



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАНИ ОД:



Praktikum za softverski paket *Altium Designer 17* na predmetu *Praktična elektronika*



Branislav Batinić

August 2020

Sadržaj

1. Uvod - Tehnologija Štampanih Ploča.....	7
1.1. Podela elektronskih komponenti prema načinu montaže na PCB.....	8
1.1.1. Komponente koje se motiraju kroz rupe (Trough hole).....	8
1.1.2. Komponente koje se montiraju površinski (Surface mount)	9
1.2. Pričvršćivanje komponenti na ploču (Postupak lemljenja)	11
1.2.1. Ostvarivanje kontakta između različitih slojeva na štampanoj ploči	12
1.2.2. Kratke smernice i pravila vezana za projektovanje čtampane ploče.....	13
1.3. Ciklus razvoja elektronskog uređaja.....	13
2. Rad u programskom paketu: Altium Designer.....	15
2.1. VEŽBA 1 a) Električna šema PIC programator-a u Schematic Editoru	16
2.1.1. Opis projekta <i>PIC programator</i>	16
2.1.2. Idejna skica električne šeme na papiru.....	16
2.1.3. Pokretanje Altium Designer-a i kreiranje novog projekta.....	17
2.1.4. Kreiranje novog dokumenta u Schematic Editoru	19
2.1.5. Integrisane boblioteke sa komponentama	25
2.1.6. Postavljanje komponenti	27
2.1.7. Kreiranje novih komponenti	29
2.1.8. Dodavanje i označavanje komponenti (anotacija).....	36
2.1.9. Poravnanje komponenti na šematiku	37
2.1.10. Odabir Grid-a na šematiku.....	38
2.1.11. Povezivanje pinova komponenti	38
2.1.12. Promena šablona povlačenja žica	40
2.1.13. Prevlačenje komponenti zajedno sa postavljenim žicama	42
2.1.14. Kompajliranje šematika.....	42
2.1.15. Označavanje pinova komponenti koji se ne povezuju na šemi	44
2.1.16. Označavanje net labela ili žica markerom radi bolje preglednosti.....	45
2.1.17. Pojam “Futprint-a” komponente.....	45
2.2. VEŽBA 1 b) Projektovanje štampane ploče PIC programatora u PCB Editoru	50
2.2.1. Kreiranje novog dokumenta u PCB Editoru	50
2.2.2. Učitavanje komponenti iz Schematic Editora	50
2.2.3. Razmeštanje komponenti i priprema za rutiranje	52
2.2.4. Načini rutiranja.....	54
2.2.5. Definisane osnovnih pravila rutiranja.....	55
2.2.6. Dodavanje klasa Net-Class i dodeljivanje debljine voda prilikom rutiranja	60
2.2.7. Korišćenje alata za automatsko rutiranje (izbrgavati ovu opciju kod složenog dizajna)	64
2.2.8. Brisanje linija vodova koje su u međuvremenu postavljene (UuRoute opcija).....	65
2.2.9. Konflikt usled neispoštovanih definisanih pravila	65

2.2.10. Automatsko poravnavanje prilikom pomeranja komponenti u PCB editoru	67
2.2.10. Definisane fizičkih dimenzija ploče	68
2.3. VEŽBA 2 a) – Električna šema Bežičnog mikrofona u Schematic Editoru	71
2.3.1. Podaci o komponentama potrebnim za crtanje šeme FM predajnika	72
2.3.2. Pretraživanje integrisanih biblioteka komponenti	74
2.3.3. Kreiranje futprintova komponenti u PCB Library Editoru	76
2.3.4. Primer kreiranja futprinta elektrolitskih kondenzatora C1 i C7 (22uF i 4u7F)	77
2.3.5. Futprint kondenzatora C4, C5 i C6 (0.001uF=1nF)	86
2.3.6. Futprint promenljivog kondenzatora C9 (5-60pF)	87
2.3.7. Futprint mikrofona	88
2.3.8. Futprint prigušnice (zavojnica, kalem) L400	88
2.3.9. Futprint kondenzatora C2, C3 i C8 (0.01uF=10nF i 33pF)	89
2.3.10. Futprint tranzistora BC108	89
2.3.11. Dodela futprintova komponentama koje nemaju automatski dodeljen futprint	91
2.3.12. Rutiranje (ručno) štampane ploče u PCB Editoru	91
2.3.12.1. Promena parametara koja se odnosi na više komponentata odjednom, korišćenjem opcije “Find Similar Objects”	91
2.3.13. Postavke pravila rutiranja	93
3. Saveti prilikom dizajniranja; 3D modeli komponenti	96
3.1. Saveti prilikom crtanja Shematskih simbola	96
3.2. Preuzimanje gotovih Shematskih simbola i futprintova iz www.snapeda.com elektronskih biblioteka	96
3.3. 3D Step modeli komponenti	102
3.3.1. 3D i 2D pogled u PCB editoru	103
3.3.2. Pridruživanje 3D .STEP ili .STP modela komponenti u PCB biblioteci	103
3.4. Zadatak za vežbu	107
3.5. Smernice prilikom dizajniranja štampanih ploča	108
3.6. Dodavanje Logo-a na sloj TopOverlay/BottomOverlay PCB-a	109

Tabela Slika

Slika 1. Izgled FR4 materijala za izradu štampane ploče	7
Slika 2. Izgled komponenti koje se montiraju kroz rupe (prikaz levo) i komponenti koje se montiraju površinski (prikaz desno).....	8
Slika 3. Primer aksijalne komponente (prikaz levo) i radijalne komponente (prikaz desno).....	9
Slika 4. Postupak lemljenja komponente	12
Slika 5. Idejna skica šeme uređaja.....	17
Slika 6. Kreiranje novog projekta.....	18
Slika 7. Odabir tipa, naziva i lokacije projekta.	18
Slika 8. Prikaz novokreiranog projekta, u kome se još uvek ne nalaze projektni fajlovi	19
Slika 9. Kreiranje shematic editora	20
Slika 10. Snimanje Shematic fajla: desni klik na ikonicu schDoc fajla -> Save (i davanje naziva shematic fajlu)	20
Slika 11. Snimanje promena u glavnom projektnom fajlu.....	21
Slika 12. Prazna radna površina Schematic Editora	22
Slika 13. Document Options, podešavanje dimenzija radne površie, i definisanje parametara projekta... ..	23
Slika 14. Dodavanje parametara i njihovh vrednosti	23
Slika 15. Konvertovanje specijalnih stringova.....	24
Slika 16. Unošenje stringova sa =naziv_parametara i postavljanje na radnu površinu	25
Slika 17. Parametri konvertovanih stringova	25
Slika 18. Biblioteke komponenti	26
Slika 19. Postavljanje simbola konektora DB9 za serijsku komunikaciju sa računaram	28
Slika 20. Radna površina, nakon postavljanja konektora za napajanje i otpornika	28
Slika 21. Dodavanje i uklanjanje postojećih biblioteka iz projekta.....	29
Slika 22. Određivanje atributa komponente	30
Slika 23. Pinovi kućišta DIP18 (odnosno DIL18).....	31
Slika 24. “Vruć” i “Hladan” kraj pina komponente	32
Slika 25. Krajnji izgled simbola podnožja PIC mikrokontrolera	33
Slika 26. Postavljanje komponente što bliže centru	33
Slika 27. Snimanje izmena u šematik biblioteci.....	34
Slika 28. Update-ovanje već postavljene komponente na šemi	35
Slika 29. Postavljanje nacrtane komponente na radnu površinu Schematic Editora.....	35
Slika 30. Radna površina nakon postavljanja komponenti (levo) i nakon anotacije (desno).....	36
Slika 31. Automatska anotacija.....	36
Slika 32. Opcija za automatsko poravnanje niza selektovanih komponenti	37
Slika 33. Postavljanje Grid-a	38
Slika 34. Korišćenje alata za ožičavanje.....	39
Slika 35. “Any Angle” povezivanje	40
Slika 36. Povezivanje pinova pomoću net labela	41
Slika 37. Konačni izgled šeme	41
Slika 38. Kompajliranje šematika	42
Slika 39. Aktiviranje prikaza poruka kompajlera.....	43
Slika 40. Upozorenja i greške	43
Slika 41. Rezultat uspešnog kompajliranja	44
Slika 42. NO ECR objekat.....	44
Slika 43. Označavanje Net-ova color markerom.....	45
Slika 44. Aksijalni način montaže otpornika (levo) i footprint AXIAL-0.4 (desno).....	46
Slika 45. Radijalno postavljen otpornik (levo), konektor napajanja (sredina) i footprint (desno)	46
Slika 46. Footprint konektora za serijsku komunikaciju	47
Slika 47. Dodavanje footprinta komponenti	47
Slika 48. Dodela footprinta podnožju PIC mikrokontrolera	48
Slika 49. Prikaz praznog PCB dokumenta	50
Slika 50. Promene koje se vrše pri učitavanju komponenti u PCB Editor.....	51

Slika 51. Radna površina PCB Editora nakon učitavanja komponenti.....	52
Slika 52. Podešavanje parametara vidljive mreže u PCB Editoru.....	53
Slika 53. Primer raspoređivanja futprintova po radnoj površini PCB Editora	54
Slika 54. Pravila vezana za rutiranje	55
Slika 55. Podešavanje ograničenja vezano za slojeve rutiranja	56
Slika 56. Definisiranje širine provodnih veza	57
Slika 57. Definisiranje minimalnog razmaka između objekata koji pripadaju različitim netovima	58
Slika 58. Definisiranje novog pravila unutar polja Clearance.....	59
Slika 59. Dodeljivanje parametara i naziva novog pravila	59
Slika 60. Podešavanje za prečnik vije	60
Slika 61. Dodavanje nove klase	61
Slika 62. Dodeljivanje naziva klasi	61
Slika 63. Dodeljivanje neova klasi	62
Slika 64. Klasa Dignal Class sa dodeljenim Netovima	63
Slika 65. Uputstvo za podešavanje debljine vodova po definisanim klasama koje određuju netovi.....	64
Slika 66. Izgled provodnih veza nakon automatskog rutiranja i iscrtavanja granične linije.....	65
Slika 67. Primer konflikta zbog fizičkog ukrštanja prostora nad komponentama J1 I P1	66
Slika 68. Ignorisanje problema preklapanja komponenti (samo ilustrativnog primera, NE KORSITI u praksi za ovakve vrste konflikata).....	67
Slika 69. Automatsko poravnavanje komponenti prilikom pomeranja u PCB editoru.....	68
Slika 70. Konačni izgled štampane ploče nakon dodavanja bakarnog poligona.....	69
Slika 71. Minimalna distanca polja poligona od padova komponenti i vodova.....	70
Slika 72. Električna šema uređaja	71
Slika 73. Projekat FM Predajnik, sa unetim parametrima u Schematic Editoru	72
Slika 74. Raspored i funkcije pinova integrisanog kola LM358	74
Slika 75. Opcija Search u panelu Libraries.....	75
Slika 76. Postupak pretraživanja biblioteka.....	76
Slika 77. Fizički izgled elektrolitskog kondenzatora 0.47uF/50V	77
Slika 78. Prozor sa kreiranom novom PCB bibliotekom.....	78
Slika 79. Krst koji označava koordinatni početak.....	79
Slika 80. Pomeranje koordinatnog početka.....	80
Slika 81. Provera oznaka pinova komponente u okviru Schematic Editora	81
Slika 82. Atributi Pad-a	82
Slika 83. Prebacivanje prikaza između “mil” i “mm” upotrebom prečice Q tastera na tastaturi	84
Slika 84. Konačan izgled futprinta elektrolitskog kondenzatora RB.1/2.....	86
Slika 85. Fizički izgled kondenzatora 1nF (levo) i futprint RAD-0.4C (desno)	87
Slika 86. Fizički izgled promenljivog kondenzatora	87
Slika 87. Futprint promenljivog kondenzatora VARC	87
Slika 88. Fizički izgled mikrofona (levo) i futprint EMIC (desno).....	88
Slika 89. Fizički izgled prigušnice (levo) i futprint L400 (desno)	88
Slika 90. Fizički izgled kondenzatora 10nF.....	89
Slika 91. Fizički izgled tranzistora BC108 (levo), simbol tranzistora (u sredini) i futprint TO-18 (desno)	89
Slika 92. Promena oznaka pinova simbola NP tranzistora	90
Slika 93. Prikaz i otključavanje pinova odabirom properties opcije za komponentu na Schematic Editoru	90
Slika 94. Futprintovi komponenti nakon učitavanja u PCB Editor	91
Slika 95. Pronalaženje sličnih objekata i zajednička zamena određenih parametara	92
Slika 96. Run Inspector prozor u PCB Editoru	93
Slika 97. Interactively Route Connections alat za ručno rutiranje	94
Slika 98. Odabir Bottom sloja za rutiranje.....	94
Slika 99. Konačan izgled štampane ploče uređaja	95
Slika 100. www.snapeda.com	97
Slika 101. Rezultat pretrage za komponentu LM358	97

Slika 102.	Format za alstium biblioteku	98
Slika 103.	Otpakivanje integrisane biblioteke.....	99
Slika 104.	Pokretanje otpakovane integrisane biblioteke	99
Slika 105.	Kopiranje citave komponente u clipboard.....	100
Slika 106.	Prelazak u shematsku biblioteku kreiranu u vežbi 1a.	101
Slika 107.	Ubacivanje nove komponente u biblioteku metodom kopiranja	102
Slika 108.	Dodavanje 3D tela komponenti	103
Slika 109.	Pretraga 3D STEP/STP modela	104
Slika 110.	Pregled 3D modela.....	104
Slika 111.	Parametri za odabir tipa 3D modela.....	105
Slika 112.	Rotiranje po X, Y I Z osi i određivanje ofseta visine komponente.....	106
Slika 113.	Pravilno postavljanje 3D modela na komponentu u PCB biblioteci	107
Slika 114.	DXP - >Run Script.....	109
Slika 115.	Učitavanje skripte	110
Slika 116.	Odabir na RunConvertScript	110
Slika 117.	Ubacivanje Logoa i konvertvanje	111
Slika 118.	Logo konvertovan pomoću skripte PCB Logo Creator.....	111

1. Uvod - Tehnologija Štampanih Ploča

Štampana ploča ili PCB (**Printed Circuit Board**) je ploča koja obezbeđuje mehaničku potporu i električno povezivanje komponenti koje sačinjavaju elektronski uređaj. Osnova ploče je obično napravljena od vrste fiberglasa koja ima oznaku FR4 Tg130 (kompozitni materijal sastavljen od tkanine fiberglasa i vezivnog materijala epoksidne smole). Ovaj materijal obezbeđuje krutost i ima svojstva otpornosti na toplotu i plamen. Tg130 (ili Tg140/150/155) označava parametar „*glass transition temperature*“ i odnosi se na osnovu materijala. Tipičan izgled FR4 ploče prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Izgled FR4 materijala za izradu štampane ploče

FR4 Tg150 ploče imaju bolju otpornost na plamen od osnovnih FR4 ploča sa oznakom Tg140. U posebnim slučajevima koriste se FR4 Tg155 ploče:

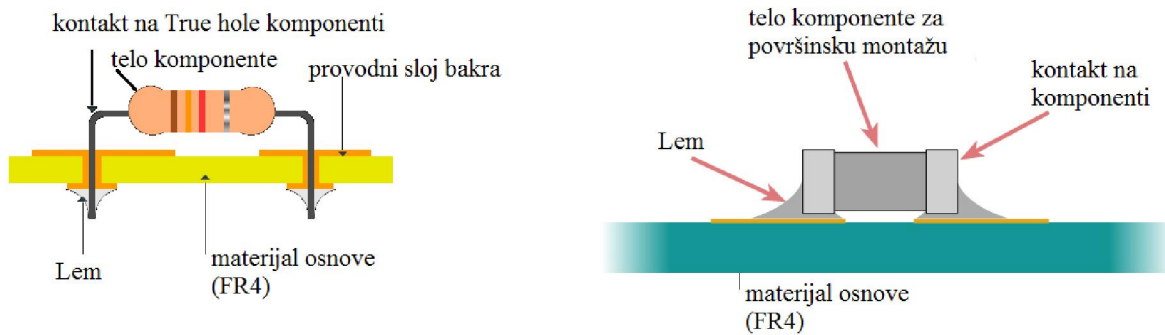
- Kada se PCB izrađuje na 4 ili 6 slojeva,
- Kada se PCB izrađuje za automobilsku ili vojnu industriju
- Kada se na PCB-u nalaze vodovi debljine svega 4 mil-a, ili kada je 15 mil-a rastojanje između vija.
- Kada PCB sadrži BGA (Ball Grid Array) komponente.

Debljine ovakvih štampanih ploča se mogu razlikovati u zavisnosti od dizajna, ali je tipična debljina 1.6 mm. Na gornjoj stranici štampane ploče nalazi se nalepljen veoma tanak sloj bakra tipično debljine 30 μm tj. 1 oz, ili 70 μm tj. 2 oz, koji omogućava da se elektronske komponente mehaničkom vezom pričvrste (zaleme) za provodni deo ploče. U zavisnosti od složenosti uređaja koji se projektuje, za njegovu realizaciju se mogu koristiti i štampane ploče koje imaju više slojeva bakra. Između dva sloja bakra obavezno mora postojati izolacioni sloj. Prema broju slojeva, štampane ploče se mogu podeliti na:

- **Jednoslojne ploče**, kod kojih je sa jedne (gornje ili donje) strane FR4 ploče nanesen tanak sloj bakra.
- **Dvoslojne ploče**, kod kojih postoji sloj bakra kako sa gornje, tako i sa donje strane.
- **Višeslojne ploče**, koje imaju “sendvič” strukturu i kod kojih postoji više provodnih bakarnih slojeva, razdvojenih izolatorskim slojevima od osnove FR4.

1.1. Podela elektronskih komponenti prema načinu montaže na PCB

Svaka komponenta koja se koristi pri realizaciji uređaja fizički je smeštena u odgovarajuće kućište. Međusobno povezivanje komponenti vrši se preko njihovih električnih izvoda (nožica, odnosno pinova). **Datasheet** je dokument koji definiše proizvođač komponente i u kojem se nalaze relevantni podaci o konkretnoj komponenti: simbol, kritični parametri komponente, kućište u koje je upakovana, fizičke dimenzije kućišta, raspored pinova na komponenti, objašnjenje koju funkciju obavlja svaki od tih pinova i sl. Poslednjih godina, poluprovodnička tehnologija je evoluirala sa povećanom potražnjom za većom funkcionalnošću, manjom veličinom i dodatnom korisnošću. Savremeni dizajn PCB-a ima dve glavne metode za montiranje komponenta na PCB: montiranje kroz rupe (Trough hole) i površinsko montiranje (Surface Mounting), kao što prikazuje Slika 2.



Slika 2. Izgled komponenti koje se montiraju kroz rupe (prikaz levo) i komponenti koje se montiraju površinski (prikaz desno)

1.1.1. Komponente koje se montiraju kroz rupe (Trough hole)

Montaža kroz rupe (Trough hole) je postupak kojim se pinovi komponenta postavljaju u izbušene rupe na PCB-u. Proces je bio uobičajena praksa sve do uspona tehnologije površinskog montiranja (SMT) 1980-ih.

Komponente kroz rupe i dalje se koriste za proizvode visoke pouzdanosti koji zahtevaju čvršće veze između slojeva. Dok su SMT komponente osigurane samo lemljenjem na površini ploče, montaža kroz rupe omogućava komponentama da izdrže veći stres okoline. Zbog toga se ovakva tehnologija često koristi u vojnim i vazduhoplovnim proizvodima koji mogu doživeti ekstremna ubrzanja, sudare ili visoke temperature. Takođe je korisna u aplikacijama za testiranje i izradu prototipova koje ponekad zahtevaju ručna podešavanja i razlemljavanje prilikom zamene.

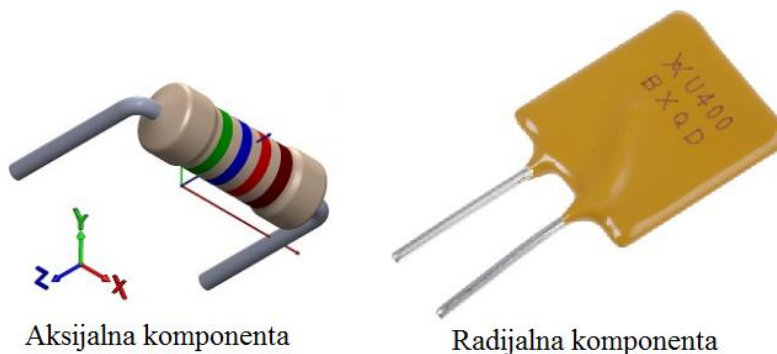
1.1.1.1. Aksijalne i radijalne Trough hole komponente

Postoje dve vrste komponenta koje se montiraju kroz rupe: aksijalne i radijalne. Aksijalne nožice prolaze kroz komponentu u pravoj liniji („aksijalno“), pri čemu svaki kraj olovne žice izlazi iz komponente na oba kraja. Oba kraja se zatim provlače kroz dve odvojene rupe na ploči, omogućavajući komponenti da se bliže, ravnije uklopi. Sa druge strane, kod radijalnih komponenti su izvodi smešteni na jednoj strani komponente.

Oba tipa komponenta kroz rupe su "dvostruke" olovne komponente i obe imaju svoje posebne prednosti.

Dok se aksijalne olovne komponente koriste zbog čvrstoće na ploči, radijalne komponente zauzimaju manje površine, što ih čini boljim za ploče velike gustine. Generalno, konfiguracija aksijalne komponente može biti u obliku ugljeničnog otpornika, elektrolitskih kondenzatora,

osigurača itd. Primer komponente radijalnog tipa su kondenzatori sa keramičkim diskom, diode koje emituju svetlost (LED). Na Slici 3 su prikazane aksijalna i radijalna komponenta.



Slika 3. Primer aksijalne komponente (prikaz levo) i radijalne komponente (prikaz desno)

Prednosti: Trough hole tehnologija pruža jače mehaničke veze od SMT-a, čineći je idealnom za komponente koje mogu pretrpeti mehaničko naprezanje, poput konektora ili transformatora. Takođe su dobre za test i izradu prototipova.

Mane: Zahteva se bušenje rupa, što je skupo i dugotrajno. Takođe ograničava se dostupno područje rutiranja na bilo kojoj višeslojnoj ploči, jer izbušene rupe moraju da prođu kroz sve slojeve PCB-a. Dalje, Trough Hole montaža zahteva upotrebu tehnika selektivnog ili ručnog lemljenja, koje su mnogo manje pouzdane i ponovljive od reflow rerni koje se koriste za površinsko postavljanje. Najviše od svega, tehnologija zahteva lemljenje sa obe strane ploče, za razliku od površinskih nosača, koji - uglavnom - zahtevaju interakciju na jednoj strani ploče.

1.1.2. Komponente koje se montiraju površinski (Surface mount)

Surface-Mounting Technology (SMT) je tehnologija kod koje se komponente montiraju direktno na površinu PCB-a. Prvobitno poznata kao „planarno montiranje“, metoda je razvijena 1960-ih, a sve popularnija od 1980-ih. Danas se gotovo sav elektronski hardver proizvodi pomoću SMT-a. Ključne razlike između SMT i montaže kroz rupe su: (a) SMT ne zahteva bušenje rupa kroz PCB, (b) SMT komponente su mnogo manje i (c) SMT komponente mogu se lakše montirati.

Označavanje:

SMA (sklop za površinsko montiranje) - sklop ili modul sastavljen pomoću SMT-a.

SMC (komponente za površinsku montažu) - komponente za SMT.

SMD (uređaji za površinsku montažu) - aktivne, pasivne i elektromehaničke komponente.

SME (oprema za površinsku montažu) - mašine koje se koriste za SMT.

SMP (paketi za površinsko montiranje) - oblici SMD kućišta.

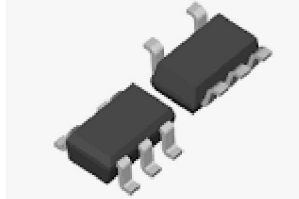
SMT (površinska tehnologija) - način sklapanja i montiranja ove elektronske tehnologije.

Budući da su uređaji za površinsku montažu (SMD) u ekspanziji i da se ova tehnologija neprestano širi, potpuno pokrivanje ove klasifikacije je gotovo nemoguće, ali neke tipove je veoma važno poznavati:

MELF (Metal Electrode Face Bonded): Sastoje se od dva terminala vezana za cilindrično telo, ove SMD komponente su jeftinije od ravnih čipova, ali zahtevaju posebnu pažnju tokom montaže. Štaviše, jedan od njihovih najvećih nedostataka je njihova tendencija da se kotrljaju po leznoj podlozi tokom lemljenja. Uopšteno govoreći, dolaze u obliku dioda, otpornika i kondenzatora.



SOT tranzistori i diode:

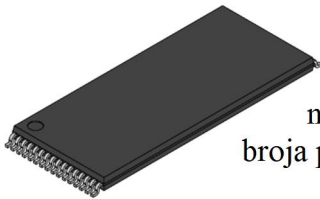


Obično su pravougaone i lako ih je postaviti, mada su pomalo zastareli. Najčešći SOT-ovi su SOT 23, SOT 89, SOT 143 i SOT 223. Najčešće pakovanje je traka i kolut.

Integralna kola (IC):



SOIC (Integralna kola malog obima) - Ovo su dobre SMT alternative dualnom linijskom paketu (DIP), zbog njihove dramatično smanjene veličine. Generalno, zauzimaju 30 - 50% manje prostora i 70% manje debljine od prosečnog DIP-a.



TSOP (Thin Small Outline Package) – obično su namenjeni za smeštaj velikih silicijumskih čipova u paketima velike gustine (RAM-ovi ili IC memorije fleš memorije), uglavnom zbog njihovog malog obima / velikog broja pinova.



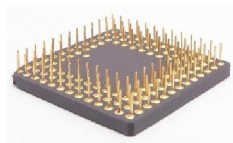
Quad Flat Pack (QFN) - su paketi sa velikim brojem pinova (44 - 304). Postoji mnogo vrsta QFN pakovanja i oni su jedan od najčešćih IC-a za površinsko montiranje.



PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) - veze se ostvaruju na sve četiri ivice kvadratnog pakovanja sa relativno velikim brojem pinova. PLCC mogu imati otprilike 18 - 100 nožica. Mnogi od njih se mogu uklopiti u IC utičnice (sockete) i mogu se lako zameniti na terenu. PLCC su odavno popularna opcija.



LCC (Lead-less Chip Carrier) - Da se ne bi pomešao sa PLCC, LCC nemaju klasične nožice. Umesto toga, LCC se leme direktno na PCB pomoću njihovih (kastelacionih) lemnih pločica. Obično su dizajnirani za Mil Spec, jer su bez oštećenja prilično „robustni“. LCC su odlični za primenu na visokim temperaturama i u vazduhoplovstvu.



PGA (Niz rešetkastih mreža) su obično kvadratni ili pravougaoni, sa pinovima (iglicama) raspoređenim ispod paketa. Dizajn je imao veliki uticaj na sada sveprisutni BGA. Procesori se najčešće nalaze u ovakvim kućištima.



BGA (Ball Grid Array) su možda jedan od SMT paketa sa najboljim performansama koji se danas koriste, zbog svoje velike gustine. BGA je nastao po uzoru na PGA-a, ali umesto pinova ima lemljene kuglice koje se mogu postaviti direktno na PCB. Zbog velike gustine, BGA se obično koriste za smeštaj mikroprocesora.

Prednosti: SMT omogućava manju veličinu PCB-a, veću gustinu komponentata i više slobodnog prostora za rutiranje. Budući da nije potrebno bušiti dodatne rupe, SMT omogućava niže troškove i kraće vreme proizvodnje. Tokom montaže, SMT komponente mogu se postaviti brzinom od hiljade - čak i desetine hiljada komponenti na sat, u poređenju sa manje od hiljadu za Truough hole komponente. Formiranje lemnih čvorova je ponovljivije korišćenjem programiranih reflow peći u odnosu na Truough hole tehnike.

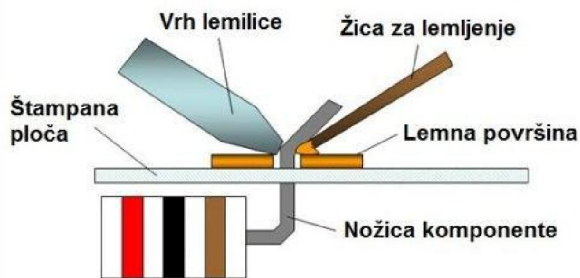
Mane: SMT može biti nepouzdan kada se koristi kao jedini način pričvršćivanja komponentata podložnih mehaničkom naprezanju (tj. Spoljni uređaji koji su često pričvršćeni ili odvojeni).

Površinska montaža će se gotovo uvek pokazati efikasnijom i isplativijom od montaže kroz rupe. Danas se koristi u više od 90 procenata PCBa. Međutim, posebna mehanička, električna i termička razmatranja i dalje će zahtevati Truough hole montažu, održavajući ga relevantnim i u budućnosti.

1.2.Pričvršćivanje komponenti na ploču (Postupak lemljenja)

Lemljenje je postupak kojim se istovremeno ostvaruju električni kontakt i čvrst mehanički spoj između pinova komponente i lemnih površina (engl. **pad**), koje pripadaju bakarnom sloju na površini ploče. U tu svrhu se koristi metal sa nižom temperaturom topljenja u odnosu na metale koji se ovim postupkom spajaju. Ranije je najčešće u tu svrhu korišćena legura koja sadrži oko 60% kalaja (Sn) i 40% olova (Pb), ali je zbog štetnosti po okolinu prilikom isparavanja olova ovaj sastav uglavnom zamenjen sastavom gde preovladava kalaj (Sn) sa 99%. Trend je da se sledi RoHS direktiva, koja nalaže korišćenje lemnih legura bez olova iz ekoloških razloga. Nakon postavljanja komponente na ploču, lemna površina i nožica komponente se zagrevaju vrhom lemilice, uz prislanjanje žice koja sadrži lemnu leguru. Pri tome se legura topi i fizički oblaže

nožicu komponente i lemnu površinu. Nakon toga se lemilica udaljava, a ohlađena lemnna legura ostvaruje željenu električnu i mehaničku vezu. Postupak lemljenja prikazan je na Slici 4.



Slika 4. Postupak lemljenja komponente

1.2.1. Ostvarivanje kontakta između različitih slojeva na štampanoj ploči

Električne veze između nožica komponenti montiranih na štampanu ploču, odnosno njihovih lemnih površina, ostvaruju se pomoću provodnih traka (linija) koje su izvedene u sloju bakra na površini ploče. Postupak povezivanja komponenti provodnim linijama poznat je još i kao **rutiranje**. Višak bakra koji ne pripada provodnim trakama i lemnim površinama se uklanja odgovarajućim fizičkim ili hemijskim postupkom. Pošto su kod višeslojnih ploča slojevi bakra međusobno razdvojeni izolacionim slojem, u slučaju kada je potrebno ostvariti električni spoj između provodnih traka koje pripadaju različitim slojevima, spoj se ostvaruje korišćenjem **vija** (slika 3). Vija je otvor koji prolazi kroz jedan ili više slojeva ploče i koji je obložen provodnim materijalom, u postupku koji se naziva **metalizacija**. Na slojevima koji su spojeni na ovaj način postoje još i bakarne površine koje okružuju viju, na sličan način kao što je to slučaj sa lemnim površinama kod through-hole komponenti.



Slika 3. Tipovi vija: "Through-hole"(1), "Slepa"(2), "Ukopana"(3). Nprovodni slojevi su predstavljani zelenom i sivom, a provodni narandžastom i crvenom bojom.

1.2.2. Kratke smernice i pravila vezana za projektovanje čtampane ploče

Pri projektovanju štampane ploče treba voditi računa o tome da budu ispunjeni sledeći zahtevi:

- Poželjno je da razmeštaj komponenti po površini ploče bude takav da se približno poklapa sa rasporedom komponenti na šematiku. Dobrim rasporedom smanjuje se površina ploče i skraćuje se dužina linija, što smanjuje parazitne otpornosti i kapacitivnosti linija, poboljšava imunost uređaja na smetnje.
- Takođe, treba voditi računa o tome da međusobna orijentacija komponenti bude takva da je broj ukrštanja mežu provodnim linijama minimizovan. To je važno ne samo zbog mogućnosti “preslušavanja”, nego zbog toga što olakšava rutiranje u istoj ravni, čime se smanjuje broj slojeva potrebnih za rutiranje. Razlika u ceni između jednoslojne, dvoslojne i višeslojne ploče je prilično značajan faktor, tako da se uvek teži ka realizaciji ploče korišćenjem minimalnog mogućeg broja slojeva, a da pri tom ne budu ugrožene performanse uređaja.
- Ukupna površina ploče treba da bude što manja. Firme koje izrađuju ploče obično naplaćuju svoje usluge po jedinici površine, tako da je ekonomska motivacija očigledna, pogotovo kada su u pitanju veće serije. Naravno, pri smanjivanju dimenzija se prirodno nameću ograničenja diktirana dimenzijama samih komponenti, kao i izvodljivošću rutiranja u željenom broju slojeva.
- Fizički razmeštaj komponenti može biti diktiran i prirodom samog uređaja. Tipičan primer za ovo su uređaji koji sadrže RF komponente, kod kojih je potrebno strikno pridržavanje preporukama proizvođača komponenti, kako bi bile postignute optimalne performanse po pitanju dometa emitovanja predajnika i/ili osetljivosti prijemnika. Takođe, u pojedinim uređajima u kojima se koriste komponente energetske elektronike kroz koje protiču značajnije struje, potrebno je takve komponente što više razdvojiti (ili čak galvanski izolovati) od kontrolne logike koja može biti osetljiva na smetnje koje ove komponente generišu. Takođe, pri povezivanju ovakvih komponenti, preporučljivo je koristiti deblje linije koje samim tim imaju manju podužnu otpornost, koja u ovakvim slučajevima može doći do izražaja.

1.3.Ciklus razvoja elektronskog uređaja

U ovom kursu će biti opisani osnovni koraci u razvoju elektronskog uređaja, sa akcentom na proces projektovanja štampane ploče, upotrebom softverskog paketa **Altium Designer v.17**.

Prvi korak podrazumeva crtanje električne šeme uređaja, tako da njegova funkcionalnost zadovoljava zadatu specifikaciju.

U toku crtanja šeme, vrši se izbor konkretnih komponenti koje će sačinjavati kolo po kriterijumu njihovih kataloških karakteristika, cene, dostupnosti na tržištu i sl.

Pre nego što se pređe na fizičku realizaciju, poželjno je proveriti funkcionalnost koncepta izradom i testiranjem prototipa (npr. korišćenjem protoborda), ili simulacijom u nekom od za to predviđenih softverskih alata. Tokom ovog koraka se modifikuje šema tako da eventualno uočene greške i

propusti budu prevaziđeni ukoliko je to moguće, u suprotnom je potrebna promena koncepta samog uređaja.

Imajući u vidu fizičke dimenzije i raspored nožica komponenti, pristupa se projektovanju štampane ploče. Ranije se ovaj postupak obavljao ručno, a u današnje vreme je to sofisticirano upotrebom softverskog CAD alata, **Altium Designer-a**. Pri tome je potrebno pridržavati se gore navedenih smernica.

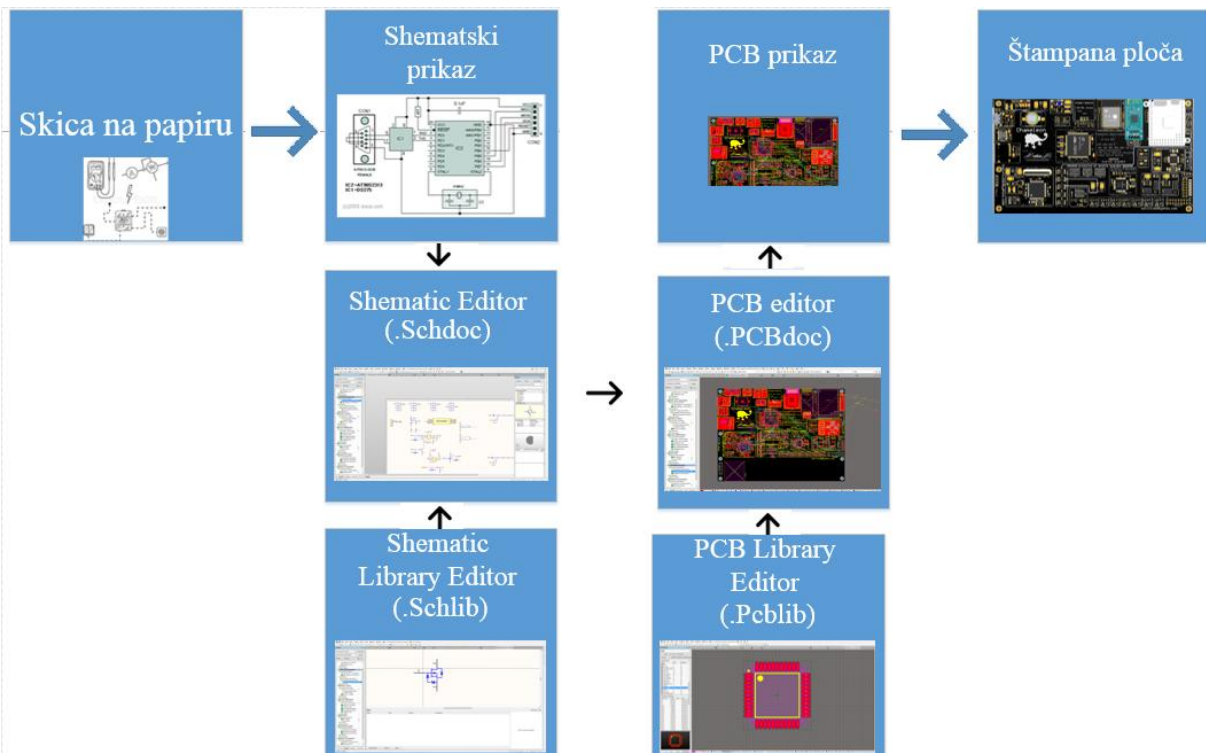
Kada je završeno sa projektovanjem štampane ploče, pristupa se postupku njene izrade, korišćenjem odgovarajućih fizičkih i/ili hemijskih metoda, ili angažovanjem firme koja se bavi izradom štampanih ploča.

Na izrađenu ploču se postavljaju i leme komponente, a potom se pristupa testiranju gotovog uređaja. Kada je utvrđena željena funkcionalnost, uređaj je spreman za montažu u odgovarajuće zaštitno kućište i upotrebu.

2. Rad u programskom paketu: Altium Designer

Programski paket *Protel* nastao je sredinom devedesetih godina XX veka kao jedan od prvih programskih paketa za dizajn i izradu štampanih pločica. Na svom početku postojanja nije imao izgled kakav danas poseduje, niti se pojavio pod imenom koji danas ima. U početku su postojala dva odvojena programa od kojih je jedan bio za izradu šema električnih kola (Schematic Editor), a drugi za prenos tih šema i izradu u tzv. PCB oblik (PCB Editor). U sledećoj verziji nazvanoj **Protel**, firma *Altium* objedinjuje ta dva programa u jedan programski paket koji predstavlja jedinstveni alat za projektovanje štampanih ploča, od šeme do finalnog izgleda ploče. Aktuelna verzija softvera pod nazivom **Altium Designer** predstavlja jedan u potpunosti zaokružen programski alat namenjen projektovanju, dizajnu, simulaciji i izradi štampanih pločica zajedno sa velikim brojem biblioteka elemenata koji se koriste u tom cilju kao i više nego funkcionalnim interfejsom za rukovanje procesom koji omogućava vrlo pregledan i brz pristup svim važnijim funkcijama u programu. U okviru softverskog okruženja Altium Designer postoji više manjih potprograma, od kojih će ovde akcenat biti na sledećim:

- **Schematic Library Editor** omogućava kreiranje korisničkih biblioteka komponenti, koje će kasnije biti upotrebljavane u projektima.
- **Schematic Editor** omogućava crtanje šeme uređaja, korišćenjem komponenti koje su definisane u postojećim bibliotekama komponenti i njihovim međusobnim povezivanjem.
- **PCB Library Editor** omogućava kreiranje korisničkih biblioteka futprintova (otisaka) komponenti koje je potrebno postaviti na štampanu ploču
- **PCB Editor** je program u kojem se definiše fizički izgled štampane ploče raspoređivanjem futprintova komponenti i njihovim povezivanjem provodnim vezama.



Slika 4. Proces projektovanja štampane ploče korišćenjem Altium Designer-a

Proces projektovanja štampane ploče korišćenjem Altium Designer-a ilustrovan je dijagramom na Slici 4 i biće detaljnije objašnjen kroz primere u Vežbama 1 i 2.

2.1. VEŽBA 1 a) Električna šema PIC programator-a u Schematic Editoru

Cilj vežbe 1 (i vežbe 2) je da postupno prikaže rad u softverskom paketu Altium Designer, od kreiranja projekta do eksportovanja gerber fajlova, koji se koriste za fabrikaciju štampanih ploča. Najpre će biti objašnjeno kreiranje novog dokumenta u schematic editor-u, kao i dokumenta u Schematic bibliotekama, zatim uključivanje već postojećih biblioteka u novi projekat, čime će biti omogućeno crtanje shematskih simbola i kreiranje šeme uređaja. Nakon uspešne realizacije šeme, biće objašnjeno dodavanje/crtanje futprinta za svaku komponentu na šemi, a zatim eksportovanje komponenti na PCB kao rutiranje same štampane ploče.

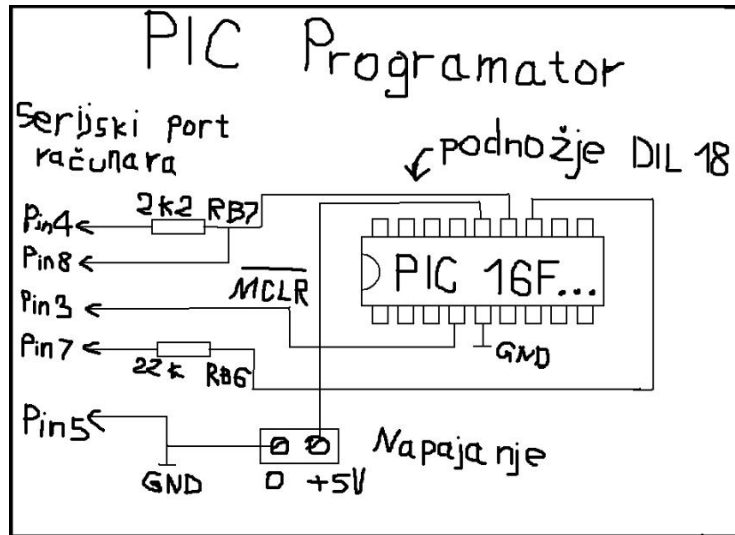
2.1.1. Opis projekta PIC programator

Prvi projektni zadatak će biti kreiranje štampane ploče (odnosno PCB-a) programatora za PIC mikrokontrolera. Cilj je omogućiti programiranje najpopularnijih tipova jeftinih i moćnih kontrolera proizvođača *Microchip*, koji pokrivaju serije PIC12F, PIC16F, PIC24F, DSPIC30F itd. (<http://www.ke4nyv.com/picprojects.htm>). Šema ovog projekta se sastoji od svega nekoliko elemenata, podnožja mikrokontrolera, konektora za bateriju, dva otpornika i ugradnog DB9 konektora. Sve komponente korišćene u ovom projektu su Through hole tipa, odnosno montiraju se na ploču provlačenjem kroz rupe.

Princip rada ovog programatora je sledeći: PIC mikrokontroler koji želimo isprogramirati stavimo u 18-pinsko podnožje na pločici. Pločica je serijskim portom povezana sa računarom na kome se nalazi softver namenjen za programiranje mikrokontrolera tj. pločica je isprojektovana da predstavlja interfejs između mikrokontrolera i serijskog porta računara. Nakon programiranja, mikrokontroler se uklanja sa pločice programatora i postavlja u podnožje njegovog originalnog kola. U nastavku će biti opisani osnovni koraci u projektovanju štampane ploče ovog uređaja, korišćenjem softverskog paketa Altium Designer.

2.1.2. Idejna skica električne šeme na papiru

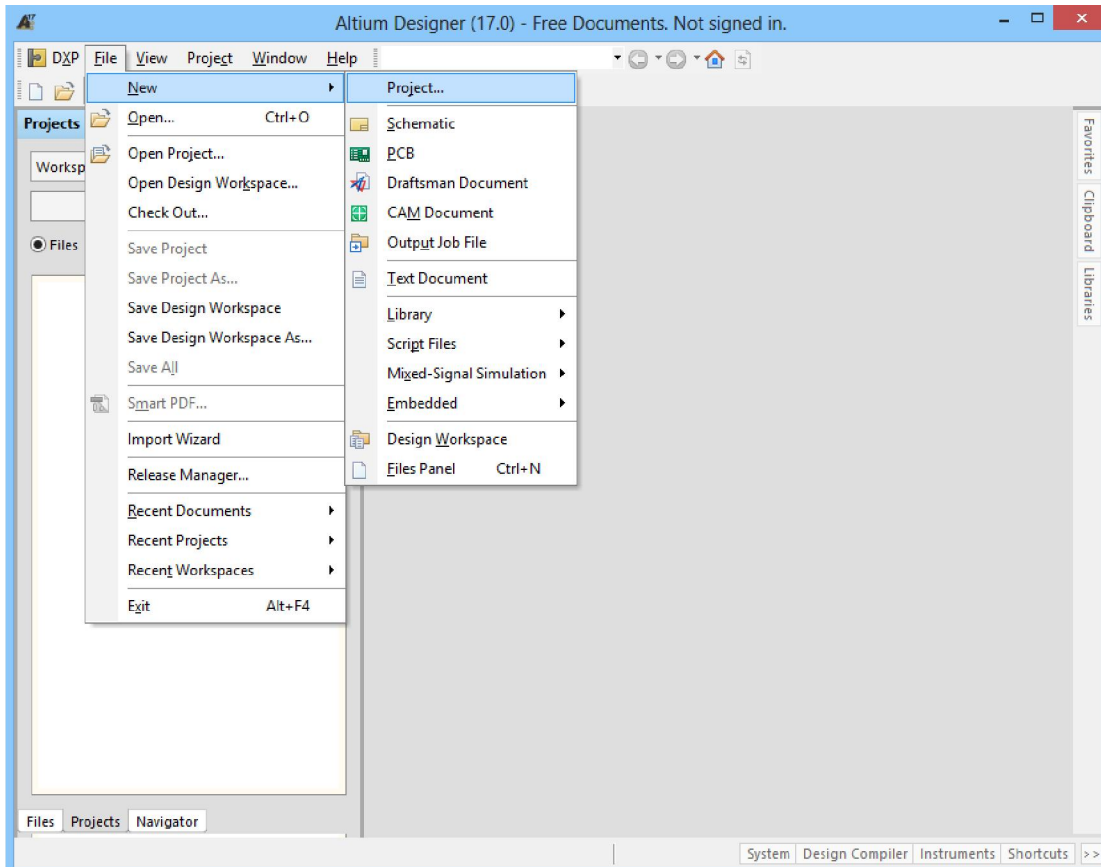
Kao i obično, sve počinje nacrtanom skicom uređaja na papiru, Slika 5. Na osnovu ove ilustrovane šeme potrebno je projektovati štampanu ploču. Otpornici RB6 i RB7 imaju vrednosti 22k i 2k2, respektivno, i futprint AXIAL-0.3, podnožje mikrokontrolera je DIP-18, a futprint DB9 konektora je DSUB1.385-2H9, dok je futprint konektora baterije HDR1X2.



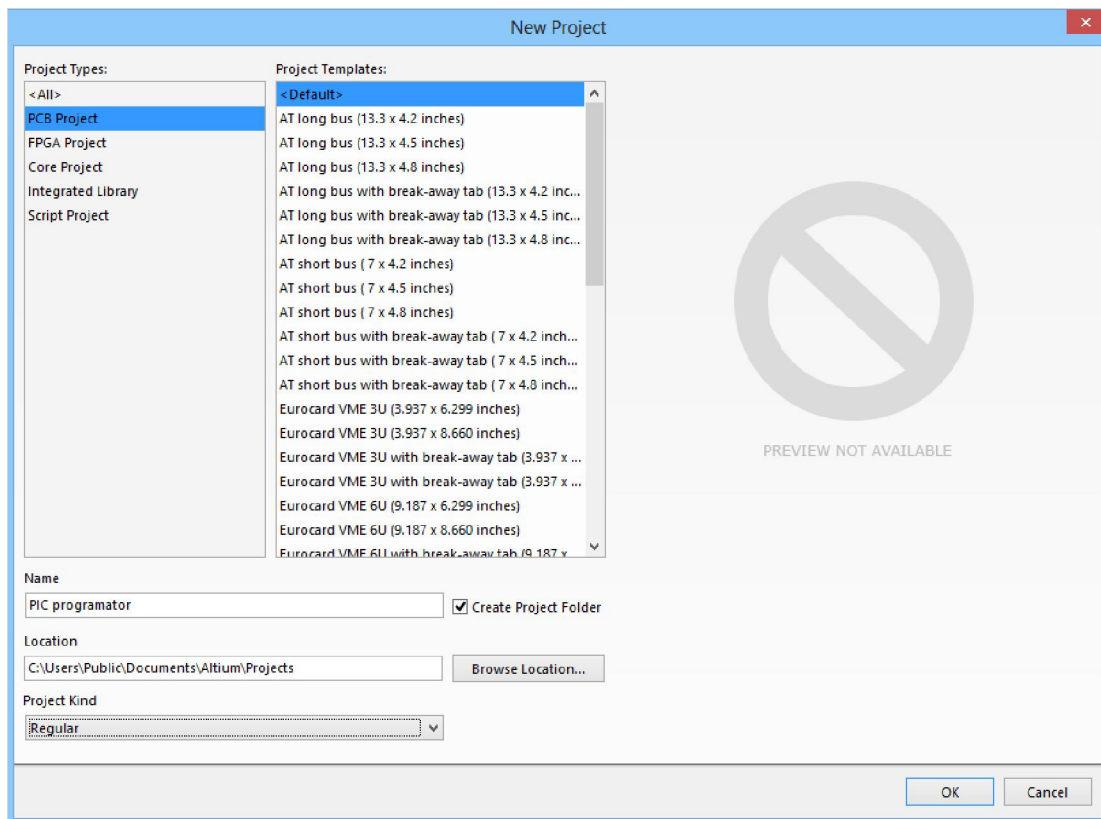
Slika 5. Idejna skica šeme uređaja

2.1.3. Pokretanje Altium Designer-a i kreiranje novog projekta

Kada se kreće sa postupkom projektovanja PCB-a, prvi korak je pokretanje programskog okruženja Altium Designer pomoću prečice na desktopu, ili preko start menija (ikonica sa nazivom *Altium Designer.exe*). Nakon toga potrebno je kreirati novi projekat, u kojem će biti objedinjeni svi fajlovi koji će biti kreirani tokom postupka projektovanja. Postupak kreiranja novog PCB projekta pomoću opcije **File -> New -> Project** prikazan je na Slici 6. Nakon toga, otvoriće se novi prozor u kome treba odabrati tip projekta (PCB), dati naziv projektu (PIC programator) i snimiti projekat na željenu lokaciju odabirom *browse location*, kao što je prikazano na Slici 7. Polje **project template** postaviti na *Default*. Preporučljivo je svaki novi projekat snimati u zaseban, za tu priliku kreiran folder na hard disku, kako bi bilo izbegnuto pravljenje „nereda“ nagomilavanjem fajlova koji pripadaju različitim projektima u istom folderu. U ovom slučaju, projektu će biti dodeljen naziv „PIC programator“ i biće snimljen u projektnom direktorijumu, pod nazivom **PIC programator.PrjPcb** (ekstenzija glavnog projektog fajla je **“.PrjPcb“**).

