

Վ.Շ. ՄԵԼԻՔՅԱՆ, Ա.Հ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Հ.Վ. ՄԵԼԻՔՅԱՆ, Տ.Ա. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ,
Դ.Ս. ՍՈՂՈՍՈՅԱՆ

ԹՎԱՅԻՆ ՍԽԵՄԱՆԵՐԻ ՃՇԳՐԻՏ ՎԻՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅԱՆ ՄԵԹՈԴ

Նախագծվող թվային սխեմաների արագագործության գնահատման առավել հանրամատչելի մեթոդը վիճակագրական ժամանակային վերլուծությունն է: Այդպիսի վերլուծության ընթացքում ինտեգրալ սխեմաների պատրաստման տեխնոլոգիական գործընթացների, ինչպես նաև շահագործման ընթացքում շրջակա միջավայրի պարամետրերի հնարավոր շեղումների հաշվի առնումը էապես մեծացնում է ստացվող արդյունքների՝ համապատասխանելիության աստիճանը չափումների հետ: Ներկայացված մեթոդը գերծ է տրամաբանական տարրերի հապաղումների և ազդանշանների ժամանման պահերի շեղումների բաշխվածությունից:

Առանցքային բառեր. թվային սխեմա, վիճակագրական ժամանակային վերլուծություն, տրամաբանական տարր, հապաղում:

Նախաբան: Արագագործությունը ժամանակակից թվային գերմեծ ինտեգրալ սխեմաների (ԳՄԻՍ) կարևորագույն բնութագրերից է [1]: Այն բնորոշող առավել կարևոր պարամետրերից է թվային սխեմաների (ԹՍ) մուտքային և ելքային ազդանշանների փոխանջատման պահերի միջև ընկած ժամանակահատվածը, այսինքն՝ ԹՍ-ի հապաղումը [2]: ԳՄԻՍ-ների ավտոմատացված նախագծման ժամանակակից միջոցներում ԹՍ-ի հապաղման որոշման առավել կիրառվող եղանակը վիճակագրական ժամանակային վերլուծությունն (ՎԺՎ) է: ՎԺՎ-ի հայտնի մեթոդներում [3-8], որպես կանոն, հաշվի չեն առնվում ինտեգրալ սխեմաների (ԻՍ) պատրաստման տեխնոլոգիական գործընթացների, ինչպես նաև ԻՍ-ների շահագործման ընթացքում շրջակա միջավայրի պարամետրերի հնարավոր շեղումները: Դա հանգեցնում է ՎԺՎ-ի միջոցով ստացված և իրական ԻՍ-ների վրա կատարված չափումների արդյունքների միջև անթույլատրելի անհամապատասխանության: Վերջինս հարցականի տակ է դնում ՎԺՎ-ի հայտնի միջոցների կիրառման նպատակահարմարությունը: Այդ պատճառով, ներկայումս ՎԺՎ-ի գործնական նախագծման տեսանկյունից բավարար ճշտություն ապահովող մեթոդների մշակման փորձեր են կատարվում՝ հաշվի առնելով վերոհիշյալ շեղումները: Չնայած առաջարկվող լուծումներում [3-8] օգտագործվում է այդ շեղումների վերաբերյալ վիճակագրական տեղեկատվություն, սակայն հաշվի չեն առնվում վերջիններիս պատճառ հանդիսացող մեծությունների միջև փոխկապվածությունները: Դա հանգեցնում է վիճակագրական ժամանակային վերլուծության անհարկի բարդացման, այսինքն՝ անհրաժեշտ մեքենայական միջոցների անթույլատրելի մեծ ծախսերի: Հաճախ [4,5,7], այդ ծախսերի փոքրացման նպատակով, իրական կախվածությունները մոտարկվում են պարզունակ բանաձևերով: Չնայած այդ դեպքում բավարարվում են մեքենայական միջոցների ծախսերին առաջադրվող պահանջները, սակայն դա հատուցվում է արդյունքների անբավարար ճշտությամբ:

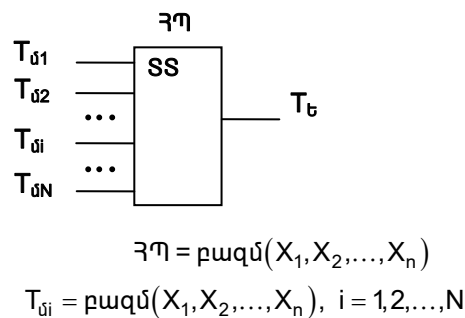
Այդ պատճառով, առաջարկվում է ԹՍ-ների ճշգրիտ վիճակագրական ժամանակային վերլուծության նոր, ընդհանրական մեթոդ, որի հիմքում ընկած է ԹՍ-ի յուրաքանչյուր տարրի հապաղման՝ թելյորյան շարքով ներկայացվող բազմանդամի

կիրառման սկզբունքը: Օգտագործվող բազմանդամի աստիճանը որոշվում է՝ ելնելով վերը նշված շեղումների մեծության և վերլուծության արդյունքների ճշտության պահանջվող աստիճանի հարաբերակցությունից: Առաջարկվող մեթոդը համապիտանի է շեղումների բաշխվածության տեսանկյունից:

Առաջարկվող վիճակագրական ժամանակային վերլուծության մեթոդը:

Առաջարկվում է տրամաբանական տարրերի (SS) մակարդակով ներկայացվող ԹՄ-ների համար նախատեսված ՎԺՎ մոտեցում, որի դեպքում սխեմայի տոպոլոգիան փոխակերպվում է հիմնական մուտքերից դեպի հիմնական ելքեր: Փոխակերպման ընթացքում յուրաքանչյուր SS-ի համար կատարվում են երկու հիմնական գործողություններ: Նախ՝ յուրաքանչյուր SS-ի մուտքային ազդանշանի ժամանման պահի և համապատասխան հապաղման ժամանակի միջև կատարվում է գումարման (ԳՈՒՄ) գործողությունը: Այն կրկնվում է SS-ի բոլոր մուտքային ազդանշանների համար: Այնուհետև, արդեն իրականացված ԳՈՒՄ գործողության արդյունքների հիման վրա իրականացվում է առավելագույն արժեքի հաշվարկման (ԱՌՎ) գործողությունը: Վերջինիս արդյունքում ստացվում է SS-ի ելքում ազդանշանի ժամանման պահի արժեքը:

SS-ի հապաղումը ներկայացվում է որպես անկախ $X_1, X_2, \dots, X_n$ փոփոխականների բազմանդամ, որտեղ n -ը վերջիններիս քանակն է: Նույն մոտեցմամբ, բազմանդամի միջոցով մոտարկվում է յուրաքանչյուր ազդանշանի ժամանման պահը: ՎԺՎ ալգորիթմի աշխատանքի համար անհրաժեշտ տվյալները գրանցվում են սխեմայի տոպոլոգիայի դիտարկման ժամանակ: ՎԺՎ-ում կիրառվող գործողությունների մեկնաբանումը SS-ի կոնկրետ օրինակի (նկ. 1) համար հետևյալն է. SS-ը ունի N մուտք և բազմանդամով ներկայացվող Z -ը հապաղում: $T_{\text{մ}}$ -ն տարրի i -րդ մուտքում ազդանշանի ժամանման պահն է: Ինչպես $T_{\text{մ}}$ -ները, այնպես էլ Z -ը ներկայացվում են բազմանդամի տեսքով:



Նկ. 1. ԳՈՒՄ և ԱՌՎ գործողությունների հաշվարկը

Քանի որ, ն՝ ելքային ազդանշանի ժամանման (T_z) պահը, ն՝ Z -ը ներկայացվում են որպես նույն անկախ $X_1, X_2, \dots, X_n$ փոփոխականների բազմանդամներ, ապա ԳՈՒՄ գործողության արդյունքում նույնպես ստացվում է բազմանդամ: Արդյունաբար բազմանդամում յուրաքանչյուր անդամի գործակիցը $T_{\text{մ}}$ -ի և Z -ի համապատասխան անդամների գործակիցների գումարն է: Յուրաքանչյուր i -րդ մուտքի համար ԳՈՒՄ գործողության արդյունքում տարրի ելքում ազդանշանի ժամանման պահը նշանակելով $T_{\text{ի}}$ - ով, կստանանք.

