

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Electronics Workbench

NI Ultiboard 11

Martin Pihrt



Slovo úvodem

Cílem projektu je vytvoření výukového materiálu a jeho pilotní ověření v praxi, který žákům umožní pracovat s moderním návrhovým softwarem pro vytváření desek plošných spojů. Plošný spoj, někdy označován zkratkou PCB, DPS (Deska Plošných Spojů) se využívá všude tam, kde je potřeba použít a propojit několik elektronických součástek pro funkci nějakého zařízení. Aby tyto součástky nebyly propojeny jen pomocí vodičů, což by nevypadalo moc esteticky a spolehlivost tohoto zařízení by nebyla moc velká (představte si například, jak by byla velká základní deska počítače, kdyby její součástky byly propojeny jen pomocí vodičů) začaly se již v počátcích elektroniky používat plošné spoje. Plošný spoj tedy nahrazuje propojení pomocí vodičů tenkými, vodivými cestami z mědi umístěnými na nosné destičce. DPS byly poprvé vyvinuty rakouským inženýrem Paulem Eislerem (narodil se ve Vídni, kde také vystudoval na univerzitě. Začal rozvíjet výrobní proces během druhé světové války, kde získal řadu patentů týkajících se procesu leptání, definování tras spojů na desce plošných spojů).



Obr. č. 1 Způsoby montáže součástek na DPS

ULTIBOARD je software firmy **National Instruments** pro návrh DPS. Pomáhá při provádění hlavních kroků v rozvržení obvodů a zároveň provádí některé základní CAD mechanické operace pro následnou průmyslovou automatizovanou výrobu. **Zdrojem informací** byly stránky výrobce programu: <u>http://www.ni.com</u>

*** Tato kniha neprošla jazykovou úpravou ***

© 2012 Střední odborné učiliště elektrotechnické, Vejprnická 56, 31800 Plzeň

Obsah

SLOVO ÚVODEM	3
Овзан	4
KAPITOLA 0 – METODIKA VÝROBY PLOŠNÝCH SPOJŮ	6
Princip vrstev a jejich použití	6
KAPITOLA 1 – UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ	
1.1 Lišty s nástroji (Toolbars, Obr. č. 7)	
1.2 Standardní lišta s nástroji (Standard Toolbar, Obr. č. 8)	
1.3 HLAVNÍ LIŠTA S NÁSTROJI (MAIN TOOLBAR, OBR. Č. 9)	14
1.4 Pohledová lišta s nástroji (View Toolbar, Obr. č. 10)	15
1.5 LIŠTA S NÁSTROJI PRO VÝBĚR (SELECT TOOLBAR, OBR. Č. 11)	
1.6 LIŠTA S NÁSTROJI PRO KRESLENÍ (DRAW SETTINGS TOOLBAR, OBR. Č. 12)	
1.7 LIŠTA S NÁSTROJI ÚPRAV (EDIT TOOLBAR, OBR. Č. 13)	
1.8 LISTA S NASTROJI PRO ZAROVNANI (ALIGN TOOLBAR, UBR. C. 14)	
1.9 ΕΙΣΤΑ Σ ΝΑΣΤΚΟΙΙ VKLADANI PKVKU (PLACE TOULBAR, OBK. C. 15)	20 22
1.10 LISTA S NASTROJI NAVNIOVENO PROVODEL (WIZARD TOOLBAR, OBR. C. 10)	
1.12 Uzamknutí lišt s nástroji (Locking Toolbar)	
1.13 LIŠTA S NÁSTROJI JE REDUKOVÁNA (TOOLBAR BEHAVIOR WHEN ULTIBOARD SIZE IS REDUCED, OBR. Č. 20)	
KAPITOLA 2 – ZAČÁTEK NÁVRHU (DESIGN)	24
2.1 Nový soubor	
2.2 IMPORTOVÁNÍ SOUBORU	
2.3 OTEVŘENÍ EXISTUJÍCÍHO SOUBORU	
KAPITOLA 3 – NASTAVENÍ	
2.1 Ναστανιενί να αστνοστί αροφραμαμ - Ομοραι Βρεγερενίες	26
3.2 NASTAVENÍ VLASTNOSTI PROGRAMU – GLOBAL PREFERENCES	
KAPITOLA 4 – PRÁCE S DÍLY	
4.1 Vkládání dílů (Placing Parts)	
4.2 Přetažení dílů z osnovy na desku (Dragging Parts from Outside the Board Outline)	
4.3 PRÁCE S DÍLY V REŽIMU ZOBRAZENÍ TABULKY (USING THE PARTS TAB IN THE SPREADSHEET VIEW)	
4.4 Nástroje napomáhající při vkládání dílů (Tools to Assist Part Placement)	38
4.4.1 Práce s logickými spojeními (Working with Ratsnests)	38
4.4.2 PRÁCE SE SILOVÝMI VEKTORY (WORKING WITH FORCE VECTORS)	
4.4.3 PŘESOUVANÍ DÍLŮ PO DESCE (DRAGGING PARTS)	
4.4.5 PREKRESLOVANI (RE-ROUTOVANI) SPOJU PRI POHYBU DILU PO DESCE (RUBBER BANDING)	
4.4.0 POSTRKOVANI DILO (SHOVING PARIS)	
4.4.8 ZAROVNÁNÍ, MEZERY DÍLŮ (ALIGNING SHAPES, SPACING SHAPES AND PARTS)	
4.4.9 PŘEMOSTĚNÍ SPOJŮ – PROPOJKY (WORKING WITH JUMPERS)	
4.4.10 TESTOVACÍ VÝVODY (WORKING WITH TEST POINTS)	46
4.4.11 Práce s rozměry (Working with Dimensions)	49
KAPITOLA 5 – ZPŮSOBY NÁVRHU MĚDĚNÝCH CEST	50
5.1 RUČNÍ METODA (PLACE LINE)	52
5.2 Follow-me metoda (Follow-me Router)	54
5.3 Metoda strojového připojení (Connection Machine)	55
5.4 Automatická metoda (Autorouter-směrovač)	57
5.5 AUTOROUTING U SBĚRNIC (AUTOROUTING BUSES)	59
5.6 PRACE S INDIKATOREM HUSTOTY VÝVODŮ A SPOJŮ (DENSITY BARS)	
5.7 IVIAXIMALNI VYUZITI METOD PRI NAVRHU DESKY	62

KAPITOLA 6 – DPS (PCB) KALKULAČKA	63
6.1 Kalkulačka pro výpočet spojů (Transmission Line Calculator) 6.1.1 Mikropáskové spoje (Microstrip) - LINE 6.1.2 Vložené mikropáskové spoje (Embedded Microstrip) - LINE	
6.1.3 STŘEDNĚ PÁSKOVÉ SPOJE (CENTERED STRIPLINE) - LINE	65
6.1.4 NESOUMĚRNÉ MIKROPÁSKOVÉ SPOJE (ASYMMETRIC STRIPLINE) - LINE	66
6.1.5 DVOJITÉ MIKROPÁSKOVÉ SPOJE (DUAL STRIPLINE) - LINE	
6.2 KALKULAČKA PRO VÝPOČET IMPEDANCE SPOJŮ (DIFFERENTIAL IMPEDANCE CALCULATOR)	
6.2.1 MIKROPASKOVÉ SPOJE (MICROSTRIP) - IMPEDANCE	
6.2.2 VLOZENE MIKROPASKOVE SPOJE (EMBEDDED MICROSTRIP) - IMIPEDANCE	
6.2.3 STREDNE PASKOVE SPOJE (CENTERED STRIPLINE) - INTPEDANCE	
6.2.4 NESOUMERNE MIKROPASKOVE SPOJE (ASYMIMETRIC STRIPLINE) - INTPEDANCE	
KAPITOLA 7 – PŘÍPRAVA PRO VÝROBU	76
7.1 Vložení a úprava textu (Placing and Editing Text) 7.2 Snímání vybrané části obrazovky (Capturing Screen Area)	
KAPITOLA 8 – 3D ZOBRAZENÍ (VIEWING DESIGNS IN 3D)	79
8.1 Prohlížení desky ve 3D (Viewing the Board in 3D) 8.2 Zobrazení rozměrů (Showing an Object's Height) 8.3 Boční pohled na vrstvy (Internal View)	
KAPITOLA 9 – PŘÍKLADY A ÚLOHY	
9.1 Příklad návrhu – úloha PWM generátor s IO 555 9.2 Příklad návrhu – úloha NF jednostupňový předzesilovač v zapojení SE	
KAPITOLA 10 – EL. VÝROBKY A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	
10.1 Bezolovnaté pájení (Pb – Free) 10.2 Likvidace el. zařízení (WEEE)	118 121
KAPITOLA 11 – KOMPONENTA ICT	
Prostor pro vlastní poznámky	131

Kapitola 0 – Metodika výroby plošných spojů

Princip vrstev a jejich použití

Návrh plošného spoje spočívá ve tvorbě pouzder součástek, nastavení technologických podmínek, načtení netlistu, definici obrysu desky, rozmístění součástek, návrhu vedení spojů, finálních úpravách, kontrole návrhových pravidel a generování technologických dat. V každé fázi návrhu je třeba mít na zřeteli následující hlediska:

Vyrobitelnost – deska musí být navržená tak, aby byla vyrobitelná. Musíme určit počet vrstev plošného spoje, respektovat třídy přesnosti a vůbec mít na zřeteli technologické možnosti výrobců a formáty výrobních technologických dat. Samozřejmě do úvah vstupují ekonomické otázky. Třídy přesnosti by měl návrhář ovládat naprosto brilantně. Jedná se o znalost minimálních šířek spojů, izolačních vzdáleností, průměrů vrtáků atd. z hlediska technologických možností.

Osazování a pájení – způsob osazování navrhované desky ovlivňuje požadavky na definici pouzder součástek a jejich rozmístění na desce plošného spoje. Například při osazování do pájecí pasty a následném pájení pomocí přetavení (reflow) musí pouzdra součástek obsahovat vrstvu, ve které budou definovány plošky pro nanášení pájecí pasty, při pájení na vlně nesmíme porušit pravidla o minimálních vzájemných vzdálenostech součástek...

Elektrická funkce – hledisko elektrické funkce je velmi obsáhlé. Na základě znalosti funkce obvodu navrhovaného plošného spoje musí být provedeno správné rozmístění součástek, při návrhu vedení spojů musí být respektována pravidla maximálního proudového a napěťového zatížení spojů, otázky přeslechu, impedancí, zpoždění při šíření signálu, způsobu zemnění, odvodu tepla, elektromagnetické kompatibility...

Princip vrstev a jejich využití

Program pro návrh plošných spojů umožňuje pracovat v mnoha vrstvách, určených pro různé účely (například vrstvy spojů, nepájivých masek, servisního potisku atd.). Do vrstev se potom vkládají různé typy objektů (pájecí plošky, spoje, texty, obrysy součástek, obrysy plošného spoje...) Nejčastěji používané vrstvy (jejich název): Vedení spojů, nepájivá maska, pájecí pasta, obrysy součástky, servisní potisk, osazovací výkres, vrtací výkres, data pro NC vrtačku.

Knihovny pouzder

Před načtením netlistu je nutné zkontrolovat, popřípadě nadefinovat pouzdra pro všechny použité součástky. Je nutné dát pozor především na tato pravidla:

- Třídy přesnosti je nutné dodržovat základní parametry tříd přesnosti. Při definici pouzder připadají v úvahu především tyto položky: minimální otvor, minimální velikost pájecích plošek.
- Průměry vrtáku nebo konečných otvorů v definicích pájecích plošek by se měly používat spíše konečné průměry otvorů.

Správné průměry otvorů a rady používaných hodnot – otvor pájecí plošky by měl být minimálně o 0,2 mm větší, než je průměr nožičky součástky. Zároveň je dobré si ujasnit, jaké průměry otvorů budeme ve svých knihovnách používat. Souřadnicová vrtačka má omezený počet zásobníků (zpravidla 9) a použití většího počtu průměrů zpomalí a prodraží výrobu.

- Obrysy pouzdra tím jsou míněny obrysy pouzdra za účelem správného rozmístění součástek. Tyto obrysy musí respektovat nejen vlastní rozměry součástek, ale i další aspekty, související se způsobem osazování, pájení a testování. U součástek, které vyžadují chlazení, se nesmí zapomenout na obrysy chladiče včetně způsobu jeho uchycení na plošném spoji.
- Servisní potisk jedná se o motiv, který bude vytištěn na plošném spoji (zpravidla metodou sítotisku). Nesmí zasahovat do pájecích plošek a šířka čar nesmí být tenčí než 8 milů (0,2 mm).
- Pájecí pasta v případě osazování součástek do pájecí pasty a následném pájení pomocí přetavení je nutné definovat ve speciální vrstvě plošky pro nanášení pájecí pasty. Pájecí pasta se totiž na plošný spoj nanáší protlačením pájecí pasty přes planžety metodou sítotisku. Vstupními podklady pro výrobu planžet jsou filmy s obrazci pájecích plošek.
- Nulová souřadnice součástky při perspektivě strojního osazování je nutné na součástce označit referenční bod, tedy místo, které reprezentuje souřadnice součástky na plošném spoji. Za tento bod bude součástka chycena vakuovou pipetou osazovací ruky automatu.



Obr. č. 2 Pouzdro součástky

Načtení netlistu

Při načítání netlistu dochází k postupnému vyvolávání pouzder součástek z knihoven, umísťování na pracovní plochu a nadefinování propojení jejich pinů. Současně se přenášejí všechny příslušné položky a nastavení vlastností součástek a uzlů.

Nastavení technologických podmínek

Správné nastavení programu je velmi důležitým předpokladem pro celý další postup návrhu plošného spoje. Konkrétní způsob nastavení závisí na použitém návrhovém systému.

Z metodického hlediska návrhu plošného spoje je nutné provést nastavení nebo kontrolu především těchto položek:

Rastr – jedná se o nastavení kvantování rozměrových jednotek pro různé typy operací při návrhu plošného spoje. Rozlišujeme například rastr pro rozmísťování součástek, pro vedení spojů atd. Samozřejmě návrhové programy umožňují pracovat takzvaně "bezrastrově", což zpravidla šetří místo na plošném spoji. Při jeho nastavování je nutné sledovat dva základní aspekty:

1. Použitá třída přesnosti z hlediska šířky spojů a izolačních vzdáleností.

Z ekonomických důvodu je žádoucí pokládat spoje s co možná největší hustotou na hranici třídy přesnosti.

 Rastr pro rozmístění součástek, respektive rastr umístění jejich pájecích plošek. Při manuálním návrhu spojů je velmi nepraktické a neefektivní, jestliže nebude rastr pro vedení spojů dělitelem rastru rozmístění pájecích plošek. V současné době se zpravidla používá rastr 25 milu (0,635 mm).

Rastr pro rozmísťování součástek tedy volíme 25 milu. Rastr pro vedení spojů musí respektovat šířku spojů a izolační vzdálenosti a zároveň se musíme "trefit" do rastru pájecích plošek součástek. Splnit oba tyto požadavky celočíselným rastrem je někdy

nemožné. Programy pro návrh plošných spojů proto umožňují zadávat rastr v podobě zlomku. Například ve 4. třídě přesnosti je minimální šířka spojů i izolační vzdálenost 12 milu. Při rastru pájecích plošek 25 milu tedy použijeme rastr pro vedení spojů 12 1/2. V 5. třídě přesnosti je minimální šířka spojů a izolační vzdálenost 8 milu, vhodný rastr pro vedení spojů bude tedy 8 1/3 (Obr. č. 3).



Obr. č. 3 Rastr pro 4. a 5. třídu přesnosti (rozměry v milech)

Vrstvy – jedná se především o určení počtu elektrických vrstev a určení jejich významu. Rozlišujeme vrstvy pro vedení signálových spojů (Routing Layer) a vrstvy s rozlévanou mědí jako napájecí a zemní zóny (Plane Layer).

Izolační vzdálenosti – u uzlu, kterým nebyla nastavena izolační vzdálenost již ve schématu, je tuto nutné stanovit nyní. Přitom se musejí respektovat jak minimální vzdálenosti vyplývající z použité třídy přesnosti, tak i vzdálenosti vyplývající z elektrické pevnosti.

Šířka spojů – nastavení šířek spojů je opět možné již ve schématu, nicméně zpravidla se tak činí pouze u kritických spojů a u ostatních běžných spojů se šířka nastavuje právě v rámci vlastního návrhu plošného spoje. Přitom je nutné respektovat hledisko použité třídy přesnosti a zároveň podmínky maximální povolené proudové hustoty.

Další nastavení uzlů – uzlům můžeme přiřadit některé další vlastnosti, jako například barvu spojových vektorů neboli takzvaných "gumiček" (=grafické znázornění odkud a kam má být navržen spoj), metody vedení spojů (90°, 45°, libovolný úhel...), použité prokovy, pravidla pro autorouter atd.

Prokovy – jsou to vodivé průchody z jedné spojové vrstvy do druhé. Je nutné nastavit jejich parametry v souladu s použitou třídou přesnosti, jmenovitě průměr průchozího otvoru a velikost plošky.



Obr. č. 4 Definice termální plošky

Termální plošky – pájecí plošky, které mají být připojené k měděné ploše (rozlité zóně), se připojují pomocí takzvaných termálních plošek, které zabraňují nadměrnému odvodu tepla při pájení. U termálních plošek se definuje šířka a délka jejich paprsku (Obr. č. 4). Šířka by měla korespondovat s minimální šířkou spoje a délka s izolační vzdáleností dle použité třídy přesnosti.

Kapitola 1 – uživatelské rozhraní

Ovládá veškerá nastavení – ovládání programu. Skládá se z lišt s nástroji (Toolbars). Veškeré panely lze libovolně přesouvat po rozhraní (vlevo, vpravo, nahoru, dolu):



Obr. č. 5 Uživatelské rozhraní po spuštění programu



Obr. č. 6 Uživatelské rozhraní při otevřeném pracovním souboru

1.1 Lišty s nástroji (Toolbars, Obr. č. 7)

Lišty s nástroji, které jsou dostupné v Ultiboardu 11 (Obr. č. 7)

- Standard Toolbar (Standardní lišta)
- Main Toolbar (Hlavní lišta)
- View Toolbar (Pohledová lišta)
- Select Toolbar (Lišta s nástroji pro výběr)
- Draw Settings Toolbar (Lišta s nástroji pro kreslení)
- Edit Toolbar (Lišta s nástroji úprav)
- Align Toolbar (Lišta s nástroji pro zarovnání)
- Place Toolbar (Lišta s nástroji vkládání prvků)
- Wizard Toolbar (Lišta s návrhovým průvodcem)
- Autoroute Toolbar (Lišta s nástroji automatického trasování)
- Locking Toolbar (Lišta s nástroji pro uzamknutí prvků)
- Toolbar Behavior When Ultiboard Size is Reduced (Lišta s nástroji pro zmenšenou velikost)

Poznámka: Jestliže uvedené lišty s nástroji nejsou viditelné (zapnuté), nastavte v panelech: View/Toolbars/<toolbar name> Nebo na uživatelském rozhraní pravým tlačítkem myši.



Obr. č. 7 Otevření záložky panelů

1.2 Standardní lišta s nástroji (Standard Toolbar, Obr. č. 8)

Standardní lišta obsahuje tlačítka pro obvykle vykonávané funkce jako jsou: **načíst soubor**, **uložit soubor**, **tisknout**... Klávesovou zkratkou **Ctrl** + ... lze vyvolat funkci bez použití myši, nebo pracného vyhledávání v menu.



