



TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER NOVA GORICA

Načrtovanje tiskanih vezij s programom

EAGLE 4.01

Priročnik za tečaj

Avtor: Silvan Bucik

Nova Gorica, januar 2002

Nova Gorica, januar 2002

NAČRTOVANJE TISKANIH VEZIJ S PROGRAMOM EAGLE 4.01

Avtor: Silvan Bucik, dipl. inž. ele.

E-mail: silvan.bucik@s-tsc.ng.edus.si

Priročnik je namenjen interni uporabi. Vsakršno razmnoževanje gradiva brez pisnega soglasja avtorja ni dovoljeno.

Program EAGLE je zaščiten izdelek podjetja CadSoft Computer Inc..

E-mail: info@cadsoftusa.com

Nova Gorica, januar 2002

Kazalo vsebine:

Predstavitve programa EAGLE	3
Zagon programa	7
Nastavitev delovnega okolja	8
Izdelava električne sheme	9
Urejanje Schematic datoteke	10
Nastavitev ločljivosti pomika	11
Namestitev in razvrstitev elementov v polju električne sheme	11
Postavitev elementov v vezalno shemo	11
Premikanje elementov	12
Rotiranje elementov	12
Zrcaljenje elementov	12
Premikanje, rotiranje in zrcaljenje skupine elementov	13
Kopiranje elementov	13
Zamenjava priključnih sponk elementa	13
Izbira elementa znotraj ohišja	14
Menjava elementov znotraj istega ohišja	14
Vnašanje električnih (net) povezav	15
Vnos vozlišč	15
Urejanje povezav	15
Povezovanje vodnikov v vodila	16
Vnašanje oznak v električno shemo	16
Označevanje električnih povezav in vodil	16
Vnos oznak in vrednosti elementov	17
Premikanje oznak elementov	17
Vnos komentarjev	18
Grafični pripomočki	18
Posebni pripomočki	19
Spreminjanje atributov objektov	19
Prikaz vidnih polj v električni shemi	19
Prikaz informacij o objektih v električni shemi	20
Preverjanje pravilnosti izdelave električne sheme	20
Izdelava tiskanega vezja	21
Ustvarjanje Board datoteke	21
Nastavitev ločljivosti pomika	21
Dimenzije tiskanega vezja	22
Namestitev in razvrstitev elementov na ploščici	22
Postavitev elementov na ploščico	22
Označevanje elementov	23
Razvrstitev elementov na tiskanem vezju	23
Zamenjava ohišja elementa	24
Vnašanje net povezav	24
Izdelava tiskanine	25
Autorouter	25
Ročna postavitve prevodnih sledi	26
Urejanje povezav	27
Nanašanje večjih prevodnih površin	28
Opremljanje tiskanine z oznakami	28
Grafični pripomočki	28
Vnašanje napisov in oznak	29
Posebni pripomočki	29
Spreminjanje atributov objektov na tiskanem vezju	29
Nastavitev vidnih polj	30
Preverjanje pravilnosti izdelave tiskanega vezja glede na tehnološke standarde	30
Tiskanje filma in izdelava izhodnih datotek	31
Generiranje izhodnih datotek s <i>CAM processor</i> -jem	31
Izvoz datotek	32
Urejanje knjižnic	33

Izdelava simbola.....	34
Izdelava ohišja	35
Definiranje elementa.....	36
Izvoz datotek.....	36
Dodatek.....	37
Viri.....	42

Predstavitev programa EAGLE

Program EAGLE (*Easily Applicable Graphical Layout Editor*) je programsko orodje, namenjeno projektiranju tiskanih vezij. Z njim je mogoče na enostaven način profesionalno izdelati tiskano vezje, ki bo ustrezalo tehnološkim standardom izdelave. Prav zaradi enostavnosti uporabe in prijaznega delovnega okolja je program tudi učinkovit učni pripomoček, s katerim se učenci naučijo samostojno izdelovati tiskana vezja.

Pri načrtovanju tiskanega vezja nas program vodi v dveh korakih. Najprej se izdela električno shemo (*Schematic*), kjer se med drugim izbere tudi ohišja elementov. Istočasno program generira listo povezav (net listo). V naslednjem koraku se elemente na površini tiskanega vezja ustrezno razvrsti in poveže s tiskanimi vezmi.

Program je bogat s knjižnicami, kjer je moč najti skoraj vse elemente, ki jih v elektroniki srečujemo. Program omogoča tudi urejanje knjižnic in njihovo nadgradnjo.

Prednosti, ki jih prinaša uporaba programa EAGLE:


















- Program omogoča izdelavo tiskanega vezja po predhodno izdelani električni shemi.
- Program podpira "forward & back" pristop načrtovanja tiskanih vezij. To pomeni, da ima načrtovalec možnost sočasne urejanja električne sheme in tiskanega vezja.
- Pri izbiri elementov je načrtovalcu poleg simbola elementa vedno prikazano tudi pripadajoče ohišje.
- Program podpira tako standardno DIL kot SMD tehnologijo.
- Program ponuja možnost uporabe *Autorouter*-ja – programa, ki samodejno izdela tiskane povezave.
- Načrtovalec lahko preveri pravilnost izdelave električne sheme in tiskanega vezja (*ERC* in *DRC*) glede na tehnološke zahteve in standarde.
- Omogočena je izdelava izhodnih datotek (*CAM processor*), ki jih podpirajo naprave za izdelavo tiskanih vezij (CNC stroji, fotoploterji, tiskalniki).
- Proizvajalec (*CadSoft Computer*) ponuja možnost uporabe *freeware* verzije, ki omogoča izdelavo tiskanih vezij do dimenzij 100mm x 80mm brez kakršnih koli omejitev.

Ostale informacije o programu najdete na proizvajalčevi spletni strani:





















<http://www.cadsoft.de>

Seznam uporabljenih ukazov v programu EAGLE

Schematic

Info		Show
Display		Mark
Move		Copy
Mirror		Rotate
Group		Change
Cut		Paste
Delete		Add
Name		Value
Smash		
Pinswap		Gateswap
Split		Invoke
Wire		Text
Circle		Arc
Rectangle		Polygon
Bus		Net
Junction		Label
ERC		

Board

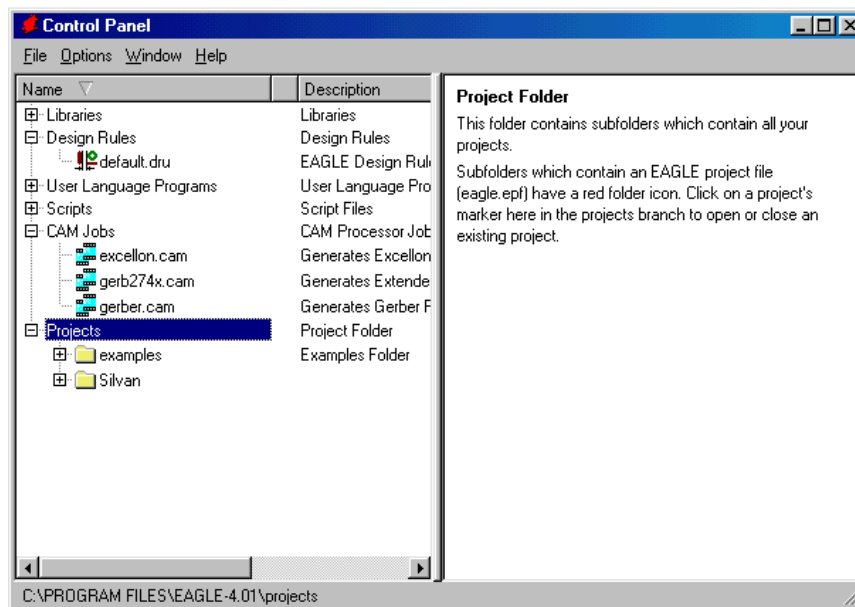
Info		Show
Display		Mark
Move		Copy
Mirror		Rotate
Group		Change
Cut		Paste
Delete		Add
Name		Value
Smash		
Pinswap		Replace
Split		Optimize
Route		Ripup
Wire		Text
Circle		Arc
Rectangle		Polygon
Via		Signal
Hole		
Ratnest		Auto
ERC		DRC
Errors		

INFO	prikaz informacij o elementu: ime in oznaka, dimenzije, knjižnica v kateri se nahaja...
SHOW	prikaz poteka net povezav in ostalih informacij o izbranem elementu
DISPLAY	nastavitev vidnih polj
MARK	markiranje položaja elementov glede na referenčno točko, ki jo postavimo z ukazom MARK
MOVE	premikanje objektov
MIRROR	v <i>Schematic</i> datoteki se ustvari zrcalna slika elementa; v <i>Board</i> datoteki se izvede zrcaljenje elementov iz zgornje na spodnjo stran ploščice ali obratno
ROTATE	zasuk objektov za kot 90 ⁰ v levo
GROUP	z miško označimo skupino objektov, nad katerimi bomo izvedli naslednji ukaz
CHANGE	spreminjanje atributov objekta: dimenzije, oblike, oznake...
COPY	kopiraj objekte
CUT	izreži objekte
PASTE	prilepi objekte
DELETE	izbriši objekte
ADD	omogoča dostop do knjižnic, kjer se izbere ustrezni element s pripadajočim ohišjem
NAME	označevanje elementov z imeni (npr. R2, IC1, GND)
VALUE	vpis vrednosti oziroma oznak elementov (npr. 10k, BC107, +5V)
SMASH	postavitev oznak elementov na zeleno mesto v električni shemi (tiskanem vezju)
PINSWAP	zamenjava priključnih sponk elementa, ki je že povezan v električni shemi (npr. logična IN vrata)
GATESWAP	menjava elementov znotraj enega ali več ohišij (operacijski ojačevalniki znotraj ohišja z oznako LM324)
INVOKE	izbira elementa znotraj ohišja; omogočen je tudi dostop do napajalnih sponk
REPLACE	zamenjava ohišja elementa
SPLIT	pretvorba direktne (ravne) povezave v lomljeno
OPTIMIZE	segmente povezav, ki si sledijo v ravni liniji in so enako široki, se optimizirajo tako, da pretvorijo v en segment
ROUTE	ročna namestitev tiskanih vezi med elementi, ki so med seboj povezani z net povezavami
RIPUP	zbriše tiskano vez in jo nadomesti z net povezavo
AUTO	zagon programa <i>Autorouter</i> , ki net povezave nadomesti z tiskanimi vezmi
RATNEST	optimizacija net povezav v najkrajše možne
WIRE	grafični pripomoček za risanje črt
TEXT	vnos komentarjev v električno shemo in oznak na tiskanem vezju
CIRCLE	grafični pripomoček za risanje krožnic
ARC	grafični pripomoček za risanje krožnih lokov
RECTANGLE	grafični pripomoček za risanje pravokotnikov
POLYGON	vnos bakrenih področij na tiskano vezje
VIA	vstavitev prebodov, ki omogočajo prehod povezav z ene strani tiskanega vezja na drugo
HOLE	namestitev lukenj za pritrditev tiskanega vezja

SIGNAL	vnašanje net povezav na tiskanem vezju
NET	risanje električnih povezav v električni shemi
BUS	povezovanje električnih povezav v vodilo
JUNCTION	vnašanje vozlišč v električno shemo
LABEL	označevanje net povezav in vodil
ERC	preveri pravilnost izdelave električne sheme in konsistentnost tiskanega vezja z električno shemo
DRC	preveri pravilnost izdelave tiskanega vezja glede na tehnološke zahteve
ERRORS	izpis napak odkritih pri <i>DRC</i> preverjanju

