

**STREDNÁ ODBORNÁ ŠKOLA ELEKTROTECHNICKÁ**  
**Hviezdoslavova 44, 091 12 Stropkov**

**Návrhový systém EAGLE**  
**(Grafické systémy v elektrotechnike)**

**Ing. Peter Stenčík**

2008

**TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVANÝ EURÓPSKOU ÚNIOU**

## Obsah

CAD systémy.....	3
Najbežnejšie používané elektrotechnické CAD systémy .....	3
Zhrnutie CAD systémov pre elektrotechniku .....	6
<b>Návrhový systém EAGLE_ .....</b>	<b>6</b>
Založenie pracovného adresára s menom žiaka.....	8
Zadanie projektu.....	9
<b>Editor schém... .....</b>	<b>10</b>
Nastavenie rastru .....	10
Ohraničenie pracovnej plochy .....	11
Umiestnenie objektov na plochu .....	12
Kontrola návrhu schémy .....	14
Zoznam súčiastok .....	15
Zbernica/BUS .....	16
<b>Editor plošného spoja .....</b>	<b>17</b>
Hladiny používané v editore dosiek.....	20
Návrh plošného spoja pomocou AUTOROUTERA .....	21
Návrh plošného spoja ručne – ROUTE .....	22
Kontrola dodržania návrhových pravidiel - DRC .....	23
<b>Výstupy z návrhového systému Eagle .....</b>	<b>24</b>
Výroba plošného spoja špecializovanými firmami .....	27
Dokumenty pre technologickú prípravu výroby .....	27
Tlač schémy zapojenia .....	28
Tlač vodivých spojov DPS na tlačiarni .....	29
Tlač otvorov DPS .....	29
Tlač rozloženia súčiastok (potlač).....	30
Tlač nespájkovacej masky .....	30
Export.....	30
CAM Processor .....	31
<b>Editor knižnice súčiastok .....</b>	<b>32</b>
Návrh vlastnej súčiastky .....	33
<b>Záver .....</b>	<b>38</b>
Použitá a odporúčaná literatúra .....	38

## CAD systémy.

Počítače stoja na počiatku moderných konštrukcií a programy, ktoré nám umožňujú ich konštruovať sa v skratke nazývajú **CAD** systémy (Computer Aided Design, prekladané ako „návrh pomocou počítača“).

CAD systémy možno rozdeliť podľa odvetví použitia:

- o strojárské
- o elektrotechnické
- o automobilové
- o stavebné a pod.

Poznáme však aj podtriedy CAD systému ktoré dostali svoj názov odvodený od špecializácie na konkrétnu oblasť priemyslu:

1. **CAM** ( Computer Aided Manufacturing ) - počítačová podpora výroby
2. **CAE** ( Computer Aided Engineering ) - celková počítačová podpora inžinierskych prác.
3. **CASE** ( Computer Aided Software Engineering ) - počítačová podpora softvérového inžinierstva.

Vývojom a tvorbou CAD systémov sa v súčasnosti zaoberá mnoho firiem. Spomeňme niektoré: Autodesk, Cadkey, OrCAD, Cadam, Micado, Cadvance, Recall-Redac a i.

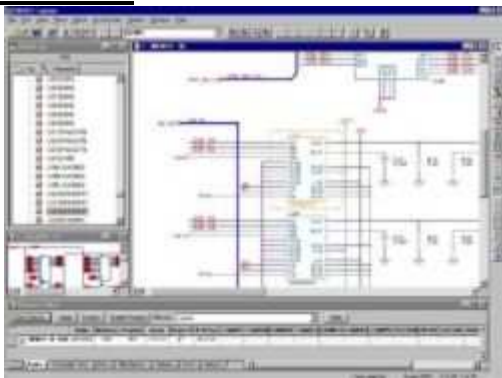
Programové vybavenie však nepostačuje. Spolu s programom vznikajú aj hardwarové pomôcky uľahčujúce prácu vývojárov. Sú to periférne zariadenia počítačov ako kvalitný **monitor** s vysokým rozlíšením, vstupné zariadenia **myš** a **tablet**, výstupné zariadenia **maticová tlačiareň**, **laserová tlačiareň**, **súradnicové zapisovače** (plotre). Aj vývoj počítačov a rôznych *elektronických zariadení* umožňujú a uľahčujú CAD systémy určené pre elektrotechnický priemysel. Ich zameranie je na:

1. tvorbu elektronických schém,
2. simuláciu a testovanie číslicových a analógových systémov
3. návrhy zákazníckych integrovaných obvodov
4. návrhy dosiek plošných spojov
5. návrhy vysokonapäťových rozvodných zariadení

### Najbežnejšie používané elektrotechnické CAD systémy.

Elektrotechnické CAD systémy sa zvyčajne používajú na kreslenie elektronických schém a návrh plošných spojov, ale sú tu aj také, ktoré slúžia simulácii či už analógových alebo digitálnych zapojení. Spomeňme najznámejšie:

#### 1. OrCAD



Filozofia **OrCAD**-u je založená na používaní dvoch hlavných programov. Jeden je určený na **návrh schémy** a druhý na **návrh plošného spoja**. Sú to oddelené programy, ktoré používajú pre svoju prácu dve oddelené knižnice obsahujúce elektronické komponenty a súčiastky.

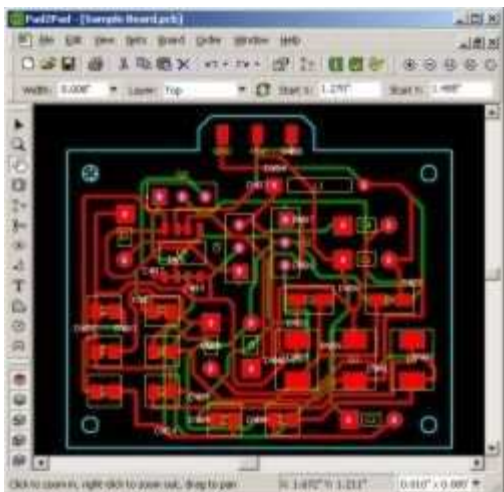
Pre návrh schémy sa používa program **Capture**, umožňujúci prácu s knižnicami schematických značiek, návrh schémy a výstup pre ďalšie spracovanie. Súčasťou výstupného súboru (**netlistu**) je aj informácia **footprint**, ktorá pomocou názvu spáruje elektrickú značku v schéme s fyzickou prezentáciou súčiastky pre program **Layout** realizujúci návrhy hardware elektronických obvodov.

Navrhovanie plošných spojov sa uskutočňuje v prostredí programu **Layout** ktorý umožňuje prácu s knižnicami puzdiel súčiastok a ich spájkovacích plošiek, vlastný návrh plošného spoja a výstupy pre výrobu a osadzovanie plošného spoja. Tento program spracuje schému vytvorenú v prostredí **Capture** a pretransformuje ju na výstupné zostavy určené výrobe.

Pre prechod medzi schémou a plošným spojom sa používa **netlist**. Program umožňuje vytvorenie netlistov viacerých formátov. Je teda možné použiť program ako schematický editor pre iné návrhové systémy, ako je napr. Allegro, Mentor, PADS, PCAD, Tango a iné.

[www.cadence.com/products/orcad/index.aspx](http://www.cadence.com/products/orcad/index.aspx)

## 2. Pad2Pad



Vytvára užívateľom zadané dosky plošných spojov s komponentmi kompletne cez Internet. Zahŕňa bezplatný software pre PCB návrh a online ceny. Ponúka pohodlie a nízku cenu výroby.

[www.pad2pad.com/](http://www.pad2pad.com/)

## 3. LSD 2000



Český návrhový systém pre elektroniku LSD2000 je software určený pre návrh elektrických zariadení a vytváranie technickej dokumentácie zo všetkých oblastí elektrotechniky a elektroniky. Umožňuje pohodlné kreslenie slaboprúdových schém, silnoprúdových schém, tvorbu potrebných schematických značiek a tvorbu pomocných symbolov. V naväznosti na schému je možné vytvárať návrh spojového obrazca pre výrobu dosiek plošných spojov, \* dopĺňovať a upravovať potrebné päťice, technologické symboly. Nakreslené schémy i spojové obrazce je možné spracovávať radou postprocesorových programov pre rôzne

zariadenia rôznych typov. Výstupy do DXF, BMP, EMF.

Voľne šíriteľná verzia umožňuje načítanie, prehľadanie a spracovávanie ľubovoľne rozsiahlych návrhov. Pokiaľ však návrh prekračuje ktorýkoľvek z uvedených limitov, je zablokovaná funkcia ukladania návrhu na disk do súboru. Užívateľ je o tejto skutočnosti informovaný periodicky sa objavujúcim informačným oknom.

Cena plnej verzie (závisí od typu a modulov) sa pohybuje od 1000 do 49.000 Kč

[www.lsd2000.cz/](http://www.lsd2000.cz/)

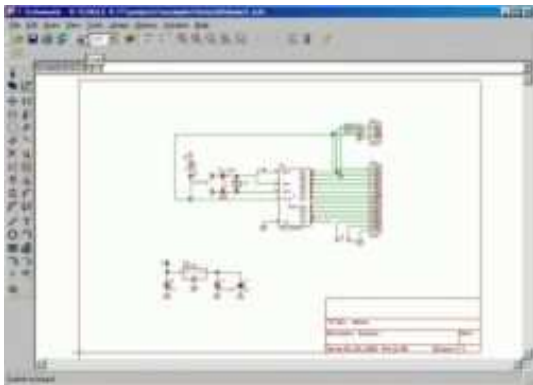
## 4. FreePCB



FreePCB je open-source program na návrh plošných spojov. Neobsahuje autorouter a nevie automaticky skontrolovať spoje, ale dokáže pracovať aj s osemvrstvovými doskami a veľkosť spracovanej plochy je tiež prakticky neobmedzená (asi 2x2 m). Pracuje s metrickými aj anglickými jednotkami. Vytvára súbor pre vrtanie (Excellon) a súbor pre optické plotre Gerber.

[www.freepcb.com/](http://www.freepcb.com/)

## 5. EAGLE



Programový návrhový systém, ktorého hlavný program je určený na vytváranie jedno až 255 vrstevných plošných spojov. Zahrňuje aj kreslenie elektrotechnických schém a má nástroje na výstup na rôzne technologické zariadenia. Na kreslenie schém, vytváranie schematických značiek, tvorbu plošného spoja a kreslenie puzdier obvodov používa len jeden editor. Pre tvorbu plošného spoja je možné prevziať údaje z vlastnej schémy, alebo z iných systémov napr. OrCAD. Je nenáročný na hardware na ktorom pracuje. Podporuje množstvo periférnych zariadení na ktoré realizuje výstupy - tlačiarne a súradnicové zapisovače. Umožňuje návrhy plošných spojov pre povrchovú

montáž SMD (Surface Mounting Devices). Poskytuje okamžitú kontrolu dodržiavania základných návrhových parametrov už pri tvorbe dosky. Má výkonný autorouter.

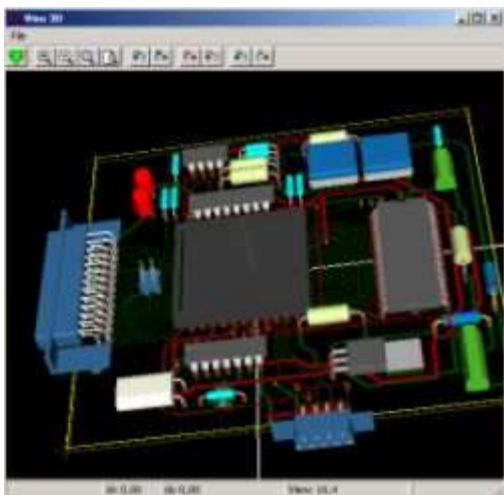
Systém EAGLE je v Európe veľmi rozšírený, lebo je zdarma k dispozícii jeho voľne šíriteľná verzia určená pre nekomerčné využitie (je obmedzená rozmermi). To postačuje pre pochopenie práce a vytvorenie jednoduchých obvodov.

Na domovskej stránke výrobcu je možné aktualizovať svoju verziu, stiahnuť a doplniť si svoju inštaláciu o ďalšie knižnice, rôzne doplnky a v diskusnom fóre komunikovať s ďalšími užívateľmi. Podstatná je možnosť vytvárania vlastných prvkov a doplnenie knižníc o nové a perspektívne súčiastky a moduly. K systému Eagle existujú ďalšie užitočné programy pre pokročilejších užívateľov - napr. balík EAGLE POWER TOOLS (kótovanie dosiek, komunikácia s ostatnými CAD programami) a v neposlednej rade program Eagle3D pre vytváranie 3D modelov navrhnutých a osadených dosiek obvodov.

Elektrotechnický CAD systém na návrh schém a plošných spojov. Freewareová verzia **EAGLE Light** je obmedzená rozmerom dosky (100 x 80 mm) a pracuje iba s jedno- a dvojvrstevnými doskami. Je ju možné používať len na nekomerčné účely !

Pre komerčné využívanie treba však už zaplatiť: EAGLE Standard a EAGLE Professional. [www.cadsoft.de](http://www.cadsoft.de)

## 6. Kicad



Kicad je open source software pre vytváranie elektronických schematických diagramov a tlačených dosiek elektronických obvodov. Kicad je súbor štyroch softvérových produktov a správcu projektu:

- Eeschema : schémy
- Pcbnew : editor dosiek
- Gerbview :GERBER prehliadač
- Cypcb : pre komponenty používané pri návrhu elektronických obvodov
- Kicad: správca projektu.

[www.lis.inpg.fr/realise\\_au\\_lis/kicad/index.html](http://www.lis.inpg.fr/realise_au_lis/kicad/index.html)

## Zhrnutie CAD systémov pre elektrotechniku

Všetky elektrotechnické CAD systémy umožňujúce pracovať v integrovanom prostredí obsahujú grafický editor, systém helpov, pulldown menu, ale aj možnosť "hot keys", podporné knižnice so súčiastkami a nastavenými parametrami. Programy umožňujú vykresliť návrh schém s použitím existujúcich grafických značiek súčiastok. Evidencia súčiastok má zabudované aj elektrické parametre aby zapojenie mohol otestovať analógový a digitálny simulátor elektrického zapojenia - možnosť definovať oneskorenie hradiel. Teplotná simulácia. Prenosová analýza. Vytváranie dokumentácie, výsledkov simulácií, stavové tabuľky, zoznamy použitých súčiastok. Návrhy programovateľných logických polí. Vytváranie simulačných modelov pre súčiastky. Navrhovanie plošných spojov - v niekoľkých vrstvách 2, 16 až 255 vrstiev. Návrh spojov pre klasickú ale aj povrchovú montáž. Automatické kontroly skratov a vzdialeností vodičov. Automatické ale aj ručné rozmiestňovanie súčiastok na plošnom spoji. Vytváranie histogramu hustoty spojov. Možnosť automatického rušenia starej cesty pri vytvorení optimálnej novej. Automatická kontrola dodržiavania základných návrhových parametrov už pri tvorbe dosky.

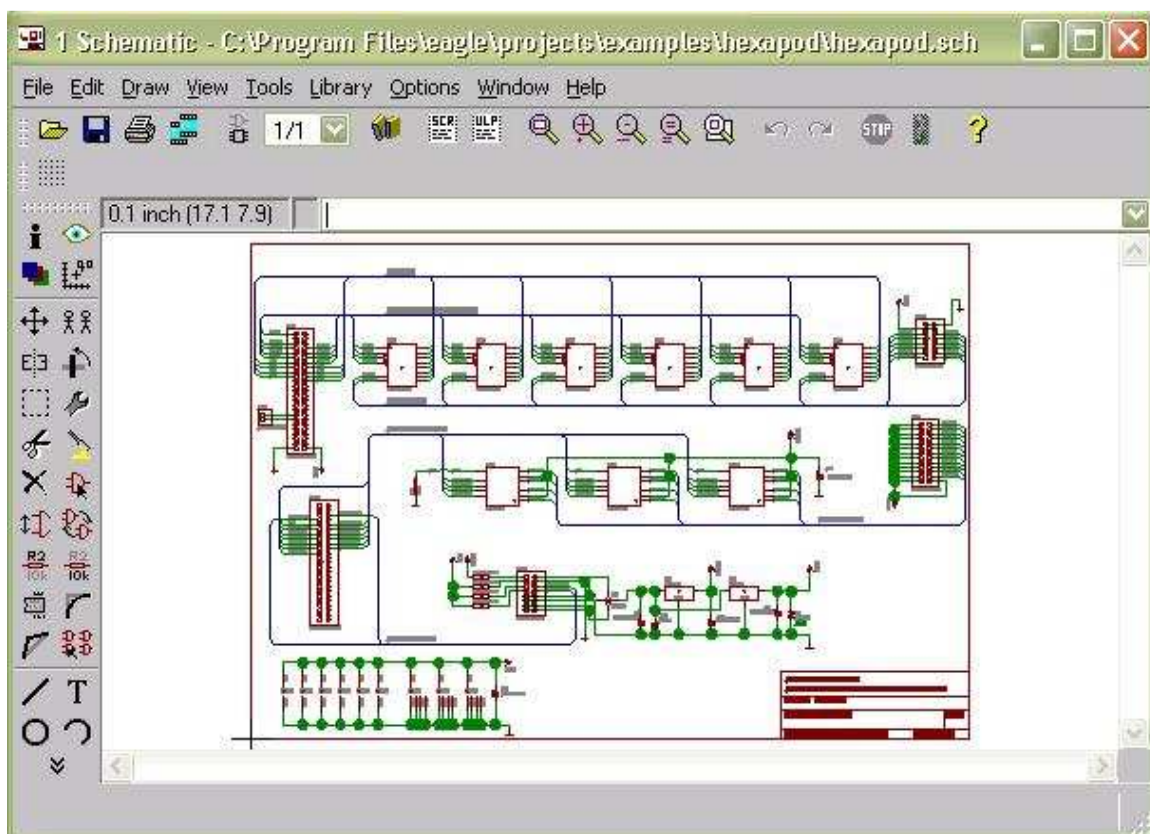
Možnosti vzájomného exportu, resp. importu riešení z a do iných systémov ( napr. vo formáte DBX AUTOCADu) a na rôzne technologické zariadenia, t.j. podpora množstva periférnych zariadení na ktoré realizuje výstupy- tlačiarne a súradnicové zapisovače.

### Návrhový systém EAGLE

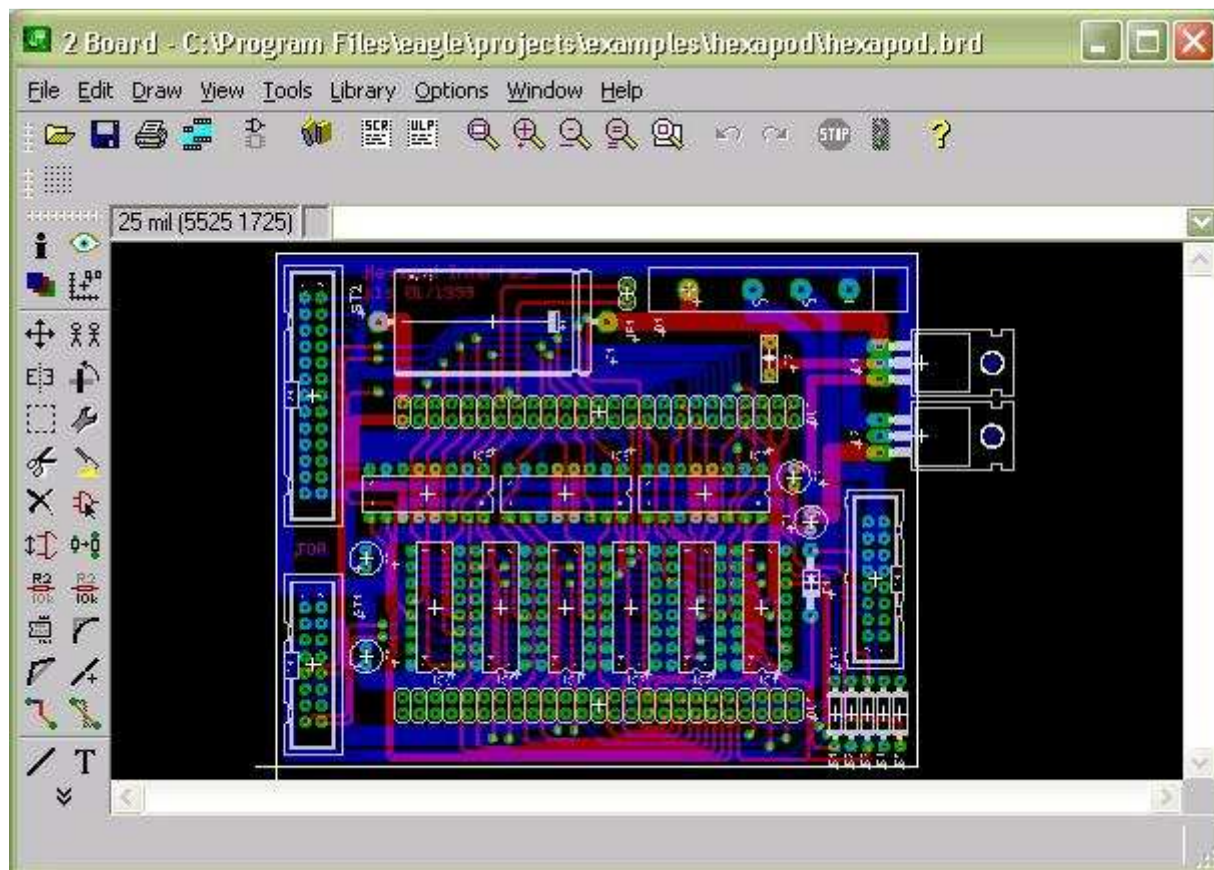
EAGLE (**E**asily **A**pplicable **G**raphical **L**ayout **E**ditor – ľahko aplikovateľný grafický editor schém)

Pri práci musí byť neustále spustený Control panel, ktorý stráži konzistenciu medzi schémou a doskou, t.j. prenášanie zmien zo schémy do dosky, otváranie knižníc, atď. V Control paneli sa zakladajú aj nové projekty a označujeme ktorý projekt je aktívny.

