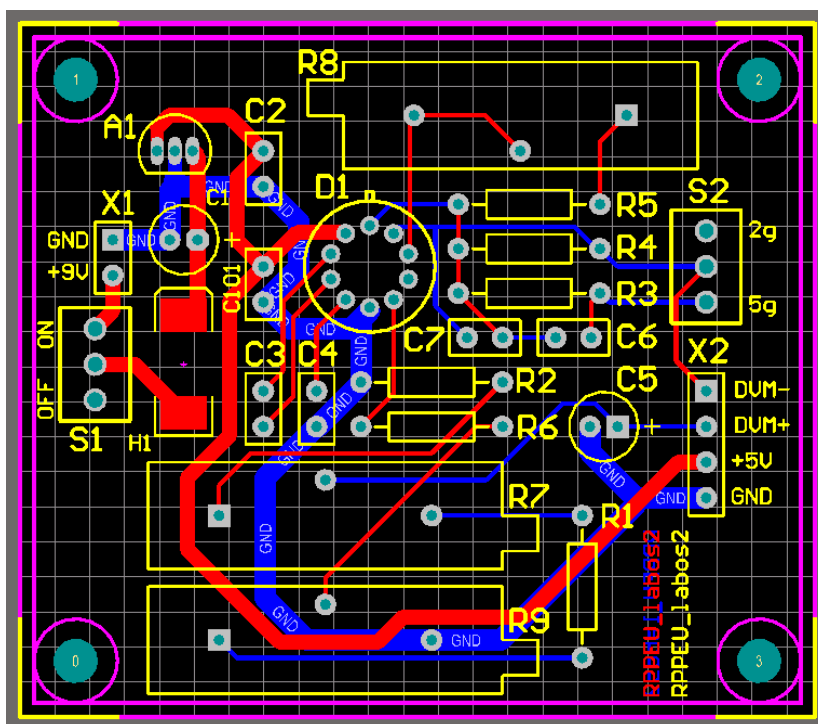


UPUTE ZA 2. LABORATORIJSKU VJEŽBU

Zadatak: U okviru 2. laboratorijske vježbe projektirat će se tiskana pločica za električnu shemu izrađenu na 1. laboratorijskoj vježbi (izgled gotove tiskane pločice prikazan je na slici 1). Potrebno je napraviti sljedeće zadatke:

- kreirati novi PCB dokument, za kojeg treba definirati postavke radne okoline, mehaničke dimenzije tiskane pločice, aktivne radne slojeve i pravila za električno projektiranje tiskane pločice (*design rules*),
- ucrtati zabranjena područja u kojima se zbog mehaničkih zahtjeva ne bi smjele nalaziti komponente i tiskane veze (*keep out* područje),
- učitati električnu shemu izrađenu na 1. laboratorijskoj vježbi u modul za projektiranje tiskanih veza (PCB dokument),
- kreirati vlastitu *.PcbLib biblioteku komponenti za tiskanu pločicu (*footprints*), u kojoj će se nalaziti definicije PCB komponenti koje nedostaju u instaliranim bibliotekama (komponenta D1 – ADXL05JH; komponente S1 i S2 – TOGGLE) (vidi točku 25),
- rasporediti komponente na tiskanoj pločici prema predloženom rasporedu na slici 8,
- povezati komponente prema predlošku prikazanom slikama 1, 11, 12 i 13 (koriste se dva vodljiva sloja, tj. projektira se dvostrana tiskana pločica); naputci o predloženoj širini vodova i potrebnom međusobnom razmaku nalaze se u tablici 1,
- provjeriti ispravnost dizajna realizirane tiskane pločice (DRC, *design rule check*),
- generirati dokumentaciju za izradu osnovnih maski za tehnološku realizaciju dvostrane tiskane pločice (položajni nacrt komponenata, nacрте tiskanih veza i plan bušenja) (vidi točku 24).



Slika 1: Izgled gotove tiskane pločice

Podešavanje radne okoline za projektiranje tiskanih veza

1. Podešavanje globalnih postavki *Altium Designera*

Na samom početku, potrebno je napraviti nekoliko osnovnih podešenja radne okoline za projektiranje tiskanih pločica (ove su postavke preporučljive za sve PCB projekte i bit će trajno pohranjene na razini konfiguracije programa):

- isključiti opciju *DXP » Preferences » PCB Editor » Board Insight Modes » Display Heads Up Information* (olakšava interaktivni rad isključivanjem prikaza nepotrebnih informacija o trenutnoj poziciji kursora na radnom prostoru). Prema potrebi, ova opcija se može uključiti kombinacijom tipki *Shift + H*,
- na *tabu DXP » Preferences » PCB Editor » General* provjeriti da li su uključene sljedeće opcije:
 - o *Online DRC* (automatska provjera ispravnosti električnog dizajna),
 - o *Snap to center + Smart Component Snap* (olakšava postavljanje izvoda komponenata po rasteru za povezivanje komponenti).

Kreiranje i podešavanje novog PCB dokumenta

2. Dodati novi PCB dokument u otvoreni **.PrjPcb* projekt (desni klik na projekt u projektnom stablu + *Add New to Project » PCB*); otvorit će se novi prazni PCB dokument. Novonastali dokument spremiti na disk pod nazivom *Labos2.PcbDoc*.

3. Podešavanje osnovnih postavki PCB dokumenta

Pokrenuti opciju *Design » Board Options* (*shortcut*: D, O ili O, B) i postaviti sljedeće parametre:

- *Measurement Unit = Imperial* (sve prostorne mjerne jedinice bit će iskazane u *milima*; 1 *mil* = 1/1000 inch),
 - o **napomena**: brza promjena sustava mjernih jedinica (*imperial* vs. *metric*) moguća je pritiskom na tipku "Q",
- *Snap Grid*: 25/25 mil (objekti za povezivanje i pomoćni objekti), *Componente Grid*: 50/50 mil (komponente):
 - o *snap grid* predstavlja korak koordinate mreže koja ograničava postavljanje različitih vrsta objekata na diskretne pozicije; korisno je odabrati spomenute vrijednosti *snap grid* parametara kada se radi s npr. *through-hole* integriranim sklopovima (kod SMD komponenata s manjim razmakom između pinova može se odabrati i finiji *snap grid*),
 - o **napomena**: *snap grid* se uvijek može promijeniti za vrijeme rada promjenom postavki dokumenta (D, O ili O, B; brža promjena *snap grida* moguća je pritiskom na tipku "G"). Za vrijeme interaktivnog povezivanja komponenti često će biti potrebno odabrati i finiji *snap grid* od predloženog (npr. 5/5 mil),
- obavezno uključiti opciju *Electrical Grid* (omogućava automatsko "skakanje" krajeva vodljivih likova u centar "*off-grid*" lemnih točaka),
- *Visible Grid* – nude se dvije vidljive koordinatne mreže (finija *Grid 1* i grublja *Grid 2*); finiju je preporučljivo postaviti na vrijednost *snap grida* (*1 x Snap Grid*), a grublju na vrijednost *5 x Snap Grid*.

4. (*) Definiranje slojeva vezanih uz tehnologiju izrade tiskane pločice

Pozivom na opciju *Design » Layer Stack Manager* (D, K) mogu se definirati slojevi koji su raspoloživi za ostvarivanje vodljivih likova. Ta opcija pogotovo je važna kod višeslojnih tiskanih pločica, jer su inicijalno uključeni jedino vodljivi slojevi na komponentnoj (*Top*) i lemnjoj (*Bottom*) strani tiskane pločice. Osim vodljivih slojeva, mogu se definirati i dielektričke konstante podloge i sloja zaustavnog laka (ako se nanosi), što je bitno kod proračuna karakteristične impedancije vodova (kod npr. analize integriteta signala).

Podešavanja putem ove opcije nisu potrebna u okviru izrade 2. laboratorijske vježbe.

Napomena: Kod jednostranih tiskanih pločica vodljivi likovi izrađuju se isključivo u *Bottom* sloju.

5. Definiranje radnih slojeva

Sučelje modula za projektiranje tiskanih pločica temelji se na korištenju slojevitog ("*layered*") modela prikaza različitih elemenata dizajna, što rezultira time da je većina raspoloživih operacija vezana uz odgovarajuće slojeve ("*layer-dependant*"). Radi lakšeg razlikovanja, svaki sloj prikazan je drugačijom bojom. Program sve slojeve ne tretira na isti način zbog toga što svaki od njih ima posebnu namjenu: neki su usko povezani s procesom projektiranja tehnoloških maski (vodljive staze, položajni nacrt komponenti, raspored prospojnih rupa itd.), dok drugi služe u pomoćne svrhe (npr. privremeni prikaz neostvarenih veza, prikaz pogrešaka pri projektiranju, informacije o mehaničkom dizajnu i sl.).

Aktivni radni slojevi (koji se prikazuju u radnom prostoru) mogu se odabrati pozivom opcije *Design » Board Layers and Colors* (shortcut "L" ili "O, L"). Slijedi kratki opis pojedinih slojeva:

Signal Layers:

- signalni slojevi; uključiti *Top Layer* (signalni vodovi na komponentnoj strani pločice) i *Bottom Layer* (signalni vodovi na lemnjoj strani pločice),

Internal Planes:

- slojevi za definiranje *power plane*ova kod višeslojnih tiskanih pločica (ne koriste se u vježbi),

Mechanical Layers:

- slojevi za definiranje mehaničkih informacija; sloj *Mechanical 1* tipično se koristi za definiranje vanjskih obrisa tiskane pločice (prema tom sloju se obično obavlja strojno izrezivanje tiskane pločice na zadani oblik i dimenzije); sadržaj informacija u *Mechanical* slojevima je proizvoljan (npr. kotiranje dimenzija i sl.),

Mask Layers:

- *Top/Bottom Paste* – slojevi za definiranje maski za postavljanje lemne paste kod strojnog lemljenja SMD komponenti postupkom pretaljivanja (automatski se generiraju iz SMD *pad*ova i *design rules* postavki – ne projektiraju se posebno kao npr. signalni slojevi),
- *Top/Bottom Solder* – slojevi za definiranje maske zaustavnog laka (zaštitni sloj, korak "sitotisk 1" u postupku izrade dvostranih tiskanih pločica opisanom u skripti); automatski se generira na sličan način kao i *Paste* maske,

Silkscreen Layers:

- *Top/Bottom Overlay* – definicije oznaka koje se tehnikom sitotiska nanose na sloj zaustavnog laka (korak "sitotisk 2" u postupku izrade dvostranih tiskanih pločica

opisanom u skripti); informacije u *Top/Bottom Overlay* slojevima automatski se generiraju iz rasporeda *footprinta* komponenti (dodatne informacije mogu se dodavati ručno),

- **napomena:** *položajni nacrt komponenata* na tiskanoj pločici dobiva se iz *Top/Bottom Overlay* slojeva,

Other Layers:

- *Drill Guide* – položaji rupa (koordinate),
- *Drill Drawing* – položaji rupa (koordinate i simboli za različite promjere svrdla),
- **napomena:** *Drill Guide/Drawing* vide se tek kod ispisa na pisač; *Drill Drawing* sloj služi kod izrade plana bušenja (vidi točku 24),
- *Keep-Out* - sloj u kojem se definiraju granice unutar kojih se smiju postavljati objekti za povezivanje komponenti,
- *Multi-Layer* – sloj koji prikazuje područja u na kojima se bakar ne jetka u svim vodljivim slojevima (npr. lezna točka *through-hole* komponente se definira kao *Multi-Layer*, što znači da se bakreni lezni prsten mora ostaviti oko rupe i na komponentnoj i na leznoj strani pločice, i u svim međuslojevima kod višeslojnih pločica); slično vrijedi i za prospeje (*vie*),

System Colors (najbitniji):

- *Connections and From Tos* – linije koje opisuju veze između izvoda komponenti (generiraju se na temelju opisa dobivenog putem spojne liste iz izvorne električne sheme),
- *DRC Error Markers* – mjesta na kojima je otkriveno kršenje DRC pravila (pravila projektiranja),
- *Pad/Via Holes* – oznaka rupa,
- *Visible Grid 1 / 2* – vidljive pomoćne koordinatne mreže.

Napomena: Novi mehanički sloj može se dodati tako da se najprije isključi *Only show enabled mech. layers*, a zatim uključi odabrani mehanički sloj (npr. *Mechanical 2*).

Na laboratorijskoj vježbi u prikaz je potrebno uključiti sljedeće slojeve:

Top Layer, Bottom Layer, Mechanical 1, Mechanical 2, Keep-out, Multi-Layer, Top Overlay, Connections and From Tos, DRC Error Markers, Visible Grid 1 / 2, Pad/Via Holes.

