

# **Elektronická podpora předmětu CAD systémy v elektrotechnice**

Tomáš Indra

---

Bakalářská práce  
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Indra**

Osobní číslo: **A15012**

Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační technologie v administrativě**

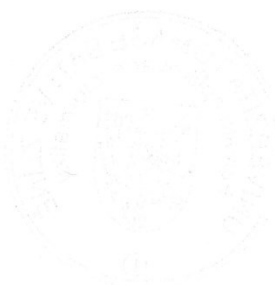
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Elektronická podpora předmětu CAD systémy v elektrotechnice**

Téma anglicky: **Electronic Support Materials for the CAD Systems in  
Electrotechnics Course**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši na dané téma.
2. Porovnejte vlastnosti vybraných návrhových systémů pro elektrotechniku.
3. Pro vybraný návrhový systém zpracujte přehledný uživatelský manuál.
4. Vytvořte sadu video tutoriálů názorně demonstrujících práci s návrhovým systémem.
5. Vypracujte ukázkový projekt s popisem jednotlivých fází tvorby.



Rozsah bakalářské práce: -

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **BERKA, Štěpán. Elektrotechnická schémata a zapojení. 2. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2008. ISBN 978-80-7300-239-8.**
2. **CADSOFT. Eagle 4.1 Schematic Layout Autorouter Manual 2nd edition. CadSoft Computer Inc., 2004.**
3. **CIPRA, Mirko, Michal KRÍŽ a Vladimír KŮLA. Úvod do elektrotechniky. Praha: ČVUT, 1996. ISBN 9788001015223.**
4. **JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. EAGLE pro začátečníky /: uživatelská a referenční příručka :. 2. vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.**
5. **ZÁHLAVA, Vít. Návrh a konstrukce desek plošných spojů: principy a pravidla praktického návrhu. Praha: BEN – technická literatura, 2010. ISBN 978-80-7300-266-4.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Petr Dostálek, Ph.D.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

**1. prosince 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**25. května 2018**

Ve Zlíně dne 14. prosince 2017



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
*děkan*



doc. Ing. Martin Šysel, Ph.D.  
*garant oboru*

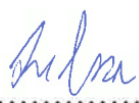
## Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

## Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 23.5.2018

  
.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Tento elektronický výukový materiál je určen především pro studenty kombinovaného studia na vysoké škole, ale uplatnění mohou nalézt i studenti studia prezenčního případně studenti elektrotechnických škol, kteří chtějí zvládnout práci v programu EAGLE. Bakalářská práce se zaměřuje zejména na výukové lekce ve formě video tutoriálů s možností využití uživatelského manuálu pro lepší přehlednost v softwaru EAGLE. Ten slouží ke kreslení schémat na desku plošného spoje a k jeho následnému použití ve výrobě. Cílem práce je dosažení potřebných znalostí studenta, který by měl být schopen samostatně využívat program pro kreslení schémat elektronických obvodů, tvorbě součástek do knihovny a sumari- zovat své poznatky pro výrobu vlastního elektronického výrobku.

Klíčová slova: EAGLE, schéma, deska plošných spojů (DPS), knihovna, CAD

## **ABSTRACT**

This electronic learning material is primarily intended for students of combined studies at college, but can be also useful for full time students or students of electrotechnical schools, who want to master working in EAGLE program. Bachelor thesis is focused especially on teaching lessons in the form of the video tutorials with the possibility to use user material for better clarity in EAGLE software. It is used for drawing of schematic and printed circuit board design. The aim of this work is to achieve the necessary knowledge of the student, who should be able to independently use program for drawing schematics of electronic circuits, creation of components into the library and summarize his findings for creation of his own electronic product.

Keywords: EAGLE, Schematic, Printed Circuit Board (PCB), library, CAD

Velmi rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Petru Dostálkovi za ochotu, cenné rady, poznatky a odborný dohled při zpracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně za možnost studia oboru Informační technologie v administrativě v programu Inženýrská informatika.

V neposlední řadě patří velké díky také mým rodičům, za jejich dlouhodobou podporu při studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 INFORMAČNÍ SYSTÉMY PRO PODPORU VÝROBNÍHO PROCESU</b> .....	<b>11</b>
1.1    VAZBY PLM NA DALŠÍ INFORMAČNÍ SYSTÉMY .....	12
1.1.1    ERP (Enterprise Resource Planning) .....	13
1.1.2    SCM (Supply Chain Management).....	14
1.1.3    CRM (Customer Relationship Management).....	14
1.1.4    CAD (Computer Aided Design).....	14
1.1.5    CAE (Computer Aided Engineering).....	14
1.1.6    CAM (Computer Aided Manufacturing) .....	15
1.1.7    PDM (Product Data Management).....	15
1.2    UŽIVATELSKÉ ŘÍZENÍ A JEJICH SPOLUPRÁCE.....	15
1.3    CHARAKTERISTICKÁ FUNKČNOST SYSTÉMU .....	16
1.3.1    Výhody a nevýhody .....	16
<b>2 POČÍTAČEM PODPOROVANÉ PROJEKTOVÁNÍ</b> .....	<b>17</b>
2.1    HISTORIE CAD.....	17
2.1.1    Začátky 1950 .....	18
2.1.2    1970 - 1980 .....	20
2.1.3    1980-1990 .....	22
2.1.4    1990-2000 .....	24
2.1.5    2000 – současnost .....	26
2.1.6    Budoucnost.....	28
2.2    ROZDĚLENÍ CAD SYSTÉMŮ V ELEKTROTECHNICE.....	31
2.2.1    Software nejvyšší třídy.....	31
2.2.2    Software střední třídy .....	32
2.2.3    Software nižší třídy .....	36
2.2.4    Software pro každého.....	38
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>40</b>
<b>3 NÁVRHOVÝ SYSTÉM EAGLE</b> .....	<b>41</b>
3.1    VLASTNOSTI SYSTÉMU .....	41
3.2    VERZE .....	43
3.3    SYSTÉMOVÉ POŽADAVKY .....	44
<b>4 UŽIVATELSKÝ MANUÁL</b> .....	<b>45</b>
4.1    STUDENTSKÝ ÚČET.....	45
4.2    INSTALACE .....	48
4.3    CONTROL PANEL .....	50
4.3.1    File.....	51
4.3.2    View .....	51
4.3.3    Options .....	52
4.3.4    Window .....	54
4.3.5    Help .....	54
4.3.6    Postranní Panel.....	55

4.4	EDITOR SCHÉMAT .....	56
4.4.1	Panel nástrojů - schéma .....	57
4.4.2	Vrstvy .....	60
4.4.3	Rastr a zobrazení .....	61
4.4.4	ERC kontrola .....	61
4.5	EDITOR PLOŠNÝCH SPOJŮ .....	62
4.5.1	Panel nástrojů – plošné spoje .....	63
4.5.2	Vrstvy .....	64
4.5.3	Rastr a zobrazení .....	66
4.5.4	DRC kontrola .....	67
4.6	AUTOROUTER .....	68
4.7	KLÁVESOVÉ ZKRATKY .....	70
4.8	OVLÁDÁNÍ MYŠÍ .....	71
4.9	KNIHOVNA SOUČÁSTEK .....	71
4.9.1	ADD .....	73
4.9.2	Správce knihoven .....	73
4.9.3	Knihovna v Control Panelu .....	74
4.9.4	Nová knihovna a součástka .....	75
4.9.5	Seznam součástek .....	79
4.10	FUSION 360 .....	81
4.11	VÝSTUP PRO VÝROBU .....	82
<b>5</b>	<b>VIDEO TUTORIÁLY .....</b>	<b>85</b>
5.1	STAŽENÍ A INSTALACE .....	86
5.2	HLAVNÍ PANEL .....	86
5.3	EDITOR SCHÉMAT .....	87
5.4	EDITOR PLOŠNÝCH SPOJŮ .....	88
5.5	KNIHOVNA SOUČÁSTEK .....	88
5.6	TVORBA SOUČÁSTKY .....	89
5.7	TVORBA PROJEKTU 1 .....	90
5.8	TVORBA PROJEKTU 2 .....	90
5.9	VÝSTUP .....	91
5.10	POSTUP VÝROBY DPS .....	92
<b>6</b>	<b>UKÁZKOVÝ PROJEKT .....</b>	<b>93</b>
6.1	SCHÉMA ZAPOJENÍ .....	93
6.2	DESKA PLOŠNÝCH SPOJŮ .....	94
6.3	ZHOTOVENÍ VÝROBKU .....	95
6.4	SEZNAM SOUČÁSTEK A JEJICH CENA .....	96
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>98</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>99</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>103</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>105</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>108</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>109</b>



## ÚVOD

V dnešní moderní době se uživatel, prostřednictvím vymožeností sdělovacích prostředků, dostává k velkému množství odborných informací, které následně využívá při vzdělávání a především v praxi. Díky rychle se rozvíjející moderní technologii je výroba elektronického zařízení na velmi vysoké úrovni. Je již prakticky jedno, je-li zákazník a samotná výroba v jiné zemi, protože neustálý kontakt online je velký benefit. Firmy, které dříve znaly jen lokální konkurenci, začínají pociťovat i celosvětovou konkurenci. Samotní uživatelé jsou schopni dokázat vytvořit čím dál komplexnější schémata a výrobky i jako amatéři v pohodlí domova [40].

Za tímto účelem byla vypracována tato bakalářská práce, která je zaměřena na seznámení uživatele s návrhovým programem EAGLE ve formě uživatelského manuálu a video tutoriálů. Tento software je pro zpracování práce vhodný z důvodů rozšíření praktických dovedností a znalostí v oblasti elektrotechniky a informačních technologií, který tento program nabízí.

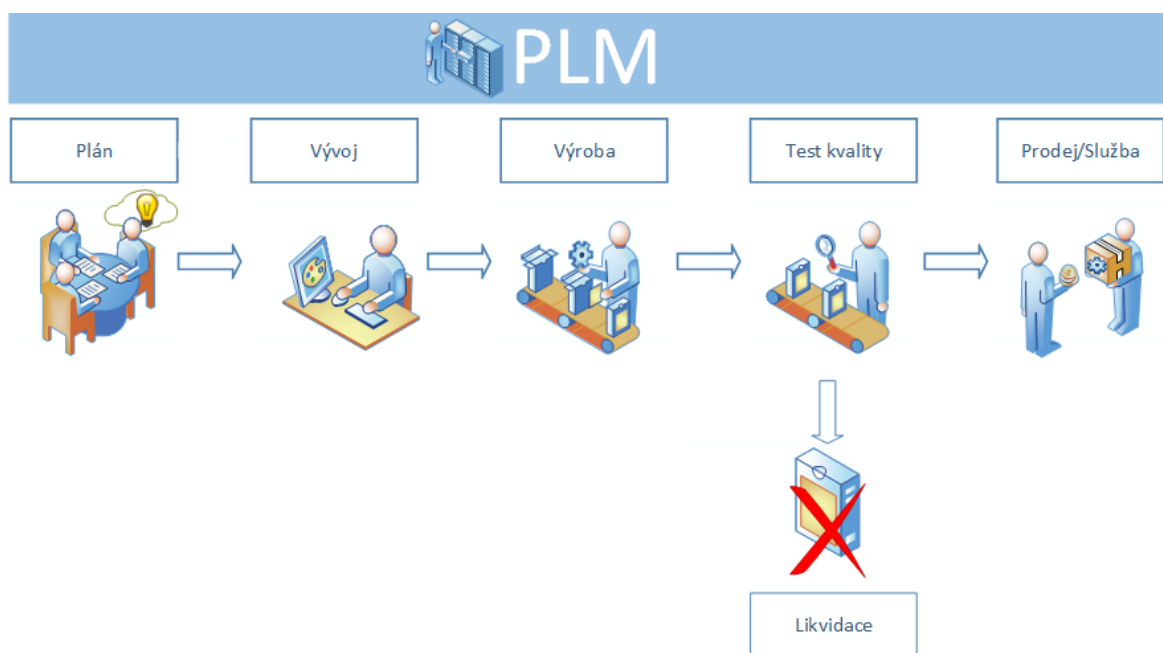
V teoretické části na základě průzkumu odborné literatury je charakterizována základní metoda řízení životního cyklu výrobku a pojmy vysvětlující vazby mezi systémy v celém procesu výroby. Nedílnou součástí práce je i samotná historie, která seznamuje čtenáře s dějinami techniky v oblasti počítačových výrobních systémů v oboru elektrotechniky, strojírenství a informační technologie. Historická věda je reálný proces vývoje lidské společnosti, která nám dokazuje, že dějiny mají logiku, vnitřní řád a určitý smysl.

Praktická část se zaměřuje výhradně na počítačem podporovaný návrhový systém EAGLE, který je pro výukové účely zcela zdarma. Studentům je nabízen přehledný uživatelský manuál, zaměřený na celkové nastavení programu, kde mohou nalézt význam veškerých funkcí a příkazů používaných v návrhovém systému. Praktické ukázky deseti video tutoriálů názorně demonstrují práci s návrhovým systémem, ze kterého si student odnese základní poznatky. Ke správnému pochopení filosofie práce celého procesu je i realizován postup výroby elektronické hrací kostky.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1 INFORMAČNÍ SYSTÉMY PRO PODPORU VÝROBNÍHO PROCESU

Product Lifecycle Management (PLM) se v češtině uvádí jako vedení životního cyklu výrobku. PLM systém je strategický proces výroby pomocí počítačového softwaru zaměřující se na celý výrobek od začátku až po jeho konec (např. likvidaci). Integruje soubor informačních systémů do jednoho celku. Tím lze chápat od prvotního nápadu až po samotný fyzický produkt. Systém se zaměřuje především na rychlé vytvoření jeho konstruktivního řešení a na návrh postupů výroby, přičemž hlavními kritérii jsou dosažení maximální efektivity při nízkých nákladech ve všech oblastech a také je požadována nezbytná kvalita i funkčnost výrobku. Důležitým nástrojem pro optimalizaci firmy je centrální PLM systém, který zabezpečuje řízení a spolupráci v týmu, komunikaci, správu dat a určité změny v konání. Zabývá se nejen pracovním postupem, ale může se zabývat i obchodními systémy a daty. Tvoří páteří systém celého výrobního podniku. Základním kamenem systému PLM je workflow, neboli proces. V přesném znění jde o správu a řízení podnikových procesů, kde jeden účastník musí předat dokument, informaci, úkol nebo data druhému účastníkovi, který zpracovává data podle jasně daných procesních pravidel. Nesmírnou výhodou PLM systému je, že spolupráce daných procesních týmů může probíhat klidně i tisíce kilometrů daleko. Tím se nepochybně zrychluje celý vývoj výrobku, který ve finální fázi procesu dostává ten nejnáročnější a tím je zákazník [1][2][4].



Obr. 1 - Blokové schéma PLM

- **Plán** – požadavky výrobku, bývají postavené na sběru dat z trhu, vyhodnocení vlastních dat, vyhodnocení zdrojů, koncepce a vlastnosti výrobku, plánování procesů a na komunikaci, kteří se procesu zúčastní.
- **Vývoj** – zaměřuje se na vlastnosti a vzhled daného výrobku. Nejčastěji se používají CAD programy. Grafický software využívaný ve strojírenství (AutoCAD, NX), v elektrotechnice (EAGLE) a nebo ve stavebnictví (ArchiCAD).
- **Výroba** – pracuje vždy se zadanými informacemi z návrhu vývoje. Využívá existenci dokumentace a dat o výrobku, které musí reagovat na platné změny.
- **Test kvality**– výrobek by měl splňovat všechny požadavky a pokud nastane určitý nedostatek, je výrobek poslán na likvidaci. Splňuje-li výrobek dané technické požadavky, následuje jeho prodej.
- **Likvidace** – fáze, která ukončí nebo vyhledá opětovné využití v životním cyklu výrobku.
- **Prodej a služba** – vyhotovení finálního zpracování výrobku, který lze zákazníkovi prodat nebo poskytnout jako službu [3].

## 1.1 Vazby PLM na další informační systémy

Životní cyklus výrobku nemůže správně fungovat bez dalších informačních systémů. Proto existují i další systémy, které se zaobírají danou problematikou, kterou mají správně vykonávat.

Cílem zavedení těchto systémů je zkrácení času vývoje (od plánu až po konstrukci) a vniknutí výrobku na trh. Z historického hlediska se ukázalo, že šanci uspět na trhu mají především výrobky s velkou mírou inovace a zákazník je schopný za inovovaný produkt zaplatit (např. Apple). Nevyhnutelnou a zásadní podmínkou pro velkou míru inovace je celkem nový přístup k managementu informací o produktu. Překážky musí padnout mezi procesem, vývojem produktu a ostatními procesy jako například obchod – prodej / nákup, marketing a nebo servis. Vysokou prioritou je rychlá reakce na požadavky trhu, také rychlá reakce na vývoj produktu i vývoj produktu z jiných stran – opět obchodní konkurence [4].

Aby byla implementace úspěšná, musí se provést analýza situace. Jedná se především o rozbor procesů a dat v systému. Analýza umožňuje spravovat datový model, proces či funkcionality celého systému, aby odpovídali potřebám zákazníka. Poté je připravena implementace a může se dále realizovat. V dalším kroku navazuje implementační fáze, která specifikuje datové modely, pracovní proces (workflow) i číslování a značení dokumentací. V testovacím

provozu by měli být všichni zúčastnění adekvátně proškoleni a pracuje se vždy s dohodnutými specifikacemi v systému pro daný proces. Během dozorovaného provozu jsou všichni účastníci zaškoleni a neměl by být problém s běžným provozem [6].

Při rozhodnutí implementovat systém PLM často dochází k chybám. Může se jednat o chybu dodavatele nebo našim neuváženým rozhodnutím.

- **Nízká úroveň managementu** – jedná se především o špatnou atmosféru v týmu. Nespolupráce nebo zatajování informací, které systém těžko odhalí.
- **Špatné zapojení oddělení** – hlavním faktorem je motivace. Pověřený pracovník by měl zajistit správnou motivaci svých pracovníků, která povede ke zlepšení tvorby práce. V neposlední řadě je neseznámení se systémem PLM.
- **Nedostatečná kvalifikace** – úspěch a neúspěch práce do značné míry souvisí s osobou manažera. Komunikativnost, schopnost organizovat a vést tým (kolektiv lidí), to je jen zlomek toho, co by měl manažer umět. Dále musí disponovat důvěrou a musí mít co největší přehled ve firmě [4].

### 1.1.1 ERP (Enterprise Resource Planning)

Další nezbytnou součástí PLM systému je Enterprise Resource Planning (ERP). V češtině se jedná o **plánování podnikových zdrojů**. ERP systémy využívají široké množství firem, od menších, středních až po ty největší. Systém propojuje jednotlivé agendy zpracované v každé firmě, komplexně podporuje hlavní podnikové procesy a poskytuje potřebné informace včetně nevyhnutelných souvislostí. Je i zapotřebí upravit ERP systém tak, aby byl vhodný do konkrétního podniku. Typický systém ERP využívá k integraci množství softwarových produktů a také infrastrukturu co se týče hardwaru. Nejdůležitější část ERP systému je bezpochyby centrální databáze. Tato databáze má za úkol ukládání informací z různých produktů. Pro práci a pro komunikaci používá internet, soukromou počítačovou síť (Klient-server). ERP se zabývá faktory, které jsou velmi důležité pro chod firmy a to zejména logistikou, výrobou a chodem podniku. Z ekonomického hlediska pro získání výsledku hospodaření se jedná především o účetnictví, financování a management. I proto se někdy označuje jako ekonomický software. Systém ERP je v dnešní době velmi rozšířený a nevyužívají jí dnes jen obchodní podniky, ale také například neziskové organizace nebo státní instituce. Celkově je ERP strategický zdroj, který umožní souběh procesů v podniku, které by jinak nebyli propojené [3][5].

ERP software: Dynamics, Deltek Vision, SAP ERP

### 1.1.2 SCM (Supply Chain Management)

Neboli **řízení dodavatelského řetězce** z anglického názvu Supply Chain Management (SCM), který se točí především kolem výrobního procesu v dodavatelském řetězci. Zahrnuje nezbytnou komunikaci s dodavateli a také jejich vzájemnou spolupráci. Maximální efektivita se týká zkrácení času a to zejména díky sofistikovanému systému a aplikací. Je umožněno propojení mezi dodavatelem, výrobcem, distributorem, prodejcem a zákazníkem. To hlavně vylepšuje zpětnou vazbu se zákazníkem. SCM zahrnuje procesy výrobní, plánovací, skladovací a oblasti logistiky, dopravy a distribuce [7].

SCM software: SAP, Oracle, Fishbowl Inventory

### 1.1.3 CRM (Customer Relationship Management)

Velmi důležitou interakcí se zákazníkem patří Customer Relationship Management, který lze v češtině charakterizovat jako **řízení vztahů se zákazníky**. Ústředním cílem každé organizace je vytvořit vztah s novým zákazníkem a udržet dlouhodobě spokojený vztah, neboli management zákaznických vztahů. Také se jedná zejména o vyhledávání příslušných dokumentů - poznámek ze schůzek či důležitých informací o příslušných zákaznících.

CRM software: Microsoft Dynamics CRM, Salesforce.com CRM, SAP AG

### 1.1.4 CAD (Computer Aided Design)

Volně lze přeložit do češtiny jako **počítačem podporované konstruování**, které zahrnuje veškeré aplikace sloužící zejména ke snadné tvorbě výrobků v geometrickém podání, vizualizaci 3D modelů a zhotovení výrobní dokumentace. Některé z CAD programů nabízejí různá rozšíření o funkce pro určité účely např. simulace systému, či tepelné analýzy. Pro správné konstruování je nezbytná knihovna součástí [8].

CAD software: EAGLE, AutoCAD, Allegro, PADS

### 1.1.5 CAE (Computer Aided Engineering)

**Počítačem podporované inženýrství** využívá počítačový software pro simulaci výkonu s cílem zdokonalit návrhy výrobku pro širokou škálu technického odvětví. Typický proces souvisí s návrhem, validací a optimalizací geometrie, fyzikálními vlastnostmi konstrukce a výrobními nástroji. Pomocí těchto nástrojů lze dosáhnout například simulace ve virtuálním větrném tunelu nebo crashtestu v automobilovém průmyslu. To zajišťuje podstatné snížení

nákladů na inovativní vývoj a to především snížením množstvím fyzických prototypů, které lze nahradit simulacemi virtuálních prototypů [9][10].

CAE software: MATLAB, Multisim, Enterprise Architect

### 1.1.6 CAM (Computer Aided Manufacturing)

Jedná se o **počítačovou podporu výroby**. Používá především software pro řízení či automatizaci výroby (obráběcí stroje a roboti). Funguje na principu tak, že programátor vytvoří v systému CAD detailní 3D model výrobku, který dokáže s pomocí CAM softwaru vygenerovat přímo z modelu data a naprogramovat stroj na výrobu tak, že naprogramuje dráhu frézování s přesnými souřadnicemi. To zajišťuje přesnou kopii povrchu a celkový geometrický tvar modelu vytvořeného v CAD programu [8].

CAM software: SolidCAM, EdgeCAM, Delcam

### 1.1.7 PDM (Product Data Management)

Rozdíl mezi Product Data Management (PDM) a Product Lifecycle Management (PLM) je nepatrný, ale na druhou stranu se přeci jenom jedná o něco jiného. Oba tyto systémy jsou vhodné pro výrobní podniky s vlastní konstrukcí a CAD. Ovšem první rozdíl tkví v prostředním písmenu zkratky, d jako data, l jako lifecycle. PDM se v cyklu výrobku zabývá nejen konstrukcí, ale také i logistikou, neboli správou dat o výrobcích. Je velmi podobný systému CAD a lze ho považovat za vyšší stupeň, protože jeho konexe sahají i do výroby, což CAD nikoli. Zatímco PLM se zabývá celým životním cyklem výroby. CAD pracovníci jsou zejména projektanti, designéři a vývojáři. U PDM to mohou být i pozice vyšší, jakožto manažeři, ale mohou to být i lidé z výroby, kam PDM zasahuje [11].

PDM software: Autodesk Vault, Teamcenter, Axalant

## 1.2 Uživatelské řízení a jejich spolupráce

Uživatelé, kteří jsou zahrnuti do systému PLM mají oprávnění provádět změny její tvorby v průběhu práce s dokumentací. Jejich řízení umožňuje schvalovat a měnit průběh práce, avšak zápis do daného dokumentu historie je nesmazatelný.

PLM systém zasahuje i do oblasti logistiky, plánů procesů, konfiguraci produktů, databáze nebo i elektronický podpis [3].

### 1.3 Charakteristická funkčnost systému

Celý proces se rozděluje na několik kritérií, které PLM systém vykonává. Jádro systému sice tvoří nezbytné maličkosti, ale ve výsledku vzniká plnohodnotný systém PLM.

- Administrativa produktu a jeho řízení
- Vedení dokumentace (CAD software, kancelářský software MS Office)
- Správa kusovníků a správná konfigurace
- Vedení postupů a úkolů
- Hodnocení postupů, projektů a dokumentace
- Začlenění prohlížečů, aplikací a managementu
- Rozsáhlé rozhraní včetně ERP systémů [4]

#### 1.3.1 Výhody a nevýhody

Jako každý systém, tak i informační systémy mají svá pozitiva a negativa. Výhody se zaměřují především na čas, na náklady, na kvalitu a to je pro společnost velmi podstatné. Nevýhody systému pocítí nezkušený personál.

##### Výhody:

- Zkrácení časového intervalu v procesu
- Spolupráce v týmech i ze vzdálených míst
- Snížení nákladů a vyšší zisky
- Vyšší produktivita
- Lepší kvalita výrobků
- Lepší komunikace
- Vylepšená integrace

##### Nevýhody:

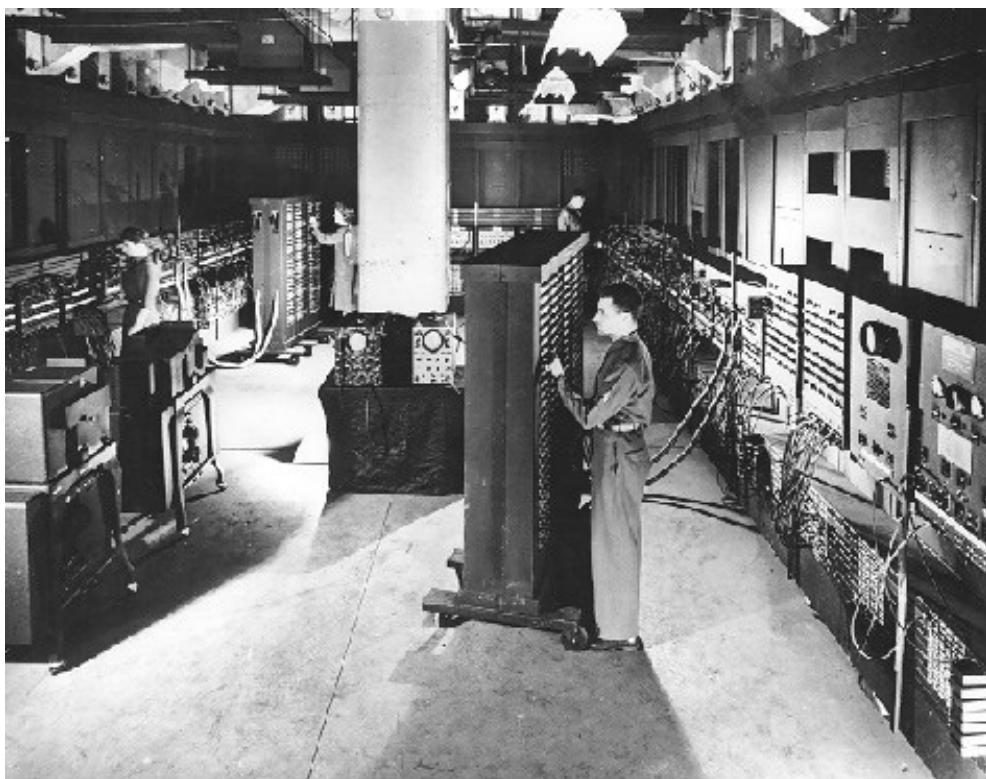
- Nedostatečné zaškolení personálu
- Způsobený zmatek nekvalifikovaným personálem ve firmě
- Nedůsledné řízení projektů [4]



## 2 POČÍTAČEM PODPOROVANÉ PROJEKTOVÁNÍ

### 2.1 Historie CAD

Ke správné pochopení celé problematiky CAD programů, je nejprve nutné poznat samotnou historii. Už od dávné historie potřebuje člověk svoji práci zefektivnit, aby byla fyzická námaha co nejmenší a výsledek snažení co největší. Po druhé světové válce doba techniky výrazně pokročila a požadavky na samotnou výrobu a přesnost se několikanásobně zvýšily. Především se jednalo o odvětví letecké, elektrotechnické či dokonce automobilové. Mnoho času zabrala kontrola správnosti technických výpočtů, které se nedají řešit pouze podle logaritmického pravítka na papíře. To bez výkonných počítačů nešlo, a proto společnosti jako Boeing, Bell, General Motors, General Electric začaly vyvíjet sofistikovaný systém pro usnadnění práce a zkrácení času. Dříve CAD programy byly určeny spíše pro vnitřní použití ve společnosti, protože osobní domácí počítače téměř neexistovaly. S postupem času a rychlým vývojem se dočkala i širší veřejnost, a proto začaly nové firmy podnikat v oblasti tvorby programů na zakázku. Důsledkem toho průmysl exponenciálně rostl [12].



*Obr. 2 - ENIAC, 1940-1950 [13]*

### 2.1.1 Začátky 1950

Charakteristickými vlastnostmi pro toto období byly velké počítače, vektorová grafika, software napsaný v jazyce symbolických adres a světelné pero, které nahrazovalo dnešní myš u počítače. Málo kdo si dokáže představit práci bez myši v jakémkoliv programu CAD. Vlastníky průlomového zařízení byly převážně velké firmy s dostatečně velkým kapitálem, které mohly do zařízení investovat a nebo se jednalo o státem podporované subjekty [2].

**1950** První grafický systém s podporou světelného pera byl využíván v armádě Spojených států amerických v leteckém obraném systému SAGE (Semi-Automatic Ground Environment). Systém byl vyvinut v Messachussets Institute of Technology's Lincoln Laboratory (MIT), kde byl pro práci využíván nejvýkonnější počítač TX-2 té doby. Hlavní funkcí, kterou disponoval, bylo to, že dokázal sumarizovat data vložením zmíněného světelného pera a tím pádem dokázal určit budoucí trasu letounu pomocí výpočtu. Namalovaný obraz zůstal zachycen elektrostaticky na stínítku obrazovky.



*Obr. 3 - Konzola SAGE, 1950 [16]*

**1957** Dr. Patrick J. Hanratty, který byl považován za otce CAD/CAM. Pracoval pro General Electric, kde byl vyvinut první komerčně číslicově řízený CAM programovací systém PRONTO. Průmysloví analytici si myslí, že zhruba 70 % všech 3D mechanických CAD/CAM systémů mají své základy vytvořené Hanrattyho programovacími kódy.

- 1959** Založena společnost Calcomp Technology, která představila o rok později svůj první produkt – válcový plotter. Ten se stal základním výstupem pro klasické CAD aplikace, které byly kreslené ve vektorové grafice.
- 1960** Mladý student, Ivan Sutherland, který asistoval v MIT's Lincoln Laboratory, vytvořil na výkonném počítači TX-2 program Sketchpad za necelé 2 roky strávené na projektu. Základním principem programu byla realizace technického kreslení na počítači. Většinou historiků je tento moment označován jako první krok k systému CAD. Avšak stále se nejednalo o komerční produkt. Velmi usilovně spolupracovala společnost General Motors se společností IBM na projektu DAC (Design Automated by Computer), první interaktivní grafický výrobní systém.



*Obr. 4 - Sketchpad, 1962 [17]*

- 1964** Společnost ITEK založila projekt s názvem The Electronic Drafting Machine, která využívala počítač PDP-1 (Programmable Data Processor) od úspěšné společnosti té doby Digital Equipment Corporation (dnes Hewlett-Packard). PDP-1 byl založen na 18-bitovém počítači. Vstupní příkazy byly zadávány zmíněným elektronickým světelným perem a disková kapacita se využívala na obnovení obrazovky. První významný pokus vytvořit komerční CAD systém byl od společnosti Control Data Corporation's Digigraphics division, nástupce předchozího zmíněného CAD systému od ITEK. Systém stál \$500,000 a byl prodán jen pár zájemcům.
- 1965** Firma Lockheed představila svůj CAD systém nazývaný CADAM (Computer-Augmented Drafting and Manufacturing).



*Obr. 5 - Terminály CADAM ve firmě Lockheed, 1968 [15]*

**1966** Ivan Sutherland vynálezce konceptu „dokonalého zobrazení“ HMD (Head Mounted Display).



*Obr. 6 - Virtuální realita, 1966 (HMD) [18]*

**1969** Mnoho společností začalo s produkcí komerčních systémů. Computervision prodal svůj první komerční CAD systém společnosti Xerox. Dále se jednalo především o společnosti – MAGI, Evans and Sutherland, SDRC, McAuto, Recal-Redac [14][15].

### 2.1.2 1970 - 1980

Vstup do nového desetiletí byl ve znamení zlepšení hardwaru u počítačů, ale také i nástupu minipočítačů. Zasloužila se o to firma Tektronix, která pomohla rozšířit dostupnost sníženou

cenou počítačů. O šest let později (1964) byl vyvinut 16 bitový počítač PDP-11, který byl složen z maximálně 16 kB paměti, diskem pro data o velikosti až 10MB a s 11-ti palcovou obrazovkou. Kreslicí software se zpravidla omezoval na jednoduché 2D úlohy, i když integrace 3D úloh se postupně projevila. Vektorová grafika zůstávala až do konce 70.let, kde jí nahradila grafika rastrová. Stále se nedokázalo hovořit o větší rychlosti práce, oproti klasickému rýsování na papíře. Chtěl-li konstruktér upravit svůj digitální výkres, například smazáním jedné čáry, pak musel dlouho čekat, než se opět vše vykreslí na obrazovku. Postupem času se počítačové navrhování stávalo více účelné s rovnocennou alternativou [12].

**1970** Společnost Intergraph založena dříve jako M&S Computing dvěma inženýry z NASA. Ze začátku to byla konzultační firma, která byla podporována americkou vládní agenturou v oblasti digitálních technologií. Později se stala velmi významnou firmou, která se specializovala na grafický software a to zejména prvním vývojovým softwarem IGDS (Interactive Graphics Design Software).

**1971** Patrick J. Hanratty založil společnost MCS (Manufacturing and Consulting Services). Úspěšným produktem se stal o rok později první komerční CAD aplikace ADAM (Automated Drafting and Machining). Byl určený pro 16 bitové počítače. Dále se jednalo o aplikace AD-2000 (1976) a Anvil-4000 (1981), běžící už na 32 bitovém počítači.

**1973** První CAD systém vyvinutý „na klíč“ pod názvem Auto-Draft, od společnosti Autotrol technology, kterou koupil rok před vydáním Hillman Trust.

První komerční systém pro návrh desky plošných spojů (DPS) se zasloužila společnost Recal-Redac. Kvůli jeho vysoké pořizovací ceně (375 tisíc dolarů), byl téměř neprodejný.

**1975** Společnost Avions Marcel Dassault se stala z prvních zákazníků kupující CADAM software od společnosti Lockheed. Zároveň nahradily nové 19-ti palcové obrazovky od společnosti Tektronix běžné 11-ti palcové obrazovky.

**1976** United Computing s produktem Unigraphics byl prodán do vlastnictví McDonnell Douglas company (McAuto).

**1977** Avions Marcel Dessault a jeho inženýrský tým jsi dali na cíl, že vytvoří trojrozměrný, interaktivní program. Nový 3D systém s názvem CATIA (Computer-Aided Three-

Dimensional Interactive Application) nahrazoval svého předchůdce CADAM, který existoval pouze ve 2D. Byl to opravdový vstup do 3D modelování.



*Obr. 7 - CATIA, 1977 [15]*

**1978** Konec vektorové grafiky, na scénu přichází rastrová grafika.

**1979** NIST, General Electric, Boeing vznikl neutrální souborový formát .IGES (Initial Graphic Exchange Standart), který je využíván dodnes. Formát slouží pro výměnu dat mezi konstrukčními systémy [14][15].