Tlačítka (Button)	Popis (Description)
	New = Vytvořit nový soubor pro tvorbu plošného spoje. Ctrl+N
۲ ۲	Open = Otevřít dříve vytvořený soubor s tvorbou plošného spoje. Ctrl+O
1 1 1	Open sample = Otevřít vzorový soubor s návrhem plošného spoje.
	Save = Uložit rozpracovaný soubor s návrhem plošného spoje. Ctrl+S
3	Print = Vytisknout návrh plošného spoje. Ctrl+P
*	Cut = Vyjmout vybrané prvky a vložit je do schránky. Ctrl+X
Ē	Copy = Kopírovat vybrané prvky a vložit je do schránky. Ctrl+C
Ē	Paste = Vložit ze schránky prvky do místa kde je kursor. Ctrl+V
50	Undo/Redo = Zpět/dopředu v úpravách Ctrl+Z/Ctrl+Y

Tlačítka ve standardní liště a jejich význam jsou popsány v tabulce č. 1

Tabulka č. 1

1.3 Hlavní lišta s nástroji (Main Toolbar, Obr. č. 9)

Hlavní lišta (panel) nástrojů obsahuje tlačítka pro běžné funkce návrhu plošného spoje. Její tlačítka jsou popsána níže v tabulce č. 2



Tlačítka (Button) **Popis** (Description) Select = Tlačítko Select. **Deaktivuje** \mathcal{N} všechny vybrané režimy a umožňuje vybírat prvky na desce. Ctrl+Shift+S Design Toolbox = Zobrazí nebo skryje 뭐 Design Toolbox stavové okno se seznamem úloh a podúloh. Spreadsheet View = **Zobrazí nebo skryje** Ħ Spreadsheet View stavové okno se seznamem nastavení (DRC, parts...) Database Manager = Správce knihovny 엏 součástek pro konverzi a úpravu parametrů nebo export. Board Wizard = Návrhový průvodce pro i) vytvoření nové desky (parametrů desky). Part Wizard = Návrhový průvodce pro ÷ výběr komponentů umístěných na desku (parametrů součástek). Place Part from Database = Procházení ľ₽+ databáze součástek a dílů. vkládání součástek a dílů na desku. Ctrl+W Place Line = Manuální metoda pro kreslení Ľ spoje (měděné cesty na desce). Ctrl+Shift+L Follow-me = Manuální metoda pro kreslení Ľ spoje (měděné cesty na desce) s automatickým obcházením již

Tlačítka v hlavní liště a jejich význam jsou popsány v tabulce č. 2

	namalovaných měděných spojů. Ctrl+T
3	Place Via = Vložení prokovu (vodivé průchody mezi vrstvami desky).
đ	Place Copper Area = Manuální vložení plochy rozlité měděné oblasti (měděná výplň – stínění).
	Create Power Plane = Vytvoření (přiřazení) výkonové šířky spoje (napájecí spoje).
**	Design Rule Check = Kontrola správnosti zapojení spojů a případných chyb v návrhu.
AL	Place Text = Vkládání textu na desku (informace pro výrobu)
1	Show 3D button = Zobrazuje aktuální návrh desky ve třech rozměrech (ve 3D)
	Capture Screen Area = Okno pro ohraničení desky, jeho vyfocení a uložení do paměti pro další potřebu.
?	Help = Nápověda k daným situacím rozdělená do kategorií (glosář) F1

Tabulka č. 2

1.4 Pohledová lišta s nástroji (View Toolbar, Obr. č. 10)

Tato lišta slouží jako pomocník ZOOM (lupa) pro zvětšení detailů návrhu, na ploše, v celoobrazovkovém rozlišení. Její tlačítka jsou popsána níže v tabulce č. 3



Tlačítka (Button)	Ponis (Description)
	Redraw the Screen = Překreslí okno (refresh) plochy s právě otevřeným návrhem desky. F5
	Toogle Full Screen = Přepnout (zobrazit) na celou obrazovku.
Q	Increase Zoom = Zvětšit celou desku (přiblížit plochu) stiskem. F8
Q	Decrease Zoom = Zmenšit celou desku (oddálit plochu) stiskem. F9
Q	Zoom Area = Zvětšit danou výseč desky (plochy). F6
Q	Zoom Bounds = Automatické přiblížení/oddálení celé desky do maximální velikosti plochy (celá deska na monitoru). Ctrl+F7

Tlačítka v pohledové liště a jejich význam jsou popsány v tabulce č. 3

1.5 Lišta s nástroji pro výběr (Select Toolbar, Obr. č. 11)

Tato lišta slouží jako filtr k zapnutí/vypnutí (aktivaci/deaktivaci) možného označování (výběru) na desce (lze povolit práci na desce pouze na díly nebo spoje atd...). Její tlačítka jsou popsána níže v tabulce č. 4



Tlačítka (Button)	Popis (Description)
V ₀	Enable Selecting Parts = Povolení/zakázání výběru součástek (dílů).
7	Enable Selecting Traces = Povolení/zakázání výběru spojů .
P.	Enable Selecting Copper Areas = Povolení/zakázání výběru měděné oblasti .

Tlačítka v nástrojové liště a jejich význam jsou popsány v tabulce č. 4

7.	Enable Selecting Vias button = Povolení/zakázání výběru průchodek (prokovy mezi vrstvami desky).
™	Enable Selecting Pads = Povolení/zakázání výběru vývodů součástek. (pájecí plochy součástek).
₹ Ţ	Enable Selecting SMD Pads = Povolení/zakázání výběru SMD vývodů. (pájecí plochy SMD součástek).
\	Enable Selecting Attributes = Povolení/zakázání výběru atributů (například popisky dílů, nápisy na desce).
	Enable Selecting Other Objects = Povolení/zakázání výběru ostatních prvků desky.

1.6 Lišta s nástroji pro kreslení (Draw Settings Toolbar, Obr. č. 12)

Tato lišta slouží k možnosti nastavení šířky spojů, výběr vrstvy, obarvení spojů, vzhled a tvar spojů, výplně. Její tlačítka jsou popsána níže v tabulce č. 5

Copper Top	🖌 Automatic (10.0000 mil)	mil	
Obr. č. 12 Draw settings Toolbar			

i factika v fiste pro krestelli a jejich vyznam jsou popsany v tabulce c. 5		
Tlačítka (Button)	Popis (Description)	
Copper Top	Selects the layer for the line = $Výběr vrstvy$ pro vedení spojů.	
Automatic (10.0000 mil) 🗸	Sets the thickness = Výběr šířky spojů. (nastavuje se na kartě nastavení programu – global preferences).	
mil	Sets the unit = Výběr nastavení jednotek (nm, um, mm, mil, inch).	
*	Select Fill Color = Výběr barvy výplně vrstvy.	
•	Select Fill Style = Výběr stylu výplně (průhledné/neprůhledné).	
<u> </u>	Select Line Color = Výběr barvy spoje .	

Tlačítka v liště pro kreslení a jejich význam jsou popsány v tabulce č. 5

 Select Line Type = Výběr typu spoje (přerušovaný/souvislý
spoj).

1.7 Lišta s nástroji úprav (Edit Toolbar, Obr. č. 13)

Tato lišta slouží k úpravám (editaci) prvků na desce (orientaci prvků). Její tlačítka jsou popsána níže v tabulce č. 6



Tlačítka (Button)	Popis (Description)
:Ľţ	Toggle In-Place PCB Part Edit = Editace označené součástky (dílu) na desce.
A 1	Toggle In-Place Edit Text or Attribute = Editace označeného textu na desce.
21	Rotate Clockwise = Otočení součástky (dílu) po směru hodinových ručiček. Ctrl+R
▲ ≧	Rotate Counter Clockwise = Otočení součástky (dílu) proti směru hodinových ručiček. Ctrl+Shift+R
Ŷ	Swap Layer = Zrcadlové otočení součástky (dílu). Alt+S

. . **T**1 Y/1 1...... .. ,

Tabulka č. 6

1.8 Lišta s nástroji pro zarovnání (Align Toolbar, Obr. č. 14)

Tato lišta slouží k úpravám (editaci) zarovnání prvků na desce. Její tlačítka jsou popsána níže v tabulce č. 7

┣╬╴╬╕ 即़: ╩ ╬ ╬ ╬]+[]\$[]\$[]\$[]≥[]≥[]¥]=[Obr. č. 14 Align Toolbar

Tlačítka v liště s nástroji pro zarovnání a jejich význam jsou popsány v tabulce č. 7	
Tlačítka (Button)	Popis (Description)
	Align Left = Zarovnat k levému okraji .
÷□	Align Right = Zarovnat k pravému okraji.
	Align Top = Zarovnat k hornímu okraji .
***	Align Bottom = Zarovnat k dolnímu okraji.
* <u>8</u> *	Align Center Horizontal = Zarovnat na střed vodorovně.
₩	Align Center Vertical = Zarovnat na střed svisle.
]↔[Space Acros = Nastavit stejné rozestupy vodorovně.
]\$[Space Acros Plus = Zvětšit vodorovný rozestup prvků.
]⇒[Space Acros Min = Zmenšit vodorovný rozestup prvků.
_	Space Down = Nastavit stejné rozestupy svisle.
]+	Space Down Plus = Zvětšit svislý rozestup prvků.
] [[Space Down Min = Zmenšit svislý rozestup prvků.

Tabulka č. 7

1.9 Lišta s nástroji vkládání prvků (Place Toolbar, Obr. č. 15)

Tato lišta slouží ke vkládání prvků na desku. Její tlačítka jsou popsána níže v tabulce č. 8

🖆 🖂 🔍 🥒 🦉	4 J J J J J J J J	' 🛃 📓 差 🌾 💕	A 44 🗳 🚺 🖬 📽	a 🖉 🍝
	C	br. č. 15 Place Toolbar		

Tlačítka v liště s ná	stroji pro vkládání a jejich význam jsou popsány v tabulce č. 8
Tlačítka (Button)	Popis (Description)
E	Place Comment = Vložit komentář k návrhu desky.
	Capture Area = Okno pro ohraničení návrhu, jeho vyfocení a uložení jako *.bmp do dočasné paměti pro další potřebu.
×	Select = Deaktivace jiného vybraného módu (př. Placing Traces). Ctrl+Shift+S
Y	Place Line = Vložit čáru při grafickém návrhu (nebo spoj při vložení na měděnou vrstvu). Ctrl+Shift+R
I	Place Arc = Vložit obloukovou čáru. Ctrl+Shift+A
Ø	Place Elliptical Arc = Vložit eliptickou čáru.
Å	Place Bezier = Vložit vlnovité čáry . Ctrl+Shift+B
o₽	Place Circle = Vložit kruh. Ctrl+Shift+C
J	Place Ellipse = Vložit elipsu s výplní. Ctrl+Shift+E
a∮	Place Pie = Vložit výseč s výplní při grafickém návrhu (nebo spoj při vložení na měděnou vrstvu). Ctrl+Shift+P
2	Place Rounded Rectangle = Vložit zaoblený obdélník (čtverec) s výplní, po vložení zvolíme myší velikost zaoblení. Ctrl+Shift+O
Ŀ	Place Rectangle = Vložit obdélník (čtverec) s výplní.

æ	Place Polygon = Vložit polygon. Ctrl+Shift+G
al	Place Copper Area = Vložit měděnou výplň/oblast (polygon).
2	Follow-me = (Následuj mne) Ruční metoda propojování spojů a vývodů
	Ctrl+T
	Place Multiple Traces as a Bus = Vložení sběrnicových spojů (pro připojení vícepinových prvků například IO). Ctrl+B
∎ /	Place Group Array Box = Vložit tabulku.
Ŕ	Place Text = Vložit textové pole na desku. Ctrl+Alt+A
4-Q)	Place a Standard Dimension= Vložit rozměry dvou vybraných bodů.
L.	Place a Horizontal Dimension = Vložit rozměry u dvou vodorovně vybraných prvků.
I.	Place a Vertical Dimension = Vložit rozměry u dvou svisle vybraných prvků.
2	Place a Net Bridge = Vložit vodivý můstek .
=4	Place a Hole = Vložit otvor .
3	Place a Via = Vložit kovovou průchodku vrstev.
đ	Place Pins= Vložit vývod.
8	Polygon Splitter = Rozdělení měděných ploch a výkonových oblastí.
*	Remove Copper Islands = Odstranění oblastí mědi (zálivů).

1.10 Lišta s nástroji návrhového průvodce (Wizard Toolbar, Obr. č. 16)

Tato lišta slouží k návrhu desky, nebo dílu. Její tlačítka jsou popsána níže v tabulce č. 9

📦 🛱

Obr. č. 16 Wizard Toolbar

Tlačítka v liště návrhového průvodce a jejich význam jsou popsány v tabulce č. 9

Tlačítka (Button)	Popis (Description)
<u>ش</u>	Board Wizard = Průvodce návrhu desky (rozměry, vrstvy).
	Part Wizard = Průvodce návrhu dílu (součástky).

Tabulka č. 9

1.11 Lišta s nástroji automatického trasování (Autoroute Toolbar, Obr. č. 17)

Tato lišta slouží k automatickému návrhu spojů desky. Její tlačítka jsou popsána níže v tabulce č. 10

💋 🚿

Obr. č. 17 Autoroute Toolbar

Tlačítka (Button)	Popis (Description)
20 20	Begin Autoplacement = Stisknutím tlačítka autoplacing se spustí automatické umístění prvků.
	Autoroute Selected Buses = Automatické trasování sběrnic.
4	Start Trace Optimization = Spuštění optimalizace spojů.
¥)	Start/Resume Autorouting = Spuštění automatického návrhu spojů (nebo pokračování v návrhu pokud byl návrh pozastaven). Ctrl+Shift+á
1 Alexandre	Stop/Pause Autorouter = Zastavení/pozastavení automatického návrhu spojů.

Tlačítka v liště trasování a jejich význam jsou popsány v tabulce č. 10

Tabulka č. 10

1.12 Uzamknutí lišt s nástroji (Locking Toolbar)

Panely nástrojů můžeme uzamknout, abychom zabránili například nedopatřením jejich pohybu. Poté, co jsme panely vizuálně rozmístili panely uzamkneme. Toto lze provést dvěma způsoby:

- a) Zvolte **Options>Lock Toolbars** zaškrtnutím/odškrtnutím lze uzamknout/odemknout všechny panely na liště.
- b) Klepněte pravým tlačítkem myši na libovolný panel nástrojů a vyberte možnost Lock Toolbars.

Po vypnutí zámku obr. č. 18 (Lock Toolbars) u panelů nástrojů lze opět panely přetahovat po ploše za uchycení na panelech (Drag Bar – uchycení viz obr. č. 19.)



1.13 Lišta s nástroji je redukována (Toolbar Behavior When Ultiboard Size is Reduced, Obr. č. 20)

Pokud je panel s nástroji na liště zmenšen na menší velikost, než je panel sám o sobě dojde k ukrytí ostatních tlačítek panelu. Po kliknutí na dvě šipky viz. obrázek č. 20 se panel rozšíří o další tlačítka (More Buttons).



Obr. č. 20 rozšíření panelu

Kapitola 2 – začátek návrhu (design)

2.1 Nový soubor

Nový výkres je vytvořen automaticky při vytvoření nového projektu. Pamatujte si, že návrh musí být vždy spojen s nějakým projektem. Pro vytvoření nového souboru proveď te následující kroky:

- 1. Zvolte File>Open (soubor>otevřít) a otevřete projekt.
- 2. Zvolte File>New Design (soubor>nový návrh), otevře se dialogové okno.
- 3. Zadejte název výkresu do oblasti Design Name (název výkresu).
- 4. Z rozbalovacího seznamu vyberte návrh PCB Design Type.

5. Vyberte si z otevřených návrhů. **Add to project** (přidat k projektu) rozbalovací seznam zobrazuje pouze otevřené projekty.

6. Klepněte na tlačítko **OK**. Dialogové okno s výběrem výkresu zmizí a otevře se vybraný výkres.

Poznámka: Vložení prvků do výkresu lze také vytvořit pomocí importování "netlistu". Netlist soubor obsahuje informace o daném elektrickém spojení mezi prvky. Simulační program Multisim generuje *.EWNET soubor, který obsahuje všechny údaje požadované pro import do Ultiboardu.

2.2 Importování souboru

Pro importování netlist souboru proveď te následující kroky:

1. Vyberte **File>Import>UB Netlist** (soubor>import>UB netlist) a přejděte na požadovaný soubor (například: pokusný blikač.EWNET) a klepněte na tlačítko **Open** (otevřít).

2. Zadejte požadované **Units** (jednotky), **Width** (šířku) a **Clearances** (mezery) a klepněte na tlačítko **OK**. Import Netlist výběru zobrazí dialogové okno.

3. Vyberte požadované akce, *například síť Net: VCC* a klepněte na tlačítko **OK**. Přehled desky s díly je umístěn na pracovní ploše a je připraven pro umístění.

Příklad prázdných informací v netlist souboru. Hodnota -1,00000000000 znamená, že

Ultiboard bude používat výchozí hodnotu pro tento parametr.

```
(nets
(net "VCC"
(trackwidth "-1.00000000000")
(trackwidth_max "-1.000000000000")
(trackwidth_min "-1.000000000000")
(tracklength_max "-1.000000000000")
(tracklength_min "-1.000000000000")
(clearance_to_trace "-1.000000000000")
(clearance_to_pad "-1.000000000000")
(clearance_to_via "-1.00000000000")
(clearance_to_copper "-1.00000000000")
(routing_layer "")
(settings_locked "0")
(net_group "")
)
```

Příklad komponenty, informace z netlist souboru.

(components (instance "7SEG8DIP10A" "U1" (device "SEVEN SEG DECIMAL COM A BLUE") (value "SEVEN_SEG_DECIMAL_COM_A_BLUE") (gateswap "0") (pinswap "0") (component_space "0.0000000e+000") (component_group "") (settings_locked "0") (comp_variants "Default1;") (comp_variant_independent "0") (pin "5" (net "10") (pintype "BIDIR") (gategroup "") (pingroup "") (label "D") (gate "")) (pin "4" (net "11") (pintype "BIDIR") (gategroup "") (pingroup "") (label "E") (gate "")

2.3 Otevření existujícího souboru

Pro otevření existujícího souboru proveď te následující kroky:

1. Zvolte **File>Open** (soubor>otevřít). Standardně se otevře dialogové okno se seznamem souborů určených výhradně pro program Ultiboard.

2. V seznamu Files of type (typ souboru) zvolte typ souboru.

V programu Ultiboard lze otevřít následující typy souborů:

- Ultiboard soubory (*. ewprj)
- Orcad soubory (*. max, *. LLB)
- Protel soubory (*. PCB, *. DDB)
- Gerber soubory (*. GBR)
- DXF (*. dxf)
- Ultiboard 4 a 5 soubory (*. DDF)
- Ultiboard 4 a 5 knihovny (*. 155)
- Netlist soubory (*. ewnet, *. net, *. nt7)
- Calay Netlist soubory (*. net)

Vyberte váš soubor ze zobrazeného seznamu a klepněte na tlačítko **Open** (otevřít). Soubor se otevře a spolu s ním spojený projekt. Pokud otevřete Ultiboard soubor, zobrazí se návrhy v rámci tohoto projektu v záložce projekty. Pokud jste otevřeli *.DDF soubor, zobrazí se v návrhu pracovního prostoru. Soubor se stejným názvem je vytvořen automaticky.

Kapitola 3 – nastavení

3.1 Nastavení vlastností programu – Global Preferences

V globálním nastavení programu lze nastavovat tyto karty:

- General (FULL SCREEN MODE, CROSSHAIR, VIEW, MOUSE WHEEL BEHAVIOR, BACK ANNOTATION, AUTO SAVE, POINT SIZE, LINE WIDTH, BUFFER SIZE, LANGUAGE, UNICODE, LOAD LAST FILE)
- Paths (GENERAL, USER SETTINGS, DATABASE FILES)
- Message Prompts (GROUP SETTINGS)

- **Colors** (COLOR SCHEME)
- **PCB Design** (VIEW, DRC ERROR, NET CHECK, TRACE, ROUTER, PLACEMENT, CROSSHAIR, PIN DIAMETERS, FINDUCIAL MARKS)
- **Dimensions** (POSITION, ARROW STYLE, TEXT STYLE, ORIENTATION, ALIGNMENT, UNITS)
- **3D Options** (INTERNAL VIEW OPTIONS)

Cesta k nastavení na hlavním panelu: Options/Global Preferences

Gibbar Preferences	
eneral Paths Message Prompts Colors PCB Design	Dimensions 3D Options
Full Screen mode	Crosshair
Show scrollbars	Keep always on grid
Autopan	Drop on left mouse button
✓ View	Mouse wheel behavior
Show invisible attributes	Scroll workspace
Show crosshair	
Scroll/zoom workspace without selection	Center on mouse
Make back annotation file names unique by adding a Auto save settings □Enable auto save □ime inte	erval (minutes)
Minimum control point size	Line width cache size
3	10
<u>U</u> ndo buffer size	File
100	Load last <u>fi</u> le on startup
C Unicode settings	
Save .txt files as plain text (not Unicode)	
Language	
English	

Obr. č. 21 Možnosti nastavení v kartě General

Glo	bal Prefe	rences	8 3		
iener	al Paths	Message Prompts	Colors	PCB Design	Dimensions 3D Options
	General				
(Circuit defau	ılt path			C:\Documents and Settings\Owner\Dokumenty\National Inst
ι	Jser Button	images path			C:\Documents and Settings\Owner\Data aplikaci\National I
	User setti	ngs			
(Configuratio	n file			C:\Documents and Settings\Owner\Data aplikaci\National I
1	Vew user co	onfiguration file			<select one=""></select>
Ξ	Database	files			
1	Master data	base			C:\Documents and Settings\All Users.WINDOWS.0\Data apl
(Corporate d	atabase			C:\Documents and Settings\All Users.WINDOWS.0\Data apl
l	Jser databa	ise			C:\Documents and Settings\Owner\Data aplikaci\National I

Obr. č. 22 Možnosti nastavení v kartě Paths

eneral	Paths	Message P	rompts	Colors	PCB De	sign C	imensior	ns 3D	Options					
~ I I														
Спеск	the pror	npcs you war	nt to disp	ay in th	e describ	ea situa	scion:							
Gr	oup Sel	tings												
	Prompt ti Prompt ti	o change all a o change all a	applicabl applicabl	e part pr e net pro	operties operties t	to "Use :o "Use i	Group S Group Se	ettings" :ttings"	when a when a	i part is a net is add	ided to led to a	a part ç net gro	group. Jup.	

