

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ლევან იმნაიშვილი

ციფრული სისტემების სინთეზის პრინციპების დამუშავება
მრავალფუნქციურობის ბაზაზე

სპეციალობა: 05.13.05 – მართვის სისტემებისა და გამოთვლითი ტექნიკის ელემენტები
და მოწყობილობანი

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი
2006

ნაშრომი შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში

სამეცნიერო კონსულტანტი: საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
წევრ-კორესპონდენტი,
ტ.მ.დ., პროფესორი ა.ფრანგიშვილი

ოფიციალური ოპონენტები: ტ.მ.დ., პროფესორი ო.ხომერიკი

ტ.მ.დ., პროფესორი ი.მიქაძე

ტ.მ.დ., პროფესორი ა.ჩადუნელი

დისერტაციის დაცვა შედგება 2006 წლის ოქტომბერს, სთ-ზე, საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტის T 05.13 C N1 სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე.

მისამართი: 0175, თბილისი, მ. კოსტავას, 77

დისერტაციის გაცნობა შესაძლებელია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ბიბლიოთეკაში. მისამართი: 0175, თბილისი, მ. კოსტავას, 77

ავტორეფერატი დაიგზავნა 2006 წლის..... სექტემბერს.

სადისერტაციო საბჭოს
სწავლული მდივანი,

ზ.გასიტაშვილი
ტ.მ.დ., პროფესორი

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა. ინფორმაციის ციფრული ფორმით წარმოდგენა ფართოდ გამოიყენება ინფორმაციის დამუშავების სისტემებში, მართვის ავტომატიკის და ავტომატიზებულ სისტემებში, ციფრულ საკომუნიკაციო სისტემებში, საყოფაცხოვრებო ტექნიკაში და ა.შ. ამდენად, ციფრული ფორმით წარმოდგენილი ინფორმაციის გამოყენების არეალი დღეისათვის მეტად ფართოა და ციფრული სისტემების (ცს) განვითარების თავბრუდამხვევი ტემპების გამო, გამოყენების სფეროების მარტო ჩამოთვლაც კი რთული საქმეა.

ცსების გავრცელების ფართო არეალის და მათი განვითარების მაღალი ტემპების გამო, ცხადია, მეტად აქტუალურია მათი შექმნის და გამოყენების ეფექტურობის კვლევა. ცსის ტექნიკური ეფექტურობა თავის მხრივ დიდად განაპირობებს მის ეკონომიკურ ეფექტურობას, რაც მეტად მნიშვნელოვანია საბაზრო ეკონომიკის პირობებში.

დღეისათვის ცსების მწარმოებელი კომპანიებისათვის ცსის ეფექტურობა პირველ რიგში მოიაზრება მისი დამზადების ტექნოლოგიის ეფექტურობაში (რაც მნიშვნელოვნად განაპირობებს მის ეკონომიკურ ეფექტურობას) და შედარებით ნაკლები ყურადღება ექცევა ცსის არქიტექტურული ეფექტურობის ამაღლების საკითხებს. ცხადია, ასეთი დისონანსი ცსების განვითარებისადმი მიდგომაში უახლოეს წლებში მნიშვნელოვნად შეაფერხებს ცსების განვითარების ტემპებს. ასეთი ტენდენცია უკვე სახეზეა პერსონალური კომპიუტერების (პკ) შემთხვევაში, სადაც მურის კანონი ელემენტურ ბაზასთან მიმართებაში ძალაში დარჩა, რომლის თანახმადაც ინტეგრალური სქემის ინტეგრაციის მაჩვენებელი 18-24 თვეში იზრდება დაახლოებით ორჯერ, მაგრამ, როგორც გამოკვლევები აჩვენებს, მათი წარმადობა ელემენტური ბაზის განვითარების ტემპებით ვერ იზრდება. ეს პირველ რიგში განპირობებულია ცსების არქიტექტურისადმი ნაკლები ყურადღებით. ამდენად სახეზეა დღეისათვის ცსების არქიტექტურული განვითარების ტემპების ჩამორჩენა ელემენტურ ბაზის განვითარებასთან მიმართებაში.

ცსებში არსებული პროგრესირებადი პრობლემების დამლევის ერთ-ერთ მისაღებ გზას მათი აგების იდეოლოგიის მრავალფუნქციურობის პრინციპზე დაფუძნება წარმოადგენს. ცსების მრავალფუნქციურობის პრინციპზე აგების იდეა ახალი არ არის და იგი არსებობს გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან, მაგრამ მის განვითარებას ხელს უშლიდა რიგი ობიექტური და სუბიექტური ფაქტორებისა. ცსების ელემენტური ბაზის განხორციელება მრავალფუნქციურობის პრინციპზე მიკროელექტრონიკის და ნახევარგამტარული ტექნოლოგიების განვითარების დღევანდელი დონისათვის უკვე პრობლემატური არ არის. მაგრამ დღეისათვის არ არსებობს ცსის მრავალფუნქციურობის პრინციპზე სინთეზისადმი სისტემური მიდგომა და შესაბამისად სინთეზის მეთოდები. მრავალფუნქციურობის პრინციპის დანერგვა ცსის არა მხოლოდ ელემენტურ ბაზაში, არამედ მისი სტრუქტურული იერარქიის ყველა დონეზე სისტემატიზაციაში მოაქცევს ცსის როგორც ერთიანი სისტემის მრავალფუნქციურობის პრინციპზე სინთეზისა და ეფექტურობის საკითხებს.

ამრიგად მრავალფუნქციურობა და იერარქიულობა შეიძლება განხილული იქნას ცსის როგორც ეფექტურობის ამაღლების საშუალება. ცსის ეფექტურობის ამაღლების გზების სახით შეიძლება განხილული იქნას: ცსის წარმადობის გაზრდა; ცსის

აპარატურული საშუალებების სირთულის შემცირება; ცსის სტრუქტურული რეგულარობის გაზრდა, ცსის აპარატურული საშუალებების ფუნქციური შესაძლებლობების და წარმოების სერიულობის გაზრდა.

აქედან გამომდინარე, უადრესად აქტუალურია ცსის არქიტექტურული გადაწყვეტების შემუშავებისა და მისი იერარქიული სტრუქტურების სინთეზის მეთოდების დამუშავება არსებული მეთოდების არასრულყოფილების გამო.

ნაშრომის მიზანი. სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი მიზანია წარმადობაზე და სტრუქტურულ რეგულარობაზე ორიენტირებული და სისტემური მიდგომით ცსების იერარქიული სტრუქტურების მრავალფუნქციურობის პრინციპზე დაყრდნობით ეფექტური არქიტექტურული გადაწყვეტების გამომუშავების მეთოდების შემუშავება.

სამეცნიერო სიახლე. ცსის ეფექტურობის – წარმადობის, ფუნქციური შესაძლებლობების, ინტელექტუალობის და სტრუქტურის რეგულარობის ამალღებისათვის ცსის სტრუქტურულ იერარქულ დონეებში მრავალფუნქციურობის გამოყენებაზე დაფუძნებით და სისტემური მიდგომით შემუშავებულია სინთეზის პრინციპები, რაც მიღწეულია არქიტექტურული გადაწყვეტების და იერარქიის სხვადასხვა დონეზე სტრუქტურულ ურთიერთკავშირში მყოფი ერთეულების მოდელების, სინთეზისა და ანალიზის მეთოდების, ოპერაციების მათი საშუალებით რეალიზაციის მეთოდების დამუშავებაში.

კვლევის ობიექტი. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ცსების მრავალფუნქციური ელემენტური ბაზა, მრავალფუნქციური კვანძები და მოწყობილობანი, მრავალფუნქციურ კომპონენტებზე დაფუძნებული ოპერაციული მოწყობილობანი და სივრცეში განაწილებული დიდი ცსები.

კვლევის საგანი. კვლევის საგანს წარმოადგენს ცსების მრავალფუნქციური ელემენტური ბაზის, მრავალფუნქციური კვანძების და მოწყობილობების და მრავალფუნქციურ კომპონენტებზე დაფუძნებული ოპერაციული მოწყობილობების და სივრცეში განაწილებული დიდი ცსების მათემატიკური მოდელები და სინთეზის და ანალიზის მეთოდები, რაც საშუალებას იძლევა სრულად იქნას ფორმალიზებული მრავალფუნქციურობაზე და იერარქიულობაზე დაფუძნებული ეფექტური ცსების სინთეზი.

კვლევის მეთოდები. ემყარება ბულის ალგებრის აპარატს, ციფრული ავტომატების თეორიას, სიმრავლეთა თეორიას, სიმრავლეთა და გრაფთა თეორიებს, საიმედოების თეორიას, ერგონომიკის საკითხებს და ციფრული სისტემების სინთეზის მეთოდებს.

პრაქტიკული ღირებულება. ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება მდგომარეობს ცსის სტრუქტურის სხვადასხვა იერარქიულ დონეზე მდგომი ერთეულებისათვის სინთეზის და ანალიზის საინჟინრო მეთოდის დამუშავებაში მრავალფუნქციურობის ბაზაზე, რომლებიც საშუალებას იძლევიან აიგოს ეფექტური ცსები დაწყებული ელემენტური ბაზიდან დამთავრებული სივრცეში განაწილებულ დიდ სისტემამდე.

პირადი წვლილი. ყველა შედეგი, რომელიც წარმოადგენს სადისერტაციო ნაშრომის შინაარსს, მიღებულია ავტორის მიერ დამოუკიდებლად.

ნაშრომის აპრობაცია. სადისერტაციო თემის ირგვლივ ნაშრომის ძირითადი შედეგები სხვადასხვა წლებში მოხსენებული იყო საერთაშორისო და რესპუბლიკურ სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციებზე და სემინარებზე.

სადისერტაციო ნაშრომის სტრუქტურა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლის, ხუთი თავისა და ლიტერატურის ნუსხისაგან. ნაშრომის საერთო მოცულობაა 282 გვერდი, ლიტერატურის ნუსხა მოიცავს 121 დასახელების ბიბლიოგრაფიულ წყაროს.

პუბლიკაციები. სადისერტაციო ნაშრომის ირგვლივ სესის მიერ დამტკიცებული სიის თანახმად რეცენზირებად ჟურნალებში გამოქვეყნებულია 20 სამეცნიერო ნაშრომი.

ნაშრომის შინაარსი

შესავალში დასაბუთებულია სადისერტაციო ნაშრომში დასმული პრობლემის აქტუალობა. განხილულია ცსების აგების თეორიისა და პრაქტიკის განვითარების ტენდენციები. ჩამოყალიბებულია გამოკვლევის მიზანი და ძირითადი ამოცანები, მითითებულია გამოყენებული მეთოდები, მისი მეცნიერული სიახლე და პრაქტიკული მნიშვნელობა.

პირველ თავში განხილულია ცს როგორც კვლევის ობიექტი და მისი ეფექტურობის გაზრდისათვის შემოთავაზებულია მრავალფუნქციურობისა და იერარქიულობის პრინციპების გამოყენება.

როდესაც განიხილება ცსების განვითარების გზა და ტენდენციები, ანალიზს ატარებენ ელემენტური ბაზის ფიზიკური ხასიათის მიხედვით - P_1 ან ელემენტური ბაზის ინტეგრაციის დონის მიხედვით - P_2 ან ინტელექტუალობის მიხედვით - P_3 .

ცსების ცენტრალური პარამეტრი არის მათი წარმადობა, რომელიც ძირითადად დამოკიდებულია ორ ფაქტორზე: ელემენტური ბაზის სწრაფქმედებაზე და ცსის არქიტექტურაზე. ამ ფაქტორების მოქმედება ცსების განვითარებაზე სხვადასხვანაირად აისახება.

ჩატარებული გამოკვლევები საშუალებას იძლევიან დავასკვნათ, რომ ცსების შემდგომი განვითარება მდგომარეობს ელემენტური ბაზის და არქიტექტურული გადაწყვეტების ჰარმონიზაციაში.

მიზანშეწონილი იქნებოდა განგვეხილა ცსები P_1-P_3 პარამეტრების მიხედვით არა ცალ-ცალკე, არამედ კომპლექსურად სისტემური მიდგომით. ამ მიზნით შემოტანილია ინტეგრირებული W პარამეტრი, რომელიც აერთიანებს P_1-P_3 მაჩვენებლებს: $W = \{P^{\alpha}_1, P^{\beta}_2, P^{\gamma}_3\}$, სადაც α , β და γ კოეფიციენტებია პროცენტებში, ანდა წონის მაჩვენებელია. კოეფიციენტი α განისაზღვრება პროცენტულ თანაფარდობებში, რამდენადაც ელექტრონული ელემენტური ბაზის შეცვლა სხვა ფიზიკურ პრინციპებზე დამყარებული ელემენტური ბაზით (მაგალითად, ოპტოელექტრონულით) მოხდება თანდათანობით. მიკროელექტრონული ტექნოლოგიების სფეროში უახლესი ინფორმაციის ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ელექტრონული ინტეგრალური სქემების (ის) ინტეგრაციის ხარისხის გაზრდის შესაძლებლობები ამოწურული არაა. ამასთან ცდილობენ, რომ ისების სწრაფქმედება შეინარჩუნონ თუნდაც წინა დონეზე. ამიტომ β კოეფიციენტისათვის განსაზღვრული უნდა იქნას ინტეგრაციის დონის ქვედა საზღვარი. კოეფიციენტი γ განისაზღვრება პროცენტულ თანაფარდობებში, რომელიც ითვალისწინებს გამოყენებული ინტელექტუალური პროგრამული და აპარატურული საშუალებების მოცულობას ცსის საერთო მოცულობაში.

ამრიგად, ცსის შემდეგი თაობისათვის საწყის წერტილად უნდა განისაზღვროს ინტეგრირებული W პარამეტრის დაბალი დონის მნიშვნელობა, რომლის კომპონენტები ცსების განვითარებასთან ერთად უნდა გაიზარდოს.

ნახ.1-ზე ნაჩვენებია ცსების განვითარების შესაძლო ტენდენციები. მოცემულ მომენტში P_2 - თვის უდაბლეს დონედ მიჩნეულია 10^3 კომპონენტი კრისტალზე. გარდა ამისა, თანამედროვე ცსებში ცალკეულ შემთხვევებში გამოიყენება ოპტოელექტრონული (ოე) ელემენტები და კვანძები. მრუდებზე ცსების თაობებს შორის წლების მიხედვით საზღვარი არაა განსაზღვრული, რადგან ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ისინი ერთდროულად დიდი ხნის განმავლობაში იარსებებენ. ეს უკანასკნელი დასკვნა ეყრდნობა იმას, რომ ელექტრონული ელემენტური ბაზის და არქიტექტურული გადაწყვეტების განვითარება მიდის უფრო სწრაფად, ვიდრე მაგალითად ოე გადამრთველი სქემების ტექნოლოგიის განვითარება.

ამასთან, ცსების განვითარება შეიმჩნევა ორი მიმართულებით: მაღალი წარმადობის ცსების, ზემანქანების, მრავალმანქანური სისტემების და გამოთვლითი ქსელების შექმნა; მომხმარებელთან მაქსიმალურად "მიახლოებული" ცსების შექმნა. პირველი მიმართულება უდავოდ დაკავშირებულია არქიტექტურული გადაწყვეტების განვითარებასთან არსებული ელემენტური ბაზის შესაძლებლობების ჩარჩოებში. მეორე მიმართულების განვითარება დაკავშირებულია ახალი ტექნიკური და პროგრამული საშუალებების შექმნასთან, რომლებიც ხელს უწყობენ ცსის გამოყენებითი თვისებების ამაღლებას. მეორე მიმართულების ცსების რეალიზაცია ხდება არსებულ ელემენტურ ბაზაზე მაღალი და საშუალო ინტეგრაციით.

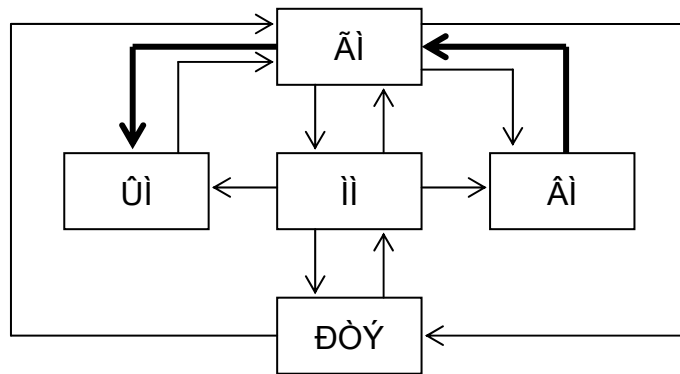
ცსების ანალიზი აჩვენებს, რომ მათგან უმეტესობა აგებულია ფონ ნეიმანის სტრუქტურით, რომელიც წარმოდგენილია ხუთი ძირითადი ბლოკით: პროცესორი, მეხსიერება, შეტანის, გამოტანის და მართვის ბლოკები.

ინფორმაციის გადამუშავების თვალსაზრისით ეგმის ხუთი ბლოკიდან ოთხს - პროცესორს, დამახსოვრების მოწყობილობას, შემტან და გამომტან მოწყობილობებს აქვთ ფუნქციური დატვირთვა, ე.ი. ისინი უშუალოდ მონაწილეობენ ინფორმაციის გარდაქმნაში. მაგრამ მათ აქვთ არათანაბარი საკუთარი ინფორმაციული შესაძლებლობები. მაგალითად, უნივერსალური ეგმის პროცესორი საშუალებას იძლევა მისი მეშვეობით გადაჭრილი იქნას ნებისმიერი სამეცნიერო-ტექნიკური და გამოყენებითი ამოცანა, რომელიც ექვემდებარება ალგორითმიზაციას. ამავე დროს შემტან-გამომტანი მოწყობილობების და დამახსოვრების მოწყობილობის ფუნქციური შესაძლებლობები შეზღუდულია.

