IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

EIROPAS REĢIONĀLĀS ATTĪSTĪBAS FONDS

EIROPAS SAVIENĪBA

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 APLIECINOŠA DOKUMENTĀCIJA

Pārskata numurs Nr.8. par periodu no 01.01.2013.g līdz 30.04.2013.g.

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

Projekta izpildītāju saraksts:
Vad pētn. Dr.sc.comp. Elmārs Beiners
Vad pētn. Dr.habil.sc.comp. Ēvalds Hermanis
Pētn. Dr.sc.comp. Valdis Kārkliņš
Pētn. Dr.sc.comp. Vladimirs Aristovs
Zin. asist. Arturs Seļivanovs
Zin. asist. Vilnis Pētersons
Zin. asist. Gatis Šūpols
El. inž. Nikolajs Agafonovs
Progr. inž. Tamāra Laimiņa
Progr. tehn. Valdemārs Plociņš
Zin. asist Atis Hermanis /Pofesionāla rakstura darbs bez atlīdzības/
Bakalaura studiju students Kaspars Plečkens /Brīvprātīgais darbs bez atlīdzības/

Saturs

Anotācija **3**

Ievads **3**

Rezultātu kopsavilkums **4**

1. Signālu transformācijas metožu optimizācija 15 mkV pārveidotājam dažādām ekvivalentā ieejas trokšņa vērtībām 4

1.1. S-metodes nepieciešamais strobu skaits pie dažādām ekvivalentā ieejas trokšņa vērtībām..... 6

1.2. k-ud metodes nepieciešamais strobu skaits pie dažādām ekvivalentā ieejas trokšņa vērtībām.. 8

2. k-ud metodes pārbaude mazāka fāzes punktu skaita apstākļos 10

3. Komparatora SBK2 ar mazas jaudas strobsignāla formētāju īpašību izpēte - modelēšana un fizikālie eksperimenti 12

4. Ar 50-omīgu signāla pārvades traktu salāgota tranzistoru komparatora paštrokšņu pētījums 13

5. 15 mkV radiolokatora trokšņu ģeneratora ar dispersijas uzkrāšanu izstrāde un fizikālie eksperimenti 16

6. Signālu pārveidošanas *udc*-metodes implementācija elpošanas radiolokatorā galveno komponenšu metodes pielietojuma eksperimentiem 18

7. Elpošanas lokācijas uz galveno komponenšu metodes bāzes radiolokatora stenda izgatavošana, lokatora montāža un fizikālie eksperimenti 20

8. Iegultās sistēmas FriendlyARM pieslēgšana stroboskopiskajam pārveidotājam un lietotāja interfeisa pārveidošana par iegultās sistēmas programmu. 22

Secinājumi: **23**

Turpmākie darbi: **24**

Pielikums 1 ..... **25**

Paziņojums Latvijas Patentu valdes vēstnesī par patenta piešķiršanu izgudrojumam "Komparatorta tipa stroboskopiskais pārveidotājs" **25**

Pielikums 2 ..... **26**

Starptautiskās ekspertīzes atzinums par izgudrojumu **26**

Pielikums 3. ..... **36**

Komparatora SBK2 ar mazas jaudas strobsignāla formētāju īpašību izpēte - modelēšana un fizikālie eksperimenti **36**

Pielikums 4 ..... **47**

ИМПУЛЬСНЫЙ ЛОКАТОР И МЕТОД ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ КАК СРЕДСТВА АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ДЫХАНИЯ **47**

Anotācija

Pārskata periodā (01.01.2013 – 30.04.2013) tika veiktas sekojošas aktivitātes: veikta 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 komponenšu metodes pielietojuma eksperimentiem; elpošanas lokācijas uz galveno komponenšu metodes bāzes radiolokatora stenda izgatavošana, lokatora montāža un fizikālie eksperimenti; iegultās sistēmas FriendlyARM pieslēgšana stroboskopiskajam pārveidotājam un lietotāja interfeisa pārveidošana par iegultās sistēmas programmu.

Ievads

Ir zināmas vairākas komparatora tipa stroboskopisko pārveidotāju signālu transformācijas metodes. Projekta izpildes laikā esam izstrādājuši arī jaunas ievērojami efektīvākas metodes: *s*-metodi, *k-ud* metodi un *alfa-k-ud* metodi. Salīdzinot ar klasisko *up-and-down* metodi šīs metodes pie vienādas pārveidotāja jutības un dinamiskā diapazona prasa ievērojami mazāku salīdzināšanas operāciju skaitu. Līdz ar to jaunās metodes nodrošina augstāku radiolokatora ātrdarbību (ražību). Projekta izpildes gaitā šīm metodēm tika atrasts minimālais salīdzināšanas operāciju skaits pie prognozētās maskējošā trokšņa vidējās kvadrātiskās novirzes σ_1=271 mkV. Šo trokšņu līmeni nosaka komparatora tuneļdiožu pīķa strāva un kapacitāte. Taču kā pīķa strāvai, tā kapacitātei ir tehnoloģiskā izkliede. Ja pīķa strāvu mēs vēl varam izmērīt un maskējošā trokšņa aprēķinos to varam ņemt vērā, tad tuneļdiožu kapacitāti tiešā veidā izmērīt praktiski nav iespējams. Tāpēc tika veikts pētījums par to, cik liels salīdzināšanas operāciju skaits būtu vajadzīgs, ja komparatora tuneļdiožu paštroksnis izrādītos lielāks nekā prognozēts. Pētījums veikts, arī lai noteiktu katram trokšņa lielumam atbilstošos adaptīvo metožu optimālos koeficientus.

Pārslēdzot radiolokatora izvērses garumus, lai tādā veidā zondētu dziļākus pētāmās vides slāņus, mainās fāzes punktu skaits uz zondējošā signāla periodu – pie garākām izvērsēm fāzes punktu skaits samazinās. Tāpēc pārskata periodā tika veikti pētījumi par fāzes punktu skaita ietekmi uz nepieciešamo strobu skaitu vienai no iespējamām signālu pārveidošanas metodēm - *k-ud* metodei.

Komparatorā SBK2 principā iespējams lietot dažādas jaudas strobējošās tuneļdiodes. No agrākiem strobējamo komparatoru pētījumiem ir zināms, ka lielākas jaudas strobējošā tuneļdiode ļauj lietot palaišanas impulsus ar lēzenākām frontēm, kas tehniski ir vienkāršāk realizējams. Taču komparatora SBK2 gadījumā jaudīga strobējošā diode dod mazas nolasīšanas impulsa platumu izmaiņas, kas tehniski apgrūtina komparatora stāvokļa detektēšanu. Šai sakarā tika izvirzīta hipotēze, ka pielietojot mazāk jaudīgu strobējošo tuneļdiodi varētu iegūt lielāku nolasīšanas impulsa platumu modulāciju. Tāpēc pārskata periodā tika veikti attiecīgi pētījumi, kas šo hipotēzi apstiprināja. Savukārt veiktie fizikālie eksperimenti apstiprināja datormodelēšanas rezultātus. Papildus augstāk minētajam tika veikti pētījumi par komparatora tuneļdiožu asimetrijas ietekmi uz pārveidotāja jutību pret strobģeneratora paštrokšņiem un dreifu. Pētījumu rezultāti var kalpot kā rekomendācijas optimālās asimetrijas izvēlei.

Kā jau agrākos pētījumos tika konstatēts, tad pielietojot strobējamos komparatorus uz tranzistoru bāzes ar diskrētiem shēmas elementiem nevar iegūt tik plašu pārveidotaja frekvenču joslu kā ar komparatoriem uz tuneļdiožu bāzes. Plašāku frekvenču joslu pārveidotājam uz tranzistoru bāzes varētu iegūt, vienīgi veicot komparatora izpildījumu integrālās shēmas veidā. Diemžēl Latvijā nav tādas tehnoloģijas iespējas. Tāpēc komparatorus uz tranzistoru bāzes varētu lietot tādiem pārveidotājiem, kuriem frekvenču josla ir relatīvi zema. Tie varētu būt UWB

radiolokatori, piemēram, dziļākiem zemes slāņiem vai vidēm ar lielākiem elektromagnētiskiem zudumiem. Taču pārveidotāju ar šaurāku frekvenču joslu var izveidot arī uz tuneļdiožu bāzes, pielietojot "lēnākas" tuneļdiodes (t.i. tuneļdiodes ar lielākām kapacitātēm). Līdz ar to rodas pamatots jautājums, kādu elementu bāzi pie uzdotās frekvenču joslas ir izdevīgāk lietot pārveidotāja jutības nodrošināšanai. Šī jautājuma noskaidrošanai tika izgatavota aparatūra, kas, saslēgta ar datoru, realizēja stroboskopisku signāla pārveidošanu ar *up-and-down* metodi. Pārveidotāja tika izmantots komparators uz tranzistoru ar frekvenču joslu 25 GHz bāzes. Veicot trokšņu celiņu pierakstus pie diviem dažādiem līdzspriegumiem pārveidotāja ieejā un izmantojot *up-and-down* metodes analītiskās sakarības, tika noskaidrota šāda veida pārveidotāja uz tranzistoru komparatora bāzes paštrokšņa vidējā kvadrātiskā novirze.

15 mkV radiolokatora trokšņu ģeneratora ar dispersijas uzkrāšanu izstrāde un fizikālie eksperimenti ir saistīti ar pārveidotāja takts ģeneratora desinhronizācijas attiecībā pret apkārtējās vides elektromagnētiskā piesārņojuma nesējfrekvencēm nepieciešamību. Sinhronizējoties ar vides elektromagnētiskā piesārņojuma frekvenci, pārveidotājs transformē šo traucējošo signālu un tādā veidā maskē vājo derīgo signālu. Lai pārveidotāju desinhronizētu, tā takts ģeneratoru modulē ar trokšņu ģeneratoru. Taču modulācijas dziļumu ierobežo takts ģeneratora periods. Teorētiski modulācijas dziļums nedrīkst pārsniegt perioda garumu, praktiski – pusperiodu vai pat mazāk (atkarībā no pārveidotāja pārējo mezglu tehniskām iespējām). Tāpēc tika uzsākti pētījumi par pārveidotāja takts ģeneratora desinhronizācijas uzlabošanu. Fizikālie eksperimenti ar takts ģeneratora modulāciju, pielietojot dispersijas uzkrāšanu, parādīja, ka līdzvērtīgus rezultātus var iegūt ar vienkāršu, zemas perioda stabilitātes RC ģeneratoru. Līdz ar to projekta izpildi var realizēt vienkāršākā veidā – bez sarežģītas takts ģeneratora modulācijas pielietojuma.

Lai elpošanas lokatora eksperimentos varētu ērti izmainīt stroboskopiskā pārveidotāja jutību, pārveidotājā tika iebūvēta *udc* metode. Fizikālie eksperimenti apstiprināja pārveidotāja jutības uzlabošanas iespēju palielinot strobu skaitu pie nemainīga kompensācijas soļa.

Tika izgatavots stends elpošanas lokācijas eksperimentu veikšanai. Raidošā un uztverošā antena izvietotas pie griestiem, savukārt cilvēks elpošanas pierakstu veikšanai novietojas guļus zem antenām uz speciāli izgatavotas platformas. Eksperimenti veikti apstākļos, kas maksimāli pietuvināti apstākļiem klīnikā – telpā daudz blakuspriekšmetu, tai skaitā arī metālisku, kas dod spēcīgus traucējošos atstarojumus.

Stroboskopiskā pārveidotāja vadībai no FriendlyARM iegultās sistēmas paredzēts izmantot QT programmēšanas vidi. Programma tiek izstrādāta Windows vidē, kas nodrošina iespēju vadīt pārveidotāju arī no datora. Programma tiek izstrādāta un testēta uz personālā datora, kā arī tiek kroskompilēta ARM procesoram un testēta uz iegultās sistēmas. Tiek risinātas ar skārienjutīgā displeja draiveriem saistītas problēmas.

Dotā ERAF projekta ietvaros veiktie pētījumu rezultāti deva iespēju radīt izgudrojumu ar nosaukumu "Komparatora tipa stroboskopiskais pārveidotājs". Uz šī izgudrojuma iesnieguma pamata Elektronikas un datorzinātņu institūtam Latvijas Patentu valde ir piešķīrusi Latvijas patentu (sk. ***Pielikumu 1***). Arī pētījumi UWB raidītāju jomā deva iespēju radīt raidītāja gala pakāpes tehnisko risinājumu, ko starptautiskā ekspertīze ir atzinusi par patentējamu izgudrojumu (sk. ***Pielikumu 2***).

Rezultātu kopsavilkums

1. Signālu transformācijas metožu optimizācija 15 mkV pārveidotājam dažādām ekvivalentā ieejas trokšņa vērtībām

Lai jebkurai signālu transformēšanas metodei noteiktu nepieciešamo strobu skaitu, ir jāzina strobējamā komparatora paštrokšņa vidēja kvadrātiskā novirze σ_1. Kā jau ievadā bija teikts, komparatora uz tuneļdiožu bāzes paštroksni var aprēķināt zinot tuneļdiožu pīķa strāvu I_p, kapacitāti C un voltampēru raksturlīknes diferenciālās pretestības R_1 un R_2:

$$\sigma_1 = R_{ie}\sqrt{\frac{q\,I_p}{C(R_1 - R_2)}}, \qquad (1)$$

kur

R_{ie} – salāgojošā pretestība komparatora ieejā;

R_1 – tuneļdiodes voltampēru raksturlīknes (VAR) pirmā zara pretestība raksturlīknes nulles punktā;

R_2 - tuneļdiodes voltampēru raksturlīknes (VAR) otrā (krītošā) zara minimālā diferenciālā pretestība;

q – elektrona lādiņš.

Šajā aprēķinā sastopamies ar sekojošām problēmām. Pīķa strāva un kapacitāte ir uzdota tuneļdiožu tehniskajā pasē ar visai lielu izklaidi. Piemēram, 1И308Д sērijas tuneļdiodei pīķa strāvas izkliede ir robežās no 9 mA līdz 11 mA t.i. 22% robežas. Kapacitāšu izkliede šai diodei ir vēl lielāka - no 0,8 pF līdz 2 pF t.i. 150% robežās. Ja pīķa strāvu var izmērīt, tad kapacitāti tiešā veidā praktiski izmērīt nav iespējams. To var noteikt tikai netiešu mērījumu rezultātā, pie tam visai aptuveni. Tā, piemēram, var veikt tuneļdiodes trigera pārslēgšanās procesa reģistrāciju un no šī pieraksta noteikt pārejas procesa kāpuma laiku t_{f+}. Saskaņā ar teoriju tuneļdiodes trigera pārslēgšanās laiku t_{f+} ar tuneļdiodes parametriem saista sekojoša izteiksme:

$$t_{f+} = C\frac{U_3 - U_1}{I_1 - I_2}, \qquad (2)$$

kur U_1 un U_3 ir tuneļdiodes tehniskajā pasē uzrādītie dati:

I_1 – TD pīķa strāva;

I_2 – TD voltampēru raksturlīknes minimuma strāva;

U_1 – tuneļdiodes pīķa spriegums;

U_3 – tuneļdiodes spriegums uz voltampēru raksturlīknes trešā zara pie strāvas I_3 caur tuneļdiodi vienādas ar pīķa strāvu $I_3 = I_1$.

Izmantojot izmērīto kāpuma laiku t_{f+} un izteiksmi (2), varam aprēķināt TD kapacitāti C. TD pārslēgšanās laiki ir ļoti īsi, tāpēc pārejas procesa kvalitatīvam pierakstam nāktos lietot ārkārtīgi plašas joslas stroboscilogrāfu. Piemēram, 1И308Д sērijas tuneļdiodei ar pases datiem I_1=10 mA; I_2=1,1 mA; U_1=95 mV; U_3=0,57 V iegūstam, ka pie TD kapacitātes C=0,8 pF pārejas procesa frontes garums būs t_{f+}=42,7 ps. Lai tik ātru pārejas procesu kvalitatīvi reģistrētu, stroboscilogrāfa pārejas raksturlīknes kāpuma laikam jābūt aptuveni par kārtu mazākam nekā 42,7 ps jeb tā frekvenču joslai jabūt aptuveni vienādai ar F=10(0,35/t_{f+})=10(0,35/0,0427)=82 GHz! Reti kurā pasaules laboratorijā ir stroboscilogrāfs ar šādu frekvenču joslu, par Latviju nemaz nerunājot. Reizēm šādos mērījumos izlīdzas ar šaurākas joslas oscilogrāfiem un mērījuma rezultātu aprēķina pēc kāpuma laiku kvadrātu formulas:

$$t_{fsumm} = \sqrt{t_{osc}^2 + t_{f+}^2}, \qquad (3)$$

kur

t_{osc} - stroboscilogrāfa pārejas raksturlīknes kāpuma laiks.

Diemžēl formula dod tikai aptuvenu rezultātu un jo mazāka ir t_{osc} kāpuma laika un t_{f+} attiecība, jo lielāka ir kļūda.

Tas nozīmē to, ka pietiekoši precīzu σ_1 vērtību nav iespējams iegūt. Tāpēc tika veikta modelēšana, lai pie iespējamām σ_1 vērtībām atrastu nepieciešamo strobu skaitu un optimālos parametrus. Iegūtos rezultātus praktiski izmantos šādā veidā. Uz lokatora priekšplates paredzēts slēdzis, kas pārslēdz metodes parametrus atbilstoši vairākām σ_1 vērtībām. Lielākām σ_1 vērtībām

atbilst lielākas nepieciešamās n vērtības. Pārslēdzot slēdzi no mazākām n vērtībām uz lielākām, atrodam mazāko n, pie kura izpildās prasība $\sigma_2 \le 15$ mkV. Vēlams lietot pēc iespējas mazāku n, jo tas nodrošina augstāku radiolokatora ātrdarbību.

Tāpēc pārskata periodā tika veikts pētījums par nepieciešamā strobu skaita un tam atbilstošo metodes parametru noteikšanu pie dažādām maskējošā trokšņa σ_1 vērtībām.

1.1. *S*-metodes nepieciešamais strobu skaits pie dažādām ekvivalentā ieejas trokšņa vērtībām.

Tika meklēts minimālais strobēšanas operāciju skaits *s*-metodei precīzās reģistrācijas režīmā atkarībā no ieejas trokšņa σ_1 vidējās kvadrātiskās vērtības pie nosacījumiem, ka izejas trokšņa σ_2 vidējā kvadrātiskā vērtība nepārsniedz $15\,\mu V$, pārveidotāja dinamiskais diapazons sastāda ne mazāk kā $64\,dB$ (A_1=25 mV) un pārveidotā signāla formas kropļojumi σ_f visā dinamiskā diapazonā nepārsniedz 0.05. Lielumu σ_f nosaka pēc formulas

$$\sigma_f = \frac{1}{A_1}\sqrt{\frac{1}{n_T}\sum_{i=1}^{n_T}(u_{s\,i} - \bar{u}_{2\,i})^2}\,, \qquad (1)$$

kur u_s ir pārveidojamais signāls ar amplitūdu A_1, u_2 - pārveidotais signāls, n_T - signāla u_s reģistrējamo momentāno vērtību skaits, rēķinot uz signāla periodu T.

Kā zināms, *s*--metode ir *up-and–down* metodes modifikācija, kur katra pārveidojamā signāla $u_1 = u_s + u_{tr}$ (u_{tr} - aditīvais ieejas troksnis) momentānā vērtība tiek reģistrēta n strobēšanas operāciju ciklā

$$e_{i\,j} = e_{i-1\,j} + s_j \cdot \mathrm{sgn}(u_j - e_{i-1\,j})\,, i = 1\,,2\,,\ldots n\,;\; j = 1\,,2\,,\ldots n_T\,, \qquad (2)$$

kur s_j ir j-tā ciklā izmantotais solis, bet n_T - reģistrējamo momentāno vērtību skaits. Par mērījuma rezultātu pieņem vērtību $u_{2\,j} = e_{n\,j}$. Soli s_j nosaka pēc izteiksmes

$$s_j = s_0\,(1 + k\,|w_{j-1}|^r)\,, \qquad (3)$$

kur s_0 ir soļa sākuma vērtība, k un r - koeficienti, bet w_{j-1} ir proporcionāls diskriminatora nostrādāšanu skaitam $j-1$ ciklā:

$$w_{j-1} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\mathrm{sgn}(u_{1\,j-1} - e_{i\,j-1})\,. \qquad (4)$$

Tika meklētas s_0, k un r vērtības, pie kurām strobēšanu skaits n pie dotās σ_1 vērtības un pie minētiem papildu nosacījumiem ir minimāls.

Tā kā nav atrastas analītiskas sakarības starp minētiem parametriem, to noteikšanai tika izmantoti modelēšanas eksperimenti, kas ir apkopoti tabulā. Bez tam no iepriekšējiem pētījumiem zināms, ka r vērtību vairumā gadījumu ieteicams izvēlēties $1.5 \div 3.0$ robežās. Šajā pētījumā tika konstatēts, ka minimālo strobu skaitu var sasniegt pie $r = 1.9 \div 2.1$. Zemāk parādītie rezultāti ir iegūti pie $r = 2$.

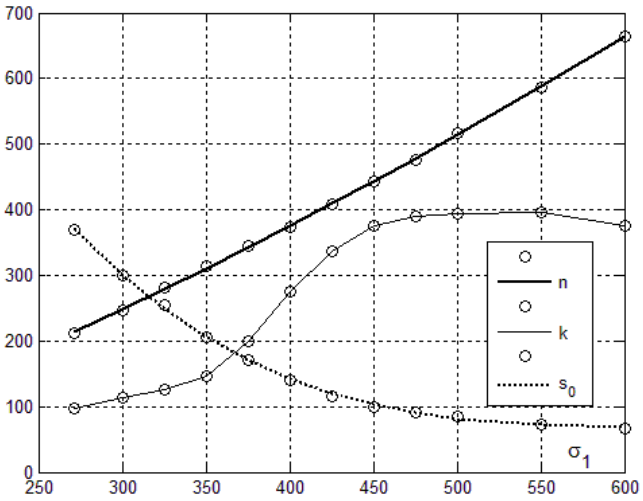
1. zīm. ir attēlotas atkarības $n(\sigma_1)$, $k(\sigma_1)$ un normētā atkarība $10^4 \cdot s_0(\sigma_1)/\sigma_1$, kur aplīši atbilst 1. tabulas datiem.

Atkarības $n(\sigma_1)$ un $s_0(\sigma_1)$ ar precizitāti apm. 1% var aproksimēt attiecīgi ar otrās un trešās pakāpes polinomu. 1.zīm. šo polinomu grafiki ir attēloti ar trekno un punktēto līknēm. Polinomu koeficienti attiecīgi ir vienādi ar 5.454e-4, 8.933e-1, -6.861e+1 un -8.715e-11, 1.54e-7, -9.143e-5, 1.893e-2. Lai sasniegtu tādu pašu precizitāti $k(\sigma_1)$ aproksimācijai, polinoma kārtai jābūt ne zemākai par septīto.

