

Վ.Ս. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

**ՓՈՔՐ ՃԱԿԱՏԻ ԹՐԹՈՒՑՈՎ ՓՈԻԼԱՀԱՃԱԽԱԿԱՆԱՅԻՆ
ԻՆՔՆԱԵՆՔԱԼԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳ՝ ՕԳՏԱԳՈՐԾԵՎ ԳԵՆԵՐԱՏՈՐՈՎ**

Ներկայացված է օղակաձև լարմամբ կառավարվող գեներատորի հիման վրա, փոքր ճակատի թրթռոցով փուլահաճախականային ինքնաենթալարման համակարգ (ՓՀԻՀ): Տիպային ճարտարապետությամբ փուլահաճախականային ինքնաենթալարման համակարգերի (ՓՀԻՀ) ելքային ազդանշանի ճակատի թրթռոցի արդյունքները չեն բավարարում արդի պահանջները: Ինքնաենթալարման տակտային ազդանշանի բազմապատկիչները (ԻՏԱԲ) ունեն ճակատի թրթռոցի համեմատաբար լավ ցուցանիշներ, բայց օղակաձև լարմամբ կառավարվող գեներատորի (ԼԿԳ) բացակայության պատճառով չեն կարող կառավարել պարապ ընթացքի հաճախության տատանումները և ունենալ մեծ բազմապատկման գործակից: Այդ պատճառով ներկայացված է շղթա, որի հիմքում ընկած է ինքնաենթալարման տակտային ազդանշանի բազմապատկիչի փուլային շեղման վերացման մեխանիզմը, որն իրագործվում է՝ օգտագործելով օղակաձև լարմամբ կառավարվող գեներատոր: Ներդրվող շղթայի միջոցով վերացվում է փուլային շեղման մեծ մասը հենակային տակտային ազդանշանի պարբերության սկզբում, հետևաբար՝ ելքային ազդանշանը ստացվում է փոքր ճակատի թրթռոցով:

Առանցքային բառեր. փուլահաճախականային ինքնաենթալարման համակարգ, ճակատի թրթռոց, լարմամբ կառավարվող գեներատոր:

Ներածություն. Ներկայումս մեծ արագությամբ աճում են շղթաների արագագործությունը, տակտային ազդանշանի հաճախությունը, հետևաբար՝ փուլահաճախականային ինքնաենթալարման համակարգի (ՓՀԻՀ) ելքային ազդանշանի ճակատի թրթռոցը դարձել է հիմնական սահմանափակող հանգամանք [1-3]: Քանի որ տակտային ազդանշանը գեներացնում է օղակաձև լարմամբ կառավարվող գեներատորը (ԼԿԳ) (ՓՀԻՀ-ի ելքային կասկադը), օպտիմալացնելով այն՝ հնարավոր է արդյունավետ կերպով փոքրացնել տակտային ազդանշանի ճակատի թրթռոցը: Արդի տեխնոլոգիաներում մեծ մասամբ օգտագործում են օղակաձև ԼԿԳ-ները, քանի որ դրանք հեշտ են ներդրվում ցածր նանոչափական տեխնոլոգիաներում, զերծ են մեծ պասսիվ տարրերից և ունեն լայն ելքային հաճախականային տիրույթ: Ի հակադրություն վերը նշված հատկությունների՝ օղակաձև ԼԿԳ-ներն ունեն ելքային ազդանշանի մեծ թրթռոց, քանզի ելքային ազդանշանի հաճախությունը ֆունկցիա է ԼԿԳ-ում օգտագործվող տարրերի հապաղումների գումարից: Այս փաստը սահմանափակում է օղակաձև ԼԿԳ-ների կիրառությունը

նախագծերում, որտեղ անհրաժեշտ է ճակատի թրթռոցի ցածր արժեքի առկայություն: Այդ իսկ պատճառով վերը նշված դեպքերում օգտագործվում են ինդուկցիոն-ունակային ԼԿԳ-ներ, որոնք ունեն փոքր ճակատի թրթռոց՝ ի հաշիվ բարձր բարակության:

Առաջարկվող շղթայի նպատակն է ստանալ փոքր ճակատի թրթռոցով ելքային ազդանշան՝ օգտագործելով ԼԿԳ, առանց մեծ պասսիվ տարրերի օգտագործման: Ինքնաէնթալարման տակտային ազդանշանի բազմապատկիչները (ԻՏԱԲ) կարող են փոխարինել առաջին և երկրորդ տիպի ՓՀԻՀ-ներին՝ ապահովելով փոքր ճակատի թրթռոց [4]: Դրանց աշխատանքի հիմքում ընկած է մեծ ամպլիտուդով կարճատև ազդանշանների գեներացումը, որոնք, որպես ԼԿԳ-ի կառավարող ազդանշան, կարճ ժամանակում կվերացնեն ելքային և հենակային ազդանշանների փուլային շեղումը: Բայց ԻՏԱԲ-ներն ունենում են փոքր ճակատի թրթռոց միայն այն հաճախությունների դեպքում, որոնք մոտ են նրա պարապ ընթացքի հաճախությանը [5]: Վերը նշածից հետևում է, որ ԻՏԱԲ-ները չեն կարող ունենալ մեծ բազմապատկման գործակից: ԻՏԱԲ-ները ունակ չեն նաև կառավարելու պարապ ընթացքի հաճախության տատանումները՝ ինտեգրատորի բացակայության պատճառով: Ուստի անհրաժեշտ են փոքր ճակատի թրթռոցով օղակաձև ԼԿԳ-ի վրա հիմնված ՓՀԻՀ-ներ:

Ինտեգրատոր պարունակող ՓՀԻՀ-ները կարող են կարգավորել պարապ ընթացքի հաճախության տատանումները, որոնք առաջանում են գործընթացի, լարման և ջերմաստիճանի (ԳԼՋ) փոփոխություններից: Բայց օղակաձև ԼԿԳ-ի վրա հիմնված ՓՀԻՀ-ի նախագծում՝ շարունակական ցիկլային ֆիլտրով, հնարավոր չէ, եթե ենթադրվում է փոքր ճակատի թրթռոց: Այդ պատճառով հարկավոր է փուլի շեղման հայտնաբերման պահերը դիսկրետացնել, որից հետո այդ տեղեկությունը կուղարկվի դեպի ԼԿԳ: Այդ խնդիրը լուծելու համար հնարավոր է օգտագործել փոխանջատող ցիկլային ֆիլտր (ՓՅՖ):

Ներկայացված է ներդրման շղթա՝ օղակաձև ԼԿԳ-ի վրա հիմնված փոխանջատող ցիկլային ֆիլտրով՝ ՓՀԻՀ-ում օգտագործման համար, որի շնորհիվ կվերացվի տակտային և հենակային ազդանշանների փուլային շեղման մեծ մասը պարբերության սկզբում (ինչպես ԻՏԱԲ-ում), մինևույն ժամանակ պարունակելով ԼԿԳ-ի ինտեգրատորը, որը թույլ կտա կարգավորել պարապ ընթացքի հաճախության տատանումները և ունենալ մեծ բազմապատկման գործակից: Միևնույն նախագծվել է 16 նմ FinFET գործընթացով, մոդելավորումը կատարվել է HSPICE գործիքով:

1. Առաջարկվող ներդրման շղթայի աշխատանքի էությունը. Առաջարկվող շղթայի էությունը կրկնելն է ԻՏԱԲ-ի աշխատանքի սկզբունքը, որպեսզի հնարավոր լինի կարճ ժամանակում վերացնել փուլային շեղումը, բայց, մինևույն ժամա-

նախագծերում, որտեղ անհրաժեշտ է ճակատի թրթռոցի ցածր արժեքի առկայություն: Այդ իսկ պատճառով վերը նշված դեպքերում օգտագործվում են ինդուկցիոն-ունակային ԼԿԳ-ներ, որոնք ունեն փոքր ճակատի թրթռոց՝ ի հաշիվ բարձր բարակության:

