekārta, tāpēc tiek izmantots institūtā izstrādājamais stroboskopiskais pārveidotājs, kas sasaistīts ar datoru iegūto datu apstrādei un analīzei. Pēc datu analīzes algoritmu galīgas izstrādes paredzēts datoru aizstāt ar iegulto sistēmu, piemēram, FriendlyARM.



Att. 1. Elpošanas detektora pielietojuma piemērs [1]

Datu ieguve, vizualizācija un primārā datu apstrāde veikta datoralgebras un modelēšanas programmā Matlab, kura sastāv no vairākiem specifiskiem rīkiem un piemēriem dažādu pielietojumu datu apstrādei.

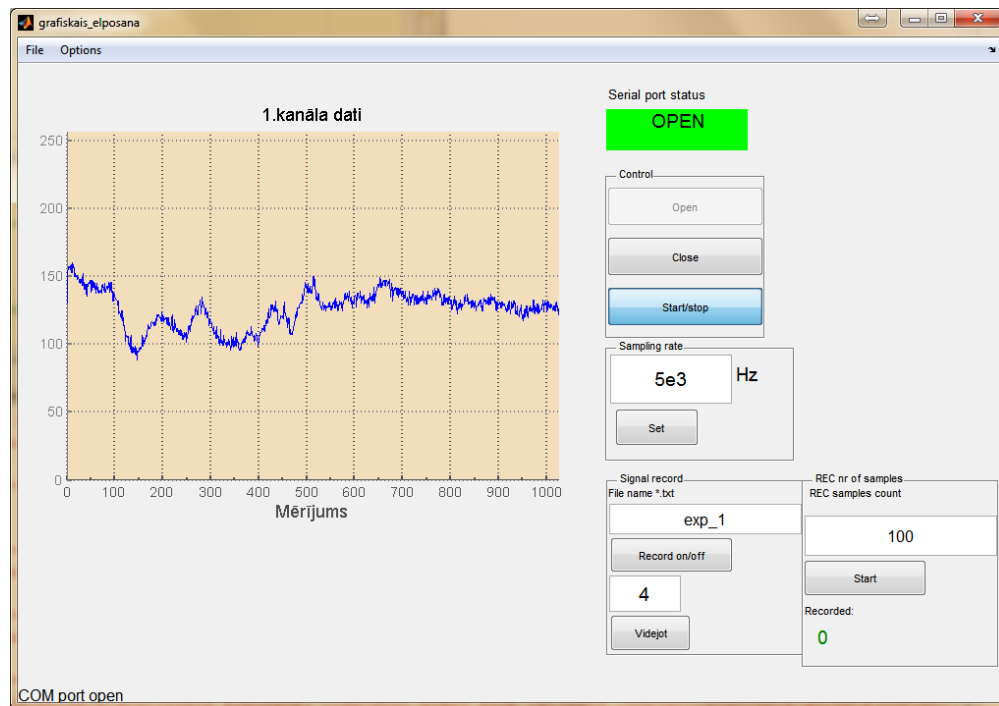
Datu saņemšana notiek caur virtuālu virknes saskarni. Pēc virknes saskarnes parametru uzstādīšanas un porta atvēršanas, lietotājs norāda vēlamu realizāciju skaitu un palaiž datu saņemšanu, pēc kā uz datora ekrāna attēlojas saņemtie dati un tiek veikts datu ieraksts un kārtošana cietajā diskā. Lietotājam jānorāda ierakstāmā faila nosaukums jeb eksperimenta nosaukums.



Att.2. Elpošanas detektora sasaiste ar datoru

Mikroprocesora bloks pilda starpnieka funkciju starp stroboskopisko pārveidotāju un personālo datoru un nodrošina aparatūras kontroli no datora. Mikroprocesora bloks sastāv no TI MSP430F2618 mikrokontroliera un FTDI FT232R mikroshēmas, kas pārveido virknes saskarni par USB interfeisu.

Pēc datu ieguves sāknēšanas no datora, mikroprocesora bloks sāk darboties cikliskā režīmā, kurā tiek veikta strobēšanas punkta datu ieguve, strobēšanas punkta nobīde, nosūtīt jaunos datus ciparu-analogajam pārveidotājam caur SPI interfeisu un paralēlo datu nolasīšana no stroboskopiskā pārveidotāja bloka. Uz stroboskopiskā pārveidotāja izeju tiek padoti 8-bitu paralēlie dati un takts impulsi ar raidītāja atkārtotās frekvenci (1 MHz). Saņemtie dati pēc dubultas vienādu datu saņemšanas (pārbaudes) no mikrokontroliera atmiņas tiek nosūtīti uz datoru. Tā kā tiek izmantots 10-bitu ciparu-analogais pārveidotājs, vienas realizācijas dati sastāv no 1024 signāla attēlošanas punktiem. Datu ieguve tiek atkārtota, līdz tiek uzņemts izvēršu skaits, kas ir uzrakstīts zem "REC samples count".



Att. 3. Stroboskopiskā pārveidotāja vadības un datu ieguves programmas lietotāja grafiskais interfeiss

Matlab vidē izstrādāta programma stroboskopiskā pārveidotāja vadībai un ērts lietotāja grafiskais interfeiss. Grafiskais interfeiss (skat. Att. 3) ļauj pieslēgties/atslēgties no pievienotās iekārtas, nepārtraukti attēlot iegūtos ieejas datus, kā arī ļauj lietotājam uzstādīt konkrētu realizāciju skaitu, kas tiks attēlotas un ierakstītas datu failā ar lietotāja izvēlētu nosaukumu. Iespējota arī datu vidējošana ar maināmu realizāciju skaitu.

Papildus grafiskajam interfeisam izstrādātas šādas izsaukamas funkcijas:

- [masivs] = elposana(periodu_skaits, faila_nr, attēlot);
- [imp_dati] = elposana_att(masivs, fails, attēlot)

Pirmā funkcija, kurai jāuzdod noteikts periodu (realizāciju) skaits, masīvā un failā ieraksta saņemtos datus ar iespēju tos attēlot uz ekrāna. Otrā funkcija paredzēta jau ierakstītu datu nolaišanai no faila un attēlošanai.

Izmantojot izstrādāto sistēmu, Matlab programmu un elpošanas stimulatoru, veikti eksperimenti.

Pārskata perioda sākumā darbs tika ieguldīts elpošanas detektora sasaistei ar datoru, sistēmas aplikāciju izstrādei gan QT, gan Matlab vidē un eksperimentu veikšanai ar elpošanas detektoru. Šie ir primārie darbi, kas fundamentāli nodrošina projekta secīgu un produktīvu attīstību, tāpēc darbs pie iegultās sistēmas pieslēgšanas uzsākts pārskata perioda otrajā daļā. Iegultās sistēmas izstrāde cieši saistīta ar sistēmas aplikācijas izstrādi personālo datoru operētājsistēmām (Windows, Linux). Šie darbi tiek veikti paralēli.

FriendlyARM [2] portatīvā attēlošanas iekārtai pieejamas virknes un USB saskarnes, kas salāgojamas ar izstrādājamo stroboskopiskā pārveidotāja moduli. Šo iekārtu sasaistē lielāko lomu spēlē iegultās sistēmas arhitektūras izpēte, iegulto operētājsistēmu izpēte un kompilēšana, kā arī draiveru un programmatūras sasaiste.

Uz iegultās iekārtas tika testētas vairākas operētājsistēmu pakas, kas jau nokompilētas ARM arhitektūrai, kā arī tika kompilētas citi iegultā Linux distributīvi un Linux kodols, lai panāktu pietiekamu iekārtas ātrdarbību un funkcionalitāti, atmetot liekās daļas. Tika testētas Android, Windows CE operētājsistēmas. Secināts, ka šīs sistēmas ir pārāk neefektīvas un neatbilstošas iekārtas vadībai reālā laikā, kā arī to sistēmas aplikāciju

izstrādei nepieciešami citi izstrādes rīki.

Testējot un kompilējot dažādus Linux distributīvus (Debian linux, Emdebian, Ubuntu, Angstrom Linux, Qt-extended, Qtopia, GPE, LXDE, Enlightenment, Matchbox), saskārāmies ar nepilnībām to izejas kodos, kas kavēja kompilēšanas procesu. Daži no distributīviem vairāk paredzēti PC lietošanai, taču skārienjūtīgiem ekrāniem piemērojamas GPE, LXDE, Qtopia un Matchbox. Secināts, ka piemērotākā sistēma iekārtas vadībai ir iegultā Linux OS (Embedded Linux) bez grafiskās vides, bet ar grafisko serveri.

Turpmākai izstrādei paredzēts lietot nokompilēto Linux kodolu un Qtopia vai Xubuntu Linux distributīvu. ARM procesoram tika kompilētas QT bibliotēkas un tslib bibliotēkas skārienjūtīgā ekrāna atbalstam, kā arī testēta QT izstrādātā grafiskā interfeisa programmas, kas arī speciāli kros-kompilētas ARM v6 procesoram. Nākamajā kvartālā paredzēts turpināt izstrādi pie iegultās sistēmas programmas izstrādes, kā arī pieslēgt fiziski stroboskopisko pārveidotāju pie USB interfeisa.

Literatūras saraksts

1. Jianli Pan, Medical Applications of Ultra-WideBand (UWB) - <http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-08/ftp/uwb/index.html>
2. ARM based Development Boards and Modules - <http://www.friendlyarm.net>

Secinājumi:

- Adaptīvās s-metodes modernizācija nepieciešamo salīdzināšanas operāciju (strobe) skaitu ļauj samazināt aptuveni par 20%.
- Kombinētā adaptīvā metode uzdotās pārveidotāja jutības un dinamiskā diapazona nodrošināšanai prasa 214 salīdzināšanas operācijas. Salīdzinājumam: klasiskā (neadaptīvā) “up-and-down” metode prasa 2040 operācijas.
- Sastādītais komparatora SBK2 modelis ļāva veikt trokšņu ietekmes pētījumus un parazītiskās induktivitātes strobosignāla ķēdē ietekmes pētījumus. Pētījumu rezultātā konstatēts, ka nolasot komparatora stāvokli pieslēdzoties pie TD3 anoda, komparatora trokšņu noturība ir aptuveni par kārtu augstāka nekā pieslēdzoties pie TD1 anoda. Modelis ļāva arī noskaidrot, ka pieļaujamā parazītiskā induktivitāte strobosignāla ķēdē ir 2,3 nH (ar nelielu rezervi).
- Ir izstrādāta un izgatavota pārveidotāja galvas SBK2 konstrukcija. Eksperimentālā pārbaude parādīja rezultātu daļēju nesakrītību ar modelēšanas rezultātiem. Jāveic izmaiņas gan pārveidotāja galvas elektriskās shēmas režīmos, gan datormodelī.
- Pabeigti elpošanas lokācijas signālapstrādes uzlabojumi viena punkta metodei, veikta eksperimentālā pārbaude. Lokatora vadības un signālapstrādes pilna programma pievienota dotā pārskata Pielikumā 4.
- Lai mazinātu izvērse nelinearitātes iespaidu piedāvāts visu izvērsi sadalīt n posmos, noteikt katra posma lineāro aproksimāciju un iegūtos rezultātus izmantot izvērse linearizācijai.
- Ir iespējami divi tranzistoru komparatora strobēšanas varianti – pa kolektoru vai pa emiteru. Secināts ka strobēšanai pa emiteriem ir priekšrocības gan pēc trokšņu noturības, gan joslas platuma ziņā.
- Izpildīta stroboskopiskā pārveidotāja sajūgšana ar raidītāju un tiek veikti eksperimenti.
- Darbs turpinās – notiek sistēmas izstrāde.

Turpmākie darbi:

- Signālu transformācijas metožu optimizācija 15 mkV pārveidotājam dažādām ekvivalentā ieejas trokšņa vērtībām.
- K-ud metodes pārbaude mazāka fāzes punktu skaita apstākļos.
- Komparatora SBK2 ar mazas jaudas strobsignāla formētāju īpašību izpēte - modelēšana un fizikālie eksperimenti.
- Ar 50-omīgu signāla pārvades traktu salāgota tranzistoru komparatora paštrokšņu pētījums.
- 15 mkV radiolokatora trokšņu ģeneratora ar dispersijas uzkrāšanu izstrāde un fizikālie eksperimenti.
- Signālu pārveidošanas udc-metodes implementācija elpošanas radiolokatorā galveno komponentu metodes pielietojuma eksperimentiem.
- Elpošanas lokācijas uz galveno komponentu metodes bāzes radiolokatora stenda izgatavošana, lokatora montāža un fizikālie eksperimenti.
- Iegultās sistēmas FriendlyARM pieslēgšana stroboskopiskajam pārveidotājam un lietotāja interfeisa pārveidošana par iegultās sistēmas programmu.

Adaptīvās s metodes modernizācija 15 mkV jutības pārveidotājam.

Viena no adaptīvām *ud* metodēm ir t.s. *s* metode. Katra ar troksni maskētā pārveidojamā signāla $u_1(t)$ momentānā vērtība $U_{1i} = u_{1i} + X_i$ tiek noteikta n strobēšanas operāciju ciklā ($n \geq 1$):

$$e_{ij} = e_{i,j-1} + s_i \cdot \operatorname{sgn}(U_{1i} - e_{i,j-1}), \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

kur s_i ir signāla vērtības izmaiņa (solis) pēc kārtējās strobēšanas operācijas. Par pārveidojuma rezultātu ciklā pieņem vērtību $u_{2i} = e_{in}$.

Pārveidojuma kļūda (izejas signāla u_2 kropļojumi, ko nosaka pārveidotāja izejas trokšņa vidējā kvadrātiskā vērtība σ_2 un šā signāla formas kropļojumi) un dinamiskais diapazons ir atkarīgi no ieejas trokšņa X vidējās kvadrātiskās vērtības σ_1 , kā arī no s un n vērtībām. Jo mazāka ir uzdotā kļūda un lielāks dinamiskais diapazons, jo lielākai jābūt n vērtībai, kas var būt nepieņemami no pieļaujamā pārveidošanas laika.

Tāpēc *s* metodē tiek izmantots mainīgs solis s_i , balstoties uz ieejas signāla stāvuma novērtējumu reģistrējamās momentānās vērtības u_1 apkārtne. Šim nolūkam kalpo lielums

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \operatorname{sgn}(U_{1i} - e_{ij}), \quad (2)$$

kur i ir cikla numurs. Soļa lielumu $i+1$ -jā ciklā nosaka funkcija no w_i :

$$s_{i+1} = s_0 \cdot f(w_i), \quad (3)$$

kur s_0 ir soļa uzdotā sākotnējā vērtība.

Līdz šim ir pētīts *s* metodes variants [1], kurā

$$f(w_i) = s_0 \cdot (1 + k |w_i|^r) + , \quad (4)$$

k un r ir metodes konstantes (koeficienti).

Ieguvums, izmantojot šo *s* metodes variantu, ir atkarīgs no uzdotās pārveidojuma precizitātes, tomēr pie vienādām s_0 vērtībām nepieciešamais strobēšanas operāciju skaits ir ievērojami mazāks nekā parastās *ud* metodes gadījumā. Taču algoritma (4) trūkums ir tas, ka pie mazas uzdotās σ_2 vērtības un liela dinamiskā diapazona vēlamā signāla u_2 kropļojumu līmeni pie mazām signāla u_1 amplitūdām A_1 izdodas nodrošināt pie samērā lielām n vērtībām, kas nonāk pretrunā ar prasību pēc maza reģistrācijas laika (lielas radiolokatora ātrdarbības).

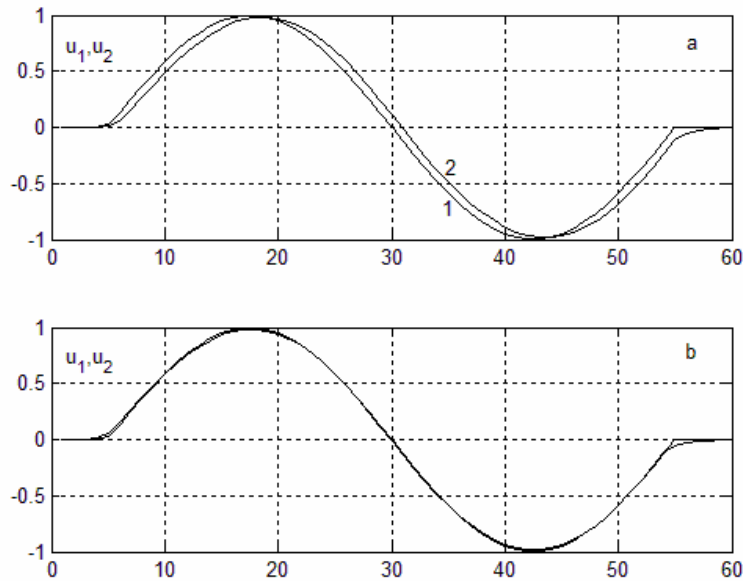
Kropļojumu līmeni var novērtēt ar vidējo kvadrātisko novirzi starp ieejas signāla u_1 un pārveidotā signāla u_2 formu:

$$\bar{\sigma}_f = \frac{1}{A_1} \sum_{i=1}^{n_T} \frac{1}{n_T} (u_{1i}^2 - \bar{u}_{2i}^2), \quad (5)$$

kur $\bar{\sigma}_f$ un $\bar{u}_{2i}^2$ ir vidējās vērtības. Var salīdzināt arī citus signālu u_1 un u_2 parametrus. Ja pētījuma galvenais mērķis ir minimizēt strobēšanas operāciju skaitu pie signālu precīzās reģistrācijas, pielietojot aizkaves korekciju, tad parametra σ_f vietā var

salīdzināt signālu u_1 un u_2 amplitūdas A_1 un $\bar{A}_2$.

Ilustrēsim teikto ar konkrētu piemēru (šeit un turpmāk pieņemts, ka $\sigma_1 = 1$; signālu amplitūdas un σ_2 vērtība mērīta σ_1 vienībās). Zīm. 1a. ir attēloti pārveidojamais signāls 1 un pārveidotais signāls 2 pie šādiem pārveidojuma parametriem: $A_1 = 1, n_T = 50, n = 150, r = 2, k = 18.2, s_0 = 0.0046$. Pārveidotais signāls ir nobīdīts fāzē par $0.02 T$ attiecībā pret pārveidojamo, taču tā formas kropļojumi ir nelieli. Pārveidotā signāla amplitūdas vidējā vērtība ir $\bar{A}_2 = 0.979$. Aprēķinot kropļojumus saskaņā ar formulu (5) iegūstam, ka $\sigma_{f1} = 0.078$. Zīm.1b. ir attēlota situācija, kad signāls 2 ir pārbīdīts fāzē par $-0.02 T$, t.i. ir likvidēta pārveidojuma rezultātā radusies aizkave. Pie šāda savstarpējā signālu novietojuma iegūstam $\sigma_{f2} = 0.015$, ko galvenokārt nosaka signāla vājinājums pārveidojuma procesā. Aptuveni var pieņemt, ka pie $\sigma_{f1} / \sigma_{f2} > (2.5 \div 3)$ pārveidojuma kropļojumus var raksturot ar lielumu $\bar{A}_2$.