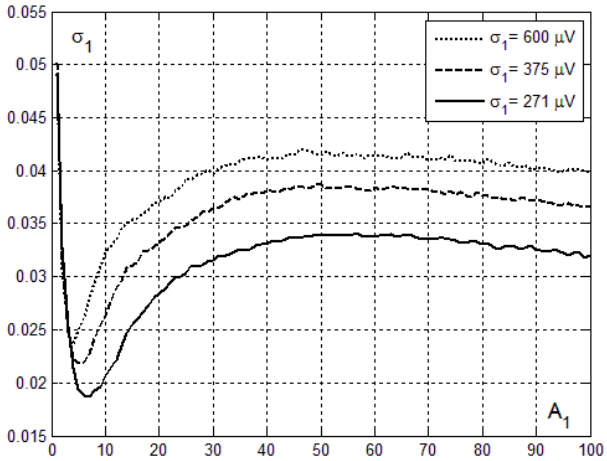
Pie visām σ_1 un attiecīgo parametru n, s_0 un k vērtībām izejas trokšņa σ_2 vidējā kvadrātiskā vērtība atrodas $14.9 \div 15\,\mu V$ robežās.

Tabula 1.

σ_1 , μV	n	k	s_0 , μV
271	211	97	1.003
300	247	113	0.900
325	282	125	0.829
350	317	147	0.725
375	347	203	0.638
400	374	275	0.560
425	409	337	0.472
450	443	375	0.450
500	516	395	0.425
550	587	400	0.402
600	665	375	0.402



1. zīm. Salīdzināšanas operāciju skaita n, adaptācijas koeficienta k un soļa s_0 atkarība no maskējošā trokšņa vidējās kvadrātiskās novirzes σ_1.



2. zīm. Kropļojumu faktora σ_f atkarība no signāla amplitūdas A_1 pie dažādām maskējošā trokšņa vidējās kvadrātiskās novirzes σ_1 vērtībām.

2. zīm. ir parādīts, kā dinamiskā diapazona robežās mainās σ_f pie trim dažādām ieejas trokšņa vērtībām. Ieejas signāla amplitūda ir izteikta σ_1 vienībās, un dinamiskā diapazona augšējā robeža atbilst $A_1 \approx 92$. Redzams, ka maksimālais $\sigma_f = 0.05$ atbilst ieejas signāla amplitūdai $A_1 = 1$, bet dinamiskā diapazona vidū atrodas robežās no 0.034 līdz 0.042 atkarībā no ieejas trokšņa vērtības.

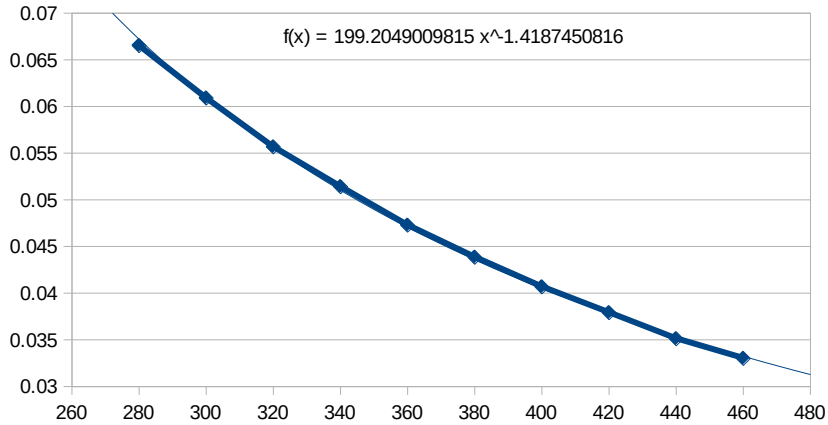
Secinājumi:

- *S*-metodei salīdzināšanas operāciju (strobu) skaits ir tieši proporcionāls maskējošā trokšņa vidējās kvadrātiskās novirzes σ_1 lielumam.
- Adaptācijas koeficienta k un kompensācijas soļa s_0 atkarība no maskējošā trokšņa vidējās kvadrātiskās novirzes σ_1 ir nelineāra.
- Strobu skaits n, adaptācijas koeficients k un kompensācijas solis s_0 katram σ_1 ir jāizvēlas saskaņā ar Tab. 1.

1.2. *k-ud* metodes nepieciešamais strobu skaits pie dažādām ekvivalentā ieejas trokšņa vērtībām.

Agrāk tika izrēķināts, ka prognozējamais σ_1 ir aptuveni $\sigma_1 \approx 271$ μV. Tādā gadījumā pie nt=50 signālu precīzai reģistrācijai *k-ud* metodei 2nt kritērija dēļ nepieciešams izmantot $n = 272$ salīdzināšanas ar slieksni ($s_0 \approx 1.28$μV). Šis pētījums veikts, lai noskaidrotu nepieciešamo strobu skaitu pie šādām lielākām σ1 vērtībām: $\sigma_1 = 350$ μV un $\sigma_1 = 450$ μV.

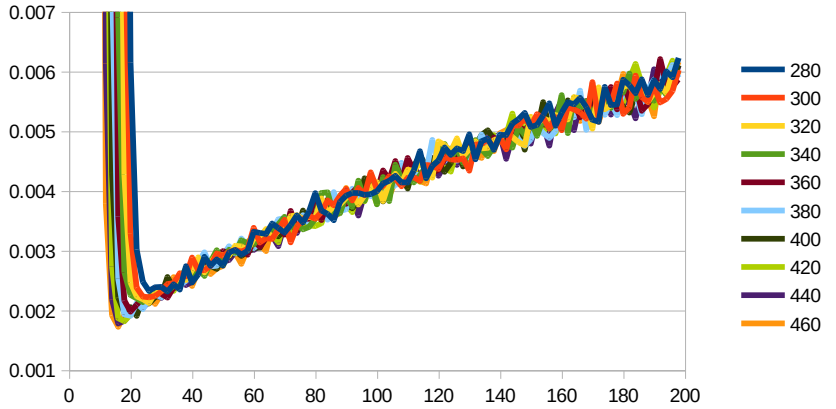
Lai pie $\sigma_1 = 350$ μV nodrošinātu pārveidotāja jūtību $\sigma_2 = 15$ μV un pietiekoši kvalitatīvu signāla pārveidojumu, datormodelēšana tika veikta pie sekojošām n vērtībām: $n = 280; 300; ...; 460$. Adaptācijas koeficients k tika mainīts robežās no $k = 0$ līdz $k = 198$. Pārējie k-ud metodes parametri bija $r = 6$; $v = 1$ un $n_1/n = 0.5$. Pētījumu rezultātā tika konstatēts, ka šajā gadījumā nepieciešamais s0 nav atkarīgs no n. Bez tam tika secināts, ka sf1 pie $\sigma_1 = 350$ μV, tāpat kā pie $\sigma_1 = 271$ μV, var uzskatīt par normāli sadalītu gadījumlielumu ar noteiktu vidējo vērtību. Šī iemesla dēļ sf1 iegūtās vērtības, kas iegūtas pie dažādiem k, bet pie tā paša n, var viduvēt. Šīs viduvēšanas rezultāts ir parādīts Zīm. 1.



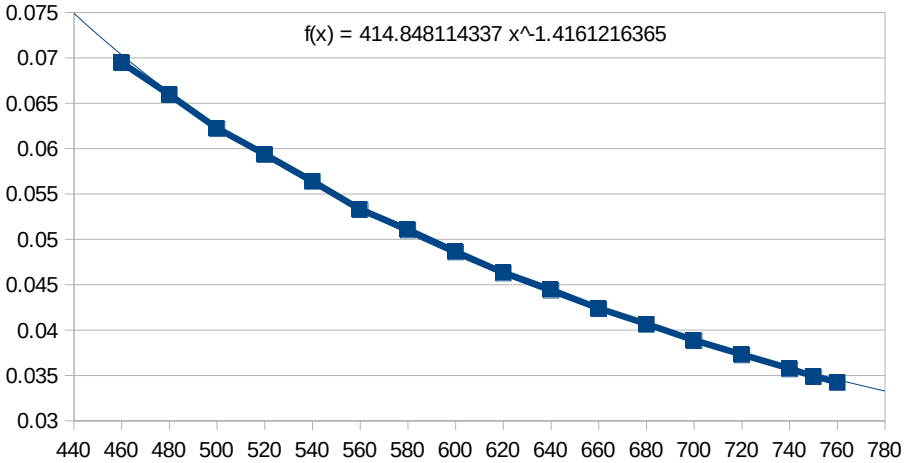
Zīm. 1. Kropļojumu faktora sf1 atkarība no n pie σ1=350 μV.

Iegūtā sf1 sakarība tika aproksimēta ar pakāpes funkciju pēc mazāko kvadrātu metodes. Izmantojot šo aproksimāciju, tika atrasts nepieciešamais strobu skaits n=442.

Modelētā sakarība sf2 no n pie dažādiem k ir parādīta Zīm. 2. Ir redzams, ka sf2 tiek apmierināts ar lielu rezervi.

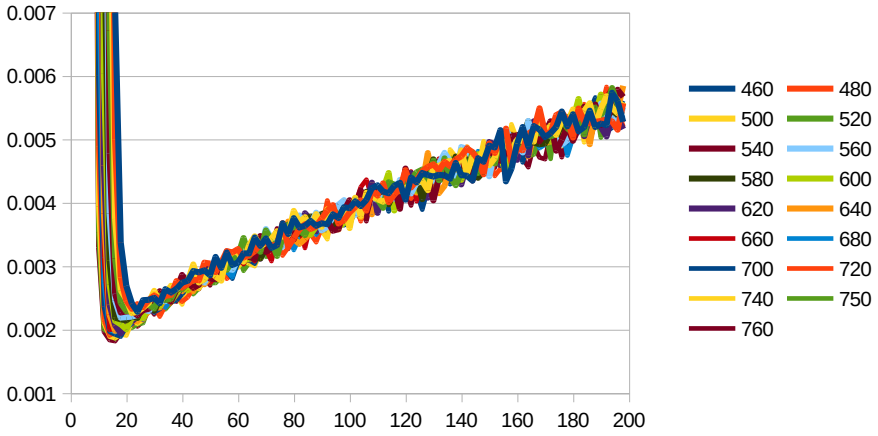


Zīm. 2. Kropļojumu faktora sf2 atkarība no n pie σ1=350 μV.



Zīm. 3. Kropļojumu faktors sf1 atkarībā no n pie σ1=450 μV.

No augstāk minētā redzams, ka maskējošā trokšņa vērtības σ1=350 μV un nt=50 gadījumā būtu jāizmanto n=442, k=32 un s0≈1.00 μV.



Zīm. 4. Kropļojumu faktora sf2 atkarība no n pie σ1=450 μV.

Pie σ1=450 μV modelēšana notika šādām n vērtībām: n=460; 480; ...; 740; 750; 760. Adaptācijas koeficients k tikai mainīts no k=0 līdz k=198. Pārējie *k-ud* metodes parametri bija r=6; v=1 un n1/n=0.5. Tika konstatēts, ka arī šajā gadījumā nepieciešamais s0 nav atkarīgs no n.

Līdzīgā veidā kā iepriekšējā piemērā, sf1 vērtības tika viduvētas. Iegūtā atkarība sf1(n) ir parādīta Zīm. 3.

Iegūtā sf1 sakarība tika aproksimēta ar pakāpes funkciju pēc mazāko kvadrātu metodes. Izmantojot šo aproksimāciju, tika atrasts nepieciešamais strobu skaits n=750.

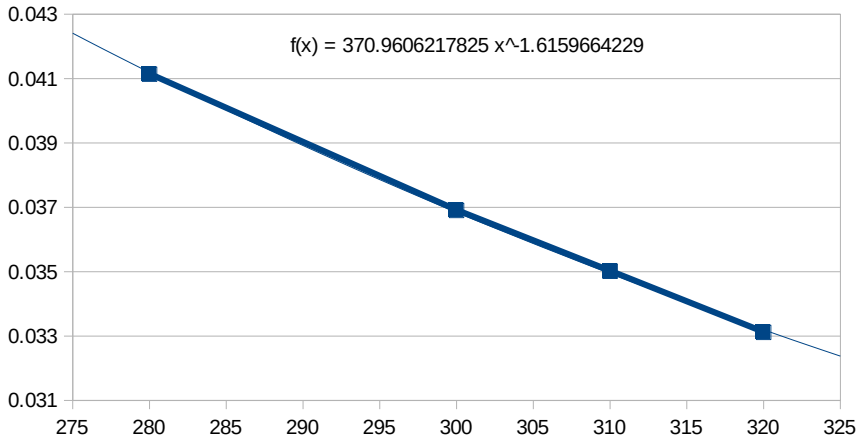
Modelētā sakarība sf2 no n pie dažādiem k ir parādīta Zīm. 4. Ir redzams, ka sf2 tiek apmierināts ar lielu rezervi.

No augstāk minētā redzams, ka σ1=450 μV un nt=50 gadījumā var izmantot n=750, k=30 un s0≈0.77 μV.

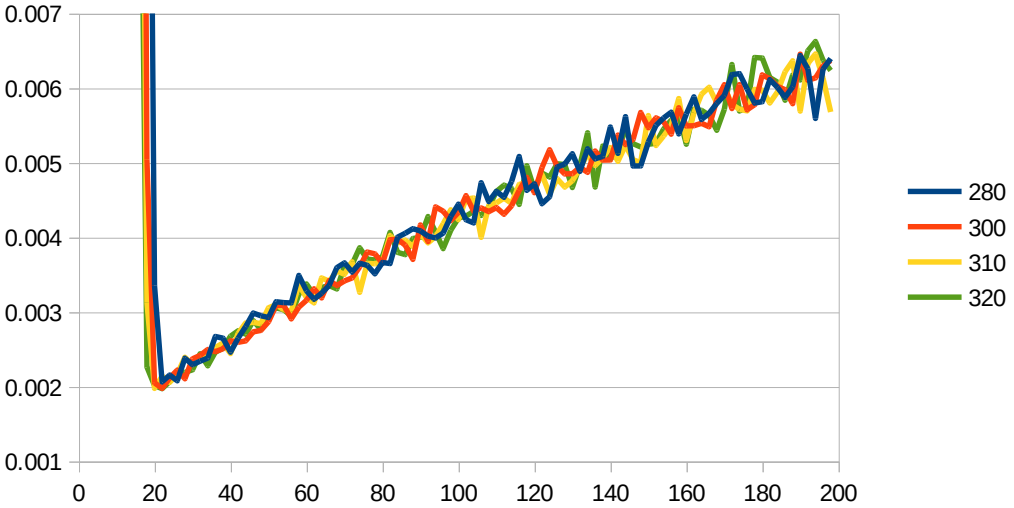
Nepieciešamā n atkarību no σ1, izmantojot iegūtos rezultātus pie σ1=271 μV, σ1=350 μV un σ1=450 μV, var aproksimēt ar funkciju $n = 0.0037\sigma_1^2$.

2. *k-ud* metodes pārbaude mazāka fāzes punktu skaita apstākļos

Šajā pētījumā vajadzēja noskaidrot, kāds ir nepieciešamais strobu skaits *k-ud* metodei, pielietojot 2nt kritēriju, pie sekojošiem fāzes punktu skaitiem uz monosvārstības periodu: nt=20; 30 un 40. Maskējošais troksnis σ1 tika pieņemts σ1=271 μV. Agrāk jau bija iegūts, ka pie nt=50 un σ1=271 μV *k-ud* metodei nepieciešamais strobu skaits ir n=272.



Zīm. 1. Kropļojumu faktora sf1 atkarība no n pie nt=40.



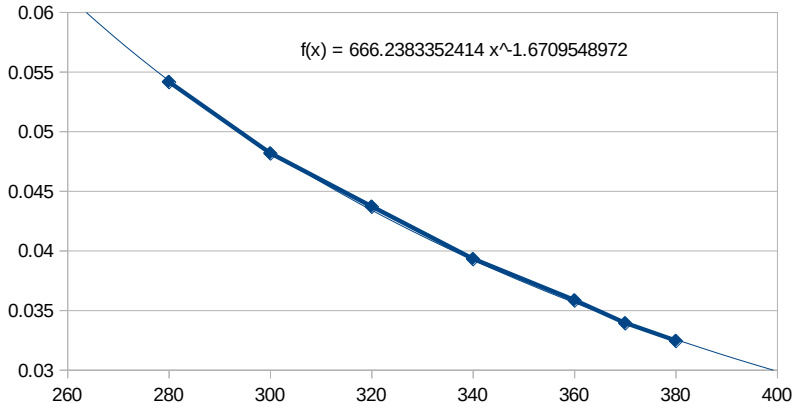
Zīm. 2. Kropļojumu faktora sf2 atkarība no n pie nt=40.

Pie nt=40 modelēšana tika veikta šādām n vērtībām: n=280; 300; 310; 320. Adaptācijas

koeficients k tika mainīts no k=0 līdz k=198. Pārējie *k-ud* metodes parametri bija r=6; v=1 un n1/n=0.5. Pētījumu rezultātā tika konstatēts, ka nepieciešamais s0 nav atkarīgs no n. Modelēšanas ceļā tika secināts, ka sf1 arī pie nt=40 var uzskatīt par normāli sadalītu gadījumlielumu ar noteiktu vidējo vērtību. Šī iemesla dēļ sf1 iegūtās vērtības, kas iegūtas pie dažādiem k, bet pie tā paša n, var viduvēt. Šīs viduvēšanas rezultāti ir parādīti Zīm. 1. Iegūtā sf1 sakarība tika aproksimēta ar pakāpes funkciju pēc mazāko kvadrātu metodes. Izmantojot šo aproksimāciju, tika atrasts nepieciešamais strobu skaits n=310. Modelētā sakarība sf2 no n pie dažādiem k ir parādīta Zīm. 2. Ir redzams, ka sf2 tiek apmierināts ar lielu rezervi.

No augstāk minētā redzams, ka nt=40 un σ1=271 μV gadījumā var izmantot n=310, k=30 un s0≈1.28 μV.

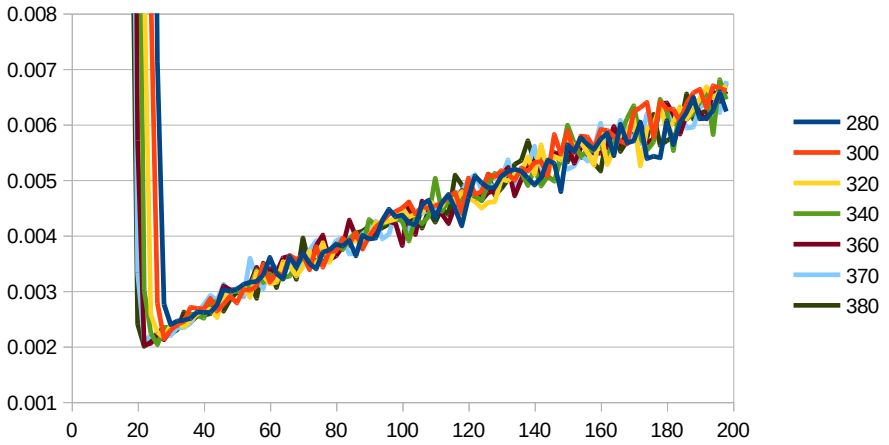
Pie nt=30 modelēšana tika veikta šādām n vērtībām: n=280; 300; 320; 340; 360; 370; 380. Adaptācijas koeficients k tika mainīts no k=0 līdz k=198. Pārējie k-ud metodes parametri bija r=6; v=1 un n1/n=0.5. Modelēšanas ceļā tika konstatēts, ka nepieciešamais s0 arī šajā gadījumā nav atkarīgs no n un secināts, ka sf1 arī pie nt=30 var uzskatīt par normāli sadalītu gadījumlielumu ar noteiktu vidējo vērtību. Šī iemesla dēļ sf1 iegūtās vērtības, kas iegūtas pie dažādiem k, bet pie tā paša n, var viduvēt. Šīs viduvēšanas rezultāti ir parādīti Zīm. 3.



Zīm. 3. Kropļojumu faktora sf1 atkarība no n pie nt=30.

Iegūtā sf1 sakarība tika aproksimēta ar pakāpes funkciju pēc mazāko kvadrātu metodes. Izmantojot šo aproksimāciju, tika atrasts minimālais strobu skaits n=364.

Modelētā sakarība sf2 no n pie dažādiem k ir parādīta Zīm. 4. Ir redzams, ka sf2 tiek apmierināts ar lielu rezervi.

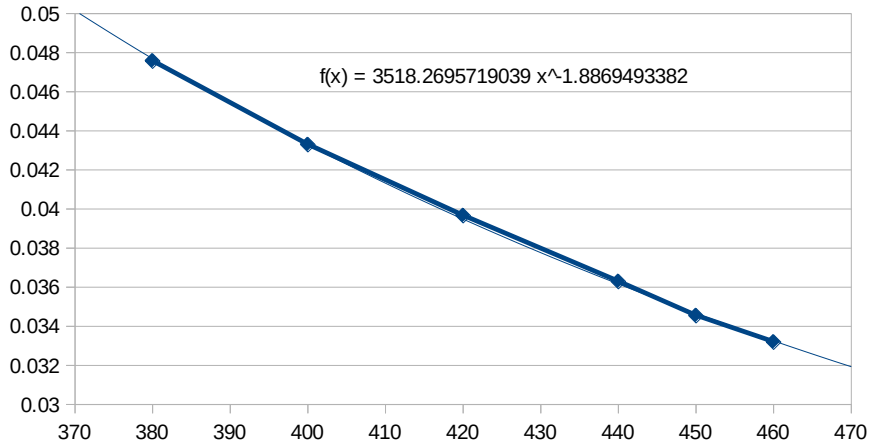


Zīm. 4. Kropļojumu faktora sf2 atkarība no n pie nt=30.

No augstāk minētā redzams, ka nt=30 un σ1=271 μV gadījumā var izmantot n=364, k=30

un s0≈1.28 μV.

