

- (11) Patento numeris: **6856** (51) Int. Cl. (2021.01): **H01L 29/00**
H01L 23/00
- (21) Paraiškos numeris: **2020 001** **H01L 27/00**
H03K 12/00
- (22) Paraiškos padavimo data: **2020-01-07** **H03F 5/00**
H03F 3/00
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2021-07-12**
- (45) Patento paskelbimo data: **2021-10-11**
- (62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —
- (85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —
- (30) Prioritetas: —
- (72) Išradėjas:
Česlovas PAVASARIS, LT
- (73) Patento savininkas:
Vilniaus universitetas, Universiteto g. 3, LT-01513 Vilnius, LT
Česlovas PAVASARIS, Kryžiuokų sodų 8-oji g. 94, Vilnius, LT
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
—

- (54) Pavadinimas:
Tetrodinis ir pentodinis tranzistoriai, bei schemos su jais

- (57) Referatas:

Pasiūlymas yra iš puslaidininkinės elektronikos srities, o būtent puslaidininkinių įtaisų ir schemų su jais, veikiančių greitaveikėse analoginės bei impulsinės elektronikos schemose, elektroninėse automatikos sistemose, informacijos apdorojimo įtaisuose, ir t. t. Pasiūlytame, pavyzdžiui, n+-p-n- puslaidininkiniame įtaise, turinčiame emiterio E (n+), bazės B (p) ir kolektoriaus K (n-) išvadus, kolektoriaus K n- - sritis padaryta su dviem papildomais ominiais kontaktais $K_{(1;2)}$, sudarančiais tetrodinio tranzistoriaus (TT) darinį, o kitame variante TT bazės p- sritis turi du išvadus $B_{(1;2)}$, sudarančiais pentodinio tranzistoriaus (PT) darinį. Pasiūlytos įvairios stiprintuvų, generatorių, impulsų formuotuvų ir moduliatorių-keitiklių schemos su TT ir PT. Palyginus su analogais, stiprintuvai, generatoriai, impulsų formuotuvai ir moduliatoriai-keitikliai, padaryti TT ir PT pagrindu, pasižymi: didesne veikimo sparta - impulsinėje veikoje formuojamų išėjimo signalų frontų trukmės $t_{r, \eta} < 1$ ns, santykinai dideliu ribiniu dažniu $f_T > (5-10)$ GHz ir kartu dideliu formuojamų signalų pasikartojimo dažniu, maža sotes įtampa $U_s \leq 0,05$ V atidarytoje būsenoje.

Pasiūlymas yra iš puslaidininkinės elektronikos srities, o būtent su aktyviuoju – valdomu puslaidininkinių įtaisų ir schemų su jais, ir gali būti vartojamas kintamojo signalo galios stiprintuvuose, greitaveikėse analoginės bei impulsinės elektronikos schemose, elektroninėse automatikos sistemose, informacijos apdorojimo įtaisuose, ir t. t.

Puslaidininkinio įtaiso analogas yra dvipolio tranzistoriaus (DT) planarinis darinys, pavyzdžiui, sudarytas iš trijų vienas ant kito suformuotų n–p–n sluoksnių, čia n– elektroninio laidumo ir p– skylinio laidumo puslaidininkiai, kuriame donorinėmis priemaišomis N_d stipriai legiruotas pirmasis n^+ – sluoksnis – padėklas yra kolektorius (K), ant šio sluoksnio suformuotas donorinėmis priemaišomis silpnai legiruotas n^- – sluoksnis – kolektoriaus silpnai legiruota sritis, kurioje suformuotas akceptorinėmis priemaišomis N_a vidutiniškai legiruotas p– sluoksnis – bazė (B), ir šiame sluoksnyje suformuota donorinėmis priemaišomis N_d stipriai legiruota n^+ – sritis – emiteris (E), kuriame n^+ – kolektoriaus, p– bazės ir n^+ – emiterio sritys turi prijungtus ominių kontaktus – išvadus, atitinkamai K, B ir E (Geršunskis B. S. Elektronikos pagrindai.– V.: „Mokslas“, 1981, 324 p., iliustr.– 161 p., 10.6 pav.).

Stiprintuvo analogo schema sudaryta su bendros bazės (BB) pakopoje įjungtu DT, kurioje apkrovos rezistorius R_a yra įjungtas tarp kolektoriaus K ir pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KB} maitinimo šaltinio, pavyzdžiui, teigiamojo gnybto „+“, kurio neigiamas gnybtas „–“ yra sujungtas su baze B, ir kartu su „žeme“ – įtaiso nulinio potencialo šyna, išėjimo gnybtas $U_{i\check{s}}$ yra kolektoriaus kontaktas K, o įėjimo gnybtas $U_{i\check{n}}$ yra emiterio kontaktas E, sujungtas su įėjimo signalo $u_{in}(t)$ šaltinio išėjimo signaliniu gnybtu $U_{i\check{s} s}$, kurio kitas – įžemintas išėjimo gnybtas $U_{i\check{s} o}$ per priešįtampos įtampos \mathcal{E}_{BE} šaltinį sujungtas su žeme“ (Geršunskis B. S. Elektronikos pagrindai. - V.: „Mokslas“, 1981, 324 p., iliustr.– 173 p., 10.14 pav., a).

Dvitakčio stiprintuvo analogo schema sudaryta su dviem skirtingo p–n–p ir n–p–n laidumo $DT_{(1; 2)}$, įjungtais emiterinių kartotuvų (EK) pakopose, kurių emiteriai $E_{(1; 2)}$ sujungti su apkrovos rezistoriumi R_a , ir kartu su įėjimo signalo $u_{in}(t)$ šaltinio gnybtu $U_{i\check{n} s}$, kurio gnybtas $U_{i\check{n} o}$ sujungtas su bazėmis $B_{(1; 2)}$, o kolektoriai $K_{(1; 2)}$ sujungti su pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KE} maitinimo šaltinio atitinkamais gnybtais „±“ (Geršunskis B. S. Elektronikos pagrindai.– V.: „Mokslas“, 1981, 324 p., iliustr.– 228 p., 12.23 pav., a).

Generatoriaus analogo schema sudaryta su DT, įjungtu bendro emiterio (BE) pakopoje, kurioje emiteris E per lygiagrečiąją RC– grandinę sujungtas su „žeme“, bazė B sujungta su rezistorinio daliklio dalinimo mazgu, dalinančiu maitinimo šaltinio pastoviąją įtampą \mathcal{E}_{KE} , kolektorius K sujungtas su teigiamojo grįžtamojo ryšio LC– grandine, kuri sujungta su baze B (Geršunskis B. S. Elektronikos pagrindai.– V.: „Mokslas“, 1981, 324 p., iliustr.– 284 p., 16.5 pav., b).

Puslaidininkinio įtaiso analogo ir schemų su juo trukumas yra tai, kad DT impulsinė greitaveika yra ribojama soties reiškinio, kada išjungimo trukmė $\Delta t_{is} = t_f + t_s$ yra didinama išsiurbimo laiko t_s , kuris atsiranda dėl šalutinių krūvininkų, sukauptų soties veikoje kolektorinėje p–n sandūroje, išsiurbimo proceso, čia t_f – išjungimo fronto trukmė. Kitas analogo trukumas yra santykinai maža ribinio dažnio f_T vertė, kurią riboja kolektoriaus laiko trukmės konstanta $\tau_K = R_{b'b} \cdot C_{KB}$, nes $f_T \sim 1/\tau_K$, čia: $R_{b'b}$ – bazės srities ominė varža; C_{KB} – kolektorinės p–n sandūros barjerinė talpa. Dažnio f_T vertė nusakoma iš sąlygos, kai $K_i(f_T) = I_{oK}/I_{oB} \cong 1$, čia I_{oK} ir I_{oB} , atitinkamai kolektoriaus K ir bazės B srovių $i_K(t)$ ir $i_B(t)$ moduliai, kai poveikio dažnis $f_{in} = f_T$.

Analogų trūkumams pašalinti, puslaidininkiniame įtaise, sudarytame iš trijų vienas ant kito suformuotų, pavyzdžiui, n^+p-n^- sluoksnių, kuriame pirmasis, pavyzdžiui, donorinėmis priemaišomis N_d silpnai legiruotas n^- sluoksnis yra kolektorius K, antrasis akceptorinėmis priemaišomis N_a vidutiniškai stipriai legiruotas p– sluoksnis yra bazė B, o trečiasis N_d priemaišomis stipriai legiruotas n^+ sluoksnis yra emiteris E, kai bazės B p– sluoksniu storis W_B yra padarytas mažesnis už šalutinių krūvininkų p– bazėje – elektronų n_p difuzijos nuotolį $L_B > W_B$, ir visi sluoksniai turi atitinkamus ominusius kontaktus – išvadus K, B ir E, kitaip padaryta įtaiso – tetrodinio tranzistoriaus (TT) kolektoriaus K konstrukcija, kurioje kolektoriaus K n^- srities priešinguose kraštuose šalia bazės B p– srities yra suformuotos dvi kolektoriaus K n^+ sritys su atitinkamais ominiais kontaktais $K_{(1; 2)}$ – kolektoriaus K išvadais $K_{(1; 2)}$ – pirmuoju K_1 ir antruoju K_2 . Kolektoriaus n^- srities storis W_K emiterio-kolektoriaus kryptimi – statmenai kolektorinės p– n^- sandūros plokštumai, yra padarytas nedidesnis už kolektorinės p– n^- sandūros nuskurdintos srities maksimalų storį d_{pnKmax} n^- srityje ($W_K \leq d_{pnKmax}$), ir didesnis už nuskurdintos srities storį d_{pnKo} neutralioje būsenoje ($W_K > d_{pnKmax}$), kai nėra išorinių įtampų poveikių.

Kitame puslaidininkinio įtaiso – pentodinio tranzistoriaus (PT) konstrukcijos planariniame variante, n^+p-n^- darinys yra sumontuotas ant elektrai nelaidaus ir šilumai laidaus – izoliacinio sluoksnio – padėklo, pavyzdžiui, sitalo plokštelės, ant kurios, pavyzdžiui, molekulinės epitaksijos būdu yra užaugintas epitaksinis n^- sluoksnis – kolektoriaus K sritis. Šioje srityje, pavyzdžiui, difuzijos būdu suformuota stačiakampė p^- sritis – bazės B sritis. Šioje srityje, pavyzdžiui, difuzijos būdu suformuota simetriškai patalpinta stačiakampė n^+ sritis – emiterio E sritis. Šios srities priešinguose kraštuose bazės B p^- srityje, pavyzdžiui, difuzijos būdu suformuotos dvi simetriškai patalpintos stačiakampės p^+ sritys – bazės B dviejų ominių kontaktų $B_{(1; 2)}$ sritys, ir už šių sričių priešingų tolimiausių kraštų, pavyzdžiui, difuzijos būdu suformuotos dvi simetriškai patalpintos stačiakampės n^+ sritis – kolektoriaus K dviejų ominių kontaktų $K_{(1; 2)}$ sritys, kurių įterpimo gylis h_{n^+} padarytas iki kolektoriaus K n^- sluoksnio, ir daugiau. Ominių kontaktų E, B ir K sričių paviršiuose, pavyzdžiui, metalo dulkinimo būdu padaryti atitinkami ominiai kontaktai – išvadai – emiterio E, bazės B – pirmasis B_1 ir antrasis B_2 , ir kolektoriaus K – pirmasis K_1 ir antrasis K_2 . Suformuotas n^+p-n^- darinys patalpintas tarp dviejų lygiagrečiai išdėstytų izoliacinių sričių, kurių įterpimo gylis h_{iz} padarytas iki padėklo, ominiai kontaktai E, $B_{(1; 2)}$ ir $K_{(1; 2)}$ išdėstyti išilgai tarp izoliacinių sričių. Emiterio E n^+ sritis užima visą atstumą tarp izoliacinių sričių. Kolektoriaus K n^- srities sluoksnio storis W_K padarytas didesnis už kolektorinės $p-n^-$ sandūros nuskurdintos srities neutralų storį d_{pnK0} n^- sluoksnyje, ir kartu nedidesnis už maksimalią vertę d_{pnKmax} , kai veikia atgalinė poveikio įtampa, o atstumas tarp emiterio E n^+ srities ir kolektoriaus K n^- srities – bazės B p^- srities storis W_B yra padarytas mažesnis už šalutinių krūvininkų p^- bazėje – elektronų n_p difuzijos nuotolį L_B .

Stiprintuvo schema, sudaryta, pavyzdžiui, su BB pakopoje įjungtu n^+p-n^- laidumo TT, kurio emiteris E per emiterio rezistorių R_E yra sujungtas su priešįtampos pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{EB} gnybtu „–“, ir kartu emiteris E per pirmąjį skiriamąjį kondensatorių C_1 – su įtaiso įėjimu U_{in} . Kolektoriaus K, pavyzdžiui, pirmasis išvadas K_1 per apkrovos rezistorių R_a yra sujungtas su pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinio gnybtu „+“, ir kartu išvadas K_1 per antrąjį skiriamąjį kondensatorių C_2 – su įtaiso išėjimu U_{is} . Kolektoriaus K antrasis išvadas K_2 , bazė B ir abiejų pastoviųjų įtampų \mathcal{E}_{EB} ir \mathcal{E}_{KK} šaltinių atitinkami gnybtai „+“ ir „–“ yra sujungti su „žeme“ – įtaiso nulinio potencialo šyna.

Stiprintuvo kita schema, sudaryta su BB pakopoje įjungtu TT, kurio emiteris E per rezistorių R_E yra sujungtas su įtampos \mathcal{E}_{EB} šaltinio gnybtu „–“, ir kartu emiteris E per kondensatorių C_1 – su įėjimu U_{in} . Kolektoriaus K išvadas K_1 yra sujungtas su pastoviosios srovės I_{KK} o maitinimo šaltinio gnybtu „+“, ir kartu išvadas K_1 per kondensatorių C_2 – su išėjimu U_{is} . Kolektoriaus K išvadas K_2 , bazė B ir abiejų šaltinių \mathcal{E}_{EB} ir I_{KK} o atitinkami gnybtai „+“ ir „–“ yra sujungti su „žeme“.