Zīm. 1. a – pārveidojamais 1 un pārveidotais signāls 2; b – signālu savstarpējais stāvoklis pēc fāzes nobīdes kompensācijas.

Jebkurā gadījumā jācenšas izmantot tādus pārveidojuma parametrus, kuri nodrošina mazu σ_{f2} . Taču šis lielums ir atkarīgs arī no uzdotām σ_2, σ_f un dinamiskā diapazona vērtībām (attiecīgi $\sigma_2 = 0.055$ (15 mkV), $D = 65 dB$ un $\sigma_f = 0.05$). Pie $A_1 \approx 1$ mazu σ_{f2} var nodrošināt pie samērā lielām n vērtībām. Tāpēc tika veikts pētījums ar mērķi atrast tādu $f(w)$ izteiksmi, kas pie $A_1 \approx 1$ ļautu samazināt n , tajā pašā laikā nepasliktinot pārveidojuma precizitāti.

Pētījumā izteiksmes (4) vietā tika izmantota sarežģītāka izteiksme

$$f(w_i) = s_0(1 + k_1|w_i|)(1 + k_2|w_i|^r), \quad (6)$$

kur k_1 un k_2 ir metodes koeficienti.

Pārveidojuma analīze un optimizācija, izmantojot formulu (4) un jo īpaši

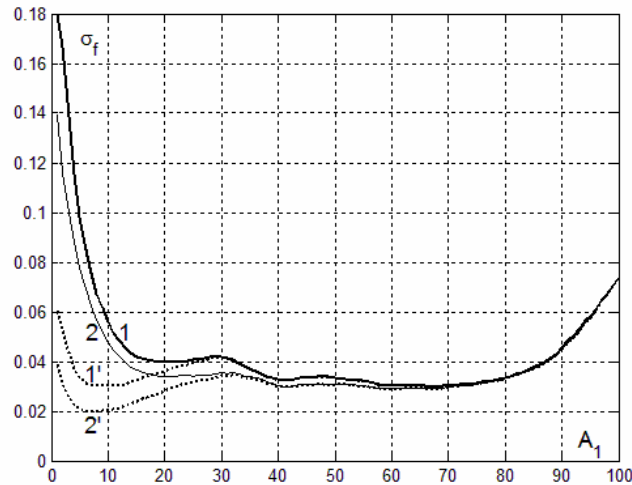
formulu (6) ir saistīta ar lielām grūtībām daudzo neatkarīgo parametru dēļ. Izmantojot (4), tādu ir 5, bet izmantojot (6) tādu ir 6. Šā iemesla dēļ nav iespējams iegūt un izmantot analītiskas izteiksmes, un pētījumi ir jāveic ar statistiskās modelēšanas palīdzību.

Lai daļēji vienkāršotu pētījumus, tie tika veikti pie konkrēta fāzes punktu skaita uz periodu $n_T = 50$, bet pārējie parametri mainīti ierobežotā diapazonā un meklēta to optimālā kombinācija. Pārveidojuma kropļojumi salīdzināti ar tiem, ko nodrošina algoritms (4). Viens no modelēšanas rezultātiem ir attēlots Zīm. 2. Algoritmi tika salīdzināti pie šādiem parametriem. Abos gadījumos izmantotas vienādas n_T, n, r un s vērtības, proti, $n_T = 50, n = 120, r = 3, s = s_0 = 0.004$. Pārējo parametru vērtības bija šādas: $k = 23$ algoritmam (4) un $k_1 = 2, k_2 = 7$ algoritmam (6), kuras tika izvēlētas tā, lai dinamiskā diapazona augšējā galā ($A_1 = 92.25, (25 \text{ mV})$) $\sigma_f = 0.05$. Koeficientu $k = k_{ekv}, k_1$ un k_2 vērtības apmierina sakarību (7), jo dinamiskā diapazona augšējā galā $|w_i| \approx 1$ un

$$f(w_i = 1) \approx s_0 (1 + k_1 + k_2 + k_1 k_2) = s_0 k_{ekv}, \quad (7)$$

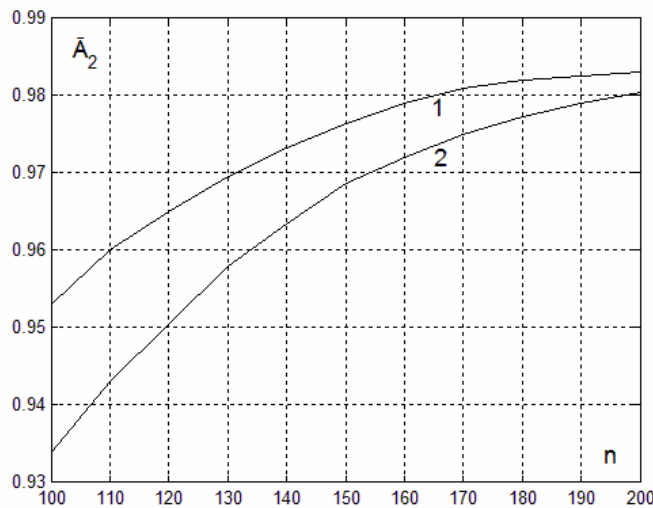
kur k_{ekv} ir ekvivalents koeficients.

Izmantojot šo koeficientu algoritmā (4), diapazona augšējā robeža abiem algoritmiem ir vienāda, kā tas redzams no Zīm. 2.



Zīm. 2. $\sigma_f(A_1)$ sakarības, izmantojot izteiksmi (4) (1 un 1' līknes) un izmantojot izteiksmi (6) (2 un 2' līknes).

Līknes 1 un 1' atbilst attiecīgi sakarībām $\sigma_{f1}(A_1)$ un $\sigma_{f2}(A_1)$ izmantojot algoritmu (4), bet līknes 2 un 2' - attiecīgi tādām pašām atkarībām algoritmam (6). S-metodes gadījumā pie parametriem $n_T = 50, n = 120, r = 3, s = s_0 = 0.004$ un $k = 23$ tika iegūta pārveidotāja jutība 13,78 mkV. Modernizētās s-metodes gadījumā pie tiem pašiem $n_T = 50, n = 120, r = 3, s = s_0 = 0.004$ un $k_1 = 2, k_2 = 7$ iegūta jutība 14,41 mkV. Tātad abos gadījumos projektā uzdotā jutība - ne sliktāka par 15 mkV tiek apmierināta.



Zīm. 3. Pārveidoto signālu amplitūdas vidējās vērtības atkarība no strobu skaita n pie $A_1 = 1$.

Līkne 1 – algoritms (4); līkne 2 – algoritms (6).

Šie rezultāti liecina, ka algoritms (6) tiešām ļauj samazināt pārveidotā signāla kropļojumus pie mazām A_1 vērtībām. Kā redzams no Zīm. 2. kļūdas samazinājums pie $A_1 = 1$, vērtējot pēc $\sigma_{f1}(A_1)$, sastāda apm. 22%, bet pēc $\sigma_{f2}(A_1)$ - apm. 33%.

Bez augstāk minētā tika pētīta arī amplitūdas kropļojumu atkarība no strobu skaita. Pārveidoto signālu amplitūdu vidējās vērtības atkarība no strobēšanas operāciju skaita ir parādīta Zīm. 3. (līkne 1 – algoritmam (4), līkne 2 – algoritmam (6)). Redzams, ka noteikta A_2 lieluma nodrošināšanai robežās no 0.95 līdz 0.98 algoritma (6) gadījumā nepieciešams aptuveni par 20% mazāk strobēšanas operāciju nekā izmantojot algoritmu (4).

Pagaidām nav atrastas citas parametru kombinācijas, kuras ļautu iegūt labākus rezultātus. Pastāv iespēja, ka tāda kombinācija tomēr eksistē.

Kombinētās adaptīvās metodes efektivitātes izpēte 15 mkV jutības pārveidotājam

Kombinētās adaptīvās metodes pamatā ir klasiskā k-up-and-down metode. Saskaņā ar šo metodi signāla momentānās vērtības mērīšana notiek sekojošā veidā. Pieņemsim, ka dotajā signāla fāzes punktā t_i signāla momentānā vērtība ir vienāda ar $u_{1,i}$, kas tiek maskēta ar normāli sadalītu aditīvu troksni X , kura dispersija ir $DX = \sigma_I^2$ un vidējā vērtība $EX = 0$. Tad var uzskatīt, ka pārveidotāja ieejā tiek padots signāls

$$U_{1,i} = u_{1,i} + X, \quad (1)$$

kas tiek salīdzināts ar sliekšni $e_{i,j}$. Pēc signāla un sliekšņa salīdzināšanas tiek iestādīts jaunais sliekšnis $e_{i,j+1}$ saskaņā ar sekojošu izteiksmi:

$$e_{i,j+1} = e_{i,j} + s \cdot \text{sign}(U_{1,i} - e_{i,j}), \quad (2)$$

kur

s - up-and-down procedūras solis,

$e_{1,1} = 0$ sliekšņa sākotnējā vērtība.

Pēc pietiekoši daudzām n salīdzināšanas operācijām iegūst signāla momentānās vērtības mērīšanas rezultātu kā sprieguma lielumu $u_{2,i} = e_{i,n}$. Pēc šādā veidā signāla momentānās vērtības mērīšanas fāzes punktu pārbīda par konstantu soli uz nakošo fāzes punktu t_{i+1} un procedūru atkārtoti pie sliekšņa vērtības procedūras sākumā

$$e_{i+1,1} = e_{i,n}. \quad (3)$$

Darbā [2] tika piedāvāta adaptīvā up-and-down metode, kurā adaptācijai tiek izmantota informācija, ko par signālu iegūst mērīšanas procesa laikā dotajā fāzes punktā. Saskaņā ar šo metodi kopējais strobu (salīdzināšanas ar sliekšni operāciju) skaits n tiek sadalīts divās grupās $n_1 + n_2 = n$ (pētījumā [2] tika izmantots $n_1 = n_2$). Pirmajā daļā procedūra notiek saskaņā ar (2) pielietojot soli $s = s_0$. Pēc n_1 strobiem tiek saskaitīts sliekšņa pārsniegšanas gadījumu skaits n_1^+ . Pēc tam tiek izrēķināts nākošais soļa lielums saskaņā ar izteiksmi

$$s = s_0 \left(k \left| \frac{2n_1^+}{n_1} - 1 \right|^r + v \right), \quad (4)$$

kur

k - adaptācijas koeficients,

r un v - metodes parametri (darbā [2] tika izmantoti sekojoši šo parametru lielumi: $r = 6$, $v = 1$).

Pēc tam otrajā strobēšanas daļā procedūra (2) notiek pielietojot soli (4). Par mērījuma rezultātu uzskata pēdējā sliekšņa lielumu $u_{2,i} = e_{i,n}$.

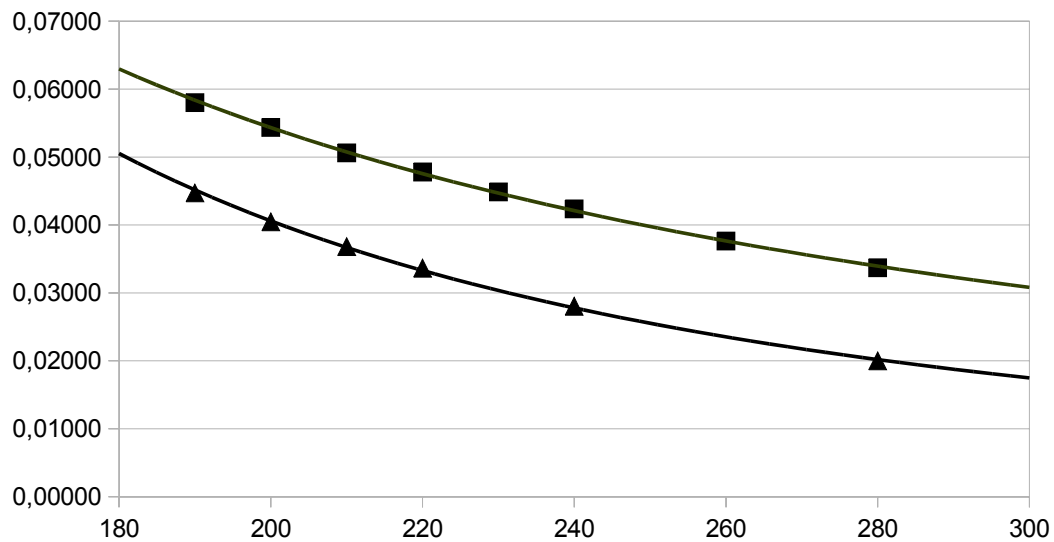
Darbā [3] bija piedāvāta adaptīvā up-and-down metode, kurā parametru optimizācijai tika izmantota informācija, kas iegūta signāla mērīšanas procesā iepriekšējā fāzes punktā. Saskaņā ar šo metodi (α -up-and-down metodi) nākošajā fāzes punktā tiek aprēķināts un iestādīts sliekšnis

$$e_{i+1,1} = e_{i,n} + \alpha(e_{i,n} - e_{i-1,n}) \quad (5)$$

un procedūra tiek atkārtota ar soli $s = s_0$.

Šī metode tika pārbaudīta UWB radiolokatora jutības 15 mkV nodrošināšanai un tika konstatēts, ka minimālais strobu skaits ir $n = 700$. Salīdzinājumā ar klasisko up-and-down metodi strobu skaits ir samazinājies no 2040 uz 700. Pielietojot k-up-and-down metodi strobu skaits samazinājās līdz 272.

Pārskata periodā tika veikta α -k-up-and-down metodes parametra α optimizācija 15 mkV jutības nodrošināšanai pie $n_1/n=0.5$; $v=1$; $r=6$ pie $n=190$; 200 ... 280. Iegūto σ_{fl} vērtību atkarība no n pie optimālajām α vērtībām tika aproksimēta ar pakāpes funkciju pēc mazāko kvadrātu metodes. No aproksimācijas tika atrasta minimālā strobu skaita vērtība $n = 214$. Zīm. 1. parādīta σ_{fl} atkarība no n α -k-up-and-down metodei un salīdzinājumam k-up-and-down metodei.



Zīm. 1. Kropļojumu faktora σ_{fl} atkarība no strobu skaita n α -k-up-and-down metodei (apakšējā līkne) un k-up-and-down metodei (augšējā līkne).

Ar interpolāciju iegūtajam strobu skaitam $n = 214$ tuvākie modelēšanas rezultāti bija pie $n = 210$. Tāpēc parametru $n_1/n=0.5$; $v=1$; $r=6$ optimizācija tika veikta pie šāda n .

Ilustrācijai zemāk ir parādītas statistiskās modelēšanas ceļā iegūtās sakarības pie $n = 210$; $\alpha=0.7$; $\sigma_2(s_0)=0.99*0.055$. Pārējie nosacījumi: $n_1/n=0.5$; $v=1$; $r=6$. Tiek pētīta šo parametru ietekme pie pārējiem diviem fiksētiem parametriem.

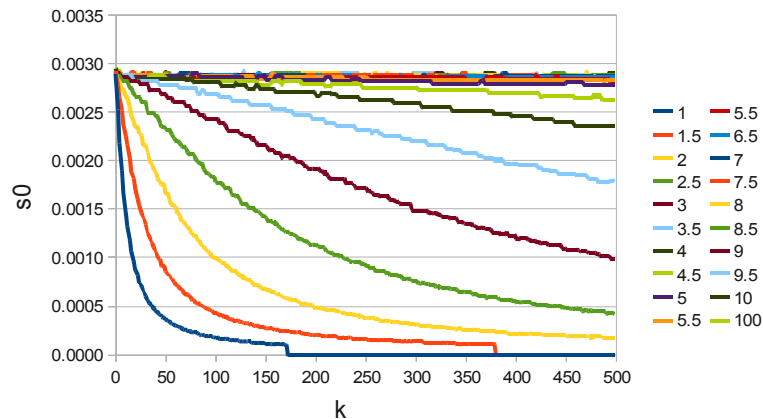
Metodes parametra r ietekmes uz s_0 ; σ_{fl} un σ_{f2} pētījums.

Pētījums tika veikts plašā r vērtību diapazonā: $r = 1,0$; $1,5$; ... $10,0$; $100,0$.

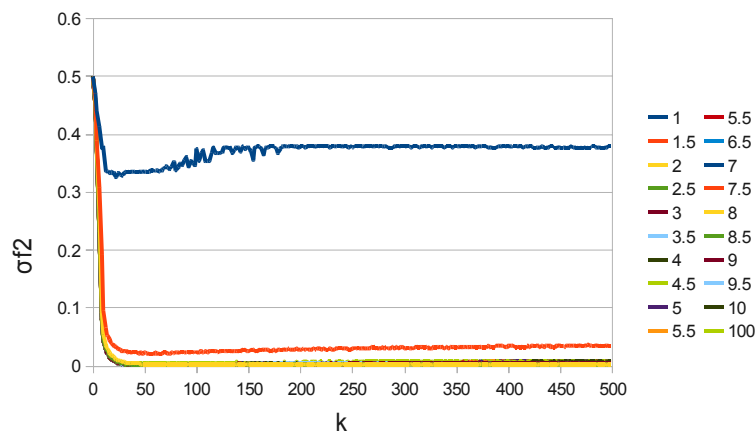
Zīm.2. ir parādīta soļa lieluma s_0 atkarība no adaptācijas koeficienta k pie augstāk minētajām r vērtībām. No iegūtajiem rezultātiem redzams, ka sākot no $r > 5$ soļa lielums kļūst neatkarīgs no k , kas ir ērti metodes praktiskā pielietojumā.

Zīm. 3. parādīta kropļojumu faktora σ_{f_2} pie lielām amplitūdām ($A_1=25$ mV) atkarība no adaptācijas koeficienta k pie dažādām r vērtībām. No iegūtajiem rezultātiem redzams, ka sākot no $r>1.5$ tiek apmierinātas lielas amplitūdas signāla nekropļotas pārveidošanas prasības. Koeficienta k optimums nav spilgti izteikts. Redzams, ka sākot no $k\approx 20$ faktors σ_{f_2} kļūst nekritisks pret k izvēli.