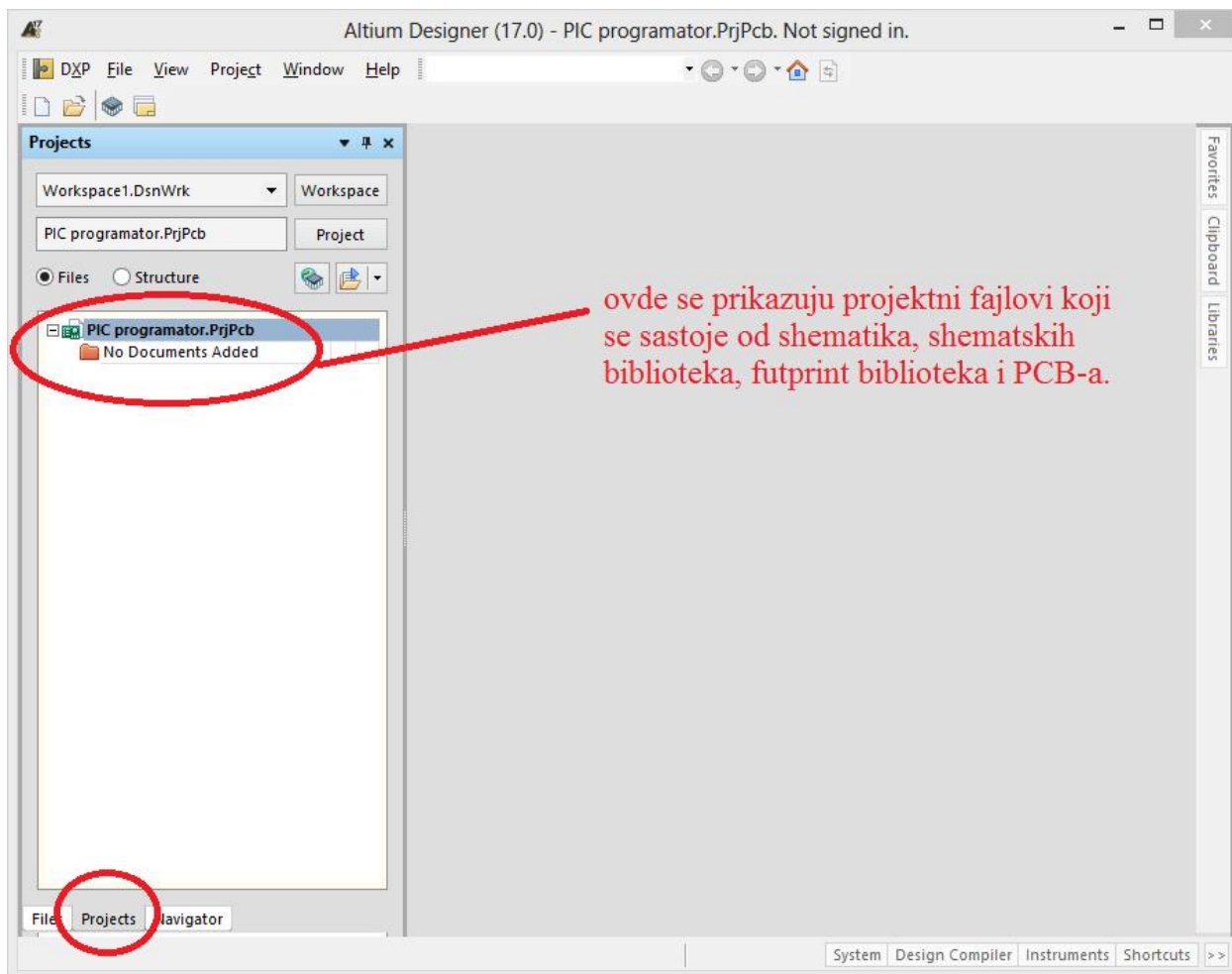


Slika 6. Kreiranje novog projekta



Slika 7. Odabir tipa, naziva i lokacije projekta.

Nakon uspešnog kreiranja projekta, otvoriće se prazan radni prostor, kao i *workspace panel* u kome se vidi da je kreiran novi glavni projektni fajl sa ekstenzijom “.PrjPcb”. Svi projektni fajlovi koji budu naknadno kreirani unutar ovog projekta (a ovi fajlovi mogu biti Schematic fajlovi sa ekstenzijom .SchDoc, schematic library fajlovi sa ekstenzijom .Schlib, PCB library fajlovi sa ekstenzijom .PCBLib, i PCB fajlovi sa ekstenzijom .PCBDoc) biće prikazani u ovom workspace panelu pod karticom *Projects*, kao što je označeno na Slici 8.



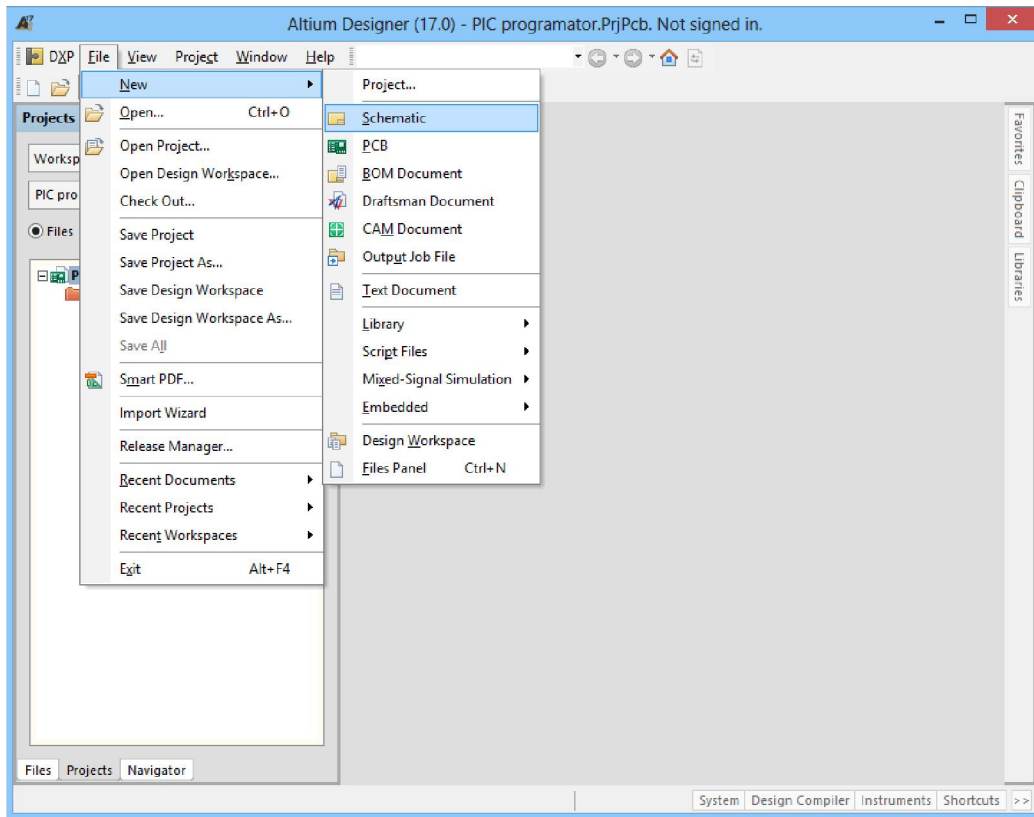
Slika 8. Prikaz novokreiranog projekta, u kome se još uvek ne nalaze projektni fajlovi

2.1.4. Kreiranje novog dokumenta u Schematic Editoru

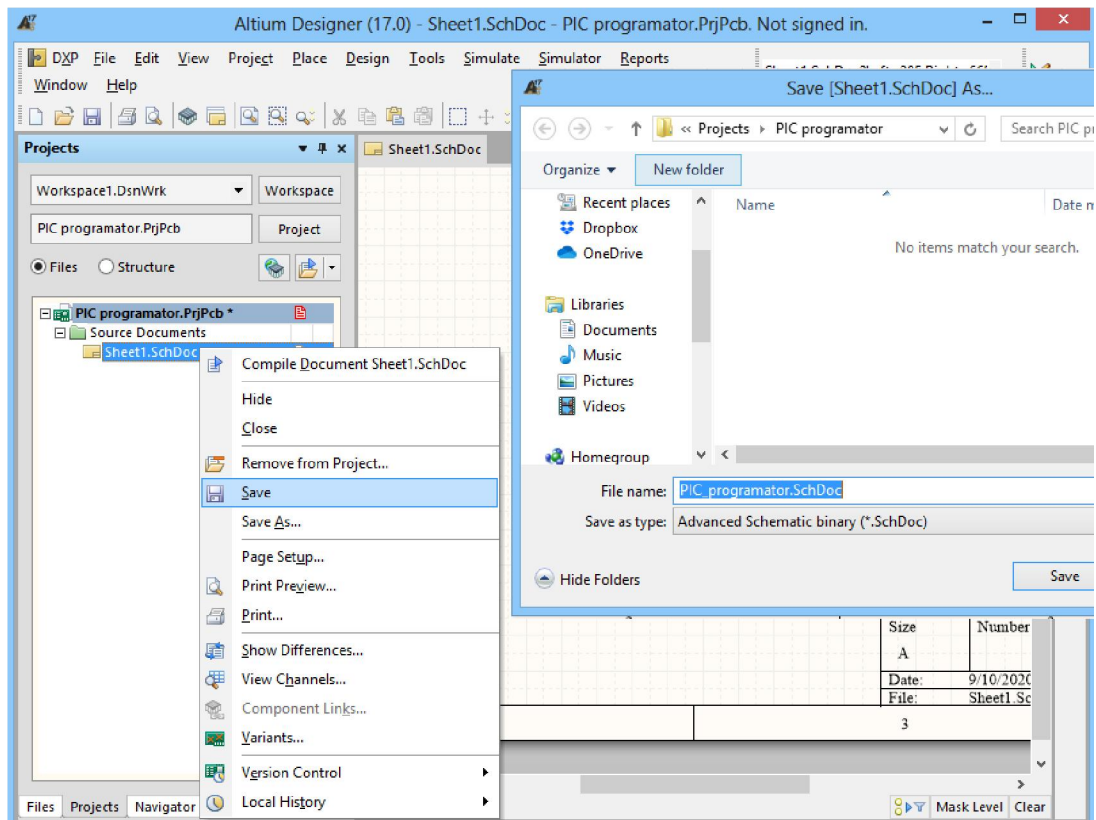
Nakon što je kreiran prazan projekat, u njega je potrebno dodati nov Schematic dokument, u kojem će biti nacrtana električna šema uređaja. Redosled koraka je sledeći:

Opcijom **File -> New -> Schematic** dodajemo u projekat nov Schematic fajl nazvan **Sheet1.SchDoc (Slika 9)**.

Na Slici 10 je prikazano kako se ovaj schdoc fajl snima (desni klik na ikonicu Schematic-a i odabir *Save*) i time se ovaj fajl uvrštava u projekat.

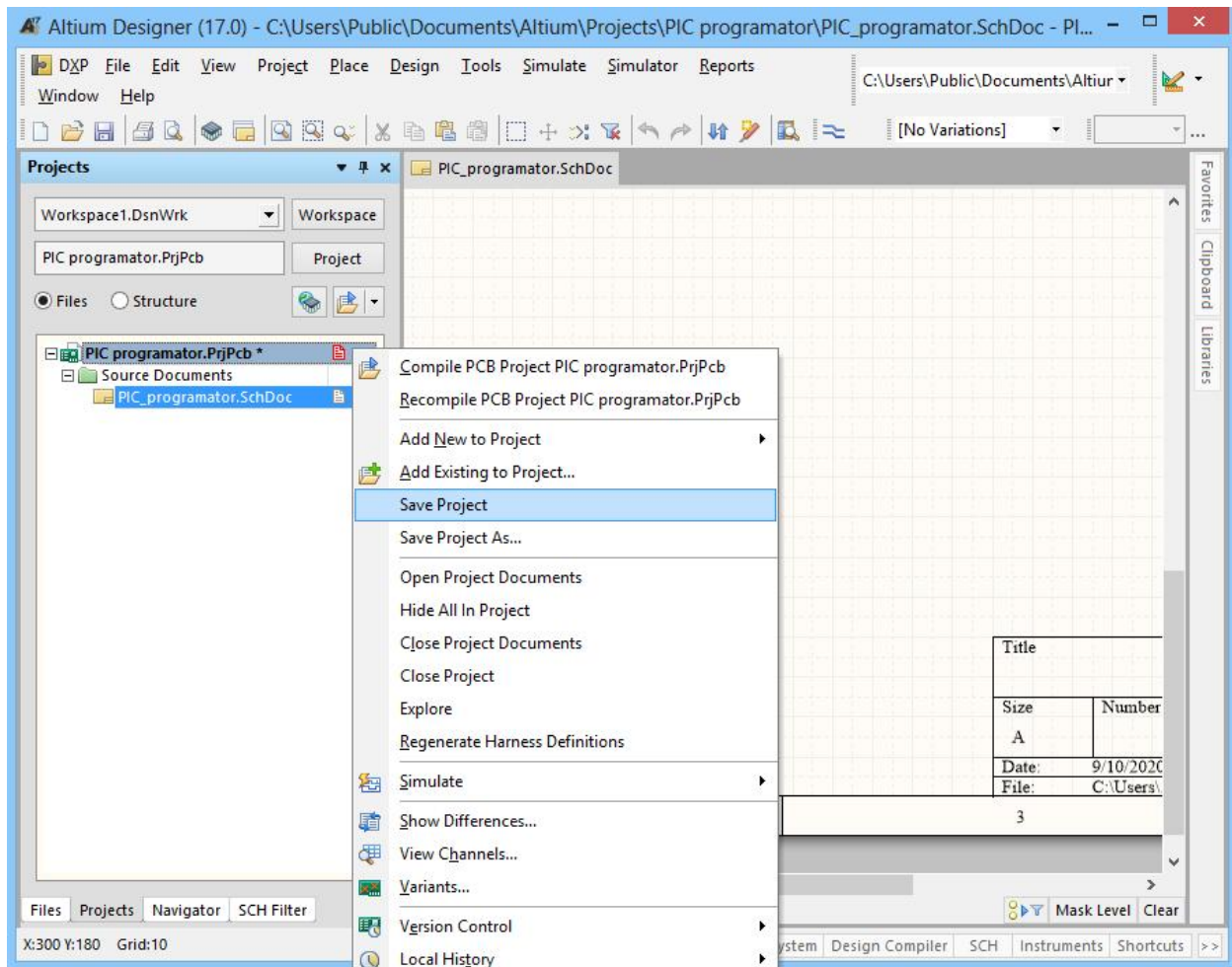


Slika 9. Kreiranje shematic editora



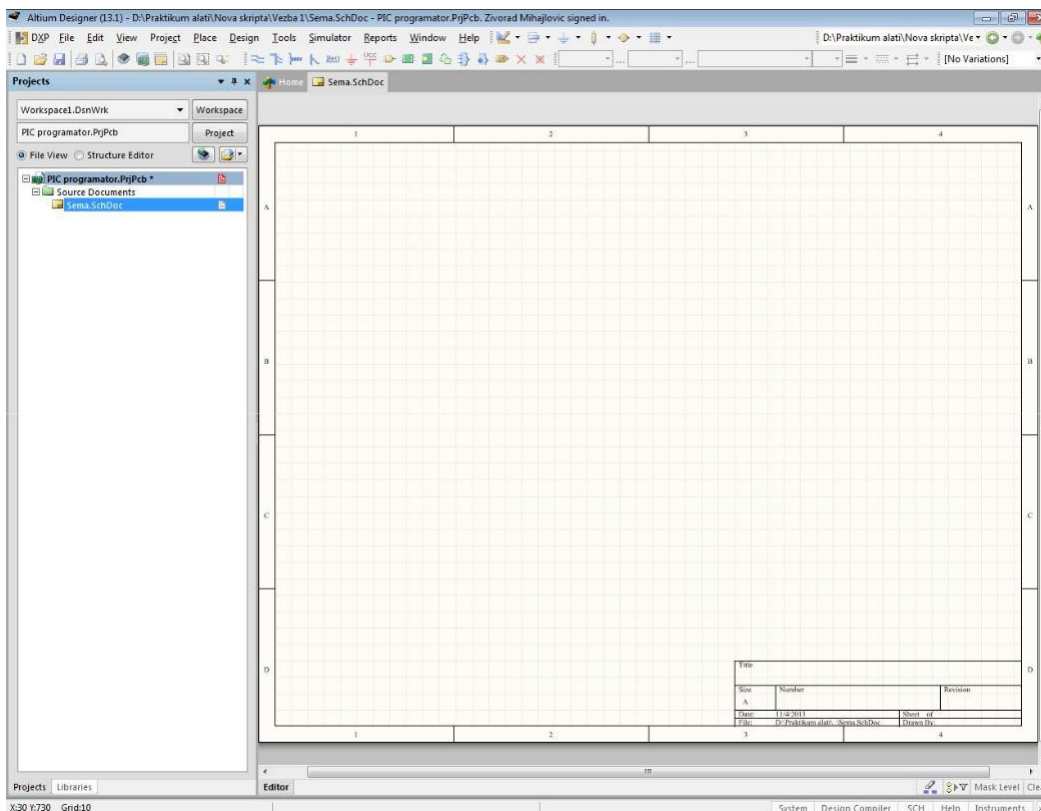
Slika 10. Snimanje Shematic fajla: desni klik na ikonicu schDoc fajla -> Save (i davanje naziva shematic fajlu)

Nakon dodavanja praznog schematic fajla u projekat, neophodno je snimiti promene u projektni fajl (crveni indikator i simbol * se nalaze pored projektnog “.PrjPcb” fajla). Postupak snimanja prikazan je na Slici 11. Desni klik na ikonicu “.PrjPcb” fajla i odabir na *Save Project*.



Slika 11. Snimanje promena u glavnom projektnom fajlu

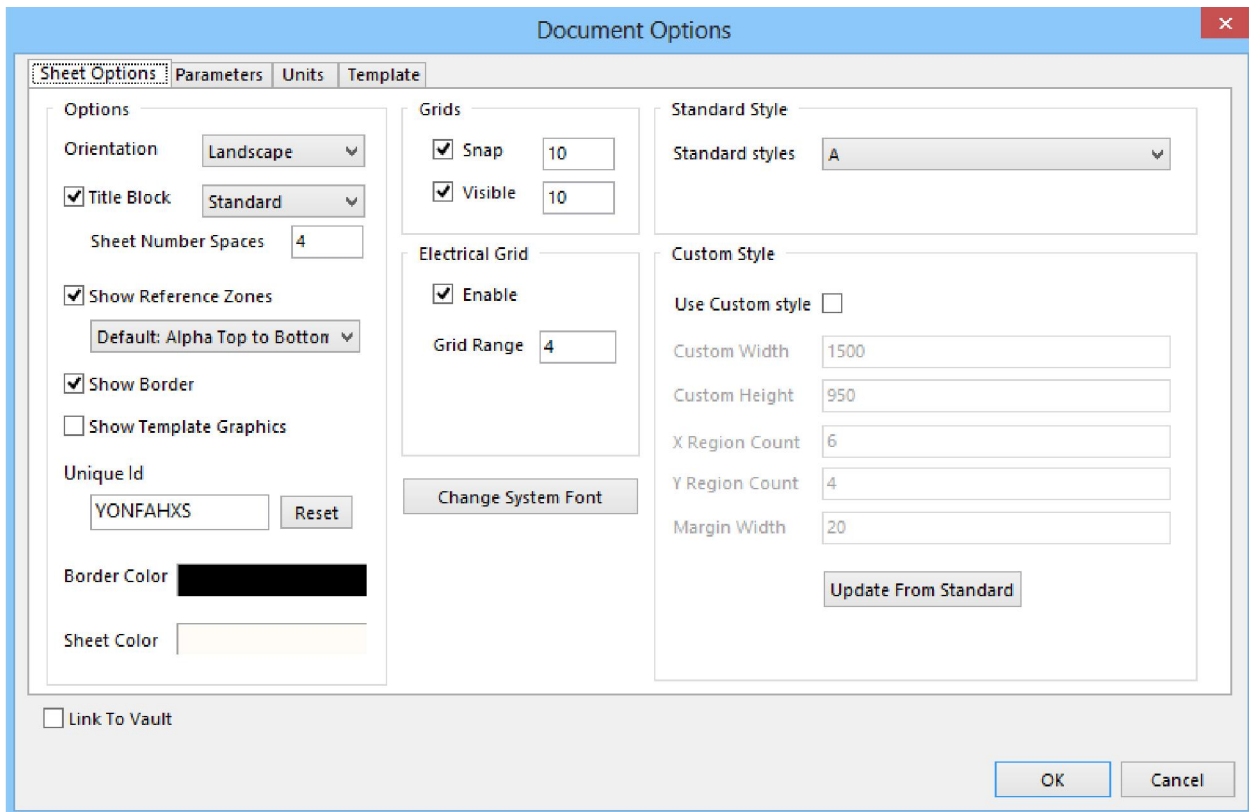
Nakon ovih koraka, prozor je prikazan na Slici 12. Veći deo ekrana zauzima prazna radna površina Schematic Editora, na kojoj će biti nacrtana šema uređaja. Sa leve strane se vidi panel **Projects** u kojem se vidi koji projekti su trenutno otvoreni, zajedno sa hijerarhijom fajlova koji mu pripadaju. Takođe, označeno je koji fajl je trenutno aktivan (u ovom slučaju Sema.SchDoc). Zumiranje i odzumiranje pregleda u okviru glavnog prozora vrši se pritiskom na tastere *Page Up* i *Page Down*, ili zadržavanjem klika na *Scroll tasteru miša* i pokretom miša gore-dole.



Slika 12. Prazna radna površina Schematic Editora

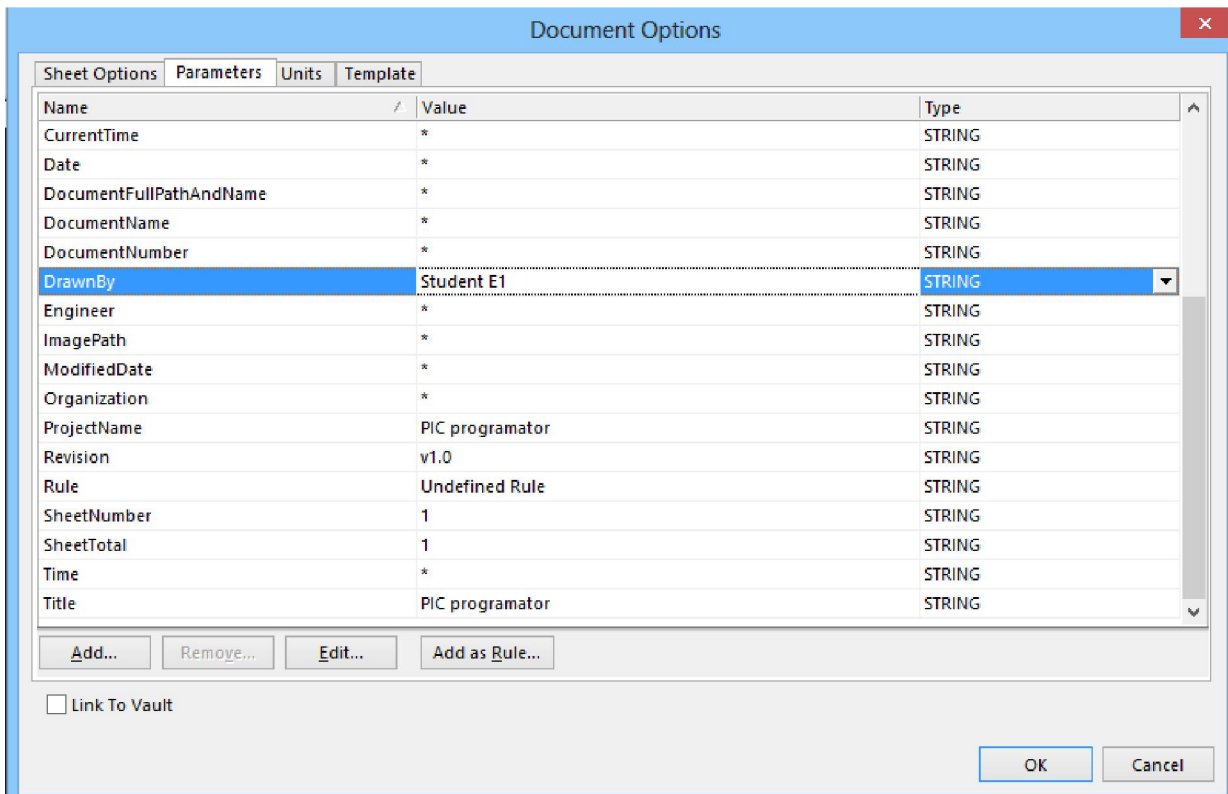
Pre početka crtanja šeme dobro bi bilo definisati dimenzije sheet-a na kome se crta šema (zavisno od toga koliko je projekat kompleksan), kao i podatke o samom projektu (Title, Number, Revision, Date, Project Location itd).

Dimenzije radnog lista (sheet-a) se podešavaju klikom na padajući meni **Design->Document Options** i odabirom kartice *Sheet Options* kao što je prikazano na Slici 13. U polju Standard Style može se odabrati jedan od dostupnih predefinisanih template-a, ili se može odabrati Custom Stzle, gde se ručno zadaje širina i dužina radne površine u pikselima.



Slika 13. Document Options, podešavanje dimenzija radne površie, i definisanje parametara projekta

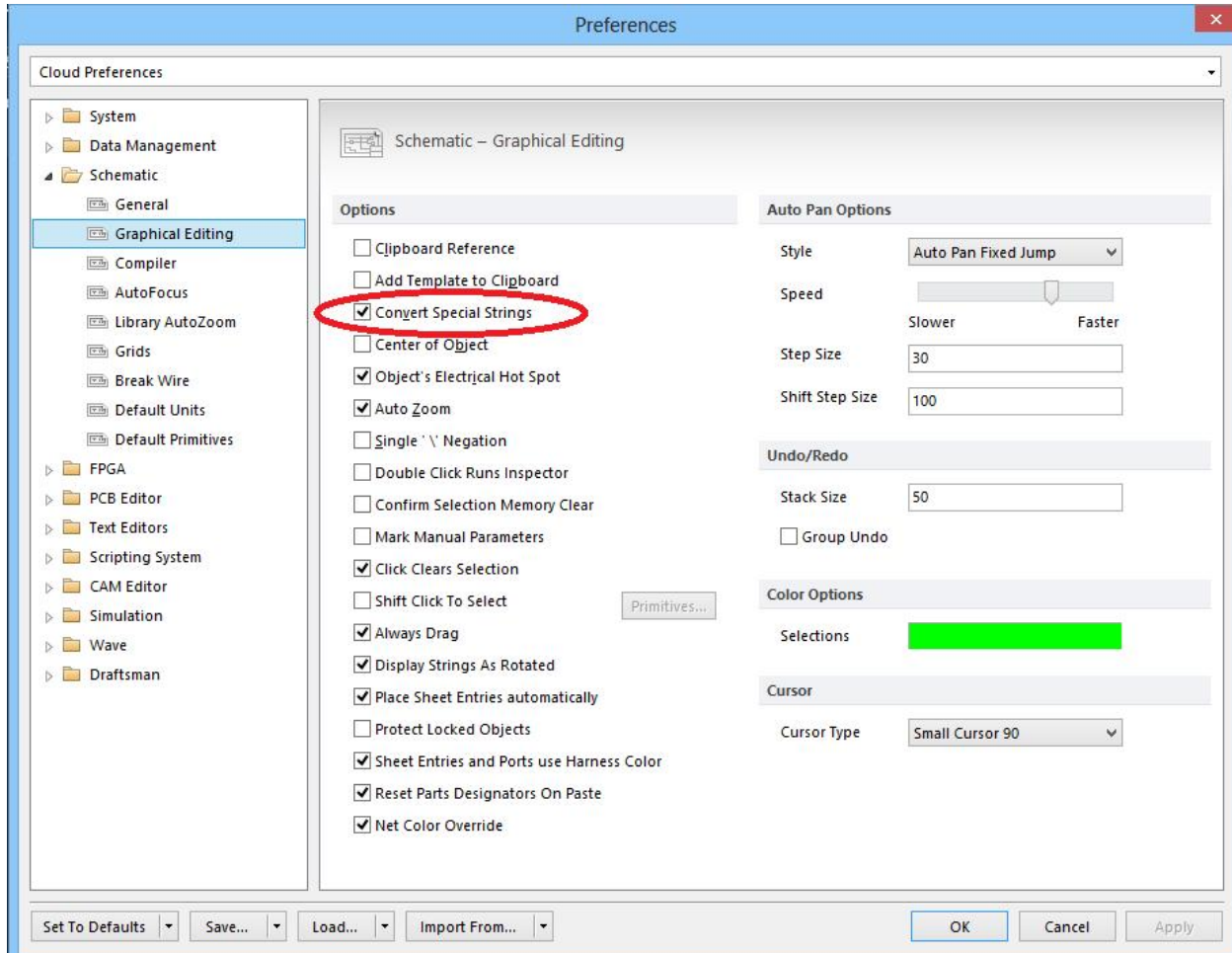
Nakon podešavanje ovih dimenzija, klikom na karticu *Parameters*, kao što je prikazano na Slici 14, prelazi se u odeljak sa definisanim parametrima projekta, i dodeljivanjem njihovih vrednosti. U polja *Value* potrebno je uneti vrednosti parametara kao na Slici 14.



Slika 14. Dodavanje parametara i njihovh vrednosti

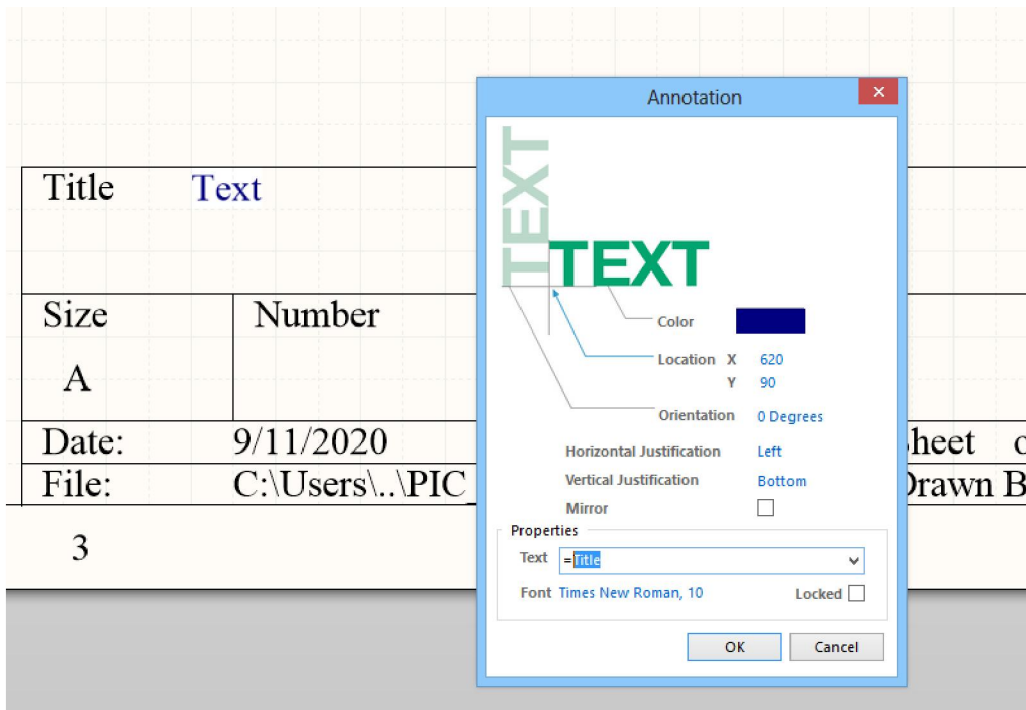
Pored standardnih paametara, moguće je dodati i nove parametre klikom na *Add...* i definisati njihove vrednosti. Nakon izmena, potvrditi sa OK.

Kako bi vrednosti parametri koje smo uneli bili vidljivi kao stringovi kada unesemo nazive parametara, neophodno je omogućiti konverziju specijalnih stringova. Kliknuti na padajući meni **Tools** i odabrati **Schematic Preferences**. U polju **Graphical Editing** čekirati Convert Special String, i potvrditi sa OK, kao što je naznačeno na Slici 15.



Slika 15. Konvertovanje specijalnih stringova

U donjem desnom uglu radne površine, nalaze se polja u koje treba uneti podatke o projektu (Title, Number, Revision...). Stringovi se dodaju klikom na padajući meni **Place->Text String**, a zatim se pre postavljanja string na odgovarajuće mesto na radnoj površini klikne **Tab** taster na tastaturi i u polje za tekst se unese naziv parametra, ispred koga se napiše znak = , kao što je prikazano na Slici 16. Ovo će omogućiti da se kao tekst pojavi vrednost (value) koja je dodeljena ovom parametru u prethodnom koraku. Ovaj postupak dodavanja parametara je potrebno ponoviti za ostala polja. Rezultat unošenja stringova je prikazan na Slici 17.



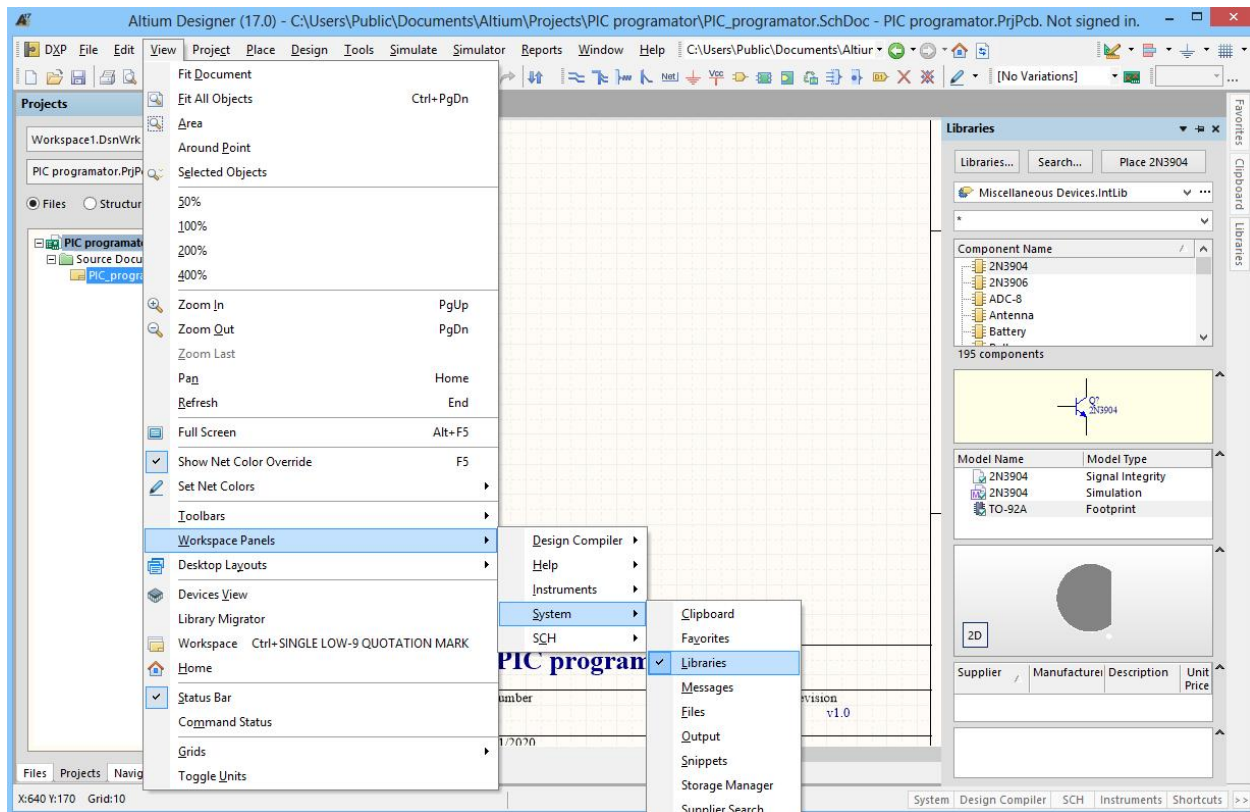
Slika 16. Unošenje stringova sa =naziv_parametara i postavljanje na radnu površinu

Title	PIC programator		
Size	A	Number	Revision v1.0
Date:	9/11/2020	Sheet 1 of	1
File:	C:\Users\...\PIC programator.SchDoc	Drawn By:	Student E1

Slika 17. Parametri konvertovanih stringova

2.1.5. Integrisane biblioteke sa komponentama

Sa desne strane radnog okruženja nalazi se kartica sa dostupnim bibliotekama, koje sadrže komponente neophodne za crtanje šeme. Ukoliko ova kartica nije aktivna, potrebno je odabrati iz padajućeg menija View-> WorkspacePannels-Szstem-Libraries, kao što je prikazano na Slici 18.



Slika 18. Biblioteka komponenti

Pažljivim pogledom na skicu ranije prikazanu na Slici 5, moguće je primetiti da su za crtanje celokupne šeme PIC programatora potrebne samo 4 različite komponente:

- 9-pinski konektor DB9
- Otpornik Res2 (2 komada)
- 18-pinsko DIP podnožje za mikrokontroler
- Priključak za napajanje

Da bi komponente mogle biti postavljene na radnu površinu, potrebno je pristupiti bibliotekama u kojima se one nalaze. Bibliotekama komponenti koje su u datom trenutku na raspolaganju

moguće je pristupiti preko jezička **Libraries**. Klikom na ovaj jezičak, otvara se panel koji omogućava navigaciju i pretraživanje komponenti po dostupnim bibliotekama. Za početak, potrebno je obratiti pažnju na sledeće dve biblioteke²:

Miscellaneous Devices.IntLib je biblioteka koja sadrži generičke komponente, koje se najčešće upotrebljavaju pri crtanju šeme uređaja (npr. otpornici, kondenzatori, diode, prekidači i sl.)

Miscellaneous Connectors.IntLib sadrži standardne, najčešće korišćene konektore.

2.1.6. Postavljanje komponenti

U ovom koraku je potrebno iz biblioteke uzeti odgovarajuće komponente (odnosno njihove simbole) i rasporediti ih po radnoj površini. U okviru panela Libraries, prvo je potrebno izabrati jednu od dostupnih biblioteka. Ispod naziva trenutno aktivne biblioteke nalazi se polje u kojem se definiše filter koji olakšava pronalaženje komponente u okviru biblioteke. U početku, u ovom polju se nalazi zvezdica³, što uključuje prikaz svih komponenti u okviru liste koja se nalazi ispod ovog polja. Filter se koristi u slučaju da je potrebno suziti kriterijum pretrage samo na komponente čije oznake sadrže određeni skup karaktera. Primer: ako upišemo filter **Res***, u listi komponenti biće prikazane samo one čija oznaka počinje na "Res". Nakon pronalaženja komponente na spisku u okviru biblioteke, klikom na naziv komponente se pojavljuje njen simbol ispod spiska komponenti. Klikom na taster *Place* (alternativno, dvostrukim klikom na naziv komponente, ili zadržavanjem klika na komponentu i prevlačenjem na radnu površinu) ona se "prenosi" do radne površine u glavnom prozoru. Svakim sledećim pritiskom na levi taster miša u šemu će biti postavljena po jedna kopija komponente (sa inkrementovnom oznakom). Ova operacija se prekida klikom na desni taster miša, ili pritiskom tastera *Esc* na tastaturi.

Pre samog postavljanja simbola komponente na radnu površinu, moguće je vršiti izmene vezane za njenu orijentaciju, attribute i sl. dok je ona još „u vazduhu“, pritiskom na sledeće tastere:

Razmak (*Space*) rotira simbol komponente za 90 stepeni.

X preslikava simbol komponente osno simetrično u odnosu na X osu

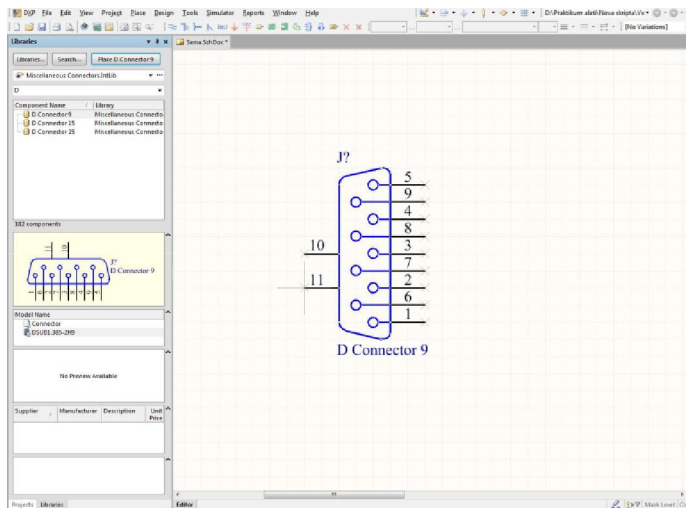
Y preslikava simbol komponente osno simetrično u odnosu na Y osu

Tab otvara dijalog za izmenu atributa komponente (oznaka, vrednost, footprint i sl.)

Simbol konektora za serijsku komunikaciju nalazi se u biblioteci **Miscellaneous Connectors.IntLib**, pod nazivom **D Connector 9**. Nakon selektovanja komponente, rotiramo je pritiskom na *Space* i postavljamo na radnu površinu kao što je prikazano na slici 19.

¹ U prethodnom poglavlju je rečeno da postoje biblioteke simbola komponenti (sa ekstenzijom .SchLib) i biblioteke footprintova (sa ekstenzijom .PcbLib). Međutim, postoje i integrisane biblioteke koje nose ekstenziju .IntLib i koje istovremeno sadrže i simbole i footprintove komponenti.

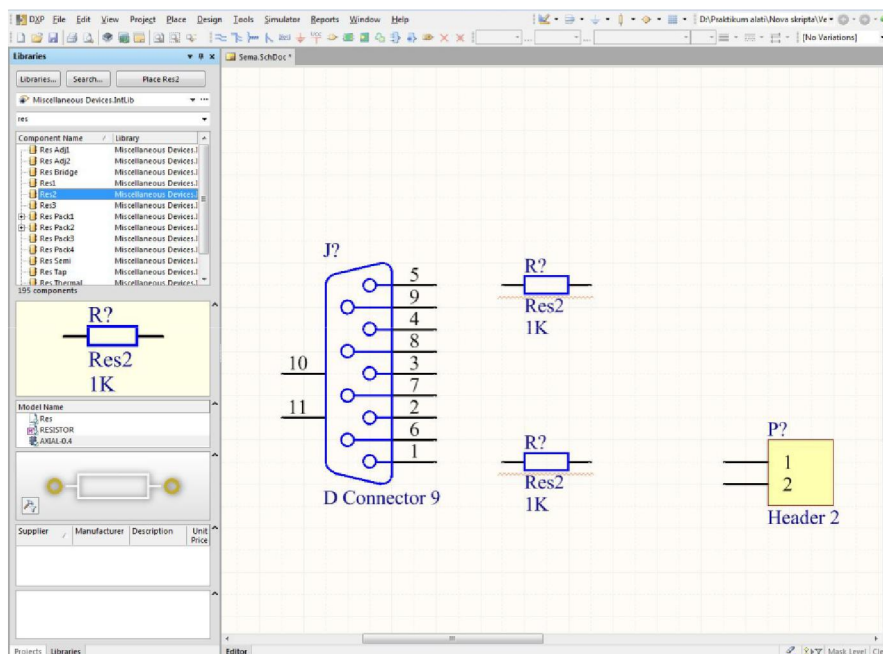
² U okviru filtra, karakteri * i ? predstavljaju "džokere", pri čemu upitnik zamenjuje jedan, a zvezdica proizvoljan broj karaktera u načivu komponente.



Slika 19. Postavljanje simbola konektora DB9 za serijsku komunikaciju sa računarom

U istoj biblioteci se nalazi i simbol koji će biti iskorišćen za konektor za napajanje. Njegov naziv je **Header 2**.

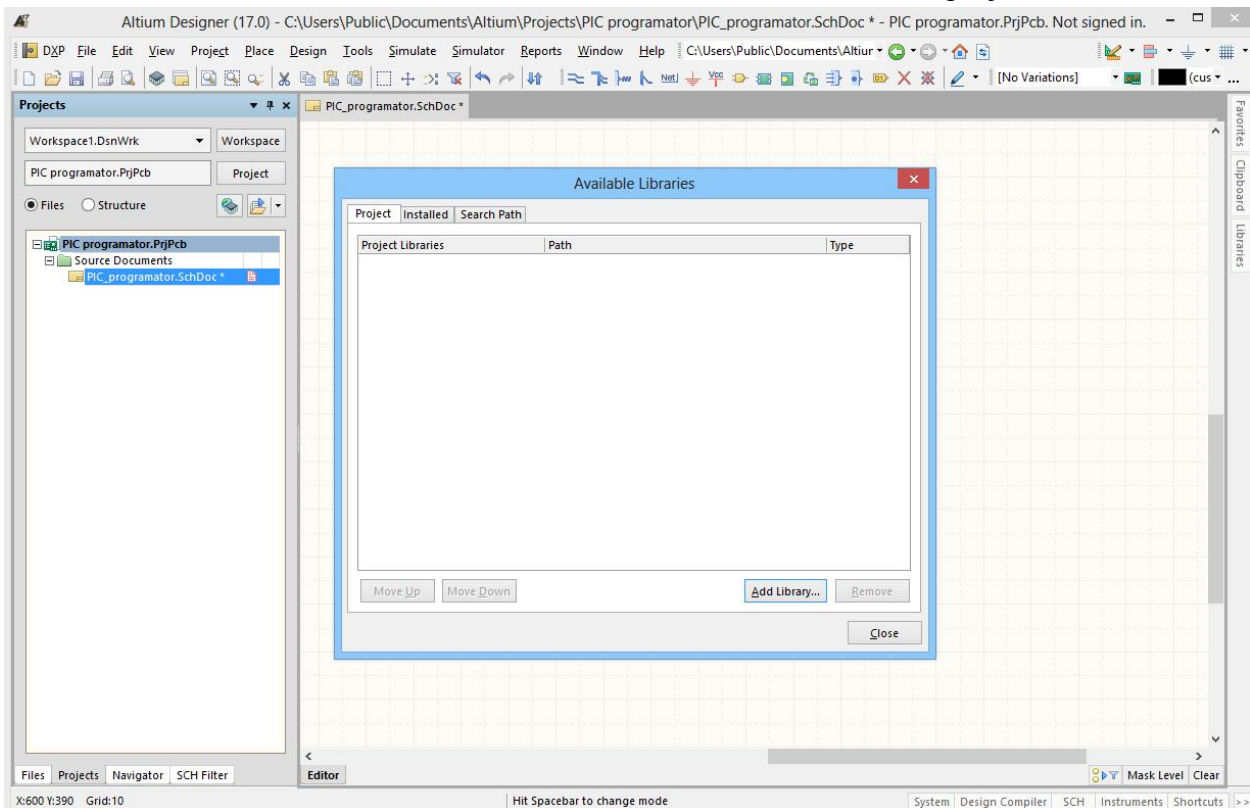
Simboli otpornika nalaze se u biblioteci **Miscellaneous Devices.IntLib**. Od postojećih simbola, izabraćemo onaj pod nazivom **Res2** i postaviti 2 otpornika na radnu površinu. Izgled radne površine nakon postavljanja konektora za napajanje i otpornika prikazan je na Slici 20.



Slika 20. Radna površina, nakon postavljanja konektora za napajanje i otpornika

2.1.7. Kreiranje novih komponenti

Ovde će biti ilustrovan postupak kreiranja nove komponente koju definiše korisnik, na primeru 18-pinskog podnožja za mikrokontroler. Pošto svaka komponenta mora da pripada nekoj biblioteci, ukoliko postoji potreba za kreiranjem korisničkih komponenti, one se priključuju novoj biblioteci koja se definiše u okviru projekta. Kada su jednom definisane, ove komponente mogu biti korišćene u i drugim projektima uključivanjem biblioteke u njih. Ovo uključivanje se vrši odabirom na padajući meni **Design-ADD/Remove Library** (Slika 21), a zatim klikom na Add ili na Remove u zavisnosti da li korisnik želi da doda ili ukloni biblioteke iz projekta.



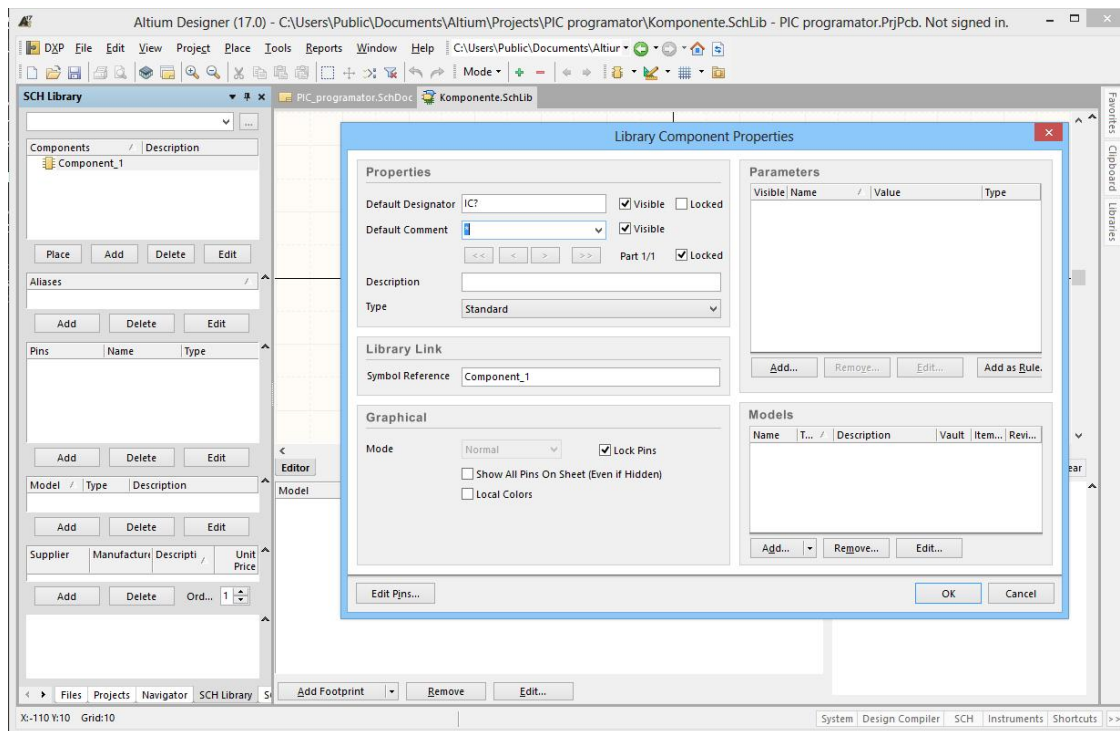
Slika 21. Dodavanje i uklanjanje postojećih biblioteka iz projekta

Za kreiranje nove šematske biblioteke potrebno je odraditi sledeće:

Korišćenjem opcije **File -> New -> Library -> Schematic Library** kreiramo novu biblioteku koja je priključena projektu i ima generički naziv **SchLib1.SchLib**.

Korišćenjem opcije **File -> Save** snimamo biblioteku u projektni folder, dodeljujući joj pri tome novo ime **Komponente.SchLib**.

Kada je nova biblioteka kreirana, u donjem levom uglu ekrana se pojavljuje novi jezičak "SCH Library". Klikom na njega, sa leve strane ekrana se otvara panel koji omogućava navigaciju kroz biblioteku. U početku biblioteka sadrži samo jednu komponentu generički nazvanu **Component_1**. Dvostrukim klikom na komponentu, otvara se dijalog kojim se određuju atributi komponente. Potrebno je izvršiti sledeće promene (Slika 22):



Slika 22. Određivanje atributa komponente

U polju **Default Designator** upisujemo **IC?** Na ovaj način svaki put kada ta komponenta bude instancirana, u okviru šeme dobija generički naziv IC? Dalje, u postupku zvanom **anotacija** (koji će biti detaljnije opisan), upitnik u nazivu svake od komponenti se zamenjuje brojem, čime se postiže neophodno svojstvo da svaka komponenta na šemi ima jedinstven naziv.

U polju **Default Comment** upišemo komentar koji korisniku biblioteke pobliže objašnjava o kakvoj se komponenti radi. U ovom slučaju to može biti npr. “**Podnožje za PIC kontroler**”. Da ovaj komentar ne bi nepotrebno opterećivao prikaz komponente u okviru šeme, možemo isključiti opciju **Visible** za ovaj komentar.

U polju **Symbol Reference** upišemo **Podnožje_18**, čime određujemo naziv komponente u okviru biblioteke.

U polju **Parameters** klikom na *Add* možemo opciono dodavati parametre koje definiše proizvođač komponente u datasheet-u.

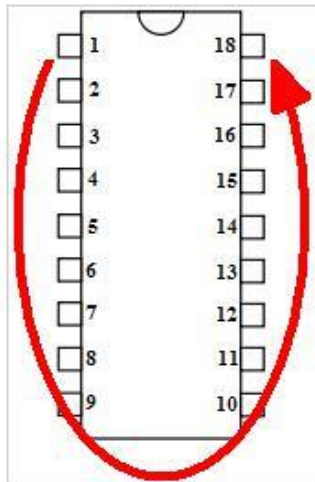
Sledeći korak je definisanje izgleda simbola komponente u glavnom prozoru. Simbol obično sadrži:

Geometrijske simbole koji asociraju na fizički izgled i funkcionalnost komponente.

Nožice (pinove), preko kojih se komponenta povezuje u električno kolo.

Tekstualne oznake, koji pobliže opisuju funkcionalnost komponente i/ili pinova.

U ovom slučaju, potrebno je nacrtati simbol podnožja za integrisano kolo koje se proizvodi u standardnom kućištu zvanom DIPx, ili alternativno DILx (Dual In-line Package). Kod ovakvih integrisanih kola, obično postoji marker (udubljenje na kućištu, nacrtana tačka i sl.) koji označava njihovu orijentaciju, kao što je prikazano na Slici 23. Numeracija pinova kreće od pina br. 1 koji se nalazi u gornjem levom uglu dalje se nastavlja u krug u smeru suprotnom od kazaljke na satu.



Slika 23. Pinovi kućišta DIP18 (odnosno DIL18)

Imajući ovo u vidu, nacrtaćemo odgovarajući simbol. Prvi korak je dodavanje pinova korišćenjem opcije **Place -> Pin**. Dok je pin još u “vazduhu”, pritiskom na *Tab* otvara se dijalog kojim se zadaju svojstva pina:

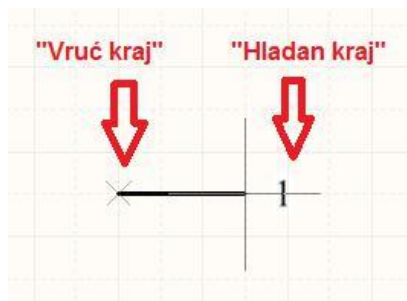
Display name služi za zadavanje naziva pina koji je obično vezan za njegovu funkciju (npr. Vcc, GND, RESET, TxD, P2.5, XTAL i sl.)⁴. Dozvoljeno je da u okviru iste komponente više različitih pinova imaju isti naziv. U ovom slučaju stavićemo da oznaka prvog pina bude 1 i ostavićemo da opcija **Visible** bude uključena.

