

Programové prostředky elektrotechniky a mikroelektroniky

Electrotechnics and microelectronics software support

Michal Miškařík

Bakalářská práce
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav aplikované informatiky

akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal MIŠKAŘÍK**

Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Programové prostředky elektrotechniky
a mikroelektroniky**

Zásady pro vypracování:

1. Na základě dostupných zdrojů vytvořte přehled v současnosti používaných programů pro simulaci a návrh systémů v elektrotechnice a elektronice.
2. Proveďte porovnání programů na základě jejich ceny, dále možnosti propojení na další systémy (např. propojení na pneumatiku, mechaniku atd.)
3. Pokuste se získat demo verze alespoň dvou programů a porovnejte jejich vlastnosti na konkrétním příkladu.
4. Na základě pokynů vedoucího práce proveďte simulace v daném programu.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. Juránek, Antonín. Multisim -- Laboratoř v PC. 1. vyd. Praha: BEN-Technická literatura, 2008. 284s. ISBN 978-80-7300-194-0/9788073001940.
2. Láníček, Robert. Simulační programy pro elektroniku. 1.vyd. Praha: BEN-Technická literatura, 2002. 120s. ISBN 80-7300-051-2 / 9788073000516.
3. Firma Eplan Software & Service. <http://www.eplan.cz/>.
4. Anglické stránky o programu Multisim. <http://www.ni.com/multisim/>.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lubomír Macků, Ph.D.

Ústav elektrotechniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

20. února 2009

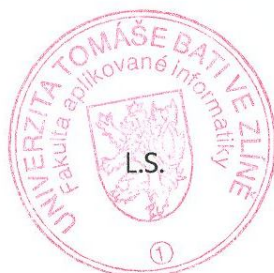
Termín odevzdání bakalářské práce:

1. června 2009

Ve Zlíně dne 13. února 2009



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Obsahem této práce je přehled v současné době nepoužívanějších programů, které se používají v oblasti elektroprůmyslu za účelem softwarové podpory výrobních činností. Zmíněny jsou zde možnosti propojení programů na další systémy (mechanika, PLC). Programy jsou porovnány podle nejdůležitějších kritérií (např. rozsáhlost funkcí, cena). Pomocí vybraných programů jsou provedeny návrhy a simulace daných elektronických obvodů a jejich následné zhodnocení.

Klíčová slova: programová podpora, návrh, simulace, elektronický obvod, obvodové schéma

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with software commonly used in electrotechnics and production field. Possibilities of connection between these software and other hardware applications (mechanical systems, PLC) are also mentioned. Software is compared from the view of the most important criteria (built instructions, price). Some electronic circuits were simulated using selected software and results were discussed.

Keywords: software support, design, simulation, electric circuit, circuit diagram

Poděkování patří v první řadě mé rodině a mým přátelům, kteří mě po celou dobu studia maximálně podporovali a dodávali mi sílu, energii a motivaci ke zdárnému zvládnutí všech studijních povinností včetně sepsání této bakalářské práce. Chtěl bych také velmi poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Lubomíru Macků Ph.D, který pro mě byl velmi dobrým rádčem během sepsování této práce. Každou jeho radu nebo připomínku k obsahu této práce jsem rád vyslechl a snažil jsem se vzít si z nich ponaučení do budoucna. Za to mu velmi děkuji.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PROGRAMOVÁ PODPORA ELEKTROPRŮMYSLU	12
1.1 DŮVODY ZAVEDENÍ PROGRAMOVÉ PODPORY DO ELEKTROPRŮMYSLU	12
1.2 VÝHODY A NEVÝHODY ZAVEDENÍ PROGRAMOVÉ PODPORY DO ELEKTROPRŮMYSLU	15
1.2.1 Úvodní shrnutí	19
2 PROGRAMOVÉ PROSTŘEDKY PRO NÁVRH A SIMULACI ELEKTRONICKÝCH OBVODŮ	22
2.1 PŘEHLED DOSTUPNÝCH PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ PRO NÁVRH A SIMULACI ELEKTRONICKÝCH OBVODŮ	22
2.2 POPIS PLACENÝCH VERZÍ PROGRAMŮ URČENÝCH PRO NÁVRH A SIMULACI ELEKTRONICKÝCH OBVODŮ	24
2.2.1 Multisim2001	24
2.2.2 Programové prostředky firmy Eplan Software & Service	29
2.3 POPIS VOLNĚ DOSTUPNÝCH VERZÍ PROGRAMŮ URČENÝCH PRO NÁVRH A SIMULACI ELEKTRONICKÝCH OBVODŮ	38
2.3.1 Electronics Workbench	38
2.3.2 Micro-Cap Evaluation 7.0.6	41
2.4 PROGRAMY PRO NÁVRH PLOŠNÝCH SPOJŮ	42
2.4.1 Eagle 4.16	42
2.5 PROPOJENÍ PROGRAMŮ NA DALŠÍ SYSTÉMY	46
II PRAKTICKÁ ČÁST	47
3 NÁVRH A SIMULACE VYBRANÝCH OBVODŮ VE ZVOLENÝCH PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDÍCH	48
3.1 POPIS JEDNODUŠŠÍHO ELEKTRICKÉHO OBVODU (DVOUCESTNÝ USMĚRŇOVAČ – GRAETZŮV MŮSTEK)	48
3.2 POPIS SLOŽITĚJŠÍHO ELEKTRICKÉHO OBVODU (JEDNOSTUPŇOVÝ STŘÍDAVÝ ZESILOVAČ)	50
3.3 NÁVRH A SIMULACE POMOCÍ PROGRAMU MULTISIM2001	55
3.3.1 Jednodušší obvod (dvoucestný usměrňovač – Graetzův můstek)	55
3.3.2 Složitější obvod (jednostupňový střídavý zesilovač)	58
3.4 NÁVRH A SIMULACE POMOCÍ PROGRAMU ELECTRONICS WORKBENCH	60
3.4.1 Jednodušší obvod (dvoucestný usměrňovač – Graetzův můstek)	61
3.4.2 Složitější obvod (jednostupňový střídavý zesilovač)	63
3.6 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ NÁVRHU A SIMULACE	65
3.6.1 Srovnání všech simulačních pochodů, rozdíly (v návrhu, složitosti)	65
3.6.2 Zaznamenané výhody a nevýhody programů	67
3.6.3 Srovnání programů z cenového hlediska	70

	8
ZÁVĚR	73
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	74
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	75
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	76
SEZNAM OBRÁZKŮ	77
SEZNAM PŘÍLOH	79

ÚVOD

V dnešní moderní době, kdy světu vládou hlavně počítače, automatické stroje a elektronická zařízení, vyvstává otázka, jak co nejefektivněji řešit neustále nové, pokročilé, technicky náročné požadavky jednotlivých subjektů trhu každé země. Odpověď na tuto otázku je vcelku jasná a zdánlivě snadná. Cílem je výrobní proces efektivně urychlit a zjednodušit na takovou míru, která bude výhodná jak pro vedení samotné firmy, tak pro její zaměstnance, potažmo i pro odběratele. Antonín Juránek ve své knize [1] použil následující úvahu: „Do většiny našich každodenních povinností a zábavy zasahují počítače. Jejich využití se stále rozšiřuje¹“. Počítače v dnešní době i dobách minulých usnadňovaly a usnadňují život člověka nebo celku zásadním způsobem. Nejinak je tomu i v oblasti elektroprůmyslu, kterou se budeme v této bakalářské práci zabývat. V dnešní době hraje zásadní roli zavádění programových prostředků do výrobního procesu, které má za účel usnadnit, urychlit a zefektivnit práci a zvýšit prosperitu dané firmy. Představa, že by se v dnešní moderní době dělaly návrhy složitých elektronických obvodů bez použití simulátorů a programů pro modelování a testování je nereálná. Z jakého důvodu tedy potřebujeme v elektroprůmyslu speciální počítačové programy? Odpověď je opět velmi jednoduchá.

Představme si prosperující firmu v oblasti elektroprůmyslu, která se zabývá například návrhem desek plošných spojů. Každá firma chce samozřejmě mít své výrobky nejlepší a nejkvalitnější. K tomu ovšem potřebuje odpovídající výrobní vybavení, které nezahrnuje pouze automatizační linky, testovací centra a samozřejmě zaměstnance. Taková firma potřebuje efektivní prostředek, který zajistí, že jejich výrobek bude po konečném testu v pořádku, bude schopen oživení a bude mít nárok se bez problémů dostat na trh, kde si ho odběratelé mohou koupit. Tyto podmínky budou splněny pouze v případě dodržení následujícího postupu. V podstatě věci jde o to, že každý výrobek, který se bude v budoucnu vyrábět, by měl projít důkladným návrhem, testováním a laděním pomocí specializovaných programů pro návrh obvodů v elektroprůmyslu. Firma

¹ Juránek, Antonín. *Multisim – Elektronická laboratoř na PC*. 1.vydání. Praha: BEN – Technická literatura, 2008. 284s. s. 6. ISBN 978 – 80 – 7300 – 194 – 0 / 978807300940

s dobře nastavenou strategií a logistickou politikou by měla do svého výrobního procesu takové prostředky aplikovat, neboť se v budoucnu předejde zbytečným problémům, ušetří se výrobní náklady na zbytečné opravy a repase, a tím se celkově zlepší efektivita výroby celé firmy. Obecně se dá říct, že aplikovat programovou podporu do jakékoliv oblasti průmyslu je přinejmenším vhodné. V konečné fázi záleží pouze a jen na dané firmě, jak se k tomuto faktu postaví a bude ho řešit.

Ve své dosavadní praxi jsem tuto strategii využíval při návrzích plošných spojů, které jsme vyráběli na SŠ, kde nás k tomu vedl sám mistr odborného výcviku, který zdůrazňoval, že je lépe si nejprve daný obvod odsimulovat na počítači a potom teprve provádět jeho praktickou realizaci.. Tento postup se mně osobně velmi osvědčil a každému, kdo pracuje v jakémkoliv průmyslovém odvětví bych tento postup doporučoval, neboť se osvědčil nejen u jednotlivců, ve firmách, ale i ve velkých firemních koncernech.

Závěrem úvodního pojednání bychom mohli zdůraznit, že se programová podpora zdaleka netýká pouze elektroprůmyslu. Můžeme ji s výhodou využívat ve strojírenství, stavebnictví, lékařství a v jiných důležitých oblastech světového průmyslu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PROGRAMOVÁ PODPORA ELEKTROPRŮMYSLU

1.1 Důvody zavedení programové podpory do elektroprůmyslu

Mezi hlavní důvody zavedení programové podpory do elektroprůmyslu patří fakt, že výsledný produkt bude kvalitní pouze a jen tehdy, bude-li dobře a kvalitně navržen. Tohoto cíle se dá dosáhnout za pomoci vhodného programového vybavení.

V dnešní době je programové vybavení pro podporu elektroprůmyslu na velmi vysoké úrovni, a tak není problémem navrhovat i velmi složité struktury obvodů, které bychom jinak navrhovali bez pomoci PC neúměrně dlouho a v mnoha případech bychom ani nedošli k cíli. Programová podpora všechna tato úskalí do jisté míry odstraňuje, a tak vede její aplikace snadněji ke splnění daného cíle naší práce.

