

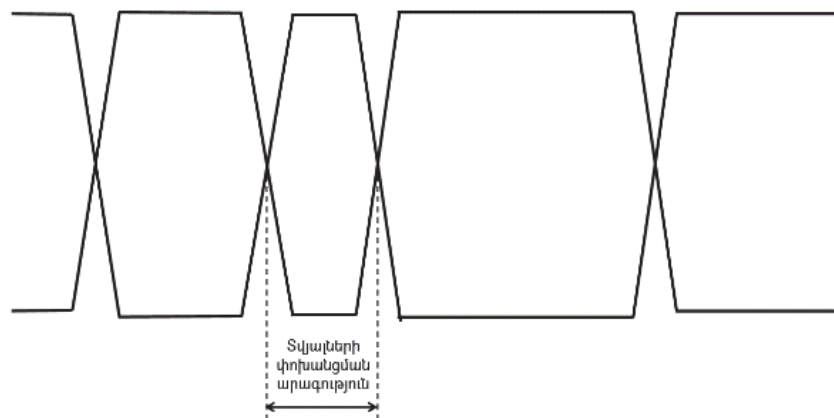
Ա.Ա. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ

ԼԱՐՄԱՄԲ ՂԵԿԱՎԱՐՎՈՂ ԳԵՆԵՐԱՏՈՐԻ ՃՇՏՈՒԹՅԱՆ ՄԵԾԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

Ներկայացված է լարմամբ ղեկավարվող գեներատորի (ԼՂԳ) ճշտության մեծացման մեթոդ: Խառը ազդանշանային ինտեգրալ սխեմաների (ԻՍ) արագագործության և կայունության մեծացման գործում շատ մեծ է ԼՂԳ-ի դերը: ԼՂԳ-ի ելքային ազդանշանի հաճախության կարգաբերման համար օգտագործվող ԹԱՓ-ի ավագ կարգի փոփոխությունն առաջացնում է լարման թռիչք, որի հետևանքով վերջնական ազդանշանը ձևավորվում է մեծ սխալանքով, ուստի առաջարկվում է ավագ կարգով ղեկավարվող տրանզիստորը փոխարինել ջերմային կոդով ղեկավարվողներով:

Առանցքային բառեր. ինտեգրալ սխեմա, լարմամբ ղեկավարվող գեներատոր, հոսանքի ԹԱՓ, մուտք/ելք հանգույց, ջերմային կոդ:

Ներածություն. Ժամանակակից խառը ազդանշանային ԻՍ-երի մուտք/ելք հանգույցներում տվյալների փոխանցման արագությունն անցել է 10 *Գբիթ/վ*-ը: Տվյալների փոխանցման արագությունը որոշվում է փոխանցվող ամենաարագ կարգի հաճախությամբ (նկ. 1):

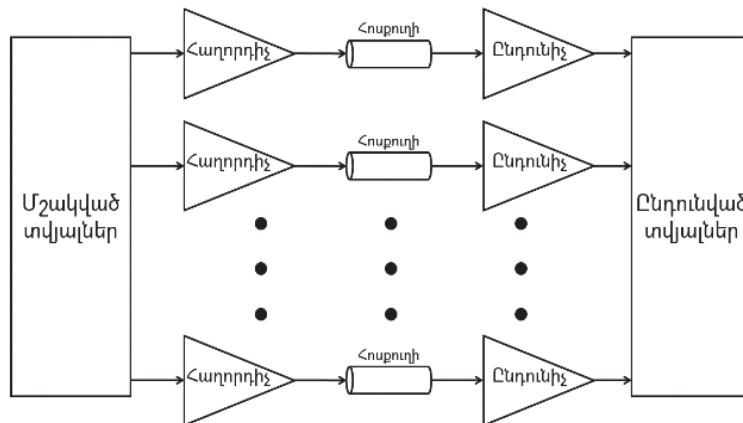


Նկ.1. Տվյալների փոխանցման արագությունը

Դասական մուտք/ելք հանգույցի ֆունկցիան [1] իրագործելու համար անհրաժեշտ են հաղորդիչ, ընդունիչ և հենակային ենթահանգույցներ: Հենակային ենթահանգույցներն ապահովում են հաղորդչը և ընդունիչը տարբեր տեսակի հենակային ազդանշաններով: Հենակային ազդանշանները կարող են լինել՝ տակ-տային, կայուն, կարգային և այլն:

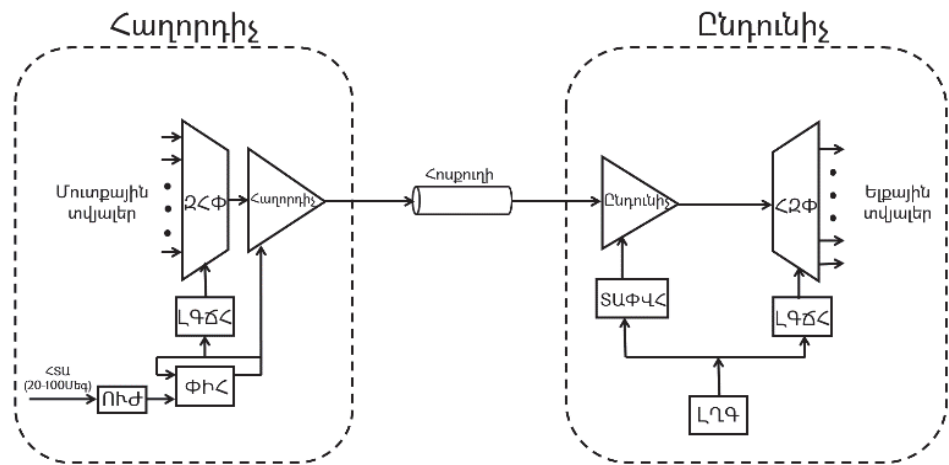
Գոյություն ունեն տվյալների փոխանցման երկու մեթոդներ՝ զուգահեռ և հաջորդական: Տվյալների փոխանցման երկու դեպքում էլ տվյալները մշակվում են զուգահեռ և տարբերվում են միայն փոխանցման տեսակով:

Տվյալների զուգահեռ փոխանցման դեպքում մշակված տվյալները նույնությամբ ուղարկվում են ընդունիչ, սակայն անհրաժեշտ է ունենալ մեկից ավելի հաղորդիչներ, հոսքուղիներ և ընդունիչներ: Այս դեպքում հաղորդիչներն ու ընդունիչները տվյալները փոխանցում և ընդունում են զուգահեռ, ուստի մեծ արագություն ապահովելու համար անհրաժեշտություն չկա ունենալ արագագործ համակարգ և տակտային ազդանշան: Տվյալների զուգահեռ փոխանցման դեպքում խառը ազդանշանային ԻՄ-երում օգտագործվող հոսքուղիներն էապես մեծացնում են ԻՄ-ի ինքնարժեքը: Բացի այդ, մեկից ավելի հաղորդիչների և ընդունիչների առկայության դեպքում համակարգը զբաղեցնում է մեծ մակերես (նկ. 2):



Նկ.2. Տվյալների զուգահեռ փոխանցման բլոկ-դիագրամը

Տվյալների հաջորդական փոխանցման մեթոդն ունի ավելի լայն տարածում, քանի որ այս դեպքում օգտագործվում է մեկ հաղորդիչ, հոսքուղի և ընդունիչ, սակայն համակարգը պետք է լինի արագագործ, որպեսզի ի գործ լինի դիմակայելու շուկայի մարտահրավերներին (նկ. 3):



