

NASTAVNI PREDMET: Radioničke vježbe

Projektna nastava - **Izrada tiskane elektroničke pločice**

Razred: 3.

Obrazovni program: Tehničar za mehatroniku

Nastavnik: Katarina Kokan, dipl. ing.

Ključni pojmovi:

PCB, EAGLE, fotopostupak, jetkanje, lemljenje, elektronički elementi, rasvjeta, fotootpornik, senzori

Korelacije, interdisciplinarnost i međupredmetne teme:

- Osnove elektrotehnike
- Elektronički sklopovi
- Digitalna elektronika
- Mikroupravljači
- Učiti kako učiti
- Osobni i socijalni razvoj
- Uporaba informacijske i komunikacijske tehnologije

Ishodi učenja:

- Odabrati elemente potrebne za izradu tiskanih pločica
- Projektirati elektroničku tiskanu pločicu (elektroničku shemu)
- Izraditi tiskanu pločicu
- Istražiti strojeve za izradu tiskanih pločica

Očekivanja MPT:

MPT Učiti kako učiti

- uku A.4/5.1. – upravljanje informacijama- samostalno traži informacije iz različitih izvora, transformira ih u novo znanje i primjenjuje pri rješavanju problema
- uku A.4/5.4. – kritičko mišljenje, samostalno kritički promišlja i vrednuje ideje
- uku B.4/5.4. – samovrednovanje / samoprocjena – samovrednuje proces učenja i svoje rezultate, procjenjuje ostvareni napredak te na temelju toga planira buduće učenje

MPT Osobni i socijalni razvoj

- OSR B.5.2. –suradnički uči i radi u timu

MPT Uporaba informacijske i komunikacijske tehnologije

- IKT A.5.1. –učenik analitički odlučuje o odabiru odgovarajuće digitalne tehnologije
- IKT A.5.2. – učenik se samostalno služi društvenim mrežama i računalnim oblacima za
- potrebe učenja i osobnog razvoja
- IKT C.5.1. – učenik provodi istraživanje pomoću IKT
- IKT C.5.3. – učenik samostalno odabire potrebne informacije među pronađenim
- IKT C.5.4. – učenik samostalno i odgovorno upravlja prikupljenim informacijama
- IKT D.5.3. – učenik samostalno ili s kolegama predočava, stvara i dijeli nove ideje i
- uratke pomoću IKT-a
- IKT C.3.1. – učenik samostalno provodi jednostavno istraživanje
-

Vrednovanja:

❖ za učenje:

- inicijalni test za provjeru učeničkog predznanja usvajanja novog gradiva,
- promatranje učenika za vrijeme rada (pomaganje, ciljna propitivanja za provjeru razumijevanja),
- prezentacija rješenja zadatka.

❖ kao učenje:

- rasprava s nastavnikom o uočenim problemima kod izvođenja izrade zadatka,
- vršnjačko vrednovanje,
- učenik uspoređuje rješenja svojih zadataka s drugim učenicima - samovrednovanje,

❖ naučenog:

- kvaliteta i preciznost u objašnjavanju iznesenih sadržaja
- vještina prezentacije istih
- analiza učeničkih radova

Slijedi list za vrednovanje.

Razine ostvarenosti kriterija			Bodovi
Kviz (provjera predznanja o tiskanim pločicama)	90 % - 100 %		5 bodova
	78 % – 89 %		4 boda
	60 % - 77 %		3 boda
	50 - 59 %		2 boda
Istraživanje o tehnologiji izrade tiskanih pločica i specifikacijama elektroničkih komponenti za pločicu	Učenik je radio pogrešno i/ili nije odradio aktivnost u zadanom vremenu	Treba doraditi	1 bod
	Aktivnost odrađena ali nije objašnjena u prezentaciji ili su manje greške u odgovorima na pitanja nastavnika	Zadovoljavajuće	2 boda
	Aktivnost odrađena prema uputama i objašnjena u prezentaciji (točni odgovori na pitanja nastavnika)	Uzorno	3 boda
Rad u programu EAGLE	Učenik je radio pogrešno i/ili nije odradio aktivnost u zadanom vremenu	Treba doraditi	1 bod
	Aktivnost odrađena ali nije objašnjena u prezentaciji ili su manje greške u odgovorima na pitanja nastavnika	Zadovoljavajuće	2 boda
	Aktivnost odrađena prema uputama i objašnjena u prezentaciji (točni odgovori na pitanja nastavnika)	Uzorno	3 boda
Izrada pločice	Učenik je radio pogrešno i/ili nije odradio aktivnost u zadanom vremenu	Treba doraditi	1 bod
	Aktivnost odrađena ali nije objašnjena u prezentaciji ili su manje greške u odgovorima na pitanja nastavnika	Zadovoljavajuće	2 boda
	Aktivnost odrađena prema uputama i objašnjena u prezentaciji (točni odgovori na pitanja nastavnika)	Uzorno	3 boda
Prezentacija rada – istraživanje + pločica	Učenik je radio pogrešno i/ili nije odradio aktivnost u zadanom vremenu	Treba doraditi	1 bod
	Učenik je radio pogrešno i/ili nije odradio aktivnost u zadanom vremenu	Zadovoljavajuće	2 boda
	Učenik je radio pogrešno i/ili nije odradio aktivnost u zadanom vremenu	Uzorno	3 boda
Učenik odgovoran u radu prema drugim učenicima i opremi			1 bod

Ocjena:	odličan (5)	28 - 30 bodova
	vrlo dobar (4)	24 - 27 bodova
	dobar(3)	19 -23 bodova
	dovoljan (2)	16 - 18 bodova
	nedovoljan (1)	0 - 9 bodova

UVODNI DIO

Inicijalni test na Microsoft Forms-u u kojem učenici odgovaraju na pitanja je na poveznici

<https://forms.office.com/e/Whw6Rh58E1>

(Formativno vrednovanje (vrednovanje za učenje) za provjeru učeničkog predznanja nužnih za usvajanje novog gradiva).

QR koda, kojeg učenici mogu skenirati s mobitelom ili tabletom da bi pristupili obrascu je dolje prikazan.



Nastavnik pred svima vrednuje odgovore (vrednovanje za učenje) i u suradnji s učenicima korigira pogrešne odgovore.

ZADATAK: Izraditi tiskane elektroničke pločice za regulaciju rasvjete pomoću programske podrške i stečenih stručnih znanja iz područja mehatronike i elektronike, te provesti istraživanje o načinima proizvodnje tiskanih pločica. Za projektiranje elektroničke sheme se koristi računalni programa EAGLE.

U današnjem modernom dobu uz ubrzani razvoj tehnologije, senzor rasvjete sve više postaje sastavni dio svakog kućanstva. Primjer korištenja senzorskog paljenja svjetla je i ulična rasvjeta, gdje se korištenjem ovog sklopa automatskim paljenjem uštedi prilično velika količina električne energije zbog paljenja i gašenja svjetla kada je to potrebno.

Potrebno je upoznati se s elektroničkim elementima od kojih se pločica sastoji te elektroničkim sustavom na temelju kojeg tiskana elektronička pločica funkcionira.

Funkcija sklopa je uključivanje i isključivanje rasvjete prilikom pada mraka, odnosno svitanjem zore.

