

Ա.Կ. ՏԱԳԱՏԵԼՅԱՆ, Ա.Վ. ԾԱՐՈՒԿՅԱՆ, Գ.Ա. ՏՄԱՆԱԶԱՐՅԱՆ

**СРАВНЕНИЕ АППАРАТНОЙ И ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИЙ
ПРОТОКОЛОВ НАБЛЮДЕНИЯ КОГЕРЕНТНОСТИ КЭШ-ПАМЯТИ В
МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ**

Исследованы проблемы когерентности кэш-памяти в многопроцессорных системах и современные типы используемых при этом наблюдательных протоколов, таких как протоколы MESI, MOESI и MESIF. Выполнены сравнения быстродействия этих алгоритмов при аппаратной и программной реализациях.

Ключевые слова: многопроцессорные системы, когерентность кэш-памяти, протоколы MESI, MOESI и MESIF, аппаратная и программная реализации.

A.K. SAGHATELYAN, H.V. TSARUKYAN, G.A. SHAHNAZARYAN

**CACHE MEMORY COHERENCE, COMPARISON OF HARDWARE AND
SOFTWARE OF THE MONITORING PROTOCOLS IN
MULTIPROCESSOR SYSTEMS**

The cache memory coherence problems in multiprocessor systems and the modern types of monitoring protocols such as MESI, MOESI and MESIF implemented in that case are studied, comparisons of the speed of those algorithms at hardware and software implementations are also carried out.

Keywords: multiprocessor systems, coherence of cache memory, MESI, MOESI, MESIF controlling (or monitoring) protocols, comparison of hardware and software implementations.

ՀՏԴ 681.3

Ա.Ժ. ՄՈՄՁՅԱՆ

**ԲՈՒԺՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻՆ ԱԶԱԿՑՈՂ ՀԵՌԱՀԱՂՈՐԴԱԿՑԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՏՎԻՉՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ԵՎ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Հետազոտվել են մեթաբոլիկ համախտանիշով հիվանդությունների բուժման գործընթացին աջակցող համակարգի IoT ցանցի միջոցով հիվանդների տվյալների մշտադիտարկման տվիչներ: Որոշվել են դրանց ճշգրտությունը, անվնասությունը, API-ները և SDK-ները, և կատարվել է համապատասխան ընտրություն:

Առանցքային բառեր. խելացի կրիչներ, տվիչներ, IoT, SDK, MKM-HealthDataSDK:

Ներածություն: Հիվանդների արդյունավետ մշտադիտակումը առանցքային դերակատարություն ունի հիվանդների առողջական վիճակին առավելագույնս հարմարեցված բուժման պլանի մշակման և հետևաբար՝ լավագույն

բժշկական օգնության մատուցման հարցում: Դրա դերակատարությունն առավել մեծանում է մեթաբոլիկ հիվանդությունների դեպքում:

Խելացի կրիչների զարգացումը նոր հորիզոններ է բացում հիվանդների մշտադիտարկման ավտոմատացման և բուժման գործընթացին աջակցող ավտոմատացված հեռահաղորդակցական համակարգում դրանց ինտեգրման համար:

Կան խելացի կրիչների բազմաթիվ տարբերակներ, սակայն դրանք ոչ բոլոր անհրաժեշտ տվյալները կարող են չափել, ընդ որում, դրանցից յուրաքանչյուրը կարող է չափել միայն մեկ պարամետրերի որոշ կազմություն:

Առաջարկված չափած տվյալները սակավաթիվ են, և դրանցից քչերն են տրամադրում ծրագրային եղանակով տվյալներ ստանալու հնարավորություն:

Աշխատանքի նպատակն է հետազոտել մեթաբոլիկ համախտանիշով հիվանդությունների դեպքում մշտադիտակման անհրաժեշտություն ունեցող տվյալների չափման հնարավորությամբ խելացի կրիչները և դրանցից ընտրել բուժման գործընթացին աջակցող ավտոմատացված հեռահաղորդակցական համակարգում ավելի նպատակահարմարները:

Քանի որ մեթաբոլիկ համախտանիշով հիվանդությունները բազմաթիվ են, ուստի հետազոտվել և ներկայացվել են այն տվյալները, որոնք անհրաժեշտ է մշտադիտարկել, և դրանց մշտադիտարկման համար առկա նպատակահարմար տվիչները, որոնք օգտագործվում են ամենատարածված հիվանդությունների՝ ինֆարկտի, ինսուլտի և շաքարախտի դեպքում:

Ինֆարկտի և ինսուլտի դեպքում անհրաժեշտ տվյալների մշտադիտարկումը: Ինֆարկտի և ինսուլտի դեպքում անհրաժեշտ է մշտադիտարկել արյան ճնշումը և սրտի զարկերի հաճախականությունը: Իհարկե, դրանց չափման սարքերն այսօր բազմաթիվ և տարատեսակ են, սակայն անհրաժեշտ է այնպիսի սարք, որը հիվանդի համար հեշտ է կրել ամբողջ օրվա ընթացքում և, միևնույն ժամանակ, հնարավորություն է տալիս ծրագրային տարբերակով ստանալ ինֆորմացիան:

Ներկայումս առկա են բազմաթիվ smart watch-եր և smart bracet-ներ, որոնք չափում են սրտի զարկերի հաճախականությունը, ինչպես նաև տրամադրում են API-ներ՝ ինչպես Apple HealthKit-ը [1] (iOS native ծրագրավորման միջավայրում հասանելի գրադարան) և Samsung Health SDK-ն [2] (Android native ծրագրավորման միջավայրում հասանելի գրադարան): Samsung Health SDK-ն թույլ է տալիս առողջապահական տվյալները վերցնել Samsung Health App-ից, որը կարելի է բեռնել ցանկացած այդպիսի Android հեռախոսի վրա: Samsung Health App պարունակում է նաև սրտի զարկերի հաճախականության չափումները և արձանագրում է դրանք կամ հեռախոսով, եթե հեռախոսն ունի սրտի զարկերի

չափման հնարավորություն, կամ էլ հեռախոսի հետ կապնված smart watch-ով (նկ. 1):



Նկ. 1. Սրտի զարկերի հաճախականության չափման հնարավորությամբ սովիչներ և գործիքամիջոցներ

Սրտի զարկերի հաճախականությունը կարելի է ստանալ նաև Xamarin պլատֆորմում՝ օգտագործելով HealthKit in Xamarin.iOS [3] և MKM-Health DataSDK [4,5] գրադարանները: MKM-HealthDataSDK-ն հնարավորություն է տալիս առողջապահական տվյալները վերցնել Samsung Health App-ից, որը կարելի է բեռնել ցանկացած Android հեռախոսի վրա, որը պարունակում է նաև սրտի զարկերի հաճախականության չափումները, որն իր հերթին արձանագրում է դրանք կամ հեռախոսով, եթե հեռախոսն ունի սրտի զարկերի չափման հնարավորություն, կամ էլ՝ հեռախոսի հետ կապնված smart watch-ով:

Արյան ճնշման չափման հնարավորությամբ Smart Watch-երը շատ չեն: Omron generation zero-ն միակ smart watch-ն է [6], որը կարողանում է չափել արյան ճնշումը, ինչպես նաև տրամադրում է API տվյալները՝ նրանից ավտոմատ կերպով վերցնելու համար [7] (նկ. 2):



Նկ. 2. Omron Generation Zero

Շաքարախտի դեպքում անհրաժեշտ տվյալների մշտադիտարկումը:
 Շաքարախտ հիվանդության դեպքում հարկավոր է մշտադիտարկել արյան

շաքարի մակարդակը, ծախսված կալորիաների քանակը և ընդունած կալորիաների քանակը:

Ընդունած կալորիաների քանակը ավտոմատ կերպով մշտադիտարկել հնարավոր չէ, սակայն կան բազմաթիվ ծրագրեր, որոնք գործում են սննդի կալորիականության հաշվարկի ժամանակ: Այդ դեպքում հիվանդը պետք է անձամբ տվյալներ մուտքագրի համակարգում:

Ծախսված կալորիաների քանակի, ինչպես նաև սրտի զարկերի հաճախականության մասին տեղեկությունները նույնպես կարելի է ավտոմատ կերպով ստանալ smart phone-ներից և smart wearable-ներից:

Արյան մեջ շաքարի մակարդակի չափման համար նախատեսված սարքերը բազմաթիվ են, սակայն դրանցից ոչ բոլորն են API տրամադրում:

Նշված սարքերը կարելի է բաժանել երկու խմբի՝ ինվազիվ, և ոչ ինվազիվ: Ոչ ինվազիվ տարբերակներն աշխատում են արյան շաքարի մակարդակը չափել քրտինքի կամ մազնիսական դաշտի միջոցով: Քրտինքի միջոցով արյան շաքարի մակարդակը չափող խելացի թևնոցներն աշխատում են դաստակը տաքացնել՝ քրտինքի ստացման նպատակով, սակայն մինչ օրս փորձարկված բոլոր տարբերակները հակացուցված են դրանց առաջացրած այրվածքների պատճառով: Մազնիսական դաշտի միջոցով արյան շաքարի մակարդակի չափման սարքերը դեռևս հետազոտման փուլում են:

Արյան շաքարի մակարդակը չափող սարքերը բազմաթիվ են և լայն տարածում ունեն: Կան նաև տարբերակներ, որոնք կարելի է կրել մարմնի վրա օրվա ընթացքում, ինչպիսիք են քրտինքի միջոցով արյան շաքարի մակարդակը չափող smart watch-երը (որոնք հակացուցված են դրանց առաջադրած այրվածքների պատճառով), ասեղի միջոցով արյան շաքարի մակարդակը չափող smart watch-երը և Dexcom ընկերության արտադրած սարքը, որը տալիս է ծրագրավորման լայն հարավորություններ և աշխատանքի համար նախատեսված բազմազան լուծումներ: Դրանում ներառված է «Dexcom»-ի ընդունիչը, որն ստանում է տվյալները տվիչի վրա տեղադրված փոխանցիչից և ցուցադրում էկրանին: Dexcom Mobile App-ի միջոցով տվյալները փոխանցվում են ընդունիչ սարքից հիվանդի բջջային հեռախոս, որում տեղակայված հավելվածը մանրամասնորեն ցուցադրում է բոլոր տվյալները: Միաժամանակ, այդ տվյալները փոխանցվում են սերվեր, որտեղ պահպանվում են [8], ինչպես նաև Dexcom Follow App ծրագրի միջոցով հնարավորություն է ստեղծվում բժշկի և հիվանդի կողմից մշտապես առցանց հետևել հիվանդի արյան շաքարի մակարդակին: Բացի այդ, 22.09.2017-ին «Dexcom»-ը դարձավ այն առաջին և առայժմ միակ ընկերությունը, որը թողարկեց պաշտոնական API [9]՝ սարքի կառավարման և տվյալների հասանելիության ապահովման համար (նկ. 3):



