



Ekološko snovanje elektronskih naprav

ENOTA 11: Računalniško podprto snovanje elektronskih naprav

Ime avtorja. Simon Pevec,

| | |
|--|----|
| 11.1. Računalniško podprto snovanje elektronskih naprav..... | 2 |
| 11.2. Načrtovanje tiskanih vezij..... | 4 |
| 11.3. Primer uporabe programa Altium Designer | 13 |

Vsebina poglavja:

- CAD orodja
- Uporaba CAD orodij za tiskana vezja
- CAD orodja za 3D modeliranje



11.1. Računalniško podprto snovanje elektronskih naprav

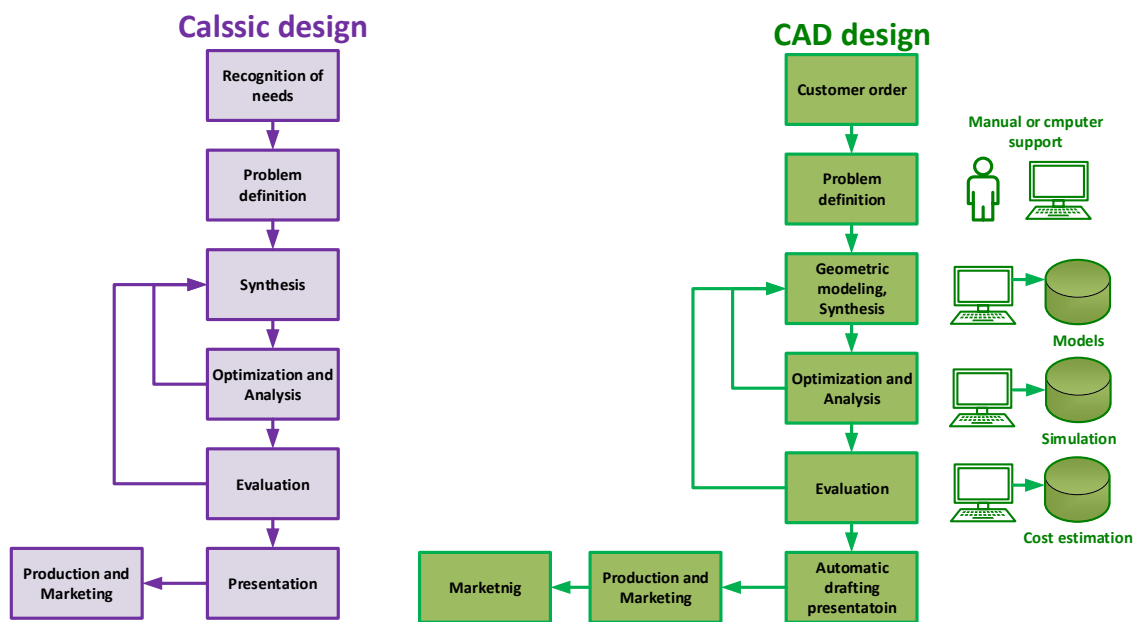
Računalniško podprto načrtovanje CAD ('Computer aided design') je uveljavljeno na mnogih industrijskih področjih. CAD načrtovanje pomeni, da v procesu snovanja uporabljamo orodja informacijskih tehnologij - IT. CAD načrtovanje je sestavljeno iz strojnega dela ('Hardware'), specifične programske opreme ('Software') ter zunanjih naprav in vmesnikov. Jedro CAD načrtovanja je programski paket, ki uporablja grafiko za prikazovanje, različne podatkovne baze in gonilnike za periferne naprave. CAD snovanje ne spremeni postopka snovanja, ampak ga bistveno olajša ter pohitri. CAD orodja so zelo učinkovita predvsem pri snovanju naprav, ki morajo biti ekološko učinkovita. Mnoga orodja že vsebujejo pomagala, ki pomagajo analizirati ter ovrednotiti ekološko snovanje. Prav tako nekatera orodja vsebujejo podatkovne baze o elementih, materialih, ki so del snovanja. Če se vrnemo na bistvo CAD načrtovanja je vloga le teh navedena v naslednjih alinejah,

- Natančna grafična predstavitev izdelka. Prav tako je izdelek preprosteje analizirati, spreminjati ter nadgrajevati.
- Omogočajo kompleksno snovanje v zelo kratkem času.
- Omogočajo simulacijo različnih pojavov, kot so: električni, kemični, termični in mehanski.
- S pomočjo simulacijskih orodij je možno preprosteje zagotoviti optimalni pristop k načrtovanju ter sam končni izdelek.

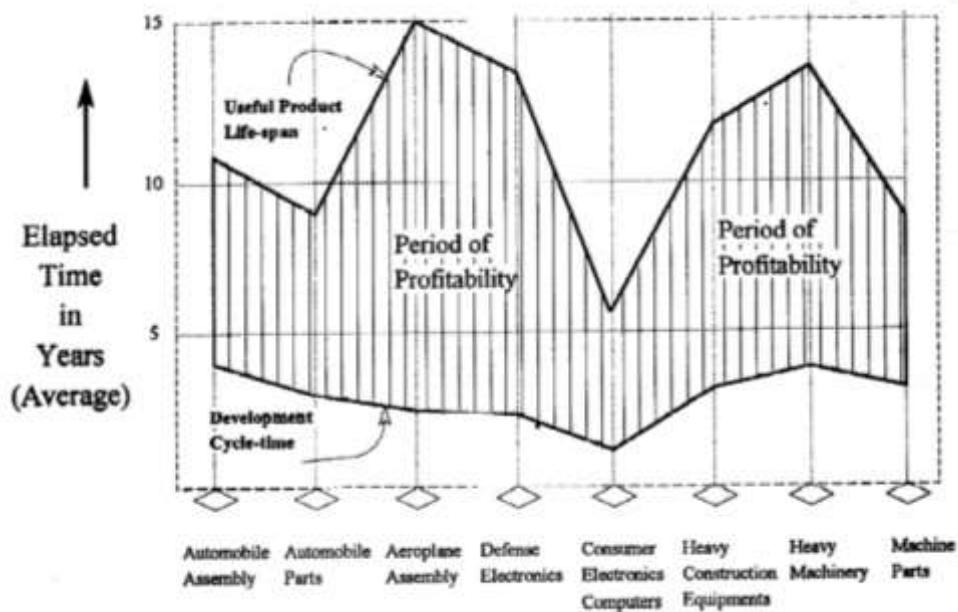
Prva CAD orodja so bila razvita za namene vesoljske ter avtomobilske industrije. Nato se je razmah CAD orodij prenesel tudi na ostala inženirska področja kot so: elektronska, tekstilna industrija, pakiranje itd..

CAD orodja so prvotno namenjena za avtomatizacijo nekaterih snovalnih procesov ter modeliranja sistemov. Današnja CAD orodja podpirajo večino aktivnosti v fazi snovanja. Tako vsebujejo informacije o karakteristike izdelka in uporabljenih materialih. Prav tako CAD orodja služijo, kot skupna platforma za izmenjavo podatkov med različnimi načrtovalskimi skupinami in timi. CAD orodja lahko vsebujejo informacije o proizvodnji. Takšna orodja pogosto imenujemo CAD/CAM orodja ('Computer Aided Manufacturing'). Slika 1. prikazuje proces klasičnega in CAD/CAM snovanja. CAD orodje, kot smo že omenili skrajša čas snovanja, kar posledično pomeni, da je izdelek prej na trgu in razvoj izdelka je cenejši. Prav tako CAD orodja shranjujejo postopek snovanja, kar omogoča hitrejšo in lažjo nadgradnjo prvotne verzije. Slika 2. prikazuje povprečni čas snovanja produkta ter njegovo uporabo. Čim krajši je čas snovanja naprave tem daljši je čas uporabnosti naprave na trgu. Ta pogoj velja le če je snovanje izvedeno korektno.





Slika 1. Primer klasičnega in CAD/CAM snovanja.



Slika 2. Povprečni čas snovanja ter uporabe produkta.

V nadaljevanju poglavja se bomo lotili CAD orodij, ki so namenjeni za snovanje elektronskih naprav.



11.2. Načrtovanje tiskanih vezij

Načrtovanje tiskanih vezij-PCB ('Printed Circuit Board') pri snovanju elektronskih naprav je ključna naloga vsakega razvoja. Dobro načrtano vezje ter sama tiskanina vpliva tako na kvaliteto, kakor tudi zanesljivost naprave. S postopkov načrtovanja tiskanine določimo vse elemente ter velikost samega vezja. Pri izbiri komponent ter velikosti tiskanine lahko zadostimo mnogim ekološkim smernicam. Načeloma uporabimo komponente, ki so manjše, manj energijsko potratne ter načrtamo vezje, ki zavzame manj površine. V današnjem času poznamo mnoge napredne tehnologije, ki omogočajo več plastne tiskanine. Več plastne tiskanine omogočajo manjšo površino vezja ter posledično nekoliko nižjo porabo materiala tiskanine. Po drugi strani se je potrebno zavedati, da je tehnologija izdelave bistveno dražja ter porabi več energije, kar pa je ekološko manj prijazno. Pri izdelavi tiskanine je tako potrebno najti kompromis med izbranimi elementi ter velikostjo tiskanine, ki imajo v fazi proizvodnje čim nižji ekološki vpliv. Kljub ekološkim vidikom je potrebno upoštevati določene smernice ter pravila snovanje tiskanine z namenom doseganja visoke zanesljivosti ter kvalitete tiskanine in s tem končne naprave.

Standarde za načrtovanje tiskanine nadzoruje združenje IPC. IPC skrbi za standardizacijo izdelave tiskanih vezij ter uporabe materialov. Glavni dokument, ki pokriva načrtovanje tiskanih vezij je dokument ICP-2221-'Generic Standard on Printed Board Design'.

Standardi koraki pri načrtovanju tiskanine so:

- Specifikacija projekta.
- Načrtovanje električne sheme.
- Načrtovanje tiskanega vezja.
- Prototipiranje
- Testiranje
- Proizvodnja

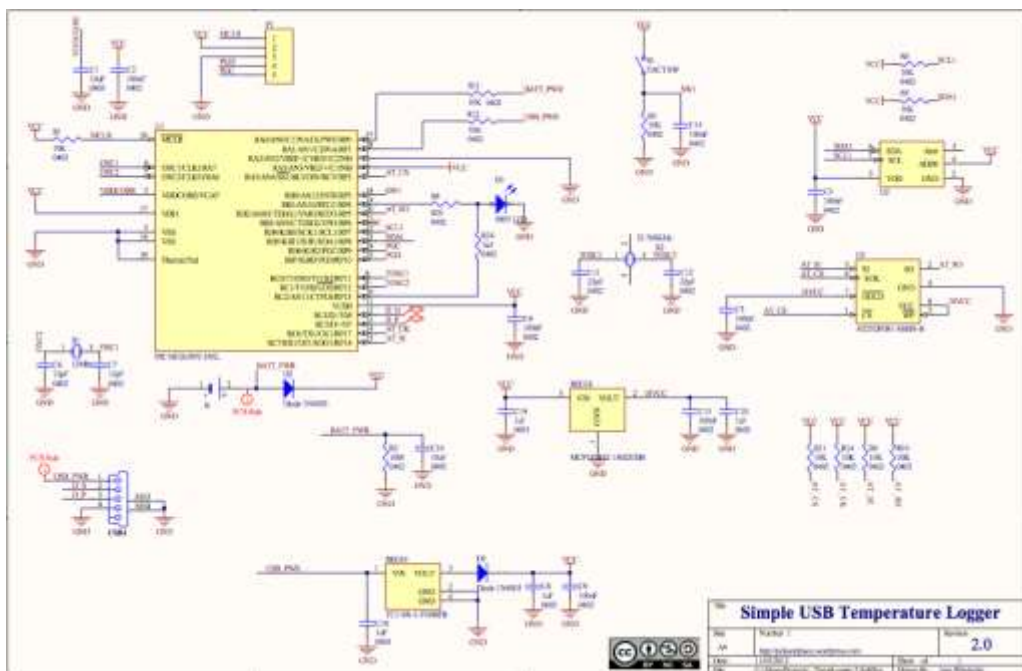
Trenutno na trgu obstaja mnogo orodij, ki omogočajo načrtovanje tiskanih vezij. Našteli bomo le nekaj najpogosteje uporabljenih:

- **AutoTRAX** (Sheme, PCB design z vgrajenim Spice simulatorjem)
- **Advanced Design System** (Namenjen bolj RF elektroniki...mobilniki, wifi network, satelitski komunikaciji, radarjem, VF vezja...VF simulatorji)
- **Eagle** (Sheme, PCB design, tudi zastonska različica, za manjše projekte, akademske kroge, 3D pogled itd.)
- **Altium designer** (nekdaj Protel, sheme, PCB, podpora za FPGA – 'Field Programmable gate array' in z možnostjo programiranja, prevajanja programske kode, 3D pogled)
- **OrCAD orodja** (Sheme, PCB)
- **CADSTAR** (sheme, diagrami, PCB, obstaja zastonska verzija z osnovnimi funkcijami CADSTAR Express)
- **KICAD** (Odprtokodno okolje, Sheme, PCB in 3D pogled)



11.2.1 Načrtovanje električnih shem

Pri načrtovanju električnih shem je pomembno, da je shema urejena, povezave so logične in čim manj križanja med seboj. Prav tako je dobra shema načrtovana tako, da je zelo podobna tudi končni tiskanini. Na primer, če želimo blizu določene elektronske komponente kondenzator, ga tudi na shemi narišemo blizu simbola te komponente. Držimo se nepisanega pravila, vsi vhodi so na levi in vsi izhodi na desni strani sheme. Po potrebi se poslužujemo komentarjev ter opombo. Pri kompleksnih vezjih se za boljšo preglednost določijo področja sheme. Vsa področja sestavljajo celotno shemo naprave. Področja sheme so samo virtualni odseki sheme, ki zaokrožijo delno celoto vezja. Na primer, napajalni del vezja rišemo posebej ali na določenem področju sheme. Prav tako krmilniški del načrtujemo v svojem področju itd.. Slika 3. klasično shemo za načrtovanje tiskanega vezja.