Zagon programa

Program zaženemo z dvoklikom gumba bližnjice na namizju ali v meniju *Start*. Nato se odpre zagonsko okno *Control panel*:

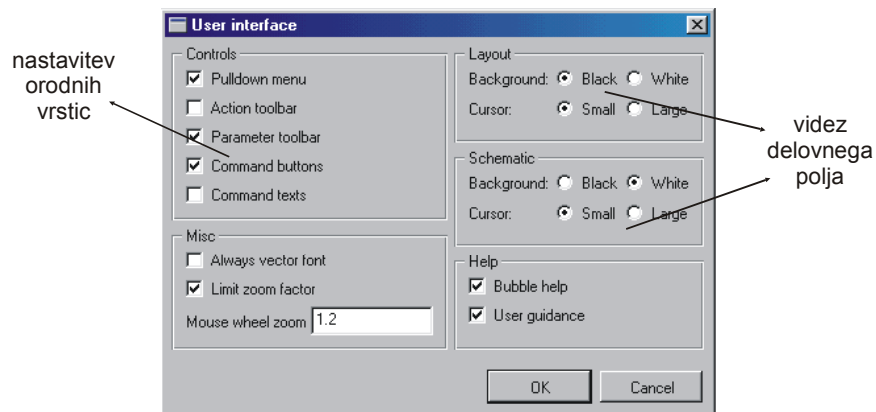


Pred vsakim začetkom urejanja električne sheme oziroma tiskanega vezja odpremo projekt. Izberemo **File/Open/Project** ter poiščemo iskani projekt. Projekt lahko izberemo tudi v mapi *Projects*. Če pa želimo odpreti nov projekt, izberemo **File/New/Project**.

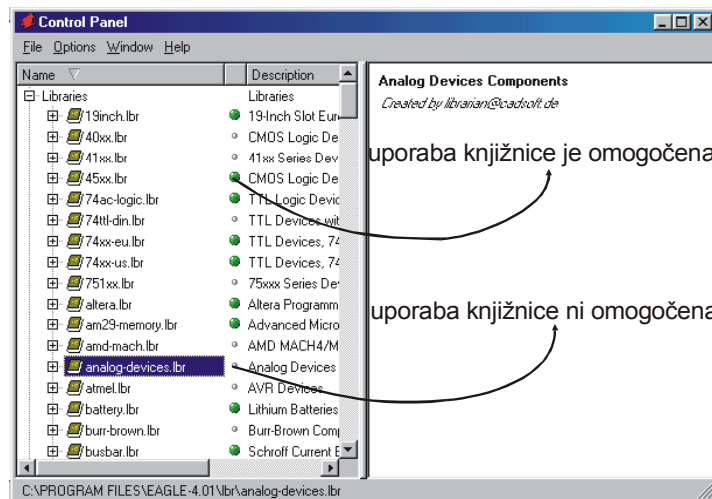
V desni polovici okna se nahaja komentar, ki kratko opisuje vsebino projekta. Komentar vnesemo z desnim klikom miške na izbrani projekt ter izberemo **Edit/Description**. Projekt shranimo s **File/Save all**. S tem se bodo shranile vse datoteke in pripadajoče nastavitve, ki smo jih urejali znotraj projekta.

Nastavitev delovnega okolja

V meniju okna *Control panel* izberemo **Options/Directories**, ter aktiviramo tiste mape, katerih datoteke želimo imeti vidne v zagonskem oknu *Schematic* oziroma *Board*. V **Options/Backup** nastavimo število varnostnih kopij in čas samodejnega shranjevanja datotek. Z **Options/User interface** nastavimo vidne orodne vrstice, način vnašanja ukazov (z grafičnimi ali tekstovnimi gumbi) in barvo ozadja (črno ali belo).



V mapi *Libraries* izberemo knjižnice, ki jih bomo pri svojem delu uporabljali.



Izdelava električne sheme

Pri postopku načrtovanja tiskanih vezij se poslužujemo dveh pristopov:

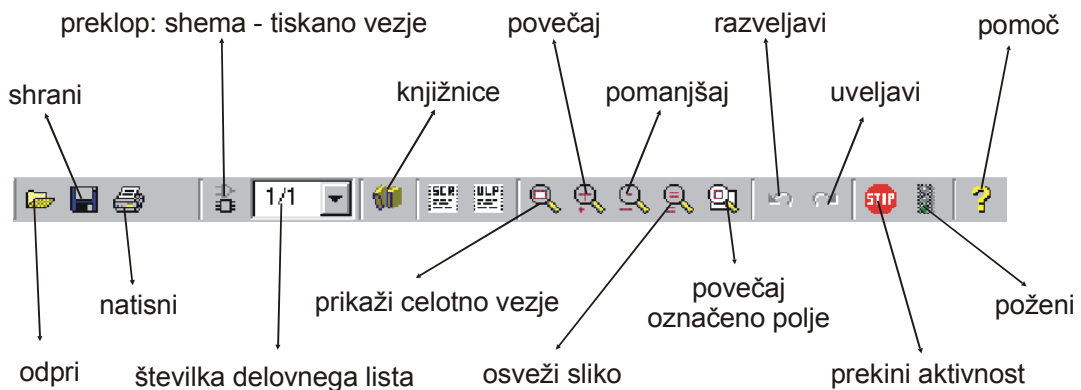
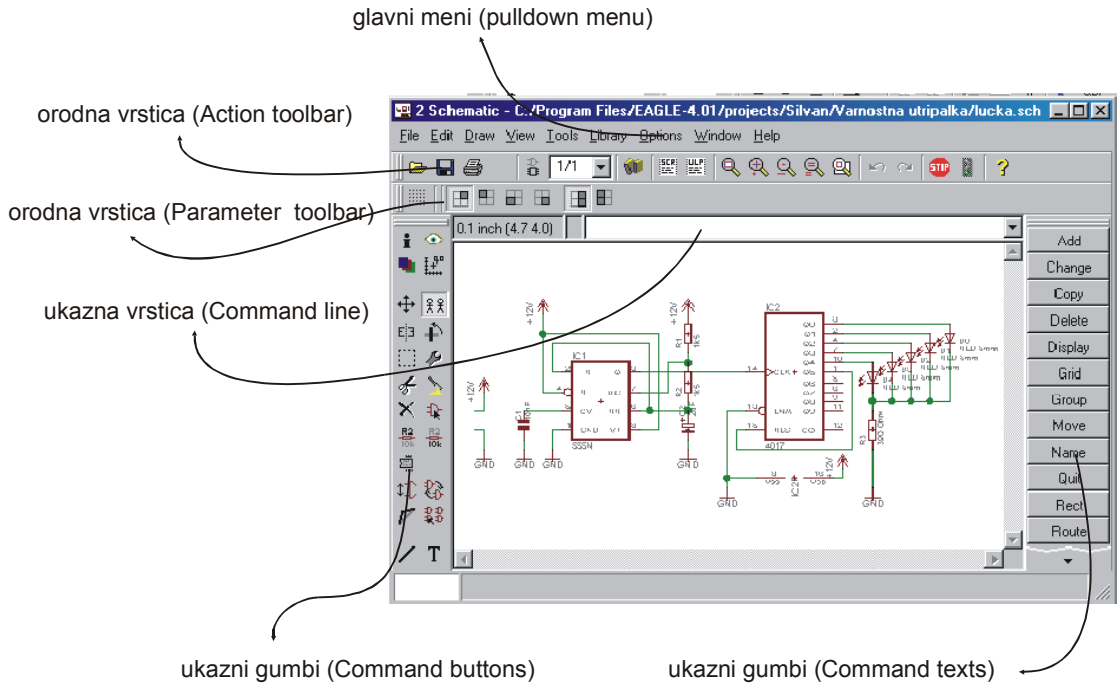
- direktnega, brez predhodne izdelave električne sheme;
- posrednega ("forward & back" pristop), s pomočjo predhodno izdelane električne sheme.

Posredni način temelji na predhodni izdelavi električne sheme (*Schematic*), prek katere program izdela listo povezav med priključnimi sponkami elementov. Načrtovalcu ostane »le« še postavitev tiskanih povezav, kar lahko izdela ročno ali s pomočjo *Autorouter*-ja.

Pri direktnem projektiranju načrtovalec izdeluje vezje neposredno na ploščici tiskanega vezja. Direktni postopek je hitrejši, vendar pa od uporabnika zahteva več izkušenj in potrpežljivosti. Ko boste tehtali, kateri pristop izbrati, svetujem, da se odločite za posredni način. Namreč, električna shema ne predstavlja le vmesni korak pri projektiranju tiskanega vezja, ampak bo služila tudi kot dokumentacija.

Urejanje Schematic datoteke

V zagonskem oknu poženemo *Control panel File/New/Schematic*. Odpre se delovno okno, v katerem bomo izdelali električno shemo.

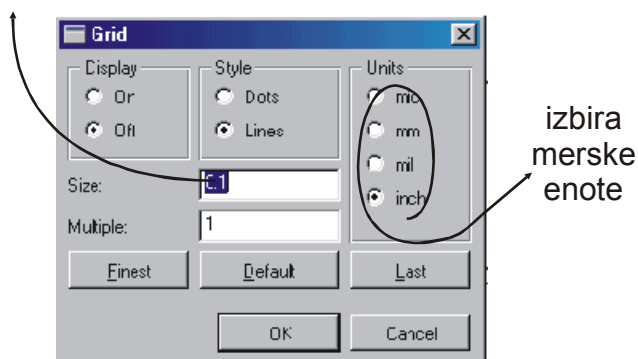


Nastavitev ločljivosti pomika

Pred pričetkom risanja z *View/Grid* nastavimo raster (mrežo). Mreža nam bo v pomoč pri postavljanju elementov in risanju električnih povezav. Običajno uporabimo privzete nastavitve (0,05inch oziroma 50mils), oziroma nastavimo enote v mm (0,05inch = 1,27mm).

Opozorilo: Ločljivost pomika nastavimo takoj, ko odpremo novo datoteko. Kasneje, med urejanjem dokumenta je ne spreminjamo.

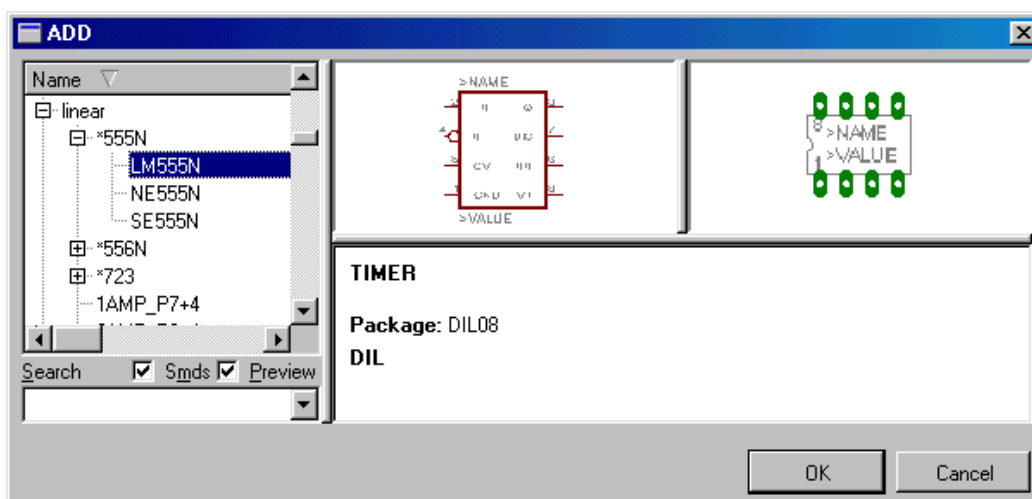
nastavitev ločljivosti pomika



Namestitev in razvrstitev elementov v polju električne sheme

Postavitev elementov v vezalno shemo

V meniju izberemo *Edit/Add*. Odpre se pogovorno okno, v katerem se prikažejo knjižnice vseh elementov. V iskalno vrstico *Search* vpišemo oznako elementa, ki ga želimo uporabiti (npr *555*). V levem oknu se bodo izpisale vse knjižnice, ki vsebujejo elemente X555X. Z levim gumbom miške izberemo LM555, istočasno se v desni polovici okna prikažeta simbol elementa in pripadajoče ohišje.