Istraživačka pitanja za učenike su:

1. Što bi sklop trebao sadržavati da bi obavljao navedenu funkcionalnost, te navesti karakteristike i princip rada spomenutih elektroničkih komponenata?
2. Koji su trendovi sastavljanja tiskanih pločica?
3. Koja su područja primjene i primjeri tiskanih pločica?
4. Tko su glavni proizvođači strojeva za sastavljanje tiskanih pločica?
5. Što je karakteristično za klasična tehnologiju – jetkanje?
6. Što je to LPKF tehnologija?

Prije početka rada učenici su upoznati sa listom za vrednovanje koju učenici dobiju prije početka rada kako bi znali što se od njih očekuje. Svaka grupa mora dokumentirati sve korake rada u PowerPoint prezentaciji. Učenici se dijele u timove po četiri učenika (kako bi maksimalno sudjelovali) i izabiru jedno istraživačko pitanje koje će istražiti, uz mogućnost da po dva tima neovisno istražuju isto pitanje.

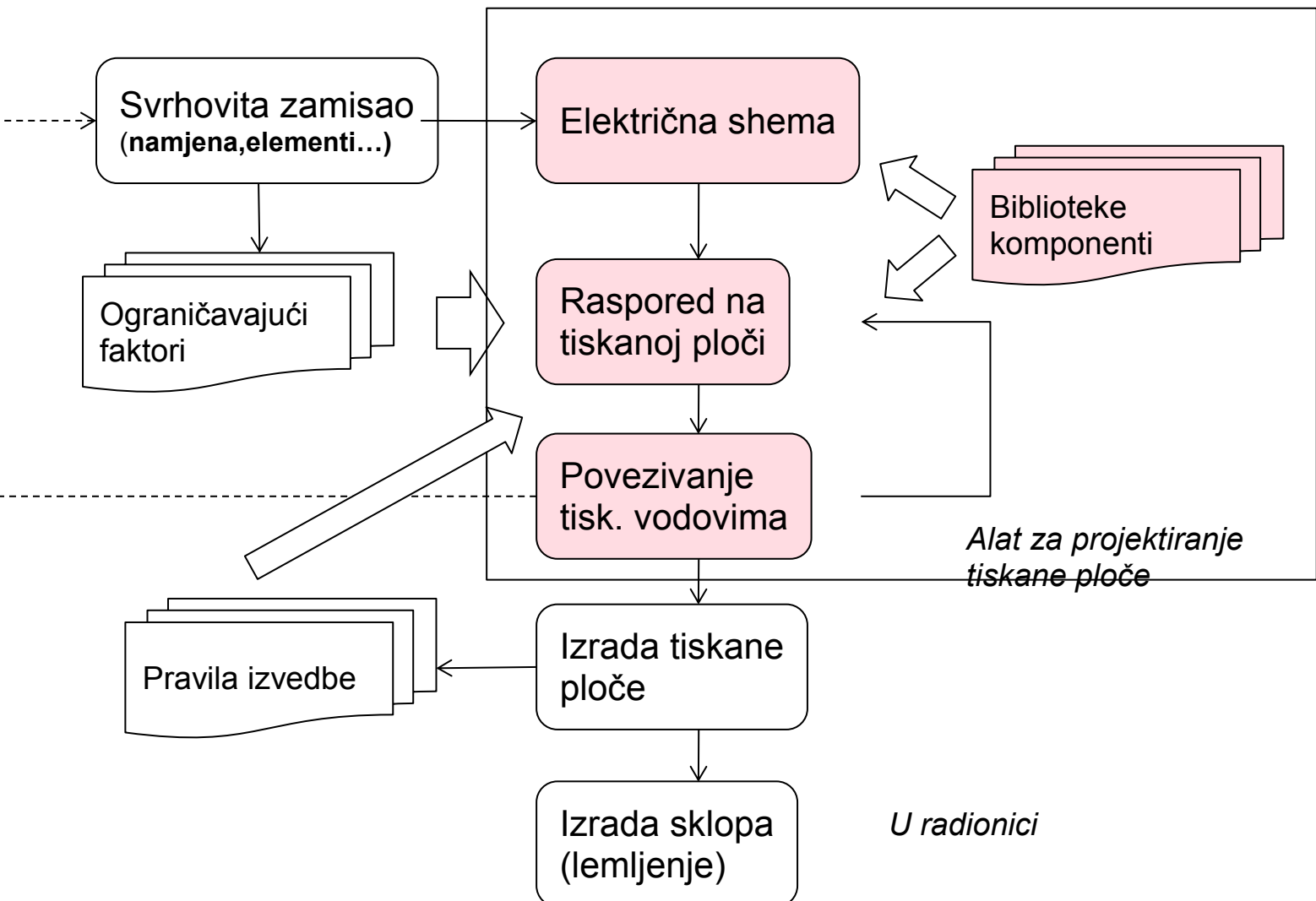
Računalni program EAGLE (Easily Applicable Graphical Layout Editor)

Kod projektiranja tiskane pločice potrebno je voditi računa o estetici prilikom rasporeda komponenata, a da pri tome tiskanih vodovi budu što kraći. Projektiranjem se izrađuje shema montaže komponenata, shema tiskanih vodova i shema plana bušenja. Ako se radi o dvostranom pločicama potrebne su shema montaže i shema tiskanih vodova za svaku pojedinu stranu. Jednostavnije sheme mogu se nacrtati na papiru pomoću pribora za ctranje, ali danas se uglavnom koriste programi za projektiranje tiskanih pločica računalom (P-CAD, Protel, Ultiboard, Eagle, PADS itd.). Nakon projektiranja izrađuju se predlošci za nanošenje zaštitnih maski.

Pomoću računalnih programa stvara se shematski prikaz za tiskanu elektroničku pločicu i provjerava ispravnost iste.