Představme si modelovou situaci, že jsme ve velké firmě, která vyrábí desky plošných spojů. Taková firma má s největší pravděpodobností vypracovaný plán, který se musí splnit a podle toho se musí firma zařídit. Firma má také své zaměstnance, kterých je několik a každý má přidělen svůj konkrétní úkol. V takové firmě stoprocentně nezáleží na práci jednotlivce, ale na práci celého týmu a jejich souhře. Jako vzorový příklad si můžeme vzít skupinu lidí, která je ve firmě od toho, aby prováděla návrhy desek plošných spojů, které poté půjdou do další části výroby. Pro upřesnění je nutno říct, že se bude jednat o velmi složitý návrh, který sestává z několika částí.

Měly by být dodrženy tyto zásady:

- všichni pracovníci budou pracovat na stejném projektu
- všichni pracovníci budou pracovat s kompatibilním programovým prostředím
- pracovníci své výsledky průběžně konzultují a případné nejasnosti, chyby a závady ihned opravují.

Dalším velmi závažným důvodem, proč se do jakéhokoliv procesu zavádí programová podpora je ten, že s její pomocí si lze vše bezpečně a snadno odsimulovat tzv. "nanečisto", a zabránit tak možnému problému při přímém návrhu nebo zkoušení už navrženého zařízení bez toho, aniž by byl celý proces odsimulován a odladěn, a tak se předešlo případným chybám.

Představme si opět modelovou situaci ve fiktivní firmě zabývající se návrhem a výrobou napájecích zdrojů do PC. Napájecí zdroj k PC je jedna z jeho nezbytných a důležitých částí, které zásadním způsobem ovlivňují chod celého PC. Dobře fungující napájecí zdroj (a to nejen v PC) poskytuje obvodům k němu připojených konzistentní, přesné a kvalitní napájení. Špatně fungující zdroj má za následek nestabilní chod celého PC, nedostatečný rozvod patřičného napětí do jednotlivých obvodů počítače, a tak se zhoršuje chod a funkce daného zařízení.

Jako modelovou situaci uvažujme stav, kdy projektant ve firmě dostane za úkol sestavit návrh napájecího zdroje o výkonu např. 400 W. Projektant si přečte požadavky, které mu předal jeho nadřízený a podle nich začne sestavovat návrh desky plošného spoje. Projektant má k dispozici pouze různé druhy výpočetního softwaru, tabulky, sofistikované podklady. Projektant začne zpracovávat zadaný úkol, přitom používá výše uvedené možnosti. Následně se přejde k situaci, kdy má projektant návrh hotový. V následujícím kroku by měla správně následovat simulace daného návrhu v příslušném programovém prostředí, které by měla firma vlastnit. Firma ovšem takové programové vybavení nevlastní, a tak projektantovi nezbyvá, než se spolehnout na vlastní zkušenost, přesnost a fyzické zařízení zkonstruovat bez simulace v programu. Zdroj je nyní fyzicky zkonstruován. Přechází se do fáze testování, během kterého by se měla zjistit kvalita funkce a korigovat případné chyby a nedostatky. Zdroj je nyní v testovacím centru firmy. Nainstaluje se do zkušebního PC a hned při startu PC zjistí měřící přístroje, že např. špičkové napětí při zapnutí zdroje je mnohonásobně větší než podle normy, a tudíž by mohlo dojít k poškození některého z obvodů základní desky v PC nebo určité součásti (HDD, procesor apod.). Obecně je takové zařízení označeno jako zmetek, který se buď bude muset opravit, nebo se vyhodí. K takové situaci by nedošlo, kdyby si firma zajistila pro své výrobní účely příslušné programové vybavení, které by sloužilo jako modelovací a simulační prostředí. Absence tohoto důležitého prvku v politice každé takové firmy má v dnešní době za následek většinou výše uvedené problémy.

Každý návrh jakéhokoliv zařízení s sebou nese určité nejistoty, které můžeme minimalizovat, nebo dokonce i odstranit použitím programových prostředí pro návrh a simulaci. Firma si nemůže dovolit dělat neustále ty samé chyby spojené s návrhy obvodů, což má většinou za následek pokles důvěryhodnosti dané firmy, snížení poptávky, snížení exportu do zahraničí. Řešení tohoto problému není nijak složité. Naopak je vcelku

snadno realizovatelné. Záleží pouze na strategii dané firmy, jak se k tomuto kroku postaví, jak bude dále postupovat při dnešních stále se zvyšujících požadavcích na kvalitu výsledných produktů. Firma tak musí, stručně řečeno, velmi flexibilně reagovat na nejnovější požadavky, aby byla na trhu opravdu dominantní, a aby tak byly její finální výrobky opravdu ty nejlepší a nejkvalitnější.

V dnešní době bohužel nejsou některé firmy ke svým zákazníkům vždy férové a poctivé. Hlavním problémem těchto firem je nedostatečná ochota jít s moderní dobou, nebo pouze lenost a pohodlnost investovat peníze do moderního programového vybavení, než do jiných méně podstatných věcí. S „kvalitou“ výrobků těchto firem se můžeme setkat v dnešní době docela často. Nemusí se jednat vždy a pouze o neznámou firmu z druhého konce světa. Společným jmenovatelem těchto firem je to, že s naprostou suverenitou uvedou na trh výrobek, který většinou vůbec neodpovídá bezpečnostním předpisům, normám, vyhláškám. Firma o tom většinou velmi dobře věděla, ale svou liknavostí a pohodlností klamala zákazníky, a tak jim při používání svých výrobků působila nemalé problémy. Příkladem mohou být firmy z jihovýchodní Asie, které jsou v drtivé většině předními světovými výrobci elektroniky. Ovšem zdaleka ne všechny výrobky z těchto zemí odpovídají kvalitě 1. jakosti. Přesvědčujeme se o tom téměř každý den, ale přesto se tyto problémy neustále opakují a firmy z těchto oblastí jsou většinou ty poslední, kdo na to nějakým způsobem doplatí. Od těchto firem bychom měli automaticky očekávat mnohem větší invenci a zodpovědnost vůči zákazníkům, které by je posouvaly neustále vpřed, a tak je nutily jít s dobou, a tím se snažit být na trhu skutečně nejlepšími a nejkvalitnějšími dodavateli elektroniky.

Čtyřletá praxe s návrhem jednoduchých elektronických obvodů mě utvrdila v tom, že pokud chceme v dnešní době něco smysluplně a zodpovědně navrhnout, tak je potřeba mít v první řadě velmi dobré znalosti daného oboru, ale především je třeba vlastnit odpovídající pracovní vybavení, bez kterého se tato práce nedá dělat. Pokud ano, tak jen velmi špatně, komplikovaně a neefektivně. Důvody, které jsou zde popsány, jsou asi nejzávažnější a z pohledu výrobce by se neměly podceňovat a brát na lehkou váhu, ať už se jedná o jakékoliv odvětví průmyslu.

V dnešní době, kdy jsou na světě stovky (ne-li) tisíce firem, které jsou na určité úrovni, si nemohou firmy dovolit bezdůvodně ztrácet zákazníky zbytečným porušováním, nedodržováním obecné politiky, kterou řada firem praktikuje. Tato politika by se dala

shrnout do třech slov, které ovšem plně vystihují současný trend v průmyslu: kvalita, invence, rychlost. Bez těchto třech klíčových slov, které by si měla každá firma neustále opakovat, nemá taková firma žádnou šanci uspět na dnešním trhu. Ve 21. století platí stále více věta : „ Vývoj je dnes tak rychlý, že výrobek, který byl dnes vyroben bude zítra již zastaralý“. Je to sice řečeno trochu s nadsázkou, ale dá se tomu do jisté míry věřit. Důkazem toho budiž dnešní bouřlivý rozvoj techniky a celého průmyslu.

1.2 Výhody a nevýhody zavedení programové podpory do elektroprůmyslu

Zavedení programové podpory do výrobního procesu v jakémkoliv odvětví průmyslu (nejen elektroprůmyslu) s sebou nese jisté výhody a nevýhody, které jsou v tomto odstavci popsány. Jedna z výhod byla zmíněna už v odstavci minulém, kde je řečeno, že základní výhodou programové podpory výrobního procesu je možnost simulace. Tato výhoda není zdaleka jedinou výhodou, ale velmi výstižně a jednoduše říká, proč je v dnešní době pojem simulace tak důležitý.

Simulace je pojem, který se používá v mnoha oblastech vědy a výzkumu. Jeho stručná definice je: Simulace je vědecká metoda (výzkumná technika), jejíž podstatou je náhrada zkoumaného dynamického systému jeho simulátorem s tím, že se simulátorem se experimentuje s cílem získat informace o původním zkoumaném dynamickém systému. Zjednodušeně řečeno lze říct, že simulací daného systému (v tomto případě elektronického obvodu) můžeme pomocí experimentů a metod aplikovaných na daném navrhovaném systému určit jeho nejlepší vlastnosti bez toho, že bychom tyto metody museli aplikovat přímo na fyzickém zařízení.

Výsledkem aplikace tohoto postupu jsou především tyto výhody:

- snížení výrobních nákladů, které by byly zřejmě vyšší bez použití simulačních programů
- snadná, rychlá a bezpečná práce
- možnost včas identifikovat a opravovat chyby vzniklé nepozorností, špatným úsudkem, rozhodnutím
- možnost včasné konzultace našeho problému s ostatními odborníky bez rizika poškození zařízení

Výše uvedené výhody jsou výhodami nejdůležitějšími. Mají za následek hlavně zvýšení efektivity výroby a prosperity dané firmy, což jsou dva pojmy, které jsou pro samotnou firmu velmi důležité, a tudíž se jich firma vždy snaží dosáhnout.

Zavedením programové podpory do výrobního procesu vznikají pro firmu i jisté nevýhody. Představme si opět fiktivní firmu, která se po celá léta zabývá návrhem jednoduchých elektronických obvodů pro komerční účely. Postupem času docházelo k bouřlivému rozvoji techniky, zlepšování a zdokonalování programového vybavení pro jednotlivá odvětví průmyslu. Ve firmě se do této doby neustále pracovalo výhradně s programovým vybavením, které bylo na dost nízké úrovni, ale pro dané použití a výrobní politiku firmy to postačovalo. Během pár měsíců byla firma nucena zcela změnit politiku výroby, a tak musela aplikovat do své firemní a výrobní strategie zcela nové, moderní a náročnější postupy. S vybavením, které firma používala doposud, by tyto moderní požadavky nemohla v žádném případě splnit, a tak přišla na řadu možnost, že si firma zakoupí nové programové vybavení, které by mělo tento problém vyřešit. Co z tohoto kroku, který firma uskutečnila plyne? Firma si zakoupila nové programové vybavení, ale její zaměstnanci byli do této chvíle zvyklí pracovat se starým, nemoderním programovým vybavením, které už dávno přeshluhuje a pro současnou dobu je nevhodné a nepostačující. Zaměstnanci jsou tedy postaveni před problém naučit se velmi rychle (v co nejkratší době a co nejlépe) pracovat s novým programovým vybavením tak, aby byli schopni pružně reagovat na požadavky moderní doby a na požadavky firmy. Pro některé zaměstnance to nebude problém, pro jiné však ano. Jak už je uvedeno v minulých odstavcích, tak se v mnoha firmách podobného zaměření pracuje výhradně v týmu, kde má každý svůj úkol, který musí splnit. Nyní je tedy firma v situaci, kdy se zaměstnanci učí pracovat s novým softwarem. Někteří z nich s novým prostředím pracovat umí, někteří ne. Některým jde zaučování lépe, jiným hůře. Tato nesourodost zásadně narušuje uvedený požadavek na týmovou práci. V takovém případě následuje buď speciální školení, nebo se do doby, než budou pracovníci schopni s novým softwarem pracovat, budou muset přehodnotit výrobní plány firmy. Toto je jedna z nevýhod, která zásadním způsobem ovlivňuje chod celé firmy.