Slika 3. Shema za načrtovanje tiskanega vezja.

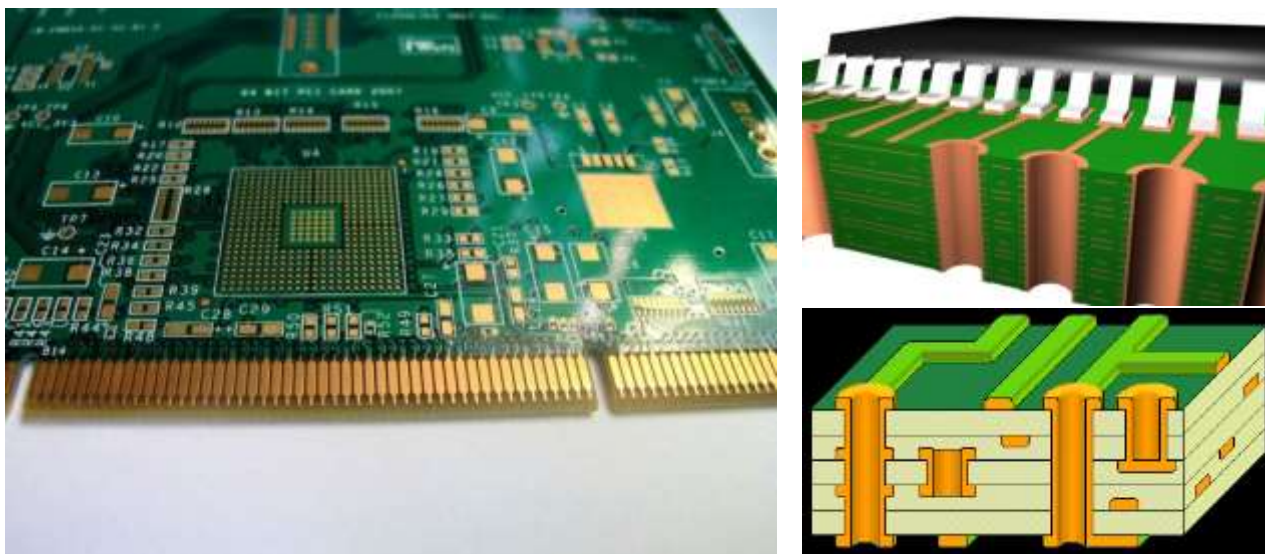
11.2.2 Načrtovanje tiskanine

Enako pomembno, kot izdelava sheme je naslednji korak izdelava tiskanine. Načrtovanje tiskanine zajema postavitve elementov ter povezavo med njimi. Z izdelavo tiskanine določimo končni izgled tesanega vezja. Pri izdelavi tiskanine je zelo pomembno, da uporabljamo knjižnice elementov. V knjižnici elementov so zajete karakteristike in dimenzije elementa, kakor tudi imena priključnih sponk. Pri izdelavi tiskanine je potrebno upoštevati naslednja pravila:

- Izbira tiskanine (material, debelina).
- Število plasti tiskanine.
- Razporeditev plasti.
- Razporeditev vezij na tiskanini.



- Upoštevanje parazitnih vplivov.
- Postavitev komponent na tiskanini.



Slika 4. Tiskanina-PCB.

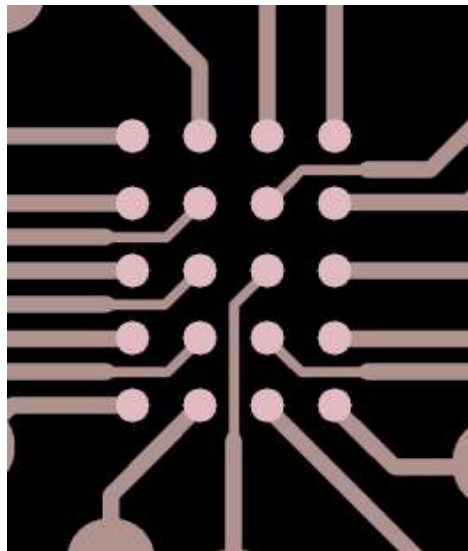
Pri izdelavi tiskanih se pogosto uporabljajo različni metrični sistemi. Elektronske komponente imajo običajno dimenzije in razporeditev priključnih nogic predstavljene v colskih enotah. V Evropi se pogosteje uporabljajo metrične enote. Colsko enoto so pogosteje v uporabi za dimenzije povezav, bakrenih priključkov in blazinic. Metrične enote se uporabljajo za določanje dimenzije lukenj, velikosti tiskanine ter dimenzije ohišij vezja.

Bakrene povezave

Širino bakrene povezave izberemo glede na električne zahteve in prostora na tiskanini. Širše povezave nam dajo hitrejše odzive in boljše rezultate. Širše in debelejše povezave imajo nižjo upornost in manjšo dolžino, njihova proizvodnja je enostavnejša in cenejša, lažje jih popravljamo in pregledujemo. Pri izbiri proizvajalca tiskanine se je potrebno pozanimati, kakšne so lahko najožje povezave, in najmanjši razmiki, ki jih še lahko proizvajalec zagotovi.

Na primer ponudba 10/8 pomeni, da so lahko povezave široke najmanj 10 mil, razdalja med njimi pa je lahko najmanj 8 mil. Tipična ponudbe so 10/10, 8/8. V splošnem velja, da lahko tiskanine z 12/12 izdelava praktično vsak proizvajalec. IPC standard priporoča spodnjo mejo le do 4/4. Manjše razdalje lahko pomenijo tudi mnogo višje cene izdelave tiskanine. Zato je primer dobre prakse nameščanje tem širše povezave in jih stanjšati na mestih, kjer je to nujno (zoževanje), slika 5. Tako obdržimo nižjo skupno impedanco .





Slika 5. Primer zoževanja povezave.

Debelino in dolžino žice določa tudi električni tok ter frekvenca električnega signala. Za višje tokove je priporočeno, da uporabimo čim debelejše povezave. Tanjše povezave imajo višjo upornost, kar povzroča izgube in nepotrebno gretje vodnika. Spodnja tabela 1. podaja priporočljivo debelino povezave glede na tok pri porastu temperature za 10 °C.

| Preferred Line Width (mil) 1mil=0.0254mm | | |
|--|----------------|----------------|
| Current [A] | 1oz Width (μm) | 2oz Width (μm) |
| 1 | 350 | 175 |
| 2 | 1050 | 525 |
| 3 | 1750 | 875 |
| 4 | 2800 | 1400 |
| 5 | 3850 | 1925 |
| 6 | 5250 | 2625 |
| 7 | 6300 | 3150 |
| 8 | 7700 | 3850 |
| 9 | 9100 | 4550 |
| 10 | 10500 | 5250 |

Tabela 1. Debelina bakrene povezave na tiskanini glede na referenčni tok.

Upornost bakrene žice je podana s:

$$R = \frac{\rho_{Cu} l}{S}, \quad \rho_{Cu} = 1.724 \times 10^{-6} \Omega cm,$$

kjer je R upornost, l dolžina, S presek in ρ_{Cu} specifična upornost bakra. Dolžina povezave je pogojena s predvideno frekvenco signala. Primer dobre prakse podaja približno ocene dolžine povezave glede na frekvenco signala.

$$L = \frac{1}{20} \lambda = \frac{1c}{20v},$$

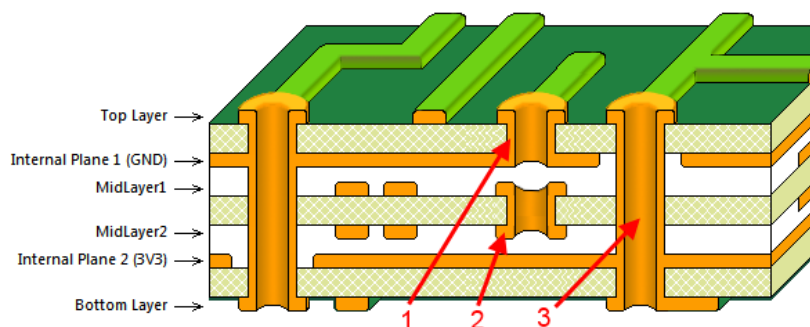
Kjer je L -dopustna dolžina povezave, λ - valovna dolžina valovanja, v – frekvenca valovanja, c - svetlobna hitrost. Pri visoko frekvenčnih signalih pogaja ni moč izpolniti



zato je potrebno upoštevati čas propagacije signala po dani povezavi, saj ta vnaša časovno zakasnitev. Pri paralelnih vodilih je pomembno, da so paralelni vodi čim krajši ter enako dolgi. Večina programskih paketov opravlja korekcijo dolžin kritičnih vodov. Prav tako se pri visoko frekvenčnih povezavah izogibamo skožnjikom, saj ti povzročajo motnje ter izgubo signala.

Skožnjiki

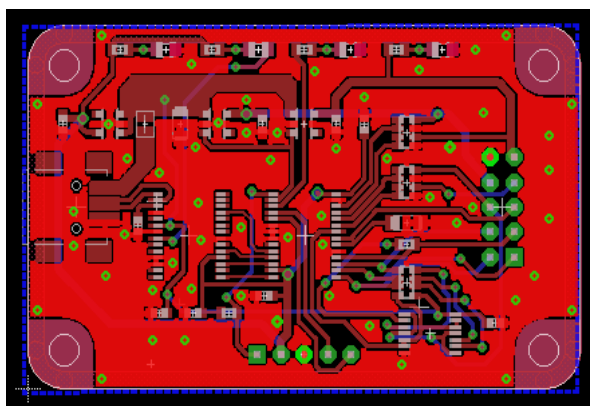
Skožnjiki so metalizirane bakrene povezave med različnimi plastmi. Skožnjike v angleškem izrazoslovju poznamo kot 'VIA'. Skožnjiki so zelo podobni priključnim blazinicam, katerih ne smemo zamenjevati. Priključna blazinica je del podnožja komponente, skožnjik pa služi samo premostitvenim povezavam med različnimi plastmi tiskanine. Slika 6. prikazuje skožnjike pri več plastni tiskanimi.



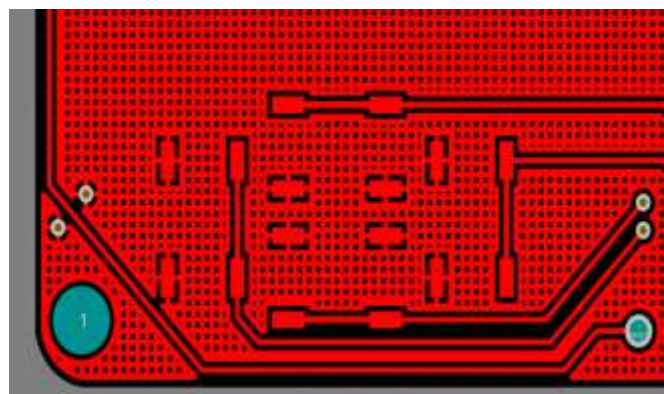
Slika 6. Skožnjiki pri več plastni tiskanimi.

Poligoni

Poligoni se uporabljajo za zapolnjevanje večjih površin s čistim bakrom ali bakreno teksturo, slika 7. Poligoni med sabo povezujejo priključne blazinice in skožnjike. Običajno se uporabljajo za nameščanje ozemljitvenih in napajalnih ploskev. Nameščamo jih na koncu, ko smo že izrisali vse druge bakrene povezave.



a)



b)

Slika 7. Poligon tiskanine; a) zgornja plast, b) bakrena tekstura.