Stiprintuvo dar kita schema, sudaryta su BB pakopoje įjungtu TT, kurio emiteris E per rezistorių R_E yra sujungtas su „žeme“, ir kartu per kondensatorių C_1 – su įėjimu U_{in} . Kolektoriaus K išvadas K_1 per pirmąjį apkrovos rezistorių R_{a1} yra sujungtas su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu išvadas K_1 per kondensatorių C_2 – su įtaiso pirmuoju išėjimu U_{is1} , o išvadas K_2 – su „žeme“, arba kitame variante per antrąjį apkrovos rezistorių R_{a2} yra sujungtas su „žeme“, ir kartu išvadas K_2 per trečiąjį skiriamąjį kondensatorių C_3 – su įtaiso antruoju išėjimu U_{is2} . Bazė B per pirmąjį bazės rezistorių R_{B1} yra sujungta su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu per lygiagrečiai sujungtus antrąjį bazės rezistorių R_{B2} ir šunto kondensatorių C_s yra sujungta su „žeme“ ir kartu – su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „–“.

Dvitakčio stiprintuvo schema, sudaryta su BB pakopose įjungtais dviem skirtingo laidumo n–p–n (TT_1) ir p–n–p (TT_2), kurių emiteriai $E_{(1;2)}$ per atitinkamus rezistorius $R_{E(1;2)}$ yra sujungti su „žeme“, ir kartu per atitinkamus kondensatorius $C_{(1;2)}$ – su dviem tarpusavyje sujungtais įėjimais $U_{in(1;2)}$ – pirmuoju U_{in1} ir antruoju U_{in2} . Kolektorių $K_{(1;2)}$, pavyzdžiui, pirmieji išvadai K_{11} ir K_{12} yra sujungti su atitinkamų pirmojo ir antrojo pastoviųjų įtampų $\mathcal{E}_{KK(1;2)}$ maitinimo šaltinių atitinkamais gnybtais „+“ ir „–“, o antrieji išvadai K_{21} ir K_{22} yra sujungti su išėjimu U_{is} , ir kartu per rezistorių R_a – su „žeme“. Bazės $B_{(1;2)}$ per atitinkamus pirmuosius bazių rezistorius $R_{B(11;12)}$ yra sujungtos su atitinkamų įtampų $\mathcal{E}_{(1;2)}$ šaltinių atitinkamais gnybtais „+“ ir „–“, ir kartu per lygiagrečiai sujungtus atitinkamus antruosius bazių rezistorius $R_{B(21;22)}$ ir atitinkamus šuntų kondensatorius $C_{s(1;2)}$ yra sujungti su „žeme“ ir kartu – su abiejų įtampų $\mathcal{E}_{KK(1;2)}$ šaltinių atitinkamais gnybtais „–“ ir „+“.

Generatoriaus schema, sudaryta su BE pakopoje įjungtu TT, kurio emiteris E yra sujungtas su „žeme“. Kolektoriaus K išvadas K_1 per rezistorių R_{a1} yra sujungtas su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu išvadas K_1 per kondensatorių C_1 – su įtaiso išėjimu U_{is1} , o išvadas K_2 per rezistorių R_{a2} yra sujungtas su „žeme“, ir kartu per kondensatorių C_2 – su išėjimu U_{is2} . Įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtas „–“ betarpiškai, o

bazė B per rezistorių R_B yra sujungti su „žeme“, ir bazė B per grįžtamojo ryšio kondensatorių C_0 – su išvadu K_2 .

Generatoriaus kita schema, sudaryta su BE pakopoje įjungtu TT, kurio emiteris E yra sujungtas su „žeme“. Kolektoriaus K išvadas K_1 per rezistorių R_{a1} yra sujungtas su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu išvadas K_1 per kondensatorių C_1 – su išėjimu $U_{i\dot{s}1}$, o išvadas K_2 per rezistorių R_{a2} yra sujungtas su „žeme“, ir kartu per kondensatorių C_2 – su išėjimu $U_{i\dot{s}2}$. Bazė B per rezistorių R_{B1} yra sujungta su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu per rezistorių R_{B2} yra sujungta su „žeme“ ir įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „–“, ir kartu per grįžtamojo ryšio LC– nuosekliają grandinę – indukcinę ritelę L_0 ir kondensatorių C_0 – su išvadu K_2 .

Impulsų formuotuvo schema, sudaryta su mišrioje BE ir EK pakopose įjungtu TT, kurio emiteris E per rezistorių R_E yra sujungtas su „žeme“, ir kartu per kondensatorių C_1 – su išėjimu $U_{i\dot{s}1}$. Kolektoriaus K išvadai $K_{(1;2)}$ sujungti tarpusavyje ir per rezistorių R_a – su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu išvadai $K_{(1;2)}$ per kondensatorių C_2 – su išėjimu $U_{i\dot{s}2}$, o įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtas „–“ – su „žeme“. Bazės B išvadai $B_{(1;2)}$ yra atitinkamai pirmasis ir antrasis jėjimai $U_{in(1;2)}$.

Moduliatoriaus-keitiklio pirmoji schema, sudaryta su mišrioje BB ir BE pakopose įjungtu PT, kurio emiteris E per rezistorių R_E yra sujungtas su „žeme“, ir kartu per kondensatorių C_1 – su jėjimu U_{in1} . Kolektoriaus K išvadai $K_{(1;2)}$ sujungti tarpusavyje ir per rezistorių R_a – su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu išvadai $K_{(1;2)}$ per kondensatorių C_2 – su išėjimu $U_{i\dot{s}}$. Bazės B pirmasis išvadas B_1 per trečiąjį skiriamąjį kondensatorių C_3 yra sujungtas su jėjimu U_{in2} , o antrasis išvadas B_2 per lygiagrečiai sujungtus rezistorių R_{B1} ir kondensatorių C_3 – su „žeme“, ir kartu per bazės antrąjį rezistorių R_{B2} – su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, kurio gnybtas „–“ – su „žeme“.

Moduliatoriaus-keitiklio antroji schema yra sudaryta su mišrioje BB ir BE pakopose įjungtu PT, kurioje vietoje apkrovos rezistoriaus R_a yra įjungtas rezonansinis lygiagretusis LC– kontūras, sudarytas su induktoriumi L_0 ir kondensatoriumi C_0 , o visi kiti jungimai atitinka pirmojo varianto schemą.

Puslaidininkinio įtaiso – TT struktūros pjūvis statmenai p–n sandūrų lygiagrečioms plokštumos, kai TT konstrukcija padaryta su bazės B vienu išvadu B, ir BB pakopoje įjungto TT stiprintuvo grandinės principine jungimo schema yra parodyti

Fig. 1, a, ir atitinkamas TT schemotechninis žymuo su vienu išvadu B – Fig. 1, b. Puslaidininkinio įtaiso – PT su bazės B dviem išvadais $B_{(1; 2)}$ planarinės struktūros pjūviai yra parodyti Fig. 2, a ir b, pozicijoje c yra parodytas ominių kontaktų E, $B_{(1; 2)}$ ir $K_{(1; 2)}$, bei PT atitinkamų puslaidininkinių sričių išdėstymas planarinės struktūros paviršiuje, o pozicijoje d yra parodytas atitinkamas PT schemotechninis žymuo su dviem išvadais $B_{(1; 2)}$. Fig. 3, a ir b atitinkamai parodytos TT įėjimo voltamperinė charakteristika (VACH) ir išėjimo VACH su joje nubrėžta apkrovos R_a tiese, bei TT veikos taško $\{I_{KK o}, U_{KK o}\}$ nusakymo sąlygos, o pozicijoje c yra parodytos įtampos $u_{in}(t)$ stiprinimo diferencialinio koeficiento K_u priklausomybės nuo R_a , esant įvairioms TT kolektoriaus K srities varžų $R_{KK o}$ tarp išvadų $K_{(1; 2)}$ pradinėms vertėms veikos taške $\{I_{KK o}, U_{KK o}\}$. Fig. 4 bei Fig. 5, a ir b parodyti stiprintuvų su TT principinių schemų variantai. Fig. 6 parodyta dvitakčio stiprintuvo su dviem skirtingo laidumo $TT_{(1; 2)}$ principinė schema. Fig. 7, a ir b bei Fig. 8, a ir b parodytos generatorių su TT principinių schemų variantai ir jų veiką paaškinančios išėjimuose $U_{iš(1; 2)}$ formuojamų-generuojamų atitinkamų signalų $u_{iš(1; 2)}(t)$ laiko t diagramos. Fig. 9, a ir b parodytos impulsų formuotuvo su PT principinė schema ir jos veiką paaškinančios išėjimuose $U_{iš(1; 2)}$ formuojamų atitinkamų signalų $u_{iš(1; 2)}(t)$ laiko t diagramos. Fig. 10 parodyta modulatoriaus-keitiklio su PT principinė schema. Fig. 1, a skaičiais ir simboliais pažymėta: 1 – vienos bazės – vieno išvado B TT kolektoriaus K puslaidininkinė n^- –laidumo sritis; 2 – vieno išvado B TT bazės B puslaidininkinė p–laidumo sritis; 3 – vieno išvado B TT emiterio E puslaidininkinė n^+ –laidumo sritis; 4 ir 5 – vieno išvado B TT kolektoriaus K ominių kontaktų $K_{(1; 2)}$ n^+ –laidumo sritys; 6 – apkrovos rezistorius R_a ; 7 – pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinio gnybtas „+“; 8 ir 11 – antrasis ir pirmasis skiriamieji kondensatoriai C_2 ir C_1 ; 9 – emiterio rezistorius R_E ; 10 – priešįtampio pastoviosios tampos \mathcal{E}_{EB} šaltinio gnybtas „–“; 12 – „žemė“ – įtaiso nulinio potencialo šyna. Fig. 2 skaičiais ir simboliais pažymėta: 1 – epitaksinis n^- –laidumo sluoksnis – dviejų išvadų $B_{(1; 2)}$ TT kolektoriaus K n^- –sritis; 2 – dviejų išvadų $B_{(1; 2)}$ TT bazės B difuzinė p–laidumo sritis; 3 – dviejų išvadų $B_{(1; 2)}$ TT emiterio E difuzinė n^+ –laidumo sritis; 4 ir 5 – dviejų išvadų $B_{(1; 2)}$ TT kolektoriaus K (1) ominių kontaktų $K_{(1; 2)}$ difuzinės n^+ –laidumo sritys; 6 ir 7 – dviejų išvadų $B_{(1; 2)}$ TT bazės B (2) ominių kontaktų $B_{(1; 2)}$ difuzinės p $^+$ –laidumo sritys; 8 – dviejų išvadų $B_{(1; 2)}$ TT emiterio E (3) ominis metalo kontaktas – išvadas E; 9 ir 10 – dviejų išvadų $B_{(1; 2)}$ TT kolektoriaus K (1) ominiai metalo kontaktai – išvadai $K_{(1; 2)}$; 11 ir 12 – dviejų išvadų $B_{(1; 2)}$ TT bazės B (2) ominiai metalo kontaktai – išvadai $B_{(1; 2)}$;

13 – dviejų išvadų $B_{(1; 2)}$ TT puslaidininkinio darinio padėklas; 14 ir 15 – gilios izoliacinės sritys, pavyzdžiui, SiO_2 . Fig. 4 skaičiais ir simboliais pažymėta: 1 – vieno išvado B TT; 2 – emiterio rezistorius R_E ; 3 – priešįtampos pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{EB} šaltinio gnybtas „–“; 4 – pirmasis skiriamasis kondensatorius C_1 ; 5 – pastoviosios srovės I_{KK} o maitinimo šaltinis; 6 – antrasis skiriamasis kondensatorius C_2 ; 7 – „žemė“. Fig. 5, a, skaičiais ir simboliais pažymėta: 1 – vieno išvado B TT; 2 – emiterio rezistorius R_E ; 3 – pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinio gnybtas „+“; 4 ir 9 – pirmasis ir antrasis skiriamieji kondensatoriai C_1 ir C_2 ; 5 ir 6 – pirmasis ir antrasis bazės rezistoriai R_{B_1} ir R_{B_2} ; 7 – šunto kondensatorius C_s ; 8 – apkrovos rezistorius R_a ; 10 – „žemė“. Fig. 5, b, skaičiais ir simboliais pažymėta: 1 – vieno išvado B TT; 2 – emiterio rezistorius R_E ; 3 – pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinio gnybtas „+“; 4, 9 ir 11 – pirmasis–trečiasis skiriamieji kondensatoriai $C_{(1-3)}$; 5 ir 6 – pirmasis ir antrasis bazės rezistoriai $R_{B_{(1; 2)}}$; 7 – šunto kondensatorius C_s ; 8 ir 10 – pirmasis ir antrasis apkrovų rezistoriai $R_{a_{(1; 2)}}$; 12 – „žemė“. Fig. 6 skaičiais ir simboliais pažymėta: 1 ir 2 – vieno išvado B n–p–n laidumo pirmasis TT₁ ir p–n–p laidumo antrasis TT₂; 3 ir 9 – pirmasis ir antrasis emiterių rezistoriai $R_{E_{(1; 2)}}$; 4 ir 10 – pirmasis ir antrasis skiriamieji kondensatoriai $C_{(1; 2)}$; 5 ir 11 – pirmieji bazių rezistoriai $R_{B_{11}}$ ir $R_{B_{12}}$; 6 ir 12 – antrieji bazių rezistoriai $R_{B_{21}}$ ir $R_{B_{22}}$; 7 ir 13 – pirmasis ir antrasis šunto kondensatoriai $C_{s_{(1; 2)}}$; 8 ir 14 – pirmasis ir antrasis pastovijų įtampų $\mathcal{E}_{KK_{(1; 2)}}$ maitinimo šaltiniai, arba galvaniskai atskirto vieno šaltinio \mathcal{E}_{KK} skirtingi gnybtai „+“ ir „–“; 15 – apkrovos rezistorius R_a ; 16 – „žemė“. Fig. 7, a, skaičiais ir simboliais pažymėta: 1 – vieno išvado B TT; 2 ir 4 – pirmasis ir antrasis apkrovų rezistoriai $R_{a_{(1; 2)}}$; 3 – pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinio gnybtas „+“; 5 – grįžtamojo ryšio kondensatorius C_o ; 6 ir 7 – pirmasis ir antrasis skiriamieji kondensatoriai $C_{(1; 2)}$; 8 – „žemė“. Fig. 8, a, skaičiais ir simboliais pažymėta: 1 – vieno išvado B TT; 2 ir 5 – pirmasis ir antrasis apkrovų rezistoriai $R_{a_{(1; 2)}}$; 3 – pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinio gnybtas „+“; 4 ir 6 – pirmasis ir antrasis bazės rezistoriai $R_{B_{(1; 2)}}$; 7 ir 8 – grįžtamojo ryšio nuosekliosios LC–grandinės indukcinė ritelė L_o ir kondensatorius C_o ; 9 ir 10 – pirmasis ir antrasis skiriamieji kondensatoriai $C_{(1; 2)}$; 11 – „žemė“. Fig. 9, a, skaičiais ir simboliais pažymėta: 1 – dviejų išvadų $B_{(1; 2)}$ PT; 2 – emiterio rezistorius R_E ; 3 – „žemė“; 4 ir 7 – pirmasis ir antrasis skiriamieji kondensatoriai $C_{(1; 2)}$; 5 – apkrovos rezistorius R_a ; 6 – pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinio gnybtas „+“. Fig. 10 skaičiais ir simboliais pažymėta: 1 – dviejų išvadų $B_{(1; 2)}$ PT; 2 – emiterio rezistorius R_E ; 3 – „žemė“; 4, 7 ir

8 – atitinkamai pirmasis–trečiasis skiriamieji kondensatoriai $C_{(1-3)}$; 5 – apkrovos rezistorius R_a ; 6 – pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinio gnybtas „+“; 9 ir 10 – bazės B pirmasis ir antrasis rezistoriai $R_{B(1;2)}$; 11 – šunto kondensatorius C_s .