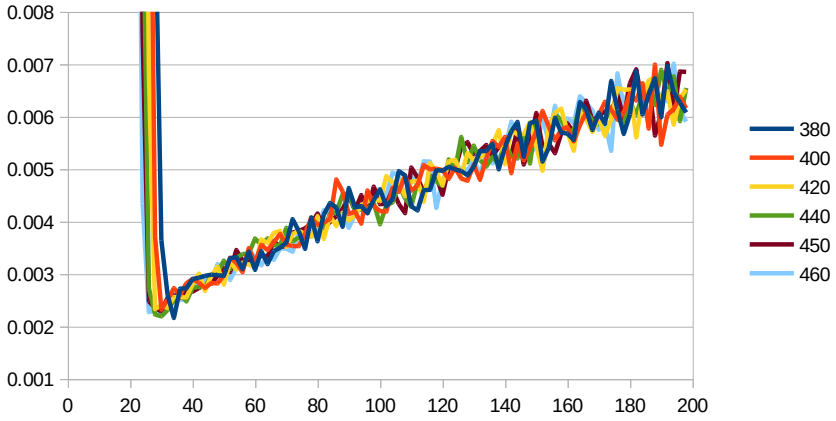
Pie nt=20 modelēšana notika šādām n vērtībām: n=380; 400; 420; 440; 450; 460. Adaptācijas koeficients k tika mainīts no k=0 līdz k=198. Pārējie *k-ud* metodes parametri bija r=6; v=1 un n1/n=0.5. Tika iegūts, ka nepieciešamais s0 nav atkarīgs no n. Modelēšanas ceļā tika secināts, ka sf1 arī pie nt=20 var uzskatīt par normāli sadalītu gadījumlielumu ar noteiktu vidējo vērtību. Šī iemesla dēļ sf1 iegūtās vērtības, kas iegūtas pie dažādiem k, bet pie tā paša n, var viduvēt. Šīs viduvēšanas rezultāts ir parādīts Zīm. 5



Zīm. 5. Kropļojumu faktora sf1 atkarība no n pie nt=20.

Iegūtā sf1 sakarība tika aproksimēta ar pakāpes funkciju pēc mazāko kvadrātu metodes. Izmantojot šo aproksimāciju, tika atrasts nepieciešamais strobu skaits n=446.

Modelētā sakarība sf2 no n pie dažādiem k ir parādīta Zīm. 6. Ir redzams, ka sf2 tiek apmierināts ar lielu rezervi.



Zīm. 6. Kropļojumu faktora sf2 atkarība no n pie nt=20.

No augstāk minētā redzams, ka nt=20 un σ1=271 μV gadījumā var izmantot n=446, k=32 un s0≈1.28 μV.

Nepieciešamā n atkarību no nt, izmantojot nt=50, nt=40, nt=30 un nt=20 var aproksimēt ar funkciju $n = 2254 n_T^{-0.5388}$.

3. Komparatora SBK2 ar mazas jaudas strobsignāla formētāju īpašību izpēte - modelēšana un fizikālie eksperimenti

Iepriekšējā pārskata periodā tika veikta komparatora SBK2 dinamikas izpēte pielietojot relatīvi lielas jaudas strobsignālu formējošo tuneļdiodi - 50 mA tuneļdiodi. Tika atrasts optimālais

darba režīms un elementu parametru pielaižu diapazons. Lai šādu strobsignāla formētāju darbinātu nepieciešamā palaišanas impulsa strāvas amplitūda ir 1,15xIomin=1,15x50 mA=57,5 mA. Ņemot vērā, ka palaišanas impulss sastāda pusi no takts frekvences perioda, iegūstam, ka tikai strobsignāla formētājs vien vidēji patērē 28,75 mA strāvu. Portatīvā aparatūrā ir vēlama maksimāla elektroenerģijas ekonomija, tāpēc no enerģijas ekonomijas viedokļa būtu izdevīgi strobsignāla formētājā izmantot mazākas jaudas tuneļdiodi, piemēram, 20 mA tuneļdiodi. Bez tam modelēšanas rezultāti parādīja, ka tik jaudīgas strobējošās tuneļdiodes gadījumā komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platumi visai maz atšķiras gadījumos, kad TD1 pārslēdzas un kad tā nepārslēdzas. Tas apgrūtina komparatora nostrādāšanas fakta konstatēšanu. Šai sakarā pārskata periodā tika veikti komparatora dinamikas un komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platumu pētījumi mazāk jaudīgas (Ip3=20 mA) tuneļdiodes gadījumā. Iegūtie rezultāti parādīja sekojošo:

1. Mazākas jaudas (20 mA) strobējošās tuneļdiodes gadījumā bez atbalsta pretestības pārveidotāja minimālais kāpuma laiks pozitīvam testsignālam ir 59 ps, negatīvam 67 ps. Kāpuma laiki ir minimāli, komparatoram darbojoties uz stabilitātes robežas un tāpēc to praktiska izmantošana ir problemātiska. Palielinot pretestību Rv strobsignāla ķēdē kāpuma laiki strauji pieaug.
2. Tika iegūts, ka vēlamais atbalsta pretestības lielums ir Ra=5 Om. Pie mazākām pretestības Ra vērtībām sašaurinās pretestības Rv pielaižu diapazons.
3. Komparatorā vēlams lietot asimetriskas tuneļdiodes, jo tas būtiski paplašina pretestības Rv pielaižu diapazonu, uzlabo komparatora stabilitāti (novērš ģenerāciju) un samazina strobģeneratora trokšņu ietekmi.
4. Mazākas jaudas strobējošās tuneļdiodes gadījumā palielinās komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsu platumu atšķirības TD1 pārslēgšanās un nepārslēgšanās gadījumos. Tas atvieglo komparatora stāvokļa detektēšanu.

Tuvāk ar dotā pētījuma rezultātiem var iepazīties ***Pielikumā 3***.

4. Ar 50-omīgu signāla pārvades traktu salāgota tranzistoru komparatora paštrokšņu pētījums

Pētījuma mērķis bija noskaidrot tranzistoru komparatora trokšņu īpašības lai tās varētu salīdzināt ar vienādas ātrdarbības tuneļdiožu komparatora īpašībām. Šī pētījuma vajadzībām tika uzbūvēta eksperimentāla iekārta, kas sadarbībā ar eksperimentālajā kompleksā ieslēgtu datoru realizēja stroboskopisko pārveidošanu izmantojot *up-and-down* metodi (sk. Fig. 1 un Fig. 2)..

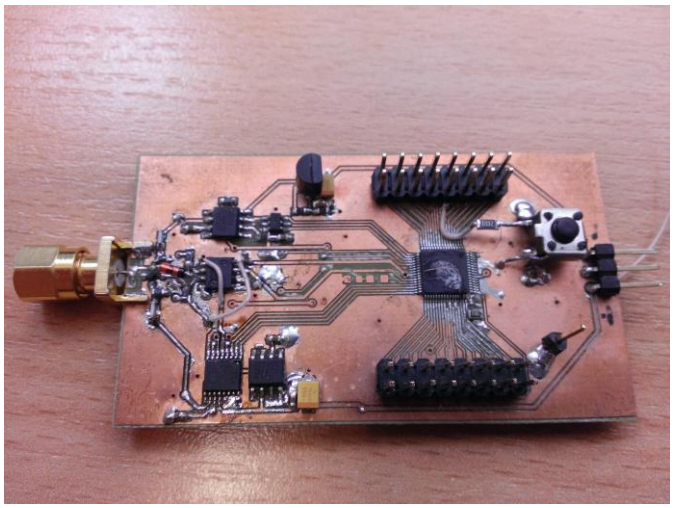


Fig. 1 Eksperimentālās iekārtas plate tranzistoru komparatora trokšņu pētījumiem.

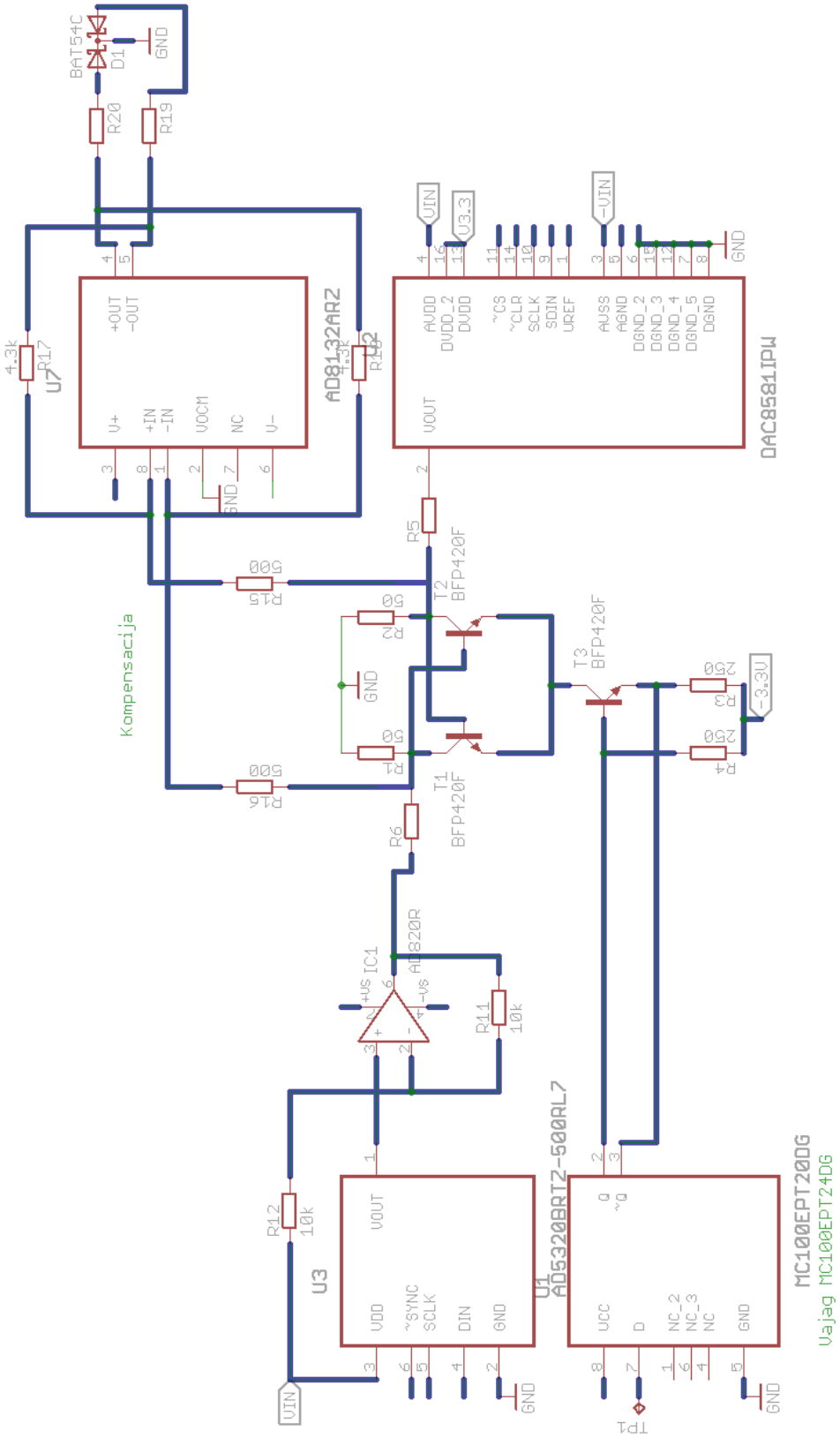


Fig. 2 Eksperimentālās iekārtas elektriskā shēma tranzistoru komparatora trokšņu pētījumiem.

Eksperimentālās iekārtas (Fig. 2) bloki izpilda sekojošas funkcijas:
MC100EPT20 + BFP420 – strobimpulsu ģenerators;
DAC8581 – kompensācijas signāla ciparu-analogais pārveidotājs;
AD8132 – komparatora stāvokļa nolasīšanas diferenciālais pastiprinātājs.

Stroboskopiskā pārveidotājā tika izmantoti tranzistori BFP420F ar robežfrekvenci 25 GHz. Šāda pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiks sastāda 175 ps, kas atbilst frekvenču joslai 2 GHz.

Lai noteiktu komparatora paštroksni tika veikts stroboskopiskā pārveidotāja trokšņu celiņa pieraksts pie nulles sprieguma komparatora ieejā (sk. Fig. 3). Pēc tam komparatora ieejā tika padots līdzspriegums 2 mV un veikts otrs trokšņu celiņa pieraksts (sk. Fig 4). Zinot to, ka attālums starp abiem trokšņu celiņiem atbilst 2 mV un, izmantojot to kā mērogu, varam aprēķināt katra trokšņu celiņa vidējo kvadrātisko novirzi. Šādā veidā tika iegūts, ka trokšņu celiņa vidējā kvadrātiskā novirze ir σ_2=23,34 mkV. Zinot aparatūrā instalētās *up-and-down* metodes soļa lielumu s=6,31 mkV un izmantojot analītisku sakarību

$$\sigma_2 = \sqrt{0.625\sigma_1 s + 0.25s^2} \qquad (1)$$

kur

σ_1 – komparatora ekvivalentā trokšņa vidējā kvadrātiskā novirze,
s - *up-and-down* procedūras solis,
σ_2 – trokšņu celiņa vidējā kvadrātiskā novirze,

tika aprēķināts, ka tranzistoru komparatora ekvivalentā paštrokšņa vidējā kvadrātiskā novirze ir σ_1=135,6 mkV. Agrākos fizikālajos eksperimentos tika iegūts, ka stroboskopiskajam pārveidotajam ar komparatoru uz 5 mA tuneļdiožu bāzes pie joslas platuma 2,8 GHz komparatora paštrokšņa vidējā kvadrātiskā novirze bija 162,7 mkV. Pārrēķinot trokšņa attiecību pret joslu σ_1/F, iegūstam: tranzistoru komparatoram $\sigma_1/F = 67.8\ [\mu V/GHz]$; tuneļdiožu komparatoram $\sigma_1/F = 58.1\ [\mu V/GHz]$. Var teikt, ka abu veidu komparatori pastrokšņu ziņā atšķiras visai maz.

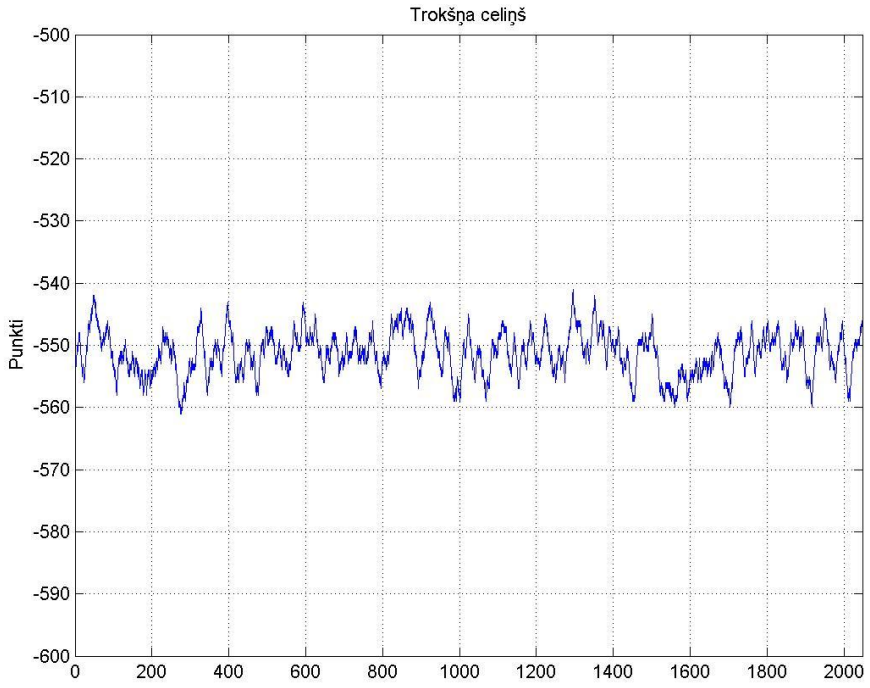


Fig. 3 Stroboskopiskā pārveidotāja trokšņu celiņa pieraksts pie nulles sprieguma komparatora ieejā.

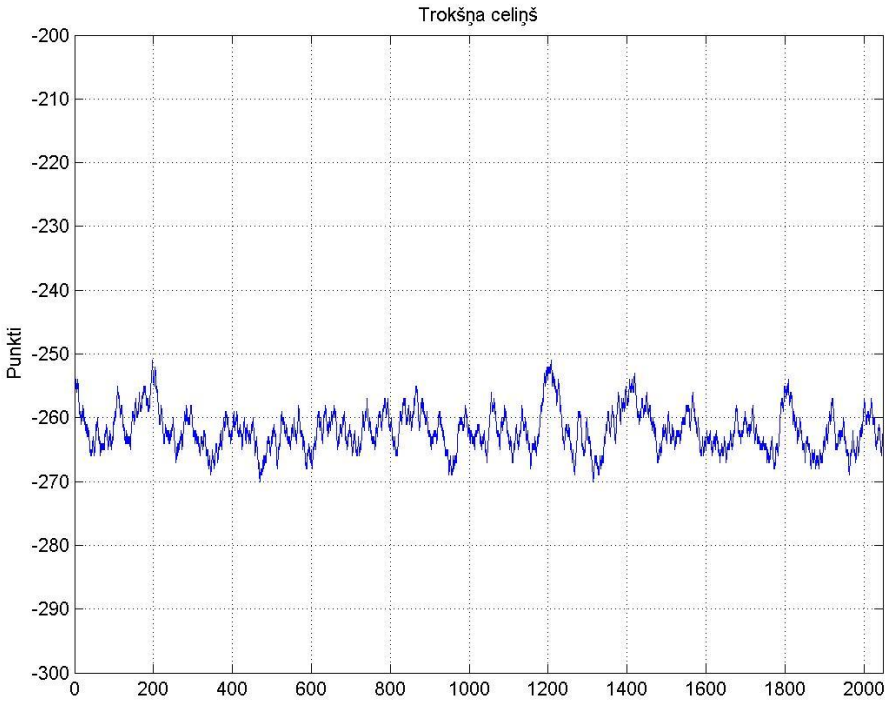
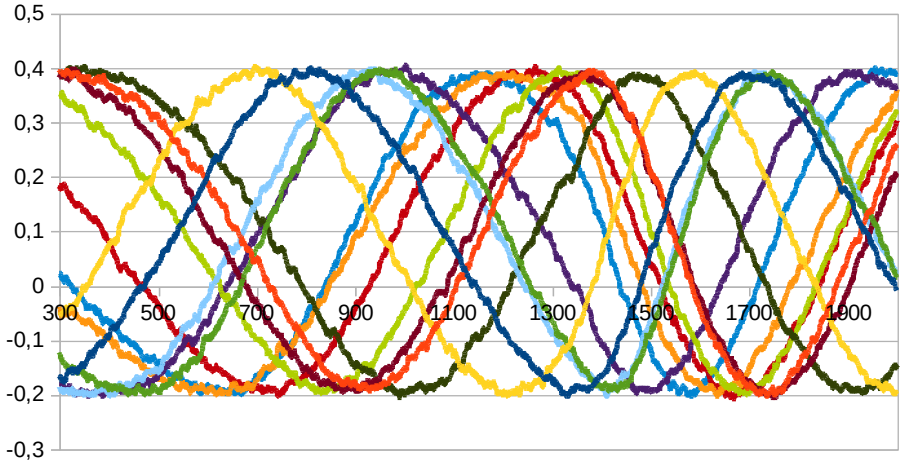


Fig. 4 Stroboskopiskā pārveidotāja trokšņu celiņa pieraksts pie 2 mV sprieguma komparatora ieejā.

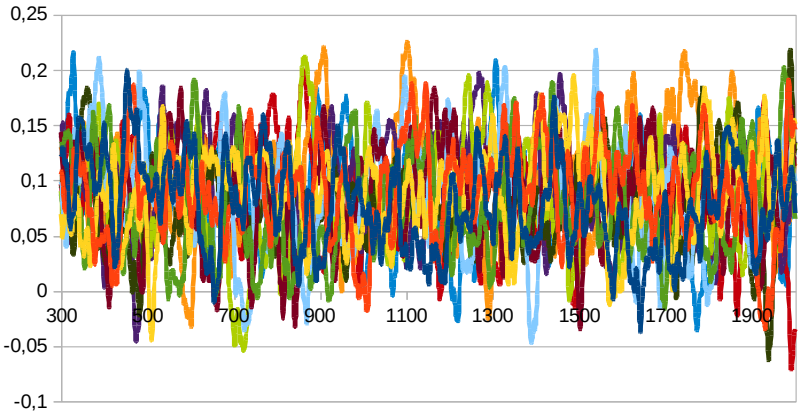
5. 15 mkV radiolokatora trokšņu ģeneratora ar dispersijas uzkrāšanu izstrāde un fizikālie eksperimenti

Radiolokatora stroboskopiskā pārveidotāja parazītiskā sinhronizācija ar traucējošo signālu izpaužas tādā veidā, ka pārveidotāja izejā pie noteiktas traucējošā signāla frekvences novēro traucējošo signālu, kas daudzos gadījumos maskē derīgo signālu. Ilustrācijai Zīm. 1 parādīts stroboskopiskā pārveidotāja ar kvarca takts ģeneratoru izejas signāls parazītiskas sinhronizācijas gadījumā. Sakarā ar to, ka kvarca ģenerators ir ar augstu frekvences stabilitāti, parazītiskās sinhronizācijas efekts izpaužas it sevišķi spilgti.



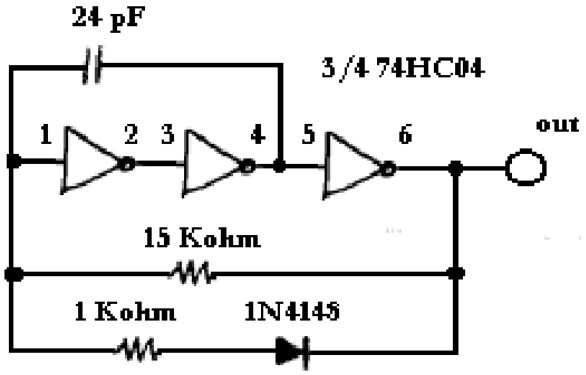
Zīm. 1. Stroboskopiskā pārveidotāja ar kvarca takts ģeneratoru izejas signāls parazītiskas sinhronizācijas ar traucējošo signālu gadījumā.

Lai novērstu pārveidotāja takts ģeneratora parazītisko sinhronizāciju, tika izgatavots trokšņa ģenerators ar dispersijas uzkrāšanu. Tika veikti fizikālie eksperimenti pie takts ģeneratora vidējās frekvences 794 kHz ar deviāciju 3.1 kHz. Strobēšanas frekvence tika iegūta, takts ģeneratora frekvenci dalot ar 16. Traucējošā signāla frekvence tika mainīta robežās no 400 MHz līdz 510 MHz. Veiktie eksperimenti parādīja, ka pie šādas deviācijas tiek nodrošināta pilnīga takts ģeneratora desinhronizācija (skat. Zīm. 2).