Pri umeščanju poligona ter povezav je potrebno biti pozoren na prazen prostor med povezavami ali poligonom. Premajhne razdalje niso zaželeno, saj te lahko povzročajo kratke stike v obliki bakrenih las, ki lahko nastanejo v fazi izdelave tiskanine.



Upoštevati moramo tudi spodnjo mejo izvedbe tiskanine. To je odvisno od proizvajalca ter tehnologije izdelave. Velja naj pravilo 15 mil za žične komponente, 8 do 10 mil pa spodnja meja za elemente za površinsko montažo. Za vezja, ki delujejo na mrežni napetosti 230 V/110 V moramo upoštevati varnostne standarde, ki veljajo za določeno geografsko področje. Osnovno pravilo med faznim in nultim vodom mora biti razmak vsaj 3.2 mm. Najmanjša razdalja med visokonapetostnimi deli in deli s katerimi lahko pride v stik uporabnik je najmanj 8 mm. Preprost nasvet sledi, razmiki naj bodo raje večji, kot manjši toda še v okvirju zelenih dimenzij!

Pri dimenzijah je potrebno upoštevati tudi razdalje za galvansko ločitev. Te razdalje določa IPC standard. Razdalje se razlikujejo ali so znotraj ali zunaj tiskanine ter področja, kjer se bo elektronska komponenta uporabljala (vlažna okolja, nadmorska višina itd..). Pogosto tiskanine zaščitimo z lakirnimi premazi, ki povečajo galvansko trdnost ter ščitijo vezje pred zunanjimi vplivi. Tabela 2. podaja standardne razdalje povezave ter plasti za različne komponente tiskanega vezja, glede na nazivno napetost. Galvanska ločitev je določena s prebojno napetostjo. Prebojna trdnost je lastnost materiala, ki je podana z naslednjim izrazom,

$$E_p = \frac{U_p}{d} \left[\frac{V}{m} \right],$$

kjer je E_p - električna prebojna trdnost, U_p - električna napetost in d - debelina izolanta. Tako imajo različni izolanti različne električne prebojne trdnosti, predstavljeni v tabeli 3.

| Voltage | Internal layers | External conductors uncoated | External conductors coated |
|---------|-----------------|------------------------------|----------------------------|
| [V] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 15 | 0.05 | 0.1 | 0.05 |
| 20 | 0.05 | 0.1 | 0.05 |
| 50 | 0.1 | 0.6 | 0.13 |
| 100 | 0.1 | 0.6 | 0.13 |
| 150 | 0.2 | 0.6 | 0.4 |
| 170 | 0.2 | 1.25 | 0.4 |
| 250 | 0.2 | 1.25 | 0.4 |
| 300 | 0.2 | 1.25 | 0.4 |
| 500 | 0.25 | 2.5 | 0.8 |
| 1000 | 1.5 | 5 | 2.33 |
| 4000 | 9 | 20 | 11.48 |
| 5000 | 11.5 | 25 | 11.53 |

Tabela 2. Predpisane razdalje za galvansko ločitev povezav tiskanine.

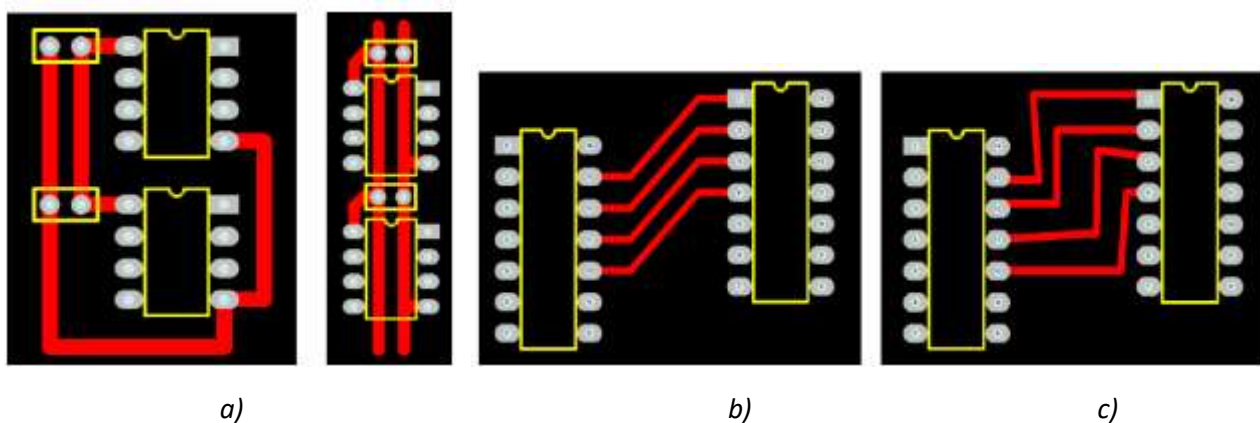
| Isolant (20°C) | $E_p \left[\frac{V}{m} \right] \times 10^6$ |
|------------------------|--|
| Air | 3 |
| Paper | 10 |
| Pubber | 10 |
| Transformer oil | 15 |
| Porcelain | 20 |
| Polyvinyl Chloride-PVC | 50 |
| Polystyrol | 80 |

Tabela 3. Električna prebojna trdnost nekaterih materialov.



Osnovna pravila povezovanja komponent tiskanine

Povezovanje komponent je nameščanje bakrenih povezav na tiskanino med priključki komponent. Električne povezave med dvema ali več priključnimi blazinicami imenujemo električna signalna mreža. Strmimo k tem krajšim električnim signalnim mrežam, daljše povezave prinesejo večje parazitne vplive. Povezave naj se lomijo s koti 45° ali uporabljamo zaokrožene povezave. Bakrene povezave povezujemo na sredino priključnih blazinic, pomagamo si z delovno mrežo ali z funkcijo „snap to objects“ – sicer odvisno od programskega paketa. Povezavo med dvema točkama naj sestavlja le ena povezava. Za večje tokove je nujna uporaba večjih skožnjikov, kateri zmanjšajo impedanco in povečajo zanesljivost. Med priključnimi blazinicami na razdalji 100 mil zmanjšamo širino povezave. Napajalne in ozemljitvene povezave naj bodo čim širše, zaradi višje tokovne obremenitve. Napajalno in ozemljitveno povezavo speljemo čim bližje skupaj, kar lahko učinkovito blokiramo s kapacitivnimi elementi. Na tiskanini ne sme biti nepovezanih bakrenih otokov. Te otoke ozemljimo ali jih izbrišemo. Slika 8. ponazarja različne načine povezave elementov.



Slika 8. Povezave tiskanine; a) primerno, b) primerno, c) neprimerno.

Izbira tiskanine

Pri izbiri materiala za tiskanine imamo različne možnosti, saj le te ločijo po različnih karakteristikah kot so; požarna varnost, temperaturna stabilnost, absorpcija vlage. Te karakteristike so določene z mednarodnim združenjem NEMA –'National Electrical Manufacturers Association'. Tabel 4. podaja pregled materialov za izdelavo tiskanine.



| Material | Comment |
|-----------|--|
| FR-1 | <i>Bakelite: at room temperature poor moisture resistance.</i> |
| FR-2 | <i>Bakelite: suitable for single-layered PCBs, good moisture resistance.</i> |
| FR-3 | <i>Epoxy resins: a balanced material with good mechanical and electrical properties.</i> |
| FR-4 | <i>Glass fibers: excellent mechanical and electrical properties.</i> |
| FR-5 | <i>Glass fibers: high strength at high temperatures, self-extinguishing.</i> |
| G10 | <i>Woven glass and epoxy: high insulation resistance, maximum mechanical strength, high moisture resistance.</i> |
| G11 | <i>Woven glass and epoxy: resistant to bending at high temperatures, extreme solvent resistance.</i> |
| CEM-1 | <i>Cotton paper and epoxy.</i> |
| CEM-2 | <i>Cotton paper and epoxy.</i> |
| CEM-3 | <i>Non-woven and epoxy.</i> |
| CEM-4 | <i>Woven glass and epoxy.</i> |
| CEM-5 | <i>Woven glass and polyester.</i> |
| PTFE | <i>Pure - expensive, low dielectric loss, for high frequency applications, very low moisture absorption (0.01%), mechanically soft. Difficult to laminate, rarely used in multilayer applications.</i> |
| RF-35 | <i>Fiberglass-reinforced ceramics-filled PTFE. Relatively less expensive, good mechanical properties, good high-frequency properties.</i> |
| Alumina | <i>Ceramic: Hard, brittle, very expensive, very high performance, good thermal conductivity.</i> |
| Polyimide | <i>A high-temperature polymer: Expensive, high-performance, higher water absorption (0.4%). Can be used from cryogenic temperatures to over 260 °C.</i> |

Tabel 4. Tipi materialov za tiskana vezja.

Oznaka 'FR' pomeni negorljivi material ('Flame Retardant'). Debelina bakrene prevleke tiskanine standardno znaša 0.5oz(18 μm), 1oz(35 μm) in 2oz(70 μm). Obstajajo tudi druge, ki so redkeje v uporabi (12 μm) in (105 μm). Tiskanine z aluminijevim ali kovinskim jedrom imajo prevelo bakra tudi od 70 μm do 400 μm . Najpogosteje uporabljeni material tiskanine v industrijskih okoljih je FR-4. FR-4 je nekako optimalna izbira med ceno in kavaliteto.

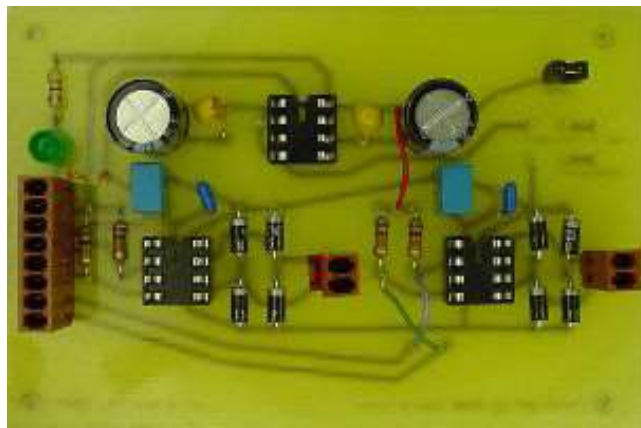
Pri snovanju tiskanine izbiramo tudi števila plasti v tiskanini. Večje število plasti v tiskanini ponavadi viša proizvodnjo tiskanine, toda omogoča izvedbo manjših in odpornejših tiskanin.

- **Enostranska tiskanina:** Primerna za enostavna nizkofrekvenčna vezja, slika 9. Uporaba cenejših materialov FR-2. Vezje je izdelano z mnogo mostiči. Takšna vezja imajo slabo odpornost na elektro-magnetne motnje. Načrtovanje kompleksnejših vezij na enoslojno PCB zahteva mnogo več truda in inovativnosti. Ponavadi se uporabljajo za pilotske naprave in zgodnja testiranja komponent.
- **Dvostranska tiskanina:** Pogosto se uporablja material FR-4, slika 10. Vezje je enostavnejše za povezovanje. Če je le možno, se spodnja ploskev nameni ozemljitvi, ostale povezave ostanejo na zgornji strani. Prednosti ozemljitvene ravnine so; Poveča mehansko stabilnost tiskanine, zmanjšuje impedanco vseh ozemljitvenih povezav (zmanjšuje šum). Doda porazdeljeno kapacitivnost do vsake povezave na zgornji plasti, kar

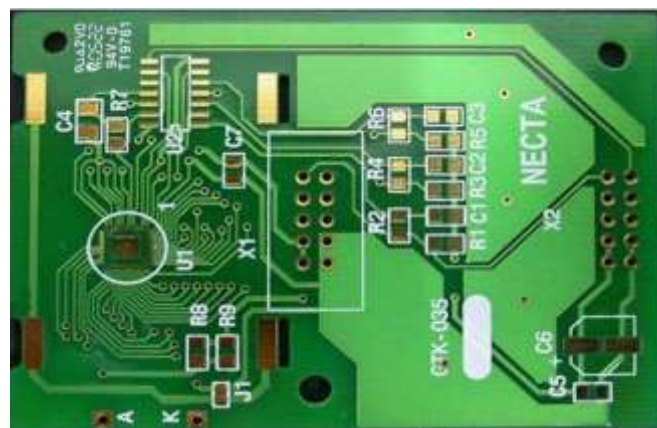


pomaga preprečevati elektro-magnetne motnje. Ta deluje, kot ščit pred elektro-magnetnim šumom, katerega vir je lahko okolica tiskanine.

