

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

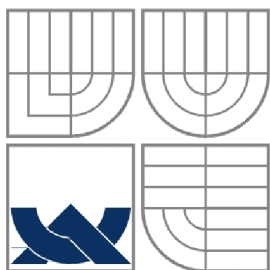
**NÁVRH DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ
NA PLATFORMĚ ORCAD 16**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

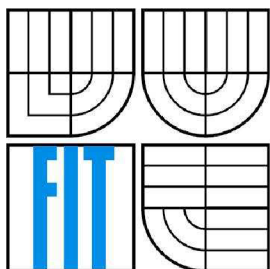
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN HORČIČKA

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

NÁVRH DESEK S PLOŠNÝMI SPOJI NA PLATFORMĚ ORCAD 16

PCB LAYOUT ON THE ORCAD 16 PLATFORM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN HORČIČKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Doc. Ing. JOSEF SCHWARZ, CSc.

BRNO 2010

Abstrakt

Tato práce je zaměřena na návrh desek s plošnými spoji v prostředí OrCAD 16, zejména na specifikaci vhodné metodiky postupu při jejich návrhu. Součástí práce je sada vzorových úloh, na kterých je vysvětlen a prezentován postup při tvorbě jednotlivých etap. Těmito etapami jsou návrhy elektronického schématu a propojování a následná simulace.

Klíčová slova

OrCAD, návrh desek plošného spoje, editor schématu, rozmístění, návrh propojení, Capture, PSpice, Layout, sada vzorových úloh, simulace, metodika návrhu

Abstract

This bachelor's thesis concentrates on layout of printed wiring boards in OrCAD 16 environment, chiefly on specification of appropriate process methodology during its proposal. A set of sample tasks that helps to explain and demonstrate the process at creation of separate phases is a part of this work. Among these phases belong electrical scheme designs, interconnection and subsequent simulation.

Keywords

OrCAD, layout of printed wiring boards, scheme editor, layout, Capture, PSpice, set of sample tasks, simulation, methodology proposal

Citace

Horčíčka Martin: Návrh desek s plošnými spoji na platformě OrCAD 16, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2010

Návrh desek s plošnými spoji na platformě OrCAD 16

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Doc. Ing. Josefa Schwarze, CSc.

Další informace mi poskytl Ing. Vít Záhlava, CSc., odborný asistent na katedře mikroelektroniky FEL ČVUT v Praze.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....
Martin Horčíčka
19.5.2010

Poděkování

Děkuji Doc. Ing. Josefu Schwarzovi, CSc. za odborné vedení, rady a dobré nápady, které mi poskytl během práce.

© Martin Horčíčka, 2010

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

Obsah	5
1 Úvod.....	6
2 Současné návrhové systémy CAD	7
2.1 Eagle	7
2.2 OrCAD.....	7
2.3 PADS Flow	7
2.4 Altium	8
2.5 CADSTAR.....	8
2.6 LSD2000.....	8
3 Komponenty systému OrCAD 16.....	9
3.1 Návrh elektronického schématu.....	10
3.1.1 OrCAD Capture	11
3.1.2 OrCAD Capture CIS	13
3.2 Simulace elektronického obvodu.....	14
3.3 Návrh desek plošných spojů	15
3.3.1 OrCAD Layout	15
3.3.2 GerbToll.....	18
3.3.3 SPECCTRA for OrCAD.....	18
3.3.4 Signal Explorer	19
4 Realizace projektu.....	21
4.1 Návrh elektronického schématu	21
4.1.1 Rozmístování	22
4.1.2 Strukturovaný návrh	24
4.1.3 Kontrola návrhových pravidel	25
4.1.4 Závěrečná příprava schématu	26
4.1.5 Generování Netlistu	27
4.1.6 Příprava pro simulaci obvodu	27
4.2 Simulace v PSpice	28
4.3 Návrh desky plošného spoje	30
4.3.1 Základní nastavení.....	31
4.3.2 Načtení Netlistu	31
4.3.3 Rozmístění součástek.....	32
4.3.4 Důležité parametry při návrhu DPS.....	33
4.3.5 Manuální vedení spojů.....	34
4.3.6 Vícevrstvé plošné spoje	36
4.3.7 Automatické propojování	37
4.3.8 Kontrola návrhových pravidel	38
4.3.9 Generování výrobních podkladů.....	38
4.4 Autorouter SPECCTRA	39
4.4.1 Přejít z Layout do SPECCTRA	40
4.4.2 Interaktivní rozmístění součástek	41
4.4.3 Automatická a interaktivní vedení spojů	41
5 Vzorové úlohy.....	43
6 Závěr	44

1 Úvod

Již řadu let dochází čím dál více k minimalizaci a zvyšování výkonu elektronických zařízení. K tomu, aby tento trend vydržel a neustále pokračoval tímto směrem, je zapotřebí stále preciznějších a dokonalejších programů a nástrojů, které jsou schopny tyto požadavky plnit. Z hlediska výroby desek plošných spojů se jedná o stále pokročilejší technické linky, které jsou schopny vyrábět velmi malé až miniaturní plošné spoje. Tomu však předchází jejich návrh, kreslení a odzkoušení správné funkčnosti, teprve potom by měly být nasazeny do výroby.

Tato práce se věnuje návrhovému systému OrCAD 16, který bude sloužit pro výukové účely. Práce osvětluje problémy při návrhu a tvorbě podkladů pro výrobu desek plošných spojů. Jejím účelem je seznámit studenty s tímto systémem a naznačit jim správnou techniku a metodiku návrhu elektronického schématu, desek plošných spojů a v závěrečné fázi testování tohoto zapojení.

Práce je strukturována do několika kapitol. První se věnuje přehledu současných systémů, které v tomto oboru vynikají a snaží se jít s dobou. Následuje popis jednotlivých komponent systému OrCAD 16. Stěžejní kapitola obsahuje návrh metodiky návrhu pro kompletní realizaci projektu v tomto návrhovém prostředí, zahrnující návrh schématu, rozmístění a propojování desky s plošným spojem, a simulaci schématu.

2 Současné návrhové systémy CAD

V současné době se na trhu pohybuje několik výrobců návrhových systémů CAD, které slouží jako ucelený produkt umožňující návrh elektronického schématu, návrh desky plošného spoje (DPS), zpracování výrobních podkladů a v závěru i simulaci celého obvodu. Neboli, my zadáme systému elektronické schéma, které chceme realizovat na desce DSP, a ten je schopný automaticky, podle zadaných kritérií, propojit všechny součástky a vytvořit výsledný plošný spoj, který bude vyleptán na desku. Systémy CAD samozřejmě umožňují i manuální zpracování všeho výše uvedeného. Pro přehled zde uvedu několik produktů, které v této oblasti něco znamenají.

2.1 Eagle

Tento produkt je od firmy CadSoft pocházející z Německa a slouží jako výkonný nástroj pro návrh desek plošných spojů. Skládá se ze tří stěžejních částí a to: editoru spojů, editoru schémat a autorouteru, které jsou ovládány z hlavního programu, tudíž není třeba konvertovat netlisty (seznamy součástek, pouzder, atd.) mezi schémata a deskami. Je nabízen ve dvou verzích, Profesional, která pro práci nabízí veškeré možné prostředky, a verze Light, ve které je omezena velikost plochy desky, mohou být použity jen dvě signálové vrstvy (vrchní, spodní) a v editoru schématu můžeme vytvořit schéma pouze na jednom listu. Poslední verze produktu je 5.7.

2.2 OrCAD

Produkty OrCAD od společnosti Cadence patří již řadu let k celosvětově velmi rozšířeným návrhovým systémům v elektronice. Neslouží pouze pro nakreslení schématu a následnému návrhu DPS, ale k dispozici jsou i produkty pro A/D simulaci, výkonné rastrové i bezrastrové autoroutery, propojení k návrhovým systémům hradlových polí a programovatelných součástek atd. Na domovských stránkách lze stáhnout demoverzi, která sice obsahuje všechny součásti, ale je omezena velikost a komplexnost návrhu. Současná verze programu je 16.3.

2.3 PADS Flow

Výrobce je americká firma Mentor Graphics, která se řadí mezi největší dodavatele softwaru pro elektronický průmysl. Balík PADS Flow v sobě zahrnuje několik částí, které tvoří celý návrhový systém. V první řadě jsou to dva programy pro kreslení schématických zapojení PADS Logic a DxDesigner, pro návrh DPS slouží PADS Layout, dále analogový simulátor Hyperlynx Analog. Následují programy pro analýzu přenosu signálu plošnými spoji Hyperlynx SI, analýzu přenosu napájení plošnými spoji Hyperlynx PI, analýzu teplotních poměrů Hyperlynx Thermal, nástroj pro optimalizaci návrhu FPGA s ohledem na návrh desky I/O Designer a převodník z/do jiných návrhových systémů (např. Cadstar, OrCad, Protel atd.). Poslední verze programu je 9.1 a její demoverzi lze stáhnout na stránkách výrobce.

2.4 Altium

Produkt Altium pochází od stejnojmenné společnosti, která se před před rokem 2001 jmenovala Protel. Poslední verze Altium designer Summer 09 nabízí snazší kreslení cest díky tvorbě síťových tříd kolem objektů. Třídy jsou pak vázány k dané oblasti, kde můžeme přidávat nebo mazat objekty bez ovlivnění dalších součástek. Podporuje také režim ve 3D, který umožňuje prohlížet jednotlivé vrstvy trojrozměrně, schopnost vytvářet aplikace pro FPGA v jazyce C nebo Testpoints manager pro simulaci spojů. Na stránkách výrobce lze zdarma stáhnout pouze prohlížeč projektů vytvořených v Altium designeru.

2.5 CADSTAR

Program Cadstar pochází od firmy Zuken a nabízí kompletní vývojový systém pro kreslení elektronických schémat, návrh DPS, rozvržení součástek, podporu 3D, návrhový systém pro FPGA, vysokorychlostní a signální integritu, vytvoření výrobního výstupu a v neposlední řadě internetovou knihovnu obsahující přes 250 000 součástek. Nejnovější verze vývojového softwaru CADSTAR Express pro CADSTAR 12.0 je nabízena zdarma a pro práci nabízí všechny dostupné funkce.

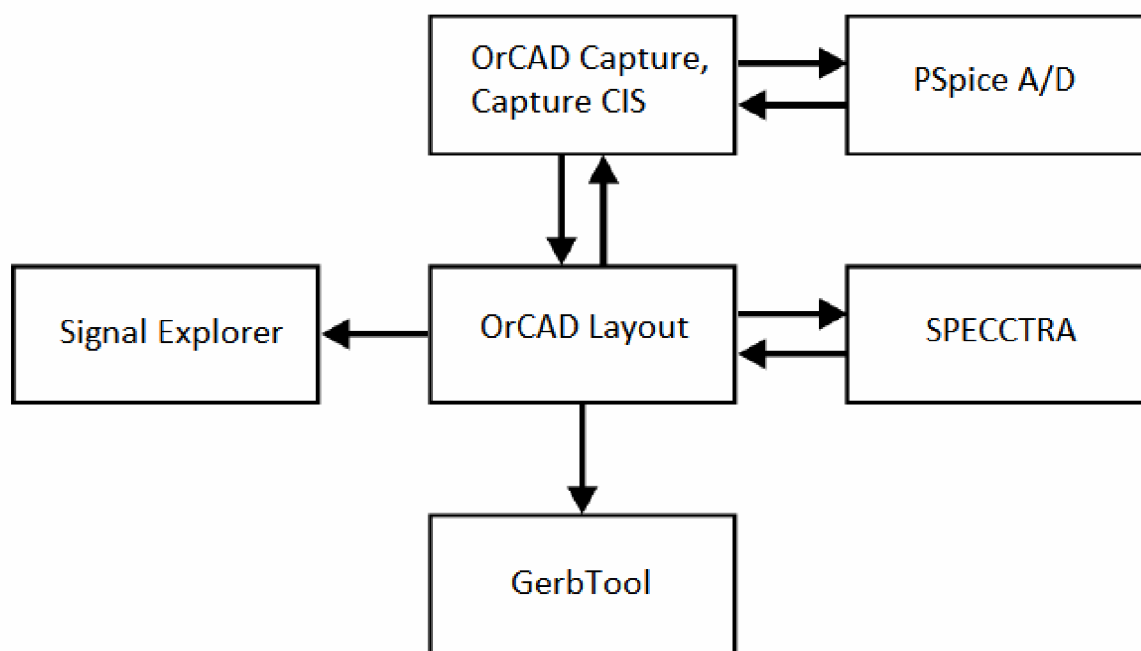
2.6 LSD2000

Český návrhový systém LSD2000 vznikl už v roce 1988 a slouží pro návrh elektrických zařízení, tvorbu dokumentace ze všech oblastí elektrotechniky a elektroniky. Umožňuje kreslení jak slaboproudých, tak silnoproudých schémat, tvorbu schématických značek a pomocných symbolů. Dále v něm lze vytvářet spojové obrazce pro výrobu desek plošných spojů a technologické symboly nebo upravovat a doplňovat potřebné patice pro součástky. Sortiment nástrojů doplňuje autorouter pro automatický návrh obrazců plošných spojů, podrobná kontrola návrhových pravidel, výstup ve formátu DXF, BMP, EMF, výstup textových seznamů, rozpisek, vstup pro načítání dat ve formátu Gerber nebo HPGL. Na oficiálních stránkách lze stáhnout volně šiřitelnou verzi 6.5.0, která je ovšem omezena co do počtu umístěných objektů, počtu bloků v návrhu schématu a dalších.

3 Komponenty systému OrCAD 16

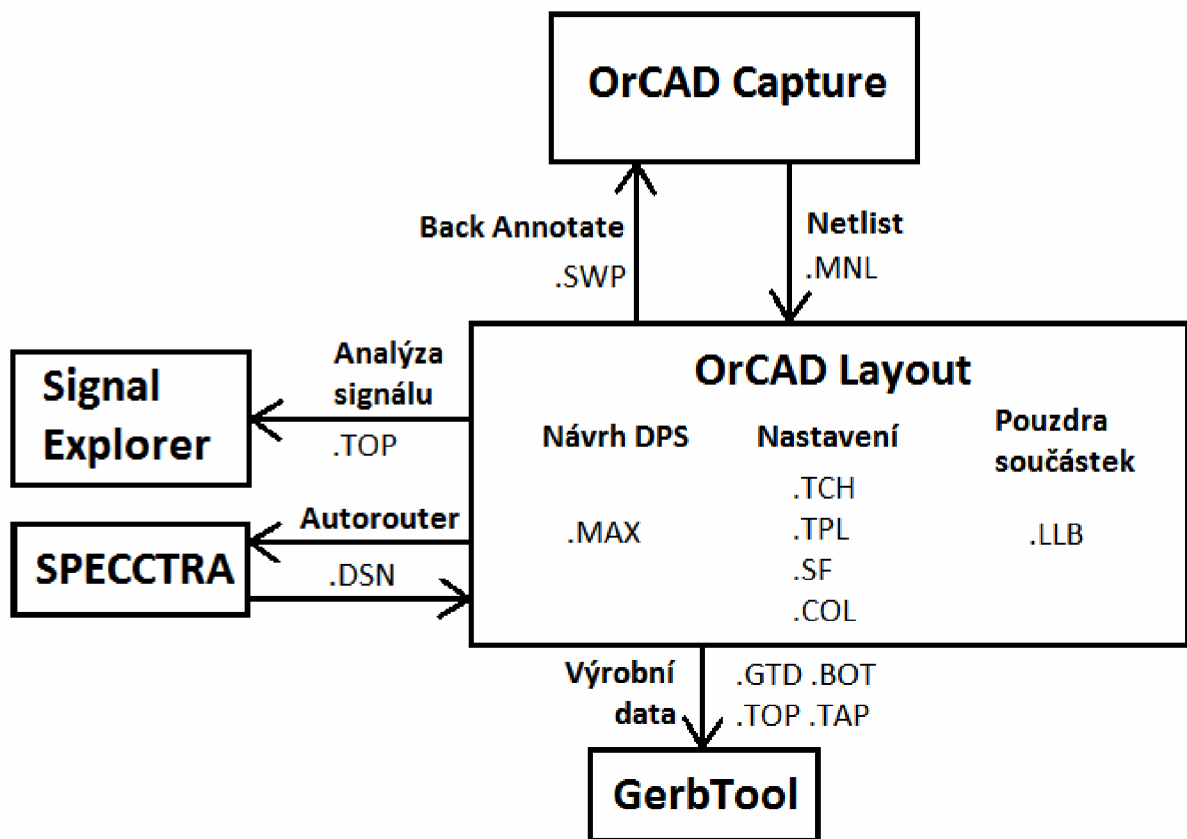
Informace v této kapitole jsou volně převzaty z [1]. V této kapitole se budu zabývat jednotlivými komponentami OrCADu 16. Tento návrhový systém se skládá z jednotlivých produktů (Obr. 3.1), které spolu komunikují v reálném čase. Pro návrh elektronického schématu se používá program Capture CIS, který pracuje s knihovnami schématických značek, návrhem el. schématu a výstupy pro následné zpracování, jako jsou analogové nebo číslicové simulace obvodu či návrh DPS. Pro obvodové simulace se používá nástroj PSpice, který je dostupný přímo z hlavního programu Capture CIS. Pro návrh desek plošných spojů je určen produkt OrCAD Layout umožňující jak samotný návrh, tak práci s knihovnami pouzder součástek a výstupy pro výrobu DPS. Pro snazší práci je zde nový nástroj Signal Explorer, který poskytuje možnost prozkoumávat, analyzovat a navrhovat topologie propojení pro zvýšení spolehlivosti a výkonnosti obvodu. Pokud bychom si chtěli ušetřit čas, máme k dispozici nástroj, autorouter SPECCTRA, který dovolí navrhnout DPS automaticky, autointeraktivně či klasicky manuálně.

Jelikož je systém OrCAD balíkem programů, které nám umožní výsledný produkt, čímž je myšlena osazená, funkční deska plošných spojů, dostat do fáze před samotnou výrobou, dalšími nástroji pro tento cíl jsou GerbTool, sloužící pro předvýrobní zpracování dat, již zmíněný Signal Explorer a převaděče pro import a export návrhů DPS mezi jinými systémy, který jsem uvedl výše.



Obr. 3.1 Princip elektronického návrhu systému OrCAD

OrCAD je založen na modulárním systému předávání souborů. Každá jeho komponenta potřebuje na vstup jiný typ souboru, který je výstupem některé další. Při přechodu z Capture do Layout slouží netlist (.MNL), návrh DPS se nachází v souboru .MAX. Ten je při exportu převeden na .DSN a je vstupem do komponenty SPECCTRA. V závěru mohou být vygenerovány podklady pro výrobu (.TOP, .BOT...). Pro lepší přehlednost jsem vytvořil následující obrázek, demonstrující popsané vazby (Obr. 3.2).



Obr. 3.2 Vazby jednotlivých souborů v OrCADu

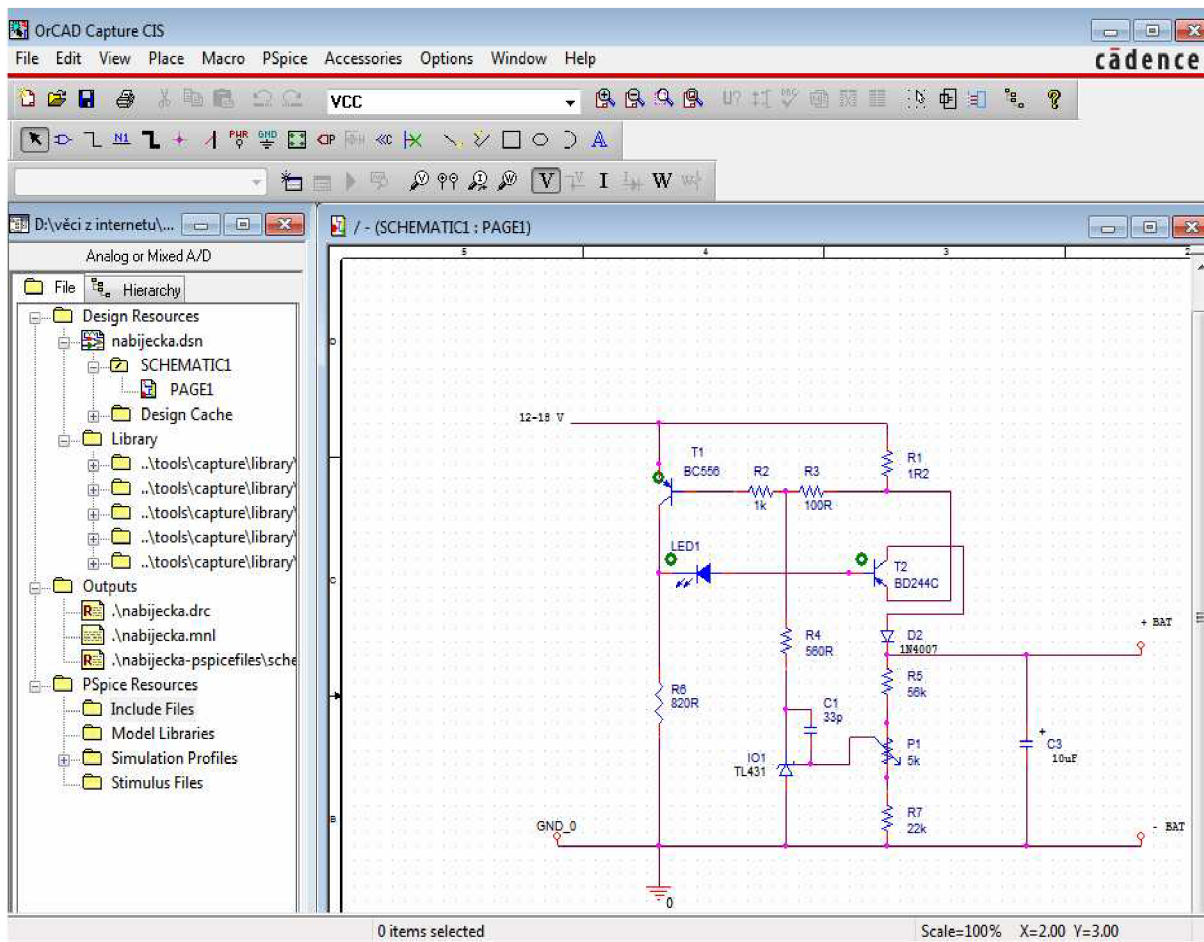
3.1 Návrh elektronického schématu

Jak již bylo napsáno výše, pro návrh elektronického schématu používáme nástroje Capture, což je vlastní grafický editor schématu a systém správy součástek Capture CIS (Component Information System).

