

(12) PARAIŠKOS APRAŠYMAS

(21) Paraiškos numeris: **2020 044**
 (22) Paraiškos padavimo data: **2020-11-25**
 (41) Paraiškos paskelbimo data: **2022-05-25**

(71) Pareiškėjas:
Vilniaus universitetas, Universiteto g. 3, 01513 Vilnius, LT
Česlovas PAVASARIS, Kryžiuokų sodų 8-oji g. 94, 08444 Vilnius, LT
 (72) Išradėjas:
Česlovas PAVASARIS, LT
 (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Česlovas PAVASARIS, Kryžiuokų sodų 8-oji g. 94, 08444 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Daugiafunkcinis puslaidininkinis įtaisas ir schemos su juo (3)

(57) Referatas:

Pasiūlymas yra iš puslaidininkinės elektronikos srities, o būtent daugiavilnių puslaidininkinių įtaisų (DFPI) bei schemų su jais, ir gali būti vartojamas elektroninėse automatikos sistemose, įvairių signalų generatoriuose bei impulsų formuotuvuose, o taip pat signalų maišymo, dauginimo ir keitimo įrenginiuose, ir t. t. Pasiūlytuose DFPI yra kitaip padarytos darinių konstrukcijos, taikant integrinės elektronikos technologijas, lauko ir dvipolio tranzistorių, bei p–n sandūrų nuskurdintų sričių užtrumpinimo veikos principus. Palyginus su analogu, pasiūlyti DFPI variantai pasižymi didesnėmis valdymo funkcinėmis savybėmis, didesne veikimo sparta – perjungimų frontai $t_{(r, f)} \leq 1$ ns, integriniu išpildymu ir galimybe veikti įvairios paskirties elektroniniuose įrenginiuose: stiprintuvuose, impulsų formuotuvuose, dažnio keitikliuose ir maišikliuose.

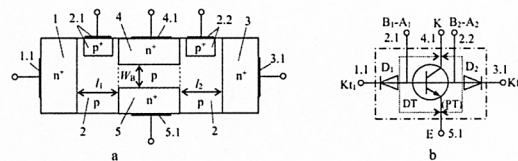


Fig. 1

DAUGIAFUNKCINIS PUSLAIDININKINIS ĮTAISAS IR SCHEMAS SU JUO (3)

Pasiūlymas yra iš puslaidininkinės elektronikos srities, o būtent daugiafunkcinių (kelių funkcijų, multifunkcinių) puslaidininkinių įtaisų (DFPI (KFPI, MFPI)), turinčių keturis ir daugiau kontaktų-išvadų – gnybtų, ir gali būti vartojami įvairios paskirties elektroniniuose įrenginiuose – stiprintuvuose, dažnių maišikliuose-keitikliuose, harmoninių ir impulsinių signalų generatoriuose, impulsų formuotuvuose, ir t. t.

Analogas yra sudarytas iš trijų besikeičiančio laidumo tipo vidutiniškai stipriai legiruotų puslaidininkinių sluoksnių – pirmojo (1)–trečiojo (3), pavyzdžiui, atitinkamai n–p–n, kurio viename iš kraštinių n– sluoksnių, pavyzdžiui, trečiajame n– sluoksnyje 3 yra suformuotos dvi priešingo laidumo p– tipo sritys – ketvirtoji (11) ir penktoji (12), su atitinkamais ominiais kontaktais ir išvadais (14). Kraštiniai n– sluoksniai 3 ir 4, bei p– sritys 11 ir 12 turi po vieną ominių kontaktą ir atitinkamą išvadą (14), o antrasis p– sluoksniu 2 turi du priešpriešiais išdėstytus ominus kontaktus su atitinkamais išvadais (14). Antrojo p– sluoksniu (2) storis W ir atstumas L tarp p– sričių (11, 12) padaryti mažesni už atitinkamų p–n sandūrų nuskurdintų sričių maksimalius storius $d_{pn(2-3; 2-1; 5-11; 5-12) \max} > W(L)$, o atstumas D tarp p– sluoksniu (2) ir p– sričių (11; 12) padarytas didesnis už p–n sandūros (2-3) maksimalų storį $d_{pn(2-3) \max} < D$ (SU 1290495 A1, Описание изобретения, 1987, Бюл. No. 6).

Analogo trukumas yra tai, jog puslaidininkinio įtaiso valdymo funkcijos yra ribotos – jis veikia tik šalia esančių p–n sandūrų 2-1 ir 2-3, bei 5-11 ir 5-12, pramušimo būdų, kai atitinkamo poveikio srovės $i_{(1; 2)}(t)$ momentinė vertė viršija tam tikrą slenkstinę vertę $I_{s(1; 2)}$, kai įvyksta atitinkamų p–n sandūrų 2-1 ir 2-3, bei 5-11 ir 5-12, nuskurdintų sričių sąlytis atitinkamoje srityje 2 ir 5, ir tai atitinka n–p–n (1-2-3), bei p–n–p (11-3-12) darinių – puslaidininkinių tetrodų (PT) veika. Kitas analogo trukumas yra jo diskretinė konstrukcija ir netinkamumas integrinės elektronikos technologijai. Dar kitas analogo trukumas yra tai, jog jis gali būti taikomas tik impulsinių signalų generatoriuose.

Analogas – generatorius yra sudarytas iš puslaidininkinio įtaiso su dviem skirtingų n–p–n ir p–n–p laidumų atitinkamais $PT_{(1; 2)}$ dariniais, turinčio šešis išvadus 14, kurio PT_1 vidurinės p– srities 2 du kraštiniai išvadai 14 yra sujungti su srovės šaltiniu I ir kartu vienas kraštinis išvadas 14 – su PT_2 vienos kraštinės p– srities 12 išvadu 14, o kitas kraštinis išvadas 14 per nuosekliai sujungtus pirmąjį induktorių L_1 ir rezistorių R – su PT_2 kitos kraštinės p– srities 11 išvadu 14. PT_2 vidurinės n– srities 5 išvadas 14 per nuosekliai sujungtus: įtampos U šaltinį, antrąjį induktorių L_2 ir apkrovos rezistorių R_a yra sujungtas su PT_1 n– srities 1 išvadu 14. (SU 1290495 A1, Описание изобретения, 1987, Бюл. No. 6).

Analogo – generatoriaus su šešių kontaktų puslaidininkiniu įtaisu trukumas yra tai, kad jis negali būti panaudotas kintamųjų signalų stiprinimo bei skirtingo dažnio signalų dauginimo įtaisuose, harmoninių signalų generavimo įtaisuose, o taip pat neleidžia generuojamų signalų parametru moduliacijos, ir visą tai apriboja įtaiso funkcines savybes. Kitas analogo trukumas yra tai, kad jame gali būti tik vienas rezistorius R_a su atitinkamu vieninteliu įrenginio išėjimo gnybtu U_{is} , pavyzdžiui, PT_1 darinio n–srities 1 kontaktas 14.

Analogo trūkumams pašalinti DFPI, sudarytame iš trijų vidutiniškai stipriai legiruotų besikeičiančio laidumo tipo, pavyzdžiui, n–p–n puslaidininkinių sluoksnių atitinkamai 1–3, sudarančių atitinkamas p–n sandūras 1-2 ir 2-3, ir n– sluoksniai 1 ir 3 turi atitinkamus ominių kontaktus-išvadus 1.1 ir 3.1, o p– sluoksnyje 2 priešpriešiais šalia n– sluoksnių 1 ir 3 yra suformuotos dvi vienodos n– sritys 4 ir 5 su atitinkamais kontaktais-išvadais 4.1 ir 5.1, DFPI yra padarytas **kitaip**, o būtent pirmajame variante n^+ – sluoksniai 1 ir 3 yra padaryti stipriai legiruoti, p– sluoksnyje 2 atstumu $W_B < L_B$ – šalutinių krūvininkų – elektronų (n_p) p– sluoksnyje 2 difuzijos nuotolis, viena nuo kitos yra suformuotos dvi stipriai legiruotos n^+ – sritis 4 ir 5 su atitinkamais kontaktais-išvadais 4.1 ir 5.1, ir taip yra sudarytas n^+ –p– n^+ dvipolio tranzistoriaus (DT) darinys 4-2-5, ir n^+ – sričių 4 ir 5 atitinkami atstumai $l_{(1; 2)}$ nuo atitinkamų n^+ – sluoksnių 1 ir 3 yra padaryti iš sąlygos: $d_{pn(1-2; 2-3)0} < l_{(1; 2)} < d_{pn(1-2; 2-3)max}$, čia: $d_{pn(1-2; 2-3)0}$ – atitinkamų p–n sandūrų 1-2 ir 2-3 nuskurdintų sričių p– sluoksnyje 2 neutralūs storiai, kai p–n sandūrose nėra poveikio įtampos $U_{pn} = 0$; $d_{pn(1-2; 2-3)max}$ – atitinkamų p–n sandūrų 1-2 ir 2-3 nuskurdintų sričių p– sluoksnyje 2 maksimalūs storiai, kai p–n sandūras atgaline kryptimi veikia elektrinio pramušimo įtampos $|U_{pn}| \geq U_{pnmax}$. Tarp n^+ – sluoksnio 1 (arba 3) ir n^+ – srities 4 (arba 5), bei n^+ – sluoksnio 3 (arba 1) ir n^+ – srities 5 (arba 4), p– sluoksnyje 2 yra suformuotos atitinkamos papildomos stipriai legiruotos p^+ – sritys 2.1 ir 2.2 su atitinkamais kontaktais-išvadais 2.1 ir 2.2. Kontaktais-išvadais: 1.1 ir 3.1 yra atitinkamų n^+ –p sandūrų 1-2 ir 3-2 – diodų ($D_{(1; 2)}$) atitinkami katodai ($Kt_{(1; 2)}$), 2.1 ir 2.2 – atitinkamai anodai ($A_{(1; 2)}$) ir kartu DT darinio bazės (B) kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$, sudarydami DFPI bendruosius kontaktus-išvadus $B_{(1; 2)}$ – $A_{(1; 2)}$, 4.1 ir 5.1 – atitinkamai DT darinio kolektorius (K) ir emiteris (E), arba E ir K.

Analogo DFPI trūkumams pašalinti, antrajame variante **kitaip** padaryta DFPI konstrukcija, kurioje yra sudaryta sąlyga: $d_{pn(4-2; 5-2)max} > W_B > L_B$, ir taip yra sudarytas n^+ –p– n^+ puslaidininkinio tetrodo (PT) darinys 4-2-5, čia: $d_{pn(4-2; 5-2)max}$ – atitinkamų p–n sandūrų 4-2 ir 5-2 nuskurdintų sričių p– sluoksnyje 2 maksimalūs storiai, kai p–n sandūras atgaline kryptimi veikia elektrinio pramušimo įtampos $|U_{pn}| \geq U_{pnmax}$.

Visų variantų DFPI konstrukcijos yra padarytos **kitaip**, o būtent planarinės (paviršinės) technologijos būdu yra suformuotas „horizontalios“ konstrukcijos DFPI, pavyzdžiui, ant dielektrinio šilumai laidaus padėklo yra suformuotas stačiakampio formos d_{ep} storio epitaksinis,

D pločio ir L ilgio p - sluoksnis 2, kurio priešinguose kraštuose išilgai L per visą p - sluoksnio 2 storį d_{ep} yra suformuotos dvi stačiakampės n^+ - sritys: 1 ir 3, su atitinkamais kontaktais-išvadais 1.1 ir 3.1, ir n^+ - sričių 1 ir 3 kraštinės yra lygiagrečios L i D kraštinėms. Viduryje tarp n^+ - sričių 1 ir 3 per visą storį d_{ep} yra suformuotos dvi stačiakampės n^+ - sritis 4 ir 5 su atitinkamais kontaktais-išvadais 4.1 ir 5.1, ir n^+ - sritys 4 ir 5 yra suformuotos atitinkamais atstumais $l_{(1;2)}$ nuo atitinkamų n^+ - sričių 1 ir 3, ir atstumu W_B tarp n^+ - sričių 4 ir 5, ir n^+ - sričių 4 ir 5 kraštinės yra lygiagrečios L i D kraštinėms. Šalia n^+ - sričių 1 ir 4, arba 1 ir 5, bei 3 ir 4, arba 3 ir 5, p - sluoksnyje 2 per visą storį d_{ep} yra suformuotos atitinkamos stačiakampės p^+ - sritys 2.1 ir 2.2 su atitinkamais kontaktais-išvadais 2.1 ir 2.2, ir p^+ - sričių 2.1 ir 2.2 kraštinės yra lygiagrečios L i D kraštinėms. Tarp p^+ - sričių 2.1 ir 2.2 p - sluoksnyje 2 per visą storį d_{ep} yra suformuota pirmoji izoliuojanti n - sritis 7.1, kurios ilgis D kryptimi yra padarytas nuo n^+ - srities 4, arba 5, iki šalia esančios p - sluoksnio L kraštinės, ir taip pat tarp n^+ - srities 5, arba 4, ir šalia esančios p - sluoksnio L kraštinės p - sluoksnyje 2 per visą storį d_{ep} yra suformuota antroji izoliuojanti n - sritis 7.2, kurios ilgis D kryptimi yra padarytas nuo n^+ - srities 5, arba 4, iki šalia esančios p - sluoksnio L kraštinės.