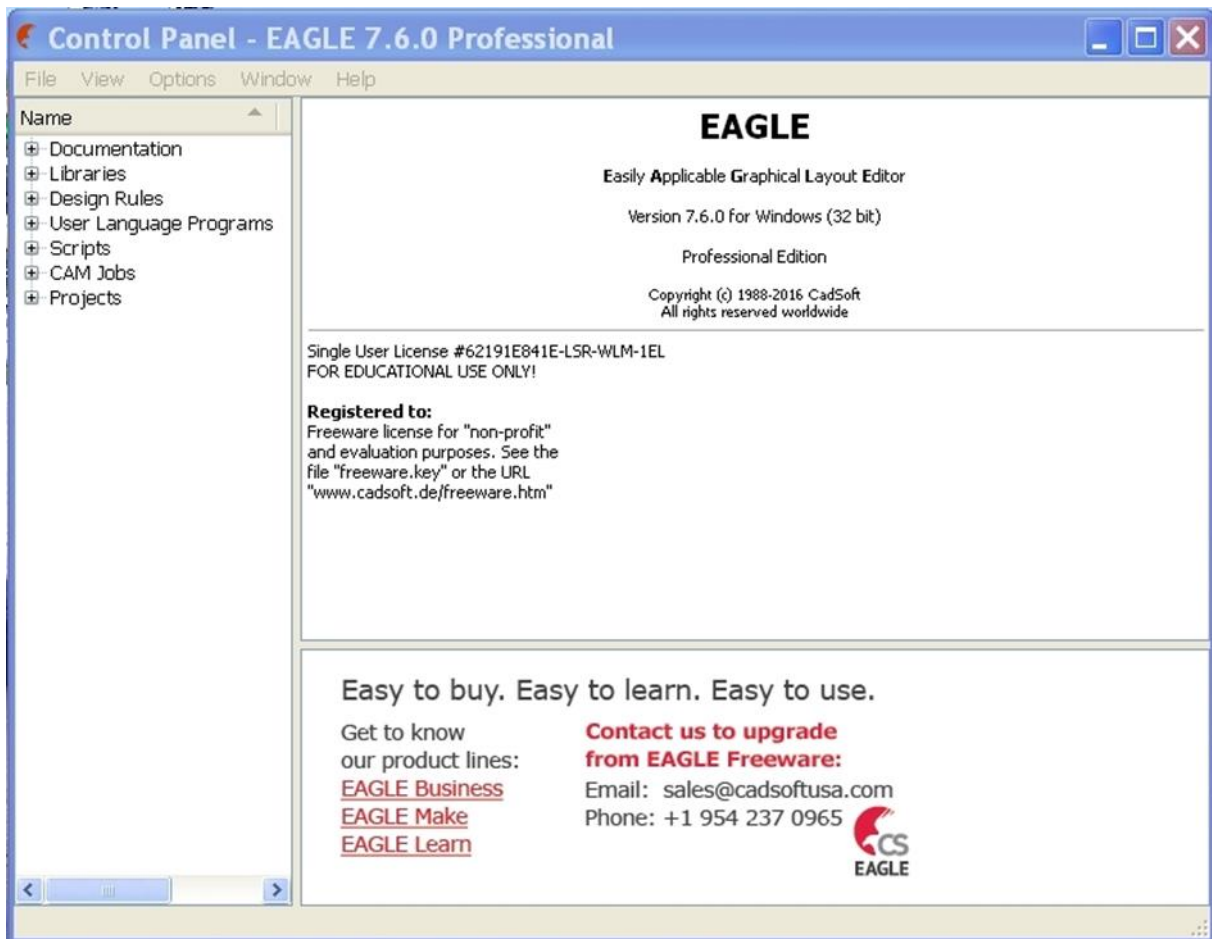
Računalni program EAGLE jedan je od najpouzdanijih programa za kreiranje elektroničkih shema i izvoza datoteka za izradu tiskanih pločica u obliku Gerber file-a. U računalnom programu Eagle započinje se konstruiranje stvarajući shematski prikaz elektroničkog kruga. Prvo se uzimaju modeli komponenata, raspoređuju se po radnoj površini, zatim se povezuju linijama pomoću alata Draw line. Prilikom dizajniranja mora se paziti na dimenzije elektroničke sheme kako bi komponente stale unutar tiskane pločice. Nakon završetka elektroničke sheme potrebno je istu prebaciti iz shematskog oblika Schematic u dio programa Board. EAGLE board se koristi za izgled i dimenzije komponenata tiskane pločice, ujedno i izgled vodova po tiskanoj elektroničkoj pločici.

Koncepcija projektiranja



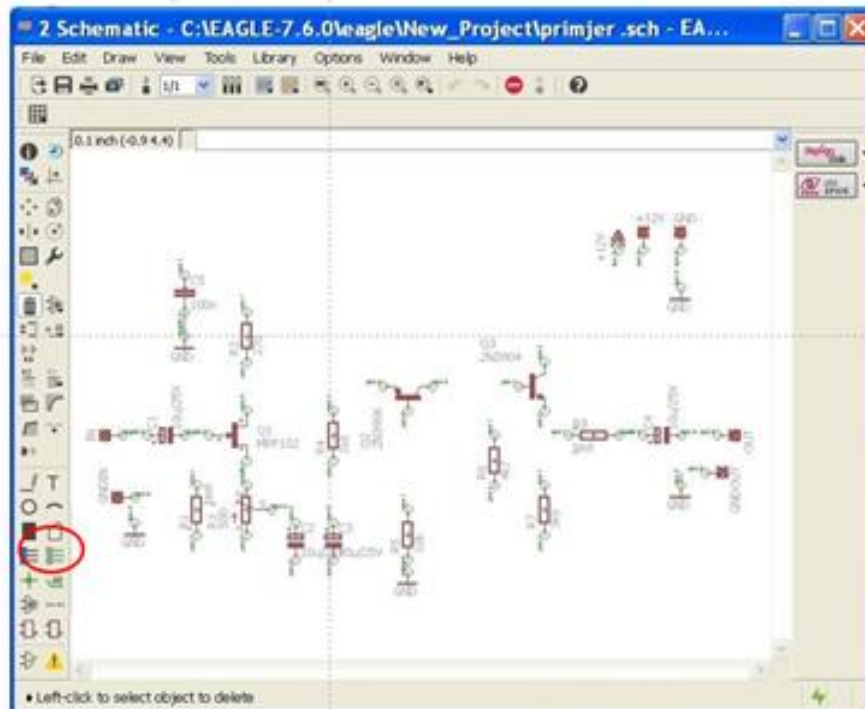
Rad u EAGLE-u

- Pokretanje aplikacije
- Upravljačka ploča

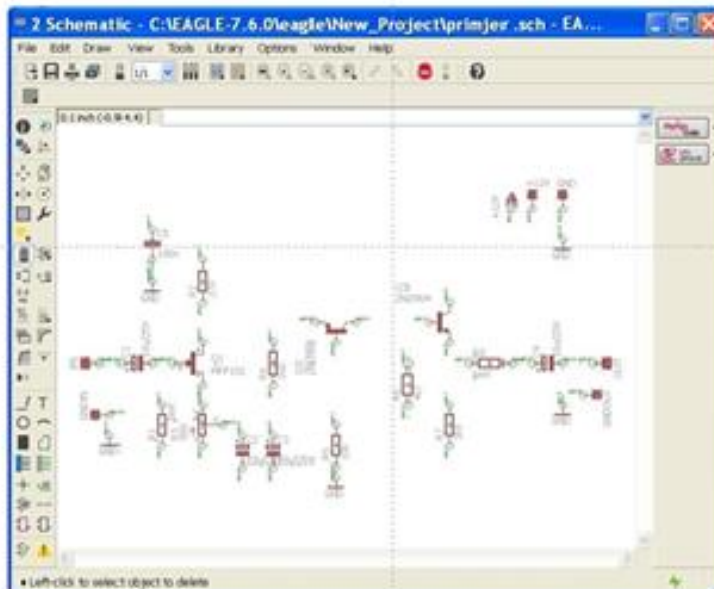


Povezivanje u modulu *schematic*

...naredbom
Net



...poželjno postaviti "kružiče" na krajeve
elemenata radi preciznijeg spajanja – polazno nisu
odabrani u View...Layers Settings ("93 Pins")



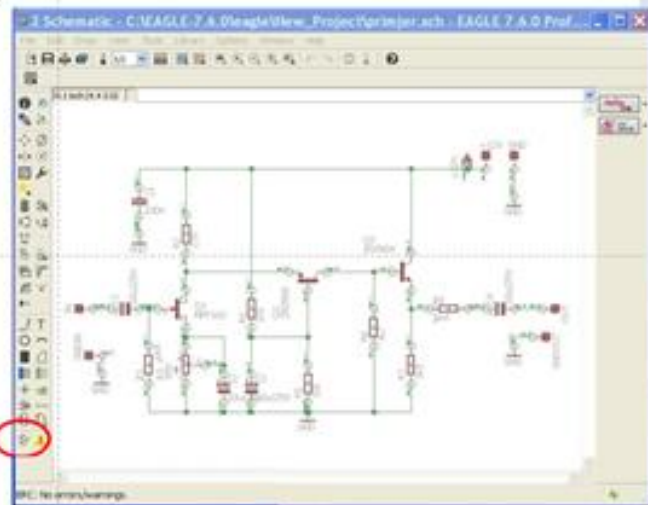
ERC - provjera "električnih" pravila (Electrical Rule Check)

- naredba **Tools** ➔ **ERC**

Ako je sve u redu pojavi se



u traci stanja



Prelazak u modul **board**

...naredbom **Switch** (**Generate** ako kreiramo novo) **to board** (u **File...**)

ili u alatnoj traci



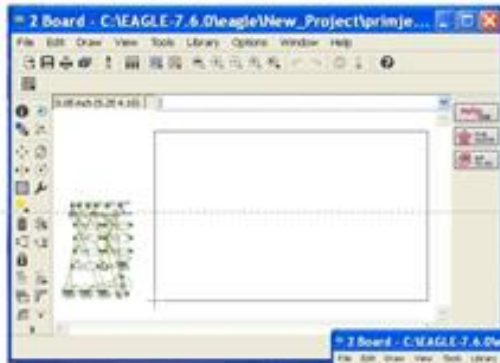
Ako kreiramo novi projekt,
na pitanje...



...odgovaramo
potvrдно

Rad u modulu *board*

Otvoreni početni prozor u modulu *board*

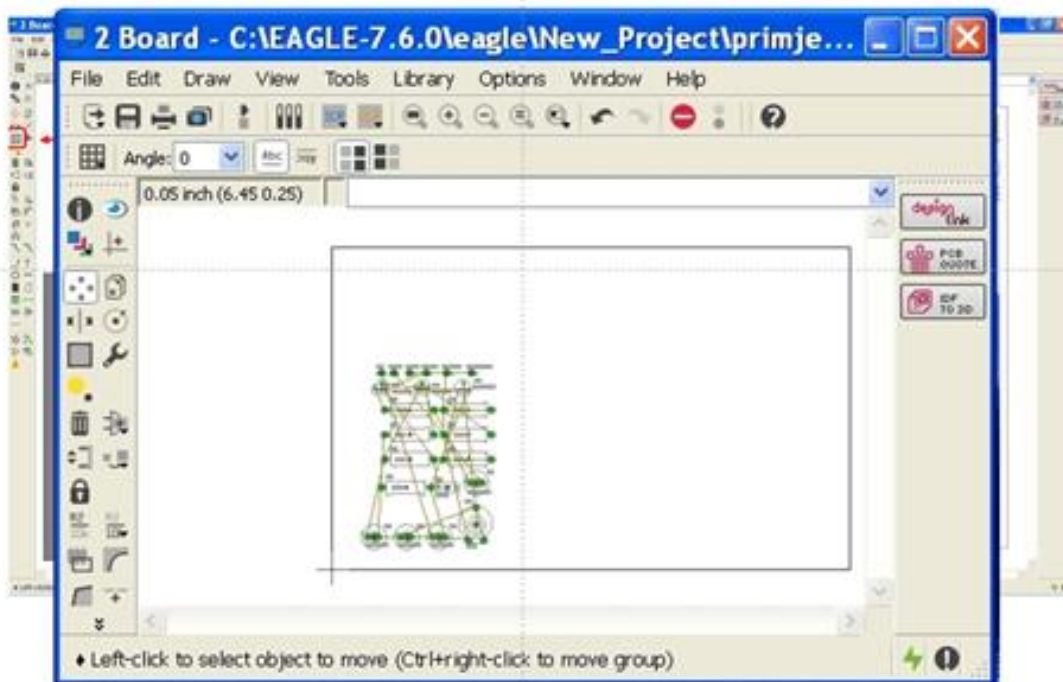


Ako nam više odgovara crna podloga... **Options** ♦ **User interface** ♦ **Layout** ♦ **Background** ♦ **Black**



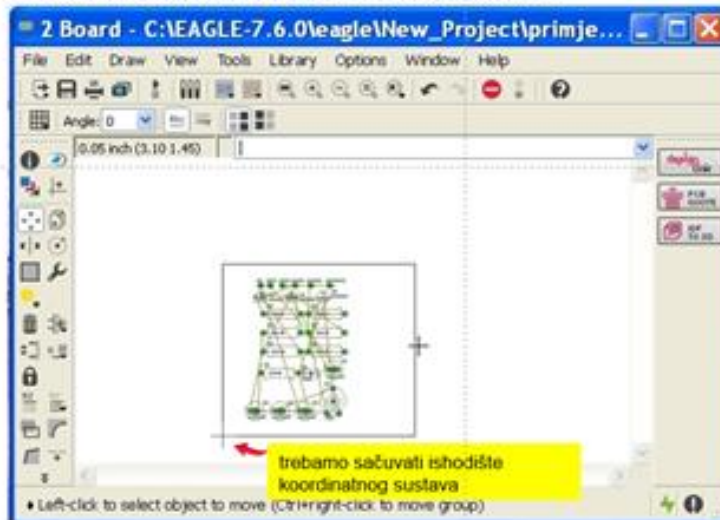
Prebacivanje elemenata na prostor tiskane ploče

naredbom **Group** obuhvatimo sve elemente...

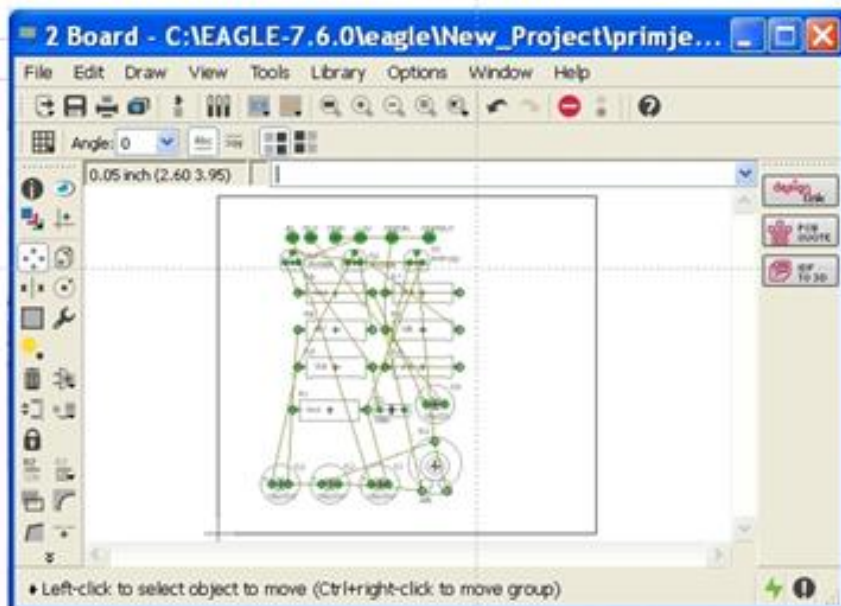


Smanjivanje tiskane ploče

...ponovno naredbom **Move**, hvatamo gornji i desni rub ploče po sredini i privlačimo elementima

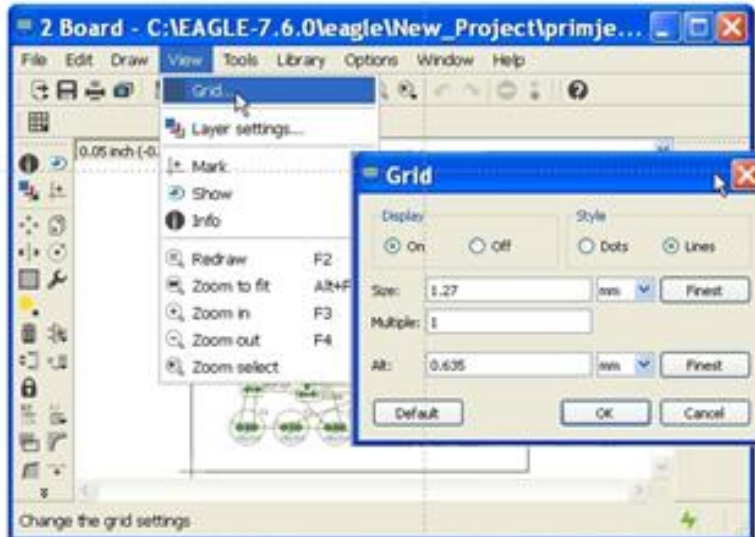


Radi preglednosti povećajmo prikaz...iz grupe ikona povećala odaberimo **Zoom to fit**



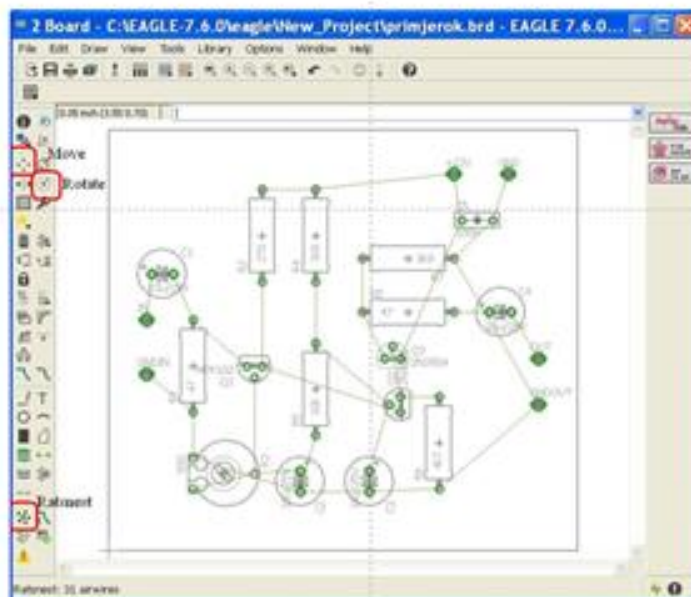
Pogled na tiskanu ploču

- Postavljanje rešetke i mjerne jedinice: **View** ➔ **Grid**



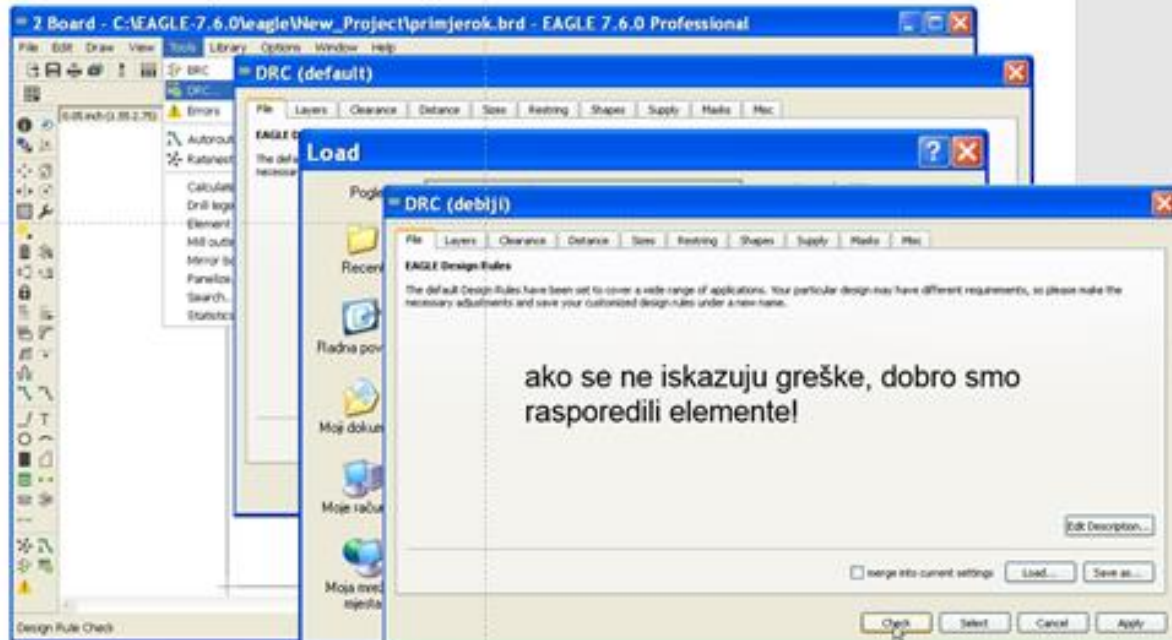
Najvažniji dio posla...raspoređivanje elemenata

- naredbama **Move** i **Rotate** linije koje povezuju elemente pokušavamo učiniti što jednostavnijim i kraćim
- naredbom **Ratsnest** povremeno provjeravamo učinkovitost navedenog postupka



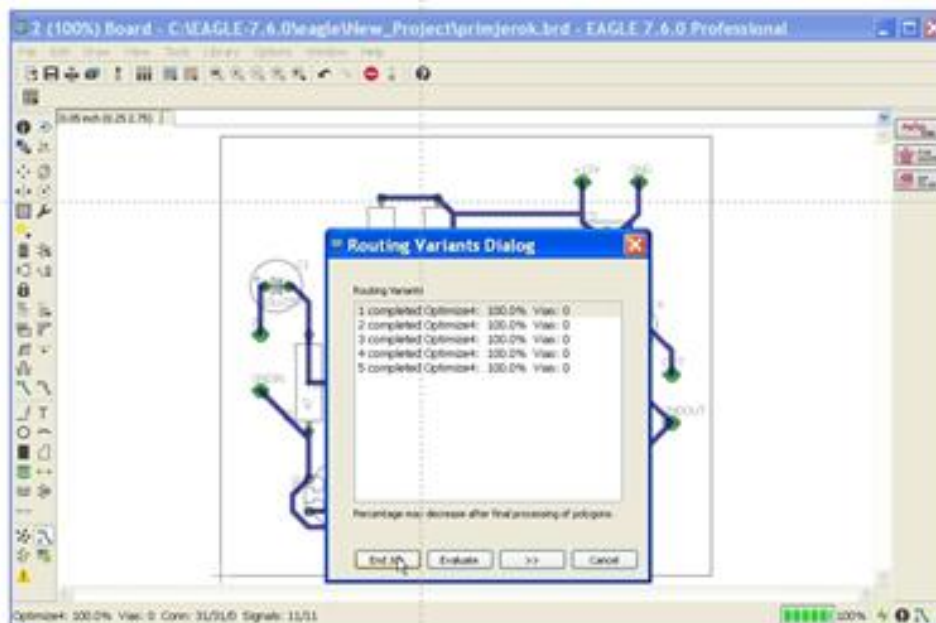
DRC(Design Rule Check)- definiranje pravila povezivanja tiskanim vodovima