Samotný návrh můžeme pomocí programu Capture rozdělit do několika fází:

1. **Fáze návrhu schématu:** nejdříve je nutné daný elektronický obvod navrhnout a nakreslit.
2. **Fáze simulací:** kdykoli můžeme toto zapojení odsimulovat a tím zjistit případné nedostatky či chyby v zapojení pomocí programu PSpice, který je integrován v Capture.
3. **Fáze přípravy pro návrh DPS:** v tabulkovém procesoru si můžeme nastavit několik parametrů a vlastností součástek a spojů, které budou přeneseny do návrhu DPS. Pro tento přenos mezi schématem a deskou plošného spoje se používá netlist. Ten obsahuje informace o zapojení schématu a popis položek v určitém formátu. Pro každou fázi existuje jiný formát netlistu, například u návrhu plošných spojů bude jiný, než ten, který je určený jako vstupní soubor pro simulace chování obvodů. Vygenerováním netlistu ve formátu srozumitelném programu pro návrh plošných spojů končí fáze návrhu schématu.
4. **Fáze výstupů:** výstupem návrhu může být tisk na tiskárně, seznam použitých součástek a dále celá řada souborů dat různých formátů, umožňujících další zpracování schématu.

Nyní bude následovat popis výše uvedených programů.



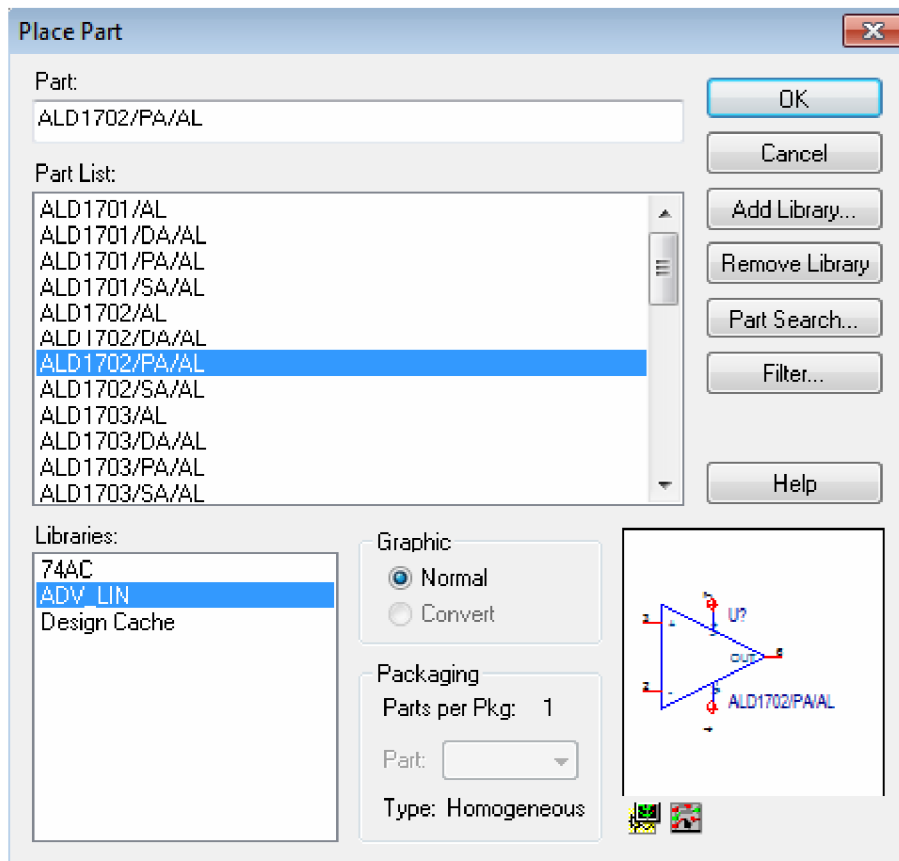
Obr. 3.3 Návrh schématu

3.1.1 OrCAD Capture

V návrhovém prostředí Capture (Obr. 3.3) budeme nejčastěji používat tři okna:

1. **Part Editor:** sloužící jako správce součástek, které v něm ovšem můžeme podle svých potřeb editovat a vytvářet
2. **Schematic Page:** vlastní okno schématu
3. **Property Editor:** tabulkový procesor pro nastavení vlastností jednotlivých součástek a objektů

V editoru schématických značek (Obr. 3.4) můžeme vytvářet či editovat značky součástek (diod, rezistorů, tranzistorů, kondenzátorů, různých druhů mikroprocesorů atd.) a symbolů (napájení, zem, razítko atd.). Všechny součástky jsou pohromadě organizovány v jednotlivých knihovnách, které obsahují více než 20000 součástek různých výrobců.



Obr. 3.4 Knihovny součástek

Ve schématickém okně (Schematic page) kreslíme samotné elektronické schéma. Do něho vkládáme schématické značky součástek, které propojujeme pomocí vodičů, sběrnic a napájecích symbolů. Můžeme zde umístit i neelektrické grafické objekty (jako texty, popisky, bitmapy, čáry atd.). Součástky vkládáme buď přímo z knihoven (pokud nemáme Capture CIS) nebo z databáze součástek pomocí CIS explorer přímo v Capture CIS. Návrh může být tvořen na jedné schématické stránce libovolných rozměrů nebo pro lepší strukturovanost a přehlednost na více stranách. Struktura může být jednoúrovňová (Flat design), což je jedna nebo více stránek stejné úrovně nebo víceúrovňová (Hierarchical design).

Třetím nejpožívanějším oknem je Property editor (Obr. 3.5), což je systém tabulek, obsahující popis a vlastnosti všech objektů, které máme umístěné ve schématu. Každý z nich má své parametry, např. reference, parametry součástek, názvy pouzder, cena a další. Tyto informace mohou být využity v navazujících programech (pouzdra, pro návrh DPS nebo obvodový model pro simulace). Jiné jsou generovány do materiálové rozpisky a dále zpracovávány. Pro lepší přehlednost a uspořádanost můžeme využít předem definovaných filtrů (Layout, PSpice..)

The screenshot shows the OrCAD Capture Property Editor window. The title bar reads 'OrCAD Capture - [Property Editor]'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'View', 'Options', 'Window', and 'Help'. The toolbar contains various icons for editing and viewing. Below the toolbar, there are buttons for 'New Column...', 'Apply', 'Display...', 'Delete Property', and a 'Filter by:' dropdown set to 'OrCAD Capture'. The main area is a table with the following columns: 'Value', 'Reference', 'Designator', 'PCB Footprint', 'Power Pins Visible', 'Primitive', and 'Source Library'. The table lists 15 components with their respective values, references, designators, footprints, and source libraries.

		Value	Reference	Designator	PCB Footprint	Power Pins Visible	Primitive	Source Library
1	SCHEMATIC1 : PAGE1 : T2	BD244C	T2		TO220	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\TRANSISTO...
2	SCHEMATIC1 : PAGE1 : T1	BC556	T1		TO92	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\TRANSISTO...
3	SCHEMATIC1 : PAGE1 : R7	22k	R7		AX/R05	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\SPICEVANA...
4	SCHEMATIC1 : PAGE1 : R6	820R	R6		AX/R05	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\DISCRETE...
5	SCHEMATIC1 : PAGE1 : R5	56k	R5		AX/R05	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\SPICEVANA...
6	SCHEMATIC1 : PAGE1 : R4	560R	R4		AX/R05	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\SPICEVANA...
7	SCHEMATIC1 : PAGE1 : R3	100R	R3		AX/R05	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\SPICEVANA...
8	SCHEMATIC1 : PAGE1 : R2	1k	R2		AX/R05	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\SPICEVANA...
9	SCHEMATIC1 : PAGE1 : R1	1R2	R1		AX/R05	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\SPICEVANA...
10	SCHEMATIC1 : PAGE1 : P1	5k	P1		AX/R05	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\SPICEVANA...
11	SCHEMATIC1 : PAGE1 : LED1	RA-LED	LED1		DAX2\450X.09	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\DISCRETE...
12	SCHEMATIC1 : PAGE1 : IO1	DbreakZ	IO1		TO92	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\SPICEBRE...
13	SCHEMATIC1 : PAGE1 : D2	Dbreak	D2		DO41	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\SPICEBRE...
14	SCHEMATIC1 : PAGE1 : C3	1n	C3		RAD/CK05	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\SPICEVANA...
15	SCHEMATIC1 : PAGE1 : C1	33p	C1		RAD/CK05	<input type="checkbox"/>	DEFAULT	E:\ORCAD 16\TOOLS\CAPTURE\LIBRARY\SPICEVANA...

Obr. 3.5 Property editor

Program také umožňuje kontrolu návrhových pravidel, které mohou odhalit např. nezapojené vstupní piny, výstupní piny připojené na napětí a další.

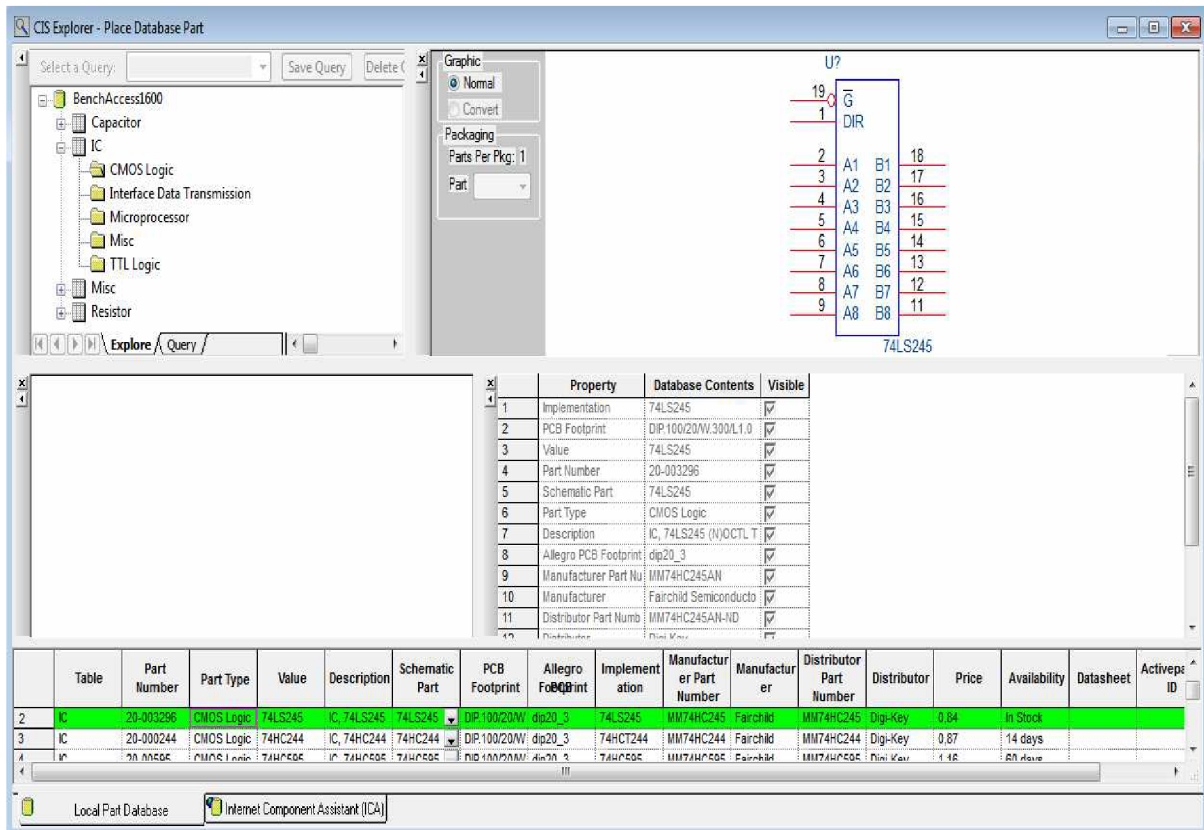
Jak jsem již zmínil, výstupem z návrhu elektronického schématu je Netlist (.MNL), který slouží jako vstupní soubor pro návrh DPS.

3.1.2 OrCAD Capture CIS

Pro správu veškerých součástek, které jsou potřeba pro vytvoření elektronického schématu, slouží databáze CIS Explorer (Obr. 3.6). Obsahuje informace o typu součástky, její hodnotě, výrobci, o pouzdře, které pro ni náleží nebo ceně. Některé parametry si může definovat sám uživatel. Dále je zde odkaz na webovou stránku, kde je možno součástku zakoupit. V databázi CIS používáme dvě hlavní okna, CIS Explorer, což je průzkumník a Part Manager pro správu.

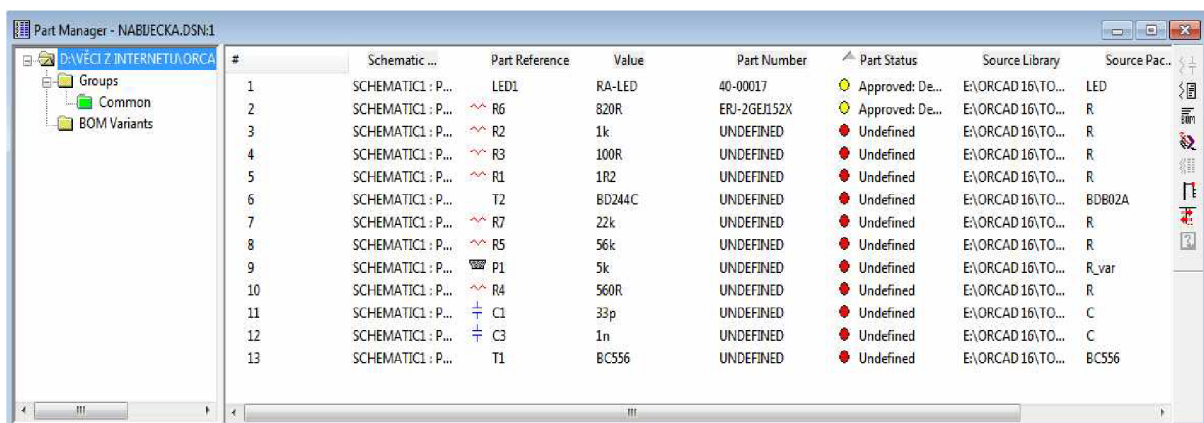
V prvně jmenovaném si můžeme prohlížet všechny informace o součástkách a současně nahlížet na obrázky schématických značek. Odtud také přidáváme položky z databáze přímo do schématu. Není však žádný problém vytvořit si nebo upravit součástku sami. Takové jsou označeny jako pracovní (temporary) a po schválení podnikem a oprávněnou osobou ji lze bez problémů používat (potom je označena jako approved).

Part Manager (Obr. 3.7) zobrazuje informace o součástce ve schématu. Porovnává a kontroluje položky z databáze CIS s položkami ve schématu a může upozornit na nesrovnalosti, kterých se uživatel dopustil a nabídne aktualizaci vlastností daných komponent.



Obr. 3.6 CIS Explorer

V Capture CIS můžeme generovat i materiálové rozpisky, které využívají informace přenesené z databáze do schématu. Zde je možné nastavovat formát a obsah výpisu a rozpisku exportovat například do Excelu. Výstup ze schématického editoru Capture CIS slouží jako vstup do produktu OrCAD layout.



Obr. 3.7 Part Manager

3.2 Simulace elektronického obvodu

Simulační program Spice byl vyvíjen hned několika výrobci současně, například MicroSim (PSpice), Meta Software (HSpice), Cadence Design (CADENCE-SPICE). Nejúspěšnějším se ovšem stal

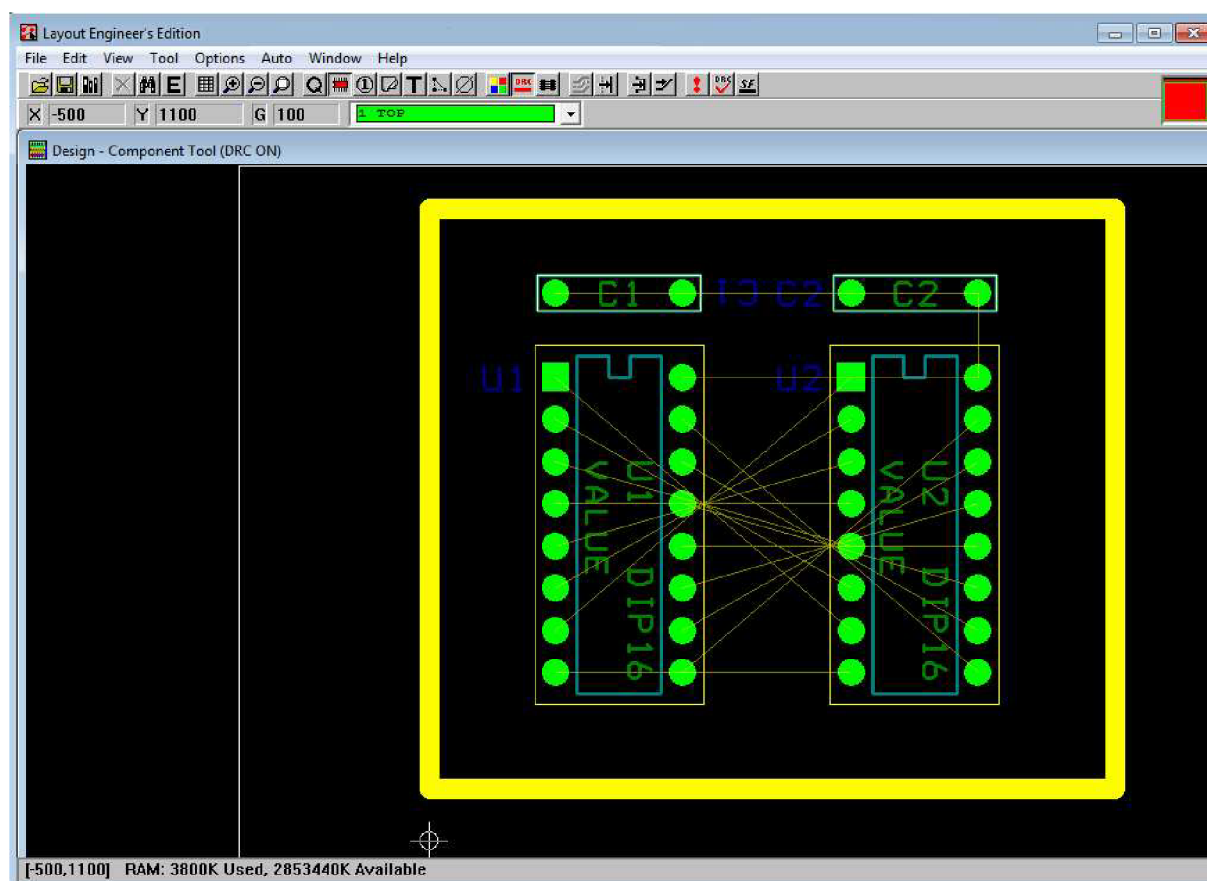
MicroSim a po zakoupení této firmy společností OrCAD se stal produkt PSpice součástí rodiny OrCAD. Došlo zde k propojení programů Capture CIS a PSpice A/D.

Právě tato integrace vede ke snadnému využívání tohoto nástroje. Schémata jsou přehledná a snadno se dají odhalit chyby. PSpice A/D, všechny jeho nástroje, nastavení a funkce jsou zařazeny do nabídky programu Capture. Všechny akce prováděné při návrhu, simulaci nebo chyby ve schématu, které neumožní vytvoření netlistu, jsou zaznamenány a vypisovány do okna Session Log. Chyby v zapojení jsou oznámeny uživateli a označeny přímo v schématu. Výhodou je, že výstup z programu Capture slouží nejen jako vstup pro návrh DPS v Layout, ale i jako vstup právě pro simulace.

PSpice A/D je kvalitní simulátor elektronických obvodů obsahující jak analogové, tak číslicové součástky a je neustále přizpůsobován nejnovějšímu hardwaru a operačním systémům.

3.3 Návrh desek plošných spojů

Jak zde již bylo několikrát zmíněno, pro návrh DPS, práci s knihovnami pouzder součástek, pro generování výstupů a osazování DPS budeme používat program OrCAD Layout (Obr. 3.8). Odsud je možné používat i nástroj GerbTool pro předvýrobní zpracování dat.