Visų variantų DFPI konstrukcijos yra padarytos **kitaip**, o būtent planarinės (paviršinės) technologijos būdu „vertikalios“ konstrukcijos DFPI, pavyzdžiui, d_p storio p - laidumo puslaidininkinio kristalo 2 – įtaiso padėklo 2 paviršiuje simetriškai per vidurį yra suformuota stačiakampė n^+ - sritis 5, kurios ilgoji kraštinė $L_1 > D_1$ – plotis, ir L_1 , bei D_1 , yra lygiagrečios p - kristalo 2 kraštinėms, ir n^+ - srities 5 įterpimo į p - kristalą 2 gylis $h_1 < d_p$. Ant p - kristalo ir n^+ - srities 5 paviršių yra suformuotas d_{ep} storio epitaksinis p - sluoksnis 2^* , kurio paviršiuje virš n^+ - srities 5 yra suformuota stačiakampė n^+ - sritis 4 su kontaktu-išvadu 4.1 ir atitinkamomis kraštinėmis $L_2 < L_1$ ir $D_2 \cong D_1$, ir L_2 , bei D_2 , yra lygiagrečios L_1 ir D_1 , ir n^+ - srities 4 įterpimo į p - sluoksnį 2^* gylis $h_2 < d_{ep}$, ir skirtumas $(d_{ep} - h_2) = W_B$. Epitaksiniame p - sluoksnyje 2^* kraštinių $L_{(1;2)}$ kryptimi virš n^+ - srities 5 galų yra suformuotos atitinkamos papildomos n^+ - sritys 5.1 ir 5.2 su atitinkamais kontaktais-išvadais 5.1 ir 5.2, ir n^+ - sričių 5.1 ir 5.2 įterpimo į epitaksinį p - sluoksnį 2^* gylis $h_3 > d_{ep}$, ir n^+ - sritys 5.1 ir 5.2 susilieja su n^+ - sritimi 5. Tarp atitinkamų šalia esančių n^+ - sričių 5.1 ir 4, bei 5.2 ir 4, epitaksiniame p - sluoksnyje 2^* yra suformuotos atitinkamos p^+ - sritys 2.1 ir 2.2 su atitinkamais kontaktais-išvadais 2.1 ir 2.2, ir p^+ - sričių 2.1 ir 2.2 įterpimo į epitaksinį p - sluoksnį 2^* gylis $h_4 \leq h_2$. Šalia n^+ - sričių 5.1, 5.2, 4 ir p^+ - sričių 2.1 ir 2.2, iš abiejų pusių epitaksiniame p - sluoksnyje 2^* yra suformuotos atitinkamos n - sritys 1 ir 3 su atitinkamais kontaktais-išvadais 1.1 ir 3.1, ir n - sričių 1 ir 3 įterpimo į epitaksinį p - sluoksnį 2^* gylis $h_5 > d_{ep} + h_1$, ir n - sritys 1 ir 3 yra suformuotos atitinkamais atstumais $l_{(1;2)}$ nuo atitinkamų n^+ - sričių 5.1, 5.2, 4 ir p^+ - sričių 2.1 ir 2.2.

Analogo trūkumams pašalinti stiprintuvas dažnių $\omega_{in(1-4)}$ maišiklis yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su dviejų diodų $D_{(1;2)}$ ir n^+p-n^+ laidumo DT dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: $Kt_{(1;2)}$, B_1-A_1 , B_2-A_2 , E ir K. DFPI bendrieji kontaktai-išvadai $B_{(1;2)}-A_{(1;2)}$ per atitinkamus kondensatorius $C_{(1;2)}$ – pirmąjį C_1 ir antrąjį C_2 , yra sujungti su atitinkamais įtaiso įėjimų gnybtais $U_{in(1;2)}$ – pirmąjį U_{in1} ir antrąjį U_{in2} , ir kartu per atitinkamus rezistorius $R_{(1;2)}$ – pirmąjį R_1 ir antrąjį R_2 – su „žeme“ – įtaiso nulinio potencialo šina, ir kartu per atitinkamus rezistorius $R_{(3;4)}$ – trečiąjį R_3 ir ketvirtąjį R_4 – su pastovios įtampos $\mathcal{E}_0$ maitinimo šaltinio teigiamo poliškumo gnybtu „+“, o neigiamo poliškumo gnybtas „–“ – su „žeme“. $D_{(1;2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $Kt_{(1;2)}$ per atitinkamus kondensatorius $C_{(3;4)}$ – trečiąjį C_3 ir ketvirtąjį C_4 , yra sujungti su atitinkamais įtaiso įėjimų gnybtais $U_{in(3;4)}$ – trečiuoju U_{in3} ir ketvirtuoju U_{in4} , ir kartu per atitinkamus rezistorius $R_{(5;6)}$ – penktąjį R_5 ir šeštąjį R_6 – su „žeme“, ir kartu per atitinkamus rezistorius $R_{(7;8)}$ – septintąjį R_7 ir aštuntąjį R_8 – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“. DT kontaktas-išvadas K per penktąjį kondensatorių C_5 yra sujungtas su įtaiso pirmojo išėjimo gnybtu U_{is1} ir kartu per pirmąjį apkrovos rezistorių R_{a1} – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“, o kontaktas-išvadas E per šeštąjį kondensatorių C_6 – su įtaiso antrojo išėjimo gnybtu U_{is2} ir kartu per antrąjį apkrovos rezistorių R_{a2} – su „žeme“.

Analogo trūkumams pašalinti impulsų formotuvas yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su dviejų diodų $D_{(1;2)}$ ir n^+p-n^+ laidumo DT dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: $Kt_{(1;2)}$, B_1-A_1 , B_2-A_2 , E ir K. DFPI bendrieji kontaktai-išvadai $B_{(1;2)}-A_{(1;2)}$ per atitinkamus $C_{(1;2)}$ yra sujungti su atitinkamais gnybtais $U_{in(1;2)}$ ir kartu per atitinkamus $R_{(1;2)}$ – su „žeme“. $D_{(1;2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $Kt_{(1;2)}$ per atitinkamus $R_{(3;4)}$ yra sujungti su „žeme“ ir kartu per atitinkamus $R_{(5;6)}$ – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“. DT kontaktas-išvadas K per C_3 yra sujungtas su gnybtu U_{is1} ir kartu per R_{a1} – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“, o kontaktas-išvadas E per C_4 – su gnybtu U_{is2} ir kartu per R_{a2} – su „žeme“.

Analogo trūkumams pašalinti impulsų formotuvas yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su dviejų diodų $D_{(1;2)}$ ir n^+p-n^+ laidumo PT, arba DT, dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: $Kt_{(1;2)}$, B_1-A_1 , B_2-A_2 , E ir K. DFPI bendrieji kontaktai-išvadai $B_{(1;2)}-A_{(1;2)}$ yra laisvi, o $D_{(1;2)}$ kontaktai-išvadai $Kt_{(1;2)}$ per $R_{(1;2)}$ yra sujungti su transformatoriaus (Tr) antrinės apvijos (II) išvadais, kai Tr pirminės apvijos (I) išvadai – su gnybtu U_{in1} ir – su „žeme“. PT, arba DT, kontaktas-išvadas K per C_1 yra sujungtas su gnybtu U_{is1} ir kartu per R_{a1} – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, ir kontaktas-išvadas E per C_2 – su gnybtu U_{is2} ir kartu per R_{a2} – su „žeme“.

Analogo trūkumams pašalinti impulsų formotuvas yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su dviejų diodų $D_{(1;2)}$ ir n^+p-n^+ laidumo PT, arba DT, dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: $Kt_{(1;2)}$, B_1-A_1 , B_2-A_2 , E ir K. $D_{(1;2)}$ kontaktai-išvadai $Kt_{(1;2)}$ yra

laisvi, o DFPI bendrieji kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}-A_{(1; 2)}$ per $R_{(1; 2)}$ yra sujungti su Tr apvijos II išvadais, kai Tr apvijos I išvadai – su gnybtu $U_{in 1}$ ir – su „žeme“. PT, arba DT, kontaktas-išvadas K per C_1 yra sujungtas su gnybtu $U_{is 1}$ ir kartu per $R_{a 1}$ – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, ir kontaktas-išvadas E per C_2 – su gnybtu $U_{is 2}$ ir kartu per $R_{a 2}$ – su „žeme“.

Analogo trūkumams pašalinti relaksacinių virpesių generatorius yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su dviejų diodų $D_{(1; 2)}$ ir n^+-p-n^+ laidumo PT, arba DT, dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: $K_{t(1; 2)}$, B_1-A_1 , B_2-A_2 , E ir K. DFPI bendrieji kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}-A_{(1; 2)}$ yra laisvi, o $D_{(1; 2)}$ kontaktai-išvadai $K_{t(1; 2)}$ per C_2 yra sujungti su „žeme“ ir kartu – su PT kontaktu-išvadu K, kuris per C_1 – su gnybtu $U_{is 1}$ ir kartu per $R_{a 1}$ – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, ir PT kontaktas-išvadas E – su „žeme“.

DFPI darinys ir jo konstrukcijų variantai su atitinkamais schemotechniniais žymenimis yra parodyti **Fig. 1, a, b. Fig. 2, a ir b**, yra parodyti planarinės (paviršinės) technologijos būdu suformuoto „horizontalios“ konstrukcijos DFPI atitinkamai vaizdas iš „viršaus“ su atitinkamais kontaktais-išvadais, ir vertikalus pjūvis, **Fig. 3, a–c**, yra parodytas planarinės (paviršinės) technologijos būdu suformuoto „vertikalios“ konstrukcijos DFPI vertikalus pjūvis ir atitinkamas planarinis vaizdas iš „viršaus“ su atitinkamais kontaktais-išvadais. **Fig. 4–Fig. 8** yra parodytos įvairios elektroninės schemos su DFPI, o **Fig. 9–Fig. 11** yra parodytos atitinkamų schemų su DFPI įėjimuose $U_{in (1; 2; \dots)}$ ir išėjimuose $U_{is (1; 2)}$ veikiančių atitinkamų signalų $u_{(in, is) (1; 2; \dots)}(t)$ laikinės t diagramos. Fig. 1–Fig. 3 skaičiais ir simboliais yra pažymėta: **1–3** – atitinkamai pirmasis (1)– trečiasis (3), pavyzdžiui, n^+-p-n^+ laidumų puslaidininkiniai sluoksniai; **1.1, (2.1, 2.2) ir 3.1** – atitinkamai sluoksnių 1–3 atitinkami ominiai kontaktai-išvadai: K_{t1} , $(B_{(1; 2)})$ ir K_{t2} ; **4–7** – n^+ sričių pora p– sluoksnyje 2; **4.1 ir 5.1** – atitinkamų n^+ sričių 4 ir 5 atitinkami ominiai kontaktai-išvadai: K (E) ir E (K); **6** – termolaidus dielektrinis padėklas; **7.1 ir 7.2** – izoliuojančios n– sritys. **Fig. 4–Fig. 8** skaičiais ir simboliais yra pažymėta: **1–8** – rezistoriai $R_{(1-8)}$: pirmasis (R_1)–aštuntasis (R_8); **9 ir 10** – apkrovų rezistoriai $R_{a (1; 2)}$: pirmasis ($R_{a 1}$) ir antrasis ($R_{a 2}$); **11–16** – kondensatoriai $C_{(1-6)}$: pirmasis (C_1)–šeštasis (C_6); **17** – maitinimo pastoviosios įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinis; **18** – „žeme“ – įtaiso nulinio potencialo šina; **19–22** – įtaiso įėjimų gnybtai $U_{in (1-4)}$: pirmasis ($U_{in 1}$)–ketvirtasis ($U_{in 4}$); **23 ir 24** – įtaiso išėjimų gnybtai $U_{is (1; 2)}$: pirmasis ($U_{is 1}$) ir antrasis ($U_{is 2}$); **25–27** – transformatorius (Tr) ir jo apvijos, atitinkamai pirmoji (I) ir antroji (II).