Ko smo iz knjižnice izbrali ustrezeni element, ga prenesemo v delovno polje. S klikom na miškin desni gumb element sučemo v levo za kot 90° , s klikom na levi gumb pa ga postavimo na želeno mesto v električni shemi. S pritiskanjem levega gumba miške namestimo poljubno število elementov. Vnos elementov prekinemo z gumbom *STOP* v orodni vrstici.

Premikanje elementov

Po vnosu vseh potrebnih elementov, jih bomo elemente v delovnem polju ustrezno razvrstili. To storimo z ukazom *Edit/Move*. Z levim gumbom miške izberemo element in ga premaknemo na novo lokacijo. S klikom na desni miškin gumb pa lahko element zasučemo v levo za kot 90° .

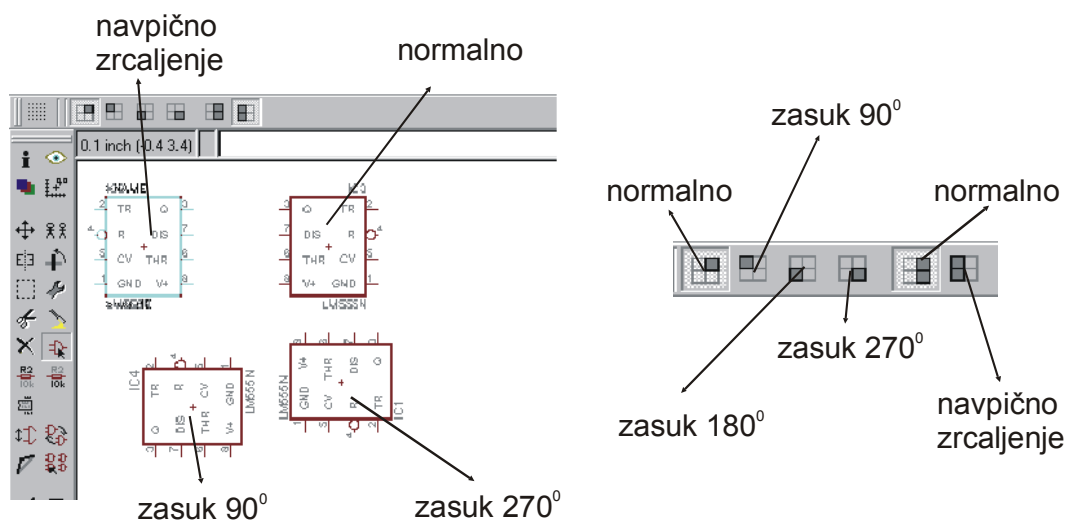
Rotiranje elementov

Elemente rotiramo z ukazom *Edit/Rotate*. S kurzorjem poiščemo element, ki ga želimo rotirati ter nanj kliknemo z levim gumbom miške. Element se bo zasukal v levo za kot 90° , podobno kot smo to izvedli s klikom desnega gumba miške pri ukazih *Add* in *Move*.

Zrcaljenje elementov

V meniju izberemo *Edit/Mirror*. S klikom na levi gumb miške so bo izvedlo zrcaljenje elementa prek navpične osi.

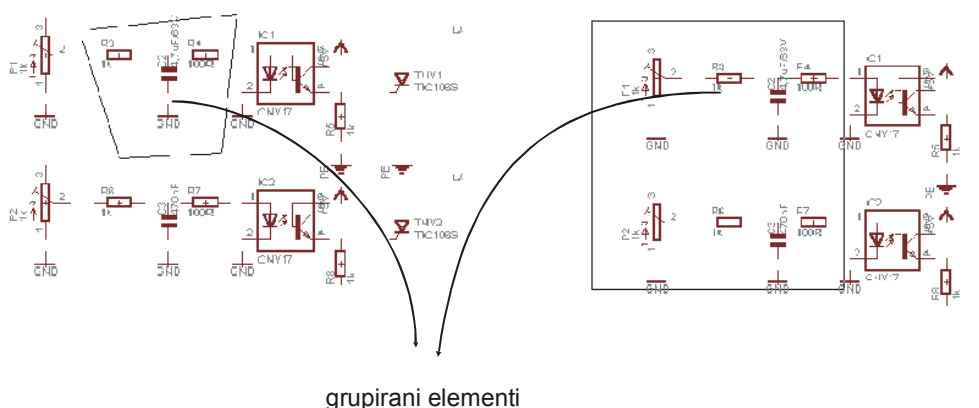
Rotiranje in zrcaljenje gumbov je možno izvajati tudi z uporabo gumbov v orodni vrstici.



Premikanje, rotiranje in zrcaljenje skupine elementov

Kadar želimo izvajati ukaze nad večjim številom elementov, moramo te elemente najprej označiti. To storimo z ukazom **Edit/Group**. Elemente lahko grupiramo na dva načina: s klikanjem ali z vlečenjem. Elementi, ki smo jih označili, postanejo svetlejši.

Skupino elementov lahko premikamo z ukazom **Edit/Move**, rotiramo z **Edit/Rotate** in zrcalimo z **Edit/Mirror**. Akcijo nad označenimi elementi sprožimo s klikom na desni gumb miške.



Kopiranje elementov

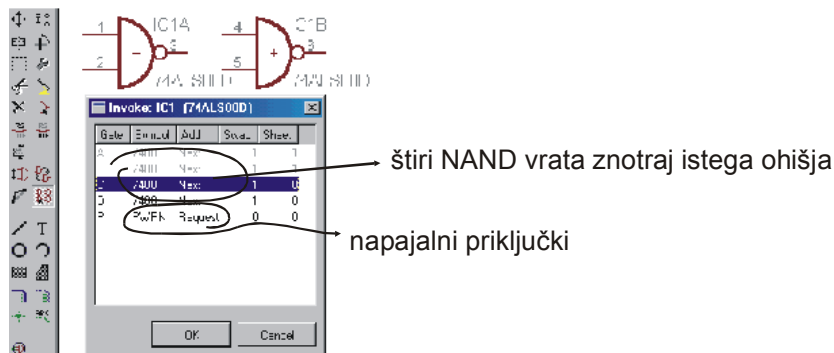
Kopiranje elementov poteka po dokaj zapletenem postopku. Elemente, ki jih želimo kopirati, je potrebno najprej označiti (ukaz **Edit/Group**). Nato z ukazom **Edit/Cut** prenesemo elemente v odložišče in v zadnjem koraku izvedemo lepljenje z **Edit/Paste**. Opozoriti moram, da se postopek kopiranja vedno izvaja na enak način, ne glede na to, ali kopiramo en sam element ali skupino elementov.

Zamenjava priključnih sponk elementa

Nekateri elementi imajo po dve ali več vhodnih sponk, za katere velja, da jih lahko med seboj menjamo (vhodne sponke logičnih vrat, upori, tuljave, nepolarizirani kondenzatorji...). Med samim načrtovanjem vezja je tovrstnim elementom možno med seboj sponke menjati, brez brisanja obstoječih električnih povezav. V ta namen uporabimo ukaz **Edit/Pinswap**.

Izbira elementa znotraj ohišja

Nekatere izvedbe integriranih vezij vsebujejo več enakih elementov, ki med seboj delujejo neodvisno (logična vrata v digitalni tehniki, nekatere izvedbe operacijskih ojačevalnikov, ...). Kadar želimo izbirati med elementi znotraj istega ohišja, uporabimo ukaz *Edit/Invoke*. Poleg izbire elementov nam omenjeni ukaz omogoča tudi dostop do napajalnih sponk integriranega vezja, ki drugače nista dosegljivi.

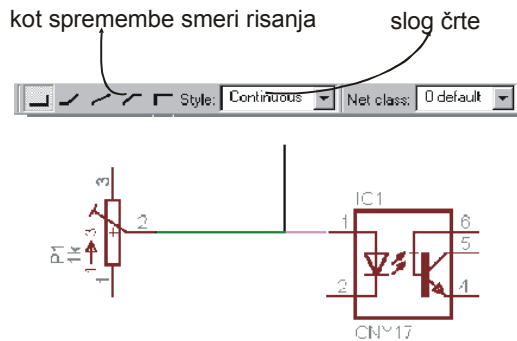


Menjava elementov znotraj istega ohišja

Pri izdelavi tiskanih povezav se mnogokrat primeri, da element, ki smo ga znotraj danega ohišja izbrali, povzroča težave pri izdelavi tiskanih povezav. Kadar želimo element zamenjati v okviru istega ali ekvivalentnega ohišja z drugim, uporabimo ukaz *Edit/Gateswap*. Nato z miško označimo elementa, ki ju želimo med seboj zamenjati.

Vnašanje električnih (net) povezav

V meniju izberemo ukaz *Draw/Net*. V orodni vrstici določimo slog in debelino povezovalnih črt:



S kurzorjem se postavimo na priključno sponko prvega elementa, kliknemo levi gumb miške in povlečemo povezavo do drugega elementa. Smer risanja povezav spreminjamo z enojnim klikom na miškin levi gumb. Povezavo zaključimo s klikom na priključno sponko drugega elementa ali z gumbom *STOP* v orodni vrstici.

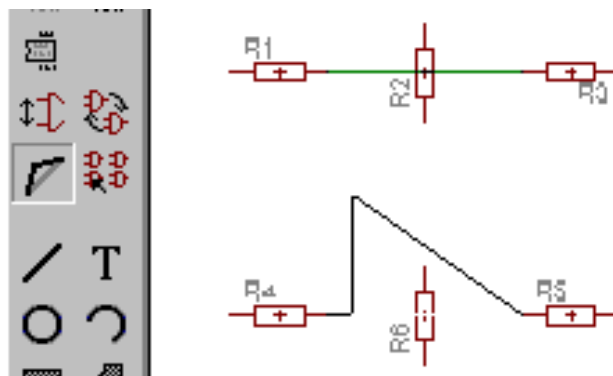
Opozorilo: Pri izdelavi net povezav ne uporabljajte ukaza *Draw/Wire*; le-ta je grafični pripomoček namenjen risanju simbolov in ga bomo uporabljali pri urejanju knjižnic.

Vnos vozlišč

Vozlišča se v shemo samodejno vnašajo. Namestimo jih lahko tudi z ukazom *Draw/Junction*.

Urejanje povezav

Kadar želimo direktno povezavo prelomiti in speljati okoli elementa, uporabimo ukaz *Edit/Split*. Z miško se postavimo na zeleno mesto preloma in povlečemo povezavo mimo elementa.