$$T_{it} = T_{0i} + \Delta T_i, \quad i = 1, 2, \dots, N: \quad (1)$$

Ընդ որում, այս դեպքում իրականացվում է ճշգրիտ հաշվարկ, և այս քայլում մոտարկումներ չեն արվում: Տարրի ելքում ազդանշանի ժամանման ընդհանրացված T_{it} պահը հաշվարկվում է որպես T_{it} մեծությունների առավելագույն արժեք՝ կիրառելով ԱՌՎ գործողությունը:

$$T_{it} = \text{ԱՌՎ}(T_{1t}, T_{2t}, \dots, T_{Nt}): \quad (2)$$

T_{it} մեծությունը, իր հերթին, նույնպես ներկայացվում է բազմանդամի տեսքով՝

$$T_{it} = \text{բազմ}(X_1, X_2, \dots, X_n): \quad (3)$$

Հայտնի է [6], որ ՎԺՎ-ի դեպքում ԱՌՎ գործողության արդյունքների ճշգրիտ ներկայացումը կապված է բարդությունների հետ: Առաջարկվում է T_{it} բազմանդամի հաշվարկման ռեգրեսիոն մոտեցում՝ օգտագործելով քառակուսային տարբերության նվազարկման վրա հիմնված մոտարկում: Համարելով, որ T_{it} -ի մոտարկման համար օգտագործվող բազմանդամի աստիճանը հայտնի է, փնտրվում է այդ աստիճանն ունեցող այնպիսի բազմանդամ, որի դեպքում ԱՌՎ գործողության արժեքի համեմատ սխալանքը նվազագույնն է:

$$P_0 = c_1 X_1 + c_2 X_2 + \dots + c_n X_n + c_{n+1} X_1^2 + \dots + c_{2n} X_n^2: \quad (4)$$

(4) –ում բերված երկրորդ աստիճանի մոտարկվող P_0 բազմանդամի օրինակի կիրառման դեպքում գործակիցների հաշվարկման համար օգտագործվող ռեգրեսիոն մոտեցումը հետևյալն է. դիցուք, $X_1, X_2, \dots, X_n$ պարամետրերի համար տրված է ընտրության վեկտորների m բազմությունը: Այդ բազմությամբ կարելի է գնահատել ԱՌՎ գործողության արդյունքների ճշտությունը: Դա հնարավոր է՝ գնահատելով բոլոր T_{it} բազմանդամները և հաշվարկելով դրանց ԱՌՎ-ները: Ենթադրենք, այդ գործընթացի արդյունքը F_i - է: Այդ դեպքում՝

$$O^2 = \sum_{i=1}^m [F_i - (c_1 X_{1i} + \dots + c_{1n} X_{1ni} + c_{n+1} X_{1i}^2 + \dots + c_{2n} X_{ni}^2)]^2, \quad (5)$$

որտեղ O -ն ԱՌՎ գործողության արդյունքում ստացված F_i և բազմանդամի օգնությամբ հաշվարկված արժեքների միջև առկա միջին քառակուսային սխալանքի արմատն է: Սխալանքի նվազարկման նպատակով հաշվարկվում են մասնակի ածանցյալներն ըստ բազմանդամի յուրաքանչյուր գործակցի և դրանք հավասարեցվում են 0-ի:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(O^2)}{\partial c_1} &= -2 \sum_{i=1}^m [F_i - (c_1 X_{1i} + \dots)] X_{1i} = 0, \\ \frac{\partial(O^2)}{\partial c_2} &= -2 \sum_{i=1}^m [F_i - (c_1 X_{1i} + \dots)] X_{2i} = 0, \\ &\dots \\ \frac{\partial(O^2)}{\partial c_{n+1}} &= -2 \sum_{i=1}^m [F_i - (c_1 X_{1i} + \dots)] X_{1i}^2 = 0, \\ &\dots \\ \frac{\partial(O^2)}{\partial c_{2n}} &= -2 \sum_{i=1}^m [F_i - (c_1 X_{1i} + \dots)] X_n^2 = 0: \end{aligned} \quad (6)$$