- **Večstranske tiskanine:** Lahko se uporablja od 4,6,8,10... 38 plasti. Primernejše za občutljive visokofrekvenčne naprave. Običajna debelina 2-slojne tiskanine je 1.5 mm, kar je preveč. Pri manjša razdalji med zgornjo in spodnjo plastjo dosežemo boljšo porazdeljeno kapacitivnost. Lažje povezovanje napajalnih in ozemljitvenih povezav (napajalne plasti in ozemljitvene plasti). Povezovanje je enostavno izvedeno preko skoznjikov. Ostale signalne linije imajo veliko prostora na vseh ostalih plasteh, kar močno poenostavi povezovanje. Večja porazdeljena kapacitivnost med močnostnimi in ozemljitvenimi plastmi, kar zmanjšuje visoko frekvenčni šum. Boljše blokiranje EMI/RFI. Izdelava večplastnih je bistveno držaj, kot manj plastičnih ali eno plastičnih vezij.

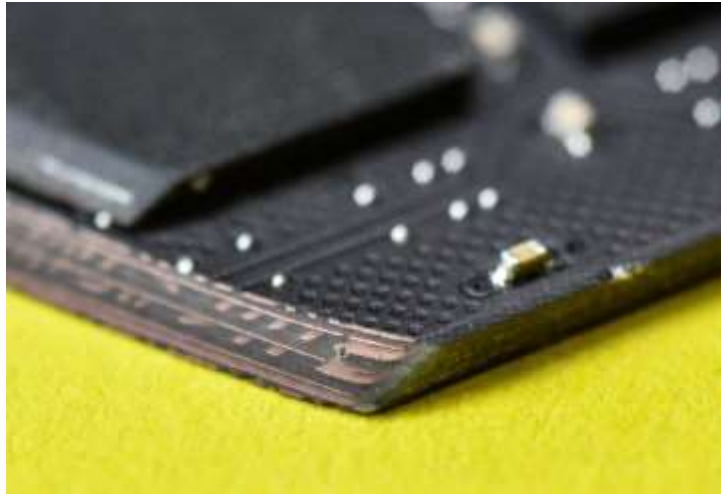


Slika 9. Enostranska tiskanina.



Slika 10. Dvostranska tiskanina.





Slika 11. Večplastna tiskanina.

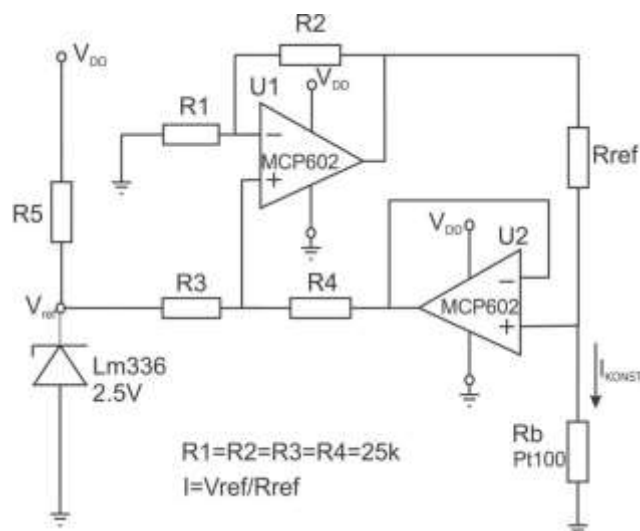
11.3. Primer uporabe programa Altium Designer

Program Altium-Designer je profesionalno okolje za načrtovanje tiskanih vezij v vseh fazah kot so:

- Načrtovanje diagramov potekov in blok diagramov.
- Načrtovanje tiskanine-PCB.
- Načrtovanje strojne opreme za FPGA 'Field Programmable Gate Array'.
- Sistemske rešitve za FPGA in razhroščevanje "debugging" (pri delu z ustreznimi razvojnimi ploščami, kot je na primer Altium NanoBoard).
- Načrtovanje vgrajenih sistemov.
- Simulacijska orodja za digitalna in analogna vezja.
- Analize kvalitete signalov.
- Vodenje postopkov pri proizvodnji tiskanin.

Altium vključuje urejevalnike in programske uporabniške vmesnike za vse korake načrtovanja elektronskih naprav. Pisanje in urejanje programske kode skupaj s prevajanjem se izvaja znotraj okolja Altium-Designer. V našem primeru bomo večjo pozornost namenili risanju ter snovanju tiskanega vezja za elektronsko napravo. Vsebinsko smo zasnovali tako, da ponuja pregled nad različnimi fazami snovanja tiskanega vezja. Prva faza snovanja zajema izris električne sheme. Druga faza zajema prevajanja sheme v tiskano vezje. V tej fazi se določa, dimenzija tiskanine, postavitve elementov ter povezovanje. V tretji fazi bomo pokazali način predstavitve tiskanine v 3D okolju in možnost uporabe v ostalih CAD programih. Za primer bomo vzeli vezje tokovnega generatorja, slika 12.



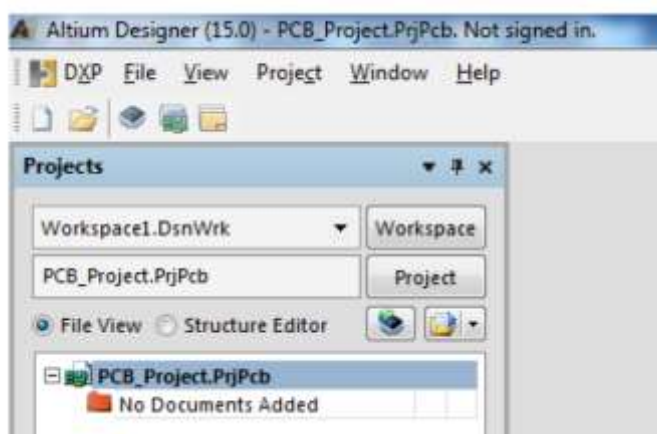


Slika 12. Shema tokovnega generatorja.

11.3.1 Kreiranje novega projekta

Za vsako novo tiskanino je priporočljivo ustvariti nov projekt, saj imamo v sklopu projekta shranjene vse dokumente in nastavitve, ki se navezujejo na načrtovanje. Projektna datoteda xxx.PrjPCB je ASCII datoteka, v kateri so zapisani vsi izhodni dokumenti in nastavitve, kot so npr. nastavitve za tiskanje in CAM. Dokumenti, ki pa niso povezani s projektom, se imenujejo prosti dokumenti. V projekt se dodajajo povezave na električne sheme, PCB, FPGA, vgradni VHDL 'Verilog hardware description language' in knjižnice. Ko enkrat projekt prevedemo 'compile' se vso načrtovanje sinhronizira znotraj dokumentov v projektu. Projekt kreiramo z naslednjim nizom ukazov:

- Izberemo **File -> New->Project->PCB Project**, Slika 13.



Slika 13. Kreiranje novega projekta.

- Prikaže se okno **Projects**, kjer je naveden projekt **PCB_Projects.PrjPcb** brez dodanih dokumentov

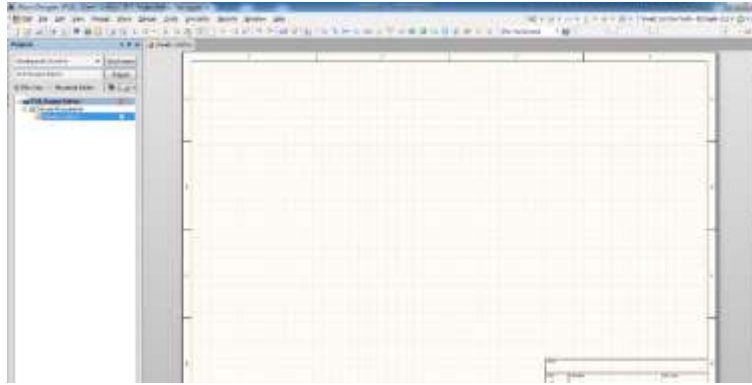


- Poljubno preimenujemo projekt, v našem primeru v **Tokovni_generator.PrjPcb**, tako da ga z naslednjimi ukazi shranimo na želeno lokacijo diska. **File ->Save Project As -> Tokovni_generator.PrjPcb**.

Nato ustvarimo novo datoteko za načrtovanje električne sheme 'schematic'. Kreiramo novo shemo.

- Izberemo **File->New->Schematic**. Prikažeta se datoteka z imenom **Sheet1.SchDoc**, ki je avtomatsko dodana/povezana z že ustvarjenim projektom, Slika 14
- Shemo preimenujemo v **Tokovni_generator.SchDoc**. Shemo shranimo, **File -> Save As ->Tokovni_generator.SchDoc**.





Slika 14. Kreiranje sheme vezja.

Ko se prazna shema odpre, lahko opazimo popolnoma spremenjen pogled z drugačnimi gumbi, menuji, it... Sedaj se nahajamo v urejevalniku za električne sheme. Če bi želeli k kreirani shemi dodati že izrisano shemo drugega projekta, preprosto izberemo **Add Existing to Project**.

Preden začnemo sestavljati električno shemo je potrebno nastaviti:

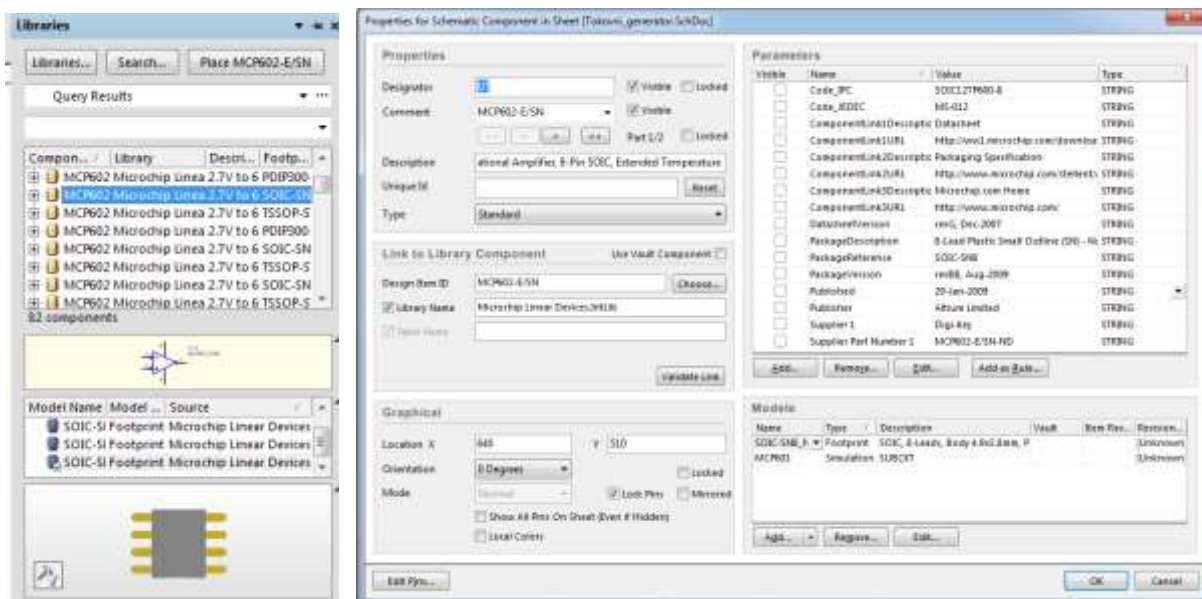
- Nastavitev formata delovnega lista: **Design->Document**, Options... izberemo format lista A4.
- Delovni list poljubno povečujemo s kombinacijo tipke CTRL + kolesček na miški; pogled lahko tudi prilagodimo celotnemu zaslonu z ukazom **View->Fit Document** [bližnjica: V, D].
- Nato je še ogromno nastavitvev, do katerih dostopamo preko menuja **Tools->Schematic Preferences** [bližnjica: T, P], kjer bodo nastavitve vplivale na vse sheme pod delovnim projektom.
- Kliknemo še na shemo in izberemo **Default Primitives** in omogočimo možnost **Permanent**, kar nam ob vnovični izbiri električnega elementa iz nabora knjižnice ponudi osnovne prednastavljene vrednosti in ne tiste, ki smo jih mi nastavili v prejšnjem koraku.

Risanje sheme se začne z izbiro elementov slika 12. Glede na sliko 12, bomo v knjižnici elementov poiskali vse elemente slike 12, začenši z operacijskim ojačevalnikom MCP602. Altium ima zelo močno podporo knjižnic električnih komponent kot so; sheme, podnožja in 3D modeli. Če knjižnice še niso nameščene, si jih lahko ob veljavni licenci zastonj naložimo iz Altiumove spletne strani <https://designcontent.live.altium.com/>. Prav tako si lahko naložimo še vedno prosto dostopne knjižnice iz leta 2004 ter si jih razširimo v mapo, kjer imamo že inštalirane osnovne knjižnice od Altiuma.

Da poiščemo pravi ojačevalnik MCP602, kliknemo na **Libraries** in nato na **Search**, (ali kliknemo na **Tools>>Find Components**), da se nam odpre **Libraries Search** dialog.



Paziti moramo, da imamo izbrane komponente in da iščemo v načinu 'Libraries on path', kjer moramo imeti vpisano pravilno pot nameščenih knjižnic. Za večjo možnost zadetka pri iskanju ne vpišemo vseh znakov, ampak samo tiste osrednje, kajti različni proizvajalci imajo drugačne pripone in predpone. To vpišemo tako, da iskalni niz vpišemo med dve zvezdici (v našem primeru: *602*). Če bi iz ponujenega seznama izbrali komponento, ki še ni nameščena, bi dobili možnost potrditve, da jo lahko nemudoma namestimo, kar lahko nato v nadaljevanju izberemo. Za MCP602 je potrebno predhodno namestiti knjižnico od proizvajalca Microchip ('Microchip Linear Devices.IntLib'), nakar je MCP602 na voljo in ga lahko izberemo, slika 15.

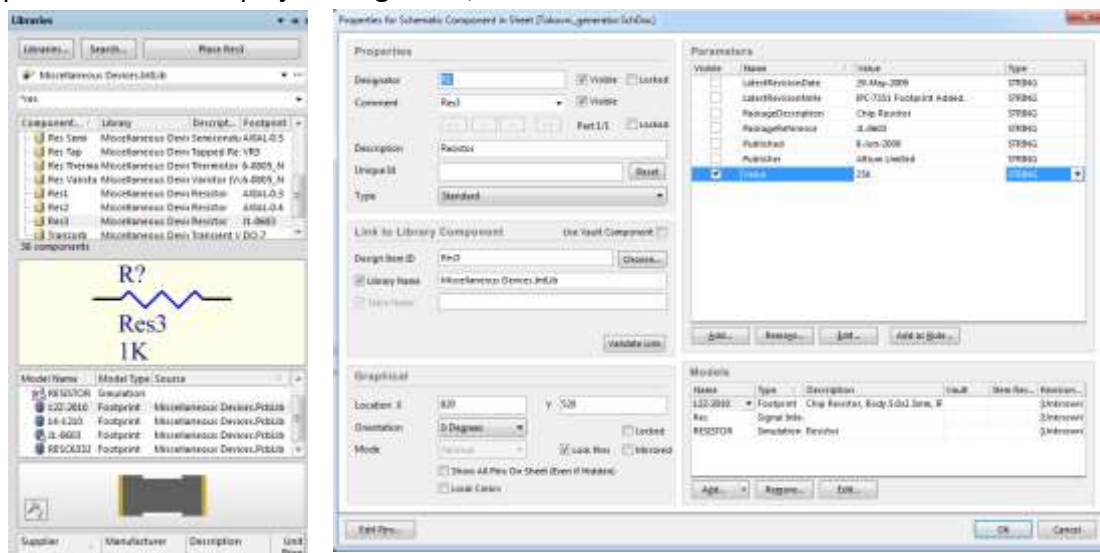


Slika 15. Izbira MCP602 iz knjižnice.

Vstavljanje izvedemo tako, da dvakrat kliknemo na želeno komponento, kar nam omogoči da s kazalcem poneseemo element v delovno okolje. Preden ga vstavimo na določeno mesto, mu lahko uredimo oznake in lastnosti, kar omogočimo s pritiskom na tipko tabulator. Nato v polju 'Designator' (ime elementa) vpišemo oznako komponente, ki jo bomo videli na shemi (v našem primeru: U1A). Pri modelu preverimo ali ima komponenta pravilno podnožje (v našem primeru je SMD SOIC – 8 priključkov). Ko smo nastavili vse potrebno, lahko pričnemo z vstavljanjem komponent v shemo. Komponento postavimo v želen položaj s klikom ali pritiskom na ENTER. Nato kazalnik premaknemo in vidimo, da lahko z naslednjim klikom vstavimo še drugi OPA, ki se mu oznaka U1A avtomatsko poveča na U1B, ostale pred-nastavljene lastnosti pa ostanejo nespremenjene. Okolje Altium omogoča mnogokratnik vstavljanja komponent istega tipa, katero zaključimo s pritiskom na tipko ESC.

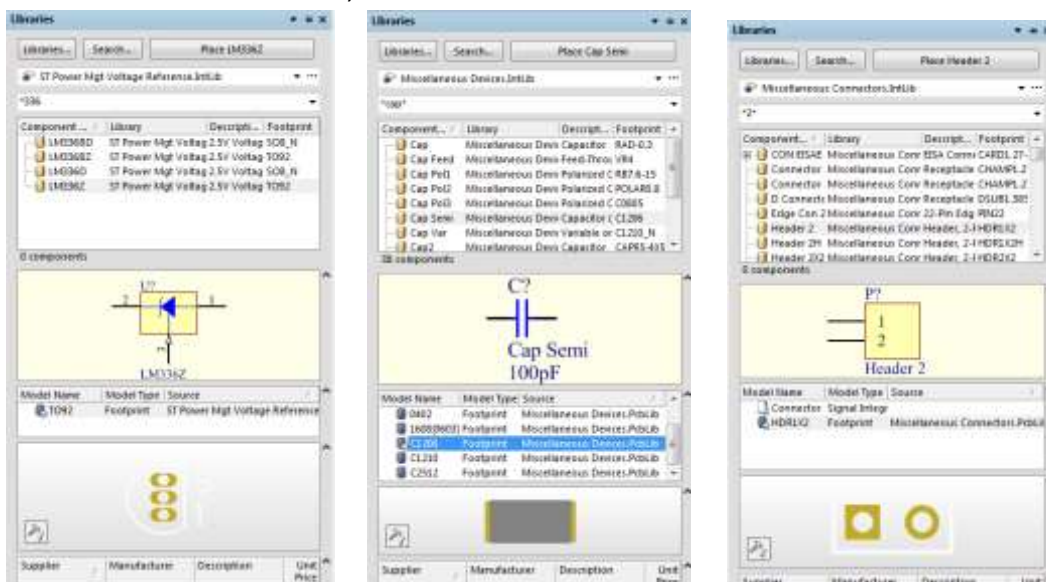


V naslednjem koraku bomo vstavili 7 uporov. Za vstavljanje uporov bomo uporabili osnovno knjižnico, ki je že nameščena v Altium okolju '**Miscellaneous Devices.IntLib**'. V iskalnik vpišemo ***Res*** ter nato izberemo upor s podnožjem SMD tipa 2010, ki ga najdemo označenega kot **Res3**. Vrednost izberemo 25k (teh imamo največ), ki jo lahko pri posameznih uporih kasneje tudi spremenimo. 'Designator' ponovno nastavimo na najnižjo vrednost R1 in pričnemo z vnašanjem, kot v prejšnjem primeru. Dva upora nato preimenujemo v Rref in Rb, tako da kliknemo na vsakega posamezno in jima spremenimo ime v polju 'Designator', slika 16.



Slika 16. Izbira upora iz knjižnice.

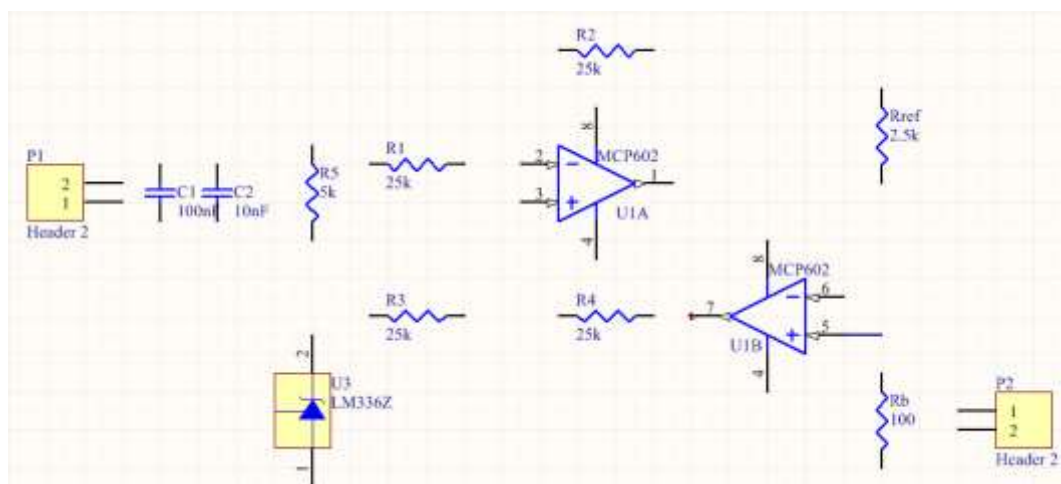
Podobno postopamo še z elementi napetostni stabilizator LM336 (2.5V, ohišje T092) iz knjižnice ST-Electronics '**Power Mgt Voltage Reference.IntLib**', kondenzatorji (iskani niz ***Cap***) in priključnimi sponkami (iskani niz ***Header***), ki se nahajajo v knjižnici '**Miscellaneous Devices.IntLib**', slika 17.



Slika 17. Izbira LM336, kondenzatorjev ter priključnih sponk.




Komponente pravilno razvrstimo po shemi in upoštevamo pravilo, vhodi na levi in izhodi na desni strani. Paziti je potrebno, da je med komponentami dovolj prostora za povezave, kajti v primeru če potegnemo električno povezavo preko priključnih nožic, jo bo program avtomatsko povezal s prekržanim priključkom, slika 18.



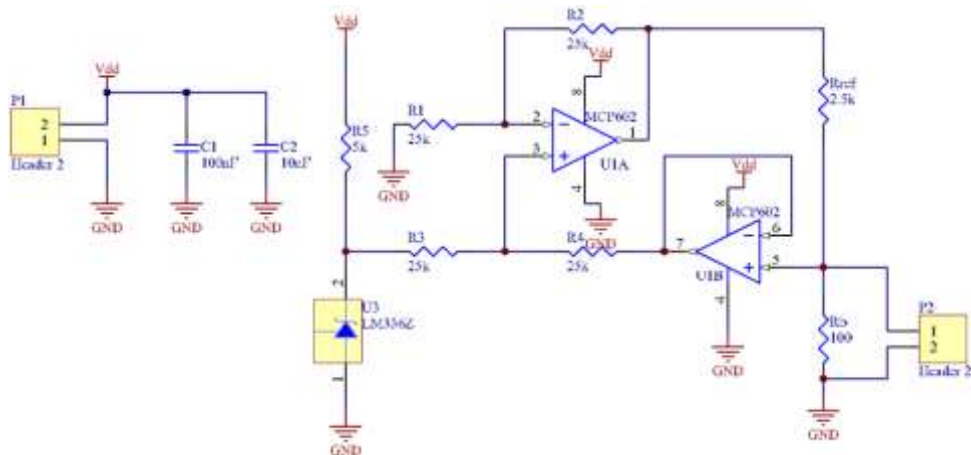
Slika 18. Razporeditev elementov.

K obstoječim komponentam je potrebno dodati še ustrezne napetostne potenciale, kot so ničla – ozemljitve \perp in napajanje V_{dd} . Mi bomo za naše potrebe vstavili GND in napajanja Vdd (vstavljamo jih na več mestih, da ohranjamo boljšo preglednost sheme). Pri povezovanju moramo upoštevati naslednja pravila:

- Imeti moramo dober pogled na celotno shemo.
- Povezave rišemo z orodjem  'Place Wire' [bližnjica: P,W]. Bodimo pozorni na spoje pri prepletanju povezav, da na primer po nepotrebem ne naredimo kratkega stika.
- Če želimo premikati komponente potem, ko smo te že povezali lahko to storimo tako, da izbrišemo trenutne povezave, komponente premaknemo in jih nato ponovno povežemo. Lahko pa uporabimo kombinacijo CTRL+premikanje z miško, kar omogoča premikanje komponent skupaj z že narejenimi povezavami.

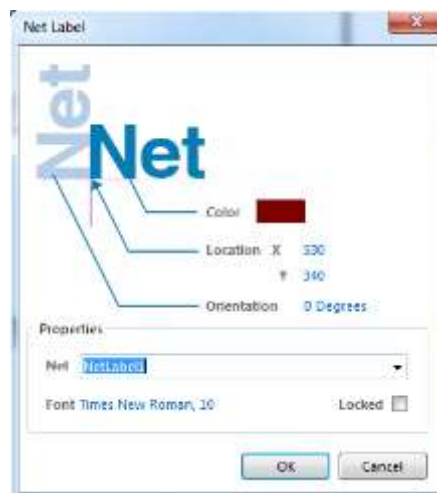
Dokončano vezalno shemo predstavlja slika 19.





Slika 19. Shema tokovnega generatorja.

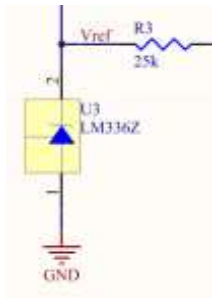
V semho je smiselno dodati tudi imena posameznih povezav 'Nets and Net Labels', ki jih lahko nadalje uporabimo na tiskanini. Imena povezav niso ključna za delovanje vezja, ampak služijo kot opomba ali referenca pri pregledu končnega vezja ali poznejšem popravilu. Priključki komponent so povezani s povezavami 'Nets'. Pomembnejše povezave in potenciale v električni shemi lahko poimenujemo s poljubnimi imeni. Z uporabo simbola za GND in Vdd smo že avtomatsko določili dve imeni. Z izbiro **menu->Place->Net Label** [bližnjica: P, N] dobimo možnost, da lahko določimo ime poljubni povezavi. S pritiskom na TAB lahko posežemo v nastavitve, kot so barva, postavitev in tip pisave za 'Net Label', še preden definiramo kateri povezavi bomo dodelili novo ime, slika 20.



Slika 20. Okno za nastavitve imena povezave, tip pisave, barva, velikost.

Pri našem vezju bomo ime povezave uporabili za referenčno napetost V_{ref} , slika 21.





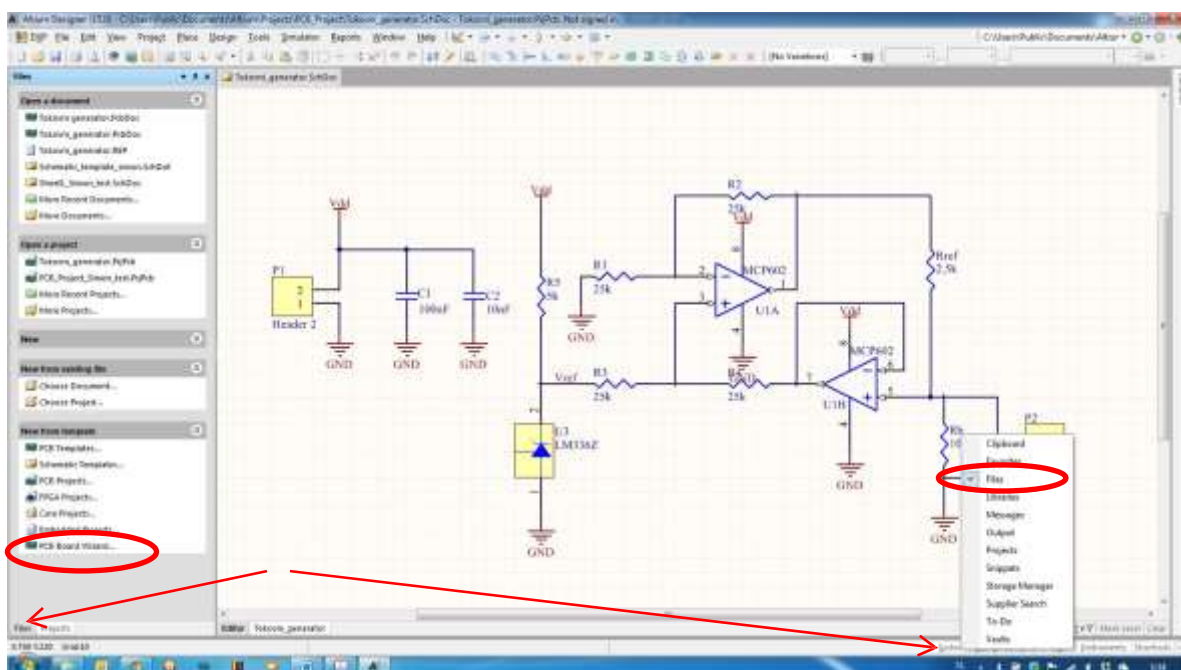
Slika 21. Določeno ime povezave V_{ref} .

S tem smo zaključili risanje in oblikovanje električne sheme, kar je osnova, da preidemo na načrtovanje tiskanega vezja. Preden začnemo s prevajanjem sheme v tiskanino, je priporočljivo še konfigurirati nastavitve projekta. Nastavitve projekta vključujejo nastavitve odkrivanja napak, matriko povezav, generiranje razredov, nastavitve primerjalnika, generiranje opozorilnih sporočil, pred-nastavitve tiskanja,... vse te nastavitve Altium uporabi pri prevajanju projekta. Ko je projekt preveden se preveri celovita zasnova in električna pravila, ki so bila zastavljena. Potem, ko so vse napake odpravljene, se ponovno prevedena shema naloži v ciljni projekt kot je npr. PCB dokument. Primerjalnik projekta omogoča iskanje razlik med izvorom in ciljnim datotekami, ki jih vidimo in jih lahko potrdimo ali zavrtnemo (sinhroniziramo) v obeh smereh. Vse nastavitve so nam na voljo pod menijem **Project->Project Options**.

11.3.2 Določitev tiskanine

Po dokončani vezalnih shemi ter nastavitvi pravi lahko začnemo s prevajanjem vezalne sheme v tiskanino. V fazi prevajanja projekta se preverijo vsa pravila načrtovanja elektronske sheme z možnim sledenjem napak in možnostjo popraviljanja. Da prevedemo dan projekt **Tokovni_generator.PrjPcb** moramo izbrati **Project->Compile PCB Project..** Ko je prevajanje končano lahko, se poročilo prevajalnika pojavi v sporočilnem oknu. Do okna dostopamo preko **View -> Workspace Panels -> System->Messages**. Prevedeni dokumenti bodo zavedeni v oknu **View->Workspace Panels->Design Compiler->Navigator**, kjer lahko spremljamo strukturo dokumentov, seznam komponent in vrsto povezav (ob kliku na povezavo, se nam le ta s poudarjenimi črtami prikaže na shemi). Prav tako v primeru napak in neuspešnega prevajanja se le ta beležijo v oknu za napake **'Error Messages'**. Če je prevajanje uspešno se premaknemo v nov dokument v katerem načrtamo tiskanino dani električni shemi. Na začetku kreiramo prazen PCB. Najlažji način je z uporabo vmesnika **'PCB Board Wizard'** s katerim lahko izbiramo med industrijsko standardiziranimi formati ali lastnimi dimenzijami. Vedno lahko kasneje te nastavitve še spremenimo. **'PCB Board Wizard'** najdemo pod menijem **'Files'**, ki ga moramo imeti omogočenega pri pogledu, da ga lahko nato izberemo kot prikazuje slika 22. Če izbor file ni omogočen, desno na dnu sheme imamo vrstico bližnjic do nekaterih funkcij in pod zavihkom **'System'** obkljukamo zavihhek **'Files'**.

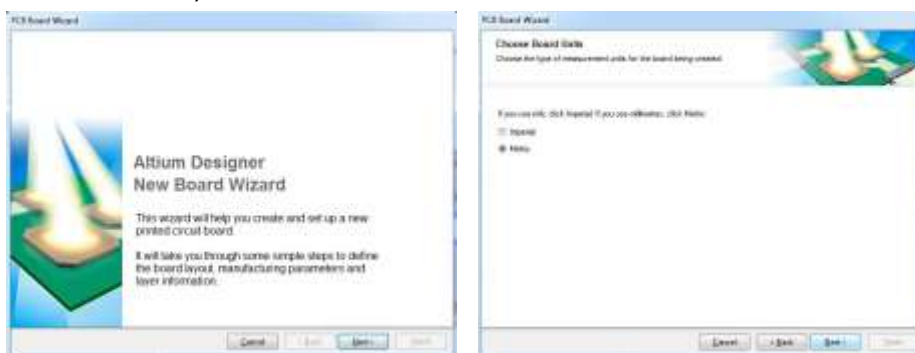




Slika 22. Izbira bližnjice do 'Files'.

Postopek priprave dokumenta je sledeč

1. Najprej kliknemo na '**PCB Board Wizard**', kjer v drugem oknu izbiramo metrične enote '**Metric**', slika 23.



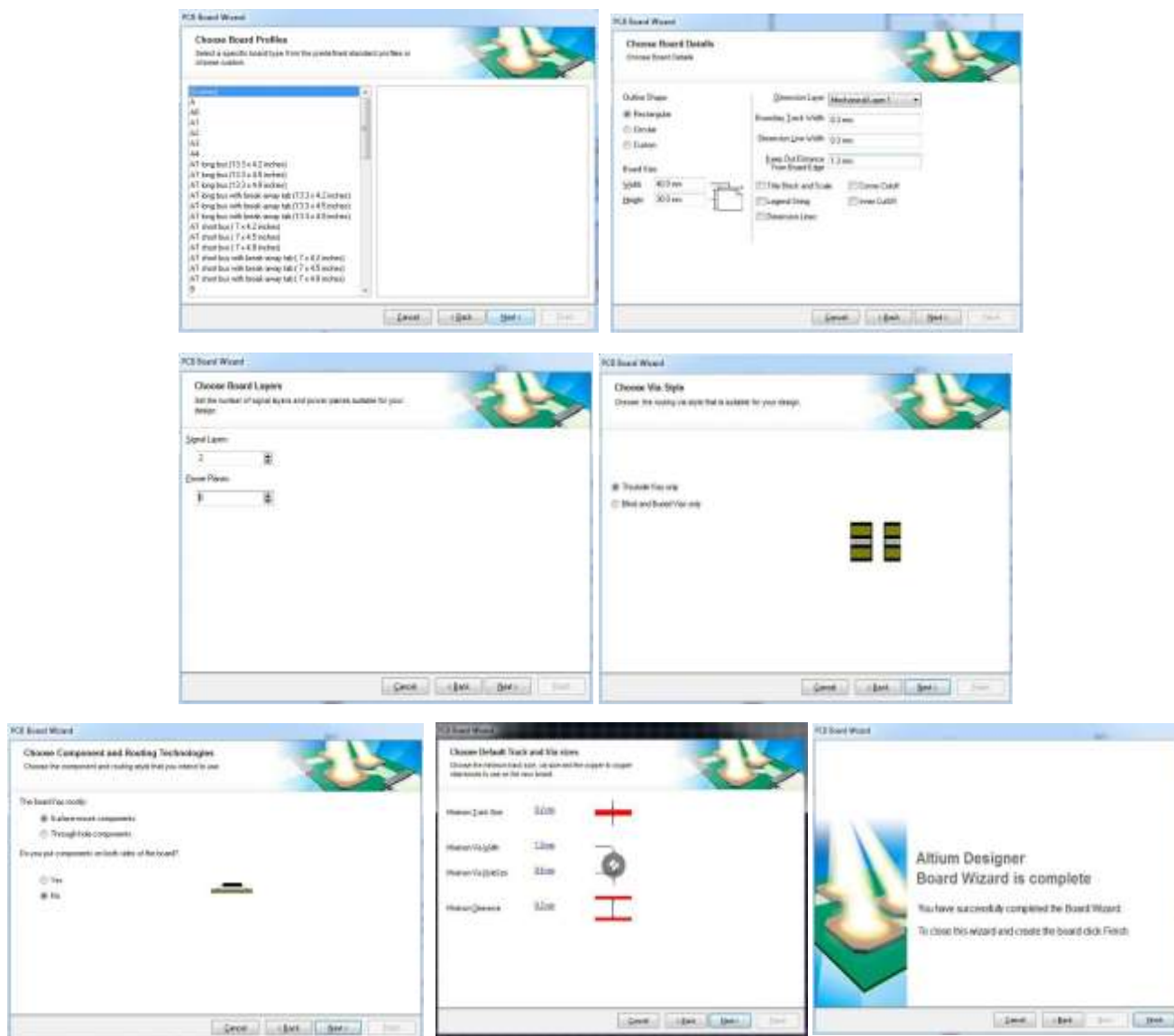
Slika 22. Okno čarovnika za kreiranje tiskanine PCB.

2. V tretjem oknu izbiramo med zelenimi formati PCB-ja. Lahko izberemo po meri '**Custom**' ter nato vpišemo dimenzije W=40 mm, H=30 mm. Za označbo roba PCB-ja naj bo izbrana vrsta črte '**Mechanical Layer1**'.
3. V naslednjih dveh oknu izberemo število plasti in vrsto skoznjikov, dvoplastna tiskovina, in skoznjiki, ki gredo skozi celotno debelino PCB-ja.
4. Nato izberemo kakšno vrste komponent bomo v večini nameščali na PCB (SMD, PDIP ... glede na podnožje) ter na koliko straneh. Večina površinskih komponent '**Surface-mount components**' in nameščanje samo na eni strani.