Druhou významnější nevýhodou je fakt, že i po správně provedené simulaci, která nám poskytla kvalitní výstupní data podle našich požadavků, můžeme dojít při zkonstruování obvodu k závěru, že průběh simulace nebyl ideální a určitým způsobem nás

tedy negativně ovlivnil při samotném fyzickém návrhu obvodu. Důležitým pojmem je tzv. exaktnost.

Exaktnost v přesné terminologii znamená něco velmi přesného, přesně změřeného. Exaktnost je zde zmíněna z toho důvodu, že při návrhu a simulaci jakéhokoliv obvodu téměř vždy pracujeme v ideálních podmínkách, které nemůžeme do reálného života přenést a aplikovat je. Představme si opět klasickou situaci, kdy chceme navrhnout daný elektrický obvod. Obvod bude určitě obsahovat pasivní prvky jako jsou rezistor, kondenzátor. V simulačním programu si daný obvod přesně navrhne a odsimulujeme. Vše se nám v tuto chvíli zdá být v pořádku, obvod funguje jak má, výstupy odpovídají požadavkům na vstupech, kontrolní měření jsou taky v pořádku. Obvod se tedy označí jako funkční návrh. Nyní přikročíme k výrobě, obvod zkonstruujeme podle našeho návrhu, odzkoušíme a zjistíme, že nepracuje tak jak má. Uvažujme, že výsledný výrobek se může (nebo bude) nacházet v prostředí (továrny, haly), které je většinou zatíženo vnějšími vlivy. Na soustavu tak bude pravděpodobně působit velké množství vlivů, se kterými jsme sice dopředu počítali, ale do samotné simulace se nijak nedají zakomponovat, a tak je účinně korigovat a minimalizovat. Například výše zmíněné pasivní prvky se určitě nebudou chovat jako v simulaci, kde bylo naše měření exaktní bez vnějších rušivých vlivů. V prostředí, na které působí vnější rušivé vlivy (např. elektromagnetické záření), se nebude zařízení chovat přesně podle chování v naší simulaci. Z tohoto závěru pro nás vyplývá, že na každé zařízení působí velké množství vnějších vlivů, které mohou být různé podstaty (elektrické, magnetické, elektrostatické).

Proti těmto vlivům se můžeme účinně bránit mnoha způsoby, které do jisté míry tyto nedostatky korigují a zmírňují. Jako příklad si můžeme vzít například elektromotor, jehož konstrukce je navržena tak, aby byl odstíněn od vnějších rušivých vlivů a zároveň, aby sám nebyl zdrojem velkého elektromagnetického rušení. Stroje pracující na elektromagnetickém principu jsou nejčastějšími zdroji rušivých vlivů. Důležitou podmínkou pro správnou činnost zařízení, která se nacházejí v určitém prostředí, kde se očekává působení vnějších vlivů (vnější elektromagnetické pole), je tzv. EMC, neboli elektromagnetická kompatibilita. Elektromagnetická kompatibilita je schopnost elektrického zařízení, systému nebo přístroje vykazovat správnou činnost i v prostředí, v němž pracují další zařízení, která mohou být zdrojem rušivých vlivů. Elektromagnetická kompatibilita je vlastnost, kterou musí splňovat i samotné zařízení tak, aby nebylo samo zdrojem rušivých

vlivů. Zařízení, která by mohla být potenciálním zdrojem problémů s EMC, se například pomocí různých krytí odstiňují od okolí. Tímto postupem můžeme minimalizovat vzájemné rušení mezi zařízeními. EMC počítá i s možností, že se bude nepříznivě ovlivňovat samo zařízení. V současné době, kdy se při výrobě moderních zařízení pohybujeme ve frekvenční oblasti v řádu gigahertzů (GHz), je elektromagnetická kompatibilita velmi důležitým faktorem, který nesmíme opomenout a zanedbávat. Důvodem (a velmi pravděpodobným) bude výše uvedená exaktnost, která nám vnáší do jakéhokoliv měření, návrhu, ladění nejistotu, která nám do jisté míry (menší či větší) ovlivňuje výsledné chování našeho obvodu v reálných podmínkách. Tato nevýhoda je nevýhoda velmi závažná. Nemůžeme ji dopředu žádným způsobem eliminovat, a tak se vždy naše měření, testování, ladění zatěžuje chybou (nejistotou).

Třetí nevýhoda. Žádný (i sebekvalitnější) program nemůžeme považovat za neomylný. Jde o to, že nemůžeme hned po první simulaci dělat z výsledků simulačního pochodu konečné závěry a úsudky. Postup, který jsem uplatňoval i já bych takový, že jsem simulaci prováděl do doby, dokud se mi chování obvodu nezdálo dostatečně věrné předloze a mým požadavkům. I program se může svým způsobem zmýlit. Chyba může být samozřejmě ve zdrojovém kódu samotného programu, což je jev, který je občas viditelný u demoverzí, alfaverzí, betaverzí programů. V takovém případě nám nezbývá nic jiného, než provést stejnou simulaci ve více programech, a tak vyloučit možná pochybení jak ze strany programu, tak z naší strany.

Z mé vlastní zkušenosti z dob, kdy jsem navrhoval v rámci praktického vyučování na SŠ obvody pomocí (dnes už zastaralého programového prostředí) Electronics Workbench jsem si sám odzkoušel, jak složité je někdy výsledný obvod nastavit do takové podoby, která odpovídá zadání. Například při návrhu Graetzova můstku bylo postupováno tak, že se zjistily následující podmínky:

- jaký bude použit transformátor (jaké bude vstupní napětí)
- jaké typy diod budou použity
- jaký vyhlazovací filtr bude použit
- na jakou zátěž tento obvod připojím

Celé schéma bylo v první řadě navrženo v programu Electronic Workbench. V dalším kroku návrhu se nastavily příslušné vstupní podmínky. Na nejdůležitější místa obvodu se připojil osciloskop, a tím se sledoval průběh signálu na vstupu, výstupu, na diodách, na filtru. Vše proběhlo v pořádku. Když byl výsledný obvod fyzicky navrhnutý jako deska plošného spoje, tak bylo zjištěno, že se obvod chová odlišně od exaktního návrhu v programovém prostředí. Vždy tedy musíme skloubit práci v programovém prostředí s vlastním úsudkem a znalostmi, a předvídat tak možné chyby a problémy, které by mohly vzniknout při návrhu a simulacích elektronických obvodů.

1.2.1 Úvodní shrnutí

Z toho, co bylo doposud napsáno je zřejmé, co přináší programová podpora do výrobního procesu (elektrovýroba, automatizace). Přináší značné ulehčení a zjednodušení práce tam, kde je nutno předem vysledovat chování obvodu předtím, než bude navrhnut a použit jako fyzické zařízení v reálném procesu, a budou tak na něj působit vnější vlivy nejrůznějších podstat. Každá firma, která se zabývá výrobou jakýchkoliv zařízení, by měla na takovouto politiku přistoupit, i když je pravda, že ne vždy se to vyplatí.

Příkladem může být firma, která nakoupila drahý simulační software a během několika měsíců zjistila, že jeho pořízení nemělo hlubšího opodstatnění. Příčinou mohlo být například to, že se firma nezabývá až tak náročnou výrobou, že by bylo nutné zavádět programovou podporu do svého výrobního procesu. Původní myšlenka byla ta, že se ušetří výrobní náklady, což se postupem času ukázalo jako velmi nepřesná prognóza. Dalším faktem může být finanční stránka celé věci. Nákup programového vybavení není levná záležitost, a tak si firma musí dobře rozmyslet, zda se jí vyplatí software kupovat. Vzhledem k tomu, že firma zaměstnává řadu zaměstnanců, tak bude potřebovat velké množství daného softwaru. Může sice počítat s množstevní slevou pro firmu, tu ale můžou brzy překrýt náklady na údržbu, školení apod. Je na uvážení každé firmy, jak k tomuto poměrně důležitému rozhodnutí přistoupí a jak si s ním poradí.

Z mého osobního pohledu je zavádění programového vybavení pro modelování, simulaci, návrhy a testování soustav, obvodů velmi užitečná a výhodná věc. Vyplatí se jak u menších, tak i u větších firem a dokonce i u jednotlivců, kteří se elektronikou zabývají ve svém volném čase. Pro amatérské projektanty je použití softwarového vybavení na simulaci prospěšné zejména z hlediska úspory financí, které by jinak asi utráceli nákupem nových

součástek za ty, které během svých experimentů zničili. Na druhé straně pokud se jedná o firmu, tak firma tímto krokem ušetří spoustu výrobních nákladů, které by musela investovat ze stejného důvodu jako amatérský elektronik, tudíž by musela neustále nakupovat nové a nové prostředky namísto těch, které se zničily při pokusech zaměstnanců vytvořit funkční obvod. Shrňme nyní výhody a nevýhody aplikace programové podpory do elektroprůmyslu (obecně do výrobních činností).