Puslaidininkinis įtaisas – TT su bazės B (2) vienu išvadu B (Fig. 1, a) yra sudarytas iš trijų vienas ant kito suformuotų, pavyzdžiui, n^-p-n^+ sluoksnių – atitinkamai 1–3, kuriame donorinėmis priemaišomis $N_{d(K)} = 10^{16}-10^{18} \text{ cm}^{-3}$ silpnai legiruotas pirmasis n^- sluoksnis 1 – kolektorius K, ant šio n^- sluoksnio 1 suformuotas akceptorinėmis priemaišomis $N_{a(B)} = 10^{17}-10^{19} \text{ cm}^{-3}$ vidutiniškai stipriai legiruotas antrasis p– sluoksnis 2 – bazė B (2), ir ant šio p– sluoksnio 2 suformuota donorinėmis priemaišomis $N_{d(E)} = 10^{19}-10^{21} \text{ cm}^{-3}$ stipriai legiruota n^+ sritis 3 – emiteris E (3). Bazės B p– sluoksniu 2 storis W_B padarytas mažesnis už šalutinių krūvininkų p– bazėje – elektronų n_p difuzijos nuotolį L_B p– bazėje 2: $W_B < L_B$. Kolektoriaus K n^- srities 1 priešinguose kraštuose šalia bazės B p– srities 2 yra suformuotos donorinėmis priemaišomis $N_{d(K+)} = 10^{19}-10^{21} \text{ cm}^{-3}$ stipriai legiruotos papildomos dvi n^+ sritys 4 ir 5 su atitinkamais ominiais kontaktais – kolektoriaus K (1) išvadais K_1 ir K_2 . Bazės B p– srities 2 viename krašte tarp emiterio E (3) ir kolektoriaus K (1) atitinkamų sričių 3 ir 1 suformuota akceptorinėmis priemaišomis $N_{a(B+)} = 10^{19}-10^{21} \text{ cm}^{-3}$ stipriai legiruota p^+ sritis su ominių kontaktu – bazės išvadu B, o emiterio E n^+ srities 3 krašte, priešingame p–n sandūrai 3-2, suformuotas ominis emiterio kontaktas – emiterio išvadas E. „Normaliai“ atidaryto TT kolektoriaus K n^- sluoksniu 1 storis W_K , statmenai kolektorinės p– n^- sandūros 1-2 plokštumai, padarytas didesnis už šios sandūros 1-2 nuskurdintos srities neutralų storį d_{pn0} n^- sluoksnyje 1, ir kartu nedidesnis už maksimalią vertę $d_{pn\max}$, kai veikia atgalinė poveikio įtampa U_{KB} – kolektoriaus K-bazės B įtampa: $d_{pn\max} \geq W_K > d_{pn0}$. „Normaliai uždaryto“ TT kolektoriaus K n^- sluoksniu 1 storis W_K , statmenai kolektorinės p– n^- sandūros 1-2 plokštumai, padarytas mažesnis už šios sandūros 1-2 nuskurdintos srities neutralų storį d_{pn0} n^- sluoksnyje 1: $W_K \leq d_{pn0}$.

Kitame puslaidininkinio įtaiso – PT su bazės B (2) dviejų išvadų $B_{(1;2)}$ (11; 12) konstrukcijos planariniame variante (Fig. 2) n^+p-n^- darinys sumontuotas ant elektrai nelaidaus ir šilumai laidaus – izoliacinio sluoksniu – padėklo 13, pavyzdžiui, sitalo plokštelės, ant kurios, pavyzdžiui, molekulinės epitaksijos būdu užaugintas epitaksinis n^- sluoksniu 1 – kolektoriaus K n^- sritis 1. Šioje K srityje 1, pavyzdžiui, difuzijos būdu suformuota stačiakampė p– sritis 2 – bazės B p– sritis 2. Šioje B srityje

2, pavyzdžiui, difuzijos būdu suformuota simetriškai patalpinta stačiakampė n^+ -sritis 3 – emiterio E n^+ -sritis 3. Šios n^+ -srities 3 priešinguose kraštuose bazės B p-srityje 2, pavyzdžiui, difuzijos būdu suformuotos dvi simetriškai patalpinos stačiakampės p^+ -sritys 6 ir 7 – bazės B dviejų ominių kontaktų 11 (B_1) ir 12 (B_2) p^+ -sritys 6 ir 7. Už šių p^+ -sričių 6 ir 7 priešingų tolimiausių kraštų, pavyzdžiui, difuzijos būdu suformuotos dvi simetriškai patalpinos stačiakampės n^+ -sritis 4 ir 5 – kolektoriaus K (1) dviejų ominių kontaktų 9 (K_1) ir 10 (K_2) n^+ -sritys 4 ir 5, kurių įterpimo gylis h_{n^+} padarytas iki kolektoriaus K n^- -sluoksnio 1 ir daugiau. Ominių kontaktų sričių 3, 6, 7, 4 ir 5 paviršiuose, pavyzdžiui, metalo dulkinimo būdu padaryti atitinkami ominiai kontaktai-išvadai – emiterio E (8), bazės B (2) – pirmasis B_1 (11) ir antrasis B_2 (12), ir kolektoriaus K (1) – pirmasis K_1 (9) ir antrasis K_2 (10). Suformuotas n^+ -p- n^- darinys 3-2-1 patalpintas tarp dviejų lygiagrečiai išdėstytų izoliacinių sričių 14 ir 15, kurių įterpimo gylis h_{izl} padarytas iki padėklo 13, o ominiai kontaktai E (8), $B_{(1; 2)}$ (11, 12) ir $K_{(1; 2)}$ (9, 10) išdėstyti išilgai tarp izoliacinių sričių 14 ir 15. Emiterio E n^+ -sritis 3 užima visą atstumą d tarp izoliacinių sričių 14 ir 15. Normaliai atidaryto PT kolektoriaus K n^- -srities 1 sluoksnio storis W_K padarytas didesnis už kolektorinės p- n^- sandūros 1-2 nuskurdintos srities neutralų storį $d_{pn\ o\ n^-}$ n^- sluoksnyje 1 ir kartu nedidesnis už maksimalią vertę $d_{pn\ K\ max}$, kai veikia atgalinė poveikio įtampa U_{KB} – kolektoriaus K (1)-bazės B (2) įtampa: $d_{pn\ K\ max} \geq W_K > d_{pn\ o}$. Atstumas W_B tarp emiterio E n^+ -srities 3 ir kolektoriaus K n^- -srities 1 – bazės B (2) storis W_B , padarytas mažesnis už šalutinių krūvininkų, p-bazėje 2 elektronų n_p , difuzijos nuotolį $L_B > W_B$. Normaliai uždaryto PT kolektoriaus K n^- sluoksnio 1 plotis W_K , tolyn nuo kolektorinės p- n^- sandūros 1-2, padarytas mažesnis už šios sandūros 1-2 nuskurdintos srities neutralų storį $d_{pn\ o\ n^-}$ n^- sluoksnyje 1: $W_K \leq d_{pn\ o}$.

Puslaidininkinis įtaisas – PT su bazės B (2) dviejų išvadų $B_{(1; 2)}$ (11; 12) konstrukcija (Fig. 2) gali būti pagamintas, pavyzdžiui, silicio (Si) planarinės technologijos būdu tokia operacijų seka: 1– ant padėklo 13, pavyzdžiui, sitalo plokštelės, pavyzdžiui, molekulinės epitaksijos būdu užauginamas donorinėmis priemaišomis $N_{d\ (K)} = 10^{16} - 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ silpnai legiruotas pirmasis n^- sluoksnis 1 – epitaksinis kolektoriaus K n^- sluoksnis 1; 2– pavyzdžiui, pirmosios difuzijos arba implantacijos būdu įterpiant akceptorines priemaišas $N_{a\ (B)} = 10^{17} - 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ yra suformuojama vidutiniškai stipriai legiruota p-sritis 2 – bazės B p-sritis 2, kurios

įterpimo gylis $h_B \cong h_{n^+}$ į epitaksinį n^- sluoksnį 1 padarytas iš sąlygos: $h_B = h_{izl} - W_K$; 3– pavyzdžiui, antrosios difuzijos arba implantacijos būdu įterpiant donorines priemaišas $N_{d(E)} = 10^{19} - 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ yra suformuojama stipriai legiruota n^+ sritis 3 – emiterio E n^+ sritis 3, kurios įterpimo gylis $h_E \cong h_B - W_B$, ir šiuo etapu taip pat suformuojamos kolektoriaus K (1) ominių kontaktų n^+ sritys 4 ir 5, kurių įterpimo gylis $h_{n^+} \cong h_{izl} - W_K$, ir padarytas iki kolektoriaus K n^- sluoksnio 1 ir truputi daugiau; 4– pavyzdžiui, trečiosios difuzijos arba implantacijos būdu įterpiant akceptorines priemaišas $N_{a(p^+)} = 10^{19} - 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ yra suformuojamos stipriai legiruotos p^+ sritys 6 ir 7, kurių įterpimo gylis $h_{p^+} \leq h_E$, ir patalpintos tarp emiterio E n^+ srities 3 ir kolektoriaus K (1) ominių kontaktų n^+ sričių 4 ir 5; 5– pavyzdžiui, vakuuminio dulkinimo būdu ominių kontaktų sričių 3, 6 ir 7, bei 9 ir 10 paviršiuose padaromi atitinkami išvadai E (8), bazės B išvadai B₁ (6) ir B₂ (7), bei kolektoriaus K (1) išvadai K₁ (9) ir K₂ (10); 6– pavyzdžiui, gilaus selektyviojo ėsdinimo būdu arba gilios oksidacijos būdu yra suformuojamos gilios izoliacinės sritys 14 ir 15, užpildytos SiO₂.

Stiprintuvo schema (Fig. 1, a) sudaryta su BB pakopoje įjungtu $n-p-n$ laidumo TT, kurio emiteris E per emiterio rezistorių R_E (9) yra sujungtas su priešįtampos pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{EB} šaltinio gnybtu „-“ (10), ir kartu emiteris E per pirmąjį skiriamąjį kondensatorių C_1 (11) – su įtaiso įėjimu U_{in} . Kolektoriaus K (1), pavyzdžiui, pirmasis išvadas K₁ per apkrovos rezistorių R_a (6) sujungtas su pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinio gnybtu „+“ (7), ir kartu išvadas K₁ per antrąjį skiriamąjį kondensatorių C_2 (8) – su įtaiso išėjimu U_{is} . Kolektoriaus K (1) antrasis išvadas K₂, bazės 2 išvadas B ir abiejų pastoviųjų įtampų \mathcal{E}_{EB} ir \mathcal{E}_{KK} šaltinių atitinkami gnybtai „+“ ir „-“ yra sujungti su „žeme“ (12).

Stiprintuvo kita schema (Fig. 4) sudaryta su BB pakopoje įjungtu $n-p-n$ laidumo TT (1), kurio emiteris E per rezistorių R_E (2) yra sujungtas su įtampos \mathcal{E}_{EB} šaltinio gnybtu „-“ (3), ir kartu emiteris E per kondensatorių C_1 (4) – su įėjimu U_{in} . Kolektoriaus K išvadas K₁ sujungtas su pastoviosios srovės I_{KKo} šaltinio 5 gnybtu „+“, ir kartu išvadas K₁ per kondensatorių C_2 (6) – su išėjimu U_{is} . Kolektoriaus K išvadas K₂, bazė B ir abiejų šaltinių \mathcal{E}_{EB} ir \mathcal{E}_{KK} atitinkami gnybtai „+“ ir „-“ yra sujungti su „žeme“ (7).

Stiprintuvo dar kita schema (Fig. 5, a) sudaryta su BB pakopoje įjungtu $n-p-n$ laidumo TT (1), kurio emiteris E per rezistorių R_E (2) sujungtas su „žeme“ (10), ir kartu emiteris E per kondensatorių C_1 (4) – su įėjimu U_{in} . Kolektoriaus K išvadas K₁

per rezistorių R_a (8) sujungtas su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“ (3), ir kartu išvadas K_1 per kondensatorių C_2 (9) – su išėjimu $U_{i\bar{s}}$. Bazė B per bazės pirmąjį rezistorių R_{B_1} (5) yra sujungta su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“ (3), ir kartu bazė B per lygiagrečiai sujungtus bazės antrąjį rezistorių R_{B_2} (6) ir šunto kondensatorių $C_{\bar{s}}$ (7) yra sujungta su „žeme“ (10). Kolektoriaus K išvadas K_2 ir įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtas „-“ sujungti su „žeme“ (10).