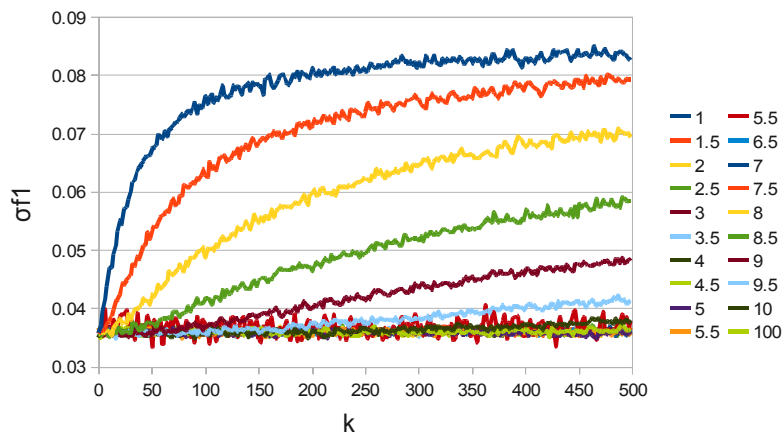
Zīm. 4. redzama kropļojumu faktora σ_{f_1} pie mazām amplitūdām ($A_1=271$ mkV) atkarība no adaptācijas koeficienta k pie dažādām r vērtībām. No iegūtajiem rezultātiem redzams, ka sākot no $r>3.5$ kropļojumu faktors σ_{f_1} kļūst neatkarīgs no k , kas ir ērti metodes praktiskā pielietojumā.



Zīm.2. Soļa lieluma s_0 atkarība no adaptācijas koeficienta k pie dažādām r vērtībām. Pārējie parametri: $\alpha=0.7$; $n_1/n=0.5$; $\nu=1$; $n=210$; $\sigma_2(s_0)=0.99*0.055$.



Zīm. 3. Kropļojumu faktora σ_{f_2} pie lielām amplitūdām ($A_1=25$ mV) atkarība no adaptācijas koeficienta k pie dažādām r vērtībām. Pārējie parametri: $\alpha=0.7$; $n_1/n=0.5$; $\nu=1$; $n=210$; $\sigma_2(s_0)=0.99*0.055$.



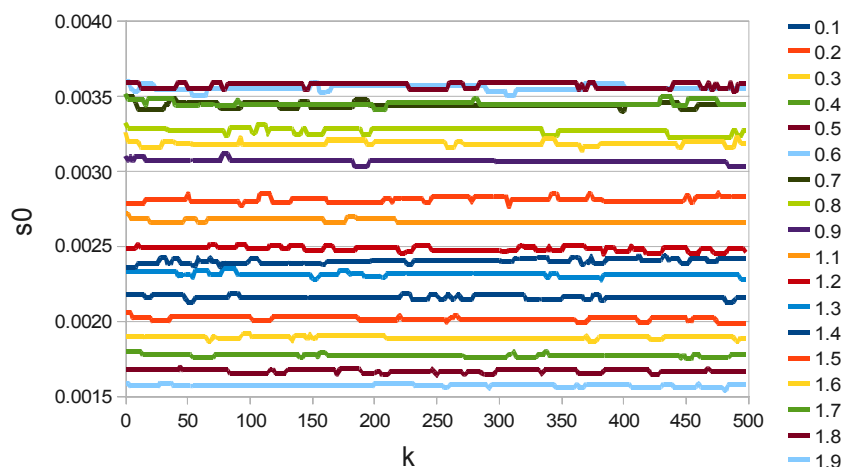
Zīm. 4. Kropļojumu faktora σ_{f1} pie mazām amplitūdām ($A_1=271$ mkV) atkarība no adaptācijas koeficienta k pie dažādām r vērtībām. Pārējie parametri: $\alpha=0.7$; $n_1/n=0.5$; $\nu=1$; $n=210$; $\sigma_2(s_0)=0.99*0.055$

No visa augstāk minētā varam izdarīt secinājumu, ka metodes praktiskajā pielietojumā vēlams lietot $r > 5$. Bez tam varam secināt, ka pie augstāk dotajiem nosacījumiem ($n=210$; $\alpha=0.7$; $\sigma_2(s_0)=0.99*0.055$; $n_1/n=0.5$; $\nu=1$) prasības pēc σ_{f1} netiek izpildītas ne pie kādiem r .

Metodes parametra ν ietekmes uz s_0 ; σ_{f1} un σ_{f2} pētījums.

Pētījums tika veikts plašā ν vērtību diapazonā: $\nu = 0,1; 0,2 \dots 1,9$.

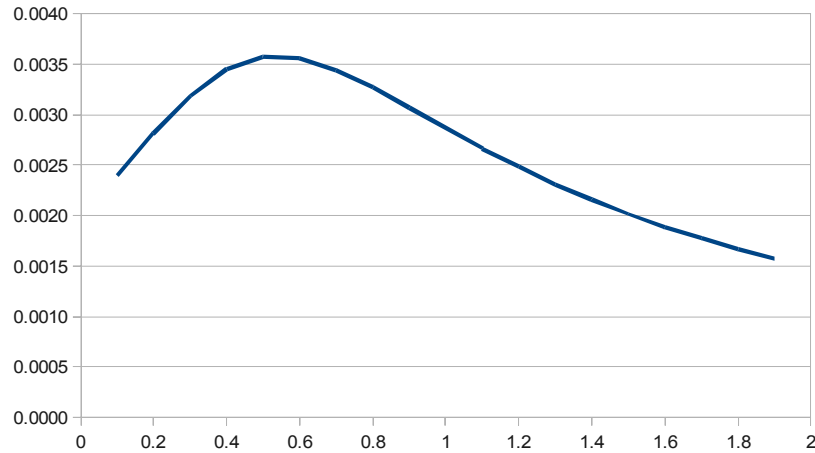
Zīm. 5. ir parādīts ν iespaids uz s_0 atkarībā no k pie $\alpha=0.7$; $n_1/n=0.5$; $r=6$; $n=210$; $\sigma_2(s_0)=0.99*0.055$. No iegūtajiem rezultātiem redzams, ka solis s_0 pie visām ν vērtībām praktiski nav atkarīgs no k . Šī iemesla dēļ s_0 vērtības, kas atbilst katram ν varam viduvēt un iegūt $\bar{s}_0$.



Zīm.5. Parametra ν iespaids uz soļa s_0 atkarību no k pie $r=6$; $\sigma_2(s_0)=0.99*0.055$ un $n_1/n=0.5$.

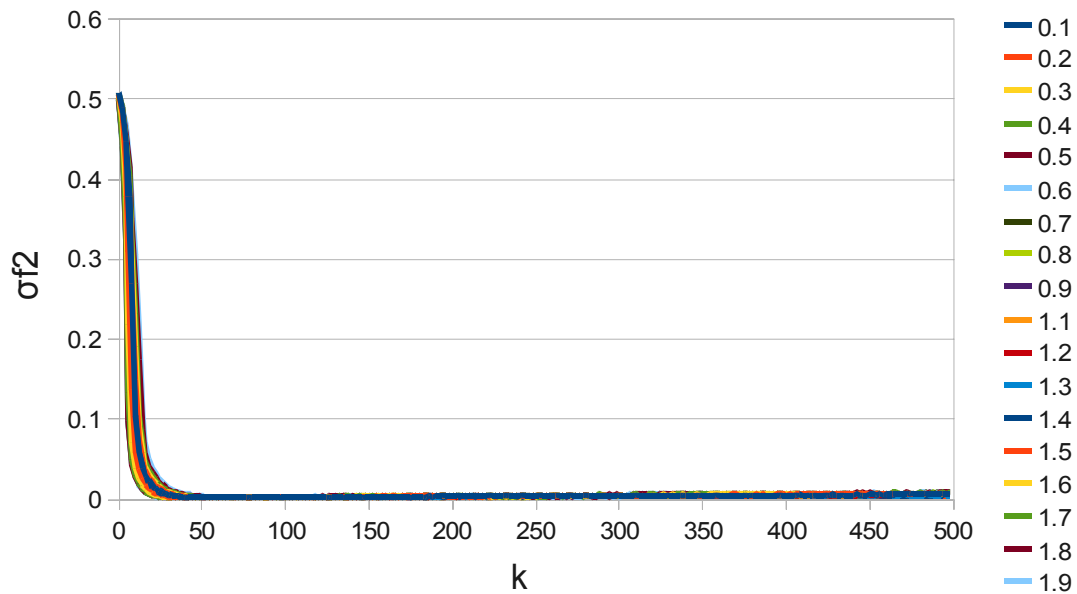
Apskatot iegūto $\bar{s}_0$ vērtību atkarību no ν (sk. Zīm. 6.) ir redzams, ka līkne ir ar

visai izteiktu maksimumu pie $\nu=0.5$. No metodes tehniskās realizācijas viedokļa ir ērtāk lietot pēc iespējas lielākas s_0 vērtības. Mūsu gadījuma tas būtu $0.4 < \nu < 0.7$. Savukārt tehniskā realizācija nav ērta ja $\nu \neq 1$. Tāpēc praktisko ērtību labad iesakām lietot $\nu=1$.

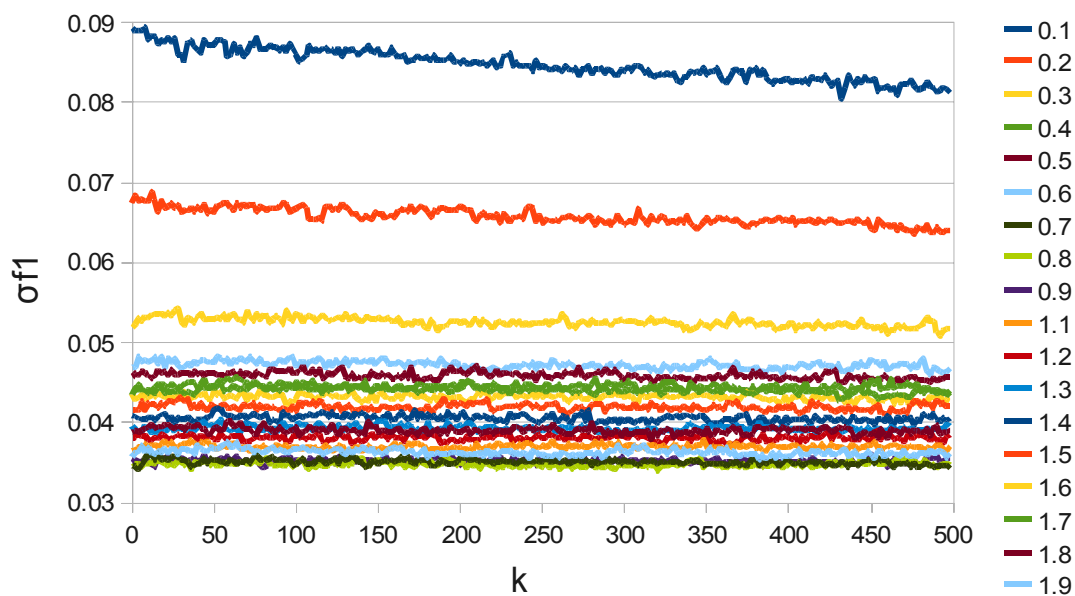


Zīm.6. Soļa $\bar{s}_0$ vidējās vērtības atkarība no ν .

Zīm. 7. ir parādīts parametra ν iespaids uz kropļojumu faktoru $\sigma_{\mathcal{I}^2}$ atkarībā no k pie $\alpha=0.7$; $n_1/n=0.5$; $r=6$; $n=210$; $\sigma_2(s_0)=0.99*0.055$. No iegūtajiem rezultātiem redzams, ka aptuveni sākot no $k > 50$ kropļojumu faktors ir praktiski neatkarīgs no ν . Skaitliskie rezultāti parādīja, ka pie visiem $k > 30$ prasība $\sigma_{\mathcal{I}^2} < 0.0353$ tiek izpildīta.

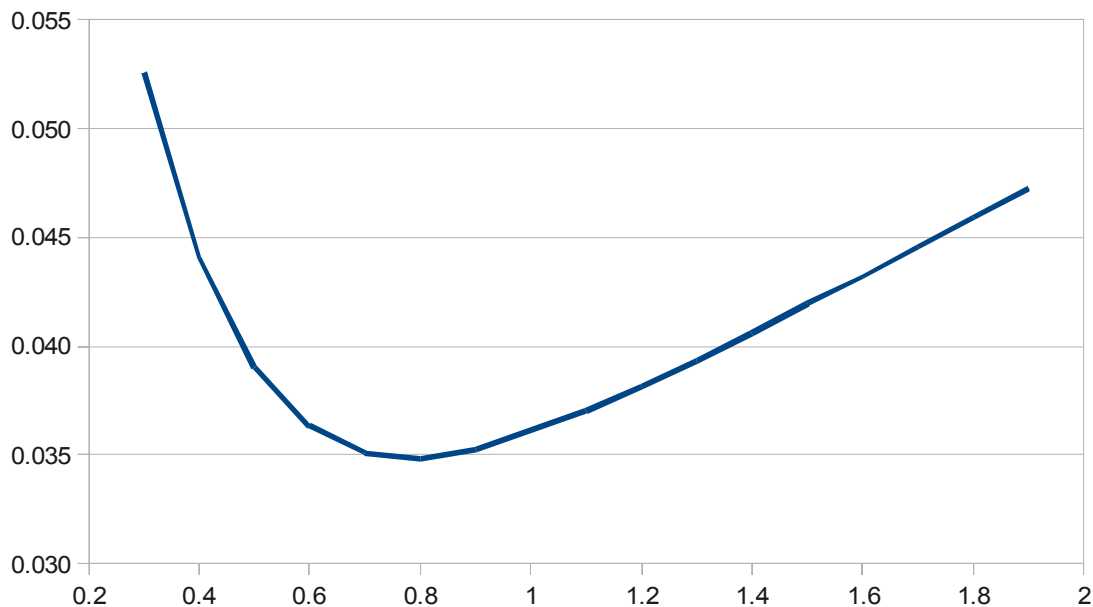


Zīm. 7. Parametra ν iespaids uz $\sigma_{\mathcal{I}^2}$ atkarību no k pie $\alpha=0.7$; $n_1/n=0.5$; $r=6$; $n=210$; $\sigma_2(s_0)=0.99*0.055$.



Zīm. 8. Parametra ν iespaids uz σ_{fl} atkarību no k pie $\alpha=0.7$; $n_1/n=0.5$;
 $r=6$; $n=210$; $\sigma_2(s_0)=0.99*0.055$.

Zīm. 8. parādīts parametra ν iespaids uz σ_{fl} atkarību no adaptācijas koeficienta k no kurienes ir redzams, ka pie ν vērtībām lielākām par 0,3 kropļojumu faktors σ_{fl} ir praktiski neatkarīgs no k . Tāpēc σ_{fl} vērtības pie $\nu > 0.3$ var viduvēt un iegūt $\bar{\sigma}_{fl}$. Iegūtās $\bar{\sigma}_{fl}$ parādīja (sk. Zīm. 9.), ka parametra ν optimālā vērtība ir $\nu=0.8$ pie kuras tiek nodrošināts σ_{fl} minimums.



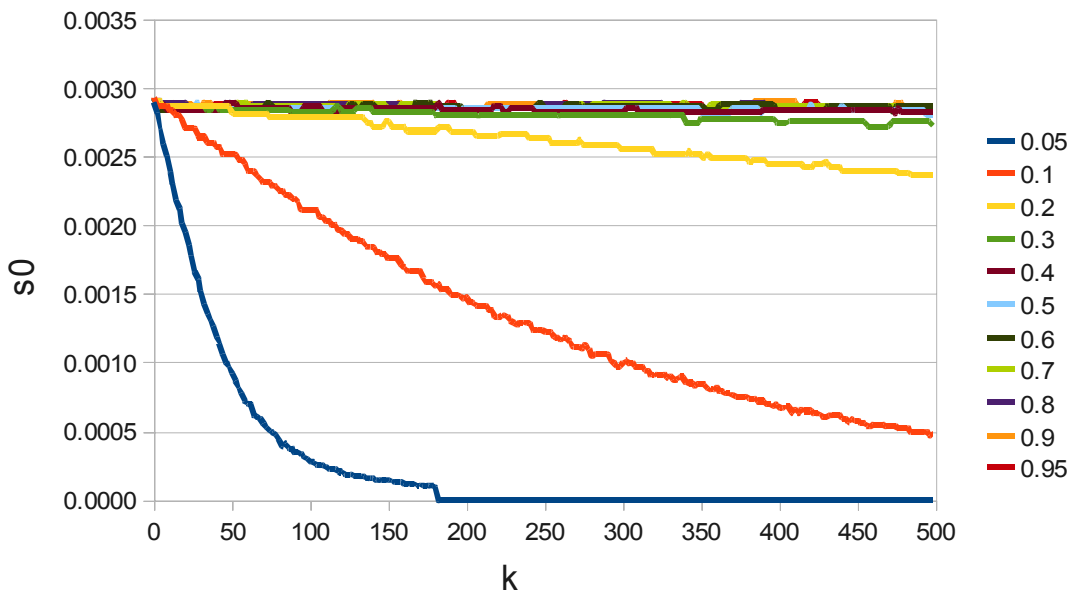
Zīm.9. Kropļojumu faktora $\bar{\sigma}_{fl}$ atkarība no ν pie $n=210$; $\alpha=0.7$; $r=6$;
 $n_1/n=0.5$.

Formāli skatoties strobu skaitu n varam samazināt, jo pieprasītais σ_{f1} bija 0,0353, bet iegūtais ir 0,035. Taču, ņemot vērā šo visai mazo atšķirību, turpmāka metodes parametru optimizācija nedos būtisku n samazinājumu.

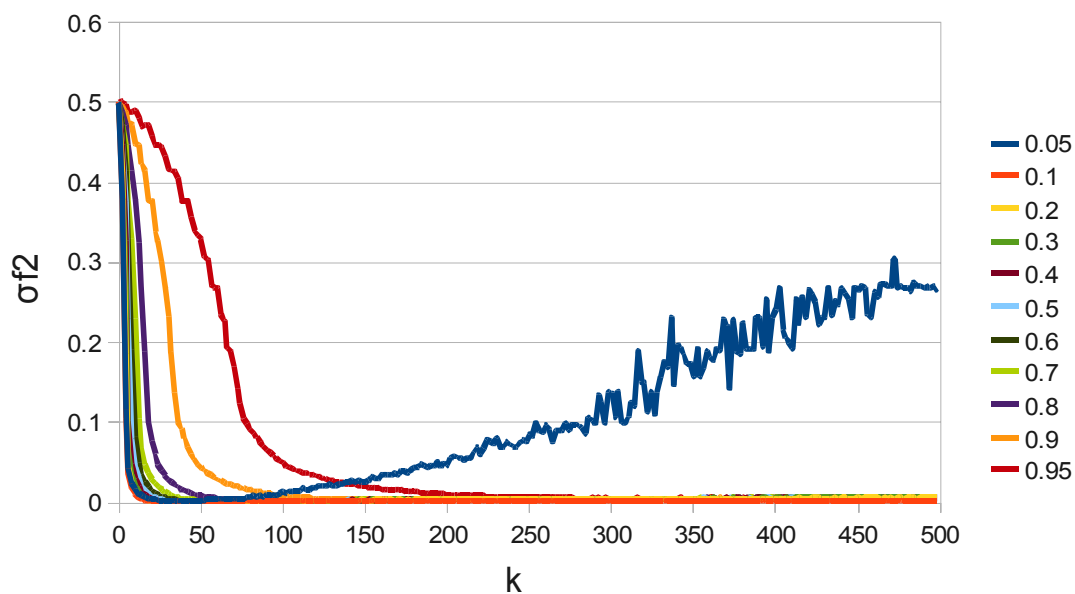
Metodes parametra - attiecības n_1/n ietekmes uz s_0 ; σ_{f1} un σ_{f2} pētījums.