- Određujemo širinu tiskanih vodova, njihov razmak, udaljenost do ruba ploče i lemnih mjesta i niz dodatnih uvjeta



Samopovezivanje tiskanih vodova (Autorouter)

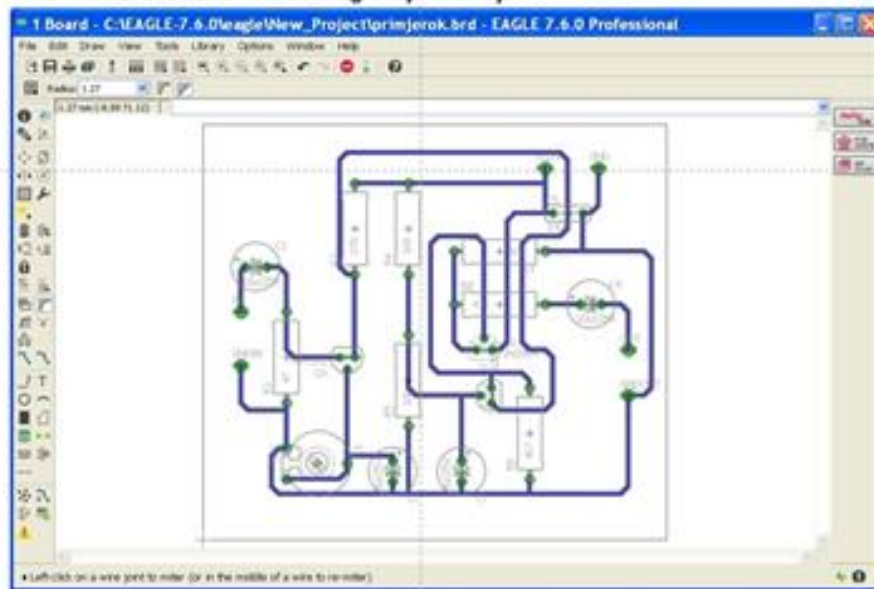
- najsloženiji i najvredniji dio programa
- definiramo slojeve vodova, preferirano usmjerenje, složenost postupka i ovisnost o rešetki



Dorada tiskanih vodova

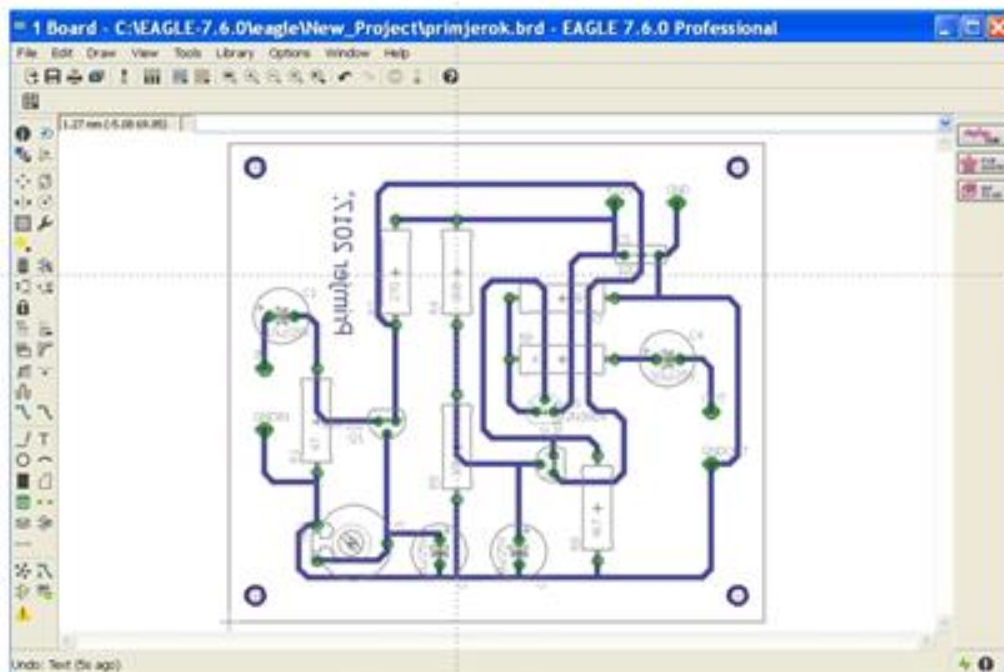
- odabiremo najbolje rješenje
- naredbama **Move** i **Split** dotjerujemo izgled vodova
- vodove možemo potpuno ili djelomično poništiti naredbom **Ripup** te dio vodova izvesti ručno pomoću naredbe **Route**
- prave kutove zaobljujemo ili izvodimo pod 45° naredbom **Miter**