Stiprintuvo dar kita schema (Fig. 5, b) sudaryta su BB pakopoje įjungtu n–p–n laidumo TT (1), kurio emiteris E per rezistorių R_E (2) sujungtas su „žeme“ (12), ir kartu emiteris E per kondensatorių C_1 (4) – su įėjimu U_{in} . Kolektoriaus K išvadas K_1 per pirmąjį apkrovos rezistorių R_{a_1} (8) sujungtas su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“ (3), ir kartu išvadas K_1 per kondensatorių C_2 (9) – su įtaiso pirmuoju išėjimu $U_{i\bar{s}_1}$, o antrasis išvadas K_2 per antrąjį apkrovos rezistorių R_{a_2} (10) sujungtas su „žeme“ (12), ir kartu išvadas K_2 per trečiąjį skiriamąjį kondensatorių C_3 (11) – su įtaiso antruoju išėjimu $U_{i\bar{s}_2}$. Bazė B per rezistorių R_{B_1} (5) yra sujungta su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“ (3), ir kartu bazė B per lygiagrečiai sujungtus rezistorių R_{B_2} (6) ir šunto kondensatorių $C_{\bar{s}}$ (7) yra sujungta su „žeme“ (12), prie kurios prijungtas įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtas „-“.

Dvitakčio stiprintuvo schema (Fig. 6) sudaryta su BB pakopose įjungtais dviem skirtingo laidumo n–p–n TT_1 (1) ir p–n–p TT_2 (2), kurių emiteriai $E_{(1; 2)}$ per atitinkamus rezistorius R_{E_1} (3) ir R_{E_2} (9) yra sujungti su „žeme“ (16), ir kartu emiteriai $E_{(1; 2)}$ per atitinkamus kondensatorius $C_{(1; 2)}$ (4; 10) – su įtaiso dviem tarpusavyje sujungtais įėjimais $U_{in(1; 2)}$ – pirmuoju U_{in_1} ir antruoju U_{in_2} . Kolektorių $K_{(1; 2)}$ pirmieji išvadai $K_{(11; 12)}$ yra sujungti su atitinkamų įtampų $\mathcal{E}_{KK(1; 2)}$ pirmojo ir antrojo maitinimų šaltinių atitinkamais gnybtais „+“ (8) ir „-“ (14), o kolektorių $K_{(1; 2)}$ antrieji išvadai $K_{(21; 22)}$ sujungti su išėjimu $U_{i\bar{s}}$, ir kartu per rezistorių R_a (15) – su „žeme“ (16). Bazės $B_{(1; 2)}$ per atitinkamus pirmuosius bazių rezistorius $R_{B(11; 12)}$ (5; 11) yra sujungtos su atitinkamų įtampų $\mathcal{E}_{KK(1; 2)}$ atitinkamais gnybtais „-“ ir „+“, ir kartu bazės $B_{(1; 2)}$ per lygiagrečiai sujungtus atitinkamus antruosius bazių rezistorius $R_{B(21; 22)}$ (6; 12) ir šunto kondensatorius $C_{\bar{s}(1; 2)}$ (7; 13) yra sujungtos su „žeme“ (16), prie kurios taip pat prijungti abiejų šaltinių $\mathcal{E}_{KK(1; 2)}$ atitinkami gnybtai „-“ ir „+“.

Generatoriaus schema (Fig. 7, a) sudaryta su BE pakopoje įjungtu n–p–n laidumo TT (1), kurio emiteris E sujungtas su „žeme“ (8). Kolektoriaus K išvadas K_1 per rezistorių R_{a_1} (2) sujungtas su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“ (3), ir kartu išvadas

K_1 per kondensatorių C_1 (6) – su išėjimu $U_{i\bar{s} 1}$, o išvadas K_2 per rezistorių $R_{a 2}$ (4) sujungtas su „žeme“ (8), ir kartu per kondensatorių C_2 (7) – su išėjimu $U_{i\bar{s} 2}$. Bazė B per rezistorių R_B (3) yra sujungta su „žeme“ (8), ir kartu per grįžtamojo ryšio kondensatorių C_o (5) – su išvadu K_2 .

Generatoriaus kita schema (Fig. 8, a) sudaryta su BE pakopoje įjungtu n–p–n laidumo TT (1), kurio emiteris E sujungtas su „žeme“ (11). Kolektoriaus K išvadas K_1 per rezistorių $R_{a 1}$ (2) sujungtas su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“ (3), ir kartu išvadas K_1 per kondensatorių C_1 (9) – su išėjimu $U_{i\bar{s} 1}$, o išvadas K_2 per rezistorių $R_{a 2}$ (5) sujungtas su „žeme“ (11), ir kartu per kondensatorių C_2 (10) – su išėjimu $U_{i\bar{s} 2}$. Bazė B per rezistorių $R_{B 1}$ (4) sujungta su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“ (3), ir kartu per rezistorių $R_{B 2}$ (6) sujungta su „žeme“ (11), ir kartu per grįžtamojo ryšio LC–nuosekliają grandinę – indukcinę ritelę L_o (7) ir kondensatorių C_o (8) – su išvadu K_2 .

Impulsų formuotuvo schema (Fig. 9, a) sudaryta su BE ir EK pakopose įjungtų n–p–n laidumo PT (1), kurio emiteris E per rezistorių R_E (2) sujungtas su „žeme“ (3), ir kartu per kondensatorių C_1 (4) – su išėjimu $U_{i\bar{s} 1}$. PT (1) kolektoriaus K išvadai $K_{(1; 2)}$ sujungti tarpusavyje ir per rezistorių R_a (5) sujungti su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“ (6), ir kartu išvadai $K_{(1; 2)}$ per kondensatorių C_2 (7) – su išėjimu $U_{i\bar{s} 2}$. PT (1) bazės B išvadas B_1 yra pirmasis įėjimas $U_{in 1}$, o išvadas B_1 – antrasis įėjimas $U_{in 2}$. Įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtas „–“ yra sujungtas su „žeme“ (3).

Moduliatoriaus-keitiklio schema (Fig. 10) sudaryta su mišrioje BB ir BE pakopose įjungtu n–p–n laidumo PT (1), kurio emiteris E per rezistorių R_E (2) yra sujungtas su „žeme“ (3), ir kartu per kondensatorių C_1 (4) – su įėjimu $U_{in 1}$. PT (1) kolektoriaus K išvadai $K_{(1; 2)}$ sujungti tarpusavyje ir per rezistorių R_a (5) yra sujungti su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“ (6), ir kartu išvadai $K_{(1; 2)}$ per kondensatorių C_2 (7) – su išėjimu $U_{i\bar{s}}$. PT bazės B išvadas B_1 per kondensatorių C_3 (8) yra sujungtas su įėjimu $U_{in 2}$, o išvadas B_2 per rezistorių $R_{B 1}$ (9) – su „žeme“ (3), ir kartu išvadas B_2 per rezistorių $R_{B 2}$ (10) – su įtampos \mathcal{E}_K šaltinio gnybtu „+“ (6), kurio gnybtas „–“ yra sujungtas su „žeme“ (3), o išvadas B_2 per kondensatorių $C_{\bar{s}}$ (11) – su „žeme“ (3).

Moduliatoriaus-keitiklio schemos (Fig. 10) kitame variante vietoje rezistoriaus R_a (5) yra įjungtas rezonansinis lygiagretusis LC–kontūras (Fig. 10 neparodytas), sudarytas iš induktoriaus L_o ir kondensatoriaus C_o .

Stiprintuvo schema (Fig. 1, a), sudaryta su BB pakopoje įjungtu n–p–n

laidumo „normaliai atidarytu“ TT (1), veikia tokiu būdu.

Ijungia pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinį 7 ir priešįtampos pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{EB} šaltinį 10, ir todėl atitinkamos p–n sandūros – emiterinė n^+ –p sandūra 3-2 įjungžiama tiesiogine kryptimi, o kolektorinė n^- –p sandūra 1-2 įjungžiama atgaline kryptimi. Priešįtampos šaltinio pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{EB} vertė ir rezistoriaus R_E (9) vertė lemia emiterio E pastoviosios srovės vertę $I_{E0} \cong \mathcal{E}_{EB}/R_E$, kai $R_E \gg R_{EB0}$ – TT emiterio E-bazės B varža veikos taške $\{I_{E0}, U_{EB0}\}$, ir kartu lemia kolektorius K n^- –srities 1 tarp išvadų K_1 - K_2 varžos R_{KK} pradinę vertę $R_{KK0} \sim 1/I_{E0}$. Esant šioms sąlygoms, per apkrovos rezistorių R_a (6) teka pradinė srovė $I_{KK0} \cong \mathcal{E}_{KK}/(R_a + R_{KK0}) \cong I_{KKmax}/2$, čia $I_{KKmax} \cong \mathcal{E}_{KK}/R_a$, ir TT veikos taško $\{I_{KK0}, U_{KK0}\}$, pasirinktų srovių I_{E0} , I_{KK0} ir I_{KKmax} , bei įtampų U_{EB0} ir U_{KK0} atitinkamų verčių nustatymo būdai parodyti Fig. 3, a ir b. Esant šioms vertėms, įtampa U_{KK0} tarp TT išvadų K_1 - K_2 veikos taške $\{I_{KK0}, U_{KK0}\}$ yra: $U_{KK0} = \mathcal{E}_{KK} \cdot R_{KK0}/(R_a + R_{KK0})$, o išėjime $U_{i\check{s}}$ kintamoji įtampa $u_{i\check{s}}(t) = 0$. Kai į stiprintuvo įėjimą U_{in} paduoda poveikio signalą $u_{in}(t)$ su amplitude $U_{oin} > 0$, pavyzdžiui harmoninį $u_{in}(t) = U_{oin} \cdot \sin(\omega_{in} \cdot t)$, tai teigiamo poliškumo $u_{in}(t) > 0$ pusperiodžio metu, TT emiterinė n^+ –p sandūra 3-2 yra „pridaroma“, ir todėl srovė I_E , o kartu ir I_{KK} , sumažėja: $I_E < I_{E0}$ ir $I_{KK} < I_{KK0}$, o tai lemia įtampos U_{KK} padidėjimą: $U_{KK} > U_{KK0}$, nes padidėja $R_{KK} > R_{KK0}$, dėl į kolektorius K n^- –sritį 1 injektuojamų elektronų n skaičiaus sumažėjimo. Todėl išėjime $U_{i\check{s}}$ kintamosios įtampos $u_{i\check{s}}(t)$ amplitudė $U_{o i\check{s}} > 0$, ir turime reakcijos signalo $u_{i\check{s}}(t) > 0$ teigiamo poliškumo pusperiodį. Kai į stiprintuvo įėjimą U_{in} paduoda poveikio signalą $u_{in}(t) < 0$ su neigiamo poliškumo pusperiodžiu, tai šiuo metu TT emiterinė n^+ –p sandūra 3-2 yra „pradaroma“, ir todėl srovė I_E , o kartu ir I_{KK} , padidėja: $I_E > I_{E0}$ ir $I_{KK} > I_{KK0}$, o tai lemia įtampos U_{KK} sumažėjimą: $U_{KK} < U_{KK0}$, nes sumažėja $R_{KK} < R_{KK0}$, dėl į kolektorius K n^- –sritį 1 injektuojamų elektronų n skaičiaus padidėjimo. Todėl išėjime $U_{i\check{s}}$ kintamosios įtampos $u_{i\check{s}}(t)$ amplitudė $|-U_{o i\check{s}}| > 0$, ir turime reakcijos signalą $u_{i\check{s}}(t) < 0$ su neigiamo poliškumo pusperiodžiu. Iš čia matome, kad žemuose dažniuose signalo $u_{i\check{s}}(t)$ fazė $\varphi_{i\check{s}0}$ sutampa su signalo $u_{in}(t)$ faze $\varphi_{in0} = \varphi_{i\check{s}0}$. Stiprintuvo (Fig. 1, a) pastoviosios srovės stiprinimo-perdavimo koeficientas $K_{I(b)}$ išreiškiamas taip:

$$K_{I(b)} = I_{KK}/I_E \cong \mathcal{E}_{KK} \cdot (R_E + R_{EB})/[\mathcal{E}_{EB} \cdot (R_a + R_{KK})] \approx \mathcal{E}_{KK} \cdot R_E/[\mathcal{E}_{EB} \cdot (R_a + R_{KK})], \quad (1)$$

čia: R_{EB} – TT įėjimo varža BB schemoje, o apytikslę išraiška atitinka sąlygą

$R_E \gg R_{EB}$.

Stiprintuvo (Fig. 1, a) pastoviosios įtampos stiprinimo koeficientas K_U išreiškiamas taip:

$$K_{U(b)} = U_{KK} / U_{EB} = I_{KK} \cdot R_{KK} / (I_E \cdot R_{EB}) \cong K_I \cdot R_{KK} / R_{EB}. \quad (2)$$

Stiprintuvo (Fig. 1, a) kintamosios srovės diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{i(b)}$ išreiškiamas taip:

$$\begin{aligned} K_{i(b)} &= \partial I_{KK} / \partial I_E \cong \varepsilon_{KK} \cdot \partial R_{KK} \cdot [(R_E + R_{EB0})^2 - \partial R_{EB}^2] / \\ & \quad / \{ \varepsilon_{EB} \cdot \partial R_{EB} \cdot [(R_a + R_{KK0})^2 - \partial R_{KK}^2] \} \approx \\ & \approx \varepsilon_{KK} \cdot R_E^2 \cdot \partial R_{KK} / [\varepsilon_{EB} \cdot (R_a + R_{KK0})^2 \cdot \partial R_{EB}], \end{aligned} \quad (3)$$

čia paskutinioji apytikslė išraiška yra parašyta, esant prielaidoms: $R_E \gg R_{EB0} \gg \partial R_{EB}^2$ ir $(R_a + R_{KK0})^2 \gg \partial R_{KK}^2$, čia ∂R_{EB} ir ∂R_{KK} – TT atitinkamų varžų pokyčiai atžvilgiu R_{EB0} ir R_{KK0} .