Ձևափոխելով, ստացվում է՝

$$\begin{aligned}
& c_1 \sum_{i=1}^m X_{i1} X_{i1} + c_2 \sum_{i=1}^m X_{2i} X_{2i} + \dots + c_{n+1} \sum_{i=1}^m X_{1i}^2 X_{1i} + \dots + c_{2n} \sum_{i=1}^m X_{ni}^2 X_{ni} = \sum_{i=1}^m F_i X_{i1}, \\
& c_1 \sum_{i=1}^m X_{1i} X_{2i} + c_2 \sum_{i=1}^m X_{2i} X_{2i} + \dots + c_{n+1} \sum_{i=1}^m X_{1i}^2 X_{2i} + \dots + c_{2n} \sum_{i=1}^m X_{ni}^2 X_{2i} = \sum_{i=1}^m F_i X_{2i}, \\
& \dots \\
& c_1 \sum_{i=1}^m X_{1i} X_{1i}^2 + c_2 \sum_{i=1}^m X_{2i} X_{1i}^2 + \dots + c_{n+1} \sum_{i=1}^m X_{1i}^2 X_{1i}^2 + \dots + c_{2n} \sum_{i=1}^m X_{1i}^2 X_{ni}^2 = \sum_{i=1}^m F_i X_{1i}^2, \\
& \dots \\
& c_1 \sum_{i=1}^m X_{1i} + c_2 \sum_{i=1}^m X_{2i} + \dots + c_{n+1} \sum_{i=1}^m X_{1i}^2 + \dots + c_{2n} \sum_{i=1}^m X_{ni}^2 = \sum_{i=1}^m F_i : \quad (7)
\end{aligned}$$

Սեղմ մատրիցային նկարագրության ստացման նպատակով միավորելով արտահայտությունները կստացվի.

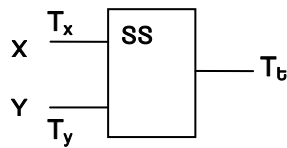
$$\begin{pmatrix} \sum_{i=1}^m X_{1i} X_{1i} \dots \sum_{i=1}^m X_{1i}^2 X_{1i} \dots \sum_{i=1}^m X_{1i} \\ \dots \\ \sum_{i=1}^m X_{1i} X_{1i}^2 \dots \sum_{i=1}^m X_{1i}^2 X_{1i}^2 \dots \sum_{i=1}^m X_{1i}^2 \\ \dots \\ \sum_{i=1}^m X_{1i} \dots \sum_{i=1}^m X_{1i}^2 \dots m \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} c_1 \\ \dots \\ c_{n+1} \\ \dots \\ c_{2n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^m F_i X_{1i} \\ \dots \\ \sum_{i=1}^m F_i X_{1i}^2 \\ \dots \\ \sum_{i=1}^m F_i \end{pmatrix} : \quad (8)$$

Այսպիսով, բազմանդամային ռեգրեսիան ներկայացվում է որպես $XC=F$ հավասարումների համակարգ, որը պետք է լուծվի C մատրիցի նկատմամբ: Այդ նպատակով հնարավոր է բերված տիպի մատրիցների հաշվարկի հայտնի եղանակներից ցանկացածի կիրառումը: Սակայն գործակիցների ընտրության ժամանակ անհրաժեշտ է ապահովել P_0 -ի և F_i -ների նվազագույն տարբերություն: Միալանքի ոչ բավարար լինելու դեպքում ԱՌՎ գործողության հաշվարկման ժամանակ իրականացվում է վերամոտարկում ավելի ճշգրիտ բազմանդամով:

Առաջարկվող ռեգրեսիոն մոտեցման բարդությունը կախված է չափվող անկախ X_i մեծությունների n քանակից և ընտրության վեկտորների m թվից: Դրանց մեծացումը միաժամանակ հանգեցնում է հաշվարկային ծախսերի և արդյունքների ճշտության մեծացման: Սակայն միշտ հնարավոր է որոշել n -ի և m -ի այնպիսի լավարկված արժեքներ, որոնց դեպքում ապահովվում է մեքենայական ժամանակի ծախսերի և արդյունքների ճշտության միջև պահանջվող փոխզիջում:

Դիտարկվող ՎԺՎ մեթոդի ընդհանրականությունն այն է, որ այն հաշվի է առնում բոլոր պարամետրական շեղումները, ինչպես նաև SS -ների հապաղումների և ազդանշանների ժամանման պահերի արժեքները՝ առանց ԱՌՎ գործողության ընթացքում կատարվող մոտարկումների: Բազմանդամային ռեգրեսիան հնարավոր է կիրառել կամայական X_i պարամետրական փոփոխականների համար, իսկ արդյունքների ճշտությունը կառավարվող է: ԱՌՎ-ի հաշվարկման ժամանակ օգտագործվող բազմանդամային ռեգրեսիոն մատրիցի չափողականությունը էքսպոնենցիալ օրենքով աճում է՝ կախված m -ից: Սակայն, բնականաբար, ցանկալի է ունենալ