Definiranje mehaničkih parametara tiskane pločice

6. Definiranje mehaničkih dimenzija pločice

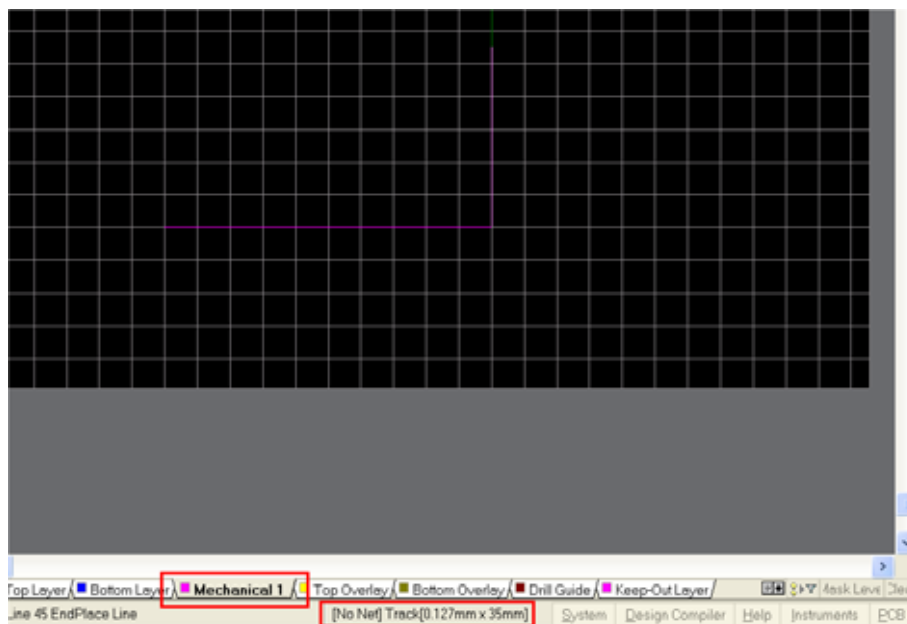
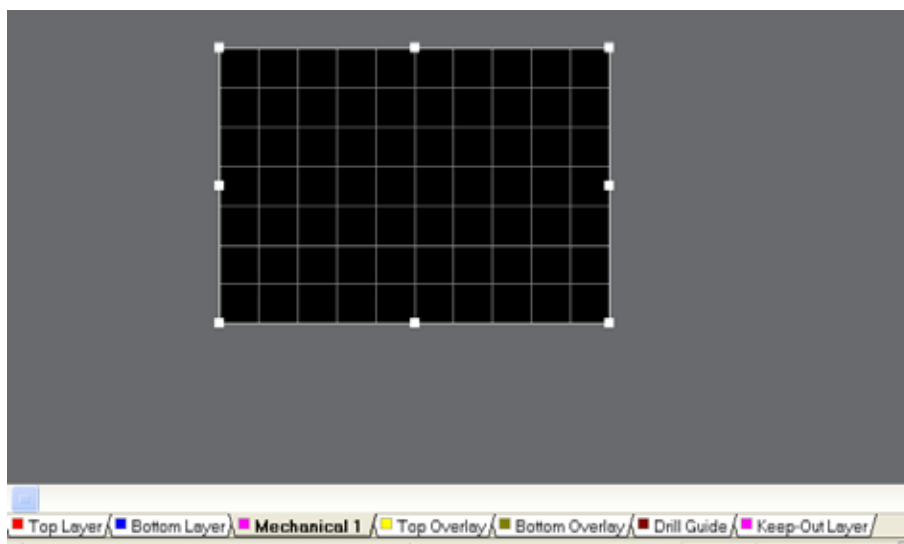
Projektiranje tiskane pločice započinje **mehaničkim projektiranjem**, koje je tipično određeno zahtjevom za smještajem sklopovlja u kućište zadanih dimenzija, pričvršćenjem tiskane pločice na određeni način (položaji vijaka), položajem komponenti s predefiniranom pozicijom (konektori, potenciometri, sklopke i sl) itd.

Pločica na laboratorijskim vježbama ima sljedeće dimenzije: **57 mm x 49,50 mm**. Područje koje inicijalno zauzima definicija prostora tiskane pločice mnogo je veće.

Postupak definiranja mehaničkih dimenzija pločice je sljedeći:

- promijeniti sustav mjernih jedinica iz *imperial* u *mm* (tipka "Q"),
- definirati *snap grid* = 1 mm,
- definirati *visible grid 1 / 2* = 1 mm / 5 mm,
- promijeniti aktivni sloj u *Mechanical 1* (u *tabu* na dnu radnog područja, vidi sliku 2),

- korištenjem linija (*Place » Line* ili *shortcut P, L*) nacrtati rubove tiskane pločice. Uočiti da se u *status baru* prilikom crtanja linije lako može pratiti njezina duljina (npr. 35 mm za drugu liniju definicijskog pravokutnika na slici 2),
- nakon što je zatvoren pravokutnik dimenzija 57 mm x 49,5 mm, selektirati sve objekte (najjednostavnije označavanjem selekcije mišem),
- pozvati opciju *Design » Board shape » Define from selected objects*,
- nakon toga područje tiskane pločice (označeno crnom bojom) poprima konačne dimenzije (vidi sliku 3).

Slika 2: Odabir radnog sloja *Mechanical 1*Slika 3: Definiranje *Board Shapea*

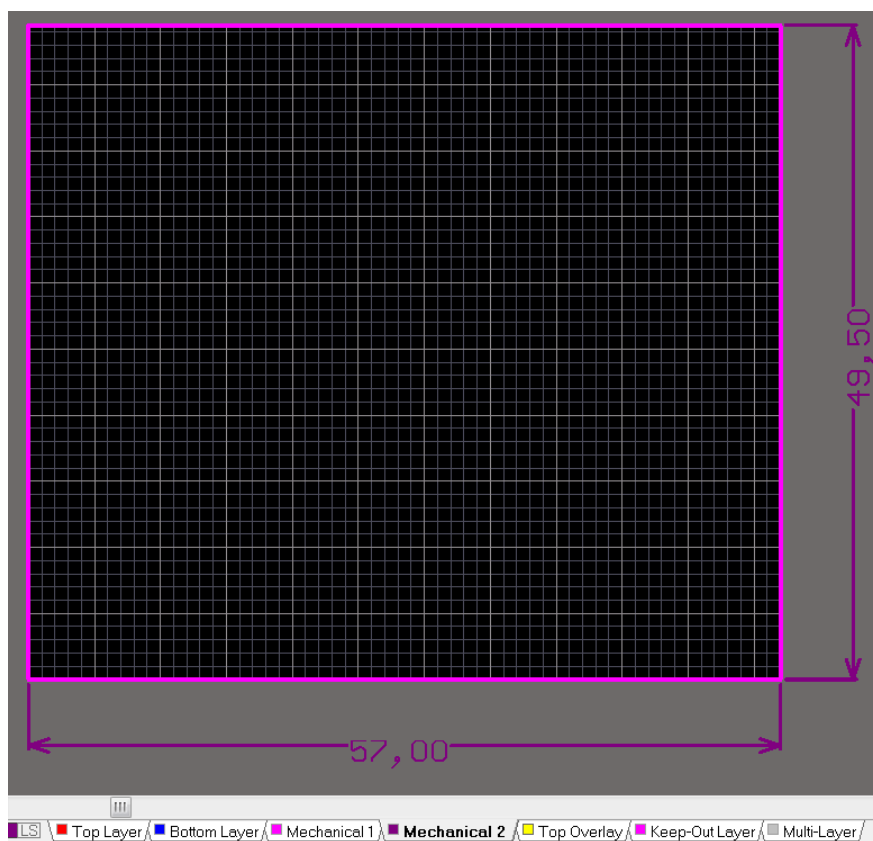
Napomena: Kod projektiranja jednostranih i dvostranih tiskanih pločica u Altium Designeru maske za tehnološko procesiranje mogu se generirati i bez koraka definiranja fizičkih dimenzija. Premda su stvarne fizičke dimenzije pločice bitne samo kod nekih postupaka (npr. 3D prikaza, definiranja *power planeova* i sl.) preporučljivo ih je uvijek definirati. Opcija *Define from selected objects* omogućava precizno definiranje dimenzija na najjednostavniji način, iako opcija *Design » Board shape* nudi još neke druge mogućnosti.

7. (*) Kotiranje dimenzija pločice

U postupku projektiranja tiskanih pločica često će biti korisno kotirati neke bitne dimenzije (npr. veličinu tiskane pločice, udaljenost vijaka od rubova pločice, obrise otvora na kućištu sklopa i sl.). Obično se *Mechanical 1* sloj rezervira za definiciju rubova pločice (alati za automatizirano izrezivanje pločica ne koriste informacije iz *Board Shape* definicije, već iz *Mechanical 1* sloja). U ostale mehaničke slojeve mogu se smještati ostale informacije po volji.

Primjer: Kotiranje dimenzija tiskane pločice u sloju *Mechanical 2*:

- uključiti sloj *Mechanical 2* (vidi naputke i napomenu u točki 5),
- odabrati *Mechanical 2* sloj kao aktivni,
- pozvati opciju *Place » Dimension » Linear (shortcut: P, D, L)* (postaviti objekte uz donji i desni rub pločice),
- prilikom postavljanja, pritiskom na *Tab* promijeniti mjerne jedinice u "mm",
- pritiskom na *Space* zadati da li se kotira vodoravna ili okomita dimenzija vanjskog ruba pločice.



Slika 4: Kotiranje pločice

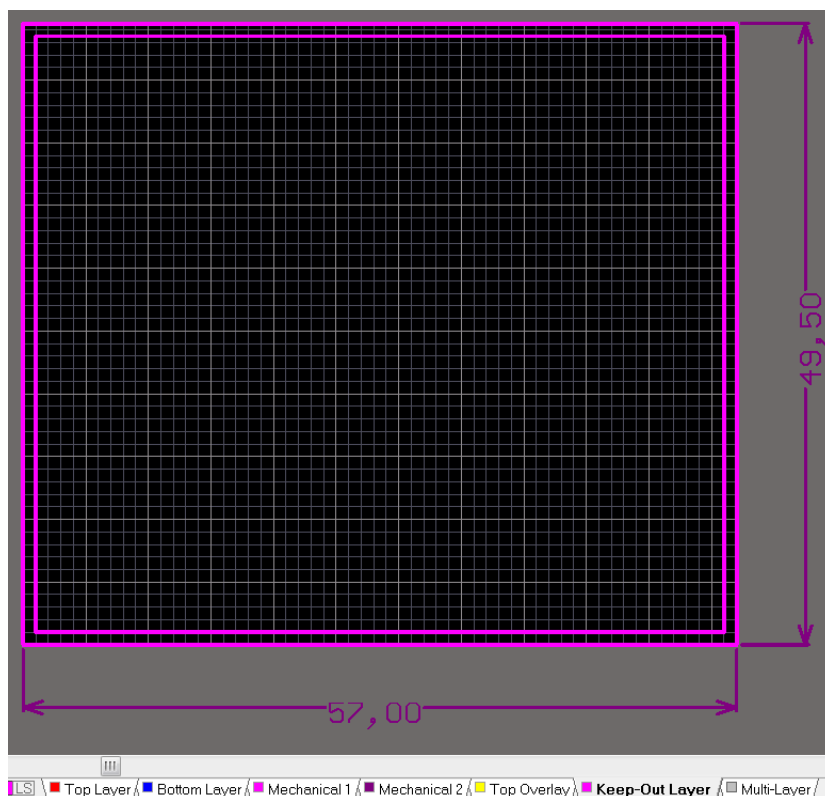
8. Postavljanje vanjskog *Keep-Out* sloja

Poznato je pravilo je da je komponente i tiskane veze potrebno odmaknuti barem 1 mm od vanjskih rubova tiskane pločice. To je pravilo najbolje odmah na početku definirati, i to tako da se onemogući nehotično postavljanje vodljivih likova izvan zabranjenog područja, uvučenog za 1 mm od vanjskih rubova pločice definiranih u *Mechanical 1* sloju. Za tu namjernu služi *Keep-Out* sloj:

- program automatski onemogućava postavljanje vodljivih staza preko objekata u *Keep-Out* sloju prilikom interaktivnog povezivanja,
- ako se to ipak napravi, DRC provjera odmah prijavljuje pogrešku.

Postupak definiranja područja za postavljanje vodljivih likova i komponenti je sljedeći:

- odabrati *Keep-Out* sloj kao aktivni,
- na isti način kao u točki 7 definirati pravokutnik koji je za 1 mm uvučen od vanjskih dimenzija pločice (vidi sliku 5).



Slika 5: Postavljanje *Keep-out* sloja

9. Postavljanje vijaka za pričvršćenje tiskane pločice

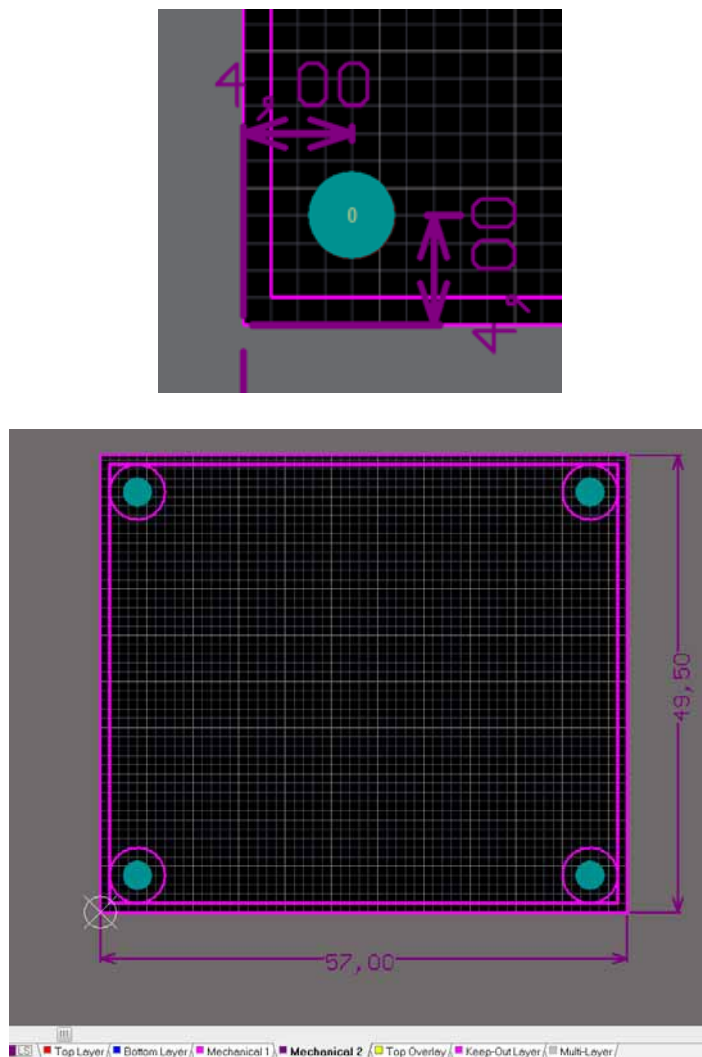
Prije raspoređivanja komponenata i crtanja vodljivih likova potrebno je voditi računa da se označe **sva** mjesta na tiskanoj pločici koja zbog mehaničkih zahtjeva neće biti moguće iskoristiti u tu svrhu. Tipičan primjer za to je prostor na kojem se nalaze vijci za učvršćivanje pločice u kućište. U primjeru na vježbi potrebno je predvidjeti rupe za vijke (promjera 3,2 mm) na 4 mm od svakog kuta pločice, s tim da se ispod glave vijka (promjera 6 mm) ne smiju nalaziti vodljivi likovi.