Obr. č. 23 Možnosti nastavení v kartě Message Prompts

neral	Paths Message Prompts Colors PCB Design Dimensions 3D Op	ptions
- Previ		Grayed out Grayed out factor: Min Max
Color s	:he <u>m</u> e:	
Defaul	t layout colors 🛛 🔽 New <u>s</u> cheme	Delete
Color e	ement:	
Backgr	ound	
N <u>e</u> w e	lement Delete	

Obr. č. 24 Možnosti nastavení v kartě Colors

eneral Paths Message Prompts Color	s PCB Design Dimensions 3D Options	
View V Show pin <u>1</u> mark Show copper areas Show pin info in pin	Action on DRC error Quancel the current action Ask for confirmation Qverrule	Units mill DRC & net check No real-time check Check on action end Eul real-time check
On select entire trace	On trace deletion Auto delete yia (standard) Auto delete tgardrop	Follow-me router
Part drag	On trace placement Auto trace parrowing Auto add teardrop	Crosshair I Trace gnap
Default pin diameters jumpers 7,00000 \$ Iestpoints 7,00000 \$		Automatic fiducial marks Show fiducial marks Line thjckness 5.00000 🗘

Obr. č. 25 Možnosti nastavení v kartě PCB Design



Obr. č. 26 Možnosti nastavení v kartě Dimensions

eneral Path	s Message Promoto	Colors	PCB Design	Dimensions	3D Option	15		
	 Incosage molliple 	201013	r co posigir	Canton biol is	1			
Show cop	per and silkscreen wh	ile moving						
	Background col	or						
/ Internal vi	ew options					1		
Dilse p	ormal board thickness							
Thislesses	i fan a sek lavan.							
THICKNESS	Tur each ayer:			98.42520	💭 mil	~		
Spacing b	etween layers:			0.00000	🗘 mil	*		
L								

Obr. č. 27 Možnosti nastavení v kartě 3D Options

3.2 Nastavení vlastností desky plošných spojů – PCB Properties

V nastavení vlastností desky plošných spojů lze nastavovat tyto karty:

- Attributes (NEW, CHANGE, REMOVE)
- **Grid & units** (UNITS, GRID)
- Copper Layers (VIA SUPPORT, ALLOW ROUTING, BOARD, LAYER PAIRS)
- **Pads/Vias** (THROUGH HOLE PAD ANNULAR RING, VIAS, NETS, MICRO VIAS, MOUNT PADS)
- General layers (LAYERS IN DESIGN, NAMES)
- **Design rules** (DESIGN RULE DEFAULT VALUES)
- **3D data** (BASIC 3D SETTINGS)
- Favorite layers (SELECT LAYER)

Cesta k nastavení na hlavním panelu: Options/PCB Properties

Attributes Grid & units Copper layers Pads/Vias General layers Design rules 3D data Favorite layers	
And the first	
Tan Value Vicibility	
Tag Taloo Talonky	<u>N</u> ew
	Change
	Remove

Obr. č. 28 Možnosti nastavení v kartě Attributes

Design units:	mil		~										
Grid													
Grid <u>t</u> ype:		Standard	grid	*	42	33	1	яй.	11	10	эł.	-	48
Visible grid <u>s</u> tyle	e:	Dot grid		*									35
⊻isible grid:			20.0	00000 😂									£0
Grid step name	:	Grid step v	alue:										20
Part grid	*		20.0	00000 😂									x:
Degree step:		10	000000	~									*
Grid start offse	et												
X:	0.00000	<u>Y</u> :		0.00000									~
													<i>\$</i> .:
				1						÷.		23	

Obr. č. 29 Možnosti nastavení v kartě Grid-units

Attributes	Grid & units	Copper layers	Pads/Vias	General layers	Design rules	3D data	Favorite layers	
Laver	pairs:	2	Blind v	ias				
Single	laver stack-	IDS:	Buried	vias				
			Micro	rias				
Tob:		0 👻	Allowed vi	as:				
Bott	om:	0	Throug	h Board Via from	Copper Top to	Copper Bo	ittom	
Inner	layers	2						
- Allow r	white							
Allowin	Juang							
Coppe	er layer: p	roperties						
Copp	er Top	×						
Board								
Board	outline <u>c</u> leara	nce:						
10.0	10000 😂 m	iil 🛛 💌						
Board	thickness:	(0000)						
39.3	17008 🤤 m	il 💌						
			-					

Obr. č. 30 Možnosti nastavení v kartě Copper layers

attributes	Grid & drie	s Copper layers	1 dasy nas	General layers	Designifices	5D uata	ravorice layers	Linike:	1000
Throug	h hole pad	annular ring						Onics. Mil	~
<u>T</u> op:	Fixe	d 7.0000mil, from t	he drill hole						
Inner:	Fixe	d 7.0000mil, from t	he drill hole						
Bottom	Fixe	d 7.0000mil, from t	he drill hole						
Vias Drill diar	meter			23 62205	Micro vias Drill diame	ter:		7 87402	
	inocon.				- Capture la	and diamete	ar:	15 74803	•
Pad dia	meter:			39.37008 😜	Target lan	d diameter	:	11.81102	•
Nets					Maximum I	layer span:	1	11.01102	~
Max <u>v</u> ia	s per net:	Unlimited							
Surface	a mount nar	le oversize							
Top:	s moune pac	13 0401 3120		0.00000 😂					
Bottom				0.00000 😂					
C. C		L							

Obr. č. 31 Možnosti nastavení v kartě Pads-Vias

Attributes	Grid & units	Copper layers	Pads/Vias	General layers	Design rules	3D data	Favorite layers	
Layers in	design							
PCB								
Ke Ke	eep-in/keep-or	ut						
B	oard Outline							
🗹 📈 Si	kscreen Top -	Silkscreen Botto	m					
V 🗾 30	D-Info Top - 3	D-Info Bottom						
🔽 🔤 Se	older Mask Top	o - Solder Mask B	ottom					
Board	l assembly							
Pa Pa	aste Mask Top	- Paste Mask Bo	ttom					
G	lue Mask Top -	Glue Mask Botto	m					
A:	ssembly Info 1	op - Assembly Ir	fo Bottom					
Inform	nation							
R.	atsnest							
V D	esign Rule Che	eck						
Fi Fi	orce Vectors							
O	omment							
	ourtyard							
Mech	anical							
M	echanical 1 - M	lechanical 2						
M	echanical 3 - M	lechanical 4						
M	echanical 5 - M	lechanical 6						
M	echanical 7 - M	lechanical 8						
	echanical 9 - M	1echanical 10						
2					-Layer na	ames		5
					1			1
					RI	ename	Save as default Reset to default	
								-
E	C				ſ	ОК	Capcel Apply Hel	p

Obr. č. 32 Možnosti nastavení v kartě General layers

<u>^</u>
<u>^</u>
<u>^</u>
=
(a.a.)

Obr. č. 33 Možnosti nastavení v kartě Design rules

	nits Copper	layers P	ads/Vias	General layer	s De	sign rule	s 3D	data	Favorite layers	
Enable 3D fr	ur this object]						Previ	ew:	
eneral Mat	erial Pins	Cylinder]							
Basic 3D :	ettings									
Height			0.	00000 🗘 m	il	~				
Offset			0.	00000 😒 m	il	~				
	e 2D data to	o create 3D	shape							
@ <u>5</u> 0	lid shape									
Он	sje									
Он	le with close	ed ends								
	eate sphere									
Radiu	.51			mil	~					
								20		
							_	Autor	matic preview update	V Update

Obr. č. 34 Možnosti nastavení v kartě 3D data

the day of C	wide contra	Conservation and	De de Alfred	Conservation and	(Decise under	an dete	Eavorite lawarc	
noutes	aria & units	Copper layers	Pads/vias	General layers	Design rules	3D data		
.ayer <u>1</u> :	Select	a layer		1	Layer <u>6</u> :	Sele	ect a layer	*
ayer <u>2</u> :	Select	a layer		>	Layer <u>7</u> :	Sele	ect a layer	~
ayer <u>3</u> :	Select	a layer		>	Layer <u>8</u> :	Sel	ect a layer	*
ayer <u>4</u> :	Select	a layer			Layer 9:	Sel	ect a layer	~
ayer <u>5</u> :	Select	a layer			Layer 10:	Sel	ect a layer	*

Obr. č. 35 Možnosti nastavení v kartě Favorite layers

Kapitola 4 – práce s díly

4.1 Vkládání dílů (Placing Parts)

Díly (součástky) můžeme do oblasti desky vložit několika způsoby:

- Přetažením dílů z osnovy.
- Vložením při zobrazení tabulky (Spreadsheet View pouze u některých verzí Ultiboardu).
- Importováním netlistu z jiného programu.
- Vložením dílu z databáze. Cesta na hlavním panelu: Place/From database (Ctrl+W)

Poznámka: Před umístěním dílu na desku se musíme ujistit, že máme aktivní pouze vrstvu, na kterou chceme díl vkládat (chceme-li rezistor zespodu desky, ale máme nastaveno Copper top namísto Copper Bottom, rezistor se vloží na vrchní stranu desky!)

4.2 Přetažení dílů z osnovy na desku (Dragging Parts from Outside the Board Outline)

Když v programu otevřeme netlist soubor (například z Multisimu, nebo jiného programu el. Schémat, který pracuje s netlist soubory) jsou díly ve výchozím nastavení umístěny mimo obrys desky plošných spojů. Tyto díly (prvky) mohou být přetaženy na požadované místo (do vnitřního obrysu desky). Pro přetažení dílu z osnovy do návrhu provedeme následující kroky:

- 1. Klikneme na díl a přetáhneme ho na příslušné místo. Umístěný díl zůstane zvýrazněn.
- 2. Klikneme kamkoliv na pracovní ploše pro vypnutí zvýraznění vybraného dílu.

4.3 Práce s díly v režimu zobrazení tabulky (Using the Parts Tab in the Spreadsheet View)

Na záložce díly v tabulce Spreadsheet View se zobrazuje seznam všech dílů použitých na desce spojů. Záložka díly dále umožňuje: výběr a vkládání nových dílů, zámek dílů (znemožnění nechtěného přesunutí po desce), vyhledávání dílu na desce a náhled vybrané části...



Obr. č. 36 Záložka "díly" okna Spreadsheet View

Legenda obrázku:

- 1 = tmavě zelená kontrolka
- 2 = světle zelená kontrolka
- 3 = oranžová kontrolka
- 4 = vybraný označený díl
- 5 = náhled označeného dílu
- 6 = tlačítko zobrazení/skrytí náhledu dílu
- 7 = tlačítko vkládání dosud nevložených dílů (pouze v některých verzích Ultiboardu 11)
- 8 = tlačítko pro uzamčení dílu na své pozici
- 9 = oblast vyhledávání dílu na desce
Tmavě zelená kontrolka (1) ukazuje, že díl nebyl dosud umístěn do vnitřní části obrysu desky. Světle zelená kontrolka (2) ukazuje, že díl byl umístěn v rámci obrysu desky. Oranžová kontrolka (3) ukazuje, že díl byl uzamčen na svém místě. Vybraný díl (4) se zobrazí v oblasti náhledu (5). Pokud náhled nechceme vidět, zrušíme ho zaškrtnutím políčka "zobrazit/skrýt" tlačítko (6). Vkládání dosud nevložených dílů aktivujeme tlačítkem (7). Pokud chceme zabránit pohybu dílu po desce, použijeme tlačítko (8). Pokud potřebujeme rychle vyhledat konkrétní díl na desce, použijeme k tomu tlačítko (9).

Použití dalších funkcí v záložce "díly" (Parts) tabulky Spreadsheet View

• Pro uzamknutí/odemknutí dílů (spojů) postupujeme podle následujícího postupu:

1. Klikneme na díl (spoj) v seznamu a vybereme ho. Chceme-li označit více dílů, klikneme na jeden díl (spoj), podržíme klávesu **<Shift>** a šipkou dolů označíme poslední díl. Všechny díly mezi prvním a posledním dílem, které jsme zvolili, budou zvýrazněny.

2. Klikneme na tlačítko "Lock" ¹ pro uzamčení (odemčení) všech označených dílů.

• Pro vyhledávání dílů (spojů) postupujeme podle následujícího postupu:

1. Klikneme na hledaný díl v seznamu.

2. Klikneme na tlačítko "Find" Hledaný díl se zobrazí v náhledu desky zvětšený a zobrazený na své aktuální pozici na desce.

• Pro zapnutí/vypnutí náhledu dílu postupujeme podle následujícího postupu:

1. Klikneme na tlačítko "Show preview"

2. Klikneme na díl v seznamu. V pravé části okna se nám zobrazí náhled dílu.

4.4 Nástroje napomáhající při vkládání dílů (Tools to Assist Part Placement)

4.4.1 Práce s logickými spojeními (Working with Ratsnests)

RATSNEST je přímka spojující vývody dílů (součástek). Identifikuje vývody, které by měly být připojeny podle netlistu, ale které dosud nejsou zapojeny měděnými cestami. RATSNEST představuje logické spojení obvodu, ne fyzické spojení (měděné spoje) obvodu. Přímky zobrazující spojení mohou překrývat díly a další RATSNEST přímky. V Ultiboardu představuje ratsnests barevné přímky a ve výchozím nastavení programu jsou linky zapnuté. Rastnests má v programu svou vlastní vrtsvu, kterou lze nastavovat v kartě Design Toolbox.



Obr. č. 37 Design Toolbox – Ratsnest

Níže uvedený obrázek zobrazuje, jak mají být logicky propojené vývody dle netlistu bez ohledu na překrývání dílů přímkami.



Obr. č. 38 Zobrazení Ratsnest přímek bez ohledu na překrývání dílů

4.4.2 Práce se silovými vektory (Working with Force Vectors)

Silové vektory nám graficky pomáhají při rozmisťování dílů po desce spojů a měli bychom jim věnovat velkou pozornost. Vektory nám umožňují umístit díl (součástku) co nejblíže k dalšímu dílu (součástce), který je připojený ke stejné síti spojů (měděný spoj, který vzájemně propojuje více dílů). Při umístění dílu se snažíme minimalizovat RATSNEST vzdálenosti od vývodu k vývodu, a tím si zajistit propojitelnost dílů bez nutnosti užití například drátových propojek. Silový vektor vedoucí z dílu by měl být co nejmenší (čím menší, tím lépe jsme umístili díl vzhledem ke složitosti spoje). Jednotlivé vektory dílů se vzájemně sčítají jako vektorový součet, a vyrábí výsledný vektor síly. Výsledný vektor síly má délku a směr. Pohybem dílu ve směru vektoru síly se snažíme minimalizovat tuto sílu (délku) vektoru přesouváním dílu k jinému dílu (tímto vzniká co nejkratší kombinace RATSNEST linek.) Force Vectors má v programu svou vlastní vrtsvu, kterou lze nastavovat v kartě Design Toolbox.

Vektor síly (a směru) dílu



Obr. č. 39 Silové vektory napomáhající umístění dílů

4.4.3 Přesouvání dílů po desce (Dragging Parts)

Chceme-li přesunout díl po desce, klikneme na něj myší, přetáhneme jej na místo určení a uvolníme tlačítko myši. Pokud chceme přesně zadat x / y souřadnice dílu na desce, stiskneme tlačítko <*> na numerické klávesnici (nebo použijeme informaci x / y souřadnic ze stavového řádku dle umístění kurzoru.) V závislosti na nastavení vlastností desky (PCB preferencí) může být povolena kontrola chyb při přesunutí dílů. Jde pouze o monitoring případných zkratů a dodržení volného prostoru okolo dílů na desce (rozbliká se varovně stavové okno DRC rudou barvou.)

Enter Coordinate	X
<u>x: 1933.81898</u> 🛟 mil 🗸	<u>o</u> к
<u>Y</u> : 305.84791 文 mil 💌	Cancel
Snap to grid	

Obr. č. 40 Nastavení přesné pozice dílu na desce

4.4.5 Překreslování (re-routování) spojů při pohybu dílu po desce (Rubber Banding)

Když budeme přesouvat díl, u kterého je připojen spoj po desce a budeme mít v hlavním nastavení programu povolenu funkci Rubber Banding, dojde k překreslování (re-routování) spojů vedoucích k dílu. Při vypnutí této funkce by došlo k vytržení součástky ze spojů Povolení funkce se provádí v hlavním nastavení programu - cesta:

Options/Global Preferences/PCB Design/Part drag (viz obrázek níže)

eneral Paths Message Prompts Colo	PCB Design Dimensions 3D Options	
View V Show pin <u>1</u> mark V Show copper areas V Show pin info in pin	Action on DRC error Cancel the current action Ask for confirmation Overrule	Units mill v DRC & net check O No real-time check O Check on action end O Eul real-time check
○ On select entire trace Select across layers	On trace deletion On trace deletion Auto delete via (standard) V Auto delete tgardrop	Follow-me router
Part drag VRe-route after move Re-route fixed traces	On trace placement	Crosshair Trace gnap
Default pin diameters Jumpers 7.00000 \$ Iestpoints 7.00000 \$		Automatic fiducial marks Show fiducial marks Line thjickness 5.00000 🗘

Obr. č. 41 Záložka PCB Design/Part drag (Rubber Banding)

4.4.6 Postrkování dílů (Shoving Parts)

Při vložení dílu a pohybu dílu po desce, kde jsou již vloženy jiné díly, umožňuje program automaticky tlačit na ostatní díly na desce tak, aby vytvořil dostatečné místo pro vkládaný díl. Pro zapnutí/vypnutí funkce automatického postrkávání dílů zvolte cestu na hlavním panelu:

Design/Part Shoving

Program automaticky posouvá ostatní díly tak, aby se vkládaný díl vešel do prostoru k ostatním dílům.

4.4.7 Orientace dílů (Orienting Parts)

Díly jsou na desce umístěny v určité orientaci, což nám nemusí vyhovovat. Díly můžeme otáčet, změnit jejich orientaci a zaměnit je do jiné vrstvy. Pro přístup k možnosti orientace použijeme:

- a) Přístup přes záložku v hlavním panelu "Edit" cesta: hlavní panel/Edit/Orientation
- b) Přístup přes pracovní panel (Toolbar Edit)
- c) Kliknout pravým tlačítkem myši na dílu/Orientation

Možnosti orientace u dílů:

- Flip Horizontal (Převrátit vodorovně) převrátí díl zleva doprava.
- Flip Vertical (Převrátit svisle) převrátí díl odshora dolů.
- 90 Clockwise (90 po směru) otočí díl o 90 stupňů po směru hodinových ručiček.
- 90 CounterCW (90 proti) otočí díl o 90 stupňů proti směru hodinových ručiček.
- Angle (úhel) otočí o úhel, který si určíme.
- Swap Layer (Zrcadlové otočení vrstvy).

4.4.8 Zarovnání, mezery dílů (Aligning Shapes, Spacing Shapes and Parts)

Díly jsou na desce umístěny v určité pozici a je potřeba je vzájemně vyrovnat atd... Díly můžeme zarovnávat, měnit mezery mezi díly... Pro přístup k zarovnávání použijeme:

- a) Přístup přes záložku v hlavním panelu "Edit" cesta: hlavní panel/Edit/Align
- c) Kliknout pravým tlačítkem myši na dílu/Align

Možnosti zarovnání u dílů:

- Align Left (Zarovnat označené prvky vlevo)
- Align Right (Zarovnat označené prvky vpravo)
- Align Top (Zarovnat označené prvky k horní hraně)
- Align Bottom (Zarovnat označené prvky k dolní hraně)
- Align Center Horizontal (Zarovnat označené prvky do středu vodorovně)
- Align Center Vertical (Zarovnat označené prvky do středu svisle)

Možnosti mezer u dílů:

- Space Across (Zvětšit vodorovné rozestupy mezi označenými díly)
- Space Across Plus (Vodorovné zvětšení mezery mezi označenými díly)
- Space Across Min (Vodorovné zmenšení mezery mezi označenými díly)
- Space Down (Zvětšit svislé rozestupy mezi označenými díly)
- Space Down Plus (Svislé zvětšení mezery mezi označenými díly)
- Space Down Min (Svislé zmenšení mezery mezi označenými díly)

4.4.9 Přemostění spojů – propojky (Working with Jumpers)

Výchozí nastavení velikostí propojek je definováno v nastavení návrhu desky. Cesta na hlavním panelu je: **Options/PCB Properties/Pads-Vias** V dialogovém okně mohou být ručně nastaveny vlastnosti pájecích ploch (mezikruží, velikost páj. plošek...)

Pro vložení propojky provedeme následující kroky:

1. Ujistíme se, že máme zvolenou správnou měděnou vrstvu, na kterou propojku vložíme.

- 2. V menu Place/Jumper vybereme tuto ikonu
- 3. Přesuneme ukazatel myši v návrhu na místo, kam budeme vkládat první vývod propojky.
- 4. Klikneme levým tlačítkem myši pro vložení prvního vývodu propojky a přesuneme myš na místo, kde bude vložen druhý vývod propojky.

÷

5. Klikneme myší na druhý vývod propojky (propojka bude umístěna).

6. Klikneme na tlačítko "Select", nebo pravým tlačítkem myši na zrušení vkládání propojek Jakmile je propojka umístěna na desce, můžeme využít funkci pro zarovnání a orientaci dílů pro přesné umístění na desce.

Upozornění: při používání více propojek bychom se měli vyvarovat vkládání více propojek přes sebe viz obrázek níže! Jedná se o konstrukční selhání autora při návrhu desky.



Obr. č. 42 Křížení propojek špatného návrhu

Nastavení vlastností propojek

Pro nastavení a editaci propojek (jumperů) postupujeme dle následujících kroků:

1. Označíme myší propojku, kterou chceme editovat.

2. V hlavním panelu použijeme cestu: **Edit/Properties**, nebo použijeme pravé tlačítko myši a vybereme možnost "nastavení" (Properties).

Otevře se nám dialogové okno nastavení vlastností propojek (viz obrázky níže).

