

ՊԱՇՏՈՆԱԿԱՆ ԸՆԴԴԻՄԱԽՈՍԻ ԿԱՐԾԻՔ

Ե.27.01 «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ներկայացրած Լյուդվիգ Դավթի Հակոբյանի «Արագագործ հաղորդիչ-ընդունիչ հանգույցներում տվյալների կորստի նվազեցման միջոցների մշակումը» թեմայով ատենախոսության վերաբերյալ

Արդիականությունը և կառուցվածքը:

Ինտեգրալ սխեմաների տեխնոլոգիական զարգացման ներկայիս փուլում, արագագործ հաջորդականացնող-գուգահեռականացնող (ՀԶ) համակարգերի նախագծումը հանդիսանում է խառը ազդանշանային ճարտարապետության ոլորտի ամենաբարդ խնդիրներից մեկը: Ի տարբերություն թվային ենթահամակարգերի, որտեղ տեխնոլոգիական մասշտաբավորման օգուտներն ուղղակիորեն վերածվում են արտադրողականության աճի, արագագործ ՀԶ համակարգերում սնուցման լարման իջեցումը և տրանզիստորների չափերի փոքրացումը հաճախ հանգեցնում են անալոգային ենթահամակարգերի կատարողականության վատթարացման՝ պայմանավորված տրանզիստորների վարքի աճող տատանումներով, ձևավորման ճշգրտության նվազմամբ և սարքերի աշխատանքային ակտիվ տիրույթների սահմանափակմամբ:

Քառամակարդակ ազդանշանային մոդուլյացիայի (ԱՔՄ) ներդրումը՝ ի պատասխան տվյալների փոխանցման արագության աճի շարունակական պահանջի, էապես սրացնում է այս մարտահրավերները: Հարևան լարման մակարդակների միջակայքերի կրճատումը երեք անգամ՝ զրոյի չվերադարձող մոդուլյացիայի (ՉՉՄ) համեմատ, գծայնության պահպանումը դարձնում է կարևորագույն չափանիշ, իսկ ժամանակային սխալների փոքրացումը մինչև պիկովայրկյանային մակարդակ, դժվարացնում պահպանել տակտային ազդանշանի բարձր որակը, մասնավորապես՝ աշխատանքային ցիկլի համամասնության և փուլի խառնիչի գծայնության համար: Այս հանգամանքները թելադրում են արագագործ ՀԶ ազդանշանային ուղու կրիտիկական բաղադրիչների՝ հաղորդչի ելքային հանգույցի, քառորդ արագությամբ հաջորդականացման հանգույցի, ընդունիչի անալոգային մուտքային հանգույցի և փուլի խառնիչի համար նոր սխեմատեխնիկական լուծումների մշակման անհրաժեշտությունը:

Ատենախոսությունը նվիրված է արագագործ հաղորդիչ-ընդունիչ հանգույցներում տվյալների կորստի նվազեցման եղանակների, մեթոդների և միջոցների մշակմանը՝ էներգասպառման և կիսահաղորդչային բյուրեղի վրա զբաղեցրած մակերեսի նվազագույն աճի հաշվին:

Ներածությունում հիմնավորված է թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված են հետազոտության առարկան, նպատակը և մեթոդները, ներկայացված են գիտական նորույթը, գործնական արժեքը և պաշտպանության ներկայացվող դրույթները:

Առաջին գլխում ներկայացված է արագագործ ՀԶ համակարգերի ազդանշանային ուղու հանգամանալից վերլուծությունը՝ սկսած ընդհանուր կառուցվածքի նկարագրությունից մինչև յուրաքանչյուր կրիտիկական հանգույցի ճարտարապետական առանձնահատկությունները: Մանրակրկիտ քննարկվել են լարման ռեժիմ տրամաբանությամբ և հոսանքի ռեժիմ տրամաբանությամբ հաղորդչի ելքային հանգույցների, 4:1 մուլտիպլեքսացման տարբեր ճարտարապետությունների (փոխանցման փականներով և եռավիճակ բուֆերներով), ընդունիչի անալոգային մուտքային հանգույցի (ԱՄՀ) և փուլի խառնիչի (ՓԽ) ժամանակակից իրականացման մոտեցումները, ինչպես նաև բացահայտված են դրանց բնորոշ սահմանափակումները 112 Գբիթ/վ արագության տիրույթում աշխատանքի պայմաններում:

Երկրորդ գլխում ներկայացված են հեղինակի կողմից մշակված չորս սխեմատեխնիկական լուծումները, որոնք ընդգրկում են արագագործ ՀԶ ազդանշանային ուղին՝ հաղորդիչից (անալոգային հավասարեցում և տակտային ազդանշանի աշխատանքային ցիկլի համամասնության տրամաչափում) մինչև ընդունիչ (անալոգային մուտքային հանգույցի գծայնության բարելավում և ՏՄՏՎՀ-ի փուլի խառնիչի գծայնության մեծացում): Յուրաքանչյուր լուծում ուղեկցվում է մանրամասն սխեմատեխնիկական վերլուծությամբ, նմանակման արդյունքներով տիպային, արագ և դանդաղ գործընթացների համար, ինչպես նաև մակերեսի և էներգասպառման փոխզիջումների քանակական գնահատմամբ:

Երրորդ գլխում մանրամասն նկարագրված է «HSIO Optimizer» ծրագրային գործիքը՝ ատենախոսությունում առաջարկվող մեթոդների ավտոմատացված ներդրման համար ստեղծված միջոցը: Գործիքը հիմնված է վեց հաջորդական քայլերից բաղկացած ուղղորդված աշխատանքային հոսքի վրա, ինչը զգալիորեն կրճատում է նախագծման ժամանակը և բացառում ձեռքով կատարվող «netlist»-ի փոփոխման սխալները: Ծրագրային միջոցը ներդրվել է «Սինոփսիս Արմենիա» ՓԲԸ-ում և ունի գործնական կիրառություն:

Հավելվածներում բերված են՝

- մշակված ծրագրային միջոցի ներդրման ակտը,
- «HSIO Optimizer» ծրագրային միջոցի նկարագրության մի հատվածը,
- նկարների, աղյուսակների և հապավումների ցանկերը:

Ծանոթանալով ատենախոսության և նրա սեղմագրի հետ՝ կարծում եմ հետևյալը.

Սեղմագիրը հիմնականում ճիշտ արտահայտում է ատենախոսությունում մշակված դրույթները, մեթոդները և ստացված արդյունքների լուսաբանումը:

Ատենախոսությունը՝

- լիովին համապատասխանում է ՀՀ ԲԿԳԿ-ի պահանջներին,
- արդիական է և հանդիսանում է տվյալ ասպարեզի գիտնականների հետազոտության առարկա,

- համապատասխանում է Ե.27.01 «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությանը,
- ձևավորված է բարձր մակարդակով՝ առանց վրիպումների և սխալների, բացառությամբ մի քանի ոչ էական բնույթ կրող վրիպակներից:

Ատենախոսությունում ստացված արդյունքների գիտական նորույթը և հիմնավորվածությունը:

Ատենախոսության գիտական նորույթ են հանդիսանում հետևյալ դրույթները՝

- Արագագործ ՀԶ ազդանշանային ուղու՝ որպես ամբողջության, համալիր մոտեցումը, որն ուղղված է սահմանափակ թողունակությամբ հոսքուղիների միջոցով 112 Գբիթ/վ և ավելի բարձր արագություններում տվյալների փոխանցման ապահովմանը՝ հաղորդիչի ելքում «աչքի» դիագրամի ուղղահայաց և հորիզոնական բացվածքների միաժամանակյա մեծացմամբ, ընդունիչի մուտքային հանգույցի գծայնության աճով ու կորուստների նվազեցմամբ և փուլի խառնիչի գծայնության բարձրացմամբ.
- ԼՌՏ հաղորդիչի ելքային հանգույցի համար մշակված ներկառուցված անալոգային հավասարեցման մեթոդը, որի հիմքում ընկած է P և M ուղիների միջև շրջիչներով կազմակերպված հետադարձ կապի շղթան, ինչը վերացնում է դիֆերենցիալ ուղիների անհամապատասխանությունից առաջացող «կրկնակի աչքի» էֆեկտը և լայնացնում է ինչպես ՉՉՄ, այնպես էլ ԱՔՄ ազդանշանավորման «աչքի» դիագրամները՝ առանց որևէ տրամաչափման ենթահամակարգի օգտագործման անհրաժեշտության.
- Հաղորդչի հապաղման հանգույցի ելքում տակտային ազդանշանի աշխատանքային ցիկլի համամասնության տրամաչափման մեթոդը, որի շրջանակում շրջիչների շղթայի ճանապարհին ներդրված է հաջորդական մոտարկման ռեգիստրների ալգորիթմով աշխատող հոսանքի թվա-անալոգային փոխակերպիչներով կառավարվող անալոգային հետադարձ կապ. ապահովվել է $\pm 6,5\%$ ուղղման տիրույթ.
- Արագագործ ընդունիչներում մուտքային ճնշող հանգույցի գծայնության աճի մեթոդը, որում պասիվ տարրերի ներդրման և կառավարման հաշվին նկատելիորեն բարելավվել են ինչպես ընդունիչի 1 դԲ ճնշման կետը, այնպես էլ մակարդակների անհամապատասխանության հարաբերակցությունը.
- ՓԽ-ի գծայնության բարձրացման համակցված մեթոդը, որում երեք միմյանց փոխլրացնող մոտեցումների՝ թվային նախաաղավաղման որոնման աղյուսակի կիրառման, խառնիչի սնուցման լարման իջեցման և ունակային մուտքով ու ռեգիստրով հետադարձ կապով շրջիչային

աստիճանի համատեղ ներդրման հաշվին առավելագույն ինտեգրալ ոչ գծայնության ցուցանիշը հասցվել է մեկ ԿԿԲ-ից փոքր արժեքի.