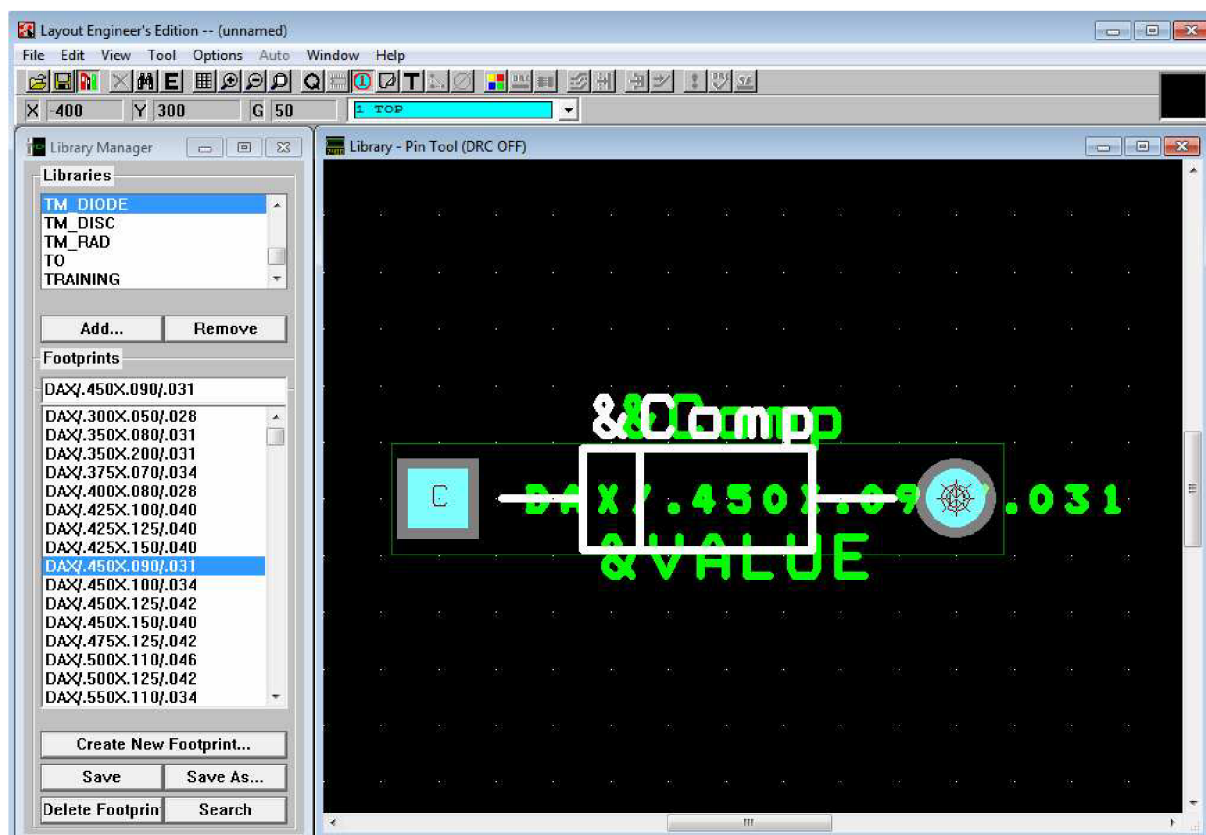


Obr. 3.8 OrCAD Layout

3.3.1 OrCAD Layout

Nejdůležitější součástí pro práci s tímto nástrojem, jsou stejně jako u návrhu schématu, knihovny s pouzdry součástek. Na to zde máme samostatný editor Library Manager (Obr. 3.9), který slouží pro editaci, vytváření a prohlížení veškerých prvků obsažených v knihovně. Pouzdra jsou uspořádána ve

více jak 60 knihovnách, které obsahují kolem 3000 pouzder. Ta jsou definována montážními otvory, vývody, mechanickými obrysy, popisy a například i chladičí plochou. Pro vytvoření nového pouzdra můžeme využít komponentu Pad Array Generator.



Obr. 3.9 Library Manager

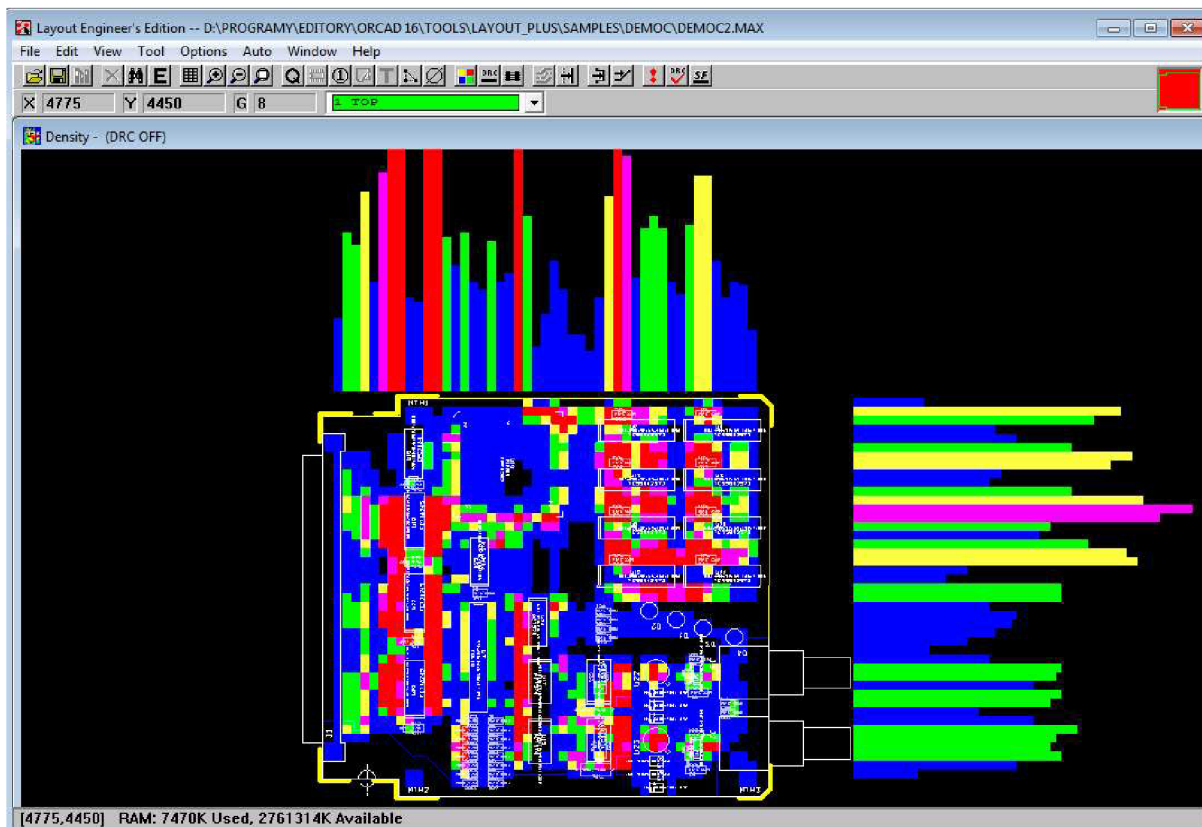
Vstupem do OrCAD Layout je soubor netlist, jehož obsah byl popsán výše. Dalším vstupem může být technologický soubor obsahující data již dříve vytvořené desky plošných spojů.

Systém Layout umožňuje ze své nabídky příkazů různorodá nastavení pracovního prostředí, rastrů, barev zobrazení, počtu vrstev plošného spoje, rozměrů, režimů manuálního vedení spojů nebo nastavení pro autorouter SPECCTRA. Výše uvedené parametry lze načíst již z předdefinovaných souborů a lze je kdykoli během práce měnit. Všechny informace o objektech na DPS (pouzdra, spoje, texty...) jsou umístěny v tabulce Spreadsheets. Na základě těchto informací lze zajistit automatickou kontrolu návrhových pravidel v reálném čase. Jedná se například o kontrolu izolačních vzdáleností spojů, vývodů, rozmístění součástek, nastavených vlastností uzlů (minimální, maximální šířka spoje) nebo správného způsobu napájení.

Pro umísťování součástek na plochu návrhu máme k dispozici nástroj, který umožňuje automatické posouvání, seskupení funkčně souvisejících součástek, jejich fixaci nebo uzamykání. Toto vše může probíhat za kontroly návrhových pravidel v reálném čase. Rovnoměrnost rozmístění pouzder je možné průběžně kontrolovat pomocí náhledu hustoty možných spojů - Density Graph (Obr. 3.10).

Na propojování součástek můžeme využít rastrový autorouter nebo 4 režimy manuálního routování (propojování pinů). Dva klasické s kontrolou návrhových pravidel v reálném čase, režim s možností automatického propojení jednoho spoje a poslední, inteligentní posouvání, které zohledňuje definovaná návrhová pravidla. V nabídce Auto je možno spustit externí autorouter SPECCTRA.

Pokud jsme ve fázi návrhu DPS zjistili, že musíme provést změnu v elektronickém schématu, máme možnost využít systém úprav a následné změny se ihned promítnou do DPS. Abychom mohli toto využít i obráceně, existuje zde systém zpětné anotace, který zase nabízí možnost přenést změny z DPS do schématu.



Obr. 3.10 Density Graph

Pro generování výrobních podkladů do různých formátů slouží nástroj post processor, který vyvoláme z nabídky Options. V okně Post Process (Obr. 3.11) se určuje, které vrstvy a v jakém formátu budou generovány a v okně Color se postupným výběr barvy pro každou vrstvu vyberou objekty, které mají být ve výstupních souborech obsaženy. Tyto informace lze použít pro generování dat do programu GerbTool, DXF nebo je přímo vytisknout. Součástí výstupu jsou i data pro osazování DPS nebo pro souřadnicové vrtání.

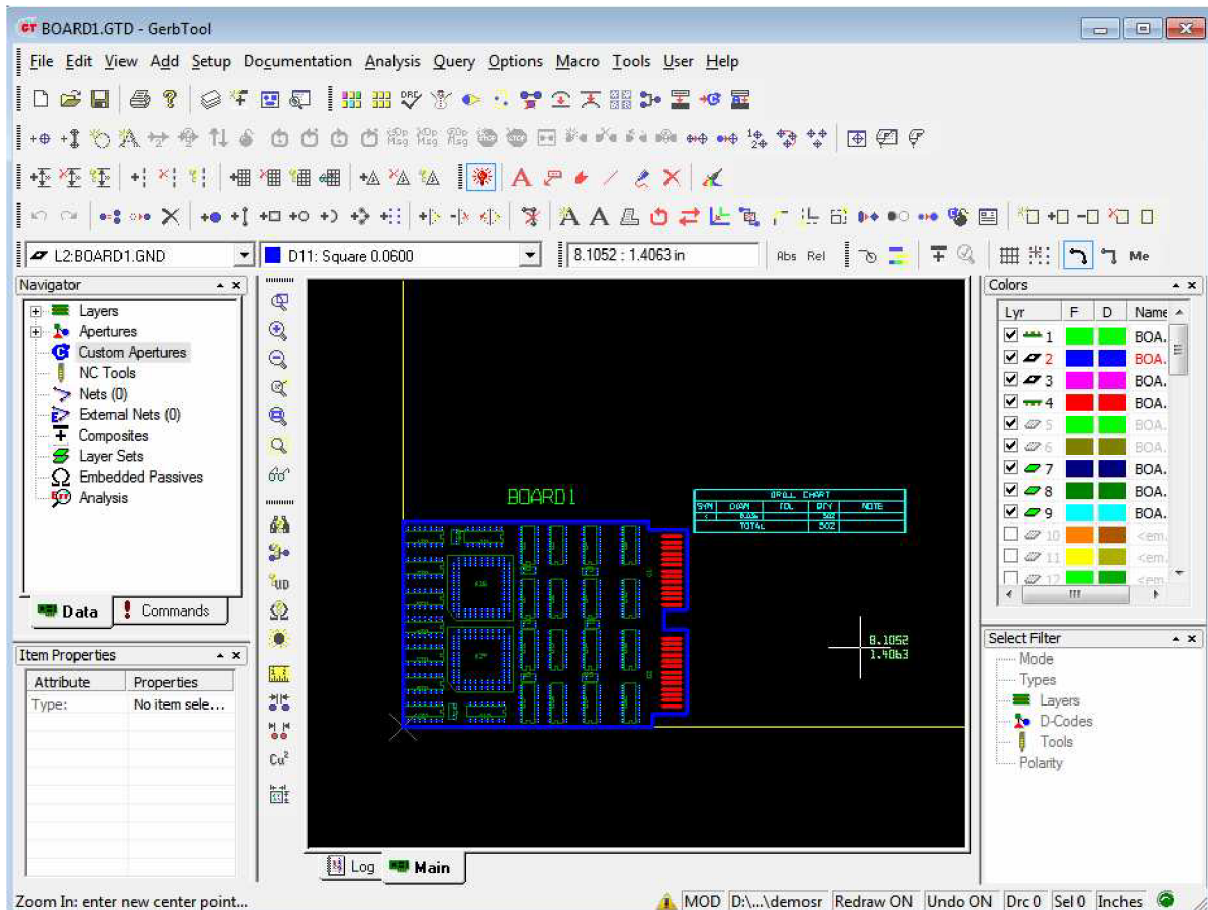
Program Layout umí převádět návrhy desek plošných spojů z jiných systémů, jako jsou CadStar, PADS, PCAD, Protel a jiné. Je zde i možnost exportovat či importovat soubory DXF pro mechanické editory.

Plot output File Name	Batch Enabled	Device	Shift	Plot Title
*.TOP	Yes	GERBER RS-274D	No shift	Top Layer
*.BOT	Yes	GERBER RS-274D	No shift	Bottom Layer
*.GND	Yes	GERBER RS-274D	No shift	Ground Layer
*.PWR	Yes	GERBER RS-274D	No shift	Power Layer
*.IN1	No	GERBER RS-274D	No shift	Inner Layer 1
*.IN2	No	GERBER RS-274D	No shift	Inner Layer 2
*.IN3	No	GERBER RS-274D	No shift	Inner Layer 3
*.IN4	No	GERBER RS-274D	No shift	Inner Layer 4
*.IN5	No	GERBER RS-274D	No shift	Inner Layer 5
*.IN6	No	GERBER RS-274D	No shift	Inner Layer 6
*.IN7	No	GERBER RS-274D	No shift	Inner Layer 7
*.IN8	No	GERBER RS-274D	No shift	Inner Layer 8
*.IN9	No	GERBER RS-274D	No shift	Inner Layer 9

Obr. 3.11 Post Process

3.3.2 GerbTool

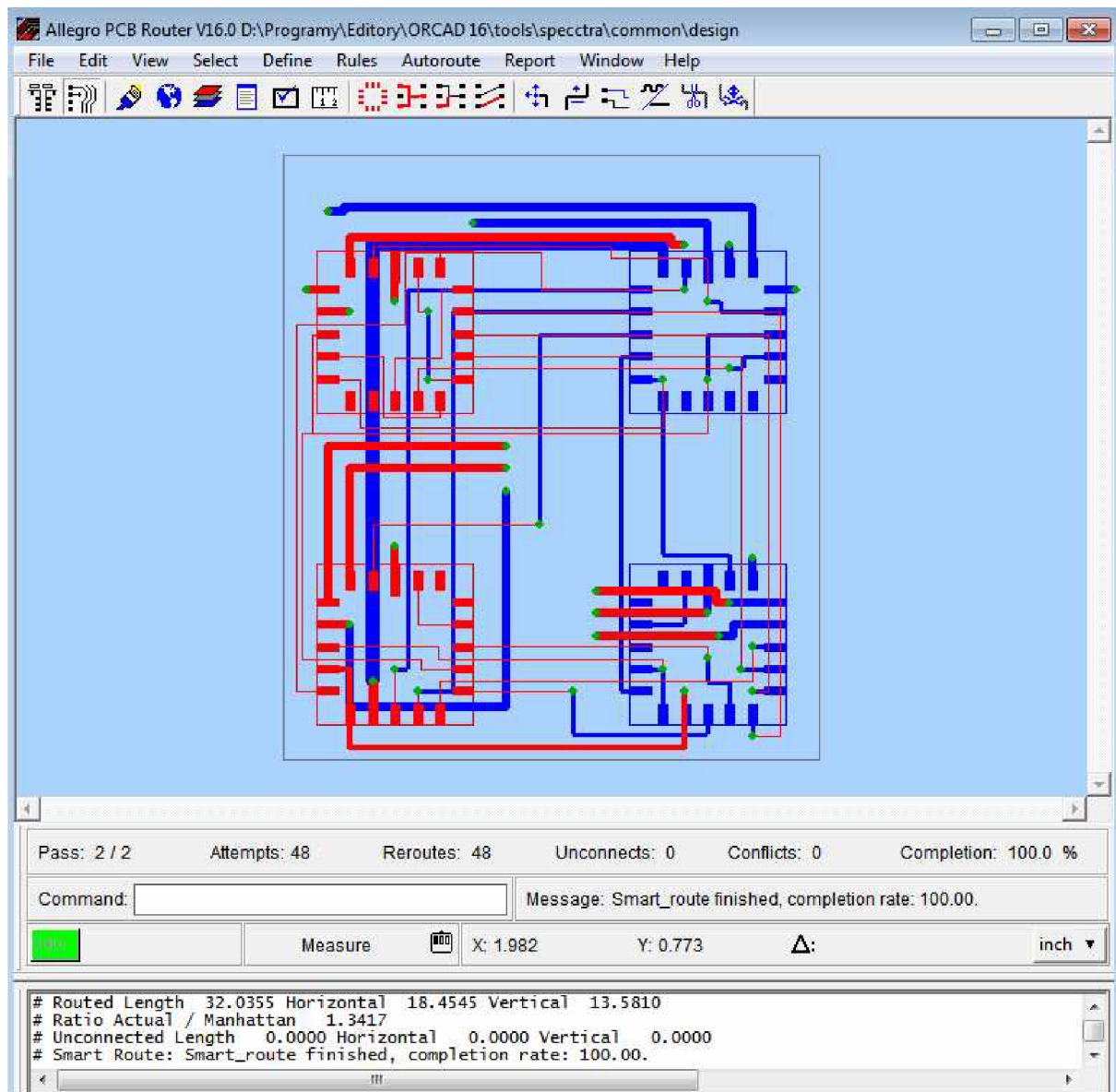
Z předchozí kapitoly víme, že vygenerované soubory z programu Layout, data z jednotlivých vrstev a data pro souřadnicové vrtání, jsou vstupem do nástroje GerbTool (Obr. 3.12), ve kterém jsou tyto možné dále zpracovávat. Můžeme zde například kontrolovat izolační vzdálenosti, technologická návrhová pravidla, automaticky potlačovat přesahy servisního potisku přes pájecí plošky nebo tvořit technologické okolí důležité pro výrobu DPS. Výstupem jsou soubory s výrobními daty, které lze exportovat do různých formátů (DXF, postscript, bitmapa...). Do GerbTool můžeme načíst i soubory z jiných návrhových systémů.



Obr. 3.12 GerbTool

3.3.3 SPECCTRA for OrCAD

Pro automatický, autointeraktivní, ale i manuální návrh DPS můžeme použít autorouter SPECCTRA for OrCAD (Obr. 3.13). Vstoupit do něho je možné přímo z programu Layout. Nástroj lze použít na jednoduché i složité desky s nízkou i vysokou hustotou spojů. Používá bezrastrové algoritmy pro efektivní využití návrhové plochy, kde probíhá propojování pinů součástek. Ovládat ho můžeme pomocí povelů z místních nabídek nebo příkazové řádky či načtením dávkového souboru (.DO). Při manuálním řízení lze využít i výhod automatického návrhu, například posouvání stávajících spojů v reálném čase, kopírování spojů nebo paralelní routování. Uložením návrhu DPS a uzavřením SPECCTRY se opět vrátíme do programu Layout.

