

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მ. ბალიაშვილი, ზ. აზმაიფარაშვილი

ავტომატიზებული დაპროექტების
სისტემები NI Multisim და
NI Ultiboard



დამტკიცებულია სახელმძღვანელოდ
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს
მიერ. 15.12.2014, ოქმი №3

თბილისი
2015

უაკ 681.3.001:621.396.6

სახელმძღვანელოში განხილულია ელექტრონული აპარატურის ავტომატიზებული დაპროექტებისათვის გამოყენებული ორი პროგრამა Multisim-ი და Ultiboard-ი, აგრეთვე მოყვანილია ზოგადი ცნებები ავტომატიზებული დაპროექტების შესახებ.

ელექტრონული მოწყობილობების სქემების დასახაზად და მუშაობის სიმულირებისათვის გამოყენებული პროგრამა Multisim-ის აღწერისას ნაჩვენებია როგორ ხდება ფორმატის (ფურცლის) ზომების, პარამეტრების და ოფციების შერჩევა, ძირითადი წარწერების სხვადასხვა ენაზე და ქვეყანაში მოქმედი სტანდარტების შესაბამისად გაფორმება, კომპონენტების მონაცემთა ბაზებით სარგებლობა. განხილულია კომპონენტების ძირითადი სახეობები და პარამეტრები, სქემის შედგენის ზოგადი წესები.

Electronics Workbench-ში შექმნილი ელექტული სქემების ხაზვის პროგრამებთან ინტეგრირებული სამონტაჟო ფირფიტების კონსტრუქტორი პროგრამის Ultiboard-ის აღწერისას განხილულია ელექტრონული კომპონენტების ჯგუფები, ელექტრონული ანაწყობების შესაძლო სტრუქტურები, ციფრული მიკროსქემების ტიპები და ზომები, ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის სახეები, ზომები, მასალები. ნაჩვენებია როგორ ხდება სამონტაჟო ფირფიტის გამოტანა ნახაზზე, აკრძალვის ზონის გამოყოფა, ელემენტების გადაადგილება და ორიენტირება, ტრასირება, სამონტაჟო ფირფიტის პროექტის ფენების ამობეჭდვა, სხვადასხვა ელემენტების შექმნა, რომლებიც არ შედის მონაცემთა ბაზაში, აგრეთვე პროექტის ექსპორტი Gerber ფაილების სახით.

რეცენზენტები: სრული პროფესორი ლ. იმნაიშვილი,
სრული პროფესორი პ. ჯოხაძე

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2015
ISBN 978-9941-20-528-6

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის ნებისმიერი ნაწილის (ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არც ერთი ფორმითა და საშუალებით (ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.



1. ზოგადი ცნებები

ავტომატიზებული დაპროექტება, ანუ კომპიუტერის გამოყენებით დაპროექტება (ინგლ. *Computer-Aided Design*, აბრევიატურა *CAD*) გულისხმობს კომპიუტერული ინსტრუმენტების ფართო სპექტრს, რომლის დახმარებით ინჟინრები, არქიტექტორები და სხვ. სპეციალობის პროფესიონალები ქმნიან, ცვლილებები შეაქვთ და ოპტიმალურს ხდიან კონცეპტუალურ, საინჟინრო, არქიტექტურულ და სამშენებლო პროექტებს.

ავტომატიზებული დაპროექტების სისტემა (ადს) მოიცავს მრავალ პროგრამულ და აპარატურულ საშუალებას ხაზვის ორგანიზაციის სისტემებიდან მოცულობითი სხეულის სამგანზომიანი პარამეტრული მოდელირების ჩათვლით.

გამოყენების სფეროს მიხედვით ადს-ები არსებობს შემდეგი სახის:

- არქიტექტურულ-სამშენებლო;
- მექანიკური;
- ელექტრონული ხელსაწყოებისა და მოწყობილობების;
- ტექნოლოგიური.

ადს-ის შედგენილობაში შედის:

- ტექნიკური საშუალებები, რომლებიც უზრუნველყოფენ საპროექტო გადაწყვეტების ავტომატიზებულ მიღებას;
- პროგრამები, რომლებიც მართავენ ტექნიკური საშუალებების მუშაობას და ასრულებენ საპროექტო პროცედურებს;
- მონაცემები, რომლებიც საჭიროა პროგრამის შესასრულებლად;
- დოკუმენტაცია, რომელიც შეიცავს ყველა აუცილებელ ინფორმაციას ადს-ის საშუალებით ავტომატიზებული დაპროექტებისათვის.

ადს-ის დადებით მხარეს მიეკუთვნება:

- ოპტიმალური საკონსტრუქტორო გადაწყვეტების შემუშავების გამარტივება, შესაბამისად წარმოების და ექსპლუატაციის ღირებულების შემცირება და მანქანებისა და აპარატების მაღალი ხარისხის მიღწევა;
- უსაფრთხოებისა და საიმედოობის ხარისხის ამაღლება კონსტრუქციის ცალკეული კვანძების დამუშავებისას უფრო ზუსტი მათემატიკური მოდელების და ინჟინრული მეთოდების გამოყენების შედეგად;

➤ დაპროექტების დროის მნიშვნელოვანი შემცირება, რაც გავლენას ახდენს დანახარჯების შემცირებასა და საკონსტრუქტორო ქვედანაყოფის მწარმოებლურობის ზრდაზე.

➤ დამპროექტებლის გათავისუფლება არაშემოქმედებითი სამუშაოსაგან, რაც შესაძლებელს ხდის მისი შემოქმედებითი პოტენციალის უკეთ გამოყენებას და ზრდის შრომის ეფექტურობას;

➤ მზა საპროექტო გადაწყვეტების გამოყენების სფეროს გაფართოება კომპიუტერული მონაცემების ბაზის გამოყენების საშუალებით;

➤ დაპროექტების ეტაპზე ღრმა კვლევების ჩატარება, რაც შესაძლებელია მათემატიკური მოდელირების მეთოდით. ეს საშუალებასაც იძლევა დაპროექტების ეტაპზე გაანალიზდეს ცალკეული კონსტრუქციული პარამეტრის გავლენა მთლიან აპარატზე, მანქანაზე ან სისტემაზე პროტოტიპის შექმნის და სასტენდო და საექსპლუატაციო კვლევების გარეშე.

თანამედროვე ადს-ს უნდა გააჩნდეს "ხელოვნური ინტელექტის" ელემენტები, მაგალითად, ჰქონდეს ე.წ. კონსტრუქტორის მხარდაჭერის საექსპერტო სისტემები, რომელიც ასახავს ცოდნას მოცემულ სფეროში და იმავე დანიშნულების ტექნიკური ობიექტების დაპროექტების გამოცდილებას. მაგალითად, საექსპერტო სისტემა უნდა ეხმარებოდეს ადს-ის კონსტრუქტორ-მომხმარებელს დასაპროექტებელი ობიექტის შესაძლო ვარიანტების გენერირებაში.

ძირითადი ტერმინები, რომლებიც გამოიყენება ავტომატიზებული დაპროექტების სფეროში, ინგლისურენოვანია და მოყვანილია 1.1 ცხრილში.

ცხრილი 1.1

აბრევიატურა	დასახელება	
	ინგლისური	ქართული
CALS	Continuous Acquisition and Life cycle Support	ნაკეთის სასიცოცხლო ციკლის უწყვეტი საინფორმაციო მხარდაჭერა
EDA	Electronic Design Automation	ელექტრონული მოწყობილობების ავტომატიზებული დაპროექტება
ECAD	Electronic Computer Aided Design	ელექტრონული მოწყობილობების ავტომატიზებული დაპროექტება

CAD	Computer Aided Design	ავტომატიზებული კონსტრუირება
CAM	Computer Aided Manufacturing	ტექნოლოგიის ავტომატიზება (წარმოების ავტომატიზებული მომზადება)
CAE	Computer Aided Engineering	საინჟინრო გამოთვლები
PLM	Product Life Management	პროდუქციის სასიცოცხლო ციკლის მართვა
PDM	Product Data Management	ნაკეთის მონაცემების მართვა
ERP	Enterprise Resource Planning	საწარმოს რესურსების მართვა
ILM	Information Life Cycle Manegement	ინფორმაციის (მონაცემების) სასიცოცხლო ციკლის მართვა

ნებისმიერი რადიოელექტრონული მოწყობილობის დამუშავება შეიცავს ფიზიკური ან მათემატიკური მოდელირების ეტაპს.

ფიზიკური მოდელირება ითვალისწინებს ნაკეთის რეალური მოდელის – მაკეტის შექმნას. იგი დაკავშირებულია დიდ მატერიალურ დანაკარგებთან, რადგან საჭიროებს მაკეტის დამზადებასა და შესწავლას, რაც საკმაოდ შრომატევადი პროცესია. ზოგ შემთხვევაში ფიზიკური მოდელირება პრაქტიკულად შეუძლებელია მოწყობილობის სირთულის გამო. ასეთ შემთხვევაში მიმართავენ მათემატიკური მოდელირების მეთოდს – გამოთვლითი ტექნიკის მეთოდებისა და საშუალებების გამოყენებით ნაკეთის მოდელის შექმნას.

1976 წელს შექმნილი კომპანია National Instruments (NI) ამარაგებს ინჟინრებსა და მეცნიერებს ინსტრუმენტებით, რომელთა გამოყენება აჩქარებს გამოგონებებს, აღმოჩენებს და წარმოების პროცესს. National Instruments-ის მიერ გამოყენებული სისტემური დაპროექტების გრაფიკული მეთოდი შეესაბამება პროგრამული და აპარატურული უზრუნველყოფის ინტეგრირებულ პლატფორმას, რომელიც ამარტივებს იმ სისტემების განვითარებას, რომლებიც საჭიროებენ გაზომვებსა და კონტროლს. ინჟინრები და მეცნიერები აღნიშნულ პლატფორმას იყენებენ კონსტრუირების ეტაპიდან დაწყებული წარმოების პროცესის ჩათვლით, აგრეთვე კვლევითი

სამუშაოებისას. კომპანიის პერსპექტიული ხედვები და ტექნოლოგიები ხელს უწყობს მის თანამიმდევრულ ზრდას და კლიენტების, თანამშრომლების, მომწოდებლების და აქციონრების წარმატებულ საქმიანობას.

ფირმა National Instruments-ის პროგრამების კომპლექსი, რომელთა სავაჭრო მარკაა Electronics Workbench, წარმოადგენს ნებისმიერი ტიპის (ანალოგური, ციფრული, ციფრულ-ანალოგური და სხვ.) ელექტრონული აპარატურის ავტომატიზებული დაპროექტების მსოფლოში ერთ-ერთ გავრცელებულ სისტემას. იგი მოიცავს: ფართოდ გამოყენებად Electronics Workbench და MicroCAP ელექტრონულ ლაბორატორიებს; დაპროექტების VHDL ალგორითმულ ენაზე ელექტრული სქემების დაპროგრამების ინსტრუმენტულ სისტემას; ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტების დაპროექტების სისტემას (პროგრამული პაკეტი Ultiboard-ი). მომხმარებლის სურვილის შესაბამისად ეს შესაძლებლობები შეიძლება გაფართოვდეს ფირმა National Instruments-ის ლაბორატორიული სტენდის Elvis (Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite)-ის პროგრამირებადი ემულატორის, აგრეთვე MultiMCU მიკროკონტროლერების პროგრამული უზრუნველყოფის დაპროექტების სისტემის გამოყენებით. თუ დაპროექტებისა და კვლევისათვის შეთავაზებული მოწყობილობების ჩამონათვალი მომხმარებელს არ აკმაყოფილებს, მას შეუძლია დამოუკიდებლად შეავსოს იგი Labview სისტემის გამოყენებით. კომპლექსი საშუალებას იძლევა ეფექტურად მოხდეს ელექტრული სქემების დაპროექტების ძირითადი ეტაპების რეალიზება, როგორცაა:

- ელექტრული პრინციპული სქემის დამუშავება;
- სქემის მოდელირება;
- ანალიზი;
- სქემის საკონსტრუქტორო გარდაქმნა მომავალი ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის (ინგლ. აბრევიატურაა PCB) ნახაზის სახით.

აუცილებლობის შემთხვევაში დაპროექტებული ნაკეთის მუშაობა შესაძლოა შემოწმდეს რეალური ხელსაწყოებისა და კომპონენტების გამოყენებით NI Elvis-ის ლაბორატორიულ სტენდზე.

Electronics Workbench-ის პროგრამულ უზრუნველყოფას აქვს შემდეგი სახე (ნახ. 1.1):

<p>MultiCAP Schematic Capture</p> <p>სქემების პროგრამული აღწერის</p>	<p>MultiSIM</p> <p>SPICE/VHDL/ RF Simulation</p> <p>სიმულაციის მეთოდის ალგორითმები</p>	<p>UltiBOARD</p> <p>PCB Layout</p> <p>სამონტაჟო ფირფიტის ტოპოლოგია</p>	<p>UltiROUTE</p> <p>Autorouting</p> <p>ავტო- ტრასირება (მარშრუ-</p>
--	--	--	---

ნახ. 1.1

პროგრამა Multisim-ს აქვს: ორ- და სამგანზომილებიანი აქტიური და პასიური ვირტუალური ელექტრონული კომპონენტების უნიკალური ბაზა, რომელიც შეიცავს 17000-ზე მეტ დასახელებას; 20 ვირტუალური საკონტროლო-საზომი ხელსაწყოსაგან შემდგარი ანაკრები, როგორცაა ოსცილოგრაფი, მულტიმეტრი, სიხშირეზომი, ლოგიკური ანალიზატორი, სიგნალებისა და სიტყვების გენერატორი და სხვ.; დასაპროექტებელი ელექტრონული სქემების ანალიზის საშუალებები (24-მდე ტიპის სქემისათვის), კერძოდ, სპექტრის ანალიზატორი, SMOS (MOII) და ბიპოლარული ნახევრად გამტარიანი ხელსაწყოები და სხვ.

Multisim-ი საშუალებას იძლევა მინიმალურ დროში შეიქმნას საუკეთესო პროდუქტი. იგი შეიცავს Multicap-ის ვერსიას, რაც მას უნივერსალურ საშუალებად ხდის სქემების პროგრამულად აღწერისა და მყისიერად ტესტირებისათვის.

Multisim-ი გამოიყენება ელექტროტექნიკის შესასწავლად. საშუალებას აძლევს სტუდენტებს მიიღონ მრავალმხრივი პრაქტიკული გამოცდილება ელექტრონული მოწყობილობების დაპროექტების სრული ციკლის განმავლობაში. აღნიშნული პლატფორმის დახმარებით სტუდენტებს შეეძლებათ ადვილად გადავიდნენ თეორიიდან პრაქტიკაზე, შექმნან საცდელი ნიმუშები და გაიღრმავონ ცოდნა სქემების დაპროექტების სფეროში.

კომპონენტების მონაცემთა ბაზა შეიცავს წამყვანი მეწარმეების, როგორცაა Analog Devices, Linear Technology и Texas Instruments მიერ გამოშვებული ელემენტების 1200-ზე მეტ SPICE მოდელს, აგრეთვე კვების იმპულსური წყაროების ასზე მეტ მოდელს. გარდა ამისა, ახალ ვერსიებში არის Convergence Assistant

(დამხმარე), რომელიც ახდენს SPICE-ის პარამეტრების ავტომატურ კორექტირებას, შესაბამისად, ასწორებს მოდელირების შეცდომებს.

SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*) ზოგადი დანიშნულების ელექტრონული სქემების სიმულატორია ღია საწყისი კოდით. წარმოადგენს ძლიერ პროგრამას, რომელიც გამოიყენება როგორც ინტეგრალური სქემების, ასევე ნაბეჭდი ფირფიტების დასამუშავებლად, სქემის სისრულის შესამოწმებლად და მისი ქმედების გასაანალიზებლად.

ინტეგრალური სქემები, ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტებისაგან განსხვავებით, პრაქტიკულად არ ექვემდებარება მაკეტირებას წარმოების დაწყებამდე. გარდა ამისა, ფოტოლითოგრაფიული ნიღბის შექმნის და ნახევრადგამტარიანი ელემენტების წარმოების სხვა ეტაპების სიძვირე განაპირობებს დამუშავების და ვერიფიკაციის დიდი სიზუსტით ჩატარების აუცილებლობას. სქემების სიმულაცია SPICE-ის გამოყენებით ფართოდაა გავრცელებული ნახევრადგამტარიანი ელემენტების წარმოებაში სქემების მუშაობის ვერიფიკაციისათვის ტრანზისტორულ დონეზე (კაჟბადზე მის რეალიზებამდე).

ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტისათვის, განსაკუთრებით ნაკლებად რთულისათვის, მაკეტირება შესაძლებელია, მაგრამ სამაკეტო ფირფიტაზე სქემის ზოგიერთი თვისება შესაძლოა იყოს არაზუსტი საბოლოო ფირფიტასთან შედარებით, მაგალითად, სამაკეტო ფირფიტაზე ნაბეჭდ ტრასებს ექნებათ სხვა პარაზიტული წინაღობები და ტევადობები. მსგავსი პარაზიტული ელემენტები შესაძლოა შეფასდეს SPICE-ით სიმულაციის საშუალებით.

პროგრამებში Multisim და Ultiboard გათვალისწინებულია [IPC \(Association Connecting Electronics Industries\)](#)-ის სტანდარტების მოთხოვნები, კერძოდ ეს სტანდარტებია:

- IPC 2220. Series of design documents;
- [IPC-SM-782A. Surface Mount Design and Land Pattern Standard](#);
- IPC 2615. The definitive standard on printed board dimensions and tolerances;
- IPC 2221A. Generic Standard on Printed Boards Design;
- ANSI/IPC-2222. Sectional Design Standard for Rigid Organic Printed Boards;

- IPC 2223. Sectional design standard for flexible printed board-single user cd-rom - non-printable;
- IPC 2224. Sectional standard for design of pwbs for pc cards;
- IPC 2225. Sectional design standard for organic multichip modules (mcml & mcm-l assemblies) და სხვ.

ელექტრონული სქემების დაპროექტების ერთ-ერთი მსოფლიოში პოპულარული პროგრამაა Circuit Design Suite, რომელიც ხასიათდება პროფესიული შესაძლებლობების და უბრალოების შერწყმით, ფუნქციების გაფართოების შესაძლებლობით მარტივი სამაგიდო სისტემიდან ქსელურ კორპორაციულ სისტემებამდე. ამით აიხსნება პროგრამის ფართო გამოყენება როგორც სასწავლო მიზნებისათვის, ასევე რთული ელექტრონული მოწყობილობების სამრეწველო წარმოებისათვის.

National Instruments-ში იქმნება მომდევნო ვერსიები პროგრამული პაკეტებისა NI Multisim-ი და NI Ultiboard-ი. ეს ვერსიები ხასიათდება ამაღლებული ფუნქციურობით, სამომხმარებლო ინტერფეისის ახალი შესაძლებლობებით და ხასიათდება მსოფლიოში ლიდერობის მქონე მწარმოებლების 3000-ზე მეტი ახალი კომპონენტის მხარდაჭერით. ახალი შესაძლებლობების გამო ელექტრონული სქემების პროტოტიპების დამუშავება და შექმნა უფრო სწრაფად და მეტი სიზუსტით მოხდება.

დამუშავების პროცესის გასაადვილებლად კომპანია National Instruments-ი საშუალებას აძლევს ელექტრონული სქემებისა და ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტების ყველა დამმუშავებელს, პროფესორსა და სტუდენტს გაერთიანდნენ ონლაინ NI Circuit Design Community ერთობლიობაში. ამ რესურსით ისინი შეძლებენ ერთმანეთს გაუცვალონ ესკიზები, პროტოტიპები, შაბლონები და მსოფლიოს მასშტაბით იმსჯელონ პროექტის შესაძლო ნიუანსებზე კოლეგებთან ერთად. NI Circuit Design Community-ის შესაძლებლობების გამოყენება საშუალებას იძლევა, მიწვდომა განხორციელდეს რესურსებთან, რომელთა დახმარებით გამარტივდება პროექტის შექმნისა და რეალიზების პროცესი.

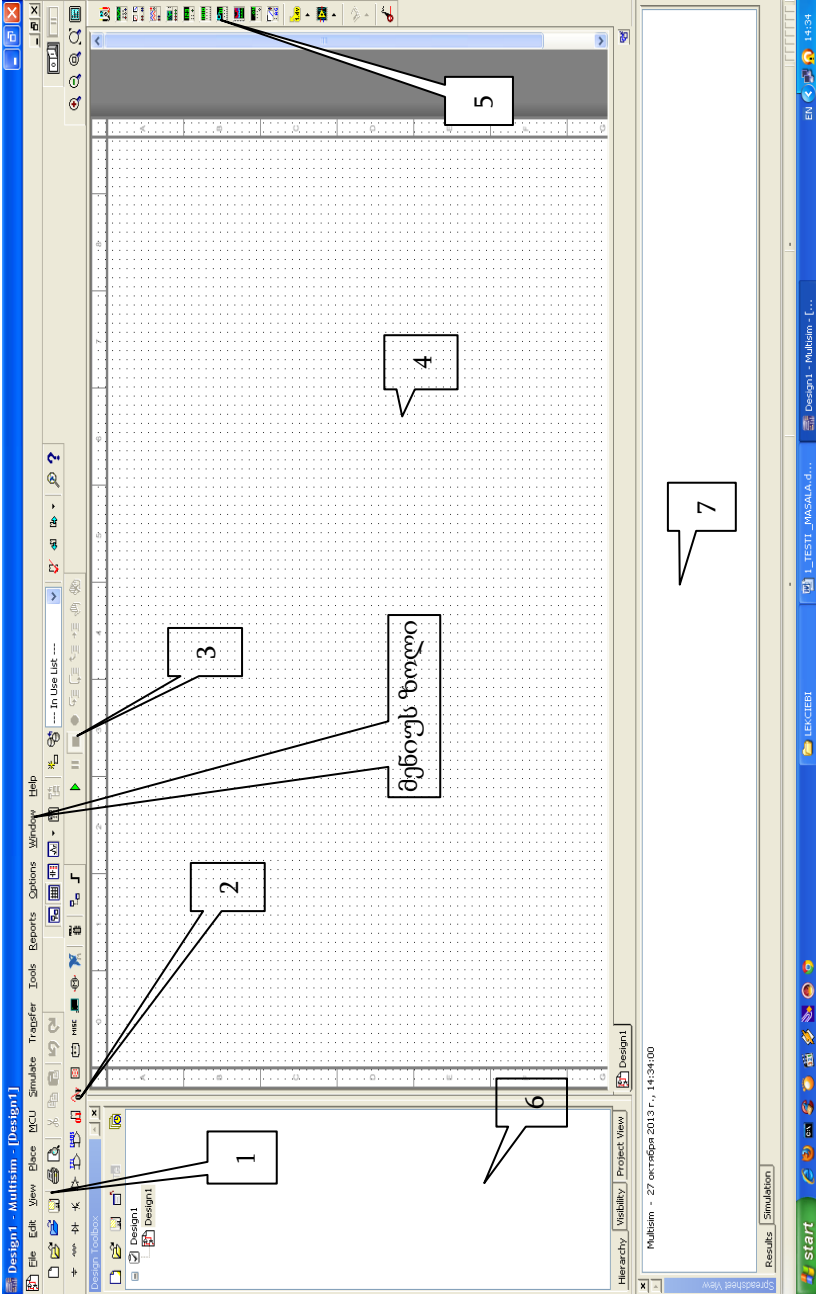
2. პროგრამა Multisim-ი

2.1. ძირითადი ფანჯარა

პროგრამა Multisim-ში შესასვლელად სრულდება ბრძანება Start>>All Programs>>National Instruments>>Circuit Design Suit 13.0.1>>Multisim.

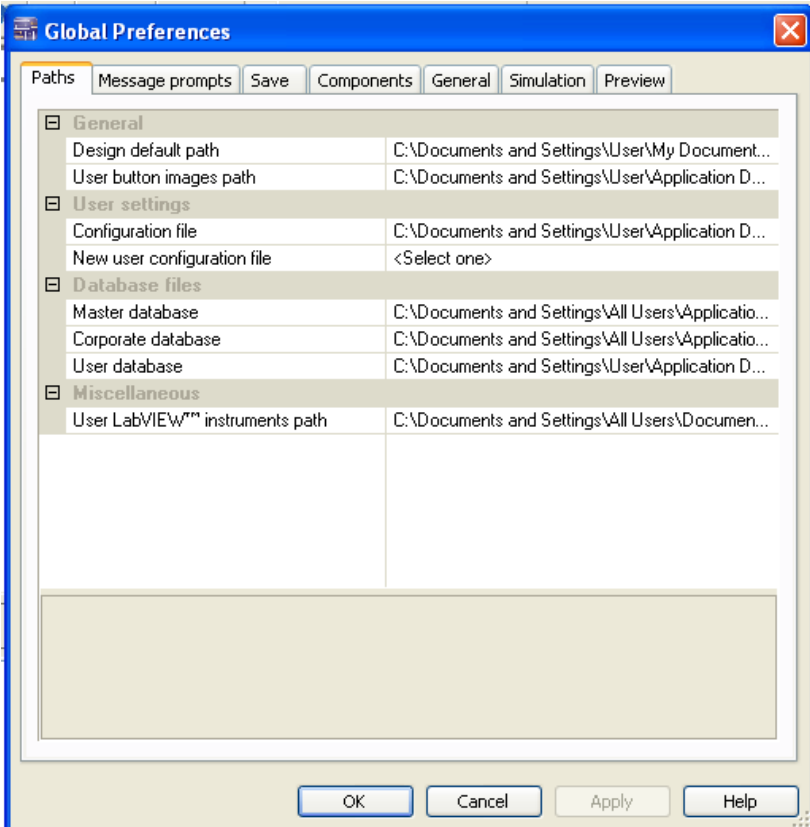
პროგრამა Multisim-ის ფანჯარა ნაჩვენებია 2.1 ნახ-ზე. მას აქვს სტანდარული მენიუს ზოლი, რომელშიც განთავსებულია ბრძანებები ყველა ფუნქციის შესასრულებლად. 2.1 ნახ-ზე ციფრებით აღნიშნულია პროგრამის ძირითადი პანელები, რომელთა დასახელებები და დანიშნულება შემდეგია:

- **1. სტანდარტული პანელი**, რომელიც შეიცავს დილაკებს ხშირად გამოყენებული ფუნქციებისათვის;
- **2. კომპონენტების ინსტრუმენტული პანელი** დილაკებით, რომელთა საშუალებით შესაძლებელია სქემაზე განსათავსებელი კომპონენტების არჩევა Multisim-ის მონაცემთა ბაზიდან;
- **3. სიმულაციის პანელი**, რომელიც შეიცავს დილაკებს სიმულაციის დაწყების, შეჩერების და სიმულაციასთან დაკავშირებული სხვა ფუნქციებისათვის;
- **4. სქემის ფანჯარა**, სამუშაო სივრცე ანუ ადგილი, სადაც ხდება სქემის დამუშავება;
- **5. ინსტრუმენტების პანელი**, რომელზეც განთავსებულია დილაკები ცალკეული ინსტრუმენტებისათვის როგორცაა მულტიმეტრი, სიგნალების გენერატორი, ოსცილოგრაფი, სიხშირული მახასიათებლების ამგები (პლოტერი), სპექტრული ანალიზატორი, ვატმეტრი და სხვ.
- **6. დამუშავების პანელი**, რომელიც პროექტის სხვადასხვა ტიპის ფაილებში (სქემის ნახაზი, ტრასირება, შეტყობინება) გადაადგილების საშუალებას იძლევა, აქვე შეგვიძლია დავინახოთ სქემის იერარქია, გამოვაჩინოთ ან გადავმალოთ სხვადასხვა ფენები.
- **7. ხედი, ცხრილის სახით**, საშუალებას იძლევა სწრაფად მოხდეს პარამეტრების, ატრიბუტების და სხვ. დეტალების რედაქტირება.



ნახ. 2.1

პროგრამისათვის ფუძემდებლური ოფციების დადგენა ხდება **Options>>Global Preferences** ბრძანებით (ნახ. 2.2). განვიხილოთ ამ ბრძანებით ეკრანზე გამოტანილი ფანჯრის ზოგიერთი ჩანართი:



ნახ. 2.2

- **Paths** ჩანართში განსაზღვრავენ პროექტის შექმნისას დასამუშავებელი ფაილების ადგილმდებარეობას (მისამართებს). **Paths**-ში აღნიშნული მისამართების დადგენა ხდება პროგრამის ინსტალირებისას და მათი შეცვლა არ არის რეკომენდებული.

- **Components** ჩანართში განსაზღვრავენ კომპონენტის აღნიშვნის (სიმბოლოს) სქემაზე განთავსების სახეობებს ANSI ან DIN სტანდარტის შესაბამისად.

აბრევიატურა ANSI აღნიშნავს სტანდარტების ნაციონალურ ამერიკულ ინსტიტუტს, DIN - სტანდარტების გერმანულ ინსტიტუტს.

ANSI ან DIN სტანდარტის შესაბამისი სიმბოლოს არჩევა ხდება ბრძანებით **Options>>Global Preferences>>Components**. მაგალითად, რეზისტორის შესაძლო აღნიშვნები ნაჩვენებია 2.3 ნახაზზე.




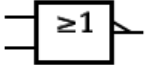

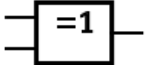

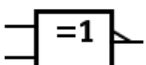
ა) ბ)

ნახ. 2.3. რეზისტორის აღნიშვნა: ა) ANSI სტანდარტის მიხედვით; ბ) DIN სტანდარტის მიხედვით

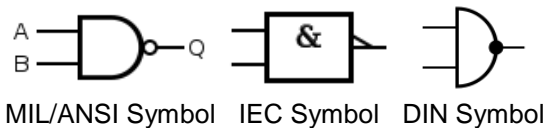
2.1 ცხრილში ნაჩვენებია ზოგიერთი ლოგიკური ელემენტის აღნიშვნა ორივე სტანდარტის შესაბამისად.

ცხრილი 2.1

ტიპი (Type)	აღნიშვნა ANSI-ის მიხედვით	აღნიშვნა DIN-ის მიხედვით	ჭეშმარიტების ცხრილი (Truth table)	
AND და			INPUT A B	OUTPUT A AND B
			0 0	0
			0 1	0
			1 0	0
			1 1	1
OR ან			INPUT A B	OUTPUT A OR B
			0 0	0
			0 1	1
			1 0	1
			1 1	1
NOT არა			INPUT A	OUTPUT NOT A
			0	1
			1	0
NAND და-არა			INPUT A B	OUTPUT A NAND B
			0 0	1
			0 1	1
			1 0	1
			1 1	0

			გაგრძელება	
NOR ან-არა			INPUT	OUTPUT
			A B	A NOR B
			0 0	1
			0 1	0
			1 1	0
XOR ან-ის გამორიცხვა			INPUT	OUTPUT
			A B	A XOR B
			0 0	0
			0 1	1
			1 1	0
XNOR ან-არა-ს გამორიცხვა			INPUT	OUTPUT
			A B	A XNOR B
			0 0	1
			0 1	0
			1 1	1

DIN-ის შესაბამის აღნიშვნას ზოგჯერ IEC სტანდარტის შესაბამის სიმბოლოსაც უწოდებენ. ლიტერატურასა და ცნობარებში შესაძლოა შეგვხვდეს 2.4 ნახ-ზე ნაჩვენები აღნიშვნები.



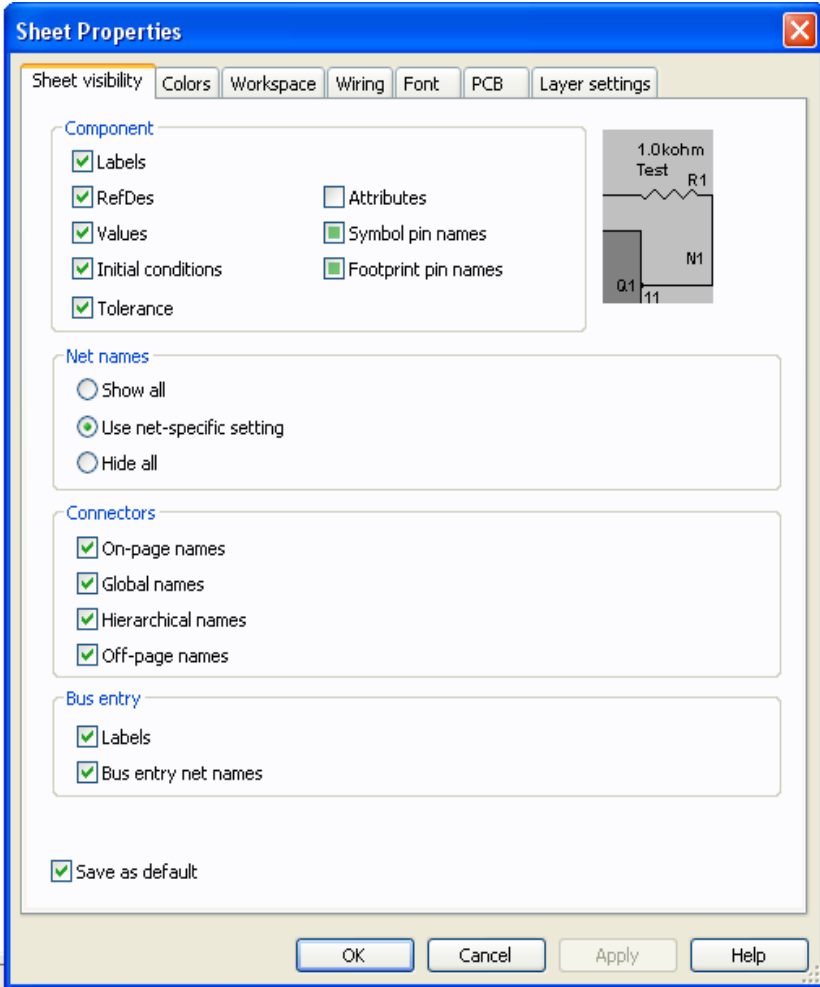
ნახ.2.4

ევროპის ქვეყნებისათვის პრიორიტეტულია ნახაზების გაფორმება DIN-ის სტანდარტების მიხედვით, ისევე როგორც დსთ-ში შემავალი ქვეყნებისათვის.

2.2. ფორმატის პარამეტრების და ოფციების შერჩევა

ფორმატის (ფორცლის) ზომების და ოფციების შესარჩევად სრულდება ბრძანება **Options>>Sheet Properties** ან ფორმატის ცარიელ ადგილზე მარჯვენა ღილაკის დაწკაპუნებით (RCL)

ვასრულებთ ბრძანებას **RCL>>Options**. ეკრანზე გამოსულ კონტექსტურ მენიუს ექნება 2.5 ნახ-ზე ნაჩვენები სახე. მენიუ შედგება რამდენიმე ჩანართისაგან, განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი:

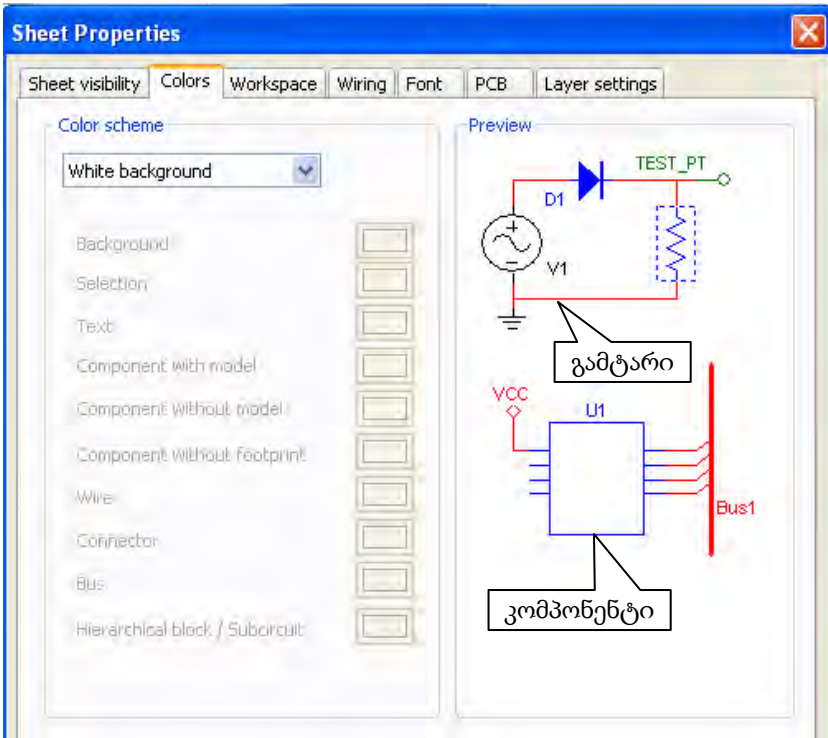


ნახ.2.5

- ჩანართი **Sheet visibility** (ნახ.2.5) ადგენს ოფციებს ეკრანზე სქემის ელემენტების გამოტანის რეჟიმის შესახებ, როგორცაა კომპონენტის დასახელება (Labels), კომპონენტის აღნიშვნა სქემაზე

(RefDes), ნომინალური მნიშვნელობა (Values), წრედების აღნიშვნის (ნომერაციის) გამოტანა (Show all) და სხვ.

