

«ՀԱՍՏԱՏՈՒՄ ԵՄ»

ԲԿ ՄԿԿ Գույքահայկական Համալսարանի
Գիտությունների գծով պրոֆեսոր Լ. Ս. Ավետիսյան



Պ. Ս. Ավետիսյան
06 2026թ.

ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ ԿԱՐԾԻՔ

Տիգրան Դավիդի Գրիգորյանի «Եռաչափ ինտեգրալ սխեմաների մուտք/ելք հանգույցների աշխատանքային ռեժիմների կայունացման միջոցների մշակումը» Ե.27.01 «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ:

Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը:

Ժամանակակից ինտեգրալ սխեմաների պահանջարկի աճը, ինչպես նաև տեխնոլոգիայի մասշտաբավորումը հանգեցրել են մի շարք անկյունաքարային հիմնահարցերի առաջացմանը: Դա պատճառ է հանդիսացել համապիտանի սխեմատեխնիկական լուծումների մշակման համար: Ասվածին զուգընթաց աճում են ֆունկցիոնալ պահանջները, որը պատճառ է հանդիսացել նոր ճարտարապետությունների ստեղծման, օրինակ՝ եռաչափ ինտեգրալ սխեմաներից (ԵԻՍ) կազմված բազմաբյուրեղ կառուցվածքները (ԲԿ):

ԲԿ-երում տարբեր գործառույթներ իրականացնող ենթահամակարգերը պատրաստվում են առանձին կիսահաղորդչային բյուրեղների վրա, այնուհետև միացվում են միևնույն պատյանի ներսում՝ կարճ միջմիացումների միջոցով: Այս

մոտեցումը օգնում է թե՛ նվազեցնել արտադրական դժվարությունները, թե՛ յուրաքանչյուր բյուրեղը նախագծել իր գործառույթին ավելի համապատասխան ձևով:

ԵԻՄ-ներում տվյալների փոխանակումն իրականացվում է մուտք/ելք (Մ/Ե) հանգույցների միջոցով, որոնք հանդիսանում են համակարգի կարևորագույն բաղադրիչներից մեկը: Այդ հանգույցները պարունակում են հաղորդիչ և ընդունիչ սարքեր՝ նախատեսված բարձր արագագործությամբ տվյալների հաղորդման համար: Երբ տվյալների փոխանցման արագությունը գերազանցում է 10Գբիթ/վ-ը այդ Մ/Ե հանգույցների նախագծումն ավելի է բարդանում: Հետևաբար՝ անհրաժեշտ է առաջադեմ համահարթեցման, դիմադրությունների համաձայնեցման և սինքրոնազանշանների վերականգնման մեթոդների կիրառում:

ԵԻՄ-ների նախագծման ընթացքում չափազանց կարևոր է հաշվի առնել ծերացման երևույթները, որոնք ժամանակի ընթացքում բերում են տրանզիստորների պարամետրերի փոփոխության: Ցածր նանոմետրական տեխնոլոգիաներում ծերացման երևույթները դառնում են էլ ավելի ազդեցիկ: Արդյունքում կարող է նվազել համակարգի արագագործությունը, մեծանալ էներգասպառումը և խախտվել աշխատանքային ռեժիմների կայունությունը: Հետևաբար՝ բարձր արագագործությամբ ԵԻՄ-ների Մ/Ե հանգույցների աշխատանքային ռեժիմների կայունացման միջոցների մշակումը ներկայումս հանդիսանում է արդիական խնդիր:

Ատենախոսական աշխատանքի կառուցվածքը:

Ատենախոսությունը կազմված է ներածությունից, 3 գլուխներից, եզրահանգումից, 120 անուն գրականության ցանկից և 4 հավելվածներից: Առաջին հավելվածում ներկայացված է ատենախոսության ներդրման ակտը, երկրորդում՝ հաղորդչի ելքային ազդանշանի ճակատի փոխանցման արագության կարգաբերման մեթոդի նմանակման շղթայի Spice նկարագրության հատված, երրորդում՝ ստեղծված 3DIC IO Optimizer ծրագրային գործիքի QT նկարագրության հատված, իսկ չորրորդում՝