Saskaņā ar α -k-up-and-down metodes algoritmu pirmajā strobu skaita n_1 grupā metode iegūst informāciju par signāla izmaiņas straujumu. No iegūtās informācijas metode izrēķina atbilstošo soli s un turpina up-and-down procedūru ar jaunizvēlēto soli n_2 reizes. Var teikt, ka n_1 soļu laikā metode it kā «apmācās» un n_2 soļu laikā izmanto šīs «apmācības» rezultātu. Līdz ar to rodas jautājums, kāda būtu optimālā soļu skaita attiecība n_1/n vērtējot to no metodes precizitātes viedokļa. Šai sakarā tika veikts pētījums par n_1/n iespaidu uz σ_{f1} un σ_{f2} atkarībā no k pie $n_1/n=0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9$ un $0,95$. Piemeklējot pie katras n_1/n un k kombinācijas tādu s_0 pie kura tiek nodrošināta pārveidotāja jutība 15 mkV tika iegūta līkņu saime, kas parādīta Zīm. 10. No zīmējuma redzams, ka ir izdevīgi lietot $n_1/n > 0,2$, jo tad solis kļūst neatkarīgs no k .

Zīm. 11. parādīts attiecības n_1/n iespaids uz σ_{f2} atkarību no adaptācijas koeficienta k pie $\alpha=0.7$; $r=6$; $v=1$; $n=210$; $\sigma_2(s_0)=0.99 \cdot 0.055$. No iegūtajiem rezultātiem redzams, ka nav vēlamas ļoti mazas (piemēram, $n_1/n=0,05$) vērtības, jo sašaurinās adaptācijas koeficienta k pielaižu diapazons. Nav vēlamas arī ļoti lielas $n_1/n > 0,8$ vērtības, jo tad mazs kropļojumu faktors σ_{f2} tiek nodrošināts tikai pie relatīvi lieliem k ($k > 70$).

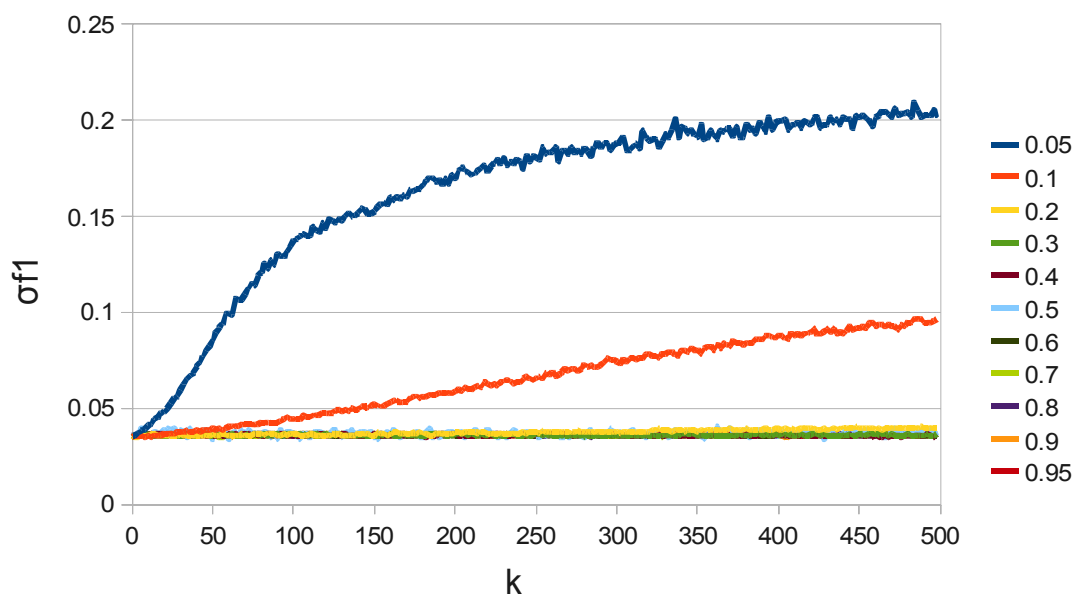


Zīm.10. Soļa s_0 atkarība no adaptācijas koeficienta k pie dažādām n_1/n vērtībām.



Zīm. 11. Attiecības $n1/n$ iespaids uz σ_{f2} atkarībā no k pie $\alpha=0.7$; $r=6$; $v=1$; $n=210$; $\sigma_2(s_0)=0.99*0.055$.

Zīm. 12. parādīta kropļojumu faktora σ_{f1} atkarība no k pie dažādām $n1/n$ vērtībām no kuras ir redzams, ka sākot no $n1/n=0,2$ kropļojumu faktors σ_{f1} no k praktiski ir neatkarīgs. Bez tam redzams, ka neviena gadījumā neizpildās prasība $\sigma_{f1} \leq 0.0353$. Tas nozīmē, ka nepieciešamais strobu skaits paliek $n = 214$.



Zīm. 12. Kropļojumu faktora σ_{f1} atkarība no k pie dažādām $n1/n$ vērtībām.

Kopsavilkums par optimizācijas rezultātiem:

1. Lai apmierinātu projektā uzdotās prasības — jutību 15 mkV un uzdoto signāla reģistrācijas kvalitāti metodes parametrus n_1/n ; k ; r un v var uzdot plašās robežās.

2. Parametri, kas atbilst atrastajam minimālajam strobu skaitam $n = 210$ nav tehniski ērti realizējami. Tāpēc praktiskai lietošanai kā minimālā n vērtība ir uzskatāma $n = 214$.

3. Pētījumu rezultātā tika atrasts, ka pie $r=6$ un $v=1$ minimālais n ir $n = 214$ un metodes parametru optimālās vērtības ir $\alpha = 0.7$; $s_0 = 0.00291\sigma_1$ un $k = 42$.

Signālu pārveidošanas metožu pārbaude mazāka fāzes punktu skaita apstākļos

Signālu pārveidošanas metožu pārbaude mazāka fāzes punktu skaita apstākļos tika veikta s-metodei un s-metodei ar aizkaves korekciju lai noteiktu precīzās reģistrācijas režīmā nepieciešamo strobu skaitu atkarībā no fāzes punktu skaita n_T uz signāla periodu. Par precīzās reģistrācijas režīmu tika pieņemts saukt tādu režīmu pie kura signāla formas kropļojumu faktors nepārsniedz $\sigma_f \leq 0.05$. Paralēli tam s-metodei mazo amplitūdu gadījumā tika veikts nepieciešamā strobu skaita noteikšanas pētījums kā precīzās reģistrācijas kritēriju izmantojot pieļaujamo amplitūdas kropļojumu ne lielāku par 5%.. Šis papildus kritērijs ievests lai kropļojumu novērtēšanā varētu nerēķināties ar signāla aizkaves ienesto kļūdu, gadījumos, kad s metode darbojas ar aizkaves korekciju.

Ievedam sekojošus apzīmējumus signāla formas kropļojumiem: σ_{f1} - signāla formas kropļojums bez aizkaves korekcijas; σ_{f2} - signāla formas kropļojums ar aizkaves korekciju. Minimālais strobu skaits un tam atbilstošie s-metodes parametri tika meklēti pie šādiem nosacījumiem: $\sigma_2 \leq 0.055$ ($15 \mu V$), dinamiskais diapazons 64 dB ($A_1 = 25 \text{ mV}$). Ja pie amplitūdu diapazona apakšējās robežas ($A_1 = \sigma_1$) izpildās nosacījums $\sigma_f \leq 0.05$, tad izpildās arī nosacījums $A_2 \geq 0.95$. Ja notiek aizkaves korekcija tad pie uzdotās precizitātes $A_2 \geq 0.95$ atbilstošais kropļojumu faktors ir $\sigma_{f2} \leq 0.025$.

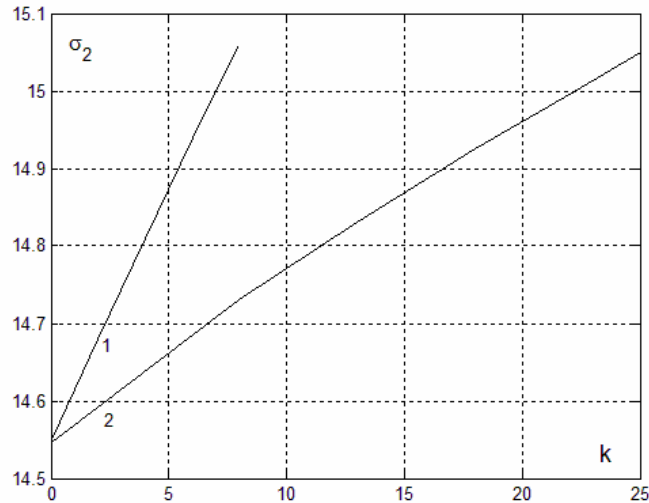
Pētījumā tika izmantots s metodes pamatvariants, balstīts uz funkciju $f_1(w_i) = s_0(1 + k|w_i|^r)$. Vispirms tika atrastas parametru s_0, r, n, k vērtību kombinācijas, pie kurām $\sigma_2 = 0.055$. Šo vērtību izvēle ir darbietilpīgs optimizācijas uzdevums gan parametru skaita, gan arī izpildāmo prasību skaita dēļ. Tāpēc, balstoties uz iepriekšējo pētījumu rezultātiem, tika pārbaudīti potenciāli perspektīvie s_0 un r vērtību pāri kombinācijā ar n vērtībām mūs interesējošo diapazonu robežās.

Pie fiksētiem s_0 un r tika uzņemtas sakarības $\sigma_2 = f(n, k)$ un atlasīti tie n un k vērtību pāri, kas apmierina prasību $\sigma_2 = 0.055$. Tālāk no šo pāru kopas (kopā ar atbilstošām s_0 un r vērtībām) tika atlasītas tās, kuras pie noteiktām n_T vērtībām apmierina nosacījumus attiecībā uz dinamisko diapazonu un pārveidotā mazas amplitūdas signāla precizitātes prasībām. Pēc tam tika aprēķināts atbilstošais strobēšanas operāciju skaits $n \cdot n_T$.

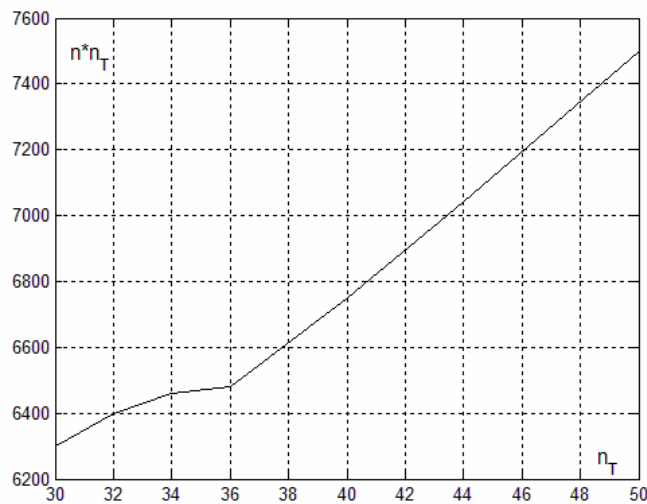
Minimālās $n \cdot n_T$ vērtības tika meklētas diviem signālu pārveidošanas precizitātes variantiem: $\overline{A}_{2\min} \geq 0.98$ un $\overline{A}_{2\min} \geq 0.95$. Zīm. 1. ir attēlotas sakarības $\sigma_2(k)$, kas uzņemtas pie $s_0 = 0.0046$ ($1.25 \mu V$), $r = 2$, $n = 90$ (līkne 1) un $n = 210$ (līkne 2). Empīriski tika konstatēts, ka šajā n vērtību diapazonā pie uzdotām s_0 un r vērtībām adaptācijas koeficients k un strobu skaits n ir saistīti praktiski lineāri sekojošā veidā:

$$k = 6.5 + 0.1309(n - 90). \quad (1)$$

Zīm. 2. ir parādīta kopējā strobēšanas operāciju skaita uz pārveidojamā signāla periodu atkarība no n_T pie nosacījumiem, ka tiek izpildītas prasības $\sigma_2 \leq 0.055$ ($15 \mu V$) un $\sigma_{f1} \leq 0.05$. Grafikā ir parādīta tikai daļa no šīs sakarības, kas atbilst parametra n_T izmaiņām robežās no 30 līdz 50.



Zīm. 1. $\sigma_2(k)$ sakarības pie $s_0 = 1.25 \mu V$, $r = 2$, $n = 90$ (līkne 1) un $n = 210$ (līkne 2).

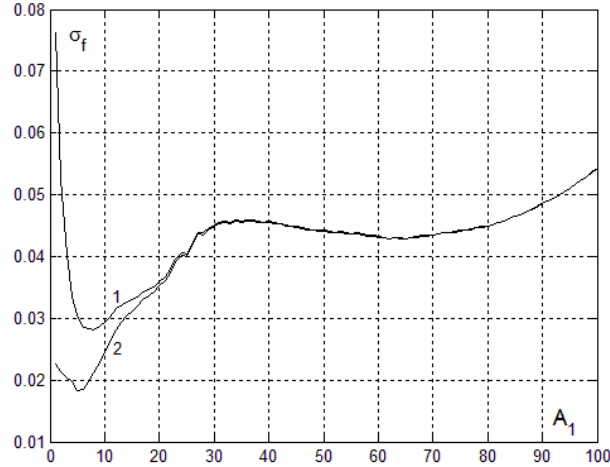


Zīm. 2. Kopējā strobēšanas operāciju skaita, rēķinot uz pārveidojamā signāla periodu, atkarība no n_T .

Minimālais $n \cdot n_T = 6300$ tiek sasniegts pie $n_T = 30$ un $k = 22.21$. Pie augstāk minētām s_0 un r vērtībām tālāka n_T samazināšana nav iespējama, jo neizpildās pārveidojuma precizitātes prasība $\sigma_{f1} \leq 0.05$.

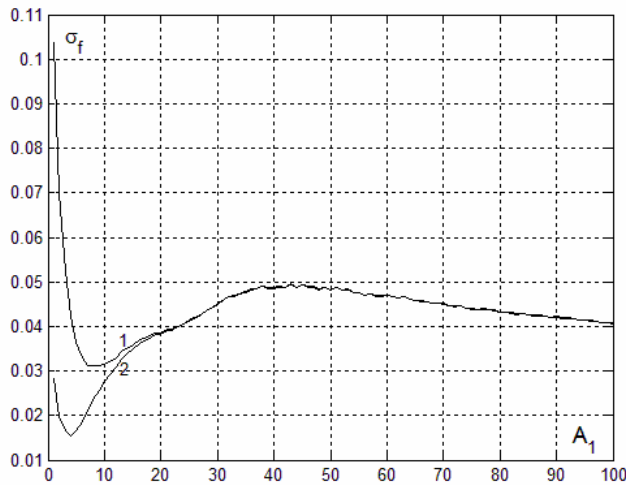
Zīm. 3. ir attēlota kropļojumu faktora bez aizkaves korekcijas σ_{f1} (līkne 1) un

kropļojumu faktora ar aizkaves korekciju σ_{f2} (līkne 2) atkarība no A_1 . Kā redzams no zīmējuma visā ieejas signāla amplitūdu diapazonā kropļojumu faktors $\sigma_{f2}(A_1)$ pārveidojumam ar aizkaves korekciju nepārsniedz uzdoto prasību $\sigma_f \leq 0.05$.



Zīm. 3. Kropļojumu faktora $\sigma_{f1}(A_1)$ bez aizkaves korekcijas (līkne 1) un ar aizkaves korekciju $\sigma_{f2}(A_1)$ (līkne 2) atkarība no pārveidojamā signāla amplitūdas A_1 pie $n = 210$, $n_T = 30$, $s_0 = 0.0046$, $r = 2$.

Izejas signāla amplitūdas vidējā vērtība $\bar{A}_2$ pie minētiem pārveidojuma parametriem un $A_1 = 1$ abos gadījumos ir vienāda ar 0.981, t.i. atbilst uzstādītām precizitātes prasībām.

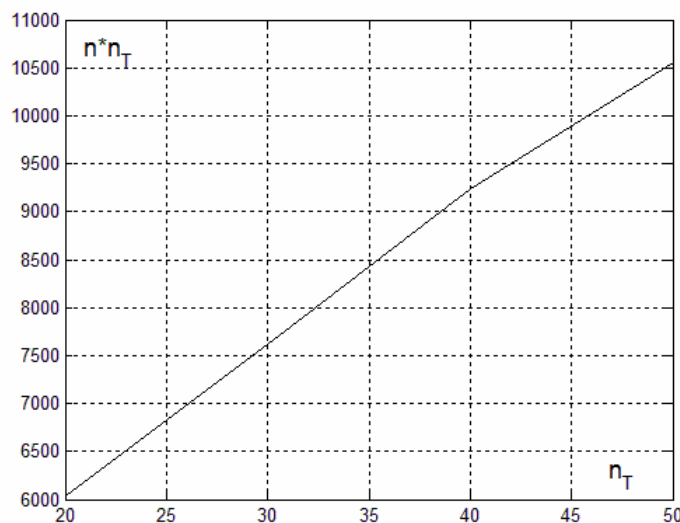


Zīm. 4. Kropļojumu faktora $\sigma_{f1}(A_1)$ bez aizkaves korekcijas (līkne 1) un ar aizkaves korekciju $\sigma_{f2}(A_1)$ (līkne 2) atkarība no pārveidojamā signāla amplitūdas A_1 pie $n = 80$, $n_T = 48$, $s_0 = 0.004$, $r = 3$

Līdzīgā veidā tika atrasti pārveidojuma parametri, pie zemākas precizitātes

prasības $\bar{A}_2 \geq 0.95$. Tika konstatēts, ka tādā gadījumā $n \cdot n_T = 80 \cdot 48 = 3840$ ir minimālā vērtība, kas apmierina šo precizitātes prasību. Pārējie parametri: $k = 103$, $s_0 = 0.004$ ($1.084 \mu V$), $r = 3$. Ilustrācijai attiecīgās sakarības $\sigma_{f1}(A_1)$ un $\sigma_{f2}(A_1)$ ir parādītas Zīm. 4. Kā redzam no zīmējuma, tad arī pie šādas uzdotās amplitūdas kļūdas ($\bar{A}_2 \geq 0.95$) visā amplitūdu diapazonā pārveidojumam ar aizkaves korekciju izpildās arī uzdotā kropļojumu faktora prasība $\sigma_f \leq 0.05$.