Նկ. 3. «Dexcom» ընկերության արյան շաքարի մակարդակի չափման սարք

Աղյուսակում ամփոփված են ինֆարկտով, ինսուլտով և շաքարախտով հիվանդների մշտադիտարկման ենթակա տվյալները և ընտրված տվիչները, որոնք նպատակահարմար են այդ տվյալների մշտադիտարկման համար:

Աղյուսակ

Մշտադիտարկման կարիք ունեցող հիվանդների տվյալները և ընտրված տվիչները

Շաքարախտ			Ինֆարկտ + Ինսուլտ	
Արյան շաքարի մակարդակ	Այրված կալորիաներ	Ընդունած կալորիաներ	Սրտի զարկերի հաճախականություն	Արյան ճնշում
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dexcom (API) ▪ Manual 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Smart wearables ▪ Samsung Health SDK ▪ Manual 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Smart wearables ▪ Samsung Health SDK ▪ Manual 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Samsung Galaxy Watch Active 2 ▪ Omron generation zero ▪ Manual

Եզրակացություն. Ընդհանրացնելով կատարված ուսումնասիրությունների, հետազոտությունների, և վերլուծությունների արդյունքները՝ կարելի է եզրահանգել.

1. Ինֆարկտի և ինսուլտի դեպքում անհրաժեշտ է մշտադիտարկել արյան ճնշումը և սրտի զարկերի հաճախականությունը:

2. Շաքարախտ հիվանդության դեպքում հարկավոր է մշտադիտարկել արյան շաքարի մակարդակը, ծախսված կալորիաների քանակը և ընդունած կալորիաների քանակը:

3. Ծախսված կալորիաների քանակը և սրտի զարկերի հաճախականությունը կարելի է ավտոմատ կերպով ստանալ smart phone-ներից և smart wearable-ներից: Մեթաբոլիկ համախտանիշով հիվանդությունների բուժման գործընթացին աջակցող համակարգի IoT ցանցում նպատակահարմար է ստանալ Xamarin պլատֆորմի համար նախատեսված HealthKit in Xamarin.iOS և MKM-HealthDataSDK գրադարանների միջոցով:

4. Արյան ճնշման մշտադիտարկումը պետք է իրականացնել Omron generation zero smart watch-ի միջոցով, որը տրամադրում է API:

5. Ընդունած կալորիաների քանակը ավտոմատ կերպով մշտադիտարկել հնարավոր չէ, սակայն գոյություն ունեն բազմաթիվ ծրագրեր, որոնք գործում են սննդի կալորիականության հաշվարկի ժամանակ: Այդ դեպքում հիվանդը պետք է անձամբ տվյալներ մուտքագրի համակարգում:

6. Արյան շաքարի մակարդակի մշտադիտարկումը հարկավոր է իրականացնել Dexcom սարքի միջոցով, որը տրամադրում է API:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Apple // HealthKit // <https://www.apple.com/ios/health/>
2. Samsung // Samsung Health SDK // <https://developer.samsung.com/health>
3. Microsoft // HealthKit in Xamarin.iOS // <https://docs.microsoft.com/en-us/xamarin/ios/platform/healthkit>
4. **Kirakossian G.T., Mayilyan A.K., Momjian A.J.** MKM-HealthDataSDK // <https://www.nuget.org/packages/MKM-HealthDataSDK/>
5. **Kirakossian G.T., Mayilyan A.K., Momjian A.J.** MKM-Health Data software development kit for mobile applications // Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology.- September 2019- November 2019. Vol. 8, № 4. P. 290-300.
6. Omron // Omron Generation Zero // <https://omronhealthcare.com/generation-zero/>
7. Omron // OMRON API for Developers // <https://omronhealthcare.com/api/>
8. Dexcom // Continuous Glucose Monitoring // <https://www.dexcom.com/>
9. Dexcom // Dexcom Developer Portal // <https://developer.dexcom.com/>

А.Ж. МОМДЖЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР ДАТЧИКОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ, СОДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОЦЕССУ ЛЕЧЕНИЯ

Исследованы удобные датчики для постоянного осмотра данных пациентов посредством сети IoT, которые содействуют процессу лечения болезней с метаболическими симптомами.

Ключевые слова: умные носители, датчики, IoT, SDK, MKM-H.

A.J. MOMJIAN

**RESEARCH AND SELECTION OF TRANSDUCERS OF SUPPORT
TELECOMMUNICATION SYSTEMS SUPPORTING THE TREATMENT
PROCESS**

Smart transducers for constant monitoring of patients by the IOT network, supporting the treatment process of illnesses with metabolic symptoms have been studied.