ნაშრომში შემოთავაზებულია ცსის წარმადობის და ინტელექტუალობის გაზრდა შეტანა - გამოტანის მოწყობილობების ფუნქციური შესაძლებლობების გაზრდით, რაც გულისხმობს მათი ფუნქციური თვისებების გადაწყობას.

შემტან-გამომტანი მოწყობილობების ფუნქციითა გადაწყობა ხორციელდება ბრძანებათა და მონაცემთა ნაკადით, რომელიც მიეწოდება დამახსოვრების მოწყობილობიდან და პირიქით. აქედან გამომდინარე ფონ ნეიმანის სტრუქტურა შეიძლება ტრანსფორმირებული იქნას შემდეგნაირად (ნახ.2). ნახ.2-ზე ფონ ნეიმანის სტრუქტურაში დამატებით

შემოტანილი კავშირები ნაჩვენებია კონტურული ხაზებით. ნახ.2-ზე გამოყენებულია შემდეგი აღნიშვნები: მმ-მართვის მოწყობილობა, პრც-პროცესორი, დმ-დამახსოვრების მოწყობილობა, შმ-შეტანის მოწყობილობა, გმ-გამოტანის მოწყობილობა.



ÍÀÁ. 2

შემოთავაზებული სტრუქტურა საშუალებას იძლევა გაიზარდოს ცის წარმადობა და გამოყენების მოქნილობა მისი მომხმარებელთან "მიახლოების" გზით. აქ გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ *მნიშვნელოვანია ცის არა სწრაფქმედება თავისთავად, არამედ მომხმარებლის მიერ დასმულ ამოცანაზე პასუხის მიღების სისწრაფე.*

შემოთავაზებული სტრუქტურის რეალიზაციის ერთ - ერთი გზა შეიძლება იყოს მისი რეალიზაცია მრავალფუნქციურობის პრინციპზე.

მრავალფუნქციურობის პრინციპი გულისხმობს ელემენტების ფუნქციური შესაძლებლობის გაზრდას, რომლებიც დგანან სისტემის იერარქიის სხვადასხვა დონეზე.

ცის სტრუქტურის სხვადასხვა იერარქიაში მრავალფუნქციურობის პრინციპის განხორციელებას აქვს მკვეთრად გამოხატული კომპლექსური და სისტემური ხასიათი: აქ იკვეთება ელემენტური ბაზის ტექნოლოგიის, სქემოტექნიკის და კონსტრუქციის ასპექტები, გაითვალისწინება სისტემის არქიტექტურა და ფუნქციონირების პრინციპები, აგრეთვე მისი გამოყენების იდეოლოგია.

ცნობილია მრავალფუნქციურობის პირობა, რომელიც იხილავს ტექნიკური ეფექტურობის მხოლოდ ორ მაჩვენებელს: ელემენტის ფუნქციურ სიმძლავრეს და სირთულეს. მაგრამ ყურადღება არაა გამახვილებული ტექნიკური ეფექტურობის სხვა მაჩვენებლებზე. ეს გამოწვეულია იმით, რომ აღნიშნული პირობა არ იხილავს ელემენტს როგორც სისტემის შემადგენელ ნაწილს და აქედან გამომდინარე ამ ელემენტისათვის არაა მნიშვნელოვანი თუ როგორი ტექნიკური პარამეტრი ექნება მისი გამოყენებით აგებულ სისტემას.

როგორც ცნობილი ცსების კვლევა გვიჩვენებს სისტემის იერარქიის ნებისმიერ დონეზე ელემენტის მიერ შესასრულებელი ფუნქციები რანჟირებულია მათი საჭიროების ხარისხის მიხედვით: სასიცოცხლო მნიშვნელობის ფუნქციები და დამხმარე ფუნქციები. ამდენად აუცილებელია, რომ სისტემის ნებისმიერი იერარქიული დონის მრავალფუნქციური ელემენტის ფუნქციები იქნან რანჟირებულნი საჭიროების ხარისხის მიხედვით.

წინამდებარე ნაშრომში სისტემის მრავალფუნქციური ელემენტის ფუნქციათა საჭიროების ხარისხი გულისხმობს გარკვეული ფუნქციის(ების) შესრულებისას

ელემენტის ტექნიკური ეფექტურობის მაჩვენებლების მისაღებ დონეს სისტემის მიერ შესასრულებელი მიზნობრივი ფუნქციის რეალიზაციისათვის.

ამრიგად, ცსებში მრავალფუნქციურობის ცნობილი პრინციპის სრულად შესრულება ვერ ხდება. ამ ხარვეზის აღმოფხვრისათვის შემოთავაზებულია მრავალფუნქციურობის პრინციპი რანჟირებული ფუნქციებისათვის.

შემოტანილია მრავალფუნქციურობის განმარტება: **ცს ეფექტური და სიცოცხლისუნარიანია მაშინ, როცა მისი იერარქიის სხვადასხვა დონეზე ელემენტების ფუნქციური შესაძლებლობების გაფართოება წინ უსწრებს მათი სირთულის ზრდას ისე, რომ ყოველი ელემენტის ფუნქციის საჭიროების ხარისხი შენარჩუნებული იქნას.**

აქედან გამომდინარე შეიძლება განზოგადებული იქნას მრავალფუნქციურობის პირობა იერარქიული ცსებისათვის. იმისათვის, რომ ცსის ნებისმიერი იერარქიული ელემენტი განვიხილოთ როგორც მრავალფუნქციური, აუცილებელი და საკმარისია, რომ მისთვის შესრულდეს უტოლობანი: $CardF \geq 2$; $L_{მფე} < \sum_{i=1}^{CardF} L_{iეფე}$; $E_{მფე} \geq E_{ეფე}$, სადაც F -

ელემენტის ფუნქციური სიმძლავრეა, $L_{მფე}$ -მრავალფუნქციური ელემენტის სირთულეა, $L_{ეფე}$ - i -ური ერთფუნქციური ელემენტის სირთულეა, ხოლო $E_{მფე}$ და $E_{ეფე}$ მრავალფუნქციური და ერთფუნქციური ელემენტის ტექნიკური ეფექტურობის j -ური მაჩვენებელია ($i = \overline{1, k}$, $CardF = k$, $j = \overline{1, k}$).

ისების ბაზაზე სინთეზირებული ცსის ღირებულების შემცირება და საიმედოობის გაზრდა დაკავშირებულია მისი სტრუქტურული ინტეგრაციის ხარისხის ამაღლებასთან. E ციფრული მოწყობილობის სტრუქტურული ინტეგრაცია შეფასდება თანაფარდობით: $S = Q/n$, სადაც Q - სისტემის სირთულის კოეფიციენტი, რომელიც სინთეზირებულია ერთნაირი ინტეგრაციის ხარისხის მქონე n რაოდენობის მოდულის ბაზაზე.

E მოწყობილობის სტრუქტურული ინტეგრაციის გაზრდა მიზანშეწონილია მოდულების n რაოდენობის შემცირებით, რაც შესაძლებელია მათი ინტეგრაციის ხარისხის გაზრდით. მაგრამ, ეს გამოიწვევდა E მოწყობილობაში გამოყენებული მოდულების ტიპების გაზრდას და შესაბამისად შემცირდება ყოველი ტიპის მოდულის უნივერსალობა და გამოყენებადობის ხარისხი.

მოწყობილობაში მოდულების უნივერსალობის და გამოყენებადობის ხარისხის გაზრდისათვის ეფექტური ხერხია მათი ფუნქციური შესაძლებლობების გაფართოება. ამ დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სინთეზირებადი მოდულის ფუნქციური შესაძლებლობების სწორ პროგნოზირებას, რამდენადაც მისი ფუნქციური შესაძლებლობების გაფართოებას თან ახლავს დამატებითი აღჭურვილობის აუცილებლობაც.

მოდულის ფუნქციური შესაძლებლობები ფასდება ფუნქციური სიმძლავრის k პარამეტრით, რომელიც მიუთითებს ფუნქციათა გარკვეული სიმრავლიდან $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ მის მიერ შესრულებად ფუნქციათა რაოდენობაზე. ერთფუნქციური მოდულებისათვის (ეფმ) ფუნქციური სიმძლავრე $k=1$, ხოლო მფმთვის $k \geq 2$ და საუკეთესო შემთხვევაში - $k=n$.

k პარამეტრი არ ასახავს მოდულის ისეთ თვისებას, როგორცაა ცსის კვანძების აგებისას მისი გამოყენების უნივერსალობა. მოდულის გამოყენების უნივერსალობის შეფასებისათვის ნაშრომში შემოთავაზებულია დაყვანილი ფუნქციური სიმძლავრის პარამეტრი K , რომელიც წარმოადგენს ინტეგრირებულ მოდულებზე ცსის სხვადასხვა

მოწყობილობების ყველა შესაძლო სინთეზირებადი სტრუქტურის N_ω რაოდენობის ფარდობას სტრუქტურათა N რაოდენობასთან, რომლებიც შეიძლება სინთეზირებულნი იქნან შედარებით მცირე ინტეგრაციის მოდულებით: $K=N_\omega/N$. ყოველთვის სამართლიანია უტოლობანი $N>N_\omega$ და $K<1$.

დავუშვათ, რომ გვაქვს n ერთფუნქციონალური მოდულების (ეფმ) სიმრავლე $M^*=[M_1, M_2, \dots, M_n]$, რომელთაგან i -ური ($i=\overline{1, n}$) ასრულებს შესაბამის ფუნქციას $f_i \in F$. M^* სიმრავლიდან $m_j = \overline{1, n}$ ეფმების მიმდევრობითი შეერთებით სინთეზირდება სხვადასხვა მოწყობილობების $W=\{E_1, E_2, \dots, E_L\}$ სიმრავლე, რომელთაგან J -ური ($j=\overline{1, l}$) რეალიზაციას უკეთებს შესაბამის Ψ_j სისტემურ ფუნქციას. შედეგად, E_j მოწყობილობის Ψ_j სისტემური ფუნქცია წარმოადგენს m სხვადასხვა ფუნქციის კომპოზიციას F -დან, ე.ი. $\Psi_j = \bigcirc_{i=1}^m f_i, f_i \in F$.

ამასთან თუ დავუშვებთ, რომ ყველა მოწყობილობაში W -დან ყოველი $M_i \in M^*$ ($i=\overline{1, n}$) ეფმის გამოყენებადობის კოეფიციენტი მინიმალურია, მაშინ m სხვადასხვა ეფმებით შეიძლება სინთეზირებული იქნას $N_m = \sum_{i=1}^m (C_m^i \cdot i!)$ W მოწყობილობების სხვადასხვა სტრუქტურა. შედეგად, ადგილი უნდა ქონდეს ტოლობას $Card W=N \Rightarrow l=N$.

დავუშვათ, რომ საჭიროა E_j ($j=\overline{1, l}$) სისტემის სტრუქტურული ინტეგრაციის Ω -ჯერ გაზრდა. შედეგად $E^* \Leftrightarrow E_j$ ახალი მოწყობილობის სინთეზისათვის საჭირო იქნება $R^*=[R_1, R_2, \dots, R_{n^*}]$ -დან ახალი ინტეგრირებული მოდულების გამოყენება, რომელთაგან თითოეული M -დან შეცვლის Ω მოდულს. ამასთან $R_i \in R^*$ მოდული რეალიზაციას უკეთებს გარკვეულ ფუნქციას $\phi_i = \bigcirc_{e=1}^{\Omega} f_e$, სადაც $f_e \in F_i^\Omega, i=\overline{1, \delta}, e=\overline{1, \Omega}$ და $\delta_j = m/\Omega$. ამრიგად, E_j^* მოწყობილობის სინთეზისათვის მოითხოვება δ_j ახალი მოდული R^* -დან. მაგრამ, R^* -დან აღებული δ_j მოდულების ბაზაზე სინთეზირებული სხვადასხვა მოწყობილობების რაოდენობა შემცირდება $N_{\delta_j}^\Omega = \sum_{i=1}^{\delta_j} (C_{\delta_j}^i \cdot i!)$ -მდე.

$$\delta_j = n^* \text{-ის დროს ვიღებთ } N_n^\Omega = \sum_{i=1}^{n^*} (C_n^i \cdot i!).$$

R^* -დან ყოველი მოდულის დაყვანილი ფუნქციური სიმძლავრე იქნება:

$$k_{R_i} = N_{n^*}^\Omega / N_n < 1.$$

შევნიშნავთ, რომ $\Omega>1$ -სას $R_i \in R^*$ მოდული კარგავს F -დან ფუნქციის შესრულების უნარს მიუხედავად იმისა, რომ ამ მოდულის ფუნქციური სიმძლავრე $k=1$, რამდენადაც მას აქვს Φ_j ფუნქციის შესრულების უნარი.

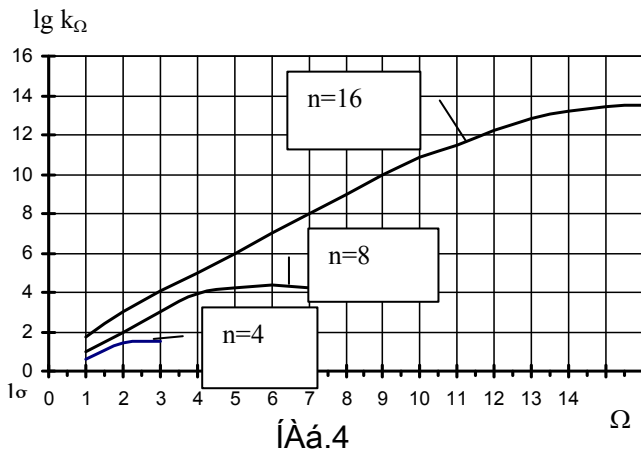
ნახ.3-ზე მოცემულია K_{R_i} დაყვანილი ფუნქციონალური სიმძლავრის Ω -ზე დამოკიდებულებები. ჩანს, რომ მოდულის ინტეგრაციის ხარისხის გაზრდით მკვეთრად მცირდება დაყვანილი ფუნქციური სიმძლავრე K . მოდულის გამოყენებადობის უნივერსალობის აღდგენისათვის მოითხოვება, რომ $K=1$, რაც გამომდინარეობს ტოლობიდან $N_n^\Omega = N_n$.

N_n^Ω -ის გაზრდა შეიძლება მიღწეული იქნას R_i მოდულის k ფუნქციური სიმძლავრის გაზრდით, ე.ი. მოითხოვება მისთვის მრავალფუნქციურობის თვისების მინიჭება. თუ R_i მფმ ცვლის Ω სხვადასხვა მოდულს M -დან, მაშინ მან უნდა შეძლოს

ყველა შესაბამისი ფუნქციის შესრულება $F_i^\Omega \subset F$ -დან და ყველა ფუნქციისა, რომლებიც მიიღებიან მათ ბაზაზე - $\Phi_i^* = \bigcup_{e=1}^{\Omega} ({}^A O f_e)$, სადაც $Fe \in F_i^\Omega$ და $A = C_{\Omega}^i$. მაშინ მოდულის მიერ შესრულებული ფუნქციები განისაზღვრება როგორც სიმრავლე $F_i^\Omega \cup \Phi_i^*$ და მგმის ფუნქციური სიმძლავრე შესაბამისად იქნება

$$K_i^\Omega = \text{Card} \Phi_i^* + \text{Card} F_i^\Omega = \sum_{i=2}^{\Omega} (C_{\Omega, i!}^i) + \Omega = \sum_{i=1}^{\Omega} (C_{\Omega, i!}^i).$$

მოდულის k ფუნქციური სიმძლავრის Ω ინტეგრაციის ხარისხზე დამოკიდებულებანი ნაჩვენებია ნახ. 4-ზე. ჩანს, რომ Ω -ს გაზრდა, ე.ი. მოდულის ინტეგრაციის გაზრდა მოითხოვს მგმის ფუნქციური შესაძლებლობების მკვეთრად



გაზრდას. თუ ამ დროს მაქსიმალურად იქნება უზრუნველყოფილი მოდულების გამოყენადობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა (ე.ი. F_j^* მოწყობილობაში მგმების სრული ურთიერთჩანაცვლება), მაშინ მოდულის ფუნქციური სიმძლავრე განისაზღვრება როგორც

$$K_i^\Omega = \sum_{i=1}^{\Omega, \delta} (C_{\Omega, \delta}^i \cdot i!).$$

ამ ფორმულიდან გამოდის, რომ $\partial_i = n^*$ რაოდენობის და K_i^Ω ფუნქციური სიმძლავრის მგმის ბაზაზე

შეიძლება სინთეზირებული იქნას $N_n^\Omega = \sum_{i=1}^{\Omega, \delta} (C_{\Omega, \delta}^i \cdot i!)$ სხვადასხვა მოწყობილობა W სიმრავლიდან. რამდენადაც $\Omega \cdot \delta = n$, მაშინ $N_n^\Omega = N_n$ და $K=1$ პირობის შესრულება უზრუნველყოფილია.

მეორე თავში განხილულია მრავალფუნქციური მიმდევრული მოდულების (მგმ) სამი კლასი: კომპონენტურად ჭარბი მგმ, კომპუტაციურად ჭარბი მგმ, სტრუქტურის ავტომატური აწყობის მგმ.

კომპონენტურად ჭარბი მგმის $A_{3\partial}$ სტრუქტურა იქმნება ფუნქციური ელემენტების B , მათ შორის მუდმივი კავშირების C სიმრავლეების, V შემავალი და W გამომავალი პოლუსების სასრული სიმრავლეების საფუძველზე. მოდულის ფუნქციონირების პროცესში $A_{3\partial}$ ზოგადი სტრუქტურიდან გამოიყოფა $A_i \in A_{3\partial}$ ქვესტრუქტურა, რომლის ბაზაზეც რეალიზდება $f \in F$ ფუნქცია. კომპონენტურად ჭარბი მგმისგან განსხვავებით კომპუტაციურად ჭარბ მგმს აქვს ცვალებადი სტრუქტურა. სტრუქტურის ცვლილება მიიღწევა D ცვალებადი კავშირების ხარჯზე, რომელთა საშუალებითაც აკავშირებენ საბაზისო A_0 მოდულის V შემავალ და W გამომავალ პოლუსებს. სტრუქტურის ავტომატური აწყობის მგმ წარმოდგინდება როგორც კომპუტაციურად ჭარბი მგმის A_0 საბაზისო სტრუქტურის და $A_{3\partial}$ გადაწყობის მოდულის კომპოზიცია.