EAGLE je program pre: - **1.kreslenie elektronických schém:**



- 2. návrh dosiek plošných spojov DPS (angl. PCB - Printed circuit Board):



- 3. tvorbu výkresov a vygenerovanie údajov pomocou CAM procesora → pre výrobu dosky ploš. spoja

Taktiež je možné aj trojrozmerné zobrazenie plošného spoja, ale k tomu je potrebné doinštalovať freewarový program Eagle 3D (na prevod plošného spoja do textovej podoby potrebného pre generovanie skutočného obrazu plošného spoja), dostupného na <http://www.matwei.de/doku.php?id=en:eagle3d:eagle3d> a program POV-Ray (pre prevod textového súboru na 3D obraz plošného spoja) podľa postupu uvedeného napr. na <http://www.federmann.cz/index.php/vyrobní-postupy/64-navrhy/75-jak-na-3d-eagle>.



EAGLE sa skladá z týchto hlavných modulov:

- **Editor schém:** modul pre kreslenie schématických zapojení. Elektrická kontrola správnosti nakreslenej schémy. Jedným povelením sa prechádza do návrhu dosky plošných spojov, pričom si program automaticky generuje potrebné informácie o schéme (netlist a partlist), spätnej anotácie schéma-doska a naopak.
- **Editor plošných spojov:** je základným modulom programu Eagle a je súčasne kompletným programom pre interaktívny návrh plošných spojov, ktorý vyniká jednoduchosťou obsluhy. Max. 16 vrstiev dosky, palcové i metrické jednotky, návrh z/bez netlistu (Eagle, Orcad, Pads). Užívateľsky definovaný DRC (Design Rule Check - kontrola pravidiel návrhu dosky. Kontroluje: najmenšiu medzeru medzi spojmi, prekrytie spojov, spoje ktoré nie sú ťahané v násobku uhlu 45°, priemery plôšok, vrtákov, šírku spoja, objekty mimo raster, ...). Knižnica súčiastok s možnosťou dopĺňovania a úprav. Podporuje SMD a montáž na oboch stranách dosky. Automatické vyplňovanie medených plôch. Výstupy na tlačiarne, plotre, fotoplotre a vŕtačku.
- **Autorouter:** prepojí automaticky vzdušné spoje podľa nastavených parametrov. Premiestňuje nevhodne položené spoje (rip-up, re-route). Pracuje na celej doske, či iba na jednom spoji. Vyžaduje k svojej činnosti modul Layout Editor!
- **CAM procesor:** slúži pre vygenerovanie údajov potrebných pre výrobu dosky plošných spojov, údaje pre osadzovací automat, údaje pre plotter, NC vŕtačku a pod.
- **Editor knižníc súčiastok:** slúži pre úpravu už dodaných knižníc súčiastok alebo pre tvorbu vlastných súčiastok s vlastnými symbolmi a puzdrami.

Prechod z editoru schém do editoru plošných spojov automaticky preniesie mechanické rozmery súčiastok včítane ich vývodov (Pádov). Po rozmiestnení súčiastok na doske môžeme previesť ručné alebo automatické prepojenie (autoroutrom). Editor schém má vstavanú funkciu kontroly návrhových pravidiel (DRC). Po prevedení tohto príkazu sa zobrazia všetky miesta, kde došlo k nedodržaniu nastavených hodnôt (napr. menšia než povolená vzdialenosť medzi dvomi spojmi alebo spojom a spájkovacou ploškou (Padom) apod. Hotový a preverený návrh plošného spoja môže byť zvláštnou súčasťou programu (CAM procesorom) spracovaný ako výstup na tlačiareň, súbor dát pre fotoploter alebo NC vŕtačku.

Pro zefektívnenie rutínnej práce je program EAGLE vybavený ďalšími prostriedkami. tzv. script súbormi (špeciálne súbory s textovými údajmi), umožňujúce už na začiatku práce definovať určité nastavenia systému, ktoré nám vyhovuje, prípadne kedykoľvek behom práce spustením príslušného script súboru modifikovať vlastnosti systému. Ďalšou novinkou sú ULP (user language programs), špeciálne programy písané v jazyku C, umožňujúce napríklad tvorbu driverov pre pripojenie externých zariadení, alebo špecifické funkcie, ako je napríklad jemné doladenie rozmiestnenia súčiastok do predpísaného rastra alebo prečíslovanie súčiastok na hotovej doske plošného spoja pre lepšiu orientáciu.

### Verzie programu EAGLE:

- **Profesionál** je plná verzia bez obmedzenia, (cca 33 000,-Kč bez DPH).
- **Štandard** je obmedzená na max. 4 vrstvy dosky a na veľkosť dosky max. veľkosti (160 x 100 mm).
- **Light** je obmedzená na max. 2 vrstvy a na veľkosť (80x100 mm) a nie je určená pre komerčné použitie!

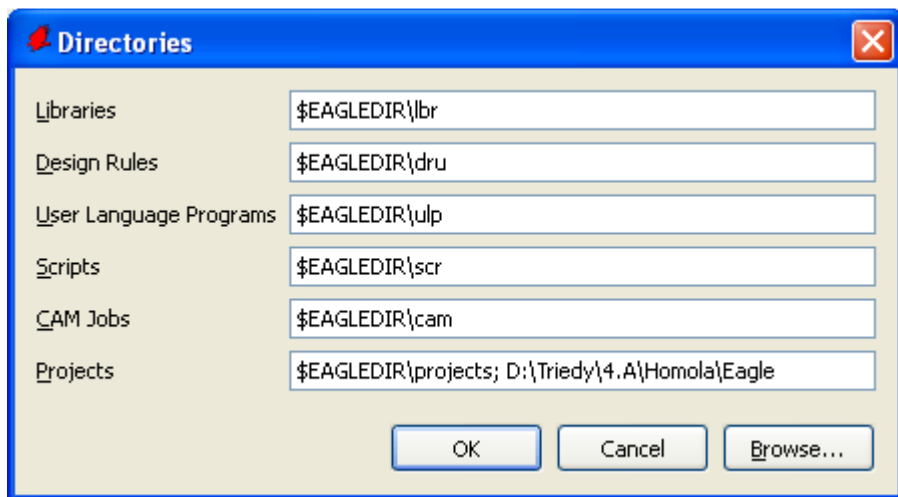
### EAGLE Súborny (Typy súborov používaných v EAGLE)

Schéma	Schematic Editor	*.sch (schematic)
Doska plošných spojov	Layout Editor	*.brd (board)
Knižnica	Library Editor	*.lbr (library)
Scriptový súbor	Text Editor	*.scr (script)–súbor s inštrukciami (v súč.sa nemusia použiť.)
Program.jazyk užívateľa	Text Editor	*.ulp (User Language Program-užív.progr.jazyk ako dopln.)
Súbor PARTLIST	Text Editor	*.bom (bill of material – zoznam materiálu)

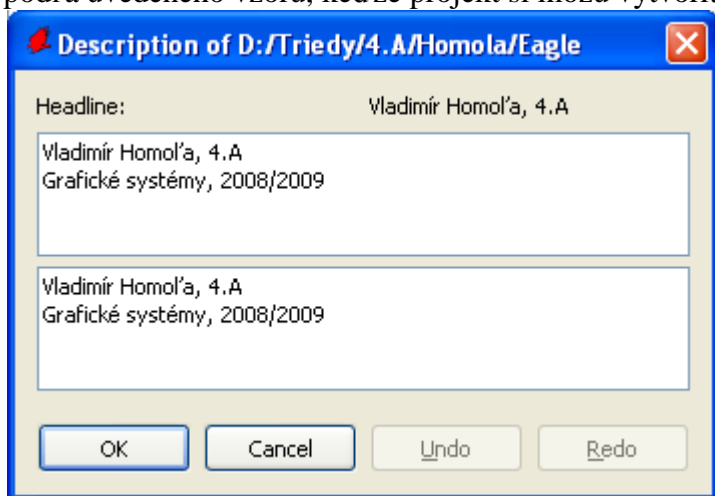
### Založenie pracovného adresára s menom žiaka

1. Vytvoríť si adresár Eagle vo svojom adresári.
2. Spustiť program Eagle, Control Panel.
3. **Options/Directories...** - nastavte kurzor do príslušného riadku (Projekts) a cez Browse vyhládajte váš príslušný adresár, napr. *D:\Triedy\4.A\Kozak\Eagle* a potvrdíte **OK**.

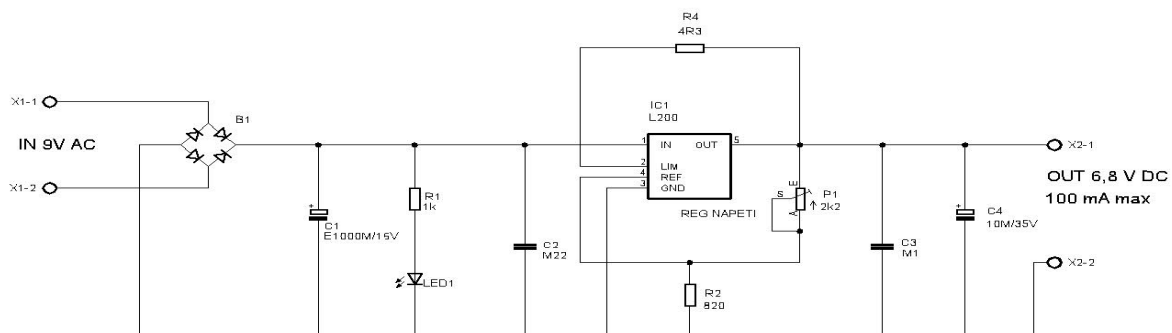




4. Potom kliknutím pravým tlačidlom myši na priečinok Eagle v CP sa otvorí kontextové menu, ktoré umožní okrem iného aj **Edit Description** - pre editáciu popisu. Je vhodné vypísať (v spodnej polovici okna) podobne podľa uvedeného vzoru, keďže projekt si môžu vytvoriť viacerí žiaci z rôznych tried.



**Zadanie projektu:** Úlohou bude korektné nakresliť nasledovnú schému, následne z nej vytvoriť dosku plošných spojov a vygenerovať potrebné výstupné súbory potrebné pre fyzickú výrobu dosky plošného spoja.



ULOHA N1 ET 2004/05

TITLE: L2001

Document Number:

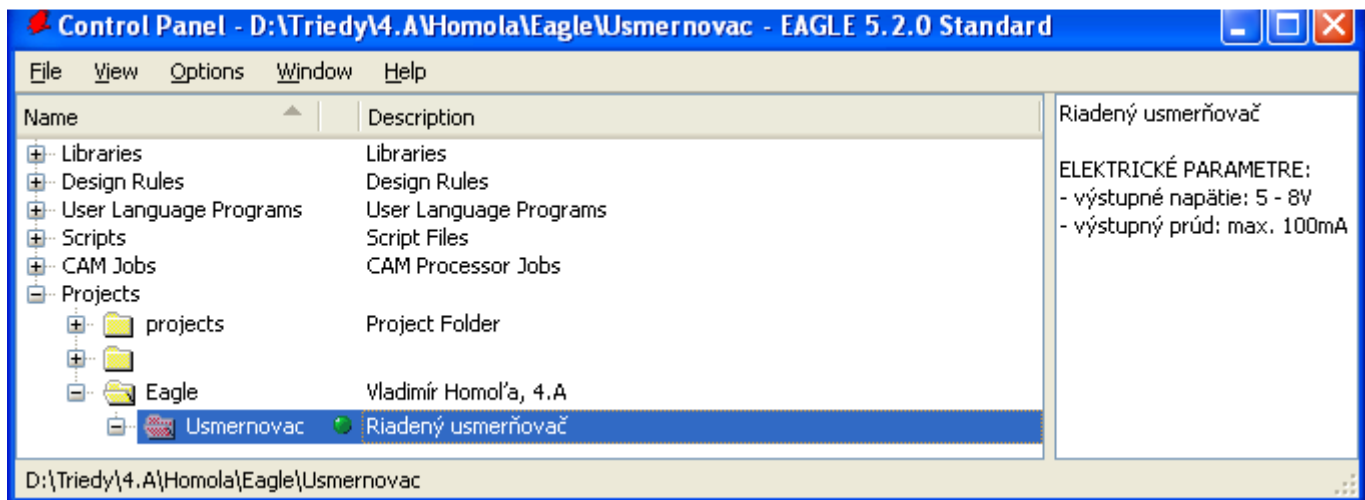
REV:

Date: 01.01.2005 11:19:44

Sheet: 1/1

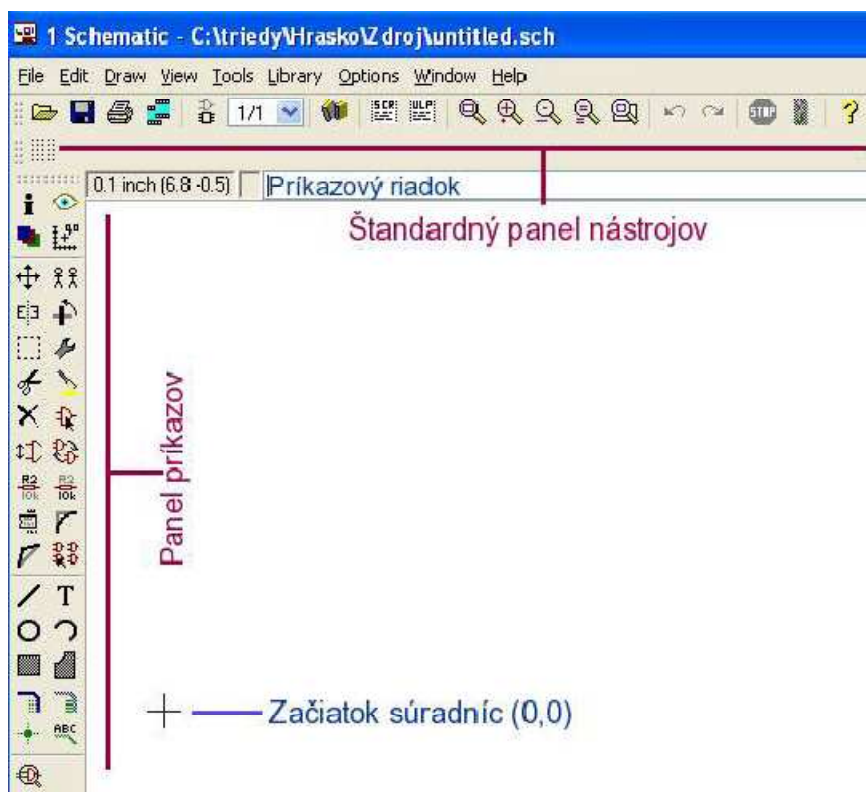
5. Skôr, ako začnete kresliť novú schému, vytvorte si vo svojom priečinku napr. Eagle PTM - nový projekt - **New Project** (napr. Usmernovac)

6. Využite kontextové menu PTM pre otvorený projekt (projekt je otvorený, ak symbol krúžku je ●; ak je ○, je potrebné naň ešte raz kliknúť) a znovu je výhodné opísať cez PTM **Edit Description** → podrobnejšie údaje o našom projekte.



Potom vyberte PTM voľbu **New/Schematic**. Otvorí sa editor schém.

## Editor schém



Pre bežnú prácu postačí používať **Panel príkazov**

### **1. Nastavenie rastru (mriežky) a jeho zobrazenie na obrazovke**

Použijeme menu **View – Grid** - nastavíme zobrazenie mriežky **Display – On** a **Style – Dots** (body), pričom jednotky v inch (palcoch) sa doporučuje ponechať, (konkrétne napr. 0,05 inch = 1,27 mm alebo na 0,1 inch = 2,54 mm), vzhľadom na náväznosť na editor dosiek, kde rozmery súčiastok sú v palcových jednotkách (inch, mil.); **1 mil = 0,001 inch = 0,025mm**

**Pozn.** Pri prepnutí rastru na iný, ktorý „nekorešponduje“ s pôvodným sa piny ocitnú mimo raster a nie je ich možné vzájomne prepojiť.


## 2. Ohraničenie pracovnej plochy.

Ohraničením pracovnej plochy predídeme neskorším problémom pri záverečnej grafickej úprave budúcej schémy. Zvolený formát vyberáme z knižnice a umiestnime na pracovnú plochu týmto spôsobom:

**ADD - FRAMES - DIN A4-L - OK - LTM** (Ľavé Tlačidlo Myši) – **ESC**, (pričom rámček umiestnime na súradnicový križ).

Teraz je vhodné si súbor uložiť cez **File – Save as** – napr. **Riadeny usmernovac** (bez diakritiky). Tento názov bude zobrazený v titulnom bloku našej schémy.

3. Eagle má množstvo štandardných knižníc dodávaných priamo s programom – možno ich vidieť aj v Control Paneli - nachádzajú sa v priečinku Libraries s príponou **.lbr**. Pre použitie knižnice pri vyhľadávaní musí byť knižnica zapnutá (zelený krúžok). Knižnice môžeme zapínať naraz všetky cez kontextové menu pre Libraries voľbou **Use All**; príp. vypínať všetky naraz voľbou **Use None**. Pre zapnutie/vypnutie jednej knižnice kliknite priamo na jej symbol šedého/zeleného krúžku.


**Pomocou**  **ADD** zobrazíme knižnicu súčiastok, z ktorej postupne pridávame súčiastky na určenú plochu (obvykle začíname s najzložitejšou schematickou značkou). Ak nevieme presné označenie, môžeme si pomôcť hviezdikami, napr. ak použijeme v dialógovom okne ADD pole **Search/Hľadať** môžeme zadať **\*7400\***. Odpor hľadáme napr. zadaním - **resistor**, kondenzátor – **capacitor**, diódu – **diode**, napájacie svorky – **VDD** alebo **+12V**, zem – **GND**, atď. Pokiaľ nenájdem potrebnú súčiastku v knižniciach, môžeme si súčiastku aj sami vytvoriť vo vlastnej knižnici.


## 4. Editácia prvkov schémy


Je potrebné presne dodržať označenie každej súčiastky (**Name**, napr. R7) s jej hodnotou (**Value**, napr. 12K) !


Info


Display


**Move**  Copy – kopírovanie súčiastok


Mirror 


Group  **Change** – zmena parametrov, napr. aj zmena veľkosti písma


Cut 


Delete  **Add** – Pridaj súčiastku na plochu


Pinswap 


**Name**  **Value** - Hodnota


Smash 


Split 


Wire  Text

Circle 

Rect  Polygon (na kreslenie plôch)

Bus  **Net** – na kreslenie el. spojov

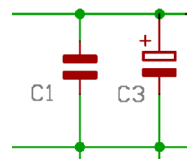
Uzol - Junction 


**ERC**  **Electrical Rule Check** – Kontrola elektrických zásad

Left-click to select object to delete

- INFO** - po kliknutí na objekt (napr. na súčiastku) sa zobrazia dostupné informácie (názov, hodnota, rotácia, puzdro, knižnica z ktorej je súčiastka, ...)
- SHOW** - zobrazenie podrobností objektov v ľavom dolnom rohu obrazovky. Kliknutím na vodiče je možné zvýrazniť rovnaký potenciál v schéme.
- Display** - môžeme si nastaviť parametre kresliacich vrstiev. V editore schém máme k dispozícii vrstvy: 91 Nets - spoje, 92 Busses - zbernica, 93 Pins - vývody súčiastok, 94 Symbols - schematické značky, 95 Names - mena súčiastok, 96 Values - hodnoty súčiastok.
- MOVE** - premiestnenie alebo otočenie objektov: kliknutím na objekt ľavým tlačidlom myši a následným ťahaním premiestnime; - kliknutím na objekt ľavým tlačidlom myši a následne pravým tlačidlom otáčame.
- COPY** - kopírovanie objektov. Kliknutím na objekt vznikne jeho kópia, ktorú môžeme vložiť do schémy
- MIRROR** - zrkadlí objekty podľa zvislej osi – napr. zrkadlovo obrátiť symbol tranzistoru
- ROTATE** - otáčanie objektov o 90° doľava.
- DELETE** – vymazanie objektu.
- SMASH** – oddelenie textových atribútov od elementu. Niekedy je to potrebné ak potrebujeme oddeliť značku od mena alebo hodnoty.
- GROUP** - vykonanie operácie nad viac prvkami naraz (posun, mazanie, zmena parametrov, a pod.) Pre vykonanie príkazu nad skupinou používame pravé tlačidlo myši.
- CHANGE** - zmena vlastností objektu alebo skupiny.

**Pozor!!** Pre kreslenie vodivých spojov v el. schéme nepoužívajte **WIRE**, ale iba **NET** alebo **BUS** (zbernica - zväzok súbežných vodičov), ktoré sú **nositelia elektrického signálu**. **WIRE** sa používa iba na kreslenie symbolov, puzdier súčiastok, orámovaní apod.  
**Začiatok kreslenia**- ľavé tlačidlo myši; **uhol zalomenia** – pravé tlačidlo myši; **koniec** – dvakrát ľavé tlačidlo myši.