Keywords: smart wearables, sensors, IoT, SDK, MKM-HealthDataSDK.

ՀՏԴ 681.3

Ա.Ժ. ՄՈՄՋԻԱՆ

**ԿՈՏՈՐԱԿԱՅԻՆ ՁԵՎԱԶԱՓԵՐՈՎ ՆԵՐԿԱՅԱՑՎԱԾ ԹՎԵՐԻ
ՏՐԱՄԱԲԱՆԱԿԱՆ ՍԱՐՔԻ ԱՊԱՐԱՏԱՅԻՆ ԻՐԱԿԱՆԱՑՄԱՆ ԱԼԳՈՐԻԹՄԻ
ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ**

Մշակվել են կոտորակային թվերի գումարման, հանման, բազմապատկման և բաժանման գործողությունների ալգորիթմների մոդիֆիկացված տարբերակները, որոնցով հնարավոր կլինի այդ թվաբանական գործողությունների ապարատային իրագործումը: Նախագծվել և պատրաստվել են կոտորակային ֆորմատով ներկայացված թվերի մշակման համար նախատեսված թվաբանական տրամաբանական սարք (ԹՏՍ) և մասնագիտացված RISC պրոցեսոր, որը կներառի մշակված ԹՏՍ-ն:

Առանցքային բառեր. տվյալների ձևաչափ, ապարատային իրագործում, բանաձևեր, ալգորիթմներ:

Ներածություն: Սովորաբար կոտորակային թվերով գործողությունները կատարվում են սահող ստորակետով ֆորմատով, որի առավելություններն են՝ մեծ տիրույթը, գործողությունների կատարման պարզությունը, իսկ թերությունն է պարբերական կոտորակների ճշգրիտ ներկայացման անհնարինությունը: Այս խնդիրը լուծվում է կոտորակային ֆորմատի միջոցով [1,2]:

Վերոնշյալ ֆորմատը պրոցեսորներում որպես տվյալների ֆորմատ օգտագործելու համար հարկավոր է նախագծել և իրականացնել թվաբանական սարք, որը կկարողանա մշակել տվյալ ֆորմատով ներկայացված թվերը և դրանցով կատարել հիմնական թվաբանական գործողությունները (գումարում, հանում, բազմապատկում և բաժանում):

Կոտորակային թվերի մշակման և հաշվարկման համար նախատեսված ԹՏՍ-ի նախագծման և իրականացման համար հարկ է հստակորեն սահմանել կոտորակային թվերի թվաբանական գործողությունների ալգորիթմներն այնպես, որ հնարավոր լինի դրանց ապարատային եղանակով իրականացումը:

Ստորև ներկայացված են մշակված բանաձևերը, և ապացուցվել է դրանց ճշտությունը:

Գումարում

Ընդհանրապես երկու թվի $\frac{a}{b} + \frac{c}{d}$ գումարման համար՝

▪ Հաշվակարկել ենք b և d թվերի նվազագույն հասարակ բազմապատիկը, որը նշանակենք m -ով:

▪ Հաշվարկում ենք այն թվերը, որոնցով պետք է բազմապատկել b և d թվերը՝ m թիվը ստանալու համար, այսինքն՝

$$p1 = m \div b: \tag{1}$$

$$p2 = m \div d: \tag{2}$$

▪ Բազմապատկում ենք առաջին թվի համարիչն ու հայտարարը $p1$ -ով, իսկ երկրորդ թվի համարիչն ու հայտարարը՝ $p2$ -ով:

▪ Դրանով ստանում ենք երկու թիվ, որոնք ունեն միևնույն հայտարարը, որոնց գումարի համարիչը համարիչների գումարն է, իսկ հայտարարը՝ դրանց ընդհանուր հայտարարը, այսինքն՝

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{a \times p1}{b \times p1} + \frac{c \times p2}{d \times p2} = \frac{a \times p1}{m} + \frac{c \times p2}{m} = \frac{a \times p1 + c \times p2}{m} = \frac{n}{m}: \tag{3}$$

▪ Հաշվարկում ենք n և m թվերի առավելագույն հասարակ բաժանարարը, որը նշանակենք g -ով:

▪ Բաժանում ենք ստացված թվի համարիչն ու հայտարարը g -ի:

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{n}{m} = \frac{n \div g}{m \div g} = \frac{x}{y}: \tag{4}$$

Սակայն այս ալգորիթմը այնքան էլ հարմար չէ ապարատային իրականացման համար, ուստի կարելի է այն բերել հետևյալ տեսքի:

▪ Հաշվարկենք հետևյալ արտահայտությունը՝

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{a \times d}{b \times d} + \frac{c \times b}{d \times b} = \frac{a \times d + c \times b}{b \times d} = \frac{n1}{m1}: \tag{5}$$

▪ Հաշվարկում ենք $n1$ և $m1$ թվերի առավելագույն հասարակ բաժանարարը, որը նշանակենք $g1$ -ով:

▪ Բաժանում ենք ստացված թվի համարիչն ու հայտարարը $g1$ -ի:

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{n1}{m1} = \frac{n1 \div g1}{m1 \div g1} = \frac{x1}{y1}: \tag{6}$$

Վերջինս առավել հարմար է ապարատային իրականացման համար, որի միջոցով ազատվում ենք երկու բաժանման բլոկից և նվազագույն հասարակ բազմապատիկի բլոկից, ինչը հանգեցնում է չիփի վրա սխեմայի զբաղեցրած մակերեսի նվազեցման, ինչպես նաև՝ արագագործության բարձրացման:

Այժմ ապացուցենք, որ առաջին և երկրորդ ալգորիթմները համազոր են, այսինքն՝ $\frac{x}{y} = \frac{x_1}{y_1}$:

Պարզ է, որ երկու ամբողջ թվերի ցանկացած ընդհանուր բազմապատիկը մեծ կամ հավասար է դրանց նվազագույն հասարակ բազմապատիկին և պատիկ է նվազագույն հասարակ բազմապատիկին, այսինքն՝ կարելի է գրել որպես $CM = k \times LCM$, որտեղ k -ն ամբողջ թիվ է:

Կարելի է գրել՝

$$m_1 = b \times d = k \times m : \quad (7)$$

(7)-ից հետևում է՝

$$\begin{aligned} b \times d &= k \times m, \\ \Rightarrow \frac{b \times d}{b} &= \frac{k \times m}{b}, \\ \stackrel{1}{\Rightarrow} d &= k \times p_1 : \end{aligned} \quad (8)$$

Ինչպես նաև՝

$$\begin{aligned} b \times d &= k \times m, \\ \Rightarrow \frac{b \times d}{d} &= \frac{k \times m}{d}, \\ \stackrel{2}{\Rightarrow} b &= k \times p_2: \end{aligned} \quad (9)$$

(5)-ից հետևում է

$$\begin{aligned} \frac{n_1}{m_1} &= \frac{a \times d + c \times b}{b \times d}, \\ \stackrel{7,8,9}{\Rightarrow} \frac{n_1}{m_1} &= \frac{a \times k \times p_1 + c \times k \times p_2}{k \times m}, \\ \Rightarrow \frac{n_1}{m_1} &= \frac{k(a \times p_1 + c \times p_2)}{k \times m}, \\ \stackrel{3}{\Rightarrow} \frac{n_1}{m_1} &= \frac{k \times n}{k \times m}, \end{aligned} \quad (10)$$

ինչպես նաև՝

$$\begin{aligned}
g1 &= GCD(n1, m1), \\
\stackrel{10}{\Rightarrow} g1 &= GCD(k \times n, k \times m), \\
\Rightarrow g1 &= k \times GCD(n, m) \\
\Rightarrow g1 &= k \times g:
\end{aligned}
\tag{11}$$

Բանաձև (6)-ից հետևում է

$$\begin{aligned}
\frac{x1}{y1} &= \frac{n1 \div g1}{m1 \div g1}, \\
\stackrel{10,11}{\Rightarrow} \frac{x1}{y1} &= \frac{(k \times n) \div (k \times g)}{(k \times m) \div (k \times g)}, \\
\Rightarrow \frac{x1}{y1} &= \frac{n \div g}{m \div g}, \\
\stackrel{4}{\Rightarrow} \frac{x1}{y1} &= \frac{x}{y}:
\end{aligned}
\tag{12}$$

Վերոնշյալից բխում է, որ առաջին և երկրորդ ալգորիթմները համագոր են:

Հանում

Ընդհանրացնելով գումարման գործողությունը նշանով թվերի համար՝ կարելի է հանման գործողությունը համարել գումարման գործողության մասնավոր դեպք, այսինքն՝

$$\frac{a}{b} - \frac{c}{d} = \frac{a}{b} + \frac{-c}{d}:$$

Հանման համար կոգտագործենք նույն գումարման ալգորիթմը:

Բազմապատկում

Երկու թվի՝ $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$ բազմապատկման համար.

▪ Բազմապատկում ենք համարիչները միմյանցով, և հայտարարները՝ իրարով, այսինքն՝ $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{a \times c}{b \times d} = \frac{n}{m}$:

▪ Հաշվարկում ենք n և m թվերի առավելագույն հասարակ բաժանարարը, որը նշանակենք g-ով:

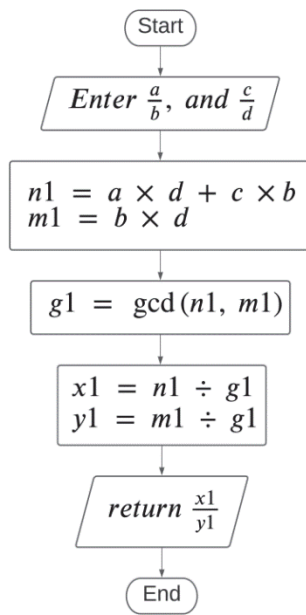
▪ Բաժանում ենք ստացված թվի համարիչն ու հայտարարը g-ի: $\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{n}{m} = \frac{n \div g}{m \div g} = \frac{x}{y}$:

Բաժանում

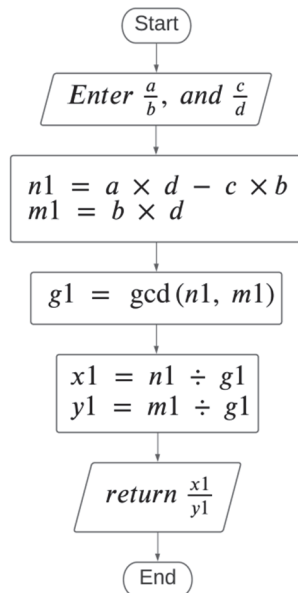
Բաժանման գործողությունը կարելի է համարել բազմապատկում թվի հակադարձով, և քանի որ աշխատում ենք կոտորակային թվերով, թվի հակադարձը գտնելը ընդամենը նրա համարիչի ու հայտարարի տեղերը փոխելն է

$$\frac{a}{b} \div \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \times \frac{d}{c}:$$

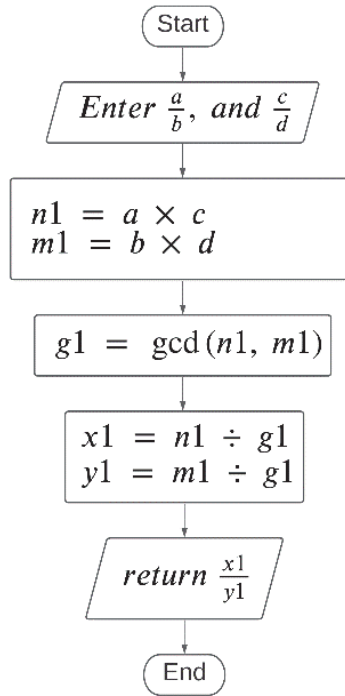
Բաժանման արդյունքը կհաշվարկենք նույն բազմապատկման ալգորիթմով:
 Նկ. 1-4-ում ներկայացված են մոդիֆիկացված ալգորիթմների բլոկ- սխեմաները:



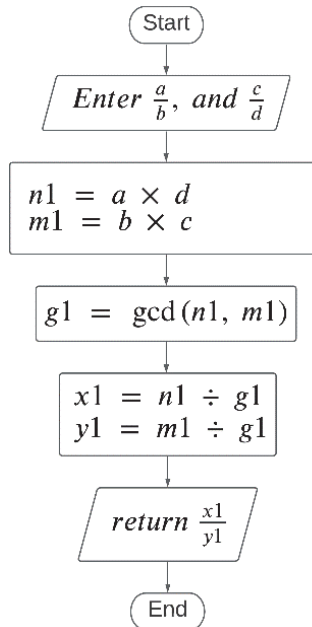
Նկ. 1. Կոպորակային թվերի գումարման ալգորիթմ