Mezi výhody můžeme zahrnout:

- ulehčení, zrychlení, zefektivnění práce
- zvýšení celkové bezpečnosti práce
- snížené výrobní náklady firmy
- možnost snadno detekovat chybu a ihned ji opravit
- možnost odladění a opravdu kvalitní nastavení obvodu

Ulehčením, zrychlením a zvýšením efektivity práce se firma i zaměstnanci stávají flexibilnějšími, a tak firma mnohem více prosperuje. Stává se tak opravdu kvalitním dodavatelem spotřební techniky. Bezpečnost práce je zajištěna tím, že prvotně pracujeme s modelem dané soustavy (obvodem), který navrhne a v počítači si ho pomocí specializovaného programu odsimulujeme a otestujeme. Tím vylučujeme možnost, že by se obvod (zařízení) znehodnotil například při fyzickém návrhu, neodbornou manipulací, což se může stát, ale tato varianta tuto možnost snižuje, ale nikoli vylučuje. Zároveň je zajištěna bezpečnost práce i z naší strany jako projektanta. Tím, že firma nakoupí specializovaný software, neudělá chybu, právě naopak. Sníží se výrobní náklady, a tím se zvýší produkce a kvalita výsledných produktů. Možnost snadné detekce chyb je velmi důležitou vlastností téměř všech simulačních programů. Při návrhu jakéhokoliv zařízení, které bychom hodlali hned navrhovat ve fyzické formě, můžeme snadno pochybit, kdežto v simulačním programu si nejprve přečteme zadání návrhu, podle toho sestrojíme v programu schéma zapojení daného obvodu, navrhne desku plošného spoje a vykonáme simulaci, která nám potvrdí funkční návrh, nebo naopak ukáže, že v našem návrhu nastala chyba, kterou musíme opravit, a tak znovu provést simulaci a testování. Při našem přímém návrhu většinou nastává chyba, která je dána výše zmíněnou exaktností a nejistotou, kterou použití specializovaného softwaru vnáší do fyzického návrhu daného obvodu. Možnost odladění a

kvalitní návrh obvodu je vlastností, která je pevně spjata s programy pro návrh obvodů, soustav nebo celých zařízení. Při návrhu obvodu v programu můžeme donekonečna výsledný projekt vylepšovat a vyladovat bez nutnosti fyzického zásahu, a tak šetříme případný čas strávený nad repasemi obvodu v důsledku špatného návrhu. Můžeme si s návrhem pohrát a vyzkoušet různé varianty zapojení, které by pro nás mohly být dokonce i alternativou nebo vylepšením našeho stávajícího návrhu projektu.

Mezi nevýhody můžeme zahrnout:

- exaktnost
- možné problémy firmy při přechodu na novější software

Můžeme citovat z knihy [1]: „Podstatný je i fakt, že ze žádné součástky mi „nestoupá dým, žádný měřicí přístroj nezničím“, na druhou stranu je to však „nebezpečné“ – může nastat dojem, že je vše dovoleno²“. I přes náš velmi přesný návrh a simulaci v programu se bude naše fyzické zařízení chovat v závislosti na konečném nastavení a okolním prostředí, ve kterém se bude nacházet. Za nepříznivé prostředí můžeme považovat například prostředí se zvýšenou teplotou, vlhčí prostředí, prašné prostředí. Druhá nevýhoda je detailně popsána v odstavci 1.2.

² Juránek, Antonín. *Multisim – Elektronická laboratoř na PC*. 1.vydání. Praha: BEN – Technická literatura, 2008. 284s. s. 7. ISBN 978 – 80 – 7300 – 194 – 0 / 978807300940

2 PROGRAMOVÉ PROSTŘEDKY PRO NÁVRH A SIMULACI ELEKTRONICKÝCH OBVODŮ

2.1 Přehled dostupných programových prostředků pro návrh a simulaci elektronických obvodů

V současné době je na trhu velká řada různého druhu softwaru pro návrh a simulaci elektronických obvodů, které se liší jednak svou vybaveností, účelem použití, složitostí a v neposlední řadě i cenou. Takový software můžeme rozdělit podle dostupnosti na dvě až tři základní části.

V první řadě se jedná o software, který pro nás není zdarma ke stažení na internetu. Takový software můžeme označit jako placený software, za který jsme povinni jako zákazníci zaplatit příslušnou částku. Ceny takového softwaru se pohybují v řádech od stovek korun až po statisíce. V takovém případě se už ale jedná o software s velmi vysokým výkonem, rozsáhlými a propracovanými funkcemi. Takto drahé a složité programové vybavení se používá výhradně ve velkých firmách zabývajících se profesionální výrobou elektronických obvodů. U jednotlivce, pro kterého je elektronika pouze zálibou, se takový software v podstatě vůbec neuplatní, protože obsahuje velké množství funkcí, které jsou pro něj zbytečné a prakticky nevyužitelné.

Dalším druhem softwaru je tzv. freeware software. Tento druh softwaru je v naší zemi velmi oblíbený, jednak tím, protože je volně dostupný na internetu a z toho vyplývá, že za jeho používání nemusíme platit. Takové programy nám sice většinou plnohodnotně nenahrazují placené verze drahého softwaru, ale pro celou řadu aplikací jsou pro nás plně postačující. Freeware programy většinou nemají žádné časové omezení, na rozdíl od zkušebních verzí placených programů, jejichž používání nám po uplynutí jisté doby většinou omezí funkčnost softwaru (například uzamčením určitých funkcí). Tento druh programů je většinou dílem skupiny lidí, pro kterou je dané odvětví zálibou, a tak se ve volném čase zabývají programováním těchto programových prostředků.

Poslední velkou skupinou softwaru je tzv. shareware software. Typově se jedná o druh softwaru podobný freewaru. Má ovšem jednu velkou nevýhodu. Po určité době (typicky 30 dní) se funkčnost programu nějakým způsobem omezí, nebo po této době dokonce nejde ani spustit. Při pokusu o spuštění programu se nám objeví upozornění, že

uplynula doba vyhrazená k používání programu, a tak je nutno program zakoupit. Jako shareware verze různých programů jsou označovány i budoucí placené verze, které jsou volně dostupné na webových stránkách, kde si je můžeme jako uživatelé legálně stáhnout a po dobu, která je většinou zobrazena ve vlastnostech programu, vyzkoušet. Shareware softwarem můžeme označit i různé alfaverze, betaverze a trial verze programů. Takových verzí (jedná se o testovací, neodladěné verze) je celá řada. Slouží nám především k poskytnutí náhledu na funkčnost a možnosti programu z uživatelského pohledu.

Programových prostředí tedy existuje celá řada. Liší se od sebe hlavně rozsahem funkcí, grafickým vzhledem, ovládáním, složitostí. Nyní přistoupíme k vyjmenování softwaru pro návrh a simulaci elektronických obvodů. Vyjmenujeme pouze ty neznámější programy. Některé uvedeme pouze pro zajímavost. Např. placenou verzi programu od firmy Eplan (Eplan Electric P8). Pro legální stažení tohoto programu ze stránek firmy Eplan je potřeba vlastnit platný certifikát. Bez něj nelze žádný z nabízeného softwaru stáhnout. Budeme se postupně zabývat programy od placených verzí až po shareware verze. Pokusím se sehnat i nějakou demoverzi placeného softwaru.

Mezi placené verze programů patří zejména tyto programová prostředí:

- Multisim 2001 (verze Multisim Student Edition 10.0.1 je shareware verzí zdarma k vyzkoušení, Multisim 2001 existuje i ve zkušební verzi stejného názvu)
- Eplan Electric P8

Mezi freeware (volně dostupné, neplacené verze patří):

- Electronics Workbench
- B2Spice A_D2000
- WinLap
- Micro Cap Evaluation 7.0.6

Mezi zkušební verze (shareware verze) patří:

- Icap/4
- WinSpice

Výše popsané programy jsou voleny s ohledem na rozsah práce. O programech jako je Eplan Electric P8 bude zmíněno pouze slovem. Demoverzi Eplan Electricu P8 jsem se

několikrát pokoušel sehnat, ale vždy neúspěšně. Problém byl v tom, že k získání tohoto programu musíme být zaregistrováni u firmy Eplan. Vždy po registraci (pokud nejsme stálí odběratelé produktů firmy Eplan) nám dojde e-mail s omluvou, že nejsme stálí odběratelé jejich výrobků, a tudíž nemáme nárok na stažení jejich softwaru. Mezi volně dostupné verze můžeme zahrnout programy, jejichž některé verze vlastním (Electronics Workbench, Micro-Cap). Verze, které vlastním jsou naprosto legální na originálním CD, které jsem si koupil na veletrhu INVEX 2004. Program B2Spice A_D2000 jsem uvedl pouze informativně, protože jsem o něm nenašel věrohodné informace, a tak se nechci uchylovat ke spekulativním názorům a popisům programu.

Popisovat budeme tyto programy: Multisim 2001, Electronics Workbench, programové prostředky firmy Eplan (např. Eplan Electric P8), Micro-Cap Evaluation 7.0.6, Eagle 4.16. Ostatní programy jsou uvedeny pouze pro zajímavost.

2.2 Popis placených verzí programů určených pro návrh a simulaci elektronických obvodů

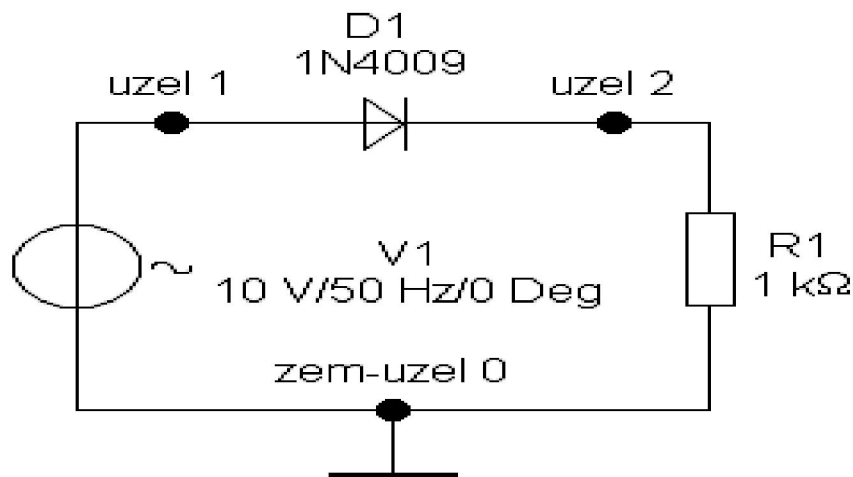
Pod pojem placené verze můžeme zahrnout veškerý software, za který jsme povinni jako zákazníci zaplatit příslušnou částku. Částka se může pohybovat od stovek korun, až po statisíce. Porušením autorských práv, nelegální distribucí se jako fyzická či právnická osoba vystavujeme nebezpečí právních úkonů s tím spojených. Jakékoliv kopírování, další distribuce je pro nás zákonem postihnutelná podle příslušného paragrafu trestního práva.

2.2.1 Multisim2001

Multisim2001 je jedním z řady programů pro návrh a simulaci elektronických obvodů. Je to verze placená, ovšem existuje i zkušební verze tohoto programu a dokonce i verze Multisim Student Edition 10.0.1, která je rovněž testovací. Kniha od Antonína Juránka, ze které budeme často v této bakalářské práci citovat nese název Multisim – Elektronická laboratoř na PC. V knize je detailně popsáno celé prostředí tohoto simulačního programu spolu s popisem funkcí. Ovládání tohoto programu je velmi jednoduché a intuitivní, takže není problém i pro méně zkušeného uživatele se v něm hned po prvním spuštění celkem snadno orientovat. Hlavními výhodami programu Multisim2001 je intuitivnost ovládání a s tím spojená snadná manipulace s programem, která ho předurčuje

k velké oblibě u koncových uživatelů. Každý takový program, včetně tohoto, má mít za účel osvojit si teoretické znalosti získané ve škole. Tzn, to co jsme se ve škole naučili teoreticky, nyní aplikujeme v praxi. Nyní se můžeme podívat, jak se tvoří samotné simulační schéma v tomto vývojovém prostředí.