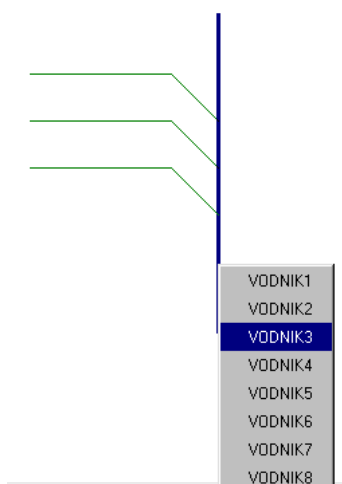


Povezovanje vodnikov v vodila

Pri večjem številu električnih povezav postane električna shema nepregledna, zato je smiselno vodnike združevati v vodila. Vodilo rišemo z ukazom **Draw/Bus**. Z **Edit/Name** določimo število vodnikov, ki jih bo vodilo vsebovalo. Kliknemo na vodilo in vpišemo sintakso:

```
VODNIK[1..8]
```

Takšno vodilo bo vsebovalo osem vodnikov, ki nosijo imena VODNIK1, VODNIK2,..., VODNIK8. Net povezave se na vodilo povezujejo enostavno: pripeljemo jih do vodila, kliknemo nanj in izberemo ustrezní vodnik.



Vnašanje oznak v električno shemo

Označevanje električnih povezav in vodil

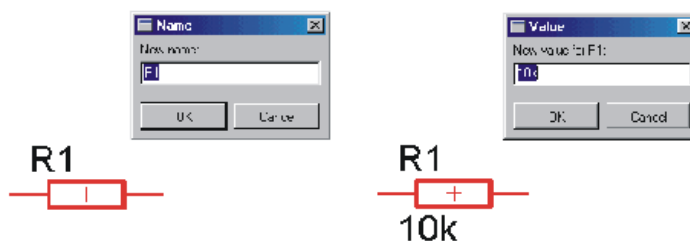
Električne povezave se označujejo in oštevilčujejo samodejno, vodila pa mora načrtovalec označiti sam na način, opisan v prejšnjem odstavku. Oznake električnih vodnikov in vodil so običajno skrite, lahko pa jih prikažemo z ukazom **Draw/Label**.

Vnos oznak in vrednosti elementov

Električna shema nam ne bo služila le kot pripomoček pri izdelavi tiskanega vezja, ampak jo bomo uporabili tudi kot dokumentacijo, zato jo je smiselno lično in pregledno izdelati. Elementi naj nosijo smiselna imena in če je le mogoče, naj bodo označeni tudi s pripadajočimi oznakami oziroma vrednostmi.

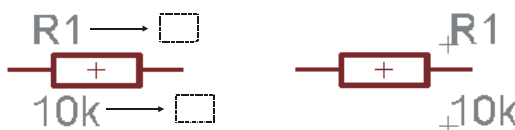
Imena elementov vnašamo z ukazom **Edit/Name**. S klikom na izbrani element se odpre okno, v katerega vnesemo ime elementa (na primer C12 ali IC5).

Njegovo vrednost oziroma oznako pa vnesemo z ukazom **Edit/Value**. Kliknemo na element in v okno vpišemo vrednost elementa (na primer 100uF ali LM741).



Premikanje oznak elementov

Po vnosu oznak elementov v električno shemo se te velikokrat pojavijo na nepreglednih mestih. Z ukazom **Edit/Smash** je moč oznake premikati na poljubna mesta v električni shemi.

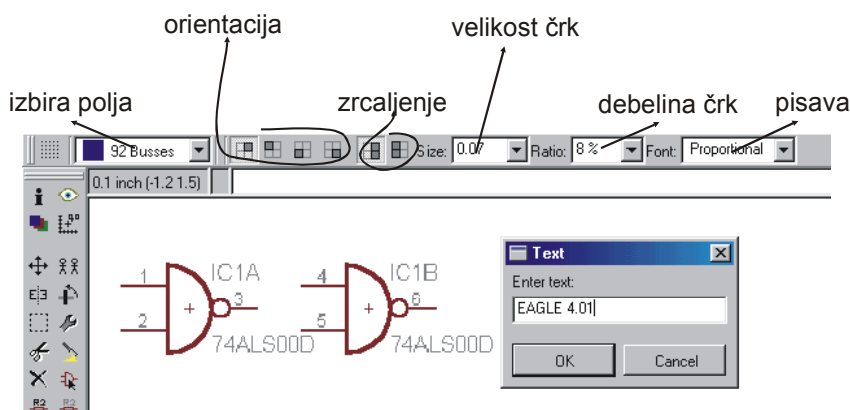


Izberemo ukaz **Edit/Smash** in z levim klikom miške označimo element, katerega oznake želimo premakniti. Z ukazom **Edit/Move** pa oznako premikamo in lociramo na željeno mesto.

Vnos komentarjev

Električno shemo bomo opremili s komentarji, ki bodo vezje natančneje opisali. Besedilo vnašamo z ukazom **Edit/Text**. Odpre se pogovorno okno, v katerega vpišemo besedilo komentarja. Kliknemo OK in ga postavimo na želeno mesto v električni shemi.

Opozorilo: V besedilu uporabljamo le ASCII znake, brez šumnikov.

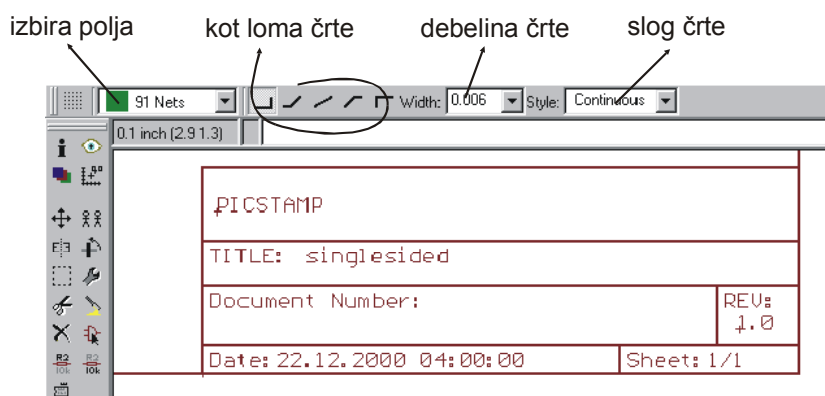


Grafični pripomočki

Nazadnje bomo izdelali še glavo risbe. Za ta namen uporabimo sledeče grafične pripomočke:

- **Draw/Wire** - za risanje črt (ukaza ne uporabljajte pri risanju net povezav),
- **Draw/Circle** - za risanje krožnic,
- **Draw/Arc** - za risanje krožnih lokov,
- **Draw/Rectangle** - za risanje pravokotnikov in
- **Draw/Polygon** - za poljubnih večkotnikov.

Glavo risbe lahko tudi uvozimo in sicer iz knjižnice *Frames* z ukazom **Edit/Add**.

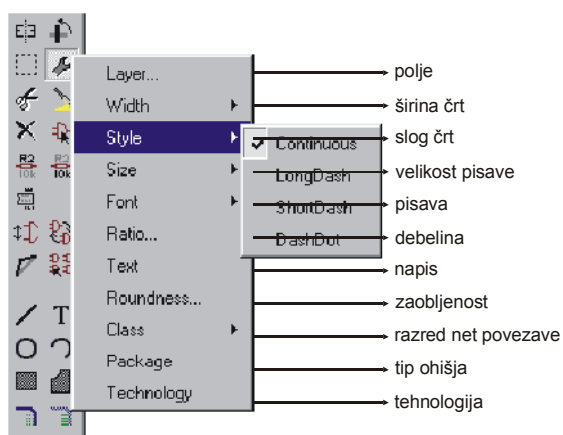


Grafični pripomočki nam bodo bolj koristili pri urejanju knjižnic, ko jih bomo uporabljali za risanje simbolov in ohišij elementov.

Posebni pripomočki

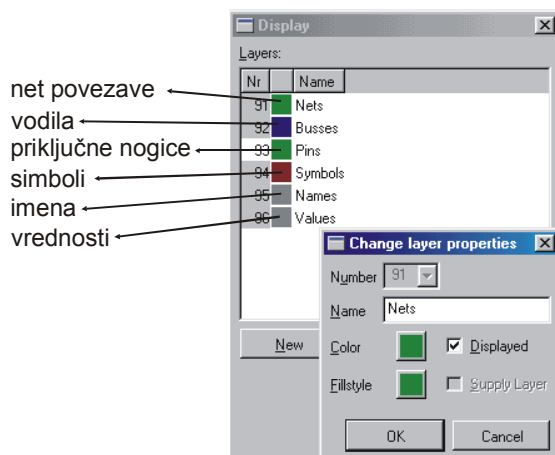
Spreminjanje atributov objektov

Atribute objektov v električni shemi spreminjamo z ukazom *Edit/Change*:



Prikaz vidnih polj v električni shemi

Z ukazom *View/Display-hide layers* izbiramo, katera polja bodo na zaslonu vidna in katera skrita.



Prikaz informacij o objektih v električni shemi

Uporaba ukaza *View/Info* omogoči prikaz lastnosti označenega elementa:

- ime elementa;
- oznaka ali vrednost elementa;
- orientacija (zasuk);
- knjižnica, kateri element pripada;
- ime elementa v knjižnici;
- pripadajoče ohišje;

ali lastnosti električne povezave:

- koordinate;
- dolžina linije vodnika;
- širina linije vodnika;
- oznaka polja, kateremu element pripada;
- oznaka povezave.



Podobno vlogo ima tudi ukaz *View/Show*. Uporabimo ga takrat, kadar želimo videti potek povezav v električni shemi ali na tiskanem vezju. S klikom na izbrano povezavo, ta postane svetlejša tako, da je njen potek v vezju bolj opazen.

Preverjanje pravilnosti izdelave električne sheme

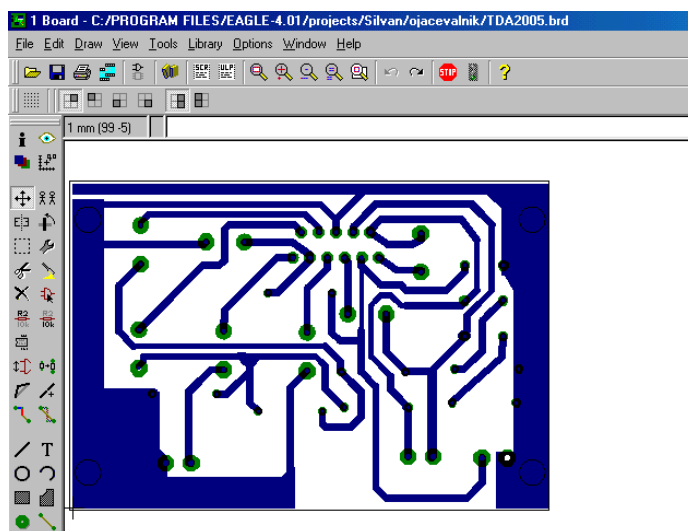
Ob koncu, ko smo električno shemo izdelali, je priporočljivo pognati program *Tools/ERC* (*Electrical Rule Check*). Ta bo preveril pravilnost izdelave električnih povezav in nas opozoril na morebitne napake (kratki stiki, napačna priključitev napajanja, nepovezane vhodne sponke digitalnih vezij...).

Izdelava tiskanega vezja

Ustvarjanje Board datoteke

Kadar uporabljamo direktni pristop izdelave tiskanega vezja, brez predhodnega risanja električne sheme, takrat urejamo le *Board* datoteko (ne odpiramo *Schematic* datoteke).