Taj se zahtjev može ispuniti na sljedeći način:

- postaviti slobodne lemne točke (*Pad* objekte) korištenjem opcije *Place » Pad* (P, P),
- pritiskom na *Tab* promijeniti *Hole Size* = 3.2 mm, *X/Y-size* = 3 mm¹,
- postaviti (prema zadanom *snap gridu*) lemne točke na ispravna mjesta (vidi sliku 6),

¹ Kod automatiziranog (CNC) bušenja na maskama za izradu vodljivih slojeva neće se vidjeti rupe, a bakar promjera 3 mm neće ostati na pločici nakon bušenja svrdlom promjera 3,2 mm; međutim, kod ručne izrade jednostrane tiskane pločice (gdje se moraju vidjeti rupe na lemnim točkama) pojavljuje se problem da se već u samoj maski neće vidjeti mjesta gdje treba obaviti ručno bušenje (kada se uključi *Show Holes*, vidi točku 24); tada se može za *Hole Size* upisati i neka manja vrijednost, s tim da se u planu bušenja dokumentira da se rupe za pričvršćivanje buše svrdlom promjera 3,2 mm.

- oko svake lemne točke koja predstavlja mjesto za postavljanje vijaka postaviti kružnice (*Place » Full Circle; shortcut P, U*) promjera 6 mm u *Keep-Out* sloj.



Slika 6: Položaji vijaka za učvršćenje pločice

Na taj način u potpunosti su definirane mehaničke dimenzije i ograničenja tiskane pločice.

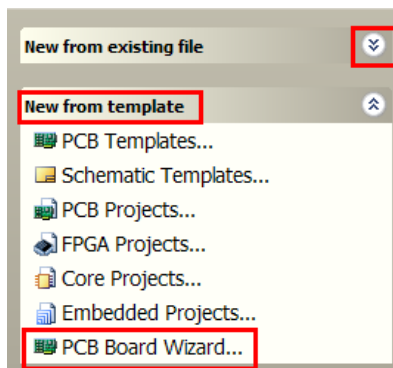
Napomena: Korisno je znati da se provjera dimenzija na tiskanoj pločici može u svakom trenutku obaviti pozivom opcije *Reports » Measure Distance* (R, M ili Ctrl + M). Opcija *Reports » Measure Primitive* (R, P) vraća udaljenost između dva odabrana objekta (npr. dva vodljiva lika).

Kako bi se onemogućile slučajne promjene postavljenih objekata koji definiraju parametre fizičkog dizajna tiskane pločice, potrebno je onemogućiti promjenu pozicija postavljenih granica i rupa za vijke. To je najjednostavnije napraviti na sljedeći način:

- selektirati sve objekte (npr. označavanjem područja mišem ili Ctrl + A),
- uključiti *PCB Inspector* panel (*Status bar » PCB » PCB Panel*) (koristi se na identičan način kao i *Sch Inspector*),
- uključiti svojstvo *Locked* za sve selektirane objekte.

10. (*) Definiranje tiskane pločice korištenjem *PCB Board Wizard-a*²

Alternativni način definiranja mehaničkih dimenzija nove tiskane pločice je korištenjem *PCB Board Wizard-a*, koji se poziva iz *Files* panela (uključiti ga iz *status bara* putem *System » Files* ako nije vidljiv):



Napomena: *PCB Board Wizard* nalazi se na samom dnu *Files* panela, pa će vjerojatno trebati minimizirati neke podgrupe opcija (npr. *New from existing file* na slici) kako bi opcija postala dostupna.

Postupak kreiranja nove pločice putem *PCB Board Wizard-a* je sljedeći:

- odabrati sustav mjernih jedinica (npr. *metric*),
- odabrati *Custom board profile* (mogu se odabrati i predlošci nekih standardnih izvedbi tiskanih pločica, npr. Eurocard, PCI, PCMCIA i sl.),
- zadati *Outline shape (Rectangular)*, širinu i visinu pločice (*Board Size Width/Height*), *Keep out distance from board edge* (postavka koliko je potrebno uvući *Keep-Out* sloj od rubova pločice),
- zadati broj signalnih slojeva (2) i *power planeova* (0),
- odabrati *Thruhole Vias Only* (ostale se mogu koristiti samo kod realizacije višeslojnih pločica),
- odabrati *Through-hole component* (dominantni tip komponenti na pločici) i *One track* (broj dozvoljenih vodova između izvoda komponenti),
- definirati minimalne dimenzije dizajna (širinu vodova, via, rupa i razmaka između vodljivih likova).

Nakon provedbe navedenih koraka pojavljuje se pločica zadanih postavki. Isključiti prikaz "virtualne stranice" putem opcije *Design » Board Options » Display Sheet*.

² Informativno, nije potrebno raditi za vrijeme laboratorijskih vježbi

Učitavanje električne sheme u PCB dokument

11. Transfer dizajna s električne sheme u PCB dokument

Napomena: Prije postupka transfera dizajna s električne sheme u PCB dokument na električnoj shemi potrebno je:

- u editoru električne sheme isključiti opciju *Project » Project Options » Class Generation » Component Classes* (automatski se gasi i *Generate Rooms*)
 - o *Component Classes* – kada je opcija ta uključena, Altium Designer će u hijerarhijskom dizajnu svakoj komponenti koja se nalazi u zasebnom *.SchDoc dokumentu dodijeliti oznaku *klase* (i u slučaju kada se sklop crta na samo jednoj shemi); to je korisno kada se prilikom definiranja DRC pravila za PCB dizajn žele definirati različite postavke npr. za analogni i digitalni dio sklopovlja (koji u tom slučaju moraju biti nacrtani razdvojeno na dvije posebne električne sheme u hijerarhijskom dizajnu),
 - o *Rooms* – definicija fizičkog područja unutar kojeg se moraju smjestiti komponente određene klase (program će signalizirati pogrešku ako se npr. komponente osjetljivog analognog dijela uređaja smjeste izvan predviđenog prostora za njih),
 - o iako su *Component Classes* i *Rooms* mogućnosti korisne kod složenijih i osjetljivih dizajna, te se opcije mogu slobodno isključiti za potrebe izvođenja ove laboratorijske vježbe, kako bi se pojednostavio postupak projektiranja tiskane pločice,
- kompajlirati projekt (tj. obaviti ERC (*Electrical Rule Check*) provjeru),
- u slučaju nedoumica oko povezivanja mreža (npr. automatskog povezivanja skrivenih pinova napajanja integriranih sklopova s portovima napajanja, mreža imenovanih korištenjem *net labela* i sl.) ručno generirati i provjeriti ispravnost povezivanja u spojnoj listi,
- provjeriti da li su definirani *footprintovi* svih električnih komponenata i da li su uključene sve potrebne biblioteke u projekt i na *Installed Libraries* popis u *Libraries* panelu.

Napomena: Prije učitavanja dizajna bit će potrebno definirati vlastitu *.PcbLib biblioteku s komponentama ADXL05 i TOGGLE (vidi točku 25).

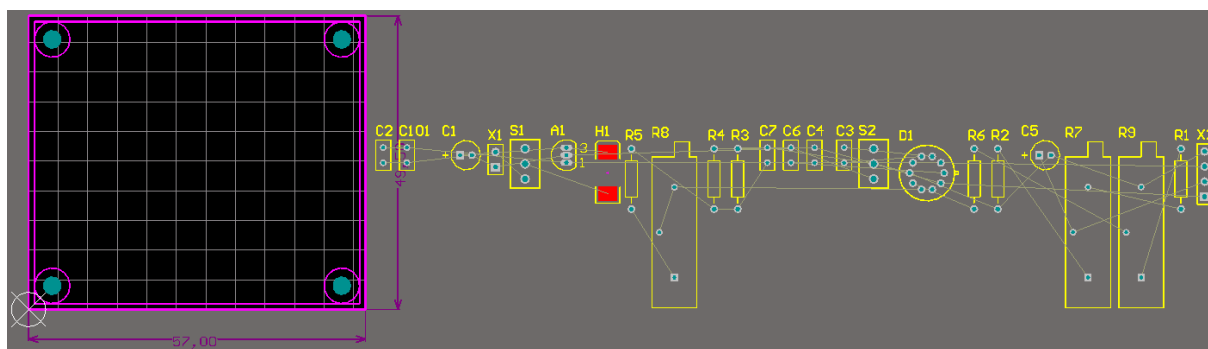
Ukoliko su sve pretpostavke zadovoljene, potrebno je iz PCB dokumenta pozvati opciju *Design » Import Changes from <ime_sheme>*³. Pojavljuje se prozor u kojem se nalaze popis ECO (*Engineering Change Orders*) direktiva sadržanih u spojnoj listi (dodavanje komponenti, dodavanje mreža (*nets*), pridjeljivanje izvoda komponenti mrežama). Pritiskom na gumb *Validate Changes* potrebno je provjeriti da li će se učitavanje dizajna ispravno obaviti. Ukoliko uz neke od ECO direktiva postoje poruke o pogreškama, potrebno je privremeno odustati od učitavanja dizajna, ispraviti pogreške sukladno porukama i pokušati ponoviti transfer dizajna.

Primjeri nekih tipičnih pogrešaka koje se mogu pojaviti prilikom transfera dizajna s električne sheme u PCB dokument i postupci koje je potrebno poduzeti da se one isprave mogu se vidjeti u sljedećoj tablici:

³ Isti efekt može se dobiti pozivom *Design – Update PCB Document <ime_PCB_dokumenta>* iz sučelja za crtanje električne sheme

Tip pogreške	Akcija
nedefiniran <i>footprint</i>	Definirati <i>footprint</i> komponente na električnoj shemi.
nepoznat <i>footprint</i>	Provjeriti da li su u <i>Libraries</i> panelu uključene sve potrebne *.IntLib i *.PcbLib biblioteke; definirati <i>footprintove</i> komponentenata koje se ne nalaze u dostupnim bibliotekama.
neuspjelo dodavanje pinova komponenti	<p>Provjeriti da li se <i>Designatori</i> pinova komponenti na električnoj shemi slažu s <i>Designatorima</i> lemnih točaka (<i>padova</i>) pratećih <i>footprintova</i>, npr:</p> <ul style="list-style-type: none"> - dioda na električnoj shemi ima pinove <i>Designatora</i> A i K, a <i>footprint Designatore</i> 1 i 2, - tranzistor na električnoj shemi ima pinove <i>Designatora</i> E, B i C, a <i>footprint Designatore</i> 1, 2 i 3 i sl. <p>Ako postoje razlike, izmijeniti komponente u izvornim bibliotekama (ili u bibliotekama za električnu shemu ili za PCB).</p>

Nakon uspješnog transfera dizajna, izgled radnog dokumenta je sljedeći:



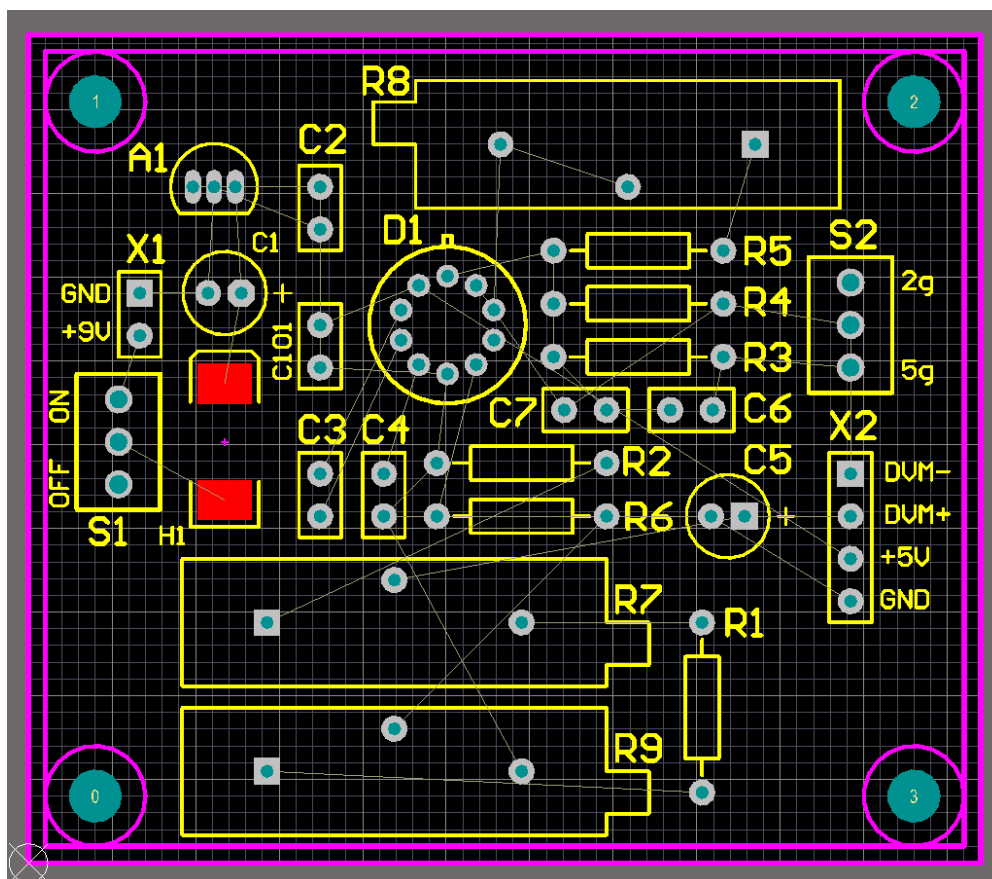
Slika 7: Učitavanje dizajna s električne sheme u PCB dokument

Raspoređivanje komponenata na tiskanoj pločici

12. Raspoređivanje komponenata na tiskanoj pločici (*Components placement*)

Prvu fazu projektiranja tiskane pločice čini postupak raspoređivanja komponenata. Pravilo je da se najprije raspoređuju komponente čiji je smještaj određen mehaničkim zahtjevima (npr. konektori, ispitne točke, trimeri i sl.), zatim komponente s posebnim zahtjevima (npr. osjetljivi analogni sklopovi, RF komponente, složeni integrirani sklopovi itd.), a zatim sve ostale komponente. Posebnu pažnju obratiti na smještaj **blokadnih kondenzatora** integriranih sklopova (uz samu komponentu). Kvaliteta početnog smještaja komponenata ujedno određuje i kvalitetu i složenost povezivanja komponenti u postupcima ručnog (interaktivnog) ili automatskog povezivanja komponenti.