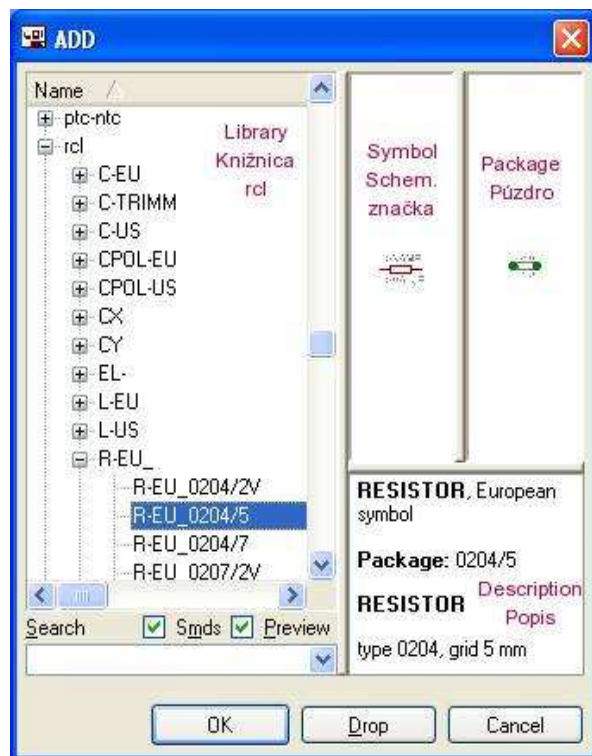
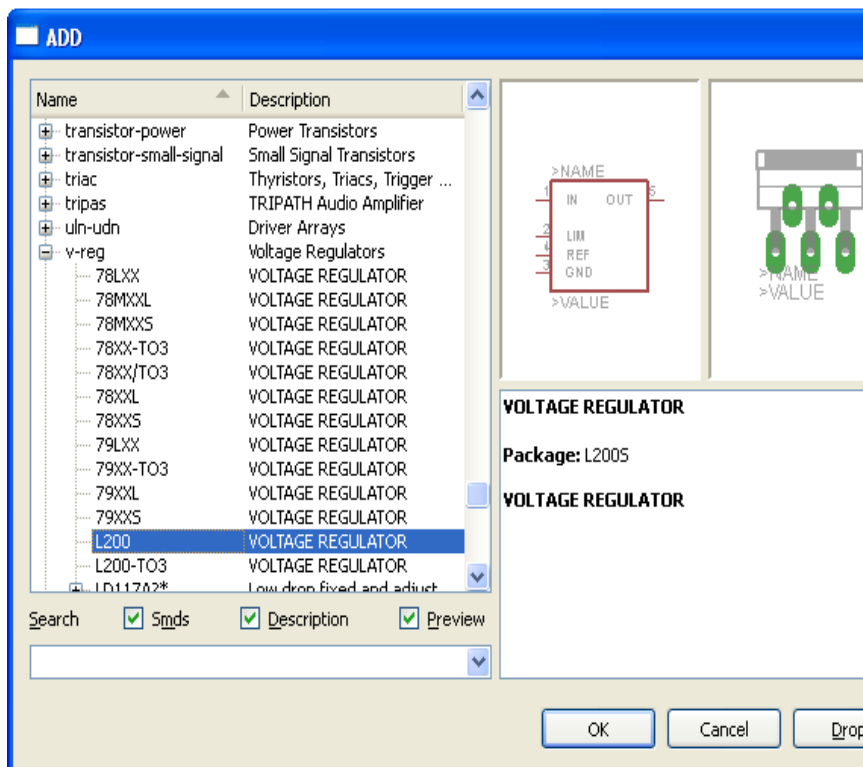
V prípade križovania vodičov môžeme pridať uzol  (**JUNCTION**). Môžete tiež využiť napájacích symbolov k sprehľadneniu schém, GND, +5V, +12V, ... Súčiastky a čiary pripojené k týmto symbolom sa automaticky prepoja.



Pozor na integrované obvody, aj tieto súčiastky majú väčšinou skryté napájanie, ktoré zobrazíte **Invoke** (názvy označené \* už sú v schéme).

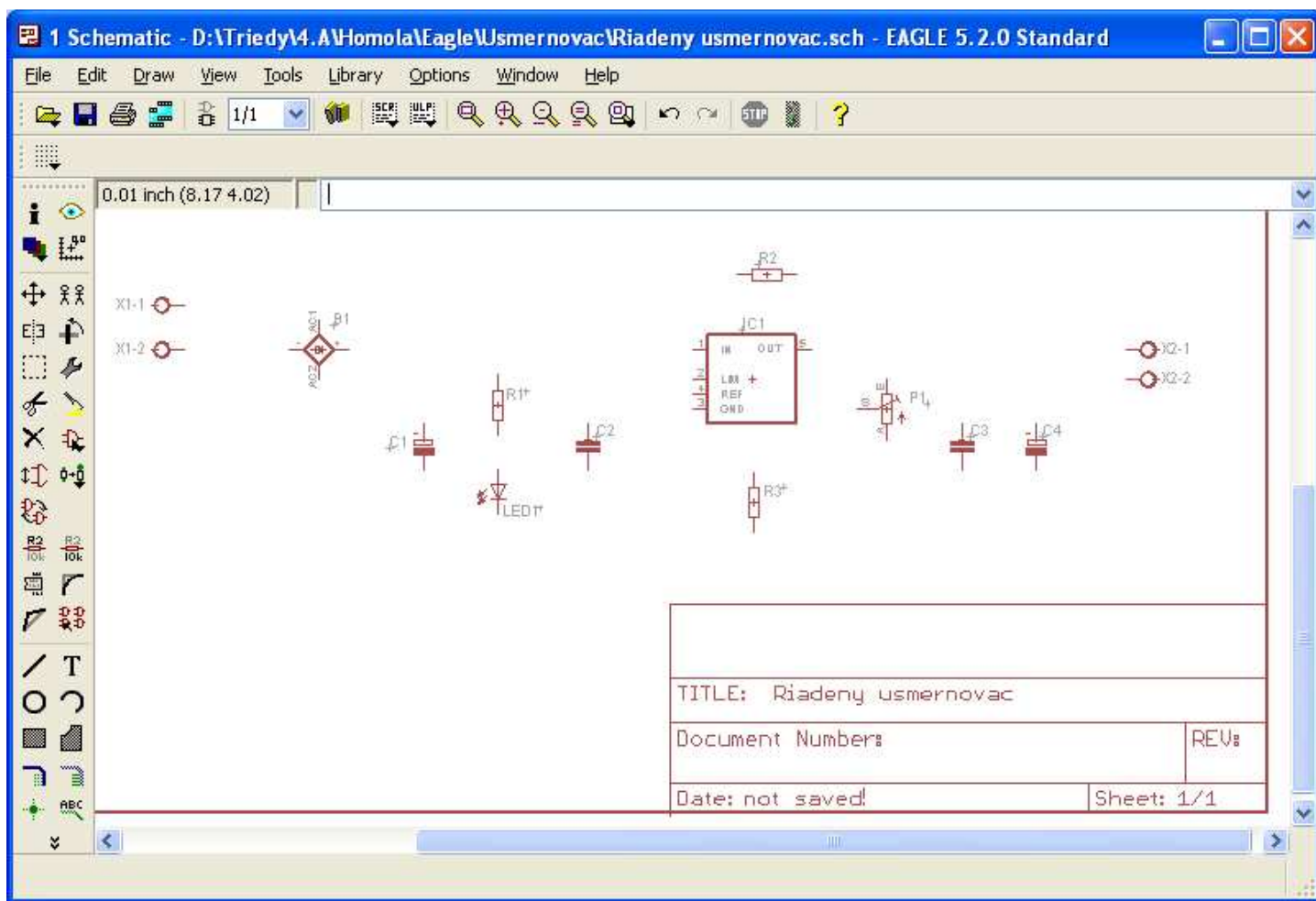
Pokiaľ hľadáte v schéme nejakú súčiastku, tak môžete kliknúť na **Show object**, napísať jej meno a dať Enter, pokiaľ taká súčiastka existuje, tak sa zosvetlí.

### Umiestnenie objektov na plochu

Všetky súčiastky sú uložené v knižniciach súčiastok a tie sú organizované podľa typu súčiastok. Po kliknutí na **ikonu**  **ADD** vyhľadáme príslušnú knižnicu a v nej nami požadovanú súčiastku, napr. náš obvod napäťový regulátor je v knižnici regulátorov (v-reg). Bol vybratý v púzde L2005, pričom je vidieť aj jeho schematickú značku.



Podobným spôsobom vložíme aj ostatné súčiastky a to postupne po jednotlivých typoch (odpory, kondenzátory, atď. ). Najprv sa umiestňuje najzložitejšia (centrálna) súčiastka a okolo nej ostatné pri zapnutej mriežke a to rovnomerne po celej ploche v rámci. Súčiastky ukladáme symetricky, vyrovnané v zvislej a vodorovnej rovine. Ak chceme ukončiť nejakú akciu, napr. aj vkladanie súčiastky môžeme použiť ikonu  alebo zatlačiť klávesu ESC. Tiež je výhodné používať ikonu  (HELP) pre vysvetlenie určitého príkazu.



Pre náš obvod sme vybrali súčiastky nasledovne:


Názov súčiastky	Hodnota	Súčiastka	Knížnica	Popis
K1, K2	X1, X2	AK500/2	con-ptr500	svorkovnica
B1		B250C1000DIL	rectifier	diódový mostík
IC1		L200	v-reg	regulátor napätia
R1, R2, R3	1K	R-EU 207/10	rc1/R-EU	odpor
R2	820	R-EU 207/10	rc1/R-EU	odpor
R3	4R3	R-EU 207/10	rc1/R-EU	odpor
C1	1000M/15V	CPOL-EUE5-10,5	rc1/CPOL-EU	elektrolyt. kondenzátor
C4	10M/35V	CPOL-EUE5-10,5	rc1/CPOL-EU	elektrolyt. kondenzátor
C2	M22	C-EU050-030X075	rc1/C-EU	keramický kondenzátor
C3	M1	C-EU050-030X075	rc1/C-EU	keramický kondenzátor
LED1		LED5MM	Led/LED	LED dióda
P1	2K2	PT10V	Odporove trimry/PT10V	trimer


Každá súčiastka musí byť presne definovaná menom (**NAME**) a hodnotou (**VALUE**). Pomocou **SMASH** môžeme ešte u niektorých súčiastok oddeliť meno, resp. hodnotu od súčiastky pre ich čitateľnejšie zobrazenie (vodorovne).

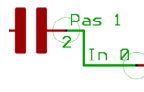
### Prepojenie súčiastok

Na prepojenie súčiastok používame zásadne ikonu **NET** (nie **WIRE**). Prepojenie súčiastok je potrebné vykonávať pravouhlo a hlavne opatrne a ťahať vodič iba k začiatku vývodu ďalšej súčiastky (zväčšiť si lupou), ináč môže dôjsť k nesprávnemu prepojeniu.

### Kontrola návrhu schémy

Aby sme predišli neskorším komplikáciám pri návrhu dosky plošných spojov (DPS) je potrebné pozorne prehliadnuť el. schému a „opticky“ skontrolovať, či je všetko správne prepojené. K optickej kontrole môžeme využiť príkaz **Show** , po kliknutí na spoje sa nám všetko čo je spojené „presvieti“ a to vrátane pinov súčiastok. Následne môžeme previesť elektrickú kontrolu.

**Elektrická kontrola** -  **Erc** program skontroluje zapojenie z hľadiska zásad správneho „elektrického“ návrhu. Každý pin súčiastky má určitý atribút napr. Pas - pasívny pin, Out - výstupný pin, Pwr - napájací pin,

 atď. na základe týchto atribútov Erc zisťuje, či sú vzájomne spojené piny ktorých vlastností im to povolia, ďalej či v schéme nie sú niektoré piny nezapojené a či je napájanie obvodu prevedené korektné. Na prípadné prehrešky program upozorní výpisom chýb. Táto kontrola nezohľadňuje všetky korektné možnosti zapojenia súčiastok v obvode, má teda predovšetkým iba informatívny charakter a jej hlavnou úlohou je upozorniť na možné chyby.

Po Erc môžu byť vygenerované nasledujúce varovné hlásenia:

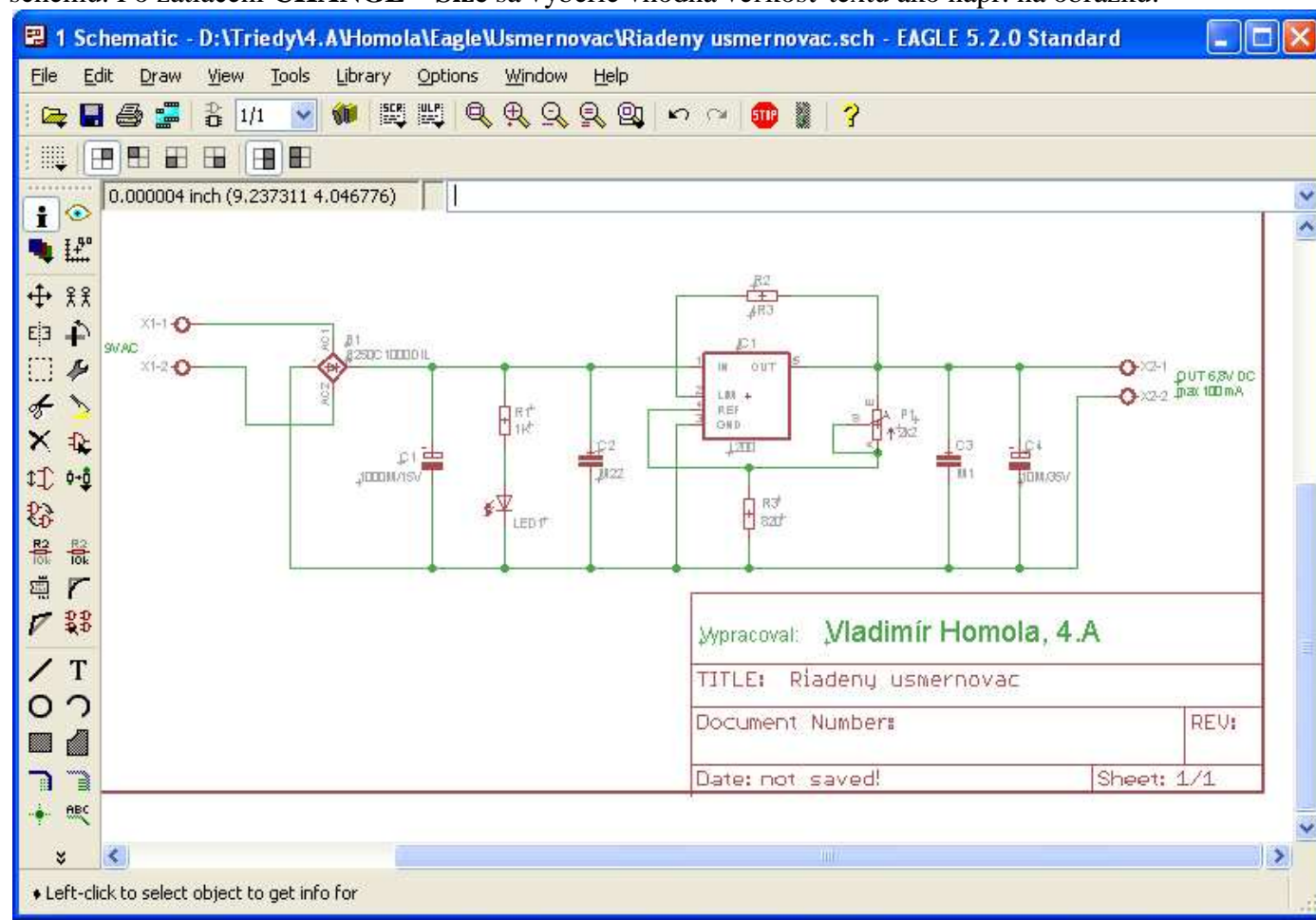
**SUPPLY Pin Pin\_Name overwritten with Net\_Name** vývod zdroja napájania Meno\_vývodu prepísaný signálom Meno\_siete  
**NC Pin Elem.\_Name Pin\_Name connected to Net\_Name** vývod bez funkcie Meno\_súčiastky Meno\_vývodu pripojený k sieti Meno\_siete  
**POWER Pin El.\_Name Pin\_N. connected to Net\_Name** napájací vývod Meno\_súčiastky Meno\_vývodu pripojený k signálu Meno\_siete  
**only one Pin on net Net\_Name** je pripojený iba jeden vývod k sieti Meno\_siete  
**no Pins on net Net\_Name** nie sú pripojené žiadne vývody k sieti Meno\_siete

**SHEET Sheet\_Nr.: unconnected Pin: Element\_N. Pin\_N.** na liste: Číslo\_listu je nepripojený vývod: Meno\_súčiastky Meno\_vývodu  
 Môžu byť vygenerované aj nasledujúce chybové hlásenia:

**no SUPPLY for POWER Pin Element\_Name Pin\_Name** chýba zdroj pre napájací vývod Meno\_súčiastky Meno\_vývodu  
**no SUPPLY for implicit POWER Pin El.\_Name Pin\_Name** chýba zdroj pre implicitný napájací vývod Meno\_súčiastky Meno\_vývodu  
**unconnected INPUT Pin: Element\_Name Pin\_Name** nepripojený vstupný vývod: Meno\_súčiastky Meno\_vývodu  
**only INPUT Pins on net Net\_Name** iba vstupné vývody na sieti Meno\_siete  
**OUTPUT and OC Pins mixed on net Net\_Name** vývody typu VÝSTUP a OTVORENÝ KOLEKTOR sú spoločne na sieti Meno\_siete  
**n OUTPUT Pins on net Net\_Name** n výstupných vývodov pripojených k sieti Meno\_siete  
**OUTPUT and SUPPLY Pins mixed on net OUTNET** výstupné vývody a napájacie zdroje sú spoločne na sieti Meno\_siete

V prípade, že sme odstránili všetky chyby (**Errors=0**) a taktiež varovania (**Warnings**) nie sú vážnejšieho charakteru, máme pripravený súbor na prechod do editora dosiek.

Do titulného bloku (resp. rohovej pečiatky) je potrebné napísať (cez ikonu **T**) aj meno, kto vypracoval danú schému. Po zatlačení **CHANGE – Size** sa vyberie vhodná veľkosť textu ako napr. na obrázku:



## Uloženie schémy

Súbor môžeme uložiť štandardným spôsobom cez menu **File – Save**. (Doporučuje sa ukladať už počas práce.)

## Zoznam súčiastok

Jedným z potrebných súborov pri tvorbe výkresovej dokumentácie je aj zoznam používaných súčiastok (partlist, resp. bill of material). Ten sa vygeneruje na základe schémy zapojenia nasledovne:

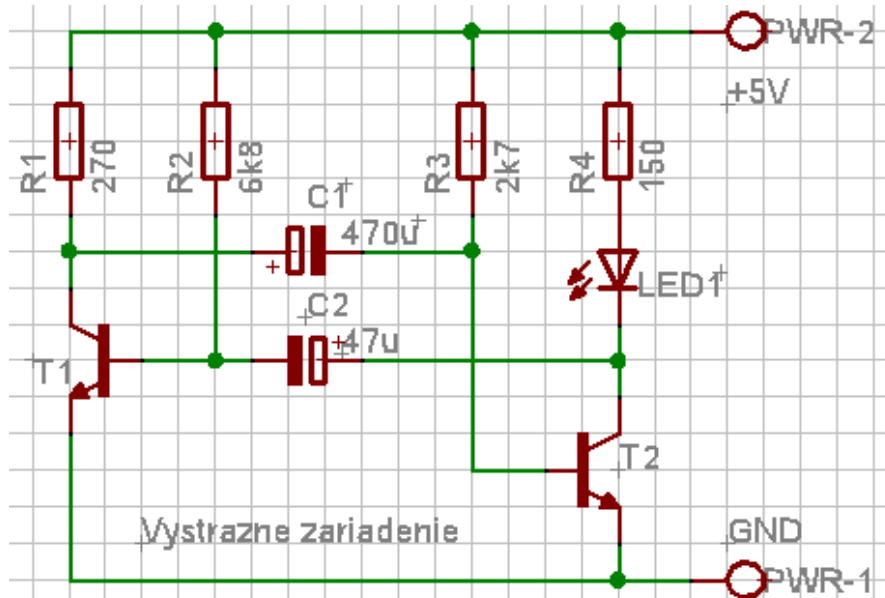
## File – Export - Partlist

Part	Value	Device	Package	Library	Sheet
B1	B250C1000DIL	B250C1000DIL	DB-1	diodove mustky a diaky	1
C1	1000M/15V	CPOL-EUE5-10.5	E5-10,5	rc1	1
C2	M22	C-EU050-030X075	C050-030X075	rc1	1
C3	M1	C-EU050-030X075	C050-030X075	rc1	1
C4	10M/35V	CPOL-EUE5-10.5	E5-10,5	rc1	1
IC1	L200	L200	L200S	v-reg	1
LED1		LED5MM	LED5MM	led	1
P1	2k2	PT10V	PT10V	odporove trimry	1
R1	1k	0207/12	0207/12	rezistory	1
R2	820	0207/12	0207/12	rezistory	1
R4	4R3	0207/12	0207/12	rezistory	1
X1		AK500/2	AK500/2	con-ptr500	1

## Zadanie pre žiakov

1. Otvorte nový projekt VystrazneZariadenie.

2. Nakreslite schému podľa predlohy:



1. rezistory a kondenzátory (CPOL-EUE2,5-6) vložte ľubovoľné z knižnice RCL, tranzistor je typu BC\* s puzdom TO92 (nechajte vyhľadať, BC547), LED dióda je LED5MM, napájacie svorky použite z knižnice con-wago-500 (W237-102)
2. svorky premenujte na PWR, doplňte k nim text +5V a GND (na hladinu 95 Names)
3. dopíšte text Vystrazne zariadenie (na hladinu 95 Names)
4. doplňte hodnoty odporov a kondenzátorov R1 (270), R2 (6k8), R3 (2k7), R4 (150), C1 (470μ) a C2 (47μ); (znak μ je možné vložiť súčasným zatlačením **P.Alt +0181**).
5. pootočte a premiestnite popisy tranzistorov T1 a T2, kondenzátorov C1 a C2
6. spojte vodičmi
7. popresúvajte jednotlivé súčiastky čo najbližšie k sebe; neopierajte však piny súčiastok o seba, zachovajte min. dĺžku vodiča medzi pinmi
8. vyberte celú schému a presuňte ju na začiatok súradnicového systému
9. uložte schému s názvom Vystrazne
10. skontrolujte správnosť schémy pomocou SHOW a ERC
11. skontrolujte na Control Paneli obsah projektu (Vystrazne.sch - súbor so schémou, Vystrazne.erc - výsledok kontroly ERC)