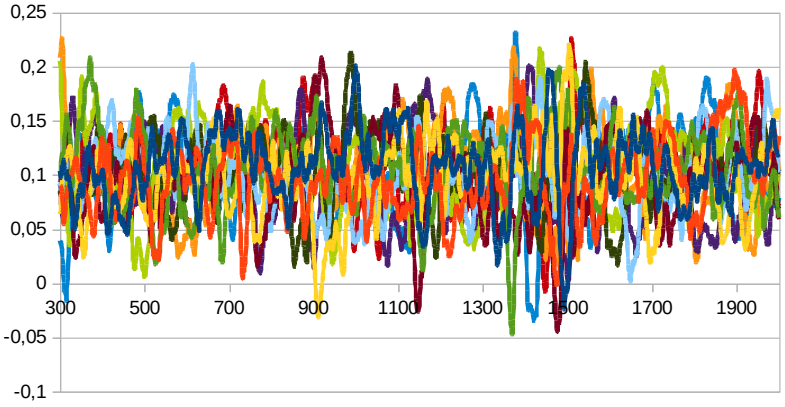


Zīm. 2 . Pārveidotāja ar dispersijas uzkrāšanu izejas signāls.

Papildus augstāk minētajam, tika veikti eksperimenti, pārveidotājā izmantojot zemas stabilitātes RC ģeneratoru (skat. Zīm. 3) ar centrālo takts frekvenci 1 MHz un 4.9 kHz deviāciju. Eksperimenti parādīja, ka arī šādā veidā var panākt pietiekoši labu pārveidotāja takts ģeneratora desinhronizāciju (skat . Zīm. 4).



Zīm. 3. RC takts ģeneratora elektriskā shēma.



Zīm . 4. Pārveidotāja ar zemas kvalitātes takts frekvences ģeneratoru izejas signāls.

Augstāk veiktie fizikālie eksperimenti noved pie paradoksāla secinājuma: elektromagnētiskā piesārņojuma apstākļos stroboskopiskajā pārveidotājā sarežģītas konfigurācijas ar troksni modulētu takts ģeneratoru var aizstāt ar vienkāršu, zemas kvalitātes takts ģeneratoru.. Līdz ar to projekta izpildi var realizēt vienkāršākā veidā – bez sarežģītas takts ģeneratora modulācijas pielietojuma.

6. Signālu pārveidošanas *udc*-metodes implementācija elpošanas radiolokatorā galveno komponenšu metodes pielietojuma eksperimentiem

Iepriekšējās kvartāla atskaitēs raksturota elpošanas detektēšanas radiolokatora sasaistes ar datoru izstrāde – ciparu signāla ieguve, datu pārraide un izvērses formēšanas bloka vadība. Šajā pārskata periodā veikta signālu pārveidošanas *udc* metodes implementācija elpošanas radiolokatorā galveno komponenšu metodes pielietojuma eksperimentiem. Vadības mikrokontroliera programma pielāgota *ud* un *udc* metožu implementācijai un testu veikšanai, kā arī modificēta elektroniskā shēma.

Lai nodrošinātu korektu *ud* metodes darbību, strobēšanas takts frekvence pazemināta līdz 500 kHz. Mikrokontroliera programma veidota universāla – lietotājs no Matlab vadības programmas izvēlas *ud* vai *udc* metodi, uzstāda strobu skaitu vienā punktā un sāk datu ieguvi. Programma papildināta arī ar maināmu uzstādāmo nolašu skaitu.

Šo uzdevumu realizācijai veiktas sekojošas izmaiņas mikrokontroliera programmā:

- Programma papildināta ar šādiem parametriem – nolašu skaits, strobu skaits vienā punktā, vidējošanas punktu skaits-, un statusu karodziņiem;
- Strobēšanas takts frekvence pielāgota mikrokontroliera ātrdarbības iespēju robežām;
- Izstrādāts mikrokontroliera programmas algoritms maināmu režīmu nodrošināšanai, datu apstrādei un nosūtīšanai uz datoru.

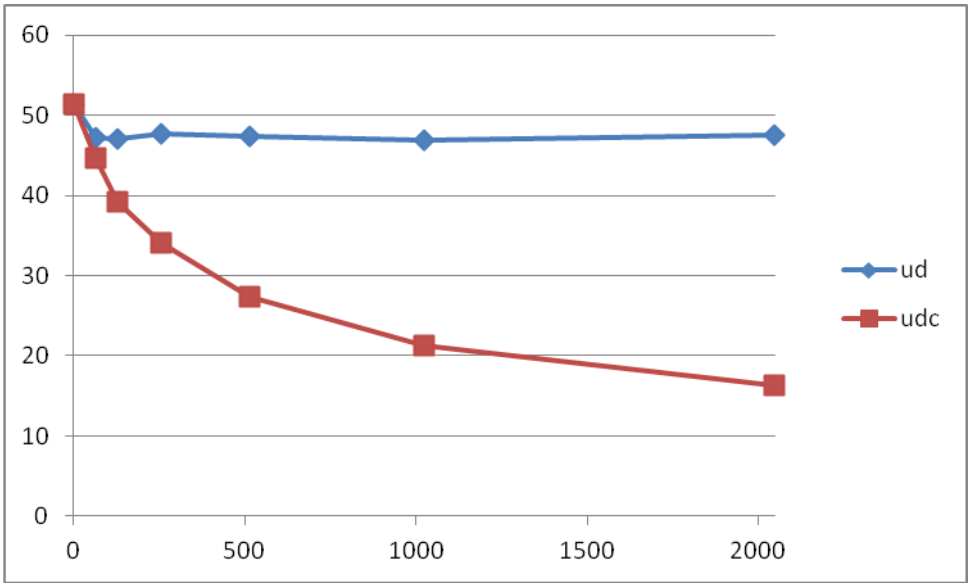
Ud metodes gadījumā tiek veikta strobēšana vienā punktā noteiktu takšu skaitu un nolasītā pēdējā signāla vērtība, taču *udc* metodes gadījumā tiek nolasītas visas signāla vērtības, strobējot vienā punktā, un vidējotas. Iegūtais datu masīvs tiek nosūtīts uz datoru pēc vienas realizācijas visu nolašu iegūšanas, lai nekropļotu metožu algoritma darbību. Zemāk dots mikrokontroliera koda gabals, kur redzama *udc* metodes algoritma implementācija.

```
for (sampleNr = 0; sampleNr < samplu_skaits; sampleNr=sampleNr+samplu_skaita_dalijums)
{
	statusBusy = 1;
	setDAC(sampleNr);  //uzstāda DAC uz 0
	outputDataSum = 0;
	for (vienpstroba_sk = 0; vienpstroba_sk < viena_punkta_strobu_skaits;
vienpstroba_sk++)
	{
		statusBusy = 1;
		pinEnableInt(DATA_CLK_PORT, DATA_CLK_PIN);
		while(statusBusy);
		outputDataSum += outputData;
	}
	switch (viena_punkta_strobu_skaits)
	{
	case 64:
		outputDataSum = outputDataSum >> 6;    // dalit ar 64
		break;
	case 32:
		outputDataSum = outputDataSum >> 5;    // dalit ar 32
		break;
	case 16:
		outputDataSum = outputDataSum >> 4;    // dalit ar 16
		break;
	case 8:
		outputDataSum = outputDataSum >> 3;    // dalit ar 8
		break;
```

```
        case 4:
                outputDataSum = outputDataSum >> 2;    // dalit ar 4
                break;
        case 2:
                outputDataSum = outputDataSum >> 1;    // dalit ar 2
                break;
        default:
                outputDataSum = outputDataSum >> 2;    // dalit ar 4
                break;
        }

        outputArray[sampleNr] = outputDataSum;
}
// Datu nosūtīšana uz datoru
for (sampleNr = 0; sampleNr < samplu_skaits; sampleNr=sampleNr+samplu_skaita_dalijums)
{
        while (!(IFG2 & UCA0TXIFG));
        UCA0TXBUF = outputArray[sampleNr];
}
```

Ar izstrādāto sistēmu veikti trokšņu līmeņa novērtēšanas eksperimenti un salīdzināta abu metožu efektivitāte pie dažāda strobēšanas skaita vienā punktā – 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 reizes. Iegūtajiem signāliem atņemta līdzkomponentes vērtība.



Zīm. 1. Pārveidotāja trokšņa (RMS, mikrovoltos) samazinājums atkarībā no strobu skaita *ud* metodei (augšējā līkne) un *udc* metodei (apakšējā līkne).

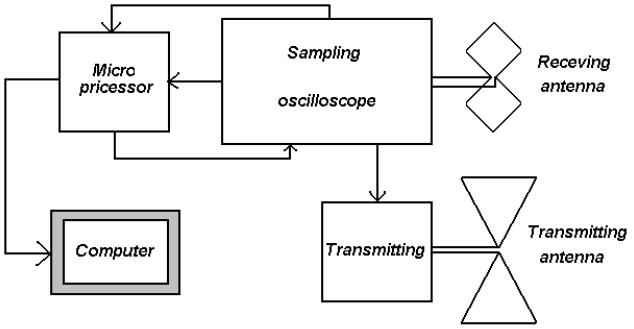
Tab. 1

n	*ud*	*udc*
1	51,3166	51,3166
64	47,164	44,6548
128	46,9986	39,2704
256	47,7302	34,0724
512	47,3554	27,3755
1024	46,828	21,2604
2048	47,5837	16,2754

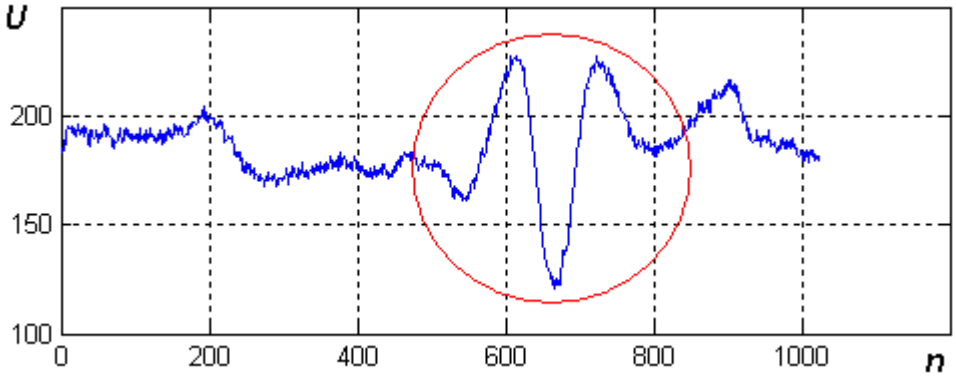
Izmantojot stroboskopiskā pārveidotāja vadību no datora, kā arī signālu papildapstrādi uz datora, veikta *udc* metodes implementācija elpošanas radiolokatorā. Sistēma uzbūvēta tā, ka *udc* metodes gadījumā var pēc vajadzības mainīt strobu skaitu *n* un tādā veidā paaugstināt pārveidotāja

jutību. Zīm. 1. parādīta pārveidotāja paštrokšņa (RMS, mikrovoltos) atkarība no strobu skaita *ud* metodes (augšējā līkne) un *udc* metodes gadījumā (apakšējā līkne). Savukārt Tab. 1 ir parādītas abām metodēm atbilstošās trokšņu skaitliskās vērtības.

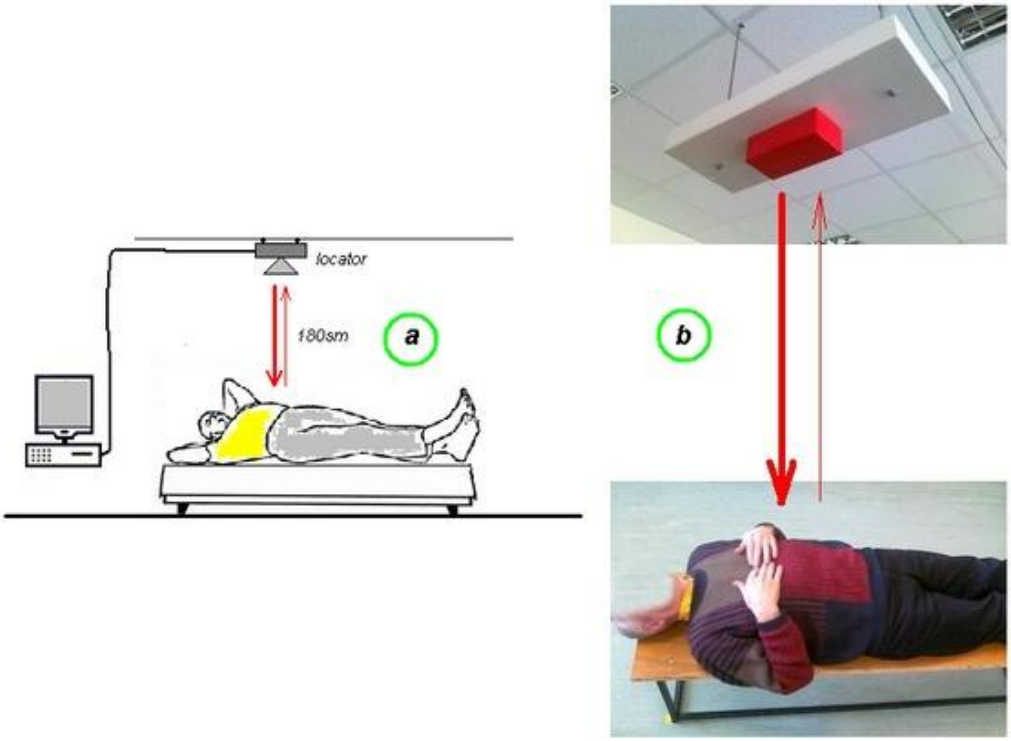
7. Elpošanas lokācijas uz galveno komponenšu metodes bāzes radiolokatora stenda izgatavošana, lokatora montāža un fizikālie eksperimenti



Zīm.1. Elpošanas radiolokatora blokshēma.



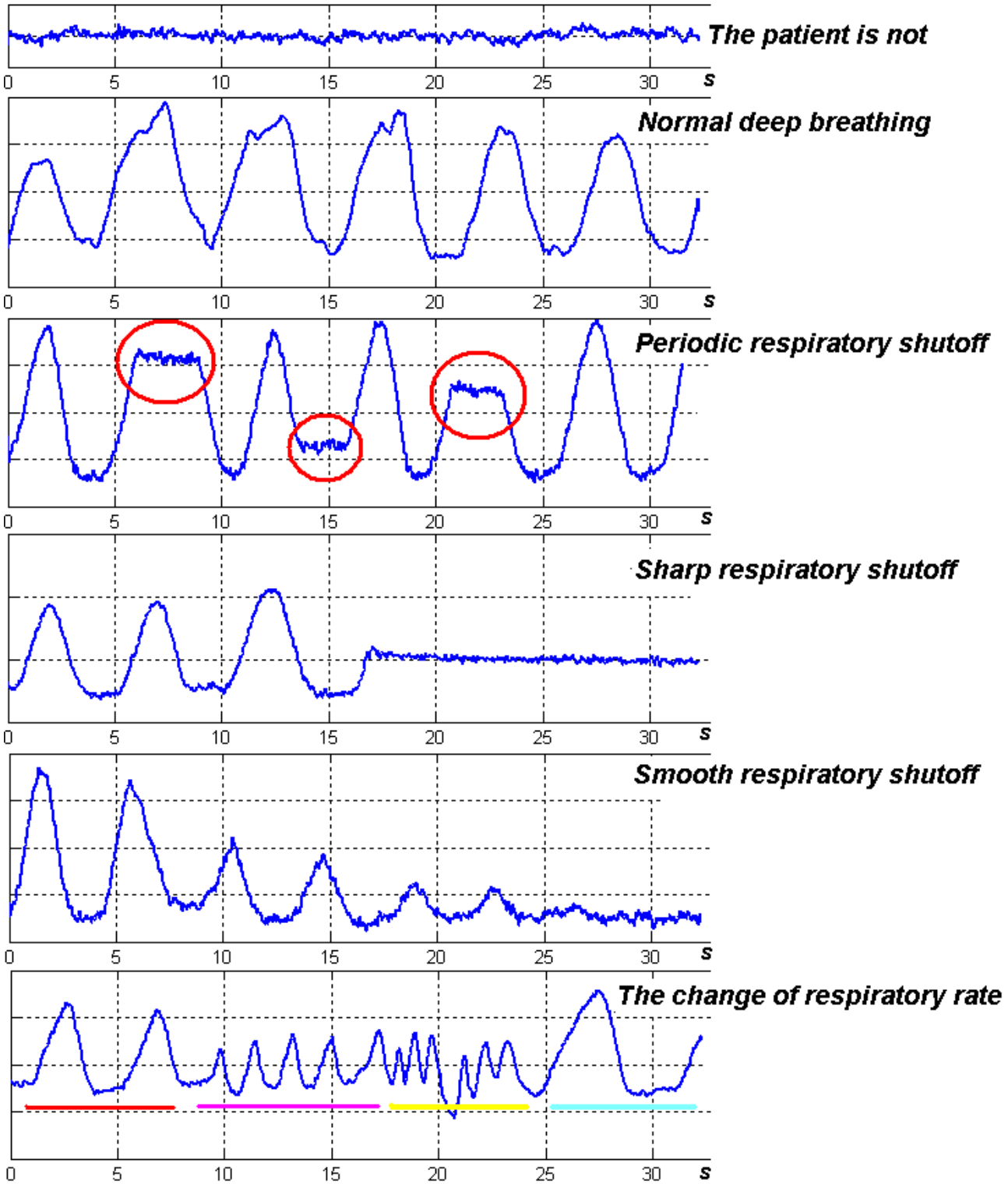
Zīm.2. No metāliskās plāksnes atstarotais signāls.



Zīm.3. Pacienta un radiolokatora savstarpējais novietojums: a) skicējums; b) reālais attēls.

Tika izgatavots stends elpošanas lokācijas eksperimentu veikšanai. Raidošā un uztverošā antena izvietotas pie griestiem, savukārt cilvēks elpošanas pierakstu veikšanai novietojas guļus zem antenām uz speciāli izgatavotas platformas. Eksperimenti veikti apstākļos, kas maksimāli pietuvināti apstākļiem klīnikā – telpā daudz blakuspriekšmetu, tai skaitā arī metālisku, kas dod spēcīgus traucējošos atstarojumus.

Radiolokatora blokshēma parādīta Zīm.1.



Zīm.4. Pieraksts bez elpojošā objekta, normālas elpošanas pieraksts un pieraksti ar dažādiem elpošanas defektiem.

Radiolokatora galvenais bloks ir augstas jutības stroboskopiskais pārveidotājs, kas kalpo kā

radiolokatora uztvērējiekārta. Uz pārveidotāja ieeju tiek padots signāls no uztverošās antenas. Par raidītāju tiek izmantots asas frontes impulsu formētājs, kas izraisa raidošās antenas triecienierosmi. Sistēmā ieslēgts arī dators, kas kalpo sistēmas vadībai, signālu reģistrācijai un uzkrāšanai.

Fizikālajos eksperimentos kā atstarotājs tika izmantota metāliska plāksne ar izmēriem 400x200 mm. Atstarotais no šīs plāksnes signāls parādīts Zīm. 2. Savukārt Zīm. 3. ir parādīts pacienta un radiolokatora savstarpējais novietojums.

Lai pārbaudītu galveno komponenšu metodes signālapstrādes algoritmu katram pacientam pie dažādiem elpošanas apstākļiem tika formēti signālu ansambļi. Ansambļu parametri: realizācijas garums 1024 punkti; realizāciju skaits 1000; viena ansambļa pieraksta ilgums 41,46 s. Katrs no šiem ansambļiem tika apstrādāts ar galveno komponenšu metodi. Par šādas apstrādes rezultātu kalpoja pirmās galvenās komponentes laika funkcija. Zīm. 4 parādīti šādi rezultāti: normālas elpošanas pieraksts; pieraksts ar periodisku elpošanas apturēšanu; pieraksts ar pēkšņu elpošanas apturēšanu; pieraksts ar lēnu elpošanas apturēšanu; pieraksts ar izmainītu elpošanas frekvenci. Kā rāda šie eksperimenti, galveno komponenšu metodes pielietojums ļauj reģistrēt gan normālu elpošanu, gan arī dažādus elpošanas defektus.

Detalizēti ar elpošanas lokācijas pētījumu rezultātiem var iepazīties publikācijās (skat. ***Pielikumu 4*** un ***Pielikumu 5***).

8. Iegultās sistēmas FriendlyARM pieslēgšana stroboskopiskajam pārveidotājam un lietotāja interfeisa pārveidošana par iegultās sistēmas programmu.

Stroboskopiskā pārveidotāja vadībai no FriendlyARM iegultās sistēmas paredzēts izmantot QT programmēšanas vidi. Programma tiek izstrādāta Windows vidē, kas nodrošina iespēju vadīt pārveidotāju arī no datora. Programma tiek izstrādāta un testēta uz personālā datora, kā arī tiek kroskompilēta ARM procesoram un testēta uz iegultās sistēmas. Tiek risinātas ar skārienjutīgā displeja draiveriem saistītas problēmas.

Lai darbinātu QT vidē izstrādātu programmu ar skārienjutīgā ekrāna atbalstu, tika kroskompilēta *tslib* bibliotēka arm-linux videi ar šādiem parametriem:

```
#export CROSS_COMPILE=arm-linux-
#export CC=${CROSS_COMPILE}gcc
#export CFLAGS=-march=armv4t
#export CXX=${CROSS_COMPILE}"g++"
#export AR=${CROSS_COMPILE}"ar"
#export AS=${CROSS_COMPILE}"as"
#export RANLIB=${CROSS_COMPILE}"ranlib"
#export LD=${CROSS_COMPILE}"ld"
#export STRIP=${CROSS_COMPILE}"strip"
#export ac_cv_func_malloc_0_nonnull=yes
#./configure --host=arm-linux --prefix=/home/tslib --enable-shared=yes --enable-static=yes
#make
```

Pēc kroskompilēšanas bibliotēka pārvietota uz Mini6410 platformu un konfigurēti jaunie skārienjutīgā ekrāna parametri:

```
export LD_LIBRARY_PATH=/usr/local/tslib/lib
export QTDIR=/usr/local/Qt
export QWS_MOUSE_PROTO=tslib:/dev/input/event0
export TSLIB_CALIBFILE=/etc/pointercal
export TSLIB_CONFFILE=/usr/local/etc/ts.conf
export TSLIB_CONSOLEDEVICE=none
export TSLIB_FBDEVICE=/dev/fb0
export TSLIB_PLUGINDIR=/usr/local/tslib/lib/ts
export TSLIB_TSDEVICE=/usr/local/tslib/lib/ts
export TSLIB_TSEVENTTYPE=INPUT
```

Vadības programma tiek veidota kā vairāki paralēli procesi (multi-threading), kas nodrošina ātrāku un plūstošāku datu iegūšanu, apstrādi un attēlošanu. Tiek veidoti vairāki paralēli procesi – datu komunikācijas nodrošināšanai ar vienu vai vairākiem UART kanāliem, kur notiek datu ieguve un glabāšana pēcapstrādes masīvā. Dati tiek glabāti masīvā, kā tikko tie pieņemti virknes porta buferī.

```
if (buffByteArrayReceived.size()==0) {
    buffByteArrayReceived.resize(numBytes);
    comConfDLG->port->read(buffByteArrayReceived.data(), numBytes);
}
else if (buffByteArrayReceived.size()>0) {
    buffByteArray.resize(numBytes);
    comConfDLG->port->read(buffByteArray.data(), numBytes);
    buffByteArrayReceived.append(buffByteArray);
}
else {

}
```

Lasot datus no bufera, pirmie tiek nolasīti vecākie dati (FIFO) un bufera izmērs tiek samazināts, efektīvi izmantojot atmiņu.

```
int max_byte_read = 0;
    if(buffByteArrayReceived.size()>0){
        if(buffByteArrayReceived.size()> 100){
            max_byte_read = 100;
        } else {
            max_byte_read = buffByteArrayReceived.size();
        }

        for (int i = 0; i < max_byte_read; ++i) {
            msg[i]=buffByteArrayReceived.at(i);
        }
        ui->plainTextEdit_receive->appendPlainText(msg);
        buffByteArrayReceived.remove(0,max_byte_read);
    }
```

Otrs process nodrošina saņemto datu interpretāciju, pirmapstrādi un attēlošanu. Nepieciešamais datu apjoms tiek nolasīts no masīva un padots uz datu apstrādes funkcijām atkarībā no uzstādītā režīma. Trešais process saglabā iegūtos datus failā. Paredzēts pārveidot datus zemes radara datu pieraksta formātā (*.segy vai *.dzt). Tiek pētīti standarti un to implementēšanas iespējas. Datu pārveidošana šobrīd tiek testēta Matlab vidē.