Nakon dorade tiskani vodovi izgledaju urednije



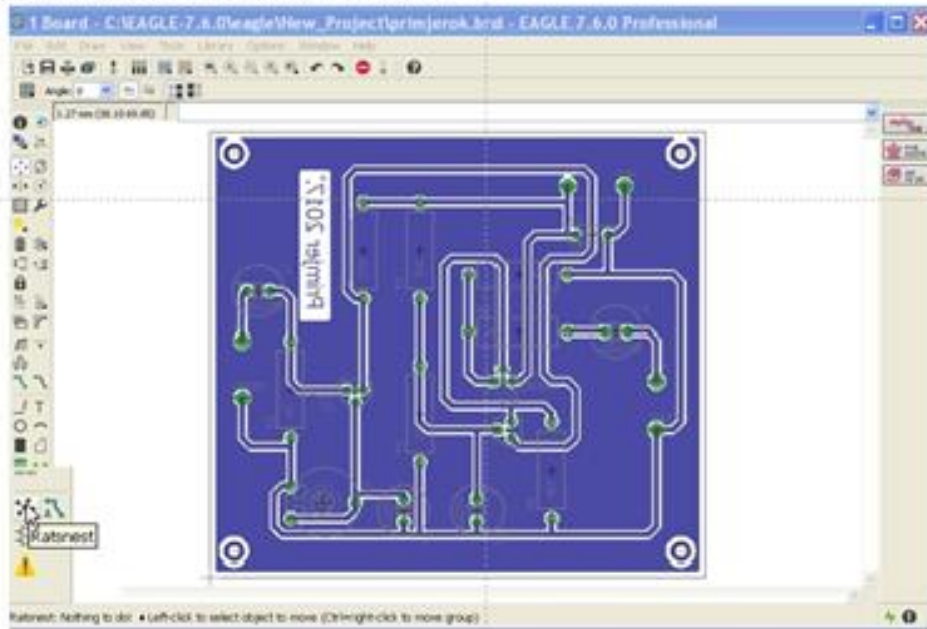
Dodavanje montažnih rupa i teksta

- naredbe **Hole** i **Text**



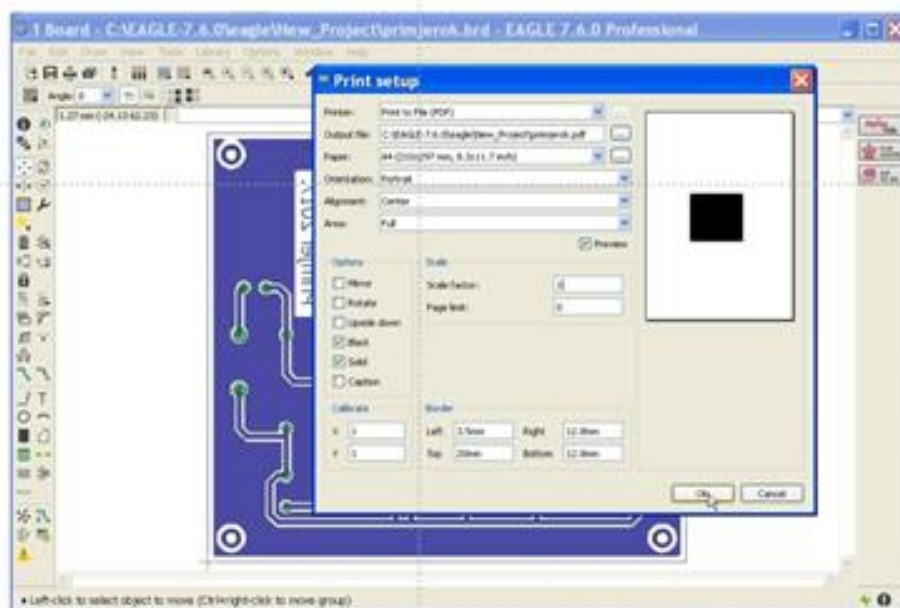
Ispuna bakrom (izvedba velike bakrene površine kao mase)

- poželjno zbog manjih smetnji, kraćeg jetkanja, boljeg hlađenja...
- naredbom **Polygon** iscrtamo crtkani pravokutni oblik oko tiskane ploče
- primenjujemo ga u **GND** te kliknemo na **Ratsnest**



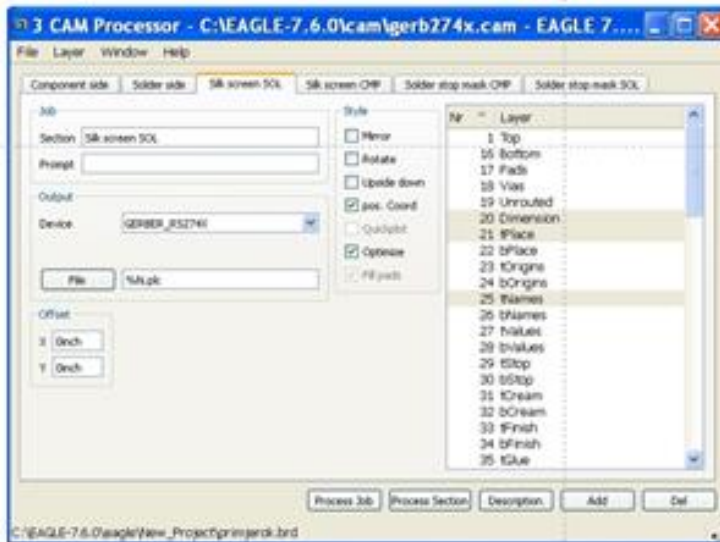
Printanje

- Zrcalno za foto-postupak (normalno za transfer)



Dodatne (profesionalne)mogućnosti

- CAM procesor (Gerber datoteke) – potrebne proizvođačima tiskanih ploča kao univerzalni oblik tehnološke dokumentacije

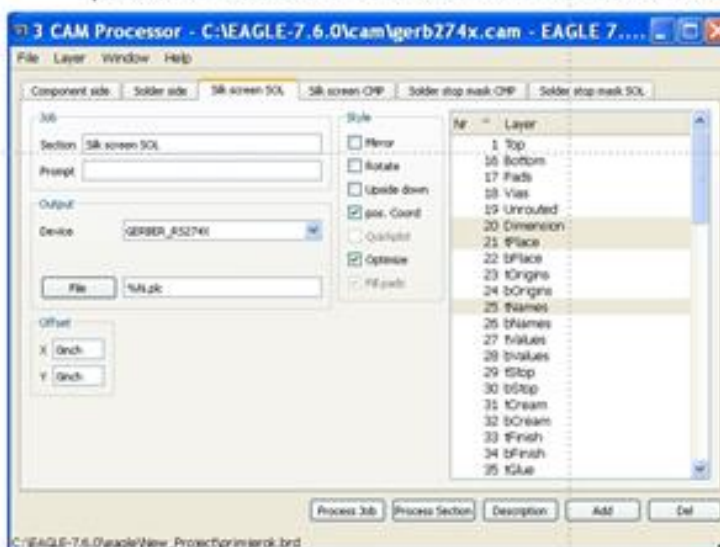


Rezultat - 9 datoteka koje definiraju tiskane veze...

- *.cmp (Copper, component side)
- *.dri (Drill file)
- *.dri (Drill Station Info File) - Usually not needed
- *.gpi (Photoplotter Info File) - Usually not needed
- *.plc (Silk screen, component side)
- *.pls (Silk screen, solder side)
- *.sol (Copper, solder side)
- *.stc (Solder stop mask, component side)
- *.sts (Solder stop mask, solder side)

Dodatne (profesionalne)mogućnosti

- CAM procesor (Gerber datoteke) – potrebne proizvođačima tiskanih ploča kao univerzalni oblik tehnološke dokumentacije



Rezultat - 9 datoteka koje definiraju tiskane veze...