Bitno je naglasiti da je raspoređivanje komponenti **iterativan proces** i da u pravilu nije moguće optimalno razmjestiti komponente već u prvoj iteraciji (tek se u postupku interaktivnog povezivanja komponenti pokazuje kako komponente mogu bolje rasporediti). Na slici 8 je prikazan **zadani** raspored komponenata na tiskanoj pločici kojeg je potrebno slijediti prilikom izrade vježbe:



Slika 8: Zadani raspored komponenti na tiskanoj pločici

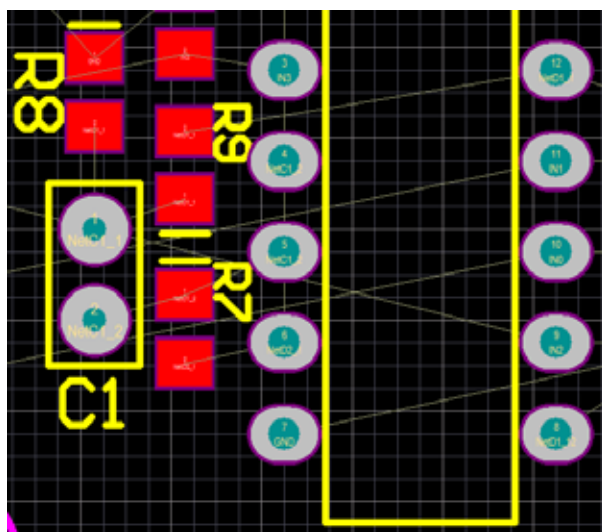
Tijela i oznake komponenti prikazani su u *Top Overlay* sloju (maska za postupak "sitotisk 2"). Oznake komponenti (*Designator*) odgovaraju informaciji iz polja *Designator* unešenoj na električnoj shemi. Prikaz vrijednosti ili tipa komponente (*Comment*) može se uključiti po želji, ali to se najčešće ne radi jer se time smanjuje preglednost prikaza položajnog nacrtu komponenti.

Lemne točke (*padovi*) za *through-hole* komponente sa žičanim izvodima se prikazuju u *Multi-Layer* sloju, dok se za SMD komponente *padovi* prikazuju u *Top Layer* sloju. Dvostrukim klikom na *pad* mogu mu se uređivati svojstva (npr. u kojem se sloju prikazuje, promjer rupe (uvijek jednak nuli za SMD *padove*), oblik, veličina i sl.). U središtu *pada* nalazi se *Designator* (koji treba po oznaci odgovarati *Designatoru* pina komponente na električnoj shemi) i oznaka mreže (*net*).

Napomena (prikaz vrijednosti komponente): Vrijednost parametra *Value* za pasivne komponente **ne prenosi** se s električne sheme u PCB dokument (to je razlog zašto je na električnoj shemi bitno vrijednosti ili upisati u *Comment* polje ili koristiti *Comment* "*=Value*" redirekciju opisanu na 1. lab. vježbi).

Napomena (preklapanje lemne točke s *Top Overlay* slojem): Oznake komponenata potrebno je postaviti uz komponente tako da se jednoznačno vidi koja oznaka pripada svakoj od komponenti. Međutim, bitno je da se oznake komponenti (i drugi objekti iz *Top Overlay* sloja) **ne preklapaju** s lemnim točkama (*padovima*), jer će u postupku sitotiska boja biti postavljena preko lemnih mjesta, što će otežati ili onemogućiti lemljenje! Po potrebi, veličina slova u *Designatoru* komponente može se smanjiti (npr. za komponente H1, C1 i C101 na slici).

Uključivanjem slojeva *Top/Bottom Solder* mogu se vidjeti granice do kojih se postavlja zaustavni lak oko lemnih točaka (označeno tamnoljubičastom bojom na slici 9):



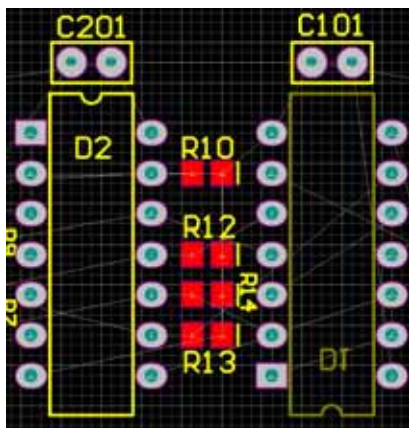
Slika 9: Granice zaustavnog laka

Napomena (postavljanje komponenata na rasteru): Preporučljivo je komponente postavljati tako da se lemnne točke nalaze na rasteru za interaktivno povezivanje (*Snap Grid*) jer se na taj način olakšava sam postupak povezivanja komponenti. To se može postići uključivanjem opcije *DXP » Preferences » PCB Editor » General » Snap to center + Smart Component Snap*: kada se na komponentu klikne u blizini nekog izvoda, tada se kursor smješta u njegovo središte i komponentu se poravnava po referentnom rasteru (tj. ne koristi se obično grublje definiran *Component Snap Grid*).

Sve komponente mogu se u svakom trenutku u jednom koraku poravnati s rasterom pozivom na opciju *Edit » Align » Move All Components Origin to Grid*.

13. Pomicanje komponenti na radnom prostoru

- Komponenta se na novi položaj pomiče *drag-and-drop* postupkom,
- komponenta se može rotirati pritiskom na *Space* tipku,
- grupa selektiranih komponenti može se istovremeno pomicati ili rotirati,
- nije dozvoljeno zrcaljenje komponenti (*x* i *y* tipke) jer pinovi neće odgovarati stvarnom fizičkom rasporedu,
- kod pločica predviđenih za dvostranu ugradnju, komponenta se može smjestiti na lemnu stranu tako da se u dijalogu svojstava odabere *Layer – Bottom Layer*, kao npr. komponenta D1 na sljedećoj slici:



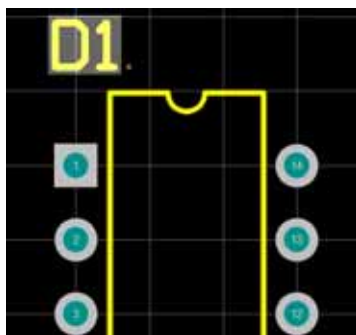
Slika 10: Prikaz komponente na lemnjoj strani pločice

(komponenta na lemnjoj strani bit će automatski prikazana zrcaljeno, jer se projektira uvijek tako da se dizajn promatra s gornje strane pločice).

- korisne opcije za brzo zumiranje:
 - o *Zoom » All (Z, A)* – promjena mjerila prikaza tako da se prikaže cijela pločica (odnosno svi obuhvaćeni objekti),
 - o *Zoom » Window (Z, W)* – promjena mjerila prikaza tako da se obuhvati mišem obilježeni prozor.

14. Prilagodba lemnih točaka

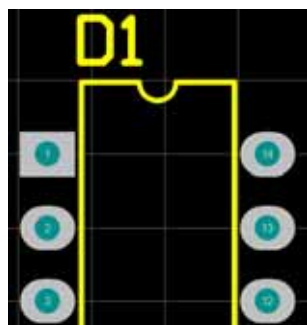
Većina komponenata koja dolazi u preinstaliranim bibliotekama odgovara potrebnim standardima i preporukama za izradu tiskanih pločica. Međutim, u određenim slučajevima bit će potrebno prilagoditi postojeće komponente tehnologiji u kojoj se realizira tiskana pločica. Tipičan primjer za to su lemne točke (*padovi*) *through-hole* integriranih sklopova koji se ugrađuju na jednostrane tiskane pločice ručne izrade. Originalna komponenta DIP-14 (*dual-in line package, 14 pins*) ima sljedeći izgled pinova:



Veličina pada:

- promjer lemnog prstena 59 mil (1,5 mm) (po x i y osi),
- promjer lemne rupe 35 mil (0,9 mm).

Ukoliko se koristi svrdlo promjera 0,9 mm ili se kod izrade maske koristi opcija *Show Holes* (vidi točku 24), tada će oko rupe za izvod komponente ostati razmjerno uzak bakreni sloj. Problem kod ručne izrade tiskane pločice su tolerancije procesa nagrizanja i ručnog bušenja rupa pa stvarni promjer neizjetkanog bakrenog sloja može biti još i uži, što dodatno otežava lemljenje. Zato je preporučljivo povećati dimenzije lemne točke npr. na $x = 75$ mils, $y = 60$ mils:



Povećanje je obavljeno prvenstveno po x-osi lemne točke, kako bi se između *padova* ostavilo dovoljno prostora za provlačenje vodova (uz preporučene dimenzije lemne točke između izvoda integriranog sklopa može se provući signalni vod širine 12 mil, uz dozvoljenu udaljenost (*Clearance*) od 12 mila od oba *pada* (dovoljno za sklopove koji rade do 30 V)).

Prilagodbu dimenzija lemnih točaka preporučljivo je raditi korištenjem *PCB Inspector* i korištenjem opcije *Find Similar Objects*.

Zadatak: Na tiskanoj pločici prilagoditi promjere rupa i veličine *padova* prema sljedećoj tablici:

Komponenta	Promjer rupe	Veličina <i>pada</i>
A1	0.8 mm	X-Size = 2 mm; Y-Size = 0.9 mm
D1	0.8 mm	X-Size = 1.4 mm; Y-Size = 1.4 mm
R1–R9, C1–C7, C101, X1, X2	0.8 mm	X-Size = 1.6 mm; Y-Size = 1.6 mm
S1, S2	1.1 mm	X-Size = 1.9 mm; Y-Size = 1.9 mm

Povezivanje komponenata na tiskanoj pločici (*Routing*)

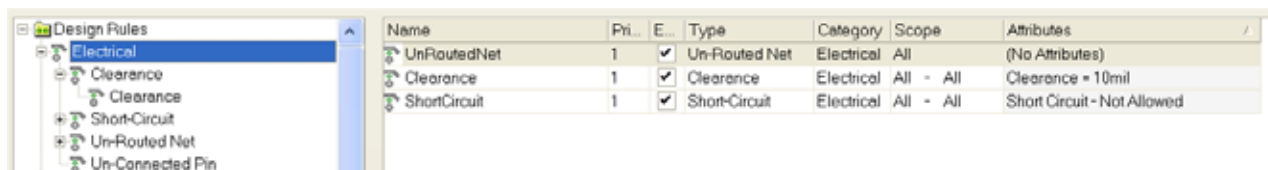
15. Zadavanje pravila dizajna tiskane pločice (*Design Rules*)

Prije nego što se započne s postupkom povezivanja komponenti neophodno je konfigurirati pravila dizajna tiskane pločice (*Design Rules*) (to je preporučljivo napraviti i ranije, prije razmještanja komponenti, tj. točke 12). Pravila dizajna uređuju se u sučelju opcije *Design » Rules* (D, R). Pravila dizajna odnose se na pravila električnog dizajna, parametre tehnološkog procesa izrade tiskane pločice i sistemske parametre programa (raspoređenih u stablo pravila). U nastavku će biti istaknuta najbitnija pravila koja je potrebno urediti prije postupka povezivanja komponenti:

- pravila minimalnog razmaka (*Electrical – Clearance*),
- pravila dozvoljene širine vodljivih likova (*Routing – Width*),
- pravila dozvoljenih dimenzija rupa na pločici (*Manufacturing – Hole Size*),
- pravila minimalnog razmaka između *padova* i *silkscreen* slojeva (*Manufacturing – SilkscreenOverComponentPads*),
- pravila minimalnog razmaka između susjednih otvora u maski zaustavnog laka (*Manufacturing – MinimumSolderMaskSliver*).

Zadavanje pravila minimalnog razmaka (*Electrical – Clearance*):

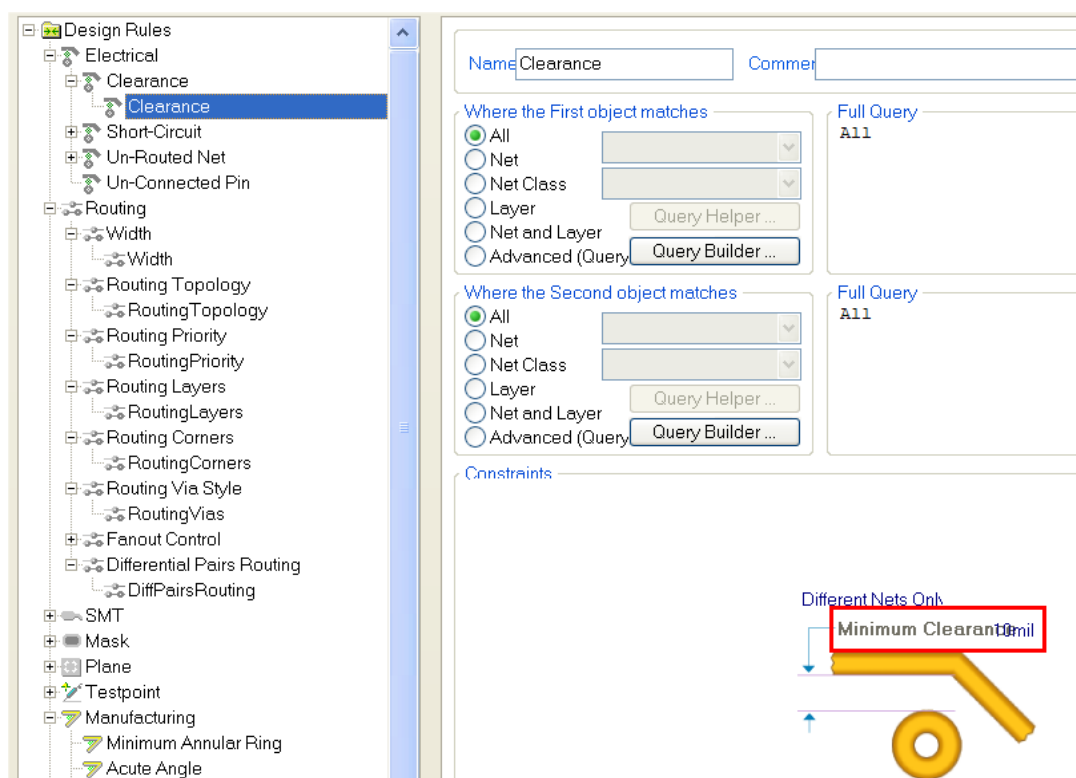
- promijeniti sustav mjernih jedinica u imperial (pritiskom na tipku "Q" ili putem opcije *Options » Board*),
- pokrenuti *Design » Rules*; u čvoru *Electrical* prikazuju se sva definirana pravila električnog dizajna:



- *Clearance* pravila odnose se na razmake između objekata; po *defaultu*, definirano je samo jedno pravilo koje se odnosi na sve objekte (vodljive likove) na tiskanoj pločici (*Scope: All – All*). Ovo pravilo ima simboličko ime (*Name*) *Clearance*:



- u polju *Attributes* vidi se da je zadan dozvoljeni minimalni razmak između vodljivih likova od 10 mil; dvostrukim klikom na pravilo *Clearance* ili odabirom čvora *Clearance* u stablu prikazuju se detalji o pravilu (vidi sliku dolje),
- mogu se uređivati sljedeći parametri:
 - o *Name* – naziv pravila, za razlikovanje ako ih ima više u jednoj grupi,
 - o *Where the First object matches*, *Where the Second object matches* – direktive koje određuju na koje se objekte pravilo primjenjuje; mogu se zadati *All* (svi objekti), *Net*, *Net Classes* itd.
 - o pravilo minimalnog razmaka je tzv. *binarno* pravilo, jer se uvijek odnosi na neki *par* objekata,
 - o ako se želi zadati neko vrlo specifično pravilo (npr. razmak između lemnih točaka neke komponente i odabrane mreže) može se koristiti i *Query Builder*⁴



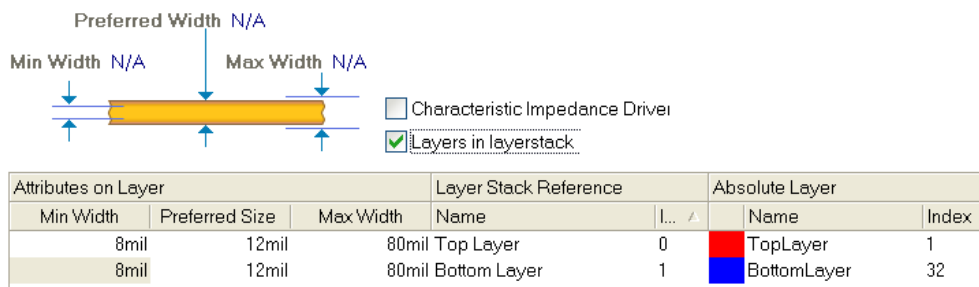
- o za potrebe vježbi bit će dovoljno promijeniti *Minimum Clearance* s 10 na 12 mila (preporučeni razmak kod tiskanih pločica koje se izrađuju bez maske zaustavnog laka).
- u čvoru *Electrical – Clearance* desnim klikom miša + *New Rule* može se zadati novo pravilo (npr. ako se osim globalnog *All – All* pravila žele kreirati i pravila za posebne situacije; u tom slučaju u tablici *Electrical – Clearance* mogu se podešavati prioriteta primjene više dodanih pravila).

Zadavanje pravila dozvoljene širine vodljivih likova (*Routing – Width*):

- uređuje se na sličan način kako je opisano kod pravila *Electrical – Clearance*,
- za razliku od *Electrical – Clearance*, *Routing – Width* je *unarno* pravilo (primjenjuje se samo na jedan objekt, bez relacije prema nekom drugom objektu),

⁴ *Query Builder* se može koristiti i u raznim drugim situacijama kada je potrebno zadati neki složen i specifičan uvjet pretraživanja objekata u dizajnu u bilo kojem modulu Altium Designera; *Query Builder* olakšava kreiranje upita i bez poznavanja ugrađenog Altiumovog *Query Languagea*

- u jednom pravilu prikazuje se tablično minimalna, preporučena i maksimalna dozvoljena širina tiskanog voda (*Min Width*, *Preferred Size* i *Max Width*) na svakom od vodljivih slojeva (preporučljivo je uključiti opciju *Layers in layerstack* koja će ograničiti prikaz samo na one slojeve uključene opcijom *Layer » Layer Stack Manager*),



- potrebno je zadati sljedeće vrijednosti: *Min Width* = 12 mil, *Preferred Size* = 12 mil i *Max Width* = 60 mil,

Napomena: zadavanje *Routing – Width* pravila prije početka povezivanja komponenti je vrlo bitno, jer *default* postavke (*Min Width* = *Preferred Size* = *Max Width* = 10 mil) **neće dozvoliti postavljanje vodova širih od 10 mila!**

Zadavanje pravila dozvoljenih dimenzija rupa na pločici (*Manufacturing – Hole Size*):

- potrebno je zadati *Manufacturing – Hole Size – Maximum* = 3.2 mm, jer će inače rupe za vijke biti označene kao pogrešne (inicijalno je dozvoljena maksimalna širina rupa na pločici *Manufacturing – Hole Size* = 2.54 mm).

Zadavanje pravila minimalnog razmaka između *padova* i *silkscreen* slojeva (*Manufacturing – SilkscreenOverComponentPads*):

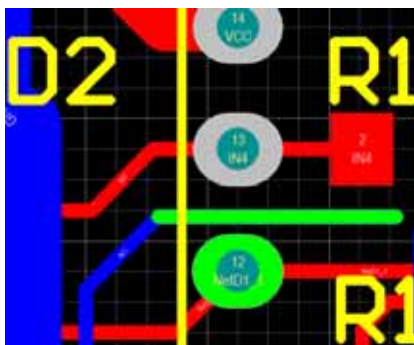
- potrebno je zadati *Manufacturing – SilkscreenOverComponentPads* = 2 mil, da se izbjegne preklapanje lemne točke s *Top Overlay* slojem.

Zadavanje pravila minimalnog razmaka između susjednih otvora u maski zaustavnog laka (*Manufacturing – MinimumSolderMaskSliver*)

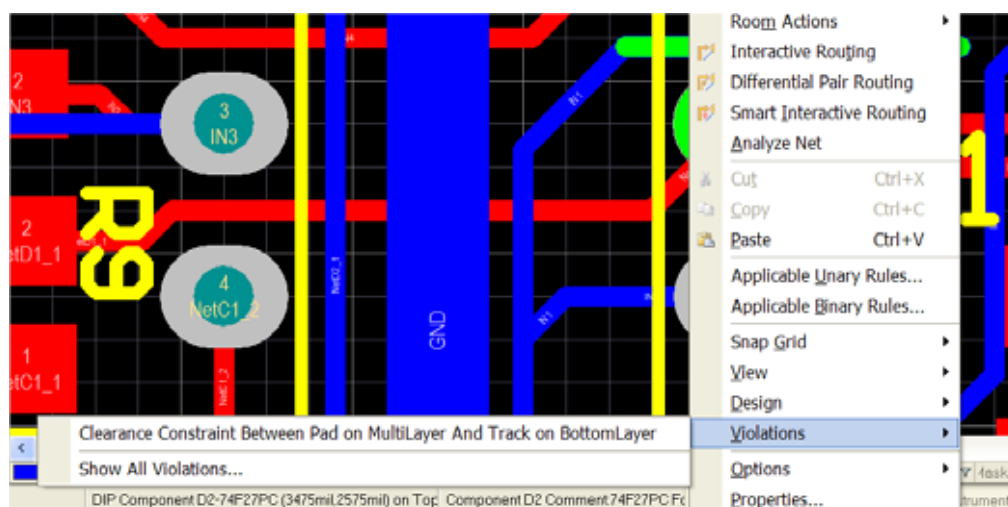
- potrebno je zadati *Manufacturing – MinimumSolderMaskSliver* = 2 mil.

16. On-line provjera pravila (*Online DRC*)

Altium Designer kontinuirano provodi provjeru pravila za vrijeme projektiranja tiskane pločice. Sva mjesta na kojima se uoči odsuptanje od pravila bit će označena zelenom bojom (ako je u prikaz uključen sloj *DRC error markers*):



Ako nije odmah očigledno o kojem se kršenju DRC pravila radi, može se kliknuti desnim gumbom miša na zeleno mjesto i pozvati opcija *Violations*:



U prikazanom primjeru vidi se da nije ispoštovano *Clearance* pravilo između *Pada* i tiskanog voda.

Napomena: Iako program provjerava DRC pravila za vrijeme projektiranja tiskanih veza, na kraju je ipak potrebno ručno pokrenuti *batch* provjeru putem opcije *Tool » Design Rule Check* (vidi točku 23). Time će se provjeriti i ona pravila koje se ne provjeravaju *on-line*, a minimizirat će se i mogućnost da neke pogreške ostanu neuočene (npr. nepovezane mreže se neće vidjeti u *DRC error markers* sloju, a kod gustog rasporeda vodova neka nepovezana konekcija u *Connections and From Tos* može se "utopiti" u prikazu tiskanih vodova).

17. Ručno povezivanje komponenata na tiskanoj pločici (*Interactive manual routing*)

Napomena: Predložak povezivanja komponenti na tiskanoj pločici opisan je u točki 21. Prije početka rada na postupku povezivanja komponenti korisno je proučiti naputke u točkama 17 – 21.

Napomena: Vodljive staze na PCB dizajnu su objekti tipa *Track*. *Line* objekti (opcija *Place » Line*) **nisu predviđeni** za povezivanje komponenti i tu opciju treba koristiti samo u slučaju kada se crtaju pomoćni objekti u dizajnu (npr. obrisi rubova tiskane pločice, *footprinti* komponenata i sl.) (pojavit će se DRC pogreška). Iako su *Line* i *Track* objekti gotovo identičnih svojstava (što se tiče načina crtanja), program za *Line* objekte neće npr. automatski dodijeliti mrežu objektu kada se *Line* počne crtati iz *pada*, za razliku od *Track* objekta.

Izvodi komponenata povezuju se korištenjem jedne od sljedećih opcija:

- *Place » Interactive Routing* (shortcut: **P, T**) (shortcut je dobro zapamtiti!),
- *Place » Interactive Differential Pair Routing* (shortcut: **P, I**),
- *Place » Interactive Multi-Routing* (shortcut: **P, M**).

Opcije *Interactive Differential Pair Routing* i *Interactive Multi-Routing* služe za istovremeno crtanje parova, odnosno skupina žica (*trackova*) i neće se koristiti na vježbi.

Alati za povezivanje dostupni su i iz *toolbar*a:



Povezivanje komponentata korištenjem *Interactive Routing* (P, T) opcije obavlja se na sljedeći način.

- pokrenuti opciju (P, T),
- postaviti kursor nad "izvorišni" *pad* (iz kojega se počinje postavljati tiskani vod) i kliknuti mišem (**obavezno** – ako se *Track* ne započne crtati iz lemne točke, tada se *track* objekt **neće automatski pridijeliti ispravnoj električnoj mreži** i povezivanje neće biti moguće! (npr. *Net* svojstvo će ostati *No Net* za *track* objekte koji se započnu crtati na praznom mjestu na PCB dokumentu)),
- lijevom klikom miša zadati sve lomne točke segmenata koji čine cjelokupnu vezu između dva *pada* (program automatski iscrtava *Look-ahead* segmente, koji prikazuju kako će veza izgledati prije nego se klikne mišem za prihvaćanje tog segmenta),
- završiti vezu klikom na "odredišni" *pad* (briše se oznaka neostvarne električne veze iz *Connections and From Tos* sloja),
- nastaviti povezivanje ili odustati pritiskom na *Esc* ili desni klik miša,
- povezivanje komponenti gotovo je kada nestanu sve linije iz *Connections and From Tos* sloja.

18. Promjena širine tiskanog voda za vrijeme povezivanja

Trenutna debljina voda za povezivanje komponenti može se promijeniti pritiskom na *Tab* (otvorit će se dijalog svojstava *Track* objekta). Širina se upisuje u polje *Width from user preferred value* (npr. 12 mil)



Iz istog prozora moguće je brzo pristupiti DRC pravilima koja se odnose na *trackove* (*Edit Width Rule*)

19. Načini crtanja i uređivanje postavljenih vodova

Pretpostavljeni način crtanja vodljivih staza je mod 45/90° (znači da se segmenti vodova mogu postavljati **isključivo** pod kutem od 45° ili 90°). Način postavljanja vodljivih likova može se promijeniti pritiskom na kombinaciju tipki *Shift+Space* (raspoloživi modovi: 45/90°, 90/90°, *Any Angle*, vodljive staze sa zaobljenim kutevima). Preporučljivo je koristiti mod crtanja 45/90°.

Vodovi se mogu pomicati na nove pozicije jednostavnim *drag-and-drop* postupkom. Promjena dimenzija može se postići jednostrukim klikom miša na vod i povlačenjem referentnih markera dimenzija voda. Za uređivanje vodova nude se još neke opcije (pritiskom na tipku *M* ili pozivom opcije *Edit » Move*):

- *Re-route* – umetanje novih segmenata u *Track*,
- *Break Track* – podjela jednog *Track* segmenta u dva dijela,
- *Drag Track End*,
- *Move/Resize Tracks*.

20. Promjena radnog sloja za vrijeme povezivanja komponenti i postavljanje prosvoja (*via*)

Promjena radnog sloja moguća je u svakom trenutku pritiskom na tipke "+" i "-" ili izravno odabirom sloja na *tabu* u donjem dijelu prozora. Pritiskom na tipku "*" mijenja se trenutno aktivni signalni sloj (npr. *Top Layer* u *Bottom Layer*).

Pritiskom na kombinaciju tipki Shift + S (*Toggle Single Layer Mode*) ulazi se u *Single Layer Mode* način rada: trenutno korišteni sloj postaje aktivan, a ostali slojevi se (ovisno o postavkama) maskiraju. Promjena aktivnih slojeva i dalje je moguća korištenjem tipki "+", "-" ili "*". Za izlazak iz ovog načina rada potrebno je ponovo pritisnuti tipke Shift + S.

Ako se promjena sloja obavlja dok je aktivan alat za postavljanje *tracka* (npr. pritiskom na "+" tipku), automatski će se postaviti *via* koja povezuje *trackove* u različitim slojevima. *Vie* se mogu postavljati ručno pozivom opcije *Place » Via* (P, V).