DFPI (Fig. 1, a) pirmasis variantas (Fig. 1, b) yra sudarytas iš trijų besikeičiančio laidumo tipo, pavyzdžiui, n^+-p-n^+ puslaidininkinių sluoksnių, atitinkamai 1–3, su atitinkamais kontaktais-išvadais: 1.1, 2.(1; 2) ir 3.1, kurie atitinkamai yra pirmojo diodo $D_1 - n^+-p$ sandūros 1-2 katodas K_{t1} , DT arba PT, darinio n^+-p-n^+ (4-2-5) p– bazės B kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ su

atitinkamomis p^+ -sritimis 2.1 ir 2.2, ir antrojo diodo $D_2 - n^+ - p$ sandūros 3-2 katodas Kt_2 . Tarp p^+ - sričių 2.1 ir 2.2 p - sluoksnyje 2 yra suformuotos dvi vienodos n^+ - sritys 4 ir 5, su atitinkamais kontaktais-išvadais 4.1 ir 5.1. Atstumas tarp n^+ - sričių 4 ir 5 yra $W_B < L_B$, ir jos kartu yra patalpintos atstumu l_1 nuo n^+ - sluoksnio 1 ir atstumu l_2 nuo n^+ - sluoksnio 3, kai yra tenkinamos sąlygos: $d_{pn(1-2; 3-2)} 0 < l_{(1; 2)} < d_{pn(1-2; 3-2) \max}$, ir kontaktai-išvada 4.1 ir 5.1 yra atitinkamai DT, arba PT, darinio kolektorių K ir emiteris E, arba atvirkščiai – E ir K. Kontaktai-išvada 4.1 ir 5.1 sudaro DFPI atitinkamus bendruosius kontaktus-išvadus $B_{(1; 2)} - A_{(1; 2)}$. Atitinkami n^+ - sluoksniai ir sritys (1; 3-5) yra stipriai legiruotos donorinėmis priemaišomis $N_{d(1; 3-5)} = (10^{19} - 10^{21}) \text{ cm}^{-3}$, o p - sluoksniu 2 yra padarytas vidutiniškai stipriai legiruotas akceptorinėmis priemaišomis $N_{a2} = (10^{17} - 10^{19}) \text{ cm}^{-3}$.

DFPI (Fig. 1, a) antrasis variantas (Fig. 1, b) yra sudarytas analogiškai pirmajam variantui, tačiau su sąlyga: $d_{pn(4-2; 5-2) \max} > W_B > L_B$, ir taip yra sudarytas $n^+ - p - n^+$ laidumo PT dariny 4-2-5.

DFPI abiejų variantų konstrukcija yra padaryta planarinės (paviršinės) technologijos būdu „horizontalios“ konstrukcijos (Fig. 2, a ir b), kurioje, pavyzdžiui, ant dielektrinio šilumai laidaus padėklo 6 yra suformuotas stačiakampio formos epitaksinis d_{ep} storio, D pločio ir L ilgio p - sluoksniu 2, kurio priešinguose kraštuose išilgai L per visą p - sluoksnio 2 storį d_{ep} yra suformuotos dvi stačiakampės n^+ - sritys 1 ir 3 su atitinkamais kontaktais-išvadais 1.1 ir 3.1, ir n^+ - sričių 1 ir 3 kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms. Viduryje tarp n^+ - sričių 1 ir 3 per visą storį d_{ep} yra suformuotos dvi vienodos stačiakampės n^+ - sritys 4 ir 5 su atitinkamais kontaktais-išvadais 4.1 ir 5.1. Tarp n^+ - sričių 4 ir 5 atstumas $W_B < L_B$, kai DFPI yra su DT dariniu, ir kitame variante: $d_{pn(4-2; 5-2) \max} > W_B > L_B$, kai DFPI yra su PT dariniu, ir kartu n^+ - sritys 4 ir 5 yra patalpintos atstumu $l_1 < d_{pn(1-2) \max}$, ir kartu $l_1 > d_{pn(1-2) 0}$, nuo n^+ - srities 1, ir kartu atstumu $l_2 < d_{pn(3-2) \max}$, ir kartu $l_2 > d_{pn(3-2) 0}$, nuo n^+ - srities 3. Šalia n^+ - sričių 1 ir 4, arba 1 ir 5, bei 3 ir 4, arba 3 ir 5, p - sluoksnyje 2 per visą storį d_{ep} yra suformuotos atitinkamos stačiakampės p^+ - sritys 2.1 ir 2.2 su atitinkamais kontaktais-išvadais 2.1 ir 2.2, ir p^+ - sričių 2.1 ir 2.2 kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms. Tarp p^+ - sričių 2.1 ir 2.2 p - sluoksnyje 2 per visą storį d_{ep} yra suformuota pirmoji izoliuojanti n - sritis 7.1, kurios ilgis D kryptimi yra padarytas nuo n^+ - srities 4, arba 5, iki šalia esančios p - sluoksnio L kraštinės, ir taip pat tarp n^+ - srities 5, arba 4, ir šalia esančios p - sluoksnio L kraštinės p - sluoksnyje 2 per visą storį d_{ep} yra suformuota antroji izoliuojanti n - sritis 7.2, kurios ilgis D kryptimi yra padarytas nuo n^+ - srities 5, arba 4, iki šalia esančios p - sluoksnio L kraštinės.

DFPI abiejų variantų konstrukcija yra padaryta planarinės (paviršinės) technologijos būdu „vertikalios“ konstrukcijos (Fig. 3), kurioje, pavyzdžiui, d_p storio p - laidumo puslaidininkinio kristalo 2 – įtaiso padėklo 2 paviršiuje simetriškai centre yra suformuota

stačiakampė n^+ – sritis 5, kurios ilgoji kraštinė – ilgis $L_1 > D_1$ – trumpoji kraštinė – plotis, ir L_1 , bei D_1 , yra lygiagrečios p – kristalo 2 kraštinėms, ir n^+ – srities 5 įterpimo į p – kristalą 2 gylis $h_1 < d_p$. Ant p – kristalo 2 ir n^+ – srities 5 paviršių yra suformuotas d_{ep} storio epitaksinis p – sluoksnis 2^* , kurio paviršiuje virš n^+ – srities 5 yra suformuota stačiakampė n^+ – sritis 4 su kontaktu-išvadu 4.1 ir atitinkamomis atitinkamai lygiagrečiomis kraštinėmis $L_2 < L_1$ ir $D_2 \cong D_1$, ir n^+ – srities 4 įterpimo į p – sluoksnį 2^* gylis $h_2 < d_{ep}$, o skirtumas $(d_{ep} - h_2) = W_B$. Epitaksiniame p – sluoksnyje 2^* kraštinių $L_{(1; 2)}$ kryptimi virš n^+ – srities 5 atitinkamų galų yra suformuotos atitinkamos papildomos n^+ – sritys 5.1 ir 5.2 su atitinkamais kontaktais-išvadais 5.1 ir 5.2, ir n^+ – sričių 5.1 ir 5.2 įterpimo į epitaksinį p – sluoksnį 2^* gylis $h_3 > d_{ep}$, ir n^+ – sritys 5.1 ir 5.2 susilieja su n^+ – sritimi 5. Tarp atitinkamų šalia esančių n^+ – sričių 5.1 ir 4, bei 5.2 ir 4, epitaksiniame p – sluoksnyje 2^* yra suformuotos atitinkamos p^+ – sritys 2.1 ir 2.2 su atitinkamais kontaktais-išvadais 2.1 ir 2.2, ir p^+ – sričių 2.1 ir 2.2 įterpimo į epitaksinį p – sluoksnį 2^* gylis $h_4 \leq h_2$. Šalia n^+ – sričių 5.1, 5.2, 4 ir p^+ – sričių 2.1 ir 2.2, iš abiejų pusių epitaksiniame p – sluoksnyje 2^* yra suformuotos atitinkamos n – sritys 1 ir 3 su atitinkamais kontaktais-išvadais 1.1 ir 3.1, ir n – sričių 1 ir 3 įterpimo į epitaksinį p – sluoksnį 2^* gylis $h_5 > d_{ep} + h_1$, ir n – sritys 1 ir 3 yra suformuotos atitinkamais atstumais $l_{(1; 2)}$ nuo atitinkamų n^+ – sričių 5.1, 5.2, 4 ir p^+ – sričių 2.1 ir 2.2.

Stiprintuvas dažnių $\omega_{(1-4)}$ maišiklis (Fig. 4) yra padarytas su pirmojo varianto DFPI, turinčio dviejų diodų $D_{(1; 2)}$ ir $n^+ - p - n^+$ laidumo DT darinius su atitinkamais kontaktais-išvadais: $Kt_{(1; 2)}$ (1.1; 3.1), $B_{(1; 2)} - A_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2), E (5.1) ir K (4.1). DFPI bendrieji kontaktai-išvadais $B_{(1; 2)} - A_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2) per atitinkamus $C_{(1; 2)}$ (11; 12) yra sujungti su atitinkamais gnybtais $U_{in (1; 2)}$ (19; 20) ir kartu per atitinkamus $R_{(1; 2)}$ (1; 2) – su „žeme“ 18, ir kartu per atitinkamus $R_{(3; 4)}$ (3; 4) – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“ 18. $D_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadais $Kt_{(1; 2)}$ (1.1; 3.1) per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ (13; 14) yra sujungti su atitinkamais gnybtais $U_{in (3; 4)}$ (21; 22) ir kartu per atitinkamus $R_{(5; 6)}$ (5; 6) – su „žeme“ 18, ir kartu per atitinkamus $R_{(7; 8)}$ (7; 8) – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „+“. DT kontaktas-išvadas K (4.1) per C_5 (15) yra sujungtas su gnybtu $U_{is 1}$ (23) ir kartu per $R_{a 1}$ (9) – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „+“, o kontaktas-išvadas E (5.1) per C_6 (16) – su gnybtu $U_{is 2}$ (24) ir kartu per $R_{a 2}$ (10) – su „žeme“ 18.

Impulsų formuotuvą (Fig. 5) yra padarytas su pirmojo varianto DFPI, turinčio dviejų diodų $D_{(1; 2)}$ ir $n^+ - p - n^+$ laidumo DT darinius su atitinkamais kontaktais-išvadais: $Kt_{(1; 2)}$ (1.1; 3.1), $B_{(1; 2)} - A_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2), E (5.1) ir K (4.1). DFPI bendrieji kontaktai-išvadais $B_{(1; 2)} - A_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2) per atitinkamus $C_{(1; 2)}$ (11; 12) yra sujungti su atitinkamais gnybtais $U_{in (1; 2)}$ (19; 20) ir kartu per atitinkamus $R_{(1; 2)}$ (1; 2) – su „žeme“ 18. $D_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadais $Kt_{(1; 2)}$ (1.1; 3.1) per atitinkamus $R_{(3; 4)}$ (3; 4) yra sujungti su „žeme“ 18 ir kartu per atitinkamus $R_{(5; 6)}$ (5; 6) – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“ 18. DT kontaktas-išvadas K (4.1)

per C_3 (13) yra sujungtas su gnybtu $U_{is\ 1}$ (23) ir kartu per $R_{a\ 1}$ (9) – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „+“, o kontaktas-išvadas E (5.1) per C_4 (14) – su gnybtu $U_{is\ 2}$ (24) ir kartu per $R_{a\ 2}$ (10) – su „žeme“ 18.

