

ՀԱՍՏԱՏՈՒՄ ԵՄ

Երևանի կապի միջոցների գիտահետազոտական ինստիտուտ ՓԲԸ-ի տնօրեն, տ.գ.դ., պրոֆեսոր,



Մ.Վ. Մարկոսյան

«10» սեպտեմբերի 2020թ.

ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ ԿԱՐԾԻՔ

Կամո Օլեգի Պետրոսյանի «Ստատիկ օպերատիվ հիշող սարքերի ցածր էներգասպառմամբ տարրերի մշակումը և մոդելավորումը» թեմայով, Ե.27.01 - «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման արեւնախոսության վերաբերյալ:

Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը

Ատենախոսությունը նվիրված է ենթամիկրոնային կոմպլեմենտար մետաղ-օքսիդ-կիսահաղորդիչ (ԿՄՕԿ) ինտեգրալ սխեմաներում (ԻՍ) լայնորեն կիրառվող ցածր էներգասպառմամբ ստատիկ օպերատիվ հիշող սարքերի (ՍՕՀՍ) և դրանց տարրերի մշակմանն ու հետազոտմանը: ՍՕՀՍ-երի դերն անընդհատ աճում է, իսկ վերջին տարիներին կիրառությունը հատկապես կենցաղային ու ավտոմոբիլային էլեկտրոնիկայում ավելի են ընդլայնում դրանց գործնական նշանակության շրջանակը: Այդ իսկ պատճառով ՍՕՀՍ-երի տեխնիկական և կոնստրուկտորա – տեխնոլոգիական պարամետրերի ու բնութագրերի նկատմամբ պահանջները խստանում են: Այս հենքի վրա մեծ արդիականություն են ստանում բարձր արդյունավետությամբ ՍՕՀՍ-երի մշակման աշխատանքները, ընդ որում, մի շարք իրարամերժ պահանջների հաշվառմամբ: Մի կողմից անհրաժեշտ է ապահովել սարքի առավելագույն ինֆորմացիոն ունակություն, մյուս կողմից՝ նվազագույն էներգասպառում և բյուրեղի վրա զբաղեցրած նվազագույն մակերես՝ առավելագույն արագագործության դեպքում:

Այսօր առաջնահերթ խնդիր է դարձել ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-երի և դրանց տարրերի նախագծումը, որոնց մասնաբաժինը ժամանակակից ԻՍ-երում մոտ 60% է: Այս տեսակետից ժամանակակից ՍՕՀՍ-ների էներգասպառման նվազեցման նոր արդյունավետ մեթոդների և միջոցների մշակման խիստ անհրաժեշտություն է ստացել, որի արդյունքում հնարավորություն կստեղծվի մեծացնելու դյուրակիր սարքերի աշխատաժամանակը: Այս հենքի վրա ատենախոսության թեման արդիական է և համապատասխանում է ժամանակակից էլեկտրոնիկայի գործնական պահանջներին:

Ատենախոսության նպատակը ժամանակակից ԿՄՕԿ ԻՍ-երի հիման վրա ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-ների և դրանց տարրերի նախագծման ընդհանրացված մեթոդիկայի մշակումն է և դրանց հիմնական պարամետրերի բարելավումը՝ հիմնվելով տեխնիկական և շահագործման պայմանների փոփոխության լայն սահմաններում մոդելավորման ճշգրիտ արդյունքների վրա:

Ատենախոսության բովանդակությունը, արդյունքների և եզրակացությունների հավաստիությունը, ձևավորման վերաբերյալ դիտողությունները

Ներածությունում հիմնավորված է ատենախոսության արդիականությունը, ներկայացված են աշխատանքի նպատակներն ու խնդիրները, ինչպես նաև ստացված արդյունքների գիտական նորոյթը, կիրառական արժեքը և պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

