

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Simulační software pro elektroniku
Jaroslav Majera

Bakalářská práce

2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jaroslav MAJERA**
Studijní program: **B2646 Informační technologie**
Studijní obor: **Informační technologie**

Název tématu: **Simulační software pro elektroniku**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl: Rešerše a tvorba ukázkového příkladu ve vybraném simulačním software. Teoretická část: V teoretické části bude provedena rešerše současného stavu software pro simulaci elektronických obvodů. Praktická část: Tvorba ukázkového příkladu simulace konkrétního elektronického zapojení ve vybraném simulačním software.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

**www.labcenter.co.uk LÁNÍČEK, Libor. Simulační programy pro elektroniku. 1. vyd. [s.l.] :
BEN - technická literatura, 2002. 120 s., CD. ISBN 80-7300-051-2 .**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Libor Havlíček
Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce:

15. ledna 2009

Termín odevzdání bakalářské práce:

15. května 2009



loc. Ing. Simeon Karamazov, Dr.

děkan



L.S.



Ing. Lukáš Čegan
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2009

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Červeném Kostelci dne 29. 4. 2009

Jaroslav Majera

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Liboru Havlíčkovi za cenné rady a pomoc se zpracováním této Bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Michaelle Řezníčkové za poskytnuté rady týkající se formální úpravy této práce.

ANOTACE

Práce je věnována rešerši simulačních nástrojů pro elektrotechniku a elektroniku. Bude popisovat a srovnávat možnosti několika simulačních nástrojů, které jsou dostupné na trhu. Dále bude dle zvoleného simulačního nástroje ukazovat vytvoření konkrétního elektrotechnické simulace daného elektrotechnického schématu.

KLÍČOVÁ SLOVA

elektrotechnika, elektronika, simulace, elektrotechnická simulace, spice

TITLE

Simulation software for electronics

ANNOTATION

The work is devoted for background research of simulation tools for electrical engineering and electronic. It will describe and compare several options of simulation tools available on the market. Further will, according to the selected simulation tool, show the creation of a specific electrical simulation of the electrical diagram.

KEYWORDS

electrotechnics, electronics, simulation, electrotechnics simulation, spice

OBSAH

1	Úvod.....	9
2	SPICE.....	10
3	Proteus Design Suite	12
3.1	O programu	12
3.2	Isis	14
3.3	Ares	15
3.4	Verze	16
3.5	HW nároky	17
4	Circuit Design Suite 10.0	18
4.1	O programu	18
4.2	Multisim	19
4.3	Ultiboard	19
4.4	LabVIEW	20
4.5	Verze	20
4.6	HW nároky	22
5	TINA Design Suite v8.....	23
5.1	O programu	23
5.2	Verze	25
5.3	HW nároky	26
6	Micro-Cap 9	27
6.1	O programu	27
6.2	Verze	29
6.3	HW náročnost.....	30
7	SIMetrix	31
7.1	O programu	31
7.2	Verze	32
7.3	HW nároky	33
8	Shrnutí.....	33
8.1	Porovnání nástrojů	33
8.2	Výběr nástroje	35
9	Praktická část	35
9.1	Schéma zapojení	35
9.2	ATmega8.....	36
9.3	LCD LM041L	38
9.4	Motor-Encoder.....	39
9.5	Program pro ATmega8.....	40
10	Závěr	42
11	Použitá literatura	44
	Příloha A: Schéma zapojení	49
	Příloha B: Program.....	50
	Příloha C: CD.....	53

Seznam obrázků a tabulek

Tabulka 1 - Ceny balíku Proteus Design Suite	16
Tabulka 2 - Ceny balíku Circuit Design Suite 10.0	21
Tabulka 3 - Ceny softwaru TINA Design Suite v8.....	26
Tabulka 4 - Ceny softwaru Micro-Cap 9	30
Tabulka 5 - Shrnutí produktů	35
Obrázek 1 - Obsluha přerušení.....	41
Obrázek 2 - Hlavní část programu	41

1 Úvod

Obsahem této bakalářské práce bude rešerše simulačních softwarů pro elektrotechniku a elektroniku. Na trhu je k dispozici velké množství těchto simulačních nástrojů. Veškeré simulační nástroje, které zde budou podrobeny bližšímu zkoumání jsou založeny na simulačním programu SPICE. V rešerši se budu zabývat jen, z mého pohledu, několika nejdůležitějšími nástroji jako jsou Proteus či Multisim. Veškeré zde obsažené informace jsem čerpal z oficiálních stránek výrobců jednotlivých programů, tak jak je uvádí výrobce.

Před samotnou rešerší jednotlivých aplikací trochu popíšu SPICE. Což je nástroj pro simulaci obvodů. Na derivátech tohoto programu jsou dnes programy převážně postaveny. Simulační softwary zde zkoumané budou porovnávány z několika hledisek jako jsou: možnosti programu, dostupnost, verze programu, cena a HW nároky. Každá aplikace bude testovaná v nejvyšší dostupné verzi. Veškeré testy zabývající se náročností na hardware, či rychlosti simulace budou prováděny na AMD Athlon 64 X2 Dual Core 5400+. Velikost paměti použité pro testování je 4GB RAM. Tento systém by měl umožnit bezproblémový běh veškerého softwaru, tak aby hodnocení nebylo ovlivněno pomalým během testovaných programů. Teoretická část bude zakončena shrnutím vlastností všech programů. Budou zde přehledně vyzdvíženy jejich základní vlastnosti a také zde bude upozorněno na negativa veškerých zkoumaných simulačních nástrojů.

Dále bude následovat výběr konkrétního simulačního nástroje, ve kterém bude vytvořeno konkrétní elektrotechnické zapojení. Zvolení vhodného simulačního nástroje pro praktickou část se bude odvíjet od dosažitelnosti jednotlivých nástrojů a hlavně z hlediska výsledku v teoretické části. Software, který vyberu pro praktickou část by měl hlavně bez větších potíží umožňovat navrhnout zadaný elektrotechnický obvod. Dále by také měl být schopen poskytnout potřebné nástroje pro zpracování dat, např. tvorbu grafů. Bude následovat simulace tohoto zapojení. V této části bude také rozebrán konkrétní simulační obvod, který podrobím bližšímu zkoumání. Podrobněji zde bude popsána tvorba programu, ale i samotný program, pro mikrokontrolér ATmega8.

2 SPICE

SPICE¹ je simulační program vytvořený za účelem simulace analogových elektrických obvodů. Označení SPICE je zkratka značící Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis. Tento název v češtině znamená Simulační program se zaměřením na integrované obvody.

Pokud máme již předem vytvořené zapojení, který někdo jiný navrhl a otestoval, tak se nemusíme bát nefunkčnosti. Nikdy ovšem stoprocentně nevíme zda vytvořené zapojení je funkční tak jak by jsme si představovali nebo prostě máme zájem daný obvod simulovat a zjistit, zda by se nedal někde vylepšit. Ve většině případů, ale již vytvořené zapojení nemáme. V tomto případě začínáme tzv. „od podlahy.“ Nikdo nemůže při začátku vývoje říci, zda jeho návrh bude splňovat účel s jakým bylo dané zařízení navrhováno. Existují sice nástroje, které nám umožňují vytvářet taková zapojení, ale je příliš nákladné fyzicky vyrobit elektrotechnické zapojení, s nejistotou zda bude fungovat správně. Výrobou nic nekončí a je nutné zařízení testovat a případně hledat chybu. Nástroj SPICE je tedy velkým pomocníkem. Pomocí tohoto nástroje můžeme ověřovat zda námi vytvořené elektrotechnické zapojení splňuje požadavky, které jsme si při vytváření zapojení vytyčili. Dále pomocí tohoto nástroje můžeme zamezit chybám, které se v zapojeném obvodu nacházejí. V dnešním světě, zvláště v nestálé ekonomické situaci, není možné vytvořit elektrotechnické zapojení, které by se dále masově vyrábělo, bez ověření zda toto zapojení funguje správně. Náklady na výrobu jsou příliš vysoké, a proto musíme vytvořit bezchybný elektrotechnický obvod. Vývojáři pomocí tohoto nástroje také získají potřebné podrobnější informace o obvodu. Není tedy nutné před testováním obvod vyrobit fyzicky. Stačí nám software, který je založen na programu SPICE a můžeme vytvářet a testovat elektrotechnické obvody.

Výroba je v dnešním moderním světě natolik výkonná, že se nemusíme bát velkých odchylek vyráběných kusů. Ovšem výkony obvodu jsou ovlivněny výrobními tolerancemi i malá nepřesnost může leckdy znamenat jiné kvalitativní vlastnosti, či naprostou nefunkčnost výrobku. O tomto tématu by hodně mohli mluvit návrháři procesorů pro stolní počítače. Pomocí programu SPICE můžeme provést

¹ Wikipedia. *SPICE*.

simulaci metodou Monte Carlo a získat tak potřebné informace, pro budoucí výrobu. Metoda Monte Carlo se používá k řešení numerických úloh za použití organizovaných stochastických pokusů. Podstatou tedy je provádění náhodných pokusů a zpracování jejich výsledků. Počet pokusů se nepohybuje v desítkách. Pro co nejvyšší přesnost je nutné provést až několik tisíc pokusů. Někdy se provádí počet pokusů čítající mnoho desítek tisíc. Ovšem ač nástroj SPICE umožňuje mnohé je nutné, aby závěry z měření a simulací vyhodnotil člověk a teprve ten rozhodne co je ještě přípustné a kde by se měla případně provést korekce.

SPICE byl vytvořen na počátku 70.let na Electronics Research Laboratory of the University of California, Berkeley. Vytvořil ho Larry Nagel za pomoci Prof. Donalda Pedersona. Tento program byl v zásadě vyvíjen jako open source. SPICE1 byl představen v roce 1973, některé zdroje uvádí rok 1972. Tento nástroj byl naprogramován v jazyce Fortran. SPICE1 měl málo obvodových prvků, které jsme mohli pro simulaci použít. Změna v popularitě nastala až v roce 1975, kdy byl vytvořen SPICE2. Tento program měl daleko více použitelných obvodových prvků. SPICE2 byl také vytvořen za použití jazyka Fortran. Roku 1989 vyvinul Thomas Quarles SPICE3 za použití jazyka C. Jak je vidět tak první verze programu SPICE po sobě přicházely poměrně značně rychle. Až teprve příchod verze tři měla od verze 2 značný odstup. Tento interval může být dán nejenom změnou programovacího jazyka z Fortranu na C, ale i celkovou snahou o vylepšení programu. SPICE3 není zpětně kompatibilní s verzí 2. Zpětná kompatibilita je v současnosti také standardem, který by měl být všemi vývojáři dodržován. Uživatelé by chtěli, aby i v novějších verzích mohli využívat podklady vytvořené v nižších verzích svých programů. Experimentování s novými verzemi programů, které nepřinášely zpětnou kompatibilitu již přineslo mnoha firmám značné problémy ze strany nespokojených uživatelů. Tato nová verze také měla grafické rozhraní pro zobrazení výsledků. Dnes si již nedokážeme představit jakýkoli nástroj bez přehledného zobrazení výsledků. I ty nejjednodušší programy by měly umožňovat alespoň základní zobrazení výsledků. Bez této vlastnosti směřuje jakýkoli program, ve srovnání s konkurencí, k ukončení svého životního cyklu.

Po roce 1980 se začaly na trh dostávat první komerční verze programu SPICE jako například ISPICE nebo HSPICE. MicroSim vytvořil PSPICE což byla první

verze určená pro stolní počítače. První verze programu SPICE běžely na velkých sálových počítačích. Posun směrem na PC jistě znamenal velký krok směrem k širšímu využití. Nejen díky tomuto kroku, ale díky možnostem, které SPICE nabízel vývojářům se o tento software začínají zajímat čím dál tím více velké firmy. Popularita SPICE dosahuje, ale i do sféry akademické. Není nic snazšího než učit studenty v elektrotechnických oborech nejdříve na simulátorech, kde se naučí základní vlastnosti obvodů a až poté přesun k fyzickým zapojením obvodů. Jistě také přispěl k vývoji nových technologií, které by byly odsouzeny k záhubě z důvodu nákladného vývoje. Software z něho odvozený nabízí při minimálním úsilí a finančních nákladech vyrábět a hlavně testovat i velmi složitá zapojení. K provozu programů založených na SPICE potřebujeme jen PC. Díky tomuto nemusíme mít žádné elektrotechnické laboratoře, jejichž výbava nepatří k nejlevnějším. Stačí nám tedy standardní stolní počítač, který seženeme za minimální cenu oproti vybavení laboratoře. Také se nemusíme bát, že by jsme neprofesionální manipulací s přístroji, či prostě malé chybě zničili zařízení, na jehož vývoj jsme vynaložili značné finanční prostředky. Také nehrozí poškození měřících přístrojů. Navrhovat a testovat elektrotechnické obvody je od dob programu SPICE značně jednodušší a pohodlnější.

V dnešní době existuje mnoho velkých společností, které dále vyrábějí simulační programy založené na programu SPICE. Můžeme zmínit například LTspice vyvíjený společností Linear Technology nebo TISPACE od Texas Instruments. Ovšem existují společnosti, které vyvíjejí software, který není přímo založen na SPICE. Mezi tyto rebely by se dalo zařadit IBM, které vyvíjí software PowerSPICE nebo NXP Semiconductor. Tato společnost zase vytváří Pstar.