Jumper Properti	ies		×
Attributes Line	Jumper		
Tag REFDES SHAPE VALUE	Value 34 JUMPER JUMPER JUMPER	Visibility New None Change None Remove	
		OK Cancel Apply Help	_]

Obr. č. 43 Nastavení vlastností propojek – záložka Attributes

Jumper Prope	rties			X
Attributes Line	Jumper			
Detaba		<u>U</u> nits:	mil	
	587.50000 📚	Y <u>1</u> :	2662.50000	
× <u>2</u> :	850.00000 😂	<u>Y</u> 2:	2662.50000 😂	
	(<u>o</u> k	Cancel Apply	

Obr. č. 44 Nastavení vlastností propojek – záložka Line

Jumper Properties	×
Attributes Line Jumper	
Wire Preview Diameter: 7.00000 \$ Board side: • Top Bottom	
Pin type Through hole technology Surface mount technology	
]

Obr. č. 45 Nastavení vlastností propojek – záložka Jumper

Pro nastavení atributů u propojky použijeme záložku "Attributes":

Všechny díly včetně propojek jsou pouze prvky, které mají předdefinované atributy. **RefDes** (o jaký díl se jedná př. C1), **Value** (hodnota př. 12uF) atd. atributy mohou být změněny, přidány, a v některých případech odstraněny.

Poznámka: položka RefDes, Value a Shape nemůže být u dílů odstraněna!

Pro nastavení souřadnic vývodů propojky na desce použijeme záložku "Line":

- X1 Points souřadnice x 1 vývodu propojky.
- X2 Points souřadnice x 2 vývodu propojky.
- **Y1** Points souřadnice y 1 vývodu propojky.
- Y2 Points souřadnice y 2 vývodu propojky.
- Units (Jednotky) lze nastavit v nm, um, mm, mil, inch.

Pro nastavení průměru vodiče a umístění ve vrstvě použijeme záložku "Jumper":

- Wire Diameter Nastavení průměru vodiče (díra propojky).
- Wire Board side Výběr vrstvy, kde bude propojka umístěna (Top, Bottom).
- Pin type Výběr typu technologie pro vývod propojky (THT, SMT).
- Units (Jednotky) lze nastavit v nm, um, mm, mil, inch.

4.4.10 Testovací vývody (Working with Test Points)

Výchozí nastavení testovacích bodů (vývodů) je definováno v nastavení návrhu desky. Cesta na hlavním panelu je: **Options/PCB Properties/Pads-Vias** V dialogovém okně mohou být ručně nastaveny vlastnosti pájecích ploch (mezikruží, velikost páj. plošek...)

Pro vložení testovacího bodu provedeme následující kroky:

1. Ujistíme se, že máme zvolenou správnou měděnou vrstvu, na kterou vývod vložíme.

2. V menu **Place/Test point** vybereme tuto ikonu

- 3. Přesuneme ukazatel myši v návrhu na místo kam budeme testovací vývod vkládat.
- 4. Klikneme levým tlačítkem myši pro vložení vývodu na desku.
- 5. Klikneme na tlačítko "Select", nebo pravým tlačítkem myši na zrušení vkládání vývodů Jakmile je testovací vývod na desce můžeme využít funkci pro zarovnání a orientaci dílů pro přesné umístění na desce.

Nastavení vlastností testovacích bodů (vývodů)

Pro nastavení a editaci testovacích bodů postupujeme dle následujících kroků:

1. Označíme myší bod, který chceme editovat.

2. V hlavním panelu použijeme cestu: **Edit/Properties** ,nebo použijeme pravé tlačítko myši a vybereme možnost "nastavení" (Properties).

Otevře se nám dialogové okno nastavení vlastností test. bodů (viz obrázky níže).

Through Hole Pin Properties	
Attributes General Pad Layer settings Thermal relief	
Attribute li <u>s</u> t:	
Tag Value Visibility	New
	Change
	Demove
	Temove
	Help

Obr. č. 46 Nastavení vlastností test. bodů – záložka Attributes

Through Hole Pin P	roperties			×
Attributes General	Pad Layer settings Therm	al relief		
Measurements <u>X</u> : <u>Y</u> : <u>N</u> et: Angle (<u>d</u> egrees):	337.5000 2162.5000 << Unconnected >> 0.00	Locked Units: Clearances – To t <u>r</u> ace:	mil 10.0000	~
pogra žine:	● Iop Ugottom			

Obr. č. 47 Nastavení vlastností test. bodů – záložka General

hrough Hole Pin Properties	
Attributes General Pad Layer settings The	ermal relief
Ugits: mil V Shape Copper Top Copper Bottom Round (standard) Square	Selection preview
Custom	
Pad size	Hole
⊙ Use design rules	Standard drill hole (round)
O Pad diameter: 37.00000	Drill diameter: 7.00000 😂
O Annular ring: 15.00000	Advanced hole Properties
Solder mask	✓ Plated
	QK Cancel Apply Help

Obr. č. 48 Nastavení vlastností test. bodů – záložka Pad

Through Hole Pin F	Properties	
Attributes General	Pad Layer settings Thermal relief	
Attributes General	Pad Layer settings Thermal relief Copper Ring Allows Autorouting V V	
Allows Autorouting of not affect Netlist and	ption is for the autorouting purpose only. It does I DRC. The via(s) still occupies the layers.	elp

Obr. č. 49 Nastavení vlastností test. bodů – záložka Layer settings

hrough Hole Pin Properties	
Attributes General Pad Layer settings Ther	rmal relief
Spoke width Use Polygon Settings	J
Type	
• Use polygon settings	
○(×) - <u>O</u> rthogonal-cross shaped	
○(+) - Perpendicular-cross shaped	
\bigcirc (–) - Horizontal bar shaped	
○() - Vertical bar shaped	

Obr. č. 50 Nastavení vlastností test. bodů – záložka Thermal relief

4.4.11 Práce s rozměry (Working with Dimensions)

Rozměry desky (nebo dílů) můžeme vkládat do vrstvy silkscreen (horní, nebo spodní vrstva).

U rozměrů můžeme nastavovat:

Styl písma, orientaci, zarovnání, barvu čar a písma, jednotky měr. Pro nastavení parametrů vkládaných rozměrů použijeme na hlavním panelu cestu:

Options/Global Preferences/Dimensions

Pro vložení rozměrů na desku postupujeme dle níže uvedených kroků:

1. Vybereme vrstvu silkscreen (top, bottom), na kterou budeme chtít vkládat informace o rozměrech.



Obr. č. 51 Rozměry (standard, horizontal, vertical)

2. Pro vložení rozměrů použijeme cestu na hlavním panelu: Place/Dimension a vybereme

požadovaný typ:

- Standard standardní ukazatel rozměrů, který může být vložen pod úhlem 📕
- Horizontal vodorovný ukazatel rozměrů
- Vertical svislý ukazatel rozměrů 🚣

3. Levým tlačítkem myši klikneme na počáteční umístění ukazatele.

4. Levým tlačítkem myši klikneme na koncové umístění ukazatele (program nám ukazuje tvořený ukazatel).

5. Levým tlačítkem myši klikneme pro finální vytvoření informací o rozměrech.

Na níže uvedeném obrázku je uveden příklad kótovaných rozměrů rezistorové sítě. Ukazatel je umístěn mimo díly na desce.



Obr. č. 52 Vložené kótované rozměry u dílu RPACK

Kapitola 5 – způsoby návrhu měděných cest

Při návrhu desek plošných spojů (DPS/PCB) existují tři základní úkoly, které umožní

připravit prototyp desky na výrobu. **První** – vytvoření obrysu desky (form factor návrh). **Druhý** – rozmístění a přesné umístění součástek (dílů). Každý umístěný díl (součástka) se skládá z vývodů, které je potřeba připojit a propojit do sítě vodičů. Návrh desky představuje nezbytné spojení mezi díly vodiči (dráty). Tyto vodiče jsou u desek měděné spoje. **Třetí** - základní úkol v návrhu desky, je vodivé spojení mezi jejími různými částmi. Síť propojení funguje jako návod k provedení propojení a naznačuje, které dva vývody musí být připojeny, zatímco měděný spoj je aktuální fyzické propojení v rámci desky. Program NI Ultiboard umožňuje definovat měděné cesty pomocí několika metod. Každá metoda poskytuje různé výhody a nevýhody při návrhu desky.

Metody, které jsou k dispozici:

- Ruční "Trace" metoda
- Follow-me metoda (Follow-me Router)
- Metoda strojového připojení (Conection Machine)
- Automatická metoda (Autorouter)

V této kapitole budeme zkoumat, jak a kdy budeme používat každou z těchto metod při návrhu spojů na desce. Návrhy propojení spojů si vyzkoušíme na níže uvedených obrázcích částí desek plošných spojů.



Obr. č. 53 Příklad desky pro návrh spojů (bez měděných spojů)

Na levé straně obrazovky v Ultiboardu máme otevřený Design Toolbox (pokud ho nevidíme aktivní lze ho zapnout volbou View/Design Toolbox). Ve spodní části panelu vybereme kartu "vrstvy" (Layers).

Poznámka: Vždy, když se umísťují měděné spoje v pracovní oblasti, musíme nejprve vybrat vrstvu, se kterou budeme pracovat. V tomto příkladu budeme používat vrstvu mědi Nejlépe však některou z uvedených vrstev: Copper Top, Copper Bottom, Copper Inner (horní, dolní, vnitřní). Vrstvy je možné zvolit v designu panelu (Design Toolboxu).

Myší dvakrát klikneme na vrchní vrstvu mědi (Copper Top) v záložce vrstvy (ta bude nyní označena červeně, jak je patrné na obrázku). Nyní jsme připraveni vkládat spoje na vrchní stranu desky.



Obr. č. 54 Myší označená vrchní vrstva

5.1 Ruční metoda (Place Line)

Vytváření cest pomocí nástrojů pro kreslení nám umožňuje kompletně ovládat měděné oblasti na desce. Tento kreslicí nástroj sleduje kurzor myši, a vytváří trasu měděného spoje přesně podle našich požadavků. Je důležité si uvědomit, že od této chvíle máme v ruce kompletní návrh desky (projektové řízení) a musíme dávat pozor, abychom nevytvářeli spoje, které způsobí chyby ve funkčnosti obvodu. To znamená, že při plánování trasy je potřeba se vyhnout ostrým rohům, které mohou způsobit ztrátu integrity signálu. Ruční (Trace) vkládání spojů se doporučuje pouze když máme část spojů, které vyžadují velmi specifické směrování. Zejména když máme osazeny konektory (integrované obvody) s vysokým počtem vývodů, FPGA nebo velmi omezující vzdálenosti mezi sousedními vývody, potom pomocí ruční metody přesně a správně navrheneme trasu. Jiné metody (například autorouter) nemusí být schopny matematicky definovat, jak vhodně navrhnout trasu v těchto situacích.

Jak používat ruční (Trace) návrh spojů

V tomto příkladu budeme dělat manuální spojení mezi vývodem kondenzátoru C13 a rezistorem R12. Chceme použít ruční nástroj a proto vybereme v Ultiboardu nástroj Place Line. Levým tlačítkem myši klikneme na horní část vývodu C13 (viz modré kolečko na obrázku níže).



Obr. č. 55 Myší označený vývod kondenzátoru C13

Při pohybu myší od vývodu C13 si můžeme všimnout, že se za myší táhne zelená čára od připojeného vývodu. Přesuneme kurzor myši ve směru naznačeného spojení mezi C13 a R12. Pro otočení měděné cesty klikneme levým tlačítkem myši kdekoliv v černé pracovní ploše našeho návrhu spoje (spoj zahne).



Obr. č. 56 Vložení části spoje od C13 k ohybu

Pokud chceme vytvořit ortogonální části měděné cesty, stačí stisknout mezerník na klávesnici a Ultiboard bude automaticky vytvářet trasu, která je pootočena přesně o 90 stupňů na pohyb myši. Dalším stiskem mezerníku na klávesnici opustíme ortogonální režim. Kompletní spoj C13 - R12 je vidět na obrázku níže.



Obr. č. 57 Ruční propojení C13-R12

5.2 Follow-me metoda (Follow-me Router)

Follow-me metoda má stejné funkce jako ruční metoda s tím rozdílem, že Ultiboard začíná dělat některá návrhářská rozhodnutí v náš prospěch. S Follow-me Routerem navrhujeme myší tvar spoje stejně jako u ruční metody, ale Ultiboard automaticky naznačuje otočné body a trasu spoje mezi dvěma vývody (trasa vývodů je znázorněna světlemodrou barvou). Pokud je potřeba spoj zúžit (aby se cesta vešla mezi vývody atd. ...) Ultiboard zúží šířku spoje automaticky. Kdy je výhodné použít funkci Follow-me Router? Pokud potřebujeme nějaké vodítko, jak propojit dva vývody, ale přesto chcete mít možnost ručně definovat cestu spoje (otočné body atd...). Obecně, pokud nepotřebujeme přesné ruční umístění spoje, ale chceme nějakou pomoc při vytváření návrhu spojů, které nejsou v rozporu s dobrým návrhem desky (ostré úhly atd ...), pak je Follow-me Router vhodným nástrojem.

Jak používat funkci Follow-me pro návrh spojů.

V tomto příkladu budeme dělat spojení mezi vývodem kondenzátoru C13 a vývodem kondenzátoru C7. Chceme použít funkci Follow-me Router, a proto vybereme v Ultiboardu nástroj Follow-me (hlavní lišta cesta **Place/Follow-me**). Levým tlačítkem myši jednou klikneme na spodní vývod C13. Při pohybu myší od vývodu C13 si můžeme všimnout, že se před myší táhne světle modrá čára od druhého přípojného vývodu C7 (Ultiboard navrhuje nejlepší způsob propojení).



Obr. č. 58 Světle modrá čára naznačuje vedení spoje

Pokračujeme v pohybu myší na vývod C7 a zjistíme, že otočné body spoje jsou umístěny v návrhu spoje automaticky (nemusíme klikat myší pro změnu úhlu spojení). Pokud chceme přidat vlastní otočné body, stačí kliknout levým tlačítkem myši kdekoli v návrhu.

Finální spoj mezi C13 a C7 (je uveden na obrázku níže).



Obr. č. 59 Finální propojení spoje C13 s C7

5.3 Metoda strojového připojení (Connection Machine)

Opět se jedná ruční metodu návrhu spojů (jako Place Line, nebo Follow-me Router metoda),

ale s návrhem spojů z větší části pomáhá stroj (návrh počítače – Ultiboard). Připojení pomocí stroje může být považováno za podmnožinu autorouter funkcí. Připojení pomocí stroje navrhuje spoje automaticky tak, aby byly navrženy dle zásad pro návrh spojů s minimálním množstvím zásahů do cest uživatelem. Kdy použít metodu strojového připojení? Pokud nepoužíváme komponenty s vysokým počtem pinů, nebo nemáme potřebu přesného komplexního směrování a uspořádání spojů. Tato metoda spotřebuje obecně větší množství prostoru na desce pro návrh spojů.

Jak používat metodu připojení stroje pro návrh spojů.

V tomto příkladu budeme dělat spojení mezi vývodem kondenzátoru C10 a vývodem kondenzátoru C9. Chceme použít funkci strojové připojení, a proto vybereme v Ultiboardu nástroj Connection Machine (hlavní lišta cesta **Place/Connection Machine**). Klikneme jednou levým tlačítkem myši na spodní vývod kondenzítoru C10. Pokud lehce přesuneme kurzor myši, můžeme si všimnout, že se objeví dva malé bílé kříže u spodního vývodu C10 a horního vývodu C9 (zvýrazněné červenou barvou na obrázku).



Obr. č. 60 Bílé křížky zvýrazněné červenou barvou

Tyto bílé kříže ukazují, že se jedná o vývody, které musí být propojené spolu. Dále pohybujeme myší mírně vlevo od C10 (stále mezi dvěma malými bílými kříži) a klikneme na černou pracovní plochu mezi dvěma body. Objeví se dva větší bílé kříže (zvýrazněné červeně na obrázku níže). Posuneme-li kurzor myši nahoru a dolů, všimneme si, že cesta je mezi vývody vytvořena automaticky (pohybem myši vymezujeme vedení spoje).



Obr. č. 61 Dva větší bílé kříže zvýrazněné červenou barvou

Levým tlačítkem na myši potvrdíme umístění trasy spoje (jak je vidět na obrázku níže).



Obr. č. 62 Finální umístění spoje

Poznámka: režim strojového připojení lze také vyvolat při návrhu metodou follow-me dvojklikem na navrhované trase spoje.

5.4 Automatická metoda (Autorouter-směrovač)

Autorouter metoda může být potenciálně nejrychlejší způsob, jak vytvořit propojení všech měděných spojů na desce. Autosměrovač provádí řadu kroků, zejména:

- Stanovení přibližného směru a trasy spojů
- Volba pořadí, ve kterém musí být spoje vedeny
- Směrování spojů v předem určeném pořadí

Je třeba poznamenat, že autorouteru se nemusí podařit navrhnout desku zcela sám bez pomoci a bude potřeba určité části návrhu dodělat ruční metodou. Je důležité si uvědomit, že výše uvedené kroky jsou založeny na matematickém výpočtu, a je proto možné, že router nebude schopen vyřešit propojení žádným vhodným řešením. Router také může vytvářet spoje, které nejsou přijatelné z pohledu zásad pro návrh desek plošných spojů (ostré rohy, dlouhé trasy...).

Kdy použít Autorouter?

Autorouter je silný nástroj pro definování tras spojů na desce, nicméně by měl být použit pouze pokud není důležité, kudy povedou spoje na desce (parazitní přeslechy, větší kapacity spojů atd...). Kritické spoje by měly být definovány buď ručně, nebo funkcí Follow-me Router. Také pokud používáme vícepinové součástky (jako FPGA nebo konektory), nemusí být autorouter schopen definovat správně kudy vést cesty. V této situaci bychom měli považovat tento návrh za kritický a využít manuální techniky.

Jak používat metodu autorouter pro návrh spojů?

Pokud jsme již na desce vytvořili nějaké spoje ruční metodou, je potřeba tyto spoje před použitím autorouteru uzamknout. V případě neuzamčení námi vytvořených cest by tyto cesty autorouter nebral v potaz a navrhoval by spoje od začátku dle svého uvážení.

Použijeme výběrový filtr (pokud není panel s filtry vidět: cesta hlavní panel **View/Toolbars/Select**). Výběrový filtr nám umožní přesnou manipulaci s objekty, které si vybereme a se kterými pracujeme při návrhu desky (spoje, díly, průchody, vývody...) Vybereme druhou ikonu (Enable Selecting Traces) v panelu nástrojů. Ta nám umožní vybrat si a manipulovat pouze se spoji (červený rámeček na obrázku níže). Všechny ostatní ikony jsou vypnuté.



Obr. č. 63 Aktivní filtr pro práci se spoji

Klikneme pravým tlačítkem myši na některý spoj nebo všechny spoje, které chceme uzamknout před přístupem autorouteru.

- V kontextovém menu, které se objeví zvolíme "Select All" (vybrat vše).
- Klikneme opět pravým tlačítkem myši na jeden libovolný spoj a vybereme možnost "Lock" (uzamknout).
- Všechny spoje, které jsou uzamknuty, budou vyznačeny oranžovou barvou.



Obr. č. 64 Oranžově označené uzamčené spoje

Měděné spoje jsou nyní uzamčeny a nemohou být změněny autoroutingovým procesem, který se chystáme dále použít pro svůj návrh. Nyní jsme připraveni spustit autorouting metodu: Vybereme v hlavním panelu cestu **Autoroute/Start-Resume Autorouter** a spustíme proces routování. NI Ultiboard nyní bude navrhovat zbytek spojů na desce (na našem příkladu desky by to měla být otázka několika sekund a výsledek bude podobný jako na obrázku níže).



Obr. č. 65 Navržené spoje po použití autorouteru

5.5 Autorouting u sběrnic (autorouting buses)

Na obrázku níže si ukážeme příklad, jak použít propojení pomocí sběrnice (Bus 1). Obvod se

skládá z pěti spojů (vodičů), které spojují oba obvody (U7 a U8).

Poznámka: Chceme-li použít funkci "autoroute auto bus", musíme v topologii sítí spojů stanovit sériové zapojení spojů, nebo hvězdicové zapojení spojů. Spoje musí být nadefinovány jako sběrnice.

Postupujeme podle následujícího postupu:

1. Ujistíme se, že nemáme označené žádné piny.



Obr. č. 66 Propojení IO U7 a IO U8 se spoji

2. V panelech zvolíme nástroj "**Place multiple traces as bus**" (Ctrl+b) *kurzor se změní* na symbol sběrnice. Klikneme myší na vývody které chceme spárovat do sběrnice.



Obr. č. 67 spárování vývodů (spojů) do sběrnice

3. Po označení vývodů klikneme myší na některý ze spojů sběrnice a tahem myši tvoříme cestu sběrnice až k vývodům IO U8.



Obr. č. 68 Automatické propojení spojů jako skupina bus

5.6 Práce s indikátorem hustoty vývodů a spojů (Density Bars)



Obr. č. 69 Ikona indikátoru hustoty

Indikátor hustoty vývodů a plošek indikuje hustotu osazení vzhledem k možné budoucí složitosti propojování spojů. Čím vyšší je hustota osazení v daném průřezu, tím větší nastanou při návrhu problémy s propojením spojů (křížení spojů). Při umístění součástky (prvků na desku) bychom se měli snažit o dosažení relativně stejné hustoty rozdělení a vyhnout se oblastem s velkou hustotou osazení. Při návrhu rozmístění PIN/PAD se zobrazuje hustota rozložení na desce pomocí barvy. Barva se s hustotou mění ze zelené na červenou. Při spuštění programu je indikátor hustoty ve výchozím nastavení vypnutý. Cesta pro zapnutí indikátoru hustoty osazení na hlavním panelu je: **View/Density Bars**. Pokud jsme indikátor hustoty spustili, zobrazí se na pravé straně a pod návrhem desky.