Vadības programmā tiek izstrādātas funkcijas elpošanas lokatora vadībai, kas sevī iekļauj arī *ud* un *udc* metožu parametru vadību – strobu skaitu vienā punktā, vairāku realizāciju vidējošanu utt. Tiek izstrādāta arī funkcija elpošanas realizāciju iegūšanai ar precīzu periodu, kas ir ļoti svarīga tieši elpošanas detektēšanai. Neievērojot datu ieguves periodiskumu, elpošanas līkne pēc datu apstrādes ar galveno komponenšu metodi būs nekorekta.

Programmas portēšana FriendlyARM platformai notiek kompilējot visas izmantotās bibliotēkas un pašu programmu Linux videi ARM procesoram. Tiek veikti testēšanas darbi un kroskompilēšanas īpatnību izpēte un realizācija. Programma, kas tiek darbināta uz FriendlyARM iekārtas, tiek pārveidota gan no grafiskā viedokļa (4.3” displejam), gan no programmēšanas viedokļa, kur jāņem vērā Embedded Linux operētājsistēmas perifēriju vadības īpatnības.

Secinājumi:

- *s*-metodei salīdzināšanas operāciju (strobu) skaits ir tieši proporcionāls maskējošā trokšņa vidējās kvadrātiskās novirzes σ_1 lielumam. Strobu skaits *n*, adaptācijas koeficients *k* un kompensācijas solis *s* katram σ_1 ir jāizvēlas saskaņā ar pētījumu rezultātā sastādīto tabulu (sk.1.1 paragrāfa 1 . tabulu).

- *K-ud* metodei nepieciešamais strobu skaits ir tieši proporcionāls maskējošā trokšņa dispersijai σ_1^2. Precīzai reģistrācijai nepieciešamo strobu skaitu pie maskējošā trokšņa vidējās kvadrātiskās novirzes σ_1 var aproksimēt ar funkciju $n = 0.0037\sigma_1^2$.
- Mazāka fāzes punktu skaita apstākļos *k-ud* metodei nepieciešamo strobu skaitu var izrēķināt pēc formulas $n = 2254 n_T^{-0.5388}$.
- Komparatora SBK2 datormodelēšana un fizikālie eksperimenti apstiprināja mazākas jaudas strobējošās tuneļdiodes pielietošanas priekšrocības: tehniski ērtāka komparatora stāvokļa detektēšana, kā arī mazāks strāvas patēriņš.
- Pie vienādām pārveidotāja frekvenču joslām komparatori uz tranzistoru bāzes un komparatori uz tuneļdiožu bāzes jutības ziņā praktiski ir līdzvērtīgi.
- Elektromagnētiskā piesārņojuma apstākļos stroboskopiskajā pārveidotājā sarežģītas konfigurācijas ar troksni modulētu takts ģeneratoru var aizstāt ar vienkāršu, zemas kvalitātes takts ģeneratoru. Līdz ar to projekta izpildi var realizēt vienkāršākā veidā – bez sarežģītas takts ģeneratora modulācijas pielietojuma.
- *udc* metodes implementācija elpošanas lokatora uztvērējiekārtā ļauj ērti paaugstināt uztvērējiekārtas jutību – nemainot kompensācijas soli; atliek vienīgi palielināt strobu skaitu.
- Kā rādīja fizikālie eksperimenti, galveno komponenšu metodes pielietojums ļauj reģistrēt gan normālu elpošanu, gan arī dažādus elpošanas defektus.
- QT programmas darbībai uz FriendlyARM platformas nodrošināts skārienjutīgā ekrāna atbalsts. Veidota stroboskopiskā pārveidotāja vadības programma ar vairākiem paralēliem procesiem datu ieguvei, glabāšanai, pēcapstrādei un attēlošanai, kas nodrošina stabilāku programmas darbību.

Turpmākie darbi:

- *α-s-ud* metodes optimizācija.
- *α-k-ud* metodes pārbaude mazāka fāzes punktu skaita apstākļos.
- *α-k-ud* metodes optimizācija pie dažādām maskējošā trokšņa vērtībām.
- Strobējamā komparatora ar mikrolīniju dinamikas izpēte.
- Izgudrojuma "Strobējams komparators" apraksta sastādīšana un Latvijas patenta pieteikuma iesniegšana.
- 15 mkV radiolokatora elektriskās shēmas izstrāde, montāža un analogās daļas regulēšana.
- Antenu un antenu ierosmes gala pakāpes izstrāde un izgatavošana (atbilstoši izgudrojuma atzinumam PCT/LV2012/000007).
- Pārveidotāja uz tranzistoru bāzes dinamiskā diapazona izpēte pie salāgotas ieejas pretestības 50 Om.
- Adaptīvas nepārtrauktās izvērses kompensācijas metodes izpēte, salīdzinājums ar diskrētās izvērses metodēm.

Pielikums 1

Paziņojums Latvijas Patentu valdes vēstnesī par patenta piešķiršanu izgudrojumam "Komparatorta tipa stroboskopiskais pārveidotājs"

PATENTI UN PREČU ZĪMES - 20.02.2013

H sekcija

(51) **H03K17/14** (11) **14641 A**
G01R19/00
(21) P-12-79 (22) 18.05.2012
(41) 20.02.2013
(71) ELEKTRONIKAS UN DATORZINĀTŅU INSTITŪTS;
Dzērbenes iela 14, Rīga LV-1006, LV
(72) Kārlis KRŪMIŅŠ (LV),
Elmārs BEINERS (LV),
Vilnis PĒTERSONS (LV)
(54) **KOMPARATORA TIPA STROBOSKOPISKAIS PĀRVEIDOTĀJS**
EQUIVALENT TIME SAMPLING CONVERTOR OF COMPARATOR TYPE

(57) Izgudrojums attiecas uz mērīšanas tehniku, un to var izmantot elektrisko signālu stroboskopiskai pārveidošanai. Izgudrojuma mērķis ir uzlabot komparatora tipa stroboskopiskā pārveidotāja, kas būvēts uz strobējamu komparatoru bāzes, ekspluatācijas īpašības un panākt pārveidotāja „nulles" līmeņa nemainību pie pieslēgta vai atslēgta pārveidojamā signāla avota ar patvaļīgu iekšējo pretestību. Šī mērķa sasniegšanai strobējamā komparatora 1 pārveidojamā signāla ieejai 2 ir pieslēgts „nulles" līmeņa nobīdes kompensācijas rezistors 7, kura otrs izvads ir pieslēgts pie līdzsprieguma avota 8, kura spriegums ir ieregulēts tāds, ka, pieslēdzot un atslēdzot pārveidojamā signāla avotu ar patvaļīgu iekšējo pretestību, „nulles" līmenis pārveidotāja izejā nemainās.

The invention relates to measuring technique, and it can be used for sampling conversion of electrical signals. Invention aims to improve performance of sampling converter being of comparator type, which is built on clocked comparator; in particular the invention aims to get converter "zero" level permanence of signal to be converted for connected or disconnected signal source with an arbitrary internal resistance. To achieve this goal clocked comparator's 1 signal input 2 is connected to the "zero" level shift compensation resistor 7, and the resistor's second output is connected to the direct voltage source 8, which is set at a voltage such that the connecting or disconnecting of the source signal being converted with an arbitrary internal resistance do not change the "zero" level of the converter output.

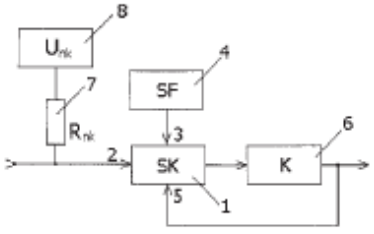


Fig. 3.

Pielikums 2

Starptautiskās ekspertīzes atzinums par izgudrojumu

PATENT COOPERATION TREATY

From the INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

PCT

NOTIFICATION OF TRANSMITTAL OF THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT AND THE WRITTEN OPINION OF THE INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY, OR THE DECLARATION

(PCT Rule 44.1)

To:
Petersons, Armins
PETERSONA PATENTS
Ausekla Str. 2-2
LV-1010 Riga
LETTONIE

PĒTERSONA PATENTS
RECEIVED WITH THANKS
2013 07. FEB.
No.....

Applicant's or agent's file reference P2494	Date of mailing *(day/month/year)* 4 February 2013 (04-02-2013) **FOR FURTHER ACTION** See paragraphs 1 and 4 below
International application No. PCT/LV2012/000007	International filing date *(day/month/year)* 2 May 2012 (02-05-2012)
Applicant INSTITUTE OF ELECTRONICS AND COMPUTER SCIENCE	

1. [X] The applicant is hereby notified that the international search report and the written opinion of the International Searching Authority have been established and are transmitted herewith.

   Filing of amendments and statement under Article 19:
   The applicant is entitled, if he so wishes, to amend the claims of the International Application (see Rule 46):

   When? The time limit for filing such amendments is normally two months from the date of transmittal of the International Search Report.

   Where? Directly to the International Bureau of WIPO, 34 chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland, Facsimile No.: (41-22) 338.82.70

   For more detailed instructions, see *PCT Applicant's Guide*, International Phase, paragraphs 9.004 - 9.011.

2. [ ] The applicant is hereby notified that no international search report will be established and that the declaration under Article 17(2)(a) to that effect and the written opinion of the International Searching Authority are transmitted herewith.

3. [ ] **With regard to any protest** against payment of (an) additional fee(s) under Rule 40.2, the applicant is notified that:

   [ ] the protest together with the decision thereon has been transmitted to the International Bureau together with any request to forward the texts of both the protest and the decision thereon to the designated Offices.

   [ ] no decision has been made yet on the protest; the applicant will be notified as soon as a decision is made.

4. **Reminders**

The applicant may submit comments on an informal basis on the written opinion of the International Searching Authority to the International Bureau. The International Bureau will send a copy of such comments to all designated Offices unless an international preliminary examination report has been or is to be established. Following the expiration of 30 months from the priority date, these comments will also be made available to the public.

Shortly after the expiration of **18 months** from the priority date, the international application will be published by the International Bureau. If the applicant wishes to avoid or postpone publication, a notice of withdrawal of the international application, or of the priority claim, must reach the International Bureau before completion of the technical preparations for international publication (Rules 90*bis*.1 and 90*bis*.3).

Within **19 months** from the priority date, but only in respect of some designated Offices, a demand for international preliminary examination must be filed if the applicant wishes to postpone the entry into the national phase **until 30 months** from the priority date (in some Offices even later); otherwise, the applicant must, **within 20 months** from the priority date, perform the prescribed acts for entry into the national phase before those designated Offices.

In respect of other designated Offices, the time limit of **30 months** (or later) will apply even if no demand is filed within 19 months.

For details about the applicable time limits, Office by Office, see www.wipo.int/pct/en/texts/time_limits.html and the *PCT Applicant's Guide*, National Chapters.

Name and mailing address of the International Searching Authority European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040 Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer ZAMBUTO, Mareike Tel: +31 (0)70 340-2959

Form PCT/ISA/220 (July 2010)

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference	FOR FURTHER ACTION	see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below.
P2494		
International application No.	International filing date *(day/month/year)*	(Earliest) Priority Date *(day/month/year)*
PCT/LV2012/000007	02/05/2012	
Applicant		
INSTITUTE OF ELECTRONICS AND COMPUTER SCIENCE		

This international search report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This international search report consists of a total of 4 sheets.

[X] It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

1. **Basis of the report**

   a. With regard to the **language,** the international search was carried out on the basis of:

   [X] the international application in the language in which it was filed

   [ ] a translation of the international application into _____, which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b))

   b. [ ] This international search report has been established taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43.6*bis*(a)).

   c. [ ] With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, see Box No. I.

2. [ ] **Certain claims were found unsearchable** (See Box No. II)

3. [ ] **Unity of invention is lacking** (see Box No III)

4. With regard to the **title,**

   [X] the text is approved as submitted by the applicant

   [ ] the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the **abstract,**

   [X] the text is approved as submitted by the applicant

   [ ] the text has been established, according to Rule 38.2, by this Authority as it appears in Box No. IV. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority

6. With regard to the **drawings,**

   a. the figure of the **drawings** to be published with the abstract is Figure No. 2

   [X] as suggested by the applicant

   [ ] as selected by this Authority, because the applicant failed to suggest a figure

   [ ] as selected by this Authority, because this figure better characterizes the invention

   b. [ ] none of the figures is to be published with the abstract

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/LV2012/000007

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H03K5/12
ADD. H04B1/717 H04L25/03 H01Q1/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H03K H04B H01Q G01S H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ANFU ZHU; FU SHENG; ANXUE ZHANG: "An Implementation of Step Recovery Diode-Based UWB Pulse Generator", PROCEEDINGS OF 2010 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ULTRA-WIDEBAND (ICUWB2010), 2010, - 2010, XP31784431, cited in the application the whole document figure 3 ----- -/--	1

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
28 January 2013	04/02/2013

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Jepsen, John

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/LV2012/000007

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	AHMED ABBAS H AMERI ET AL: "Balanced pulse generator for UWB radar application", RADAR CONFERENCE (EURAD), 2011 EUROPEAN, IEEE, 12 October 2011 (2011-10-12), pages 198-201, XP032070532, ISBN: 978-1-4577-1156-5 the whole document figures 2,3	1
A	WEI REN ET AL: "High power variable nanosecond differential pulses generator design for GPR system", GROUND PENETRATING RADAR (GPR), 2010 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 21 June 2010 (2010-06-21), pages 1-5, XP031733957, ISBN: 978-1-4244-4604-9 the whole document figures 2,5	1
A	US 2007/110182 A1 (ASAI MASAFUMI [JP] ET AL) 17 May 2007 (2007-05-17) figures 1,3,7	1
A	CN 102 121 983 A (CHINESE ACAD INST ELECTRONICS) 13 July 2011 (2011-07-13) figure 5	1
A	US 5 363 108 A (FULLERTON LARRY W [US]) 8 November 1994 (1994-11-08) figure 6	1
A	US 3 858 205 A (ROSS G) 31 December 1974 (1974-12-31) figure 3	1
A	US 5 361 070 A (MCEWAN THOMAS E [US]) 1 November 1994 (1994-11-01) figures 1,5,6	1

1

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/LV2012/000007

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007110182 A1	17-05-2007	JP 4887752 B2	29-02-2012
		JP 2007142720 A	07-06-2007
		US 2007110182 A1	17-05-2007
CN 102121983 A	13-07-2011	NONE	
US 5363108 A	08-11-1994	NONE	
US 3858205 A	31-12-1974	DE 2350332 A1	25-04-1974
		FR 2202331 A1	03-05-1974
		IT 996266 B	10-12-1975
		JP 49071639 A	11-07-1974
		US 3858205 A	31-12-1974
US 5361070 A	01-11-1994	AT 214853 T	15-04-2002
		AT 278969 T	15-10-2004
		CA 2160352 A1	27-10-1994
		DE 69430195 D1	25-04-2002
		DE 69430195 T2	24-10-2002
		DE 69434064 D1	11-11-2004
		DE 69434064 T2	06-10-2005
		EP 0694171 A1	31-01-1996
		EP 1178330 A1	06-02-2002
		JP 3471803 B2	02-12-2003
		JP 3648236 B2	18-05-2005
		JP H08511341 A	26-11-1996
		JP 2004004100 A	08-01-2004
		US 5361070 A	01-11-1994
		WO 9424579 A1	27-10-1994

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To:

see form PCT/ISA/220

PCT

WRITTEN OPINION OF THE INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

(PCT Rule 43*bis*.1)

Date of mailing
(day/month/year) see form PCT/ISA/210 (second sheet)

Applicant's or agent's file reference
see form PCT/ISA/220

FOR FURTHER ACTION
See paragraph 2 below

International application No.	International filing date *(day/month/year)*	Priority date *(day/month/year)*
PCT/LV2012/000007	02.05.2012	

International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC
INV. H03K5/12 ADD. H04B1/717 H04L25/03 H01Q1/24

Applicant
INSTITUTE OF ELECTRONICS AND COMPUTER SCIENCE

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43*bis*.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step and industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. **FURTHER ACTION**

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will usually be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notified the International Bureau under Rule 66.1*bis*(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA:	Date of completion of this opinion	Authorized Officer
European Patent Office P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk - Pays Bas Tel. +31 70 340 - 2040 Fax: +31 70 340 - 3016	see form PCT/ISA/210	Jepsen, John Telephone No. +31 70 340-3746

Form PCT/ISA/237 (Cover Sheet) (July 2009)

WRITTEN OPINION OF THE INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.
PCT/LV2012/000007

Box No. I Basis of the opinion

1. With regard to the **language**, this opinion has been established on the basis of:

   ☒ the international application in the language in which it was filed

   ☐ a translation of the international application into , which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1 (b)).

2. ☐ This opinion has been established taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43bis.1(a))

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, this opinion has been established on the basis of a sequence listing filed or furnished:

   a. (means)

      ☐ on paper

      ☐ in electronic form

   b. (time)

      ☐ in the international application as filed

      ☐ together with the international application in electronic form

      ☐ subsequently to this Authority for the purposes of search

4. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.

5. Additional comments:

Box No. V Reasoned statement under Rule 43*bis*.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Yes:	Claims	1
	No:	Claims	
Inventive step (IS)	Yes:	Claims	1
	No:	Claims	
Industrial applicability (IA)	Yes:	Claims	1
	No:	Claims	

2. Citations and explanations

see separate sheet

Re Item V

Reasoned statement with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

Reference is made to the following documents:

D1 ANFU ZHU; FU SHENG; ANXUE ZHANG: "An Implementation of Step Recovery Diode-Based UWB Pulse Generator", PROCEEDINGS OF 2010 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ULTRA-WIDEBAND (ICUWB2010), 2010, - 2010, XP31784431, cited in the application

D2 AHMED ABBAS H AMERI ET AL: "Balanced pulse generator for UWB radar application", RADAR CONFERENCE (EURAD), 2011 EUROPEAN, IEEE, 12 October 2011 (2011-10-12), pages 198-201, XP032070532, ISBN: 978-1-4577-1156-5

D3 WEI REN ET AL: "High power variable nanosecond differential pulses generator design for GPR system", GROUND PENETRATING RADAR (GPR), 2010 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 21 June 2010 (2010-06-21), pages 1-5, XP031733957, ISBN: 978-1-4244-4604-9

D4 US 2007/110182 A1 (ASAI MASAFUMI [JP] ET AL) 17 May 2007 (2007-05-17)

D5 CN 102 121 983 A (CHINESE ACAD INST ELECTRONICS) 13 July 2011 (2011-07-13)

D6 US 5 363 108 A (FULLERTON LARRY W [US]) 8 November 1994 (1994-11-08)

D7 US 3 858 205 A (ROSS G) 31 December 1974 (1974-12-31)

D8 US 5 361 070 A (MCEWAN THOMAS E [US]) 1 November 1994 (1994-11-01)

D1 is regarded as being the prior art closest to the subject-matter of claim 1, and discloses the features of the preamble of claim 1.

The subject-matter of claim 1 therefore differs from this known circuit in the features +Eh, ground, 5, 7, 9, 16 and 17 being added to the prior art circuit and the input transformer circuit and ouput capacitors being removed from the prior art circuit, and is therefore new (Article 33(2) PCT).

Of those changes the replacement of output capacitors with output resistors 16,17 appears to be a consequence of the use of a load 18A,18B that is capacitive rather than the prior art load being represented by a resistor 18. This is thus an obvious alternative.

Similarly the input impedance 5 appears to correspond to the resistor ahead of the transformer in the prior art circuit such resistor 5 being equivalent thereto. This is thus a further obvious alternative.

The problem to be solved by the present invention may be regarded as how to improve amplitude control.

The solution to this problem proposed in claim 1 of the present application is considered as involving an inventive step (Article 33(3) PCT) for the following reasons:

The use of an additional stage 7,9 and an additional set of supply voltages +Eh,Ground does not appear to be obvious and provides the desired effect of improving the amplitude control.

That solution is not disclosed, nor suggested, in the prior art documents as demonstrated below:

In particular in **D2** - although individual power supplies are used in figures 2 and 3 thereof - there is no indication that Vout of figure 2 would be applied only to one branch of figure 3, even if the transformer in figure 3 was left out. Similarly the pulse generator in **D3** figure 2 is symmetric and does not appear to suggest an additional stage corresponding to elements 7 and 9 of the present application.

D4 with reference to figure 7 appears to disclose a single-ended version of the circuit of D2. **D5** appears to disclose circuitry similar to that of D1.

D6 and **D7** disclose the use of resistive connections to a symmetric antenna.

D8 discloses the use of a pumped supply voltage.

The requirements of Article 33 PCT thus appear to be fulfilled.