3 Proteus Design Suite

3.1 O programu

Isis je součástí balíku Proteus Design Suite od společnosti Labcenter Electronics. Společnost Labcenter byla založena roku 1988². Balík Proteus je vyvíjen

² Labcenter Electronics Ltd.. *Company Profile*.

nepřetržitě od založení společnosti. Tedy již přes dvacet let. Díky takto velkému časovému rozpětí se z Proteus Design Suite stal jeden z nejlépe vybavených nástrojů pro elektrotechniku na světě. Proteus se prodává ve více jak 50 zemích světa. Díky takto široké základně zákazníků je program neustále vylepšován a společnost Labcenter vyvíjí stále nové produkty, které by mohli zákazníci při svojí práci využít. Každý rok společnost díky vývojářům vypustí okolo tří nových verzí. Tyto nové verze neobsahují jen minimální vylepšení, ale jsou doprovázeny i většími zlepšeními dosavadních produktů. Díky těmto vylepšením se z Proteus Design Suite stává komplexní CAD nástroj pro elektrotechniku.

Software Proteus je dnes hodně využíván mezinárodními společnostmi. Mezi zákazníky nenajdeme jen společnosti primárně z oblasti elektrotechniky, ale i společnosti zabývající se značně odlišnými odvětvími produkce. Mezi takové společnosti patří třeba automobilky Volvo a Ferrari. Moderní automobily jsou dnes čím dál tím více založeny na elektronice, a proto je moderní a účinný software velmi potřeba. Do provozu přicházejí takové technologie jako je automatické parkování, či detekce silničních značek. Také systémy jsou značně nákladné na vývoj a výrobci tudíž potřebují takové nástroje, které by jim co nejvíce ušetřily finanční prostředky. Společnost Labcenter takové řešení nabízí. Mezi dalšími uživateli najdeme např. Xerox, Sony a nebo také Britskou armádu.

Gael Salles ze společnosti ST MICROELECTRONICS řekl: "We use the Proteus suite regularly and we really appreciate both the simple user interface and the number of features. When we have faced a limit or a problem, the support response has always been fast and focused. Proteus is a good solution for reasonably complex design."³ Tento výrok by se dal zjednodušeně přeložit jako naprostá spokojenost s balíkem Proteus a se službami, které k němu výrobce poskytuje. Balík Proteus Design Suite je také využíván mnoha univerzitami po celém světě. Mezi ty známější patří třeba Cambridge University. Ray Freshwater před použitím tohoto softwaru testoval ještě mnoho jiných produktů a Proteus Design Suit vyšel z tohoto souboje vítězně. Zvláště vyzdvihuje intuitivnost a velmi krátkou dobu, za kterou se dal program snadno ovládat.

³ Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Electronics : Customer Comments.*

Intuitivnost ovládání a krátká doba učení je jedna z nejdůležitějších vlastností jakéhokoli programu. Představme si situaci, kdy máme před sebou dva programy. Jeden není tak dokonale technicky vybavený, ani nenabízí takové možnosti práce jako druhý. Přesto obsahuje všechny základní funkce. Druhý program je zase technologicky velmi na výši. Jeho funkčnost splňuje veškeré myslitelné možnosti. Tento program ovšem je značně složitý na naučení a jeho ovládání nepatří vůbec k jednoduchým a intuitivním. Ve výsledku si zákazník spíše vybere takový program, který mu nabídne potřebné funkce a takový, kde nebude muset studovat před použitím velmi složité ovládání, které ani po delší době nepřejde „do krve“. Osobně bych tedy zvolil spíše program jedna. Tyto vlastnosti Proteus splňuje, a proto byl na Cambridge university vybrán. Společnost Talk Electronics také testovala několik softwaru a Proteus vyšel jako nejvíce flexibilní a nákladově efektivní řešení na trhu. Firma tento software využívá přes 7 let.

3.2 Isis

Součástí balíku Proteus je nástroj ISIS⁴, který zde budu primárně popisovat. ISIS je jádrem balíku Proteus a je dodáván ke každé verzi tohoto nástroje. Tento program slouží k vytváření obvodových zapojení. Nými vytvořená zapojení můžeme simulovat a provádět na nich daná měření, která nám poskytnou lepší pohled na funkčnost obvodu.

Jádrem softwaru ISIS je naopak nástroj ProSPICE⁵. Tento program byl odvozen z SPICE3F5. ProSPICE je dodáván ve dvou verzích. Základní verze nabízí pouze interaktivní simulaci. Pokročilejší verze rozšiřuje možnosti o celý rozsah grafově založených analýz. Základní verze je součástí veškerých distribucí programu Isis. V základní verzi je obsaženo okolo 10 000 analogových komponent. Digitální simulace obsahuje 74 řád TTL, CMOS řady 4000, ... Pokročilá simulace může být přidána do všech verzí, které umožňují ověřování důležité etapy v životním cyklu projektu. V pokročilé simulaci najdeme analýzy jako jsou frekvenční nebo Fourierova analýza.

⁴ Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Electronics - Proteus Schematic Capture Software.*

⁵ Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Electronics - Proteus Simulation - Mixed Mode SPICE Circuit Simulation Software.*

ISIS umožňuje například export do grafických souborů jako jsou BMP. Tady bych chtěl podotknout, že zde chybí mnoho standardních formátů jako je JPEG či GIF. Tyto formáty jsou dnes hojně rozšířeny a nevidím důvod proč je nepodporovat. Jako uživatel bych jistě export do JPEG uvítal. ISIS také nabízí plně konfigurovatelný Bill of Materials. Pomocí tohoto nástroje můžeme jednoduše spočítat např. cenu materiálu, kterou budeme muset vynaložit na dané zapojení. Tato funkce je z mého pohledu velmi užitečná a usnadní pozdější práci. Zmínil jsem se jen o několika vlastnostech systému ISIS. Samotný program jich nabízí daleko více.

3.3 Ares

Dalším softwarem obsaženým v Proteus Design Suite je ARES PCB Layout Software⁶. Pomocí tohoto programu můžeme vytvářet zapojení, které už poté stačí pouze vyrobit. Jde o návrh fyzického rozložení komponent. Zatímco ISIS umožní obvod otestovat, tak v programu ARES nic netestujeme, pouze umísťujeme komponenty, tak abychom dosáhli např. požadovaných rozměrů. Také při návrhu plošného spoje musíme vzít v potaz okolí PCB. Rozměrnější součástky musíme tedy umísťovat vzhledem k okolí, abychom např. nepřišli do kontaktu třeba s krytem zařízení. Také je zapotřebí myslet na chlazení komponent. Tento problém je zřejmý hlavně u PC komponent.

Umísťovat komponenty na pracovní plochu programu ARES můžeme od 10nm. ARES také nabízí automatické umísťování komponent. Díky tomuto systému odpadají „tuny“ práce. Z vlastní zkušenosti můžu říci, že návrh kvalitního plošného spoje není věc jednoduchá. Pokud tedy chceme dosáhnout rozumných rozměrů plošného spoje musíme při návrhu strávit někdy více někdy méně času. Tento autorouter je plně konfigurovatelný a můžeme psát vlastní skripty. U složitějších zapojení ani nemluvě, tam už je zapojení tak komplikované, že se takový software hodí. Další užitečnou funkcí je 3D Viewer, který nám umožňuje nahlédnout na navržený spoj, tak jako kdybychom ho viděli přímo před sebou na stole. ARES stejně jako ISIS umí exportovat zapojení do několika formátů a to nejen pro Windows, ale i pro plottery, či pro profesionální sféru. Jinak řečeno pro výrobce nebude problém tento spoj vyrobit na jakémkoli zařízení.

⁶ Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Electronics - Proteus EDA/CAD - PCB Design Software.*

3.4 Verze

Proteus Design Suite se dělí v základu na 4 verze⁷. Dvě z těchto verzí se dělí ještě dále. Takže ve skutečnosti existuje 6 verzí. Počet verzí je tedy značný a měl by si vybrat každý. Zde musíme vzít v potaz, že některé programy, nebudeme-li se omezovat pouze na elektrotechniku nabízejí mnohdy pouze jednu verzi programu a případně demo verzi, která ovšem pro profesionální využití není vhodná.

Proteus⁸ se tedy dělí na Starter Kit, která nabízí jen základní funkce. Dále zde máme verzi Level 1 a 1+. Ta nabízí shodné vlastnosti jako Starter Kit. Jedinou změnou je počet propojení, které můžeme vytvořit. Tento počet se navýšil z 500 na 1000 u Level 1 a 2000 u Level 1+. Následuje verze Level 2/2+. Tyto verze již nabízejí veškerou funkčnost. Omezení na počet propojení součástek je stejné jako ve verzi Level 1. Od verze 2 již tedy můžeme vytvářet vlastní skripty pro autorouting v programu ARES a také je nám konečně zpřístupněna 3D vizualizace. Verze Level 3 již není omezena ani počtem propojení. Nyní veškeré, zde uvedené, cenové informace shrnu v tabulce 1.

Tabulka 1 - Ceny balíku Proteus Design Suite

Verze	Cena
Proteus PCB Design Starter Kit	249 \$
Proteus PCB Design Level 1	479 \$
Proteus PCB Design Level 1 +	649 \$
Proteus PCB Design Level 2	999 \$
Proteus PCB Design Level 2 +	1599 \$
Proteus PCB Design Level 3	1999 \$
Pokročilá simulace	319 \$

Jak je zde vidět, rozdíly mezi jednotlivými verzemi jsou v řádu 300 dolarů. Ovšem rozdíl mezi verzí 2 a 2+ už je dvojnásobek. Tento cenový skok mi přijde značně veliký, vezmeme-li v potaz, že rozdíl je pouze v počtu propojení mezi součástkami. Sice je počet připojení jistě podstatná vlastnost, ale přijde mi, že by

⁷ Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Electronics - Proteus EDA/CAD Software - Commercial Prices.*

⁸ Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Labcenter Electronics - Proteus PCB Design - Integrated EDA/CAD PCB Software.*

bylo vhodnější odsadit celý Level 2 o vyšší částku a poté zmenšit rozdíl mezi 2 a 2+. Dalo by se říci, že jde pouze o upgrade stávající verze na verzi, která nabízí jen jednu změnu. Ovšem podíváme-li se na problém z jiného pohledu dojdeme k závěru, že někdo by mohl chtít pouze vlastnosti vyšší verze a o počet propojení mu vůbec nejde. Z tohoto hlediska je menší cenový skok mezi verzemi 1 a 2 jistě vhodný. Dokoupení pokročilé simulace je dražší než samotný startovní kit. Dokoupíme-li si tedy k Starter kitu ještě pokročilou simulaci dostaneme se na úroveň mezi Level 1 a Level 1+. Při nákupu tedy musíme vzít v potaz, zda potřebujeme pokročilou simulaci, nebo nám více ku prospěchu bude více propojení součástek, které můžeme realizovat. Pro studenty nabízí společnost 20% slevu na svoje produkty. 20% sice není mnoho, ale jistě to zájemci z řad studentů uvítají. Veškeré produkty je též možno zakoupit v multilicencích. V nabídce si máme možnost vybrat z řešení pro 10, 25, 50 a nebo pro neomezený počet uživatelů. Pro tyto multilicence jsou velmi výhodné finanční nabídky.

3.5 HW nároky

Na stránkách výrobce ani nikde v dokumentaci k samotnému balíku jsem nenašel informace o HW nárocích tohoto softwaru. Jen v nápovědě jsem našel zmínku, že program běží na Windows 2K a XP. Na první pohled balík Proteus⁹ nevypadá extrémně hardwarově náročný, ale jistě bych nejen já uvítal přesné specifikace HW, na kterých se dají jednotlivé programy z balíku Proteus „rozběhnout“. Je zvykem takové informace uvádět.

Spuštění programu Isis bylo velmi rychlé. Po spuštění byl software okamžitě schopen práce a nebylo nutné ještě složitě vytvářet projekt. Správce úloh ve Windows při měření ukazoval 11 MB obsazené paměti RAM u programu ISIS. Tato hodnota je značně potěšující, vezmeme-li v potaz, že např. textový editor zabírá 30 MB RAM. Při otevření ukázkových zapojení vrostlo zatížení systému ani ne na dvojnásobek operační paměti. Po spuštění simulace vzrostlo zatížení opět přibližně o 10 MB v operační paměti. Jak je tedy vidět program Isis není vůbec náročný. S jeho „rozběhnutím“ by neměl být na žádném dnes standardně vybaveném PC problém. Zatížení CPU se pohybovalo pod 20% i v zátěži, tedy při spuštěné simulaci.

⁹ Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Electronics - Downloads*.

HW nároky programu ISIS, na který je tato rešerše zaměřena je tedy velmi povzbuzující. Výrobce tedy neuvádí na svých stránkách HW nároky balíku Proteus Design Suite, ale jsou na dnešní dobu tak malé, že by opravdu neměl problém tento software zakoupit, nainstalovat a bez větších potíží s ním začít ihned pracovat.