Pro velmi zkušené znalce a uživatele tohoto programu nebude jistě problémem tvořit simulační schémata pomocí algoritmu s názvem SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis). Součástky v daném obvodu podle algoritmu SPICE jsou dány svým názvem a uzly obvodu, do kterých jsou zapojeny. Pokud je v obvodu lineární prvek (rezistor, kondenzátor, zdroj, indukčnost), plně postačuje přidat hodnotu dané veličiny (odpor - R, kapacita - C, napětí - U, indukčnost). U složitějších obvodů se ovšem nevyhneme zahrnutí složitějších součástek do obvodu. Mohou to být především operační zesilovače, tranzistory, diody. Součástky tohoto typu mají své pevně dané vlastnosti a parametry, které jsou složitě popsány jejich matematickým modelem. Pro názornou ukázkou můžeme uvést část algoritmu SPICE. Obvod je tvořen zdrojem střídavého napětí, diodou a rezistorem.



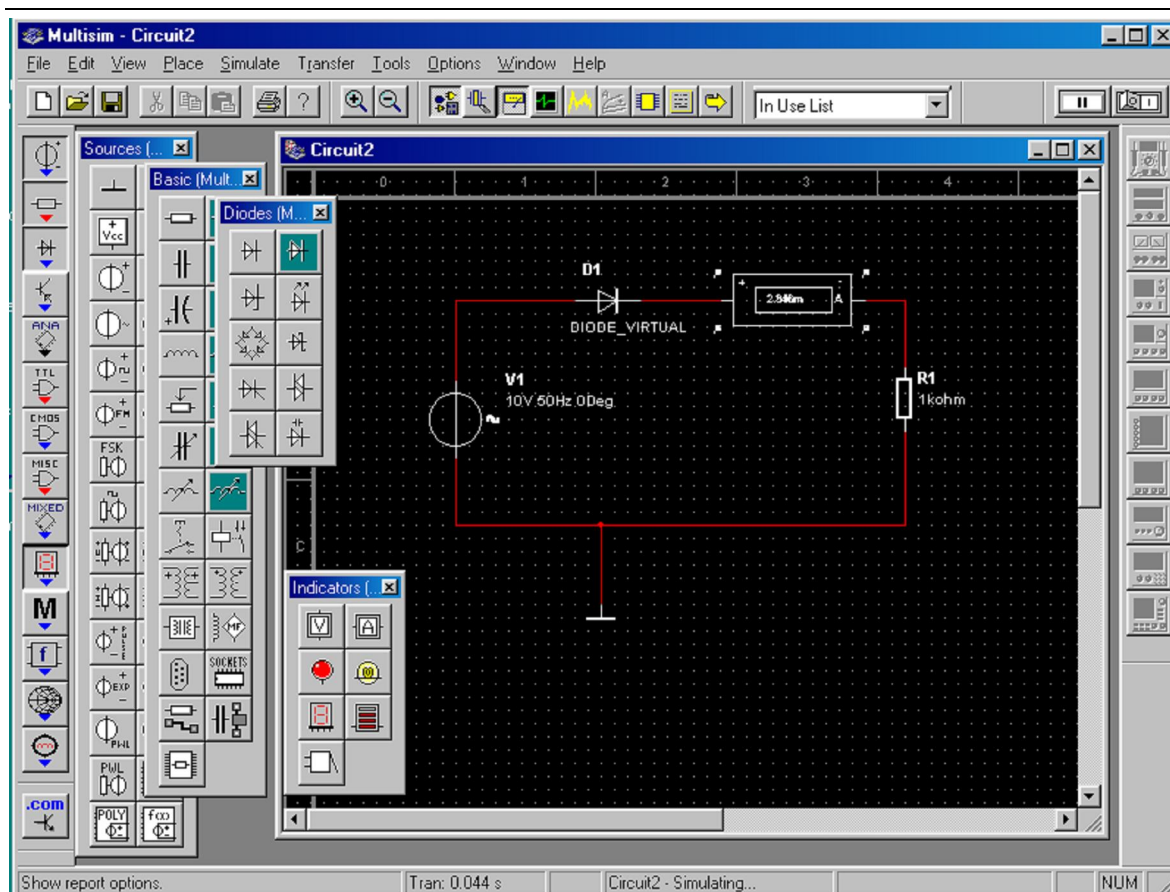
Obr. 1. Jednoduchý obvod

```
*SPICE netlist
V1 0 1 0 AC 14.142 0 SIN(0 14.142 50 0)
D1 1 2
R1 0 2
MODEL
D(Is=100f Rs=4 Cjo=2p Vj=1 Tt=3n
+BV=60 N=1 EG=1.11 XTI=3 KF=0
+FC=500m IBV=100f
END.
```

Vysvětlení SPICE algoritmu pro tento obvod: Ze schématu je jasné, že takto určitě nebude začínající uživatel tvořit simulační schéma. Můžeme citovat z knihy Antonína Juránka [1]: „Popis obvodu je poměrně složitý, skládá se z popisu spojení jednotlivých vývodů součástek a z popisů modelů jednotlivých prvků, které jsou v obvodu³“. Na prvním řádku je název obvodu. Další řádek popisuje zapojení zdroje střídavého napětí, který je zapojen mezi uzel 1 a zem. Následuje definice prvků. Konec algoritmu je zakončen jako v programovacím jazyku Pascal klíčovým slovem END. Znaménkem + se vyznačuje pokračování řádku. Komentáře se píšou za znak hvězdička *, nebo středník ;. Je nutné si uvědomit, že při návrhu obvodu se netlist generuje automaticky. Není tedy vhodné pro nezkušené uživatele do něj nějakým způsobem zasahovat, a tak si přivodit problémy, které mohou být těžce opravitelné, a tak působit zbytečné problémy při odladování obvodu.

Nyní můžeme přejít k metodě návrhu, která je mnohem známější a pohodlnější. Jedná se o práci v grafickém rozhraní, která je pro uživatele daleko přívětivější, časově nenáročná a intuitivní. Základním úkonem je výběr bloků, které chceme vzájemně propojit. Vybrané bloky tažením myši přetáhneme do černého pole a vzájemně je čarami pospojujeme. Pospojování čarami nahrazuje fyzické vodivé spojení. Náhradou fyzického spojení je tzv. virtuální spojení. Třetím krokem bývá obvykle výběr parametrů a posledním krokem samotné spuštění, následné ladění a testování námi navrženého obvodu. Pro ilustraci si můžeme ukázat úvodní obrazovku programu. Úvodní obrazovka programu Multisim je na obr. 2.

³ Juránek, Antonín. *Multisim – Elektronická laboratoř na PC*. 1.vydání. Praha: BEN – Technická literatura, 2008. 284s. s. 12. ISBN 978 – 80 – 7300 – 194 – 0 / 978807300940



Obr. 2. Pracovní prostředí programu Multisim2001

V levé části obrazovky programu můžeme vidět výběrové panely, které nám slouží pro výběr součástek. Panel úplně vlevo nám nabízí kategorii součástek (např. zdroje). Klepnutím na příslušnou kategorii se zobrazí podkategorie s konkrétními součástkami. Panely jsou tedy rozbalovací a jednotlivě se na sebe vrství. Pro vysvětlení si můžeme popsat význam alespoň některých panelů. Od shora dolů jsou to zdroje, pasivní prvky (rezistory, indukčnosti, kondenzátory apod.), dále diody (různé typy – křemíková, germaniová, Graetzův můstek, Zenerova stabilizační dioda, LED dioda), tranzistory, hradla, TTL hradla, CMOS hradla apod. Na výběr máme opravdu z velkého množství bloků, které oceníme až už jako zkušený uživatelé nebo začátečníci. Na pravé straně okna je panel, kde si můžeme vybrat měřicí přístroje, které bychom chtěli při simulaci použít. Na výběr máme jak jednoduché přístroje (voltmetry, ampérmetry), tak i osciloskopy k snímání průběhu na jednotlivých prvcích obvodu. Výběr se provádí levým tlačítkem myši a táhnutím do černého pole uprostřed, které nám znázorňuje naši pracovní plochu. Na této ploše bude probíhat samotný návrh a simulace našeho obvodu. Jednotlivé části obvodu spojujeme tažením myši. Po najetí na příslušné místo se nám provede virtuální spojení. Pokud si myslíme, že máme základní návrh hotový, můžeme přejít k nastavování hodnot jednotlivých prvků v obvodu.

Opět můžeme citovat z knihy Antonína Juránka [1]: „Součástku označíme levým tlačítkem myši a pravým tlačítkem se dostaneme do nabídky a po volbě PROPERTIES opět můžeme nastavovat hodnoty⁴“. Samotné započítí simulace aktivujeme stiskem tlačítka v pravém horním rohu okna. Tlačítko je dvoupolohové, takže ovládání je opět velmi příjemné a jednoduché. Simulaci přerušíme buď stiskem tlačítka do polohy vypnuto, nebo pozastavením pomocí tlačítka nalevo od dvoupolohového tlačítka zapni/vypni. Tím simulaci zastavíme a opětovným spuštěním simulaci spustíme od posledního kroku.

Horní lišta je typická jako u jiných programů. Obsahuje volby, jako jsou File, Edit, Simulate (odtud můžeme alternativně spouštět simulaci), Transfer, Tools (nástroje), Options (nastavení), Window (okno), Help (nápověda).

U Multisimu2001 je podobnost s programem Electronics Workbench, se kterým jsem pracoval 4 roky na střední škole. Rozvržení pracovního prostředí, výběr bloků, nastavování parametrů, simulační proces, to vše jsou vlastnosti, které jsou do jisté míry podobné programu Electronics Workbench. Stejně tak spouštění simulačního procesu. Rozdílem je algoritmus SPICE, který starší verze Workbenche nepodporovaly. Z knihy [2] můžeme vyčíst následující informace: „Demoverze umožňuje simulovat zapojení s 25 prvky a databáze prvků obsahuje 1500 součástek. Podstatnou a vítanou změnou je fungující export simulačních dat do Excelu a MathCadu. Po spuštění simulace je nutné zobrazit plochu grafu (Ctrl G) a pak kliknout na ikonku Excelu. Excel se spustí a vygeneruje se v něm tabulka hodnot⁵“.