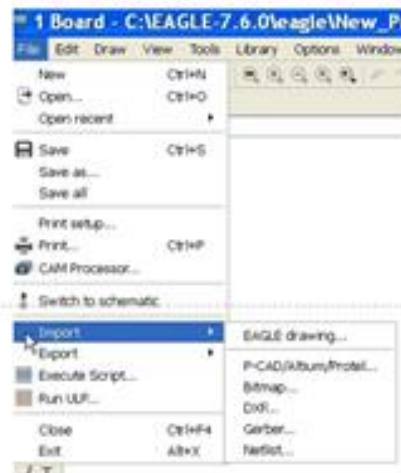
- *.cmp (Copper, component side)
- *.dri (Drill file)
- *.dri (Drill Station Info File) - Usually not needed
- *.gpi (Photoplotter Info File) - Usually not needed
- *.plc (Silk screen, component side)
- *.pls (Silk screen, solder side)
- *.sol (Copper, solder side)
- *.stc (Solder stop mask, component side)
- *.sts (Solder stop mask, solder side)

3D prikaz

- nije sastavni dio paketa, ali se može integrirati naknadno doplatom(IDF to 3D ili Fusion360 Autodesk) ili besplatno (skromnijih mogućnosti)...vidi [link](#)

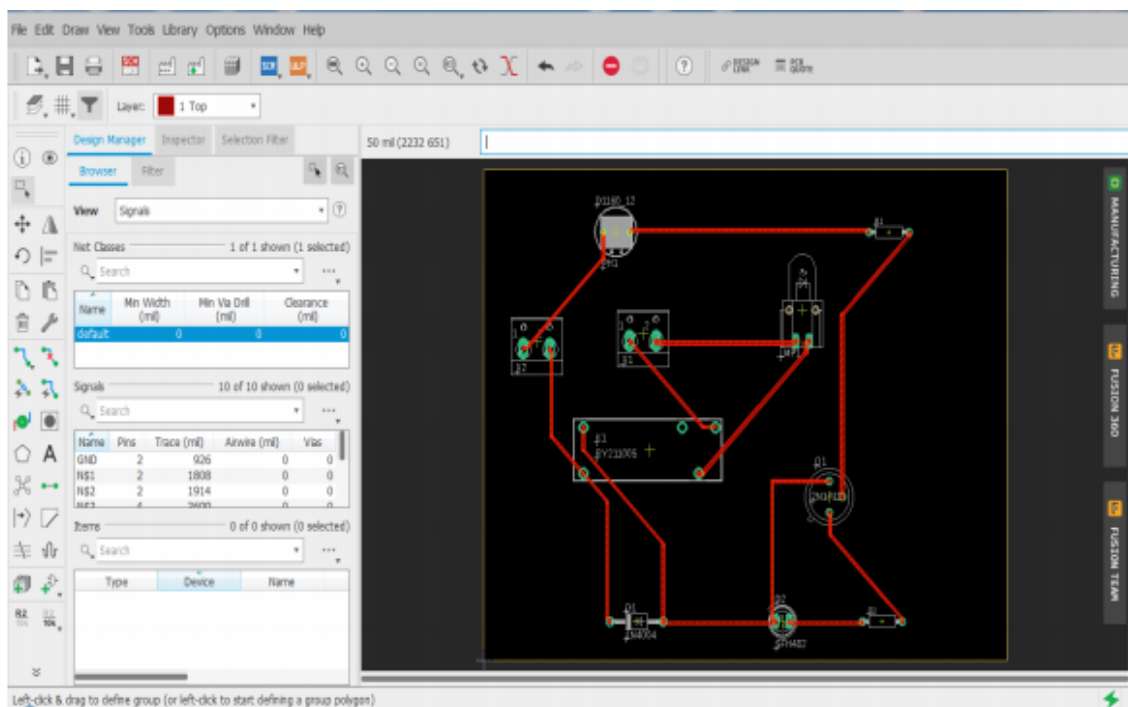


Izvoz (netlista, slika, lista dijelova...)



Uvoz(druge Eagle **board** datoteke, datoteke drugih CAD programa za tiskane ploče, bitmape, Gerber, netlist...)

Pri slaganju sheme elektroničkih komponenti mora se obratiti pažnja na veličinu komponente zatim smjer montiranja te razmak između nožica komponente. Kada se komponente rasporede po pločici preporučljivo je koristiti pomoćni alat koji automatski povezuje putanje i smjer vodova tiskane pločice. Postoji mogućnost da će se vodovi preklapati jedan preko drugoga pa se za komplicirane tiskane pločice koristi više slojeva (layera).



Slika 13. Konstruiranje shematskog prikaza tiskane elektroničke pločice u programu EAGLE

FOTOPOSTUPAK

Nakon dizajniranja na računalu potrebno je shemu prebaciti na bakrenu pločicu. Fotopostupak funkcionira na način da se osvjetljava pločicu preko koje su položeni željeni vodovi. Svjetlost tada dopire na nezaštićene dijelove pločice te ih izlaže zračenju. Prekriveni vodovi zatamnjeni su vodovima ispisanima na foliji i trebali bi ostati tamni i neosvijetljeni. Tako ozračena pločica ubacuje se u lužnatu otopinu koja skida fotolak sa osvjetljenih područja pločice, ali ne s onih koja su bila zatamnjena. Slijedi proces jetkanja. Nakon što je pločica razvijena ubacuje se u posudu s kiselinom. Kiselina je mješavina solne kiseline (HCl) ~ 19% i hidrogena (H₂O₂) ~ 25%. Slijedi bušenje provrta na pločici ručnom bušilicom. Nakon toga slijedi lemljenje komponenti na pločicu.

ZAVRŠNI DIO

Rezultati – prezentacija i usporedba

Nakon vremena predviđenog za prethodnu aktivnost učenici predstavljaju svoj rad, rezultate istraživanja i napravljenu pločicu. Vrednuje se rad na osnovu prethodno određenih kriterija. Nakon vremena predviđenog za prethodnu aktivnost učenici predstavljaju svoj rad, napravljenu pločicu i istraživanja. Grupe koje su istraživali isti zadatak uspoređuju svoju prezentaciju s prezentacijom druge ekipe i komentiraju eventualne razlike. Procjenjuje se i kvaliteta praktičnog rada, tj. napravljena pločica.

Nastavnik vrednuje prezentacije na osnovu prethodno određenih kriterija i rezultate predstavlja učenicima.

Lista za samovrednovanje / međuvrednovanje (članovi grupe):

Elementi bodovanja	Mogućnost bodovanja	Bodovi
Uspješnost izvršenog zadatka	0 - 5 bodova	
Uspješnost prezentiranja istog	0 - 5 bodova	
Razumljivost prezentiranja istog	0 - 5 bodova	
Kvaliteta iznesenih informacija	0 - 5 bodova	
Jedinstvenost grupe	Odlična Dobra Loša	

POSTUPCI POTPORE

Prije izvođenja aktivnosti učenicima s teškoćama detaljno objašnjavam način rada i provjeravam jesu li razumjeli zadatak.

Oni će također sudjelovati u raspravi nakon izvedenih prezentacija svake grupe i na temelju njihove aktivnosti biti će ocjenjeni za svoj rad.

Prije izvođenja aktivnosti učenicima s teškoćama detaljno objasniti način rada i provjeriti jesu li razumjeli. Zadatke prilagoditi njihovim mogućnostima. Napraviti ih na primjeren način (prema didaktičko - metodičkim uputama za učenike s teškoćama). Učenicima osigurati dovoljno vremena za rješavanje. Učenici s teškoćama u učenju: sudjeluju u radu tima i pomažu u izvođenju vježbe i izradi pločice i izvještaja.

Darovitim učenicima se daje zadatak izrade složenijih tiskanih pločica kroz dogovoreni određeni vremenski period.

Dodatna literatura, sadržaj i poveznice:

<https://www.jeremyblum.com/category/eagle-tutorials/>

<https://www.sparkfun.com/eagle>

<https://www.build-electronic-circuits.com/pcb-design-tutorial>

https://www.element14.com/community/community/cadsoft_eagle/learning_center

<http://adria.fesb.hr/~markbili/stranica/index.html>