Običajno pa se odločimo za "forward & back" pristop projektiranja tiskanih vezij. V tem primeru najprej izdelamo električno shemo (*Schematic*), preko katere se izdelata lista net povezav. V naslednjem koraku pričnemo z urejanjem tiskanega vezja. Pri "forward & back" pristopu ustvarimo dve datoteki - *Schematic* in *Board* (običajno je dovolj le *Schematic*, *Board* se ustvari samodejno). Preklop med shemo in ploščico izvajamo z ukazi *File/Switch to Board* in *File/Switch to Schematic*.



Nastavitev ločljivosti pomika

Ločljivost pomika nastavimo z ukazom *View/Grid*, podobno kot pri urejanju *Schematic* datoteke (glej stran 11).

Dimenzije tiskanega vezja

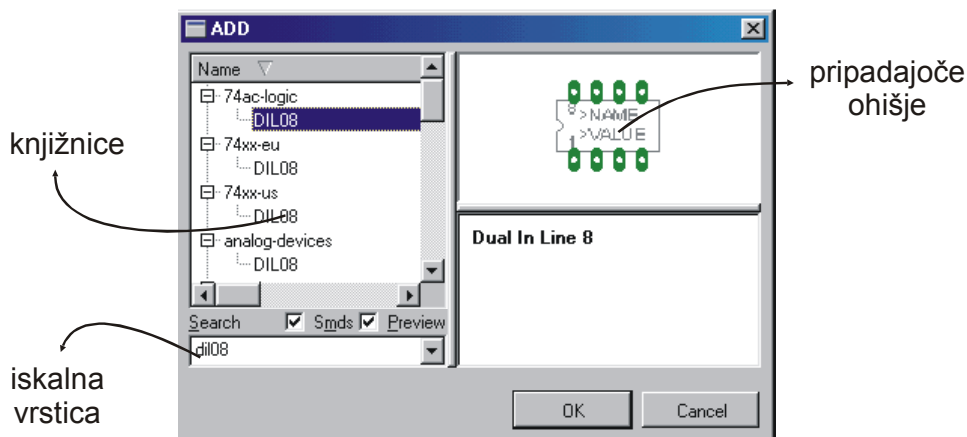
Pred pričetkom nameščanja in razvrščanjem elementov določimo dimenzije tiskanega vezja. Uporabimo ukaz *Draw/Wire*; v izbirnem okencu izberemo polje **20 Dimension**. Z miško narišemo pravokotnik, ki označuje dimenzije tiskanega vezja. Dimenzije tiskanega vezja lahko spreminjamo tudi naknadno in sicer z ukazom *Edit/Move*. Na vogale ploščice označimo mesta izvrtin z ukazom *Draw/Hole*, tu se bodo kasneje pritrdili montažni vijaki.

Opozorilo: Freeware verzija dopušča izdelavo tiskanih vezij z dimenzijami največ 100mm x 80mm.

Namestitev in razvrstitev elementov na ploščici

Postavitev elementov na ploščico

Elemente nameščamo podobno, kot smo to počeli pri izdelavi električne sheme - z ukazom *Edit/Add*. Nato v pogovornem oknu izberemo ustrezeni element. Če pri iskanju elementov nismo preveč veščji, uporabimo iskalno vrstico *Search*. V okence vpišemo tip ohišja, ki iskanemu elementu pripada (na primer DIL08) in kliknemo OK. V levem oknu se bodo izpisale vse knjižnice, ki vsebujejo ohišja DIL08, na desni strani pa se prikaže njihov izgled.



Ohišje nato prenesemo v delovno polje. S klikom na miškin desni gumb ga sučemo v levo, s klikom na levi gumb pa ga postavimo na zeleno mesto na ploščici.

Opozorilo: Direktno vnašanje elementov na tiskano vezje v "forward & back" načinu ni dopustno.

Označevanje elementov

Če elementov še nismo označili, lahko to storimo sedaj, na enak način kot smo to počeli pri urejanju *Schematic* datoteke (glej stran 17):

- *Edit/Name* – vnesemo oznako,
- *Edit/Value* – vnesemo vrednost,
- *Edit/Smash* – postavimo oznake na zeleno mesto.

Razvrstitev elementov na tiskanem vezju

Razvrstitev elementov na tiskanem vezju je pomemben korak pri načrtovanju tiskanega vezja. Ustrezna razvrstitev elementov načrtovalcu močno olajša delo pri izdelavi tiskanih povezav. Elemente, ki so med seboj električno povezani, ne oddaljujmo preveč, da tiskane vezi ne bodo predolge. Močnostne elemente, ki jih bo potrebno hladiti, postavimo na rob ploščice, da bo hladilna telesa lažje montirati. Tudi napajalne sponke in konektorji naj bodo bližje robu tiskanega vezja.

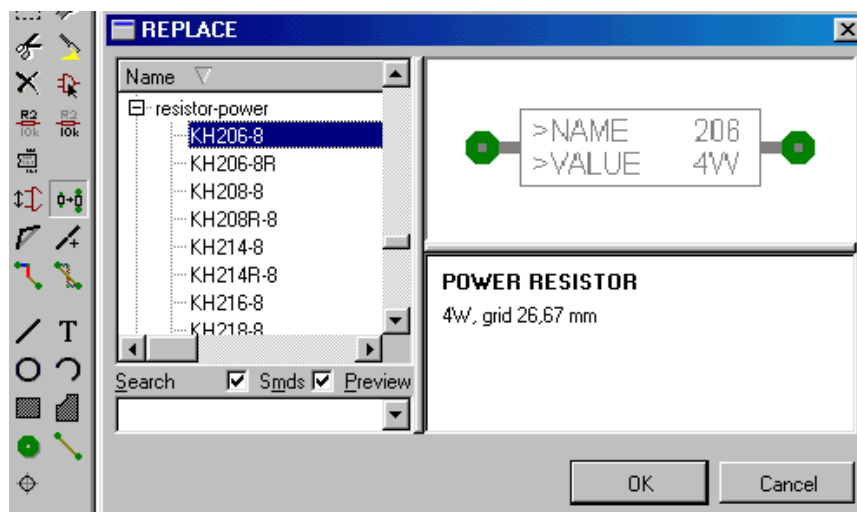
Elemente razvrščamo z ukazom *Edit/Move*. S klikom desnega gumba miške lahko elemente rotiramo, s klikom na levi gumb pa jih postavimo na zeleno mesto. Če želimo premikati več elementov hkrati, jih najprej označimo z *Edit/Group* in nato premikamo z *Edit/Move*.

Program EAGLE omogoča obojestransko razvrščanje elementov. Na gornjo stran postavimo večje in močnostne elemente, na spodnjo stran pa montiramo SMD komponente. Program običajno postavlja elemente na zgornjo stran tiskanega vezja. Elemente, katere želimo locirati na spodnjo stran ploščice, preslikamo z ukazom *Edit/Mirror*.

Zamenjava ohišja elementa

Večkrat se primeri, da smo elementu izbrali neustrezno ohišje. Zamenjavo ohišja elementa je moč izvesti z ukazom *Edit/Replace*. V knjižnici izberemo novo ohišje, kliknemo OK in nato določimo ohišje, ki ga želimo zamenjati.

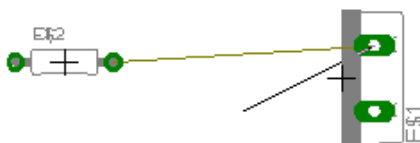
Opozorilo: Ukaza ni možno izvajati v "forward & back" načinu.



Vnašanje net povezav

Ko so elementi na površini tiskanine razporejeni, jih med seboj povežemo z net povezavami. Izberemo ukaz *Draw/Signal*; s klikom levega gumba miške označimo priključke, ki jih želimo med seboj električno povezati. Povezavo zaključimo z dvoklikom, ali s klikom na gumb *STOP* v orodni vrstici.

Opozorilo: V "forward & back" načinu risanju je vnašanje net povezav dovoljeno le v električni shemi (*Schematic*); direkten vnos net povezav na tiskanem vezju ni mogoč.

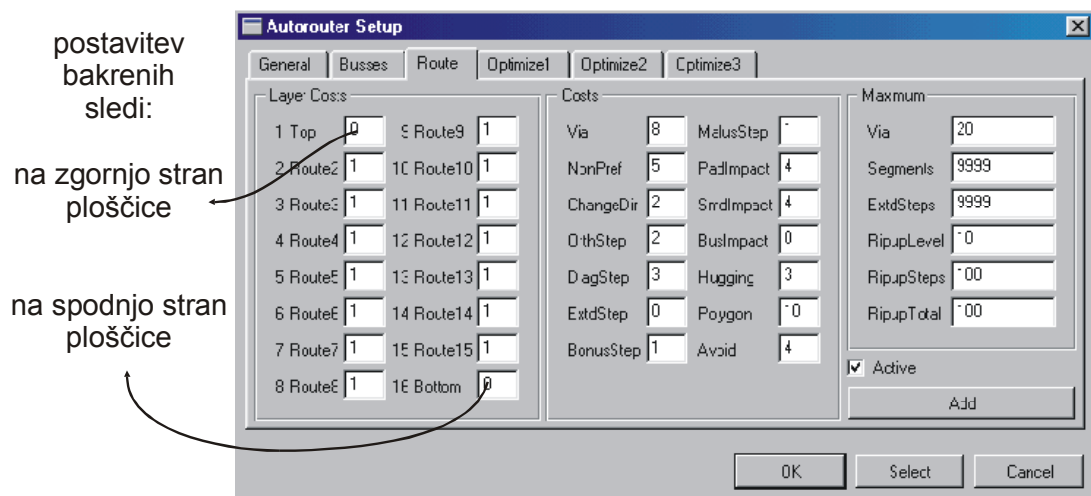


Izdelava tiskanine

Tiskane vezi je mogoče izdelati ročno ali z uporabo programa *Autorouter*. *Autorouter* le redko uspe izdelati tiskano vezje v celoti, preostale povezave je potrebno dokončati ročno.

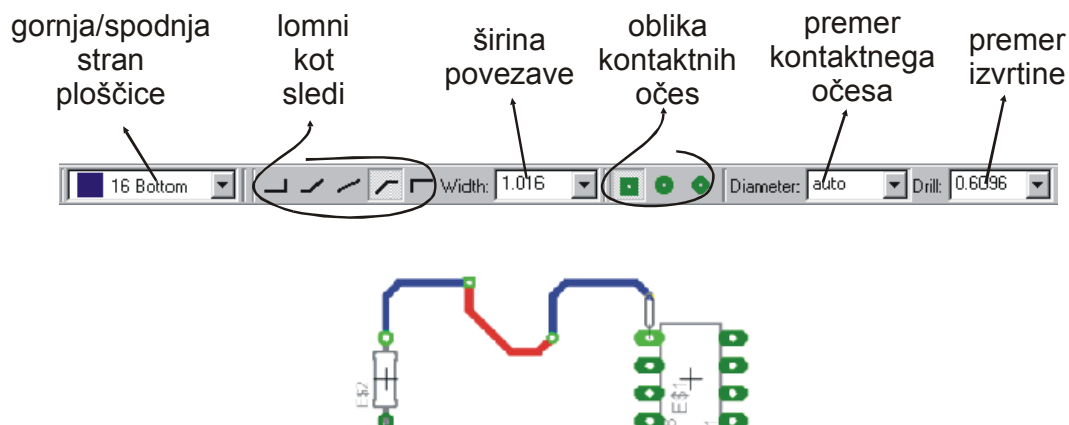
Autorouter

V *Tools/DRC (Design rule Check)* nastavimo parametre (glej stran 30): širino tiskanih vezi, minimalne razdalje med vezmi, kontakti... Nato poženemo *Autorouter* s *Tools/Auto*. V pogovornem oknu določimo uteži in kliknemo OK.