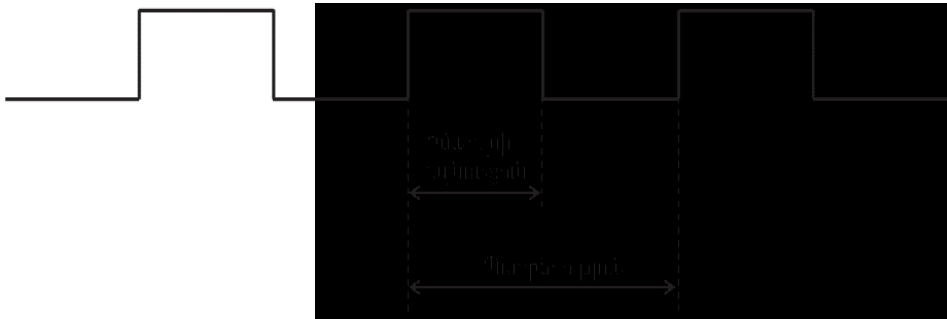
Նկ.3. Տվյալների հաջորդական փոխանցման բլոկ-դիագրամը

Տվյալների հաջորդական փոխանցմամբ մուտք/ելք հանգույց նախագծելիս անհրաժեշտ է օգտագործել զուգահեռից հաջորդական փոխակերպիչ (ՀԶՓ), որը համապատասխան հաճախությամբ տվյալների զուգահեռ փաթեթը կերպափոխում է հաջորդականի և ուղարկում, իսկ ընդունիչում ստացված հաջորդական տվյալները կերպափոխվում են զուգահեռի՝ հաջորդականից զուգահեռ փոխակերպիչ (ՀԶՓ) միջոցով [2]:

Տվյալները փոխանցվում և ընդունվում են համապատասխան հաճախականությամբ, որի աղբյուրը փուլահաճախականային ինքնաենթալարման համակարգն է (ՓԻՀ), որն ընդունելով ուժեղացված հենակային տակտային ազդանշանը (ՀՏԱ), որը մինչև 100 ՄՀց է, բազմապատկում է այն նախապես ընտրված գործակցով: ՀՏԱ-ը ձևավորվում է քվարցային գեներատորից և ունի փոքր տատանման լայնություն՝ 100 մՎ, այդ իսկ պատճառով այն ուժեղացվում է: ՓԻՀ-ի ելքային ազդանշանի լցման գործակիցը (ԼԳ) պետք է առավելագույնս մոտ լինի 50%-ին (1) [3].

$$ԼԳ = \frac{P_L}{P} * 100\%, \quad (1)$$

որտեղ P_L -ն իմպուլսի լայնությունն է, իսկ P -ն՝ ազդանշանի պարբերությունը (նկ. 4):



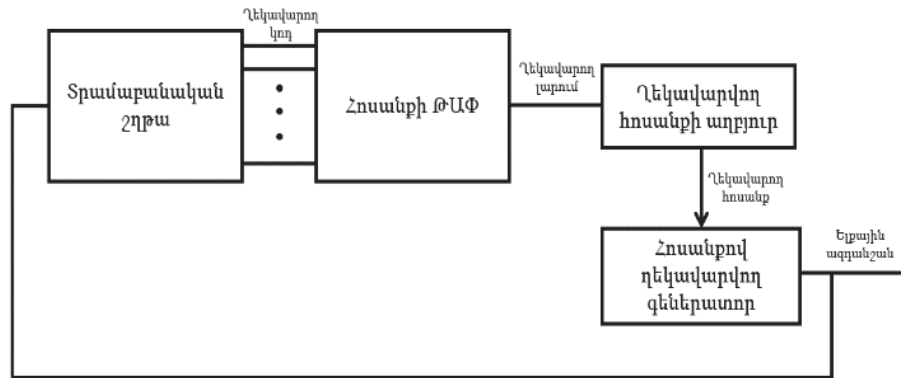
Նկ. 4. Լցման գործակցի որոշման սկզբունքը

Լցման գործակցի ճշգրտման համակարգը (ԼԳՃՀ), ստանալով ՓԻՀ-ի ելքային ազդանշանը, մշակում և արդյունքում ձևավորում է 50%-ին մոտ լցման գործակցով արագագործ տակտային ազդանշան: Ստացված տակտային ազդանշանի յուրաքանչյուր տակտով զուգահեռ տվյալների փաթեթը փոխակերպվում է հաջորդականի և հաղորդվում:

Հաղորդչից ընդունիչ փոխանցվում են միայն տվյալները, իսկ տակտային ազդանշանը չի ուղարկվում՝ լրացուցիչ միջմիացումներով և սարքերով պայմանավորված ծախսերից զերծ մնալու նպատակով: Ուստի ընդունիչը պետք է ունենա ներդրված մեխանիզմ, որը հնարավորություն կտա ընդունվող տվյալների հոսքից վերականգնել տակտային ազդանշանը, այնուհետև վերականգնված տակտային ազդանշանով ապահովի հուսալի ընթերցում: Այսպիսով, ընդունիչ հանգույցում ներդրված է ԼԳԳ, որն ապահովվում է արագագործ տակտային ազդանշանով, իսկ տակտային ազդանշանի փուլի վերականգնման համակարգը (ՏԱՓՎՀ), ընդունելով ուղարկված ազդանշանը, ԼԳԳ-ի ելքային ազդանշանի փուլը շեղում է այնպես, որ հնարավոր լինի հուսալիորեն ընթերցել տվյալների ազդանշանը:

Վերոնշյալից ակնհայտ է, որ ԼԳԳ-ի ելքային ազդանշանի ճշտությունից է կախված ամբողջ համակարգի ճշտությունը:

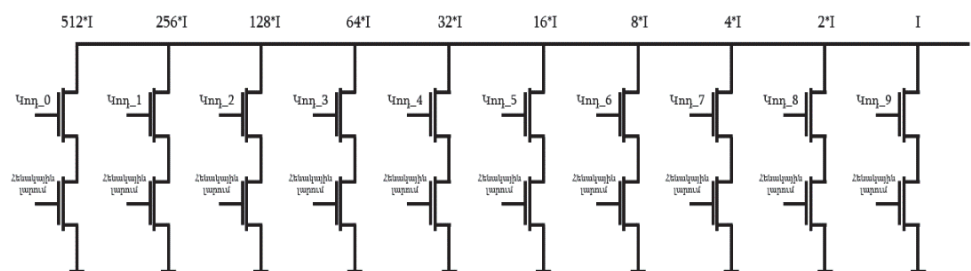
ԼԳԳ-ը բաղկացած է տրամաբանական շղթայից, 10 կարգայնությամբ հոսանքի թվա-անալոգային փոխակերպչից, դեկավարվող հոսանքի աղբյուրից և հոսանքով դեկավարվող գեներատորից (նկ. 5) [4]:



Նկ. 5. ԼՂԳ-ի բլոկ-դիագրամը

Տրամաբանական շղթան, ստանալով ելքային ազդանշանը, ստուգում է վերջինիս հաճախությունը, և եթե այն փոքր է ցանկալիից, բարձրացնում է ղեկավարող կողը: Ղեկավարող կողի փոփոխությունը հանգեցնում է ղեկավարող լարման փոփոխության, քանի որ փոխվում է ակտիվ հոսանքի աղբյուրների քանակը հոսանքի ԹԱՓ-ում: Ղեկավարող լարման փոփոխությունը հանգեցնում է ղեկավարող հոսանքի փոփոխման, որն իր հերթին ազդում է ելքային ազդանշանի հաճախության վրա: Այսպիսով, վերոնշյալ գործողությունների հաջորդականությունը կատարվում է այնքան ժամանակ, քանի դեռ ելքային ազդանշանի հաճախությունը չի հասել անհրաժեշտ արժեքին:

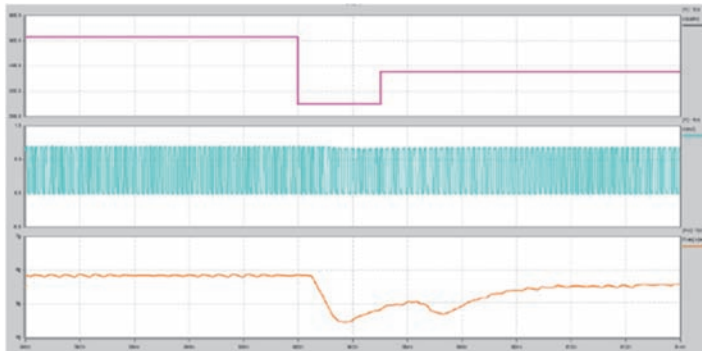
ԼՂԳ-ի աշխատանքը հիմնված է բինար որոնման ալգորիթմի վրա, ուստի հոսանքի ԹԱՓ-ի կարգերը տարբերվում են միմյանցից 2 անգամով (նկ. 6):



Նկ.6. Հոսանքի ԹԱՓ-ի կարգերը

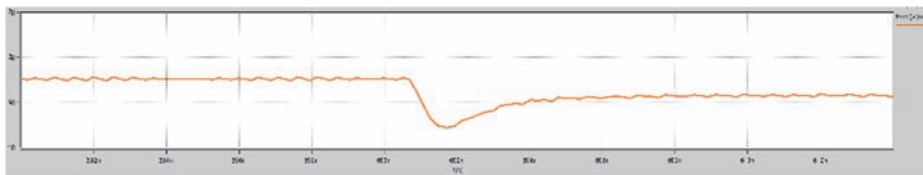
Կող_0-ի փոխանջատման դեպքում ելքային հոսանքի փոփոխությունը ավելի քան 500 անգամով մեծ է կող_9-ից: Այդ պատճառով ավագ կարգի փոխանջատման ժամանակ ղեկավարող լարման վրա առաջանում է լարման թռիչք, որից հետո դանդաղորեն հաստատվում է: Լարման թռիչքը հանգեցնում է ղեկավարող հոսանքի թռիչքաձև փոփոխման, որի արդյունքում ելքային ազդանշանի հաճա-

խությունը անկանխատեսելիորեն փոխվում է: Արագագործության մեծացման դեպքում ելքային ազդանշանի հաճախության հաստատման ժամանակը ավելի մեծ է՝ համեմատած որոշում կայացնելու ժամանակի հետ, ուստի տրամաբանական շղթան կարող է սխալ որոշում կատարել (նկ. 7):



Նկ.7. Երկար հաստատման պատճառով առաջացած սխալը

512 կողից 256 անցնելիս անջատվում է ամենամեծ հոսանքն ապահովող տրանզիստորը, և միանում է իր մեծությամբ երկրորդ տրանզիստորը, ուստի մեծ քանակի հոսանքի փոփոխություն է տեղի ունենում, որը հանգեցնում է լարման թռիչքի և հաստատման ժամանակի մեծացման: Արդյունքում՝ տրամաբանական շղթայի հաջորդ որոշման ժամանակ ելքային ազդանշանի հաճախությունը փոքր է անհրաժեշտ արժեքից, ուստի վերջինս բարձրացնում է կողը, մինչդեռ եթե ավելի ուշ լիներ որոշում կայացնելու ժամանակը, ապա անհրաժեշտություն կլիներ իջեցնելու (նկ. 8):



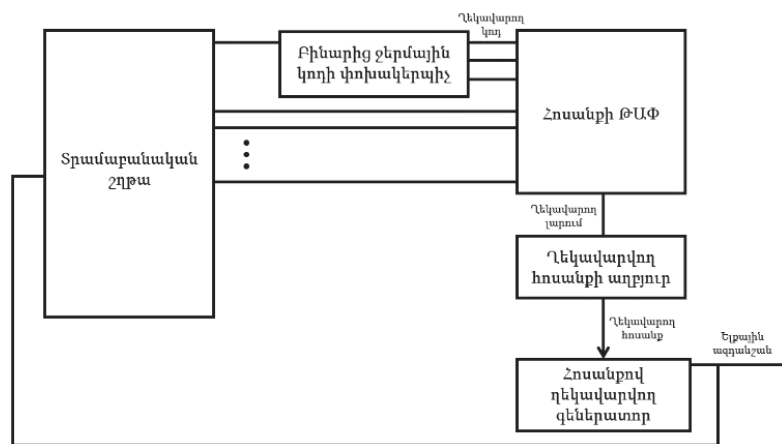
Նկ.8. 512 կողից 256 անցման ժամանակ ելքային ազդանշանի արձագանքը

Տրամաբանական շղթայի մեկ անգամ սխալ որոշման դեպքում ելքային ազդանշանի հաճախությունը երբեք չի վերադառնա անհրաժեշտ արժեքին, քանի որ ԼՂԳ-ի աշխատանքը հիմնված է բինար որոնման ալգորիթմի վրա:

Այսպիսով, անհրաժեշտություն է առաջանում մշակել այնպիսի ճարտարապետություն, որի դեպքում կբացառվի մեծ հոսանքի փոխանջատումը, որը չի լինի արագագործության փոքրացման հաշվին:

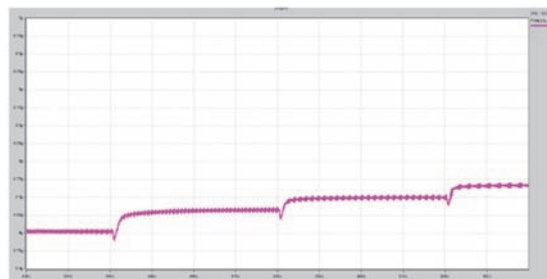
ԼՂԳ-ի առաջարկվող ճարտարապետությունը. Ինչպես արդեն հայտնի է, խառը ազդանշանային ինտեգրալ սխեմաների մուտք/ելք հանգույցներում ԼՂԳ-ի դերը շատ մեծ է, և նրանից են կախված ամբողջ համակարգի արագագործությունը և արտադրողականությունը:

ԼՂԳ-ի ելքային ազդանշանի հաստատման ժամանակը պետք է փոքր լինի վերջինիս դեկավարող տրամաբանական շղթայի որոշում կայացնելու ժամանակից, որը դժվար է ապահովել հատկապես ավագ կարգերի դեպքում, ուստի առաջարկվում է մեծացնել հոսանքի ԹԱՓ-ի կարգայնությունը, փոքրացնել առաջին երեք կարգերի փոխանջատող հոսանքի չափը և կառավարել այն ջերմային կոդով (նկ. 9):



Նկ. 9. ԼՂԳ-ի առաջարկվող ճարտարապետությունը

Առաջարկվող մոտեցման դեպքում հոսանքի փոփոխությունը կատարվում է աստիճանաբար, ուստի ելքային ազդանշանի հաճախությունը նույնպես փոփոխվում է աստիճանաբար, և արդյունքում՝ համակարգը դառնում է ավելի կայուն, և բացառվում է ելքային ազդանշանի մեծ հաստատման ժամանակից կախված տրամաբանական շղթայի սխալ որոշումը (նկ. 10):



Նկ. 10. Ելքային ազդանշանի հաճախության ջերմային կոդից կախվածությունը

Այսպիսով, ելքային ազդանշանի հաճախությունը հաստատվում է ավելի փոքր ժամանակում՝ համեմատած տրամաբանական շղթայի որոշում կայացնելու ժամանակի հետ, որի արդյունքում միշտ կայացվում են ճիշտ որոշումներ, և ի վերջո ելքային ազդանշանը հաստատվում է անհրաժեշտ հաճախության մակարդակին:

Առաջարկվող ճարտարապետությունում հոսանքով ղեկավարվող գեներատորը ղեկավարող հոսանքի արժեքը չի փոխվում, քանի որ 2 դեպքում էլ օգտագործվում է միևնույն գեներատորը, սակայն մեծանում են համակարգի էներգասպառումը և զբաղեցրած մակերեսը, քանի որ առաջարկվում է ավելացնել բինարից ջերմային կոդի փոխակերպիչ: Չափելով էներգասպառումը և գնահատելով զբաղեցրած մակերեսը՝ պարզ է դառնում, որ համակարգի էներգասպառումը և զբաղեցրած մակերեսը մեծանում են ոչ ավելի քան 1%-ով, արդյունքում ստացվում է ավելի ճշգրիտ ԼՂԳ:

Մոդելավորման արդյունքները. HSPICE [5] նմանակման գործիքով մոդելավորվել են արդեն գոյություն ունեցող և առաջարկվող ճարտարապետությունները: Նմանակումն իրագործելիս հաշվի են առնվել գործընթացային հնարավոր շեղումները, ինչպես նաև ջերմաստիճանային և սնուցման լարման տատանումները: Կատարվել է նաև ֆիզիկական նախագծի գնահատում: Վատագույն դեպքի համար ստացված արդյունքներն ամփոփված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Գոյություն ունեցող և առաջարկվող մեթոդների համեմատությունը

Պարամետրը	Գոյություն ունեցող մեթոդը	Առաջարկվող մեթոդը
Ելքային ազդանշանի հաճախությունը ($f_{\text{շգ}}$)	4,76	5,01
Ճշտությունը (%)	5	0,8
Գեներատորը ղեկավարող հոսանքը (I_U)	1,25	1,25
Էներգասպառումը ($P_{\text{գտ}}$)	5,6	5,62
Զբաղեցրած մակերեսը ($S_{\text{կմ}^2}$)	10875	10915

Եզրակացություն. ԼՂԳ-ի առաջարկվող ճարտարապետությունն ապահավում է ավելի քան 5 անգամ մեծ ճշտություն՝ կորցնելով էներգասպառման և մակերեսի ոչ ավելի քան 1%-ը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Modeling and Analysis of High-Speed I/O Links / **G. Balamurugan, B. Casper, J.E. Jaussi, et al** // IEEE Transactions on Advanced Packaging. -2009. - P. 237-247.
2. **Weste N., Harris D.M.** CMOS VLSI Design A Circuits and Systems Perspective // Macquarie University and The University of Adelaide.- Fourth Edition, 13.6 I/O. - Boston, Massachusetts, US, 2011. – P. 590 – 612.
3. **Patil S., Rudraswamy S.B.** Duty Cycle Correction Using Negative Feedback Loop // 16th International Conference "Mixed Design of Integrated Circuits and Systems".- Poland, June 25-27, 2009. – P. 425 – 472.
4. **Väänänen P., Mikkola N., Heliö P.** VCO Design with On-Chip Calibration System // IEEE Transactions on Circuits and Systems. - Oct. 2006. – P. 2157 – 2166.
5. Hspice Reference Manual, Synopsys Inc.- 2017. -846p.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: «Միկրոփաի Արմենիա» ուսումնական դեպարտամենտ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 24.02.2019:

A.A. МАРТИРОСЯН

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ГЕНЕРАТОРА, УПРАВЛЯЕМОГО НАПРЯЖЕНИЕМ

Представлен метод повышения точности генератора, управляемого напряжением (ГУН). Роль ГУНа при увеличении скорости и стабильности смешанных сигнальных интегральных схем высока. Изменение старшего бита цифроаналогового преобразователя, используемого для регулирования частоты выходного сигнала ГУНа, вызывает скачок напряжения, в результате чего конечный сигнал генерируется с большими ошибками. Поэтому транзистор, управляемый старшим битом, предлагается заменить управляемым тепловым кодом.

Ключевые слова: интегральная схема, управляемый напряжением генератор, электрическая розетка, контур ввода/вывода, тепловой код.

A.A. MARTIROSYAN

A METHOD FOR INCREASING THE ACCURACY OF A VOLTAGE-CONTROLLED OSCILLATOR

A method of increasing the accuracy of a voltage-controlled oscillator (VCO) is presented. The role of VCO is very important in increasing the speed and stability of the mixed signal integrated circuits (IC). For calibrating the output signal of VCO, DAC is used whose master bit's change causes voltage overshoots, and as a result a final signal is formed with a big error, therefore it is proposed to use transistors controlled with a thermal code instead of a transistor controlled with a master bit.

Keywords: integrated circuit, voltage-controlled oscillator, current DAC, input/output node, thermal code.