Նկ. 2. Կոպորակային թվերի հանման ալգորիթմ

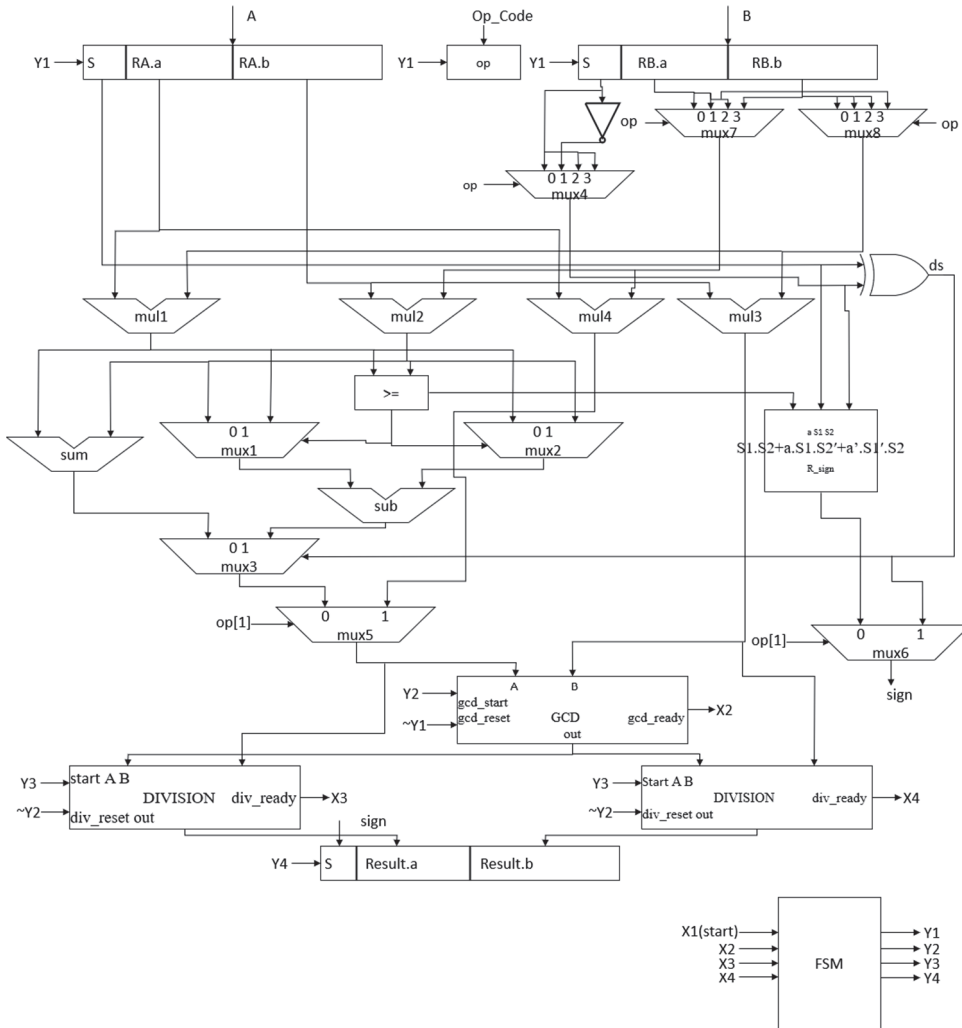


Նկ. 3. Կոտորակային թվերի բազմապատկման ալգորիթմ



Նկ. 4. Կոտորակային թվերի բաժանման ալգորիթմ

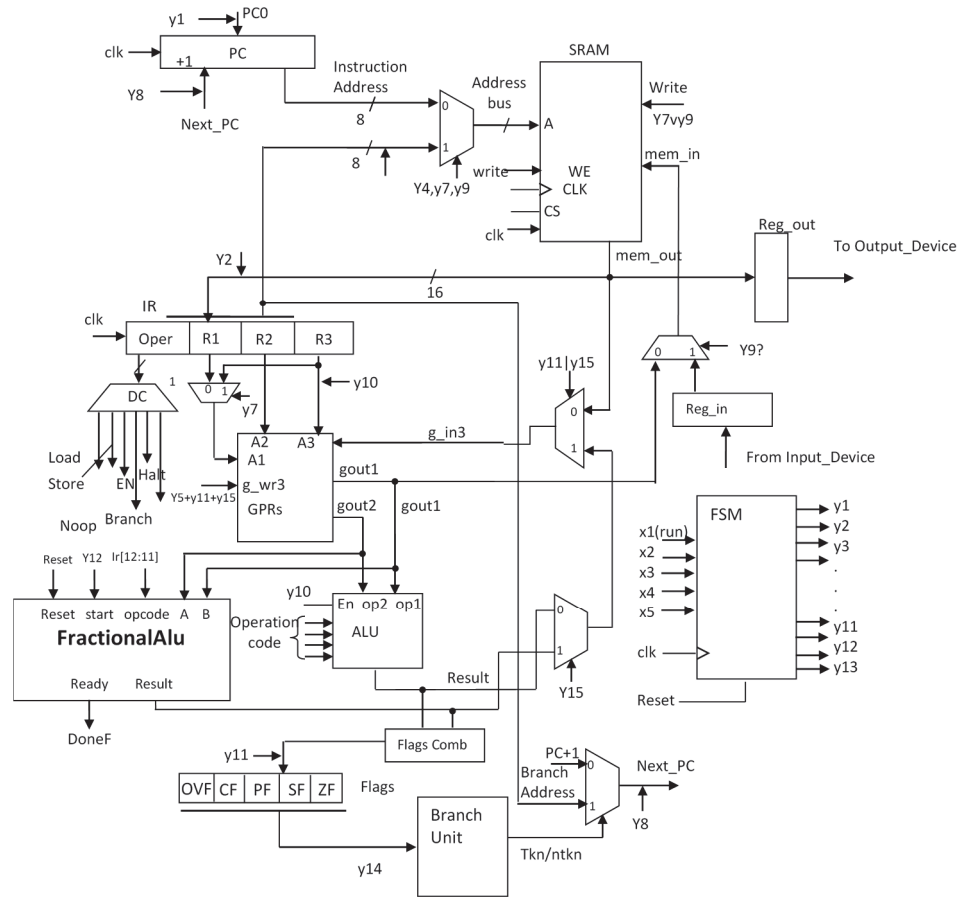
Կոտորակային թվերի գործողությունների ալգորիթմների մոդիֆիկացված տարբերակների հիման վրա նախագծվել և իրականացվել է կոտորակային ֆորմատով ներկայացված թվերի մշակման համար նախատեսված ԹՏՍ-ն, որի կառուցվածքը ներկայացված է նկ. 5-ում [1, 2]:



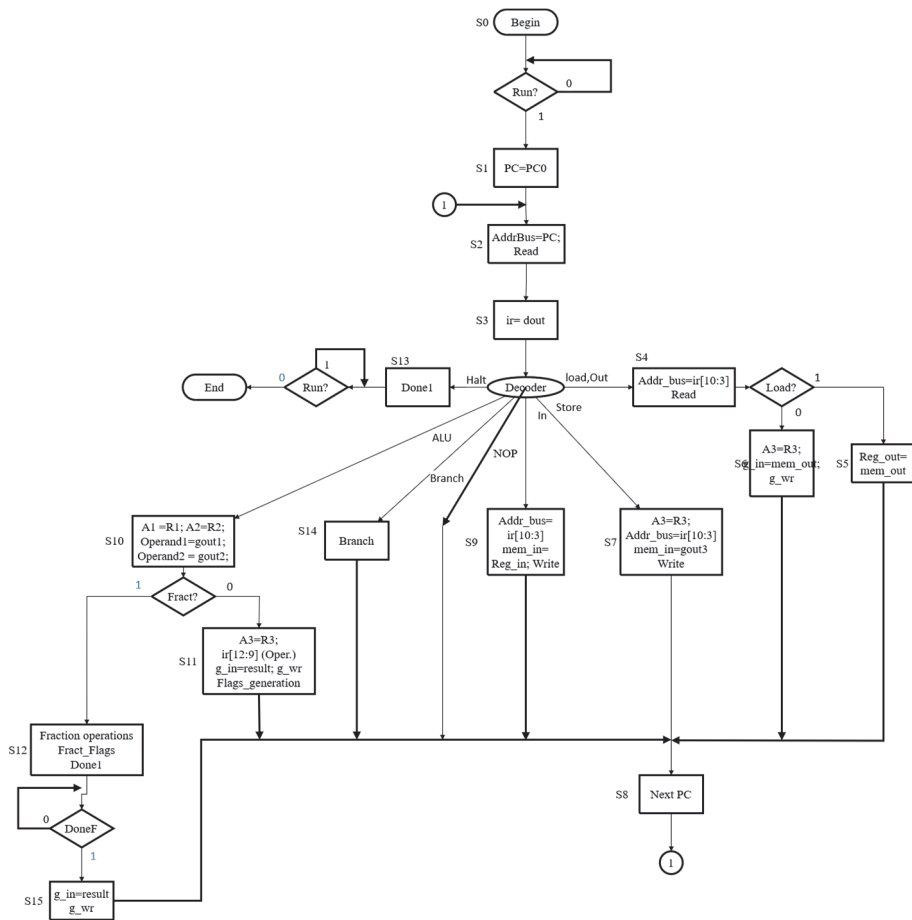
Նկ. 5. Կոտորակային ֆորմատով ներկայացված թվերի մշակման համար նախատեսված ԹՏՍ-ի կառուցվածքը

Սակայն միայն ԹՏՍ-ի կառուցվածքի մշակումը բավարար չէ ֆորմատը կիրառության մեջ դնելու համար: Ուստի նախագծվել և իրականացվել է մասնագիտացված RISC պրոցեսոր, որը կներառի նաև մշակված ԹՏՍ-ն՝ կոտորակային ֆորմատով ներկայացված թվերը այնտեղ մշակելու նպատակով:

Նկ. 6-ում ներկայացված է պրոցեսորի կառուցվածքը, իսկ նկ. 7-ում՝ պրոցեսորի ալգորիթմի բլոկ-սխեման:



Նկ. 6. Մասնագիտացված RISC պրոցեսորի կառուցվածքը



Նկ. 7. Մասնագիտացված RISC պրոցեսորի ալգորիթմի բլոկ-սխեման

Եզրակացություն. Ընդհանրացնելով կատարված մշակումը՝ կարելի է եզրակացնել.

1. Մշակվել են կոտորակային ֆորմատով ներկայացված թվերով թվաբանական հիմնական գործողությունների կատարման համար նախատեսված ԹՏՍ-ի նախագծման և իրականացման համար կոտորակային թվերի թվաբանական գործողությունների ալգորիթմների մոդիֆիկացված տարբերակները, որոնք հնարավոր է իրականացնել ապարատային եղանակով:

2. Նախագծվել և իրականացվել է կոտորակային ֆորմատով ներկայացված թվերի մշակման համար նախատեսված ԹՏՍ-ն:

3. Նախագծվել և իրականացվել է մասնագիտացված RISC պրոցեսոր, որը կներառի նաև մշակված ԹՏՍ-ն՝ կոտորակային ֆորմատով ներկայացված այնտեղ մշակելու նպատակով:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Momjyan A.J.** Co-processor design for manipulating fractions // YSU SSS Annual Scientific Conference's Collection of Article.- 2017. –Vol. 22.- P. 117-124.
2. **Hennessy J. Patterson D.** Computer Architecture: A Quantitative Approach. - 5th Edition. - Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 2011.

Ա.Ջ. ՄՈՄԺՅԱՆ

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА АППАРАТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ЛОГИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ЧИСЕЛ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ДРОБНОМ ФОРМАТЕ

Разработаны варианты модификации сложения, вычитания, умножения и деления дробных чисел, что позволит произвести аппаратную реализацию арифметических действий. Спроектированы и реализованы арифметическое логическое устройство (АЛУ) для разработки чисел, представленных в дробном формате, и специализированный RISC процессор, включающий разработанное АЛУ.

Ключевые слова: тип данных, аппаратная реализация, формулы, алгоритмы.

A.J. MOMJIAN

DEVELOPMENT AND EMPLOYMENT OF THE ALGORITHM FOR APPARATUS IMPLEMENTATION OF THE LOGICAL DEVICE OF NUMBERS PRESENTED IN THE FRACTIONAL FORMAT

The variants of the addition, subtraction, multiplication and division modification of fractional numbers are developed, which allows the hardware realization of the arithmetic operations. The Arithmetic Logic Unit (ALU) intended for processing the numbers presented in the fractional format and the specialized RISC processor including the developed ALU have been designed and realized.

Keywords: data type, hardware realization, formula, algorithms.