

Կ.Օ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Գ.Շ. ՄԵԼԻՔՅԱՆ

ԴԻՆԱՄԻԿ ՀԱՌՈՐՈՒԹՅԱՆ ՓՈՔՐԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴ ԿՄՕԿ ԳԵՐՄԵԾ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՍԽԵՄԱՆԵՐԻ ՏՐԱՄԱԲԱՆԱԿԱՆ ՇՂԹԱՆԵՐՈՒՄ

Հետազոտվել են դինամիկ հզորության նվազեցման եղանակները: Առաջարկվել է ԿՄՕԿ գերմեծ ինտեգրալ սխեմաների տրամաբանական շղթաներում դինամիկ հզորության փոքրացման մեթոդ՝ տարբեր հոսքուղու երկարությամբ ինվերտորների օգտագործմամբ:

Առանցքային բառեր. մոդելավորում, հզորություն, հոսքուղի, հապաղում:

Ներածություն: Միկրոէլեկտրոնային տեխնոլոգիաների ոլորտի առաջընթացը պայմանավորում է Ժամանակակից գերմեծ ինտեգրալ սխեմաների (ԳՄԻՍ) ինտեգրացման և տակտային հաճախականության աճը: Դա թույլ է տալիս մեկ բյուրեղում ստեղծել ավելի արագագործ և ֆունկցիոնալ բարդ սարքեր: Սակայն այդ առաջընթացն իր հերթին առաջ է բերում լուծումներ պահանջող նոր խնդիրներ, որոնցից է ցածր ցրման հզորության ապահովումը: Այդ խնդրի լուծման համար ներկայումս կիրառվում են տարբեր արդյունավետությամբ մի շարք մեթոդներ:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Աշխատանքը նվիրված է ԿՄՕԿ ԳՄԻՍ-երի ցրման հզորության աղբյուրների, դրանց փոքրացման մեթոդների և բաղադրիչների հետազոտման հարցերին, ինչպես նաև տրամաբանական շղթաներում դինամիկ ցրման հզորության փոքրացման մեթոդի մշակմանը, ինչն էլ պայմանավորում է թեմայի արդիականությունը:

Հետազոտության արդյունքները: ԿՄՕԿ ԳՄԻՍ-երի լրիվ սպառման հզորությունը ($P_{\text{ը}}$) պայմանավորված է երկու հիմնական բաղադրիչներով՝ ստատիկ ($P_{\text{ստ}}$) և դինամիկ ($P_{\text{դին}}$):

$$P_{\text{ը}} = P_{\text{ստ}} + P_{\text{դին}}: \quad (1)$$

Ստատիկ հզորությունը ծախսվող հզորությունն է, երբ ԳՄԻՍ-ի հանգույցներում (տրամաբանական շղթաներում) փոխանջատում տեղի չի ունենում (հանգստի վիճակ): Դինամիկ հզորությունը՝ ԳՄԻՍ-ի հանգույցներում փոխանջատումների համար ծախսվող հզորությունն է: Այսինքն՝ $P_{\text{ստ}}$ բաղադրիչը փոփոխման ենթակա չէ, ուստի կքննարկենք $P_{\text{դին}}$ բաղադրիչը:

Դինամիկ հզորությունը՝ $P_{\text{դին}}$, ուղիղ համեմատական է այն $E_{\text{դին}}$ էներգիային, որն անհրաժեշտ է սնման աղբյուրին՝ հանգույցներում վիճակների փոփոխության (ԳՄԻՍ-ում տրամաբանական գործողություն կատարելու) համար: Դինամիկ հզորությունը, բաղկացած երկու բաղադրիչներից՝ տրամաբանական տարրի ելքային ունակությունների վերալիցքավորման և ներքին հզորության, p և n հոսքուղով ՄՕԿ

տրանզիստորների միաժամանակյա բաց լինելու դեպքում հանգույցով հոսող կարճ միացման հոսանքներով պայմանավորված հզորության ծախսն է [1]:

$$E_{hwin}=C_{hwin} U_{hwin}^2 , \quad (2)$$

որտեղ U_{hwin} – ը հանգույցի փոխանջատման համար անհրաժեշտ լարման արժեքն է:
 Հետևաբար՝ f հաճախությամբ փոխանջատման դեպքում հանգույցների հզորությունը կլինի՝

$$P_{hwin}=fE_{hwin} = fC_{hwin} U_{hwin}^2 \quad (3)$$

$$E_{wing}= I_{wing} \Delta t U, \quad (4)$$

որտեղ I_{wing} -ը p և n տիպի տրանզիստորների միաժամանակ բաց լինելու դեպքում հոսող հոսանքի միջին արժեքն է, Δt -ն՝ այն ժամանակը, որի ընթացքում p և n տիպի տրանզիստորները բաց են, U -ն՝ լարման արժեքը:

Հետևաբար, եթե հանգույցները փոխանջատվում են f հաճախությամբ, ապա անցումային հզորությունը կարտահայտվի հետևյալ բանաձևով.

$$P_{wing} = 2I_{wing} \Delta t U f : \quad (5)$$

Դինամիկ ցրվող հզորությունը որոշվում է երկու գործոններով՝ միջանցիկ հոսանքներով, որոնք հոսում են տրամաբանական տարրով՝ նրա փոխանջատման ժամանակ, և տրամաբանական տարրերի պարազիտային ունակությունների լիցքավորման/լիցքաթափման հոսանքներով: Դինամիկ ցրվող հզորության մեծությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$P_f = 1/2 f_n C_L V_{dd}^2,$$

որտեղ f_n -ը ղեկավարող ազդանշանի հաճախությունն է, C_L, V_{dd} - ն՝ համապատասխանաբար շրջիչի ունակությունը և սնման լարումները: Տարրում ցրվող միջին հզորությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով:

$$P_{avg} = \sum_{n=1}^x (E_{in} f_{in}) + \sum_{n=1}^y 1/2 f_{on} C_L V_{dd}^2 + P_{static} ,$$

որտեղ x -ը տարրի մուտքային ելուստների քանակն է, E_{in} -ը՝ յուրաքանչյուր n -րդ մուտքային ելուստի հետ կապված էներգիան, f_{in} -ը՝ n -րդ մուտքային ելուստի վիճակի փոփոխման հաճախականությունը, y -ը՝ տարրի ելքային ելուստների քանակը, f_{on} -ը՝ n -րդ ելքային ելուստի վիճակի փոփոխման հաճախականությունը, P_{static} -ը՝ տարրի ստատիկ ծախսվող հզորությունը:

Հետևաբար, ԳՄԻՍ-ի ծախսած ընդհանուր դինամիկ հզորությունը ուղիղ համեմատական է միավոր ժամանակում փոխանջատվող հանգույցների թվին: Գոյություն ունեն դինամիկ հզորության նվազեցման հետևյալ եղանակները՝

- սնման լարման փոքրացում,
- տրամաբանական հանգույցներում տրանզիստորների քանակի նվազեցում,
- միավոր ժամանակում փոխանջատվող տրանզիստորների քանակի փոքրացում,
- փոխանջատման համար անհրաժեշտ ժամանակի փոքրացում:

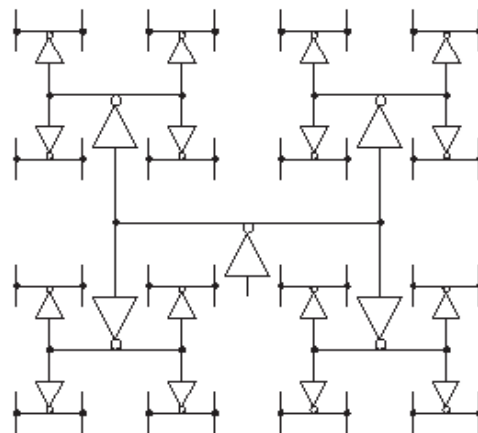
Տեխնոլոգիական պրոցեսների արագընթաց զարգացումը հանգեցնում է նրան, որ տեխնոլոգիական նորմերի փոքրացման դեպքում միավոր մակերեսում ակտիվ տրանզիստորների քանակն ավելանում է, մեծանում են նաև կորստի հոսանքները (փակ տրանզիստորով հոսող հոսանքը): Այս երկու գործոններն ավելի են բարձրացնում դինամիկ հզորության կշիռն ընդհանուր հզորության մեջ՝ առավել ակնառու դարձնելով դինամիկ հզորության արժեքի փոքրացման համար կատարվելիք քայլերի անհրաժեշտությունը [2]: 40-նմ տեխնոլոգիական նորմի դեպքում դինամիկ հզորությունը կազմում է ընդհանուր հզորության 55-65%-ը, այն դեպքում, երբ 60-նմ տեխնոլոգիայի դեպքում այն կազմում է 35-40%-ը: Այսպիսով, դինամիկ հզորությունը խոչընդոտ է դառնում տեխնոլոգիական նորմերի փոքրացման դեպքում: Դինամիկ հզորության վերը դիտարկված նվազեցման մեթոդները դիտարկենք հերթականությամբ:

Սնման լարման փոքրացում. այս մեթոդը լայն կիրառություն ունի և ինտենսիվորեն օգտագործվում է նոր տեխնոլոգիական պրոցեսների դեպքում [3]: Հիմնական թերությունն այն է, որ սնման լարման փոքրացմանը զուգընթաց փոքրանում է նաև տրանզիստորի շեմային լարումը, որը հանգեցնում է կորստի հոսանքների մեծացման (կորստի հզորության), որը նույնպես դինամիկ հզորության բաղադրիչ է:

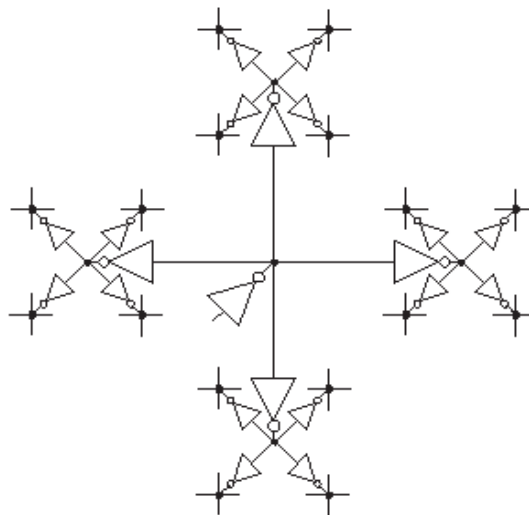
Փոխանջատման համար անհրաժեշտ ժամանակի փոքրացում. այս մեթոդը հիմնականում կախված է արտադրության ժամանակ կիրառվող տեխնոլոգիական լուծումներից:

Տրամաբանական հանգույցներում տրանզիստորների քանակի նվազեցում, միավոր ժամանակում փոխանջատվող տրանզիստորների քանակի փոքրացում. ցանկացած ԳՄԻՍ ունի սինխրոազդանշան, որն ամենաարագ փոխանջատվող ազդանշանն է: Ինչպես հետևում է վերը նշվածից, դինամիկ հզորությունը ուղիղ համեմատական է փոխանջատվող տարրերի (տրանզիստորների) քանակին [4]: Այսպիսով, սինխրոազդանշանի տարածումը ԳՄԻՍ-ում կարևոր նշանակություն ունի, դինամիկ հզորության տեսանկյունից կարևոր է տարրերի քանակը, որով տարածվում է սինխրոազդանշանը ԳՄԻՍ-ում: Այն հիմնականում տարածվում է բուֆերների կամ ինվերտորների միջոցով: Ամենահայտնի մեթոդները, որով սինխրոազդանշանը տարածվում է ԳՄԻՍ-ներում՝ H (նկ.1) և X (նկ.2) ծառերի կառուցվածքներն են:

Դիտարկենք սինխրոազդանշանի տարածման ճանապարհի վրա բուֆերների և ինվերտորների քանակի կախվածությունը դինամիկ հզորությունից: Առաջարկվում է սինխրոազդանշանի ճանապարհին բուֆերների և ինվերտորների քանակի նվազեցման մեթոդ: Այդ նպատակով օգտագործվում են հոսքուղու տարբեր երկարություններով բուֆերներ և ինվերտորներ: Սինխրոազդանշանի ճանապարհին ինվերտորների և բուֆերների քանակի փոքրացմամբ լուծում ենք դինամիկ հզորության փոքրացման համար անհրաժեշտ երկու հիմնական բաղադրիչների՝ տրամաբանական հանգույցներում տրանզիստորների քանակի և միավոր ժամանակում փոխանցատվող տրանզիստորների քանակի նվազեցումը:



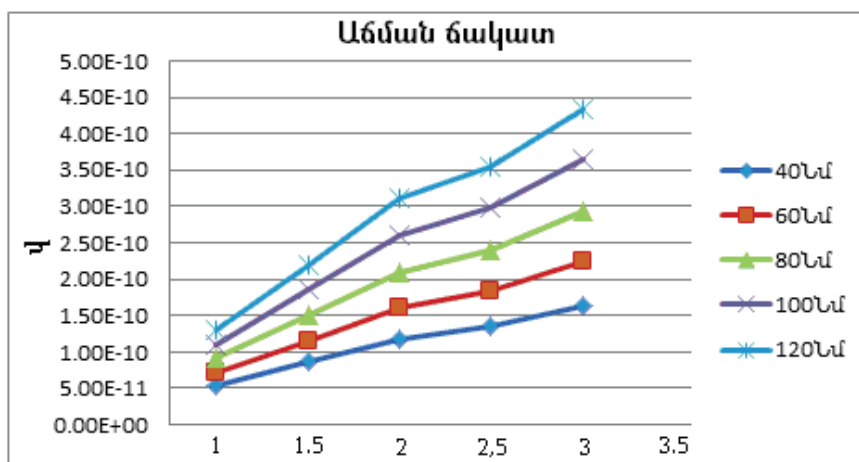
Նկ. 1. ԳՄԻՍ-ներում սինխրոազդանշանի տարածման H ծառի կառուցվածքը



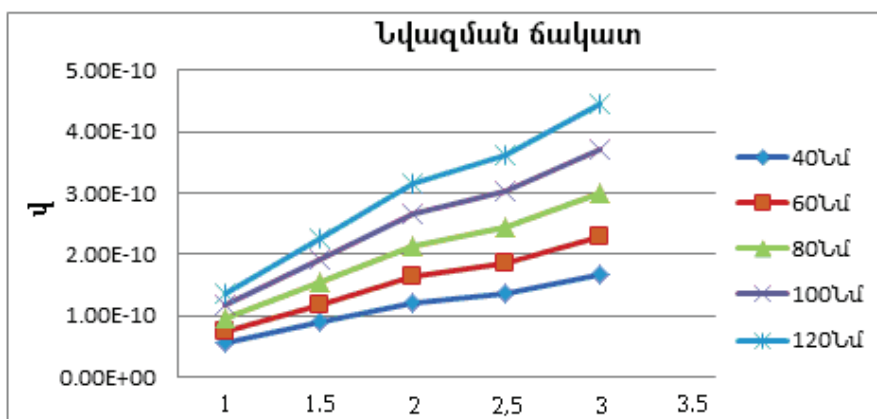
Նկ. 2. ԳՄԻՍ-ներում սինխրոազդանշանի տարածման X ծառի կառուցվածքը

Դիտարկենք սինխրոազդանշանի տարածումը 20 ինվերտորների միջոցով: Ակնհայտ է, որ 1-ին և 20-րդ ինվերտորների միջև սինխրազդանշանի հապաղումները նույն ճակատի դեպքում էականորեն կտարբերվեն: Կիրառվել է ստանդարտ քջիջների գրադարան 40Նմ տեխնոլոգիայի համար, որտեղ առկա են հոսքուղու տարբեր երկարություններով ինվերտորներ՝ $L_1, L_{1.5}, L_2, L_{2.5}, L_3$, , երբ ինդեքսները բնութագրում են, թե քանի անգամ է հոսքուղու երկարությունը մեծ ստանդարտ գրադարանային տարրերի ամենակարճ հոսքուղով ինվերտորից:

Նկ. 3, 4-ում և աղյուսակում բերված են մոդելավորման արդյունքները տարբեր հոսքուղու երկարությամբ ինվերտորների դեպքում:



Նկ. 3. Մոդելավորման արդյունքները



Նկ. 4. Մոդելավորման արդյունքները

Հապաղման ժամանակի կախվածությունը հոսքուղու երկարությունից

Հոսքուղու երկարությունը	Քանակը	Հապաղումը	
		Աճման ճակատ (սս)	Նվազման ճակատ (սս)
L_1	20	164.4	167.7
$L_{1.5}$	14	161.3	164.1
L_2	10	150	154.8
$L_{2.5}$	8	174.2	182.2
L_3	6	149.8	153.4

Մոդելավորման արդյունքները ցույց են տվել, որ 1-ից մինչև 20-րդ ինվերտորների միջև հապաղումը կազմում է 164,4 նվ: աճման ճակատի դեպքում, իսկ նվազման ճակատի դեպքում՝ 167,7 նվ: Հոսքուղու $L_{1.5}$ երկարության դեպքում նույն հապաղման համար անհրաժեշտ է 14 ինվերտոր: Մոդելավորման արդյունքներից ստացվում է, որ նույն հապաղման ժամանակը կարելի է ստանալ տարբեր քանակի ինվերտորների դեպքում տարբեր հոսքուղու երկարությունների համար:

Եզրակացություն: Տարբեր հոսքուղիների երկարությամբ տրանզիստորների կիրառումն ապահովում է նույն հապաղման ժամանակը և լուծում դինամիկ հզորության փոքրացման խնդիրները՝ տրամաբանական հանգույցներում տրանզիստորների քանակի և միավոր ժամանակում փոխանցատվող տրանզիստորների քանակի նվազեցումը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Asgari F.H., Sachdev M.** A Low Power, Reduced Swing Global Clocking Methodology // IEEE Transactions on VLSI. -2004.- V.12, №5. -P. 538-544.
2. **Pangjun J., Sapatnekar S.S.** Low-Power Clock Distribution Using Multiple Voltages and Reduced Swings // IEEE Transactions VLSI.- 2002.- V.10, №3. - P. 309-318.
3. **Белоус А.И., Мурашко И.А., Сякерский В.С.** Методы минимизации энергопотребления при проектировании КМОП БИС// Технология и конструирование в электронной аппаратуре.-2008. -№2. - С. 39-44.
4. **Yuanlin Lu.** Power and performance optimization of static CMOS circuits with variation.- Auburn, Alabama, August, 2007. - 142 p.

К.О. ПЕТРОСЯН, Г.Ш. МЕЛИКЯН

МЕТОД УМЕНЬШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ В ЛОГИЧЕСКИХ ЦЕПОЧКАХ КМОП СВЕРХБОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Исследованы методы снижения динамической рассеиваемой мощности. Рекомендуется метод снижения динамической мощности сверхбольших интегральных схем КМОП логических схем с использованием инверторов с различными длинами каналов.

Ключевые слова: моделирование, мощность, канал, задержка.

K.O. PETROSYAN, G.Sh. MELIKYAN

A METHOD TO REDUCE THE DYNAMIC POWER IN THE LOGICAL CHAIN OF CMOS VERY-LARGE-SCALE INTEGRATED CIRCUITS

Methods to reduce the dynamic dissipation power are investigated. A method for reducing the dynamic power VLSI CMOS logic circuits using inverters of different channel lengths is recommended.

Keywords: modeling, power, channel, delay.

ՀՏԴ 681.5.042:615-47

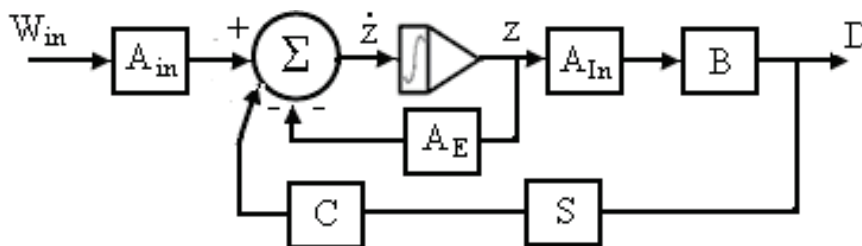
Օ.Հ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Լ.Է. ԽԱԶԻԿՅԱՆ, Ա.Ս. ԱԼԱՎԵՐԴՅԱՆ

ԿԵՆՍԱՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԷԼԵԿՏՐԱԽԹԱՆՄԱՆ ՄՈԴԵԼԸ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐԱԽԹԱՆԻՉԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՅԻՆ ՍԽԵՄԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Դիտարկվել են կենսատեխնիկական համակարգի էլեկտրախթանման մոդելը, էլեկտրախթանիչի մշակման հիմնական պահանջները և խթանման ազդանշանների տեսքերը: Առաջարկվել է էլեկտրախթանիչի կառուցվածքային նոր սխեմա՝ միկրոկոնտրոլերների հիման վրա, և դիտարկվել է դրա աշխատանքի ալգորիթը:

Առանցքային բառեր. մոդել, էլեկտրախթանիչ, կենսատեխնիկական համակարգ, կառուցվածքային սխեմա:

Ներածություն: Կենսատեխնիկական համակարգի էլեկտրախթանման (ԿՏՀ) մոդելն անհրաժեշտ է նրա հանգույցները միմյանց հետ կապող աշխատանքի ալգորիթի մշակման համար: ԿՏՀ-ում մուտքային ազդեցությունն ունի կարգավորիչ բնույթ՝ ազդեցությանն ուղղված ֆունկցիոնալ վիճակի գործընթացի նկատմամբ: Մոդելի կառուցվածքում առկա է գործընթացի էնդոգենային կարգավորիչ, որի մուտքերին տրվում են էնդոգենային և էկզոգենային ազդեցություններ (նկ.1) [1]:



Նկ. 1. ԿՏՀ-ի մոդելը

Կենսատեխնիկական կարգավորիչի հավասարումն ունի հետևյալ տեսքը [1].