### **2.1.3 1980-1990**

Na konci 70.let a na přelomu roku 1980 byl typickým počítačem pro CAD aplikace 16-bitový počítač s maximálně 512 kB RAM a s diskem o velikosti až 300 MB. Cena takového počítače byla okolo 125.000,- USD. Do této doby byl technický pokrok ve znamení tvorby základních vlastností CADu, s nimiž se do nového desetiletí vstupovalo. Samotný model se vyskytoval v drátěné podobě a iluze plochy modelu se tvořila sítí čar. Modelování těles s 3D grafikou plochy a s renderováním se vyskytuje v grafickém programu typu ARCH MODEL. Nově přichází Intel s generací procesorů x86. Procesem vývoje se dostávají pracovní stanice, které jsou založené zejména na procesorech typu RISC (Reduced Instruction Set Computing), od známých společností Hewlett-Packard, IBM, Sun, Digital, Apollo a později i Silicon Graphics. Neustálý vývoj kladl na výkon procesoru velmi vysoké nároky a to zejména díky opakujícímu výpočtu transformací grafických souřadnic, které se postupně implementovaly do grafických karet. Začal se vyvíjet kreslicí software schopný běhu také na počítačích nižší třídy. Světlo světa spatřují grafické aplikace ve strojírenství typu AutoCAD, MicroCAD, VersaCAD, CADkey a v elektrotechnice Futurenet, smARTWORK atd. Tyto programy byly dominantní zejména ve 2D, zatímco modelování ve 3D nesloužilo jako

konstrukční přístup, nýbrž k ověřování základní myšlenky návrhu. Velmi komplikovaná byla jakákoliv dodatečná změna rozměrů nakresleného základního obrysu a vytvoření 3D modelu, protože se většinou musel celý model smazat a vytvořit znovu, což bylo velice zdouhavé a pracné. Důsledkem toho se začala rodit myšlenka parametrického modelování, která měla zefektivnit práci. Základní princip spočívá ve hrubém náčrtu tvaru a zakótováním (definice parametrů), následuje zpřesnění návrhu přes parametry až do konečné podoby. Produkt, založený na koncepci parametrického modelování brzy přejímají ze systému Pro/Engineer i další konkurenční produkty jako např. Unigraphics, Solid Edge, SolidWorks, atd. Největší pokrok nastal v kreslení schémat a v simulaci DPS. Přední firmy Recal-Redac, Mentor Graphics a Valid Logic Systems mohly nabízet komplexnější a automatizované řešení. Nastala zlatá léta CAD systémů spíše v elektrotechnice, protože ve strojírenství a ve stavebnictví bylo stále přednější vytvářet výkresy na rýsovacích prknech [12].

**1981** Založena společnost Mentor Graphics skupinou členů ze společnosti Tektronix. Jejich zaměření bylo na software EDA (Electronic Design Automation).

**1982** CATIA Verze 1 oznámena jako doplňkový program pro 3D návrh, plošné modelování a NC programování.

T&W Systems zpracoval svůj software s názvem CADapple pro společnost Apple.

Založena společnost Autodesk v dubnu 1982, 16-ti členným týmem vedený Johnem Walkerem. Jeho vizí bylo vytvořit CAD program pro PC s cenou 1000 USD. První verze softwaru AutoCAD byla založená na CAD programu Mikem Riddlem nazvaného MicroCAD.



*Obr. 8 - AutoCAD v1.0, 1982 [19]*

- 1983** T&W Systems zjišťuje, že jejich software CADapple je lepší jako AutoCAD, a proto ho přeprogramuje na počítačovou platformu a nazve ho VersaCAD.
- 1984** CATIA – verze 2 oznámena pro návrhy v leteckém průmyslu.
- 1985** Společnost Mentor Graphics vydala program BoardStation, který se řadí mezi nejdéle používané existující systémy s výkonným návrhovým systémem.
- 1986** Představen systém ANVIL-5000 firmou MCS. Nejvýkonnější plně integrovaný 3D strojírenský CAD/CAM/CAE systém té doby.
- 1987** Směr ke kreslení elektronických schémat a návrhy desky plošných spojů udávaly programy PADS, PCAD a CADSTAR.
- 1988** Rudolf Hofer a Klaus-Peter Schmidinger (CadSoft Computer) vytvořili software EAGLE. Původně se software skládal z editoru rozvržení a z části knihovny. Později přišel na řadu i editor schémat a autorouter modul. Ihned zaujal svojí jednoduchostí ovládání a příznivou pořizovací cenou.
- 1989** Konec dekády byly ve znamení CAD systémů: CATIA (Dassault Systemes), Pro/Engineer (Parametric Technology), MDC (Unigraphics), I-DEAS (SDRC) [14][15].

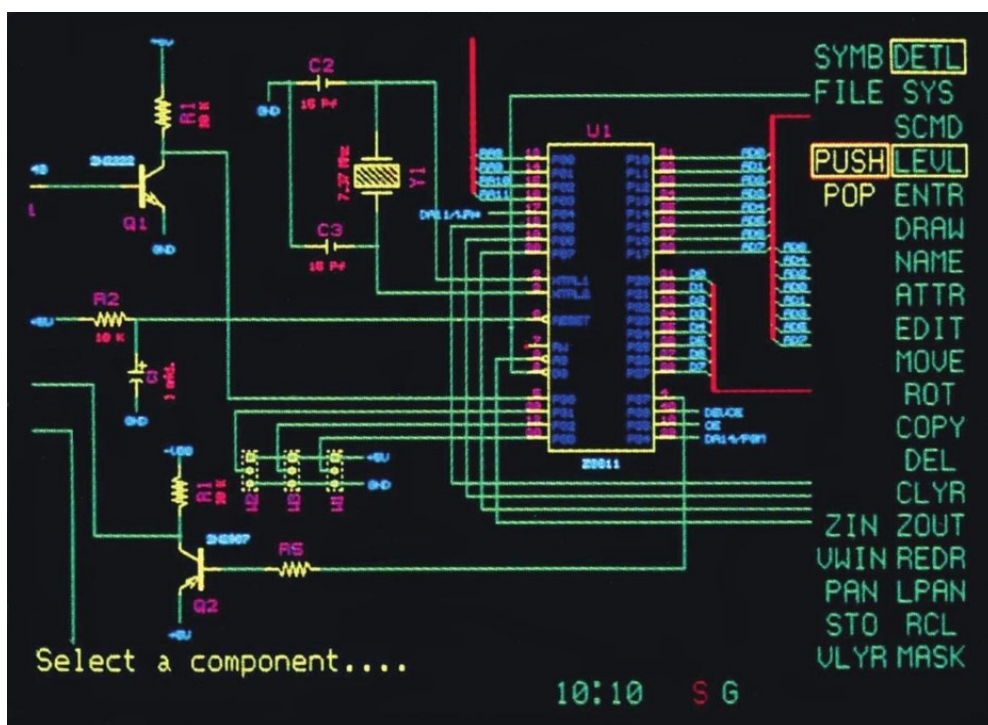
#### **2.1.4 1990-2000**

S představením parametrického modelování se vývoj CAD systémů během posledních let zaměřoval především na uživatelské rozhraní. Ve výrobním procesu vznikala implementace on-line aplikací a interakcí mezi uživatelem a systémem. S příchodem nové dominantní platformy Windows NT, který nahrazovala operační systém UNIX, se zvýšila větší stabilita, jednoduchost používání, ale hlavně byly CAD systémy dostupné i pro menší firmy, které si je nyní mohly dovolit. S velkým nárůstem výkonnějších PC už není potřeba speciální grafická stanice, ale pro práci postačuje běžný kancelářský počítač s adekvátně výkonnou grafickou kartou. V elektrotechnice se v důsledku finančně náročného vývoje na špici udrželo jen pár programů od velkých společností – Cadence, Mentor Graphics a Zuken. Programy umožňovaly kreslení schémat a návrh desky plošných spojů. Dalšími speciálními inovacemi byly zejména funkce typu A/D simulace a high-speed design [12].

- 1990** CadSoft vydává druhou verzi EAGLE.
- 1991** Computervision koupil společnost Premise s produktem DesignView, který později sloužil jako základ systému CADDS 5.



- 1992** Vydání AutoCAD R12 pro DOS a MAC operační systémy. Verze se stala velmi populární s 3D modulem AME (Advanced Modeling Extension).
- 1993** Mění se dominance CAD platformy založená na systémech UNIX, kterou nahrazuje stabilnější Windows NT.
- Vydaná CINEMA 4D v.1 určená pro počítače Amiga.
- Založená společnost SolidWorks, Inc., Johnem Hirschtickem.
- 1994** CadSoft vydává EAGLE 3.0.
- 1995** Na trh vychází stále více nových verzí systémů – Pro/Engineer v.15, Microstation v.5, CINEMA 4D v.3, MiniCAD v.5, ProCADAM, ArchiCAD 4.16, AutoCAD R13, SolidWorks 95, OrCAD a i další verze nových CAD systémů.
- 1996** Intergraph představuje Solid Edge.
- 1997** Mezi největší distributory CAD/CAM patří: Parametric Technology, Dassault Systems, Intergraph, SDRC, Autodesk, Cadance Design Systems, Zuken. Na trh přichází stále aktuálnější verze systémů [14][15].
- 1999** Doba nákupu společností a vydávání nových verzích CAD systémů.



Obr. 9 - Prostředí elektrotechnického CAD programu [21]

### 2.1.5 2000 – současnost

Celý IT průmysl, včetně dodavatelů CAD systémů, si mohl na přelomu nového tisíciletí oddechnout. Programátoři se celá léta snažili šetřit počítačovou paměť, a proto zapisovali roky pomocí dvou číslic (99, 00), a tím pádem bylo nemožné rozlišit roky 1900 a 2000. Důsledkem toho, začaly velké obavy, co všechno se může 1. ledna stát. Hrozil kolaps v leteckém i pozemní provozu a výpadky počítačů ve všech odvětvích. Nakonec se obavy z problému Y2K nenaplnily a to zejména důsledkem toho, že se o problému předpokládalo a rozvojem techniky se nemuselo tolik šetřit pamětí vyspělejších počítačů. Éra rozkvětu a požadků na zrychlený vývoj CAD systémů byla u konce. Známé programy se začaly více zlepšovat a zdokonalovat, aby byla míra efektivity co největší. Výrobci CAD technologií přidávají moduly, rozšiřování se dočkala i samotná knihovna součástí, kterou může spravovat a vytvářet samotný uživatel z pohodlí domova. Velkým nástupem internetového propojení vzniká kooperace inženýrů, firemních týmů a systémů po celém světě. V současnosti vzniká začlenění chytrých mobilní zařízení. Nově je možné aplikace CAD zprovoznit na chytrých tabletech a mobilních zařízeních, odkudkoliv a kdykoliv. Například, když uživatel přelétává mezi městy v letadle, je schopen pracovat na svém přenosném zařízení a tím zefektivnit svoji práci na maximum. A tím se otevírá nová brána do nového věku CAD systémů [15][20].

**2000** Problém roku 2000 (Y2K) nenastal.

**2001** Úspěch společnosti Ford prokázal, že integrace CAD a PDM softwaru s internetem, se výrazně ušetří čas a náklady.

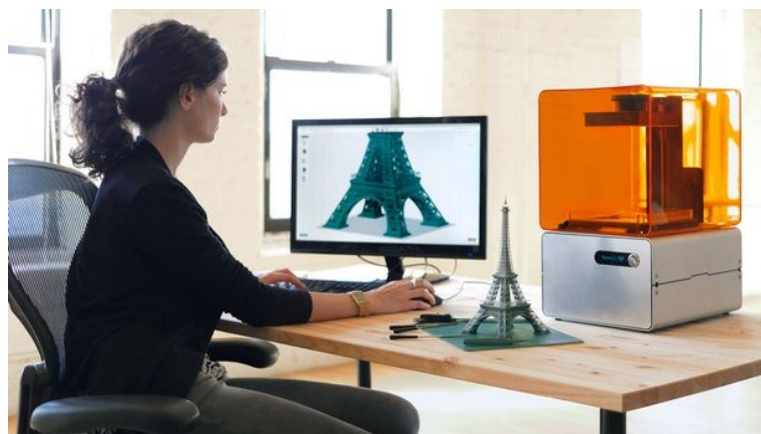
**2003** První 3D vytištěný orgán byl implantován do člověka [22]

**2005** Velké společnosti zkupují menší, čímž získávají cenné know-how. Systémy mají čím dál novější verze.

**2008** Dokončen projekt RepRep s 3D tiskárnou Darwin. Lidé najednou mohli sami vyrábět věci, které mohli sami navrhovat. Trh s domácím 3D tiskem se výrazně rozšířil

**2009** EAGLE představuje velmi oblíbený program po celém světě. Jeho hlavní dominantou jsou velmi dobré aspekty cena/výkon. V tomto roce je prodán firmě Farnell [21].

**2016** Autodesk rozšířil svojí nabídku o software EAGLE, který koupil od společnosti Farnell.



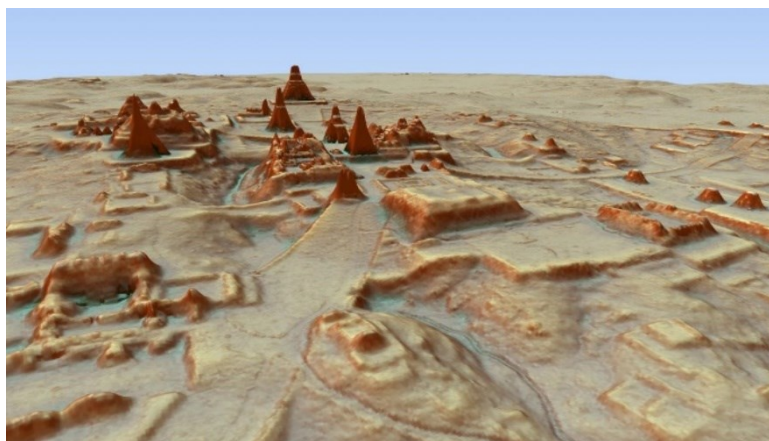
Obr. 10 - Ilustrační 3D tisk [23]

2017 Připravena mobilní verze Copper – EAGLE CAD.



Obr. 11 - Copper pro iOS [24]

2018 Pomocí laserového skenování objeveno mayské město uprostřed džungle. Tato technologie funguje na principu 3D souřadnic odrážených bodů, takzvaného mračna bodů. Bodová mračna jsou transformována velmi rychle a přesně do 3D CAD aplikací [25].



Obr. 12 - Mayské město [26]

### 2.1.6 Budoucnost

Jen málo lidí si dokáže představit, jakým směrem a způsobem se bude budoucnost ubírat. CAD se již od počátku svého vývoje v padesátých letech minulého století dramaticky vyvíjel a budoucnost CAD vypadá, že inovací bude stále přibývat. Národní úřad pro letectví a kosmonautiku (NASA) se stále více stává podporovatelem 3D tisku a to především jejími pokusy od potravy až po 3D tiskárnu ve vesmíru, což je do budoucna velice perspektivní. Nicméně vývojáři CAD softwarů budou muset optimalizovat ovládání bez klávesnice a myši. Příběh CAD je opravdu jen začátek.



Obr. 13 - Budoucnost [27]

### AR a VR

Rozšířená a virtuální realita založená především se světem zábavy v podání her. Technologie nabírá směr samozřejmě i pro inženýrské účely. Uživatelům umožňuje vytvářet, prohlížet či upravovat projekty ve virtuálním prostředí, kde je mnohem realističtější pohled na to, jak bude vypadat produkt v reálném světě. Rozvíjející vztah mezi AR/VR a CAD je bezpochyby vzrušující jak pro tvůrce v průmyslu, tak i pro konečné spotřebitele.



Obr. 14 - AR (Augmented Reality)[29]



*Obr. 15 - VR (Virtual Reality)[28]*

### **Dotykový stůl**

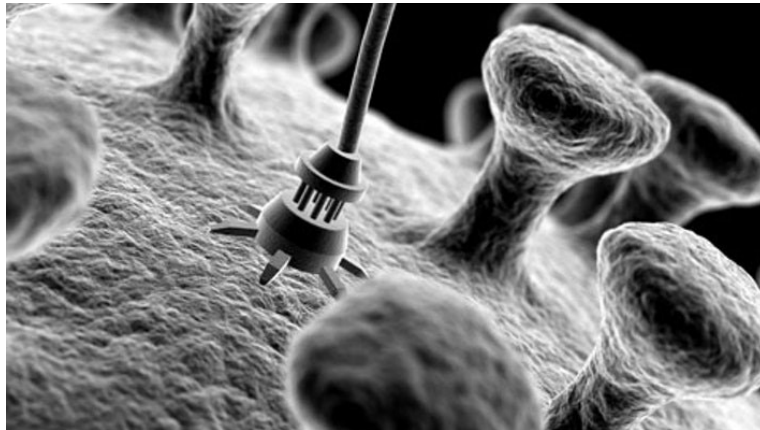
Interaktivní stůl s multidotykovým ovládáním může přinést návrhářům pohodlí, pokud se u dotykového stolu vytváří návrh výrobku o více členech. Všichni zúčastnění mají větší přehled a mohou být aktivně zúčastnění. Na trhu už víceméně funguje, ovšem jen z hlediska informačního, nikoli z hlediska vývojového. Velice nadějnou službou jsou inteligentní osobní asistenti (Siri, Alexa, Google Asistent), kteří by zvládli komunikaci s vývojáři a následně by provedli dané příkazy.



*Obr. 16 - Dotykový stůl [30]*

## Nanotechnologie

Nanoelektronika využívá používání nanotechnologií v elektronických součástech. S postupem času je hardware čím dál menší a čím dál výkonnější. Do budoucna to mohou být právě nanoroboti, kteří se budou prohánět tělem lidského organismu jejichž úkol bude zlikvidovat nežádoucí záležitosti v těle.



*Obr. 17 - Nanotechnologie [31]*

## CAD v Cloudu

Často je spekulováno, že standartní desktopový CAD software bude stále více zastarávat. Práce v prohlížeči znamená, že uživatelé mohou pracovat z libovolného místa, týmy mohou pracovat na projektu současně a tím pádem mohou být úkoly dokončeny mnohem efektivněji, než na pevné pracovní stanici.



*Obr. 18 - CAD v oblacích [32]*

## 2.2 Rozdělení CAD systémů v elektrotechnice

Počítačem podporované konstruování sahá do mnoha odvětví. Jejich využití se uplatňuje ve strojírenství, stavebnictví, elektrotechnice, správě nemovitostí a nebo i v geografii. Uživatelům je nabízena obrovská škála programů pro dané specializované odvětví. Návrhové programy umožňují hierarchickou koncepci a různé techniky propojování.

Návrh desky plošných spojů (DPS) a výroba podkladů je důležitou fází vývoje prakticky všech elektronických zařízení. Konstruktorům nezáleží na tom, na jakém projektu pracují, ale musí přesně vědět, jak mají být elektrické obvody vytvořeny a jak správně bude deska plošných spojů fungovat. S velkou škálou možností jednotlivých systémů vznikají také určité požadavky, které kladou důraz na samotný hardware (osobní počítač, grafické pracoviště i minipočítače). Výběr vhodného CAD programu je velice důležitý faktor, hlavně z hlediska ceny, která se pohybuje od několik stovek až po milióny korun, ale také použitelnost, a proto hledání návrhového softwaru není jednoduchá úloha. Existuje mnoho softwarových nástrojů, které lze rozdělit do několika skupin.

### 2.2.1 Software nejvyšší třídy

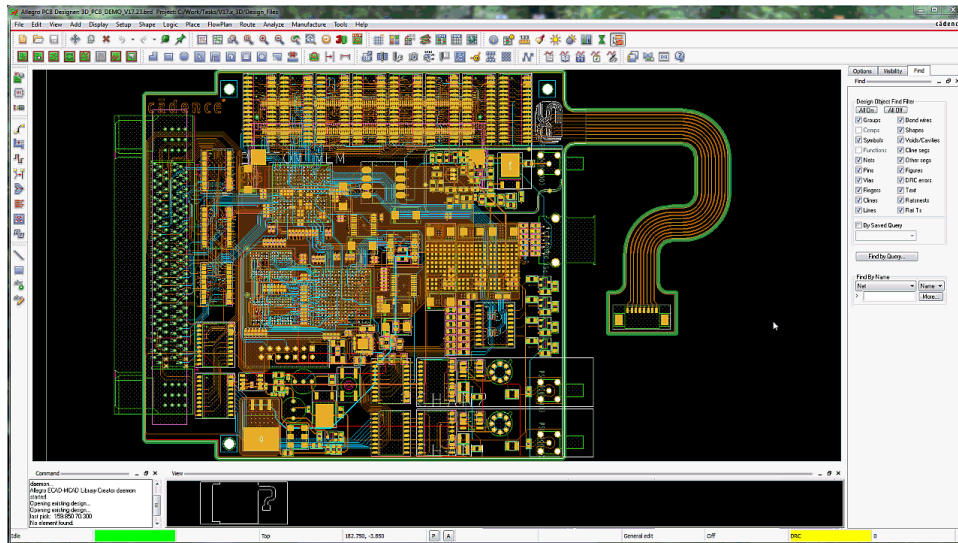
Profesionální programy, které disponují velmi vysokým výkonem jsou určeny především pro návrhy komplexnějších desek. Kvalita se nejvíce odráží v ceně programu, ale i v náročností na zaškolení uživatelů. Uplatnění softwaru hledají zejména firmy nadnárodní, velké, ale například i firmy, které navrhují desky na zakázku. Cena se pohybuje okolo 500 tisíce korun a sahá až přes 1 milion korun [33].

**Allegro** (Cadence Design Systems)

Aktuální verze: Allegro PCB Design 17.2

Aktuální cena: \$25,000 + roční poplatek (517 250,- Kč)

Americká společnost Cadence vyrábí software, hardware a křemíkové struktury pro návrh integrovaných obvodů a desky plošných spojů. Jedná se o velmi profesionální software pro velmi náročné inženýry.



Obr. 19 - Allegro PCB Design 17.2 [34]

### **Xpedition Enterprise** (Mentor, Siemens Business)

Aktuální verze: Neuvádí se

Aktuální cena: Neuvádí se

Firma Mentor Graphics, která se změnila na název Mentor, Siemens Business implementovala PLM systém a nyní patří mezi tři firmy, které v mezinárodním měřítku ovládají zhruba 85 % trhu EDA (Electronic Design Automation). To na trhu zahrnuje všechny software podporující návrhy elektronických systémů. Expedition PCB, předchůdce nového programu s názvem Xpedition Enterprise, zřejmě brzy nahradí zastaralý program BoardStation. Představuje profesionální program nejvyšší třídy v návrhu desky plošných spojů s originálními funkcemi jako souběžná práce více návrhářů na jedné desce, či virtuální prototypování.

### **Pantheon** (Intercept Technology)

Aktuální verze: Pantheon PCB Layout Software 7.2

Aktuální cena: Není známá

Systém Pantheon založený pro návrh DPS, hybridních a vysokofrekvenčních obvodů, pochází z poloviny 80. let. Nabízí snadné, použitelné uživatelské rozhraní se základními až pokročilými funkcemi návrhu. V roce 2012 získal cenu NPI Award (National Procurement Institute) jako nejlepší program pro návrh desek, obzvláště díky jeho pokročilým funkcím.

#### **2.2.2 Software střední třídy**

Pro uplatnění v malých a středních firmách se musel rozšířit software střední třídy, který postrádá některé komplexnější funkce nejvyšší třídy, ale stále je jejich výkon velmi



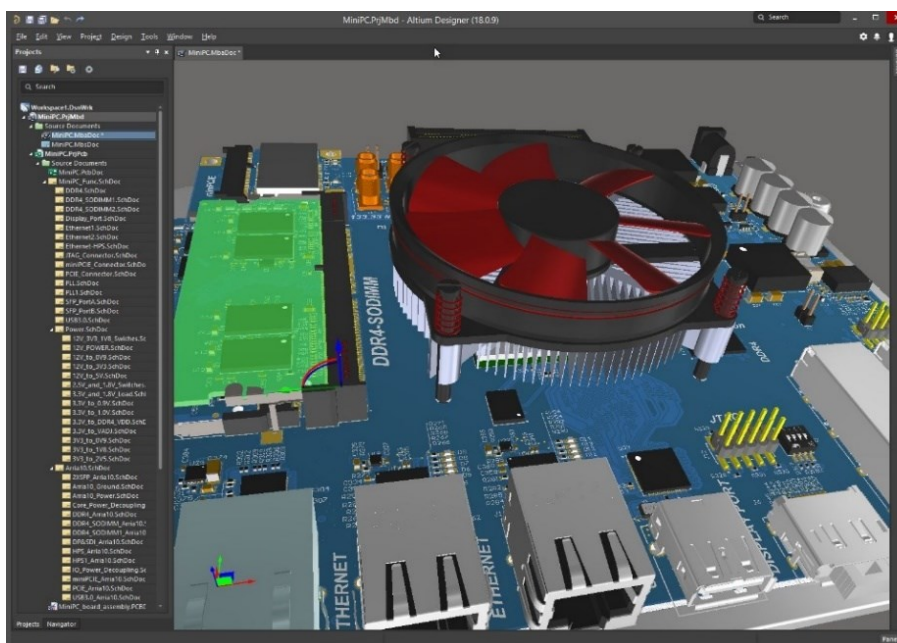
dostatečný, který je plně vyhovující pro práci návrhu desek. Nevyžaduje žádné náročné školení uživatelů a jsou uživatelsky přívětivé. U některých produktů je nabídnuta zkušební verze, kterou lze posléze rozšířit na plnou licenci. Cena za licenci se pohybuje okolo několika desítek tisíc a může se vyšplhat i na několik stovek tisíc korun [33].

### Altium Designer (Altium)

Aktuální verze: Altium Designer 18

Aktuální cena: Zkušební verze zdarma, licence verze 14 – \$7,245 (149 900,- Kč)

Tento návrhový software je považován za zlatý standard mnoha průmyslovými odvětvími a navazuje na předchozí návrhový systém Protel. Altium Designer je výkonný, snadno použitelný a používá inovativní technologie, které pomáhají uživatelům v oblasti elektrotechniky zaměřit se méně na proces a více na moderní design. Obzvláště povedená je 3D vizualizace.



Obr. 20 - Altium Designer 18 [35]

### CADSTAR (Zuken)

Aktuální verze: CADSTAR 18

Aktuální cena: Zkušební verze zdarma, placená licence není známa

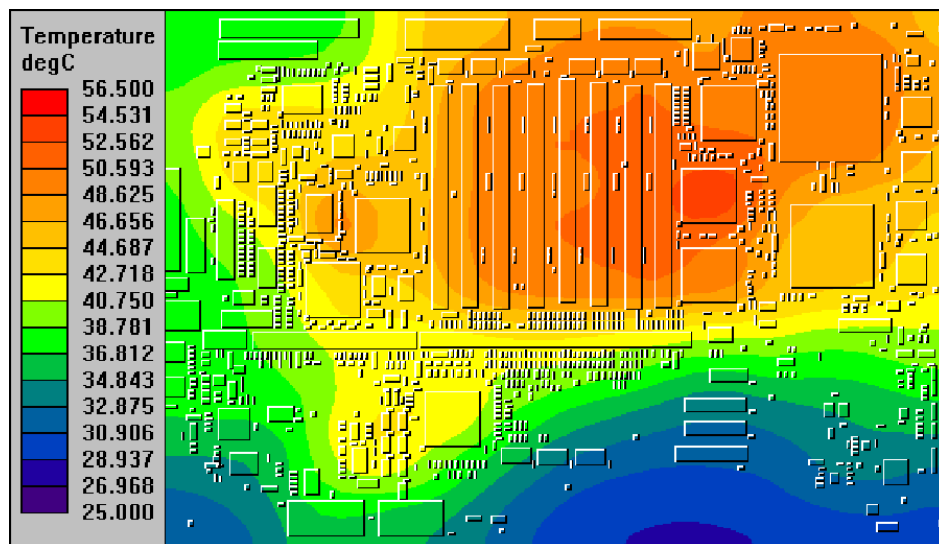
Společnost Zuken, sídlící v Japonsku, představila v polovině 80. let software CADSTAR, který byl původně vyvinut společností Redac-Recal. Řadí se k jedním z nejstarších programů pro elektronickou návrhu desek společně s PADS. Výrazně přispěl k realizaci návrhu desek na uživatelském PC.

**PADS** (Mentor, Siemens Business)

Aktuální verze: PADS VX.2.2

Aktuální cena: Zkušební verze zdarma, placená licence od \$5,000 (103 450,- Kč)

Stejně jako ostatní CAD programy, PADS je dodáván v několika rozšířených úrovních balení – Standard, Standard Plus, Professional. Poslední zmiňovaný se už pomalu řadí k softwaru vyšší třídy, hlavně především jeho pokročilými funkcemi, např. sketch router. Ten zajišťuje vyšší efektivitu a přesnost než autorouter u komplexnějších schémat. Dále kromě základů jako je tvorba schémat, správa knihoven, návrh DPS, dominuje především v několika vlastnostech. Využívá vysokofrekvenční, vysokorychlostní a mikrovlnnou technologii. Zahrnuje i některé speciální moduly, především různé simulační nástroje, např. tepelnou analýzu. Vzhledem k těmto vlastnostem a schopnostem je poněkud těžší na naučení.



*Obr. 21 - Tepelná analýza v programu PADS [36]*

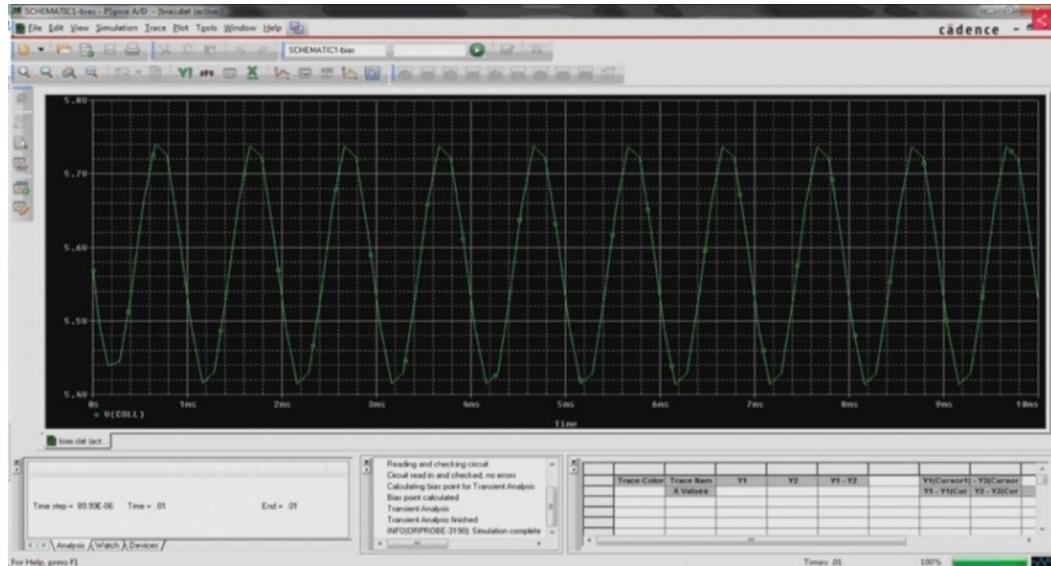
**OrCAD PCB Designer** (Cadence Design Systems)

Aktuální verze: OrCAD PCB Designer 17.2

Aktuální cena: Zkušební verze zdarma, placená licence Designer Standard \$1,500 na rok (31 000,- Kč)

Existuje mnoho balíčků a každý z nich rozšiřuje svoje vlastnosti. Volná verze OrCAD zahrnuje všechny funkcionality technologie, ovšem jen v omezené míře. Designer Standard obsahuje vše základní (tvorba schémat, správu knihoven, úprava DPS apd.). Jelikož firma Cadence vlastní i software vyšší třídy Allegro, OrCAD je v podstatě jeho „oříznutou“ a dostupnější verzí. Poměrně hlavní věc, kterou odděluje OrCAD od ostatních balíčků nižších funkcí je doplněk PSpice, který umožňuje simulaci elektronických obvodů. Správný inženýr by si

měl poradit i bez pomoci, ale technologie Spectra patří k nejlepším auto-routingu na trhu. Z nevýhod lze považovat rozdělování samotných aplikací. Každá funkce má svůj vlastní program, čili vlastní okno, a proto neintegrace je víceméně nepříjemná.



Obr. 22 - OrCAD PSpice editor [36]

### **Pulsonix** (Pulsonix)

Aktuální verze: Pulsonix 9

Aktuální cena: Zkušební verze zdarma, placená licence od \$2,200 (45 500,- Kč)

Velmi oblíbený software v sousedním Německu, který konvertuje schémata, knihovny a desky z jiných programů. Cena se odvíjí podle počtu pinů, možností k rozšíření a dále se platí roční údržba. Hlavními vlastnostmi je A/D simulace s 9-ti typy analýz, oboustranná interface pro napojení na různé nástroje pro návrh FPGA (Field Programmable Gate Array) a propojení s PLM.

### **Quadcept** (Quadcept)

Aktuální verze: Quadcept 9.3.12

Aktuální cena: Zkušební verze zdarma, placená licence od \$39/měsíc (810,- Kč), \$429/rok (8 880,- Kč)

Velmi moderní program střední třídy, který disponuje prací v cloudu a je k dispozici ve formě pronájmu. Nabízí dva programy, které lze provozovat buď samostatně nebo oba současně. Pro kreslení schémat Circuit Designer a pro návrh desek plošných spojů PCB Designer. Zahrnuje i 3D zobrazení desky. Databáze programu nabízí cca 250 tisíc součástek a její výhodou je průběžná aktualizace. Uživatel má vždy to nejnovější.

### 2.2.3 Software nižší třídy

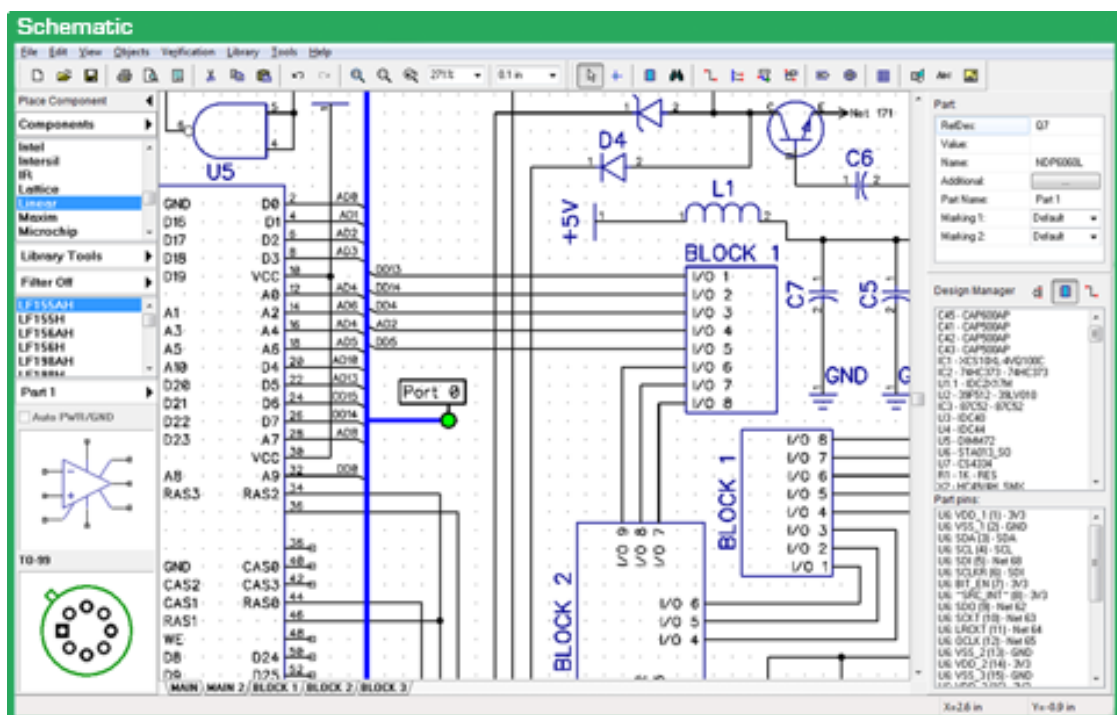
Software nižší třídy neobsahuje pouze levné a nekvalitní programy, ale v této kategorii lze objevit i několik docela povedených programů. Jejich úroveň sice nedosahuje takové špičky v oboru, ale mohou uživatelům adekvátně posloužit i za cenu, která se pohybuje v rozmezí tisíců až desetitisíců korun. [33].