տ-ից հաշվարկային ժամանակի գծային կախվածություն: Ստորև նկարագրվում է այդ նպատակի իրագործմանն ուղղված մոտեցում:



Նկ. 2. Ժամանակային վիճակագրական վերլուծություն G հանգույցի համար

Գծային ՎԺՎ-ի իրականացման համար կիրառվում են ազդանշանների ժամանման պահերի և SS-ի հապաղումների գծային մոդելներ: Այդ նպատակով յուրաքանչյուր SS-ի համար ստացվում են զույգ արժեքներ՝ գծային մոդելով և բազմանդամով հաշվարկված: Նկ. 2-ում բերված օրինակի համար դա նշանակում է, որ մոտքային x և y ազդանշաններից յուրաքանչյուրի համար ստացվում են գծային (T_x^g և T_y^g) և բազմանդամով (T_x^p և T_y^p) մոդելավորման արդյունքում ստացված արժեքները: SS-ի հապաղման գծային և բազմանդամային մոդելներով ստացված արժեքները համապատասխանաբար Z^g և Z^p -ն են:

SS-ի էլքային ազդանշանի ժամանման գծային մոտարկմամբ որոշվող պահը կստացվի հետևյալ կերպ՝

$$T_t^g = \text{ԱՌՎ}(T_x^g + Z^g, T_y^g + Z^g): \quad (9)$$

Այսպիսի ներկայացման դեպքում T_t^g - ն ստացվում է որպես $X_1, X_2, \dots, X_n$ անկախ պարամետրերի գծային կոմբինացիա՝

$$T_t^g = c_0 + c_1 X_1 + c_2 X_2 + \dots + c_{1n} X_{1n}: \quad (10)$$

Քանի որ հայտնի է X_i անկախ փոփոխականներից յուրաքանչյուրի բաշխվածությունը, ապա՝

$$T_{t\text{միջ}}^g = c_0 + c_1 X_{1\text{միջ}} + \dots + c_n X_{n\text{միջ}}, \quad (11)$$

$$T_{t2}^g = c_1^2 X_{12} + c_2^2 X_{22} + \dots + c_n^2 X_{n2}, \quad (12)$$

որտեղ X_i միջ-ը և X_i շ-ն X_i անկախ փոփոխականների, իսկ $T_{t\text{միջ}}^g$ և T_{t2}^g շ-ն T_t^g -ի, համապատասխանաբար, միջին արժեքը և շեղվածությունն են:

Հաջորդ քայլում, ընդունելով գծային ռեգրեսիայի արդյունքում ստացվող էլքային ազդանշանի ժամանման պահի և միջին շեղման արժեքները որպես հիմք, էլքային ազդանշանի ժամանման պահի և շեղման արժեքների ճշգրտման նպատակով օգտագործվում է բազմանդամային ՎԺՎ-ն: Այս գործընթացի մեկնաբանությունը հետևյալն է. SS-ի էլքում ազդանշանի բազմանդամային ժամանման պահը որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$T_t^p = \text{ԱՌՎ}(T_x^p + Z^p, T_y^p + Z^p), \quad (13)$$

որտեղ T_x^p -ն և T_y^p -ն, համապատասխանաբար, ազդանշանի ժամանման պահերն են X և Y մուտքերում, իսկ Z^p -ն՝ SS-ի բազմանդամով ներկայացվող հապաղումն է: Եթե հայտնի է $T_x^p + Z^p$ ($T_y^p + Z^p$ պայմանի կատարման P^p հավանականությունը, ապա հնարավոր է նաև նույն SS-ի համար $T_x^g + Z^g$ ($T_y^g + Z^g$ պայմանի կատարման P^g հավանականության հաշվարկը: T_t^p - ի որոշման համար օգտագործվում է բազմանդամային ՎԺՎ-ի P^p -ն: Այնուհետև, (11) և (12) արտահայտություններով

հաշվարկվող արժեքները մոտեցնելու նպատակով, ստացված $T_{\text{է}}^{\text{P}}$ -ում կատարվում են փոփոխություններ: Օրինակ, եթե $T_{\text{է}}^{\text{P}}$ -ն ներկայացվում է որպես

$$T_{\text{է}}^{\text{P}} = P^{\text{P}}(T_{\text{x}}^{\text{P}} + \beta T^{\text{P}}) + (1 - P^{\text{P}})(T_{\text{y}}^{\text{P}} + \beta T^{\text{P}}) \quad (14)$$