- ჩანართი **Colors** (ნახ. 2.6) ადგენს ფერების გამას, მაგალითად, შავი ფონით (Black Background), თეთრით (White Background), შავ-თეთრით (Black/White) ან პირიქით (White/Black), აგრეთვე შემაერთებელი გამტარების და კომპონენტების ფერს და სხვ.

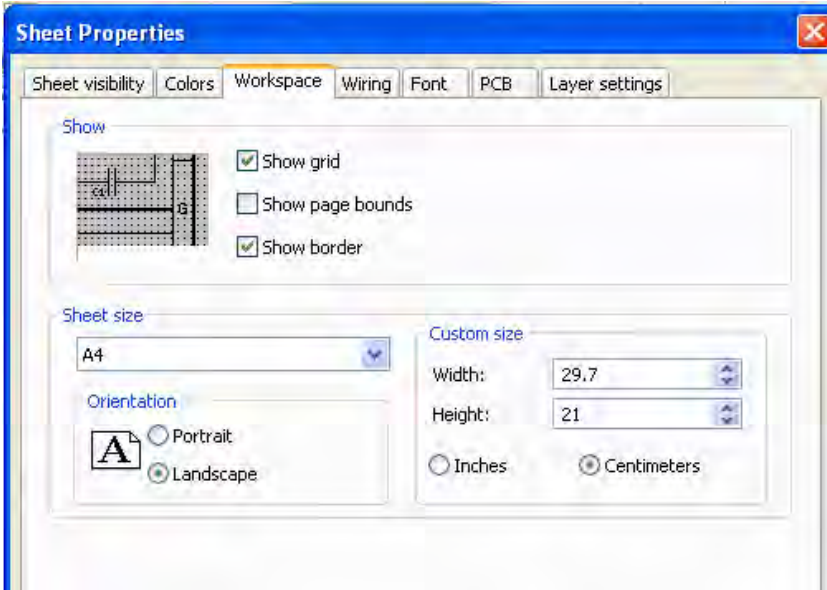


ნახ. 2.6

- ჩანართ **Workspace**-ის (ნახ. 2.7) საშუალებით შესაძლებელია ელექტრული სქემის დასახაზად გამოიზნული ფურცლის (ფორმატის) ზომისა და ორიენტაციის შერჩევა.

აღნიშნული ჩანართის ეკრანზე გამოტანა შესაძლებელია აგრეთვე ბრძანება **File>>New>>Design**-ით მიღებულ სამუშაო არეზე (ფურცელზე) ჩატარებული შემდეგი მანიპულაციით: **RCL>>Properties>>Workspace** და კონტექსტურ მენიუში საჭირო

ცვლილებების შეტანით (RCL-ით აღინიშნება მაუსის მარჯვენა ღილაკით დაწკაპუნება).



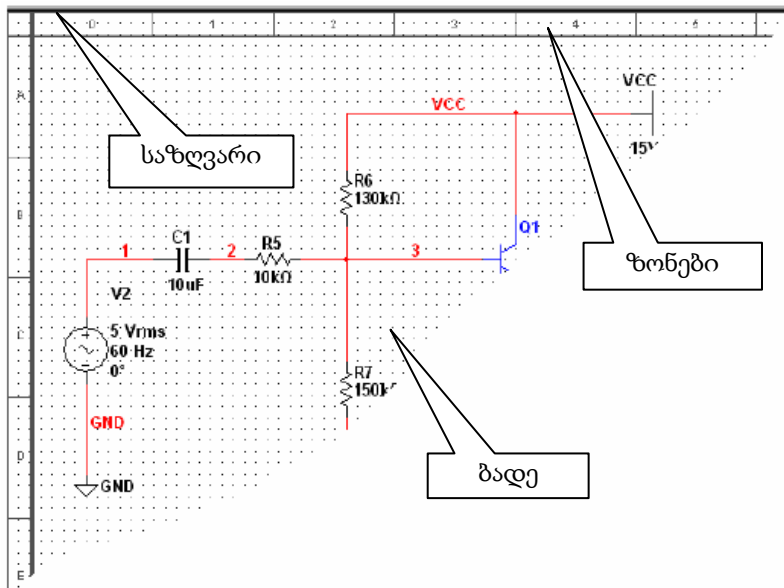
ნახ. 2.7

ეკრანზე გამოტანილ კონტექსტურ მენიუში შესაძლებელია ავირჩიოთ:

- ბადის ხილვა (გამოტანა) ეკრანზე (Show grid);
- საზღვრები (border);
- ფურცლის ზომა (მაგალითად, A4);
- ფურცლის ორიენტაცია (ნახაზებისათვის ძირითადად გამოიყენება ალბომის ტიპი - Landscape).
 - ზომის ერთეული, ჩვენს შემთხვევაში სანტიმეტრი (სმ);
 - ზონებად დაყოფა;

2.8 ნახაზზე ნაჩვენებია ზონებად დაყოფილ ფორმატზე შესრულებული ელექტრული პრინციპული სქემის ფრაგმენტი.

ფურცლის ზონებად დაყოფა დიდი ზომის ნახაზის შემთხვევაში აადვილებს ელემენტების მოძიებას.



ნახ. 2.8. ალუმინის ტიპის ორიენტაციის მქონე A4 ფორმატის ფრაგმენტი

ფურცლის ზომის არჩევა ხდება ISO 216 სტანდარტის შესაბამისად დადგენილი ფორმატების შესაბამისად. არსებობს ფორმატის A, B, C, RA და SRA სერიები. 2.2 ცხრილში მოცემულია ზოგიერთი ფორმატის აღნიშვნა და ზომები მილიმეტრებსა და დუიმიებში.

ცხრილი 2.2

ფორმატი	სერია A		სერია B	
	მმ	დუიმი	მმ	დუიმი
0	841 × 1189	33.11 × 46.81	1000 × 1414	39.37 × 55.67
1	594 × 841	23.39 × 33.11	707 × 1000	27.83 × 39.37
2	420 × 594	16.54 × 23.39	500 × 707	19.69 × 27.83
3	297 × 420	11.69 × 16.54	353 × 500	13.90 × 19.69
4	210 × 297	8.27 × 11.69	250 × 353	9.84 × 13.90
5	148 × 210	5.83 × 8.27	176 × 250	6.93 × 9.84

მაგალითად, აღნიშვნას **A4** შესაბამეობა 210 × 297 მმ ზომის ფურცელი.

- ჩანართ **PCB**-ში (PCB-Printed circuit board-ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტა) მოცემულია პარამეტრები, რომელიც უნდა შეირჩეს სამონტაჟო ფირფიტისათვის პროგრამა Ultiboard-ში.

- ჩანართი **Font** გამოიყენება სამუშაო ზონაში განთავსებული ტექსტის შემცველი ზოგიერთი ან ყველა ელემენტისთვის შრიფტის პარამეტრების დასადგენად. სქემის ნებისმიერი ტექსტური ელემენტის შრიფტის შესაცვლელად საჭიროა ავირჩიოთ: შრიფტის სახე (Font); შრიფტის სტილი (Font Style) და შრიფტის ზომა (Font Size). პროგრამა Multisim-ს აქვს Unicode-ის მხარდაჭერა, რაც საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ Cyrillic და Asian შრიფტები (შესაბამისად Sylfaen-ი).

2.3. ძირითადი წარწერები

სამუშაო არეზე (ფურცელზე) ძირითადი წარწერების (შტამპის) გამოსატანად სრულდება ბრძანება **Place>>Title blok**. გამოსულ მენიუში ვირჩევთ საჭირო ფაილს, მაგალითად, default.tb7. შტამპის ფაილის გაფართოება იქნება *.tb7.

სტანდარტის თანახმად შტამპი უნდა მოთავსდეს მარჯვენა ქვედა კუთხეში (Down Right). შტამპის პოზიციონირება ხდება ბრძანებით **Edit >> title block position** .

შტამპის ძირითადი ველებია:

- **Title** - სქემის სათაური, გაჩუმებით იგივეა, რაც სქემის ფაილის დასახელება;
- **Description** - სქემის აღწერა, გაჩუმებით პროგრამა გვთავაზობს Project 1 -ს;
- **Designed by** - სქემის დამამუშავებლის (შემდგენის) გვარი;
- **Document No.** - დოკუმენტის ნომერი;
- **Revision** - სქემის ვარიანტის ნომერი;
- **Checked by** - სქემის შემმოწმებლის გვარი;
- **Date** -სქემის შექმნის თარიღი;
- **Size** - ფურცლის (ფორმატის) ზომა, მაგალითად, A3;
- **Approved by** - სქემის დამამტკიცებლის (მიმღების) გვარი;
- **Sheet** - მიმდინარე ფურცლის ნომერი არსებული ფურცლების საერთო რაოდენობიდან, მაგალითად, *ფურცელი 2, სულ 8 ფურცელი*.

ჩამოთვლილი ველების შევსება ხდება შემდეგი პროცედურით: შტამპზე **RCL>>Properties>>** შევისოს საჭირო ველები.

შესაძლოა შტამპს დაემატოს **Custom Field 1; Custom Field 2; Custom Field 3; Custom Field 4; Custom Field 5** — მომხმარებლის მიერ დადგენილი ნებისმიერი მისთვის საჭირო ველი. დამატება ხდება **Title Block Editor**-ის გამოყენებით.

ძირითადი წარწერების რედაქტირებისათვის (მაგალითად, ქართულ ენაზე შესავსებად) ვასრულებთ ბრძანებას **Tools>>Title Block Editor** ან ფურცელზე **RCL>>Edit Title Block** და ვატარებთ საჭირო ცვლილებებს. ქართულად შევსებული ძირითადი წარწერების ნიმუში ნაჩვენებია 2.9. ნახაზზე.



ნახ. 2.9

თუ საჭიროა შტამპში გრაფიკული გამოსახულების შეცვლა ან დამატება, უნდა გამოვიყენოთ ბიტმეპ ფაილი გაფართოებით *.bmp.

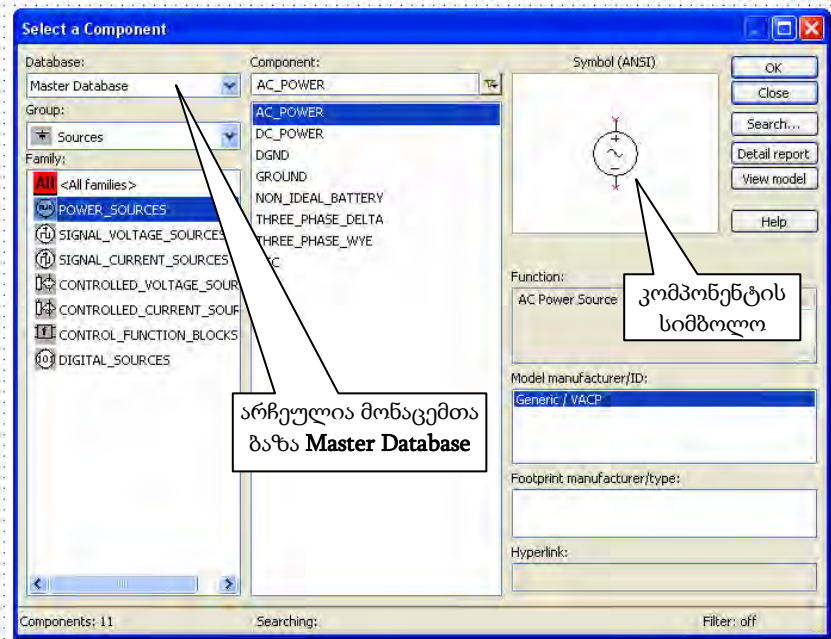
2.4. კომპონენტების მონაცემთა ბაზა

პროგრამა Multisim-ის მონაცემთა ბაზის ეკრანზე გამოსატანად სრულდება ბრძანება **Place>>Component>>Select a Component** .

Multisim-ში არის სამი სახის მონაცემთა ბაზა (ნახ.2.10):

- **Master Database**, საიდანაც შესაძლებელია ინფორმაციის მხოლოდ ამოკითხვა, მასში ინახება ყველა კომპონენტი;

- **User Database** მომხმარებლის მონაცემთა ბაზა, შეესაბამება კონკრეტული მომხმარებლის მოთხოვნებს. მასში ინახება კომპონენტები, რომელთა საერთო მიწვდომა სასურველი არ არის;
- **Corporate Database** კორპორატიული მონაცემთა ბაზა, გამიზნულია იმ კომპონენტებისათვის, რომელთა მიწვდომა სხვა მომხმარებლებისათვის დასაშვებია ქსელის გამოყენებით.






ნახ. 2.10


კომპონენტის არჩევა ხდება **Component Browser**-ის გამოყენებით, ცხელი ღილაკია Ctrl-W.

მონაცემთა ბაზის მართვის საშუალებების დახმარებით შესაძლებელია კომპონენტების გადატანა ერთი ბაზიდან მეორეში, ორი ბაზის გაერთიანება და მათი რედაქტირება. ბაზები იყოფა ჯგუფებად (Group), ისინი, თავის მხრივ, იყოფიან ოჯახებად (family).


მონაცემთა ბაზა Master Database დაყოფილია შემდეგ ჯგუფებად:


1. **Sources** შეიცავს ძაბვისა და დენის წყაროებს, დამიწებას, მაგალითად, power sources (მუდმივი ან ცვლადი ძაბვის წყარო, დამიწება, უკონტაქტო შეერთებები: VCC 5V გამიზნულია TTL-ისათვის; VDD 5V გამიზნულია SMOS-ისათვის; VSS 0V გამიზნულია SMOS-ისათვის; VEE “-5V” გამიზნულია Digital-ისათვის), signal voltage sources (სწორკუთხა იმპულსების წყარო) და სხვ. მიწის წრედის აღნიშვნაა , დამიწება ციფრული მიკროსქემებისათვის აღინიშნება  სიმბოლოთი. **კომპონენტების ინსტრუმენტულ**


პანელზე ამ ჯგუფს შეესაბამება  Sources ღილაკი.


2. **Basic** შეიცავს სქემოტექნიკის ძირითად ელემენტებს: რეზისტორებს, ინდუქციურ და ტევადურ ელემენტებს, ჩამკეტებს, ტრანსფორმატორებს, რელეებს, კონექტორებს, სოკეტებს ნახევრადგამტარიანი ხელსაწყოებისა და მიკროსქემებისათვის და სხვ. ინსტრუმენტულ პანელზე შეესაბამება  Basic ღილაკი.


3. **Diodes** შეიცავს სხვადასხვა სახის დიოდებს: ფოტოდიოდებს, შოტკის დიოდებს, სტაბილიტრონებს და სხვ. ინსტრუმენტულ პანელზე შეესაბამება  Diodes ღილაკი.


4. **Transistors** შეიცავს სხვადასხვა სახის ტრანზისტორებს: pnp და npn ტრანზისტორებს, ბოპოლარულ ტრანზისტორებს და სხვ. ინსტრუმენტულ პანელზე შეესაბამება  Transistors ღილაკი.


5. **Analog** შეიცავს ყველა სახის მამლიერებელს: ოპერაციულს, დიფერენციალურს, მაინვერტირებელს და სხვ. ინსტრუმენტულ პანელზე შეესაბამება  Analog ღილაკი.


6. **TTL** შეიცავს ტრანზისტორულ-ტრანზისტორული ლოგიკის ელემენტებს (74STD, 74S, 74LS, 74F, 74ALS, 74AS ტიპის მიკროსქემები) და სხვ. ინსტრუმენტულ პანელზე შეესაბამება  TTL ღილაკი.


7. **CMOS** შეიცავს CMOS ლოგიკის ელემენტებს (74HC, Tiny-Logic) და სხვ. ინსტრუმენტულ პანელზე შეესაბამება  CMOS ღილაკი.

8. **MCU Module** (multipoint control unit) - მიკროპროცესორული ანაკრები, ინსტრუმენტულ პანელზე შეესაბამება  MCU ღილაკი.


9. **Advanced Peripherals** შეიცავს მისაერთებელ გარე მოწყობილობებს (დისპლეები, ტერმინალები, კლავიშისანი ველები), ინსტრუმენტულ პანელზე შეესაბამება  Advanced Peripheral ღილაკი.


10. **Misc Digital** (Miscellaneous-სხვადასხვა) შეიცავს სხვადასხვა ციფრულ მოწყობილობებს, ინსტრუმენტულ პანელზე შეესაბამება  Misc digital ღილაკი.

11. **Mixed** (შერეული) შეიცავს კომბინირებულ კომპონენტებს, ინსტრუმენტულ პანელზე შეესაბამება  Mixed ღილაკი.

12. **Indicators** შეიცავს საინდიკაციო მოწყობილობებს, ლამპებს და სხვ. ციფრული ანათვალის მქონე ამპერმეტრებს და ვოლტმეტრებს, ავტონომური შუქდიოდების ანაკრებს, ერთეულოვან და მრავალსეგმენტიან შუქინდიკატორებს და სხვ. ინსტრუმენტულ პანელზე შეესაბამება  Indicators ღილაკი.

კომპონენტების ინსტრუმენტულ პანელზე არის სხვა ღილაკებიც, მაგალითად:

 **Power** – კვების სტაბილიზებული წყაროები, პრეციზიული და საყრდენი ძაბვები, შუნტები და დნობადი ჩანართები და სხვ.;

 **Electro-mechanical** – ელექტრომექანიკური ელემენტების (სენსორული გასაღებები, ინერციული გასაღებები, მრავალპოლუსიანი გადამრთველები, ელექტროამმრავების ელემენტები და სხვ.) დიდი რაოდენობის ნაკრები;



RF (Radio Frequency) - შეიცავს ზემოდალ სიხშირულ (რუს. СВЧ) კომპონენტებს და სხვ.

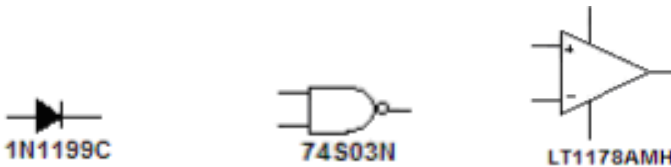
ცნობისათვის:

- AC_POWER აღნიშნავს ცვლადი დენის წყაროს;
- DC_POWER აღნიშნავს მუდმივი დენის წყაროს (აკუმულატორი);
- THT (Through Hole Technology) ნახვრეტში ჩასამონტაჟებელი კომპონენტების აღნიშვნაა;
- SMD (Surface mounted device) ზედაპირული მონტაჟისათვის გამოიხმული კომპონენტების აღნიშვნაა.

2.5. კომპონენტების პარამეტრები

პროგრამა Multisim-ში კომპონენტები სქემაზე შესაძლოა იყოს რეალური ან ვირტუალური. რეალური ელემენტების შემთხვევაში მითითებულია მათი ტიპი, საწარმო დამაზადებელი (manufacturer) სექციების რაოდენობა ერთ კორპუსში (Package type) და სხვ.

რეალური კომპონენტების მაგალითები ნაჩვენებია 2.11 ნახაზზე.

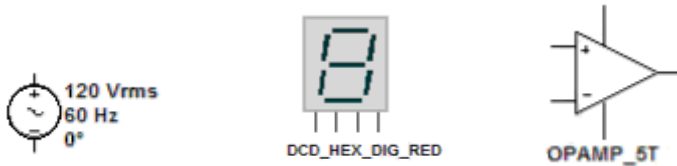


ნახ.2.11

თუ გრაფაში, სადაც აღნიშნავენ კომპონენტის დამაზადებელს, მითითებულია Generic, კომპონენტი არ არის დაპატენტებული, ზოგადი ხასიათისაა და შესაძლოა ნებისმიერი ფორმა ამზადებდეს.

ვირტუალურ კომპონენტს შესაძლოა ჰქონდეს ნებისმიერი ნომინალური მნიშვნელობა, მაგალითად, რეზისტორის შემთხვევაში მითითებული იყოს 1,7 კომ, მიუხედავად იმისა, რომ რეზისტორების ნომინალური მნიშვნელობები აირჩევა უპირატეს რიცხვთა E რიგის (მაგალითად, E24) მიხედვით, და მასში ასეთი პარამეტრი დაშვებული არ არის.

ვირტუალური კომპონენტების მაგალითები ნაჩვენებია 2.12 ნახაზზე.



ნახ. 2.12

პროგრამა Multisim-ში ვირტუალური კომპონენტები სქემაზე გამოისახება შავი ფერით; ხოლო რეალური კომპონენტები – ლურჯით.

კომპონენტების დასახასიათებლად გამოიყენება შემდეგი აღნიშვნები:

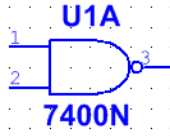
- **Component RefDes** (Reference Designator) – კომპონენტის უნიკალური იდენტიფიკაცია, მაგალითად, R2;
- **Component Values** – კომპონენტის პარამეტრები, მაგალითად, 1კომი, 2 ამპერი და ა.შ.;
- **Labels** – კომპონენტის დასახელება-ეტიკეტი, მაგალითად, Opamp (ოპერაციული მამლიერებელი);
- **Footprint Pin Names** – გამომყვანისადმი მინიჭებული სახელი (ნომერი) როდესაც ის მიიღებს PCB სახეს;
- **Symbol Pin Names** – გამომყვანისადმი ავტომატურად მინიჭებული სახელი (მაგ. GND საერთო გამომყვანისათვის, VCC ან VDD კვების წრედისათვის);
- **Net Names** – წრედისადმი ავტომატურად მინიჭებული სახელი (ნომერი);
- **Component Attributes** – ინფორმაცია, რომელიც შესაძლოა მომხმარებელმა დაამატოს არჩეულ კომპონენტს;
- **Schematic Texts** – შენიშვნები, რომელსაც მომხმარებელი ამატებს სქემაზე **Place/Text** ბრძანების გამოყენებით;
- **Comments and Probes** – კომენტარში შემაჯავალი ტექსტი, რომელსაც ამატებს მომხმარებელი ბრძანება **Place>>Comment**-ის გამოყენებით; აგრეთვე ტექსტი, რომელიც გამოჩნდება ინსტრუმენტების პანელზე განთავსებულ measurement probe (ე.წ. „პრობნიკი“) -თან ერთად;
- **Busline Name** – დასახელება, რომელიც ენიჭება სალტეს (busline).

ზემოთ ჩამოთვლილი მახასიათებლების მონიტორის ეკრანზე გამოტანა შესაძლებელია მანიპულაციით: კომპონენტზე

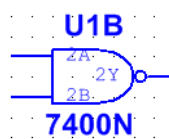
2CL>>Properties (2CL-ით აღნიშნავენ მაუსის მარცხენა ღილაკით 2-ჯერ დაწკაპუნებას).

კომპონენტის გამომყვანის ნომრის გამოტანა სქემაზე ხდება მანიპულაციით: კომპონენტზე **RCL>>Properties>>Display>>Use component specific visibility setting >>Show footprint pin names** (ნახ 2.13).

კომპონენტის შესასვლელის (A,B,C და ა.შ.) და გამოსასვლელის (Y,Q და ა.შ.) აღნიშვნის გამოტანა სქემაზე ხდება მანიპულაციით: კომპონენტზე **RCL>>Properties>>Display>>Use component specific visibility setting >>Show symbol pin names** (ნახ. 2.14).

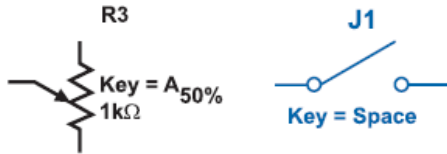


ნახ. 2.13



ნახ. 2.14

კომპონენტები შესაძლოა ვმართოთ, მაგალითად, წარწერა Key=A50% (ნახ. 2.15) ნიშნავს, რომ კლავიატურაზე A ასობგერის შესაბამის ღილაკზე დაჭერით წინაღობა გაიზრდება 50%-ით (შესამცირებლად ვიყენებთ Shift+A-ს), ხოლო ღილაკი გამოტოვება (პრობელი) ჩაკეტავს ჩამკეტს. ასეთ კომპონენტებს ეწოდება **ინტერაქტიური კომპონენტები**.



ნახ. 2.15

ინტერაქტიური კომპონენტებია: პოტენციომეტრი, ცვლადი ტევადობის კონდენსატორი, ცვლადი ინდუქციურობები და გადამრთველები.

მონიტორზე გამოტანილ კომპონენტს შესაძლოა ჰქონდეს მწვანე შეფერილობა. ესაა კომპონენტი, რომელსაც აქვს სიმბოლო და Footprint-ი (კომპონენტის ცოკოლი), მაგრამ არა აქვს მოდეელი (ანუ არ მონაწილეობს სიმულირების პროცესში), თუმცა გამოიყენება სქემაზე გამოსატანად და შესაბამისად შესაძლებელია მისი გამოსახულების მიღება PCB -ში.

2.3 ცხრილში მოცემულია ძირითადი ველების ჩამონათვალი, რომლებიც ახასიათებს კომპონენტს.

ცხრილი 2.3

ველი	აღწერა	მაგალითი
Database	Multisim-ის მონაცემთა ბაზის დასახელება, რომელშიც ინახება კომპონენტი	User
Group	ჯგუფის დასახელება, რომელშიც შედის კომპონენტი	TTL
Family	ოჯახის დასახელება, რომელშიც შედის კომპონენტი	74S
Component	ინდივიდუალური კომპონენტის დასახელება	74S00D
Symbol	სიმბოლო, რომელიც გამოიყენება კომპონენტის აღსანიშნავად სქემაზე მისი შემოტანისას (ANSI ან DIN)	
Function	კომპონენტის აღწერა (რეზისტორის, კონდენსატორისა და ინდუქციური ელემენტების არ არის გათვალისწინებული)	QUAD 2-INPUT NAND
Component type	აღწერს მხოლოდ რეზისტორის, კონდენსატორისა და ინდუქციური ელემენტების კონსტრუქციას	Carbon film (რეზისტორისათვის)
Tolerance	კომპონენტების სიიდან არჩეული რეზისტორის, კონდენსატორისა და ინდუქციური ელემენტების დაშვების (გადახრის) პროცენტი	0,5
Model Manuf./ID	კომპონენტის ID-ის და მწარმოებელი კომპანიის დასახელება	Texas Instruments/ 74S00
Footprint Manuf./Type	კომპონენტის ცოკოლის (სადაყენებელი ადგილის) და შეფუთვის ტიპის აღნიშვნა (მხოლოდ რეალური კომპონენტებისათვის)	D014
Hyperlink	საჭირო დოკუმენტის მითითება	www.analog.com

2.6. სქემის შედგენის ზოგადი წესები

სქემების მოდელირებისას დაცული უნდა იყოს შემდეგი მოთხოვნები:

- ნებისმიერი სქემა უნდა შეიცავდეს დამიწების ერთ სიმბოლოს მაინც;

- გამტარის ნებისმიერი ორი ბოლო, მოწყობილობის კონტაქტები (გამომყვანები), რომლებიც იკვეთება საერთო წერტილში ითვლება შეერთებულად, ხოლო სამი ბოლოს შეერთების შემთხვევაში (T-შეერთება) საჭიროა შეერთების სიმბოლოს (კვანძის) გამოყენება, რომელიც სქემაზე გამოგვაქვს ბრძანებით **Place>>Junction** (ნახ. 2.17). იგივე წესი გამოიყენება ოთხი და მეტი კონტაქტის შეერთებისას;

- სქემაზე უნდა არსებობდეს სიგნალის წყარო (დენის ან ძაბვის), რომელიც უზრუნველყოფს შესასვლელ სიგნალს და ერთი მაინც საკონტროლო წერტილი (მუდმივი დენის სქემების გამოკლებით).

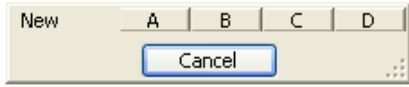
კომპონენტების ნომინალურ მნიშვნელობებს შესაძლოა ქონდეთ თავსართები, რომლებიც მოცემულია 2.4 ცხრილში. ამავე ცხრილში მოცემულია სხვა აღნიშვნებიც.

ცხრილი 2.4


თავსართი	ქართული აღნიშვნა	რუსული აღნიშვნა	Multisim-ში აღნიშვნა.	მამრავლი
ტერა	ტ	T	T	10 ¹²
გიგა	გ	Г	G	10 ⁹
მეგა	მგ	M	M	10 ⁶
კილო	კ	к	k	10 ³
მილი	მლ	м	m	10 ⁻³
მიკრო	მკ	мк	μ	10 ⁻⁶
ნანო	ნ	н	n	10 ⁻⁹
პიკო	პ	п	p	10 ⁻¹²
ფემტო	ფ	ф	f	10 ⁻¹⁵
სხვა აღნიშვნები				
ვოლტი	ვ	B	V	ძაბვა
ამპერი	ა	A	A	დენი
ვატი	ვტ	Bт	W	სიმძლავრე
ჰერცი	ჰც	Гц	Hz	სიხშირე
წამი	წმ	с	S	დრო

კომპონენტის გამოტანა სქემაზე ხდება ბრძანებით **Place>>Component**, რის შემდეგ მონაცემთა ბაზიდან ვირჩევთ საჭირო კომ-

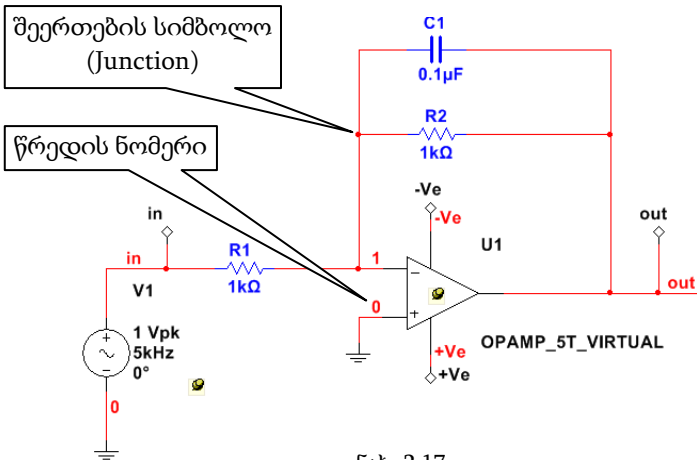
პონენტს. მრავალსექციური კომპონენტის შემთხვევაში ბრძანება Place>>Component-ის შემდეგ არჩეული კომპონენტისათვის უნდა მიუთითოთ სექცია, მაგალითად, შეგვიძლია ავირჩიოთ ოთხი (A, B, C, D) სექციის მქონე ელემენტის ერთ-ერთი სექცია (ნახ. 2.16).



ნახ. 2.16

პროგრამა ავტომატურად ნომრავს სქიმაზე გამოტანილ ელემენტებს (**RefDes**), მაგალითად, აღნიშვნა  მიუთითებს, რომ სქემაზე გამოტანილია მე-5 მიკროსქემის მე-3 სექცია (C ელემენტი).

2.17 ნახაზზე ნაჩვენებია, რომ შეერთების შემდეგ წრედები ავტომატურად ინომრება.



ნახ. 2.17

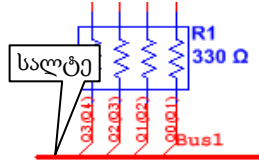
დამიწების წრედს ენიჭება ნომერი „0“. შესაძლებელია წრედს მივანიჭოთ ინდივიდუალური სახელი, მაგალითად, in – შესასვლელს, out – გამოსასვლელს (როგორც ეს 2.17 ნახაზზეა ნაჩვენები), ამისათვის სრულდება პროცედურა: შეერთების მონიშნულ ხაზზე **RCL>>Properties>>Net Properties>>Net Name>>Preferred Net Name** ველში ჩაიწერება სასურველი დასახელება.

როდესაც საჭიროა წრედების ნომერაციის გამოტანა ეკრანზე, სრულდება შემდეგი პროცედურა: სამუშაო ფურცელზე (ფორმატზე) **RCL>>Propertii>>Sheet vizibility>>Net name>>Show all.**

შეერთების ცხრილის ეკრანზე გამოტანა წრედების აღნიშვნითურთ შესაძლოა ბრძანებით: მენიუ **Reports>>Netlist Report.**

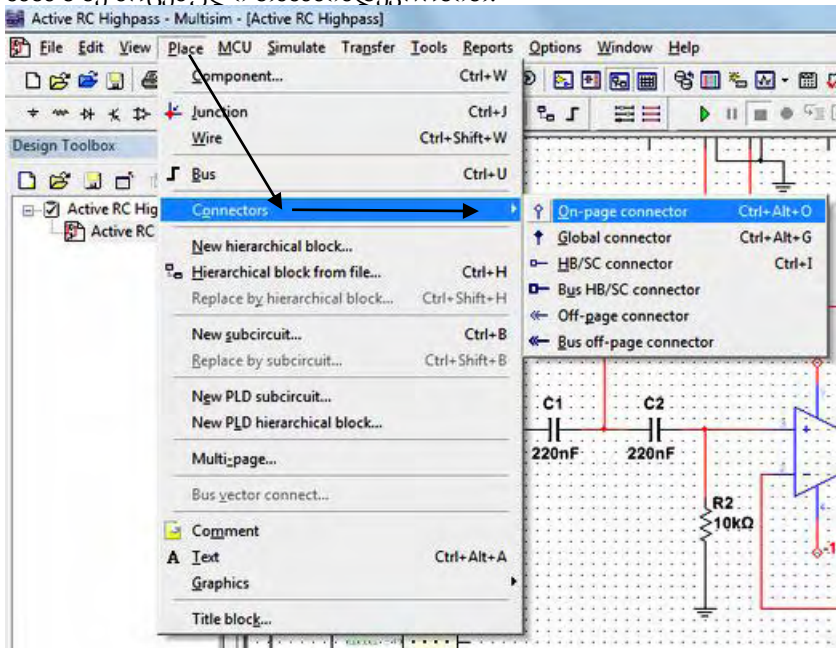
როდესაც გამოყვანი არსად არ არის მიერთებული, მას უკეთდება მარკირება **NC (No Connection).**

ელექტრულ სქემაზე ზოგჯერ საჭირო ხდება რამდენიმე გამტარის გაერთიანება (არა ფიზიკური) ერთი ხაზის სახით (ნახ.2.18), რომელსაც სალტე ეწოდება (Bus). სქემაზე მისი გამოტანა ხდება **Place>>Bus** ბრძანებით.



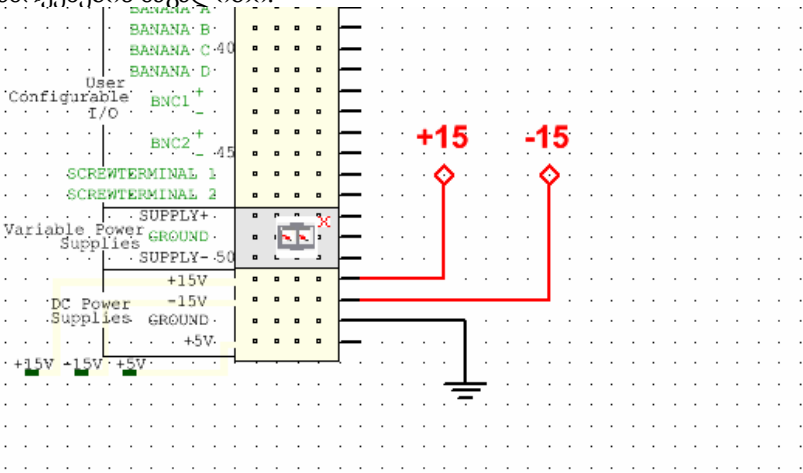
ნახ.2.18

თუ სქემაზე არსებული გამტარი არ არის უშუალოდ მიერთებული საბოლოო მისამართზე, მაგრამ მისაერთებელი წერტილი იმავე სქემაზეა (მომორებით), იყენებენ კონექტორებს, მაგალითად, სიმბოლო აღნიშნავს on-page connector-ს. სქემაზე მისი გამოტანა ხდება 2.19 ნახაზზე მოცემული თანამიმდევრობით.

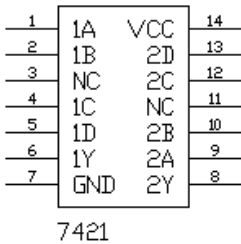


ნახ. 2.19

2.20. ნახაზზე ნაჩვენებია on-page connector-ის სქემაზე გამოყენების მაგალითი.