#### DipTrace (Novarm)

Aktuální verze: DipTrace 3.2

Aktuální cena: Zkušební verze zdarma, placená licence \$75 - 995 (1 500 - 20 500,- Kč)

Program je určený pro nenáročné, začínající uživatele, protože se jedná o jeden z nejjednodušších programů s velmi nízkou pořizovací cenou. DipTrace je dobrý start do světa tvorby jednoduchých projektů s omezenými schopnostmi tvorby. Není moc vhodný pro profesionály, kteří vytváří komplexnější schémata. Složitější návrhy jsou určené pro neomezenou verzi, která má cenovou hranici přibližně 20 tisíc korun a má neomezený počet pinů. Startovací verze pracuje pouze s 300 piny. Mezi klíčové vlastnosti patří zejména výměna návrhů skrze jiné EDA programy (OrCAD, PADS, Eagle atd.), poměrně dobře pracující auto-router, tvorba 3D a použití souborů STEP. Knihovna součástek je velice obsáhlá a nabízí více než 2500 3D modelů součástek a přibližně 100 tisíc komponentů.



Obr. 23 - El. schéma v programu DipTrace [36]

**Formica** (Ing. Petr Horský)

Aktuální verze: Formica 4.40

Aktuální cena: Zkušební verze zdarma, placená licence Professional 29 800,- Kč

I Česká republika má svoje zastoupení v CAD systémech pro elektrotechniku. Český návrhový systém disponuje více než 820 registrovanými uživateli v České, ale i ve Slovenské republice. Tento údaj se navíc rozšiřuje o uživatele, kteří používají volně šiřitelnou verzi. Časté využití je i na středních či vysokých školách pro tvorbu návrhu DPS. Velké spektrum je také v oblasti automobilového průmyslu, telekomunikací nebo spotřební elektroniky využívající malé firmy, ale také i ty větší a to především kvůli příznivé ceně. Ta začíná na ceně 3980,- verze Home, která obsahuje 80 součástek a 300 vývodů. Následuje verze Light (7980,- Kč), Standart (16 400,- Kč), zakončeném verzí Professional, která disponuje bez omezení použitím součástek a vývodů.

**Easy-PC** (Number One Systems)

Aktuální verze: Easy-PC Version 21

Aktuální cena: Zkušební verze zdarma, placená licence od \$487 (10 080,- Kč)

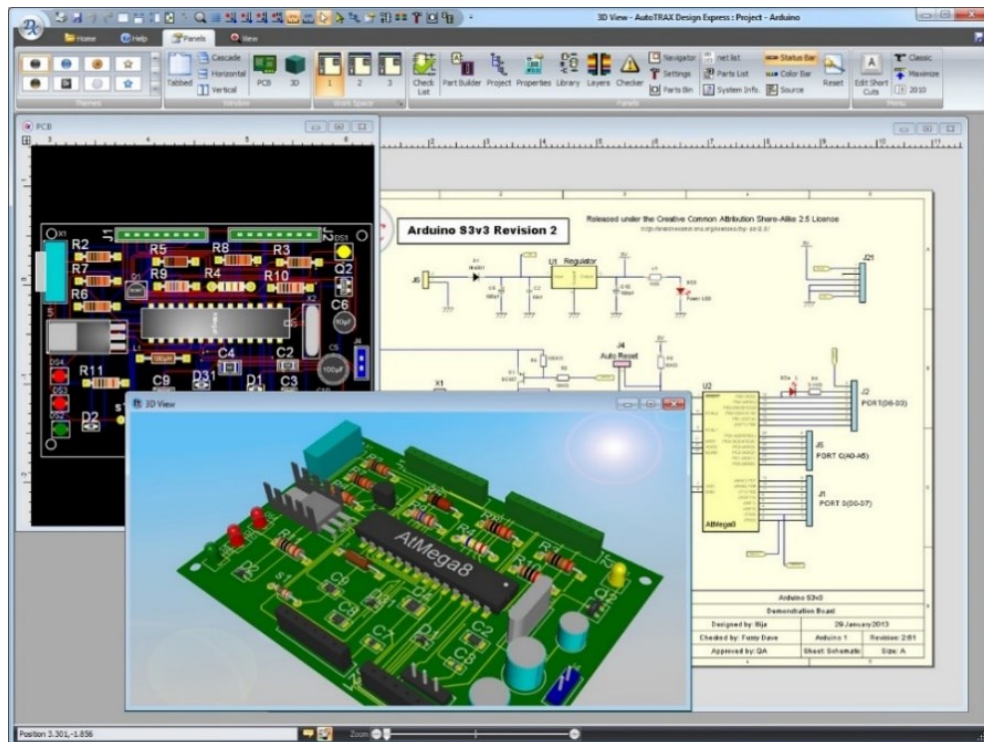
Velmi populární program ve Velké Británii. Systém obsahuje kreslení schémat, návrh desky s použitím autorouteru a prohlížeč dat Gerber.

**AutoTRAX DEX PCB** (DEX 2020)

Aktuální verze: AutoTRAX Version 10.230

Aktuální cena: Zkušební verze zdarma, placená licence \$99 (2 050,- Kč)

Zkušený výrobce DEX 2020 existuje už od roku 1984 a má s vývojem EDA softwaru značné zkušenosti. Zahrnuje základní funkce – kreslení schémat, návrhy desek, autorouter a 3D vizualizace. Software využívá formát v podobě .xml pro databázi, v němž jsou data jak ze schématu, tak i z desky.



Obr. 24 - AutoTRAX DEX PCB [37]

## EAGLE (Autodesk)

Aktuální verze: EAGLE Version 9.0.0

Aktuální cena: Zkušební verze zdarma, placená licence Premium \$65/měsíc a \$500/ 1 rok (1 350 – 10 350,- Kč).

Pokud začínající či pokročilý uživatel hledá něco levného a snadno ovladatelného, je to právě software EAGLE. Jedná se o jeden z nejpoblárnějších CAD programů na světě. Skládá se z částí – editoru schémat, editoru DPS a autorouteru pro DPS. Více informací v praktické části.

### 2.2.4 Software pro každého

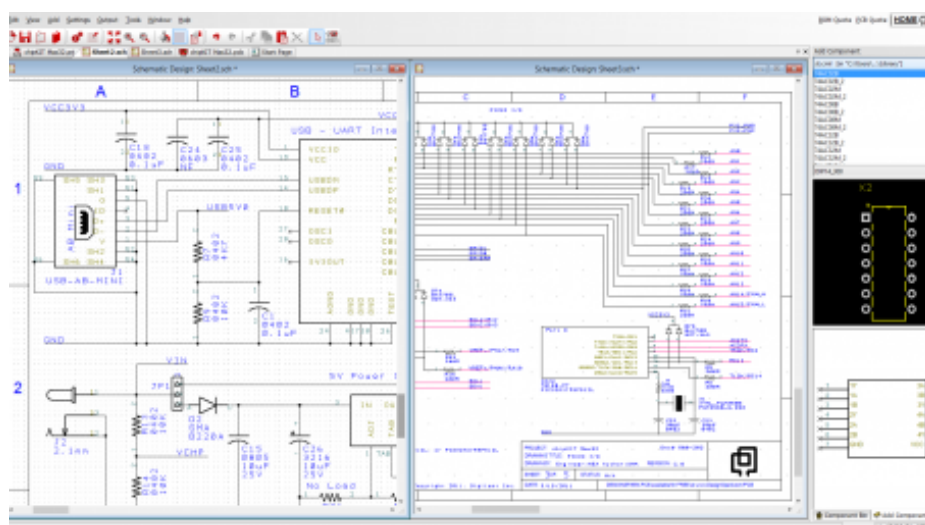
Ačkoliv se to zdá být neuvěřitelné, může být software pro návrh DPS zcela zdarma a dokonce funkčně použitelný. Tato skupina zahrnuje řadu bezplatných programů, které jsou zajímavé už jen z toho hlediska, že plnohodnotný program s nulovou cenou nemusí vždy znamenat program s nulovou hodnotu [33].

**DesignSpark** (RS Components)

Aktuální verze: DSM 2.1

Aktuální cena: Zdarma

Tento moderní, dobře provedený program získal ocenění NPI Award v roce 2011. Je poskytován zdarma firmou RS Components zabývající se distribucí součástek. Proto program disponuje velkou knihovnou součástek, přičemž se nemusí stydět ani za pěkně zpracované prostředí kreslení schémat, návrhy desek dokonce s 3D vizualizací. Nemá žádné omezení na velikost schémat, vrstvy, cest, či uzlů. Ovšem omezení platí jen pro jeho maximální velikost desky, která může být 1x1 m, což je zcela dostačující.



Obr. 25 - DesignSpark [38]

**PCB123** (Sunstone Circuits)

Aktuální verze: PCB123 v5.6.2

Aktuální cena: Zdarma

Tento zdařilý program získal v roce 2010 ocenění NPI Award. PCB123 disponuje všemi potřebnými funkcemi s jednoduchým ovládáním – kreslení schémat, návrhy desek, autorouter atd. Knihovna nabízí širokou nabídku 500 000 součástek od firem jako například Panasonic, Intel, National Semiconductor, Actel a mnoho dalších. Po realizaci zhotovení výrobku programem nelze vytvořit výstup pro výrobu. To je právě ten důvod, proč PCB123 je dostupný zdarma. Všechna data o navržené koncepci desky se posílá přímo k výrobcí programu, který je i výrobcem samotné navrhované desky. Společnost Sunstone si posléze účtuje cenu kalkulovanou programem. Stejnou politiku uznává i program ExpressPCB, ovšem ten není na takové uživatelské úrovni jako PCB123.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



### 3 NÁVRHOVÝ SYSTÉM EAGLE

Software s názvem EAGLE je ve skutečnosti zkratkou – **Easily Applicable Graphical Layout Editor**. EAGLE CAD je jedním z nejvíce uživatelsky přívětivých softwarů pro řešení návrhu desky plošných spojů a patří k nejrozšířenějším programům jak pro amatérskou tvorbu, tak i pro tu profesionální. Je určený pro kreslení elektrických schémat, návrh DPS a zpracování výrobních údajů. Od roku 2016 patří společnosti Autodesk, který změnil postupy v marketingu. Změnou prošla i samotná grafika programu, nové pokročilejší funkce, či nové logo [41].



*Obr. 26 - Nové logo programu EAGLE*

#### 3.1 Vlastnosti systému

Celý návrh DPS je dvoustupňový proces. Nejprve je potřeba nakreslit schéma, pak rozložit cesty a součástky na desku na základě nakresleného schématu. Program se skládá z několika modulů, které jsou ovládány z uživatelského prostředí prostřednictvím Control Panelu - hlavního panelu:

##### **Editor schémat**

Určený k vytvoření vazeb mezi symboly součástek. Jednotlivé součástky se vybírají z knihovny součástek a ty jsou posléze implementovány na plochu schématického výkresu.

- Až 999 listů jednoho schématu
- Kontrola zapojení podle elektrických pravidel
- Jedním tlačítkem lze vytvořit deska z výkresového schématu
- Prohazování pinů a hradel

### **Editor plošných spojů**

Slouží k rozmisťování součástek na desku plošného spoje a následné manuální úpravě cest.

- Největší rozměr plochy 1,6 x 1,6 m
- Až 16 signálových vrstev
- Součástky klasické i SMD (Surface Mount Device)
- Kontrola pravidel návrhu

### **Autorouter**

Modul určený k automatickému kreslení plošných spojů mezi součástkami umístěnými na desce plošného spoje.

- Až 16 signálových vrstev
- Nastavení strategie automatického propojování

### **Knihovna**

Spravuje databázi veškerých symbolů nebo 2D či 3D pouzder součástek. Zaslouhou knihoven hotových součástek se uživatel nemusí zdržovat tvorbou nových, a proto může být v projektech více kreativní.

### **CAM procesor**

Vygeneruje výstupní údaje pro výrobu DPS jako například údaje pro osazovací automat nebo údaj pro plotry – perové a Gerber.

### **Doplňkové moduly**

Mezi doplňkové moduly patří script soubory, označované jako SCR soubory. Funkce spočívá v provedení souboru příkazů. Dalším doplňkovým modulem je ULP (User Language Program), uživatelsky programovací jazyk psaný v jazyce C. Pomocí programovacího jazyka se vytváří programy, které umožňují získat různé druhy údajů ze schématu, případně vylepšování vzhledu DPS.

### **Jazyková dostupnost**

Prostředí programu podporuje dostupné jazyky – Němčina, Angličtina, Polština, Čínština. Česká lokalizace chybí, a proto je vyžadována alespoň základní znalost z některých zmíněných jazyků [42].

### 3.2 Verze

Společnost Autodesk oznámila, že software EAGLE bude k dispozici pouze ve formě předplatného. Dříve uživatelé zakoupili celoživotní licenci bez jakékoliv budoucí aktualizace. Předplatné je pro uživatele nabízeno měsíčně nebo ročně. Uživatel v ceně s předplatným dostává nové aktualizace a funkce. Autodesk nabízí i svojí on-line podporu pro každého jak ve formě komunikace, tak i ve formě pomoci skrze vzdálenou plochu. Software lze používat odkudkoli skrze vytvořený účet, kde má uživatel prostřednictvím portálu Autodesk Account možnost spravovat své nastavení a licence. Novinku uvítají i studenti, kteří mohou software EAGLE Premium využívat zdarma po dobu 3 let. Aktuální verze softwaru je EAGLE 9.0.0.




Tab. 1 – Srovnání verzí EAGLE

Verze	FREE	STANDARD	PREMIUM
<b>Editor schémat</b>	✓	✓	✓
<b>Editor DPS</b>	✓	✓	✓
<b>Autorouter</b>	✓	✓	✓
<b>Počet schémat</b>	2	99	999
<b>Počet vrstev DPS</b>	2	4	16
<b>Rozměr desky</b>	80 cm <sup>2</sup>	160 cm <sup>2</sup>	Neomezeně
<b>Cena licence</b>			
<b>Měsíčně</b>	Zdarma	\$15.00 310,- Kč	\$65.00 1 345,- Kč
<b>Ročně</b>	Zdarma	\$100.00 2 070,- Kč	\$500.00 10 350,- Kč

### 3.3 Systémové požadavky

Pro spuštění programu EAGLE není potřeba výkonný superpočítač. Software funguje na třech operačních systémech – Windows, Mac a Linux. Novinkou je podpora pouze pro 64bitové operační systémy, tudíž uživatelé s 32bitovými operačními systémy si musí stáhnout starší verzi, která už není podporovaná společností Autodesk. Všechny starší verze lze použít bez větších problémů i na novějších Windows 8, či 10. Minimální paměť RAM se udává 3 GB, ovšem doporučená paměť je 4 GB. Úložný prostor je vyžadován minimálně na 650 MB, nicméně pokud si chce uživatel stáhnout různé knihovny součástek, bude potřeba paměť větší. Chce-li uživatel začít program používat, musí se přihlásit k vytvořenému účtu pomocí připojení k internetu. Posledním požadavkem na práci je počítačová myš.

Tab. 2 – Systémové požadavky

	Windows 	Mac 	Linux 
<b>Operační systém</b>	7 nebo novější	Yosemite, ElCapitan, Sierra (High)	Intel PC - založen na kernel 2.6
<b>CPU</b>	64-bit procesor	64-bit procesor	Potřeba podpory SSE
<b>Paměť</b>	3 GB RAM	3 GB RAM	-
<b>Internet</b>	DSL internetové připojení nebo rychlejší	DSL internetové připojení nebo rychlejší	DSL internetové připojení nebo rychlejší
<b>Úložný prostor</b>	Minimálně 650 MB	Minimálně 650 MB	Minimálně 650 MB

## 4 UŽIVATELSKÝ MANUÁL

Při návrhů desek plošných spojů se velmi často využívá k zefektivnění práce počítač. Neznamená to, že navrhování DPS je jen o uživatelském klikání myši na počítači, ale vyžadují se především komplexní znalosti v oblastech:

- Technologie výroby DPS
- Osazování a pájení
- Obvodové funkce součástek
- Teorie elektromagnetického pole [39]

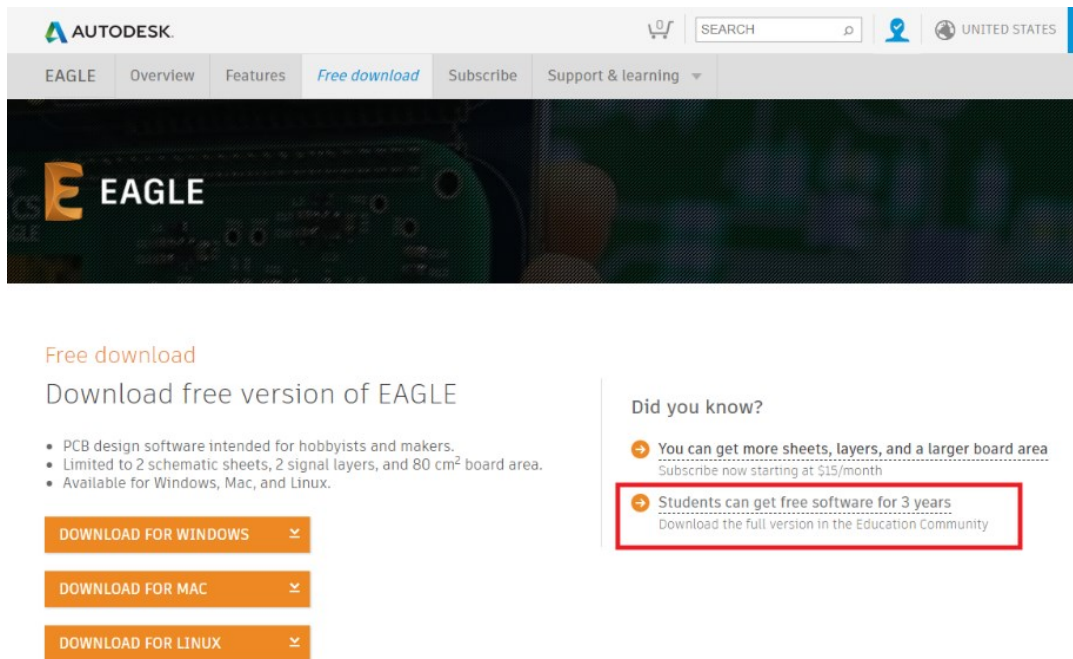
Proto si uživatelský manuál klade za cíl seznámit uživatele s prací v návrhovém systému pro sestavení a zapojení elektronických obvodů v programu EAGLE. Na konstrukci desky plošných spojů a kreslení schémat potřebuje uživatel i řadu nástrojů. Podle jednotlivých kapitol se uživatel dokáže orientovat v návrhovém systému. Aktuální verze programu je EAGLE 9.0.0 a je ke stažení zdarma na webové stránce [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com). Starší výstupy jsou kompatibilní s novými verzemi programu a naopak. V obou případech lze úspěšně upravit návrhové soubory. Aplikace EAGLE je distribuována pro platformu Windows, Linux a Mac.

### 4.1 Studentský účet

Studenti, pedagogové a akreditované vzdělávací instituce mohou využívat zdarma Premium účet po dobu 3 let. Stačí se na oficiálních stránkách zaregistrovat a vyplnit několik potřebných údajů pro získání licence. Pro získání benefitů stačí kliknout na **Students can get free software for 3 years**. Použití je zejména bráno k nekomerčním účelům jako jsou výukové či výzkumné aktivity pro vývoj.

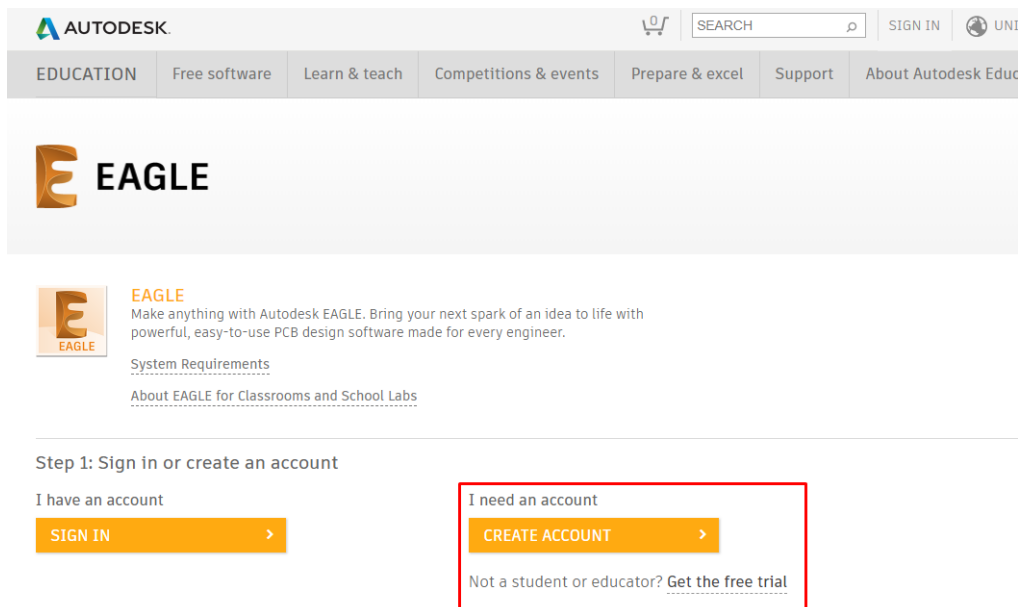


Obr. 27 – Studentské benefity



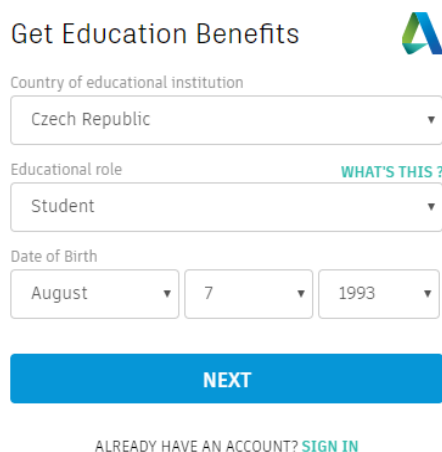
Obr. 28 - Založení studentského účtu


Pokud student nemá založený profil v systému Autodesk, musí zvolit možnost **Create account** (Založit účet).



Obr. 29 - Vytvoření studentského účtu

K získání vzdělávacích benefitů je potřeba vyplnit údaje – **Country of educational institution** (země vzdělávacího institutu), **Educational role** (vzdělávací role) a **Date of Birth** (datum narození).



Get Education Benefits 

Country of educational institution  
Czech Republic

Educational role [WHAT'S THIS ?](#)  
Student

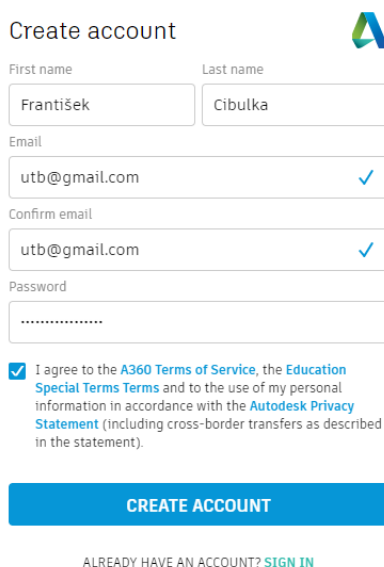
Date of Birth  
August 7 1993


**NEXT**

ALREADY HAVE AN ACCOUNT? [SIGN IN](#)

Obr. 30 – Získání vzdělávacích benefitů

Po kliknutí na políčko **Next** (další) se otevře nové okno **Create account** o založení účtu. Zde je potřeba vyplnit **jméno, příjmení, e-mail** a **heslo**. V neposlední řadě zaškrtnout políčko k souhlasu podmínek společnosti Autodesk, bez kterých nelze vytvořit uživatelský účet.



Create account 

First name Last name  
František Cibulka

Email  
utb@gmail.com ✓

Confirm email  
utb@gmail.com ✓

Password  
.....


I agree to the [A360 Terms of Service](#), the [Education Special Terms Terms](#) and to the use of my personal information in accordance with the [Autodesk Privacy Statement](#) (including cross-border transfers as described in the statement).

**CREATE ACCOUNT**

ALREADY HAVE AN ACCOUNT? [SIGN IN](#)

Obr. 31 – Založení účtu

Po založení profilu bude uživatel vyzván k verifikaci profilu skrz zadaný e-mail. V doručeném e-mailu od Autodesku je potřeba kliknout na políčko **Verify email** (ověřit email). To otevře nové okno v internetovém prohlížeči, ze kterého je nutné dokončit poslední krok. V tom Autodesk žádá vyplnění **Name of educational institution** (jména vzdělávacího institutu), **Area of study** (zaškrtnutí studované oblasti), **Enrolled from** (datum zapsání v instituci) a **Graduate in** (datum promoce).

Just one more step 

Tell us about your educational institution and how you plan to use your free software.

Name of educational institution

Area of study

- Architecture, Engineering & Construction
- Media & Entertainment
- Product Design & Manufacturing
- Others

Enrolled from

Graduate in

**NEXT**

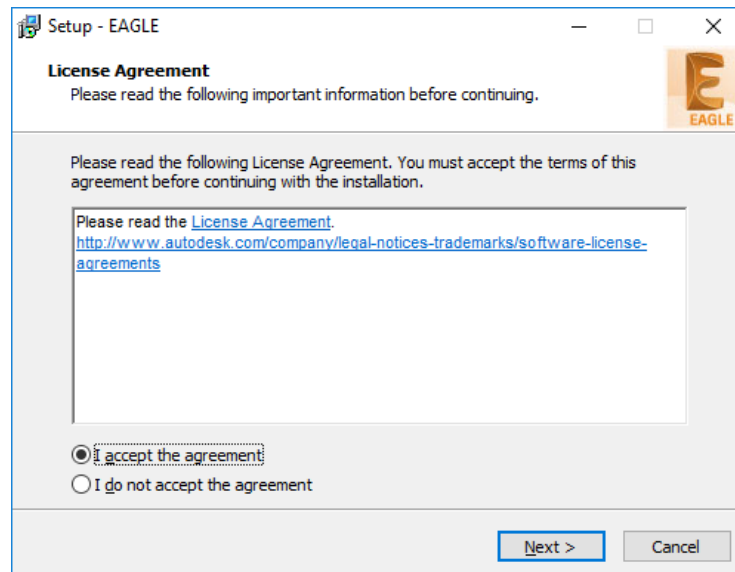
Obr. 32 – Vyplnění institutu

Následná stránka zobrazí patřičné kroky, ve kterých uživatele nasměruje ke stažení programu EAGLE. Ten má na výběr mezi operačními systémy Windows, Mac OSX a Linux. Pro tento uživatelský manuál se zvolí EAGLE pro operační systém **Windows**. Je nutno zdůraznit, že nová verze už nepodporuje 32bitové počítače, nýbrž jen 64bitové. Stahování zabere pár minut dle rychlosti stahování.

## 4.2 Instalace

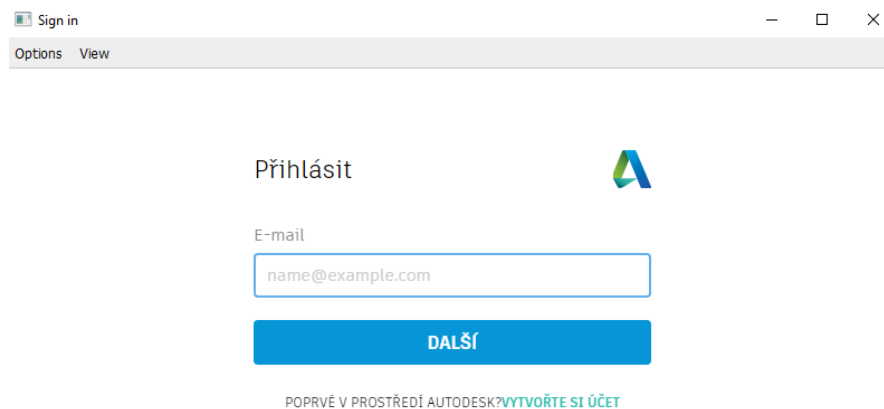
Pro nainstalování je nezbytné mít 64-bit operační systém Windows. Po uložení a stáhnutí na disk je nutné spustit instalaci. Ta se provádí velice jednoduše a postupná instalace zabere jen několik desítek sekund. První okno udává licenční dohodu, kterou si může uživatel přečíst po kliknutí na hypertextový odkaz. Potom už záleží na přijmutí nebo odmítnutí licenční dohody. Druhé okno nabízí možnost umístění složky v počítači. V dalším okně proběhne samotná instalace a v posledním okně instalace je uživatel seznámen o úspěšné, či neúspěšné instalaci.





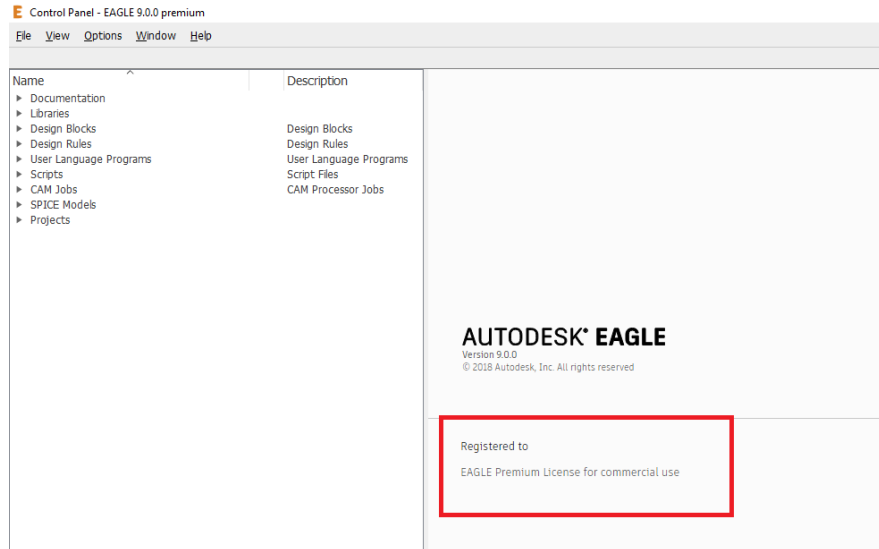
Obr. 33 – Instalace programu EAGLE

Instalace proběhla v pořádku, nyní se spustí samotný program EAGLE. Ten podává informaci, že je nutné se přihlásit pomocí vytvořeného účtu. Po přihlášení může hned upozornit o případné aktualizaci nové verze. Pokud to program nabízí, je lepší stáhnout vždy aktuální verzi. V **Control Panelu** se možná objeví, že se stále jedná o licenci **Free**, a proto je nutné provést její upgrade. Stačí kliknout na **File** → **Sign in**. Poté se přihlásit pomocí vytvořených přihlašovacích údajů.



Obr. 34 – Přihlášení do programu

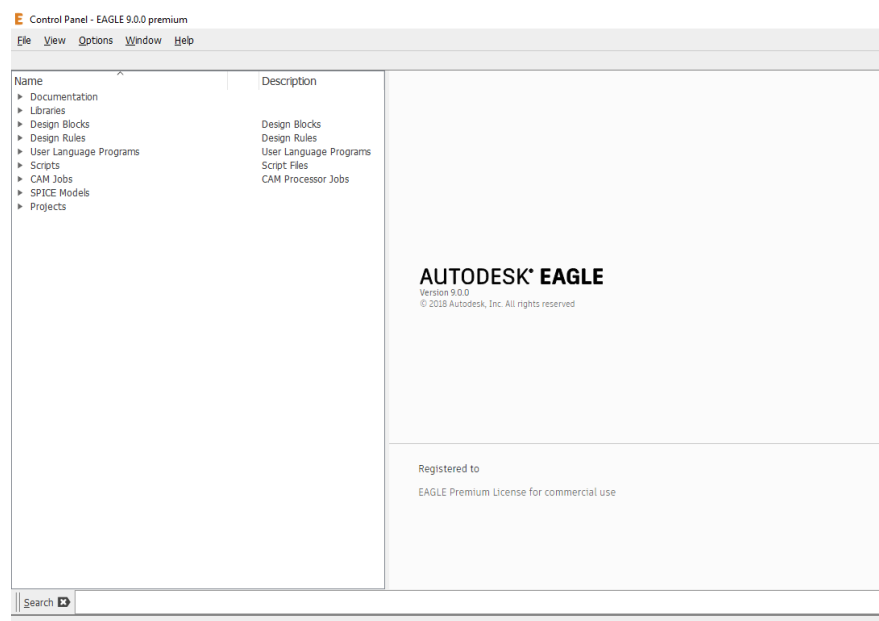
Nyní je potřeba restartovat program EAGLE. V hlavním okně aplikace se objevila informace, že software EAGLE je registrován na jméno uživatele a že je úspěšně aktualizováno na Premium licenci pro nekomerční využití.



Obr. 35 – Potvrzení účtu Premium

### 4.3 Control Panel

Po spuštění programu EAGLE se otevře základní okno. Prostředí hlavního panelu (Control Panel) nabízí horní a postranní panel. Stromová struktura reprezentuje různé typy souborů EAGLE a otevírá se pomocí kliknutí na šipku vedle názvu záložky, která zobrazí své patřičné soubory. Položky mohou obsahovat jeden nebo více adresářů se soubory daného typu. Horní navigační menu se vysune pomocí kliknutí myši na požadovanou záložku. Další funkcí je metoda Drag and Drop, která umožňuje přesouvat soubory nebo celé adresáře přes jednotlivé položky stromové struktury.



Obr. 36 - Prostředí Control Panel (hlavní panel)

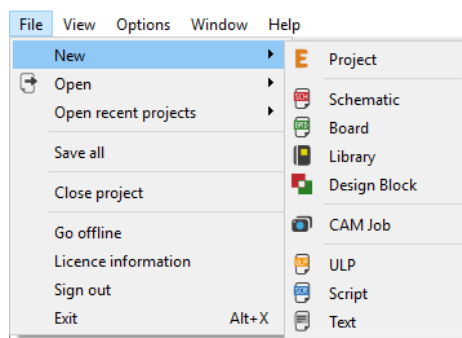
### 4.3.1 File

File menu se skládá ze základních funkcí, které je možno vidět i u jiných programů. Kliknutí na vytvoření nového projektu vytvoří novou složku, kterou lze pojmenovat a následně vkládat do ní všechna potřebná schémata, desky, knihovny atd.

Tab. 3 – Příkazy File (Soubor)

<b>New</b>	Vytvoří projekt, schéma, desku, knihovnu, design bloků, CAM výstup atd.
<b>Open</b>	Otevře projekt, schéma, desku, knihovnu, design bloků, CAM výstup atd.
<b>Open recent projects</b>	Otevře nedávné projekty
<b>Save All</b>	Uloží vše
<b>Close project</b>	Zavře projekt
<b>Go offline</b>	Přepne do offline režimu (funguje jen 14 dní)
<b>Licence information</b>	Získá informace o licenci
<b>Sign out</b>	Odhlásí přihlášeného uživatele
<b>Exit</b>	Ukončí programu EAGLE

Vytvořený projekt se ukládá do *Tento počítač* → *Dokumenty* → *eagle*. Pokud se vytvoří jen schéma, bez projektu, potom se primárně ukládá do *Tento počítač* → *Místní Disk* → *EAGLE (verze)*.



Obr. 37 – Záložka File (Soubor)

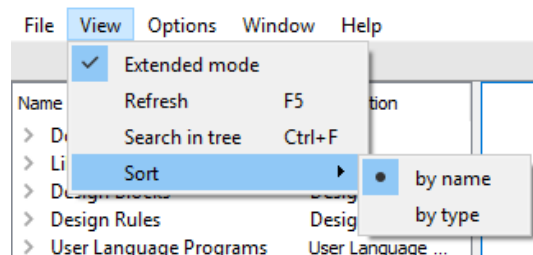
### 4.3.2 View

View menu pracuje převážně s postranním panelem, kde jsou různé soubory a adresáře vyhledávány, řazené a aktualizovány pro náhled. Tato funkce je velice užitečná při velkém množství souborů a adresářů, ať už se jedná o samotné projekty, či samotné elektrotechnické součástky knihoven.

Tab. 4 – Příkazy View (přehled)

<b>Extended mode</b>	Pokud je režim vypnutý, zobrazí pouze soubory související s programem EAGLE
<b>Refresh</b>	Obnoví obsah stromové struktury
<b>Search in tree</b>	Otevře vyhledávací dialogové okno
<b>Sort</b>	Řadí projekty (podle názvu či typu)

Seřazení projektu dle názvu nebo typu lze provést *View* → *Sort* → *by name* / *by type*.



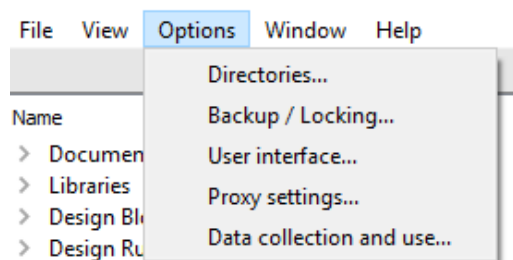
Obr. 38 – Záložka View (přehled)

### 4.3.3 Options

Options menu specifikuje uživatelské prostředí dle libosti uživatele. Ten má na výběr od nastavení souborů, až po informace o sběru dat pro praktická využití.