⁴ Juránek, Antonín. *Multisim – Elektronická laboratoř na PC*. 1.vydání. Praha: BEN – Technická literatura, 2008. 284s. s. 40. ISBN 978 – 80 – 7300 – 194 – 0 / 978807300940

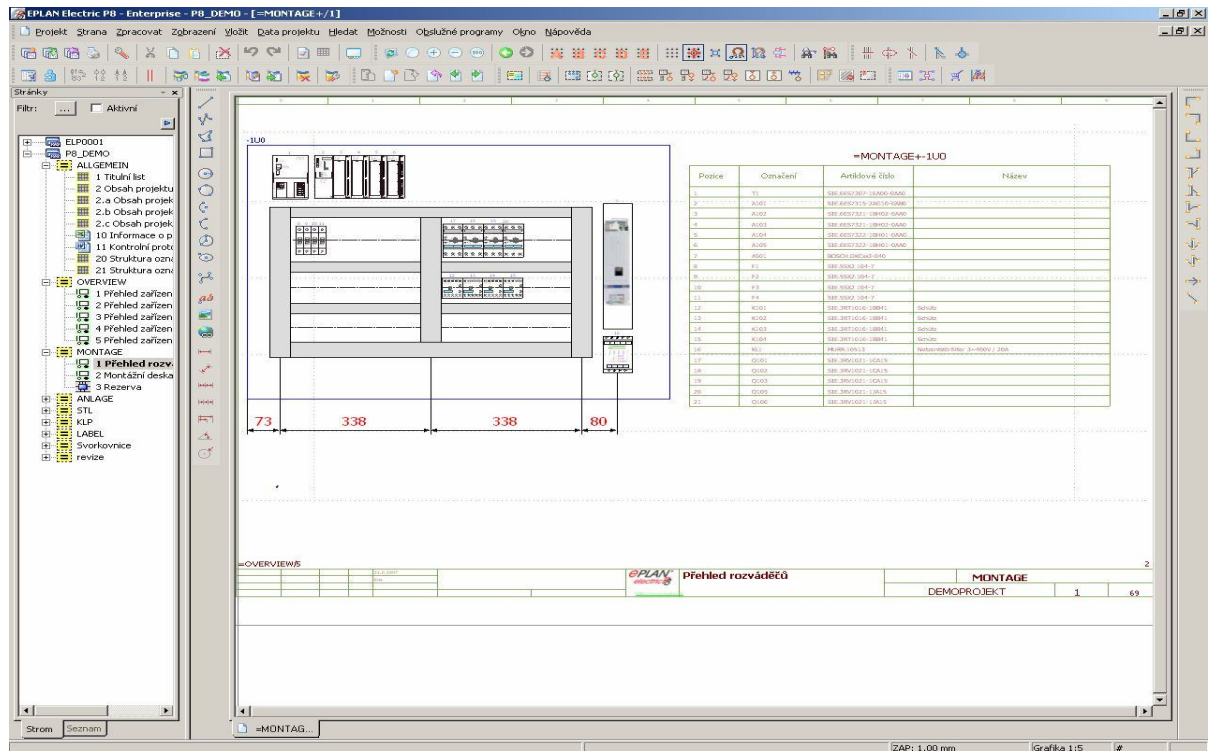
⁵ Láníček, Robert. *Simulační programy pro elektroniku*. 2.vydání. Praha: BEN – Technická literatura, 2002. 120s. s. 101-102. ISBN 80 – 7300 – 051 – 2 / 9788073000516

2.2.2 Programové prostředky firmy Eplan Software & Service

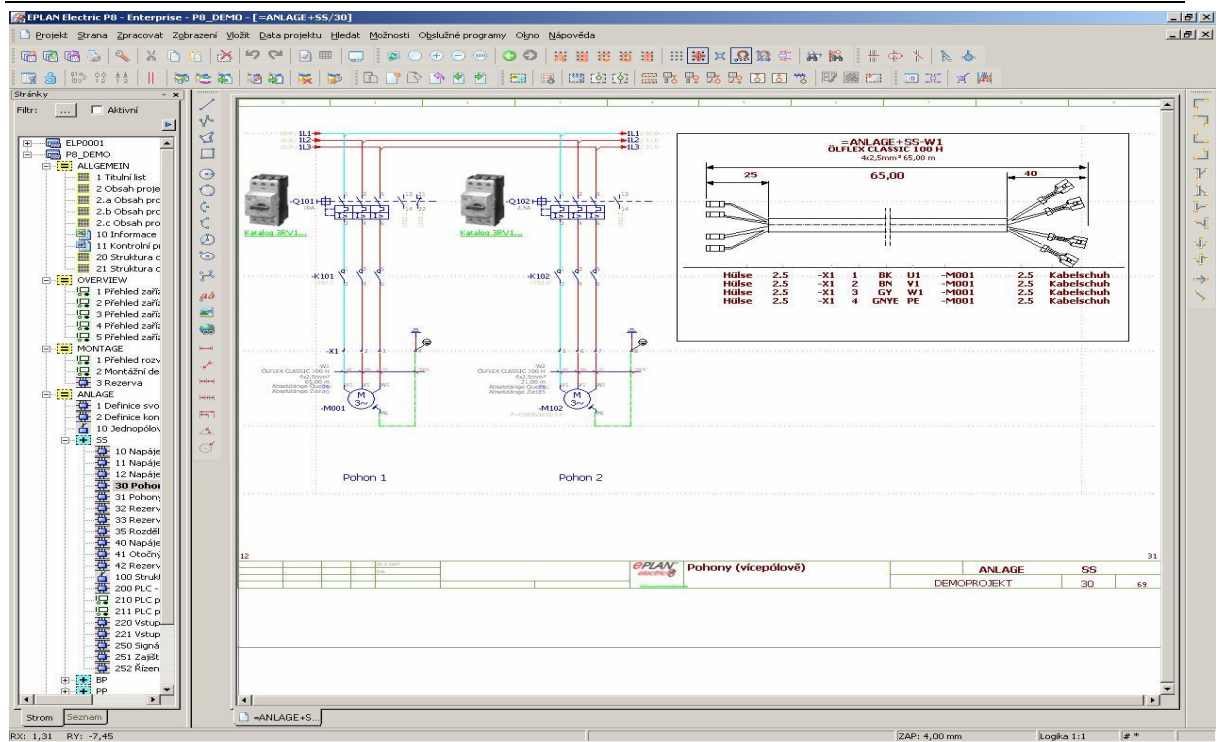
Firma Eplan Software & Service je česká firma, která se zabývá vývojem a distribucí programů pro podporu elektroprůmyslu. Tato firma vyrábí programové prostředí nejen pro elektrotechniku, ale i software pro projektování řídicích systémů, hydraulických a pneumatických automatizačních částí. Budeme se věnovat pouze programům, které slouží pro návrh obvodů v elektroprůmyslu. Všechna programová prostředí, která tato firma vyrábí, nesou vždy označení Eplan. Dále je v názvu daného softwaru přidružen doplněk, který charakterizuje dané použití programu.

Mezi programy, které firma vyrábí a distribuuje, patří zejména program pro návrh a simulaci elektroobvodů s názvem Eplan Electric P8. Jedná se zejména o návrhy v oblasti silnoproudu (návrhy rozvodů, rozvaděčů apod.). Mezi hlavní výhody tohoto prostředí patří zejména multiplatformnost, což znamená, že je spustitelný v plném rozsahu i na jiném operačním systému či počítači (Macintosh, Apple) než je Windows, respektive např. PC. Je tedy snadno přenositelný z jedné platformy na druhou. Další velkou předností tohoto programu, jak tvrdí výrobce, je multijazyčnost. Projektant, který pochází např. z Japonska, si udělá projekt ve svém rodném jazyce. Zákazník, který projekt obdrží, si může projekt pomocí funkcí tohoto programu přeložit. Tato vlastnost je dána kódováním, které umožňuje v reálném čase překládat návrhy z jednoho jazyka do druhého. Z toho plyne, že použitím tohoto softwaru odpadá veškerá jazyková bariéra mezi jednotlivými projektanty. To je výhodné zejména ve firmě, která zaměstnává lidi, kteří jsou různé národnosti. V takovém případě může každý zaměstnanec dělat svou část projektu ve svém jazyce. Mezivýsledky práce se potom předávají mezi ostatními, kteří si je upraví do své rodné řeči. Součástí softwaru je i vizuální průvodce, pomocí kterého mohou i úplní začátečníci začít tento program používat bez jakýchkoliv problémů. Tento software se osvědčí zejména v komplikovaných úlohách, ve kterých by jednodušší programy svou rozsáhlostí a funkcemi nedosahovaly příliš přesvědčivých výsledků. Mezi nejdůležitější vlastnosti, které bychom mohli ocenit patří zdokonalená technologie, která značně usnadňuje práci a šetří čas, dále nechybí možnost týmového projektování. Tento software má široké využití zejména ve velkých firmách zabývajících se projektováním silnoproudých zařízení. Osobně bych nedoporučoval používat tento software amatérům, nebo lidem, kteří mají elektroniku jen jako koníček. Důvod je prostý. Software je docela drahá záležitost. Alternativou je použít jiný software, který by sloužil pro naučení se základních projektantských technik, s tím, že

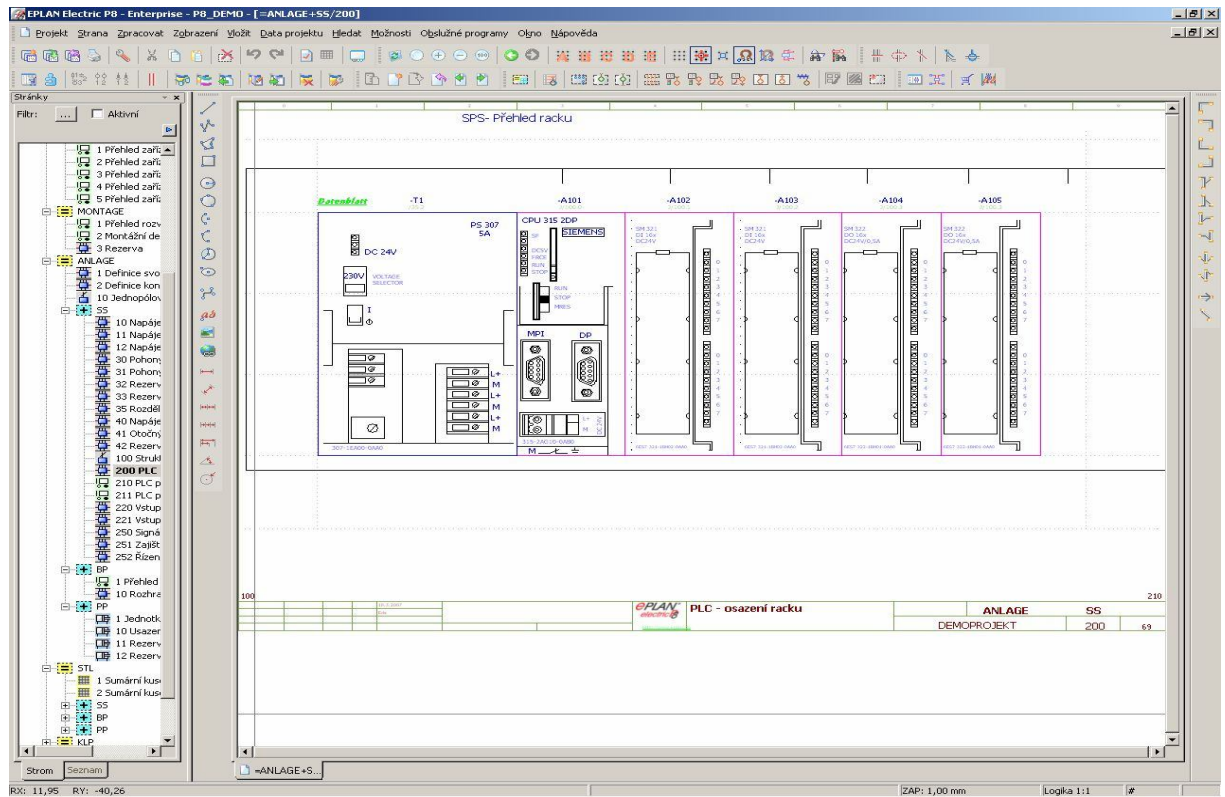
po čase by bylo možno přejít na placený software tohoto typu, a tak využívat zcela nadstandardních funkcí, a tím posunout své dovednosti dopředu. Zde jsou obrázky oken z programu Eplan Electric P8.



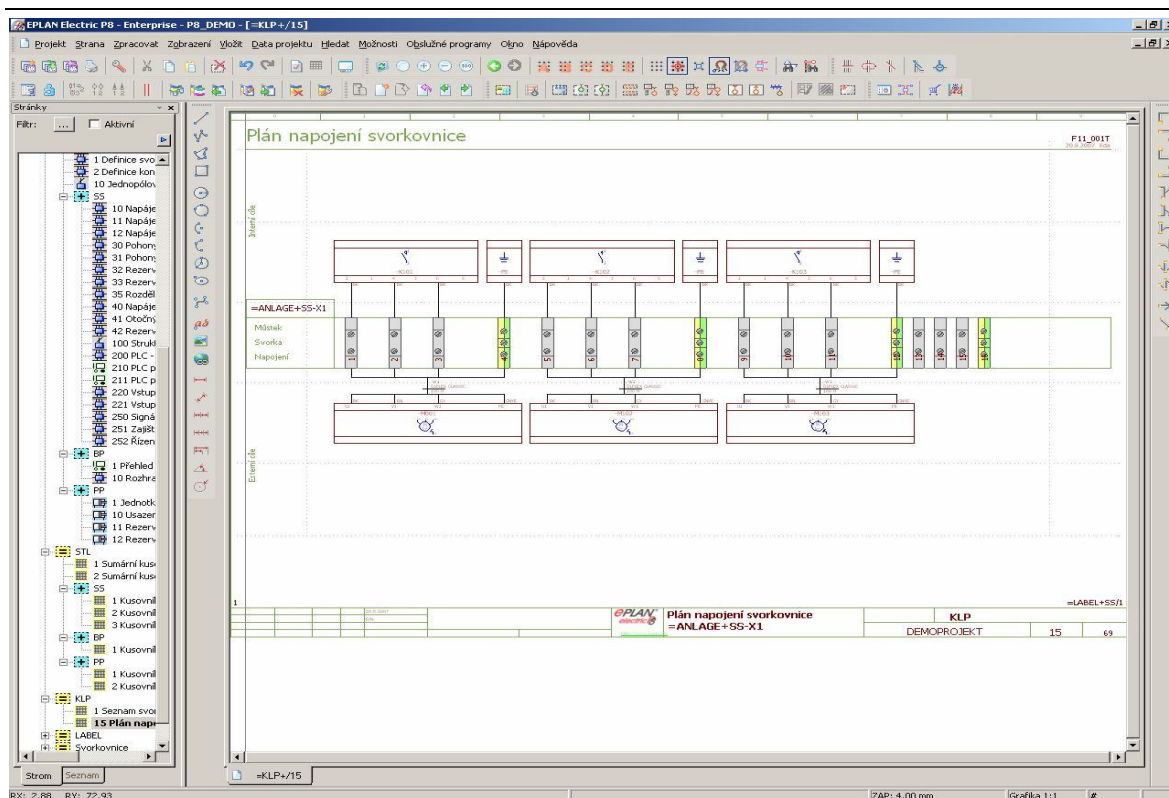
Obr. 3. Typy rozvaděčů v programu Eplan Electric P8



Obr. 4. Typy pohonů v programu Eplan Electric P8



Obr. 5. Osazení racku v programu Eplan Electric P8



Obr. 6. Plán napojení svorkovnice v programu Eplan Electric P8

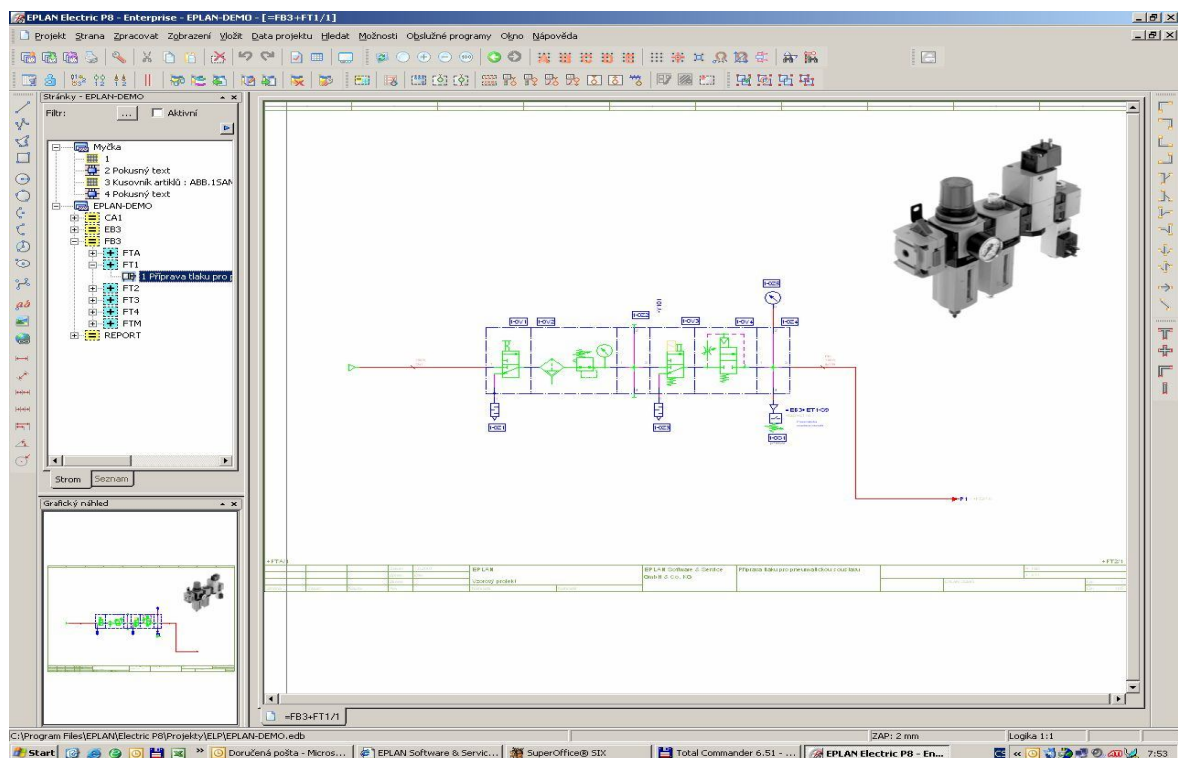
Software od této firmy je uveden pouze informativně, protože jak už je uvedeno výše, tak se mi nepodařilo sehnat alespoň testovací verzi programu Eplan Electric P8. Pro zajímavost můžeme uvést další produkty této firmy.

Eplan Fluid je dalším produktem firmy Eplan. Tento software je určen pro kombinované návrhy z oblasti elektrotechniky, měření a regulace. Pomocí tohoto programu můžeme snadno propojit technologické části z oborů regulační techniky, elektrotechniky a měřicí techniky. Celý program čerpá informace z jediné databáze, což je pokrok vzhledem k předchozí verzi tohoto programu, který nesl název FluidPlan. Další velmi kladnou vlastností tohoto softwaru je dynamické monitorování změn norem. Všechny přístroje, spoje a další části projektu podléhají i v tomto programovém prostředí normě ISO 1219, která zaručuje naprostou shodnost exaktního návrhu s normou. Je též možné nastavit v programu automatické očíslování všech prvků návrhu číslem normy. Je to jednak z důvodu snadné orientace v celkovém návrhu, a také kvůli možným požadavkům projektanta mít návrh přehledný, přesný a komplexní. Dynamické monitorování změn norem znamená v praxi jedinou věc. Základem tohoto monitorování jsou tzv. knihovny shodných symbolů. Těmito symboly jak už bylo řečeno výše, se dají jednotlivé části očíslovat číslem

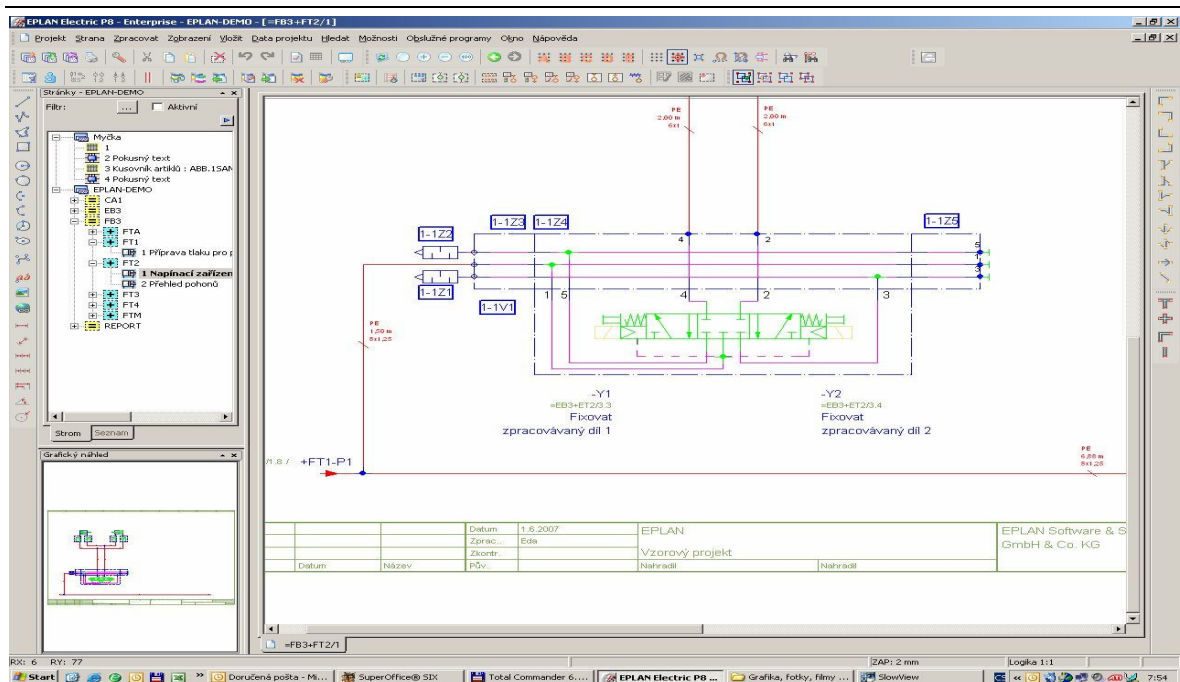
normy. Pokud by došlo ke změně normy, tak se část obvodu pomocí těchto symbolů sama automaticky upraví do aktuální podoby dle normy. Tato služba běží v programu na pozadí, a proto není nutné abychom jako uživatelé (projektanti) do ní jakýmkoliv způsobem zasahovali. Zejména si tím ušetříme čas, a tak se můžeme věnovat pouze svému návrhu, a také se můžeme vyhnout případným chybám, které mohou vznikat při naší manuální úpravě norem v celém projektu.