*****

Possible steps after receipt of the international search report (ISR) and written opinion of the International Searching Authority (WO-ISA)

General information	For all international applications filed on or after 01/01/2004 the competent ISA will establish an ISR. It is accompanied by the WO-ISA. Unlike the former written opinion of the IPEA (Rule 66.2 PCT), the WO-ISA is not meant to be responded to, but to be taken into consideration for further procedural steps. This document explains about the possibilities.
Amending claims under Art. 19 PCT	Within 2 months after the date of mailing of the ISR and the WO-ISA the applicant may file amended claims under Art. 19 PCT directly with the International Bureau of WIPO. The PCT reform of 2004 did not change this procedure. For further information please see Rule 46 PCT as well as form PCT/ISA/220 and the corresponding Notes to form PCT/ISA/220.
Filing a demand for international preliminary examination	In principle, the WO-ISA will be considered as the written opinion of the IPEA. This should, in many cases, make it unnecessary to file a demand for international preliminary examination. If the applicant nevertheless wishes to file a demand this must be done before expiry of 3 months after the date of mailing of the ISR/ WO-ISA or 22 months after priority date, whichever expires later (Rule 54bis PCT). Amendments under Art. 34 PCT can be filed with the IPEA as before, normally at the same time as filing the demand (Rule 66.1 (b) PCT). If a demand for international preliminary examination is filed and no comments/amendments have been received the WO-ISA will be transformed by the IPEA into an IPRP (International Preliminary Report on Patentability) which would merely reflect the content of the WO-ISA. The demand can still be withdrawn (Art. 37 PCT).
Filing informal comments	After receipt of the ISR/WO-ISA the applicant may file informal comments on the WO-ISA directly with the International Bureau of WIPO. These will be communicated to the designated Offices together with the IPRP (International Preliminary Report on Patentability) at 30 months from the priority date. Please also refer to the next box.
End of the international phase	At the end of the international phase the International Bureau of WIPO will transform the WO-ISA or, if a demand was filed, the written opinion of the IPEA into the IPRP, which will then be transmitted together with possible informal comments to the designated Offices. The IPRP replaces the former IPER (international preliminary examination report).
Relevant PCT Rules and more information	Rule 43 PCT, Rule 43bis PCT, Rule 44 PCT, Rule 44bis PCT, PCT Newsletter 12/2003, OJ 11/2003, OJ 12/2003

Komparatora SBK2 ar mazas jaudas strobsignāla formētāju īpašību izpēte - modelēšana un fizikālie eksperimenti

Pārskata periodā tika veikta komparatora ar mazākas jaudas strobsignāla formētāju īpašību izpēte, jo tāds formētājs prasa mazāku enerģijas patēriņu un mazāk trokšņo. Tāpēc bija jānoskaidro šāda formētāja optimālie darba režīmi un pārejas raksturlīknes kāpuma laiki optimālajos darba režīmos.

Komparatora SBK2 darba režīmi.

Jāatzīmē, ka ir iespējami vairāki komparatora SBK2 darba režīmi. Tā, piemēram, ir iespējams komparatoru palaist ar relatīvi šauru palaišanas impulsu. Par šauru šeit tiek uzskatīts tāds palaišanas impulss kura platums ir mazāks par komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platumu. Lietojot šādu palaišanas impulsu, ir jāievēro, ka šāda impulsa pakaļējai frontei ir jābūt ļoti lēzenai, pretējā gadījumā impulsa pakaļējā fronte caur palaišanas ķēdes kondensatoru Co diferencējas un atkārtoti (t.i. parazītiski) strobē komparatoru, kas nav pieļaujams. Ilustrācijai Fig. 1 ir parādīti pārejas procesi komparatorā SBK2 lietojot palaišanas impulsu ar lēzenu pakaļējo fronti gadījumā, kad TD1 nepārslēdzas. Pārējie eksperimenta apstākļi: Ip1=8,1 mA; Ip2=10 mA; Ip3 = 20 mA ; līdzstrava caur TD3 $I3_0$=5,5 mA; L=39 mkH, palaišanas impulsa platums T_0=50 ns; palaišanas impulsa pakaļējās frontes garums 400 ns. Iegūtais komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platums kad TD1 pārslēdzas T_{no}=20 ns.

Pārejas procesi gadījumā kad TD1 nepārslēdzas parādīti Fig. 2. Iegūtais komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platums kad TD1 nepārslēdzas T_{ne}=250 ns.

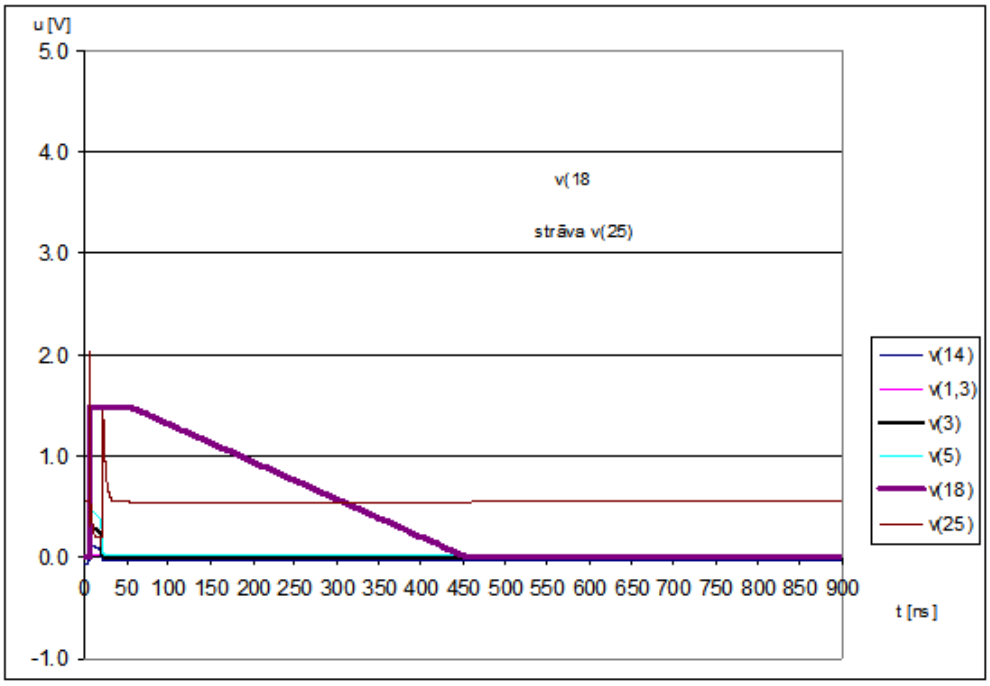


Fig. 1 Pārejas procesi komparatorā SBK2 gadījumā, kad TD1 pārslēdzas. Iegūtais nolasīšanas impulsa platums T_{no}=20 ns.

Kā parādīja fizikālie eksperimenti, tad tik lielas induktivitātes kā augstāk minātajā eksperimentā nevar lietot parāk lielā refrakcijas laika dēļ. Liels refrakcijas laiks nozīmē to, ka komparatoru nevarēs strobēt ar 1 MHz frekvenci, jo komparators sāks dalīt frekvenci. Tāpēc tika veikts pētījums, lai noskaidrotu to maksimāli pieļaujamo induktivitātes L lielumu, pie kura refrakcijas laiks nepārsniedz strobēšanas periodu 1 mks. Tādā veidā tika atrasts, ka maksimāli

pieļaujamais induktivitātes lielums ir L=4 mkH. Pārejas procesi komparatorā pie šādas induktivitātes parādīti Fig. 3. Refrakcijas procesu ilustrē pārejas procesa līkne V25, kas attēlo strāvu induktivitātē. Ja šī strāva vienas mikrosekundes laikā iestājas vienāda ar TD3 sākotnējo līdzstrāvu (mūsu gadījumā I30=5,5 mA) tad komparatora refrakcijas laiks nepārsniedz vienu mikrosekundi un to varēs strobēt ar takts frekvenci 1 MHz.

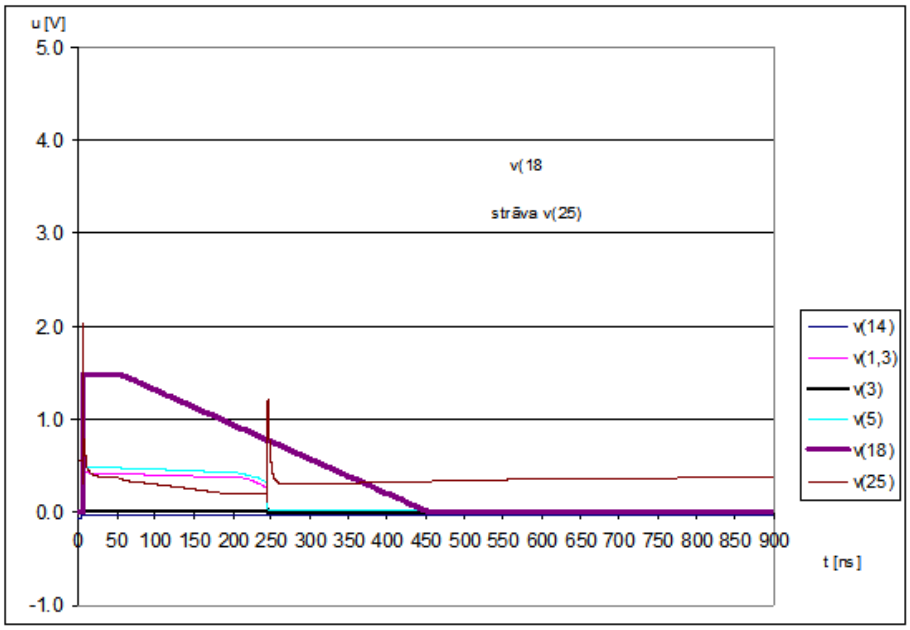


Fig. 2 Pārejas procesi komparatorā SBK2 gadījumā, kad TD1 nepārslēdzas. Iegūtais nolasīšanas impulsa platums T_{ne}=250 ns.

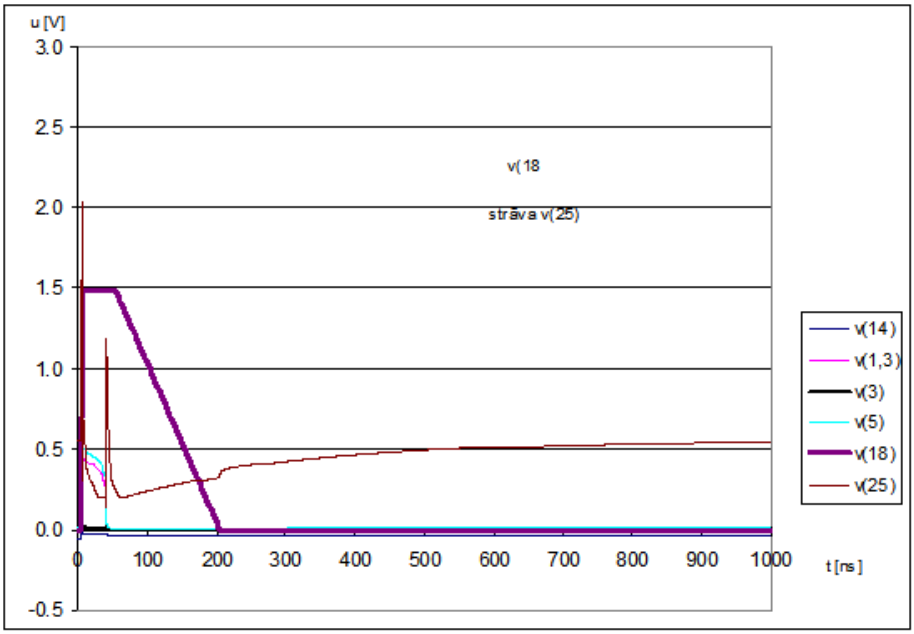


Fig. 3. Pārejas procesi komparatorā SBK2 gadījumā, kad TD1 nepārslēdzas pie L=4 mkH. Refrakcijas procesu ilustrē līkne V25. Iegūtais nolasīšanas impulsa platums T_{ne}=36 ns.

Ir iespējams SBK2 darbības variants kad komparatoru palaiž ar vienkāršākas formas impulsu – ar taisnstūra formas impulsu. Tādā gadījumā palaišanas impulsa platumam ir jābūt lielākam par komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platumu. Šāds komparatora darba režīms tika pētīts pie šādiem apstākļiem: Ip1=8,1 mA; Ip2=10 mA; Ip3=20 mA; L=4 mkH; I30=5,5 mA; palaišanas impulsa platums T0=50 ns. Pārejas procesu komparatorā pieraksti gadījumā, kad TD1 nepārslēdzas parādīti Fig. 4, bet gadījumā, kad TD1 pārslēdzas – Fig. 5.

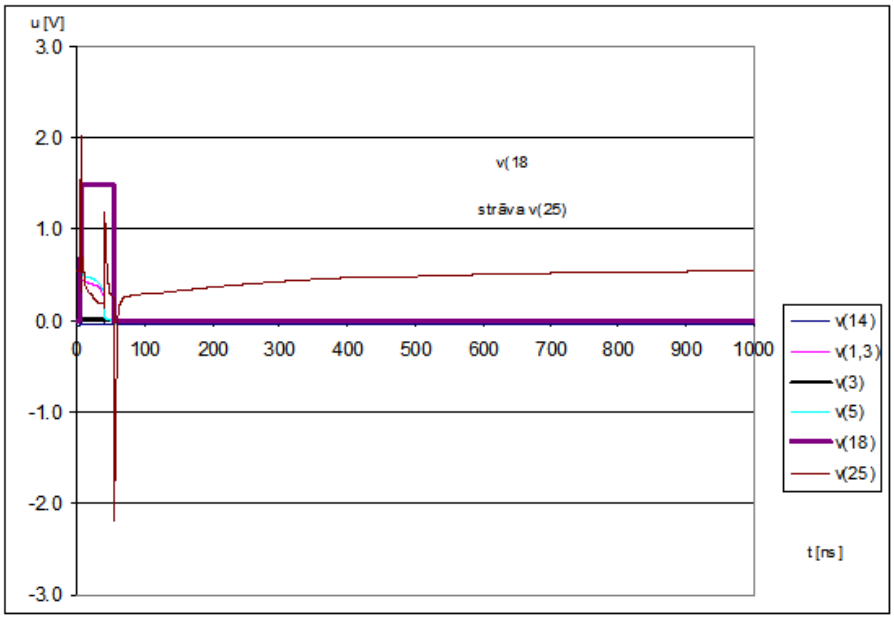


Fig. 4 Pārejas procesi komparatorā SBK2 gadījumā, kad TD1 nepārslēdzas pie L=4 mkH un taisnstūra formas palaišanas impulsa un L=4 mkH. Iegūtais nolasīšanas impulsa platums T_{ne}=36 ns.

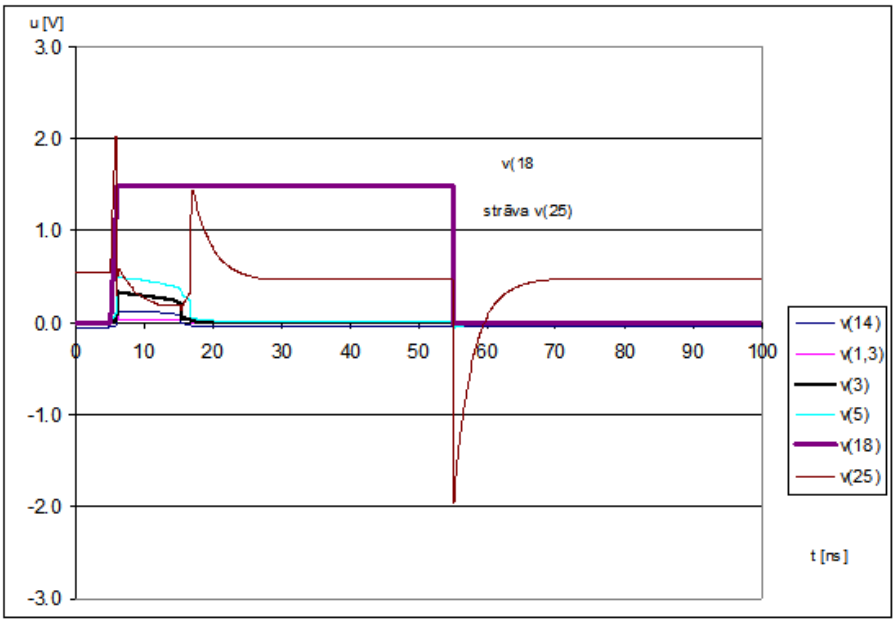


Fig. 5 Pārejas procesi komparatorā SBK2 gadījumā, kad TD1 pārslēdzas pie taisnstūra formas palaišanas impulsa un L=4 mkH. Iegūtais nolasīšanas impulsa platums T_{no}=11 ns.

Pirmajā gadījumā tika iegūts komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platums 36 ns, otrajā – 11 ns. No iegūtiem rezultātiem redzams, ka nolasīšanas impulsu platumi 20 mA strobējošās tuneļdiodes gadījumā atšķiras visai ievērojami (3,27 reizes), kas atvieglo komparatora nostrādāšanas un nenostrādāšanas detektēšanu. Bez tam pie augstāk minētajiem shēmas darba apstākļiem tiek nodrošināts arī nepieciešamais shēmas refrakcijas laiks, kas ļaus pārveidotājā lietot pietiekoši augstu takts frekvenci 1 MHz.

Lai noskaidrotu pretesības Rv strobsignāla ķēdē pielaižu diapazonu un optimālās vērtības, tika veikti komparatora dinamikas pētījumi pie mazākas jaudas (20 mA) strobējošās tuneļdiodes un dažādām atbalsta pretestības Ra vērtībām. Pētījuma nosacījumi pie Ra=0,0 Om: Ip1=8,1 mA; Ip2=10 mA; Ip3=20 mA; C1=C2=0,8 pF; C3=1 pF; Ls1=Ls2=Ls3=0,3 nH; Lv=2,3 nH; L=4 mkH; C0=100 pF; To=80 ns.

Iegūtie skaitliskie rezultāti parādīti Tab. 1. bet grafiski attēloti Fig. 6.

Tab. 1.

Rv [Om]	Tr_f_1 [ps]	Tr_f_1_Ns [ps]
19	63	67
20	59	69
21	61	71
22	64	73
23	68	76
24	73	82
25	78	89
26	89	106

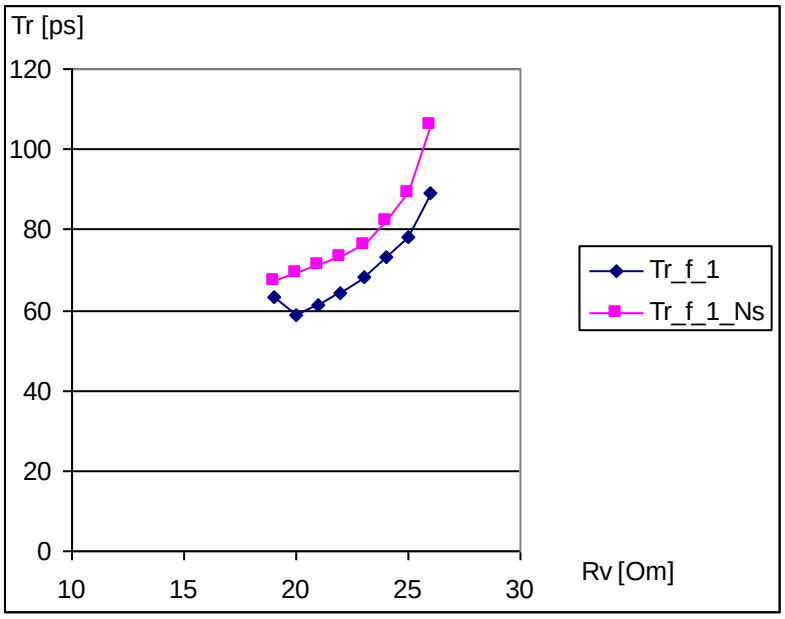


Fig 6. Pārejas raksturlīknes kāpuma laiks pozitīvam (apakšējā līkne) un negatīvam (augšējā līkne) testsignālam atkarībā no Rv pie nosacījumiem: Ip1=8,1 mA; Ip2=10 mA; Ip3=20 mA; C1=C2=0,8 pF; C3=1 pF; Ls1=Ls2=Ls3=0,3 nH; Ra=0,0 Om; Lv=2,3 nH; C0=100 pF.

No iegūtiem rezultātiem redzam, ka pie Ra=0,0 Om pārejas raksturlīknes minimālais kāpuma laiks pozitīvam testsignālam ir 59 ps, negatīvam testsignālam 67 ps. Kāpuma laiki minimāli ir komparatoram darbojoties uz stabilitātes robežas un tāpēc to praktiskā izmantošana ir visai problemātiska. Lai nodrošinātu komparatora darbības stabilitāti nāktos lietot lielākas pretestības Rv vērtības. Taču tad pasliktinās komparatora dinamika. Lai uzlabotu komparatora dinamiku un paplašinātu pretestības Rv pielaižu diapazonu, augstāk minētie pētījumi tika veikti pie Ra=3 Om; 4 Om un 5 Om. Iegūtie skaitliskie rezultāti parādīti attiecīgi Tab. 2, Tab. 3 un Tab. 4., bet rezultātu grafiskais attēlojums attiecīgi – Fig. 7, Fig. 8. un Fig. 9.

Tab. 2.

Rv [Om]	Tr_f_1 [ps]	Tr_f_1_Ns [ps]
20	54	60
21	54	61
22	54	61
23	55	63
24	57	65

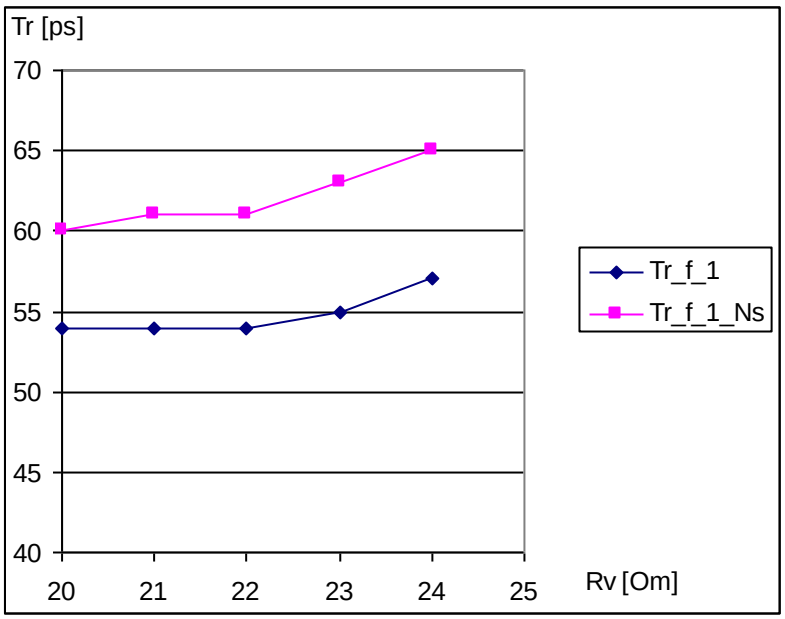


Fig. 7. Pārejas raksturlīknes kāpuma laiku pozitīvam testsignālam (apakšējā līkne) un negatīvam testsignālam (augšējā līkne) atkarība no Rv pie Ra=3 Om. Pārējie nosacījumi tādi pat kā Fig. 6.