ნახ. 2.20



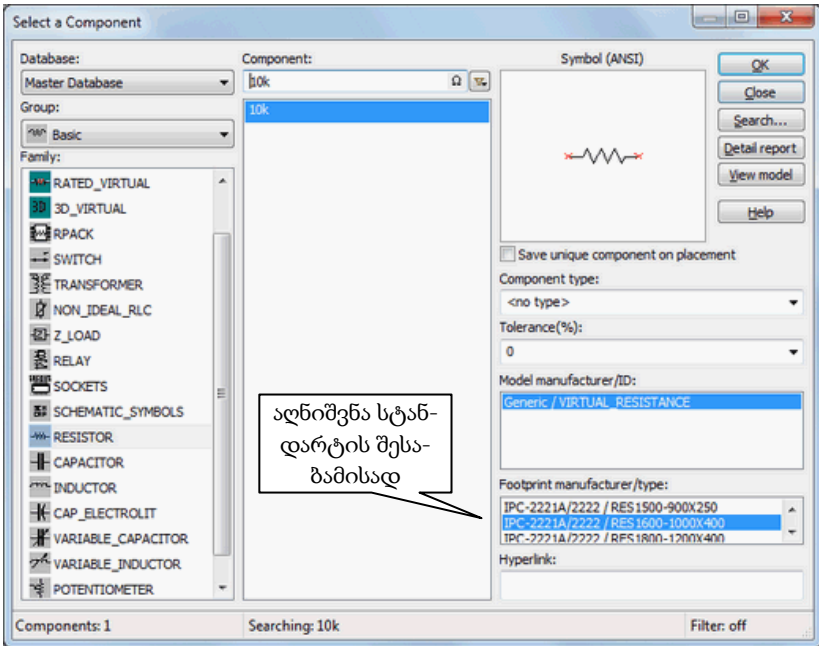
ნახ.2.21

ელექტრული პრინციპული სქემის შედგენისას საჭიროა კომპონენტის შესახებ გვექონდეს გარკვეული ინფორმაცია, მაგალითად, 2.21 ნახაზზე მოცემული კომპონენტის დახასიათებისას ვამბობთ, რომ ეს არის 7421 ტიპის მიკროსქემა, რომელსაც აქვს 14 გამომყვანი, მასში გაერთიანებულია ორი სექცია (თითოეული 4 შესასვლელიანია), მე-3 და მე-11 გამომყვანები გამოყენებული არ არის, მე-7 გამომყვანზე მოეწოდება დამიწება, მე-14-ზე – კვება (VCC 5V TTL).

როდესაც სქემაზე საჭიროა განთავსდეს რეზისტორი, ინდუქტორი ან კონდენსატორი (resistor, inductor or capacitor) მიზანშეწონილია შევარჩიოთ იმ ზომების მქონე ცოკოლი (footprint), რა ზომის კორპუსიც იქნება გამოყენებული Ultiboard-ში. Multisim-ის დიალოგურ ფანჯარაში **Select a Footprint >>the Manufacturer/Type** ჩანს აღნიშვნა **IPC 2221A/2222** და გარკვეული ზომები (ნახ. 2.22), ესაა სტანდარტები:

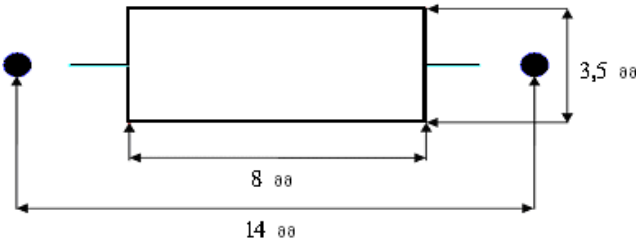
- IPC 2221A Generic Standard on Printed Boards Design;
- ANSI/IPC-2222. Sectional Design Standard for Rigid Organic Printed Boards.

ამ სტანდარტების მიხედვით რადიოელექტრონული კომპონენტები, რომელთა აღნიშვნაში შედის შემოკლება RES, IND ან CAP, შესაბამისად არის რეზისტორი, ინდუქტორი ან კონდენსატორი.



ნახ. 2.22

აღნიშვნაში მითითებული რიცხვები არის ზომები მილიმეტრებში (mm) და შეიცავს ორი ნიშნად ციფრს. პირველი რიცხვი გამოსახავს გამომყვანების ცენტრებს შორის მანძილს, მომდევნო შეესაბამება კომპონენტის კორპუსის სიგრძეს, ხოლო ბოლო რიცხვი – მის სიგანეს (ნახ. 2.23).



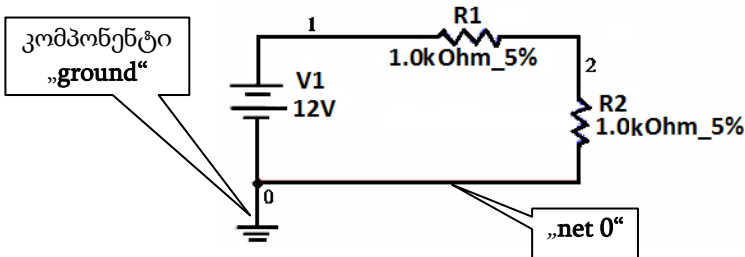
ნახ. 2.23. კომპონენტის კორპუსის ზომები

მაგალითად, footprint-ი, რომლის აღნიშვნაა **IND 1400-800X350**, არის ინდუქტორი. მისი ზომები ნაჩვენებია 2.23 ნახაზზე, კერძოდ, გამომყვანების ცენტრებს შორის მანძილია 14 მმ, კომპონენტის კორპუსის სიგრძე – 8 მმ, ხოლო სიგანე – 3,5 მმ.

2.7. სიმულაცია

სიმულაცია არის ელექტრული სქემის მოქმედების ემულირების მათემატიკური მეთოდი. სიმულაციის საშუალებით შესაძლებელია სქემის სხვადასხვა თვისებების განსაზღვრა სქემის ფიზიკურად აწყობის ან რეალური ხელსაწყოების გამოყენების გარეშე.

Multisim-ში ინტერაქტიული სიმულაციის გამოყენებისას სიმულაციის შედეგები აისახება ვირტუალურ ხელსაწყოებზე, მაგალითად, ოსცილოგრაფზე. სიმულაციის ეფექტი აისახება აგრეთვე ისეთ კომპონენტებზე როგორცაა შუქდიოდი და შვიდსეგმენტური ციფრული ინდიკატორი. ნებისმიერი სიმულაცია საჭიროებს საყრდენ ქსელს, რომლის მიმართ მოცემული იქნება ყველა ძაბვა. SPICE-ში ეს ყოველთვის არის „net 0“. შესაბამისად უნდა იყოს მითითებული სქემაში არსებული წრედი, რომლის დასახელებაცაა „0“. წრედს შეიძლება დავარქვათ „net 0“ ან ეს მოხდეს ავტომატურად, თუ კომპონენტი „ground“ მიერთებულია სქემის ელემენტებთან (ნახ. 2.24).



ნახ. 2.24

სიმულაციის პროცესში მოსახერხებელია **ინტერაქტიული კომპონენტების** გამოყენება. მათი მნიშვნელობები შესაძლოა იცვლებოდეს კლავიატურის განსაზღვრულ დილაკზე დაჭერით (დილაკის განსაზღვრა ხდება დიალოგური ფანჯრის მენიუში არსებული Value ჩანართის საშუალებით). სიმულაციის პროცესში შესაძლებელია ინტერაქტიული კომპონენტის მნიშვნელობის შეცვლა და შედეგის მყისიერად დანახვა. ინტერაქტიურ კომპონენტზე კურსო-

რის მოთავსებისას მასზე გამოჩნდება მართვის ელემენტი, მაგალითად, თუ ეს არის პოტენციომეტრი, გამოჩნდება მცოცი, რომლის გადაადგილებით შესაძლებელია გადიდდეს ან შემცირდეს წინა-ლობის სიდიდე.

სიმულაციის პროცესში Multisim-ი იძლევა ვარირების საშუალებას კომპონენტების ნომინალური მნიშვნელობიდან დასაშვები გადახრის ანუ დაშვების (Tolerance) გამოყენებით. მაგალითად, 1 კომი ნომინალური მნიშვნელობის მქონე რეზისტორი 10%-იანი დაშვებით შესაძლოა იცვლებოდეს ± 100 ომის ფარგლებში, რაც, თავის მხრივ, აისახება სქემის სიმულაციის შედეგებზე.


სქემაზე განთავსებული კომპონენტის დაშვების მინიჭება (არჩევა) ხდება შემდეგი მანიპულაციით:

- კომპონენტზე 2CL;
- გამოტანილ დიალოგურ ბოქსში ავირჩიოთ ჩანართი Value;
- Tolerance ველში ჩავწეროთ საჭირო მნიშვნელობა.

დაშვების მინიჭება შესაძლებელია აგრეთვე ცხრილის სახით ხედიდან (**Spreadsheet View**). ამისათვის უნდა ავირჩიოთ საჭირო კომპონენტი და **Spreadsheet View**-ს ჩანართ **Components**-ში შევცვალოთ მნიშვნელობა **Tolerance** ველში. თუ რამდენიმე კომპონენტს უნდა მიენიჭოს ერთი და იგივე დაშვება, ვიყენებთ CTRL+SHIFT დილაკს.

დაშვების არჩევა შესაძლებელია აგრეთვე რეზისტორის, კონდენსატორის ან ინდუქციურობის სქემაზე განთავსებისას. სიმულაციის პროცესში კომპონენტის დაშვების გამოსაყენებლად მენიუს ზოლიდან უნდა ავირჩიოთ ბრძანება **Simulate>>Use Tolerances**.

2.8. სიმულაციის დაწყება/დამთავრება/შეჩერება (Start/Stop/Pause)

სიმულაციის დასაწყებად ვაწკაპუნებთ  დილაკზე (Run) ან მენიუს ზოლიდან ვირჩევთ ბრძანებას **Simulate>>Run**.

თუ სქემა შეიცავს იერარქიულ ბლოკებს, ქვესქემებს ან რამდენიმე ფურცლისაგან შედგება, ხდება მთლიანი პროექტის სიმულირება და არა მხოლოდ მიმდინარე ფურცლზე განთავსებული სქემის.

თუ საჭიროა იზოლირებული ბლოკის სიმულირება, იგი უნდა გაიხსნას როგორც ახალი პროექტი ბრძანებით **File>>Open**.

სიმულაციის შესასრულებლად (დასაპაუზებლად) გამოიყენება ლილაკი ან მენიუს ზოლის ბრძანება **Simulate>>Pause**.



სიმულაციის შესაჩერებლად გამოიყენება ლილაკი ან მენიუს ზოლის ბრძანება **Simulate/Stop**.

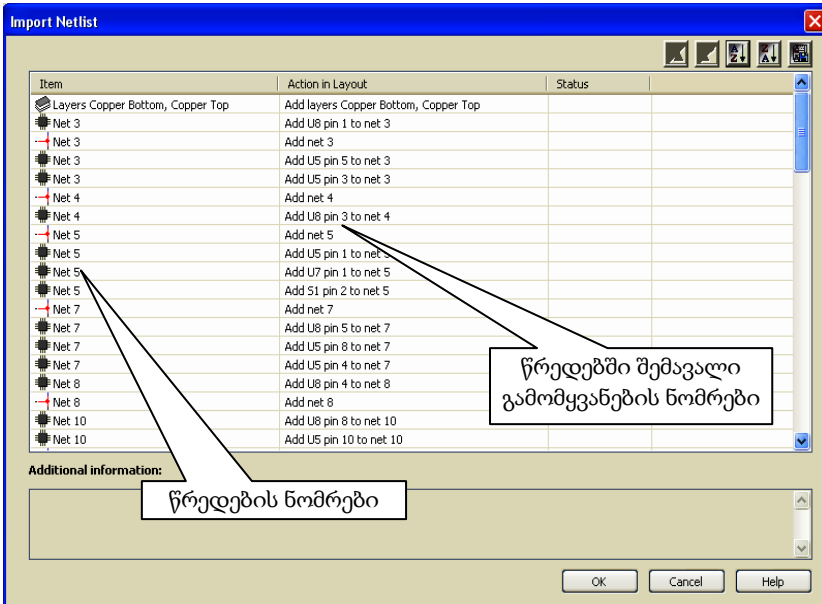


სიმულაციის გაშვებამდე უნდა შესრულდეს ელექტრული შეერთებების სისწორის შემოწმება (ERC) ბრძანებით **Tools>>Electrical rules check**.

2.9. Multisim-იდან Ultiboard-ში გადასვლა

Multisim-ში დახაზული პრინციპული სქემის გადატანა Ultiboard-ში PCB ტრასირებისათვის ხდება ბრძანებით **Transfer>>Transfer to Ultiboard>>transfer to ultiboard 13.0.1**.

2.25 ნახ-ზე მოცემულია Multisim-ში შექმნილი ელექტრული პრინციპული სქემის შესაბამისი შეერთებების ცხრილი, რომლის მიხედვით Ultiboard-ში მოხდება ტრასირება.



ნახ. 2.25

3. პროგრამა Ultiboard

3.1. ზოგადი მონაცემები

სამონტაჟო ფირფიტის კონსტრუქტორი პროგრამა Ultiboard-ი ინტეგრირებულია ელექტრული სქემის ხაზვის პროგრამებთან, რომლებიც შექმნილია Electronics Workbench-ში. Ultiboard-ი შესაძლოა გამოვიყენოთ პროგრამა Multisim ან Multicap-თან ერთად, რომლებიც განკუთვნილია ელექტრონული მოწყობილობის სქემის დასახაზად და მისი მუშაობის იმიტირებისათვის (სიმულირებისათვის).

პროგრამას აქვს ინტუიციურად მისახვედრი ინდუსტრიული ინტერფეისი, რომელიც შეიცავს სხვადასხვა ოფციებს, მაგალითად, "Dimming layers"-ი საშუალებას იძლევა ზოგიერთი ფენა გახადოს ნაცრისფერი (მიმქრალი), ხოლო სხვა – გამჭვირვალე; "birds eye window"-ი გამოყოფს აქტიურ ფენას მთლიანი ფირფიტისაგან და სხვ.

დეტალების განლაგება შესაძლებელია ოფციით Push & Shove (უბიძგე და დააშორე). ეს ფუნქცია საშუალებას იძლევა ზუსტად მოთავსდეს დეტალები მჭიდრო განლაგების მქონე ზონებში. ამ შემთხვევაში ხდება ხელის შემშლელი დეტალების ავტომატურად გადაადგილება (გვერდზე გაწევა).

პროგრამას აქვს ტრასირების უნიკალური შესაძლებლობები რამდენიმე მნიშვნელოვანი მეთოდის გამოყენებით: "gridless follow-me", როდესაც გამტარის მიმართულეა ზუსტად მიყვება მაუსის მოძრაობას; "connection machine", რომელიც ავტომატურად ატარებს ერთეულოვან ხაზს (კავშირს) მაუსის ღილაკზე დაწკაპუნებით; "start on a ratsnest"-ი საშუალებას იძლევა დავიწყოთ ტრასირება ზადის ნებისმიერ ადგილას; "magnetic attraction at pads"-ი არის ხაზის ვირტუალური გატარება საბოლოო წერტილამდე ტრასირების ავტომატური დასრულებით.

შეცდომების კონტროლი ითვალისწინებს "jump-to-error" პროგრამის ფუნქციას, რომელიც საშუალებას იძლევა მოიძებნოს ადგილი ტრასირებაში, სადაც შეიქმნა პრობლემა და "Real-Time Design Rule-Check" ფუნქციას, რომელიც დაუყოვნებლივ იძლევა ინფორმაციას შეცდომის შესახებ ვიზუალური ნიშნით (განსხვავებული ფერით, წრით შემოხაზული ადგილით და ა.შ.) ზუსტად იქ, სადაც დაშვებულია შეცდომა.

Ultiboard-ი შეიცავს მექანიკურ ადს-ს, რომელიც საშუალებას იძლევა შეიქმნას წინა პანელი, კორპუსები და სხვა მექანიკური დეტალები სამონტაჟო ფირფიტაზე ავტომატური ურთიერთსწორებითა და კავშირების განლაგებით. პროგრამას აგრეთვე აქვს სამგან-

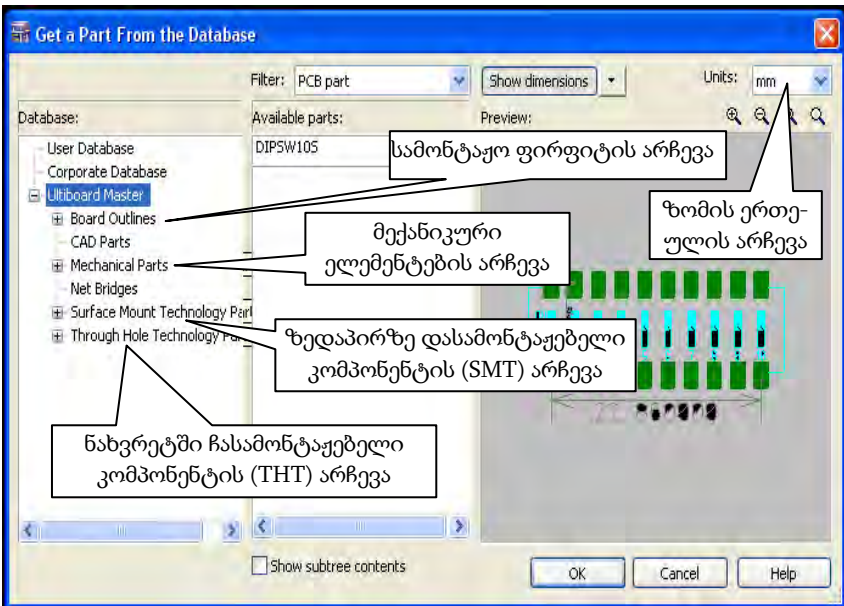
ზომილებიანი ვიზუალიზაცია, რომელიც საშუალებას იძლევა ეკრანზე დავინახოთ სრულად დაკომპლექტებული სამონტაჟო ფირფიტა. ყველა დეტალის ჩვენება ხდება ზუსტი ზომებით და შესაბამისი ფერით.

პროგრამა Ultiboard-ში შესასვლელად სრულდება ბრძანება Start>>All Programs>>National Instruments>>Circuit Design Suit 13.0.1>>Ultiboard.

3.2. მონაცემთა ბაზა

პროგრამა Ultiboard-ის მონაცემთა ბაზაში შესვლა შესაძლებელია ბრძანებით **Place>>From Database**.

3.1 ნახ-ზე ნაჩვენებია ფანჯარა, რომლის საშუალებით შესაძლებელია მონაცემთა ბაზიდან კომპონენტის არჩევა. ნახაზიდან ჩანს, რომ მონაცემთა ბაზა იყოფა სამ ნაწილად: User Database; Corporate Database; Ultiboard Master, ეს უკანასკნელი იყოფა რამდენიმე ქვებაზად, საიდანაც ხდება შესაბამისი სახის კომპონენტების არჩევა.



ნახ. 3.1. მონაცემთა ბაზების ფანჯარა

აქვე შესაძლებელია ზომის ერთეულის არჩევა (Units), კომპონენტის წინასწარ დათვალიერება (Preview) და ზომის გაგება

(Show dimensions). ბაზაში არის შემდეგი რადიოელექტრონული კომპონენტები: კონდესატორი (Capacitors); რეზისტორი (Resistors); დიოდი (Diodes); ინტეგრალური მიკროსქემა (IC); გასართი (Connectors); შუქდიოდი (LED Displays) და სხვ.

იმისათვის, რომ შესაძლებელი იყოს მონაცემთა ბაზაში მოყვანილი კომპონენტებით სარგებლობა, საჭიროა გავეცნოთ ინფორმაციას მათი ტექნოლოგიური და კონსტრუქციული თავისებურებების შესახებ.

ელექტრონული მოწყობილობების აწყობის გავრცელებული ტექნოლოგია 80-იან წლებამდე იყო ნაბეჭდ ფირფიტაზე კვანძების აწყობა ღერძული და რადიალური გამომყვანების მქონე დისკრეტული კომპონენტების გამოყენებით, რომელთა დამაგრება სამონტაჟო ფირფიტაზე ხდებოდა THT ტექნოლოგიის გამოყენებით.

ნახვრეტებში მონტაჟის THT ტექნოლოგია (ინგლ. THT-Through Hole Technology) წარმოადგენს ელექტრონული მოდულების აწყობის უმეტესი თანამედროვე ტექნოლოგიების საფუძველს. იგი ითვალისწინებს ნაბეჭდ ფირფიტაზე კომპონენტების დამონტაჟების მეთოდს, რომლის დროსაც კომპონენტების გამომყვანები დაყენდება ფირფიტის გამჭოლ ნახვრეტებში და მიერჩილება საკონტაქტო ბაქნებს და/ან ნახვრეტის მოლითონებულ შიგა ზედაპირს.

3.3. ელექტრონული კომპონენტების ჯგუფები

THT ტექნოლოგიისას გამოყენებული ელექტრონული კომპონენტები (ეკ) კორპუსის ტიპის მიხედვით შესაძლოა დაიყოს შემდეგ ძირითად ჯგუფებად (ნახ.3.2):

ა) ელექტრონული კომპონენტები ღერძული გამომყვანებით (axial);

ბ) ელექტრონული კომპონენტები რადიალური გამომყვანებით (radial);

გ) მრავალგამომყვანიანი კორპუსი ერთ რიგად განლაგებული გამომყვანებით (SIL, SIP);

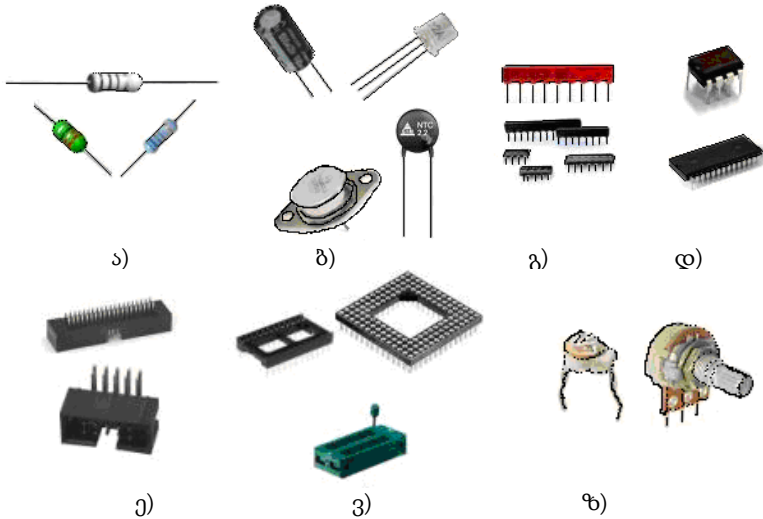
დ) მრავალგამომყვანიანი კორპუსი ორ რიგად განლაგებული გამომყვანებით (DIP);

ე) გასართები, სლოტები;

ვ) პანელები ინტეგრალური სქემებისათვის, მათ შორის: DIP; ZIF (Zero Insertion Force-პანელები მანჭვალისანი გამომყვანებით ინტეგრალური სქემებისათვის); PGA (Pin Grid Array-პანელები მანჭ-

ვალისანი გამომყვანებით ინტეგრალური სქემებისათვის გამომყვანების მატრიცით);

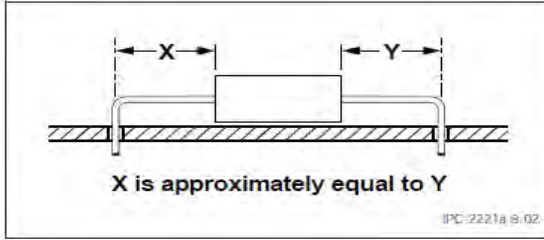
ზ) რთული ფორმის სხვადასხვა კომპონენტები.



ნახ.3.2. კომპონენტები

კომპონენტების ასეთი დაყოფა დაკავშირებულია მათი მონტაჟის ტექნოლოგიის თავისებურებასთან. მაგალითად, ღერძული და რადიალური გამომყვანების მქონე კომპონენტებს ესაჭიროება ფორმირება და ჩამოჭრა, როდესაც ბევრ სხვა კომპონენტს ეს არ ესაჭიროება. ღერძულგამომყვანებიანი კომპონენტის ფორმირების და შემდგომ მისი დაყენებისას შესაძლოა იგი შემობრუნდეს და აღმოჩნდეს დაყენებული „მარკირებით ქვემოთ“, ამიტომ მათი მარკირება ხდება ფერადი რგოლებით. სტანდარტით IPC 2221 გათვალისწინებულია კომპონენტების ფორმირებისადმი სხვადასხვა მოთხოვნები, მაგალითად, ფორმირებული გამომყვანები ერთმანეთის ტოლი უნდა იყოს (ნახ.3.3).

არსებობს აგრეთვე განსხვავება სხვადასხვა ჯგუფის კომპონენტების ბაზირებისა და ფიქსირების ხერხებს შორის, რის გამოც ამ კომპონენტების დაყენება ხდება მათთვის განკუთვნილი მოწყობილობების გამოყენებით.



ნახ.3.3

80-იან წლებში მსოფლიოში გავრცელდა ზედაპირული მონტაჟის მეთოდით (ინგლ. SMT – Surface-mount technology) ნაბეჭდი კვანძების აწყობის ტექნოლოგია.

SMT ტექნოლოგიაზე გადასვლა შეესაბამებოდა ელექტრონიკის სამ ძირითად ტენდენციას: მინიატურიაზაციას, ხარისხისა და საიმედოობის გაზრდას, წარმოების ხარჯების შემცირებას.

SMT ტექნოლოგიაზე გათვლილი კონსტრუქციები (ე.წ. SMD კომპონენტები, ინგლ. Surface-mounted device) – წინაღობები, კონდენსატორები, ტრანზისტორები, მიკროსქემები და სხვ. მონტაჟდება უშუალოდ ნაბეჭდი ფირფიტის ზედაპირზე. მათ არა აქვთ შემაერთებული გამომყვანები და ამიტომ ეწოდებათ ზედაპირზე დასამონტაჟებელი ნაკეთობები.

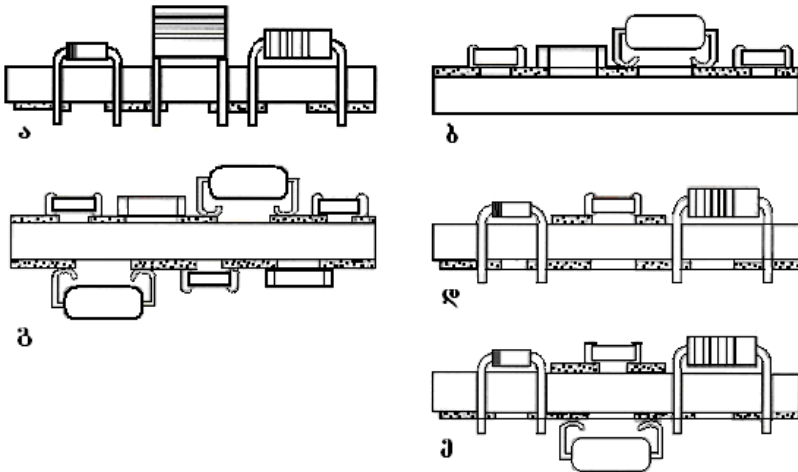
აღნიშნული ტექნოლოგიის უპირატესობაა: ელექტრონული კომპონენტების განთავსების სიმკვრივის გადიდება; მონტაჟის ავტომატიზების შესაძლებლობა; ელექტრონული ნაკეთობების მუშა სიხშირის გადიდება; ნაბეჭდი კვანძის ხარისხისა და საიმედოობის ამაღლება.

მიუხედავად იმისა, რომ თანამედროვე წარმოებაში THT ტექნოლოგიის ჩანაცვლება ხდება უფრო პროგრესული ზედაპირული მონტაჟის ტექნოლოგიით (SMT), არის ელექტრონიკის სფეროები, სადაც დომინირებს THT ტექნოლოგია, მაგალითად, ძალოვანი მოწყობილობები, კვების ბლოკები, მონიტორების მაღალვოლტაჟიანი სქემები და სხვ. აგრეთვე დარგები, რომელშიც საიმედოობისადმი ამაღლებული მოთხოვნების გამო მნიშვნელოვანი ხდება ტრადიციები, შემოწმებულისადმი ნდობა. ასეთებია: ავიონიკა, ატომური ელექტროსადგური და ა.შ. აღნიშნული ტექნოლოგია აქტიურად გამოიყენება ერთეულოვან და წვრილსერიულ მრავალნომენკლატურულ წარმოებაში, სადაც გამოშვებული მოდელების ხშირი ცვლის გამო პროცესების ავტომატიზაცია არააქტუალურია.

უმეტესი ეკ შეიძლება იყოს როგორც SMT, ასევე THT ტექნოლოგიით დაყენებისათვის განკუთვნილი. გამონაკლისია ძალოვანი კომპონენტები, ელექტრომექანიკური რელე, გასართი, დიდი ზომის ცვლადი რეზისტორები, ინტეგრალური მიკროსქემების პანელები (თუმცა ბევრ მათგანს აქვს SMD ანალოგი). ამის გამო ზოგჯერ საჭირო ხდება შერეული მონტაჟის გამოყენება.

3.4. ელექტრონული ანაწყოების შესაძლო სტრუქტურები

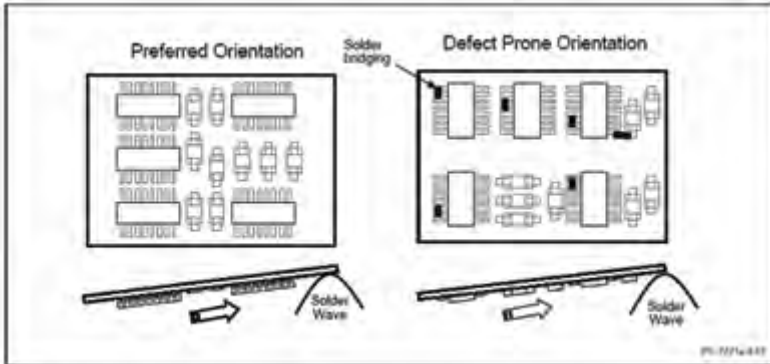
პროგრამა Ultiboard-ში პროექტის შექმნისას გათვალისწინებული უნდა იყოს სამონტაჟო ფირფიტაზე კომპონენტების დაყენების ვარიანტები. 3.4 ნახ-ზე მოცემულია შესაძლო ვარიანტები.



ნახ. 3.4. ელექტრონული ანაწყოების სტრუქტურული ვარიანტები:

- ა) THT კომპონენტები სამონტაჟო ფირფიტის წინა მხარეზეა;
- ბ) SMD კომპონენტები სამონტაჟო ფირფიტის წინა მხარეზეა;
- გ) SMD კომპონენტები სამონტაჟო ფირფიტის ორივე (წინა და უკანა) მხარეზეა;
- დ) THT და SMD კომპონენტები ფირფიტის წინა მხარეზეა;
- ე) SMD კომპონენტები სამონტაჟო ფირფიტის ორივე (წინა და უკანა) მხარეზეა, THT კომპონენტები – წინაზე.

მიკროსქემების სამონტაჟო ფირფიტაზე განლაგებისადმი მოთხოვნები განსაზღვრულია IPC 2221 სტანდარტით (ნახ.3.5).



ნახ.3.5

3.5. ნახაზის მარცხენა მხარეს ნაჩვენებია განლაგების მიზანშეწონილი ფორმა, ხოლო მარჯვნივ – არასასურველი (დეფექტური).

3.5. ციფრული მიკროსქემების ტიპები

მიკროსქემები იყოფა ორ ძირითად სახეობად: ანალოგური და ციფრული. ანალოგური მუშაობს ანალოგური სიგნალით, ხოლო ციფრული – შესაბამისად ციფრულით.

მიკროსქემაში შესაძლოა „დამალული“ იყოს ციფრული ტექნიკის ელემენტები, მაგალითად, ტრიგერები, მთვლელები, შიფრატორები, დეშიფრატორები, მულტიპლექსორები, კომპარატორები, ოპერატიული დამამახსოვრებელი მოწყობილობები, მუდმივი დამამახსოვრებელი მოწყობილობები.

მიკროსქემების შექმნამ შესაძლებელი გახადა რადიოტექნიკური ელემენტების ზომების შემცირება და მათი საიმედოობის ამაღლება ათასჯერ და უფრო მეტჯერ. მაღალი ტექნოლოგიურობის მიღწევაა, რომ ჩვეულებრივად ითვლება ერთ მიკროსქემაში ელექტრონული მოწყობილობების: რადიომიმღების, კალკულატორის, სასმენი აპარატის და სხვ. შეერთება დამატებითი დეტალების მინიმალური რაოდენობით.

მიკროსქემების წარმოების საწყის ეტაპზე თითოეული მეწარმე იმ ფორმის მიკროსქემას უშვებდა, რომლის გამოყენებაც მისთვის იყო მისაღები. დროთა განმავლობაში ამას მოჰყვა პრობლემები – ფუნქციების მიხედვით ერთტიპური მიკროსქემების ურთიერთშენაცვლება გართულდა ფორმის, ზომების, გამოყენების განსხვავებული რაოდენობის და ა.შ. გამო. სწორედ ამ მიზე-

ზებმა განაპირობა მიკროსქემების კორპუსების სტანდარტიზების აუცილებლობა.

კორპუსების სტანდარტულ ტიპებს ერთმანეთისაგან განასხვავებს შემდეგი ფაქტორები: მასალა, ფორმა და ზომები, რადიატორთან მისამაგრებელი ფირფიტის არსებობა ან არ არსებობა, გამომყვანების რაოდენობა და მათი განლაგება, გამომყვანის ტიპი (კონტაქტები მირჩილვისათვის, წვირისებრი კონტაქტები, საკონტაქტო ბაქნები, მატრიცული გამომყვანები).

მიკროსქემის კორპუსი – მიკროსქემის კონსტრუქციის ნაწილი, რომელიც გამიზნულია გარე ზემოქმედებისაგან დასაცავად და გამომყვანების მეშვეობით გარე ელექტრულ წრედებთან დასაკავშირებლად.

სხვადასხვა მიკროსქემისაგან ნაკეთობის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესის გასამარტივებლად ხდება კორპუსების სტანდარტიზება. სტანდარტული კორპუსების რაოდენობა ასეულობითაა. მიკროსქემების კორპუსების გამსხვილებულ კლასიფიკაციაში შედის: **DIP; SOIC; PLCC; QFP** კორპუსები.

DIP - Dual In-line Package (ნახ.3.6): მიკროსქემის ყველაზე გავრცელებული ტიპი სამონტაჟო ფირფიტის ნახვრეტებში მონტაჟისათვის (THT). გამომყვანების („ფეხების“) რაოდენობაა: 8; 14; 16; 20; 24; 28; 32; 40; 48 ან 56. გამომყვანებს შორის მანძილი (ბიჯი) 2,54 მმ ან 2,5 მმ (რუსული სტანდარტი). გამომყვანის სიგანეა დაახლოებით 0,5 მმ. შესაძლოა შესრულებული იყოს პლასტიკისაგან (PDIP) ან კერამიკისაგან (CDIP).



ნახ.3.6

SOIC – Small Outline Integral Circuit (ნახ.3.7): პლანარული მიკროსქემა – გამომყვანების მირჩილვა ხდება სამონტაჟო ფირფიტის იმავე მხრიდან, სადაც კორპუსია განთავსებული (SMT). მიკროსქემის კორპუსის ქვედა მხარე დევს სამონტაჟო ფირფიტაზე. გამომყვანების რაოდენობა და მათი დანომრვა იგივეა, რაც DIP კორპუსის. გამომყვანების ბიჯია 1,27 მმ ან 1,25 მმ (რუსული სტანდარტი), სიგანე – 0,33...0,51მმ.



ნახ.3.7

PLCC – Plastic J-leaded Chip Carrier (ნახ.3.8): კვადრატული (იშვიათად სწორკუთხა) კორპუსი. გამომყვანები განლაგებულია



ნახ.3.8

კორპუსის ოთხივე მხარეს და აქვთ J-სებრი ფორმა (გამომყვანების ბოლოები შეზნექილია კორპუსის ქვედა მხრისკენ). მიკროსქემას არჩილავენ უშუალოდ სამონტაჟო ფირფიტაზე (პლანარულად) ან ამაგრებენ პანელში (უმეტეს შემთხვევაში). გამომყვანების რაოდენობაა: 20, 28, 32, 44, 52, 68, 84; ბიჯი – 1,27 მმ; სიგანე – 0,66...0,82 მმ. პირველი ნომერი გამომყვანი მოთავსებულია გასაღებთან, მომდევნოს ათვლა ხდება საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით. არსებობს აგრეთვე CLCC (Ceramic Leaded Chip Carrier).

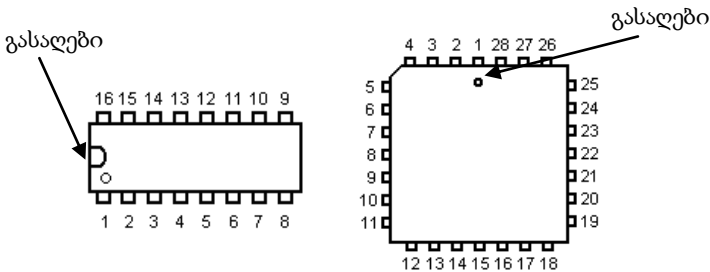
QFP (Quad Flat Package) (ნახ.3.9): დაახლოებით 1 მმ სისქის კვადრატული კორპუსი, გამომყვანები განლაგებულია ოთხივე მხარეს. მათი რაოდენობაა 32-დან 144-მდე;



ნახ.3.9

ბიჯი – 0,8 მმ; სიგანე – 0,3...0,45 მმ. გამომყვანების დანომვრა იწყება დაცვრებული კუთხიდან (ზედა მარცხენა) საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით. არსებობს აგრეთვე **TQFP** (Thin QFP), **LQFP** (Low-profile QFP) და სხვ.

იმისათვის, რომ განისაზღვროს მიკროსქემის პირველი გამომყვანის მდებარეობა, საჭიროა კორპუსზე „გასაღების“ მოძებნა. 3.10 ნახაზზე ნაჩვენებია სხვადასხვა ტიპის გასაღებები.