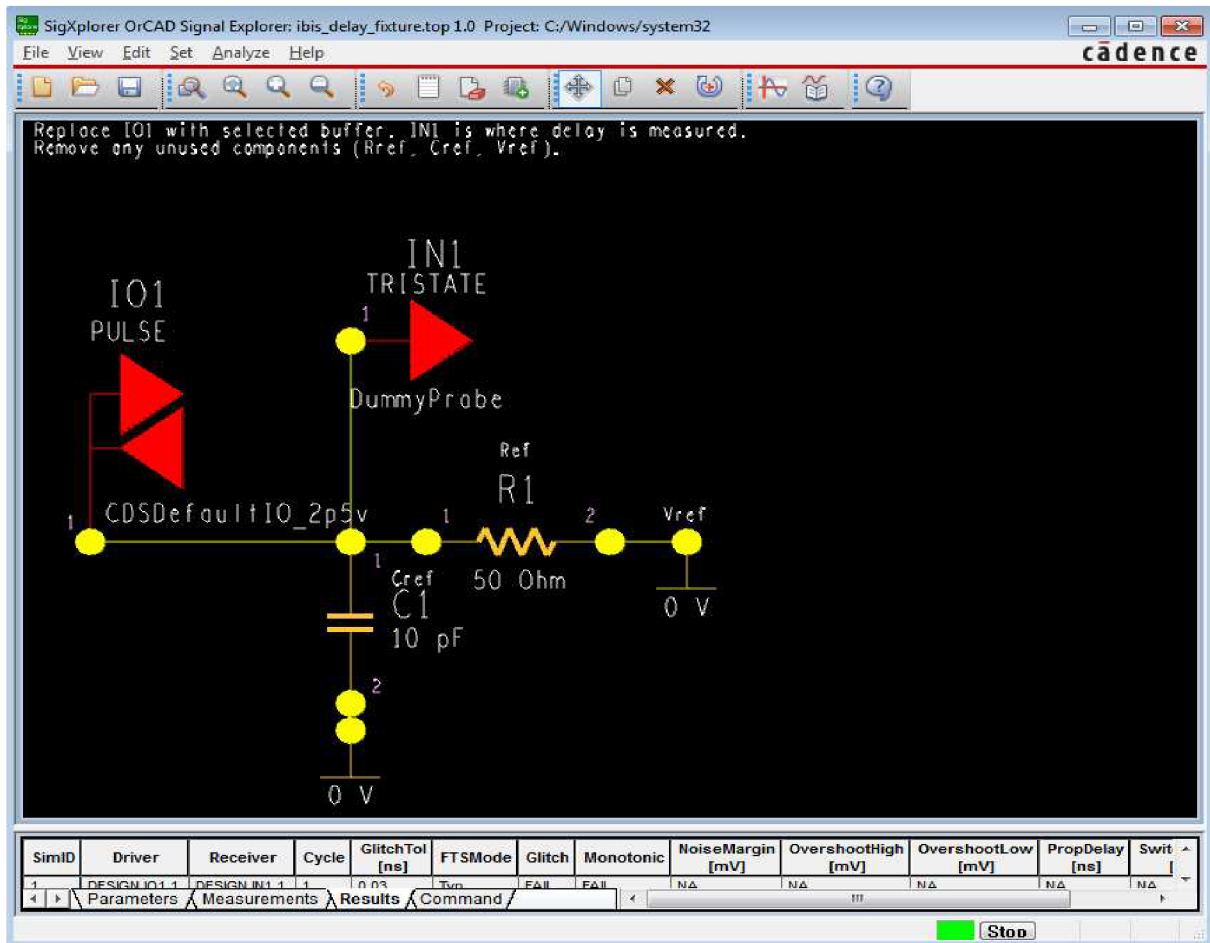


Obr. 3.13 Autorouter SPECCTRA for OrCAD

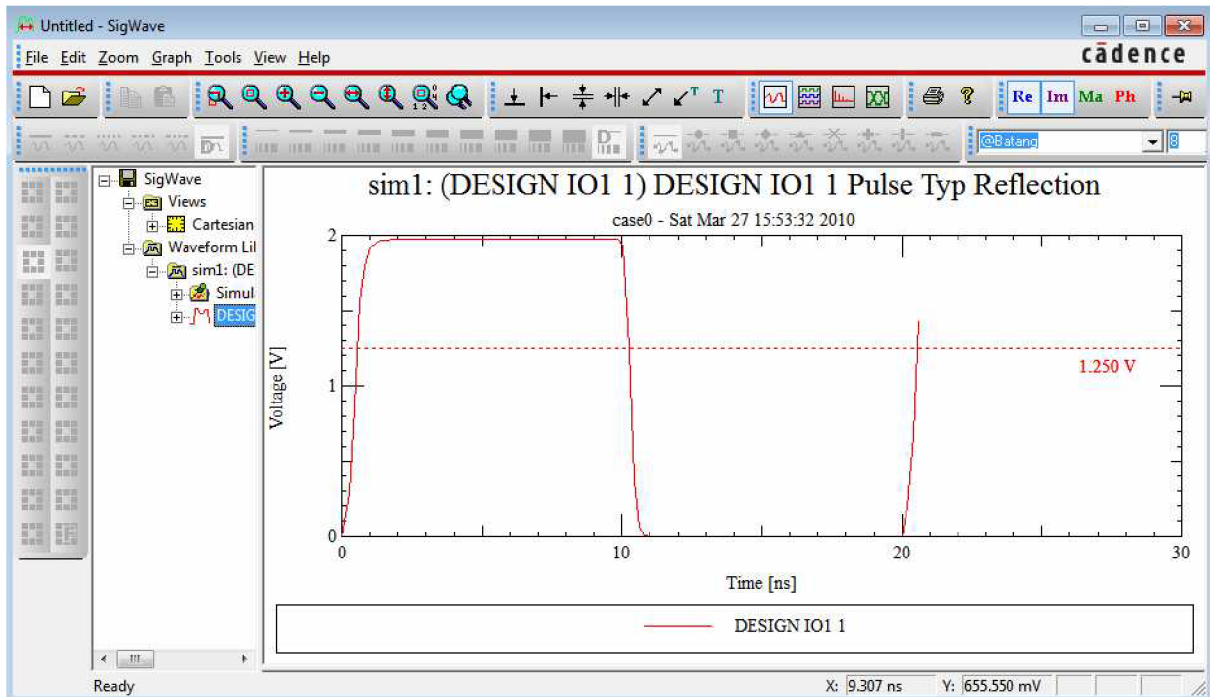
3.3.4 Signal Explorer

Program Signal Explorer (Obr. 3.14) je poslední z produktů rodiny OrCAD, který bude popsán. Řeší problémy vznikající v důsledku neustálého zvyšování hustoty plošných spojů, datové propustnosti a obecného zmenšování desek plošných spojů. Signal Explorer umožňuje zkoumat signálu, analyzovat jej a hodnotit, což pomáhá řešit otázky ohledně integrity signálu v celém procesu navrhování, od začátku prostřednictvím umístění součástek až po konečné směrování signálu. Poskytuje možnost prozkoumat, simulovat a analyzovat topologii propojení ještě předtím, než se nakreslí samotné schéma. Ovšem není zde klasická knihovna součástek tak jako v Capture, ale jsou zde základní součástky jako R, L, C, diody, zdroje signálu a měřící sondy pro zkoumání signálu. Myslím si, že pro amatérské uživatele bude užití tohoto programu náročné, jelikož je zde potřeba znát topologii spojů a jejich technické realizace.

Na Obr. 3.14 vidíme úsek vedení zakončený RC článkem. Na Obr. 3.15 pak průběhy a analýza napětí v čase.



Obr. 3.14 Signal Explorer

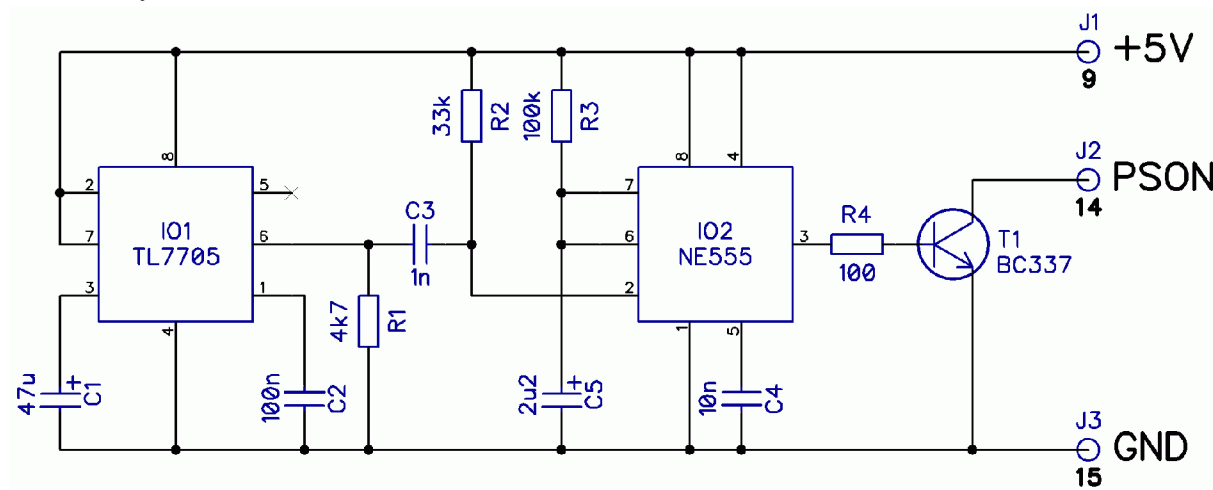


Obr. 3.15 Výsledek simulace pro obvod na obrázku 3.14

4 Realizace projektu

Při návrhu metodiky návrhu obvodů jsem zejména čerpal z pramenu [1], který však popisuje starší verzi OrCAD 10 a anglického manuálu OrCAD 16 [11]. Mým úkolem bylo vytvořit sadu vzorových úloh a vytvořit vhodnou metodiku návrhu plošných spojů, zejména pro začínající uživatele.

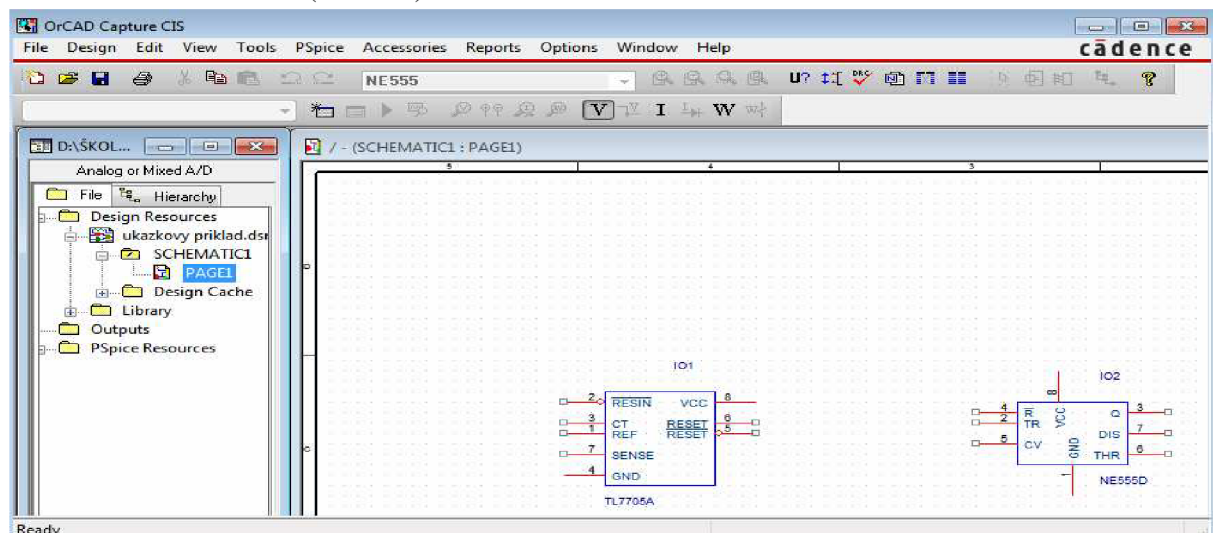
Začíná se návrhem elektronického schématu v OrCAD Capture, odsud se vygeneruje netlist. Dále odsimulováním nakresleného zapojení v komponentě PSpice a v závěru vytvořením návrhu desky plošného spoje v programu OrCAD Layout. Zde můžeme využít autorouter SPECCTRA pro automatické propojení veškerých součástek. Pro popis práce jsem si vybral jednoduché zapojení pro automatický start PC (Obr. 4.1)



Obr. 4.1 Schéma ukázkového obvodu

4.1 Návrh elektronického schématu

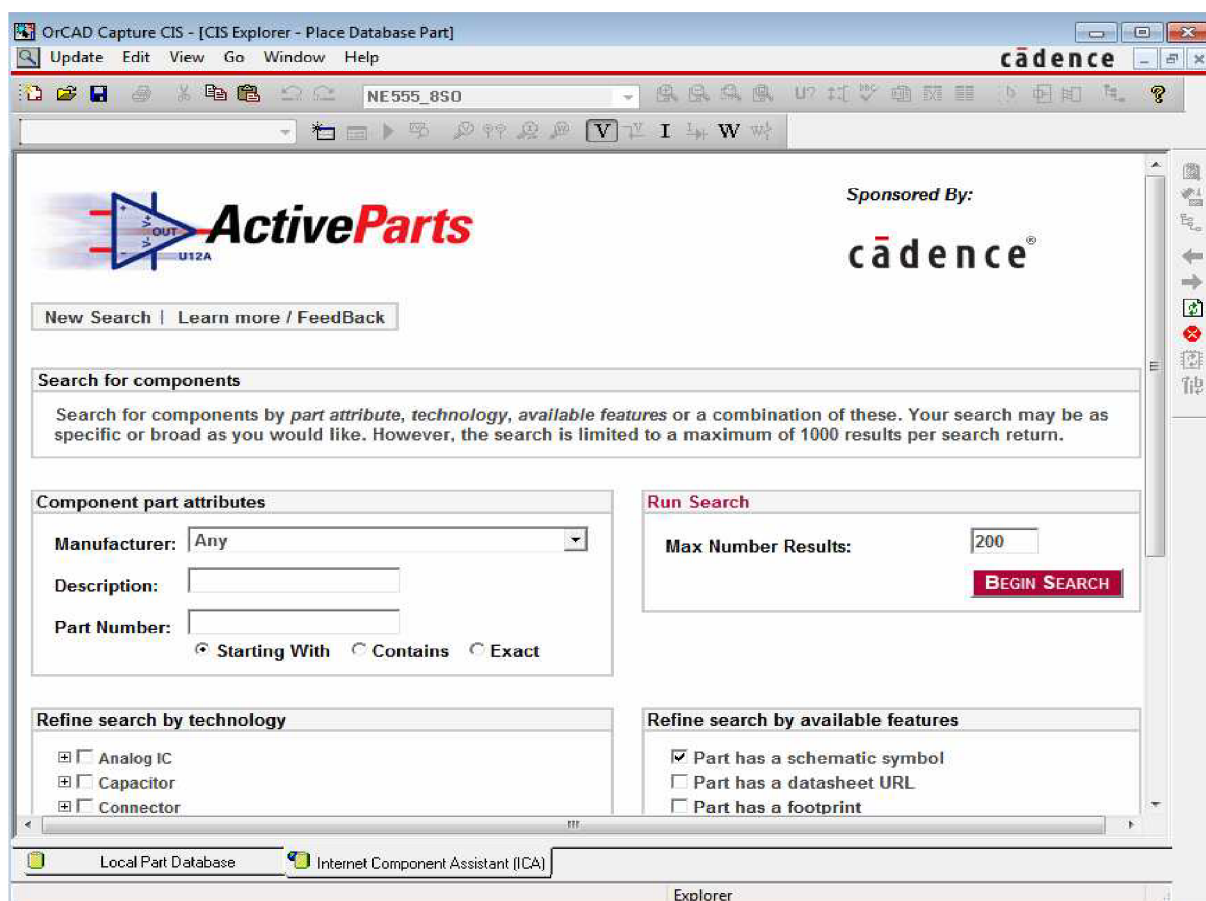
Začínáme volbou nového projektu, *New - > projekt*, kde zadáme jméno, umístění a typ projektu. Pokud máme k dispozici programy Capture a Layout, zvolíme PC Board Wizard, jestliže máme i PSpice, nastavíme Analog or Mixed A/D. Nyní máme k dispozici okno pro nákras schématu a můžeme začít s návrhem (Obr. 4.2).



Obr. 4.2 Návrh elektronického schématu

4.1.1 Rozmíst'ování

Pro umíst'ování součástek do schématu využijeme databázi CIS Explorer, kterou vyvoláme příkazem *Place -> Database Part*. Zde máme rozsáhlou knihovnu různých druhů součástek, od rezistorů, kapacitorů, diod, oscilátorů, tranzistorů po logická hradla a mikroprocesory. Pokud bychom přesto nemohli danou součástku nalézt, je zde možnost propojit se s internetovou databází (Obr. 4.3), kde můžeme vyhledávat podle výrobce, typu součástky nebo jejího čísla. Umístěné součástky můžeme dále přemístit, editovat nebo rotovat.



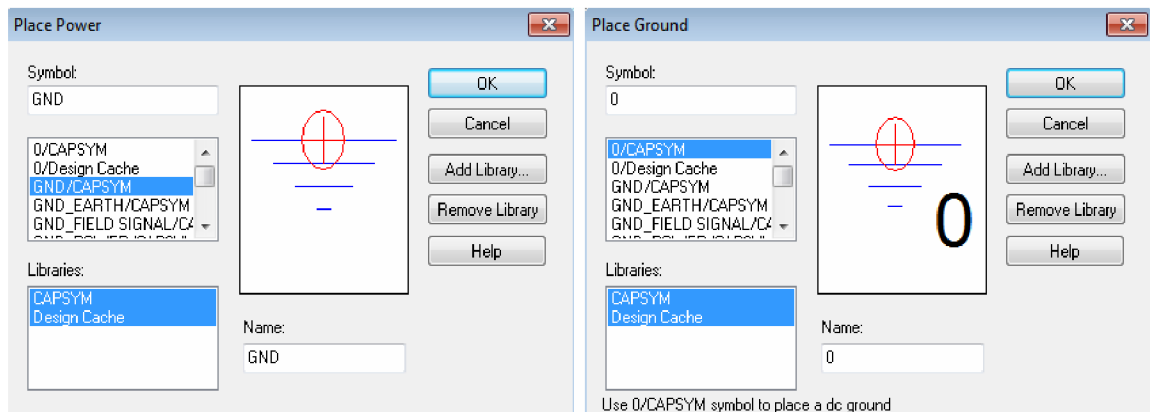
Obr. 4.3 Internetová databáze součástek

Jakmile máme všechny potřebné komponenty umístěny ve schématu, můžeme začít s jejich propojováním. Způsobů jak toho docílit je více:

- 1) Použití vodičů (Wire) – klasické propojení konců vývodů součástek, vybereme z nabídky *Place -> Wire*. Jestliže dojde ke změně směru při spojování, program sám spoj pravouhle (pokud nechceme jinak) zalomí. Nezapojený vývod některé ze součástek je opatřen čtverečkem kvůli lepší přehlednosti. Jestliže máme křížící se vodiče, musíme toto místo spojit značkou Junction, *Place -> Junction*.
- 2) Použití návěští (Net Alias) – návěští se používá jako náhrada za dlouhé a komplikované vodiče přes celé schéma. Z nabídky *Place -> Net Alias* nastavíme v dialogovém okně název, barvu a rotaci. Po dokončení můžeme návěští umístit k vodiči a takto označené vodiče (stejným názvem) jsou navzájem propojeny.

- 3) **Použití sběrnic (Bus)** – jedná se o tlustý svazek vodičů, do kterého vstupují jednotlivé vodiče z vývodů součástek. Sběrnici najdeme v nabídce **Place - > Bus** (jedná se vlastně o klasický vodič) a připojení ke sběrnici – Bus entry, což jsou krátké spoje skloněné pod 45°. Při spojování pomocí sběrnic je nutné mít na paměti, že součástky jsou vzájemně propojeny tehdy, pokud jsou opatřeny vodičem (Wire) a návěstím (Net Alias).

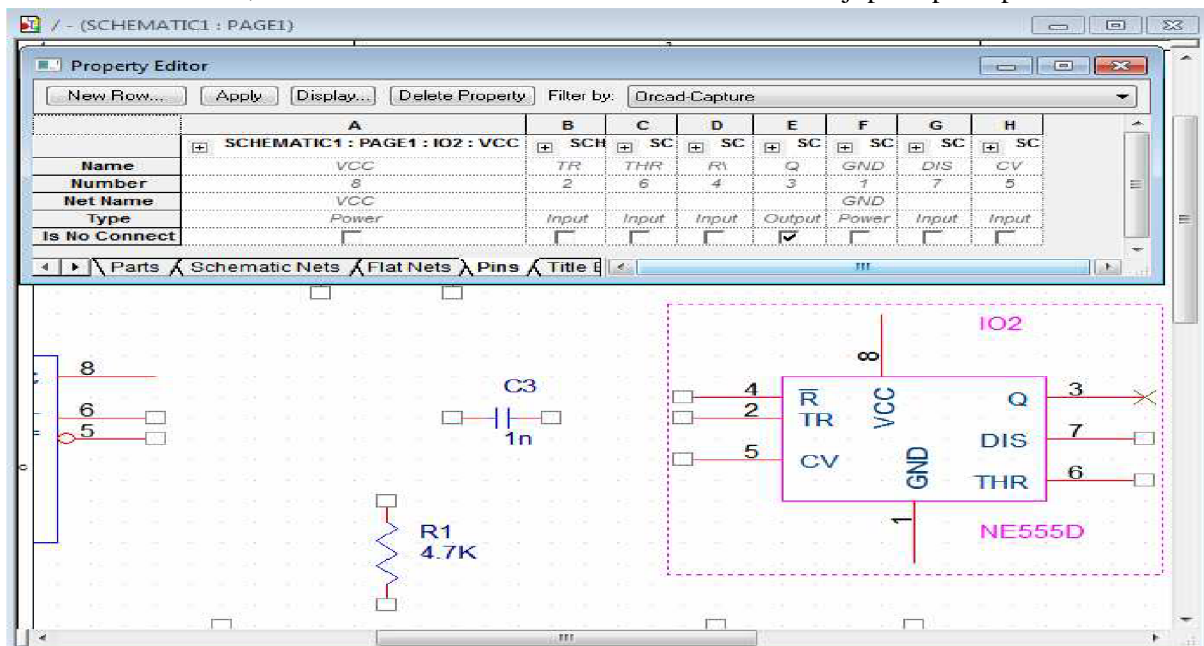
Dalším důležitým faktorem je napájení součástek, kde musíme použít speciálních schématických značek napájecích svorek. Ty vyvoláme z knihovny z nabídky **Place - > Power** resp. **Ground** (Obr. 4.4)



Obr. 4.4 Knihovny napájení

I zde platí určitá pravidla pro použití napájení:

- 1) Jen značky se stejným názvem jsou vzájemně propojeny
- 2) Napájecí značka zde není myšlena ve smyslu napájecí svorky na DPS. Pokud tuto chceme, musíme do schématu umístit značku konektoru a ji pak opatřit pouzdem.



Obr. 4.5 Property editor

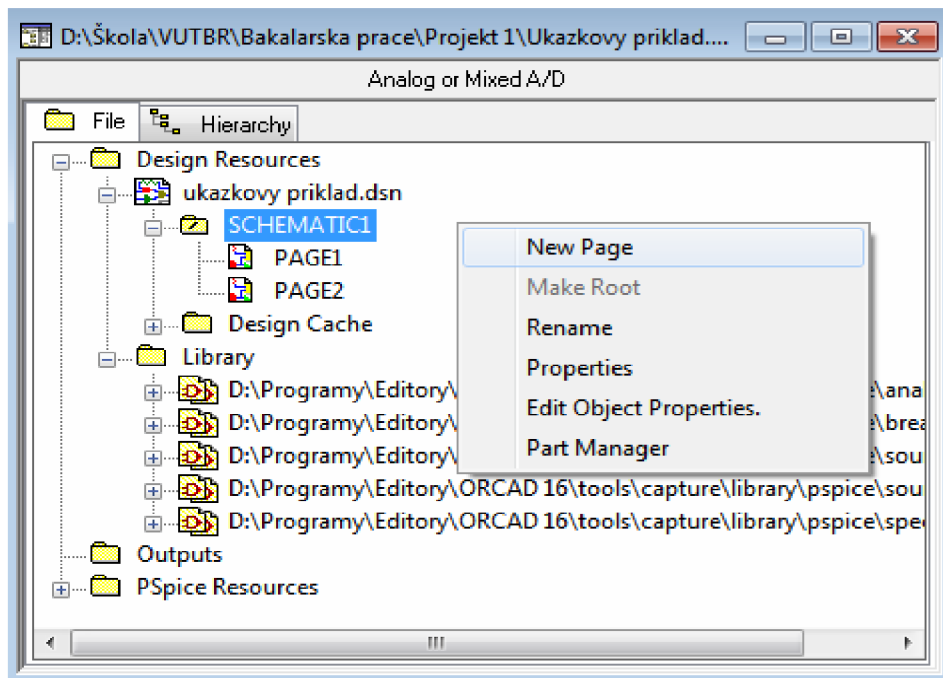
Některé integrované obvody mají napájecí vývody skryty. V knihovnách součástek jsou to obvody číslicové - TTL mají vývody označené jako VCC a GND a obvody CMOS VDD a VSS. Pokud neznáme názvy napájecích vývodů některé ze součástek, můžeme použít Property editor (Obr. 4.5), kde v záložce Pins najdeme jejich výčet a informace o nich. Může se také stát, že některý z vývodů nebudeme potřebovat, takový pin se označí křížkem (No connect) z nabídky *Place - > No connect*, což je vidět na předchozím obrázku, kde se ovšem jedná jen o ilustraci.