5. V naslednjem zadnjem oknu izberemo priporočene nastavitve za povezave in skoznjike:
 - a. Najmanjša debelina povezave = 0,25 mm
 - b. Najmanjša širina skoznjkov = 1 mm
 - c. Najmanjši premer luknje skoznjkov = 0,6 mm
 - d. Najmanjši razmik med povezavami = 0,25 mm

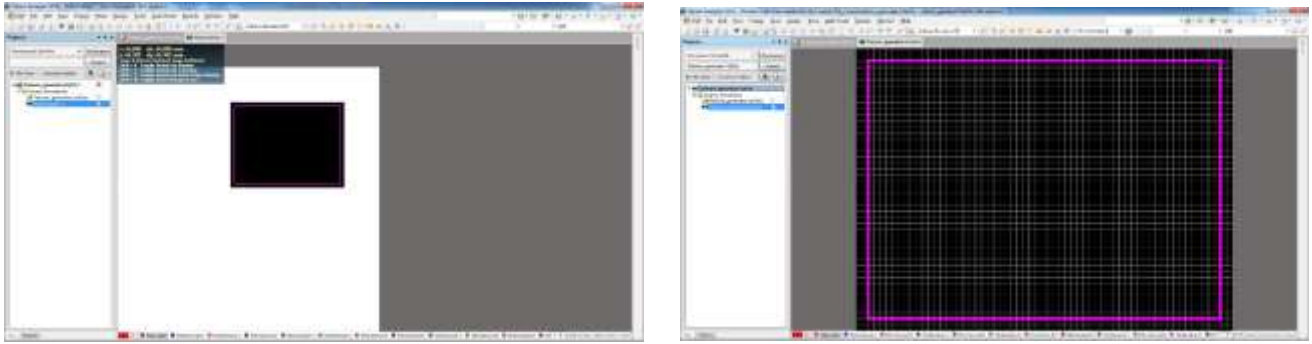
Slika 23., prikazuje okna čarovnika za nastavitve tiskanine.



Slika 23. Koraki nastavitve tiskanine od 2-5.

Po uspešnem kreiranju tiskanine se nam prikaže okno tiskanine z izbranimi dimenzijami. Da nimamo v ozadju bele podlage lista, ga v nastavitvah odstranimo, **Design->Board Options...**, kjer odključamo '**Display Sheet**'. Pogled PCB-ja prilagodimo zaslonu z ukazom **View-> Fit Board** oz. bližnjico [V,F], slika 24.



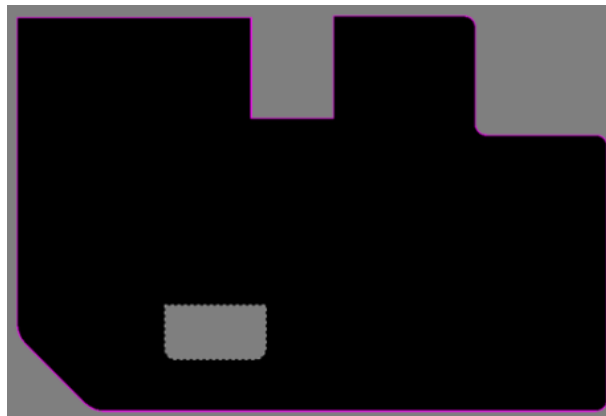


a)

b)

Slika 24. Prilagoditev pogleda tiskanine z 'a)' in odstranjenim ozadjem 'b)'.

Dimenzije PCB-ja lahko kasneje poljubno spremenimo. Najenostavneje je da v PCB-ju narišemo želeno obliko okvirja, katera nato uporabimo za določitev mej PCB-ja. To storimo tako, da z miško izberemo vse črte, ki naj bi določale robove PCB-ja in nato z funkcijo, do katere dostopamo preko menuja **Desing->Board Shape->Define from selected objects**, obrežemo PCB na želeno poljubno obliko, slika 24.

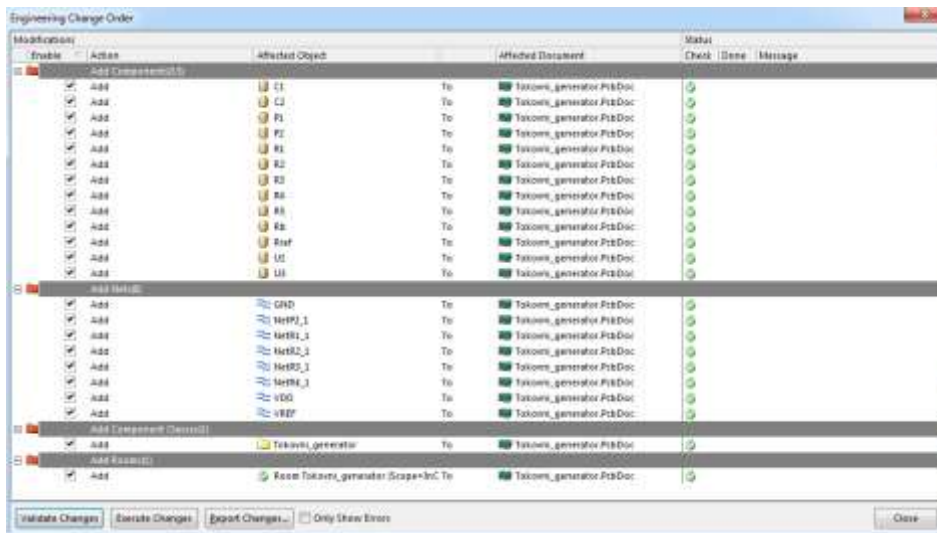


Slika 24. Poljubna oblika PCB-ja.

11.3.3 Prevajanje projekta - 'Compiling'

Najprej se postavimo v okolje el. sheme ter jo prevedemo: **Design->Update PCB**. Kliknemo na **Validate Changes**, kjer se preveri možnost napak. Če je vse v redu, se pod statusom izrišejo potrditvene kljukice. Če vse spremembe niso pravilne, se moramo vrniti nazaj, preveriti sporočila napak in napake odpraviti. Ko naposled preverjanje uspe, kliknemo na **Execute Changes**, kar izvede prenos komponent in povezav na PCB shranjen v projektu, slika 25.





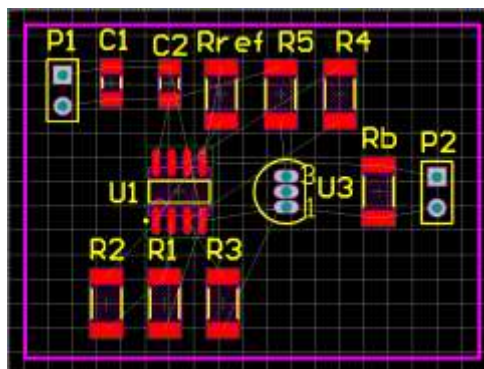
Slika 25. Preverjanje sheme pred prevajanjem.

Prenos komponent na tiskanino PCB, slika 26.



Slika 26. Oblika elementov za tiskanino.

Glede na sliko 26. je razvidno, da je postavitve elementov na tiskanino prepuščeno snovalcu. V tem primeru je smiselno upoštevati napotke in navodila dobrega snovanja tiskarin. V naslednjem koraku sledi postavitve komponent na tiskanino. Komponente razmeščamo tako, da kliknemo na posamezno komponento in jo prenesemo v pravi položaj (kliknemo z levim gumbom, ki ga nato držimo dokler prestavljamo komponento). Držimo se zastavljenih mej PCB-ja. S preslednico lahko med prenašanjem rotiramo komponento. Tekst, ki se navezuje na komponente lahko poljubno prestavljamo na enak način, kot komponente.



Slika 27. Razvrščene komponente na tiskanini.



Okolje Altium ima podporo funkcij za lažje razmeščanje komponent. Več komponent lahko poravnavamo glede na horizontalno in vertikalno smer, ozirom na različne robove ali središčnice. Poravnavamo jih lahko tudi z enakomernim razmikom. Do teh funkcij dostopamo tako, da izberemo skupino komponent, kjer si pomagamo s tipko SHIFT, ali enostavno zaokrožimo zelene komponente. Nato kliknemo z desnim gumbom miške in izberemo Align->Align... [bližnjica: A, A] in označimo zelene funkcije po X in po Y osi. Prav tako, ko označimo eno ali več komponent skupaj, jih lahko skupaj premikamo z miško ali pa uporabimo kombinacijo tipk: CTRL, SHIFT in smerne tipke. Tako na primer kombinacija smerne tipke in CTRL povzroči manjši premik (snap grid x 1) v želeni smeri, če pa skupaj držimo obe tipki CTRL+SHIFT, se bo ob pritisku na smerno tipko skupina komponent premaknila za večji razdelek (snap grid x 10) v želeni smeri.

Povezovanje postavljenih elementov lahko izvedemo ročno ali uporabimo avtomatsko povezovanje. Pri ročnem povezovanju imamo več pregleda na povezavami in je delo zamudnejše. Ročno povezovanje se pogosteje uporablja pri večjih tiskaninah. Avtomatsko povezovanje je praviloma uporabnejše pri preprostih vezjih.

Ročno povezovanje tiskanine PCB

Ročno povezovanje PCB pomeni ročno vstavljanje povezav in skoznjkov na tiskanino, da med sabo povežemo vse komponente, kot to narekuje električna shema. V ročnem načinu se ponavadi načrtujejo zahtevnejše tiskanine, kjer so pomembni mnogi vidiki načrtovanja kot so vpliv EMI, dizajniranje RF vezij, kombinirana analogna in digitalna vezja, kombinirana močnostna elektronika in digitalna/analogna vezja, itd. Mnogokrat se mora načrtovalec odločati in sprejemati kompromise med posameznimi deli načrtovanja.


V našem primeru bomo kljub enostavnosti vezja, le to najprej povezali ročno. Signalne povezave bomo skušali v tem večji meri izrisati na zgornji strani 'Top layer', spodnjo plast pa bomo uporabili za maso GND, do katere bomo dostopali s skoznjkiki in v nekaterih primerih s priključnimi blazinicami (konektorji P1 in P2 ter referenca – U3). Povezave so sestavljene iz zaporednih ravnih segmentov. Ob vsaki spremembi smeri se začne nov segment povezave. V osnovi nam Altium omogoča postavitev povezav v vertikalni, horizontalni in pod kotom 45 ° (pri naprednih nastavitvah lahko uporabljamo tudi krivulje), da dobimo lep profesionalen končni videz.

Mi bomo uporabljali standardne nastavitve. Najprej bomo izbrali pogled 'Top Layer'. Uporabimo bližnjico L, da pridemo v menu 'View Configuration', kjer odstranimo kljukico pri Bottom Layer in spremembo potrdimo, slika 28.





Slika 28. Izbira zgornje plasti tiskanine.

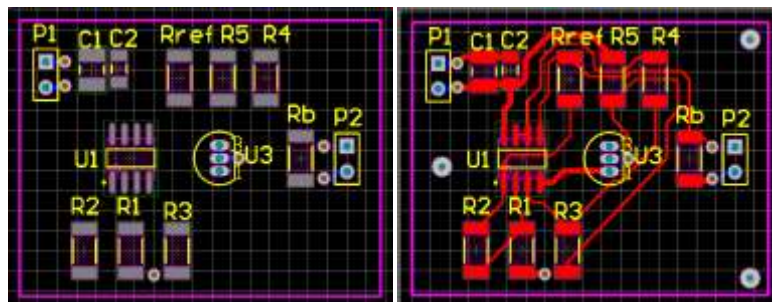


Povezovanje pričnemo s . Povezujemo lahko le tiste komponente oz. priključke, ki so med sabo električno povezani v shemi, kar nam v PCB okolju nakazujejo tanke ravne črte med priključnimi blazinicami. S pritiskom na tipko CTRL in klikom na določeno priključno blazinico lahko enostavno preverimo katere blazinice so povezane skupaj. Ko vlečemo povezavo med dvema priključkoma, jo lahko zaključimo tudi s pomočjo avtomatske funkcije 'Auto-complete'. To storimo tako, da kliknemo na prvi priključek in nato še na drugi, pri tem pa držimo CTRL in smerno tipko '->' med priključkoma se bo povezava kreirala sama po najkrajši poti. Ta funkcija je uspešna, če je pot dokaj enostavna brez večjih ovir med točkama. Drugi način je z uporabo tipke ENTER, kjer povezave zaključujemo postopoma, s čimer tudi zmanjšamo število segmentov ene povezave med dvema priključkoma. Altium omogoča tudi različne načine ročnega povezovanja, kjer med vlečenjem povezave s pritiskom na SHIFT + R lahko izbiramo med različnimi metodami kot so:

- **'Push'** - v tem načinu se bo povezava skušala prebiti do druge točke s premikanjem že postavljenih povezav in skoznjkov v mejah pravil.
- **'Walkaround'** - pot do druge točke skuša najti tako, da se povezava riše okoli ovir, brez premikanja obstoječih povezav in skoznjkov.
- **'Hug & Push'** - ta način je kombinacija prejšnjih dveh.
- **'Ignore'** - Ta metoda dovoljuje postavitev povezav kjerkoli, ne glede na kršitve pravil.