Designator predstavlja jedinstvenu (obično numeričku) oznaku pina. Opet, u slučaju prvog pina ostavljamo da ova oznaka bude 1, ali isključujemo opciju **Visible** da ne bi došlo do dupliranja teksta, pošto se u ovom slučaju ime i oznaka pina poklapaju.

Pre postavljanja pina, potrebno je obratiti pažnju još i na njegovu orijentaciju. Svaki pin ima dva kraja (24):

“Vruć kraj” je onaj kraj preko kojeg se pin povezuje u električno kolo i koji treba da bude orijentisan “ka napolje”. Prepoznaje se po krstiću nalik na slovo X.

“Hladan kraj” se orijentiše ka unutrašnjosti simbola komponente. Ime/oznaka komponente se ispisuje sa ove strane.

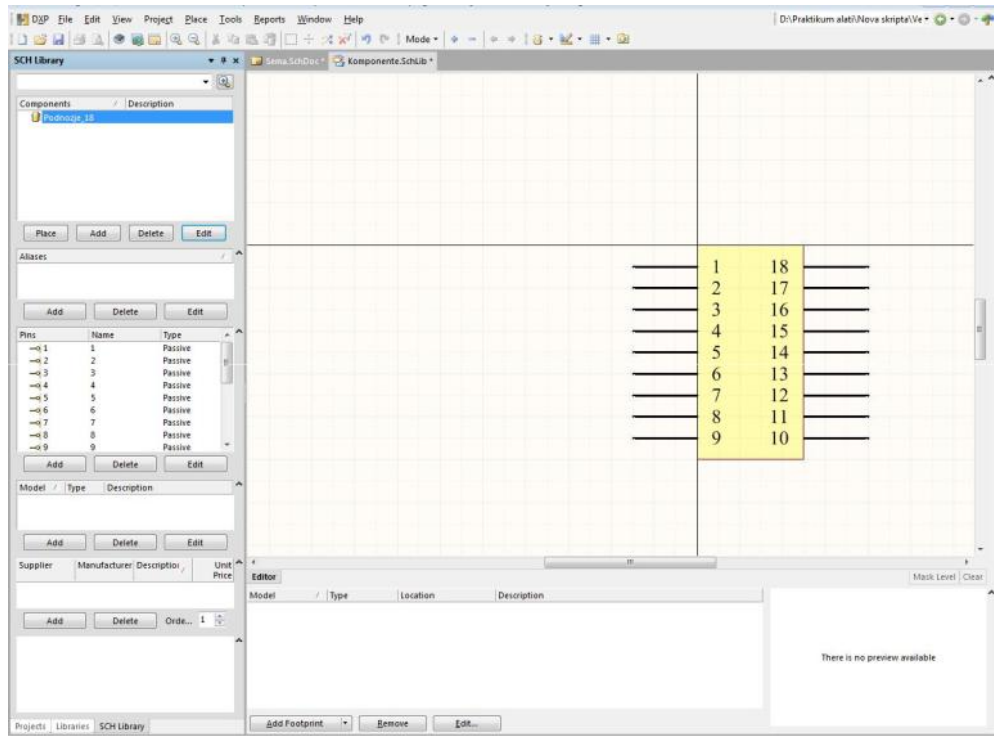


Slika 24. “Vruć” i “Hladan” kraj pina komponente

Imajući u vidu orijentaciju pinova i fizički izgled komponente, postavljamo redom jedan ispod drugog pinove 1-9 na radnoj površini, klikom na levi taster miša. Kada je pin postavljen, ime i oznaka sledećeg pina se automatski inkrementiraju, tako da nije neophodno stalno podešavanje atributa za svaki pin ponaosob. Nakon postavljanja pina br.9, potrebno je zarotirati pin br.10 za 180 stepeni pomoću dvostrukog pritiska na taster *Space*, a zatim ga postaviti sa druge strane tela komponente (koje će naknadno biti nacrtano), naspram pina br. 9 i dalje nastaviti naviše do pina br.18. Postavljanje pinova se zaustavlja pritiskom na taster *Esc*.

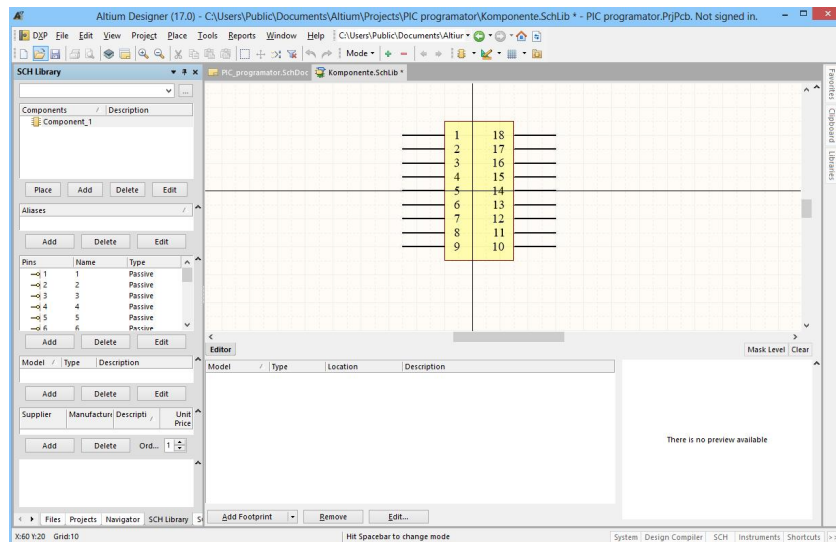
Nakon postavljanja pinova ostaje još da se nacrtta telo komponente, korišćenejm opcije **Place** -> **Rectangle**. Pri ovome će prikaz naziva pinova nestati, pošto će ih pravougaonik pokriti. Ovaj problem se rešava dvostrukim klikom na pravougaonik, čime se otvara dijalog kojim se zadaju njegova svojstva. Uključivanjem opcije **Transparent** pravougaonik postaje providan, a samim tim nazivi pinova postaju ponovo vidljivi. Krajnji izgled simbola komponente prikazan je na slici 25.

⁴ Ukoliko digitalni pin radi u inverznoj logici (aktivan je na logičku nulu), obično je poželjno da njegov naziv bude nadvučen. Ovo se postiže dodavanjem obrnute kose crte (backshasl) ispred svakog karaktera u nazivu za koji želimo da bude nadvučen. Primer: `\R\E\S\E\T`



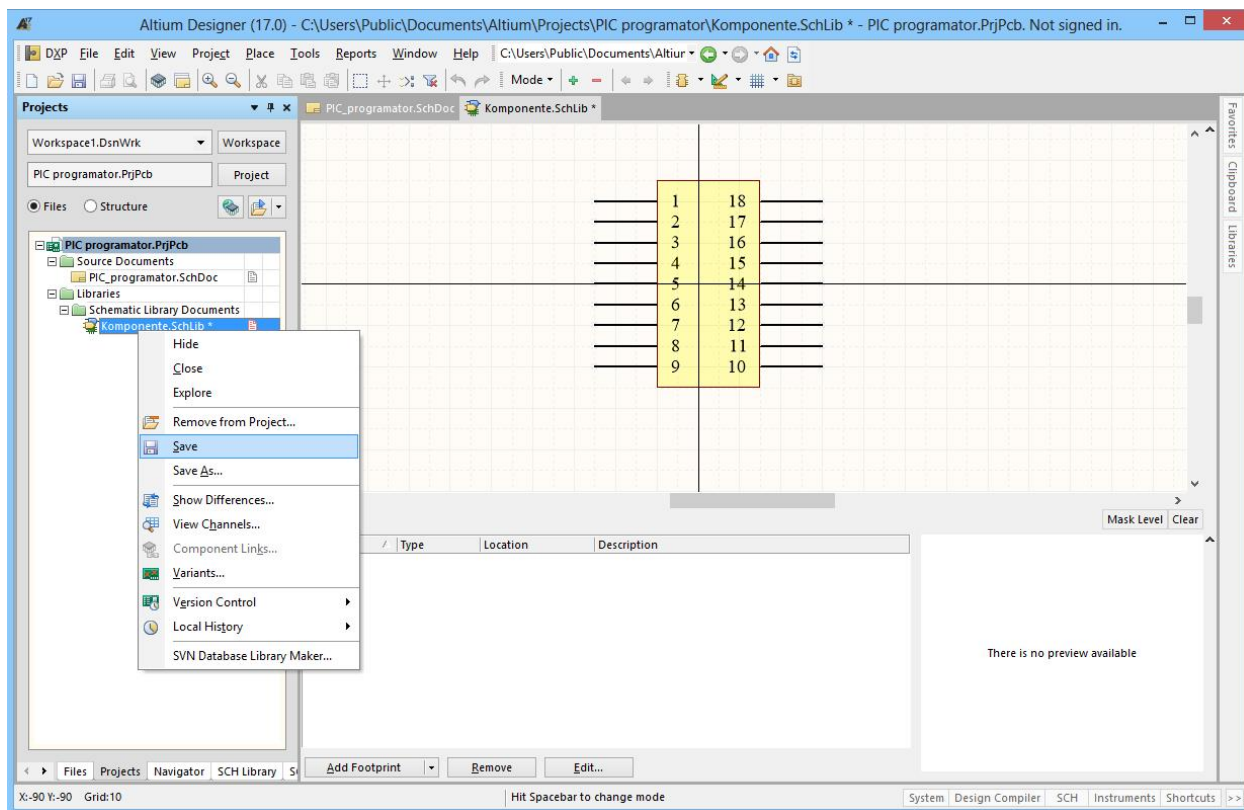
Slika 25. Krajnji izgled simbola podnožja PIC mikrokontrolera

Kada je komponenta nacrtana, najbolje bi bilo pomeriti je u centar (presek dvaju osa na radnoj površini), kako bi se prilikom pomeranja ove komponente na šemi ona prikazala na mestu klika. Pomeranje se vrši selektovanjem svih segmenata komponente i njihovim prevlačenjem na odgovarajuće mesto. Ukoliko je komponenta suviše ofsetovana u odnosu na centar, taj offset bi se odrazio “bežanjem” komponente svaki put kada bi se na šemi/PCB-u komponenta pokušala pomeriti. Poravnata komponenta sa centrom je prikazana na Slici 26.



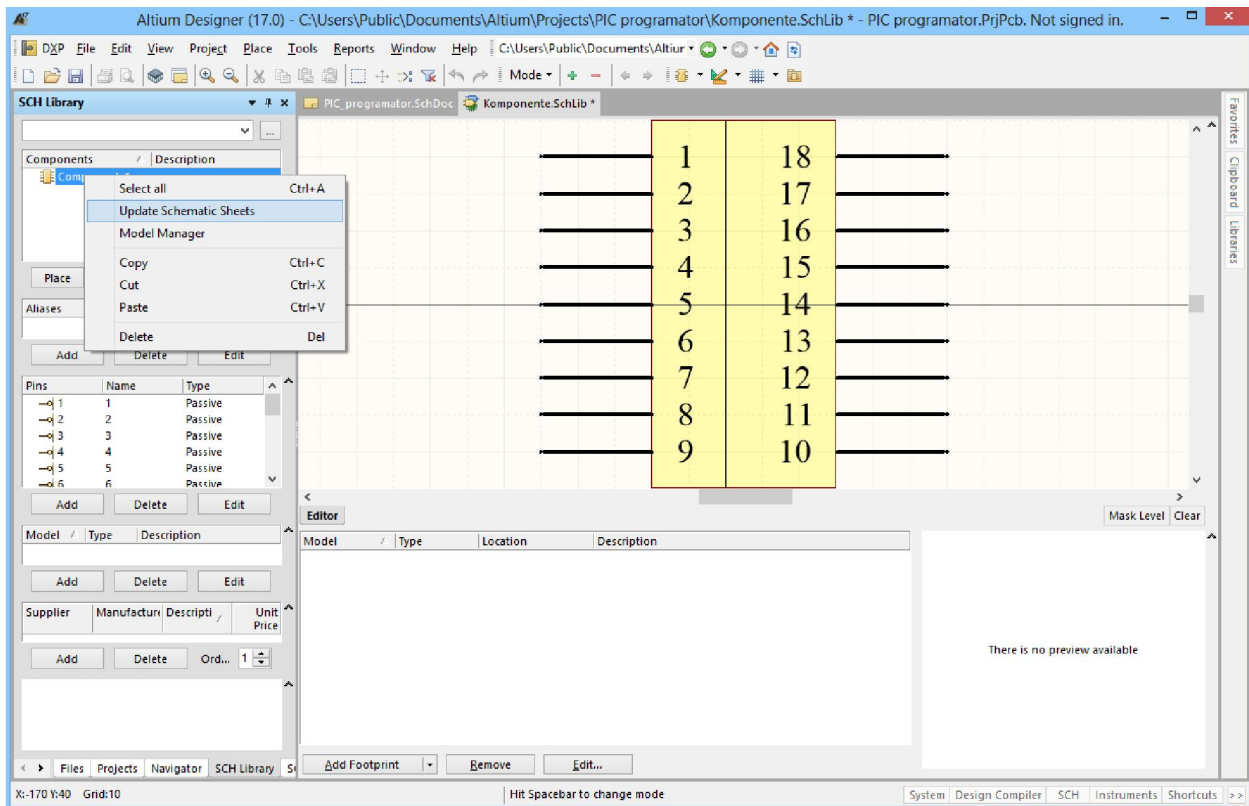
Slika 26. Postavljanje komponente što bliže centru

Pošto je komponenta uspešno kreirana, spremna je za postavljanje na radnu površinu Schematic Editor, ali je najpre potrebno ažurirati ove izmene vraćanjem na karticu **Projects**, i odabirom na **Save** (Slika 27).



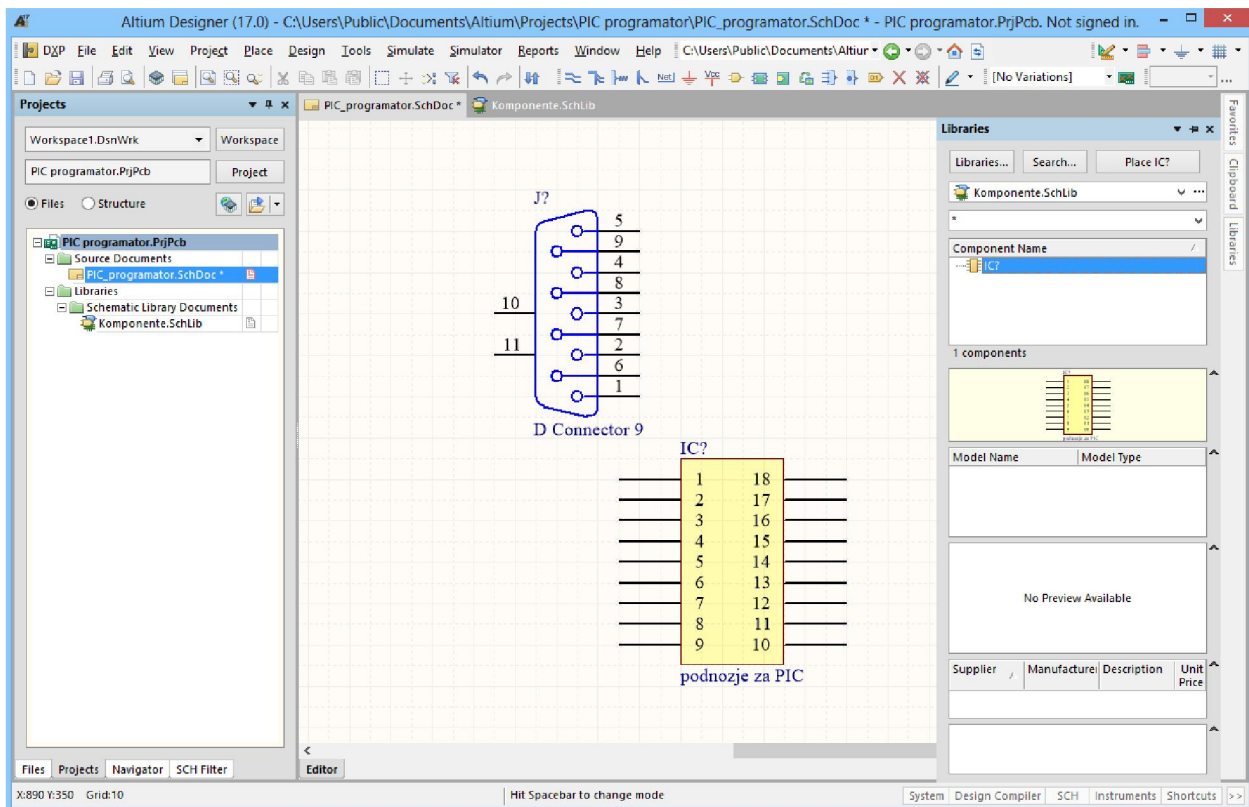
Slika 27. Snimanje izmena u šematik biblioteci

Ukoliko su vršene izmene na komponentama koje su već postavljene na šematiku, ovakav vid čuvanja izmena neće biti dovoljan da obuhvati već postavljene komponente, nego će važiti samo za komponente koje će naknadno biti postavljane. Da bi se omogućilo da i već postavljene komponente poprime nove izmene na komponenti, potrebno je vratiti se u karticu *SCH library* i desni klikom na komponentu odabrati *Update Schematic Sheet*, kao što je prikazano na Slici 28.



Slika 28. Update-ovanje već postavljene komponente na šemi

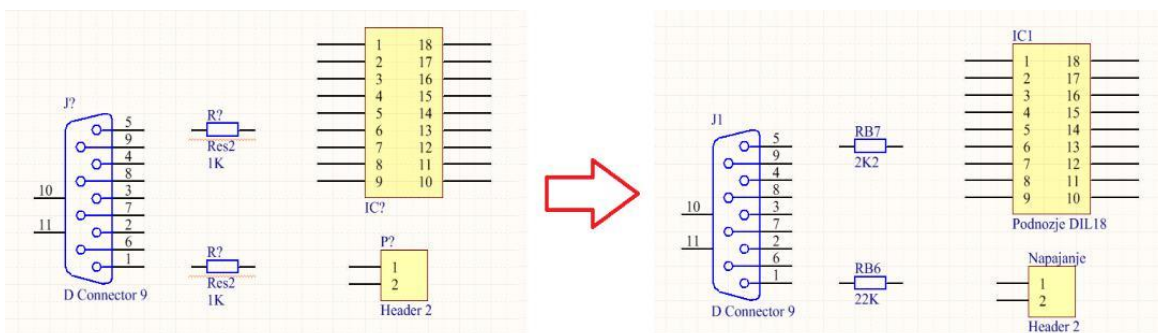
Kreirana komponenta se postavlja na radnu površinu klikom na opciju **Place**, a nalazi se u novosačuvanoj biblioteci Komponente.SchLib (Slika 29).



Slika 29. Postavljanje nacrtane komponente na radnu površinu Schematic Editora

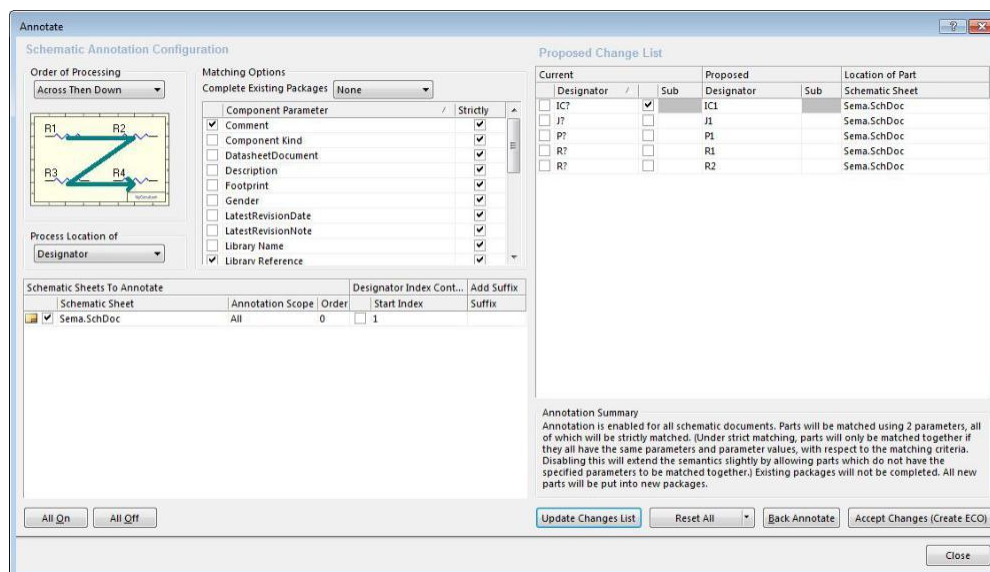
2.1.8. Dodavanje i označavanje komponenti (anotacija)

Nakon što su komponente postavljene na radnu površinu Schematic Editora (Slika 30 levo), potrebno je komponentama dodeliti jedinstvene oznake, u procesu koji je poznat kao **anotacija**. U ovom slučaju imamo dva identična otpornika sa istom oznakom (R?) koji se stoga nalaze u “konfliktu” i softver ih automatski označava crvenom talasastom linijom ispod simbola otpornika. Konflikt se može razrešiti na dva načina. Prvi način je “ručna” promena oznaka korišćenjem dijaloga za dodelu atributa komponenti, koji se otvara dvostrukim klikom levog tastera miša na komponentu. Primenićemo ovu strategiju, da bismo postigli da oznake komponenti odgovaraju onima na polaznoj šemi na slici 5. Naravno, usput je moguće korišćenjem istog dijaloga promeniti i vrednosti otpornika (menjamo polje **Value** kod RB7 sa 1K na 2K2 i kod RB6 sa 1K na 22K). Nakon ovog koraka dobijamo izgled šeme koji je prikazan na Slici 30 (desno).



Slika 30. Radna površina nakon postavljanja komponenti (levo) i nakon anotacije (desno)

Drugi način za dodeljivanje jedinstvenih oznaka je korišćenjem alata za automatsku anotaciju. Ovo je naročito zgodno kod većih šema, u slučaju kad nije bitno da komponente imaju unapred određene oznake. Opcija **Tools -> Annotation -> Annotate Schematics** otvara dijalog u kojem se podešavaju parametri anotacije (Slika 31). Ovaj alat redom zamenjuje znak pitanja u oznakama komponenti brojevima. Opcija **Order of Processing** određuje strategiju anotacije, kada je u pitanju redosled dodele brojeva. Klikom na **Update Changes List**, alat formira listu predloženih promena u oznakama komponenti. Ako je korisnik zadovoljan predloženim promenama, klikom na **Accept Changes** se pokreće proces automatske anotacije.



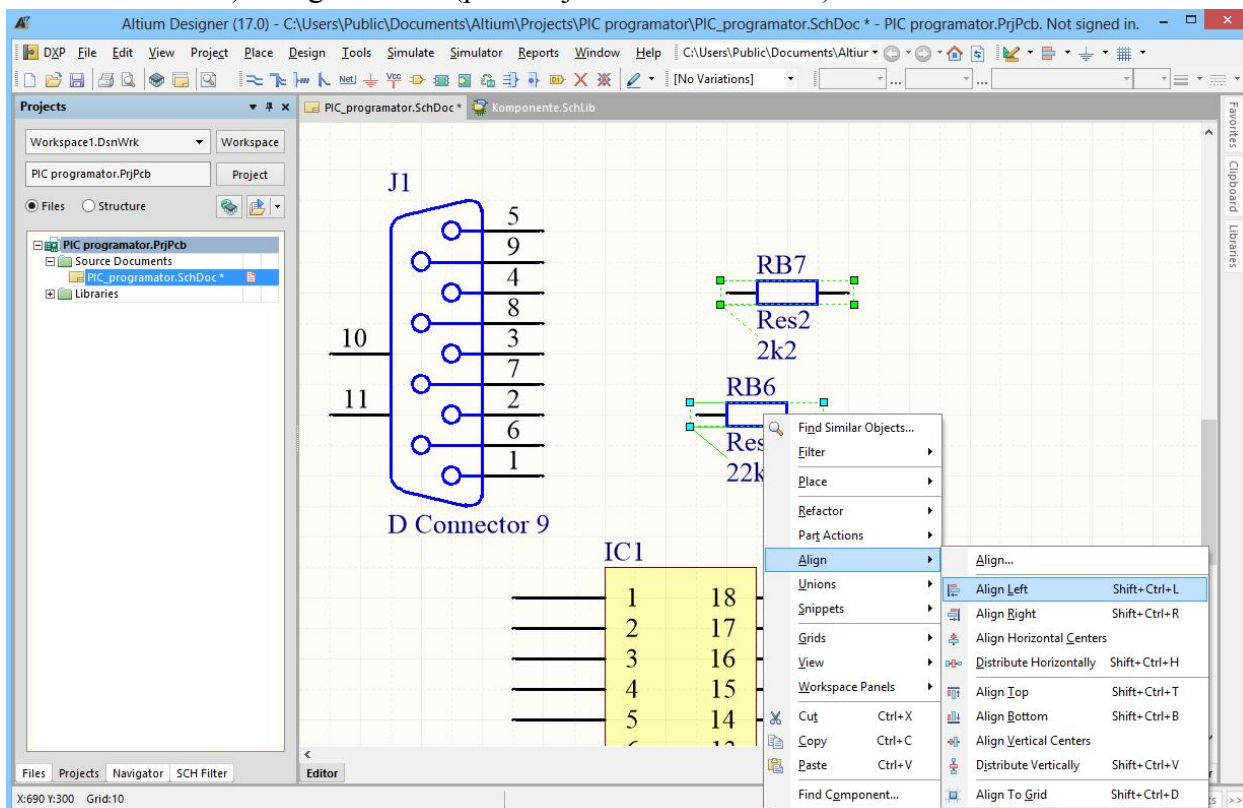
Slika 31. Automatska anotacija

Ukoliko se iz nekog razloga na šemi nalaze komponente sa duplikatima u nazivu (slučajno postoje dve komponente koje se isto zovu, a problem je nastao kopiranjem jedne komponente), ovo se može ukloniti odabirom na *Tools-Annotation-Reset Duplicate Schematic Designators*. U ovom slučaju će se duplirana komponenta vratiti na oznaku ?. Npr. Ako su postojala dva otpornika sa oznakama R1, nakon resetovanja dupliranih oznaka, jedan otpornik će zadržati oznaku R1, dok će drugi dobiti oznaku R?. Još jedan način za automatsko dodeljivanje anotacije na celoj šemi je moguć odabirom na: *Tools-Annotation-Annotate Schematic Quietly*.

Takođe, automatski je moguće i obrisati sve oznake sa komponenti, tj. vratiti sve u početno stanje R?, IC? itd... odabirom na *Tools-Annotation-Reset Schematic Designators*.

2.1.9. Poravnanje komponenti na šematiku

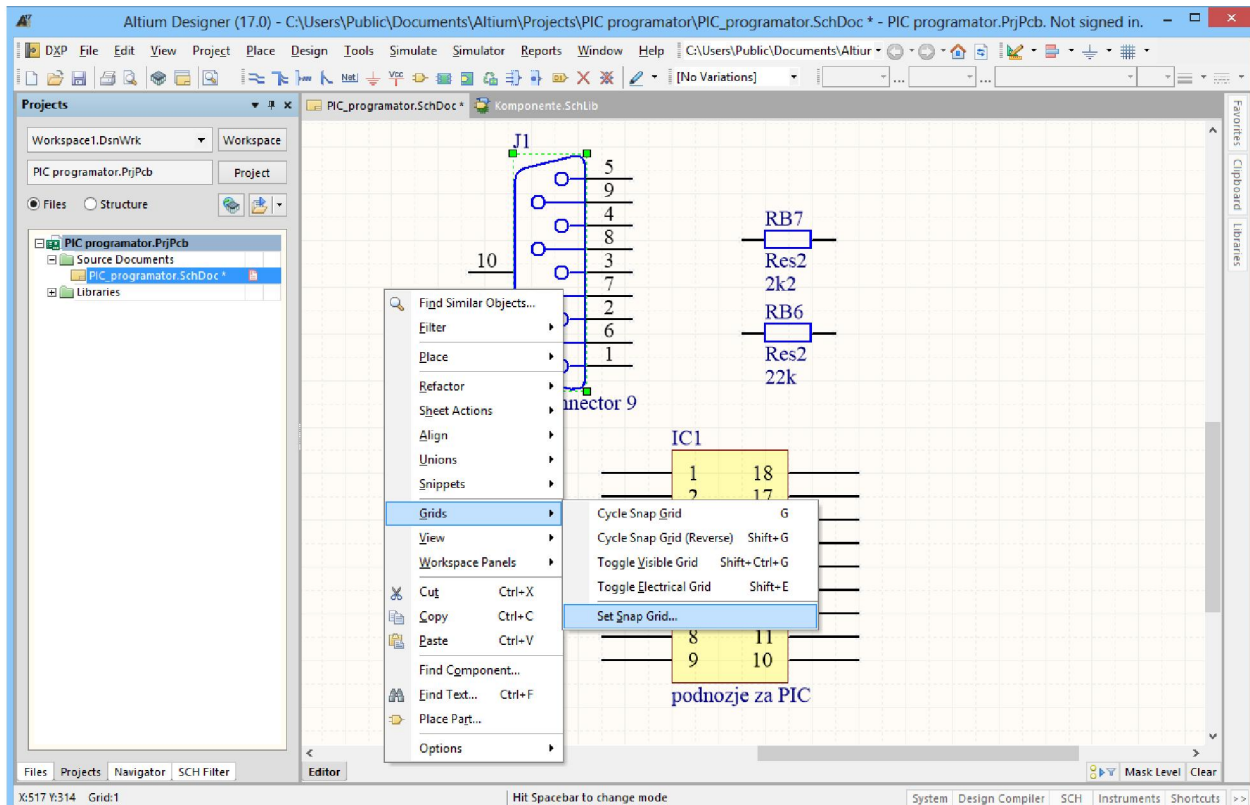
Kada je potrebno poredati više komponenti na šematiku da se nalaze jedna ispod druge (kao što je to slučaj sa otpornicima RB6 i RB7), može se koristiti opcija za automatsko poravnanje, ali se tom prilikom moraju selektovati sve komponente na koje se želi primeniti ova opcija. **Selektovanje više komponenata vrši se zadržavanjem tastera SHIFT i klikom na željene komponente.** Kada su sve komponente selektovane, desnim tasterom miša na jednu od selektovanih komponenti odabira se opcija Align, pa se odabere odgovarajuće poravnanje. Na Slici 32 biće izabrano poravnanje Align Left (prečica je CTRL+SHIFT+L), i to će kao rezultat dati ravnanje svih selektovanih komponenti prema onoj (u selektovanom nizu) koja je po X osi najbliža koordinatnom početku (defautlna vrednost: donji levi ugao na shematiku). Na sličan način može se izvršiti i poravnanje Align Right (prečica je CTRL+SHIFT+R), Align Top (prečica je CTRL+SHIFT+T) i Align Bottom (prečica je CTRL+SHIFT+B).



Slika 32. Opcija za automatsko poravnanje niza selektovanih komponenti

2.1.10. Odabir Grid-a na šematičku

Da bi se definisala rezolucija prilikom pomeranja komponentata (ili povlačenja žica) na šematičku, koristi se opcija *Snap Grid*. Najjednostavniji način za postavku Grida je da se na praznom polju šematička klikne desni taster miša, i odabere *Grid-Set Snap Grid*. Default vrednost Grida je 10mil-a, a smanjivanjem ove vrednosti omogućuje se preciznije pomeranje komponenti na radnoj površini Schematic Editora.



Slika 33. Postavljanje Grid-a

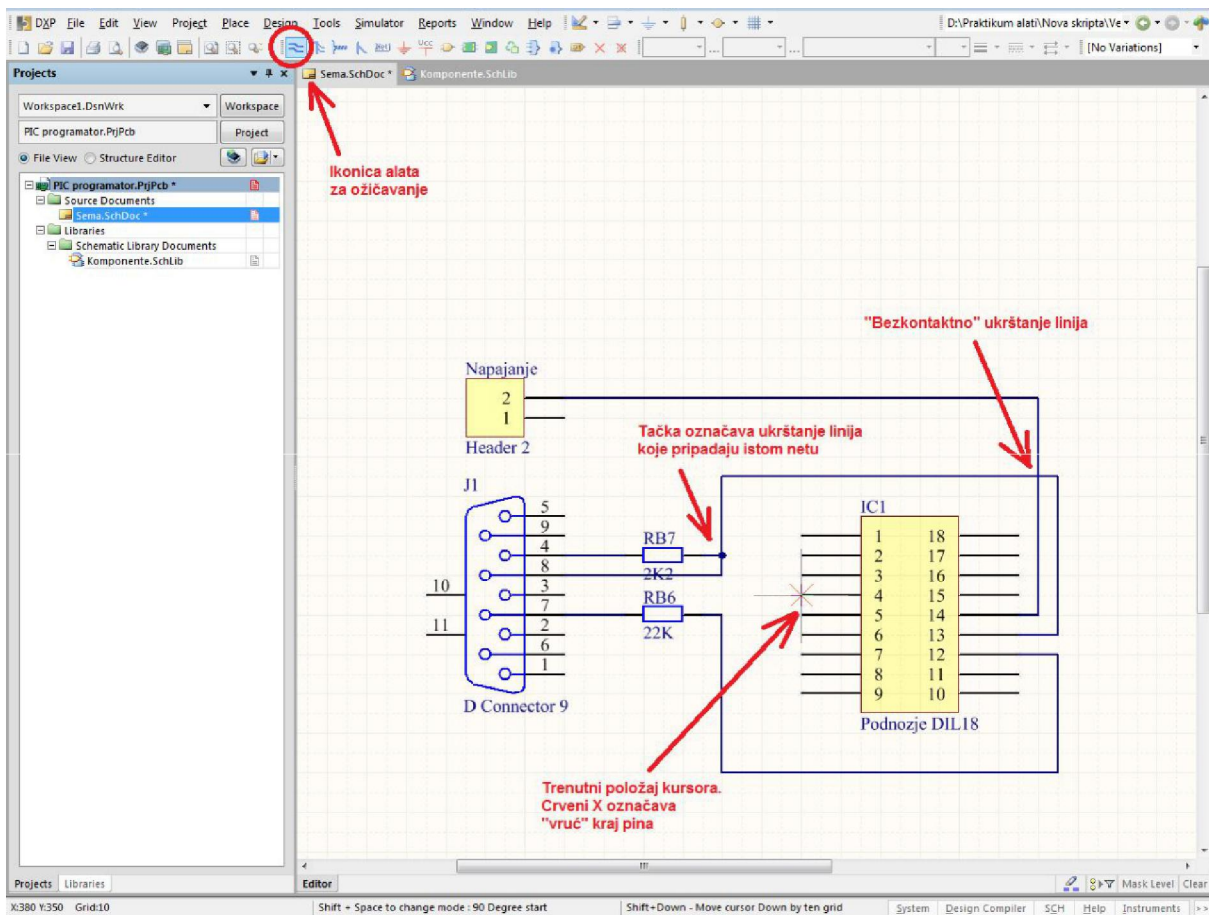
2.1.11. Povezivanje pinova komponenti

Međusobno povezivanje komponenti se vrši preko “vrućih” krajeva njihovih pinova, kao što je već napomenuto. Ukoliko dva ili više pinova komponenti trebaju da budu spojeni u električnom smislu (tj. treba da postoji provodna veza koja ih povezuje na štampanoj ploči), kaže se da ti pinovi pripadaju istom **Net-u**. Ovaj pojam je ekvivalentan pojmu **čvora** u teoriji električnih kola, koji podrazumeva tačke koje su na istom potencijalu. Povezivanje pinova, tj. njihovo pridruživanje istom **Net-u** može biti postignuto na više načina, koji će upravo biti demonstrirani.

Prvi način je korišćenjem alata za ožičavanje, koji je moguće aktivirati na sledeće načine:

Opcija **Place -> Wire** u glavnom meniju.

Klik na ikonicu **Place Wire** u paleti sa alatima, kao što je prikazano na Slici 34.



Slika 34. Korišćenje alata za ožičavanje

U oba slučaja kursor će promeniti oblik u krstić što znači da možemo početi sa “ožičavanjem“. Postavljanjem kursora u polaznu tačku i potom klikom na levi taster miša započinje postavljanje jedne električne veze. Promena pravca kretanja se postiže ponovnim klikom na isti taster, čime se “lomiti“ linija. Ako u toku povlačenja veze pritisnemo taster *Delete* na tastaturi, biće obrisan poslednji pravolinijski segment. Kada je postavljen i poslednji segment jedne veze, prekidamo je klikom na desni taster. Posle ovoga, alat za ožičavanje je i dalje aktivan tako da je moguće nastaviti sa povezivanjem drugih komponenti. Proces električnog povezivanja komponenti prekida se još jednim klikom na desni taster miša, ili pritiskom na taster *Esc*.

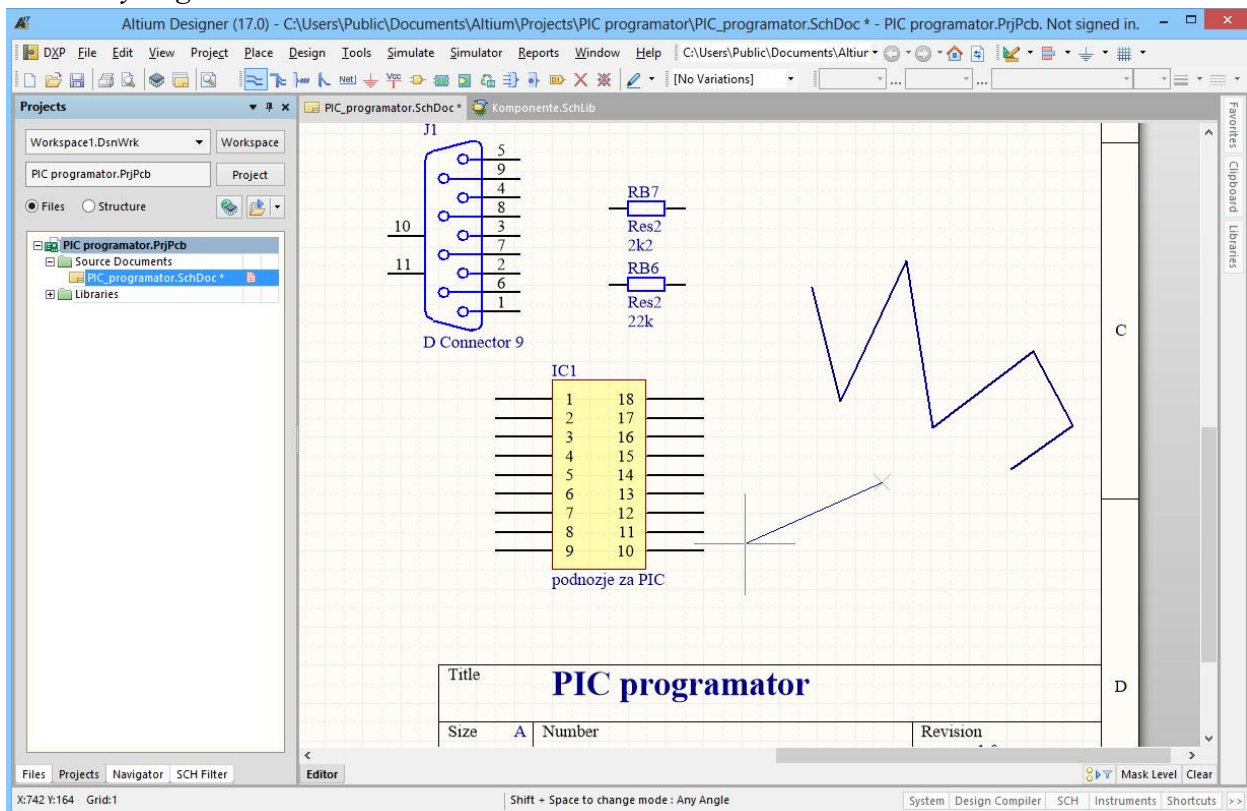
Prilikom povezivanja komponente žicom program sam signalizira korisniku gde je “vruć“ kraj pina simbola komponente odnosno gde će se povezivanjem komponente i žice napraviti električni kontakt. U tom slučaju prevlačenjem žice preko pina simbola pojavljuje se krug u centru kursora. U tom trenutku završava se postavljanje žice.

Izmene na već postavljenoj vezi mogu se vršiti klikom na nju i “odvlačenjem“ veze na novu poziciju čime se menja njen oblik. Takođe, moguće je obrisati celu vezu njenim selektovanjem držeći taster *SHIFT* i sukcesivnim selektovanjem segmenata veze, pa naknadnim pritiskom na taster *Delete*.

Pri ožičavanju je potrebno posebno voditi računa o ukrštanjima veza. U slučaju veza koje se ukrštaju i koje pripadaju istom netu (odnosno kod kojih postoji električni spoj), mesto ukrštanja je obeleženo tačkom. U suprotnom, kada linije pripadaju različitim netovima, ukrštanje je predstavljeno bez tačke (Slika 34).

2.1.12. Promena šablona povlačenja žica

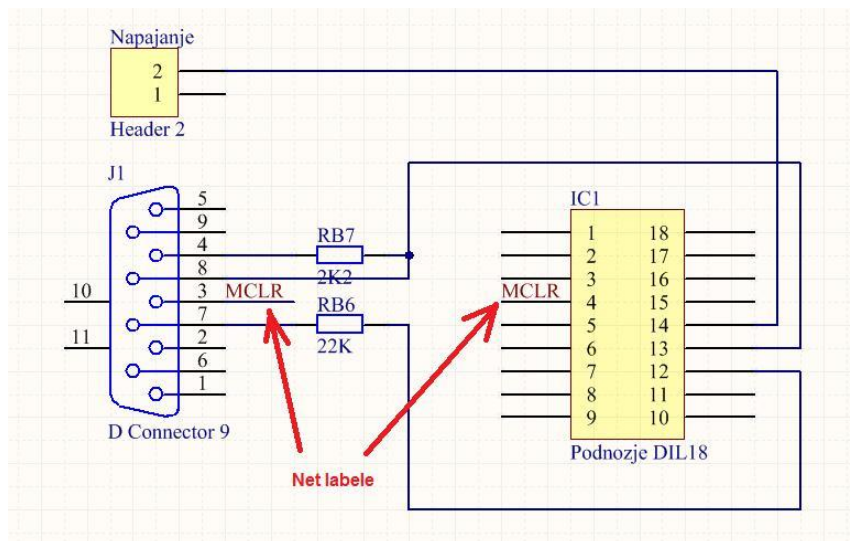
Pored podrazumevanog šablona postavljanja žice pod pravim uglom, moguće je odabrati i tzv. *45 agle* šablon, ili *any angle* šablon. Ova promena šablona se vrši kada se jedan kraj žice fiksira na radnoj površini, a zatim se klikom na SHIFT+SPACE ciklično prelazi na jedan od opisanih modova. Ova promena će ostati zapamćena za sledeća povezivanja. Slika 35 prikazuje postavljenu žicu u *any angle* modu.



Slika 35. "Any Angle" povezivanje

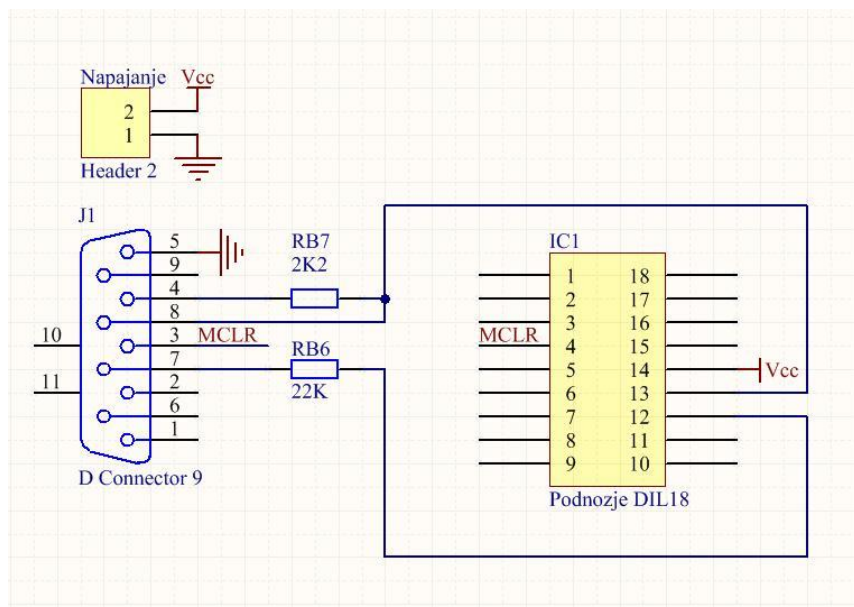
Drugi način međusobnog povezivanja pinova je pomoću oznaka netova (**net label**). To će biti pokazano na primeru spajanja pina 3 konektora serijskog porta i pina 4 podnožja za mikrokontroler (Slika 36). Net kome pripadaju ovi pinovi ćemo nazvati MCLR, kao što je označeno na slici 1.1. Pridruživanje pinova netu se vrši opcijom **Place -> Net Label**, ili pritiskom na ikonicu **Place Net Label** u paleti sa alatima. Cursor se pretvara u krstić pored kojeg je napisan naziv neta. Ovaj naziv je moguće promeniti "u letu" pritiskom na *Tab*, ili nakon postavljanja, dvostrukim klikom na net labelu. Nakon promene naziva, postavljamo net labelu tako da se cursor poklopi sa "vrućim" krajem pina 3 konektora serijskog porta⁵ i ponovimo postupak za pin 4 podnožja mikrokontrolera. Ovaj način spajanja je u električnom smislu ekvivalentan ožičavanju i specifičan je po tome što

omogućava eksplicitno dodeljivanje naziva netovima. Još jedna pogodnost koju nosi sa sobom je što smanjuje broj žica na radnoj površini, čime omogućava bolju preglednost šeme.



Slika 36. Povezivanje pinova pomoću net labela

Posebna vrsta net labela su portovi za napajanje (**Power Port**), npr. izvor jednosmernog napona napajanja (**Vcc**) i masa (**GND**). Pošto su ovi netovi obično distribuirani ka velikom broju pinova komponenti, njima se pridaje posebna važnost, tako da imaju i posebne grafičke oznake. Korišćenjem ovih oznaka uveliko se poboljšava preglednost šeme. Postavljaju se na radnu površinu opcijom menija **Place -> Power Port**, ili klikom na odgovarajuću ikonicu u paleti sa



Slika 37. Konačni izgled šeme

alatima. Slika 37 prikazuje konačni izgled šeme, nakon dodavanja portova za napajanje.

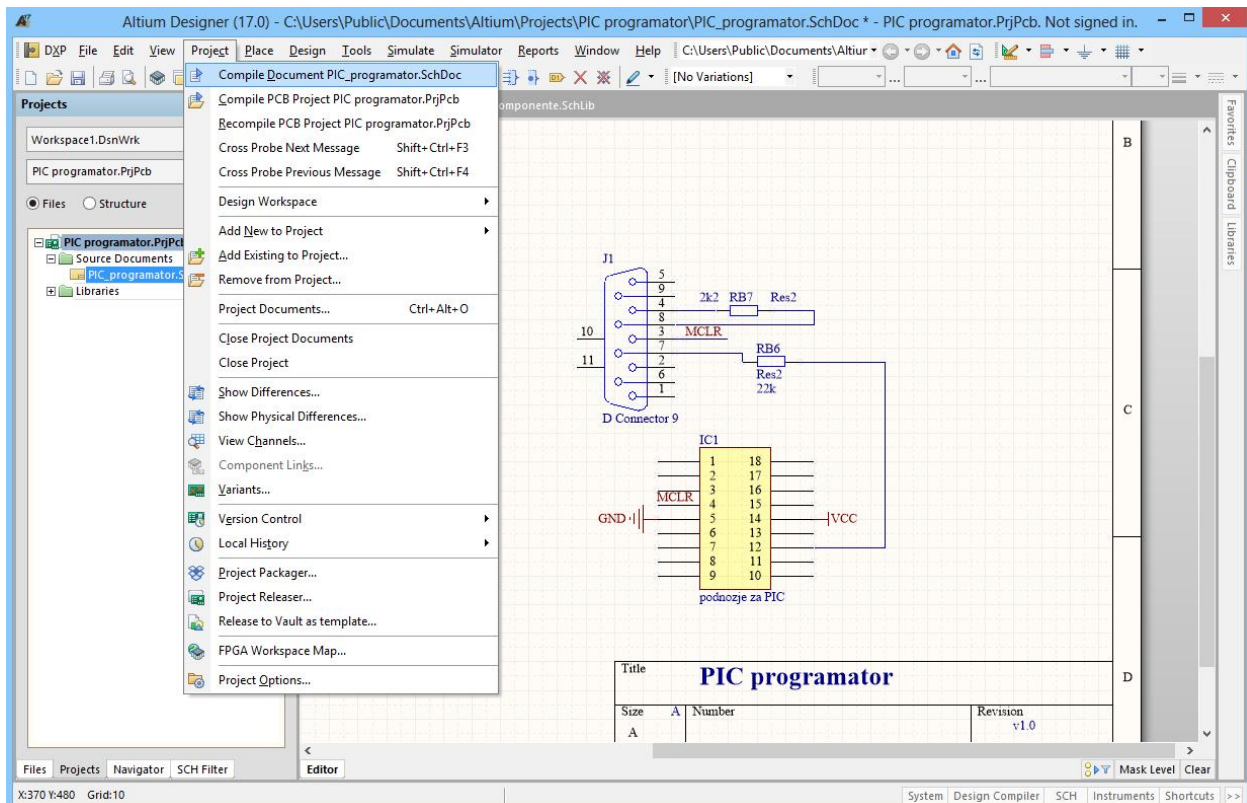
⁵ Na slici je iz estetskih razloga pin 3 konektora serijskog porta “produžen“ dodavanjem segmenta linije u dužini net labela.

2.1.13. Prevlačenje komponenti zajedno sa postavljenim žicama

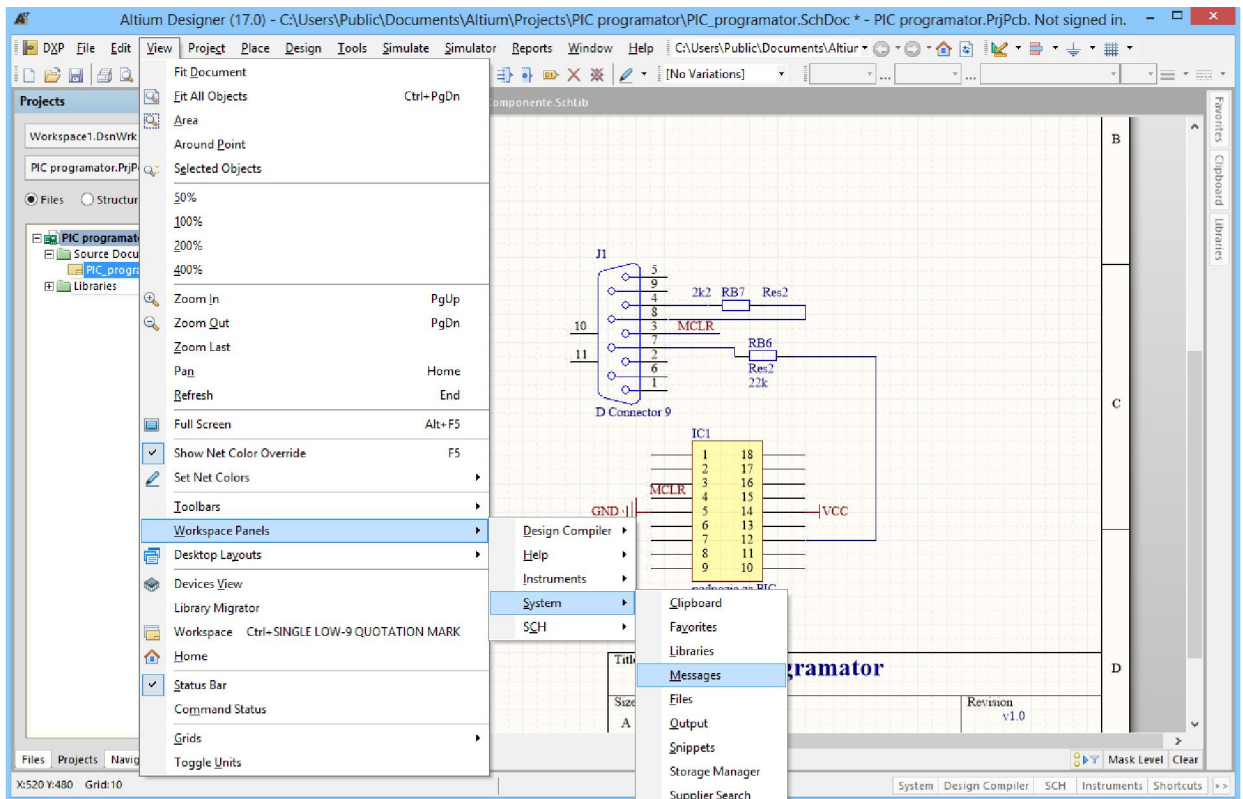
Ukoliko postoji potreba da se već povezana komponenta / ili segment šeme pomeri na drugo mesto na radnoj površini, to je moguće učiniti bez brisanja postojećih žica ponovnog ožičavanja na drugoj lokaciji. Naime, pritiskom i zadržavanjem tastera CTRL, željena komponenta se može pomeriti na novo mesto u šematičku, bez njenog odvajanja od postojećih vodova na njenim pinovima. Slična konstatacija važi se može primeniti i na segment šeme, samo se prilikom selektovanja mora zadržati taster SHIFT.