- Առաջարկվող մեթոդների ավտոմատացված կիրառման համար մշակված «HSIO Optimizer» ծրագրային գործիքը՝ որպես արագագործ ՀԶ նախագծման հոսքի ինտեգրված միջոց:

Ստացված գիտական դրույթներն ու եզրակացությունները հիմնավորված են կատարված սխեմատեխնիկական նմանակումների արդյունքներով՝ տիպային, դանդաղ և արագ գործընթացային անկյունային դեպքերի համար, համապատասխան բնագավառի գիտական հրապարակումներում ներկայացված տվյալների հետ համադրմամբ, ինչպես նաև առաջարկվող ծրագրային գործիքի «Սինոփսիս Արմենիա» ՓԲԸ-ում ստուգարկված ներդրմամբ:

Հեղինակի կողմից ստացված արդյունքների կարևորությունը գիտության և արդյունաբերության համար:

Ստացված արդյունքների գործնական արժեքը պայմանավորված է առաջարկվող մեթոդների արդյունավետության քանակական ցուցանիշներով, ինչպես նաև դրանց իրական ներդրմամբ «Սինոփսիս Արմենիա» ՓԲԸ-ում: «HSIO Optimizer» ծրագրային գործիքի մշակումը և ներդրումը նախագծման ցիկլի 6-8 անգամ արագացում է ապահովում, ինչը էապես ընդլայնում է ատենախոսությունում առաջարկվող մեթոդների գործնական կիրառելիության շրջանակները:

Ստացված գիտական արդյունքների հավաստիությունն ապահովված է առաջարկվող սխեմատեխնիկական լուծումների տեսական հիմնավորմամբ և սխեմատեխնիկական նմանակումներով: Բոլոր արդյունքները ստուգվել են ինչպես տիպային, այնպես էլ ծայրահեղ արագ ու դանդաղ տեխնոլոգիական անկյունային դեպքերում, ինչը հաստատում է առաջարկվող մոտեցումների կայունությունը ԳԼԶ տատանումների ողջ տիրույթում:

Աշխատանքում նկատված թերություններն են.

- Ցանկալի կլիներ տեսնել առաջարկվող մեթոդների արդյունավետության գնահատումը նաև Monte Carlo նմանակումների միջոցով՝ տրանզիստորների պատահական անհամապատասխանությունների ազդեցության գնահատման համար,
- Ցանկալի կլիներ տեսնել առաջարկվող մեթոդների կիրառման ազդեցության գնահատումը նաև բիթերի սխալանքի գործակցի ուղղակի չափումներով՝ որպես համակարգային մակարդակի վերջնական ցուցանիշի,
- 2-րդ գլխում ներկայացված Փուլային խառնիչի գծայնության բարձրացման մեթոդի կիրառումից հետո ցանկալի կլիներ նաև ներկայացնել դիֆերենցիալ ոչ գծայնության արժեքների փոփոխությունը,

- Ատենախոսությունում մի շարք նկարների (հատկապես «աչքի» դիագրամների և սխեմաների) մակագրությունները բավականաչափ խոշոր չեն և տպագիր տարբերակում ընթերցելի չեն, ինչը որոշակիորեն դժվարացնում է ներկայացված քանակական արդյունքների տեսողական գնահատումը, ինչպես նաև նկատվել են առանձին ուղղագրական, շարահյուսական և մտքի ձևակերպման սխալներ,

Ուսումնասիրելով ատենախոսությունն ու սեղմագիրը՝ գտնում եմ.

Լ.Դ. Հակոբյանի «Արագագործ հաղորդիչ-ընդունիչ հանգույցներում տվյալների կորստի նվազեցման միջոցների մշակումը» թեմայով ատենախոսությունն իրենից ներկայացնում է ավարտուն աշխատանք: Սեղմագիրը ճիշտ է արտացոլում ատենախոսության բովանդակությունը, իսկ աշխատանքի հեղինակն արժանի է Ե.27.01 «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի աստիճանի շնորհմանը:

Պաշտոնական ընդդիմախոս՝
«ԱՆԱԼՈԳ ՊՈՐՏ ԷՅԵՄ» ՍՊԸ-ի
ավագ ճարտարագետ, տ.գ.թ.,



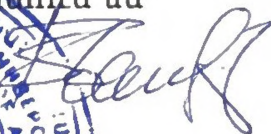
Մ.Տ. Գրիգորյան

Մ.Տ. Գրիգորյանի ստորագրությունը հաստատում եմ՝
ՀԱՊՀ-ի «Մ.Ս. և Հ» ամբիոնի վարիչ,
տ.գ.դ, պրոֆ.



Վ.Զ. Մելիքյան

Վ.Զ. Մելիքյանի ստորագրությունը հաստատում եմ՝
ՀԱՊՀ-ի գիտական քարտուղար

Օ.Ս. Հովհաննիսյան

“ 03 ” 07 2026թ.