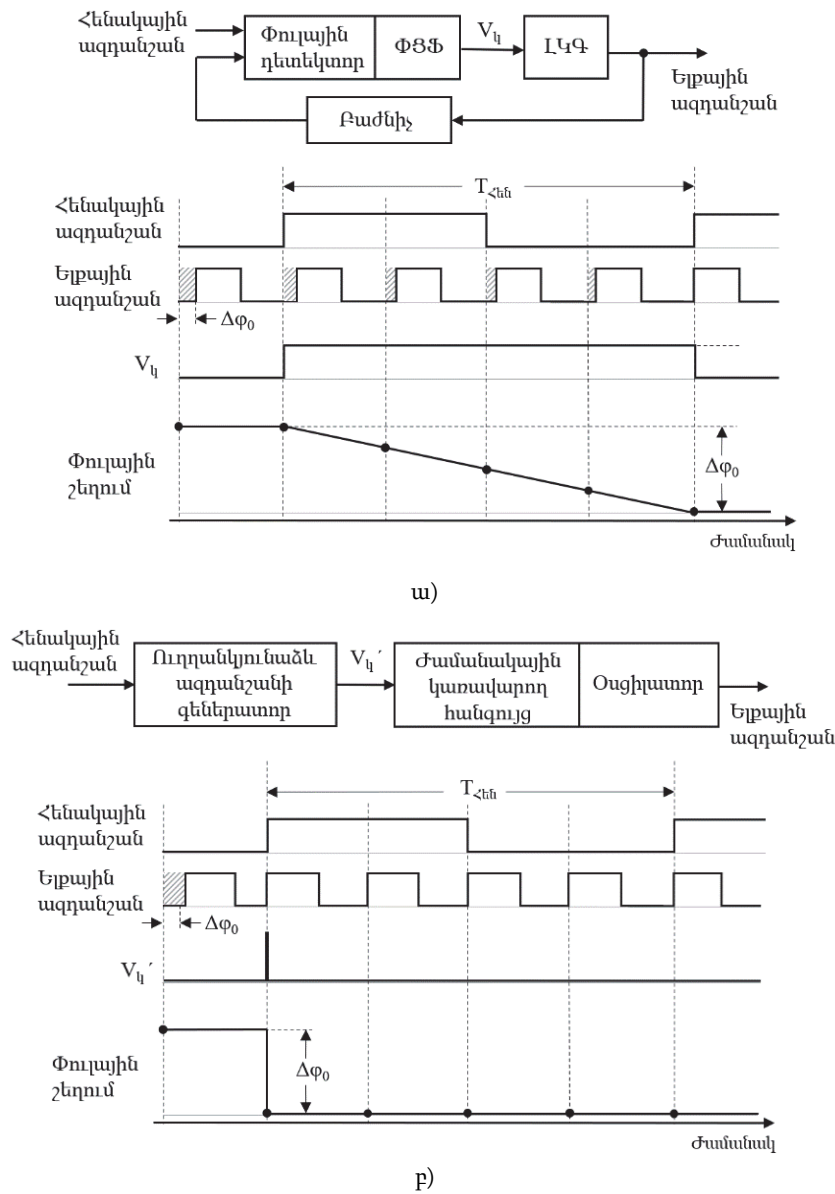
Առաջարկվող շղթայի նպատակն է ստանալ փոքր ճակատի թրթռոցով ելքային ազդանշան՝ օգտագործելով ԼԿԳ, առանց մեծ պասսիվ տարրերի օգտագործման: Ինքնաէնթալարման տակտային ազդանշանի բազմապատկիչները (ԻՏԱԲ) կարող են փոխարինել առաջին և երկրորդ տիպի ՓՀԻՀ-ներին՝ ապահովելով փոքր ճակատի թրթռոց [4]: Դրանց աշխատանքի հիմքում ընկած է մեծ ամպլիտուդով կարճատև ազդանշանների գեներացումը, որոնք, որպես ԼԿԳ-ի կառավարող ազդանշան, կարճ ժամանակում կվերացնեն ելքային և հենակային ազդանշանների փուլային շեղումը: Բայց ԻՏԱԲ-ներն ունենում են փոքր ճակատի թրթռոց միայն այն հաճախությունների դեպքում, որոնք մոտ են նրա պարապ ընթացքի հաճախությանը [5]: Վերը նշածից հետևում է, որ ԻՏԱԲ-ները չեն կարող ունենալ մեծ բազմապատկման գործակից: ԻՏԱԲ-ները ունակ չեն նաև կառավարելու պարապ ընթացքի հաճախության տատանումները՝ ինտեգրատորի բացակայության պատճառով: Ուստի անհրաժեշտ են փոքր ճակատի թրթռոցով օղակաձև ԼԿԳ-ի վրա հիմնված ՓՀԻՀ-ներ:

Ինտեգրատոր պարունակող ՓՀԻՀ-ները կարող են կարգավորել պարապ ընթացքի հաճախության տատանումները, որոնք առաջանում են գործընթացի, լարման և ջերմաստիճանի (ԳԼՋ) փոփոխություններից: Բայց օղակաձև ԼԿԳ-ի վրա հիմնված ՓՀԻՀ-ի նախագծում՝ շարունակական ցիկլային ֆիլտրով, հնարավոր չէ, եթե ենթադրվում է փոքր ճակատի թրթռոց: Այդ պատճառով հարկավոր է փուլի շեղման հայտնաբերման պահերը դիսկրետացնել, որից հետո այդ տեղեկությունը կուղարկվի դեպի ԼԿԳ: Այդ խնդիրը լուծելու համար հնարավոր է օգտագործել փոխանջատող ցիկլային ֆիլտր (ՓՅՖ):

Ներկայացված է ներդրման շղթա՝ օղակաձև ԼԿԳ-ի վրա հիմնված փոխանջատող ցիկլային ֆիլտրով՝ ՓՀԻՀ-ում օգտագործման համար, որի շնորհիվ կվերացվի տակտային և հենակային ազդանշանների փուլային շեղման մեծ մասը պարբերության սկզբում (ինչպես ԻՏԱԲ-ում), մինևույն ժամանակ պարունակելով ԼԿԳ-ի ինտեգրատորը, որը թույլ կտա կարգավորել պարապ ընթացքի հաճախության տատանումները և ունենալ մեծ բազմապատկման գործակից: Միևնույն նախագծվել է 16 նմ FinFET գործընթացով, մոդելավորումը կատարվել է HSPICE գործիքով:

1. Առաջարկվող ներդրման շղթայի աշխատանքի էությունը. Առաջարկվող շղթայի էությունը կրկնելն է ԻՏԱԲ-ի աշխատանքի սկզբունքը, որպեսզի հնարավոր լինի կարճ ժամանակում վերացնել փուլային շեղումը, բայց, մինևույն ժամա-