օգտագործված նկարների, աղյուսակների և հապավումների ցանկերը: Ատենախոսության ծավալը կազմում է 111 էջ, իսկ հավելվածների հետ միասին՝ 140 էջ:

Ներածությունում հիմնավորվում է թեմայի արդիականությունը, բերված են հետազոտության նպատակը, գիտական նորույթը, գործնական կիրառության հնարավորությունը, պաշտպանության ներկայացվող մեթոդները:

1-ին գլխում ներկայացված են ԵԻՄ-ների Մ/Ե հանգույցների աշխատանքային ռեժիմների կայունացման միջոցների մշակման անհրաժեշտությունը և դրանցում օգտագործվող առկա լուծումները: Ուսումնասիրվել են առկա մոտեցումների խնդիրները, ինչպես նաև ներկայացված է առաջարկվող մեթոդների սեղմ նկարագրությունը:

2-րդ գլխում բերված են հայցորդի կողմից մշակված ԵԻՄ-ների Մ/Ե հանգույցների աշխատանքային ռեժիմների կայունացման միջոցների մշակման նորարական մեթոդներ, որոնք բավարարում են նախագծման արդի պահանջները: Ներկայացված է նաև այդ մեթոդներով իրականացված նմանակման արդյունքները, ինչպես նաև առկա մոտեցումների հետ արդյունքների համեմատումը:

3-րդ գլխում ներկայացված է հայցորդի կողմից նախագծված «3DIC IO Optimizer» ծրագրային միջոցի աշխատանքը: Դրա միջոցով կիրառվում են մշակված մեթոդները և կատարվում նմանակումներ: Բացի այդ, հնարավորություն է ընձեռվում դիտարկել ստացված արդյունքները: Ծրագրային միջոցը ներդրված է «Մինոփսիս Արմենիա» ՓԲԸ-ում և գործնականում կիրառվում է ԵԻՄ-ների Մ/Ե հանգույցների նախագծման գործընթացում:

Եզրահանգումը բխում է փորձարարական արդյունքներից և լրիվ համապատասխանում է այն մեթոդներին և դրույթներին, որոնք ներկայացված են ատենախոսության մեջ: Մշակված մեթոդները հիմնավորված են ատենախոսական աշխատանքի բովանդակությամբ և ունեն կարևոր կիրառական նշանակություն:

Արդյունքների և եզրակացությունների հավաստիությունն ապացուցված է գիտափորձարարական հիմնավորումներով:

Հետազոտությունների և արդյունքների նորույթը

Ատենախոսությունում առավել մեծ գիտական արժեք են ներկայացնում՝

1. փոխանջատման փականների և կոնդենսատորների կիրառության հիման վրա՝ սինթրոազդանշանի լցման գործակցի ուղղման մեթոդը,
2. զգայուն ուժեղարարի զգայնության բարելավման մեթոդը՝ հիմնված հետադարձ կապի շղթայի կիրառության վրա,
3. հետադարձ կապի շղթայի կիրառության վրա հիմնված՝ մուտք/ելք հանգույցների ընդունիչների աշխատանքային ռեժիմների կայունացման մեթոդը,
4. հաղորդիչ հանգույցի ազդանշանի ճակատների փոխանցման արագությունների կարգաբերման մեթոդը՝ ու և ք տիպի թվաանալոզային կերպափոխիչների կիրառումը:

Աշխատանքի գիտական նշանակությունը:

Ատենախոսությունում գիտական նորույթները բերված են հետևյալ դրույթներով.

1. Մշակվել են եռաչափ ինտեգրալ սխեմաների մուտք/ելք հանգույցների նախագծման լցման գործակցի ուղղման, զգայուն ուժեղարարի զգայնության բարելավման, ընդունիչ հանգույցի ազդանշանի ամպլիտուդի փոփոխության հայտնաբերման և փոխհատուցման, ինչպես նաև հաղորդիչ հանգույցի ազդանշանի ճակատների փոխանցման արագության կարգաբերման մեթոդներ՝ 5ՆԱ և ավելի փոքր տեխնոլոգիական գործընթացներով, որոնք կայունացնում են մուտք/ելք հանգույցների աշխատանքային ռեժիմները:
2. Մշակվել է սինթրոազդանշանի լցման գործակցի սխալանքի հայտնաբերման և շտկման մեթոդ՝ հիմնված փոխանջատման փականների և կոնդենսատորների