և անհրաժեշտ է հավասարեցնել $T_{\text{է}}^{\text{P}}$ -ի շեղումը $T_{\text{է}}^{\text{q}}$ -ին, ապա պարզության համար ընդունելով $T_{\text{է}}^{\text{P}}$ -ն որպես երկրորդ կարգի բազմանդամ՝

$$T_{\text{է}}^{\text{P}} = c_0 + c_1 X_1 + c_2 X_2 + \dots + c_n X_n + c_{n+1} X_1^2 + \dots + c_{2n} X_n^2, \quad (15)$$

հնարավոր է գնահատել $T_{\text{է}}^{\text{P}}$ -ի միջին արժեքը և շեղվածությունը հետևյալ կերպ.

$$T_{\text{էմիջ}}^{\text{P}} = c_0 + c_1 X_{\text{միջ}} + \dots + c_n X_{\text{միջ}} + c_{n+1} X_{\text{միջ}}^2 + \dots + c_{2n} X_{\text{միջ}}^2, \quad (16)$$

$$T_{\text{էշ}}^{\text{P}} = c_0 + c_1 X_{\text{շ}} + \dots + c_n X_{\text{շ}} + c_{n+1} X_{\text{շ}}^2 + \dots + c_{2n} X_{\text{շ}}^2, \quad (17)$$

ընդ որում, $T_{\text{է}}^{\text{P}}$ -ի շեղումը (17) $T_{\text{է}}^{\text{q}}$ -ի շեղման (12) հետ համաձայնեցնելու նպատակով օգտագործվում են հետևյալ գործակիցները.

$$\alpha^2 = T_{\text{էշ}}^{\text{q}} / T_{\text{էշ}}^{\text{P}}, \quad T_{\text{է}}^{\text{P}} = k T_{\text{է}}^{\text{q}}, \quad T_{\text{էմիջ}}^{\text{P}} = \alpha T_{\text{էմիջ}}^{\text{q}} : \quad (18)$$

Փորձնական արդյունքներ: Կատարված փորձարկումների ժամանակ հաշվի են առնվել SS-ի երեք պարամետրեր՝ սնուցման $V_{\text{ս}}$ լարումը, շեմային $V_{\text{շ}}$ լարումը և կարճ հոսքուղու էֆեկտի համար էլեկտրոնի արագության հագեցման (գործակիցը: Փոփոխականների 1,8վ, 0,5վ և 1,3 միջին արժեքների վրա կիրառվել են համապատասխանաբար 10%, 20% և 7% շեղումներ: Ավելի ընդհանրական մոտեցում ապահովելու համար կիրառվել է ոչ խիստ Գաուսյան բաշխումը, որում ընդունվում է նշված փոփոխականների համաչափ բաշխվածություն՝

$$D \propto C_{\text{P}} V_{\text{ս}} / (V_{\text{ս}} - V_{\text{շ}})^{\alpha}, \quad (19)$$

որտեղ C_{P} -ն SS-ի բեռի ունակությունն է:

Սխալանքը որոշվել է Մոնթե-Կառլոյի մեթոդով ստացվող արդյունքների հետ համեմատության միջոցով: Փորձարկումների ընթացքում ԹՄ-ի կազմում եղած բոլոր SS-ների հապաղումները և ազդանշանների ժամանման պահերը ներկայացվել են 2-րդ կարգի բազմանդամներով: Փորձարկումների արդյունքները ISCAS89 շարքի մի քանի ԹՄ-ների համար բերված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Փորձարկումների արդյունքները

ԹՄ	Մոնթե-Կառլոյի մեթոդ	Գծային մոդելավորմամբ ՎԺՎ			Բազմանդամային մոդելավորմամբ ՎԺՎ		
		Տևողություն	Շահում (անգամ)	Միջին քառակուսային սխալանք	Տևողություն	Շահում (անգամ)	Միջին քառակուսային սխալանք
C432	2994	1344	2,2	0,144	1390	2,2	0,052
C499	9899	2864	3,5	0,161	2936	3,4	0,056
C880	8252	2360	3,5	0,133	2404	3,4	0,034
C1355	9861	2834	3,5	0,172	2882	3,4	0,032
C1908	12966	2962	4,4	0,152	3010	4,3	0,041
C3540	64793	7207	9	0,150	7361	8,8	0,046
C5315	140650	9580	14,7	0,167	10913	12,9	0,091
C6288	362182	17112	21,2	0,162	17330	20,9	0,034
Միջ.			7,7	0,155		7,4	0,048