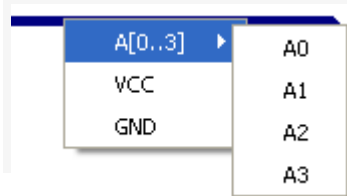
## Zbernica/BUS

**Zbernica** je zväzok súbežných vodičov

- **BUS** - nakreslíme tvar zbernice a pridáme jej meno s názvami jednotlivých vodičov, ktoré sú v zbernici
- **NAME** - zdefinujeme názvy jednotlivých vodičov (čiarkami oddeľujeme rôzne názvy vodičov, môžeme použiť číselný interval), napr.
  - A[0..3] - vznikne zbernica so 4 vodičmi A0, A1, A2, A3
  - (znaky [ ] je možné vložiť súčasným zatlačením **p.Alt +F,G**).
  - A,B,C,D,E,F - vznikne zbernica so 6 vodičmi
  - D[1..3],GND, VCC - vznikne zbernica s vodičmi D1, D2, D3, GND, VCC
- **NET** - klikneme na zbernicu, zobrazia sa názvy vodičov, vyberieme si vodič a ťahaním ho pripojíme k vývodom súčiastok; zalamovať môžeme pravým tlačidlom myši alebo výberom na príslušnom paneli

New name:	
A[0..3],VCC,GND	
OK	Cancel



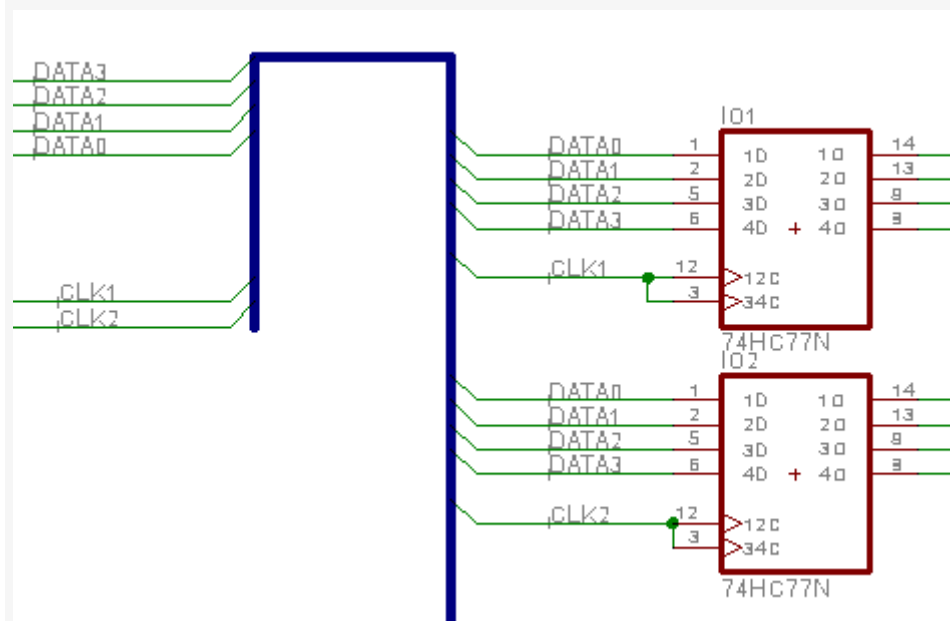


- - LABEL - zobrazíme vodičom popisy

### Zadanie pre žiakov

Otvorte nový projekt Zbernica

Nakreslite a definujte vodiče pre zbernicu podľa predlohy

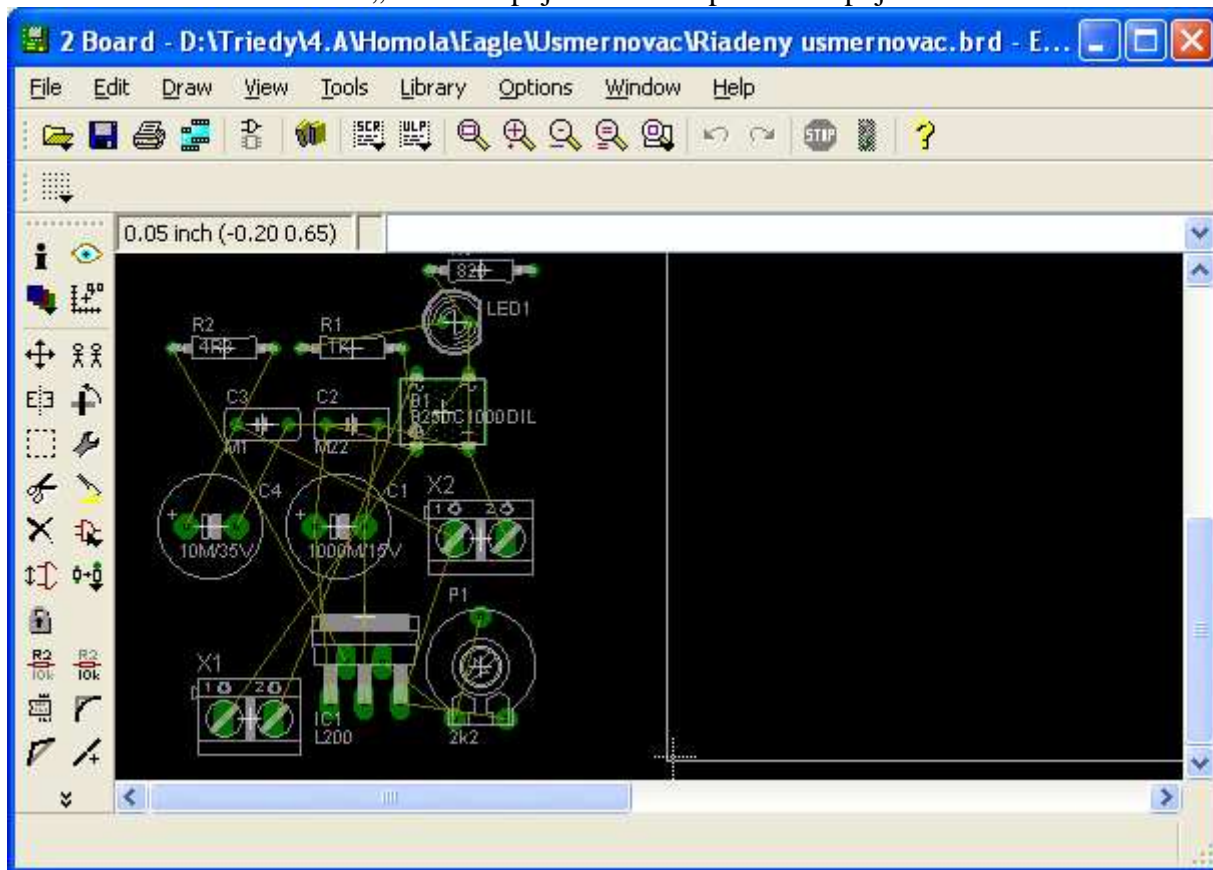


### Editor plošného spoja (Doska plošných spojov – DPS = angl. Printed Circuit Board - PCB)

Nasledovným spustením editora DPS budeme mať otvorené pod Windows súčasne jednak okno editora schém a jednak editor plošných spojov jednej úlohy. Úprava prevedená v schéme sa automaticky prevedie aj na doske spojov a opačne, hovorí sa tomu **spätná anotácia** (samozrejme v medziach povolených úprav). Napr. zmena hodnoty alebo názvu súčiastky sa môže preniesť okamžite, ale nový spoj alebo pridanie súčiastky požadovanej v editore DPS sú odmietnuté s odkazom, že táto úprava sa musí vykonať v editore schém. Po dokreslení spoja alebo pridání súčiastky v schéme sa tieto okamžite objavia na DPS aj s príslušnými vzdušnými spojmami.

1. Otvorte editor plošných spojov pre návrh DPS kliknutím na ikonu **Board** alebo cez menu **File/Switch to Board**.
2. Na ploche sa zobrazia nepoukladané súčiastky (pozri obr.nižšie) prepojené ešte iba "vzdušnými/ gumovými " vodičmi a ohraničená pracovná plocha – **obrys DPS** (vo freewarovej verzii **80x100mm**, vo verzii Standard **160x100mm**).

Obr. Puzdra súčiastok a „vzdušné spoje“ v editore plošného spoja hneď na začiatku

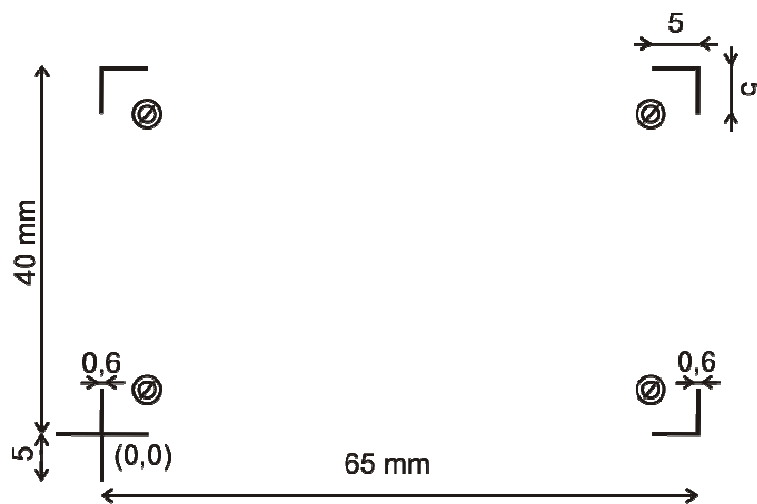


Je potrebné vykonať ešte vizuálnu kontrolu úplnosti puzdiel súčiastok a či zodpovedajú po konštrukčnej stránke. Prípadnú zmenu puzdra je možné tiež vykonať späť v editore schém.

Pred vytvorením obrysu budúcej dosky je vhodné príkazom **✗ DELETE** zmazať automaticky nastavený obrys dosky. Obrys našej dosky si vytvoríme rohovými značkami napr. podľa obrázku:

V menu **View – Grid** - nastavíme jednotky na **5 mm** pre jednoduchšie odmeranie obrysu DPS a rohových značiek.. Pomocou **WIRE** (zároveň prepneme do hladiny **20DIMENSION**-rozmer !) nakreslíme rohové značky podľa obrázku. Teraz je vhodné umiestniť aj otvory pre prichytenie DPS (ak ich potrebujeme) a to cez ikonu **HOLE** a nastavenie priemeru vrtáka (drill) napr. na 3,2 mm, napr. v rohoch DPS, (otvory pre skrutky môžu byť umiestnené aj inde v závislosti na konštrukčnom riešení výrobku).


V ďalšom postupe je potrebné **opäť prepnúť raster (!)** na jednotky **inch** (palce) alebo **mil** = 1/1000inch, pretože puzdra súčiastok sú vytvorené v palcových jednotkách. Nastavíme **raster (GRID)** na potrebnú hodnotu (odporúčaná hodnota je **50 mil**, pre SMD súčiastky ešte jemnejšie).



Obr. Rozmer dosky a rohových značiek

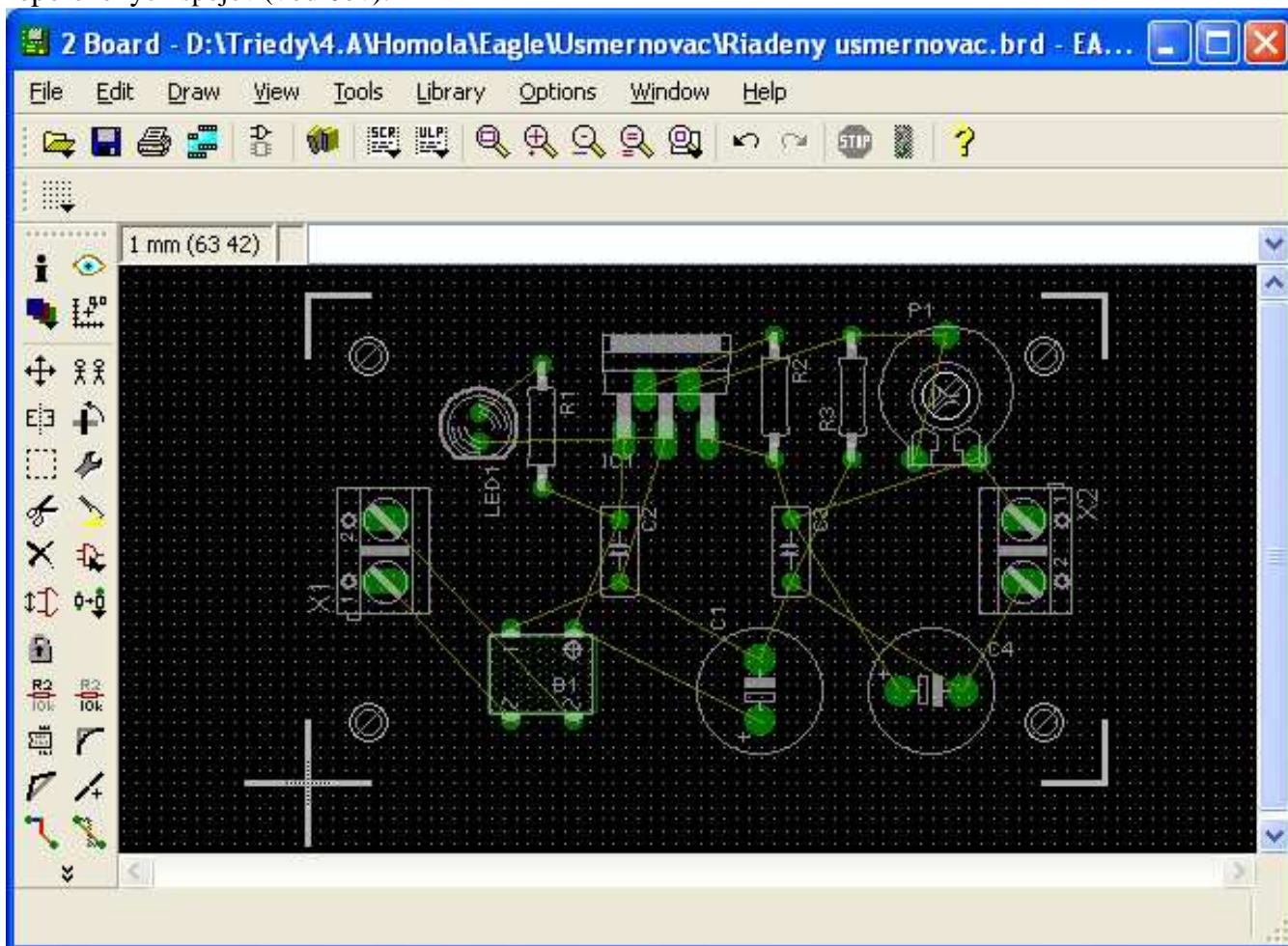
3.a) Pomocou nástroja **MOVE** (ikona s štvorcami) ukladáme súčiastky na vymedzený priestor; snažíme sa o čo najoptimálnejšie uloženie z hľadiska križovania spojov a z hľadiska konštrukčných požiadaviek. Najprv umiestňujeme svorkovnice, konektory, ovládacie prvky (potenciometre, prepínače, LED-diódy), chladiče → tieto komponenty sa umiestňujú podľa potreby neskoršieho umiestnenia už osadeného plošného spoja v krytoch (krabičke) už hotového výrobku! Nasledovne rozmiestnime ostatné puzdra: tranzistory, odpory, diódy. Dbáme pritom na rovnomerné využitie celého priestoru DPS a na orientáciu súčiastok vo vertikálnej a horizontálnej rovine.

Rozmiestňovanie puzdiel súčiastok je ovplyvnené konštrukčnými požiadavkami, funkciou, typom obvodu, prevádzk. podmienkami, výrobnými požiadavkami. Výsledok tiež závisí od skúseností, znalostí a citu tvorcu.

3.b) Vždy po presune 2-3 súčiastok sa doporučuje použiť nástroj  **Ratsnest** (optimalizácia prepojenia dosky vzdušnými spojmi), ktorý prepočíta všetky „vzdušné“ spoje na čo najkratšie dĺžky.

**Rozmiestnenie súčiastok je jednou z najdôležitejších fáz návrhu plošného spoja**, pri nevhodnom rozmiestnení sa môže stať celé zapojenie nefunkčné, preto je vhodné tejto fáze venovať veľkú pozornosť a umiestňovať súčiastky tak, aby mohli byť dodržané zásady o vedení spojov (pozri ďalej)

Príkaz Ratsnest **skontroluje tiež polozenie všetkých spojov** – ak sú položené všetky, v stavovom riadku vypíše hlásenie **Ratsnest: Nothing to do!** inak sa objaví hlásenie **Ratsnest: xx airwires**, kde xx je počet ešte nepoložených spojov (vodičov).



Šírku plošných spojov v praxi volíme s ohľadom na dovolené oteplenie spojov, hrúbku medenej fólie a veľkosť prúdu pretekajúceho plošným spojom (pozri tabuľku).

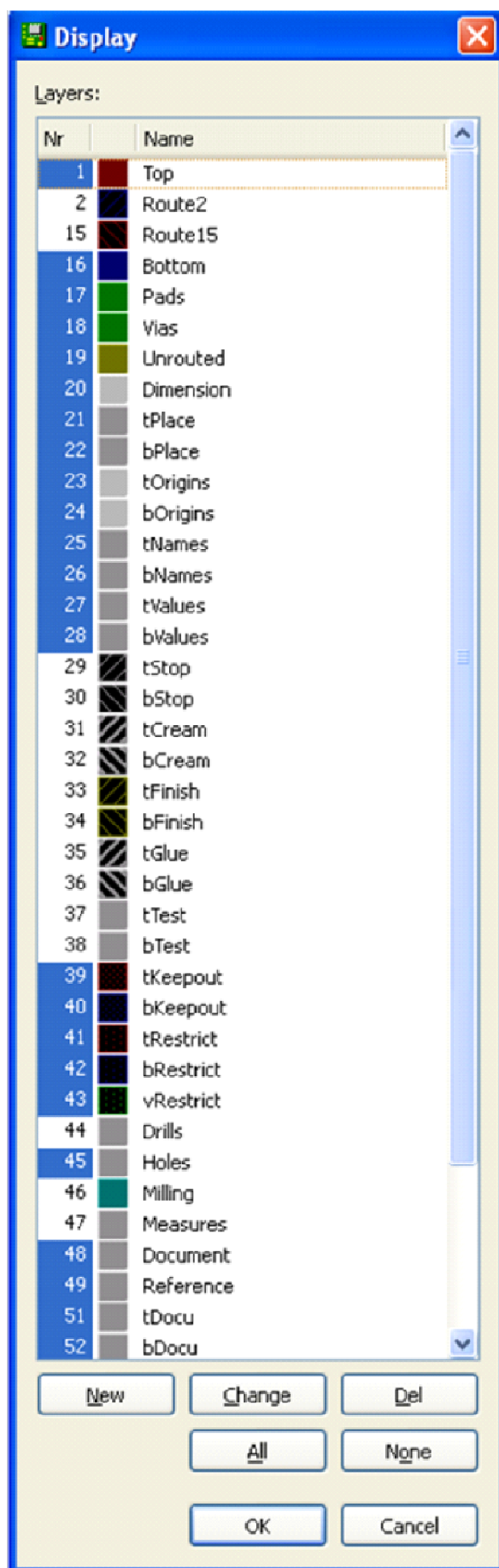
Zaťažiteľnosť plošných spojov hrúbky 35 μm:

Šírka spoja		Prípustný prúd [A] pri maximálnom oteplení Cu fólie [°C]		
		30°C	50°C	70°C
[mm]	[mil]			
0,8	32	2,0	2,9	3,4
1,0	40	2,4	3,1	3,8
1,5	60	3,0	3,9	4,5
2,0	80	3,6	4,7	5,6
2,5	100	4,3	5,6	6,8
3,0	120	5,0	6,5	7,8

V podmienkach kusovej výroby jednej vzorky fotochemickou cestou sa stanovuje minimálna šírka plošného spoja 0,3 mm a minimálna izolačná medzera medzi spojmi je stanovená na 0,4 mm.

Napr. v našom projekte „**Riadeny usmerňovač**“ možno použiť šírku plošného spoja 0.4064 mm.