Pozorni moramo biti tudi na komponente, ki jih nameščamo na zgornji površini, kjer so nameščene signalne povezave in tistimi, ki imajo priključne blazinice speljane skozi PCB na drugo stran. Komponente, ki imajo priključne blazinice speljane skozi PCB se namreč spajkajo na drugi strani. V našem primeru se te komponente spajkajo spodaj, zato jih moramo s signalnimi povezavami na zgornji strani povezati s skoznjkiki. Skoznjkike najdemo med gumbi z imenom 'Place Via' . Z ozirom na to, da bomo spodnjo plast uporabili za maso, bomo skoznjkike namestili ob konektorjih P1 in P2 ter ob referenci.

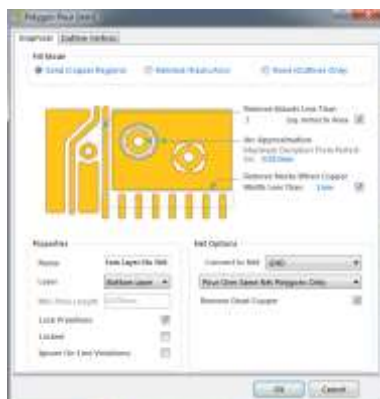
Poleg vseh komponent in skoznjkikov, je dobro predvideti tudi kako se bo PCB pritrdil na ohišje, torej ponavadi je dobro predvideti kakšne luknje za vijake. Le te ustvarimo tako, da iz orodne vrstice izberemo gumb 'Place Pad'  in ga nastavimo tako, da ga ne povežemo z nobeno električno povezavo in odkljukamo opcijo 'Plated', da nam ne dela kasneje težav (javljanje napak) pri preverjanju PCB-ja.



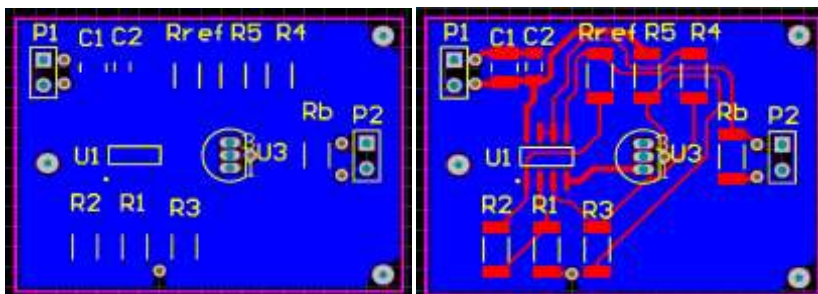
Slika 29. Povezana tiskanina



Sedaj je potrebno samo še spodnjo stran tiskanine zaliti z maso (GND). To storimo tako, da iz orodne vrstice izberemo gumb  'Place Polygon Plane', mu nastavimo lastnosti ter nato definiramo meje poligona tako, da jih narišemo na PCB, slika 30 in 31.



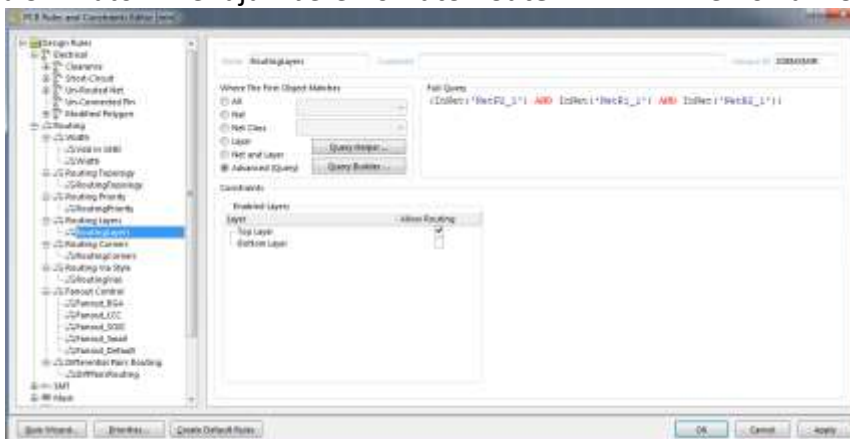
Slika 29. Določitev poligona za maso na spodnjem strani tiskanine.



Slika 30. Tiskanina z dodano maso-GND na spodnji strani.

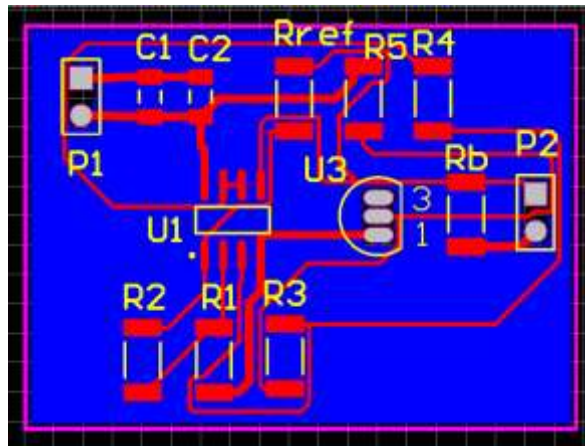
Avtomatsko povezovanje - 'Auto Routing'

Preprostejše in manj zahtevne PCB lahko povezujemo v avtomatskem režimu, kjer se vse izvaja striktno upoštevajoč vsa pravila. V našem primeru želimo imeti signalne linije na zgornji strani in spodnjo stran PCB-ja rezervirano za GND poligon. Zato moramo nastavitve prilagoditi, da se bo povezovalo samo na zgornji strani. To storimo med pravili. **Design->Rules...**, kjer pod '**Routing Layers**' omogočimo le '**Top Layer**', slika 31. Nato v meniju izberemo **Auto Route->All** in kliknemo na '**Route All**'.



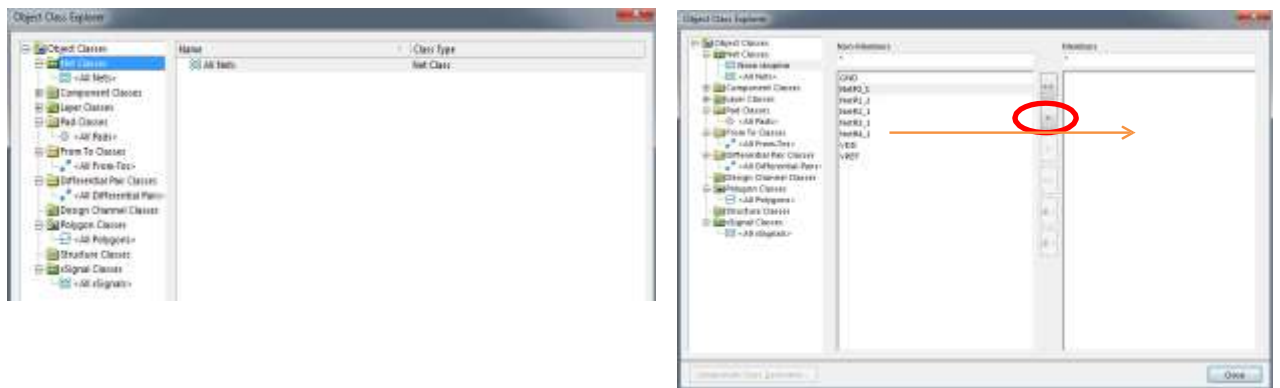
Slika 31. Izbira zgornje plasti za avtomatsko povezovanje povezav med komponentami.





Slika 32. Rezultat avtomatskega povezovanja.

Rezultat je na videz podoben, vendar so detajli, ki smo jih v ročnem režimu naredili bolje. Tako je na tej tiskanini kar nekaj napak, ki jih lahko hitro spregledamo. Upoštevano ni, da imajo komponente, ki se spajkajo na spodnji strani, le na spodnji strani električni kontakt, zato jih je potrebno preko skoznjkov povezati s povezavami na zgornji strani. Skoznjkiki so dobrodošli tudi pri GND povezavah, da GND povezave naredimo tem krajše. Če povezujemo avtomatsko, je smiselno uporabljati skupine povezav 'Net Classes'. Te nastavimo preko uporabniškega vmesnika **Design->Classes...** Kjer dodamo skupine tako, da gremo s kurzorjem na zavihek Net Classes in s pomočjo desnega gumba izberemo možnost '**Add Class**'. Pridemo v okno, kjer se nam v stolpcu '**Non-Members**' izpišejo vse električne povezave, ki so na voljo, na desni strani pa je prostor kamor s klikom na puščico dodajamo zelene/označene povezave.

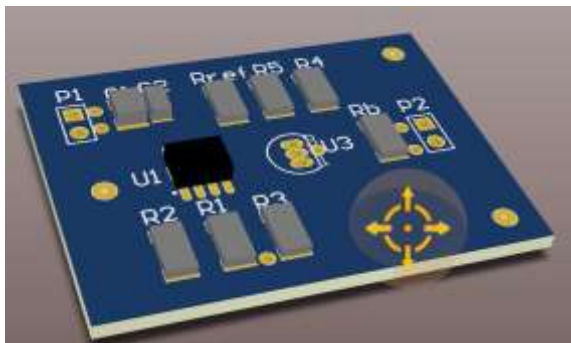


Slika 32. Dodajanje skupine povezav.



3D pogled tiskanine

3D pogled omogoča, da lahko PCB pogledamo v prostoru iz katerekoli perspektive. Med pogledi se prestavljamo s številkami 1, 2 in 3. Številka '3' je bližnjica za 3D pogled, slika 33.



Slika 33. 3D pogled tiskanine.

V 3D pogledu si lahko pomagamo z naslednjimi bližnjicami:

- Povečevanje: CTRL + kolesček miške
- Premiki gor/dol: kolesček miške, Premiki levo/desno: SHIFT+kolesček miške
- Vrtenje: SHIFT + desni stisk gumba na miški in vlečemo v zeleni smeri, ki jo izberemo na krogli s puščicami.

Altium ponuja uvoz 3D objektov iz raznih CAD orodij v *.step* formatu. Možno je tudi izvoziti PCB v formatih kot so: step, dwg/dxf. Izvožene objekte je možno uporabiti v drugih CAD programih, ki podpirajo omenjene formate.

Končna dokumentacija

Končno ali izhodno dokumentacijo razdelimo v 5 skupin:

- 1. Kosovnice**
 - a. Načrti za avtomatizirano robotsko postavitve komponent.
 - b. Načrti postavitve komponent na obeh straneh PCB.
- 2. Izhodna dokumentacija**
 - a. Načrti komponent vključno z bakrenimi povezavami.
 - b. 3D pogledi PCB.
 - c. Shematski prikaz električnih vezij.
- 3. Dokumentacija za proizvodnjo tiskanine**
 - a. 'Composite Drill Drawings' -načrti lukenj, njihove pozicije in velikosti, vse na enem načrtu.
 - b. 'Drill Drawing/Guides' -načrti lukenj in navodila za izdelavo, njihove



pozicije in velikosti v ločenih risbah.

- c. 'Final Artwork Prints'- v enem načrtu zajeta množica različnih izhodnih informacij.
- d. 'Gerber Files' -Gerber datoteke, izdelane za vsako plast PCB posebej.
- e. 'NC Drill Files' -za numerično krmljenje (CNC) vrtalnih strojev.
- f. 'ODB++' Kreiranje baz za proizvajalca v ODB++ formatu, bazira na C++.
- g. 'Power-Plane Prints'- načrti notranjih in ločenih plasti
- h. 'Solder/Paste Mask Prints'-načrti zaščitnih plasti
- i. 'Test Point Report'-Poročilo o testnih točkah

4. 'Netlist Outputs' Sezname povezav

- a. Sezname navajajo logično povezovanje med priključki komponent (v različnih tekstovni formatih, CSV ('coma separated values'))

5. Izhodna poročila

- a. 'Bill of Materials' -seznam materiala, ki ga potrebujemo za izdelavo električnega vezja.
- b. 'Component Cross Reference Report'- seznam komponent na osnovi el. sheme.
- c. 'Report Project Hierarchy' -seznam vseh dokumentov.
- d. 'Report Single Pin Nets' -seznam povezav, ki imajo le en priključek.

Dokumentacija za potrebe proizvodnje

V zadnji fazi moramo proizvajalcu PCB dostaviti vse potrebne dokumente, da lahko nato izdelata temu primeren in zelen PCB. V ta namen je potrebno poslati 'Gerber' in 'NC Drill' datoteke ter seznam materiala.

Shranjevanje Gerber datotek- Vsaka gerber datoteka pripada eni fizični plasti tiskanine z vsemi možnimi črtnimi profili ('Component overlay', 'signal layers', 'solder masking layers', itd). Pred **pošiljanjem** in shranjevanjem Gerber datotek, pa se je priporočljivo posvetovati s proizvajalcem, da se poenotimo z njihovimi zahtevami.