Մոնթե-Կառլոյի մեթոդի կիրառման պարագայում ստացվող աշխատանքային ցիկլի տևողության համեմատ գծային մոդելավորմամբ ՎԺՎ-ի դեպքում ստացվում է 7,7 անգամ շահում, իսկ բազմանդամային՝ 7,4: Միջին քառակուսային սխալանքը, համապատասխանաբար 0,155 և 0,048 է: Արդյունքները վկայում են նաև գծային նկատմամբ բազմանդամային ՎԺՎ-ի ունեցած առավելության մասին:

Եզրակացություն: Ներկայացված է թվային սխեմաների ճշգրիտ ժամանակային վերլուծության ընդհանրական մեթոդ, որն անկախ է տրամաբանական տարրերի հապաղումների և ազդանշանների ժամանման պահերի շեղումների բաշխվածությունից: Առաջարկված է թվային տարրերի հապաղումների՝ բազմանդամներով մոդելավորման եղանակ, որտեղ վերջիններիս կարգը հնարավոր է որոշել՝ ելնելով ելքային արդյունքների ճշտության պահանջներից:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Baker R.J., Li H.W., Boyce D.E.** CMOS. Circuit design, Layout, and Simulation (2nd edition). - 2005. -P. 1038.
2. **Agarwal A., Vrudhula S.** Computation and Refinement of Statistical Bounds on Circuit Delay // IEEE Design Automation Conf. (DAC). -2003. -P. 348-353.
3. **Agarwal A., Zolotov V. and Blaauw D.** Statistical Timing Analysis Using Bounds and Selective Enumeration // ACM/IEEE International Workshop on Timing Issues in the Specification and Synthesis of Digital Systems. - 2002. -P. 25-31.
4. **Orshansky M., Bandyopadhyay A.** Fast Statistical Timing Analysis Handling Arbitrary Delay Correlations // 41st Design Automation Conference (DAC'04). -2004. -P.337-342.
5. **Visweswariah C., Ravindran K., Walker S.G.** First-Order Incremental Block-Based Statistical Timing Analysis // Design Automation Conference (DAC). -2004. -P.331-336.
6. **Chang H. and Sapatnekar S.** Statistical Timing Analysis Considering Spatial Correlations Using a Single Pert-Like Traversal // 2003 International Conference on Computer-Aided Design (ICCAD '03). -2003. -P. 621.
7. **Le J., Li X., Pileggi L.** Statistical Timing Analysis with Correlations // Design Automation Conference (DAC). -2004. -P. 343-348.
8. **Bhardwaj S., Vrudhula S.** Probability Distribution of Signal Arrival Times Using Bayesian Networks // IEEE Transactions on CAD of Integrated Circuits and Systems. - 2005. - P. 1784 -1794.

ՀՊՃՀ. Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 20.02.2007:

**В.Ш. МЕЛИКЯН, А.А. МАРТИРОСЯН, Э.В. МЕЛИКЯН, Т.А. ПЕТРОСЯН,
Д.С. СОГОМОНЯН**

МЕТОД ТОЧНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА ЦИФРОВЫХ СХЕМ

Показано, что наиболее универсальным методом оценки быстродействия проектируемых цифровых схем является статистический временной анализ. Учет возможных отклонений параметров технологических процессов изготовления интегральных схем, а также окружающей среды во время эксплуатации существенно увеличивает степень соответствия получаемых результатов с измерениями. Предложенный метод независим от распределения отклонений задержек логических элементов и моментов прибытия сигналов.

Ключевые слова: цифровая схема, статистический временной анализ, логический элемент, задержка.

**V.Sh. MELIQYAN, A.H. MARTIROSYAN, H.V. MELIQYAN, T.A. PETROSYAN,
D.S. SOGHOMONYAN**

ACCURATE STATISTICAL TIMING ANALYSIS METHOD FOR DIGITAL CIRCUITS

In digital circuit design the statistical timing analysis is a universal method for circuit speed estimation. By considering the process and environmental variations in statistical timing analysis method it is possible to obtain more accurate estimation results, which are closer to measured values. The proposed method does not consider variation distributions of gate delays and signal arrival times.

Keywords: digital circuit, statistical timing analysis, logic gate, delay.