Obr. č. 70 Indikátory hustoty

5.7 Maximální využití metod při návrhu desky

V této kapitole jsme se seznámili s nástroji a metodami pro návrh spojů (efektivita/čas návrhu spojů). Autorouter by neměl být považován za jediný způsob pro návrh spojů!

Ve skutečnosti bychom měli při návrhu zvolit následující postup:

- 1. Zvážit, které spoje mají velký význam pro chod zařízení a lze je považovat za kritické
- 2. Zvolit pro tyto spoje (sítě spojů) metodu buď manuální nebo follow-me
- 3. Hledat komponenty jako jsou konektory (nebo FPGA komponenty), které vyžadují trasování pod/mezi několika vývody a pro povrchovou montáž
- 4. Spoje pro tyto součástky navrhnout buď ruční metodou (nebo follow-me)
- 5. Zamknout všechny spoje v návrhu, které byly navrženy s použitím kroků 1 až 4
- 6. Použít kombinaci autorouter nebo connection machine pro nejlepší návrh desky

Pomocí tohoto postupu si můžeme být jisti tím, že je jsme maximálně možně využili svůj čas

při návrhu a daných fázích návrhu desky plošných spojů.

Kapitola 6 – DPS (PCB) kalkulačka

Kalkulačka spojů slouží jako pomocník při návrhu desky plošných spojů při výpočtech impedance, kapacity... spojů.

Type: Micros	trip	~	
nput data			
Input Length Unit:	mil	~	
Dielectric Thickness (H)	30	mil	1 ± 5
Trace Thickness (T)	1.37	mil	
Trace Width (W)	60	mil	Where: a to my track to a
1 1			where, $0.1 < W/H < 3$
Relative Permittivity (epsilon r)	4		where $0.1 < W/H < 3$ $1 < \mathcal{E}_{r} < 15$
Relative Permittivity (epsilon r)	4		where $0.1 < W/H < 3$ $1 < \mathcal{E}_{p} < 15$
Relative Permittivity (epsilon r)	4 per inch		No calculation results.
Relative Permittivity (epsilon r)	4 per inch 0		No calculation results.
Relative Permittivity (epsilon r) Calculation results Per Length Unit: Characteristic Impedance (20) Per unit Length Capacitance(C0)	4 per inch 0 0	Ω pF/in	No calculation results.
Relative Permittivity (epsilon r) Calculation results Per Length Unit: Characteristic Impedance (20) Per unit Length Capacitance(C0) Per unit Length Inductance(L0)	4 per inch 0 0	Ω pF/in nH/in	No calculation results.
Relative Permittivity (epsilon r) Calculation results Per Length Unit: Characteristic Impedance (20) Per unit Length Capacitance(C0) Per unit Length Inductance(L0) Propagation Delay (tpd)	4 per inch 0 0 0 0	Ω pF/in nH/in psec/in	No calculation results.

6.1 Kalkulačka pro výpočet spojů (Transmission Line Calculator)

Obr. č. 71 PCB Transmission Line Calculator

Při návrhu cest spojů desky pro vysokorychlostní přenosy signálů je nutné vědět, že cesty spojů ovlivňuje impedance, indukčnost a kapacita spojů na desce. Návrh se provádí pomocí výpočtu charakteristické impedance spoje (Zo) s ukončením. Spoj se jeví jako nekonečně dlouhá přenosová cesta, která nebude mít žádné odrazy a je nekonečně dlouhá (ve skutečnosti dochází k tomu, že všechna energie, která se přenáší spojem je absorbována a žádná energie se neodráží zpět). Jakmile jsme vypočítali Zo, můžeme jej použít k návrhu na ukončení spoje. Existuje celá řada metod používaných k ukončení vedení spojů. Kromě výpočtu charakteristické impedance (Zo), můžeme použít PCB kalkulátor ještě pro výpočet těchto parametrů:

- Kapacita na jednotku délky (Co)
- Indukčnost na jednotku délky (Lo)
- **Zpoždění signálů** (TPD)
- Mikropáskové spoje
- Vložené Mikropáskové spoje

- Středně páskové spoje
- Nesouměrné mikropáskové spoje
- Dvojité mikropáskové spoje

6.1.1 Mikropáskové spoje (Microstrip) - LINE

V menu na hlavní liště zvolíme **Tools/PCB Transmission Line Calculator.** V rozevíracím seznamu zvolíme "Microstrip". Oblast vstupních dat (Input data) upravíme podle potřeby.

- Input Length Unit (jednotka délky) mil/mm
- Dielectric Thickness H (tloušťka dielektrika H) viz obrázek níže
- Trace Thickness T (tloušťka spoje T) viz obrázek níže
- Trace Width W (šířka spoje W) viz obrázek níže
- Relative Permittivity (relativní permitivita) viz obrázek níže



Obr. č. 72 Mikropáskové spoje

Pro provedení výpočtu klikneme myší na tlačítko Calculate (vypočítat). Výsledky výpočtu se objeví v témže okně v panelu "Calculation results".

Rovnice použité pro mikropáskové výpočty:

Z0 = 87 / (sqrt (Er + 1.41)) * ln (5,98 * H / (0,8 * W + T))TPD = 58,35247 * sqrt (Er 1.41) C0 = Tpd/Z0L0 = C0 * Z0 * Z0

6.1.2 Vložené mikropáskové spoje (Embedded Microstrip) - LINE

V menu na hlavní liště zvolíme **Tools/PCB Transmission Line Calculator.** V rozevíracím seznamu zvolíme "Embedded Microstrip". Oblast vstupních dat (Input data) upravíme podle

potřeby.

- Input Length Unit (jednotka délky) mil/mm
- Dielectric Height H1 (výška dielektrika H1) viz obrázek níže
- Dielectric Thickness H (tloušťka dielektrika H) viz obrázek níže
- Trace Thickness T (tloušťka spoje T) viz obrázek níže
- Trace Width W (šířka spoje W) viz obrázek níže
- Relative Permittivity (relativní permitivita) viz obrázek níže



Obr. č. 73 Vložené mikropáskové spoje

Pro provedení výpočtu klikneme myší na tlačítko Calculate (vypočítat). Výsledky výpočtu se objeví v témže okně v panelu "Calculation results".

Rovnice použité pro vložené mikropáskové výpočty:

 $Z0 = 56*\ln(5.98*H/(0.8*W+T))/sqrt(Er*(1-exp(-1.55*H1/H)))$ Tpd = 84.66667*sqrt(Er*(1-exp(-1.55*H1/H))) C0 = Tpd/Z0 L0 = C0*Z0*Z0

6.1.3 Středně páskové spoje (Centered Stripline) - LINE

V menu na hlavní liště zvolíme **Tools/PCB Transmission Line Calculator.** V rozevíracím seznamu zvolíme "Centered Stripline". Oblast vstupních dat (Input data) upravíme podle potřeby.

- Input Length Unit (jednotka délky) mil/mm
- Dielectric Thickness H (tloušťka dielektrika H) viz obrázek níže
- Trace Thickness T (tloušťka spoje T) viz obrázek níže
- Trace Width W (šířka spoje W) viz obrázek níže
- Relative Permittivity (relativní permitivita) viz obrázek níže



Obr. č. 74 Středně páskové spoje

Rovnice použité pro středně páskové výpočty:

Z0 = 60*ln(4*(2*H+T)/(0.67*3.1415926*(0.8*W+T)))/sqrt(Er)Tpd = 84.66667*sqrt(Er) C0 = Tpd/Z0 L0 = C0*Z0*Z0

6.1.4 Nesouměrné mikropáskové spoje (Asymmetric Stripline) - LINE

V menu na hlavní liště zvolíme **Tools/PCB Transmission Line Calculator.** V rozevíracím seznamu zvolíme "Asymmetric Stripline". Oblast vstupních dat (Input data) upravíme podle potřeby.

- Input Length Unit (jednotka délky) mil/mm
- Dielectric Height H1 (výška dielektrika H1) viz obrázek níže
- Dielectric Height H (výška dielektrika H) viz obrázek níže
- Trace Thickness T (tloušťka spoje T) viz obrázek níže

- Trace Width W (šířka spoje W) viz obrázek níže
- Relative Permittivity (relativní permitivita) viz obrázek níže



Obr. č. 75 Nesouměrné mikropáskové spoje

Rovnice použité pro nesouměrné páskové výpočty: Z0 = (1-H/(4*H1))*80*ln(4*(2*H+T)/(0.67*3.1415926*(0.8*W+T)))/sqrt(Er) Tpd = 84.66667*sqrt(Er) C0 = Tpd/Z0 L0 = C0*Z0*Z0

6.1.5 Dvojité mikropáskové spoje (Dual Stripline) - LINE

V menu na hlavní liště zvolíme **Tools/PCB Transmission Line Calculator.** V rozevíracím seznamu zvolíme "Dual Stripline". Oblast vstupních dat (Input data) upravíme podle potřeby.

- Input Length Unit (jednotka délky) mil/mm
- Trace Separation C (oddělení spojů C) viz obrázek níže
- Dielectric Thickness H (tloušťka dielektrika H) viz obrázek níže
- Trace Thickness T (tloušťka spoje T) viz obrázek níže
- Trace Width W (šířka spoje W) viz obrázek níže
- Relative Permittivity (relativní permitivita) viz obrázek níže



Obr. č. 76 Dvojité mikropáskové spoje

Rovnice použité pro dvojité mikropáskové výpočty:

 $Z0 = 30*(\ln(8*H/(0.67*3.1415926*(0.8*W+T))) + \ln(8*(H+C)/(0.67*3.1415926*(0.8*W+T))))/sqrt(Er)$ Tpd = 84.66667*sqrt(Er) C0 = Tpd/Z0 L0 = C0*Z0*Z0 6.2 Kalkulačka pro výpočet impedance spojů (Differential Impedance Calculator)

Type: Micros	strip	~	
⊙ Calculated Z0 ()User de	fined Z0	
Input data			
Input Length Unit:	mil	*	
Dielectric Thickness (H)	30	mil	E _y
Trace Thickness (T)	1.37	mil	
Trace Width (W)	60	mil	Where: $0.1 < W/H < 3$
Trace Spacing (S)	50	mil	1< E, <15
Relative Permittivity (epsilon r)	4		
Calculation results			
Per Length Unit:	per inch	~	No calculation results.
Characteristic Impedance (Z0)	0	Ω	
Per unit Length Capacitance(CO)	0	pF/in	
Per unit Length Inductance(LO)	0	nH/in	
Propagation Delay (tpd)	0	psec/in	
D.55	0	Ω	

Obr. č. 77 PCB Differential Impedance Calculator

Při návrhu cest spojů desky pro vysokorychlostní přenosy signálů je nutné vědět, že cesty spojů ovlivňuje impedance, indukčnost a kapacita spojů na desce. Návrh se provádí pomocí výpočtu charakteristické impedance spoje (Zo) s ukončením. Spoj se jeví jako nekonečně dlouhá přenosová cesta, která nebude mít žádné odrazy a je nekonečně dlouhá (ve skutečnosti dochází k tomu, že všechna energie, která se přenáší spojem je absorbována a žádná energie se neodráží zpět). Jsou-li dva spoje umístěny blízko sebe, musí být vypočtena jejich rozdílová (diferenciální) impedance (Zdiff) pro správné zakončení spojů. Jakmile vypočítáme Zo, můžeme jej použít k návrhu na ukončení spoje. Existuje celá řada metod používaných k ukončení vedení spojů. Kromě výpočtu charakteristické impedance (Zo), můžeme použít PCB kalkulátor ještě pro výpočet těchto parametrů:

- Kapacita na jednotku délky (Co)
- Indukčnost na jednotku délky (Lo)
- Zpoždění signálů (TPD)
- Mikropáskové spoje
- Vložené Mikropáskové spoje

- Středně páskové spoje
- Nesouměrné mikropáskové spoje

6.2.1 Mikropáskové spoje (Microstrip) - IMPEDANCE

V menu na hlavní liště zvolíme **Tools/PCB Differencial Impedance Calculator.** V rozevíracím seznamu zvolíme "Microstrip". Oblast vstupních dat (Input data) upravíme podle potřeby.

- Input Length Unit (jednotka délky) mil/mm
- Dielectric Thickness H (tloušťka dielektrika H) viz obrázek níže
- Trace Thickness T (tloušťka spoje T) viz obrázek níže
- **Trace Width** W (šířka spoje W) viz obrázek níže
- Trace Spacing S (mezera mezi spoji) viz obrázek níže
- Relative Permittivity (relativní permitivita) viz obrázek níže



Obr. č. 78 Mikropáskové spoje

Pokud chceme definovat parametr Zo, klikneme v okně na položku "User Defined Zo", kde můžeme editovat tyto položky:

- Input Length Unit (jednotka délky) mil/mm
- Dielectric Thickness H (tloušťka dielektrika H) viz obrázek níže
- Trace Thickness T (tloušťka spoje T) viz obrázek níže
- Trace Spacing S (mezera mezi spoji) viz obrázek níže
- Characteristic Impedance Zo (parametry Zo) viz obrázek níže

PCB Differential Impedance Calculator			
Туре:	Microstrip	*	
Calculated Z0	💽 User defined Z0		
Input data Input Length Dielectric Thicknes	Unit: mil s (H) 30 mil	~	т <u>— ^W ^S, W</u> <i>Б_r</i> <u> </u> Н
Trace Spacin	g (5) 50 mil		Where: 0 < H
Calculation results Per Length Characteristic Impedance	Unit: per inch ; (20) 48.26173 Ω	×	No calculation results.
Differential Impedance (zdiff) 0 Ω		Help

Obr. č. 79 User defined Zo

Rovnice použité pro rozdílové (differential) impedanční mikropáskové výpočty:

Z0 = 87 / (sqrt (Er + 1.41)) * ln (5,98 * H / (0,8 * W + T))TPD = 58,35247 * sqrt (Er 1.41) C0 = Tpd/Z0 L0 = C0 * Z0 * Z0 Zdiff = 2*Z0*(1-0.48*exp(-0.96*S/H))

6.2.2 Vložené mikropáskové spoje (Embedded Microstrip) - IMPEDANCE

V menu na hlavní liště zvolíme **Tools/PCB Differencial Impedance Calculator.** V rozevíracím seznamu zvolíme "Embedded Microstrip". Oblast vstupních dat (Input data) upravíme podle potřeby.

- Input Length Unit (jednotka délky) mil/mm
- Dielectric Height H1 (výška dielektrika H1) viz obrázek níže

- Dielectric Thickness H (tloušťka dielektrika H) viz obrázek níže
- Trace Thickness T (tloušťka spoje T) viz obrázek níže
- Trace Width W (šířka spoje W) viz obrázek níže
- Trace Spacing S (mezera mezi spoji) viz obrázek níže
- Relative Permittivity (relativní permitivita) viz obrázek níže



Obr. č. 80 Vložené mikropáskové spoje

Pokud chceme definovat parametr Zo, klikneme v okně na položku "User Defined Zo", kde můžeme editovat tyto položky:

- Input Length Unit (jednotka délky) mil/mm
- Dielectric Thickness H (tloušťka dielektrika H) viz obrázek níže
- Trace Thickness T (tloušťka spoje T) viz obrázek níže
- Trace Spacing S (mezera mezi spoji) viz obrázek níže
- Characteristic Impedance Zo (parametry Zo) viz obrázek níže
| PCB Differential Impedance Calculator | × |
|--|-------------------------|
| Type: Embedded Microstrip | |
| ◯ Calculated Z0 | |
| Input data
Input Length Unit: mil | |
| Trace Spacing (5) 50 mil | Where: 0 < H |
| Calculation results
Per Length Unit: per inch Ψ
Characteristic Impedance (Z0) 36.91058 Ω | No calculation results. |
| Differential Impedance (Zdiff) 0 Ω | Help |

Obr. č. 81 User defined Zo

Pro provedení výpočtu klikneme myší na tlačítko Calculate (vypočítat). Výsledky výpočtu se objeví v témže okně v panelu "Calculation results".

Rovnice použité pro rozdílové (differential) impedanční vložené mikropáskové výpočty: Z0 = 56*ln(5.98*H/(0.8*W+T))/sqrt(Er*(1-exp(-1.55*H1/H))) Tpd = 84.66667*sqrt(Er*(1-exp(-1.55*H1/H))) C0 = Tpd/Z0 L0 = C0*Z0*Z0 Zdiff = 2*Z0*(1-0.48*exp(-0.96*S/H1))

6.2.3 Středně páskové spoje (Centered Stripline) - IMPEDANCE

V menu na hlavní liště zvolíme **Tools/PCB Differential Impedance Calculator.** V rozevíracím seznamu zvolíme "Centered Stripline". Oblast vstupních dat (Input data) upravíme podle potřeby.

- Input Length Unit (jednotka délky) mil/mm
- Dielectric Thickness H (tloušťka dielektrika H) viz obrázek níže
- Trace Thickness T (tloušťka spoje T) viz obrázek níže
- Trace Width W (šířka spoje W) viz obrázek níže

- Trace Spacing S (mezera mezi spoji) viz obrázek níže
- Relative Permittivity (relativní permitivita) viz obrázek níže



Obr. č. 82 Středně páskové spoje

Pokud chceme definovat parametr Zo, klikneme v okně na položku "User Defined Zo", kde můžeme editovat tyto položky:

- Input Length Unit (jednotka délky) mil/mm
- Dielectric Thickness H (tloušťka dielektrika H) viz obrázek níže
- Trace Thickness T (tloušťka spoje T) viz obrázek níže
- Trace Spacing S (mezera mezi spoji) viz obrázek níže
- Characteristic Impedance Zo (parametry Zo) viz obrázek níže

PCB Differential Impeda	nce Calculator	×
Туре:	Centered Stripline	•
Calculated Z0	💿 User defined Z0	717 2 717
Input data Input Length Dielectric Thickne:	Unit: mil • :s (H) 31.37 mil	
Trace Spacin	ng (S) 3 mil	Where: 0 < H
Calculation results Per Length Characteristic Impedanc	unit: per inch e (20) 77.05143 Ω	No calculation results.
Differential Impedance	(Zdiff) 0 Ω	
Close Calcu	late	Help

Obr. č. 83 User defined Zo

Pro provedení výpočtu klikneme myší na tlačítko Calculate (vypočítat). Výsledky výpočtu se objeví v témže okně v panelu "Calculation results".

Rovnice použité pro rozdílové (differential) impedanční středně páskové výpočty: Z0 = 60*ln(4*(2*H+T)/(0.67*3.1415926*(0.8*W+T)))/sqrt(Er) Tpd = 84.66667*sqrt(Er) C0 = Tpd/Z0 L0 = C0*Z0*Z0Zdiff = 2*Z0*(1-0.347*exp(-2.9*S/(2*H+T)))

6.2.4 Nesouměrné mikropáskové spoje (Asymmetric Stripline) - IMPEDANCE

V menu na hlavní liště zvolíme **Tools/PCB Differential Impedance Calculator.** V rozevíracím seznamu zvolíme "Asymmetric Stripline". Oblast vstupních dat (Input data) upravíme podle potřeby.

- Input Length Unit (jednotka délky) mil/mm
- Dielectric Height H1 (výška dielektrika H1) viz obrázek níže
- Dielectric Height H (výška dielektrika H) viz obrázek níže
- Trace Thickness T (tloušťka spoje T) viz obrázek níže
- Trace Width W (šířka spoje W) viz obrázek níže
- Trace Spacing S (mezera mezi spoji) viz obrázek níže
- Relative Permittivity (relativní permitivita) viz obrázek níže



Obr. č. 84 Nesouměrné mikropáskové spoje

Pokud chceme definovat parametr Zo, klikneme v okně na položku "User Defined Zo", kde můžeme editovat tyto položky:

- Input Length Unit (jednotka délky) mil/mm
- Dielectric Thickness H (tloušťka dielektrika H) viz obrázek níže
- Trace Thickness T (tloušťka spoje T) viz obrázek níže
- Trace Spacing S (mezera mezi spoji) viz obrázek níže
- Characteristic Impedance Zo (parametry Zo) viz obrázek níže

PCB Differential Impedance C	alculator	×
Type: Asyn	nmetric Stripline 🛛 🔽	
Calculated Z0 (User defined Z0 	. 147 . S . 147 .
- Input data Input Length Unit:	mil	
Dielectric Height (H)	31.37 mil	Where: 0 < H
Trace Spacing (S)	3 mil	
Calculation results		No calculation results.
Per Length Unit:	per inch 💙	
Characteristic Impedance (20) Differential Impedance (Zdiff)	0 Ω	
Close Calculate]	Нер

Obr. č. 85 User defined Zo

Pro provedení výpočtu klikneme myší na tlačítko Calculate (vypočítat). Výsledky výpočtu se objeví v témže okně v panelu "Calculation results".

Rovnice použité pro rozdílové (differential) impedanční nesouměrné páskové výpočty: Z0 = (1-H/(4*H1))*80*ln(4*(2*H+T)/(0.67*3.1415926*(0.8*W+T)))/sqrt(Er) Tpd = 84.66667*sqrt(Er) C0 = Tpd/Z0 L0 = C0*Z0*Z0 Zdiff = 2*Z0*(1-0.347*exp(-2.9*S/(H+H1+T)))

Kapitola 7 – příprava pro výrobu

7.1 Vložení a úprava textu (Placing and Editing Text)

Na desku plošného spoje může být bez ohledu na umístění na desce a vrstvu vložen textový,

grafický prvek nebo přímo obrázek.