Minimālais strobēšanu skaits atkarībā no n_T tika meklēts arī pie nosacījuma, ka $\sigma_{f1} < 0.05$ visā dinamiskajā diapazonā. Zīm. 5. ir parādīts kopējā strobēšanu skaita, rēķinot uz pārveidojamā signāla periodu, atkarība no n_T . Modelēšanas eksperimentos izmantotie šīs metodes parametri bija šādi: $k = 73.4$, $r = 1.7$. Šo s_0 vērtība, atkarībā no uzdotā n_T , mainījās robežās no 0.00320 līdz 0.00363. Samazinoties n_T , kopējais strobēšanu skaits uz periodu samazinās, taču pateicoties stingrākiem nosacījumiem attiecībā uz σ_{f1} strobēšanu skaits ir 1.2 ÷ 1.4 reizes lielāks salīdzinot to ar Zīm. 5. parādītiem rezultātiem.



Zīm. 5. Kopējā strobēšanas operāciju skaita, rēķinot uz pārveidojamā signāla periodu, atkarība no n_T pie nosacījuma $\sigma_{f1} < 0.05$.

Tādējādi pētījuma rezultātā konstatēts, ka pieprasot amplitūdas pārveidošanas precizitāti $\bar{A}_2 \geq 0.98$, nepieciešamas vismaz 6300 strobēšanas operācijas uz vienu signāla periodu pie $n_T = 30$, t.i. 210 strobēšanas operācijas uz vienu fāzes punktu. Pieprasot mazāku precizitāti $\bar{A}_2 \geq 0.95$, strobēšanas operāciju skaits ievērojami samazinās - līdz 3840 operācijām, kaut arī pie 1,6 reizes lielāka fāzes punktu skaita ($n_T = 48$). Abos gadījumos signāla formas kropļojumu faktors $\sigma_f \leq 0.05$ netiek pārsniegts.

LITERATŪRA

V.Karklinsh. The Adaptive „Up-and-Down” Method with a Variable Step. Automatic Control and Computer Science, 2012, vol.46, Nr. 5, 232-237.

Elpošanas radiolokatora uz viena punkta metodes bāzes vadības un signālapstrādes programma

Programma paredzēta darbam ar procesoru ATMEL ATMEGA128. Programmas darbību paskaidro komentāri pie atsevišķām programmas komandām un komandu blokiem.

```
=====
;===== BREATH LOCATOR V 1.0=====
;=====
.include "m128def.inc"
.def temp =r16
.def temp2 =r17
.def temp3 =r18
.def temp4 =r24
.def temp5 =r25
.def temp6 =r22
.def temp7 =r21
.def temp8 =r19
.def temp9 =r20
.def temp10 =r23
.equ ycor=$0160
.cseg
.org 0x0000RESint:
CBI PORTC,7
CBI PORTB,7
    ldi temp,low(ramend) out spl,temp    ;stack pointer initialization
    ldi temp,high(ramend) out sph,temp
    ldi yl,$00 ; set breath ram start adress
    ldi yh,$0a
    sts $bfe,yl
    sts $bff,yh
    rcall portconfig
    rcall lcd1layer
;sheit izveertee vai signaala status par sakjershanu ir ok
;ja ir ok tad straadaa l f punktaa
    ; rcall xycorstartset
    ; rcall axcorlcd
picstart:
    rcall datain
breathst:
;=====breath curve switch send to breath curve=====
    lds temp,ping
    cbr temp,0b11111110
    cpi temp,0b00000001
    brne hgtt1
;=====OBHOD=====
jmp ophod593 hgtt1: jmp hgtt ophod593:
;=====
;=====deflection point math=====
    lds temp,$017d
;ldi temp,10
    ldi temp4,78 ; bija 70 2x delf const 24x katrs 24 punkts attieciibaa no 1024 datiem
    mul temp,temp4
    movw temp,r0 ; load result from r0,r1 to r16(temp) r17(temp2)
    sts $210,r16 ;store breath curve start ram adress
```

```

    sts $211,r17
    rcall defldac    ;Deflection new data
;=====
;===== breath curve =====
;=====
;=====clear breath curve ram=====
    ldi yl,$00      ; RAM start adress
    ldi yh,$0a
    ldi temp,200
brclrr:
    st y+,temp
    cpi yl,$2f
        brne brclrr
        cpi yh,$0b
        brne brclrr
;===== breath curve data input=====
    ldi xl,$00      ;breath curve data RAM start adress $a00
    ldi xh,$0a
        sts $0bfe,xl    ;store breath curve start ram adress
        sts $0bff,xh    ;
breathd:
    sbi portc,5     ;reset trigger
        cbi portc,5
brdata:
    sbis pinc,4     ;wait data
        rjmp brdata
    cbi portc,6     ;data latch LE off
        in temp3,pind    ;input data
    sbi portc,6     ;data latch LE on
        lds xl,$0bfe    ;load breath curve start ram adress
    lds xh,$0bff
        add temp3,temp3
        add temp3,temp3
    subi temp3,150
    st x+,temp3     ;save in RAM
    sts $0bfe,xl    ;store breath curve start ram adress
    sts $0bff,xh
        rcall breathlcd    ;
;=====OBHOD=====
jmp ophod523 breathd1: jmp breathd ophod523:
;=====
;=====breath curve switch return=====
    lds temp,ping
    cbr temp,0b11111110
    cpi temp,0b00000001
    brne picstart
    lds xl,$0bfe    ;load breath curve start ram adress
    lds xh,$0bff
    cpi xl,$2f      ;2f breath curves atminja apgabals
        brne breathd1
        cpi xh,$0b    ;0b
        brne breathd1
;-----reset status -----
    ldi temp,0
    sts $0195,temp  ;disable signal snap status
    ldi temp,0b00000000
    sts portg,temp  ; disable jmp to breath curve when signal snapped, LED ON
jmp picstart
;-----
        jmp signce
retsigce:
jmp okm
    rcall breathlcd

```

```

okm:
;paarbauda statusu ja ir ok tad laizh taalaak
;=====
;=====
;=====
;=====DATA TO LCD RAM=====
;=====compresed data=====
;=====
jmp yyyyyyyy
;===== store in RAM LCD start adress=====
    ldi temp5,$01      ;LCD start adress $3001
    ldi temp6,$30
    sts $0200,temp5
    sts $0201,temp6
;=====line LCD block satrt=====
    ldi zl,$31      ;load picture RAM start address $0831
    ldi zh,$08
ypicture3:
    ldi temp8,8      ;bitu skaits
    ldi temp9,0b10000000 ;vert line possition reload
ybytec:
;=====vector length=====
    ld temp,-z      ;njem 1 vert apakakal
    ld temp2,z+      ;load DATA new value
    ld temp2,z+
    mov temp6,temp
    sub temp,temp2    ;old un new vertibu atnjemshana
    breq yvectnul     ;detect vect null
    brpl yvectmin     ;detect vect minus
    brmi yvectplus    ;detect vect pluss
yvectnul:
    clr temp5
    ldi yl,$00
    ldi yh,$03      ;RAM start adress $0300
    add yl,temp2
    adc yh,temp5
    ld temp7,y      ;ielaadee no RAM
    or temp7,temp9
    st y,temp7
    jmp yvectend
;=====vect plus-----
yvectplus:
    neg temp
    inc temp
    clr temp5
    ldi yl,$00
    ldi yh,$03      ;RAM start adress $0300
    add yl,temp6
    adc yh,temp5
yvectpl1:
    ld temp7,y      ;ielaadee no RAM
    or temp7,temp9
    st y+,temp7
    dec temp
    brne yvectpl1
    jmp yvectend
;=====vect minus=====
yvectmin:
    inc temp
    clr temp5
    ldi yl,$00
    ldi yh,$03      ;RAM start adress $0300
    add yl,temp2
    adc yh,temp5

```

```

yvectmil:
    ld temp7,y      ;ielaadee no RAM
    or temp7,temp9
    st y+,temp7
    dec temp
    brne yvectmil
yvectend:
;=====atskaita=====
    lsr temp9
    dec temp8
    brne ybytec
;=====clear RAM for LCD adr $3001 9,10 vert lines=====
    lds temp,$0200

    cpi temp,$01
    brne ymemcl1
    lds temp,$0201
    cpi temp,$03
    brne ymemcl1
;=====clear
    ldi x1,$00
    ldi xh,$03 ; RAM start adress
    ldi temp,240
ymemcl11:
    ld temp7,x
    cbr temp7,0b11000000
    st x+,temp7
    dec temp
    brne ymemcl11
ymemcl1:
;=====clear RAM for LCD adr $3028 1,2 vert lines =====
    lds temp,$0200
    cpi temp,$26
    brne ymemcl2
    lds temp,$0201
    cpi temp,30
    brne ymemcl2
;=====clear
    ldi x1,$00
    ldi xh,$03 ; RAM start adress
    ldi temp,240
ymemcl22:
    ld temp7,x
    cbr temp7,0b00000011 ;clear 4. byte in RAM c0
    st x+,temp7
    dec temp
    brne ymemcl22
ymemcl2:
;=====8 bit RAM to LCD=====
;=====
    lds temp4,$0200 ; load RAM for LCD start adress
    lds temp5,$0201

    ldi y1,$f0 ;RAM start adress $0300
    ldi yh,$03
    ldi temp,240 ;LCD rindu skaits=240 liidz $150 f0
ydraw88:
    ldi temp7,$46 ;set cursor adress
    rcall comm

    mov temp7,temp4 ;write adress 1/2
    rcall dat

```

```

mov temp7,temp5    ;write adress 1/2
rcall dat
ldi temp7,$42      ;set write
rcall comm
ld temp7,-y        ;write data
rcall dat
    adiw temp5:temp4,40 ;pieskaita 1 lcd rindu 40
dec temp
brne ydraw88
;-----clear RAM for LCD-----
    ldi r26,$00      ; RAM start adress $0300
    ldi r27,$03
    clr temp7
yclr12:
    st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7
    st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7
    st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7
    st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7
    st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7
    st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7
    st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7
    st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7
    st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7
    cpi r26,$f0      ;liidz $03f0 240 vert stabi
    brne yclr12
    cpi r27,$03
    brne yclr12
;=====increment LCD RAM address (next tab)=====
    lds r28,$0200
    lds r29,$0201
    ld temp,y+
    sts $0200,r28
    sts $0201,r29
;=====OBHOD=====
jmp yophod12 ypicture2: jmp ypicture3 yophod12:
;=====
    cpi r29,$30
    brne ypicture2
    cpi r28,$27
    brne ypicture2
;=====
;=====
;=====
;=====DATA TO LCD RAM=====
;=====
;=====
;=====store in RAM LCD start adress=====
    ldi temp5,$01    ;LCD start adress $3001
    ldi temp6,$30
    sts $0200,temp5
    sts $0201,temp6
;=====line LCD block satrt=====
    ldi zl,$05      ;load picture RAM start address $0400
    ldi zh,$04
picture3:
    ldi temp8,8      ;bitu skaits
    ldi temp9,0b10000000 ;vert line possition reload
bytec11:
;=====vector length=====
    sbiw zh:zl,3      ;njam 3 vert apakakal
    ld temp,z
    adiw zh:zl,3      ;njam 3 vert uz priekshu
    ld temp2,z

```

```

        adiw zh:zl,3      ;increment RAM picture adress
        mov temp6,temp
        sub temp,temp2    ;old un new vertibu atnjemshana
    breq vectnul          ;detect vect null
        brpl vectmin      ;detect vect minus
        brmi vectplus     ;detect vect pluss
vectnul:
    clr temp5
    ldi y1,$00
    ldi yh,$03            ;LCD data RAM start adress $0300
    add y1,temp2
    adc yh,temp5
    ld temp7,y            ;ielaadee no RAM
    or temp7,temp9
    st y,temp7
    jmp vectend
;=====vect plus=====
vectplus:
    neg temp
    inc temp
    clr temp5
    ldi y1,$00
    ldi yh,$03            ;LCD data RAM start adress $0300
    add y1,temp6
    adc yh,temp5
vectpl1:
    ld temp7,y            ;ielaadee no RAM
    or temp7,temp9
    st y+,temp7
    dec temp
    brne vectpl1
    jmp vectend
;=====vect minus=====
vectmin:
    inc temp
    clr temp5
    ldi y1,$00
    ldi yh,$03            ;LCD data RAM start adress $0300
    add y1,temp2
    adc yh,temp5
vectmi1:
    ld temp7,y            ;ielaadee no RAM
    or temp7,temp9
    st y+,temp7
    dec temp
    brne vectmi1
vectend:
;=====atskaita=====
    lsr temp9
    dec temp8
    brne bytec11
;=====clear RAM for LCD adr $3001 9,10 vert lines=====
    lds temp,$0200
    cpi temp,$01
    brne memc11
    lds temp,$0201
    cpi temp,$30
    brne memc11
;=====clear=====
    ldi x1,$00
    ldi xh,$03            ; RAM start adress
    ldi temp,240
memc11:

```

[illegible]

```

        st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7      st x+,temp7
        cpi r26,$f0      ;liidz $03f0 240 vert stabi
        brne clr12
        cpi r27,$03
        brne clr12
;cbi portc,7
;=====increment LCD RAM address (next tab)=====
        lds r28,$0200
        lds r29,$0201
        ld temp,y+
        sts $0200,r28
        sts $0201,r29
        cpi yh,$30
        brne picture2
        cpi yl,$27
        brne picture2
bgr:
jmp picstart

endprg:
        ret
;=====end prog=====
;=====
;=====
;=====
;=====subroutines=====
;=====
;=====
;=====BREATH CURVE DATA TO LCD RAM=====
breathlcd:
;jmp brcurveobx
;=====store in RAM LCD start address=====
        ldi temp5,$01      ;LCD start address $3001
        ldi temp6,$30
        sts $0200,temp5
        sts $0201,temp6
;=====line LCD block satrt=====
        ldi zl,$01      ;load picture RAM start address $0a02
        ldi zh,$0a
bpicture3:
        ldi temp8,8      ;bitu skaits
        ldi temp9,0b10000000 ;vert line possition reload
bbytec:
;=====vector length=====
        ld temp,-z      ;njem 1 vert apakakal
        ld temp2,z+      ;load DATA new value
        ld temp2,z+
breq bvectnul      ;detect vect null
        brpl bvectmin      ;detect vect minus
        brmi bvectplus      ;detect vect pluss
        mov temp6,temp
        sub temp,temp2      ;old un new vertibu atnjemshana
bvectnul:
        clr temp5
        ldi yl,$00
        ldi yh,$03      ;RAM start adress $0300
        add yl,temp2
        adc yh,temp5
        ld temp7,y      ;ielaadee no RAM
        or temp7,temp9
        st y,temp7
        jmp bvectend
;=====vect plus-----

```

```

bvectplus:
    neg temp
    inc temp
    clr temp5
        ldi yl,$00
    ldi yh,$03 ;RAM start adress $0300
    add yl,temp6
    adc yh,temp5
bvectpl1:
    ld temp7,y ;ielaadee no RAM
    or temp7,temp9
    st y+,temp7
    dec temp
    brne bvectpl1
    jmp bvectend
;=====vect minus=====
bvectmin:
    inc temp
    clr temp5
        ldi yl,$00
    ldi yh,$03 ;RAM start adress $0300
    add yl,temp2
    adc yh,temp5
bvectmi1:
    ld temp7,y ;ielaadee no RAM
    or temp7,temp9
    st y+,temp7
    dec temp
    brne bvectmi1
bvectend:
;=====atskaita=====
    lsr temp9
    dec temp8
    brne bbytec
;=====clear RAM for LCD adr $3001 9,10 vert lines=====
;jmp mki
    lds temp,$0200

        cpi temp,$01
        brne bmemcl1
    lds temp,$0201
        cpi temp,$03
        brne bmemcl1
;=====clear=====
    ldi xl,$00
    ldi xh,$03 ; RAM start adress

        ldi temp,240
bmemcl11:
    ld temp7,x
    dec temp
    brne bmemcl11
    cbr temp7,0b11000000
    st x+,temp7
    dec temp
    brne bmemcl11
bmemcl1:
;=====clear RAM for LCD adr $3028 1,2 vert lines=====
    lds temp,$0200
        cpi temp,$26
        brne bmemcl2
    lds temp,$0201
        cpi temp,$30

```

```

        brne bmemcl2
;=====clear=====
        ldi x1,$00
        ldi xh,$03 ; RAM start adress

        ldi temp,240
bmemcl22:
        ld temp7,x
        cbr temp7,0b00000011 ;clear 4. byte in RAM c0
        st x+,temp7
        dec temp
        brne bmemcl22
bmemcl2
mki:
;=====8 bit RAM to LCD=====
;=====
        lds temp4,$0200 ; load RAM for LCD start adress
        lds temp5,$0201
        ldi x1,$f0 ;RAM start adress $0300
        ldi xh,$03
        ldi temp,240 ;LCD rindu skaits=240 liidz $150 f0
bdraw88:
        ldi temp7,$46 ;set cursor adress
        rcall comm
        mov temp7,temp4 ;write adress 1/2
        rcall dat
        mov temp7,temp5 ;write adress 1/2
        rcall dat
        ldi temp7,$42 ;set write
        rcall comm
        ld temp7,-x ;write data
        rcall dat
        adiw temp5:temp4,40 ;pieskaita 1 lcd rindu 40
        dec temp
        brne bdraw88

;-----clear RAM for LCD-----
        ldi x1,$00 ; RAM start adress $0300
        ldi xh,$03
        clr temp7
bclr12:
        st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7
        st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7
        st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7
        st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7
        st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7
        st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7
        st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7
        st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7
        st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7
        st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7    st x+,temp7
        cpi x1,$f0 ;liidz $03f0 240 vert stabi
        brne bclr12
        cpi xh,$03
        brne bclr12
;=====increment LCD RAM adress (next tab)=====

        lds y1,$0200
        lds yh,$0201
        ld temp,y+
        sts $0200,y1
        sts $0201,yh
;=====OBHOD=====

