

ღალი ჩახვაშვილი

მიკრო და ნანო კომპონენტების საფუძველზე თანამედროვე
ელექტრონული მოწყობილობების აგების პრინციპები

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
თბილისი, 0175, საქართველო
თვე, წელი

საავტორო უფლება © 2008 წელი, ჩახვაშვილი ღალი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ჩახვაშვილი ლალის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: დასახელება და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი

ხელმძღვანელი: პაატა კერვალიშვილი

რეცენზენტი: ოლეგ ნამიჩეიშვილი

რეცენზენტი: ამირან ბიბილაშვილი

რეცენზენტი:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2008 წელი

ავტორი: ჩახვაშვილი ლალი

დასახელება: მიკრო და ნანო კომპონენტების საფუძველზე

თანამედროვე ელექტრონული მოწყობილობების აგების პრინციპები

ფაკულტეტი : ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტი

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: თარიღი

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა ის მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

სადისერტაციო ნაშრომი „მიკრო და ნანო კომპონენტების საფუძველზე თანამედროვე ელექტრონული მოწყობილობების აგების პრინციპები“ ეხება ელექტრონიკის მთავარი სამეცნიერო-ტექნიკური პერსპექტიული მიმართულების – მიკრო და ნანოსისტემული ტექნიკის განვითარების ძირითად საკითხებს, თავისებურებებს და თანამედროვე ავტომატიზირებული სისტემების გამოყენებით მათი შექმნის მეთოდებს.

დღეისათვის მიკროსისტემული ტექნიკა წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე დინამიურად განვითარებად დისციპლინათშორის სამეცნიერო-ტექნიკურ მიმართულებას, რომელიც განსაზღვრავს მიკროდონეზე შესრულებული სისტემების სფეროს ახალ რევოლუციას.

მიკროსისტემური ტექნოლოგია (მსტ-MST) მიეკუთვნება „კრიტიკული“ ტექნოლოგიების რიცხვს, ე.ი. იმ ტექნოლოგიებს, რომლებიც მიმართულია ქვეყნის სამხედრო და ეკონომიკური დამოუკიდებლობის უზრუნველსაყოფად და მსოფლიო ბაზარზე კონკურენტუნარიანი პროდუქციის შესაქმნელად.

მიკროელექტრონიკის და მიკროსისტემური ტექნიკის ნაკეთობების მიღება ნაკარნახები იყო არა მარტო პატარა ზომებით, არამედ ტექნიკურ სისტემებში გამოყენებული ინტეგრალური სქემებისა და მიკროსისტემების ახალი ხარისხით. გამოთვლითი ტექნიკის ნაკეთობების პროცესორებში და დამახსოვრების მოწყობილობებში ახალი ინტეგრალური სქემების დანერგვამ შეამცირა მათი ზომები (ამიტომაც გახდა შესაძლებელი პერსონალური კომპიუტერების შექმნა) და გაზარდა მათი ფუნქციონალური შესაძლებლობები. ერთეულოვანი ფუნქციის ფასის მუდმივად შემცირებამ (მაგალითად, ერთი ბიტი ინფორმაციის შენახვა) გამოთვლითი ტექნიკა გახდა ხელმისაწვდომი მომხმარებელთა ფართო წრისათვის.

თანამედროვე მიკროელექტრონიკის ტექნოლოგიებისაგან განსხვავებით, მიკროსისტემური ტექნიკის სფეროში მოწყობილობების ფასი გაცილებით დაბალია. ეს კი განაპირობებს 2-3 თანრიგით მცირე ფასად მიკროსისტემური ტექნიკის ტექნოლოგიური ხაზის შექმნას. იგი ხელმისაწვდომია პატარა ფირმებისა და ისეთი ქვეყნებისათვის, რომლებიც

არასოდეს არ ეკუთვნოდნენ მიკროელექტრონიკის ლიდერთა რიცხვს (მაგალითად შვეიცარია, დანია, ნორვეგია და სხვა).

მიკროსისტემური ტექნიკის კიდევ ერთი უპიტარესობაა მის ხელმისაწვდომობა.

ტოპოლოგიური ნორმების შემცირების საერთო ტენდენცია ეხება მიკროსისტემურ ტექნიკასაც. აქაც მოსალოდნელია ტოპოლოგიური ნორმების ნანომეტრულ ზომებში გადასვლის ტენდენცია.

მიკროსისტემური ტექნიკა – ძალიან დინამიური დარგია. „ახალგაზრდობის“ მიუხედავად, მას თავისი მოკლე ისტორიის ფარგლებში ენიჭება დიდი როლი და მნიშვნელობა საბაზრო სექტორისა და სხვა მიმართულებების ძირეული ცვლილების საქმეში.

მიკროსისტემური ტექნიკის ეფექტურობის ამაღლების ერთ-ერთი შესაძლო ფორმა ნაკარნახევი იყო მიკროელექტრონიკის მიერ. საქმე ეხება ტექნოლოგიის ტერიტორიული დაყოფის პრინციპს, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს. თითოეული ეტაპი (ან ეტაპის ნაწილი) შესაძლებელია გახდეს მაღალეფექტური წარმოება. დღეისათვის მსოფლიოში არსებობს ფირმების დიდი რაოდენობა, რომლებიც უშვებენ მიკროელექტრონულ პროდუქციას, მაგრამ მათ არ გააჩნიათ საკუთარი ტექნოლოგიური ადჟურვილობა (fables). ასეთი ტიპის წარმოების შექმნა შესაძლებელი გახდა ახლად გამოჩენილმა უნივერსალურმა და ყველასათვის ხელმისაწვდომმა ავტომატიზირებული პროექტირების სისტემებმა, რომელთა დახმარებითაც შესაძლებელია დაპროექტდეს ორიგინალური საკუთარი ინტეგრალური სქემა, ბლოკი ან აპარატურა, ხოლო წარმოება განხორციელდეს ფირმის სპეციალიზირებული მასიური პროდუქციის წარმოების ტექნოლოგიურ ხაზზე.

სამეცნიერო კვლევები აქტიურად მიმდინარეობს საერთაშორისო მასშტაბით ამ ტექნოლოგიის განვითარებისა და დანერგვის მიზნით. ეს ტექნოლოგია მოახდენს კომპიუტერული სისტემების რეკონსტრუქციას – დაბალ ფასად მრავალრიცხოვანი მოწყობილობების გაერთიანების საფუძველზე. ეს ტენდენცია უზრუნველყოფს ახალ კომპიუტერულ შესაძლებლობებს, რაც აისახება გამომთვლელი სისტემების არქიტექტურაზე და შესაბამისად მოითხოვს ახალ მიდგომებს ავტომატიზირებული პროექტირების საკითხში.

ეკონომიკისა და ქვეყნის უსაფრთხოების გაზრდის და განვითარებისათვის პირველი ჩანასახების დროულად დანახვა მიკროსისტემური ტექნიკის მიმართულებაში, ემსახურება ამ ახალი მიმართულების დარგის კვლევების გაძლიერებას და შემდგომ სტიმულირებას. მაგალითად, აშშ-ს მთავრობის დიდმა დაინტერესებამ მიკრონული მექანიზმების სფეროში უზრუნველყო მიკროელექტრომექანიკური სისტემების განვითარება. საჭიროა სახელმწიფო სტრუქტურაში არსებობდეს ორგანიზაციები, რომლებიც ეფექტური იდეების „დაჭერას“ უზრუნველყოფენ. ასეთი ორგანიზაციის რიცხვს მიეკუთვნება ამერიკის თავდაცვის სამინისტროს პერსპექტიული კვლევების სააგენტო (DARPA), რომლის ერთერთ სტარტეგიულ პუნქტს წარმოადგენს მაღალი რისკისა და მაღალეფექტური პროექტების ინვესტირება (High-focus).

დიდი დაინტერესება გამოავლინა ამერიკის შეერთებულმა შტატებმა, როცა „ნაციონალური ნანონიციტივა“ (NNI) მიიღო, ჩათვალა რა ნანოტექნოლოგიები ახალი ინდუსტრიული რევოლუციის ფუძემდებლად. აშშ-მ ორჯერ გაზარდა ფინანსირება ნანო-კვლევებისათვისა და ნანოტექნოლოგიებისათვის, იმ მიზნით, რომ უახლოეს ხუთ წელიწადში დაიკავოს და დაიმკვიდროს პირველი ადგილი მსოფლიოში.

მიკროელექტრონულ მრეწველობაში უკანასკნელ ათწლეულში განხორციელებულმა რევოლუციამ გამოიწვია ელექტრონული ხელსაწყოებისა და მოწყობილობების ისეთი ნაირსახეობის გამოჩენა ბაზარზე, რომ თითოეული მათგანი ყოველ ექვს თვეში მორალურად ცვლება და ადგილს უთმობს უფრო თანამედროვე, კომფორტულ და ბაზრის მოთხოვნილებაზე ზუსტად ორიენტირებულ საქონელს. ამ მოვლენის ფეხდაფეხ მიმდინარეობს ასეთივე სწრაფი ცვლა და კონკურენცია იმ პროგრამული პაკეტებს შორის, რომლის გამოყენებითაც იქმნება უფრო თანამედროვე და უფრო კომპფორტული მოწყობილობები. ასეთი გამუდმებული და უწყვეტი კონკურენციის პირობებში სახეზე გვაქვს ავტომატიზირებული დაპროექტების სისტემის პაკეტების ფართო ასორტიმენტი. მცირეოდენი დამატებების შეტანა და ახალი ოპერაციული ციკლის დამატება დიდ კომფორტს უქმნის დამპროექტებლებს და შესაბამისად გადადიან უფრო დახვეწილი და მარტივად მართვადი სისტემების გამოყენებაზე.

Altium Designer Summer 08-ის არის ყველაზე უფრო უკანასკნელი და დახვეწილი ვერსია ავტომატიზირებული დაპროექტების იმ მრავალრიცხოვან სისტემებს შორის, რომლებსაც ესოდენ დიდი წარმატებით იყენებენ დამპროექტებლები. ელექტრული სქემების დაპროექტებისას დაპროექტების ავტომატიზირებული სისტემას მონაცემთა ბაზაში უნდა არსებობდეს სრულყოფილი ბიბლიოთეკა იმ კომპონენტებისა, რომლების საფუძველზეც განხორციელდება ნებისმიერი სირთულის ელექტრული სქემის დაპროექტება. Altium Designer Summer 08-ით წარმოდგენილი ბიბლიოთეკა შეიცავს 86000 კომპონენტს.

რადიოელექტრონული საშუალებების დამუშავებისას პრინციპიალური ელექტრული სქემების შექმნის ეტაპზე ხშირად გამოიყენება იერარქიული და მრავალკრისტალიანი სტრუქტურები. სქემოტექნიკები იყენებენ მრავალფენოვან პროექტებს სხვადასხვა მიზეზის გამო. პირველ რიგში სქემების ზომების გამო; ზოგიერთი პროექტი იმდენად დიდი და რთულია, რომ მათი ერთ ფენაზე განლაგება უბრალოდ შეუძლებელია. და თუნდაც პროექტი არ იყოს დიდი და რთული, არსებობს მისი სხვადასხვა ფენაზე განთავსების კიდევ სხვა უპირატესობაც.

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი ნაწილი ეძღვნება სრულიად ახალი და თანამედროვე ავტომატიზირებული დაპროექტების სისტემის Altium Designer Summer 08-ის მეშვეობით კომპონენტების ბიბლიოთეკებთან მუშაობის პრინციპების დამუშავებას და პროგრამის ახალი უნიკალური შესაძლებლობების საშუალებით რთული მიკროსისტემული პროექტების მრავალფენიანი სქემის ფენათშორისი კავშირების რეალიზაციას.

დისერტაციაში დამუშავებულია მრავალრიცხოვან პროექტებში ბეჭდური პლატების იერარქიებში კავშირების შექმნის ყველა შესაძლო ვარიანტი კომპიუტერული ავტომატიზირებული პროექტირების სისტემის Altium Designer-ის გამოყენებით. ჩამოთვლილია პროგრამაში გამოყენებული ყველა იდენტიფიკატორი და განხილულია თითოეული ტიპისათვის იდენტიფიკატორით მართვის ყველა საშუალება.

ნაშრომში მიღებული ძირითადი შედეგების საფუძველზე გაკეთებულია შესაბამისი დასკვნები და მოცემულია რეკომენდაციები.

Abstract

The microsystem technics is now one of the most dynamically developing interdisciplinary scientific and technical directions, defining new revolution in the field of the systems realised at microlevel. Strictly speaking, the microsystem technics (MST) is the scientific and technical direction which purpose is creation in the limited volume of a firm body or on its surface of the microsystems representing ordered compositions of areas with set structure, structure and geometry, static or which dynamic set provides realisation of processes of generation, transformation, a transmission of energy and movement in integration with processes of perception, processing, translation and information storage at performance of the programmed operations and actions in demanded service conditions with set functional, power, time and indicators.

The microsystem technology (MST) is among "critical" technologies, i.e. the technologies directed on maintenance of military and economic independence of the country and competitiveness of production in the world market.

There are some definitions of a microsystem (MS). In the European periodical press it was long enough accepted to define MS so: "the Microsystem is intellectual nano the system possessing touch, processor and-or актюаторными functions. In it the combination of two or more devices operating on the basis of use of electric, mechanical, optical, chemical, biological, magnetic or other properties and integrated on one chip or to a payment" is usually used.

In the USA the term "microelectromechanical systems" is more often used: "MS are the integrated microdevices or the systems combining electric and mechanical components, made on the technologies compatible to technology and having sizes from micrometers to millimetres. Connection in such systems of computer processing with sensitive and components allow us to feel and supervise world around".

Unlike technology of modern microelectronics, in the field of MST equipment cost while more low. It allows to create technological line MST in cost on 2-3 order below cost of submicronic manufacture. It is accessible to small firms and the countries, which never were among leaders of microelectronics (Switzerland, Denmark, Norway etc.) Availability MST is its one more advantage. Certainly, the general tendency of decrease in topological norms concerns and MST. Here too it is necessary to expect further transition and in нано a range of topological norms. Attempts to create gauges on нано technology, gauges on a basis and from efficient molecules are already known. The microsystem technics – very dynamical branch. Despite "youth", it has the history of change of a role of its various directions and market sectors.

One of possible forms of increase of production efficiency MST has prompted again microelectronics. The essence consists in territorial division of technologies. Each of stages (or at least their part) can be highly effective manufacture. It is known that now in the world there is a great number of the firms making microelectronic production, without having own process equipment (fables). It became possible after occurrence in the market accessible and universal computer project systems with which help it is possible to design original own integrated scheme, the block or equipment, and their

manufacture to carry out on technological rulers of the firms specialising on manufacture of mass production (for example, memory or microprocessor schemes).

In technology MST the following step of division of technologies has been taken. Designed MS partially it is produced at the serial microelectronic enterprise (superficial processing), and partially – on specialised manufacture (volume processing). Similar manufacture can be organised in laboratory or on a small firm as the process equipment can be inexpensive, and its placing does not demand clean rooms of microelectronic level. The further increase of production efficiency MS can be reached at the expense of increase in seriality of specialised manufacture, for example, if one technological process is used at processing of a great number of the same products. The idea of such deep division of manufacture MS on stages, each of which can be made on industrial sites territorially removed from each other, is realised in the USA by creation of "virtual manufacture" (Virtual fab) firm MEMS Exchange. The developer by means of this firm can design and make on a necessary technological route separate components or finished MS. Thus the firm is only the manager-dispatcher, providing passage of the order on technological rulers of various product companies.

Ability in due time to see in the first sprouts prospect for development of economy or growth of safety of the country serves as powerful stimulus of expansion of researches in a new direction. For example, interest of the government of the USA to works in the field of micron mechanisms promoted formation of subjects of development МЭМС. Presence in state structures of the organisations capable of certain risk for "catching" of effective ideas is important. The Agency of perspective researches of the Ministry of Defence of the USA concerns number of such organisations (DARPA), for example, one of which points of strategy are investments in highly effective (High-focus) projects.

Depending on traditions of development of national economy, its financial power and the purposes the program maintenance, methods of its financing and the realisation form is formed. To a measure it was showed in "National nano" (NNI) the USA. Considering nano technology as a basis of new industrial revolution, the government of the USA in 2 times has increased financing of nano-researches and nano technology on purpose to occupy and fix an in the lead (first) place in the world the next five years .

The complex decision from company Altium – Altium Designer – is constructed on uniform model of the data that allows developers to synchronise the data at all design stages of a product and to reflect the changes made in one module, in all process of designing – from data input of the electric basic scheme, working out of topology of a payment and FPGA before creation of the software built in ROM. Besides, it gives the chance convenient access to the design data of any type, management of changes in the project from the version to the version of the documentation, configuration and support of the final version of the project.

Based on the basic results obtained in the work the appropriate conclusions are made and the recommendations are given.

შინაარსი

შესავალი	16
1. ლიტერატურის მიმოხილვა	18
1.1. მიკროსისტემები – პრობლემები და გადაწყვეტა.....	18
1.2. მიკროსისტემური ტექნიკის განვითარების.....	28
პერსპექტივები XXI საუკუნეში	28
2. შედეგები და მათი განსჯა	38
2.1. მიკროსისტემური ტექნიკის ელემენტური ბაზა	38
2.2. ტექნოლოგიური მოდულები მიკროსისტემურ	44
ტექნიკაში.....	44
2.3. მიკრო და ნანო სისტემების საწარმოო კომპანიების წარმატების პრინციპები და ანალიზი.....	50
2.4. მიკროსისტემებისა და ნანოტექნოლოგიების ნაციონალური და რეგიონალური პროგრამების რეალიზაცია და ფორმირების ორგანიზაცია	62
3. ექსპერიმენტული ნაწილი	69
3.1. Altium Designer Summer 08 – სისტემაში	69
კომპონენტების მოდულებისა.....	69
და ბიბლიოთეკის დამუშავება	69
3.2. Altium Designer პროგრამულ პაკეტში.....	91
სხვადასხვა იერარქიულ დონეზე.....	91
კავშირების რეალიზაცია	91
4. დასკვნა	101
გამოყენებული ლიტერატურა	103

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1 მიკროსისტემული ტექნიკის „ტრადიციული“ ნაკეთობების სტრუქტურა და ბაზრის დინამიკა [7].....	29
ცხრილი 2 მიკროსისტემული ტექნიკის „პერსპექტიული“ ნაკეთობების სტრუქტურა და ბაზრის დინამიკა	30
ცხრილი 3 მიკროსისტემული ტექნიკის მიმართულების სტრუქტურა.....	33
ცხრილი 4 მიკროსისტემები ახალი თაობის ტექნიკისათვის.....	34
ცხრილი 5. კომპანიების საწარმოო კაპიტალი.....	52
ცხრილი 6. ბიზნეს სტატისტიკა	57
ცხრილი 7. ბრიზეკის მიერ ცატარებული კვლევის მონაცემები	57
ცხრილი 8. მიკროსისტემული ტექნიკის პროდუქციის ევოლუცია.....	64

ნახაზების ნუსხა

ნახაზი 1. მიკროსისტემური ტექნიკის ობიექტების ბაზრის დინამიკის ანალიზი NEXUS [7].....	32
ნახაზი 2. მიკროსისტემული ტექნიკის ობიექტების პრაქტიკული რეალიზაცია.....	44
ნახაზი 3. ტექნოლოგიების სინერგეტიკა.....	46
ნახაზი 4. კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური ორიენტირებული მოდულირება ტექნიკაში.....	48
ნახაზი 5. საწარმოს მართვის სქემა.....	60
ნახაზი 6. ნაციონალური მართვის სისტემებისა და პროგრამის შერულების უზრუნველყოფის ელემენტები.....	65
ნახაზი 7. ევროპაში პროგრამების ჩაკეტილი სისტემა მიკროსისტემების სფეროში.....	66
ნახაზი 8. მიკროსისტემული ტექნიკის სფეროში ინვესტიციების ზრდა	66
ნახაზი 9. კომპონენტის მოდულების ფაილში წარმოდგენის სხვადასხვა ვარიანტი.....	71
ნახაზი 10. კავშირები თითოეულ მოდელში და მისი ნებისმიერი გადანაწილება მოითხოვს მოდელი განსაზღვრას შესაბამის დიალოგის ფანჯარაში.....	73
ნახაზი 11. კომპონენტების რედაქტორის ინტერფეისი.....	74
ნახაზი 12. სიმბოლოების რედაქტორის სამუშაო სივრცის გაწყობა.....	75
ნახაზი 13. კომპონენტის მაგალითი – K1554LA3 მიკროსქემა.....	77
ნახაზი 14. კომპონენტის გამომყვანების თვისებები.....	78
ნახაზი 15. გამომყვანების შექმნა.....	79
ნახაზი 16. უხილავი გამომყვანების შექმნა.....	80
ნახაზი 17. კომპონენტის თვისებები.....	81
ნახაზი 18. დამაგრების ადგილების რედაქტორის ინტერფეისი.....	83
ნახაზი 19. დამაგრების ადგილების რედაქტორის სამუშაო სივრცის გაწყობა.....	84
ნახაზი 20. კონტაქტური ველის პარამეტრები.....	85
ნახაზი 21. ხაზის დახატვის რეჟიმები.....	87
ნახაზი 22. დამაგრების ადგილის საბოლოო სახე.....	87
ნახაზი 23. დამაგრების ადგილების შექმნის ოსტატი.....	88
ნახაზი 24. ინტეგრირებული ბიბლიოთეკის შექმნა.....	90

ნახაზი 25. დამაგრების ადგილების შეერთება.....	90
---	----

დისერტაციაში გამოყენებული აბრევიატურები

მს – მიკროსისტემა

მემს – მიკროელექტრომექანიკური სისტემები

მსტ - მიკროსისტემური ტექნიკა

მოემს - მიკროოპტოელექტრომექანიკური სისტემები

მადლიერება

პირველ რიგში დიდი მადლობა მინდა ვუთხრა ამ გვერდის შემქმნელებს, რათა მომეცა საშუალება ჩემი მადლიერება გამომეხატა ამ ქვეყნად ყველაზე გულისხმიერი და ერთგული ადამიანის მიმართ.

ეს ადამიანი გახლავთ ბატონი რაფიელ ჩიქოვანი.

მე ღმერთმა მარგუნა ბედნიერება საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში მუშაობის 15 წელი გამეტარებინა ამ ღირსეული ადამიანის გვერდით. ადამიანის, რომელსაც უანგაროდ შეუძლია აკეთოს სიკეთე, დაუღალავად იღვაწოს და თავისი უსაზღვრო ენერგია არ დაიშუროს ყოველი მის გვერდში მყოფი ადამიანისათვის.

გულწრფელად ვუსურვებ ბატონ რაფიელს ხანგრძლივ და ჯანმრთელს სიცოცხლეს, დიდ ბედნიერებას თავის მრავალრიცხოვან დიდებულ ოჯახთან ერთად.

შესავალი

თანამედროვე მიკროელექტრონიკის უდიდესმა წარმატებებმა ზედიზე ინტეგრალური სქემების შექმნაში და ბოლო წლებში ნანოსტრუქტურების ტექნოლოგიის წარმოშობამ დასაბამი მისცა დღეისათვის მსოფლიოში ისეთ ერთ-ერთ ყველაზე დინამიურად განვითარებად დისციპლინათშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ მიმართულებას, როგორსაც წარმოადგენს მიკროსისტემური ტექნიკა.

მიკროსისტემა წარმოადგენს მიკროდონეზე შესრულებულ ელექტრონულ მოწყობილობას, რომელსაც, მასში გამოყენებული ელემენტებისაგან დამოკიდებულებით, შეუძლია შეასრულოს სხვადასხვა ფუნქცია როგორც სამოქალაქო, ასევე სამხედრო დანიშნულების აპარატურაში.

მიკროსისტემების ფართო გამოყენებამ განაპირობა მისი განვითარების მაღალი ტემპი. დღეს მიკროსისტემური ტექნიკა წარმოადგენს XXI საუკუნის ტექნიკის ერთ-ერთ წამყვან მიმართულებას.

სხვადასხვა დანიშნულების მიკროსისტემის (როგორც მიკროელექტრონული მოწყობილობის) შექმნის ერთ-ერთ ძირითად პრობლემას წარმოადგენს შესაბამის კონსტრუქციის არჩევა, რომლის გადაწყვეტის საშუალებაა ელექტრონული სქემების დაპროექტების სხვადასხვა მეთოდების (განსაკუთრებით ავტომატიზირებული) გამოყენება. ელექტრონული სქემების პროექტირების ძირითადი მიზანია გარკვეული პარამეტრების მქონე სქემების შექმნა.

აქედან გამომდინარე, როგორც ელექტრონული სქემების, ასევე მიკროსისტემის განვითარებას განაპირობებს დაპროექტების მეთოდების გაუმჯობესება და სრულყოფა.

ერთ-ერთ ასეთ სისტემას წარმოადგენს Altium Designer Summer 08 ავტომატიზირებული სისტემა.

სადისერტაციო ნაშრომში „მიკრო და ნანო კომპონენტების საფუძველზე თანამედროვე ელექტრონული მოწყობილობების აგების პრინციპები“ განხილულია ინტეგრალური სქემებისა და თანამედროვე მიკრო და ნანო კომპონენტების, აგრეთვე მათ საფუძველზე ელექტრონული მოწყობილობების დაპროექტების ავტომატიზირებული

სისტემის Altium Designer Summer 08 მუშაობის პრინციპები. გამოტანილია დასკვნები ამ სრულიად თანამედროვე და უნიკალური პროგრამული პაკეტის უპირატესობის შესახებ აქამდე არსებული პროექტირების სისტემებთან შედარებით.

ამ პროგრამული პაკეტის გამოყენება მნიშვნელოვნად ამარტივებს თანამედროვე მრავალფუნქციური და ურთულესი სისტემების შექმნას ძალიან მცირე დანახარჯებით. სისტემა აგებულია ისე, რომ მომხმარებელს შეუძლია ნაკეთობის დაპროექტების ყველა ეტაპზე მოახდინოს მონაცემთა სინქრონიზაცია და ერთ ნებისმიერ მოდულში შეტანილი ცვლილება აისახოს მთელი დაპროექტების პროცესზე, დაწყებული ელექტრული პრინციპიალური სქემის მონაცემების შეტანიდან საბოლოო პროდუქციის მიღებამდე.

დისერტაციაში განხილულია მიკროსისტემების თანამედროვე განვითარების ანალიზი, მისი ელემენტური ბაზის (როგორცაც წარმოადგენს ძირითადად მიკროელექტრონიკა) ჩათვლით, გაანალიზებულია Altium Designer Summer 08 სისტემა და მისი ფუნქციონირების და გამოყენების საკითხები.

მოცემულია დასკვნები ამ სისტემის დანერგვის (მათ შორის სასწავლო პროცესში) შესახებ. აგრეთვე რეკომენდაციები საქართველოში fables ფირმების აღნიშნული სისტემის გამოყენებით შექმნისათვის.

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. მიკროსისტემები – პრობლემები და გადაწყვეტა

მიკროელექტრონიკა, მიუხედავად მისი მოკლე, მხოლოდ რამოდენიმე ათეულ წლიანი ისტორიისა, მტკიცედ დამკვიდრდა საზოგადოებრივი ცხოვრების ყველა უმნიშვნელოვანეს სფეროში: მეცნიერებაში, ტექნიკასა და ეკონომიკაში, საზოგადოებრივი და ინდივიდუალური მოხმარების სფეროებში, სამედიცინო ტექნიკასა და სამხედრო საქმეში. იგი დიდ როლს თამაშობს ჩვენი ეპოქის ინტელექტუალურ დისკუსიებში.

მიკროელექტრონიკის გამოყენების ეკონომიკური და სოციალური შედეგები არის ბუნებისმეტყველების და საზოგადოებრივი მეცნიერების სფეროში მომუშავე სპეციალისტების მიერ ორგანიზებული, ნაციონალური და საერთაშორისო სამეცნიერო ტექნიკური კონგრესების და კონფერენციების ყურადღების ცენტრში.

მიკროელექტრონიკა წარმოადგენს ძირითად სიახლეს და საკვანძო ტექნოლოგიას მეოცე ასწლეულის ბოლო პერიოდისა, მასში აისახება თანამედროვე საწარმოო ძალების განვითარების პროცესი. იგი წარმოადგენს მეცნიერულ-ტექნიკური რევოლუციის ძირითად მიმართულებას და ახორციელებს მნიშვნელოვან ზემოქმედებას სამეცნიერო-ტექნიკურ, ეკონომიკურ და სოციალურ განვითარებაზე.

მიკროელექტრონიკის განვითარება და გამოყენება უშუალოდ მიმართულია იმაზე, რათა დასაქმების მუდმივი უზრუნველყოფის პირობებში გაუმჯობესდეს შრომის პირობები; გაიხსნას მათი შემოქმედებითი შინაარსი, გაიზარდოს მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილება და მშრომელთა თავისუფალი დრო. იგი ხდება ძირითადი პირობა უწყვეტი და ყოველმხრივი ეკონომიკური და სოციალური პროგრესისა.

როდესაც ვლაპარაკობთ მიკროელექტრონიკის როლზე საზოგადოებრივ პროგრესში, მაშინ განმსაზღვრელს წარმოადგენენ შემდეგი ურთიერთმჭიდროდ დაკავშირებული ასპექტები: მიკროელექტრონიკის ადგილი მეცნიერულ-ტექნიკურ რევოლუციაში, მისი როლი

ერთობლივი საწარმოო ძალების სრულყოფაში, წარმოების გაფართოებულ კვლავწარმოებაში და სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებაში.

მეტად მნიშვნელოვანია მიკროელექტრონიკის განვითარების და გამოყენების ეკონომიკური პრობლემების შესწავლა, მისი გამოყენების ეფექტურობის კვლევა.

მიკროელექტრონიკა – ესაა განუყოფელი და განმსაზღვრელი შემადგენელი ელემენტი მეცნიერულ-ტექნიკური რევოლუციისა, რომელიც იმავდროულად უდიდეს გავლენას ახდენს მის სხვა ძირითად მიმართულებებზე. კვლევა არ იზღუდება მიკროელექტრონიკის ვიწრო გაგებით. ე.ი. მიკროელექტრონული მოწყობილობათა განვითარებით, თუმცა სწორედ უკანასკნელი წარმოადგენს ამოსავალს. ისინი მოიცავენ აგრეთვე ინტეგრალური სქემების გამოყენებას თანამედროვე ინფორმაციული ტექნიკის შესაქმნელად და გამოსაყენებლად. მხოლოდ ინფორმაციული ტექნიკის წყალობით აიხსნება მიკროელექტრონიკის როლი მეცნიერულ-ტექნიკურ რევოლუციაში, მისი ფუნქცია საწარმოო ძალთა შემდგომ განვითარებაში და წარმოების თანამედროვე მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის შემდგომ განვითარებაში.

კონკრეტული ტექნიკური ამოცანის გადაწყვეტას ჩვეულებრივ ახერხებს საჭირო დონის სისტემების შექმნას, რომლებსაც უნდა გააჩნდეს საკმარისი მოცულობა და ხარისხი, ეფექტური მართვა და სისტემის ამოცანის რეზულტატური შესრულების დონე. ამ ამოცანების შესრულებისათვის მთავარია შემდეგი: სისტემის მთლიანობის შეუზღუდავად მის ინფორმაციულ და მმართველობით ნაწილებს უნდა ჰქონდეთ მინიმალური ზომები. ტექნიკურ სისტემებში ეს მიიღწევა მიკროელექტრონიკის და მიკროსისტემური ტექნიკის გამოყენებით. მიკროელექტრონიკის და მიკროსისტემური ტექნიკის ნაკეთობების მიღება ნაკარნახები იყო არა მარტო პატარა ზომებით, არამედ ტექნიკურ სისტემებში გამოყენებული ინტეგრალური სქემებისა და მიკროსისტემების ახალი ხარისხით. გამოთვლითი ტექნიკის ნაკეთობების პროცესორებში და დამახსოვრების მოწყობილობებში ახალი ინტეგრალური სქემების დანერგვამ შეამცირა მათი ზომები (ამიტომაც გახდა შესაძლებელი პერსონალური კომპიუტერების შექმნა) და გაზარდა მათი ფუნქციონალური შესაძლებლობები. ერთეულოვანი

ფუნქციის ფასის მუდმივად შემცირებამ (მაგალითად, ერთი ბიტი ინფორმაციის შენახვა) გამოთვლითი ტექნიკა გახდა ხელმისაწვდომი მომხმარებელთა ფართო წრისათვის. ანალოგიურად მიკროსისტემების ტექნოლოგიით დამზადებული მყარი დისკის დამთვლელი თავაკების და ჭავლეური პრინტერების თავაკების შექმნამ განაპირობა გამოთვლითი ტექნიკის პერიფერიული მოწყობილობების ფასის შემცირება და საიმედოობის გაზრდა.

