

## ՊԱՇՏՈՆԱԿԱՆ ԸՆԴԴԻՄԱԽՈՍԻ

### ԿԱՐԾԻՔ

**Ե.27.01- «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ներկայացրած Արմեն Օլեգի Պեդրոսյանի «Ցածր էներգասպառմամբ ստատիկ օպերատիվ հիշող սարքերի ֆիզիկական նախագծման միջոցների մշակումը» թեմայով ատենախոսության վերաբերյալ**

#### **Թեմայի արդիականությունը:**

Ինտեգրալ սխեմաների (ԻՍ) ինտեգրացիայի աստիճանի և դրանով պայմանավորված սպառման հզորության աննախադեպ աճը նոր պահանջներ է առաջադրել ԻՍ-եր, այդ թվում նաև ստատիկ օպերատիվ հիշող սարքեր (ՍՕՀՍ) նախագծողներին՝ պայմանավորված նախագծման տեխնոլոգիական նորմերի փոքրացմամբ:

ՍՕՀՍ-ները լայն կիրառություն ունեն միկրոէլեկտրոնիկայի և հաշվողական տեխնիկայի տարբեր բնագավառներում, իսկ վերջին տարիների կիրառության նոր ոլորտները, հատկապես կենցաղային ու ավտոմոբիլային էլեկտրոնիկայում, ավելի են մեծացնում դրանց կիրառական նշանակությունը: Այդ պատճառով խստնում են պահանջները դրանց բնութագրերի և պարամետրերի նկատմամբ:

Միջազգային առաջավոր ֆիրմաները (Synopsys, Cadence, Siemens EDA և այլն) գտնում են, որ ԻՍ-երի նախագծման արդյունավետության բարձրացման ճանապարհներից մեկը ֆիզիկական նախագծման առաջավոր մեթոդների և միջոցների ստեղծումն է և դրանց կիրառումը: Այս տեսակետից տարվում են աշխատանքներ նախագծման նոր և բարելավված ֆիզիկական միջոցների հետազոտման և մշակման ուղղությամբ, որոնք կնպաստեն ՍՕՀՍ-երի էներգասպառման նվազարկմանը:

Ատենախոսության թեման արդիական է և համապատասխանում է ՍՕՀՍ-ների ֆիզիկական նախագծմանն առաջադրվող ժամանակակից պահանջներին:

Ատենախոսությունում առաջադրված հարցադրումները բխում են գործնական պահանջներից, իսկ առաջարկված մեթոդները, սխեմատեխնիկական լուծումը և մշակված նախագծման միջոցը միտված են նպաստելու ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-ների նախագծման հետագա առաջընթացին: Առաջարկված լուծումները համապատասխանում են ժամանակակից մինչև 5 նանոմետրանոց տեխնոլոգիական նորմերով նախագծվող ԻՍ-երին ներկայացվող պահանջներին:

#### **Ատենախոսությունը կառուցվածքը:**

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլուխներից, եզրահանգումից, 140 անուն գրականության ցանկից և թվով 4 հավելվածներից:

**Ներածությունում** հիմնավորված է թեմայի արդիականությունը, հետազոտության նպատակը, ներկայացված են ատենախոսության գիտական նորույթը, գործնական նշանակությունը և պաշտպանության ներկայացվող հիմնական գիտական դրույթները:

**Առաջին գլխում** հետազոտվել են ժամանակակից ՍՕՀՍ-երի ֆիզիկական նախագծման ժամանակ լուծում պահանջող կարևորագույն խնդիրները, որոնք բերում են էներգասպառման մեծացման: Դիտարկվել և վերլուծվել են ՍՕՀՍ-երի կառուցվածքային սխեման և հիմնական հանգույցների՝ հիշող տարրերի (ՀՏ), հիշողության կուտակիչների (ՀԿ), վերծանիչների, ընթերցման ուժեղարարների (ԸՈԻ), կառավարման հանգույցի սխեմատեխնիկական լուծումները: Վերլուծությունների արդյունքների հիման վրա ձևակերպվել են ժամանակակից ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-երի ֆիզիկական նախագծման միջոցների մշակման ժամանակ լուծում պահանջող խնդիրները: Դրանք են ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-երի ՀՏ-երի և ՀԿ-երի ֆիզիկական նախագծման մեթոդի մշակումը, ՍՕՀՍ-երի ՀԿ-ի հզորության, մակերեսի և հապաղման ժամանակի նվազարկման մեթոդի մշակումը, ԻՍ-երի արագագործության վրա մետաղական շերտերի ազդեցության նվազարկման մեթոդի մշակումը, ՍՕՀՍ-երի ֆիզիկական նախագծման ծրագրային միջոցի մշակումը:

**Երկրորդ գլխում** հետազոտվել և մշակվել են առաջին գլխում առաջադրված ցածր էներգասպառմանը միտված ՍՕՀՍ-երի ֆիզիկական նախագծման խնդիրների լուծումների մշակված մեթոդները և առաջարկված ԸՈՒ-ի սխեմատեխնիկական լուծումը, մշակված նախագծման ծրագրային միջոցը ու հետազոտությունների արդյունքները:

Ներկայացված են ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-երի 6T ՀՏ-ի և ՀԿ-երի ֆիզիկական նախագծման նոր մեթոդը և առաջարկված 6T ՀՏ-ի և ՀԿ-երի հինգ տոպոլոգիական լուծումներ, Custom Compiler ծրագրային գործիքի կիրառմամբ և իրականացվել է դրանց բնութագրերի հետազոտություն՝ տարբեր գործընթացների, սնման լարումների և ջերմաստիճանների դեպքում Custom Compiler և HSPIICE ծրագրային միջոցներով 5 նմ տեխնոլոգիական նորմերով, որոնք հիմք կհանդիսանան ավելի մեծ ինֆորմացիոն ունակությամբ ՍՕՀՍ-երի նախագծման դեպքում:

Աշխատանքում քննարկվել են ՍՕՀՍ-երի ՀԿ-ի հզորության, մակերեսի և հապաղման (ՀՄՀ) ժամանակի նվազարկման առաջարկված մեթոդը, հիմնված հիբրիդային կառուցվածքով ՀՏ-երի օգտագործման վրա: Նվազարկման ֆունկցիան ապահովում է երեք չափի դեպքում ՀՄՀ-ի 26.5% նվազարկում, իսկ երկու չափի դեպքում՝ 18.3% նվազարկում: Ներկայացված են ԻՍ-երի արագագործության վրա մետաղական շերտերի ազդեցության նվազարկման մշակված նոր մեթոդը, որը թույլ է տալիս կատարել մետաղական մակարդակների փոփոխություն արագագործության բարձրացման նպատակով: Այն ապահովում է հապաղման ժամանակի նվազարկում մինչև 10%: Առաջարկված մեթոդը կարող է օգտագործվել էներգասպառման և արագագործության փոխզիջումային տարբերակի ընտրության համար: Աշխատանքում քննարկվել է նաև առաջարկված ցածր էներգասպառմամբ ԸՈՒ-ի նոր սխեմատեխնիկական լուծումը, որի 14 նմ տեխնոլոգիական նորմերով կատարված մոդելավորումների արդյունքները ցույց են տալիս, որ այն ապահովում է սպառման հզորության 14.9% նվազում:

**Երրորդ գլխում** դիտարկված է երկրորդ գլխում առաջարկված մեթոդների հիման վրա մշակված «Memory Cells Placer» ծրագրային միջոցը, որի միջոցով



իրականացվում է ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-երի ֆիզիկական նախագծում և դրանց պարամետրերի հետազոտման իրականացում: Ծրագրային միջոցի կիրառումը մոտ 2-ից 7 անգամ կրճատում է նախագծման և ստուգումների ժամանակը:

**Ատենախոսության 4 հավելվածներում** բերված են ներդրման ակտը, «Memory Cells Placer» ծրագրային միջոցի գրաֆիկական նկարագրությունից որոշ հատվածներ, ինչպես նաև նկարների, նշանակումների և հապավումների ու աղյուսակների ցանկերը:

**Ատենախոսության գիտական արդյունքների նորոյթը և հիմնավորման աստիճանը:**

Հեղինակի կողմից կատարված հետազոտությունները և առաջարկված լուծումներն ամփոփված են հետևյալ գիտական դրույթներում:

1. Մշակվել է ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-ի 6T ՀՏ-ի և դրա հիման վրա ՀԿ-երի ֆիզիկական նախագծման մեթոդ՝ հիմնված ընտրության տրանզիստորների և ինվերտորների տարբեր դասավորվածության վրա, ուղիղ և ինվերս բիթային ազդանշանների սիմետրիկության ու հնարավոր փոքր մակերես ապահովելու, ինչպես նաև 5 նմ տեխնոլոգիական նորմերի պահանջները բավարարելու համար:

2. Մշակված մեթոդի կիրառմամբ առաջարկվել են 6T ՀՏ-ի և ՀԿ-երի հինգ տոպոլոգիական լուծումներ: Տարբեր ջերմաստիճանային, սնման լարումների ու պրոցեսների համար սխեմատեխնիկական և ֆիզիկական մոդելավորումների արդյունքները հիմք կհանդիսանան ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-երի նախագծման համար:

3. Առաջարկվել է ՍՕՀՍ-երի ՀԿ-ի համալիր ՀՄՀ-ի նվազարկման մեթոդ, հիմնված հիբրիդային կառուցվածքով ՀՏ-երի կիրառության վրա: ՍՕՀՍ-ի ՀԿ-ում օգտագործված հիբրիդային ՀՏ-երը իրարից տարբերվում են ինչպես երկրաչափական չափերով այնպես էլ բաղադրիչ տրանզիստորների շեմային լարումներով:

4. Մշակվել է ալգորիթմ, որը հնարավորություն է տվել ցածր էներգասպառում ապահովելու համար կատարել տոպոլոգիական լուծումների ընտրություն ՀԿ-ում պայմանավորված ՀՏ-ի դիրքով: Ալգորիթմի կիրառումը թույլ է տվել ապահովել ՀՄՀ-ի նվազարկում 29%-ով:

5. Առաջարկվել է ԻՍ-երի արագագործության վրա մետաղական շերտերի ազդեցության նվազարկման մեթոդ հիմնված դրանց ունակության և դիմադրության բաղադրիչների փոխզիջման վրա, որը թույլ է տալիս մոդելավորման ճանապարհով գտնել բոլոր այն դեպքերը որոնց դեպքում նպատակահարմար է փոխել մետաղական մակարդակները:

6. Մշակվել է ալգորիթմ, որը հնարավորություն է տալիս իրականացնել մետաղական մակարդակների փոփոխություն: Ինվերտոր - բուֆեր, ինվերտոր - ԵՎ-ՈՉ և ինվերտոր - ԿԱՄ-ՈՉ հանգույցների մոդելավորման արդյունքներ ցույց են տալիս հապաղման ժամանակի նվազարկում մինչև 10%: Ստացված արդյունքները կարող են օգտագործվել ՍՕՀՍ-երի էներգասպառման և արագագործության փոխզիջումային տարբերակի ընտրության համար:

7. Առաջարկվել է ընթերցման ուժեղարարի նոր սխեմատեխնիկական լուծում: Կատարված մոդելավորման արդյունքները ցույց են տվել, որ առաջարկված ուժեղարարն ապահովում է հզորության 14,9%-ով նվազում, ի հաշիվ ջերմային էֆեկտների նկատմամբ մոտ 20% անկայունությամբ:

Ատենախոսության հիմնական դրույթները հրատարակված են բարձր վարկանիշ ունեցող միջազգային և տեղական հրատարակություններում: Հրատարակված գիտական տասներկու աշխատանքներում առկա հետազոտությունները, սխեմատեխնիկական լուծումները և մոդելավորման արդյունքները լիարժեքորեն ընդգրկված են ներկայացված ատենախոսությունում:

**Գիտական դրույթների հավաստիությունը:** Ատենախոսության գիտական դրույթների հավաստիությունը հիմնավորված են տեսական հետազոտություններով և մոդելավորման արդյունքների համապատասխանությամբ ՍՕՀՍ-ներին առաջադրվող արդի տեխնիկական պահանջների հետ, ինչպես նաև «ՍԻՆՈՓՍԻՍ ԱՐՄԵՆԻԱ» ՓԲԸ-ում ներդրման ակտով:

**Հեղինակի կողմից ստացված արդյունքների կարևորությունը գիտության և արդյունաբերության ոլորտներում:**

Ա.Օ. Պետրոսյանի կողմից ատենախոսության շրջանակներում կատարված հետազոտությունների արդյունքում առաջարկվել են ցածր էներգասպառմամբ ՍՕՀՍ-ների ֆիզիկական նախագծման մեթոդներ, ծրագրային միջոց և սխեմատեխնիկական լուծում: Մշակված «Memory Cells Placer» ծրագրային միջոցը ներդրված է «ՍԻՆՈՓՍԻՍ ԱՐՄԵՆԻԱ» ՓԲԸ-ում և կիրառվում է թվային և ՍՕՀՍ-երի նախագծման գործընթացում, և բավարարում է ժամանակակից էլեկտրոնային նախագծման բնագավառում կիրառվող նախագծման ծրագրային միջոցներին ներկայացվող բոլոր պահանջներին:

**Աշխատանքում նկատված թերություններն են.**

- մետաղական մակարդակների փոփոխության մոդելավորումները իրականացվել են ինվերտոր - բուֆեր, ինվերտոր - ԵՎ-ՈՉ և ինվերտոր - ԿԱՄ-ՈՉ հանգույցների վրա, ցանկալի է, որ դրանք իրականացվեն հիմնական հանգույցների հիման վրա,

- բերված չէ առաջարկված մեթոդների կիրառման արդյունքում ամբողջ ՍՕՀՍ-ի էներգասպառման նվազարկման մեծության արժեքը,

- որոշ նկարներում նշանակումները, առանցքները բնորոշող ֆիզիկական մեծությունները, ինչպես նաև նրանց արժեքներն արտահայտող թվերը հստակ չեն ընթերցվում, առկա են խմբագրական բնույթի վրիպակներ:

Նշված թերությունները չեն նվազեցնում ատենախոսական աշխատանքի ընդհանուր բարձր գնահատականը:

**Եզրակացություն.**

Ա.Օ. Պետրոսյանի «Ցածր էներգասպառմամբ ստատիկ օպերատիվ հիշող սարքերի ֆիզիկական նախագծման միջոցների մշակումը» թեմայով



ատենախոսությունն ավարտուն գիտական աշխատանք է և ունի կարևոր գործնական նշանակություն: Սեղմագիրը լիովին համապատասխանում է ատենախոսության բովանդակությանը: Նշված թերությունները ամենևին չեն արժեզրկում ատենախոսության գիտական արժեքը: Աշխատանքը համապատասխանում է Ե.27.01 - «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությանը, ինչպես նաև ՀՀ ԿԳՄՍՆ ԲԿԳԿ-ի պահանջներին: Աշխատանքի հեղինակն արժանի է տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Պաշտոնական ընդդիմախոս՝

ՀԱՊՀ-ի «Էլեկտրոնիկա, կենսաբժշկական

և չափիչ համակարգեր»

ամբիոնի պրոֆեսոր, տ.գ.դ., պրոֆ.

Ռ.Ռ. Վարդանյան

Ռ.Ռ. Վարդանյանի ստորագրությունը հաստատում եմ՝

ՀԱՊՀ գիտական թարգմանիչ



Ծ.Ս. Հովհաննիսյան