```

```
jmp bophod12 bpicture2: jmp bpicture3 bophod12:
```

```
=====
;
    cpi yl,$27
    brne bpicture2
    cpi yh,$30
    brne bpicture2
    ret
```

```
brcurveobx:
```

```
=====Y COR DAC=====
```

```
ycordac:
```

```
    push r29
    push r28
    ldi temp,0b01010000    ;SPI enable
    out spcr,temp
    lds temp5,$0160
    lds temp6,$0161
    cbi portb,5    ;DAC cs =0 enable DAC
    out spdr,temp6
wait_transmit21:    ; Wait for transmission complete
    sbis spsr,spif
    rjmp wait_transmit21
    out spdr,temp5
wait_transmit22:    ; Wait for transmission complete
    sbis spsr,spif
    rjmp wait_transmit22
    sbi portb,5    ;cs for dac =1  disable DAC
    pop r28
    pop r29
    ret
```

```
=====X COR DAC=====
```

```
xcordac:
```

```
    push r29
    push r28

    ldi temp,0b01010000    ;SPI enable
    out spcr,temp
    lds temp5,$016a
    lds temp6,$016b
    cbi portb,6    ;DAC cs =0 enable DAC

    out spdr,temp6
wait_transmitx1:    ; Wait for transmission complete
    sbis spsr,spif
    rjmp wait_transmitx1
    out spdr,temp5
wait_transmitx2:    ; Wait for transmission complete
    sbis spsr,spif
    rjmp wait_transmitx2
    sbi portb,6    ;cs for dac =1  disable DAC

    pop r28
    pop r29
    ret
```

```
=====delay=====
```

```
dlylong:
```

```
    push r29
    push r28

    ldi temp8,$ff    ;!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
dlylng1:
    nop nop nop nop nop nop nop nop
    dec temp8    ;delay
```

```

        brne dlylng1
        pop r28
        pop r29
    ret
;=====delaymega=====
delaymega: push r29 push r28
           ldi temp10,$ff ;!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
dlymega: rcall dlylong

        dec temp10 ;delay
        brne dlymega
        pop r28 pop r29 ret
;=====delaymega1=====
delaymega1:
    push r29
        push r28
        ldi temp9,$40 ;!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
dlymega1:
    rcall delaymega
    dec temp9 ;delay
    brne dlymega1
    pop r28
    pop r29
    ret
;=====
;=====DEFL DAC=====
;=====
defldac:
    push r29
    push r28

    ldi temp,0b01010000 ;SPI enable
    out spcr,temp
    cbi portb,4 ;DAC cs =0 enable DAC

    out spdr,temp5
wait_transmit1: ; Wait for transmission complete
    sbis spsr,spif
    rjmp wait_transmit1
    out spdr,temp4
wait_transmit2: ;Wait for transmission complete
    sbis spsr,spif
    rjmp wait_transmit2
    sbi portb,4 ;cs for dac =1 disable DAC

    lds zl,$0210
    lds zh,$0211
    adiw zh:zl,$01 ;set next deflection value
    sts $0210,zl
    sts $0211,zh
    pop r28
    pop r29
    ret
;=====comand=====
comm:
    push r29
        push r28
    sbi portc,1 ;a0=1=command
    out porta,temp7
    cbi portc,3 ;cs=0
    cbi portc,2 ;wr=0 strobe
    sbi portc,2 ;wr=1
    sbi portc,3 ;cs=1

```

```

    pop r28
    pop r29
    ret
;===== data =====
dat:  push r29 push r28
      cbi portc,1      ;a0=0=data
      out porta,temp7
      cbi portc,3      ;cs=0
      cbi portc,2      ;wr=0 strobe
      sbi portc,2      ;wr=1
      sbi portc,3      ;cs=1
      pop r28 pop r29 ret
;===== blank data =====
blank: push r29 push r28 ldi temp7,$00 rcall dat pop r28 pop r29 ret
;===== blank2 data =====
blank2: push r29 push r28 ldi temp7,$00 rcall dat ldi temp7,$00 rcall dat
        pop r28 pop r29 ret
;===== blank3 data =====
blank3: push r29 push r28 ldi temp7,$00 rcall dat ldi temp7,$00 rcall dat
        ldi temp7,$00 rcall dat pop r28 pop r29 ret
;===== data02 =====
data02: push r29 push r28 ldi temp7,$02 rcall dat pop r28 pop r29 ret
;===== data08 =====
data08: push r29 push r28 ldi temp7,$08 rcall dat pop r28 pop r29 ret
;===== data20 =====
data20: push r29 push r28 ldi temp7,$20 rcall dat pop r28 pop r29 ret
;===== data82 =====
data82: push r29 push r28 ldi temp7,$82 rcall dat pop r28 pop r29 ret
;===== vert side lines =====
vsidel: push r27 push r26 rcall blank rcall data20 ldi temp,$24
draw3:  rcall blank dec temp brne draw3 rcall data02 rcall blank pop r26
        pop r27 ret
;===== hor pixels =====
hpix:  push r27 push r26 rcall blank ldi temp7,$38 rcall dat rcall blank3
        ldi temp7,$80 rcall dat rcall blank2 rcall data02 rcall blank3
        rcall data08 rcall blank3 rcall data20 rcall blank2 ldi temp7,$01
        rcall dat ldi temp7,$c0 rcall dat rcall blank2 rcall data02
        rcall blank3 rcall data08          rcall blank3 rcall data20 rcall blank3
        ldi temp7,$80 rcall dat rcall blank2 ldi temp7,$0e rcall dat
        pop r26 pop r27 ret
;===== hor line =====
hline: push r27 push r26 rcall blank ldi temp7,$3f rcall dat ldi temp,$24
draw6:  ldi temp7,$ff rcall dat dec temp      brne draw6 ldi temp7,$fe rcall dat
        rcall blank pop r26 pop r27 ret
;===== hor line pixel =====
hlpix: push r27 push r26 rcall blank ldi temp,$0c
draw1:  rcall data20 rcall data82 rcall data08 dec temp brne draw1
        rcall data20 rcall data82 rcall blank pop r26 pop r27 ret
;===== hor line pixel =====
hgpix: push r27 push r26 ldi temp,$5
draw10: rcall data82 rcall data08 rcall data20 dec temp brne draw10
        rcall data82 rcall data08 ldi temp7,$21 rcall dat ldi temp7,$c2
        rcall dat ldi temp,$5
draw11: rcall data08 rcall data20 rcall data82 dec temp brne draw11
        rcall data08 rcall data20 ldi temp7,$8e rcall dat pop r26
        pop r27 ret
;=====
;=====
;===== LCD 1. LAYER =====
lcd1layer: push r30 push r31
;===== LCD control start up =====
          sbi portc,3      ;CS=1
          sbi portc,2      ;WR=1 (off)

```

```

; sbi porte,4      ;RD=1 (off)
; sbi portc,0      ;reset=1 (off)
;=====clear RAM=====
; ldi xh,$01      ; RAM start adress
; ldi x1,$00
; ldi temp,$ff
; clr temp7
draw123:
; st x+,temp7
; dec temp brne draw123
;=====start=====
start:
;=====system set=====
; ldi temp7,$40 rcall comm ;system set const
; ldi temp7,$30 rcall dat ;LCD panel hardware setup mans 30
; ldi temp7,$87 rcall dat ;FX chracter wdth 7 pixel
; ldi temp7,$07 rcall dat ;FY chracter hgt 7+1 pixel
; ldi temp7,$27 rcall dat ;C/R adress range for 1 text line 27
; ldi temp7,$39 rcall dat ;29 ; TC/R line lenght in cracters 40-1=39
; ldi temp7,$ef rcall dat ;L/F nr of lines per frame 240 ef
; ldi temp7,$28 rcall dat ;APL hor adress range (text) 40
; ldi temp7,$00 rcall dat ;APH
;-----clear memory-----
; ldi temp7,$42 rcall comm ;clear all memory
; ldi temp2,$ff
clear2:
; ldi temp,$ff
clear1:
; ldi temp7,$00 rcall dat
; dec temp brne clear1
; dec temp2 brne clear2
;=====SCROLL=====
; ldi temp7,$44 rcall comm ;SCROLL
; ldi temp7,$00 rcall dat ;SAD 1L screen adres
; ldi temp7,$00 rcall dat ;SAD 2H
; ldi temp7,$ef rcall dat ;SL 1 EF=239 screen lines
; ldi temp7,$00 rcall dat ;SAD 2L b0
; ldi temp7,$30 rcall dat ;SAD 2H
; ldi temp7,$ef rcall dat ;SL2 ef
; ldi temp7,$00 rcall dat ;SAD 3L
; ldi temp7,$56 rcall dat ;SAD 3H
; ldi temp7,$00 rcall dat ;SAD 4L
; ldi temp7,$00 rcall dat ;SAD 4H
;=====cursor direction=====
; ldi temp7,$4c rcall comm ;CSRDIR cursor dir (RIGHT)
;=====horizontal scroll rate=====
; ldi temp7,$5a rcall comm ;HDOT SCR hor scroll rate
; ldi temp7,$00 rcall dat
;=====overlay=====
; ldi temp7,$5b rcall comm ;overlay text/graphic
; ldi temp7,0b00011100 rcall dat ;OV
;=====display on/off=====
; ldi temp7,$59 rcall comm ;dislay on & layers on/off
; ldi temp7,0b01010100 rcall dat ;P1 $14
;=====
;=====1. LAYER=====
;=====
; ldi temp7,$46 rcall comm ;CSRW set start cursor address
; ldi temp7,$00 rcall dat ;CSRL
; ldi temp7,$00 rcall dat ;CSRH
;=====top line=====
; ldi temp7,$42 rcall comm rcall hline
;=====vert line pixels=====

```

```

    rcall hlpix rcall hlpix
;=====vertical side lines top=====
    ldi temp2,$03
draw4: rcall vsidel dec temp2 brne draw4
;=====hor pixels=====
    rcall hpix
;=====vertical side lines=====
    ldi temp3,$26
draw8: rcall blank ldi temp2,$05
draw5: rcall vsidel dec temp2 brne draw5
;=====hor pixels=====
    rcall hpix dec temp3 brne draw8 rcall blank ldi temp2,$03
draw9: rcall vsidel dec temp2 brne draw9 rcall hlpix rcall hline
;=====HORIZONTAL SQUARES=====
    ldi temp4,$b2 rcall dat ;CSRL b2
    ldi temp5,$04 rcall dat ;CSRH 4
;-----
    ldi temp6,$07
draw22: ldi temp7,$46 rcall comm ;CSRW
        mov temp7,temp4 rcall dat ;CSRL
        mov temp7,temp5 rcall dat ;
;-----write memory-----
    ldi temp7,$42 rcall comm
    rcall hgpix
    ldi temp2,$b0 ;pa cik palielinat
    ldi temp3,$04
    clc
        add temp4,temp2
        adc temp5,temp3
    dec temp6
    brne draw22
;=====MID vertical lines+++++++
;=====top-----
    ldi temp7,$46 rcall comm ;CSRW
    ldi temp7,$9a rcall dat ;CSRL
    ldi temp7,$12 rcall dat
    ldi temp7,$42 rcall comm
    rcall hgpix
;-----botom-----
    ldi temp7,$46 rcall comm ;CSRW
    ldi temp7,$9a rcall dat ;CSRL
    ldi temp7,$12 rcall dat ;CSRH
    ldi temp7,$42 rcall comm
    rcall hgpix
;=====CRIEST+++++++
;-----top -----
    ldi temp7,$46 rcall comm ;CSRW
    ldi temp7,$ab rcall dat ;CSRL

    ldi temp7,$12 rcall dat ;CSRH
;----- write to memory+++++++
    ldi temp7,$42 rcall comm
    rcall data20
    rcall data82
;=====botom-----
    ldi temp7,$46 rcall comm ;CSRW
    ldi temp7,$fb rcall dat ;CSRL
    ldi temp7,$12 rcall dat ;CSRH
;----- write to memory-----
    ldi temp7,$42 rcall comm
    rcall data20
    rcall data82
;=====top correction-----

```

```

ldi temp7,$46 rcall comm ;CSRW
ldi temp7,$be rcall dat ;CSRL
ldi temp7,$12 rcall dat ;CSRH
;----- write to memory-----
ldi temp7,$42 rcall comm
rcall data82
;=====botom correction-----
ldi temp7,$46 rcall comm ;CSRW
ldi temp7,$0e rcall dat ;CSRL
ldi temp7,$13 rcall dat ;CSRH
;----- write to memory-----
ldi temp7,$42 rcall comm
rcall data82
;=====11 SET CURSOR ADRESS-----
ldi temp7,$46 rcall comm ;CSRW
ldi temp7,$82 rcall dat ;CSRL
ldi temp7,$25 rcall dat ;CSRH
pop r30 pop r31 ret
;=====PORT CONFIGURATION=====
portconfig:

push r30
push r31
ldi temp,0b11111111 out ddra,temp ;Set portd par out
ldi temp,0b11110111 out ddrb,temp ;Set portb I/O
ldi temp,0b11101111 out ddrc,temp ;Set portf I/O
; ldi temp,0b10010011 out ddrd,temp ;Set portd I/O
; ldi temp,0b11111111 out ddre,temp ;Set porte par output
; ldi temp,0b00000001 out ddrf,temp ;Set porte par output
ldi temp,0b00000010 sts ddrg,temp ;Set portg
clr temp
sbi portd,7 ;latch enable blocking off
sbi portb,4 ;CS for y cor DAC =1
sbi portb,5 ;CS for defl DAC =1
pop r30
pop r31
ret
;=====X Y COR DAC MID SET=====
xycorstartset:
push r30
push r31
;----- y cor -----
ldi temp,$00 ;YCOR DAC low byte value to RAM
sts $0160,temp
ldi temp,$00 ;YCOR DAC high byte value to RAM
sts $0161,temp
rcall ycordac ;SET CONST IN x COR DAC
;----- x cor-----
ldi temp,$00 ;YCOR DAC low byte value to RAM
sts $017a,temp
ldi temp,$00 ;YCOR DAC high byte value to RAM
sts $017b,temp
rcall xcordac ;SET CONST IN Y COR DAC
pop r30
pop r31
ret
;=====
;===== AXIS COR DAC VALUES TO LCD=====
;=====
axcorlcd:
push r30
push r31
;=====Y COR=====

```

```

;-----wipe stripe-----
    ldi temp7,$46    rcall comm    ;CSRW    set start cursor address
    lds temp7,$0167  rcall dat     ;CSRL
    lds temp7,$0168  rcall dat     ;CSRH

    ldi temp7,$42    rcall comm
    ldi temp7,$00    rcall dat     ;wipe stripe
;-----calculate value-----
    lds temp,$0160    ;load YOCR DAC value
    lds temp2,$0161
        lsr temp        ; YCOR value averaging
        lsr temp
        lsr temp
        lsr temp
        cbr temp,0b11110000
    lsl temp2
        lsl temp2
        lsl temp2
        lsl temp2
        cbr temp2,0b00001111

        or temp,temp2
;-----calculate lcd adress from value-----
    ldi temp2,$28    ;load 40 - blocks in hor line lcd
    mul temp,temp2
    movw temp,r0     ; load result from r0,r1 to r16(temp) r17(temp2)

;-----store in lcd-----
    ldi temp7,$46    rcall comm    ;CSRW    set start cursor address
    ldi temp4,$00
    ldi temp5,$56
    add temp,temp4    ;add lcd 3.layer ram start adress
    adc temp2,temp5
    mov temp7,temp    rcall dat     ;CSRL
    mov temp7,temp2   rcall dat     ;CSRH
    ldi temp7,$42    rcall comm
    ldi temp7,$ff    rcall dat     ;set stripe

        sts $0167,temp                ;store old lcd adress in ram
        sts $0168,temp2

;=====X COR=====
;-----wipe stripe-----
    ldi temp7,$46    rcall comm    ;CSRW    set start cursor address
    lds temp7,$016c  rcall dat     ;CSRL
    lds temp7,$016d  rcall dat     ;CSRH
    ldi temp7,$42    rcall comm
    ldi temp7,$00    rcall dat     ;wipe stripe

;-----calculate value-----
    lds temp,$016a    ;load XOCR DAC value
    lds temp2,$016b
        lsr temp        ; YCOR value averaging
        lsr temp
        lsr temp
        lsr temp
        cbr temp,0b11110000
    lsl temp2
        lsl temp2
        lsl temp2
        lsl temp2
        cbr temp2,0b00001111
        or temp,temp2
;-----calculate lcd adress from value-----

```

```

        ldi temp2,$28 ;load 40 - blocks in hor line lcd
        mul temp,temp2
        movw temp,r0 ; load result from r0,r1 to r16(temp) r17(temp2)

;-----store in lcd-----
        ldi temp7,$46 rcall comm ;CSRW set start cursor address
        ldi temp4,$01
        ldi temp5,$56
        add temp,temp4 ;add lcd 3.layer ram start address
        adc temp2,temp5
        mov temp7,temp rcall dat ;CSRL
        mov temp7,temp2 rcall dat ;CSRH
        ldi temp7,$42 rcall comm
        ldi temp7,$ff rcall dat ;set stripe

        sts $016c,temp ;store old lcd adress in ram
        sts $016d,temp2

        pop r30
        pop r31
        ret

;=====
;===== DATA INPUT =====
;=====
;=====
datain:
        push r30
        push r31
        ldi xl,$ff ;data RAM start address
        ldi xh,$03 ;03
indata:
;-----breath ram adress end check & reset-----
        lds yl,$bfe ;load breath ram data adres
        lds yh,$bff
        cpi yl,$2f ; 2c check end address
        brne deflp2

        cpi yh,$0b ;0b
        brne deflp2
        ldi yl,$00 ; set breath ram start address
        ldi yh,$0a
        sts $bfe,yl
        sts $bff,yh
;=====clear breath curve ram=====
        ldi yl,$00 ; RAM start address
        ldi yh,$0a
        ldi temp,200
brclrr1:
        st y+,temp
        cpi yl,$2f
        brne brclrr1
        cpi yh,$0b
        brne brclrr1
;cbi portc,7
;-----
deflp2:
;-----
        ; clr temp4
        ; clr temp5
        ; clr temp6
        sbi portc,5 ;reset trigger
        cbi portc,5
rddata:
        sbis pinc,4 ;wait data