Ročna postavitve prevodnih sledi

Ročno postavitve tiskanih vezi nam omogoča ukaz *Edit/Route*:



Povezavo prično risati s klikom na priključno sponko elementa. Smer risanja vezi spreminjamo z enojnim klikom na levi gumb miške, lomni kot nadaljevanja poti pa določimo s klikom na desni miškin gumb. Povezavo zaključimo z enojnim klikom levega gumba miške na priključno sponko elementa ali z dvoklikom kjerkoli na tiskanem vezju.

Tiskane povezave lahko zopet zberemo z ukazom *Edit/Ripup*.

Urejanje povezav

Bakrene povezave je možno tudi naknadno urejati. Lahko jih:

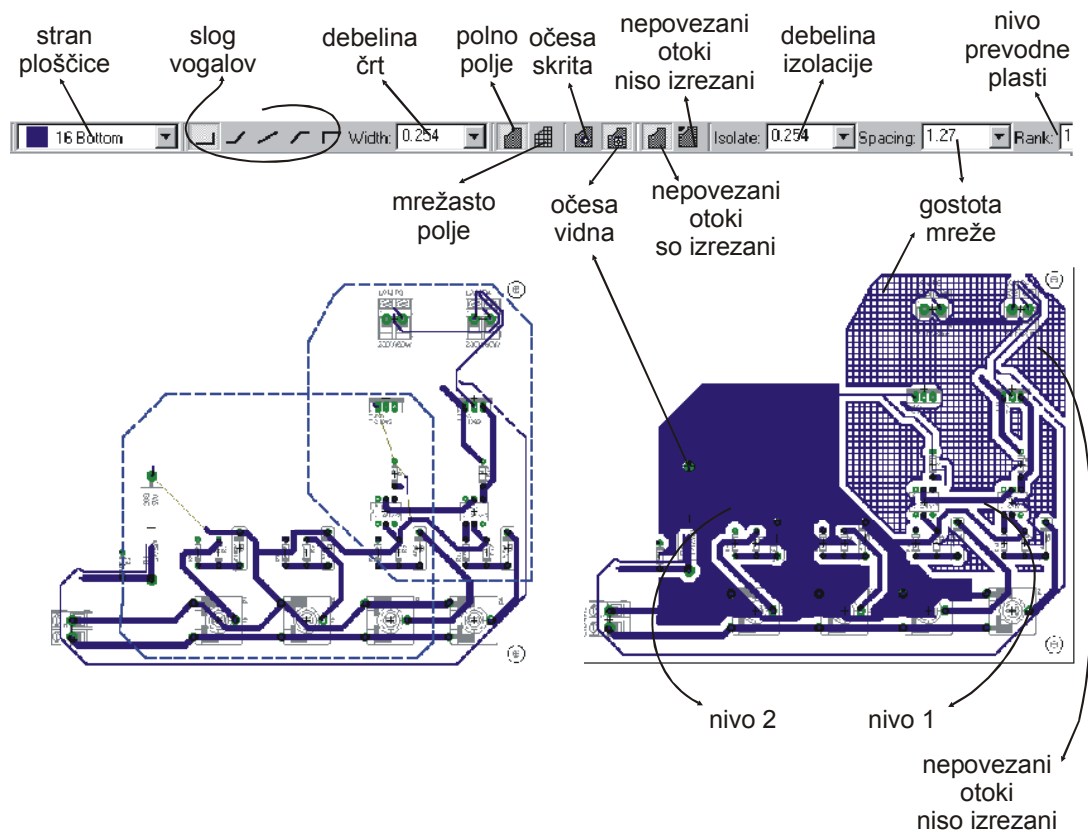
- premikamo (*Edit/Move*),
- lomimo (*Edit/Split*) ali
- optimiziramo (*Edit/Optimize* ter *Tools/Ratnest*),

Ukaz *Edit/Optimize* pretvori več zaporednih odsekov tiskanih vezi, ki ležijo v isti liniji in so enako široki, v eno samo linijo. Videz povezave se ne spremeni, le *Board* datoteka (*.brd) postane krajša. Ukaz *Tools/Ratnest* uporabimo za optimizacijo net povezav (glej sliko). Net povezave se na novo postavijo po ključu najkrajših možnih poti.



Nanašanje večjih prevodnih površin

Večje prevodne površine vnašamo z ukazom **Draw/Polygon**. Z miško označimo stranice večkotnika, nato vnesemo oznako prevodne površine z **Edit/Name** (običajno izberemo maso GND).



Bakrene površine je možno vnašati tudi z ukazom **Draw/Rectangle**, čigar raba pa ni priporočljiva. *Rectangle* je namreč grafični objekt in ga program ne obravnava kot net povezavo.

Opremljanje tiskanine z oznakami

Grafični pripomočki

Podobno kot pri urejanju *Schematic* datoteke, imamo tudi v *Board* datoteki možnost vnosa nekaterih grafičnih objektov:

- **Draw/Wire** - risanje črt,
- **Draw/Circle** - risanje krožnic,
- **Draw/Arc** - risanje krožnih lokov in
- **Draw/Rectangle** - risanje pravokotnikov

Vnašanje napisov in oznak

Na koncu bomo tiskano vezje opremili z oznakami. V vezju bomo označili polariteto priključkov napajalnih sponk in elektrolitskih kondenzatorjev. Tiskanino opremimo z napisom (imenom izdelka), ki bo nam tudi v pomoč pri namestitvi filma pri fotopostopku.

Tekstovne oznake vnašamo z ukazom **Draw/Text**. V orodni vrstici izberemo pisavo, velikost in debelino črk ter stran ploščice, kamor želimo napis namestiti.



Posebni pripomočki

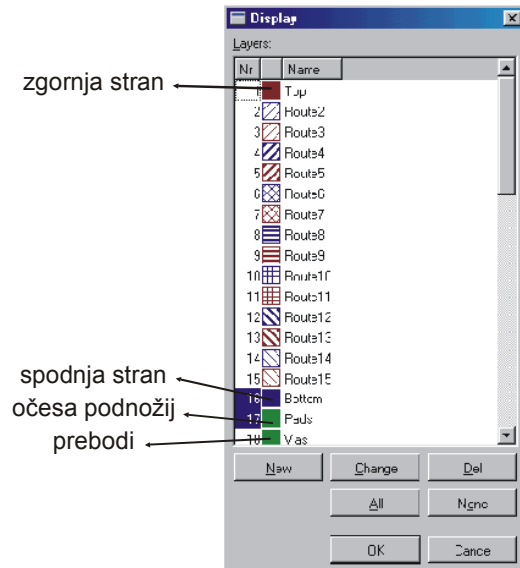
Spreminjanje atributov objektov na tiskanem vezju

Naknadne spremembe vseh atributov so možne z ukazom **Edit/Change**:



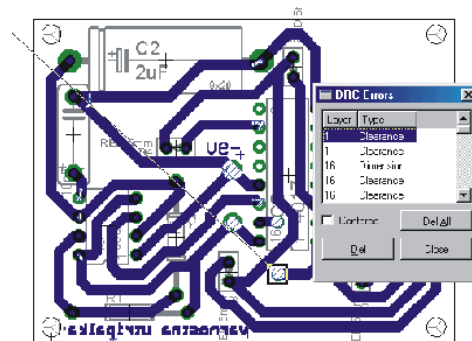
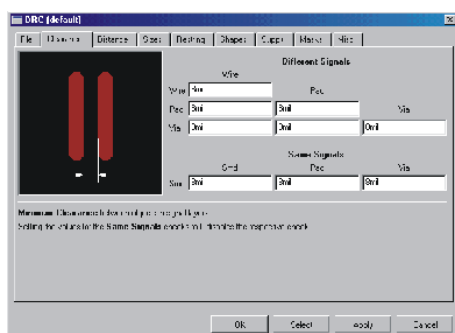
Nastavitev vidnih polj

Za lažje urejanje povezav lahko polja, ki nas trenutno ne zanimajo, skrijemo z ukazom **View/Display-Hide layers**. Vidna ostanejo le tista polja, ki jih bomo v pogovornem oknu omogočili. Nadaljnje urejanje je možno izvajati le nad tistimi polji, ki so označena kot vidna. Urejanje skritih polj pa ni možno vse dotlej, dokler jih spet ne določimo kot vidna.



Preverjanje pravilnosti izdelave tiskanega vezja glede na tehnološke standarde

Ko je tiskano vezje dokončno izdelano, bomo še preverili pravilnost izdelave glede na tehnološke zahteve (*Design Rule Check*). Poženemo program **Tools/DRC**. Odpre se pogovorno okno, v katerem postavimo zahteve glede minimalnih razdalj med prevodnimi povezavami, med posameznimi elementi, med elementi in tiskanimi povezavami, ... Priporočljiva je uporaba privzetih nastavitvev. Po končanem preverjanju nas program opozori na napake, ki so na tiskanem vezju prisotne.



Tiskanje filma in izdelava izhodnih datotek

Sledi tiskanje filma. Običajno uporabimo laserski tiskalnik, s katerim lahko tiskamo neposredno na prosojnico. Pred tiskanjem je potrebno ustrezno nastaviti vidna polja (*View/Display-Hide layers*). Natisnila se bodo le tista polja, ki so bila pedhodno označena kot vidna. Pred tiskanjem omogočimo sledeča polja:

- Top ali Bottom (zgornja ali spodnja stran tiskanega vezja),
- Pads (kontaktni priključki),
- Vias (prebodi),
- Dimension (dimenzije ploščice) in
- Holes (izvrtine za montažne vijake).