ზემოთ მოტანილიდან გამომდინარე მგმ განსაზღვრულია, როგორც ავტომატი.

მგმ - ეს არის ავტომატი აწყობადი სტრუქტურით, რომელიც მოიცემა პარამეტრების სისტემით: $A = \{X, V, \Psi, S, \Delta, A, \Phi\}$, სადაც $X = \{x_1, \dots, x_m\}$ - არის შემავალი მუშა

ალფავიტი; $V=\{v_1, \dots, v_e\}$ - შემავალი აწყობის ალფავიტი; $\Psi=\{y_1, \dots, y_l\}$ - გამომავალი ალფავიტი; $S=\{s_1, \dots, s_n\}$ - მდგომარეობების სიმრავლე; $\Delta=\{\delta_1, \dots, \delta_l\}$ - გადასვლათა ფუნქციების სიმრავლე; $\delta_i: XxS \rightarrow S, 1 \leq i \leq p$; $A=\{\lambda_1, \dots, \lambda_q\}$ - გამოსასვლელი ფუნქციების სიმრავლე; $\lambda_j: XxS \rightarrow Y, 1 \leq j \leq q$; $\Phi=\{\varphi_1, \dots, \varphi_k\}$ - აწყობის ფუნქციები ან ავტომატის ფუნქციურობა: $\varphi_g: VxS \rightarrow \Delta x \lambda, 1 \leq g \leq k$.

Φ ფუნქცია ქმნის ავტომატურ $k=e \cdot n$ გარდაქმნებს, ე. ი. გვაქვს სტრუქტურათა სიმრავლე $A=\{A_1, \dots, A_k\}$, რომელთაგან ყოველ მათგანს აქვს საკუთარი გრაფი $A_i \leftrightarrow G_i$ ($i=\overline{1, k}$). აქედან გამომდინარე, A_i -ს შეუძლია შესაბამისი $f_i \in F$ ფუნქციის შესრულება.

კომპონენტურად ჭარბი მდგომარეობის $A^i_{კპჟ}$ -ის მოცემა $A^0_{კპჟ}$ საწყის ავტომატში, ანუ $A^0_{კპჟ}$ -ის მომზადება f -ს რეალიზაციისათვის ხდება კავშირების ქვესიმრავლის და B_i კომპონენტების გამოყოფის ხარჯზე, ე. ი. $A^i_{კპჟ} \subset A^0_{კპჟ}$ ქვეავტომატის არჩევით.

შესაბამისად, $A^0_{კპჟ} \leftrightarrow G^0_{კპჟ}$, სადაც $G^0_{კპჟ} = \bigcup_{i=1}^k G^i_{კპჟ}$, რომელიც მიიღება ერთსახელა წვეროების და რკალების გაიგივებით $G^i_{კპჟ}$ გრაფში.

კომუტაციურად ჭარბი მდგომარეობის დროს $A^i_{კპჟ}$ საწყის ავტომატში $A^0_{კპჟ} \neq A^i_{კპჟ}$ -ის მოცემა ხდება დამატებითი ცვლადი D_i კავშირების განხორციელებით, ე. ი. $A^0_{კპჟ} \subset A^i_{კპჟ}$. თუ $A^0_{კპჟ}$ -ში D_i ცვლადი კავშირები ხორციელდება კომუტაციურად ჭარბი მდგომარეობის დამზადების ტექნოლოგიურ პროცესში, ანუ გვაქვს ხისტი აწყობა, მაშინ $V=\emptyset, \Delta=\delta_i, \lambda=\lambda_i$ და $\Phi=\varphi_i$. შესაბამისად, ყველა F -თვის არსებობს $A_{კპჟ}=\{A^i_{კპჟ}\}$ და $(A^i_{კპჟ} \leftrightarrow G^i_{კპჟ}) \Rightarrow (A \leftrightarrow \{G^i_{კპჟ}\})$ ავტომატების სიმრავლე. დავუშვათ, რომ არსებობს გაერთიანებული გრაფი $G^0_{კპჟ} = \bigcup_{i=1}^k G^i_{კპჟ}$, მაშინ შეიძლება ჩაითვალოს, რომ $G^i_{კპჟ} \leftrightarrow A^*_{კპჟ}$. ამის საფუძველზე

კომუტაციურად ჭარბი მდგომარეობის D_i ცვლადი კავშირების განხორციელება შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც $A^i_{კპჟ} \subset A^*_{კპჟ}$ ქვეავტომატის გამოყოფის პროცესი და შესაბამისად $A^i_{კპჟ}$ -ში f_i ფუნქციის რეალიზაციისათვის გვექნება $G^i_{კპჟ} \subset G^0_{კპჟ}$.

სტრუქტურის ავტომატური აწყობის მდგომარეობის დროს $A^0_{საა}$ -ში D_i ცვლადი კავშირები განხორციელდებიან მისი ფუნქციონირების პროცესში, ე.ი. არსებობს მოქნილი აწყობა, მაშინ $V \neq \emptyset, \Delta=\{\delta_i\}, \lambda=\{\lambda_i\}$ და $\Phi=\{\varphi_i\}$. აქედან გამომდინარე, ყველა F -თვის გვექნება ერთი ავტომატი $A^0_{საა} \leftrightarrow G^0_{საა}$, ამასთან $A^0_{საა} \supset G^i_{კპჟ}$. $A^i_{საა}$ ავტომატის გაჩენა f_i ფუნქციის რეალიზაციისათვის $A^0_{საა}$ -ში ხდება $\varphi_i \in \Phi$ აწყობის ფუნქციის საფუძველზე. შესაბამისად, $(A^i_{საა} \leftrightarrow G^i_{საა}) \subset G^0_{საა}$.

ამგვარად, $f_i \in F$ ფუნქციის რეალიზაციისათვის ყველა ტიპის მდგომარეობა აუცილებელია შესაბამისად $A^i_{კპჟ}, A^i_{კპჟ}, A^i_{საა}$ ქვეავტომატების არჩევა, რომელთათვისაც $G^i_{კპჟ} = G^i_{კპჟ} = G^i_{საა}$. შედეგად ვასკვნით, რომ F ფუნქციების სიმრავლის რეალიზება ხორციელდება $G = G^0_{კპჟ} = G^0_{კპჟ} = G^0_{საა}$ გაერთიანებული გრაფის საფუძველზე. ამგვარად სამივე ტიპის მდგომარეობის ხდება ავტომატური მოდულების თანხვედრა.

ნაშრომში უპირატესობა მინიჭებული აქვს მდგომარეობებს სტატიკურ-დინამიკური მართვით, რაც განპირობებულია ამ ტიპის მიმდევრული მოდულების მზარდი გავრცელებით თანამედროვე ცსების ელემენტურ ბაზაში და სქემოტექნიკაში.

წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილია სხვაობითი ელემენტებიანი (სე) სტატიკურ-დინამიკური მდგომარეობის სინთეზის მეთოდით, მოცემული სტრუქტურისა, რეალიზებადი ფუნქციების სიის და საჭიროების ხარისხით რანჟირებული ფუნქციებისათვის. მოდულის დონეზე ფუნქციების რანჟირებით ხდება ერთი

ძირითადი ფუნქციის გამოყოფა, რომელსაც ვუწოდოთ ფუნქცია-დომინანტი. ფუნქცია-დომინანტს სხვა ფუნქციებთან მიმართებაში აქვს უმაღლესი საჭიროების ხარისხი.

მგმმის სქემოტექნიკური პროექტირებისას საწყისი მონაცემებს წარმოადგენენ სინთეზირებად მგმმით რეალიზებადი დასრულებული $F=\{f_1, f_2, \dots, f_k\}$ ფუნქციების სიები ფუნქცია-დომინანტის მითითებით და მოთხოვნები ძირითადი ელექტრული და დროითი პარამეტრებისადმი.

მგმმის სინთეზის ზოგადი მეთოდოლოგია შედგება ორი ეტაპისაგან: მოდულით სარეალიზაციო მიკროფუნქციების საწყისი სიის განსაზღვრა მოდულის სტრუქტურული სინთეზი.

მგმმის სინთეზისათვის საწყისი მონაცემების სახით გამოიყენება მიკროფუნქციებად დაყოფილი ფუნქციების სია.

I ეტაპი. მიკროფუნქციების საწყისი სიის განსაზღვრა სრულდება ორ ქვეეტაპად და ითვალისწინებს გარკვეული მოქმედებების შესრულებას $F=\{f_1, f_2, \dots, f_k\}$ ფუნქცია-დომინანტის მომცველ ფუნქციების სიაზე.

ქვეეტაპი 1. ვახდენთ F ერთობლიობის ყოველი f_i ფუნქციის დეკომპოზიციას მიკროფუნქციებად: $f_i \Leftrightarrow \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_{m_i}\} = \Phi_i, \quad i = \overline{1, k}$ შემდეგ ვახდენთ Φ_i სიმრავლების

გაერთიანებას ყველა F ფუნქციისათვის. შედეგად მივიღებთ: $\Phi = \bigcup_{i=1}^k \Phi_i = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m\}$,

რომელიც არის F ფუნქციათა სიის მიკროფუნქციების უნივერსალური სიმრავლე (მუს).

თეორემა. თუ Φ წარმოადგენს მუსს, მაშინ მის ბაზაზე შესაძლებელია ყველა ფუნქციის რეალიზება F სიიდან.

დამტკიცება. ცნობილია, რომ $f_i \Leftrightarrow \Phi_i$. Φ_i მიკროფუნქციების სიმრავლების გადაკვეთის შედეგად მივიღებთ მიკროფუნქციების სიას, რომელიც საერთოა ყველა ფუნქციისათვის F -დან: $\Phi^* = \bigcap_{k=1}^k \Phi_i = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_{m^*}\}$. შემდგომ განვსაზღვრავთ Φ_i და Φ^* სიმრავლეების სხვაობებს, რომლებიც წარმოადგენენ მიკროფუნქციების საკუთარ სიმრავლეებს ყოველი $f_i \in F$ -თვის: $V_i = \Phi_i \setminus \Phi^* = \{\varphi_{m_0+1}, \varphi_{m_0+2}, \dots, \varphi_{m_i}\}$.

შესაბამისად, $\Phi_i = \{\Phi^*, V_i\}$, ე. ი. ნებისმიერი ფუნქცია მოიცავს მიკროფუნქციების Φ^* სიმრავლეს, რომელიც წარმოადგენს საერთო ნაწილს F სიმრავლიდან ყველა ფუნქციისათვის და მიკროფუნქციების V_i სიმრავლეს, რომელიც არ წარმოადგენს საერთო ნაწილს F სიმრავლიდან ყველა ფუნქციისათვის.

V_i სიმრავლეების გაერთიანებით ვიღებთ მიკროფუნქციების V სიმრავლეს $V = \bigcup_{i=1}^k V_i$, რომელიც არ წარმოადგენს საერთო ნაწილს F სიმრავლის ყველა ფუნქციისათვის, ე. ი. V სიმრავლე წარმოადგენს Φ^* სიმრავლის დამატებას - $V = \overline{\Phi^*}$.

ცხადია, რომ $V = \Phi_i \setminus \Phi^* = \{\varphi_{m_0+1}, \varphi_{m_0+2}, \dots, \varphi_{m_i}\}$. შესაბამისად $\Phi = \Phi^* \cup V$. ამგვარად Φ მუსი შეიცავს ყველა მიკროფუნქციას, რომლებიც აუცილებელია არიან F სიის რეალიზაციისათვის და ყველა საკუთარ მიკროფუნქციას $f_i (i = \overline{1, k})$ ფუნქციისათვის.

თეორემა დამტკიცებულია.

ქვეეტაპი 2. მგმმზე $f_i \in F$ ფუნქცია შეიძლება რეალიზებული იქნას რამოდენიმე ვარიანტად განსხვავებული მიკროპროგრამებით. მგმმის მინიმალური სირთულის და მაღალი სწრაფქმედების მიღწევის მიზნით საჭიროა ვარიანტების არჩევა.

მინიმალური აპარატურული დანახარჯების მისაღწევად აირჩევა ის ვარიანტები, რომელთა რეალიზაციისთვისაც საჭიროა მიკროფუნქციების მინიმალური რაოდენობა. ამგვარადვე განისაზღვრება ფუნქციის რეალიზაციის მინიმალური დრო. ამასთან ის მიკროფუნქციები, რომელთა შესრულება შესაძლებელია დროში პარალელურად პირობითად ითვლება ერთ მიკროფუნქციად.

II ეტაპი. ნაშრომში შემოთავაზებულია მფმმის სინთეზის მეთოდი, რომელიც $F=\{f_1, f_2, \dots, f_k\}$ ფუნქციების სიაში ითვალისწინებს ფუნქცია-დომინანტის არსებობას. მფმმის სინთეზი ხორციელდება ეტაპობრივად:

1. გადასვლათა პირველადი ცხრილების შედგენა. მუსის საფუძველზე ხდება რამდენიმე გადასვლათა პირველადი ცხრილის შედგენა. ცალკე დგება პირველადი ცხრილი ფუნქცია-დომინანტის მიკროფუნქციებისათვის;
2. გადასვლათა პირველადი ცხრილების შეკვეცა ხორციელდება გადასვლათა ყველა ცხრილისთვის;
3. მფმმის შიდა მდგომარეობების კოდირება ხორციელდება გადასვლათა ბარათების მიღების შესაბამისად;
4. შიდა მდგომარეობების ბარათების შედგენა ხორციელდება მათი კოდირების შედეგების შესაბამისად;
5. შიდა ცვლადების გადასვლათა ფუნქციების ბარათების შედგენა ხორციელდება შიდა მდგომარეობების მიღებული ბარათების საფუძველზე;
6. მფმმის ტრიგერების შესასვლელი ფუნქციების მიღება და მინიმიზაცია ხორციელდება ტრიგერების გადასვლათა ფუნქციების შედგენილი ბარათების საფუძველზე გადასვლათა ოპერატორული ლექსიკონების საშუალებით;
7. მფმმის ტრიგერების შესასვლელისათვის საერთო ფორმულების მიღება ხდება შესასვლელის მიღებული ფუნქციების საფუძველზე, რომლებშიც ცალკე გამოიყოფა ფუნქცია-დომინანტის ფუნქციები. დარჩენილი შესასვლელი ფუნქციების სიმრავლეში ხორციელდება ერთსახელა შესასვლელის ფუნქციების გაერთიანება დიზიუნქციის (თუ ბიპოლარული უჯრედები სინთეზირდებიან ან-არა სქემებზე) და კონიუნქციის ოპერაციების (თუ ბიპოლარული უჯრედები სინთეზირდებიან და-არა სქემებზე) საშუალებით. შესასვლელის მიღებული საერთო ფორმულები მინიმიზირდებიან;
8. შესასვლელის მიღებული საერთო ფორმულები და ფუნქცია-დომინანტის შესასვლელი ფუნქციები გაერთიანდებიან იგივე წესით და მიღებული შესასვლელის საერთო ფუნქციები არ მინიმიზირდებიან;
9. მფმმის სტრუქტურული სქემის შედგენა სრულდება მიღებული საერთო ფორმულების გარდაქმნის შემდეგ იმ სახით, რომელიც მოსახერხებელია მოცემულ ან არჩეულ ელემენტურ ბაზაზე რეალიზაციისათვის;
10. მფმმის ელექტრული სქემის შედგენა და მისი ელექტრული და დროითი პარამეტრების განსაზღვრა ხორციელდება ცნობილი მეთოდებით მიღებული სტრუქტურული სქემის საფუძველზე.

ცსის ნებისმიერი ოე კვანძი, რომელიც ახორციელებს ფუნქციონალურ გარდაქმნას და მდგომარეობის ინდიკაციას, ბუნებრივად არის მრავალფუნქციური, რამდენადაც დროის ნებისმიერ მომენტში შეუძლია შეასრულოს ყველა ფუნქცია სიმრავლიდან F , ამასთან $\text{Card}F \geq 2$. სამუშაოს მიზანია ოე მოდულში ბუნებრივ

მრავალფუნქციურობასთან ერთად სქემოტექნიკური მეთოდებით მივალწიოთ ხელოვნურ მრავალფუნქციურობასაც.

ხელოვნური მრავალფუნქციურობის მქონეს მიეკუთვნება ოე ტექნიკის ყველა მართვადი ფუნქციური მოდულები, რომლებიც გარკვეულ ფუნქციაზე აწყობის მიხედვით მოცემულ მომენტში რეალიზაციას უკეთებენ ფუნქციას f_i ($i = \overline{1, k}, k > 2$) გარკვეული სიმრავლიდან $F \subseteq F$.

ამრიგად, ოე ტექნიკის ფუნქციონალური მოდული, რომელსაც აქვს უნარი რეალიზაცია გაუკეთოს ფუნქციათა სიმრავლეს $F \subseteq F$, არის მრავალფუნქციური- $F = \{f_1, \dots, f_k\}$. თუ $Card F = k$, მაშინ მრავალფუნქციურ ოპტოელექტრონულ მოდულს (ოემფმ) შეუძლია მოახდინოს k სხვადასხვა ფუნქციის რეალიზაცია სიმრავლიდან F .

ოემფმ უშვებს ინფორმაციის კომბინირებულ დამუშავებას, ე.ი. გარდაქმნას როგორც ელექტრონული, ასევე ოპტიკური ხერხებით. ამრიგად, ოემფმმა ინფორმაცია უნდა მიიღოს როგორც ელექტრონული, ასევე ოპტიკური სიგნალების სახით, გარდაქმნას იგი ამორჩეული მახასიათებელი განტოლების შესაბამისად და შედეგი გასცეს როგორც ელექტრონულ, ასევე ოპტიკურ ფორმაში.