```

```

        rjmp rddata
        cbi portc,6      ;data latch LE off
        in temp3,pind    ;input data
        sbi portc,6      ;data latch LE on
        st x+,temp3      ;save in RAM
;-----deflection point math-----

        lds temp,$017d
        ldi temp4,78     ;bija 70 2x delf const 24x katrs 24 punkts attieciibaa no 1024 datiem
        mul temp,temp4
        movw temp,r0      ; load result from r0,r1 to r16(temp) r17(temp2)
;----- centr margin defl point data save
        lds temp4,$0210   ;load deflection point
        lds temp5,$0211
        cp temp,temp4
        brne deflp1

        cp temp2,temp5
        brne deflp1      ;ja ir central margin phase point tad glabaat ieksh ram
        lds yl,$bfe
        lds yh,$bff
        st y+,temp3      ;save in RAM cental margin data & inc ram adress
        sts $bfe,yl
        sts $bff,yh
deflp1:
        rcall defldac     ;Deflection new data
;=====deflection=====
;=====
;=====OBHOD=====
;
jmp ophod585 indatal: jmp indata ophod585:
;=====
        cpi x1,$ff        ;ff no 3fe lidz 7fe bildes atminja apgabals
        brne indatal
        cpi xh,$07        ;07
        brne indatal
;=====defl DAC code reset=====
        ldi temp5,$00     ;$e0 defl DAC start value
        ldi temp6,$00     ;$07
        sts $0210,temp5
        sts $0211,temp6
        rcall defldac     ; Deflection new data
        pop r30
        pop r31
        ret
;=====
;=====Y CORRECTION=====
;=====
ycorect:
        push r30
        push r31
;jmp rrrrw
;=====y cor status test=====
;=====ok or not ok status detect=====
        lds temp3,$0162
        cbr temp,0b11111100
        cpi temp3,$00
        breq ycorend1     ;ja nav up un down tad iet taalaak
        rcall axcorlcd
;=====OBHOD=====
;
jmp obhod687 ycorend1: jmp ycorend obhod687:
;=====
;=====downer=====

```

```

        cpi temp3,0b00000001
        breq ycordown
;=====upper=====
        cpi temp3,0b00000010
        breq ycorup
;=====upper/downer=====
        cpi temp3,0b00000011
        breq ycorupdwn
;=====downer correction=====
ycordown:
        lds temp4,$0160
        lds temp5,$0161
        sbiw temp5:temp4,4    ;y cor step value
        sts $0160,temp4
        sts $0161,temp5
        rcall ycordac

        jmp picstart ;picstart
;=====upper correction=====
ycorup:
        lds temp4,$0160
        lds temp5,$0161
        adiw temp5:temp4,4    ;y cor step value
        sts $0160,temp4
        sts $0161,temp5
        rcall ycordac
        jmp picstart ;picstart
;=====upper/downer correction=====
ycorupdwn:
        ldi r26,$ff    ;data value RAM adress
        ldi r27,$03
ycorupdwn2:
        ld r16,x+
        ld r17,x
        mov r18,r17
        cln
        sub r17,r16
        brsh nakparb
        sub r16,r18

        cpi r16,$0a
        brmi ycorupdwn2
        cpi r16,$1e
        brsh ycorupdwn2
        jmp downer2
nakparb:
        cpi r17,$0a
        brmi ycorupdwn2
        cpi r17,$1e
        brsh ycorupdwn2
        jmp upper2
upper2:

        lds temp4,$0160
        lds temp5,$0161
        adiw temp5:temp4,8    ;uper/downewr cor step value
        sts $0160,temp4
        sts $0161,temp5
        rcall ycordac
        jmp picstart
downer2:
        lds temp4,$0160
        lds temp5,$0161

```

```

        adiw temp5:temp4,8    ;sbiw    uper/downewr cor step value
        sts $0160,temp4
        sts $0161,temp5
        rcall ycordac
        jmp picstart
ycorend
rrrrw:
        pop r30
        pop r31
        ret

;=====
;===== SIGNAL CENTRING =====
;=====
;=====
jmp sigfolend
signce:
        clr temp
        sts $0162,temp        ;reset ycor status
;=====SUMMING 32 DATA VALUES FOR Y COR=====
        ldi r26,$0f    ;set RAM start DATA address $040f
        ldi r27,$04    ;$03

        ldi r28,$00    ;set RAM start Y cor data address
        ldi r29,$08
        ldi r30,$30    ;set RAM start restaured data cor data address
        ldi r31,$08

;=====
        ldi temp3,42    ;RAM cikls 42x
;=====2. cikls 44x=====
ycorsum:
        clr temp5
        clr temp4    ;temp4
        clr temp2    ;temp2
        ldi temp6,32    ;add cikls 32
        sbiw xh:xl,8    ;naakosho veert panjem 8 vert apakalj
;=====1. cikls 32x=====
ycorsum1:
        ld temp7,x+    ;load current value from RAM
;-----lower higher y status set-----
        cpi temp7,40    ;test to lower $14=20 $28=40
        brlo dwnset
        cpi temp7,200    ;test to higher $dc=220 $c8=200
        brsh upset
        jmp seten
dwnset:
        lds temp,$0162
        sbr temp,0b00000001
        sts $0162,temp
        jmp seten
upset:
        lds temp,$0162
        sbr temp,0b000000010
        sts $0162,temp
seten:
;-----add for averaging
        add temp4,temp7    ;add values
        adc temp5,temp2
        dec temp6
        brne ycorsum1
;===== data aweraging=====
        lsl temp5
        lsl temp5
        lsl temp5
        cbr temp5,0b00000011

```

```

swap temp4
    lsr temp4
    cbr temp4,0b11111000
    or temp4,temp5 ;saliek kopaa datus
;=====1. cikls 24x beigas=====
; ldi temp2,10 ;add constant to compresed data
    sub temp4,temp2
    st y+,temp4 ; st z+,temp4 st z+,temp4 st z+,temp4 st z+,temp4 st z+,temp4 st
z+,temp4 st z+,temp4
    dec temp3
    brne ycorsum
;=====2. cikls 32x beigas=====
    rcall ycorrect
;=====
;===== X CORRECTION=====
;=====
;-----x cor status reset-----
; clr temp ;reset sig status
; sts $0169,temp

    lds temp,$0169 ;ja ir status tad iet uz beigaam
    cbr temp,0b11111110
    cpi temp,0b00000001
    breq xcorsig1
    ldi r26,$10 ;set RAM start compresed DATA adress
    ldi r27,$08
        ld temp7,x
        mov temp2,temp7
        mov temp3,temp7
        ldi temp4,$10 ;noise value
        sub temp2,temp4 ;min value
        add temp3,temp4 ;max value
;-----detect signal-----
xcor1:
    ld temp7,x+
    cp temp7,temp2 ;detect min value
    brlo xcorsig
    cp temp7,temp3 ;detect max value
    brsh xcorsig
    cpi r26,$20
        brne xcor1
    cpi r27,$08
        brne xcor1
;-----x cor-----
    lds temp4,$016a
    lds temp5,$016b
    adiw temp5:temp4,8 ;x cor step value
    sts $016a,temp4
    sts $016b,temp5
    rcall xcordac
    rcall axcorled
    jmp xcorsig1
xcorsig:
    lds temp,$0169
    sbr temp,0b00000001 ; set signal status when signal detect
    sts $0169,temp
xcorsig1:
;=====
;===== MARGINS =====
;=====
;
    lds temp,$169
    cbr temp,0b11111110
    cpi temp,0b00000001 ;parbauda vai signaals ir atrasts

```

```

        brne sigfolend1
jmp sigf10
sigfolend1: jmp sigfolend
sigf10:
;----- wipe 1/4 3/4 margin -----
;-----1/4-----
        ldi temp7,$46    rcall comm    ;CSRW    set start cursor address
        lds temp7,$0180  rcall dat     ;CSRL
        lds temp7,$0181  rcall dat     ;CSRH
        ldi temp7,$42    rcall comm
        ldi temp7,$00    rcall dat
;-----3/4-----
        ldi temp7,$46    rcall comm    ;CSRW    set start cursor address
        lds temp7,$0184  rcall dat     ;CSRL
        lds temp7,$0185  rcall dat     ;CSRH
        ldi temp7,$42    rcall comm
        ldi temp7,$00    rcall dat
;-----max min -----
        ldi temp2,$ff    ;min value
        ldi temp3,$00    ;max value
        ;ldi r26,$00    ;set RAM start compresed DATA adress
        ldi r26,$00
        ldi r27,$08
maxmin:
        ld temp,x+

        cp temp2,temp
        brlo min1
        mov temp2,temp
min1:
        cp temp3,temp
        brsh max1
        mov temp3,temp
max1:
        cpi r26,$27
        brne maxmin
        cpi r27,$08
        brne maxmin

;-----1/4 3/4 value-----
        mov temp4,temp3
        sub temp4,temp2
        ldi temp,0b00000010
        lsr temp4
                lsr temp4
        add temp2,temp4
        sub temp3,temp4
        sts $188,temp2
        sts $189,temp3
;-----level treshold level margins-----
        lds temp2,$188
        ldi temp,240
        sub temp,temp2
        ldi r26,$05    ;set RAM start compresed DATA adress
        ldi r27,$56
marg1:
        adiw xh:xl,40
        dec temp
        brne marg1
;-----draw level treshold -----
        ldi temp7,$46    ;set cursor address
        rcall comm
        mov temp7,r26    ;write adress 1/2

```

```

    rcall dat
    mov temp7,r27    ;write adress 1/2
    rcall dat
    ldi temp7,$42    ;set write
    rcall comm
    ldi temp7,0b1111111    ;write data
    rcall dat    ;set stripe
    sts $180,r26
    sts $181,r27
;-----
    lds temp4,$189
    ldi temp,240
    sub temp,temp4
    ldi r26,$05    ;set RAM start compresed DATA address
    ldi r27,$56
marg2:
    adiw xh:xl,40
    dec temp
    brne marg2
;-----draw level treshold -----
    ldi temp7,$46    ;set cursor adress
    rcall comm
    mov temp7,r26    ;write adress 1/2
    rcall dat
    mov temp7,r27    ;write adress 1/2
    rcall dat
    ldi temp7,$42    ;set write
    rcall comm
    ldi temp7,0b1111111    ;write data
    rcall dat    ;set stripe
    sts $184,r26
    sts $185,r27
;-----signal slope find-----
    ldi temp,0
    sts $18d,temp
    ldi r26,$00    ;set RAM start compresed DATA address
    ldi r27,$08
    ldi r28,$8a    ;set RAM
    ldi r29,$01
    ldi r30,$90    ;set RAM
    ldi r31,$01
    ldi temp2,0    ;max nin skaits
    lds temp3,$188    ;load tr min
    lds temp4,$189    ;load tr max
    ldi temp5,0    ;tekoshais viduveeais punkts
    clr temp7    ;min
    ldi temp6,255    ;max
    sub temp4,temp3
    cpi temp4,4
    brlo sigsloend1
    lds temp4,$189
;obhod-----
jmp edcv
sigsloend1:
jmp sigsloend
edcv:
;-----
sigslo1:
    inc temp5
    ld temp,x+
    cpi temp5,$27
    brne sigslo8
    jmp sigsloaend

```

```

sigslo8:
    cp temp,temp3
    brsh sigslo5
    inc temp2
    st y+,temp5
    st z+,temp7
;-----meklee 1. vietu kur paarsniedz min-----
sigslo2:
    inc temp5
    ld temp,x+
    cpi temp5,$27
    brne sigslo7
    jmp sigsloaend
sigslo7:
    cp temp3,temp
    brsh sigslo2
    inc temp2
    st y+,temp5
    st z+,temp7
sigslo5:
    inc temp5
    ld temp,x+
    cpi temp5,$27
    brne sigslo9
    jmp sigsloaend
sigslo9:
    cp temp4,temp
    brsh sigslo1
    inc temp2
    st y+,temp5

    st z+,temp6
sigslo10:
    inc temp5
    ld temp,x+
    cpi temp5,$27
    brne sigslo11
    jmp sigsloaend
sigslo11:
    cp temp,temp4
    brsh sigslo10
    inc temp2
    st y+,temp5
    st z+,temp6
    jmp sigslo1
sigsloaend:
    cp temp,temp3
    brsh sigslo12
    inc temp2
    st y,temp5
    st z,temp7
sigslo12:
    cp temp,temp4
    brlo sigslo13
    inc temp2
    st y,temp5
    st z,temp6
sigslo13:
    movw r27:r26,r31:r30
    ld temp4,-x
    ld temp4,x
    inc temp2
sigsloa0:

```

```

        dec temp2
        sbiw zh:zl,1
        ld temp3,z
sbiw xh:xl,1
        ld temp4,x
        eor temp3,temp4
        cpi temp2,0
        brne sigsloa1
        jmp sigsloaend1
sigsloa1:
        cpi temp3,0
        brlo sigsloa0
        mov temp5,temp2    ;temp5 ir max/min peec kaartas kuraa saakas signal slope
        jmp sigsloa0
sigsloaend1:
        ldi r28,$8a        ;set RAM adrees x pointer start
        ldi r29,$01
        add r28,temp5
        d temp,y
;----- wipe old margins -----
;-----start margin -----
        ldi temp7,$46      rcall comm    ;CSRW    set start cursor address
        lds temp7,$0177    rcall dat     ;CSRL
        lds temp7,$0178    rcall dat     ;CSRH
        ldi temp7,$42      rcall comm
        ldi temp7,$00      rcall dat
;-----end margin-----
        ldi temp7,$46      rcall comm    ;CSRW    set start cursor address
        lds temp7,$0179    rcall dat     ;CSRL
        lds temp7,$017a    rcall dat     ;CSRH
        ldi temp7,$42      rcall comm
        ldi temp7,$00      rcall dat
;-----central margin-----
        ldi temp7,$46      rcall comm    ;CSRW    set start cursor address
        lds temp7,$017b    rcall dat     ;CSRL
        lds temp7,$017c    rcall dat     ;CSRH
        ldi temp7,$42      rcall comm
        ldi temp7,$00      rcall dat
;-----set sig slope start margin to lcd-----
        ldi r26,$60        ;set RAM adrees x pointer start
        ldi r27,$78
        ldi temp5,0
        add r26,temp
        adc r27,temp5
        ldi temp7,$46      ;set cursor address
        rcall comm
        mov temp7,r26      ;write adress 1/2
        rcall dat
        mov temp7,r27      ;write adress 1/2
        rcall dat
        ldi temp7,$42      ;set write
        rcall comm
        ldi temp7,0b11111111    ;write data
        rcall dat          ;set stripe
        sts $0177,r26
        sts $0178,r27
;-----
        nc r28
        d temp2,y
;-----set sig slope end margin to lcd-----
        ldi r26,$60        ;set RAM adrees x pointer start
        ldi r27,$78
        ldi temp5,0

```

[illegible]

[illegible]

```

        lds temp,$017d ;load from ram central margin value
        cpi temp,15
        brsh xfol1
;SBI PORTC,7
        lds temp4,$016a
        lds temp5,$016b
        adiw temp5:temp4,4 ;x cor step value
        sts $016a,temp4
        sts $016b,temp5
        rcall xcordac
        rcall axcorled
xfol1:
;reset status
;-----x cor to left-----
        lds temp,$017d ;load from ram central margin value
        cpi temp,25
        brlo xfol2
;SBI PORTb,7
        lds temp4,$016a
        lds temp5,$016b
        sbiw temp5:temp4,4 ;x cor step value
        sts $016a,temp4
        sts $016b,temp5
        rcall xcordac
        rcall axcorled
xfol2:
        lds temp,$017d ;load from ram central margin value
        cpi temp,15
        ;brsh xfol1
        lds temp,$017d ;load from ram central margin value
        cpi temp,25
        ;brlo xfol3
xfol4:
sigfolend:
        jmp retsigce
;+++++
;===== MCU PORT DESCRIPTION =====
; PA0-PA7 LCD DATA FOR SE1335
; PC0 RESET FOR SED1335
; PC1 A0 FOR SED1335
; PC2 WR FOR SED1335
; PC3 CS FOR SED1335
; PC4 GOOD U/D DATA (IN)
; PC5 RESET TRIGER (OUT)
; PC6 LATCH ENABLE DATA (OUT)
; PC7
; PD0-PD7 UD DATA
; U/D DATA INPUT PA0-7 UN PC6; PC7
; DAC2 SCK X DEFLECTION - PB1
; DAC2 DATA X DEFLECTION - PB2
; YCOR CS FOR DAC - PB4
; YCOR OUT - PB6
; YCOR IN - PB7
; RUN/STOP INPUT - PD5
; DATA TRIGER INPUT - PG0
; DATA TRIGER RESET - PG1
;=====RAM=====
;$160 YCOR VALUE LOW BYTE
;$161 YCOR VALUE HIGH BYTE
;$162 YCOR STATUS BYTE
;$163 BREATH DATA CURRENT ADRESS LOW BYTE
;$164 BREATH DATA CURRENT ADRESS HIGH BYTE
;$165 - $166 1FP picture DATA RAM adress

```

```

;$167 YCOR lcd adr VALUE LOW BYTE old
;$168 YCOR lcd adr VALUE HIGH BYTE old
;$169 XCOR STATUS BYTE
;$16A XCOR VALUE LOW BYTE
;$16B XCOR VALUE HIGH BYTE
;$16C XCOR lcd adr VALUE LOW BYTE old
;$16D XCOR lcd adr VALUE HIGH BYTE old
;$16E SIGNAL CENTRING SATUS
;$16F
;$170 SIGN START DEFL VALUE LOW BYTE
;$171 SIGN START DEFL VALUE HIGH BYTE
;$172 SIGN END DEFL VALUE LOW BYTE
;$173 SIGN END DEFL VALUE HIGH BYTE
;$174 SIGN LCD START ADRESS
;$175 SIGN LCD END VALUE
;$176 SIGN LCD MID VALUE
;$177 SIGN START MARGIN LCD OLD ADRESS LOW BYTE
;$178 SIGN START MARGIN LCD OLD ADRESS HIGH BYTE
;$179 SIGN END MARGIN LCD OLD ADRESS LOW BYTE
;$17A SIGN END MARGIN LCD OLD ADRESS HIGH BYTE
;$17B SIGN CENTRAL MARGIN LCD OLD ADRESS LOW BYTE
;$17C SIGN CENTRAL MARGIN LCD OLD ADRESS HIGH BYTE
;$17D SIGN CENTRAL MARGIN VALUE
;$17E SIGN START MARGIN LCD DRAW ADRES ?
;$17F SIGN END MARGIN LCD DRAW ADRES ?
;$180 SIGN HIGH TRESHOLD ADRES NEW LOW BYTE
;$181 SIGN HIGH TRESHOLD ADRES NEW HIGH BYTE
;$182 SIGN HIGH TRESHOLD ADRES OLD LOW BYTE
;$183 SIGN HIGH TRESHOLD ADRES OLD HIGH BYTE
;$184 SIGN LOW TRESHOLD ADRES NEW LOW BYTE
;$185 SIGN LOW TRESHOLD ADRES NEW HIGH BYTE
;$186 SIGN LOW TRESHOLD ADRES OLD LOW BYTE
;$187 SIGN LOW TRESHOLD ADRES OLD HIGH BYTE
;$188 SIGN LOW TRESHOLD
;$189 SIGN HIGH TRESHOLD
;$18A 1 SIGN EXTREME
;$18B 2 SIGN EXTREME
;$18C 3 SIGN EXTREME
;$18D 4 SIGN EXTREME
;$18E 5 SIGN EXTREME
;$190 1 SIGN EXTREME MAX/MIN
;$191 2 SIGN EXTREME MAX/MIN
;$192 3 SIGN EXTREME MAX/MIN
;$193 4 SIGN EXTREME MAX/MIN
;$194 5 SIGN EXTREME MAX/MIN
;$195 SIGNAL SNAP STATUS
;$200 - $201 LCD RAM start address
;$202 DATA old value
;$203 DATA new value
;$205 blocks in h-line
;$210 defl DAC start value & value low
;$211 defl DAC start value & value high
;$300 - $3F0 LCD data
;$3ff - $7FF U/D picture data
;$530 - $8C0 UDC 1FP DATA
;$800 - $82A Y cor compr data
;$830 - $985 restaured values from 32 values avg
;$A00 - B2C BREATH DATA
;$BFE BREATH RAM ADDRESS L
;$BFF BREATH RAM ADDRESS H
;$B30 - C5C BREATH LCD DATA
;=====end=====

```

МЕДИЦИНСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Регистрация дыхания человека по форме СШП сигнала на первой главной компоненте

М. Грейтанс, В. Аристов, В. Петерсонс

УДК 621.396.969

В статье рассматривается сверхширокополосный радар, предназначенный для обнаружения и регистрации параметров малых перемещений цели, в частности дыхания человека. В качестве приёмника используется высокочувствительный стробоскопический преобразователь компараторного типа. Обработка выходного сигнала стробоскопического преобразователя производится методом главных компонент.