նակ, ունենալ ԼԿԳ (ինտեգրատոր)՝ կառավարելի պարապ ընթացքի հաճախություն և մեծ բազմապատկման գործակից ստանալու համար: Ներկայացված են տիպային ՓՅՖ ՓՀԻՀ-ի և ԻՏԱԲ-ի բլոկ- սխեմաները և փուլային շեղման վերացման մեխանիզմները (նկ. 1):



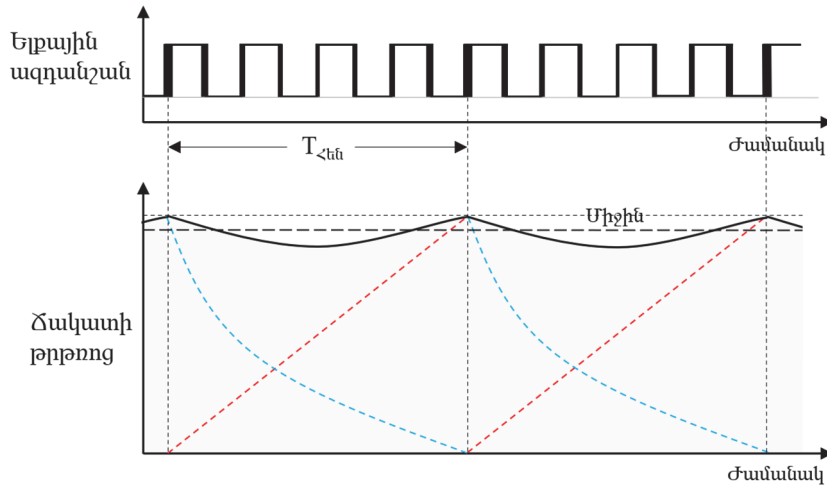
Նկ. 1. ա) Տիպային ՓՀԻՀ-ի և բ) ԻՏԱԲ-ի բլոկ-սխեմաները և փուլային սխալի վերացման մեխանիզմները

Ենթադրվում է, որ հավելյալ փուլային շեղում չի ավելացվում ԼԿԳ-ին կամ հենակային տակտային ազդանշանին, և ամբողջ փուլային շեղումը վերացվում է հենակային տակտային ազդանշանի մեկ պարբերության ընթացքում: ՓՑՖ ՓՀԻՀ-ի դեպքում փուլային շեղումը հենակային տակտային ազդանշանի և էլքային տակտային ազդանշանի միջև առաջացնում է կառավարող ազդանշանի վերջավոր փոփոխություն, որը ստիպում է ԼԿԳ-ին փոխել իր տատանման հաճախությունը, և պարբերության վերջում փուլային շեղումը գրոյանում է (նկ. 1ա): Ի տարբերություն վերը նշված մեխանիզմի՝ ԻՏԱԲ-ի դեպքում փուլային շեղումը ամբողջությամբ վերացվում է հենակային տակտային ազդանշանի պարբերության սկզբում՝ առանց էլքային ազդանշանի հաճախության փոփոխության (նկ. 1բ):

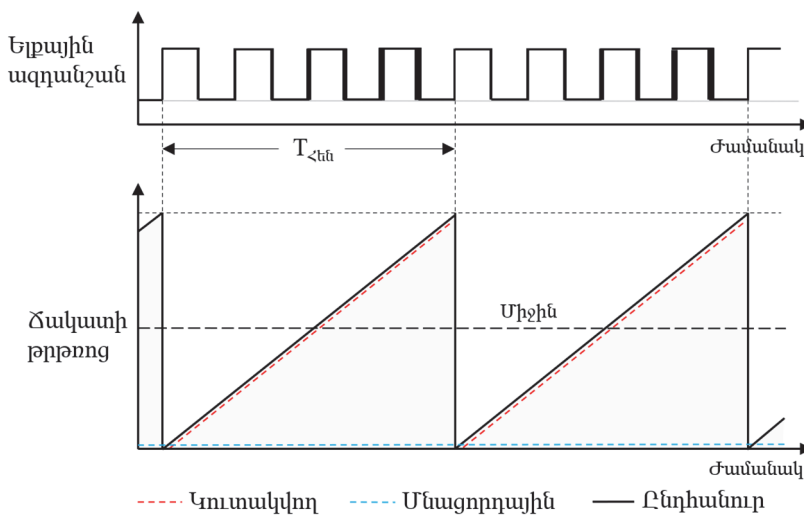
Քննարկված փուլային շեղման վերացման տարբերակներն ունեն առանցքային տարբերություններ: Նկ. 2-ում գնահատված են ներկայացված երկու ճարտարապետությունների ճակատների թրթռոցների արժեքները հենակային տակտային ազդանշանի պարբերության ընթացքում: Ենթադրվում է, որ երկու դեպքում էլ օգտագործվում է նույն ԼԿԳ-ն: Ելքային ճակատի թրթռոցն ունի երկու բաղադրիչ՝ ընթացիկ պարբերության ընթացքում կուտակվող և մնացորդային, որը կուտակվել էր նախորդ պարբերության ընթացքում և պետք է վերացվի ընթացիկի ժամանակ: Քանի որ երկու դեպքում էլ ենթադրվել էր նույն ԼԿԳ-ն, թրթռոցի առաջին (կուտակվող) բաղադրիչը նույնն է երկու ճարտարապետությունների համար: Այն աճում է գծային օրենքով ամբողջ պարբերության ընթացքում: Նկ. 1ա-ում փուլային շեղումը նվազում է գծային օրենքով, հետևաբար՝ նկ. 2ա-ում թրթռոցի մնացորդային բաղադրիչը կնվազի քառակուսային օրենքով: ԻՏԱԲ-ում ամբողջ փուլային շեղումը վերացվում է պարբերության սկզբում, հետևաբար՝ նկ. 2բ-ում թրթռոցի մնացորդային բաղադրիչը գործնականում հավասար կլինի զրոյի: Վերադարձվող ստացված երկու բաղադրիչները՝ ստացվում են նկ. 2-ում պատկերված գրաֆիկները: Համեմատելով ստացված արդյունքները՝ երևում է, որ ԻՏԱԲ-ի միջին ճակատի թրթռոցը մեկ պարբերության ընթացքում մոտավորապես երկու անգամ ավելի փոքր է՝ տիպային ՓՀԻՀ-ի համեմատ, և ակնհայտ է, որ ԻՏԱԲ-ը ճակատի թրթռոցի տեսանկյունից ավելի նախընտրելի է:

Առաջարկվող շղթան պետք է վերացնի փուլային շեղման մեծ մասը հենակային տակտային ազդանշանի պարբերության սկզբում, ինչը կհանգեցնի փոքր ճակատի թրթռոցին էլքային ազդանշանում: Դա իրականացնելու համար ԼԿԳ-ին հարկավոր է կառավարող կարճատև, մեծ լայնությամբ ազդանշան: Այդ կարճ ժամանակահատվածում կվերացվի փուլային շեղման մեծ մասը: Առաջարկվող շղթայի առանցքային տարբերությունը այլ մոտեցումներից այն է, որ փուլային շեղման մնացորդային մասը կվերացվի ոչ թե կառավարող ազդանշանի հաստատուն

արժեքով կարճատև ուժեղ ազդանշանից հետո, այլ ի հաշիվ այդ ազդանշանի անկման ճակատի արագության փոփոխման [6]:



ա)



բ)

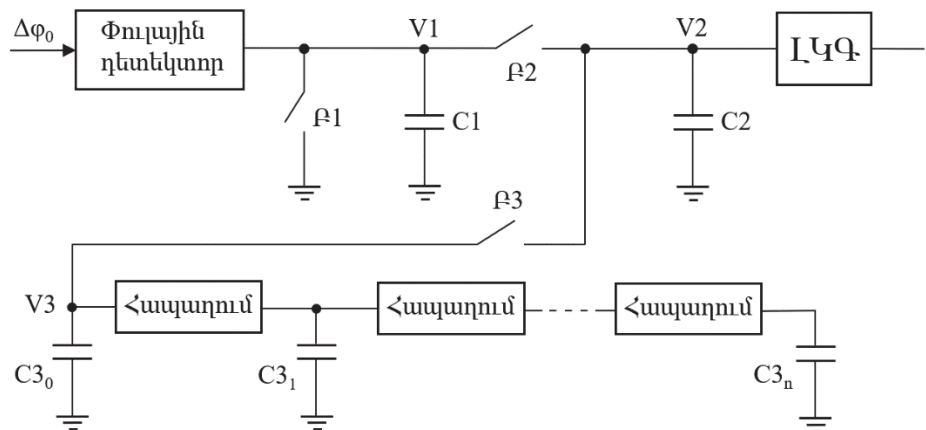
Նկ. 2. ա) Տիպային ՓՀԻՀ-ի և բ) FSK-ի ելքային ազդանշանի ճակատների թրթռոցները պարբերության ընթացքում

Այլ կերպ ասած, եթե վերը նշված ազդանշանի համար առկա է համեմատաբար հաստատուն արագությամբ աճի ճակատ, ապա անկման ճակատի արագությունը, ինչ-որ պահից սկսած, կդանդաղի՝ այդպիսով ապահովելով կառավարող ազդանշանի այն արժեքը, որը կվերացնի փուլային շեղման մնացած մասը:

Արդյունքում՝ փուլային շեղումը կվերացվի ավելի կարճ ժամանակում, հետևաբար և ելքային ազդանշանը կունենա ցածր ճակատի թրթռոցի արժեք, համեմատած տիպային ՓՀԻՀ-ների հետ: Առաջարկվող մոտեցումը նաև թույլ է տալիս խուսափել փուլի գերուղղումից (փուլի այնքան ուղղում, որ ստացվի հակառակ ուղղությամբ փուլային շեղում), քանի որ կարճատև ազդանշանի լայնույթը և տևողությունը ընտրվում են այնպես, որ այն միանշանակորեն չգերուղղի փուլը, իսկ մնացած մասը կկարգավորվի անկման ճակատի շնորհիվ: Այլ կերպ ասած, փուլի ուղղման գործառնությունը կախված է լինում ոչ միայն աստիճանաձև ազդանշանի լայնույթից և տևողությունից, այլ նաև ճակատի փոփոխվող ձևից:

Չնայած որ առաջարկվող մոտեցումը նման է ԻՏԱԲ-երի փուլի ուղղման մեխանիզմին, բայց ունի նաև կարևոր առավելություն: Այն կարող է կառավարել պարզապ ընթացքի հաճախության տատանումները ինքնաենթալարված վիճակում՝ շնորհիվ ԼԿԳ-ի ինտեգրատորի: Սա նշանակում է, որ պարզապ ընթացքի հաճախության տատանումների պատճառով առաջացած արդյունաբար փուլային շեղումը կլինի անտեսելի չափով, ինչը կհանգեցնի ելքային ազդանշանի փոքր ճակատի թրթռոցին և մեծ բազմապատկման գործակցին:

2. Առաջարկվող ներդրման շղթայի իրագործումը. Առաջարկվող շղթայում մեծ լայնությամբ կարճատև ազդանշանի գեներացման համար օգտագործվում են փոխանջատվող ունակություններ: Շղթան բաղկացած է ունակային տարրերից, հապաղման տարրերից, օպերացիոն ուժեղարարից և փոխացման փականներից (նկ. 3):



Նկ. 3. Առաջարկվող շղթայի իրագործումը

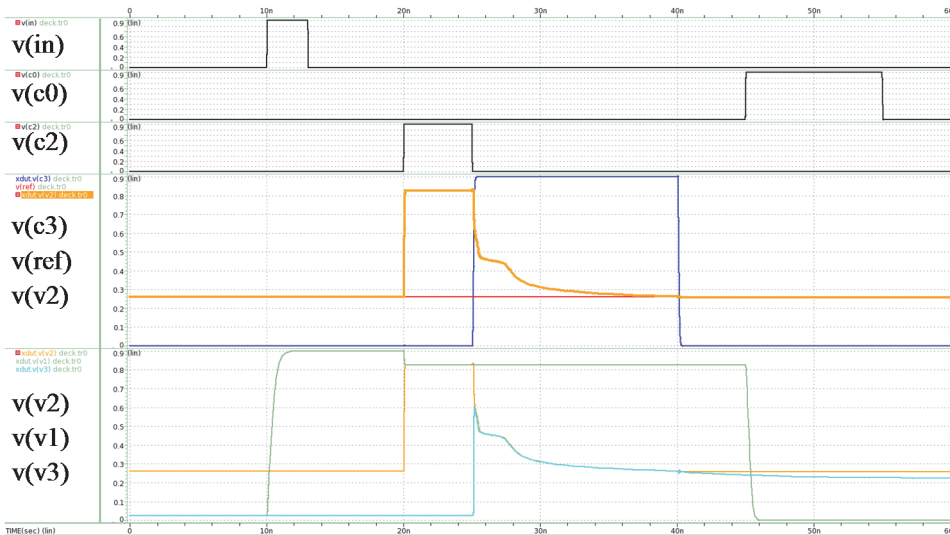
C2 ունակությունը շատ ավելի փոքր է, քան C1-ը և C3-ների արդյունաբար ունակությունը: Պարբերության սկզբում բոլոր բանալիները բաց են: Փուլային դետեկտորը, արձանագրելով փուլերի տարբերություն հենակային և ելքային տակ-

տային ազդանշանների միջև, լիցքավորում է C1 ունակությունը համապատասխան քանակի լիցքով: Լիցքավորումից հետո միացվում է F2 բանալին, և շղթայի V1 կետը միանում է V2-ին: Քանի որ C2-ի ունակությունը շատ փոքր է՝ համեմատած C1-ի հետ, C2-ը կտրուկ լիցքավորվում է, և V2 կետի լարումը կարճ ժամանակում հասնում է V1-ի արժեքին: F2 բանալու միացված մնալու ժամանակը ուղիղ կախման մեջ է փուլային շեղումից: F2-ի փակվելուն գուցենթաց՝ միացվում է F3 բանալին, և C2-ի միացումը փոխվում է C1-ից դեպի գուգահեռ միացված C3-ների խմբին:

Միացման պահից մինչև առաջին հապաղման չափով ժամանակում լիցքերի վերաբաշխումը կընդգրկի միայն երկու՝ C2 և C3^o ունակությունները: Ապա, հապաղման չափով ժամանակ անց, C3^o-ը գուգահեռ կմիանա C3^o-ին, և ընդհանուր ունակությունը՝ միացված C2-ին, կմեծանա: Արդյունքում՝ C2-ից լիցքերի տեղափոխման արագությունը կփոքրանա, ինչի շնորհիվ V2 ազդանշանի անկման ճակատը կդանդաղի: Վերը նկարագրված գործընթացը կշարունակվի այնքան, քանի դեռ առկա է փուլային շեղում հենակային և էլքային ազդանշանների միջև: Որքան շատ լինի փուլային շեղումը, այնքան շատ C3 ունակության գուգահեռ ճյուղեր կմիանան, որպեսզի պահեն կառավարող ազդանշանը բարձր կամ ցածր այնքան ժամանակ, քանի դեռ առկա է փուլերի շեղումը: Երբ փուլային շեղումը վերացվում է, F3 բանալին անջատվում է, որպեսզի ԼԿԳ-ն տատանվի պահանջվող հաճախությամբ: Պարբերության կամայական պահի, F3-ի միանալուց հետո, F1 բանալին միացվում է, որպեսզի զրոյացնի C1-ի վրա եղած լարումը՝ պատրաստելով շղթան համեմատման նոր ցիկլի: Հաջորդ պարբերության ժամանակ, երբ արդեն C1-ը կրում է տեղեկություն ընթացիկ պարբերության փուլային շեղման մասին, ամբողջ վերը նկարագրված գործընթացը կրկնվում է, և C2- ի և C3-ի վրայի լարումները թարմացվում են C1-ի նոր արժեքին համապատասխան:

3. Մոդելավորման արդյունքները. Առաջարկվող շղթայում օգտագործվել են 16 նս/ FinFET տեխնոլոգիական պրոցեսի տարրերը (նկ. 4): Շղթայում բոլոր տրանզիստորները բարակ օքսիդ տրանզիստորներ են: Մնման լարումը 0.9 Վ է: Մոդելավորումը կատարվել է HSPICE ծրագրային գործիքով [7]:

Մոդելավորման ընթացքում կատարվել է ժամանակային ստուգում (նկ. 5):



Նկ. 5. Մոդելավորման արդյունքները

$v(in)$ -ը փուլային շեղումն է փուլային դետեկտորի ելքում: Քանի որ մուտքը միացված է $C1$ -ին, ազդանշանի տրամաբանական մեկի ընթացքում բացվում է փոխանցման փականը, և $C1$ ունակությունը լիցքավորվում է ($v(v1)$): Ապա, կախված փուլային շեղման չափից, որոշակի ժամանակով բացվում է երկրորդ փոխանցման փականը ($v(c2)$), և կարճ ժամանակում $C2$ ունակությունը լիցքավորվում է ($v(v2)$), քանի որ նրա ունակությունը շատ ավելի փոքր է, քան $C1$ -ինը: Որոշակի ժամանակ անց, երբ փակվում է երկրորդ փոխանցման փականը, տրվում է օպերացիոն ուժեղարարի թույլատրող ազդանշանը, և քանի որ այդ պահին նրա դրական մուտքը ($v(v2)$) մեծ է բացասական մուտքից ($v(ref)$), նրա ելքում ստացվում է տրամաբանական մեկ, որը հանդիսանում է երրորդ փոխանցման փականի կառավարող ազդանշանը: $C2$ ունակությունը միանում է $C3$ ունակությունների խմբին: Քանի որ նրանց միջև կան հապաղումներ, ուստի միացման պահին լիցքերի վերաբաշխմանը կմասնակցեն $C2$ -ը և $C3_0$ -ն, ինչի արդյունքում $v2$ լարի լարումը կնվազի: Առաջին հապաղմանը հավասար ժամանակ անց $C3_1$ -ը գուգահեռ կմիանա $C3_0$ -ին, և $C2$ -ին միացված արդյունարար ունակությունը կմեծանա, ինչի արդյունքում $v2$ -ի լարման անկման արագությունը կդանդաղի: Վերը նկարագրված գործընթացը կշարունակվի (ճակատը կդանդաղի) այնքան, մինչև $v2$ -ի լարումը հասնի հենակային լարմանը (օպերացիոն ուժեղարարի մուտքերը հավասարվեն), և օպերացիոն ուժեղարարի ելքը կփոխանջատվի մեկից զրո, ինչի արդյունքում երրորդ փոխանցման փականը կանջատվի, և $v2$ -ը կմնա հաստատուն՝ այդպիսով ապահովելով հաստատուն կառավարող լարում $L49$ -ի համար, մինչև հենակային

տակտային ազդանշանի հաջորդ պարբերությունը: Մինչև հաջորդ պարբերության սկիզբը՝ բացվում է c0 փականի ազդանշանով հողանցված տրանզիստորը, որպեսզի զրոյացնի C1 ունակության վրայի լիցքը և պատրաստի շղթան հաջորդ պարբերությանը:

Փոփոխելով շղթայում առկա ունակությունների և հապաղումների չափերը՝ հնարավոր է որոշել v2-ի լայնության արժեքը և անկման ճակատի տեսքը, մասնավորապես՝ կոտրման կետերը (պահերը, երբ միանում է C3-ի հաջորդ ճյուղը): v2-ի ճակատի կառավարելիությունը մեծացնելու համար հնարավոր է մեծացնել C3-ի ճյուղերի և հապաղումների քանակները՝ կախված տեխնիկական առաջադրանքի պահանջներից (մակերես, էներգասպառում):