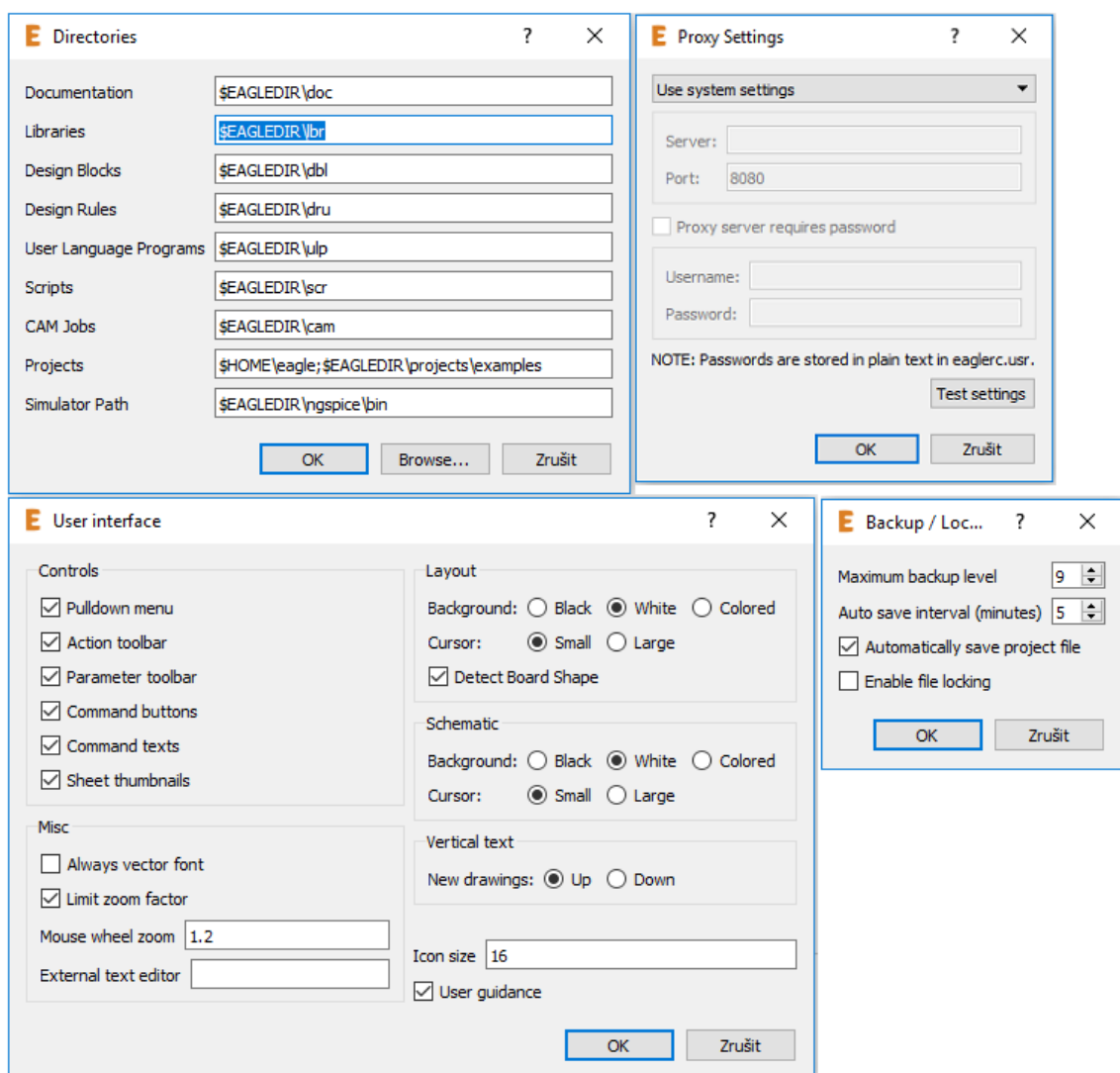
Tab. 5 – Příkazy Options (nastavení)

<b>Directories</b>	Nastavení cest pro knihovnu, script, projektů atd.
<b>Backup / Locking</b>	Nastavení hloubky vrácení zpět a automatické ukládání v minutách
<b>User interface</b>	Nastavení uživatelského rozhraní oken
<b>Proxy settings</b>	Nastavení proxy
<b>Data collection &amp; use</b>	Sběr dat k využití



Obr. 39 – Záložka Options (nastavení)

V dialogovém okně **Directories** má uživatel možnost nakonfigurovat cesty uložených souborů. V dialogovém okně **Backup / Locking** se jedná o nastavení počtu vrácení zpět a automatické ukládání v několika minutových intervalech. Přibyla i funkce Locking, která umožňuje zamykání souborů. **User interface** neboli uživatelské rozhraní, umožňuje uživateli v dialogovém okně nastavit vzhled uživatelského prostředí editoru schémat, DPS a knihoven v podobě barev pozadí, velikosti kurzoru či různá povolení pro panel nástrojů. Nastavení mezi klientem a cílovým počítačem (serverem) je poskytnuto uživateli v dialogovém okně **Proxy settings**. Poslední záložkou **Data collections and use** je povolení využití sběru dat pro Autodesk ke zlepšení programu EAGLE.



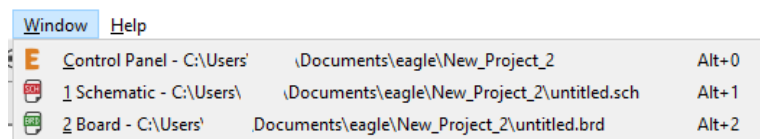
Obr. 40 – Dialogová okna v prostředí Options (nastavení)

#### 4.3.4 Window

Window menu slouží k přepínání oken (schéma, deska, apd.). Pomocí klávesové zkratky Alt+číslo\_okna lze rychleji a efektivněji přepínat mezi okny. **Control Panel** je vždy určený pro klávesovou zkratku **Alt+0**.

Tab. 6 – Příkaz Window (okno)

<b>Window</b>	Přepínání mezi okny (Alt+číslo)
---------------	---------------------------------



Obr. 41 – Záložka Window (okno)

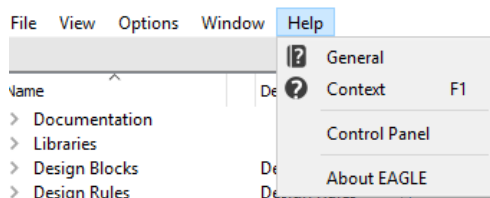
#### 4.3.5 Help

Help menu obsahuje informační položky a pomocné nápovědy o produktu EAGLE.

Tab. 7 – Příkaz Help (nápověda)

<b>General</b>	Otevře stránku nápovědy
<b>Context</b>	Otevře stránku nápovědy pro aktuální kontext
<b>Control Panel</b>	Otevře stránku nápovědy, která je zrovna využívána
<b>About EAGLE</b>	Získání informací o softwaru EAGLE (verze, licence atd.)

Pomocné soubory - tutoriály, manuály a instrukce jsou umístěny v *Tento počítač* → *Místní disk* → *EAGLE (verze)* → *Doc*.












Obr. 42 – Záložka Help (nápověda)

Control Panelu nabízí i **stavový řádek**, který se nachází na spodu Control Panelu a zobrazuje adresářovou cestu vybraného objektu.

### 4.3.6 Postranní Panel

Samotný **Control Panel** mimo jiné nabízí i stromově řazený postranní panel. Prvním adresářem jsou dokumenty - **Documentation**, kde se nacházejí potřebné manuály, tutoriály a kontakty ve formátech **.pdf** a **.txt**. Druhým adresářem v seznamu je **Libraries** (knihovna součástek). Zde se nacházejí veškeré elektronické součástky – rezistory, kondenzátory atd. Uživatel má možnost stáhnutí definované vytvořené součástky z internetu nebo konfiguraci vlastní součástky. Umístění knihoven je v adresáři programu ve složce **/lbr**. Ve třetím adresáři se nacházejí vytvořená schémata, která lze použít nebo upravit pro vlastní potřebu. Dalším, čtvrtým adresářem, je nastavení parametrů podle daných elektronických pravidel (**Design Rules**). Pátý, šestý a sedmý obsahují různé programy uživatelských jazyků (\*.ulp), skriptové soubory (\*.scr) a data pro výstup (\*.cam). Posledním adresářem jsou vytvořené projekty (**Projects**) uživatelem.

Tab. 8 – Záložky postranního panelu

<b>Documentation</b>	Přímý vstup do EAGLE manuálů	 doc
<b>Libraries</b>	Rozvine knihovnu součástek	 lbr
<b>Design Blocks</b>	Nabízí vytvořená schémata	 dbl
<b>Design Rules</b>	Specifické nastavení parametrů	 dru
<b>User Language Programs</b>	Načítání podprogramů vytvořených v programovacím jazyce C	 ulp
<b>Scripts</b>	Soubory nabízející pokročilejší úpravy ve formě textu	 scr
<b>CAM Jobs</b>	Nastavení pro výstup	 cam
<b>SPICE Models</b>	Obsahuje textové informace o modelech	 models
<b>Projects</b>	Přehled vytvořených projektů	 projects

Po kliknutí na **>** se daná kategorie rozvine do stromové struktury, kde se nachází soubory různých přípon.

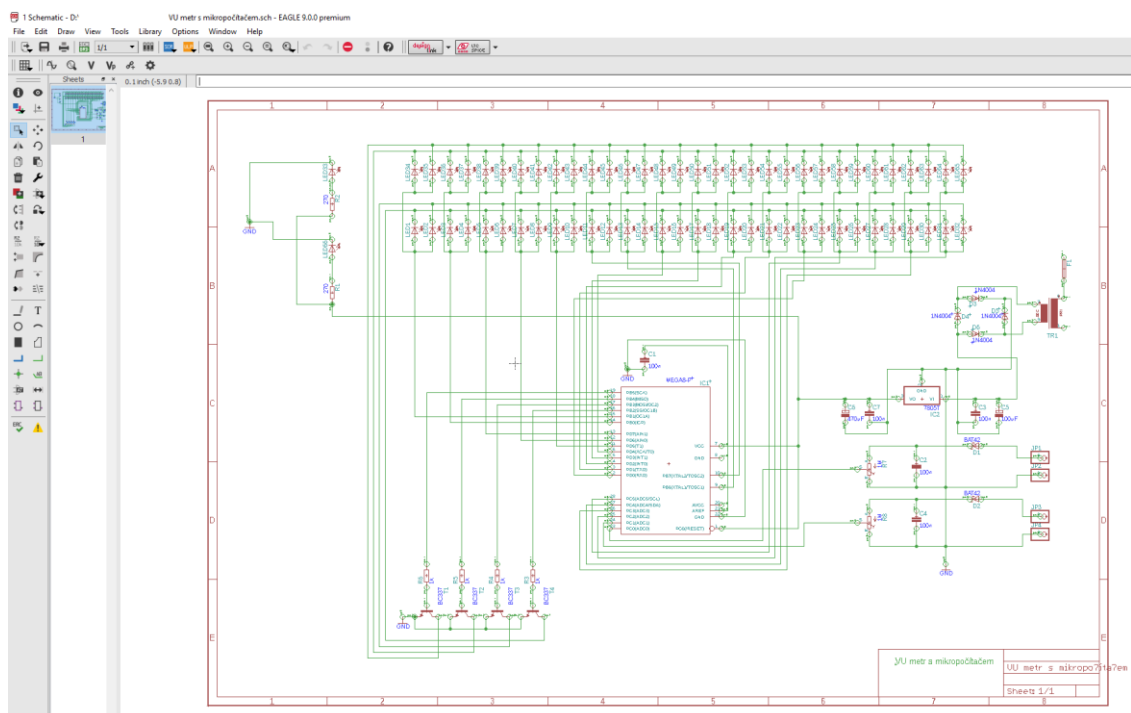
Name	Description
▶ Documentation	
▶ Libraries	
▶ Design Blocks	Design Blocks
▶ Design Rules	Design Rules
▶ User Language Programs	User Language Programs
▶ Scripts	Script Files
▶ CAM Jobs	CAM Processor Jobs
▶ SPICE Models	
▶ Projects	

Obr. 43 – Prostředí postranního panelu

## 4.4 Editor schémat

S návrhem plošného spoje se musí začít hned u schématu. Ovládání programu spočívá především v návrhu elektronického schématu, do kterého jsou přidávány specifické schématické značky z oblasti knihoven. Jejich umístění a propojování spravuje uživatel na své pracovní ploše monitoru. Nezbytným faktorem pro funkčnost je dodržování elektronických pravidel. Výstupem schématického návrhu může být tisk viditelných vrstev schématu či seznam použitých součástek.

Vytvoření nového schématického dokumentu se zadává příkazem v Control Panelu - **File** → **New** → **Schematic**. Ve většině případů je výhodnější použít **File** → **New** → **Project**, zejména kvůli lepší přehlednosti samotného projektu a také kvůli jednoduchému přechodu k návrhu desky pomocí jednoho kliku na preferovanou ikonu. Pokud je tedy schéma vytvářeno přes projekt, nejprve je nutné projekt pojmenovat a potom pravým tlačítkem myši zvolit **New** → **Schematic**. To otevře nové dialogové okno schématického editoru. Ten nabízí velkou škálu ikon a příkazů, díky nimž lze vytvořit jakékoliv schéma elektronického obvodu. Otevření existujícího schématu lze provést v záložkách menu v Control Panelu – **File** → **Open** → **Schematic/Project**, anebo ve vertikálním menu ve stromovém adresáři **Projects** s příponou (\*.sch).

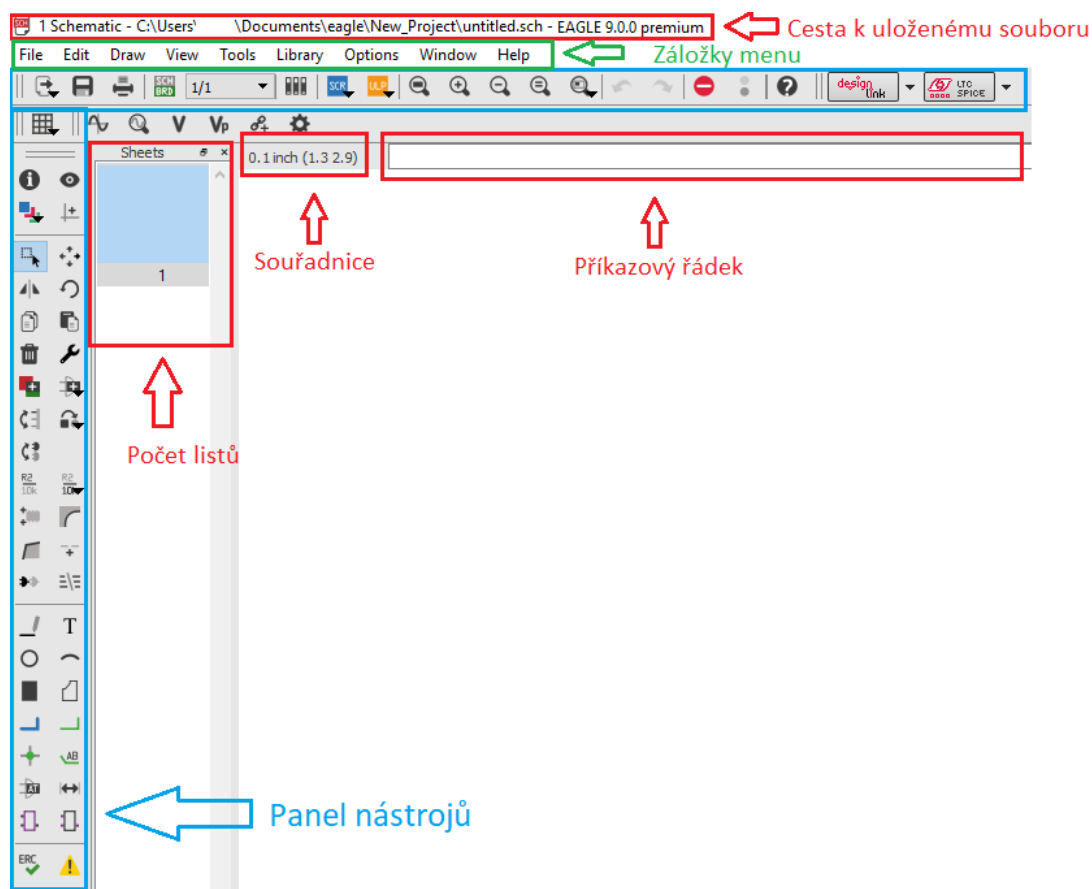


Obr. 44 - Pracovní prostředí schématického editoru



#### 4.4.1 Panel nástrojů - schéma


































Panel nástrojů lze nalézt v horní a boční části schématického editoru. Vzhled základních ikon zhruba představují danou funkci, kterou mají vykonávat. Ve schématickém editoru nechybí ani příkazový řádek, do kterého lze napsat příkaz, který následně program provede. S jednotlivými skupinami ikon lze manipulovat dle potřeby. Pokud skupina obsahuje symbol posunutí || lze segment libovolně přetahovat do horní nebo boční části panelu nástrojů. Pomocí podržení kurzoru myši na patřičnou ikonu se zobrazí její název. Některé z těchto nástrojů budou použity i později v editoru desky.



Obr. 45 - Nástroje schématického editoru


Následující Tab. 9 popisuje funkce jednotlivých příkazů. Panel nástrojů je velice přehledný a poměrně logický. Víceméně podle patřičné ikony lze poznat co zhruba daná funkce vykonává.

Tab. 9 – Nástroje editoru schématu

	<b>Open File</b>	Otevře schéma (*.sch) nebo desku (*.brd)
	<b>Save</b>	Uloží aktuální schéma (*.sch)
	<b>Print</b>	Vytiskne návrh schématu
	<b>Switch to Board</b>	Přepnutí ze schématického do editoru plošných spojů
	<b>Open Library</b>	Otevře knihovnu součástek
	<b>Execute script</b>	Spustí vybraný skriptový soubor (*.scr)
	<b>Run ULP</b>	Spustí vybraný uživatelský program (*.ulp)
	<b>Zoom to fit</b>	Nastaví automatické přiblížení
	<b>Zoom in</b>	Přiblížení plochy
	<b>Zoom out</b>	Oddálení plochy
	<b>Redraw</b>	Překreslení (vyčištění) plochy
	<b>Zoom select</b>	Přiblíží určitou část pomocí výřezu
	<b>Undo</b>	Vrátí krok zpět
	<b>Redo</b>	Vrátí krok vpřed
	<b>Stop</b>	Zastaví příkaz
	<b>Go</b>	Spustí příkaz
	<b>Help</b>	Otevře nabídku nápovědy
	<b>Search and order</b>	Přístup do online databáze produktů
	<b>LT Spice simulation</b>	Simulace elektronických obvodů
	<b>Grid</b>	Otevře nastavení rastru (mřížky)
	<b>Simulate</b>	Spustí dialogové okno simulace
	<b>OP Results Toggle</b>	Přepne zobrazování výsledků simulace na schéma
	<b>Voltage Probe</b>	Umístí napěťovou sondu
	<b>Phase Probe</b>	Umístí fázovou sondu
	<b>Add Model</b>	Přidání modelu
	<b>Source Setup</b>	Nastavení DC, AC a přechodných funkcí
	<b>Info</b>	Zobrazí informace o objektech
	<b>Show</b>	Zvýrazní určený objekt
	<b>Layer settings</b>	Nastavení viditelných vrstev
	<b>Mark</b>	Definuje počáteční bod 0
	<b>Group</b>	Vybere skupinu, kterou lze otáčet, kopírovat, vkládat, ...
	<b>Move</b>	Pohyb objektů
	<b>Mirror</b>	Zrcadlí objekty

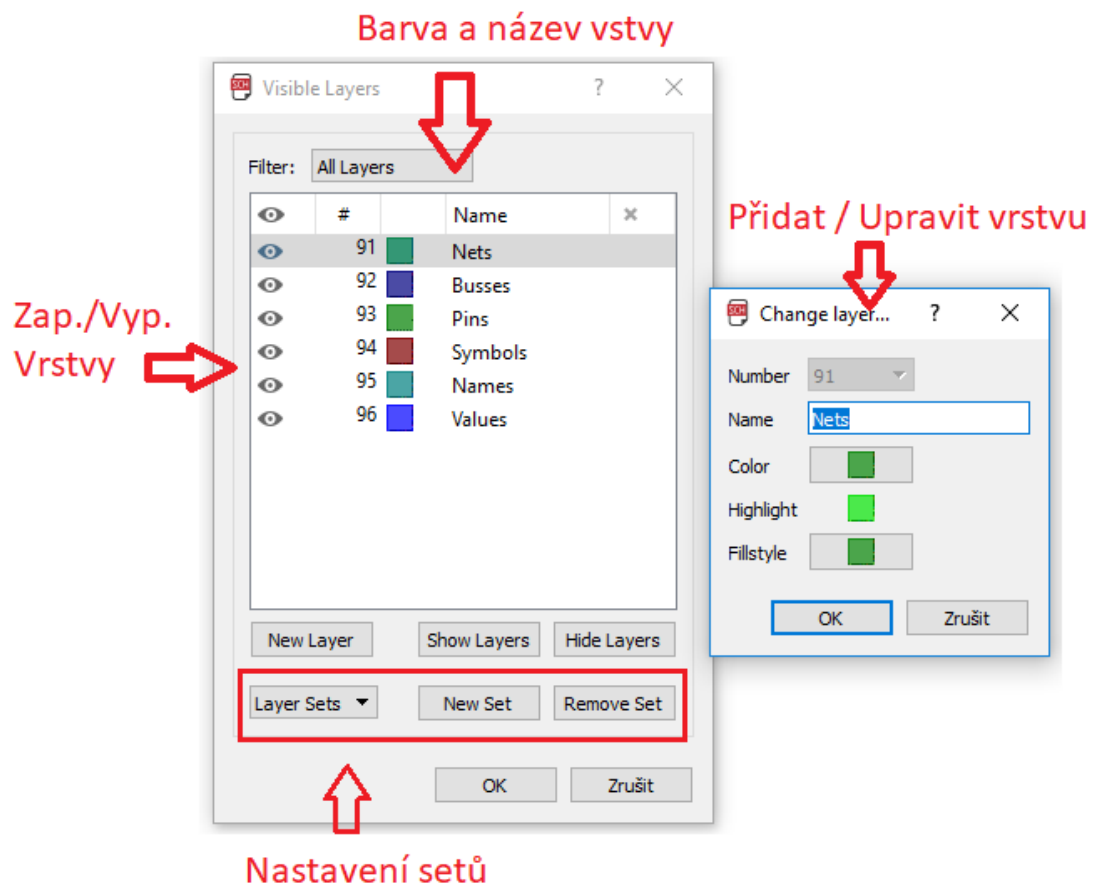
	<b>Rotate</b>	Otočí objekty o 90°.
	<b>Copy</b>	Kopíruje objekty
	<b>Paste</b>	Vloží kopírovaný obsah
	<b>Delete</b>	Smaže viditelné objekty
	<b>Change</b>	Změní vlastnosti objektu
	<b>Add a Design Block</b>	Přidá do schématu vytvořené bloky (*.dbl)
	<b>Add</b>	Přidá součástku z knihovny do schématu
	<b>Pinswap</b>	Prohození shodných pinů vývodů
	<b>Replace</b>	Nahradí součástku z knihovny za jinou
	<b>Gateswap</b>	Prohození pinu na součástce
	<b>Name</b>	Určí název objektu
	<b>Value</b>	Určí hodnotu objektu
	<b>Smash</b>	Odpojí text od součástky
	<b>Miter</b>	Zaoblení spoje
	<b>Split</b>	Zalomí spoje
	<b>Optimize</b>	Optimalizuje (spojí) segmenty
	<b>Invoke</b>	Přidání skryté části (většinou napájení nebo hradla u IO)
	<b>Slice</b>	Uřízne cestu na dvě části
	<b>Line</b>	Kreslení libovolné čáry ve vrstvě
	<b>Text</b>	Přidá libovolný text
	<b>Circle</b>	Kreslení kružnice
	<b>Arc</b>	Kreslení kruhového oblouku
	<b>Rect</b>	Kreslení obdélníkového tvaru
	<b>Polygon</b>	Kreslení polygonů
	<b>Bus</b>	Kreslení sběrnice (svazek vodičů Net)
	<b>Net</b>	Kreslení vodičů (propojení vývodů součástek)
	<b>Junction</b>	Vytvoření uzlu, který propojí více cest (Netů)
	<b>Label</b>	Označení názvu vodiče
	<b>Attribute</b>	Definuje atribut součástky
	<b>Dimension</b>	Určuje rozměry kótování
	<b>Module</b>	Vytvoří modul
	<b>Port</b>	Definuje rozhraní mezi cest uvnitř modulu
	<b>ERC</b>	Kontrola elektrických pravidel (Electrical Rule Check)
	<b>Errors</b>	Kontrola chyb

#### 4.4.2 Vrstvy

Veškeré informace o viditelných vrstvách jsou seřazeny po rozkliknutí ikony  **Layer settings**. Vrstvy nabízejí lepší přehlednost ve schématu, protože umožňují nastavení patřičné vrstvy ve formě zapnutí a vypnutí viditelnosti. Dále se jedná o specifické nastavení barev, názvů a sad. Vrstvy také slouží pro tisk. Viditelnost vrstev si uživatel nastaví podle jeho vlastního uvážení.


Základní vrstvy ve schématickém editoru:

- **Nets** – 91 – Spoje
- **Busses** – 92 – Sběrnice
- **Pins** – 93 – Připojovací body u součástky
- **Symbols** – 94 – Značka součástky
- **Names** – 95 – Název součástky
- **Values** – 96 – Hodnota součástky

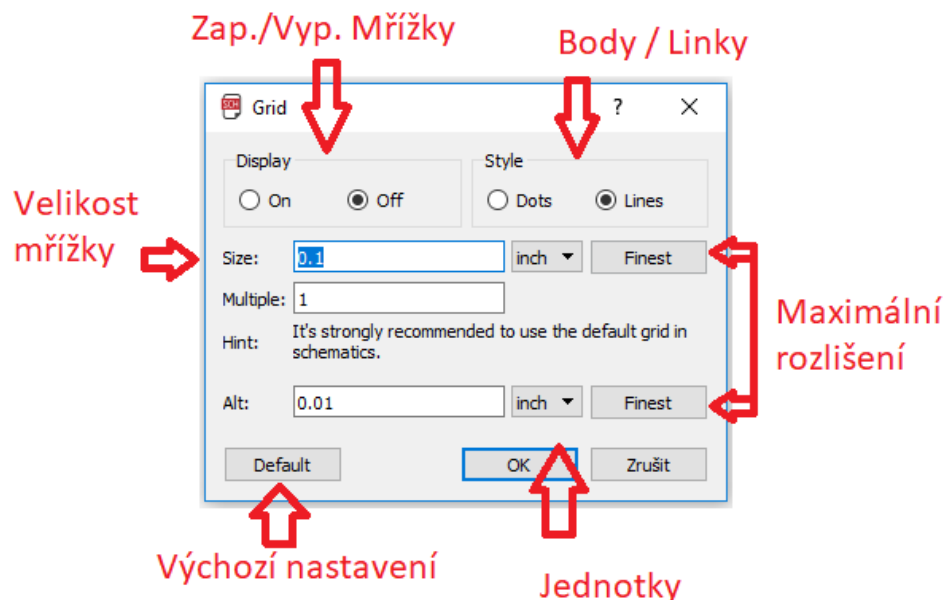


Obr. 46 – Dialogové okno Vrstvy (schéma)

#### 4.4.3 Rastr a zobrazení




Vhodné nastavení programu je velmi důležitým faktorem pro celý další postup návrhu schématu. Pro praktické využití návrhu schématu je potřebná znalost jednotek délky. Použití ikony  **Grid** lze nastavit velikost pokládacího rastru, jednotky, zobrazování mřížky nebo bodů. Naprostá většina součástek má své rozměry, které jsou definovány v palcích nebo v milimetrech. Převod jednotek je definován:

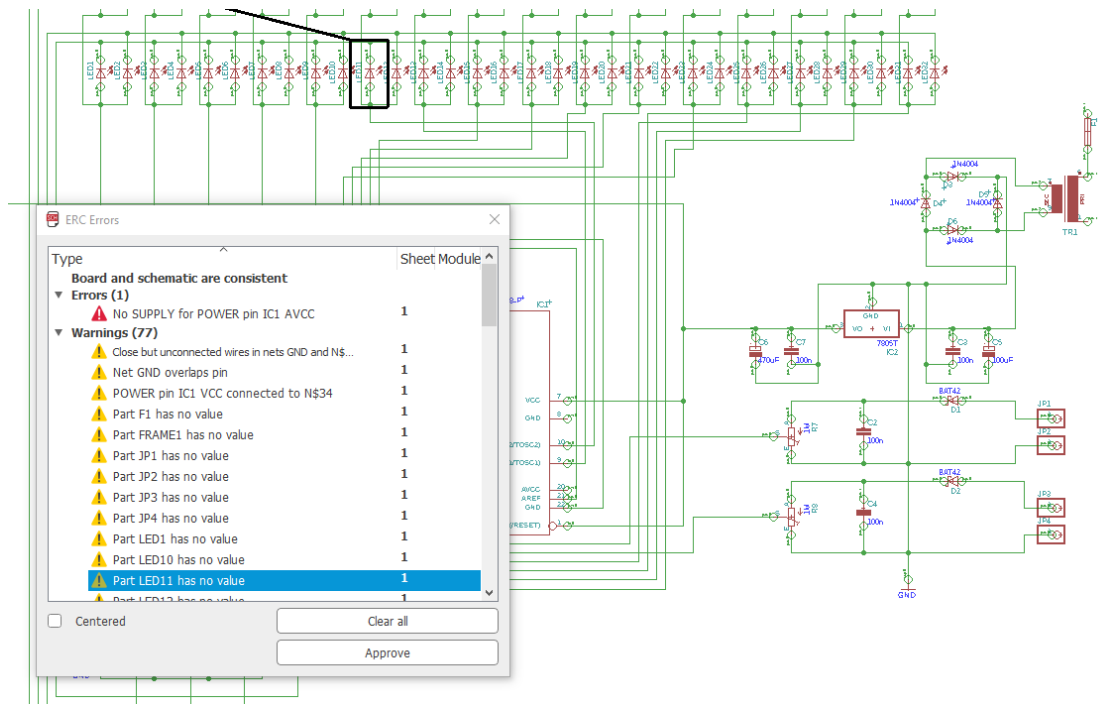
- 1 palec = 2,54 cm
- 1 mil = 0,001 palců
- 1 mm = 39,37 mil



Obr. 47 – Dialogové okno Mřížky

#### 4.4.4 ERC kontrola


Editor schémat disponuje kontrolním nástrojem nazývaným  **ERC** (Electrical Rule Check). Ten slouží ke zobrazování patřičných chyb a varování v nakresleném schématu. Je výhodné používat tuto funkci, protože při každém kreslení schématu může dojít k chybám způsobených uživatelem, obzvláště pokud se jedná o náročné schéma. **ERC** zobrazí problémové spoje, nepropojené vývody součástek nebo zobrazí varování, že některé součástky nemají přidělené hodnoty. Chyby se dělí na  **Warnings** a  **Errors**, které jsou závažnější, protože mohou způsobit nefunkčnost el. obvodu.



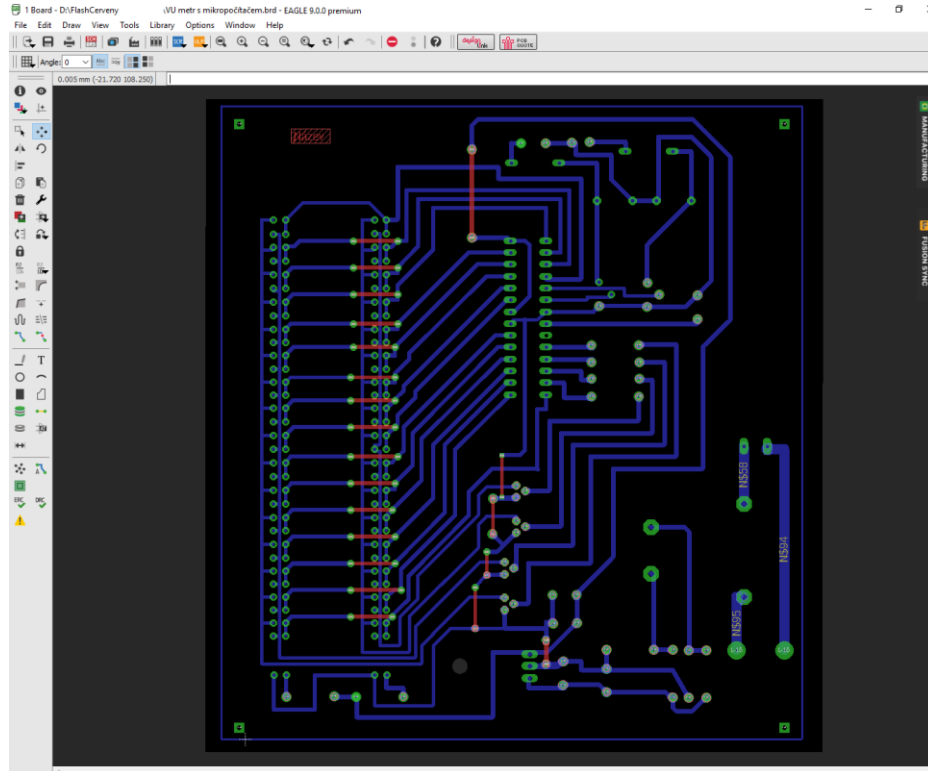
Obr. 48 – ERC kontrola

## 4.5 Editor plošných spojů

Návrh DPS se zakládá v rozmístění pouzder součástek, návrhu vedení spojů, definici obrysů desky, přepnutí do programu pro zobrazení desky ve 3D, či v různých technologických nastaveních pro finální úpravy až po generování technologických dat pro výrobu.

Vytvoření nového nebo otevření souboru plošných spojů (\*.brd) dokumentu lze provést dvěma způsoby. První způsob je v Control Panelu - **File** → **New/Open** → **Board**. Druhý způsob je přepnutí ze schématického editoru do editoru plošných spojů pomocí použití ikony  **Switch to Board** v dialogovém okně schématického editoru.

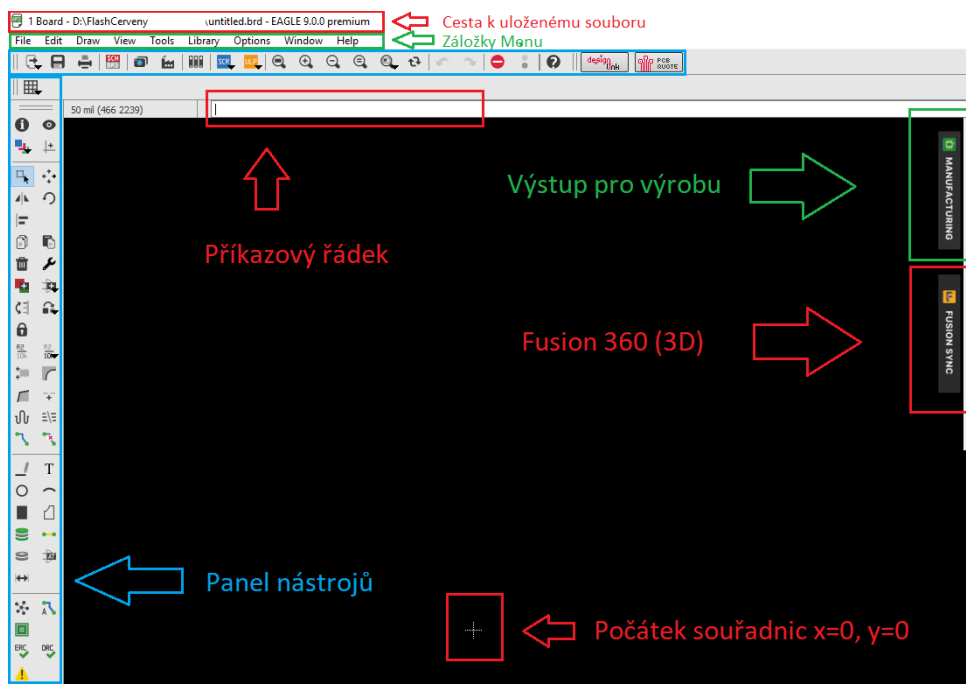
Prostředí editoru plošných spojů mimo jiné nabízí i přístup k synchronizaci dat z desky do programu Fusion 360. To umožňuje detailnější představu o tvorbě a rozmístění pouzder součástek na desku ve 3D zobrazení.