Impulsų formuotuvus (Fig. 6) yra padarytas su antrojo varianto DFPI, turinčio dviejų diodų $D_{(1;2)}$ ir n^+p-n^+ laidumo PT darinius su atitinkamais kontaktais-išvadais: $K_{t(1;2)}$ (1.1; 3.1), $B_{(1;2)}-A_{(1;2)}$ (2.1; 2.2), E (5.1) ir K (4.1). DFPI bendrieji kontaktai-išvadai $B_{(1;2)}-A_{(1;2)}$ (2.1; 2.2) yra laisvi, o $D_{(1;2)}$ kontaktai-išvadai $K_{t(1;2)}$ (1.1; 3.1) per $R_{(1;2)}$ (1; 2) yra sujungti su Tr (25) apvijos II (27) išvadais, kai Tr (25) apvijos I (26) išvadai – su gnybtu $U_{in\ 1}$ (19) ir – su „žeme“ 18. PT kontaktas-išvadas K (4.1) per C_1 (11) yra sujungtas su gnybtu $U_{is\ 1}$ (23) ir kartu per $R_{a\ 1}$ (9) – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“ 18, ir kontaktas-išvadas E (5.1) per C_2 (12) – su gnybtu $U_{is\ 2}$ (24) ir kartu per $R_{a\ 2}$ (10) – su „žeme“ 18.

Impulsų formuotuvus su antrojo varianto DFPI, turinčio dviejų diodų $D_{(1;2)}$ ir n^+p-n^+ laidumo PT darinius su atitinkamais kontaktais-išvadais: $K_{t(1;2)}$ (1.1; 3.1), $B_{(1;2)}-A_{(1;2)}$ (2.1; 2.2), E (5.1) ir K (4.1). $D_{(1;2)}$ kontaktai-išvadai $K_{t(1;2)}$ (1.1; 3.1) yra laisvi, o DFPI bendrieji kontaktai-išvadai $B_{(1;2)}-A_{(1;2)}$ (2.1; 2.2) per $R_{(1;2)}$ (1; 2) yra sujungti su Tr (25) apvijos II (27) išvadais, kai Tr (25) apvijos I (26) išvadai – su gnybtu $U_{in\ 1}$ (19) ir – su „žeme“ 18. PT kontaktas-išvadas K (4.1) per C_1 (11) yra sujungtas su gnybtu $U_{is\ 1}$ (23) ir kartu per $R_{a\ 1}$ (9) – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“ 18, ir kontaktas-išvadas E (5.1) per C_2 (12) – su gnybtu $U_{is\ 2}$ (24) ir kartu per $R_{a\ 2}$ (10) – su „žeme“ 18.

Relaksacinių virpesių generatorius su antrojo varianto DFPI, turinčio dviejų diodų $D_{(1;2)}$ ir n^+p-n^+ laidumo PT, arba DT, darinius su atitinkamais kontaktais-išvadais: $K_{t(1;2)}$ (1.1; 3.1), $B_{(1;2)}-A_{(1;2)}$ (2.1; 2.2), E (5.1) ir K (4.1). DFPI bendrieji kontaktai-išvadai $B_{(1;2)}-A_{(1;2)}$ (2.1; 2.2) yra laisvi, o $D_{(1;2)}$ kontaktai-išvadai $K_{t(1;2)}$ (1.1; 3.1) per C_2 (12) yra sujungti su „žeme“ 18 ir kartu – su PT kontaktu-išvadu K (4.1), kuris per C_1 (11) – su gnybtu $U_{is\ 1}$ (23) ir kartu per $R_{a\ 1}$ (9) – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“ 18, ir PT kontaktas-išvadas E (5.1) – su „žeme“ 18.

Stiprintuvas-dažnių $\omega_{in\ (1-4)}$ maišiklis (Fig. 4) su pirmojo varianto DFPI (Fig. 1, a, b–Fig. 3) veikia tokiu būdu.

Ijungia maitinimo šaltinio 17 įtampą $\mathcal{E}_0$ ir DT veikos tašką „c“ – $\{I_{K\ 0}, U_{KE\ 0}\}$ išėjimo voltamperinėje charakteristikoje (VACH) nustato apkrovos ($R_{a\ 1} + R_{a\ 2}$) tiesės viduryje, kai DT veikia bendro emiterio (BE) arba emiterinio kartotuvo (EK) veikose, čia: $I_{K\ 0}$ ir $U_{KE\ 0}$ – DT kolektoriaus K (4.1) srovės ir kontaktų-išvadų K-E (4.1; 5.1) įtampa veikos taške „c“, ir tuo tikslu parenka įtampos $\mathcal{E}_0$ vertę, bei rezistorinių daliklių $R_{(1;2)}||R_{(3;4)}$ (1–4) atitinkamas dalinimo vertes $k_1 = k_2 = R_{(1;2)} / (R_{(1;2)} + R_{(3;4)})$, esant pasirinktoms $R_{a\ (1;2)}$ (9; 10) vertėms, ir taip pat rezistorinių daliklių $R_{(5;6)}||R_{(7;8)}$ (5–8) atitinkamas dalinimo vertes $k_3 = k_4 = R_{(5;6)} / (R_{(5;6)} + R_{(7;8)})$.

Kai poveikio signalą $u_{in(1;2)}(t) = U_{o in(1;2)} \cdot \sin(\omega_{in(1;2)} \cdot t)$, čia: $U_{o in(1;2)}$ – amplitudės; $\omega_{in(1;2)}$ – cikliniai dažniai, paduoda tik į atitinkamą gnybtą $U_{in(1;2)}$ (19; 20), tai šiuo atveju gnybtuose $U_{iš(1;2)}$ (23; 24) atitinkami signalai $u_{iš(1;2)}(t) \cong K_{u(1;2)(1;2)} \cdot u_{in(1;2)}(t)$ ir atitinkami diferencialiniai stiprinimo koeficientai $K_{u(1;2)(1;2)}$ yra:

$$K_{u1(1;2)} = U_{o iš1}/U_{o in(1;2)} \cong S \cdot R_{a1}/(1 + R_{a2}/R_{a1}), \quad (1)$$

$$K_{u2(1;2)} = U_{o iš2}/U_{o in(1;2)} \cong 1, \quad (2)$$

čia: $U_{o iš(1;2)}$ – gnybte $U_{iš(1;2)}$ (23; 24) įtampos $u_{iš(1;2)}(t)$ amplitudė; $S = I_K / \varphi_T$ – DT diferencialinis statusas, čia: φ_T – temperatūrinis koeficientas, ir iš čia, kai: $R_{a1} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_{a2} = 1 \text{ k}\Omega$, $I_K = 10 \text{ mA}$ ir $\varphi_T = 0,026 \text{ V}$, gauname $K_{u1(1;2)} \cong 3,85 \cdot 10^3$, o srovės diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{i1(1;2)} \cong \beta \cong \beta_o \equiv 100$ – DT bazės B pastoviosios srovės I_B stiprinimo koeficiento priimta vertė ($I_K = \beta_o \cdot I_B$), ir iš čia galios $P_{iš1(1;2)}$ diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{p1(1;2)} = K_{u1(1;2)} \cdot K_{i1(1;2)} \cong 3,85 \cdot 10^5$.

Gnybte $U_{iš2}$ (24) įtampos diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{u2(1;2)} \cong 1$, nes DT veikia EK pakopoje, srovės diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{i2(1;2)} \cong \beta \cong \beta_o \equiv 100$ ir galios $P_{iš2(1;2)}$ diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{p2(1;2)} \cong 100$.

Kai poveikio signalą $u_{in(3;4)}(t) = U_{o in(3;4)} \cdot \sin(\omega_{in(3;4)} \cdot t)$, čia: $U_{o in(3;4)}$ – amplitudės; $\omega_{in(3;4)}$ – cikliniai dažniai, paduoda tik į atitinkamą gnybtą $U_{in(3;4)}$ (21; 22), tai šiuo atveju gnybtuose $U_{iš(1;2)}$ (23; 24) atitinkami signalai $u_{iš(1;2)(3;4)}(t) \cong K_{u(1;2)(3;4)} \cdot u_{in(3;4)}(t)$ ir atitinkami diferencialiniai stiprinimo koeficientai $K_{u(1;2)(3;4)}$ yra:

$$K_{u1(3;4)} = U_{o iš1}/U_{o in(3;4)} \cong S^* \cdot R_{a1}/(1 + R_{a2}/R_{a1}), \quad (3)$$

$$K_{u2(3;4)} = U_{o iš2}/U_{o in(3;4)} \cong 1, \quad (4)$$

čia: $S^* \approx \Delta R_{b'b}/R_{B_o}$ – DT bazės B (2) varžos R_B pokyčio $\Delta R_{b'b}$ diferencialinis statusas, čia: R_{B_o} – varžos R_B vertė veikos taške „c“, ir pokytis $\Delta R_{b'b}$ atsiranda dėl diodų $D_{(1;2)}$ atitinkamų p–n⁺ sandūrų 2-1 ir 2-3 nuskurdintų sričių p–sluoksnyje 2 storių $d_{pn(1;3)}$ kitimo, kurį lemia atitinkamų įtampų $u_{in(3;4)}(t)$ poveikis, ir kartu pokytis $\Delta R_{b'b}$ lemia DT bazės B (2) srovių $i_{B(1;2)}(t)$ atitinkamuose kontaktuose-išvaduose B_1 (2.1) ir B_2 (2.2) atitinkamus pokyčius $\Delta I_{B(1;2)} \sim \sim 1/\Delta R_{b'b}$.

Schemas Fig. 4 gnybtuose $U_{iš(1;2)}$ (23; 24) atitinkamų signalų $u_{iš(1;2)}(t)$ fazės $\varphi_{iš(1;2)o}$ atžvilgiu atitinkamų signalų $u_{in(1-4)}(t)$ gnybtuose $U_{in(1-4)}$ (19–22) yra:

$$|\varphi_{iš1o} - \varphi_{in(1;2)o}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), \quad (5)$$

$$|\varphi_{iš2o} - \varphi_{in(1;2)o}| = 0^\circ (0 \text{ rad}), \quad (6)$$

$$|\varphi_{iš1o} - \varphi_{in(3;4)o}| = 0^\circ (0 \text{ rad}), \quad (7)$$

$$|\varphi_{iš2o} - \varphi_{in(3;4)o}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), \quad (8)$$

o atitinkamų signalų $u_{i\bar{s}(1;2)}(t)$ atitinkamos amplitudės $U_{o\ i\bar{s}(1;2)}$ yra:

$$U_{o\ i\bar{s}1} \cong \mathcal{E}_0 \cdot [1 - R_{a2}/(R_{a1} + R_{a2})] - U_{KEs}, \quad (9)$$

$$U_{o\ i\bar{s}2} \cong \mathcal{E}_0 \cdot R_{a2}/(R_{a1} + R_{a2} + R_{KEs}), \quad (10)$$

čia: U_{KEs} ir R_{KEs} – liekamoji soties įtampa ir varža tarp kontaktų-išvadų K (4.1) ir E (5.1) „visiškai atidarytame“ DT.

Kai schemeje (Fig. 4) poveikių signalus $u_{in(1-4)}(t) = U_{oin(1-4)} \cdot \sin(\omega_{in(1-4)} \cdot t)$ paduoda kartu į du, arba tys, arba į visus atitinkamus gnybtus $U_{in(1-4)}$ (19–22), tai šiais atvejais schema (Fig. 4) veikia kaip signalų $u_{in(1-4)}(t)$ maišiklis ir gnybtuose $U_{i\bar{s}(1;2)}$ (23; 24) yra formuojami neharmoniniai sudėtinio spektro atitinkami sustiprinti signalai $u_{i\bar{s}(1;2)[1-(2;3;4)]}(t)$, nes šiuo atveju DT diferencialiniai statumai S ir S^* yra signalų $u_{in(1-4)}(t)$ funkcijos, ir iš čia signalų $u_{i\bar{s}(1;2)[1-(2;3;4)]}(t)$ harmonikas sudaro atitinkami kombinaciniai dažniai $\omega_{i\bar{s}(1;2)(1-4)k}$:

$$\omega_{i\bar{s}(1;2)(1-4)k} = |\pm n \cdot \omega_1 \pm m \cdot \omega_2 \pm e \cdot \omega_3 \pm v \cdot \omega_4|, \quad (11)$$

čia: $n, m, e, v = 1; 2; 3; \dots$, ir tai praplečia įtaiso funkcines savybes.