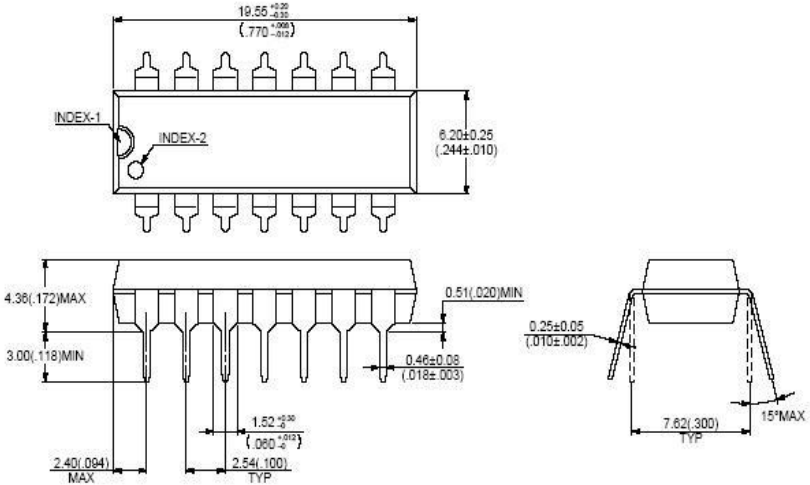


ნახ.3.10

3.6. მიკროსქემის ზომები

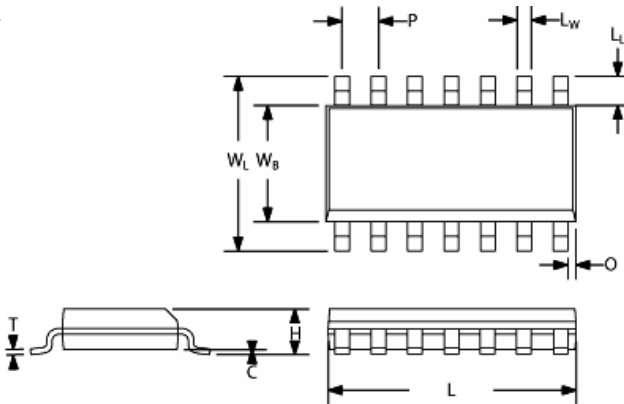
3.11 ნახაზზე მოცემულია DIP მიკროსქემის ძირითადი ზომები.

14-pin plastic DIP
(DIP-14P-M02)



ნახ.3.11. DIP14 მიკროსქემა (14 გამომყვანით, პლასტიკის)

3.12 ნახაზზე და 3.1 ცხრილში მოცემულია SOIC მიკროსქემის კორპუსის ზომები. ასეთ კორპუსებს შესაძლოა ჰქონდეთ სხვადასხვა სიგანე.



ნახ.3.12. SOIC მიკროსქემა

ცხრილი 3.1

ზომები მოცემულია მმ-ში

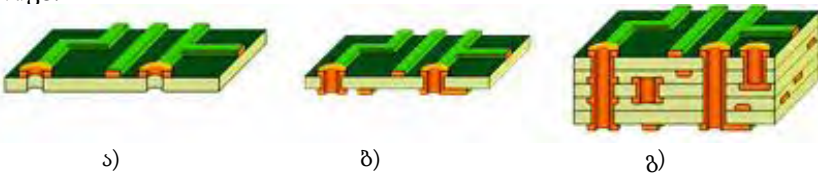
აღნიშვნა	W _B	W _L	H	C	L	P	L _L	T	L _w	O
SOIC-8	4.0 (3.8)	6.2 (5.8)	1.75	0.25 (0.10)	5.0 (4.8)	1.27	0.41 (1.04)	0.19 (0.25)	0.51 (0.33)	0.33
SOIC-14	3.9	5.8–6.2	1.72	0.10– 0.25	8.55– 8.75	1.27	1.05	0.19– 0.25	0.39– 0.46	0.3– 0.7
SOIC-16	3.9	5.8–6.2	1.72	0.10– 0.25	9.9– 10	1.27	1.05	0.19– 0.25	0.39– 0.46	0.3– 0.7
SOIC-16	7.5	10.00– 10.65	2.65	0.10– 0.30	10.1– 10.5	1.27	1.4	0.23– 0.32	0.38– 0.40	0.4– 0.9

როგორც წესი, DIP და SOIC ტიპის მსგავსი მიკროსქემების გამომყვანების ნუმერაცია ერთნაირია. ამ ტიპის კორპუსების აღსანიშნავად, გარდა SOIC შემოკლებისა, გამოიყენებენ ასოებს SO და გამომყვანების რაოდენობას. მაგალითად, TTL ლოგიკის მქონე 7400 სერიის 14 გამომყვანის მქონე მიკროსქემის კორპუსის აღნიშვნა შესაძლოა იყოს *SOIC-14* ან *SO-14*.

3.7. ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის სახეები და ზომები

ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტა – კონსტრუქციის ელემენტი, რომელიც შედგება დიელექტრულ ფუძეზე განლაგებული მოლი-თონებული უბნების სახის მქონე ბრტყელი გამტარებისაგან, უზრუნველყოფს ელექტრული წრედის ელემენტების კავშირს.

განთავსებული ნაბეჭდი გამტარი ფენების რაოდენობის მიხედვით ფირფიტები იყოფა ერთ-, ორ- და მრავალფენიანად (ნახ.3.13). ერთფენიანს უწოდებენ აგრეთვე ცალმხრივს, ორფენიანს – ორმხრივს.



ნახ.3.13 . საბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტები: ა) ცალმხრივი–ერთფენიანი
ბ) ორმხრივი–ორფენიანი, გ) მრავალფენიანი

ზოგადად სამონტაჟო ფირფიტის ტიპ-ზომის არჩევა ხდება ფუნქციური და ტექნოლოგიური მოთხოვნების გათვალისწინებით: ფუნქციური სახის მოთხოვნები კონსტრუქციული თვალსაზრისით

გამოსახება კომპონირების სიმკვრივით, რომელიც დამოკიდებულია მიკროსქემების კორპუსების ზომებსა და რაოდენობაზე და ელექტრული სქემის აქტიურ და პასიურ კავშირებზე. ტექნოლოგიური სახის მოთხოვნებს განსაზღვრავს ტიპ-ზომების შეზღუდვა ნამზადის წარმოების ტექნოლოგიური შესაძლებლობის და ეფექტურობის, ფოტოლითოგრაფიის გადაწყვეტისუნარიანობის, მექანიკური სიმტკიცის, ავტომატიზებული დაპროექტების სისტემის შესაძლებლობების გათვალისწინებით.

ფირფიტის ზომებისადმი მოთხოვნები რეგლამენტირებულია სტანდარტებით. ევროპული სტანდარტებიდან ძირითადად აღსანიშნავია საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის სტანდარტი IEC 60297-3 და ე.წ. მეტრული სტანდარტი IEC 60917-2-2. არსებობს აგრეთვე რუსული სტანდარტი გოსტ 28601.3. მასში მოცემული სამონტაჟო ფირფიტების ტიპ-ზომები და რადიოელექტრონული აპარატურის მოდულების კონსტრუქციის სხვა ელემენტები სავსებით შეესაბამება IEC 60297-ს.

IEC 297 სტანდარტის მიხედვით ზომის საბაზო ერთეულად მიღებულია დუიმი (1 დუიმი=25,4 მმ). თანაზომადობა საშუალებას აძლევს მეტრული ზომის ერთეულების მქონე ქვეყნებს, ადვილად ისარგებლონ ამ სტანდარტით.

ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის ჩარჩოს სიმაღლის ერთეულია პირობითი ერთეული U (ინგლ. Unit), გერმანული სტანდარტებით მისი აღნიშვნაა HE (გერმ. HE - Hoeheneinheit). ამ ერთეულების შესაბამისობა მეტრულ სისტემასთან გამოისახება ტოლობით $HE=U=44,45$ მმ.

ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის საბაზო ზომაა 100x100 მმ. სიმაღლეში ზრდის (მატების) ერთეულია $1,7'' = 44,45$ მმ = U. ეს სიდიდე ჯერადია ბლოკის წინა პანელის სიმაღლისა. ჯერადობის ეს მაჩვენებელი შედის სამონტაჟო ფირფიტის აღნიშვნაში.

3.8. ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის მასალები

ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის მასალის შერჩევას უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ფირფიტები ძირითადად არსებობს შემდეგი სახის:

- გამტარი მასალის ფენების რაოდენობის მიხედვით – ცალმხრივი, ორმხრივი, მრავალფენიანი;
- მოქნილობის მიხედვით – ხისტი, მოქნილი;

- მონტაჟის ტექნოლოგიის მიხედვით – ნახვრეტებში მონტაჟისათვის და ზედაპირული (პლანარული) მონტაჟისათვის გამოიზიარებული.

სამონტაჟო ფირფიტის ფუძედ გამოიყენება დიელექტრული მასალა, როგორცაა, მაგალითად: *ტექსტოლიტი; მინატექსტოლიტი, გეტინაქსი*. ასევე შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს დიელექტრიკით დაფარული ლითონის ფუძე (მაგალითად, ანოდირებული ალუმინი), ხოლო სპილენძის კილიტისაგან დამზადებული გამტარი ნახატის განთავსება ხდება დიელექტრიკზე. მსგავსი ფირფიტები გამოიყენება ძალიან ელექტრონიკაში ელექტრონული კომპონენტებისაგან ეფექტური თბოარინების მიზნით. ასეთი ფირფიტის ლითონის ფუძე უნდა მიმაგრდეს რადიატორზე.

მრავალფენიანი სამონტაჟო ფირფიტისათვის გამოიყენება პრეპრეგი („შემამრთებელი ფენა“).

განვიხილოთ ზოგიერთი კონკრეტული სახის საბაზო მასალა:

1) მასალა FR-4. მასალათა ერთობლიობაა NEMA-ს (National Electrical Manufacturers Association, USA, შეიქმნა 1926 წელს) კლასიფიკაციის მიხედვით საერთო დასახელებით FR-4. ესაა ფოლგირებული (კილიტების სახით) მინატექსტოლიტი სისქით 1,6 მმ, რომლის ცალი ან ორივე მხარის ზედაპირი არის 35 მკმ სისქის მქონე სპილენძის კილიტა. 1,6 მმ სისქის სტანდარტული FR-4 შედგება მინატექსტოლიტის რვა ფენისაგან (პრეპრეგებისაგან). ცენტრალურ ფენაზე განთავსებულია მეწარმის ლოგოტიპი, ხოლო ფერი აღნიშნავს მოცემული მასალის წვადობის კლასს (წითელი-UL94-VO, მწვანე - UL94-HB). შეგახსენებთ, UL 94 არის პლასტმასების აალებადობის სტანდარტი, რომლის შესაბამისად VO აღნიშნავს, რომ წვა შეწყდება 10 წამში, HB აღნიშნავს ნელ წვას.

ძირითადად FR-4 არის გამჭვირვალე ან მქრქალი ყვითელი ფერის, ხოლო სტანდარტულ მწვანე ფერს განაპირობებს მისარჩილი ნიღაბი, რომლითაც ფარავენ უკვე დამთავრებულ სამონტაჟო ფირფიტას.

FR-4 არის ყველაზე გავრცელებული მასალა ორმხრივი, მრავალფენიანი, აგრეთვე მექანიკური სიმტკიცისადმი გადიდებული მოთხოვნების მქონე ცალმხრივი ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის დასამზადებლად.

ნაბეჭდი ფირფიტების ტიპური კონსტრუქციები ემყარება FR-4 ტიპის სტანდარტული მინატექსტოლიტის გამოყენებას, რომლის მუშა ტემპერატურაა მინუს 50 °C -დან +110°C -მდე, Tg შეწებების ტემპერატურა – დახლოებით 135 °C.

თერმომედეგობისადმი ამალეებული მოთხოვნების შემთხვევაში ან ფირფიტების ღუმელში ტყვიის გარეშე ტექნოლოგიით (ტემპერატურა 260°C-მდე) მონტაჟის დროს გამოიყენება მაღალ-ტემპერატურული FR4 High Tg ან FR5.

2) მასალა T111. კერამიკის საფუძველზე თბოგამტარი პოლიმერისაგან დამზადებული მასალა ალუმინის ფუძით, რომელიც გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც ვარაუდობენ მნიშვნელოვანი თბოენერჯის გამოყოფი კომპონენტების გამოყენებას (მაგალითად, ზემკაფიო შუქდიოდების).

3) მასალა XPC. მასალათა ერთობლიობა NEMA-ს კლასიფიკაციის მიხედვით საერთო დასახელებით XPC, ითვლება ერთ-ერთ იაფფასიან მასალად ცალმხრივი ნაბეჭდი ფირფიტების საწარმოებლად. სტანდარტული XPC არის ქაღალდსა და ფენოლ-ალდეჰიდურ პოლიმერზე დაფუძნებული კომპოზიტური მასალა. ჩვეულებრივ, იგი ღია ყავისფერია. ვინაიდან ეს მასალა ეფუძნება ქაღალდს, შეუძლებელი ხდება გამჭოლი ნახვრეტების მოლითონება, შესაბამისად იგი გამოიყენება ცალმხრივი ნაბეჭდი ფირფიტების დასამზადებლად. XPC აკმაყოფილებს წვადობის UL94-HB კლასს, ამიტომ არ გამოიყენება ამალეებული ხანძარუსაფრთხოების მოთხოვნის შემთხვევაში.

4) მასალა CEM-1. მასალები, რომლებიც NEMA-ს კლასიფიკაციის მიხედვით სპეციფიცირდებიან CEM-1-ით, ითვლება ცალმხრივი ნაბეჭდი ფირფიტების საწარმოებლად ყველაზე გავრცელებულ მასალად. სტანდარტული CEM-1 წარმოადგენს კომპოზიტურ მასალას ცელულოზის ფუძეზე, რომელსაც ზედაპირზე აქვს მინატექსტოლიტის (FR-4) ერთი ფენა. ჩვეულებრივ, CEM-1 არის რძისფერი (თეთრი). ამ მასალისაგან დამზადებულ სამონტაჟო ფირფიტებზე შეუძლებელია გამჭოლი ნახვრეტების მოლითონება, რაც მის თავისებურებად ითვლება. შესაბამისად იგი გამოიყენება მხოლოდ ცალმხრივი ნაბეჭდი ფირფიტების დასამზადებლად. სტანდარტული CEM-1 აკმაყოფილებს წვადობის UL94-VO კლასს, ისევე როგორც FR-4.

5) მასალა CEM-3. მასალები, რომლებიც NEMA-ს კლასიფიკაციის მიხედვით სპეციფიცირდება CEM-3-ით, ისევე როგორც FR-4, ითვლება საბაზო მასალად ორმხრივი და მრავალფენიანი ნაბეჭდი ფირფიტების საწარმოებლად.

მოქნილი ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის დასამზადებელი ძირითადი მასალებია:

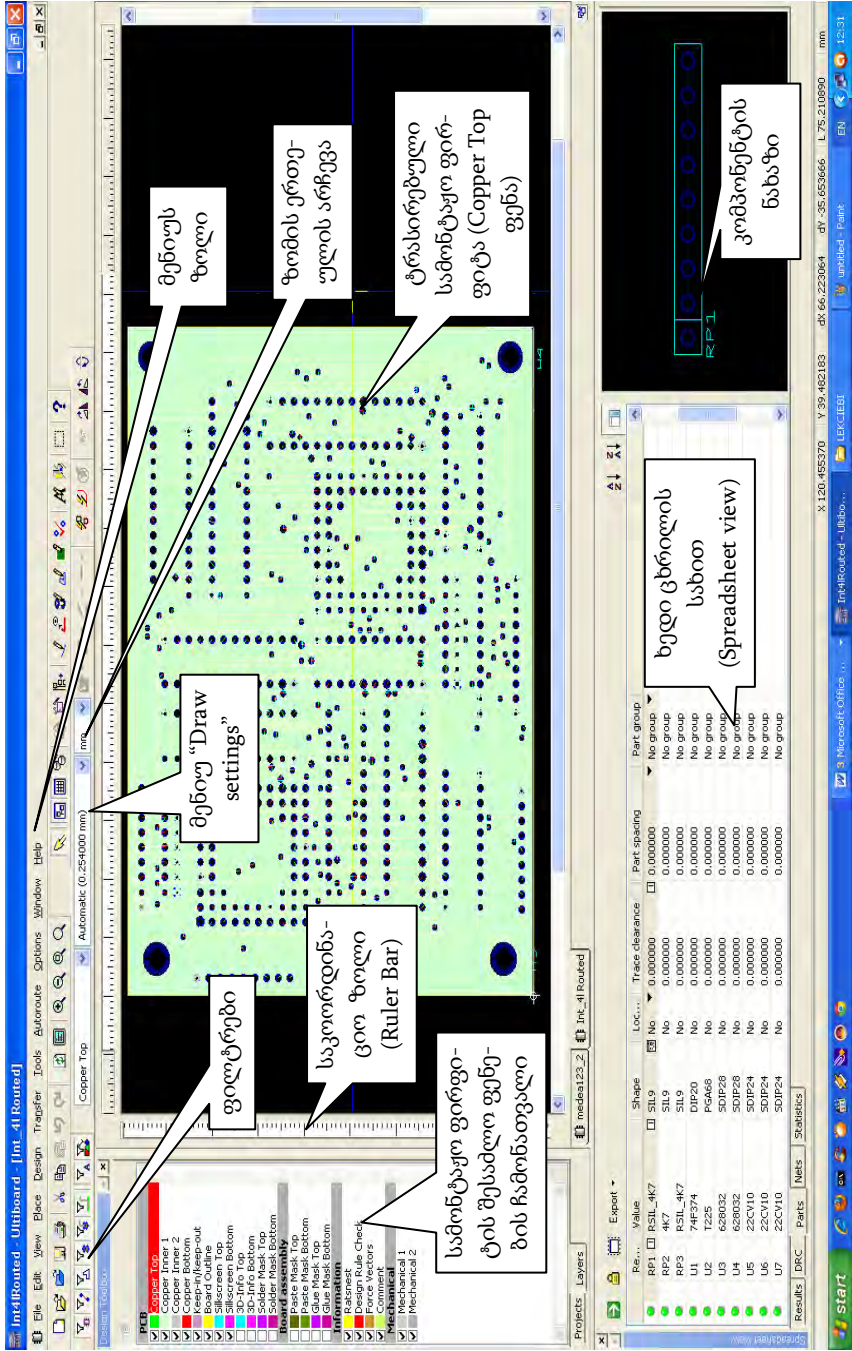
- **პოლიიმიდური აფსკი**, რომლის დადებითი თვისებებია: მოქნილობა ყველა დასაშვებ ტემპერატურაზე; კარგი ელექტრული მახასიათებლები; ქიმიური მედეგობა; გაგლეჯისადმი მედეგობა; ქიმიური ამოჭმის შესაძლებლობა; მუშა ტემპერატურა მინუს 200°C-დან +300 °C-მდე. უარყოფითი თვისებებია: მაღალი წყლის შთამნთქმელობა (3% წონის მიხედვით); შედარებით მაღალი ფასი; მაღალტემპერატურული თვისებების შეზღუდვა ადჰეზივების მიერ.

- **ლაგსანის აფსკი**, რომლის დადებითი თვისებებია: დაბალტემპერატურული თერმოპლასტიკა (ადვილად ფორმირდება); სიააფე; დრეკადობა; ქიმიური მდგრადობა; წყლის დაბალი შთამნთქმელობა; დაბალანსებული ელექტრული მახასიათებლები; მუშა ტემპერატურის დიაპაზონია მინუს 60 °C-დან +105 °C-მდე. უარყოფითი თვისებებია: მირჩილვის თვალსაზრისით შეზღუდვები (აქვს დაბალი ღებობის წერტილი); შეუძლებელია ძალიან დაბალი ტემპერატურის პირობებში მისი გამოყენება (ხდება მყიფე); არასაკმარისი სტაბილურობა ზომების თვალსაზრისით (საჭიროებს თერმოსტაბილიზაციას).

3.9. პროგრამა Ultiboard-ის ძირითადი ფანჯარა

პროექტზე მუშაობის დაწყებამდე უნდა შევარჩიოთ ზომის ერთეული, რომლის შესაბამისად შეიქმნება ნახაზები. ჩვენს შემთხვევაში ზომის ერთეულად უნდა ავირჩიოთ მმ (მილიმეტრი). პროგრამა Ultiboard-ი სხვა ერთეულების გამოყენების საშუალებასაც იძლევა, მაგალითად, nm (ნანომეტრი), μm (მიკრომეტრი), mil=0,025 მმ და inch =25 მმ.

3.14 ნახ-ზე ნაჩვენებია Ultiboard-ის ძირითადი ფანჯარა, რომლის ზოგიერთი ელემენტი განეკუთვნება სტანდარტულ ინტერფეისს და არ განვიხილავთ, ხოლო სპეციფიკურს გავეცნობით თანამიმდევრობით, საჭიროების მიხედვით. ფანჯარა შეიცავს სამუშაო სივრცეს ანუ ადგილს, სადაც ხდება ელექტრული პრინციპული სქემის მიხედვით სამონტაჟო ფორფიტის შექმნა.













ნახ.3.14

3.10. პროგრამა Multisim-ის ზოგიერთი მენიუ






3.2 – 3.4 ცხრილებში განმარტებულია ძირითადი ღილაკების დანიშნულება.

ცხრილი 3.2

Main toolbar - ძირითადი (მთავარი) მენიუ

ღილაკი	დანიშნულება
	მონიშვნის (არჩევის) ღილაკი. არააქტიურს ხდის რომელიმე არჩეულ რეჟიმს და ნაბეჭდ ფირფიტაზე ელემენტის მონიშვნის საშუალებას იძლევა
	პროექტის ინსტრუმენტების (მენიუს ღილაკების) ეკრანზე გამოტანა ან გადამალვა
	ცხრილის სახით ხედის (Spreadsheet view) ეკრანზე გამოტანა ან გადამალვა
	მონაცემთა ბაზის მენეჯერი
	ნაბეჭდი ფირფიტის კონტურის შემქმნელი ქვეპროგრამის გაშვება (ჩართვა)
	კომპონენტის კორპუსის შემქმნელი ქვეპროგრამის გაშვება (ჩართვა)
	მონაცემთა ბაზიდან კომპონენტის ჩასმა
	წრფის განთავსება
	„გამომყევი“ (ტრასის გატარება)
	გადასასვლელი ხვრელების განთავსება

გაგრძელება

	მოლითონების არე (პოლიგონი)
	კვების ფენა
	დამუშავების წესების დაცვის კონტროლი
	ტექსტის განთავსება
	სამგანზომილებიანი ხედი








ცხრილი 3.3

Select toolbar - ფილტრები (ბრძანება Edit>>Selection filter)

ლილაკი	დანიშნულება
	კომპონენტების მონიშვნა (არჩევა)
	კავშირის ხაზების (ტრასების) მონიშვნა (არჩევა)
	მოლითონების არეების მონიშვნა (არჩევა)
	გადასასვლელი ხვრელების (Vias) მონიშვნა (არჩევა)
	საკონტაქტო ბაქნების (Pads) მონიშვნა (არჩევა)
	SMD საკონტაქტო ბაქნების მონიშვნა (არჩევა)
	ატრიბუტების მონიშვნა (არჩევა)
	გრაფიკული გამოსახულების მონიშვნა (არჩევა)

ცხრილი 3.4

კომპონენტების ურთიერთსწორების (გათანაბრების) უზრუნველყოფი დილაკები (ბრძანება Edit>>Align)

დილაკი	დანიშნულება
	სწორება მარცხნივ
	სწორება მარჯვნივ
	სწორება ზემოთ
	სწორება ქვემოთ
	სწორება ცენტრზე ჰორიზონტალურად
	სწორება ცენტრზე ვერტიკალურად
	სწორება კოორდინატებზე
	შორისი მანძილი (სივრცე). დააშორებს ერთიმეორის გვერდით მყოფ სამ ან მეტ ობიექტს თანაბრად
	შორისი მანძილი (სივრცე) პლუსი. გაადიდებს ჰორიზონტალურ სივრცეს ორ ან მეტ ობიექტს შორის
	შორისი მანძილი (სივრცე) მინუსი. შეამცირებს ჰორიზონტალურ სივრცეს ორ ან მეტ ობიექტს შორის
	მანძილი (სივრცე) ქვემოთ. დააშორებს ერთიმეორის თავზე მყოფ სამ ან მეტ ობიექტს თანაბრად
	მანძილი (სივრცე) ქვემოთ პლუსი. გაადიდებს ვერტიკალურ სივრცეს ორ ან რამდენიმე ობიექტს შორის
	მანძილი (სივრცე) ქვემოთ მინუსი. შეამცირებს ვერტიკალურ სივრცეს ორ ან რამდენიმე ობიექტს შორის

სხვა მნიშვნელოვანი ბრძანებების განმარტებები დასახელებული არ არის, მაგრამ იგულისხმება, რომ ისინი მომხმარებლისათვის ცნობილია Windows-ის მხარდაჭერის მქონე პოპულარული პროგრამებიდან.

3.11. სამონტაჟო ფირფიტის პროექტის ფენები

პროგრამა Ultiboard-ი საშუალებას აძლევს მომხმარებელს იმუშაოს სხვადასხვა ფენებზე. Design Toolbox-ი შეიცავს Layers tab-ს რომელშიც ჩამოთვლილია შესაძლო ფენები, მაგალითად: Copper top (bottom) – მოლითონებული ზედა (ქვედა) ფენა, რომელზეც სრულდება ტრასირება; Board Outline – რომელზეც იხაზება სამონტაჟო ფირფიტის კონტური; Solder mask top (bottom) – მასზე აღინიშნება მირჩილვის ადგილები; Comment – ფენა, რომელზეც დაიტანება სხვადასხვა სახის კომენტარები და ა.შ.

ფენების დასახელება მოცემულია 3.15 ნახ-ზე.



მოლითონებული ზედა
 მოლითონებული შიგა 1
 მოლითონებული შიგა 2
 მოლითონებული ქვედა
 აკრძალვის ზონა
 სამონტაჟო ფირფიტა
 სილკოგრაფია ზედა
 სილკოგრაფია ქვედა
 3D -ინფო ზედა
 3D -ინფო ქვედა
 სარჩილის ნილაბი ზედა
 სარჩილის ნილაბი ქვედა
 სარჩილი პასტის ნილაბი ზედა
 სარჩილი პასტის ნილაბი ქვედა
 წებოს ნილაბი ზედა
 წებოს ნილაბი ქვედა
 ლოგიკური შეერთება
 შეცდომების კონტროლი
 ძალური ვექტორები
 კომენტარები
 მექანიკური 1
 მექანიკური 2

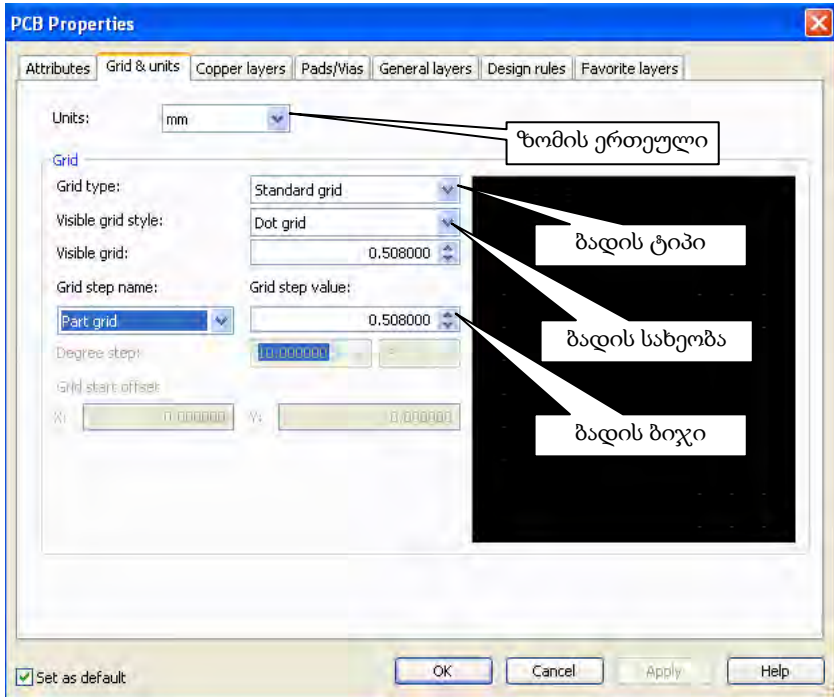
ნახ.3.15

3.15 ნახ-დან ჩანს, რომ, მაგალითად, 3D-Info Top ფენა არ არის ნებადართული, ხოლო Board Outline ფენა არჩეულია.

3.12. სამონტაჟო ფირფიტის გამოტანა ნახაზზე

პროექტის შექმნისას ყურადღება უნდა მივაქციოთ, რომელ ფენაში ხდება კომპონენტის ან სხვა ატრიბუტის განთავსება. სამონტაჟო ფირფიტა უნდა შესრულდეს Board Outline ფენაზე.

ნახაზის დასახაზად განკუთვნილ არეზე არსებული ბადის ბიჯის და ზომის ერთეულის ასარჩევად საჭიროა შესრულდეს ან **Options >> PCB properties >> Grid&Units** ბრძანება (ნახ.3.16) ან **View>>Toolbars>>Draw settings** მენიუში მივუთითოთ საჭირო სიდიდეები. როგორც აღვნიშნეთ ზომის ერთეულად ჩვენს შემთხვევაში უნდა ავირჩიოთ მმ (მილიმეტრი).



ნახ. 3.16

სწორკუთხა ფორმის სამონტაჟო ფირფიტის მონიტორზე გამოსატანად სრულდება ბრძანება **Tools>>Board Wizard>>Next>>Rectangular >>** მიუთითებთ საჭირო ზომებს >> **finish**. წრიული

ფორმის სამონტაჟო ფირფიტის მისაღებად - **Tools>>Board Wizard>>> Next>>Circular >>** მიუთითებთ საჭირო ზომებს >> **finish**.

სამონტაჟო ფირფიტას აქვს ათვლის წერტილი (Reference point), რომლის მიმართ აითვლება ფირფიტაზე განლაგებული კომპონენტების კოორდინატები. Reference point-ის გადასაადგილებლად საჭიროა ბრძანება - მენიუ **design>>Set Reference point**, შემდეგ მაუსის დაწკაპუნებით საჭირო ადგილას გადავიტანოთ ათვლის წერტილი.

სამონტაჟო ფირფიტის კონტურის მოსანიშნად უნდა გადავიდეთ Board Outline ფენაზე.

როდესაც საჭიროა სამონტაჟო ფირფიტის ზომის შეცვლა სრულდება ბრძანება **Design Toolbox >> Layers PCB >> 2CL Board Outline >>** მონიშნეთ ფირფიტის კონტური >> დაჭერილი მაუსით შეცვალეთ ზომა.

სამონტაჟო ფირფიტის სისქის ასარჩევად საჭიროა: მენიუ **Options>>PCB Properties>>Copper layers>>Board>>Board thickness>>>** მიუთითეთ საჭირო რიცხვი.

ნახაზზე ფირფიტის კონტურის, ფერის, ხაზის სტილის შესაცვლელად სრულდება ბრძანება: სამონტაჟო ფირფიტის კონტურზე **RCL>>Properties>>General>>Style** (სტილი); **Color** (ფერი); **Width** (სისქე)>> მიუთითეთ საჭირო მნიშვნელობები.

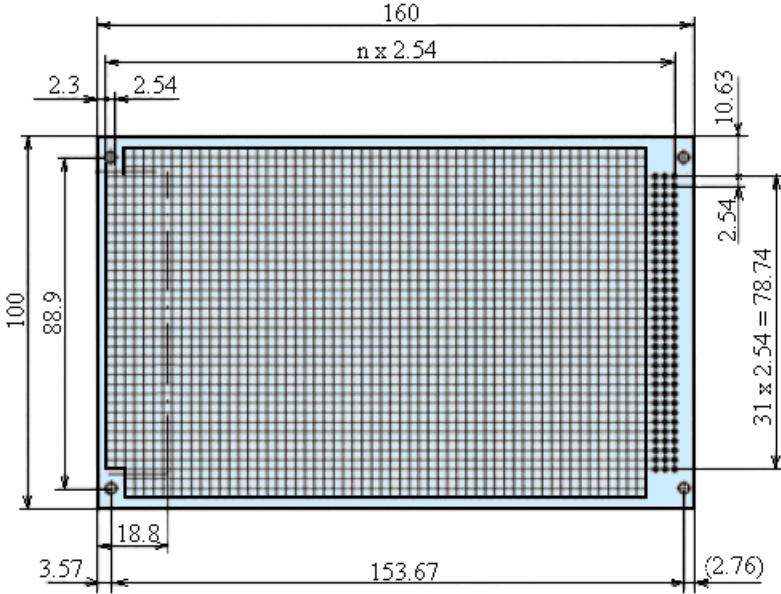
სამონტაჟო ფირფიტის კუთხეებში უმეტეს შემთხვევაში საჭიროა ტექნოლოგიური ნახვრეტების განთავსება. ამისათვის შევასრულოთ ბრძანება **Place>>Hole>>** შევარჩიოთ ნახვრეტის ფორმა (Round, Square და სხვ.) და დიამეტრი (ან სხვა ზომები).

პროგრამა Ultiboard-ს მონაცემთა ბაზაში აქვს მზა სახის სხვადასხვა ტიპის სამონტაჟო ფირფიტები. მაგალითად, 3U ევროპლათის ნახაზზე გამოსატანად საჭიროა შევასრულოთ ბრძანება **Place>>From database>>Ultiboard Master>>Board Outlines>>Eurocard>>Eurocard VME3U>>** აირჩიეთ სასურველი ტიპის ფირფიტა.

ევროპლათა (Europlatte, Euro board, Eurocard) ელექტრონული მოწყობილობის სხვადასხვა სახის ბლოკებში გამოყენებული შენაცვლებადი ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტაა, ზომით 100x160 მმ. ინგლისურენოვან ლიტერატურაში მისი აღნიშვნაა 3U, გერმანულში – 3HE.

სამონტაჟო ფირფიტის სიმაღლე 100 მმ რჩება მუდმივი, ხოლო სიგანე შესაძლოა იცვლებოდეს 60 მმ-იანი ბიჯით. ნაბეჭდ სამონტაჟო ფირფიტას, ზომით 233x160 მმ, ეწოდება ორმაგი ევროპლათა.

ინგლისურენოვან ლიტერატურაში მისი აღნიშვნაა 6U, გერმანულში – 6HE (ნახ.3.17).



ნახ.3.17. ევროპლატა 3U/ 3HE

ევროპლატა არის ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის მსოფლიო სტანდარტი, რომელიც დღეისათვის რადიოელექტრონიკაში ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო მოწყობილობების აწყობისას.

როგორც უკვე ითქვა, თანამედროვე ევროპლატა ორი ტიპ-ზომისაა – 100x160 მმ და 233x160 მმ, თუმცა ზოგ შემთხვევაში გამოიყენება არასტანდარტული ზომის ევროპლატები. გავრცელებული ზომებია 100x100 მმ, 100x220 მმ და 100x280 მმ. არასტანდარტული ევროპლატების დამზადება ხდება შეკვეთით და ნაკლებად გამოიყენება, ვინაიდან მათი ინსტოლირება უკავშირდება დამატებით ხარჯებს ინდივიდუალური ნახაზების მიხედვით სპეციალური სამაგრი ჩარჩოების და დგარების დამზადებასთან დაკავშირებით.

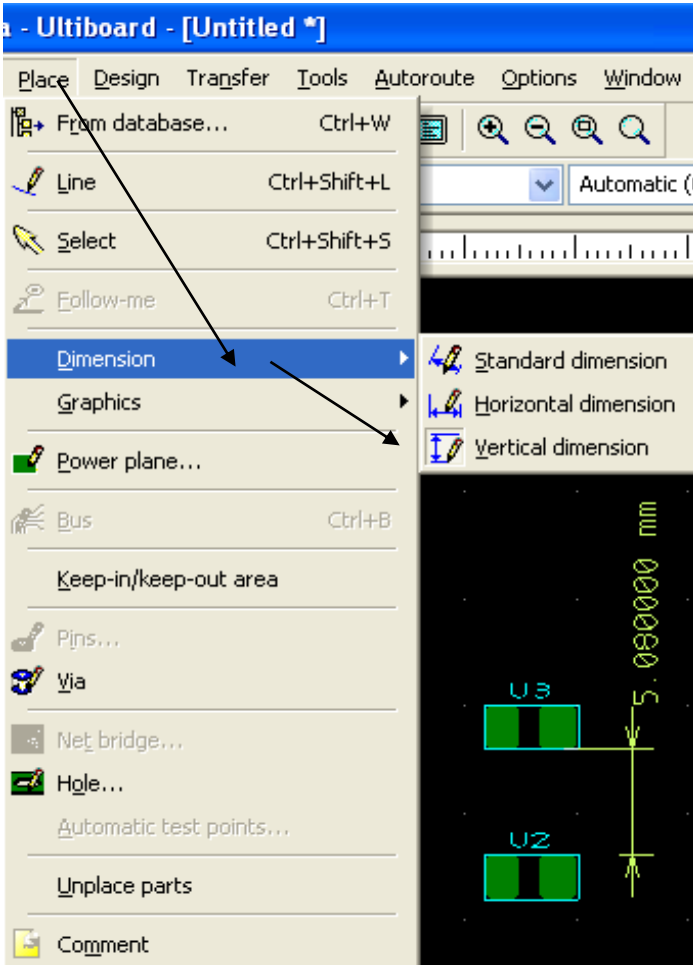


ნახ. 3.18

სამონტაჟო ფირფიტა შესაძლოა მოთავსდეს კორპუსში. 3.18 ნახ-ზე ნაჩვენებია

კორპუსი ევროპლასტიკისაგან (100x160 მმ). იგი შედგება ზედა და ქვედა ნახევრებისაგან, რომლებიც მაგრდება ჭანჭიკებით. დამზადებულია შავი ფერის პლასტმასისაგან. კორპუსის ზომებია 186x123x41 მმ.