შემოთავაზებულია ინფორმაციის დამუშავების ეფექტური ხერხი, რომლის არსი მდგომარეობს ინფორმაციის თანმიმდევრულ გადაცემაში წინა ოემფმის გამოსასვლელიდან მომდევნო ოემფმის შესასვლელში, რომლებიც ფუნქციაზე აწყობის სიგნალების მიხედვით რეალიზაციას უკეთებენ ერთ-ერთ ფუნქციას მოცემული ლოგიკური, არითმეტიკული და სპეციალური ფუნქციების სიმრავლიდან. ამასთან ოემფმების ფუნქციაზე აწყობა შეიძლება იყოს საერთო ან ინდივიდუალური.

ოე ცსებში დროითი და მატერიალური დანახარჯების მაჩვენებლის ერთდროული გაუმჯობესების მიზნით შემოთავაზებულია ოე ცსებში რიცხვითი ინფორმაციის კოდირების ხერხი, რომელიც საშუალებას იძლევა ერთეულოვან კოდში წარმოდგენილი ციფრში შემცირებულ იქნას ნიშანთა რაოდენობა.

კოდირების არსი მდგომარეობს რიცხვის ერთი თანრიგის კოდის დაყოფაში ნიშანთა ორ ჯგუფად, რომელთაგან ერთ ჯგუფს ენიჭება წონა, რომელიც თავის მხრივ ათვლის სისტემის ფუძის ნახევრის ტოლია და მეორე ჯგუფი წარმოიდგინება ერთეულოვანი კოდის სახით.

რიცხვითი ინფორმაციის ციფრები წარმოიდგინება შემდეგი სახით: $\alpha\beta_1\beta_2\dots\beta_n$, სადაც α -არის ციფრის ნიშანი, რომელიც იღებს მნიშვნელობას 0-ს ან 1-ს; $\beta_1\beta_2\dots\beta_n$ -ციფრის მანტისაა, სადაც $\beta_i \in \{0, 1\}$, i -მანტისის ნიშნის რიგითი ნომერია, n -მანტისის ციფრის ნიშნების რაოდენობაა, რომელიც დამოკიდებულია ათვლის სისტემის ფუძის სიდიდეზე და განისაზღვრება შემდეგი სახით: $n = q/2 - 1$, თუ q ლუწია და $n = q/2$, თუ q კენტია, სადაც q -ათვლის სისტემის ფუძეა.

დავუშვათ, რომ q ლუწია. ყველა q რაოდენობის ციფრი შეიძლება გავანაწილოთ ორ დიაპაზონში. პირველი დიაპაზონი მოიცავს ციფრებს 0-დან $(q/2 - 1)$ -მდე, ხოლო მეორე დიაპაზონი – $q/2$ -დან $(q - 1)$ -მდე. $\beta_1\beta_2\dots\beta_n$ მანტისაში პირველი დიაპაზონის ყოველი ციფრი წარმოვადგინოთ ერთეულოვან კოდში, სადაც $n = q/2 - 1$, ე.ი., როცა $\beta_i = 1$, მაშინ $\beta_j = 0$, სადაც $j = \overline{1, n}$, $j \neq i$. ამრიგად, β_i ნიშნის i -ური რიგითი ნომერი განსაზღვრავს პირველი დიაპაზონის ჩაწერილი ციფრის წონას. როდესაც ეს ციფრი ნულის ტოლია, მაშინ $\beta_i = 0$, სადაც $j = \overline{1, n}$. პირველი დიაპაზონისათვის მივიღოთ, რომ ნიშანი $\alpha = 0$.

ამრიგად, პირველი დიაპაზონის ყოველი ციფრი წარმოდგენილია მანტისა-ნიშნის n რაოდენობით, რომელთაგან ერთი ერთის ტოლია (თუ ციფრი განსხვავებულია ნულისაგან), და რომლის რიგითი ნომერი განისაზღვრება ციფრის წონით, ხოლო სხვა დანარჩენი-ნულის ტოლია. ამასთან ციფრის ნიშანი ნულის ტოლია.

მეორე დიაპაზონის ყოველი ციფრის მანტისა ასევე წარმოდგენილია ერთეულოვან კოდში n -რაოდენობის ნიშნით, სადაც $n = q/2 - 1$. ე.ი. თუ $\beta_i = 1$, მაშინ $\beta_j = 0$, სადაც $j = \overline{1, n}$, $j \neq i$. მაგრამ β_i -ნიშნის რიგითი ნომერი განსაზღვრავს მეორე დიაპაზონის ყველა ჩაწერილ ციფრს, შემცირებულს $q/2$ -მდე. როდესაც ციფრი ტოლია $q/2$, მაშინ $\beta_i = 0$, სადაც $i = \overline{1, n}$. მეორე დიაპაზონის ციფრებისათვის მივიღოთ, რომ ნიშანი $\alpha = 1$ და მივანიჭოთ მას შესაბამისად წონა $q/2$.

ამრიგად, მეორე დიაპაზონის ყოველი ციფრი წარმოდგენილია მანტისა-ნიშნის n რაოდენობით, რომელთაგან ერთი ერთის ტოლია, რომლის რიგითი ნომერი განისაზღვრება ციფრის წონით, რომელიც თავის მხრივ შემცირებულია $q/2$ -ით, ხოლო დანარჩენი ნულის ტოლია, და ციფრის ნიშანი, რომელიც ტოლია ერთისა და შეესაბამება $q/2$ -ის წონას.

მდგომარეობა გარკვეული $f \in F$ ფუნქციის რეალიზაცია და ნებისმიერი მიკროფუნქციის შესრულების პროცესი წარმოიდგინება ორ ფაზად: ფუნქციაზე აწყობა და უშუალოდ ფუნქციის შესრულება.

აწყობის ფაზა – ესაა მდგომარეობა, როგორც ავტომატის A გადასასვლელი და λ გამოსასვლელი ფუნქციების მოცემა მოდულის მმართველ შესასვლელზე სიგნალების გარკვეული მოწესრიგებული მიწოდებით, ხოლო შესრულების ფაზა – ეს არის $\varphi \in \Phi$ ოპერატორის რეალიზაციის პროცესი მდგომარეობის სიგნალის სინქრომესასვლელზე მიწოდების გზით.

$Y = \{y_1, \dots, y_{n-1}\}$ სიგნალების ერთობლიობას, რომელიც მიეწოდება მდგომარეობის $V_1 = \{v_1, \dots, v_{n-1}\}$ მმართველ შესასვლელზე, ვუწოდოთ მმართველი სიტყვა.

თუ დავუშვებთ, რომ მმართველი სიტყვა Y_i ერთმნიშვნელოვნად განსაზღვრავს φ_i მიკროფუნქციას, მაშინ მიკროფუნქციის შესრულების პირობები შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგი სახით: $\exists Y_i [f(Y) = 1]$, სადაც $f(y)$ - არის მართვის ფუნქცია, რომელიც შეიძლება განისაზღვროს როგორც $Ff(y) = Y_1 V V Y_2 V V \dots V V Y_{n-1}$. $f(y)$ -ის განსაზღვრაში სიმბოლო « V » ნიშნავს ფუნქციას – «1 და მხოლოდ 1». ბუნებრივია, ამ შემთხვევაში გამოიყენება აწყობის ერთეულოვან-უნიტარული კოდირება.

თეორემა. თუ მდგომარეობა აქვს m მმართველი შესასვლელი, მაშინ იგი ასრულებს m მიკროფუნქციას.

დამტკიცება. $f(Y)$ მართვის ფუნქცია დროის მოცემულ t_i მომენტში უშვებს მხოლოდ i -ური მმართველი $v_i \in V_1$ შესასვლელის აღზენებას. საერთო შემთხვევაში $f(Y)$ ბადებს m ისეთ განსხვავებულ ფუნქციებს, როცა $f(Y) = 1$. ვითვალისწინებთ რა ამას და იმას, რომ $\text{Card } V_1 = m$, ვასკვნით, რომ შესრულებული მიკროფუნქციების რაოდენობა იქნება m , ე.ი. $\text{Card } \Phi = m$, სადაც Φ არის მიკროფუნქციების სიმრავლე. ამით **თეორემა დამტკიცებულია.**

მდგომარეობის ფუნქციაზე აწყობა ვუწოდოთ ოპერატორის რეალიზაციას: $N = \{\Omega, R\}$, სადაც $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_n\}$ – ფუნქციური აწყობების სიმრავლეა; $R = \{r_1, \dots, r_m\}$ – სტრუქტურული აწყობების სიმრავლეა. აწყობის ასეთი სახე წარმოადგენს კომბინირებულს. შეიძლება N ოპერატორის ერთერთი კომპონენტი არ არსებობდეს, ე.ი. $N = \{\Omega\}$, $R = \emptyset$ ან $N = \{R\}$, $\Omega = \emptyset$.

ფუნქციური აწყობის ქვეშ უნდა ვიგულისხმოთ მფმმის $A_i \in A$ ქვესტრუქტურების გამოყოფის პროცესი. ფუნქციური აწყობისას მფმმის სტრუქტურა არ იცვლება, ამიტომ მიკროფუნქციის რეალიზაციისას აწყობისა და შესრულების ფაზები შეიძლება ერთმანეთს ემთხვეოდეს. ფუნქციური აწყობა ხდება მფმმზე მმართველი სიტყვის მიწოდებით, რომლის სიგრძე განისაზღვრება ინტერვალით $i = \lceil \log_2 n \rceil, n$, სადაც n არის იმ მიკროფუნქციების რაოდენობა, რომელსაც ასრულებს მფმმ.

მესამე თავში დამტკიცებულია მრავალფუნქციურ მოდულებში ოპერაციების რეალიზაციის ცნობილი კომპოზიციური მეთოდის კორექტულობა ფუნქცია-დომინანტის შემთხვევაში. ფუნქცია-დომინანტი $f_1 \in F$ სრულდება $\Phi_1 \in \Phi$ მიკროფუნქციების კომპოზიციის საფუძველზე. ამდენად რეალიზაციის თვალსაზრისით იგი არ განსხვავდება მფმმზე რეალიზებადი სხვა ფუნქციებისაგან.

კომპოზიციური მეთოდის დროს F ფუნქციათა სიმრავლეში გამოყოფილია სამი არაკვეთადი ფუნქციათა ქვესიმრავლე $F_1, F_2 \dot{\dot{A}} F_3$, სადაც F_i - არის ფუნქციები, რომლებიც არ თხოულობენ მფმმის საწყის დაყენებას; F_2 - არის ფუნქციები, რომელთა შესრულებისათვის მოითხოვება მფმმის საწყისი დაყენება; F_3 - არის ფუნქციები, რომლებიც გამომუშავდებიან მფმმში ინფორმაციის მიღების გარეშე. ამ ფუნქციათა ქვესიმრავლეები ნებისმიერი შეიძლება მოიცავდეს ფუნქცია-დომინანტს.

მიკროფუნქციათა ქვესიმრავლე $\Phi_i' \subseteq \Phi$, რომელიც საჭიროა $f_i \in F$ ფუნქციის შესრულებისათვის, განისაზღვრება შემდეგნაირად: $\Phi_i' = \{\Phi_{2i}, \Phi_{3i}\}$ თუ $f_i \in F_1$, $\Phi_i' = \{\Phi_{1i}, \Phi_{2i}, \Phi_{3i}\}$ თუ $f_i \in F_2$ და $\Phi_i' = \{\Phi_{1i}, \Phi_{3i}\}$ თუ $f_i \in F_3$, სადაც $\Phi_{1i} \subseteq \Phi_1$, $\Phi_{2i} \subseteq \Phi_2$, $\Phi_{3i} \subseteq \Phi_3$.

კომპოზიციური მეთოდის თანახმად მიკროფუნქციების ქვესიმრავლეებს $\Phi_{1i}, \Phi_{2i}, \Phi_{3i}$ ადევთ შემდეგი შეზღუდვები: $1 \leq \text{Card } \Phi_{1i} \leq \rho_1$; $1 \leq \text{Card } \Phi_{2i} \leq \rho_2 - \rho_1$; $\text{Card } \Phi_{3i} = 1$ და f_i ფუნქცია წარმოდგინდება შემდეგნაირად: $f_i = \varphi_j \circ \varphi_{\nu} \circ \dots \circ \varphi_{\nu'} \dot{\dot{A}} f_i \in F_1$, $f_i = \varphi_j \circ \varphi_{\nu} \dots \circ \varphi_{\nu'} \circ \varphi_{\omega} \circ \dots \circ \varphi_{\omega'}$, $\dot{\dot{A}} f_i \in F_2$, $f_i = \varphi_j \circ \varphi_{\omega} \dots \circ \varphi_{\omega'}$, $\dot{\dot{A}} f_i \in F_3$, სადაც $\varphi_j \in \Phi_{3i}$, $\{\varphi_{\nu}, \dots, \varphi_{\nu'}\} = \Phi_{2i} \dot{\dot{A}} \{\varphi_{\omega}, \dots, \varphi_{\omega'}\} = \Phi_{1i}$.

ზემოთ მოტანილი მეთოდის ჭეშმარიტებას ასაბუთებს ქვემოთ ფორმულირებული თეორემები.

თეორემა. მიმდევრული მოდული არის მრავალფუნქციური და აკეთებს ფუნქციების $f_i \in F_2 (i = \bar{1}, k)$ რეალიზაციას მხოლოდ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც ის ასრულებს $\rho \geq 4$ მიკროფუნქციას $\{\phi_1, \dots, \phi_{\rho}\}$ ისეთს, რომ $\{\phi_1, \dots, \phi_{\rho_1}\} = \Phi_1$, $\{\phi_{\rho_1+1}, \dots, \phi_{\rho_2}\} = \Phi_2$ და $\{\phi_{\rho_2+1}, \dots, \phi_{\rho}\} = \Phi_3$.

დამტკიცება. **საკმარისობა.** მიმდევრული მოდულის მრავალფუნქციურობისათვის მოითხოვება პირობის შესრულება - $k \geq 2$. დავუშვათ, რომ მფმმ ასრულებს ორ ფუნქციას f_i და f_j . $f_i, f_j \in F_2$ -სათვის, მოითხოვება, რომ $\Phi_1 = \Phi_1^i \cup \Phi_1^j$, $\Phi_2 = \Phi_2^i \cup \Phi_2^j$ და $\Phi_3 = \Phi_3^i \cup \Phi_3^j$. ვითვალისწინებთ რა შეზღუდვებს, შეიძლება დაიწეროს: $1 \leq \text{Card } \Phi_1^i \leq \rho_1$; $1 \leq \text{Card } \Phi_2^i \leq \rho_2$; $\text{Card } \Phi_3^i = 1$; $1 \leq \text{Card } \Phi_1^j \leq \rho_1$; $1 \leq \text{Card } \Phi_2^j \leq \rho_2$; $\text{Card } \Phi_3^j = 1$.

დავუშვათ, რომ $\text{Card } \Phi_1^i = \text{Card } \Phi_1^j = \text{Card } \Phi_2^i = \text{Card } \Phi_2^j = 1$. მაშინ შეიძლება დაიწეროს, რომ ფუნქციისათვის f_i $\Phi_1^i = \{\varphi_k^i\}$, $\Phi_2^i = \{\varphi_l^i\}$ და $\Phi_3^i = \{\varphi_e^i\}$, სადაც $k = \overline{1, \rho_1}$, $l = \overline{\rho_1 + 1, \rho_2}$ და $e = \overline{(\rho_2 + 1), \rho}$.

აქედან გამომდინარე, ფუნქცია f_i რეალიზდება სქემით: $f_i \Leftrightarrow \varphi_k^i \rightarrow \varphi_l^i \rightarrow \varphi_e^i$.

თუ f_i ფუნქციის რეალიზაციის სქემაში შევცვლით თუნდაც ერთ მიკროფუნქციას φ_m -ით, მივიღებთ f_j ფუნქციის რეალიზაციის სქემას. დავუშვათ, რომ $\Phi_1^i \neq \Phi_1^j$, $\Phi_2^i = \Phi_2^j$ და $\Phi_3^i = \Phi_3^j$. მაშინ $f_j \Leftrightarrow \varphi_m^j \rightarrow \varphi_l^{i,j} \rightarrow \varphi_e^{i,j}$, სადაც $\{\varphi_m^j\} = \Phi_1^j$, $m = \overline{1, \rho_1}$, $m \neq k$. აქედან გამომდინარე, $\text{Card } \Phi_1 = 2$. მაშინ მიკროფუნქციათა საერთო რაოდენობა, რომელიც მოითხოვება ორი ფუნქციის f_i და f_j რეალიზაციისათვის იქნება: $\sum_{l=1}^3 \text{Card } \Phi_l = 4$. ცხადია, მიღებული შედეგები შეიძლება

გავრცელებული იქნას შემთხვევისათვის, როცა $k > 2$. ვიღებთ, რომ $\sum_{i=1}^3 \text{Card } \Phi_i > 4$.

აუცილებლობა. დავუშვათ, რომ მფმმთვის მოცემულია ოთხი მიკროფუნქცია $\varphi_k, \varphi_l, \varphi_e, \varphi_m$, ამასთან $\varphi_k \in \Phi_1$, $\varphi_l \in \Phi_2$, $\varphi_e \in \Phi_3$. რაც შეეხება φ_m -ს, დაიშვება, რომ $\varphi_m \in \Phi_1$ ან $\varphi_m \in \Phi_2$, ან $\varphi_m \in \Phi_3$. $f_i \in F$ ფუნქციის რეალიზაციისათვის მოითხოვება $\Phi_1^i \leq \Phi_1$, $\Phi_2^i \leq \Phi_2$, $\Phi_3^i \leq \Phi_3$ ქვესიმრავლეების გამოყოფა. ამასთან: $1 \leq \text{Card } \Phi_1^i \leq \rho_1$; $1 \leq \text{Card } \Phi_2^i \leq \rho_2$; $\text{Card } \Phi_3^i = 1$.