2.1.14. Kompajliranje šematika

Nakon povezivanja komponenti, pre prelaska na PCB, potrebno je proveriti da li postoje određena upozorenja ili greške na šemi, koje bi mogle uticati na funkcionalnost. Ova provera se vrši kompajliranjem šematika, odabirom na: *Project* iz padajućeg menija, i selektovanjem *Compile Document *.SchDoc*, kao što je prikazano na Slici 38. Da bi se sagledale greške i upozorenja, nakon odabira na *Compile*, neće se automatski otvoriti prozor sa porukama, već je potrebno ručno ga pokrenuti iz liste padajućeg menija *View: View-Workspace Panels-System-Messages* (Slika 39).

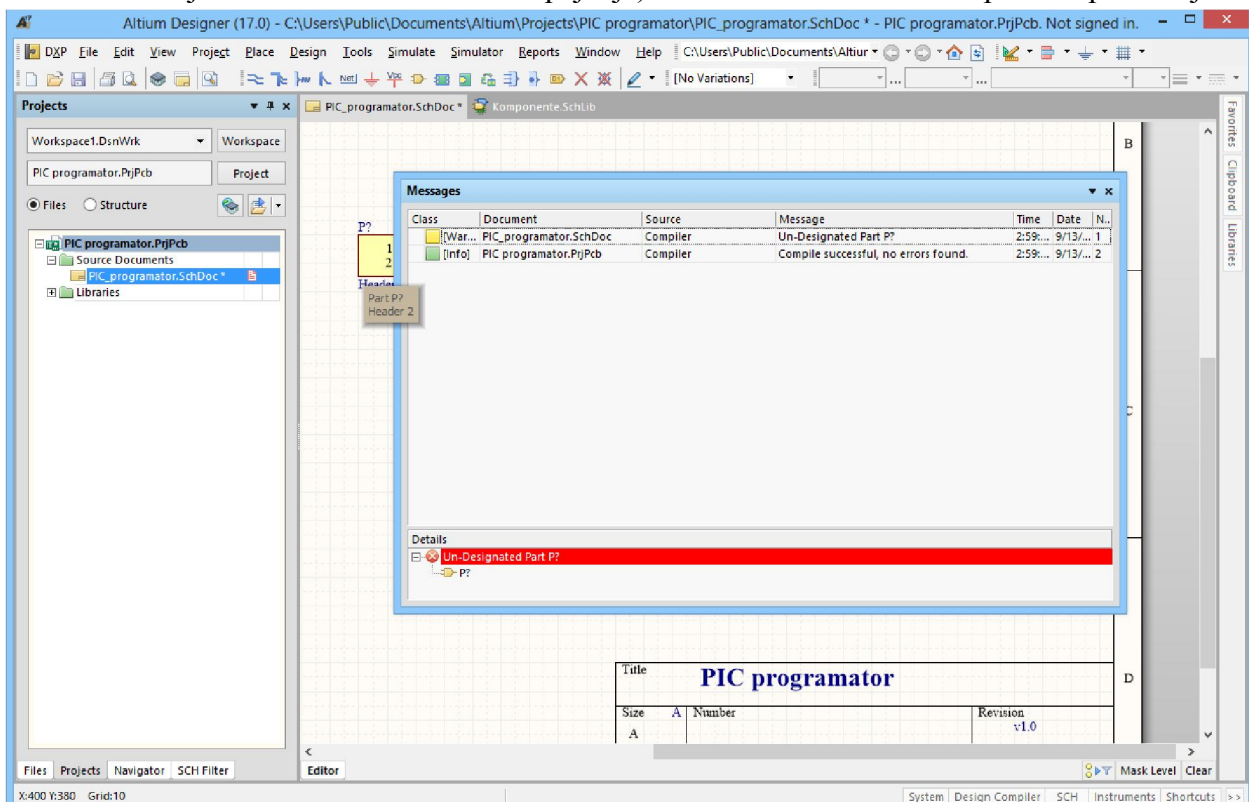


Slika 38. Kompajliranje šematika



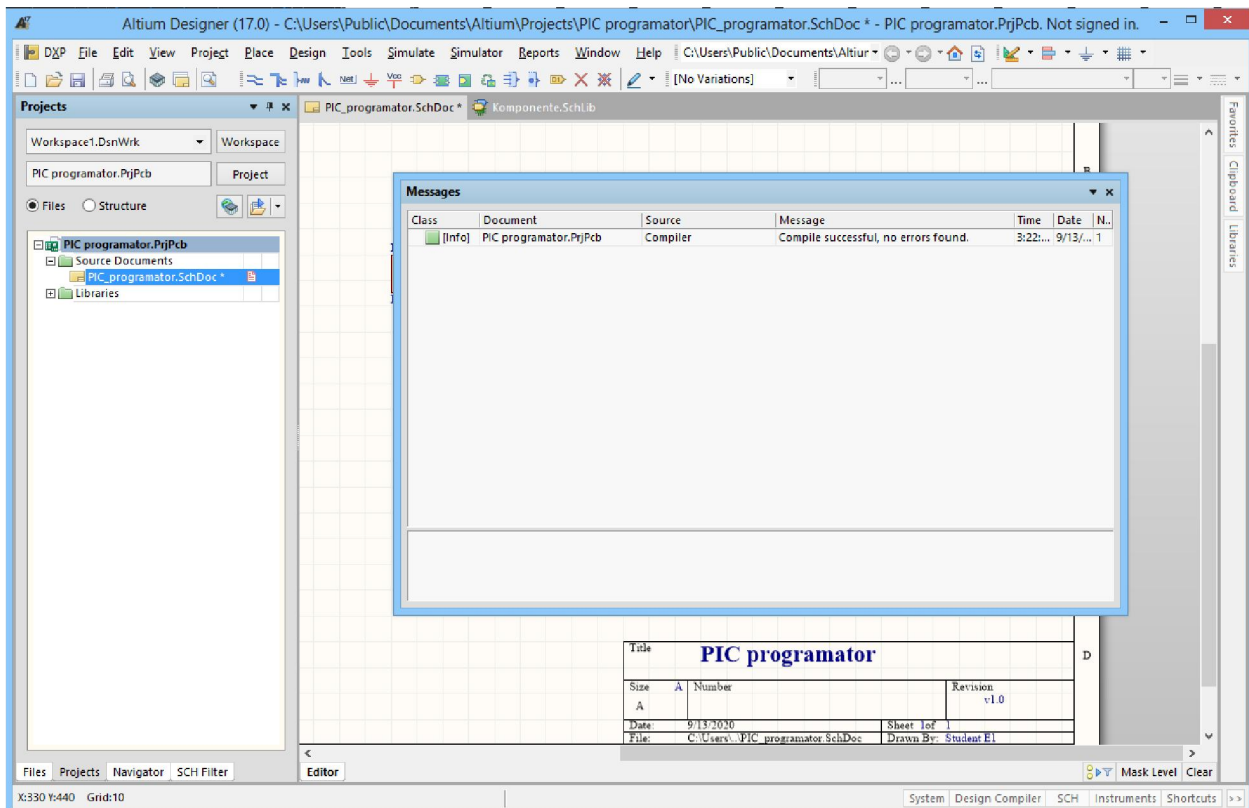
Slika 39. Aktiviranje prikaza poruka kompajlera

Sa Slike 40 jasno možemo videti da na šemi postoji jedan konflikt (u našem slučaju namerno izazvan brisanjem oznake sa konektora napajanja) kako bi bio demonstriran prikaz upozorenja.



Slika 40. Upozorenja i greške

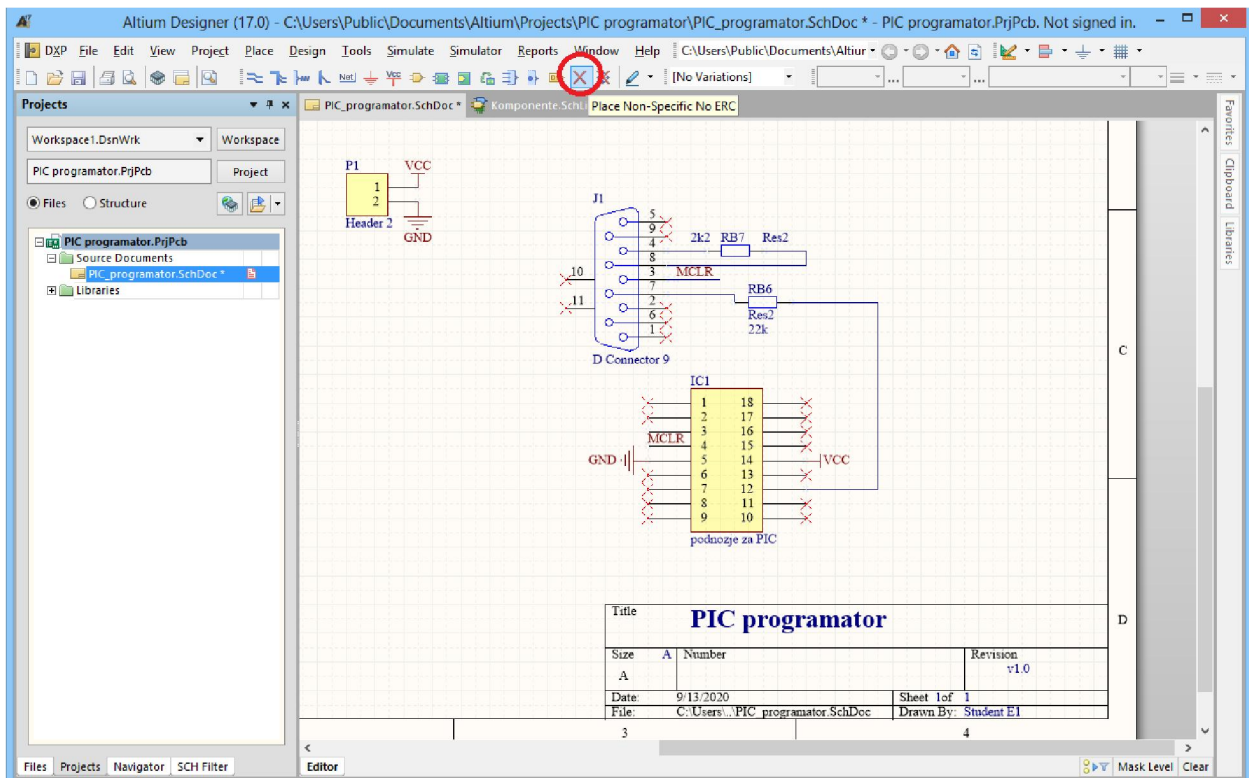
Nakon ponovnog vraćanja oznake na konektor napajanja, ponovljeno je i kompajliranje, a rezultat uspešnog kompajliranja bez upozorenja je prikazan na Slici 41.



Slika 41. Rezultat uspešnog kompajliranja

2.1.15. Označavanje pinova komponenti koji se ne povezuju na šemi

Pinovi koji se ne koriste prilikom povezivanja šeme, mogu se označiti sa objektom **NO ECR**, koji se nalazi u paleti osnovnih alata za povezivanje a prikazan je krstom crvene boje (Slika 42).

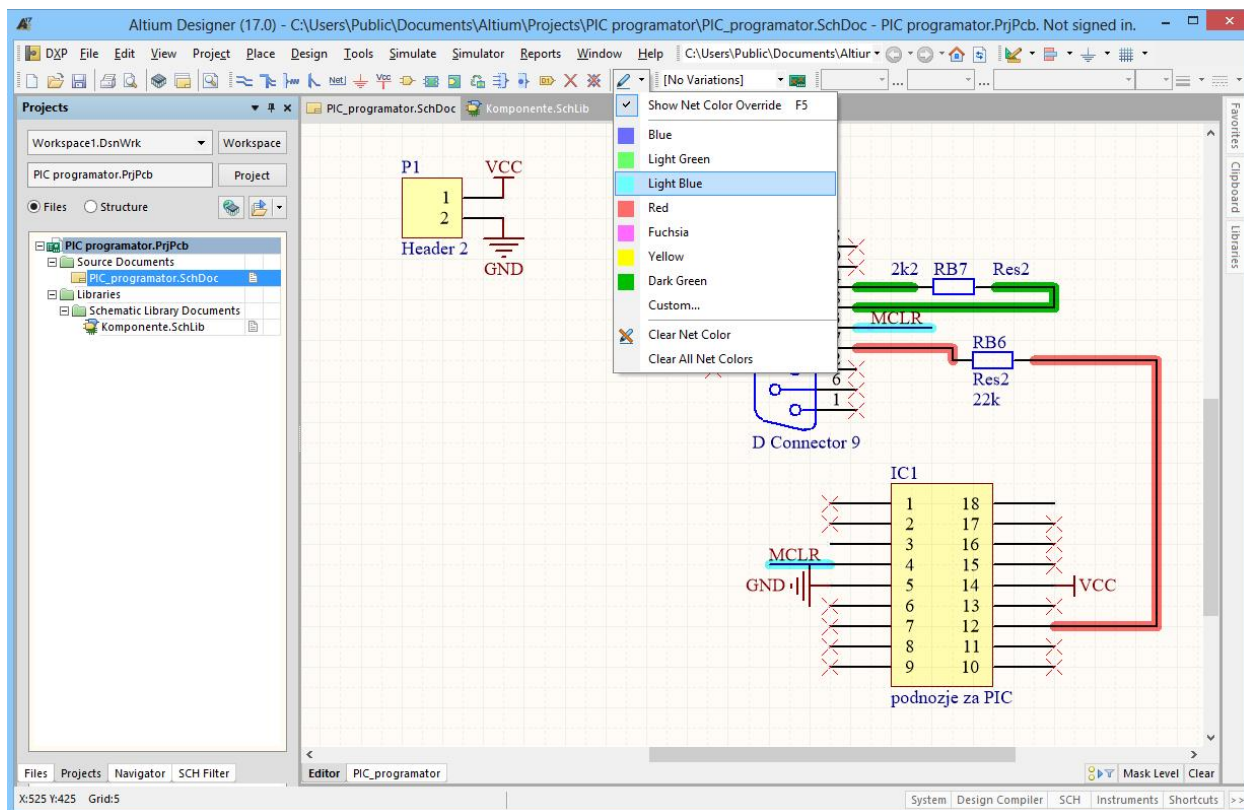


Slika 42. NO ECR objekat

Ovo se koristi da bi se potisnule moguće prijave upozorenja nakon provjere pravila električnog povezivanja. Pored nepovezanih pinova, ovo se može dodati na mestima gde je potrebno namerno ograničiti proveru grešaka u određenoj tački kola.

2.1.16. Označavanje net labela ili žica markerom radi bolje preglednosti

Upotrebom alata *Net Colors* koji se nalazi u paleti i ima izgled markera može se ofarbati određeni Net, bilo da se radi o labeli ili o žici (vodu). Na Slici 43 je prikazan primer obojenih vodova otpornika RB6, RB7, kao i labele MCLR upotrebom ove opcije. Ovo nije neophodno raditi sa većinom vodova, ali ponekad može da bude korisno ukoliko je potrebno istaći neke Net-ove. Markeri će se videti i na PCB-u. Kombinacija tastera CTRL+SHIFT+C uklanja postavljene markere.



Slika 43. Označavanje Net-ova color markerom

2.1.17. Pojam “Futprint-a” komponente

Kao što je već rečeno u uvodu, futprint (“otisak stopala“) predstavlja fizičku reprezentaciju komponente na štampanoj ploči, pri čemu broj, raspored i fizičke dimenzije lemnih mesta odgovaraju realnim fizičkim dimenzijama komponente. Definisanje futprinta komponente je prvi korak ka prelasku iz apstraktnog sveta šeme uređaja u fizički svet štampane ploče. Jedna komponenta se može pojaviti u više različitih futprintova u zavisnosti od toga da li je through-hole ili SMD, kao i u zavisnosti od proizvođača, tehnologije proizvodnje, električnih parametara i sl. Stoga je neophodno voditi računa o tome da svakoj komponenti bude dodeljen futprint koji odgovara njenom fizičkom obliku.

Pre objašnjenja oznaka footprintova komponenti, sledi objašnjenje jedinica mere koje se koriste u Altium Designeru. Pošto se početni razvoj elektronskih komponenti uglavnom odigrao u SAD, nametnut je imperijalni (britanski) sistem mernih jedinica kojim se oni uobičajeno koriste. Kuriozitet je da je i sama Velika Britanija u međuvremenu usvojila metrički sistem kao zvanični, ali se imperijalni sistem i dalje održava u Americi. Usled toga, osnovna jedinica dužine je hiljaditi deo inča koji se naziva **mil**. Sledi nekoliko primera konverzije između metričkih i imperijalnih jedinica:

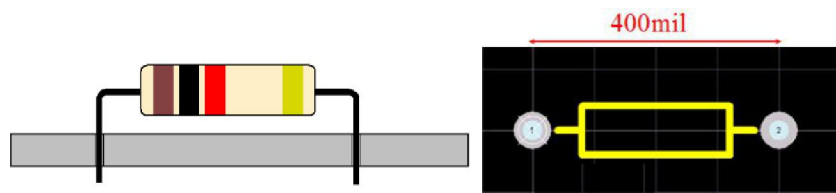
$$1 \text{ inč} = 1000 \text{ mil} = 25.4 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mil} = 2.54 \text{ mm}$$

$$300 \text{ mil} = 7.62 \text{ mm}$$

2.1.17.1. Footprint otpornika

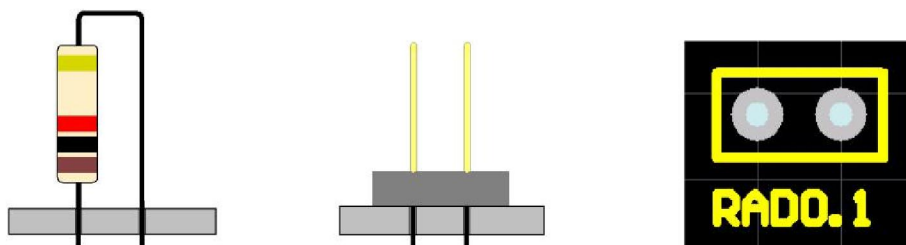
AXIAL-0.4 je najčešće korišćen footprint kada su u pitanju through-hole otpornici. Kao što je ranije napomenuto, deo naziva AXIAL sugerise da je otpornik montiran aksijalno na štampanu ploču, odnosno da je telo komponente paralelno sa pločom. Broj 0.4 u nazivu označava da je udaljenost između lemnih tačaka (padova) 400 mil. Standardnom otporniku snage 0.25W takođe odgovara i **AXIAL-0.3** footprint, ali je pri tom nožice otpornika potrebno saviti odmah nakon izlaska nožica iz tela otpornika podvrgavajući ih tako većem mehaničkom naprezanju. Izgled AXIAL-0.4 otpornika prikazan je na Slici 44.



Slika 44. Aksijalni način montaže otpornika (levo) i footprint AXIAL-0.4 (desno)

2.1.17.2. Footprint konektora za napajanje

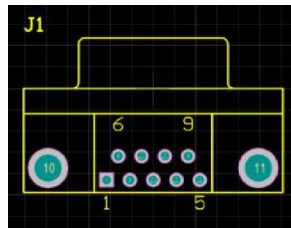
Za razliku od aksijalnog, postoji i radijalni način postavljanja otpornika, što je ređi slučaj, ali se koristi onda kada je zbog ograničenog prostora potrebno gušće spakovati komponente na štampanu ploču. U ovom projektu ne radi se o uspravno postavljenom otporniku, već će se ovaj footprint iskoristiti za konektor napajanja (Slika 45 u sredini), sa šematskom oznakom **HDR1X2**. U standardnim bibliotekama postoji još jedan footprint istih dimenzija, koji nosi oznaku **RAD-0.1**, ili **RAD0.1**, u zavisnosti od verzije softvera koja se koristi. Brojna oznaka 0.1 označava da je razmak između padova 100 mil.



Slika 45. Radijalno postavljen otpornik (levo), konektor napajanja (sredina) i footprint (desno)

2.1.17.3. Futprint konektora za serijsku komunikaciju

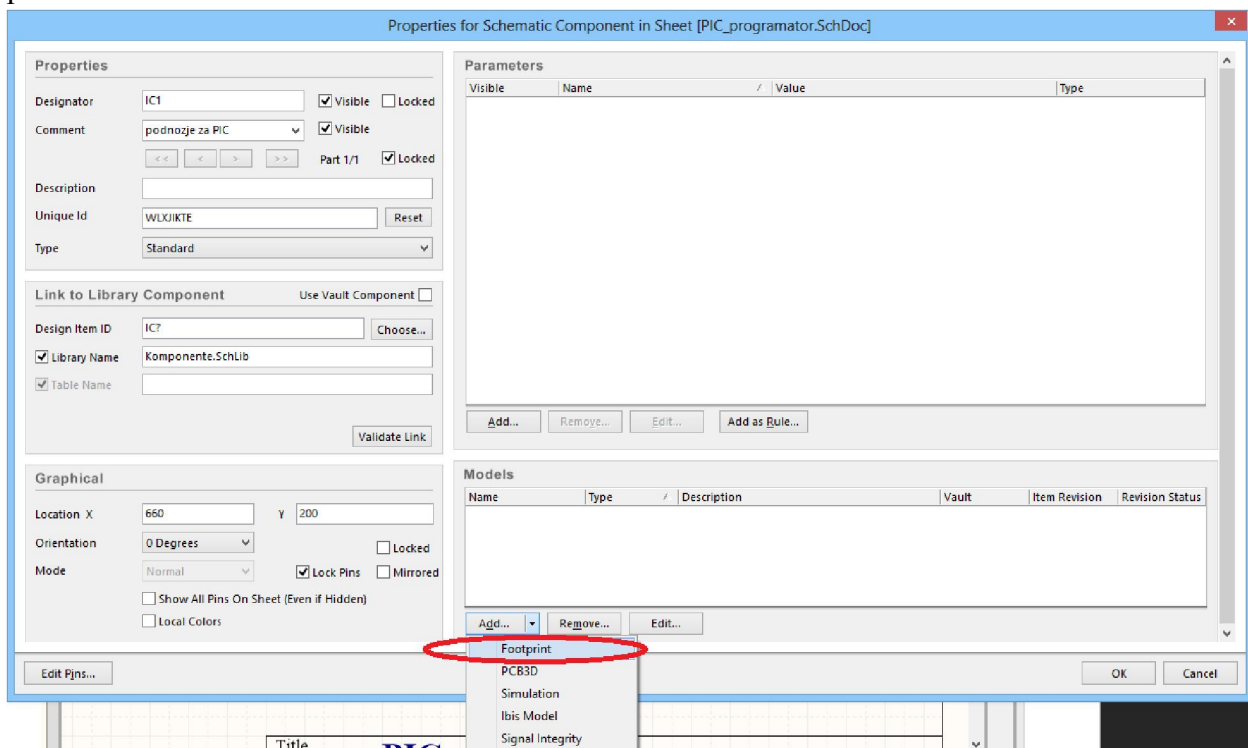
Konektor za DB-9 je standardni konektor na koji se povezuje 9-pinski kabel za serijsku RS232 komunikaciju. Oznaka futprinta komponente je **DSUB1.385-2H9** (slika 46).



Slika 46. Futprint konektora za serijsku komunikaciju

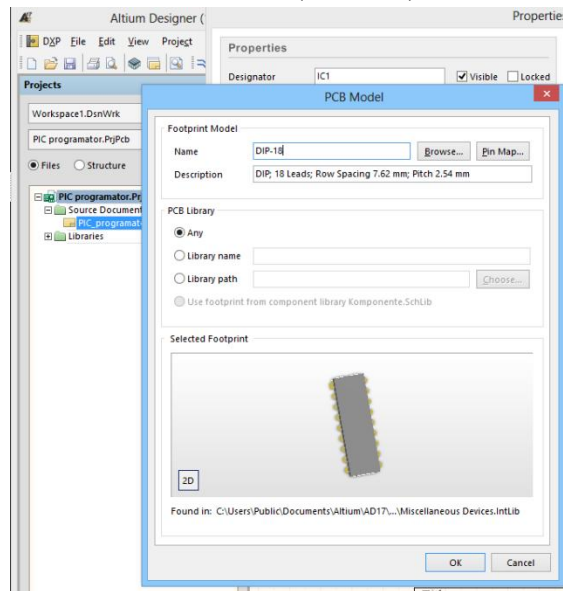
2.1.17.4. Futprint podnožja PIC mikrokontrolera

Trenutno, sve komponente osim podnožja mikrokontrolera imaju dodeljen podrazumevani (default) futprint koji odgovara izgledu i dimenzijama komponenti. Dakle, potrebno je još dodeliti futprint podnožju kontrolera. Dodela futprintova vrši se na šematiku u istom dijalogu u kojem se dodeljuju ostali atributi komponente i koji se otvara dvostrukim klikom na komponentu, ili alternativno desnim klikom na komponentu i odabirrom sekcije *Properties*. Nakon otvaranja dijaloga, u sekciji **Models** kliknemo na taster **Add** i izaberemo opciju **Footprint**, kao što je to prikazano na Slici 47.



Slika 47. Dodavanje futprinta komponenti

U polju **Name** dijaloga **PCB Model** upišemo **DIP-18**⁶. Ukoliko je u polju **PCB Library** izabrana opcija **Any**, program će automatski pretražiti trenutno dostupne biblioteke da bi u njima pronašao futprint sa naznačenim imenom i pronaći će ga u biblioteci **Miscellaneous Devices.IntLib**, nakon čega će se u delu **Selected Footprint** pojaviti grafički prikaz izabranog futprinta. Nakon toga, izbor futprinta se potvrđuje klikom na taster **OK** (Slika 48).



Slika 48. Dodela futprinta podnožju PIC mikrokontrolera

U tabeli 1 dat je prikaz svih komponenti korišćenih u ovom projektu i njihovih atributa.

Tabela 1. Korišćene komponente i njihovi atributi

Komponenta	Simbol	Biblioteka	Designator (oznaka)	Part Type (vrednost)	Footprint (kućište)	Biblioteka futprinta
Otpornik 1	Res2	Miscellaneous Devices.IntLib	RB6	22K	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib
Otpornik 2	Res2	Miscellaneous Devices.IntLib	RB7	2K2	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.IntLib
Konektor	D Connector 9	Miscellaneous Connectors.IntLib	J1	-	DSUB1.385-2H9	Miscellaneous Connectors.IntLib
Podnožje	Podnožje DIL18	Komponente.SchLib	IC1	-	DIP-18	Miscellaneous Devices.IntLib
Napajanje	Header 2	Miscellaneous Connectors.IntLib	Napajanje	5V	HDR1X2	Miscellaneous Connectors.IntLib

⁶Veliki broj integriranih kola koristi futprint sa oznakom DIPx (Dual In-line Package), gde x označava broj pinova, što može biti npr. 8, 14, 28, 32 pa i preko 40. Razmak između uzastopnih pinova kod ovakvih kućišta iznosi 100 mil tj. 2,54 mm.

2.2. VEŽBA 1 b) Projektovanje štampane ploče PIC programatora u PCB Editoru

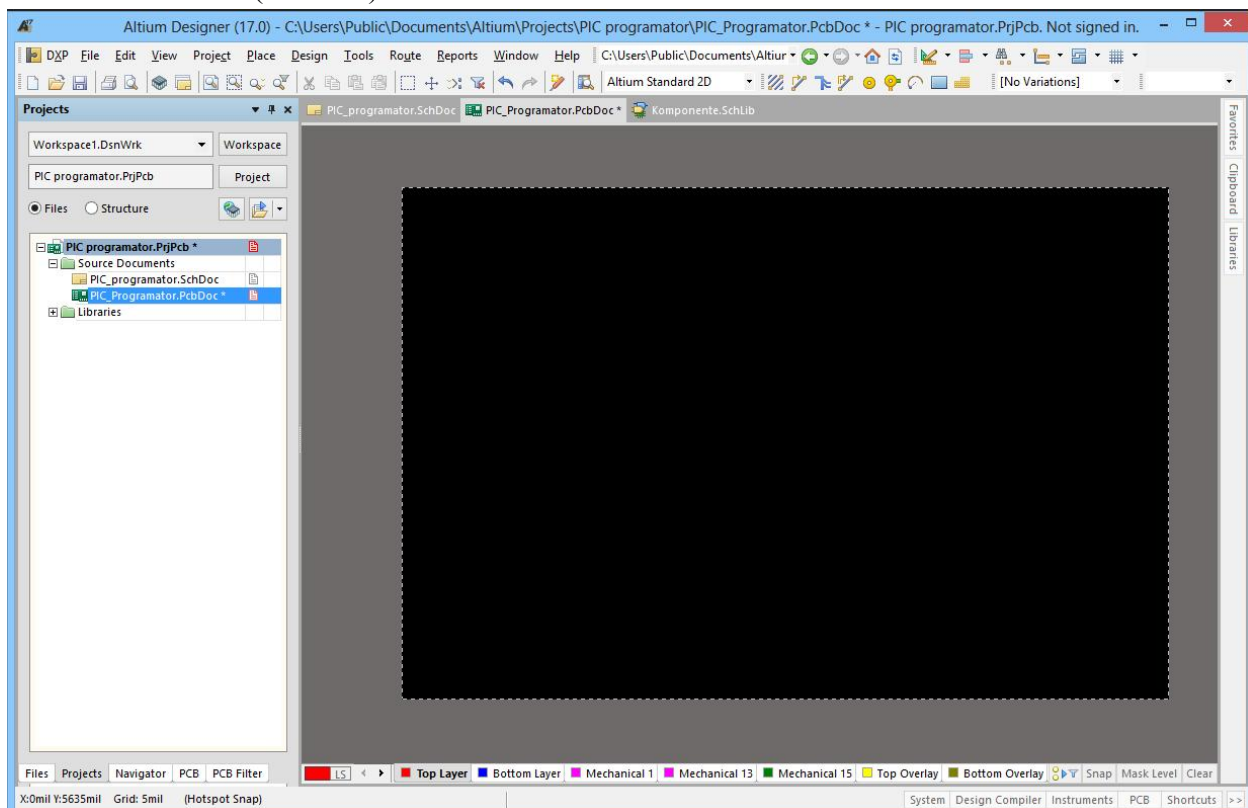
2.2.1. Kreiranje novog dokumenta u PCB Editoru

Do sada je opisan postupak crtanja šeme PIC programatora u Šematik Editoru (Pic_Programator.SchDoc). Iz tog virtuelnog (šematskog) sveta neophodno je preći u svet fizičke predstave štampane ploče, tj. PCB svet. Stoga je neophodno dodati u projekat novi, dokument sa “.PcbDoc” ekstenzijom u kojem će biti definisan izgled štampane ploče uređaja:

Opcijom **File -> New -> PCB** dodajemo u projekat novi PCB fajl nazvan **PCB1.PcbDoc**
Korišćenjem opcije **File -> Save** snimamo PCB dokument u projektni folder, dodeljujući mu pri tome novo ime **PIC_Programator.PcbDoc**.

2.2.2. Učitavanje komponenti iz Schematic Editora

Radna površina u PCB Editoru je prazna i spremna za učitavanje footprintova komponenti unetih u Schematic Editoru (Slika 49).



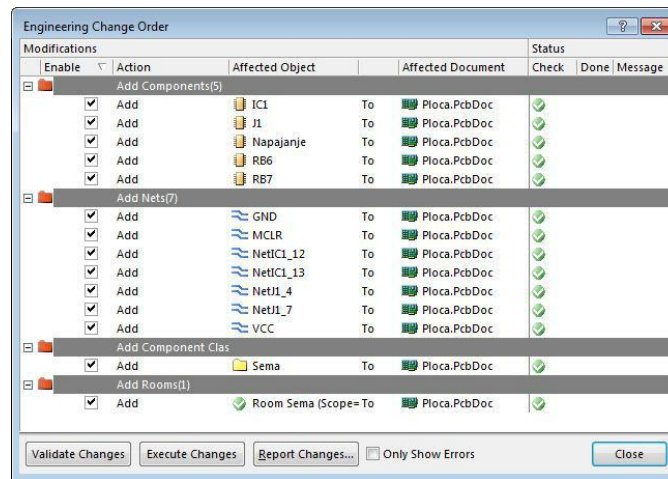
Slika 49. Prikaz praznog PCB dokumenta

Pre toga je potrebno snimiti Šematik dokument (Sema.SchDoc). Učitavanje footprintova komponenti u PCB dokument moguće je izvršiti na dva načina⁷:

Ukoliko je trenutno aktivan PCB dokument, opcijom **Design -> Import Changes From Pic_Programator.PrjPcb**

Ukoliko je trenutno aktivan Schematic dokument, opcijom **Design -> Update PCB Document Pic_Programator.PcbDoc**

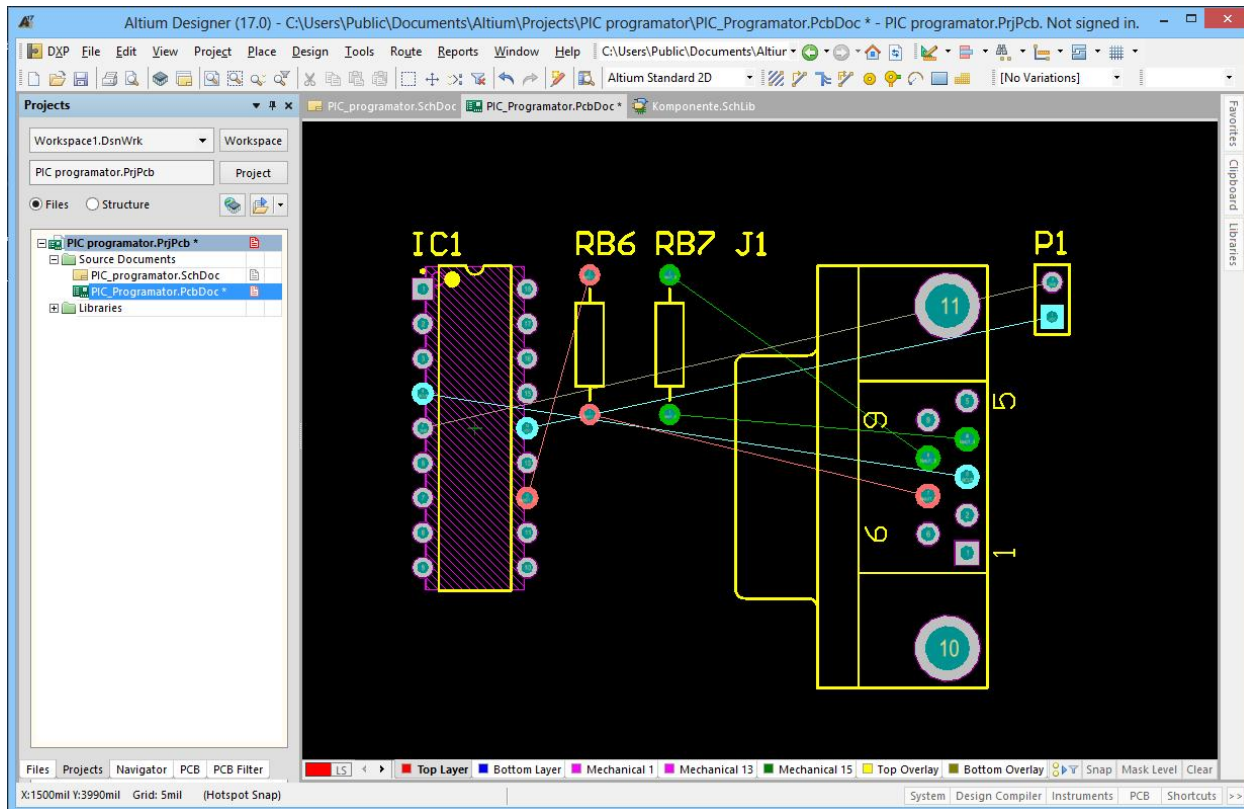
U oba slučaja otvara se dijalog koji pokazuje promene koje moraju biti izvršene kako bi se oznake, futprintovi i netovi u PCB editoru poklapale sa onima u Schematic editoru (Slika 50).



Slika 50. Promene koje se vrše pri učitavanju komponenti u PCB Editor

⁷ Isti postupak se primenjuje svaki put kada je tokom projektovanja ploče potrebno izvršiti izmene u Schematic Editoru

Ukoliko su svi prethodni koraci bili uspešno završeni, klikom na taster **Validate Changes**, po poljima u vrsti **Check** (*Slika 50*) se pojavljuju zeleni simboli koji označavaju da je sve u redu. Nakon toga, klikom na taster **Execute Changes** se komponente učitavaju u PCB dokument. Izgled ekrana PCB Editora nakon ovih koraka je prikazan na slici 51.



Slika 51. Radna površina PCB Editora nakon učitavanja komponenti

Dakle, nakon učitavanja komponenti, na radnoj površini PCB editora se nalaze futprintovi komponenti, zajedno sa njihovim oznakama. Pinovi komponenti koji su međusobno povezani (odnosno koji pripadaju istim netovima) su povezani tankim sivim linijama, čime se korisniku daje do znanja između kojih pinova moraju biti postavljene provodne veze. Ove sive linije će nestati kada na tim mestima budu postavljeni provodni vodovi koji spajaju komponente. Treba primetiti i to da ukoliko su na šemi neki netovi obojeni markerima (kao što je objašnjeno u odeljku 2.1.16) ove oznake (po bojama) će biti zadržane i na PCB-u. Zbog toga na Slici 50 imamo pinove otpornika RB7 obojeno Zeleno, pinove otpornika RB6 crveno, a pinove sa labelom MCLR plavo.

2.2.3. Razmeštanje komponenti i priprema za rutiranje

Nakon što su futprintovi komponenti učitani u PCB editor, prelazi se na sam postupak projektovanja štampane ploče. Taj postupak podrazumeva dva ključna koraka:

Raspoređivanje futprintova komponenti po površini ploče (engl. **placement**).

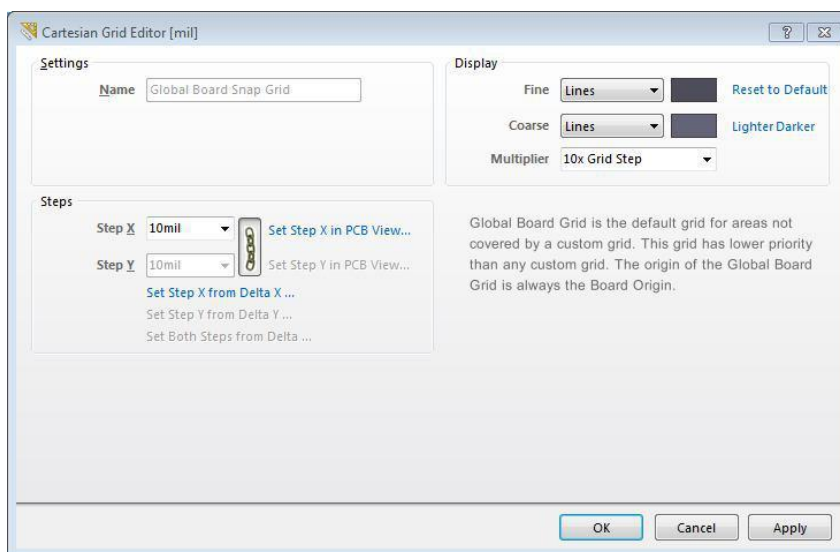
Izvlačenje provodnih veza (rutiranje, engl. **routing**).

Tokom projektovanja, potrebno je imati na umu pravila o kojima je već bilo reči u uvodu, u sekciji *1.2.2 Smernice i pravila vezana za projektovanje štampane ploče*. Takođe, potrebno je voditi i računa o specifičnostima samog uređaja. U ovom slučaju, na primer, neophodno je komponentu konektora za serijsku komunikaciju (J1) postaviti na ivicu ploče i orjentisati sam konektor ka spoljašnjosti, kako bi bilo olakšano priključivanje kabla za serijsku vezu.

Pre samog raspoređivanja futprintova, korisno je podesiti radnu površinu PCB Editora na način koji olakšava proces raspoređivanja. Korišćenjem opcije **Design -> Board Options** otvara se dijalog kojim se definišu opcije vezane za prikaz ploče u PCB editoru. Opcija **Measurement Unit** određuje da li će biti korišćen imperijalni ili metrički sistem jedinica.

Postoji još jedna veoma korisna prečica za prebacivanje sa imperijalnog na metrički merni sistem upotrebom tastera Q, kada je aktivna radna površina PCB Editor.

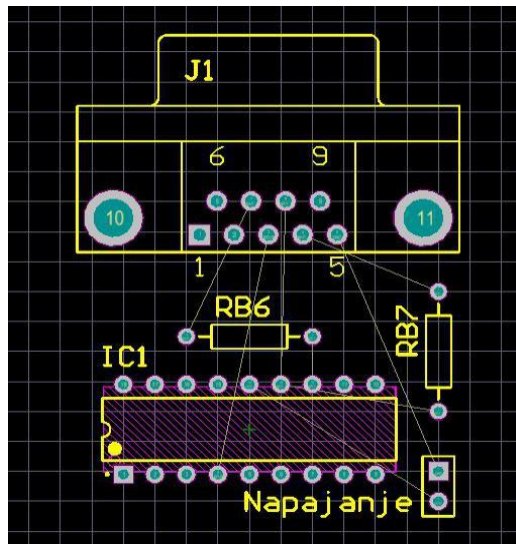
Još jedna korisna opcija je podešavanje mreže, koja olakšava poravnavanje komponenti (izgled mreže i razmak između linija u okviru nje nema nikakav uticaj na svojstva same pločice). Ova opcija se podešava iz menija **Board Options -> Grids -> Menu -> Properties**, čime se otvara dijalog za podešavanje mreže. Tipično podešavanje podrazumeva recimo, da u polja **Step X** i **Step Y** bude upisana vrednost od **10mil**, a u polju **Multiplier** se izabere **10x Grid Step** (Slika 52). Značenje ovih podešavanja je da se futprintovi komponenti mogu pomerati duž X i Y ose sa korakom od 10mil i da će na ekranu PCB Editora biti prikazane dve mreže, jedna sa tanjim sivim linijama razmaknutim 10mil (step), a druga sa debljim linijama razmaknutim 10x10=100mil (multiplier).



Slika 52. Podešavanje parametara vidljive mreže u PCB Editoru

Nakon ovoga, pristupamo raspoređivanju komponenti klikom na svaku od njih pojedinačno i njihovim prevlačenjem na željenu poziciju. Prilikom raspoređivanja, moguće je rotirati komponente pritiskom na *Space* dok je komponenta “u vazduhu”, na sličan način kao što je rađeno pri raspoređivanju komponenti u Schematic Editoru. Pri tome, kao što je već napomenuto,

potrebno je komponente rasporediti na takav način da se provodne veze što manje međusobno ukrštaju, a opet, da budu približnog rasporeda kao na šemi. Primer rasporeda futprintova komponenti prikazan je na Slici 53.



Slika 53. Primer raspoređivanja futprintova po radnoj površini PCB Editora

2.2.4. Načini rutiranja

Pošto je definisan raspored komponenti, odnosno njihovih futprintova, pristupa se izvlačenju provodnih veza, odnosno rutiranju. Rutiranje se može vršiti na dva načina:

“Ručno”, pri čemu korisnik sam definiše geometriju provodnih veza korišćenjem odgovarajućih alata za rutiranje.

Korišćenjem alata za automatsko rutiranje (**AutoRouter**), pri čemu je proces rutiranja prepušten programu. Ova opcija automatskog rutiranja data je čisto informativno, i nju ne treba koristiti prilikom projektovanja štampane ploče, pogotovo kada su u pitanju složeniji dizajni.

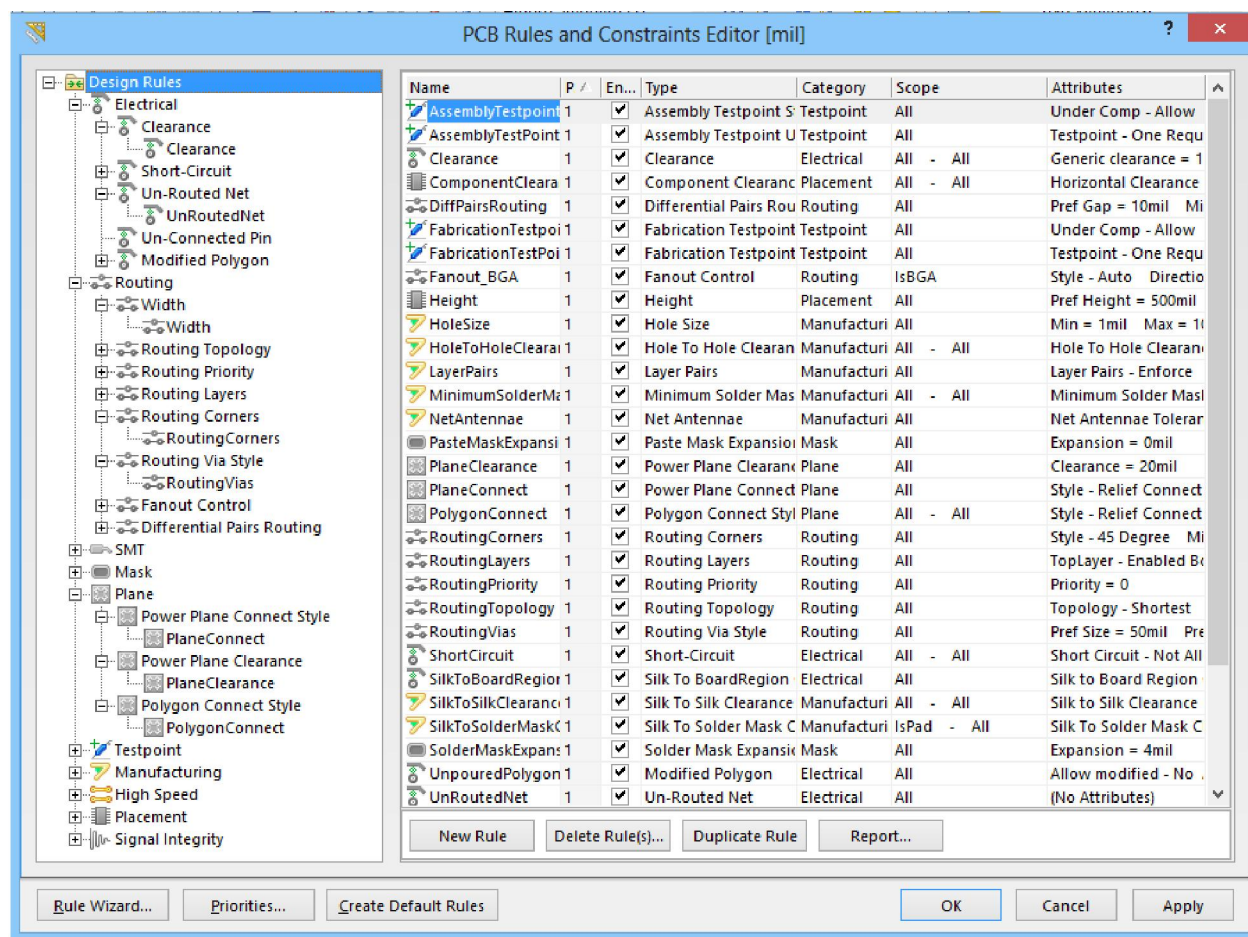
Na prvi pogled, opcija gde se korisnik prepušta veštini rutiranja kojom raspolaže sam softver deluje primamljivo, budući da iziskuje minimalan dodatni napor koji se svodi na uključivanje opcije za automatsko rutiranje. Međutim, još uvek važi nepisano pravilo da dobro uvežban inženjer neuporedivo bolje i efikasnije (nažalost ne i brže) obavlja ovaj zadatak, u poređenju sa najnaprednijim postojećim algoritmom za automatizovano rutiranje. Stoga, svaki iole složeniji dizajn se rutira ručno. U ovom slučaju, budući da je uređaj prilično jednostavan, AutoRouter će biti u stanju da izađe na kraj sa zadatkom.

Pre samog rutiranja, potrebno je definisati pravila po kojima će se rutiranje obaviti. Ova pravila odnose se na parametre kao što su željena širina provodnih linija, broj provodnih slojeva ploče, minimalno rastojanje između provodnih linija, minimalno rastojanje između provodnih linija i lemnih mesta, minimalno rastojanje koje se odnosi na poligone i sl. Dijalog za njihovo zadavanje se otvara pomoću opcije **Design -> Rules**. Sa desne strane dijaloga, pojaviće se hijerarhijski

organizovana lista koja sadrži mnoštvo pravila koja je moguće definisati, od kojih će ovde biti objašnjena samo ona najvažnija koja su od interesa za realizaciju načeg projektong zadatka.

2.2.5. Definisane osnovnih pravila rutiranja

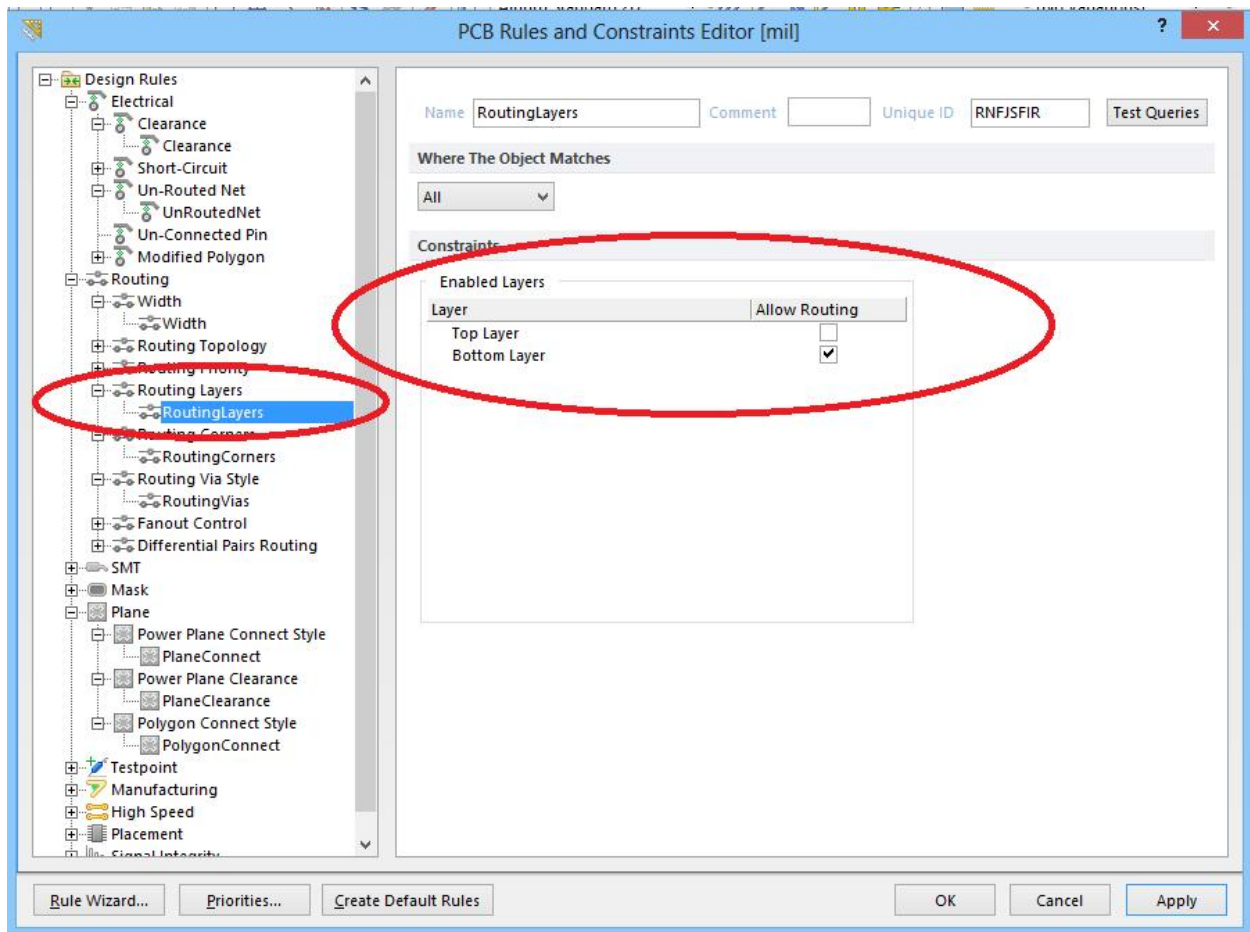
Na Slici 54 je prikazan izgled prozora u kome se definišu pravila, otvoren iz padajućeg menija *Design->Rules*.



Slika 54. Pravila vezana za rutiranje

2.2.5.1. Definisane slojeva koji se koriste pri rutiranju

U uvodu je bilo reči o potrebi da štampana ploča bude projektovana tako da komponente budu međusobno povezane korišćenjem što je moguće manjeg broja provodnih slojeva, budući da veći broj slojeva povećava tehnološku složenost izrade, a samim tim i krajnju cenu ploče. U našem slučaju, pošto se radi o relativno jednostavnom uređaju, videćemo da je moguće realizovati ploču u najjednostavnijoj (jednoslojnoj) tehnologiji. Budući da su sve korišćene komponente “through-hole” tipa, u ovom slučaju se logično nameće strategija projektovanja ploče po kojoj se same komponente nalaze sa gornje strane ploče, a lemne površine i signalne veze sa donje strane. Stoga je potrebno dati programu do znanja da će pri rutiranju biti korišćen samo donji sloj ploče. Ovo pravilo se zadaje u okviru dijaloga **PCB Rules and Constraint Editor**, opcija **Design Rules -> Routing Layers -> Routing Layers (Slika55)**.



Slika 55. Podešavanje ograničenja vezano za slojeve rutiranja

Pod opcijom **Constraints** definiše se koje slojeve je dozvoljeno koristiti pri rutiranju, u ovakvom slučaju potrebno je dozvoliti korišćenje donjeg sloja (**Bottom Layer**) i zabraniti korišćenje gornjeg sloja (**Top Layer**), kao što je prikazano na Slici 55. Nakon odabira odgovarajućih opcija, potrebno je pritisnuti taster **Apply** da bi izbor bio potvrđen.