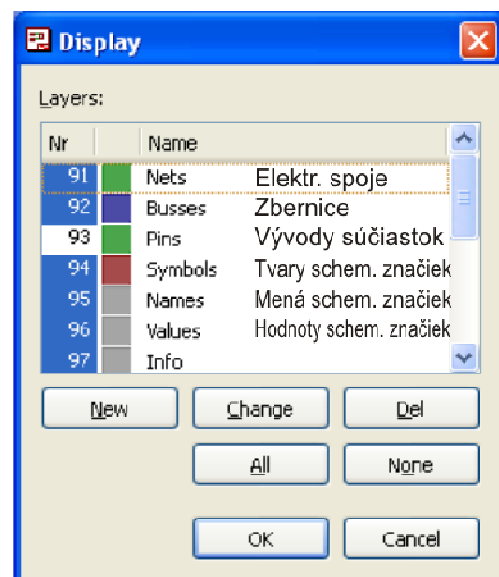
- Spoje, vrchná strana
- Vnútné hladiny spojov
- Spoje, spodná strana**
- Spájk. plošky s otvorom**
- Prekovené prechody
- Vzdušné spoje
- Obrysy dosky**
- Puzdra súčiastok - TOP**
- Puzdra súčiastok - BOTTOM
- Uchopovacie značky - TOP
- Uchopovacie značky - BOTTOM
- Mená súčiastok - TOP**
- Mená súčiastok - BOTTOM
- Hodnoty súčiastok - TOP**
- Hodnoty súčiastok - BOTTOM
- Nespájkovacia maska - TOP
- Nespájkovacia maska - BOTTOM
- Spájkovacia pasta - TOP
- Spájkovacia pasta - BOTTOM
- Povrchové úpravy - TOP
- Povrchové úpravy - BOTTOM
- Lepidlo - TOP
- Lepidlo - BOTTOM
- Testovacie údaje - TOP
- Testovacie údaje - BOTTOM
- Zakázaná oblasť pre súč. - TOP
- Zakázaná oblasť pre súč. - BOTTOM
- Zakázaná oblasť pre spoje - TOP
- Zakázaná oblasť pre spoje - BOTTOM
- Zakázaná oblasť pre prek. prechody
- Prekovené diery
- Montážne otvory**
- Frézovanie (obrysov, dražiek,...)
- Útvary pre meračie účely
- Dokumentačná hladina
- Referenčná hladina
- Dokumentácia súč. - TOP
- Dokumentácia súč. - BOTTOM



V Eagli je výhodné používať hladiny, ak si napr. potrebujeme prehľadne zobrazíť iba vodivé spoje, alebo iba obrysy súčiastok, alebo prekovené a montážne otvory, nespájkovajú masku atď., či už na obrazovke alebo pri tlačení potrebných výkresov. Napr. v procese návrhu vodivých spojov nás už nemusia zaujímať obrysy súčiastok alebo ich mená, tak tieto hladiny si môžeme vypnúť kvôli prehľadnosti ťahania spojov cez ikonu **DISPLAY**.

## Hladiny používané v editore schém


Pomocou ikony **DISPLAY** si možno zobrazíť určitú hladinu a taktiež nastaviť jej farbu.

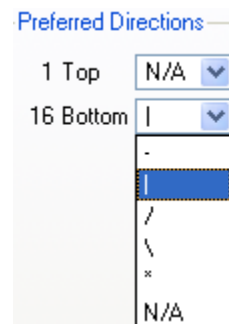


**Rozmiestňovanie plošných spojov môžeme previesť rôznymi spôsobmi:**

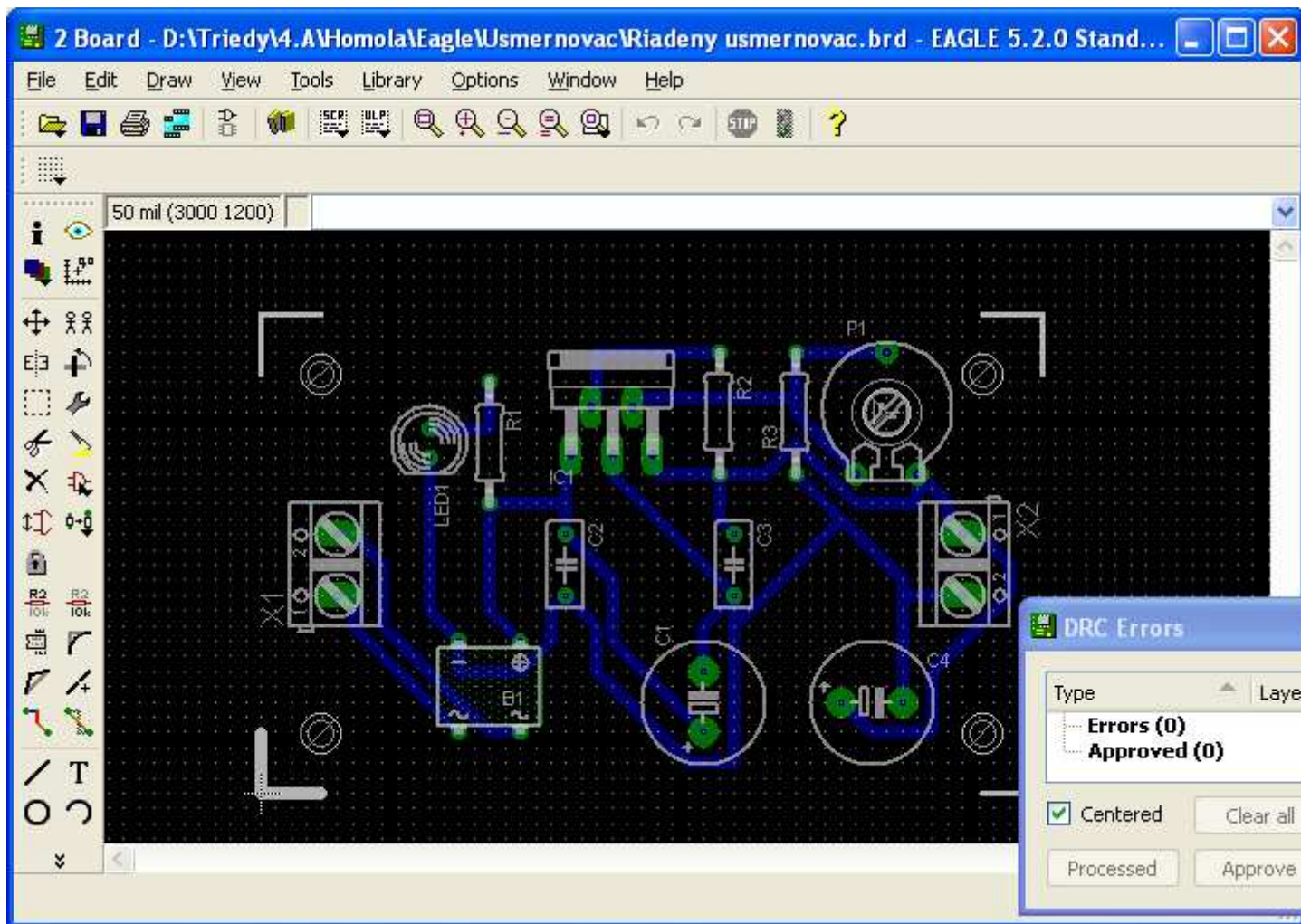
- a) Návrh plošného spoja pomocou AUTOROUTERA
- b) Návrh plošného spoja kombinovaný: pomocou AUTOROUTERA + ručne
- c) Návrh plošného spoja ručne cez ROUTE (v praxi najčastejší spôsob)



## a) Návrh plošného spoja pomocou AUTOROUTERA (neviditeľného modulu)

4.a) Spustíme autorouter Tools/Auto  na automatické vygenerovanie vodičov. Na záložke **General/Všeobecné** nastavíme **Preferred Direction/Preferovaný smer**; voľba **N/A** **zakáže** generovať vodiče na danej strane dosky (pri jednostrannom PS zakážeme stranu súčiastok TOP voľbou N/A a nastavíme napr.zvislý smer na strane spojov BOTTOM)



Pred spustením autorouteru je niekedy potrebné nastaviť na jednotlivých záložkách návrhové pravidlá, ktoré sú iné ako implicitne nastavené. V našom projekte však môžeme využiť implicitné nastavenia a zatlačením tlačidla OK aktivujeme vstavaný Autorouter.




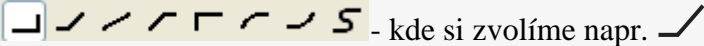

Ak chceme **vrátiť vzdušné spoje späť**, použijeme príkaz **RIPUP** , buď jednotlivu, alebo na vopred definovanej skupine príkazom **GROUP**, alebo všetky naraz kliknutím na ikonu  a napísaním bodkočiarky ; do príkazového riadku a potvrdením Enter.

Návrh pomocou autorouteru neobsahuje chyby: Errors(0);(Approved(0)-nami odsúhlasené nedostatky). Síce veľakrát sa môže zdať, že je to pre nás najrýchlejší spôsob návrhu plošného spoja, ale výsledný návrh je obvykle pomerne zložitý a nevzhľadný a je ho potrebné ešte kozmeticky doladiť ručne.

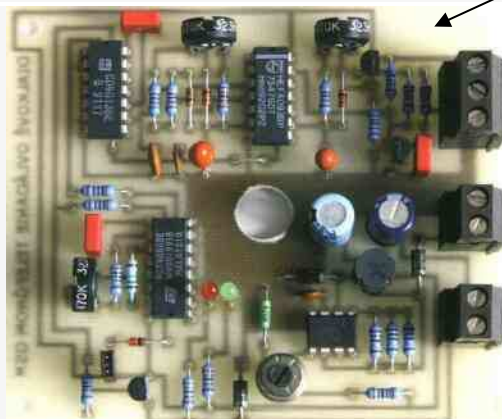
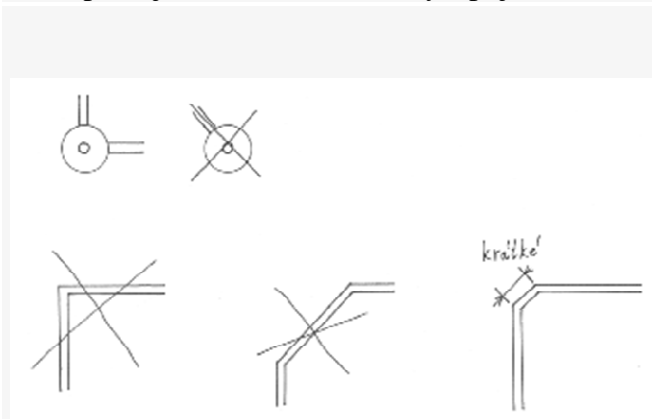
**b) Návrh plošného spoja kombinovaný** – najskôr sa urobí návrh automaticky pomocou Autorouteru s následnou ručnou úpravou (pozri ďalej). Tento spôsob sa používa pri zložitejších obvodoch. Pomocou Autorouteru sa môže navrhnuť aj nami myšou označený počet vodičových spojov a zvyšné spoje sa môžu dokončiť ručne.





### c) Návrh plošného spoja ručne – ROUTE

4.b) Ručným ukladaním vodičov dosiahneme želaný vzhľad (pozri obr. nižšie). Pri menších DPS ukladáme ručne celý spoj, pri zložitejších si môžeme pomôcť autorouterom (viď ďalej), ale aj tak je potrebné takto vytvorený spoj upraviť ručne.

1. Na vytváranie spojov použijeme nástroj **ROUTE** . Štandardne vedieme spoje na hladine 16 BOTTOM.
2. Nastavíme si šírku spoja **WIDTH**. Šírka je závislá od prúdu, hrúbke medi a dovolenom oteplení (v našom projekte môžeme šírku spojov dať napr. **0.4064 mm**).
3. **Spôsob vedenia** (zalamovanie) meníme pravým tlačidlom alebo na paneli volieb:  
 - kde si zvolíme napr. 
4. Pri ukladaní spojov nás vedie **vzdušný spoj**. Pre zvýšenie prehľadnosti je dobré **vypnúť hladiny NAME (25 a 26) a VALUE (27 a 28)**.
5. Pri vedení spoja dodržiavajte nasledovné **pravidlá**:

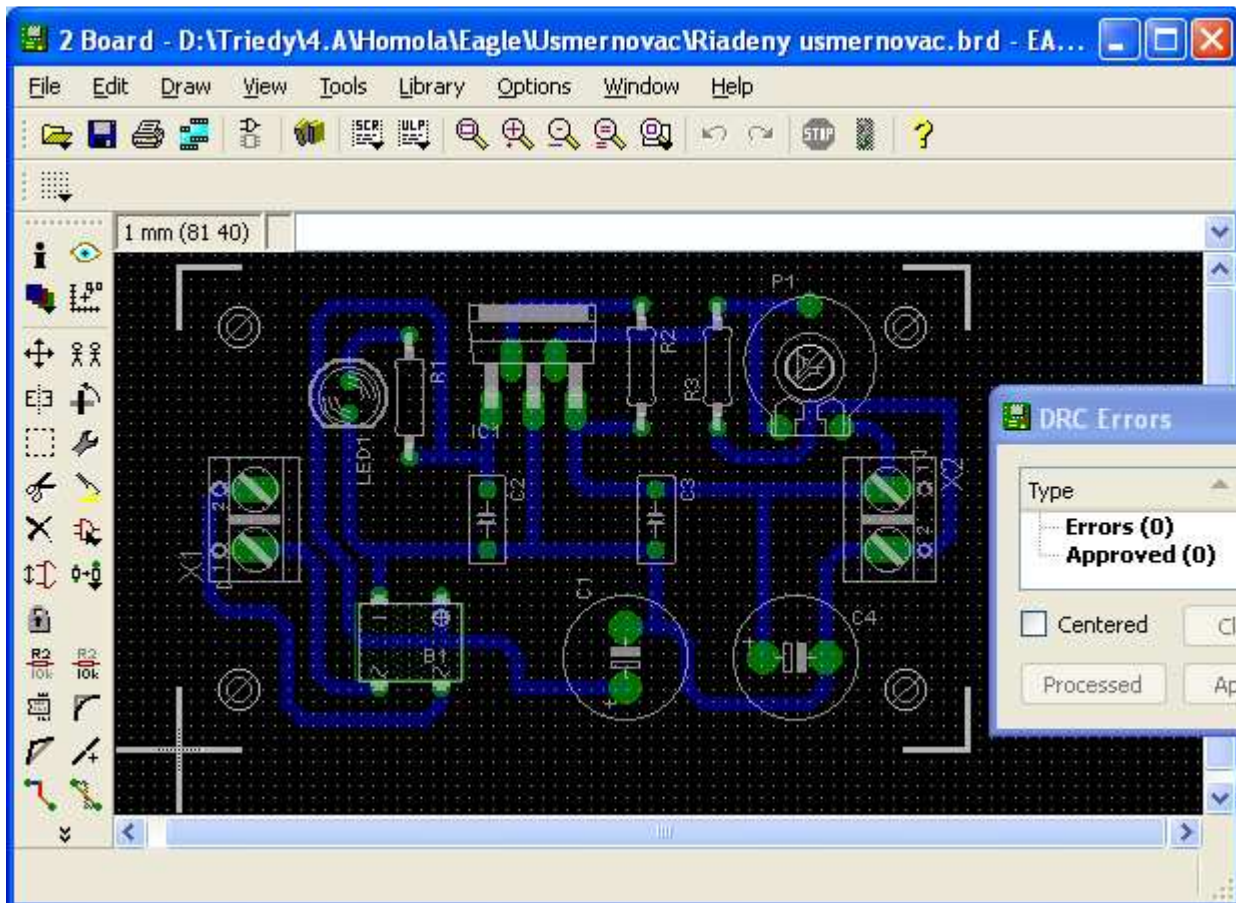
- o vodivé spoje (vodiče) vedieme buď vodorovne alebo zvisle
- o zo spájkovacieho bodu (PAD) vychádzame vždy kolmo, až potom lomíme spoj (pozri obr.)
- o šikmé spoje vedieme pod uhlom 45°
- o minimálna vzdialenosť spoja od okraja dosky je 5 mm
- o nevytvárame ostré rohy (skosujeme spoje - pozri obr.)
- o dodržiavame izolačné vzdialenosti
- o podľa možností využívame metódu „rozliatia medi“- menej odpadov (ekológia),
- o na doske sa snažíme používať jednotnú šírku spojov (podľa možností),
- o hustota spojov na doske musí byť rovnomerná,
- o rešpektujeme montážne otvory, spoje nevedieme v ich blízkosti.



6. Aj pre jednoznačnosť otočenia fólie s motívom pri výrobe DPS ale aj pre lepšiu identifikovateľnosť výrobku DPS **popíšeme textom** (napr. typové označenie, alebo názov zariadenia – v našom prípade napr. Usmernovac) - na strane BOTTOM sa zobrazuje zrkadlovo (pohľad na monitor je zo strany TOP)
7. Po vytvorení všetkých spojov urobíme kontrolu a prípadné posledné úpravy:
  - o **Zmena šírky spoja** -  CHANGE/WIDTH/NováHodnota; kliknutím na spoj zmeniť
  - o **Návrat do vzdušných vodičov** -  RIPUP a kliknúť na spoj; pre celý PS vybrať všetko (GROUP), zvoliť RIPUP a použiť pomocou pravého tlačidla myši
  - o **Vytvorenie zlomu na spoji** -  SPLIT
  - o **Optická kontrola spojov** - vypneme hladinu 21 tPlace (obrys súčiastok), skontrolujeme vedenie spojov
  - o **Zmena puzdra súčiastky** -  CHANGE/PACKAGE - kliknutím na súčiastku sa objaví zoznam dostupných puzdiel


### Rýchle vyhľadávanie súčiastky na DPS

Na rýchle vyhľadanie súčiastky v zložitejšom obvode, resp. ak potrebujeme presunúť puzdro nejakej súčiastky, môžeme použiť príkaz MOVE NázovSúčiastky, napr. MOVE R1.

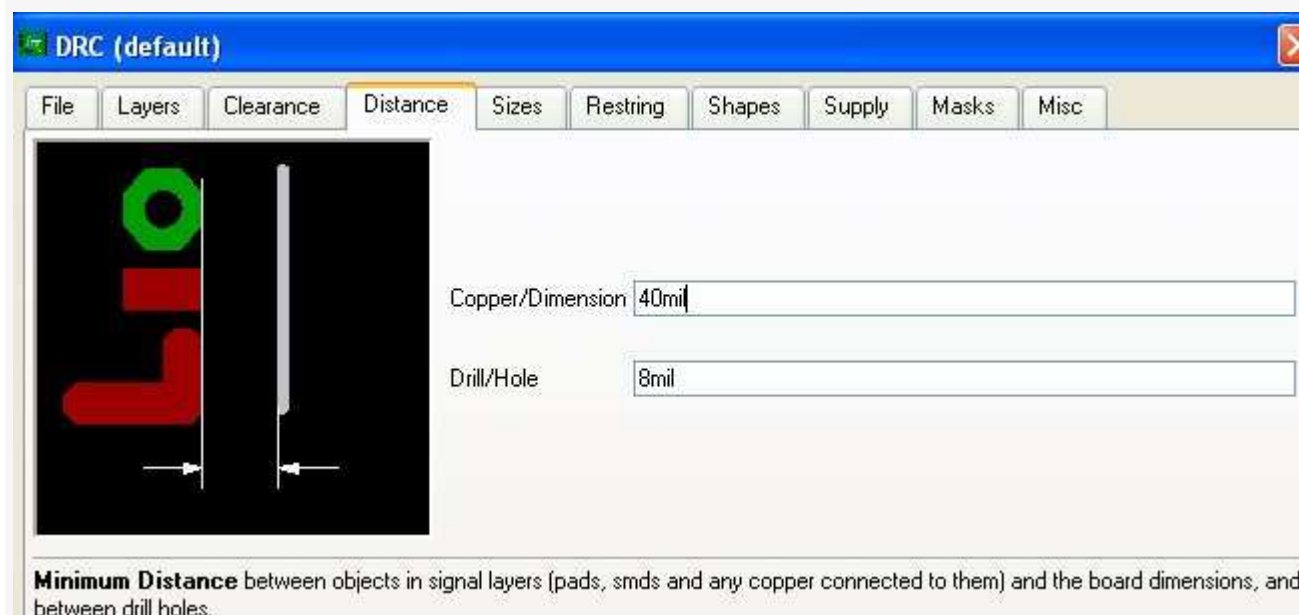


## Kontrola dodržania návrhových pravidiel – DRC

DRC ukáže chyby ako: prekrytie spojov, prekročenie minimálnej vzdialenosti (izolačnej medzery), porušenie úhlového rastra 45° spojov, objekty mimo raster rozmiestnenia.

Zadanie pravidiel návrhu sa robí príkazom **DRC** (Design Rule Check) 

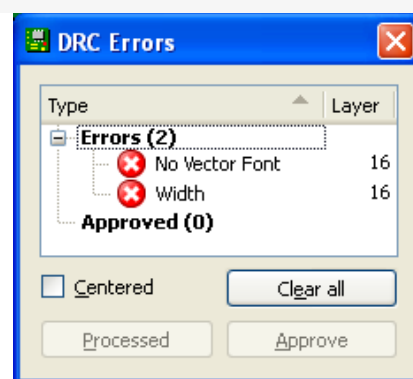
Objaví sa okno, kde je možné v jednotlivých záložkách upraviť implicitne nastavené hodnoty na nami požadované a potvrdiť tlačidlom „**Apply**“, prípadne ak súhlasíme s implicitnými hodnotami, ihneď dať skontrolovať náš návrh tlačidlom „**Check**“.



## Význam záložiek:

1. **File - Súbor** - ukladanie a otváranie súborov s pravidlami (vlastnými)
2. **Clearance - Čistota** - definícia minimálnych priestorov medzi objektmi v signálových hladinách (dané výrobcom dosky)
3. **Distance - Vzďialenosť** - definícia najmensej vzdialenosti medzi objektmi v signálových hladinách a medzi obrysom dosky
4. **Sizes - Veľkosti** - definícia najmensej šírky ľubovoľných objektov v signálových hladinách a najmensej priemer vrtáka
5. **Restring - Šírka kruhu** - určuje šírku medeneho krúžku, ktorý musí zostať okolo vyvítaného otvoru spájkovacej plošky alebo prekovenej diery
6. **Shapes - Tvary** - definícia skutočných tvarov plošiek súčiastok pre povrchovú montáž a spájkovacích plošiek pre vývodové súčiastky
7. **Supply - Napájanie** - definícia rozmerov symbolov Thermal a Annulus, ktoré sa používajú vo vnútorných napájacích hladinách
8. **Masks - Masky** - určuje rozmery nespájkovacej masky a masky spájkovacej pasty
9. **Misc - Rôzne** - rôzne nastavenia (zapnutie kontroly umiestnenia v rastri, kontrola uhlov,...)

Po zatlačení tlačidla **Check** sa nám objaví okno s výpisom chýb a odsúhlasených chýb, na ktoré keď ukážeme kurzorom myši, tak sa nám ukážu dané chyby postupne aj na obrazovke a tie sa postupne snažíme odstrániť, buď priamo na doske alebo zmenou pravidiel v jednotlivých záložkách DRC príkazu.

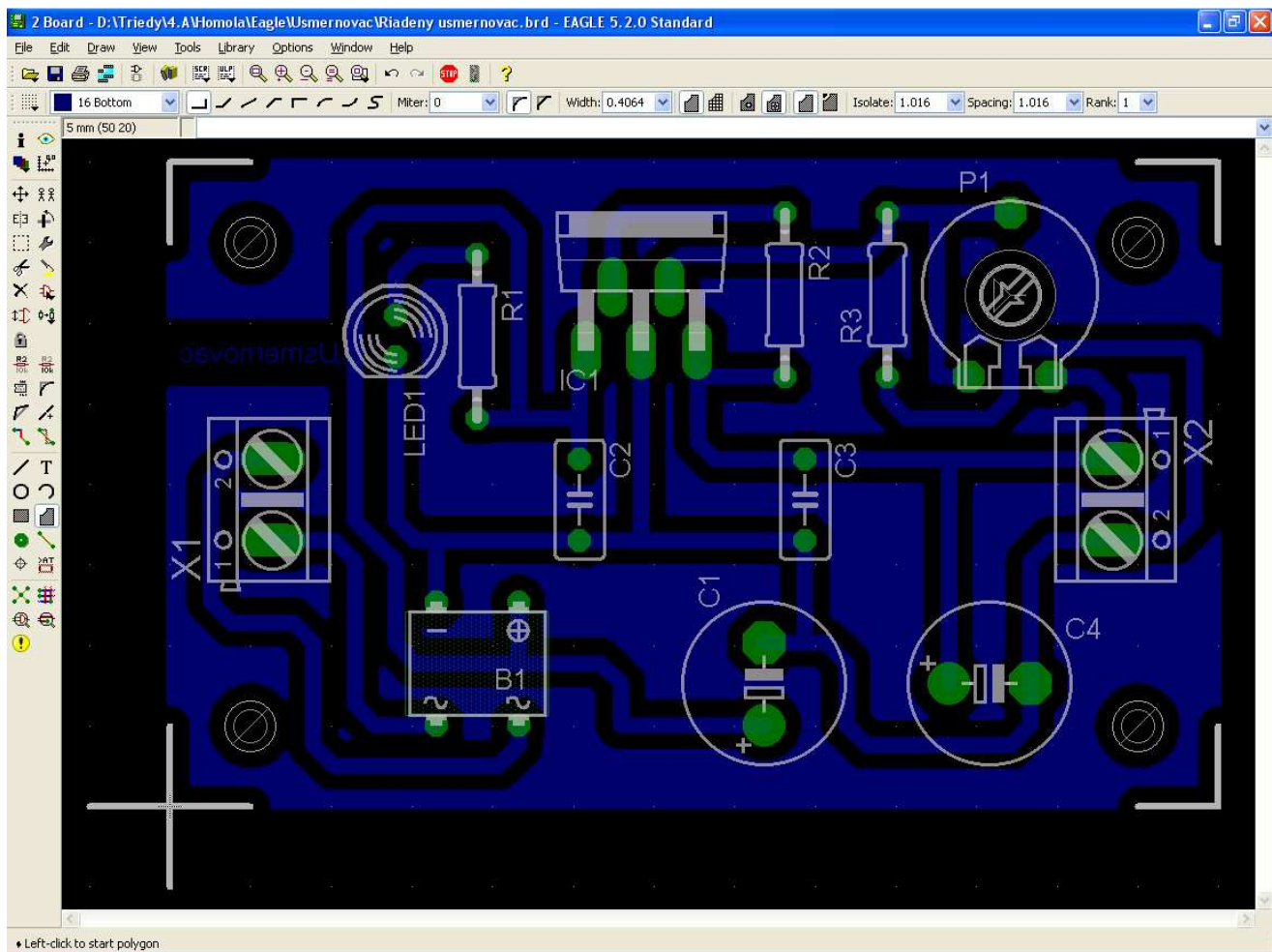


## Vytvorenie polygónov

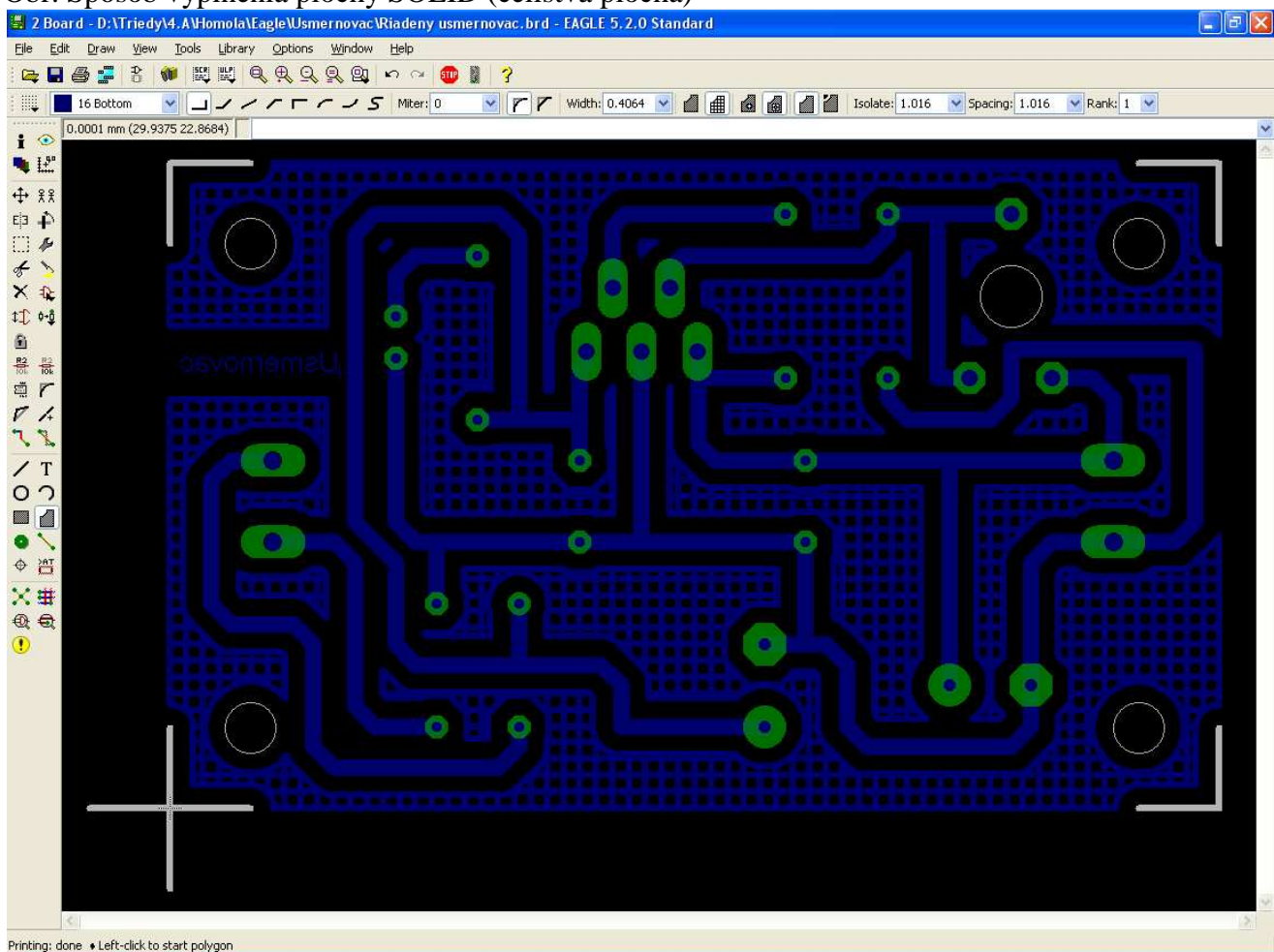
V praxi sa často používa metóda rozlievanej medi do voľnej plochy dosky. Rozlievanie medi na plochu dosky – plochy je možné využiť ako uzemnenie, resp. chladenie. Postup:

1. V menu **View – Grid** - nastavíme jednotky na **5 mm**
2. zvolíme nástroj POLYGON, zvolíme šírku čiary WIDTH napr. na 0,4064 mm, spôsob vyplnenia plochy SOLID (celistvá plocha) alebo HATCH (šrafované), izolačnú medzeru ISOLATE napr. na 1,27 a SPACING (medzery pri šrafovaní) tiež napr. na 1,016 mm.
3. vyberieme hladinu, na ktorej chceme med' rozliať (pri jednostrannej DPS 16 BOTTOM)
4. nakreslíme obvod polygónu - klikneme na počiatočný bod, ťaháme čiaru, kliknutím zvolíme bod zalomenia,..., posledný bod je v počiatočnom bode (uzatvára polygón) – v našom prípade ohraničíme polygón po obvode celej dosky
5. vyplníme plochu príkazom RATSNEST .
6. premenujeme vyplnenú plochu medi cez NAME na rovnaký potenciál ako je spoj zeme napr. na N\$4, (tým odrušíme dosku).





Obr. Spôsob vyplnenia plochy SOLID (celistvá plocha)



Obr. Spôsob vyplnenia plochy HATCH (šrafované) s vypnutými hladinami 21-tPlace, 25-tNames a 51-tDocu. Takto zobrazenú dosku môžeme vytlačiť ako **výkres vodivých spojov s rozliatím medi** (pozri Tlač výkresov).

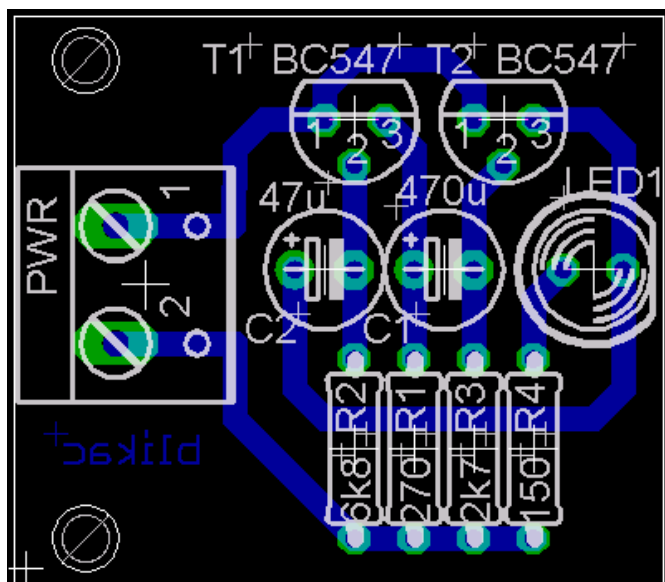
**Trojrozmerné zobrazenie plošného spoja** z nášho projektu Riadený usmerňovač, pomocou doplnkového programu Eagle 3D a programu POV-Ray bude vyzeráť takto:



V tomto prípade nie je zobrazené puzdro regulátora napätia L200 iba jeho obrys, nakoľko v knižnici súčastok programu Eagle 3D sa nevyskytuje.

### Zadanie pre žiakov

V projekte VystrazneZariadenie navrhnete DPS podľa predlohy na obrázku na základe el. schémy z predchádzajúceho zadania.

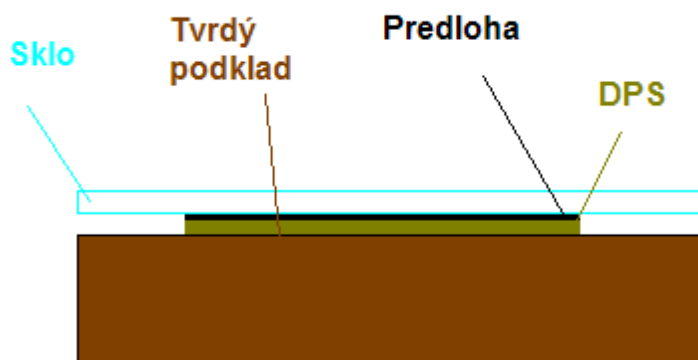


### Výstupy z návrhového systému Eagle

**Amatérska výroba DPS** býva založená na odleptaní prebytočnej medi v nejakej nádobe. Na cuprexitovú dosku (medená fólia lepená na laminát) najlepšie s fotocitlivou vrstvou sa priloží priesvitná fólia s vodivými spojmi (táto predloha sa vytlačí z editora plošných spojov – obr. na str.24) a priloží napr. sklom.

Pod UV lampou (alebo horským slnkom) skopírujeme predlohu na dosku.

Na vyvolanie plošného spoja po osvetlení ponoríme dosku v roztoku hydroxidu sodného a dosku opláchneme. Nakoniec ju dáme do  $\text{FeCl}_3$  – čiže chloridu železitého pre vyleptanie plošného spoja.



## Výroba plošného spoja špecializovanými firmami

Pre veľkosériové výroby dosiek plošných spojov **profesionálne výrobné firmy** zadávajú ich výrobu iným špecializovaným firmám, ktoré sa zaoberajú výrobou DPS na zákazku. Tie, aby ich vyrobili potrebujú dostať v elektronickej podobe výrobné údaje, ktoré v Eagli sa vygenerujú pomocou CAM procesora (pozri ďalej).

Pri výrobe obojstrannej DPS je DPS najprv vrtaná na **súradnicovo riadenej vrtačke (CNC)** na základe navrhnutého motívu. Potom je do vyvrtaných dier nanosená **tenká vrstva kovu chemickou cestou**, ktorá je potom **galvanicky** (elektrochemicky) zhrubená.

**Motív dráh** je prenesený na DPS **fotolitografickou** cestou: DPS je pokrytá **fotorezistom**, je **exponovaná UV svetlom** cez fóliu s motívom, pričom sa pochopiteľne dbá na **súkryt** s vyvrtanými dierami a na súkryt oboch strán, fotorezist je vyvolaný a následne sú odkryté časti medenej fólie **odleptané**.

Po odstránení zvyškov fotorezistu sú vodivé medené plochy **pokovené** (cínom alebo zlatom) aby sa zabránilo oxidácii medi, čo by sťažilo či znemožnilo následnú montáž (spájkovanie) súčiastok.

Potom je nanosená a vytvarovaná tzv. **nespájkovacia maska**, ktorá pokrýva miesta ktoré nebudú spájkované a zabraňuje prístupu spájky na tieto miesta.

Nakoniec môže byť DPS **sieťotlačou** potlačená pomocnými textami a nákresemi, ktoré pomáhajú pri osadzovaní dosky a opravovaní obvodu.

### Prehľad používaných technológií:

- CNC vrtanie
- chemické prekovenie otvorov
- fotoprocesy
- galvanické pokovenie
- alkalické leptanie
- nespájkovacia maska [foto alebo dvojzložková]
- servisný popis súčiastok
- uhlíková pasta
- snímateľný lak
- bezolovnatý HAL
- frézovanie, drážkovanie, strihanie alebo dierovanie na konečný tvar
- elektrické testovanie


Firmy vyrábajúce výrobky, kvôli úplnej výkresovej dokumentácii, potrebujú mať vytlačené jednotlivé výkresy svojich výrobkov. Medzi **dokumenty pre technologickú prípravu výroby** okrem ešte iných výkresov patrí aj:

- |   |   |   |
|---|---|---|
| • <b>schéma zapojenia</b>                         | } | tlač z editora schémy ( <b>žiaci</b> )                                  |
| • elektronicky <b>zoznam súčiastok</b> (partlist) | } | výstup z editora schémy ( <b>žiaci</b> ) <b>File/Export.../Partlist</b> |
| • <b>výkres vodivých spojov</b>                   | } | tlač z editora plošného spoja ( <b>žiaci</b> )                          |
| • <b>tlač rozloženia súčiastok</b>                |   |   |
| • <b>výkres otvorov</b>                           |   |   |
| • výkres nespájkovacej masky                      | } | tlač z editora plošného spoja   |
| • výkres masky pre nanášanie lepidla              |   |   |
| • výkres testovacích bodov                        |   |   |
| • dáta pre osadzovací automat a iné               |   |   |

Nasledovné dáta sú určené ako výrobné podklady pre výrobu DPS v externej firme, ktoré sa zasielajú e-mailom

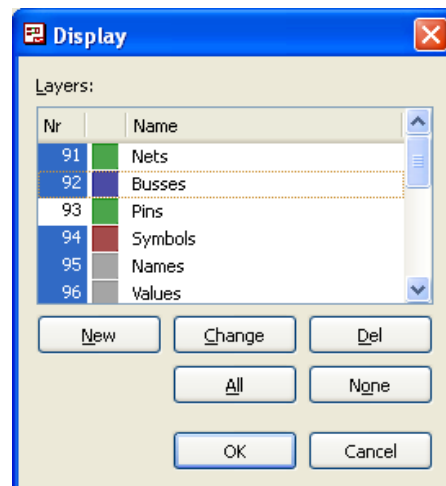
- |   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
| • technologické súbory filmových predlôh pre ploter | } | vygenerovanie z CAM procesora |
| • technologické súbory pre vrtačku                  |   |                               |

## Tlač schémy zapojenia

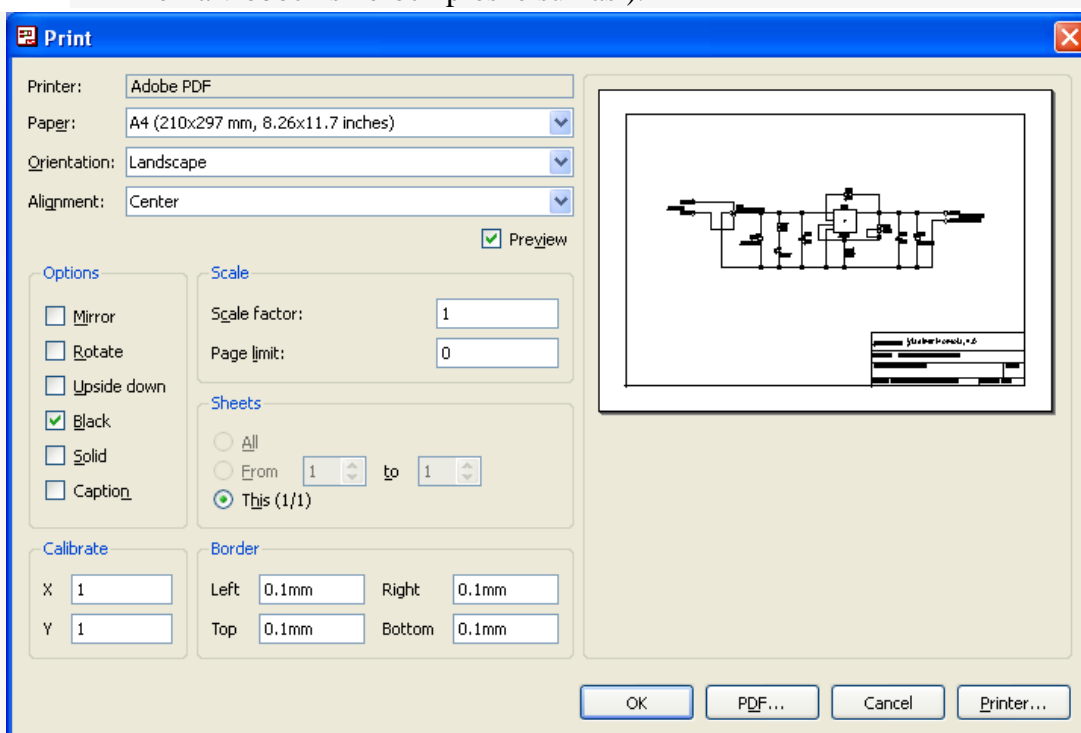
Príkazom **View/Display** alebo na paneli  zapneme len tie hladiny, ktoré potrebujeme vytlačiť (vytlačí sa to, čo vidíme).

- |    |         |                                   |
|----|---------|-----------------------------------|
| 91 | Nets    | vodiče                            |
| 92 | Busses  | zbernice                          |
| 93 | Pins    | vývody súčiastok (piny)           |
| 94 | Symbols | schematické značky                |
| 95 | Names   | označenie súčiastok (R1, R2, ...) |
| 96 | Values  | hodnoty, príp. typy súčiastok     |

Zvyčajne pri tlači schémy je vypnutá iba hladina Pins.



- V menu **File/Print** nastavíme parametre tlače:
  - **MIRROR** - zrkadlenie výstupu - pri tlači schémy nezapínať!
  - **ROTATE** - otočenie výstupu o 90°
  - **UPSIDEDOWN** - otočenie výstupu o 180°. Spolu s ROTATE celkom o 270°
  - **BLACK** - ignoruje nastavenie farieb hladín a tlačí všetko čierne
  - **SOLID** - ignoruje nastavenie druhov výplní hladín a tlačí všetko s pevnou výplňou
  - **Caption** - aktivuje tlač hlavičky, obsahujúcej čas a dátum tlače a meno súboru. Ak je výkres zrkadlený, v hlavičke sa objaví slovo "mirrored" a ak mierka nie je 1.0 je pridané do hlavičky ako f=... (mierka je uvedená na 4 des. miesta).
  - **Scale factor** - nastaví mierku výkresu (1 znamená 1:1)
  - **Page limit** - nastaví maximálny počet strán pre tlač. Ak by výkres na zadaný počet strán nevošiel, mierka bude automaticky zmenšená. Hodnota 0 znamená bez obmedzenia.
- Nastavenie strany **Page...**
  - **Border** - nastavuje ľavý(left), horný (top), pravý (right) a dolný (bottom) okraj. Preddefinované hodnoty sú prevzaté z ovládača tlačiarne.
  - **Calibrate** - Ak chceme použiť tlačiarňu priamo na tlač výrobných podkladov spojov, musíme ju najskôr kalibrovať, aby sme dostali výkres presne v mierke 1:1 (hodnoty 1 predpokladajú, že mierka v oboch smeroch presne súhlasí).



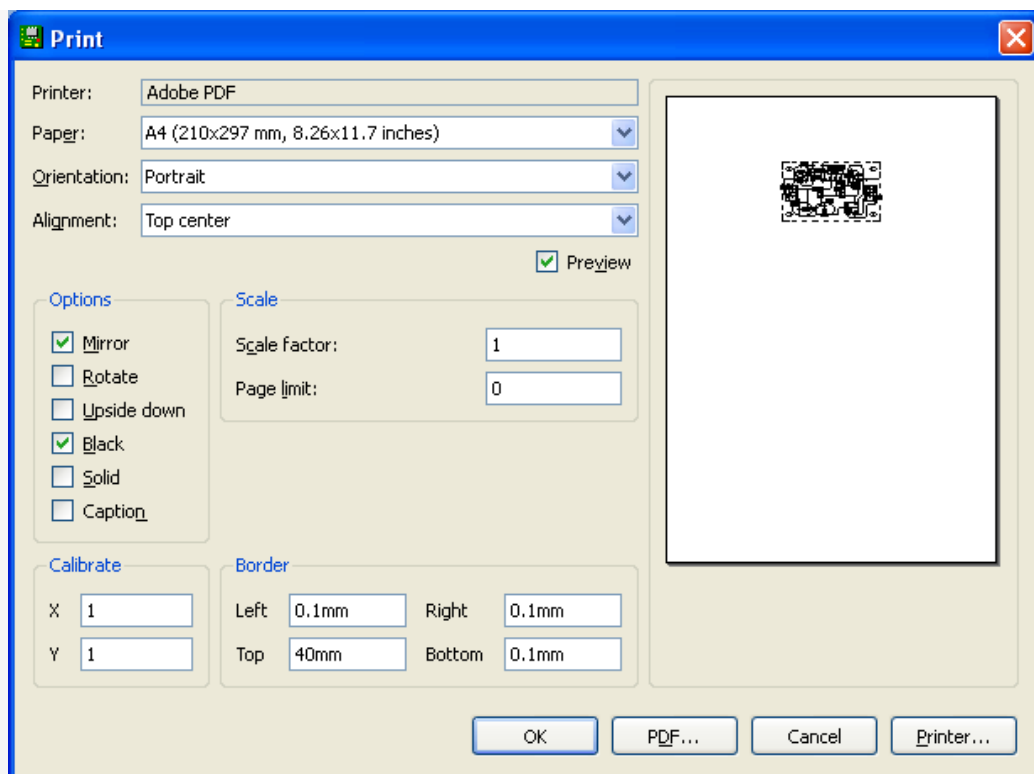
Obr. Nastavenie parametrov tlače pri tlači el. schémy

## Tlač vodivých spojov DPS na tlačiarni

Príkazom **View/Display** alebo na paneli  zapneme nasledovné hladiny:

- pre stranu BOTTOM (layers 16, 17, 18, príp. 20) - MIRROR áno
- v prípade dvojstrannej DPS: pre stranu TOP (layers 1, 17, 18, príp. 20) - MIRROR nie

**File/Print...** nastavíme parametre tlače:



## Tlač otvorov DPS

Príkazom **View/Display** alebo na paneli  zapneme nasledovné hladiny:

layers 20, 44, 45 - MIRROR nie

príčom hladina 44 – **neprekošené otvory** (napr. pre mechanické prichytenie DPS, chladiče pod.)

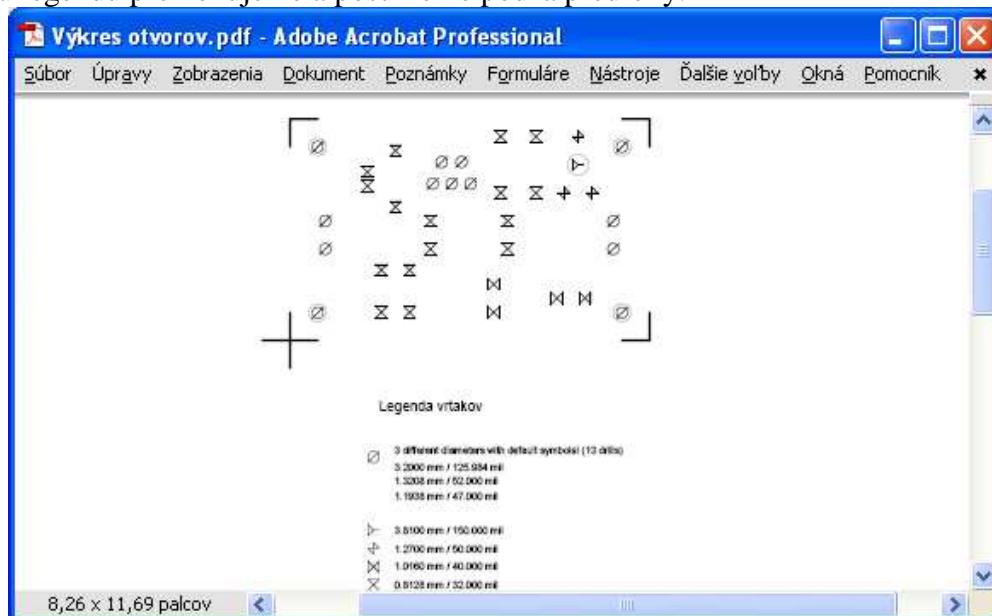
hladina 45 – **prekovené otvory** (pre súčiastky) – hlavne u obojstranných DPS

Pre zobrazenie otvorov iba na našej DPS postupujeme nasledovne: **Options – Set – Drill – Set – Yes – Ok.**


Pre zobrazenie legendy vrtákov:

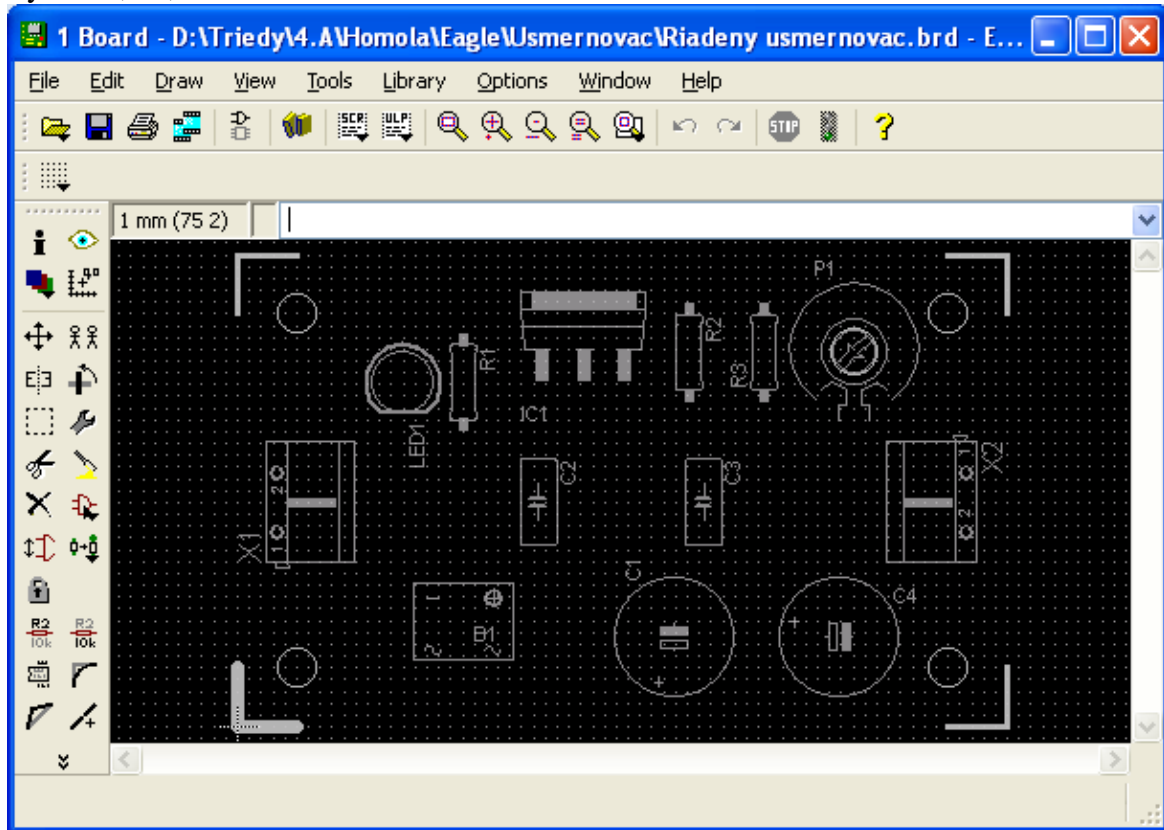
**File/Run... drill-legend.ulp** Continue

Vloženú legendu premenujeme a posunieme podľa predlohy:



## Tlač rozloženia súčiastok (potlač)


Príkazom **View/Display** alebo na paneli  zapneme nasledovné hladiny:  
layers 20, 21, 25 - MIRROR nie



a vytlačíme podobne ako pri tlači vodivých spojov : **File/Print...**

## Tlač nespájkovacej masky

**Nespájkovacia maska** je nespájkovacia vrstva nanosená na povrch plošného spoja a má za úlohu zaistiť ochranu časti plošiek a vodičov proti pokrytiu spájkou. Je nevyhnutná pri spájkovaní na cínovej vlne pred nežiaducimi skratkami a neskôr aj pred vplyvmi z okolitého prostredia.

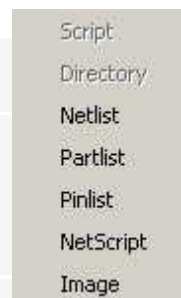
Príkazom **View/Display** alebo na paneli  zapneme nasledovné hladiny:

- pre stranu BOTTOM (layers 20, 30) - MIRROR áno
- v prípade dvojstrannej DPS: pre stranu TOP (layers 20, 29) - MIRROR nie

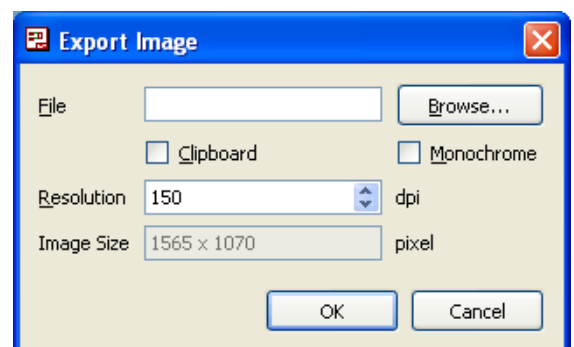
## **Export**

V menu **File/Export** môžeme získať súbory v textovom formáte určené na prenos do iných aplikácií:

- NETLIST - vypíše spoje pripojené k súčiastkam
- **PARTLIST - vygeneruje zoznam súčiastok**
- PINLIST - vygeneruje zoznam vývodov s popisom vodičov k nim pripojených
- NETSCRIPT - vygeneruje netlist vo formáte scriptového súboru (pre ďalšie použitie)
- IMAGE - možnosť preniesť práve zobrazený obrazec do inej aplikácie



- File - možnosť uložiť ako súbor vo vybranom grafickom formáte (bmp, png, tif,...) na určené miesto (Browse)
- Clipboard - umiestni obrazec do schránky možnosť preniesť do inej aplikácie
- Monochrome - obrazec prekonvertuje do čiernobieleho formátu
- Resolution - rozlíšenie (kvalita) v dpi
- Imagesize - veľkosť v pixeloch



## CAM Processor

- umožní vytvoriť výstup na zariadenie alebo do súboru. CAM Processor umožňuje kombinovať niekoľko sad nastavení parametrov v podobe CAM Processor Job, ktoré môžeme použiť na vygenerovanie sady výstupných súborov jediným kliknutím myši.

**Spustenie:** menu **File/CAM Processor** alebo ikona na paneli 

### Menu CAM procesora

- **File**
  - **Open**
    - **Board...** - otvorí súbor dosky PS na editáciu
    - **Drill rack...** - otvorí súbor sady vrtákov na editáciu
    - **Wheel...** - otvorí súbor cloniek (pre ploter) na editáciu
    - **Job...** - prepne do inej úlohy alebo vytvorí novú
  - **Save job...** - uloží aktuálnu úlohu
  - **Close** - zatvorí okno CAM Processora
  - **Exit** - ukončí program
- **Layer**
  - **Deselect all** - zruší výber všetkých hladín
  - **Show selected** - zobrazí iba vybrané hladiny
  - **Show all** - zobrazí všetky hladiny

### Nastavenie úloh v CAM procesore

- **Job**
  - **Section** - popis záložky
  - **Prompt** - text upozornenia pri spustení úlohy
- **Output** - definuje druh výstupu (tlačiarne, plotre, vrtačky ...)
  - **Device** - výber zo zoznamu všetkých dostupných výstupných zariadení
  - **Scale** - u zariadení, ktoré môžu nastaviť mierku výstupu môžeme zadať hodnoty väčšie ako 1 (zväčšenie výstupu) alebo hodnoty menšie ako 1 (zmenšenie výstupu).
  - **File** - meno výstupného súboru - tlačidlom File otvoríme dialógové okno pre učenie výstupného súboru (ak zadáte len príponu, napr. .GBR, názov bude prevzatý zo vstupného súboru)

▪ **Výstupný súbor** obsahuje údaje vytvorené CAM Processorom. Všeobecne sa používajú mená súborov:

Súbor	Hladiny	Význam
*.cmp	Top, Via, Pad	Strana súčiastok (top)
*.ly2Route2, Via, Pad		Vnútna signálová vrstva
*.ly3Route3, Via, Pad		Vnútna signálová vrstva
*.ly4\$User1		Vnútna napájacia vrstva
...		...
*.sol Bot, Via, Pad		Strana spájkovania (bottom)
*.plctPl, Dim, tName,		Potlač strana súčiastok
*.pls bPl, Dim, bName,		Potlač strana spájkovania
*.dcc tPl, Dim, tName,tVal, tDocu		Tlačená dokumentácia strana súčiastok
*.dcs bPl, Dim, bName,bVal, bDocu		Tlačená dokumentácia strana spájkovania
*.stc tStop		Nespájkovateľná maska strana súčiastok
*.sts bStop		Nespájkovateľná maska strana spájkovania
*.drp Drills, Holes, Dim		Pozície vrtaných dier
*.drd Drills, Holes		Vítacie údaje pre NC vrtačku

- **Wheel** - meno súboru sady cloniek (napr. .WHL) - môžeme ho vybrať otvorením dialógového okna Wheel
- **Rack** - meno súboru definície vrtákov (napr. .DRL) - môžeme ho vybrať otvorením dialógového okna Rack
  - Vŕtačky musíme definovať, ktoré priemery vrtákov sú priradené kódom použitým vo výstupnom súbore. Tieto priradenia definujeme v súbore definície vrtákov, ktorý môžeme vytvoriť napr. v poznámkovom bloku.

#### Príklad definície vrtákov:

```
T01 0.010
T02 0.016
T03 0.032
T04 0.040
T05 0.050
T06 0.070
```

- **Offset** - posun v smeroch x a y (v palcoch). Používa sa pre umiestnenie viacerých výkresov na jeden list alebo pre nastavenie počiatočného bodu plotra do dolného ľavého rohu.
- **Tolerance** - Ak zadáte toleranciu vrtákov a presný priemer vrtáku nie je k dispozícii, CAM Processor použije priemery vrtákov v rámci zadaných tolerancií.
- **Layer** - Výber kombinácie kresliacich hladín zaškrtnutím políčok v zozname hladín.

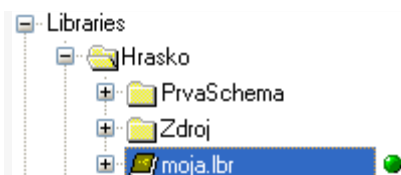
## Editor knižnice súčiastok

Eagle má množstvo štandardných knižníc dodávaných priamo s programom - nachádzajú sa v priečinku LIBRARIES/LBR.

Pre použitie knižnice pri vyhľadávaní musí byť knižnica zapnutá (zelený krúžok). Knižnice môžeme zapínať naraz všetky cez kontextové menu pre LIBRARIES voľbou **Use All**; príp. vypínať všetky naraz voľbou **Use None**. Pre zapnutie/vypnutie jednej knižnice kliknite priamo na jej symbol šedého/zeleného krúžku.

**Čo treba urobiť, keď vami požadovaná súčiastka sa v knižnici nenachádza?**

### Nová knižnica/New Library



- Na Control Paneli zvolíte v menu **File/New/Library** - vytvorí sa nová knižnica v editačnom režime
- Uložte knižnicu cez menu **File/Save** do svojho priečinku (Hrasko)
- Pridajte svoj priečinok do systému adresárov **Libraries**: na Control Paneli menu **Options/Directories** v riadku Libraries vyhľadajte (Browse) svoj priečinok; po otvorení adresárovej štruktúry Libraries bude zobrazovať aj našu knižnicu (moja.lbr) - pre jej použitie pri vyhľadávaní súčiastok **musí** byť zapnutá (zelený krúžok)

### Existujúca knižnica/Open Library

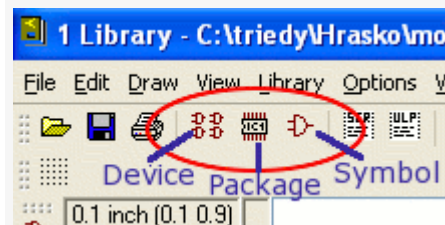
- Ak chceme doplniť do našej knižnice ďalšiu súčiastku, najskôr ju **musíme otvoriť** - na Control Paneli zvolíte v menu **File/Open/Library**, príp. použijete kontextové menu Open



- V otvorenej knižnici môžeme navrhovať nové súčiastky
- Po skončení **uložte!** (File/Save)

## Návrh vlastnej súčiastky

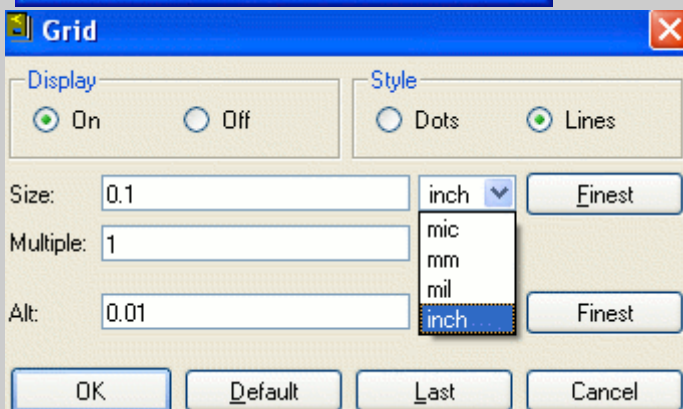
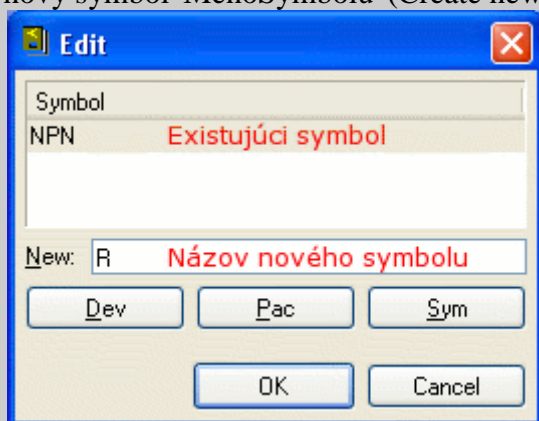
Každá súčiastka sa skladá zo **symbolu/Symbol** a **puzdra/Package**, ktoré sú vzájomne prepojené do **súčiastky/Device**. Pri návrhu postupne navrhujeme jednotlivé časti. V menu LIBRARY alebo na paneli sa nachádzajú príkazy na spustenie návrhového režimu pre jednotlivé prvky: Device, Package a Symbol:



## Návrh symbolu/Symbol

Zvoľte menu Library/Symbol alebo kliknite na ikonu Symbol 

- Otvorí sa dialógové okno pre **výber existujúceho symbolu** (v prípade jeho editácie), alebo možnosť zadať meno pre **nový symbol**. V prípade zadanie nového mena symbolu sa nás opýta, či chceme vytvoriť nový symbol 'MenoSymbolu' (Create new symbol 'R?')




