

Դ.Տ. ՄԱԼԺՅԱՆ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ШУМА В ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ СО СМЕШАННЫМИ СИГНАЛАМИ

В современных вычислительных системах широко используются интегральные схемы со смешанными сигналами, где обнаружение и устранение шумов является одним из важнейших требований для обеспечения точной работы системы. Исследуются основные источники и методы обнаружения и устранения фликкерных шумов (низкочастотных шумов) в интегральных схемах со смешанными сигналами.

Ключевые слова: интегральные схемы со смешанными сигналами, шум, фликкерный шум, низкочастотный шум.

D.S. SHALJYAN

RESEARCH OF THE BASIC METHODS OF NOISE DETECTION IN MIXED-SIGNAL INTEGRATED CIRCUITS

In modern computing systems mixed-signal integrated circuits are widely used, where the noise detection and elimination are the most important requirements for the ensuring precise system operation. The main sources and the basic detection and elimination methods of the Flicker noise (low frequency noise) in mixed-signal integrated circuits are studied.

Keywords: mixed-signal integrated circuits, noise, Flicker noise, low-frequency noise.

ՀՏԴ 621.3.049.77

Ս.Ա. ԱՎՈՒՇՅԱՆ

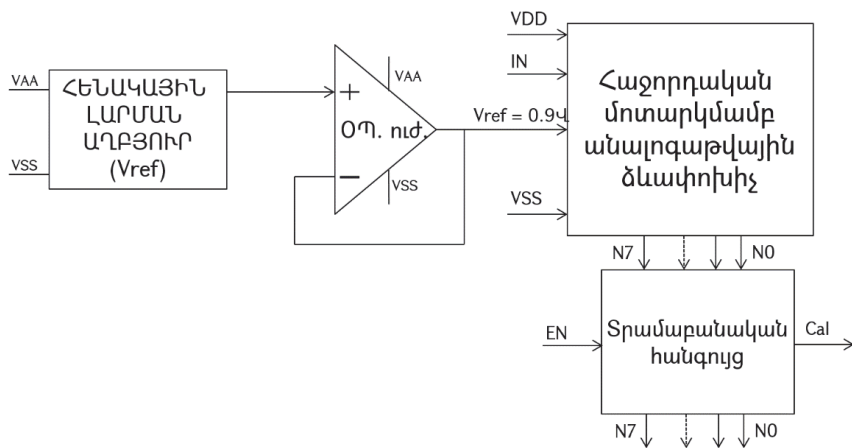
ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՍԽԵՄԱՆԵՐԻ ՀԱՂՈՐԴԻՉ-ԸՆԴՈՒՆԻՉ ՀԱՆԳՈՒՅՑՆԵՐՈՒՄ ՄՆՄԱՆ ԼԱՐՄԱՆ ՇԵՂՄԱՆ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՈՒՄԸ

Ինտեգրալ սխեմաների (ԻՍ) հաղորդիչ-ընդունիչ հանգույցների արագագործության սահմանափակիչ գործոններ են հանդիսանում գործընթացի, լարման և ջերմաստիճանի (ԳԼՋ) պայմանների փոփոխությունները: Արագագործության բարձրացման նպատակով առաջարկված է սնման լարման արժեքի շեղման հայտնաբերման և գնահատման համակարգ, որը թույլ է տալիս ինտեգրալ սխեմայի աշխատանքի ողջ ընթացքում հետևել լարման արժեքի փոփոխություններին և անհրաժեշտության դեպքում ուղարկել կարգաբերման ազդանշան համապատասխան համակարգերին:

Առանցքային բաներ. ինտեգրալ սխեմա, արագագործություն, ջերմաստիճան, սնման լարում, տեխնոլոգիական գործընթաց, համակարգ:

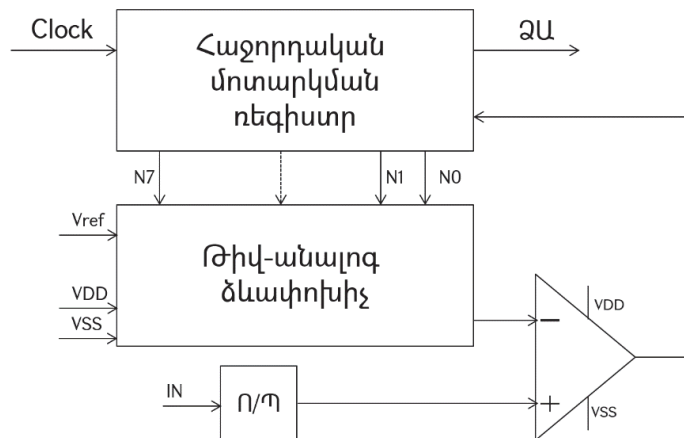
Գեգահերցային հաճախությունների տիրույթում աշխատող ԻՍ-երում, կառուցվածքային առանձնահատկություններից զատ, հաղորդիչ-ընդունիչ հանգույց-

ների արագագործության սահմանափակիչ գործոն են հանդիսանում ԳԼՋ պայմանների փոփոխությունները [1]: Այս փոփոխությունները կարող են նույնիսկ խափանել ինտեգրալ սխեմայի ֆունկցիոնալությունը որոշակի աշխատանքային պայմաններում: Սովորաբար ԻՍ-երի աշխատանքային պարամետրերի կարգաբերումներն իրականացվում են սխեման մեկնարկելիս, ինչից հետո ԻՍ-ն շարունակում է իր աշխատանքը նորմալ ռեժիմում, իսկ կարգաբերման համակարգերն անջատվում են: Սակայն ԻՍ-ի աշխատանքի ընթացքում ԳԼՋ փոփոխությունները կարող են հանգեցնել աշխատանքային պարամետրերի՝ իրենց սկզբնական արժեքներից շեղման, ինչը ուղղակի կամ անուղղակի ձևով կազդի հաղորդիչ-ընդունիչ հանգույցների արագագործության վրա: Այս հանգույցների արագագործության բարձրացման նպատակով, առաջին հերթին, անհրաժեշտ է հայտնաբերել և գնահատել ԳԼՋ պայմանների փոփոխությունները և կատարել համապատասխան կարգաբերումներ: Աշխատանքում առաջարկված է հաղորդիչ-ընդունիչ հանգույցներում սնման լարման արժեքի շեղման հայտնաբերման և գնահատման համակարգ, որը թույլ է տալիս ԻՍ-ի աշխատանքի ողջ ընթացքում հետևել լարման արժեքի փոփոխություններին և անհրաժեշտության դեպքում ուղարկել կարգաբերման ազդանշան համապատասխան համակարգերին: Համակարգն աշխատում է՝ հիմնվելով ԳԼՋ փոփոխվող պայմաններում կայուն հենակային լարման արժեքի վրա: Ներկայացված են առաջարկվող համակարգի առավելությունները, թերությունները, ինչպես նաև ազդեցությունը հաղորդիչ-ընդունիչ հանգույցների արագագործության վրա: Սնման լարման շեղումների հայտնաբերումն իրականացվում է թվային և անալոգային հանգույցների միջոցով: Համակարգի կառուցվածքը ներկայացված է նկ. 1-ում:



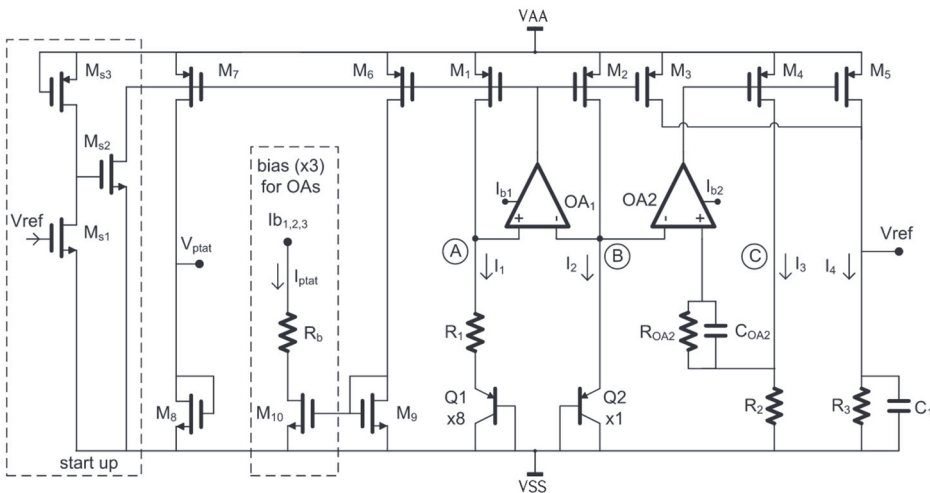
Նկ. 1. Հաղորդիչ-ընդունիչ հանգույցներում սնման լարման շեղման հայտնաբերման սխեման

Անալոգային հանգույցը հայտնաբերում է սնման լարման շեղումները, իսկ թվային հանգույցը կատարում է համեմատություն անվանական արժեքի հետ: Որպես հենակային արժեք ընդունվում է ԻՍ մեկնարկի պահին սնման լարման արժեքը: Տվյալ պահի համար կատարվում են ԻՍ համապատասխան կարգաբերումները: Մեկնարկի պահին սնման լարման արժեքը երկուական կոդի տեսքով պահպանվում է թվային հանգույցի ռեգիստրում: Այնուհետև շեղված սնման լարումը՝ երկուական կոդի տեսքով, տրամաբանական թվային հանգույցում, համեմատվում է պահպանված սկզբնական արժեքի հետ: Լարումների փոխակերպումը երկուական տեսքի իրականացվում է անալոգաթվային ձևափոխիչով (ԱԹՁ): Սնման լարման անվանական արժեքից շեղվելու դեպքում փոխվում է ԱԹՁ-ի ելքային կոդը (նկ. 2): Եթե անվանական կոդի հետ համեմատելիս լինում է տարբերություն, տրամաբանական հանգույցի միջոցով ձևավորվում է CAL ազդանշանը, որը ԱԹՁ-ի ելքային կոդի հետ միասին փոխանցվում է կարգաբերման համակարգերը կառավարող տրամաբանական հանգույցին: Անհրաժեշտության դեպքում մեկնարկում են մեկ կամ մի քանի համակարգեր՝ ԻՍ պարամետրերը անվանականին վերադարձնելու նպատակով: Համակարգի ճշգրիտ աշխատանքն ապահովելու համար ԱԹՁ-ն սնվում է հենակային լարման աղբյուրից, որը ջերմաստճանի, տեխնոլոգիական գործընթացի և սնման լարման հնարավոր բոլոր շեղումների դեպքում ապահովում է 0,9Վ լարում (V_{ref})՝ առավելագույնը 0.9% շեղումով [2]: Օպերացիոն ուժեղարարը կատարում է կրկնիչի դեր: Դրա շեղումները ԳԼՋ փոփոխությունների նկատմամբ չնչին են, և ազդեցությունը համակարգի վրա անտեսված է [3]: Հենակային լարման աղբյուրի և օպերացիոն ուժեղարարի սնման լարման անվանական արժեքը 1,2Վ է (VAA):



Նկ. 2. Հաջորդական մոտարկմամբ անալոգաթվային ձևափոխիչը

Օգտագործվել է հաջորդական մոտարկմամբ ԱԹՁ [4], որը անհրաժեշտության դեպքում հնարավորություն է տալիս ստանալ ավելի բարձր ճշգրտություն՝ առանց սպառման հզորության և զբաղեցրած մակերեսի զգալի մեծացման: Համեմատած այլ տեսակի ԱԹՁ-երի հետ՝ ցածր է դրա արագագործությունը, ինչը չի ազդում համակարգի աշխատանքի արդյունավետության վրա: ԱԹՁ-ն կառուցված է այնպես, որ ելքային երկուական կոդերն ընդգրկեն դիտարկվող սնման լարման (IN) առավելագույն շեղումները: Աշխատանքում սնման լարման անվանական արժեքը 0,7V է (VDD), որը ԻՍ աշխատանքի ընթացքում կարող է ունենալ +/- 10% շեղում և փոփոխվել (0,63-0,77V) միջակայքում: Սնման լարման 0,5մV շեղման դեպքում ԱԹՁ-ի ելքային կոդը փոխվում է 1 բիթով: Կիրառված հենակային լարման աղբյուրի սխեմայում [2] (նկ. 3) կատարվել են անհրաժեշտ փոփոխություններ՝ ցանկալի հենակային լարման արժեք ստանալու համար:



Նկ. 3. Հենակային լարման աղբյուրը

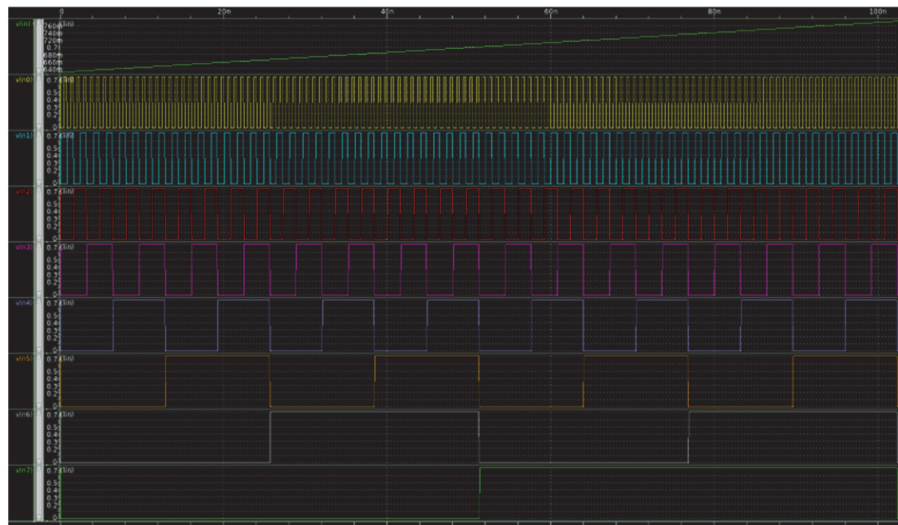
Առաջարկվող համակարգը հնարավորություն է տալիս հայտնաբերել սնման լարման չնչին փոփոխությունները և կրկին գործարկել ԻՍ-ում առկա կարգաբերման համակարգերը: ԱԹՁ-ն սնման լարումը փոխակերպում է 8-բիթ թվային կոդի, իսկ տրամաբանական հանգույցը կատարում է այդ կոդի և ԻՍ մեկնարկի պահին եղած կոդի համեմատություն: Անհավասարության հայտնաբերման դեպքում ձևավորվում CAL ազդանշանը, որը ԱԹՁ-ի ելքային կոդի հետ փոխանցվում է կարգաբերման համակարգերը կառավարող տրամաբանական հանգույց:

EN զրոյացնող ազդանշանը համակարգը պահում է անջատված, քանի դեռ այն ակտիվ չէ: CAL ազդանշանը և սնման լարման մեկնարկային արժեքը պահպանող ռեգիստրի արժեքները զրոներ են: Երբ EN ազդանշանն ակտիվանում է,

համակարգն անցնում է աշխատանքային ռեժիմ, տրամաբանական հանգույցը պահպանում է ԱԹՁ-ի ելքային արժեքը: Համեմատությունը ելքային կողմի և մեկնարկի պահին լարման արժեքի հետ կատարվում է անընդհատ, և անգամ 1 բիթ տարբերություն հայտաբերելու դեպքում CAL ազդանշանն ակտիվանում է: ԱԹՁ-ի տվյալ պահի ելքային կողմը փոխանցվում է կարգաբերման համակարգերը կառավարող հանգույցին, իսկ համակարգը շարունակում է իր աշխատանքը:

Համակարգը մշակվել և մոդելավորվել է 14նմ տեխնոլոգիական գործընթացով, օգտագործելով Hspice ծրագրային գործիքը [5]: Ելնելով մոդելավորման արդյունքներից՝ ԱԹՁ-ն չի փոխում իր ելքային կողմը դիտարկվող IN մուտքային լարման արժեքի դեպքում: Հենակային լարման աղբյուրի բարձր կայունությունն ապահովվում է ԱԹՁ-ի սխալ փոխանջատումների բացակայությամբ:

ԱԹՁ-ի ելքային ազդանշանը մուտքային IN սնման լարման փոփոխման տիրույթում (0,63-0,77 Վ) բերված է նկ. 4-ում: Նկարից երևում է, որ ԱԹՁ-ի ելքային կողմը մուտքային լարման դիտարկվող տիրույթում ներառում է հնարավոր 256 կոմբինացիաները: Համակարգի ճշտությունը կարելի բարձրացնել՝ մեծացնելով ԱԹՁ-ի բիթայնությունը: 8 բիթ ելքային կողմի պարագայում համակարգը հայտնաբերում է մուտքային լարման 0,5մՎ շեղումը:



Նկ. 4. ԱԹՁ-ի ելքային ազդանշանի փոխանջատումները դիտարկվող սնման լարման փոփոխման միջակայքում

Մշակվել է սնման լարման անվանական արժեքի շեղումը հայտնաբերող և գնահատող անալոգաթվային համակարգ, որը ԻՍ-ի աշխատանքի ամբողջ ընթացքում հետևում է լարման շեղումներին և ակտիվացնում է կարգաբերման համակարգերը կառավարող տրամաբանական հանգույցը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Palermo S.** High-speed serial I/O design for channel-limited and power-constrained systems // CMOS Nanoelectronic Analog and RF VLSI Circuits / K. Iniewski. - NY: McGraw-Hill, 2011, Jun 22 - P. 289-336.
2. **Souliotis G., Plessas F., Vlassis S.** A high accuracy voltage reference generator // Microelectronics journal. – 2018, May 1. – 75. - P. 61-67.
3. **Karuppanan P., Ghosh SR., Khan K., Bikki PK.** A fully differential operational amplifier with slew rate enhancer and adaptive bias for ultra low power // Journal of Low Power Electronics. – 2017, Mar 1. - 13(1). -P. 67-75.
4. **Kull L.** A 24–72-GS/s 8-b time-interleaved SAR ADC with 2.0–3.3-pJ/conversion and > 30 dB SNDR at Nyquist in 14-nm CMOS FinFET // IEEE Journal of Solid-State Circuits. – 2018, Aug 14. - 53(12). -P. 3508-3516.
5. HSPICE. Simulation and Analysis User Guide. Synopsys, 2013.

Տ.Ա. ԱՎՍԻԱՆ

ОБНАРУЖЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ В УЗЛАХ ПЕРЕДАЧИ-ПРИЕМА ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Ограничительными факторами быстродействия узлов передачи-приема в интегральных схемах являются флуктуации условий процесса, напряжения и температуры. Для повышения быстродействия предложена система обнаружения и оценки флуктуации напряжения питания, которая позволяет во всем промежутке работы интегральной схемы следить за флуктуациями напряжения и, при необходимости, генерировать сигнал калибровки для соответствующих систем.

Ключевые слова: интегральная схема, быстродействие, температура, напряжение питания, технологический процесс, система.

S.A. AVUSHYAN

DETECTING THE SUPPLY VOLTAGE DEVIATIONS IN TRANSMITTER-RECEIVER NODES OF INTEGRATED CIRCUITS

The speed and performance of transmitter-receiver nodes in integrated circuits (IC) are limited by variations of the process, voltage, and temperature (PVT) conditions. To improve the operating speed, a system is proposed for detecting and evaluating the supply voltage deviations, which allows to monitor variations of supply voltage during the whole period of operation of the integrated circuit and send a calibration signal to appropriate systems, if necessary.

Keywords: integrated circuit, speed, temperature, supply voltage, technology process, system.