4 Circuit Design Suite 10.0

4.1 O programu

Tento balík byl vyvinut společností National Instruments¹⁰. Tato firma byla založena v roce 1976. Jak je tedy vidět z roku založení, figuruje na trhu už přes čtvrt století. Firma operuje ve více jak 40 zemích světa. Sídlo firmy můžeme nalézt i v České republice¹¹. Je tedy velmi potěšující, že i český trh je pro takovouto firmu zajímavý a nejsme na okraji zájmu. National Instruments dodává software pro více jak 25 000 zákazníků v 91 zemích světa. Součástí Circuit Design Suite jsou dva programy. Prvním a do tématu této rešerše zapadajícím softwarem je Multisim. Dále zde můžeme nalézt Ultiboard. Multisim je obdobou programu ISIS z balíku Proteus Design Suite, který je zmíněn v předcházející části. Ultiboard je zase variace programu ARES, taktéž obsaženého v balíku Proteus. Jak je tedy vidět v základě jsou Circuit Design Suite od National Instruments a Proteus Design Suite od společnosti Labcenter Electronics prakticky identické, co se týká dodávaného softwaru v jejich balících pro elektrotechnický design. V podstatě elektrotechnici větší množství softwaru nepotřebují. Stačí jim obvod vytvořit. Následně přichází fáze simulace, kdy opravujeme chyby a zjišťujeme případné dosažené výkony. Pokud obvod projde testovací fází můžeme přistoupit k návrhu fyzického rozložení součástek a následné výrobě. Pro design obvodů, tedy stačí tyto dva softwary. Nyní se podíváme blíže na jednotlivé části balíku od firmy National Instruments.

¹⁰ Wikipedia. *National Instruments*.

¹¹ National Instruments. *National Instruments Česká Republika a Slovensko*.

4.2 Multisim

V minulosti nazývaný Electronics Workbench¹² vyrobený společností Electronics Workbench, která je nyní součástí společnosti National Instruments. Dříve byl produkt využíván jako výukový software pro elektrotechnická zapojení. Dnes je využíván jak pro výuku, tak pro profesionální účely. Simulace programu je opět založena na softwaru SPICE. Opět je tedy vidět oblíbenost a kvalita tohoto simulačního nástroje.

Při návrhu zapojení v Multisimu je možno využít přes 16 000 komponent. Knihovna součástek obsahuje součástky od vedoucích firem v oboru elektrotechniky. Najedeme v ní součástky například od Texas Instruments. Multisim nabízí plnou podporu nástroje Elvis¹³. Elvis je systém určený převážně pro výukové účely. Jde o jakousi malou laboratoř, která nabízí i takové nástroje jako jsou osciloskopy. Digitální multimetr je samozřejmostí. Elvis se nyní nachází ve verzi 2. Myslím si, že pokud by střední elektrotechnické školy používaly takovéto nástroje, mnoho studentů by shledalo výuku daleko zajímavější. Multisim také nabízí export zapojení do programu Ultiboard, který je také součástí softwarového řešení společnosti National Instruments.

4.3 Ultiboard

Ultiboard¹⁴ je jak již bylo výše řečeno variace programu ARES od Labcenter Electronics. Ultiboard tedy slouží k navrhování tištěných plošných spojů, které před návrhem můžeme simulovat, ale nemusíme, programem Multisim. Simulované obvody vytvořené v Multisimu, lze také do Ultiboardu exportovat, opět tedy najdeme shodu s nástrojem ARES. Navržený plošný spoj je možno 3D vizualizovat a nechat si zobrazit PCB ještě před samotnou výrobou. Ultiboard také nabízí autoroutovací technologii pro rozmístění a propojení součástek bez zásahu uživatele. Po přenesení simulovaného plošného spoje z programu Multisim dostaneme změť propojení a komponent, ve které není u složitějších zapojení jednoduché se vyznat. Je tedy vhodné přistoupit k routovacím nástrojům, které nám tyto komponenty seřadí a

¹² Wikipedia. *NI Multisim*.

¹³ National Instruments. *NI ELVIS: Educational Design and Prototyping Platform*.

¹⁴ National Instruments. *NI Ultiboard – Printed Circuit Board Layout and Routing*.

vytvoří mezi nimi smysluplné propojení. Je tedy na nás zda raději manuálně bez exportu z Multisimu vytvoříme PCB, např. kvůli samotnému rozmístění součástek vzhledem k okolí plošného spoje nebo chlazení PCB. Nebo můžeme využít export a routovací technologii, která ovšem není dokonalá. Ultiboard též nabízí export do průmyslových standardů jako jsou Gerber nebo DXF.

4.4 LabVIEW

Firma National Instruments vyvinula také nástroj LabVIEW¹⁵, který ovšem není součástí balíku Circuit Design Suite ani není cílem této práce. Ovšem nelze se o něm nezmnít, zvláště v případě, že tento program je propojen s nástroji Multisim a Ultiboard. Jen ve zkratce zmíním, že LabVIEW slouží k testování a měření např. plošných spojů. Jde tedy o jakousi lepší laboratoř. Návrhář může díky tomuto softwaru využít tzv. grafické programování a také může využít programovacích jazyků jako je C ++. V nástroji Multisim tedy simulujeme plošný spoj, exportujeme do Ultiboardu, z jehož návrhu PCB můžeme tento spoj nechat vyrobit. Pomocí LabVIEW můžeme celý systém spolu s vytvořenými spoji otestovat a provádět na něm měření, které potřebujeme.

4.5 Verze

Balík nástrojů se dá koupit ve třech různých variantách¹⁶. Existují varianty Base Edition, Full Edition a Power Pro Edition. Ceny, které zde budu uvádět jsou aktuální pro Německo a budou tedy v Eurech. Dále je možno zakoupit program Multisim samostatně, budu tedy uvádět jak ceny pro něj tak pro celou sadu nástrojů obsaženou v Circuit Design Suite. Ultiboard je možno samostatně zakoupit jen v některých verzích, o těch se také zmíním.

Base edition¹⁷ je nejnižší možná verze. V této edici pro program Multisim je obsaženo kolem 11 000 komponent, které můžeme použít. Obsažení základní SPICE simulace je samozřejmostí, bez této funkce by neměl Multisim smysl. Export do

¹⁵ National Instruments. *NI LabVIEW - The Software That Powers Virtual Instrumentation - Products and Services - National Instruments.*

¹⁶ National Instruments. *NI Circuit Design Suite - Products and Services - National Instruments.*

¹⁷ National Instruments. *NI Multisim Base - Products and Services - National Instruments.*

Ultiboardu je zde také zastoupen. Multisim lze zakoupit za 1 549 € a celý balík za 2 599 €. ¹⁸

Následuje Full Edition¹⁹. Ta nabízí v programu Multisim 15 virtuálních nástrojů jako osciloskop či logické analyzátory. Ten kdo si tuto verzi vybere získá přístup k metodě Monte Carlo, o které jsem se zmiňoval již dříve a také k dalším 14 analýzám. Počet komponent se zvýšil na 12 000. Toto navýšení není tak razantní, jak bych od vyšší verze Multisimu očekával. Ovšem tato verze přináší dostatek vylepšení na to, aby se dala označit za vyšší verzi a tedy i důvod k vyšší ceně. Ultiboard²⁰ je samostatně nakoupielný až od této verze. V této edici můžeme využít design PCB až do čtyř vrstev. Multisim ve verzi Full stojí 2 599 €, tedy tolik co stojí celý balík nástrojů ve verzi Base. Ultiboard pořídíme za 2 049 €. Celou sadu nástrojů obsaženou v Circuit Design Suite zakoupíme za 3 599 €. ²¹

Tabulka 2 - Ceny balíku Circuit Design Suite 10.0

Verze	Cena
Base Edition	
Multisim	1 549 €
Circuit Design Suite	2 599 €
Full Edition	
Multisim	2 599 €
Ultiboard	2 049 €
Circuit Design Suite	3 599 €
Power Pro Edition	
Multisim	3 999 €
Ultiboard	3 049 €
Circuit Design Suite	5 449 €

Nejvyšší verzí těchto nástrojů, kterou si můžeme opatřit je Power Pro Edition²². Multisim v této verzi obsahuje již přes 16 000 komponent. Tedy již značný nárůst, oproti změně z Base na Full. Počet analýz se také zvýšil a to na 24. Počet

¹⁸ National Instruments. *NI Circuit Design Suite Base Edition - Products and Services - National Instruments.*

¹⁹ National Instruments. *NI Multisim Full Edition - Products and Services - National Instruments.*

²⁰ National Instruments. *NI Ultiboard Full - Products and Services - National Instruments.*

²¹ National Instruments. *NI Circuit Design Suite Full Edition - Products and Services - National Instruments.*

²² National Instruments. *NI Multisim Power Pro - Products and Services - National Instruments.*

virtuálních nástrojů vzrostl na 22. Jak je tedy vidět při upgradu na tuto verzi získám daleko více, než při upgradu z Base na Full. Ultiboard²³ v této verzi již umožňuje vytvářet PCB až o 64 vrstvách. Tento nárůst je tedy obrovský. Cenově Multisim vychází na 3 999 €. Ultiboard si můžeme obstarat za 3 049 €. A nakonec plný balík nástrojů nakoupíme za 5 449 €²⁴. Nyní si všechny ceny shrneme v přehledné tabulce. Veškeré podrobnosti naleznete v tabulce 2.

4.6 HW nároky

Společnost National Instruments na svých internetových stránkách²⁵ uvádí pro programy Multisim a ultiboard následující HW požadavky. Budu uvádět jen shrnující informace. Není důvod uvádět kompletní požadavky. Oba nástroje spustíme na jakémkoli dnes dostupném systému Windows. Podpora pro Linux není zmíněna. Ovšem velká většina dnes dostupných nástrojů pro různé směry lidského bádání nemá na platformě Linux široké zastoupení a vývoj je směřován spíše pro Windows. Najdeme ovšem i výjimky. Jako procesor postačí Pentium 4 a výše. Tady by také neměl nastat problém. Minimální paměť RAM potřebná pro běh je 256 MB ovšem doporučují 512 MB. Systém by také měl mít minimálně 1 GB volného prostoru na pevném disku.

Nabíhání programu Multisim²⁶ nepatřilo k nejrychlejším. Multisim ovšem při startu kontroluje dostupné aktualizace softwaru a tudíž delší spouštění může být zapříčiněno právě tímto. Po spuštění je program ihned připraven k práci. Ovšem co mě překvapilo je velikost použité paměti RAM. Multisim si „ukousnul“ celých 110 MB RAM. Tento aspekt jistě není přehlédnutelný. Systém Windows XP není zdaleka tak náročný na paměť jako Windows Vista. Ovšem na tomto systému, který spotřebuje velké množství operační paměti pro svůj chod by toto mohl být problém. Dnes je sice standardem mít v PC více jak 1 GB RAM, ovšem systémy s menším množstvím paměti jsou stále hojně zastoupeny. Myslím si, že systém Vista s méně než 1 GB RAM a program Multisim by mohl představovat problém. Ovšem při

²³ National Instruments. *NI Ultiboard Power Pro - Products and Services - National Instruments.*

²⁴ National Instruments. *NI Circuit Design Suite Power Pro - Products and Services - National Instruments.*

²⁵ National Instruments. *System Requirements - Products and Services - National Instruments.*

²⁶ National Instruments. *Download Student Edition Evaluation Software: NI Multisim with Multisim MCU Module and Ultiboard.*

otevření pokusného příkladu a spuštění simulace stoupla zátěž paměti na hodnotu 200 MB, místy vyšplhala až k 250 MB RAM. Tato hodnota již není zanedbatelná. Výrobce udávající 256 MB RAM pro minimální běh programu mi přijde skoro nereálných. Jak je zde tedy vidět Multisim není co se týče paměti zrovna šetrným nástrojem a mohli by se vyskytnout problémy s jeho používáním na počítačích s menší kapacitou RAM. Při spuštěné simulaci je zátěž procesoru okolo 50 %. Tato hodnota také mohla být o něco nižší. V klidovém režimu je zátěž CPU minimální.

Ultiboard jsem testoval pouze na zatížení paměti RAM a dospěl jsem k zátěži pod 40 MB RAM v klidovém režimu a okolo 80 MB RAM při použití routovacích nástrojů. Pokud si shrneme celkové HW nároky, ke kterým jsem dospěl, dojdeme k názoru, že zatímco Ultiboard můžeme bez větších problémů provozovat na jakémkoli PC, Multisim už vyžaduje přece jen trochu větší výkon pro kvalitní běh.

5 TINA Design Suite v8

5.1 O programu

Program Tina je dílem společnosti DesignSoft²⁷. Kořeny společnosti sahají do roku 1992. Tato společnost tedy nemá ani zdaleka tak dlouhou historii jako třeba National Instruments. Sídlo společnosti je nám mnohem blíže než by se mohlo zdát. Hlavní centrála se nachází v Budapešti. DesignSoft má zastoupení v 50 zemích světa a její nástroje byly přeloženy do mnoha světových jazyků, češtinu nevyjímaje.