2.2.5.2. Definisane širine provodnih veza

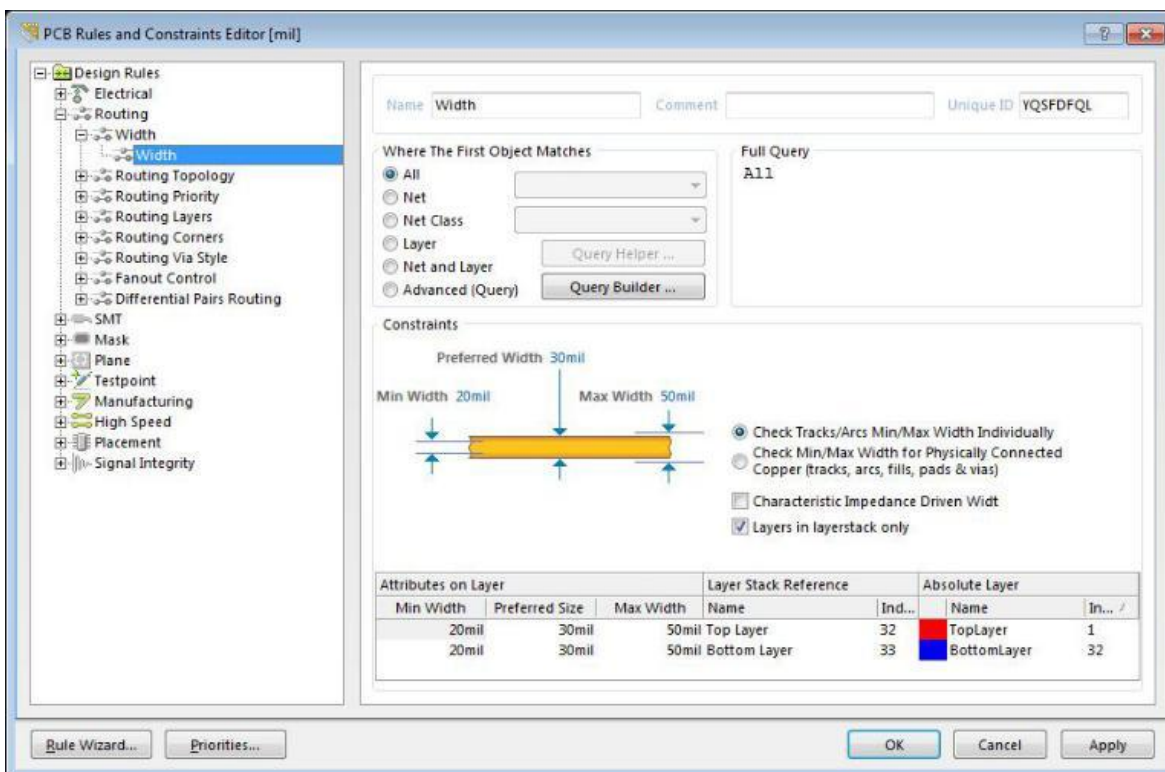
Širina provodnih veza definiše se pomoću opcije **Design Rules -> Width -> Width**. U delu prozora **Constraints**, definiše se minimalna, preferirana i maksimalna širina provodnih linija (Slika 56). Ova širina se bira na osnovu tehnoloških parametara procesa izrade ploče. Generalno pravilo je da je poželjno da linije budu što šire, jer se tako smanjuje njihova otpornost,

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} [\Omega]$$

gde je ρ specifična provodnost bakra, l dužina provodnika, a S površina poprečnog preseka.

Veća debljina vodova omogućava i proticanje većih struja i smanjuje mogućnost da neka od veza bude u prekidu usled manjih defekata nastalih u procesu izrade, kao i rizik pucanja voda od strujnog preopterećenja. Sa druge strane, deblje linije je teže provlačiti između komponenti, čime se povećava površina ploče, a ponekad rutiranje postaje i nemoguće u zadanom broju slojeva, tako

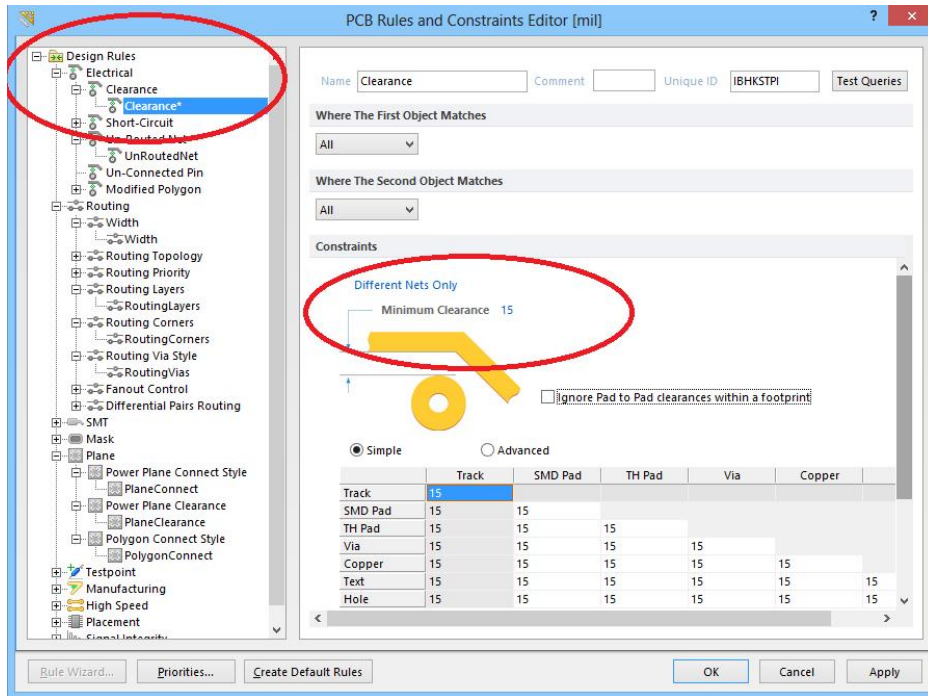
da je potrebno preći na višeslojnu tehnologiju. Stoga, širina linija predstavlja stvar inženjerskog kompromisa, a u ovom konkretnom slučaju vrednosti širina koje u potpunosti zadovoljavaju potrebe projekta zadatka su one koje su prikazane na Slici 56 (min = 20mil, pref. = 30mil, max = 50mil). Autoruter će uvek pokušati da izvrši rutiranje sa koristeći preferiranu širinu. Ukoliko to na pojedinim mestima nije moguće, smanjiće širinu i to najviše do minimalne zadate vrednosti. Takođe, ako je na nekim mestima potrebno da linije budu šire (npr. one koje idu ka energetskim komponentama), tada je moguće “ručno” promeniti širinu linija, sve do maksimalne definisane vrednosti. Ukoliko se debljina voda ručno pomeri na vrednost koja je veća od zadate maksimalne vrednosti, tada će taj vod da postane označen zelenim iksevima jer premašuje zadate opsege.



Slika 56. Definisavanje širine provodnih veza

2.2.5.3. Definisavanje minimalnog rastojanja između objekata

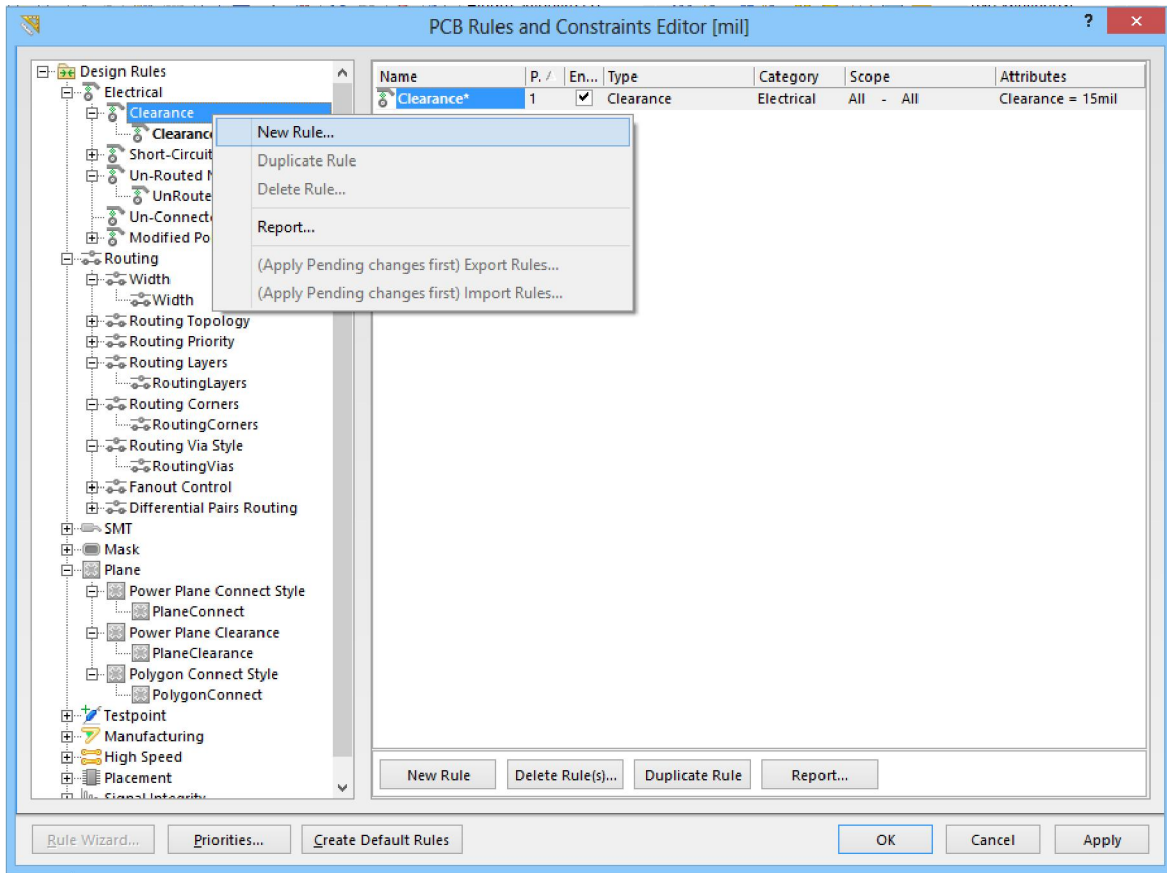
Minimalno rastojanje između objekata (provodnih linija ili padova komponenti) koji pripadaju različitim netovima definiše se pomoću opcije **Design Rules -> Electrical -> Clearance -> Clearance**. Ovu vrednost ćemo podesiti na 15mil (Slika 57).



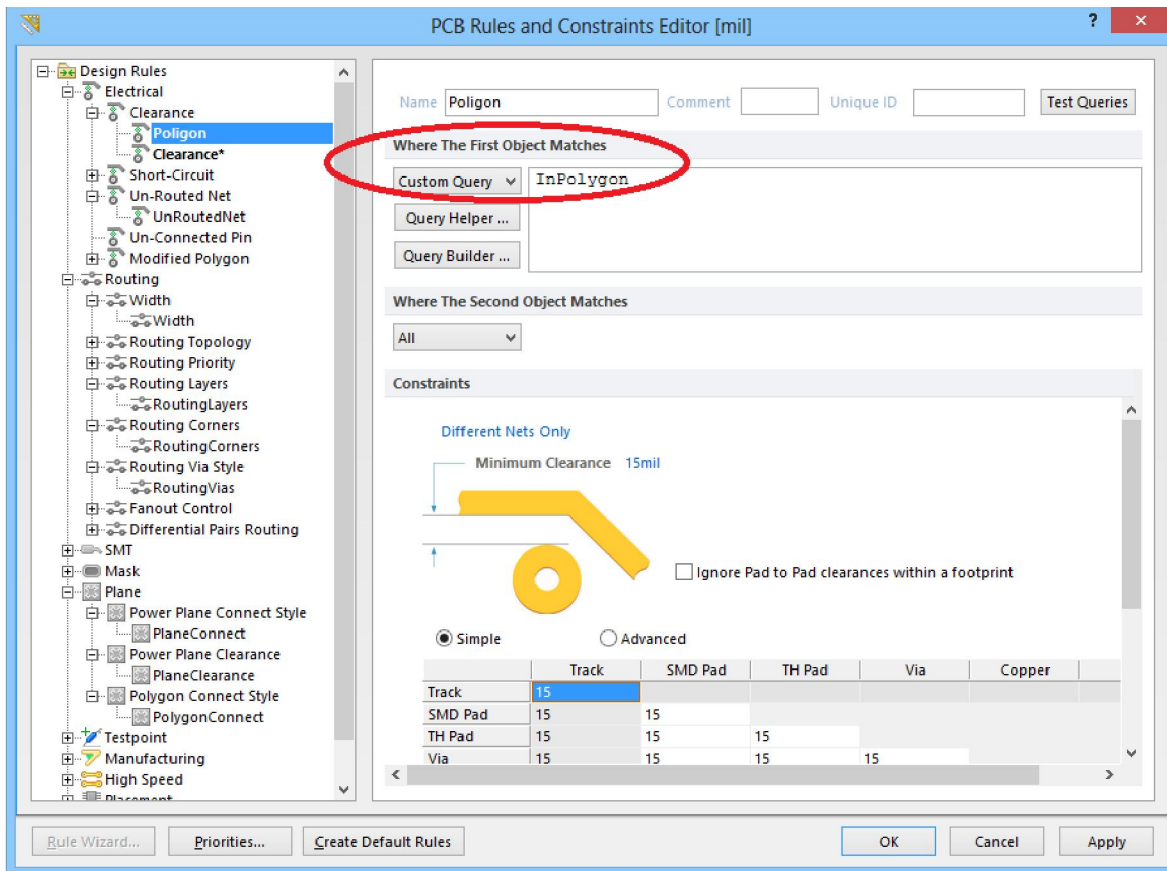
Slika 57. Definisiranje minimalnog razmaka između objekata koji pripadaju različitim netovima

2.2.5.4. Dodavanje novih pravila unutar postojećeg polja Clearance

Takođe, u okviru Electrical -> Clearance dodefinisaćemo još jedno novo pravilo koje će se odnositi na poštovanje minimalnog razmaka koji će se nalaziti unutar kreiranih poligona. Da bismo definisali novo pravilo u okviru **Clearance** polja, potrebno je da kliknemo desnim tasterom miša na Clearance, i dodamo opciju New Rule, kao što je prikazano na Slici 58. Pravilo ćemo nazvati npr. **Poligon**, i ovaj naziv ćemo upisati u opciju “Name” – Slika 59. Takođe, na Slici 59 možemo videti da je u okviru polja “Where the first object matches” odabrana stavka *Custom Query*, i u polje sa kursorom (polje za tekstualni unos opisa pravila unosimo sledeći tekst: **InPolygon**). Ovo će se odnositi na Clearance pravilo unutar postavljenih poligona. Sada je još potrebno potaviti minimal clearance na željenu vrednost (u našem slučaju stavljamo 15 mil-a) (sva podešavanja se vide na Slici 59).



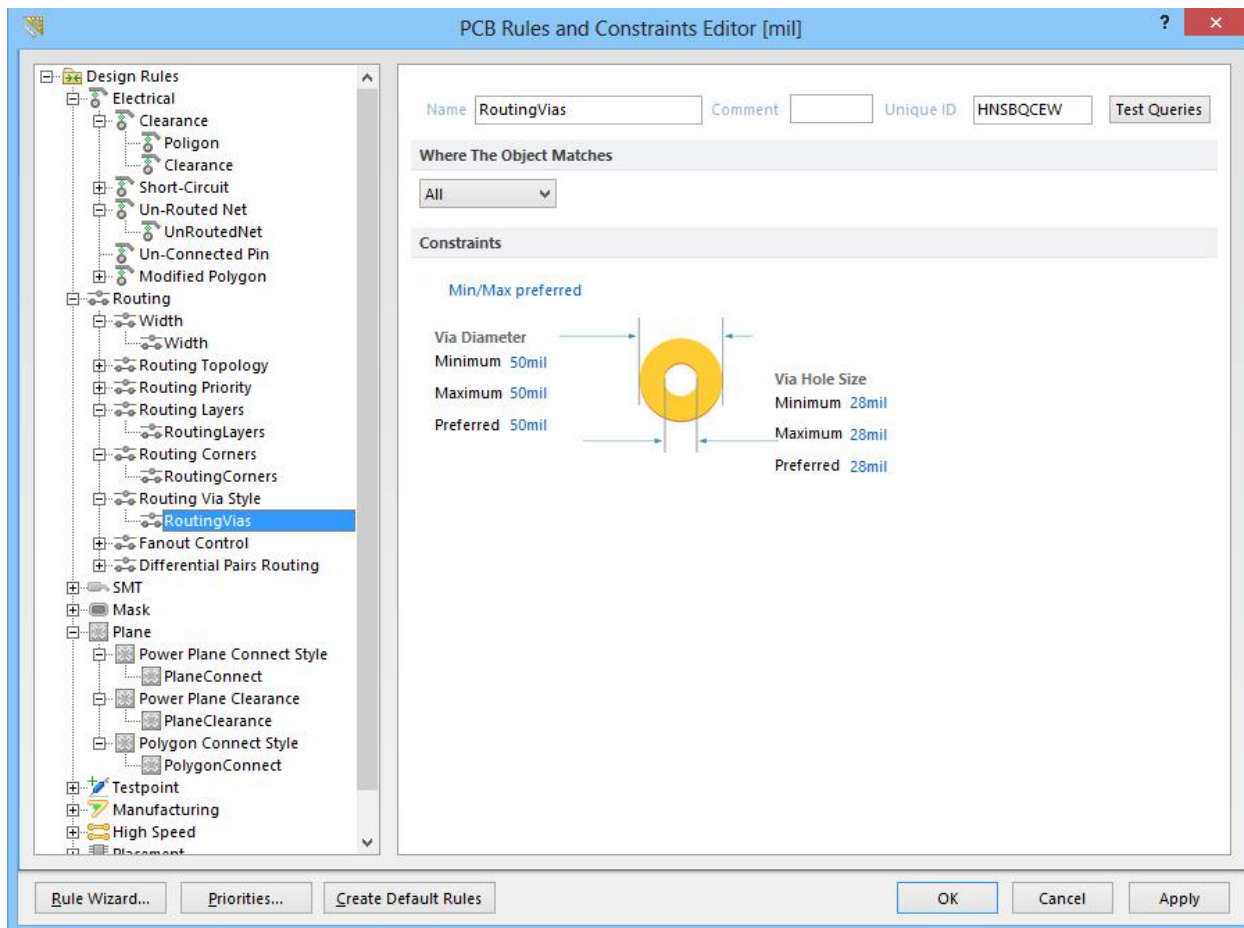
Slika 58. Definisiranje novog pravila unutar polja Clearance



Slika 59. Dodeljivanje parametara i naziva novog pravila

2.2.5.5. Definisane standardnih dimenzija za vijuu

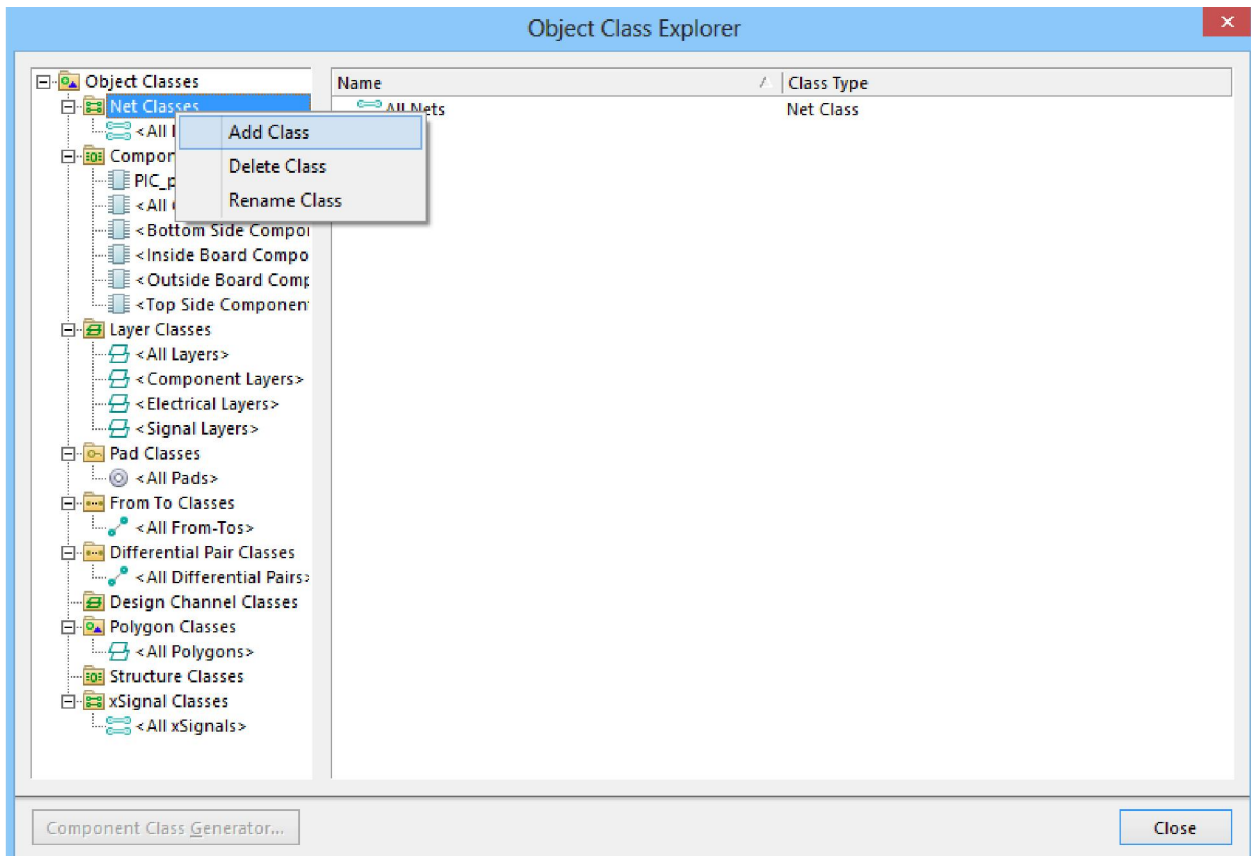
Unutar polja *Routing-Routing Via Style*, nalazi se opcija *Routing Via*, koja nam omogućava da definišemo pravilo koje će postaviti prečnik i rupu na vijuu koja nam omogućava spajanje različitih slojeva na štampanoj ploči. Podešavanja vezana za vijuu su prikazana na Slici 60.



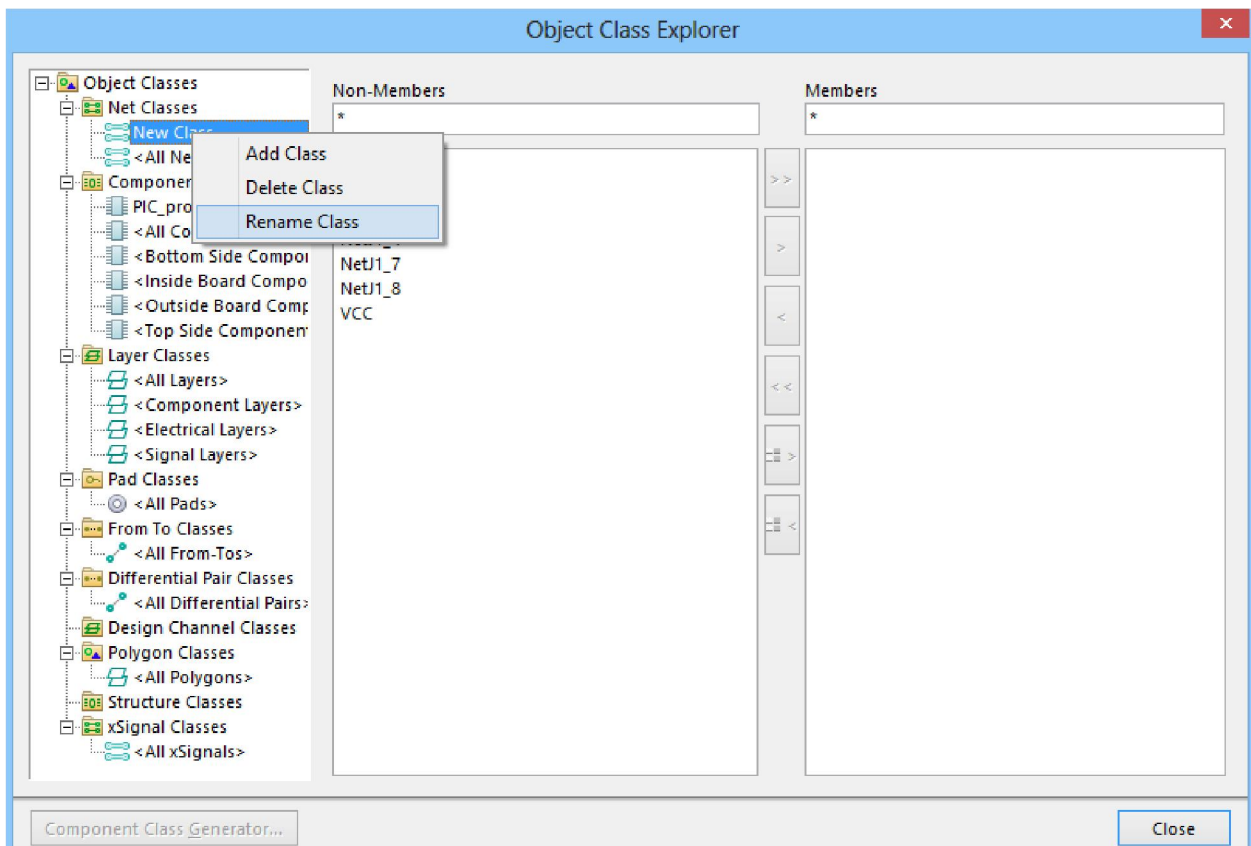
Slika 60. Podešavanja za prečnik vije

2.2.6. Dodavanje klasa Net-Class i dodeljivanje debljine voda prilikom rutiranja

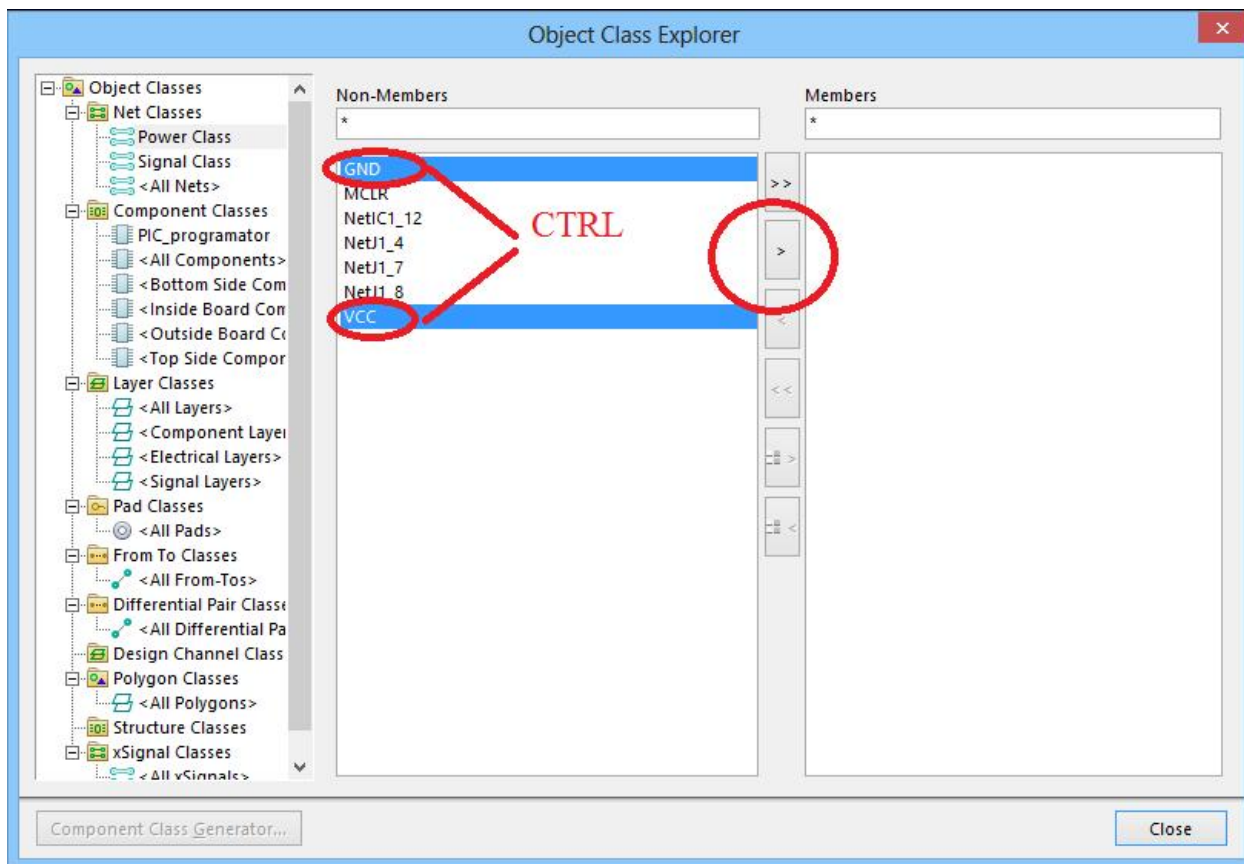
Kako bismo omogućili rutiranje različitim debljinama vodova za različite klase netova (npr. Netovi koji pripadaju napajaju, i trpe veće struje, pogodno je da budu deblji od signalnih vodova koji npr. mogu da služe samo za komunikacione protokole, rx, tx pinove itd...) moguće je automatski predefinisati ova pravila po klasama. Odabirom iz padajućeg menija na opciju *Design->Classes*, možemo zadati klase netovima. Potrebno je desnim tasterom miša kliknuti na *Net Classes*, i zatim dodati stvku, sa *Add Class* (Slika 61). Ponovnim odabirom desnog tastera miša, ali sada na *New Class*, otvoriće se opcija za dodavanje imena novoj klasi (Slika 62). Ovde ćemo uneti naziv: **Power Class**, što znači da će ovoj klasi biti dodeljeni Netovi napajanja, uključujući Vcc i referentni signal mase (signal mase se obično u ovakvim slučajevima ne rutira, već se masa okružuje poligonima, ali ćemo ipak masu svrstati u klasu *Power Class*). Ponavljanjem postupka dodaćemo i klasu **Signal Class**. Sada je potrebno u klasu *Power Class* uvrstiti odgovarajuće netove.



Slika 61. Dodavanje nove klase

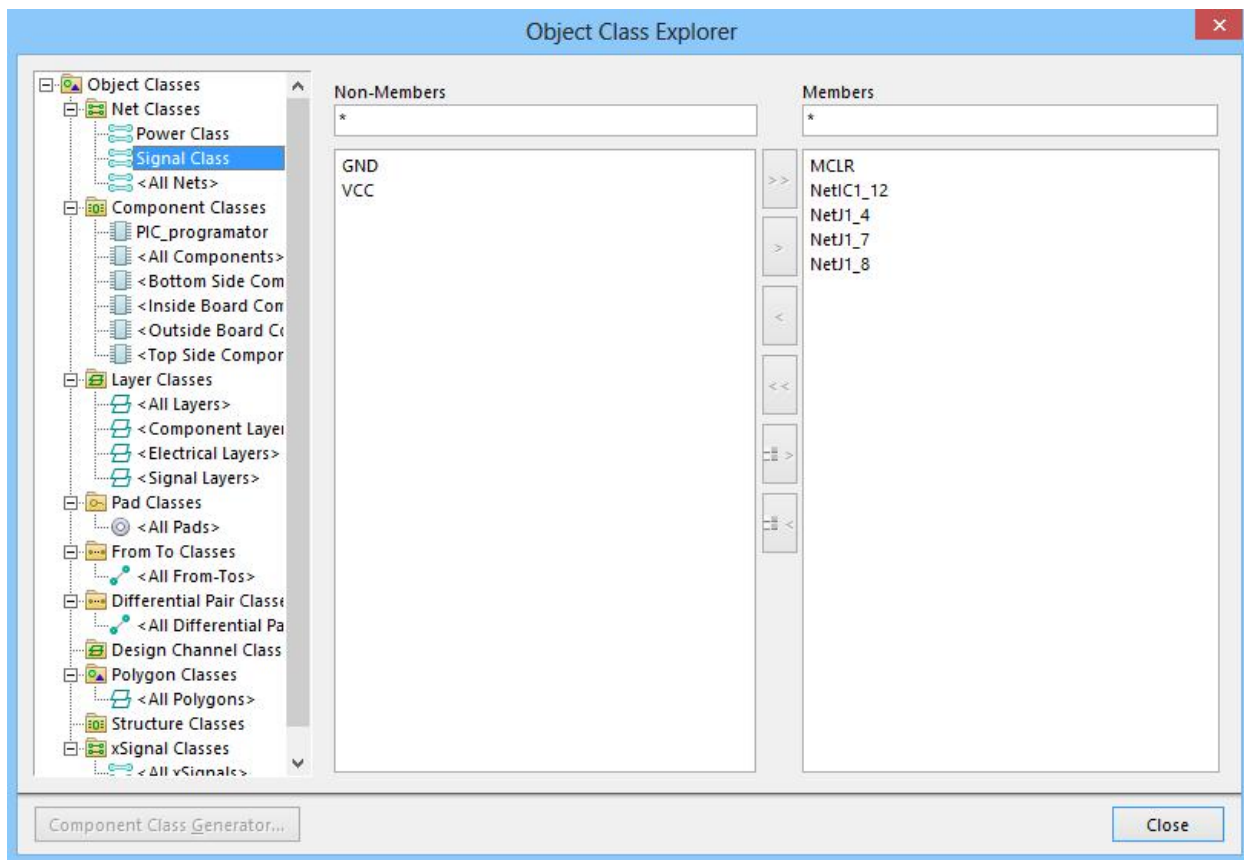


Slika 62. Dodeljivanje naziva klasi



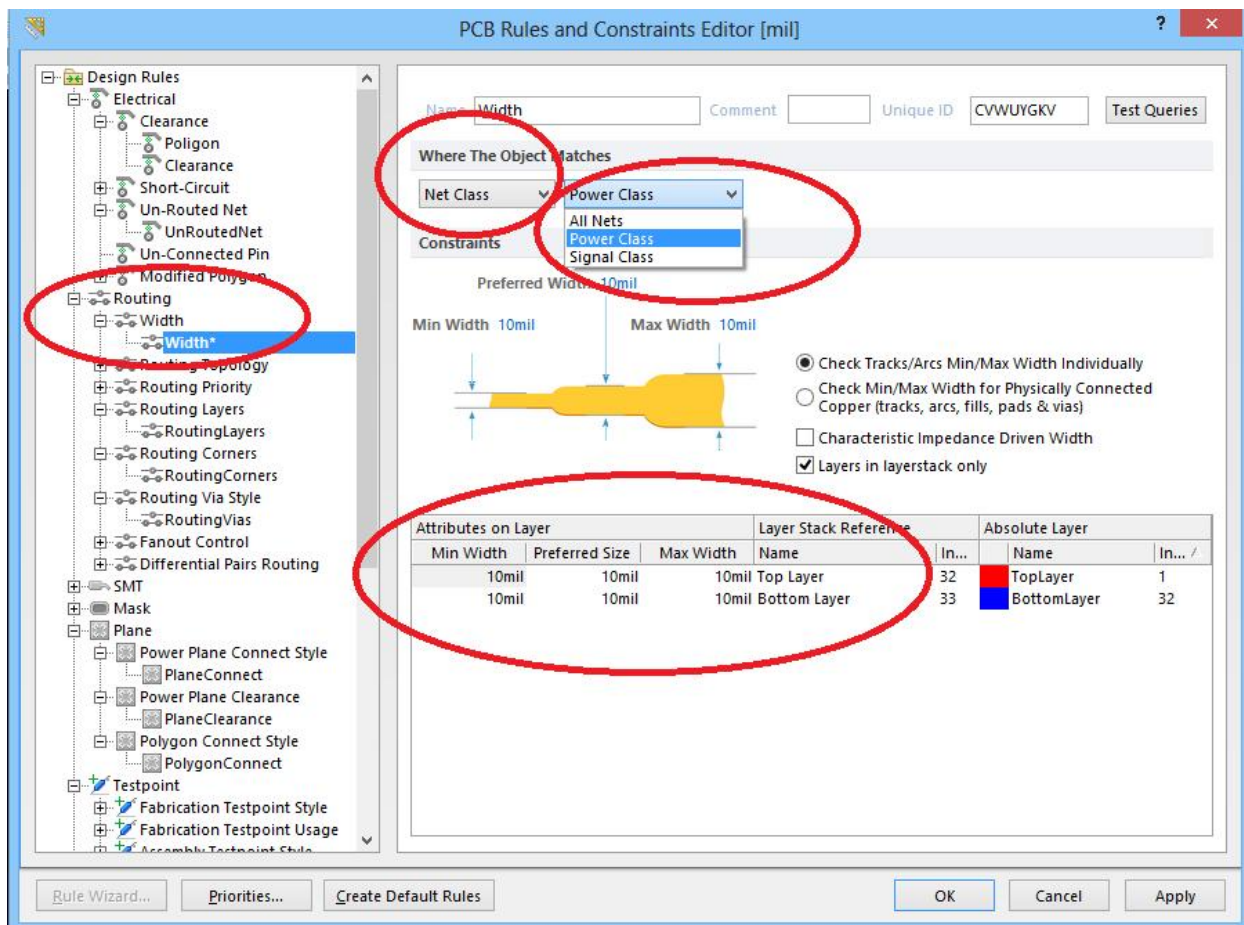
Slika 63. Dodeljivanje nova klasi

Ovaj postupak dodeljivanja netova se ovdje najpre zadržavanjem tastera CTRL i klikom na sve netove koji će pripadati datoj klasi, a zatim klikom na znak >, kao što je prikazano na Slici 63. Nakon ovoga, klasa bi trebala da poprmi nove članove, koje je korisnik selektovao i premestio u nju. Primer Klase *Signal Class* sa dodeljenim članovima je prikazan na Slici 64.



Slika 64. Klasa Dignal Class sa dodeljenim Netovima

Nakon definisanja klasa, potrebno je vratiti se u prozor sa pravilima rutiranja, i u opciji Routing->Width->Width podeliti debljine vodova po klasama, kao što je prikazano na Slici 65. U polju **Where to object matches** odaberemo **Net Class**, pa najpre za klasu Power Class definišemo nove min, preferred i max vrednosti debljine vodova, a potom isto učinimo i za klasu **Signal Class**.



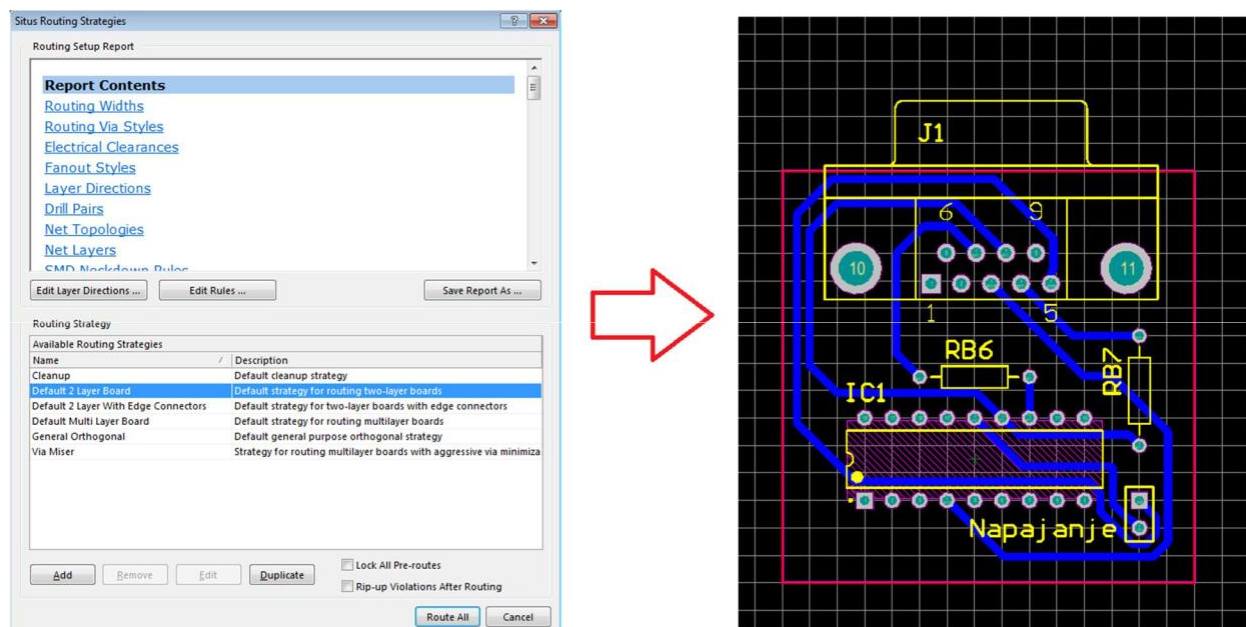
Slika 65. Uputstvo za podešavanje debljine vodova po definisanim klasama koje određuju netovi

Nakon unešenih izmena potvrđujemo sa OK, čime se zatvara prozor sa pravilima.

2.2.7. Korišćenje alata za automatsko rutiranje (izbrcgavati ovu opciju kod složenog dizajna)

Kada su komponente raspoređene i pravila za rutiranje definisana, sve je spremno za proces automatskog rutiranja koji se pokreće opcijom **Auto Route -> All -> Route All**. Nakon ovoga, ako je prethodno sve bilo podešeno kako treba, AutoRouter će pokušati da odradi rutiranje, poštujući usput sva definisana pravila. Ukoliko je to moguće, rutiranje će biti uspešno izvršeno nakon vrtemena koje zavisi od brzine računara i složenosti dizajna. Međutim ukoliko AutoRouter iz bilo kog razloga nije u mogućnosti da izvrši zadatak, iskočiće poruka koja sadrži detalje o problemu na koji je naišao. U tom slučaju, preporučuje se brisanje linija koje su u međuvremenu postavljene (opcija **Tools -> Un-Route -> All**), nakon čega je potrebno uneti izmene koje će omogućiti da rutiranje sledeći put uspe (npr. promeniti raspored komponenti ili neka od pravila rutiranja).

Konačni raspored provodnih veza nakon automatskog rutiranja prikazan je na Slici 66¹.



Slika 66. Izgled provodnih veza nakon automatskog rutiranja i iscrtavanja granične linije

2.2.8. Brisanje linija vodova koje su u međuvremenu postavljene (UnRoute opcija)

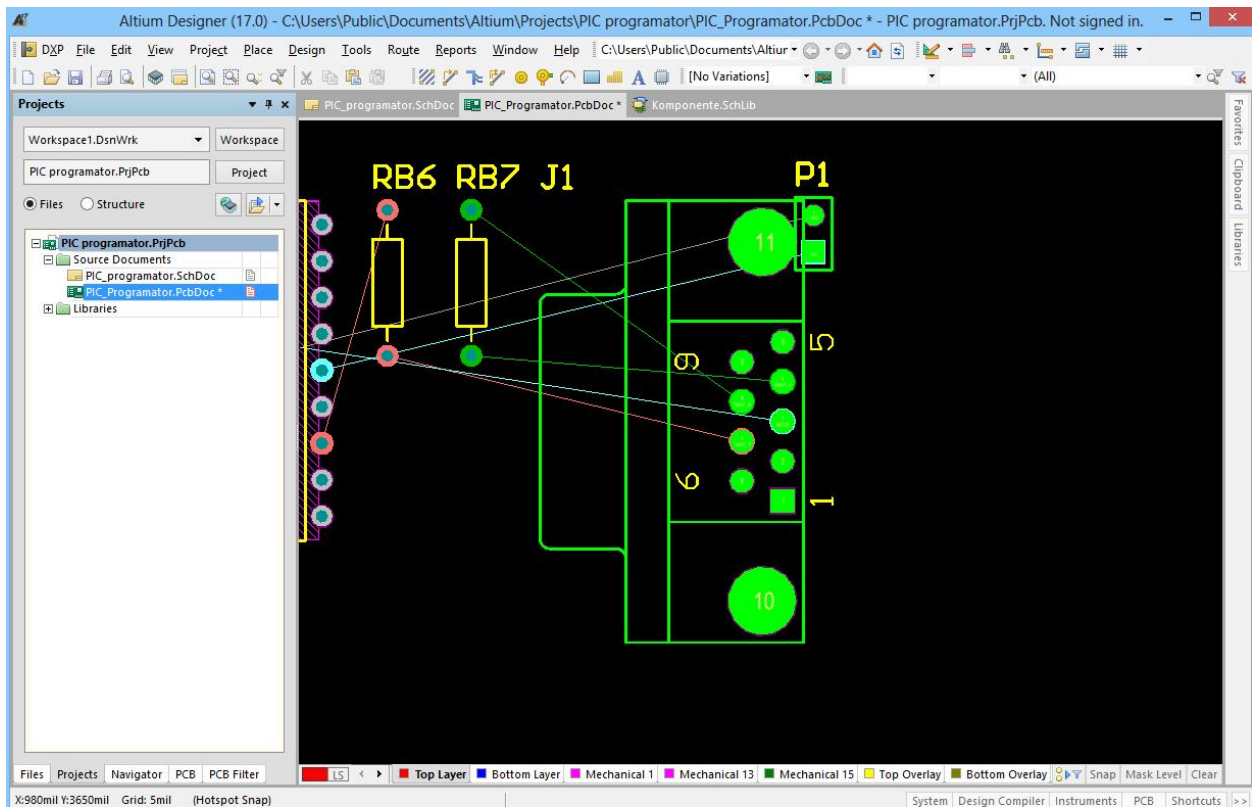
Bilo da se radi o automatskom ili ručnom rutiranju, ukoliko se iz nekog razloga želi ukloniti sve što je prethodno izrutirano, to se u svakom trenutku može učiniti odabirom na padajući meni **Tools -> Un-Route -> All**.

2.2.9. Konflikt usled neispoštovanih definisanih pravila

Ukoliko se neka od prethodno definisanih pravila nađu u konfliktu, npr. dve komponente se fizički preklapaju (ovo je samo jedan primer, na Slici 66, ali ovakve konflikte mogu izazvati razna ukrštanja parvila, kao što su ručne promene debljine vodova ispod minimalne ili maksimalne definisane vrednosti, itd), to će se odraziti tako što će komponente koje izazivaju konflikt postati uokvirene zelenom bojom.

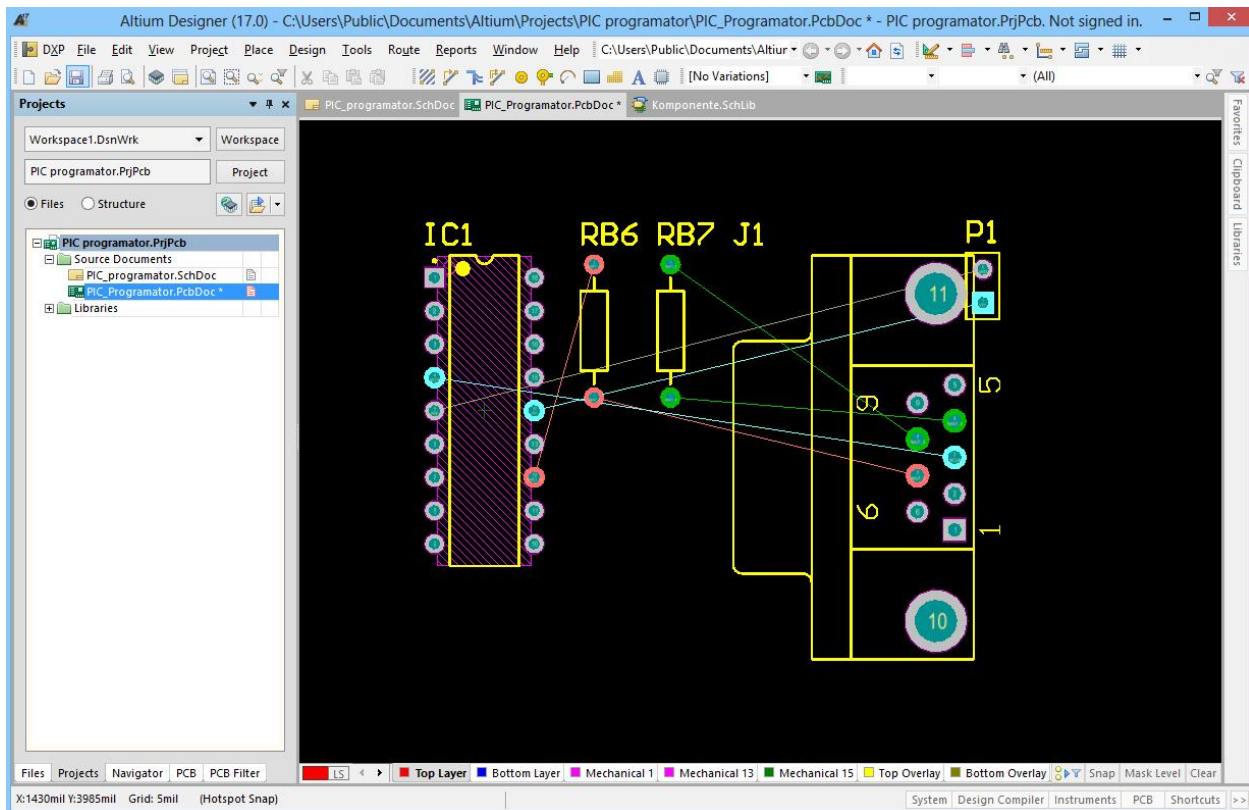
¹ Pošto je pravilima definisano da se pri rutiranju koristi samo donji sloj, sve provodne linije su plave boje.

Linije koje pripadaju gornjem sloju se prikazuju crvenom bojom. Više reči o tome će biti u vežbi 2.



Slika 67. Primer konflikta zbog fizičkog ukrštanja prostora nad komponentama J1 i P1

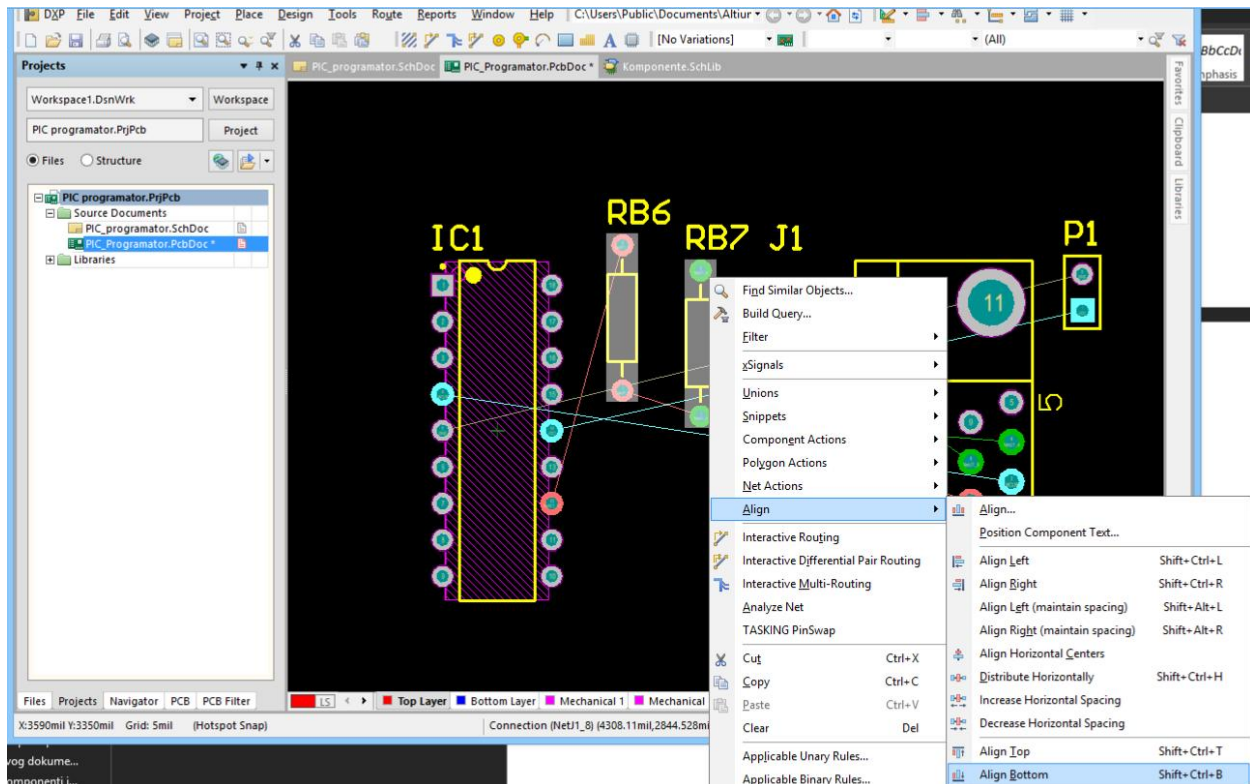
Najbolje rešenje je da se ovaj konflikt reši pomeranjem jedne komponente iz prostora druge, ali ukoliko korisnik ipak želi da nastavi sa svojom idejom, i ukloni upozorenje, može to učiniti klikom na padajući meni **Tools->Reset Error Markers**. Nakon ovoga, zeleni okvir nad konfliktima će nestati iako uzrok nije uklonjen. Ovo se naravno ne primenjuje kada se dve komponente fizički nađu u istom prostoru, već kada zaista ima razloga da se upozorenja ignorišu. Ovaj primer je čisto ilustrativnog tipa. Komponente u nedozvoljenom položaju nakon otklanjanja upozorenja (ali ne i rešavanja uzroka konflikta prikazane su na Slici 68. Možemo videti da je upozorenje nestalo iako je problem i dalje prisutan.)