დავუშვათ, რომ $\text{Card } \Phi_1^i = \text{Card } \Phi_2^i = 1$. მაშინ $f_i \in F$ ფუნქციის რეალიზაციის სქემა წარმოდგინდება შემდეგი სახით: $f_i \Leftrightarrow \varphi_k^i \rightarrow \varphi_l^i \rightarrow \varphi_e^i$. დავუშვათ აგრეთვე, რომ $\varphi_m \in \Phi_1$. მაშინ შეიძლება ვამტკიცოთ, რომ არსებობს ისეთი ფუნქცია $f_j \in F$, რომლისთვისაც რეალიზაციის სქემას ექნება სახე: $f_j \Leftrightarrow \varphi_m^j \rightarrow \varphi_l^{i,j} \rightarrow \varphi_e^{i,j}$.

შეიძლება დავასკვნათ, რომ მოცემული ოთხი მიკროფუნქციით შესაძლებელია, როგორც მინიმუმ, ორი ფუნქციის რეალიზაცია. შედეგად, მოდულის მრავალფუნქციურობის პირობა სრულდება. თუ მიკროფუნქციათა მოცემული რაოდენობა ოთხზე მეტია, მაშინ რეალიზებული ფუნქციათა რაოდენობა იქნება ორზე მეტი, ე.ი. $k > 2$. ამით თეორემა დამტკიცებულია.

თეორემა. თუ მიმდევრული მოდული ასრულებს $n \geq 3$ ისეთ მიკროფუნქციას $\{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n\}$, რომ $\{\varphi_1, \dots, \varphi_{\rho_1}\} = \Phi_1$, $\{\varphi_{\rho_2}, \dots, \varphi_{\rho}\} = \Phi_3$ და $n = \rho_1 - (\rho - \rho_2)$, მაშინ ასეთი მოდული არის მრავალფუნქციური და ახდენს $f_i \in F_1$ ფუნქციის რეალიზაციას.

თეორემა. თუ მიმდევრული მოდული ასრულებს $n \geq 3$ ისეთ მიკროფუნქციას $\{\varphi_{\rho_1+1}, \varphi_{\rho_1+2}, \dots, \varphi_n\}$, რომ $\{\varphi_{\rho_1+1}, \varphi_{\rho_1+2}, \dots, \varphi_n\} = \Phi_2$ $\{\varphi_{\rho_2+1}, \varphi_{\rho_2+2}, \dots, \varphi_n\} = \Phi_3$ და $n = \rho - \rho_1$, მაშინ ასეთი მოდული არის მრავალფუნქციური და ახდენს $f_i \in F_3$ ფუნქციის რეალიზაციას.

მიღებული მტკიცებანი ვრცელდება მხოლოდ ერთ მფმმზე. ბუნებრივია რეალურ ცსებში გამოიყენება მოდულების დიდი რაოდენობა, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულნი არიან მიმდევრობით, ან პარალელურად, ან მიმდევრობით-პარალელურად. ამ დროს ცს წარმოდგენილი უნდა იყოს როგორც ელემენტალური ავტომატების კომპოზიცია, ხოლო საერთო სისტემური ფუნქცია, რომელიც რეალიზდება ასეთი მოწყობილობით როგორც $f_i \in F$ ფუნქციათა კომპოზიცია.

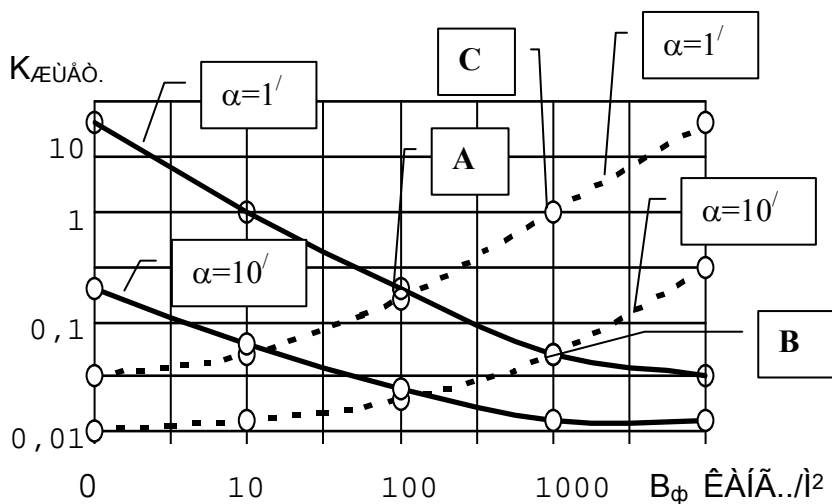
ამავე თავში შემოთავაზებულია ოქმფემბზე ერთეულოვან-ნორმალურ კოდში წარმოდგენილი ათობითი რიცხვების შეკრების ხერხი. ხერხის არსი მდგომარეობს ორი რიცხვის ერთეულოვან-ნორმალურ კოდში ერთ თანრიგში მყოფი ორი ციფრის ერთიანების და ნულების გაერთიანებაში ერთ სიმრავლედ ისე, რომ ერთად დაჯგუფდეს ერთიანები და ერთად ნულები. შემდეგ ხდება სიმრავლეში ერთიანების რაოდენობის ანალიზი და თუ მათი რაოდენობა ტოლია ან აჭარბებს ათს, ერთი ერთიანით იზრდება შემდეგი თანრიგის სიტყვის ერთიანების რაოდენობა ნულების ერთით შემცირების ხარჯზე, ხოლო ამ სიმრავლეში ერთიანების რაოდენობა მცირდება 10 ერთეულით ნულების რაოდენობის გაზრდის ხარჯზე. შეკრების პროცესი ხდება ბიჯურად: 1. მეორე შესაკრების i -ური თანრიგის ერთეულოვან-ნორმალური კოდის ერთიანები ჩაიწერება პირველი შესაკრების i -ური თანრიგის კოდის ერთიანების უფროსი ერთიანის ბოლოს; 2. თუ i -ური თანრიგის მიღებულ გაორმაგებულ სიტყვაში ერთიანების რაოდენობა ტოლია ან მეტია ათზე, ხდება ამ სიტყვის ათი უფროსი ერთიანის განულება. თუ ამ სიტყვაში ერთიანების რაოდენობა ათზე ნაკლებია, მაშინ ორობითი სიტყვა რჩება ცვლილების გარეშე. 3. წინა ბიჯზე ათი ერთიანის განულების შემთხვევაში ხდება $(i+1)$ თანრიგში ერთიანების რაოდენობის გაზრდა ერთი ერთეულით და ა.შ. აქვეა შემოთავაზებული ამ ხერხის რეალიზაციისათვის ოქმფემ.

ამავე თავშიაა ნაჩვენები ანალოგური სიგნალების, კერძოდ კი დროითი ინტერვალების ოქმფემში დამუშავების ეფექტურობა. შემოვარებულია დროით ინტერვალზე ფუნქციური გარდაქმნის მეთოდები, რომელთა თანახმად დროითი ინტერვალის დამუშავება ხდება მაღალი სიზუსტით როგორც მიმდევრობით, ასევე პარალელურ რეჟიმებში.

მეოთხე თავში წარმოდგენილია მრავალფუნქციურობის პრინციპის გამოყენებით ოპერაციული მოწყობილობების და სისტემების არქიტექტურული ორგანიზაციის მეთოდები.

ჰკის დისპლეის და კლავიატურის ხედვითობა დამოკიდებულია სიმბოლოების კონტრასტულობაზე ფონთან მიმართებაში და კუთხურ ზომაზე. საჭიროა აგრეთვე ვიცოდეთ კონტრასტის ზღრის დონე, რომელიც გულისხმობს სიმბოლოსა და ფონის სიკაშკაშეებს შორის მინიმალური განსხვავების, რომელიც კი შეიძლება გაირჩეს თვალით, ფარდობას ფონის სიკაშკაშესთან. ცხადია, კონტრასტულობის ზღვარი დაკავშირებულია აგრეთვე სიმბოლოს ზომასთან.

ნახ.5-ზე ნაჩვენებია $K_{ზღვ}$.



ÍÁá.5

კონტრასტულობის ზღვრის დამოკიდებულება $B_{\text{ფ}}$, ადაპტირებად სიკაშკაშესთან და სიმბოლოს ზომებთან. კონტურული ხაზებით ნაჩვენებია ეს დამოკიდებულება კლავიატურისათვის, ხოლო წყვეტილით - მონიტორისათვის.

დავუშვათ, რომ სიმბოლოების კუთხური ზომები ოპერატორისათვის დისპლეიზე და კლავიატურაზე ერთნაირია. მაშინ ოპერატორისათვის ერთნაირი აღქმის პირობები, ანუ ერთნაირი კონტრასტულობის ზღვარი $K_{\text{ზღვ}}$, როგორც მონიტორზე, ასევე კლავიატურაზე იქნება, როცა ეს მრუდები ერთმანეთს კვეთავენ. მაგალითად, როცა სიმბოლოების კუთხური ზომა ცნობილია და $\alpha=1$, მრუდების გადაკვეთა შესაძლებელია ფონის 10^2 კანდ./მ² სიკაშკაშის დროს (წერტილი A). რეალურ პირობებში ფონის სიკაშკაშის ზუსტი დაცვა შეუძლებელია. მაშინ დისპლეისა და კონტრასტულობის ზღვარი $K_{\text{ზღვ}}$ უზრუნველყოფილი უნდა იქნას დისპლეის ეკრანის სიკაშკაშის ცვალებადობით.

თუ გაიზარდა $B_{\text{ფ}}$, ვთქვათ 10^3 კანდ./მ²-მდე, მაშინ კლავიატურის სიმბოლოების აღქმის პირობები გაუმჯობესდება, რადგან შემცირდება კონტრასტულობის ზღვარი (წერტილი B), მაგრამ იმავდროულად გაუარესდება დისპლეიზე სიმბოლოების აღქმა (წერტილი C). იმისათვის, რომ გაუმჯობესდეს დისპლეიზე სიმბოლოების აღქმა, საჭიროა გაზრდილი იქნას მონიტორის სიკაშკაშე ისე, რომ წერტილები B და C ერთმანეთს შეუთავსდეს.

ჩვეულებრივი კლავიატურისათვის დამახასიათებელია პირდაპირი კონტრასტი, რადგან სიმბოლოები კლავიატურაზე აღიქმება ფონის სიკაშკაშიდან გამომდინარე არეკლილი სხივებით, ხოლო დისპლეისათვის - უკუკონტრასტი, რადგან მასზე სიმბოლოები აღიქმება ეკრანის ნათების სიკაშკაშიდან გამომდინარე. შედეგად, მნელდება ორივე მოწყობილობისათვის ისეთი კონტრასტის მიღწევა, როცა კონტრასტულობის ზღვარი ორივესათვის ერთნაირი იქნება.

ოპერატორისათვის მუშაობის კომფორტული პირობები იქმნება მაშინ, როცა $B_{\text{ფ}}$ -საგან დამოკიდებულებით მრუდები ერთმანეთს კი არ კვეთავენ, არამედ ერთმანეთს ემთხვევიან. ეს კი შესაძლებელია მაშინ, როცა ორივე მოწყობილობისათვის დამახასიათებელი იქნება პირდაპირი ან უკუკონტრასტი.

ორივე მოწყობილობისათვის პირდაპირი კონტრასტი მიიღწევა მაშინ, როცა β დაკომპლექტებულია ჩვეულებრივი კლავიატურით და თხევადკრისტალური დისპლეით უკუგანათების გარეშე. უკუკონტრასტი მიიღწევა მაშინ, როცა გამოყენებულია დისპლეი ელექტრონულ სხივურ მილაკზე ან თხევადკრისტალზე უკუგანათებით და თხევადკრისტალური კლავიატურა უკუგანათებით.

პირველ შემთხვევაში სიმბოლოების ხედვითობა მთლიანადაა დამოკიდებული ფონის სიკაშკაშეზე და ოპერატორი იძულებულია გარე განათების ცვლილებით მიაღწიოს სიმბოლოების მაღალ ხედვითუნარიანობას, რაც ყოველთვის არაა შესაძლებელი. მეორე შემთხვევაში შესაძლებელია როგორც ფონის სიკაშკაშის რეგულირება, ასევე მონიტორის და კლავიატურის სიკაშკაშის რეგულირება. როგორც წესი, ოპერატორი მიმართავს ამ უკანასკნელს. აქედან გამომდინარე, უდავოა, რომ უპირატესობა უნდა მიენიჭოს ისეთ კლავიატურას და მონიტორს, რომლებსათვისაც დამახასიათებელია უკუკონტრასტი.

ასეთ თვისებებს ფლობს დისპლეი ელექტრონულ სხივურ მილაკზე ან თხევადკრისტალური უკუგანათებით და კლავიატურა თხევადკრისტალური კლავიატურისა და ეკრანებით და უკუგანათებით.

შესაძლებელია ჩამოვყალიბოთ მოთხოვნები უკუკონტრატის მქონე კლავიატურისათვის: კლავიატურის კლავიშის ეკრანის დასაშვებუნარიანობა არ უნდა ჩამორჩებოდეს დისპლეისას, მაგალითად ელექტრულ სხივური მილაკისას; კლავიშის ეკრანის ნათების ინტენსივობა არ უნდა ჩამორჩებოდეს დისპლეის ნათების ინტენსივობას; კლავიშის ეკრანზე სიმბოლოების ხედვის კუთხე არ უნდა იყოს დისპლეის ეკრანზე სიმბოლოების ხედვის კუთხეზე ნაკლები; კლავიშის ეკრანზე შესაძლებელი უნდა იყოს სიმბოლოების ზომის ცვლილება.

ასეთ მოთხოვნებს დააკმაყოფილებდა კლავიატურა უკუკონტრასტით, თუ მისი კლავიშის ეკრანი გადაწყვეტილი იქნებოდა ნახევარგამტარული (შუქდიოდებზე) მატრიცის სახით. შემოთავაზებულია მრავალფუნქციური კლავიატურა (მფკლ), რომელიც დანიშნულია ტექსტური რედაქტორის ფარგლებში სხვადასხვა ენაზე შექმნილი ტექსტური დოკუმენტების, აგრეთვე ნებისმიერი სიმბოლოს პკში შეტანისათვის. ამრიგად, მფკლ აღმოფხვრის ტრადიულად არსებულ შეზღუდვებს, რომელსაც ადებს კლავიატურა პკის სტრუქტურას და საშუალებას იძლევა სრულად იქნას გამოყენებული პკის პროგრამული და აპარატურული შესაძლებლობები.

მფკლ საშუალებას იძლევა: კლავიატურის სიმბოლოურ კლავიშებზე ოპერატიულად იქნას შეცვლილი და ასახული სხვადასხვა შრიფტი; ამაღლებული იქნას კლავიატურის ერგონომიული და საექსპლოატაციო თვისებები, რამდენადაც ყოველ სიმბოლოურ კლავიშზე გამოირიცხება რამდენიმე შრიფტის დატანა; გაფართოებული იქნას პკის გამოყენების სფერო ტექსტური დოკუმენტების დამუშავებისას; გამარტივებული იქნას პროგრამირების საკითხები სიმბოლოური კლავიშების მაკრობრძანებებთან იდენტიფიცირებით.

შემოთავაზებული ფუნქციების განხორციელებისათვის მფკლის კლავიშები აღჭურვილია ინდივიდუალური დისპლეებით, რომლებიც იმართებიან სპეციალური სქემებით. მფკლს შეუძლია ოთხ რეჟიმში მუშაობა: კლავიშის მდგომარეობის ჩაქრობა; კლავიშზე ინფორმაციის სტატიკური ასახვა ნორმალური სიკაშკაშით (ძირითადი რეჟიმი); კლავიშზე ინფორმაციის სტატიკური ასახვა დაბალი სიკაშკაშით; კლავიშზე გამოსახულების ციმციმი.

კლავიშების დისპლეი წარმოადგენს მრავალფუნქციური კვანტრონების (მფკ) მატრიცას ზომებით $n \times m$ ($n, m = 1, 2, \dots$). მფკები ერთმანეთში გაერთიანებულნი არიან როგორც ოემფმ და წარმოადგენენ $n \times m$ -თანრიგა ოპტოელექტრონულ ძვრის რეგისტრს.

მფკლის მართვა ხორციელდება პკდან. პკის ჩართვისას ავტომატურად ხდება ძირითადი შრიფტის ჩატვირთვა. ამის შემდგომ სხვა შრიფტზე ან სპეციალურ სიმბოლოებზე გადასვლა ხდება პკის ბრძანებების მიხედვით ტექსტური რედაქტორის შესაძლებლობების ფარგლებში.

შემოთავაზებულია პკის შემდეგი ბრძანებები: $K1[i]$ -მფკლში i -ური შრიფტის (ფაილის) ჩატვირთვა; $K2[l]$ -მფკლში l ($l = \overline{1, 4}$) რეჟიმის ჩატვირთვა; $K3[j]$ - j -ური კლავიშის ჩატვირთვა; $K4[j]$ - j -ური კლავიშის რეჟიმის ჩატვირთვა; $K5[i, j]$ - i -ური და j -ური კლავიშების შემცველობათა ურთიერთშენაცვლება $i, j = \overline{1, N}$, $i \neq j$.

მფკლში შემოთავაზებულია კონსტრუქციული სიახლე, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ ნახევარგამტარული ეკრანი კლავიშასთან ერთად არ მოძრაობს. კლავიშის ასეთი კონსტრუქციისას სახურავზე დაჭერამდე ნახევარგამტარული მატრიცა იმყოფება კლავიშის სიღრმეში. ეს დამატებით უზრუნველყოფს ნახევარგამტარული ეკრანის გარე სინათლის წყაროსაგან დაცვას.

ამრიგად, შემოთავაზებული კლავიატურა საშუალებას იძლევა შენარჩუნებული იქნას კლავიშის ტაქტილური პარამეტრი, იმავდროულად ტოვებს რა უძრავად კლავიშის ელექტრონულ სქემებს, რაც თავიდან გვაშორებს არასასურველ შედეგებს, რომელიც დაკავშირებულია ელექტრონული სქემების ვიბრაციებთან.

სპეციალური დანიშნულების ცსებში ანბანურ-ციფრული ინფორმაციის შეტანისათვის ფართოდ გამოიყენება ათობითი კლავიატურა. ეს არის ტიპიური შემთხვევა, როცა ხდება ცნობილი მოწყობილობის ფუნქციური შესაძლებლობების გაფართოება. შემოთავაზებულია ათობითი კლავიატურიდან ანბანური ინფორმაციის შეტანის ხერხი, რომელიც გულისხმობს ფერადი კლავიშების გამოყენებას და ყოველ მათგანზე ფერადი სიმბოლოების დატანას. კლავიშები დალაგებულნი არიან ფერების მიხედვით შესაბამისად სვეტში ან სტრიქონში. კლავიშებზე სიმბოლოები განლაგებულნი არიან კლავიშების ფერების განლაგების შესაბამისად.

სიმბოლოების შეტანა ხდება ორთაწრივ კოდის გამოყენებით, რომლის პირველი თანრიგი არის სიმბოლოს შესაბამისი კლავიშის ციფრი, ხოლო მეორე თანრიგი - სიმბოლოს ფერის შესაბამისი ფერის კლავიშებიდან ერთ-ერთის ციფრი. შემოთავაზებული და ცნობილი ხერხების შედარებითი ანალიზი გვარწმუნებს, რომ შემოთავაზებული ხერხის შემთხვევაში უმჯობესდება როგორც სიმბოლოების შეტანის სწრაფქმედება, ასევე შეტანის მოხერხებულობა.

შემოთავაზებულია მფმმებზე აგებული მიკროპროგრამული ოპერაციული მოწყობილობა (მპომ), რომელშიც შეხამებულია ერთგვაროვანი გამომთვლელი გარემოს და ტრადიციული გამომთვლელი ავტომატების საუკეთესო თვისებები.

მპომ განკუთვნილია არითმეტიკული ოპერაციების - აჯამვის, შეკრების, გამოკლების, გამრავლების, გაყოფის და რიგი სხვათა შესასრულებლად, რომელთა რეალიზაცია საბოლოოდ დაიყვანება დიზიუნქციის, კონიუნქციის, *mod2*-ით შეკრებისა და ძვრის ოპერაციების შესრულებაზე. მრავალბიჯიანი ოპერაციების საშუალებით შესაძლებელია რთული გადამრთველი ფუნქციების შესრულება ცვლადების ნებისმიერი რიცხვით, მასივის ლოგიკური შეკრება და გამრავლება ვექტორზე, ბულის მატრიცების ლოგიკური შეკრება, გამრავლება და ინფორმაციის ლოგიკური დამუშავების სხვა სახეობები.

$X=x_1...x_n$ და $Y=y_1...y_n$ ოპერანდების შეკრება არის მრავალბიჯიანი ოპერაცია, რომლის რეალიზაციისთვისაც შემოთავაზებულია შემდეგი ალგორითმი: 1) იკრიბება X და Y ოპერანდები *mod2*-ით - $S_j=S_{j-1} \oplus P_{j-1}$, სადაც $j=1,2,...$ -შეკრების ციკლის ნომერია, $j \leq n$. როდესაც $j=1$, მაშინ $S_0=X$ და $P_0=Y$; 2) ვპოულობთ S_{j-1} და P_{j-1} ოპერანდების კონიუნქციას - $P^*_j=S_{j-1} \& P_{j-1}$; 3) ხორციელდება P^*_j -ის ერთი თანრიგით ძვრა უფროსი თანრიგების მიმართულებით - $P_j=LI(P^*_j)$; 4) თუ $P_j \neq 0$, მაშინ $j := j+1$ და 1-3 ეტაპები განმეორდება, სხვა შემთხვევაში შეკრების პროცესი მთავრდება.

თანამედროვე გამომთვლელ სტრუქტურებში ფართოდაა გავრცელებული შესასვლელი ცვლადების თანმიმდევრული გარდაქმნის ხერხი. ასეთი მიდგომა განაპირობებს უნივერსალური გამომთვლელი სტრუქტურების შექმნას, რომელშიც დასამუშავებელი ინფორმაცია ვრცელდება მხოლოდ ერთი მიმართულებით. ასეთ გამომთვლელ სტრუქტურებში ინფორმაციის დამუშავება დაიყვანება ცვლადების ტაქტურ გარდაქმნამდე i -ური მოდულიდან j -ურ მოდულში გადაცემისას, სადაც $i < j$, $i = 1, n-1$, $j = 2, n..$

დავუშვათ, რომ ყოველი მოდული M_i ($i = \overline{1, n}$) მონოფუნქციურია და ასრულებს ფუნქციას f . მაშინ გამომთვლელი სტრუქტურის მიერ რეალიზებული სისტემური ფუნქცია შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ შემდეგნაირად: $\mathfrak{F} \Leftrightarrow f^1 \rightarrow f^2 \rightarrow \dots \rightarrow f^n$. ცხადია, ასეთი გამომთვლელი სტრუქტურის მიერ რეალიზებული სისტემური ფუნქცია ერთია და შესაბამისად მისი ფუნქციური სიმძლავრე $L=1$.

დავუშვათ, რომ გამომთვლელ სტრუქტურაში მონოფუნქციური ბაზური მოდულების ნაცვლად გამოიყენება მგმები, რომელთა საკუთარი ფუნქციური სიმძლავრე $k \geq 2$. ამასთან, გამოიყენება მგმების ფუნქციებზე აწყობის როგორც საერთო, ასევე ინდივიდუალური აწყობებები.

დავუშვათ, რომ გვაქვს გამომთვლელი სტრუქტურის საერთო აწყობა, მაშინ გამომთვლელი სტრუქტურის მიერ რეალიზდება სისტემური ფუნქცია: $\mathfrak{F}_i \Leftrightarrow f_i^1 \rightarrow f_i^2 \rightarrow \dots \rightarrow f_i^n$. ყოველი აწყობა H_i განსაზღვრავს მგმის შესაბამის f_i ფუნქციას, ამიტომ სისტემური ფუნქციების რაოდენობა სიმრავლეში $\mathfrak{F}^* = \{\mathfrak{F}_i\}$ ემთხვევა აწყობათა რაოდენობას. აქედან გამომდინარე, $Card M_{საერთო} = Card \mathfrak{F}^* = k$. ამრიგად გამომთვლელი სტრუქტურის ფუნქციური სიმძლავრე საერთო აწყობის შემთხვევაში იქნება $L=k$.

სისტემური ფუნქცია \mathfrak{F}_i სრულდება ფუნქციების F სიმრავლეთა საფუძველზე, ამასთან $\mathfrak{F}_i \Leftrightarrow F_i$, სადაც $F_i \subseteq F$, ანდა სიმრავლეა, რომელშიც ელემენტები არ მეორდება. ამიტომ \mathfrak{F}^* -ში შეიძლება გამოყოფილი იქნას სისტემური ფუნქციების ორი სახე: სისტემური ფუნქციები \mathfrak{F}_i , რომელთათვისაც შემადგენელი ფუნქციები F_i -დან არ მეორდება, ე.ი. $\exists (f_i, f_e \in F_i) [(f_i \neq f_e) \& (j \neq e)]$, სადაც $j, e = \overline{1, k}$, $k = Card F_i$; სისტემური ფუნქციები \mathfrak{F}_i , რომელთათვისაც შემადგენელი ფუნქციები F_i -დან მეორდება, ე.ი. $\exists (f_j, f_e \in F_i) [(f_j = f_e) \& (j \neq e)]$.

გამომთვლელ სტრუქტურათა შორის გამოიყოფა სამი ქვეკლასი, რომელთათვისაც შესაბამისად სრულდება პირობები: $n=k$, $n>k$ და $n<k$. ეს ქვეკლასები \mathfrak{F}_i სისტემურ ფუნქციაში f_j და f_e ფუნქციების ჯუფდებით საშუალებას იძლევიან სინთეზირებული იქნას გამომთვლელ სტრუქტურათა რამდენიმე ვარიანტი.

განვიხილოთ თითოეული ვარიანტი ცალ-ცალკე.

1. $n=k$, \mathfrak{F}_i სისტემური ფუნქციის რეალიზაციის სქემას შეიძლება ქონდეს შემდეგი სახე:

$$\Phi_i \Leftrightarrow \text{---} f_{j_1} \rightarrow f_j.$$

ამის საფუძველზე სისტემური ფუნქცია \mathfrak{F}_i შეიძლება წარმოდგენილი იქნას $k=n$ ელემენტისაგან შემდგარი კორტეჟით - $\mathfrak{F}_i \Leftrightarrow \langle f_1, \dots, f_k \rangle$. სხვა სისტემური ფუნქციისათვის \mathfrak{F}_m მოითხოვება კორტეჟის სხვა მიმდევრობა. კორტეჟის $n=k$ ელემენტის ყველა შესაძლო გადანაცვლების რაოდენობა განაპირობებს გამომთვლელი სტრუქტურის ფუნქციურ სიმძლავრეს. ამრიგად, $L_1 = Card \{ \mathfrak{F}_i \} = k! = n!$.

1. $n=k$, $f_j = f_e$.

დავუშვათ, რომ კორტეჟში, რომელიც შეესაბამება \mathfrak{F}_i სისტემურ ფუნქციას, მეორდება f_j ფუნქციები. იმისგან დამოკიდებულებით, თუ რამდენჯერ მეორდება f_j ფუნქცია კორტეჟებში, მათი რაოდენობა განისაზღვრება როგორც $\sum_{m=1}^n C_n^m$. ვითვალისწინებთ რა ამას და იმასაც, რომ კორტეჟებში შეიძლება განმეორდნენ f_j

განსხვავებული სხვა ფუნქციებიც, გამომთვლელი სტრუქტურის ფუნქციონალური სიმძლავრის ფორმულა იღებს სახეს: $L_2 = k \sum_{m=2}^n [C_n^m (n-m)!]$.

3. $n > k$,

აქ ადგილი აქვს რამდენიმე შემთხვევას:

ა) მრავალფუნქციურ მოდულებში ნომრებით 1-დან $k \lfloor n/k \rfloor$ -მდე ფუნქციები მეორდება და ნომრებით $(k \lfloor n/k \rfloor + 1)$ -დან n -მდე არ მეორდება. მაშინ გამომთვლელი სტრუქტურის ფუნქციონალური სიმძლავრე იქნება:

$$L_{3a} = k (n - k \lfloor n/k \rfloor)! \left(\sum_{m=2}^k C_k^m (k-m)! \right)^{\lfloor n/k \rfloor}.$$

ბ) მრავალფუნქციურ მოდულებში ფუნქციები ნომრებით 1-დან $k \lfloor n/k \rfloor$ -მდე და აგრეთვე ნომრებით $(k \lfloor n/k \rfloor + 1)$ -დან n -მდე არ მეორდება. მაშინ

$$L_{3b} = (k!)^{\lfloor n/k \rfloor} (n - k \lfloor n/k \rfloor)!$$

გ) მრავალფუნქციურ მოდულებში ნომრებით 1-დან $k \lfloor n/k \rfloor$ -მდე ფუნქციები არ მეორდება და მეორდება ნომრებით $(k \lfloor n/k \rfloor + 1)$ -დან n -მდე.

მაშინ

$$L_{3c} = k! (n - k \lfloor n/k \rfloor)! \sum_{m=2}^{n - k \lfloor n/k \rfloor} [G_{n-k \lfloor n/k \rfloor}^m \cdot (n - m - k)!]$$

დ) ფუნქციები მეორდება მდგომარეობაში 1-დან $k \lfloor n/k \rfloor$ ნომრის ჩათვლით, აგრეთვე მდგომარეობაში $(k \lfloor n/k \rfloor + 1)$ -დან n -ის ჩათვლით. მაშინ გამომთვლელი სტრუქტურის ფუნქციონალური სიმძლავრე იქნება:

$$L_{3d} = k \left(\sum_{m=2}^k C_k^m (k-m)! \right)^{\lfloor n/k \rfloor} \cdot (n - k \lfloor n/k \rfloor)! \sum_{m=2}^{n - k \lfloor n/k \rfloor} [C_{n-k \lfloor n/k \rfloor}^m (n - m - k)!].$$

4. $n < k$, $f_j \neq f_e$. $L_4 = n! C_k^n$.

ამ შემთხვევაში მდგომარეობის რაოდენობა გამომთვლელ სტრუქტურაში უფრო ნაკლებია, ვიდრე თითოეული მოდულის ფუნქციონალური შესაძლებლობები, ამიტომ

5. $n < k$, $f_j = f_e$. $L_5 = n \cdot C_k^n \sum [C_n^m (n-m)!]$.

მოდულებში მრავალფუნქციურობის მიღწევა დაკავშირებულია მათი სირთულის გაზრდასთან. ამიტომ პრაქტიკული მოსაზრებით უფრო გამართლებულია გამომთვლელ სტრუქტურათა ის ვარიანტები, სადაც $n > k$. გამომთვლელი სტრუქტურის სინთეზისას, ჩვეულებრივ $n \gg k$. ფუნქციური სიმძლავრის L დამოკიდებულება მრავალფუნქციური მოდულის ფუნქციურ შესაძლებლობებზე k გამომთვლელი სტრუქტურების ორგანიზების 3ა, 3ბ, 3გ და 3დ ვარიანტებისათვის ნაჩვენებია შესაბამისად ნახ. -ებზე 6, 7, 8 და 9. გრაფიკები აგებულია შემთხვევებისათვის, როცა $n=8, 16, 32, 40, 50$ და 64. ამავე გრაფიკებზეა ნაჩვენები L -სა და n -ის დამოკიდებულებანი, როცა $n=k$.

როგორც გრაფიკებიდან ჩანს, მრავალფუნქციური მოდულის k -ს გაზრდით მკვეთრად იზრდება გამომთვლელი სტრუქტურის ფუნქციური სიმძლავრე L . გრაფიკებზე L -ის ზრდის ტემპის გარკვეული ვარდნა შეიმჩნევა იმ რაიონებში, სადაც

$k=n/2$, ხოლო ზრდის მაქსიმალური ტემპი არის, როცა k უახლოვდება n -ს. გამომთვლელი სტრუქტურის ფუნქციური შესაძლებლობების გაზრდაზე დადებითად მოქმედებს აგრეთვე სტრუქტურაში მრავალფუნქციური მოდულების n რაოდენობის ზრდაც.

მეხუთე თავში წარმოდგენილია მრავალფუნქციურ ოპერაციულ მოწყობილობებზე ცსების აგების მეთოდები და საშუალებანი.

მრავალფუნქციურობის პრინციპში ფუნქცია-დომინანტის ცნების შემოტანა საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად გაფართოვდეს არსებული სპეციალიზებული მოწყობილობების ფუნქციური შესაძლებლობები, რაც თავის მხრივ მათ აძლევს ახალ თვისებებს. ასეთი მიდგომის მაგალითს წარმოადგენს ელექტროენერგიის მრიცხველის ფუნქციური შესაძლებლობების გაზრდა.

ელექტროენერგიის მრიცხველი განკუთვნილია მოხმარებული ელექტროენერგიის აღრიცხვისათვის (ფუნქცია-დომინანტი), მაგრამ ვერ წყვიტავს მოხმარებული ელექტროენერგიის საფასურის გადახდის პრობლემას. ამ პრობლემის გადაჭრის მიზნით მას ძირითად ფუნქციასთან ერთად უნდა მივანიჭოთ თვისებები, რომელიც გარკვეულ მოთხოვნებს წაუყენებს მომხმარებელს ელექტროენერგიის საფასურის გადახდის თვალსაზრისით. ელექტროენერგიის მრიცხველის ფუნქციური შესაძლებლობების გაზრდა საშუალებას იძლევა შემუშავებული იქნას ელექტროენერგიის გასაღებისა და აბონენტებთან ანგარიშსწორების ავტომატიზებული სისტემა (ეგაასი).

ეგაასი არის ელექტროენერგიის რეალიზაციისათვის მართვის სისტემა და წარმოადგენს სივრცეში განაწილებულ აპარატურულ, კომპიუტერულ-პროგრამულ და ორგანიზაციული მეთოდების კომპლექსს.

ეგაასის ძირითადი ელემენტია მოწყობილობა ელექტროენერგიის გადახდისათვის (მეგი), რომელიც წარმოადგენს აბონენტის ელექტროენერგიის მრიცხველის და მისი ფუნქციური შესაძლებლობების გამაფართოებელი ციფრული ბლოკის ერთობლიობას.

ამრიგად, ეგაასი სტრუქტურულად წარმოადგენს ერთმანეთთან ინფორმაციულ კავშირში მყოფ ენერგოკომპანიის ინფორმაციის მომზადებისა და ანალიზის კომპიუტერულ ქვესისტემას, ბანკის ელექტროენერგიის რეალიზაციის კომპიუტერულ ქვესისტემას და მომხმარებლების მეგების ერთობლიობას.

ეგაასის ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია, რომ მეგები განლაგდეს აბონენტებთან და ელექტროენერგიის რეალიზაცია ხდებოდეს ბანკის საშუალებით. ამიტომ, ბანკის სალაროში უნდა განთავსდეს ელექტროენერგიის რეალიზაციის კომპიუტერული ქვესისტემა. ენერგოკომპანიაში განლაგებული კომპიუტერული ქვესისტემის დანიშნულებაა ელექტროენერგიის რეალიზაციის სისტემიდან ინფორმაციის მიღება და ანალიზი, აგრეთვე საწყისი ინფორმაციის მომზადება აბონენტებზე ელექტროენერგიის რეალიზაციის ქვესისტემისათვის.

ეგაასი არ გულისხმობს ინფორმაციის მიმოცვლის ფიზიკური არხების არსებობას კომპიუტერულ სისტემებსა და მომხმარებლების მეგებს შორის. ამით გამოირიცხა ფიზიკურ არხებში ინფორმაციის გაყალბების შესაძლებლობა. ინფორმაციის მატარებლად მეგსა და გაყიდვის კომპიუტერულ სისტემას შორის გვევლინება თვითონ მომხმარებელი.

მეგი დანიშნულია მომხმარებლისათვის ელექტროენერჯის მიწოდებისათვის შეძენილი რაოდენობით. მეგი უზრუნველყოფს მომხმარებლის ჩართვას მკვებავ ქსელში ელექტროენერჯის საფასურის გადახდის და მასზე პირობითი კოდის აკრეფის შემდეგ, აგრეთვე მომხმარებლის გამორთვას ქსელიდან ელექტროენერჯის გადახდილი საფასურის ამოწურვისთანავე.

მეგის ფუნქციონირების პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში. მეგის მუდმივ მეხსიერებაში ყოველ მისამართზე განლაგებულია ნებისმიერი ოთხთანრიგა ათობითი კოდი $DDDD$. აქედან ორი სხვადასხვა კოდის (სიტყვის) X და Y -ის მისამართები A_X და A_Y დაფიქსირებულია ცალკე, კერძოდ გადაპროგრამირებად მეხსიერებაში. ამასთან ყოველთვის $A_X \leq A_Y$. მისამართი A_Y არის ელექტროენერჯის შეძენის მარკერი, რომელიც წაინაცვლებს წინ შეძენილი ელექტროენერჯის შესაბამისი კოდის მეგში ჩატვირთვისას და მისი წაინაცვლება მოხდება ელექტროენერჯის შეძენილი მოცულობის შესაბამისად. მისამართი A_X არის ელექტროენერჯის ხარჯვის მარკერი. იგი თანდათანობით წაინაცვლებს წინ ელექტროენერჯის ხარჯვის მოცულობიდან გამომდინარე. როცა მოხდება ელექტროენერჯის შეძენა და მისი შესაბამისი კოდის მეგში ჩატვირთვა, მისამართი A_Y გაუსწრებს A_X . ელექტროენერჯის ხარჯვასთან ერთად მატულობს A_X მისამართი. მათი გატოლების შემთხვევაში ელექტროენერჯის მიწოდება წყდება.

მეგის მუშაობა იწყება ორი ხერხით: როდესაც მომხმარებლის მიერ კლავიატურაზე აიკრიფება ოთხთანრიგა კორექტული პირობითი კოდი $KKKK$ ან როდესაც ჩაირთვება ელექტროენერჯის ხარჯვის გადამწოდი. როცა მომხმარებელს შეწყვეტილი აქვს ელექტროენერჯის მიწოდება, მაშინ $A_X=A_Y$. თუ მეგი ჩაირთვება მომხმარებლის მიერ კლავიატურიდან და აკრეფილია გარკვეული კოდი $KKKK$, მაშინ ხდება მისი შედარება თანმიმდევრულად კოდებთან $DDDD$ დაწყებული A_{Y+1} მისამართიდან A_{Y+i} ($i=1,2,\dots$) მისამართის ჩათვლით. თუ რომელიმე კოდი $Y+j$ ($j=1\dots i$) მისამართზე ამ i კოდიდან ემთხვევა აკრეფილ კოდს, მაშინ A_Y იღებს ახალ გაზრდილ მნიშვნელობას და ფიქსირდება გადაპროგრამირებად მეხსიერებაში (A_Y ნაზრდი დამოკიდებულია შეძენილი ელექტროენერჯის რაოდენობაზე) და მომხმარებელს მიეწოდება ელექტროენერჯია.

თუ მეგის ჩართვა ხორციელდება გადამწოდიდან, მაშინ A_X იზრდება ერთი ერთეულით და მისი ახალი მნიშვნელობა ფიქსირდება გადაპროგრამირებად მეხსიერებაში და თუ $A_X=A_Y$, მაშინ ხდება აბონენტის ამორთვა ქსელიდან.

მეგის ინფორმაციული დაცულობა მაღალია. მეგზე ასაკრეფი პირობითი კოდის სიგრძე ოთხი ათობითი თანრიგია, აქედან გამომდინარე მომხმარებლის კოდების საერთო რაოდენობა არის 9999 (კოდი - "0000" სამომსახურეო მიზნითაა გამოყოფილი). შესაბამისად ერთი აკრეფით კორექტული კოდის აკრეფის ალბათობა იქნება: $P_{კორ.1}=1/9999$, ხოლო N რაოდენობის კოდის აკრეფის შემთხვევაში - $P_{კორ.1.N}=N/9999$.

ნებისმიერი პირობითი კოდის აკრეფისათვის მომხმარებელს ესაჭიროება გარკვეული დრო. დავუშვათ, რომ მომხმარებელს ერთ კლავიშზე თითის დაჭერისათვის ესაჭიროება 5 წმ. მაშასადამე, 4-თანრიგა კოდის აკრეფისათვის მოითხოვება დრო - 0,0556 წთ. ამასთან, დაწყებული მეორე პირობითი კოდის აკრეფიდან არაკორექტული კოდის შემთხვევაში ხდება მეგის კლავიატურის ბლოკირება. დავუშვათ, რომ კლავიატურის ბლოკირების დრო არის 20 წთ.

ამრიგად, N რაოდენობის სხვადასხვა არაკორექტული პირობითი კოდების აკრეფისათვის მოითხოვება დრო: $t = N \cdot 0,0556 + (N-1) \cdot 0,3333$ წთ, ანუ T საათის განმავლობაში მომხმარებელს აქვს საშუალება აკრიფოს $N = (T + 0,3333) / 0,3889$ სხვადასხვა კოდი. აქედან გამომდინარე, T საათის განმავლობაში კორექტული პირობითი კოდის აკრეფის ალბათობა იქნება $P(t) = (T + 0,3333) / 3888,6$. შემთხვევით და თანმიმდევრობით N კორექტული კოდის აკრეფის ალბათობა იქნება: $P_N = \prod P_i$, სადაც P_i არის შემთხვევით ერთი კორექტული კოდის აკრეფის ალბათობა.

მრავალფუნქციურ კონტროლერებზე აგებული ტექნოლოგიური პროცესის მონიტორინგისა და მართვის სისტემები გამოირჩევა საექსპლუატაციო მოქნილობით. შემოთავაზებულია ჰიდროაგრეგატის მონიტორინგისა და მართვის სისტემა, რომელიც წარმოადგენს მრავალფუნქციური კონტროლერების და პერსონალური კომპიუტერების ბაზაზე აგებულ დასრულებულ სისტემას და დანიშნულია ჰიდროაგრეგატის და უზრუნველყოფის სისტემების საექსპლუატაციო კონტროლისა და დიაგნოსტიკის პროცესების ავტომატიზაციისათვის.

მონიტორინგის სისტემის სტრუქტურა მოიცავს ლოკალურ ქსელში გაერთიანებულ მონიტორინგისა და საინჟინრო სადგურის პერსონალურ კომპიუტერებს მასზე ინსტალირებული პროგრამული პაკეტებით, ინტერფეისის ადაპტერს და მონიტორინგის და მართვის მრავალფუნქციონალურ კონტროლერებს.

მონიტორინგის კომპიუტერი სისტემისათვის არის წამყვანი. მისი საშუალებით ფუნქციონირებს მრავალფუნქციური კონტროლერების ერთობლიობა და საინჟინრო სადგური. მონიტორინგის კომპიუტერის საშუალებით ხდება კონტროლერების გამოკითხვა და მონაცემების დაგროვება და ჰიდროაგრეგატის გაშვება. მორიგე-ოპერატორი ამ კომპიუტერის საშუალებით აკვირდება მიმდინარე მოვლენებს. ამავე კომპიუტერით ხდება მორიგე-ოპერატორის ინფორმირება მოპოვებული მონაცემების დანაყენებიდან გადახრის შესახებ.

საინჟინრო სადგურის დანიშნულებაა: ტექნოლოგიურ კონტროლზე ოპერატიული დაკვირვება; სისტემის ადმინისტრირება; სისტემის არჩევებში შესვლა და მონაცემების დათვალიერება; მონაცემების ბეჭდვა.

მონიტორინგის და მართვის სისტემის მიერ დახურულ და ღია რეზერვუარებში წყლის დონის კონტროლის სიზუსტის და საიმედობის გაზრდის მიზნით შემოთავაზებულია მრავალფუნქციური დონმზომის ქვესისტემა, რომლის ფუნქციებია: წყლის დონის მონიტორინგი; წყლის მოცულობის განსაზღვრა გაზომილ და სტატისტიკურ მონაცემებზე დაყრდნობით; სხვადასხვა საკონტროლო წერტილებში დონეთა სხვაობის დადგენა აბსოლიტურ და ფარდობით ერთეულებში; წყლის ხარჯის დადგენა; კრიტიკულ დონეთა შეფასება და ინფორმირება; გაზომვა ავტომატურად და “ხელის რეჟიმში”; გაზომვათაშორისი პერიოდის მართვის შესაძლებლობა; გაზომვის უწყვეტობის უზრუნველყოფა მკვებავი ენერჯის დამოუკიდებლად; გაზომვის ვიზუალური აღქმის შესაძლებლობა უშუალოდ საკონტროლო წერტილზე.

მრავალფუნქციურ კომპონენტებზეა აგებული საავტომობილო ტრანსპორტში მომსახურების მოცულობის და საფასურის აღრიცხვა-ანგარიშსწორების სისტემა (სტასი), რომელიც განკუთვნილია სატრანსპორტო სამუშაოს, მომსახურების ადექვატური საფასურის ფიქსირების, აღრიცხვისა და ანგარიშგება-ანგარიშსწორებისათვის სატაქსო გადაზიდვებისას, ადგილობრივ სამგზავრო (მათ

შორის სამარშრუტო ტაქსებით) გადაზიდვებისას, სატვირთო-სამგზავრო გადაზიდვებისას, საქალაქთაშორისო და საგარეუბნო სამგზავრო გადაზიდვებისას.

სტასი განკუთვნილია შემდეგი ამოცანების გადასაწყვეტად: სტასის ტექნიკურ-პროგრამული უზრუნველყოფები გადაწყვეტილნი უნდა იქნან მრავალფუნქციურობის, უნივერსალობის და მოდულურობის პრინციპებზე; აღრიცხვის მაღალი სიზუსტის უზრუნველყოფის მიზნით: მაქსიმალური ფუნქციური დატვირთვა აქვთ სტასში გამოყენებულ ტექნიკურ საშუალებებს ანგარიშსწორების ჯაჭვში მონაწილე ადამიანების როლის შემცირებით; სისტემაში ჩადებულია აღრიცხვის სიზუსტის მიმართ მომხმარებლის დაინტერესების პრინციპები; გადაზიდვების პროცესში მონაწილე სამი სუბიექტიდან – სახელმწიფო, გადამზიდავი და მომხმარებელი, გადაზიდვის პროცესი სამივესათვის მატერიალურად მისაღებია.

სტასი მსუბუქი ტაქსებისათვის წყვეტს სამ ძირითად ამოცანას: გადაზიდვის ტარიფის გაყოფას კლიენტების რაოდენობასთან დამოკიდებულებით; ტარიფის ცვლას დროითი პერიოდების შესაბამისად; ჩაჯდომის, მგზავრობის და ლოდინის ტარიფებით ფუნქციონირებას.

სტასი თავისი დანიშნულებიდან გამომდინარე აერთიანებს ტაქსებში განთავსებულ ტაქსომეტრებს, გადამზიდავის ინფორმაციული ანალიზის და საგადასახადო სამსახურის კომპიუტერულ სისტემებს.

შემოთავაზებულია მგზავრობის ტარიფის განსაზღვრის ისეთი ალგორითმი, რომელიც სტიმულირებას უკეთებს როგორც მძღოლის, ასევე კლიენტის ქმედებებს.

როდესაც მგზავრთა რაოდენობა $N \geq 2$ -ზე, ხდება მგზავრობის ტარიფის $T_{\text{გზ}}$ გაყოფა კლიენტების რაოდენობაზე “მეტობის პრინციპით”. ეს უკანასკნელი გულისხმობს, რომ თუ $T_{\text{გზ}}/N = T^N$, მაშინ მგზავრობის ტარიფად თითოეული კლიენტისათვის აიღება $T_{\text{გზ}}^N = T^N + \Delta T$. თავის მხრივ $0 < \Delta T < T_{\text{გზ}}$. ტარიფზე ΔT ნამატი განისაზღვრება იმ მოსაზრებიდან გამომდინარე, რომ მძღოლისათვის მომგებიანი უნდა იყოს ერთდროულად $N \geq 2$ კლიენტის მომსახურება. ტარიფის გაყოფის შემოთავაზებული მიდგომა მომგებიანია როგორც მძღოლისათვის, ასევე კლიენტისათვის, რის გამოც ისინი მომსახურების საფასურის ზუსტად აღრიცხვის ინიციატორები ხდებიან.

L მანძილზე ერთი კლიენტის მომსახურების საფასური იქნება $E^1 = L \cdot T_{\text{გზ}}^1 + T_{\text{ჩაჯდ}}$, სადაც $T_{\text{ჩაჯდ}}$ – ჩაჯდომის ტარიფია. იგივე მანძილზე ორი კლიენტიდან თითოეულის მომსახურების საფასური იქნება $E^2 = L \cdot (T_{\text{გზ}}^1/2 + \Delta T) + T_{\text{ჩაჯდ}}$. ორივე კლიენტის მომსახურების საფასური იქნება $2 \cdot E^2$. რადგან $2 \cdot E^2 > E^1$ ($2 \cdot E^2 - E^1 = 2 \cdot \Delta T \cdot L + T_{\text{ჩაჯდ}}$), ამიტომ $N \geq 2$ კლიენტის მომსახურება მომგებიანია მძღოლისათვის. რადგან $E^2 < E^1$ ($E^1 - E^2 = L \cdot (T_{\text{გზ}}^1/2 - \Delta T)$), ამიტომ ორივე კლიენტისათვის მომგებიანია თამგზავრობა.

დასკვნები

სადისერტაციო ნაშრომში ცსის ეფექტურობის: წარმადობის, სწრაფქმედების, ინტელექტუალობის, სტრუქტურული რეგულარობის, ფუნქციური შესაძლებლობების გაზრდისათვის ახალი მიდგომით - მრავალფუნქციურობისა და სტრუქტურული იერარქიულობის ბაზაზე დამუშავებულია ცსის სინთეზის პრინციპები, კერძოდ:

1. გაანალიზებულია ცსების განვითარების ტენდენციები და შემოთავაზებულია მიდგომა, რომლის მიხედვითაც ცსების შეფასებას ახდენენ ელემენტური ბაზის ფიზიკური ხასიათის, ინტეგრაციის დონის და ცსის ინტელექტუალიზაციის მაჩვენებლების კომპლექსური ანალიზით.

2. ცსის წარმადობის და ინტელექტუალობის გაზრდის მიზნით შემოთავაზებულია ეგმის ფონ ნეიმანისეული სტრუქტურის მოდიფიცირება მასში ახალი კავშირების შემოტანით, რომელიც ხორციელდება ინფორმაციის შეტანისა და გამოტანის მოწყობილობების ფუნქციური შესაძლებლობების გაზრდით.

3. შემოტანილია მრავალფუნქციურობის პრინციპის ახალი განმარტება, რომელიც ითვალისწინებს ცსების იერარქიულ დონეებში ფუნქციური შესაძლებლობების გაფართოებას ფუნქციის საჭიროების ხარისხის შენარჩუნებით.

4. ცსის სტრუქტურაში მოდულის გამოყენების უნივერსალობის შეფასებისათვის შემოტანილია დაყვანილი ფუნქციური შესაძლებლობების ცნება და შემოთავაზებულია მოდულის ფუნქციური სიმძლავრისა და ინტეგრაციის ხარისხის დამოკიდებულების მათემატიკური მოდელები.

5. დამტკიცებულია, რომ მფმმ არის ციფრული ავტომატი გადაწყობადი სტრუქტურით და შემოთავაზებულია: მიკროპროგრამების უნივერსალური სიმრავლის განსაზღვრის მეთოდი და დამტკიცებულია მისი გამოყენების კორექტულობა მფმმის სინთეზისათვის; სტატიკურ-დინამიკური სტრუქტურის მქონე მფმმის სინთეზის მეთოდი ფუნქცია-დომინანტის ცნების გამოყენებით;

6. შემოთავაზებულია მიდგომა მრავალფუნქციურობის პრინციპის რეალიზაციისა ოპტოელექტრონულ გამომთვლელ სტრუქტურებში, რომელიც საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად იქნას გაზრდილი მათი ეფექტურობა სტრუქტურის ფუნქციური გადაწყობის გზით;

7. შემოთავაზებულია მრავალფუნქციური მოდულების ეფექტურობის ამაღლების მეთოდი ათვლის ათობით სისტემაში ახალი კოდირების შემოტანით და ნაჩვენებია მეთოდის ეფექტურობა;

8. შემოთავაზებული მფმმების ფუნქციაზე აწყობის მეთოდები და მათემატიკური მოდელები და ნაჩვენებია მათი შედარებითი ეფექტურობა.

9. დამტკიცებულია მრავალფუნქციურ მოდულებზე ფუნქციის რეალიზაციის კომპოზიციური მეთოდის კორექტულობა რანჟირებული ფუნქციების შემთხვევაში.

10. შემოთავაზებულია ციფრულ და ანალოგურ ფორმაში წარმოდგენილ ოპერანდებზე ოპერირების მეთოდები, ხერხები და საშუალებანი, რომლებიც მკვეთრად ამცირებენ მფმმებში ტიპური ოპერაციების რეალიზაციის დროს.

11. გაანალიზებულია ინტერფეისი “ადამიანი-კომპიუტერის” გაუმჯობესების გზები და ამ მიზნით შემოთავაზებულია მიდგომა კლავიატურის ფუნქციონალური შესაძლებლობების გაზრდით, რომელიც მომხმარებლისათვის უზრუნველყოფს პკის მონიტორზე და კლავიატურაზე სიმბოლოების აღქმის ერთნაირ პირობებს.