Property editor však umožňuje daleko rozsáhlejší úpravy vlastností veškerých objektů. Pro další práci v programech Layout a PSpice potřebujeme nadefinovat množství pravidel, omezení a vlastností, které budou tyto programy brát v úvahu. Po označení jednoho či více objektů vybereme z místní nabídky Edit Properties, kde jsou všechny vlastnosti a nastavení rozčleněny do karet podle typu (Parts, Pins, Ports...). Pro lepší přehlednost můžeme použít filtry pro jednotlivé komponenty OrCADu (Capture, PSpice, Layout). Mezi základní, povinné položky, patří **Value**, což je hodnota nebo typ součástky, **Reference** – pořadové číslo a **PCB Footprint** – pouzdro součástky. Dalšími, ovšem už méně důležitými položkami může být například cena, výrobce, dodavatel atd. .

4.1.2 Strukturovaný návrh

Pokud máme rozsáhlejší elektronické schéma, je praktičtější ho z důvodu lepší přehlednosti a časové úspory rozčlenit na více stránek. V nich lze provádět simulace jednotlivých částí obvodů a tím jednodušeji a přehledněji testovat celé zapojení.

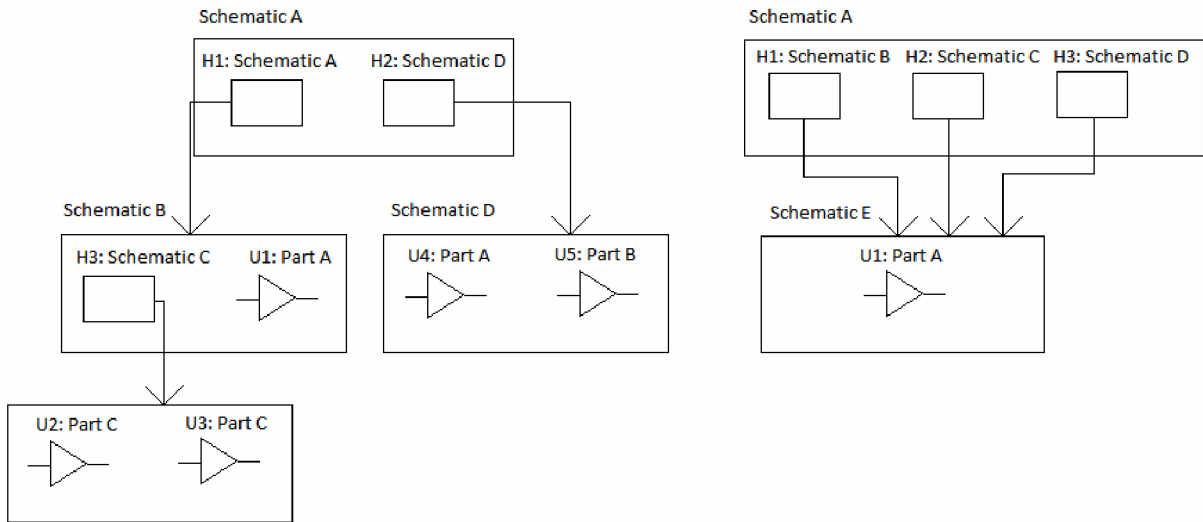
- 1) Jednoúrovňový návrh – nabízí rozčlenit celé schéma zapojení na více schématických stran. Do Netlistu pak budou zařazeny ty stránky, které náležejí do složky SCHEMATICx. Nová stránka se vytvoří příkazem New Page z místní nabídky na složce SCHEMATIC (Obr. 4.6).



Obr. 4.6 Nová schématická strana

Pomocí symbolů Off page Connector se provádí elektrické propojení mezi více vytvořenými schématickými stránkami. Jen stejně pojmenované symboly jsou mezi sebou propojeny.

- 2) **Hierarchický návrh** – hierarchické schéma (Obr. 4.7) se tvoří pomocí bloků a stránek nebo na základě odkazů na vnitřní strukturu schématických značek.



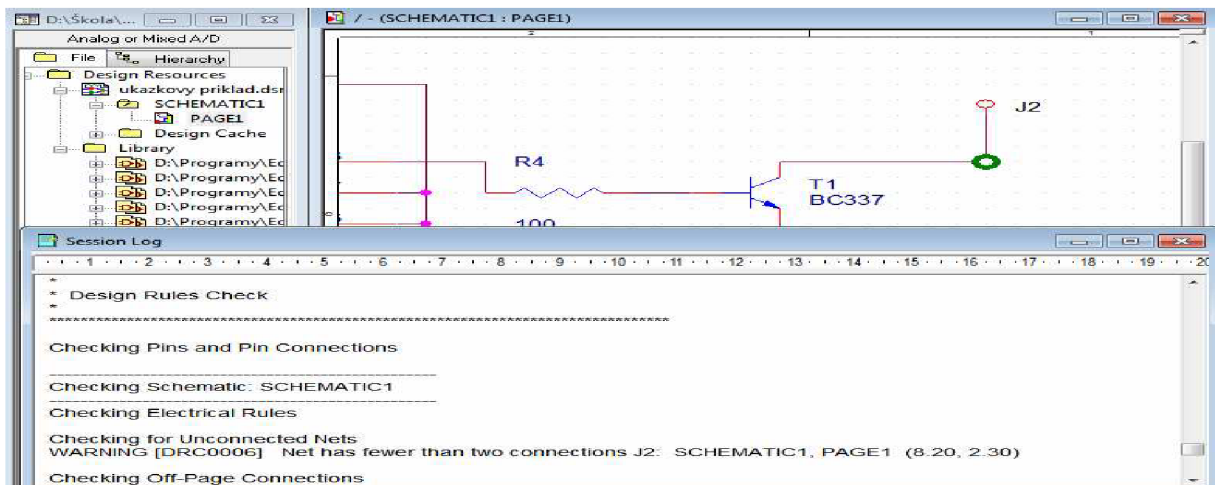
Obr. 4.7 a) jednoduchá struktura

b) komplexní struktura

V nadřazeném schématu vytvoříme blokovou značku, která bude představovat další schéma (subschéma). Tato značka se vyvolá z nabídky **Place - > Hierarchical Block** a její vývody Hierarchical Pin. V subschématu se pak musí umístit symboly Hierarchical Port se stejným názvem jako H. Pin pro správné propojení obou částí.

4.1.3 Kontrola návrhových pravidel

Kontrolu pravidel elektronického schématu provedeme v dialogovém okně vyvolané příkazem **Tools - > Design Rules Check**. Ve stejnojmenné záložce jde nastavit, zda chceme kontrolovat celé schéma či jen vybranou stránku (sekce Scope), dále pak, jestli chceme kontrolovat již zjištěné chyby (sekce Action) a poslední sekce, Report, kde se nastavují typy objektů, které se budou kontrolovat.



Obr. 4.8 Výpis chyb po kontrole pravidel

Ve druhé záložce ERC Martix se pravidla nastavují pomocí matice – chyba se zobrazí buď jako Warning, Error nebo se bude ignorovat. Po úspěšném nastavení pravidel program zkontroluje zapojení a výpis případných nesrovnalostí zapíše do souboru .DRC a do okna Session Log (Obr. 4.8). Ve schématu je chyba zobrazena zeleným kolečkem.

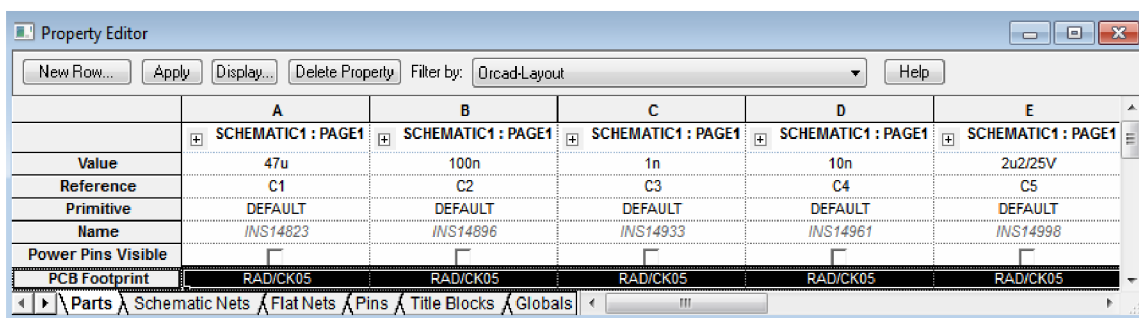
4.1.4 Závěrečná příprava schématu

Po nakreslení a zkontrolování elektronického schématu jsme ve fázi příprav pro návrh DPS v programu OrCAD Layout.

Do Netlistu je možné zařadit další vlastnosti a parametry součástek, uzlů a spojů, které mohou být využity pro budoucí zpracování. Důležitým faktorem pro bezproblémové vytvoření Netlistu je jedinečná Reference každé součástky a správně přiřazené pouzdro pro ni (PCB Footprint).

- 1) Číslování součástek – je unikátní označení každého objektu na návrhovém schématu (R1, R2, D1, D2, IO1 atd.). Jak již bylo zmíněno, podmínkou pro generování Netlistu je, že žádný objekt nemůže mít stejnou Referenci. Tu je možno provádět několika způsoby:
 - I. Při každém ručním vložení součástky ji opatřit označením, které se ve schématu ještě nevyskytuje.
 - II. Můžeme využít i automatické značení objektů příkazem *Options - > Preference - > Miscellaneous - > Auto Reference*.
 - III. Poslední možností je označení objektů celého schématu pomocí příkazu *Tools - > Annotate* v záložce Layout Reuse

- 2) Přiřazení pouzder – každá součástka musí mít přiřazeno své pouzdro (Footprint), pro které se budou po výrobě plošného spoje vrtat otvory a do kterého bude součástka zasazena. Pro tento údaj slouží v Property Editoru kolonka PCB Footprint (Obr. 4.9) a lze ho vyplnit několika způsoby:
 - I. Přiřadit ho již při editaci nebo vytváření značky v knihovně součástek.
 - II. Doplnit jej v Property Editoru v kolonce PCB Footprint.
 - III. Využít soubor .UPD sloužící pro hromadné vkládání vlastností do schématu

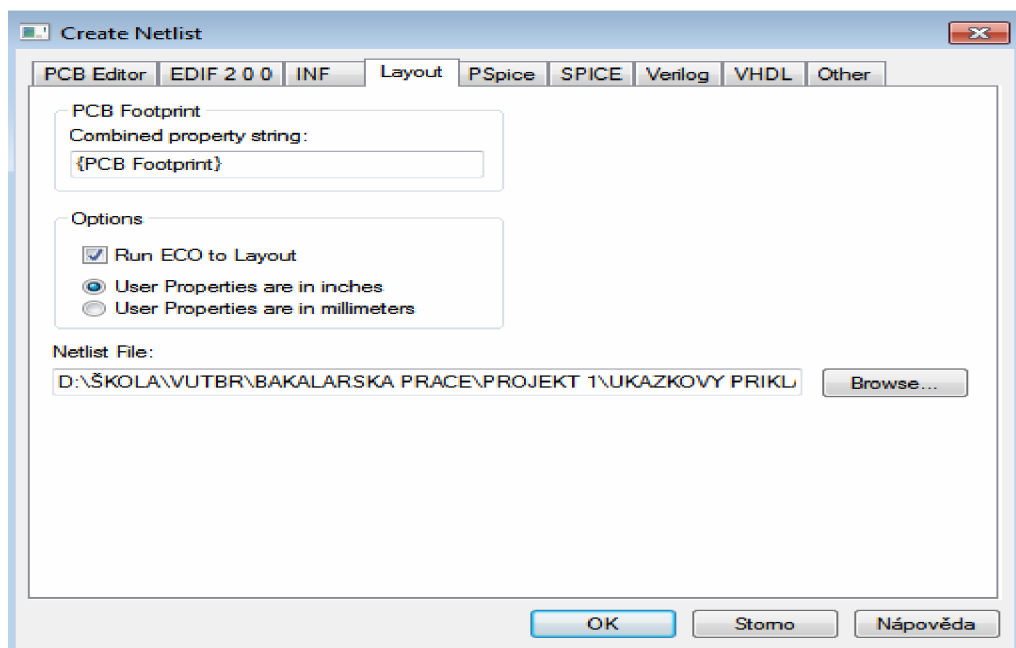


Obr. 4.9 Pouzdra součástek

Názvy pouzder můžeme najít v knihovnách pouzder v programu Layout. Další informace o objektech, které budou brány v úvahu, lze doplnit také v Property Editoru s filtrem OrCAD Layout. Jedná se například o šířku spojů, souřadnice součástky na desce plošného spoje, atd.

4.1.5 Generování Netlistu

Netlist obsahuje veškeré informace o elektronickém schématu a jeho objektech a vytvoří se příkazem **Tools - > Create Netlist** při aktivním okně Project Manager. V dialogovém okně (Obr. 4.10) je několik záložek, ve kterých se dají generovat Netlisty pro další programy (PSpice, VHDL, Verilog,...). V kartě Layout se dají nastavit jednotky, se kterými se bude pracovat, umístění Netlistu a vzájemná komunikace mezi schématem a plošným spojem – Run ECO to Layout. Toho se dá využít například při opravách v návrhu schématu, kde se provedené změny promítnou přímo v programu Layout. Po těchto nastaveních se vygeneruje Netlist s příponou .MNL.



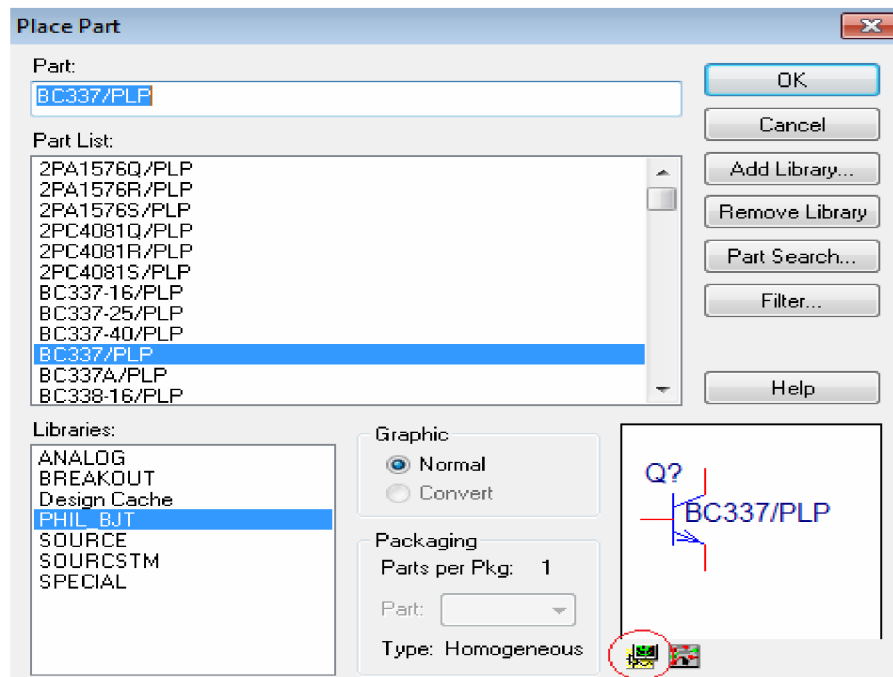
Obr. 4.10 Generování Netlistu

Po zdárném vygenerování můžeme Netlist načíst do programu Layout.

4.1.6 Příprava pro simulaci obvodu

Do programu OrCAD Capture je integrován nástroj PSpice pro simulace nakresleného obvodu. Abychom mohli zdárně testovat naše zapojení, je potřeba provést několik kroků:

- 1) Hned při zakládání nového projektu vybrat typ Analog or Mixed A/D, což je potřeba k tomu, aby se PSpice zobrazil v příkazové nabídce Capture (**PSpice - > Simulation profil**, Run,...).
- 2) Dále je potřeba, aby použité součástky měly v knihovnách odkaz na model. Takové součástky poznáme tak, že pod jejich schématickou značkou v okně Place Part mají ikonku PSpice (Obr. 4.11).
- 3) Ve schématu je nutné umístit značku společného vodiče s názvem „0“ (nulový potenciál). Bez této program PSpice nezačne pracovat.
- 4) Pro úspěšnou simulaci musíme do obvodu vložit také zdroj napětí a proudu. Pokud tyto značky ovšem nechceme na DPS, stačí jim v Property Editoru v záložce Parts ve sloupci PSpiceOnly nastavit TRUE a tyto objekty nebudou do Netlistu zahrnuty.



Obr. 4.11 Součástka použitelná pro simulaci

4.2 Simulace v PSpice

Program PSpice umožňuje provádět kompletní analýzu elektronického obvodu. Po zapojení správných zdrojů do schématu je schopen při analogové simulaci vypočítat napětí a proud na všech součástkách a uzlech. Při číslicové simulaci jsou to pak logické úrovně.

Jak již bylo zmíněno, je potřeba volit správné obvodové součástky, které jsou při této práci nezbytné. Nejčastěji se jedná o zdroje napětí a proudu, klasické pasivní součástky, vedení, parametry a další. Pro přehled zde uvedu několik druhů zdrojů, které bychom mohli potřebovat:

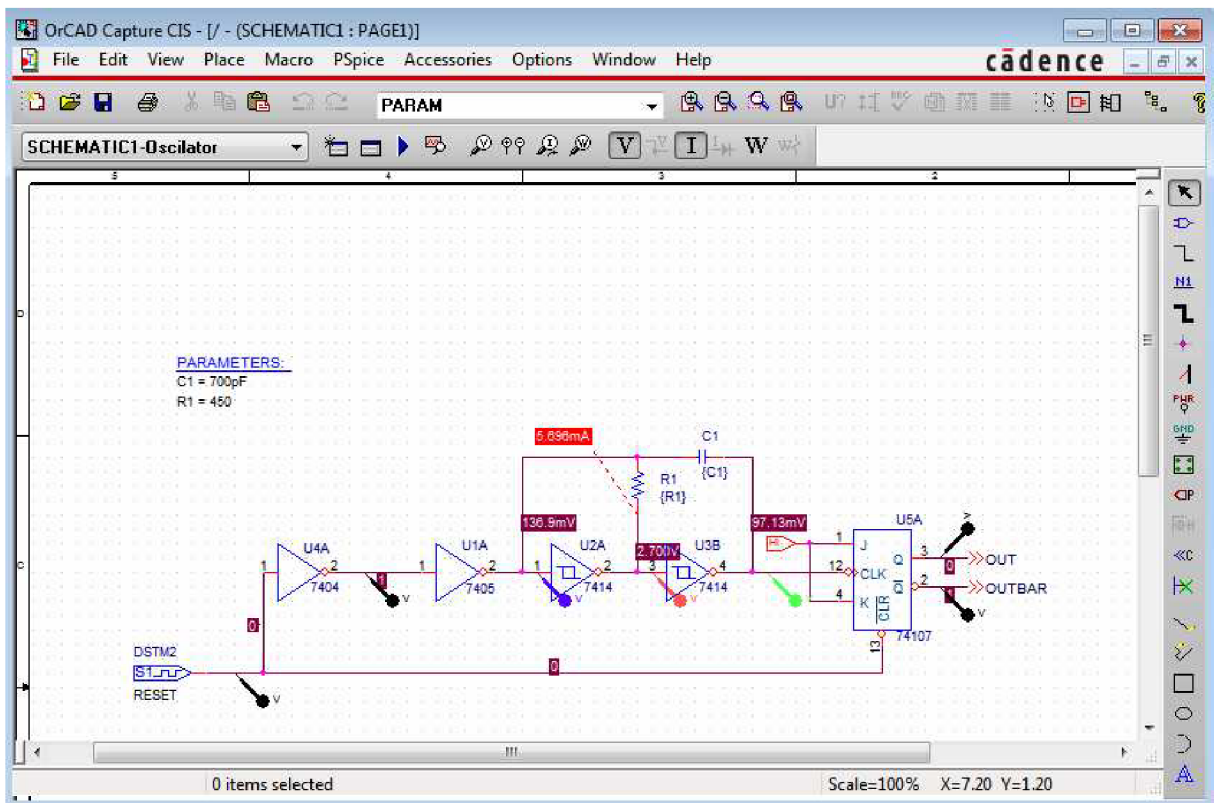
- Stejnsměrný zdroj – slouží pro stejnosměrnou (.DC) a časovou analýzu (.TRAN). Jeho parametry jsou hodnoty proudu a napětí
- Střídavý zdroj – slouží pro stejnosměrnou (.DC) a střídavou (.AC) analýzu. Jeho parametry jsou opět napětí a proud, dále fáze ve stupních (ACPHASE) a hodnota stejnosměrné složky proudu a napětí.
- Řízené zdroje – pro časovou analýzu (.TRAN).
 - Zdroj napětí řízený proudem – H
 - Zdroj napětí řízený napětím – E
 - Zdroj proudu řízený proudem – F
 - Zdroj proudu řízený napětím – G
- Fázově modulovaný zdroj – slouží pro časovou analýzu (.TRAN). Jeho parametry jsou stejnosměrná složka napětí, frekvence a amplituda nosného signálu, modulační index a frekvence modulačního signálu.

Všechny potřebné součástky najdeme v adresáři OrCAD\capture\library\pspice v knihovnách analog.olb a source.olb.