როდესაც საჭიროა სამონტაჟო ფირფიტის ნახაზზე ზომის მითითება საჭიროა გადავიდეთ რომელიმე არამოლითონებულ ფენაზე და შევასრულოთ ბრძანება **Place>>Dimensions >>** ავირჩიოთ ზომის დატანის სახეობა >> ნახაზზე დავიტანოთ ზომა (ნახ.3.19).



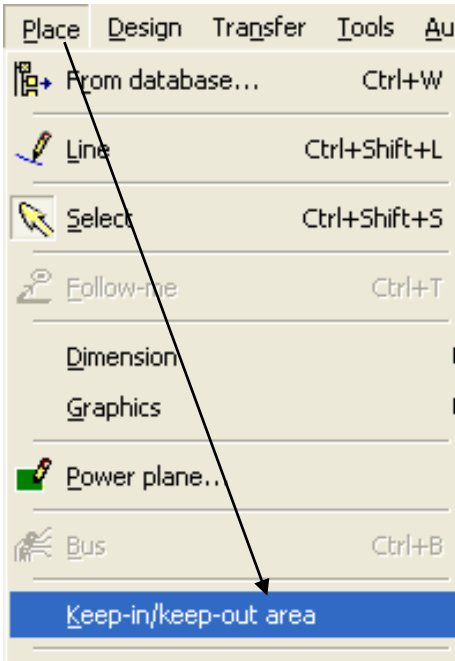
ნახ. 3.19. კომპონენტებს შორის მანძილის მითითება

3.13. აკრძალვის ზონის გამოყოფა

აკრძალვის ზონის დანიშნულებაა, სამონტაჟო ფირფიტაზე დააწესოს ისეთი არეალის საზღვრები, რომლის შიგნით მოქმედებს აკრძალვა პროექტის ზოგიერთი ობიექტის მის შიგნით ან გარეთ განლაგების შესახებ.

ზონების რაოდენობა სამონტაჟო ფირფიტაზე შეზღუდული არ არის, ხოლო აკრძალვის პარამეტრები თითოეული ზონისათვის შესაძლოა შეირჩეს ინდივიდუალურად.

აკრძალვის ზონის გამოსაყოფად უნდა შესრულდეს ბრძანება **Place>>Keep-in/Keep-out area>>**მოვხაზოთ ფირფიტაზე სათანადო სიდიდის არე (ნახ. 3.20).



ნახ. 3.20

ვიდრე აკრძალვის არეს შემოვხაზავთ, კურსორის გვერდით გამო-

ჩნდება პოლიგონის სიმბოლო, ვინაიდან აკრძალვის ზონის გამოყოფა შესაძლებელია მხოლოდ ამ ინსტრუმენტით.

თუ შევეცდებით, აკრძალვის აქტიურ ფენაში შევექმნათ რაიმე ფიგურა, ვნახავთ, რომ გრაფიკული ელემენტის გამოსახვის ყველა ინსტრუმენტი, გარდა ტექსტურისა, არააქტიური იქნება. ტექსტის გამოყენება შესაძლებელია მაგალითად, აკრძალვის ზონის დასახელების შესაქმნელად.

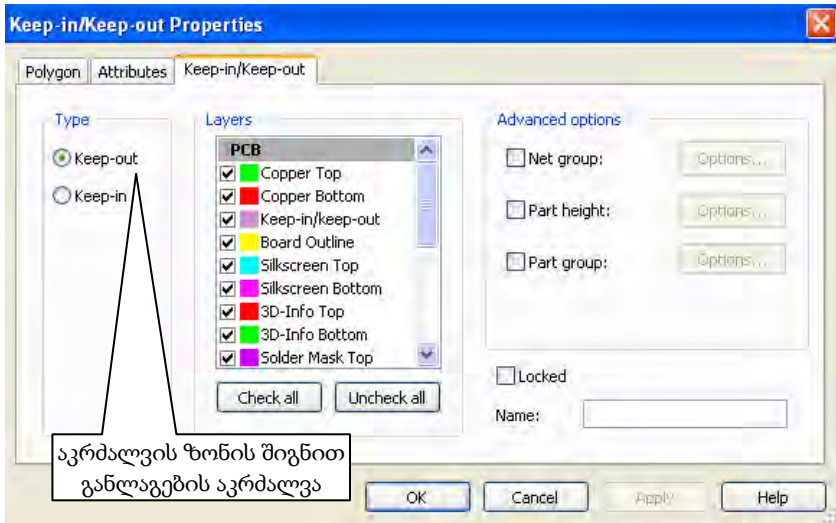
აკრძალვის ზონის მოსანიშნად საჭიროა აკრძალვის ფენის Keep-in/Keep-

out area-ს გააქტიურება, ამავე დროს ჩართული უნდა იყოს



ფილტრი (გრაფიკული გამოსახულების მონიშვნა). ზონის მოსანიშნად კურსორს ვათავსებთ ზონის შიგნით და ვაწკაპუნებთ მუსის მარჯვენა ღილაკს (RCL). კონტურის შესაცვლელად ვიყენებთ მონიშნული კონტურის კუთხეებში არსებულ წერტილებს, ხოლო ერთი ადგილიდან მეორეზე გადატანა ხდება მაუსით (დაჭერილი მარცხენა ღილაკის გამოყენებით).

მონიშნულ აკრძალვის ზონაზე მაუსის ორჯერ დაწკაპუნებით ეკრანზე გამოდის თვისებების დიალოგური ფანჯარა. გაჩუმებით (ავტომატურად) შემოთავაზებული იქნება Keep-out ანუ ზონის შიგნით განლაგების აკრძალვა, რაც ნიშნავს, რომ კონტურით გამოყოფილ სამონტაჟო ფირფიტის ამ ზონაში დაუშვებელია კომპონენტებისა და გამტარების განთავსება (ნახ. 3.21)



ნახ.3.21

აკრძალვის ზონის თვისებების ფანჯარაში ცვლილებების შეტანისას უნდა გავითვალისწინოთ, რომ გრაფიკული ელემენტები და 3D ობიექტები, რომლებიც არ შედის პროგრამა Ultiboard-ის ბიბლიოთეკის ჩამონათვალში, შეზღუდვებს არ ექვემდებარება.

3.14. კომპონენტი

კომპონენტის სამონტაჟო ფირფიტაზე შემოტანა ხდება მონაცემთა ბაზიდან.

კომპონენტები უნდა განთავსდეს Copper Top ან Copper Bottom ფენაზე.

კომპონენტის გამოტანის მაგალითად განვიხილოთ, თუ როგორ ხდება ზედაპირული მონტაჟის მქონე PTC_A1701 ტიპის რეზისტორის გამოტანა, რისთვისაც სრულდება ბრძანება **Place>>From database>>Ultiboard Master>>Surface mount Technology Parts>>Resistors >>PCT >>PTC_A1701**.

სამონტაჟო ფირფიტაზე კომპონენტის გადასადგილებლად და კონკრეტული კოორდინატების მქონე წერტილზე დასაყენებლად კოორდინატების დიალოგურ ბოქსში უნდა შევიტანოთ საჭირო კოორდინატების მნიშვნელობები. ამისათვის დააჭირეთ კლავიატურაზე * ღილაკს ან (Shift+8)-ს და გამოსულ Enter coordinate დიალოგურ ბოქსში შეიტანეთ საჭირო კოორდინატები. დადასტურება ხდება OK ღილაკით.

მონიშნულ კომპონენტზე RCL-ით გამოტანილ Part properties დიალოგური მენიუს საშუალებით შესაძლებელია ვნახოთ: კომპონენტის ატრიბუტები; პოზიციის კოორდინატები სამონტაჟო ფირფიტაზე; კომპონენტის ნახაზი ზომებითურთ. აქვე შესაძლებელია კომპონენტის 3D გამოსახულების სიმაღლის გადიდება/შემცირება და ფირფიტიდან მისი დაშორების (offset) რეგულირება.

კომპონენტები შესაძლოა უძრავად დაფიქსირდეს სამონტაჟო ფირფიტაზე (ბლოკირების რეჟიმი), ამისათვის საჭიროა: მოვნიშნოთ კომპონენტი და შევასრულოთ ბრძანება **Edit>>Lock**. ბლოკირების მოსახსნელად უნდა მოვნიშნოთ ბლოკირებული კომპონენტი და შევასრულოთ ბრძანება **Edit>>Unlock**.

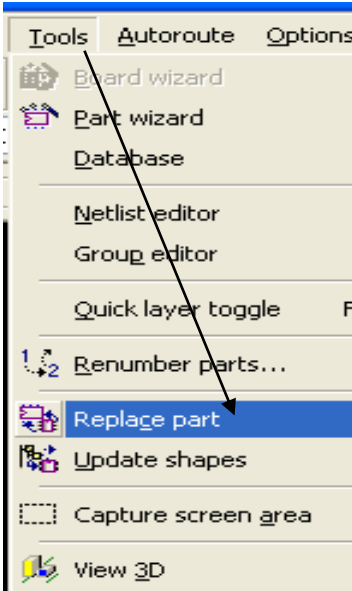
სამონტაჟო ფირფიტის ნახაზზე გამოტანილი კომპონენტი შესაძლოა ადგილზე შეიცვალოს. ამისათვის მოვნიშნავთ შესაცვლელ კომპონენტს და ვასრულებთ ბრძანებას **Tools>>Replace part**, ხოლო გამოსულ მენიუში ვირჩევთ საჭირო კომპონენტს (ნახ.3.22).

პროექტზე მუშაობის პროცესში ყურადღება უნდა მიექცეს, რა პოზიციამა თითოეული ფილტრი. მაგალითად, თუ გამორთულია



ფილტრი, სამონტაჟო ფირფიტაზე განლაგებული კომ-

პონენტების მონიშვნა შეუძლებელი გახდება, იგივე შეეხება სხვა ფილტრებს.



კომპონენტებს შორის მანძილის გასაზომად გამოიყენება საკოორდინაციო ზოლი (Ruler bar). მასში მაუსის ჩაწკაპუნებით ეკრანზე გამოგვაქვს მიმმართველები კომპონენტიდან კომპონენტამდე, ხოლო Ruler bar-ში გამოჩნდება მათ შორის მანძილის შესაბამისი რიცხვი (იხ. ნახ. 3.28).

მინიმალურ მანძილზე კომპონენტების ერთმანეთთან განთავსებას ემსახურება ძალური ვექტორი (Force vector). ესაა კავშირის ხაზი, რომელიც ტრასირების ნახაზზე არ აისახება.

ნახ. 3.22

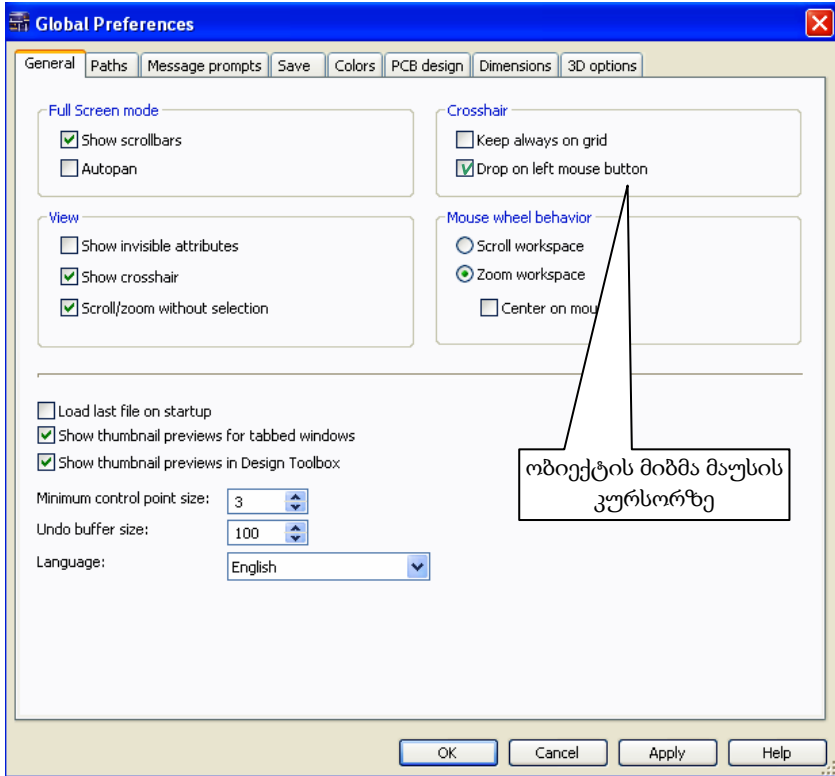
3.15. ელემენტების გადაადგილება და ორიენტირება

სამონტაჟო ფირფიტაზე ელემენტის დასაყენებლად და მის გადასადგილებლად გამოიყენება ორი ძირითადი მეთოდი. ერთ-ერთი მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია კონსტრუქტორის სუბიექტურ თვისებებზე.

ელემენტის სახით განიხილება სამონტაჟო ფირფიტაზე არსებული ნებისმიერი ობიექტი: კომპონენტის კორპუსი; გამტარის შესაბამისი ხაზი; გრაფიკული ელემენტი და ა.შ. პირველი მეთოდის გამოყენებისას კურსორი უნდა მოვათავსოთ საჭირო ელემენტზე და მაუსის დაჭერილი მარცხენა ღილაკით ელემენტი გადავიტანოთ ახალ ადგილზე. ამის შემდეგ მაუსის ღილაკი გავათავისუფლოთ. მეორე მეთოდის გამოყენებისას საკმარისია კურსორის ელემენტზე მოთავსების შემდეგ დავაჭიროთ მაუსის მარცხენა ღილაკს და დავიწყოთ გადაადგილება. მოძრაობის დაწყების შემდეგ მარცხენა ღილაკი გავათავისუფლოთ, ხოლო ელემენტი მიეზბება (მიეწებება)

კურსორს. საჭირო ადგილზე ელემენტის გადატანის შემდეგ დავაწკაპუნოთ მაუსის მარცხენა ღილაკი.

ამ ორი მეთოდიდან ერთ-ერთის ამოსარჩევად საჭიროა მენიუ Options-ში ავირჩიოთ დიალოგური ფანჯარა Global Preferences, გადავიდეთ ჩანართში General, სადაც არის ველი Crosshair (ნახ. 3.23). პუნქტზე Drop on left mouse button (ობიექტის მიბმა მაუსის კურსორზე) ნებართვის დადასტურებით ან მოხსნით ხდება გადაადგილების ამა თუ იმ მეთოდის არჩევა. ფანჯრის დახურვამდე ვაჭკეროთ ღილაკს Apply.

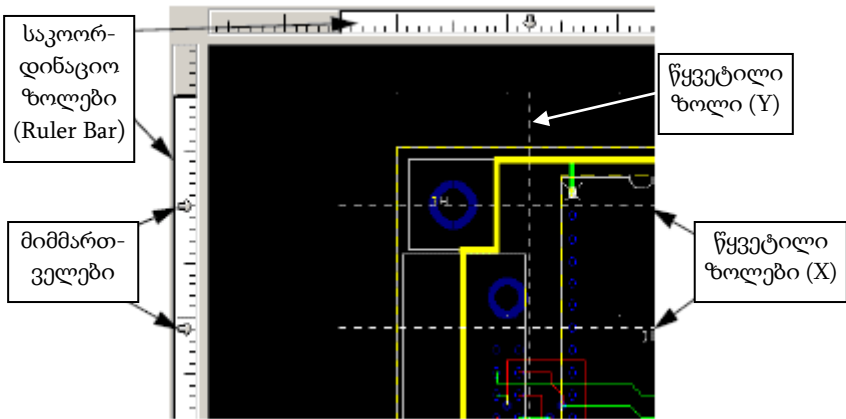


ნახ. 3.23

სამონტაჟო ფირფიტაზე ელემენტების ორიენტირებისათვის შესაძლებელია გამოვიყენოთ მონიშნულ ელემენტზე RCL-ის შემდეგ ეკრანზე გამოსულ კონტექსტურ მენიუში არსებული ბრძანებები.

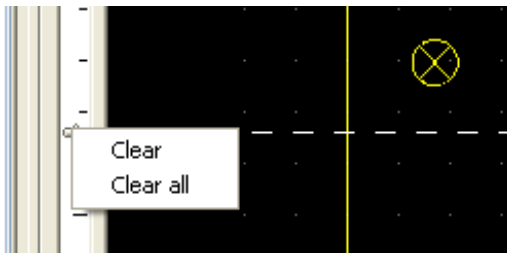
3.16. საკოორდინაციო ზოლები

სამონტაჟო ფირფიტაზე არსებული ნებისმიერი ელემენტის გასასწორებლად და გადასადგილებლად, გარდა სტანდარტული ბრძანებებისა, გამოიყენება საკოორდინაციო ზოლები. ავტომატურად მათი გამოტანა პროგრამის სამუშაო მაგიდაზე არ ხდება. საკოორდინაციო ზოლების გამოტანა შესაძლებელია ბრძანებით **View>>Ruler Bar**. ბრძანების შემდეგ სამუშაო მაგიდაზე გაჩნდება წყვეტილი ზოლები საკოორდინაციო ნიშნულებით (მიმართ-ველებით) X და Y ღერძების მიმართულებით (ნახ. 2. 24) .



ნახ. 3.24

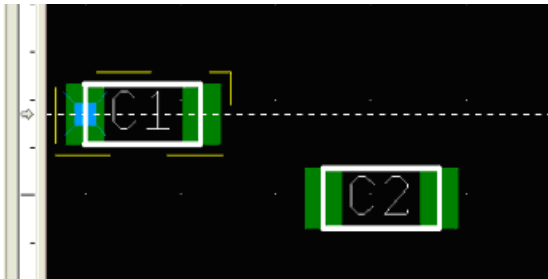
წყვეტილი ზოლების ეკრანიდან მოსაშორებლად (წასაშლელად) კურსორს ვაყენებთ წყვეტილ ზოლზე, ვასრულებთ RCL-ს და ეკრანზე გამოსულ მენიუში ვირჩევთ საჭირო ბრძანებას (ნახ.3.25).



ნახ. 3.25

ბრძანებით Clear წაიშლება ერთი კონკრეტული წყვეტილი ზოლი, ბრძანებით Clear all წაიშლება ეკრანზე გამოტანილი ყველა წყვეტილი ზოლი.

მიმმართველების გამოყენების მაგალითის სახით განვიხილოთ როგორ შეიძლება ორი კომპონენტის გათანაბრება ერთიმეორის მიმართ. კურსორი მივიყვანოთ იქ, სადაც არის C1 კომპონენტის (კონდენსატორის) გეომეტრული ცენტრი და დავაწკაპუნოთ მაუსის მარჯვენა ღილაკი (ნახ. 3.26). სამუშაო მაგიდაზე გაჩნდება წყვეტილი ხაზი. თუ დავაწკაპუნებთ მაუსის მარცხენა ღილაკს, მოინიშნება C1 კომპონენტი.



ნახ. 3.26

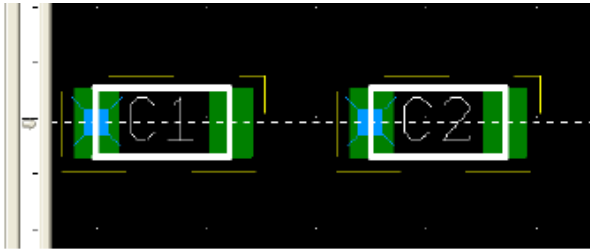


კომპონენტების მონიშვნის ფილტრი ამ დროს შეიძლება გამორთულიც იყოს, ვინაიდან Ruler Bar-ზე მაუსით ელემენტის მონიშვნისას ფილტრების მდგომარეობას მნიშვნელობა არ აქვს.

კომპონენტის მონიშვნის შემდეგ მაუსის დაჭერილი მარცხენა ღილაკით შესაძლებელია მიმმართველის გადაადგილება Ruler Bar-ზე. ამავე დროს მონიშნული კომპონენტი ასევე გადაადგილდება სამუშაო მაგიდაზე, ანუ ის "მიბმული" იქნება მიმმართველზე.

თუ გადაადგილებას შევწყვეტთ იმ მომენტისათვის, როდესაც შტრიხული ხაზი შეუთავსდება ჰორიონტალურად განლაგებულ სხვა კომპონენტს (მაგალითად, C2-ს) და კვლავ დავაწკაპუნებთ მაუსის მარცხენა ღილაკს, მოინიშნება მეორე კომპონენტი და ისიც მიეზბება მიმმართველს. ამის შემდეგ ორივე კომპონენტის გადაად-

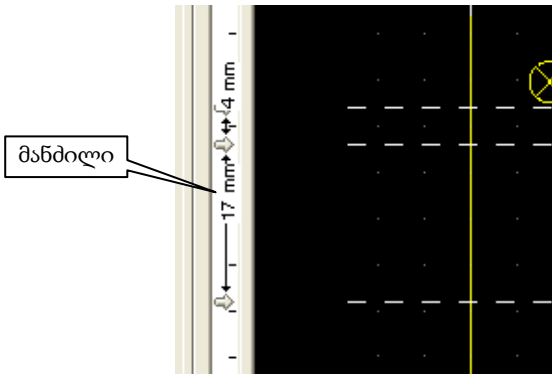
გილება შესაძლებელი იქნება მიმმართველის გადაადგილებით (ნახ. 3.27).



ნახ. 3.27

შტრიხულ ხაზზე მიბმული კომპონენტების რაოდენობა შეზღუდული არ არის.

თუ სამუშაო არეზე განთავსებულია რამდენიმე მიმმართველი, ერთი მათგანის გადაადგილებისას საკოორდინაციო ზოლზე (Ruler Bar) აისახება მათ შორის მანძილი ჩვენ მიერ არჩეულ ზომის ერთეულებში (ნახ. 3.28).



ნახ. 3.28

მონიშნული ელემენტები შესაძლოა შემოვარუნოთ, გადავიტანოთ საპირისპირო ფენაზე და სხვ. ამისათვის მოსახერხებელია ცხელი კლავიშების გამოყენება, მაგალითად, Alt+Y – სარკული ასახვა ვერტიკალურად, Alt+X – სარკული ასახვა ჰორიზონტალურად, Ctrl+R – შემობრუნება 90°-ით მარჯვნივ, Ctrl+Shift+R – შემობრუნება 90°-ით მარცხნივ და სხვ.

3.17. ტრასირება

ტრასირება არის რადიოელექტრონული აპარატურის დაპროექტების საბოლოო ეტაპი და გულისხმობს იმ ხაზების (გამტარების) განსაზღვრას, რომლებიც აერთიანებს დასაპროექტებელი მოწყობილობის ელემენტებსა და კომპონენტებს.

პროგრამა Ultiboard-ი დამოუკიდებლად ატარებს გამტარებს კონსტრუქტორის მიერ დაწესებული შეზღუდვების გათვალისწინებით. საჭიროების შემთხვევაში აკორექტირებს ამოცანის საწყის მონაცემებს და იმეორებს ტრასირებას. კორექტირება შეიცავს კომპონენტების განლაგების შეცვლას, წრედების წინასწარ ხელით მოხაზვას და ა.შ. ავტომატიზებული დაპროექტების თანამედროვე სისტემებს აქვთ რთული და ეფექტური ავტომატური ტრასირების ქვესისტემები.

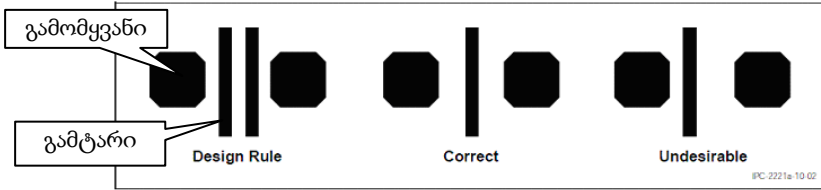
ტრასირების ამოცანა ერთ-ერთი შრომატევადია რადიოელექტრონული აპარატურის დაპროექტების პრობლემებს შორის. იგი უკავშირდება რამდენიმე ფაქტორს, კერძოდ, არსებობს შეეთებების საკონსტრუქტორო-ტექნოლოგიური რეალიზების სხვადასხვა მეთოდი და თითოეული ამოცანის ალგორითმული გადაჭრისათვის გამოიყენება ოპტიმიზაციისა და შეზღუდვის სპეციფიური კრიტერიუმები. მათემატიკური თვალსაზრისით ტრასირება არის ოპტიმალური გადაწყვეტების უზარმაზარი რაოდენობიდან ყველაზე ოპტიმალურის ამორჩევის ურთულესი ამოცანა.

ტრასირებისას ყველა შეერთების ერთდროული ოპტიმიზაცია არსებული ვარიანტების გათვალისწინებით პრაქტიკულად შეუძლებელია, ამიტომ გამოიყენება ლოკალურად ოპტიმალური ტრასირების მეთოდი, როდესაც ტრასა ოპტიმალურია მხოლოდ მოცემულ საფეხურზე, უკვე გატარებული გამტარების არსებობის გათვალისწინებით.

ტრასირების ძირითადი ამოცანაა, რომ შეერთებების მოცემული სქემის (შეერთებების ცხრილის) მიხედვით სიბრტყეზე (სამონტაჟო ფირფიტაზე, კრისტალზე და ა.შ.) წინასწარ დათქმული შეზღუდვების გათვალისწინებით გატარდეს საჭირო გამტარები (ლითონის შემაერთებელი ხაზები) მოცემული ტექნიკური შეერთებების რეალიზების მიზნით.

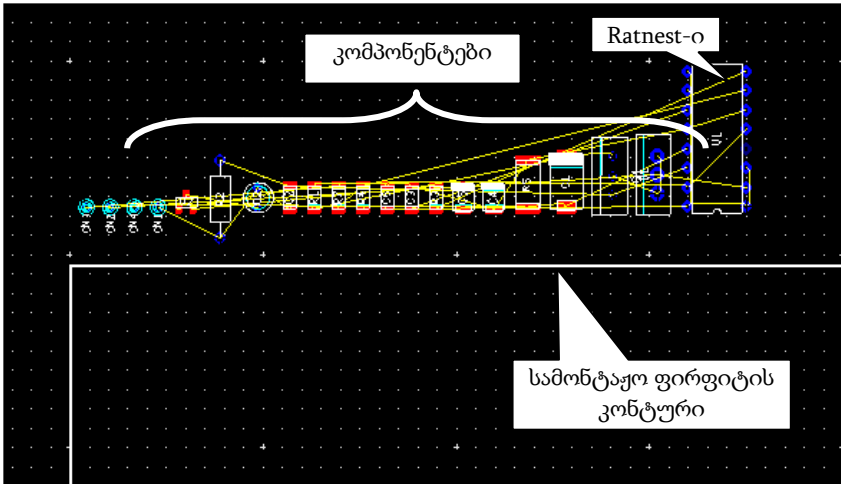
ძირითად მოთხოვნებს განეკუთვნება შეზღუდვა გამტარების სიგანისა და მათ შორის მინიმალური დასაშვები მანძილის

მიხედვით. IPC 2221 სტანდარტით გათვალისწინებული ერთ-ერთი მოთხოვნა ნაჩვენებია 3.29 ნახაზზე.



ნახ. 3.29. გამტარების განთავსება კომპონენტის გამომყვანებს შორის:
 ა) კონსტრუირების წესით გათვალისწინებული; ბ) მიზანშეწონილი;
 გ) არასასურველი

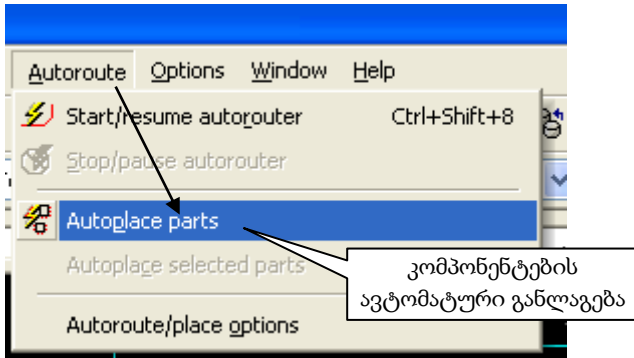
პროგრამა Multisim-იდან Transfer ბრძანებით პროგრამა Ulti-board-ის სამუშაო ზონაში გადმოტანილ პროექტს, სავარაუდოდ, აქვს 3.30 ნახ-ზე მოცემული სახე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, კომპონენტები განლაგებულია სამონტაჟო ფირფიტის გარეთ, ხოლო ელექტრული შეერთებები მოცემულია Ratnest -ების სახით.



ნახ.3.30

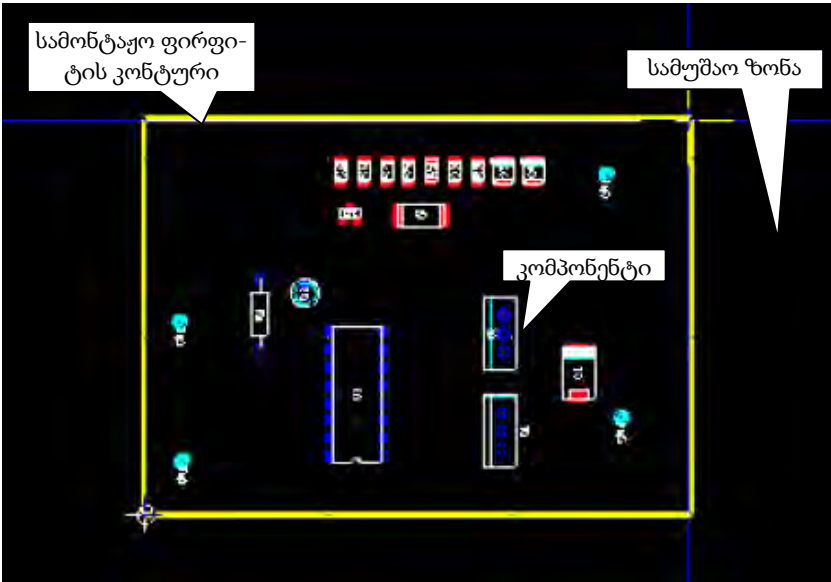
ტრასირების დაწყებამდე საჭიროა კომპონენტების შემოტანა და განლაგება სამონტაჟო ფიტფიტაზე. ეს შესაძლებელია როგორც მაუსის საშუალებით კომპონენტის გადაადგილებით, ასევე ავტო-

მატური განლაგების ბრძანების გამოყენებით, რისთვისაც მენიუს ზოლზე ვირჩევთ ბრძანებას **Autoroute>>Autoplace parts** (ნახ. 3.31).



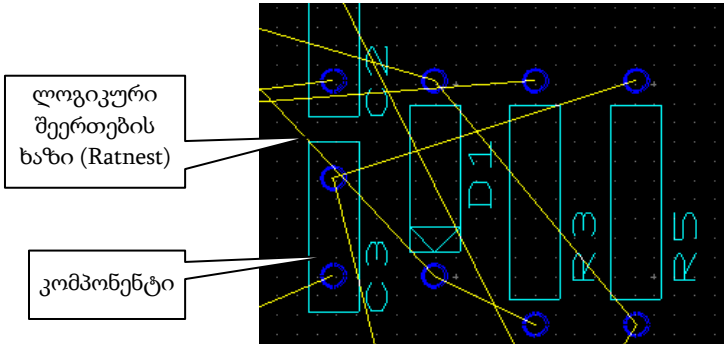
ნახ.3.31

ბრძანების შესრულების შემდეგ სამუშაო ზონაში განთავსებულ სამონტაჟო ფირფიტას, სავარაუდოდ, ექნება 3.32 ნახ-ზე ნაჩვენები სახე.



ნახ.3.32. სამონტაჟო ფირფიტის კონტურის შიგნით განლაგებული კომპონენტები


როგორც აღვნიშნეთ, Ultiboard-ში პროგრამა Multisim-იდან გადმოტანილ სამონტაჟო ფირფიტაზე განლაგებული ელექტრული კავშირის ხაზები გამოისახება Ratnest-ების სახით (ნახ.3.33).




ნახ.3.33

Ratnest არის საკონტაქტო ბაქნებს (Pads) შორის გატარებული პირდაპირი შემაერთებელი ხაზი შეერთების ცხრილის (Net list) შესაბამისად. ესაა ლოგიკური შეერთება და არა ტრასა (სპილენძის გამტარი).

Ratnests-ების მიხედვით უნდა გატარდეს რეალური გამტარ-

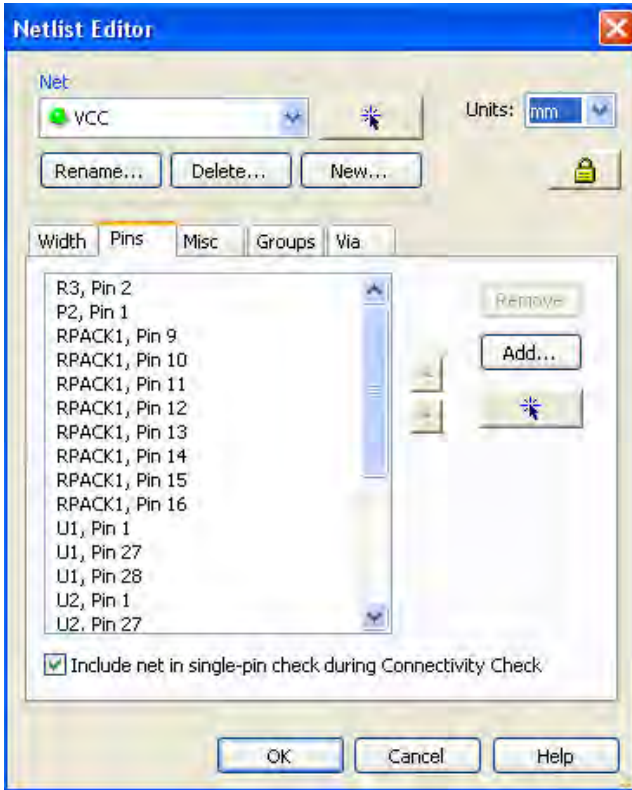
რები (ტრასები)  დილაკის ან ბრძანება **Place>>Line**-ის საშუალებით. ტრასა ტარდება Copper ფენებზე. სხვადასხვა ფენებზე გატარებულ ტრასებს ნახაზზე აქვთ სხვადასხვა ფერი. მაგალითად, თუ ზედა ფენაზე გატარებული ტრასა მწვანე ფერისაა, ქვედაზე გატარებული იქნება წითელი.

ტრასის გატარება შესაძლებელია აგრეთვე ავტომატურ

რეჟიმში Follow-me დილაკის  გამოყენებით. პროცედურის თანამიმდევრობა შემდეგია: აირჩიეთ ფენა >> დააწკაპუნეთ საწყის საკონტაქტო ბაქანზე (ბაქანი მოინიშნება X ნიშნით) >> გადაიტანეთ მაუსის ისარი წრედის მომდევნო ბაქანზე, ტრასა გამოყვება მაუსის წვერს და ავტომატურად გვერდს აუქცევს უმთავრეს წინააღმდეგობებს >> დააწკაპუნეთ მისაერთებელ საკონტაქტო ბაქანზე.

ტრასირების ნახაზის შექმნისას ზოგჯერ საჭირო ხდება Ratnest-ის დამატება, რისთვისაც გამოიყენება ბრძანება: მენიუ **Tools>>Netlist Editor>>New>>add Net**, შემდეგ ახალ წრედს მივანიჭოთ ნომერი და Add ღილაკით მიუთითოთ წრედში შემავალი გამომყვანები.

3.34 ნახ-ზე მოცემულია კვების (VCC) წრედში დამატებული (წრედში შემავალი) გამომყვანების ჩამონათვალი.



ნახ.3.34. შერთვების ცხრილის რედაქტირების ფანჯარა

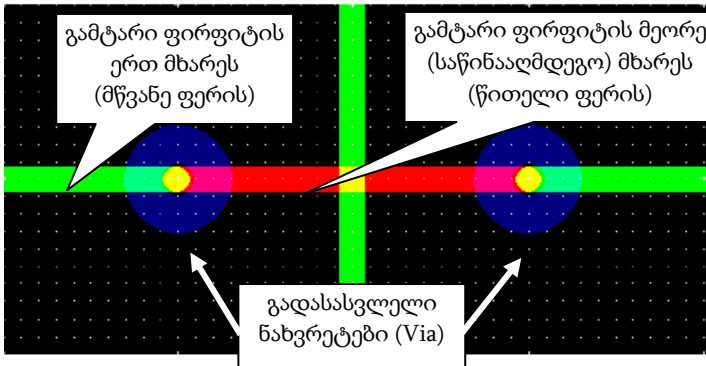
თუ ტრასირების ნახაზზე უნდა გამოვიტანოთ შესაკრავი (ინგლ. Net bridge, რუს. перемычка), საჭიროა შევასრულოთ ბრძანება **Place>>Net bridge>>Select Net bridge from database>>**ავირჩიოთ შესაკრავის ფორმა>>მიუთითოთ დასაკავშირებელი წრედების ნომრები>>OK.