12. ნაჩვენებია, რომ მფმებზე აგებული გამომთვლელი სტრუქტურა გამოირჩევა დიდი ფუნქციური სიმძლავრით და დამუშავებულია მისი ფუნქციური სიმძლავრის შეფასების მათემატიკური მოდელები.

13. შემოთავაზებულია სპეციალიზებული ოპერაციული მოწყობილობების ფუნქციური შესაძლებლობის გაზრდის მეთოდები და მიდგომა მათ ბაზაზე სივრცეში განაწილებული მართვისა და მონიტორინგის სისტემების აგების იდეოლოგიისადმი, რომლებიც უზრუნველყოფენ სისტემის ახალ ფუნქციურ შესაძლებლობებს, ფუნქციურ მოქნილობას და მაღალ საიმედოობას, კერძოდ შემოთავაზებულია: ელექტრონერგის გასაღებისა და აბონენტებთან ანგარიშსწორების ავტომატიზებული სისტემის აგების მეთოდოლოგია, რომელიც უზრუნველყოფს ენერგოსისტემის პრობლემატური საკითხის - დახარჯული ელექტროენერგის საფასურის მომხმარებლებიდან ამოღების, ეფექტურად გადაჭრას; ტექნოლოგიური პროცესების მართვისა და მონიტორინგის სისტემების აგების მეთოდოლოგია მრავალფუნქციური კონტროლერების ბაზაზე, რომელიც მნიშვნელოვნად ამადლებს ტექნოლოგიური პროცესის კონტროლის ოპერატიულობას და საიმედოობას; სატრანსპორტო საშუალებაში მომსახურების საფასურის აღრიცხვისა და ანგარიშსწორების სისტემის აგების მეთოდოლოგია, რომელიც უზრუნველყოფს ანგარიშსწორების პროცესში მონაწილე სუბიექტების ინტერესების დაცვას.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ გამოქვეყნებულ შრომებში:

- Цирамуа Г.С., Дзаганя Т.Б., Имнаишвили Л.Ш. Многофункциональные регистровые элементы вычислительных устройств автоматизированной системы измерения параметров проката. Тез. докл. XXII Республиканской научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава ГПИ, 1979 г.
- Цирамуа Г.С., Богатырев В.А., Имнаишвили Л.Ш. О влиянии структуры многофункциональных модулей на некоторые особенности адаптивных вычислительных систем. Сборник статей "Применение ЭВМ и математических методов в управлении производством". ГПИ, 1980 г., с. 100-103. [3]
- Цирамуа Г.С., Чихладзе Г.А., Имнаишвили Л.Ш. Адаптивное вычислительное устройство. А.С. № 756409 Б.И. №30, 1980 г.
- Цирамуа Г.С., Чихладзе Г.А., Богатырев В.А., Имнаишвили Л. Ш.,.. Устройство для перебора соединений. А.С. № 911535 Б.И. №9, 1982 г.
- Цирамуа Г.С., Имнаишвили Л.Ш., Пепанашвили Н.А. К вопросу разработки устройства функционального контроля УЧПУ "Электроника НЦ-31". Тез. докл. респуб. научно-технической конференции "Эффективность применения станков с программным управлением", 1983 г.

- Цирамуа Г.С., Имнаишвили Л.Ш., Парцхаладзе В.В. К вопросу повышения технико-экономических показателей ЭА токарного станка. Тез. докл.респуб. научно-технической конференции "Эффективность применения станков с программным управлением", 1983 г.
- Цирамуа Г.С., Имнаишвили Л.Ш., Цирамуа С.Г., Чхитунидзе М.П. Устройство для перебора соединений. А.С. № 1057952 Б.И. №44, 1983 г.
- Имнаишвили Л.Ш., Чхитунидзе М.П., Дюиджашвили Н.В. К вопросу проверки и отладки управляющих программ на тренажере многоцелевого назначения. Тез. докл.респуб. научно-технической конференции молодых ученых, специалистов и работников производства под девизом "Наука-практике", 1984 г.
- Цирамуа Г.С., Имнаишвили Л. Ш., Цирамуа С.Г. Устройство для определения показателей надежности объектов. А.С. № 1072058 Б.И. №5, 1984 г.
- Цирамуа Г.С., Имнаишвили Л. Ш., Цирамуа С.Г. Устройство для определения показателей надежности объектов. А.С. № 1078439 Б.И. №9, 1984 г.
- Цирамуа Г.С., Хачиров З.Х., Имнаишвили Л.Ш., Пилишвили П.М., Крихели Д.И. К вопросу повышения надежности УЧПУ класса "Электроника-31". Мат.докл. Всесоюзного семинара "Оптоэлектронные устройства в приборостроении и информатике", -1985 г., с. 289-290
- Цирамуа Г.С., Имнаишвили Л.Ш. Универсальный вычислительный автомат. А.С. № 1196844. Б.И. 45, 1985 г.
- Натрошвили О.Г., Гигаури В.Г., Имнаишвили Л.Ш. Устройство для умножения десятичных чисел. Мат. Всесоюзной конференции "Функциональная оптоэлектроника в ВТ и устройствах управления", Тбилиси, 1986 г. с. 36-39. [9]
- Натрошвили О.Г., Кожемяко В.П., Гунченко О.М., Саникидзе Д.О. Имнаишвили Л.Ш. Устройство сравнения на многофункциональных оптоэлектронных модулях. Мат. Всесоюзной конференции "Функциональная оптоэлектроника в ВТ и устройствах управления", Тбилиси, 1986 г. с. 41-46. [9]
- Натрошвили О.Г., Кобесашвили З.К., Имнаишвили Л.Ш., Куция В.Л., Абуладзе Т.Д. К вопросу реализации алгоритма вычитания в оптоэлектронных операционных устройствах. Мат. Всесоюзной конференции "Функциональная оптоэлектроника в ВТ и устройствах управления", Тбилиси, 1986 г. с. 158-162. [9]
- Цирамуа Г.С. Имнаишвили Л.Ш. Управляемый логический модуль. А.С. № 1273916 Б.И. №44, 1986 г.
- Натрошвили О.Г., Камкамидзе К.Н., Имнаишвили Л.Ш., Гиоргобиани Т.М. К вопросу синтеза оптоэлектронного операционного устройства суммирования. Мат. Всесоюзной конференции "Оптоэлектронные методы и средства обработки изображений", Винница-Тбилиси, 1987 г., с. 237-242. [9]
- Натрошвили О.Г., Имнаишвили Л. Ш., Кобесашвили З.К. Повышение эффективности устройств функциональной оптоэлектроники. Мат. Всесоюзной конференции "Оптоэлектронные методы и средства обработки изображений", Винница-Тбилиси, 1987 г., с. 207-212. [9]
- Гиоргадзе А.Х., Ломинадзе Н.Н., Натрошвили О.Г., Прангишвили А.И., Имнаишвили Л. Ш., Методы обработки десятичной информации при

представлении операндов в виде фигур. Мат. Всесоюзной конференции "Оптоэлектронные методы и средства обработки изображений", Винница-Тбилиси, 1987 г., с. 89-92. [9]

- Натрошвили О.Г., Имнашвили Л.Ш., Кобесашвили З.К., Прангишвили А.И. Способ сложения десятичных чисел. Сборник научных трудов "Математические и методы и измерительно-вычислительные средства обработки изображений". ГПИ, 1987 г. с.21-28 [3]
- Натрошвили О.Г., Имнашвили Л.Ш., Прангишвили А.И., Гиоргобиани Т.М. О некоторых проблемах организации оптоэлектронных вычислительных устройств конвейерного типа. Сборник научных трудов "Математические и методы и измерительно-вычислительные средства обработки изображений", ГПИ, 1987 г. с.17-20 [3]
- Имнашвили Л.Ш., Натрошвили О.Г., Кожемяко В.П. К вопросу применения принципа многофункциональности в оптоэлектронных устройствах. Мат. докл. Респ. конференции "Оптоэлектронные методы и средства обработки информации", Винница, 1988 г., с.82-87. [9]
- Натрошвили О.Г., Имнашвили Л.Ш., Саникидзе Д.О. К вопросу представления многофункционального модуля ВТ в виде автомата. Мат. докл. Респ. конференции "Оптоэлектронные методы и средства обработки информации", Винница, 1988 г., с. 66-67. [9]
- Имнашвили Л.Ш.- Статический регистр. А.С. № 1300566 Б.И. №12, 1987 г.
- Натрошвили О.Г., Кожемяко В.П., Гигаури В.Г. Устройство для сложения длительностей импульсов. А.С. № 1332337 Б.И. №31, 1987 г.
- Натрошвили О.Г., Имнашвили Л.Ш., Пепанашвили Н.А., Кобесашвили З.К., Гиоргобиани Т.М. К вопросу определения надежности многофункционального оптоэлектронного модуля. Тез. докл. IV Всесоюзного совещания "Оптические сканирующие устройства и измерительные приборы на их основе", 1988 г.
- Кожемяко В.П., Натрошвили О.Г., Мартинюк Т.Б., Имнашвили Л.Ш. Оптоэлектронная схемотехника. УМК ВО УССР, Киев, 1988 г., с.276. [11]
- Натрошвили О.Г., Имнашвили Л. Ш., Кобесашвили З.К., Прангишвили А.И. Оптоэлектронный сумматор А.С. № 1386992 Б.И. №13, 1988 г.
- Натрошвили О.Г., Носов Ю.Р., Кожемяко В.П., Лысенко Г.Л., Саникидзе Д.О., Прангишвили А.И., Имнашвили Л. Ш., Кобесашвили З.К. Оптоэлектронный сумматор. А.С. № 1427364 Б.И. №36, 1988 г.
- Имнашвили Л. Ш., Гиоргобиани Т. М., Натрошвили О.Г., Вашакидзе А.Г. Триггерное устройство. А.С. № 1480101 Б.И. №18, 1989 г.
- Пепанашвили Н.А., Моинов Р.М. Автоматизация конструирования измерительных программ для АИК "Вахта" и "Велюр". Тез. докладов конф. "Комплексные автоматические производства и их компоненты", Ленинград, 1990 г.
- Пепанашвили Н.А., Гиоргобиани Т.М. Программное средства для уменьшения времени контроля ИС в процессе их производства. Тез. докладов конф. "Комплексные автоматические производства и их компоненты", Ленинград, 1990 г.
- Натрошвили О.Г., Имнашвили Л.Ш., Кобесашвили З.К., Прангишвили А.И., Гигаури В.Г. Оптоэлектронное устройство для вычитания десятичных чисел. А.С. № 1539754 - Б.И. №4, 1990 г.

- Натрошвили О.Г.,Имнашвили Л.Ш., Гиоргობიანი Т.М. Устройство для сложения длительностей импульсов.А.С. № 1548796 - Б.И. №9, 1990 г.
- Имнашвили Л.Ш., Кобесашвили З.К., Натрошвили О.Г. Оптоэлектронный сумматор, А.С. № 1548780 - Б.И. №9, 1990 г.
- Имнашвили Л.Ш., Гиоргობიანი Т. М. Натрошвили О.Г. Триггерное устройство. А.С. № 1592916 - Б.И. №34, 1990 г.
- Имнашвили Л.Ш., Натрошвили О.Г., Кахишвили Н.И., Гикошвили И.П., Гиоргობიანი Т.М. Многофункциональный триггер. А.С. № 1598122 - Б.И. №37, 1990 г.
- Имнашвили Л.Ш., Натрошвили О.Г., Вашакидзе А.Г., Бенашвили А.М. Параллельный накапливающий сумматор. А.С.№ 1564616 - Б.И. №18, 1990 г.
- Натрошвили О.Г., Имнашвили Л.Ш., Кобесашвили З.К., Гиоргობიანი Т.М. Устройство для сложения длительностей импульсов, А.С. № 1608702 - Б.И. №43, 1990 г.
- Натрошвили О.Г., Имнашвили Л.Ш., Кобесашвили З.К., Гиоргობიანი Т.М. Оптоэлектронный модуль. А.С. № 1621171 - Б.И. №2, 1991 г.
- Натрошвили О.Г., Имнашвили Л.Ш., Гиоргობიანი Т.Г., Кобесашвили З.К., Пепанашвил Н.А. Устройство для определения количества единиц в двоичном коде А.С. № 1640692 - Б.И. №13, 1991 г.
- Натрошвили О.Г., Имнашвили Л.Ш., Кобесашвили З.К. Оптоэлектронное устройство для вычитания десятичных чисел. А.С. № 1697069 - Б.И. №45, 1991 г.
- Имнашвили Л.Ш., Гиоргობიანი Т.М., Натрошвили О.Г. Оптоэлектронный сумматор. А.С. № 1702355 - Б.И. №48, 1991 г.
- Имнашвили Л.Ш., Натрошвили О.Г., Пепанашвили Н.А.Б Кешелашвили Дж., Гикошвили И.П Многофункциональный логический модуль А.С. № 1654808 - Б.И. №21, 1991 г.
- Имнашвили.Ш., Бенашвили А.М.,Гиоргობიანი Т.Г., Натрошвили О.Г.Б Кулиджанов Б.К Устройство для суммирования m n -разрядных последовательно поступающих чисел. А.С. № 1764065 - Б.И. №35, 1992 г.
- Имнашвили Л.Ш., Бенашвили А.М. К вопросу синтеза асинхронных последовательностных модулей. X Международный школа-семинар "Иверси-98", 1993 г.
- იმნაიშვილი ლ., პეპანაშვილი ნ., გიორგობიანი თ.მატრიცული დისკლეი. საპატენტო სიგელი № 408, ბიულ. № 3, 1996 წ.
- იმნაიშვილი ლ., პეპანაშვილი ნ., ფირცხალავა ვ. ციფრული (ათობითი) კლავიატურის საშუალებით ალფავიტურ-ციფრული სიმბოლოების შეტანის ხერხი. საპატენტო სიგელი № 986, ბიულ. № 7, 1997 წ.
- იმნაიშვილი ლ. უშვერიძე რ., ჭედია ი., პეპანაშვილი ნ., გიორგობიანი თ., ხუბერაშვილი გ., სიტნიკოვი ე. ელექტროენერჯის ინდუქციური მრიცხველის წინასწარ გადახდის მოწყობილობა საპატენტო სიგელი № 881, ბიულ. № 5, 1997 წ.
- კოზმანაშვილი გ., ფრანგიშვილი ა., იმნაიშვილი ლ., გახოკიძე ჯ., მათითაშვილი თ., პეპანაშვილი ნ. სატრანსპორტო საშუალების პარამეტრების განსაზღვრის ხერხი საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევის ექსპერტიზისას. საპატენტო სიგელი № 1139, ბიულ. № 11, 1997 წ.

- ფრანგიშვილი ა., იმნაიშვილი ლ., მათითაშვილი თ., პეპანაშვილი ნ. ელექტროენერჯის გასაღებისა და აბონენტებთან ანგარიშსწორების ავტომატიზებული სისტემა. საქართველოს საინჟინრო პრობლემები: მდგომარეობა და პერსპექტივები, საქართველოს საინჟინრო აკადემია 1998. გვ. 69-77. [4]
- ფრანგიშვილი ა., იმნაიშვილი ლ., პეპანაშვილი ნ., მათითაშვილი თ., უშვერიძე რ. ელექტროენერჯის მომხმარებელზე მიწოდების ლიმიტირებისა და კონტროლის ხერხი. საპატენტო სიგელი № 1449, ბიულ. № 9, 1998 წ.
- Имнаишвили Л.Ш. Об одной архитектуре персонального компьютера. // Труды международной конференции "PHOTONICS-ODS 2000", Винница, 2000 , с.72-73. [9]
- Натрошвили О.Г., Имнаишвили Л.Ш., Курдадзе М.А. Повышение надежности функционально-перестраиваемых оптоэлектронных устройств.//Труды международной конференции "PHOTONICS-ODS 2000", Винница, 2000 , с.124. [9]
- ფრანგიშვილი ა., ბენაშვილი ა., იმნაიშვილი ლ. ასინქრონული ორობითი მთვლელების სინთეზის მეთოდოლოგია.//სტუ-ს სამეცნიერო შრომათა კრებული, 2002. №1 (440), გვ. 69-77. [3]
- Имнаишвили Л.Ш. К вопросу усовершенствования интерфейса "Человек-компьютер" персонального компьютера. // Georgian Engineering News, 2001, №2, с. 46-48. [4]
- Прангишвили А.И., Имнаишвили Л.Ш., Бенашвили А.М. Методика синтеза асинхронного накапливающего сумматораю // Georgian Engineering News, 2002, №1, с.34-38. [4]
- Бенашвили А.М., Имнаишвили Л.Ш. К вопросу синтеза разностных элементов накапливающих схем. // Georgian Engineering News, 2002, №1, с.39-41. [4]
- Прангишвили А.И., Имнаишвили Л.Ш. Метод прогнозирования функциональных возможностей синтезируемы вычислительных структур. // Датчики и системы, 2003, № 7, с. 53-54. [11]
- იმნაიშვილი ლ., ბენაშვილი ა. ორობითი მთვლეელი. საპატენტო სიგელი № 3194, ბიულ. №2, 2004 წ.
- Прангишвили А.И., Имнаишвили Л.Ш. Автоматизированная система сбыта электроэнергии и расчета с потребителем. // Датчики и системы, 2004, № 2, с. 44-47. [11]
- ჩაჩხიანი ე., იმნაიშვილი ლ., დუნდუა ა., მათითაშვილი თ. ტივტივიანი დონის საზომი. - განაცხადი # AP 2004 008566. დადებითი გადაწყვეტილება 27.12.2005 წ-დან.
- ფრანგიშვილი ა., იმნაიშვილი ლ., ბენაშვილი ა. ციფრული მრავალფუნქციური დამაგროვებელი სქემების სინთეზი. – თბილისი: გამომცემლობა “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, 2006. - 230 გვ., ISBN 99940-56-07-7. [3]

- Прангишвили А.И., Имнаишвили Л.Ш. Синтез многофункциональных модулей. // Датчики и системы, 2006, № 9. [11]