- Skôr ako začneme kresliť, je veľmi dôležité nastaviť veľkosť a jednotky rastra **mriežky/Grid** (menu View/Grid)

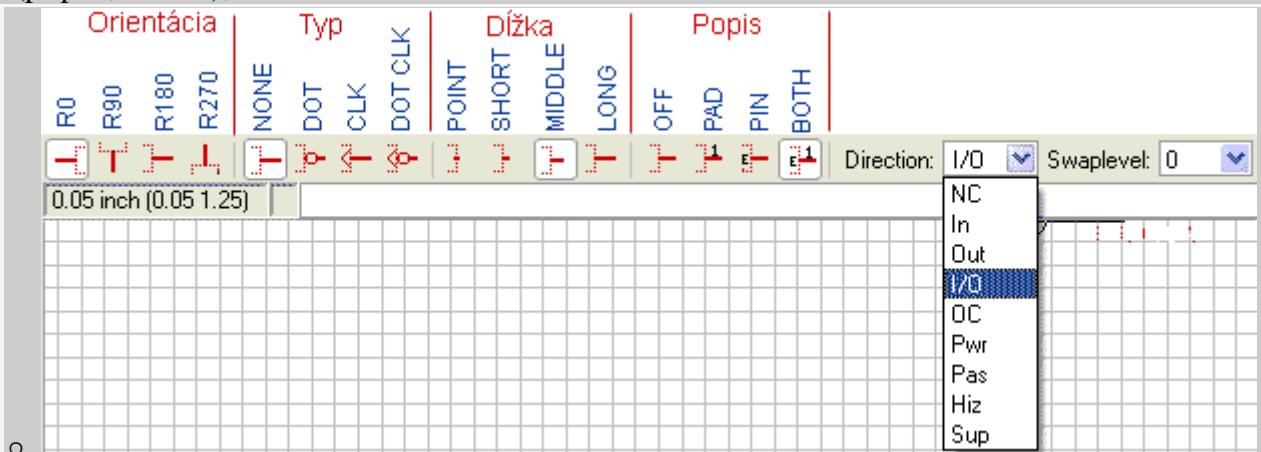
### Nastavenia:

- **Display:** On - zobrazí raster; Off - vypne zobrazenie rastra; prepínanie aj klávesom [F6]
- **Style:** Dots - raster zobrazí ako body; Lines - raster zobrazí ako plné čiary
- **Size:** vzdialenosť susedných bodov rastra pre práve nastavenú jednotku (0.1) ; jednotky - mic (0,001 mm), mm (milimeter), mil (0,001 inch), inch (palec = 25,4 mm); Finest - nastaví rozteč na najjemnejšiu 0,1 mic
- **Multiple** - zobrazenie len každej n-tej čiary rastra
- **Default** - nastaví štandardné hodnoty (OFF LINES INCH 0.1 1)

- o **Last** - vracia naposledy nastavené hodnoty

- kresliť treba **symetricky okolo stredu súradníc** (bod 0,0 označený križikom)!

-  Ako prvé si vložíme **PINy** (prípojné miesto v schéme)- pre štandardizáciu dodržíme ich rozteč na 0,1 inch (príp. 0,05 inch); nastavíme vlastnosti:



- o **Typ** - grafické zobrazenie pinu. Môže nadobúdať hodnoty:

- None** žiadna funkcia
- Dot** symbol inverzie (negovaný pin)
- Clk** vstup hodinového signálu
- DotClk** negovaný vstup hodinového signálu

- o **Popis/Visible** - viditeľnosť názvov Pinu (vývod značky) a Padu (spájkovacia ploška puzdra) v schéme. Môže nadobúdať hodnoty:

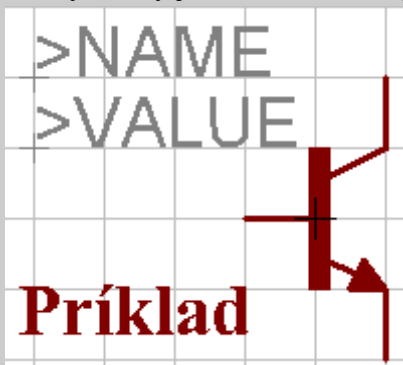
- Off** nie je viditeľné meno Pinu ani Padu
- Pad** viditeľné je len meno Padu
- Pin** viditeľné je len meno Pinu
- Boh** viditeľné sú mená Pinu i Padu

- o **Direction** - logický popis smeru toku signálu. Prakticky slúži pre možnosť kontroly príkazom ERC a pre automatické prepojenie napájacích pinov. Môže nadobúdať hodnoty:

- NC** nie je pripojený žiadny signál
- In** vstup
- Out** výstup
- I/O** vstup i výstup (obojsmerný)
- OC** otvorený kolektor alebo otvorené hradlo
- Hiz** trojstavový výstup (0, 1, vysoká impedancia)
- Pas** pasívny vstup (odpor, kondenzátor, ...)
- Pwr** napájací signál (zdroj napájania)
- Sup** vstup napájania (Vcc, Gnd, Vss ...)

- o **Swaplevel** - číslo medzi 0 a 255. Definuje **možnosť zámenny pinu** s inými pinmi pre prehľadnejšie zobrazenie schémy alebo plošného spoja. Hodnota 0 zakazuje prehadzovať pin s iným pinom. Hodnota väčšia ako 0 znamená, že pin môže byť prehodnený s iným pinom s rovnakou hodnotou swaplevelu v rovnakej schematickej značke. Napr.: Dva vstupy hradla NAND sa môžu vzájomne zamieňať, tranzistorové piny sa nesmú zamieňať!

- všetky voľby je možné zmeniť príkazom **CHANGE**



- **pomenovanie pinov** - piny automaticky program čísloje systémom P\$X,

kde x je poradové číslo. Ak chceme mať piny pomenované našimi menami (napr. VCC, GND, VSTUP, VYSTUP, ...), použijeme príkaz **Name** (na paneli alebo menu Edit/Name)

**piny s rovnakými menami** - napr. 2 piny sa majú menovať GND. Pri definícii symbolu im dáme mená GND@1 a GND@2; v schéme sa používajú ako GND.



- potom nakreslíme  **tvar symbolu** - použijeme nástroje na kreslenie geometrických tvarov; kreslí sa do vrstvy **94 Symbol**
- doplníme **označenie** pomocou nástroja Text






- **>NAME** - na tejto pozícii sa bude v schéme zobrazovať označenie súčiastky (napr. R1, R2, R3,...); ukladá sa do vrstvy **95 Names**

- **>VALUE** - na tejto pozícii sa zobrazuje buď zadaná hodnota, ak je to v definícii súčiastky povolené (napr. u rezistorov), alebo označenie súčiastky, ak nie je povolené value v definícii súčiastky; ukladá sa do vrstvy **96 Values**


## Návrh puzdra/Package

Zvoľte menu **Library/Package** alebo kliknite na ikonu **Package** 

- Otvorí sa dialógové okno pre výber **existujúceho package** (v prípade jeho editácie), alebo možnosť zadať meno pre **nové puzdro**. V prípade zadania nového mena sa nás opýta, či chceme vytvoriť nové puzdro 'MenoPuzdra' (Create new package 'TH06'?)
- Ako prvé si vložíme **PADy**  alebo **SMD**  - ich rozteč je daná konštrukciou puzdra (vychádzame z katalógového listu súčiastky)! Z tejto rozteče vychádza aj nastavenie veľkosti rastra **mriežky/Grid**. Na paneli nastavíme vlastnosti:

- **PAD:**      Diameter: 1.6764 Drill: 1.016 Angle: 0

tvar, vonkajší priemer/Diameter, vnútorný priemer/Drill, uhol/Angle  
ukladá sa automaticky do vrstvy **17 Pads**

- **SMD:**  1 Top Smd: 0.05 x 0.025 Roundness: 55 % Angle: 0

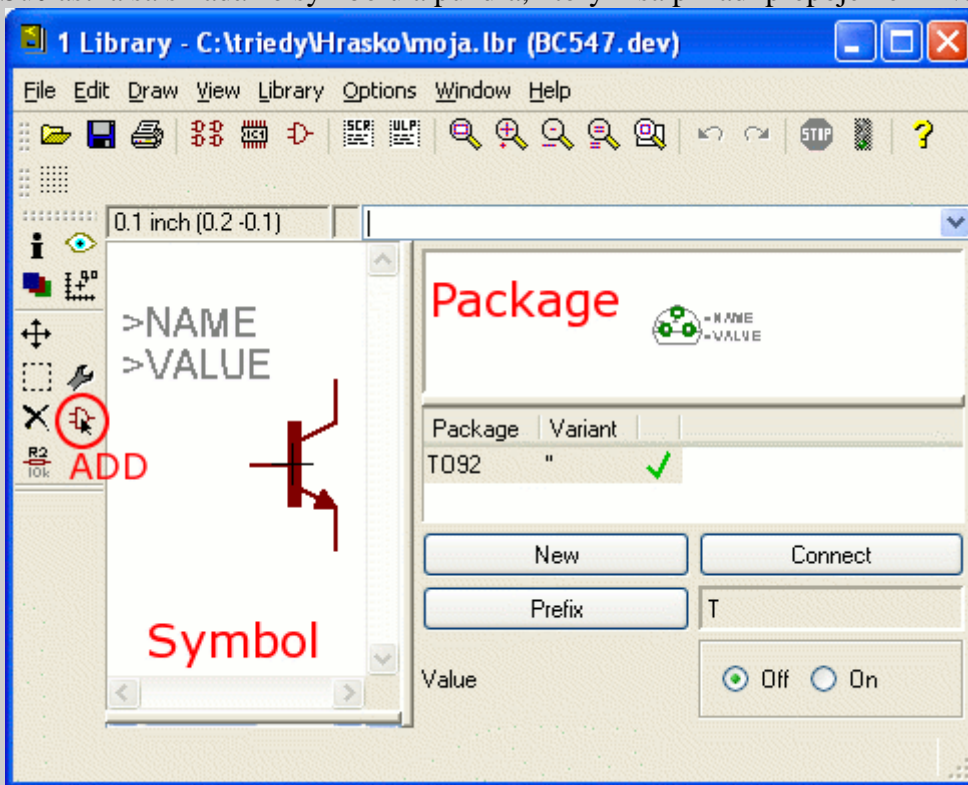
rozmery plôšky/SMD, zaoblenie rohov/Roundness, uhol/Angle  
ukladá sa do vrstvy **1 TOP**




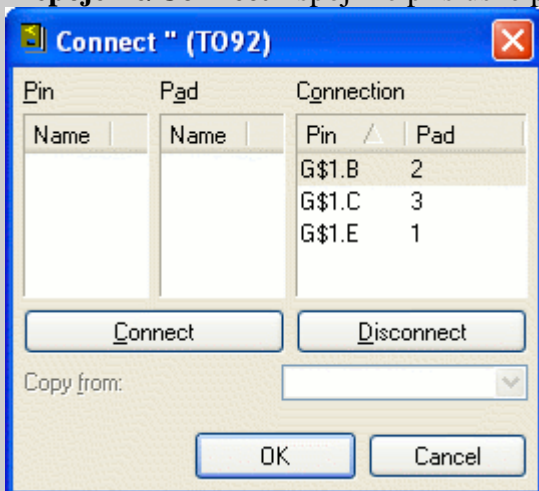
- Kresliť treba **symetricky okolo stredu súradníc** (bod 0,0 označený krížikom).
- PADy/SMD **premenujeme** podľa predpisu v katalógu alebo podľa štandardov - systém čísluje automaticky P\$x, kde x je poradové číslo; použijeme príkaz **Name** (na paneli alebo menu Edit/Name)
- Potom nakreslíme **obrys puzdra** (vychádzame z katalógového listu súčiastky) - použijeme nástroje na kreslenie geometrických tvarov; kreslíme do vrstvy **21 tPlace** (t v označení vrstvy znamená stranu TOP - stranu súčiastok).
- Doplníme **označenie** pomocou nástroja Text
  - **>NAME** - na tejto pozícii sa bude v schéme zobrazovať označenie súčiastky (napr. R1, R2, R3,...); ukladá sa do vrstvy **25 tNames**
  - **>VALUE** - na tejto pozícii sa zobrazuje buď zadaná hodnota, ak je to v definícii súčiastky povolené (napr. u rezistorov), alebo označenie súčiastky, ak nie je povolené value v definícii súčiastky; ukladá sa do vrstvy **27 tValues**
  - **Popis/Description** - v menu **EDIT/Description...** môžeme napísať popis k puzdru

### Zvoľte menu Library/Device alebo kliknite na ikonu Device

- Otvorí sa dialógové okno pre výber **existujúcej súčiastky** (v prípade jej editácie), alebo možnosť zadať meno pre **novú súčiastku**. V prípade zadania nového mena sa nás opýta, či chceme vytvoriť novú súčiastku 'MenoSúčiastky' (Create new device 'BC547'?)
- Súčiastka sa skladá zo symbolu a puzdra, ktorým sa priradí prepojenie PINov a PADov.



- **Symbol** vložíme pomocou príkazu **ADD**  - vyberieme požadovaný symbol zo zoznamu
- **Puzdro/Package** vložíme pomocou tlačidla **NEW** v dialógovom okne device - vyberieme zo zoznamu
- **Prepojenie/Connect** - spojíme príslušné piny a pady (pozor, čo s čím spojíme!)



- Zdefinujeme označenie súčiastky **Prefix** - označenie súčiastok rovnakej skupiny (napr. R pre rezistory => R1, R2, R3, ...)
- Nastavíme **Value** - On/Off - povoliť/zakázať zmenu hodnoty v schéme príkazom Value (napr. pre rezistory, kondenzátory... povoliť zadanie hodnoty, napr. 10K, 100uF,...)
- **Popis/Description** - v menu **EDIT/Description...** môžeme napísať popis k súčiastke

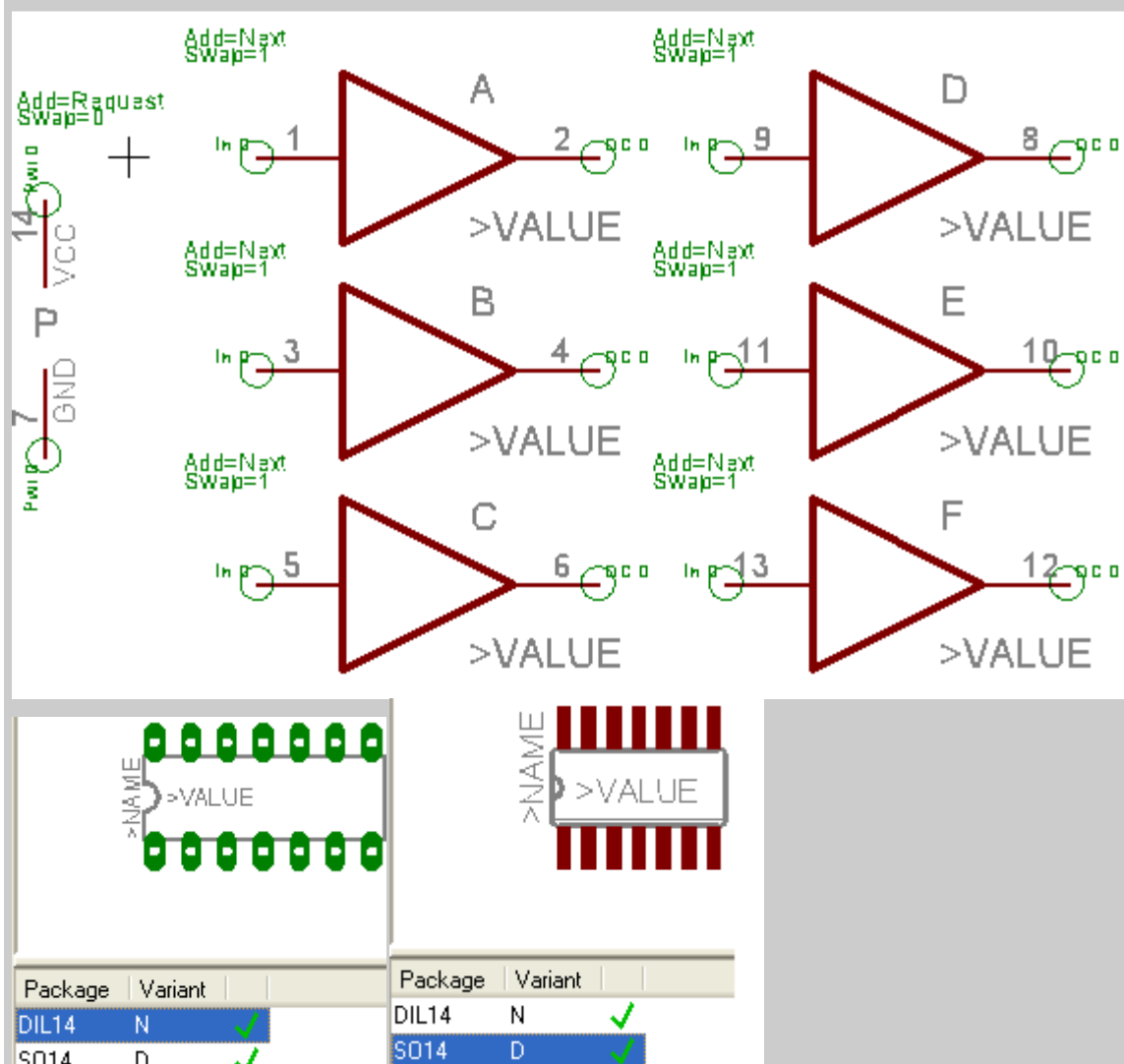
### Súčiastka s viacerými rovnakými hradlami

V jednom púzdre sa môže nachádzať jeden alebo viac symbolov. Špecifickým prípadom je súčiastka s viacerými rovnakými hradlami/Gates.

- **Symbols** navrhne iba jedno hradlo, príp. ak ešte nemáme v našej knižnici požadované napájanie, tak si ho tiež navrhne ako samostatný symbol
  - **Púzdro** navrhne (prekopírujeme z inej súčiastky) podľa katalógu
  - **Device** vložíme každý symbol toľkokrát, koľkokrát sa v púzdre nachádza (v príklade 6-krát hradlo, 1-krát napájanie)
  - **Name** premenujeme hradlá (najčastejšie písmená A, B, C, ...) a napájanie (P)
  - **Change/AddLevel** nastavíme pre napájanie Request
- Možnosti pre Addlevel:**

<b>Next</b>	Pokiaľ súčiastka obsahuje viac než jedno hradlo, symboly sú do schémy vkladané s Addlevel Next
<b>Must</b>	Pokiaľ niektorý symbol zo súčiastky je vložený do schémy, tak sa súčasne objaví symbol definovaný s Addlevel Must. To sa stane automaticky. Tento symbol nemôže byť zmazaný, pokiaľ nie sú zmazané ostatné symboly zo súčiastky.
<b>Always</b>	Ako Must, ale napriek tomu symbol s Addlevel Always môže byť zmazaný a vložený späť do schémy pomocou príkazu INVOKE.
<b>Can</b>	Pokiaľ súčiastka obsahuje hradlá Next, tak sa hradlá Can pridávajú do schémy iba pomocou príkazu INVOKE. Symbol s Addlevel Can môže byť vložený do schémy príkazom ADD iba vtedy, keď súčiastka obsahuje iba hradlá Can a Request.
<b>Request</b>	Používa sa u napájacích symbolov. Hradlá Request sa objavujú v schéme iba použitím príkazu INVOKE. Efekt je v tom, že v súčiastkach iba s jedným hradlom a jedným napájacím symbolom nie je meno hradla pridané do mena súčiastky (napr. 4-hradlová súčiastka má v schéme označenie jednotlivých hradiel IC1A, IC1B, IC1C a IC1D, ale s jedným hradlom je pomenovaná IC1, pretože jeho samostatný napájací symbol nie je považovaný za hradlo.

#### Príklad



## Záver

Pracovné listy pokrývajú svojím rozsahom základnú časť návrhového systému Eagle, ktorú by mali zvládnuť žiaci SOŠ so zameraním na elektrotechniku. Majú slúžiť pre potreby výučby predmetu Grafické systémy jednak ako doplňujúci materiál pre učiteľov a tiež pre žiakov. Uvedené návody sú členené na kapitoly tak, aby boli po metodologickej stránke pre používateľov čo najjednoduchšie zvládnuteľné. Samozrejme, podmienkou úspešnosti je aktívna spolupráca žiakov pri riešení a realizácii úloh.

Použitím pracovných listov pri výučbe vzniká úspora času, nakoľko žiaci si pracovné listy vlepujú do zošitov, ktoré sa dajú použiť jednak na opakovanie a utvrdzovanie učiva a jednak žiaci môžu aj samostatne pracovať, keďže všetky potrebné informácie sú na pracovných listoch. Tiež nedochádza k zlému opísaniu úlohy z tabule, netreba do zošitov preacne prekresľovať schémy apod. Väčšina práce v návrhovom systéme Eagle má kreatívny charakter, čo prispieva k lepšiemu zvládnutiu učiva, dáva žiakom viac priestoru na precvičovanie a nakoniec aj splnenie zadaných úloh.

Zvládnutie základov v návrhovom systéme EAGLE umožňuje žiakom, resp. záujemcom ďalej sa zdokonaľovať. Je potrebné sa zoznámiť s tvorbou vlastnej knižnice súčiastok, nakoľko za nejaký čas knižnice dodané s programom nemusia stačiť. Je potrebné preto sledovať aj domovské stránky výrobcu Eagle, kde je možné nájsť nové verzie programu, nové knižnice a scripty.

## Použitá a odporúčaná literatúra

### Tlačené zdroje:

Juránek, A. 2007. *Eagle pro začátečníky*. 2. vydanie. Praha : BEN, 2007. ISBN 80-7300-213-2.  
Plíva, Z. *Eagle prakticky*. 1. vydanie. Praha : BEN, 2007. ISBN 80-7300-227-5.

### Elektronické zdroje:

<http://www.cadence.com/products/orcad/index.aspx>  
<http://www.cadsoft.de>  
<http://www.federmann.cz/index.php/vyrobní-postupy/64-navrh/75-jak-na-3d-eagle>.  
<http://www.freepcb.com/>  
[http://www.lis.inpg.fr/realise\\_au\\_lis/kicad/index.html](http://www.lis.inpg.fr/realise_au_lis/kicad/index.html)  
<http://www.lsd2000.cz/>  
<http://www.matwei.de/doku.php?id=en:eagle3d:eagle3d>  
<http://www.pad2pad.com/>  
<http://www.spsepn.edu.sk/bc/index.php?stranka=grafika&kap=eagle>  
<http://spseke.sk/tutor/prednasky/cad.htm>