Pritiskom na tipku *Tab* prilikom postavljanja *vie* mogu joj se mijenjati *default* svojstva. Koristiti *vie* vanjskog promjera 50 mila i promjera rupe 28 mila.

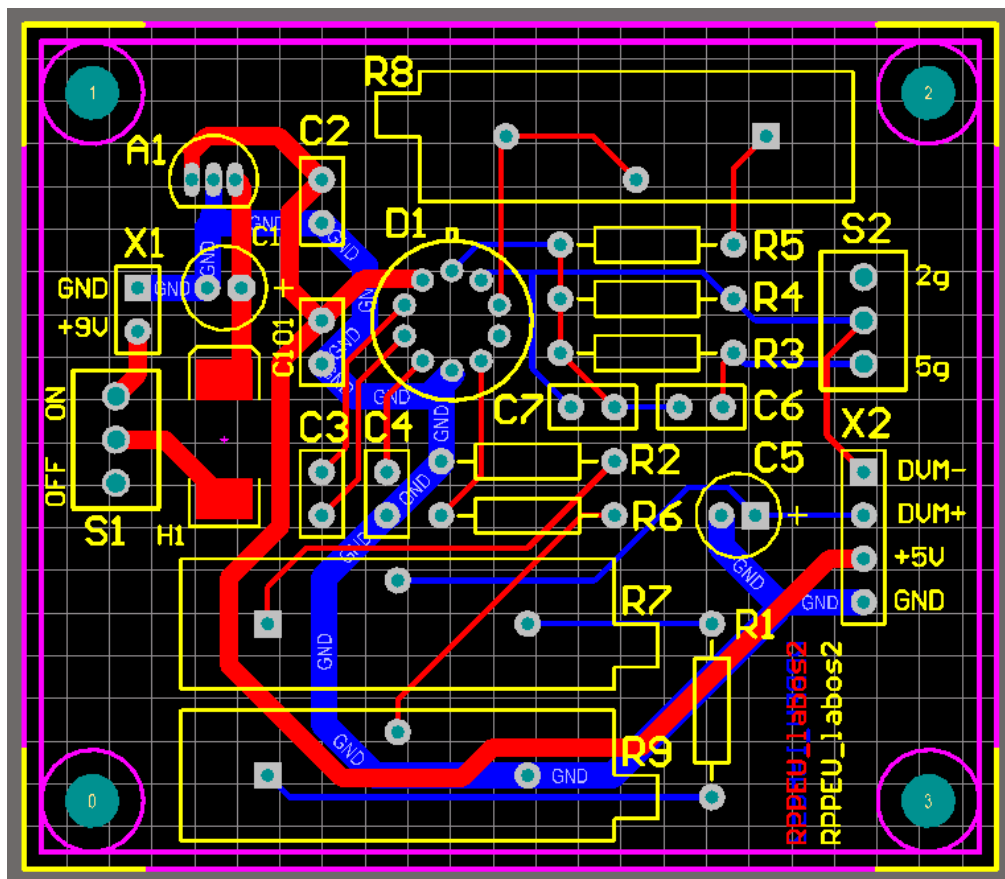
21. Predložak tiskanih veza za zadatak za laboratorijske vježbe

Na slici 11 prikazana je gotova tiskana pločica, realizirana korištenjem dva vodljiva sloja (*Top Layer* i *Bottom Layer*). Na slikama 12 i 13 prikazani su predlošci vodljivih likova posebno za komponentnu i lemnu stranu tiskane pločice. Povezivanje na vježbama treba napraviti (približno) prema zadanim predlošcima.

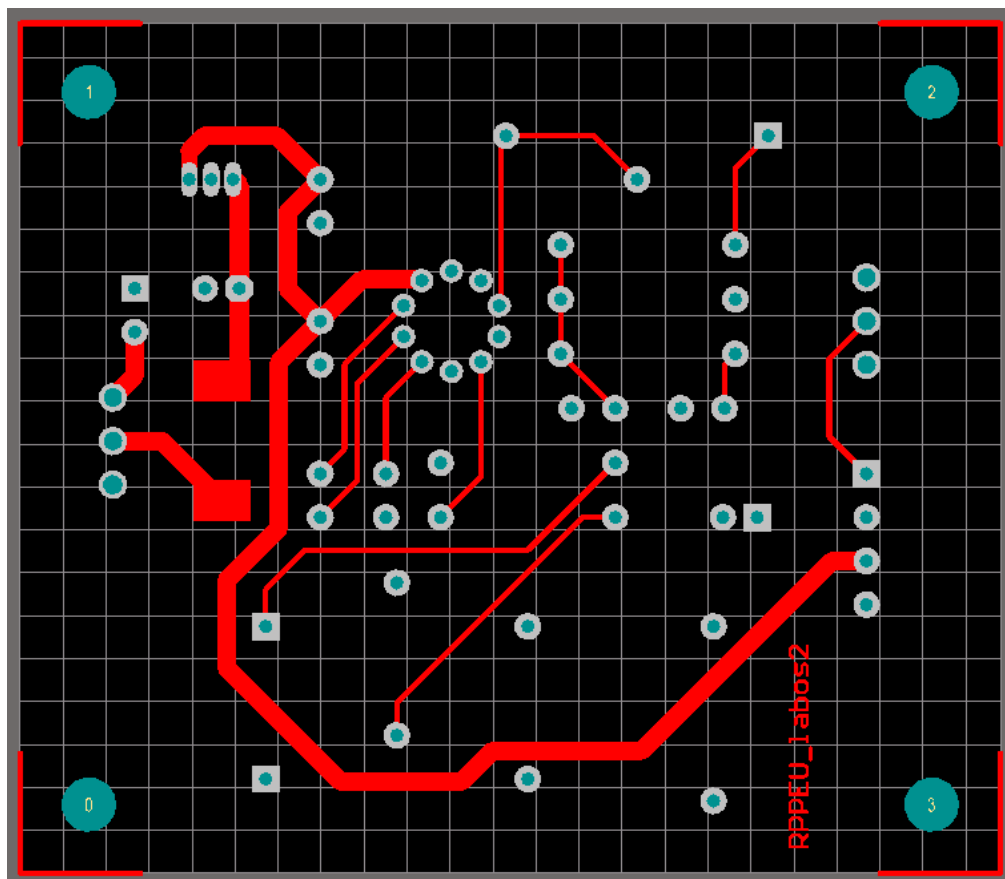
Postupak povezivanja, u pravilu, započinje postavljanjem vodova napajanja (GND i VCC), a zatim se postavljaju svi signalni vodovi (tipično se započinje s najosjetljivijim, kritičnim vodovima). U tablici 1 zadane su širine vodova za pojedine mreže.

Tablica 1: Zadane širine vodova za pojedine mreže

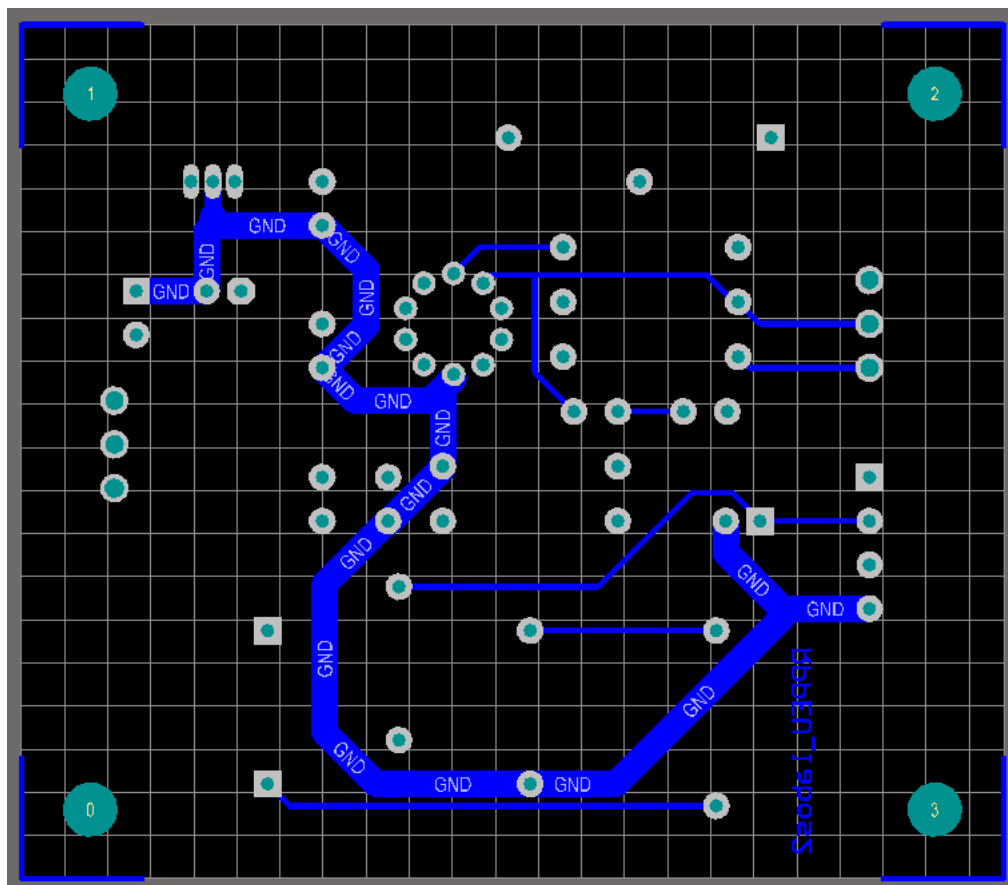
Mreža	Širina voda [mils]
VCC	40
GND	60
svi signalni vodovi	12



Slika 11: Izgled gotove tiskane pločice (svi slojevi)



Slika 12: Vodljivi likovi na komponentnoj strani strani pločice (Top, Multi-Layer)



Slika 13: Vodljivi likovi na leđnoj strani strani pločice (*Bottom, Multi-Layer*)

22. Dodavanje tekstualnih oznaka i ucrtavanje rubova pločice

Kod izrade i primjene maski za procesiranje tiskanih pločica važna je njihova orijentacija i pozicioniranje. Zato je u slojeve za definiranje vodljivih likova poželjno dodati:

- oznaku sloja (slovno-brojevnu),
- oznake rubova pločice,

Oznaka sloja u *Bottom* sloju dodaje se zrcaljeno (obzirom da se prilikom postupka projektiranja cijela pločica promatra s komponentne strane). Rubovi pločice **ne crtaju se po cijelom rubu**, već samo po kutevima, jer bi bakar zastao nakon postupka jetkanja mogao smetati prilikom automatiziranog izrezivanja pločice na točne dimenzije. Oznake rubova i tekstualna oznaka dodaje se i u *Silkscreen* slojevima (tekstualna oznaka obično je logo proizvođača i verzija pločice, jer oznake komponenti koje bi mogle pomoći kod pozicioniranja maske već postoje u tom sloju). U *Silkscreen* sloj se kao objekti tipa *String* još dodaju i korisnički komentari i oznake (npr. oznake uz sklopke i napajanje).

23. Konačna DRC provjera (*batch DRC*)

Nakon završetka projektiranja tiskane pločice potrebno je pokrenuti konačnu provjeru dizajna pozivom opcije *Tools » Design Rule Check (D, R)*. Ako je provjera prošla u redu, u *Design Rule Verification Report* ne bi smjela postojati niti jedna pogreška ili upozorenje (u suprotnom treba postupiti prema porukama o pronađenim pogreškama).

24. Kreiranje dokumentacije i maski za procesiranje tiskane pločice

Iz *.PcbDoc datoteke koja sadrži cjelokupni dizajn tiskane pločice može se generirati sva potrebna pismena dokumentacija i maske za tehnološko procesiranje pojedinih fizičkih slojeva na pločici. Postoji više različitih mogućnosti generiranja izlaznih podataka za pismeno dokumentiranje, pripremu maski i CAD/CAM datoteka za procesiranje tiskane pločice:

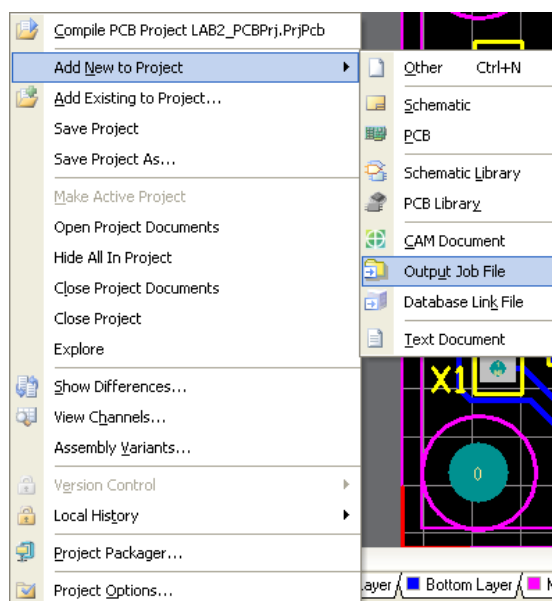
- *File » Print* – izravan ispis odabranih slojeva na pisač (papir ili prozirnu foliju); najjednostavniji način, koristi se kada se želi dobiti brzi ispis odabranih slojeva prema korisnički definiranim postavkama,
- *File » Fabrication Outputs, File » Assembly Outputs* – generiranje specijaliziranih CAD/CAM datoteka za automatizirano procesiranje tiskanih pločica (npr. standardne *Gerbers* datoteke s instrukcijama razumljivima fotoploterima za izradu maski, *ODB++* CAM datoteke, *NC Drill Files* za upravljanje koordinatnim bušilicama i sl.); koriste se kada se proizvođačima tiskanih pločica želi proslijediti dizajn u nekom od standardnih industrijskih formata,
- *File » Output Job File* – datoteka u kojoj se na jednom mjestu može konfigurirati *batch* izrada cjelokupne dokumentacije projekta (što uključuje i sve ranije navedene dijelove),
- *File » Smart PDF* – generiranje pdf dokumenta koji sadrži odabranu dokumentaciju projekta.