Obr. 49 - Pracovní prostředí editoru plošných spojů

#### 4.5.1 Panel nástrojů – plošné spoje

Prostředí editoru plošných spojů má velmi podobné prostředí jako ve schématickém editoru. Nicméně se liší menšími drobnostmi, které jsou pro tvorbu desky plošných spojů nezbytné.




Obr. 50 - Nástroje editoru plošného spoje

V následující Tab. 10 jsou popsány pouze nové funkce jednotlivých ikon. Ikony, které v tabulce chybí, byly popsány v Tab. 9 v podkapitole 4.1.1.

Tab. 10 – Nástroje editoru plošného spoje

	Switch to schematic	Přepnutí do schématického editoru
	CAM Processor	Data pro výstup
	Generate CAM data	Data pro výstup ve formátu (*.cam)
	Flip Board	Otočí desku zrcadlově
	PCB Service	Zobrazí výrobní parametry
	Align	Zarovná objekty
	Lock	Uzamkne pozici objektu
	Meander	Vypočet délky spoje a změna segmentu signálu
	Route	Kreslí ručně plošný spoj
	Ripup	Odstraní vytvořený plošný spoj
	Via	Vložení průchodky
	Signal	Vytvoří signální prodrátovaný spoj (nelze použít při kreslení ze schématického editoru)
	Hole	Vytvoří otvor na desce pro vrtání
	Ratsnest	Vypočítá nejkratší možné vzdušné spoje
	Autorouter	Spustí automatické propojení plošných spojů
	BGA Autorouter	Spustí automatické propojení BGA (Ball Grid Array)
	DRC	Kontrola pravidel návrhu desky (Design Rule Check)

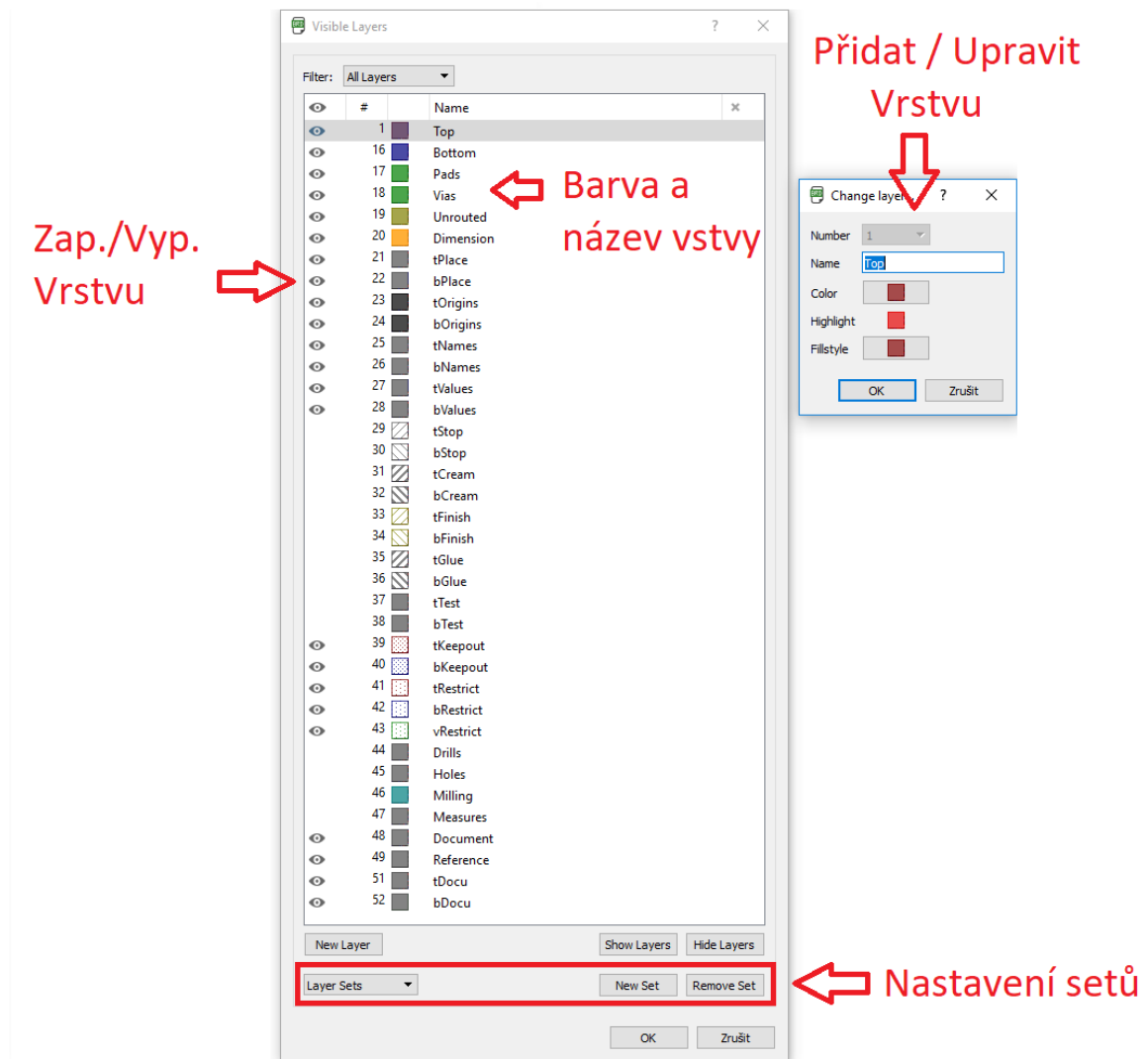
#### 4.5.2 Vrstvy

Veškeré informace o viditelných vrstvách jsou seřazeny po rozkliknutí ikony  **Layer settings**. Vrstvy nabízejí lepší přehlednost v návrhu desky plošných spojů, protože umožňují nastavení patřičné vrstvy ve formě zapnutí a vypnutí viditelnosti. Dále se jedná o specifické nastavení barev, názvů a sad. Vrstvy také slouží pro tisk. Viditelnost vrstev si uživatel nastaví podle jeho vlastního uvážení.




Základní vrstvy v editoru plošných spojů:

- **Top** – 1 – Vrchní vrstva, strana součástek
- **Bottom** – 16 – Spodní vrstva, strana spojů
- **Pads** – 17 – Pájecí plošky
- **Vias** – 18 – Prokovené průchodky
- **Unrouted** – 19 – Vzdušné spoje
- **Dimension** – 20 – Rámeček DPS
- **tPlace** a **bPlace** – 21, 22 – Pouzdro součástky (obrys), spodní a vrchní strana DPS
- **tOrigins** a **bOrigins** – 23, 24 – Uchopovací kotva součástky, spodní a vrchní strana DPS
- **tNames** a **bNames** – 25, 26 – Název součástky, spodní a vrchní strana DPS
- **tValues** a **bValues** – 27, 28 – Hodnota součástky, spodní a vrchní strana DPS
- **tStop** a **bStop** – 29, 30 – Solder stop mask, spodní a vrchní strana DPS
- **tCream** a **bCream** – 31, 32 – Pájecí pasta, spodní a vrchní strana DPS
- **tFinish** a **bFinish** – 33, 34 – Konec, spodní a vrchní strana DPS
- **tGlue** a **bGlue** – 35, 36 – Lepicí maska, spodní a vrchní strana DPS
- **tTest** a **bTest** – 37, 38 – Testovací info, spodní a vrchní strana DPS
- **tKeepout** a **bKeepout** – 39, 40 – Zakázané oblasti součástek, spodní a vrchní strana DPS
- **tRestrict**, **bRestrict** a **vRestrict** – 41, 42, 43 – Zakázané oblasti spojů, spodní a vrchní strana DPS
- **Drills** – 44 – Kótované otvory Pads a Vias
- **Holes** – 45 – Otvory pro přichycení DPS
- **Milling** – 46 – Frézování
- **Measures** – 47 – Rozměry
- **Document** – 48 – Dokumentace
- **Reference** – 49 – Referenční značky
- **tDocu** a **bDocu** – 51, 52 – Část dokumentace, spodní a vrchní strana DPS

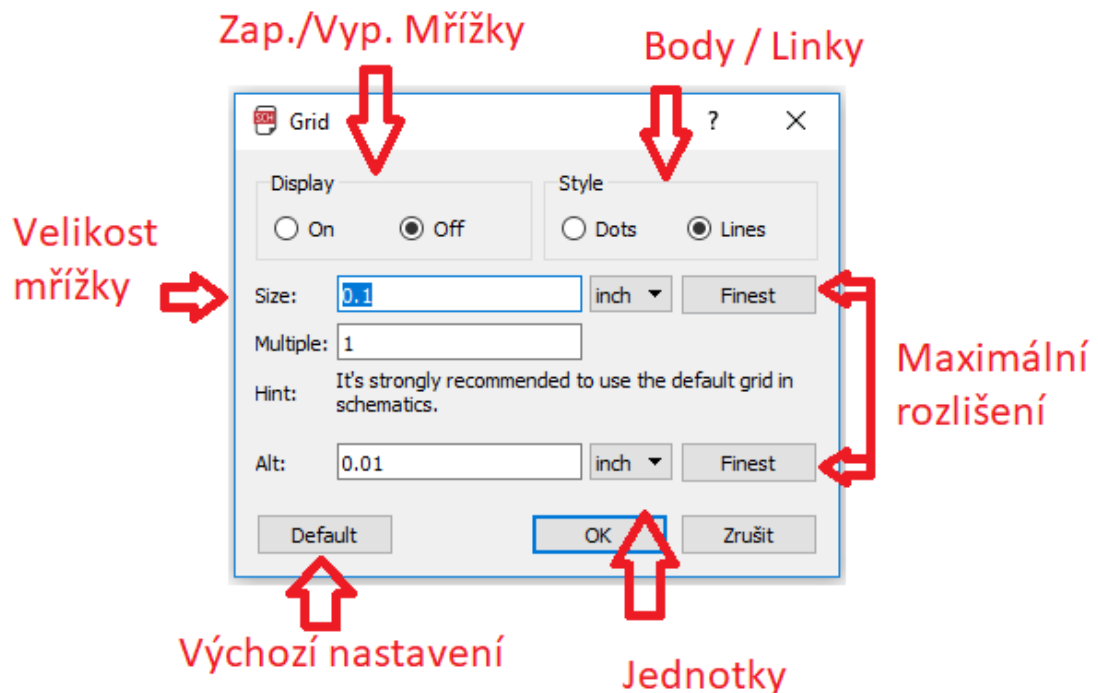


Obr. 51 – Dialogové okno Vrstvy (DPS)

### 4.5.3 Rastr a zobrazení

Vhodné nastavení programu je velmi důležitým faktorem pro celý další postup návrhu DPS. Pro praktické využití návrhu schématu je potřebná znalost jednotek délky. Použití ikony  **Grid** lze nastavit velikost pokládacího rastru, jednotky, zobrazování mřížky nebo bodů. Naprostá většina součástek má své rozměry, které jsou definovány v palcích nebo v milimetrech. Převod jednotek je definován:

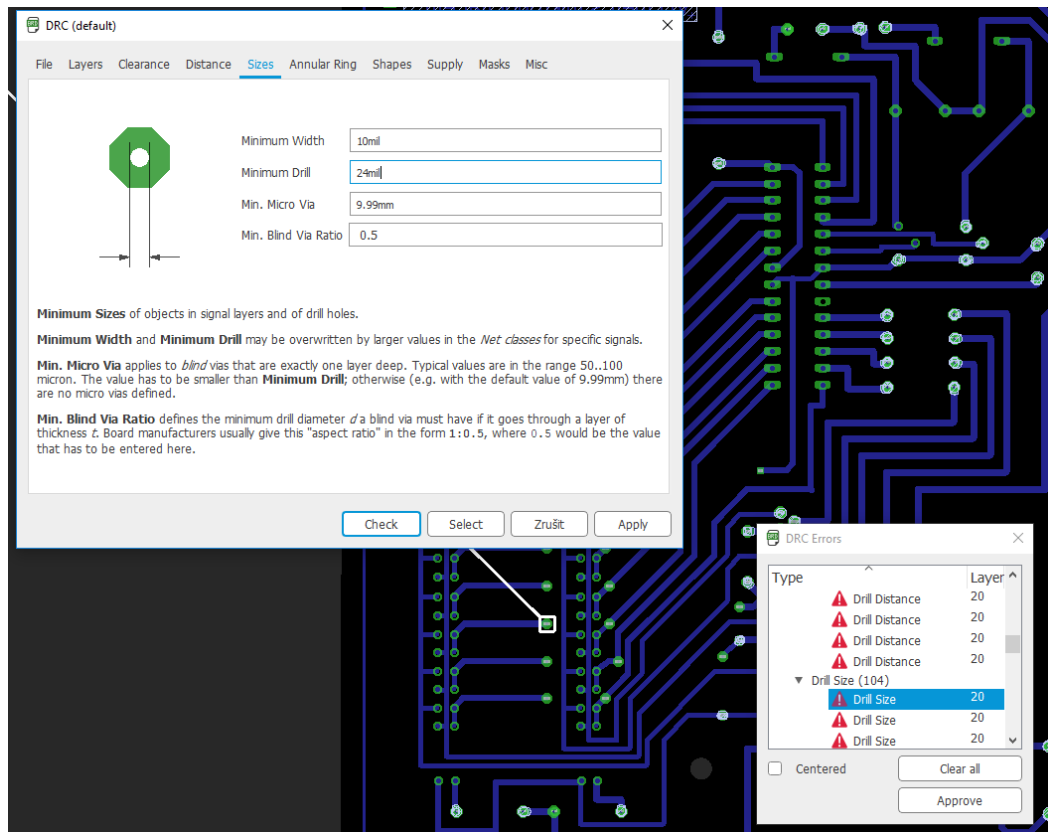
- 1 palec = 2,54 cm
- 1 mil = 0,001 palců
- 1 mm = 39,37 mil



Obr. 52 – Dialogové okno Mřížky

#### 4.5.4 DRC kontrola

Editor plošných spojů disponuje kontrolním nástrojem nazývaným <sup>DRC</sup> **DRC** (Design Rule Check). Ten slouží ke zobrazování finálních chyb a varování v kontrole navržené desky plošných spojů. Je výhodné používat tuto funkci ještě před vygenerování dat pro desku, protože při každém návrhu DPS může dojít k chybám způsobených uživatelem, obzvláště pokud se jedná o náročné rozmístění pouzder součástek a vodivých cest. Po kliknutí na funkci **DRC** se zobrazí dialogové okno, kde jsou různá nastavení od minimální velikosti cest, až po minimální velikost děr. To vše si může samotný uživatel nastavit, aby nevznikly nesrovnalosti. Po nastavení je nutné kliknout na příkaz **Check**, aby se kontrola provedla. Mezi časté chyby patří překreslení vrstvy vývodu součástky s cestou plošného spoje nebo určité nastavení velikosti děr vývodu či velikost vodivých cest. Chyby se zobrazují jako **Errors**.



Obr. 53 – DRC kontrola

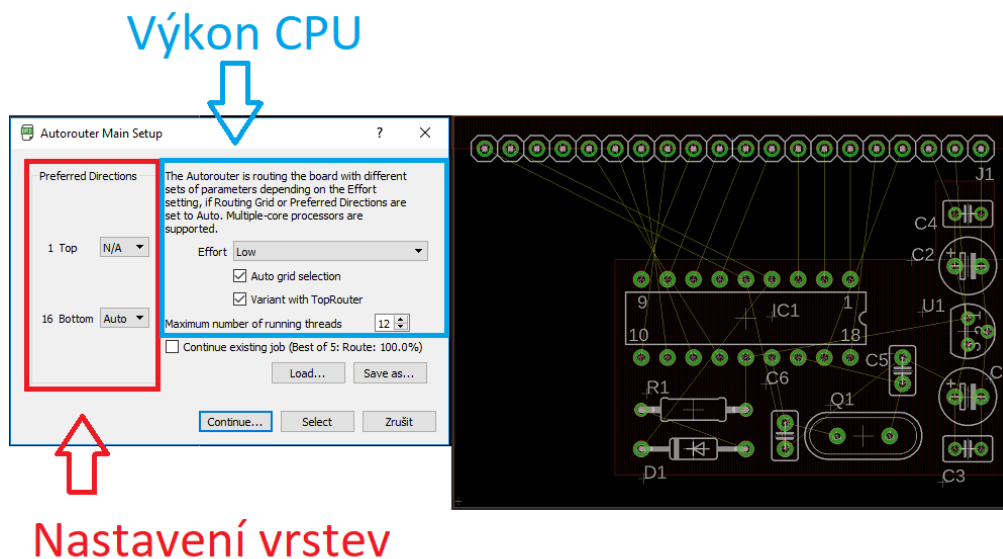
## 4.6 Autorouter

Existují dvě možnosti kreslení plošných spojů na desku – ruční návrh pomocí nástroje **Route** nebo automatický návrh pomocí **Autorouteru**. Tento užitečný nástroj vytváří mnoho variant umístění cest spojů pro aktuální komponenty umístěné na desce. Mezi hlavní důvody proč využívat autorouter je optimalizace umístění a nebo získání určité inspirace v propojení míst.

Autorouter se spouští ikonou **Autorouter** v panelu nástrojů v editoru plošného spoje. Po kliknutí na ikonu se otevře dialogové okno s potřebným nastavením pro autorouter. **Preferred Directions** pracuje s nastavením vrstev pro určitý směr trasy.

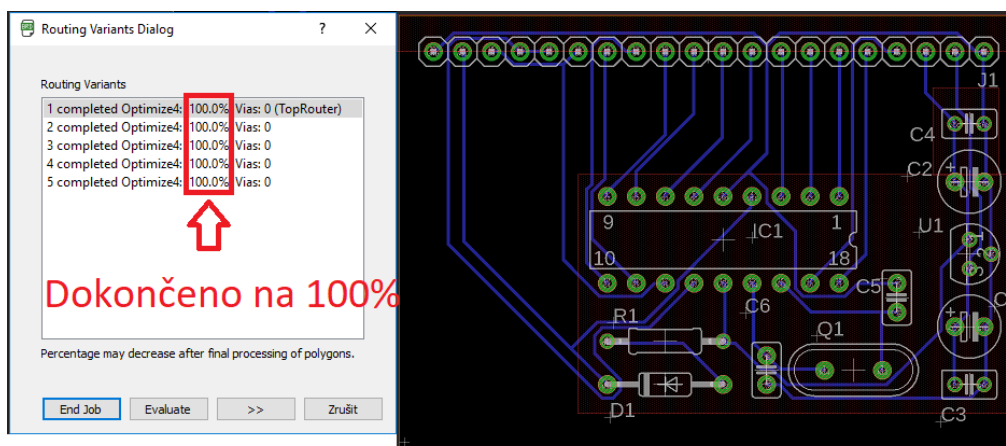
- - horizontální trasa
- | vertikální trasa
- / diagonální trasa
- \* žádná trasa
- N/A vynechaná vrstva
- **Auto** Automatická trasa všemi směry

Nastavení **Effort** udává počet variant směřování, které může být vytvořeno podle počtu množství kombinací - **Low/Medium/High**. Rychlost hledání cest závisí na vláknech CPU (Centrální procesorová jednotka) a jeho nastavení lze řídit v **Maximum number of running threads**.



Obr. 54 – Autorouter před

Po kliknutí na **Continue** se otevře nové dialogové okno **Routing Variants**, ve kterém se zobrazí seznam všech variant cest. Doba dokončení trvá podle nastavení.



Obr. 55 – Autorouter po

Po dokončení se zobrazí výsledky rozmístěných cest. Pokud je výsledek vyšší jak **85 %**, znamená to, že autorouter odvedl dobrou práci. V opačném případě je nutné zvážit další postupy pro rozmístění součástek na desce.

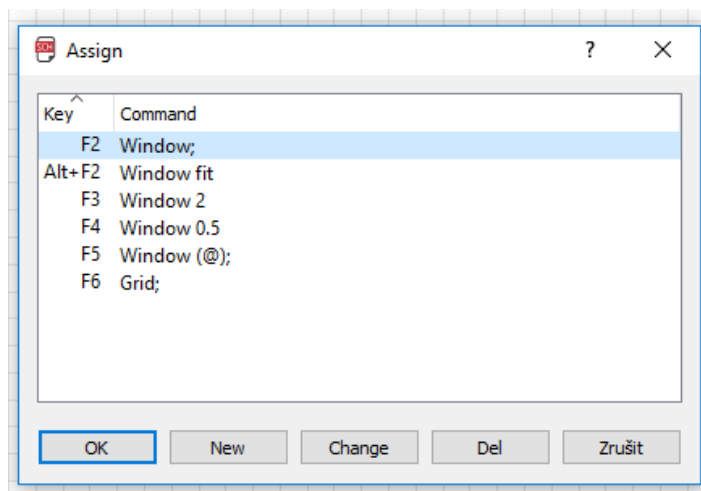
## 4.7 Klávesové zkratky

Pomocí kombinace tlačítek lze dosáhnout větší efektivity práce a v některých případech i bez použití myši jako součásti hardwaru počítače.

Tab. 11 – Základní klávesové zkratky

<b>F1</b>	Nápověda	<b>Ctrl + P</b>	Vytisknout schéma
<b>Ctrl + N</b>	Nový soubor	<b>Ctrl + F4</b>	Zavřít okno editoru
<b>Ctrl + O</b>	Otevřít soubor	<b>Alt + X</b>	Ukončit celý program
<b>Ctrl + S</b>	Uložit soubor	<b>Undo / Redo</b>	Zpět / Vpřed
<b>Esc</b>	Zrušit aktuální aktivitu		

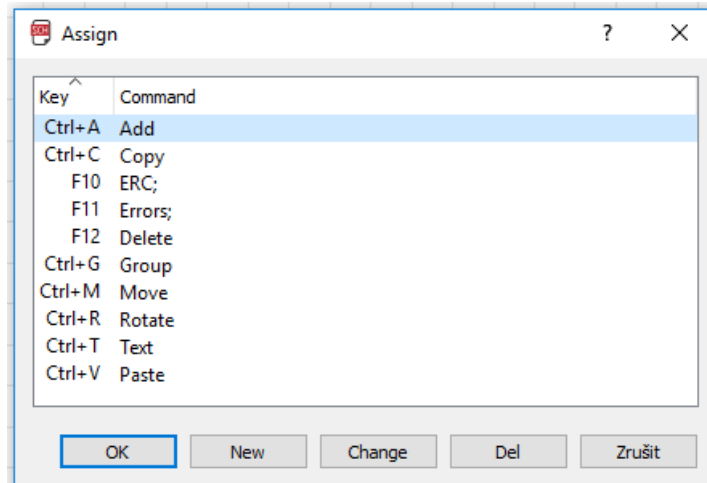
Některé zkratky jsou už přímo definované programem, ovšem i samotný uživatel si je může definovat zcela sám. Tím si do značné míry ušetří čas při tvorbě projektu. Klávesové zkratky v prostředí editoru schémat lze vytvořit, měnit nebo smazat. V následujícím Obr. 56 jsou definované zkratky programem.



Obr. 56 –

*Klávesové zkratky definované programem*

V záložce **Options** → **Assign** → **New** si lze vytvořit své zkratky. Každému vyhovuje jiná klávesová zkratka, nicméně pro rychlou práci jsou velmi potřebné a nezbytné. Proto je nutné vytvořit si alespoň pár zkratk u nejpoužívanějších příkazů. Jedná se zejména o příkazy typu kopírovat, vložit, přidat, otočit, vymazat, přesunout atd. Také je velmi důležité klávesové zkratky pojmenovat po příkazech. Byl by nesmysl mít pojmenovaný příkaz **Text** klávesovou zkratkou např. **Ctrl + B**. Na Obr. 57 jsou ty nejpotřebnější pro usnadnění práce v editoru schématu.



Obr. 57 –

*Klávesové zkratky definované uživatelem*

Psaní povelů a zkrácených výrazů do příkazové řádky je zapotřebí napsat pouze tolik začátečník písmen, kolik je jich nutných k odlišení od jiného výrazu a povelu.

## 4.8 Ovládání myši

Počítačová myš obsahuje tři tlačítka, která lze naplno využívat i pro rychlejší přechody k jednotlivým funkcím. Občas je daleko efektivnější kliknout na požadované tlačítko myši, než hledat funkci v panelech nástrojů.

**Levá tlačítka** slouží k označování, kreslení nebo umístění objektů.

**Pravé tlačítko** slouží k rychlým přechodům, otáčením nebo zrcadlením objektů.

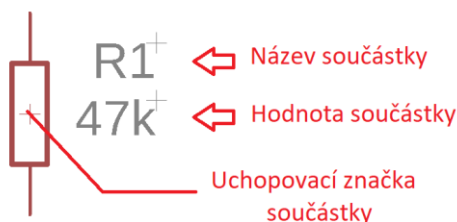
**Střední tlačítko** slouží k posunování, zrcadlení, přiblížení nebo změně aktivní vrstvy.

## 4.9 Knihovna součástek

Základním a nezbytným pilířem pro návrh elektronického schématu jsou knihovny, které obsahují určité schématické značky součástky a patřičné symboly. Správné dimenzování součástek složí pro funkční obvodový návrh. Za součástku lze považovat schématickou značku ve 2D zobrazení, která má přidělené pouzdro pro budoucí umístění a funkci na DPS. Součástku s přiděleným pouzdrem lze zobrazit i na desce ve 3D. Symbol je pouze pomocná značka, která přímo neexistuje na DPS a nemá vliv na funkčnost.

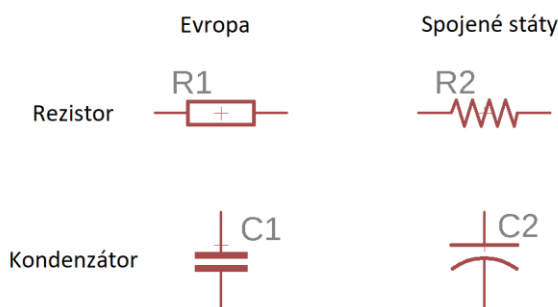


Obr. 58 – Součástka vs. Symbol



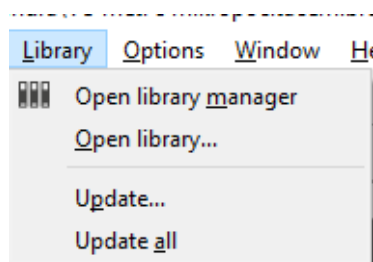
Obr. 59 – Součástka (Smash)

Velmi důležitou součástí, se kterou každý návrhář pracuje, je správný výběr součástky. Je nutné si zvolit správný typ, protože většina součástek je k dispozici v amerických nebo v evropských normách. V knihovně se vždy nacházejí obě verze komponentů, které mají označení EU (European union) a US (United States).



Obr. 60 – Evropské a Americké součástky


Záložka **Library** v obou editorech nabízí 4 základní funkce. První funkce **Open Library Manager** slouží k správě použitých a stažených knihoven do programu. Druhá funkce **Open library** slouží k otevření dodatečné knihovny z uživatelského počítače. Funkce **Update** a **Update all** funguje k aktualizacím definovaných knihoven.



Obr. 61 – Záložka Library



#### 4.9.1 ADD

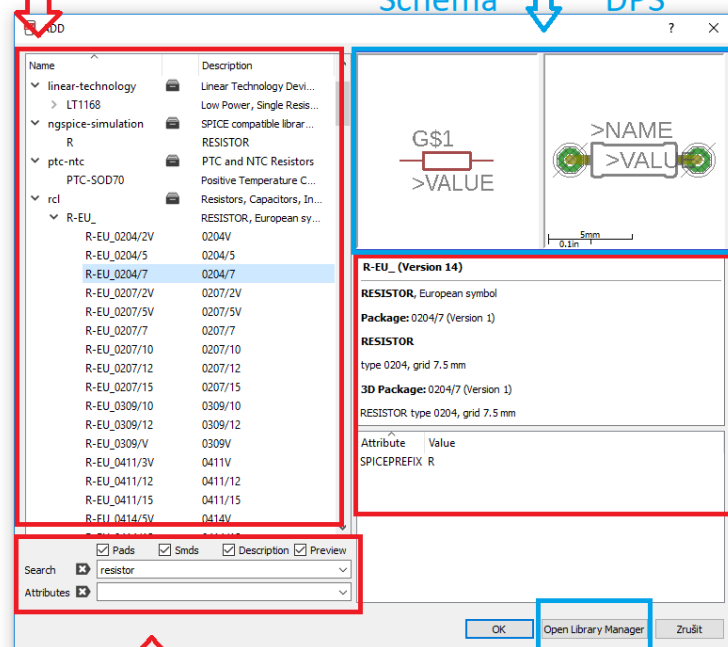
Součástku lze přidat i pomocí ikony  **ADD** jak ve schématickém editoru, tak i v editoru plošného spoje. Dialogové okno **ADD** zobrazí všechny součástky ze všech dostupných knihoven, které jsou stažené. Na Obr. 62 jsou všechny načtené knihovny ze kterých lze vybírat jednotlivé součástky. Knihovna obsahuje velké množství součástek a symbolů, a proto je implementovaná funkce **Search**, která umožňuje rychlé vyhledání konkrétní součástky a tím se ušetří množství času zbytečným hledáním ve stromové struktuře.

**Stromová struktura**

**Název a popis součástky**

**Součástka**

**Schéma** **DPS**




**Informace o součástce**

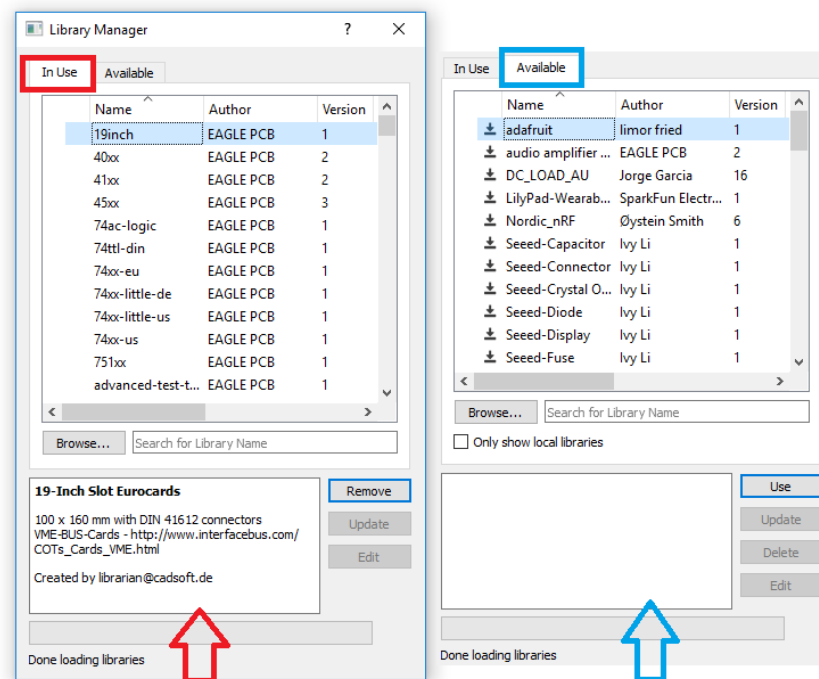
**Vyhledávání podle názvu a atributu**

**Otevře správce knihovny**

Obr. 62 – Ikona přidat (ADD)


#### 4.9.2 Správce knihoven

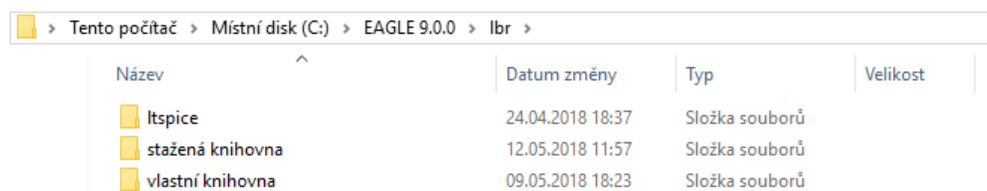
Další možností práce s knihovnami umožňuje správce knihoven (**Library manager**), který lze nalézt ve schématickém editoru a editoru plošného spoje pod ikonou  **Open library manager**. Existuje mnoho webových stránek, kde se dají různé typy hotových knihoven stáhnout ve formátu **.lbr**. Ty mají standardní výchozí instalační adresář programu v cílové složce **/lbr**. Příjemnější možností je stáhnutí potřebné knihovny přímo v programu právě ve zmiňovaném správci knihoven pod záložkou **Available**.



Knihovna stažená k použití      Knihovna ke stažení

Obr. 63 – Správce knihovny (Library Manager)

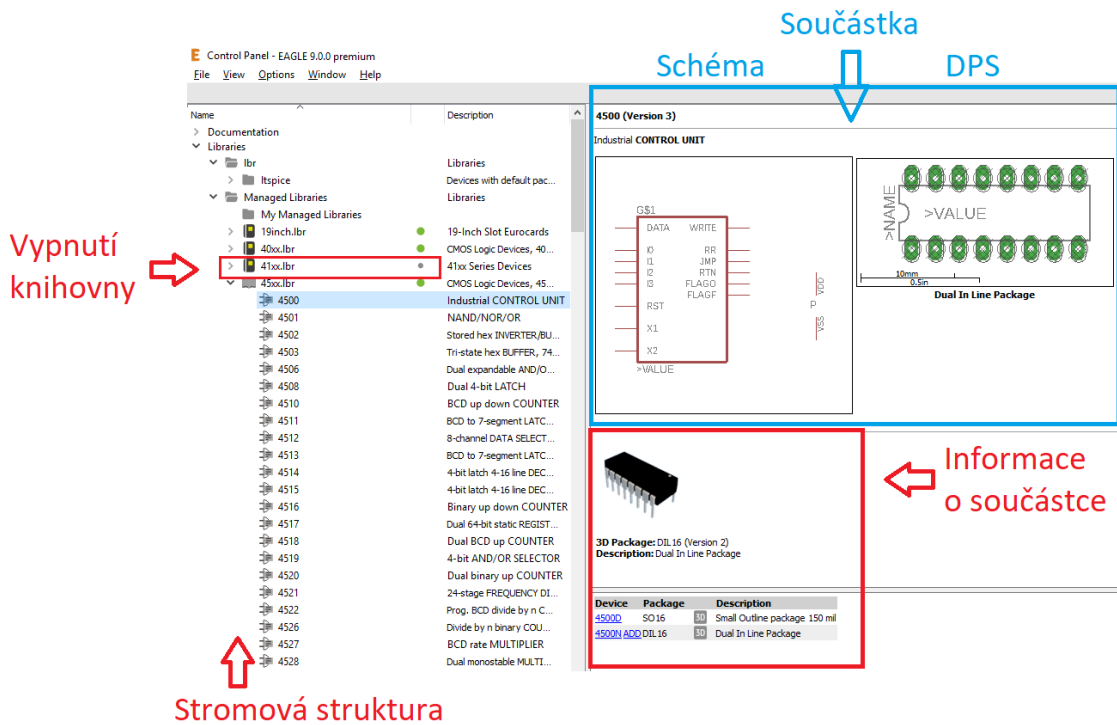
Přidání nové knihovny je velmi jednoduché. Stačí si kdekoliv na internetu stáhnout knihovnu se soubory **.lbr** a umístit ji do adresáře, kde je nainstalovaný software EAGLE. Implementace knihovny v programu se nastavuje kliknutím na ikonu  **Library Manager** → **Browse** → **Eagle (verze)** → **Složka /lbr** → **Soubor(y) .lbr**.



Obr. 64 - Stažená knihovna v adresáři /lbr

### 4.9.3 Knihovna v Control Panelu

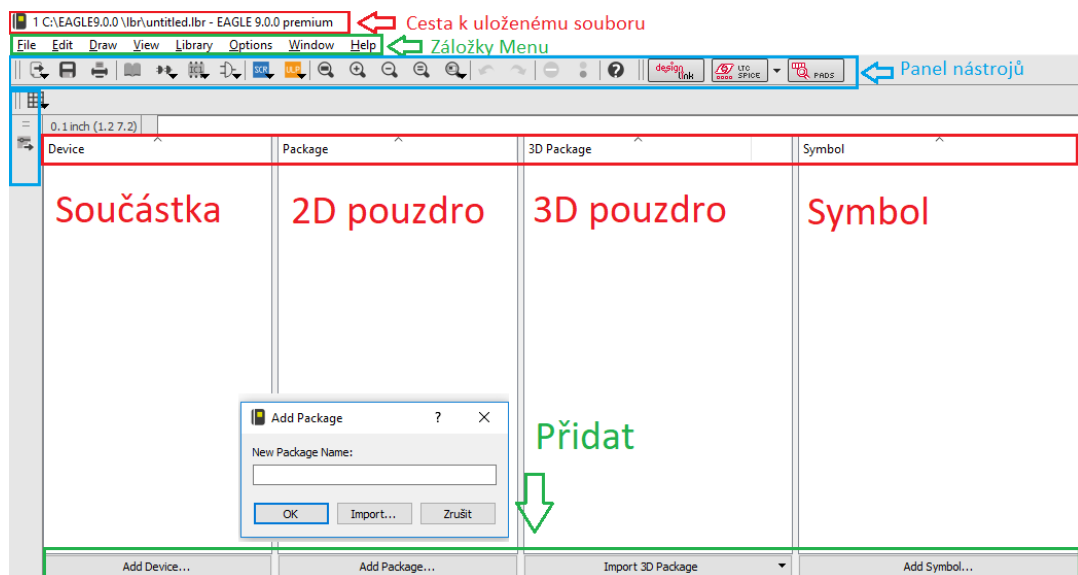
Stromová struktura nabízí kompletní databázi součástek. Souborná databáze adresářů, které zahrnují veškeré součástky, symboly, 2D a 3D pouzdra součástek. Některé adresáře součástek lze vypnout pomocí kliknutí na zelené kolečko, které se zbarví do barvy šedé. Proces se dá vrátit opětovným kliknutím na šedé kolečko. Pro rychlý výběr všech nebo žádné knihovny se provádí pomocí příkazů **Use all** / **Use none**, který je možné provést kliknutím pravým tlačítkem myši na položku **Libraries**. Výběr knihoven není důležitý, ale zrychluje samotnou práci, přehlednost výběru součástek a načítání.



Obr. 65 - Knihovna v Control Panelu






#### 4.9.4 Nová knihovna a součástka

Novou knihovnu součástek s vlastním názvem je možné vytvořit po rozkliknutí záložky v hlavním okně **File** → **New** → **Library**. Poté se otevře dialogové okno editor knihovny, kde se vytváří samotná součástka. Vytvořené součástky tvoří celou vytvořenou knihovnu. Součástka (**Device**) se skládá z pouzdra součástky ve 2D a ve 3D zobrazení (**Package**) a ze symbolu součástky (**Symbol**).








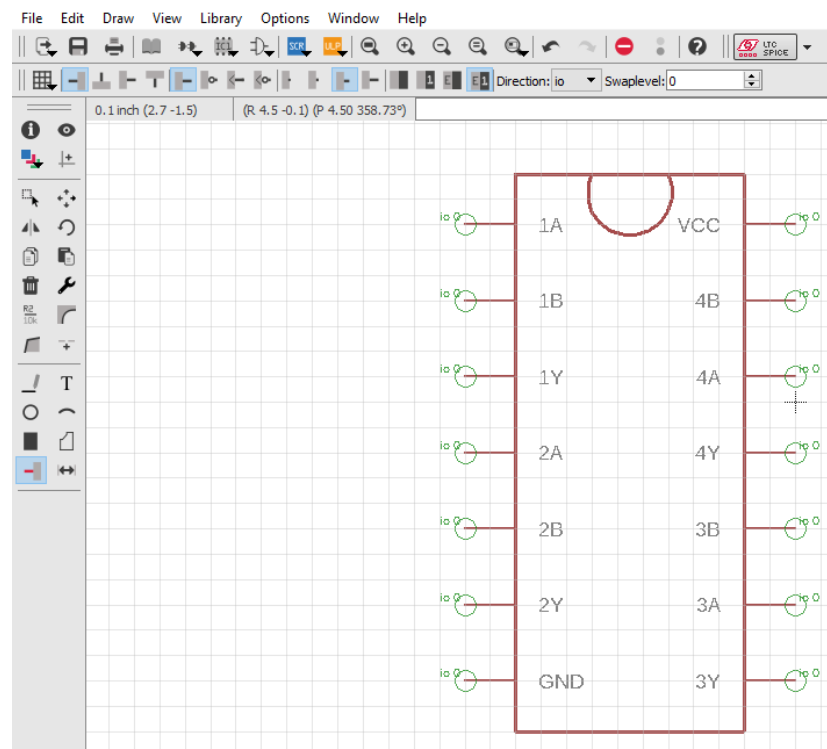
Obr. 66 - Nástroje v prostředí knihoven

Tab. 12 – Nástroje v editoru knihovny

	Table of contents	Otevře editor knihovny s obsahem součástky
	Device	Otevře editor pro spojení symbolu a pouzdra
	Package	Otevře editor plošných spojů pro tvorbu pouzdra součástky
	Symbol	Otevře editor schématu pro tvorbu symbolu součástky
	Edit	Otevře dialogové okno s úpravami







## Symbol

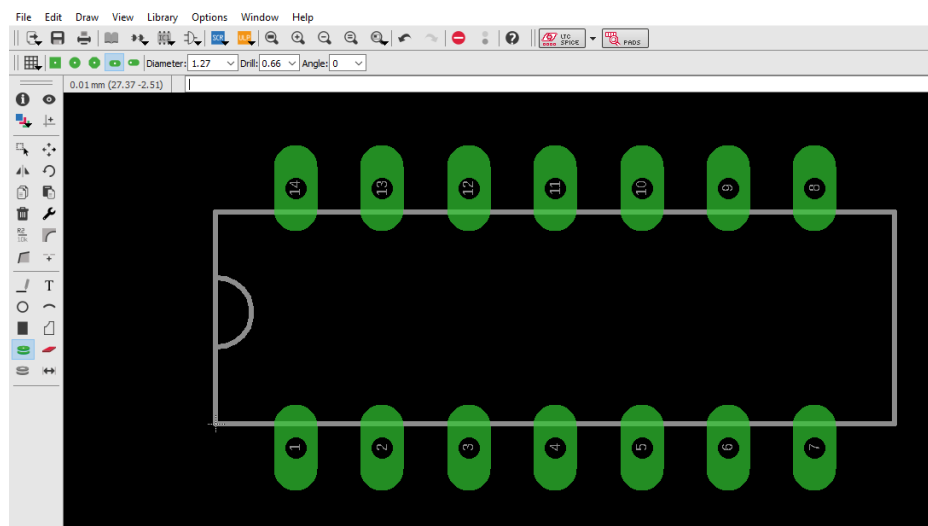
Pro tvorbu modelu součástky ve schématu je zapotřebí kliknutí na **Add Symbol** nebo na cestu *Library* →  *Symbol*. V editoru pro tvorbu symbolu součástky jsou podobné ikony a příkazy jako u normálního schématického editoru. Nejpoužívanějšími ikony pro kreslení symbolů jsou příkazy  **Line**,  **Rect**,  **Circle** a  **Pin**. U pinu lze definovat délku, rotaci, význam a popis Obr. 67. Nesmí se zapomenout, že se součástky kreslí ve vrstvě 94 **Symbol**, zatímco název součástky pomocí příkazu **T Text** ve vrstvě 95 **Names**. Hodnota součástky se definuje pomocí příkazu **T Text** ve vrstvě 96 **Values**. Důležitým znakem před názvem a hodnotou je znak >, díky němuž dojde k automatickému přepsání při vložení součástky do schématu.



Obr. 67 - Editor pro tvorbu symbolu

### Pouzdro (2D)

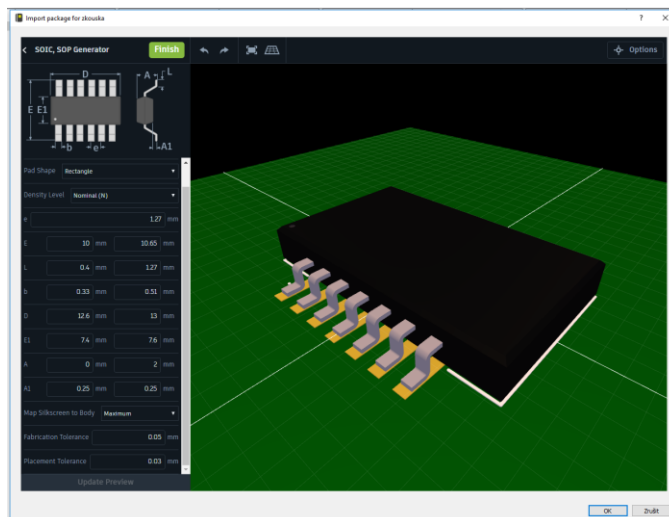
Po uložení symbolu součástky je nutné vytvořit i pouzdro pro DPS. Spojením symbolu a pouzdra vznikne samotné součástka. Pro přepnutí do editoru plošných spojů pro tvorbu pouzdra součástky je potřeba kliknout na ikonu  **Package**. Po kliknutí vyskočí dialogové okno Edit, které zobrazuje vytvořené názvy daného segmentu. V editorském rozhraní je také většina ikon stejných jako v ostatních editorech. Nejpoužívanějšími ikonami pro tvorbu pouzder součástek jsou příkazy  **Smd** a  plošky **Pad**. Pro oba příkazy lze definovat jejich vlastnosti. Ikona  **Name** definuje název vývodů součástky. Pro ikonu  **Pad** se v položce **Shape** nastavuje tvar plošky, v položce **Diameter** se nastavuje velikost pájecí plošky, v položce **Drill** se nastavuje průměr díry pro vývody a v položce **Angle** se nastavuje rotace ve stupních 0, 90, 180 a 270. Pro ikonu  **Smd** se v položce **Size** nastavuje velikost plošky, v položce **Roundness** se nastavuje míra zaoblení v procentech a opět v položce **Angle** rotace ve stupních 0, 90, 180, 270. Veškerá tvar pouzdra se kreslí ve vrstvě 21 **tPlace**, zatímco název součástky pomocí příkazu **T Text** ve vrstvě 25 **tNames**. Hodnota součástky se definuje pomocí příkazu **T Text** ve vrstvě 27 **tValues**. Univerzální název a hodnota se značí pomocí znaku >, stejně jako u vytváření symbolu ve schématickém editoru. Při práci je vhodné dodržovat specifikace dle **datasheetu** (dokumentace o součástce).



Obr. 68 - Editor pro tvorbu pouzdra součástky (2D)






### Pouzdro (3D)

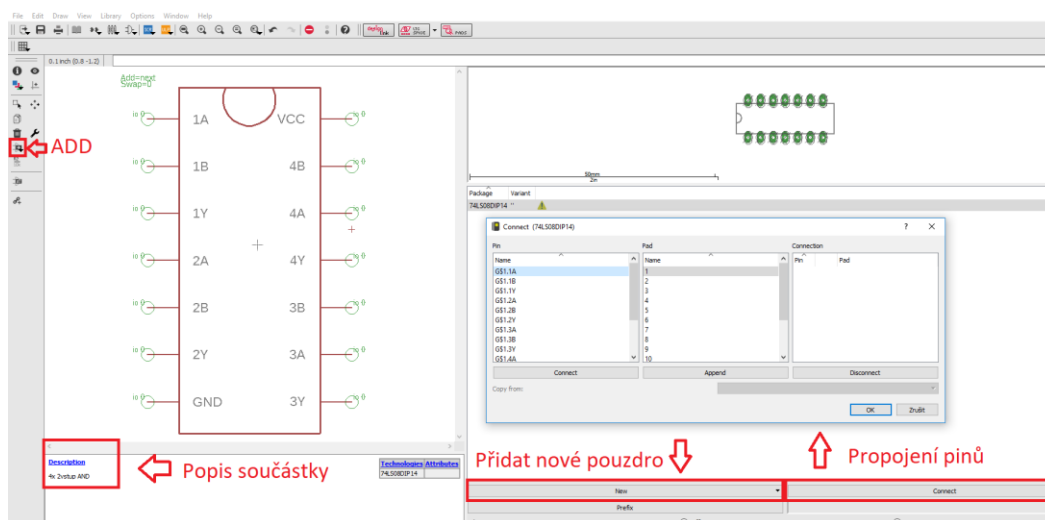
Pro zobrazení a vytvoření pouzdra ve 3D lze využít generátor nebo stáhnout předem vytvořené pouzdro z internetu. Stačí kliknout na Import 3D Package, kde právě tyto dvě možnosti jsou k dispozici.



Obr. 69 - Editor pro tvorbu pouzdra součástky (3D)


## Součástka

Kompletním spojením symbolu a pouzdra součástky vznikne plnohodnotná součástka. Kliknutím na ikonu  **Device** se otevře nové dialogové okno pro spojení symbolu a pouzdra součástky. Příkazem  **ADD** se přidá vybraný symbol a příkazem **New** se přidá vybrané pouzdro součástky. Ke spojení symbolu a součástky se použije tlačítko **Connect**. Kompletní součástka musí být spojená pinem (symbolem) a padem (pouzdem). Program proto upozorní dvěma ikonami. První z nich značí, že piny a pady nejsou spojeny , v lepším případě se objeví značka , že spojení proběhlo v pořádku. Tlačítko **Prefix** označuje písmeno součástky, např. odpory R, kondenzátory C apd. Vše se uloží pod vlastním názvem knihovny. Pro kontrolu je nutné se ve schématickém editoru dostat k  **Open Library manager**, kde se pod záložkou **Available** nebo **Browse** naimportuje knihovnu pod vytvořeným názvem.

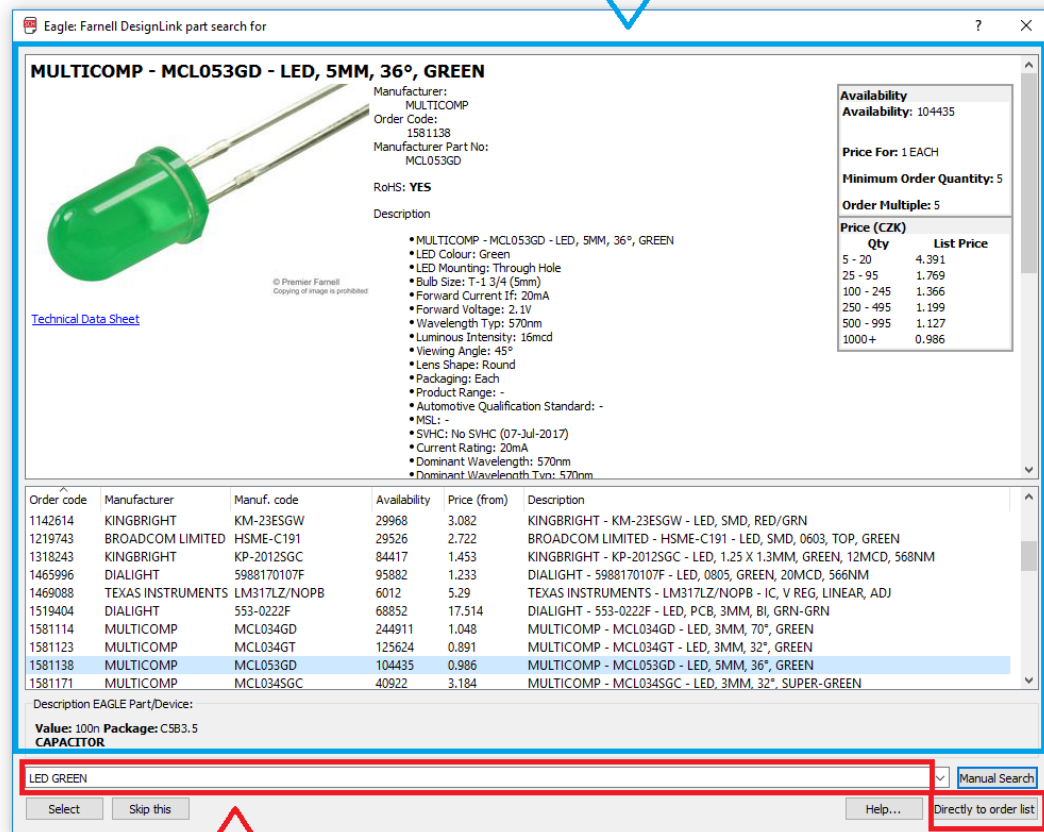


Obr. 70 – Editor pro spojení symbolu a pouzdra součástky

#### 4.9.5 Seznam součástek

Program EAGLE umožňuje generovat textový dokument o vybraných součástkách z virtuálního obchodu. Také umožňuje přímo objednat součástky z vybraného e-shopu. Funkci lze nalézt v obou editorech pod ikonou  **Design Link**. V dialogovém okně **Design Link** lze vidět veškeré informace o součástce i s pěkným grafickým provedením samotné součástky, kterou lze vyhledat a přidat do košíku.

Informace o součástce



The screenshot shows the Eagle DesignLink part search interface. At the top, a blue arrow points to the title 'Informace o součástce'. The main window displays details for 'MULTICOMP - MCL053GD - LED, 5MM, 36°, GREEN'. It includes a photo of the LED, technical specifications, and a price table. A red box highlights the search input field at the bottom containing 'LED GREEN', with a red arrow pointing to it and the text 'Vyhledávání součástky'. Another red box highlights the 'Directly to order list' button, with a red arrow pointing to it and the text 'Otevře Nákupní seznam'.

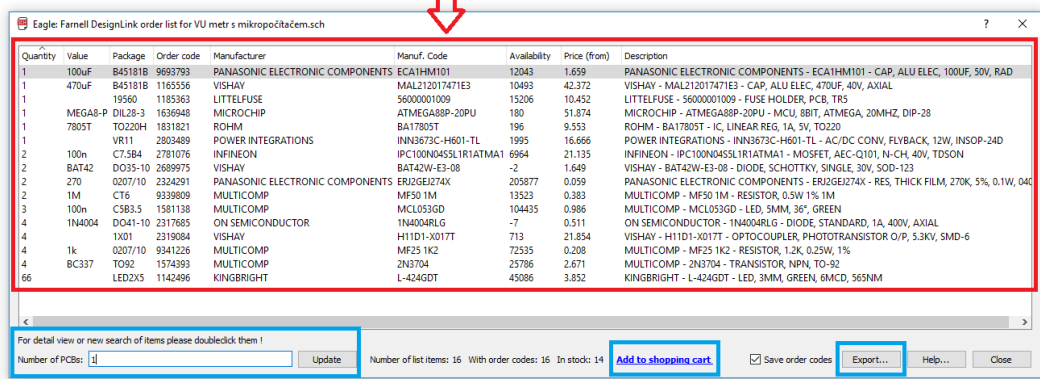
Qty	List Price
5 - 20	4.391
25 - 95	1.769
100 - 245	1.366
250 - 495	1.199
500 - 995	1.127
1000+	0.986

Order code	Manufacturer	Manuf. code	Availability	Price (from)	Description
1142614	KINGBRIGHT	KM-23ESGW	29968	3.082	KINGBRIGHT - KM-23ESGW - LED, SMD, RED/GRN
1219743	BROADCOM LIMITED	HSME-C191	29526	2.722	BROADCOM LIMITED - HSME-C191 - LED, SMD, 0603, TOP, GREEN
1318243	KINGBRIGHT	KP-2012SGC	84417	1.453	KINGBRIGHT - KP-2012SGC - LED, 1.25 X 1.3MM, GREEN, 12MCD, 568NM
1465996	DIALIGHT	5988170107F	95882	1.233	DIALIGHT - 5988170107F - LED, 0805, GREEN, 20MCD, 566NM
1469088	TEXAS INSTRUMENTS	LM317LZ/NOPB	6012	5.29	TEXAS INSTRUMENTS - LM317LZ/NOPB - IC, V REG, LINEAR, ADJ
1519404	DIALIGHT	553-0222F	68852	17.514	DIALIGHT - 553-0222F - LED, PCB, 3MM, BI, GRN-GRN
1581114	MULTICOMP	MCL034GD	244911	1.048	MULTICOMP - MCL034GD - LED, 3MM, 70°, GREEN
1581123	MULTICOMP	MCL034GT	125624	0.891	MULTICOMP - MCL034GT - LED, 3MM, 32°, GREEN
1581138	MULTICOMP	MCL053GD	104435	0.986	MULTICOMP - MCL053GD - LED, 5MM, 36°, GREEN
1581171	MULTICOMP	MCL034SGC	40922	3.184	MULTICOMP - MCL034SGC - LED, 3MM, 32°, SUPER-GREEN

Obr. 71 – Virtuální obchod DesignLink

Po vybrání veškerých součástek se zobrazí přehledný seznam součástek, který se vyobrazí pomocí zadaného tlačítka **Select**. Pro úpravu z důvodu překliknutí nebo z důvodu chybějícího objednávacího kódu, lze levým tlačítkem myši upravit hledanou součástku. Počet desek určuje násobek objednaných kusů. Kompletní objednávku lze dokončit buď vytvořenou objednávkou v e-shopu nebo textovým souborem pro tisk.

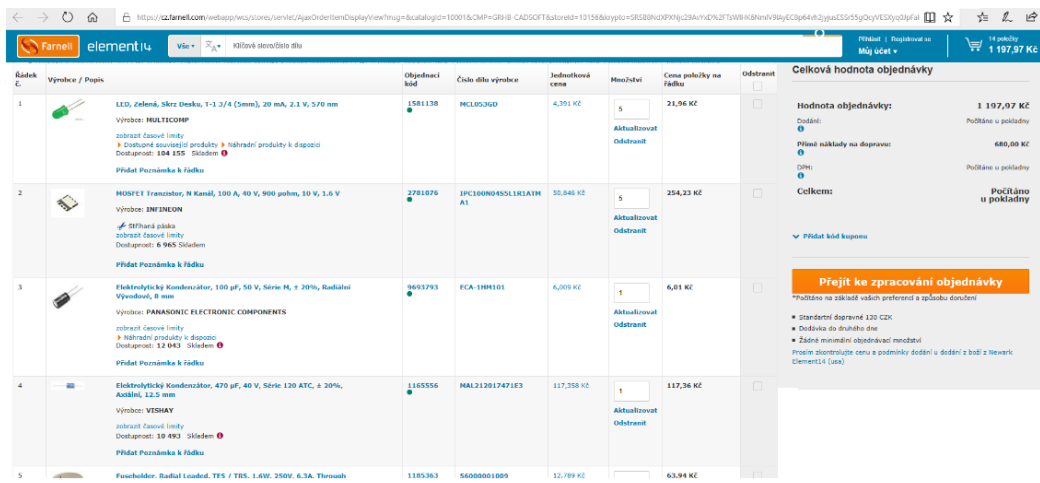
Nákupní seznam součástek



↑ Počet desek (DPS)      ↑ Objednávka v e-shopu      ↑ Textový dokument

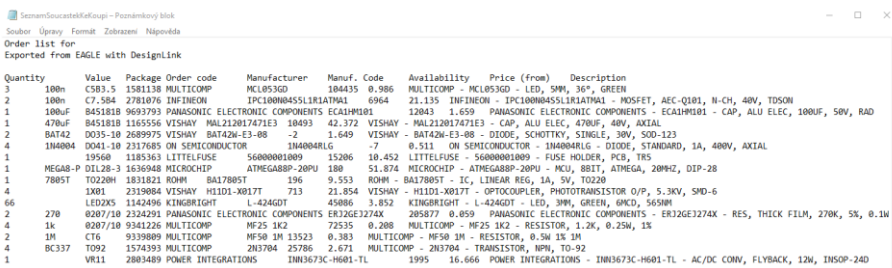
Obr. 72 – Nákupní seznam součástek

Kliknutím na přidání do nákupního košíku (**Add to shopping card**) se otevře webová stránka se zpracovanou objednávkou. Nákupní košík disponuje zadanými součástkami i s konečnou cenou za celý nákup. Velice jednoduché.



Obr. 73 – Nákupní seznam součástek e-shop

Kliknutí na **Export** se uloží textový soubor s příponou **.txt**. To lze využít pro lepší nákup v kamenném obchodě, kde stačí předat obsluhu vytisknutý dokument o seznamu součástek.





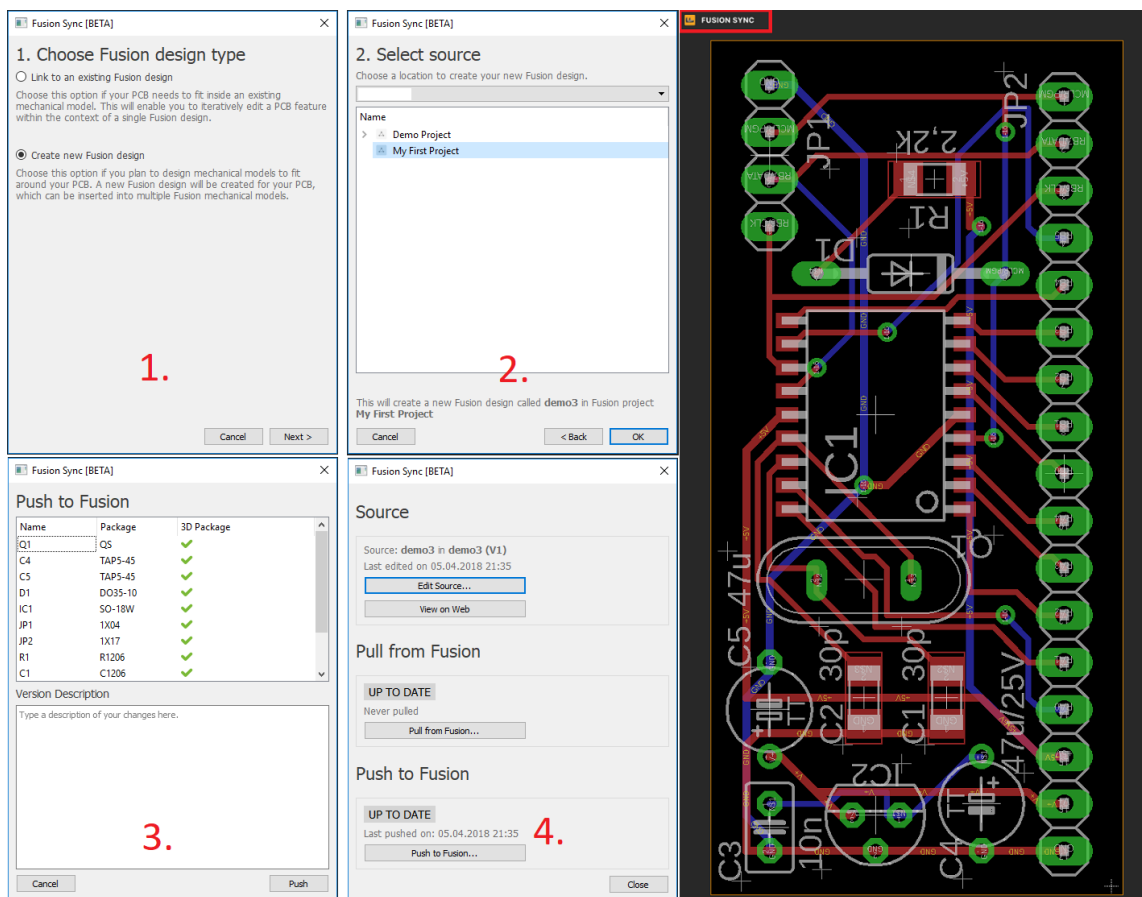
Obr. 74 - Nákupní seznam součástek .txt



## 4.10 Fusion 360

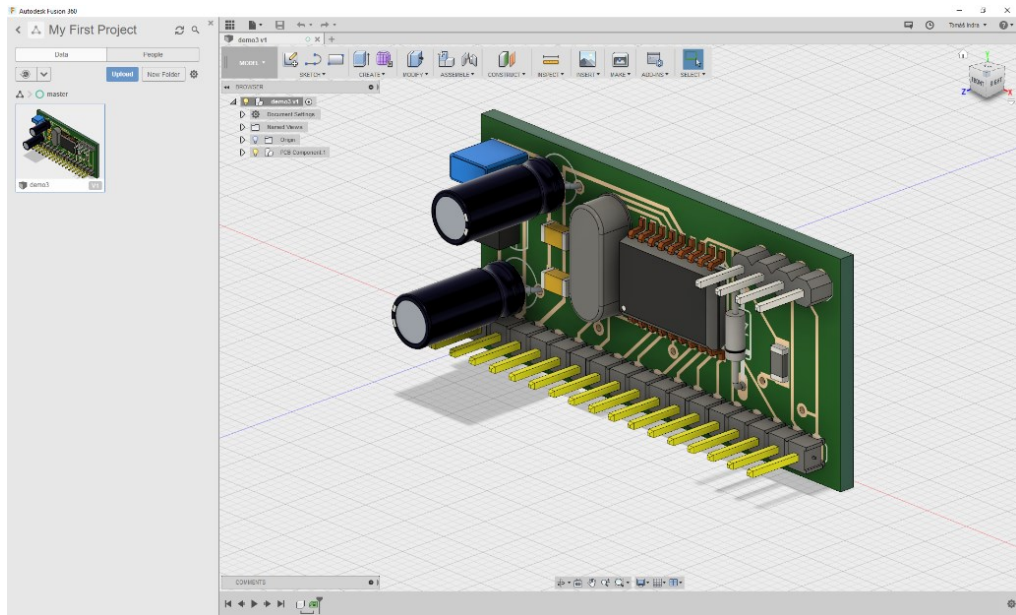
Pro reálné zobrazení náhledu desky ve virtuálním 3D prostředí funguje cloud software od Autodesku – Fusion 360. Ten je ke stažení na oficiálních stránkách výrobce. Pro přihlášení se použije již zaregistrovaný účet jako do programu EAGLE.

V editoru plošného spoje se nachází ikona **Fusion Sync**. Po kliknutí na ikonu se zobrazí dialogové okno **Function Sync [Beta]**. V prvním části je nutné zvolit **Create new Fusion design**. Ve druhém části se synchronizuje zaregistrovaný účet Autodesk s programem Autodesk Fusion 360. Třetí krok je velmi důležitý, protože zobrazuje součástky, které obsahují  či neobsahují  3D pouzdro. Po stisknutí **Push** program pracuje do té chvíle, než zobrazí čtvrté dialogové okno, které mapuje souhrn pokynů.



Obr. 75 – Postup Fusion 360

Velmi jednoduše se celý obsah DPS přenesl do programu Fusion 360. V programu lze vidět implementaci desky, která zahrnuje všechny 3D komponenty. Reálné zobrazení 3D modelů je plně využitelné ve všech osách – x, y, z.

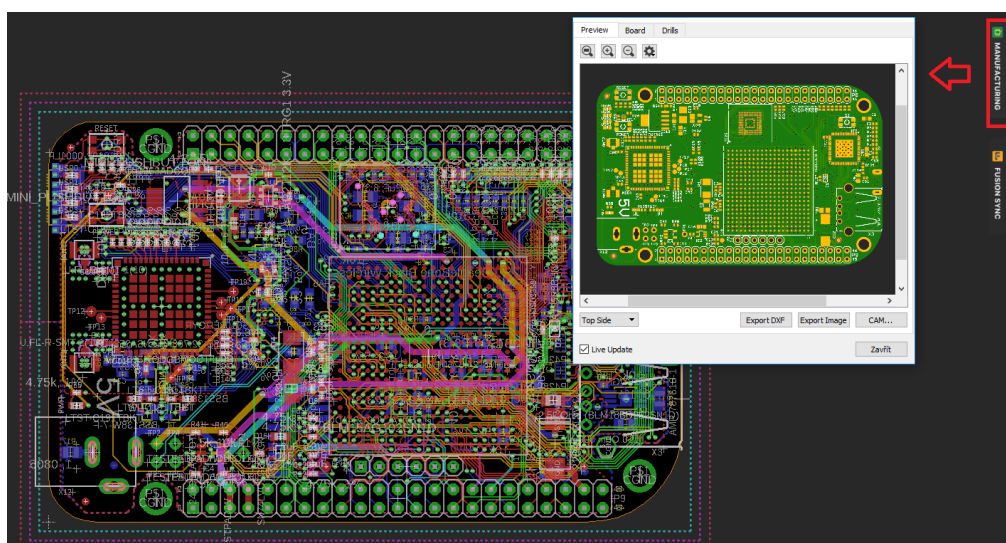


Obr. 76 – Prostředí Autodesk Fusion 360


#### 4.11 Výstup pro výrobu

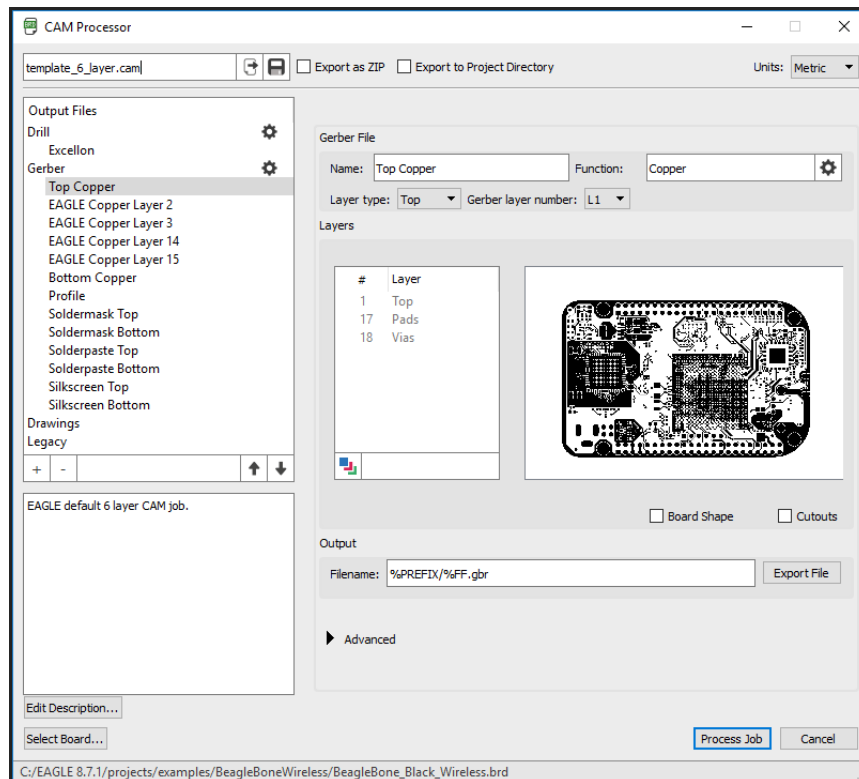
Program EAGLE disponuje výstupem pro profesionální tvorbu, ale také i výstupem pro tvorbu domácí. Výrobci DPS obvykle vyžadují po uživateli export výrobních dat do standardního formátu, který se nazývá **Gerber RS274X** a **Excellon**. Tyto dva formáty používají i jiné programy pro tvorbu DPS.

Živý náhled desky se zobrazuje po rozkliknutí **Manufacturing**. Dialogové okno mimo jiné udává informace o desce ve formě velikosti samotné desky, průměr a počet děr, či množství spojů. **Preview** mimo jiné zobrazuje vrstvy – **top**, **bottom** a **drills**.



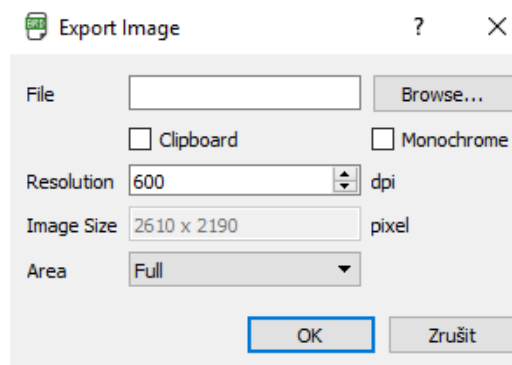
Obr. 77 – Manufacturing

V editoru plošného spoje se nachází ikona  **CAM Processor**. Ten do zvoleného souboru s projekty vygeneruje výstupní soubory pro mechanické stroje ve formátu **.gbr**. Celý proces spočívá ve správném vybrání jednotlivých vrstev, se kterým si výrobní stroj rozumí.



Obr. 78 – CAM Processor

Na domácí výrobu se většinou používá výstup ve formátu **PNG**. K exportu se používají vrstvy – **top** (strana součástek), **bottom** (strana spojů), **pads** (plošky) a **vias** (přechodky). První způsob exportování se provádí cestou **File** → **Export** → **Image**. Obrázek je nutné pojmenovat, nastavit adekvátní rozlišení (např. 600 dpi) a nastavit vymezení plochy (Area), kterou program vybere jako snímek obrazovky. Druhý způsob exportování se provádí přes **File** → **Print**.



Obr. 79 – Export Image

Na světě existuje specifická služba, která se nazývá **POOL servis**. Tito výrobci, co službu poskytují, si nechávají zaslat od uživatele výstupní podklady, ze kterých potom za poplatek vyrobí požadovanou desku a zašlou na dodací adresu.