Impulsų formuotuvus (Fig. 5) su pirmojo varianto DFPĮ (Fig. 1, a, b–Fig. 3) veikia tokiu būdu.

Įjungia maitinimo šaltinio 17 įtampą $\mathcal{E}_0$ ir DT veikos tašką „a“ – $\{I_{sK}, \mathcal{E}_0\}$ išėjimo VACH nustato apkrovos $(R_{a1} + R_{a2})$ tiesės atkirtos taške „a“ – DT veikia BE (arba EK) schemeje ir yra „išjungtoje“ – „uždarytoje“ būsenoje, kurioje DT, kartu ir PT, kontaktų-išvadų K-E (4.1; 5.1) varža $R_{KE}(t) = R_{KE\max} = (0,1-1) \text{ M}\Omega$, ir daugiau. Nustato rezistorinių daliklių $R_{(3;4)} \| R_{(5;6)}$ (3–6) atitinkamas dalinimo vertes $k_1 = k_2 = R_{(3;4)}/(R_{(3;4)} + R_{(5;6)})$.

Kai laiko t momentu $t_0 = 0$ poveikio signalą $u_{in(1;2)}(t) = U_{oin(1;2)} \cdot \sin(\omega_{in(1;2)} \cdot t)$ (Fig. 9, a), čia: $U_{oin(1;2)}$ – amplitudės; $\omega_{in(1;2)}$ – cikliniai dažniai, paduoda tik į atitinkamą gnybtą U_{in1} (19) arba – tik į atitinkamą gnybtą U_{in2} (20), tai šiais atvejais teigiamo pusperiodžio metu signalai $U_{oin(1;2)} > u_{in(1;2)}(t) > 0$ – didėja, ir todėl DT yra „atidaromas“, ir laiko momentu t_1 yra „visiškai atidaromas“ – yra „įjungtoje“ – „atidarytoje“ būsenoje, kurioje $R_{KE}(t) = R_{KE\min} = (1-10) \Omega$, ir mažiau, ir gnybtuose $U_{i\bar{s}(1;2)}$ (23; 24) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{i\bar{s}(1;2)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(f1, r2)}$ (Fig. 9, b ir c, čia diagramos $u_{i\bar{s}(1;2)}(t)$ yra parodytos nesant $C_{(3;4)}$ (13; 14). Laiko momentu $t_2 \geq T_{(1;2)}/4$, čia: $T_{(1;2)} = 2 \cdot \pi / \omega_{in(1;2)}$ – periodai, signalai $U_{oin(1;2)} > u_{in(1;2)}(t) > 0$ – mažėja, ir todėl DT yra „uždaromas“, ir laiko momentu t_2 yra „visiškai uždaromas“ – yra „išjungtoje“ – „uždarytoje“ būsenoje, ir šio proceso metu gnybtuose $U_{i\bar{s}(1;2)}$ (23; 24) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{i\bar{s}(1;2)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(r1, f2)}$ (Fig. 9, b ir c). Laiko momentu $t_3 \geq T_{(1;2)}/2$ signalai $|-U_{oin(1;2)}| > u_{in(1;2)}(t) < 0$ – mažėja, ir todėl DT iki laiko momento $t_3 \leq 3 \cdot T_{(1;2)}/2$ yra „uždarytoje“ būsenoje, ir laiko momentu t_3 , kai $|-u_{in(1;2)}(t_3)| \geq U_s$ – slenkstinė įtampa, kai įvyksta n^+ -p sandūrų 1-2 ir 3-2 (Fig. 1, a) atitinkamų

nuskurdintų sričių p– sluoksnyje 2 sąlytis (susilieėjimas) su atitinkamų n^+ – sričių 4 ir 5 atitinkamų n^+ –p sandūrų 4-2 ir 5-2 atitinkamomis nuskurdintomis sritimis, DT santykinai sparčiai – per 1 ns, ir sparčiau, „persijungia“ į „atidarytą“ būseną, ir šio proceso metu gnybtuose $U_{is(1;2)}(23;24)$ yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{is(1;2)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(f1,r2)}$ (Fig. 9, b ir c). Laiko momentu t_4 , kai $|-u_{in(1;2)}(t_4)| \leq U_s$, DT santykinai sparčiai – per 1 ns, ir sparčiau, „persijungia“ į „uždarytą“ būseną, ir šio proceso metu gnybtuose $U_{is(1;2)}(23;24)$ yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{is(1;2)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(r1,f2)}$ (Fig. 9, b ir c). Laiko momentu $t_5 \geq T_{(1;2)}$, kai $u_{in(1;2)}(t) > 0$, DT yra „atidaromas“ ir procesai kartojasi – gnybtuose $U_{is(1;2)}(23;24)$ yra formuojami atitinkami impulsiniai signalai $u_{is(1;2)}(t)$ su atitinkamais dažniais $\omega_{is(1;2)} = 2 \cdot \omega_{in(1;2)}$, ir su atitinkamomis amplitudėmis $U_{ois(1;2)}$:

$$U_{ois1} = \mathcal{E}_0 - U_{is1min} \cong \mathcal{E}_0 \cdot [1 - R_{a2}/(R_{a1} + R_{a2})] - U_{KEs}, \quad (12)$$

$$U_{ois2} \cong \mathcal{E}_0 \cdot R_{a2}/(R_{a1} + R_{a2} + R_{KEs}), \quad (13)$$

čia: U_{KEs} ir R_{KEs} – liekamoji soties įtampa ir varža „atidarytame“ DT tarp atitinkamų kontaktų išvadų K (4.1) ir E (5.1).

Schemos Fig. 5 gnybtuose $U_{is(1;2)}(23;24)$ atitinkamų signalų $u_{is(1;2)}(t)$ fazės $\varphi_{is(1;2)o}$ atžvilgiu atitinkamų signalų $u_{in(1;2)}(t)$ gnybtuose $U_{in(1;2)}(19;20)$ yra:

$$|\varphi_{is1o} - \varphi_{in(1;2)o}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), \quad (14)$$

$$|\varphi_{is2o} - \varphi_{in(1;2)o}| = 0^\circ (0 \text{ rad}) \quad (15)$$

Kai schemeje (Fig. 5) poveikių signalus $u_{in(1;2)}(t) = U_{oin(1;2)} \cdot \sin(\omega_{in(1;2)} \cdot t)$ su amplitudėmis $U_{oin(1;2)} < U_s$ paduoda kartu į abu gnybtus $U_{in(1;2)}(19;20)$, tai šiuo atveju schema (Fig. 5) veikia kaip signalų $u_{in(1;2)}(t)$ maišiklis ir gnybtuose $U_{is(1;2)}(23;24)$ yra formuojami neharmoniniai sudėtinio spektro atitinkami sustiprinti signalai $u_{is(1;2)(1-2)}(t)$, nes šiuo atveju DT statumai S ir S^* yra signalų $u_{in(1;2)}(t)$ funkcijos, ir iš čia signalų $u_{is(1;2)(1-2)}(t)$ harmonikas sudaro atitinkami kombinaciniai dažniai $\omega_{is(1;2)(1-2)k}$:

$$\omega_{is(1;2)(1-2)k} = |\pm n \cdot \omega_{in1} \pm m \cdot \omega_{in2}|, \quad (16)$$

čia: $n, m = 1; 2; 3; \dots$, ir tai praplečia įtaiso funkcinės savybės.

Iš Fig. 9, b ir c, matome, kad impulsų $u_{is(1;2)}(t)$ atitinkamų pusperiodžių trukmės ($t_{(1;3;5;\dots)} - t_{(2;4;6;\dots)}$) priklauso nuo „atidarytose“ būsenoje DT „įsitinimo“ koeficiento $K_s = i_{B(1;2)s}(t)/I_{B(1;2)o}$, čia: $I_{B(1;2)o}$ – DT bazės B (2) kontaktų-išvadų $B_{(1;2)}(2.1;2.2)$ srovių $i_{B(1;2)}(t)$ vertės, kai kontaktuose-išvaduose K- $B_{(1;2)}(4.1;(2.1;2.2))$ įtampos $U_{K-B(1;2)} \cong 0$; $i_{B(1;2)s}(t) \geq I_{B(1;2)o}$ – srovių $i_{B(1;2)}(t)$ vertės, kai $U_{K-B(1;2)} \cong < 0$, ir, kai $K_s \leq 1$, trukmės ($t_{(1;3;5;\dots)} - t_{(2;4;6;\dots)}$) yra minimalios, o kai $K_s > 1$, trukmės ($t_{(1;3;5;\dots)} - t_{(2;4;6;\dots)}$) padidėja nepusiausvyrinių šalutinių krūvininkų n_p išsiurbimo iš DT bazės delsos laiku $t_s \sim K_s > 1$, ir tai Fig. 9, b ir c, yra parodyta taškinėmis kreivėmis. Trukme t_s sumažina padidindami koeficientų $k_1 = k_2$ vertes, nes tai, dėl

dioduose $D_{(1; 2)}$ padidėjusių n^+ -p sandūrų 1-2 ir 3-1 nuskurdintų sričių p- sluoksnyje 2 storių $d_{pn(1; 3)}$, lemia spartesnį krūvininkų n_p išsiurbimą iš DT bazės B (2).

Impulsų formuotuvą (Fig. 6) su antrojo varianto DFPI (Fig. 1, a, b–Fig. 3) veikia tokiu būdu.

Ijungia maitinimo šaltinio 17 įtampą $\mathcal{E}_0$ ir PT veikos tašką „a“ – $\{I_{sK}, \mathcal{E}_0\}$ išėjimo VACH nustato apkrovos $(R_{a1} + R_{a2})$ tiesės atkirtos taške „a“ – PT veikia BE (arba EK) schemose „rakto“ veikoje, kai PT iš pradinės ($t_0 = 0$) „išjungtos“ – „uždarytos“ būsenos santykinai sparčiai – per 1 ns, ir sparčiau, yra „perjungiamas“ į „įjungtą“ – „atidarytą“ būseną, ir atvirkščiai.

Kai laiko t momentu $t_0 = 0$ poveikio signalą $u_{in1}(t) = U_{o\ in1} \cdot \sin(\omega_{in1} \cdot t)$ (Fig. 10, a) paduoda į gnybtą U_{in1} (19), tai Tr (15) apvijos II (27) grandine teka srovė $i_{BB}(t) \cong 0$, nes vienas iš $D_{(1; 2)}$ yra „uždarytoje“ būsenoje. „Uždaryto“ $D_{(1; 2)}$ atitinkamais laikų momentais $t_{(1; 3; 5; \dots)}$, kai $|\pm u_{in1}(t_{(1; 3; 5; \dots)})| \geq U_s$, DT santykinai sparčiai – per 1 ns, ir sparčiau, „persijungia“ į „atidarytą“ būseną, ir šių procesų metu gnybtuose $U_{is(1; 2)}$ (23; 24) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{is(1; 2)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(f1, r2)}$ (Fig. 10, b ir c, čia diagramos $u_{is(1; 2)}(t)$ yra parodytos nesant $C_{(1; 2)}$ (11; 12)). „Atidaryto“ $D_{(1; 2)}$ atitinkamais laikų momentais $t_{(2; 4; 6; \dots)}$, kai $|\pm u_{in1}(t_{(2; 4; 6; \dots)})| \leq U_s$, DT santykinai sparčiai – per 1 ns, ir sparčiau, „persijungia“ į „uždarytą“ būseną, ir šių procesų metu gnybtuose $U_{is(1; 2)}$ (23; 24) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{is(1; 2)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(r1, f2)}$ (Fig. 10, b ir c), ir gnybtuose $U_{is(1; 2)}$ (23; 24) yra formuojami atitinkami impulsiniai signalai $u_{is(1; 2)}(t)$ su atitinkamais dažniais $\omega_{is(1; 2)} = 2 \cdot \omega_{in1}$, ir su atitinkamomis amplitudėmis $U_{o\ is(1; 2)}$ ((12, (13))), ir atitinkamomis fazėmis $\varphi_{is(1; 2)}$ o ((14, (15))), atžvilgiu signalo $u_{in1}(t)$ gnybte U_{in1} (19). Šiuo atveju schemoje Fig. 6 nėra delsos laiko $t_s = 0$.

Impulsų formuotuvą (Fig. 7) su antrojo varianto DFPI (Fig. 1, a, b–Fig. 3) veikia tokiu būdu.