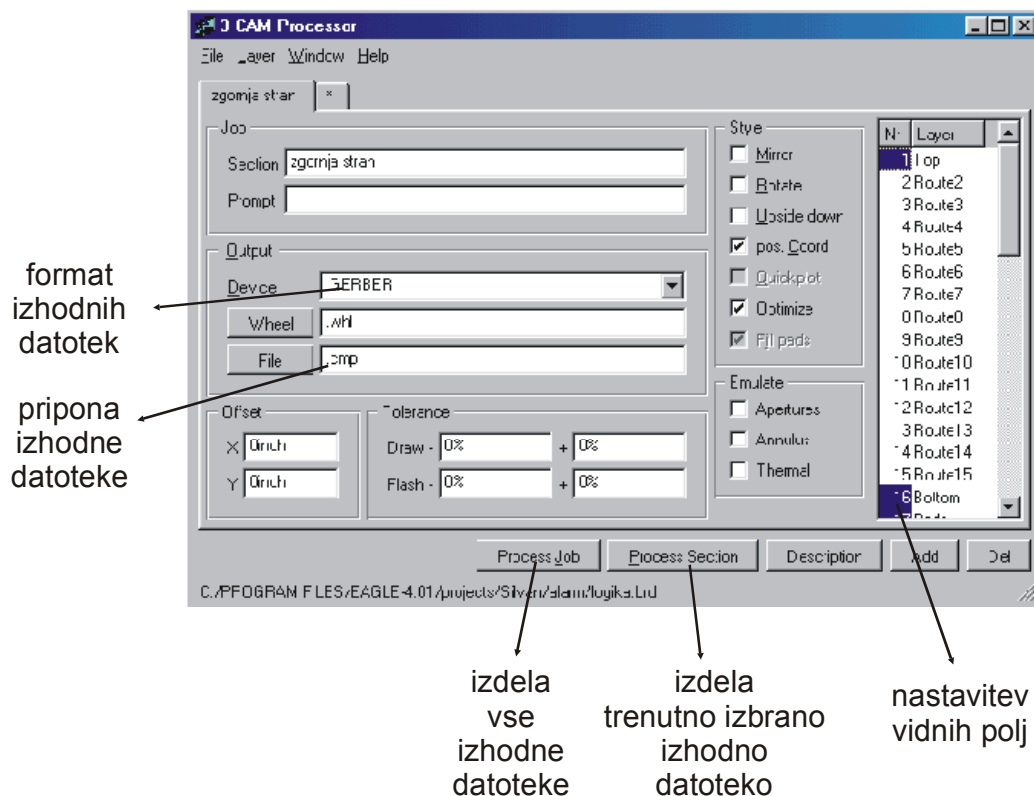
Generiranje izhodnih datotek s *CAM processor*-jem

Kadar bomo izdelavo tiskanega vezja prepustili proizvajalcu, bomo v ta namen izdelali ustrezne izhodne datoteke:

- *.cmp: zgornja plast tiskanega vezja (Top, Pads, Vias),
- *.sol: spodnja plast tiskanega vezja (Bottom, Pads, Vias),
- *.ly2: notranja signalna plast (Route2, Pads, Vias),
- *.stc: zgornja stop maska (tStop),
- *.sts: spodnja stop maska (bStop),
- *.plc: razporeditev elementov na zgornji strani tiskanega vezja (Dimension, tPlace, tNames, tValues),
- *.pls: razporeditev elementov na spodnji strani tiskanega vezja (Dimension, bPlace, bNames, bValues),
- *.dcc: razporeditev elementov na zgornji strani tiskanega vezja (Dimension, tPlace, tNames, tValues, tDocu),
- *.dcs: razporeditev elementov na spodnji strani tiskanega vezja (Dimension, bPlace, bNames, bValues, tDocu),
- *.drd: izvrtine (drills, holes),
- *.drp: pozicije izvrtin (dimension, drills, holes).

Izhodne datoteke bomo izdelali *CAM Processor*-jem (*Computer Aided Manufacturing*), programom, ki podpira širok spekter CNC naprav in tiskalnikov. V zagonskem oknu *Control panel* poženemo *File/CAM Processor*. V pogovornem oknu izberemo *File/Open/Job* (izberemo EPS.cam¹) naložimo *Board* datoteko (*File/Open/Board*) in poženemo *Process Job*.

¹ EPS.cam izdela izhodne datoteke v postscript formatu



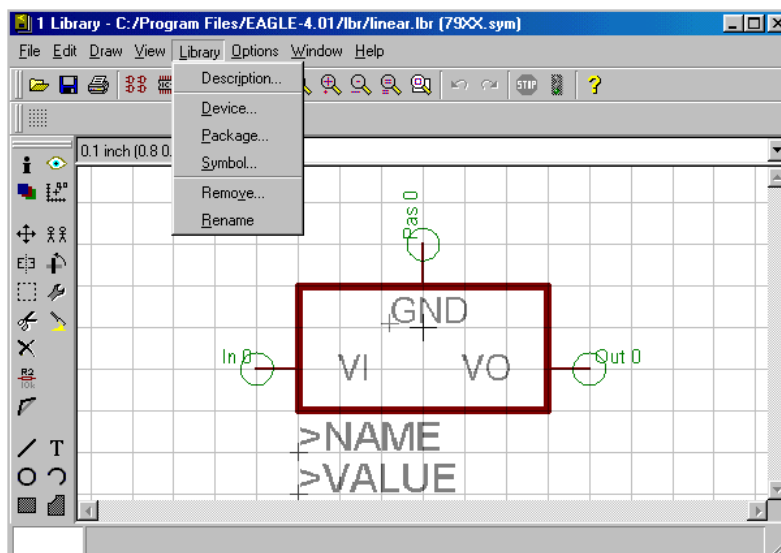
Izvoz datotek

Program EAGLE nam omogoča izvoz (**File/Export**) sledečih datotek:

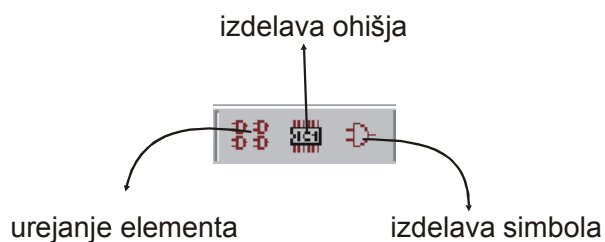
- **Netlist** (net lista povezav),
- **Partlist** (spisek elementov),
- **Pinlist** (net lista povezav na priključkih elementov),
- **NetSript** (izdela listo povezav kot *Script* datoteko),
- **Image** (električna shema in tiskano vezje v bitmap formatu).

Urejanje knjižnic

Čeprav ima EAGLE bogate knjižnice, se kdaj pa kdaj zgodi, da iskanega elementa v nobeni od njih ni moč najti. Program EAGLE nam poleg izdelave tiskanega vezja omogoča tudi urejanje knjižnic: izdelavo novih simbolov in ohišij elementov. Poglejmo si primer izdelave novega elementa.



V zagonskem oknu *Control Panel* odpremo **Open/Library** in izberemo knjižnico, ki jo želimo urejati.



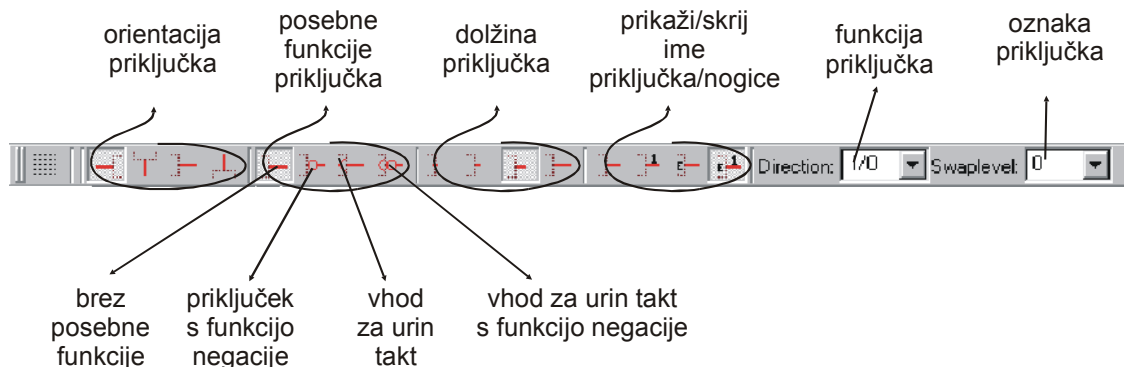
Izdelava simbola

V meniju izberemo **Library/Symbol**. V oknu *Edit* vpišemo v vrstico *New* ime novega simbola (na primer L200). Element rišemo z **Draw/Wire** (izberemo polje **94 Symbols**). Pri risanju lahko uporabimo vse grafične pripomočke, ki smo jih že omenili:

- **Draw/Wire** – za risanje črt,
- **Draw/Circle** - za risanje krožnic,
- **Draw/Arc** - za risanje krožnih lokov in
- **Draw/Rectangle** - za risanje pravokotnikov.



Nato namestimo priključne sponke **Draw/Pin**,



Priključke z enako oznako je možno med seboj menjati z ukazom **Edit/Pinswap** (glej stran 13). Oznaka 0 onemogoča menjavo priključkov.

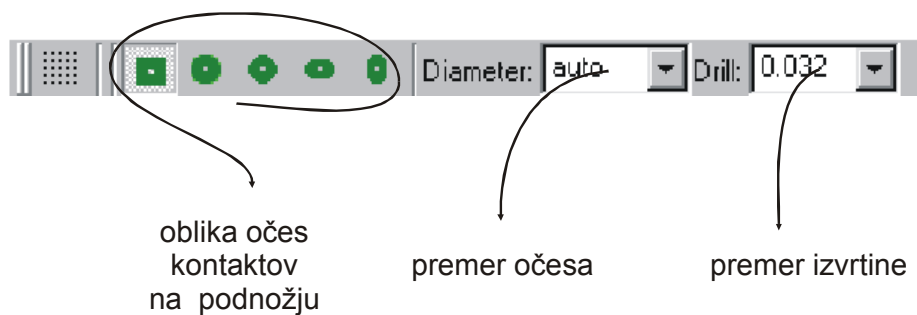
vnesemo ime **Draw/Text** (izberemo polje **96 Names**) ter vpišemo >NAME, in nazadnje še vrednost **Draw/Text** (izberemo polje **95 Values**) ter vpišemo >VALUE. Simbol shranimo s **File/Save**.



Izdelava ohišja

V meniju izberemo **Library/Package**. V oknu *Edit* v vrstico *New* vpišemo ime novega ohišja (TO220-1). Element rišemo z **Draw/Wire** (izberemo polje **21 Tplace**).

Priključne namestimo sponke z **Draw/Pad**,



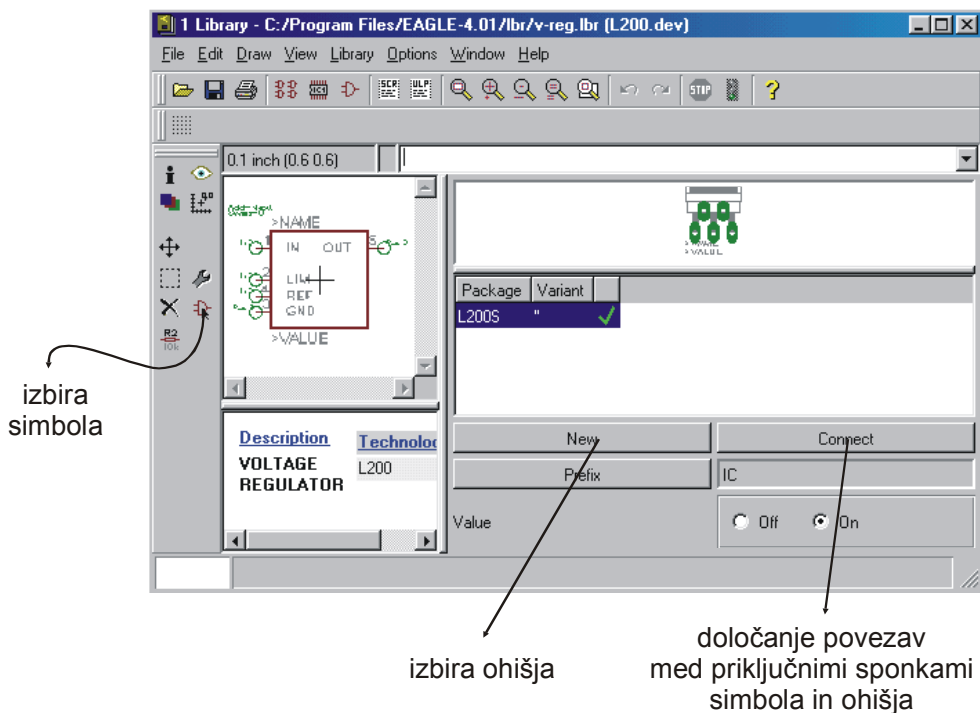
SMD kontakte pa z ukazom **Draw/Smd**.