Pro ukázkou správného simulování obvodu jsem musel zvolit jinou ze vzorových úloh, protože na této původní by nebylo možno nic předvést. Jedná se o schéma oscilátoru (Obr. 4.12) složeného ze

čtyř hradel typu 74xx a jednoho klopného obvodu JK, který je součástí ukázkových příkladu v OrCADu. Jde vlastně o generátor impulsního průběhu, kdy při $DSTM2 = 0$ dojde k resetu klopného obvodu JK a blokování celého jádra (U2A, U3B, RC členy) generátoru. Pokud je $DSTM2 = 1$, je jádro aktivní a jeho signál je tvarován JK obvodem.

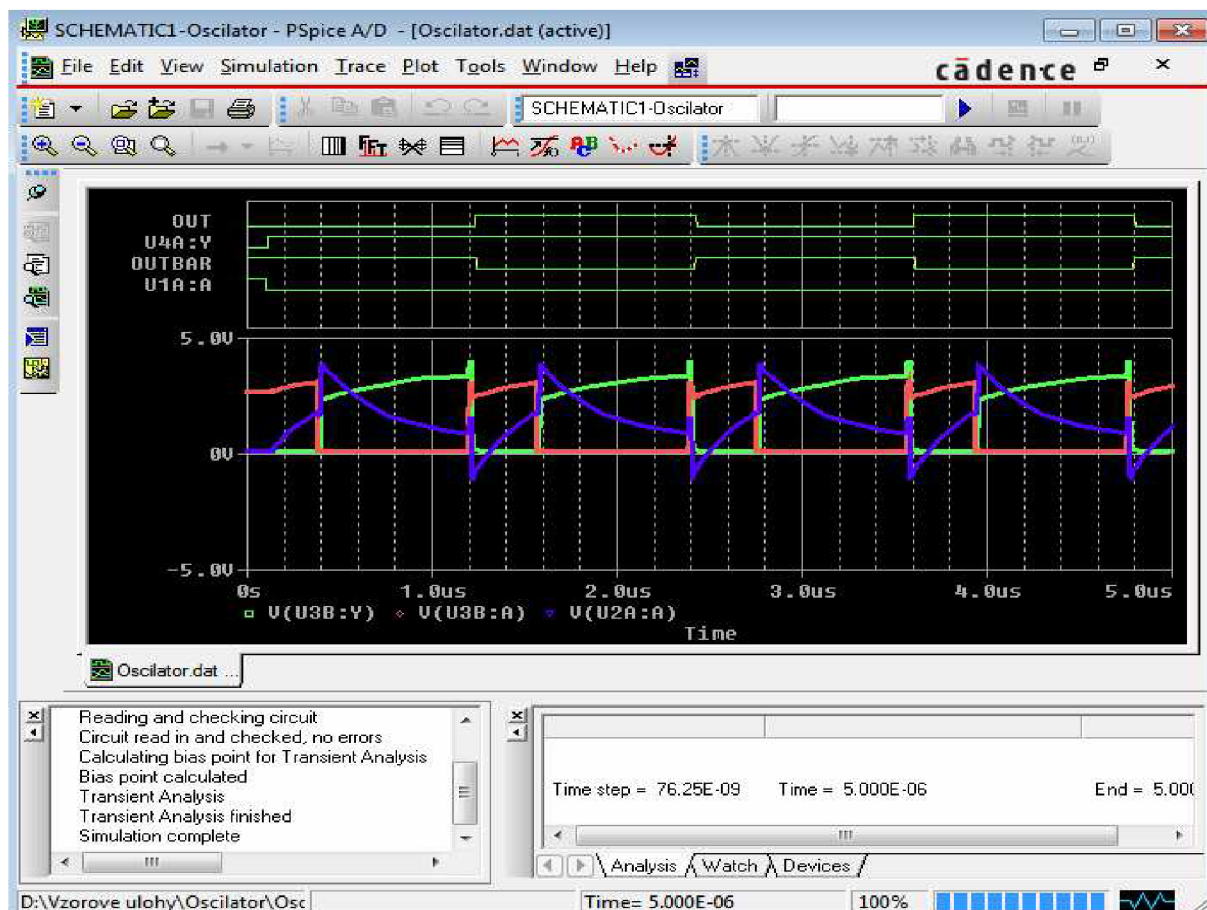
Po nakreslení schématu je třeba vytvořit nový simulační profil v nabídce **PSpice -> New Simulation Profile** a nastavit vhodné parametry simulace - Edit Simulation Profile. Jelikož se na tomto příkladě zaměřím na časovou analýzu, v záložce Analysis vybereme jako typ Time Domain a zadáme rozsah časové osy. Ve vedlejší záložce Configuration Files je vhodné použít konfigurační soubor s parametry simulace. Já jsem upravil již existující soubor Osc.srl (snaha o změnu některých parametrů skoro vždy vedla ke zhroucení simulace). Poslední nastavení, vhodné pro běžné uživatele, jsou v záložce Data Collection, kde se dají vybrat data určena pro výstup. Pro konfiguraci ostatních parametrů je nutné mít hlubší informace o součástkách z hlediska jejich simulace. Samotný zdroj signálu po jeho vybrání nakonfigurujeme z menu **Edit -> PSpice Stimulus**, kde nastavíme jeho výstup podle potřeb (v našem případě log. 0).



Obr. 4.12 Schéma zapojení oscilátoru s měřicími sondami

Při časové analýze program PSpice propočítává chování obvodu v námi zadaném časovém rozsahu. Nejdříve si určí pracovní bod, který získá z počátečních hodnot napětí všech zdrojů ve schématu. Pak přichází na řadu počítání s diferenciálními rovnicemi, ze kterých se vykreslují časové průběhy obvodových veličin.

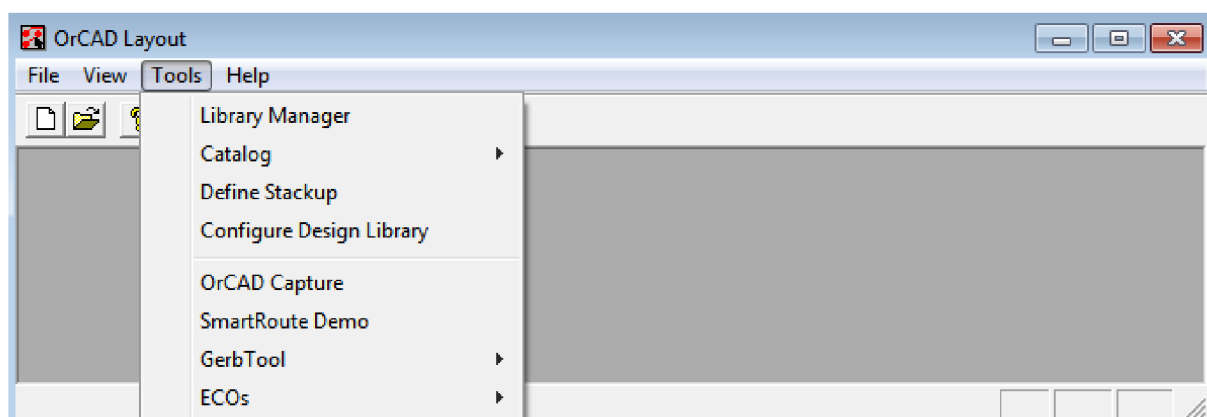
Pokud máme vše nastaveno, můžeme do obvodu vložit měřící sondy (panel nástrojů, Voltage/Level Maker). V našem případě je umístíme na výstupy všech integrovaných obvodů i zdroje signálu. Simulaci spustíme opět z panelu nástrojů – Run PSpice. Program začne počítat a jestliže máme vše dobře zadáno, za několik sekund (záleží na složitosti obvodu a zadaných kritériích) se vygeneruje okno s průběhy veličin (Obr. 4.13).



Obr. 4.13 Simulační okno s průběhy veličin

4.3 Návrh desky plošného spoje

Při návrhu DPS budeme pracovat v programu OrCAD Layout (Obr. 4.14). V jeho základním okně je možné spustit knihovny s pouzdry součástek – Library Manager, který nám umožňuje vytvářet nové nebo editovat stávající pouzdra. Dále pak jsou to nástroje Capture, GerbTool pro zpracování výrobních dat a ECOs, který slouží k načítání a převodu souborů z programu Capture do Layout.



Obr. 4.14 Základní okno Layout

4.3.1 Základní nastavení

Nastavení nástroje Layout můžeme rozdělit na dvě fáze. První se provádí ještě před samotným načtením Netlistu. Týká se nastavení rastru, použitých vrstev, jednotek, barev, izolačních vzdáleností nebo pracovní plochy, druhá až po načtení Netlistu a souvisí s vedením spojů. Pro první fázi je dobré načíst konfigurační soubor Default.MAX, který si upravíme podle svých potřeb a který budeme používat pro další práci. Tento soubor nalezneme ve složce ORCAD\Tools\layout\data.

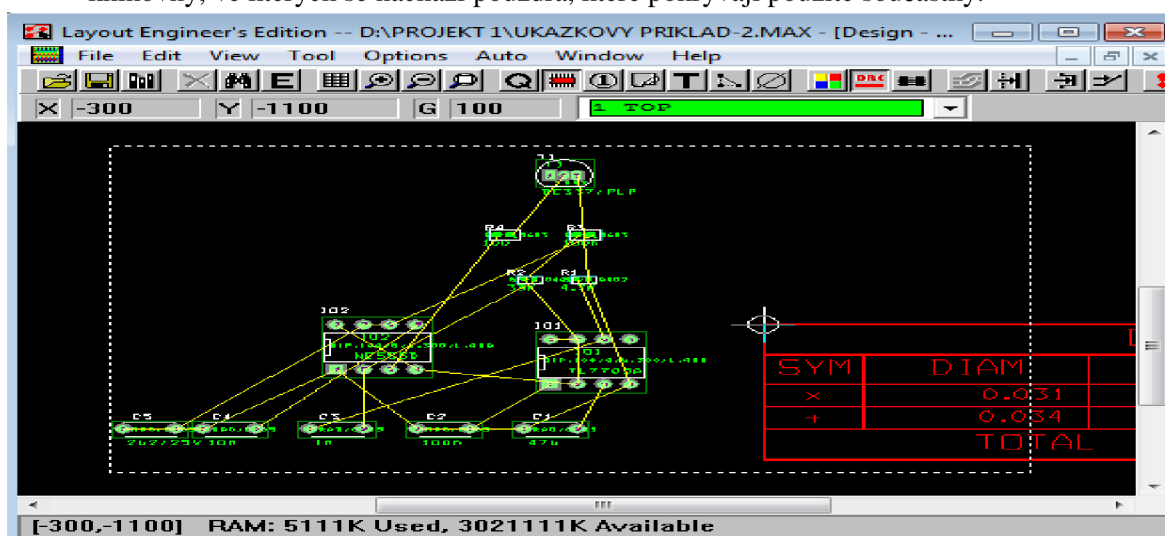
- 1) Nastavení rastru a jednotek – vybírá se z nabídky *Options - > System Settings*. Zde se nastavuje, s jakými jednotkami se bude pracovat (Display Units), rastr pro zobrazení (Visible grid), objekty (Detail grid), pro rozmisťování součástek (Place grid), vedení spojů (Route grid) a pro prokovy – průchozí otvory (Via grid). Dále je zde možnost nastavení rotace objektů a velikosti pracovní plochy.
- 2) Nastavení barev – je důležité při zobrazování jednotlivých vrstev nebo objektů na ploše. V určité fázi návrhu například nebudeme potřebovat vidět vše, co na ploše máme, proto je zde také volba Invisible, která daný objekt skryje. Nabídku vyvoláme příkazem *Options - > Color*.
- 3) Nastavení izolačních vzdáleností – při kontrole návrhových pravidel se bere zřetel na izolační vzdálenosti různých typů objektů v každé vrstvě. V této chvíli se především jedná o kontrolu pravidel při rozmisťování součástek na pracovní ploše. Nastavení provedeme příkazem *Options - > Global Spacing*.

4.3.2 Načtení Netlistu

Z programu Capture jsme si vygenerovali seznam informací a položek souhrnně nazývané jako Netlist. Ten slouží jako vstup pro návrh DPS v komponentě Layout. Jeho příprava a generování bylo popsáno v kapitole 4.1.5.

Při jeho načítání Layout hledá příslušná pouzdra součástek, rozmisťuje je na pracovní plochu a spojuje jejich vývody. V několika bodech proto ukáži, jak postupovat:

- 1) Abychom se při načítání vyhnuli chybám týkajících se neznámých, použitých pouzder součástek, je potřeba hned na začátku otevřít Library Manager a v sekci Libraries přidat knihovny, ve kterých se nachází pouzdra, které pokrývají použité součástky.



Obr. 4.15 Úspěšné načtení Netlistu

2) Dále zvolíme **File - > New**, kde musíme vyplnit všechny potřebné soubory v části File Names:

- I. Vstup typu TCH, TPL, MAX – jedná se o technologický soubor nebo soubor již existující desky. Zde použijeme právě Default.MAX z kapitoly 4.3.1.
- II. MNL netlist file – náš vygenerovaný Netlist.
- III. Výstupní soubor MAX – cesta k nově vytvořenému souboru DPS.

Pokud máme vše správně nastaveno, potvrdíme a počkáme, než se otevře okno s propojenými součástkami (Obr. 4.15). Pokud se při načítání vyskytne chyba, zobrazí se dialogové okno s jejím typem a možným řešením. Vytvoří se také chybový soubor .ERR. Z mé zkušeností radím, nepoužívat v cestě k jakýmkoli souborům háčky a čárky.

Dále si nadefinujeme obrys DPS pomocí příkazu **Tools - > Obstacle - > New** a na pracovní ploše z místní nabídky zvolíme Properties. Zobrazí se dialogové okno Edit Obstacle, kde se nastaví vrstva a šířka čáry a poté můžeme kreslit. Význam této práce slouží především při kontrole návrhových pravidel při rozmisťování součástek.

4.3.3 Rozmístění součástek

Součástky je možné manuálně rozmístit hned několika způsoby. Ještě předtím je však dobré zkontrolovat si některé parametry, které ovlivní následující práci:

- 1) Izolační vzdálenosti – **Options - > Global Spacing**
- 2) Rastr pro rozmisťování – **Options -> System Settings - > Place grid**, volíme hrubší, většinou je vhodné, aby celočíselný násobek byl 100

Po zvolení režimu Component Tool z panelu nástrojů můžeme začít součástky rozmisťovat. Jak jsem již řekl, možností máme více:

- I. Prostým výběrem a přetáhnutím součástky – jedná se o nejjednodušší techniku
- II. Výběr konkrétní součástky – z místní nabídky zvolíme Select Any, zadáme referenci na součástku a můžeme umisťovat
- III. Rozmísťování pomocí skupin – pokud jsme si při kreslení elektronického schématu v Capture u součástek vyplnili vlastnost COMPGROUP (číslo skupiny) v okně Property Editor, máme možnost součástky rozmisťovat ve skupinách. V nabídce Select Any vyplníme položku Group Number a můžeme rozmisťovat více součástek najednou. Tato technika se používá například tehdy, když máme více součástek stejné funkce.
- IV. Rozmístění pomocí routeru SPECCTRA – autorouter SPECCTRA nabízí kromě standardního rozmístění také interaktivní nástroje jako je vyrovnání řady součástek, posouvání na opačnou stranu DPS, prohazovat mezi sebou atd.

Po dokončení si můžeme prohlédnout graf rovnoměrnosti rozmístění příkazem **View - > Density Graph**.

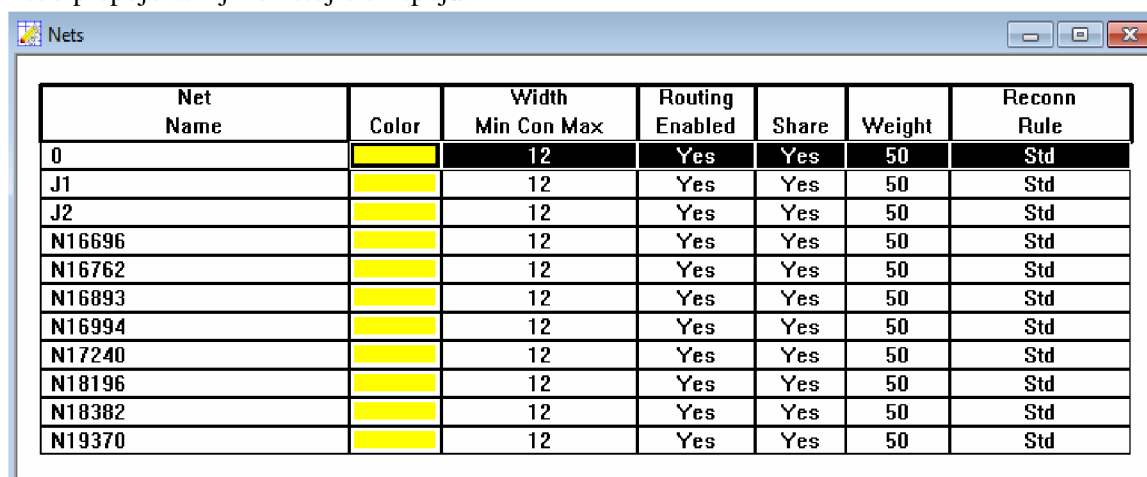
4.3.4 Důležité parametry při návrhu DPS

Než začneme propojovat vývody součástek, je třeba ještě zkontrolovat a nastavit několik věcí:

- 1) Kontrola nastavení rastru a izolačních vzdáleností – tato nastavení již byla popsána v kapitole 4.3.1. V případě vedení spojů musíme vyplnit položky Route grid a Via grid. Při tom je důležité sledovat použitou třídu přesnosti z hlediska šířky spojů, které se vedou s co největší hustotou. Nastavení izolačních vzdáleností závisí velkou měrou na výrobci DPS. Můžeme zde nastavit vzdálenosti pro jednotlivé vrstvy i objekty.
- 2) Nastavení použitých vrstev – seznam vrstev vyvoláme z panelu nástrojů **View Spreadsheet - > Layers**. Zde můžeme jednotlivým vrstvám nastavit, zda budou sloužit na vedení spojů (Routing), pro napájení a uzemnění (Plane) nebo nebudou použity vůbec (Unused). Toto lze provádět v sekci Properties z místní nabídky.
- 3) Rozměry prokovů – existují dva druhy prokovů, Via, který je přímo vázán na svůj spoj a Free Via, který je na něm nezávislý. Jejich seznam se nachází v panelu **View Spreadsheet - > Padstacks**. Zde se nastavují rozměry a tvary pro jednotlivé vrstvy (TOP, BOT, POWER,...) i průměr otvoru. Toto souvisí s nastavenou třídou přesnosti při výrobě desky. Pokud máme vícevrstvou DPS, používají se prokovy jak přes vybrané tak přes všechny vrstvy. Proto jich musíme nadefinovat více a každý zvlášť pro vrstvu, kterou bude propojovat.
- 4) Vlastnosti uzlů – jedná se o nastavení šířky spoje, vrstvy, ve které se bude propojovat a nastavení prokovů pro jednotlivé uzly. Jejich seznam a vlastnosti najdeme v panelu **View - > Spreadsheet** a položce Nets (Obr. 4.16). Vlastností, které lze nastavit, je celá řada (místní nabídka na jednotlivých uzlech), pro úplnost zde vypíši alespoň některé:

- Properties – vlastnosti v okně Edit Net
- Enable/Disable – povolení/zakázání vedení spoje vybraným uzlem
- Unroute Partial Track – vymazání spoje, který nebyl dotažen
- Unroute – smazání spoje vybraného uzlu
- Minimize Connection – minimalizace délky propojovaných uzlů
- Assign Via per Net – výběr typu prokovu pro daný uzel

V dialogovém okně Edit Net se dají nastavit šířky spojů, jejich barvy, povolení posouvání, sdílení nebo přepojování již existujících spojů.