Ключевые слова: биорадиолокация, дистанционная регистрация дыхания, стробоскопический преобразователь, преобразование Карунена-Лозва, метод главных компонент.

Подповерхностная радиолокация, развиваясь по спирали, на каждом витке использует полученные ранее достижения и одновременно добавляет новые алгоритмы обработки сигнала, аппаратные новшества и ответвляясь на иные сферы применения. Последние со временем становятся самостоятельными направлениями. В частности, такой путь прошла биорадиолокация, основой которой были импульсные радиолокаторы подповерхностного зондирования. Применение сверхширокополосных импульсных сигналов, положительно зарекомендовавших себя в геолокации, даёт возможность получить информацию о таких слабых пространственных изменениях облучаемой цели (в данном случае живого человека) как перемещение грудной клетки (живота) при дыхании. Однако простое созерцание казалось бы случайных амплитудных и фазовых флуктуаций на отражённом сигнале, не прошедшем какой-либо аппаратной или программной обработки, не даёт нам представление о параметрах дыхания. В работе рассматривается вопрос применения алгоритма главных компонент (преобразования Карунена-Лозва), позволяющего выделить из слабо флуктуирующего отражённого сложного сигнала [1] кривые дыхания .

Аппаратура и схема эксперимента. Для проведения экспериментальных замеров, необходимых для формирования ансамбля данных, была создана специальная стойка, на которой крепились приёмопередающие антенны, приёмопередатчик локатора и микропроцессорный блок формирования развёртки и сбора данных. Схема установки и условия сбора данных представлены на Рис.1. Испытуемый человек сидел на стуле напротив

антенн локатора на удалении 140 сантиметров от последних. Вследствие использования высокочувствительного приёмника оказалось достаточным использовать передающие импульсы амплитудой порядка 6 В. При частоте повторения 1МГц и длительности импульсов в 1 нс, плотность потока мощности излучения составила $< 0,01 \text{ мВт/см}^2$, что является допустимой в течение всего

рабочего дня с точки зрения безопасности для человека. Это позволило проводить длительные замеры и сбор данных о дыхании. Основой приёмника служил высокочувствительный (25 мкВ RMS) стробоскопический преобразователь компараторного типа [2], преобразующий сигнал гигагерцового диапазона в килогерцовый.

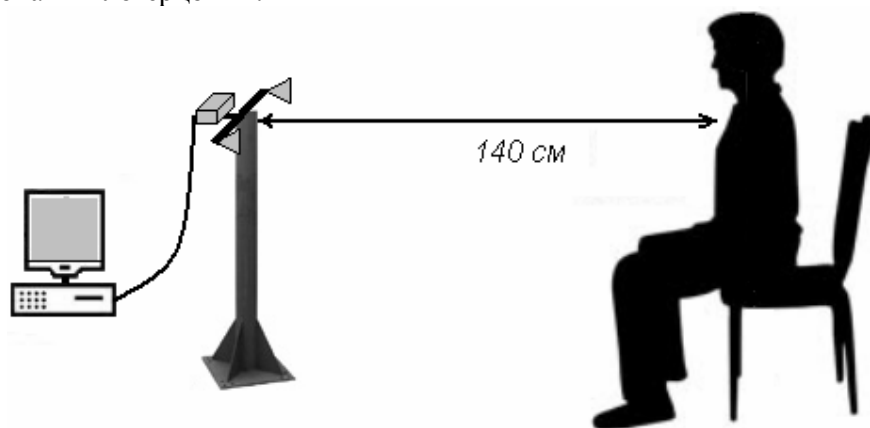


Рис.1. Схема экспериментального мониторинга дыхания человека.

Блок-схема преобразователя представлена на Рис.2.

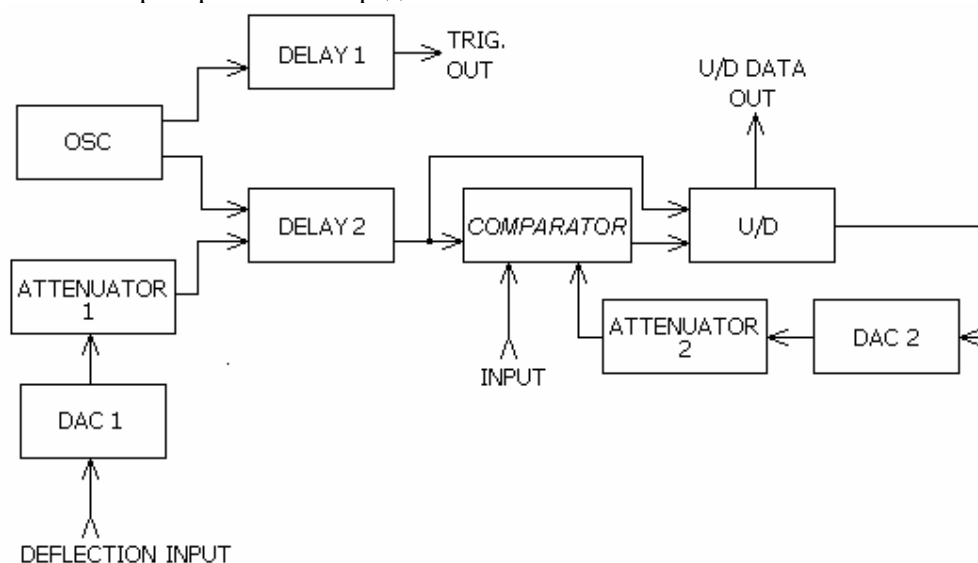


Рис.2. Блок-схема стробоскопического преобразователя компараторного типа, являющегося приёмным устройством локатора дыхания.

Тактовый генератор OSC задает частоту работы преобразователя, равную 1 МГц. Через задержку DELAY1 и выход TRIG OUT, импульсы подаются на запуск передатчика. Изменяемая задержка импульсов стробирования, перекрывающая рабочий диапазон (1 ÷ 10 нс), формируется посредством схемы сравнения DELAY2. Для чего на входы последней подаются пилообразные напряжения, быстрая пила- с выхода OSC и медленная пила- с выхода ЦАП DAC1. Длительность медленной пила задается цифровым кодом, поступающим на DEFLECTION INPUT от микропроцессора. С помощью делителя ATTENUATOR1 устанавливается диапазон преобразователя. Импульсы с выхода DELAY2 подаются на стробируемый компаратор COMPARATOR, а так же на блок U/D процедуры „up-and-down”[3, 4]. В стробируемом компараторе мгновенное значение входного сигнала, поступающего через согласованный вход INPUT, сравнивается с сигналом компенсации с выхода ATTENUATOR2. Результат

сравнения подается в блок U/D, в котором вычисляется численное значение сигнала компенсации, которое и является выходным сигналом преобразователя, поступающим на выход U/D DATA OUT. Цифровое значение сигнала компенсации преобразуется в аналоговое посредством ЦАП DAC2, ослабляется с помощью делителя ATTENUATOR2 и подается на стробируемый компаратор для последующего сравнения. Таким образом, стробирование сигнала в выбранной точке происходит до тех пор, пока с микропроцессора через DEFLECTION INPUT не поступит команда на смену уровня медленной пилы на следующий. Высокая чувствительность преобразователя достигнута за счёт балансной схемы стробируемого компаратора, построенного на туннельных диодах. Последние выбраны для достижения широкой полосы (3,5 ГГц) преобразователя.

Результаты обработки. Сигнал обрабатывался по алгоритму преобразования Карунена-Лоэва [5, 6, 7]. Исходными данными являлся ансамбль реализаций с выхода стробоскопического приёмника. Запись данных в память компьютера производилась с помощью микропроцессорного блока сопряжения, связывающего АЦП стробоскопического преобразователя с компьютером. Период следования преобразователя, определяемый длительностью сформированной микропроцессором, медленной пилы, составил 41,46 мс. Как показали эксперименты этого было достаточно для неискаженного воспроизведения малых перемещений цели с частотой до 30 в минуту. Для связи с компьютером был использован преобразователь FT232 [8]. Исходные данные FPGA подавались на компьютер через преобразователь USB-Parallel FT245, обеспечивающий высокую скорость передачи данных. Ансамбль данных для каждого испытуемого человека представлялся матрицей, состоящей из 1000 реализаций дискретизированного на $n=1024$ точки отражённого сигнала

$$A=[a_{i,j}] (i=1,2,...1024; j=1,2,...1000).$$

Используя эту матрицу, находили ковариационную матрицу C , причём $C=[c_{i,j}]$ ($i=1,2,...1024; j=1,2,...1024$). Далее производилась обработка ковариационной матрицы с целью нахождения её собственных векторов e и собственных значений λ .

Как известно, преобразование Карунена-Лоэва в геометрическом смысле представляет собой переход от системы координат, в которой представлены исходные сигналы (векторы) в систему координат, в которой те же векторы возможно представить гораздо меньшим числом отсчётов при минимальной среднеквадратичной погрешности преобразования. Новая система координат получается посредством поворота исходной на некоторый угол, определяемый собственными векторами ковариационной матрицы C . В общем виде исходный сигнал – вектор x в новой системе координат определяется как вектор y , причём $y = W^t x$, где матрица преобразования W составлена из собственных векторов e . Конечной целью исследований явилось выявление возможности наглядного представления исходного сигнала с выхода стробоскопического преобразователя неким аналогом, совпадающим по визуальному представлению с классической медицинской спирограммой и позволяющим судить о наличии дыхания человека и о параметрах этого дыхания. Для этого исходную размерность n сигнал-вектора x необходимо сократить до значения равного единицы. Несомненно, мы в этом случае проиграем в точности представления сигнала, хотя значительно подавим шумовую компоненту в полезном сигнале [9]. На Рис.3. представлены осциллограммы, характеризующие технические характеристики локатора (а) и изменения отражённого от человека

сигнала при его дыхании (б). Как следует из Рис.3.а облучаемый сигнал представляет короткий двухпериодный импульс длительностью порядка 1 нс. Это было достигнуто путём конструктивного согласования приёмной антенны, представляющей Z-антенну, с входным сопротивлением головки стробоскопического преобразователя. Спектр импульса характеризуется центральной частотой 3 ГГц и полосой по уровню 0.7 равной 1,3 ГГц. Рисунок 3.б показывает, что дыхание человека (перемещение его грудной клетки и живота) вызывает незначительные амплитудные и фазовые изменения в отражённом сигнале на фоне шумовой компоненты.

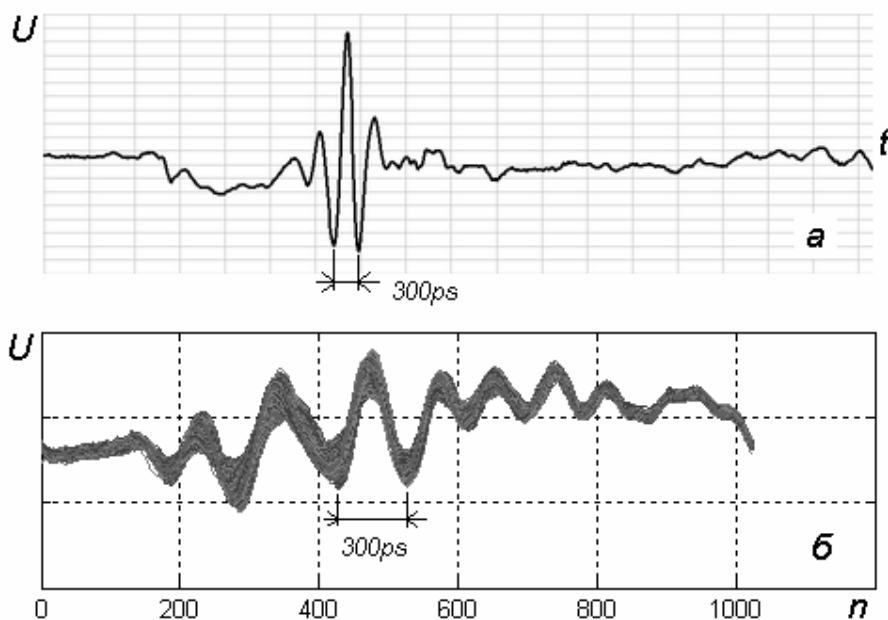


Рис.3. Осциллограммы отражённого сигнала : а – от металлической пластины 410x230 мм; б – от человека (1000 реализаций).

Результаты обработки вышеописанным способом показаны на Рис.4. Здесь представлено поведение преобразованного сигнала на первой главной компоненте новой системы координат. Номера отсчётов на оси X переведены во временную область. Если считать, что в ансамбле получено 1000 реализаций с периодом 41,46 мс, то полная длина цикла облучения составила 41,46 секунды. Анализ полученной кривой и сравнение её с кривыми дыхания здорового человека [10] показывает, что форма преобразованного сигнала на первой главной компоненте практически соответствует кривой дыхания. Полученный период дыхания (4 с) соответствует спокойному состоянию человека, характеризующегося частотой дыхания 12 – 20 в минуту.

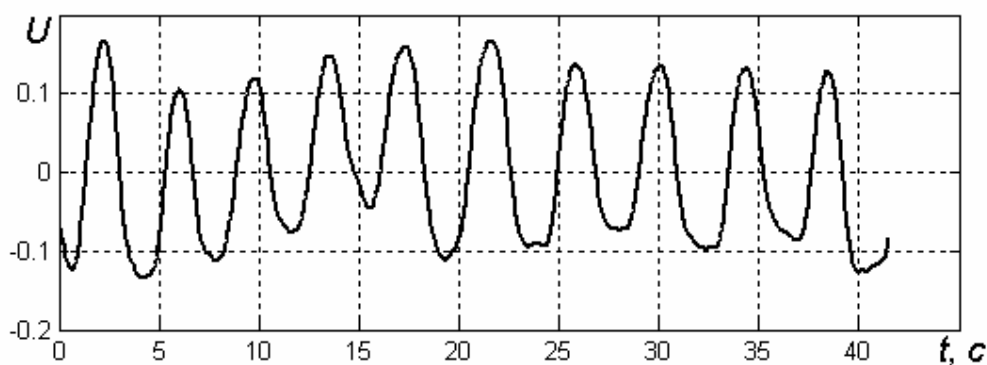


Рис.4. Кривая дыхания человека, соответствующая амплитуде отражённого сигнала на первой главной компоненте.

Работа выполнена в рамках проектов *Института электроники и вычислительной техники* :

– № 2010/0307/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/078 “High Sensitivity Super-wide-band Radar Technology” (LoTe), софинансируемый совместно с Европейским Фондом Регионального Развития.

–Государственной Программы Исследований „IMIS” проект ”Innovative Signal Processing Technologies for Smart and Effective Electronic System Development”;

— Латвийского Национального Совета проект № 09.1581 „Equivalent time signal processing and digital image processing in real time systems”

Список литературы

1. Грейтанс М, Аристов В. Извлечение информации из СШП импульсного сигнала с использованием преобразования Карунена-Лоэва. Львів, університет "Львівська політехніка", Вісник "Радіоелектроніка та телекомунікації", №738, 2012г. ст.38-43 .
2. E. Beiner, K. Krumin'sh, V. Peterson. The experimental research of a digital sampling signal converter. Automatic Control and Computer Sciences, February 2008, Volume 42, Issue 1, pp. 40- 44.
3. E. Beiner, K. Krumin'sh, V. Peterson. The experimental research of a digital sampling signal converter. Automatic Control and Computer Sciences, February 2008, Volume 42, Issue 1, pp. 40-44.
4. E. Beiner, K. Krumin'sh. Simulation and computation of the asymmetry of a clocked balanced tunnel-diode comparator. Automatic Control and Computer Sciences, April 2009, Volume 43, Issue 2.
5. R.D.Dony, Karhunen-Loeve Transform. The Transform and Data Compression Handbook. Ed. K.R.Rao and P.C.Yip. Boca Raton, CRC Press LLC, 2001.
6. M. Greitans, V. Aristov and T. Laimina. Application of the Karhunen-Loeve Transformation in Bio-Radiololocation. Breath Simulation. Automatic Control and Computer Sciences. —2012. —№1. — с.28-36.
7. Modris Greitans, Vladimir Aristov. Retrieval information from the UWB pulse signal using the Karhunen Loeve trasform.11th International Conference “Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science”. TCSET’2012, 21-24 February 2012, Lviv-Slavske, Ukraine.
8. A. Selivanovs. Computer manageable system of discrete stroboscopic signal converter. 12-я международная научно- техническая конференция „Проблемы информатики и моделирования ПИМ-2012”, 24-30 сентября 2012года. Харьков – Ялта, Украина.

9. Грейтанс Модрис, Херманис Эвалдс, Аристов Владимир, Обработка зашумленного сверхширокополосного импульсного сигнала методом главных компонент. Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2012. № 8. (63) , с. 30-35. ISSN 1993-5552.

10. Семиотика поражений органов дыхания. :
http://www.medvrach.ru/Book_for%20children/3.htm

CONTROL OF HUMAN BREATHING IN UWB SIGNAL FORM ON FIRST PRINCIPAL COMPONENT

M. Greitans, V. Aristov, V. Petersons

UDC 621.396.969

In the article discuss the ultrawideband radar for detecting and monitoring the parameters of small displacements of objects, such as human breathing. Highly sensitive comparator type equivalent time converter is used as a UWB receiver. Processing sampled output signal produced by the principal component analysis (PCA) .

Keywords: *Bioradars, remote registration of breathing, equivalent time converter, Karhunen Loeve transform, principal component analysis.*