Tina²⁸ je nástroj nejen pro elektrotechnické návrháře, ale je určena i pro výukové účely. Tento nástroj obsahuje okolo 20 000 součástek třeba od společnosti Motorola. Na nekompletní knihovnu komponent si tedy stěžovat při použití Tiny nebudeme. Analýzy jí také nejsou cizí. Nabízí nám použití 20 různých způsobů analýzy mezi nimiž najdeme již mnohokrát zmíněnou analýzu Monte Carlo. Také je zde obsaženo 10 virtuálních nástrojů, můžeme zmínit osciloskop, který je takřka standardním nástrojem, bez kterého by to nešlo. Ovšem najdeme zde třeba také digitální generátor signálů. Tina má v sobě také zabudovaný modul, pomocí něhož

²⁷ DesignSoft Inc.. *DesignSoft Inc. company.*

²⁸ DesignSoft Inc.. *The Complete Electronics Lab for Windows.*

můžeme navrhovat PCB. Rozmíst'ování komponent do několika vrstev a routovací technologie jsou zde také přítomny. Náhled ve 3D je dnes také již standardem a zde ho proto také najdeme. Stejně jako export do průmyslových formátů jako je Gerber. Program pro simulaci zde obsažený je kompatibilní se SPICE 3F5. Je nám také nabídnuta možnost importovat nebo vytvářet nové SPICE modely, které můžeme stahovat třeba z Internetu. S Tinou lze také vytvářet dokumentaci. Není například problém vytvořit Nyquistovu charakteristiku. Vytvářet dokumenty a následně je tisknout můžeme přímo v tomto nástroji. Nemusíme tedy přecházet do jiného nástroje, do kterého budeme složitě přenášet zpracovaná data. Samozřejmě tyto nástroje můžeme využít. Přece jen zpracovat složitější dokumentaci bude lepší v některém na trhu dostupném kancelářském balíku, které jsou pro tyto účely vhodnější. K softwaru Tina můžeme také doplnit HW komponenty, které její možnosti rozšíří za hranice obrazovky monitoru. Po tomto rozšíření se z programu stane centrum takové malé laboratoře, kde bude vše přístupné z nástroje Tina.

Psaní kódu pro řídicí obvody nepatří k zrovna snadným a rychle splnitelným úkolům. Ovšem vývojáři v DesignSoftu vytvořili Flowchart Editor²⁹. Pomocí tohoto nástroje můžeme snadno vytvářet kód. Stačí vytvořit vývojový diagram, který známe např. z algoritmizace a poté již bude kód pro řídicí obvody vygenerován automaticky. Flowchart Editoru není cizí ani „debugování“. Tedy jinak řečeno, můžeme krok po kroku projít vývojový diagram a odstranit případné nedostatky, které se mohli vyskytnout. Samozřejmě že toto automatické generování nemusí být nejideálnější volbou, ale jistě může značně, v některých případech, zrychlit a usnadnit práci. Je tedy opět na lidské stránce, zda nechá kód vygenerovat automaticky a nebo se spolehne na svoje schopnosti. Tina také nabízí nástroje pro optimalizaci a snížení času k dosažení cíle. Pokud se v obvodu např. vyskytuje komponenta, jejíž hodnotou si nejsme ještě stoprocentně jisti nebo potřebujeme z obvodu dostat trochu jiný výkon využijeme tyto nástroje. Pomocí nich zadáme výsledek, ke kterému se potřebujeme dostat a Tina vše udělá za nás. Ovšem někdy nebude možno ze systému dostat jiné výsledky, bez toho, abychom změnili kompletní návrh. Stručně řečeno všechno se nedá vyřešit pouhou změnou hodnoty několika komponent, někdy je zapotřebí i hlubší rozbor problému. Tímto jsem popsal

²⁹ DesignSoft Inc.. *Flowchart Editor and Debugger in TINA*.

několik vlastností nástroje Tina, které mě zaujali nebo mi přišlo důležité je uvést, aby si každý mohl udělat přibližný přehled o vlastnostech tohoto nástroje.

5.2 Verze

Nástroj Tina je možno zakoupit v pěti variantách³⁰. Každý by si tedy měl mít možnost vybrat, která verze mu vyhovuje nejvíc. Seznam verzí obsahuje Basic, Student, Classic, Educational a Industrial. Jak je tedy vidět Tina je dostupná jak pro profesionální, tak i pro výukovou obec. Verze jsou si hodně podobné a nenajdeme mezi nimi velké rozdíly co se týče možností práce. Navíc je každou verzí možno zakoupit v multilicenci, která poskytuje značnou finanční výhodnost. Ovšem tady opět stojíme před rozhodnutím, kolik těch licencí koupit. Někdy přesně dopředu víme, že budeme potřebovat například 5 licencí a ty všechny budou neustále využívány. Ovšem může nastat případ, kdy koupíme verzi např. do učebny pro studenty v počtu 20 kusů, ale reálný počet studentů bude pouze 15. Multilicence jsou výhodné, ale před její koupí si musíme uvědomit kolik jich opravdu potřebujeme a zda není lepší zakoupit menší množství licencí, které by byly neustále využívány a vylepšit např. laboratoř pro fyzické testy komponent nebo pro výuku budoucích inženýrů.

Nyní se podíváme na cenovou politiku firmy DesignSoft³¹ a hlavní rozdíly mezi jednotlivými verzemi. Jak již jsem psal verze jsou prakticky identické, budu proto uvádět pouze počet komponent, které můžeme nalézt v knihovně součástek a počet součástek, které můžeme osadit na PCB. Mezi další rozdíly mezi verzemi můžeme zmínit přítomnost některých analýz či virtuálních komponent. Ovšem většina podstatných nástrojů je ve všech verzích zastoupena. Začneme u Tiny Basic, což je nejnižší verze pro profesionální využití. U této verze najdeme 10 000 komponent, kterými můžeme osadit naši simulaci a můžeme vytvořit PCB ze 100 komponent. Zakoupíme ji za 79 €. Dále máme možnost si pořídit verzi Tina Student. Tato verze je prakticky identická s Tinou Basic, jen jsou přidány některé výukové vlastnosti. Je k dostání za 59 €. Tedy pro studenty přichází sleva a některé vlastnosti navíc. Nyní přicházíme k verzi Classic. Tato verze je shodná se studentskou verzí a

³⁰ DesignSoft Inc.. *Produkt comparision.*

³¹ DesignSoft Inc.. *Order Form.*

navíc můžeme vytvořit PCB o 1000 komponentech. Jsou zde tedy obsaženy i některé výukové vlastnosti. Tato verze stojí 600 €. Jak je tedy vidět navýšení počtu komponent při návrhu PCB je značně ceněno. Jako další verzi mohu zmínit Tina Educational. Zde dojde k navýšení komponent v knihovně na 20 000. Tedy na dvojnásobek oproti předešlým verzím. Verze stojí také 600 €. Je tu možnost využít multilicence a na 5 zakoupených programech ušetřit přes 1000 €, protože pět multilicencí stojí 1 950 € a pět samostatných licencí 3 000 €. Teď se dostáváme k nejvyšší verzi, tedy verzi pro průmysl. Jedním z rozdílů verze Industrial oproti Educational je zrušení omezení na počet komponent na PCB. Tato verze již neobsahuje žádná omezení. Její cena je 1 200 €. V multilicenci pro pět uživatelů stojí 3 900 €. Některé verze také nabízejí slevy při nákupu druhé samostatné licence, ovšem ceník zde nebudu uvádět. Ceny softwaru jsem zpracoval v tabulce 3.

Tabulka 3 - Ceny softwaru TINA Design Suite v8

Verze	Cena
TINA 8.0 - Design Suite Basic Edition	79 €
TINA 8.0 - Design Suite Student Edition	59 €
TINA 8.0 - Design Suite Classic Edition	600 €
TINA 8.0 - Design Suite Educational version	600 €
TINA 8.0 - Design Suite Industrial version	1 200 €

5.3 HW nároky

Bohužel se mi nepodařilo dostat se k poslední verzi programu Tina. Při pokusu stáhnout demoverzi³² tohoto softwaru jsem byl odkázán na jejich sekci, která je k tomuto určena a zde po výběru balíku Tina, jsem musel čekat na email. V tomto emailu byl ovšem obsažen odkaz na stažení programu Edison v4. Mylně jsem se domníval, že Tina v něm bude také obsažena, ale nebyla. Edison je výukový software od stejné společnosti a je dle mého názoru určen spíše pro mladší publikum zajímající se o elektrotechniku. Jak jsem později zjistil, při spuštění softwaru Edison dojde se spuštění Tiny, ovšem ta je okamžitě skryta a zpřístupní se pouze Edison. Proto jsem musel přistoupit k nižší verzi nástroje Tina a to k verzi 7. Tady je ovšem trochu matoucí, že Tina ve verzi 7 je k dosažení u úplně jiného výrobce. Tento

³² DesignSoft Inc.. *Download registration form.*

výrobce také nabízí jiné softwary od společnosti DesignSoft. Jména těchto výrobců jsou si značně podobná DesignSoft oproti DesignWare Inc.³³ Jak jsem zjistil DesignWare Inc. je distributorem společnosti DesignSoft.

Nyní již přistoupíme k samotným HW nárokům³⁴. Výrobce uvádí pro spuštění Tiny v8 alespoň procesor Pentium. Podrobněji nároky u procesoru neuvádí, ale osobně myslím, že Pentium pro běh stačit nebude. Poté vyžaduje alespoň 256 MB RAM a 200 MB místa na pevném disku. Tina je kompatibilní i s Windows Vista. Spuštění programu je značně svižné. Jde zatím o nejrychlejší spuštění ze zatím testovaných softwarů. Ovšem již na první pohled je vidět, že Tina je oproti například programu ISIS značně jednoduchá. Skoro by se mohlo zdát, že je to velmi jednoduchý program, který nepřekypuje funkcemi. Spuštěná Tina v7 zabere v paměti asi 22 MB. Tedy ne mnoho, ale jak jsem již řekl, na pohled se nejeví zrovna přeplněna funkcemi. Očekával bych proto možná i menší nároky na paměť. Náročnost při běhu simulace nebyla testovaná z důvodu neobsazení žádných zkušebních příkladů pro testování nástrojem SPICE. Také jsem v demoverzi nenalezl možnost spuštění simulace. Nástroj Tina se tedy jeví nijak extra náročně. Jakýkoli dnes nakoupielný počítač by si s Tinou měl umět poradit bez větších problémů a umožnit uživateli bezproblémové využití.

6 Micro-Cap 9

6.1 O programu

Micro-Cap je software vyvinutý firmou Spectrum software³⁵. Společnost založil Andy Thomson již v roce 1980. Pouhé dva roky poté byl na trh uvolněn první Micro-Cap. Stačily tedy pouhé dva roky na to, aby byla vydána první z dosavadních devíti verzí tohoto nástroje. Další verze přišla až o tři roky později. Software nebyl vyvíjen jen pro počítače PC, ale i pro řešení od společnosti Apple. Společnost Apple má velmi široké zastoupení na území USA. Je tedy velmi logickým krokem pro tento systém vyvíjet i software. Poslední verze Micro-Capu byla vypuštěna již před více

³³ DesignWare Inc. Software. *Home Page*.

³⁴ DesignSoft Inc.. Software. *Quick start manual*.

³⁵ Spectrum Software. *About Spectrum Software and Micro-Cap*.

jak dvěma roky. Přesněji v lednu 2007. Nejedná se tedy o nejnovější software. I když doba dvou let není tak veliká, v počítačovém odvětví běží čas přece jen trochu jinak a mnohem rychleji. To co bylo před půl rokem nejlepším a nejvýkonnějším řešením na trhu může být nyní již velmi zastaralým produktem. Ovšem toto se týká převážně hardwaru, software tímto trendem není až tolik zasažen.

Samotný program Micro-Cap³⁶ je nástroj na simulaci elektrotechnických obvodů. Tento nástroj je, jak se zdá, jediným softwarem společnosti Spectrum Software. Nemá v sobě zabudován jakýkoli nástroj pro výrobu PCB. Při zpracování informací o tomto programu jsem nenarazil na zmínku o tvorbě plošných spojů, krom možnosti exportu informace o propojení součástek, kterou již mohou návrhářské programy využít. Ovšem nepřítomnost samostatného návrhářského softwaru bych označil za značnou nevýhodu. Přece jen pokud bych si jako majitel společnosti rozhodoval o nákupu simulačního softwaru, zároveň s tím, že tyto obvody budu chtít vyrábět, hledal bych spíše řešení, které nabízí jak simulaci, tak návrh. Nepřítomnost tohoto nástroje bych tedy viděl jako velké znevýhodnění, oproti třeba Multisimu. Kde je takový nástroj dodán a ještě ke všemu umožňuje převod simulace na PCB a také obsahuje routovací technologii, která zrychlí návrh. Podívejme se tedy na specifikace Micro-Capu jako samostatného simulačního softwaru bez možnosti návrhu PCB.

Jednou z nejdůležitějších vlastností je samozřejmě počet komponent, které můžeme použít k vytvoření simulace. Tady budou jistě návrháři uspokojeni, jelikož je jich tu okolo 20 000. Při tvorbě simulace také můžeme využít funkce, které navrhnou ideální hodnoty komponent, tak abychom dosáhli požadovaného výsledku. Ovšem tento problém jsem v této práci již zmiňoval. Tedy jen ve zkratce. Někdy nestačí změnit pouze hodnoty, občas musíme přistoupit ke kompletní změně návrhu, abychom dosáhli výsledku. Při práci se nabízí možnost využít IBIS model translator³⁷. Společnosti pro výrobu komponent využívají jazyk IBIS k popisu impedancí a časování u vstupů/výstupů komponent. Pomocí IBIS model translator lze jednoduše přečíst tyto informace a využít je k tvorbě SPICE modelu. Při práci s Micro-Capem jsou nám pro testování k dispozici různé analýzy jejich seznam je

³⁶ Spectrum Software. *Micro-Cap 9*.