The screenshot shows the 'PCB Configuration' page on a-layout.com. The interface is organized into several sections:

- Technology:** Includes options for Rigid (selected), Flex, Aluminium core, and Other. Below this are layer count options: 1 layer, 2 layers, 4 layers (selected), and 6 layers.
- Panel:** Set to 'Single Pcb'.
- Dimensions:** Length in inches: 1, Width in inches: 1.
- Quantity:** Set to 1 piece (Total area 1 sq inches).
- Processing:** 'Internal routing' is selected.
- Base material:** 'FR4, 35 µm Cu, 0.0629 inch'.
- Soldermask:** 'yes' is selected (with a 'no' option also visible).
- Silkscreen:** 'no' is selected.
- Surface:** Two options are shown, with the first one selected.

On the right side of the interface, there is a 'Your PCB' summary box containing:

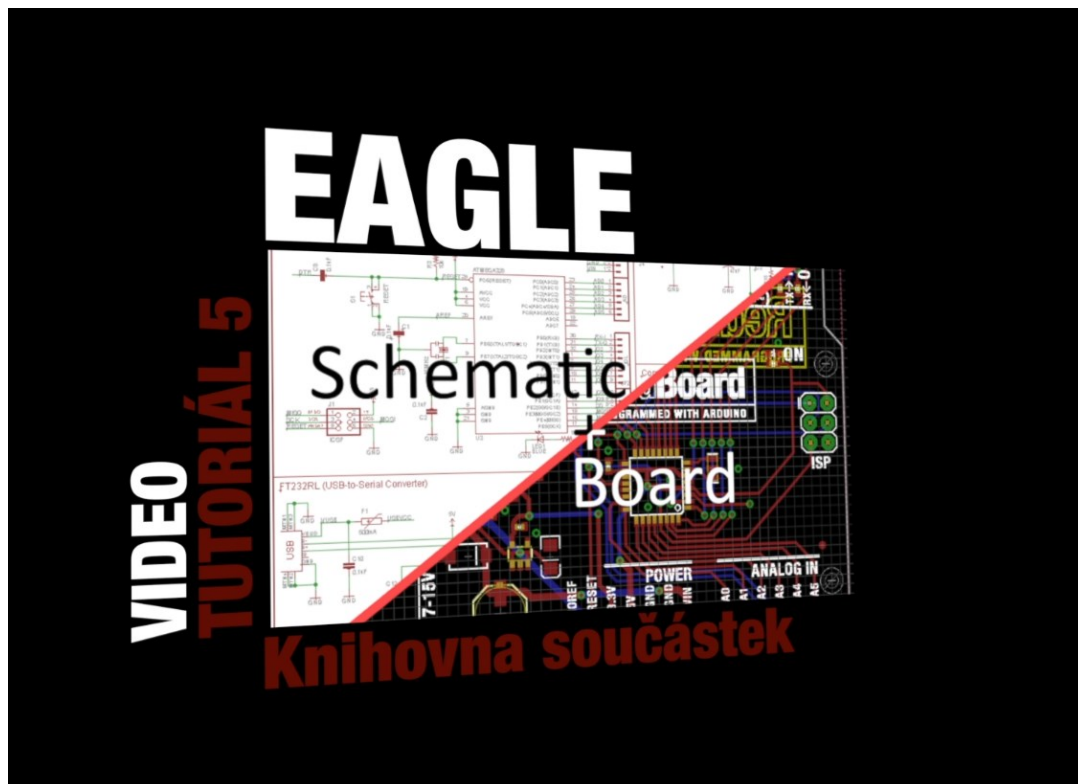
- Requested number: 1
- Total order value: Net 136.60 USD, Gross 136.60 USD
- Buttons for 'add to shopping basket' and 'Price comparison'.

At the top right, there is a link for 'Eagle brd File upload for 3D visualisation' and a 'PCB Gallery' section with 0 items.

Obr. 80 – Pool servis

## 5 VIDEO TUTORIÁLY

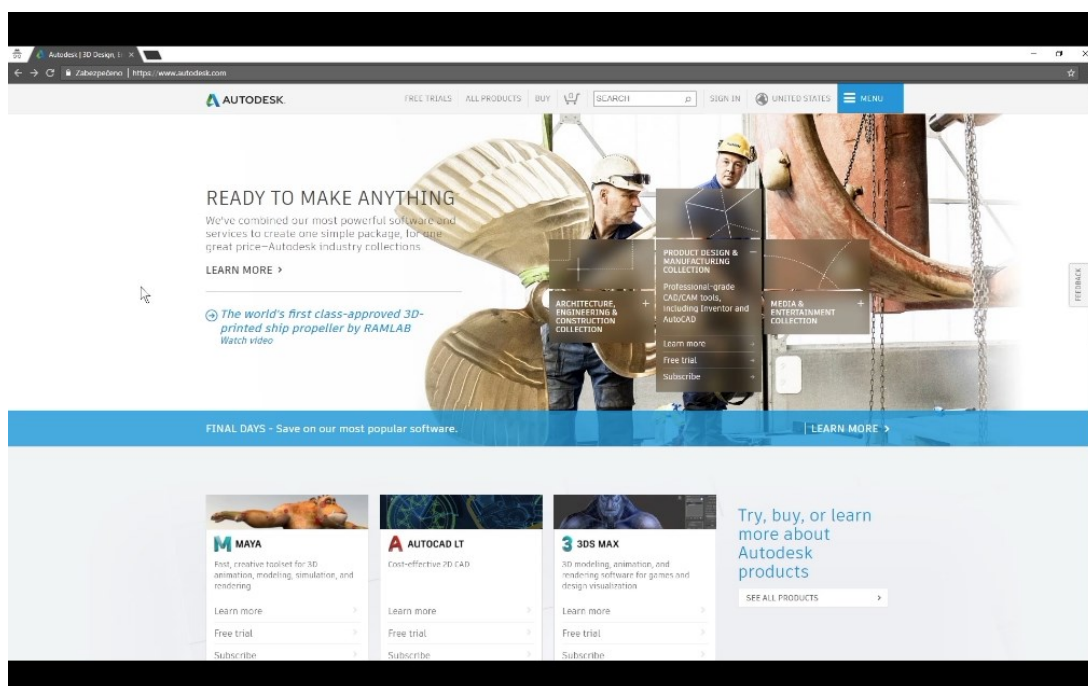
Výukové materiály si kladou za cíl seznámit uživatele s prací v návrhovém systému pro kreslení a zapojování elektronických obvodů v prostředí programu **EAGLE**. Celý výukový materiál se skládá z 10 video tutoriálů, které jsou doplněny o mluvený komentář k dané problematice. To uživatel lépe pochopí a získá potřebné znalosti a zkušenosti, které může ještě popřípadě doplnit v uživatelském manuálu. V rámci výuky si uživatelé mohou na konci vyzkoušet realizovat závěrečný projekt v programu s pozdějším postupem ukázky vlastní výroby ve formě výrobku elektronické hrací kostky. To dává uživateli lepší představu o samotném procesu výroby. K nahrání videí bylo nutné sehnat adekvátní hardware a software. Program na záznam obrazovky se nazývá OBS studio. Každá nahrávka videa je ve Full HD kvalitě, což je pro kvalitní prezentaci velice důležité. Fyzické vybavení reprezentoval stolní mikrofon. Natočená videa byla sestříhaná v programu **Final Cut Pro** určený pro operační systém Mac OS X 10.12 Sierra. Jedná se o výborný program s velmi povedeným uživatelským prostředím, určený pro profesionální a amatérské uživatele, kteří tvoří multimediální nahrávky. Každý video tutoriál, má svoje úvodní označení ve formě animace pro lepší přehlednost dílů.



Obr. 81 – Úvod každého video tutoriálu

## 5.1 Stažení a instalace

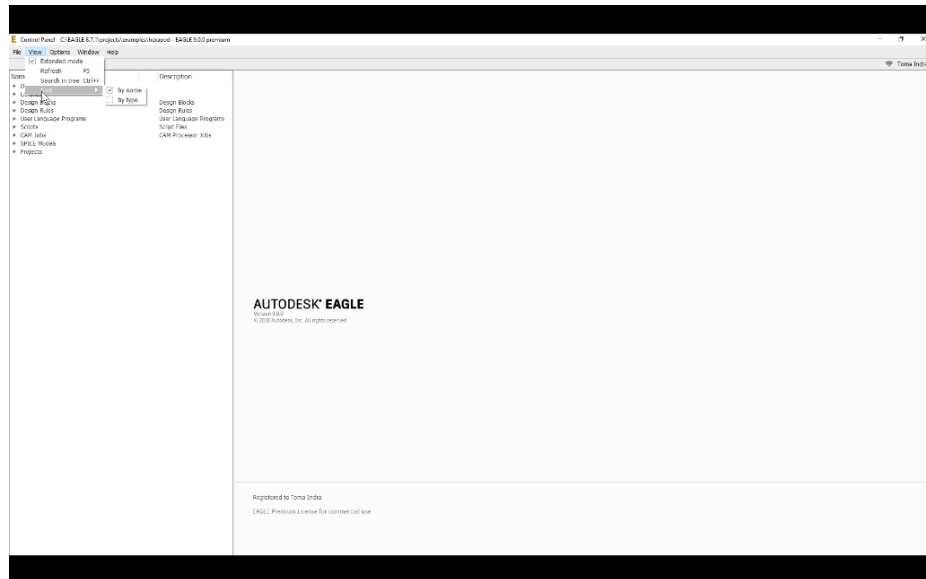
První video tutoriál seznamuje uživatele prostřednictvím jednoduchých kroků se zaregistrováním účtu **Premium**, který je pro studenty, pedagogy a vzdělávací instituce zcela zdarma. Na webové stránce <https://www.autodesk.com/> je ke stažení program EAGLE. Uživatel má možnost stáhnout verze programu na specifický operační systém, který využívá. Po stažení softwaru na uživatelský disk se spustí jednoduchá instalace v prostředí operačního systému **Windows** a podle patřičných kroků se program nainstaluje do uživatelského prostředí počítače.



Obr. 82 – Stažení a instalace

## 5.2 Hlavní panel

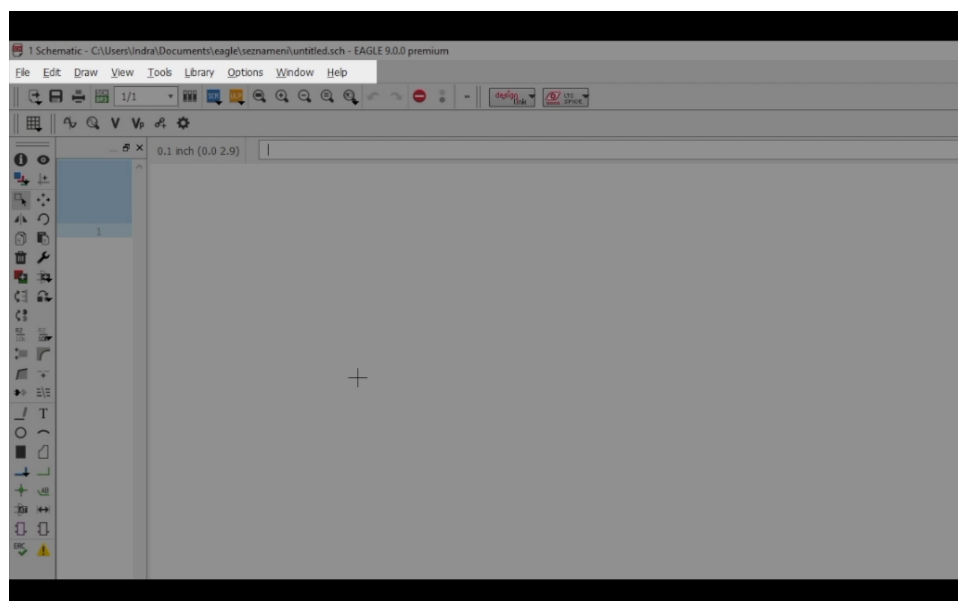
Druhý video tutoriál se zaměřuje převážně na hlavní panel, nebo-li **Control Panel**, který se otevře pokaždé při spuštění programu. Prostředí samotného hlavního panelu nabízí horní a postranní panel. Celé prostředí umožňuje uživateli spravovat práci s projekty, s knihovnamí součástek, zálohy, základním nastavením prostředí jak u schématického editoru, tak u editoru plošných spojů.



Obr. 83 – Hlavní panel

### 5.3 Editor schémat

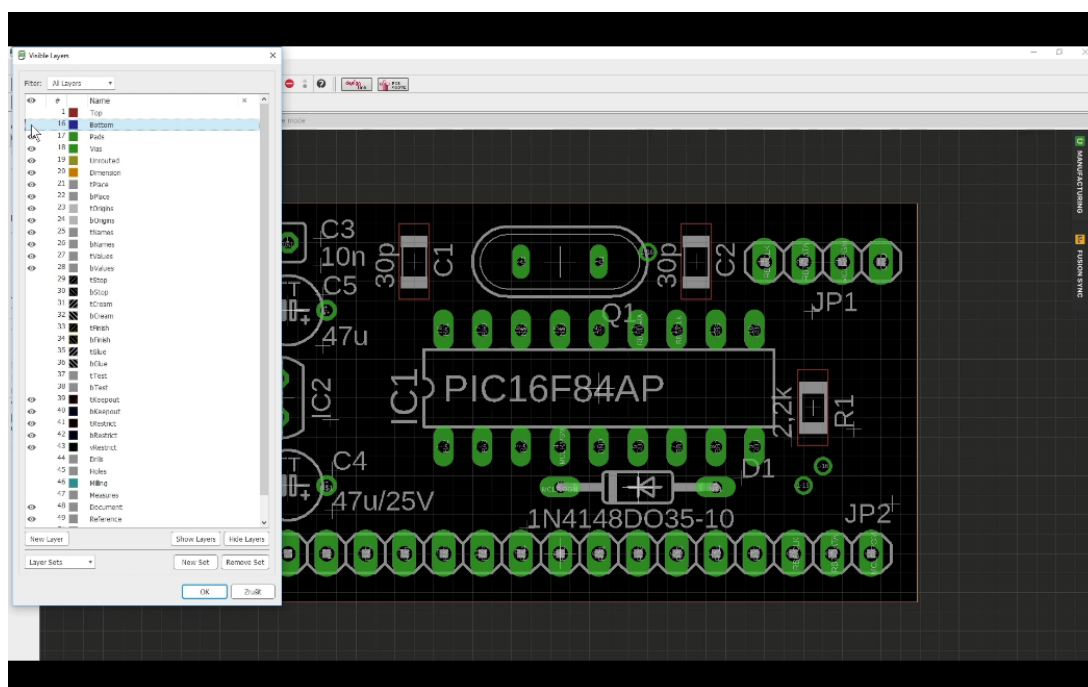
Třetí video tutoriál se zabývá přechodem z hlavního panelu do editoru schémat. Následně v editoru je ukázáno celé prostředí s panely nástrojů. Jednotlivé ikony představují nejdůležitější funkce, které se v editoru vykonávají. Pro přidání součástek z knihovny slouží ikona **ADD**. Následné propojení součástek je znázorněno pomocí ikony **NET**. Dále je zde ukázaná práce s mřížkou a s vrstvami. Tím uživatel získá jasnou představu o tom, jak dané schéma obvodu vzniká a jak s ní může manipulovat pomocí ostatních příkazů, který editor schémat nabízí.



Obr. 84 – Editor schémat

## 5.4 Editor plošných spojů

Čtvrtý video tutoriál ukazuje důležité funkce v editoru plošných spojů. Zde jsou představeny dva způsoby, jak se do editoru dostat. První z nich lze vyvolat v hlavním panelu a druhý způsob lze spustit přímo ve editoru schémat pomocí ikony **Switch to Board** z panelu nástrojů. Jednotlivé ikony představují nejdůležitější funkce, které se v editoru vykonávají. Pro tahání plošných spojů slouží ikona **Route**. Ke zkracování cest slouží **Ratsnest**. Další ikony jsou představeny a v 8 video tutoriálu se pomocí vytváření projektu realizují. Dále je zde ukázaná práce s mřížkou a s vrstvami. Tím uživatel získá jasnou představu o tom, jak DPS vzniká a jak s ní může manipulovat pomocí ostatních příkazů, který editor plošných spojů nabízí.

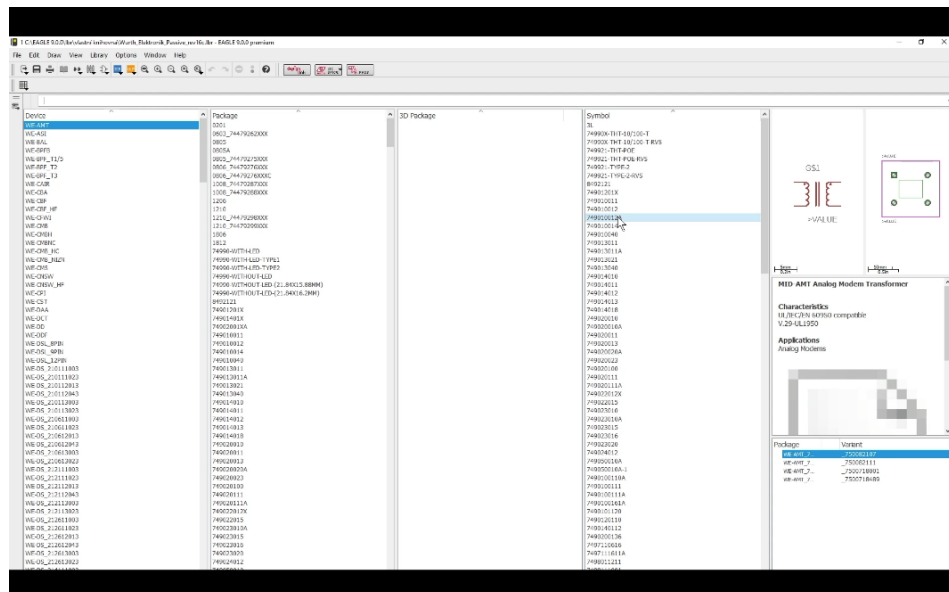


Obr. 85 – Editor plošných spojů

## 5.5 Knihovna součástek

Pátý video tutoriál seznamuje uživatele s knihovnami součástek a jejich manipulací. Knihovny součástek jsou velmi důležitou součástí všech CAD programů. Existuje velké množství nejruznějších součástek, které jsou k dispozici ke stažení na internetu. Na ukázkou jsou z internetu stažené dvě náhodné knihovny součástek, ve kterých je uživateli vysvětlena manipulace skrz soubory na disku v operačním systému Windows. Převážně se jedná o složky EAGLE (verze) a **lbr**, která je právě určená pro správu knihoven se součástky.

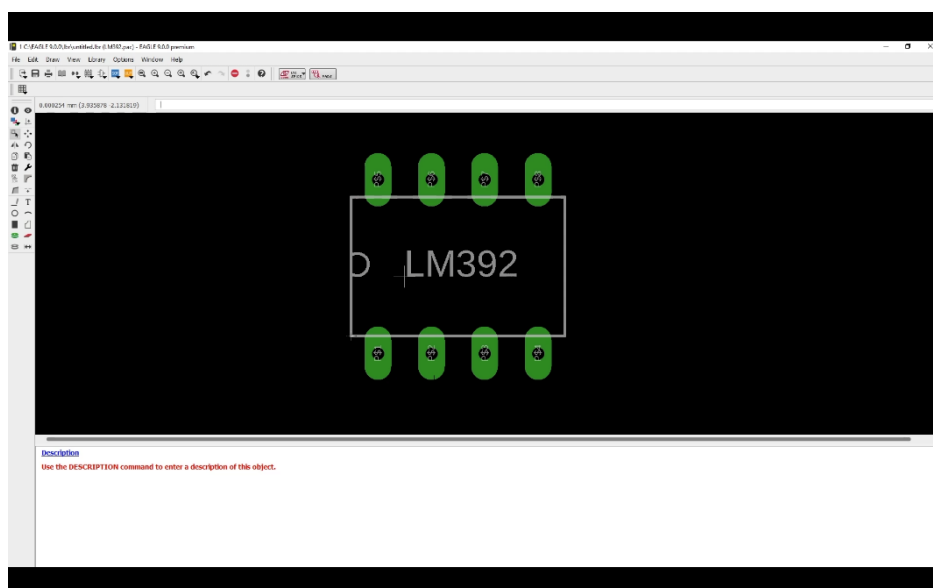




Obr. 86 – Knihovna součástek

## 5.6 Tvorba součástky

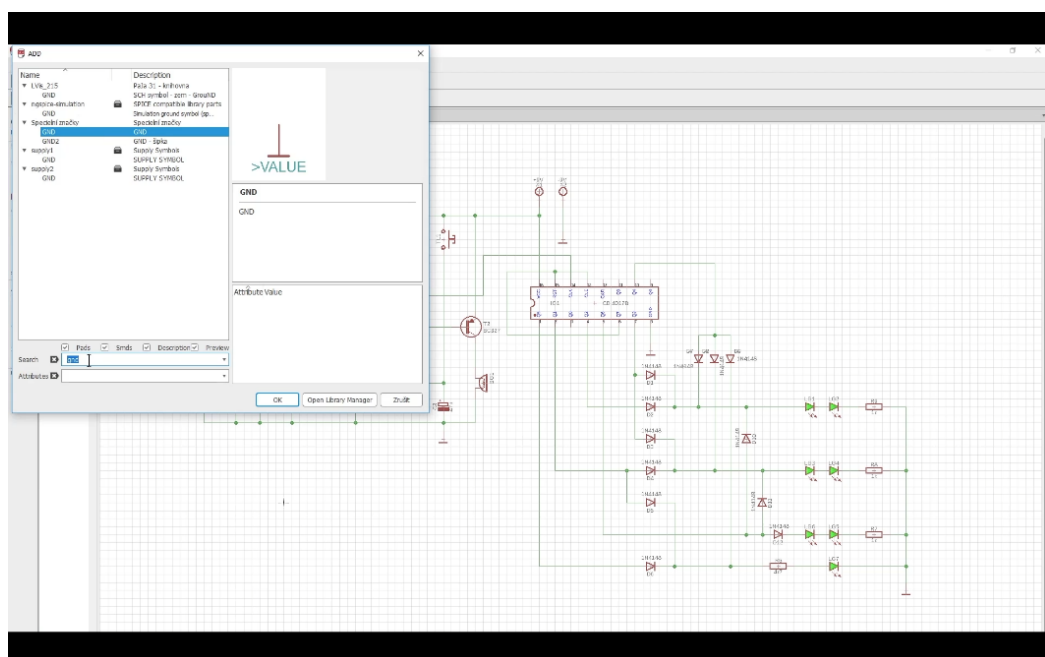
Šestý video tutoriál se specializuje na práci s knihovnami součástek. Zejména se jedná o tvorbu součástky – operační zesilovač **LM392**. Dokumentace o zmíněné součástce je k dispozici na internetu k volnému stažení. Podle rozměrů a pinů se určí základní vlastnosti dané součástky. Pro kreslení součástky v programu se využívá příkazový řádek a ikony **Line**, **Text**, **Pin** atd. Po nakreslení symbolu ve schématickém editoru a pouzdra součástky v editoru plošných spojů je nutné jejich vzájemné propojení pomocí tlačítka **Connect**. Po spojení se implementuje vytvořená součástka operačního zesilovače do vytvořené knihovny.



Obr. 87 – Tvorba součástky

## 5.7 Tvorba projektu 1

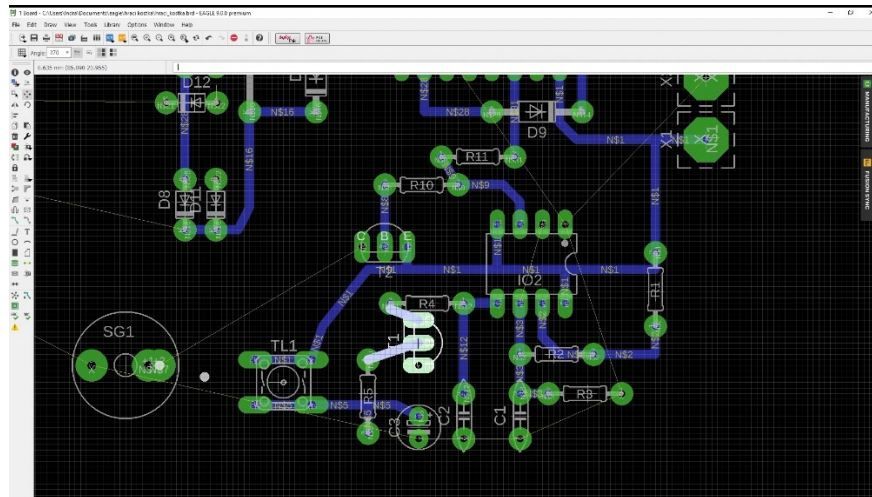
Sedmý video tutoriál se zabývá kreslením elektronického obvodu v editoru schémat. Podle funkcí a ikon, které byly vysvětleny ve 3 video tutoriálu se kreslí jednoduchý projekt elektronické hrací kostky. Pro tento projekt jsou nezbytné vytvořené knihovny součástek, které jsou ke stažení v určeném popisku. Nejprve je nutné vytvořit samotný projekt, který se vytváří v hlavním panelu. Poté se až kreslí schéma, protože je nutné dodržovat správné projektové zásady pořádku. Samotné kreslení schématu spočívá ve správném zvolení součástek z knihoven a jejich umístění na kreslicí plochu (mřížku) se vzájemným propojením.



Obr. 88 – Tvorba projektu 1

## 5.8 Tvorba projektu 2

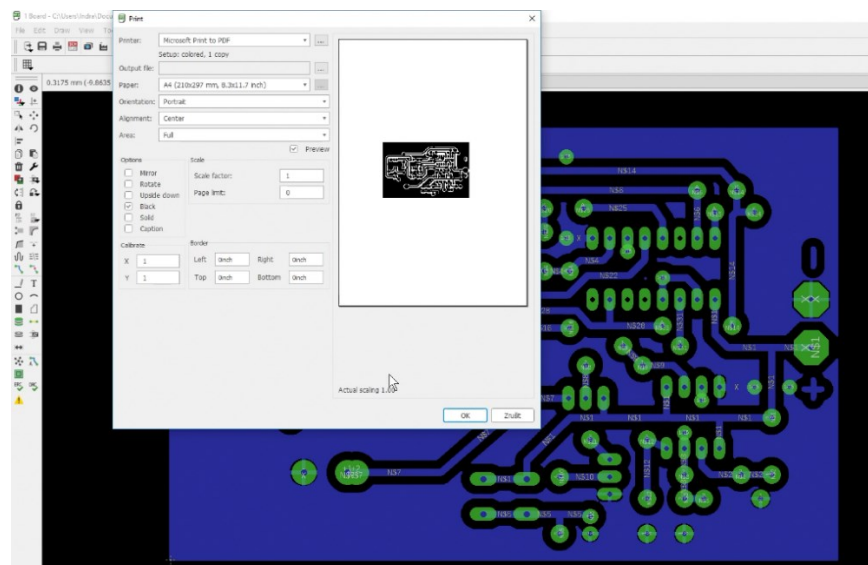
Osmý video tutoriál navazuje na předchozí díl. Po hotovém schématu elektronické hrací kostky je nutné realizovat DPS. Návrh samotné DPS se zakládá na vhodném rozmístění součástek a jejím propojením. Po přepnutí do editoru plošných spojů si lze všimnout, že součástky jsou náhodně rozházeny a že nejsou vytvořené plošné spoje mezi nimi. Pomocí ikon co výukový díl nabízí, se dosáhne toho, že uživatel je schopen vytvořit jednoduché cesty spojů, zvětšit plošky vývodů, nastavovat vrstvy, vytvořit průchodky, vytvořit polygon a také vhodně rozmístit pouzdra součástek na desku, což je velice individuální a obzvláště pracné. Proto je i představen **Autoroouter**, který po spuštění vytvoří spoje mezi součástky automaticky. To dává uživateli jasnou představu o tom, jak editor plošných spojů funguje.



Obr. 89 – Tvorba projektu 2

## 5.9 Výstup

Devátý video tutoriál ukazuje formát výstupů z programu. Před realizací výstupu je vhodné provést kontrolu **DRC**. Jako výstupní soubor lze považovat samotný výstupní soubor DPS z editoru plošného spoje s příponou **brd**. K následným výstupům patří **CAM Processor**, kde je možnost vygenerovat výstupní soubory pro mechanické stroje ve formátu s příponou **gbr** a **xln** (Gerber a Excellon). Druhý způsob výstupu je znázorněn pomocí cesty přes export obrázku, kde se nastavuje rozlišení dpi a výsledným souborem je obrázek s příponou **PNG**. Posledním výstupem z programu je přes tisk, kde je ukázán postup pro vytvoření výstupního souboru ve formátu **PDF**. To zejména lze nalézt uplatnění v osvětlení desky pomocí fotocesty, která je součástí ukázky posledního video tutoriálu.

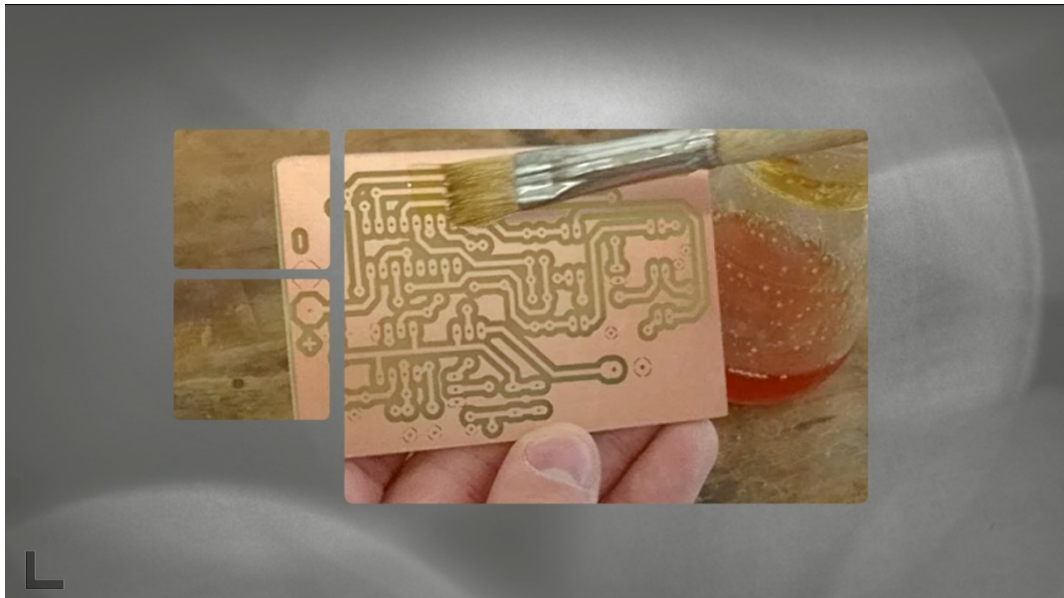


Obr. 90 – Výstup

## 5.10 Postup výroby DPS

Desátý video tutoriál znázorňuje postup výrobního procesu dané elektronické hrací kostky. Celý proces výroby DPS je vysvětlen po bodech.

1. Tisk na průhlednou fólii
2. Vyčistit desku tekutým pískem
3. Osvítit fólii na desku fotocestou
4. Vložit do hydroxidu sodného (NaOH)
5. Lehce opláchnout
6. Vložit do chloridu železitého ( $\text{FeCl}_3$ )
7. Lehce opláchnout
8. Očistit lihem
9. Nechat chvíli uschnout
10. Nalakovat ochranným lakem
11. Nechat 24hod uschnout
12. Vyvrtat díry
13. Napájet součástky



Obr. 91 – Manuální výroba

## 6 UKÁZKOVÝ PROJEKT

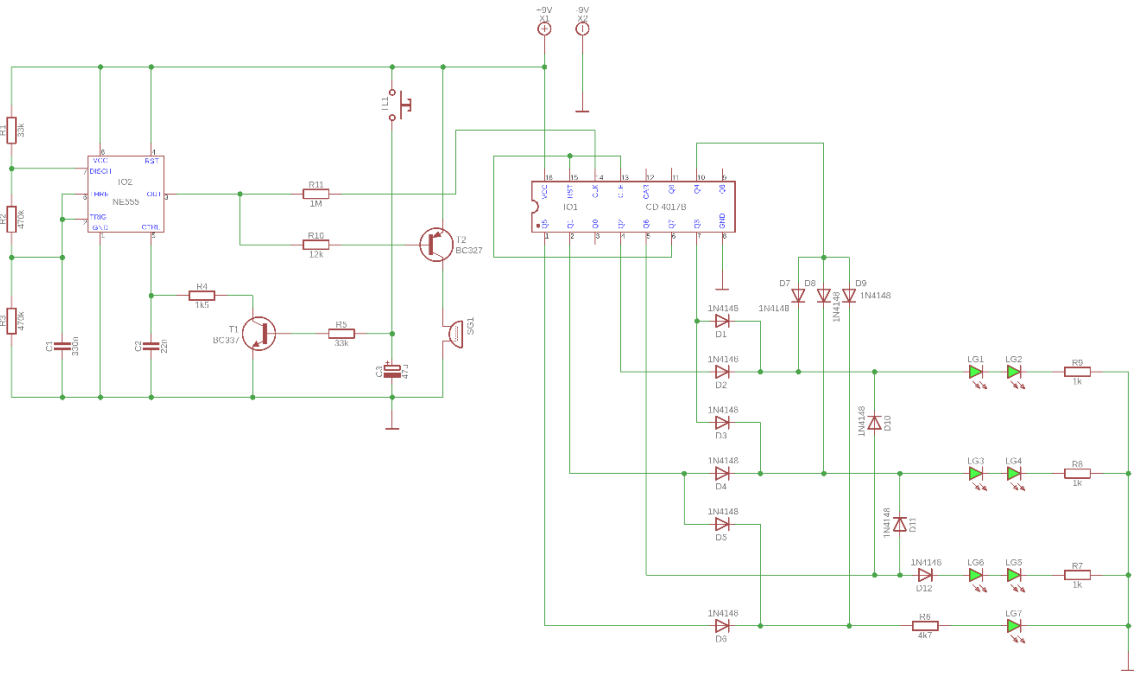
Realizovaný projekt je vytvořený v elektronickém systému programu EAGLE. Tento projekt se nazývá elektronická hrací kostka. Ta obsahuje 7 elektroluminiscenční diod (LED), které zobrazují čísla 1 až 6 jako na běžné kostce. Po stisku tlačítkového spínače začínají LED náhodně svítit, což představuje hod a rotaci hrací kostky po stole. Po určitém čase se zobrazí výsledné číslo pomocí svítících LED. Ty náhodně vygenerovala elektronická hrací kostka s pomocí integrovaných obvodů. Magnetodynamický měnič představuje doplněk zvuku, jakožto zvukový efekt koulící se kostky po stole.

### 6.1 Schéma zapojení

Celé schéma lze rozdělit na dvě poloviny – levá a pravá část. V levé části se nachází časovač NE555, který obsahuje 8 pinů. Každý z nich má přidělenou funkci co bude vykonávat, např. RST 4 = Reset – nulovací vstup. Kondenzátor C1 určuje danou rychlost svítícím LED, elektrolytický kondenzátor délku doby jakou budou zmíněné LED rotovat. Postupným vybíjením elektrolytického kondenzátoru C3 budou LEDky pomaleji rotovat. Stisknutím tlačítka TL1 se C3 nabije a po vybití zůstane svítit určitá náhodná kombinace 1-6. V pravé části se nachází integrovaný obvod CMOS 4017. Dle datasheetu lze zjistit dané vývody. Dále jsou ve schématu obsaženy usměrňovací diody a LED, které zobrazují danou kostku. Celé schéma potom kompletuje napájecí napětí na 9 V.