Pro vložení textu (obrázku) na desku budeme postupovat následovně:

1. Vybereme v hlavním panelu cestu: **Place/Graphic/Text** (**nebo Picture**). Otevře se dialogové okno.

Text			
Visibility	Alignment		○ Top ⊙ Center ○ Bottom
Value & tag	OLe <u>f</u> t O	I <u>e</u> nter <u>R</u> ight	-
Next label Increment Decrement Step size 0	 Line font Thin Normal Bold Windows font Font 	Height: 55.1181 Rotation: 0.00 Layer: Silkscreen T Color:	1 imil v Mirror
		<u>OK</u> <u>C</u> ancel	

Obr. č. 86 Okno s parametry pro text

2. Zadáme text do pole Value (Hodnota). Při psaní se text objeví v náhledu dialogového okna.

3. Následující parametry pro text nastavíme podle potřeby:

- Line Font Nastavení tloušťky čar písma (tenké, normální, tučné)
- Windows font Výběr typu Windows písma. Pro výběr písma klikeme na tlačítko "Font" a vybereme požadovaný druh písma.
- **Height** Výška písmen (od nm až po inch)
- Rotation Otočení o úhel 0, 90, 180, 270 stupňů
- Mirror Zrcadlové otočení textu
- Layer Vrstva, na které bude vložen text
- Color Barva písma
- Alignment Zarovnání (vlevo, vpravo, nahoru, dolů, na střed)
- Visibility Výběr zda chceme zobrazovat pouze pole Value (hodnota), nebo i tag (zda se jedná o text, obrázek atd.)
- 4. Volitelně můžeme nastavit oblast Next label
 - Increment/Decrement Přičítání/odčítání automatického číslování.
 - Step size Velikost kroku

Příklad: Pokud povolíme políčko "Step size" a zadáme "1" v kroku velikosti a do pole "Value" například text "Rezistor", po stisknutí tlačítka "ok" se na plochu vloží text: "Rezistor1", další klik myši vyvolá text "Rezistor2" atd...

Pro úpravu textu postupujeme následovně:

1. Klikneme 2x myší na text (text "dfvdfv") na desce (otevře se nám okno s nabídkou viz obrázek)

Attribute Properties			×
General Position Attribute Iag: TEXT ¥alue: dfvdfv Visibility Invisible ③ Vajue Vajue Value & tag	 Alignment Alignment C Left Left Left Units Vormal Bold Windows font Font 	Center Right Height: 55. Rotation: 0.00 Layer: Silkscre Color:	Top Center Bottom 11811 mil v Mirror en Top v
	OK	Cancel	Apply Help

Obr. č. 87 Okno s nastavením textu - záložka Attribute

- 2. Vybereme záložku "Attribute".
- 3. Upravíme text v položce "Value".
- 4. Klikneme na tlačítko "OK" pro potvrzení změny.

7.2 Snímání vybrané části obrazovky (Capturing Screen Area)

Program umožňuje propracované snímání částí (výřezy) obrazovky pomocí výběrového okna. Prvky, které jsou uvnitř okna, se po stisknutí symbolu v levém horním rohu výběrového okna uloží do dočasné paměti počítače (stejné jako bychom použili zkratku Ctrl+c, formát obrázku v dočasné paměti je nekomprimovaný typ bmp). S obrázkem v paměti se dá dále pracovat jako s jiným prvkem (například vložení do textového editoru, grafického editoru...). Nástroj "Capture Screen Area" lze spustit v hlavní liště pod nabídkou: **Tools/Capture Screen Area**, nebo pomocí grafického prvku na liště: **main toolbar.**





Výběrové okno snímané oblasti

Kapitola 8 – 3D zobrazení (Viewing Designs in 3D)

Ultiboard umožňuje zobrazit desku spojů tak, jak bude vypadat ve třech rozměrech (3D), a to kdykoli během návrhu desky. V následujících částech je vysvětleno, jaké lze nastavit možnosti pro 3D zobrazení (zobrazení okna, manipulace...) Pozor ve vaší verzi Ultiboardu, nemusí být k dispozici některé z popsaných funkcí. Podívejte se na podporované funkce vaší verze programu Ultiboard, zda 3D pohled podporuje.

8.1 Prohlížení desky ve 3D (Viewing the Board in 3D)

Pro prohlížení návrhu desky ve 3 rozměrech (3D) se lze přepnout těmito způsoby:

- a) Cesta na hlavním panelu: Tools/View 3D.
- b) Cesta na hlavním panelu: View/3D Preview
- c) Ikona na panelu (Toolbar Main)



Po přepnutí jedním z výše uvedených způsobů se otevře nové okno s 3D náhledem (viz obrázek níže)



Obr. č. 89 3D pohled na plošný spoj

Na záložce projekty "Projects" v Design Toolbox okně je vidět, že máme otevřený 3D pohled na desku.

Design Toolbox 🛛 🛛	
🗋 🖾 😂 🗋	
⊡	
1) 652	
() 653	
1) G54	
1) 655	
Projects Layers	

Obr. č. 90 Design Toolbox s položkou 3D View 1

Chceme-li zavřít 3D zobrazení, klikneme pravým tlačítkem myši na záložku 3D pohled na kartě "projekty" a v kontextové nabídce okno zavřeme.

Upozornění: Změny, které provedeme v okně návrhu desky, se neprojeví v 3D zobrazení (pokud okno se zobrazením ve 3D již bylo otevřeno dříve), i když zvolíme funkci aktualizovat 3D pohled (View/Refresh). Aby se odrazily veškeré změny v pohledu 3D (které provedeme v konstrukci), je nutné zavřít a znovu otevřít okno s 3D pohledem.

Poznámka: Pokud jsme v novější verzi Ultiboardu (např v.10, v.11) otevřeli soubor, například z Ultiboardu z roku 2001, musíme použít nástroj pro aktualizaci tvarů 3D objektů, než budeme moci používat 3D zobrazení. Cesta pro aktualizaci tvarů: **Tools/Update Shapes** Vzhled jednotlivých dílů je nastavován ve 3D vlastnostech těchto dílů.

8.2 Zobrazení rozměrů (Showing an Object's Height)

Pokud zapneme u zobrazení 3D náhledu možnost "zobrazovat rozměry dílů", bude výsledný 3D obrázek vypadat s rozměry jako na obrázku níže. Cesta pro zapnutí zobrazení rozměrů je:

Tools/Show (Hide) Height

Nebo na panelu (Toolbar View)



Obr. č. 91 Zobrazení rozměrů dílů

8.3 Boční pohled na vrstvy (Internal View)

Pro zobrazení bočního pohledu na vrstvy použijeme cestu: View/Internal Layers Nebo na panelu (Toolbar View)

Obr. č. 93 Boční pohled na desku – internal

Poznámka: Pokud máme desku navrženu pouze jako jednostrannou (nebo dvoustrannou), neuvidíme v bočním pohledu žádné další vrstvy.

Tip: Pro přibližování a oddalování (zoom) používáme kolečko na myši (procházení vnitřkem desky), pro posun desky do stran (nebo nahoru a dolů) stiskneme tlačítko kolečka myši a pohybem vlevo, vpravo, nahoru nebo dolů desku posouváme.

Kapitola 9 – příklady a úlohy

Zadání úloh žákům pro návrhy desek plošných spojů vychází z knihy "Úlohy pro simulační program Multisim 10.0" při využití uživatelského manuálu k programu "Electronics Workbench Multisim 10.0" Obě knihy publikovalo v roce 2007 SOUE Plzeň – autor Martin Pihrt v rámci projektu " Počítačem plně podporovaná měřící učebna pro analogovou a digitální analýzu elektronických obvodů s podporou simulačního programu a následně navazující implementaci do interaktivní formy výuky pomocí SMART BOARDU".

Tato publikace knihy "Electronics Workbench Ultiboard 11.0" **je nadstavbou výše uvedených knih.** Žáci sestavují a odlaďují elektronický obvod v simulačním programu Multisim 10.0 a následně na funkční prototyp navrhují dvoustranný (jednostranný) plošný spoj v návrhovém programu Ultiboard 11.0 (licence edukační verze programu Ultiboard 11.0 zakoupená SOUE Plzeň umožňuje návrh až čtyřvrstvých desek plošných spojů. S ohledem na realizovatelnost výroby v SOUE Plzeň se využívá návrh maximálně dvoustranných DPS).

Analogové úlohy DMA 1-16		
DMA 1	Astabilní klopný obvod s tranzistory	
DMA 2	Bistabilní klopný obvod s tranzistory	
DMA 3	NF jednostupňový předzesilovač v zapojení SE	
DMA 4	Emitorový sledovač s bipolárním tranzistorem SK	
DMA 5	Kondenzátor ve stejnosměrném obvodu jako filtr ve zdroji	
DMA 6	Cívka ve stejnosměrném obvodu tranzistoru (tranzistor jako spínač)	
DMA 7	Obvod 555 jako monostabilní klopný obvod (MKO)	
DMA 8	Obvod 555 jako pulsně šířkový modulátor (PWM)	
DMA 9	Operační zesilovač – invertující zapojení předzesilovače (OZ)	
DMA 10	Operační zesilovač – neinvertující zapojení předzesilovače (OZ)	
DMA 11	Galvanické oddělení mezi obvody – optočlen	
DMA 12	Převodník A / D s OZ	
DMA 13	Operační zesilovač jako aktivní filtr – dolní propust (OZ)	
DMA 14	Operační zesilovač jako aktivní filtr – horní propust (OZ)	
DMA 15	Sledovač s tranzistorem FET	
DMA 16	Předzesilovač s tranzistorem FET	
Digitální úlohy DDM 1-16		

SEZNAM ÚLOH pro návrhy DPS žáky

	Analogové úlohy DMA 1-16
DDM 1	Astabilní klopný obvod s obvodem 74132
DDM 2	Modulo 24, 60 pomocí čítače 7490
DDM 3	Silniční semafor pomocí čítače 7493
DDM 4	Simulace funkcí mobilního telefonu GSM logikou TTL - AND, OR (NAND, NOR)
DDM 5	Simulace směrovek v osobním automobilu logikou TTL – AND, OR (NAND, NOR)
DDM 6	Čtyřmístné digitální stopky s čítačem (čítač 74xx)
DDM 7	Čtyřmístné digitální hodiny s přednastavením hodin a minut (čítač 74xx)
DDM 8	Simulace chodu ventilace v tunelu Valík pomocí TTL logiky a čítače 7493
DDM 9	Generátor sinusového signálu tvořený obvody JK-D
DDM 10	Převodník kódu BCD na sedmisegmentový display s TTL AND, OR (NAND, NOR)
DDM 11	Multiplexer – Demultiplexer (převod z paralelních dat na sériová data)
DDM 12	Programovatelná dělička frekvence s volitelným poměrem (1-99x)
DDM 13	Dekodér adres - převodník kódu BCD na 1 z N
DDM 14	Hlídání přetečení pračky pomocí logiky TTL
DDM 15	Posuvný registr (74164)
DDM 16	Simulace chodu 3 strojů v truhlářské dílně

9.1 Příklad návrhu – úloha PWM generátor s IO 555

SOU elektrotechnické Plzeň			
Jméno a příjmení: Petr Kamil	Třída: E4S	Skupina: 20	
Simulace – Měření – Diagnostika			
Pracoviště: DSIM Číslo úlohy: DMA8			
Návrh obvodu: Obvod 555 jako pulsně šířkový modulátor (PWM)			
Datum simulace: 11. 10. 2011 Počet listů: xx			

1) Funkce -Tento obvod patří dosud k nejúspěšnějším integrovaným obvodům, 555 vyrábí téměř každá světová firma např: Signetic NE555, Motorola MC1555, General SG555, Intersil NE555. PWM (Pulse Width Modulation) regulátory se používají na regulaci otáček stejnosměrných motorů. Jedná se o regulaci využívající změny šířky proudového impulsu do motoru, tím se liší od obyčejné spojité regulace proudu, kde nedochází jen ke snižování proudu ale i napětí. Při pulsní regulaci zůstává proud i napětí stejné, ale mění se aktivní doba, kdy prochází proud motorem. Motor takto regulovaný má pak stejnou sílu v celém rozsahu otáček. Regulace obvodu je možná od 2-3% do 100%.

2) Zadání - Navrhněte v simulačním programu Electronics Workbench pulsně šířkový modulátor (PWM) sestavený z časovače 555, který produkuje obdélníkový průběh s proměnnou šířkou pulsu. Změřte osciloskopem Tektronix na výstupu obvodu šířku pulsu při 5, 50, 95 % (nastavuje se potenciometrem P1). Obvod odlaďte v prostředí EWB. Navrhněte jednostranný plošný spoj (vložte pohled na DPS – strana spojů, strana osazení součástek, 3D zobrazení).

Použijte tyto návrhové metody:

- a) ruční metodu návrhu desky
- b) automatickou metodu návrhu desky

Vložte tabulku součástek pro navrhovaný obvod z produkce <u>www.ges.cz</u> (<u>www.gme.cz</u>)

Struktura protokolu

- 1) funkce obvodu
- 2) zadání protokolu
- 3) schéma zapojení obvodu
- 4) vzorce pro stanovení hodnot součástek, zadané parametry
- 5) tabulka vypočítaných a zaokrouhlených hodnot z řady E12
- 6) schéma zapojení obvodu v EWB Multisim
- 7) sejmutá stínítka měřících přístrojů
- 8) poznatky z ladění obvodu (simulace)
- 9) návrh plošného spoje
- 10) tabulka součástek

3) schéma zapojení



Obr. č. 94 Schéma zapojení PWM generátoru

4) Vzorce pro stanovení hodnot součástek, zadané parametry

R1	R2	C1
$R1 = \frac{UVs}{IR1}$	$R2 = \frac{UVs}{IR2}$	$XC = \frac{1}{(2*3,14*2000*C1)}$

Položka	Hodnota	Tolerance	Pouzdro
C1, C2	Ceramic	2%	IPC-2221A/2222/CAPPA1600-
			1000X450
R1, R2	Carbon	1%	IPC-221A/2222/RES1300-700X250
	Composition		
D1, D2	1N4148		IPC-221A/2222/DO-35
D3	1N4007GP		IPC-221A/2222/DO-204AL
Q1	BD135		Generic/TO-126
TIMER	LM555CN		IPC-221A/2222/N08E
X1	Lamp 12V/10W		Generic/LAMP
P1	Cermet		Generic/LIN_POT

Tab. č. 2 Zadané parametry

Proud IR1 (A)	Proud IR2 (A)	XC	UVs (V)	C2 (nF)
0,0110	0,1256	8432	12	47

Tab. č. 3 Zadané hodnoty

Nyní přistoupíme k výpočtu hodnot chybějících součástek dosazením do vzorců z tabulky č. 1 (R1, R2, C1).

5) tabulka vypočítaných a zaokrouhlených hodnot z řady E12

R1 (Ω)	R2 (Ω)	C1 (nF)	C2 (nF)			
1090	95,54	9,44	47			
Tab. č. 4 Vypočítané hodnoty součástek						

Vypočítané hodnoty součástek zaokrouhlíme dle řady hodnot E12. S těmito hodnotami budeme dále pracovat v simulačním programu National Instrument – Multisim 10.0.



R1 (Ω)	R2 (Ω)	C1 (nF)	C2 (nF)	
1000	100	10	47	
Tab. X. 5.7 a alven blan é badnaty a užétaly dla řady. E13				

Tab. č. 5 Zaokrouhlené hodnoty součátek dle řady	E12
--	-----

Spustíme simulační program Multisim a na plochu vložíme jednotlivé součástky a přístroje. U součástek nastavíme hodnotu, typ materiálu, toleranci a typ pouzdra.

🏶 Select a Component					🏶 Select a Component			
Database:	Component:		Symbol (DIN)		Database:	Component:	Symbol (DIN)	
Master Database 🛛 🗸		Ω			Master Database 🛛 👻	47n F		
Group:	698	^		Llose	Group:	47n		Close
🗥 Basic 💙	700		- <u>-</u>	Search	🗥 Basic 💙		∽- →	Search
Family:	715			Detail Report	Family:			Detail Report
All Select all families	732			View Model	All Select all families			View Model
BASIC_VIRTUAL	750		Save unique component on placement	Help	BASIC_VIRTUAL		Save unique component on placement	Help
RATED_VIRTUAL	769		Component type:		RATED_VIRTUAL		Component type:	
3D_3D_VIRTUAL	787		Carbon Composition		3D_3D_VIRTUAL		Ceramic	
RPACK	800		Carbon Composition	<u> </u>	RPACK			
🕺 SWITCH	806		Tolerance(%):		🕺 SWITCH		Tolerance(%):	
TRANSFORMER	820	-	0	~	TRANSFORMER		3	×
NON_LINEAR_TRANSF	825		Model manuf. (ID)		NON_LINEAR_TRANSF		Model manuf (ID)	
+Z- Z_LOAD	866		Generic/VIRTUAL RESISTANCE		-E- Z_LOAD		Generic/VIRTUAL_CAPACITANCE	1
 ¢∜RELAY	887				¢∜ RELAY			
CONNECTORS	900				CONNECTORS			
E SOCKETS	909		Footprint manuf./Type:		SOCKETS -		Footprint manuf./Type:	
SCH CAP SYMS	910		<no footprint=""></no>	~	SCH CAP SYMS		<no footprint=""> IPC-22210/2222 / CARRA1600-1000/450</no>	<u>^</u>
- RESISTOR	931		IPC-2221A/2222 / RE51400-800X250		- RESISTOR		IPC-2221A/2222 / CAPPA1600-1000X600	
	953		IPC-2221A/2222 / RE51500-900X250	~			IPC-2221A/2222 / CAPPA1700-1100X800	×
	16		Hyperlink:				Hyperlink:	
	1.0k	¥			<			
Components: 1117	Searching:			.:	Components: 1	Searching: 47n		

Obr. č. 96 Nastavení parametrů rezistorů a kondenzátorů



Obr. č. 97 Vybrané a nastavené prvky vložené na plochu

6) schéma zapojení obvodu v EWB – Multisim



Obr. č. 98 Schéma obvodu v simulačním programu

Po sestavení obvodu vyzkoušíme bezchybnou funkci. Odměříme proud, napětí multimetrem Agilent a průběhy obvodu osciloskopem Tektronix. Pro snímání obrázků použijeme funkci "Capture Screen Area"

7) sejmutá stínítka měřících přístrojů



Obr. č. 99 Pohled na ampérmetr při minimálním výkonu (P1=0%)



Obr. č. 100 Pohled na voltmetr při minimálním výkonu (P1=0%)

🐡 Agiler	nt Multimeter-XM	M1			
	ent 34401A 642 Digit Multimeter 0 8 0 5	.431	mAD	C	Rata Ref
Power	DC 1 AC 1 DC V AC V	FUNCTION	→+ dB Cont II) Null	MATH dBm Min Max	LO SOUVAL AND LO
	CHOICES	A RANGE / DIGIT	S 6 Auto/Hi Auto/ Single Man TRIG	Shift LOCAL	ElFront Fused on Rear Partial

Obr. č. 101 Pohled na ampérmetr při maximálním výkonu (P1=100%)



Obr. č. 102 Pohled na voltmetr při maximálním výkonu (P1=100%)



Obr. č. 103 Pohled na osciloskop při P1=5%



Obr. č. 104 Pohled na osciloskop při P1=50%



Obr. č. 105 Pohled na osciloskop při P1=95%

8) poznatky z ladění

Na měření šířky výstupního pulsu použijeme osciloskop Tektronix a to tak, že do kanálu CH1 zapojíme výstup z obvodu (pin 3 IO). Potenciometrem P1 lze nastavovat šířku pulsů na výstupu přibližně od 2% do 100%. Po připojení výkonového modulu lze ovládat například motor, žárovku, ventilátor, čerpadlo... Tento typ regulace má účinnost cca 90-95%. Nevýhoda obvodu je, že nelze nastavit na výstupu výkon 0%. Tento jev se dá odstranit například vypínačem v přívodu umístěným na potenciometru, a tím nastavit 0% (odpojovat obvod).

9) návrh plošného spoje

Simulace obvodu tímto končí, obvod pracuje dle zadání. V programu Multisim uložíme schéma obvodu pro transportování do programu Ultiboard (v hlavní liště Transfer/Transfer to Ultiboard). Uložený soubor bude mít příponu *.ewnet



Obr. č. 106 Exportování souboru z Multisimu – uložení do souboru

Uzavřeme program Multisim a spustíme program Ultiboard pro návrh desky plošných spojů. Otevřeme námi uložený soubor, který jsme vyexportovali z Multisimu.

Poznámka: Po exportování z programu Multisim se automaticky otevírá program Ultiboard stejné verze. Tedy pokud máme v SOUE zakoupenou licenci na Multisim 10.0, snaží se po exportování program otevřít svoji verzi Ultiboard 10.0 (nemáme zakoupenou licenci.) Tento problém vyřešíme uzavřením Ultiboardu 10 a otevřením Ultiboardu 11 (máme zakoupenou licenci), kde dáme načíst soubor vyexportovaný v Multisim 10.

Rada: Pokud uvažujete o zakoupení programů EWB XX, je dobré zakoupit licenci na obě

části programu současně, tzn. Multisim 11 a Ultiboard 11. Tím odpadne chyba s otevíráním úloh v různých verzích EWB...