Net Name	Color	Width	Routing Enabled	Share	Weight	Reconn Rule
		Min Con Max				
0		12	Yes	Yes	50	Std
J1		12	Yes	Yes	50	Std
J2		12	Yes	Yes	50	Std
N16696		12	Yes	Yes	50	Std
N16762		12	Yes	Yes	50	Std
N16893		12	Yes	Yes	50	Std
N16994		12	Yes	Yes	50	Std
N17240		12	Yes	Yes	50	Std
N18196		12	Yes	Yes	50	Std
N18382		12	Yes	Yes	50	Std
N19370		12	Yes	Yes	50	Std

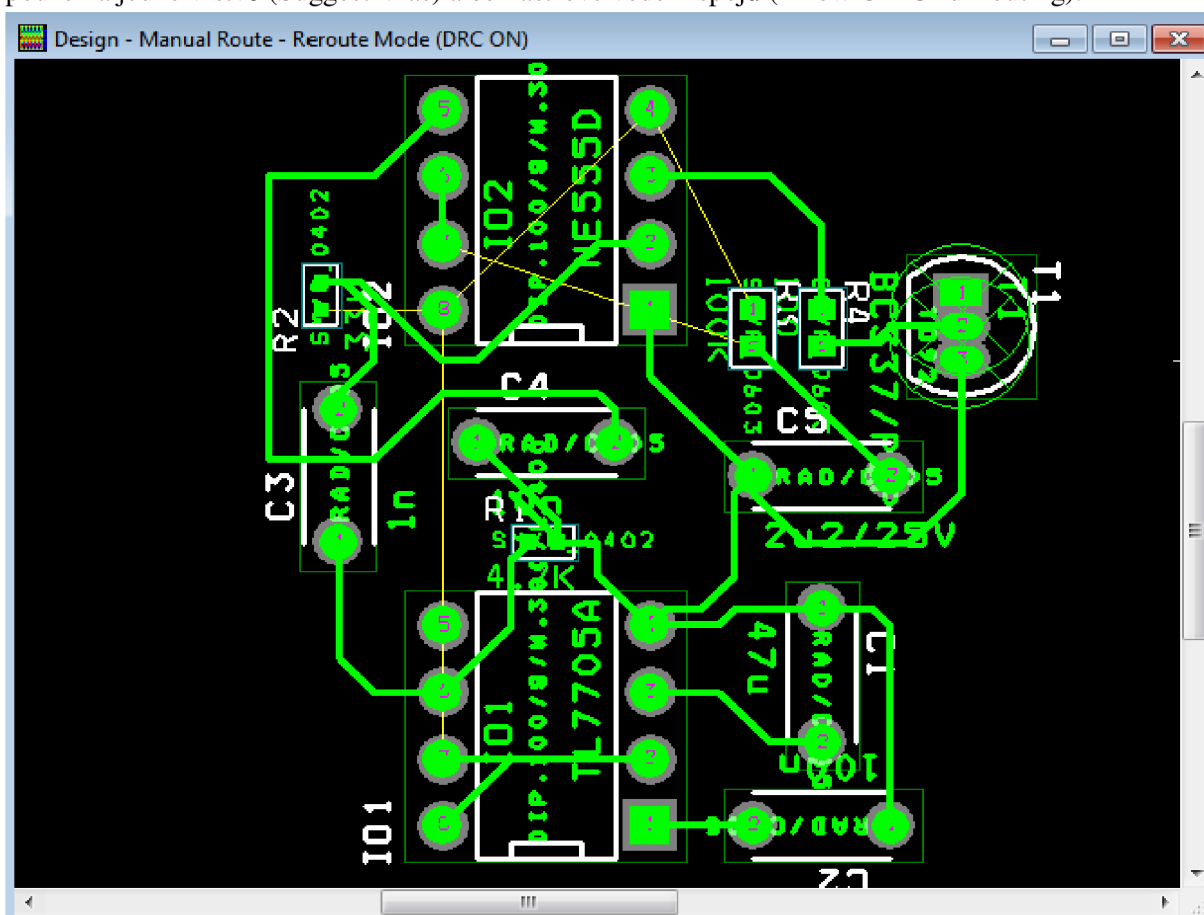
Obr. 4.16 Vlastnosti jednotlivých uzlů

4.3.5 Manuální vedení spojů

V programu Layout existuje několik možností, jak spoje vést. Jejich nastavení najdeme v *Options* -> *Route Settings*. Zde si zvolíme jeden ze 4 módů:

- 1) Add/Edit Route Mode – nejjednodušší metoda, která se řídí přesně podle příkazů návrháře. Při tomto kreslení je dobré mít zapnutou kontrolu návrhových pravidel Online DRC v panelech nástrojů. Dále můžeme nastavit úhel, pod jakým budou spoje vedeny a zda se má respektovat nastavení rastru.
- 2) Edit Segment Mode – slouží pro opravu již existujících spojů a usnadňuje práci s nimi.
- 3) Shove Track Mode – tento mód umožňuje automatické uhýbání nakreslených spojů při vedení nového a zohledňuje izolační vzdálenosti. Jeho parametry je výkonnost posouvání spojů (Low, Medium a High Power).
- 4) Auto Path Route Mode – jedná se o interaktivní autorouter, který automaticky provede právě jeden spoj.

V tomto okně se také dá nastavit maximální úhel, pod jakým budou spoje vedeny (Maximize 45 Corners), povolit posouvání součástek (Shove Components), snahu o to, aby program hledal cestu pouze na jedné vrstvě (Suggest Vias) a bezrastrové vedení spojů (Allow Off-Grid Routing).



Obr. 4.17 Rozpracované propojování pinů

Jestliže začínáme kreslit novou desku, je vhodné použít první mód. Jestli opravujeme již existující, střídáme první a druhý mód. Režim Shove Track Mode je velice kvalitní nástroj, protože bere v potaz izolační vzdálenosti spojů a pokud by tyto nebyly dodrženy, starý spoj posune tak, aby mohl být

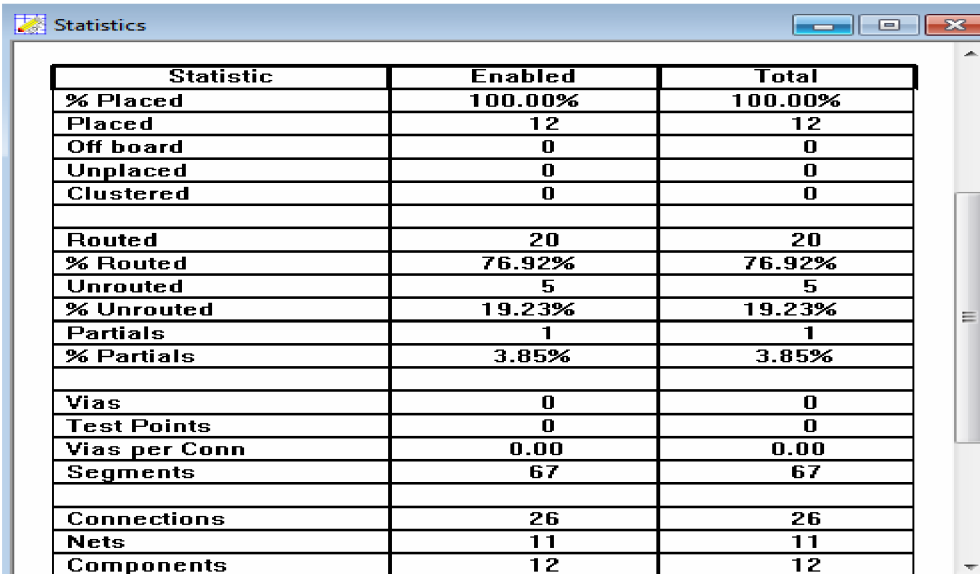
umístěn nový a zároveň byla dodržena pravidla. Může však způsobit problémy tím, že posune i spoje, které chceme mít na určitém místě – to se dá vyřešit prostým zamknutím spoje (Lock). Pro kreslení krátkých a přímých propojení je vhodné použít Auto Path Route Mode, který při vybrání jednoho nebo více spojů a volby Finish z místní nabídky automaticky dokončí dané cesty.

Spoje se vedou pouze mezi piny, které jsou propojeny čarou na základě vygenerovaných informací z Netlistu (Obr. 4.17). Při vybraném režimu vedení Add/Edit Route Mode označíme daný pin, odkud se začne kreslit spoj. Program provádí zalomení automaticky, pokud chceme spoj fixovat, stačí kliknout. Propojení je skončeno tím, že daný spoj dovedeme k cílovému pinu nebo volbou Finish z místní nabídky. Tam se nachází několik šikovných příkazů pro usnadnění práce, patří mezi ně například:

- Automatické dokončení spoje (Finish)
- Rozpojení segmentu (Unroute Segment)
- Rozpojení spoje od pinu k pinu (Unroute)
- Paralelní vedení spojů mezi více vývodů součástky (Copy)
- Uzamčení/ odemčení spoje (Lock/Unlock)

Pokud potřebujeme přejít z jedné vrstvy do druhé, použijeme prokov (Via). Ten musí být pro danou vrstvu definován a ta musí být určena pro vedení spojů. Obecným postupem je, že při kreslení spoje klikneme tam, kde chceme umístit prokov, z panelu nástrojů vybereme vrstvu, do které chceme přejít a program sám prokov umístí a můžeme tedy pokračovat ve vedení ve zvolené vrstvě. V módech Add/ Edit a Edit Segment Mode je dobré mít zapnutou kontrolu Online DRC a zároveň vypnuté Allow DRC Errors, protože při tomto nastavení program hlídá izolační vzdálenosti mezi okolními objekty a pokud by tyto byly porušeny, prokov nebude automaticky vložen.

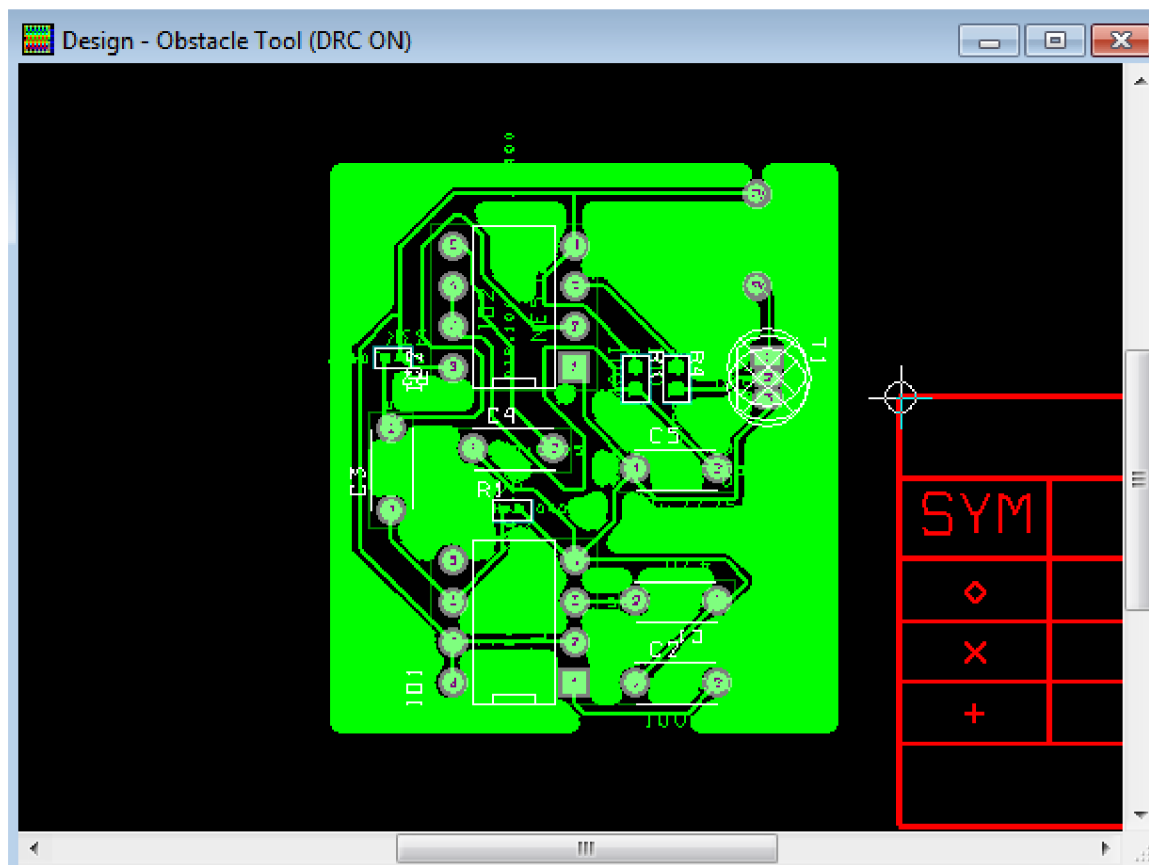
Po dokončení návrhu spojů můžeme provést kontrolu nepropojených pinů. Z panelu nástrojů vybereme **View Spreadsheet - > Statistics**. V dialogovém okně (Obr. 4.18) máme statistiku dokončených i nedokončených spojení v procentech, různé počty součástek, pouzder, propojení, případně chyb na desce. Pokud existuje nějaký nezapojený pin, stačí při jednom ze zvolených módů pro vedení spojů vybrat z místní nabídky Select Next a cestu dokončit.



Statistic	Enabled	Total
% Placed	100.00%	100.00%
Placed	12	12
Off board	0	0
Unplaced	0	0
Clustered	0	0
Routed	20	20
% Routed	76.92%	76.92%
Unrouted	5	5
% Unrouted	19.23%	19.23%
Partials	1	1
% Partials	3.85%	3.85%
Vias	0	0
Test Points	0	0
Vias per Conn	0.00	0.00
Segments	67	67
Connections	26	26
Nets	11	11
Components	12	12

Obr. 4.18 Informace o navržených spojích

Oblasti desky, které jsou prázdné, se dají vyplnit rozlévanou mědí, která slouží jak ke snížení impedance společného vodiče, tak k lepšímu odvodu tepla z desky. Z panelu nástrojů zvolíme **Obstacle** - > **New** a z místní nabídky Properties. V dialogovém okně Edit Obstacle v sekci Obstacle Type vybereme Copper Pour a nastavíme několik parametrů (šířku čáry vymezující obrys zóny, vrstvu, izolační vzdálenosti, atd.). Jakmile máme nastaveno, vymezíme plochu, na které si přejeme rozlévanou měď použít (Obr. 4.19).



Obr. 4.19 Rozlévaná měď

4.3.6 Vícevrstvé plošné spoje

Při práci s vícevrstvními plošnými spoji můžeme pracovat se dvěma typy vnitřních vrstev:

- Routing** – jedná se o spojovou vrstvu, která má obdobné vlastnosti jako vnější a slouží pro vedení spojů. Pozor si zde musíme dávat na použití správných prokovů.
- Plane** – v tomto typu není možné vedení spojů, jedná se o vrstvu rozlité mědi sloužící jako rozvod napájení. Konektory jsou připojené k této vrstvě pomocí termálních plošek (Thermal Reliefs).

Nastavení velikosti těchto plošek se provádí příkazem **Options** - > **Thermal Reliefs Settings**.

Pokud potřebujeme, aby byly průchozí vývody součástek připojeny do vrstvy Plane pomocí termálních plošek, zvolíme okno **View Spreadsheet** - > **Nets**, vybereme potřebné uzly a jejich vlastnosti (Properties). V okně Edit Net v položce Net Layers zapneme v sekci Plane Layers příslušnou vrstvu (Power nebo Ground). Po dokončení zvolíme na panelu nástrojů Refresh All a program zobrazí v dané vrstvě místo klasického vývodu (padu) termální plošku.

Součástky (SMD), které nepotřebují vrtaný otvor a tudíž nemohou být připojeny do vrstvy Plane, stačí na určitém místě při vedení spoje vkládat prokovy (Free Via). Program umožňuje automatické generování tohoto spojení příkazem *Auto - > Fanout - > Board*.

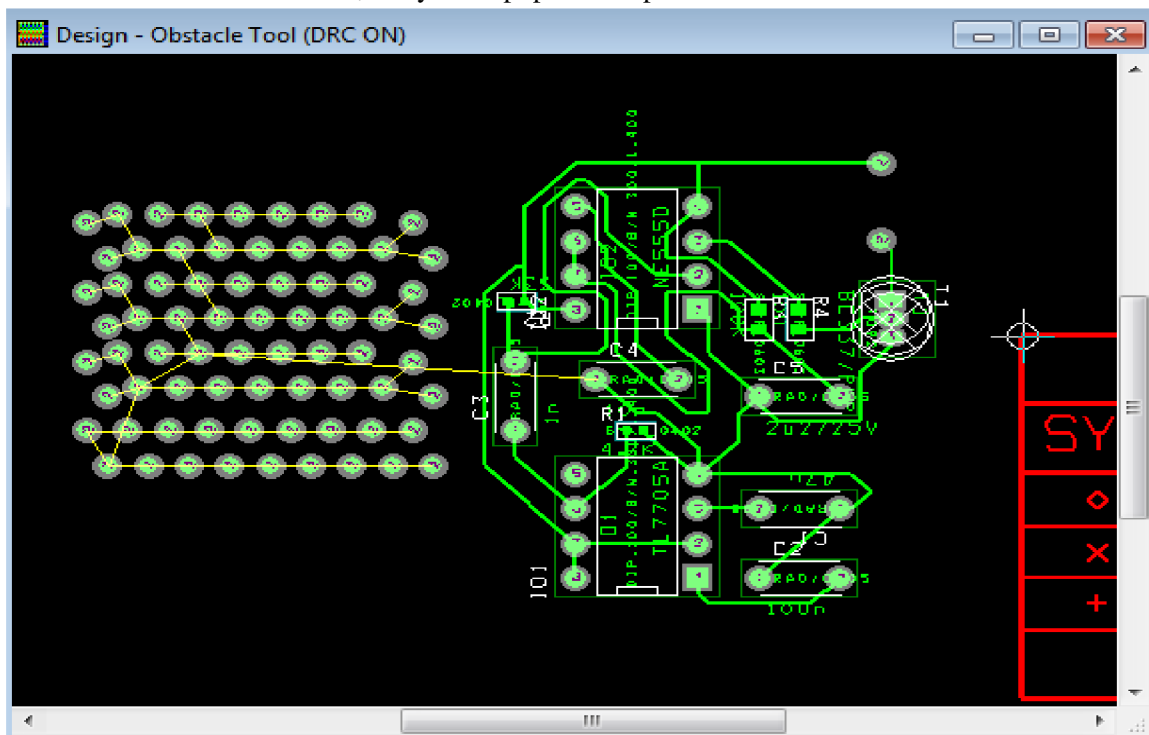
4.3.7 Automatické propojování

Program Layout poskytuje kromě již popsaného manuálního také automatické a autointeraktivní propojování. Pro důležité oblasti DPS (například napájení, oscilátor) použijeme spíše manuální vedení a pro zbytek můžeme využít jednu z těchto technik:

- 1) Automatické - nástroj pracuje zcela samostatně podle návrhových pravidel a parametrů, které nastavil uživatel
- 2) Autointeraktivní - i zde nastavíme návrhová pravidla a parametry. Vedení však provádíme manuálně za přispění inteligence programu.

Mezi autointeraktivní nástroje patří:

- režimy vedení spojů Shove Track Mode a Autopath Route Mode, které byly popsány v kapitole 4.3.5
- vícenásobné použití bloků (Design Reuse)
- matice paralelně propojených prokůvů pro lepší odvod tepla a snížení impedance (Free Via Matrix). Její nastavení (rozměr prokůvů (Padstack Name), uzel, ke kterému bude připojena (Net Name), a vzdálenosti prokůvů) najdeme v nabídce *Options - > Free Via Matrix Settings*. Pak stačí z nabídky *Auto - > Place - > Free Via Matrix* vyznačit oblast, kde má být matice umístěna. Výsledek je ukázán na ilustračním obrázku Obr. 4.20.
- autorouter SPECCTRA, který bude popsán v kapitole 4.4



Obr. 4.20 Matice prokůvů Free Via

Mezi automatické nástroje patří:

- Fanout - slouží pro propojení napájecích vývodů do vnitřních vrstev Plane u součástek, pro které se nebudou vrtat otvory (SMD)
- Autorouter SPECCTRA
- Rastrový autorouter – podle předem nastavených pravidel navrhuje dané spojení

Posledně zmiňovaný nástroj je standardní součástí programu Layout. Dokáže spojovat buď celé desky (Board), okna (DRC/Route Box) nebo samostatné součástky (Component) a najdeme ho v nabídce **Auto** - > **Autoroute**. Před jeho použitím však musíme opět nastavit několik parametrů:

- Počet vrstev desky – View Spreadsheet, kapitola 4.3.4
- Definovat oblast, ve které nesmí vést žádné spoje ani umisťovat prokovy (pomocí Obstacle typu Via), kapitola 4.3.5
- Vlastnosti uzlů – View Spreadsheet, kapitola 4.3.4
- Strategie propojování – **Options** - > **Route Strategies**, kapitola 4.3.5
- Strategie jednotlivých průchodů autorouteru - **Options** - > **Route Strategies**, kapitola 4.3.5

Pokud bychom se tímto nechtěli zabírat, máme možnost si ze složky ORCAD\Tools\layout\data načíst (**File** - > **Load**) již předem vytvořený strategický soubor (.SF), ve kterém jsou připravena typická nastavení pro tento autorouter. Po dokončení automatického propojování je vhodné spustit **Auto** - > **Cleanup Design** pro pročištění celého návrhu.

4.3.8 Kontrola návrhových pravidel

Jakmile máme hotový návrh DPS, všechny součástky pospojované, jsme ve fázi před generováním výrobních dat. V tuto chvíli je vhodné provést kontrolu izolačních vzdáleností spojů, vývodů, kontrolu šířky spojů, rozmístění součástek a další. Tyto parametry lze nastavit v dialogovém okně z nabídky **Auto** - > **Design Rule Check**. Výpis několika z nich:

- Placement Spacing Violations – kontrola rozmístění součástek
- Route Spacing Violations – kontrola izolačních vzdáleností
- Via Location Violations - kontrola izolačních vzdáleností prokovů
- Check Copper Pour - kontrola izolačních vzdáleností rozlité mědi

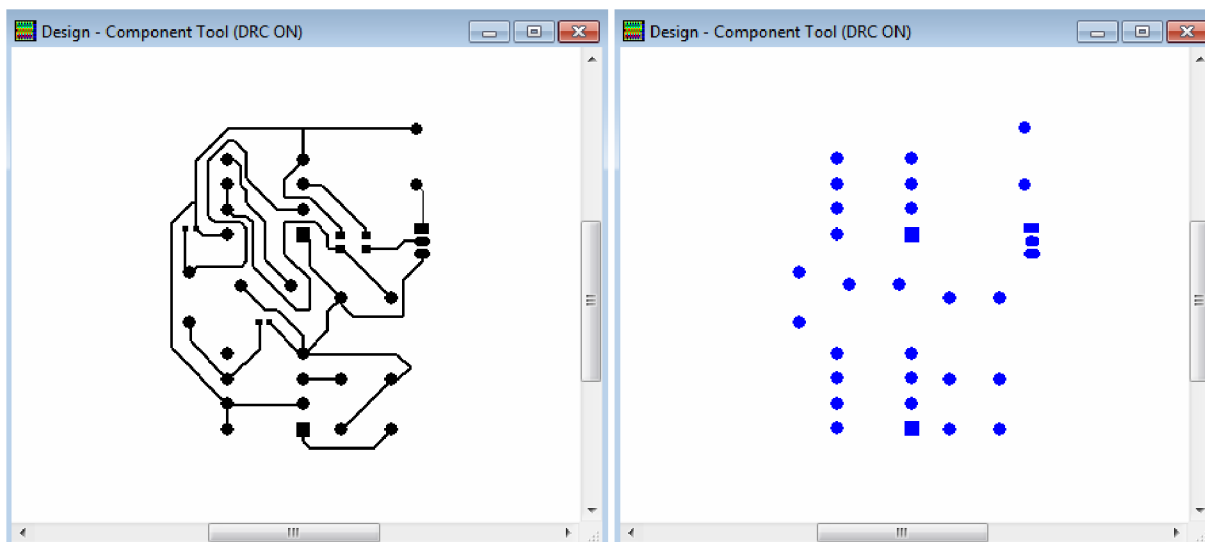
Po těchto krocích program provede kontrolu a případné chyby vyznačí ve schématu kroužkem. Jejich popis najdeme v okně Query z panelu nástrojů při zvoleném režimu Error Tool. Pro snadnější odhalování chyb je vhodné mít zapnutou kontrolu Online DRC spolu s Allow DRC Errors z menu **Options** - > **User Preference**. Chybová značka ze schématu zmizí až po nově provedené kontrole.