³⁷ Spectrum Software. *IBIS Modeling*.

standardní. Nachází se mezi nimi i analýza Monte Carlo³⁸, která byla v této práci zmíněna již mnohokrát. Jak je tedy vidět vývojáři z Spektrum software nás o její využití nepřipravili. Při tvorbě dokumentace nebo k pouhému náhledu na vlastnosti obvodu můžeme využít tvorbu grafů ve 3D³⁹. 2D prostředí je sice daleko přehlednější než 3D, ovšem někdy nedokáže zobrazit všechny potřebné detaily. Tvorba grafů ve 3D je příjemnou vlastností, nejen že jsou takové grafy líbivější, ale také detailnější. V programu je také obsažen Bill of Materials. Tedy nástroj pomocí něhož můžeme nahlédnout na použití jednotlivých typů součástek spolu s jejich hodnotou. Jako poslední vlastnost uvedu uložení informací o barvě přímo v souboru obvodu. Tato specialita nepatří přímo k důležitým vlastnostem simulačního softwaru, ovšem popisuje možnosti, které byly při tvorbě programu uvažovány jako zajímavé a vhodné k implementaci do nástroje Micro-Cap. Stručně řečeno při přesunu souboru s obvodem na jiný počítač, zůstane barevné vyznění naprosto stejné. Jak je tedy vidět i takovými detaily se vývojáři zabývají. Micro-Cap od Spectrum software má ještě velké množství vlastností, ovšem mnoho z nich najdeme také v jiných programech a není proto nutné se o nich zde zmiňovat.

6.2 Verze

Ze stránek výrobce jsem zjistil, že Micro-Cap je dostupný pouze v jedné verzi⁴⁰. Toto by se také dalo označit za velkou nevýhodu. Jako zákazník bych upřednostnil větší množství nabízených verzí, ze kterých bych si vybral. Někdo např. potřebuje jen základní funkčnost. Proč by si tedy tento zákazník měl kupovat software, který nabízí daleko širší spektrum funkcí, než sám potřebuje a ještě za ně zaplatí daleko vyšší sumu. V takovém případě bych samozřejmě začal zjišťovat situaci na trhu a případné jiné softwarové řešení od jiné společnosti. Jak jsem uvedl výše v předcházejících kapitolách, na trhu je dostupných několik řešení, které nabízejí širší množství verzí, ze kterých si jistě každý vybere. Nevidím důvod, proč by Micro-Cap nemohl být nabízen ve více verzích za rozumnější ceny.

Jak již bylo řečeno výrobce nabízí pouze jednu verzi a to Micro-Cap 9. Cena tohoto produktu činí 4495 \$. To není zrovna málo. U takto drahého produktu bych

³⁸ Spectrum Software. *Monte Carlo Analysis*.

³⁹ Spectrum Software. *3D Plots*.

⁴⁰ Spectrum Software. *Micro-Cap Price List*.

nějakou nižší verzi uvítal. Taková verze by mohla stát mnohem méně a pořád bych v ní našel základní funkce, které by mi stačily. Cena 4495 \$ platí při platbě v hotovosti. Nabízí se možnost platit kreditní kartou. Ovšem ta je paradoxně dražší a činí 4630 \$. Pokud již některý z předcházejících verzí Micro-Capu vlastníte je tu možnost využít upgrade, který je poměrně finančně výhodný, oproti přímé koupi verze 9. Uvedu zde verze a ceny v hotovosti při upgradu z několika předcházejících verzí. Ceny při platbě kreditní kartou již nejsou o tolik vyšší a připlatíte si maximálně 60 \$. Při upgradu z verze 8 zaplatíte 1000 \$. Změna z vydání 7 na 9 přijde na 1 500 \$. A povýšení z Micro-Cap 6 na nejvyšší dostupný přijde o 500 \$ draž, tedy 2 000 \$. Pokud vlastníte některou ze starších verzí musíte kontaktovat přímo společnost Spectrum Software. Firma také nabízí výukové slevy. Podrobnosti o cenách ovšem nejsou na stránkách společnosti uvedeny. Samozřejmě můžeme využít služeb lokálních distributorů, ovšem Česká republika mezi nimi chybí. Přehled o cenách naleznete v tabulce 4.

Tabulka 4 - Ceny softwaru Micro-Cap 9

Verze	Cena
Micro-Cap 9	4 495 \$
Upgrade z Micro-Cap 8 na Micro-Cap 9	1 000 \$
Upgrade z Micro-Cap 7 na Micro-Cap 9	1 500 \$
Upgrade z Micro-Cap 6 na Micro-Cap 9	2 000 \$

6.3 HW náročnost

Jak jsem zjistil z oficiálních⁴¹ HW nároků, potřebujeme ke spuštění programu alespoň procesor Pentium 2. Lepší procesory již dnes najdeme ve většině počítačů. Na pevném disku bychom měli mít alespoň 60 MB. To také není problém. Také bychom měl mít systém s minimálně 128 MB RAM. Pokud v dnešní době chceme pracovat s moderním softwarem je nutností mít alespoň 256 MB, tudíž s pamětí by též neměli nastat problémy. Micro-Cap podporuje operační systémy o společnosti Microsoft. A to od verze Windows 2000 až po nejnovější Visty.

⁴¹ Spectrum Software. *Micro-Cap System Requirements*.

Nyní se podíváme na reálné měření výkonu při práci s nástrojem Micro-Cap⁴². Spuštění programu proběhlo velmi rychle. Prakticky okamžitě po kliknutí na spouštěcí soubor jsem byl schopen v programu pracovat. Zátěž RAM byla pod 20 MB. Tedy poměrně nízká hodnota. Po otevření některého z ukázkových příkladů zatížení stoupl, ale pouze minimálně. V tomto ukázkovém příkladě jsem také spustil jednu z analýz a zatížení operační paměti stoupl opět pouze o pár MB. Zátěž procesoru v klidovém režimu byla minimální a při spuštěné simulaci skočila na 50 %. Výrobce uvedené HW nároky tedy souhlasí. Spuštění a pohodlná práce s tímto softwarem je na každé dnešní dostupné konfiguraci zaručena. Zkráceně řečeno program je příjemně nenáročný na HW počítače.

7 SIMetrix

7.1 O programu

Posledním simulačním nástrojem, který budu v této práci popisovat bude SIMetrix. Tento software byl vytvořen v kancelářích společnosti SIMetrix Technologies Ltd⁴³. Dříve byla tato společnost známá pod názvem Catena Software Ltd.⁴⁴ Ovšem díky změnám ve vlastnictví společnosti byla společnost přejmenována na SIMetrix Technologies Ltd. Mezi zákazníky společnosti patří společnosti jako jsou IBM, Intel nebo Infineon Technologies. Jeden zákazník prohlásil o SIMetrixu toto: „More than anything I find it an extremely easy to use program. I have found other SPICE programs cumbersome. SIMetrix is a breath of fresh air by comparison.“⁴⁵ Jednoduše přeloženo, ostatní programy jsou těžkopádné a SIMetrix je jako závan čerstvého vzduchu mezi simulačními programy. Ostatní zákazníci říkají o tomto nástroji velmi podobné věci. Nejvíce si vychvalují snadnou použitelnost.

Nyní se podíváme na tento software⁴⁶ trochu blíže a popíšeme si jeho základní funkce. Jádro programu je vyvíjeno již přes 15 let. 15 let je dlouhá doba,

⁴² Spectrum Software. *Micro-Cap Evaluation Program From Request.*

⁴³ SIMetrix Technologies. *About SIMetrix Technologies Ltd..*

⁴⁴ SIMetrix Technologies. *Name Change FAQ.*

⁴⁵ SIMetrix Technologies Ltd. *Customer advocacy for SIMetrix.*

⁴⁶ SIMetrix Technologies Ltd. *SIMetrix SPICE Simulation and design capture.*

obzvláště ve výpočetní technice. Vylepšování algoritmů po takovou dobu by mělo zajistit bezproblémový a pokud možno kvalitní chod simulace. Program nabízí podobné funkce, jako ostatní nástroje uvedené v této rešerši. Najdeme v něm různé analýzy, mezi nimi například známou analýzu Monte Carlo. Výrobce prohlašuje, že jde o možná nejrychlejší analýzu Monte Carlo na PC trhu. Dále software nabízí Transientní restart. Tato funkce se hodí v případě, že Transientní analýza je náročnější než se očekávalo. SIMetrix je kompatibilní s většinou SPICE modelů na trhu. Není tedy problém opatřit si soubory se SPICE modely a následně je ihned použít v tomto nástroji. Knihovna součástek obsahuje pouhých 5 000⁴⁷ modelů. Není to zrovna mnoho, ale není problém importovat modely jak bylo před chvílí zmíněno. Tímto se použitelnost programu rozšiřuje, ale osobně bych uvítal větší množství součástek přímo integrovaných do samotného nástroje. V tomto programu také není problém tvořit dokumentaci. Má v sobě zabudovány nástroje, které umožňují vytvářet jednoduchou dokumentaci. V programu je také integrovaný skriptovací jazyk založený na jazyku BASIC. Díky tomuto jazyku můžeme například automatizovat simulaci a zpracování dat. Jazyk nabízí 240 příkazů a 470 funkcí. Žádný vývojář, který kdy pracoval s některým ze současných programovacích jazyků, by neměl mít problém tuto funkci využít. Základní konstrukce jazyka jsou velmi podobné a jejich pochopení zabere minimum času.

7.2 Verze

Výrobce na svých stránkách přímo neuvádí ceny jednotlivých produktů. Pro zjištění ceny je nutné kontaktovat jejich kancelář, kde nám sdělí konkrétní informace. Jedinou informaci o ceně najdeme k produktu SIMetrix AD Plus⁴⁸. Tento nástroj je jedním z mnoha, která tato společnost nabízí a je určen pro designéry analogových obvodů. Cena tohoto softwaru je 2950 \$⁴⁹. U SIMetrixu tedy podrobné informace o ceně uvádět nebudu, ale jistou představu z uvedené ceny nástroje SIMetrix AD Plus si jistě každý dokáže udělat.

⁴⁷ SIMetrix Technologies Ltd. *Brochure for SIMetrix.*

⁴⁸ SIMetrix Technologies Ltd. *SIMetrix Technologies Products.*

⁴⁹ SIMetrix Technologies Ltd. *UK Pricing.*

7.3 HW nároky

Na začátku musím upozornit, že testování HW nároků⁵⁰ bylo provedeno v nástroji SIMetrix/Simplis⁵¹, což je nástroj od stejné společnosti s integrovaným SIMetrixem, tudíž pro přibližnou představu by tento program měl dostačovat. SIMetrix je možno spustit jak na systémech Windows tak na OS Linux. Konkrétně na verzích Redhat Enterprise Linux 3, 4 a 5. U Windows je systém schopen běžet i na 64 bitové verzi. Ovšem pro Linux je spustitelný pouze pro 32 bitovou verzi operačního systému. Jak uvádí výrobce, program by měl být schopen běžet na jakémkoli systému, na kterém bude běžet daný operační systém. Zároveň je zde výhoda při použití výkonných procesorů. Konkrétní informace o velikosti paměti nejsou uvedeny.

Program⁵² se spouští velmi rychle. Uživatel tedy není nijak zdržován načítáním knihoven a nastavováním programu. Po spuštění je obsaženo okolo 22 MB paměti. Tedy podobně jako poslední nástroje testované v této rešerši. Jak již jsem uvedl, tato hodnota je velmi příjemná a umožňuje spuštění programu prakticky na jakémkoli PC. Po spuštění simulace se zátěž RAM zvedne jen minimálně. Opět se tedy ukázaly skvělé výsledky při práci s operační pamětí. Zátěž procesoru byla také velmi ukázková. Pohybovala se v řádech procent a to i při zapnuté simulaci. SIMetrix je tedy velmi nenáročným softwarem a spustíte ho na jakékoli konfiguraci.

8 Shrnutí

8.1 Porovnání nástrojů

V této kapitole se budu snažit srovnat simulační možnosti jednotlivých programů, které jsem v této rešerši zmiňoval. Veškeré zde popsání nástroje nabízejí velmi podobné možnosti jak obvod simulovat. Také se není čemu divit, nástroje vycházejí z programu SPICE a tudíž mají podobný základ. Samozřejmě, že si každý výrobce vyladil simulaci podle své potřeby a taky podle svého nejlepšího svědomí, ale v základě se nejde úplně odchýlit od základu, který je dán nástrojem SPICE.

⁵⁰ SIMetrix Technologies Ltd. *System Requirements*.

⁵¹ SIMetrix Technologies Ltd. *SIMPLIS*.

⁵² SIMetrix Technologies Ltd. *Download SIMetrix and SIMetrix/SIMPLIS Intro*.

Všechny programy nabízejí podobné možnosti analýz simulačních obvodů. Podíváme-li se směrem k počtu komponent, ze kterých můžeme obvod vytvořit nejlépe je na tom nástroj Micro-Cap 9, kde máme na výběr z 20 000 komponent obsažených v knihovně. Dále zde máme Multisim s 16 000. ISIS a Tina obsahují okolo 10 000. Outsiderem se stává SIMetrix s pouhými 5 000 komponenty. To je v porovnání s ostatními opravdu málo.