პროგრამა საშუალებას იძლევა სამონტაჟო ფირფიტის მთლიან ზედაპირზე განვათავსოთ კვების (დამიწების) ფუნქციის მქონე ლითონის ფენა. ამისათვის საჭიროა გადავიდეთ რომელიმე მოლითონებულ ფენაზე და შევასრულოთ ბრძანება **Place>>Power plane>>** მიუთითოთ წრედი და ფენა>>OK.

ტრასების გატარების პროცესში ხშირია შემთხვევა, როდესაც გამომყვანების შეერთება შეუძლებელია ერთ რომელიმე ფენაზე. ამიტომ საჭირო ხდება ერთი ფენიდან მეორეზე გადასვლა. ასეთ შემთხვევაში გამოიყენება გადასასვლელი ნახვრეტი (Via), რომელ-

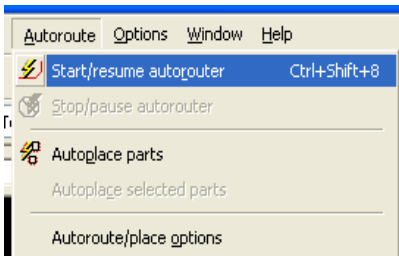


საც შეესაბამება ღილაკი. ფენიდან ფენაზე გადასასვლელად ვასრულებთ შემდეგ ქმედებებს: ვატარებთ ტრასას>>ვჩერდებით>>მაუსის მარცხენა ღილაკით ვაწკაპუნებთ (LCL)>>ვაჭკერთ F2-ს და ვაგრძელებთ ტრასას სხვა ფერის ხაზით ანუ ტრასირებას ვაგრძელებთ ფირფიტის საწინააღმდეგო მხარეს. გადასვლის ადგილას გაჩნდება გადასასვლელი ნახვრეტი (ნახ.3.35).



ნახ.3.35

პროგრამა Multisim-ს აქვს ავტომატური ტრასირების რეჟიმი,



ნახ.3.36

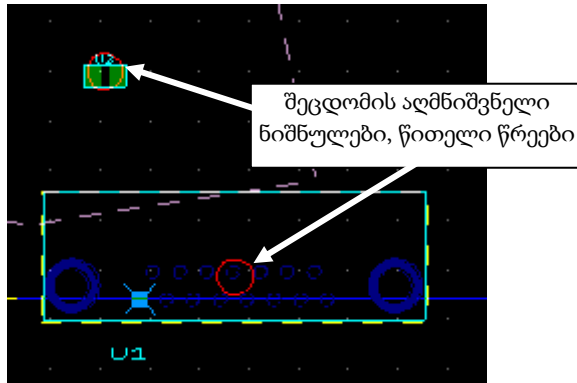
რომლის ჩასართავად ვასრულებთ ბრძანებას **Auto-route >> Start/resume auto-router** (ნახ.3.36). პროგრამა აირჩევს უმოკლეს მანძილებს შესაერთებელ გამომყვანებს შორის და გაატარებს ტრასებს (თუმცა, საჭირო ხდება შესწორებების შეტანა).

3.18. ტრასის სისქე

ავტომატურად ტრასის სისქე მოცემულია 0.254 მმ. სისქე შესაძლოა შეიცვალოს მენიუ **Draw settings**-იდან ან **Options>>PCB properties>>Design rules>>Trace width** -ში ცვლილების შეტანით.

ტრასის სისქე შესაძლოა შეიცვალოს უშუალოდ ხაზვის პროცესში (on-the fly). ამ შემთხვევაში ვიყენებთ ე.წ. „ცხელ ღილაკებს“. მაგალითად, ტრასის სისქის გასადიდებლად (widen) საჭიროა დავაჭიროთ კლავიატურის ღილაკებს **Ctrl>>Shift>>w**, შესამცირებლად (narrow) - **Ctrl>>Shift>>n**.

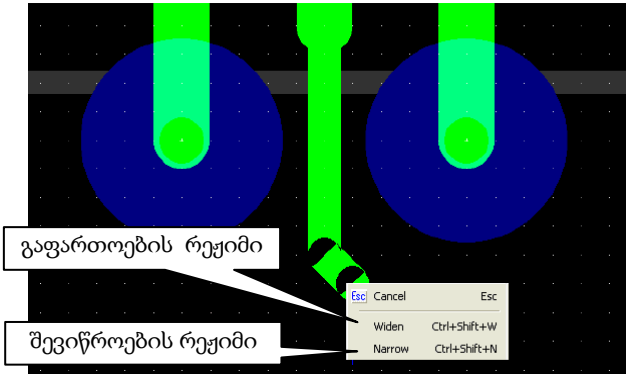
ტრასის სისქე შესაძლოა შეიცვალოს აგრეთვე Spreadsheet View-ის გამოყენებით, კერძოდ, ჩანართში Nets ავირჩიოთ სვეტი Trace width და ჩავწეროთ საჭირო სისქის შესაბამისი რიცხვი. იმ შემთხვევაში, თუ ტრასის სისქე გადააჭარბებს დასაშვებ ზომას, გამოჩნდება შეცდომის აღმნიშვნელი ნიშნული, მაგალითად, წითელი წრე. Spreadsheet View-ს ჩანართ DRC-ში აისახება შეცდომის შინაარსი. შეცდომის აღმნიშვნელი ნიშნული გამოჩნდება ნებისმიერ შემთხვევაში, თუ დაირღვა კონსტრუირების დადგენილი წესი (ნახ.3.37).



ნახ.3.37

ზოგჯერ საჭირო ხდება გამტარის გატარება ორ ერთმანეთთან ახლოს განლაგებულ გამომყვანს შორის ისე, რომ არ დაირღვეს გამტარ ელემენტებს შორის დადგენილი ღრეჩოს სიდიდე. ასეთ შემთხვევაში შესაძლოა შეიცვალოს გამტარი ელემენტის ზომა ან, თუ ეს შესაძლებელია, გამოვიყენოთ გამტარის შევიწროების რეჟიმი (ნახ. 3.38). მნიშვნელოვანი შევიწროებისათვის ეს ქმედება სრულდე-

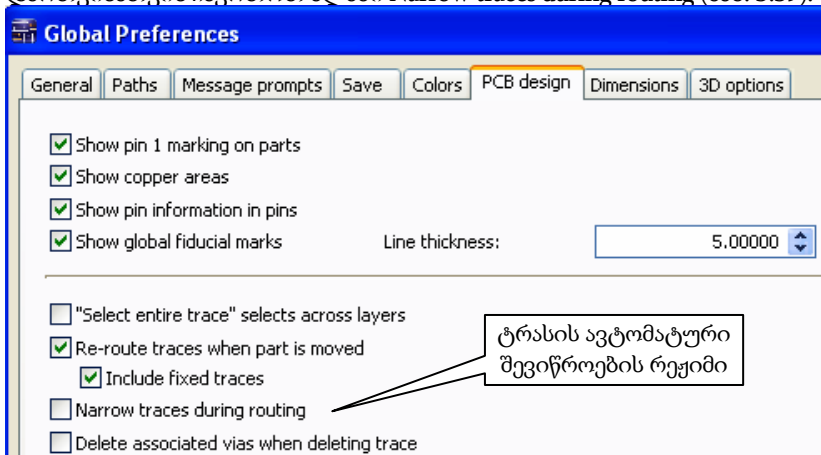
ბა რამდენიმეჯერ. შევიწროების საზღვრებიდან გამოსვლის შემდეგ საჭიროა ისევ დააწკაპუნოთ მაუსის მარცხენა ღილაკი (LCL), რის



ნახ.3.38

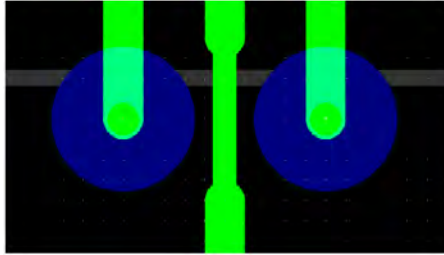
შემდეგ RCL-ით ავირჩევთ ბრძანებას widen. ამ პუნქტზე დაწკაპუნებების რაოდენობა უნდა შეესაბამებოდეს შევიწროების რეჟიმის დროს შესრულებული დაწკაპუნებების რაოდენობას.

იმ შემთხვევაში, თუ სამონტაჟო ფორფიტის ტრასირებისას სავარაუდოა, რომ გამტარი ხშირად გაივლის კომპონენტის გამომყვანებს შორის, საჭიროა ავირჩიოთ ავტომატური შევიწროების რეჟიმი. ამისათვის შევასრულოთ ბრძანება **Global Preferences>>PCB design** და წების დართვისათვის ჩავრთოთ ალაში Narrow traces during routing (ნახ. 3.39).



ნახ.3.39

ასეთი არჩევანის შემდეგ გამტარები ავტომატურად შევიწროვდება იმ ზომით, რომლის დროსაც დაცული იქნება გამტარ ელემენტებს შორის გათვალისწინებული ღრეჩოს სიდიდე (ნახ. 3.40).



ნახ. 3.40

ტრასირების დასრულების შემდეგ შესაძლოა დარჩეს ტრასის ისეთი ბოლოები, რომლებიც არსად არ არის შეერთებული. მათი გაუქმება ხდება ბრძანებით **Edit>>Copper delete>>Open trace end**.

იმ შემთხვევაში თუ ტრასირების ნახაზზე საჭიროა გამოვიტანოთ კომენტარი, ვასრულებთ შემდეგ პროცედურას: გადავდივართ comment ფენაზე, ვასრულებთ ბრძანებას **Place>>Comment** და ეკრანზე გამოტანილ ფანჯარაში შევარჩევთ ფონტს, ფონტის ზომას და შესაბამის ველში ჩავწერთ კომენტარის ტექსტს.

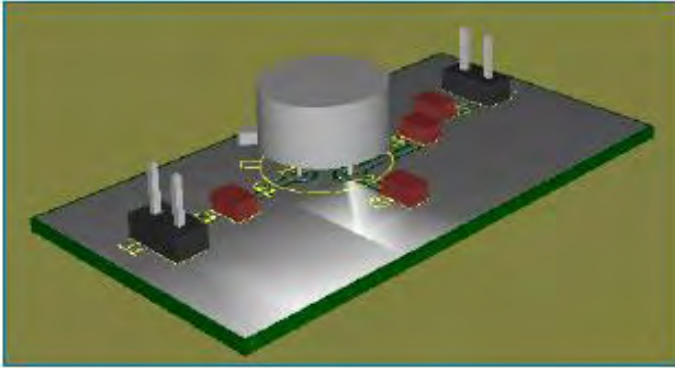
ტრასირების ნახაზზე ტექსტის, გეომეტრიული ფიგურების და ნახატის გამოსატანად საჭიროა შევასრულოთ ბრძანება **Place>>Graphics>>ავირჩიოთ რომელიც საჭიროა**.

3.19. სამგანზომილებიანი (3D) ხედი

პროგრამა Multisim-ის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია დაპროექტებული სამონტაჟო ფირფიტის სამგანზომილებიანი (3D) ხედის დათვალიერების შესაძლებლობა. ამისათვის ვაჭერთ



დილაკს ინსტრუმენტების პანელზე ან ვასრულებთ ბრძანებას: მენიუ **View>>3D Preview**. მონიტორზე მივიღებთ სამონტაჟო ფირფიტის 3D გამოსახულებას მასზე განთავსებული კომპონენტებითა და სხვა ელემენტებით (ნახ.3.41).

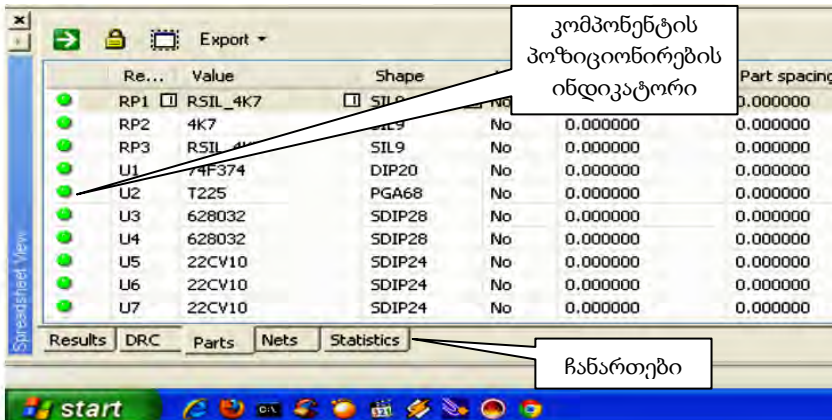


ნახ. 3.41. სამონტაჟო ფირფიტის სამგანზომილებიანი ხედი ზემოდან

ამ რეჟიმში შესაძლებელია სამონტაჟო ფირფიტის შემობრუნება, გადიდება და მისი ორივე (ზედა და ქვედა) მხარის დათვალიერება მაუსის გამოყენებით.

3.20. ხედი ცხრილის სახით (Spreadsheet View)

Spreadsheet View ხედის გამოტანა ეკრანზე ხდება ბრძანებით **View>>Spreadsheet View**. ამ ხედში მოცემულია ნახაზის შესახებ ინფორმაცია ცხრილის სახით. 3.42 ნახ-ზე ნაჩვენებია Spreadsheet View-ის ფრაგმენტი.



ნახ.3.42. Spreadsheet View-ის ჩანართ Parts-ის ფრაგმენტი

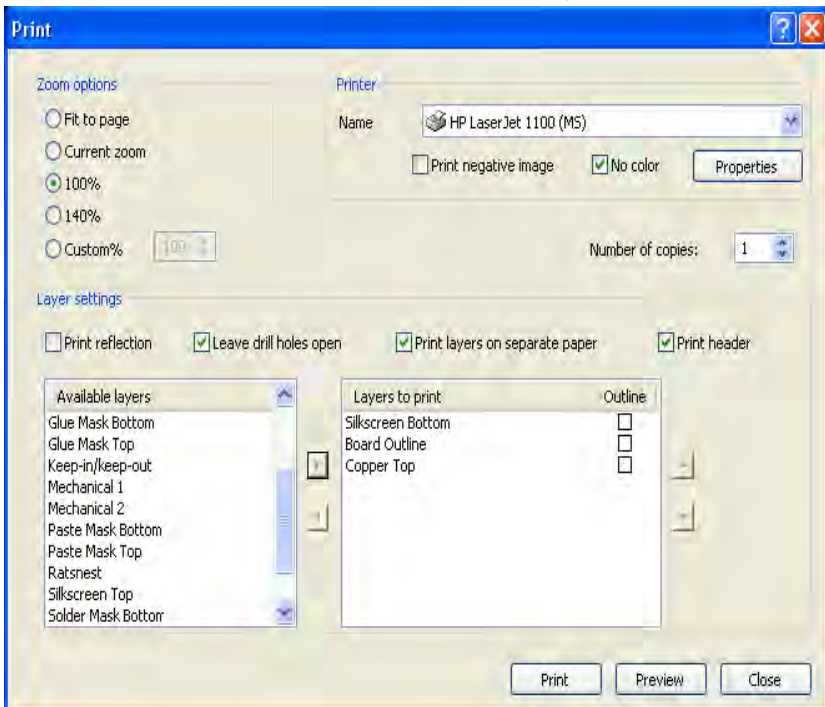
Spreadsheet View-ში შეიძლება ჩატარდეს შემდეგი პროცედურები: ნახაზის შესახებ ინფორმაციის სწრაფი დათვალიერება; სხვადასხვა პარამეტრების რედაქტირება; ელემენტების შემოტანა ფირფიტაზე; მათი ბლოკირება; ტრასის ზომის შეცვლა; DRC ჩანართის საშუალებით პროექტირების წესების დარღვევის შესახებ ინფორმაციის მიღება და სხვ. მას აქვს Preview ღილაკი, რომელიც საშუალებას იძლევა დავათვალიეროთ კომპონენტის ნახაზი ან წრედი.

Spreadsheet View-ის ჩანართში Parts არის კომპონენტის პოზიციების ინდიკატორი (ნახ.3.42), რომელიც იძლევა სხვადასხვა ინფორმაციას მისი ფერის შესაბამისად:

- მუქი მწვანე – კომპონენტი განთავსებულია ფირფიტის გარეთ;
- ღია მწვანე – კომპონენტი განთავსებულია ფირფიტის შიგნით (ფირფიტაზეა);
- ნარინჯისფერი – კომპონენტი ბლოკირებულია.

3.21. სამონტაჟო ფირფიტის პროექტის ფენების ამობეჭდვა

პროგრამა Multisim-ი იძლევა შესაძლებლობას ამოიბეჭდოს ცალკეული ფენები ე.წ. შაბლონის ნახაზის სახით. 3.43 ნახ-ზე ნაჩვენებია ბრძანება **File>>Print** -ით მიღებული ფანჯარა.

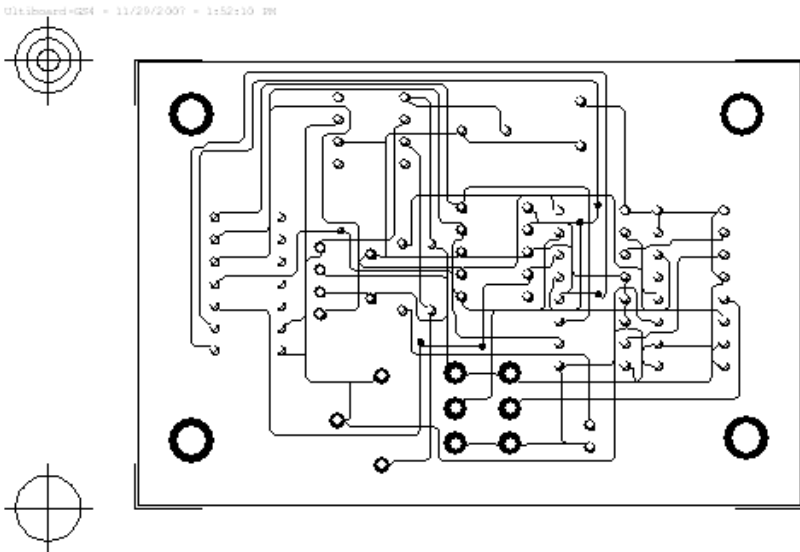


3.43 ნახ-ზე მოცემული მდგომარეობით ჩანს, რომ შესაძლებელია წინასწარ დავათვალიეროთ (ლილაკი Preview) ან ამოვბეჭდოთ (ლილაკი Print) შემდეგი ფენების ნახაზები: Silkscreen Bottom (სილკოგრაფიის ქვედა ფენა); Board Outline (სამონტაჟო ფირფიტის კონტური); Copper Top (მოლითონებული ზედა ფენა).

შესაძლოა გამოსაბეჭდი ფენების (Available layers) ჩამონათვალიდან გამოსაბეჭდი ფენების (Layers to print) სიაში ფაილის გადატანა ხდება ისრიანი ლილაკის მეშვეობით.

ფანჯრის მარცხენა ზედა კუთხეში არსებული ველის Zoom options-ის საშუალებით ხდება საჭირო მასშტაბის არჩევა. კერძოდ, 3.43 ნახაზზე მოცემული მდგომარეობით არჩეულია მასშტაბი 1:1 ანუ 100%. თუ საჭიროა ნახაზმა გამობეჭდვისას დაიკავოს მთლიანი ფურცელი, ვირჩევთ ბრძანებას Fit to Page.

3.44 ნახ-ზე ნაჩვენებია ტრასირებული სამონტაჟო ფირფიტის ერთ-ერთი გამობეჭდილი ფენა.





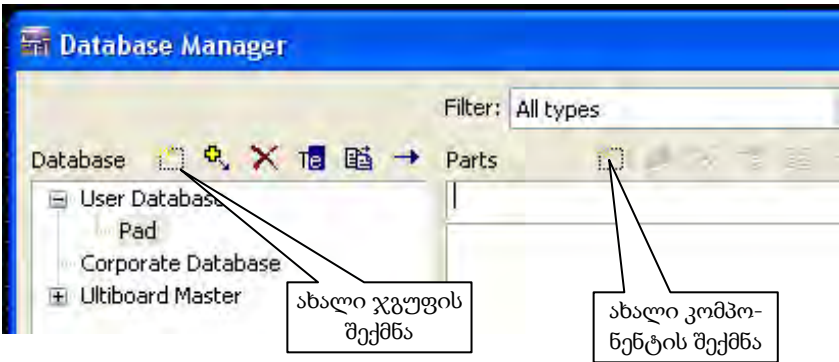
ნახ. 3.44. სამონტაჟო ფირფიტის ზედა ფენა (Copper Top)

ასევე შესაძლებელია სხვა ფენების ნახაზების ამობეჭდვა და საჭიროებისამებრ გამოყენება.

3.22. საკონტაქტო ბაქნის შექმნა


ზოგიერთ შემთხვევაში ნაბეჭდ სამონტაჟო ფორფიტაზე გამოყენებული კომპონენტისათვის საჭიროა ისეთი საკონტაქტო ბაქნის გამოყენება, რომელიც არ შედის ბიბლიოთეკაში (მონაცემთა ბაზაში) არსებულ სტანდარტულ ნაკრებში. პროგრამა Ultiboard-ი საშუალებას იძლევა, მომხმარებელმა შექმნას ნებისმიერი კონფიგურაციის საკონტაქტო ბაქანი როგორც ნახვრეტში მონტაჟისათვის, ასევე იმ კომპონენტისათვის, რომელიც ზედაპირული მონტაჟისათვის არის განკუთვნილი. ნიმუშის სახით განვიხილოთ THT ტექნოლოგიის მქონე კომპონენტისათვის საკონტაქტო ბაქნის შექმნის თანამიმდევრობა.

ბრძანებით **Tools>>Database>>Database Manager** ან  დიალოგის გამოყენებით გადავდივართ Database Manager-ის ფანჯარაში (ნახ.3.45), მოვნიშნოთ User Database, სადაც ახალი ჯგუფის შექმნის  დიალოგის გამოყენებით User Database-ში, ვქმნით საკონტაქტო ბაქნების ჯგუფს სახელწოდებით Pad.

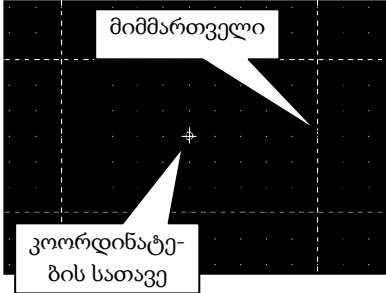


ნახ.3.45

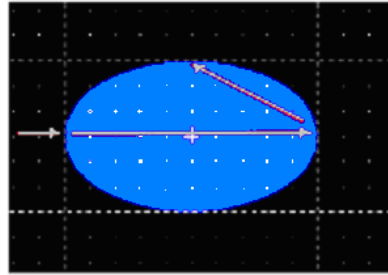
გადავდივართ ამავე ფანჯრის მარჯვენა მხარეს და ვაჭერთ

ახალი კომპონენტის შექმნის  დიალოგს. ეკრანზე გამოტანილ დიალოგურ მენიუში Select the Part to Create ვირჩევთ საკონტაქტო ბაქნის შექმნის ბრძანებას Custom Pad Shape. დიალოგი OK-ს დაჭერის შემდეგ პროგრამა გადავა რედაქტირების რეჟიმში (Custom pad shape edit mode). ეკრანზე გამოვა ცარიელი სამუშაო არე ცენტრში

კოორდინატების სათავეთ, სადაც THT ტექნოლოგიის შემთხვევაში განთავსდება ნახურეტის ცენტრი. დავუშვათ, რომ საკონტაქტო ბაქანს უნდა ჰქონდეს ელიფსის ფორმა. გამოვიყენოთ Ruler bar-ი და მასში მაუსის ჩაწკაპუნებით ვკრანზე გამოვიტანოთ მიმმართველები (ნახ. 3.46), რომელთა შორის ბრძანებით Place >> Graphics>> Ellipse



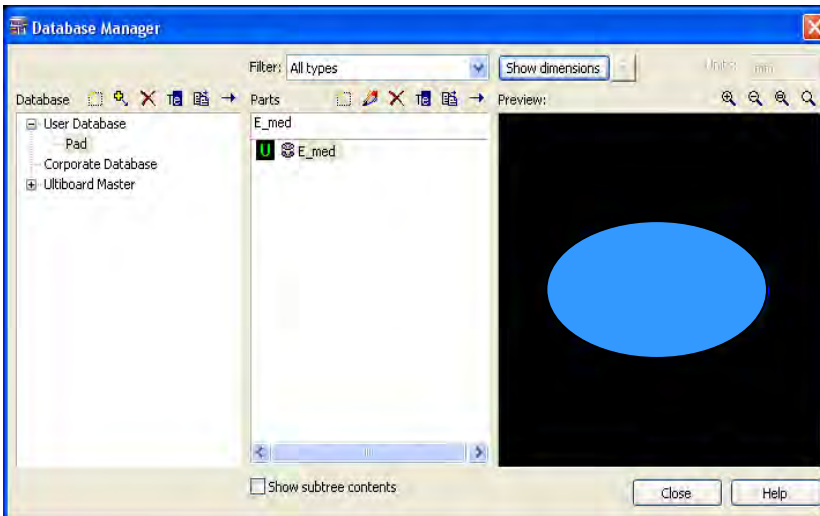
ნახ.3.46



ნახ.3.47

განვთავსოთ ელიფსი. ცნობისათვის, ელიფსი იხაზება დიამეტრების საწყისი და საბოლოო წერტილების მიხედვით (ნახ. 3.47).

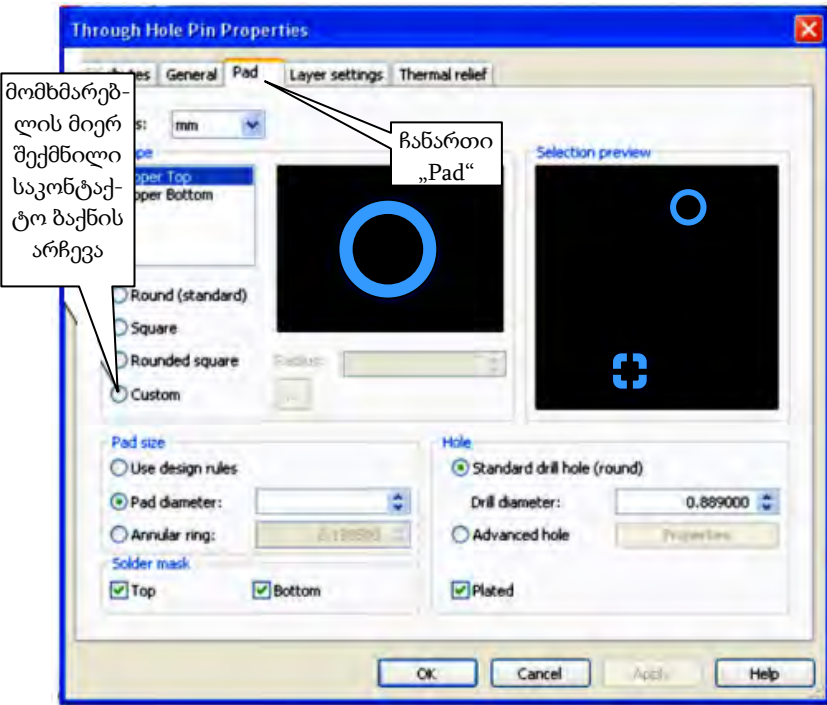
ბრძანებით **File>>Save to Database As** მივანიჭოთ საკონტაქტო ბაქანს სახელი, მაგალითად, E_med და დავაჭიროთ ღილაკს OK. ჩვენს შემთხვევაში იგი შეინახება User Database-ის Pad ჯგუფში, როგორც ეს ნაჩვენებია 3.48 ნახ-ზე.



ნახ. 3.48

დაფუშვით, საჭიროა შეეუცვალოთ გამომყვანები სამონტაჟო ფირფიტაზე უკვე არსებულ კორპუსს, მაგალითად, IDIP4-ს. აღნიშნულ კორპუსს აქვს წრის ფორმის სტანდარტული გამომყვანები, მაგრამ საჭიროა მისი შეცვლა ელიფსის ფორმის გამომყვანებით.

მოვნიშნოთ კორპუსის გამომყვანი და მასზე მაუსის მარჯვენა ღილაკის დაწკაპუნებით (RCL) ეკრანზე გამოსულ ფანჯარაში Through Hole Pin Properties (ნახ. 3.49) ავირჩიოთ ჩანართი Pad.

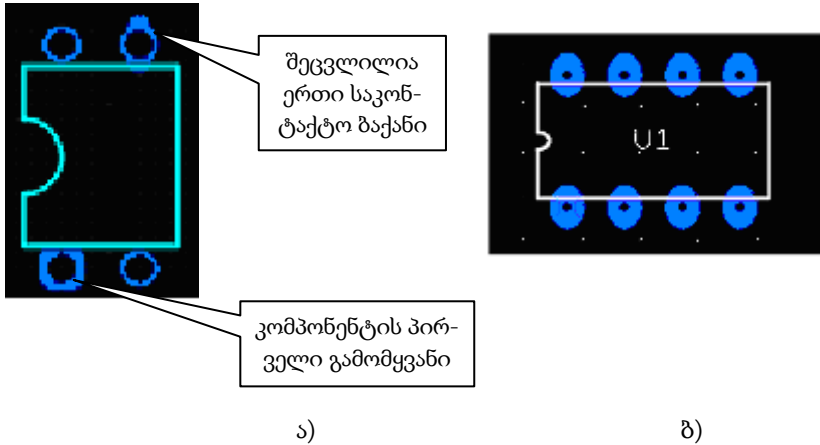


ნახ.3.49

აღნიშნული ჩანართის **Shape** ველში ავირჩიოთ პუნქტი **Custom**. ეს საშუალებას მოგვცემს გამომყვანს მივცეთ მომხმარებლის მიერ შერჩეული სახე, ამ შემთხვევაში ელიფსის ფორმა. ამ დავალების შესასრულებლად შეგვიძლია გამოვიყენოთ ჩვენ მიერ

უკვე შექმნილი და მომხმარებლის მონაცემთა ბაზაში დამატებული ელიფსის ფორმის მქონე საკონტაქტო ბაქანი.

ჩვენ მიერ არჩეული მოთხოვნის OK ღილაკით დადასტურების შემდეგ გაიხსნება ბიბლიოთეკის ფანჯარა Get a Part from database, რომელშიც უნდა ავირჩიოთ User Database>>Pad>>E_med საკონტაქტო ბაქანი. საბოლოო შედეგი ნაჩვენებია 3.50 ნახ-ზე.



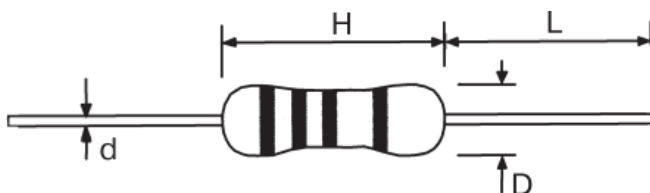
ნახ.3.50. შეცვლილი საკონტაქტო ბაქნები: ა) შეცვლილია ერთი ბაქანი; ბ) შეცვლილია ყველა ბაქანი

3.50 ა ნახ-დან ჩანს, რომ პროგრამა Ultiboard-ი კომპონენტის პირველი გამომყვანისათვის ქმნის განსხვავებული ფორმის საკონტაქტო ბაქანს (იმ შემთხვევაში თუ კომპონენტს მრავალი გამომყვანი აქვს), რაც აადვილებს მონტაჟის პროცესს. მოცემულ შემთხვევაში საკონტაქტო ბაქანს აქვს კვადრატული ფორმა.

საჭიროების შემთხვევაში Through Hole Pin Properties ფანჯარაში შესაძლებელია საკონტაქტო ბაქნის დიამეტრის (Pad diameter) და ნახვრეტის დიამეტრის (Drill diameter) შეცვლა. 3.49 ნახ-ზე მოცემული მდგომარეობით ჩანს, რომ გაჩუმებით პროგრამა გვთავაზობს სტანდარტულ ანუ მრგვალი ფორმის ნახვრეტებს Standard drill hole (round).

3.23. რეზისტორის კორპუსის შექმნა

რეზისტორის კორპუსის შესაქმნელად საჭიროა გვექმნოდეს დოკუმენტი, რომელშიც მისი აღწერილობაა. მაგალითად, განვიხილოთ 0,25 ვტ სიმძლავრის მქონე რეზისტორის კორპუსის შექმნის თანამიმდევრობა. 3.51 ნახ-ზე და 3.5 ცხრილში ნაჩვენებია C1-4 ტიპის ზოგიერთი რეზისტორის გეომეტრიული ზომები. განვიხილოთ იქნება C1-4-0,25 ვტ რეზისტორის კორპუსის შექმნის პროცედურა, რომლის გაბარიტული ზომები 3.5 ცხრილში გამოყოფილია ორმაგი ხაზებით.



ნახ.3.51

ცხრილი 3.5

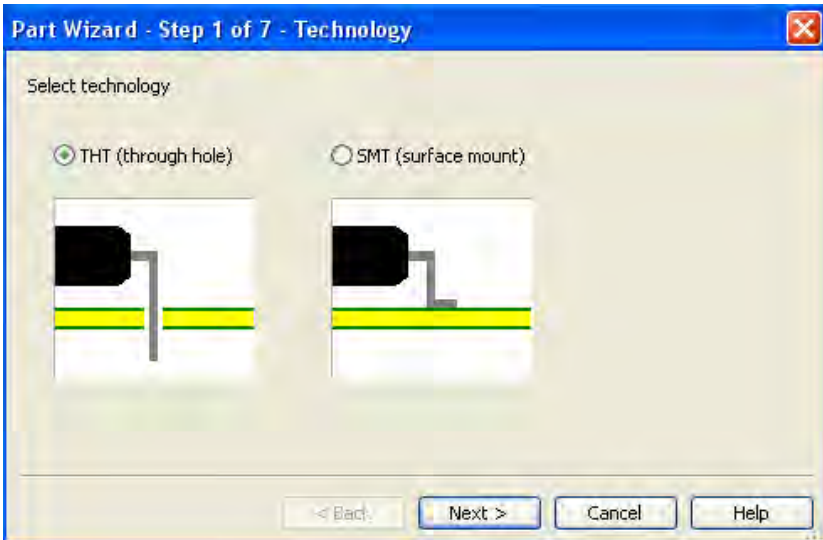
ტიპი	ზომები, მმ				მაქსიმალური მუშა დაბვა, ვ
	H	D	L	d	
C1-4-0,062 ვტ	3,2	1,5	28	0,48	200
C1-4-0,125 ვტ მინი	3,2	1,5	28	0,48	250
C1-4-0,125 ვტ	6,0	2,3	28	0,60	250
C1-4-0,25 ვტ მინი	3,2	1,5	28	0,48	250
C1-4-0,25 ვტ	6,0	2,3	28	0,60	250
C1-4-0,5 ვტ	9,0	3,2	28	0,60	350

ვირჩევთ ბრძანებას **Tools>>Parts Wizard** ან ინსტრუმენტების



პანელზე ვაჭერთ დილაკს, რის შემდეგ ჩაირთვება კომპონენტის შექმნის შვიდსაფეხურიანი ქვეპროგრამა, რომლის ერთი საფეხურიდან მეორეზე გადასვლა ხდება Next> დილაკით (ნახ.3.52).

1-ელ საფეხურზე ფანჯარაში Part Wizard–Spet 1 of 7-Technology ვირჩევთ ტექნოლოგიას, მაგალითად, THT-ს (ნახ.3.52).

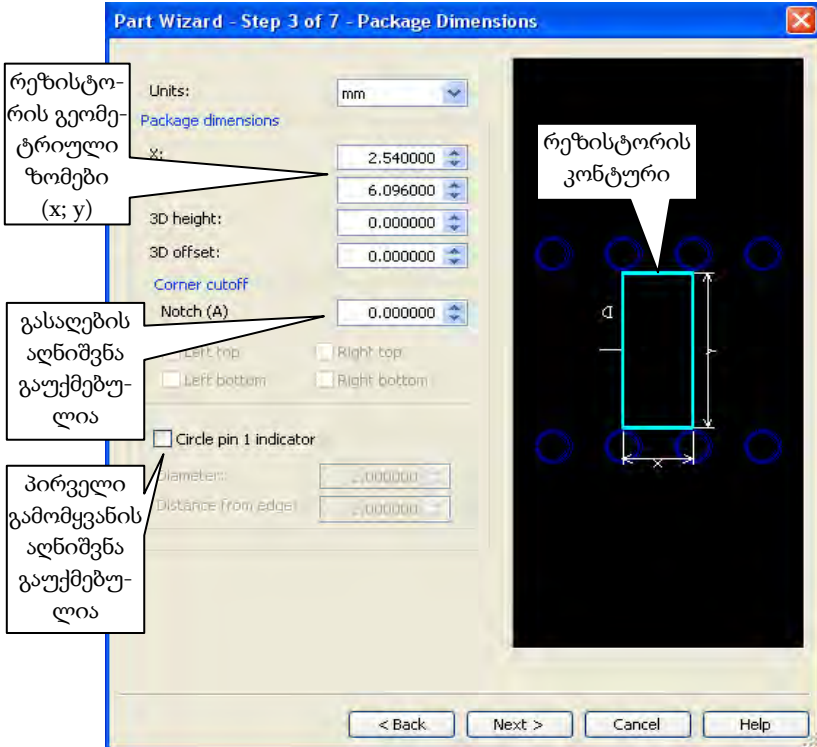


ნახ.3.52

მე-2 საფეხურზე ვირჩევთ კორპუსის ტიპს (Package Type), მაგალითად, DIP-ს (გამომყვანები განლაგებულია ორ რიგად, ურთიერთსაპირისპირო მხარეს).

