

Մ.Տ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ա.Ս. ՄԱՀԱԿՅԱՆ

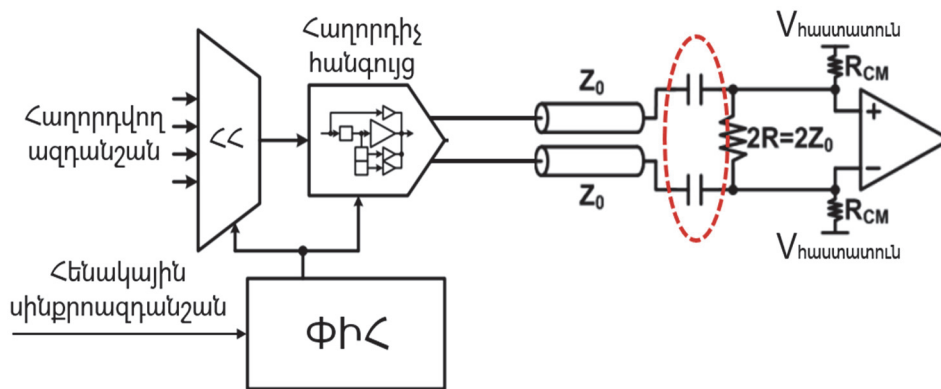
ԸՆԴՈՒՆԻՉ ՀԱՆԳՈՒՅՑՈՒՄ ՀԱՄԱՀԱՐԹԵՑՄԱՆ ՍԽԵՄԱՅԻ ՄՈՒՏՔԱՅԻՆ  
ԼԱՐՄԱՆ ԸՆԴԱՆՈՒՐ ԲԱՂԱԴՐԻՉԻ ԿԱՐԳԱԲԵՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳ

Ներկայացված է տեղեկատվության հաջորդական փոխանցման մուտք-էլք հանգույցների ընդունիչում տեղակայված մուտքային ազդանշանի ընդհանուր բաղադրիչի կարգաբերման համակարգի կառուցման մեթոդ: Ներդրվել է բացասական հետադարձ կապ հաստատուն հաղորդականությամբ հոսանքի աղբյուրի և հաջորդական դիմադրությունների մատրիցի միջև, որը թույլ է տալիս կայունացնել ասինքրոն գծային համահարթեցման սխեմայի մուտքային լարման մակարդակի փոփոխությունը: Ապահովվելով լարման բարձր մակարդակ, հոսանքի աղբյուր հանդիսացող տրանզիստորներն աշխատում են հազեցման ռեժիմում և ապահովում ցածր ուժեղացման գործակից ցածր հաճախականային տիրույթում: Փորձնական տվյալները վկայում են, որ առաջարկված մեթոդի կիրառման դեպքում աշխատանքային հաճախություններում ուժեղացման գործակից շուրջ 4,8% փոքրացման հաշվին համակարգի ուժեղացումը ցածր հաճախություններում նվազել է մոտավորապես 76%-ով:

**Առանցքային բառեր.** բացասական հետադարձ կապ, մուտքային լարման ընդհանուր բաղադրիչ, հաստատուն հաղորդականությամբ հոսանքի աղբյուր:

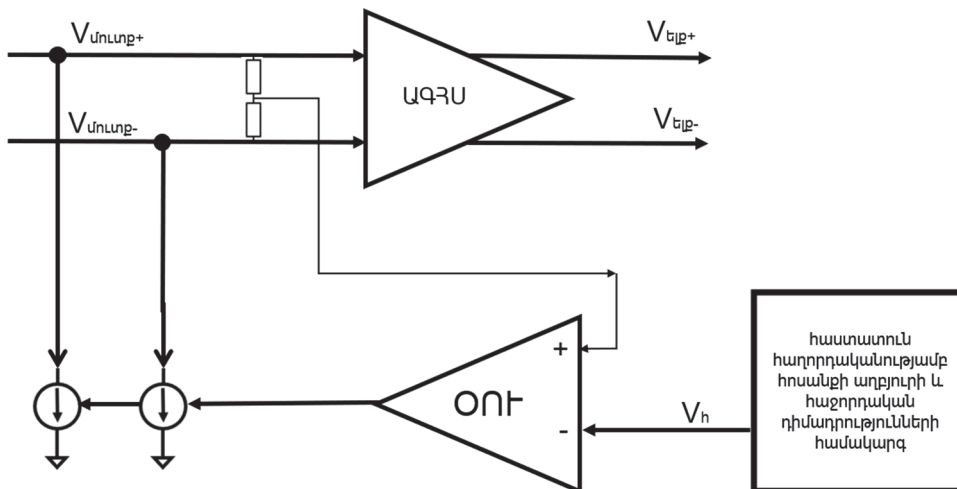
**Ներածություն:** Ժամանակակից հաջորդական փոխանցման և ընդունման գերաբազ համակարգերում գերադասելի է հոսքուղում ներդնել բավական մեծ ունակություն, ինչն անցկացնում է ազդանշանի միայն փոփոխական բաղադրիչը [1]: Դրա հիմնական առավելությունը ընդունիչ հանգույցում լարման հաստատուն բաղադրիչի կարգաբերման հնարավորություն ունենալն է: Այն թույլ է տալիս ընդունիչ հանգույցում համահարթեցման սխեմայի մուտքային տրանզիստորները պահել հազեցման ռեժիմում և ապահովել անհրաժեշտ ուժեղացման գործակիցը: Սակայն նման պարագայում անհրաժեշտություն է առաջանում նախապես կողավորել փոխանցվող ինֆորմացիան, որպեսզի կրկնվող բիթերի առկայության դեպքում ապահովվի ազդանշանի փոխանցման հաճախությունը [2]:

Ունակությունը կիրառվում է հոսքուղու վերջում՝ անմիջապես համաձայնեցման հանգույցից առաջ (նկ. 1):



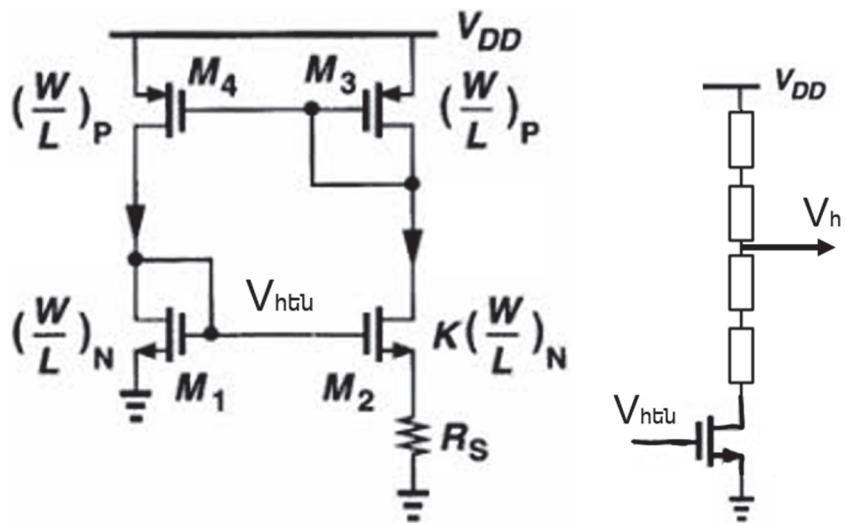
Նկ.1. Մուտք-ելք հանգույցի կառուցվածքը

Ընդունիչ հանգույցում կիրառվում է օպերացիոն ուժեղարարի հիման վրա կառուցված բացասական հետադարձ կապով լարման ընդհանուր բաղադրիչի կարգաբերման համակարգ (նկ. 2) [3]:



Նկ.2. Լարման ընդհանուր բաղադրիչի կարգաբերման համակարգ

Հաշվի առնելով տեխնոլոգիական շեղումները, ինչպես նաև սնման լարման և ջերմաստիճանի փոփոխությունները, համակարգում հենակային լարումը ստացվում է հաստատուն հաղորդականությամբ հոսանքի աղբյուրի և հաջորդական դիմադրությունների միջոցով (նկ. 3) [4]:



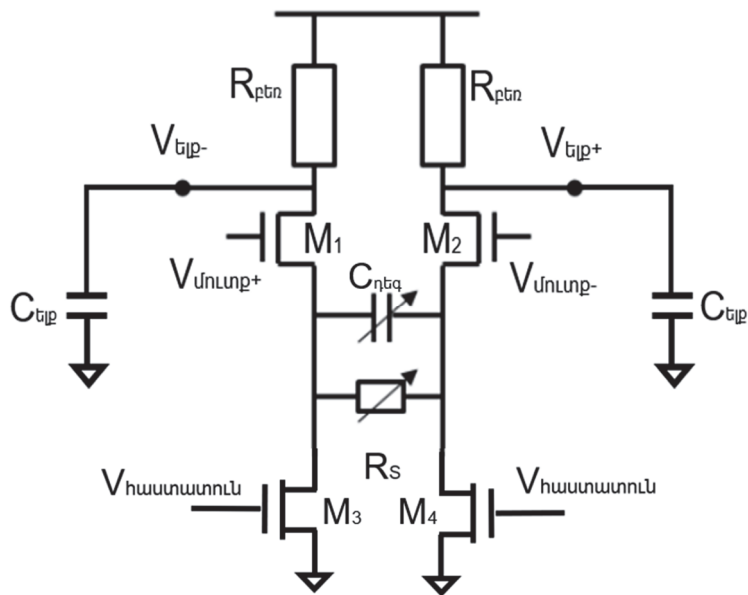
Նկ.3. Հաստատուն հաղորդականությամբ հոսանքի աղբյուրի և հաջորդական դիմադրությունների համակարգ

«M3» և «M4» տրանզիստորներն ապահովում են հավասար հոսանք երկու ճյուղերում: «M1» և «M2» տրանզիստորների չափերի հարաբերակցությունն ու  $R_S$  դիմադրության արժեքը որոշում են հոսանքի արժեքը՝

$$\sqrt{\frac{2 \cdot I_{tP}}{\mu_n \cdot C_{\text{օքսիդ}} \cdot (W/L)_n}} + V_{th1} = \sqrt{\frac{2 \cdot I_{tP}}{\mu_n \cdot C_{\text{օքսիդ}} \cdot (W/L)_n}} + V_{th1} + I_{tP} \cdot R_S, \quad (1)$$

$$I_{tP} = \frac{2 \cdot I_{tP}}{\mu_n \cdot C_{\text{օքսիդ}} \cdot (W/L)_n} \cdot \frac{1}{R_S^2} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{K}}\right)^2 : \quad (2)$$

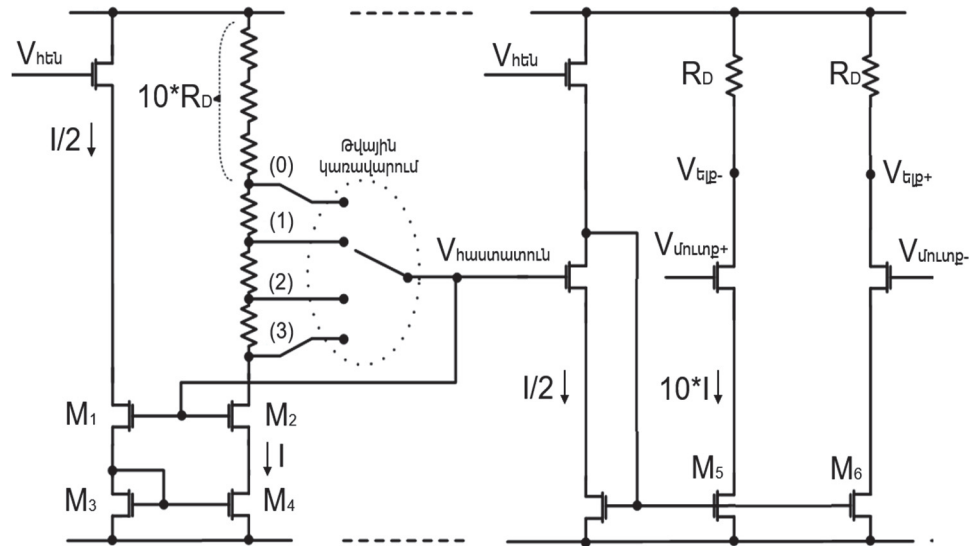
**Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը:** Լարման ընդհանուր բաղադրիչի կարգաբերման համակարգի նպատակն է անկյունային բոլոր դեպքերում ապահովել ասինքրոն գծային համահարթեցման սխեմայի (ԱԳՀՍ) տրանզիստորների աշխատանքային ռեժիմը (նկ. 4) [5]:



Նկ. 4. Ասինքրոն զծային համահարթեցման սխեման

Ներկայիս տեխնոլոգիական և արտաքին պայմանների շեղումների դեպքում որոշ անկյունային դեպքերում ստացվում են բավական ցածր լարման արժեքներ: Նման պարագայում անհնար է դառնում «M3» և «M4» տրանզիստորները պահել հագեցման ռեժիմում, քանի որ դրանց  $V_{ակունք-արտաքին}$  լարման պաշարը սպառվում է: Դա հանգեցնում է «M3» և «M4» տրանզիստորների հոսքուղու դիմադրության փոքրացմանը, ինչը  $R_{դեգ}$  դիմադրության հետ զուգահեռ միացված լինելով՝ ազդում է ԱԳՀՄ-ի ուժեղացման գործակցի վրա ցածր հաճախություններում: Դա կարող է հանգեցնել ուժեղացման գործակցի կարգաբերման սխալների, ինչպես նաև համակարգի զծայնության նվազման:

Առաջարկվում է կիրառել բացասական հետադարձ կապ հաստատուն հաղորդականությամբ հոսանքի աղբյուրի հաջորդական դիմադրությունների սխեմաների միջև (նկ. 5):



Նկ.5. Համակարգում առաջարկվող բացասական հետադարձ կապը

Մնման լարման բարձր արժեքների դեպքերում «M4», «M5» և «M6» տրանզիստորների  $V_{ակունք-արտաբեր}$  լարման արժեքը կախված է «M2» տրանզիստորի  $V_{փական-ակունք}$  լարման արժեքից՝

$$V_{ակունք-արտաբեր} = V_{հաստատուն} - V_{փական-ակունք} : \quad (3)$$

Մնման լարման ցածր արժեքների դեպքում «M1» և «M2» տրանզիստորների  $V_{փական-ակունք}$  լարման արժեքները տարբերվում են՝

$$V_{փական-ակունք} (M2) = V_{անցումային} , \quad (4)$$

$$V_{փական-ակունք} (M1) = V_{անցումային} - \Delta V , \quad (5)$$

$$V_{փական-ակունք} (M3) = V_{անցումային} - \Delta V : \quad (6)$$

Հաշվի առնելով, որ «M1» և «M2» տրանզիստորների  $V_{փական}$  լարումը ընդհանուր է, կարելի է հավասարեցնել այդ երկու ճյուղերով լարման անկումների գումարները՝

$$V_{փական-ակունք} (M2) + V_{ակունք-արտաբեր} (M4) = V_{փական-ակունք} (M1) + V_{փական-ակունք} (M3) , \quad (7)$$

$$V_{անցումային} + V_{ակունք-արտաբեր} (M4) = 2 \cdot V_{անցումային} - 2 \cdot \Delta V : \quad (8)$$

Հետևաբար՝ «M4», «M5» և «M6» տրանզիստորների  $V_{ակունք-արտաբեր}$  լարման արժեքը ստացվում է առավել բարձր և ապահովում դրա հագեցման պայմանը՝

$$V_{ակունք-արտաբեր} = V_{անցումային} - 2 \cdot \Delta V : \quad (9)$$

Արդյունքում ապահովվում է նաև ԱԳՀՄ-ում հոսանքի աղբյուրի հագեցման պայմանը նաև սնման լարման ցածր արժեքների դեպքում:

**Հետազոտության արդյունքները:** Առաջարկվող սխեման նախագծվել է «ՄԱՈԻԴ 14նմ» տեխնոլոգիայով [6] և «Custom compiler» ծրագրային գործիքի միջոցով [7]: Մոդելավորումը կատարվել է «HSPICE» ծրագրային գործիքի միջոցով [8]:

Նախագծվել են ԱԳՀՄ և մուտքային ազդանշանի ընդհանուր բաղադրիչի կարգաբերման համակարգի հանգույցները:

Կատարվել է սխեմայի մոդելավորում հաստատված վիճակում, և չափվել են ԱԳՀՄ-ի հոսանքի աղբյուր հանդիսացող տրանզիստորների պարամետրերը մեթոդի կիրառումից առաջ և հետո (աղ. 1,2):

Աղյուսակ 1

ԱԳՀՄ-ի հոսանքի աղբյուր հանդիսացող տրանզիստորների պարամետրերը մեթոդի կիրառումից առաջ

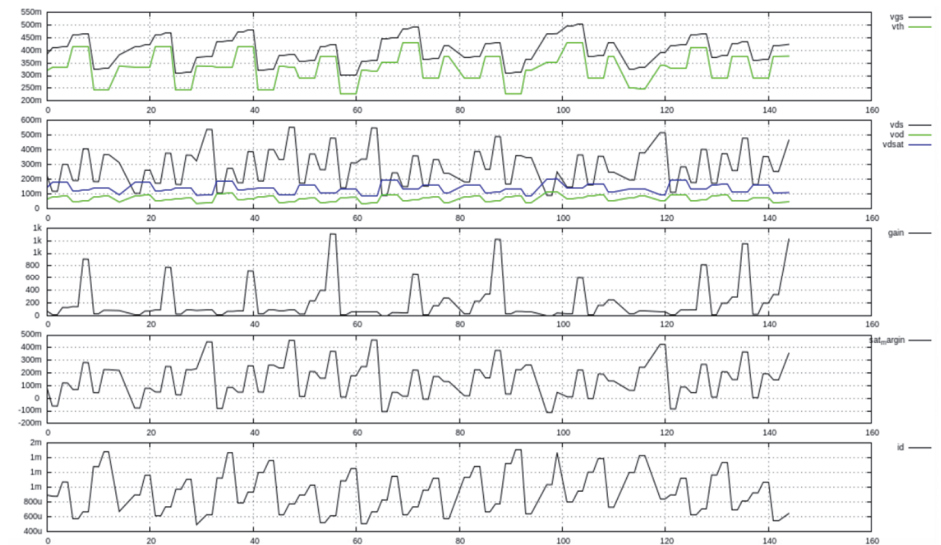
| M <sub>s</sub> /M <sub>0</sub> | gm <sub>id</sub> | gain   | sat margin | gds    | gm     | v <sub>od</sub> | v <sub>dsat</sub> | v <sub>th</sub> | v <sub>ds</sub> | v <sub>gs</sub> | i <sub>d</sub> |
|--------------------------------|------------------|--------|------------|--------|--------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| MAX                            | 32.85            | 1.32k  | 0.46       | 7.11m  | 27.72m | 114.10m         | 203.30m           | 0.43            | 0.56            | 0.51            | 1.52m          |
| MIN                            | 11.36            | 1.65   | -113.44m   | 12.56u | 10.26m | 33.82m          | 86.23m            | 226.40m         | 89.06m          | 301.60m         | 0.49m          |
| AVERAGE                        | 20.48            | 213.78 | 145.29m    | 0.74m  | 18.25m | 69.12m          | 139.93m           | 0.33            | 285.22m         | 0.40            | 0.94m          |
| STD                            | 5.47             | 0.32k  | 143.01m    | 1.34m  | 3.80m  | 19.62m          | 31.56m            | 60.55m          | 124.12m         | 54.65m          | 281.92u        |

Աղյուսակ 2

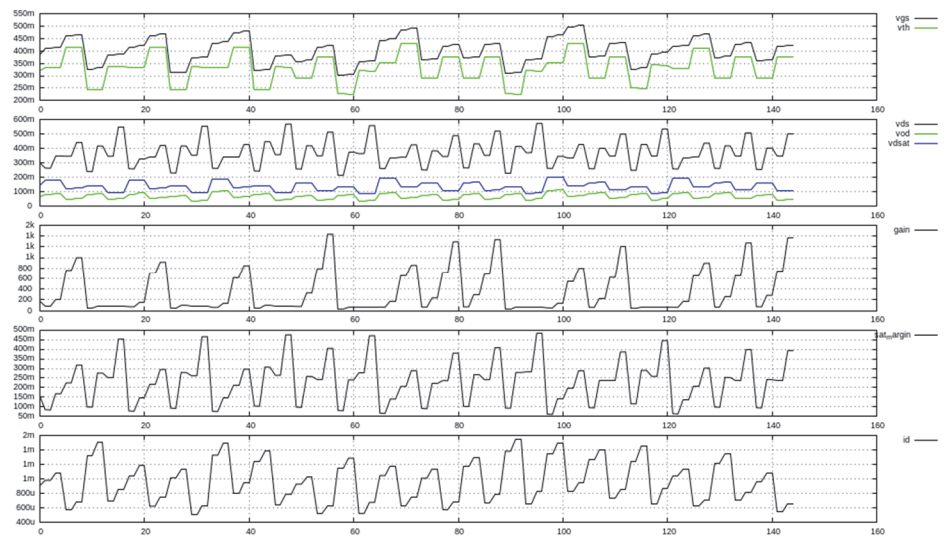
ԱԳՀՄ-ի հոսանքի աղբյուր հանդիսացող տրանզիստորների պարամետրերը մեթոդի կիրառումից հետո

| M <sub>s</sub> /M <sub>0</sub> | gm <sub>id</sub> | gain  | sat margin | gds     | gm     | v <sub>od</sub> | v <sub>dsat</sub> | v <sub>th</sub> | v <sub>ds</sub> | v <sub>gs</sub> | i <sub>d</sub> |
|--------------------------------|------------------|-------|------------|---------|--------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| MAX                            | 32.64            | 1.43k | 0.48       | 0.72m   | 28.23m | 114.40m         | 203.40m           | 0.43            | 0.57            | 0.51            | 1.55m          |
| MIN                            | 13.12            | 33.79 | 60.50m     | 11.64u  | 13.80m | 34.66m          | 86.45m            | 225.80m         | 212.00m         | 301.50m         | 0.51m          |
| AVERAGE                        | 21.29            | 0.36k | 233.76m    | 192.57u | 19.21m | 67.74m          | 136.71m           | 0.33            | 0.37            | 0.40            | 0.96m          |
| STD                            | 5.47             | 0.40k | 115.05m    | 174.10u | 3.44m  | 19.72m          | 32.62m            | 58.37m          | 94.52m          | 52.55m          | 295.04u        |

ԱԳՀՄ-ի հոսանքի աղբյուր հանդիսացող տրանզիստորների պարամետրերի արժեքները առավել մանրամասն ներկայացված են գրաֆիկական տեսքով (նկ. 6):



ա)



բ)

Նկ. 6. U92U-ի հոսանքի աղբյուր հանդիսացող տրանզիստորների պարամետրերը մեթոդի կիրառումից առաջ (ա) և հետո (բ)

Համակարգի ուժեղացման գործակցի և գծայնության փոփոխության գնահատման նպատակով կատարվել է նաև հաճախականային և ժամանակային մոդելավորում: Արդյունքներն ամփոփված են աղ. 3-ում:

## Համակարգի ամփոփ արդյունքները

|                                                                 | Մեթոդի<br>կիրառումից առաջ | Մեթոդի կիրառումից<br>հետո | Տարբերություն |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| Ուժեղացման<br>գործակիցի<br>նվազագույն արժեքը<br>5 ԳՀԳ-ում (ՊԲ)  | 6,35                      | 6,04                      | -0,31 (-4,8%) |
| Ուժեղացման<br>գործակիցի<br>նվազագույն արժեքը<br>4 ԳՀԳ-ում (ՊԲ)  | 6,86                      | 6,7                       | -0,16 (-2,3%) |
| Ուժեղացման<br>գործակիցի<br>նվազագույն արժեքը<br>10 ՄՀԳ-ում (ՊԲ) | -1,81                     | -3,2                      | 1,39 (-76,7%) |
| 1 ՊԲ սեղմման<br>կետում ելքային<br>ազդանշանի<br>մակարդակը (ՄԿ)   | 146,8                     | 164,3                     | 17,5 (+11,9%) |

Աղ. 3-ում բերված արժեքները վկայում են, որ համակարգի ուժեղացման գործակիցի նվազագույն արժեքը փոքրացել է 76%-ով, իսկ ուժեղացման գործակիցը՝ աշխատանքային հաճախություններում շուրջ 5%-ով: Մեծացել է նաև համակարգի գծայնությունը շուրջ 12%-ով:

**Եզրակացություն:** Հաստատուն հաղորդականությամբ հոսանքի աղբյուրի և հաջորդական դիմադրությունների համակարգում առաջարկվող բացասական հետադարձ կապի ներդրմամբ լուծվում է ԱԳՀՄ-ում առկա հոսանքի աղբյուր հանդիսացող տրանզիստորների հազեցման պայմանի ապահովման խնդիրը, որը հանգեցնում է ընդհանուր համակարգի ուժեղացման գործակցի նվազմանը ցածր հաճախություններում և ուժեղարարի գծայնության մեծացմանը: Մեթոդի կիրառմամբ հնարավոր է դարձել համակարգի ուժեղացման գործակիցը ցածր հաճախություններում նվազեցնել ~76,7%-ով՝ աշխատանքային հաճախություններում համակարգի ուժեղացման գործակցի շուրջ 4,8% փոքրացման հաշվին:

*Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ Գիտության կոմիտեի ֆինանսական աջակցությամբ՝ 21T-2B002 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:*

## ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Boye J., Mizes A., Funk L.** 11b/14b Encoding—A Fault Tolerant, DC-Balanced Line Code for AC-Coupled Channel Link Transceivers // 2019 IEEE Aerospace Conference. – 2019. - P. 1-11.
2. 2019. Universal Serial Bus 3.1 Specification, Revision 1.0. – 2013. - 631p. [https://manuals.iessanclemente.net/images/b/bc/USB\\_3\\_1\\_r1.0.pdf](https://manuals.iessanclemente.net/images/b/bc/USB_3_1_r1.0.pdf) (accessed on 14.03.2019).
3. 16 Gb/s receiver with DC wander compensated rail-to-rail AC coupling and passive linear-equalizer in 22 nm CMOS / **P.A. Francese, T. Toifl, M. Brändli, et al** // ESSCIRC 2014-40th European Solid State Circuits Conference (ESSCIRC). – 2014. -P. 435-438
4. **Shen, Y., Zhang, R.** Constant-gm bias circuit without off-chip components // 2016 13th IEEE International Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology (ICSICT). – 2016. -P. 1309-1311
5. Two Stage CTLE For High Speed Data Receiving / **M.T. Grigoryan, A.A. Atanesyan, G.H. Hakobyan, et al** // 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). – 2020. – P. 374-377.
6. **Melikyan V., Martirosyan M., Piliposyan G.** 14nm Educational Design Kit: Capabilities, Deployment and Future // Small Systems Simulation Symposium. - 2018. - P. 37-41.
7. Galaxy Custom Designer Schematic Editor User Guide, Synopsys Inc. - 2014. -236p.
8. HSPICE Reference Manual, Synopsys Inc.- 2018. -968p.

«Մինոփսիս Արմենիա» ՓԲԸ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 20.12.2022:

**М.Т. ГРИГОРЯН, А.С. СААКЯН**

## **СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБЩЕЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ВХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ СХЕМЫ ЭКВАЛАЙЗЕРА В ПРИЕМНОМ УЗЛЕ**

Представлен метод построения системы настройки общей составляющей входного сигнала, расположенной в приемнике высокоскоростной системы передачи данных. Введена отрицательная обратная связь между источником тока с постоянной проводимостью и матрицей последовательных резисторов, позволяющая стабилизировать изменение уровня входного напряжения схемы асинхронного линейного эквалайзера. Транзисторы источника тока, обеспечивая высокий уровень напряжения, работают в режиме насыщения, что позволяет обеспечить низкий коэффициент усиления в диапазоне низких частот. Экспериментальные данные подтверждают, что в случае использования предложенного метода усиление системы на низких частотах уменьшилось примерно на 76% за счет снижения коэффициента усиления на рабочих частотах примерно на 4,8%.

**Ключевые слова:** отрицательная обратная связь, общая составляющая входного напряжения, источник постоянного тока проводимости.

**M.T. GRIGORYAN, A.S. SAHAKYAN**

**A SYSTEM FOR REGULATING THE COMMON COMPONENT OF THE  
INPUT VOLTAGE IN A RECEIVER**

A method of building a system for adjusting the common mode variation of the input signal of the receiver in SERDES systems is presented. A negative feedback connection between the current source with constant conductivity and the matrix of series resistors is introduced, which allows to decrease the variation of common mode voltage level of the continuous time linear equalizer circuit. By providing a high voltage level, the current source transistors operate in the saturation mode and provide a low gain in the low frequency range. The simulation results show that in the case of using the proposed method, the amplification of the system at low frequencies decrease by approximately 76% due to the reduction of the amplification factor at working frequencies by about 4.8%.

**Keywords:** negative feedback, common input voltage component, constant conductance current source.