Dále bych od těchto nástrojů očekával obsažený návrh PCB. Některé tuto vlastnost splňují, jiné ne. Micro-CAP 9 a SIMetrix v sobě nemají zabudovaný nástroj pro tvorbu tištěných plošných spojů. Nejlepší PCB budeme navrhovat v nástroji Ultiboard z Circuit Design Suite od National Instruments a v programu ARES z balíku Proteus Design Suite od firmy Labcenter Electronics.

HW nároky jsou neodmyslitelným testovacím kritériem, a proto na ně bude při výběru nástroje bude jistě brán zřetel. Zde jednoznačně nejhůře dopadl Multisim. Ten má v nesimulačním režimu odběr 110 MB RAM a v simulaci až dvojnásobek. Oproti ostatním programům, které se pohybují na hranici 30 MB je to značná hodnota. Jistě by si zasloužil větší optimalizaci.

Mnohý majitel firmy se jistě bude při výběru vhodného nástroje koukat především po ceně produktu. Podrobné ceny a k nim příslušející verze jsem již zmínil v jednotlivých kapitolách simulačních nástrojů. Zde uvedu pouze nejlevnější a nejdražší řešení. Také budu brát v potaz pouze nejvyšší verzi daného programu. Tedy takovou která nemá dle daného výrobce již žádná omezení a je připravena k plně profesionálnímu využití. Nejlevněji vychází nástroj Tina. Nejdražším softwarem je Multisim. Tento software je tedy nejdražší a zároveň Hardwarově nejnáročnějším.

Podíváme-li se na dojem, který na mě nástroje udělaly. Tak zde bych zmínil ISIS a Multisim. Tyto dva nástroje působily nejprofesionálněji. Samozřejmě někdo by chtěl spíše jednoduchost a tu naopak přinášeli zbylé nástroje. Nejhůře na mě působila Tina. Měl jsem z ní poct, že oproti např. Multisimu toho moc nenasimuluji. Zde je volba na každém uživateli, která cesta mu vyhovuje více. Pro přehled jsem tento text opatřil tabulkou 5.

Tabulka 5 - Shrnutí produktů

Produkt	Počet komponent	Návrh PCB	HW náročnost	Cena
Proteus Design Suite	10 000	Ano	Minimální	2 000 \$
Circuit Design Suite 10.0	16 000	Ano	110 MB/260MB	5 449 €
TINA Design Suite v8	10 000	Ano	Minimální	1 200 €
Micro-Cap 9	20 000	Ne	Minimální	4 495 \$
SIMetrix	5 000	Ne	Minimální	2 950 \$

8.2 Výběr nástroje

Po celkovém zamyšlení a shrnutí pozitiv jednotlivých nástrojů padla volba na balík Proteus Design Suite. Tento nástroj patří k těm levnějším, je hned za Tinou, a zároveň je HW málo náročný. Funkčně také splňuje vše co bychom mohli potřebovat. Při výběru nástroje jsem také požadoval integrovaný návrh PCB a program ARES mi tuto možnost dává. Každému může vyhovovat jiné řešení, ale na mě nejvíce zapůsobil Proteus Design Suite. Na trhu je z čeho vybírat a tak by pro nikoho neměl být problém vybrat si řešení, které jemu přijde nejlepší.

9 Praktická část

9.1 Schéma zapojení

V nástroji ISIS Professional jsem vytvořil schéma, pomocí kterého počítám pulzy dvou motorů, generujících kvadrurní signál. Oba motory budou připojeny na externí přerušení mikrokontroléru ATmega8. K mikrokontroléru budou dále připojena dvě tlačítka, která umožní vynulování čítačů pulzů jednotlivých motorů. Mikrokontrolér má dále dva vývody pro pulzně šířkovou modulaci neboli PWM⁵³. Vlastností této modulace je změna šířky impulsu vůči mezeře v jedné periodě signálu.

⁵³ DH servis. *Pulzně šířková modulace.*

Vytvořit samotné zapojení v programu ISIS Professional by pro nikoho neměl být problém. Veškeré komponenty jsou snadno dostupné z knihoven součástek. Pro rychlejší nalezení dané komponenty můžeme využít funkci vyhledávání. Pokud by daná součástka nebyla v knihovně dostupná, jako např. rezistor s přesně daným odporem, je možné si každou součástku upravit. V daném schématu jsem takto musel upravovat hodnoty několika rezistorů a kondenzátorů. Napojování součástek také není problém. Stačí kliknout na vývod jedné komponenty a připojit ho tahem k vývodu jiné součástky. Některé komponenty jsou interaktivní, jako např. tlačítka. Tlačítka můžeme jednoduše zmáčknout, vrátí se ovšem do rozepnuté polohy. Obsahují však přepínač, pomocí něhož je můžeme natrvalo sepnout. Vlastnosti interaktivních komponent můžeme měnit i za běhu simulace.

Po spuštění simulace je zátěž procesoru na několika procentech. Ovšem po zapnutí jednoho z motorů se zátěž vyšplhá přes 80 procent. ISIS nám ohlásí, že simulace již neběží v reálném čase. V teoretické části jsem psal, že nároky na HW jsou malé, ovšem zde je vidět nutnost mít co možná nejvýkonnější procesor. Jak je tedy vidět nároky na HW se liší od simulovaného obvodu. Problém se zátěží procesoru jsem řešil změnou vlastnosti motoru a to přesněji počtem pulzů na otáčku. Standardně je nastaveno 24 pulzů. Já jsem nastavil 6. Zátěž při jednom motoru byla na 34% a při zapnutí druhého motoru stoupla lehce přes 50%. Zátěž je také možno změnit přímo v programu mikrokontroléru. Pokud budeme co nejefektivněji pracovat s mikrokontrolérem, můžeme snížit zátěž CPU počítače, ale i samotného mikrokontroléru. Nyní trochu přiblížím některé komponenty použité v samotném obvodu.

9.2 ATmega8

Ve vytvořeném obvodu je použit 8-bitový mikrokontrolér od společnosti Atmel Corporation⁵⁴ nastavený na pracovní frekvenci 1 MHz. Společnost Atmel je vedoucí firmou v oblasti vývoje mikrokontrolérů a jiných elektrotechnických komponent. Společnost byla založena roku 1984. Firma sídlí v Kalifornii a prodává svoje produkty do více jak 60 zemí světa. Podobné produkty jako společnost Atmel Corporation vyvíjí např. společnost Texas Instruments.

⁵⁴ Atmel Corporation. *Atmel Corporation - Fact Sheet*.

Mikrokontrolér⁵⁵ je vlastně jednočipový počítač. Tyto mikropočítače se používají k jednoúčelovým aplikacím v oblasti řízení, regulace, ... Tyto čipy jsou dnes hojně využívány po celém světě. Najdeme je v mnoha průmyslových odvětvích, ale svoje uplatnění našli i u amatérů, kteří se zajímají o elektrotechniku. Jednou z jejich výhod je malá cena a v potaz musíme vzít i jejich velikost, která se v několika centimetrech, tudíž s jejich pomocí si může každý vyrobit poměrně funkčně obstojné zařízení, které nebude zabírat velký prostor.

Mezi nesporné výhody mikrokontrolérů patří také možnost vytvářet si vlastní programy. Tato vlastnost by se spíše dala označit za nejdůležitější, jinak by takový chip ztratil smysl. Není tedy problém vytvořit si obvod, který osadíme některým mikrokontrolérem jako je např. použitá ATmega8 a poté se pustit do psaní programu, který bude daný mikrokontrolér obsluhovat. Programy pro ATmega8 je možné psát v jazyce symbolických instrukcí⁵⁶. Tento programovací jazyk vytváří program pro mikroprocesor na úrovni strojových instrukcí, které udává výrobce daného mikroprocesoru. Mezi takové instrukce patří např. přesun data z Bodu A do bodu B. Pro překlad jazyka symbolických instrukcí se používá program nazývaný assembler. Další možností jak psát programy pro ATmega8 je použití např. jazyka C. Tento jazyk je hojně rozšířený. Na rozdíl od jazyka symbolických instrukcí, který se používá jen k programování mikroprocesorů, se jazyk C používá i k programování samostatných aplikací pro různé platformy jako je např. PC. Ovšem při psaní programů v jazyce C si musíme uvědomit případných nedostatků mikrokontrolérové platformy. Zdaleka nemůžeme využít veškeré možnosti, které nám jazyk C nabízí a také pracujeme se zařízením, které má mnohonásobně menší výpočetní možnosti než osobní počítač.

Nyní se již podíváme na konkrétní vlastnosti mikrokontrolérů ATmega8⁵⁷. Existují dva typy a to ATmega8 a ATmega8L⁵⁸. Tyto dvě verze se zásadně neliší, a proto zde nebudu uvádět přesné informace pro jednotlivé typy. Tento mikrokontrolér nabízí tři druhy paměti. Flash paměť o velikosti 8 KB. Dále pak paměť EEPROM o velikosti 0,5 KB a paměť typu SRAM s velikostí 1 KB. Můžeme

⁵⁵ Seznam. *Seznam Encyklopedie : Jednočipový počítač.*

⁵⁶ Wikipedia. *Jazyk symbolických adres.*

⁵⁷ Atmel Corporation. *Atmel Products - Product Card.*

⁵⁸ Atmel Corporation. *ATmega8(L) Summary.*

využít 23 programovatelných vstupů. Pracovní napětí mikrokontroléru ATmega8 je mezi 2,7 – 5,5 V. Toto je opět jedna z charakteristických vlastností mikrokontrolérů. Mají velmi nízké napájecí napětí, tudíž při vytváření obvodů s mikrokontroléry nejsme omezováni potřebou složitějšího napájení a s tím souvisejícího chlazení vysokonapěťových obvodů. Maximální pracovní frekvence je 16 MHz. Zde je vidět výkon mikrokontrolérů oproti dnešním „velkým“ procesorům, kterými se osazují osobní počítače. Rozdíl je opravdu značný. Standardním taktem dnešních CPU je 3 000 MHz neboli 3 GHz. Tudíž jsou přibližně 200krát rychlejší oproti mikrokontrolérům. Mezi další vlastnosti patří např. přítomnost dvou externích přerušování. ATmega8 nabízí 130 instrukcí jazyka symbolických instrukcí, které můžeme při návrhu programu využít. Nebudu zde popisovat daný mikrokontrolér do nejmenších detailů. Tento text měl sloužit pouze pro bližší představu o mikrokontroléru ATmega8 a jeho základních vlastnostech.

Shrneme-li mikrokontroléry jako celek, jedná se o velmi šikovná miniaturní zařízení, která nacházejí uplatnění v mnoha směrech lidského bádání. Přítomnost programovacího jazyka C přiláká k mikrokontroléru ATmega8 i vývojáře kteří se nechtějí pouštět do zkoumání zákoutí jazyka symbolických instrukcí a chtějí spíše využít výhod jazyka C. Ovšem při výběru jazyka musíme vzít v potaz výkonnostní nároky. Program navržený v symbolických instrukcích bude výkonnější z důvodu přímé práce s pamětí.

9.3 LCD LM041L

K mikrokontroléru ATmega8 je připojen LCD displej vyrobený firmou Hitachi Semiconductor. Toto LCD umožňuje zobrazení 16 znaků na jeden řádek, přičemž máme k dispozici celkem 4 řádky. Tento displej používá univerzální ovladač HD44780 taktéž od společnosti Hitachi Semiconductor.

Připojení je realizováno pomocí 4 vodičů. Dále máme možnost LCD připojit 8bitově. Takové řešení je sice rychlejší, ale obsadíme více pinů na mikrokontroléru. Na internetu je k dispozici množství knihoven psaných v jazyce C pro ovládání LCD. Většina těchto knihoven je k dispozici pro ovladač HD44780. Tento kontrolér je pravděpodobně nejrozšířenější ovladač pro LCD. Velkou výhodou použití LCD

s tímto kontrolérem jsou právě dostupné knihovny. Ať už si vybereme jakékoli LCD, jediným kritériem je obsažení ovladače HD44780, můžeme jednoduše využívat možností dostupných knihoven. Stačí trochu pozměnit konfigurační soubor LCD, tak abychom určili v jakém modu bude pracovat, a na kterých pinech je LCD připojeno. Poté již stačí využít připravených funkcí pro inicializaci LCD, vymazání displeje, či výpisu textu. Vše je pro uživatele připraveno a bude fungovat na jakémkoli LCD s tímto ovladačem. Na internetu je dostupná např. oblíbená knihovna AVRlib⁵⁹. Já osobně jsem v této knihovně nebyl schopen implementovat funkčnost LCD. Použil jsem malou knihovnu⁶⁰, na kterou jsem při hledání alternativních řešení ovládání LCD narazil. V této knihovně nebyl problém spustit zobrazování na displej, tak jak bych si představoval. Zatímco AVRlib je komplexní knihovna pro ovládání externího hardware za pomoci nejrůznějších mikrokontrolérů, tak mnou použitá knihovna slouží jen pro ovládání LCD displeje. Každý, kdo zvolí programování mikrokontrolérů za pomoci jazyka C se musí rozhodnout, zda použije již předem vytvořenou knihovnu, nebo zda si vytvoří vlastní knihovnu přímo na míru svému řešení. Vlastní knihovna má výhody v miniaturizaci. Zatímco předem vytvořené knihovny jsou značně komplexní, a proto také mohou v paměti zabírat více místa, tak námi vytvořená knihovna bude obsahovat jen funkce, které opravdu požadujeme. Musíme ovšem vzít v potaz dobu nutnou pro vytvoření knihovny a také neodladěnost. Začínajícímu uživateli může trvat dlouhou dobu než si svou vlastní knihovnu vytvoří a správně ji odladí, tak aby splňovala požadovanou funkčnost.