կիրառության վրա: Այս մեթոդը՝ էներգասպառման 10% մեծացման հաշվին, հնարավորություն է տալիս մինչև 16ԳԲԻԹ/վ արագագործության դեպքում ապահովել $50 \pm 1,2\%$ լցման գործակից՝ անկախ գործընթացից, լարումից և ջերմաստիճանից:

3. Առաջարկվել է եռաչափ ինտեգրալ սխեմաների մուտք/ելք հանգույցներում կիրառվող զգայուն ուժեղարարի զգայնության բարելավման մեթոդ, որում օգտագործվում է հետադարձ կապի շղթա: Տվյալների փոխանցման 20ԳԲԻԹ/վ արագության դեպքում, սխեմայում հավելյալ շղթաների և հիստերեզիսի երևույթի ներդրման շնորհիվ, մեծացվել է սխեմայի հուսալիությունը, և բարելավվել դրա զգայնությունը՝ կիսահաղորդչային բյուրեղի վրա զբաղեցրած մակերեսի 16% մեծացման հաշվին: Երկարատև աշխատանքի ընթացքում հնարավոր է եղել ապահովել զգայնության առավելագույնը 4% շեղվածություն:
4. Մշակվել է եռաչափ ինտեգրալ սխեմաների մուտք/ելք հանգույցների ընդունիչների աշխատանքային ռեժիմների կայունացման մեթոդ՝ հիմնված հետադարձ կապի շղթայի կիրառության վրա: Այս մեթոդը կոմպենսացնում է գործընթացից, լարումից և ջերմաստիճանից կախված կարգաբերման ընդհանուր դիմադրության փոփոխությամբ պայմանավորված ազդանշանի ամպլիտուդի փոփոխությունը և տվյալների փոխանցման 16ԳԲԻԹ/վ արագության դեպքում, էներգասպառման ընդամենը 21% մեծացման հաշվին՝ հնարավորություն է տալիս ելքային ազդանշանի թրթռոցը նվազեցնել մոտավորապես 5,5 անգամ:
5. Առաջարկվել է եռաչափ ինտեգրալ սխեմաների մուտք/ելք հանգույցների հաղորդիչ սխեմայում ազդանշանի ճակատների փոխանցման արագությունների կարգաբերման մեթոդ՝ ո և p տիպի թվաանալոգային կերպափոխիչների ինտեգրմամբ: Մեթոդը տվյալների փոխանցման 16 ԳԲԻԹ/վ արագության դեպքում հաղորդիչ հանգույցի ելքային ազդանշանի ճակատների միջև ապահովում է առավելագույնը 1,3% շեղում, և թույլ է տալիս նվազեցնել

ազդանշանի թրթռոցը մոտավորապես 3 անգամ՝ էներգասպառման 17,2% ու մակերեսի 15,4% մեծացման հաշվին:

Ստացված արդյունքների հավաստիությունն ու կիրառական նշանակությունը:

Ատենախոսության գիտական նորույթների հավաստիությունը հիմնավորված է առկա 10 գիտական հրապարակումներով, տեսական հիմնավորումներով, մոդելավորման արդյունքներով, ինչպես նաև ներդրման ակտով: Ստեղծված ծրագրային միջոցը ներդրված է «Միևուփսիս Արմենիա» ՓԲԸ-ում, ինչը վկայում է առաջարկված մեթոդների արդյունավետության ու գործնական կիրառելիության մասին:

Տ. Դ. Գրիգորյանի «Եռաչափ ինտեգրալ սխեմաների մուտք/ելք հանգույցների աշխատանքային ռեժիմների կայունացման միջոցների մշակումը» թեմայով ատենախոսությունում մշակված մեթոդները բավարարում են ԵԻՄ-ների նախագծման ժամանակակից պահանջները: Դիտարկված խնդիրները ներկայումս խիստ կարևոր են, քանի որ առկա լուծումները չեն բավարարում արդի տեխնոլոգիական գործընթացներում կիրառմանը և ԵԻՄ-ների նկատմամբ սահմանվող պահանջները:

Հրապարակումները

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրապարակված են հեղինակի 10 գիտական աշխատանքներում: Սեղմագիրը համապատասխանում է ատենախոսությանը և արտացոլում է դրա հիմնական դրույթները:

Ատենախոսական աշխատանքում նկատված թերությունները:

1. Ցանկալի կլիներ աշխատանքում տեսնել տրանզիստորների մոդելների մասին տվյալներ, որոնք կիրառվել են նմանակումների ժամանակ:
2. Աշխատանքում նկարագրված չէ, թե ինչ մեթոդով է իրականացվել էներգասպառման չափումը:

3. Աշխատանքից չի երևում, թե ծրագրային միջոցը հոսքուղու ուր փուլում է կիրառվում և ինչ սահմանափակումներ ունի դա:
4. Ատենախոսությունում առկա որոշ նկարների գրառումներն ընթեռնելի չեն:

Սակայն նշված դիտողությունները չեն նվազեցնում Տ.Դ. Գրիգորյանի կատարած աշխատանքի և ատենախոսության պատշաճ մակարդակը:

Եզրակացություն

Տ. Դ. Գրիգորյանի «Եռաչափ ինտեգրալ սխեմաների մուտք/ելք հանգույցների աշխատանքային ռեժիմների կայունացման միջոցների մշակումը» թեկնածուական ատենախոսությունը ավարտուն աշխատանք է, կատարված է բարձր գիտական մակարդակով և ունի կարևոր կիրառական արժեք: Սեղմագիրն ամբողջությամբ համապատասխանում է ատենախոսության բովանդակությանը: Ներկայացված ատենախոսական աշխատանքն իր ծավալով ու գիտական մակարդակով լիովին համապատասխանում է Հայաստանի Հանրապետության Բարձրագույն կրթության և գիտության կոմիտեի կողմից թեկնածուական ատենախոսությանը ներկայացվող պահանջներին և բովանդակությամբ համապատասխանում է Ե.27.01 «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությանը, իսկ հեղինակն արժանի է տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Ատենախոսությունը գեկուցվել, մանրամասն քննարկվել է և հավանության է արժանացել Ռուս-Հայկական Համալսարանի Մաթեմատիկայի, Ֆիզիկայի և Բարձր Տեխնոլոգիաների ինստիտուտի 2026 թ. հունիսի 26-ին կայացած գիտական սեմինարում: Կարծիքը կազմված է Ռուս-Հայկական Համալսարանի «Հեռահաղորդակցության» բազային ամբիոնի նիստում՝ ատենախոսության և սեղմագրի քննարկման արդյունքների հիման վրա (արձանագրություն թ.10):

Նիստին ներկա էին՝ «Հեռահաղորդակցության» բազային ամբիոնի վարիչ,
տ.գ.թ., դոցենտ Է.Ռ. Սիվոլենկոն, Մաթեմատիկայի, Ֆիզիկայի և Բարձր
Տեխնոլոգիաների ինստիտուտի տնօրեն, տ.գ.թ., դոց. Ա. Կ. Ահարոնյան, տ.գ.դ, պրոֆ. Վ.
Հ. Ավետիսյանը, տ.գ.դ., պրոֆ. Մ. Վ. Մարկոսյանը, տ.գ.դ, պրոֆ. Ֆ-մ.գ.թ., պրոֆ. Հ.Վ.
Բաղդասարյանը, տ.գ.թ., դոց. Ա. Վ. Դարյանը, տ.գ.թ., ավագ դաս. Ս.Գ. Էյրամջյանը, դաս.
Ա.Հ. Մակարյանը, տ. գ.թ., դաս. Բ.Ա. Հովհաննիսյանը, դաս. Ն.Յ. Գասպարյանը,
մագիստրոսներ և ասպիրանտներ:

Ռուս-Հայկական Համալսարանի՝

«Հեռահաղորդակցության» բազային ամբիոնի վարիչ,
տ.գ.թ., դոցենտ

Է.Ռ. Սիվոլենկո

տ.գ.թ., դոցենտ , Է.Ռ. Սիվոլենկոյի ստորագրությունը հաստատում եմ՝

ԲԿ ՄԿԿ ՌՀՀ գիտ.քարտուղար, Բ.գ.թ.,դոցենտ

Ռ.Ս. Կասաբաբովա