4.3.9 Generování výrobních podkladů

Pro výrobu desky plošného spoje je zapotřebí vygenerovat několik důležitých podkladů:

- Schéma jednotlivých vodivých vrstev – TOP, BOTTOM, POWER, GROUND
- Schéma pro nepřájivé plochy – SMT, SMB
- Souřadnicová data pro vrtání – DRIL

Seznam všech vrstev, jejich nastavení a generování najdeme v nabídce **Options - > Post Process Settings**. Z místní nabídky každé z nich nastavíme potřebné parametry (formát, vrtací otvory, rotace, atd.) a příkazem Preview vyvoláme náhled dané vrstvy (Obr. 4.21). Barvy lze změnit v Color Settings z panelu nástrojů. Po dokončení stačí příkazem Run Batch vygenerovat příslušné soubory (.GTD) vhodné jako vstup do programu GerbTool a soubory potřebné pro vrtání otvorů (zapnuta volba Create Drill Files v menu **Post Process Settings - > Properties**).



Obr. 4.21 Motiv vrstvy TOP

Motiv vrstvy BOTTOM

4.4 Autorouter SPECCTRA

V uceleném balíku nástrojů pro kompletní tvorbu podkladů pro výrobu desek plošných spojů, máme k dispozici nástroj, který tyto podklady zvládne automaticky, autorinteraktivně i manuálně navrhovat – jde o autorouter SPECCTRA (Obr. 4.22). Jeho nejdůležitějšími schopnostmi jsou:

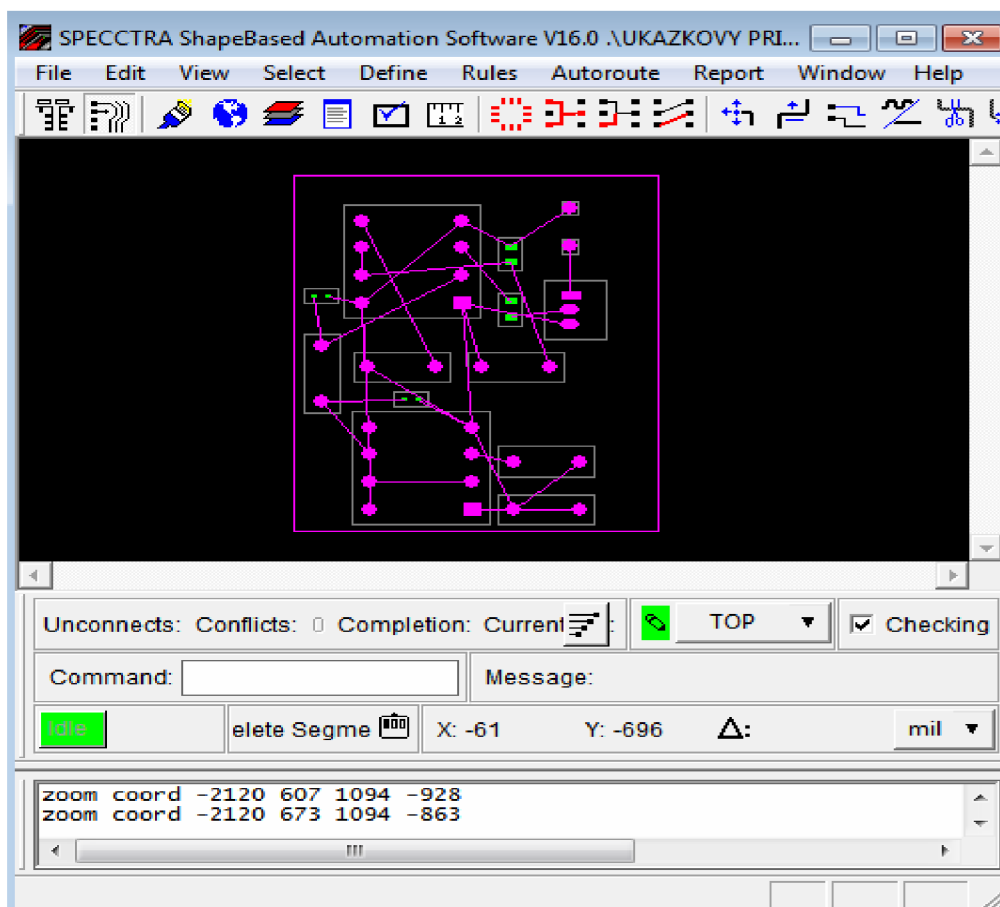
- Automatické vedení spojů
- Interaktivní rozmístování součástek a vedení spojů
- Práce s dávkovými soubory (.DO)

Nástroje SPECCTRA a Layout tedy umožňují rozmístovat součástky a mají systém pro automatické propojování, avšak u SPECCTRY je tento systém daleko víc propracován. Oproti tomu Layout navíc obsahuje knihovny s pouzdry součástek a podpůrné programy pro další zpracování podkladů pro tvorbu DPS.

Při umístování součástek a vedení spojů se i zde používá kontrola návrhových pravidel (Design Rules and Constrains):

- Pravidla pro rozmístování – mohou být nastavena pro jednotlivé nebo všechny součástky, pro celou DPS i pro její část.
- Pravidla pro vedení - se týkají vrstev, uzlů, šířek spojů, vývodů, prokovů, izolačních vzdáleností a oblastí.

Při práci budeme využívat dva základní režimy – Place Mode, který slouží pro interaktivní rozmisťování součástek a Route Mode pro vedení spojů. V těchto módech se dají nastavit výše uvedená pravidla.



Obr. 4.22 Hlavní okno programu SPECCTRA

4.4.1 Přejít z Layout do SPECCTRA

Ještě než ukáži postup pro přechod mezi těmito programy, uvedu zde přehled několika typů souborů, se kterými SPECCTRA pracuje a které bychom mohli potřebovat:

- Design File (.DSN) – jedná se o vstupní soubor, který obsahuje všechny informace o návrhu
- Session File (.SES) – obsahuje údaje o poloze součástek a vedení spojů (získáme ho při uložení a ukončení práce v autorouteru)
- Dávkový soubor (.DO) – vstupní soubor, podle kterého je možné daný návrh provést. Obsahuje příkazy pro rozmisťování a vedení spojů, podle kterých bude SPECCTRA pracovat.
- DID File (.DID) – do tohoto souboru jsou ukládány veškeré činnosti, příkazy a úkony provedené při návrhu DPS.

Vstupem do autorouteru je, jak jsem již zmínil, soubor .DSN (neplést si ho se souborem schématu!). Získáme ho z hlavního okna Layout z nabídky **File - > Export - > Layout to SPECCTRA**. Jako Input Layout File použijeme soubor .MAX a výstupnímu souboru Output SPECCTRA File nastavíme typ .DSN. Zde si můžeme vygenerovat i soubor .DO (Create DO File Template).

4.4.2 Interaktivní rozmístění součástek

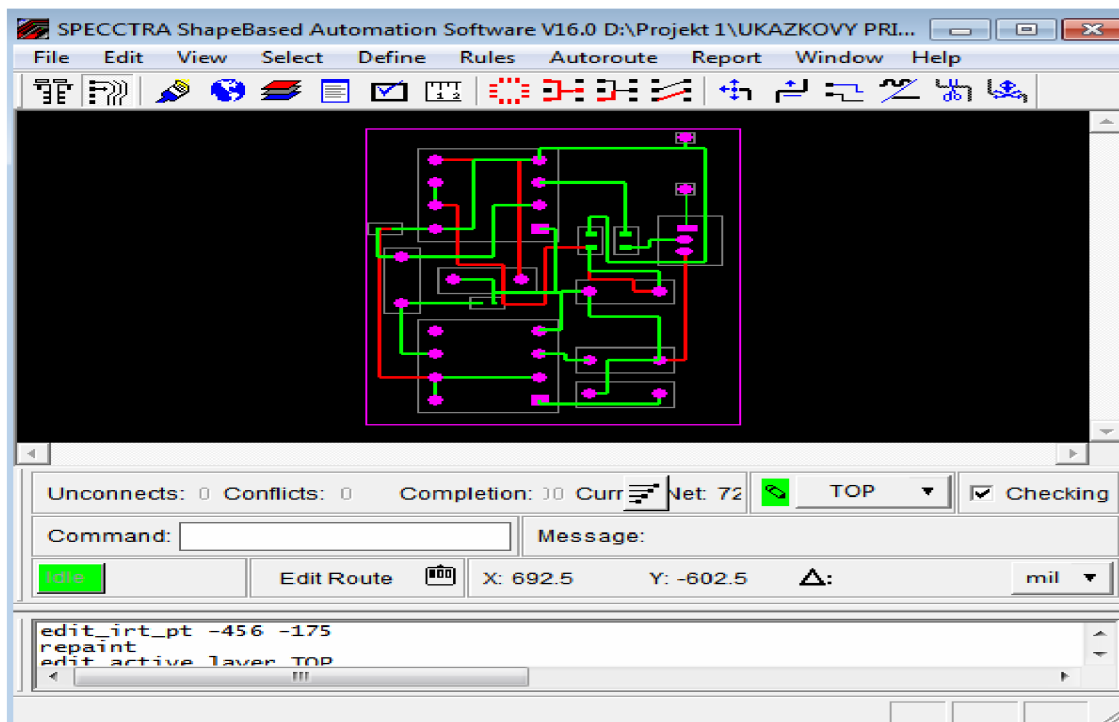
Při práci se součástkami musíme mít zapnutý režim Place Mode, který nám umožňuje objekty rotovat, přesouvat, prohazovat a je zde i režim pro zarovnání součástek. Před samotným rozmístěním je třeba provést několik nastavení příkazem *Autoplace - > Setup*. V okně Placement Setup zadáme společný rastr a minimální vzdálenost mezi objekty, v záložkách General a Measure (nastavení kurzoru), Aligment (referenční bod pro zarovnání součástek) a Move (uchycení, směry pro přesouvání a pravidla pro spoje připojené k součástce).

Z místní nabídky lze využít několik příkazů:

- Place Components – módy pro rozmístění
- Move Comp Mode – obyčejné posuny
- Push Comp mode – posuny s uhýbáním okolních součástek za kontroly dodržení návrhových pravidel
- Pivot Comp Mode – rotace
- Align Mode – režim zarovnání objektů podle jednoho vzoru

4.4.3 Automatické a interaktivní vedení spojů

Jakmile máme součástky rozmístěny, můžeme začít s propojováním při zapnutém režimu Route Mode. Kromě automatických nástrojů je k dispozici klasické vedení spojů, jejich uhýbání na úkor jiných, paralelní tvorba spojů atd. Základní nastavení pro routování je v nabídce *Autoroute - > Setup*, kde zvolíme obecný rastr, šířku a způsob vedení spojů a izolační vzdálenosti. Pokud máme dávkový soubor .DO, můžeme ho při načítání použít, tato nastavení přenést a aplikovat je zde, čímž si ušetříme čas.



Obr. 4.23 Automatické propojení

Při interaktivním propojování, které nám v reálném čase pomáhá tím, že již nakreslené cesty uhýbá a snaží se vést nový spoj tak, aby byla dodržena nastavená pravidla, máme možnost využít některý z módů z místní nabídky:

- Setup – nastavení parametrů vedení cest
- Edit Route Mode – vedení nového spoje
- Move Mode – editace hotového spoje
- Critic Route Mode – opravy pravoúhlých spojů a ostrých úhlů

Kontrolu pravidel najdeme v nabídce **Rules - > Check Rules - > All**. Případné chyby jsou naznačeny i ve schématu.

Při zcela automatickém návrhu spojů, **Autoroute - > Route**, si můžeme vybrat mezi základním autorouterem Basic nebo výkonnějším Smart, který umožňuje nastavit rastr nebo generovat testovací body. Po spuštění program za několik okamžiků propojí celou desku (Obr. 4.23) podle předem daných pravidel.

Pokud máme vše hotovo, uložíme si práci (.SES) a v Layout zadáme **File - > Import - > SPECCTRA to Layout**, kde jako vstup slouží soubor (.SES) a originální návrh (.MAX). Tímto nám vznikne nový návrhový soubor (.MAX) s propojením součástek vytvořeným v autorouteru SPECCTRA.

5 Vzorové úlohy

Všechny zde uvedené vzorové úlohy jsou vytvořeny v programu OrCAD 16. V úloze FITKIT complet se mi bohužel nepodařilo vyvést hierarchické schéma do komponenty Layout, kvůli problémům se specifikací intermodulárních spojů. Proto jsou 4 schémata rozkreslena, aby tvořila samostatné části.

1) *Automatický start PC* – CD\Vzorové úlohy\Automatický start PC...tvorba této úlohy je kompletně popsána v bakalářské práci. Je určen pro automatické zapnutí PC - například po vypádku elektrické sítě. Skládá se z dvou integrovaných obvodů, celkově z 12 součástek, tzv. Supervisoru a časovače 555. Jsou zde také vygenerovány podklady pro výrobu desky. Spoje jsou zde navrženy v jedné vrstvě.

2) *FITKIT* – CD\Vzorové úlohy\FITKIT complet...v této úloze je vytvořeno blokové schéma platformy FITKIT, na které je ukázána tvorba hierarchického návrhu při rozsáhlejším schématu zapojení. Skládá se z 8 bloků, z nichž 4 jsou rozkresleny v následujících úlohách.

3) *FITKIT AUDIO* – CD\Vzorové úlohy\FITKIT – AUDIO...jedná se o schéma zapojení audio rozhraní platformy FITKIT, které je exportováno do komponenty Layout. Vstup a vstup zařízení tvoří dva 3.5mm jacky a desku obsahuje 35 součástek. Spoje jsou zde navrženy do 4 vrstev.

4) *FITKIT POWER* – CD\Vzorové úlohy\FITKIT – POWER...zde je rozkresleno schéma zapojení napájení pro FITKIT, které je exportováno do komponenty Layout. Vstupem je zde napájecí jack o napětí 5V a tři výstupy o hodnotách napětí 1.2V, 2.5V a 3.3V. Deska spojů obsahuje 32 součástek a je navržena do 4 vrstev.

5) *FITKIT PCINT* – CD\Vzorové úlohy\FITKIT – PCINT ...schéma zapojení zastupující výstupní rozhraní FITKITu, které je exportováno do komponenty Layout. Je zde výstup pro grafiku, myš, klávesnici a sériový port. Celkový počet součástek je 34. Spoje jsou zde navrženy do 4 vrstev.

6) *FITKIT USB* – CD\Vzorové úlohy\FITKIT – USB...rozkreslené schéma zapojení pro USB rozhraní FITKITu exportováno do komponenty Layout. Deska spojů obsahuje 28 součástek a je navržena do 4 vrstev.

7) *Převodník USB x RS232* – CD\Vzorové úlohy\FITKIT – USB x RS232 serial converter...schéma zapojení pro konvertor mezi rozhraními USB a RS232 exportováno do komponenty Layout. Tvoří ho 2 integrované obvody a celkem 40 součástek. Návrh spojů je zde do 4 vrstev.

8) *Převodník USB x RS422* – CD\Vzorové úlohy\FITKIT – USB x RS422 serial converter1...schéma zapojení pro převodník mezi rozhraními USB a RS422/485 exportováno do komponenty Layout. Tvoří ho 8 integrovaných obvodů a celkem 44 součástek.

9) *Oscilátor* – CD\Vzorové úlohy\Osciator...jedná se o schéma zapojení oscilátoru, který tvoří 4 integrované obvody 74xx a jeden klopný obvod typu JK. Schéma je exportováno do komponenty Layout a tvoří ho celkem 7 součástek. Tento příklad slouží pro ukázkou simulací v prostředí PSpice.

6 Závěr

Mým úkolem bylo prostudovat systém pro návrh desek s plošnými spoji OrCAD 16. Ten je nainstalován ve školních laboratořích a bude sloužit zejména pro výukové účely, včetně projektů a diplomových prací. Z mých zkušeností, získaných při práci s tímto systémem mohu říci, že se jedná o uživatelsky přívětivý a dobře ovladatelný soubor programů, které jsou svou jednoduchostí velice vhodné pro zájemce začínající s návrhem desek plošných spojů.

Hlavními body zadání bylo vypracovat vhodnou metodiku návrhu plošných spojů a vytvoření sady vzorových úloh, na kterých budou názorně prezentovány jednotlivé etapy návrhu. Jako hlavní vzorové úlohy byly zvoleny jednotlivé obvodové komponenty nové verze vývojového kitu FITKIT, na kterých je ukázán hierarchický návrh obvodů a propojování ve více vrstvách. Pro účely simulace bylo zvoleno zapojení oscilátoru, na kterém je vhodně prezentována činnost komponenty PSpice.

Podle mého názoru tato práce poskytuje přehledný a metodicky ucelenější popis pro realizaci projektů než anglické manuály, které jsou poskytovány k programu OrCAD 16. Moje práce obsahuje detailní informace o důležitých parametrech a nastaveních, které jsou potřebné pro vytvoření podkladů pro tvorbu desek s plošnými spoji.

Mým přínosem je vytvoření efektivní metodiky pro návrh plošných spojů, která je podpořena řadou vzorových úloh. Další možné pokračování mé práce může být orientováno na ještě detailnější prozkoumání programových komponent nebo podobným stylem zpracovat některý další pokročilý systém pro návrh DPS.

Domnívám se, že zadání jsem splnil a připravil pro budoucí uživatele tohoto systému dostatečně přehledný a čtivý materiál, který jim usnadní práci při návrhu DPS.

Literatura

- [1] ZÁHLAVA, Vít. *OrCad 10*. Vyd. 1. Praha : Grada Publishing, a.s., 2004. 224 s. ISBN 80-247- 0904-X.
- [2] SMT Centrum. *SMTcentrum : informace pro konstruktéry a technology elektronické výroby* [online]. c2007 [cit. 2010-02-10]. SMTcentrum - informace pro konstruktéry a technology elektronické výroby. Dostupné z WWW: <<http://www.smtcentrum.cz/pruvodce-technologie/desky-s-plosnymi-spoji/submenu-2-2/konstrukcni-pozadavky-a-doporuceni-pro-navrh-desky-plosnych-spoju-se-smd.html>>.
- [3] CadSoft Computer GmbH. *Eagle Software: Plošné spoje snadno a rychle* [online]. c2001, 22.9.2002 [cit. 2010-02-10]. Eagle Online. Dostupné z WWW: <<http://www.eagle.cz/info.htm>>.
- [4] CADware s.r.o. *CADware s.r.o. : PADS Flow* [online]. c2006 [cit. 2010-02-10]. CADware s.r.o. Dostupné z WWW: <<http://www.cadware.cz/index.php?page=139> =cz>.
- [5] Cadence Design Systems, Inc. *Cadence OrCAD Solutions* [online]. c2009 [cit. 2010-02-10]. Cadence Design Systems. Dostupné z WWW: <<http://www.cadence.com/products/orcad/Pages/default.aspx>>.
- [6] Altium Limited. *Altium : Next generation electronics design* [online]. c2008 [cit. 2010-02-10]. Altium. Dostupné z WWW: <http://www.altium.com/company/about-altium/en/about-altium_home.cfm>.
- [7] Zuken Limited. *Software Solutions for Electrical & Electronic Engineering | Zuken* [online]. c2010 [cit. 2010-02-10]. Zuken. Dostupné z WWW: <http://www.zuken.com/products/cadstar/cadstar_12.aspx>.
- [8] LSD2000 [online]. 2009 [cit. 2010-02-10]. LSD2000 česká návrhový systém pro elektroniku. Dostupné z WWW: <<http://www.lsd2000.cz/lsd6x/script/default.php>>.
- [9] Pandatron.cz. *Pandatron.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-03-05]. Pandatron.cz - Elektrotechnický magazín. Dostupné z WWW: <http://pandatron.cz/?939&automaticky_start_pc>. ISSN 1803-6007.
- [10] Pandatron.cz. *Pandatron.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-03-05]. Pandatron.cz - Elektrotechnický magazín. Dostupné z WWW: <http://pandatron.cz/?1026&metodika_navrhu_plosnych_spoju_i_%96_uvod>. ISSN 1803-6007.
- [11] *ASIX* [online]. 2003, 2010 [cit. 2010-04-16]. ASIX. Dostupné z WWW: <<http://www.asix.cz/ftschema.htm>>.
- [12] Manuály jednotlivých programů systému Cadence OrCAD 16 v elektronické podobě (součást instalace)

Seznam příloh

Příloha 1. CD

Na přiloženém CD jsou veškerá schémata, podle kterých jsem vytvářel vzorové úlohy, dva manuály, které poskytují další informace o návrzích DPS, samotné vzorové úlohy a bakalářská práce ve formátu PDF a DOC.

Obsah přiloženého CD:

CD\Manualy\usb-422.pdf – schéma zapojení převodníku USB x RS422

CD\Manualy\usb-232c.pdf – schéma zapojení převodníku USB x RS232

CD\Manualy\FITKIT.pdf – schéma zapojení vývojového kitu FITKIT

CD\Manualy\OrCADIntro-08.pdf

CD\Manualy\Navrh DPS.pdf

CD\Manualy\zahlava Metody navrh.pdf

CD\Manualy\Metodika navrh DPS.pdf

CD\Manualy\Capture User's Guide.pdf

CD\Manualy\Layout User's Guide.pdf

CD\Manualy\PSpice User's Guide.pdf

CD\Vzorove ulohy\Automaticky start PC

CD\Vzorove ulohy\Oscilator

CD\Vzorove ulohy\FITKIT complete

CD\Vzorove ulohy\FITKIT - AUDIO

CD\Vzorove ulohy\FITKIT - PCINT

CD\Vzorove ulohy\FITKIT - USB

CD\Vzorove ulohy\FITKIT - USB x RS232 serial converter

CD\Vzorove ulohy\FITKIT - USB x RS422 serial converter1

CD\Bakalarska prace\Bakalarska prace.doc

CD\Bakalarska prace\Bakalarska prace.pdf