Iš (10 ir (3) matome, kad $K_{i(b)}$ ir $K_{i(b)}$ vertės gali būti bet kokios – mažesnės, lygios arba didesnės už vienetą, ir tai yra naudinga TT savybė.

Stiprintuvo (Fig. 1, a) kintamosios įtampos diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{u(b)}$ išreiškiamas taip:

$$K_{u(b)} = \partial U_{KK} / \partial U_E \cong \partial U_{KK} / \partial U_{in} \approx \varepsilon_{KK} \cdot R_a \cdot R_E \cdot \partial R_{KK} / [\varphi_T \cdot \alpha_{oKK} \cdot (R_a + R_{KK0})^2 \cdot \partial R_{EB}], \quad (4)$$

čia: α_{oKK} – TT pastoviosios srovės perdavimo koeficientas BB schemoje, ir iš (3) bei (4) galios P_{-} diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{p(b)}$ yra:

$$K_{p(b)} = K_{i(b)} \cdot K_{u(b)} \approx \varepsilon_{KK}^2 \cdot R_E^3 \cdot \partial R_{KK}^2 / [\varepsilon_{EB} \cdot \varphi_T \cdot \alpha_{oKK} \cdot (R_a + R_{KK0})^4 \cdot \partial R_{EB}^2]. \quad (5)$$

Fig. 3, c, parodytos stiprintuvo (Fig. 1, a) tipinės diferencialinio įtampos stiprinimo koeficiento $K_{u(b)}$ priklausomybės nuo R_a (6), apskaičiuotos iš (4), kai: $\varepsilon_{KK} = 10$ V, $R_E = 10$ k Ω , $\alpha_{oKK} = 0,9$, $\varphi_T = 0,026$ V, $R_{KK0} = 1$ k Ω , $\partial R_{KK} / \partial R_{EB} = 1$.

Stiprintuvo schema (Fig. 4), sudaryta su BB pakopoje įjungtu n–p–n laidumo „normaliai atidarytu“ TT (1), veikia tokiu būdu.

Įjungia priešįtampio pastoviosios įtampos ε_{EB} ir maitinimo pastoviosios srovės I_{KK0} atitinkamus šaltinius, ir todėl atitinkamos p–n sandūros – emiterinė n⁺–p sandūra 3-2 (Fig. 1, a) įjungiamas tiesiogine kryptimi, o kolektorinė n⁻–p sandūra 1-2 įjungiamas

atgaline kryptimi. Priešįtampos įtampos \mathcal{E}_{EB} pastovioji vertė ir rezistoriaus R_E (9) vertė lemia emiterio E pastoviosios srovės vertę I_{E0} , ir kartu kolektoriaus K n⁻ srities 1 varžą R_{KK} , kurios pradinė vertė $R_{KK0} = \mathcal{R} \cdot I_{E0}$, čia: $I_{E0} \cong \mathcal{E}_{EB} / R_E$, kai $R_E \gg R_{EB0}$; \mathcal{R} – varžos R_{KK} proporcingumo koeficientas, kurio vertę Ω / A nustato iš eksperimento. Esant šioms sąlygoms, įtampa $U_{KK0} = I_{KK0} \cdot R_{KK0}$, o išėjime $U_{i\check{s}}$ kintamosios įtampos $u_{i\check{s}}(t)$ amplitudė $U_{0i\check{s}} = 0$. Kai į stiprintuvo įėjimą U_{in} paduoda poveikio signalą $u_{in}(t)$ su amplitudė $U_{0in} > 0$, pavyzdžiui harmoninį, tai teigiamo poliškumo $u_{in}(t) > 0$ pusperiodžio metu jau žinomu būdu srovė I_E sumažėja: $I_E < I_{E0}$, o neigiamo poliškumo $u_{in}(t) < 0$ pusperiodžio metu srovė I_E padidėja: $I_E > I_{E0}$. Todėl atitinkamai padidėja varža $R_{KK+} > R_{KK0}$, o kitu atveju sumažėja: $R_{KK-} < R_{KK0}$. Todėl atitinkamai padidėja įtampa $U_{KK+} = I_{KK0} \cdot R_{KK+} > U_{KK0}$, o kitu atveju sumažėja: $U_{KK-} = I_{KK0} \cdot R_{KK-} < U_{KK0}$. Todėl išėjime $U_{i\check{s}}$ kintamosios įtampos $u_{i\check{s}}(t)$ amplitudė $U_{0i\check{s}} > 0$ ir turime reakcijos signalo $u_{i\check{s}}(t) > 0$ teigiamo poliškumo pusperiodį, o kitu atveju – signalo $u_{i\check{s}}(t) < 0$ neigiamo poliškumo pusperiodį. Iš čia matome, kad žemuose dažniuose signalo $u_{i\check{s}}(t)$ fazė $\varphi_{i\check{s}0}$ sutampa su signalo $u_{in}(t)$ faze $\varphi_{in0} = \varphi_{i\check{s}0}$. Stiprintuvo (Fig. 4) pastoviosios srovės stiprinimo-perdavimo koeficientas $K_{I(b)}$ yra išreiškiamas taip:

$$K_{I(b)} = I_{KK0} / I_E, \quad (6)$$

ir $K_{I(b)}$ vertė gali būti bet kokia – mažiau, lygi arba daugiau už vienetą, ir tai yra naudinga TT savybė.

Stiprintuvo (Fig. 4) kintamosios įtampos diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{u(b)}$ yra išreiškiamas taip:

$$K_{u(b)} = \partial U_{KK} / \partial U_E \cong \partial U_{KK} / \partial U_{in} \approx I_{KK0} \cdot R_E \cdot \partial R_{KK} / [\varphi_T \cdot \alpha_{oKK} \cdot \partial R_{EB}], \quad (7)$$

ir iš čia, kai: $I_{KK0} = 1 \text{ mA}$; $R_E = 10 \text{ k}\Omega$; $\varphi_T = 0,026 \text{ V}$; $\alpha_{oKK} = 0,9$ ir $\partial R_{KK} / \partial R_{EB} = 1$, gauname $K_{u(b)} \cong 43$, o kai $I_{KK0} = 10 \text{ mA}$, vertė $K_{u(b)} \cong 430$, ir t. t.

Stiprintuvo schema (Fig. 5, a), sudaryta su BB pakopoje įjungtu n–p–n laidumo „normaliai atidarytu“ TT (1), veikia tokiu būdu.

Įjungia pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinį, ir todėl atitinkamos p–n sandūros – emiterinė n⁺–p sandūra 3-2 (Fig. 1, a) įjungiamo tiesiogine kryptimi, o kolektorinė n⁻–p sandūra 1-2 įjungiamo atgaline kryptimi. TT (1) veikos tašką $\{I_{KK0}, U_{KK0}\}$ nustato parinkdami įtampos \mathcal{E}_{KK} vertę ir rezistorinio įtampos daliklio

rezistorių R_{B1} (5) ir R_{B2} (6) vertes, esant pasirinktoms rezistorių R_E (2) ir R_a (8) vertėms, iš sąlygų:

$$U_{EB0} = I_{E0} \cdot R_E - \mathcal{E}_{KK} \cdot R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2}) \cong 0,6 \text{ V}, \quad (8)$$

$$I_{KK0} \cong \mathcal{E}_{KK} / (R_a + R_{KK0}) \cong I_{KK \max} / 2, \quad (9)$$

čia sąlyga (8) yra parašyta, kai TT padarytas iš silicio (Si).

Stiprintuvas Fig. 5, a, veikia taip pat, kaip ir stiprintuvas Fig. 1, a.

Stiprintuvo schema (Fig. 5, b), sudaryta su BB pakopoje įjungtu n–p–n laidumo „normaliai atidarytu“ TT (1), veikia tokiu būdu.

Įjungia pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinį, o TT (1) veikos tašką $\{I_{KK0}, U_{KK0}\}$ nustato taip pat, kaip ir stiprintuve Fig. 5, a, čia srovę I_{KK0} nustato iš sąlygos: $I_{KK0} \cong \mathcal{E}_{KK} / (R_{a1} + R_{a2} + R_{KK0}) \cong I_{KK \max} / 2$. Šiuo atveju turime du išėjimus $U_{iš(1;2)}$, kuriuose kintamųjų signalų $u_{iš(1;2)}(t)$ atitinkamos fazės $\varphi_{iš(1;2)0}$ yra priešingos – skiriasi $180^\circ \cong \pi \text{ rad}$, nes $|\varphi_{iš10} - \varphi_{iš20}| = 180^\circ$, o amplitudės $U_{0iš(1;2)}$ gali būti parenkamos, pavyzdžiui, vienodos: $U_{0iš1} = U_{0iš2}$, kai $R_{a1} = R_{a2}$, ir tai yra pageidautina savybė, nes tinka dvitakčių stiprintuvų netransformatorinėse schemose.

Dvitakčio stiprintuvo schema (Fig. 6), sudaryta su BB pakopose įjungtais dviem „normaliai atidarytais“ skirtingo laidumo: n–p–n laidumo TT₁ (1) ir p–n–p laidumo TT₂ (2), veikia tokiu būdu.

Įjungia pastoviųjų įtampų \mathcal{E}_{KK1} ir \mathcal{E}_{KK2} maitinimo šaltinius ir nustato simetrinės veikos sąlygą: $|\mathcal{E}_{KK1}| = |\mathcal{E}_{KK2}|$, o TT₁ (1) ir TT₂ (2) veikos taškus $\{I_{KK0(1;2)}, U_{KK0(1;2)}\}$ nustato taip pat, kaip ir stiprintuve Fig. 5, b. Srovių $I_{KK0(1;2)}$ vertes nustato vienodas: $I_{KK01} \cong I_{KK02} = I_{KK0} \cong I_{KK \max} / 2$. Šią balanso sąlygą nustato potenciometru R_{B11} (5) ir (arba) R_{B12} (11). Šiuo atveju sujungti išvadai K₂₁ ir K₂₂ sudaro bendrą išėjimą $U_{iš}$ su bendru apkrovos rezistoriumi R_a (15), kuriame vyksta priešingų fazių srovių I_{KK1} ir I_{KK2} sumavimas, ir todėl išėjime $U_{iš}$ signalas $u_{iš}(t) = [i_{KK1}(t) + i_{KK2}(t)] \cdot R_a$. Kai į dvitakčio stiprintuvo įėjimus $U_{in(1;2)}$ paduoda poveikio signalus $u_{in12}(t) = u_{in1}(t) = u_{in2}(t)$, pavyzdžiui harmoninius, tai, esant teigiamo poliškumo $u_{in12}(t) > 0$ pusperiodžiui, TT₁ (1) „užsidarinėja“, o TT₂ (2) „atsidarinėja“, o kai veikia neigiamo poliškumo $u_{in12}(t) < 0$ pusperiodis, atvirkščiai – TT₁ (1) „atsidarinėja“, o TT₂ (2) „užsidarinėja“. Todėl srovė I_{KK1} sumažėja: $I_{KK1} < I_{KK0}$, o srovė I_{KK2} padidėja: $I_{KK2} > I_{KK0}$, ir atvirkščiai, o tai išėjime $U_{iš}$ lemia harmoninį signalą $u_{iš}(t)$ su amplitude

$U_{o\text{ iš}} = I_{KK\text{ max}} \cdot R_a$ ir faze $\varphi_{\text{iš o}} = \varphi_{\text{in o } 12} - 180^\circ$. Kitu atveju TT_1 (1) ir TT_2 (2) veikos taškus $\{I_{KK\text{ a } (1; 2)}, U_{KK\text{ a } (1; 2)}\}$ potenciometru $R_{B\text{ } 11}$ (5) ir (arba) $R_{B\text{ } 12}$ (11) nustato arti atkirtos taškų „a“ (Fig. 3, a ir b), kuriuose abu TT_1 (1) ir TT_2 (2) truputi „pradaryti“: $|U_{EB\text{ a } (1; 2)}| \cong 0,1-0,3\text{ V}$, kai $TT_{(1; 2)}$ padaryti iš Si. Šiuo atveju, veikiant poveikio signalui $u_{\text{in } 12}(t) = u_{\text{in } 1}(t) = u_{\text{in } 2}(t)$, vienas iš $TT_{(1; 2)}$ yra atidaromas, o kitas $TT_{(2; 1)}$ lieka visiškai „uždarytoje“ būsenoje. Todėl išėjime $U_{\text{iš}}$ signalo $u_{\text{iš}}(t)$ amplitudė $U_{o\text{ iš}} \leq I_{KK\text{ max}} \cdot R_a$.

Generatoriaus schema (Fig. 7, a), sudaryta su mišrioje BE ir EK pakopose įjungtu n–p–n laidumo „normaliai atidarytu“ TT (1), veikia tokiu būdu.