Slika 68. Ignorisanje problema preklapanja komponenti (samo ilustrativnog primera, NE KORSITI u praksi za ovakve vrste konflikata)

2.2.10. Automatsko poravnavanje prilikom pomeranja komponenti u PCB editoru

Slično kao i u Schematic Editoru, i na PCB-u je moguće poravnavanje komponenti, selektovanjem više komponenti (tom prilikom se zadržava taster SHIFT), i nakon selektovanja (otpušta se SHIFT kada se ovo selektovanje završi) korišćenjem prečica CTRL+SHIFT+L (za poravnanje prema selektovanoj komponenti koja se nalazi na željenoj poziciji sa leve strane u odnosu na ostale selektovane komponente), CTRL+SHIFT+R (za poravnanje prema selektovanoj komponenti koja se nalazi na željenoj poziciji sa desne strane u odnosu na ostale selektovane komponente), CTRL+SHIFT+T (za poravnanje prema selektovanoj komponenti koja se nalazi na željenoj poziciji sa gornje strane u odnosu na ostale selektovane komponente), CTRL+SHIFT+B (za poravnanje prema selektovanoj komponenti koja se nalazi na željenoj poziciji sa donje strane ploče u odnosu na ostale selektovane komponente). Alternativna metoda za poravnanje je da se nakon selekcije više komponenti klikne desni taster miša i odabere Allign a zatim jedna od ponuđenih opcija: *Allign Left*, *Allign Right*, *Allign Top*, *Allign Bottom*. Na Slici 69 prikazano je poravnavanje dva otpornika RB7 i RB6 prema poziciji otpornika RB7 koji se nalazi “više na dole” u odnosu na otpornik RB6, te je stoga opcija Allign Bottom upravo poravnanje prema RB7.

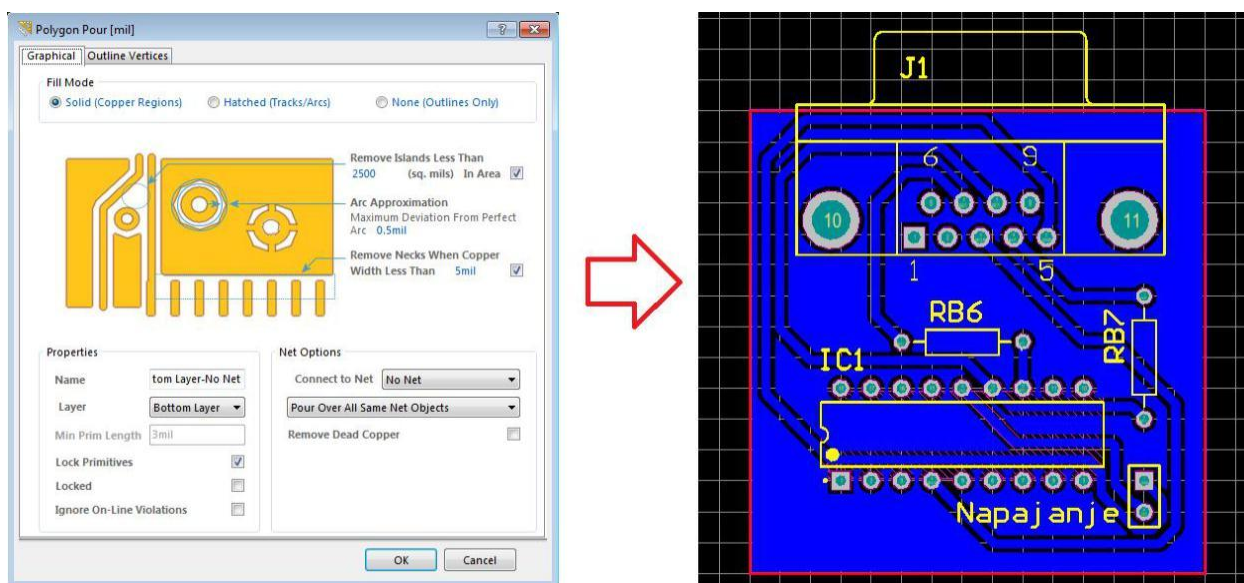


Slika 69. Automatsko poravnavanje komponenti prilikom pomeranja u PCB editoru

2.2.10. Definisane fizičke dimenzije ploče

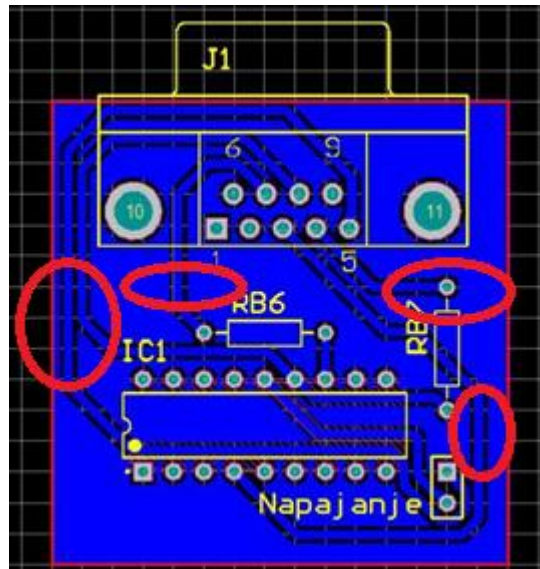
Nakon što je rutiranje automatskim alatom uspešno obavljeno, potrebno je definisati fizičke dimenzije ploče. To se radi iscrtavanjem granične linije u sloju ploče koji se naziva **Keep-Out Layer**. Opcija **Place -> Keepout -> Track** omogućava crtanje granične linije koja će biti prikazana u rozoj boji (Slika 66 desno). Potrebno je još obratiti pažnju na detalj da gornji deo komponente konektora za serijsku vezu izlazi izvan granica ploče, pošto je to deo konektora na koji se povezuje kabel.

Ovim korakom je proces projektovanja štampane ploče uspešno zaokružen. Ipak, ovde će biti prikazan još jedan koristan detalj projektovanja. Ako za izradu ploče nameravamo da koristimo CNC glodalo kod kojeg alat mehanički skida višak bakra sa površine ploče, u ovom slučaju će alat imati relativno mnogo posla, pošto je veći deo površine ploče “prazan“. Da bismo smanjili habanje mašine i višestruko ubrzali postupak izrade, popunićemo prazne površine donjeg sloja ploče bakarnim poligonom. U ovu svrhu se koristi opcija **Place -> Polygon Pour**, čime se otvara dijalog za definisanje parametara poligona koji će biti dodat. Izbor opcija je prikazan na Slici 70 levo, čime je definisano da poligon bude od punog bakra (**Solid**), da pripada donjem sloju (**Properties -> Layer -> Bottom Layer**) i da ne pripada nijednom netu (**Net Options -> Connect to Net -> No Net**). Nakon pritiska na taster **OK**, postavljanjem kursora na odgovarajuće pozicije klikom na levi taster miša se definišu temena poligona. Nakon što smo na ovaj način definisali četvorougao oblik, poligon se iscrtava i njegov izgled je prikazan na Slici 70 desno. Ovim je rad mašine za izradu ploča znatno skraćen i olakšan, jer je potrebno skinuti višak bakra samo u neposrednoj blizini provodnih linija i padova komponenti.



Slika 70. Konačni izgled štampane ploče nakon dodavanja bakarnog poligona

Pravilo Clearance-a koje smo definisali u odeljku 2.2.5.4. a odnosi se na polygon, možemo videti na Slici 71. Ovo pravilo omogućuje da se prilikom kreiranja poligona održavaju minimalna ograničenja prilaska polja poligona vodovima i padovima komponenti.

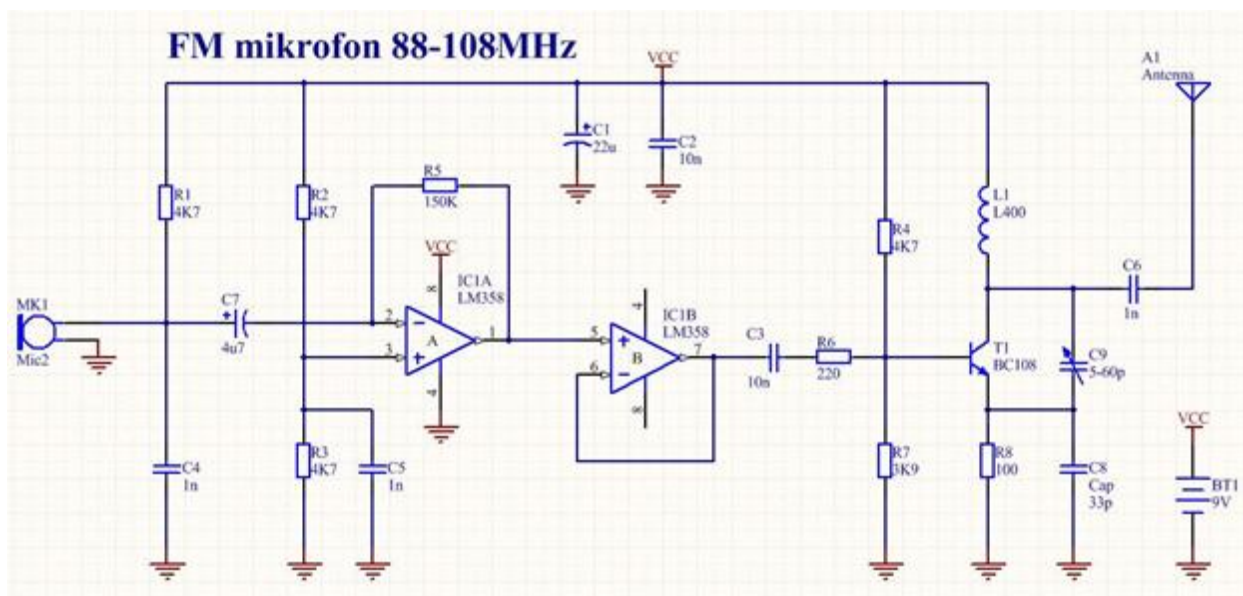


Slika 71. Minimalna distanca polja poligona od padova komponenti i vodova

Čest je slučaj i da se poligon pridružuje nekom od netova za napajanje, obično je u pitanju masa (GND). O ovome će biti više reči u odeljku koji se odnosi na savete oko rutiranja i elektromagnetskoj kompatibilnosti (EMC).

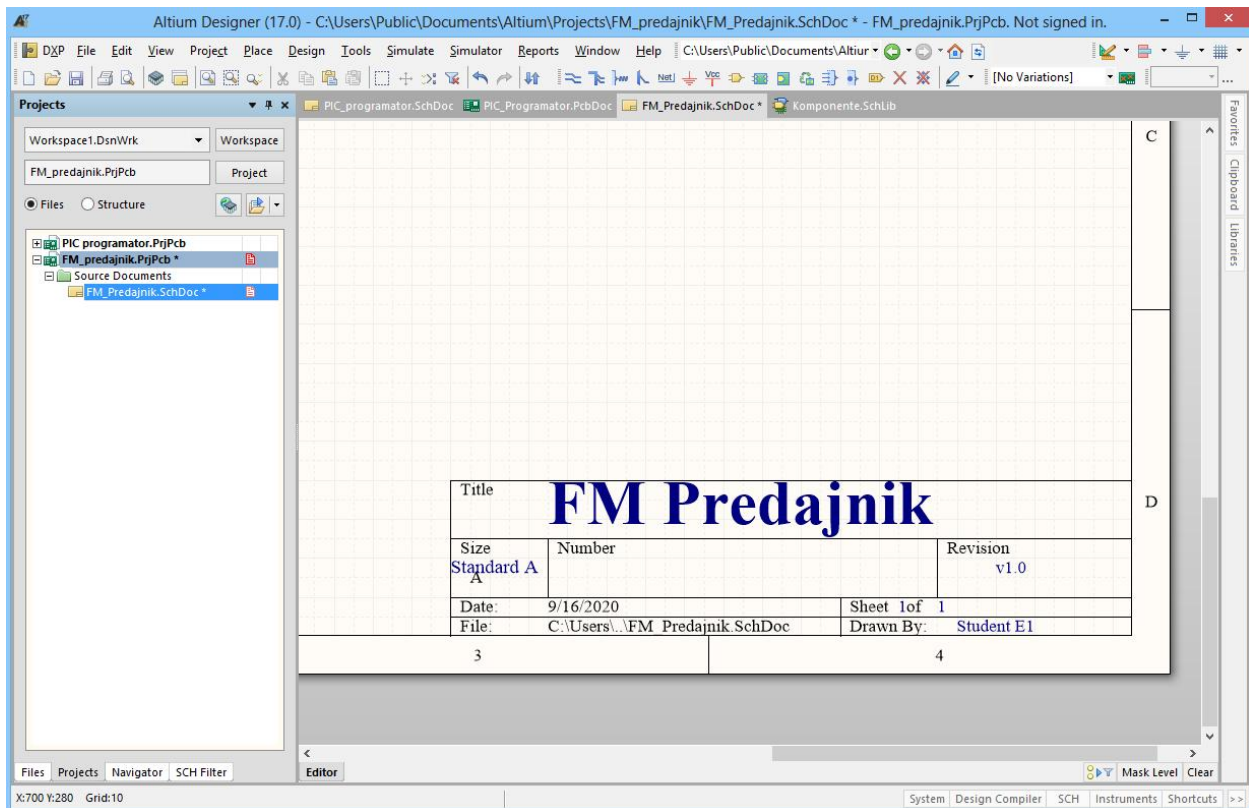
2.3. VEŽBA 2 a) – Električna šema Bežičnog mikrofona u Schematic Editoru

U prethodnoj vežbi bio je ilustriran postupak projektovanja štampane ploče jednostavnog elektronskog uređaja, pri čemu su pokazane osnovne funkcije i alati za rad u Schematic Editoru, Schematic Library Editoru i PCB Editoru. Vežba br. 2 prikazuje dodatne funkcionalnosti softvera, kao i postupak definisanja korisničkih footprintova u PCB Library Editoru, na primeru projektovanja ploče nešto složenijeg uređaja. U pitanju je uređaj koji pomoću mikrofona konvertuje zvučni signal u njegov električni ekvivalent, pojačava ga i vrši njegovu frekventnu modulaciju (FM), u svrhu bežičnog prenosa signala do udaljenog prijemnika. Šema ovog uređaja prikazana je na Slici 72.



Slika 72. Električna šema uređaja

Kao i u prethodnoj vežbi, prvi korak podrazumeva definisanje novog projekta (u novom folderu na hard disku) i u okviru njega .SchDoc dokumenta u kojem će biti nacrtana šema uređaja. Izgled Schematic Editora sa unetim osnovnim parametrima projekta prikazan je na Slici 73.



Slika 73. Projekat FM Predajnik, sa unetim parametrima u Schematic Editoru

2.3.1. Podaci o komponentama potrebnim za crtanje šeme FM predajnika

Sledeći korak podrazumeva crtanje šeme, kao što je prikazano na slici 2.1. Većina upotrebljenih komponenti (mikrofon, otpornici, kondenzatori, kalem, antena, baterija, NPN tranzistor) nalaze se na već poznatom mestu, u okviru biblioteke **Miscellaneous Devices.IntLib**. U tabeli 2.1 prikazane su oznake komponenti korišćenih u ovom projektu i njihovi atributi. Oznake futprintova koje se razlikuju od podrazumevanih su obeležene žutom bojom i o njima će biti reči nešto kasnije.

Komponenta	Simbol	Biblioteka simbola	Oznaka (Designator)	Vrednost (PartType)	Futprint	Biblioteka futprinta
Otpornik 1, 2, 3, 4	Res2	Miscellaneous Devices.Int Lib	R1, R2, R3, R4	4K7	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.Int Lib
Otpornik 5	Res2	Miscellaneous Devices.Int Lib	R5	150K	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.Int Lib
Otpornik 6	Res2	Miscellaneous	R6	220	AXIAL-0.4	Miscellaneous

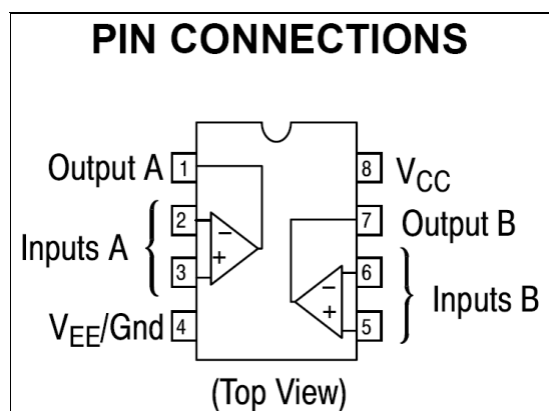
		Devices.Int Lib				Devices.Int Lib
Otpornik 7	Res2	Miscellaneous Devices.Int Lib	R7	3K9	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.Int Lib
Otpornik 8	Res2	Miscellaneous Devices.Int Lib	R8	100	AXIAL-0.4	Miscellaneous Devices.Int Lib
Elektrolitski kondenzator 1	Cap Pol1	Miscellaneous Devices.Int Lib	C1	22u	RB.1/.2	Otisak.lib
Kondenzator 2, 3	Cap	Miscellaneous Devices.Int Lib	C2, C3	10n	RAD-0.2	Miscellaneous Devices.Int Lib
Kondenzator 4, 5, 6	Cap	Miscellaneous Devices.Int Lib	C4, C5, C6	1n	RAD-0.4C	Otisak.lib
Elektrolitski kondenzator 7	Cap Pol1	Miscellaneous Devices.Int Lib	C7	4u7	RB.1/.2	Otisak.lib
Kondenzator 8	Cap	Miscellaneous Devices.Int Lib	C8	33p	RAD-0.2	Miscellaneous Devices.Int Lib
Kondenzator 9	Cap Var	Miscellaneous Devices.Int Lib	C9	5-60p	VARC	Otisak.lib
Baterija	Battery	Miscellaneous Devices.Int Lib	BT1	9V	BATT-2	Miscellaneous Devices.Int Lib
Mikrofon	Mic2	Miscellaneous Devices.Int Lib	MK1	Mic2	EMIC	Otisak.lib
NPN tranzistor	NPN	Miscellaneous Devices.Int Lib	T1	BC108	TO-18	Miscellaneous Devices.Int Lib
Prigušnica	Inductor	Miscellaneous Devices.Int Lib	L1	L400	L400	Otisak.lib
Antena	Antenna	Miscellaneous	A1	Antenna		Miscellaneous

		Devices.Int Lib			PIN 1	Devices.Int Lib
Operacioni pojačavač	LM358A N	ST Operational Amplifier.I ntLib	IC1	LM358	DIP 8	ST Operationa Amplifier.I ntLib

Tabela 2.1. Korišćene komponente i njihovi atributi

2.3.2. Pretraživanje integriranih biblioteka komponenti

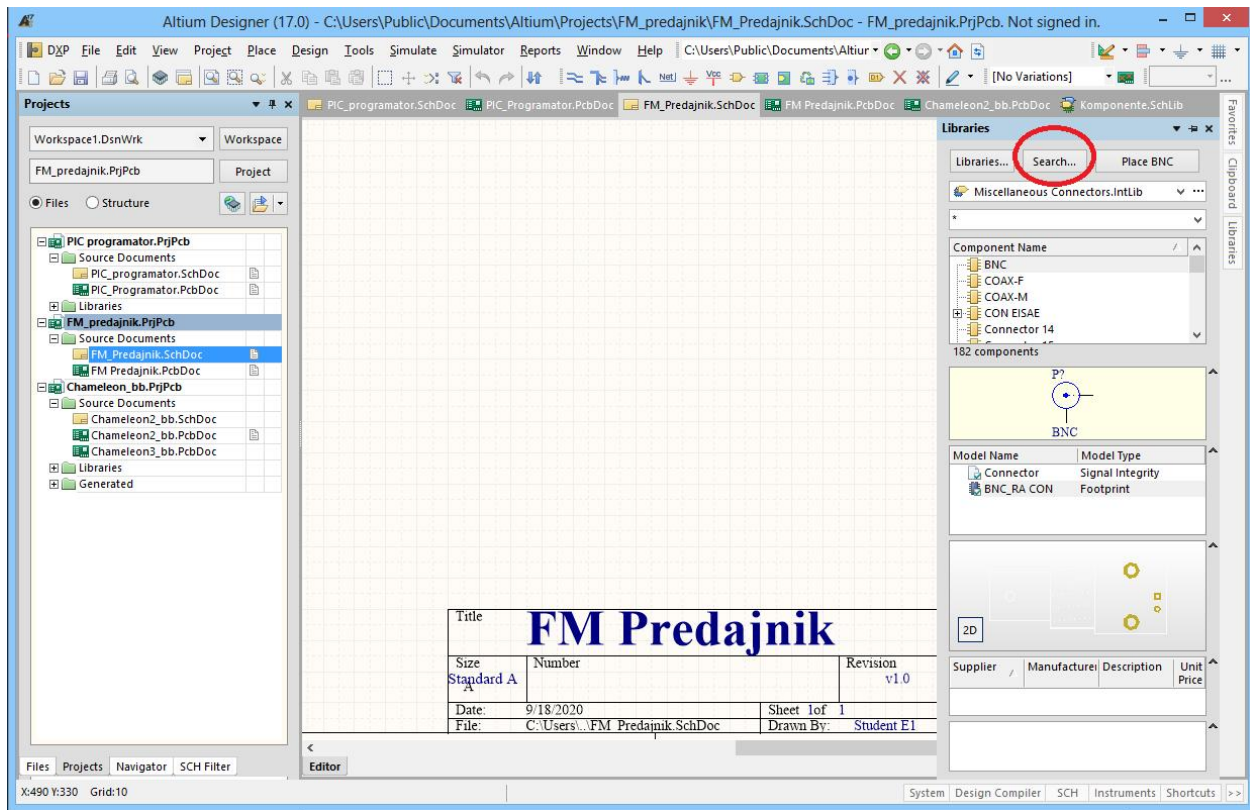
U ovom slučaju, jedina komponenta koja se ne nalazi u biblioteci **Miscellaneous Devices.IntLib** je operacioni pojačavač (skraćeno OP) sa oznakom **LM358**. Ako želimo da dođemo do detaljnijih informacija o ovoj komponenti, korišćenjem web pretraživača pronademo i otvorimo odgovarajuću dokumentaciju – datasheet proizvođača. Kada je u pitanju dizajn štampane ploče, relevantna je informacija da se radi o integrisanom kolu u DIP-8 kućištu u kojem su smeštena dva operaciona pojačavača. Raspored i funkcije pinova prikazani su na Slici 74.



Slika 74. Raspored i funkcije pinova integriranog kola LM358

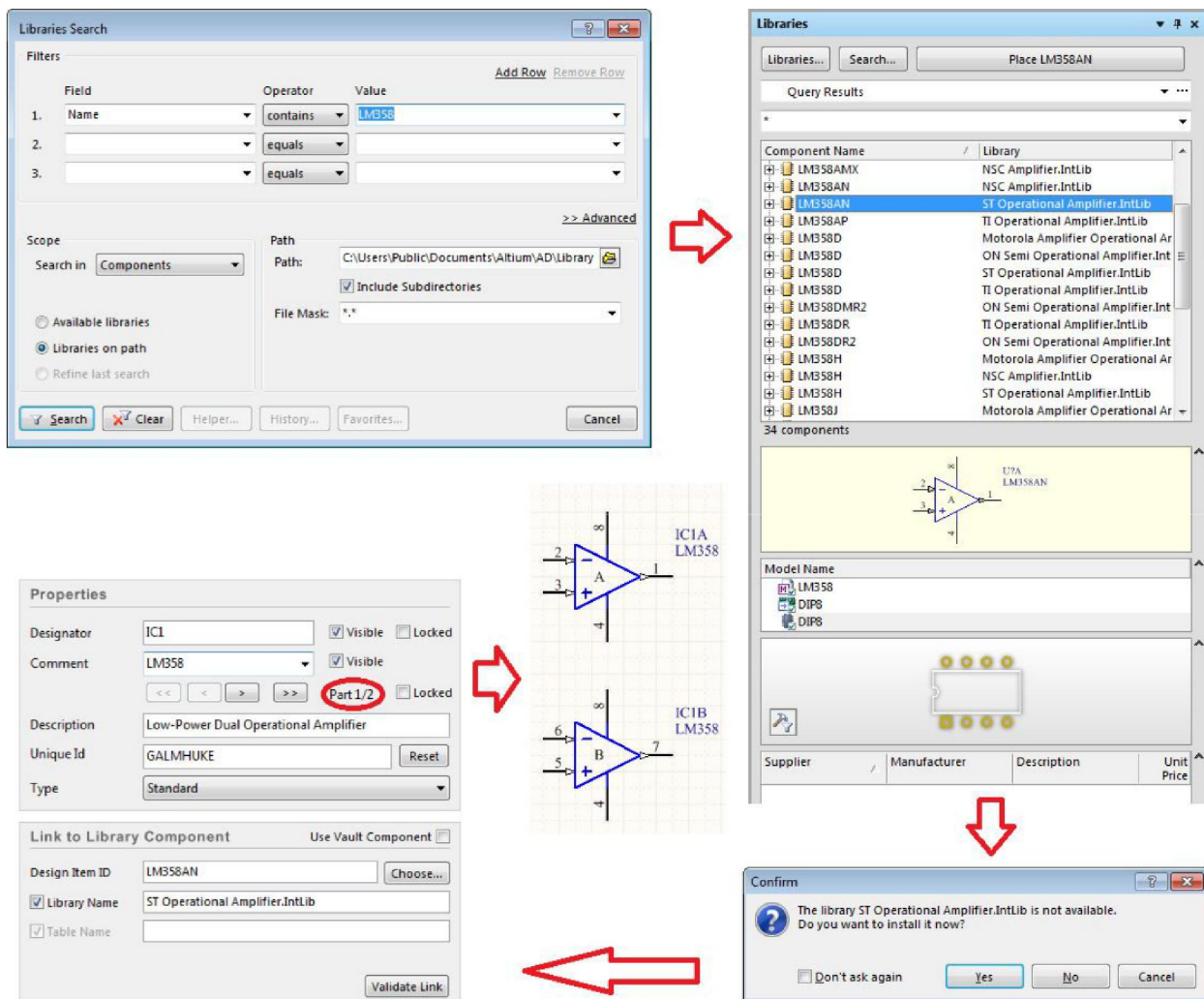
Link: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm158-n.pdf>

U prvoj vežbi prikazan je postupak kreiranja nove komponente u okviru korisničke biblioteke komponenti. Međutim, ukoliko komponenta već postoji u nekoj od instaliranih biblioteka, nije neophodno kreirati je iz početka, nego je dovoljno pronaći u kojoj biblioteci se nalazi i odatle je postaviti na radnu površinu Schematic Editora. Slika 76 prikazuje postupak pronalazjenja komponente korišćenjem alata za pretraživanje biblioteka (opcija **Search** u okviru panela **Libraries** (Slika 75)):



Slika 75. Opcija Search u panelu Libraries

1. Kriterijum pretraživanja je definisan kao “**Name contains LM358**“, čime se od pretraživača zahteva da pronade sve komponente u čijem se nazivu sadrži string “LM358“. U polju **Scope** je još potrebno izabrati opciju **Libraries on path** i definisati putanju ka folderu koji sadrži biblioteke komponenti u okviru polja **Path**. Pretraga se pokreće klikom na opciju **Search**.
2. Nakon pretrage, panel **Libraries** sadrži spisak komponenti koje zadovoljavaju kriterijum pretrage. Na spisku pronađemo komponentu sa odgovarajućim footprintom, npr. **LM358AN** u okviru biblioteke **ST Operational Amplifier.IntLib**. Nakon selekcije komponente, potrebno je kliknuti na **Place LM358AN**, kako bi komponenta bila postavljena na radnu površinu Schematic Editora.
3. Ukoliko biblioteka u kojoj se komponenta nalazi nije već bila prethodno instalirana, pojaviće se dijalog u okviru kojeg je potrebno dozvoliti instalaciju biblioteke klikom na opciju **Yes**.
4. Pre postavljanja operacionih pojačavača u Schematic Editor, pritiskom na taster **Tab** na tastaturi otvaramo dijalog za zadavanje atributa. U polju **Designator** upišemo **IC1**, a u polju **Comment** upišemo **LM348**. Nakon toga klikom na **OK** postavljamo simbole OP na šemu.
5. Pošto se kod ove komponente dva operaciona pojačavača nalaze u istom kućištu, komponenta se u logičkom smislu sastoji iz dva dela (**Part 1** i **Part 2**). Svakom od njih će na šemi biti dodeljen po jedan simbol sa jedinstvenom oznakom, tako da prvi OP (Part 1) dobija oznaku **IC1A**, a drugi (Part 2) dobija oznaku **IC1B**.



Slika 76. Postupak pretraživanja biblioteka

Napomena: iako su pinovi za napajanje i masu (4 i 8) prikazani na oba simbola OP, dovoljno je povezati ih na odgovarajuće portove za napajanje samo na jednom mestu, pošto ova dva simbola pripadaju istoj fizičkoj komponenti. Na primer, na Slici 72 pinovi 4 i 8 simbola IC1A su spojeni na izvor napajanja i masu, a pinovi 4 i 8 simbola IC1B nisu².

2.3.3. Kreiranje futprintova komponenti u PCB Library Editoru

Nakon što su komponente postavljene i međusobno povezane, potrebno im je dodeliti odgovarajuće futprintove, kao što je to bio slučaj i u prethodnoj vežbi. Pojedine komponente (otpornici, konektor za bateriju I operacioni pojačavač LM358) već imaju adekvatne futprintove koje nije potrebno menjati. Kod preostalih komponenti biće potrebno izvršiti određene intervencije (to su komponente čiji futprintovi su označeni žutom bojom u tabeli 2.1). Ovde će biti ilustrovan

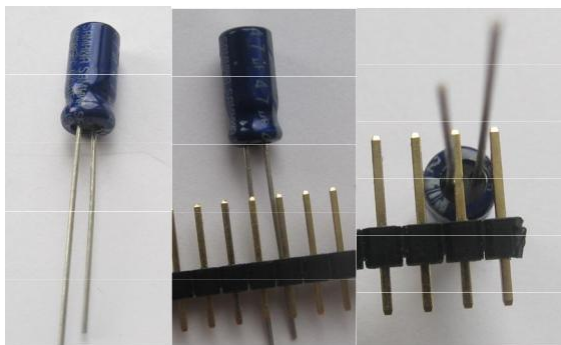
² Ako želimo da isključimo prikaz pinova 4 i 8 u okviru simbola IC1B, otvorimo dijalog za zadavanje njegovih atributa dvostrukim klikom miša, izaberemo opciju Edit Pins i isključimo opciju Show za pinove 4 i 8.

postupak kreiranja biblioteke korisničkih footprintova, na primerima pojedinih komponenti korišćenih u ovom projektu.

Najpre je potrebno u projekat dodati novu (praznu) biblioteku footprintova odabirom opcije iz padajućeg menija **File -> New -> Library -> PCB Library**. U hijerarhiji projektnih datoteka će se pojaviti nova biblioteka pod nazivom **PcbLib1.PcbLib**. Pre početka rada sa njom, potrebno je snimiti ovu biblioteku (desni taster miša u polju **PcbLib1.PcbLib** i odabir na **Save**) pod novim imenom **Otisak.PcbLib**.

2.3.4. Primer kreiranja footprinta elektrolitskih kondenzatora C1 i C7 (22uF i 4u7F)

Na Slici 77 je prikazan izgled elektrolitskog kondenzatora. U slučaju komponente koju koristimo u ovoj vežbi, udaljenost između priključaka je 100 mil dok je prečnik osnove kućišta 200 mil.

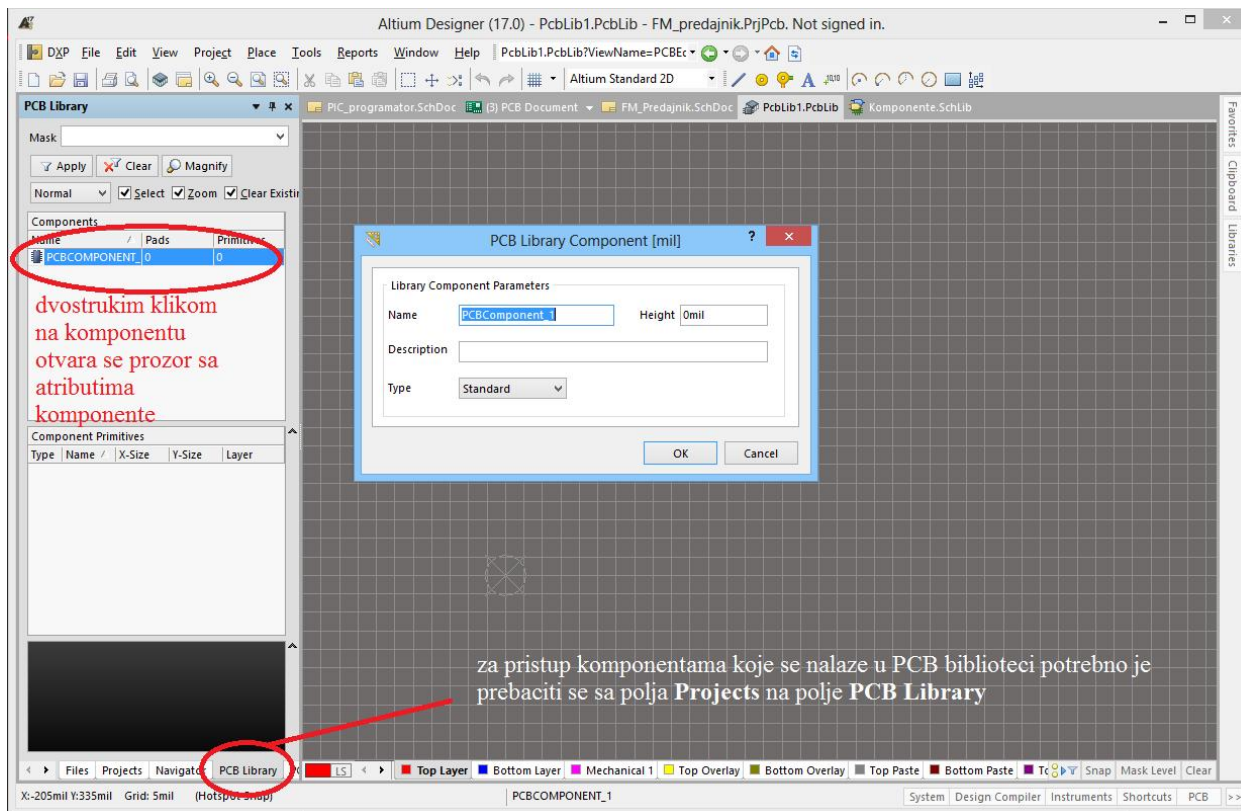


Slika 77. Fizički izgled elektrolitskog kondenzatora 0.47uF/50V

Kreiranje novog footprinta započinje klikom na panel **PCB Library**, u okviru kojeg se u polju **Components** nalazi lista footprintova koji se trenutno nalaze u biblioteci (Slika 78).

U početku u biblioteci se nalazi samo jedan footprint generički nazvan **PCBCOMPONENT_1**. Dvostrukim klikom levog tastera miša otvara se dijalog u kojem je moguće promeniti ovaj naziv, u ovom slučaju novi naziv će biti **RB.1/.2**¹¹. Nakon zadavanja naziva, u glavnom delu ekrana postaje vidljiva radna površina PCB Library Editora. Krug sa krstićem u sredini označava koordinatni početak.

Od ključne je važnosti da izgled footprinta i sve dimenzije tačno odgovaraju fizičkom izgledu i dimenzijama komponente, pošto bilo kakva greška u tom smislu može dovesti do toga da nakon izrade štampane ploče montaža komponente bude otežana, ili potpuno onemogućena. Stoga je preporučljivo pre početka rada podesiti parametre okruženja, tako da crtanje samog footprinta bude što lakše i preciznije:



Slika 78. Prozor sa kreiranjem novom PCB bibliotekom

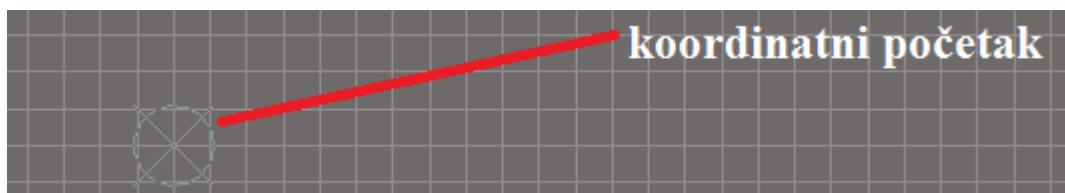
Klikom na desni taster miša u okviru radne površine otvara se kontekstni meni u kojem se izabere opcija **Library Options** -> **Grids** -> **Menu** -> **Properties**, koja otvara dijalog za zadavanje koordinatne mreže. Podešavanje ćemo izvršiti na isti način kao što je to

¹¹ Smisao ove oznake proizilazi iz mehaničkih svojstava kondenzatora: RB označava da se radi o radialnom futprintu, 0.1 je razmak između lemnih mesta (padova), a 0.2 označava spoljašnji prečnik.

urađeno u PCB Editoru u prethodnoj vežbi (slika 1.21, Step X = Step Y = 10mil, Multiplier = 10x Grid Step).

Uvek se preporučuje da pozicije padova budu takve da je koordinatni početak u sredini komponente.

Koordinatni početak označen je simbolom koji je uokviren na Slici 79.



Slika 79. Krst koji označava koordinatni početak

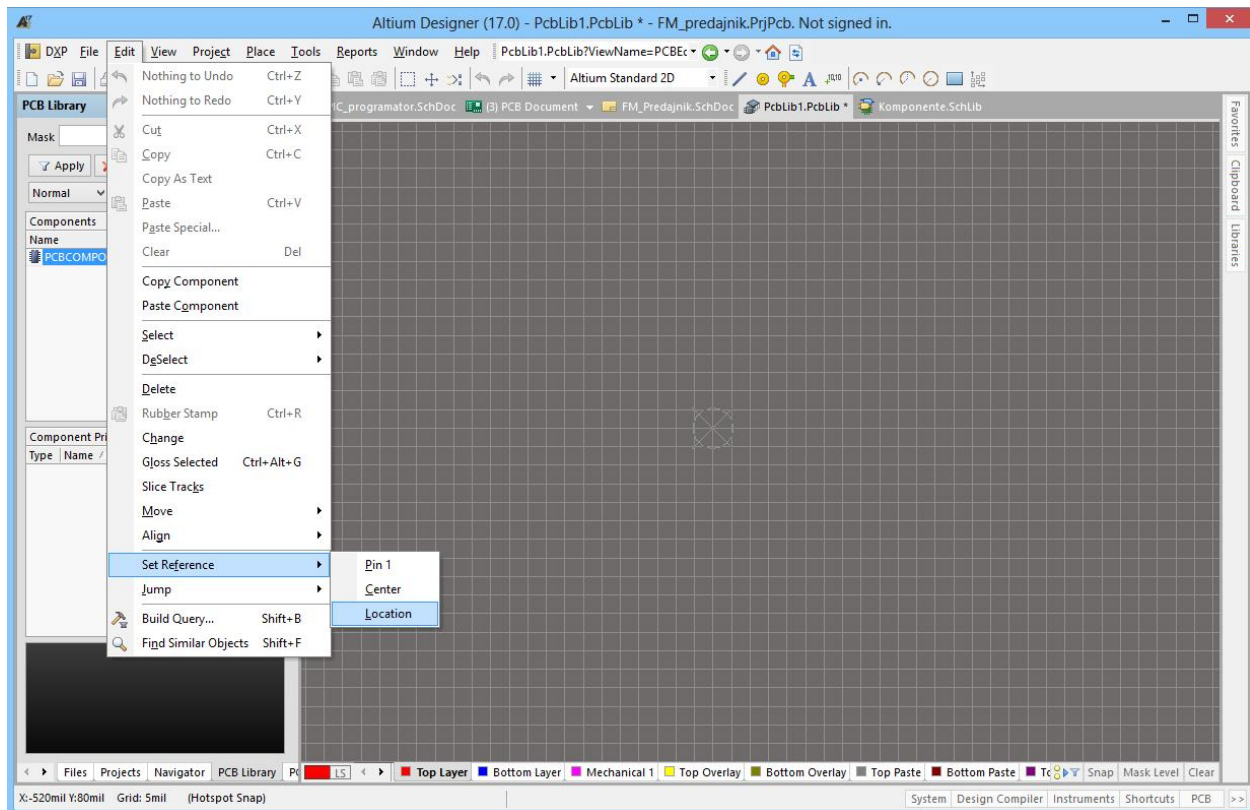
Ovo olakšava kasnije pozicioniranje futprinta u PCB Editoru. Pri crtanju futprinta, trenutna pozicija kursora se ispisuje u donjem levom uglu ekrana, što dodatno olakšava posmatranje futprinta u realnim fizičkim dimenzijama.

2.3.4.1. Promena koordinatnog početka u PCB biblioteci

Koordinatni početak je izmenjiv, odnosno korisnik može da ga postavi bilo gde. Postupak promene je određen na jedan od tri moguća načina:

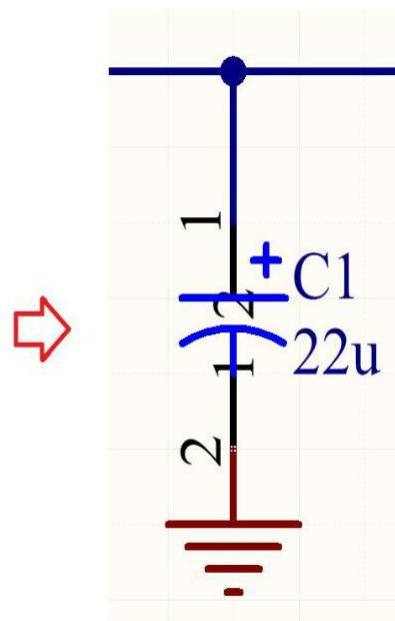
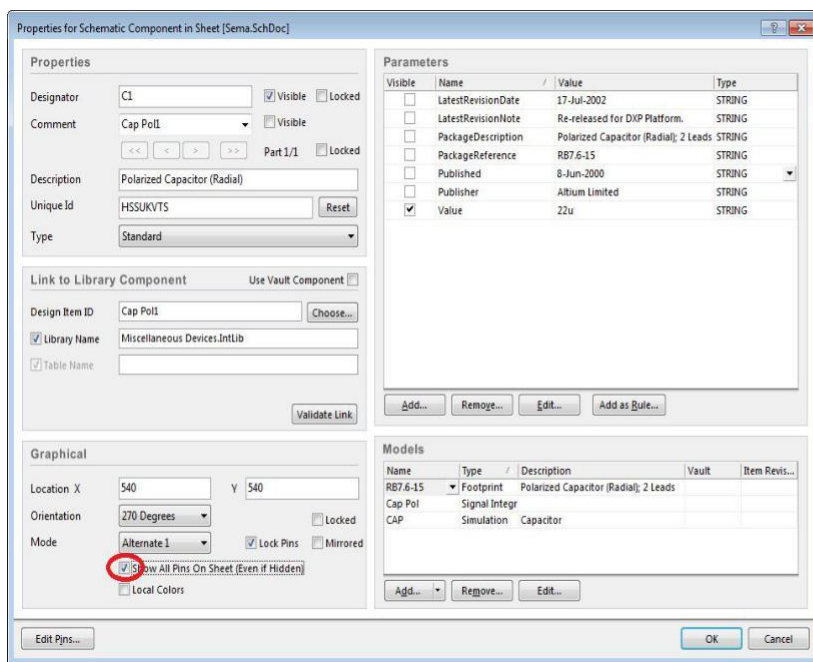
- postavljanjem u centar nacrtane komponente,
- postavljanjem na Pin 1 nacrtane komponente,
- postavljanjem na željenu lokaciju (trenutne X i Y koordinate na radnoj površini).

Odabirom opcije Edit->Set Reference-> (*Pin1*, *Center* ili *Location*) iz padajućeg menija definiše se novi koordinatni početak (Slika 80).



Slika 80. Pomeranje koordinatnog početka

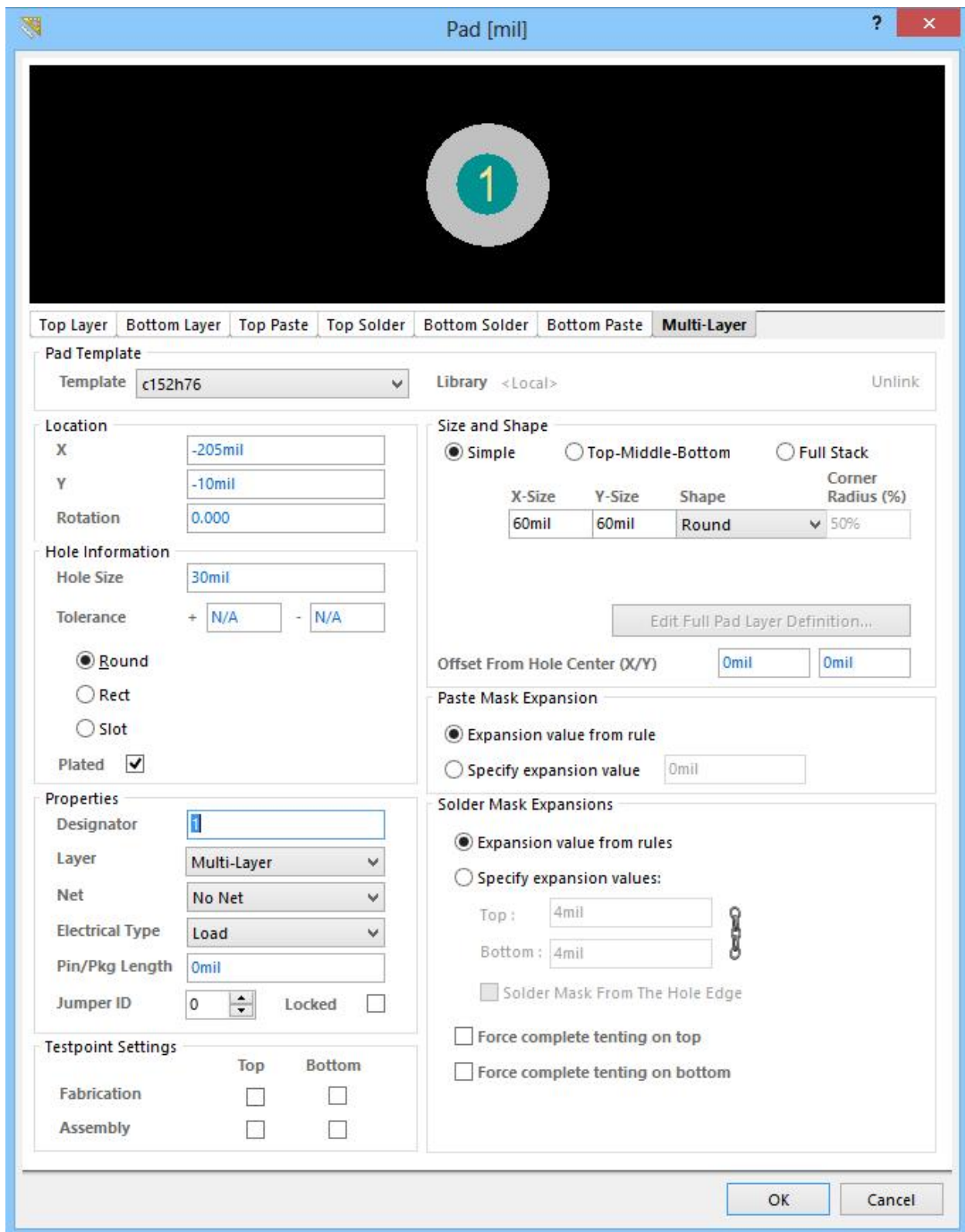
U ovom slučaju, footprint će se sastojati od dva Pin-a (*Pad-a*), granične linije i krstića koji označava pravilnu orijentaciju komponente (odnosno pozitivni kraj, što je u ovom slučaju od značaja budući da se radi o elektrolitskom kondenzatoru). Padovi se postavljaju korišćenjem opcije **Place -> Pad**, ili klikom na ikonicu **Place Pad** u paleti sa alatima. Oznake padova moraju biti takve da odgovaraju oznakama pinova na oznaci komponente u Schematic Editoru. Prema tome, potrebno je vratiti se u Schematic Editor radi provere oznaka pinova. Dvostrukim klikom na elektrolitski kondenzator C1 na šemi, otvara se dijalog za zadavanje njegovih atributa, u okviru kojeg je potrebno uključiti opciju **Graphical -> Show All Pins On Sheet (Even if Hidden)**. Na ovaj način oznake pinova koje su bile sakrivene postaju vidljive (Slika 81). Sada je jasno da pin koji odgovara pozitivnom kraju kondenzatora nosi oznaku 1, a drugi pin koji odgovara negativnom kraju nosi oznaku 2. Pošto su utvrđene oznake pinova i njihovo značenje, ponovo isključujemo prikaz naziva pinova u Schematic Editoru i vraćamo se u PCB Library Editor.



Slika 81. Provera oznaka pinova komponente u okviru Schematic Editora

Dakle, padovima na footprintu će biti dodeljene oznake 1 i 2, da bi se poklapale sa oznakama pinova u Schematic Editoru. Da bi razmak između padova na footprintu bio odgovarajući (100 mil), postavljamo pad 1 na koordinate (-50, 0), a pad 2 na koordinate (50, 0). Pre postavljanja Pad-a na odgovarajuće mesto, moguće je klikom na TAB dodati designator "1" Padu i tada će svaki sledeći postavljeni Pad biti inkrementovan za vrednost 1. Ovo može biti korisno ukoliko se crta footprint za neki mikrokontroler ili čip koji ima mnoštvo pinova, jer će po automatizmu pinovi da se inkrementuju.

Dvostrukim klikom na postavljeni pad, otvara se dijalog za zadavanje njegovih atributa (Slika 82):



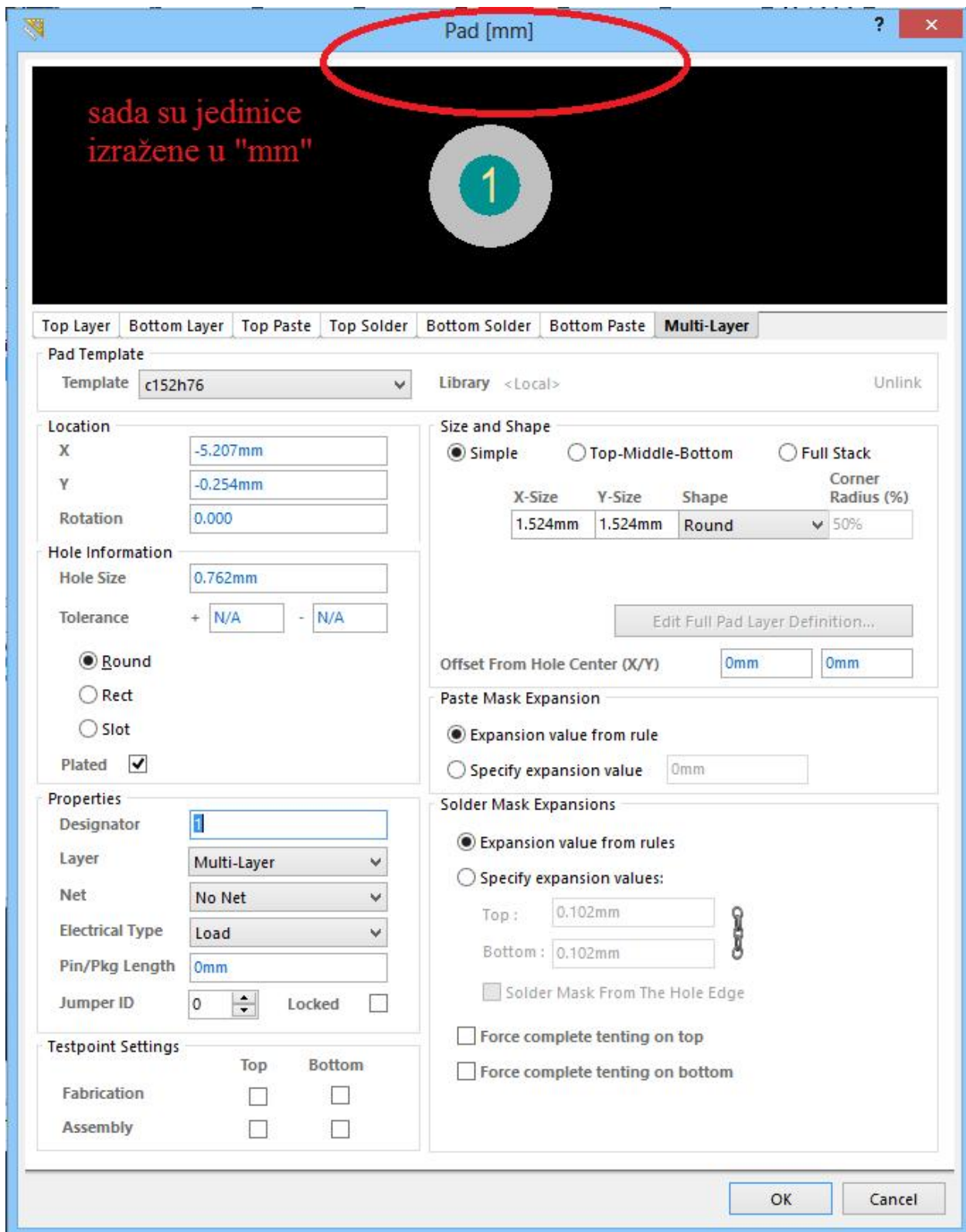
Slika 82. Atributi Pad-a

Opcija **Size and Shape** određuje fizičke dimenzije (X-Size, Y-Size) i oblik same lemne površine, koji može biti okrugao, pravougaoni (sa ili bez zaobljenih uglova) ili osmougaoni.