Tab. 3.

Rv [Om]	Tr_f_1 [ps]	Tr_f_1_Ns [ps]
21	54	61
22	54	61
23	54	61
24	55	63
25	57	64
26	59	65
27	61	69

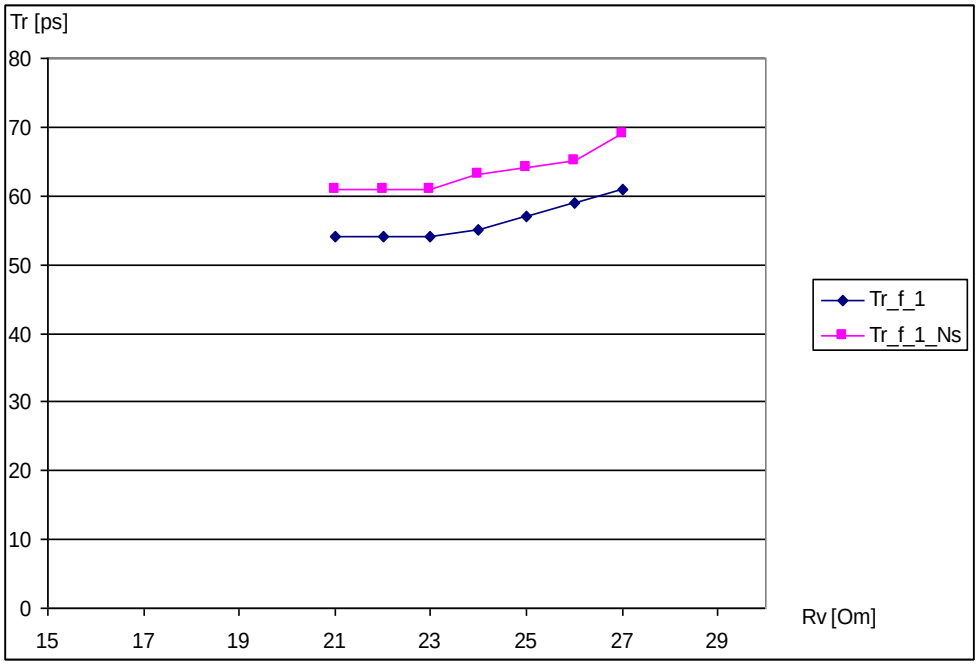


Fig. 8. Pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiku atkarība no Rv pie Ra=4 Om pozitīvam testsignālam (apakšējā līkne) un negatīvam testsignālam (augšējā līkne). Pārējie nosacījumi tādi pat kā Fig. 6.

Tab.4.

Rv [Om]	Tr_f_1 [ps]	Tr_f_1_Ns [ps]
21	56	63
22	55	62
23	54	62
24	54	61
25	54	62
26	56	63
27	57	65
28	60	68
29	63	70

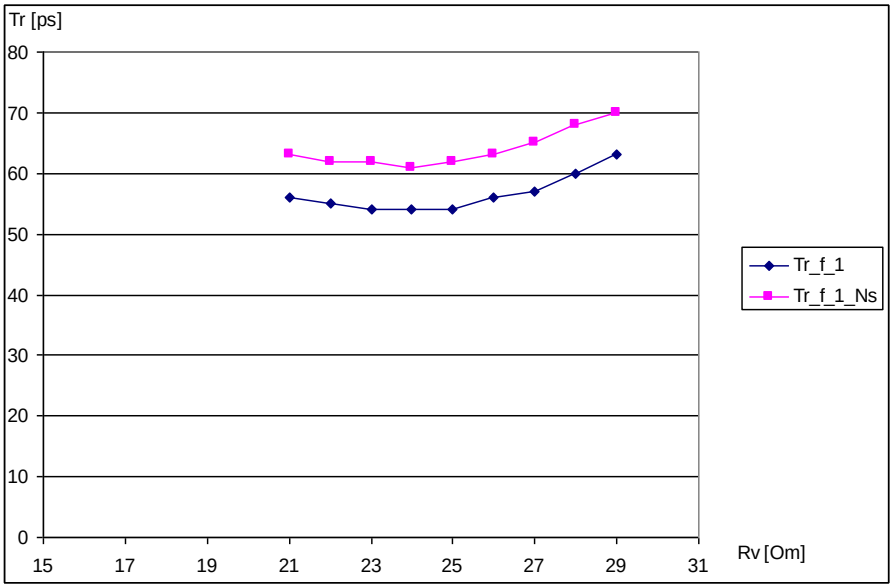


Fig. 9. Pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiku atkarība no Rv pie Ra=5 Om pozitīvam testsignālam (apakšējā līkne) un negatīvam testsignālam (augšējā līkne). Pārējie nosacījumi tādi pat kā Fig. 6.

No iegūtajiem rezultātiem redzams, ka pie Ra=5 Om komparatora darbības stabilitāte saglabājas arī pie Rv vērtībām mazākām par optimālo Rv=24 Om. Tas nozīmē, ka tālāka Ra palielināšana nav nepieciešama.

Strobsignāla trakta ietekmes izpēte pie dažādas komparatora tuneļdiožu asimetrijas.

No agrāk veiktajiem pētījumiem zināms, ka pārveidotājam ir dažas priekšrocības, ja komparatorā tiek pielietotas tuneļdiodes ar atšķirīgām pīķa strāvām Ip1<Ip2 (mazāka nulles līmeņa nobīde un lielāks pretestības strobsignāla ķēde Rv pielaižu diapazons). Visos augstāk minētajos pārskata perioda eksperimentos komparatora tuneļdiožu pīķa strāvu attiecība saglabāta Ip1/Ip2=0,81 kas atbilst vienas sērijas tuneļdiožu pīķa strāvu tehnoloģiskās izkliedes maksimālajam diapazonam. Tas nozīmē, ka piemeklējot maksimālo asimetriju no vienas sērijas tuneļdiodēm būs iespējams nodrošināt augstāk minētās pārveidotāja priekšrocības. Taču bez augstāk minētajām priekšrocībām vēl svarīgs jautājums ir strobsignāla trakta ietekme uz pārveidotāja kompensācijas signālu. Ja šī ietekme būtu liela, tad pārveidotājs būtu jūtīgs pret strobģeneratora paštrokšņiem un dreifu. Tāpēc tika veikts pētījums par strobsignāla trakta ietekmi pie dažādām komparatora tuneļdiožu asimetrijām. Šai sakara tika uzņemtas pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiku atkarības no pretestības Rv strobsignāla ķēdē pie dažādām tuneļdiožu asimetrijām, lai pie katras asimetrijas atrastu optimālos Rv lielumus. Pēc tam, izmantojot šos optimālos Rv lielumus, tika veikta neliela Rv deviācija (par vienu omu), tādā veidā imitējot strobsignāla amplitūdas nelielu izmaiņu. Pie katras tuneļdiožu asimetrijas tika iegūtas šādai deviācijai atbilstošās pārveidotāja

kompensācijas līmeņa izmaiņas, kas raksturo pārveidotāja jutību pret strobģeneratora trakta ietekmi. Pētījumi tika veikti pie asimetrijām: Ip1/Ip2=1,0; Ip1/Ip2=0,81; Ip1/Ip2=0,6 un Ip1/Ip2=0,5. Pārējie pētījumu nosacījumi: Ra=5 Om; C1=C2=0,8 pF; C3=1 pF; Ip2=10 mA; Ip3=20 mA; L=4 mkH; Ls1=Ls2=Ls3=0,3 nH. Iegūtās pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiku atkarības no Rv pie katras no asimetrijām pozitīvam un negatīvam testsignālam dotas attiecīgi Tab. 5; Tab. 4 (sk. augstāk); Tab. 6 un Tab. 7. Atbilstošās šo atkarību grafiskās ilustrācijas parādītas Fig. 10; Fig. 9 (sk. augstāk); Fig. 11 un Fig. 12.

Tab. 5

Rv [Om]	Tr_f_1 [ps]	Tr_f_1_Ns [ps]
27	67	60
28	56	63
29	59	66
30	63	70
31	69	77

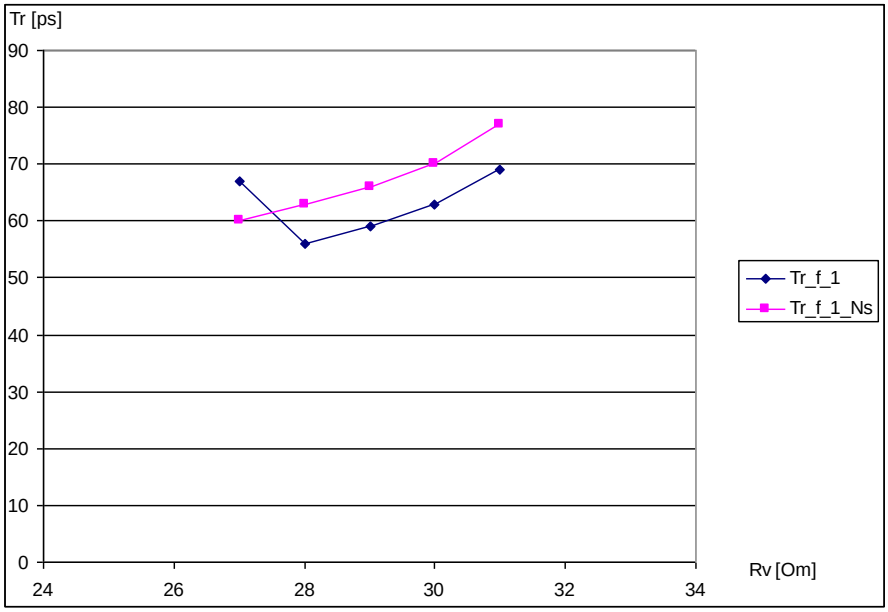


Fig. 10. Pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiku atkarības pozitīvam (Trf) un negatīvam (Trf_Ns) testsignālam pie tuneļdiožu asimetrijas Ip1/Ip2=1,0

Tab. 6

Rv [Om]	Tr_f_1 [ps]	Tr_f_1_Ns [ps]
20	66	77
21	64	75
22	64	74
23	63	73
24	64	72
25	63	72
26	65	72
27	65	73
28	68	75
29	71	78

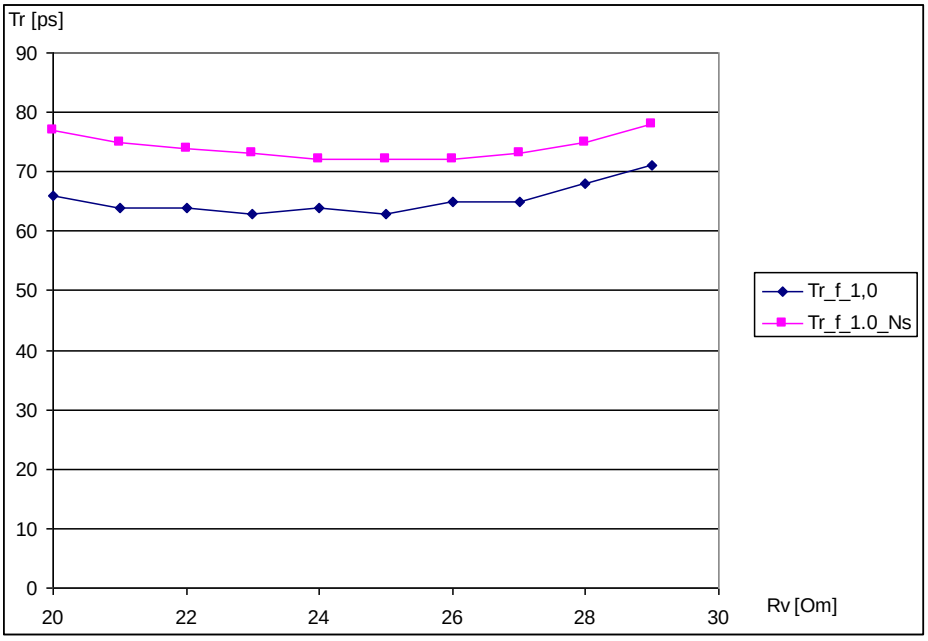


Fig. 11. Pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiku atkarības pozitīvam (Trf) un negatīvam (Trf_Ns) testsignālam pie tuneļdiožu asimetrijas Ip1/Ip2=0,6

Tab. 7

Rv [Om]	Tr_f_1 [ps]	Tr_f_1_Ns [ps]
20	72	86
21	70	83
22	69	81
23	68	79
24	69	78
25	69	78
26	69	78
27	71	79
28	72	80
29	75	82

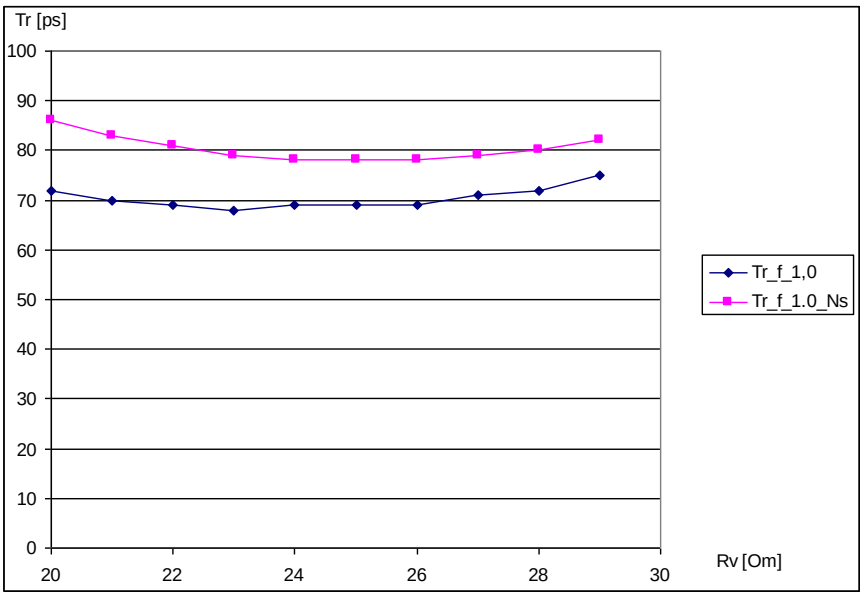


Fig. 12. Pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiku atkarības pozitīvam (Trf) un negatīvam (Trf_Ns) testsignālam pie tuneļdiožu asimetrijas Ip1/Ip2=0,5

Pārveidotāja kompensācijas līmeņa izmaiņas dažādam tuneļdiožu asimetrijām pie pretestības Rv deviācijas par vienu omu parādītas Tab. 8 un grafiskais attēlojums dots Fig. 13.

Tab. 8

I1	dE
10	0.054
8.1	0.03
6	0.027
5	0.033

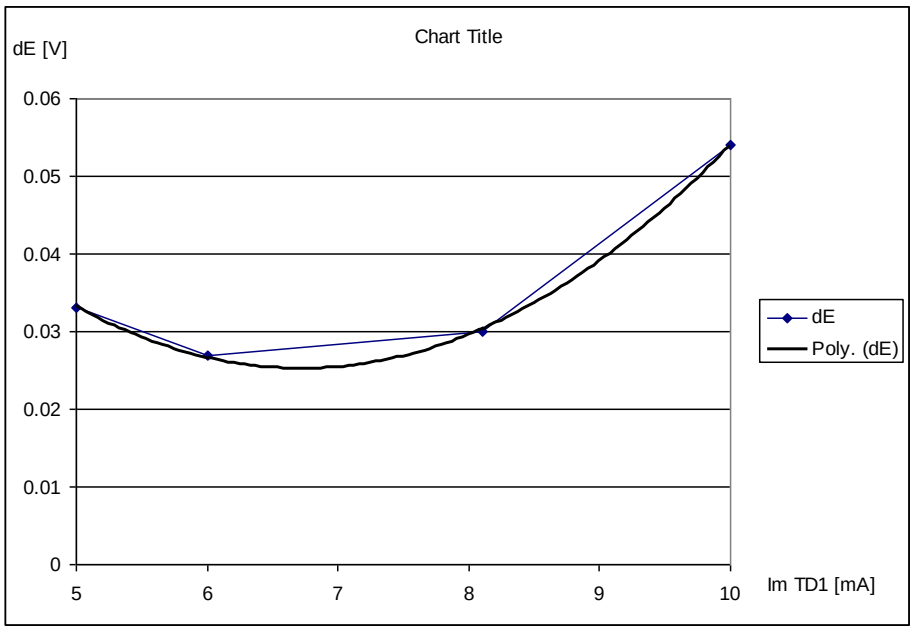


Fig. 13 Kompensācijas līmeņa izmaiņas dažādām tuneļdiožu asimetrijām pie pretestības Rv deviācijas par vienu omu.

No iegūtiem rezultātiem redzams, ka komparatora tuneļdiožu asimetrija ir izdevīga arī lai samazinātu pārveidotāja jutību pret izmaiņām strobsignāla ķēdē (strobģeneratora troksni un dreifu). Optimālais asimetrijas lielums mūsu gadījumā būtu Ip1/Ip2=0,68. Pie šādas asimetrijas pārveidotājs ir 2,2 reizes mazāk jutīgs pret strobģeneratora trokšņiem un dreifu nekā simetrisku tuneļdiožu gadījumā.

Fizikālie eksperimenti.

Lai pārbaudītu modelēšanas rezultātus attiecībā uz komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platumu izmaiņām pie mazākas jaudas strobējošās tuneļdiodes tika izmantota projekta iepriekšējā periodā izgatavotā komparatora SBK2 konstrukcija ar tajā iebūvēto elektrisko shēmu. Vienā gadījumā salīdzinājumam kā strobējošā diode tika izmantota lielas jaudas (Ip3=50 mA) tuneļdiode, otrā gadījumā – relatīvi mazas jaudas tuneļdiode (Ip3=20 mA). Iegūtās nolasīšanas impulsu platuma izmaiņas atkarībā no komparatora nostrādāšanas lielas un mazas jaudas strobējošās tuneļdiodes gadījumos parādītas attiecīgi oscilogrammās Fig. 14 un Fig. 15.

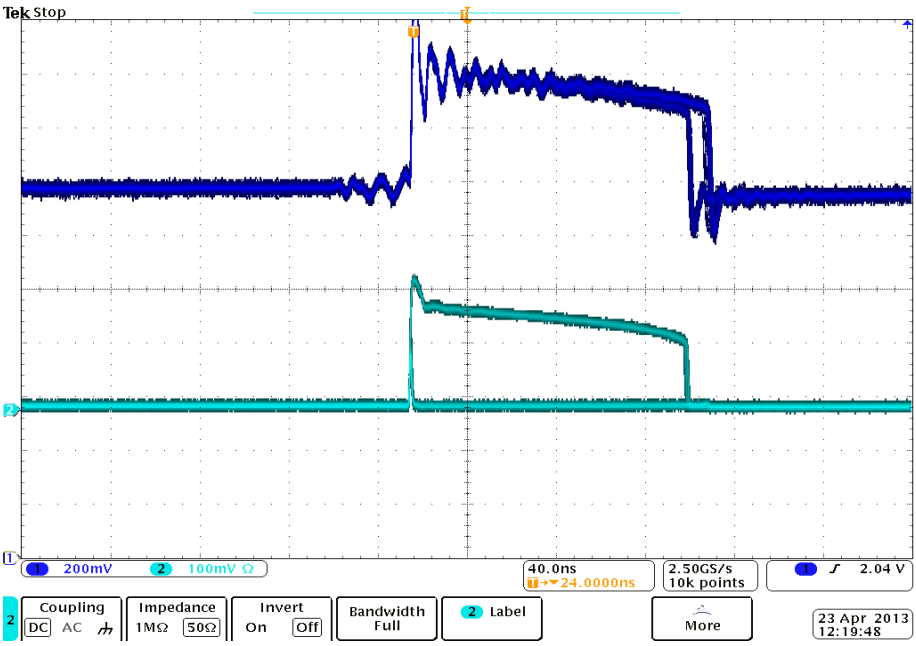


Fig. 14 Komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platuma izmaiņas komparatora nostrādāšanas un nenostrādāšanas gadījumos lielas jaudas (Ip3=50 mA) strobējošās tuneļdiodes gadījumā (augšējā oscillogramma). Sprieguma kontroles impulss uz TD1 komparatora nostrādāšanas gadījumā (apakšējā oscilogramma).

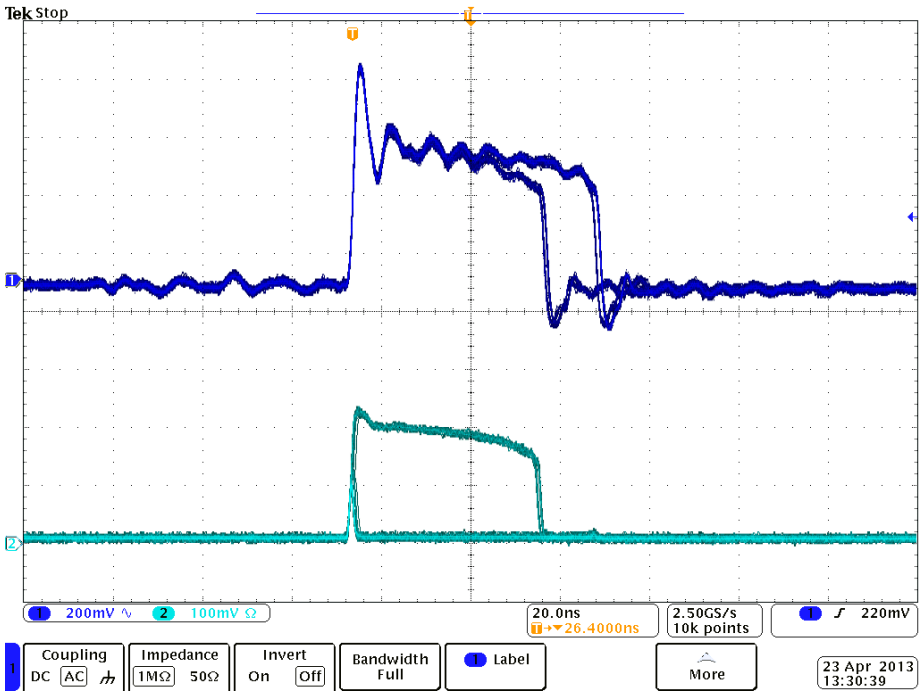


Fig. 15. Komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platuma izmaiņas komparatora nostrādāšanas un nenostrādāšanas gadījumos mazas jaudas (Ip3=20 mA) strobējošās tuneļdiodes gadījumā (augšējās oscilogrammas). Sprieguma kontroles impulss uz TD1 komparatora nostrādāšanas gadījumā (apakšējā oscillogramma).