Nato vnesemo ime z **Draw/Text** (polje **25 tNames**), vpišemo >NAME; ter vrednost z **Draw/Text** (polje **27 tValues**), vpišemo >VALUE. Ohišja ne pozabimo shraniti (**File/Save**).

Definiranje elementa

V meniju izberemo **Library/Device**. V oknu *Edit* v vrstico *New* vpišemo ime novega elementa (L200). Odpre se pogovorno okno, v katerem izberemo simbol in pripadajoče ohišje elementa.



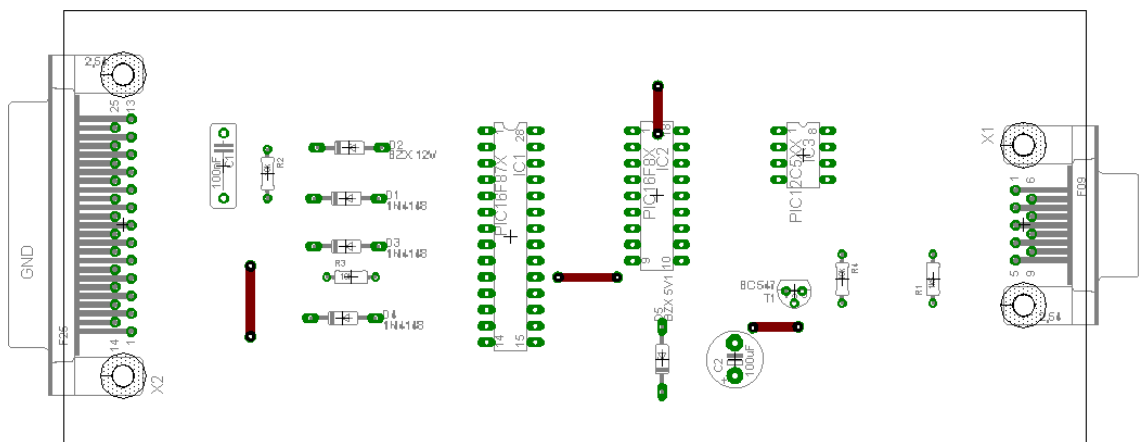
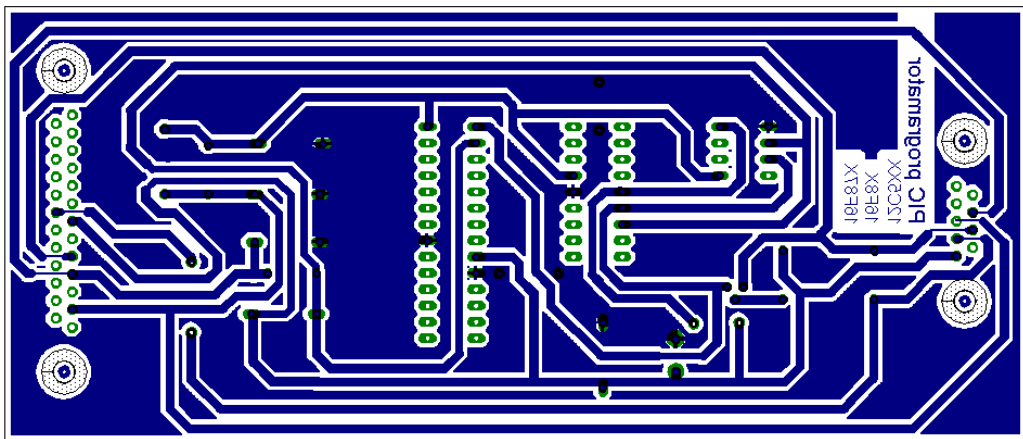
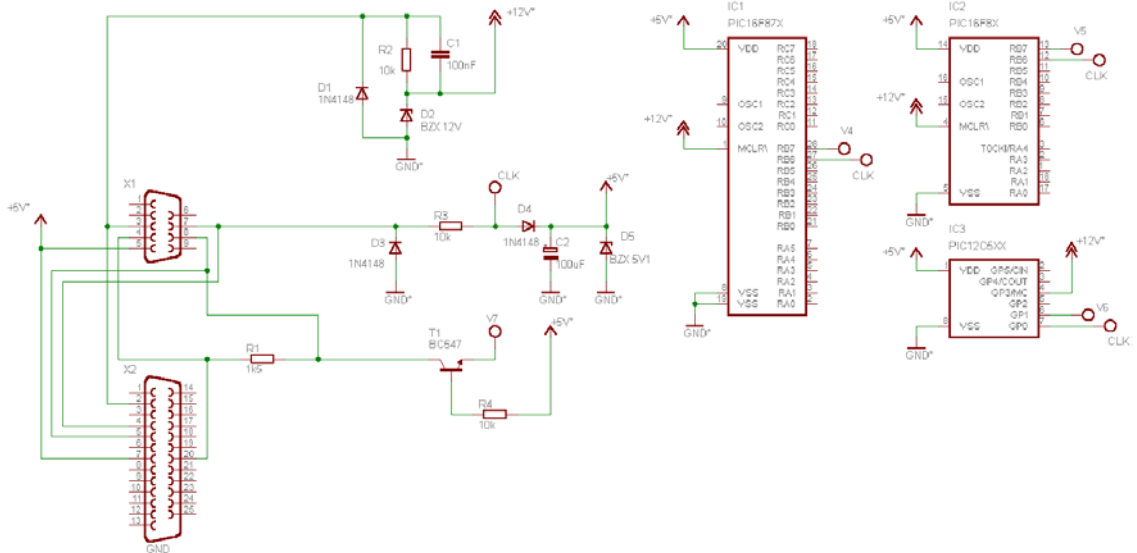
Izvoz datotek

Iz knjižnic nam je omogočen izvoz (**File/Export**) sledečih datotek:

- **Script** (izvoz *Library* datoteke kot Script datoteko),
- **Directory** (izvoz spiska elementov v izbrani knjižnici),
- **Image** (simbol in ohišje elementa v bitmap formatu).

Dodatek

PIC programator



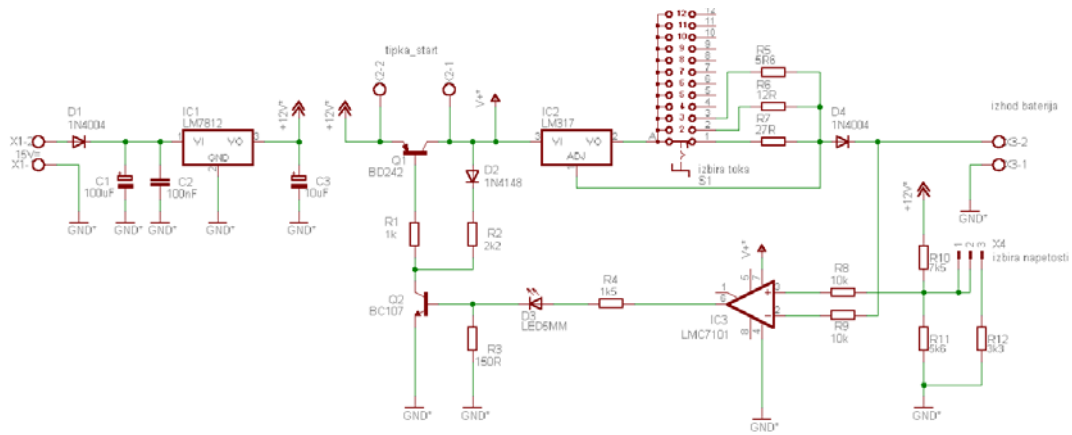
Partlist

Exported from PIC programator.brd at 12.01.2002 22:26:37

EAGLE Version 4.01 Copyright (c) 1988-2001 CadSoft

Part	Value	Package	Library	Position (mil)	Orientation
C1	100nF	C102-043X133	rcl	(985 1725)	R270
C2	100uF	E5-8,5	rcl	(4135 535)	R90
D1	1N4148	DO35-10	diode	(1740 1525)	R0
D2	BZX 12V	DO35Z10	diode	(1760 1835)	R0
D3	1N4148	DO35-10	diode	(1740 1230)	R0
D4	1N4148	DO35-10	diode	(1720 790)	R0
D5	BZX 5V1	DO35Z10	diode	(3685 535)	R90
IC1	PIC16F87X	DIL28-3	microchip	(2755 1290)	R270
IC2	PIC16F8X	DIL18	microchip	(3655 1540)	R270
IC3	PIC12C5XX	DIL8	microchip	(4555 1790)	R270
R1	1k5	0204/7	rcl	(5355 1030)	R90
R2	10k	0204/7	rcl	(1255 1675)	R270
R3	10k	0204/7	rcl	(1770 1040)	R0
R4	10k	0204/7	rcl	(4795 1030)	R270
T1	BC547	TO92	transistor-npn	(4500 955)	R180
X1		F09H	con-subd	(5915 1360)	R270
X2	GND	F25H	con-subd	(365 1360)	R90

Polnilec baterij



Z jumperjem izberemo izhodno napetost polnilnika: brez mosticka - 4,8V; z mostickom - 2,4V.

S preklopnikom izberemo tok polnjenja: 50mA; 100mA; 200mA.

Partlist

Exported from polnilec.brd at 12.01.2002 22:31:22

EAGLE Version 4.01 Copyright (c) 1988-2001 CadSoft

Part	Value	Package	Library	Position (mil)	Orientation
C1	100uF	E5-10,5	rcl	(1450 350)	R90
C2	100nF	C050-035X075	rcl	(1000 650)	R180
C3	10uF	E5-10,5	rcl	(550 1400)	R0
D1	1N4004	DO41-10	diode	(1000 300)	R180
D2	1N4148	DO41-10	diode	(1150 3000)	R270
D3	LED5MM	LED5MM	led	(1350 2200)	R90
D4	1N4004	DO41-10	diode	(2360 3050)	R90
IC1	LM7812	TO220H	linear	(500 950)	R90
IC2	LM317	TO220H	linear	(1450 2850)	R180
IC3	LMC7101	DIL08	linear	(1300 1300)	R0
Q1	BD242	TO220	transistor-pnp	(500 2950)	R180
Q2	BC107	TO18	transistor-npn	(950 2200)	R0
R1	1k	0204/7	rcl	(850 3050)	R90
R2	2k2	0204/7	rcl	(1000 3050)	R90
R3	150R	0204/7	rcl	(1450 1750)	R90
R4	1k5	0204/7	rcl	(1350 1750)	R90
R5	5R6	0207/12	rcl	(2100 3000)	R90
R6	12R	0207/12	rcl	(1950 3000)	R90
R7	27R	0207/12	rcl	(1800 3000)	R90
R8	10k	0204/7	rcl	(1350 850)	R90
R9	10k	0204/7	rcl	(1250 850)	R90
R10	7k5	0204/7	rcl	(1550 850)	R270
R11	5k6	0204/7	rcl	(1450 850)	R90
R12	3k3	0204/7	rcl	(1800 850)	R90
S1	izbira toka	CK101X12	switch	(2150 1850)	R270
X1	15V=	AK300/2	con-ptr500	(400 400)	R270
X2	tipka_start	AK300/2	con-ptr500	(400 1900)	R90
X3	izhod baterija	AK300/2	con-ptr500	(2150 450)	R90
X4	izbira napetosti	90-3	con-weidmueller-sl35	(2105 1140)	R180

Viri

1. EAGLE 4.0 for Linux and Windows Tutorial, Cadsoft Computer, Inc.
2. URL: <http://www.cadsoft.de>

Zapiski: