

UČEBNÍ TEXT

PRÁCE V NÁVRHOVÉM SYSTÉMU EAGLE

Učební text pro práci v návrhovém systému EAGLE vznikl v rámci projektu SIPVZ-
**PODPORA PROJEKTOVÉ VÝUKY NA ELEKTROTECHNICKÝCH STŘEDNÍCH
ŠKOLÁCH V ČR, číslo 1414P2006** na Vyšší odborné škole, Střední škole, Centru odborné
přípravy, Sezimovo Ústí v roce 2006.

V textu jsou rozebrány jednotlivé kroky žáka při zpracování základní technické
dokumentace pomocí programu EAGLE. V závěru textu je uveden příklad zpracování
dokumentace k ročníkovému projektu, odpovědi na nejčastěji zadávané otázky a doporučená
literatura.

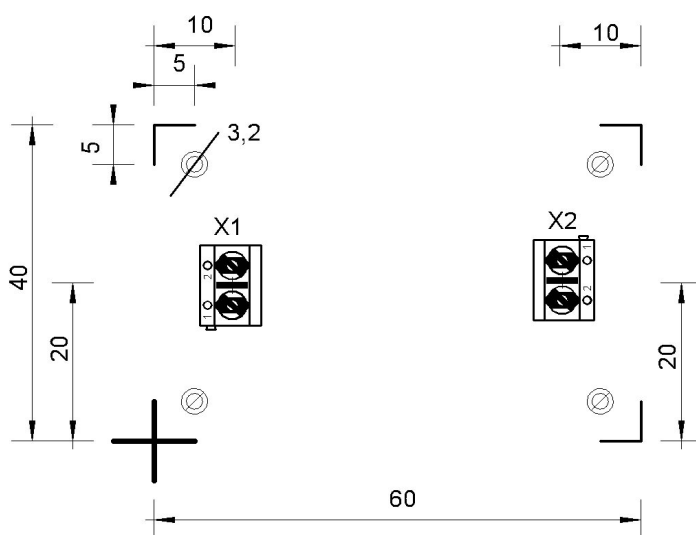
OBSAH

A. ZADÁNÍ	3
B. TVORBA DOKUMENTACE NA PC- EAGLE	4
1 ZALOŽENÍ PROJEKTU	4
2 PŘECHOD Z CP DO SCH. EDITORU A JEHO NASTAVENÍ	5
3 VÝBĚR SOUČÁSTEK Z KATALOGU A KNIHOVEN NS	7
3.1 VÝBĚR Z KATALOGU	7
3.2 VÝBĚR Z KNIHOVEN NS	8
4 VYTVOŘENÍ SCHÉMATU	8
4.1 ROZMÍSTĚNÍ SOUČÁSTEK A OBJEKTŮ SCHÉMATU	8
4.2 PROPOJENÍ SOUČÁSTEK	9
4.3 UMÍSTĚNÍ OBJEKTŮ NA PLOCHU	10
4.4 EDITACE SOUČÁSTEK	11
4.5 ZÁVĚREČNÁ GRAFICKÁ ÚPRAVA	11
5 ZÁKLADY PRÁCE V EDITORU PLOŠNÉHO SPOJE	11
5.1 ZPŮSOBY PŘECHODU DO EDITORU PLOŠNÉHO SPOJE	11
5.2 POPIS PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ E PCB	11
5.3 NASTAVENÍ PROSTŘEDÍ E PCB	12
5.4 KONTROLA A PŘÍPADNÁ ZÁMĚNA POUZDER SOUČÁSTEK	12
5.5 URČENÍ OBRYSU NOVÉ DPS	12
5.6 ROZMÍSTĚNÍ POUZDER SOUČÁSTEK	14
5.7 NÁHRADA GUMOVÝCH SPOJŮ	14
5.8 PROPOJENÍ VÝVODŮ POUZDER	14
5.9 GRAFICKÁ ÚPRAVA PLOŠNÝCH SPOJŮ	16
5.10 VYTVÁŘENÍ POLYGONŮ	17
6 VÝSTUPY Z NÁVRHOVÉHO SYSTÉMU	19
6.1 SCHÉMA OBVODU	19
6.2 SEZNAM SOUČÁSTEK	19
6.3 POHLED ZE STRANY POUZDER SOUČÁSTEK	20
6.4 POHLED ZE STRANY SPOJŮ	20
7 VZOR ZPRACOVANÉ DOKUMENTACE K PROJEKTU	21
7.1 SCHÉMA ZAPOJENÍ	21
7.2 POHLED ZE STRANY SOUČÁSTEK- OSAZOVACÍ PLÁN	21
7.3 POHLED ZE STRANY SPOJŮ	22
7.4 SEZNAM SOUČÁSTEK	22
7.5 OBJEDNÁVKA SOUČÁSTEK	22
7.6 FOTOGRAFIE KONSTRUKCE	24
8 ČASTO KLADENÉ OTÁZKY	25
8.1 JAK ZVĚTŠIT PRŮMĚR PÁJECÍ PLOŠKY?	25
8.2 PROČ POUŽÍVAT JEDNOTNÝ PRŮMĚR OTVORŮ PRO VÝVODY NA KLIŠE PLOŠNÉHO SPOJE?	25
8.3 JAK PŘIPOJIT KABEL K DPS?	25
8.4 JAK MECHANICKY UPEVNIT DPS DO KONSTRUKCE?	26
8.5 JAK ŘEŠIT CHLAZENÍ A NAPÁJENÍ OBVODU?	27
8.6 JAKÁ JE ŠÍŘKA SPOJŮ A MEZERA MEZI NIMI?	28
8.7 JAK VĚST SPOJ MEZI VÝVODY INTEGROVANÉHO OBVODU?	28
8.8 JAK ŘEŠIT PROPOJKY NA PLOŠNÉM SPOJI?	28
8.9 JAKÁ JSOU ZÁKLADNÍ PRAVIDLA PRO VEDENÍ PLOŠNÝCH SPOJŮ?	29
DOPORUČENÁ A POUŽITÁ LITERATURA	29

POSTUP: **A. ZADÁNÍ**
B. TVORBA DOKUMENTACE NA PC- EAGLE

A. ZADÁNÍ

- a) **FUNKCE:** - stabilizovaný napájecí zdroj.
- b) **PARAMETRY:** - $U_{IN} = 9\text{ V AC}$ ze síťového adaptéru,
- $U_{OUT} = 5\text{ V DC STAB}$,
- $I_{OUTMAX} = 100\text{ mA}$,
- signalizace provozu LED 5mm červená na desce.
- c) **KONSTRUKČNÍ PODMÍNKY:**
- rozměr desky- 40 x 60 mm,
- výška osazené desky- 30 mm,
- umístění upevňovacích otvorů (průměr 3,2 mm) a konektorů- viz. obr. 1.,
- motiv plošného spoje metodou jednotných spojovacích vodičů,
- jednostranný plošný spoj.
- d) **POUŽITÉ SOUČÁSTKY:**
- výběr z Katalogu GME [2],
- vývodové součástky,
- stabilizace pomocí monolitického stabilizátoru v doporučeném zapojení,
- vstupní (X1) a výstupní (X2) konektory do plošných spojů typu ARK.



Obr. 1 Rozměry desky a umístění prvků

B. TVORBA DOKUMENTACE NA PC- EAGLE

Návrhový systém EAGLE se skládá ze tří modulů, které nám umožní zpracovat základní dokumentaci k elektronickému obvodu:

1. návrh schématu - schématický editor - SCH E,
2. návrh plošného spoje - editor plošného spoje - E PCB,
3. automatický návrh plošného spoje – AUTOROUTER.

Nastavení pracovního prostředí editorů NS provedeme: **CP: Options / User interface**

Layout (pro E PCB):

- barva pracovní plochy- doporučuji volit černou barvu
- typ kurzoru- Large (velký).

Schematic (pro SCH E):

- barva pracovní plochy- podle uživatele (bílá, barevná- barvu lze nastavit),
- typ kurzoru- Small (malý).

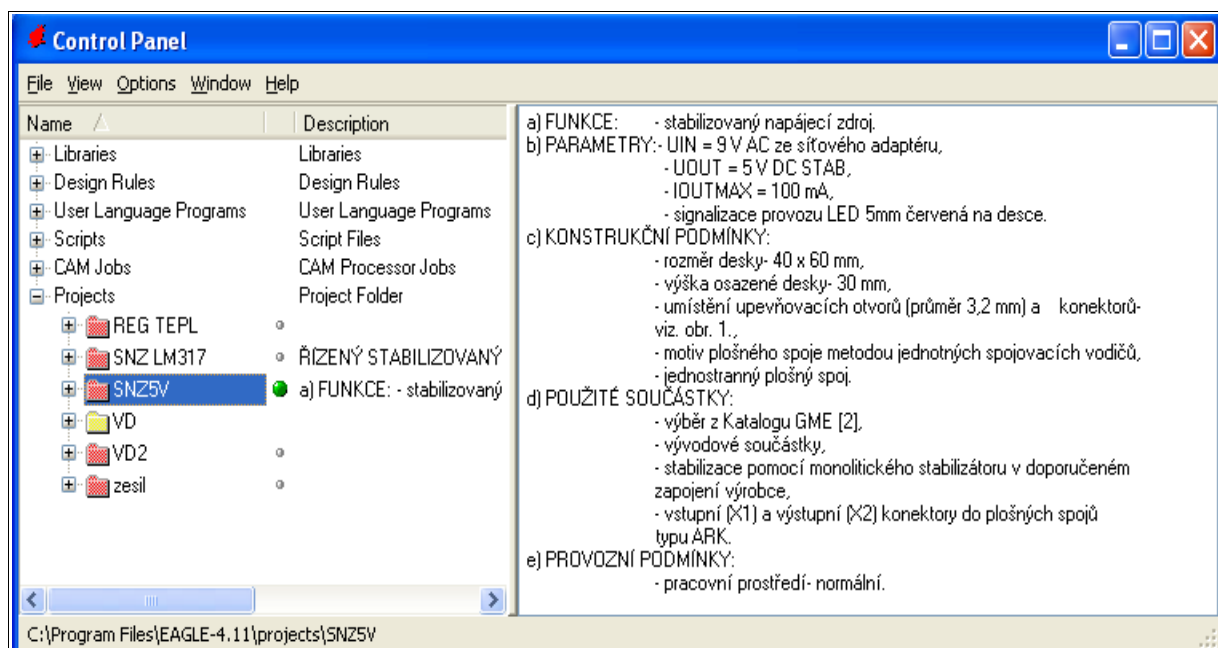
1 ZALOŽENÍ PROJEKTU

Po spuštění programu se zobrazí okno Hlavního panelu (Control panel- CP). Z tohoto okna můžeme přecházet do jednotlivých částí NS. Založení projektu spočívá ve vytvoření složky, do které se budou ukládat jednotlivé soubory.

POSTUP:

- volba adresáře- pravým tlačítkem myši (PTM) vybírám adresář,
- volba názvu projektu- v kontextovém menu volím **New Project** a název SNZ 5 V,
- popis projekt- PTM volím **Edit Description** a uvádím údaje, např. zadání.

Pohled na okno CP se založeným projektem je na *obr. 2*.



Obr. 2 Okno CP se založeným projektem

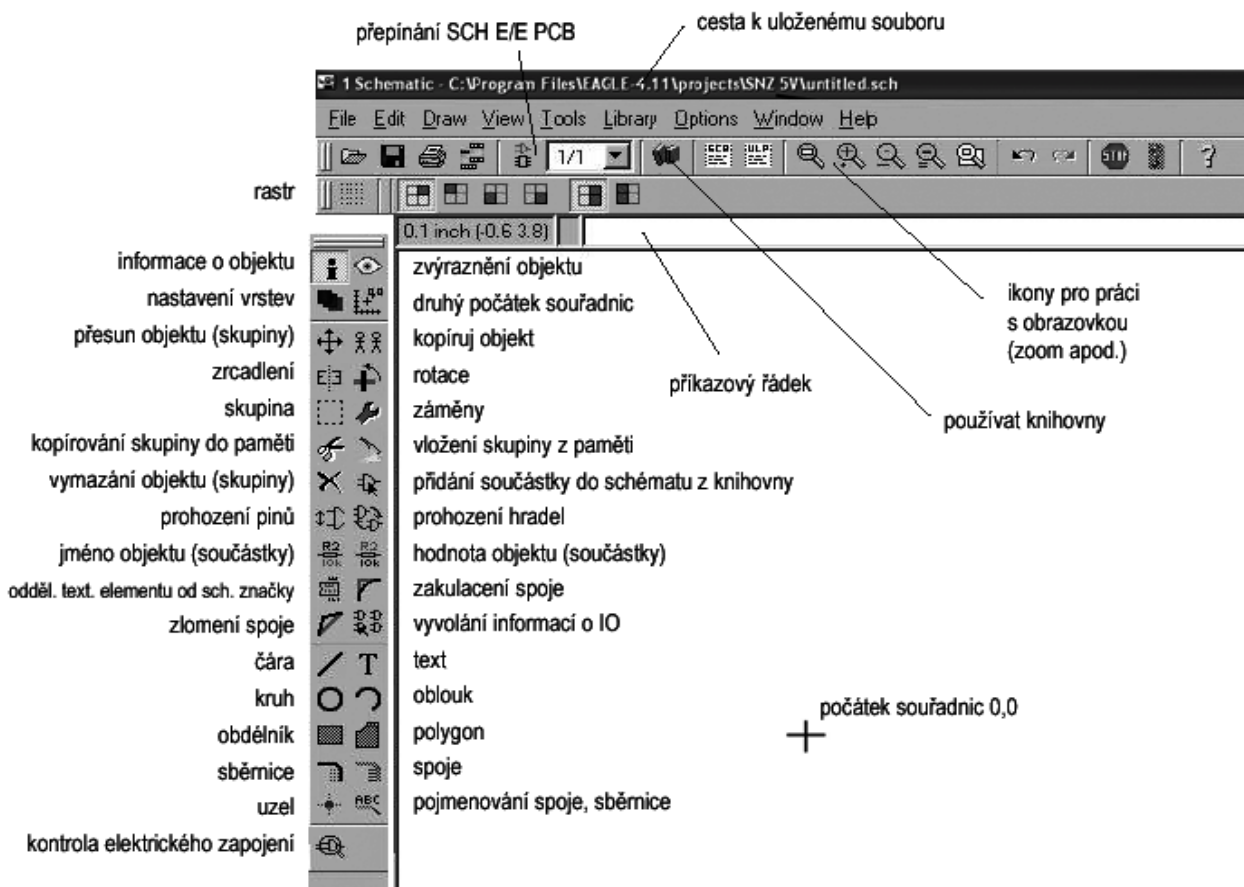
2 PŘECHOD Z CP DO SCH. EDITORU A JEHO NASTAVENÍ

Je možný také druhý způsob bez vytvoření projektu- pracovně - „školní“.

Postup v CP:

- vytvářím nové schéma- **FILE/NEW/SCHEMATIC**
- načítám již dříve vytvořené schéma, např. ho budu upravovat-
FILE/OPEN/SCHEMATIC

Následně se nám zobrazí pracovní prostředí SCH E, na obr. 3 je uveden popis základních ikon, které nám umožní vytvořit schéma obvodu.

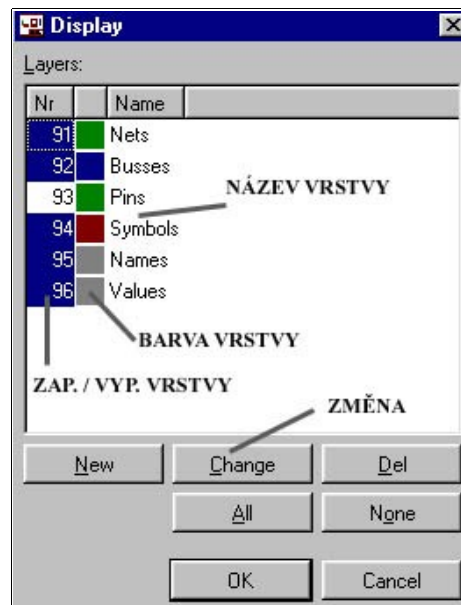


Obr. 3 Pracovní prostředí SCH E a popis základních ikon editoru

Nastavení vlastností vrstev (viditelnost, barva) provedeme po aktivaci ikony **DISPLAY**, okno je zobrazeno na obr. 4.

Ve SCH E jsou to následující vrstvy:

91	Nets	spoje (Nets)
92	Busses	sběrnice
93	Pins	vývody součástek
94	Symbols	schematické značky
95	Names	jména součástek
96	Values	hodnoty/typy součástek



Obr. 4 Význam jednotlivých vrstev SCH E

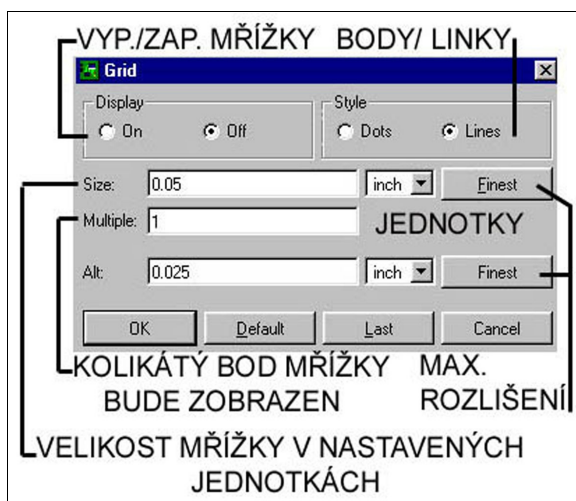
Nastavení prokládacího rastru- vytvoření sítě bodů, na které se vždy budou ukládat vývody součástek, spoje a další objekty ve schématu i na desce, po tomto rastru se bude pohybovat i náš kurzor. Použijeme ikonu **GRID**.

K dispozici máme jednotky- mic, mm, inch, mil. Prakticky doporučuji používat palcové jednotky. Je to návaznost na E PCB, kde rozměry součástek v knihovnách jsou v inch. (1 mil = 1 / 1000 inch)

Praktická rada:

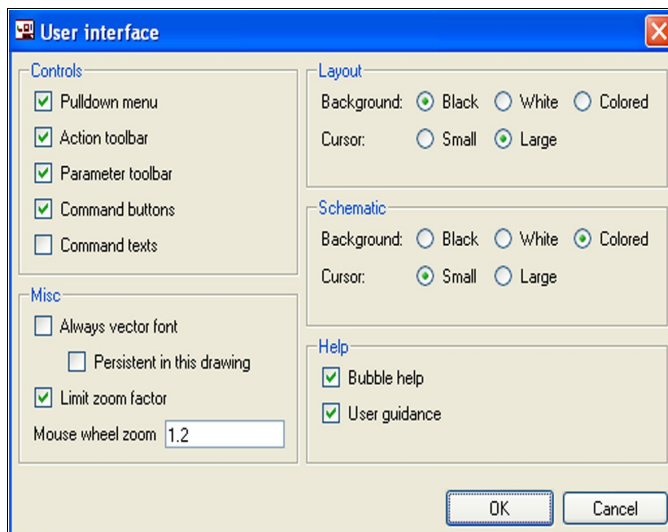
- pro přepočítání mohou využít i okno **Alt**: v okně **GRID**
- zapnutí/ vypnutí zobrazení rastru mohou provést v průběhu návrhu klávesou **F6**

Pro naši další práci doporučuji nastavit rastr **50 nebo 100 mil** (Size) a toto dodržovat při práci v obou editorech. Na obr. 4 je zobrazeno okno GRID s nastavenou mřížkou (Lines).



Obr. 4 Okno GRID

Nastavení barvy pracovní plochy a typu kurzoru SCH E (obdobně i v E PCB) je řešeno příkazem **OPTIONS/ USER INTERFACE**. Doporučené nastavení obou editorů je na *obr. 5*.



Obr. 5 Nastavení barvy pracovní plochy a typu kurzoru

Poznámky:

3 VÝBĚR SOUČÁSTEK Z KATALOGU A KNIHOVEN NS

3.1 VÝBĚR Z KATALOGU

Údaje z katalogu [6] uspořádáme pro přehlednost do tabulky. Příklad je uveden v *tabulce 1*.

Tabulka 1 Výběr součástek

	Katalog [2]	NS EAGLE	
		Knihovna	Označení
D1 - D4	1N4007	diode	1N4004
C1	E470M/16V(rozměry: 10x13 / RM= 5 mm)*1)	rcl/CPOL-EU	CPOL-EUE5-10,5
C2	CK330N/50V (rozměry: 5x3 / RM= 5 mm) *2)	rcl/C-EU	C-EU050-024X044
C3	CK100N/63V (rozměry: 5x3 / RM= 5 mm) *2)	rcl/C-EU	C-EU050-024X044
C4	E47M/10V (rozměry: 5x11 / RM= 2 mm) *1)	rcl/CPOL-EU	CPOL-EUE2-5
R1	R W0185 300R (rozměry: 0204/7)*3)	rcl/R-EU	R-EU_0204/7
LED1	L-5MM02RT	led/LED	LED5mm
IC1	7805 *4)	v-reg	78XXS
X1	ARK500/2, RM= 5 mm *5)	con-ptr 500	AK500/2
X2	ARK500/2, RM= 5 mm *5)	con-ptr 500	AK500/2
KK1	DO1A, chladič	heatsink	DO1S

Poznámky k výběru součástek:

1*) - z důvodu stárnutí elektrolytických kondenzátorů a zajištění spolehlivé funkce integrovaného stabilizátoru, volíme pro C1 následující hodnotu kapacity z řady hodnot, kapacita C4 převzata z osvědčených konstrukcí. Rozměry elektrolytických kondenzátorů- průměr pouzdra... mm x výška pouzdra... mm / rozteč vývodů RM= ... mm,

2*) - rozměry keramického kondenzátoru CK- vertikální průměr pouzdra ... mm x tloušťka ... mm / rozteč vývodů RM= ... mm,

3*) - volíme provedení- metalizovaný rezistor miniaturní 0,185 W, rozměry rezistoru – provedení 0204/ rozteč vývodů,

4*) - volíme typ integrovaného stabilizátoru v pouzdru TO-220 pro proud 1,5 A,

5*) - typ ARK/ počet vývodů, rozteč vývodů RM= 5 mm.

3.2 VÝBĚR Z KNIHOVEN NS

- z CP přejdeme do SCH E a vytvoříme nové schéma: **File/ New/ Schematic**

Následně vybíráme součástky z knihoven NS podle *Tabulky 1*. Součástky umísťujeme na plochu do zvoleného formátu:

- ohraničíme pracovní plochu formátem nového schématu, např. A4:

Add (Use)/ frames/ DINA4-L / OK

Součástky umísťujeme na plochu stejným způsobem, jako rámeček.

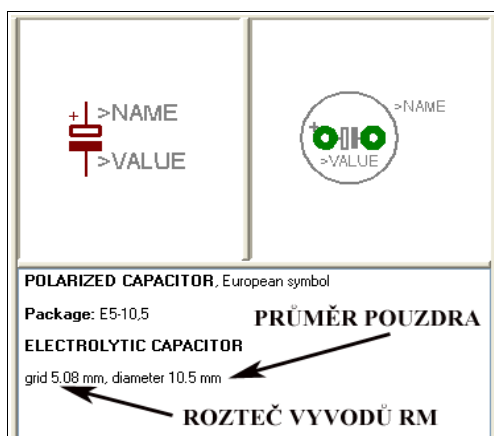
Na *obr. 6. a 7* jsou zobrazena okna s charakteristikou konkrétní součástky v knihovně. Zde jsou na příkladu kondenzátorů ukázány rozměry pouzdra, které musí odpovídat rozměrům součástky z katalogu.

ELEKTROLYTICKÝ KONDENZÁTOR

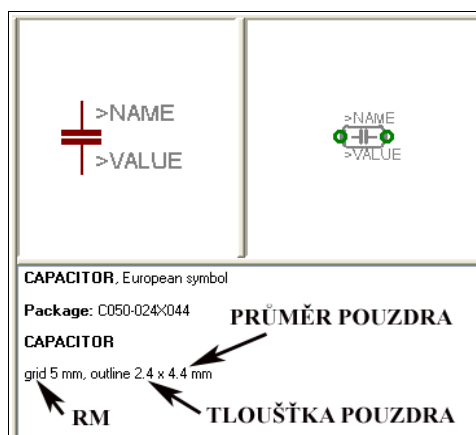
C1- knihovna: rcl/CPOL-EU/CPOL-EUE5-10,5. Okno knihovny rcl/CPOL je zobrazeno na *obr. 6*.

KERAMICKÉ KONDENZÁTORY

C2- knihovna: rcl/C-EU/C-EU050-024X044. Okno rcl/C-EU je zobrazeno na *obr. 7*.



Obr. 6 Okno knihovny rcl/CPOL



Obr. 7 Okno knihovny rcl/C-EU

4 VYTVOŘENÍ SCHÉMATU

4.1 ROZMÍSTĚNÍ SOUČÁSTEK A OBJEKTŮ SCHÉMATU

Postup:

- **vyvolání součástky:**

ADD - knihovna - listujeme v knihovně a podle pouzdra vybíráme vhodnou součástku..... /**OK** - součástka je uchycena na kurzoru, můžeme jí pohybovat po ploše a případně rotovat **PTM**

- **umístění na požadované místo:**

LTM/ESC a můžeme pokládat další součástku ze stejné knihovny a nebo jiné.

Pro náš obvod vybíráme dostupné součástky z katalogu GME 2005 [6] a těmto přiřazujeme součástky z knihoven návrhového systému. Při tom respektujeme hodnoty

součástek a jejich mechanické rozměry. Součástky pokládáme symetricky, vyrovnané v horizontální a vertikální rovině.

PŘESUN:

MOVE - kurzorem „uchopíme“ součástku za uchopovací značku, změna barvy značky signalizuje připravenost k přesunu - případná rotace -**PTM**

UMÍSTĚNÍ:

na požadované místo- **LTM** - a přechod na další součástku.....

Používáme: **ROTATE** ROTOVÁNÍ
MIRROR ZRCADLENÍ
DELETE VYMAZÁNÍ

Pro rozmístění dalších objektů (textů, čar, spojů, sběrnic, popisu součástek...) platí obdobná pravidla.

4.2 PROPOJENÍ SOUČÁSTEK

Můžeme použít dva způsoby propojení vývodů součástek, první použitím ikony **NET** a druhý prostým dotykem vývodů součástek.

Postup pomocí **NET** se zobrazeným pokládacím rastrem je následující:

- ikona **NET** – **začátek spoje** (kurzor) na vývodu součástky a **LTM**
- **styl** vedení spoje měníme pomocí **PTM**
- **ukončení segmentu** spoje (zlom, roh)
- **LTM- konec spoje** na vývodu součástky- **LTM**

4.3 UMÍSTĚNÍ OBJEKTŮ NA PLOCHU

TEXT:

TEXT napsat znění/**OK**/ nastavit parametry **SIZE, RATIO, FONT** + případná rotace **PTM** / umístění **LTM/ESC**

SIZE výška písma
RATIO poměr šířky čáry a výšky písma
FONT styl textu

ZMĚNA TEXTU:

CHANGE / **TEXT** změna textu
 / **SIZE, RATIO, FONT** parametry textu

ČÁRA:

WIRE/ začátek **LTM**/ parametry vedení , **WIDTH, STYLE** pomocí **PTM** + **LAYER**/ vedení čáry, zlom **LTM**/ konec dvojitý klik ve stejném bodě **LTM**
- **čáry provedené tímto způsobem - nejsou elektrické spoje !!!**

ZMĚNA ČÁRY:

CHANGE /WIDTH tloušťka čáry
 /**STYLE** provedení čáry
 /**LAYER** vrstva

Analogicky používáme další nástroje pro kreslení:

CIRCLE KRUŽNICE
ARC OBLOUK
RECT OBDÉLNÍK

4.4 EDITACE SOUČÁSTEK

Součástka musí být přesně definována jménem *NAME* a hodnotou *VALUE*. Po rozmístění součástek toto provedeme pomocí ikon *NAME* a *VALUE*. Po jejich aktivaci, najedeme kurzorem na uchopovací křížek součástky a klikneme LTM, v odpovídajících editačních oknech provedeme zápis.

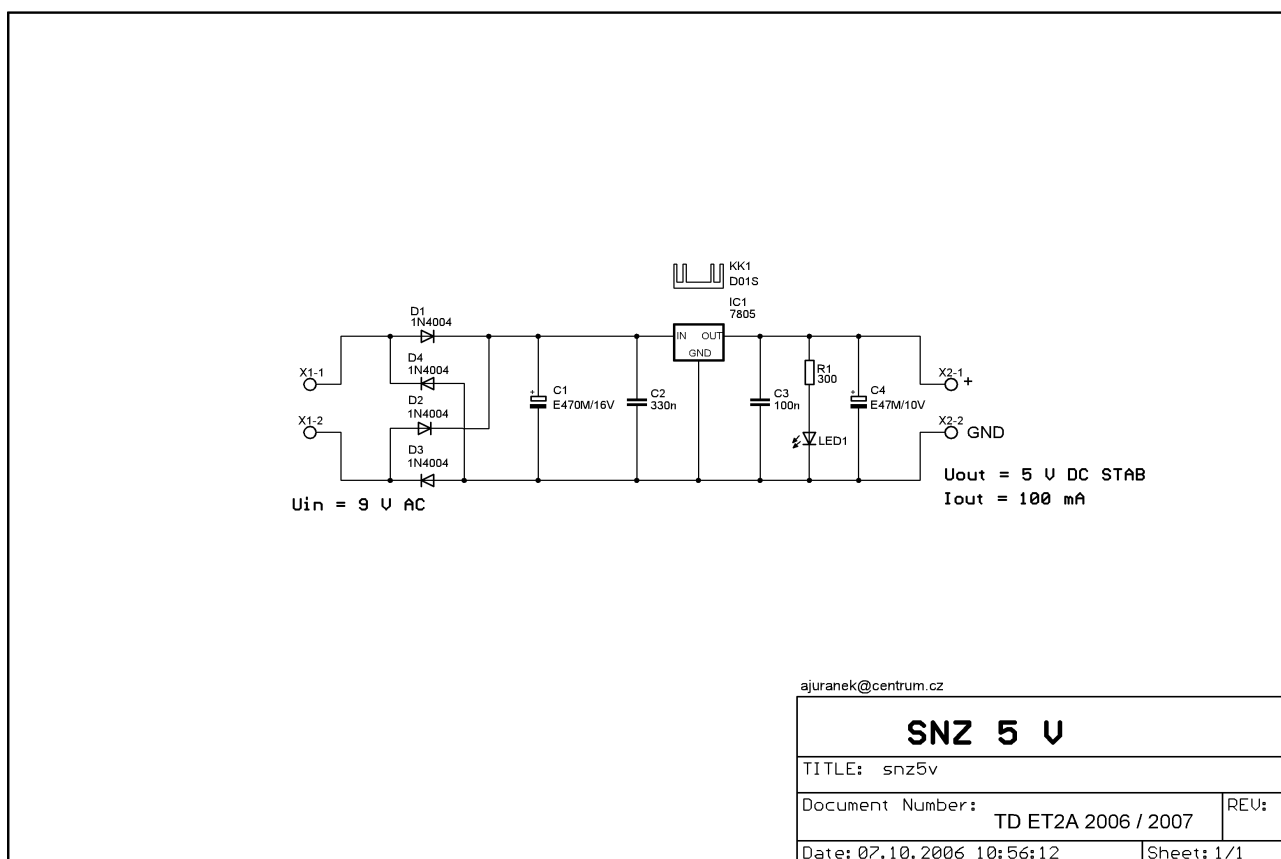
4.5 ZÁVĚREČNÁ GRAFICKÁ ÚPRAVA

Jednotně uspořádáme popisy součástek, vzdálenosti spojů a schématických značek, součástky a texty rozmístíme pravidelně do rámečku.

Příkazy:

MOVE	PŘESUN
ROTATE	ROTOVÁNÍ
MIRROR	ZRCADLENÍ
DELETE	VYMAZÁNÍ
SMASH	ROZDĚLENÍ ZNAČKY (symbol + jméno + hodnota)

Schéma obvodu po grafické úpravě je zobrazeno na obr.8.



Obr. 8 Schéma stabilizovaného napájecího zdroje

5 ZÁKLADY PRÁCE V EDITORU PLOŠNÉHO SPOJE

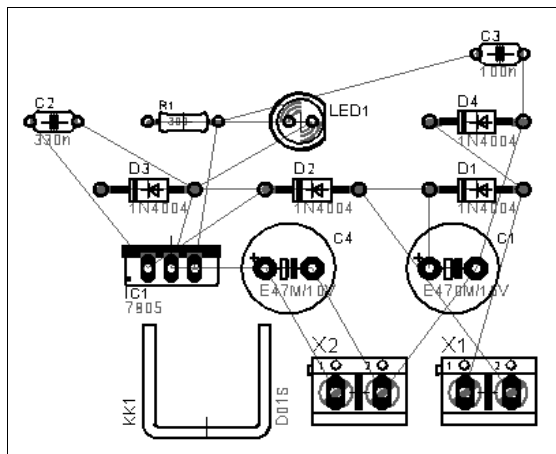
5.1 ZPŮSOBY PŘECHODU DO EDITORU PLOŠNÉHO SPOJE

1. STANDARDNÍ- máme vytvořeno schéma zapojení, ve SCH E a použijeme ikonu **BOARD**, automaticky se spustí E PCB.
2. NAČTENÍ (ÚPRAVA) JIŽ VYTVOŘENÉ DPS- **CP/ OPEN/ BOARD**
3. TVORBA DPS BEZ VYTVOŘENÍ SCHÉMATU- **CP/ NEW/ BOARD**

5.2 POPIS PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ E PCB

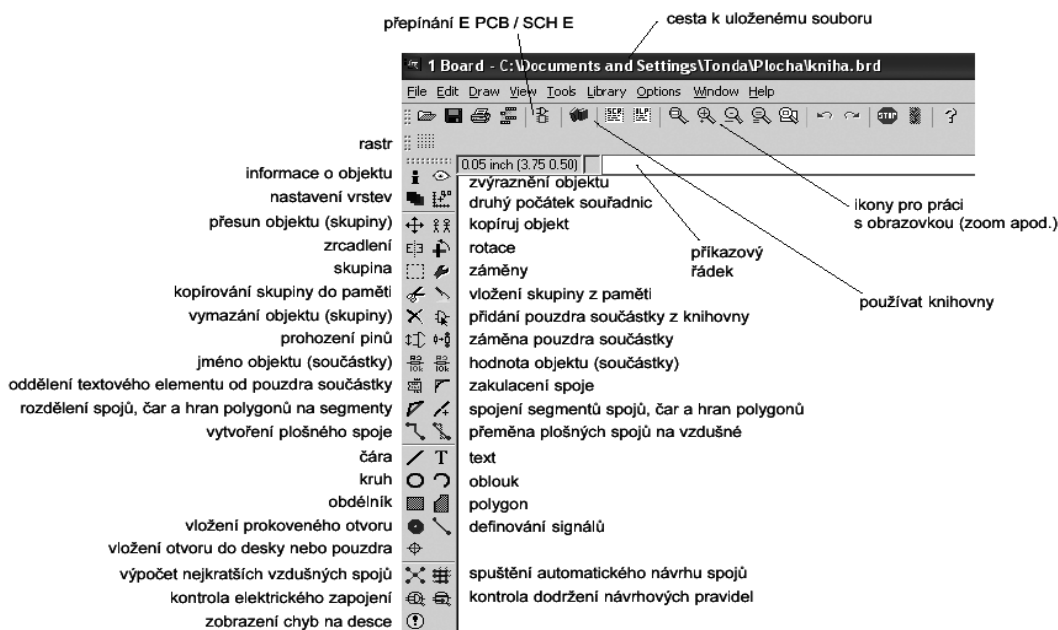
Po aktivaci ikony **BOARD** se ihned spustí E PCB. Pracovní prostředí a způsob ovládání je podobné schématickému editoru.

Na pracovní ploše již vidíme pouzdra součástek, které obsahuje naše schéma, jednotlivé vývody jsou propojeny „gumovými spoji“. Automaticky se zobrazuje obrys desky, její rozměr je podle verze, kterou používáme (LIGHT 80 x 100 mm). Na obr. 9 je zobrazena část pracovní plochy s pouzdry součástek a gumovými spoji po přechodu do E PCB.



Obr. 10 Pouzdra součástek a gumové spoje

Na obr. 11 jsou popsány názvy ikon editoru, dalším textu se seznámíme s jejich použitím.

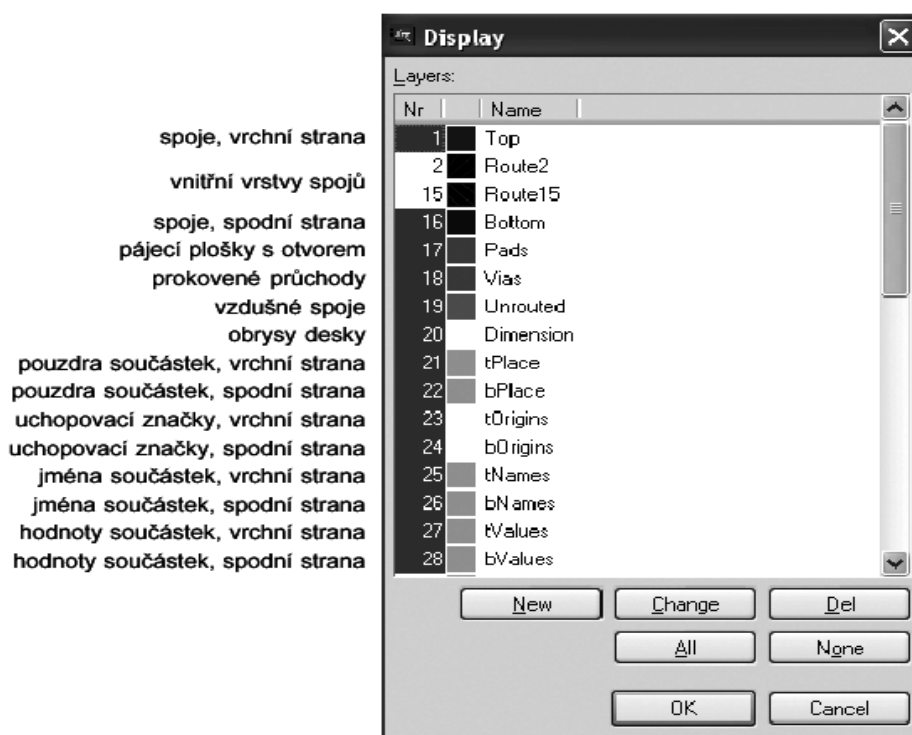


Obr.11 Pracovní prostředí editoru plošného spoje

5.3 NASTAVENÍ PROSTŘEDÍ E PCB

Podobně jako ve schématickém editoru nastavujeme hodnotu prokládacího rastru. Popis prostředí **GRID** a jeho nastavení bylo rozebráno v bodě 3.2. Doporučené nastavení je **50/100 mil**.

Nastavení viditelnosti a barev jednotlivých vrstev pomocí ikony **DISPLAY** je obdobné. Vrstev je však více než v předcházejícím editoru. Je třeba si uvědomit, že před námi na monitoru je pohled ze strany součástek a za stínítkem monitoru je vrstva spojů. Opět platí zásada, co vidím na monitoru, to budu i tisknout. Na *obr. 12* je uveden význam jednotlivých vrstev E PCB.



Obr. 12 Význam vrstev

5.4 KONTROLA A PŘÍPADNÁ ZÁMĚNA POUZDER SOUČÁSTEK

Na obrazovce provedeme kontrolu úplnosti pouzder, zda všechna „přešla“ ze schématu a všechny jejich vývody jsou propojeny „gumovými“ spoji. V případě nepropojení vývodů se musíme vrátit zpět do schématického editoru, použijeme ikonu **SCHEMATIC** a najít chybějící spoj, případně ho opravit.

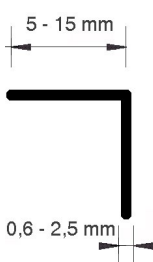
Pozornost věnujeme rozměrům pouzder, případnou záměnu můžeme řešit příkazem **REPLACE**. Před použitím ikony, musím vypnout schématický editor, záměna by nebyla možná. V okně **REPLACE** nacházím novou součástku, kurzor umístím na uchopovací značku původní součástky a klikám LTM. Změna je ihned provedena.

5.5 URČENÍ OBRYSU NOVÉ DPS

Vycházíme z našeho zadání, kde na *obr.1* je pohled na naši budoucí desku, s uvedenými rozměry.

Před vytvořením obrysu budoucí desky je vhodné příkazem **DELETE** smazat automaticky nastavený obrys desky. Obrys naší desky bude ohraničen rohovými značkami a jedna značka je tvořena např. křížem o větší tloušťce čáry (pro sesouhlasení jednotlivých pohledů při závěrečné kontrole dokumentů). Na *obr. 13* jsou uvedeny rozměry rohových značek [2].

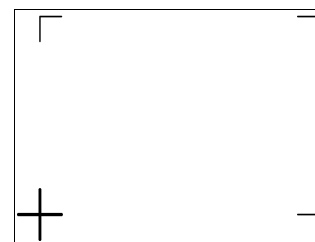
POSTUP



- pracujeme v palcových jednotkách **GRIDu**, máme ze SCH E nastaven rastr 50/100 mil., musíme si však rozměry uvedené v mm, vždy přepočítat (pomůcka- GRID).

- ikona **WIRE**/ přepnout do vrstvy 20-**DIMENSION**/ nastavit PTM směr a tloušťku čáry, tažení čáry zahájit v bodě 0,0/ při určení dalších rohových značek použít zobrazené aktuální souřadnice kurzoru. Výsledek je zobrazen na *obr.14*.

Obr. 13 Rohová značka



Obr.14 Určení obrysu desky

5.6 ROZMÍSTĚNÍ POUZDER SOUČÁSTEK

Rozmístění pouzder je ovlivněno- konstrukčními požadavky, funkcí, typem obvodu, v jakých podmínkách bude obvod provozován, jednoduchostí spojů, vyrobiteľností desky. Při rozmístění pouzder používáme doporučený rastr: **GRID - SIZE 100/ 50mil**

Jednoznačný návod, jak pouzdra součástek rozmístit neexistuje, je to otázka citu a znalostí v oblasti elektroniky. Pro zájemce doporučuji literaturu [1], [3], [7].

Pouzdra součástek přesouváme do obrysu desky příkazem **MOVE**, respektujeme zobrazené gumové spoje. Využíváme zobrazené aktuální souřadnice kurzoru.

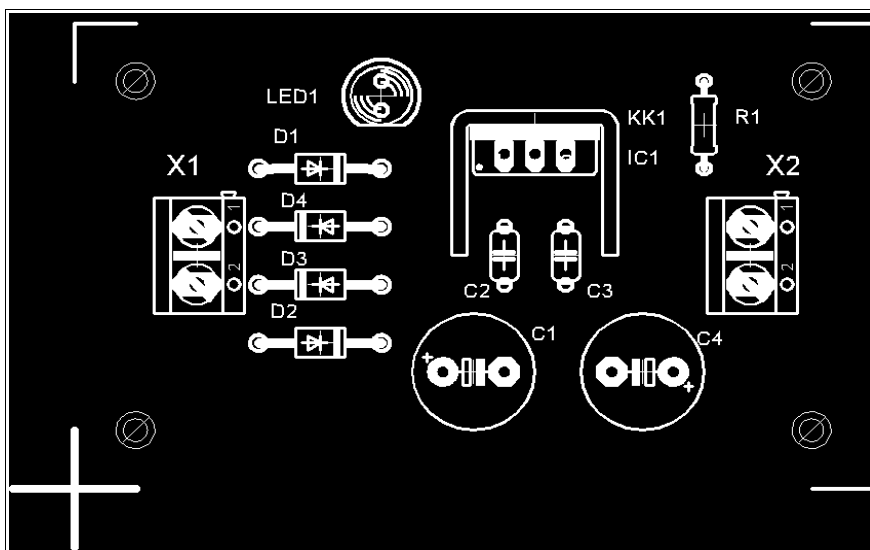
Na základě zkušeností doporučuji následující postup:

a) Pokládám součástky s pevně stanovenou (definovanou) polohou na desce.

Respektujeme zadání- svorkovnice, konektory, ovládací prvky, konstrukční části, chladiče, otvory..... V našem případě umístíme vstupní a výstupní svorkovnice, otvory pro upevnění desky.

b) Umístím ostatní pouzdra součástek.

Následně rozmístím ostatní pouzdra našeho jednoduchého obvodu. Dbám na rovnoměrné využití celého prostoru DPS a na orientaci součástek ve vertikální a horizontální rovině, vyrovnání otvorů pro vývody součástek. Každá deska je originál a hovoří o každém návrháři. Možná varianta rozmístění a pohled na desku je na *obr.15*.



Obr. 15 Varianta rozmístění pouzder SNZ5V- pohled na obrazovku PC

5.7 NÁHRADA GUMOVÝCH SPOJŮ

Tuto operaci provést vždy po provedeném přesunu pouzder součástek- gumové spoje jsou nahrazeny nejkratšími- vzdušnými. U složitějších obvodů jsou změny vedení již vzdušných spojů názorné: - ikona **RASTNEST**.

5.8 PROPOJENÍ VÝVODŮ POUZDER

Propojení vývodů pouzder součástek je náš cíl. Vytvoření motivu plošných spojů je možné několika způsoby.

a) **Ruční způsob vytvoření spojů**, postup je následující:

-ikona **ROUTE/** vrstva **16 - BOTTOM** (strana spojů- standardně- modrá barva)/ **WIDTH** (šířka spoje). Způsob vedení plošného spoje je podobný, jako u vedení spojů ve SCH E

-návodem jsou vzdušné spoje vývodů pouzder součástek (vrstva 19)

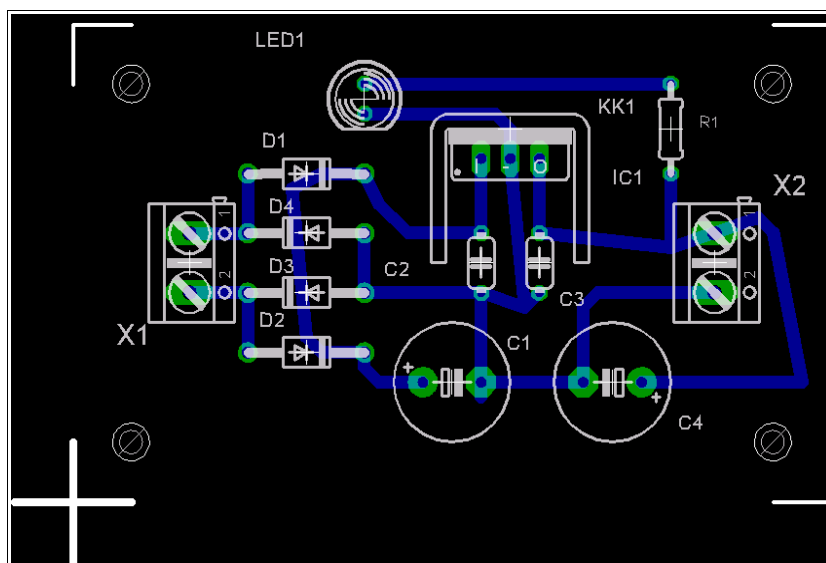
b) **Automatický způsob vytvoření spojů**- výsledný návrh je ve většině případů nevzhledný (nevyrobitelný) a musí se stejně ručně upravit. Ikona **AUTOROUTER**.

c) **Kombinovaný**- při návrhu složitějších obvodů nejdříve pracujeme s autorouterem a návrh následně ručně upravujeme.

Poznámka:

- šířka plošných vodičů- je závislá od proudu, tloušťky Cu folie a dovoleného oteplení, existují jednoduché programy na PC a různé grafy.

Výsledek našeho snažení při ručním propojení je vidět ve všech vrstvách na obr. 16. Je to však polotovar, který ještě vyžaduje grafickou úpravu vedení plošných spojů a umístění popisů.



Obr.16 Polotovar desky- pohled na obrazovku PC

5.9 GRAFICKÁ ÚPRAVA PLOŠNÝCH SPOJŮ

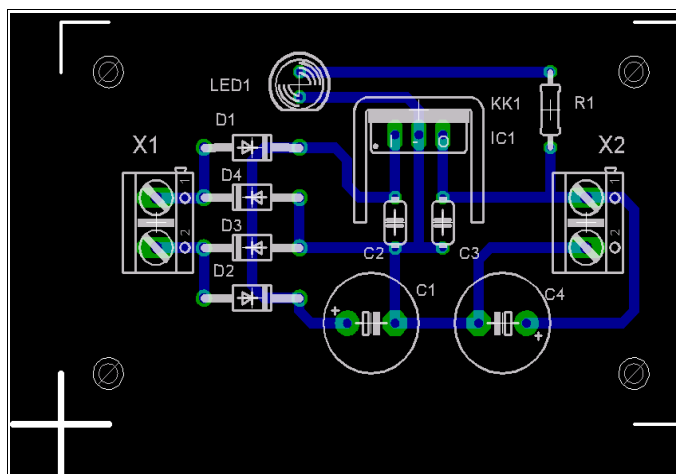
Vytvořené spoje jsou vždy polotovar a vyžadují grafickou úpravu, jednotlivé možnosti jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2

Příkaz	Popis	
MOVE	Přemístění plošného spoje	
SPLIT	Rozdělení plošného spoje na segmenty	
OPTIMIZE	Opětovné sloučení segmentů plošného spoje	
RIPUP	Převedení plošného spoje na „vzdušný“	
DISPLAY	Volba hladiny zobrazení obrysů pouzder, uchopovacích značek, jmen součástek, textů	
ROTATE	Rotace popisu a textů (můžeme i PTM)	
SMASH	Oddělení jména a hodnoty od obrysu pouzdra součástky	
TEXT	Vložení textu	
CHANGE	CHANGE	Změna parametrů zvoleného objektu
	Layer	Hladina
	Widht	Šířka plošného spoje
	Style	Druh čáry
	Size	Výška textu
	Font	Font textu
	Ratio	Šířka čáry textu
	Text	Text nápisu
	Diameter	Průměr plošky, prokoveného otvoru
	Drill	Průměr otvoru plošky, otvoru prokovu, otvoru

Příkaz	Popis	
	Shape	Tvar plošky prokovu
	Via	Velikost prokovu
	Pour	Způsob vyplnění plochy
	Rank	Vztah polygonů při jejich přepočítávání
	Isolate	Izolační vzdálenosti
	Spacing	Vzdálenost čar při šrafování polygonu
	Thermals	Termální můstky
	Orphans	Rozpad polygonu na ostrůvky
	Class	Třída propojovací sítě
	Package	Změna pouzdra součástky

Na obr. 17 je celkový pohled na variantu navržené desky našeho obvodu po grafické úpravě.



Obr.17 Celkový pohled na upravenou desku- pohled na obrazovku PC

5.10 VYTVÁŘENÍ POLYGONŮ

Metoda „rozlévání mědi“.

- ikona **POLYGON**

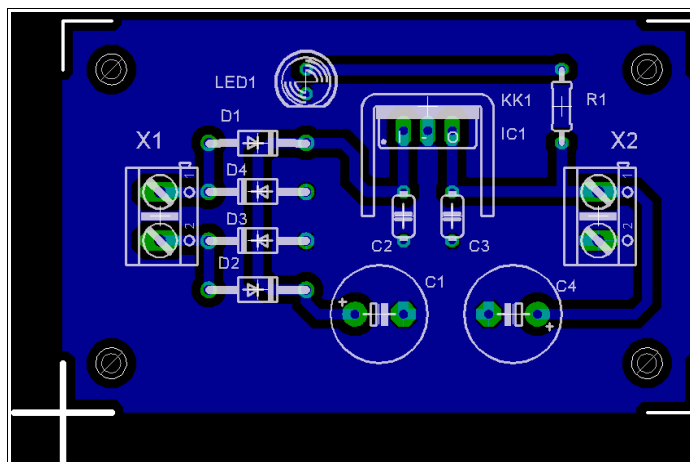
- určit vrstvu ve které se bude polygon vytvářet

1	TOP	součástky
16	BOTTOM	spoje

Postup:

ikona **POLYGON**/ klikneme na **počáteční bod** budoucího polygonu- táhneme jako **spoj po obvodu** vyplňované plochy/ ukončíme přesně v počátečním bodě- **uzavřeme polygon**/ tloušťka čáry polygonu, např.10 mil/ volíme izolační mezeru **ISOLATE**/ vyplnění plochy pomocí ikony **RATSNEST**. Motiv spojů se značně zjednoduší, když pojmenujeme některou plochu mědi např. GND (ikona **NAME**). Dojde k automatickému spojení všech ploch se stejným jménem.

Pohled na desku upravenou metodou „rozlévání mědi“ na obrazovce je na obr. 18.



Obr. 18 Pohled na desku s „rozlitou mědí“ - pohled na obrazovku PC

Poznámky:

6 VÝSTUPY Z NÁVRHOVÉHO SYSTÉMU

6.1 SCHÉMA OBVODU, Obr. 8

SCH E.: *File / Print (Print setup)*

Tabulka 3

Příkaz	Popis		
Style	Mirror	Zrcadlení tisku	NE
	Rotate	Otočení tisku o 90°	VOLBA
	Upside down	Otočení tisku o 180°	VOLBA
	Black	Tisk je proveden černo bílý	VOLBA
	Solid	Tisk hladin s pevnou výplní	VOLBA
Scale faktor	Měřítko tisku		
Page limit	Zadaný počet stran tisku		
Sheets	All	Tisk všech stránek	
	From	Tisk zadaných stránek	
	This	Tisk aktuální stránky schématu	
Printer	Volba tiskárny		
Page	Border, Calibrate	Nastavení parametrů stránky, rozměry a zarovnání	
	Vertical, Horizontal		
	Caption	Volba tisku „hlavičky“ schématu	

6.2 SEZNAM SOUČÁSTEK

SCH E.: *Ulp / bom.ulp*

Tabulka 4

Příkaz	Popis	
List type	Parts	Forma výstupu
	Values	
View	Náhled seznamu součástek	
Save	Uložení ve zvoleném formátu	
Output format	Text	Textový formát výstupu
	HTML	Formát HTML

Výstup: Textový formát -PARTS:

Partlist exported from D:/tonda1205/ulohaEagle/snz5v.sch at 06.10.2006
20:28:13

Part	Value	Device	Package	Description
C1	E470M/16V	CPOL-EUE5-10.5	E5-10,5	POLARIZED CAPACITOR,
C2	330n	C-EU050-024X044	C050-024X044	CAPACITOR, European symbol
C3	100n	C-EU050-024X044	C050-024X044	CAPACITOR, European symbol

C4	E47M/10V	CPOL-EUE5-10.5	E5-10,5	POLARIZED CAPACITOR, European
D1	1N4004	1N4004	DO41-10	DIODE
D2	1N4004	1N4004	DO41-10	DIODE
D3	1N4004	1N4004	DO41-10	DIODE
D4	1N4004	1N4004	DO41-10	DIODE
IC1	7805	78XXS	78XXS	VOLTAGE REGULATOR
KK1	D01S	D01S	D01S	HEATSINK
LED1		LED5MM	LED5MM	LED
R1	300	R-EU_0204/7	0204/7	RESISTOR, European symbol
X1		AK500/2	AK500/2	CONNECTOR
X2		AK500/2	AK500/2	CONNECTOR

6.3 POHLED ZE STRANY POUZDER SOUČÁSTEK, Obr. 19

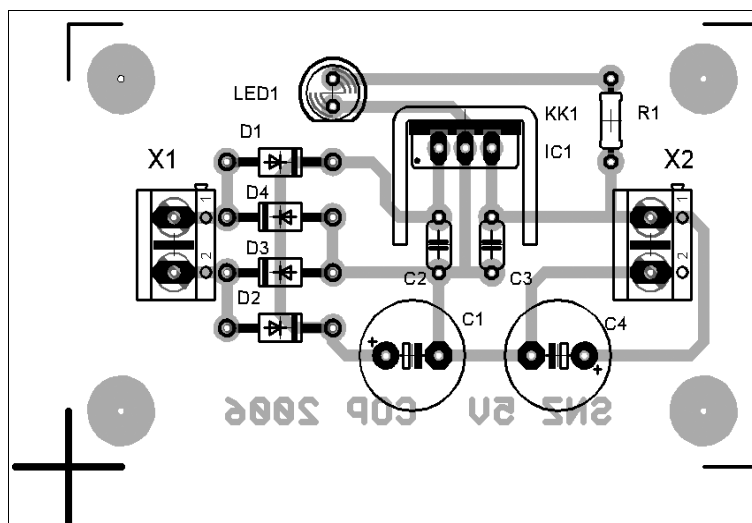
Tabulka 5

Příkaz	Popis		
Display	Zobrazené hladiny	16 Bottom- barva světle šedá	
		17 Pads	
		20 Dimensions	
		21 tPlace	
		25 tNames	
Style, Scale faktor, Page limit, Sheets, Printer, Page	E PCB.: File / Print (Print setup) Význam a nastavení stejné jako v Tabulce 3.		

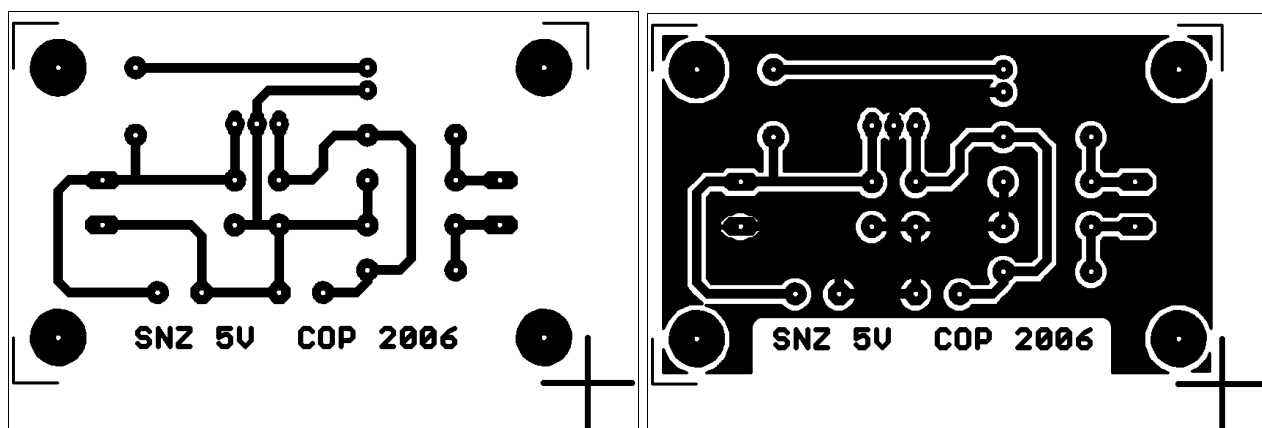
6.4 POHLED ZE STRANY SPOJŮ, Obr. 20

Tabulka 6

Příkaz	Popis		
Display	Zobrazené hladiny	16 Bottom	
		17 Pads	
		18 Vias	
		20 Dimension	
Style	Mirror	Zrcadlení tisku	ANO
	Rotate	Otočení tisku o 90°	VOLBA
	Upside down	Otočení tisku o 180°	VOLBA
	Black	Tisk je proveden černo bílý	VOLBA
	Solid	Tisk hladin s pevnou výplní	VOLBA
Scale faktor, Page limit, Sheets, Printer, Page	E PCB.: File / Print (Print setup) Význam a nastavení stejné jako v Tabulce 3		



Obr. 19 Pohled ze strany pouzder součástek- osazovací plán



Obr. 20 Pohledy ze strany spojů- motiv plošného spoje

7 VZOR ZPRACOVANÉ DOKUMENTACE K PROJEKTU

V průběhu studia žák zpracovává žákovské projekty- ročníkové a maturitní. V kapitole je uveden vzor zpracované dokumentace ročníkového projektu- Programátor PIC.

7.1 SCHÉMA ZAPOJENÍ

Schéma zapojení je na *obr. 21*.

7.2 POHLED ZE STRANY SOUČÁSTEK- OSAZOVACÍ PLÁN

Osazovací plán je na *obr. 22*, rozmístění propojek je na *obr. 23*.

7.3 POHLED ZE STRANY SPOJŮ

Pohled ze strany spojů je na obr. 24.

7.4 SEZNAM SOUČÁSTEK

Doporučuji uvádět všechny součástky po skupinách v pořadí- pasivní, polovodiče, konstrukční. Možná forma je v tabulce 7.

Tabulka 7

R1	Rezistor uhlíkový	RRU 10K	10k
R2	Rezistor uhlíkový	RRU 1K5	1k5
C1	Kondenzátor elektrolytický radiální	E22M/16V	22M/16V
C2	Kondenzátor elektrolytický radiální	E100M/16V	100M/16V
D1, D2, D3, D4	Dioda univerzální	1N4148	
D5	Dioda Zenerova 5,1 V	BZX85V5,1	
D6	Dioda Zenerova 8,2 V	BZX85V8,2	
T1, T2	Tranzistor univerzální NPN	BC547B	
IC1	Mikrokontroler PIC	PIC16F84A-20I/P	
	Patice obyčejná RM 2,54	SOKL 18	
X1	Konektor	CAN9V90	CAN9F
SV1	Konektorové kolíky lámací RM 2,54	S1G20	6 pinů
	Kabel plochý šedý	AWG28-10H	60 cm
	Jednostranný plošný spoj	CU-TA001	

7.5 OBJEDNÁVKA SOUČÁSTEK

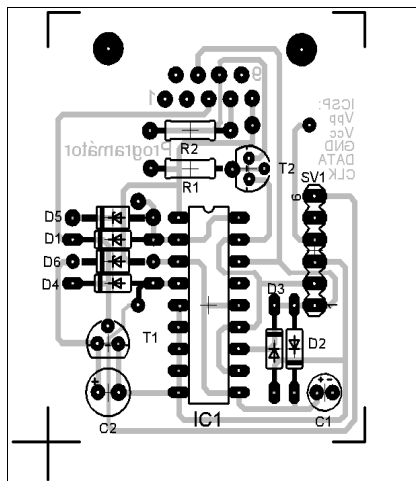
Pracujeme z katalogem dostupných prodejců součástek ve svém okolí. Jako příklad je uvedena objednávka součástek za použití katalogu společnosti GM ELECTRONIC spol. s r.o., rok 2006 [6] (viz. <http://www.gme.cz>).

Doporučuji si pozorně prostudovat formu zpracování objednávky, kterou vyžaduje konkrétní firma. Již uvedená firma při písemném zpracování objednávky vyžaduje od soukromé osoby minimálně následující údaje (VZOR):

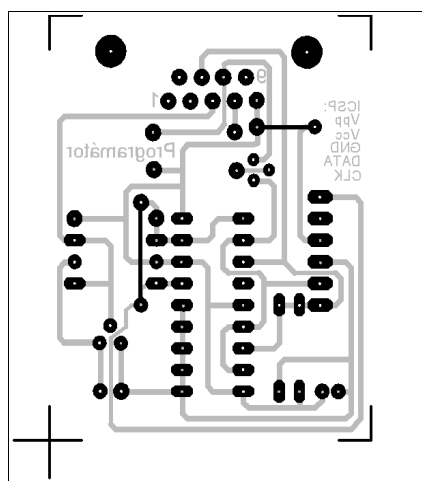
- dodací adresu: *Ivan Dvořák, Lipová 857, 789 66 Jakubovice*
- kód a název zboží dle ceníku- viz. *Tabulka 8,*
- způsob odebrání a dopravy:- *zboží zašlete poštou na dobírku na uvedenou adresu*
- všechny další údaje, které kupující považuje za důležité:
 - *kontaktní telefon +420777265558, ivdvor@redbox.cz*

Tabulka 8

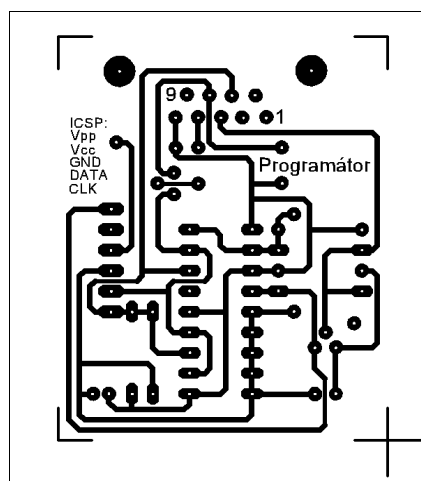
	Součástka	Hodnota	Skladové číslo	Počet	Cena za kus, Kč	Celkem, Kč
1.	Rezistor uhlíkový	RRU 10K	119-041	1 ks	0,40	0,40
2.	Rezistor uhlíkový	RRU 1K5	119-061	1 ks	0,40	0,40
3.	Kondenzátor elektrolytický radiální	E22M/16V	123-067	1 ks	1,-	1,-
4.	Kondenzátor elektrolytický radiální	E100M/16V	123-113	1 ks	1,-	1,-
5.	Dioda univerzální	1N4148	220-003	4 ks	1,-	4,-
6.	Dioda Zenerova 5,1 V	BZX85V5,1	222-047	1 ks	1,50	1,50
7.	Dioda Zenerova 8,2 V	BZX85V8,2	222-052	1 ks	1,50	1,50
8.	Tranzistor univerzální NPN	BC547B	210-026	2 ks	1,-	2,-
9.	Mikrokontroler PIC	PIC16F84A-20I/P	434-192	1 ks	95,-	95,-
10.	Patice obyčejná RM 2,54	SOKL 18	823-003	1 ks	2,-	2,-
11.	Konektor	CAN9V90	801-037	1 ks	9,-	9,-
12.	Konektorové kolíky lámací RM 2,54	S1G20	832-017	1 ks	4,-	4,-
13.	Kabel plochý šedý	AWG28-10H	650-043	60 cm	10,-	10,-
14.	Jednostranný plošný spoj	CU-TA001	661-035	1 ks	60,-	60,-



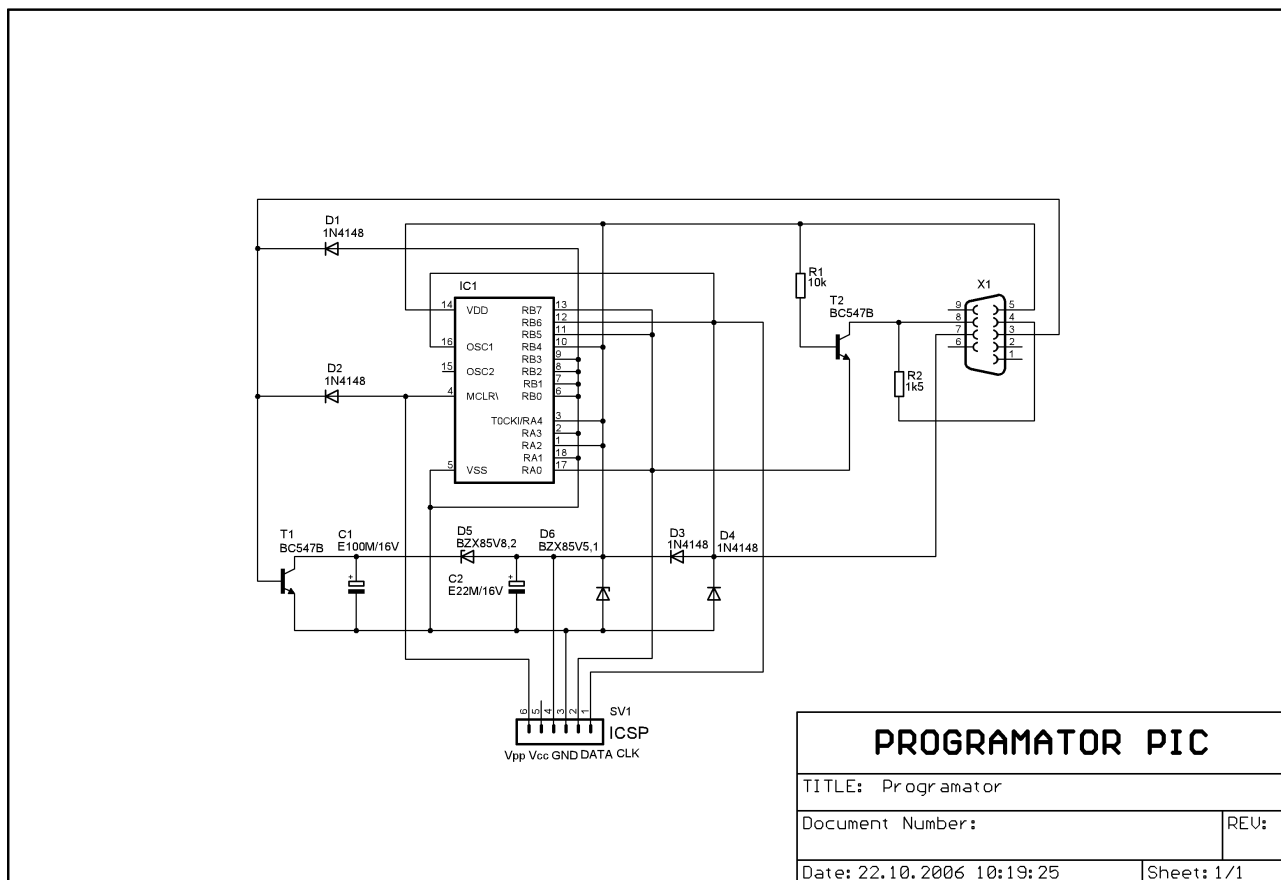
Obr. 22 Osazovací plán



Obr. 23 Rozmístění propojek



Obr. 24 Pohled ze strany spojů

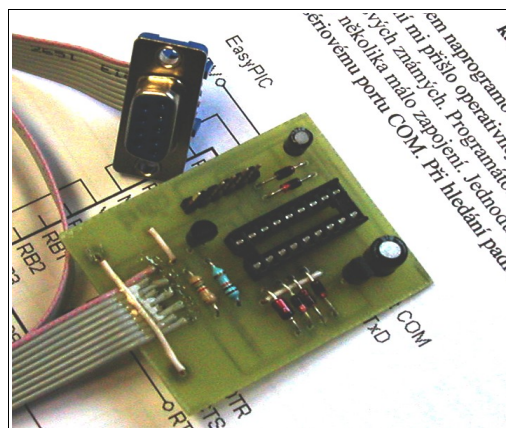


Obr. 21 Schéma zapojení

7.6 FOTOGRAFIE KONSTRUKCE

Při konečném řešení konstrukce se žák z praktických důvodů rozhodl programátor k PC připojit pomocí plochého šedého kabelu zakončeného konektorem CAN9. Fotografie je na obr. 25. Konstrukčně připájel jednotlivé žíly kabelu na pájecí plošky plánovaného konektoru CAN9.

Obr. 25 Fotografie vyrobeného programátoru



8 ČASTO KLADENÉ OTÁZKY

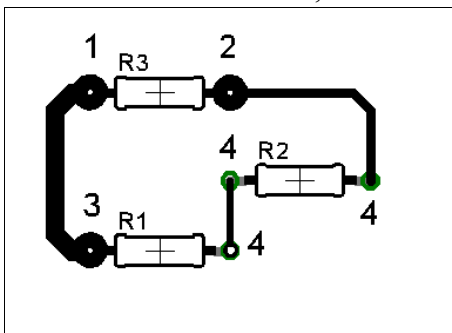
V kapitole jsou rozebrány praktické otázky a doporučení, které jsou zaměřeny na návrh a výrobu plošných spojů v podmínkách školy.

8.1 JAK ZVĚTŠIT PRŮMĚR PÁJECÍ PLOŠKY?

Rozměry a tvar pájecí plošky (PAD) konkrétní součástky jsou definovány při tvorbě součástky v editoru knihovny. Při použití součástky z knihovny je již nemůžeme měnit. V případě, že nám z výrobního hlediska nevyhovují (tvar, rozměry, průměr otvoru) je možný následující postup s využitím přidáním prokovů (VIA) na desku.

Postup:

- po vytvoření motivu spojů přejdeme do nejmenšího rastru **GRID/SIZE/FINEST**,
- aktivujeme ikonu **VIA** a umístíme prokovy na požadovaná místa,
- nastavíme parametry prokovů (průměr: **CHANGE/DIAMETR**, průměr otvoru: **CHANGE/DRILL**, tvar: **CHANGE/SHAPE**).



Situace je zobrazena na *obr. 26*, kde jsou vytvořeny prokovy VIA v místech originálních vývodů 1, 2, 3 rezistorů s parametry- průměr prokovu 2,5 mm, průměr otvoru 0,4 mm, tvar kulatý. Originální plošky 4 mají parametry- 1,24 mm, 0,76 mm, osmihran.

Obr. 26 Zvětšení pájecích plošek pomocí prokovů

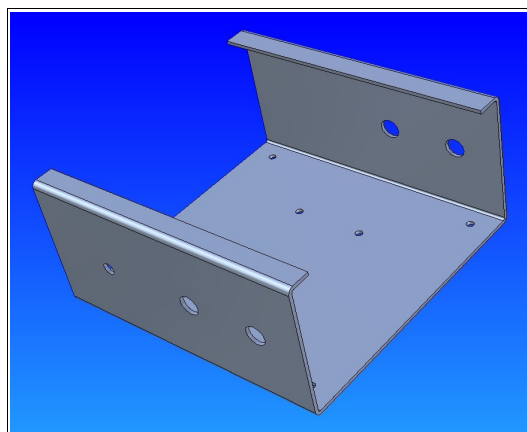
8.2 PROČ POUŽÍVAT JEDNOTNÝ PRŮMĚR OTVORŮ PRO VÝVODY NA KLIŠÉ PLOŠNÉHO SPOJE?

Při vrtání otvorů do plošných spojů pro vývody součástek musíme zajistit, aby otvor byl přesně ve středu pájecí plošky. Střed před vrtáním označíme např. důlčičkem a to je často velice nepřesné. Při nedodržení tohoto požadavku jsou spoje nevzhledné a při vrtání může dojít k situaci, že vrták „vykousne“ měď z pájecí plošky. Dojde až k jejímu zničení (odtržení Cu folie). Použijeme postup popsany v otázce 8.1. Po vyleptání plošného spoje budeme mít přesně ve středu pájecí plošky otvor v měděné folii o průměru např. 0,4 mm, který nám při vrtání vystředí vrták.

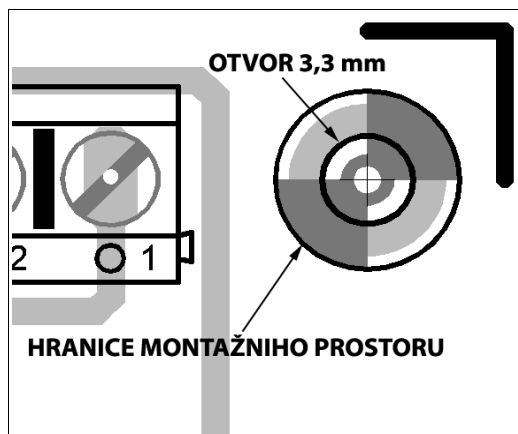
8.3 JAK PŘIPOJIT KABEL K DPS?

V případě, že nepoužijeme konektory, svorkovnice do plošných spojů, např. typu ARK a nebo plastové kabelové přičky, můžeme kabel proti vytržení jednotlivých žil zajistit následujícím způsobem.

Poblíž pájecích plošek vytvoříme dva prokovy (viz. otázky 8.1 a 8.2). Z vodiče vytvoříme můstek pod kterým podvlečeme kabel, můstek upravíme a připájíme na pájecí plošku. Uchycení můžeme zpevnit lepidlem. Na fotografii konstrukce, *obr. 25*, je tento amatérský způsob zachycen.



Obr. 28 Model konstrukce

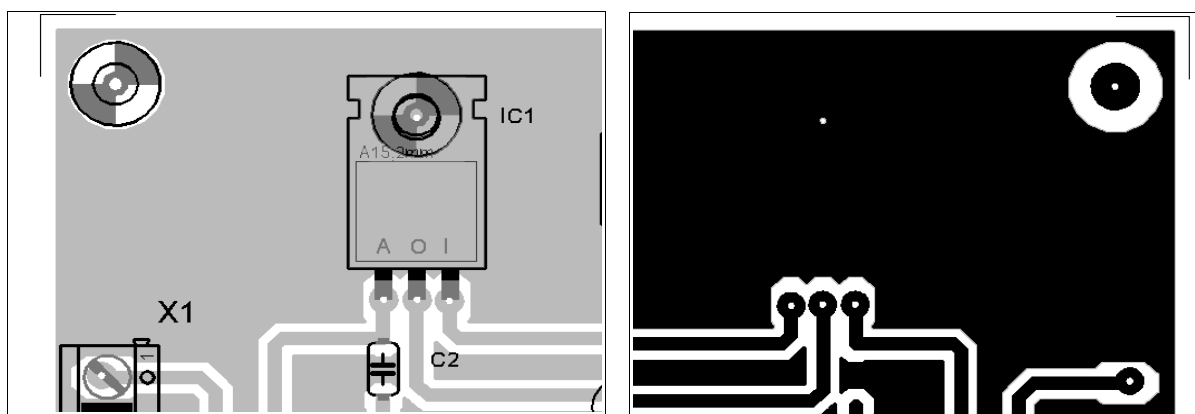


Obr. 29 Montážní otvor

8.5 JAK ŘEŠIT CHLAZENÍ A NAPÁJENÍ OBVODU?

Ke chlazení součástek můžeme využít oblast Cu folie pod pouzdem součástky (nejsou zde plošné spoje), kterou vytvoříme pomocí polygonu (viz. bod 5.10). Vyvráme otvor a pouzdro upevníme šroubem. Můžeme použít i „rozlitou měď“ na celé desce, tento způsob je zobrazen na obr. 28.

Při větším ztrátovém výkonu je nutné použít chladič, který umístíme na desku a při nedostatku místa mimo desku. V tomto případě musíme vyřešit připojení součástky k desce pomocí vodičů a pájecích plošek. Vždy musíme chladič se součástkou mechanicky upevnit k desce a nebo konstrukci.



Obr. 28 Pohled ze strany součástek a na motiv plošného spoje

Při řešení napájení obvodu dodržujeme následující pravidla:

- součástky citlivé na teplo (elektrolytické kondenzátory) neumísťujeme v blízkosti chladičů a součástek, které se zahřívají- tranzistory, integrované obvody, výkonové rezistory.....,
- při použití monolitických stabilizátorů typu 78xx a 79xx umístíme keramické kondenzátory co nejbližší ke vstupním a výstupním vývodům stabilizátoru,
- vhodným vedením plošných spojů snižujeme plochy jednotlivých proudových

smyček,

- blokovací kondenzátory umístíme co nejbliž ke spotřebičům.

8.6 JAKÁ JE ŠÍŘKA SPOJŮ A MEZERA MEZI NIMI?

Šířku plošných spojů volíme s ohledem na dovolené oteplení spoje, tloušťku Cu folie a proud protékající plošným spojem. K určení šířky existují grafy, tabulky a programy na PC.

Z hlediska vyrobitelnosti je nutné si stanovit minimální šířku. V podmínkách kusové výroby jednoho vzorku fotocestou je na naší škole stanovena min. šířka spoje- 0,3 mm, v nutných případech na krátké vzdálenosti (do 5 mm), např. průchod mezi vývody je 0,25 mm.

V případě dostatku místa na desce volíme spoje s větší šířkou. Toto je vhodné např. u svorkovnic s kombinací pájecích plošek s větším průměrem- zajištění mechanické pevnosti.

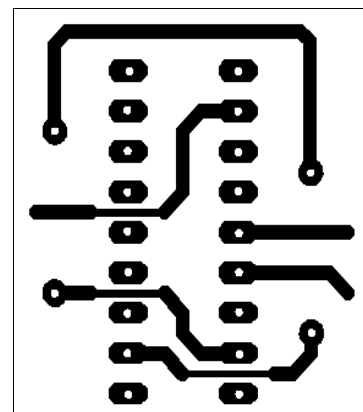
Minimální mezera mezi spoji je stanovena 0,4 mm.

8.7 JAK VÉST SPOJ MEZI VÝVODY INTEGROVANÉHO OBVODU?

V případě, že musíme změnit šířku plošného spoje, např. při průchodu mezi vývody integrovaného obvodu, postupujeme takto:

- **ROUTE** - vedu spoj ve vrstvě 16 s nastavenou šířkou spoje **WIDTH** - ukončím v místě, kde chci změnit šířku kliknutím LTM - v okně **WIDTH** změním šířku spoje a pokračuji se zvolenou šířkou mezi vývody integrovaného obvodu – segment ukončím kliknutím na LTM a zvolím původní šířku spoje a pokračuji ve vedení spoje.

Mohu použít i další postup, kdy mám již vytvořené spoje. Příkazem **SPLIT** rozdělím spoj na segmenty a pomocí **CHANGE/ WIDTH** měním šířku spoje daného segmentu.



Obr. 29 Změna šířky spoje mezi vývody

8.8 JAK ŘEŠIT PROPOJKY NA PLOŠNÉM SPOJI?

Na obr. 23 a 25 jsou zobrazeny propojky. K tomuto řešení přistupujeme zpravidla v případě, že plošný spoj by byl složitý. V E PCB (SCH E vypneme) vložíme dva prokovy (VIA), které spojíme čarou **WIRE** (můžeme si nastavit její šířku a barvu) ve vrstvě 1- TOP. Propojky je vhodné umísťovat ve vodorovné a svislé rovině.

V dokumentaci při popisu postupu montáže je důležité na umístění propojek upozornit a osadit je dříve a to především v případě, že vedou pod součástkami a paticemi.

8.9 JAKÁ JSOU ZÁKLADNÍ PRAVIDLA PRO VEDENÍ PLOŠNÝCH SPOJŮ?

Při vytváření plošných spojů respektujeme následující hlavní zásady:

- spoje vedeme svisle a vodorovně,
- zalomení spoje provádíme pod úhlem 45°,
- z pájecí plošky vycházíme vždy svisle a nebo vodorovně až potom provádíme zalomení,
- šikmé spoje jsou vždy pod úhlem 45° a mají co nejkratší délku,
- z oválné pájecí plošky vycházíme spojením z kratší strany,
- minimální vzdálenost spoje od okraje desky je 5 mm,
- podle možností využíváme metodu „rozlití mědi“ - méně odpadů (ekologie),
- na desce se snažíme používat jednotnou šířku spojů (podle možností),
- hustota spojů na desce musí být rovnoměrná,
- respektujeme montážní otvory, spoje nevedeme v jejich blízkosti.

Podrobnější popis je uveden v doporučené literatuře [1], [3], [7], [9].

DOPORUČENÁ A POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Abel, M.: Plošné spoje se SMD, návrh a konstrukce, Nakladatelství Platan, 2000
- [2] Šťastný, J a kol.: Manuál technické dokumentace, Koop, 1999
- [3] Záhlava, V.: Metodika návrhu plošných spojů, Vydavatelství ČVUT, 2000
- [4] EAGLE 4.1 Tutorial, CadSoft Computer, Inc., 2003
- [5] EAGLE 4.1 Reference Manual, CadSoft Computer, Inc., 2003
- [6] GM ELECTRONIC Součástky pro elektroniku, 2006
- [7] Špot, J.: Jak se rodí profesionální plošné spoje, Radio plus KTE č. 6-12/2000
- [8] Materiály z <http://www.cadsoft.de>, <http://www.cadware.cz>, <http://www.eagle.cz>
- [9] Juránek, A., Hrabovský, M.: EAGLE návrhový systém plošných spojů, BEN, 2005