Preporučljivo je koristiti *Output Job File* datoteku kao središnje mjesto na kojem se konfiguriraju i pohranjuju specifične postavke za generiranje dokumentacije nekog PCB projekta. *Output Job* datoteku može se dodati u projekt i uređivati na dva načina:

- ručnim dodavanjem nove *Output Job* datoteke projektu,
- prilikom korištenja opcije *File » Smart PDF*.

Postupak ručnog dodavanja nove *Output Job* datoteke projektu je sljedeći:

- desni klik na projekt u *Project Manager* panelu + *Add New to Project* + *Output Job File*:



- pojavljuje se tablica u kojoj se nalaze svi raspoloživi tipovi izlazne dokumentacije PCB projekta. Za potrebe ove laboratorijske vježbe i za izradu programa iz RPPEU bit će dovoljan samo tip *Documentation Outputs – PCB Prints*, koji se odnosi na ispis

maski za izradu tiskane pločice izravno na pisač (**napomena:** taj tip izlazne dokumentacije identičan je onome koji se dobiva putem *File » Print* za neki PCB dokument),

- pohraniti *Output Job* datoteku na disk (npr. *Maske.OutJob*) (**napomena:** za jedan projekt može se definirati više različitih *Output Job* datoteka, ako se želi definirati više različitih postavki za *batch* generiranje dokumentacije nekog projekta).

Batch generiranje dokumentacije nekog projekta znači da će se automatski generirati svi izlazni dokumenti koji su označeni u tablici sadržaja *Output Job* datoteke. Nakon odabira željenog *Output Media* (pisač, pdf datoteka, web...) postupak generiranja dokumentacije se pokreće pritiskom na tipku F9 ili na ikonu odabranog medija.

Prije pokretanja izrade dokumentacije potrebno je konfigurirati parametre ispisa. Postavke je potrebno podesiti tako da se dobiju tri osnovne maske/dokumenta:

- položajni nacrt komponenata,
- nacrt tiskanih veza (za lemnu i za komponentnu strane tiskane pločice),
- plan bušenja.

Sadržaj slojeva pojedinih maski prikazan je sljedećom tablicom:

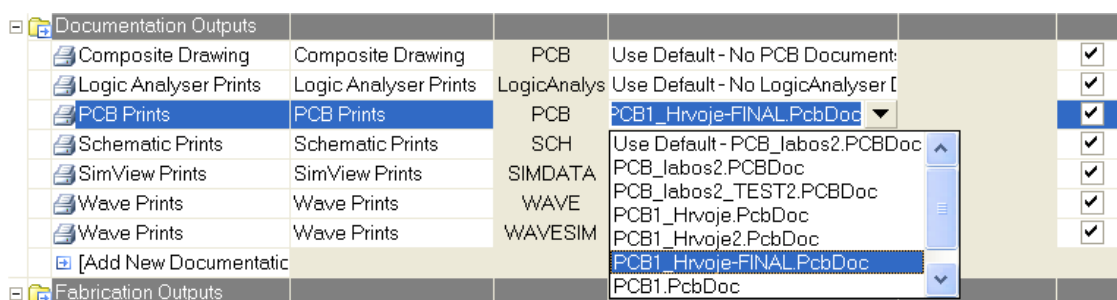
Maska/dokument	Slojevi
položajni nacrt komponenata	<i>Top Overlay</i>
nacrt tiskanih veza (leamna strana)	<i>Bottom Layer</i> <i>Multi-Layer</i>
nacrt tiskanih veza (komponentna strana)	<i>Top Layer</i> <i>Multi-Layer</i>
plan bušenja	<i>Drill Drawing</i> ⁵ <i>Mechanical 1</i>

Postupak dodavanja potrebnih maski u *Output Job File* je sljedeći:

- dvostruki klik na *Documentation Outputs – PCB Prints* ako se datoteka uređuje ručno (otvori se prozor *PCB Printout Properties*), ili u koraku *PCB Printout Settings* ako se koristi *Smart PDF Wizard*,
- desnim klikom miša + *Insert Printout* dodati novi ispis,
- ako je novi *Printout* predviđen za položajni nacrt komponenti, treba napraviti sljedeće:
 - o promijeniti ime (u npr. "*Top Overlay*"),
 - o desni klik na *Printout* + *Insert Layer*: odabrati *Top Overlay* i pritisnuti OK (dodati samo *Top Overlay* u položajni nacrt komponenata⁶),
- isto ponoviti i za nacрте tiskanih veza ("*Bottom*" i "*Top*"), s tim da se za lemnu stranu dodaju slojevi *Bottom* i *Multi-Layer*, a za komponentnu slojevi *Top* i *Multi-Layer*,
- za plan bušenja dodati *Printout* naziva "*Drill Drawing*", u koji se uključuju slojevi *Drill Drawing* i *Mechanical 1*,
- ako u PCB projektu ima više PCB dokumenata, a *Output Job File* se uređuje ručno (kod *Smart PDF Wizard*a dokumenti za ispis se odabiru u jednom od prethodnih koraka), selektirati na koji se **.PcbDoc* dokument dokumentacija odnosi (klikanjem na ćeliju u *Data Source* stupcu, vidi sliku):

⁵ Ne *Drill Guide*, jer on ne sadrži oznake različitih promjera rupa!

⁶ *Multilayer* se ne dodaje u položajni nacrt komponenata, jer bi to značilo da bi svi *through-hole* padovi bili uključeni u masku "sitotiska 2", što bi prekrilo lemnna mjesta u postupku sitotiska i onemogućilo lemljenje!



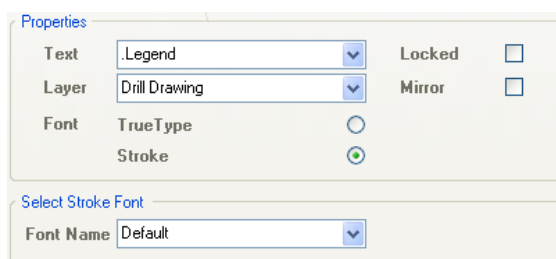
Nakon što su definirane postavke izlazne dokumentacije, prozor u kojem se definiraju *printouti* bi trebao imati sljedeći izgled:

Printouts & Layers		Include Components			Printout Options		
Name		Top	Bottom	Double Sided	Holes	Mirror	TT Fonts
Drill Drawing		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Drill Drawing							
– Mechanical 1							
Top		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Top Layer							
– Multi-Layer							
Bottom		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Bottom Layer							
– Multi-Layer							
Top Overlay		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Top Overlay							

Napomena: Za *Top* i *Bottom Printoute* uključiti prikaz rupa na *through-hole* padovima (stupac *Holes*). Na taj način će se vidjeti mjesta i dimenzije rupa u maskama za procesiranje vodljivih slojeva. Opciju je uvijek potrebno uključiti kod ručnog procesiranja pločica, jer će ostavljene rupe u središtu *padova* omogućiti lakše ručno bušenje (kod strojnog bušenja se te rupe ne prikazuju u maski). Maske se ispisuju nezrcaljeno (iako je kod plana bušenja ponekad praktično generirati i zrcaljeni ispis, jer se pločica ručno buši promatrano s donje strane).

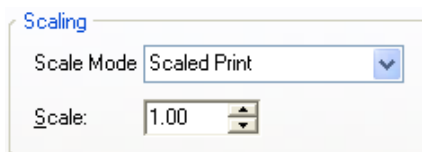
Također je uobičajeno prije izrade konačnog plana bušenja provesti **optimizaciju promjera rupa** radi pojednostavljenja postupka ručnog ili strojnog bušenja. Naime, rupe bliskih promjera mogu se bušiti istim svrdlom, promjera jednakog ili nešto većeg od najšire rupe u grupi (npr. rupe promjera 0,6 mm, 0,7 mm i 0,8 mm se mogu sve bušiti istim svrdlom promjera 0,8 mm). Optimizaciju je najlakše provesti korištenjem opcije *Find Similar Objects* i klikom na neku lemnu točku u dizajnu. Inicijalno stanje promjera rupa može se provjeriti promatranjem početno dobivenog plana bušenja (vidi nastavak). Za jednostavnije dizajne, poput dizajna u laboratorijskoj vježbi, dobro je pokušati optimirati rupe za korištenje svega tri svrdla (npr. 0,8 mm, 1,1 mm i 3,2 mm).

Kod plana bušenja također je bitna i legenda koja povezuje informacije o simbolima na prikazu s promjerom rupa. Legenda se može dobiti postavljanjem *Stringa* u *Drill Drawing* sloju pokraj pločice:



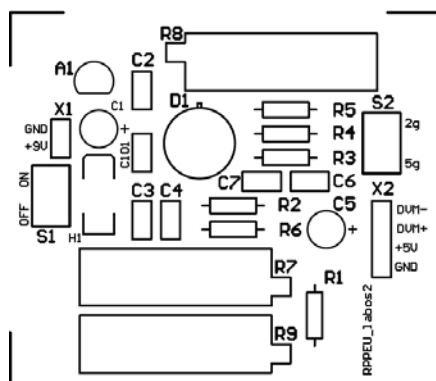
U legendi se automatski ispisuje broj i veličina svih korištenih rupa (vidi sliku 18).

Na kraju, u nastaloj *Output Job* datoteci potrebno je podesiti mjerilo ispisa na papir. Iako je po *defaultu* mjerilo podešeno tako da maska prekrije cijeli papir za ispis (što je ponekad korisno), sve izlazne dokumente trebalo bi ispisati u **mjerilu M1:1**. To se postiže desnim klikom na *PCB Prints* » *Page Setup* i promjenom faktora skaliranja:

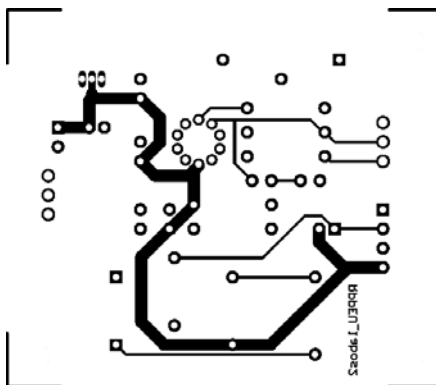


Corrections X/Y ostaviti na vrijednosti 1.00. Također uključiti *Mono* (crno-bijeli) sustav boja.

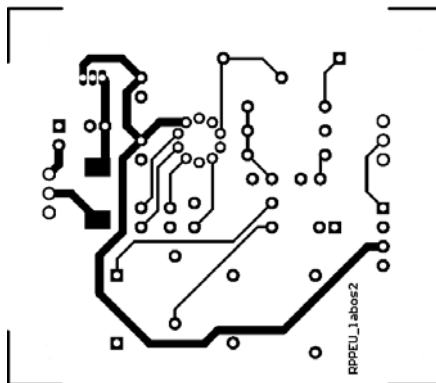
Izgled svih dobivenih maski u mjerilu M1:1 prikazan je na sljedećim slikama:



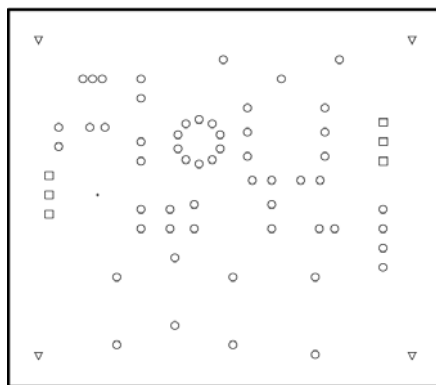
Slika 14. Položajni nacrt komponenata



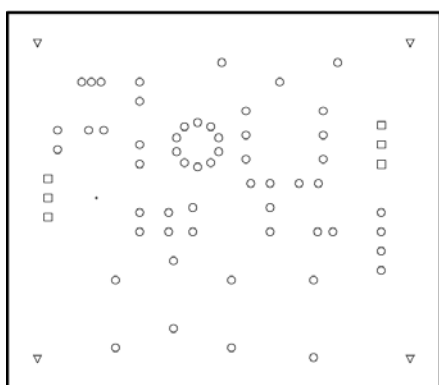
Slika 15. Nacrt tiskanih veza (lečna strana)



Slika 16. Nacrt tiskanih veza (komponentna strana)



Slika 17. Plan bušenja



Symbol	Hit Count	Tool Size	Plated	Hole Type
○	56	0.8mm (31.496mil)	PTH	Round
□	6	1.1mm (43.307mil)	PTH	Round
▽	4	3.2mm (125.984mil)	PTH	Round
	66 Total			

Slika 18. Plan bušenja (s prikazanom legendom)

25. Kreiranje komponenti u korisničkoj *PcbLib* biblioteci

Komponente D1 (ADXL05JH, akcelerometar) te S1 i S2 (TOGGLE, sklopka) je potrebno definirati u korisnički kreiranoj *PcbLib* biblioteci. Postupak dodavanja nove *PcbLib* biblioteke u PCB projekt je sljedeći:

- desni klik na projekt u *Project Manager* panelu + *Add New to Project + PCB Library* (u stablu projektne strukture pojavljuje se nova *PcbLib* biblioteka),
- pohraniti novokreiranu biblioteku na disk (npr. u datoteku *Lab2.PcbLib*).

Nova komponenta se u biblioteku može dodati na više načina (u novootvorenoj datoteci inicijalno će se već nalaziti prazna komponenta PCBCOMPONENT_1), pozivom neke od opcija:

- *Tools » New Blank Component* (ručno definiranje komponente),
- *Tools » IPC Footprint Wizard* (automatizirano definiranje komponente),
- *Tools » Component Wizard* (automatizirano definiranje komponente).

Druge dvije opcije automatiziranog generiranja *footprinta* koriste se kod standardnih komponenti (pasivnih, integriranih sklopova i sl.). Međutim, komponente koje dolaze u nestandardnim kućištima (najčešće elektromehaničke komponente) uglavnom nije moguće definirati korištenjem *wizarda*. Zato će u ovom primjeru biti prikazan postupak ručnog definiranja komponente.

Prije definiranja tijela PCB komponente (*footprinta*), potrebno je prikupiti informacije o fizičkim dimenzijama komponente i rasporedu pinova (iz *datasheeta* proizvođača; npr. za akcelerometar vidi sliku 21). Iz opisa fizičkih dimenzija i rasporeda pinova može se odrediti

potrebni raspored lemnih točaka (ponekad te informacije proizvođači eksplicitno daju kao *Recommended Soldering Pattern*), na temelju čega je moguće definirati komponentu. Nakon otvaranja radnog prostora za definiranje novog *footprinta* potrebno je napraviti sljedeće korake:

- podesiti *snap grid* putem *Options » Board Options* (O, B) na 0.1 mm (može se uvijek brzo promijeniti pritiskom na tipku "G"),
- korištenjem opcije *Place » Pad* (*shortcut* P, P) + lijevi klik miša dodati lemnu točku (*Pad*) na radni prostor,
- ako lemnna točka nije vidljiva (zbog prikaza u nepogodnom mjerilu) pritisnuti Z, A (*Zoom-All*),
- dvostrukim klikom na postavljeni *Pad* mogu mu se uređivati svojstva; bitno je postaviti sljedeće parametre:
 - o *X-Size, Y-Size* – veličina lemne točke (po x i y osi),
 - o *Shape* – oblik lemne točke (pravokutni, kružni i sl.),
 - o *Layer* – sloj u kojem se nalazi lemnna točka (*Multi-Layer* za *through-hole* komponente, *Top Layer* za SMD),
 - o *Hole Size* – promjer lemne rupe (0 za SMD),
 - o *Designator* – oznaka lemne točke na *footprintu*,

Napomena: izuzetno je važno da se *Designator* na lemnoj točki *footprinta* poklapa s *Designatorom* odgovarajućeg pina na komponenti za električnu shemu!

- dodati sve *padove* korištenjem *Place » Pad* opcije (pritiskom na *Tab* za vrijeme dodavanja mogu im se mijenjati svojstva; *Designator* polje će biti automatski inkrementirano kod svakog novog *pada*),
- nacrtati obrise tijela komponente u *Top Overlay* sloju korištenjem linija (*Place » Line*) (bit će uključen u "*sitotisk* 2" postupak i u položajni nacrt komponenti u dokumentaciji); prilikom postavljanja linija postaviti debljinu na 10 mila.

Nadalje, potrebno je definirati **referentnu točku footprinta**. To je važno jer će se prema njoj obavljati postavljanje komponente na PCB dokument (ako se ne definira, postoji mogućnost da se npr. prilikom pomicanja komponente ona uopće ne vidi na PCB dokumentu). Referentna točka postavlja se pozivom opcije *Edit » Set Reference » Pin 1* (najbolje), ako postoji pin imena "1". Ako to nije slučaj, potrebno je pozvati opciju *Edit » Set Reference » Location* i kliknuti u središte nekog *pada*. Najlošije je postaviti referentnu točku pozivom opcije *Edit » Set Reference » Center*, jer postoji mogućnost da tada pinovi neće biti dobro usklađeni s rasterom za povezivanje komponenti (*off-grid pads*).

Napomena: Područje koje prekriva *Recommended soldering pattern* **veće** je od dimenzija same komponente. Zato je potrebno paziti da se objekti u *Top Overlayu* (koji označavaju obrise tijela komponente) **ne crtaju** preko *padova*, jer će lemljenje biti otežano ili onemogućeno!

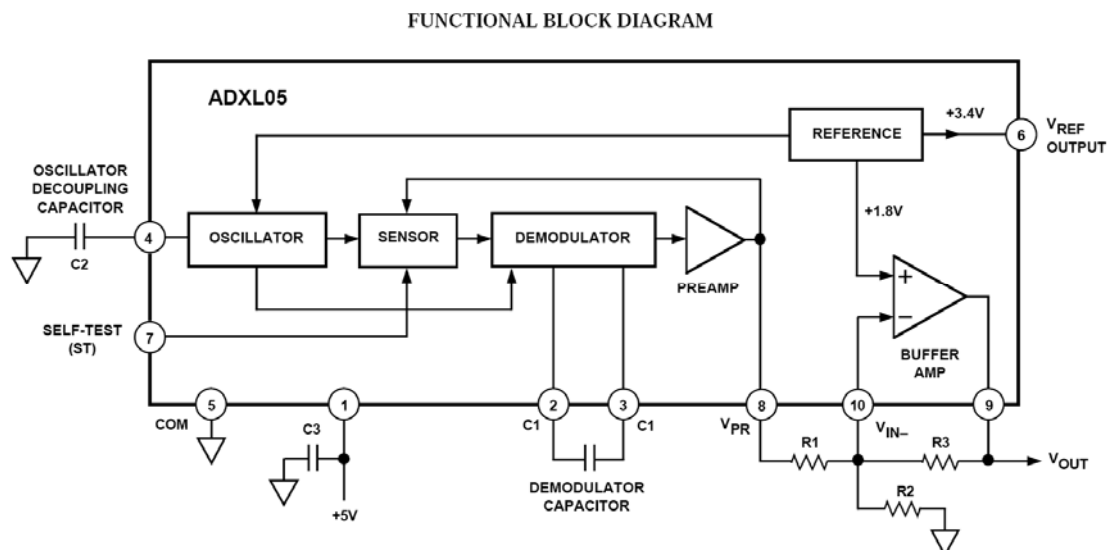
Na kraju, kreiranoj komponenti potrebno je **dodijeliti ime** (ADXL05, odnosno TOGGLE), koje odgovara tekstu koji se upisuje u **footprint polje** kod komponente na električnoj shemi. To se može napraviti putem opcije *Tools » Component Properties* (polje *Name*).

Sve komponente u nekoj *PcbLib* biblioteci mogu se pregledavati u *PCB Library* panelu. Iz *PCB Library* panela na jednostavan se način može upravljati komponentama u biblioteci (traženje, dodavanje, brisanje, uređivanje svojstava itd.).

Prilikom kreiranja komponente ADXL05JH na radnu površinu je potrebno postaviti deset *padova* u *Multi-Layer* sloju, dimenzija 1,4 mm x 1,4 mm i promjera rupe 0,8 mm, s oznakama (*Designator*) od 1 do 10 (prema slici 20). U *Top Overlay* sloju potrebno je postaviti oznake ruba komponente (*Full Circle* radijusa 185 mila; *Width* postaviti na 10 mila). Najvažniji podaci iz *datasheeta* komponente prikazani su na slikama 19, 20 i 21.

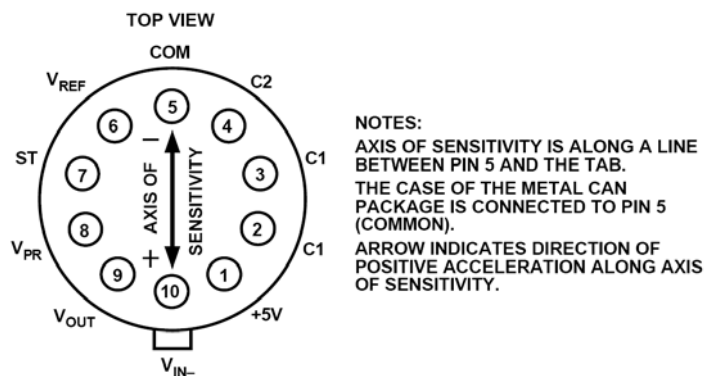
Postupak izrade komponente ADXL05JH je sljedeći:

- postaviti *pad* dimenzija 1,4 mm x 1,4 mm u *Multi-Layer* sloju i promjera rupe 0,9 mm, te ga kopirati (*Ctrl+C*),
- *Edit » Paste Special » Paste Array*, postaviti *Array Type* u *Circular*, *Spacing(degrees)* 36.000, *Item Count* 10, *Text Increment* 1.
- lijevim klikom miša (najbolje u ishodište) određuje se centar komponente,
- lijevi klik miša na udaljenosti 115 mila od ishodišta (pratiti poziciju kursora na ekranu) određuje radijus udaljenosti centra *padova* od ishodišta,
- u *Top Overlay* sloju postaviti oznake ruba komponente: *Place » Full Circle* (*shortcut* P, U), radijus 185 mila oko ishodišta, debljina crte (*Width*) 10 mila,
- korištenjem opcije *Place » Line* (*shortcut* P, L) u *Top Overlay* sloju dodati oznaku uz priključak broj 10,
- postaviti referentnu točku u centar komponente.



Slika 19: Blok shema komponente ADXL05JH

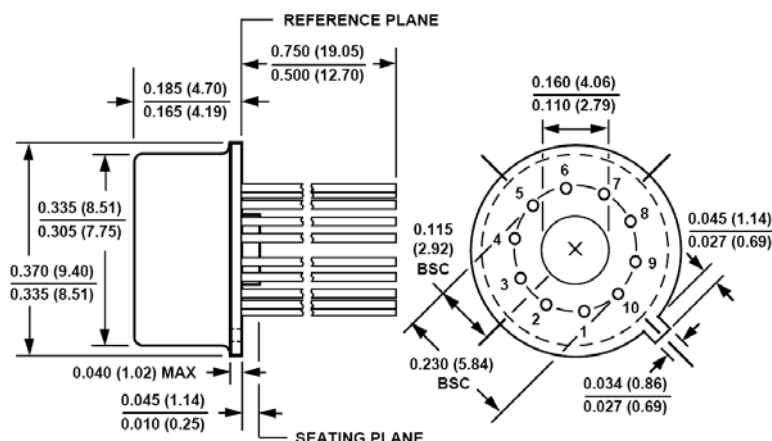
CONNECTION DIAGRAM 10-Header (TO-100)



Slika 20: Preporučeni raspored lemnih točaka (*padova*) za komponentu ADXL05JH

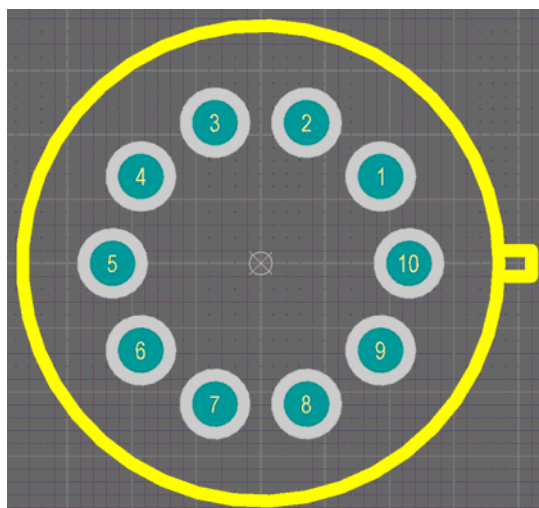
OUTLINE DIMENSIONS

Dimensions shown in inches and (mm).



Slika 21: Opis fizičkih dimenzija i rasporeda pinova komponente ADXL05JH

Nakon prethodnih koraka *footprint* komponente ADXL05JH bi trebao izgledati kao na slici 22:



Slika 22. Footprint komponente ADXL05

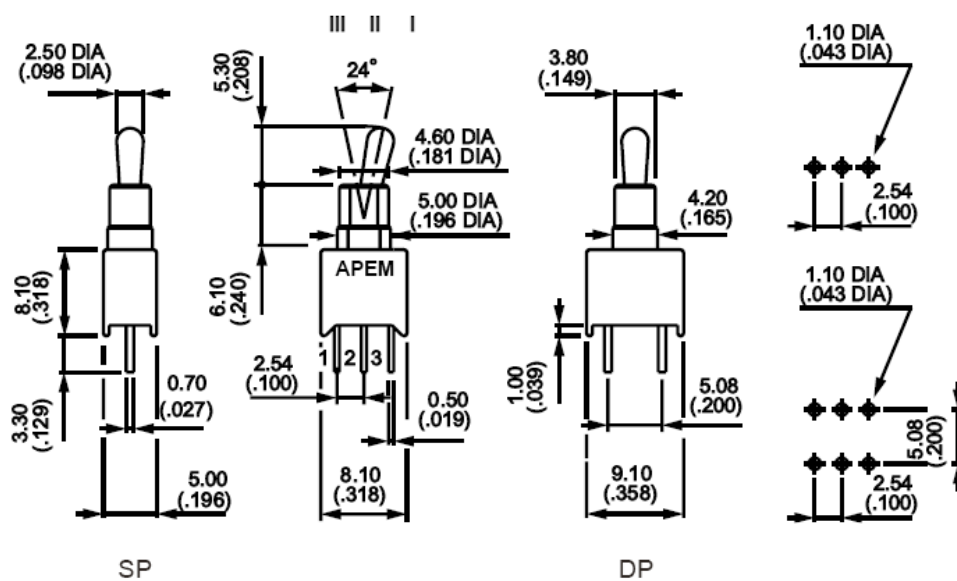
Postupak izrade komponente TOGGLE (sklopka TL39P000000, slika 23) je sljedeći:

- postaviti 3 *pada* oznaka 1, 2 i 3, dimenzija 1,9 mm x 1,9 mm u *Multi-Layer* sloju s promjerom rupe 1,1 mm. Razmak između padova treba biti 100 mila (2,54 mm), prema slici 24.
- korištenjem opcije *Place » Line (shortcut P, L)* u *Top Overlay* sloju postaviti oznake ruba komponente (pravokutnik dimenzija 5 mm x 8,1 mm), kao na slici 25.

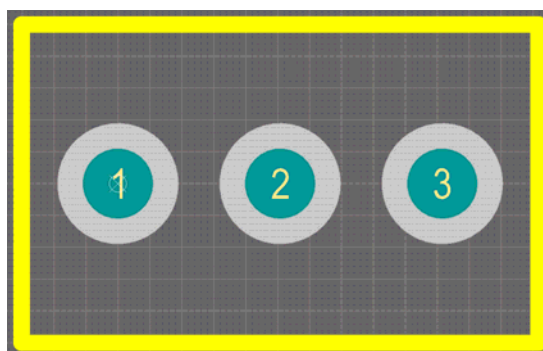


SINGLE POLE MODEL NO.	DOUBLE POLE MODEL NO.	CIRCUIT
TL36P000000	TL46P000000	ON - ON
TL39P000000	TL49P000000	ON OFF ON
TL37P000000	TL47P000000	MOM OFF MOM
TL38P000000	TL48P000000	ON OFF MOM
TL32P000000	TL42P000000	ON - MOM
Handle position (see dwg.) :		III II I
Terminals connected:		SP & DP 2-3 2-1
		DP 5-6 4-5

Slika 23. Sklopka TL39P000000



Slika 24. Opis fizičkih dimenzija i rasporeda pinova komponente TL39P000000



Slika 25. Footprint komponente TOGGLE