

7 Počítačově podporovaný návrh plošných spojů

Cíl:

Cílem této kapitoly je získat základní dovednosti při návrhu podkladů pro výrobu desek plošných spojů pomocí vhodného počítačového programového nástroje. Postup návrhu je ukázán na dvou návrhových systémech, je to návrhový systém Eagle, který patří mezi střední třídu návrhových systémů a profesionální systém „Expedition MentorGraphic“. Tato část není „uživatelským manuálem“ k uvedeným systémům, ale klade si za cíl stručně ukázat metodiku návrhu plošných spojů a upozornit na některé chyby, které se při požití těchto systémů mohou návrháři dopustit. Popis je koncipován tak, aby bylo možno s těmito systémy pracovat ve cvičeních a vyzkoušet si práci jak s jednodušším tak profesionálním systémem.

Postup návrhu elektronických zařízení lze rozčlenit do několika kroků „návrh obvodu - simulace obvodu - návrh plošného spoje - simulace tepelného, proudového a napěťového zatížení obvodu a parazitních jevů při daném rozložení na plošném spoji - výroba matrice pro plošný spoj - výroba plošného spoje - osazení plošného spoje - testovací měření“. Důležitým aspektem moderního přístupu k tomuto technologickému řetězci je důsledné využití výpočetní techniky ve všech článcích. Technologický řetězec musí být provázán tak, aby změna v jedné části řetězce provedla i změny ve všech bodech technické dokumentace. Programy, které se k návrhu využívají se souhrnně označují jako EDA (Electronic Design Automation).

Návrh plošného spoje je jednou ze součástí návrhového řetězce, kde se výpočetní technika začala používat nejdříve. V dnešní době je k dispozici řada propracovaných návrhových systémů, které se liší svým zaměřením složitostí a samozřejmě také cenou. V následujících kapitolách se seznámíme s dvěma z nich. Bude to program EAGLE, patřící do střední třídy návrhových systémů a zástupcem profesionálních systémů od firmy MentorGraphic.

7.1 Návrhový systém Eagle 4

EAGLE je u nás jeden z nejrozšířenějších a nejoblíbenějších systémů pro návrh plošných spojů. Systém vyvíjí a stále zdokonaluje německá firma CadSoft Computer GmbH z Pleiskirchenu. Sám Eagle patří mezi střední třídu CAD programů pro elektroniku. Důvody oblíbenosti „Eaglu“ jsou zřejmé, jedná se o systém relativně snadno pochopitelný a naučitelný, se kterým se dají při troše pečlivosti vytvářet desky plošných spojů na profesionální úrovni. Další předností jsou rozsáhlé knihovny které výrobce k programu standardně dodává. V neposlední řadě k ještě větší oblibě a rozšíření programu určitě přispěje fakt, že výrobce uvolnil pro nekomerční využití programu a pro školství tzv. „LIGHT“ verzi. Tato verze má tři omezení, maximální možná velikost desky je 100x80mm tj. polovina tzv. EURO desky, lze vytvářet pouze dvouvrstvé desky a dále nelze rozdělit schéma na více listů, ostatní funkce včetně „plných“ knihoven jsou dostupné v plném rozsahu a odpovídají provedení které výrobce označuje jako „PROFESSIONAL“.

7.2 Základní vlastnosti programu

Návrhový systém EAGLE se skládá těchto modulů:

- Editor schémat (Schematic)

- Editor plošných spojů (Layout Editor)
- Autorouter
- CAM processor – generuje technologická data
- Editor knihoven

Veškeré moduly jsou přístupné přes ovládací panel (Control Panel) systému.

Charakteristiky „Eaglu“:

pracuje v rastru, rozlišení až 0,1 μm
dopředná a zpětná anotace v reálném čase
výkonný uživatelský jazyk, ULP
integrovaný textový editor
dostupný pro Windows 95/98/NT4/2000 a Linux

Editor desky

největší rozměr výkresu 1.6 x 1.6m (64 x 64 inch)
až 16 signálových vrstev
funkce vpřed/vzad pro LIBOVOLNÝ editační příkaz, do libovolné hloubky
skriptové soubory pro dávkové zpracování příkazů
kontrola pravidel návrhu

Editor schémat

až 99 listů jednoho schématu
kontrola elektrických pravidel zapojení
prohazování hradel a pinů
vytvoření desky ze schématu jediným příkazem

Autorouter

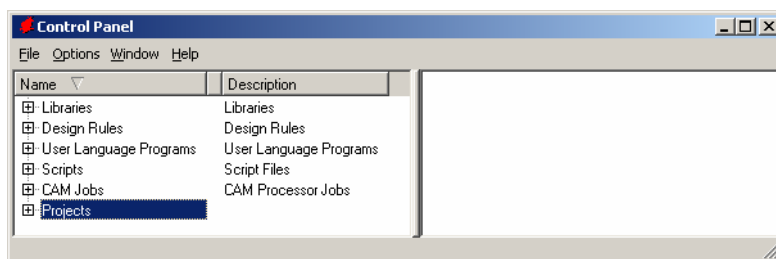
ripup&retry router
až 16 signálových vrstev
nastavitelná strategie propojování pomocí váhových faktorů

CAM Processor

postscript
perové plotry
plotry Gerber
soubory pro vrtačky Excellon a Sieb&Meyer
pro vlastní výstupní zařízení snadno konfigurovatelný pomocí ASCII souborů

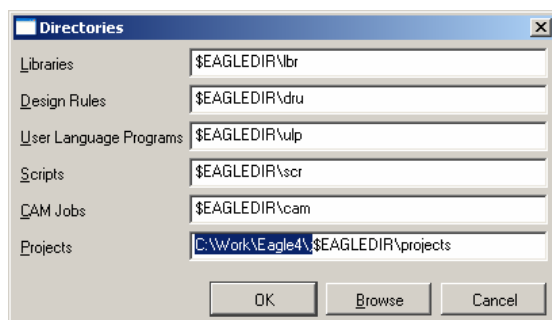
7.3 Než začneme

Po spuštění programu se ocitneme v základním modulu programu nazvaný „Control Panel“ Obr. 12, jedná se o jakýsi „manager“ celého systému přes který se dostaneme k jednotlivým modulům „Eaglu“. „Control panel“ navíc umožňuje provádět spoustu dalších užitečných funkcí jako např. nastavovat cesty pro ukládání souborů, upravovat prostředí podle vlastních potřeb, vytvářet projekty, přiřazovat knihovny, apod..



Obr. 12: Základní okno programu „Contol Panel“

Dříve než začneme pracovat je dobré nastavit prostředí a „cesty“ k souborům podle vlastních potřeb. V menu pod položkami *Options – Directories* se otevře následující okno, ve kterém jsou cesty nastaveny pomocí systémové proměnné „\$EAGLEDIR“ do prostoru kde je „Eagle“ nainstalován, standardně *C:\Program Files\Eagle...*

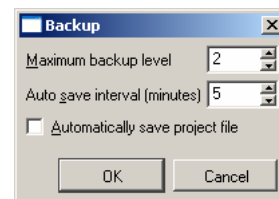


Je vhodné provést následující nastavení:

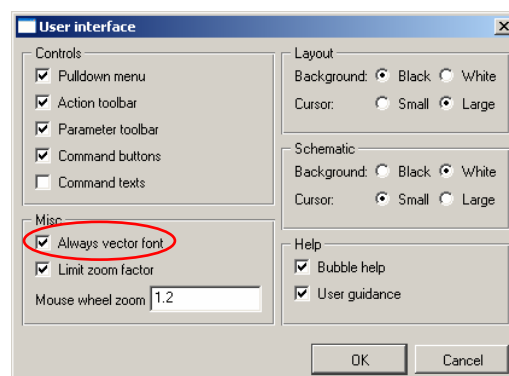
- **Vytvořit vlastní pracovní adresář** pro ukládání souborů (*Projects*) do jiného prostoru, usnadní se tím „život“ při práci na více počítačích, případně při přeinstalování systému počítače. Cest k souborům může být nastaveno i více najednou, jednotlivé cesty je třeba oddělit středníkem bez mezer.

Příklad: *C:\Work\Eagle4;\$EAGLEDIR\projects* - přes „Contol panel“ budeme možné snadno přistupovat k souborům projektu uložených v adresáři *C:\Work\Eagle4* a zároveň, do standardního adresáře „Eaglu“ určeného pro ukládání projektů.

- **Omezit počet vytvářených záložních kopií**, nastaví se v menu pod položkami *Options – Backup*, počet omezit na jednu až dvě, standardně je nastaveno na devět. Při práci by se pro schéma, desku případně knihovnu vytvářelo dalších devět záložních souborů což v adresáři působí značně nepřehledně.

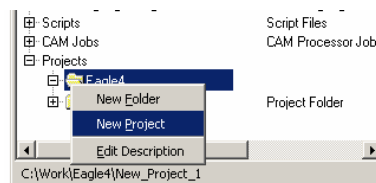


- **Nastavení uživatelského prostředí pro WIN NT/2000/XP**, při práci pod těmito operačními systémy se často stává, že se přestanou korektně zobrazovat jednotlivá „okna“ programu, poté nezbyvá nic jiného než práci uložit a program spustit znovu. Této chybě, která se projevuje u verze 4.xx, se dá předejít **důsledným používáním vektorových fontů**, nastavuje se v *Option – User Inteface...*

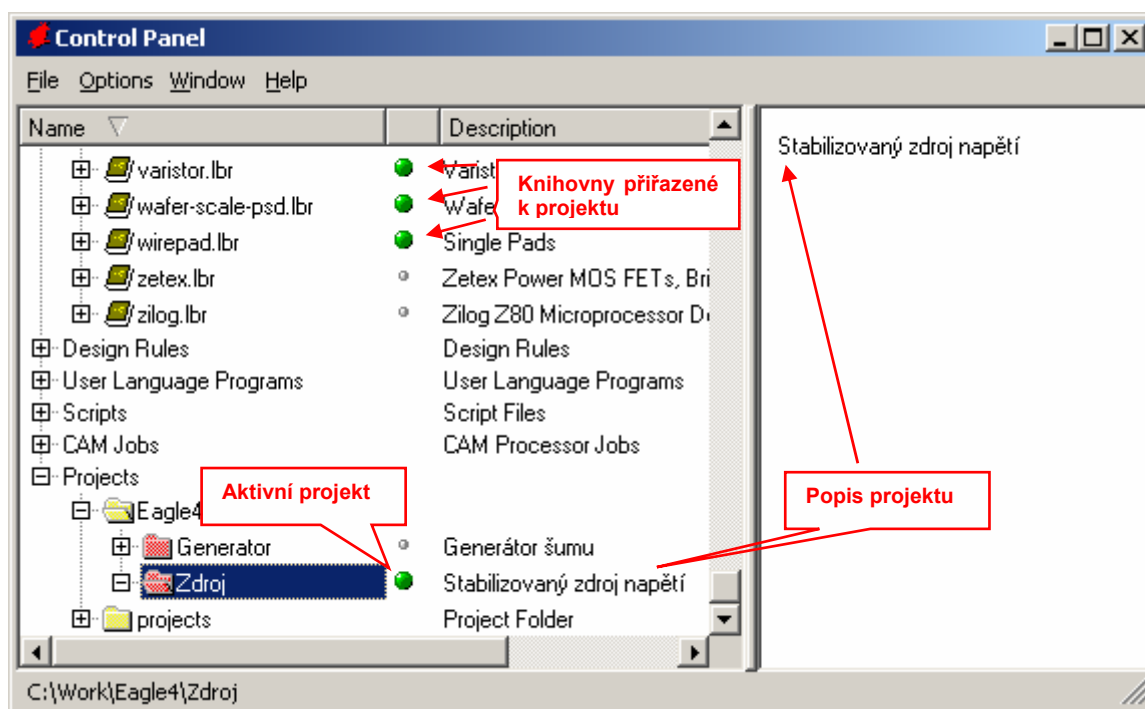


7.4 Vytvoření projektu

Pro vytvoření projektu využijeme „Control Panel“, kurzorem myši si vybereme Adresář ve kterém projekt bude uložen a **pravým tlačítkem** se dostaneme do menu kde vybereme položku **NewProject**, zadáme název projektu, případně můžeme dodatečně, opět pomocí pravého tlačítka myši doplnit popis projektu *Edit Description*. Popis se zobrazuje v „Control Panelu“ a usnadní pozdější orientaci ve vytvořených projektech.



Složky projektu jsou zobrazovány červeně a podle zeleného bodu vedle jeho názvu poznáme který projekt je zrovna aktivní.



Přiřazení knihoven:

Standardně jsou k danému projektu automaticky přiřazeny veškeré knihovny v systému obsažené, lze ověřit tím, že si přes „Control Panel“ a položku *Libraries* zobrazí seznam knihoven. Knihovny přiřazené k projektu mají opět vedle svého názvu zelený bod. **Pomocí myši a pravého tlačítka přes položku Use si zvolíme knihovny které k projektu budeme potřebovat.** Knihovny lze tímto způsobem přiřazovat a odebírat i u již rozpracovaných projektů.

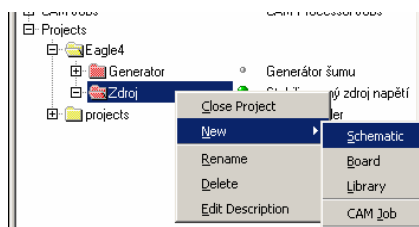
Možnost výběru knihoven prostřednictvím „Control panelu“ má oproti postupu, který byl běžný v předchozích verzích programu řadu výhod. V „Control Panelu“ jsou k dispozici stručné charakteristiky knihoven, které usnadní rozhodování zda bude knihovna potřeba či nikoli, navíc si lze snadno prohlédnout jejich obsah, odpadne tedy zdlouhavé hledání daného prvku, pokud zrovna není jasné kde se nachází a jak je označený.

Poznámka:

Samozřejmě lze používat v projektu knihovny všechny, ale tato varianta není nejšťastnější, knihovny se natahují do paměti PC a mohou tak ovlivnit rychlost práce počítače, navíc užitím velkého počtu knihoven se ztrácí při výběru prvků přehlednost.

7.5 Editor schémat

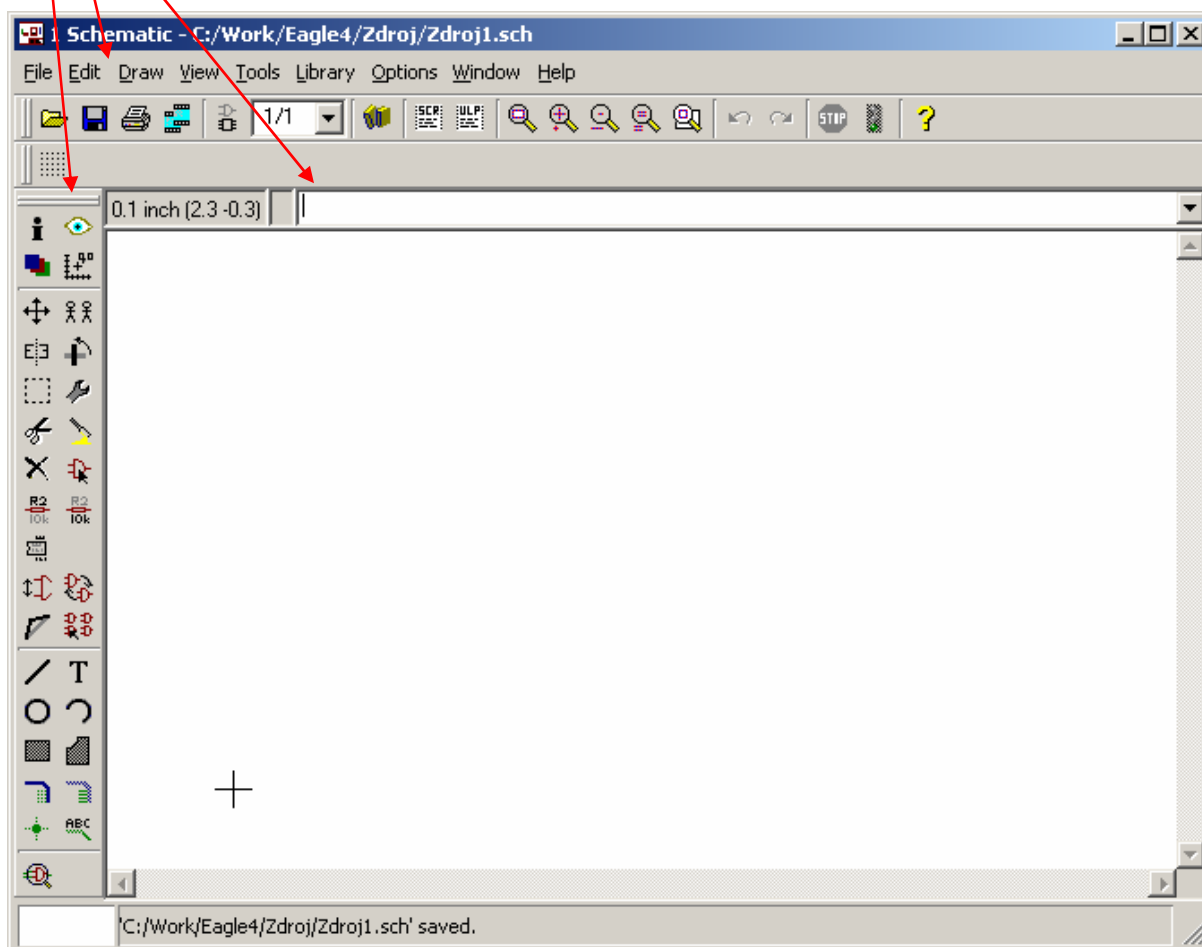
Nové schéma projektu založíme opět pomocí „Control Panelu“. Nad aktivním projektem (označený zeleným bodem) pomocí pravého tlačítka myši založíme nové schéma. Nyní se ocitneme v editoru schémat nazvaném „Schematic“. Všimněme si, že v hlavičce okna (Obr. 13) je skutečně zobrazena cest tak jak jsme si pomocí „ControlPanelu“ zvolili. Schéma uložíme.

**Ovládání:**

U systému EAGLE je možné příkazy zadávat několika způsoby:

- výběrem pomocí kursoru myši z řady „ikonek“,
- výběrem pomocí kursoru myši z tzv. „pulldown menu“,
- zadáním příkazu z klávesnice.

Všechny tyto možnosti zadání příkazů jsou naprosto rovnocenné.



Obr. 13: „Okno“ editoru schémat

Navíc je možno některé příkazy přiřadit funkčním klávesám (příkaz *Assign*), případně vykonat posloupnost příkazů pomocí tzv. script souborů (příkaz *Script*).

Některé příkazy pro ovládání prostředí editoru

▪ Změna měřítka zobrazení



Program umožňuje měnit měřítko zobrazení velikosti pracovní plochy pomocí sady ikon s „lupou“. Navíc, obdobně jak u předchozích verzí programu je zachována možnost použít příkaz **Window**, kdy po zadání příkazu z klávesnice s parametrem se provede požadovaná změna měřítka. některé možnosti jsou navíc předdefinovány pod funkční klávesy:

Window;	F2	„překreslení výkresu“,
Window 2;	F3	dvojnásobné zvětšení,
Window 0,5;	F4	dvojnásobné zmenšení,
Window FIT;	Alt + F2	zobrazení v maximálním možném měřítku,
Window (@);	F5	posun středu výřezu pracovní plochy na místo kurzoru myši (v kombinaci z dalším příkazem např. Move)

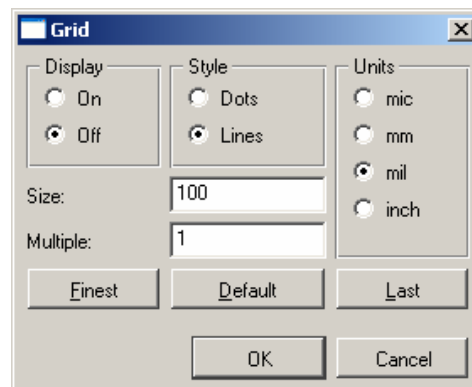
Stiskem klávesy **Ctrl** při pohybu myši lze posouvat oknem v libovolném směru.

▪ Nastavení rastru



Po zadání příkazu **Grid** se otevře dialogové okno kde můžeme volit parametry rastru:

On, Off. - zapnutí / vypnutí zobrazení rastru,
Dots, Line - rastr ve formě „bodů“ nebo „mříže“,
Units - jednotky rastru
Size - rozteč rastru
Multiple - udává „kolikátá čára“ rastru se zobrazí,
Finest - nejmenší možný rastr (0,1 μ m),
Default - přednastavený rastr,
Last - velikost rastru před poslední změnou.



▪ Změna počátku souřadnic



Nad pracovní plochou se nám zobrazuje pozice kurzoru myši, v jednotkách do kterých je přepnutý rastr. Pomocí příkazu **Mark** máme možnost zvolit nový, relativní, střed souřadnic. Návratu k původním, absolutním, souřadnicím docílíme zadáním příkazu **Mark** se středníkem **Mark**; (Středník také nahrazuje ikonka „semaforu“)

▪ Kreslicí hladiny



Pomocí příkazu **Display** si můžeme nastavit „viditelnost“ kreslicích hladin, vrstev. V editoru schémat máme k dispozici vrstvy:

- 91 Nets - spoje,
- 92 Busses - sběrnice,
- 93 Pins - vývody součástek,
- 94 Symbols - schématické značky
- 95 Names - jména součástek,
- 96 Values - hodnoty součástek.

▪ Vytvoření skupiny



Pro vykonání operace nad více prvky najednou (posun, rotace, mazání, změna parametrů, apod.) využijeme příkaz **Group**. Pro vykonání příkazu nad skupinou používáme **pravé tlačítko myši**.

Skupinu můžeme definovat:

1. „přetáhnutím“ kursoru myši při stisknutém levém tlačítku (pravoúhlá oblast),
2. postupným „klikáním“ levého tlačítka vytýčíme oblast, kterou uzavřeme pravým tlačítkem myši.

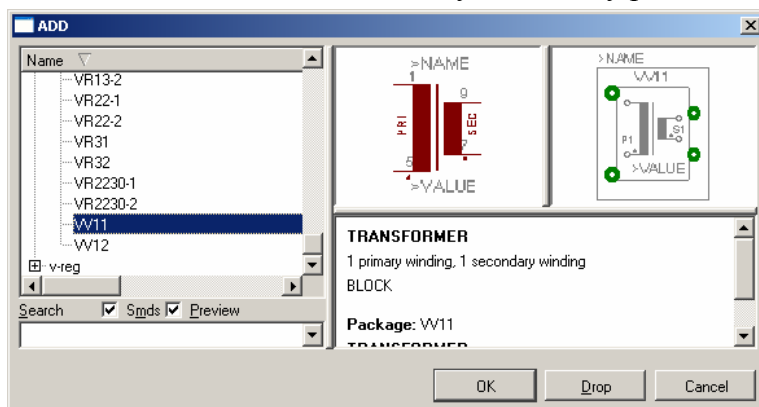
Příklad: Smazání více prvků najednou:

- definujeme skupinu,
- zvolíme příkaz **Delete**, najedeme kursoru myši nad skupinu a stiskneme pravé tlačítko.

7.6 Postup kreslení schémat

▪ Výběr a umístění součástek:

Add (zadáme z klávesnice, vybereme příslušnou ikonku nebo „přes menu“ **Edit – Add**)
Otevře se okno ve kterém vyberem daný prvek.



Pokud potřebujeme knihovnu, která není k projektu přiřazena a tudíž její obsah se v okně neobjeví, vrátíme se do „Control Panelu“ knihovnu vybereme a pomocí pravého tlačítka myši přiřadíme příkazem **Use**.

Příkazy související s umisťováním prvků:

Rotace prvku – pravé tlačítko myši (při umisťování nebo posunu prvků)

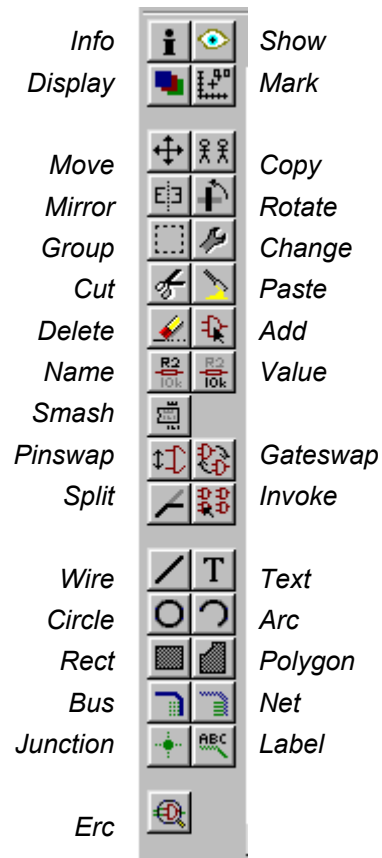
Posun prvku – **Move** (F7)

Zrcadlení – **Mirror**

Pojmenování – **Name**

Přiřazení hodnoty – **Value**

Vyvolání částí „složených“ součástek - **Invoke**, pokud je v pouzdře součástky obsaženo více prvků můžeme je vyvolat příkazem **Invoke**. (hradla TTL a CMOS, vícenásobné oper. zesilovače, napájecí symboly IO, apod.)



Upozornění:

Při umísťování prvků je nutné zvolit stejný rastr jako rastr ve kterém byly v knihovně prvky definovány. Proto **součástky umísťujte zásadně v „default“ rastru 100 mil (0,1 inch, 2,54mm)**. Při přepnutí rastru na jiný, který „nekoresponduje“ s původním, se piny ocitnou mimo rastr a nelze je vzájemně propojit.

▪ **Definování propojení**

Spoj - Net začátek - levé tlačítko myši



úhel zalomení – pravé tlačítko myši

konec – při zakončení spoje na „pin“ a „net“ se spoj ukončí automaticky, jinak dvakrát levé tlačítko myši

Pomocí spojů se propojují patřičné vývody, *piny*, součástek. *Piny* jsou označeny „zeleným kroužkem“ ve vrstvě *93 Pins*. Pokud si nejste jisti kde má prvek „přípojný bod“ povolte si zobrazení vrstvy *Pins* pomocí příkazu **Display**.

Třídy spojů - Classes

U verze „Eagle 4“, je možné rozdělit spoje použité v zapojení do několika tříd, *Edit – Net Classes*. Jednotlivou třídu spojů je třeba nejdříve nadefinovat a posléze zvolit při „tahání“ spoje *Net* v „akčním“ menu které se objeví nad pracovní plochou. Dodatečně lze spoji přiřadit třídu pomocí příkazu **Change – Class** a označením spoje.

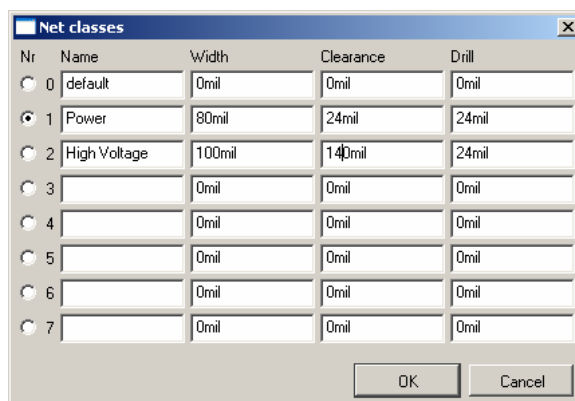
Každé třídě lze nadefinovat:

Name - název

Width – šířku budoucího spoje

Clearance – „izolační mezeru kolem spoje“

Drill – průměr otvoru vytvořeného při průchodu (*via*) signálu z vrstvy do vrstvy na desce.





Toto nastavení bude respektovat „Autorouter“ při automatickém pokládání spojů a dále bude zohledněno editorem desky při použití automatické kontroly návrhu **DRC**.

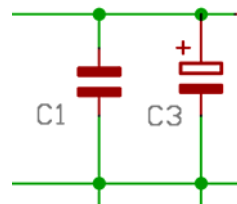
Poznámka:

Spoje se automaticky pojmenují a umístí do vrstvy *91 Nets*. **Spoje které nejsou „opticky“ spojeny, ale mají shodný název, budou propojeny**, této vlastnosti lze využít např. při rozvodu napájení, rozdělení schématu na více listů, atd.. Název spoje lze zjistit např. pomocí příkazů **Name** nebo **Info**.

Upozornění:

K „tahání“ spojů používejte zásadně příkaz **Net** , velice často se stává, že ke kreslení spojů se využije příkaz **Wire** . Na první pohled se zdá vše v pořádku (pokud se čára umístí do vrstvy *Nets*), spoje vypadají stejně, jsou také zelené, ale u „wire“ se negenerují automaticky uzly, nelze vybrat třídu spoje a především není zaručeno správné pojmenovávání spojů při různých změnách ve schématu což může později vést k velkým komplikacím.

Uzel – *Junction*, uzly se generují automaticky, pokud přesto potřebujeme dodatečně vodiče propojit křížící se spoje umístíme na místo propojení tzv. *Junction*



Sběrnice – *Bus*, začátek - levé tlačítko myši



úhel zalomení – pravé tlačítko myši

konec – dvakrát levé tlačítko myši

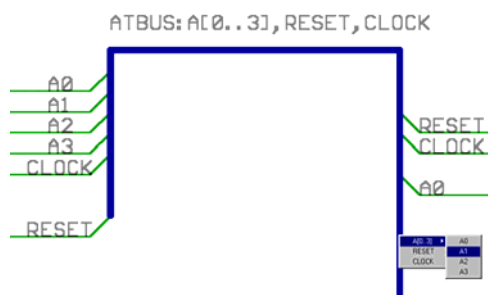
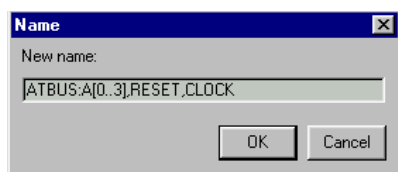
U sběrnice je nejdříve nutné (před připojením okolních spojů) definovat pomocí příkazu **Name** jaké vodiče sběrnice obsahuje a jaké mají názvy.

Syntaxe pojmenování: **<name>:<partbus>,<partbus>,...**

name - název sběrnice je nepovinný

partbus - můžeme definovat výčtem nebo také intervalem, *Name[LowestIndex..HighestIndex]*

Př.



Sběrnice **ATBUS** bude obsahovat vodiče:

A0

A1

A2

A3

RESET

CLOCK

Ke sběrnici se připojují vodiče pomocí příkazu **Net**. Při umístění vodiče na sběrnici program automaticky nabídne název vodiče.

Zviditelnění názvu



- **Label**, platí jak pro sběrnice tak pro spoje.

▪ Posun názvů a hodnot součástek

Uvolnění vazby popis - součástka



- **Smash**

Posun popisu



- **Move**

V některých případech jsou popisy součástek nevhodně umístěny, po rotaci jsou vedeny svisle, překrývají se, zasahují do schématické značky apod., v těchto případech máme možnost popis odsunout, nejdříve označíme vybrané součástky pomocí příkazu **Smash**, tím zrušíme vazbu mezi popisem a schématickou značkou prvku. Můžeme takto označit i více prvků najednou. Následně pomocí příkazu **Move** posuneme popisem na požadované místo, případně pravým tlačítkem myši s popisem rotujeme. Pro posun popisu je vhodné nastavit

jemnější rastr (příkaz **Grid**), většinou vyhoví oproti „default“ nastavení rastr „poloviční“ (50mil).

Změna velikosti písma - v případě, že potřebujeme změnit velikost písma u popisu součástky nebo jeho „tloušťku“ je opět nejdříve nutné příkazem *Smash* označit prvek u nějž budeme popis měnit, následně vybereme pomocí příkazu *Change - Size* patřičnou výšku písma a změnu provedeme kliknutím kurzorem myši na popis. (Velikost písma je udána v jednotkách do kterých je přepnutý rastr, pokud potřebujeme zadat velikost která není předdefinována v menu zadáme jí přímo z klávesnice napíšeme *change size <požadovaná velikost>;*). Při volbě *Change - Ratio* můžeme změnit „tloušťku“ písma.

Další příkazy pro editaci schématu

Pokud potřebujeme ve schématu dokreslit další obrazce máme k tomuto účelu celou řadu příkazů:

Kružnice - *Circle*

Pravoúhelník - *Rect*

Kruhový oblouk - *Arc*

Čára - *Wire*

Mnohoúhelník - *Polygon*

Text - *Text*

Při použití těchto příkazů se nad pracovní plochou objeví tzv. „akční menu“ ve kterém můžeme zvolit vrstvu do které chceme objekt umístit případně další parametry jako např. tloušťka čáry *Width* nebo styl *Style* u příkazu *Wire*.

Některé parametry již nakreslených objektů lze upravit pomocí příkazu **Change**.

▪ Kontrola návrhu schématu



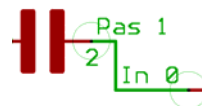
Abychom si ušetřili pozdější komplikace při návrhu desky je vhodné pozorně prohlédnout schéma a „opticky“ zkontrolovat zda je vše správně propojeno. K optické kontrole můžeme využít příkazu **Show**, po kliknutí na spoje se nám vše co je spojeno „prosvítí“ a to včetně pinů součástek. Následně můžeme provést elektrickou kontrolu.

Elektrická kontrola



- **Erc** program zkontroluje zapojení z hlediska zásad správného „elektrického“ návrhu.

Každý pin součástky má určitý atribut např. *Pas* - pasivní pin, *Out* - výstupní pin, *Pwr* - napájecí pin, atd. na základě těchto atributů **Erc** zjišťuje zda jsou vzájemně spojeny piny jejichž vlastnosti jim to povolují, dále pak zda ve schématu nejsou některé piny nezapojeny a zda je napájení obvodu provedeno korektně. Na případné prohřešky program upozorní výčtem chyb který uloží do souboru s příponou *.erc a automaticky jej zobrazí. Zde je nutné podotknout, že tato kontrola nezohledňuje všechny korektní možnosti zapojení součástek v obvodu, má tedy především informativní charakter, jejím hlavním úkolem je upozornit na možné chyby.



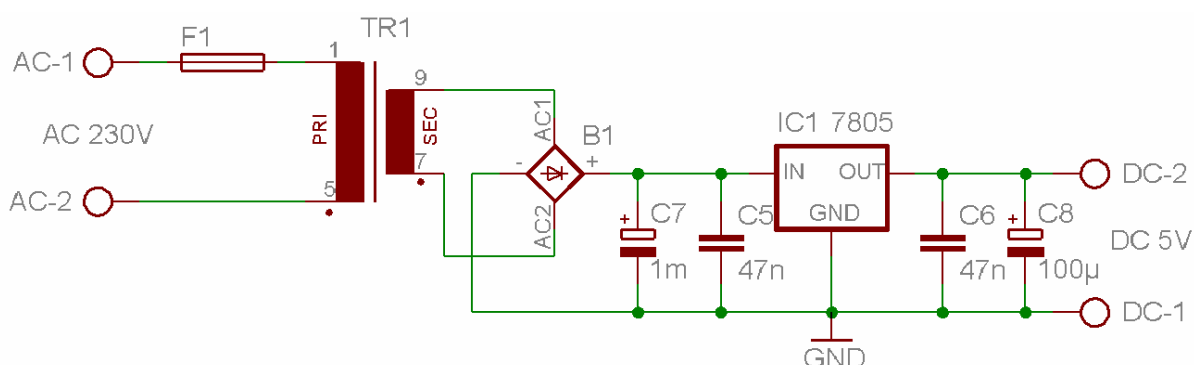
▪ Uložení schématu

Soubor můžeme uložit standardním způsobem přes menu *File - Save* nebo také příkazem **Write** zadaným z klávesnice, který je pozůstatkem po předchozích verzích Eaglu.

▪ Přechod do editoru desky



- **Board**



Obr 14: Schéma vytvořené pomocí editoru schémat „Schematic“

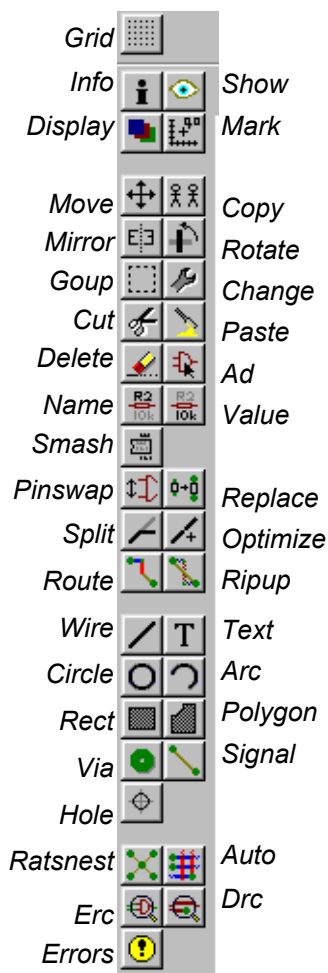
7.7 Editor desky

▪ Kreslicí vrstvy editoru desky

Pomocí příkazu *Display* si můžeme zobrazit kreslicí vrstvy:

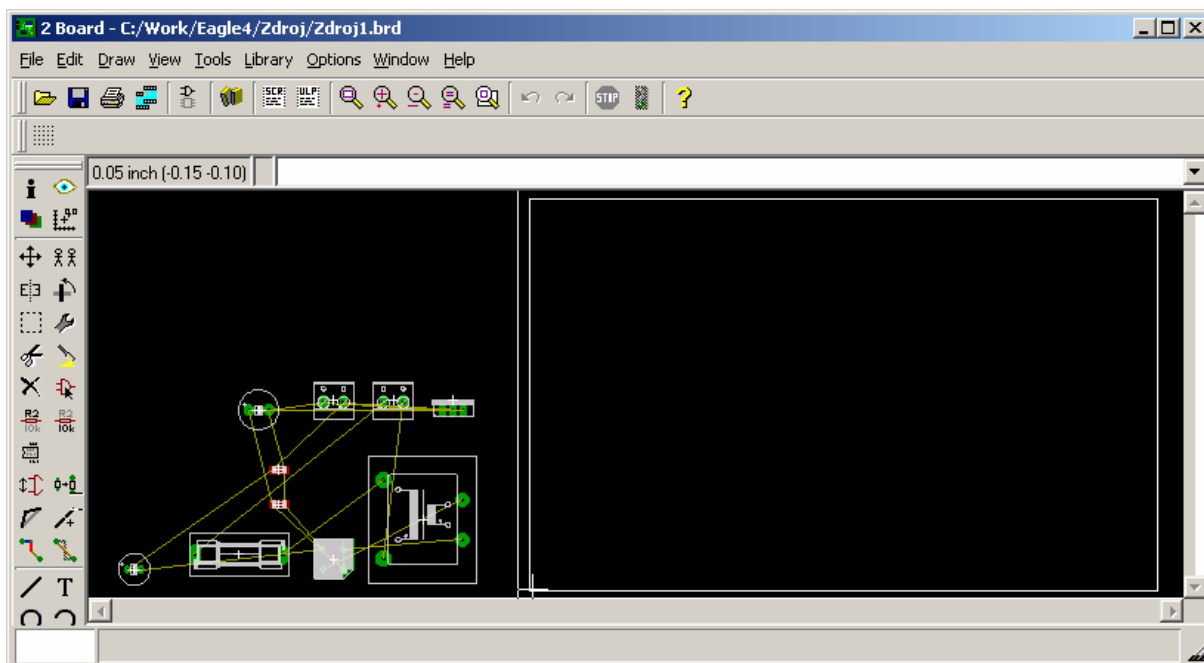
Význam některých vrstev:

- 1 *Top* Plošné spoje strana součástek
- 2 *Route2* Vnitřní vrstva spojů (sig. nebo napájecí)
- .
- 16 *Bottom* Plošný spoj strana pájení
- 17 *Pads* Pájecí plošky (vývody pouzder součástek)
- 18 *Vias* Prokovené průchody mezi vrstvami
- 19 *Unrouted* Vzdušné spoje
- 20 *Dimension* Obrisy desky (neprokovené díry)
- 21 *tPlace* Potisk desky shora - osazovací výkres
- 22 *bPlace* Potisk desky zespodu - osazovací výkres
- 23 *tOrigins* „Závěsné“ body shora
- 24 *bOrigins* „Závěsné“ body zespodu
- 25 *tNames* Potisk shora (jména součástek, NAME)
- 26 *bNames* Potisk zespodu (jména součástek, NAME)
- 27 *tValues* Hodnoty součástek shora (VALUE)
- 28 *bValues* Hodnoty součástek zespodu (VALUE)
- .
- 39 *tKeepout* Zakázaná oblast pro rozmístění součástek shora
- 40 *bKeepout* Zakázaná oblast pro rozmístění součástek zespodu
- 41 *tRestrict* Zakázaná oblast pro spoje shora
- 42 *bRestrict* Zakázaná oblast pro spoje zespodu
- 43 *vRestrict* Zakázaná oblast pro průchod signálu vrstvami (*vias*)
- .



7.8 Postup návrhu desky při užití schématu.

Po zadání příkazu *Board* v editoru schémat se automaticky spustí editor desky, z knihoven se vyberou pouzdra součástek jejichž plošky se propojí vzdušnými spoji podle sítě spojů definovaných ve schématu a vše se automaticky umístí na pracovní plochu editoru. Navíc se vygeneruje obrys desky jenž má rozměr „EURO desky“ 100x160mm, **Obr 15**.



Obr 15: Editor desky „Board“

Zpětná anotace

Od verze „Eaglu“ 3.5 a vyšší funguje tzv. zpětná anotace, v praxi to znamená, že určité změny provedené v desce se ihned automaticky promítnou zpětně do schématu. V desce lze měnit například hodnoty a názvy součástek. Pokud však chceme provést změnu v zapojení musíme se vrátit do schématu a změnu vykonat tam, úprava se automaticky přenese i do již rozpracované desky. Pokud bychom se snažili změnu zapojení učinit přímo v desce, editor tuto činnost nedovolí. Program takto hlídá integritu mezi schématem a deskou. Tato vazba samozřejmě funguje pouze tehdy jsou-li oba editory spuštěny.

▪ Definování velikosti desky

Pro určení rozměrů desky je vhodné přepnout jednotky rastru na milimetry (příkaz **Grid mm**). Pokud nám vyhovuje pravoúhlý tvar desky můžeme rozměry EURO desky **upravit na požadovanou velikost pomocí příkazu *Move***. Jinak máme možnost stávající obrys smazat (**Delete**) a nakreslit nový pomocí příkazu **Wire** ve vrstvě **20 Dimension**.

▪ Rozmístění součástek

Součástky rozmístíme na desku pomocí příkazu **Move**.

Rotace prvku - **Move** + pravé tlačítko myši

Optimalizace vzdušných spojů



– *Ratsnest*

Rozmístění součástek je jednou z nejdůležitějších fází návrhu plošného spoje, při nevhodném rozmístění se může stát celé zapojení nefunkční, proto je vhodné této fázi věnovat velkou pozornost a umisťovat součástky tak aby mohly být dodrženy zásady o vedení signálu deskou o rozvodu a blokování napájení, atd..

Při rozmisťování je dobré hojně používat příkaz pro optimalizaci vzd. spojů ***Ratsnest*** abychom se mohli orientovat podle jejich délky.

Umístění pouzdra ze strany spojů



- *Mirror*

V knihovnách jsou standardně pouzdra definovány pro umístění do vrstvy *1 Top*, pokud potřebujeme pouzdro umístit ze strany spojů vrstva *16 Bottom* využijeme příkaz ***Mirror***.

▪ Pokládání spojů

Nyní je možné přistoupit k změně vzdušných spojů na spoje, které budou představovat předlohu pro „plošné spoje desky“. Pro „pokládání“ spojů jsou určeny vrstvy 1 až 16. Editor desky tedy umožňuje vytvářet až 16-ti vrstvé plošné spoje. Pokud bude deska jednostranná použijeme vrstvu *16 Bottom*, u dvoustranné desky využijeme vrstvy *1 Top* a *16 Bottom*.

Manuální pokládání spojů



- *Route*,

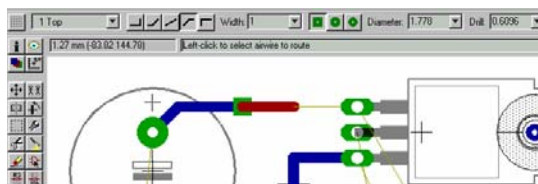
začátek - levé tlačítko myši,

úhel zalomení – pravé tlačítko myši,

konec – jedenkrát levé tlačítko při dotažení spoje na plošku, nebo dvakrát levé tlačítko myši,

změna šířky spoje - buď v menu nad pracovní plochou vybereme z předdefinovaných šířek spojů ***Width***, nebo můžeme při pokládání spoje přímo zadat z klávesnice číslo (+ Enter) představující šířku spoje a to v jednotkách do kterých je přepnutý rastr.


změna vrstvy - nejdříve levým tlačítkem „pozastavíme pokládání“ spoje v místě kde chceme umístit průchod mezi vrstvami, poté v menu, nad pracovní plochou, vybereme vrstvu ve které bude spoj pokračovat. Program automaticky vygeneruje plošku *Via* pro vytvoření průchodu. Parametry *Via* můžeme taktéž zvolit v menu nad pracovní plochou.



Zrušení „položeného“ spoje




- *Ripup*

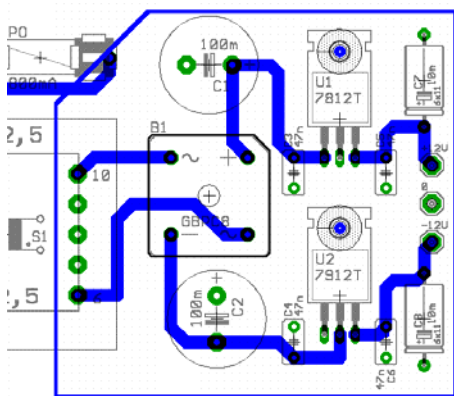
pokud chceme spoje zrušit (převést na vzdušné) všechny položené spoje příkaz ukončíme pomocí ikonky semaforu , nebo středníkem (***Ripup***).

▪ Polygon - vytvoření souvislé plochy

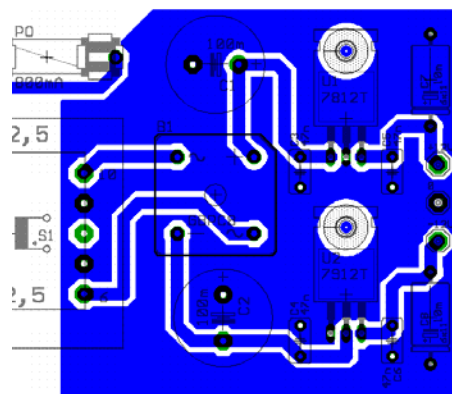


Výpočet polygonu - Ratsnest , (pokud je aktivováno v menu *Options - Set – Misc*).

Pomocí polygonu můžeme vytvořit souvislou plochu jenž „obteče“ spoje s rozdílným potenciálem. Po zadání příkazu **Polygon** nejdříve zvolíme vrstvu ve které má být polygon umístěn obvykle, *1 Top* nebo *16 Bottom*. Vyznačíme obvod plochy která má být vyplněna, nemusíme se při tom vyhýbat žádným překážkám (spoje, plošky, pouzdra, ..), program se všem překážkám při vyplnění polygonu vyhne. Tvorbu polygonu ukončíme kliknutím na bod jeho „počátku“. Aby se polygon vyplnil buď použijeme příkaz **Ratsnest**, nebo pokud polygon má mít určitý potenciál pojmenujeme jej stejně jako vodič se kterým má být spojen (**Name**), velice často **GND**.



Polygon ve vrstvě *16 Bottom*



Vyplněný polygon (*Ratsnest*)

U polygonu lze při jeho vytváření v menu nebo dodatečně pomocí příkazu **Change** nastavit parametry:

Pour - Solid/Hatch - vyplň plygonu souvislá plocha/mříž.

Thermals - On/Off - tzv. tepelné můstky (vytvářejí se okolo plošek se kterými má být polygon spojen, při pájení zabraňují rychlému odvodu tepla a tím nedokonalému prohřátí spoje, užívá se při pájení vlnou).

Orphans - On/Off - v polygonu mohou vzniknout samostatné „ostrůvky“, tato volba potlačuje jejich zobrazení.

Spacing - v případě mřížové výplně udává její rozteč.

Isolate - velikost izolační mezery.

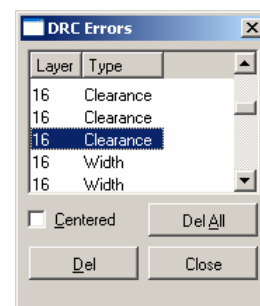
Rank - definuje „stupeň“ polygonu (1-6), stupeň určuje prioritu výpočtu polygonu. U překrývajících se polygonů budou přepočítávány v pořadí od nejnižšího po nejvyšší, v tomto pořadí budou i zaujímat možnou velikost plochy na desce.

▪ Kontrola desky, pravidle návrhu



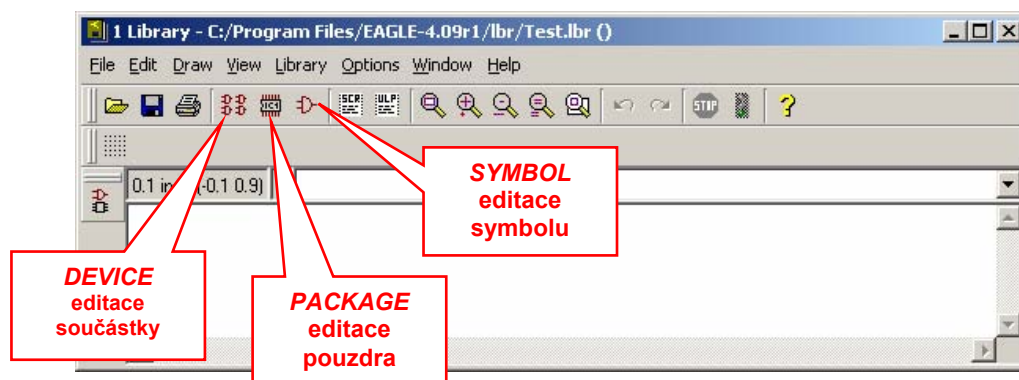
- DRC

Hodnoty technologických parametrů nutných pro výrobu desky je možné nastavit a zkontrolovat příkazem **Drc**. V „dialogovém okně „Drc“ je možné volit parametry kontroly. Po spuštění kontroly se objeví okno se seznamem chyb, které se na desce vyskytlí. Chyby se na desce navíc vyznačí šrafováním. Po odstranění chyb lze jejich vyznačení zrušit pomocí příkazu **Error – Del All**.





7.9 Editor knihoven

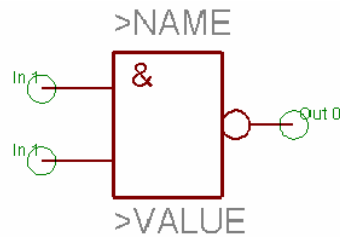
Pokud chceme součástku vytvořit v nové knihovně založíme ji pomocí „Control Panel“, v menu *File-New-Library* otevřeme okno editoru knihoven. Knihovnu si uložíme příkazem *File-Save as*. Chceme-li součástku umístit do stávající knihovny, otevřeme ji pro editaci opět přes „Control Panel“ *File-Open-Library*.



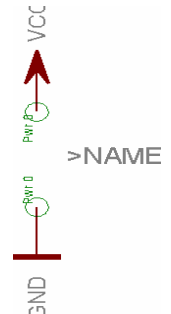
Postup definování součástek si ukážeme na TTL prvku typu 7400. Nejdříve vytvoříme schématickou značku (symbol) poté pouzdro (package) a nakonec součástku „skompletujeme“ (device).

Editace symbolu



- Přepneme se do módu editace symbolu, založíme nový symbol NAND
- Schématickou značku bez pinů (terminálů) vytvoříme pomocí příkazů pro kreslení grafických obrazců (*Circle, Wire, Arc, Text, ...*) v hladině **94-symbols**, tloušťkou čáry alespoň 0,2mm. **Symbol vytvořte okolo počátku souřadnic!!!** Tam kde je počátek souřadnic bude vyvolávací bod sch. značky pro posun.
- Vložíme na vhodná místa v rastru 0,1inch (**rast 0,1inch nutno dodržet!!!**) terminály-piny. U „pinů“ je možné zvolit v „akčním“ menu nebo dodatečně nastavit pomocí příkazu *Change* :
 - *Function*, grafický vzhled pinu (dot, clock...),
 - *Direction*, typ pinu pro ERC (In, Out, NC, ...)
 - *Length*, délka
 - *Visible*, volí se zda ve schématu u sch. značky bude viditelný, název pinu, název plošky, obojí případně vše bude potlačeno
 - *SwapLevel*, pokud nastavíte stejnou hodnotu u více pinů bude možno signály na ně přivedené v editoru schémat prohazovat pomocí příkazu *Pinswap*, 0 prohazování zakazuje.
- Pomocí *Name*  změníme jména pinů tak, aby lépe než implicitní údaje vystihovala význam pinů.
- Do hladiny **95-Names** vložit text „>NAME“, do hladiny **96-Values** vložíme text „>VALUE“ pro potřeby umístění označení a typu součástky ve schématu.

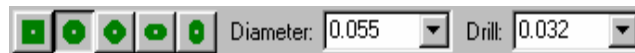




- Pro integrovaný obvod typu TTL je třeba vytvořit samostatnou schematickou značku pro napájení obvodu - piny typu *Power*, pojmenované VCC a GND. Piny typu *Pwr (Sup)* mají tu vlastnost, že pokud mají stejné pojmenování budou automaticky propojeny aniž by musely být ve schématu umístěny (navíc svůj název přenášejí na signál který je k nim připojen).



Editace pouzdra

- Přepneme se do módu editace pouzdra , založíme nové pouzdro DIL14, případně SMD pro variantu SO14.
- Umístíme příslušné plošky  vhodného tvaru, průměru plošky (diameter) i otvoru (drill),

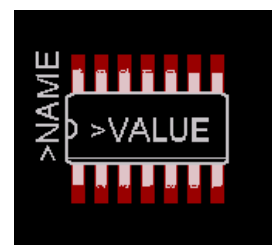
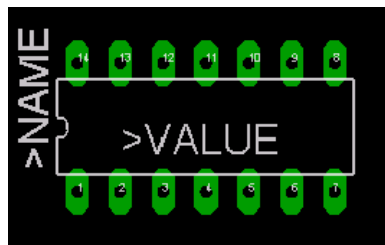


- Obdobně se postupuje v případě vkládání SMD plošek .
- Pomocí *Name*  změníme jména „padů“ tak, aby lépe než implicitní údaje vystihovala význam pinů.
- Do hladiny *21-tPlace* se umístí motiv potisku - znázornění tvaru součástku pro osazování. Pro grafické informace používané jen na výkresech je vhodné používat hladin *51-tDocu*, případně *52-bDocu*
- Do hladiny *25-tNames* opět umístíme text „>NAME“, do hladiny *27-tValues* vložit text „>VALUE“.


Vytvořená pouzdra:



DIL14

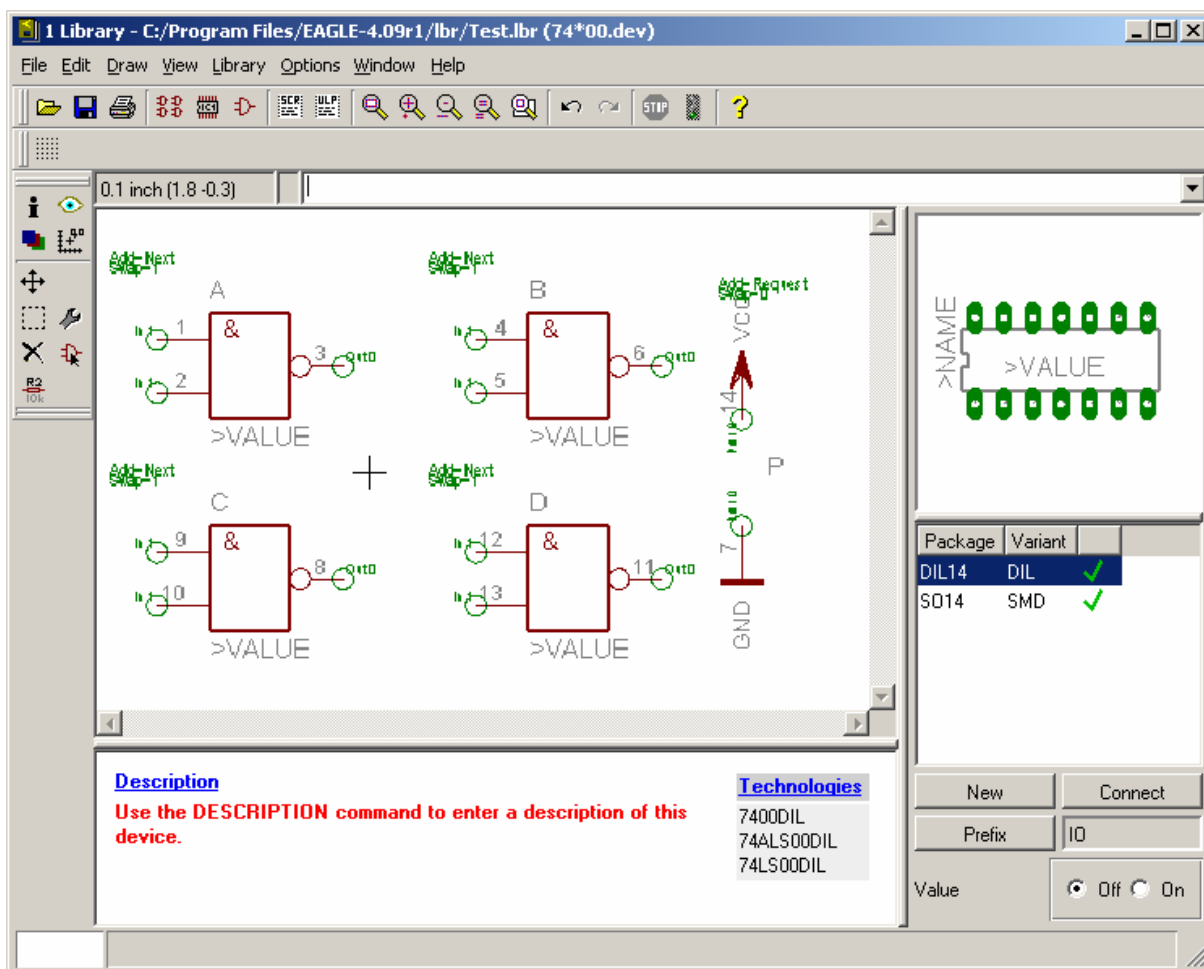
SMD SO 14



Editace součástky

- Přepneme se do módu editace součástky , založíme novou součástku 74*00. Hvězdička (*) umožňuje vytvořit více technologických variant dané součástky, např. 74ALS00, 74LS00, ... Pojmenování součástky se promítne do hodnoty součástky (VALUE).

- Vložíme symboly , které jsou potřeba pro definici propojení signálů na nožičky pouzdra - tedy například u odporu zde bude pouze symbol odporu, u popisu odvodu 7400 musíme umístit čtyři pouzdra NAND (addlevel - Next a Swaplevel - 1 pro povolení gate swappingu) a ještě napájecí symbol VCC a GND (Addlevel - Request, Swaplevel - 0). Případná opomenutí v nastavení lze opravit pomocí *Change*..
- Upravíme pojmenování jednotlivých symbolických prvků  tak, jak se mají v pozdějších schématech objevovat (například A, B, C, D...).
- Přiřadíme pouzdra *New* (pravé dolní okno), definujeme propojení jednotlivých pinů, terminálů s ploškami *Connect pin-pad*.
- Definujeme *Prefix* - promítně se do názvu (NAME) součástky v „Layoutu“.



Několik poznámek k vyváření knihovních prvků:

Nové knihovny „Eaglu“ firma CadSoft vytváří podle následujících pravidel, pokud chcete zůstat kompatibilní se stávajícími knihovnami je dobré tyto pravidla dodržovat.

Symboly

- střed souřadnic (origin) je ve středu symbolu
- šířka čar (width) 16 Mil
- délka „pinů“ (length) pro integrované obvody je „middle“
- velikost textu (text size) pro >Name a >Value: 70 Mil, Ratio: 8

- vstupy jsou vlevo
- výstupy vpravo
- vzdálenost mezi „piny“ 100 Mil
- „piny“ jsou umístovány především zleva nebo zprava
- vstupy "set" jsou umístovány v horní části, "Reset" v spodní části symbolu, „clock“ uprostřed
- datové vstupy jsou odděleny čarou
- výstupy jsou naproti vstupům
- velikost symbolů integrovaných obvodů jsou malé tak jak je to možné

Pouzdra

- střed souřadnic (origin) je ve středu pouzdra
- velikost textu (text size) pro >Name a >Value: 70 Mil, Ratio: 10
- šířka čar (width): 5 Mil
- Pad Shape: Octagon
- Pad Diameter: 63 Mil
- Pad Drill: 32 Mil
- obrys SMD pads umístěn do hladiny tDocu (pro dokumentaci)

Devices

- Value On
- napájecí piny VCC a GND jsou ve zvláštním symbolu
- napájecí piny VDD, VSS apod. jsou součástí hlavní schématické značky