Opcija **Hole Size** određuje prečnik rupe, kada je u pitanju pad through-hole komponente. Standardne dimenzije koje odgovaraju većini ovakvih komponenti su 32 mil (približno 0.8mm) i 40 mil (približno 1mm).

Opcija **Layer** određuje kojem sloju ploče pripada pad. Podrazumevana opcija je **Multi-Layer**, koja pretpostavlja postojanje i isti oblik lemnog mesta na svim slojevima na kojima je rutiranje dozvoljeno. Uz to, podrazumeva se da će na mestu pada biti izvršena metalizacija, odnosno električno spajanje između različitih slojeva. Objekti koji imaju **Multi-Layer** svojstvo su predstavljeni svetlo sivom bojom. Padovi SMD komponenti obično pripadaju samo onom sloju koji je sa iste strane pločice kao i sama komponenta (**Top Layer** ili **Bottom Layer**) i stoga su označeni bojom odgovarajućeg sloja (npr. pad koji pripada komponenti na Top Layer-u označen je crvenom bojom).

Treba primetiti da su na Slici 82 sve jedinice u **mil**-ima. Da bi se jedinice prikazivale u mm, potrebno je kliknuti levim tasterom miša na prazan prostor radne površine (u ovom slučaju prethodno treba zatvoriti dijalog prozor sa atributima), i nakon toga pritisnuti taster “**Q**” na tastaturi. Kada ponovo otvorimo prozor sa atributima komponente, vidimo da će se merne jedinice prebaciti u mm, kao što je prikazano na Slici 81.



Slika 83. Prebacivanje prikaza između "mil" i "mm" upotrebom prečice Q tastera na tastaturi

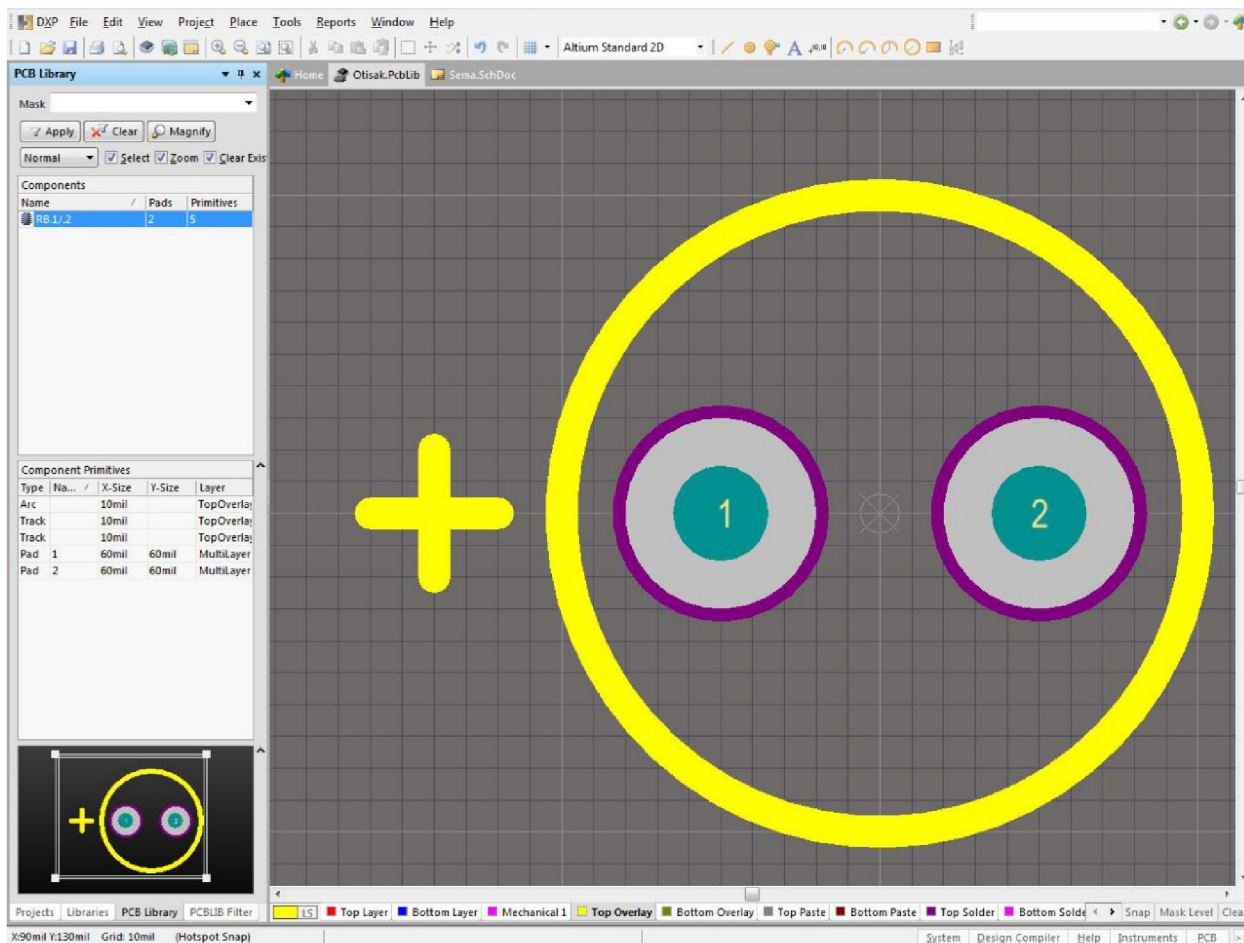
Pošto su padovi postavljeni i pošto su im dodeljene odgovarajuće oznake, potrebno je još iscrtati graničnu liniju koja predstavlja projekciju tela komponente na površinu ploče. Ovo je estetski zahvat koji je važan da bi se stekao utisak o stvarnim dimenzijama komponente, što je naročito bitno pri razmeštaju footprintova komponenti na ploču, kako bi se izbegla eventualna preklapanja. U ovom slučaju, granična linija predstavlja krug prečnika 200 mil, sa centrom u koordinatnom

početku. Opcija kojom se ovakva linija postavlja na radnu površinu je **Place -> Full circle**. Pre crtanja, pritiskom na taster **Tab** na tastaturi, potrebno je u dijalogu za zadavanje parametara izabrati opciju **Layer -> Top Overlay**¹². Objekti koji pripadaju ovom sloju su predstavljeni žutom bojom¹³, a najčešće su u pitanju slovne oznake i granične linije komponenti. Nakon izbora sloja, iscrtavamo krug (koji se zapravo tretira kao kružni luk sa ugaonim parametrom od 360 stepeni), postavljanjem centra u koordinatni početak i zadavanjem dimenzije poluprečnika na 100 mil.

Poslednji korak u crtanju ovog futprinta je iscrtavanje oznake “+“ koja označava pozitivan kraj kondenzatora, pa ga je zato potrebno postaviti pored pina 1. Ovo se postiže postavljanjem jedne horizontalne i jedne vertikalne linije u Top Overlay sloju, pomoću opcije **Place -> Line**. Konačan izgled futprinta komponente je prikazan na Slici 84.

¹² Česta početnička greška je da se ostavi podrazumevana opcija (Top Layer), nakon čega će iscrtana linija pripadati gornjem sloju ploče i biti označena crvenom bojom.

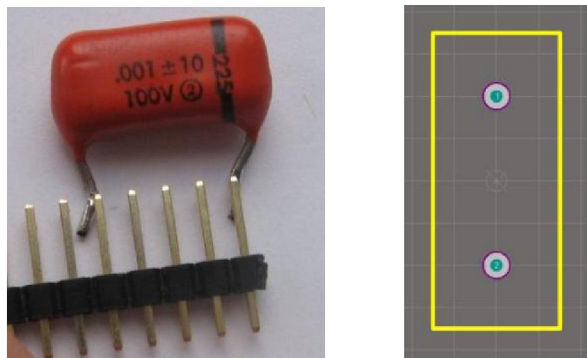
¹³ Proizvođači štampanih ploča najčešće nude tzv. *silkscreen* opciju, koja podrazumeva da nakon izrade ploče objekti koji pripadaju Top Overlay sloju budu odštampani belom bojom po površini ploče. Ova opcija nije neophodna pošto je estetske prirode i nema nikakav uticaj na funkcionalnost uređaja.



Slika 84. Konačan izgled futprinta elektrolitskog kondenzatora RB.1/2

2.3.5. Footprint kondenzatora C4, C5 i C6 (0.001uF=1nF)

Na Slici 85 levo je prikazan kondenzator vrednosti 1nF. Rastojanje između nožica komponente je 400 mil. Dužina tela komponente je oko 700 mil, dok je širina komponente oko 300 mil. Iako u postojećim bibliotekama postoji footprint RAD-0.4 koji približno odgovara ovim dimenzijama, problem je što su njegova širina i dužina manje od fizičkih dimenzija komponente, pa je potrebno kreirati novi footprint odgovarajućih dimenzija. Iznad praznog prostora u listi footprintova u okviru panela PCB Library kliknemo desnim tasterom miša i izaberemo opciju **New Blank Component**. Time će u listu biti dodan nov prazan footprint, ponovo pod nazivom **PCBCOMPONENT_1**. Potrebno je promeniti naziv footprinta u **RAD-0.4C**, a zatim nacrtati footprint tako da odgovara fizičkim dimenzijama kondenzatora. Za razliku od elektrolitskih kondenzatora, ovakvi kondenzatori su simetrične komponente (nemaju polaritet), pa zato nema potrebe za dodavanjem oznaka koje bi označavale njihovu orijentaciju. Krajnji izgled footprinta je prikazan na Slici 85 desno.

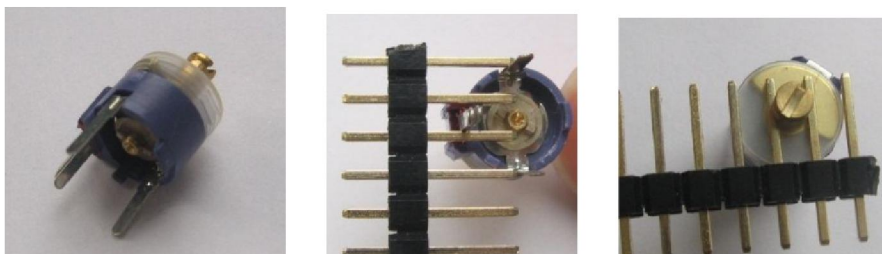


Slika 85. Fizički izgled kondenzatora 1nF (levo) i futprint RAD-0.4C (desno)

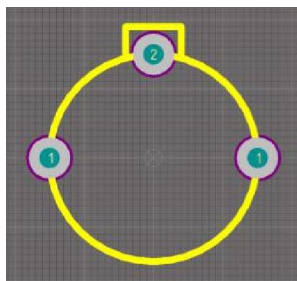
2.3.6. Futprint promenljivog kondenzatora C9 (5-60pF)

Na Slici 86 je prikazan fizički izgled promenljivog kondenzatora, kao i njegov simbol. Može se videti da komponenta ima tri nožice, odnosno njen futprint ima tri pada. Međutim, šematski simbol iste komponente pokazuje da postoje dva pina. Pogled na komponentu sa donje strane (Slika 86 u sredini) otkriva da su dva od tri pada koji su postavljeni dijametralno suprotno kratko spojeni. To znači da na futprintu ova dva pada trebaju da nose istu oznaku 1 (dozvoljeno je da više padova ima istu oznaku), a treći pad će nositi oznaku 2. Ovim je rešen problem uparivanja pinova na šemi i padova na futprintu.

Merenjem dimenzija komponente, vidi se da padovi leže na kružnici prečnika 300 mil, koja ujedno predstavlja i graničnu liniju futprinta i predstavljena je kružnicom u Top Overlay sloju. Izgled futprinta nazvanog VARC u biblioteci **Otisak.PcbLib** prikazan je na slici 87.



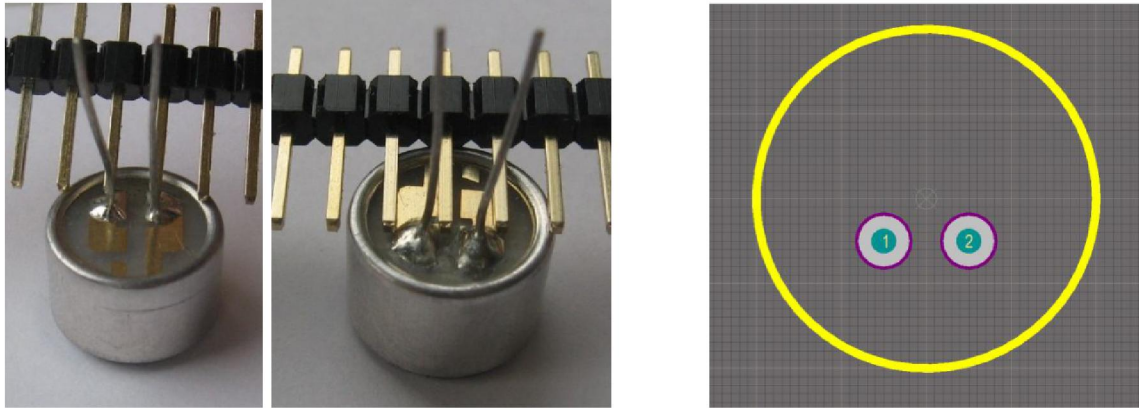
Slika 86. Fizički izgled promenljivog kondenzatora



Slika 87. Futprint promenljivog kondenzatora VARC

2.3.7. Futprint mikrofona

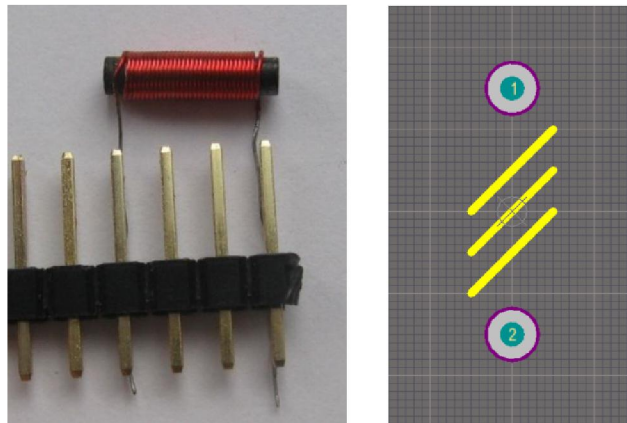
Mikrofon tipa *electret* je prikazan na Slici 88, levo. Dimenzije kućišta bitne za izradu futprinta su sledeće: udaljenost nožica je 100mil, prečnik tela mikrofona je 400mil. Oznake padova su 1 i 2 (proveriti u Schematic Editoru). Izgled futprinta pod nazivom **EMIC** u biblioteci **Otisak.PcbLib** prikazan je na Slici 88, desno.



Slika 88. Fizički izgled mikrofona (levo) i futprint EMIC (desno)

2.3.8. Futprint prigušnice (zavojnica, kalem) L400

Na Slici 89 levo je fizički izgled prigušnice. Oznake padova su 1 i 2. Udaljenost nožica komponente je 300 mil dok je širina poprečnog preseka 100mil. Telo komponente je predstavljeno kosim linijama u **Top Overlay** sloju, koje asociiraju na fizički izgled i namenu komponente. Izgled futprinta pod nazivom **L400** u biblioteci **Otisak.PcbLib** prikazan je na Slici 89 desno.



Slika 89. Fizički izgled prigušnice (levo) i futprint L400 (desno)

2.3.9. Futprint kondenzatora C2, C3 i C8 (0.01uF=10nF i 33pF)

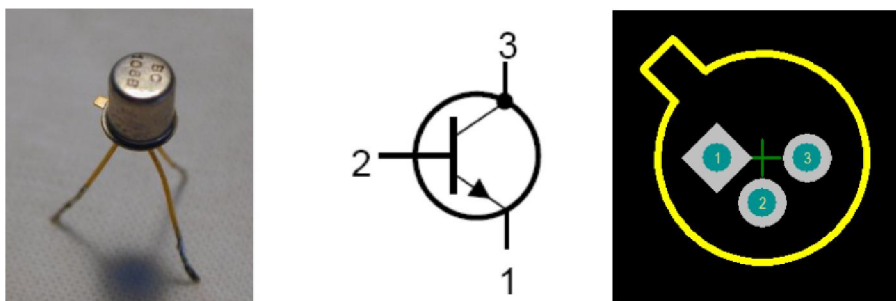
Na Slici 90 je prikazan kondenzator vrednosti 10 nF. Udaljenost između pinova je 200 mil. Debljina kućišta ne prelazi 100mil. U biblioteci **Miscellaneous Devices.IntLib** postoji odgovarajući futprint za ovakvu komponentu pod nazivom **RAD-0.2**.



Slika 90. Fizički izgled kondenzatora 10nF

2.3.10. Futprint tranzistora BC108

Na osnovu datasheet-a npn tranzistora BC108 dobijene su osnovne informacije o fizičkim dimenzijama komponente, broju i značenju svakog pada futprinta (Slika 91). Proizvođač je naveo da je naziv kućišta komponente TO-18.

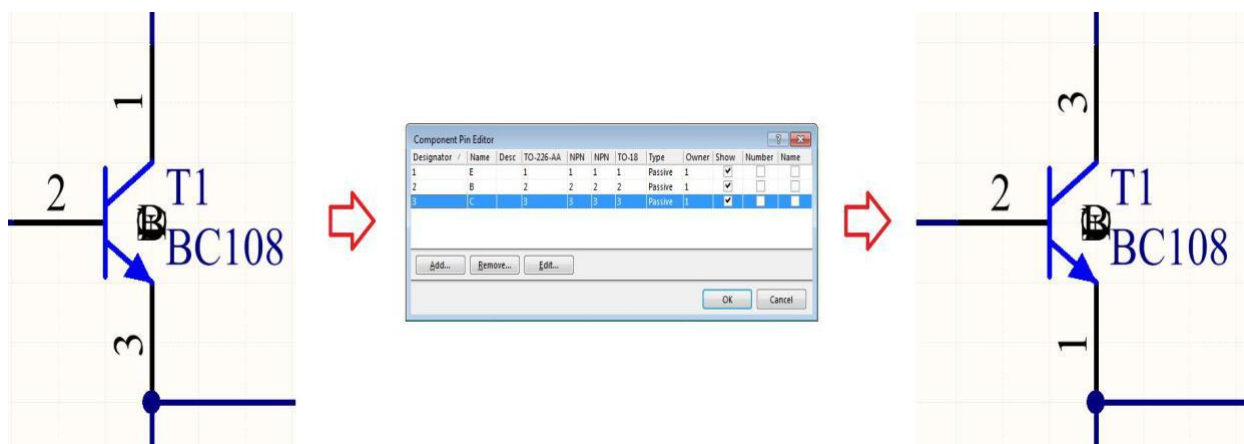


Slika 91. Fizički izgled tranzistora BC108 (levo), simbol tranzistora (u sredini) i futprint TO-18 (desno)

Pošto opcija **Search** za tranzistor **BC108** u okviru dostupnih biblioteka nije vratila nikakav rezultat (jer se radi o zastareloj komponenti), pri crtanju šeme je korišćen generički simbol **NPN** tranzistora iz biblioteke **Miscellaneous Devices.IntLib**. Zbog toga je potrebno proveriti da li se oznake pinova simbola NPN tranzistora poklapaju sa oznakama u datasheetu i na futprintu, uključivanjem opcije **Show All Pins On Sheet**. Nakon uključivanja ove opcije, nazivi pinova postaju vidljivi (Slika 92 levo) i postaje evidentno da imamo problem sa oznakama:

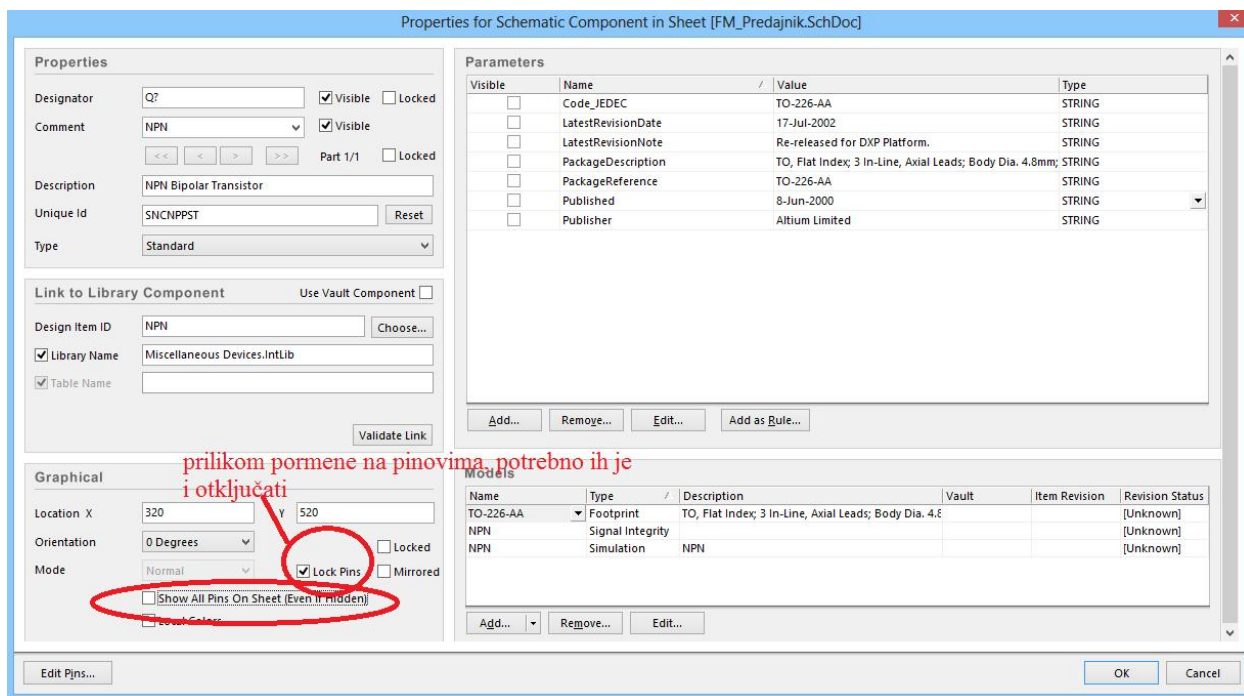
Elektroda	Oznaka pina na šematskom simbolu	Oznaka pada na futprintu
Emiter (E)	3	1
Baza (B)	2	2
Kolektor (C)	1	3

Tabela 2.2. Neusklađene oznake pinova simbola NPN i padova futprinta TO-18



Slika 92. Promena oznaka pinova simbola NP tranzistora

Dakle, ono što je potrebno uraditi je zamena oznaka emitera i kolektora u okviru šematskog simbola NPN tranzistora. U okviru dijaloga za zadavanje atributa simbola tranzistora izaberemo opciju **Edit Pins**, čime se otvara dijalog prikazan na Slici 92, u sredini. Ovde je potrebno promeniti oznaku emitera na 1 i oznaku kolektora na 3. Nakon unošenja izmena i klika na **OK**, oznake pinova će biti promenjene, kao što je prikazano na Slici 92 desno, posle čega možemo ponovo isključiti opciju **Show All Pins On Sheet**, Slika 93.



Slika 93. Prikaz i otključavanje pinova odabirom properties opcije za komponentu na Schematic Editoru

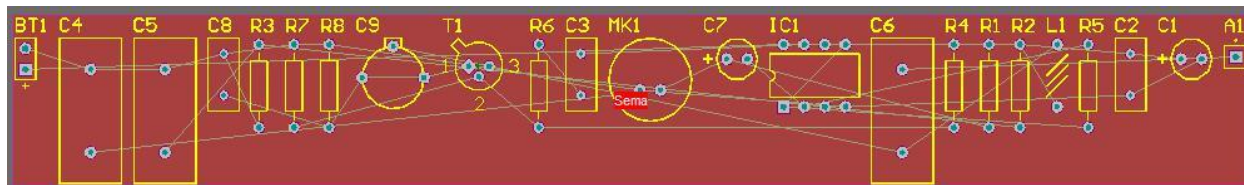
2.3.11. Dodela futprintova komponentama koje nemaju automatski dodeljen futprint

Pošto su u okviru biblioteke **Otisak.PcbLib** definisani svi potrebni futprintovi koji se nisu već nalazili u standardnim bibliotekama, potrebno je sačuvati biblioteku na hard disku (opcija **Save**), nakon čega se u Schematic Editoru simbolima dodeljuju futprintovi, na isti način kao što je prikazano u vežbi br.1 (dijalog za dodelu atributa komponente, opcija **Models -> Add -> Footprint**. Kad su u pitanju komponente čiji futprintovi se nalaze u biblioteci **Otisak.PcbLib**, njih je moguće odabrati pomoću opcije **Browse** u okviru dijaloga **PCB Model**, ili eventualno ručnim unosom naziva futprinta. Opcija **Pin Map** u okviru istog dijaloga omogućava proveru da li oznake pinova šematskog simbola odgovaraju oznakama padova futprinta komponente.

Pre prelaska u PCB Editor, potrebno je još jednom proveriti da li nazivi, oznake, vrednosti i futprintovi komponenti odgovaraju atributima koji su prikazani u tabeli 2.1.

2.3.12. Rutiranje (ručno) štampane ploče u PCB Editoru

Sledeći korak je dodavanje novog praznog PCB fajla u projekat, kao i u prethodnoj vežbi. U PCB fajl koji će biti snimljen pod nazivom **Ploca.PcbDoc** treba učitati futprintove komponenti iz Schematic editora. Izgled ekrana PCB editora nakon učitavanja futprintova komponenti prikazan je na Slici 94.

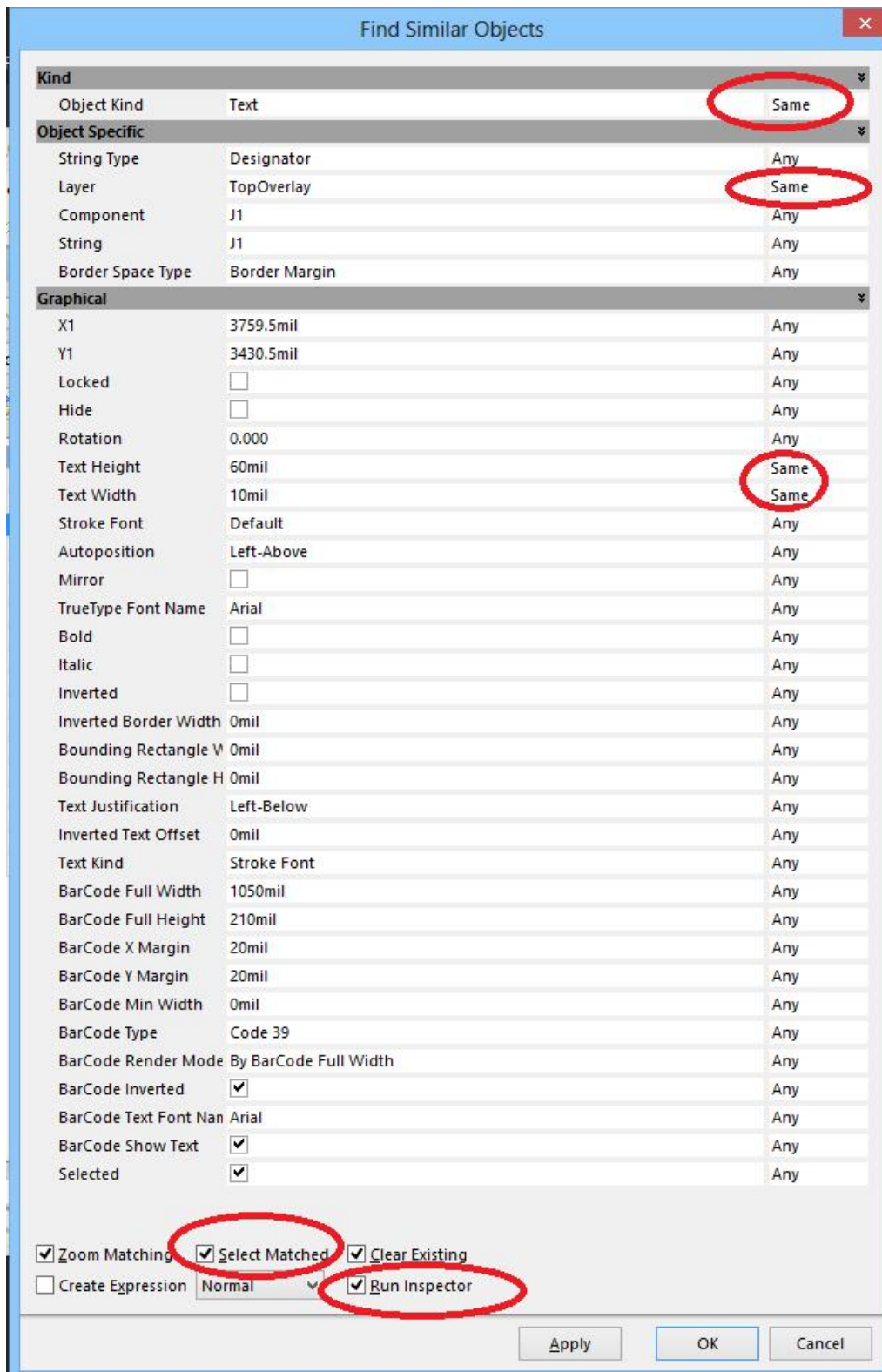


Slika 94. Futprintovi komponenti nakon učitavanja u PCB Editor

Sledeći korak je raspoređivanje futprintova komponenti po radnoj površini. U ovom primeru treba voditi računa o tome da je radna frekvencija FM predajnika $\sim 100\text{MHz}$, odnosno kolo poseduje visokofrekventni oscilator (tranzistor sa pripadajućim komponentama), ovaj oscilator je potrebno fizički izdvojiti na jednu stranu ploče, a niskofrekventni pojačavački deo na drugi deo ploče. Primer mogućeg rešenja razmeštaja komponenti dat je na Slici 95, gore. Oznake komponenti su smanjene i premeštene u njihovu unutrašnjost iz estetskih razloga.

2.3.12.1. Promena parametara koja se odnosi na više komponentata odjednom, korišćenjem opcije “Find Similar Objects”

Postupak promene veličine tekstualnih oznaka u PCB editoru na svim komponentama odjednom moguće je uraditi odabirom desnog tastera miša na samoj oznaci Designator-a u ovom slučaju bilo koje komponente i odabirom opcije “**Find Similar Objects**”. Nakon ovog odabira, pojavljuje se prozor sa atributima prikazan na Slici 96.

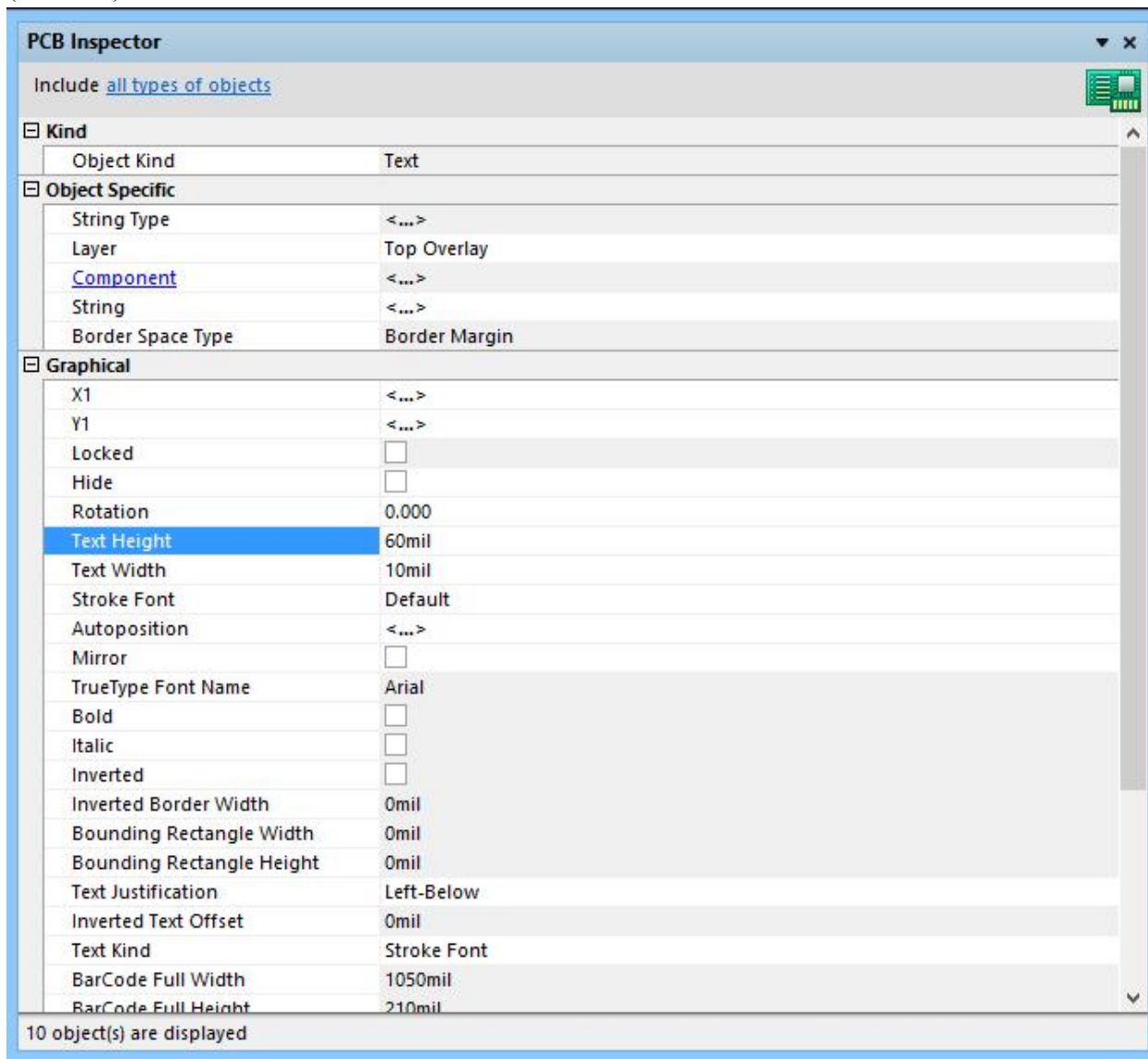


Slika 95. Pronalaženje sličnih objekata i zajednička zamena određenih parametara

Ovde je potrebno istaći po čemu se ove komponente klasifikuju, odnosno šta im je zajedničko, i to prebaciti u fokus. U našem slučaju, tip objekta je tekst, i to je već potvrđeno kao **Same** parametar, zatim, kod polja Layer treba da umesto **Any** postavimo **Same**, i isto to da se učini i za Text Height i Text Width, jer su po tim kriterijumima svi designatori komponenti isti. Pored toga,

potrebno je označiti opcije Select Matched i Run Inspector. Zatim je potrebno kliknuti na Apply, pa OK.

Nakon toga se otvara prozor Run Inspector, u kome ćemo izmeniti tekstualnim unosom vrednosti Text Height i Text Width postavivši ih na željenu vrednost i zatim nakon toga pritisnuti ENTER i zatvoriti Run Inspector prozor. Izmene će odmah postati vidljive na svim označenim designatorima (Slika 96).



Slika 96. Run Inspector prozor u PCB Editoru

Na ovaj način može se menjati i footprint ili bilo koji drugi parametar komponenti u PCB ili Schematic Editoru, upotrebom Find Similar Objects, i Run Inspector dijaloga.

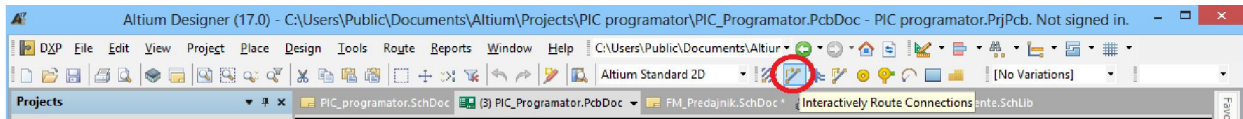
2.3.13. Postavke pravila rutiranja

Nakon ovih izmena, definisaćemo pravila rutiranja:

Razmak između objekata koji pripadaju različitim netovima (**Clearance**) postavljamo na vrednost **10mil**

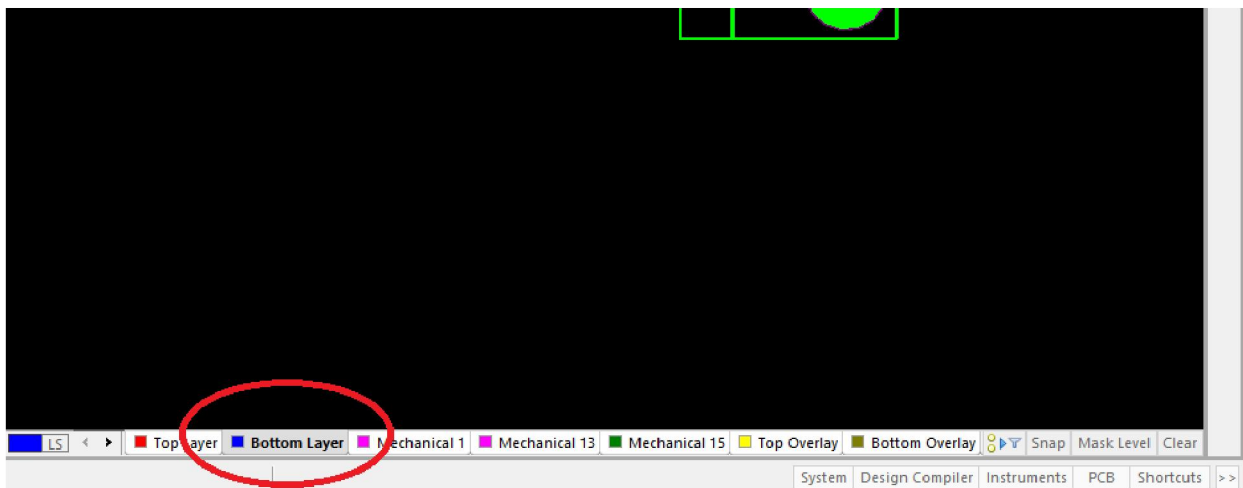
Širina provodnih veza se postavlja na **Min = 20mil, Preferred = 30mil, Max = 50mil**
Rutiranje se vrši samo u donjem sloju (**Bottom Layer**)

Zatim se posao rutiranja obavlja ručno, koristeći alat **Interactively Route Connections** koji se nalazi u paleti sa alatima u PCB Editoru (Slika 97 pokazuje izgled i poziciju ovog alata).



Slika 97. *Interactively Route Connections* alat za ručno rutiranje

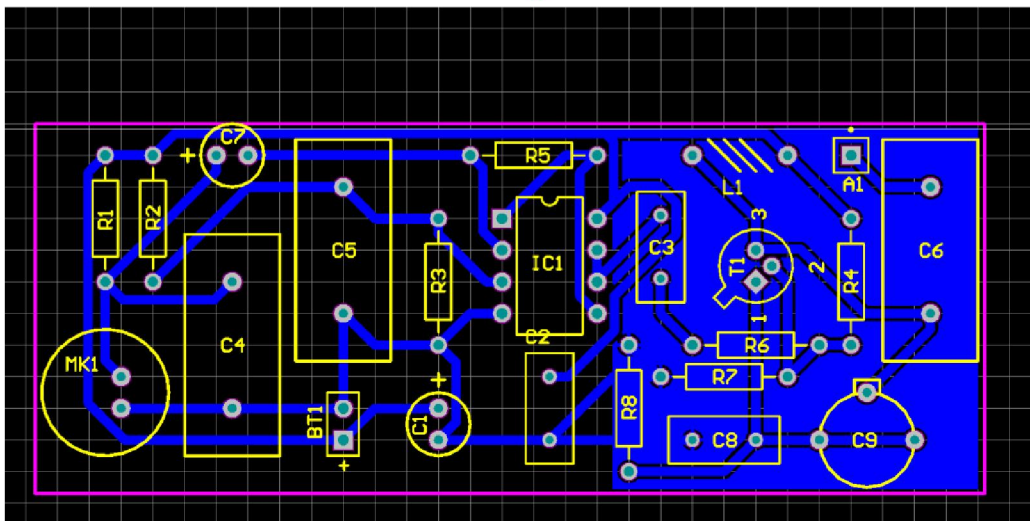
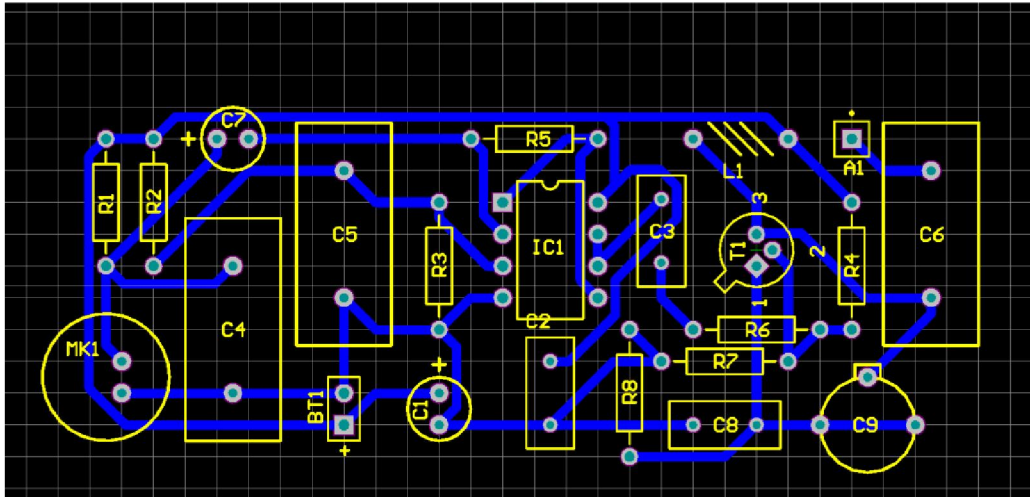
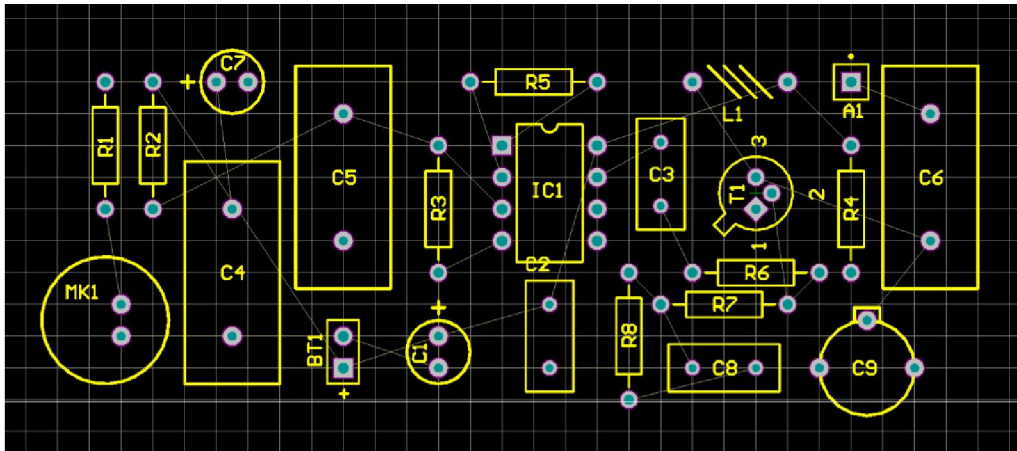
Ovim alatom je potrebno proći kroz sve veze na PCB-u, odnosno svaki Pad je potrebno spojiti sa odgovarajućim Pad-om druge komponente sa kojom je potrebno ostvariti električni kontakt. Sve veze se postavljaju u Bottom sloju. Na dnu radne površine u PCB Editoru nalazi se traka sa slojevima, i potrebno je da se pre uzimanja alata za ručno rutiranje odabere sloj **Bottom**, kao što je prikazano na Slici 98.



Slika 98. *Odabir Bottom sloja za rutiranje*

Izgled ploče nakon ručnog rutiranja prikazan je na Slici 99 u sredini.

Pošto je rutiranje uspešno obavljeno, pristupa se crtanju granične linije (**Keepout**). Potom treba postaviti bakarni poligon. U ovom slučaju, bakarna površina koja štiti VF deo kola od spoljnih uticaja će biti postavljena u donjem sloju (**Bottom Layer**) i biće povezana sa zajedničkom masom: net **GND**. Konačan izgled ploče nakon postavljanja bakarnog poligona prikazan je na Slici 99 dole.



Slika 99. Konačan izgled štampane ploče uređaja

3. Saveti prilikom dizajniranja; 3D modeli komponenti

3.1.Saveti prilikom crtanja Shematskih simbola

Prilikom crtanja shematskih simbola, skreće se pažnja na dodeljivanje naziva komponentama i na konfigurisanje pinova.

Naziv

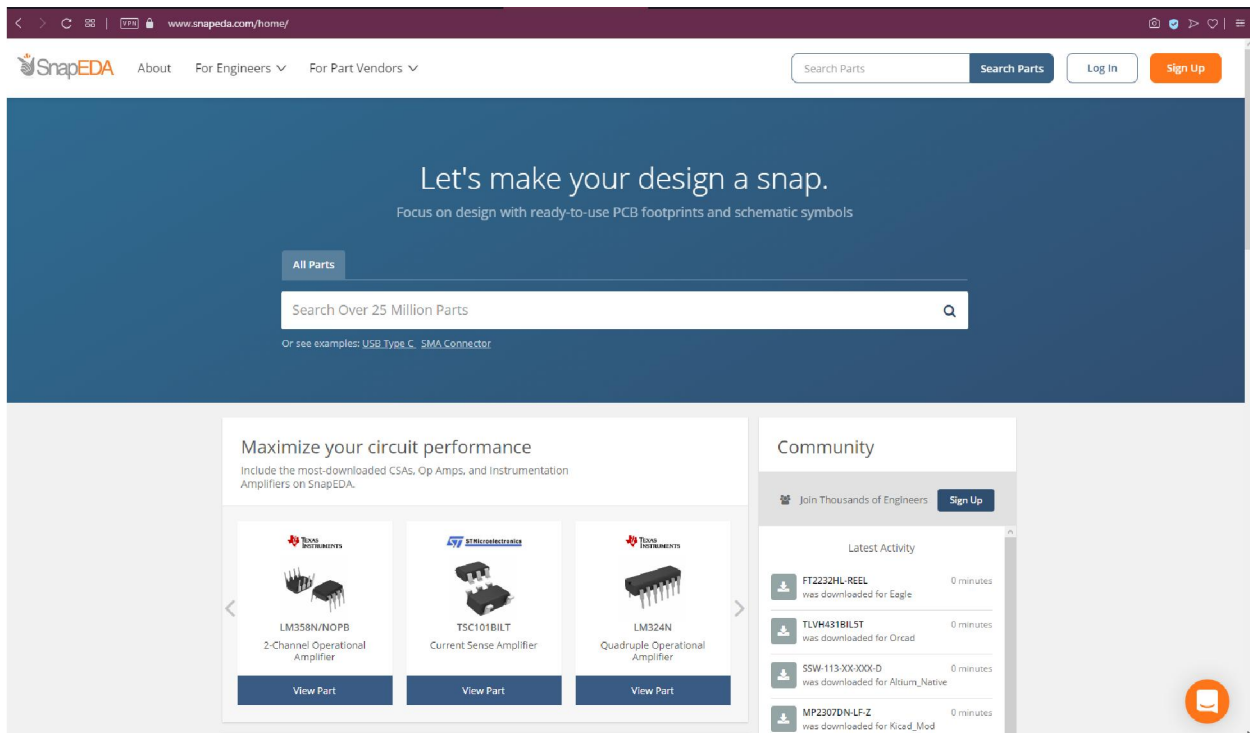
Prilikom davanja naziva shematskom simbolu, dobro je voditi se nazivom iz datasheet-a proizvođača, tj. da naziv bude identičan kao “*manufacturer's part name*”. Izuzeci od ovog pravila su najčešće pasivne komponente, kaon a primer otpornici, gde se koristi generički naziv.

Konfigurisanje pinova (jedan od mogućih, često primenjivanih načina):

- Ulaze konfigurisati sa leve strane
- Izlazne pinove konfigurisati sa desne strane
- Vcc i ostale “Power” pinove postavljati sa gornje desne strane komponente
- Ulazno/Izlazne pinove postavljati na sredini komponente (a takođe i na sredini komponente sa desne strane, ukoliko ih ima mnogo)
- Kontrolne pinove postavljati sa gornje leve strane
- Postavljati tipove pinova (I/O, clk, rst, negative logic) na odgovarajući način

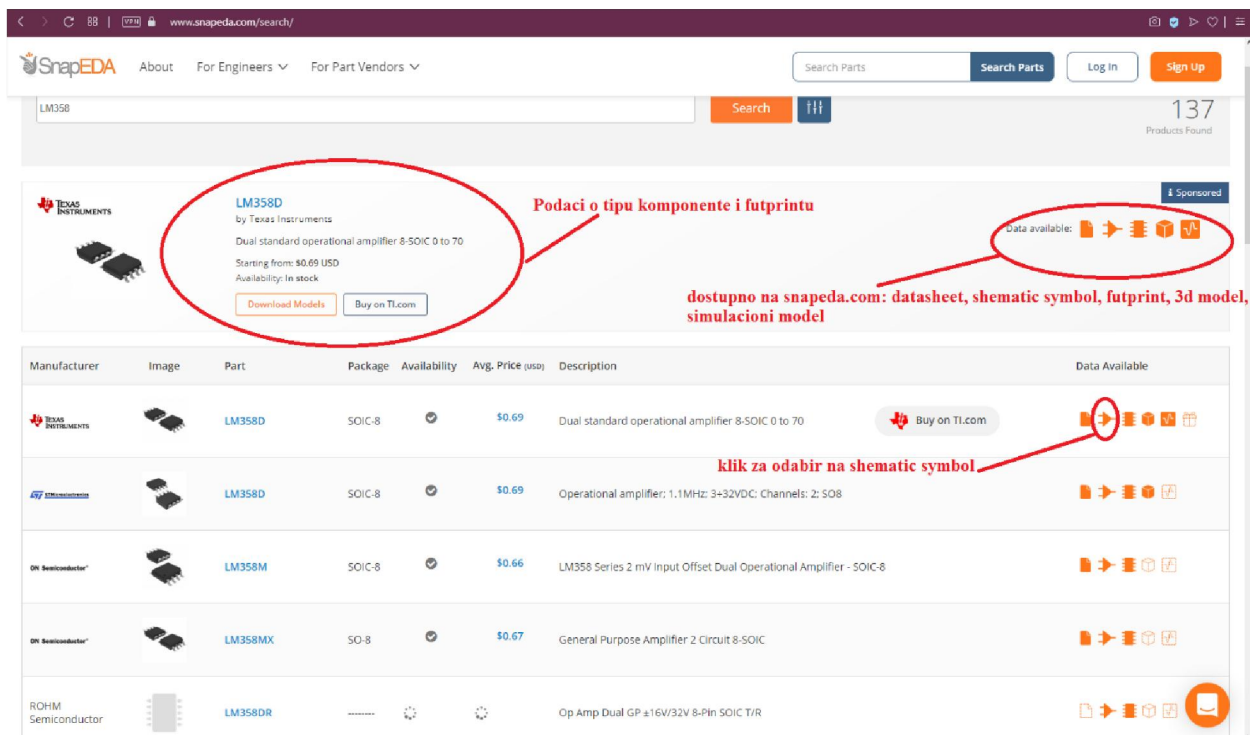
3.2.Preuzimanje gotovih Shematskih simbola i futprintova iz www.snapeda.com elektronskih biblioteka

Shematski simboli, futprintovi, datasheet-ovi, kao i 3D modeli za većinu komponenti mogu se preuzeti sa internet adrese <https://www.snapeda.com/home/> što znatno skraćuje i olakšava posao prilikom dizajniranja shematika i štampane ploče. U polje za pretragu, koje se vidi na Slici 100



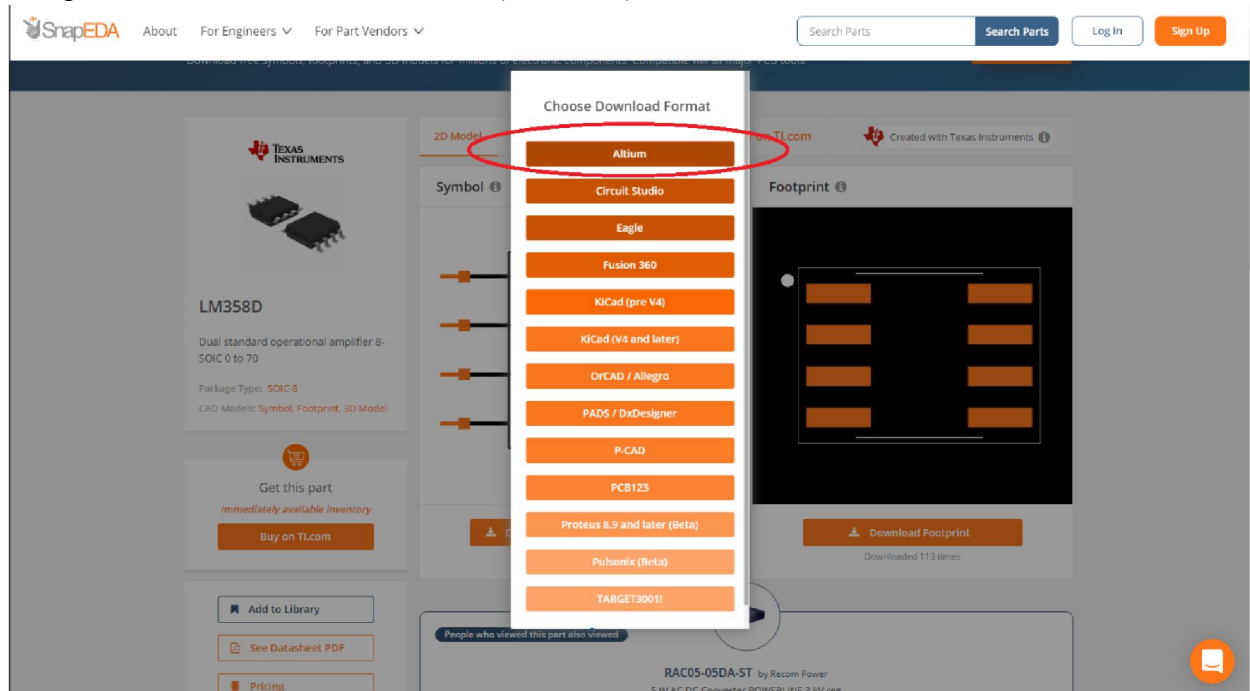
Slika 100. www.snapeda.com

unosu se naziv komponente (npr. LM358) i nakon klika na taster „Search“, pojavljuju se informacije koje su dostupne za datu komponentu. Slika 101 prikazuje rezultat pretrage komponente LM358.