მე-3 საფეხურზე ვადგენთ რეზისტორის კორპუსის გეომეტრიულ ზომებს – Package Dimention (ნახ.3.53), კერძოდ, 3.5 ცხრილის შესაბამისად ვიღებთ 2,3 მმ-ის დიამეტრს. რეზისტორის შემთხვევაში შესაძლოა ამ მნიშვნელობის დატოვება, თუმცა რთული კორპუსების შექმნისას უმჯობესია ზომების მიახლოება ბადის ბიჯთან. გამოცდილებით დადგენილია, რომ მოსახერხებელია ბადის 0,254 მმ-იანი ბიჯის გამოყენება. რეზისტორის დიამეტრის მნიშვნელობას ვამრგვალებთ მეტობით, შესაბამისად X-ის გრაფაში შეგვაქვს 2,54 მმ (2,3-ის ნაცვლად). იმავე პროცედურას ვასრულებთ რეზისტორის სიგრძისათვის და გრაფაში შეგვაქვს მნიშვნელობა 6,096 მმ (0,254x24). შემდეგ ვაუქმებთ გასაღებისა და პირველი

გამომყვანის აღნიშვნებს. რეზისტორის კონტურს ექნება 3.53 ნახ-ზე მოცემული სახე.

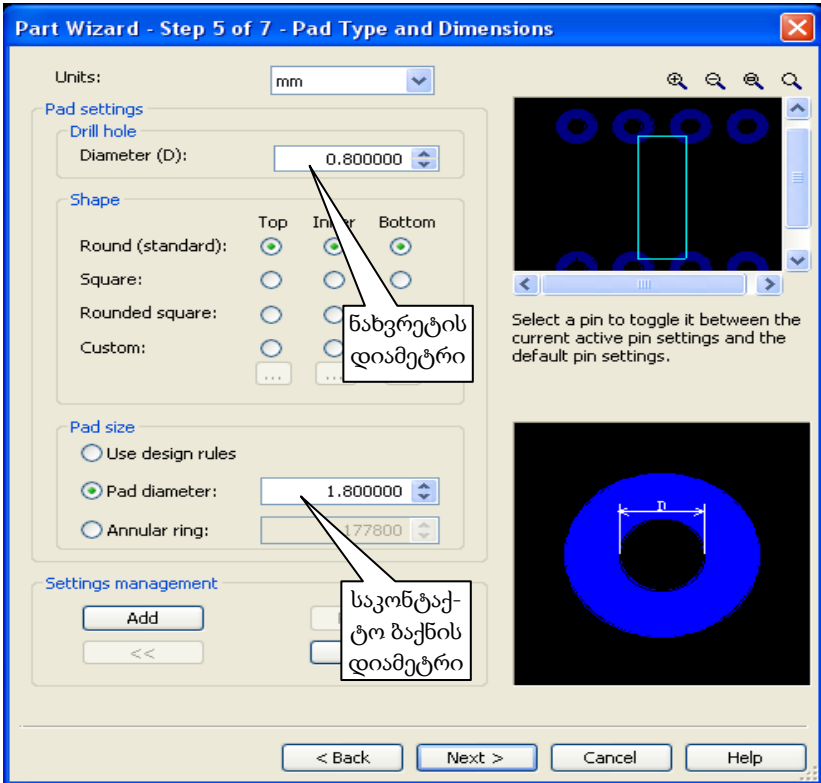


ნახ.3.53

მე-4 საფეხურზე ხდება ფონის ფერების შერჩევა (3D Color Settings) და ვინაიდან არაარსებითია, ცვლილებებს არ მოვახდენთ და გადავალთ მომდევნო საფეხურზე.

მე-5 საფეხურზე (ნახ. 3.54) ხდება საკონტაქტო ბაქნების პარამეტრების დადგენა (Pad Type and Dimension). ვითვალისწინებთ, რომ, თუ რეზისტორის გამომყვანების დიამეტრი 0,6 მმ-ია, შესაძლებელია ნახვრეტის დიამეტრი ოდნავ მეტი ავირჩიოთ, ვინაიდან ორმხრივი ფირფიტების წარმოებისას ნახვრეტის დიამეტრი

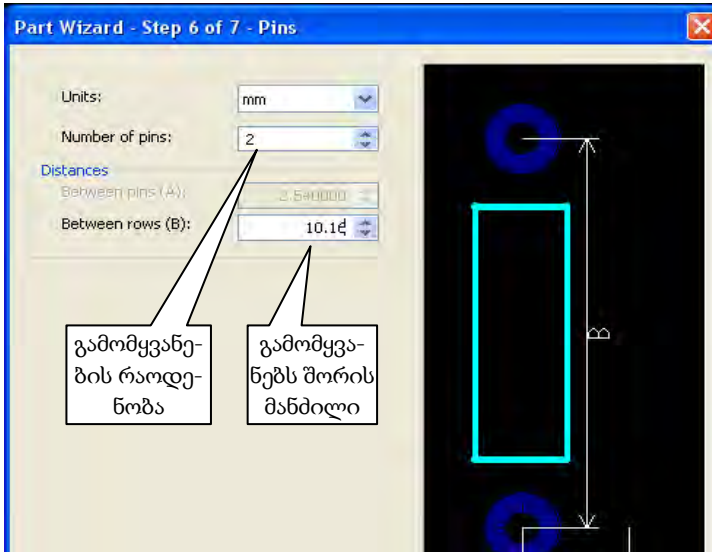
პატარავდება მოლითონების სისქის სიდიდით, შესაბამისად ზომა უნდა ავირჩიოთ მეტობით. აქვე ვირჩევთ საკონტაქტო ბაქნის დიამეტრს.



ნახ.3.54


მე-6 საფეხურზე (ნახ.3.55) ხდება გამომყვანების (Pins) როდენობისა და მათ შორის მანძილის შერჩევა. მანძილის შერჩევისას სასურველია, რომ ნახვრეტების ცენტრები თანხვედბოდეს ბადეს ან კურსორის ბიჯს.

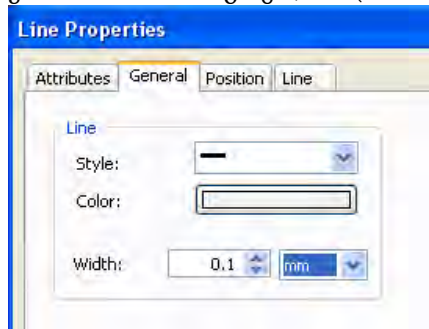
მე-7 საფეხურზე შესწორების გარეშე **Finish** ღილაკზე დაჭერით ვეთანხმებით გამომყვანების შემოთავაზებულ ნუმერაციას და ავტომატურად გადავდივართ ფანჯარაში, სადაც ვიწყებთ კომპონენტის რედაქტირებას.



ნახ.3.55

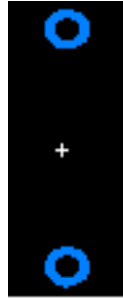
შევცვალეთ ხაზის სისქე (გაჩუმებით იგი 0,2 მმ-ია), რათა არ გადაიტვიტოს ნახაზი სამონტაჟო ფირფიტაზე. ამისათვის საჭიროა ჩართული დატოვოთ **მხოლოდ** გრაფიკული გამოსახულების

მონიშვნის  ფილტრი და ავირჩიოთ ფენები: **სილკოგრაფია** და **3D ზემოთ**. მოვნიშნოთ მთელი კომპონენტი და RCL-ით გამოტანილ დიალოგურ მენიუში ავირჩიოთ Properties, გავხსნათ ჩანართი General და დავაფიქსიროთ ხაზის სიგანე 0,1 მმ (ნახ. 3.56).



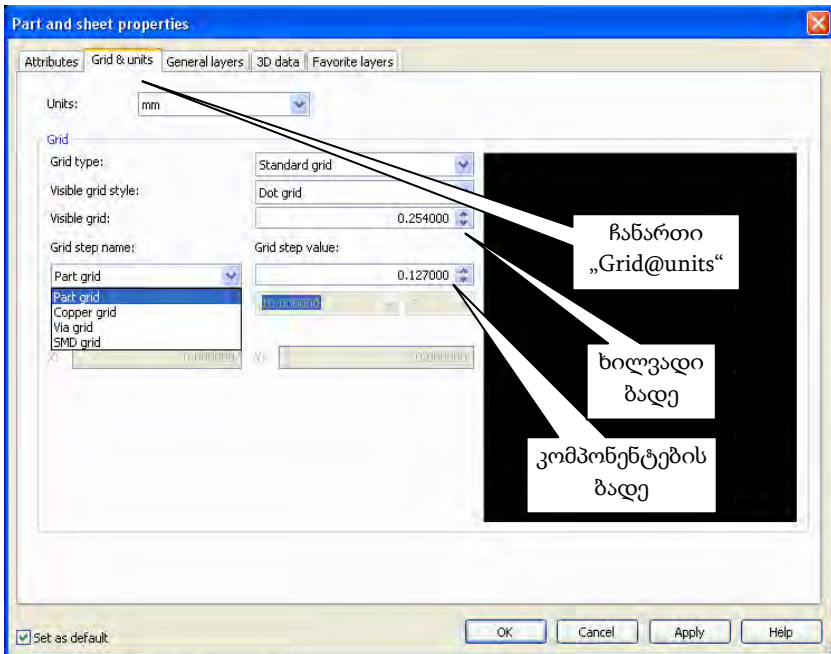
ნახ.3.56

ფანჯარა დაეხუროთ Apply>>OK დილაკებით. გამოვრთოთ ფენა **სილკოგრაფია** და გავააქტიუროთ ფენა **3D ზემოთ**. მოვნიშნოთ კომპონენტი მთლიანად და კლავიატურაზე დავაჭროთ **Delete** დილაკს. მოცემულ შემთხვევაში კორპუსის გამოსახულება **3D** ფენაში არ გამოიყენება. გამოსახულებას ექნება 3.57 ნახაზზე ნაჩვენები სახე.



ნახ.3.57

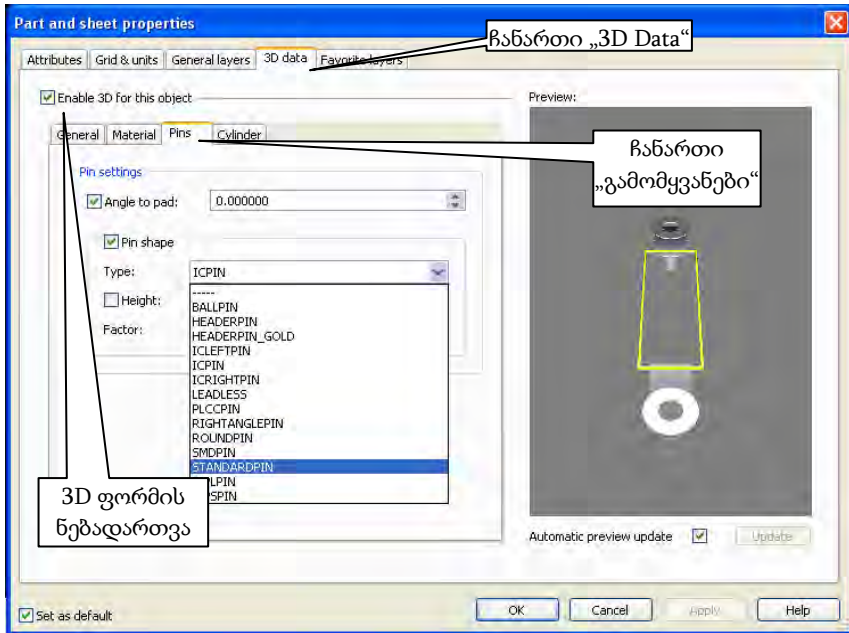
სამუშაო მინდვრის ცარიელ ადგილზე RCL-ით გამოტანილ მენიუში ავირჩიოთ Properties (ნახ.3.58). შესაბამისად ეკრანზე გვექნება Part and sheet properties მენიუ, რომლის Grid@units ჩანართში შეგვაქვს შესწორებები, კერძოდ, ხილვადი ბადე გახდება 0,254 მმ, კომპონენტების ბადე – 0,127 მმ. ცვლილებებს ვაფიქსირებთ დილაკით Apply.



ნახ.3.58

გავხსნათ **3D Data** ჩანართი და ჩავრთოთ 3D ფორმის ნებართვის ალაში. გადავიდეთ **Pins** (გამომყვანები) ჩანართში, ავირჩიოთ

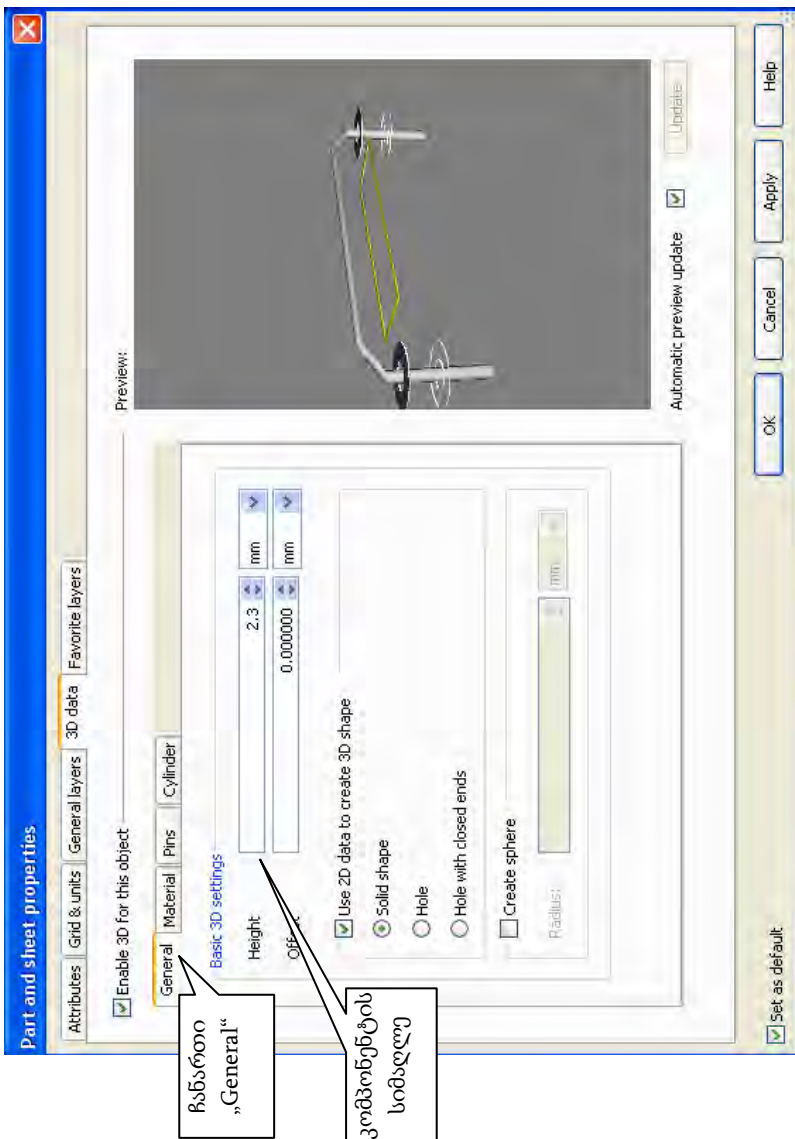
გამომყვანის ფორმა STANDARDPIN (მრგვალი, მოღუნული გამომყვანი), დავადასტუროთ ისევ ღილაკით Apply (ნახ.3.59).



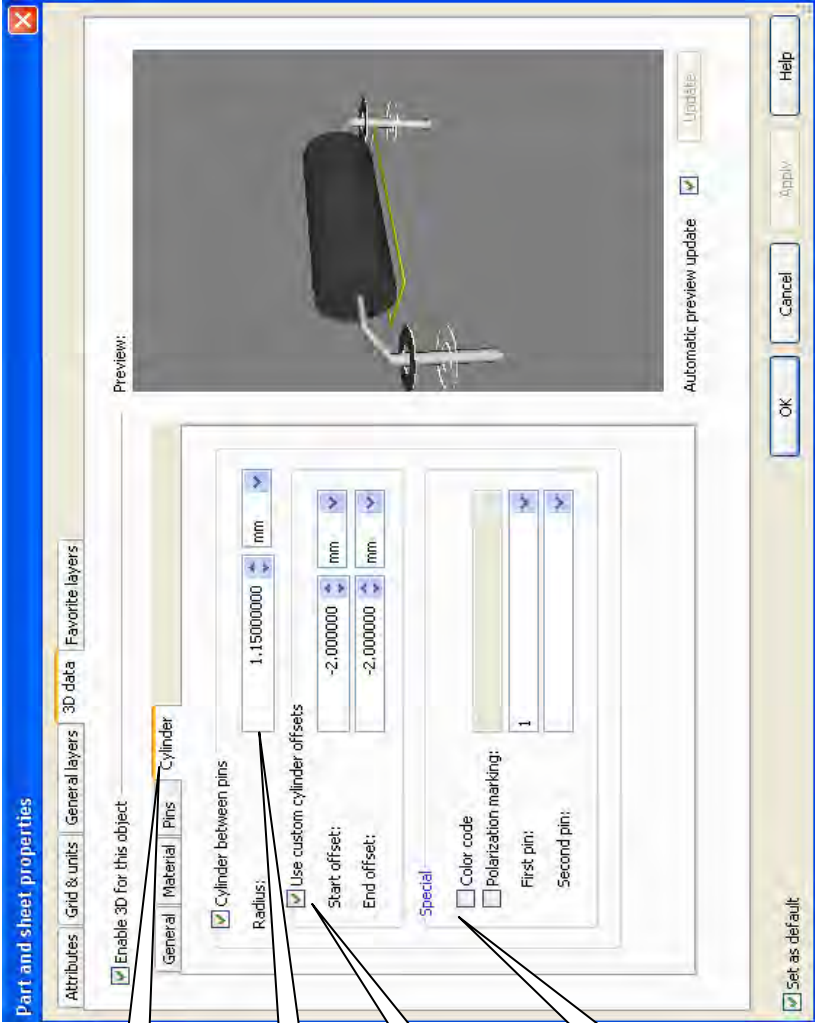
ნახ.3.59

გადავინაცვლოთ General ჩანართში და შევარჩიოთ კომპონენტის სიმაღლე, რომელიც რეზისტორის დიამეტრის ტოლია. დავადასტუროთ Apply ღილაკით (ნახ.3.60).

Cylinder (ცილინდრი) ჩანართში ხდება რეზისტორის ცილინდრული კორპუსის ფორმირება (ნახ.3.61). დავადგინოთ ცილინდრის რადიუსი და წანაცვლება გამომყვანების მიმართ. ვინაიდან რეზისტორის კორპუსის სიგრძეა 6 მმ, ხოლო გამომყვანებს შორის მანძილი 10 მმ (მანძილი ტექნოლოგიური პარამეტრებით დგინდება), წანაცვლება უნდა იყოს $(10-6)=2$ მმ. წანაცვლება ხდება კორპუსის შიგნით, ამიტომ ვირჩევთ უარყოფით მნიშვნელობებს. ველში Special (სპეციალური) ვირჩევთ ფერადი კოდის დატანის პუნქტს და პირველ გამომყვანს კოდის ათვლის დასაწყისის ნიშნად. დადასტურება ხდება Apply ღილაკით.



ნახ. 3.60



ჩანართი
„ცილინდრი“

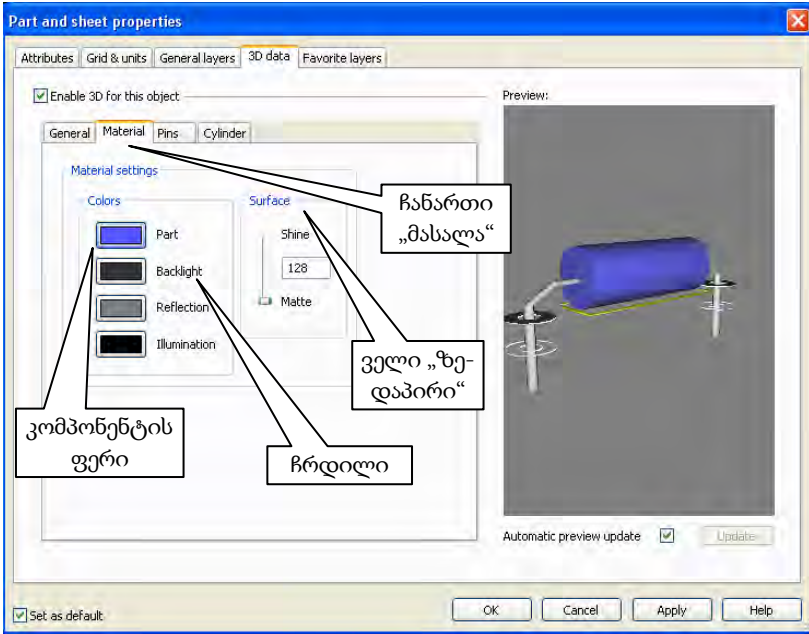
ცილინდრის
რადიუსი

წანაცვლების
პარამეტრების
არჩევა

სპეციალური
პინი

ნახ. 3.61

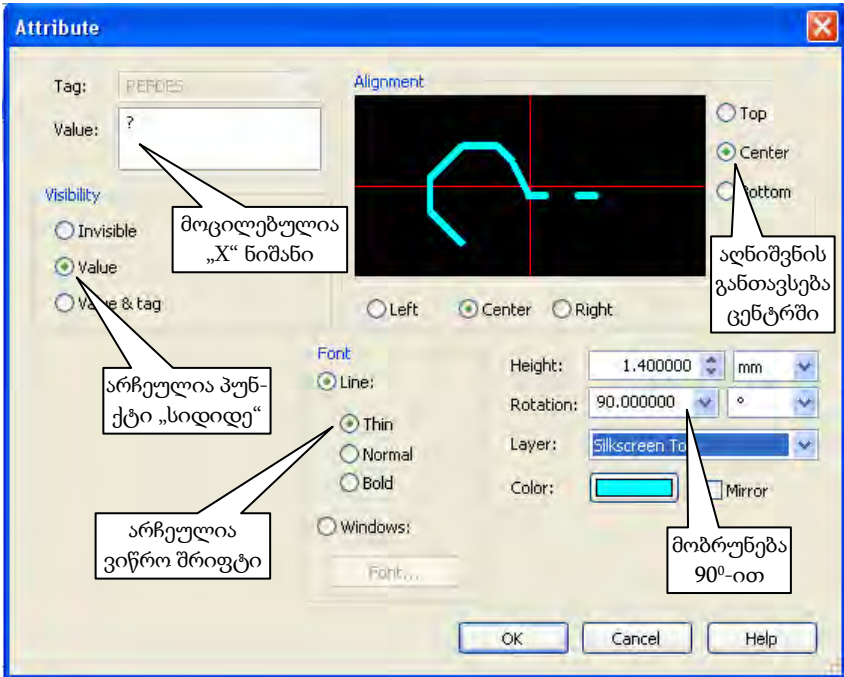
გადავიდეთ Material ჩანართში, სადაც ხდება რეზისტორის კორპუსის ფერის არჩევა. რეზისტორის შემთხვევაში ველში „ზედაპირი“ (Surface) მცოცი უნდა გადავადგილოთ Matte მდგომარეობაში. დადასტურება ხდება Apply ღილაკით (ნახ.3.62).



ნახ.3.62

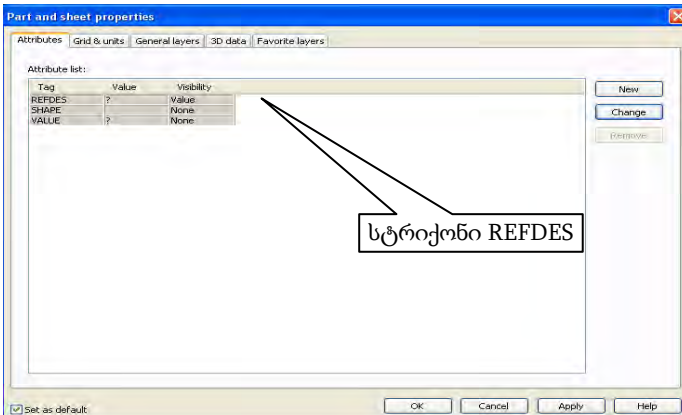
ამის შემდეგ დიალოგურ მენიუ Part and sheet properties-ის Attribute ჩანართში მოვნიშნოთ სქემური აღნიშვნის სტრიქონი (REFDES) და დავაჭიროთ Change ღილაკს. ეკრანზე გამოვა ფანჯარა Attribute (ნახ. 3.63).

ეკრანზე გამოტანილ ფანჯარაში მოვაცილოთ „X“ ნიშანი და დავტოვოთ მხოლოდ კითხვის ნიშანი, რომლის ნაცვლად Multisim-იდან სქემის ტრანსლაციისას სამონტაჟო ფირფიტაზე აისახება სქემური აღნიშვნა, მაგალითად, R1, R5 და ა.შ. ასახვის ველში (Visibility) ვირჩევთ პუნქტს „სიდიდე“. ავირჩიოთ ვიწრო შრიფტი. აღნიშვნა განთავსდეს ცენტრში (სამონტაჟო ფირფიტაზე შესაძლებელია მისი გადატანა ნებისმიერ ადგილზე). ვინაიდან კომპონენტი დახაზულია ვერტიკალურად, აღნიშვნა მოვაბრუნოთ 90⁰-ით, რათა თანხვედბოდეს რეზისტორის სიგრძეს. ფანჯარა დავხუროთ ბრძანებით OK.



ნახ.3.63

ამის შემდეგ დიალოგური ფანჯარა Part and sheet properties -ის ჩანართი Attribute შეიცვლება და სტრიქონი REFDES მიიღებს 3.64 ნახ-ზე ნაჩვენებ სახეს. დავაჭიროთ OK ღილაკს და დავხუროთ ფანჯარა.

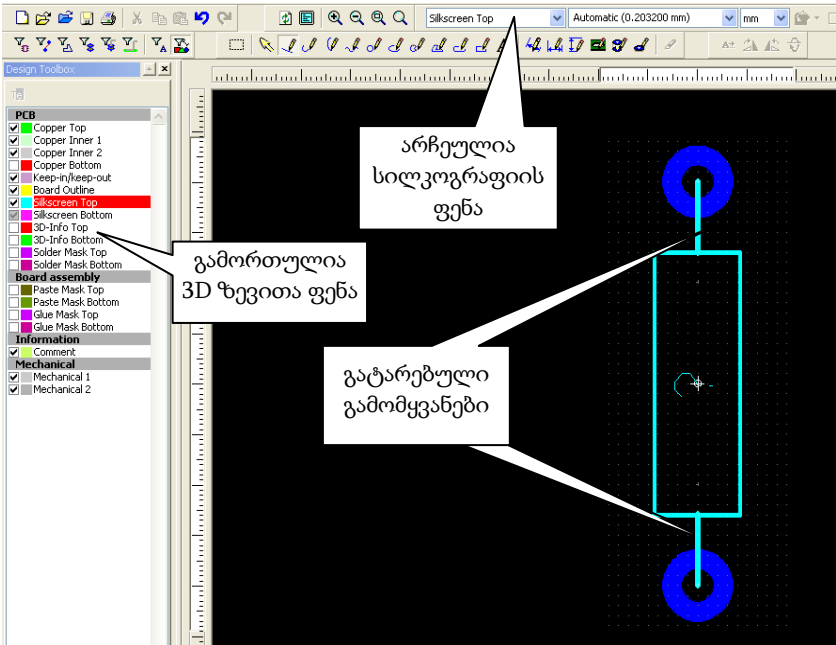


ნახ.3.64

გამოვროთ 3D ფენა. გადავიდეთ სილკოგრაფიის ფენაზე და



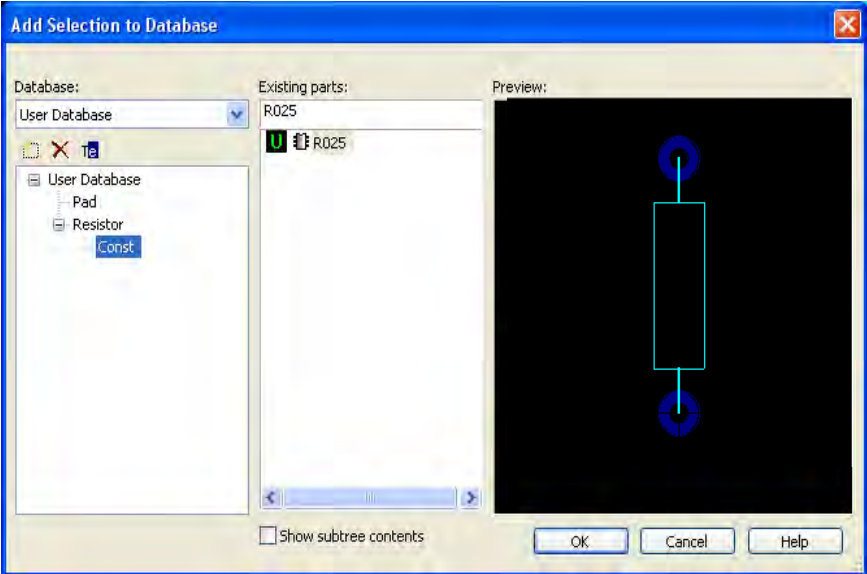
(Line) ინსტრუმენტით გავატაროთ გამომყვანები. სილკოგრაფიის ფენაზე გამოსახული რეზისტორი მიიღებს 3.65 ნახ-ზე ნაჩვენებ სახეს.



ნახ.3.65

ჩვენ მიერ შექმნილი კორპუსი შევინახოთ ბიბლიოთეკაში ბრძანებით **File>>Save to Database As** და მივანიჭოთ სახელი, მაგალითად, R025. ღილაკი OK-ის დახმარებით ჩვენს შემთხვევაში მისი შენახვა მოხდება User Database>>Resistor>>Const-ის ჩვენ მიერვე შექმნილ ჯგუფში (ნახ. 3.66).

ცნობისათვის: მომხმარებლის მენიუში ჯგუფის შექმნის მიმდევრობა განხილული იყო საკონტაქტო ბაჟნის შექმნის მაგალითში.



ნახ.3.66

ჩვენ მიერ შექმნილი კორპუსი ავტომატურად შევა პროგრამა Multisim-ის კორპუსების ჩამონათვალში.

3.67 ნახ-ზე გამოსახულია სამონტაჟო ფირფიტაზე განლაგებული 5.1 კომი და 10 კომი ნომინალური მნიშვნელობის მქონე რეზისტორების 3D გამოსახულება.



ნახ.3.67

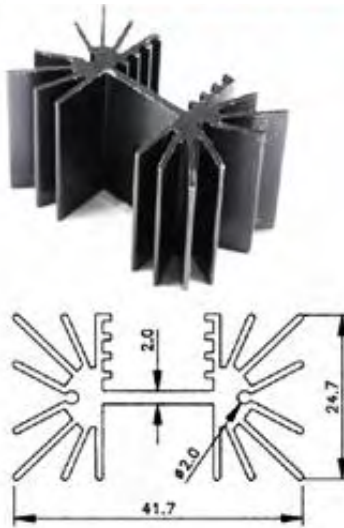
3.24. სამაგრი ელემენტის შექმნა

სამონტაჟო ფირფიტაზე, ელექტრონული კომპონენტების გარდა, ხშირად საჭიროა სამაგრი ელემენტების გამოყენება, როგორცაა: მექანიკური ფიქსატორი, დგარი, გამაცივებელი რადიატორი და სხვ. ისინი არ მონაწილეობენ პროექტის ელექტრულ ნაწილში, მაგრამ მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ კომპონენტების სამონტაჟო ფირფიტაზე განაწილებისა და კონსტრუქციის გაბარიტების განსაზღვრის დროს.

განვიხილოთ ასეთი ელემენტის შექმნის პროცესი HS211 ტიპის გამაცივებელი რადიატორის მაგალითზე. დასაწყისისათვის უნდა მოვძებნოთ ამ ელემენტზე არსებული დოკუმენტაცია ან საზომი საშუალებების გამოყენებით შევქმნათ მისი ნახაზი (ნახ. 3.68).

7.5°C/Вт
0.84 кг/м

HS 211



ნახ.3.68. HS211 ტიპის რადიატორი

მენიუდან ვირჩევთ ბრძანებას **Tools>>Parts Wizard** ან ინსტ-

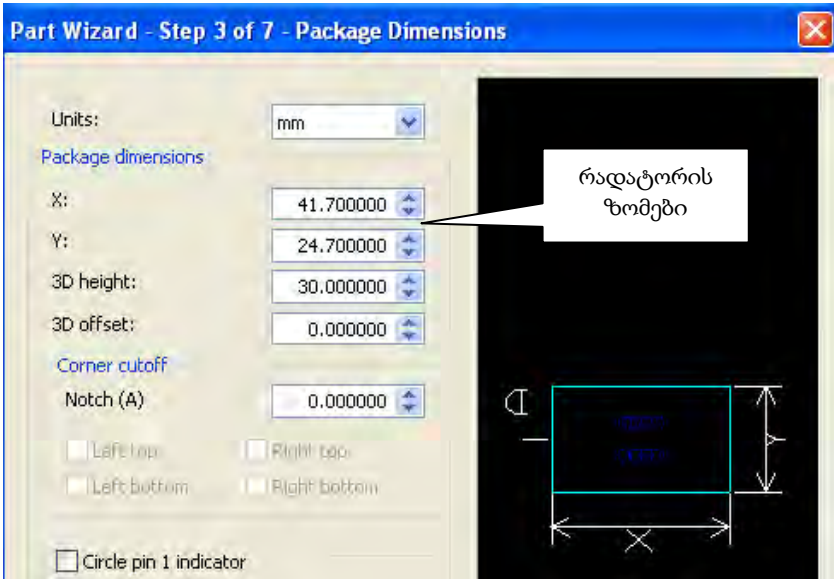


რუმენტების პანელზე ვაჭერთ ლილავს, რის შემდეგ ჩაირთვება კორპუსის შექმნის შვიდსაფეხურიანი ქვეპროგრამა.

1-ელ საფეხურზე ვირჩევთ ტექნოლოგიას, მაგალითად, THT-ს (ნახვრეტში მონტაჟი).

მე-2 საფეხურზე ვირჩევთ კორპუსის ტიპს, მაგალითად, DIP-ს ან SIP-ს.

მე-3 საფეხურზე (ნახ. 3.69) ვუთითებთ რადიატორის კორპუსის გეომეტრიულ ზომებს (Package Dimension) 3.68 ნახაზის შესაბამისად.



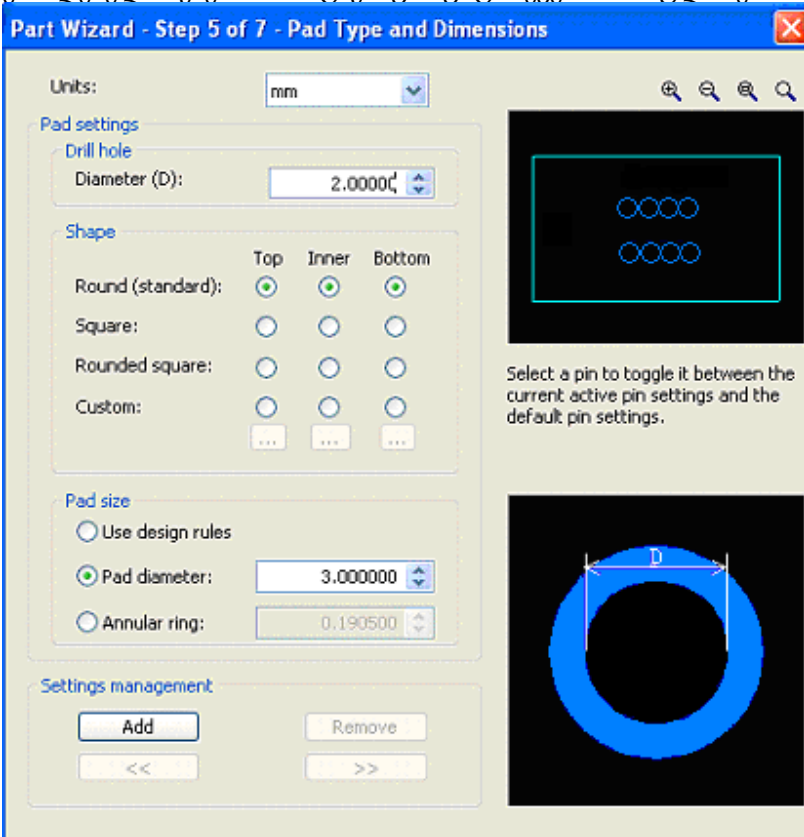
ნახ.3.69

მე-4 საფეხური გამოვტოვოთ (Next ღილაკით გადავიდეთ მომდევნო საფეხურზე).