Načítaný	soubor	Z	Multisimu	
----------	--------	---	-----------	--



Obr. č. 107 Otevření souboru "ewnet" na disku

Po kliknutí na tlačítko "Otevřít" se nám otevře okno s importem Netlistu, potvrdíme tlačítkem "OK"

	Action in Layout	Status	
Salayers Copper Bottom, Copper Top	Add layers Copper Bottom, Copper Top		
Net 0	Add net 0		
🗰 Net 0	Add Q1 pin 1 to net 0		
🖤 Net 0	Add C2 pin 2 to net 0		
🖤 Net 0	Add U1 pin 1 to net 0		
🗰 Net 0	Add C1 pin 2 to net 0		
	Add net 1		
🗰 Net 1	Add U1 pin 4 to net 1		
Net 1	Add U1 pin 8 to net 1		
Net 1	Add R1 pin 1 to net 1		
Net 2	Add R1 pin 2 to net 2		
Net 2	Add U1 pin 7 to net 2		
Net 2	Add D1 pin C to net 2		
Net 2	Add D2 pin A to net 2		
Net 2	Add net 2		
🗰 Net 3	Add U1 pin 2 to net 3		
Net 3	Add U1 pin 6 to net 3		
Net 3	Add net 3		
🗰 Net 3	Add R3 pin 2 to net 3		

Obr. č. 108 Import Netlistu

🗃 pwm ewb uloha ultiboard - I	Jltiboard - [pwm ewb uloha ulti	iboard *]			- 7 🛛
Eile Edit View Place Design	Transfer Iools Autoroute Option	ns <u>W</u> indow <u>H</u> elp			_ _ 8 ×
🗋 😅 📽 🔛 🎒 X 🗈 🕅	9 CH 🛛 🖬 🖲	Q Q Q 🛛 🕟 🖪	🗏 S 🗇 🕆 🖡 🏒 🗶 3	/ 🛃 📽 🔏 🖊 🎉 🗀 📍	
	Copper Top	🗸 Automatic (10.0000 mil)	mi 🔽 🗁 x 🔳 x 🚄 x 💳 x	۷ 🛃	101 At 24 42 🗘
Design Toolbox 📃 📩					
D 😂 🛛 🗖 🖷					~
pwm ewb uloha ultiboard					
D pwm ewb uloha ultiboard	-				
	-				
	-				
	-				
	-				
a)	-				
í					
	-				
		Ф		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
					~
					>
Projects Layers	pwm ewb uloha ultiboard *				< >
Ultiboard - 11. října 2011, 9:1	7:55				
Tennesk neblisk Fraum auch uteka	diseared] 11 Size 2011 12:11:22		1)		
Import netlist completed; 0 err	or(s), 0 warning(s); Time: 0:02.27		b)		
tste					
Results DRC Parts Part gr	oups Nets Net groups SMT Pads	THT Pads Vias Copper areas K	eep-ins/Keep-outs Copper layers Part	s position Statistics	
in radio in rate rate gr					- mi

Obr. č. 109 Otevřený soubor po importu Netlistu

Nastavíme rozměry desky spojů:

- a) klepnutím do design toolbox okna záložka Layers. Poklepeme 2x myší na položku Board Outline a myší nastavíme požadovanou velikost.
- b) klepnutím pravého tlačítka myši na žlutém rámečku na pracovní ploše (okno se zvýrazní) a myší nastavíme požadovanou velikost.

Poznámka: Pokud není povolen výběrový filtr "Other Object" (panel: Toolbar/Select/Enable Selecting Other Object), nepůjde velikost desky nastavit.



Obr. č. 110 Zvýrazněné okno pro nastavení velikosti desky

Upravíme rozměr desky na námi požadovanou velikost...

🗃 pwm ewb uloha ultiboard - Ultiboard - [pwm e	vb uloha ultiboard *) 📃 🖻	X
D Ele Edit Yew Place Design Transfer Loois A	toroute Options Window Help	a ×
🗋 😰 📽 🔛 🏨 🗶 🖻 🛍 🎔 🖓	⌀▤◉<<<<>> </td <td></td>	
Yo Yo Yo Yo Yo Keep-I	Reep-out 🔽 Automatic (10.0000 mil) 🔽 mil 🔽 🏠 👘 🗆 🗉 🗹 🖉 🦓 👫 🏤 🖧	Ŷ
Coper Tob Coper Tob		
Medunical 2		
	÷	~
Projects Layers D pwm ewb uloha ul	board *	• •
X Ubbaard - 11. října 2011, 9:17:55 Inport netist (pwm evé ucha ukboard) - 11. října 20 Inport netist completed; 0 error(s), 0 warning(s); Ti	1, 12:11:23 e: 0:02.27	
Results DRC Parts Part groups Nets Net gro	ps SMT Pads THT Pads Vias Copper areas Keep-ins/Keep-outs Copper layers Parts position Statistics	
	X -1363.0631 Y 5240.0775 dX -1401.4101 dY 5230.0046 L 5414.5081 mil	

Obr. č. 111 Upravená velikost desky spojů

Přepneme výběrový filtr na "Enable Selecting Parts" a tahem rozmístíme součástky po desce tak, jak nám vyhovuje.



Obr. č. 112 Rozložení součástek na desce spojů

Prohlédneme si rozložení součástek na desce ve 3D zobrazení, případně poupravíme rozmístění dle potřeby.



Obr. č. 113 Pohled na plošný spoj ve 3D

V zadání máme navrhnout jednostranný plošný spoj. Otevřeme nastavení parametrů plošného spoje (cesta na hlavní liště: **Options/PCB Properties/Copper Layers**, nebo pravým tlačítkem myši na desce spojů **Properties/Copper Layers**) a nastavíme, že se jedná o jednostranný plošný spoj (Layer pairs). V položce Allow routing povolíme routování ve vrstvě Copper Botom/routing Horizontal. Ve vrstvě Copper Top zakážeme routování.

PCB Properties	PCB Properties
Attributes General layers Social sumt Copper layers Layer pars: 2 Image: Copper layers Social sumt Social sumt	Attributes God & units Copper layers Layer pars: 2 Single layer stack-ups: 1 Top: 0 Bottom: 0 Interviewer 2 Allow routing 0 Copper layer: Properties Copper layer: Properties Copper layer: Properties Board Non-outing Board Non-outing Board Non-outing Status Properties Status Non-outing Board Non-outing Board Non-outing Status Non-outing Status Non-outing Routing Non-outing Board Non-outing Status Non-outing <
Set as default OK Cancel Apply Hel	OK Cancel Apply Help

Obr. č. 114 Nastavení Bottom

1

Obr. č. 115 Nastavení Top

1

Ruční návrh desky
V panelu Draw Settings Copper Bottom vybereme spodní vrstvu desky.
V panelu Main 🗹 🏖 📽 🖉 🖋 👭 🎉 vybereme první možnost "nástroj Line" 👤 a
začneme myší propojovat jednotlivé vývody součástek (program nám ukazuje, které vývody
máme propojit spolu).

Obr. č. 116 Rozložení součástek v zapojení

Z důvodu složitého návrhu desky použijeme drátovou propojku (jumper) pro možnost křížení spojů (hlavní lišta **Place/Jumper**). Z důvodu většího proudu v silové části zvětšíme šířku spojů.



Obr. č. 117 Hotový ruční návrh desky

				🔛 🤶	X 🕹 🗀	b A 2	N 🕅	E Q	
Locked	Trace width	Max width	Min width	Topology	Trace length	Max length	Min length	T	
No	▼ 30.0000	39370.0787	0.0394 🛛	Shortest	▼ 1600.6496	N/A	N/A	11	<u> </u>
No	10.0000	39370.0787	0.0394	Shortest	2874.6804	N/A	N/A	1	
No	10.0000	39370.0787	0.0394	Shortest	1490.0825	N/A	N/A	10	
No	10.0000	39370.0787	0.0394	Shortest	2755.3911	N/A	N/A	11	
No	10.0000	39370.0787	0.0394	Shortest	3402.0815	N/A	N/A	11	
				-				>	
rt groups Nets	Net groups SMT Pa	ds THT Pads Vias	Copper areas	Keep-ins/Kee	p-outs Copper la	/ers Parts pos	ition Statisti	cs	

Obr. č. 118 Okno "Nets" - zvětšení šířky spojů



Obr. č. 119 Pohled na desku ve 3D

Automatický návrh desky (Autorouter)

V panelu Autoroute 💋 🚿 stiskneme tlačítko blesku.



Obr. č. 120 Aktivní režim autorouter



Obr. č. 121 Návrh autorouterem - 3D



Obr. c. 122 Návrh autorouterem – spoje

Autorouter propojil spoje bez ohledu na estetiku desky. Aby cesty nevedly pospolu, případně nebyly moc dlouhé atd., museli bychom nastavit pravidla pro routování (cesta v hlavním panelu **Options/PCB Properties/Design Rules**).

width settings Width Im Trace Width Im Trace Width Im Trace Length Im Trace Length Im Trace Length Im Trace Length Im Trace Length	10.000000 0.033370 393.700787 0.000039 33370.078740			
s width settings Width um Trace Width In Trace Width In Trace Length um Trace Length Um Trace Length	10.000000 0.033370 333.700787 0.000039 33370.078740			
wiath um Trace Width um Trace Width e length settings um Trace Length um Trace Length sneck settings	0.039370 393.700787 0.000039 39370.078740			
um Trace width um Trace Width e length settings um Trace Length um Trace Length sneck settings	0.033370 393,700787 0.000039 33370,078740			
um Trace Width Flength settings um Trace Length um Trace Length	0.000039 33370078740			
rlength settings um Trace Length um Trace Length sneck settings	0.000039 39370.078740			
um Trace Length um Trace Length a neck settings	39370.078740			
um Trace Length neck settings	39370.078740			
e neck settings				
and a second				
um Trace Neck Length	0.039370			
um Trace Neck Length	0.039370			
Clearance settings				
nce to Traces	10.000000			
nce to Pads	10.000000			
nce to Vias	10.000000			
nce to Copper Areas	10.000000			
pacing settings				
pacing	0.000000			
nd gate swapping settings				
oin swapping	Yes			
gate swapping	Internal gates only			
e real-time swapping	No real-time swapping			
nal relief				
al relief	1			
echnology				
um tool size for slot drilling	10.000000	~		
	an mace rectic being note to Traces note to Pads note to Pads note to Qas note to Copper Areas note to C	an read-reack Length a 0.00000 net to Pads 10.000000 net to Pads 10.000000 net to Pads 10.000000 net to Caper Areas 10.000000 net to Caper Areas 10.000000 ad gate swapping 0 ad gate swapping 1 real-time swapping No real-time swapping net real-time swapping 1 re		

Obr. č. 123 Nastavení parametrů návrhu

Vložení ostatních prvků a objektů na desku

Pro uchycení desky spojů vložíme na desku díry M3 z databáze (**Ultiboard Master/Mechanical Parts/Mechanics/FR M3**).

🚟 Get a Part From the Databa	ise		
Database:	Filter: All types Available parts:	Show dimensions	Units: mil 💽 R Q Q Q
User Database Corporate Database Ultiboard Master CAD Parts Mechanical Parts Front Panel Mechanics Net Bridges Surface Mount Technology Pa	FR_M3		
	Show subtree conte	ents OK	Cancel Help

Obr. č. 124 Vložení dílu z databáze

Pomocí myši a tlačítka Ctrl označíme min. dva díly a pomocí nástrojů v panelu Align je zarovnáme (vlevo, vpravo, nahoru, dolů...)



Obr. č. 125 Označení a zarovnání dílů na desce



Obr. č. 126 Deska s vloženými dírami M3 pro uchycení

Protože jsme při simulaci obvodu nevložili žádný přípojný bod (napájecí konektor, pin, svorkovnici), nemáme nyní na desce žádný bod pro připojení napájecího napětí (napájecích vodičů). Z toho vyplývá, že je důležité vložit do schématu veškeré součástky a díly ihned při simulaci, abychom se vyvarovali dodatečnému vkládání chybějících části. Pokud přesto zapomeneme v simulaci na přípojný bod, vložíme ho z databáze, viz obrázek níže.



Obr. č. 127 Vložení napájecí svorkovnice

Po vložení svorkovnice na desku připojíme ručně (nástroj Line) její vývody k obvodu. Vložíme textové pole na vrstvu Bottom s informací o polaritě a velikosti napájecího napětí (+12V, popisek je nutné zrcadlově otočit, aby byl čitelný ze strany spojů). Na vrstvu Top vložíme textové pole (SOUE PWM 2011) pro označení obvodu...



Obr. č. 128 Finální návrh desky spojů



Obr. č. 129 Pohled na finální desku ve 3D

Výroba, export desky spojů

Pokud máme hotový finální návrh desky spojů, exportujeme jednotlivé vrstvy na tiskárnu. Přehled základních (nejpoužívanějších) vrstev pro tisk:

- Silkscreen Top osazovací plán
- Copper Bottom (Copper Top) vodivé cesty
- Reflected zrcadlové otočení desky



Obr. č. 130 Silkscreen Top



Obr. č. 131 Copper Bottom

Zrcadlové otočení desky (REFLECTED).



Pokud máme kde dále zpracovat výrobní data (fréza, výrobní linka), můžeme výrobu desky exportovat do některého ze standardních souborů (Gerber, NC drill) hlavní lišta **File/Export**.

Export	
Export settings	
<default></default>	Drill Export Settings
New Dela Scalable Vector Graphics 3D DXF Gerber R5-274D DXF Gerber R5-274X Board Statistics Layer Stack-up Report Bill Of Materials IPC-D-356A Netlist Parts Centroids	Coordinate format Output units Integer: Decimal: OMetric OK Cancel
Close Export H Copper Amounts Report Prop	

Obr. č. 133 Exportování dat pro výrobu

10) tabulka součástek

V zadání jsme měli sestavit tabulku použitých součástek z produkce GES (GM elektronik). Tabulka musí minimálně obsahovat:

- Označení položky •
- Hodnota položky

- Katalogové číslo a označení prodejce
- Náhled (obrázek) položky
- Cena za položku s daní/cena za více položek
- Celková cena s daní za všechny položky

	🗸 🛛 🖓 nepřihlášený • přihlásit zaregistrovat 🚽 🏷 koš • 0 položek 0,000 Kč	vyhledat			
ELECTRONICS SHO	HAL 10G4				
	Wod · E-shop · LED diody, optosoučástky, žárovky · Halogenové žárovky · Patice 64 · HAL 1064				
Halogenové žárovky	Žárovka halogenová, 12V/10W, patice G4				
Objímky pro halogenové žárovky	RoHS				
Patice E14 Patice E27	obrázky a přílohy	položka			
Patice G6.35		výrobce objednací kód GES05100457 min. obj. množství 1 kus			
Patice G9 Patice GU10 Patice CU5 2 (MD46)	WW.ges.ez - www.ges.ez - www.ges	cena cena bez DPH / kus 16.58 Kč			
Patice R7s		cena s DPH / kus 19,90 Kč množytevní slevy (bez UPH) ≥10 usů 15,00 Kč ≥10/0 kusů 13,30 Kč			
	🖒 To se mi libí 🖪 Přihlášení a prohlédněte si, co se vašim přátelům libí.	dostupnost			
obrázek	Obr. č. 134 Příklad E-SHOPU <u>WWW.GES.CZ</u> C	katalogové číslo			

Položka	Hodnota	Katalogové číslo, označení	Náhled	Cena Kč	
		prodejce		ks/více ks	
U1	NE555N	05001854, GES	T	8,90/8,90	
R1, R2	1 KΩ	05300932, GES		2,40/4,80	
R3 (P1)	50 KΩ	05303131, GES		59,0/59,0	
D1, D2	1N4148	04900369, GES		1,0/2,0	
D3	1N4007	04900374, GES	-16	1,0/1,0	
C1	10 nF	05400178, GES	4	1,80/1,80	
C2	47 nF	05400186, GES	4	1,90/1,90	

Q1	BD139	04901227, GES	4,90/4,90
U6	CPP 3,5/2	06600590, GES	4,50/4,50
X1	12V/10W	05100457, GES	19,90/19,90
	Celkov	vá cena s daní v Kč	109,- Kč

9.2 Příklad návrhu – úloha NF jednostupňový předzesilovač v zapojení SE

SOU elektrotechnické Plzeň						
Jméno a příjmení: Jiří Gorky Třída: E3S		Skupina: 10				
Simulace – Měření – Diagnostika						
Pracoviště: DSIM	Číslo úlohy: DMA3					
Návrh obvodu: Nízkofrekvenční předzesilovač v zapojení společný emitor						
Datum simulace: 20. 10. 2011	Počet listů: xx					

1) Funkce - Předzesilovač v zapojení se společným emitorem (SE) se vyznačuje následujícími vlastnostmi: velkým napěťovým zesílením, velkým vstupním a nízkým výstupním odporem. Napětí na kolektoru tranzistoru je nejvýhodnější nastavit do poloviny napájecího napětí (docílí se tím maximální symetrie výstupního nf napětí). Vstupní odpor zadáváme řádově v k Ω . Výslednou hodnotu samozřejmě nepříznivě ovlivňuje rezistor R2 (je zapojen paralelně ke vstupu signálu). Zesílení je přibližně dáno podílem rezistorů Rc:Re. Vstupní signál přichází přes vazební kondenzátor C1 na bázi tranzistoru, je zesílen a odebírán z kolektoru přes vazební kondenzátor C2. Proti vstupu je fázově posunutý o 180°. Předzesilovače pracují nejčastěji ve třídě A.

2) Zadání - Navrhněte v simulačním programu Electronics Workbench jednostupňový nf předzesilovač v zapojení se společným emitorem. Pro stabilizaci pracovního bodu tranzistoru použijte můstkové zapojení rezistorů. Vypočítejte součástky v obvodu. Změřte zesílení Au (dB). Obvod odlaď v prostředí EWB. Navrhněte jednostranný plošný spoj (vložte pohled na DPS – strana spojů, strana osazení součástek, 3D zobrazení). Použijte Follow-me návrhovou metodu. Vložte tabulku součástek pro navrhovaný obvod z produkce www.ges.cz (www.gme.cz)

Struktura protokolu

1) funkce obvodu

- 2) zadání protokolu
- 3) schéma zapojení obvodu
- 4) vzorce pro stanovení hodnot součástek, zadané parametry
- 5) tabulka vypočítaných a zaokrouhlených hodnot z řady E12
- 6) schéma zapojení obvodu v EWB Multisim
- 7) sejmutá stínítka měřících přístrojů
- 8) poznatky z ladění obvodu (simulace)
- 9) návrh plošného spoje
- 10) tabulka součástek

Použité součástky v obvodu plní následující funkci:

Kondenzátory C1 a C2 odfiltrovávají stejnosměrnou složku od střídavé složky signálu. Rezistory R1 a R2, které jsou zapojeny do děliče, nastavují pracovní bod tranzistoru. Rezistor Rc (R3) převádí změny proudu Ic na změny napětí URc (pracovní impedance). Rezistor Re (R4) zajišťuje tepelnou stabilizaci pracovního bodu tranzistoru (pokud Re nahradíme drátovou propojkou, dojde při změně teploty tranzistoru k posunutí pracovního bodu).

3) schéma zapojení obvodu



4) vzorce pro stanovení hodnot součástek, zadané parametry

Vzorce pro stanovení hodnot (dosazujeme v základních jednotkách!)

Vzorce pro stanovení hodnot (dosazujeme v základních jednotkách!)						
$Ib = \frac{Ic}{\beta}$	$URc = \frac{Uz}{2}$	Uce = Uz - URc - URe	Uin = Ube + URe			
Uout = Uce + URe	UR1 = Uz - Uin	UR2 = Uz - UR1	$Rc = \frac{URc}{Ic}$			
Ie = Ib + Ic	$Re = rac{URe}{Ie}$	IR1 = 2,2xIb	IR2 = 1,2xIb			
$RI = \frac{UR1}{IR1}$	$R2 = \frac{UR2}{IR2}$	$Au = 20 * \log\left(\frac{Unfout}{Unfin}\right)$	$Au = \frac{Unfout}{Unfin}$			

Tab. č. 6 Vzorce pro stanovení hodnot součástek

Uz = 15 V DC	T1 = BC 546P			
Ic = 19 mA	ß pro T1 = 297			
U b-e = 0,6 V	C1 = 2,2 uF			
U Re = 0,32 V	C2 = 33 uF			
U nf in = 0,3 Vpp				

Tab. č. 7 Zadané hodnoty

Položka	Hodnota	Tolerance	Pouzdro
C1, C2	Electrolytic	0%	IPC-2221A/2222,CAPPA3600-
			3000X1500
Q1	BC546BP		TO-92, Generic
R1, R2, R3, R4	Carbon	1%	IPC-221A/2222/RES1300-700X250
	Composition		

Tab. č. 8 Zadané parametry součástek

5) tabulka vypočítaných a zaokrouhlených hodnot z řady E12

Ib (mA)	URc (V)	Uce (V)	Uin (V)
0,064	7,5	7,18	0,92
UR2 (V)	Rc (Ω)	Ic (mA)	$\operatorname{Re}(\Omega)$
0,92	394,7	19	16,7
R1 (Ω)	R2 (Ω)	Ie (mA)	
99 858	11 948	19,064	

Tab. č. 9 Vypočítané hodnoty

Vypočítané hodnoty součástek zaokrouhlíme dle řady hodnot E12. S těmito hodnotami budeme dále pracovat v simulačním programu National Instrument – Multisim 10.0.