Ijungia maitinimo šaltinio 17 įtampą $\mathcal{E}_0$ ir PT veikos tašką „a“ – $\{I_{sK}, \mathcal{E}_0\}$ išėjimo VACH nustato apkrovos $(R_{a1} + R_{a2})$ tiesės atkirtos taške „a“ – PT veikia BE (arba EK) schemose „rakto“ veikoje.

Kai laiko t momentu $t_0 = 0$ poveikio signalą $u_{in1}(t) = U_{o\ in1} \cdot \sin(\omega_{in1} \cdot t)$ (Fig. 10, a) paduoda į gnybtą U_{in1} (19), tai Tr (15) apvijos II (27) grandine teka srovė $|i_{BB}(t)| > 0$ su amplitude $|I_{o\ BB}| = k_{Tr} \cdot U_{o\ in1} / R_{BB} > I_{BBs}$ – PT bazės B (2) kontaktais-išvadais $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2) tekančios srovės $i_{BB}(t)$ slenkstinė vertė, kai įvyksta atitinkamų n^+ -p sandūrų 4-2 ir 5-2 (Fig. 1, a) atitinkamų nuskurdintų sričių sąlytis p- sluoksnyje 2, ir todėl PT santykinai sparčiai – per 1 ns ir mažiau, persijungia iš pradinės, kai $i_{BB}(t) = 0$, „uždarytos“ būsenas į „atidarytą“ būseną, čia:

$k_{Tr} = n_2/n_1 - Tr$ (25) apvijų II (27) ir I (26) atitinkamų vijų n_2 ir n_1 skaičių santykis; R_{BB} – PT bazės B (2) kontaktų-išvadų B_(1; 2) (2.1; 2.2) momentinė varža. „Uždaryto“ PT atitinkamais laikų momentais $t_{(1; 3; 5; \dots)}$, kai $|\pm u_{in 1}(t_{(1; 3; 5; \dots)})| \geq U_s$ ir tai atitinka srovę $|i_{BB}(t_{(1; 3; 5; \dots)})| \geq I_{BB s}$, PT santykinai sparčiai – per 1 ns, ir sparčiau, „persijungia“ į „atidarytą“ būseną, ir šių procesų metu gnybtuose $U_{is (1; 2)}$ (23; 24) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{is (1; 2)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(f 1, r 2)}$ (Fig. 10, b ir c, čia diagramos $u_{is (1; 2)}(t)$ yra parodytos nesant $C_{(1; 2)}$ (11; 12)). „Atidaryto“ PT atitinkamais laikų momentais $t_{(2; 4; 6; \dots)}$, kai $|\pm u_{in 1}(t_{(2; 4; 6; \dots)})| \leq U_s$, PT santykinai sparčiai – per 1 ns, ir sparčiau, „persijungia“ į „uždarytą“ būseną, ir šių procesų metu gnybtuose $U_{is (1; 2)}$ (23; 24) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{is (1; 2)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(r 1, f 2)}$ (Fig. 10, b ir c), ir gnybtuose $U_{is (1; 2)}$ (23; 24) yra formuojami atitinkami impulsiniai signalai $u_{is (1; 2)}(t)$ su atitinkamais dažniais $\omega_{is (1; 2)} = 2 \cdot \omega_{in 1}$, ir su atitinkamomis amplitudėmis $U_{ois (1; 2)}$ ((12), (13)), ir atitinkamomis fazėmis $\varphi_{is (1; 2) o}$ ((14), (15)), atžvilgiu signalo $u_{in 1}(t)$ gnybte $U_{in 1}$ (19). Šiuo atveju schemeje Fig. 7 nėra delsos laiko $t_s = 0$.

Relaksacinių virpesių generatorius (Fig. 8) su antrojo varianto DFPI (Fig. 1, a, b–Fig. 3) veikia tokiu būdu.

Ijungia maitinimo šaltinio 17 įtampą $\mathcal{E}_0$ ir PT veikos tašką „a“ – $\{I_{s K}, \mathcal{E}_0\}$ išėjimo VACH nustato apkrovos $R_{a 1}$ tiesės atkirtos taške „a“ – PT veikia BE (arba EK) schemeje „rakto“ veikoje, ir, padedant laiko t momentu $t_0 = 0$, vyksta C_2 (12) įkrovimo procesas (Fig. 11), kurio metu įtampa $u_{C 2}(t) = \mathcal{E}_0 [1 - \exp(-t/\tau_{RC})]$, čia: $\tau_{RC} = R_{a 1} \cdot C_2$ – laiko trukmės konstanta. Laiko momentu t_1 įtampa $u_{C 2}(t_1) \geq U_s$, nes nustatė būtiną veikos sąlygą: $\mathcal{E}_0 > U_s$, ir todėl PT santykinai sparčiai – per 1 ns ir mažiau, persijungia iš pradinės „uždarytos“ būsenos į „atidarytą“ būseną. Todėl per „atidarytą“ PT vyksta santykinai spartus – per 1 ns, ir sparčiau, kondensatoriaus C_2 (12) iškrovimo procesas ir įtampa $u_{C 2}(t) = U_s \cdot \exp(-t/\tau_{RC}^*) \Rightarrow 0$, čia: $\tau_{RC}^* = R_{KE min} \cdot C_2$, ir laiko momentu t_2 įtampa $u_{C 2}(t_2) = U_{KE s}$ – PT kontaktų-išvadų K-E (4.1; 5.1) liekamoji – soties įtampa. Toliau procesai kartojasi ir schemos (Fig. 8) gnybte $U_{is 1}$ (23) yra formuojami „pjūklo pavidalo“ impulsiniai virpesiai $u_{is 1}(t)$ (Fig. 11) su amplitude $U_{ois 1}$:

$$U_{ois 1} = U_{max} - U_{KE s} \cong \mathcal{E}_0 - U_{KE s}, \quad (17)$$

ir su dažniu $\omega_{is 1}$:

$$\omega_{is 1} = 2 \cdot \pi / (t_3 - t_1) \cong -2 \cdot \pi / \{ \tau_{RC} \ln[1 - (U_{max}/\mathcal{E}_0)] \}. \quad (18)$$

Palyginus su analogu, pasiūlyti DFPI variantai pasižymi didesnėmis valdymo funkcinėmis savybėmis, didesne veikimo sparta – perjungimų frontai $t_{(r, f)} \leq 1$ ns, integriniu išpildymu ir galimybe veikti įvairios paskirties elektroniniuose įrenginiuose: stiprintuvuose, impulsų formuotuvuose, dažnio keitikliuose ir maišikliuose.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Daugiafunkcinis puslaidininkinis įtaisas (DFPI) yra sudarytas iš trijų vidutiniškai stipriai legiruotų besikeičiančio elektroninio (n) ir skylinio (p) laidumo tipo, pavyzdžiui, n-p-n puslaidininkinių sluoksnių (1-3), sudarančių atitinkamai dvi p-n sandūras (1-2) ir (2-3), ir n-sluoksniai (1) ir (3) turi atitinkamus ominių kontaktus-išvadus (1.1) ir (3.1), o p-sluoksnyje (2) priešpriešiais šalia n-sluoksnių (1) ir (3) yra suformuotos dvi vienodos n-sritys (4) ir (5) su atitinkamais kontaktais-išvadais (4.1) ir (5.1), **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad pirmajame DFPI variante n^+ -sluoksniai (1) ir (3) yra padaryti stipriai legiruoti, p-sluoksnyje (2) atstumu $W_B < L_B$ – šalutinių krūvininkų – elektronų (n_p) p-sluoksnyje 2 difuzijos nuotolis, viena nuo kitos yra suformuotos dvi stipriai legiruotos n^+ -sritis (4) ir (5) su atitinkamais kontaktais-išvadais (4.1) ir (5.1), ir taip yra sudarytas n^+ -p- n^+ dvipolio tranzistoriaus (DT) darinys (4-2-5), ir n^+ -sričių (4) ir (5) atitinkami atstumai $l_{(1; 2)}$ nuo atitinkamų n^+ -sluoksnių (1) ir (3) yra padaryti iš sąlygos: $d_{pn (1-2; 2-3) 0} < l_{(1; 2)} < d_{pn (1-2; 2-3) \max}$, čia: $d_{pn (1-2; 2-3) 0}$ – atitinkamų p-n sandūrų (1-2) ir (2-3) nuskurdintų sričių p-sluoksnyje (2) neutralūs stori, kai p-n sandūrose nėra poveikio įtampų $U_{pn} = 0$; $d_{pn (1-2; 2-3) \max}$ – atitinkamų p-n sandūrų (1-2) ir (2-3) nuskurdintų sričių p-sluoksnyje (2) maksimalūs stori, kai p-n sandūras atgaline kryptimi veikia elektrinio pramušimo įtampos $|-U_{pn}| \geq U_{pn \max}$, tarp n^+ -sluoksnių (1) (arba (3)) ir n^+ -srities (4) (arba (5)), bei n^+ -sluoksnių (3) (arba (1)) ir n^+ -srities (5) (arba (4)), p-sluoksnyje (2) yra suformuotos atitinkamos papildomos stipriai legiruotos p^+ -sritys (2.1) ir (2.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais (2.1) ir (2.2), ir kontaktai-išvadai: (1.1), bei (3.1), yra atitinkamų n^+ -p sandūrų (1-2) ir (3-2) – diodų ($D_{(1; 2)}$) atitinkami katodai ($K_{t(1; 2)}$), o (2.1) ir (2.2) – atitinkamai anodai ($A_{(1; 2)}$) ir kartu DT darinio bazės (B) kontaktai-išvadai ($B_{(1; 2)}$), sudarydami DFPI bendruosius kontaktus-išvadus: $B_{(1; 2)}$ - $A_{(1; 2)}$, o (4.1) ir (5.1) – atitinkamai DT darinio kolektorius (K) ir emiteris (E), arba E ir K.

2. DFPI pagal punktą 1, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad antrajame DFPI variante yra sudaryta sąlyga: $d_{pn (4-2; 5-2) \max} > W_B > L_B$, ir taip yra sudarytas n^+ -p- n^+ puslaidininkinio tetrodo (PT) darinys (4-2-5), čia: $d_{pn (4-2; 5-2) \max}$ – atitinkamų p-n sandūrų (4-2) ir (5-2) nuskurdintų sričių p-sluoksnyje (2) maksimalūs stori, kai p-n sandūras atgaline kryptimi veikia elektrinio pramušimo įtampos $|-U_{pn}| \geq U_{pn \max}$.

3. DFPI pagal punktus 1 ir 2, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPI yra padarytas „horizontalios“ konstrukcijos planarinės (paviršinės) technologijos būdu, pavyzdžiui, ant dielektrinio šilumai laidaus padėklo yra suformuotas epitaksinis stačiakampio formos d_{ep} storio, D pločio ir L ilgio p-sluoksniis (2), kurio priešinguose kraštuose išilgai L per visą storį d_{ep} yra

suformuotos dvi stačiakampės n^+ sritys: (1) ir (3), su atitinkamais kontaktais-išvadais (1.1) ir (3.1), ir n^+ sričių (1) ir (3) kraštinės yra lygiagrečios L i D kraštinėms, viduryje tarp n^+ sričių (1) ir (3) per visą storį d_{ep} yra suformuotos dvi stačiakampės n^+ sritis (4) ir (5) su atitinkamais kontaktais-išvadais (4.1) ir (5.1), ir n^+ sritys (4) ir (5) yra suformuotos atitinkamais atstumais $l_{(1;2)}$ nuo atitinkamų n^+ sričių (1) ir (3), ir atstumu W_B tarp n^+ sričių (4) ir (5), ir n^+ sričių (4) ir (5) kraštinės yra lygiagrečios L i D kraštinėms, šalia n^+ sričių (1) ir (4), arba (1) ir (5), bei (3) ir (4), arba (3) ir (5), p- sluoksnyje (2) per visą storį d_{ep} yra suformuotos atitinkamos stačiakampės p^+ sritys (2.1) ir (2.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais (2.1) ir (2.2), ir p^+ sričių (2.1), bei (2.2) kraštinės yra lygiagrečios L i D kraštinėms, tarp p^+ sričių (2.1) ir (2.2) p- sluoksnyje (2) per visą storį d_{ep} yra suformuota pirmoji izoliuojanti n - sritis (7.1), kurios ilgis D kryptimi yra padarytas nuo n^+ srities (4), arba (5), iki šalia esančios p- sluoksnio (2) L kraštinės, ir taip pat tarp n^+ srities (5), arba (4), ir šalia esančios p- sluoksnio (2) L kraštinės per visą storį d_{ep} yra suformuota antroji izoliuojanti n - sritis (7.2), kurios ilgis D kryptimi yra padarytas nuo n^+ srities (5), arba (4), iki šalia esančios p- sluoksnio (2) L kraštinės.

4. DFPI pagal punktus 1 ir 2, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPI yra padarytas „vertikalios“ konstrukcijos planarinės (paviršinės) technologijos būdu, pavyzdžiui, d_p storio p- laidumo puslaidininkinio kristalo (2) – įtaiso padėklo (2) paviršiuje simetriškai per vidurį yra suformuota stačiakampė n^+ sritis (5), kurios ilgoji kraštinė $L_1 > D_1$ – plotis, ir L_1 , bei D_1 , yra lygiagrečios p- kristalo (2) kraštinėms, ir n^+ srities (5) įterpimo į p- kristalą (2) gylis $h_1 < d_p$, ant p- kristalo (2) ir n^+ srities (5) paviršių yra suformuotas epitaksinis d_{ep} storio p- sluoksnis (2^*), kurio paviršiuje virš n^+ srities (5) yra suformuota stačiakampė n^+ sritis (4) su kontaktu-išvadu (4.1) ir atitinkamomis kraštinėmis $L_2 < L_1$, bei $D_2 \cong D_1$, kai L_2 , bei D_2 , yra lygiagrečios L_1 ir D_1 , o n^+ srities (4) įterpimo į p- sluoksnį (2^*) gylis $h_2 < d_{ep}$, ir skirtumas $(d_{ep} - h_2) = W_B$, epitaksiniame p- sluoksnyje (2^*) kraštinių $L_{(1;2)}$ kryptimi virš n^+ srities (5) galų yra suformuotos atitinkamos papildomos n^+ sritys (5.1) ir (5.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais (5.1) ir (5.2), o n^+ sričių (5.1) ir (5.2) įterpimo į epitaksinį p- sluoksnį (2^*) gylis $h_3 > d_{ep}$, ir n^+ sritys (5.1) ir (5.2) susilieja su n^+ sritimi (5), tarp atitinkamų šalia esančių n^+ sričių (5.1) ir (4), bei (5.2) ir (4), epitaksiniame p- sluoksnyje (2^*) yra suformuotos atitinkamos p^+ sritys (2.1) ir (2.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais (2.1) ir (2.2), o p^+ sričių (2.1) ir (2.2) įterpimo į epitaksinį p- sluoksnį (2^*) gylis $h_4 \leq h_2$, šalia n^+ sričių (5.1), (5.2), (4) ir p^+ sričių (2.1) ir (2.2), iš abiejų pusių epitaksiniame p- sluoksnyje (2^*) yra suformuotos atitinkamos n - sritys (1) ir (3) su atitinkamais kontaktais-išvadais (1.1) ir (3.1), o n - sričių (1) ir (3) įterpimo į epitaksinį p- sluoksnį (2^*) gylis $h_5 > d_{ep} + h_1$, ir n - sritys (1) ir (3) yra suformuotos atitinkamais atstumais $l_{(1;2)}$ nuo atitinkamų n^+ sričių (5.1), (5.2), (4) ir p^+ sričių (2.1) ir (2.2).

5. Stiprintuvas-dažnių maišiklis su DFPI pagal punktus 1, 3 ir 4, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPI bendrieji kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ - $A_{(1; 2)}$ per atitinkamus kondensatorius $C_{(1; 2)}$ – pirmąją C_1 ir antrąją C_2 , yra sujungti su atitinkamais įtaiso įėjimų gnybtais $U_{in (1; 2)}$ – pirmąją $U_{in 1}$ ir antrąją $U_{in 2}$, ir kartu per atitinkamus rezistorius $R_{(1; 2)}$ – pirmąją R_1 ir antrąją R_2 – su „žeme“ – įtaiso nulinio potencialo šina, ir kartu per atitinkamus rezistorius $R_{(3; 4)}$ – trečiąją R_3 ir ketvirtąją R_4 – su pastovios įtampos $\mathcal{E}_0$ maitinimo šaltinio teigiamo poliškumo gnybtu „+“, o neigiamo poliškumo gnybtas „–“ – su „žeme“, $D_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $Kt_{(1; 2)}$ per atitinkamus kondensatorius $C_{(3; 4)}$ – trečiąją C_3 ir ketvirtąją C_4 , yra sujungti su atitinkamais įtaiso įėjimų gnybtais $U_{in (3; 4)}$ – trečiuoju $U_{in 3}$ ir ketvirtuoju $U_{in 4}$, ir kartu per atitinkamus rezistorius $R_{(5; 6)}$ – penktąją R_5 ir šeštąją R_6 – su „žeme“, ir kartu per atitinkamus rezistorius $R_{(7; 8)}$ – septintąją R_7 ir aštuntąją R_8 – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“, DT kontaktas-išvadas K per penktąją kondensatorių C_5 yra sujungtas su įtaiso pirmojo išėjimo gnybtu $U_{is 1}$ ir kartu per pirmąją apkrovos rezistorių $R_{a 1}$ – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“, o kontaktas-išvadas E per šeštąją kondensatorių C_6 – su įtaiso antrojo išėjimo gnybtu $U_{is 2}$ ir kartu per antrąją apkrovos rezistorių $R_{a 2}$ – su „žeme“.

6. Impulsų formuotuvas su DFPI pagal punktus 1, 3 ir 4, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPI bendrieji kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ - $A_{(1; 2)}$ per atitinkamus $C_{(1; 2)}$ yra sujungti su atitinkamais gnybtais $U_{in (1; 2)}$ ir kartu per atitinkamus $R_{(1; 2)}$ – su „žeme“, $D_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $Kt_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{(3; 4)}$ yra sujungti su „žeme“ ir kartu per atitinkamus $R_{(5; 6)}$ – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, DT kontaktas-išvadas K per C_3 yra sujungtas su gnybtu $U_{is 1}$ ir kartu per $R_{a 1}$ – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“, o kontaktas-išvadas E per C_4 – su gnybtu $U_{is 2}$ ir kartu per $R_{a 2}$ – su „žeme“.

7. Impulsų formuotuvas su DFPI pagal punktus 2–4, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPI bendrieji kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ - $A_{(1; 2)}$ yra laisvi, o $D_{(1; 2)}$ kontaktai-išvadai $Kt_{(1; 2)}$ per $R_{(1; 2)}$ yra sujungti su transformatoriaus (Tr) antrinės apvijos (II) išvadais, kai Tr pirminės apvijos (I) išvadai – su gnybtu $U_{in 1}$ ir – su „žeme“, PT kontaktas-išvadas K per C_1 yra sujungtas su gnybtu $U_{is 1}$ ir kartu per $R_{a 1}$ – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, ir kontaktas-išvadas E per C_2 – su gnybtu $U_{is 2}$ ir kartu per $R_{a 2}$ – su „žeme“.

8. Impulsų formuotuvas su DFPI pagal punktus 2–4, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad $D_{(1; 2)}$ kontaktai-išvadai $Kt_{(1; 2)}$ yra laisvi, o DFPI bendrieji kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ - $A_{(1; 2)}$ per $R_{(1; 2)}$ yra sujungti su Tr apvijos II išvadais, kai Tr apvijos I išvadai – su gnybtu $U_{in 1}$ ir – su „žeme“, PT kontaktas-išvadas K per C_1 yra sujungtas su gnybtu $U_{is 1}$ ir kartu per $R_{a 1}$ – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, ir kontaktas-išvadas E per C_2 – su gnybtu $U_{is 2}$ ir kartu per $R_{a 2}$ – su „žeme“.

9. Relaksacinių virpesių generatorius su DFPI pagal punktus 2–4, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPI bendrieji kontaktai-išvadai $B_{(1;2)}-A_{(1;2)}$ yra laisvi, o $D_{(1;2)}$ kontaktai-išvadai $K_{t(1;2)}$ per C_2 yra sujungti su „žeme“ ir kartu – su PT kontaktu-išvadu K, kuris per C_1 – su gnybtu $U_{is\ 1}$ ir kartu per $R_{a\ 1}$ – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „-“ – su „žeme“, ir PT kontaktas-išvadas E – su „žeme“.

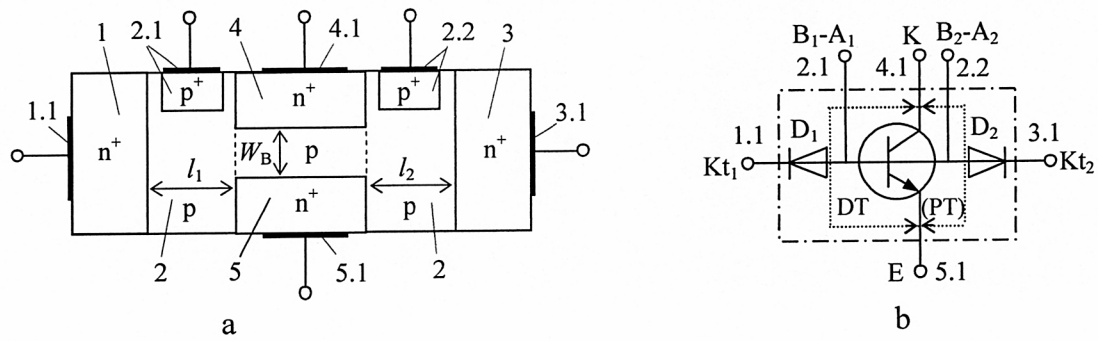


Fig. 1

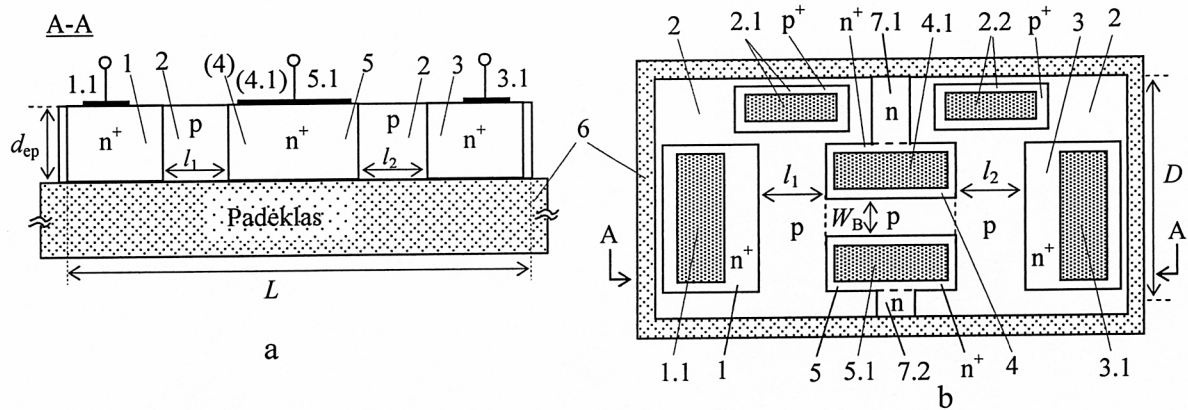


Fig. 2

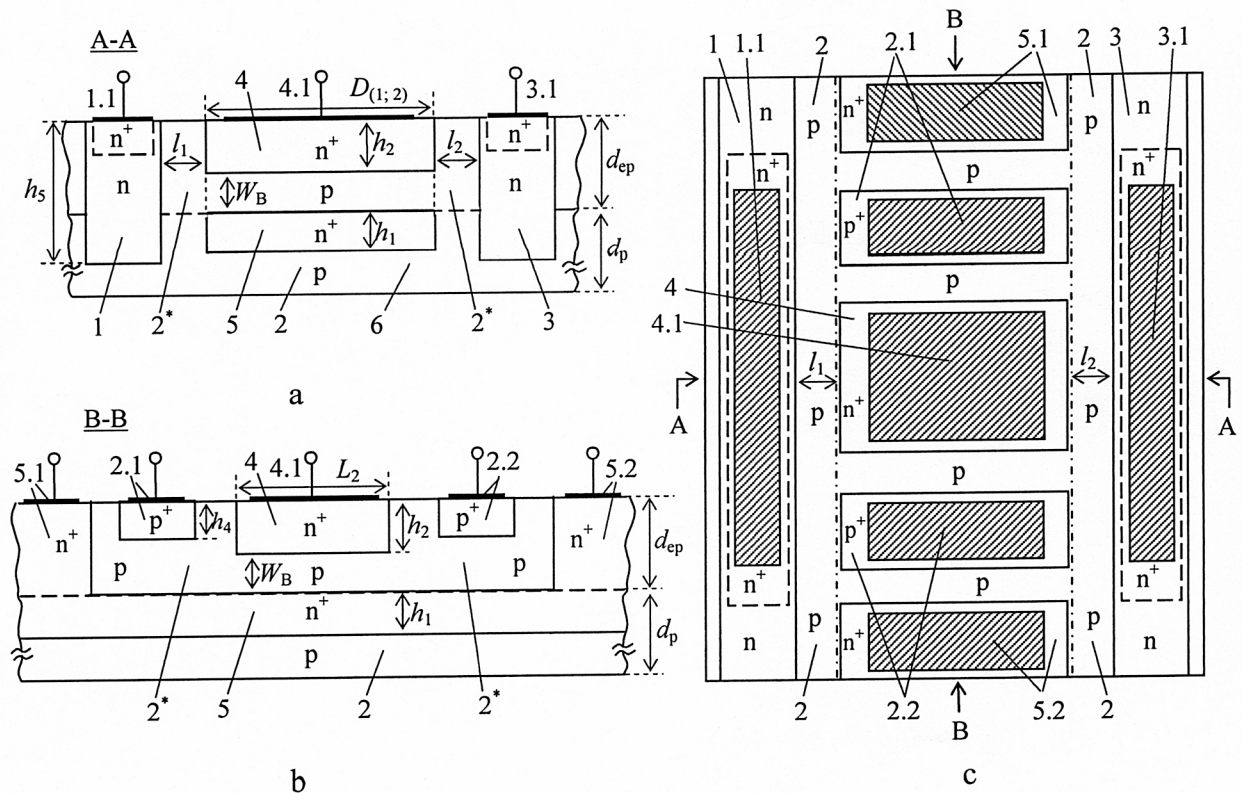


Fig. 3

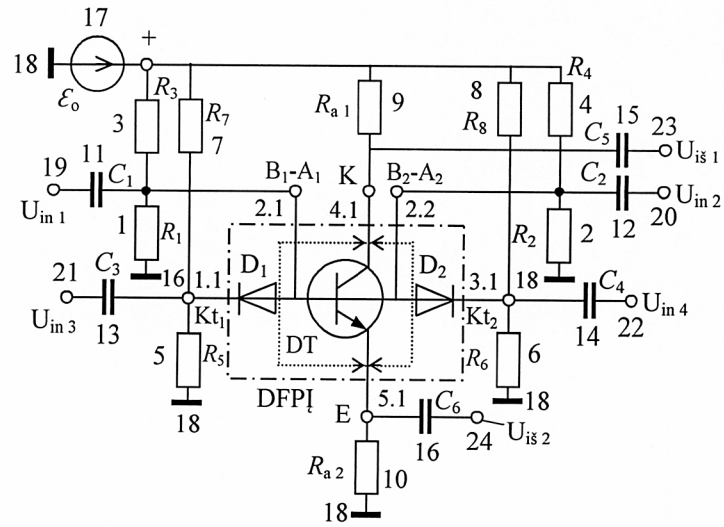


Fig. 4

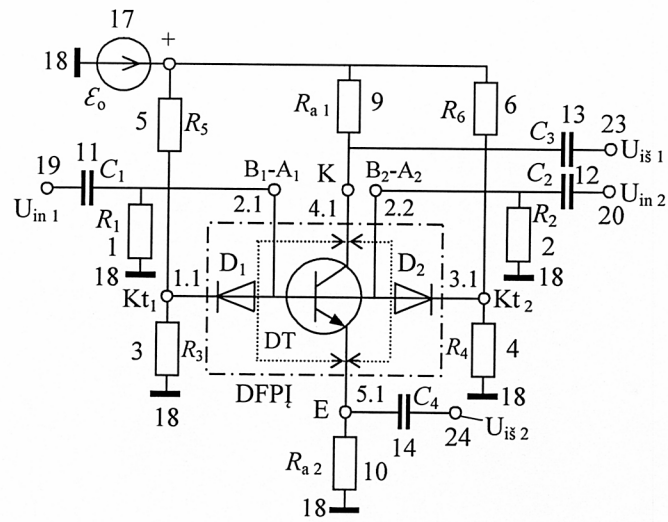


Fig. 5

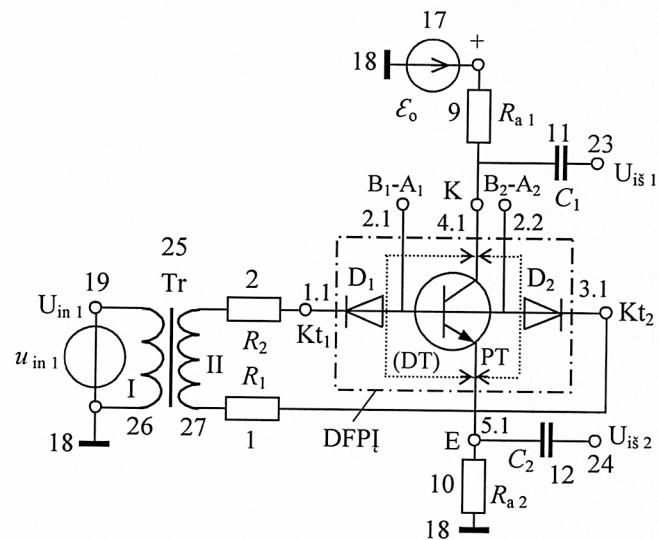


Fig. 6

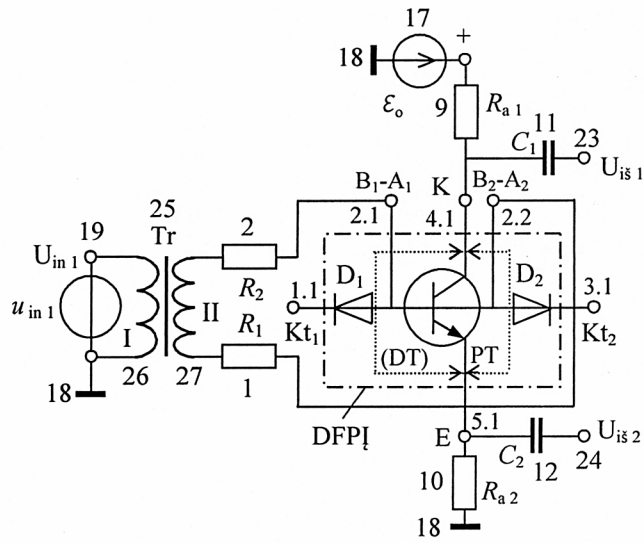
~~Fig. 6~~

Fig. 7

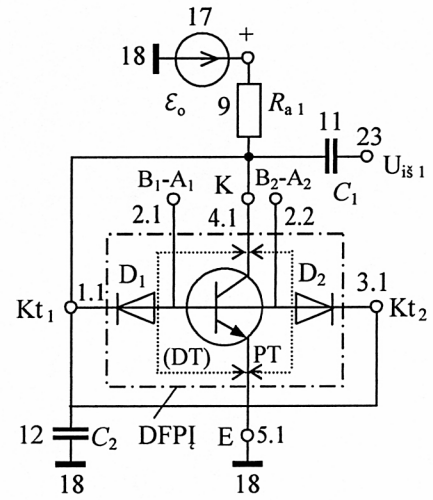


Fig. 8

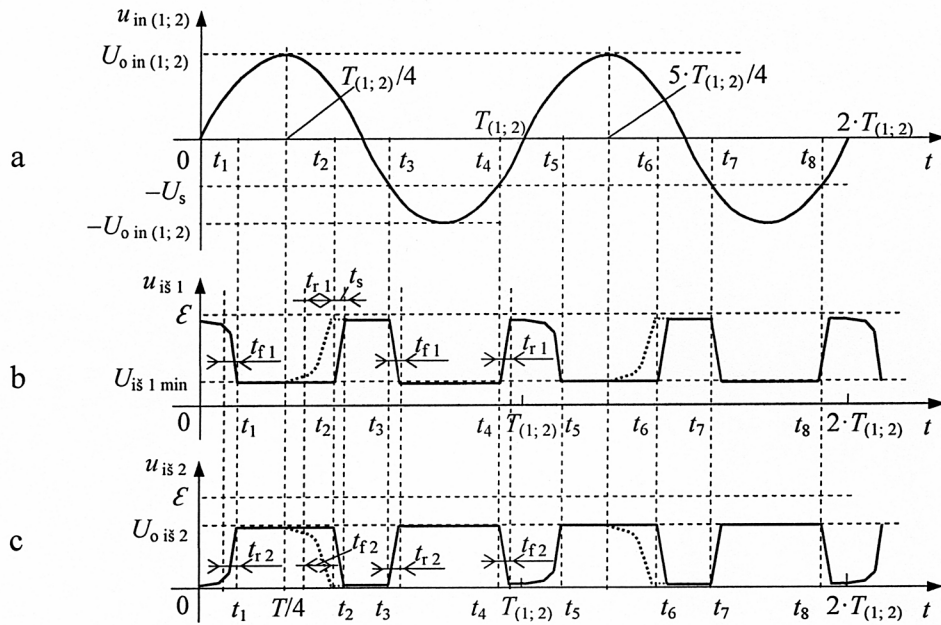


Fig. 9

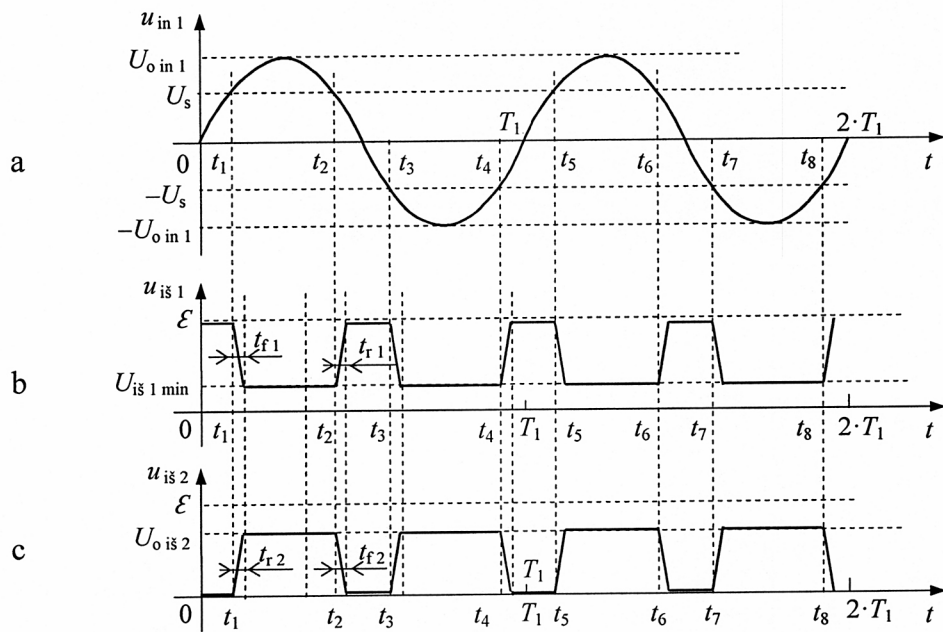


Fig. 10

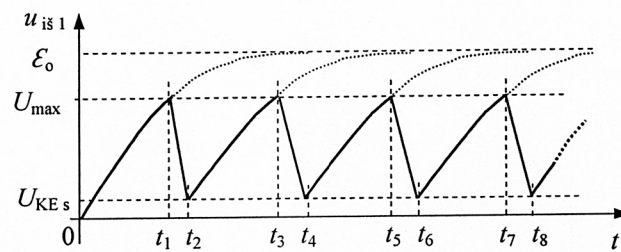


Fig. 11