Գլուխ 1-ում ներկայացված է ԿՄՕԿ ԻՍ-երի ցրման հզորության աղբյուրների վերլուծությունը և ցրման հզորության նվազարկման մեթոդների հետազոտման ու դրանց համեմատական վերլուծության արդյունքները: Հիմնավորվել է ՍՕՀՍ-երի էներգասպառման նվազեցման միջոցների մշակման և հետազոտման կարևորությունը: Դիտարկված են ՍՕՀՍ-երի կառուցվածքային սխեման և հիմնական հանգույցները: Հետազոտվել են փականավորման հիման վրա հիշող բջիջների (ՀԲ) ցրման հզորության նվազարկման եղանակները և ոչ սիմետրիկ ՀԲ-երի հիման վրա ցրման հզորության նվազարկման մեթոդը: Ներկայացվել է պլանար և եռաչափ ԿՄՕԿ կառուցվածքների հիման վրա ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-երի ստեղծման համար բազային տարրերի բնութագրերի համեմատական վերլուծությունը: Դիտարկվել և վերլուծվել են ՍՕՀՍ-ների ցածր ցրման հզորությամբ հասցեների վերծանիչների (ՀՎԾ) կառուցման եղանակները: Հետազոտվել են ՍՕՀՍ-երի ցածր ցրման հզորությամբ զգայուն ուժեղարարների (ՁՈԻԺ) կառուցման սկզբունքները, դրանց սխեմատեխնիկական լուծումները: Հիմնավորվել են ՍՕՀՍ-երի ցածր էներգասպառմամբ տարրերի մշակման և մոդելավորման միջոցների մշակման անհրաժեշտությունը:

Գլուխ 2-ում ներկայացված են ՍՕՀՍ-երի տարրերի էներգասպառման նվազեցման մշակված մեթոդները և միջոցները, ինչպես նաև առաջարկված համապատասխան սխեմատեխնիկական լուծումները ու մոդելավորումների արդյունքները: Հետազոտվել են մեծ ինֆորմացիոն ունակությամբ ՍՕՀՍ-երի ՀՎԾ-երի էներգասպառման նվազեցման մեթոդները և միջոցները, քանի որ դա կազմում է ամբողջ հիշող սարքի սպառման հզորության 40-45%-ը և ժամանակային հապաղումների 50%-ը: Մշակվել է ՍՕՀՍ-երի ցածր էներգասպառմամբ, մեծ կարգայնությամբ ՀՎԾ-երի կառուցման մեթոդը: Խառը տրամաբանական տարրերի հիման վրա առաջարկվել են ցածր էներգասպառմամբ և արագագործ ուղիղ ու ինվերս ելքերով ՀՎԾ-երի սխեմաներ, որոնք ընդունելով որպես նախավերծանիչեր մշակվել են բարձր կարգայնությամբ

ցածր սպառման հզորությամբ և արագագործ ՀՎԾ-եր, օգտագործելով առաջարկված բարձր կարգայնությամբ ՀՎԾ-երի կառուցման մեթոդը: Առաջարկված սխեմաների համար կատարվել է մոդելավորում՝ HSPICE ծրագրով: Մոդելավորման արդյունքներով հիմնավորել է առաջարկված մեթոդի հավաստիությունը: Մշակվել է ՍՕՀՄ-ների տրամաբանական շղթաներում դինամիկ հզորության փոքրացման մեթոդ՝ հոսքուղու տարբեր երկարությամբ տրանզիստորների հիման վրա: Առաջարկված մոտեցումն ապահովում է նույն հապաղման ժամանակը և լուծում տրամաբանական հանգույցներում տրանզիստորների թվի և միավոր ժամանակում փոխանցատվող տրանզիստորների քանակի փոքրացմամբ պայմանավորված դինամիկ հզորության նվազեցման խնդիրը: Մշակվել է հարթակի էֆեկտի կիրառմամբ ՍՕՀՄ-երի ստատիկ ցրման հզորության նվազեցման մեթոդ, որում ՄՕԿ տրանզիստորի հարթակի պոտենցիալի կառավարման արդյունքում հնարավորություն է ստեղծվել նվազեցնել կորստի հոսանքները. առաջարկվել են բազային տարրերի համապատասխան սխեմատեխնիկական լուծումներ: Մշակվել է ցածր ցրման հզորությամբ և բարձր արագագործությամբ առաջարկված ՑՄՀ ՀԲ-ի նոր սխեմատեխնիկական լուծում, որն ապահովում է ելքային ազդանշանների մեծ բացվածք, որի արդյունքում շեշտակի փոքրացվում է ուժեղարարների զգայնության նկատմամբ պահանջները՝ ապահովելով ՍՕՀՄ-ի ցրման հզորության զգալի նվազեցում: Հետազոտվել են առաջարկված ցածր էներգասպառմամբ ստեկային սիմետրիկ և ասիմետրիկ ՀԲ-երի սխեմատեխնիկական լուծումներ, կատարվել է դրանց համեմատական վերլուծություն: Առաջարկված մեթոդների և սխեմատեխնիկական լուծումների արդյունավետությունը հիմնավորված են իրականացված մոդելավորումների արդյունքներով:

Գլուխ 3-ում ներկայացված է մշակված ՍՕՀՄ-ների էներգասպառման նվազեցմանը միտված կառուցվածքային պարամետրերի հաշվարկման ալգորիթմ, առաջադրվել է օպտիմալացման խնդիրը և լուծվել է մշակված ծրագրային միջոցով, MATLAB միջավայրում: Կատարված հետազոտությունների արդյունքները ցույց են տվել, որ ՍՕՀՄ-ի մեկ գործողության վրա ծախսվում է 6,5 մկՎտ հզորություն, որը հայտնի արդյունքների համեմատ մոտ 1,5 անգամ ավելի փոքր է: Առաջարկվել է ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՄ-երի սինքրոազդանշանի տարածման ծառի կառուցման ալգորիթմ, որի կիրառմամբ հնարավորություն է ստեծվել բարելավել տվյալների հապաղման ժամանակահատվածը ավելի քան 300 *պվ*-ով, ինչպես նաև սինքրոազդանշանների միջև ապահովել ոչ ավելի քան 20 *պվ* շեղում՝ նվազեցնելով ծախսվող հզորությունը մոտ 10%-ով, ի հաշիվ մեծ քանակով, սակայն ավելի փոքր տանող ուժերով կրկնիչների կիրառման: Առաջարկվել է ստատիկ օպերատիվ հիշող սարքերի ցածր էներգասպառմամբ տարրերի մշակման և մոդելավորման մշակված AsimmetryOptimizer ծրագրային միջոցի կառուցվածք, որն օգտագործողին հնարավորություն է տալիս, առանց ծրագրավորման, պարզագույն մուտքագրումներով իրականացնել կիրառված լուծումների ճշգրիտ պարամետրական հաշվարկներ:

6 հավելվածներում ներկայացված են ներդրման ակտը, 6T, 8T, 9T, 10T ՀԲ-ների մոդելավորման ժամանակային բնութագրեզը և ցրման հզորության կախվածությունը սնման աղբյուրի լարումից, աշխատանքային ջերմաստիճանից և հաճախությունից՝ դանդաղ և արագ պրոցեսների դեպքում, խնդրի լուծման ծրագրային կոդը, AsimmetryOptimizer գործիքի ծրագրային կոդից որոշ հատվածներ, ինչպես նաև նկարների, նշանակումների, հապավումների և աղյուսակների ցանկերը:

Ատենախոսության գիտական արդյունքների նորոյթը և հիմնավորվածությունը

Ատենախոսության գիտական նորոյթները, որոնք ապահովում են ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՄ-երի և դրանց տարրերի ստեղծում, ներկայացված են հետևյալ հաջորդականությամբ.

1. Մշակվել են ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՄ-երի նախագծման ընդհանրացված մեթոդիկա և դրա իրականացման ալգորիթմ, որը թույլ է տալիս կատարել կուտակիչի տողերի և սյունների օպտիմալ հաշվարկ նախագծման փուլում և որոշել ՍՕՀՄ-ի կառուցվածքը տրված ինֆորմացիոն ունակության դեպքում:

2. Առաջարկվել է 8TM ՀԲ-ի նոր սխեմատեխնիկական լուծում, որն ապահովում է ելքային ազդանշանի բացվածքի մոտավորապես 2 անգամ մեծացում և էներգասպառման ավելի քան 1,7 անգամ նվազեցում՝ առանց բյուրեղի վրա զբաղեցրած մակերեսի մեծացման:

3. Նախագծվել են ՀՎԾ-երի սխեմաներ, որոնցում հաղորդման փականների կիրառման արդյունքում հաջողվել է տրանզիստորների քանակը նվազեցնել մինչև 2 անգամ՝ ապահովելով կիսահաղորդչային բյուրեղի վրա զբաղեցրած մակերեսի մինչև 2, իսկ սպառվող հզորության՝ մինչև 1,5 անգամ նվազեցում, ի հաշիվ արագագործության ոչ ավելի, քան 10% վատացման:

4. Մշակվել է ցածր էներգասպառմամբ և մեծ կարգայնությամբ ՀՎԾ-երի ասիմետրիկության նվազեցման մեթոդ, որի արդյունքում էներգասպառումը փոքրացել է 7÷10% -ով:

5. Առաջարկվել է ցածր էներգասպառմամբ և մեծ կարգայնությամբ ՀՎԾ-երի մշակման մեթոդ, որի կիրառման արդյունքում հնարավորություն է ստեղծվել 4÷16 ՀՎԾ-ում նվազեցնել թե՛ տրանզիստորների քանակը՝ 10÷12-ով, թե՛ ծախսվող հզորությունը՝ ավելի քան 30%-ով, ի հաշիվ արագագործության ոչ ավելի, քան 16% վատացման հաշվին:

6. Մշակվել է ՍՕՀՄ-ների տրամաբանական շղթաներում դինամիկ էներգասպառման նվազեցման մեթոդ, որը տարբեր հոսքուղու երկարությամբ տրանզիստորների կիրառման արդյունքում հնարավորություն է ստեղծել փոքրացնել սպառվող դինամիկ հզորությունը մոտավորապես 20%-ով, առանց արագագործության վատացման, ի հաշիվ կիսահաղորդչային բյուրեղի վրա զբաղեցրած մակերեսի ոչ ավելի, քան 15% մեծացման:

7. Ստեղծվել է հարթակի էֆեկտի կիրառմամբ ՍՕՀՍ-ների ստատիկ ցրման հզորության նվազեցման մեթոդ: ՍՕԿ տրանզիստորի հարթակի պոտենցիալի փոփոխման արդյունքում հնարավորություն է ստեղծվել նվազեցնել կորստյան հոսանքները մոտավորապես 14%-ով՝ լրացուցիչ գրպանիկների ստացման նպատակով կիսահաղորդչային բյուրեղի վրա զբաղեցրած մակերեսի մոտավորապես 5% աճի պարագայում:

8. Առաջարկվել է ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-ների սինքրոազդանշանի տարածման ծառի կառուցման մեթոդ, որը թույլ է տվել բարելավել տվյալների հապաղման ժամանակը ավելի քան 300 պվ - ով, ինչպես նաև սինքրոազդանշանների միջև ապահովել ոչ ավելի, քան 20 պվ շեղում, նվազեցնել ծախսվող հզորությունը մոտավորապես 10%-ով՝ ի հաշիվ մեծ քանակով, սակայն ավելի փոքր տանող ուժերով կրկնիչների կիրառման:

Գիտատեխնիկական լուծումները հաստատված են մեկ արտոնագրով:

4.0. Պետրոսյանի կողմից պաշտպանությանն են ներկայացվում հետևյալ հիմնական դրույթները.

1. Ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-ների մշակման մեթոդը՝ հիմնված կուտակիչի տողերի և սյուների արդյունավետ հաշվարկների վրա:

2. Ելքային լարման լայն բացվածքով 8TM հիշող բջջի սխեման:

3. Հաղորդման փականների կիրառմամբ ցածր էներգասպառմամբ հասցեների վերծանիչների նախագծումը:

4. Ցածր էներգասպառմամբ և մեծ կարգայնությամբ ՀՎԾ-երի ասիմետրիկության նվազեցման մեթոդը:

5. Ցածր էներգասպառմամբ և մեծ կարգայնությամբ ՀՎԾ-երի մշակման մեթոդը:

6. ՍՕՀՍ-ների տրամաբանական շղթաներում դինամիկ սպառվող էներգիայի նվազեցման մեթոդը:

7. Հարթակի էֆեկտի կիրառմամբ ՍՕՀՍ-ների ստատիկ ցրման հզորության նվազեցման մեթոդը:

8. Ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-ների սինքրոազդանշանի տարածման ծառի կառուցման մեթոդը:

Ատենախոսության գիտական դրույթների հավաստիությունը հիմնավորված է տեսական հետազոտություններով, մոդելավորման և հաշվարկային արդյունքների համապատասխանությամբ արտադրվող սարքերի համապատասխան բնութագրերի հետ, ինչպես նաև «ՍԻՆՈՓՍԻՍ ԱՐՄԵՆԻԱ» ՓԲԸ-ում ներդրմամբ:

Գիտության ու արտադրության ոլորտներում ստացված արդյունքների կարևորությունը

4.0. Պետրոսյանի կողմից ատենախոսության շրջանակներում ՍՕՀՍ-ների էներգասպառման առաջարկված եղանակները, մեթոդները և սխեմատեխնիկական լուծումները համապատասխանում են ժամանակակից ԻՍ-երի նախագծմանն առաջադրվող տեխնիկական

պահանջներին: Ի տարբերություն էներգասպառման նվազեցման առկա լուծումների, հեղինակին հաջողվել է ստեղծել այնպիսի լուծումներ, որոնք ապահովում են ավելի բարձր արդյունավետություն:

Ատենախոսության մեջ առաջարկված սկզբունքները, եղանակները, մեթոդները և սխեմատեխնիկական լուծումներն իրագործվել են ՍՕՀՍ-երի ցածր էներգասպառմամբ տարրերի մշակման և մոդելավորման համար մշակված AsimmetryOptimizer ծրագրային միջոցում: Այն ներդրված է «ՍԻՆՈՓՍԻՍ ԱՐՄԵՆԻԱ» ՓԲԸ-ում և օգտագործվում է թվային և խառը ազդանշանային ինտեգրալ սխեմաների նախագծման ժամանակ: Ծրագրային միջոցի փորձարկումը ժամանակակից թվային ԻՍ-երում ցույց է տվել վերջինիս բարձր արդյունավետությունը: Գրանցվել է սպառվող հզորության մինչև 1,5 անգամ նվազեցում առանց կիսահաղորդչային բյուրեղի վրա զբաղեցրած մակերեսի էական մեծացման՝ բավարարելով ներկայումս ընկերության կողմից նախագծվող մուտք/ելք հանգույցներին առաջադրվող տեխնիկական պահանջներին :

Նկատված թերությունները

1. Ատենախոսության մեջ բերված են ՍՕՀՍ-երի էներգասպառման նվազարկման արդյունքները ամբողջ սարքի համար: Ցանկալի կլիներ ներկայացնել նաև առանձին տարրերի էներգասպառման մասնաբաժինները:

2. Ներկայում ՍՕՀՍ-երում տրանզիստորների նվազագույն չափերը հասել են մինչև 5 նմ-ի: Ատանախոսության շրջանակներում կատարված որոշ հետազոտությունների համար հիմք է ընդունվել պլանար 28 նանոմետրանոց ԿՄՕԿ տեխնոլոգիան: Առաջարկվում է շարունակել կատարված հետազոտությունները նաև FinFet տեխնոլոգիաներով արտադրվող ԻՍ-երի համար:

3. Աշխատանքում կատարված չէ մշակված AsimmetryOptimizer ծրագրային միջոցի և գոյություն ունեցող միջոցների համեմատական վերլուծություն:

4. Առկա են մի շարք ոճային և ուղղագրական անճշտություններ ու ոչ հստակ ձևակերպումներ:

Հրապարակումներ

Ատենախոսության հիմնական դրույթները հրապարակվել են հեղինակի 13 գիտական աշխատանքներում, այդ թվում առկա է մեկ արտոնագիր:

Եզրակացություն

Ատենախոսությունը և սեղմագիրը կազմված և ձևավորված են պատշաճ մակարդակով, սեղմագիրը լիովին համապատասխանում է ատենախոսության բովանդակությանը: Ակնհայտ է, որ կատարված է ծավալուն գիտահետազոտական աշխատանք, իսկ ատենախոսության թեման արդիական է: Ատենախոսությունն ավարտուն գիտական աշխատանք է, կատարված է բարձր

գիտական մակարդակով, ունի մեծ գործնական արժեք: Ատենախոսության հիմնական դրույթները հրատարակված են հեղինակավոր գիտական հանդեսներում:

Նկատված թերությունները չեն արժեզրկում ստացված գիտական նորույթները և չեն խոչընդոտում կատարված հետազոտությունների և գիտության ու արդյունաբերության մեջ ունեցած ներդրմանը:

Աշխատանքը ամբողջությամբ համապատասխանում է ՀՀ ԲՈԿ-ի պահանջներին ու Ե.27.01- «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությանը: Հեղինակ Կամո Օլեգի Պետրոսյանը արժանի է Ե.27.01- «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Կ.Պետրոսյանի ատենախոսությունը զեկուցվել է Երևանի Կապի Միջոցների Գիտահետազոտական Ինստիտուտի ընդլայնված առցանց գիտական սեմինարում՝ կայացած 2020 թ. սեպտեմբերի 10-ին:

Սեմինարին ներկա էին՝

Երևանի Կապի Միջոցների Գիտահետազոտական Ինստիտուտի աշխատակիցներ
տ.գ.դ. Մ. Մարկոսյանը, տ.գ.դ. Վ. Ավետիսյանը, տ.գ.թ. Ա. Ահարոնյանը, բաժնի վարիչներ՝ Հ.Մարտիրոսյանը, Ա.Մակարյանը, ճարտարագետներ Ա. Սմբատյանը, Ա.Արամյանը

ԵրԿՄԳՀԻ-ի գիտական գծով փոխտնօրեն,
տ.գ.դ., պրոֆեսոր՝

Վ.Ավետիսյան

Գիտական քարտուղար՝

Ա. Մակարյան

Ստորագրությունները հաստատում են
կազմակերպության կադրերի բաժնի վարիչ



Ա. Նաշայան