Slika 101. Rezultat pretrage za komponentu LM358

Nakon klika na schematic simbol jedne od pomuđenih komponenti iz liste pretrage, potrebno je odabrati odgovarajući format, odnosno naglasiti da se želi preuzeti komponenta koja je kompatibilna sa Altium bibliotekama (Slika 102).



Slika 102. Format za altium biblioteku

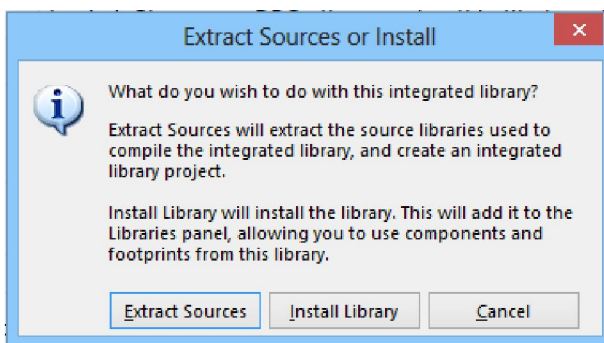
Nakon odabira formata biblioteke, biće potrebno ulogovati se pre preuzimanja fajla (Ukoliko proces logovanja nije ranije obavljen). Podaci za logovanje su:

Username: student.ftn.e1.1@gmail.com

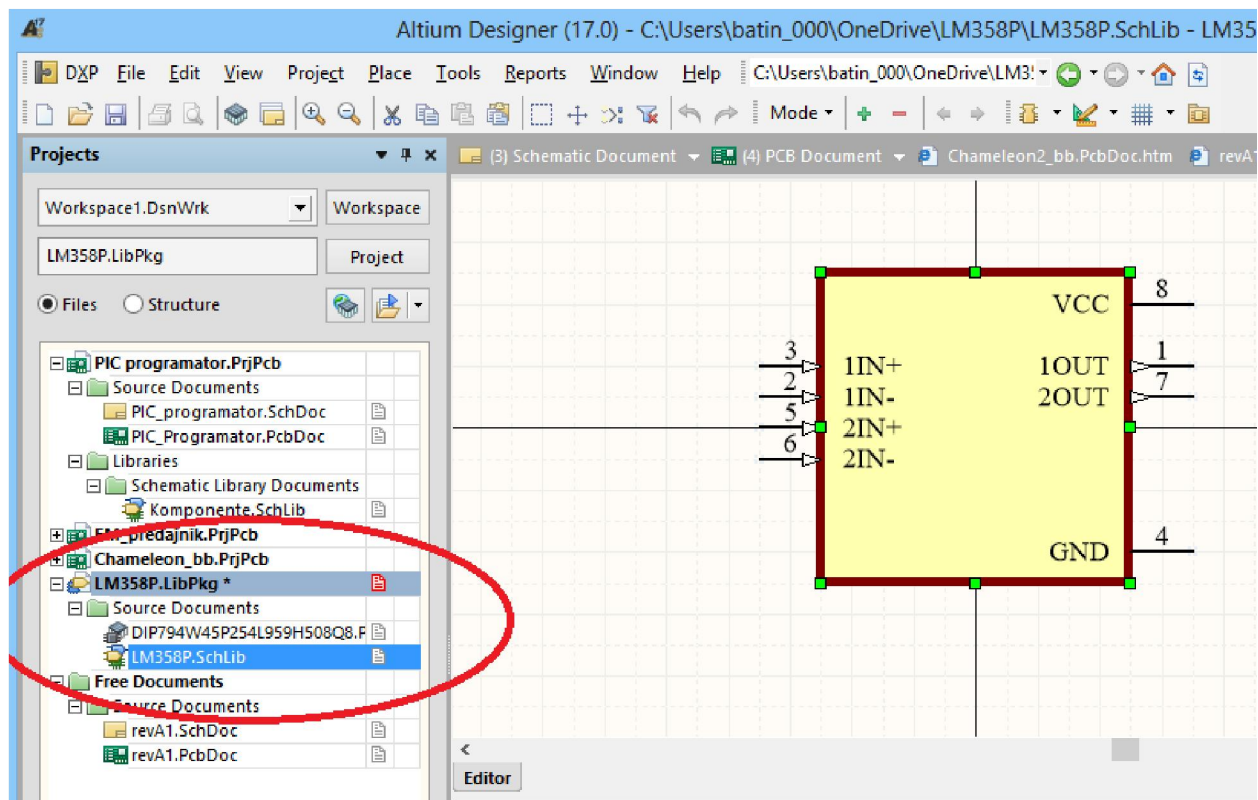
Password: prakticnaelektronika

ali je moguće i besplatno kreirati sopstveni nalog po želji.

Nakon preuzimanja fajla, može se primetiti da on dolazi u integrisanoj biblioteci sa ekstenzijom **.IntLib**, koja sadrži i simbol i footprint. Kada se ovaj fajl pokrene u Altiumu, potrebno je odabrati *Extract Sources*, (Slika 103) i tada se u *Workspace panel-u* otvara LibPkg biblioteka (Slika 104).

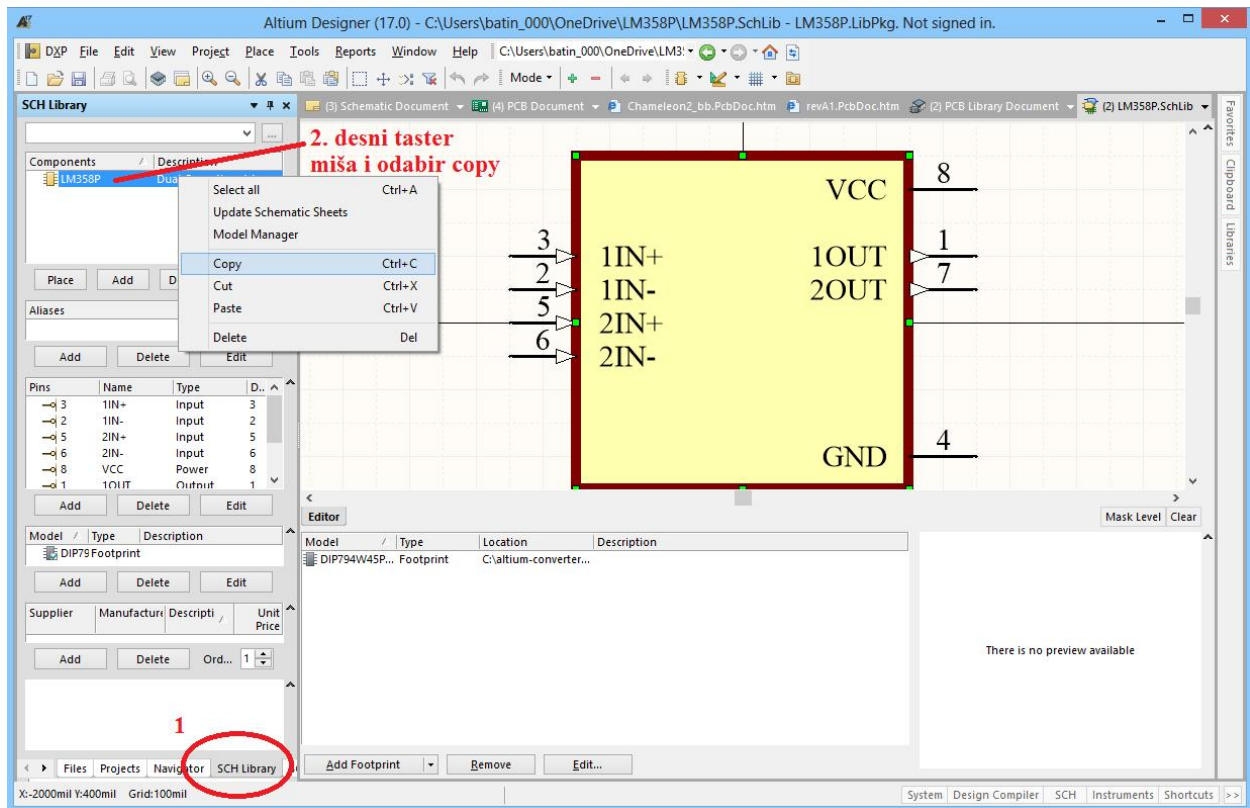


Slika 103. Otpakivanje integrisane biblioteke



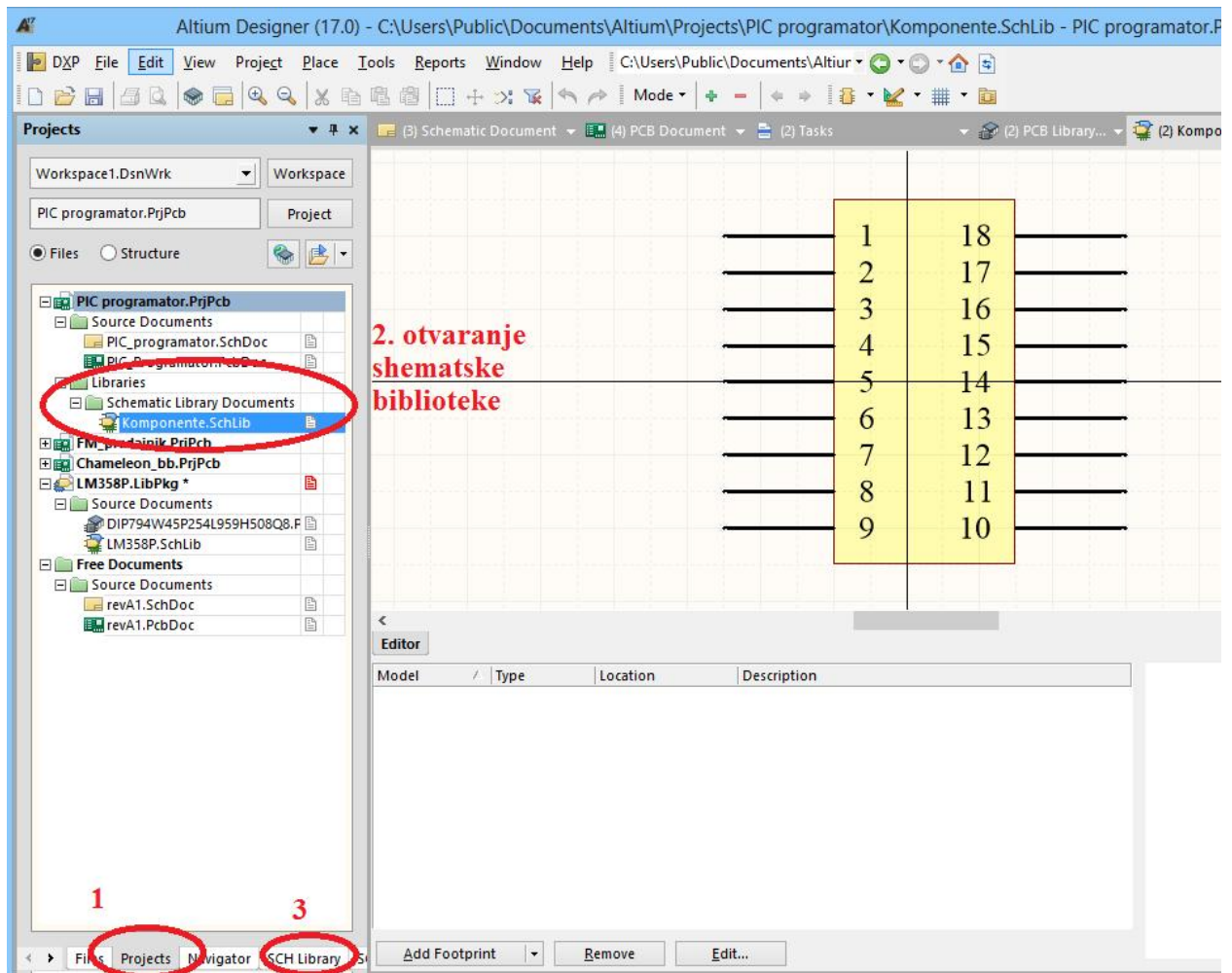
Slika 104. Pokretanje otpakovane integrisane biblioteke

Odabiom iz workspace panela na **SCH library**, možemo kopirati shematski simbol komponente, kao što je prikazano na Slici 105 (desni taster miša na polje koje označava komponentu i klik na *Copy*). Zatim se ova komponenta iz clipboard-a može prelepiti u bilo

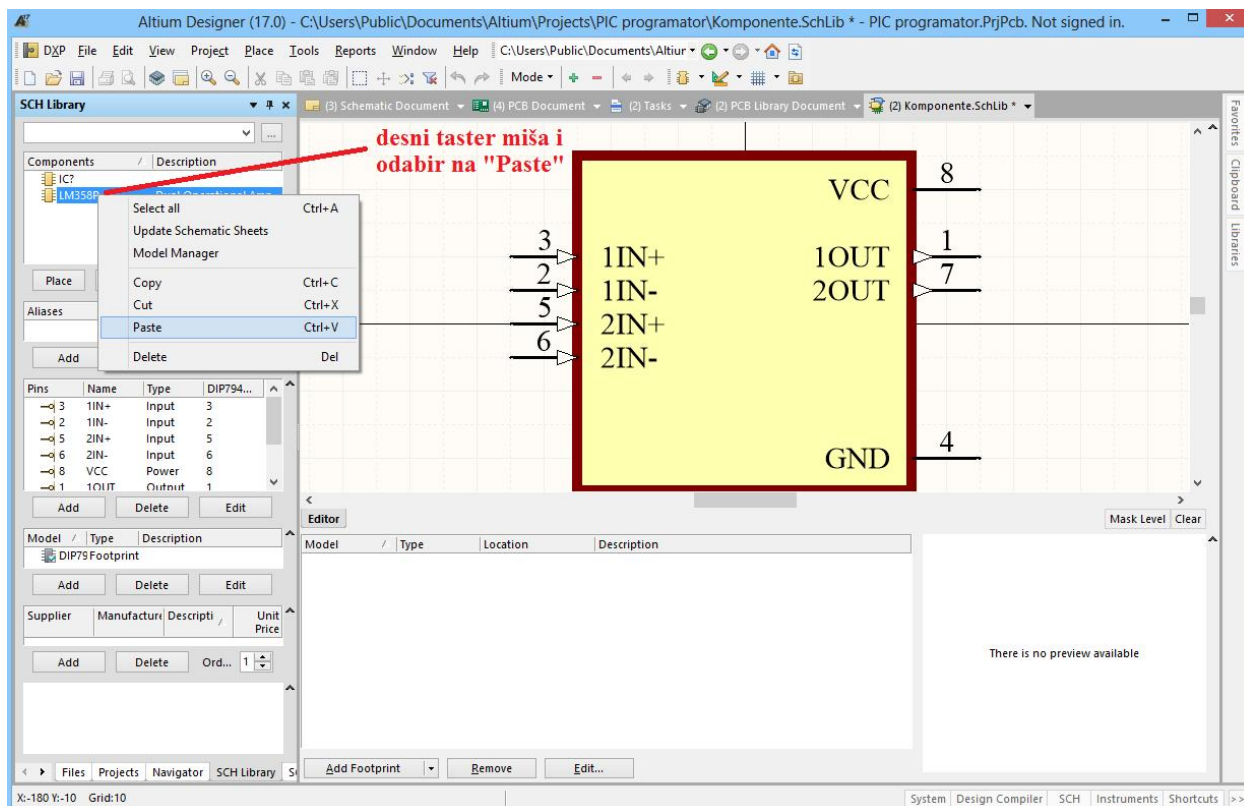


Slika 105. Kopiranje citave komponente u clipboard

Koju drugu biblioteku. U ovom primeru napravićemo njenu kopiju u shematskoj biblioteci koja je kreirana u vežbi 1a. Klikom na Project, potrebno je vratiti se na biblioteku Komponente.Schlib, u okviru projekta PIC Programator, a zatim opet odabrati iz workspace panela **SCH Library** koji se odnosi na tu biblioteku, Slika 106. Nakon izvršenja ovih koraka, otvara se prozor u koji pilepljujemo kopiranu komponentu (Slika 107).



Slika 106. Prelazak u shematsku biblioteku kreiranu u vežbi 1a.



Slika 107. Ubacivanje nove komponente u biblioteku metodom kopiranja

Desnim tsterom miša klikne se na polje u kome se nalaze sve komponente date biblioteke i odabirom na Paste, komponenta iz clipboard-a se klonira. Preuzeta komponenta LM358 se sada nalazi i u biblioteci koja je kreirana u vežbi 1a. Na ovaj način moguće je kopirati i futprinte iz preuzetih biblioteka u novokreirane PCB biblioteke.

3.3. 3D Step modeli komponenti

U okviru futprinta moguće je postaviti i 3D model komponente, čime će se upotpuniti njen fizički izgled. Ovo je veoma korisno kada se prilikom projektovanja uređaja određuju dimenzije kutije, jer će 3d model ploče definisati visinu i oblik svake komponente (pogotovo značajno kod konektora koji se montiraju na krajeve ploče i visokih komponenti poput elektrolitskih kondenzatora, transformatora itd. čija visina diktira visinu pakovanja).

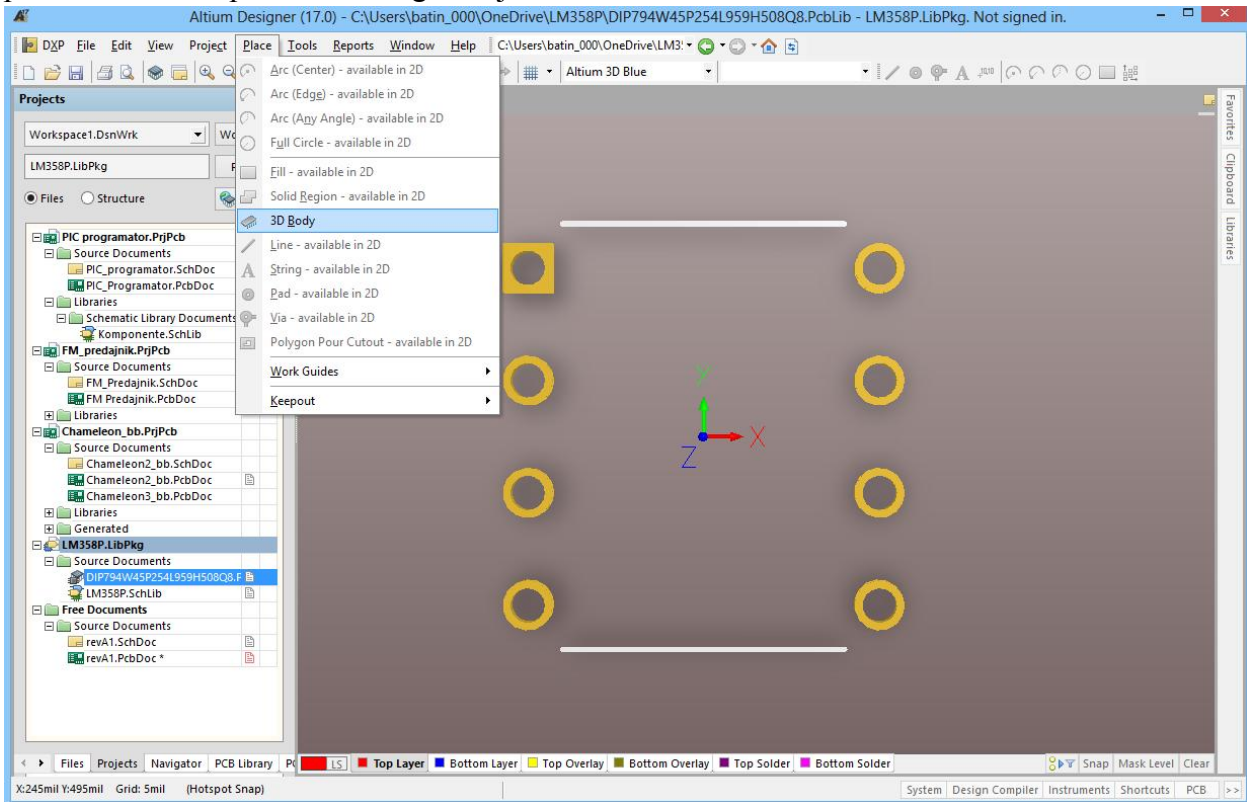
Altium Designer prihvata STEP modele koji se dodeljuju futprintima nacrtanih komponenti, i oni određuju fizički izgled i 3d atribute komponenti. 3D modeli se mogu dodati u PCB editoru, prilikom rutiranja ploče, ili u PCB biblioteku komponenti. Kada se step model ubaci direktno na štampanu ploču prilikom rutiranja, oni ne ostaju sačuvani na futprintu te komponente, već su samo fizički prisutni na datoj štampanoj ploči, a kada se 3d model pridruži datoj komponenti u odgovarajuću PCB biblioteku, on ostaje vezan za komponentu i pojavice se uz nju svaki naredni put kada se taj futprint upotrebi.

3.3.1. 3D i 2D pogled u PCB editoru

U PCB editoru je prilikom rutiranja aktivan 2d prikaz štampane ploče, ali se prelazak na 3d pogled može aktivirati pritiskom na taster „3“ na tastaturi, ili alternativno, iz padajućeg menija **View->3D Layout Mode**. Takođe, vraćanje u 2d pogled može se aktivirati pritiskom na taster „2“ na tastaturi, ili alternativno iz padajućeg menija: **View->2D Layout Mode**.

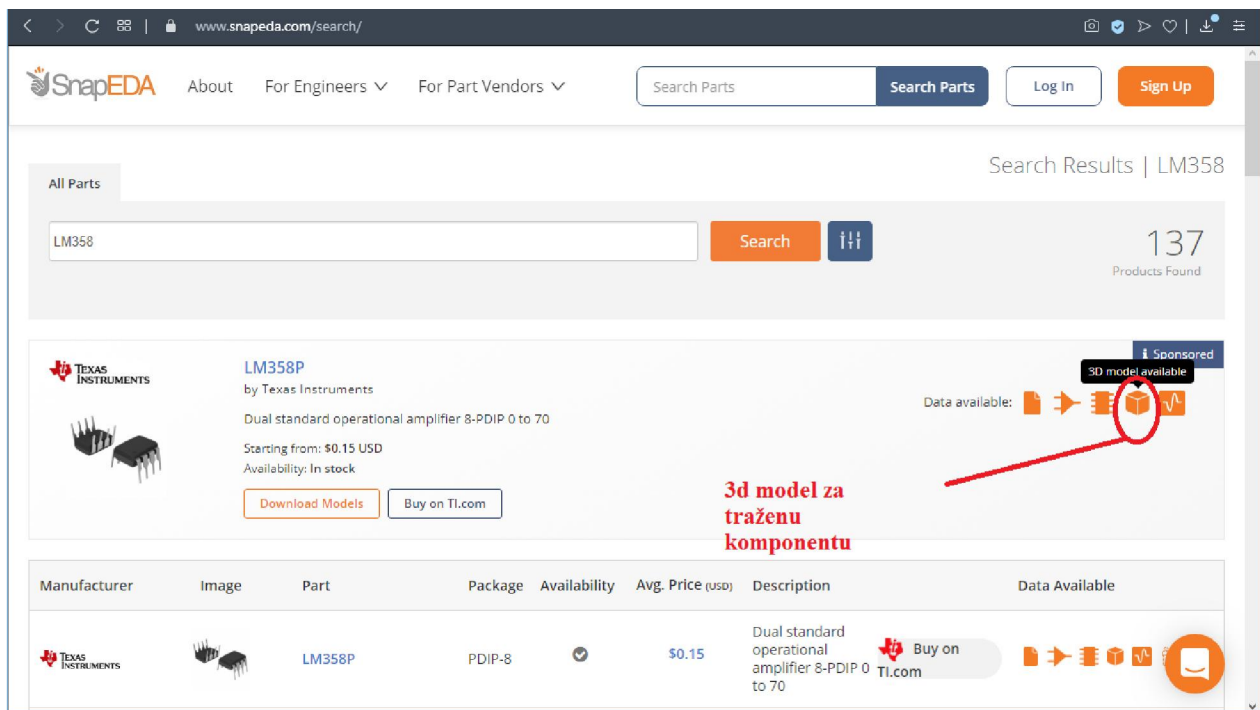
3.3.2. Pridruživanje 3D .STEP ili .STP modela komponenti u PCB biblioteci

Odabirom iz padajućeg menija na Place->3D Body dodaje se step model koji će definisati 3d izgled komponente (Slika 108). Ovo je moguće uraditi i iz 2d pogleda i iz 3d pogleda u PCB editoru, ali je preporučljivo postavljati 3d model dok je PCB editor podešen na 3d prikaz, jer je tada lakše pozicionirati komponentu na odgovarajuće mesto.



Slika 108. Dodavanje 3D tela komponenti

Konkretni 3D model za komponentu u većini slučajeva moguće je pronaći na www.snapeda.com koristeći polje za pretragu, na sličan način kao što je to učinjeno za pretragu shematskog simbola i footprinta komponente (Slika 109).



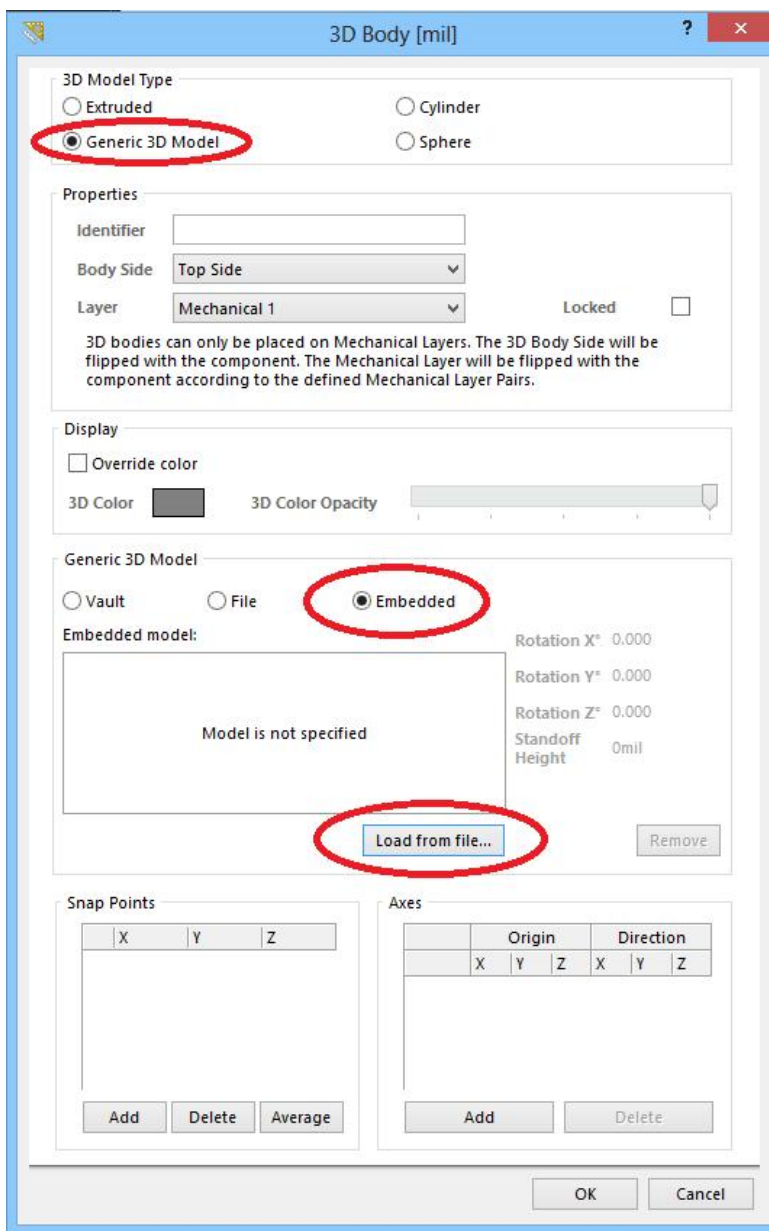
Slika 109. Pretraga 3D STEP/STP modela



Slika 110. Pregled 3D modela

Potrebno je kliknuti na download i sačuvati STEP model (u nekim slučajevima će biti ponuđen i kao STP, oba su formata prihvatljiva u Autium-u).

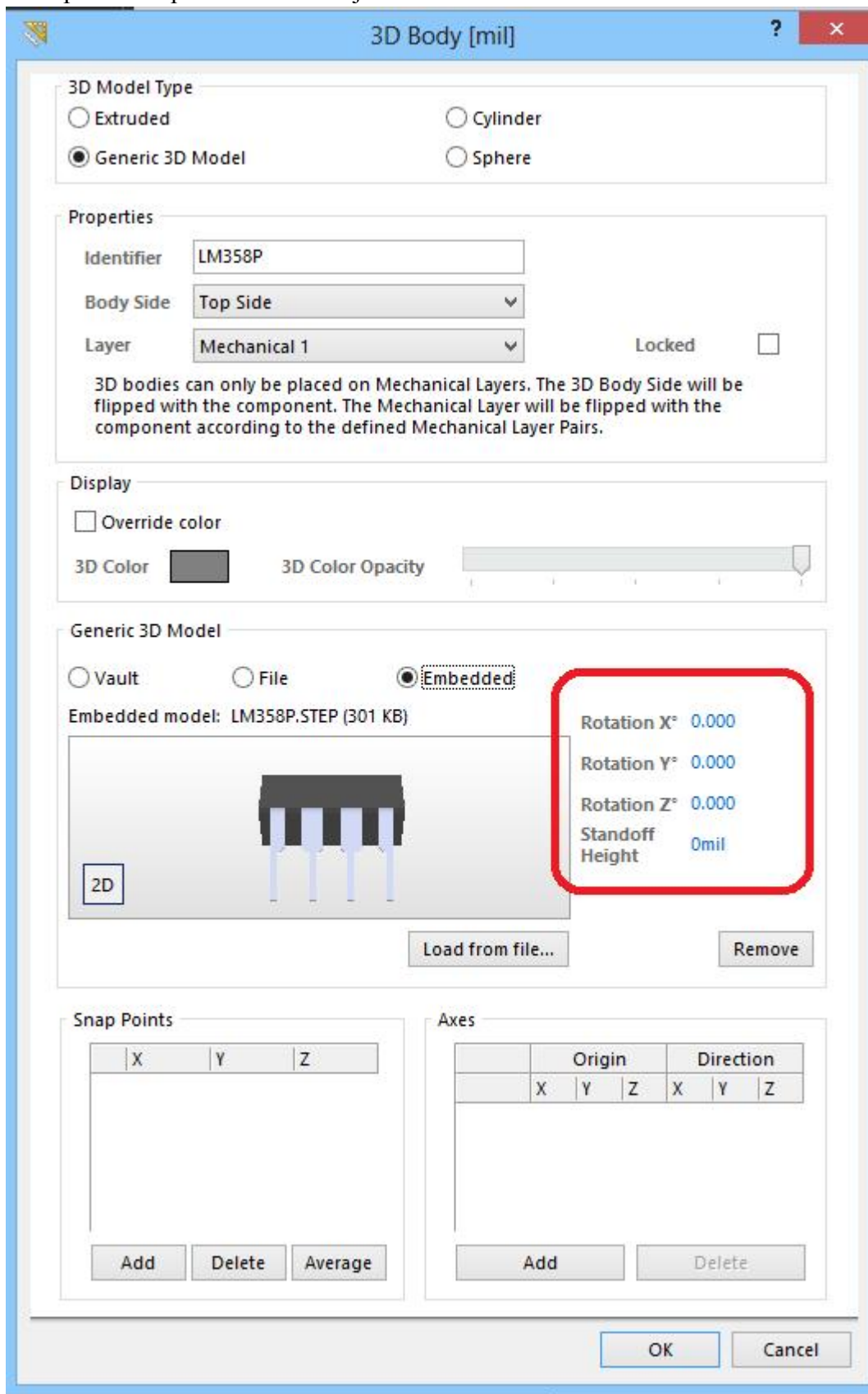
Kada je odabran Place-3D body sa Slike 108, potrebno je označiti Generic 3D model, Embedded, i kliknuti na opciju Load form file, kao što je pokazano na Slici 111.



Slika 111. Parametri za odabir tipa 3D modela

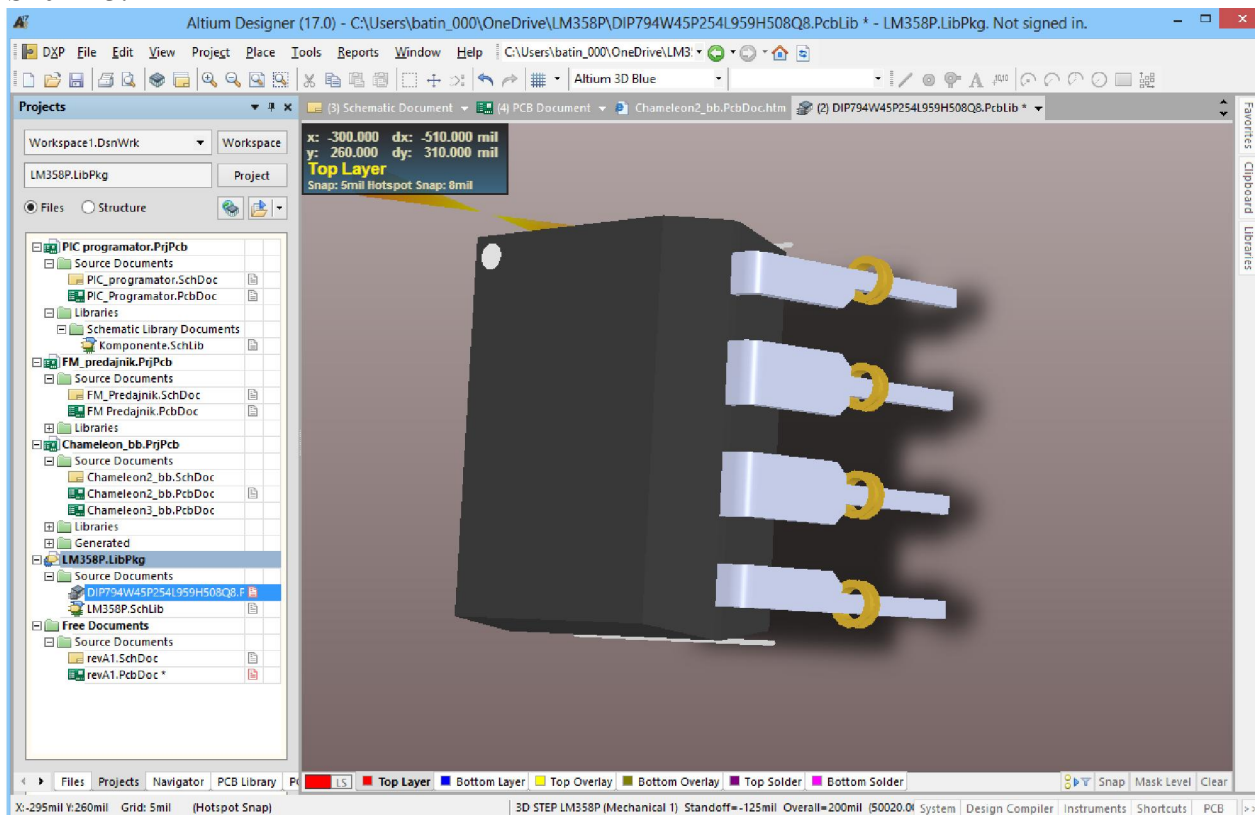
Nakon odabira preuzetog STEP fajla, u prozoru Embedded Model će se pokazati fizički izgled 3d Modela (Slika 112). Za postavljanje 3d modela potrebno je kliknuti na OK, i pozicionirati je kursorom miša na određenu lokaciju koju diktira footprint komponente. Ukoliko je potrebno zakrenuti 3d model u odnosu na X, Y ili Z osu, dok je 3d model „u vazduhu“, kliknuti na TAB, i u odgovarajućem polju Rotation X, Z ili Y uneti stepen rotacije. Takođe, ukoliko model treba izdignuti ili spustiti u odnosu na štampanu ploču, potrebno je promeniti parametar *Standoff heigh*.

3D model se može rotirati i nakon postavljanja na komponentu, dvostrukim klikom na sam model, i promenom potrebnih parametara rotacije ili visine.



Slika 112. Rotiranje po X, Y I Z osi i određivanje ofseta visine komponente

Nakon pravilnog postavljanja na komponentu, 3d model bi trebao da stoji kao što je prikazano na Slici 113.



Slika 113. Pravilno postavljanje 3D modela na komponentu u PCB biblioteci

3.4. Zadatak za vežbu

Zadatak za Vežbu: Kreirati novu shematsku biblioteku: Komponente.SchLib, kao i PCB biblioteku Komponente.PcbLib, a zatim pronaći shematske simbole, kao i footprinte i 3d modele sledećih komponenti, a zatim ih uvrstiti u odgovarajuće kreirane biblioteke:

- LM317KTTR (linearni naponski regulator, u TO-263-3 kućištu)
- DSPIC30F4013-30I/P (mikrokontroler u DIP-40 kućištu)
- L298N (H-most u Multiwatt-15 kućištu)
- BC547C (NPN tranzistor u TO-92 kućištu)
- TSHG6200 (LED IR emitter 850 nm u 5 mm kućištu)
- FT232RL (USB to UART conv. u SSOP-28 kućištu)
- MAX232IN (Serial Full Transceiver RS232 u PDIP-16 kućištu).

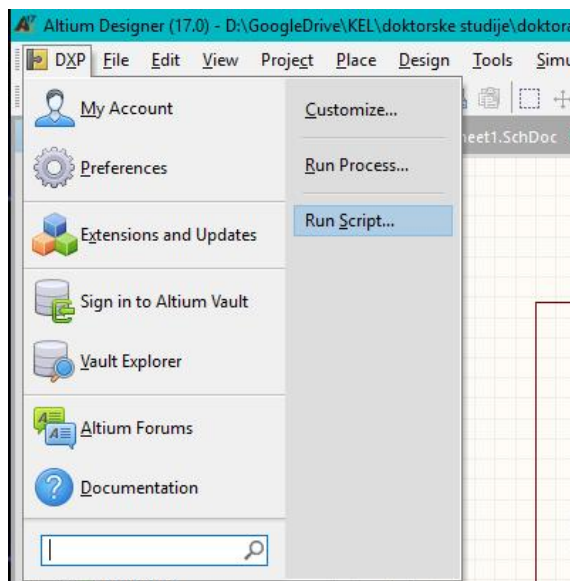
3.5. Smernice prilikom dizajniranja štampanih ploča

1. Dužine vodova koji nose brze digitalne signale ili klok signale treba smanjiti na najmanju moguću meru.
Digitalni signali i klokovi velike brzine su često veliki izvori šuma. Što su ovi tragovi duži, to će biti više šuma.
2. Dužine vodova pričvršćenih direktno na konektore (I / O pinovi na konektoru) treba da budu svedene na minimum.
3. Signali sa visokofrekventnim sadržajem ne bi trebalo rutirati ispod komponenata koje koriste I / O signale.
Tragovi usmereni ispod komponente mogu kapacitivno ili induktivno da spregnu deo energije sa tom komponentom.
4. Svi konektori (ukoliko je to moguće) treba da se nalaze na jednoj ivici ili na jednom uglu ploče. Konektori predstavljaju najefikasnije delove antene u većini slučajeva.
5. Kritični signali ili vodovi klok signala treba da budu ugneždeni između Power / GND poligona u sendvič slojevima (ukoliko je rutiranje višeslojno).
6. Prilikom rutiranja, izbegavati vodove koji skreću pod 90 stepeni.
7. Mnoge komponente (posebno veliki VLSI- *Very Large Scale Integration* uređaji) generišu značajnu količinu šuma između različitih I / O pinova. Ako je jedan od ovih uređaja povezan sa više konektora, ovaj šum potencijalno će formirati dobru antenu. (Uređaj će takođe biti osetljiviji na izračeni šum koji donosi ova antena.)
8. Brze ili osetljive vodove (koji se ne povezuju na konektore) treba rutirati dalje od ivica štampane ploče.
9. Parovi signala poput Rx / Tx, i diferencijalni parovi trebaju biti rutirani neposredno jedni pored drugih, i da održavaju jednaku udaljenost od bilo kojih poligona.
Diferencijalni signali su manje podložni šumovima i manje je verovatno da će proizvesti zračene emisije **ako su uravnoteženi** (tj. ako imaju istu dužinu i održavaju istu impedansu u odnosu na druge provodnike).
10. Poželjno je da razdaljina između dva susedna „Power“ (energetska) poligona na datom sloju treba da bude najmanje 3 mm.
Ako su dva poligona približena jedna drugom na istom sloju, može doći do značajne visokofrekventne sprege.
11. Na ploči sa Power i GND poligonima ne bi trebalo koristiti vodove za povezivanje sa Power ili GND netom van pomenutih poligona. Povezivanje sa poligonom treba izvršiti pomoću vija u blizini Power ili GND pad-a komponente.
Vodovi povezani sa poligonom koji se nalazi na drugom sloju zauzimaju prostor i dodaju induktivnost. Ako se radi o signalima visoke frekvencije, ova induktivnost može značajno degradirati performanse. (Ipak, na niskim frekvencijama ovo neće napraviti prevelike probleme).
12. U GND poligonu ne sme biti većih praznina ili proreza.
Obično je najbolje imati poligon tipa „Solid“ i sloj posvećen ovakvom poligonu. Svaki dodatni Power ili drugi signal koji mora biti izolovan od GND poligona, kada je to izvodljivo, treba da se u što većoj meri usmeri na slojeve koji nisu sloj posvećeni ovom poligonu.

Takođe je važno identifikovati potencijalne izvore šuma, antene i putanje spajanja sa svakim pojedinačnim dizajnom koji procenite. Najbolji dizajn neće biti uvek onaj koji je u skladu sa većinom smernica. Najbolji dizajn je onaj koji ispunjava sve specifikacije uz najniže troškove i najveću pouzdanost.

3.6. Dodavanje Logo-a na sloj TopOverlay/BottomOverlay PCB-a

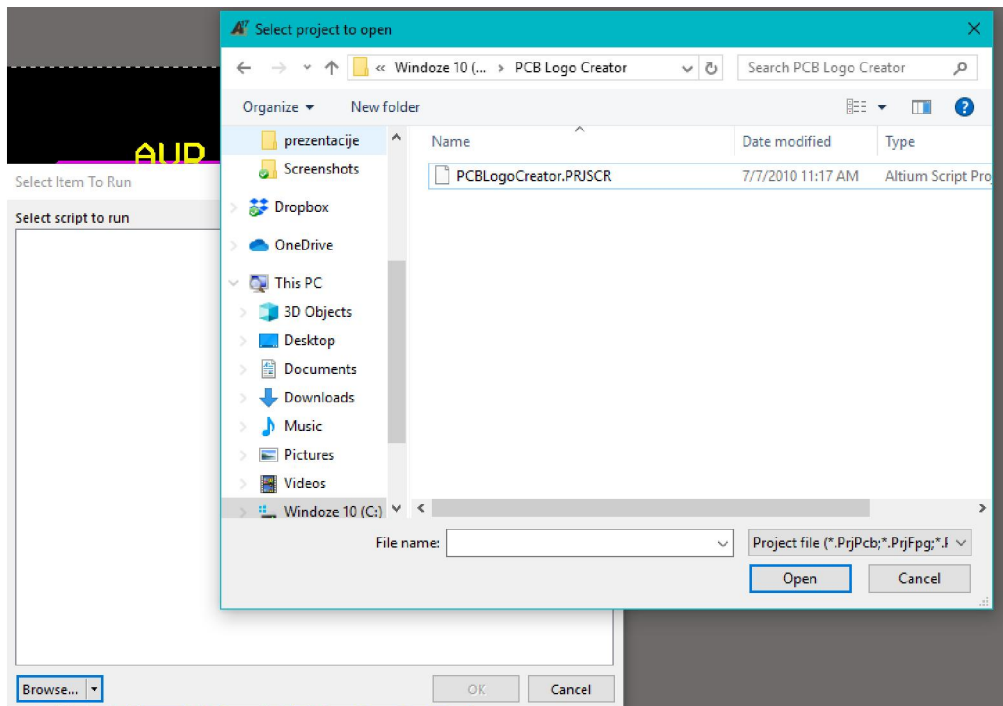
Klikom na ikonicu DXP koja se nalazi u padajućem meniju, i odabirom Run Script (Slika 114), može se pristupiti skripti koja konvertuje BMP, JPG ili PNG format slike u logo koji se smešta na željeni sloj u PCB Editor-u. U ovom primeru biće prikazano dodavanje logo-a u TopOverlay sloju.



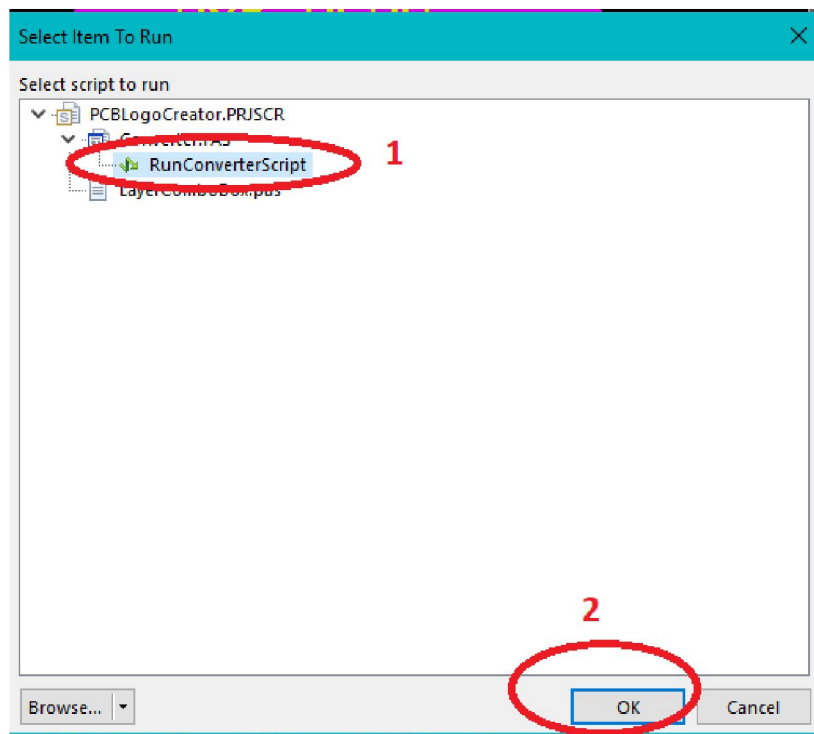
Slika 114. DXP - >Run Script

Pre pokretanja skripte, uveriti se da je skripta prekopirana na hard disku (bilo koja lokacija, ali se mora otpakovati iz .zip arhive), - naziv foldera sa skriptom je **PCB Logo Creator**, i skripta se nalazi u prilogu na sajtu predmeta.

Nakon klika na RunScript, otvara se dijalog prozor u kome je potrebno kliknuti Browse, from file... i navesti putanju do skripte, kao što je to učinjeno na Slikama 115 i 116.

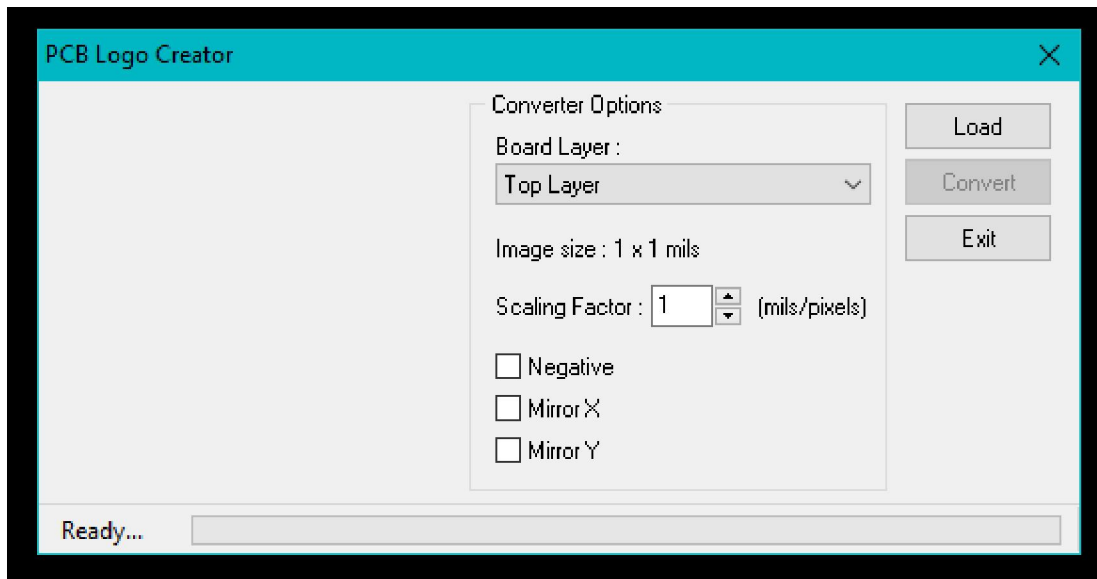


Slika 115. Učitavanje skripte



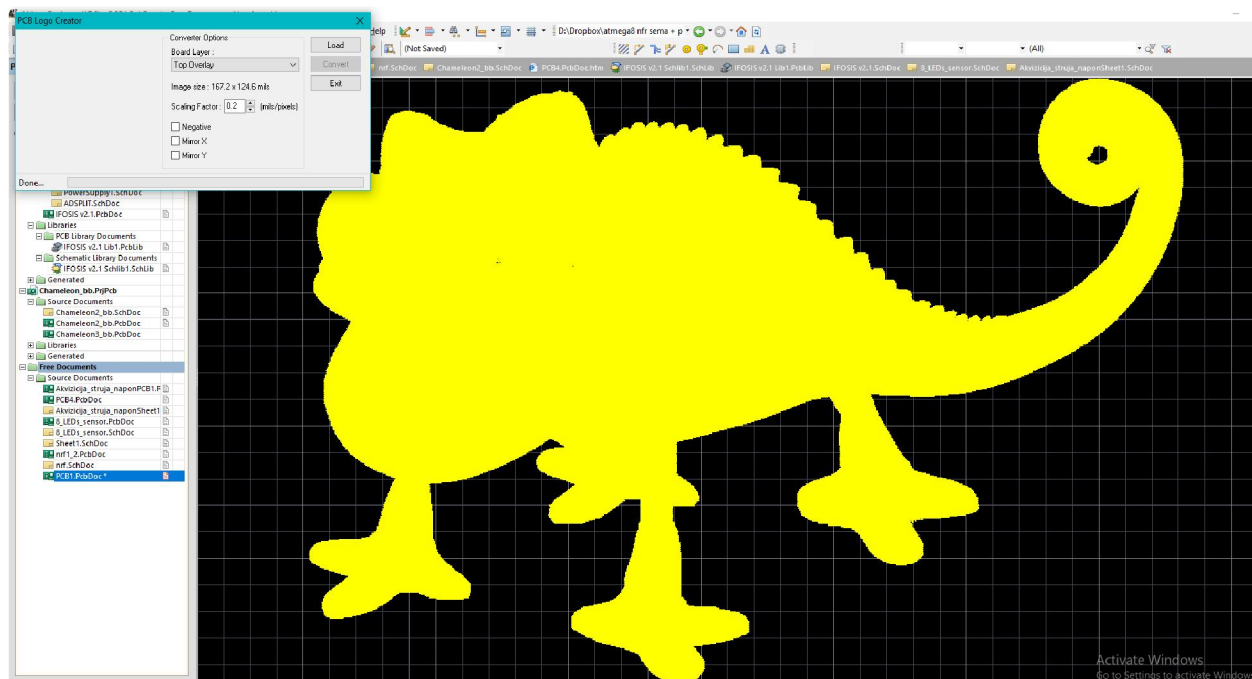
Slika 116. Odabir na RunConvertScript

Nakon ovoga pojavljuje se novi dijalog prikazan na Slici 117, u kome se odabira sloj u kome se želi dodati logo, kao i, skaliranje, i sama funkcija Load, nakon čijeg izvršenja sledi Convert.



Slika 117. Ubacivanje Logoa i konvertvanje

Rezultat je prikazan na Slici 118. Umetnuti logo se može pomerati po radnoj površini, ali ako se želi izvršiti promena veličine logo-a, mora se ponoviti proces skaliranja, i konvertovanja.



Slika 118. Logo konvertovan pomoću skripte PCB Logo Creator