Šioje generatoriaus schemoje įjungtas TT (1), kurio kolektorius $K\text{ n}^-$ – srities 1 plokščio W_K (Fig. 1, a) dalis ($W_K - d_{pn\text{ o}}$) yra neutrali, o likusi dalis $d_{pn\text{ o}}$ užimta kolektorinės p–n⁺ sandūros 2-1 nuskurdintos srities storium $d_{pn\text{ o}}$. Laiko momentu $t = 0$ įjungia pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinį, ir todėl grandinė: $+\mathcal{E}_{KK} - R_{a\text{ } 1} - R_{KK\text{ o}} - R_{a\text{ } 2} - (-\mathcal{E}_{KK})$, pradeda tekėti srovė $i_{KK}(t)$, o tai lemia varžoje $R_{a\text{ } 2}$ (4) įtampos $u_{R_{a\text{ } 2}}(t) = i_{KK}(t) \cdot R_{a\text{ } 2}$ teigiamo poliškumo pokytį $+\Delta u$, ir šis pokytis per ryšio kondensatorių C_o (5) patenka į TT (1) bazę B. Dėl įtampos $+\Delta u$ poveikio TT (1) emiterinė p–n⁺ sandūra 2-3 (Fig. 1, a) „prasidaro“ ir iš emiterio E į bazę 2 injektuoti elektronai n difuzijos būdu patenka į kolektorius $K\text{ n}^-$ – sritį 1, ir todėl sumažėja kolektorius K varža $R_{KK} < R_{KK\text{ o}}$ – vertė pradžios laiko momentu $t = 0$. Tai lemia dar spartesnį srovės $i_{KK}(t)$ didėjimą – turime teigiamąjį grįžtamąjį ryšį, ir todėl srovė $i_{KK}(t)$ sparčiai pasiekia didžiausią vertę $I_{KK\text{ max}} \cong \mathcal{E}_{KK} / (R_{a\text{ } 1} + R_{KK\text{ min}} + R_{a\text{ } 2})$, čia $R_{KK\text{ min}}$ – mažiausia vertė, kai TT (1) yra visiškai atidarytas. Praėjus laikui Δt_1 , srovė $i_{KK}(t)$ pradeda mažėti, ir todėl varžoje $R_{a\text{ } 2}$ (4) atsiradęs įtampos $u_{R_{a\text{ } 2}}(t) = i_{KK}(t) \cdot R_{a\text{ } 2}$ neigiamo poliškumo pokytis $-\Delta u$ per ryšio kondensatorių C_o (5) patenka į TT (1) bazę B. Dėl įtampos $-\Delta u$ poveikio „atidaryta“ emiterinė p–n⁺ sandūra 2-3 (Fig. 1, a) yra „pridaroma“, ir todėl iš jos į bazę 2 injektuojamų elektronų n skaičius sumažėja, kartu sumažėja ir į kolektorius $K\text{ n}^-$ – sritį 1 patenkančių elektronų n skaičius, ir todėl padidėja kolektorius K varža $R_{KK} > R_{KK\text{ min}}$. Tai lemia dar spartesnį srovės $i_{KK}(t)$ mažėjimą – turime teigiamąjį grįžtamąjį ryšį, ir todėl srovė $i_{KK}(t)$ sparčiai pasiekia minimalią vertę $I_{KK\text{ min}} \cong \mathcal{E}_{KK} / (R_{a\text{ } 1} + R_{KK\text{ o}} + R_{a\text{ } 2})$. Praėjus laikui Δt_2 , srovė $i_{KK}(t)$ pradeda didėti ir procesai kartojasi, o išėjimuose $U_{\text{iš } (1; 2)}$ yra generuojami atitinkami impulsiniai signalai $u_{\text{iš } (1; 2)}(t)$ (Fig. 7, b) su atitinkamomis

amplitudėmis U_o iš (1; 2) $\cong (I_{KK \max} - I_{KK \min}) \cdot R_a$ (1; 2), atitinkamomis fazėmis $\varphi_{i\ 1} = \varphi_{i\ 2} - 180^\circ$ ir periodais $T \cong \Delta t_1 + \Delta t_2$, čia $\Delta t_1 \cong \Delta t_2 \cong t_{EK}$ – elektronų n pralėkimo laikas per bazės B sritį 2 nuo emiterio E (3) iki kolektoriaus K (1) (Fig. 1, a).

Generatoriaus schema (Fig. 8, a) sudaryta su mišrioje BE ir EK pakopose įjungtu n–p–n laidumo „normaliai atidarytu“ TT (1), veikia tokiu pat būdu, kaip ir schema, parodyta Fig. 7, a. Šiuo atveju išėjimuose $U_{i\ (1; 2)}$ yra generuojami atitinkami priešingų fazių $\varphi_{i\ (1; 2)}$ harmoniniai signalai $u_{i\ (1; 2)}(t)$, nes tai lemia grįžtamojo ryšio grandinėje įjungtas rezonansinis $L_o C_o$ – kontūras (7; 8), ir todėl signalų $u_{i\ (1; 2)}(t)$ periodas $T \cong 2 \cdot \pi \cdot (L_o \cdot C_o)^{1/2}$ (Fig. 8, b).

Impulsų formuotuvo schema (Fig. 9, a) sudaryta su mišrioje BE ir EK pakopose įjungtu n–p–n laidumo „normaliai atidarytu“ PT (1) veikia tokiu būdu.

Įjungia pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinį ir parenka įtampos \mathcal{E}_{KK} vertę $\mathcal{E}_{KK \max}$, kai kolektorinės p–n sandūros 1-2 nuskurdintos srities storis $d_{pn} \cong W_K$ (Fig. 1, a), o PT (1) veikos tašką $\{I_{KK o}, U_{KK o}\}$ nustato atkirtos taške „a“ – $\{I_{KK a}, U_{KK a}\}$ (Fig. 3, b), čia $I_{KK} \cong I_a$ ir $U_{KK} \cong U_{K(1-2)}$. Todėl pradiniu liko t momentu $t_o = 0$ kolektoriaus $K_{(1; 2)}$ įtampa $u_{K(1-2)}(t_o) \cong \mathcal{E}_{K \max}$, nes apkrovoje R_a (5) srovė $i_a(t_o) \cong 0$, o emiterio E įtampa $u_{E\perp}(t_o) = u_{RE}(t_o) \cong 0$, čia $u_{RE}(t_o) \cong i_a(t_o) \cdot R_E$ – įtampa rezistoriuje R_E (2). Dėl skiriamųjų kondensatorių $C_{(1; 2)}$ (4; 7), išėjimuose $U_{i\ (1; 2)}$ atitinkamos kintamosios įtampos $u_{i\ (1; 2)}(t_o) \cong 0$. Kai formuotuvo (Fig. 9, a) įėjimuose $U_{in\ (1; 2)}$ skirtuminis poveikis $\Delta u_{in\ 1-2}(t) = u_{in\ 1}(t) - u_{in\ 2}(t)$ yra harmoninis signalas $\Delta u_{in\ 1-2}(t) = U_{o\ in} \cdot \sin(\omega_{in} \cdot t)$, išėjimuose $U_{i\ (1; 2)}$ reakcijų signalai $u_{i\ (1; 2)}(t)$ yra parodyti laiko t diagramose Fig. 9, b, čia $U_{o\ in}$ – poveikio $\Delta u_{in\ 1-2}(t)$ amplitudė, o U_s – dviejų bazių PT (1) bazės B (2) (Fig. 2, a) įtampos $u_{BB}(t)$ tarp išvadų B_1 (11) ir B_2 (12) slenkstinė vertė, kai srovė $i_{BB}(t)$, tekanti tarp išvadų B_1 (11) ir B_2 (12), pasiekia arba sumažėja slenkstinės vertės $I_{BB\ s}$ atžvilgiu, čia $I_{BB\ s}$ – slenkstinė bazės B_{1-2} srovė, kai įvyksta emiterinės ir kolektorinės p–n sandūrų 3-2 ir 2-1 (Fig. 2, a) nuskurdintų sričių bazės B srityje 2 susilietimas – bazės B pramušimas. Iš (Fig. 9, b) matome, kad laiko momentais $t_{(1; 3)}$ ir t. t., įėjimo signalo $\Delta u_{in\ 1-2}(t)$ momentinės vertės $|\Delta u_{in\ 1-2}(t_{(1; 3)})| \geq U_s$, ir todėl išėjimuose $U_{i\ (1; 2)}$ yra formuojami atitinkamų impulsų $u_{i\ (1; 2)}(t_{(1; 3)})$ priekiniai – kilimų frontai t_r , o laiko momentais $t_{(2; 4)}$ ir t. t., įėjimo signalo $\Delta u_{in\ 1-2}(t)$ momentinės vertės $|\Delta u_{in\ 1-2}(t_{(2; 4)})| \leq U_s$, ir todėl išėjimuose $U_{i\ (1; 2)}$ yra formuojami atitinkamų impulsų $u_{i\ (1; 2)}(t_{(2; 4)})$ užpakaliniai – kritimų frontai t_f . Šių frontų trukmės $t_{(r; f)}$ priklauso nuo

$U_{o\ in}$: amplitudei $U_{o\ in}$ didėjant, frontai $t_{(r; f)}$ trumpėja. Formuojamų impulsų u iš (1; 2) (t) (Fig. 2, b) poliškumas atitinka BE ir EK pakopų savybes, dažnis ω iš (1; 2) = $2 \cdot \omega_{in}$ – dvigubai didesnis už ω_{in} , nes periodas $T_{iš\ (1; 2)} = T_{in} / 2$ – dvigubai mažesnis už T_{in} , o amplitudės $U_{o\ iš\ (1; 2)}$ yra išreiškiamos taip:

$$U_{o\ iš\ (1; 2)} \cong \mathcal{E}_{KK\ max} \cdot R_E / (R_E + R_a). \quad (10)$$

Moduliatoriaus-keitiklio schema (Fig. 10) sudaryta su mišrioje BB ir BE pakopose įjungtu n–p–n laidumo „normaliai atidarytu“ PT (1) veikia tokiu būdu.

Įjungia pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinį ir parenka įtampos \mathcal{E}_{KK} vertę $\mathcal{E}_{K\ o}$, bei rezistoriaus $R_{B\ 2}$ (10) varžos vertę, kai kolektorinės p–n sandūros 1-2 nuskurdintos srities storis $d_{pn} \approx W_K / 2$ (Fig. 1, a), o PT (1) veikia tašką $\{I_{KK}, U_{KK}\}$ nustato taške „c“ – $\{I_{KK\ c}, U_{KK\ c}\}$ (Fig. 3, b), čia $I_{KK\ c} = I_{KK\ o} \equiv I_a$ ir $U_{KK\ c} = U_{KK\ o} \equiv U_{K(1-2)}$. Todėl pradiniu laiko t momentu $t_0 = 0$ kolektorius $K_{(1; 2)}$ įtampa $u_{K(1-2)}(t_0) \cong \mathcal{E}_{K\ o} / 2$, o emiterio E įtampa $u_{E\ 1}(t_0) = u_{RE}(t_0) \cong 0$. Dėl skiriamųjų kondensatorių $C_{(1; 2)}$ (4; 7), išėjimuose $U_{iš\ (1; 2)}$ atitinkamos kintamosios įtampos u iš (1; 2) (t_0) $\cong 0$. Kai į moduliatoriaus-keitiklio (Fig. 10) įėjimą $U_{in\ 1}$ paduoda, pavyzdžiui, harmoninį poveikio signalą $u_{in\ 1}(t) = U_{o\ in\ 1} \cdot \sin(\omega_{in\ 1} \cdot t)$, o $u_{in\ 2}(t) = 0$, išėjime $U_{iš}$ reakcijos – išėjimo signalas $u_{iš\ 1}(t) = U_{o\ iš\ 1} \cdot \sin(\omega_{iš\ 1} \cdot t)$ – taip pat harmoninis to paties dažnio $\omega_{iš\ 1} = \omega_{in\ 1}$ ir sustiprintas $K_{u\ (b)}$ (4) kartus. Kai į moduliatoriaus-keitiklio (Fig. 10) įėjimą $U_{in\ 2}$ paduoda, pavyzdžiui, harmoninį poveikio signalą $u_{in\ 2}(t) = U_{o\ in\ 2} \cdot \sin(\omega_{in\ 2} \cdot t)$, o $u_{in\ 1}(t) = 0$, išėjime $U_{iš}$ reakcijos signalas $u_{iš\ 2}(t) = U_{o\ iš\ 2} \cdot \sin(\omega_{iš\ 2} \cdot t)$ – taip pat harmoninis to paties dažnio $\omega_{iš\ 2} = \omega_{in\ 2}$ ir sustiprintas $K_{u\ (b)}$ kartus, čia $K_{u\ (b)} = U_{o\ iš\ 2} / U_{o\ in\ 2} \approx \beta_e$ – PT (1) įtampos stiprinimo koeficientas BE pakopoje, išreikštas per bazės B srovės $i_{BB}(t) = I_{o\ BB} \cdot \sin(\omega_{in\ 2} \cdot t)$ stiprinimo diferencialinį koeficientą $\beta_e = I_{o\ iš\ 2} / I_{o\ in\ 2}$. Ši PT (1) veikia reikalauja sąlygos: $I_{o\ BB} < I_{BB\ s}$. Kai į moduliatoriaus-keitiklio (Fig. 10) įėjimus $U_{in\ (1; 2)}$ vienu metu paduoda, pavyzdžiui, atitinkamus harmoninius poveikių signalus $u_{in\ (1; 2)}(t) = U_{o\ in\ (1; 2)} \cdot \sin(\omega_{in\ (1; 2)} \cdot t)$, tai šiuo atveju išėjime $U_{iš}$ reakcijos signalas $u_{iš\ 1-2}(t) = U_{o\ iš\ 1-2}(t) \cdot \sin(\omega_{in\ 1} \cdot t) \cdot \sin(\omega_{in\ 2} \cdot t)$ – neharmoninis – moduluotas signalas, kurio dažnių $\omega_{iš\ j}$ spektras yra kombinacinis: $\omega_{iš\ j} = n \cdot \omega_{in\ 1} + m \cdot \omega_{in\ 2}$, čia $n, m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots$, o tai išplečia įtaiso funkcines savybes.