9.4 Motor-Encoder

V obvodu jsou zapojeny dva DC motory, jejichž snímače polohy generují kvadraturní signál⁶¹ obdélníkového průběhu s fázovým posunem 90°. Díky tomu je možné získat informaci nejen o úhlu natočení, ale i o směru otáčení hřídele motoru. Jeden z výstupů motoru je přiveden na externí přerušení mikrokontroléru ATmega8 (INT0, INT1), druhý vývod je přiveden na libovolný pin mikrokontroléru. V daném obvodu můžeme měnit polaritu motoru, tak aby se otáčel po směru hodinových ručiček, či protisměru.

⁵⁹ STANG, Pascal. *Procyon AVRlib : C-Language Function Library for Atmel AVR Processors*.

⁶⁰ WinAVR AVR-GCC Tutorial. *Programming AVR ADC module with WinAVR*.

⁶¹ Wikipedia. *Quadrature amplitude modulation*.

9.5 Program pro ATmega8

Jak již bylo řečeno pro řízení obvodu byl zvolen mikrokontrolér ATmega8. Paměť mikrokontrolérů je prázdná a musíme pro ně teprve vytvořit program, který bude splňovat požadovanou funkci. Pro tvorbu programu můžeme zvolit jazyk symbolických instrukcí nebo jazyk C. Osobně jsem pro tvorbu zvolil jazyk C, se kterým mám jisté zkušenosti, zatímco s jazykem symbolických instrukcí skoro nulové.

Pro samotnou tvorbu programů můžeme využít některý z editorů, jako např. AVR Studio 4⁶². Dále je nutné si opatřit balík nástrojů a knihoven WinAVR⁶³. V tomto balíku jsou obsaženy jak základní knihovny pro jednotlivé mikrokontroléry, tak i nástroj pro kompilaci následných programů vytvořených v jazyce C. Kompilace programů je založena na myšlence souborů s názvem Makefile. V tomto souboru jsou obsaženy veškeré informace, které kompilátor potřebuje pro kompilaci. Soubor je uživatelsky srozumitelně uspořádaný a pro trochu zkušenějšího uživatele není problém změnit vlastnosti kompilace. Kompilace pak probíhá příkazem *make* z konzole Windows, kde musíme být ve složce s programem a s daným souborem Makefile. AVR Studio umožňuje kompilovat programy přímo ze svého rozhraní. Ze začátku jsem se souborem Makefile měl značné problémy. Knihovna ovládající LCD displej ovšem obsahovala již vytvořený kompilační soubor a tak stačilo změnit několik parametrů a vše bylo v pořádku. Bylo ovšem nutné nastavit v AVR Studiu použití externího souboru Makefile. Nebyl jsem schopen vygenerovat vlastní Makefile přímo v AVR Studiu. WinAVR v sobě obsahuje generátor kompilačních souborů, kde pomocí menu vybereme vlastnosti projektu a necháme si kompilační soubor vygenerovat.

Programování v C se již řídí standardními postupy programování v tomto jazyce. Standardně musíme k projektu připojit soubor *io.h* pomocí *#include <avr/io.h>*. V tomto hlavičkovém souboru jsou obsaženy informace o typu mikrokontroléru a jsou zde i rozcestníky k hlavičkovým souborům konkrétních mikrokontrolérů. Případně připojíme ještě další potřebné soubory jako jsou třeba

⁶² Atmel Corporation. *Atmel Products - Tools & Software*.

⁶³ SourceForge, Inc.. *SourceForge.net: WinAVR: Files*.

knihovny ovládající LCD displej. Poté nám již nic nebrání psát samotný program. Hlavní program bude celý k nalezení v příloze, zde popíši jen některé konstrukce.

```
ISR(INT0_vect)
{
    if(!bit_is_set(PIND,7))
    {
        Int0Count=0;
    }
    else
    {
        if(!bit_is_set(PIND,4))
            Int0Count--;
        else
            Int0Count++;
    }
}
```

Obrázek 1 - Obsluha přerušování

dojde k čítání směrem dolů, jinak se bude čítat směrem nahoru. Stejným způsobem je obslouženo přerušování na pinu INT1. Jen jsou zde použité jiné piny a jiný čítač.

```
int main(void)
{
    outp((1<<INT0)|(1<<INT1), GIMSK);
    sei();
    init();
    while(1)
    {
        if(!bit_is_set(PIND,7))
        {
            LCDGotoXY(0,0);
            Int0Count=0;
            printf("Motor 1: 0 ");
        }
        if(Int0Count!=Temp1)
        {
            LCDGotoXY(0,0);
            printf("Motor 1: %d", Int0Count);
            Temp1=Int0Count;
        }
        if(!bit_is_set(PIND,5))
        {
            LCDGotoXY(-4,2);
            Int1Count=0;
            printf("Motor 2: 0 ");
        }
        if(Int1Count!=Temp2)
        {
            LCDGotoXY(-4,2);
            printf("Motor 2: %d", Int1Count);
            Temp2=Int1Count;
        }
    }
    return 0;
}
```

Obrázek 2 - Hlavní část programu

hodnota čítače *Int0Count* motoru 1 rovná pomocné proměnné *Temp1*. Pokud se nerovná dojde opět k nastavení kursoru LCD na základní pozici. Poté se již zobrazí

Obrázek 1 ukazuje část programu obsluhující externí přerušování na pinu INT0 mikrokontroléru ATmega8. Nejdříve se kontroluje stav tlačítek, které nulují čítač pulzů. Pokud nebylo zmáčknuto dojde ke kontrole dalšího pinu. Ten má na starosti směr otáčení. Pokud na pinu není napětí

První tři příkazy z obrázku 2 slouží k zapnutí přerušování a k inicializaci LCD. Následuje nekonečná smyčka. Nejdříve zkontroluji tlačítko pro vynulování čítače u motoru 1. Pokud je zmáčknuto dojde k nastavení pozice kursoru LCD displeje na začátek. Poté se vynuluje čítač a na displeji se zobrazí daný textový řetězec. Poté další

podmínkou testuji zda se

hodnota čítače na displej LCD. Následně dojde k nastavení hodnoty čítače do pomocné proměnné. Tato proměnná byla vytvořena z důvodu šetření výkonu mikrokontroléru. Na displej LCD se nebude nic vypisovat pokud' nedojde ke změně hodnoty čítače. Následují další dvě podmínky, které ovšem mají stejnou funkci jako předchozí dvě, ale obsluhují druhý motor. Mnou vytvořený program zabírá v paměti mikrokontroléru ATmega8 35,2% z plné kapacity.

Nyní je již nutné program zkompileovat do formátu, který bude použitelný pro mikrokontrolér ATmega8. Po načtení programu do ATmega8 již můžeme pustit simulaci a ovládat běh motoru, případně nulovat displej LCD a zobrazené informace na displeji budou odpovídat skutečnosti.

10 Závěr

Nejdříve bylo nutné provést samotnou rešerši simulačních nástrojů pro elektrotechniku. Podrobný výsledek rešerše byl popsán na konci teoretické části. Jen připomenu, že jako nejlepší nástroj mi přišel balík Proteus Design Suite od společnosti Labcenter Electronics. Konkrétně tedy program ISIS Professional.

V mnou zvoleném programu bylo následně nutné vytvořit schéma zvoleného obvodu. Vytvořit schéma v ISIS Professional nebyl problém. Většina komponent zde byla dostupná, pokud zde komponenta nebyla stačilo změnit pár hodnot dostupných komponent a daná součástka byla na světě.

Následovalo vytvoření samotného programu pro mikrokontrolér ATmega8. Tady jsem narazil na několik problémů s LCD displejem. Chystal jsem se využít knihovnu AVRlib pro ovládání displeje, ovšem nebyl jsem schopen tuto knihovnu použít. Proto jsem přistoupil k alternativní knihovně. Poté již následovalo vytvoření samotného programu pro čítání impulsů a obsluhu přerušení. Obsloužit přerušení na vývodech externího přerušení také nebyl problém. Problém nastal s obsluhou čítání dopředu či dozadu. Také se mi nedařilo obsloužit tlačítka pro vynulování čítačů. Ovšem nebylo nutné tyto dva problémy obsluhovat přes přerušení, stačilo pouze kontrolovat, zda je na pinu logická nula či jednička. Tímto způsobem se mi podařilo vytvořit funkční program.

Celý obvod se při zapnuté simulaci choval korektně a změny v nastavení komponent se projeví i ve výsledcích zobrazených na displeji. Jelikož byla tato práce zaměřena na porovnání simulačních nástrojů a následném vytvoření jednoduchého schématu, nebyly na obvodu prováděny žádná podrobná měření.

Celkově se tedy nástroj ISIS Professional osvědčil jako schopný nástroj, ve kterém bude zkušený uživatel schopen simulovat mnoho elektrotechnických obvodů.

11 Použitá literatura

1. Wikipedia. *SPICE* [online]. [2003-] , This page was last modified on 17 March 2009 [cit. 2009-03-01]. Dostupný z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/SPICE>>.
2. Labcenter Electronics Ltd.. *Company Profile* [online]. [2005-] [cit. 2009-03-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.labcenter.co.uk/other/profile.cfm>>.
3. Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Electronics : Customer Comments* [online]. [2005-] [cit. 2009-03-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.labcenter.co.uk/other/feedback.cfm>>.
4. Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Electronics - Proteus Schematic Capture Software* [online]. [2005-] [cit. 2009-03-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.labcenter.co.uk/products/schematic.cfm>>.
5. Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Electronics - Proteus Simulation - Mixed Mode SPICE Circuit Simulation Software* [online]. [2005-] [cit. 2009-03-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.labcenter.co.uk/products/basicsim.cfm>>.
6. Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Electronics - Proteus EDA/CAD - PCB Design Software* [online]. [2005-] [cit. 2009-03-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.labcenter.co.uk/products/pcblayout.cfm>>.
7. Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Electronics - Proteus EDA/CAD Software - Commercial Prices* [online]. [2005-] [cit. 2009-03-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.labcenter.co.uk/ordering/cprices.cfm>>.
8. Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Electronics - Proteus PCB Design - Integrated EDA/CAD PCB Software* [online]. [2005-] [cit. 2009-03-01]. Dostupný z WWW: <http://www.labcenter.co.uk/products/pcb_overview.cfm#pcbs>.
9. Labcenter Electronics Ltd.. *Labcenter Electronics - Downloads* [online]. [2005-] [cit. 2009-03-01]. Dostupný z WWW: <http://www.labcenter.co.uk/download/prodemo_download.cfm#professional>.
10. Wikipedia. *National Instruments* [online]. [2004-] , This page was last modified on 12 February 2009 [cit. 2009-03-03]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/National_Instruments>.
11. National Instruments. *National Instruments Česká Republika a Slovensko* [online]. c2009 [cit. 2009-03-03]. Dostupný z WWW: <<http://digital.ni.com/worldwide/czech.nsf/main?readform>>.