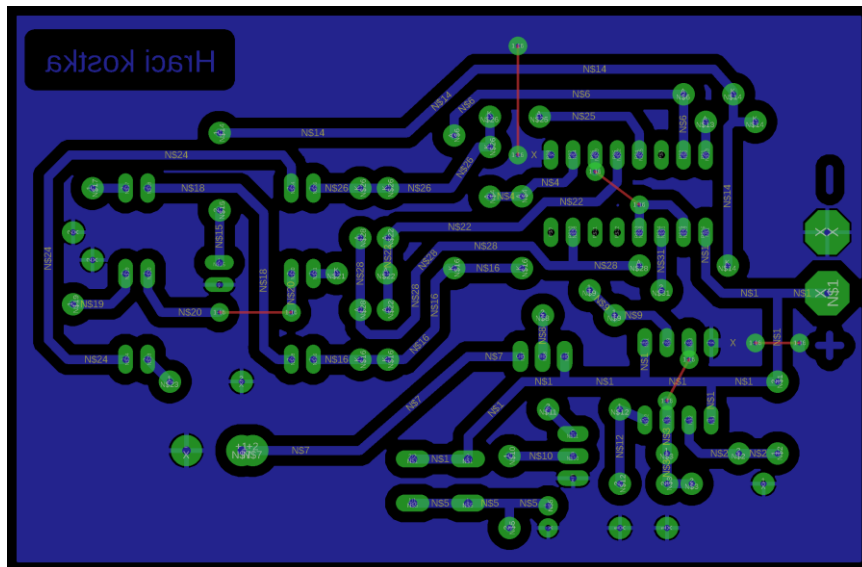
Pokud náhodně padne číslo:

- **1** – Proud teče od Q5 přes D6 po LG7
- **2** – Proud teče od Q2 přes D2 po LG1 a LG2
- **3** – Proud teče od Q1 přes D4, D5 po LG 3, LG4 a LG7
- **4** – Proud teče od Q3 přes D1, D3 po LG1, LG2 a LG3 a LG4
- **5** – Proud teče od Q4 přes D7, D8, D9 po LG1 LG2, LG3, LG4 a LG7
- **6** – Proud teče od Q6 přes D10, D11, D12 po LG1, LG2, LG3, LG4, LG5 a LG6



Obr. 92 - Schéma zapojení

## 6.2 Deska plošných spojů

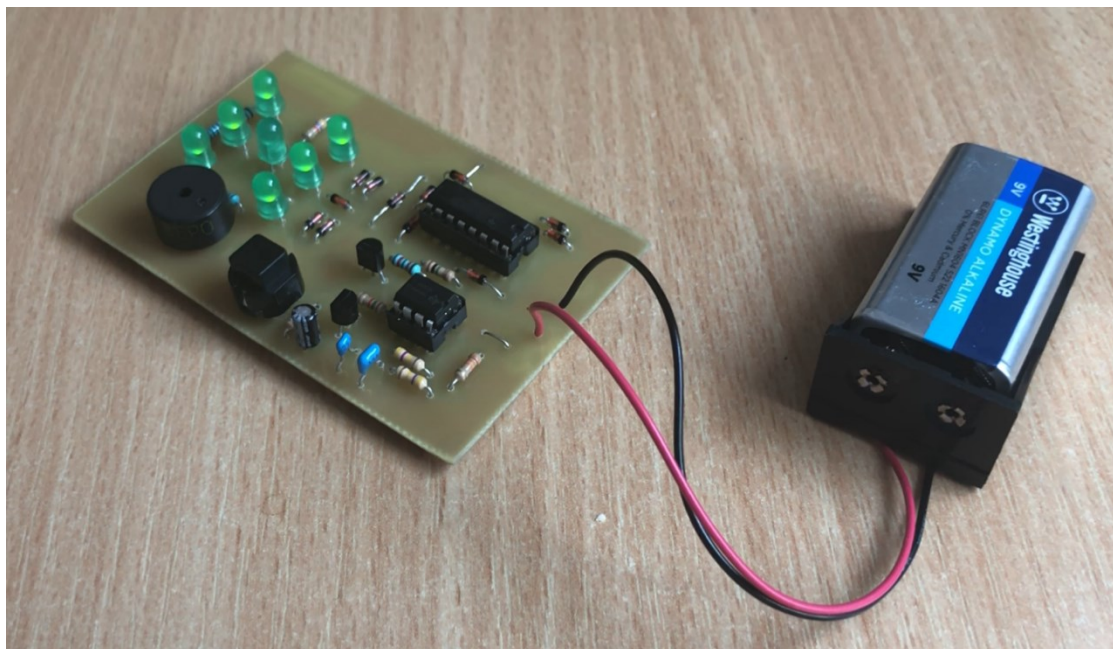


Obr. 93 - Deska plošných spojů

Deska plošných spojů je navrhnutá tak, aby byla co nejpřehlednější a zároveň co nejmenší. Na desce je znázorněno značení o názvu vytvořeného projektu a i značení o kladném a záporném napětí. To je hlavně kvůli pájení, aby nedošlo k prohození vodičů. Návrh desky obsahuje i 5 drátových propojek. K vyplnění volné části ploch desky sloužila funkce, kreslení polygonů.

### 6.3 Zhotovení výrobku

Pro výrobu elektronické hrací kostky byl vygenerován výstupní soubor z programu EAGLE. Následný soubor byl vytištěn laserovou tiskárnou na dvě průhledné fólie, které byly a přilepeny k sobě z obou stran. Na speciální desku označovanou cuprexit se přiložily zmiňované fólie, které se společně s deskou vložili tiskem dolů do UV expoziční jednotky pro osvětlení DPS. Doba osvětlení trvala zhruba 5 minut. Po krátkém osvětlení se deska položila do hydroxidu sodného. Doba vyvolání závisela na viditelnosti plošných spojů. Poté, až byly vidět zcela zřetelně všechny cesty, byla deska opláchnuta pod vlažnou vodou a jemně osušena. V dalším kroku byla DPS vyleptána v chloridu železitém po dobu 10-15 minut. Vyleptanou desku bylo potřeba důkladně umýt vodou, aby se odstranily zbytky leptacího roztoku. Použitím nástrojů pákových nůžek a brusného papíru, se docílilo finální podoby desky. Následné čištění fotoemulze na desce bylo uskutečněno lihem. Po odstranění emulze se pomocí štětce naněsly pájitelný lak, aby nemohlo dojít k oxidaci mědi. Stojanová vrtačka byla velmi vhodná na vrtání malých děr pro osazování vývodů součástek. Osazování součástek se dělá postupně v takovém pořadí, aby si navzájem nepřekážely při pájení. Po dodržování hierarchie byly vývody součástek připájeny pájecím perem na stranu plošných spojů pomocí kalafuny a cínu.



Obr. 94 – Elektronická hrací kostka

## 6.4 Seznam součástek a jejich cena

Součástky tvoří srdce celé DPS. Abychom mohli součástky používat, je nutné vědět potřebné informace. U rezistorů si lze vystačit s jejich odporem nebo přesností, u kondenzátorů s kapacitou, u tranzistorů je potřebné znát více hodnot a u integrovaných obvodů velmi pomůže potřebná dokumentace [43].

Tab. 13 – Seznam součástek

Součástka	Název součástky	Hodnota součástky
Rezistor	R1 – R5	33k
	R2 – R3	470K
	R4	1k5
	R6	4k7
	R7 – R9	1k
	R10	12k
	R11	1M
Tranzistor	T1	BC337
	T2	BC327
Integrovaný obvod	IO1	CD 4017B
	IO2	NE555
Dioda	D1 – D12	1N4148
Elektroluminiscenční dioda	LG1 – LG7	Zelená 5 mm
Kondenzátor	C1	330n
	C2	22n
	C3 (elyt)	10u
Tlačítkový spínač	TL1	5x5 mm
Magnetodynamický měnič	SG1	-



Výsledná cena zahrnuje veškeré součástky rozmístěné na DPS. Do ceny se nezapočítávají náklady na tisk DPS na průhlednou fólii a specifické přípravy k výrobě – hydroxid sodný, chlorid železitý, líh, kalafuna, cín atd.

Tab. 14 – Výrobní cena elektronické hrací kostky

Název produktu	Množství	Cena za jednotku	Cena celkem
Uhlíkový rezistor RU 33K 0207	2 ks	2,60 Kč	5 Kč
Uhlíkový rezistor RU 4K7 0207	1 ks	2,60 Kč	3 Kč
Uhlíkový rezistor RU 470K 0207	2 ks	2,60 Kč	5 Kč
Uhlíkový rezistor RU 1K5 0207	1 ks	2,60 Kč	3 Kč
Uhlíkový rezistor RU 1M 0207	1 ks	2,60 Kč	3 Kč
Uhlíkový rezistor RU 1K 0207	3 ks	2,60 Kč	8 Kč
Uhlíkový rezistor RU 12K 0207	1 ks	2,60 Kč	3 Kč
NE555 DIP8 Texas Instruments	1 ks	7,80 Kč	8 Kč
Bipolární tranzistor BC337-25 TO92 B	1 ks	1,70 Kč	2 Kč
Bipolární tranzistor BC337-25 TO92 A	1 ks	1,20 Kč	1 Kč
Magnetodynamický měnič do DPS	1 ks	15 Kč	15 Kč
Dioda 1N4148	12 ks	0,838 Kč	10 Kč
Tlačítkový spínač P-DTE6SW	1 ks	11 Kč	11 Kč
Keramický kondenzátor CK 22n/63V	1 ks	2,60 Kč	3 Kč
Keramický kondenzátor CK 330n/50V	1 ks	6,50 Kč	6 Kč
Elektrolytický kondenzátor CE 10u/16V	1 ks	1,90 Kč	2 Kč
CMOS 4017 DIP16 Texas Instruments	1 ks	9,50 Kč	10 Kč
LED 5MM GREEN	7 ks	2,70 Kč	19 Kč
Cuprexit 120x80x1,5 mm jednovrstvý	1 ks	39 Kč	39 Kč
<b>Cena celkem: 154 Kč</b>			

## ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na vypracování podpůrného elektronického materiálu pro předmět CAD systémy v elektrotechnice ve formě uživatelského manuálu a video tutoriálů. Hlavním cílem bakalářského projektu bylo zaměření a seznámení uživatele s návrhovým programem EAGLE, který je pro výukové účely zcela zdarma.

V teoretické části se nachází literární rešerše, která je zaměřena na charakteristiku pojmů z oblasti celého životního cyklu výrobku, historie CAD a z rozdělení kreslicích programů pro elektrotechniku. Z uvedeného seznamu programů pro profesionální i amatérskou tvorbu vyplývá, že poskytovatelé softwaru nabízejí v podstatě totožné funkce svých programů a tím pádem zažívají konkurenční boj o dominantní místo na trhu v oblasti elektrotechniky. Obecně lze programy rozdělit podle náročnosti, ceny, ale i podle odvětví.

Začátek praktické části se zabývá programem EAGLE za účelem seznámení čtenářů se základními informacemi o programu. Dále jsou zde popsány aktuální verze a systémové požadavky. Nedílnou součástí práce je uživatelský manuál, který sumarizuje veškeré postupy, funkce a příkazy. Během jednotlivých podkapitol se uživatel seznamuje s praktickým využitím softwaru pro kreslení elektronického schématu, tvorby desky plošných spojů, vygenerování výstupních dat pro výrobu až po seznámení a tvorby knihovny součástek.

Po absolvování výuky ve formě 10 video tutoriálů uživatel získává přehled o jednotlivých funkcích co program nabízí a také uživateli dává lepší představu o samotném procesu výroby. Uživatel, na základě nabytých vědomostí by měl být schopen sám – založit si uživatelský účet pro získání benefitů, orientovat se v hlavním panelu programu, nakreslit elektronické schéma v editoru schémat, vytvořit a spravovat knihovnu součástek, rozmístit pouzdra součástek na DPS v editoru plošných spojů, vygenerovat výstupní soubory pro tvorbu výrobku pomocí CAM procesoru nebo exportu obrázku a vypracovat samotný projekt do finální podoby.

V závěrečné fázi bakalářské práce je vysvětlen postup tvorby ukázkového projektu ve formě elektronické hrací kostky, které je možné dosáhnout v případě dodržování patřičných kroků tohoto projektu.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] RÁBOVÁ, Ivana. *Podnikové informační systémy a technologie jejich vývoje*. Brno: Tribun EU, 2008. ISBN 978-80-7399-599-7.
- [2] CHLAPEK, Dušan, Václav ŘEPA a Iva STANOVSKÁ. *Analýza a návrh informačních systémů*. Praha: Oeconomica, 2011. ISBN 978-80-245-1782-7.
- [3] MOLNÁR, Zdeněk. *Podnikové informační systémy*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03079-2.
- [4] Úvod do PLM. *Technodat* [online]. [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: <http://www.technodat.cz/uvod-do-plm>
- [5] PLM a ERP. *Technodat* [online]. [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: <http://www.technodat.cz/plm-a-erp>
- [6] Implementace PDM/PLM. *SolidVision* [online]. [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <http://www.solidvision.cz/implementace-pdm-plm-1/>
- [7] SCM (Supply Chain Management). In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2018, 22.10.2015 [cit. 07.02.2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/supply-chain-management>
- [8] SOVA, Karol. CAD a CAM systémy vo výrobe. *Referaty.aktuality.sk* [online]. 2015 [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <http://referaty.aktuality.sk/cad-a-cam-systemy-vo-vyrobe/referat-31274>
- [9] Best Computer-Aided Engineering (CAE) Software. *G2Crowd* [online]. [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <https://www.g2crowd.com/categories/computer-aided-engineering-cae>
- [10] Computer-Aided Engineering (CAE). *Plm.automation.siemens.com* [online]. Siemens Product Lifecycle Management Software [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/computer-aided-engineering-cae/13112>
- [11] MCKINNEY, Jim. PDM & PLM: What's the Difference?. *Plmjim.blogspot.cz* [online]. 2012 [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <http://plmjim.blogspot.cz/2012/03/pdm-plm-whats-difference.html>

- [12] Stručná historie CAD/CAM až po současnost. *Fi.muni.cz* [online]. 2002 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: [https://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xku-bin2\\_CAD-CAM.htm](https://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xku-bin2_CAD-CAM.htm)
- [13] John W. Mauchly and the Development of the ENIAC Computer. *Penn Special Collection* [online]. 2012 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <http://www.library.upenn.edu/exhibits/rbm/mauchly/jwm0-1.html>
- [14] BOZDOC, Marian. The History of CAD. *Marian Bozdoc's History of CAD* [online]. 2003 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <http://mbinfo.mbdesign.net/CAD-History.htm>
- [15] FreeCAD / CAD História. *FreeCAD* [online]. 2013 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <http://www.freecad.sk/cz/cad-history>
- [16] SAGE console. *IBM - United States* [online]. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: [https://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/vintage/vintage\\_4506VV2216.html](https://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/vintage/vintage_4506VV2216.html)
- [17] DALAKOV, Georgi. Sketchpad of Ivan Sutherland. *History of Computers* [online]. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <http://history-computer.com/ModernComputer/Software/Sketchpad.html>
- [18] PRICE, Chloe. The history of AR. *LinkedIn* [online]. 2016 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/augmenting-reality-phenomenon-pok%C3%A9mon-go-what-means-ar-chloe-price>
- [19] LAMBERT, Cody. 1982: AutoCAD v1.0. *WordPress* [online]. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <https://aehistory.wordpress.com/1982/08/04/1982-autocad-v1-0/>
- [20] CEMPÍREK, Pavel. Problém roku 2000 versus Jaderné nebezpečí. *Živě* [online]. 1999 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/Clanky/Problem-roku-2000-versus-Jaderne-nebezpeci/sc-3-a-5255/default.aspx>
- [21] KLAUZ, Milan. Z historie CAD programů pro návrh desek plošných spojů. *DPS Elektronika od A do Z* [online]. 2010 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/zajimavosti/id:6348/z-historie-cad-programu-pro-navrh-desek-plosnych-spoju>
- [22] GOLDBERG, Dana. History of 3D Printing: It's Older Than You Are (That Is, If You're Under 30). *Autodesk* [online]. 2014 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/redshift/history-of-3d-printing/>

- [23] FALCONER, Jason. Formlabs creates Blu-ray based prosumer 3D printer. *New Atlas* [online]. 2012 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://newatlas.com/formlabs-blu-ray-prosumer-3d-printer/24300/>
- [24] Copper for iOS. *Cooper* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://www.copper-app.com/copper-for-ios/>
- [25] GEODIS BRNO. Laserové skenování neboli laserscanning. *CAD* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/gis/80-gis/1518-laserove-skenovani-neboli-laserscanning.html>
- [26] Unikátní archeologický objev. Vědci v Guatemale objevili díky laserům rozsáhlé mayské stavby. *Aktuálně* [online]. 2018 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/zahranici/mayska-civilizace-byla-vetsi-nez-j sme-si-mysleli-vedci-objev/r~a46ccbdc09a311e894960cc47ab5f122/>
- [27] QURESHI, Usman. Apple is Exploring the Augmented Reality Space, Claims Analyst. *iPhone in Canada Blog* [online]. 2016 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://www.iphoneincanada.ca/news/apple-exploring-augmented-reality-space/>
- [28] DALTON, Jeremy. VR. *Twitter* [online]. 2016 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://twitter.com/jeremydalton/status/799598540020269056>
- [29] HUGHES, Neil. AR. *Appleinsider* [online]. 2017 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://appleinsider.com/articles/17/02/28/calling-augmented-reality-the-next-major-innovation-from-apple-ubs-raises-price-target-to-151>
- [30] HEIDI, Lewis River. ARCHITECTURE TABLE. *Loversiq Design* [online]. 2016 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://www.loversiq.com/l/218232/architecture-table/>
- [31] CONTERA, Sonia. Can nanotechnology reduce inequality?. *Oxford Martin School* [online]. 2015 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/opinion/view/295>
- [32] Andy. How CAD Changed Product Design. *Scan2CAD* [online]. 2017 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.scan2cad.com/cad/cad-product-design/>
- [33] KLAUZ, Milan. Programy pro návrh DPS. *DPS Elektronika od A do Z* [online]. 2018 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/cad-cam-cae/id:50369/programy-pro-navrh-dps-aktualizovana-verze-2018->

- [34] Allegro. *CB Distribution* [online]. [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: [http://www.cb-distribution.nl/news/top10\\_allegro172/](http://www.cb-distribution.nl/news/top10_allegro172/)
- [35] PCB Design Software. *Altium* [online]. [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.altium.com/>
- [36] The Ultimate PCB Design Software Comparison Guide. *San Francisco Circuits* [online]. [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.sfcircuits.com/pcb-school/pcb-design-software-comparison-guide#pads-overview>
- [37] AutoTRAX DEX PCB. *AutoTRAX DEX PCB* [online]. [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.dexpcb.com/Home>
- [38] DesignSpark. *DesignSpark* [online]. [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.rs-online.com/designspark/home>
- [39] ZÁHLAVA, Vít. Návrh a konstrukce desek plošných spojů: principy a pravidla praktického návrhu. Praha: BEN - technická literatura, 2010. ISBN 978-80-7300-266-4.
- [40] BERKA, Štěpán. Elektrotechnická schémata a zapojení. 2. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2008. ISBN 978-80-7300-239-8.
- [41] CADSOFT. Eagle 4.1 – Schematic – Layout – Autorouter Manual 2nd edition. CadSoft Computer Inc., 2004.
- [42] JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. EAGLE pro začátečníky /: uživatelská a referenční příručka :. 2. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.
- [43] CIPRA, Mirko, Michal KŘÍŽ a Vladimír KŮLA. Úvod do elektrotechniky. Praha: ČVUT, 1996. ISBN 9788001015223.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AC	Alternating Current
A/D	Analog/Digital
AME	Advanced Modeling Extension
AR	Augmented Reality
BGA	Ball Grid Array
CAD	Computer Aided Design
CADAM	Computer-Augmented Drafting and Manufacturing
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CATIA	Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application
CPU	Central Processing Unit
CRM	Customer Relationship Management
DAC	Design Automated by Computer
DC	Direct Current
DOS	Disk Operating System
DPS	Deska plošných spojů
DRC	Design Rule Check
DSL	Digital Subscriber Line
EAGLE	Easily Applicable Graphical Layout Editor
EDA	Electronic Design Automation
ENIAC	Electronic Numerical Integrator And Computer
ERC	Electrical Rule Check
ERP	Enterprise Resource Planning
EU	European Union

---

FPGA	Field Programmable Gate Array
HMD	Head Mounted Display
IBM	International Business Machines
IGDS	Interactive Graphics Design Software
IGES	Initial Graphic Exchange Standard
LED	Light Emitting Diode
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NPI	National Procurement Institute
PCB	Printed Circuit Board
PDF	Portable Document Format
PDM	Product Data Management
PDP	Programmable Data Processor
PLM	Product Lifecycle Management
RAM	Random Access Memory
SAGE	Semi-Automatic Ground Environment
SCM	Supply Chain Management
SMD	Surface Mount Device
SSE	Streaming SIMD Extensions
ULP	User Language Program
US	United States
USD	United States Dollar
Y2K	Year 2000 Problem



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1 - Blokové schéma PLM</i> .....	11
<i>Obr. 2 - ENIAC, 1940-1950 [13]</i> .....	17
<i>Obr. 3 - Konzola SAGE, 1950 [16]</i> .....	18
<i>Obr. 4 - Sketchpad, 1962 [17]</i> .....	19
<i>Obr. 5 - Terminály CADAM ve firmě Lockheed, 1968 [15]</i> .....	20
<i>Obr. 6 - Virtuální realita, 1966 (HMD) [18]</i> .....	20
<i>Obr. 7 - CATIA, 1977 [15]</i> .....	22
<i>Obr. 8 - AutoCAD v1.0, 1982 [19]</i> .....	23
<i>Obr. 9 - Prostředí elektrotechnického CAD programu [21]</i> .....	25
<i>Obr. 10 - Ilustrační 3D tisk [23]</i> .....	27
<i>Obr. 11 - Copper pro iOS [24]</i> .....	27
<i>Obr. 12 - Mayské město [26]</i> .....	27
<i>Obr. 13 - Budoucnost [27]</i> .....	28
<i>Obr. 14 - AR (Augmented Reality)[29]</i> .....	28
<i>Obr. 15 - VR (Virtual Reality)[28]</i> .....	29
<i>Obr. 16 - Dotykový stůl [30]</i> .....	29
<i>Obr. 17 - Nanotechnologie [31]</i> .....	30
<i>Obr. 18 - CAD v oblacích [32]</i> .....	30
<i>Obr. 19 - Allegro PCB Design 17.2 [34]</i> .....	32
<i>Obr. 20 - Altium Designer 18 [35]</i> .....	33
<i>Obr. 21 - Tepelná analýza v programu PADS [36]</i> .....	34
<i>Obr. 22 - OrCAD PSpice editor [36]</i> .....	35
<i>Obr. 23 - El. schéma v programu DipTrace [36]</i> .....	36
<i>Obr. 24 - AutoTRAX DEX PCB [37]</i> .....	38
<i>Obr. 25 - DesignSpark [38]</i> .....	39
<i>Obr. 26 - Nové logo programu EAGLE</i> .....	41
<i>Obr. 27 – Studentské benefity</i> .....	45
<i>Obr. 28 - Založení studentského účtu</i> .....	46
<i>Obr. 29 - Vytvoření studentského účtu</i> .....	46
<i>Obr. 30 – Získání vzdělávacích benefitů</i> .....	47
<i>Obr. 31 – Založení účtu</i> .....	47
<i>Obr. 32 – Vyplnění institutu</i> .....	48

<i>Obr. 33 – Instalace programu EAGLE</i> .....	49
<i>Obr. 34 – Přihlášení do programu</i> .....	49
<i>Obr. 35 – Potvrzení účtu Premium</i> .....	50
<i>Obr. 36 - Prostředí Control Panel (hlavní panel)</i> .....	50
<i>Obr. 37 – Záložka File (Soubor)</i> .....	51
<i>Obr. 38 – Záložka View (přehled)</i> .....	52
<i>Obr. 39 – Záložka Options (nastavení)</i> .....	52
<i>Obr. 40 – Dialogová okna v prostředí Options (nastavení)</i> .....	53
<i>Obr. 41 – Záložka Window (okno)</i> .....	54
<i>Obr. 42 – Záložka Help (náповěda)</i> .....	54
<i>Obr. 43 – Prostředí postranního panelu</i> .....	55
<i>Obr. 44 - Pracovní prostředí schématického editoru</i> .....	56
<i>Obr. 45 - Nástroje schématického editoru</i> .....	57
<i>Obr. 46 – Dialogové okno Vrstvy (schéma)</i> .....	60
<i>Obr. 47 – Dialogové okno Mřížky</i> .....	61
<i>Obr. 48 – ERC kontrola</i> .....	62
<i>Obr. 49 - Pracovní prostředí editoru plošných spojů</i> .....	63
<i>Obr. 50 - Nástroje editoru plošného spoje</i> .....	63
<i>Obr. 51 – Dialogové okno Vrstvy (DPS)</i> .....	66
<i>Obr. 52 – Dialogové okno Mřížky</i> .....	67
<i>Obr. 53 – DRC kontrola</i> .....	68
<i>Obr. 54 – Autorouter před</i> .....	69
<i>Obr. 55 – Autorouter po</i> .....	69
<i>Obr. 56 – Klávesové zkratky definované programem</i> .....	70
<i>Obr. 57 – Klávesové zkratky definované uživatelem</i> .....	71
<i>Obr. 58 – Součástka vs. Symbol</i> .....	72
<i>Obr. 59 – Součástka (Smash)</i> .....	72
<i>Obr. 60 – Evropské a Americké součástky</i> .....	72
<i>Obr. 61 – Záložka Library</i> .....	72
<i>Obr. 62 – Ikona přidat (ADD)</i> .....	73
<i>Obr. 63 – Správce knihovny (Library Manager)</i> .....	74
<i>Obr. 64 - Stažená knihovna v adresáři /lbr</i> .....	74
<i>Obr. 65 - Knihovna v Control Panelu</i> .....	75

<i>Obr. 66 - Nástroje v prostředí knihoven</i> .....	75
<i>Obr. 67 - Editor pro tvorbu symbolu</i> .....	76
<i>Obr. 68 - Editor pro tvorbu pouzdra součástky (2D)</i> .....	77
<i>Obr. 69 - Editor pro tvorbu pouzdra součástky (3D)</i> .....	78
<i>Obr. 70 – Editor pro spojení symbolu a pouzdra součástky</i> .....	78
<i>Obr. 71 – Virtuální obchod DesignLink</i> .....	79
<i>Obr. 72 – Nákupní seznam součástek</i> .....	80
<i>Obr. 73 – Nákupní seznam součástek e-shop</i> .....	80
<i>Obr. 74 - Nákupní seznam součástek .txt</i> .....	80
<i>Obr. 75 – Postup Fusion 360</i> .....	81
<i>Obr. 76 – Prostředí Autodesk Fusion 360</i> .....	82
<i>Obr. 77 – Manufacturing</i> .....	82
<i>Obr. 78 – CAM Processor</i> .....	83
<i>Obr. 79 – Export Image</i> .....	83
<i>Obr. 80 – Pool servis</i> .....	84
<i>Obr. 81 – Úvod každého video tutoriálu</i> .....	85
<i>Obr. 82 – Stažení a instalace</i> .....	86
<i>Obr. 83 – Hlavní panel</i> .....	87
<i>Obr. 84 – Editor schémat</i> .....	87
<i>Obr. 85 – Editor plošných spojů</i> .....	88
<i>Obr. 86 – Knihovna součástek</i> .....	89
<i>Obr. 87 – Tvorba součástky</i> .....	89
<i>Obr. 88 – Tvorba projektu 1</i> .....	90
<i>Obr. 89 – Tvorba projektu 2</i> .....	91
<i>Obr. 90 – Výstup</i> .....	91
<i>Obr. 91 – Manuální výroba</i> .....	92
<i>Obr. 92 - Schéma zapojení</i> .....	94
<i>Obr. 93 - Deska plošných spojů</i> .....	94
<i>Obr. 94 – Elektronická hrací kostka</i> .....	95

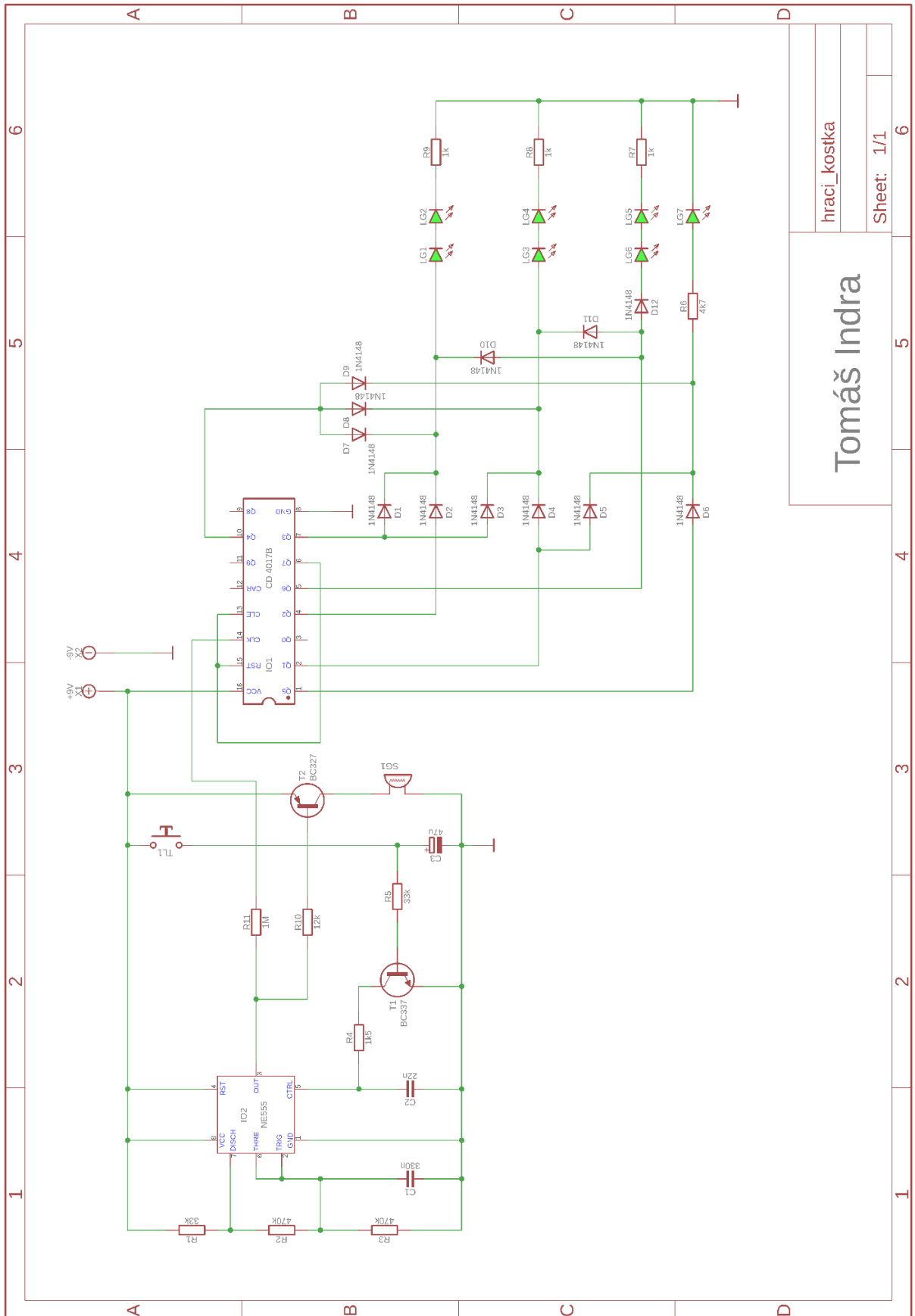
**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 – Srovnání verzí EAGLE</i> .....	43
<i>Tab. 2 – Systémové požadavky</i> .....	44
<i>Tab. 3 – Příkazy File (Soubor)</i> .....	51
<i>Tab. 4 – Příkazy View (přehled)</i> .....	52
<i>Tab. 5 – Příkazy Options (nastavení)</i> .....	52
<i>Tab. 6 – Příkaz Window (okno)</i> .....	54
<i>Tab. 7 – Příkaz Help (náповěda)</i> .....	54
<i>Tab. 8 – Záložky postranního panelu</i> .....	55
<i>Tab. 9 – Nástroje editoru schématu</i> .....	58
<i>Tab. 10 – Nástroje editoru plošného spoje</i> .....	64
<i>Tab. 11 – Základní klávesové zkratky</i> .....	70
<i>Tab. 12 – Nástroje v editoru knihovny</i> .....	76
<i>Tab. 13 – Seznam součástí</i> .....	96
<i>Tab. 14 – Výrobní cena elektronické hrací kostky</i> .....	97

**SEZNAM PŘÍLOH**

- P I            Schéma zapojení
- P II            Deska plošných spojů
- P III            Obsah přiloženého CD

# PŘÍLOHA P I: SCHÉMA ZAPOJENÍ



hraci\_kostka

Tomáš Indra

Sheet: 1/1

6

5

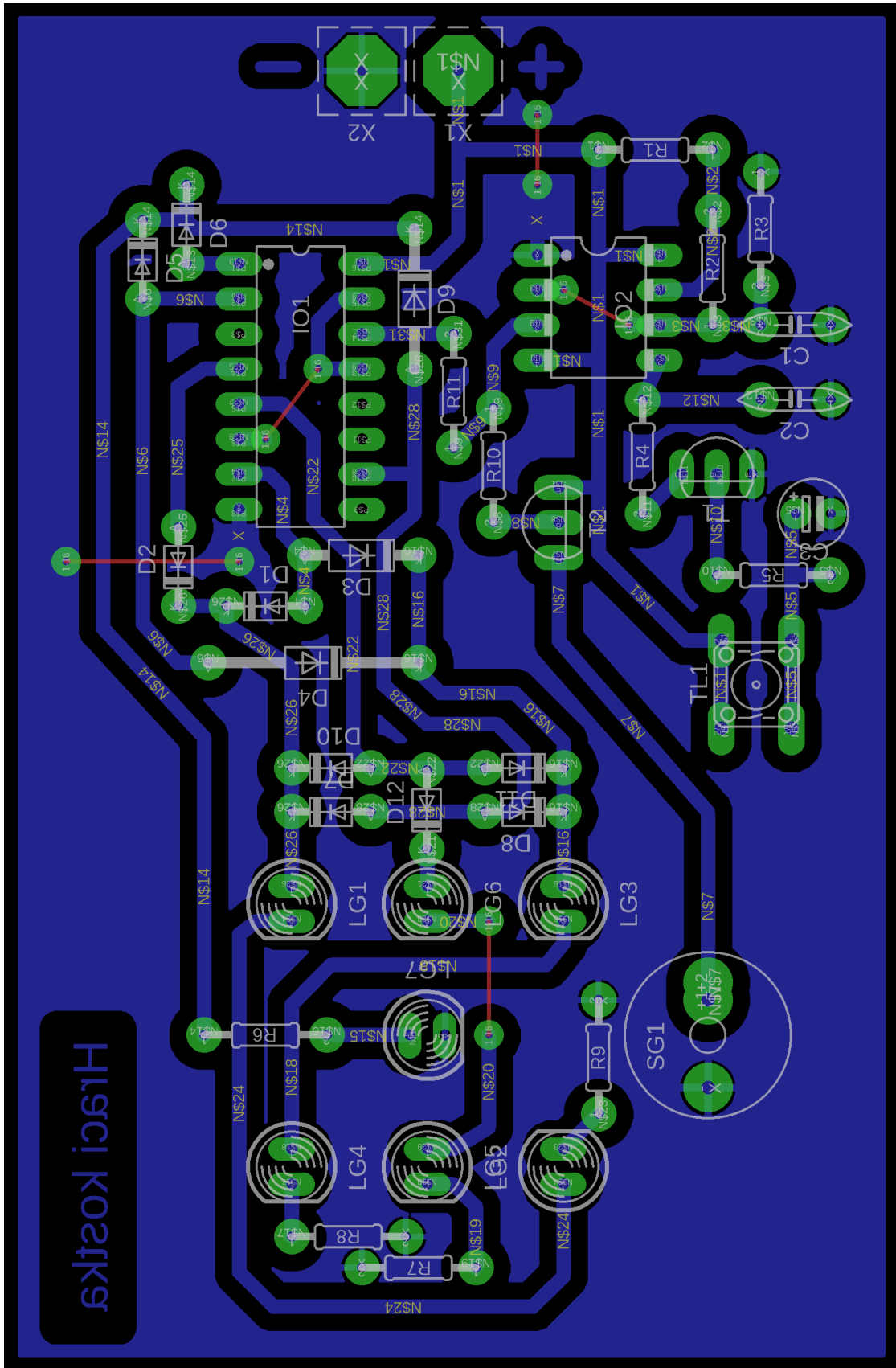
4

3

2

1

# PŘÍLOHA P II: DESKA PLOŠNÝCH SPOJŮ



## **PŘÍLOHA P III: OBSAH PŘILOŽENÉHO CD**

Přiložené CD obsahuje:

- fulltext.pdf – bakalářská práce
- prilohy.zip – video tutoriály, uživatelský manuál, soubory EAGLE (.scr, .brd)