Rc (Ω)	Re (Ω)	R1 (Ω)	R2 (Ω)	C1 (uF)	C2 (uF)
470	15	100 000	12 000	2,2	33

Tab. č	10	Zaokrouhlené	hodnoty	součástek	dle řady E12
--------	----	--------------	---------	-----------	--------------

Spustíme simulační program Multisim a na plochu vložíme jednotlivé součástky a přístroje. U součástek nastavíme hodnotu, typ materiálu, toleranci a typ pouzdra.



Obr. č. 137 Nastavení parametrů součástek dle zadání



Obr. č. 138 Vybrané a nastavené prvky vložené na plochu

6) schéma zapojení v simulačním programu



Obr. č. 139 Schéma zapojení při simulaci s přístroji

Po sestavení obvodu vyzkoušíme bezchybnou funkci. Odměříme proud, napětí multimetrem Agilent a průběhy obvodu osciloskopem Tektronix. Pro snímání obrázků použijeme funkci "Capture Screen Area"



Obr. č. 140 Schéma zapojení při simulaci bez přístrojů

7) sejmutá stínítka měřících přístrojů

🐲 Agiler	nt Funct	tion Gen	erator-X	FG1						(X
- 🄆 Agil	331 ent 15M4	20A Iz Function /#	rbitrary Wavef	form Genorator) m	Vp	p~	Second and	C		
Power	AM Freq AM	2 2 A/FM Level	FUNCTION/ FSK 3 %Duty	MODULATIC Burst 4	Sweep 5 Noise Store	Arb List Arb Cancel	MENU On/Off Enter		Hz Ypp Iz Yrms	SYNC OUTPUT	
≞ Off ≞ On	6 Freq	7 Ampi MODIFY	8 Offset	9 Single TRIG	0 Recall STATE	, Enter Number	LOGAL	Ba Re	om Ick Späce Scall Menu	(50Ω	- 42¥ Max -

Obr. č. 141 Pohled na generátor Agilent (výstupní napětí)

🐲 Agilen	t Function Ger	nerator-XFG1				X
- 🄆 Agile	33120A ISMHz Function /	Arbitrary WaveForm Genora	 00 k	Hz~	and the second sec	
Power 1		FUNCTION/ MODULA FSK Burst	TION Sweep Art S Noise ± Art	b List MENU Dn/Off Enter	MHz mVpp kHz mVrms	SYNC
≜off ≜on 6	Freq Level Freq 7 MODIFY	8 Offset 9 Single TRIG	1 Store Ca Recall , En Nu STATE	ncel ter Imber LOCAL	Hz dBm Back Space Recall Menu	

Obr. č. 142 Pohled na generátor Agilent (výstupní frekvence)

🐲 Agile	* Agilent Multimeter-XMM2								
- 🄆 Agi	lent 344 61/2	401 A Digit Multime 15	• 0 0	00	0	VD((7	Ratio Ref / VII→ HI O Roto Ref / VII→ HI O Roto Ref	HI Max
	DC 1	AC I		Period	++	dB MA	TH dBm		LO
Power	DC V	AC V	Ω 2W	Freq	Cont II)	Null	Min Max	Terminale Max	3A RMS
	On/Off ^M	ENURecall	R	ANGE / DIG		Auto/Hold			Y I
■ Off ■ On	<	>	~	^	Auto/ Man	Single	Shift	LEFONT Fused o	DN
1 June	CH	DICES	LEY	VEL	ENTER	TRIG	LOCAL	A	

Obr. č. 143 Pohled na multimetr Agilent (voltmetr)



Obr. č. 144 Pohled na multimetr Agilent (ampérmetr)



Obr. č. 145 Pohled na osciloskop Tektronix (f=1KHz)

Naměřené výstupní napětí nf předzesilovače (U nf OUT) = 8,01V, vstupní napětí (U nf IN) = 0,3V. Z naměřených hodnot dosadíme do vzorečku v zadání a spočítáme zesílení Au. Au=26,7 je bezrozměrové číslo, proto se častěji používá výpočet s logaritmy, kde výsledné zesílení vychází v decibelech (dB).

$$Au = 20 * \log \left(\frac{Unfout}{Unfin}\right)$$
 Au=20*log26,7 výsledné zesílení obvodu je Au= 25,53 dB

8) poznatky z ladění

Rezistory v bázi T1, které nastavují pracovní bod tranzistoru, není vhodné vybírat z řady E12 pro malou přesnost hodnot. Pro přesné nastavení je lepší vložit do obvodu společně s rezistory R1 a R2 odporové trimry a s jejich pomocí nastavit hodnotu rezistorů přesně na danou hodnotu (nebo použít jinou řadu rezistorů například E48).

9) návrh plošného spoje

Simulace obvodu tímto končí, obvod pracuje dle zadání. V programu Multisim uložíme schéma obvodu pro transportování do programu Ultiboard (v hlavní liště Transfer/Transfer to Ultiboard). Uložený soubor bude mít příponu *.ewnet

Po otevření souboru v Ultiboardu (viz obrázek) rozmístíme komponenty po desce (povolíme výběrový filtr "Enable Selecting Parts").



Obr. č. 146 Komponenty (součástky) před umístěním na desku



Obr. č. 147 Rozmístěné a zarovnané prvky předzesilovače na desce

Pro návrh spojů využijeme poloautomatický návrh spojů, tedy metodu Follow-me. Přepneme si vrstvu na Copper Bottom (spodní strana desky povede spoje) a začneme propojovat vývody.



Obr. č. 148 Cesty vytvořené metodou Follow-me

Po vytvoření spojů provedeme kontrolu chyb na propojení bodů 🍪 (kontrola Netlistu oproti návrhu). Pokud jsou spoje propojené bez chyb vyskočí po kontrole následující okno:



Na desku spojů vložíme textové pole pro popis vývodů a 4ks děr M3 pro uchycení desky.



Obr. č. 150 3D pohled na spoje



Obr. č. 151 3D pohled na součástky



Obr. č. 152 Pohled z ptačí perspektivy (Birds eye)



Položka	Hodnota	Katalogové číslo,	Náhled	Cena Kč
		označení prodejce		ks/více ks
R1	100 kΩ	05301295, GES		1,95/1,95
R2	12 kΩ	05301274, GES		1,95/1,95
R3	470 Ω	05301240, GES		1,95/1,95
R4	15 Ω	05301205, GES		1,95/1,95
C1	2,2 uF/63V	05400286, GES		3,3/3,3
C2	33 uF/63V	05400289, GES		3,9/3,9
Q1	BC 546A-TAP	04901117, GES		1,5/1,5
	17,- Kč			

10) tabulka součástek

Kapitola 10 – El. výrobky a životní prostředí

10.1 Bezolovnaté pájení (Pb – Free)

Jedná se hlavně o technologie bezolovnatého pájení, spočívající ve vyloučení olova z cínové pájky pro jeho nebezpečnost a vliv na ekosystém znečišťováním podzemních vod při jeho rozpouštění a uvolňování působením kyselých dešťů atd. To vedlo k postupnému zavádění bezolovnatého pájení do výroby velkých výrobců od konce devadesátých let a počátkem roku 2000. Odbourávání olova z pájek a pájecích past vedlo k zavedení směrnice EU tzv. RoHS s účinností od 1. července 2006 o úplném zákazu používání olovnatých pájecích technologií (mimo výjimky, kde je nutná zvýšená spolehlivost jako letectví, vojenství atd.) S tímto ale souvisí i řada technologických problémů při pájení bezolovnatou pájkou oproti původním typům s obsahem olova, např. Sn60Pb40. Je to například o cca 20 – 45 stupňů Celsia vyšší bod tavení oproti SnPb pájkám, které se taví při 340 stupních u bezolovnatých, to znamená cca 380 stupňů Celsia. To má za následek při špatném zavádění nové technologie a nevyladění pájecích postupů příčiny od snížení životnosti pájecího hrotu (původní pájecí hroty nebyly navrženy pro trvalou vysokou teplotu bezolovnatého pájení a docházelo ke zvýšené oxidaci a erozi) až po možné poškození desky plošných spojů vysokou teplotou popřípadě osazovaných součástek, rozstřikování tavidla a pájky, možné vady pájeného místa jako tvorby můstků, přehřívání pájky, odlupování, popraskání spoje atd. Tyto problémy jsou

již dnes technologicky zvládnuty zaváděním nových pájecích stanic, pecí pro přetavení past a cínových lázní pro Pb free pájení. Daleko významnější je problém, týkající se životnosti bezolovnatého pájení, kdy se objevily problémy některých slitin s tvorbou tzv studených spojů buď samotným pájením, nebo postupným vyhřátím během provozu zařízení, spoje jsou křehčí a nesnášejí vibrace, zejména u větších součástek. Tyto vady se u SnPb pájek neobjevovaly a příměs Pb tvořila spoj "odolnějším" vůči tvorbě těchto vad, neboť olovo tvořilo spoj pružnějším a odolnějším vůči vibracím, což u Pb free technologii je dosažitelné velmi špatně, a to navíc za prodražení pájky přidáváním směsí stříbra, india, mědi, zinku, popřípadě germania nebo dalších prvků. Úlohou těchto náhrad je odstranění těchto nedostatků, aby se svými vlastnostmi co nejvíce přiblížila SnPb pájkám. Dle některých studií a názorů odborníků z tohoto oboru je i ekologičnost tohoto postupu sporadická, bude-li se elektrošrot likvidovat tak, jak má, to je odložením ve sběrných dvorech a na místech k tomu určených (tím se vylučuje kontaminace okolí a spodních vod, což byla původní myšlenka ochrany životního prostředí zavedením této normy), je při hlubším rozboru až proti vlastní myšlence ekologičnosti výroby. Počínaje zvýšenou těžbou a zpracováním dalších prvků a vzácných kovů do směsi, vyšší teplotou pájení, což má za následek zvýšení spotřeby elektrické energie, nutné k ohřevu a správnému zapájení, tím ale zároveň zvýšení emisí CO2 oproti stavu před zavedením směrnice RoHS, investici do nového vybavení a tím dalšího ekologického zatížení, spojeného s jeho výrobou jako reflow pece, cínové vlny atd, likvidaci součástek a zařízení, vyrobených olovnatou technologií a nutnost vyrobit nové, nutnost pájení v ochranné dusíkové atmosféře a další důležitou vlastností je i snížená životnost výrobků a větší poruchovost, a tím i jejich následná likvidace, kdy životnost spotřebního zboží je odhadována na cca 2 až 5 let oproti výrobkům s příměsí olova v pájce, vysokými náklady, vynaloženými na vývoj nových slitin atd. Ekologičnost a šetrnost k životnímu prostředí je potom dosti sporadická a míjí se účinkem, ba spíše naopak. Proti logice věci je totiž právě velmi malá životnost výrobků zejména z levných asijských zemí, tímto směrem by bylo žádoucí obrátit ekologickou politiku EU snižováním produkce elektrošrotu výrobou kvalitních zařízení s garantovanou životností výrobků, které nebudou muset pro nekvalitní výrobu a vysokou poruchovost skončit v lepším případě na sběrném dvoře.



Obr. č. 155 Označení technologie bezolovnatého pájení na deskách plošných spojů



Obr. č. 156 Sběrná místa pro použitá elektrozařízení

Každý rok vznikne na celém světě 20 až 50 milionů tun elektronického odpadu. Většina skončí v rozvojovém světě.

!RECYKLACE MÁ SMYSL!



Obr. č. 157 Elektroodpad z EU v rozvojových zemích



Obr. č. 158 Zhoršené životní podmínky rozvojových států "elektroodpad"



Obr. č. 159 Životní podmínky v Číně "elektroodpad"

10.2 Likvidace el. zařízení (WEEE)

(WEEE: Waste Electrical and Electronic Equipment) je směrnice 2002/96/ES o odpadních elektrických a elektronických zařízeních (OEEZ), které spolu s RoHS směrnicí 2002/95/ES určují sběr, recyklaci a využití pro všechny druhy elektrických výrobků. Směrnice ukládá odpovědnost za likvidaci odpadů z elektrických a elektronických zařízení na výrobce těchto zařízení. Tyto společnosti by měly vytvořit infrastrukturu pro sběr OEEZ, takovým způsobem, že "uživatelé elektrických a elektronických zařízení z domácností by měli mít možnost vracet OEEZ přinejmenším bezplatně." Také firmy jsou nuceny využívat sebraného

odpadu ekologicky šetrným způsobem (ekologická likvidace, recyklace ...) WEEE má logo přeškrtnutého odpadkového koše. Ve snaze zdůraznit důležitost této směrnice představila v dubnu 2005 královská společnost umění ve Spojeném království (ve spojení s firmou Canon) sedm metrů vysokou sochu nazvanou "**WEEE Man**". Socha je sestavena z 3,3 tuny elektrického odpadu tzn. průměrného množství elektroodpadu, který vyprodukuje jedna osoba za svůj život.



Obr. č. 160 Označení WEEE – ekologické likvidace výrobku recyklací



Obr. č. 161 WEEE MAN

Kapitola 11 – komponenta ICT

O tom, že se technika a moderní technologie staly nedílnou součástí našeho každodenního života, není pochyb. Bezdrátové WiFi připojení k internetu je zdarma dostupné ve škole, v kavárně a mnohdy v každé lepší restauraci. Komu to nestačí, může si za několik stokorun měsíčně pořídit internet do mobilu. Pravidelný a dlouhodobý pobyt u počítače a na internetu se však může projevit na lidské psychice. Stresuje vás počítač kdykoliv čekáte při pomalém načítání informací, stahování obrázků nebo videa? Zuříte a vztekle mlátíte a kopete do všeho ve svém okolí? Máte chuť vraždit, když se po napsání e-mailu nedočkáte do pěti minut odpovědi? Nejste bohužel sami! S velkou pravděpodobností se u vás projevil takzvaný "Syndrom přesýpacích hodin" (anglicky Hourglass Syndrome). Ačkoliv se nejedná o skutečný syndrom nebo zdravotní stav, bylo toto chování skupinou vědců takto pojmenováno. Nejlepším lékem je tedy v tomto případě prevence, to znamená předcházet situacím, které by stres mohly vyvolat. Stačí tedy nedělat veškerou práci na počítači na poslední chvíli a ve volném čase si najít i jiné zájmy. Během práce si pak dávejte pravidelné přestávky a čas od času se protáhněte nebo procvičte oči. K jednomu z nejdůležitějších ergonomických kritérií patří správná poloha monitoru. Hlavní zásada je, aby řádka textu na obrazovce byla nepatrně pod úrovní oči. Cokoliv nad úrovní očí zvyšuje napětí krční páteře a ramen. To stejné platí i v případě, kdy je monitor umístěn příliš nízko. Obrazovka by měla být umístěna v jedné přímce s klávesnicí, aby se minimalizovalo otáčení krku anebo těla. Udržování symetrie těla je dalším důležitým faktorem správných pracovních návyků. Lepší monitory jsou vybaveny vnějším mikrosenzorem, který snímá jas okolního prostředí. Tento integrovaný senzor je schopen podle intenzity osvětlení regulovat a automaticky optimalizovat jas monitoru. Dochází tím k minimalizaci únavy a bolesti očí uživatele. Velmi dobře má zvládnutou tuto funkci EIZO, NEC a Lenovo. Pokud pracujete s fotografiemi, je lepší tuto funkci nechat vypnutou. Funkce upozorňující na přestávku - jinými slovy šetřič očí. V pravém dolním rohu obrazovky se objeví jednoduchý vzkaz pro uživatele s výzvou ke krátké přestávce. U monitorů EIZO je tato funkce součástí programu ScreenManager Pro, jiní výrobci nic podobného prozatím nenabízí. Kdo však nemá zvládnutou sebekázeň, může zkusit freeware program http://www.workrave.org/. Kromě upozornění na krátkou pauzu obsahuje plno užitečných typů pro zlepšení ergonomie. Pomocí takovýchto programů získávají uživatelé rychlý přehled o čase stráveném na počítači.



Obr. č. 162 Okno programu workrave po vypršení času pro práci s PC

Práce na PC a její symptomy



Zdroj: Japonské Ministerstvo zdravotnictví, práce a sociálních věcí, 2004

Graf č. 1 Jednotlivé druhy bolesti spojené s prací na počítači

Monitor má být vzdálený 25 až 60 cm od očí.



Obr. č. 163 Správné sezení u počítače



Obr. č. 164 Špatné a správné sezení u počítače



Obr. č. 165 Tvar páteře při správném sezení



Obr. č. 166 Tvar páteře při špatném sezení s vyznačení problematických partií



Obr. č. 167 Lepší výrobci židlí umí přínos ergonomických částí správně popsat



Obr. č. 168 Špatné sezení způsobuje: 1. bolesti hlavy, 2. bolesti šíje, 3. bolesti zad, 4. stlačený žaludek, 5. stlačené stehenní svaly, 6. stlačení žil stehen, 7. porucha prokrvování podkolenních jamek

Pokud sedíme u počítače denně několik hodin, měli bychom dbát na výběr správné židle. To je jeden z velmi důležitých faktorů při práci s počítačem. Pokud je židle nekvalitní, nebo i kvalitní, ale sedíme na ní špatně, brzy se bolesti zad a krční páteře nevyhneme. A nejen to, mohou se objevit i problémy s oběhovým systémem a potíže se svaly. Měli bychom tomu tedy správným výběrem židle předcházet. V dnešní době je na trhu nepřeberné množství kancelářských židlí, ne všechny jsou však kvalitní. Některé hrají spíše na krásu a efektivní vzhled než na to, aby byly vhodné pro naše zdraví. Mají vedlejší funkce, jako je třeba houpání, a to svádí k nesprávnému sezení a dělání hloupostí, při nichž není naše páteř vzpřímena. Rozumná židle/křeslo se dá koupit již okolo 3 000 Kč, pokud však u počítače trávíte denně více než tři hodiny, rozhodně doporučujeme si připlatit. Investice více než 10 000 Kč do kvalitního provedení se vám vrátí v podobě zdravých zad, ale i například dlouhou životností. Kvalitní křeslo spíše dříve vyhodíte, protože nebude odpovídat posledním trendům v oblasti designu než kvůli vadě. Navíc seriózní výrobci poskytují záruku 5 a více let. Správná kancelářská židle by měla mít co nejvíce nastavitelných mechanismů. Měla by být otočná, na kolečkách umístěných na pěti ramenech (kvůli stabilitě) a výškově nastavitelná. Sedací část židle by měla mít vpředu oblé zakončení. Také by měla být lehce prohloubena v místě hrbolů kosti sedací – docílí se tak jejího správného podepření. Zádová opěrka by měla dosahovat oblasti lopatek a měla by mít anatomický tvar s podporou bederní páteře. Pokud takový tvar chybí, je potřeba záda do ideálního tvaru podepřít. Můžeme využít sedací klín, míč overball nebo malý polštář, který vložíme mezi opěradlo a bedra. Takové podepření ulehčuje vzpřímené sezení, při němž nejsou svaly kolem páteře nadměrně namáhány. Výška sedací části židle souvisí s výškou uživatele. Je důležité, aby se celé plosky nohou opíraly o zem. Pokud toho nejde z nějakého důvodu docílit, použijeme pod nohy klínovou podložku, na kterou se nohy pohodlně položí. Pokud nohy visí volně ve vzduchu, vzniká nežádoucí tlak na stehna a stehenní tepnu, a to může vést ke vzniku nebo zhoršení křečových žil. Při správném sezení spočívá váha těla na hrbolech kosti sedací. Všechny klouby (loket, kyčel, koleno) mají být v pravém úhlu. Pánev je naklopena mírně dopředu, břicho je zpevněné a páteř protažená směrem nahoru, hlava v prodloužení páteře s bradou zasunutou. Monitor musí být přímo před vámi a oči musí být v úrovni horního okraje obrazovky. Zapomenout se nesmí ani na loketní opěrky. Měly by být nastavitelné, omyvatelné a umístěné spíše vzadu. Neměly by být příliš dlouhé. Musí umožnit správný sklon předloktí pro práci. Předloktí má být položené na pracovní desce stolu tak, aby svaly krku a ramene nebyly ve zvýšeném napětí. Ruka musí snadno a uvolněně dosáhnout na myš. Při psaní na klávesnici by prsty měly být o 1 cm níže než zápěstí. Docílíme toho položením zápěstí na gelovou podložku. Další možností, na čem u počítače sedět je gymnastický míč. Velikost míče musí být přiměřená vaší výšce. Tělo je na něm v neustálém mírném pohybu, takže není v jedné strnulé pozici jako na židli. Bohužel takový míč není vhodný pro každé pracovní prostředí, takže se s ním v práci moc často nesetkáme. Alternativou může být i obyčejná židle s poduškou, ale ani tady bychom neměli zapomenout na podložení bederní části zad. Taková židle je ale spíše nevhodná, nemá opěrky a není výškově nastavitelná ani otočná v prostoru. Pokud vás chytají svalové křeče zad nebo máte při náhlém pohybu bolesti, je důležité se během práce na počítači občas protáhnout, udělat několik jednoduchých cviků, mírně zaklonit, potom vstát a projít se. Také občas změňte polohu končetin i celého těla, aby bylo sezení dynamičtější a ne strnulé v jedné poloze. Dále je vhodné se uvolnit několika jednoduchými cviky, které se dají provádět i přímo na pracovišti. Tato doporučení nemůžeme nikomu direktivně přikazovat. I když žádné problémy nemáte, rozhodně cviky a pohyb radím jako prevenci. Krátká pauza navíc pomáhá zlepšit koncentraci a tím i zvýšit efektivitu práce. Prostor pro vlastní poznámky

Prostor pro vlastní poznámky