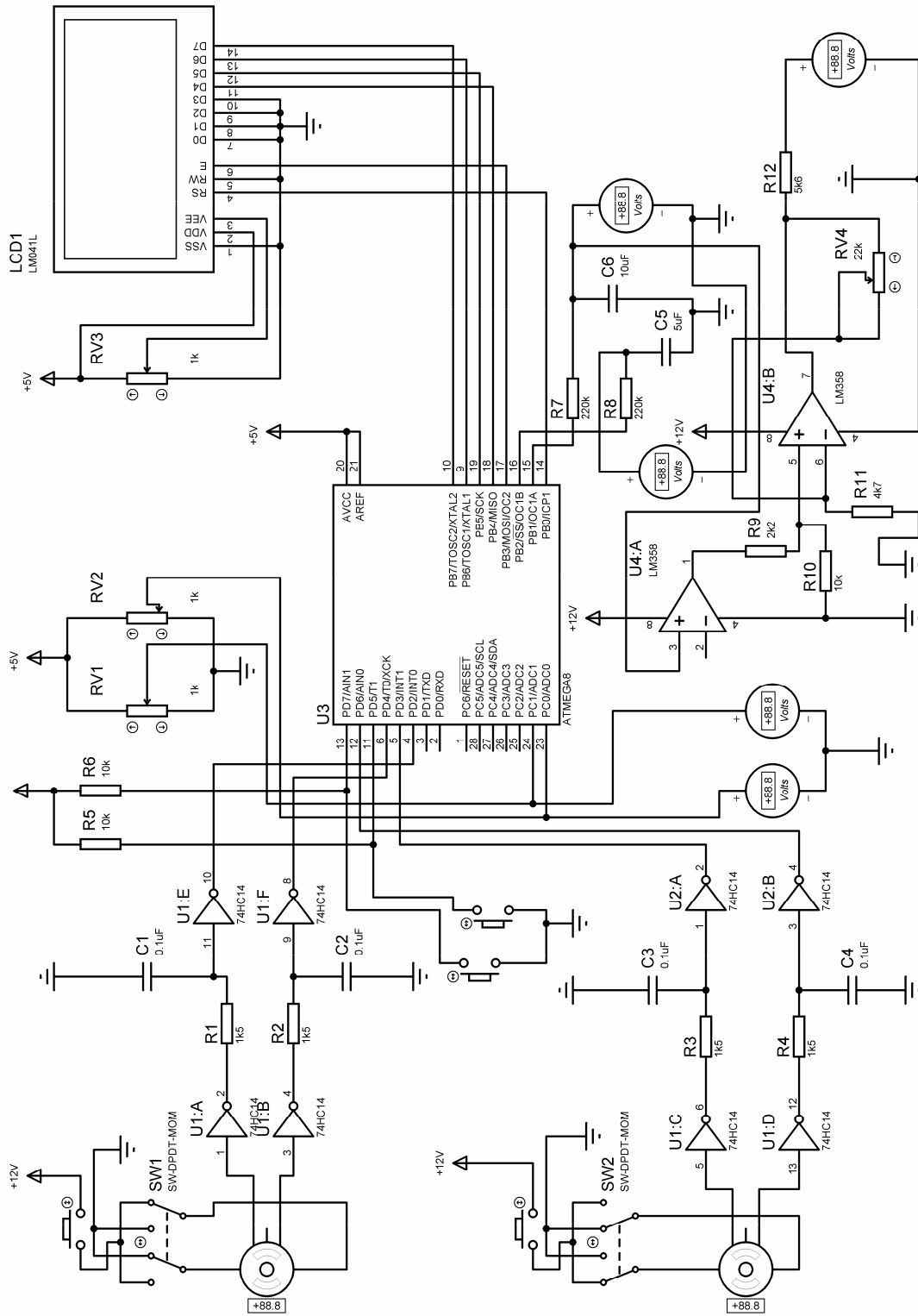
12. Wikipedia. *NI Multisim* [online]. [2006-], This page was last modified on 9 February 2009 [cit. 2009-03-03]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/NI_Multisim>.
13. National Instruments. *NI ELVIS: Educational Design and Prototyping Platform* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.ni.com/nielvis/>>.
14. National Instruments. *NI Ultiboard – Printed Circuit Board Layout and Routing* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.ni.com/ultiboard/>>.
15. National Instruments. *NI LabVIEW - The Software That Powers Virtual Instrumentation - Products and Services - National Instruments* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.ni.com/labview/>>.
16. National Instruments. *NI Circuit Design Suite - Products and Services - National Instruments* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/204742/>>.
17. National Instruments. *NI Multisim Base - Products and Services - National Instruments* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/202313/>>.
18. National Instruments. *NI Circuit Design Suite Base Edition - Products and Services - National Instruments* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/204743/>>.
19. National Instruments. *NI Multisim Full Edition - Products and Services - National Instruments* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/203437/>>.
20. National Instruments. *NI Ultiboard Full - Products and Services - National Instruments* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/202314/>>.
21. National Instruments. *NI Circuit Design Suite Full Edition - Products and Services - National Instruments* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/204744/>>.
22. National Instruments. *NI Multisim Power Pro - Products and Services - National Instruments* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/203438/>>.
23. National Instruments. *NI Ultiboard Power Pro - Products and Services - National Instruments* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/203435/>>.
24. National Instruments. *NI Circuit Design Suite Power Pro - Products and Services - National Instruments* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/203434/>>.

25. National Instruments. *System Requirements - Products and Services - National Instruments* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.ni.com/multisim/requirements.htm>>.
26. National Instruments. *Download Student Edition Evaluation Software: NI Multisim with Multisim MCU Module and Ultiboard* [online]. c2009 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <<https://lumen.ni.com/nicif/us/acadstudevalmultisim/content.xhtml>>.
27. DesignSoft Inc.. *DesignSoft Inc. company* [online]. c2009 [cit. 2009-03-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.edisonlab.com/English/edison/company.php>>.
28. DesignSoft Inc.. *The Complete Electronics Lab for Windows* [online]. c2009 [cit. 2009-03-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.tina.com/English/tina/index.php>>.
29. DesignSoft Inc.. *Flowchart Editor and Debugger in TINA* [online]. c2009 [cit. 2009-03-07]. Dostupný z WWW: <http://www.tina.com/English/tina/Flowchart_editor_and_debugger.php>.
30. DesignSoft Inc.. *Produkt comparsion* [online]. c2009 [cit. 2009-03-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.tina.com/English/tina/comparison.php>>.
31. DesignSoft Inc.. *Order Form* [online]. c2009 [cit. 2009-03-07]. Dostupný z WWW: <<https://www.designsoft.biz/orders/order.php>>.
32. DesignSoft Inc.. *Download registration form* [online]. c2009 [cit. 2009-03-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.designsoft.biz/orders/downliddemo.php?PrID=tina>>.
33. DesignWare Inc. Software. *Home Page* [online]. [2002-] , Latest revision: 15/03/08 [cit. 2008-03-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.designwareinc.com/>>.
34. DesignSoft Inc.. Software. *Quick start manual* [online]. 2009 [cit. 2008-03-08]. Dostupný z WWW: <http://www.tina.com/distrib/en/tina8doc/TINA_8.0_manual.pdf>.
35. Spectrum Software. *About Spectrum Software and Micro-Cap* [online]. [2003] [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.spectrum-soft.com/aboutus.shtm>>.
36. Spectrum Software. *Micro-Cap 9* [online]. [2003] [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.spectrum-soft.com/demo.shtm>>.
37. Spectrum Software. *IBIS Modeling* [online]. [2003] [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.spectrum-soft.com/demo/ibis.shtm>>.
38. Spectrum Software. *Monte Carlo Analysis* [online]. [2003] [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.spectrum-soft.com/demo/mc.shtm>>.

39. Spectrum Software. *3D Plots* [online]. [2003] [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.spectrum-soft.com/demo/3d.shtm>>.
40. Spectrum Software. *Micro-Cap Price List* [online]. [2003] [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.spectrum-soft.com/price.shtm>>.
41. Spectrum Software. *Micro-Cap System Requirements* [online]. [2003] [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.spectrum-soft.com/hardware.shtm>>.
42. Spectrum Software. *Micro-Cap Evaluation Program From Request* [online]. [2003] [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.spectrum-soft.com/demoform.shtm>>.
43. SIMetrix Technologies. *About SIMetrix Technologies Ltd.* [online]. c2008 [cit. 2009-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.simetrix.co.uk/site/corporate/about.htm>>.
44. SIMetrix Technologies. *Name Change FAQ* [online]. c2008 [cit. 2009-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.simetrix.co.uk/site/corporate/NameChangeFAQ.htm>>.
45. SIMetrix Technologies Ltd. *Customer advocacy for SIMetrix* [online]. c2008 [cit. 2009-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.simetrix.co.uk/site/customers/advocacy.htm>>.
46. SIMetrix Technologies Ltd. *SIMetrix SPICE Simulation and design capture* [online]. c2008 [cit. 2009-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.simetrix.co.uk/site/products/SIMetrix.htm>>.
47. SIMetrix Technologies Ltd. *Brochure for SIMetrix* [online]. c2008 [cit. 2009-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.simetrix.co.uk/site/products/brochure.pdf>>.
48. SIMetrix Technologies Ltd. *SIMetrix Technologies Products* [online]. c2008 [cit. 2009-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.simetrix.co.uk/site/products/products.htm>>.
49. SIMetrix Technologies Ltd. *UK Pricing* [online]. c2008 [cit. 2009-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.simetrix.co.uk/site/sales/ukprices.htm>>.
50. SIMetrix Technologies Ltd. *System Requirements* [online]. c2008 [cit. 2009-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.simetrix.co.uk/site/products/SystemRequirements.htm>>.
51. SIMetrix Technologies Ltd. *SIMPLIS* [online]. c2008 [cit. 2009-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.simetrix.co.uk/site/products/simplis.htm>>.
52. SIMetrix Technologies Ltd. *Download SIMetrix and SIMetrix/SIMPLIS Intro* [online]. c2008 [cit. 2009-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.simetrix.co.uk/site/downloads/download.htm>>.

53. DH servis. *Pulzně šířková modulace* [online]. c2002-2009 [cit. 2009-04-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.dhservis.cz/psm.htm>>.
54. Atmel Corporation. *Atmel Corporation - Fact Sheet* [online]. c2009 [cit. 2009-03-20]. Dostupný z WWW: <http://www.atmel.com/corporate/fact_sheet.asp>.
55. Seznam. *Seznam Encyklopedie : Jednočipový počítač* [online]. c1996-2009 , aktualizace: 19. 12. 2007 [cit. 2009-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/481525-mikrokontroler>>.
56. Wikipedia. *Jazyk symbolických adres* [online]. [2004] , Stránka byla naposledy editována 28. 2. 2009 [cit. 2009-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Assembler>>.
57. Atmel Corporation. *Atmel Products - Product Card* [online]. c2009 [cit. 2009-03-20]. Dostupný z WWW: <http://www.atmel.com/dyn/Products/product_card.asp?part_id=2004>.
58. Atmel Corporation. *ATmega8(L) Summary* [online]. c2009 [cit. 2009-03-20]. Dostupný z WWW: <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2486S.pdf>.
59. STANG, Pascal. *Procyon AVRlib : C-Language Function Library for Atmel AVR Processors* [online]. [2005-], 2005, Updated: Tuesday September 20, 2005 [cit. 2009-04-12]. Dostupný z WWW: <<http://hubbard.engr.scu.edu/embedded/avr/avrlib/>>.
60. WinAVR AVR-GCC Tutorial. *Programming AVR ADC module with WinAVR* [online]. c2007-2009 , Thursday, 31 January 2008 [cit. 2009-04-12]. Dostupný z WWW: <<http://winavr.scienceprog.com/example-avr-projects/programming-avr-adc-module-with-winavr.html>>. [Http://winavr.scienceprog.com/download/ADC_single.zip](http://winavr.scienceprog.com/download/ADC_single.zip).
61. Wikipedia. *Quadrature amplitude modulation* [online]. [2001-], This page was last modified on 13 April 2009 [cit. 2009-04-16]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Quadrature_amplitude_modulation>.
62. Atmel Corporation. *Atmel Products - Tools & Software* [online]. c2009 [cit. 2009-04-16]. Dostupný z WWW: <http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=2725>.
63. SourceForge, Inc.. *SourceForge.net: WinAVR: Files* [online]. c1999-2009 [cit. 2009-04-16]. Dostupný z WWW: <http://sourceforge.net/project/showfiles.php?group_id=68108>.

Příloha A: Schéma zapojení



Příloha B: Program

```
#include <stdio.h>
#include <avr/io.h>
#include <avr/pgmspace.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <util/delay.h>
#include "lcd_lib.h"

volatile int Int0Count=0;
volatile int Int1Count=0;
volatile int Temp1=1;
volatile int Temp2=1;

#define outp(a, b) b = a

//adjust LCDsendChar() function for stream
static int LCDsendstream(char c, FILE *stream);
//----set output stream to LCD-----
static FILE lcd_str = FDEV_SETUP_STREAM(LCDsendstream, NULL,
_FDEV_SETUP_WRITE);

void delay1s(void);
static int LCDsendstream(char c , FILE *stream);
void init(void);

void delay1s(void)
{
    _delay_ms(1000);
}

static int LCDsendstream(char c , FILE *stream)
{
    LCDsendChar(c);
    return 0;
}

void init(void)
{
    //init stream
    stdout = &lcd_str;
    //init LCD
    LCDinit();//init LCD bit, dual line, cursor right
    LCDclr();//clears LCD
    LCDGotoXY(0, 0);//Cursor Home
}

ISR(INT0_vect)
{
```

```

    if(!bit_is_set(PIND,7))
    {
        Int0Count=0;
    }
    else
    {
        if(!bit_is_set(PIND,4))
            Int0Count--;
        else
            Int0Count++;
    }
}

ISR(INT1_vect)
{
    if(!bit_is_set(PIND,5))
    {
        Int1Count=0;
    }
    else
    {
        if(!bit_is_set(PIND,6))
            Int1Count--;
        else
            Int1Count++;
    }
}

int main(void)
{
    outp((1<<INT0)|(1<<INT1), GIMSK);
    sei();
    init();
    while(1)
    {
        if(!bit_is_set(PIND,7))
        {
            LCDGotoXY(0,0);
            Int0Count=0;
            printf("Motor 1: 0  ");
        }
        if(Int0Count!=Temp1)
        {
            LCDGotoXY(0,0);
            printf("Motor 1: %d", Int0Count);
            Temp1=Int0Count;
        }
    }
}

```

```
if(!bit_is_set(PIND,5))
{
    LCDGotoXY(-4,2);
    Int1Count=0;
    printf("Motor 2: 0  ");
}
if(Int1Count!=Temp2)
{
    LCDGotoXY(-4,2);
    printf("Motor 2: %d", Int1Count);
    Temp2=Int1Count;
}
}
return 0;
}
```

Příloha C: CD

Veškeré soubory týkající se této práce naleznete na přiloženém CD.