მე-5 საფეხურზე (ნახ.3.70) ავირჩიოთ სამაგრი ნაკეთობისათვის (ჭანჭიკი, ხრახნი და ა.შ.) საჭირო ნახვრეტის დიამეტრი – Drill hole Diameter და საკონტაქტო ბაქნის ზომა – Pad diameter. ამ მიზნით შესაძლებელია პროგრამის ბიბლიოთეკაში არსებული სამაგრი ნახვრეტების გამოყენება ან მათი გადაკეთება ადგილზე (ფორფიტაზე) რედაქტირების პროცედურის გამოყენებით (ღილაკით

Part Properties>>change). შესაბამისად, ფირფიტაზე დავამატებთ საკონტაქტო ბაჟანს ან ჩვეულებრივ (მარტივ) ნახვრეტს.

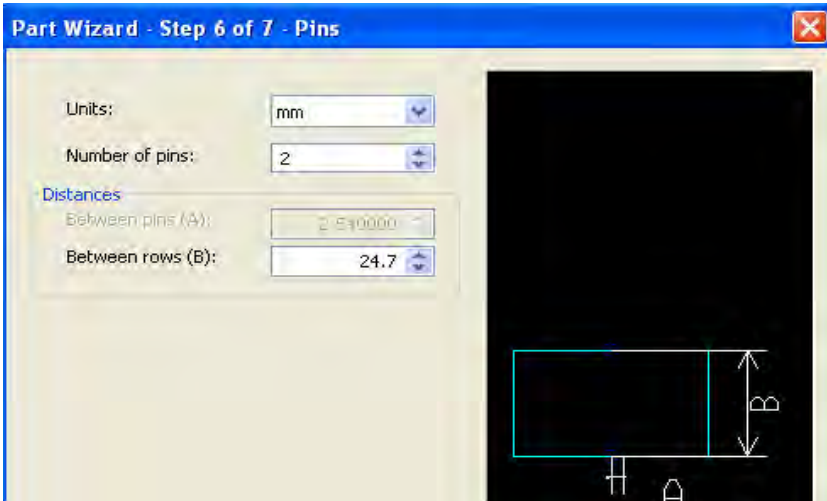
ჩვენ მიერ განხილულ მაგალითში ვირჩევთ საკონტაქტო ბაჟანის შექმნის ვარიანტს, ვინაიდან საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელი იქნება სამონტაჟო ფირფიტაზევე მისი ანულოირება.



ნახ.3.70

როგორც 3.70 ნახ-დან ჩანს, ნახვრეტის დიამეტრია 2 მმ, ხოლო საკონტაქტო ბაჟანის – 3 მმ.

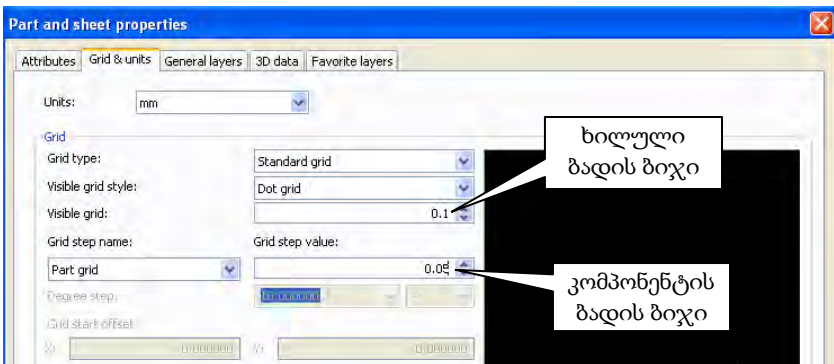
მე-6 საფეხურზე (ნახ. 3.71) ვუთითებთ გამომყვანების რაოდენობას – Number of pins და მათ შორის მანძილს – Distances Between rows, რომლებსაც ვირჩევთ HS211 ტიპის გამაცივებელი რადიატორის დოკუმენტაციის შესაბამისად (ნახ.3.68).



ნახ.3.71

მე-7 საფეხურზე დავადასტუროთ გამომყვანების ნუმერაცია და პროგრამა ავტომატურად გადავა კორპუსის რედაქტირების რეჟიმში (shape edit mode).

იმ შემთხვევაში თუ ვსარგებლობდით დუიმებიანი ბადით, საჭირო იქნება მისი შეცვლა მეტრულით. მოცემულ შემთხვევაში მოსახერხებელია ხილული ბადის ბიჯი ავირჩიოთ 0,1 მმ, ხოლო კომპონენტის – 0,05 მმ, რისთვისაც საჭიროა ცვლილებების შეტანა Part and sheet properties-ს ფანჯრის ჩანართში Grid&units (ნახ. 3.72).

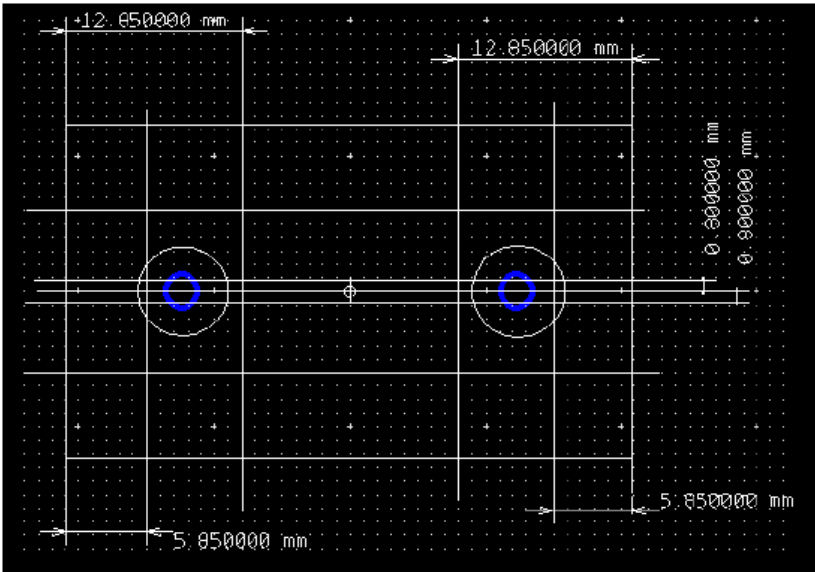


ნახ.3.72

გავაქტიუროთ ფენა **სილკოგრაფია**. გამოვიყენოთ გრაფი-



კული გამოსახულების მონიშვნის ფილტრი, შევცვალოთ კონტურის ხაზის სიგანე მინიმალურამდე. ავირჩიოთ ზომების დატანის რეჟიმი, მოვნიშნოთ რადიატორის შესაბამისი ფიგურა და და შევქმნათ დამატებითი და ზომის ხაზები (ნახ. 3.73).



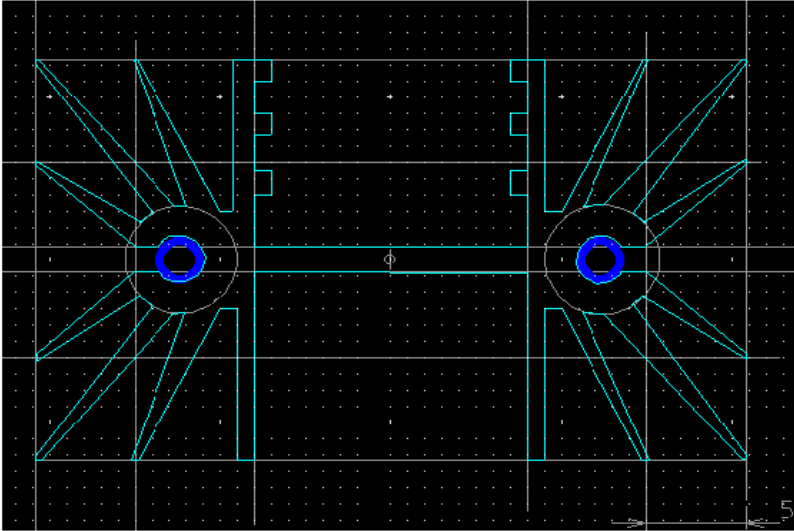
ნახ.3.73

გავაქტიუროთ სამგანზომილებიანი ზედა ფენა 3D-Info Top, ხოლო სილკოგრაფიის ფენა გავხადოთ ნახევრად გამჭვირვალე. წავშალოთ ყველაფერი, რაც სამგანზომილებიან ფენაზეა და ავირჩიოთ ინსტრუმენტების პანელზე პოლიგონის შექმნის ბრძანება



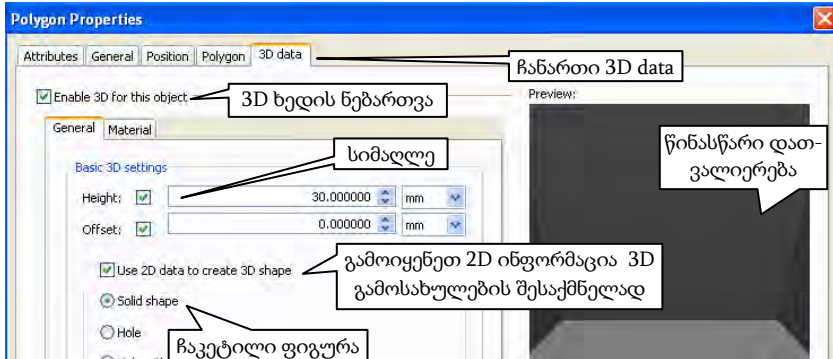
ან გამოვიყენოთ ინსტრუმენტი და დავხაზოთ რადიატორის ჩაკეტილი პროექცია (ნახ.3.74).

დახაზვის გამარტივებისათვის შესაძლოა გამოვიყენოთ სურათის ჩასმის ბრძანება ან DXF ფაილის იმპორტი.



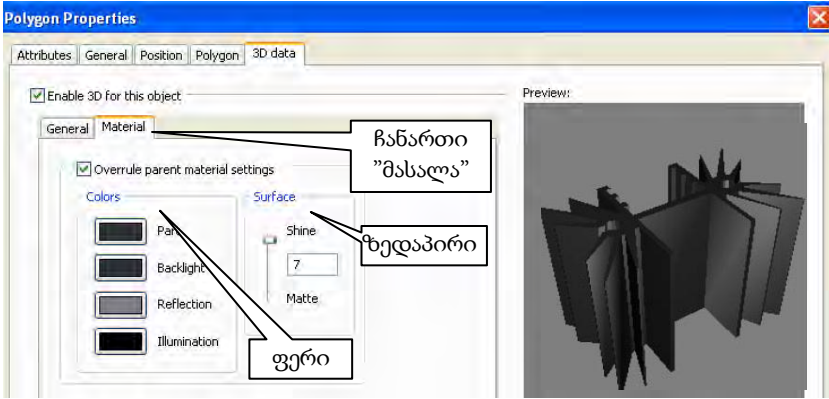
ნახ.3.74

გამოიყენოთ გრაფიკის მონიშვნის ფილტრი, კურსორი დავაყენოთ ჩვენ მიერ დახაზული პოლიგონოს კონტურზე და ორჯერ დავაწკაპუნოთ მაუსის მარცხენა ღილაკით. ეკრანზე გამოსულ დიალოგურ ფანჯარაში გავხსნათ 3D data ჩანართი (ნახ.3.75). ჩავრთოთ სამგანზომილებიანი გამოსახულების ნებართვის ალამი (Enable 3D for this object) და დავაყენოთ სხვა ოფციები 3.75 ნახ-ის შესაბამისად.



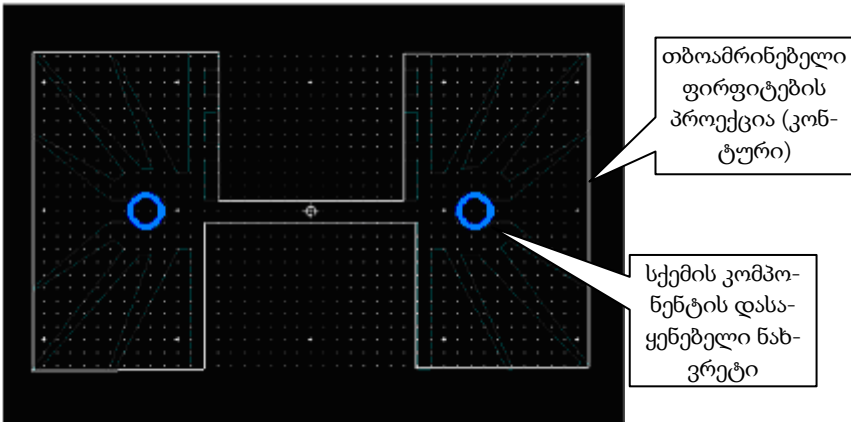
ნახ.3.75

გადავდივართ **Material** (მასალა) ჩანართში და ვირჩევთ რადიატორისათვის შესაფერის ფერს და ზედაპირის სახეობას (ნახ. 3.76).



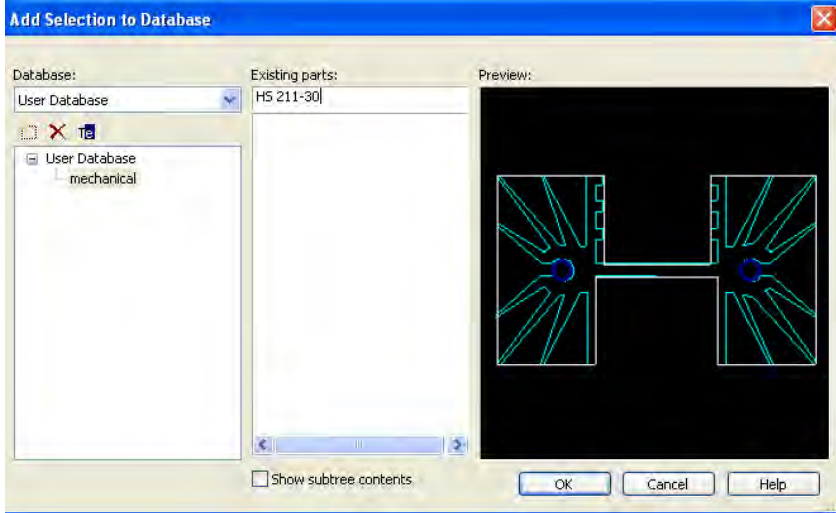
ნახ.3.76

ვაჭერთ Apply და OK ღილაკებს. ვააქტიურებთ სილკოგრაფიის ფენას, ხოლო 3D ფენა უნდა იყოს ნახევრად გამჭვირვალე. მოვნიშნოთ სილკოგრაფიის ფენის ყველა ელემენტი და წავშალოთ. ახლა საჭიროა შევქმნათ რადიატორის პროექცია სილკოგრაფიის ფენაში. ოპტიმალური ვარიანტია რადიატორის შუა ნაწილის მითითება, სადაც უნდა დაყენდეს სქემის კომპონენტი რეალური ფორმით, ხოლო თბომრინებელი ფირფიტების პროექცია – გაბარიტული სახით (ნახ. 2.3.77).



ნახ.3.77

ჩვენ მიერ შექმნილი ელემენტის მონაცემთა ბაზაში დასამატებლად მენიუს ზოლში ვირჩევთ ბრძანებას **File>>Save to Database As** და ბიბლიოთეკის შესაბამის ნაწილში (ნახ.3.78) ვინახავთ შექმნილ ელემენტს სახელწოდებით HS 211-30.



ნახ.3.78

ნახაზიდან ჩანს, რომ ელემენტის დამატება მოხდა მომხმარებლის მონაცემთა ბაზაში.

3.25. პროექტის ექსპორტი

ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის დაპროექტების პროცესის დამთავრების საბოლოო ეტაპია ფირფიტის მომზადება წარმოებისათვის.

ნაბეჭდი ფირფიტის შესაქმნელად წარმოებისათვის საჭირო ინფორმაციის წარსადგენი ძირითადი სტანდარტია Gerber-ი. თანამედროვე ავტომატიზებული დაპროექტების სისტემებისათვის იგი სავალდებულოდ ითვლება.

ფაილის Gerber ფორმატი წარმოადგენს ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის პროექტის აღწერის მეთოდს სხვადასხვა სახის მოწყობილობების გამოყენებით ფოტოშაბლონების დასამზადებლად. ანუ შესაძლოა ითქვას, Gerber-ი არის ფაილის სპეციალური ფორმატი, რომელიც შექმნილია გრაფების ამგების ანუ ფოტოპლოტერის

სამართავად, მაგალითად, LPKF კონცერნის პროდუქტი ფოტო-პლოტერი ProtoMat S103 ნაჩვენებია 3.79. ნახ-ზე.



ნახ.3.79

პრაქტიკულად, თანამედროვე საპროექტო სამუშაოების ავტომატიზების ყველა სისტემა გამოსასვლელი ფაილების Gerber ფორმატით გენერირების საშუალებას იძლევა. თავის მხრივ, თითქმის ყველა თანამედროვე მოწყობილობა უზრუნველყოფს აღნიშნულ ფორმატში მონაცემების ამოკითხვას.

ავტომატიზებული დაპროექტების იმ სისტემებისათვის, რომელთა მუშა ფორმატია *.pcb-ი, სამონტაჟო ფირფიტის დასამზადებლად საჭიროა ფაილების *.pcb ფორმატიდან Gerber ფორმატში

გადაყვანა.

შინაარსობრივად Gerber ფაილი წარმოადგენს ბრძანებების თანმიმდევრობის ტექსტურ აღწერას, რომელიც უზრუნველყოფს ტოპოლოგიის სხვადასხვა ელემენტების (საკონტაქტო ბაქნის, გადასასვლელი ნახვრეტის, წრფის, რკალის, ტექსტური აღნიშვნის) გამოხაზვას გრაფების ამგების დახმარებით. მონაცემები Gerber ფორმატით ფაქტობრივად წარმოადგენს პროგრამულ კოდს, რომლის საშუალებით იმართება: ხატვის ინსტრუმენტის არჩევა; არჩეული ინსტრუმენტის გადაადგილება მოცემული კოორდინატების მქონე წერტილში; უშუალოდ ხატვის (ხაზვის) ოპერაციის შესრულება.

ფოტომაბლონის დამზადებისას შუქმგრძნობიარე აფსკზე ხატვა ხდება მოცემული ფორმის **აპერტურის** (შუქის ლაქა) გამოყენებით.

პროგრამა Ultiboard-იდან ფაილის ექსპორტირებისათვის საჭიროა ავირჩიოთ ბრძანება **File»Export**, ეკრანზე გამოჩნდება **Export** დიალოგური ფანჯარა (ნახ.3. 80).

Export settings ველში მოცემული ჩამონათვალიდან ავირჩიოთ ფაილი, რომლის ექსპორტირებაც საჭიროა (მაგალითად, Gerber

274X), ვაჭერთ ღილაკს **Export** და იხსნება დიალოგური ფანჯარა, სადაც შესაძლებელია განისაზღვროს ექსპორტირებული ფაილის სახელი და მისამართი. ღილაკ **Save**-ზე დაჭერის შემდეგ მოხდება ფაილის ექსპორტირება.



ნახ.3.80

როგორც 3.80 ნახ-დან ჩანს Ultiboard-იდან შესაძლებელია ფაილის ექსპორტირება ნაბეჭდი ფირფიტის მწარმოებლისათვის საჭირო სხვადასხვა ფორმატში, კერძოდ:

- SVG (Scalable Vector Graphics);
- Gerber RS-274X ან RS-274D;
- Layer Stack-up Report (ფენების თანამიმდევრობა);
- IPC-D-356A Netlist (შეერთებების ცხრილი);
- DXF (**D**rawing **eX**change **F**ormat) ფაილების ღია ფორმატი, რომელიც გამიზნულია ინფორმაციის გასაცვლელად ადს-ის სახვადასხვა დანართებს შორის;

- 3D DXF ;
- NC drill (ნახვრეტები).

შესაძლებელია აგრეთვე ტექსტური ფაილების ექსპორტირება, რომლებიც შეიცავს:

- ფირფიტაზე არსებული ელემენტების შესახებ მონა-ცემებს (Board Statistics);
- კომპონენტების კოორდინატებს (Part Centroids);
- მასალების (კომპონენტების) ჩამონათვალს (Bill of Materials).

ჩვეულებრივი Gerber ფორმატი არის EIA Standard RS-274D ოჯახის ფორმატების ქვესიმრავლე. RS-274X-ად წოდებული Gerber-ის გაფართოებული ფორმატი შეიცავს დამატებით შესაძლებლობებს, როგორცაა პოლიგონების შევსება, ნეგატიური და პოზიტიური გამოსახულებების კომბინაცია, მომხმარებლისათვის საჭირო აპერტურის დაკვეთა. გარდა ამისა, RS-274X-ი ფორმატის ფაილი სათაურშივე შეიცავს გამოყენებული აპერტურის ჩამონათვალს, რაც მომხმარებელს საშუალებას აძლევს გაცვალოს მონაცემები გამოყენებული ინსტრუმენტების ცალკე აღწერის გარეშე.

ფორმატი RS-274X მხარდამჭერია როგორც პარამეტრული მონაცემების კოდისა (G-კოდი) და აპერტურის კოდის (D-კოდი), ასევე პარამეტრების მასივის.

პარამეტრების მასივი წარმოადგენს მონაცემების ნაკრებს, რომელიც აღწერს პროექტს მთლიანად ან მის ნაწილს, ე.წ. ფენას, რაც მნიშვნელოვნად აფართოებს სტანდარტული Gerber ფორმატის შესაძლებლობებს.

ა) ინფორმაცია ფორმატების შესახებ სათაურში

ერთ სტრიქონში RS274X-ს შეუძლია გადმოსცეს ძირითადი ინფორმაცია ფორმატის, არანიშნადი ნულების ჩახშობისა და მონაცემთა რეჟიმის შესახებ:

- ფორმატი (x, y);
- არანიშნადი ნულების უკუგდება (წამყვანის, ბოლოსი ან არც ერთის) ;
- კოორდინატები (აბსოლუტური და ფარდობითი)

$$\% \text{ FS } \left\{ \begin{matrix} L \\ T \\ D \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} A \\ I \end{matrix} \right\} (Nn) (Gn) (Xa) (Yb) (Zc) (Dn) (Mn) * \% ,$$

სადაც FS არის ფორმატის გამოცხადება;

L – წამყვანი ნულების უკუგდება;

- T – საბოლოო ნულების უკუგდება;
- D – ათწილადის ცხადი ნიშანი (ანუ ნოლების უკუგდების გარეშე);
- A – აბსოლუტური საკოორდინატო რეჟიმი;
- I – ფარდობითი საკოორდინატო რეჟიმი;
- Nn – თანამიმდევრობის სიგრძე, სადაც n ციფრების რაოდენობაა (იშვიათად გამოიყენება);
- Gn – ფუნქციონალური კოდი (იშვიათად გამოიყენება);
- Xa – შესასვლელი მონაცემების ფორმატი (მაქსიმალურად 5.5);
- Yb – შესასვლელი მონაცემების ფორმატი;
- Zc – შესასვლელი მონაცემების ფორმატი (იშვიათად გამოიყენება);
- Dn – ხაზვის კოდი;
- Mn – დამატებითი კოდი.

მაგალითები:

- %FSLAX24Y24*%

ფორმატის გამოცხადება, წამყვანი ნულების უკუგდება, აბსოლუტური კოორდინატები, მონაცემების ფორმატი= 2.4.

- %FSTIX44Y44*%

ფორმატის გამოცხადება, წამყვანი ნულების უკუგდება, ფარდობითი კოორდინატები, მონაცემების ფორმატი= 4.4.

ბ) ინფორმაცია გაზომვის ერთეულების სისტემის შესახებ

RS274X-ის ფაილებში კოორდინატები და აპერტურები შესაძლოა აღიწეროს დუიმებში ან მილიმეტრებში.

ზომის გამოცხადების **მაგალითებია:**

%MOIN*% მიუთითებს დუიმებს.

%MOMM*% მიუთითებს მილიმეტრებს.

3.26. მატრიცის პოლარობა და ძირითადი აპერტურული განსაზღვრებები

RS274D-ის გამოყენების შემთხვევაში საჭირო იყო ფოტოპლანეტერის ოპერატორისათვის დამატებითი ინფორმაციის შეტყობინება მატრიცის სასურველი პოლარობის შესახებ. RS274X-ში ფაილის

დასაწყისშივე ბრძანებით შესაძლებელია მატრიცის პოლარობის ინვერტირება (ნახ. 3.81).



ნახ.3.81. ა) %IPPOS*% - პოზიტივი; ბ) %IPNEG*% - ნეგატივი

RS274X შეიცავს რამდენიმე სტანდარტულ აპერტურას, რომელიც გამოიყენება დანათების მეთოდით საკონტაქტო ბაქნების ფორმირებისათვის (90%-ზე მეტ შემთხვევაში). ასეთი აპერტურებია: წრე; სწორკუთხედი; ოვალი; სიმეტრიული მრავალკუთხედი.

ყოველი მათგანის პოზიცირება ხდება გეომეტრიული ცენტრის მიხედვით და სურვილისამებრ შესაძლოა გამოვიყენოთ მრგვალი ან სწორკუთხა ნახვრეტებით, მაგალითად, სტანდარტული წრე:

%ADD {კოდი}C,{ $\$1$ }X{ $\$2$ }X{ $\$3$ }*% ,

სადაც AD არის აპერტურის აღწერის გამოცხადება;

D{კოდი} - d-კოდი, რომლისთვისაც განკუთვნილია ეს აპერტურა (10-999);

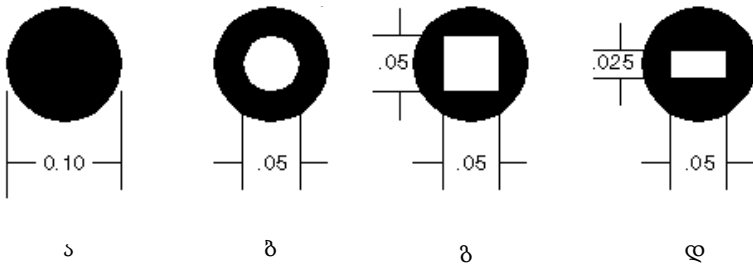
C - ატყობინებს 274X-ს, რომ ეს წრის მაკროსია;

$\$1$ - გარე დიამეტრი (დუიმი ან მმ);

$\$2$ - თუ მითითებულია, განსაზღვრავს ნახვრეტის დიამეტრს;

$\$3$ - თუ მითითებულია $\$2$ და $\$3$, განსაზღვრავს სწორკუთხა ნახვრეტის ზომას.

წრის მაგალითები მოცემულია 3.82 ნახ-ზე.



ნახ. 3.82

3.82 ნახაზზე შესაბამისად ნაჩვენებია:

ა) %ADD21C,,100*% – კოდი D21, წრე, დიამეტრი 0.10;

ბ) %ADD22C,,100X.050*% – კოდი D22, წრე, დიამეტრი 0.10, წრიული ნახვრეტი 0.05;

გ) %ADD23C,,100X.050X.050*% – კოდი D23, წრე, დიამეტრი 0.10, კვადრატული ნახვრეტი 0.05;

დ) %ADD24C,,100X.050X.025*% – კოდი D24, წრე, დიამეტრი 0.10, სწორკუთხა ნახვრეტი 0.05x0.025.

3.27. Gerber ფაილის დათვალიერება

ვიდრე წარმოებას გადაეცემოდეს, სასურველია Gerber ფაილის დათვალიერება, რისთვისაც გამოიყენება ე.წ. Gerber viewer-ი.

ინტერნეტ მისამართზე **www.gerber-viewer.com** განთავსებულია ვებ გვერდი **Online Gerber-Viewer**-ი, რომელიც Gerber RS 274x და გაფართოებული Gerber274x (extended Gerber) ფაილის ვიზუალიზების და მასში ნავიგაციის საშუალებას იძლევა.

3.83 ნახ-ზე მოცემულია **Online Gerber-Viewer**-ის ფანჯარა.

Online Gerber-Viewer-ში შესაძლებელია ჩავტვირთოთ რამდენიმე ფაილი (ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის ფენა) და ეკრანზე ერთდროულად გამოვიტანოთ ერთი ან რამდენიმე მათგანი. სხვადასხვა ფაილების ჩვენება ხდება სხვადასხვა ფერით, რაც საშუალებას იძლევა, ადვილად შედარდეს ორი ფენა განსხვავების მოძებნის მიზნით (ცვლილებებისათვის თვალის მისადევნებლად). ნავიგაციისათვის შესაძლებელია კლავიატურის ლილაკების, როგორცაა: კურსორის გადასაადგილებელი ისრებიანი ლილაკები, Home, Page up/down ლილაკები, მაუსის, მაუსის ბორბლის, აგრეთვე ვებ გვერდზე არსებული ლილაკების, გამოყენება. შესაძლებელია აგრეთვე გამობეჭდვა თეთრი ფონით და გამოსახულების (ნახაზის) ექსპორტირება თეთრი ფონით და განსხვავებული რეზოლუციით.



Online Gerber-Viewer

51

Like Share

Viewer

Donate

Info

Links

Contact



PCB Investigator

Try our new
CAD/CAM
Software
with many
helpful
functions!

Test it for free
for 30 days!

Without any
obligations!

>> Open Demo Design or select Gerber274X, Excellon1/2 or Zip-File:

Choose File No file chosen



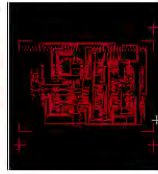
Zoom Measure

show format settings

mm inch

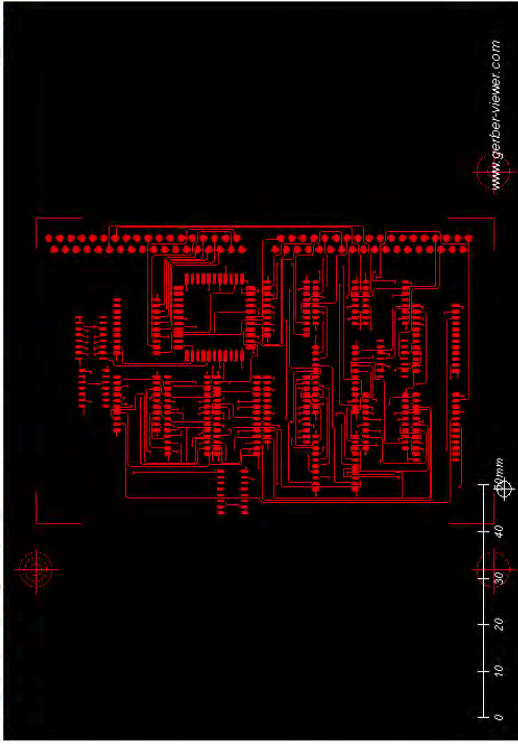
SMD Routed (SMD Routed)
Copper Top.gbr

Clear All



show InfoLayer

Toggle Drawmode



© Schindler & Schill GmbH 2013. All rights reserved.

www.easy-logic.de

www.pcb-investigator.com

5sb.3.83

ლიტერატურა

1. Printed Circuit Boards: Design, Fabrication, Assembly and Testing. Author R. S. Khandpur. Publisher Tata McGraw-Hill Education, 2005. ISBN 0070588147, 9780070588141. Length 691 pages.
2. Медведев А.М.Технология производства печатных плат. Издательство: Техносфера.2005 Страниц; 360. ISBN: 5-94836-052-0.
3. Певницкий С.Ю. Разработка печатных плат в NI Ultiboard. Издательство: ДМК. –М. 2012 Страниц; 255. ISBN:978-5-94074-789-5.
4. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. Издательство: Форум, Инфра-М. 2005 Страниц; 560.
5. ბალიაშვილი მ. საზომ მოწყობილობათა კონსტრუირება: დამხმარე სახელმძღვანელო. – თბილისი: საგამომცემლო სახლი “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, 2013, -160 გვ. ISBN 978-9941-20-279-7.
6. <http://kickass.to/ni-multisim-ultiboard-circuit-design-suite-v13-0-t8168549.html>.
7. <http://www.ni.com/multisim/whatsnew/>.
8. www.ni.com/pdf/manuals/371586b.pdf.
9. www.ni.com/pdf/manuals/371585a.pdf.
10. <http://wiki.uco.edu/download/attachments/.../Complete+PCB+Design.pdf>
11. <http://www.edaboard.com/group272.html>
12. <http://www.ni.com/white-paper/3173/en/>. Creating a Custom Component in NI Multisim.
13. <http://www.ni.com/white-paper/5607/en/>. NI Multisim Components and Models.
14. IPC-SM-782A. Surface Mount Design and Land Pattern Standard.
15. IPC 2615. the definitive standard on printed board dimensions and tolerances.
16. IPC 2221A. Generic Standard on Printed Boards Design;
17. ANSI/IPC-2222. Sectional Design Standard for Rigid Organic Printed Boards.
18. IPC-2224. Sectional Standard for Design of Printed Boards for PC Cards.

19. IPC-6011. Generic Performance Specification for Printed Boards.

20. IPC-D-249. Design Standard for Flexible Single and Double-sided Printed Boards.

21. IPC-EM-782A Surface Mount Design and Land Patterns Spreadsheet.

21. J-STD-003 Solderability Tests of Printed Boards.

23. MIL-PRF-31032B. Printed circuit board/printed wiring board manufacturing, general specification.

24. MIL-P-50884. Military specification printed wiring, flexible, and rigid flex.

25. ГОСТ 2.123-93. ЕСКД. Комплектность конструкторской документации на печатные платы при автоматизированном проектировании.

26. ГОСТ 2.417-91. ЕСКД. Платы печатные. Правила выполнения чертежей.

27. ГОСТ 10317-79. Платы печатные. Основные размеры.

28. ГОСТ Р 50621-93. Платы печатные одно- и двусторонние с неметаллизированными отверстиями. Общие технические требования.

29. ГОСТ Р 50622-93. Платы печатные двусторонние с металлизированными отверстиями. Общие технические требования.

30. ОСТ4.ГО.010.011. Платы печатные. Конструирование.

შინაარსი

1. ზოგადი ცნებები.....	3
2. პროგრამა Multisim-ი.....	10
2.1. ძირითადი ფანჯარა.....	10
2.2. ფორმატის (ფურცლის) ზომების, ოფციების შერჩევა და ფურცლის პარამეტრები.....	14
2.3. ძირითადი წარწერები	19
2.4. კომპონენტების მონაცემთა ბაზა.....	20
2.5. კომპონენტების პარამეტრები.....	24
2.6. სქემის შედგენის ზოგადი წესები.....	28
2.7. სიმულაცია.....	33
2.8. სიმულაციის დაწყება/დამთავრება/შეჩერება Start/Stop/Pause.....	34
2.9. Multisim-იდან Ultiboard-ში გადასვლა.....	35
3. პროგრამა Ultiboard.....	36
3.1. ზოგადი მონაცემები.....	36
3.2. მონაცემთა ბაზა	37
3.3. ელექტრონული კომპონენტების ჯგუფები.....	38
3.4. ელექტრონული ანაწყოების შესაძლო სტრუქტურები.....	41
3.5. ციფრული მიკროსქემების ტიპები.....	42
3.6. მიკროსქემის ზომები.....	45
3.7. ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის სახეები და ზომები.....	46
3.8. ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის მასალები.....	47
3.9. პროგრამა Ultiboard-ის ძირითადი ფანჯარა.....	50
3.10. პროგრამა Multisim-ის ზოგიერთი მენიუ.....	52
3.11. სამონტაჟო ფირფიტის პროექტის ფენები.....	55
3.12. სამონტაჟო ფირფიტის გამოტანა ნახაზზე.....	56
3.13. აკრძალვის ზონის გამოყოფა.....	60
3.14. კომპონენტი.....	62
3.15. ელემენტების გადაადგილება და ორიენტირება.....	63
3.16. საკოორდინაციო ზოლები.....	65
3.17. ტრასირება.....	68
3.18. ტრასის სისქე.....	74
3.19. სამგანზომილებიანი (3D) ხედი.....	76

3.20. ხედი ცხრილის სახით (Spreadsheet View).....	77
3.21. სამონტაჟო ფირფიტის პროექტის ფენების ამობეჭდვა.....	78
3.22. საკონტაქტო ბაქანის შექმნა.....	80
3.23. რეზისტორის კორპუსის შექმნა.....	84
3.24. სამაგრი ელემენტის შექმნა.....	97
3.25. პროექტის ექსპორტი.....	104
3.26. მატრიცის პოლარობა და ძირითადი აპერტურული განსაზღვრებები.....	108
3.27. Gerber ფაილის დათვალიერება.....	110
ლიტერატურა.....	112
შინაარსი.....	114

რედაქტორი ნ. ქაფიანიძე

გადაეცა წარმოებას 29.01.2015. ხელმოწერილია დასაბეჭდად
12.03.2015. ქალაქის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 7.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,
კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent

ი.მ. „გონა დალაქიშვილი“,
ქ. თბილისი, ვარკეთილი 3, კორპ. 333, ბინა 38