Եզրակացություն. Առաջարկվել է փոխանջատվող ունակությունների վրա հիմնված ներդրվող շղթա՝ օղակաձև ԼԿԳ-ով ՓՑՖ ՓՀԻՀ-ում: Առաջին և երկրորդ տիպի ՓՀԻՀ-ների ճակատի թրթռոցի արդյունքները չեն բավարարում արդի պահանջները: ԻՏԱԲ-ը լուծում է վերը նշված խնդիրը, բայց փոքր բազմապատկման գործակիցը և ԼԿԳ-ի ինտեգրատորի բացակայությունը սահմանափակում են նրա օգտագործման շրջանակը: Առաջարկվող շղթան և նրա կիրառման մոտեցումը թույլ են տալիս ունենալ մեծ բազմապատկման գործակից, նաև կառավարել պարապ ընթացքի հաճախության տատանումները՝ շնորհիվ ԼԿԳ-ի ինտեգրատորի: Այն հնարավորություն է տալիս նաև կառավարել փուլային շեղման վերացման ճշտությունը՝ փոփոխելով շղթայում առկա ունակությունների և հապաղումների չափերը և քանակը, ինչը ավելացնում է շղթայի կիրառելիության շրջանակը նախագծերում, որոնք ունեն խիստ սահմանափակումներ մակերեսի և էներգասպառման նկատմամբ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Razavi B.** Design of Analog CMOS Integrated Circuits. - Second Edition. - McGraw-Hill, 2015. -782 p.
2. **Sedra A.S., Smith K.C.** Microelectronic Circuits. - Oxford University Press, 2014. - 1397 p.
3. **Baker R.J.** CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation. - Third Edition. - Wiley, 2010. – 1173 p.
4. **Choi S., Yoo S., Choi J.** A 185 fsRMS-integrated-jitter and–245 dB FOM PVT-robust ring-VCO-based injection-locked clock multiplier with a continuous frequency-tracking loop using a replica-delay cell and a dual-edge phase detector // IEEE Int. Solid-State Circuits Conf. (ISSCC) Dig. Tech. Papers. - 2016. - P. 194–195.
5. **Razavi B.** A study of injection locking and pulling in oscillators // IEEE J. Solid-State Circuits.- 2004. - Vol. 39, no. 9. - P. 1415-1424.

6. Lee Y., Seong T., Yoo S., Choi J. A low-jitter and low-reference-spur ring-VCO-based switched-loop filter PLL using a fast phase-error correction technique//IEEE J. Solid-State Circuits. – 2018. - Vol. 53, no. 4. - P. 1192-1202.
7. Hspice Application Manual, Synopsys Inc. - 2010. - 196p.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը հանձնվել է խմբագրության 19.03.2021:

В.С. ГЕВОРГЯН

СИСТЕМА ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ С МЕНЬШИМ ДРОЖАНИЕМ ФРОНТА НА ОСНОВЕ КОЛЬЦЕВОГО ГЕНЕРАТОРА

Представлена система фазовой автоподстройки частоты с низким уровнем дрожания фронта на основе кольцевого генератора, управляемого напряжением. Дрожание фронта выходного сигнала типовых схем фазовой автоподстройки частоты не отвечает современным требованиям. Умножители тактового сигнала с инжекционной автоподстройкой (УТСИАП) имеют относительно лучшие характеристики дрожания фронта, но из-за отсутствия генератора, управляемого напряжением, они не могут контролировать дрейф частоты в свободном режиме и не могут иметь высокий коэффициент умножения. По этой причине предлагается схема, основанная на механизме фазового выравнивания умножителя тактового сигнала с инжекционной автоподстройкой, с использованием кольцевого генератора, управляемого напряжением. В связи с предложенной схемой основная часть фазовой ошибки будет устранена в начале периода опорного тактового сигнала, достигая таким образом меньшего дрожания фронта на выходном сигнале.

Ключевые слова: система фазовой автоподстройки частоты, дрожание фронта, кольцевой генератор, управляемый напряжением (КТУН).

V. S. GEVORGYAN

LOW JITTER PHASE-LOCKED LOOP BASED ON RING OSCILLATOR

A low jitter, ring voltage-controlled oscillator - based phase - locked loop (PLL) is presented. The jitter of the output signal of the typical phase - locked loops does not meet modern requirements. The injection locked clock multipliers (ILCM) have relatively better jitter performance, but due to the absence of the voltage-controlled oscillator, they cannot control free-running frequency drifts and cannot have a high multiplication factor. For that reason, a circuit is proposed, which is based on the mechanism of phase alignment of injection locked clock multipliers using a ring voltage-controlled oscillator. Due to the proposed circuit, the major part of the phase error is eliminated at the start of the reference clock period, by that achieving a low jitter on the output signal.

Keywords: phase locked loop (PLL), jitter, voltage-controlled oscillator (VCO).