Moduliatoriaus-keitiklio schemas (Fig. 10) kitame variante, kai vietoje apkrovos rezistoriaus R_a (5) įjungia rezonansinį lygiagretųjį LC– kontūras (Fig. 10

neparodytas), įtaisas veikia analogiškai schemai su apkrovos rezistoriumi R_a (5). Šiuo atveju į įėjimą $U_{in\ 1}$ paduoda, pavyzdžiui, nešlio harmoninį signalą $u_N(t) = U_{o\ N} \cdot \sin(\omega_N \cdot t)$, o į įėjimą $U_{in\ 2}$ paduoda, pavyzdžiui, moduliuojanti harmoninį signalą $u_M(t) = U_{o\ M} \cdot \sin(\omega_M \cdot t)$, kai $\omega_M \ll \omega_N$. Esant šioms sąlygoms, išėjime $U_{iš}$ reakcijos signalas $u_{iš\ AM}(t) = U_{o\ iš\ AM}(t) \cdot \sin(\omega_N \cdot t) \cdot \sin(\omega_M \cdot t)$ – neharmoninis moduluotas signalas, kurio dažnių spektras $\omega_{iš\ j}$ yra kombinacinis: $\omega_{iš\ j} = \omega_N \pm \omega_M + n \cdot \omega_N$, o amplitudė $U_{o\ iš\ AM}$ yra moduluota signalu $u_M(t)$, ir todėl turime signalo $u_N(t)$ amplitudinę moduliaciją (AM). Šiuo atveju signalo $u_N(t)$ dažnis $\omega_N \cong 1/(L \cdot C)^{1/2}$ – atitinka LC– kontūro rezonansinį dažnį.

Visose schemose vietoje TT gali būti įjungtas PT su tarpusavyje sujungtais išvadais $B_{(1; 2)}$. Kai visose schemose vietoje „normaliai atidaryto“ TT (arba PT) įjungia „normaliai uždarytą“ TT (arba PT), atitinkamas sąlygas kolektoriaus $K\ n^-$ srityje 1 nustato pakeisdami šaltinio \mathcal{E}_{KK} jungimo poliškumą, sudarydami kolektorinės p–n sandūros 1-2 veiką tiesiogine kryptimi, kai reikia užtikrinti pradinę srovę $I_{KK\ o} > 0$, esant $I_{E\ o} = 0$.

Atsižvelgiant į išnagrinėto puslaidininkinio įtaiso veiką jį galima vadinti *tetrodiniu tranzistoriumi* – TT, kai turime tik vieną bazės B išvadą B (Fig. 1, a), ir *pentodiniu tranzistoriumi* – PT, kai turime bazės B du išvadus $B_{(1; 2)}$ (Fig. 2).

Palyginus su analogais, pasiūlytas puslaidininkinis įtaisas – TT (PT) neturi grįžtamosios sąveikos – grįžtamojo ryšio tarp išėjimo K_1 - K_2 ir įėjimo E-B grandinių, o tai lemia labai stabilią TT (PT) veiką įvairiuose schemose. Todėl stiprintuvai, generatoriai ir impulsų formuotuvai, bei modulatoriai-keitikliai, padaryti TT (PT) pagrindu, pasižymi: didesne veikimo sparta – nėra soties efekto ($t_s = 0$) ir todėl impulsinėje veikoje formuojamų išėjimo signalų frontų trukmės $t_{(r, f)} < 1\ ns$, santykinai dideliu ribiniu dažniu $f_T > (5-10)\ GHz$ ir todėl dideliu formuojamų signalų pasikartojimo dažniu, bei santykinai maža liekamąja išėjimo įtampa $U_{s\ KK} \leq 0,05\ V$, „įjungtoje“ – „atidarytoje“ būsenoje, o tai lemia didelį naudingosios veikos koeficiento η (*nvk*) vertę: $\eta = 0,95-0,98$, ir daugiau.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Tetrodinis tranzistorius (TT), sudarytas iš trijų vienas ant kito suformuotų, pavyzdžiui, n^+p-n^- sluoksnių, kuriame pirmasis, pavyzdžiui, donorinėmis priemaišomis N_d silpnai legiruotas elektroninio laidumo n^- sluoksnis yra kolektorius (K), antrasis akceptorinėmis priemaišomis N_a vidutiniškai stipriai legiruotas skylinio laidumo p^- sluoksnis yra bazė (B), o trečiasis N_d priemaišomis stipriai legiruotas n^+ sluoksnis yra emiteris (E), bazės B p^- sluoksniu storis W_B padarytas mažesnis už šalutinių krūvininkų p^- bazėje – elektronų n_p difuzijos nuotolį $L_d(n) > W_B$, ir visi n^+p-n^- sluoksniai turi atitinkamus ominių kontaktus – išvadus E, B ir K, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad kolektoriaus K n^- srities priešinguose kraštuose šalia bazės B p^- srities yra suformuotos dvi kolektoriaus K n^+ sritys su atitinkamais ominiais kontaktais $K_{(1;2)}$ – kolektoriaus K išvadais $K_{(1;2)}$ – pirmuoju K_1 ir antruoju K_2 , „normaliai atidaryto“ TT atveju kolektoriaus K n^- srities storis W_K statmenai kolektorinės $p-n^-$ sandūros plokštumai yra padarytas mažesnis už kolektorinės $p-n^-$ sandūros nuskurdintos srities maksimalų storį $d_{pnKmax} \approx W_K$ kolektoriaus K n^- srityje, ir kartu didesnis už pradinį nuskurdintos srities storį $d_{pnKo} < W_K$ kolektoriaus K n^- srityje, kai TT išvaduose nėra poveikių įtampų, o „normaliai uždaryto“ TT atveju kolektoriaus K n^- srities storis $W_K \leq d_{pnKo}$.

2. Pentodinis tranzistorius (PT) pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad puslaidininkinis darinys padaryta planarinės konstrukcijos, kurioje n^+p-n^- darinys sumontuotas ant elektrai nelaidaus ir šilumai laidaus – izoliacinio sluoksniu – padėklo, pavyzdžiui, sitalo plokštelės, ant kurios, pavyzdžiui, molekulinės epitaksijos būdu užaugintas epitaksinis n^- sluoksnis – kolektoriaus K sritis, šioje srityje, pavyzdžiui, difuzijos būdu suformuota stačiakampė p^- sritis – bazės B sritis, šioje srityje, pavyzdžiui, difuzijos būdu suformuota simetriškai patalpinta stačiakampė n^+ sritis – emiterio E sritis, šios srities priešinguose kraštuose bazės B p^- srityje, pavyzdžiui, difuzijos būdu suformuotos dvi simetriškai patalpintos stačiakampės p^+ sritys – bazės B dviejų ominių kontaktų – išvadų $B_{(1;2)}$ sritys, ir už šių sričių priešingų tolimiausių kraštų, pavyzdžiui, difuzijos būdu suformuotos dvi simetriškai patalpintos stačiakampės n^+ sritis – kolektoriaus K dviejų ominių kontaktų – išvadų $K_{(1;2)}$ sritys, kurių įterpimo gylis padarytas iki kolektoriaus K n^- sluoksniu ir daugiau, ominių kontaktų n^+ ir p^+ sričių paviršiuose, pavyzdžiui, metalo dulkinimo būdu padaryti atitinkami metalo sluoksniai su atitinkamais išvadais – emiterio E, bazės B – pirmasis

B_1 ir antrasis B_2 , ir kolektoriaus K – pirmasis K_1 ir antrasis K_2 , suformuotas n^+p-n^- darinys patalpintas tarp dviejų lygiagrečiai išdėstytų izoliacinių sričių, kurių įterpimo gylis padarytas iki padėklo, atitinkamos n^+ – ir p^+ – sritys su atitinkamais išvadais E , $B_{(1; 2)}$ ir $K_{(1; 2)}$ išdėstytos išilgai tarp izoliacinių sričių, emiterio E n^+ – sritis užima visą atstumą tarp izoliacinių sričių, „normaliai atidaryto“ PT kolektoriaus K n^- – srities sluoksnio storis W_K padarytas didesnis už kolektorinės $p-n^-$ – sandūros nuskurdintos srities pradinį storį $d_{pnK0} < W_K$ kolektoriaus K n^- – sluoksnyje, ir kartu mažesnis už maksimalią vertę $d_{pnKmax} \approx W_K$, kai kolektorinę $p-n^-$ – sandūrą veikia atgalinė poveikio įtampa, o atstumas W_B tarp emiterio E n^+ – srities ir kolektoriaus K n^- – srities – bazės B p – srities storis W_B padarytas mažesnis už šalutinių krūvininkų p – bazėje – elektronų n_p difuzijos nuotolį $L_d(n) > W_B$, o „normaliai uždaryto“ PT atveju kolektoriaus K n^- – srities storis $W_K \leq d_{pnK0}$.

3. Stiprintuvo schema, sudaryta su bendros bazės (BB) pakopoje įjungtu $n-p-n$ laidumo TT pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad emiteris E per emiterio rezistorių R_E yra sujungtas su priešįtampos pastoviosios įtampos \mathcal{E}_E šaltinio neigiamuoju gnybtu „–“, ir kartu emiteris E per pirmąjį skiriamąjį kondensatorių C_1 – su įtaiso įėjimu U_{in} , kolektoriaus K , pavyzdžiui, pirmasis išvadas K_1 per apkrovos rezistorių R_a yra sujungtas su pastoviosios įtampos \mathcal{E}_{KK} maitinimo šaltinio teigiamuoju gnybtu „+“, ir kartu išvadas K_1 per antrąjį skiriamąjį kondensatorių C_2 – su įtaiso išėjimu U_{is} , kolektoriaus K antrasis išvadas K_2 , bazė B ir abiejų pastoviųjų įtampų \mathcal{E}_E ir \mathcal{E}_{KK} šaltinių atitinkami gnybtai „+“ ir „–“ yra sujungti su „žeme“ – įtaiso nulinio potencialo šyna.

4. Stiprintuvo kita schema, sudaryta su BB pakopoje įjungtu $n-p-n$ laidumo TT pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad emiteris E per rezistorių R_E yra sujungtas su įtampos \mathcal{E}_E šaltinio gnybtu „–“, ir kartu emiteris E per kondensatorių C_1 – su įėjimu U_{in} , kolektoriaus K , pavyzdžiui, pirmasis išvadas K_1 yra sujungtas su pastoviosios srovės šaltinio I_{KK0} gnybtu „+“, ir kartu išvadas K_1 per kondensatorių C_2 – su išėjimu U_{is} , kolektoriaus K antrasis išvadas K_2 , bazė B ir abiejų šaltinių \mathcal{E}_E ir I_{KK0} atitinkami gnybtai „+“ ir „–“ yra sujungti su „žeme“.

5. Stiprintuvo dar kita schema, sudaryta su BB pakopoje įjungtu $n-p-n$ laidumo TT pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad emiteris E per rezistorių R_E yra sujungtas su „žeme“, ir kartu emiteris E per kondensatorių C_1 – su įėjimu U_{in} , kolektoriaus K , pavyzdžiui, pirmasis išvadas K_1 per rezistorių R_a yra sujungtas su

įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu išvadas K_1 per kondensatorių C_2 – su išėjimu $U_{i\bar{s}}$, išvadas K_2 – su „žeme“, bazė B per pirmąjį bazės rezistorių R_{B1} yra sujungta su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu bazė B per lygiagrečiai sujungtus antrąjį bazės rezistorių R_{B2} ir šunto kondensatorių C_s yra sujungta su žeme“, prie kurios prijungtas įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „-“.

6. Stiprintuvo dar kita schema, sudaryta su BB pakopoje įjungtu n–p–n laidumo TT pagal 5 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad kolektoriaus K, pavyzdžiui, pirmasis išvadas K_1 per pirmąjį apkrovos rezistorių R_{a1} yra sujungtas su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu išvadas K_1 per kondensatorių C_2 – su įtaiso pirmuoju išėjimu $U_{i\bar{s}1}$, išvadas K_2 per antrąjį apkrovos rezistorių R_{a2} yra sujungtas su „žeme“, ir kartu išvadas K_2 per trečiąjį skiriamąjį kondensatorių C_3 – su įtaiso antruoju išėjimu $U_{i\bar{s}2}$.

7. Dvitakčio stiprintuvo schema, sudaryta su BB pakopose įjungtais dviem skirtingo laidumo $TT_{(1;2)}$, pavyzdžiui, n–p–n laidumo TT_1 ir p–n–p laidumo TT_2 , pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad emiteriai $E_{(1;2)}$ per atitinkamus rezistorius $R_{E(1;2)}$ yra sujungti su „žeme“, ir kartu emiteriai $E_{(1;2)}$ per atitinkamus kondensatorius $C_{(1;2)}$ – su dviem tarpusavyje sujungtais įėjimais $U_{in(1;2)}$ – pirmuoju U_{in1} ir antruoju U_{in2} , kolektorių $K_{(1;2)}$, pavyzdžiui, pirmieji išvadai $K_{(11;12)}$ yra sujungti su atitinkamų pirmojo ir antrojo įtampų $\mathcal{E}_{KK(1;2)}$ šaltinių atitinkamais gnybtais „+“ ir „-“, antrieji išvadai $K_{(21;22)}$ sujungti su įtaiso išėjimu $U_{i\bar{s}}$ ir kartu per rezistorių R_a – su „žeme“, bazės $B_{(1;2)}$ per atitinkamus rezistorius $R_{B(11;12)}$ yra sujungtos su atitinkamų $\mathcal{E}_{KK(1;2)}$ šaltinių atitinkamais gnybtais „+“ ir „-“, ir kartu bazės $B_{(1;2)}$ per lygiagrečiai sujungtus atitinkamus rezistorius $R_{B(21;22)}$ ir kondensatorius $C_s(1;2)$ yra sujungtos su „žeme“, prie kurios taip pat yra prijungti abiejų įtampų $\mathcal{E}_{KK(1;2)}$ šaltinių atitinkami gnybtai „-“ ir „+“.

8. Generatoriaus schema, sudaryta su bendro emiterio (BE) pakopoje įjungtu n–p–n laidumo TT pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad emiteris E sujungtas su „žeme“, kolektoriaus K, pavyzdžiui, išvadas K_1 per rezistorių R_{a1} yra sujungtas su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu išvadas K_1 per kondensatorių C_1 – su išėjimu $U_{i\bar{s}1}$, išvadas K_2 per rezistorių R_{a2} yra sujungtas su „žeme“, ir kartu per kondensatorių C_2 – su išėjimu $U_{i\bar{s}2}$, bazė B per rezistorių R_B – su „žeme“, ir kartu per grįžtamojo ryšio kondensatorių C_o – su išvadu K_2 .