მიკროსისტემური ტექნოლოგია (მსტ-MST) მიეკუთვნება „კრიტიკული“ ტექნოლოგიების რიცხვს, ე.ი. იმ ტექნოლოგიებს, რომლებიც მიმართულია ქვეყნის სამხედრო და ეკონომიკური დამოუკიდებლობის უზრუნველსაყოფად და მსოფლიო ბაზარზე კონკურენტუნარიანი პროდუქციის შესაქმნელად. მსტ მიეკუთვნება ორმაგი დანიშნულების ტექნოლოგიათა რიცხვს, მასში ჩართულია სხვა ორმაგი დანიშნულების ბაზური ტექნოლოგიის მთელი რიგი ელემენტები (მიკროელექტრონიკის ტექნოლოგია, ოპტო- და აკუსტოელექტრონიკა, ლაზერული ტექნოლოგიები, პრეციზიული და მექანოტრონული ტექნოლოგია, გენური დიაგნოსტიკა და სხვ.) [1].

მსტ მიკროსისტემაში ერთ ფირზე ან ერთ კრისტალში აერთიანებს დაახლოებით 20 სახის – რამოდენიმე მილიმეტრიდან რამოდენიმე სანტიმეტრამდე ზომის – დეტალებისა და ელემენტების დამზადებისა და აწყობის ტექნოლოგიას.

მსტ-ს ჯერ არ გააჩნია კანონზომიერი ტერმინოლოგია. მს სტანდარტიზაცია ჯერ ახლა იწყებს ფორმირებას, ამიტომაც საჭიროა განესაზღვროთ მსტ ნაკეთობების კლასიფიკაცია.

არსებობს მიკროსისტემების (მს) განსაზღვრების რამოდენიმე ვარიანტი. ევროპული განსაზღვრებაა [2]: „მიკროსისტემა – ეს არის ინტელექტუალური მინიატურული სისტემა, რომელსაც გააჩნია სენსორული, პროცესორული და/ან აქტუატორული ფუნქციები. მათში ჩვეულებრივ გამოიყენება ორი ან რამოდენიმე ელექტრული, მექანიკური, ოპტიკური, ქიმიური, ბიოლოგიური, მაგნიტური ან სხვა თვისებების მქონე და ერთ ჩიპზე ინტეგრირებული ან მულტიჩიპურ პლატებზე აწყობილი მოწყობილობები.“

ამერიკელები უფრო მეტად ხმარობენ ტერმინს „მიკროელექტრო-მექანიკური სისტემები“ (მემს): „მემს – წარმოადგენს ინტეგრირებულ მიკროსისტემას ან სისტემებს. მათში კომბინირებულია ელექტრული და მექანიკური კომპონენტები, რომლებიც დამზადებულია ტექნოლოგიურად, ინტეგრალური სქემების ტექნოლოგიასთან შეთავსებით და აქვთ მიკრომეტრიდან მილიმეტრამდე ზომები. ასეთ სისტემებში კომპიუტერული დამუშავებით მგრობიარე და აქტუატორული კომპონენტების ერთიანობა საშუალებას გვაძლევს შევიგრძნოთ და ვაკონტროლოთ გარე სამყარო.“

იაპონიაში ხშირად ხმარობენ ტერმინს „მეხატრონიკა“ და „მიკრომანქანები“. „მიკრომანქანა წარმოადგენს რამოდენიმე მილიმეტრი ზომის ფუნქციონალური ელემენტებისაგან შედგენილი კომპლექსური მიკროსკოპული მოწყობილობების ერთობლიობას.“

ფირმა NEXUS-ის მოღვაწეობის შედეგად მეცნიერებაში დამკვიდრდა ორი ძირითადი ტერმინი „მიკროტექნოლოგია“ და „მიკროსტრუქტურირება“. ორივე მათგანი აღნიშნავს მასალებზე ზემოქმედებას, რომლის შედეგადაც მიიღება რამოდენიმე მიკრომეტრის ზომის მიკროკომპონენტები. აქედან გამომდინარე „მიკროსისტემა – არის რამოდენიმე მიკროკომპონენტის კომბინაცია, ოპტიმიზირებული როგორც ერთი მთლიანი სისტემა ერთი ან რამოდენიმე ფუნქციის შესრულებისათვის. იგი ხშირ შემთხვევაში შეიცავს მიკროელექტრონულ მოწყობილობას“ [2].

მიკროსისტემების წარმოებაში გამოიკვეთა „მომხმარებელი-დამამზადებელი“ მიმართულება. მიკროსისტემები ფართოდ გამოიყენებიან გამოთვლითი ტექნიკის, სამედიცინო ტექნიკის, აერო-კოსმიური ტექნიკის, საავტომობილო მრეწველობის, ტელეკომუნიკაციის, საოჯახო ტექნიკის და სხვა მიმართულებებში.

მიკროსისტემების შექმნის დაყოფა მიმართულებებად შესაძლებელია შემდეგნაირად:

1. საინფორმაციო ტექნოლოგიები: მიკროსისტემის კონსტრუირება, პროექტირება და მოდელირება;
2. მიკროსისტემების, მასალათმცოდნეობისა და ტექნოლოგიის საფუძვლები (მიკროელექტრონიკის მასალები, მიკროელექტრო-

ნიკის ტექნოლოგია და ახალი სპეციფიკური მიკროსისტემული ტექნიკა);

3. მიკროსისტემების ელემენტარული ბაზა (სენსორები და აქტუატორები, მიკრომექანიზმები, მიკროინსტრუმენტები და მიკროძრავები, კვების წყაროები და ინფორმაციის დამუშავების, შენახვისა და გადაცემის სისტემები, მიკროოპტიკა და ა.შ);
4. მიკროსისტემების ტიპები (მიკროელექტრომექანიკური სისტემები, მიკრობიოტექნიკური, მიკროანალიტიკური, მიკრობიოტექნიკური და სხვა);
5. მიკროსისტემების გამოყენება (გამოთვლითი ტექნიკა და ინფორმატიკა, მედიცინა და ფარმაცოლოგია, ტრანსპორტი და ნავიგაცია, ინდივიდუალური და საყოფაცხოვრებო ტექნიკა).

მიკროსისტემებსა და მიკროსისტემური ტექნიკის სფეროში ჯერ კიდევ არ არსებობს საყოველთაო განსაზღვრებები და სტანდარტიზაცია. ის წარმოადგენს ერთ-ერთ არსებითად მნიშვნელოვან პრობლემას ამ სისტემების სამეცნიერო-ტექნიკური მიმართულებების განვითარების თვალსაზრისით.

მიკროსისტემები მთლიანად ან ნაწილობრივ შეიცავენ სამ ძირითად კომპონენტს:

- ურთიერთქმედების (ინფორმაციის მიმღები – მგრძნობიარე ელემენტი, რომელიც გარე ზემოქმედებას გარდაქმნის ელექტრულ ან ოპტიკურ სიგნალად);
- ანალოგური ან ციფრული ფორმის სიგნალების დამუშავებისა და გადაცემის მოწყობილობა;
- მიკროაქტუატორის გარე ობიექტებზე მოქმედი სიგნალების გარდაქმნის მოწყობილობა (გარდამქმნელები).

ამ სამივე კომპონენტის გამოყენებით შექმნილი მიკროსისტემების მაგალითს წარმოადგენს მიკრორობოტი და მიკრო-ლაბორატორია ჩიპზე (კრისტალზე ან საფენზე). ერთი ან ორი კომპონენტის გამოყენებით შექმნილი მიკროსისტემის მაგალითს წარმოადგენს მიკრომთვლედი, მიკრორელე, მიკროძრავი და სხვა.

მიკროელექტრონიკაში მიკროსქემის სირთულე ხასიათდება ინტეგრაციის ხარისხით. მიკრომექანიკური სისტემების სირთულის

შესაფასებლად შემოტანილია ხარისხის კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია წარმოებული ტრანზისტორების T და მექანიკური კომპონენტების M რიცხვის ნამრავლისა $T \cdot M$.

მიკროელექტრონიკის წარმოებაში მიკროსისტემის დეტალები და კომპონენტები მზადდება ჯგუფური ტექნოლოგიის მეთოდით, რაც სერიული წარმოების პირობებში უზრუნველყოფს მაღალ მწარმოებლურობას და მცირე ფასს. ვარგისიანი მონოკრისტალური და სხვა მონოლითური მასალების გამოყენება უზრუნველყოფს მიკროსისტემების საიმედოობას და მათ გამოყენებას ექსპლუატაციის ექსტრემალურ პირობებში.

ყოველივე ეს კი განაპირობებს მიკროსისტემების გამოყენებას სამოქალაქო და სამხედრო დანიშნულებისათვის.

უფრო კონკრეტულად განვიხილოთ სხვადასხვა ტიპის მიკროსისტემების განვითარების პერსპექტივები XXI საუკუნის აქტუალური პრობლემების გადაწყვეტისათვის.

ერთ-ერთი ტენდენციაა – მიკროსისტემების ცალკეული ან სამივე ძირითადი კომპონენტის შემდგომი მიკრომინიატურიზაცია. მაგალითად ამერიკული „ნაციონალური ნაწიონიციტივა“ (NNI), მიზნად ისახავს მიკროელექტრომექანიკური სისტემების ზომების 10-ჯერ შემცირებას [3]. სწორედ ეს წარმოადგენს მიკროსისტემების განვითარების ეტაპის მთავარ პრობლემას.

საზღვარგარეთის ქვეყნებში სხვადასხვა ფართო გამოყენების მიკროსისტემების შექმნა უზრუნველყო მთელი რიგი ნაციონალური და კორპორაციული პროგრამების ფინანსირებამ, მათ შორის მიკროსისტემების ფინანსირებამ სამხედრო ბიუჯეტიდან. ინტენსიურად იზრდება იმ ფირმების რიცხვი, რომლებიც მიკროსისტემებს ან მათ ბაზაზე შექმნილ ნაკეთობებს უშვებენ და შესაბამისად იზრდება მიკროსისტემების მოცულობაც მსოფლიო ბაზარზე (18-20% წელიწადში). 2002 წლისთვის ეს მაჩვენებელი იყო 35-40 მილიარდი ამერიკული დოლარის დაახლოებით 7 მილიარდი ცალი ნაკეთობა.

მიკროსისტემების ბაზრის დინამიურობა ცხადყოფს მიკროსისტემული ტექნიკის ტიპური ნაკეთობების ფასების შემცირებას 2,6-

ჯერ, 5 წლის განმავლობაში ნაკეთობათა რიცხვის 4,3-ჯერ ზრდის პირობებში [4].

მიკროსისტემების გამოჩენა ისტორიულად დაკავშირებულია მიკროელექტრონიკის ტექნოლოგიებთან. მიკროსისტემური ტექნიკის წარმოების ხაზის განსაკუთრებულ ფორმას წარმოადგენს სამგანზომილებიანი სტრუქტურების შექმნისათვის მიკროელექტრონიკის ტიპური ტექნოლოგიური ხაზის შეერთება მიკროსისტემური ტექნიკის დამატებით სპეციფიკურ მოდელებთან. მეტად პერსპექტიულია მიმართულება, რომელიც უზრუნველყოფს სილიციუმის ტექნოლოგიური ხაზის კავშირს მიკროსისტემის ფუნქციონალური ნაწილების და სიგნალების ელექტრული დამუშავების კომპონენტების ერთ კრისტალზე განლაგების შესაძლებლობას, ე.ი. მოვლი სისტემა შეიძლება შეიქმნას SiC-ს კრისტალზე.

თანამედროვე მიკროელექტრონიკის ტექნოლოგიებისაგან განსხვავებით, მიკროსისტემური ტექნიკის სფეროში მოწყობილობების ფასი გაცილებით დაბალია. ეს კი განაპირობებს 2-3 თანრიგით მცირე ფასად მიკროსისტემური ტექნიკის ტექნოლოგიური ხაზის შექმნას. იგი ხელმისაწვდომია პატარა ფირმებისა და ისეთი ქვეყნებისათვის, რომლებიც არასოდეს არ ეკუთვნოდნენ მიკროელექტრონიკის ლიდერთა რიცხვს (მაგალითად შვეიცარია, დანია, ნორვეგია და სხვა).

მიკროსისტემური ტექნიკის კიდევ ერთი უპიტარესობაა მის ხელმისაწვდომობა.

ტოპოლოგიური ნორმების შემცირების საერთო ტენდენცია ეხება მიკროსისტემურ ტექნიკასაც. აქაც მოსალოდნელია ტოპოლოგიური ნორმების ნანომეტრულ ზომებში გადასვლის ტენდენცია.

უკვე შექმნილია ნანოტექნოლოგიური მოვლელები და სხვა ნანოტექნოლოგიური მოწყობილობები.

მიკროსისტემური ტექნიკა – ძალიან დინამიური დარგია. „ახალგაზრდობის“ მიუხედავად, მას თავისი მოკლე ისტორიის ფარგლებში ენიჭება დიდი როლი და მნიშვნელობა საბაზრო სექტორისა და სხვა მიმართულებების ძირეული ცვლილების საქმეში.

თანამედროვე ავტომატიზირებული სისტემების გამოყენებით მარტივად არის შესაძლებელი ჩიპზე დამონტაჟდეს ინტელექტუალურ-

ბირთვული, სენსორული, აქტუატორული და საჭიროების შემთხვევაში კომუნიკაციური ბლოკებიც.

მიკროსისტემების გამოყენებით შექმნილი სისტემების მაგალითებია გლობალური პოზიციური სისტემები (GPS – Global Positioning System), ინტერნეტ-ტელეფონი (VIOP – Voice over Internet Protocol), ახალი აუდიოსისტემები, მართვისა და კონტროლის (სავტომობილო და სხვა) სისტემები.

მიკროსისტემური ტექნიკა განსაკუთრებით დიდ მნიშვნელობას იძენს ტელეკომუნიკაციებში. აქ პროგრესი დაკავშირებულია მიკრო-ოპტოელექტრომექანიკურ სისტემებთან (მოემს). ლინზების, სარკის, სინათლის წყაროების და მიმღების გარდამქნელის სისტემები, ოპტიკის ტრადიციული მოწყობილობები და დამზადების მიკროტექნოლოგიური მეთოდები, საშუალებას იძლევა დაპროექტდეს და შეიქმნას ახალი კონკურენტუნარიანი მოწყობილობები. ასეთი სისტემების ნათელ მაგალითს წარმოადგენს პროექციული სატელევიზიო ეკრანი 1000-ობით მიკროსარკით. განსაკუთრებით აქტიურად ვითარდება რადიოსიხშირის ბლოკებისათვის მიკროკომპონენტების შექმნის მიმართულება, ჩქარი ტემპით მიმდინარეობს პერსონალური საინფორმაციო მოწყობილობების სექტორის განვითარებაც (Information appliances). სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო დარგში უკაბელო საკომუნიკაციო სისტემების განვითარება შესაძლებელს ხდის მომხმარებლის კომპიუტერულ საინფორმაციო ქსელში ჩართვას ნებისმიერ დროს, ნებისმიერ ადგილას. დამკვიდრებული ტერმინი „ყველგან შედწევადი კომპიუტერინგი“ (Ubiquitous computing), ციფრულ და რალურ სამყაროს შორის ახალი ურთიერთქმედების გამოვლინების გამომხატველია.

მიკრომინიატურიზაციის საერთო ტენდენციაა: „იაფად, მცირე ზომის და ენერგიის მცირე მოხმარების“ პირობით მიკროელექტრონიკის და მიკროსისტემების ახალი თაობის შექმნა და მათი შემდგომი განვითარების სტიმულირება. შედეგად ადამიანებს ყოველდღიურად უწევთ კონტაქტი და ურთიერთობა ყველგანშედწევად ინტელექტუალურ გარემოსთან სამსახურში, ტრანსპორტში, სახლში და სხვა.

მიკროსისტემის ელემენტების წარმოების პირველ ტექნოლოგიად ითვლება მიკროელექტრონიკის ტექნოლოგია, ხოლო ნომერ პირველ

მასალად – სილიციუმი. მიკროსისტემურ ტექნიკაში დღესაც ძველებურად გამოიყენება სილიციუმი იმდენად, რამდენადაც შესაძლებელია მიკროსისტემის დეტალების დამზადება და ასევე მთლიანი სქემის განთავსება სილიციუმის მასალაზე. ერთის მხრივ მიკროსისტემის მასალების სპექტრი გაცილებით ფართოა: მეტალები, ნარევი მასალები, პლასტმასები და სხვა პოლიმერები, შუშა და სხვა, მაგრამ დღეისათვის სილიციუმის ტექნოლოგია ჯერ კიდევ რჩება საბაზო ტექნოლოგიად.

მიკროელექტრონიკაში სილიციუმის ტექნოლოგიიდან მიკროსისტემურ ტექნიკაზე გადასვლა მარტივია. მარტივია აგრეთვე ჩვეულებრივი მიკროსისტემის დამზადება, რომლის დროსაც საჭიროა მხოლოდ იმ ახალი პროცესების შემოტანა, რომლებიც დაკავშირებულია მოცულობითი სტრუქტურების ფორმაცვალებასთან. ამ პროცესების რიცხვს მიეკუთვნება მოწამვლის პროცესი, ორმხრივი ფოტოლიტოგრაფია, კორპუსირება და სხვა.

უფრო დიდ სირთულეს წარმოადგენს მიკროელექტრომექანიკური და მიკროოპტოელექტრომექანიკური ელემენტების და დეტალების დამზადება, რომელთაც სამგანზომილებიანი თვალსაზრისით გააჩნიათ რთული ფორმები.

მიკროსისტემური ტექნიკის წარმოება ეფექტური ხდება მხოლოდ მისი ჯგუფური დამუშავების შემთხვევაში, რაც ზრდის სერიული წარმოების რენტაბელობას. ბაზარზე უკვე გამოჩნდა სპეციალიზირებული აღჭურვილობები მიკროსისტემული ტექნიკისათვის. თავდაპირველად მიკროსისტემურ ტექნიკის აღჭურვილობებს აწარმოებდნენ მხოლოდ ლიტოგრაფიისა და მოწამვლის პროცესებისათვის. სადღეისოდ კი, უკვე ბევრი ფირმა ამზადებს სილიციუმის მიკროსისტემური ტექნიკისათვის კომპლექსურ მოწყობილობებს.

მიკროსისტემური ტექნიკის ეფექტურობის ამაღლების ერთ-ერთი შესაძლო ფორმა ნაკარნახევი იყო მიკროელექტრონიკის მიერ. საქმე ეხება ტექნოლოგიის ტერიტორიული დაყოფის პრინციპს, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს. თითოეული ეტაპი (ან ეტაპის ნაწილი) შესაძლებელია გახდეს მაღალეფექტური წარმოება. დღეისათვის მსოფლიოში არსებობს ფირმების დიდი რაოდენობა, რომლებიც

უშვებენ მიკროელექტრონულ პროდუქციას, მაგრამ მათ არ გააჩნიათ საკუთარი ტექნოლოგიური ადჟუვანობა (fables). ასეთი ტიპის წარმოების შექმნა შესაძლებელი გახდა ახლად გამოჩენილმა უნივერსალურმა და ყველასათვის ხელმისაწვდომმა ავტომატიზირებული პროექტირების სისტემებმა, რომელთა დახმარებითაც შესაძლებელია დაპროექტდეს ორიგინალური საკუთარი ინტეგრალური სქემა, ბლოკი ან აპარატურა, ხოლო წარმოება განხორციელდეს ფირმის სპეციალიზირებული მასიური პროდუქციის წარმოების ტექნოლოგიურ ხაზზე (მაგალითად მახსოვრობის სქემა ან მიკროპროცესორი).

მიკროსისტემური ტექნიკის შექმნის ტექნოლოგიაში ტექნოლოგიის დაყოფის შედეგად გადაიდგა წინსვლის შემდეგი ნაბიჯები. მიკროსისტემის შემქმნელი მას აწარმოებს ნაწილობრივ სერიულ მიკროელექტრონულ წარმოებაში (ზედაპირული დამუშავება) და ნაწილობრივ სპეციალიზირებულ წარმოებაში (მოცულობითი დამუშავება). ამგვარი წარმოება შესაძლოა ორგანიზებულ იქნეს ლაბორატორიაში ან პატარა ფირმაში იმდენად, რამდენადაც შესაბამისი საჭირო ტექნოლოგიური მოწყობილობა არ არის ძვირი და მათი განთავსება არ საჭიროებს დიდ და ზესუფთა მიკროელექტრონული ტექნოლოგიის პირობებში გამოყენებული დონის ოთახებს.

მიკროსისტემების წარმოების ეფექტურობის ამაღლების შემდეგი ზრდა მიიღწევა სერიული სპეციალიზირებული წარმოების გაზრდით. მაგალითად დიდი რაოდენობის ერთი ტიპის ნაკეთობების დამუშავება ერთი ტექნოლოგიური პროცესის გამოყენებით. მიკროსისტემების წარმოების ეტაპების ასეთი ღრმა დაყოფა, როდესაც თითოეული მათგანი ტერიტორიულად მოცილებულ სხვადასხვა საწარმოო უბნებზე მზადდება, რეალიზებულია მიკროელექტრომექანიკური ფირმის Exchange-ს მიერ ამერიკაში „ვირტუალური საწარმოების“ (Virtual Fab) შექმნით. ამ ფირმის დახმარებით დამპროექტებელი აპროექტებს და ამზადებს შესაბამისი ტექნოლოგიური მარშრუტით ცალკეულ კომპონენტს ან დასრულებულ მიკროსისტემას.

ამ შემთხვევაში ფირმა წარმოადგენს მხოლოდ მენეჯერ-დისპეჩერს, რომელიც უზრუნველყოფს შეკვეთის შესრულებას სხვადასხვა საწარმოო ფირმის ტექნოლოგიურ ხაზებზე [5].

ზემოთქმულიდან გამომდინარე ვასკვნით რომ:

- მიკროსისტემული ტექნიკა ჩამოყალიბდა, როგორც XXI საუკუნის ტექნიკის ერთ-ერთი წამყვანი მიმართულება;
- უკვე წარმოებული პროდუქციის მოცულობა მეტყველებს მიკროსისტემური ტექნიკის მაღალი ტემპით ზრდის გლობალურ ბაზარზე;
- მიკროსისტემური ტექნიკის ნომენკლატურის გაფართოების სიძნელე მხოლოდ ნაწილობრივ არის დაკავშირებული წარმოების ტექნოლოგიურ პროცესებთან, იმდენად რამდენადაც ისინი შეიძლება აღმოჩენილნი იყვნენ ამა თუ იმ გზით.
- უფრო არსებით პრობლემას წარმოადგენს წარმოებისათვის განსაზღვრული ტიპის მიკროსისტემის და მიკროსისტემური ტექნიკის ტიპის ამორჩევა, რამდენადაც დამმზადებლისა და მომხმარებლის ურთიერთობის სფერო ტექნიკის ამ დარგში ნელ-ნელა იხვეწება.

12. მიკროსისტემური ტექნიკის განვითარების პერსპექტივები XXI საუკუნეში

დღეისათვის მიკროსისტემური ტექნიკა წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე დინამიურად განვითარებად დისციპლინათშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ მიმართულებას, რომელიც განსაზღვრავს მიკროდონეზე შესრულებული სისტემების სფეროს ახალ რევოლუციას.

მიკროსისტემური ტექნიკა – ეს არის სამეცნიერო-ტექნიკური მიმართულება, რომლის მიზანსაც წარმოადგენს მყარი ტანის შემოსაზღვრულ მოცულობაში ან მის ზედაპირზე ისეთი მიკროსისტემის შექმნა, რომელიც უზრუნველყოფს გენერაციის, გარდაქმნების, ენერგიის გადაცემის, დაპროგრამებული ოპერაციების შესრულებისას ინფორმაციის დამუშავების, ტრანსლიაციის და შენახვის და ექსპლუატაციის მოთხოვნილ პირობებში დავალებული ფუნქციონალური, ენერგეტიკული, დროითი და საიმედოობის მაჩვენებლების

მოქმედების პრინციპებს. მიკროსისტემებს შეუძლიათ შეასრულონ ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ფუნქცია ან ფუნქციათა ნაწილი.

მიკროსისტემური ტექნიკის ნაკეთობების მაგალითები, როგორც ტრადიციული, ასევე პერსპექტიული მოყვანილია ცხრილებში 1 და 2.

ცხრილი 1 მიკროსისტემური ტექნიკის „ტრადიციული“ ნაკეთობების სტრუქტურა და ბაზრის დინამიკა [7]

ნაკეთობა	ბაზრის მოცულობა 1996 წელს		ბაზრის მოცულობა 2002 წელს	
	მილიონი ცალი	მილიონი დოლარი	მილიონი ცალი	მილიონი დოლარი
მყარ დისკზე დამგროვების თავაკები	530	4500	1500	12000
ჭაფლური პრინტერების თავაკები	100	4400	500	10000
კარდიო-პეისმეიკერები	0,2	1000	0,8	3700
“ინ-ვიტრო” დიაგნოსტიკური ხელსაწყოები	700	450	4000	2800
სასმენი აპარატები	4	1150	7	2000
წნევის მაჩვენებლები	115	600	309	1300
ქიმიური სენსორები	100	300	400	800
ინფრაწითელი ვიდეოსიგნალის ფორმირების მოწყობილობები	0,01	220	0,4	800
აქსელერომეტრები	24	240	90	430
ჰიროსკოპები	6	150	30	360
მაგნიტორეზისტული სენსორები	15	20	60	60
მიკროსპექტრომეტრები	0,006	3	0,150	40
სულ		13033		34290

**ცხრილი 2. მიკროსისტემული ტექნიკის „პერსპექტიული“ ნაკეთობების
სტრუქტურა და ბაზრის დინამიკა**

<i>ნაკეთობა</i>	<i>ბაზრის მოცულობა 1996 წელს</i>		<i>ბაზრის მოცულობა 2002 წელს</i>	
	<i>მილიონი ცალი</i>	<i>მილიონი დოლარი</i>	<i>მილიონი ცალი</i>	<i>მილიონი დოლარი</i>
წამლების მიწოდების სისტემები	1	10	100	1000
ოპტიკური გადამრთველები	1	50	40	1000
ლაბორატორია ჩიპზე: დნმ, მაღალი შესაძლებლობები თხევადი ქრომატოგრაფია	0	0	100	1000
მაგნიტოოპტიკური თავაკები	0,01	1	100	500
პროექციული ქსელური ჩამკეტები	01	10	1	300
ინდუქციურობის კოჭა ჩიპზე	20	10	600	100
მიკრორელე	-	0,1	50	100
მიკროელექტროძრავები	0,1	5	2	80
ინკლინომეტრები (კუთხმზომი)	1	10	20	70
დაჯახების გამაფრთხილებელი სენსორები	0,01	05	2	20
ელექტრონული ნასოსები	0,001	0,1	0,05	5
სულ:	107		4200	

მიკროსისტემური ტექნიკის განვითარების ინიციატორი გახდა ე.წ. მიკროელექტრომექანიკური სისტემები (MEMS – mikroelectromechanical systems), რომლებშიც გაღვანური კავშირები მჭიდრო ურთიერთქმედებაშია მექანიკურთან.

შეიძლება გამოვეყოთ შემდეგი ფაქტორები, რომლებმაც შეუწყო ხელი მიკროსისტემური ტექნიკის, როგორც სამეცნიერო-ტექნიკური მიმართულების, განვითარებას:

- 1982 წელს I -ის ფირმის თანამშრომლის კ.პეტერსონის [6] სტატიის გამოქვეყნებამ, რომელშიც სილიციუმში განხილული იყო არა მარტო როგორც ნახევარგამტარი, არამედ როგორც კონსტრუქციული მექანიკური მასალა;

- მთელი რიგი ფირმების მიერ 70-იანი წლების ბოლოს დამუშავებული სამრეწველო ტექნოლოგია - სილიციუმის მოცულობითი თხევადი მოწამვლა - მემბრანების, სიმების, წნევის მაჩვენებლების დეტალების და სხვათა ფორმირებისათვის;
 - 70-იანი წლების დასაბოლოებასა და 80-იანი წლების დასაწყისში ქ. კარლსრუეში (გერმანია) ბირთვულ კვლევების ცენტრში სინქრონული გამოსხივების, გაღვანური დაღეჭვის და პრეციზიული პოლიმერების დაწნეხვის გამოყენებით მოცულობითი სტრუქტურების ფორმირების ტექნოლოგიის დამუშავებამ, რომელმაც მიიღო სახელწოდება LIGA – ტექნოლოგია (LIGA – გერმანული სიტყვების აბრევიატურაა და ასე იწოდება: lithographia – ლიტოგრაფია, galvanofarming – გაღვანოდაამუშავება, abformung – დაწნეხვა);
- ახალი თაობის მიკროსისტემური ტექნიკის ყველაზე ნათელ კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიურ განსაკუთრებულობას წარმოადგენს:

- მესამე განზომილების აქტიური გამოყენება (3 D სისტემები);
- ელექტრული და ოპტიკური კავშირების მექანიკურთან ინტეგრაცია;
- მიკრო და ბიოტექნოლოგიის და ფიზიკო-ქიმიური ტექნოლოგიური ბაზისების ინტეგრაცია;
- მიკრომოცულობაში და მყარი ტანის ზედაპირზე შემსრულებელ-ტექნოლოგიური და კონტროლ-დიაგნოსტიკური პროცედურების ინტეგრაცია;

მიკროსისტემური ტექნიკის მსოფლიო დინამიკის განვითარების ანალიზი მოცემულია ნახაზზე 1. იგი შესრულებულია ორგანიზაცია NEXUS მიერ და ნაჩვენებია, რომ 1996-2002 წლებში მიკროსისტემური ტექნიკის ნაკეთობების ბაზარი საშუალოდ 18%-ით გაიზარდა და 2002 წელს 38 მილიარდ დოლარს მიაღწია. ხოლო 2002 წლიდან დღემდე ეს მაჩვენებლები ორმაგდება ყოველწლიურად.

ცრილში 3 მოცემულია მიკროსისტემური ტექნიკის მიმართულების საერთო სტრუქტურა, ხოლო ცხრილში 4 – ახალი თაობის მიკროსისტემური ტექნიკის დამუშავების მიმართულებები და გამოყენების სფეროები.



ნახაზი 1. მიკროსიტემური ტექნიკის ობიექტების ბაზრის დინამიკის ანალიზი NEXUS [7].

ცხრილი 3. მიკროსისტემური ტექნიკის მიმართულების სტრუქტურა

<i>მიკროსისტემული ტექნიკის ობიექტების კლასი</i>	<i>დამუშავების მიმართულება</i>
მიკროელექტრომექანიკური სისტემები და მანქანები	მიკრომექანიზმები, მიკროძრავები
ოპტომექანიკური მიკროსისტემები	მიკროოპტიკა,ოპტომექანიკური ინტეგრალური სქემები
ბიოტექნიკური მიკროსისტემები	ორგანიზმის დიაგნოსტიკისა და ორგანოებში ჩარევის მინიატური ავტონომიური სისტემები
ენერგომომარაგების მიკროსისტემები	ავტონომიური მინატურული ენერგიის წყაროები, მიკროტურბინები
სენსორული მიკროსისტემები	მულტისენსორები, ინტელექტუალური სენსორები, უკუკავშირის სენსორები
მიკროანალიტიკური სისტემები	მინიატურული ანალიტიკური ხელსაწყოები
ტექნოლოგიური მიკროსისტემები	მიკრორექტორი, მიკროინსტრუმენტი, მიკრორეგულიატორი, მიკროტუმბო.
მინი და მიკრო რობოტოტექნიკური სისტემები	ავტონომიური მრავალფუნქციური დიაგნოსტიკური და ტექნოლოგიური მინი- სისტემები სპეციალურ პირობებში ექსპლუატაციისათვის.

ცხრილი 4. მიკროსისტემები ახალი თაობის ტექნიკისათვის

დამუშავების მიმართულება	დანიშნულება	
	საყოველთაო	სპეციალური
სენსორები და ტრანსდუსერები	ორიენტაციის, ნავიგაციის და მართვის მინიატურული სისტემები	
	საავტომობილო და სარკინიგზო ტრანსპორტი	აეროკოსმოური და რაკეტ- საარტილერიო სისტემები
	აქსელერომეტრები, მინიატურული ავტონომიური ნავიგაციის სისტემები, GPS კოსმოურ სისტემებთან შერეული სისტემები, კატაპულტირების სისტემები.	
მინიატურული მართვადი რადიო- და ოპტოელექტრონული კომპონენტები, მიკრომანქანები	მინიატურული მართვადი ელემენტარული ბაზა	
	სამოქალაქო ხელსაწყოთმშენებლობა	სპეციალური ხელსაწყოთმშენებლობა
	მინიატურული მმართვადი კონდენსატორები, რეზისტორები, სარკე, მოდულიატორები, მინიტურბინები, მიკროძრავები, მიკროგენერატორები	
ანალიტიკო- ტექნოლოგიური მიკროსისტემები	მინიატურული ანალიტიკო-დიაგნოსტიკური ჩიპები და მიკროჩიპიური რეაქტორები	
	ბიოტექნოლოგია, მედიცინა, ნავთობქიმია, კვების მრეწველობა	ქიმიური დაცვა, შეიარაღება, განსაკუთრებულად საშიში ნივთიერებების აღმოჩენა და უტილიზაცია
მიკრო- და ნანოინსტრუმენტები	მიკრო-და ნანომანიპულატორები, მიკროტექნოლოგიური მოწყობილობები	
	მედიცინა, მიკრობიოლოგია, ნანოელექტრონიკა	მედიცინა, სპეციალური დანიშნულების ნანო- ელექტრონული სისტემები
მინიატურული რობოტოტექნიკური	მინიატურული ავტონომიური მართვადი თვითმოძრავი სისტემები	

სისტემები	მედიცინაში დიაგნოსტიკისათვის მინირობოტები, ბირთვულ ენერგეტიკაში, ქიმიური მრეწველობაში	საომარ მოქმედებაში მინირობოტები დაზვერვისათვის
-----------	---	--

მიკროსისტემური ტექნიკის განვითარების ხელშემწყობ ფაქტორებს და ამ სფეროში თანამედროვე მდგომარეობის გათვალისწინებით ასეთი დიდი მიღწევების ფონზე შეიძლება გამოვყოთ:

- სამეცნიერო და ტექნიკური კულტურის ერთობლიობა, ფორმირებული მიკრო- და ოპტოელექტრონიკის აღორძინებისა და განვითარებისა პერიოდში;
- ბაზური აღჭურვილობის ერთობლიობა, საწარმოო სიმძლავრე და მიკროელექტრონული წარმოების ორგანიზებული ინფრასტრუქტურა, რომელის გამოდგება მიკროსისტემული ტექნიკის რეალიზაციისთვისაც;
- სხვადასხვა ფუნქციონალური დანიშნულებისა კონსტრუქციული გამოყენების სენსორული სისტემების აქტიური ბაზარი;
- არქიტექტურის სფეროში მიკრო- და ბიოტექნოლოგიური პროცესების ინტეგრაციის ტენდენციები, ფუნქციონირების პრინციპები;
- ბაზარზე ინფორმაციის დამუშავების ისეთი სისტემების გამოჩენა და პერსპექტიული თაობის ინტეგრალური სქემების მართვა, რომლებიც უზრუნველყოფენ „ინტელექტუალური“ შესაძლებლობების ახალ დონეს და მიკროსისტემების სწრაფქმედებას მისი წონაგაბარიტული და ენერგეტიკული მაჩვენებლების შენარჩუნების ან გაუმჯობესების პირობებში;
- ახალი აქტიური ბაზრის პერსპექტივები მინიატურული არც თუ ისე ძვირი დიაგნოსტიკური სისტემების სფეროში, ადამიანის ჯანმრთელობის კონტროლისათვის და მასიური პროფილაქტიკისათვის;

- აღჭურვილობების ბაზრის ფორმირება მიკროდონეზე მკაცრ სამუშაო პირობებში, რადიაციულ, ტოქსიკურ და ფეთქებადსაშიშ ნივთიერებებთან მუშაობის ტექნოლოგიისათვის.

ქვეყნებში, რომლებიც თანამედროვე პირობებში ფაქტიურად განსაზღვრავენ სამეცნიერო-ტექნიკურ პროგრესს, „მიკროსისტემური ტექნიკის“ მიმართულებაში იყენებენ ტერმინს „კრიტიკული ტექნოლოგიები“, ამით კვლევისა და დამუშავების პროგრამებს ანიჭებენ „ნაციონალურ“ და „პრიორიტეტულ“ სტატუსს.

დღეისათვის საყოველთაოდ ცნობილია, რომ მიკროსისტემურ ტექნიკას აქვს პრიორიტეტული მნიშვნელობა თავდაცვის მრეწველობისათვის, უზრუნველყოფს სახელმწიფოს ბირთვულ და ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას, ბიოტექნოლოგიის განვითარებას და მოსახლეობის სამედიცინო მომსახურებას.

შექმნილი „მიკროსისტემური ტექნიკის“ მიმართულების საზღვრებში პროდუქცია ხასიათდება:

- სიახლით;
- მეცნიერებადტევადობით;
- კონკურენტუნარიანობით;
- დამუშავების ეტაპზე ინვესტიციების პოტენციალით;
- ტირაჟირებით, მასიური წარმოებით;
- დაბალი მასშტაბის მრეწველობით;
- დაბალი ენერგომოცულობით;
- მოთხოვნის ფართო ბაზრით.

ეფექტი მიკროსისტემური ტექნიკის სფეროში სამუშაოს რეალიზაციიდან განისაზღვრება:

- ახალი თაობის მანქანებისა და ხელსაწყოების შექმნით, მცირე მასშტაბითა და ენერგომოცულობით, რომლებიც უზრუნველყოფენ ტრადიციულ და ადრე მიუღწევადი ამოცანების გადაწყვეტას გარემო პირობებზე ეკოლოგიური დატვირთვის შემცირებით და ადამიანის სამუშაოს უსაფრთხოების გაზრდით;
- წარმოებაში ინტეგრალურ-ჯგუფური პრინციპების გამოყენებით, რომელიც გამოიწვევს პროდუქციის თვითღირებულების

შემცირებას, ეს კი ხელმისაწვდომს გახდის მას მომხმარებელთა ფართო სპექტრისათვის, მათ შორის სამეცნიერო სფეროსთვის, განათლების, მედიცინის, მცირე და საშუალო ბიზნესისათვის;

- ტექნოლოგიური მიკროსისტემების შექმნის დროს მიკროელექტრონული მრეწველობის სტანდარტული აღჭურვილობების გამოყენებით;
- მიკრობიოექტების და ზემცირე რაოდენობის ნივთიერებების გამოყენების პირობებში (აღრე მიუღწევადი) რადიზაციის შესაძლებლობით, რაც ამცირებს დანახარჯებს კვლევების წარმოების სტადიაზე და ამცირებს მოთხოვნებს ძვირადღირებულ მასალებზე;
- ანალიტიკო-დიაგნოსტიკური მიკროსისტემების მაღალი ეფექტურობით, დაავადებების პროფილაქტიკის ამოცანის გადაწყვეტის პირობებში, ე.ი. „ადამიანური კაპიტალის“ შენარჩუნებისათვის.

მიკროსისტემური ტექნიკის განვითარება ისეთ შედეგს მოახდენს სამეცნიერო-ტექნიკურ პროგრესზე, როგორიც მოახდინა მიკროელექტრონიკამ მეცნიერებისა და ტექნიკის წამყვანი სფეროების აღორძინებასა და თანამედროვე მდგომარეობაზე.

2. შედეგები და მათი განსჯა

2.1. მიკროსისტემური ტექნიკის ელემენტური ბაზა

აღსანიშნავია, რომ დიდი მოთხოვნა სენსორული ელემენტებზე და მათი შემდგომი განვითარების ნათელი კონცეპცია მიკროსისტემური ტექნიკის ობიექტების კვლევის გაფართოებისა და წარმოების განვითარების ძირითადი მასტიმულირებელი ფაქტორი გახდა.

სენსორები და ტრანსდუსერები

მოცემული კონცეპციის ძირითადი ეტაპები „სენსორიდან ტრანსდუსერამდე“ შეიძლება ჩამოვაყალიბოთ შემდეგი სახით:

- მულტისენსორების შექმნა და დამუშავება, მგრძნობიარე ელემენტების – პირველადი გარდამქმნელების – გაერთიანებით.
- ინტეგრირებული სენსორების შექმნა და დამუშავება, მგრძნობიარე ელემენტების და მეორადი გარდამქმნელების გამოყენებით, ერთიანი ტექნოლოგიური სისტემის ფარგლებში გამოყენების პირობებში.
- მგრძნობიარე ელემენტებზე აქტიური უკუკავშირის შესრულების ფუნქციით ინტეგრირებული სენსორების შექმნა და დამუშავება.
- ანალიტიკური შესაძლებლობების ინტეგრალური სენსორების შექმნა და დამუშავება. ე.ი. გაზრდილი მგრძნობიარობით და (ან) არატრადიციული სენსორული საშუალებების კვლევის ხარჯზე მათი სელექციურობით, სინჯის, რეგისტრაციის მეთოდების და ინფორმაციის დამუშავების შეფოვნების და დაყოფის მეთოდებით.

ამ უკანასკნელი მიმართულების ფორმულირებამ ფაქტიურად განსაზღვრა ისეთი მიკროსისტემური ტექნიკის შექმნა, როგორიცაა მიკროანალიტიკური სისტემები. ასეთი სისტემის პირველი ნათელი წარმომადგენელია გაზის მიკროქრომატოგრაფი, რომელიც შეიქმნა სილიციუმის ტექნიკის ელემენტების გამოყენებით სამოცდაათიანი წლების ბოლოს (პლანარული კონსტრუქცია).

ანალიტიკო-ტექნოლოგიური მიკროსისტემები

მიკროსისტემების შექმნის და გამოყენების ერთ-ერთ პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს ანალიტიკო-ტექნოლოგიური მიკროსისტემების დამუშავება, ორიენტირებული ზემცირე მოცულობებით ნივთიერებების რაოდენობით, რაც საშუალებას იძლევა ენერგეტიკული და დროის პარამეტრების გათვალისწინებით გაზარდოს რეალიზაციის პროცესების ეფექტურობა, უზრუნველყოფს მავნე და ტოქსიკურ ნივთიერებებთან მუშაობის შესაძლებლობას, ამარტივებს ნარჩენების უტილიზაციას. ეს ყველაფერი ერთად კი განაპირობებს ასეთი სისტემების მაღალ ეკონომიკურ ეფექტურობას.

ახალი თაობის ანალიტიკო-ტექნოლოგიური მიკროსისტემებისათვის დამახასიათებელია:

- ტექნოლოგიური და კონტროლ-დიაგნოსტიკური ქვესისტემის ბლოკ-მოდულური უნიფიკაცია;
- მოქნილობა, რომელიც განისაზღვრება პროდუქციის მრავალნომენკლატურობით და სხვადასხვა მომხმარებლის პირობებში მრავალფეროვანი ამოცანათა კლასის გადაწყვეტის შესაძლებლობით (ქიმია, ბიოტექნოლოგია, მედიცინა, ხელსაწყოთმშენებლობა, მანაქანათმშენებლობა);
- ანალიტიკური და ტექნოლოგიური მოდულების ინტეგრირება ერთი სამუშაო ადგილის ფარგლებში, რომელიც იძლევა სამუშაო ზონაში როგორც დაყოფის, ასევე სხვადასხვა ტიპის ურთიერთქმედების კონცენტრაციის შესაძლებლობას.
- მიკროაღჭურვილობის ინტელექტუალურობა, რომელიც განისაზღვრება კონტროლ-დიაგნოსტიკური მოდულების განვითარების სისტემით და მოქნილი კავშირით ანალიტიკურ და ტექნოლოგიურ მოდულებს, აგრეთვე ინფორმაციული და ენერგეტიკული უზრუნველყოფის ქვესისტემებს შორის.
- ლოკალურობა, რომელიც იძლევა ზემცირე მოცულობებთან და ნივთიერებების რაოდენობებთან მუშაობის საშუალებას, ამცირებს ენერგეტიკულ დანახარჯებს, ამცირებს ეფექტურობას და პროცესის მიმდინარეობის სიჩქარეს.

- ეკოლოგიურობა, რომელიც იძლევა ზემცირე რაოდენობის მავნე და ტოქსიკური ნივთიერებების პირებში მუშაობის საშუალებას, აგრეთვე უზრუნველყოფს ნარჩენების უტილიზაციის სიმარტივეს.
- ეკონომიურობა, რომელიც განისაზღვრება ტექნოლოგიური სისტემების შექმნისას გამოყენებული ჯგუფური წარმოების პრინციპებით, მცირე ენერგომოცულობები, ასევე მიკროტექნოლოგიური სისტემების მიღებისას ზემცირე ნივთიერებათა რაოდენობებზე მუშაობის მაღალი ეფექტურობით.

ანალიტიკო-ტექნოლოგიური მიკროსისტემები წარმოადგენენ ახალი სახის მოწყობილობებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ არაორგანული და ორგანული ბუნების ზემცირე ნივთიერებათა რაოდენობების ურთიერთქმედების ლოკალიზაციის მაღალი ხარისხს, მიკრომოცულობის პირობებში მყარი ტანის მიკროტექნოლოგიური მეთოდებით შექმნილი ფიზიკო-ქიმიური პროცესების ინტეგრაციას და დიფერენციაციას. ინტეგრირებულ კლასტერულ ტექნოლოგიურ მიკროსისტემებს მიეკუთვნებიან:

- ტექნოლოგიური მოდულები;
- კონტროლ-დიაგნოსტიკური მოდულები;
- უტილიზაციისა და შენახვის მოდულები;
- სატრანსპორტო მაგისტრალები;
- ენერგოუზრუნველყოფის ქვესისტემები;
- საინფორმაციო-მმართველი ქვესისტემები.

კლასტერული მიკროსისტემების ძირითად ნიშანთვისებას წარმოადგენს:

ტექნოლოგიური მოდულების დახასიათება და ნომენკლატურა;

კონტროლ-დიაგნოსტიკური მოდულების დახასიათება და ნომენკლატურა;

სატრანსპორტო მაგისტრალების დახასიათება და ნომენკლატურა;

მუშა პოზიციის რაოდენობა და მათი გაზრდის შესაძლებლობა;

სტრუქტურულ-კომპონირებული სქემები და აგრეგაციების პრინციპები;

მოდულების ურთიერთ-სივრცული განლაგება (ხაზობრივი, რადიალური, შერეული) და მოდულთშორისი კავშირების მეთოდის უზრუნველყოფა;

ფუნქციონირების პრინციპი (მიმდევრობითი, პარალელური, პარალელურ-მიმდევრობითი).

კლასტერული კომპლექსის აგების მაგისტრალურ-მოდულური სისტემა, ტექნოლოგიური, კონტროლ-დიაგნოსტიკური მოდულების და სატრანსპორტო მაგისტრალების კონსტრუქციის უნიფიკაცია, ასევე მათი დუბლირება და პროექტირების ეტაპზე მოდულებს შორის ტოპოლოგიური კავშირებში ცვლილებების შეტანის შესაძლებლობა, ისე რომ ტექნოლოგიაში არ იყოს რაიმე რადიკალური ცვლილების შეტანა საჭირო, განსაზღვრავს კლასტერული ანალიტიკო-ტექნოლოგიური სისტემების მოქნილობას, ეს კი უზრუნველყოფს მათ სრულ ფუნქციონირებას.

მიკროინსტრუმენტები

მიკროინსტრუმენტი წარმოადგენს ტექნოლოგიური მიკრომოდულების კომპლექსს მაღალი ლოკალური მოქმედების სხვადასხვა ოპერაციის შესრულებისათვის. კომპლექსი შედგება მიკრომოწყობილობებისაგან, რომლებიც უზრუნველყოფენ მიკროდონეზე ჩაჭერას, მიწოდებას და გაწოვას, გახურებას, დაორთქვლას, სტიმულაციას და ზელოკალურ (ნანოდონემდე) დიაგნოსტიკას. ეს კი იძლევა დოზირების, შეერთების, მოცილების, მოდიფიცირების, გაზომვის და სხვა ოპერაციების შესრულების საშუალებას.

ფაქტიურად პრეციზიულ მიკრომანიპულატორში ჩაყენებულ მინიმალური რაოდენობის მიკროტექნოლოგიურ კომპლექტს შეუძლია სამი ძირითადი ტიპის მიკროოპერაციის ლოკალურად წარმართვა. ეს ოპერაციებია: დაფენა, მოცილება და ნივთიერების მოდიფიკაცია. ცალკეული ოპერაციებისა და სპეციფიკური პროცესების წარმართვისათვის კი საჭიროა ბაზური ტექნოლოგიური მიკრომოდულების შეცვლა.

მიკროტექნოლოგიური ინსტრუმენტის ბაზური კომპლექტი უზრუნველყოფს ინდივიდუალური მიკროოპერაციებს და შეზღუდული

და შეუზღუდავი ბუნების ობიექტების მიკრომანიპულირებას, ასევე ტექნოლოგიური მიკროსისტემების მუშაობის მოქნილობას.

ტექნოლოგიური დანიშნულების მიკროსისტემები წარმოადგენენ ერთერთ ყველაზე პერსპექტიულ და „მასშტაბურ“ ტექნოლოგიურ მიმართულებას, ორიენტირებულს „თხელ“ და „ზუსტ“ მეცნიერებად-ტევად პროცესებზე, განსაზღვრავენ რა სახელმწიფოს სამეცნიერო-ტექნიკურ და თავდაცვისუნარიანობის პოტენციალს [8].

ახალი თაობის, მიკროდონეზე შეზღუდული და შეუზღუდავი ბუნების ობიექტებთან მუშაობისათვის განკუთვნილი, ანალიტიკო-ტექნოლოგიური მიკროსისტემების და მიკროინსტრუმენტების შექმნა ითვალისწინებს:

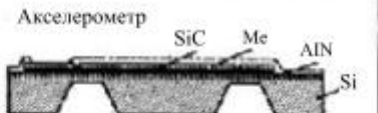
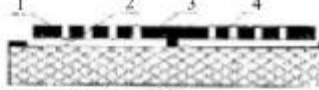
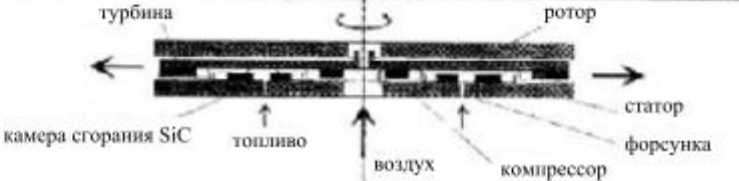
- ანალიტიკო-ტექნოლოგიური მიკროსისტემების ფუნქციონირების და ორგანიზაციის ახალი პრინციპების დამუშავებას, კონსტრუქციის მოდიფიკაციის და მოქნილობის უზრუნველყოფის მიზნით გადასაწყვეტი ამოცანის ნომენკლატურის გათვალისწინებით. ე.ი. ერთგვაროვანი კონსტრუქტორულ-ტექნოლოგიური და მრავალ-ფუნქციონალური სისტემების ჰარმონიზაციას;
- ტექნოლოგიური მიკროსისტემების და მიკროინსტრუმენტების კონსტრუირების ახალი პრინციპების ძიებას მასშტაბირების ეფექტების გათვალისწინებით. იგი განსაზღვრავს ტექნოლოგიური და დიაგნოსტიკური მოდულების მინიატურიზაციას, რაც წარმოადგენს აუცილებლობას მიკროობიექტების მანიპულირებისათვის და ზემცირე ობიექტებში შეზღუდული რაოდენობის ნივთიერებების პროცესების რეალიზაციისათვის;
- ტექნოლოგიური მიკროსისტემების და მიკროინსტრუმენტების შექმნისას მირკოელექტრომექანიკისა და მირკოოპტიკის ელემენტარული ბაზისა და პრინციპების ფართოდ გამოყენებას, შემოსაზღვრულ მოცულობაში შემსრულებელი და მგრძნობიარე ელემენტების ელექტრული, ოპტიკური, მექანიკური და მაგნიტური კავშირების ინტეგრაციის განსაკუთრებულობის გათვალისწინებით;
- ტრადიციული მიკრორადიოელექტრონული კომპონენტების, ტექნოლოგიური, კონტროლ-დიაგნოსტიკური მოდულების და

ინფორმაციული და ენერგეტიკული უზრუნველყოფის ქვესისტემის კონსტრუირებისას და შექმნისას გამოყენებული კლასიკური კონსტრუქციული გადაწყვეტილებების ფართოდ გამოყენებას;

- ტექნოლოგიური მიკროსისტემების და მიკროინსტრუმენტების შექმნისას ისეთი ახალი მასალების ნომენკლატურის შექმნას, რომელთაც უწევთ ქიმიურად აქტიურ, მაღალი ენერგიის და ხანგრძლივი დროის განმავლობაში რთულ სამუშაო გარემოში ყოფნა. ეს მოითხოვს გარე ზემოქმედებისაგან გაზრდილი მედეგობის მქონე მასალების გამოყენებას.
- მოწყობილობების ადაპტაციას, მოდერნიზაციას და მიკროელექტრონიკის ნაკეთობის კლასიკური ტექნოლოგიის ძირითადი პროცესების ამოცანის გადაწყვეტას ტექნოლოგიური მიკროსისტემების და მიკროინსტრუმენტების შექმნისათვის.

მიკრომანქანები და მინი-რობოტები

მიკროძრავების შექმნის სფეროში უკვე ათწლეულზე მეტია რაც მიმდინარეობს სამუშაოები. უკანასკნელ წლებში შესრულდა მიკროსისტემების სფეროში უნიკალური სამუშაოები ავტონომიური მინიატურული სისტემების ენერგოუზრუნველყოფისა და არატრადიციული ძრავების პრობლემებთან დაკავშირებით. განსაკუთრებულად საინტერესოა ამ სფეროში მიკროტურბინა – კლასიკური ტურბინის მინიატურული ანალოგი, რომლის ბრუნვა ხორციელდება მაღალ ტემპერატურაზე გაზის წვით, მაგალითა წყალბადი, რაც უზრუნველყოფს ათეულობით ვატი სიმძლავრის გენერაციას რამოდენიმე მილიმეტრი ზომის მიკრომანქანის პირობებში. ნახაზზე 1. წარმოადგენილია მშრალი დრმა მოწამვლის მეთოდით მიკროტურბინის როტორის რეალიზაცია [9].

Микросистемы	Схемы устройств	
а. Сенсоры		 1- микрогripper (SiC); 2- обкладка для снятия сигнала; 3- электростатический привод; 4- вибрирующая мембрана-ротор (SiC)
б. Микрореактор		
в. Микроинструмент		
г. Микротурбина		

ნახაზი 2. მიკროსისტემური ტექნიკის ობიექტების პრაქტიკული რეალიზაცია.

დიდ ინტერესს იჩენს რობოტოტექნიკის მიმართულებით წარმოებული სამუშაოები. მინირობოტი, როგორც წესი, განკუთვნილია იმ პირობებში ექსპლუატაციისათვის, სადაც ადამიანს არ ძალუძს მუშაობა (ცოცხალი ორგანიზმები, გაზრდილი რადიაციისა და მომწამლავი ნივთიერებებით დაბინძურებული გარემო, ფეთქებადსაშიში ზონები). მინიატურული რობოტოტექნიკის განვითარების მასტიმულირებელი ფაქტორებია მათი გამოყენება სახელმწიფოს უსაფრთხოებისა და თავდაცვისუნარიანობისთვის.

2.2. ტექნოლოგიური მოდულები მიკროსისტემურ ტექნიკაში

300 ექსპერტის წიანასწარმა გამოკითხვებმა გვიჩვენა, რომ სპეციალისტების 57% თვლის მიკროსისტემურ ტექნიკას და ნანოტექნიკას ჩვენი დროის ინოვაციური განვითარების მამოძრავებელ ძალად. ინფორმაციული ტექნიკა, ქსელებისა და მობილური კავშირების ჩათვლით 50%-იკავებს, ბიოტექნოლოგია და მეცნიერება - 47%-ს. ამ

მიმართულებების გავლენა მრეწველობაზე „დიდია ან ყველაზე დიდია“ – არნიშნავს გამოკითხულთა 90%. „ტექნიკისა“ და „ტექნოლოგიების“ განვითარებამ ჩამოაყალიბა ორი ახალი მიმართულების განვითარების აუცილებლობა: „მიკროსისტემური ტექნიკა და ნანოტექნოლოგიები“.

ტექნოლოგია – ეს არის ახალი ტექნიკის შექმნის აქტიური ელემენტი.

ნანოტექნოლოგიის პრინციპული განსხვავება ყველა სხვა წინამორბედი ტექნოლოგიებისაგან მდგომარეობს მის სამუშაო მიმართულებებში ფუნდამენტურ ობიექტებთან – ატომებთან. ეს კი იძლევა იმის საბაბს, რომ ნანოტექნოლოგია განვიხილოთ როგორც ახალი რევოლუციური მიმართულება ტექნოლოგიაში, რომელიც დიდ გავლენას მოახდენს ადამიანის მოღვაწეობის ყველა სფეროზე და თვით ადამიანზე.

ამის გათვალისწინებით აშშ ისწრაფვის დაიკაოს ლიდერის პოზიცია ნანოტექნოლოგიის სფეროში [10]. მიკროსისტემური ტექნიკა, დარჩება როგორც ახალდაბადებული ბავშვი, სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესისი ჩრდილში. მოლეკულურ და უჯრედულ დონეზე ნანოტექნოლოგია დიდ გავლენას მოახდენს ადამიანზე, ოღონდ იმ პირობით, რომ ეს ზემოქმედება უნდა განხორციელდეს კონკრეტულ ადგილას, ამის შესაძლებლობა კი გააჩნია მიკროსისტემების გამოყენებაზე დაფუძნებულ მეთოდებს. სწორედ ამ მიზეზების გამო, ნანოსისტემები მთლიანად ვერ ჩაანაცვლებენ მიკროსისტემებს. ამდენად მიკროსისტემები წარმოადგენენ ერთდერთ ხიდს მიკრო და ნანო სამყაროს შორის. ეს ორივე მიმართულება უნდა განვითარდეს მათ შორის სინერგეტიკული კავშირის ბაზაზე. როგორც ექსპერტები ვარაუდობენ მათ შორის წინააღმდეგობა გამოწვეულია უფრო პოლიტიკური მოტივებით (კერძოდ ბრძოლა ფინანსირებისათვის), ვიდრე ამ ორ მიმართულებას შორის რეალური ანტაგონიზმით.

ამ ბრძოლის შედეგად ყალიბდება საერთო პროგრამები „ნანო-მიკრო“ ან „მიკრო-ნანო“ სისტემებისათვის.



ნახაზი 3. ტექნოლოგიების სინერგეტიკა.

როგორც კი მიკროსქემა დაპროექტდება, შემდეგი ეტაპია, მოიძებნოს საუკეთესო ტექნოლოგია, რათა დამზადდეს კონსტრუქციის დეტალების საჭირო რაოდენობა. კონსტრუირების ყველაზე მარტივი მეთოდია მისი აწეობა მოდულებით.

მოდული – უნიფიცირებული კვანძია, გაფორმებული როგორც დამოუკიდებელი ნაკეთობა [11]. მოდულური პრინციპი ფართოდ გამოიყენება ელექტრონიკაში. მოდულები – მიკროპროცესორები, მეხსიერების ინტეგრალური სქემები, გამაძლიერებლები და სხვა – საშუალებას იძლევიან შევქმნათ საჭირო ელექტრონული მოწყობილობა. ამიტომაც მოდულირება კონსტრუირების ეტაპზე დამახასიათებელია მიკროელექტრონიკისათვის.

კონსტრუქციებში კლასიკური მიკროსისტემების ტრიადაა:

- მოგრძნობიარე ელემენტი (გარე ინფორმაციის მიმღები სენსორი, მთვლეკი);
- მგრძნობიარე ელემენტის სიგნალის დამუხადების სისტემები (გამაძლიერებელი, გარდამქმნელი, პროცესორი);
- უკუკავშირის მოწყობილობა (აქტუატორი, კავშირის არხი და სხვა).

მოდულირების იდეოლოგია ორიენტირებულია კომპონენტების და სუბსისტემების პროცედურებისა და ტექნოლოგიების სტანდარტიზაციაზე. რეალურად ეს არის მოდულირების პრინციპების რეალიზაცია

ახალი მიკროსისტემების შექმნის ყველა ეტაპზე: პროექტირების, კონსტრუირების და წარმოების.

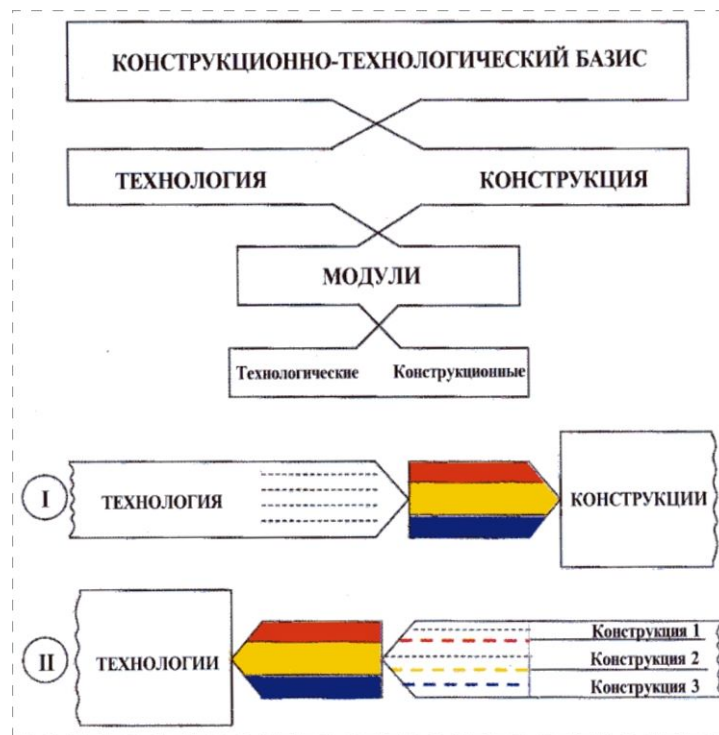
მიკროსისტემური ტექნიკის ნაირსახეობამ მიკროსისტემების წარმოების სხვა მიმართულებები წარმომადგენლები გამოაფხიზლა და ბევრი მათგანი აქტიურად ჩაერთო მოდულური სისტემების პროგრამების შექმნისა და განვითარების პროცესში.

მიკროსისტემების ტექნოლოგიებში მოდულირების რეალიზაცია მოითხოვს პროცესების შესაფერის დოკუმენტირებას, ნაკეთობებისა და პროდუქციის შესასვლელი და გამოსასვლელი პარამეტრების სპეციფიკაცირებას. ამ ბაზაზე დაყრდნობით სხვადასხვა ტექნოლოგიური მოდულებისათვის ფასდება ეკონომიკა და იგეგმება საბაზრო პროდუქტის წარმოების სტრატეგია. „კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური ბაზისი“ კარგად უნდა იყოს მორგებული ეფექტურ „კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიურ მოდულზე“. მსტ საბოლოო პროდუქტის შექმნა შეიძლება მოითხოვდეს რამოდენიმე ტექნოლოგიური მოდულის გამოყენებას.

მიკროსისტემების ტექნიკაში მოდულირების იდეოლოგიის ლოგიკური დასასრული უნდა იყოს მისი გაერცელება დამამუშავებელი და ამწყობი მოწყობილობების წარმოებაზე. ამ მიმართულებით სამუშაოები მიმდინარეობს მთელ რიგ ქვეყნებში (გერმანია, ავსტრია, აშშ). ამგვარად მოდულირება მიკროსისტემების კონსტრუირებაში და ტექნოლოგიაში წარმოადგენს მსტ-ს განვითარების აუცილებელ ფაქტორს. ეს კი აერთიანებს მას მიკროტექნიკის სხვა მიმართულებასთან – მიკროელექტრონიკასთან.

პრინციპიალური განსხვავება მიკროსისტემურ ტექნიკასა და მიკროელექტრონიკას შორის არის ის, რომ მიკროსისტემა (არა ცალკეული მთვლედი ან აქტუატორი) იქმნება მომხმარებლის ცალკეული ჯგუფების დაკვეთით, ე.ი. წარმოადგენს შეკვეთას. მიკროელექტრონიკის განვითარების გენერალური ხაზი კი ორიენტირებულია მასიურ წარმოებაზე. მიკროელექტრონიკის ის ნაკეთობები, რომლებიც დამზადებულნი არიან როგორც მოდულები, წარმოადგენენ უნივერსალურს.

იმ ფაქტმა რომ უნივერსალური ტექნოლოგიის ბაზაზე შეუძლებელი იყო მიკროსისტემების მოდულების შექმნა, მეცნიერების და ინჟინრები მიიყვანა იმ დასკვნამდე, რომ მიკროსისტემური ტექნიკის მოდულირება საჭიროა არა მარტო კონსტრუქციის, არამედ ტექნოლოგიის დონეზე. ნახაზზე ნაჩვენებია ახალი ტექნიკის შექმნისათვის მოდულების კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური ვარიანტები.



ნახაზი 4. კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური ორიენტირებული მოდულირება ტექნიკაში.

პირველ შემთხვევაში შესაძლებელია შექიმნას სხვადასხვა კონსტრუქციების დიდი რიცხვი მცირერიცხოვანი კონსტრუქციული მოდულების ბაზაზე. ეს მოდულები იწარმოებიან უნივერსალური ტექნოლოგიის ბაზაზე სპეციფიკური ტექნოლოგიური მოდულების გამოყენებით. ამ ვარიანტს მიეკუთვნება ნანოტექნიკა და მიკროელექტრონიკა. რაღურად, პროგრესი მიკროელექტრონიკაში განპირობებულია უნივერსალური ტექნოლოგიების განვითარებით და იგი ხასიათდება ერთი გლობალური პარამეტრით – ლიტოგრაფიული სურათის მინიმალური ზომებით (1,0; 0,8. . . 0,05 მკმ). ამ პარამეტრის მიხედვით შეიძლება შეიქმნას მიკროელექტრონული უნივერსალური

კონსტრუქციული მოდული (საშუალოდ ყოველ 18 თვეში ინტეგრაციის ხარისხის გაორმაგებით). მეორე ვარიანს განეკუთვნება მიკროსისტემული ტექნიკა. ამ შემთხვევაში ახალი კონსტრუქციის წარმოებისათვის (სპეციფიკური კონსტრუქციული მოდულების გამოყენების საფუძველზე) მისი დანიშნულების და წარმოების ტირაჟის გათვალისწინებით, ირჩევენ ყველაზე შესაფერის ტექნოლოგიურ მოდულს ხელმისაწვდომის უნივერსალური მოდულების რიცხვიდან.

სხვადასხვა ტექნოლოგიური მოდულების შექმნა ჩვეულებრივი მოვლენაა საზღვარგარეთული წარმოების პრაქტიკაში. როგორც წესი, მათ ბაზაზე იქმნებიან ე.წ. „წარმოების ცენტრები“ და მათი რიცხვი მუდმივად იზრდება [12]. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ მიკროსისტემების განვითარების პრობლემებს ტექნოლოგიური მოდულების შექმნა ვერანაირად ვერ გადაწყვეტს. მიკროსისტემების კომპონენტების კონსტრუქციის ბიბლიოთეკა და ტექნოლოგია (ე.ი. კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური ბაზისი) არსებობის პირობებში საჭიროა მოდულების შესაძლებლობების შეთავაზება პოტენციური მომხმარებლისათვის.

მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების ტენდენცია გვიჩვენებს, რომ არანაირი ზღვარი ნანო-, მიკრო- და მაკროტექნიკას შორის არ არსებობს. რეალურად ამ სფეროს ტექნოლოგიების უფრო ახლოსაა თეთრი შუქის ბრტყელ სპექტრთან, ვიდრე მახიათებელი სპექტრის ზოლებთან ან ხაზებთან. თითოეული მიმართულების განსაკუთრებულობის და გამორჩეულობის ცოდნა საშუალებას იძლევა მიზანმიმართულად მოვახდინოთ მათი განვითარება დროის განსაზღვრულ ინტერვალში. მიკროსისტემური ტექნიკისათვის დღეისათვის გადამწყვეტ როლს წარმოადგენს ტექნოლოგიური მოდულების ქსელის შექმნის აუცილებლობა.

ამრიგად,

1. არ არსებობს მიკროსისტემური ტექნიკის ერთიანი ტექნოლოგია, რომლის დროსაც მასალებზე ერთი ტიპის ოპერაციების ზემოქმედებით შეიქმნება სხვადასხვა კონსტრუქცია;

2. მიკროელექტრონიკისაგან განსხვავებით მიკროსისტემური ტექნიკა ხასიათდება, პირველ რიგში, ტექნოლოგიური და არა კონსტრუქციული მოდულების ნაკრებით;
3. მიკროსისტემური ტექნიკის ნაკეთობები ორიენტირებულია კონკრეტული გამოყენებისათვის, ე.ი. წარმოადგენს შეკვეთილს. ცალკეული ნაკეთობებისათვის შერჩეული უნდა იყოს ოპტიმალური ტექნოლოგიური მოდელები;
4. მიკროსისტემური ტექნიკის განვითარების საფუძველს წარმოადგენს ტექნოლოგიური მოდელების საკმაოდ ფართო სპექტრის შექმნა.

2.3. მიკრო და ნანო სისტემების საწარმოო კომპანიების წარმატების პრინციპები და ანალიზი.

ინვესტიციის არჩევაში ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხია და განსაკუთრებით სარისკოდ ითვლება ინვესტიციის კაპიტალის ინვესტიციაზე დაბრუნების ნიშანი. წარსულში მაღალი ტექნოლოგია დიდ ზემოქმედებას ახდენდა საზოგადოებაზე. დღეს, როდესაც უამრავი სამრეწველო დარგია, მაღალი ტექნოლოგია აგრძელებს ადამიანთა ცხოვრების განსაზღვრას დედამიწაზე. ეს მთავრდება ერთი ტექნოლოგიური რევოლუციის მეორეთი შეცვლით

„ბიზნეს კვირეული“ ახლახან აქვეყნებს სპეციალურ განხცადებას და ცდილობს იწინასწარმეტყველოს, რომ მთავარი სიძნელეები უკანაა, ცვლილებები მოსალოდნელია 21-ე ასწლეულში. დასკვნა მეტად საინტერესოა ტექნოლოგიისათვის. საინფორმაციო რევოლუცია, როგორც მოსალოდნელია განაგრძობს მწარმოებლობის ზრდას ეკონომიკის მომდევნო 10 წელში. „ბიზნეს კვირეული“ ელოდება, რომ ინფორმაციაზე დამოკიდებული სამრეწველო დარგები, როგორიცაა ფინანსები, მატარებლები, საბითუმო და საცალო ვაჭრობა, მნიშვნელოვნად შეიცვლება. მრავალი მსხვილი ტექნოლოგიების მიღწევების ტალღა მოსალოდნელია ბიოტექნოლოგიების და მიკრო ელექტრო მექანიკური

სენსორების შედეგად, ახალი მრეწველობის დარგები, როგორც მოსალოდნელია გამოჩნდებიან შემდგომ ათწლეულში.

ქვეყნები, რომლებიც არიან სიახლის დანერგვის პოლიტიკის მიმდევრები, ათავისუფლებენ ვაჭრობას და ხსნიან ფინანსურ სისტემებს იქნებიან კონკურენტუნარიანი კომპანიები. მწარმოებლები, რომლებიც ფლობენ ახალ ტექნოლოგიებს, შეძლებენ საუკეთესო მოგებას და ყველაზე მაღალ საბაზრო წილს. მთავარი დისლოკაცია და გაურკვეველობა მუშებისათვის იქნება გარდაუვალი, რადგან გამოყენებულ იქნება ახალი ტექნოლოგიები. ტექნოლოგიის აქციები გაზრდიან ეკონომიკურ და ფინანსურ ენერგო დამოკიდებულებას, როგორც ამერიკაში, ასევე მთელს მსოფლიოში.

„ბიზნეს კვირეულში“ ნაწინასწარმეტყველები ახალი ტექნოლოგიები უზრუნველყოფს წარმატებას შემდეგ სფეროებში:

- საინფორმაციო ტექნოლოგია;
- ბიოტექნოლოგია;
- მიკრო ელექტრო მექანიკური სენსორები.

აღნიშნული საკვანძო ტექნოლოგიები მოიცავენ შემდეგ საბაზრო წილებს:

- ფინანსები;
- მატარებლები;
- საბითუმო და საცალო ვაჭრობა;
- ახლად წარმოქმნილ დარგებს საფუძვლად დაედება ბიოტექნოლოგია და მიკრო ელექტრო მექანიკური სენსორები.

ეს გახლავთ ყველაზე ოპტიმალური პროგნოზი ტექნოლოგიებზე და მათ კომპანიებზე. ეს ნიშნავს, რომ ათწლეულის მანძილზე გამართლებულია ამ ბიზნესში კაპიტალდაბანდება.

საწარმოო კაპიტალის მიზანი

სამრეწველოს საწარმოო კაპიტალის მთავარი მიზანი მდგომარეობს იმაში, რომ ინვესტორებს დაუბრუნოს მაქსიმალური მოგება. საუკეთესო ფონდები აღწევენ აქციებისა და ბრუნების უმაღლეს

ნორმას. მაგალითები, რომლებიც ნაჩვენებია ცხრილში ასახავენ ერთ-ერთი პრესტიჟული ფირმის „Kleiner-Perkins“-ის სილიციუმის ველის საწარმოო კაპიტალს.

კომპანია	ინვესტიციები	ინვესტიციის დაწყების დრო	დაბრუნება
@Home	\$6.4 მილ.	1995	8700%
Netscape	\$5.0 მილ.	1995	8000%
Amazon.com	\$8.0 მილ.	1996	4400%
Exite	\$3.0 მილ.	1994	7200%
Rambus	\$2.8 მილ.	1990	5100%
Citrix Systems	\$3.3 მილ.	1989	4000%

ცხრილი 5. კომპანიების საწარმოო კაპიტალი

დიდ წარმატებას თან ახლავს წარუმატებლობაც. Kleiner-Perkins-ის 79 საზოგადოებრივი კომპანიის საინვესტიციო პორთფელი ითვლის: 19 დიდ წარუმატებლობას, 5 კომპანია დაუბრუნდა ამერიკის საფონდო ბირჟას და 55 კომპანია გადაკეთდა სხვა კომპანიად. კლაინერ პარკინსმა დაამუშავა და გამოსცა რეკომენდაციების კრებული, რათა შემცირდეს წარმოების საწარმოო კაპიტალის წარუმატებლობის ალბათობა, ხოლო მისმა მეგობარმა ჯონ დოერმა შეაჯამა ეს რეკომენდაციები ასეთი თანმიმდევრობით:

1. ტექნიკური მხარე

- ღებულობს საუკეთესო ტექნოლოგიას სამუშაოსთვის. ინვესტიციაზე დიდი მოგებები წამიერად არ ხდება.

2. წარმატებული მართვა

- საუკეთესო ხალხი საშუალო ტექნოლოგიებით იქნებიან უფრო წარმატებულნი, ვიდრე საუკეთესო ტექნოლოგიები სუსტი მართვით.
- კარგი მენეჯერების უკმარისობის გადალახვის სტრატეგია.
- შეიძინეთ საუკეთესო ოპერაციული სისტემები მეტად წარმატებული კომპანიებისაგან.

- გადაუხადეთ მათ, რათა ჩაიფიქრონ იდეა ბაზრის მოთხოვნის შესაბამისად.
- მაშინ შესთავაზეთ მათ გაშვების დაფინანსება.

3. სტრატეგიული საბაზრო ცენტრი:

- დიდი საბაზრო ზომა;
- სწრაფადმზარდი ბაზარი (წელიწადში 20%-ით ზრდით და 100%-ით გაზრდის შესაძლებლობით);
- სამომხმარებლო ბაზარი (ღია კარებით ახლად მომსვლელთათვის).

4. ფინანსირების ჭკვიანური სტრატეგია

- მცირე ფინანსირება აყოვნებს ნაკეთობის გაშვებას და ტალანტების დაქირავებას.
- უმაღლესი ფინანსირება ამცირებს წარმატების შიშშილს და ამცირებს ინვესტიციებზე დაბრუნებას.

5. გადაუხდელობის არსი

- ბაზარი არ იცდის: ან დამაარსებელი მიაწოდებს ან ვიღაც კიდევ სხვა.

სამრეწველოს საწარმოო კაპიტალი, ფინანსირებული მართვა

ფირმის საწარმოო კაპიტალით ახალი კომპანიის ფინანსირება დაკავშირებულია ბევრ მისტიკასა და უნდობლობასთან მაღალტექნიკურ მწარმოებლებს შორის. მწარმოებლები სრულიად დარწმუნებულნი არიან, რომ მათი ტექნოლოგია დამთავრდა და უნდა მოასწორონ ბაზარში.

საწარმოო კაპიტალის ფირმებმა იციან, რომ ნაკეთობა ვეღარ გასაღდება, და ბევრის გამოშვებას ვერ გაუძლებს ბაზარი და რამდენადაც კარგი ტექნოლოგია არ უნდა იყოს იგი, მაინც დაიკეტება. მათ იციან, რომ ტექნოლოგია ეს არის კომპანიის წარმატების მხოლოდ ერთი სტანდარტული ბლოკი. მათ ისიც იციან, რომ არ არსებობს შემდეგი ახალი გამოშვების მომავალი წარმატების გარანტია. ამის მიხედვით, მათ უნდა იცოდნენ, რომ შემდეგმა წარუმატებლობამ

შეიძლება მოუტანოს კომპანიას მთელი ინვესტიციის საშუალო შემოსავალი.

საბოლოოდ ფინანსირების მართვაში შეიძლება გამოვეყნოთ შემდეგი:

მოსალოდნელი საშუალო შემოსავალი ყველა ინვესტიციისათვის.

- ფინანსირებიდან 5 წელში 10-ჯერ საინვესტიციო რაოდენობა. ეს წარმოადგენს 30-60% მოგებას წელიწადში.

მინიმუმ საფინანსო დონე:

- 5 მილიონი დოლარის ფარგლებში, სადაზღვევო კომპანიებისა და საპენსიო ფონდების მიერ. დიდი საფინანსო დონის გამო, თითოეულ საწარმოო კაპიტალის ფირმას შეუძლია მხოლოდ შეზღუდული რაოდენობის ახალ გაშვებებზე მხარდაჭერა.

კომპანიის მომავალი მნიშვნელობა.

- გაყიდვა დროში, ანუ (დამოკიდებულება ფასი/შემოსავალი) * (სუფთა შემოსავალი დაბეგვრის შემდეგ).

ტიპური სილიციუმის ველში, ფინანსურად შეთანხმებულია, რომ კომპანიის დამფუძნებლები ყიდულობენ კომპანიის ჩვეულებრივ აქციებს ფასის გარკვეულ წილში. ინვესტორები ყიდულობენ პრივილეგირებულ აქციებს შედარებით მაღალ ფასში. (დაახლოებით 10-20 ჯერ მეტი). სამაგიეროდ უფრო დიდი ფასის სანაცვლოდ, აქციონერები იღებენ მოგებას, რომელიც დამფუძნებლებს არა აქვთ. ახალი კომპანია ტიპურად უზრუნველყოფს ვრცელ სასამართლო პერიოდს დამფუძნებლებისათვის, რომელიც ექვემდებარება მთლიან გადახდას საზოგადოების საწყისი წინადადებიდან ან აღმოჩენიდან [13].

კომპანიის პროცენტი საწარმოო კაპიტალის ფირმიდან გათვლილია ძირითადად მოსალოდნელი საშუალო შემოსავლიდან, ყველა ინვესტიციაზე 5 წლის შემდეგ კომპანიის მოსალოდნელი საბაზრო ფასიდან. მაგალითად:

- დამფუძნებლები გეგმავენ მოთხოვნილებას 10 მილიონ დოლარს ფინანსირებული აქციიდან.
- დამფუძნებლები გეგმავენ 75 მილიონ დოლარს 5 წლის შემდეგ 10% მოგებით, დაბეგვრის შემდეგ.

- წარმოება, რომელსაც ახალი კომპანია განეკუთვნება, ექნება საშუალო რიცხვი P/E 20.
- ეს 5 წლის შემდეგ დაგეგმილ ახალ კომპანიას მოუტანს 150 მილიონ დოლარს, მოსალოდნელი იყო საწარმოო კაპიტალის დაბრუნება 100 მილიონი დოლარი.
- დამფუძნებლები და მოსამსახურეები დაუტოვებენ კომპანიას 33%.

თუ დამაარსებლებს არა აქვთ არავითარი ძველი ანგარიშები ფულის კეთების კურსის, რისკის კოეფიციენტმა შესაძლებელია ეს საკუთრება შეამციროს მნიშვნელოვნად.

ახალი კომპანიის საკუთრების პროცენტი – ხშირად საყრდენი წერტილია მწარმოებლისათვის. კომპანიის მართვა განსაზღვრულია, როგორც მონოპოლიური გამოყენება 50%-ზე მეტი აქციებით, რომელიც იძლევა ხმის მიცემის უფლებას. დამფუძნებლებს უნდოდანთ შეენარჩუნებინათ კომპანიის მფლობელობა. ინვესტორებს ერთით, ჩვეულებრივ არ შეუძლიათ გააკეთონ ეს, რამდენადაც ისინი უნდა იყვნენ უფლებამოსილნი, რომ მოხსნან ან გადააყენონ დამაარსებლები.

საწარმოო კაპიტალის ფირმებს შეუძლიათ უზრუნველყონ მარკეტინგის არსებული მხარე შემდეგი ტიპის ახალი გაშვებისათვის:

- ამ მიმართულების რეგულირება მეტად საიმედოა წარმატებისათვის;
- პირველივე ნიშნისთანავე პრობლემის გამოსწორება;
- მარკეტინგის კონკურენტუნარიანი სტრატეგიის ფორმულირება და დამუშავება;
- მაღალი დონის მართვის შევსება;
- კომპანიის გაწონასწორება სწორი ინფრასტრუქტურის ფორმირებისას მიზანდასახული ბაზრისათვის;
- სტრატეგიული თანამეგობრობის შემსუბუქება, რომლებიც სხნიან კარს დიდი ბაზრისაკენ;
- გამყიდველებისა და კლიენტების გარანტიების უზრუნველყოფა.

ამის სანაცვლოდ, ისინი ითხოვენ მათი აქციების მაღალ შეფასებას, კორპორატიულ პარტნიორებთან შედარებით, რომლებიც ჩვეულებრივ ინტერესდებიან მხოლოდ ახალი ტექნოლოგიებით.

ბევრი ტექნიკური მწარმოებელი უპირატესობას ანიჭებს, რომ ჰქონდეთ 100% კუთვნილება კომპანიაში უმნიშვნელო საბაზრო შეფასებით, ვიდრე პატარა პროცენტი კომპანიიდან დიდი საბაზრო შეფასებით. ამ უკანასკნელი მეთოდით შესაძლებელია ადამიანი მდიდარი გახდეს. სილიციუმის ველის ბევრმა კომპანიამ დამაარსებლები დატოვა მცირე წილით. ხოლო მცირეწილიანი კომპანიები დღესაც მილიონერებად ხდიან ინვესტორებს.

მიკროსისტემების მაღალი ინტერესები დამოკიდებულია შემდეგ კოეფიციენტებზე:

- საბაზრო მოთხოვნილებაა იაფი, მსხვილმასშტაბიანი, მექანიკური კომპონენტები;
- ბევრი ბაზრები ჰპირდებიან გამარჯვების ოქროს თასს, მაგრამ როგორც მოსალოდნელია, მიკრო ელექტრო მექანიკური სენსორების ტექნოლოგია იქნება 21-ე საუკუნის ეკონომიკის ზრდის მკვეთარი;
- IC ინდუსტრიამ შექმნა მიკროსისტემებისათვის ხელმისაწვდომი ტექნოლოგიების ინფრასტრუქტურა;
- აკადემიკოსებმა დაკარგეს უნარი განახორციელონ პროგრესი IC მიკროელექტრონულ ტექნოლოგიებში.

მიკრო მიკროსისტემების ბაზარმა იწინასწარმეტყველა, რომ იგი გაიზრდება მომავალ წლებში შესამჩნევად. შემუშავებულ იქნა საბაზრო დატვირთვა. ერთ-ერთი ახალი მოვლენაა პროექტირების სისტემების შესწავლა, რომელიც დაფინანსებულია ამერიკის თავდაცვის სამინისტროს მიერ.

მიკროსისტემების სრული ბაზარი გვიჩვენებს, რომ 2003 წელში იგი უნდა გაიზარდოს 20-30%-ით, და იგი მიაწევს 10 მილიარდ დოლარზე მეტს. ყველაზე მზარდ წილს მოიცავს მიკრო ოპტო ელექტრო მექანიკური სენსორები და რადიო სიხშირის მიკრო ელექტრო მექანიკური სენსორები.

მიკროსისტემების საბაზრო ზრდის საერთო რაოდენობა ნაწინასწარმეტყველებია, 5 დოლარით ზრდისას 8,5 მილიარდი დოლარი 1996-დან 2003 წლამდე. თუ ეს პროექტირება დატვირთულია

დიდი შეცდომებით, უნდა იყოს დიდი შესაძლებლობა საწარმოო კაპიტალის ინვესტიციების მიკროსისტემების ბიზნესთან.

ხელსაწყოები	გაყიდვები		ზრდა
	1996	2003	
წნევის მაჩვენებლები	\$390-\$760 მილ.	\$1,100-\$2,150 მილ.	10-20%/წ.
ინერციული მაჩვენებლები	\$350 - \$540 მილ.	\$700-\$1,400 მილ.	10-20%/წ.
სითხეების მიკრო გამზომები	\$400 - \$550 მილ.	\$3,000 - \$4,450 მილ.	25 - 35 %/წ.
ოპტიკა (მიკრო ოპტო ელექტრო მექანიკური სენსორები)	\$25 - \$40M მილ.	\$440-\$990 მილ.	40 - 60 %/წ.
რადიო სიხშირის მიკრო ელექტრო მექანიკური სენსორები	-	\$40-\$120 მილ.	N/A
სხვები	\$510-\$1,050 მილ.	\$1,230-\$2,470 მილ.	10 - 20 %/წ.
საერთო რაოდენობა	\$1,675-\$2,940 მილ.	\$6,500-\$11,540 მილ.	20 - 30 %/წ.

ცხრილი 6. ბიზნეს სტატისტიკა

პროდუქცია	გაყიდვები		ზრდა
	1995	2005	
წნევის მაჩვენებლები	\$1,000 მილ.	\$2,500 მილ.	10%/წ.
სიჩქარის მაჩვენებლები	\$400 მილ.	\$800 მილ.	7%/წ.
სითხეების გამზომები	\$10 მილ.	\$100 მილ.	26%/წ.
მონაცემთა შენახვა	-	\$1,000 მილ.	N/A
დისკლეი	-	\$1,000 მილ.	N/A
ბიონიკები	-	\$200 მილ.	N/A
რადიო სიხშირის და მიკრო ოპტო ელექტრო მექანიკური სენსორები	\$10 მილ.	\$1,000 მილ.	58%/წ.
სხვები	\$30 მილ.	\$100 მილ.	13 %/წ.
მიკრო ელექტრო მექანიკური სენსორები საერთო რაოდენობა	\$1,450 მილ.	\$6,700 მილ.	17 %/წ.
მიკრო ელექტრო მექანიკური სენსორების არასენსორული საერთო რაოდენობა	\$50 მილ.	\$3,400 მილ.	52%/წ.

ცხრილი 7. ბრიზეკის მიერ ცატარებული კვლევის მონაცემები

სხვა საბაზრო პროგნოზი შემუშავებული იყო ბრიზეკისაგან 1995 წელს. ეს იყო მაშინ ყველაზე პესიმისტური პროგნოზი, რამდენადაც ეს ორიენტირებული იყო ნაკეთობაზე, რომლებსაც მიკროსისტემების კომპანია გაყიდის. უმეტესი სხვა ინფორმაცია ორიენტირებულია მიკრო ელექტრო მექანიკური სენსორების ტექნოლოგიების სისტემების და

ქვესისტემების გაყიდვაზე. ბრიზეკის ეს ინფორმაცია გვიჩვენებს, რომ შესაძენევი პოტენციალის ზრდა არსებობდა წნევის მაჩვენებლის ბაზარზე, მონაცემთა შენახვაზე, დისკლეიზე, ბიოპრინციპებზე და მიკროსისტემებზე.

მაშინ რა არის მთავარი? მარკეტინგის პრობლემების რამოდენიმე ტიპი:

- ვინ იყიდის ამას?
- რატომ იყიდის კლიენტები ამას?
- ბაზარი არსებობს;
- რამდენად დიდია მთლიანად მისაწვდომი ბაზარი;
- რამდენად დიდია მომსახურებისათვის მისაწვდომი ბაზარი (მმბ);
- მმბ-დან მოსალოდნელი პროცენტი, რომელიც იქნება დაბრუნებული;
- რა წარმოადგენს ბაზრის ზრდას?
- როგორია ბაზრის ზრდის საწვავი?
- რა წარმოადგენს კომპანიის კონკურენტუნარიანობის უპირატესობას?
- რეალური კონკურენტუნარიანობა, უპირატესობა სიცოცხლის-უნარიანობაში უფრო ხანგრძლივი დროისათვის;
- კონკურენტუნარიანობის უპირატესობა (პატენტები, სავაჭრო საიდუმლოებები, რესურსებთან შედწევა და სხვა);
- ვისთან კონკურირებს კომპანია?
- რა წარმოადგენს კონკურენტების დიდ საზღვარს?
- მარკეტინგის როგორი სტრატეგია იქნება გამოყენებული (ღირებულების ლიდერობა, დიფერენციაცია, ცენტრი).

ბევრი ინჟინერი თვლის, რომ მათი „პირმო“ შეუქმნის ახალ ბაზარს. თუ საქმე ასეა, ფინანსირების წარმატების აღბათობა შესაძენეად შემცირებულია, ახალი ბაზრის შექმნის მოთხოვნების გამო, ახალი ნაკეთობის შექმნის დამატებით. ამის გარდა ბაზრის შემქმნელი პიონერები ხშირად მიმართავენ სხვა გზას, იტაცებენ ახლად დამუშავებულ ბაზრებს [14].

ერთ-ერთი მეტად ნათელი მაგალითია ამ სტრატეგიის Apple

კომპიუტერი, რომელმაც შექმნა ბაზარი პერსონალური კომპიუტერებისათვის.

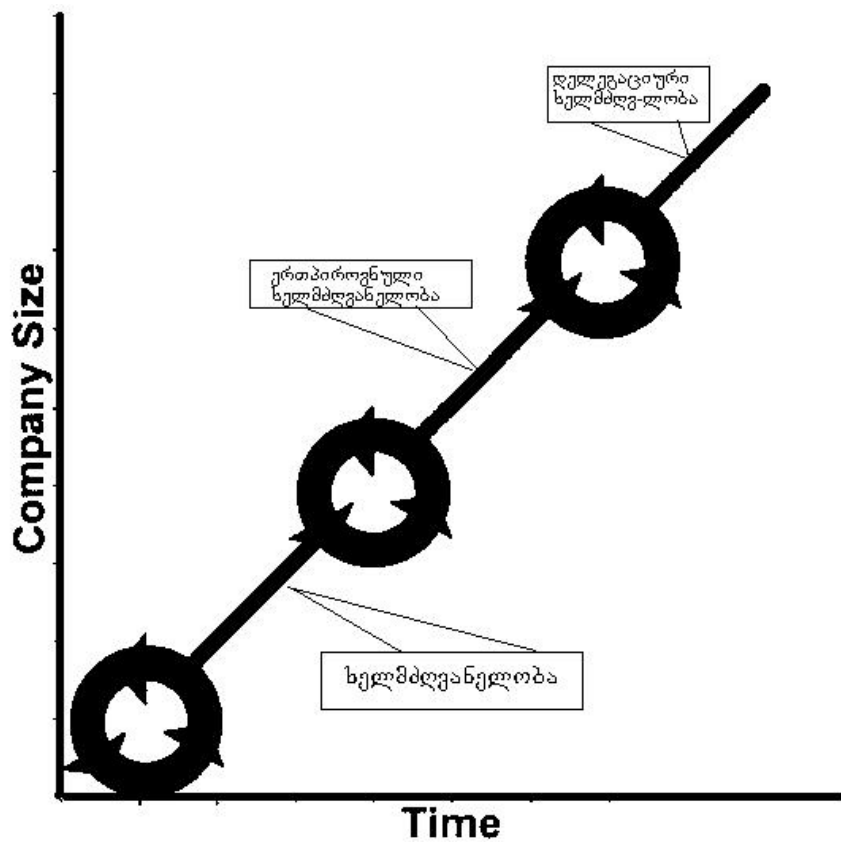
წარმატებული კომპანიების ბანკითარება.

კომპანიის დაწყებისას ყველამ უნდა იცოდეს, სხვადასხვა სიახლეები ითხოვენ კომპანიის ზრდის სხვადასხვა სტადიებს. ეს ეხება ყველა მოსამსახურეს, განსაკუთრებით კი დამაარსებლებს. კომპანიის განვითარების საწყის სტადიაზე ყველაზე აუცილებელი გამოცდილებები დაკავშირებულია ჩანაფიქრის რეალურ ნაკეთობად გარდაქმნაში, ან მომსახურებაში. არ არსებობს ხელმძღვანელი, რომ წინასწარ თქვას როგორ და რა გაკეთდეს. ეს სტადია არის სტადია, სადაც მწარმოებლების გამოცდილება ყველაზე სასარგებლოა. როდესაც კომპანია იზრდება, იგივე გამოცდილებები, რომლებიც იყვნენ საფუძველი კომპანიის საწყისი მიღწევებისათვის, ხდებიან პრობლემების ბირთვი. ჩვეულებრივი დამფუძნებლები ვერ ხედავენ ცვლილებების საჭიროებებს, მაგრამ ამას ინვესტორები მშვენივრად ამჩნევენ. ინვესტორები ხშირად ახდენენ ცვლილებებს, მართვის ახალი ჯგუფის ჩამოყალიბებით. შემოქმედებითი დამაარსებლები შეიძლება იყვნენ გადაყენებულნი ან განთავისუფლებულნი.

უმეტეს წარმატებულ კომპანიებში ახალი მთავარი ადმინისტრატორი ახორციელებს სტრატეგიას, ამყარებს დიქტატურას ოპერაციის თითოეული ასპექტის მართვით. ასეთი მთავარი ადმინისტრატორების მოქმედებები წარმატებულია. სილიციუმის ველის გაშვებებში ჩართულები არიან ბობ სვანსონი და ჯეკ მიფორდი, ორივე ცნობილნი არიან პირადი მართვით, გაშვებების რეკვიზიტებით ნაკეთობის განვითარების ხელმძღვანელობაში.

ხანგრძლივი დროით, როდესაც ერთპიროვნულ დიქტატორს აღარ შეუძლია განახორციელოს კიდევ დიდი საქმეები დგება მომენტი, როცა კომპანიამ უნდა დაიწყოს ახალი პრობლემების დამუშავება. ისევ მთავარ ადმინისტრატორს არ უნდა, ან არ შეუძლია, რომ შეცვალოს და ამ დროს ინვესტორები ერთვებიან ცვლილებებში. ამ სტადიაში ჩართულია რამოდენიმე ადამიანი, რომელიც პასუხისმგებელია

კომპანიის ბიზნესის წილზე. მთავარი ადმინისტრატორი ვალდებულია ყურადღება მიაქციოს ამ დირექტორებს და ჩართოს ისინი საერთო ხელმძღვანელობის სტრატეგიაში. არის კიდევ ორი სტადია კომპანიის წარმატებული ზრდისთვის, მაგრამ ისინი რამდენადაც ძალიან გლობალურ მასშტაბებს ეხება, არ არიან გათვალისწინებული გაშვების პროცესში.



ნახაზი 5. საწარმოს მართვის სქემა

ამრიგად შეიძლება გამოვიტანოთ შედეგები:

ახალი საწარმოო კაპიტალი აფინანსებს მაღალ ტექნიკურ გაშვებას ავსებდა ამერიკულ ბაზარს, მოახდინა ნაკეთობებისა და პროგრამების მსოფლიო ევოლუცია, რევოლუცია და ააღორძინა ამერიკული ეკონომიკა. ფინანსირების დონე უკანასკნელ წლებში

შეადგენს 15 მილიარდ დოლარს წელიწადში, რათა შექმნას ახალი მსოფლიო საქმიანი ლიდერები [15].

ამ საწარმოო კაპიტალის ინვესტიციებიდან შეიძლება გამოვიტანოთ საინტერესო დასკვნები:

გაშვების კომპანიებმა უნდა მისდიონ საწარმოო კაპიტალის დაფინანსების მიმართულებას, როგორც:

ფირმის საწარმოო კაპიტალი ქირაობს საუკეთესო მარკეტინგს.

ისინი თავს უფლებას აძლევენ, რათა შექმნან ძვირფასი საბაზრო ადგილი.

ისინი დებენ კაპიტალს სექტორში, რომლებიც მეტად დამაჯერებელია და მოიტანენ დიდ ფინანსურ დაბრუნებას.

საწარმოო კაპიტალის მიმართულების თვალის დევნებისას აუცილებელი მოთხოვნა არ არის, რომ შევქმნათ საწარმოო კაპიტალის დაფინანსებული კომპანიის ნაკეთობის კოპირება. ეს ნიშნავს, რომ გაშვება ახლოს უნდა იყოს სკ დაფინანსების კომპანიასთან, ან იყოს მისი სტრატეგიული პარტნიორი, კლიენტი და შესაძლებელია პირდაპირი კონკურენტიც კი. ბიზნეს-გეგმის განვითარების სტადიის პერიოდში დამფუძნებლებმა უნდა გადასინჯონ მყარი ინვესტიციები საწარმოო კაპიტალის მწვერვალების სია. თანამედროვე მიკრო ელექტრო მექანიკური სენსორების და მიკრო ოპტო ელექტრო მექანიკური სენსორების ტექნოლოგიების არსებული წილი დღესდღეობით მოდის აშშ-ზე, ევროპული და აზიური მთავრობებიდან.

მომდევნო 5 წლის განმავლობაში მოსალოდნელია მიკრო ელექტრო მექანიკური სენსორების გაყიდვების დიდი ზრდა. მოსალოდნელია, რომ საბაზრო ზრდა ელის საავტომობილო სფეროს, კავშირგაბმულობას, ბიოტექნოლოგიებს და სხვა. მიკრო ელექტრო მექანიკური სენსორები ითვლება მსოფლიო მრეწველობად, სწორედ მის საფუძველზე 21 საუკუნეში ამერიკული კომპანიები გააკეთებენ დომინირებას, რადგანაც მისი საბაზრო შესაძლებლობები რეალურია.

2.4. მიკროსისტემებისა და ნანოტექნოლოგიების ნაციონალური და რეგიონალური პროგრამების რეალიზაცია და ფორმირების ორგანიზაცია

ახალ სამეცნიერო-ტექნიკურ მიმართულებაში (მიკროსისტემური ტექნიკა და ნანოტექნოლოგიები) ნაციონალური და რეგიონალური ფორმირების მსოფლიო გამოცდილების ანალიზი ცხადყოფს, რომ უნდა არსებობდეს რამოდენიმე აუცილებელი ორგანიზაციული ელემენტი. ამ ელემენტებს განეკუთვნებიან:

- ახალი სამეცნიერო-ტექნიკური მიმართულების განვითარებაში საზოგადოების იმ მოთხოვნილებების გამოვლენა და ფორმირება, რომლებიც გავლენას მოახდენენ ეკონომიკაზე, ტექნიკაზე, წარმოებაზე, ჯანდაცვაზე, ეკოლოგიაზე, განათლებაზე, თავდაცვასა და ნაციონალურ უსაფრთხოებაზე;
- ამ მოთხოვნების საყოველთაოობა და მათი შეფასება ნაციონალურ ან სხვა დონის პროგრამების ფორმაში;
- პროგრამების რეალიზაციის საშუალებების ამორჩევა, მასშტაბებისა და დაფინანსების წყაროების ჩათვლით;
- მართვის სისტემების, შესრულების მეთოდებისა და ევოლუციური პროგრამების შექმნა. სისტემა უნდა იყოს მოქნილი და გახსნილი ფართო მომხმარებლისათვის;
- დამხმარე საინფორმაციო ქსელის შექმნის უზრუნველყოფა.

ყველაზე საპასუხისმგებლო პირველი ეტაპი იწყება ფუნდამენტური და დემონსტრაციულ-გამოყენებითი კვლევების აკადემიურ (საუნივერსიტეტო) სამეცნიერო ცენტრებში რეზულტატების შეგროვება.

ეკონომიკისა და ქვეყნის უსაფრთხოების გაზრდის და განვითარებისათვის პირველი ჩანასახების დროულად დანახვა მიკროსისტემური ტექნიკის მიმართულებაში, ემსახურება ამ ახალი მიმართულების დარგის კვლევების გაძლიერებას და შემდგომ სტიმულირებას. მაგალითად, აშშ-ს მთავრობის დიდმა დაინტერესებამ მიკრონული მექანიზმების სფეროში უზრუნველყო მიკროსისტემების

განვითარება [16]. საჭიროა სახელმწიფო სტრუქტურაში არსებობდეს ორგანიზაციები, რომლებიც ეფექტური იდეების „დაჭერას“ უზრუნველყოფენ. ასეთი ორგანიზაციის რიცხვს მიეკუთვნება ამერიკის თავდაცვის სამინისტროს პერსპექტიული კვლევების სააგენტო (DARPA), რომლის ერთერთ სტარტეგიულ პუნქტს წარმოადგენს მაღალი რისკისა და მაღალეფექტური პროექტების ინვესტირება (High-focus).

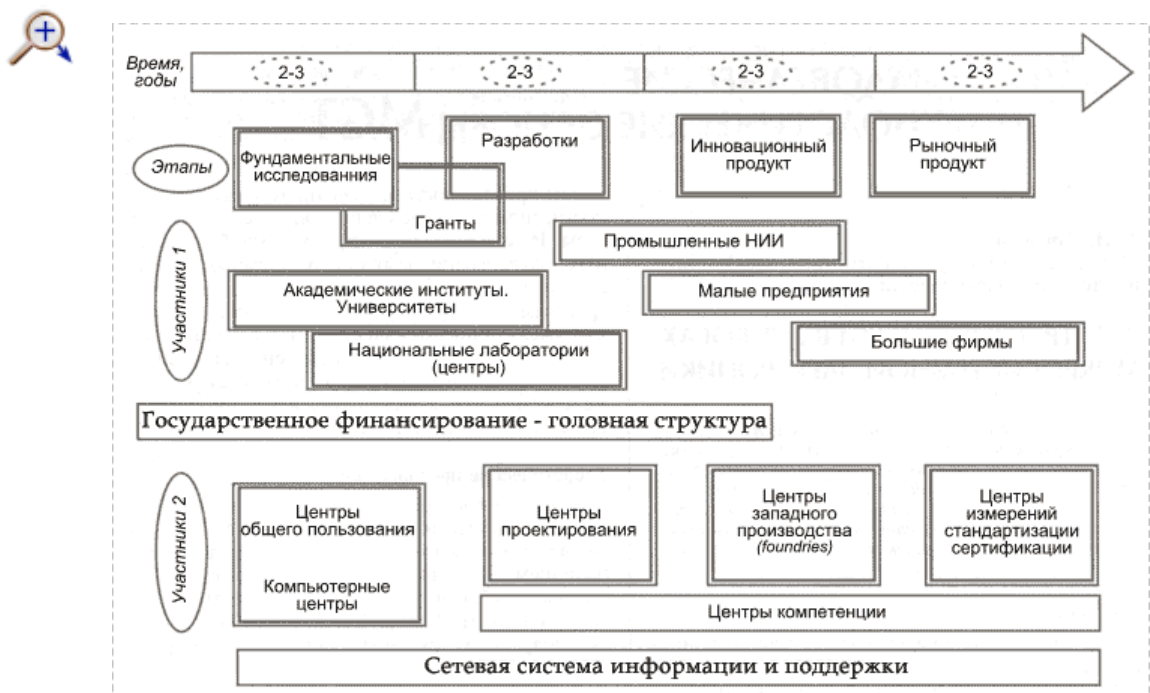
და მაინც რატომაა პირველ ეტაპზე საჭირო და აუცილებელი სახელმწიფოს ფინანსური დახმარება? ნაკეთობების დამუშავებასა და ბაზარზე მათ გამოტანას სჭირდება 5-10 წელი (ცხრილი 1). თუ სახელმწიფო დაინტერესებულია ამ მიმართულების სწრაფ განვითარებაში, მაშინ მან თავის თავზე უნდა აიღოს საწყისი ხარჯები, რომლებიც ამ ინოვაციის კვლევაზე და ფორმირებაზე დაიხარჯა. რაც ფართოა სამუშაო ფრონტი, მით უფრო საიმედოა დანახარჯების ანაზღაურება საგადასახადო სისტემიდან და/ან ახალი პროდუქციის გაყიდვიდან.

ნაციონალური ეკონომიკის განვითარების ტრადიციების გათვალისწინებით, მისი ფინანსური სიმძლავრეები და მიზანი, დაფინანსების მეთოდები და რეალიზაციის ფორმები ყალიბდება პროგრამების შემადგენლობაში. აქ დიდ როლს თამაშობს სახელმწიფოს ამბიციები. მაგალითად სამხრეთ კორეა, დაინახა რა მიკროსისტემური ტექნოლოგიის შესაძლებლობები, შევიდა მაღალი ტექნოლოგიების ქვეყნების შვიდეულში (G7-პროექტი) [17]. ასეთივე დიდი დაინტერესება გამოავლინა ამერიკის შეერთებულმა შტატებმა, როცა „ნაციონალური ნანონიციაცია“ (NNI) მიიღო, ჩათვალა რა ნანოტექნოლოგიები ახალი ინდუსტრიული რევოლუციის ფუძემდებლად. აშშ-მ ორჯერ გაზარდა ფინანსირება ნანო-კვლევებისათვისა და ნანოტექნოლოგიებისათვის, იმ მიზნით, რომ უახლოეს ხუთ წელიწადში დაიკავოს და დაიმკვიდროს პირველი ადგილი მსოფლიოში [18].

ცხრილი 8. მიკროსისტემური ტექნიკის პროდუქციის ევოლუცია

<i>№</i>	<i>პროდუქტი</i>	<i>კვლევები</i>	<i>პროდუქტის განვით რება</i>	<i>ფასის გარდნა</i>	<i>სრული კომერციული ზაცია</i>
1.	წნევის მაჩვენებლები	1954- 1960 წწ.	1960- 1975 წწ.	1975- 1990 წწ.	1990 წ.
2.	აქსელერომეტრები	1974- 1985 წწ.	1985- 1990 წწ.	1990- 1998 წწ.	1998 წ.
3.	გაზის სენსორები	1986- 1994 წწ.	1994- 1998 წწ.	1998- 2005 წწ.	2005 წ.
4.	სარკველები	1980- 1988 წწ.	1988- 1996 წწ.	1996- 2002 წწ.	2002 წ.
5.	მფრქვევლები	1972- 1984 წწ.	1984- 1990 წწ.	1990- 2002 წწ.	2002 წ.
6.	ფოტონიკა/დისპლეი	1980- 1986წწ.	1986- 1998 წწ.	1998- 2004 წწ.	2004 წ.
7.	ბიოქიმიური სენსორები	1980- 1994 წწ.	1994- 2000 წწ.	2000- 2004 წწ.	2004 წ.
8.	რადიოსიხშირული კომპონენტები	1994- 1998 წწ.	1998- 2001 წწ.	2001- 2005 წწ.	2005 წ.
9.	დონის მაჩვენებლები	1982- 1990 წწ.	1990- 1996 წწ.	1996- 2002 წწ.	2002 წ.
10.	მიკროლერე	1977- 1982 წწ.	1993- 1998 წწ.	1998- 2002 წწ.	2002 წ.

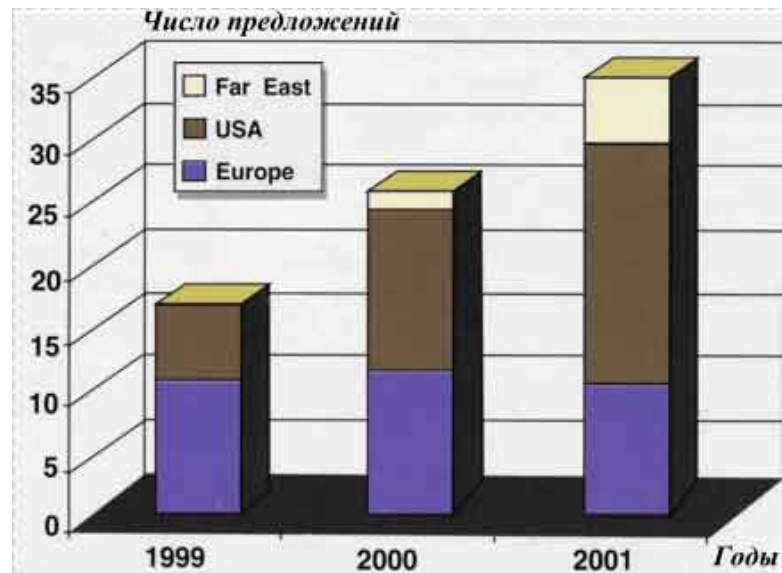
თუმცა გერანაირი ამბიცია შედეგებამდე ვერ მიგვიყვანს თუ არ არსებობს ორგანიზაციული საფუძვლები და არ ხორციელდება მათი რეალიზაცია ნაციონალური მართვის სისტემების შექმნით და პროგრამების შესრულების მხარდაჭერით. ამ სისტემის ცალკეული ელემენტები მიმართულია პროგრამის სხვადასხვა ეტაპის რეალიზაციაზე. სქემატურად სისტემის ელემენტები ასახულია ნახაზზე 1. აღსანიშნავია, რომ ნაციონალური პროგრამის განვითარების დონეზე დამოკიდებულებით იცვლება მოცემული ელემენტების წილი და რიცხვი. ილუსტრირების მიზნით ნახაზზე 2 მოცემულია მხარდაჭერის ევროპული ქსელი Minanet. კიდევ ერთხელ აღსანიშნავია, რომ ნაციონალური პროგრამის ორგანიზაციის და მართვის სისტემის მკაცრად და მოწესრიგებულად წარმართვის და მხარდაჭერის გარეშე შეუძლებელია იქნებოდა ახალი სამეცნიერო-ტექნოლოგიური მიმართულების ათვისება და განვითარება. NNI-ში ხაზგასმით არის აღნიშნული ინფრასტრუქტურის განვითარების მხარდაჭერა. იზრდება არა მარტო სილიციუმის ტექნოლოგიის ბაზაზე შეკვეთებზე მომუშავე წარმოებების ცენტრების რიცხვი, არამედ ახდება და ინერგება მათი ტექნოლოგიური ბაზა ნახაზი 3) [19].



ნახაზი 6. ნაციონალური მართვის სისტემებისა და პროგრამის შესრულების უზრუნველყოფის ელემენტები



ნახაზი 7. ევროპაში პროგრამების ჩაკეტილი სისტემა მიკროსისტემების სფეროში



ნახაზი 8. მიკროსისტემური ტექნიკის სფეროში ინვესტიციების ზრდა

მიკროსისტემური ტექნიკის ამ ახალი სამეცნიერო-ტექნიკური მიმართულების განვითარება მოითხოვს ყველა მონაწილე მხარისგან სისტემურ მიდგომას მისი განვითარების პროცესში. ამ მონაწილეებს წარმოადგენენ სახელმწიფო მართვის ორგანოები, ორგანიზაციები (სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტები, უნივერსიტეტები, დიდი და მცირე საწარმოები, ასოციაციები და სხვ.), კვლევითი ჯგუფები, დამპროექტებლების და სპეციალისტთა სხვა ჯგუფები.

მიკროსისტემური ტექნიკის სფეროში მონაწილეთა შორის ურთიერთობა რეალიზდება შესაბამისი ორგანიზაციული სტრუქტურით (დონით).

ნაციონალური პროგრამის პირველი დონე. პროგრამის ამოცანა – განსაზღვროს მიკროსისტემური ტექნიკის განვითარების ვექტორი ქვეყანაში. პროგრამა ხდება ქვეყნის სამეცნიერო-ტექნიკური და ეკონომიკური პოლიტიკის ნაწილი. ამასთან დაკავშირებით იგი თავის ამოცანებში ასახავს ამ პოლიტიკის ძირითად მახასიათებლებს. თავისთავად ეს ამოცანები ბალანსირებული უნდა იყვნენ მთავრობისა და სხვა ფინანსირების წყაროების ფინანსური მხარდაჭერის შესაძლებლობები დონეზე.

NEXUS-ის კვლევის მასალებზე დაყრდნობით შესაძლებელია დასკვნების გამოტანა [20]. სამ რეგიონალური ლიდერი (სამხრეთ ამერიკა – აშშ და კანადა, იაპონია და დასავლეთ ევროპა) ყოველწლიურად მიკროსისტემების ტექნიკის განვითარებისათვის ხარჯავს რამოდენიმე ასეულ მილიონ დოლარს. ჩინეთმა, ტაივანმა და სამხრეთ კორეამ, მიუხედავად იმისა, რომ არ გააჩნიათ დეტალურად დამუშავებული ნაციონალური პროგრამები, დიდი ადგილი დაუთმეს მიკროსისტემურ ტექნიკას ნაციონალური ეკონომიკის განვითარებაში. ცენტრალური და აღმოსავლეთ ევროპის ქვეყნებში ჯერ მხოლოდ ეხლა იწყება მიკროსისტემური ტექნიკის ჩანასახების განვითარების დემონსტრაცია, მაგრამ ისინი მიეკუთვნებიან ახალი ასოციაციური სახელმწიფოების რიცხვს (NAS – newly associated States) და ავტომატურად ხდებიან IST (User-friendly information Society) პროგრამის მონაწილენი. დსთ-ს ქვეყნები კი ჯერ ძალიან შორს არიან ასეთი ნაციონალური პროგრამების დაფინანსებისგან.

მიკროსისტემური ტექნიკის განვითარების კონსოლიდაციის გაძლიერების მეორე დონეა – ასოციაციის შექმნა, რომელიც ზემოქმედებას მოახდენს ქვეყანაში მიკროსისტემული ტექნიკის განვითარებაზე. რაც მაღალია ნაციონალური პროგრამის დონე, მით მეტია ასოციაცია და მონაწილეთა დიდი წრეა ჩართული მასში.

მესამე დონე – ფირმებს შორის შეთანხმება ქვეყანაში მიკროსისტემური ტექნიკის ნაკეთობების ჯგუფის განვითარებაზე. ამ პროცესს აქვს როგორც ნაციონალური, ასევე საერთაშორისო ხასიათი.

მეოთხე დონე – საორგანიზაციო სტრუქტურების ამოცანების რეალიზაციის ეფექტურობა. ეს დონე ძირითადად განსაზღვრავს ქსელით უზრუნველყოფას და ინტერნეტის ბაზაზე ინფორმაციის გავრცელებას.

3. ექსპერიმენტული ნაწილი

3.1. Altium Designer Summer 08 – სისტემაში

კომპონენტების მოდელებისა

და ბიბლიოთეკის დამუშავება

მიკროელექტრონულ მრეწველობაში უკანასკნელ ათწლეულში განხორციელებულმა რევოლუციამ გამოიწვია ელექტრონული ხელსაწყოებისა და მოწყობილობების ისეთი ნაირსახეობის გამოჩენა ბაზარზე, რომ თითოეული მათგანი ყოველ ექვს თვეში მორალურად ცვდება და ადგილს უთმობს უფრო თანამედროვე, კომფორტულ და ბაზრის მოთხოვნილებაზე ზუსტად ორიენტირებულ საქონელს. ამ მოვლენის ფეხდაფეხ მიმდინარეობს ასეთივე სწრაფი ცვლა და კონკურენცია იმ პროგრამული პაკეტებს შორის, რომლის გამოყენებითაც იქმნება უფრო თანამედროვე და უფრო კომფორტული მოწყობილობები. ასეთი გამუდმებული და უწყვეტი კონკურენციის პირობებში სახეზე გვაქვს ავტომატიზირებული დაპროექტების სისტემის პაკეტების ფართო ასორტიმენტი. მცირედენი დამატებების შეტანა და ახალი ოპერაციული ციკლის დამატება დიდ კომფორტს უქმნის დამპროექტებლებს და შესაბამისად გადადიან უფრო დახვეწილი და მარტივად მართვადი სისტემების გამოყენებაზე.

Altium Designer Summer 08 ეს არის ყველაზე უფრო უკანასკნელი და დახვეწილი ვერსია ავტომატიზირებული დაპროექტების იმ მრავალრიცხოვან სისტემებს შორის, რომლებსაც ესოდენ დიდი წარმატებით იყენებენ დამპროექტებლები. ელექტრონული სქემების დაპროექტებისას დაპროექტების ავტომატიზირებული სისტემას მონაცემთა ბაზაში უნდა არსებობდეს სრულყოფილი ბიბლიოთეკა იმ კომპონენტებისა, რომლების საფუძველზეც განხორციელდება ნებისმიერი სირთულის ელექტრული სქემის დაპროექტება. Altium Designer Summer 08-ით წარმოდგენილი ბიბლიოთეკა შეიცავს 86000 კომპონენტს

www.altium.com/Community/support/Libraries/Designer6libraries - ყველა

ბიბლიოთეკის აღწერა).

Altium Designer Summer 08 -ის ბიბლიოთეკის კონცეპცია

კომპონენტები წარმოადგენენ ელექტრონული ნაკეთობების ძირითად ბლოკებს. პროექტის მომზადებისა და დამუშავების დროს საჭიროა მათი წარმოდგენა სხვადასხვაგვარად: ლოგიკური სიმბოლო სქემაზე (Iss), პალტაზე დასმის ადგილი (Footprint), მოდელირებისათვის Space ფორმატში აღწერა, IBIS-მოდელში აღწერა, სამგანზომილებიან სივრცეში მზა პლატის მოცულობითი წარმოდგენისათვის და სიგნალების სრულყოფილების ანალიზისათვის. Altium Designer –ში ლოგიკური სიმბოლო არის საწყისი წერტილი. თითოეული კომპონენტი განსაზღვრულია მინიმუმ დასახელებით მაინც სქემების ბიბლიოთეკაში. ის შეიძლება შეიცავდეს გამომყვანებს და გრაფიკულ სიმბოლოს ერთეულოვანი ან მრავალსექციური წარმოდგენით და გააჩნდეს ალტერნატიული ასახვა. აღსანიშნავია რომ იქამდე სანამ კომპონენტში არ არის დამატებული მოდელი, მათი პრაქტიკაში გამოყენება არ შეიძლება.

Altium Designer–ის ფარგლებში ერთმნიშვნელოვანი გაგებისთვის განმარტოთ ხშირად გამოყენებული ტერმინები.

კომპონენტი: პროექტში გამოყენებული ობიექტის საერთო დასახელება.

სიმბოლო: სქემაზე განლაგებისათვის კომპონენტის გრაფიკულად წარმოდგენის საერთო დასახელება. სიმბოლო შეიძლება შეიცავდეს გრაფიკულ ობიექტებს, რომლებიც განსაზღვრავენ მის გარეგნულ სახეს და გამომყვანებს ელექტრული შეერთებებისათვის.

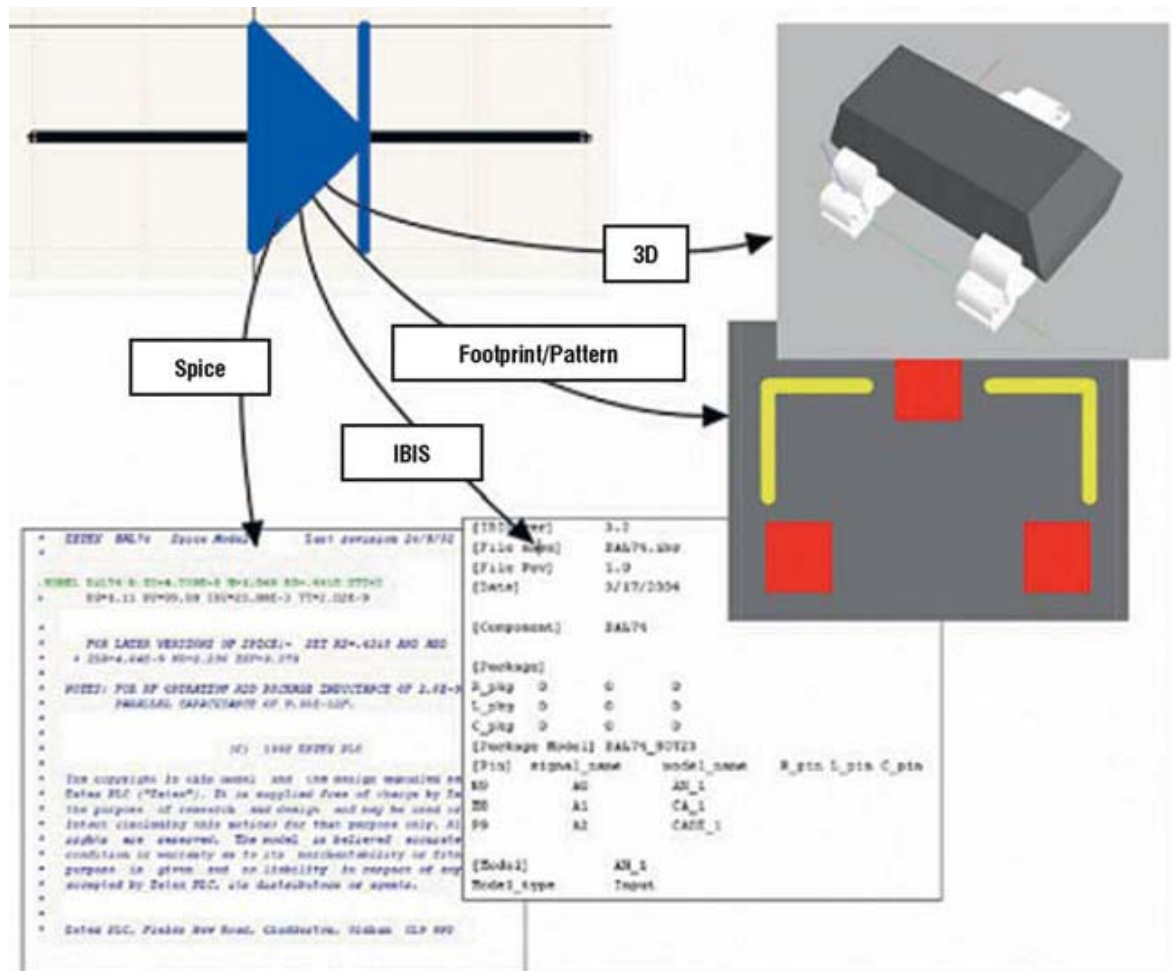
ფიზიკური კომპონენტი შესაძლებელია დამონტაჟებული იყოს პალტაზე.

ლოგიკური სიმბოლო: ფიზიკური კომპონენტის სქემური წარმოდგენა.

ნაწილი (სექცია): ზოგიერთი კომპონენტი, როგორებიცაა რეზისტორების ჯაჭვი ან რელე, შეიძლება აგებული იყოს სერიულად ცალკე სექციების (ნაწილების) სახით, რომლებიც თავის მხრივ

შესაძლებელია განლაგებულნი იყვნენ სქემაზე დამოუკიდებლად (განიხილება, როგორც მრავალსექციური კომპონენტი).

მოდელი: წარმოადგენს კომპონენტს, რომელიც გამოიყენება პრაქტიკული მოქმედების სხვადასხვა სფეროში.



ნახაზი 9. კომპონენტის მოდელების ფაილში წარმოდგენის სხვადასხვა ვარიანტი

დასმის ადგილი: ეს დასახლება გამოიყენება მოდელებისათვის, რომელიც წარმოადგენს კომპონენტს დამზადებულ ბეჭდურ პლატაზე. დასმის ადგილი ერთად აჯგუფებს სქემაზე კონტაქტური ველებს და კომპონენტის კორპუსის გამოსახულებებს. ის განსაზღვრავს პლატის ნაწილს, რომელიც საჭიროა მონტაჟისა და პლატაზე კომპონენტის ფიზიკური შეერთებისათვის.

ბიბლიოთეკა: ეს არის ფაილი, რომელიც შეიცავს კომპონენტებისა და მოდულების კრებულს.

მოდულების ბიბლიოთეკა: ფაილი, რომელიც შეიცავს კომპონენტების მოდულების კრებულს.

კომპონენტების ბიბლიოთეკა: ფაილი, რომელიც შეიცავს სქემური კომპონენტების კრებულს.

ინტეგრირებული ბიბლიოთეკა: ფაილი, რომელიც შეიცავს სქემური კომპონენტების და მათი ასოცირებული მოდულების კრებულს.

მონაცემთა ბაზების ბიბლიოთეკა: კომპონენტების ბიბლიოთეკა, სადაც ყველა სიმბოლოს აქვს მინიშნება, კავშირების მოდელი და პარამეტრული ინფორმაცია, რომელიც ინახება ODBC (Open database connectivity – ღია მონაცემთა ბაზებთან დასაკავშირებელი ინტერფეისი) საფუძველზე არსებულ მონაცემთა ბაზაში, ADO (ActiveX Data Objects – ActiveX –ის კომპონენტების კრებული, რომელიც გამოიყენება მონაცემთა ბაზებში შესაღწევად) ან Excel-ის ცხრილის წარმოდგენილ ბაზაში.

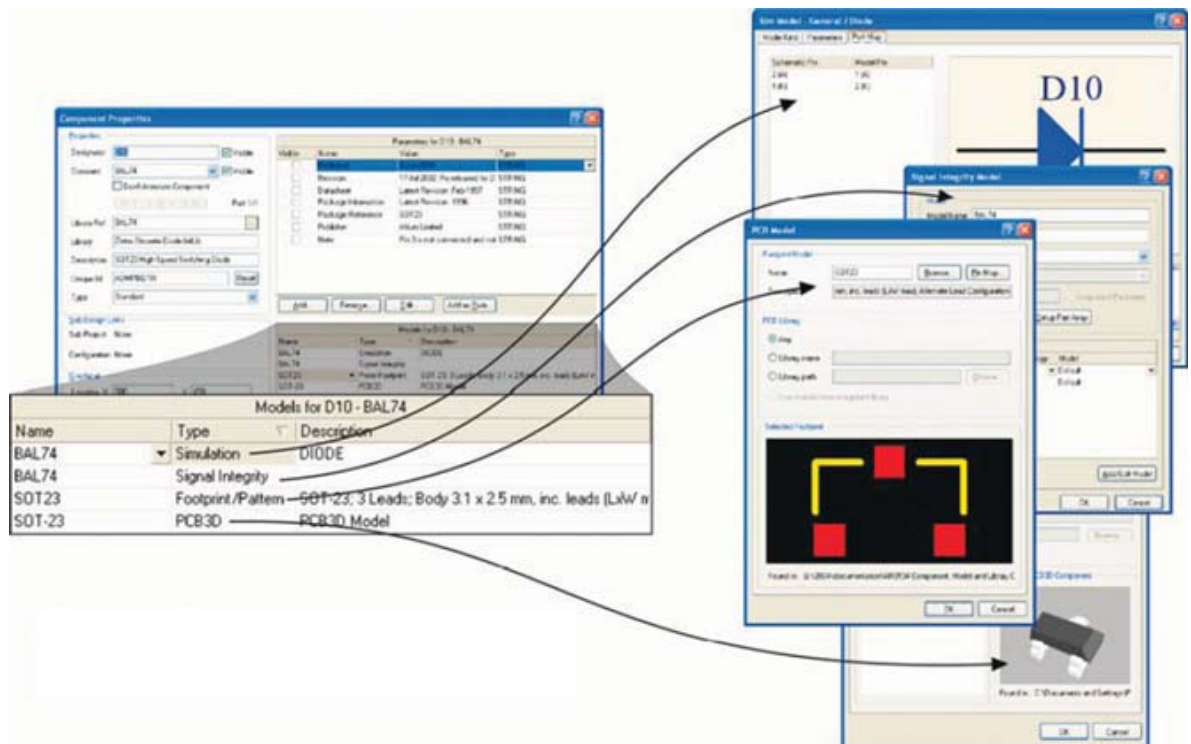
სქემაზე განლაგების სტადიაში პროექტი წარმოადგენს იმ კომპონენტების კრებულს, რომლებიც ერთმანეთს დაკავშირებულნი არიან ლოგიკური კავშირებით (ნახ.1). პროექტის ტესტირებისა და რეალიზაციისათვის საჭიროა ფუნქციონირების შემოწმების სხვა სფეროში გადასვლა. ეს არის მოდელირება, პლატის ფორმირება, სიგნალების სრულფასოვანი ანალიზი და სხვა.

პრაქტიკული რეალიზაციის თითოეული სფერო მოითხოვს ინფორმაციას კომპონენტების შესახებ, ასევე ამ ინფორმაციის გამყვანი სიმბოლოების გადანაწილების გზებზე. ამ ინფორმაციის ზოგიერთი ნაწილი რეალიზაციისათვის განთავსებულია მოდულების ფაილში, რომლის ფორმატი ჩვეულებრივ წინასწარ განსაზღვრულია.

აღსანიშნავია, რომ სიგნალების სრულყოფის მოდელი IBIS და VRML (Virtual reality modeling language – ვიტუაური რეალობის საერთაშორისო ენა) ან IGES 3D (გრაფიკული ინფორმაციის გაცვლის საერთაშორისო ენა) წინდაწინ უნდა იყოს იმპორტირებული Altium Designer-ის მოდელის ფორმატში. IBIS მოდელი იმპორტირდება

უშუალოდ Signal Integrity Model დიალოგის ფანჯრიდან, რომელიც იხსნება SI მოდელის დამატებისას კომპონენტში. VRML და IGES მოდელი კი შემოტანილი უნდა იყოს PCB3Dlib-ში მანამდე სანამ ისინი დაემატებიან სქემის კომპონენტებში.

დომენის ყველა საჭირო ინფორმაცია ინახება სქემის კომპონენტის შიგნით, რომელიც ცალკეული დამატებული მოდელისათვის შეინახება ცალკეული ინტერფეისის საშუალებით (სურ. 2). დაკომპლექტებული მოდელი წარმოადგენს კომპონენტში შენახული მოდელების გავრცელებული ინფორმაციის კომბინაციას, ხოლო მოდელების დომენის შესახებ ინფორმაცია ინახება მოდელების ბიბლიოთეკაში.



ნახაზი 10. კავშირები თითოეულ მოდელში და მისი ნებისმიერი გადანაწილება მოითხოვს მოდელი განსაზღვრას შესაბამის დიალოგის ფანჯარაში

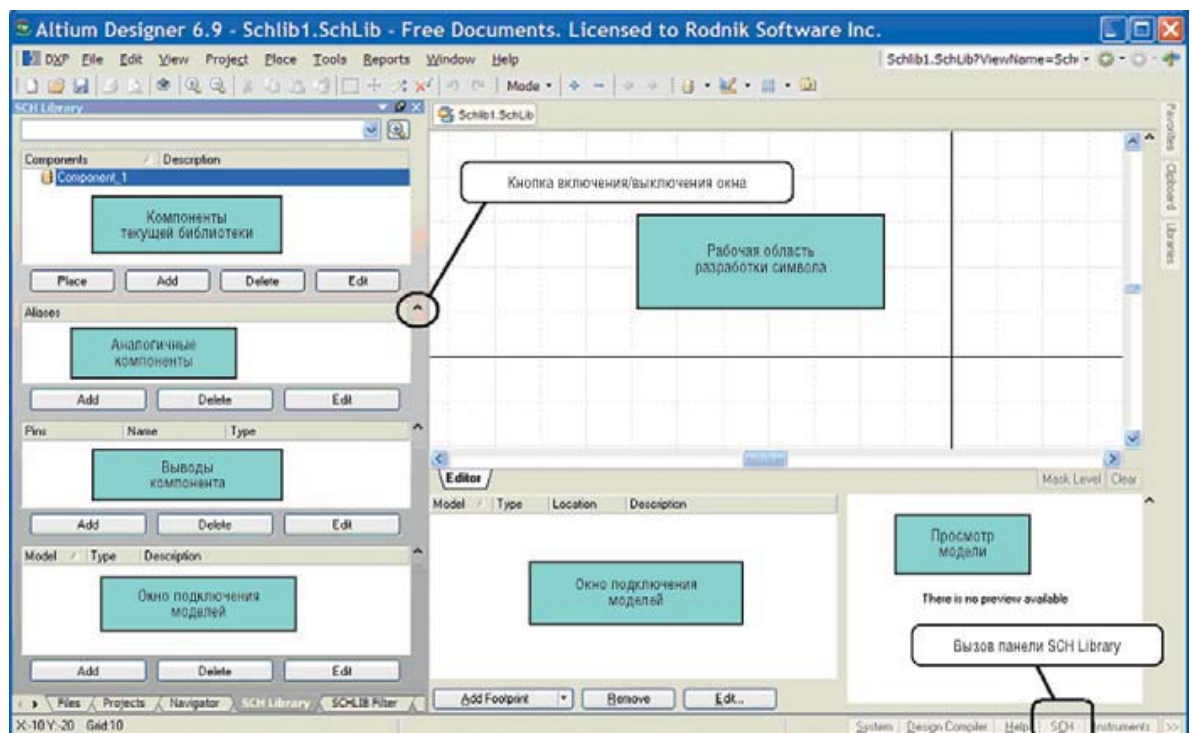
Altium Designer-ის საშუალებით ხელმისაწვდომია ოთხი ტიპის ბიბლიოთეკის გამოყენება.

მოდელების ბიბლიოთეკა – ცალკეული ოლქებისათვის მოდელები ინახებიან „საცავებში“, ე.წ. მოდელების ბიბლიოთეკაში. SPICE –ის

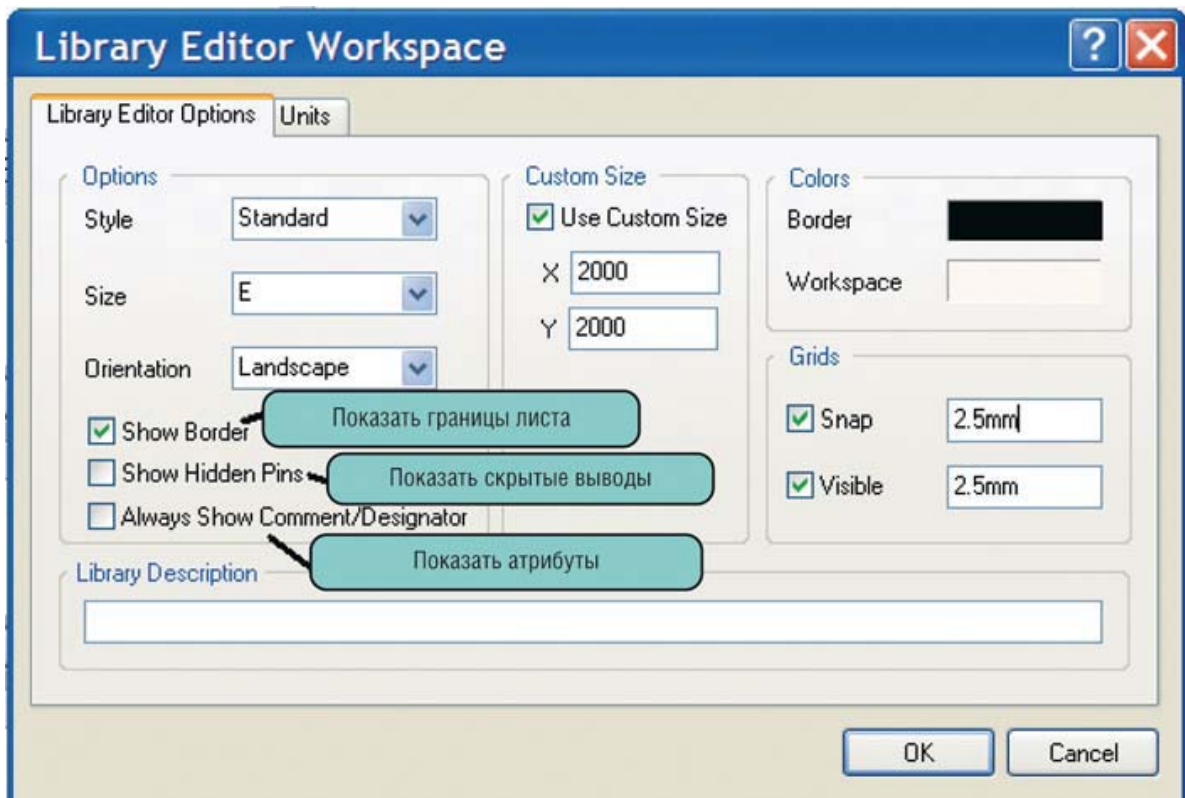
სისტემაში ერთი მოდელი ინახება ერთ ფაილში და ასევე განიხილება როგორც ერთი დამოუკიდებელი ფაილი (*.MDL, *.CKT). სხვა სისტემებში მოდელები ჯგუფდებიან ჩვეულებრივად ფაილების ბიბლიოთეკაში, მომხმარებლის დავალების მიხედვით (*.PcbLib).

სიმბოლოების ბიბლიოთეკა – შეიცავს სქემის კომპონენტებს და მათი მოდელების განმსაზღვრელ ინტერფეისს (*.SchLib). ყოველი მოდელის განმსაზღვრელი ინტერფეისი მიერთებულია თავის შესაბამის მოდელების ბიბლიოთეკასთან.

ინტეგრირებული ბიბლიოთეკა – ეს არის სიმბოლოების ბიბლიოთეკის კრებული, რომელიც მასთან მიერთებული მოდელების ბიბლიოთეკებთან ერთად „კომპილირებულია“ ინტეგრირებულ ბიბლიოთეკაში (*.IntLib). ინტეგრირებული ბიბლიოთეკების შექმნის უპირატესობა ისაა, რომ კომპონენტების სრული ინფორმაცია ხელმისაწვდომია ერთ ფაილში. ინტეგრირებული ბიბლიოთეკების რედაქტირება შეუძლებელია წყაროების გახნისა და ხელახალი კომპილირებით.



ნახაზი 11. კომპონენტების რედაქტორის ინტერფეისი



ნახაზი 12. სიმბოლოების რედაქტორის სამუშაო სივრცის გაწყობა

მონაცემთა ბაზების ბიბლიოთეკა – ეს არის ბიბლიოთეკა, სადაც ყველა სიმბოლო, დაკავშირებული მოდელები და პარამეტრული ინფორმაცია ინახება ODBC, ADO ან Excel-ის ცხრილის ფორმატის მონაცემთა ბაზებში. ბაზაში მონაცემის ყოველი ჩანაწერი, ასევე ყველა შენახული პარამეტრი წარმოადგენს ცალკეულ კომპონენტს. ჩანაწერი შეიძლება შეიცავდეს მინიშნებას ინვენტარის უწყისზე ან კომპონენტების სხვა კორპორაციულ მონაცემებზე.

ასეთი მიდგომით სქემური კომპონენტები გამოიყენებიან მხოლოდ სიმბოლოების სახით (მათ არ გააჩნიათ მოდელზე მინიშნება, აღწერილია სქემურ ბიბლიოთეკაში) სტანდარტულ ბიბლიოთეკებში შენახული დასმის ადგილების, 3D კომპონენტების და სხვ. მოდელების გამოყენებით (დასმის ადგილები ან 3 -მოდელები).

მონაცემთა ბაზების ბიბლიოთეკის ინტერფეისს წარმოადგენს *.DBLib დოკუმენტი, რომელიც აღწერს, თუ მონაცემთა ბაზების რომელი ველები საჭიროა და კომპონენტის რომელ პარამეტრს ასახავს

ბაზა. DBLib მონაცემთა ბაზა, ისევე როგორც სისტემის სხვა ბიბლიოთეკები, პროგრამაში ჩაირთვება Libraries პუნქტიდან.

განთავსების მოქმედების შესრულებისას, მონაცემთა ბაზის ბიბლიოთეკაში მოწმდება კომპონენტი და სიმბოლო ჩაიტვირთება მოცემული სქემური ბიბლიოთეკიდან და მოდელი დაემატება ნებისმიერ მითითებულ მოდელს, ისევე როგორც ხდება პარამეტრების შემთხვევაში.

კომპონენტების პირობითი გრაფიკული

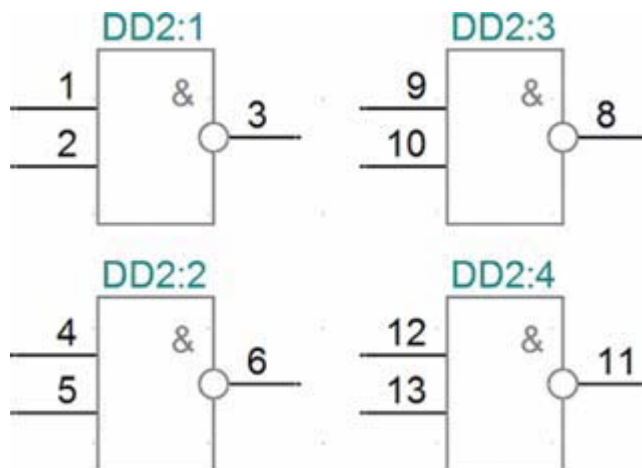
აღნიშვნის დამუშავება

ვთქვათ, პროგრამა Altium Designer უკვე გაშვებულია კომპიუტერში. ახალი ბიბლიოთეკის შექმნისათვის საჭიროა შევასრულოთ შემდეგი ოპერაციები: *File>new>Library>Schematic Library*. სიმბოლოების ბიბლიოთეკასთან მუშაობისათვის საჭიროა გავხსნათ ფანჯარა და განვათავსოთ იგი სამუშაო სივრცის მარცხნივ, რის შემდეგაც საჭიროა გავაწყოთ სამუშაო სივრცე, ე.ი. ავირჩიოთ საზომი ერთეულები და ბადე. ასეთი გაწყობა შესაძლებელია მოვახდინოთ ფანჯრიდან *Library Editor Workspace*, რომელიც გამოიძახება ბრძანებით *Tools>Document Options*. გამოსულ ფანჯარაში Units ველში აირჩევა ზომის ერთეულები, რომლებიც შეიძლება იყოს მეტრული ან დიუმური (ჩვენს შემთხვევაში საჭიროა დავაყენოთ მილიმეტრი). *Library Editor Options* ველში საჭიროა დავაყენოთ ბადის ბიჯი 2,5 მილიმეტრი ბადის ორი სახეობისათვის (Snap – კურსორის გადაადგილების ბადე გრაფიკული ბრძანების რეჟიმში, Visible – ეკრანზე გამოსახული ბადე). ამ ველში ბადის გარდა შესაძლებელია კიდევ სხვა პარამეტრების დაყენებაც.

განვიხილოთ კომპონენტის შექმნის მაგალითი მიკროსქემის მაგალითზე, რომელიც გამოსახულია ნახაზზე 5. კომპონენტის შექმნისათვის მოცემული ბიბლიოთეკის კომპონენტების სიის ფანჯარაში *SCH Library* საჭიროა დავაჭიროთ ღილაკს *Add* და გამოსულ ახალ ფანჯარაში ჩავწეროთ ახალი კომპონენტის დასახელება. შედეგად

ახალი კომპონენტი დამატება ბიბლიოთეკის სიის ჩამონათვალში. კომპონენტის შექმნის შემდეგი პროცესი შესაძლოა გავყოთ სამ ეტაპად:

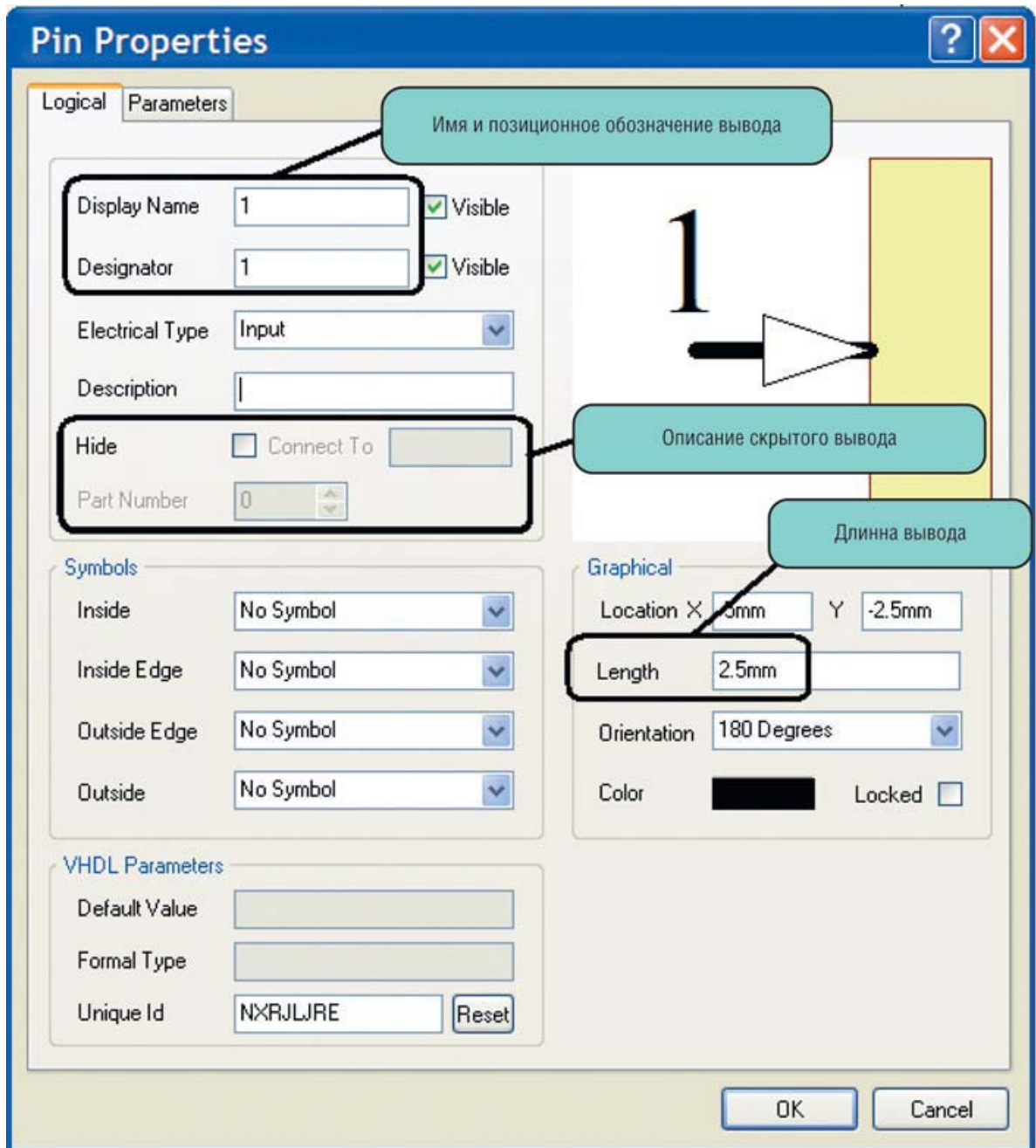
- კომპონენტების გამოყვანების დაყენება;
- სიმბოლოს გრაფიკის დახატვა;
- პარამეტრების (ატრიბუტების) დაყენება.



ნახაზი 13. კომპონენტის მაგალითი – K1554LA3 მიკროსქემა

1. კომპონენტების გამოყვანები იქმნება ბრძანებით *Place>Pin*, ამ ბრძანების შესრულებისთანავე გამოყვანი მიემატება კურსორს და ამ მომენტში საჭიროა დავაჭროთ კლავიშს *Tab*, რათა მოვახდინოთ გამოყვანი თავისებურებების დადგენა. გახსნილ ფანაჯარაში (ნახაზი 6), საჭიროა მიუთითოთ დასახელება და იმ გამოყვანის პოზიციური აღნიშვნა, რომელიც შეესაბამება მიკროსქემის კორპუსის გამოყვანის ნომერს. აუცილებელი აგრეთვე გამოყვანის სიგრძის მითითებაც, სულ მცირე 2,5 მმ; დანარჩენი პარამეტრები, როგორებიცაა გამოყვანის ელექტრული ტიპი და სპეციალური სიმბოლოები, მიეთითება მოგვიანებით. გამოყვანის დაყენების დროს იგი მიმაგრებულია კურსორთან დიდი ვერტიკალური ჯვრით, მეორე მხარეს პატარა დიაგონალური ჯვარი კი გვიჩვენებს გამოყვანის ელექტრულ დაბოლოებას (ნახაზი 7). კომპონენტის პირველი გამოყვანის სქემაზე დასმისათვის საჭიროა იგი შემოვაბრუნოთ 180 გრადუსით, რომელიც ხორციელდება *Space*

(პრობელი) კლავიშით. გამომყვანის დასმა ხორციელდება თავის მარჯვენა ღილაკზე დაჭერით, რის შედეგადაც გამომყვანის ელექტულ დაბოლოებაზე ჩნდება ოთხი თეთრი წერტილი. ამგვარად გაკეთდება სამივე გამომყვანი ისე, როგორც ეს ნახვენებია მე-5 სურათზე, მხოლოდ მე-3 გამომყვანს უნდა მივუთითოთ ინვერსია, რომელიც კომპონენტების პარამეტრების თვისებებიდან *Outside Edge* (კონურის საზღვარზე სიმბოლო გარედან) ველში *Dol* (ინვერსიის ნიშანი) ნიშნის ამორჩევით ხდება.



ნახაზი 14. კომპონენტის გამომყვანების თვისებები

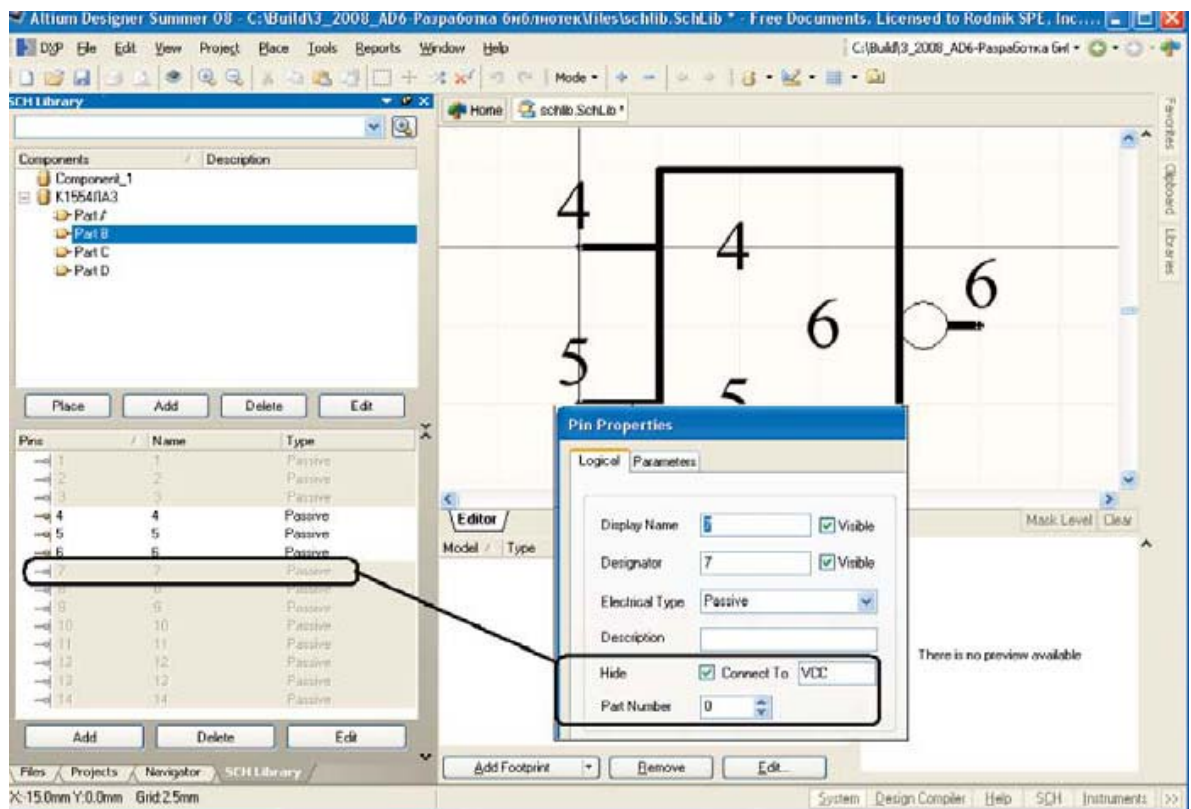


ნახაზი 15. გამომყვანების შექმნა

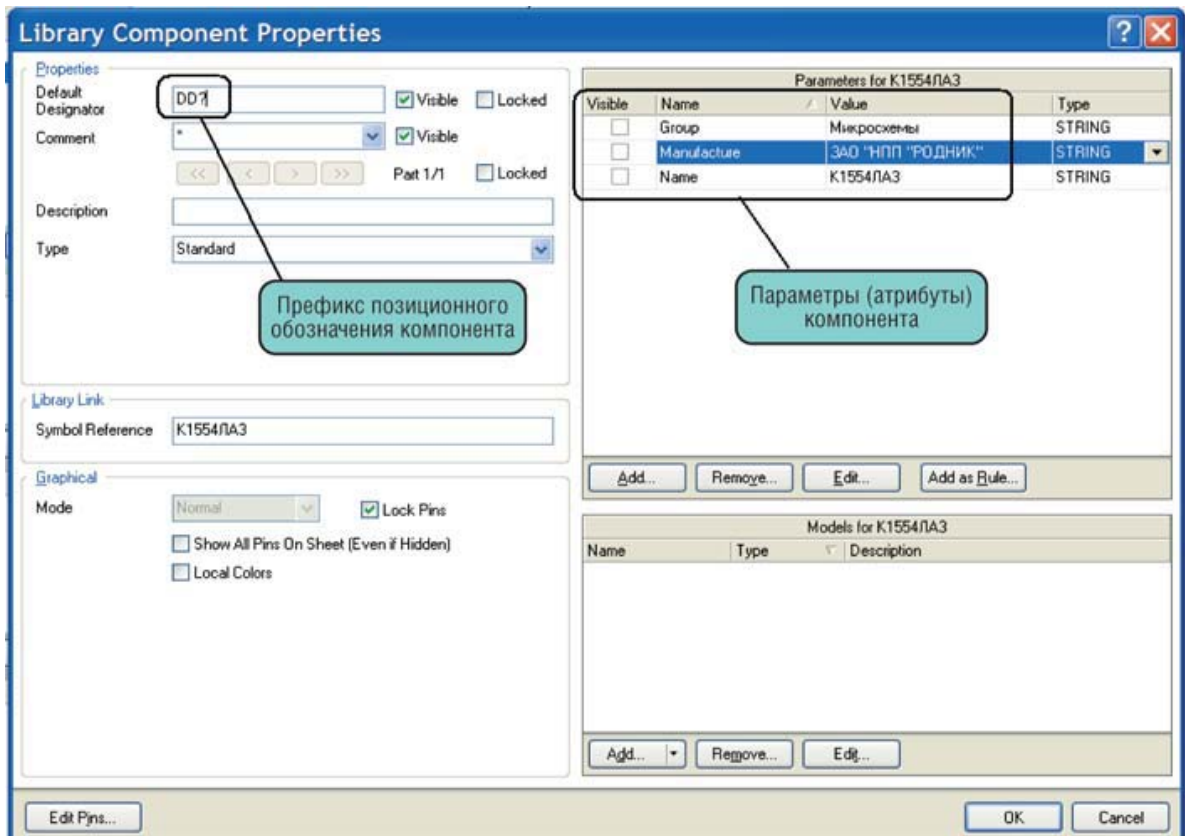
2. მეორე ეტაპზე იქმნება პირობითი გრაფიკული აღნიშვნის შექმნა, რისთვისაც გამოიყენება ბრძანებები (*line, Ellipses, Arc* და სხვა) ჩვენს შემთხვევაში ავირჩიოთ ბრძანება *Place>Line* და დავხატოთ მართკუთხედი, ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია მე-5 ნახაზზე. დასახაზი ხაზის სისქე და თვისებები შესაძლებელია ვცვალოთ ხატვის პროცესში *Tab* კლავიშზე დაჭერით. ხაზის სისქე მიეთითება პირობითად *Smallest, Small, Medium* და *Large* (*Small* შეესაბამება 2,54 მმ სისქეს). ხატვის დროს შესაძლებელია გამოვიყენოთ ხუთი რეჟიმი, რომელზედაც გადართვა ხორციელდება *Space* კლავიშით. გრაფიკული სიმბოლოს ხატვის დროს შესაძლებელია საჭირო გახდეს ბადის ბიჯის შეცვლა, რომელიც ხდება *G* კლავიშით (ამ დროს ბადე ციკლურად გადაერთვება 1, 2,5 და 5 მმ-ის მნიშვნელობებზე). საჭიროების შემთხვევაში ჩავრთოთ ბადის ბიჯი, დავაჭიროთ კლავიშებს *V* და *G* მიმდევრობით, რის შედეგადაც ჩამოიშლება მენიუ, სადაც ავირჩევთ ბრძანებას *Set Snap Grid*.

მიკროსქემის პირველი კვანძის შექმნის მსგავსად საჭიროა გავიმეოროთ ყველა ზემოთ აღწერილი ოპერაცია და შევქმნათ დანარჩენი სამი, ამასთან ერთად სიმბოლოებზე გამომყვანების აღმნიშვნელებს უნდა მივცეთ სათანადო რეალური ნუმერაცია. კომპონენტის შიგნით ყოველი ახალი კვანძის შესაქმნელად სრულდება ბრძანებათა შემდეგი ციკლი *Tools>New Part*. ჩვენი სქემის პირობებში 7 და 14 გამომყვანები მიეკუთვნება დამიწებას და კვებას და მათ ჩვენება სქემაზე არ წარმოადგენს აუცილებლობას. უხილავი გამომყვანების დაპროექტებისათვის საჭიროა (ბრძანებით *Place>Pin*) *Tab* კლავიშით კომპონენტების თვისებების პუნქტიდან შესაბამისი აღნიშვნის და დასახელების

ამორჩევის შემდეგ ჩავრთოთ ოპცია *Hide* და ველში *Connect To* მივანიშნოთ იმ კვანძის დასახელება, რომელსაც უნდა მიუერთდეს მოცემული გამომყვანი. ასეთი გამომყვანებისათვის იყენებენ აღნიშვნას 0 *Part Number* ველიდან, რაც ნიშნავს რომ მოცემული გამომყვანი არ ეკუთვნის მიკროსქემის ერთ-რომელიმე კვანძს. სიმბოლოს შექმნის რეზულტატი ნაჩვენებია ნახაზზე 8.



ნახაზი 16. უხილავი გამომყვანების შექმნა



ნახაზი 17. კომპონენტის თვისებები

3. PCad პროგრამით სქემის დაპროექტებისას ზემოთაღწერილი მოქმედებების შესრულების შემდეგ საჭიროა იყო შეერთების წერტილის მითითება და აუცილებელი ატრიბუტის *RefDes* დაყენება. Altium designer პროგრამაში შეერთების ადგილი განისაზღვრება სამუშაო არის კოორდინატის საწყისით, პოზიციური აღნიშვნა (*RefDes*) კი ავტომატურად დამატება მიკროსქემის კორპუსს. სიმბოლოს შექმნის მესამე ეტაპს კი წარმოადგენს ატრიბუტის დამატება, რომლებიც შემდგომში შეიძლება გამოყენებულნი იქნენ ტექსტური დოკუმენტაციის გაფორმებისათვის. PCAD-ში ეს ეტაპი მიკროსქემის კომპონენტის შექმნის ბოლოს სრულდებოდა *Library Executive* დანართში. Altium designer პროგრამაში კი იქიდან გამომდინარე, რომ ბიბლიოთეკის სტრუქტურა შეიცვალა კომპონენტი იქმნება უკვე ამ ეტაპზე. კომპონენტის ატრიბუტების შესაქმნელად საჭიროა შევასრულოთ *SCH Library* ველში მის დასახელებაზე თავის ღილაკზე ორჯერ დაწკაპუნება. გამოსულ კომპონენტების

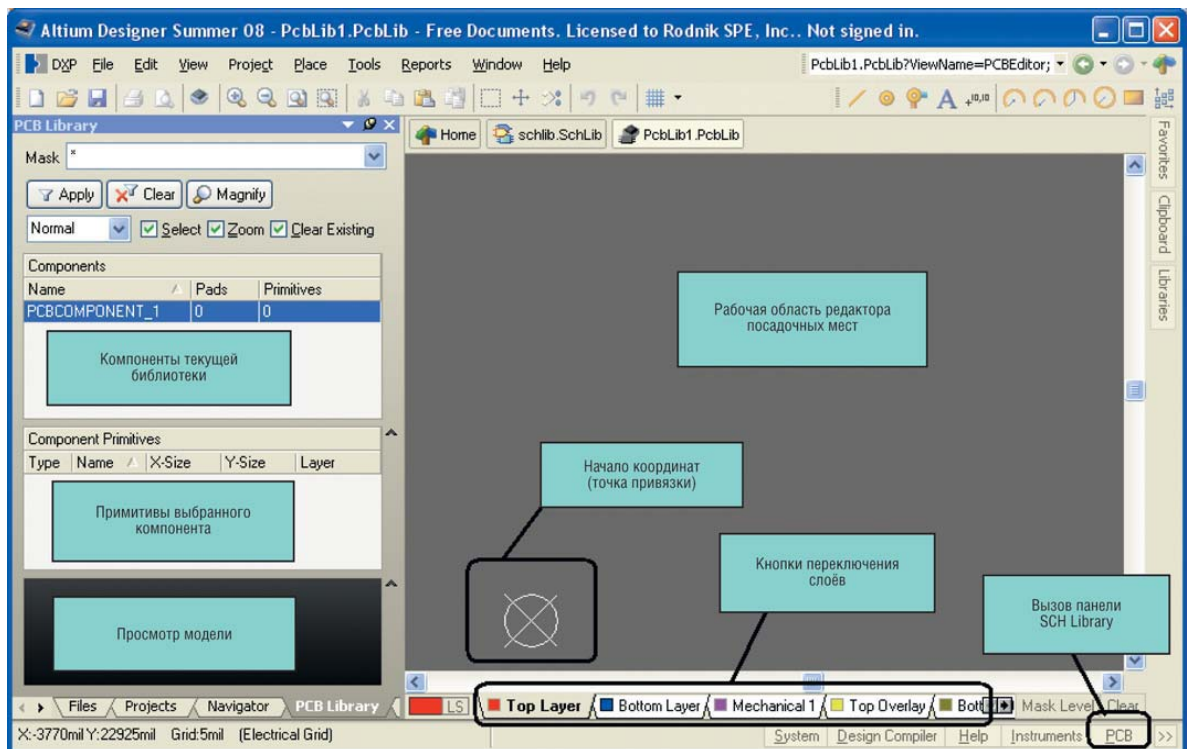
თვისებების ფანჯარაში (ნახაზი 9) საჭიროა მიეთითოს კომპონენტის პოზიციური აღნიშვნის პრეფიქსი და საჭიროების შემთხვევაში დავამატოთ პარამეტრები, რომლებიც შემდგომში შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს სპეციფიკაციის შესაქმნელად ან ელემენტების ჩამონათვალისათვის. OK ღილაკზე დაჭერის შემდეგ საჭიროა მოვახდინოთ ბიბლიოთეკის მონაცემების შენახვა დისკეტის ფორმის პიკტოგრამაზე დაწკაპუნებით.

კომპონენტების დამაგრების აღბილვის (Footprint) დამუშავება

SpCad პროგრამაში კომპონენტების ბაზების რეალიზაციისათვის გამოიყენებოდა ერთი ტიპის ბიბლიოთეკა (.lib გაფართოებით). ეს ბიბლიოთეკები წარმოადგენდა ინტეგრირებულ ბიბლიოთეკებს, რადგან მასში ინახებოდა სიმბოლოები, კომპონენტის დამაგრების ადგილები და თვითონ კომპონენტები) ლტიუმ ესიგნერ პროგრამაში როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ცალკეული ტიპის ობიექტებისათვის არსებობს ცალკე ბიბლიოთეკა, ამასთან ერთად სიმბოლოების ბიბლიოთეკა წარმოადგენს კომპონენტების ბიბლიოთეკას, მხოლოდ დამაგრების ადგილების ბიბლიოთეკას გააჩნია განსხვავებული გაფართოება. ყველა სხვა ტიპის მოდელებს (3D; Spice, IBIS) არ გააჩნიათ თავისი ტიპის ბიბლიოთეკები და ინახებიან ცალკეული ფაილების სახით.

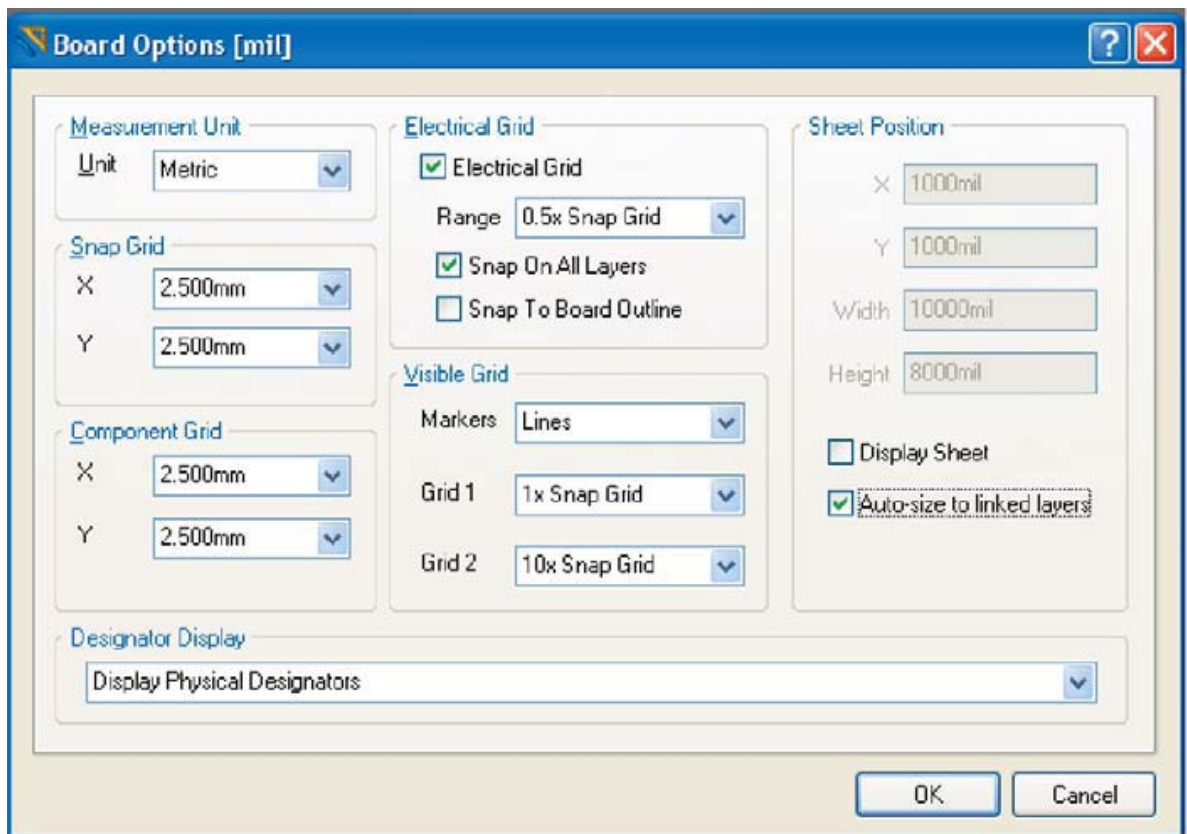
მაშასადამე, შევქმენით კომპონენტი K1554LA3 მიკროსქემის სახით, ახლა კი საჭიროა შევქმნათ ამ მიკროსქემისთვის დამაგრების ადგილი. დავიწყოთ ახალი ბიბლიოთეკის შექმნა, რისთვისაც შევასრულოთ ბრძანება *File>New>Library>PCB Library*.

დამაგრების ადგილის რედქტორთან მუშაობისათვის გამოიყენება *PCB Library* ფანჯარა, რომელიც ავტომატურად არ გაიშვება. ამ ფანჯრის გამოძახებისათვის საჭიროა მოვძებნოთ PCB ფანჯარა ეკრანის მარცხენა ქვედა მხარეში, რის შედეგადაც პროგრამის ინტერფეისი მიიღებს ნახაზზე 10 გამოსახულ სახეს.



ნახაზი 18. დამაგრების ადგილების რედაქტორის ინტერფეისი.

პარამეტრების დაყენებისათვის შევასრულოთ ბრძანება *Tools>Library Options*, და ეკრანზე გამოვა ფანჯარა, რომელიც ნაჩვენებია 11 ნახაზზე, სადაც გამოფენილია ზომის ერთეულები (ველში *Units*), ბადის ბიჯი (*Snap Grid*), და ბადის ბიჯი კომპონენტების დამაგრებისათვის (*Component Grid*, ბიბლიოთეკებისთვის ეს ბადე არ გამოიყენება) და ორი ხილული ბადე (*Grid1* და *Grid2*). ხილული ბადე ჩაირთვება *Snap Grid* ბადის მიმართებაში, პირველი ტოლი უნდა იყოს ბადის ბიჯის, მეორე – ათჯერ მეტი. ამ დროს ბადის გაწყობა Altium Designer სისტემაში იდენტური იქნება PCAd სისტემაში ბადის გაწყობისა. მოცემულ ფანჯარაში სხვა პარამეტრების ამ მომენტისათვის არ არის მნიშვნელოვანი ამიტომ OK ღილაკით გადასტურებთ ცვლილებას. ახლა ეკრანზე გამოჩნდება ნათელი ბადე, ხოლო მასშტაბის გაზრდით გამოჩნდება მუქი ბადე.

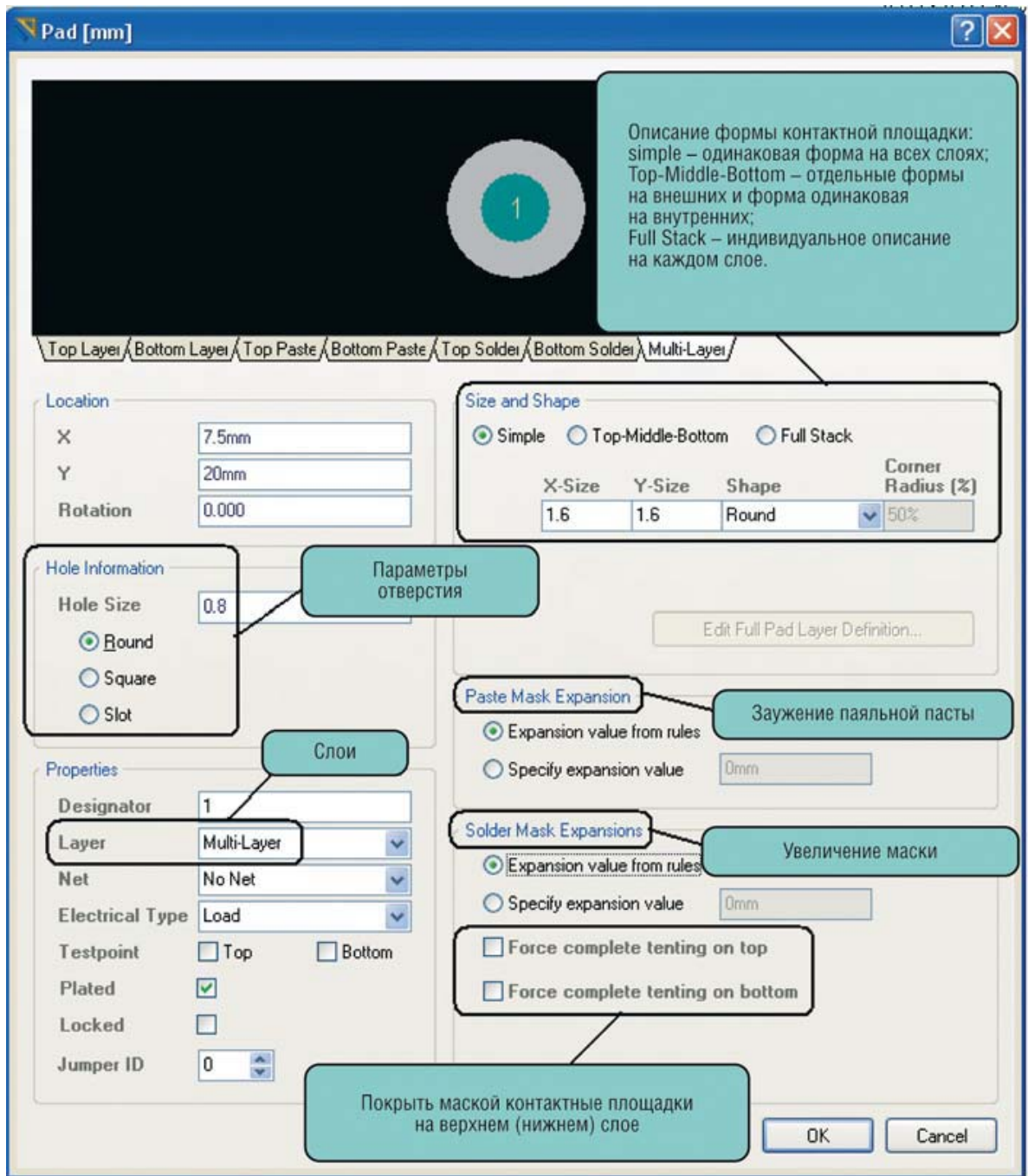


ნახაზი 19. დამაგრების ადგილების რედაქტორის სამუშაო სივრცის გაწყობა.

ახლა გადავიდეთ უშუალოდ დამაგრების ადგილების შექმნაზე, რომელიც ხორციელდება ორი ძირითადი ეტაპის საშუალებით:

- კონტაქტური ველის მოწყობა;
- კომპონენტის კორპუსის გრაფიკული გამოსახულების შექმნა.

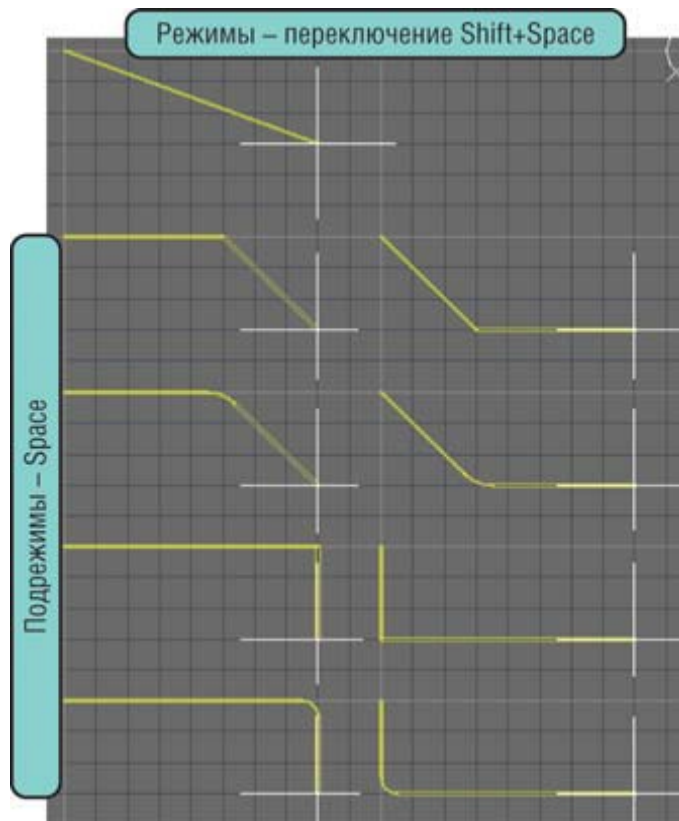
დამაგრების ადგილის შექმნა შესაძლებელია ორი მეთოდით: ხელით და ოსტატის დახმარებით. ჯერ განვიხილოთ რეზისტორის დამაგრების ადგილის შექმნა ხელით, ხოლო შემდეგ ზემოთ აღწერილი მიკროსქემის დამაგრების ადგილის რეალიზაცია ოსტატის დახმარებით.



ნახაზი 20. კონტაქტური ველის პარამეტრები.

დამაგრების ახალი ადგილის შექმნისათვის შევასრულოთ ბრძანება *Tools>New Blank Component*, შემდეგ *PCB Library* ფანჯარაში გამოიხატება ახალი დამაგრების ადგილი პირობითი დასახელებით. იმისათვის რომ მივანიჭოთ სასურველი დასახელება შესაქმნელ კორპუსს, საჭიროა *PCB* ბიბლიოთეკაში მის წარწერაზე ორჯერ დაგაწკაპუნოთ თავის ღილაკი და დაგაწეროთ სასურველი წარწერა (ჩვენს შემთხვევაში *Resistor*).

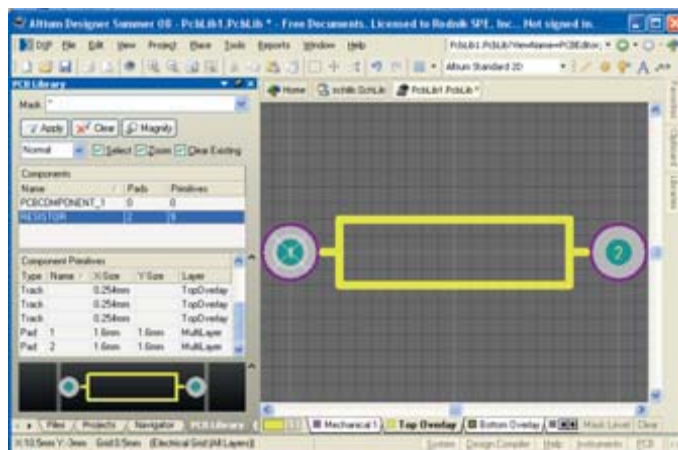
1. კონტაქტური ველების შექმნისთვის შევასრულოთ ბრძანება *Place>Pad* და *Tab* კლავიშის დახმარებით მოვახდინოთ კონტაქტური ველების აღწერა. გამოჩენილ ფანჯარაში (ნახაზი 12) საჭიროა შევიყვანოთ ხერელის პარამეტრები (ველში *Hole Information*) და კონტაქტური ველების პარამეტრები (ველში *Size da Shape*). ამის გარდა, შესაძლებელია მივუთითოთ სხვა პარამეტრებიც, ამასთან ერთად საჭიროა მივუთითოთ ფენა იმ ზედაპირის ქვეშ სადაც სრულდება მონტაჟი. თავდაპირველად უნდა მივანიშნოთ ფენა ველში *Layer*, რის შედეგადაც *Hole Information* ველი იქნება შეუღწევადი. კონტაქტური ველების ნუმერაცია საჭიროა დავიწყოთ 1-დან. 0 ნომერი ჩვეულებრივ გამოიყენება ჩასამაგრებელი ხერელისთვის. რეზისტორისათვის კეთდება ორი კონტაქტური ველი, რომლის დროსაც ერთი არის კოორდინატის დასაწყისში, ხოლო მეორე 10 მილიმეტრის მარჯვნივ (ძირითადი ბადის 4 ბიჯი).
2. დამაგრების ადგილის შექმნის მეორე ვარიანტს წარმოადგენს გრაფიკის დამუშავება. იგი უნდა შესრულდეს განსაზღვრულ ფენაში. ჩვენს შემთხვევაში კომპონენტის კორპუსის კონტური შესრულებული უნდა იქნეს *Top Overlay*. ფენის ამორჩევა ხორციელდება მათი შესაბამისი დასახელების ღილაკებით, რომლებიც განლაგებულნი არიან ეკრანის ქვედა ნაწილში (ნახაზი 10). ამის შემდეგ ამორჩეულ ფენაში შევქმნათ კომპონენტის კონტური *Place>Line* ბრძანების დახმარებით, რომელსაც განსხვავებულია სიმბოლოების შექმნის ანალოგიური ბრძანებებისგან. პირველ რიგში, *G* კლავიშით ბადის გადართვა ხდება არა წინასწარ მითითებული მნიშვნელობებით, არამედ სიიდან ბადის ამორჩევით (შესაძლებელია მივანიჭოთ სამომხმარებლო მნიშვნელობა *Set Snap Grid*). მეორე რიგში კი ხატვის ხუთი რეჟიმის ნაცვლად, თითოეული რეჟიმი გაყოფილია ქვერეჟიმებად, რომელიც გამოსახულია ნახაზზე 13. რეჟიმების გადართვა შესაძლებელია *Shift+Space* კლავიშების კომბინაციით. ქვერეჟიმების გადართვა კი ხორციელდება *Shift* კლავიშით. ხატვის დასრულების შემდეგ რეზისტორის კორპუსს ექნება ნახაზზე 14 ნაჩვენები გამოსახულების სახე.



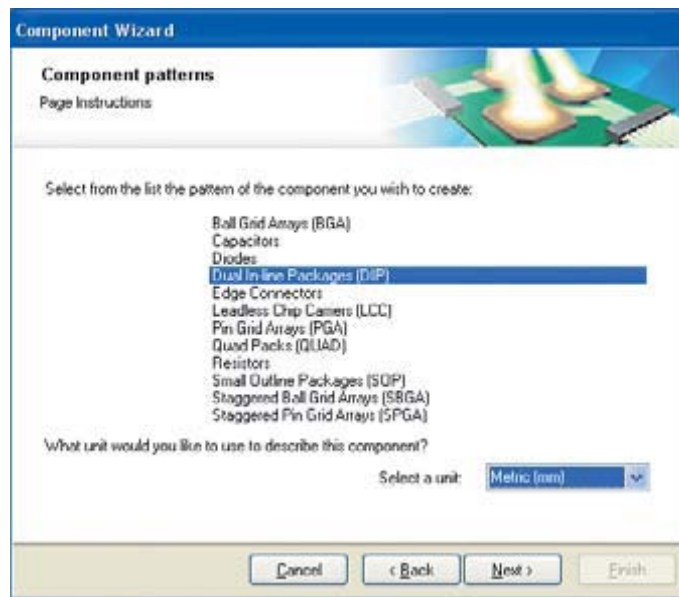
ნახაზი 21. ხაზის დახატვის რეჟიმები

ამ რედაქტორის განსაკუთრებულობას (PCAd რედაქტორთან შედარებით) წარმოადგენს შემდეგი:

არ იღებმა ატრიბუტი *RefDes*, აქ, ისევე როგორც სიმბოლოების რედაქტორში, იგი ავტომატურად განთავსდება კომპონენტის კორპუსის ქვეშ.



ნახაზი 22. დამატების ადგილის საბოლოო სახე.



ნახაზი 23. დამაგრების ადგილების შექმნის ოსტატი.

არ მიეთითება დამაგრების წერტილი, შესაბამისად არ ფუნქციონირებენ ელემენტები: *Glue Point* (დამაგრების წერტილი), *Pick Point* (ჩაჭერის წერტილი ავტომატური დამაგრებისათვის)) და *Test Point* (ტესტირების წერტილი). დამაგრების წერტილი ავტომატურად ფიქსირდება კოორდინატის დასაწყისში, ხოლო წერტილები *Glue Point* და *Pick Point* ემთხვევიან ამ წერტილს. ამიტომაც თუ აუცილებელი ხდება მათი გამოყენება, საჭიროა კოორდინატის დასაწყისი განვითავსოთ კომპონენტის გეომეტრიულ ცენტრში. ასეთი ოპერაცია მოსახერხებელია გამოვიყენოთ დამაგრების ადგილების დამუშავების დასასრულს (ბრძანებით *Edit>SetReference> center*).

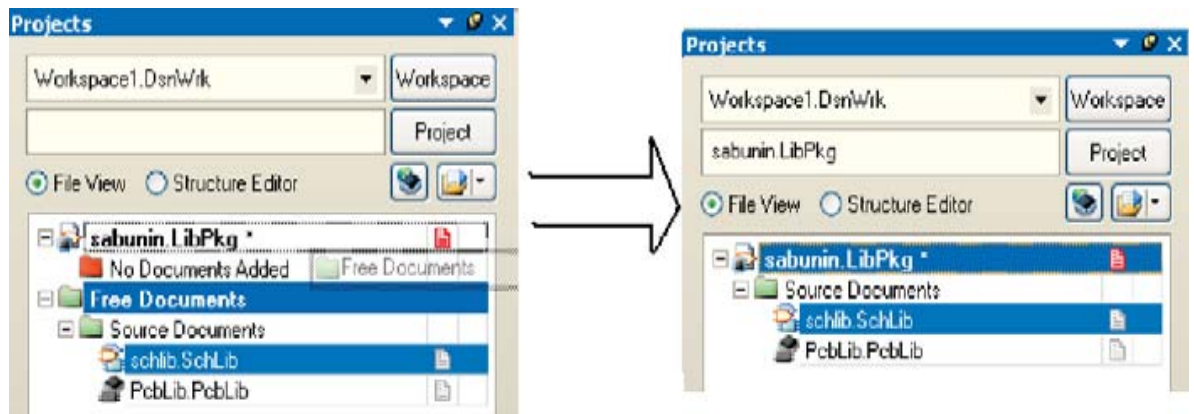
ახლა, მას მერე, რაც რეზისტორის დამაგრების ადგილი დამუშავება შევასრულეთ, განვიხილოთ უფრო რთული მიკროსქემის დამაგრების ადგილის მომზადება ოსტატის დახმარებით. ოსტატის ფუნქციის გაშვება ხორციელდება ბრძანებით *Tools>Component Wizard*. ეკრანზე გამოჩნდება დამაგრების ადგილების შემქმნელი ოსტატის დიალოგურის ფანჯარა. *Next* ღილაკზე დაჭერის შემდეგ შემოთავაზებული იქნება კოპრუსის ტიპის და განზომილების ერთეულის ამორჩევის ველი. (ნახაზი 14). ამის შემდეგ, ნაბიჯ-ნაბიჯ

შემოთავაზებული იქნება პარამეტრების კრებული, რომელიც აღწერს შესაქმნელ მოდელს, მაგალითად – კონტაქტური ველების პარამეტრები, გამომყვანების რიცხვი, კოპრუსის ხაზის სისქე და ა.შ. ჩვენს შემთხვევაში შევქმნათ 14 გამომყვანიანი კორპუსი. ბოლო ეტაპზე შემოთავაზებული იქნება დამაგრების ადგილების დასახელების მინიჭება.

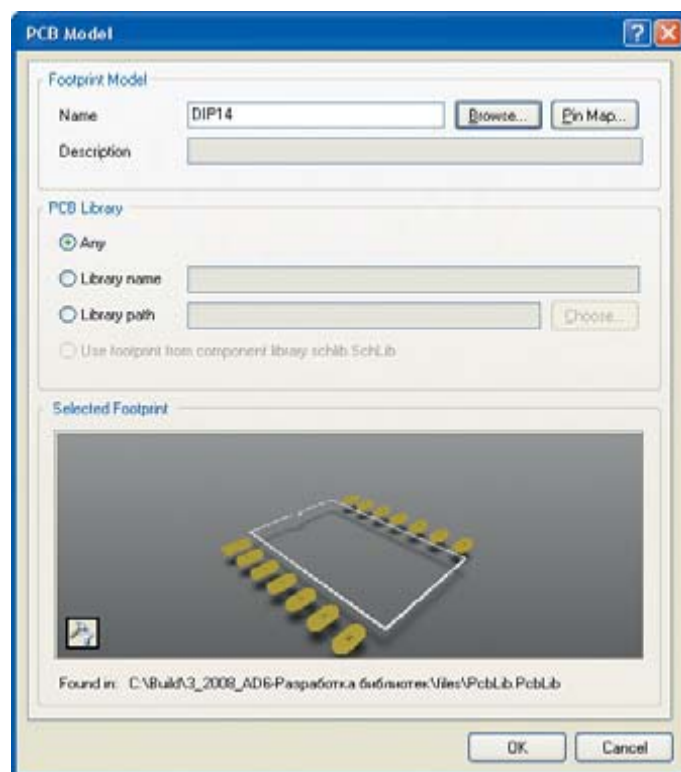
ოსტატთან მუშაობის დამთავრების შემდეგ საჭიროა ბიბლიოთეკის მონაცემების შენახვა, რომელიც ხორციელდება დისკეტის ფორმის პიკტოგრამაზე დაწკაპუნებით. ამის შედეგად უკვე გვექნება ორი ტიპის ბიბლიოთეკა: ერთში შენახული იქნება მიკროსქემის სიმბოლო, ხოლო მეორეში რეზისტორის და მიკროსქემის დამაგრების ადგილი. ჩვენი სამუშაოს ბოლო ეტაპი, რომლის შედეგადაც შესაძლებელი იქნება სრულად ფუნქციონირებადი კომპონენტის გამოყენება სქემაზე ან პლატაზე, უზრუნველყოფს კომპონენტის მოდელის დამაგრების ადგილებზე შეერთებას. ეს პროცედურა შესაძლებელია განხორციელდეს სხვადასხვა საშუალებებით და მეთოდებით. არსებობს ბიბლიოთეკების რეალიზაციის რამოდენიმე ვარიანტი. განხილულ ვარიანტში ნაჩვენებია მეთოდი, რომელიც გვთავაზობს ყველა კომპონენტისა და მოდელის შენახვას ინტეგრირებული ბიბლიოთეკების სახით.

ინტეგრირებული ბიბლიოთეკების შექმნისათვის შევასრულოთ ბრძანება: *File>New>Project>Integrated Library*, რის შედეგადაც *Project* ველის სტრუქტურაში ჩაემატება ახალი დოკუმენტი, რომელიც საჭიროა შევინახოთ შემდეგი მეთოდით: მასზე თავის მარჯვენა ღილაკის დაწკაპუნების შემდეგ შევასრულოთ ბრძანება *Save Project*. ახალა აუცილებელია დავამატოთ შექმნილი პროექტის სტრუქტურაში ადრე შექმნილი ბიბლიოთეკები მათი *Project* ველის ხეში გადათრევით (ნახაზი 16).

როგორც კი ყველა საჭირო ბიბლიოთეკა აღმოჩნდება ინტეგრირებული ბიბლიოთეკების სტრუქტურაში, შესაძლებელი იქნება მოდელის შეერთება შესაბამის კომპონენტთან. ჩვენს შემთხვევაში აუცილებელია გავხსნათ სიმბოლოების ბიბლიოთეკა: მოდელის შეერთების ფანჯარაში დავაწკაპუნოთ ღილაკზე *Add Footprint* (ნახაზი 3).



ნახაზი 24. ინტეგრირებული ბიბლიოთეკის შექმნა.



ნახაზი 25. დამაგრების ადგილების შეერთება.

3.2. Altium Designer პროგრამულ პაკეტში

სხვადასხვა იერარქიულ დონეზე

კავშირების რეალიზაცია

ამ თავში მრავალრიცხოვან პროექტებში ბეჭდური პლატების იერარქიებში კავშირების შექმნის ყველა შესაძლო ვარიანტი კომპიუტერული ავტომატიზირებული პროექტირების სისტემის Altium Designer-ის გამოყენებით. ჩამოთვლილია პროგრამაში გამოყენებული ყველა იდენტიფიკატორი (ჯაჭვის ნიშნულები) და განხილულია თითოეული ტიპისათვის იდენტიფიკატორით მართვის ყველა საშუალება.

რადიოელექტრონული საშუალებების დამუშავებისას პრინციპიალური ელექტრული სქემების შექმნის ეტაპზე ხშირად გამოიყენება იერარქიული და მრავალკრისტალიანი სტრუქტურები. სქემოტექნიკები იყენებენ მრავალფენოვან პროექტებს სხვადასხვა მიზეზის გამო. პირველ რიგში სქემების ზომების გამო; ზოგიერთი პროექტი იმდენად დიდი და რთულია, რომ მათი ერთ ფენაზე განლაგება უბრალოდ შეუძლებელია. და თუნდაც პროექტი არ იყოს დიდი და რთული, არსებობს მისი სხვადასხვა ფენაზე განთავსების კიდევ სხვა უპირატესობაც. მაგალითად, შეიძლება ჩართულია სხვადასხვა ფუნქციონალური მოდულების ელემენტები, ორგანიზაცია, რომელშიც ერთი პროექტის დამოუკიდებელ სქემებზე მუშაობს სხვადასხვა ინჟინერი. და კიდევ ერთი მარტივი მიზეზი, შეიძლება გამოყენებული იყოს მხოლოდ A4 ფორმატის ზომის საბეჭდი მოწყობილობა.

პროგრამა Altium Designer-ში მრავალფენიანი პროექტის შექმნისათვის არსებობს პრობლემის გადაწყვეტის ორი გზა: ფენებს შორის სტრუქტურული გაწყობა და ამ ფენებზე სქემის ფრაგმენტებს შორის კავშირების გამოყენება. კონკრეტული არჩევანი დამოკიდებულია თითოეული პროექტის ზომაზე და ტიპზე.

სხვადასხვა დონის ფენებს შორის სიგნალების გადაცემის ერთადერთ მეთოდს წარმოადგენს იდენტიფიკატორების გამოყენება, რომლებიც ქმნიან სქემის ელემენტებს შორის უფრო იოლ ლოგიკურ შეერთებას, ვიდრე ეს შეერთება ფიზიკური (გამტარებით) შეერთებებით.

იდენტიფიკატორები შესაძლებელია გამოვიყენოთ ერთი ფენის ფარგლებში, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახაზზე 1. მაგრამ მათი ძირითადი დანიშნულებაა – მთელი პროექტის შიგნით გლობალური კავშირების რეალიზაცია. ჩვენ დაწვრილებით განვიხილავთ იდენტიფიკატორების საშუალებით ყველა ობიექტის კავშირებს.

ზოგიერთ კონსტრუქტორს მიაჩნია, რომ სხვადასხვა ტიპის იდენტიფიკატორებს (როგორებიცაა კავშირების ნიშნულები და პორტები), რომლებსაც გააჩნიათ ერთიდაიგივე დასახელება ლოგიკურად იქნებიან დაკავშირებულნი. ფაქტიურად ეს ასე არ არის. სხვადასხვა ტიპის იდენტიფიკატორებს შესაძლოა ჰქონდეთ სხვადასხვა დასახელება, მაგრამ მიუხედავად ამისა, ერთიანი კავშირის (ჯაჭვის) ფორმირების მიზნით ერთიანდებიან.

სხვადასხვა ტიპის იდენტიფიკატორები, შესაძლოა ფიზიკურად შეერთებულნი იყვნენ ერთ ფენაზე, მაგრამ ამავე დროს არც ერთ მათგანზე ვიზუალურად არ შეიძლება ითქვას, თუ როგორი კავშირი გააჩნიათ მათ მრავალფენიან პროექტში. ფენათშორისი კავშირების რეალიზაცია დამოკიდებულია პროექტში გამოყენებულ იდენტიფიკატორებზე და მათ მოქმედებაზე დადგენილ შეზღუდვებზე.

იდენტიფიკატორები

პროგრამა Altium Designer-ში სხვადასხვა დონის იერარქიებზე კავშირების რეალიზაციისათვის გამოიყენება რამოდენიმე ტიპის იდენტიფიკატორი და თითოეულ მათგანს გააჩნია თავისი დანიშნულება. ყველაზე უბრალო იდენტიფიკატორს წარმოადგენს კავშირის ნიშნული. მათი პირველადი ამოცანააა ფენაზე გამტარების შეერთების ფუნქციონალური დანიშნულების გამოსახვა (იხ. ცხრილი).

მანამ, სანამ შესაძლებელია და პროექტი არ ზღუდავს, კავშირის ნიშნულები შესაძლებელია გამოვიყენოთ არა მხოლოდ ლოკალური შეერთებებისათვის, არამედ ფენათშორის კავშირებისათვის.

პორტებიც კავშირის ნიშნულების ანალოგიურად, შესაძლებელია გამოვიყენოთ ლოკალური შეერთებებისთვის ერთ დოკუმენტში, მაგრამ

კავშირის ნიშნულებისგან განსხვავებით, თავიდანვე პორტები განკუთვნილია ფენათშორის შეერთებებისათვის. ისინი ახორციელებენ ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ კავშირებს.

ჰორიზონტალურობა წარმოადგენს ფართოდ გავცელებულ ფუნქციას, იმდენად, რამდენადაც ის არ არის მგრძნობიარე მარავალფენოვან სტრუქტურაში ერთ კავშირში აერთიანებს ერთსახელიან პორტებს მთელს სქემაზე. ვერტიკალური შეერთებები კი არის ადვილად მართვადი, რადგან ისინი აერთიანებენ კავშირებს მხოლოდ დაქვემდებარებულ და მონათესავე ფენებს შორის. პორტის შეერთების ადვილას, ვერტიკალური შეერთება სრულდება დაქვემდებარებული ფენის პორტსა და შესასვლელი ფენის სიმბოლოს შორის მონათესავე დოკუმენტზე. ეს ფენის შესასვლელი განთავსებული უნდა იყოს ფენის სიმბოლოს ფარგლებში მინიშნებით განსაზღვრულ დაქვემდებარებულ ფენაზე. ასეთნაირად, ვერტიკალური შეერთება გამოიყენება იერარქიის სხვადასხვა დონეზე ფენების შეერთებისათვის.

ფენათშორისი შეერთება წარმოადგენს შუალედურ რგოლს, რომელიც საშუალებას იძლევა პროექტის ფარგლებში არჩეული ფენების ჯგუფს შორის დაამყაროს ჰორიზონტალური კავშირები. ამ ფენების დაჯგუფებისათვის საჭიროა მრავალრიცხოვანი ფენების დასახელება განვათავსოთ ფენის ერთი სიმბოლოს *Fileaname*-ს ველში და გამოვყოთ ერთმანეთისგან წერტილ-მძიმით. ამ სიგნალებისათვის ფენათშორისი შემაერთებლები უნდა განვაღაგოთ ისე, რომ ისინი იმყოფებოდნენ ამ ჯგუფების ფენებს შორის. ერთსახელიანი ფენათშორისი შემაერთებლები შეერთებულნი იქნებიან მხოლოდ იმ ფენების ფარგლებში, რომელნიც დაჯგუფებულნი არიან მონათესავე ფენის სიმბოლოზე. თუ ფენის სიმბოლოზე წარმოდგენილია მხოლოდ ერთი დაქვემდებარებული ფენა, მაშინ მისი ფენათშორისი შემაერთებლები არ იქნებიან დაკავშირებულნი ერთნაირი ტიპის შემაერთებლებით, რომლებიც შესაძლებელია არსებობდნენ პროექტის სხვა ადგილებშიც.

ძალოვანი პორტები არ არიან მგრძნობიარენი პროექტის სტრუქტურის მიმართ და ერთსახელიან ძალოვან პორტებს აერთიანებენ

ყველა დაკავშირებულ ფენას შორის (მაგალითად, კვების და დამიწების პორტი).

უხილავი გამოყენებები სიმბოლოსათვის შესაძლებელია შეყვანილ იქნას ბიბლიოთეკაში და ჩართული იქნას განსაზღვრული ჯაჭვის მიმართ მნიშვნელობის უშუალო დაყენებით ველში *Connect to* (დიალოგში *Pin Properties*). პროექტში ძველი ვერსიებიდან უხილავი გამოყენებების შემოტანის შემთხვევაში მათ აქვთ ჯაჭვის დასახელება და განთავსებულნი არიან ამ ველში ავტომატურად.

კავშირების ნიშნულებზე, პორტებზე, ფენის შესასვლელებზე, ფენათშორის შემაერთებლებზე და ძალოვან პორტებზე უფრო დაწვრილებითი ინფორმაციის მიღება შესაძლებელია თუ კურსორს განვათავსებთ იდენტიფიკატორზე და F1 კლავიშზე დაჭერით გამოვიძახებთ სქემის რედაქტორს.

ჯაჭვის ინვერსიული იდენტიფიკატორი

თუ საჭიროება მოითხოვს კავშირის ნიშნული, ფენის შესასვლელი ან პორტი აღნიშნული იყოს ინვერსიის ნიშნით, ეს შესაძლებელია ორი მეთოდით:

1. შევიყვანოთ სიმბოლო „\“ ჯაჭვის სახელში ყოველი სიმბოლოს შემდეგ (მაგალითად, EN\A\B\L\E\);
2. გავააქტიუროთ ოპცია *Single ‘\’ Negation*, შემდეგ *Schematic>Graphical Editing* დიალოგის ფანჯარაში *DXP>Preferences*, შემდეგ შევიყვანოთ ერთი სიმბოლო „\“ ჯაჭვის სახელის დასაწყისში (მაგალითად, \ENABLE).

შეპლუდული მოქმედების იდენტიფიკატორების დაყენება

პროგრამა Altium Designer პლატების ყოველ ახალ პროექტში იდენტიფიკატორების მოქმედების შეპლუდვისთვის იყენებს განსაზღვრის ავტომატურ რეჟიმს.

თუ კომპილაციისას აღმოჩენილი იქნება წარმოდგენილ დამუშავებულ პროექტში ფენის მხოლოდ ერთი შესასვლელი მაინც,

მაშინ ავტომატურად იქნება ამორჩეული იერარქიული შეზღუდვები ვერტიკალური კავშირებისთვის. კავშირის ნიშნულები და პორტები გამოყენებულ იქნებიან ერთ ფენაში (ჩვეულებრივ) ლოკალური შეერთებებისათვის, მაგრამ პორტებს ექნებათ მხოლოდ ფენათშორის კავშირები, თუ მთავარი ფენის სიმბოლოზე განთავსებული იქნება შესაბამისი ფენის შესასვლელი. თუ მოცემულია იერარქიული შეზღუდვა, პორტები და კავშირის ნიშნულები არ ამყარებენ ლოგიკურ კავშირს პროექტის სხვა ფენის ჯაჭვის ერთსახელიან იდენტიფიკატორებთან.

თუ სქემა შეიცავს პორტებს, მაგრამ არ გააჩნია ფენის შესასვლელი, მაშინ ავტომატურად ჩაითვება პორტებისათვის გლობალური შეზღუდვა. ეს ნიშნავს, რომ მთელ პროექტში პორტები ჩაითვლებიან ჰორიზონტალურად მიუხედავად მრავალფენიანი სტრუქტურისა და გააერთიანებენ ერთსახელიან პორტებს ერთ კავშირში (ჯაჭვში). კავშირის ნიშნულები ამ დროს შექმნიან მხოლოდ ლოკალურ შეერთებას.

თუ პროექტის სქემა არ შეიცავს ფენის არც შესასვლელს და არც პორტს, მაშინ ავტომატურად განისაზღვრება კავშირის ნიშნულების სატატუსი გლობალურამდე.

ფენათშორის შემაერთებლებს, ძალოვან პორტებს და სპეციალურ უხილავ გამოყვანებს იდენტიფიკატორების შეზღუდვის მიუხედავად გააჩნიათ მუდმივი დანიშნულება და მოქმედების პრინციპი.

Altium Designer-ს შეუძლია აწარმოოს სრული კონტროლი კავშირის იდენტიფიკატორების შეზღუდვებზე (*Net Identifier Score*). კონტროლი შესაძლებელია პუნქტით *Options*, დიალოგის ფანჯრიდან *Options for Project*, შემდეგი ოპერაციების შესრულების შედეგად *Project>Project Option*. *Option* პუნქტის გადართვების შედეგად შესაძლებელია შევიტანოთ ცვლილება მთელს პროექტში იდენტიფიკატორების შეზღუდვის განსაზღვრისა და ავტომატური გაწეობის თვალსაზრისით. კონტროლი გულისხმობს შეზღუდვებს, რის შედეგადაც იდენტიფიკატორები (ნიშნულები, კავშირები და პორტები) მთელ პროექტში მიიღებენ შეერთებების განსაზღვრულ ტიპს (გლობალურს ან ლოკალურს).

სტრუქტურის თვალსაზრისით, ყველა მრავალფენიანი პროექტი ორგანიზებულია იერარქიულად, თუნდაც იერარქია შეიცავდეს ორ ფენას (მაგალითად, ზედა ფენა, რომელიც შეიცავს იმ ფენის სიმბოლოებს, რომელიც მას ექვემდებარება და წარმოადგენს მის ქვედა ფენას). ამასთანავე პროექტი შეიძლება შესრულდეს ან ერთ ფენაზე, ან იერარქიული სტრუქტურით. მათ შორის ძირითადი განსხვავება ისაა, რომ იერარქიულ პროექტებში სიგნალები შექმნილი სტრუქტურის შესაბამისად გადაირთვებიან ფენებს შორის, იმ დროს, როცა ერთდონიანი პროექტები არ საჭიროებენ ფენების სტრუქტურულ ორგანიზაციას [22].

აღსანიშნავია, რომ თანამედროვე სქემების პროექტირებისას აუცილებლად იყენებენ იერარქიულ სტრუქტურას, რადგან იგი ამცირებს ხარჯებს და სქემის ზომებს, რაც მეტად მნიშვნელოვანი ფაქტორია თანამედროვე ელექტრონული აპარატურის შექმნის საკითხში.

ერთდონიანი პროექტები ზედა დონის ფენის გარეშე

თუ დასამუშავებელი პროექტი არ არის იერარქიული, მაგალითად, სქემის ყველა ფენა განფენილია ერთსა და იმავე დონეზე, ფურცლის სიმბოლოს გარეშე, რომელზედაც მითითებულია დაქვემდებარებული ფენა, მაშინ ასეთ პროექტს ეწოდება ერთდონიანი პროექტი. ამ შემთხვევაში აუცილებელი არ არის ზედა დონის ფენაში, რომელიც შეიცავს მხოლოდ ფენის სიმბოლოებს, მიეთითოს სქემაზე. ზედა დონის ფენის არსებობის აუცილებლობა გამოწვეული პროექტის ფაილის არ არსებობით, პროგრამული უზრუნველყოფის ფაილი კი დამოკიდებულია უმაღლესი დონის ფენის სიმბოლოებზე, პროექტში არსებული დოკუმენტების განსაზღვრისათვის. ისეთი პროექტის ტესტირებისათვის, რომელსაც ზედა დონის ფენა არ გააჩნია, საჭიროა ოპციაში *Projects* დავაჭიროთ ფაილის სახელს და ჩამოშლილ მენიუში მივუთითოთ ბრძანებაზე *Remove from Project*.

ერთდონიანი პროექტი, რომელიც შეიცავს ზედა დონის ფენას, იქნება კორექტულად კომპილირებული, მაგრამ Altium Designer პროგრამა საჭიროების შემთხვევაში იძლევა შესაძლებლობას პროექტი გააკეთდეს ზედა ფენის გარეშე.

კავშირების ტიპების პროექტების მაგალითები

შემდეგი ოთხი მაგალითი გვიჩვენებს, როგორ განსაზღვროთ ან ამოვირჩიოთ იდენტიფიკატორების შეზღუდვა, რომლებიც ცალკეული ჯაჭვის ნიშნულების და პორტების იერარქიულ სტრუქტურაში მოახდენს გავლენას კავშირებზე. მეხუთე მაგალითი გვიჩვენებს, თუ როგორ მუშაობს ფენათშორისი შემაერთებლები. მოყვანილ მაგალითებში ნაჩვენებია იდენტიფიკატორების მოქმედების შეზღუდვის დაფიქსირება, რომელიც ხორციელდება დიალოგის ფანჯარაში *Options for Project (Project>Project Option)*, ოპციაში *Options*, ჩამონათვალიდან *Net Identifier Scope*-ს ამორჩევით.

პირველ მაგალითში (ნახაზი 2.) სქემის პროექტის ავტომატურად იქნება განსაზღვრული, ისე როგორც მთავარ სქემაზე არის ადგილი ფენის შესასვლელი ფენის სიმბოლოებში. ჯაჭვის ნიშნულები C1 და C2 ყოველ დაქვემდებარებულ ფენაზე არ იქნება შეერთებული სხვა ფენის შესაბამის ჯაჭვის ნიშნულებთან, მაგრამ მოქმედებს თითოეული ფენის საზღვრებში. ამ მაგალითში პორტებს გააჩნიათ სხვადასხვა სახელი, მაგრამ თუნდაც მათი სახელები ერთმანეთს ემთხვეოდნენ, ისინი მაინც ვერ დაამყარებენ ჰორიზონტალურ კავშირს სხვა ფენის ერთსახელიან პორტებს შორის, იმ მარტივი მიზეზის გამო, რომ შეზღუდულია იდენტიფიკატორები მოცემული ტიპის იერარქიისათვის. ამიტომ ეს პორტები შექმნიან მხოლოდ ვერტიკალურ კავშირს სქემის ზედა მონათესავე ფენასთან. იმისათვის რომ მოხდეს შეერთება, პორტს დაქვემდებარებულ ფენაზე უნდა ჰქონდეს ერთსახელიანი შესასვლელი ფენის შიგნით შესაბამისი ფენის სიმბოლო.

მეორე მაგალითში (ნახაზი 3) მთავარი ფენის შესასვლელი ელემენტები შეერთებულია სხვადასხვა ფენასთან (კიდევ ერთხელ

აღვნიშნავთ, რომ მათ არ აქვთ ერთნაირი დასახელება: ეს არის ფიზიკური და არა ლოგიკური ჩართვა). სტრუქტურულად დამუშავებულ პროექტში ეს სიგნალები გროვდება პორტთან და უტოლდება შესასვლელების მიხედვით ფენის სხვა სიმბოლურ მონათესავე ფენებზე.

ამ პროექტში ფენების შესასვლელების არ ქონის შემთხვევაში ერთიანი კავშირების რეალიზაციისათვის გამოიყენება ავტომატიზირებული დანიშნულების გლობალური პორტების ვარიანტი. ეს არის ერთდონიანი პროექტი განსაკუთრებულობა: იმდენად, რამდენადაც პორტები არიან შეერთებულნი, ისინი იღებენ ლოგიკურ კავშირებს ყველა ერთსახელიანი პორტებიდან პროექტის ყველა ფენაზე. ჯაჭვის ნიშნულები არ უერთდებიან ამ პროცესს, ისინი არიან ლოკალური სქემის ყოველ ფენაზე.

რამდენადაც ეს პროექტი ერთდონიანია, ზედა ფენა შესაძლოა მოვაცილოთ პროექტს და ის იქნება კონკრეტულად კომპილირებული. აღვნიშნავთ, რომ Altium Designer იყენებს პროექტის ფაილს პროექტში ფენების რაოდენობის განსაზღვრისათვის, რაც აუცილებელია ერთდონიანი დამუშავებისათვის Flat ტიპის შეზღუდვებიანი იდენტიფიკატორებისათვის.

მაგალით 3 (ნახაზი 4) არ გააჩნია ფენის შესასვლელის და პორტების ელემენტები. ეს ერთადერთი შემთხვევაა, როცა ჯაჭვის ნიშნულები ავტომატურად ქმნიან გლობალურ ჩართვას მრავალფენიანი პროექტის ყველა სქემაზე. ეს ჯაჭვის ნიშნულები, მიუხედავად მათი სტრუქტურისა, პროექტში შეერთებულნი იქნებიან ერთსახელიანი ჯაჭვის ნიშნულებით. და ისევე, რადგანაც პროექტი ერთდონიანია, პროექტიდან ზედა ფენის მოცილება შესაძლებელია და პროექტი იქნება კორექტულად კომპილირებული.

შემდეგი ვარიანტია, მაგალითი 4 (ნახაზი 5), რომელიც იერარქიის ავტომატურ განსაზღვრას არ ექვემდებარება, მაგრამ Altium Designer-ში შესაძლოა მიღებულ იქნას გამოკვეთილი პროექტების მხარდაჭერისათვის. მასში როგორც ჯაჭვის ნიშნულები, ასევე პორტები პროექტში შესაბამისი იდენტიფიკატორებით იღებენ გლობალურ კავშირებს ჰორიზონტალურად. ერთადერთი გზა ასეთი ტიპის შეერთებებისა მიიღწევა ოპცია Option-ის Options for Projects დიალოგის

ფანჯრის *Net Identifier Score* პუნქტის *Global (Netlabels and ports global)* პუნქტით შეცვლით.

რამდენადაც ეს არის ერთდონიანი პროექტი, ზედა ფენა შესაძლებელია მოსცილდეს პროექტიდან და პროექტი იქნება კორექტულად კომპილირებული (პროექტის ფაილი ისევე, როგორც წინა ორ მაგალითში, თვითონ შეიცავს ინფორმაციას პროექტში ფორმირებული გამოსავალი დოკუმენტების შემადგენლობაზე) [23].

მეხუთე მაგალითში (ნახაზი 6) ზედა ფენა მხოლოდ ფენის ორი სიმბოლოს დახმარებით უკავშირდება მეოთხე დაქვემდებარებულ ფენას. ეს ხორციელდება ფენის სიმბოლოების Name ველში რამოდენიმე სქემის ფაილებზე გზავნილების დაკავშირებით, რომლებიც ერთმანეთისაგან გამოიყოფიან წერტილ-მძიმის საშუალებით. ფენათშორისი შეერთებები ფენის ერთ სიმბოლოს ფარგლებში შექმნიან ერთდონიან შეერთებას ყველა დაჯგუფებულ ფენას შორის, მაშინაც კი თუ პროექტის სხვა ფენები იყენებენ ერთსახელიან ვერტიკალურ შეერთებებს.

დაჯგუფებული ფენები არ იყენებენ რაიმე სხვა სახის ჯაჭვების იდენტიფიკატორებს. ეს შეერთებები დგინდება მხოლოდ ჯგუფის ფარგლებში.

დღეს ჯერ კიდევ სქემის ყველა შემქმნელი არ იყენებს ფენათშორის შეერთებებს, რომლებიც ადრე შემოღებული იყო მხოლოდ, როგორც სქემოტექნიკური პროექტირების სხვა პროგრამული პაკეტებიდან პროექტის შემოტანის საშუალება. არადა თანამედროვე სქემების პროექტირებაში ასეთი კავშირების განხორციელება ძალიან მოსახერხებელია. მაგალითისათვის განვიხილოთ მაღალმოდულური პროექტი, რომელშიც ყოველი ფენა წარმოადენს პროექტის ლოგიკურ ნაწილს. ფენის სიმბოლოების განლაგება შექმნის არამარტო სასურველ კავშირებს, არამედ დასამუშავებელი პროექტის სხვა მონაწილეს ნათლად აჩვენებს მთელ პროექტში განხორციელებულ შეერთებებს.

ახლა წარმოვიდგინოთ, რომ ერთერთი ასეთი ფუნქციონალური ბლოკის სქემა სცდება ერთ ფენაზე განლაგების შესაძლებლობის ფარგლებს. იერარქიის შესაქმნელად საჭირო ხდება ჯაჭვის ნიშნულების გარკვეული რაოდენობა, რომლებიც უნდა გადავიდნენ

ფენიდან ფენაზე და პორტები, რომლებმაც უნდა გადასცენ ჯაჭვები ზევით ფენის შემოსასვლელს, გამტარებით შეერთდეს. ამ ამოცანის მაგალითი მოყვანილია ნახაზზე 6, სადაც პროექტი გაყოფილია ორ ფენად, რომელთაგან თითოეული გადანაწილებულია რამოდენიმე სხვადასხვა ფენაზე. ამ მეთოდით ხდება ჯაჭვების ნიშნულების ისეთი განლაგება, რომელიც შესაძლებელს ქმნის ფენათშორისი შეერთების დახმარებით შეიქმნას კავშირები მთელი პროექტის ფარგლებში.

4. დასკვნა

სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია ინტეგრალური სქემებისა და თანამედროვე მიკრო და ნანო კომპონენტების, აგრეთვე მათ საფუძველზე ელექტრონული მოწყობილობების დაპროექტების ავტომატიზირებული სისტემის Altium Designer Summer 08 მუშაობის პრინციპები. გამოტანილია დასკვნები ამ სრულიად თანამედროვე და უნიკალური პროგრამული პაკეტის უპირატესობის შესახებ აქამდე არსებული პროექტირების სისტემებთან შედარებით.

ამ პროგრამული პაკეტის გამოყენება მნიშვნელოვნად ამარტივებს თანამედროვე მრავალფუნქციური და ურთულესი სისტემების შექმნას ძალიან მცირე დანახარჯებით. სისტემა აგებულია ისე, რომ მომხმარებელს შეუძლია ნაკეთობის დაპროექტების ყველა ეტაპზე მოახდინოს მონაცემთა სინქრონიზაცია და ერთ ნებისმიერ მოდულში შეტანილი ცვლილება აისახოს მთელი დაპროექტების პროცესზე, დაწყებული ელექტრული პრინციპიალური სქემის მონაცემების შეტანიდან საბოლოო პროდუქციის მიღებამდე.

Altium Designer დამუშავების უნიფიცირებული საშუალებაა, რომელიც აერთიანებს აპარატურულ, პროგრამულ და პროგრამირებულ-აპარატურულ დამუშავებას გაერთიანებულს ერთიან ავტომატიზირებული დაპროექტების სისტემაში, უზრუნველყოფს სქემის დამუშავებელი ჯგუფების ეფექტურ ერთიან მუშაობას. პროექტის მონაცემების მართვა შესაძლებელია განხორციელდეს დამუშავების უნიფიცირებული ინტერფეისის ფარგლებში, რაც წარმოადგენს საუკეთესო გადაწყვეტას პროექტული მონაცემების ერთიანი დამუშავებისა და მართვისათვის ანუ არ არის საჭირო სხვა პროგრამული პროდუქტის გამოყენება და ინტეგრაცია. ეს კი გაცილებით ამარტივებს რთულ პროექტებზე მუშაობას.

ჩემი რეკომენდაცია არის აღნიშნული პროგრამული პაკეტის, როგორც ყველაზე თანამედროვე და დახვეწილი სისტემის დანერგვა სასწავლო პროცესში, რომელიც განსაკუთრებით დიდ დახმარებას გაუწევს სქემოტექნიკის სფეროში ნიჭიერი კადრების მომზადებას. ამ სფეროში მომუშავე წარმატებულ სულ რამოდენიმე ადამიანსაც კი

შეუძლია *fables* ტიპის საწარმოს შექმნა. ასეთი საწარმოების რიცხვი კი მსოფლიოში უკვე დიდი სისწრაფით იზრდება და არიან ერთ-ერთი ყველაზე რენტაბელურნი. ჩვენს ქვეყანაში არსებობს ინტელექტუალური პოტენციალი და, ჩემი აზრით, ძალიან მართებული იქნება ამ პოტენციალის სწორი მიმართულებით წარმართვა.

გამოყენებული ლიტერატურა

- [1] Бочаров Л.Ю., Мальцев П.П. Состояние и перспективы развития микромеханических систем за рубежом / Микросистемная техника. 1999. № 1. С. 41-46.
- [2] Климов Д.М., Лучинин В.В., Васильев А.А., Мальцев П.П. Перспективы развития микросистемной техники в XXI веке / Микросистемная техника. 1999. № 1. С. 3-6.
- [3] Мальцев П.П. Микросистемная техника – расширение возможностей микроэлектроники / Микроэлектроника. 2001. Т. 30. № 1. С. 32-34.
- [4] Вернер В.Д., Чаплыгин Ю.А., Сауров А.Н., Шелепин Н.А. Микросистемы и биочипы – трансферт технологии микроэлектроники / Электронные компоненты. 2000. № 1. С. 3-5.
- [5] MEMS Exchange <http://www.mems-exchange.org>
- [6] Peterson K.E. //Proc/ IEEE. 1982. №70. P. 420-457.
- [7] NEXUS Market analysis for microsystems, 1996-2002 //MST News, 1998, № 3. P. 38-41.
- [8] Luchinin V.V., Korlyakov A.V. // Transaction of Indo-Russian Workshop on Micromechanical Systems. India, New Delhi. 1999. P. 1-16.
- [9] Luchinin V.V., Korlyakov A.V., Vasilev A.A. // Proc/SPIE. 1999. V3680. P. 783-791.
- [10] National nanotechnology Initiative. Washington D.C. Jule 2000;
- [11] Большая Советская Энциклопедия. Модуль. С. 1207;
Иллюстрированный энциклопедический словарь. С. 462;
- [12] Berger J., Botthof A. Technology Developments and Market Exploitation in Context of Microsystems // MST news. 2002. №4;
- [13] Sensors Transducers & Systems. May 18-20, 1999. Exhibition Centre Nurnberg/Germany
- [14] MSTnews. International newsletter on MIKROSYSTEMS and MEMS. No.4/03. September 2003.
- [15] MSTnews. International newsletter on MIKROSYSTEMS and MEMS.
Spetial Issue. August 2003.
- [16] Стики Г. Микронные механизмы // В мире науки. 1993. № 1. С. 69-78.

[17] Highly Advanced National Programme (HAN - “G7 Programme”) / Asian MEMS update Semicon conference, 1998.

[18] National nanotechnology Initiative. Jule 2000. Washington D.C.

[19] Van Heeren H., Elders I. Foundries for MEMS/MST: a status overview 2001/2002 // MST news. 2002, № 2/02. С. 41-43.

[20] NEXUS. www.nexus-mems.com.

[21] www.altium.com

[22] Мурога Т. Основы проектирование микроэлектронной аппаратуры. стр. 115.

[23] Smart systems technologies mst/news. No 3/08 – June 2008. P.5.