Fizikālie eksperimenti apstiprina modelēšanas rezultātus, ka no komparatora stāvokļa nolasīšanas ērtību viedokļa izdevīgāk lietot mazas jaudas (mūsu gadījumā 20 mA) strobējošo tuneļdiodi, jo tas nodrošina lielākas nolasīšanas impulsu platumu atšķirības.

Bez augstāk minētajiem eksperimentiem vēl tika veikti eksperimenti, lai noteiktu komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsa platumu atšķirību atkarībā no priekšsprieguma strobējošās tuneļdiodes ķēdē. Iegūtie rezultāti parādīti Fig. 16. No šiem rezultātiem redzams, ka pie

mazākiem priekšspriegumiem palielinās nolasīšanas impulsu platumu attiecība (sk. Fig. 17), kas atvieglo komparatora stāvokļa detektēšanu. Taču vienlaicīgi samazinās nolasīšanas impulsu absolūtais platums, kas zināmā mērā apgrūtina impulsu reģistrāciju. Līdz ar to šeit jāatrod komparatora darba režīma optimums, kas ir atkarīgs no konkrētajām nolasīšanas shēmas tehniskās realizācijas ērtībām.

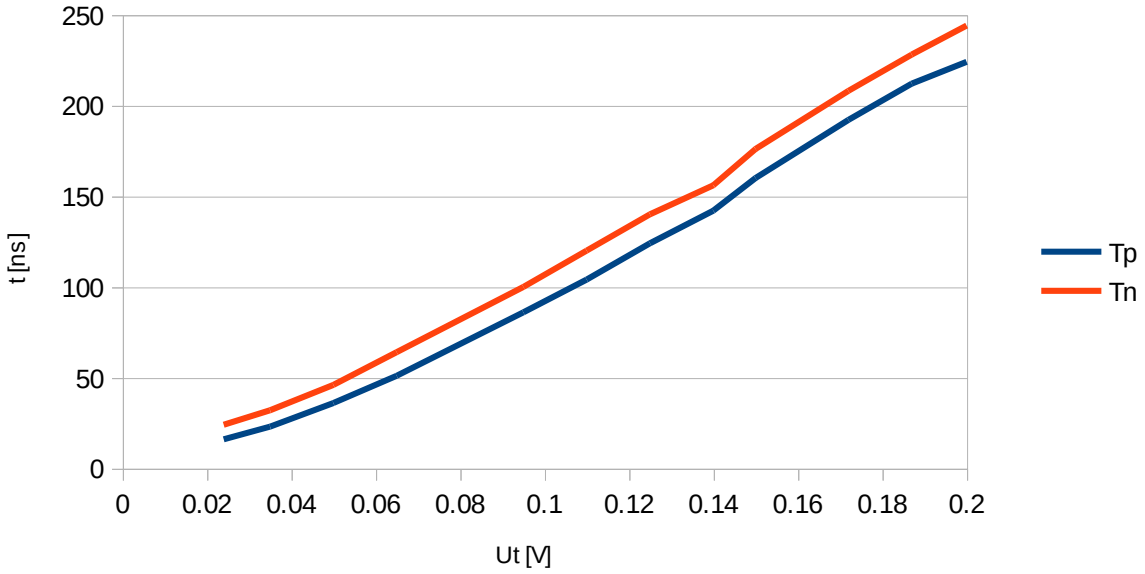


Fig. 16. Komparatora stāvokļu nolasīšanas impulsu absolūtās platumu izmaiņas atkarībā no priekšsprieguma strobējošās tuneļdiodes ķēdē: Tp – komparatoram pārslēdzoties (nostrādājot); Tn – komparatoram nepārslēdzoties (nenostrādājot).

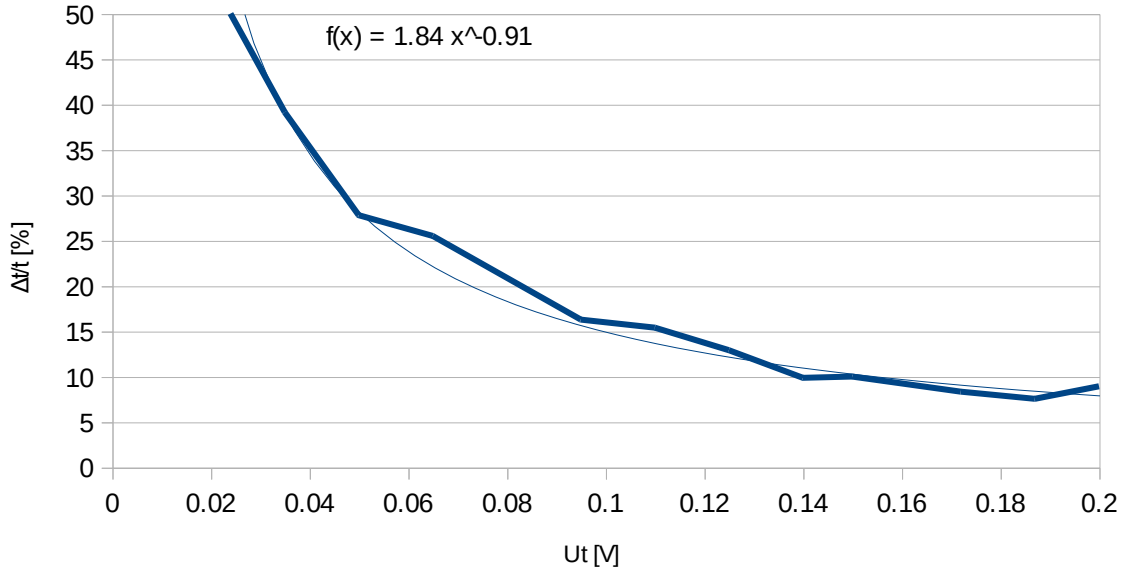


Fig. 17. Komparatora stāvokļa nolasīšanas impulsu platumu relatīvās izmaiņas atkarība no priekšsprieguma strobējošās tuneļdiodes ķēdē.

УДК 621.396.969
Технические науки

С использованием макета импульсного радиолокатора дыхания, включающего приёмник высокой чувствительности на основе стробоскопического преобразователя компараторного типа, передатчика с двухступенчатым обострителем и алгоритма обработки сигнала методом главных компонент выделен закон движения пластины макета дыхания с размахом колебания 10 мм и частотой от 0,24Гц до 4,7Гц .

Ключевые слова и фразы: биорадиолокация; регистрация дыхания человека; метод главных компонент; метод Карунена-Лоэва; стробоскопический приёмник; преобразователь компараторного типа.

Аристов Владимир Николаевич
Институт электроники и вычислительной техники, Латвия
vladimirs.aristovs@edi.lv

ИМПУЛЬСНЫЙ ЛОКАТОР И МЕТОД ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ КАК СРЕДСТВА АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ДЫХАНИЯ©

Работа выполнена в рамках проекта 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), финансируемый совместно с Европейским Фондом Регионального Развития.

При дыхании человека происходит небольшое смещение грудной клетки (частично живота). При спокойном невозбуждённом и здоровом состоянии это смещение составляет в среднем 5-15 мм. Если перейти во временную область, это соответствует изменению задержки в пределах 33-100 пс между отражённым сигналом, соответствующим вдоху, и аналогичным, соответствующим выдоху. При центральной частоте радиолокаторов дыхания равной f_0=3 ГГц (период T_0=330 пс) среднее смещение укладывается в четверть периода. Как было показано на модельных сигналах [3] при таком смещении можно ожидать хороших результатов от применения преобразования Карунена Лоэва (метода главных компонент) для выделения из ансамбля сигналов закона перемещения цели (грудной клетки). Частота дыхания человека не является постоянной величиной и варьирует в широких пределах (0,1-0,8 Гц) в зависимости от его состояния, возраста и здоровья. На первом этапе было целесообразным в качестве объекта исследования вместо человека использовать макет дыхания, размах колебания пластины которого был выбран равным 10 мм, а частота колебаний варьировалась в широких пределах от 0,24 Гц до 4,7 Гц.

Аппаратура и методика проведения эксперимента

Так как использование предлагаемого локатора дыхания и алгоритма обработки предполагается в стеснённых условиях помещения (клиники), то для приближения к реальной ситуации макет дыхания находился на малом расстоянии от антенн радиолокатора (Рис. 1).

© Аристов В.Н., 2013

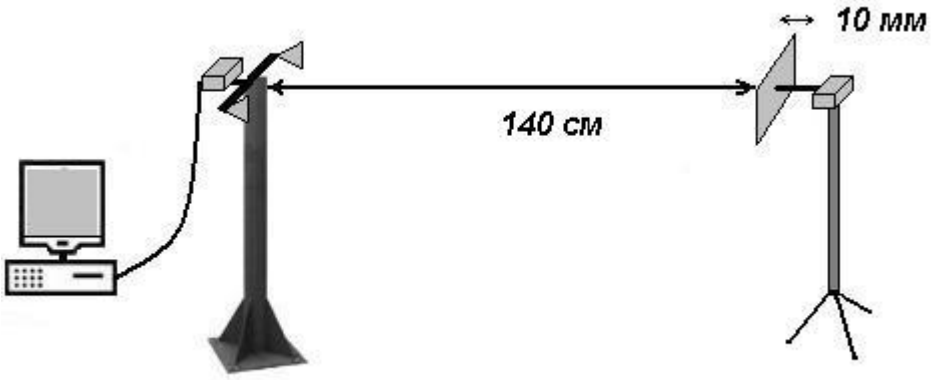


Рис. 1. *Схема экспериментального мониторинга макета дыхания*

Состав аппаратуры: передатчик с внешним запуском с двухступенчатым обострителем на лавинном транзисторе и диоде с накоплением заряда (ДНЗ). Парафазные выходные импульсы на нагрузке 50 Ом имели амплитуду 6 В и длительность фронта не хуже 120 пс. Передающей антенной являлась сверхширокополосная антенна типа «Bow-tie».

Приёмник включал экспериментальный стробоскопический преобразователь компараторного типа, входная высокочастотная головка которого выполнена на туннельных диодах. Преобразователь имеет высокую чувствительность (RMS $\leq$ 50 *ì êÂ*) при ширине полосы на уровне 0,7 не хуже 3 ГГц. Сигнал на вход преобразователя поступал от широкополосной рамочной антенны типа *Bi-quad*.

Блок предварительной обработки и сопряжения с компьютером, выполненный на базе микропроцессора, производил оцифровку выборок сигнала, формирование «медленной пилы» для стробоскопического преобразователя и передачу сигнала в цифровом коде на компьютер для его дальнейшей обработки .

Результаты обработки ансамблей сигнала

Для проверки работы комплекса радиолокатор плюс обработка сигнала методом главных компонент были сформированы ансамбли сигналов по 1000 реализаций в каждом $\mathbf{A}=[a_{i,j}]$ (i=1,2,...1024; j=1,2,...1000). Каждая реализация соответствовала отражению от пластины макета дыхания [2] на определённой фазе её положения. Соотношение с/ш было не хуже 20 дБ, что давало основание исключить влияние шума на форму кривой закона перемещения пластины, получаемую в результате дальнейшей обработки [1]. При длине каждой реализации равной 41,46 мс полное время формирования ансамбля составляло 41,46 с. При работе макета дыхания его пластина совершала возвратно поступательные движения в силу конструктивного исполнения, по закону, близкому к синусоидальному. Вид отражённого сигнала в псевдообъёмном формате для ансамбля, соответствующего частоте колебания пластины макета дыхания равной 0,24 Гц, показан на Рис. 2а. Каждая последующая реализация сдвинута по оси Y на некоторою величину ΔU, чем и достигается псевдообъёмность. На этом же рисунке для сравнения представлен ансамбль модельного сигнала.

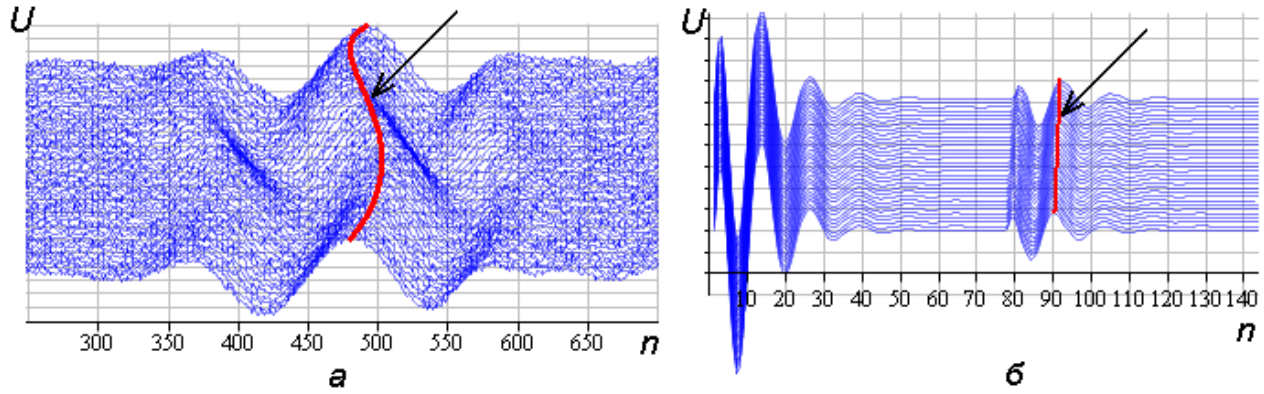


Рис. 2. *Вид отражённого сигнала для ансамбля отражённых сигналов, полученных: а) с выхода локатора дыхания; б) модельного сигнала, формируемого функцией* $u(t) = a(e^{-\alpha t} - e^{-(\alpha+\beta)t})Cos(\omega_0 t)$. *Стрелкой показана кривая закона изменения фазы отражённого сигнала*

Как следует из Рис.2 форма сигнала (нижнее окаймление ансамбля), отражённого от пластины макета дыхания, практически идентична таковой для модельного сигнала. А изменения в сигнале при варьировании расстояния до цели касаются лишь фазы (задержки). Поэтому следует предположить, что обработка сигнала от локатора дыхания методом главных компонент даст положительные результаты, сходные с таковыми для модельного сигнала. Приводимые далее результаты подтверждают наши предположения.

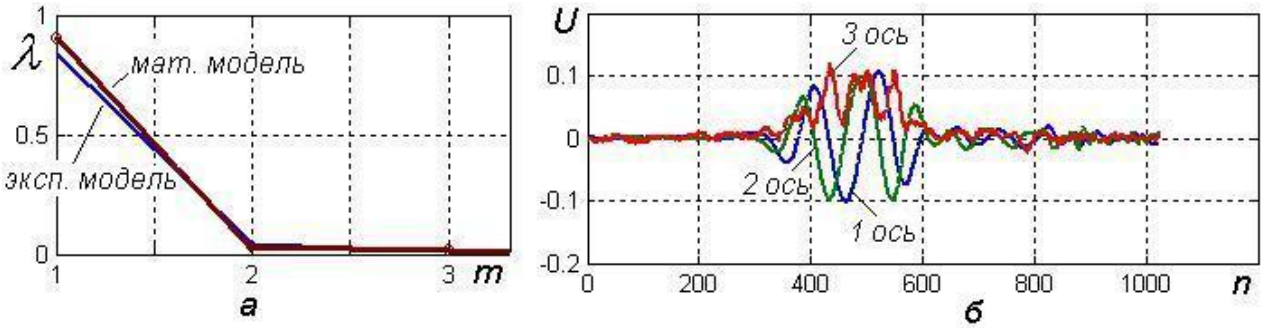


Рис. 3. *Предварительные результаты обработки ансамбля сигналов при частоте колебания пластины макета дыхания 0,24 Гц: а) распределение собственных значений автоковариационной матрицы ансамбля на 3 новых осях. Для сравнения приведены кривые для математической модели (мат. модель) и для экспериментальной модели (эксп. модель); б) вид первых трёх новых осей*

Для каждого ансамбля находилась оценка автоковариационной матрицы **C** как **C**=1/(N-1)**AA**^{t}, где N – число реализаций в ансамбле сигналов. Для найденной матрицы производился поиск её собственных векторов **w** и собственных значений λ.

Как следует из Рис. 3 поведение собственных значений λ, показывающих распределение дисперсий разброса значений сигнала по осям в новой системе координат, практически совпадает. А именно $\lambda_1 \approx \lambda_2$, при $\lambda_1 \approx 1$. Это означает, что сигнал на первой главной компоненте (оси), в качестве которой используется первый собственный вектор $\mathbf{w}_1$ содержит практически всю информацию о вариациях исходного сигнала. Или среднеквадратичная ошибка ε^2 представления исходного вектора ограниченным (в данном случае одной) числом новых координат составляет единицы процентов. Перевод исходных реализаций **x** в проекции **y** на первой главной компоненте производился по формуле $\mathbf{y}=\mathbf{w}^t_1\mathbf{x}$. Первые две главные компоненты, представленные на Рис. 3б, являясь ортогональными,

совпадают по форме с сигналом. Исходя из того, что первая главная компонента является наиболее информационной, ограничимся ею для анализа выходного сигнала. На Рис.4 представлены кривые, соответствующие изменению напряжения от реализации к реализации на первой главной компоненте. Эти кривые соответствуют закону перемещения пластины макета дыхания для разных частот колебания. Как следует из результатов, форма кривой сохраняет форму, близкую к синусоиде, для широкого диапазона частот колебания.

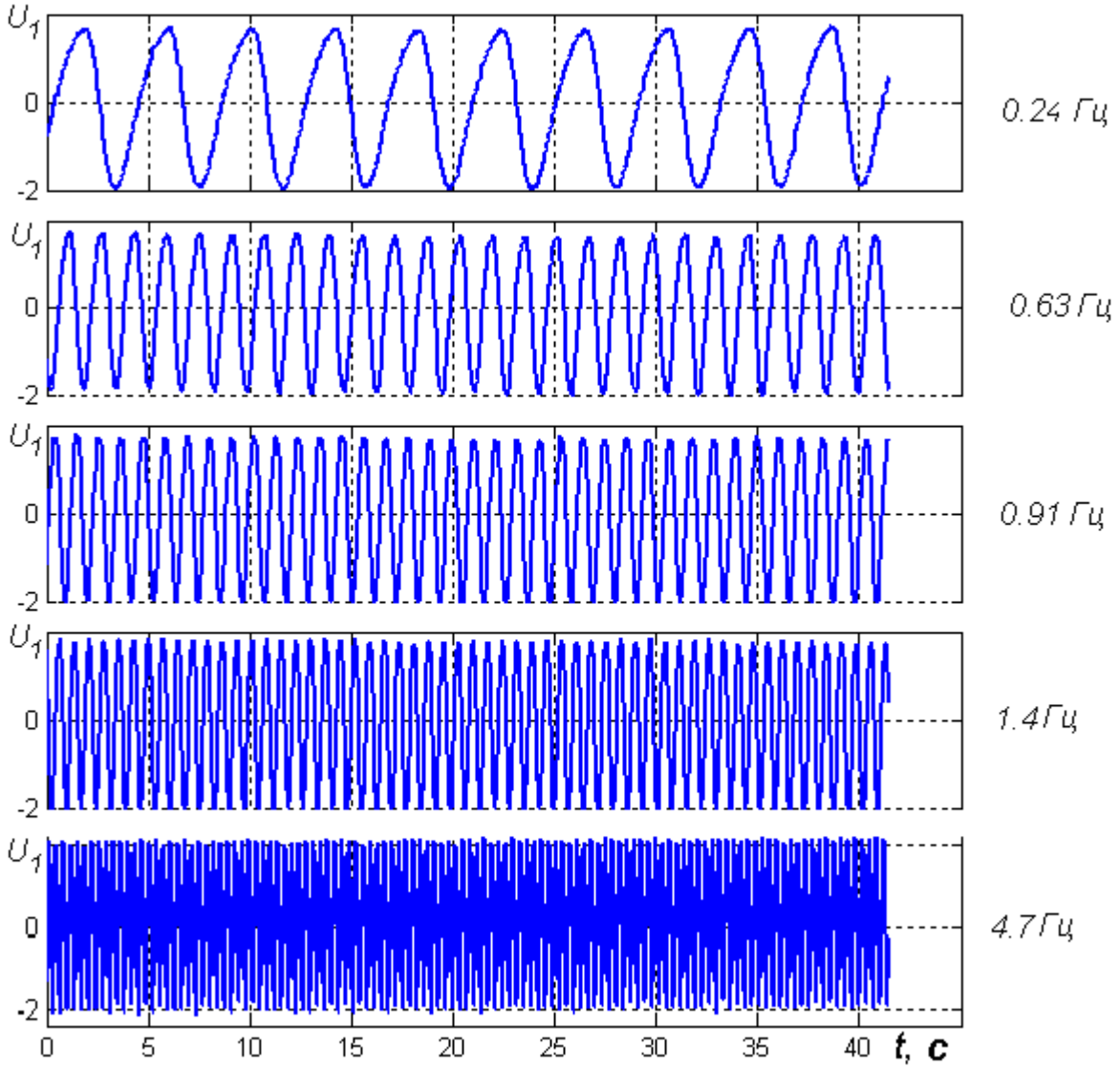


Рис. 4. *Вид кривой, отображающей закон движения пластины макета дыхания как сигнал на первой главной компоненте при разной частоте колебания пластины*

Этим подтверждаются два факта (для исследуемых частот колебания):

1 – правильность выбора времени записи преобразованного сигнала в цифровую форму и передачи его на компьютер;

2 – выбранный алгоритм обработки удовлетворительно передаёт закон колебания пластины макета дыхания.

Вывод

1. Выбранный и реализованный вариант радиолокатора дыхания, включающий двухступенчатый обостритель импульсов, возбуждающих *Bow-tie* антенну, приёмную *Bi-Quad* антенну, стробоскопический преобразователь компараторного типа с высокой чувствительностью и микропроцессорный модуль передачи данных на компьютер позволяют сформировать ансамбль сигналов, соответствующих отражениям от пластины макета дыхания, расположенной на расстоянии единиц метров от антенн локатора и имеющую

амплитуду колебания в 10 мм, пригодный для дальнейшей обработки.

2. Выбранный алгоритм обработки, а именно метод главных компонент, позволил выделить закон колебания пластины макета дыхания в широком диапазоне частот её колебания, соизмеримых с частотой дыхания человека с применением одной первой главной компоненты.

Список литературы

1. 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.

2. Greitans M., Aristov V. Conservation of the Phase Modulation Law of UWB Pulse in the First Principal Component // Automatic Control and Computer Sciences. 2012. № 4.

3. Greitans M., Aristov V., Laimina T. Application of the Karhunen-Loeve Transformation in Bio-Radiolocation. Breath Simulation // Automatic Control and Computer Sciences. 2012. № 1. P. 28-36.