9. Generatoriaus kita schema sudaryta su BE pakopoje įjungtu n–p–n laidumo TT pagal punktą 8, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad bazė B per rezistorių R_{B1} yra sujungta su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu per rezistorių R_{B2} – su „žeme“, ir kartu per grįžtamojo ryšio LC– nuosekliają grandinę – indukcinę ritelę L_0 ir kondensatorių C_0 – su išvadu K_2 .

10. Impulsų formuotuvo schema, sudaryta su mišriąją BE ir emiterinio kartotuvo (EK) pakopose įjungtu PT pagal 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad emiteris E per rezistorių R_E yra sujungtas su „žeme“, ir kartu per kondensatorių C_1 – su išėjimu $U_{iš1}$, kolektoriaus K išvadai $K_{(1;2)}$ sujungti tarpusavyje ir per rezistorių R_a – su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu per kondensatorių C_2 – su išėjimu $U_{iš2}$, įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtas „–“ sujungtas su „žeme“, išvadai $B_{(1;2)}$ yra atitinkamai įėjimai $U_{in(1;2)}$.

11. Modulatoriaus-keitiklio schema, sudaryta su mišrioje BB ir BE pakopose įjungtu n–p–n laidumo PT pagal 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad emiteris E per rezistorių R_E yra sujungtas su „žeme“, ir kartu per kondensatorių C_1 – su įėjimu U_{in1} , išvadai $K_{(1;2)}$ sujungti tarpusavyje ir per rezistorių R_a yra sujungti su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, ir kartu per kondensatorių C_2 – su išėjimu $U_{iš}$, išvadas B_1 per kondensatorių C_3 – su įėjimu U_{in2} , išvadas B_2 per lygiagrečiai sujungtus rezistorių R_{B1} ir kondensatorių C_3 – su „žeme“, ir kartu per rezistorių R_{B2} – su įtampos \mathcal{E}_{KK} šaltinio gnybtu „+“, kurio gnybtas „–“ yra sujungtas su „žeme“.

12. Modulatoriaus-keitiklio kita schema pagal 11 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad vietoje apkrovos rezistoriaus R_a yra įjungtas rezonansinis lygiagretusis LC– kontūras, sudarytas su indukcinė ritelę L_0 ir kondensatoriumi C_0 .

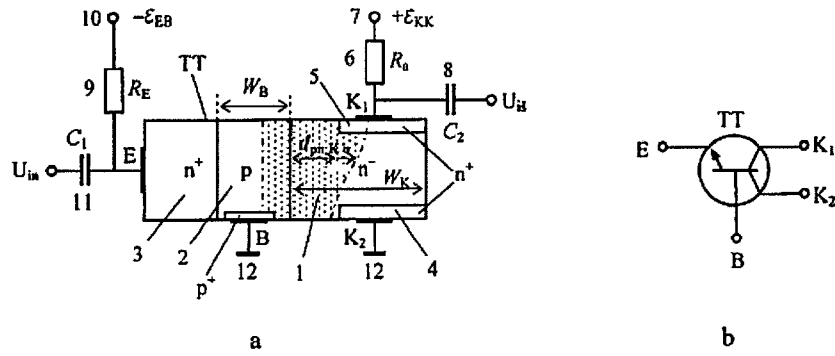


Fig. 1

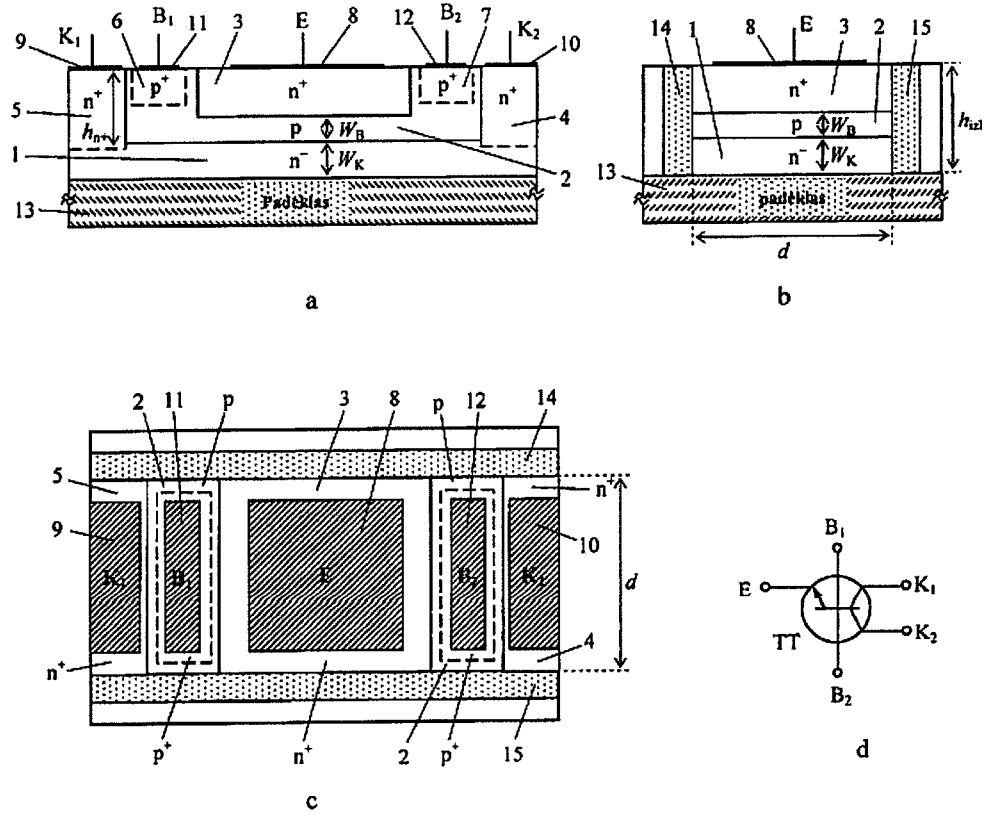


Fig. 2

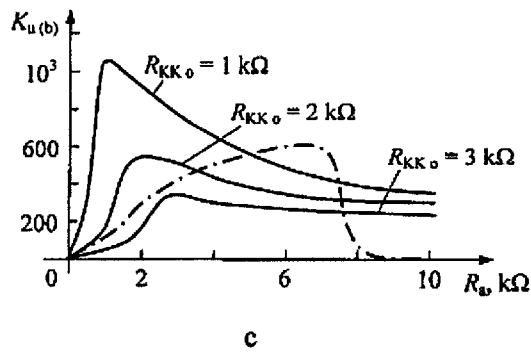
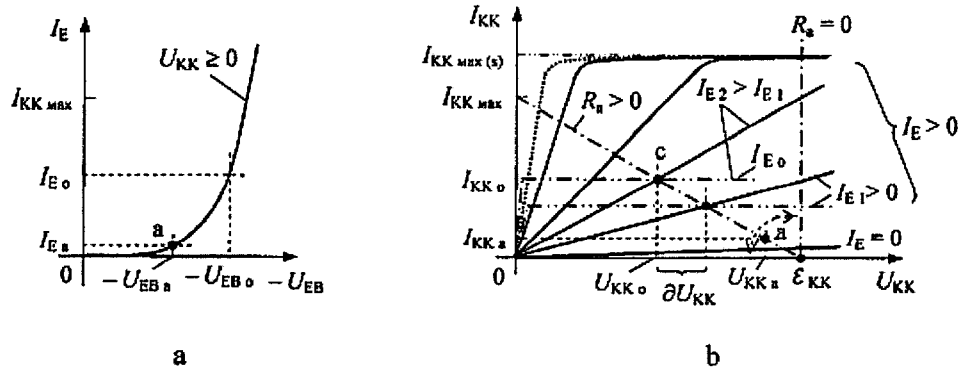


Fig. 3

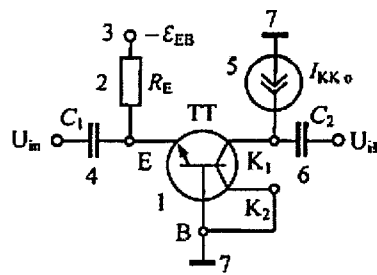


Fig. 4

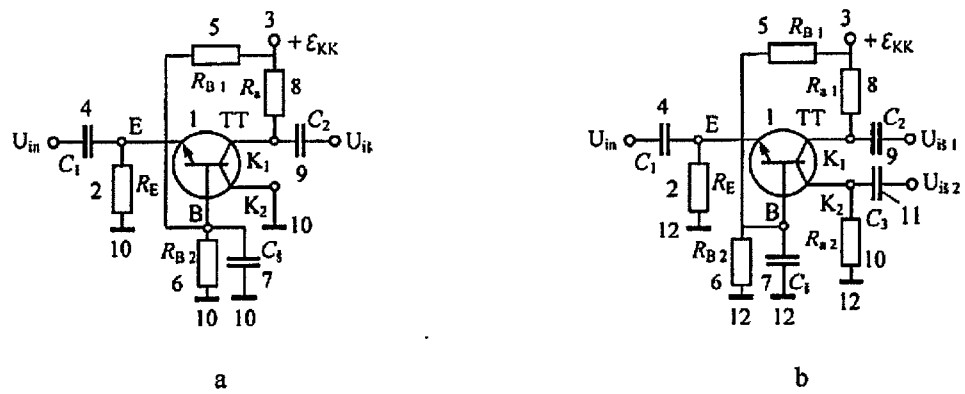


Fig. 5

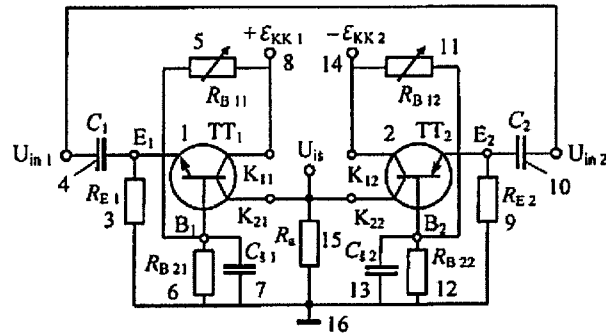


Fig. 6

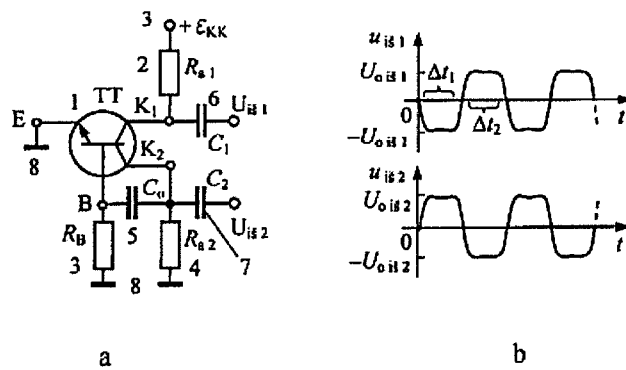


Fig. 7

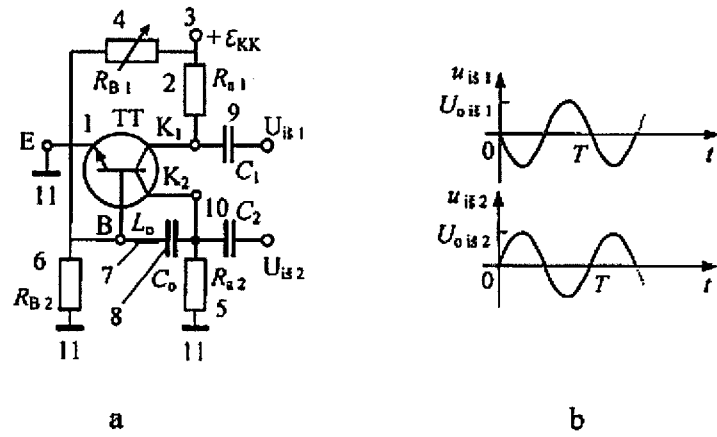


Fig. 8

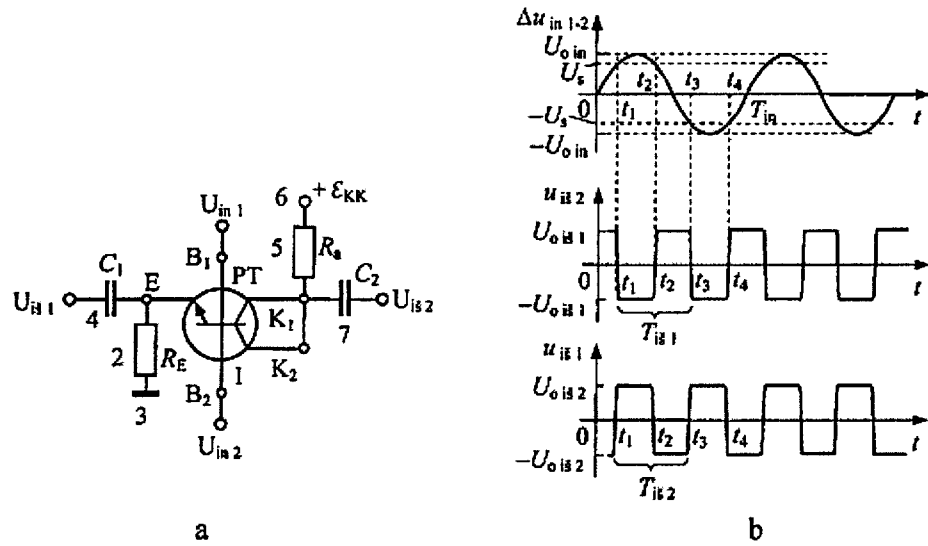


Fig. 9

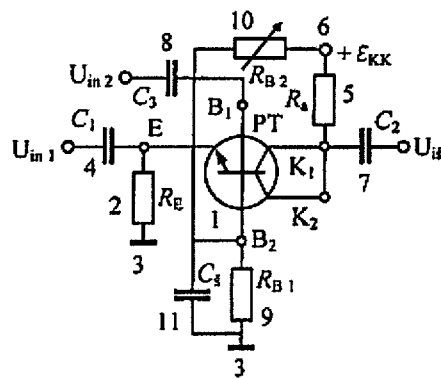


Fig. 10