Mezi hlavní výhody a kladné vlastnosti tohoto softwaru patří zejména :

- transparentní a normované zobrazení v souladu s normou ISO 1219
- automatické propojování, inteligentní spoje
- velkoformátové plány rozmístění (zvláště výhodné pro rozsáhlé projekty)
- možné propojení elektrotechnologie a fluidní technologie



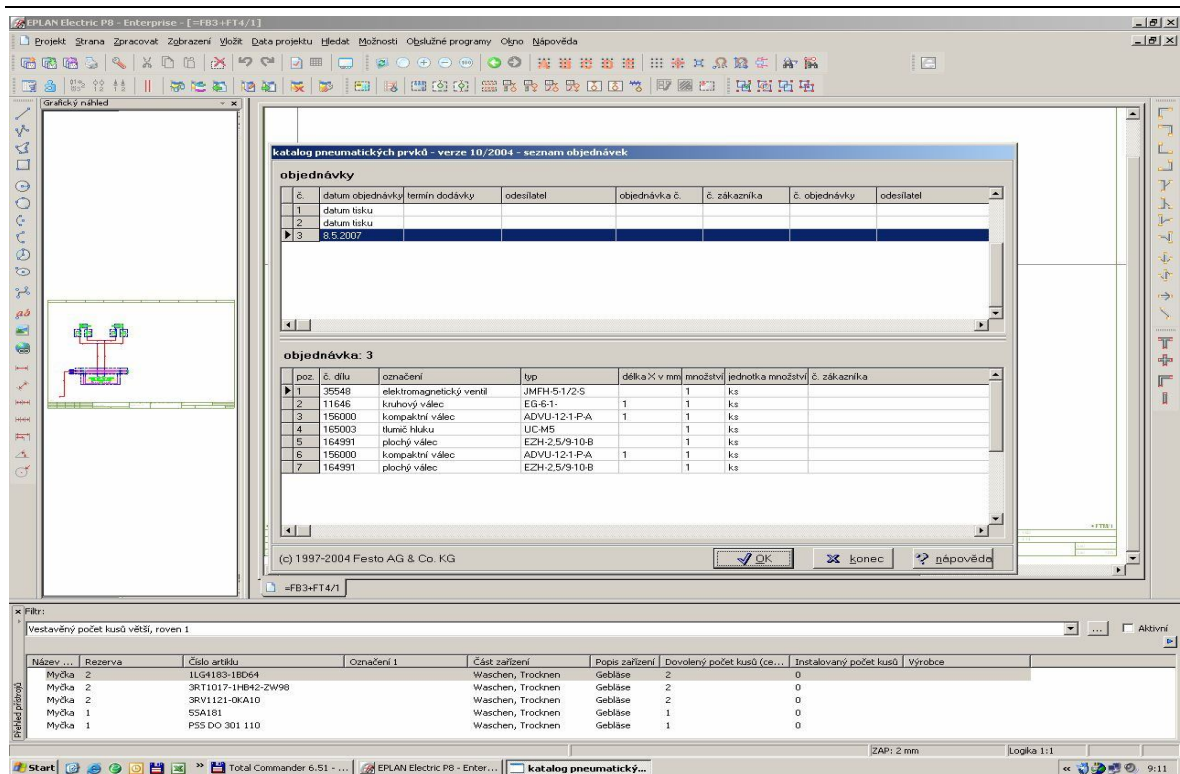
Obr. 7. Fluidní schéma úpravy vzduchu



Obr. 8. Fluidní schéma – třícestný ventil

Název vlastnosti	Hodnota
Definice funkce	5/3 ventil, 1,2,3,4,5
Poznámka	
Doplňkové pole [1]	
Směr hledání nadřazeného pojmu označení přístroje	V souladu s vyrovnáním rámečků
Zobrazení křížového odkazu: formátování	Z nastavení projektu
Zobrazení křížového odkazu: účet řádků/sloupců	0
Makro	D:\EPLANP8_2315\Makros\ESS\VDMA\PNEUMATIK\H_VENTILE UND
Obor	Pneumatika
	Hydraulika
	Pneumatika
	Chlazení
	Mazání

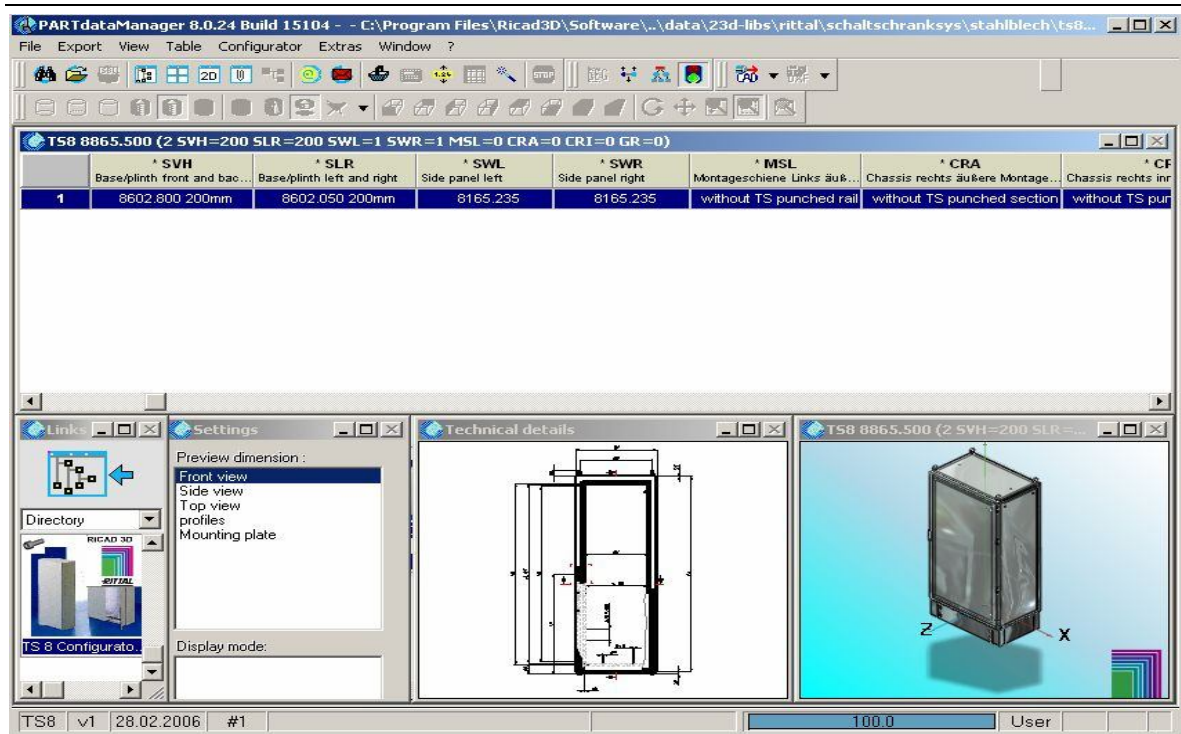
Obr. 9. Nastavení vlastností ventilu v programu Eplan Fluid



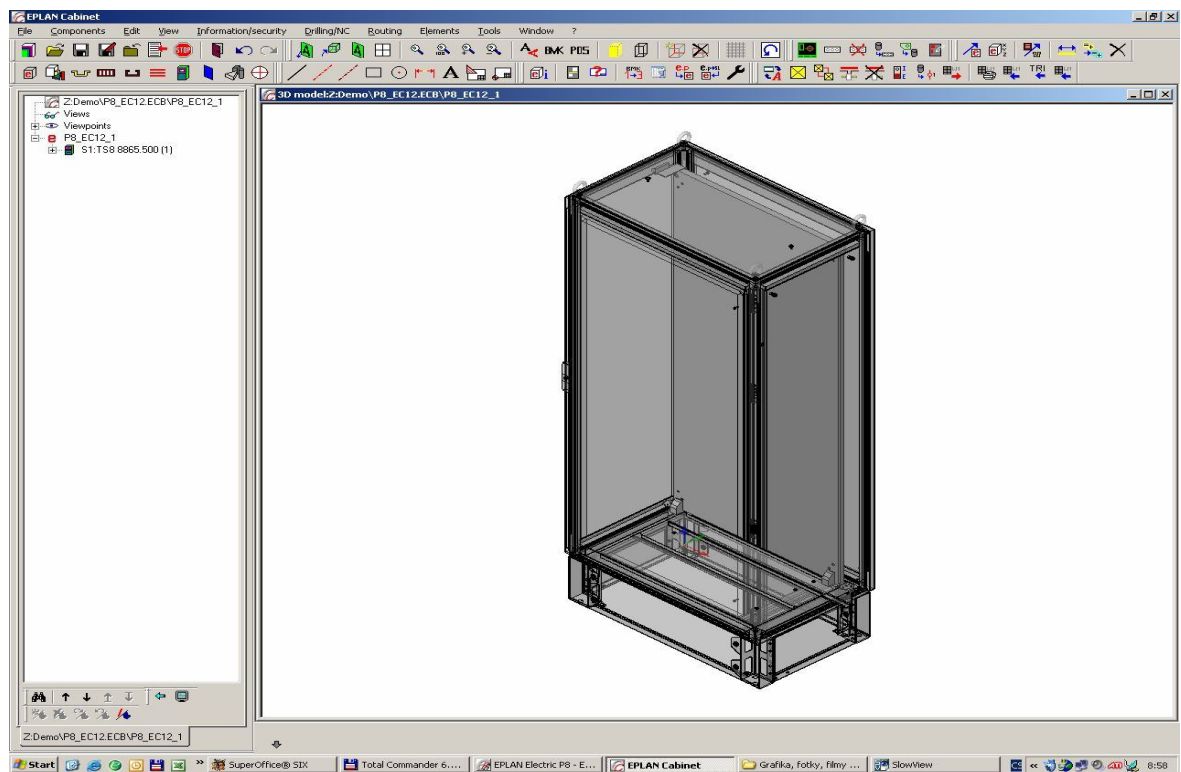
Obr. 10. Výběr součástí z katalogu Festo

Další dva produkty firmy Eplan nesou názvy EplanPPE a Eplan Cabinet. Pár slovy se zmíníme o programu Eplan Cabinet. Existuje několik verzí tohoto programu, které se používají pro různé účely. Programové prostředí Eplan Cabinet Basic je prostředí, které slouží pro návrh rozvaděčů. Obsahuje funkce a prostředky pro rychlé a spolehlivé osazení montážních panelů součástkami. Poskytuje 3D náhledy, 2D náhledy tak, abychom měli jako projektanti dostatek možností si svůj návrh promyslet, a měli tak možnost ho zdokonalit po funkční stránce a po stránce estetické.

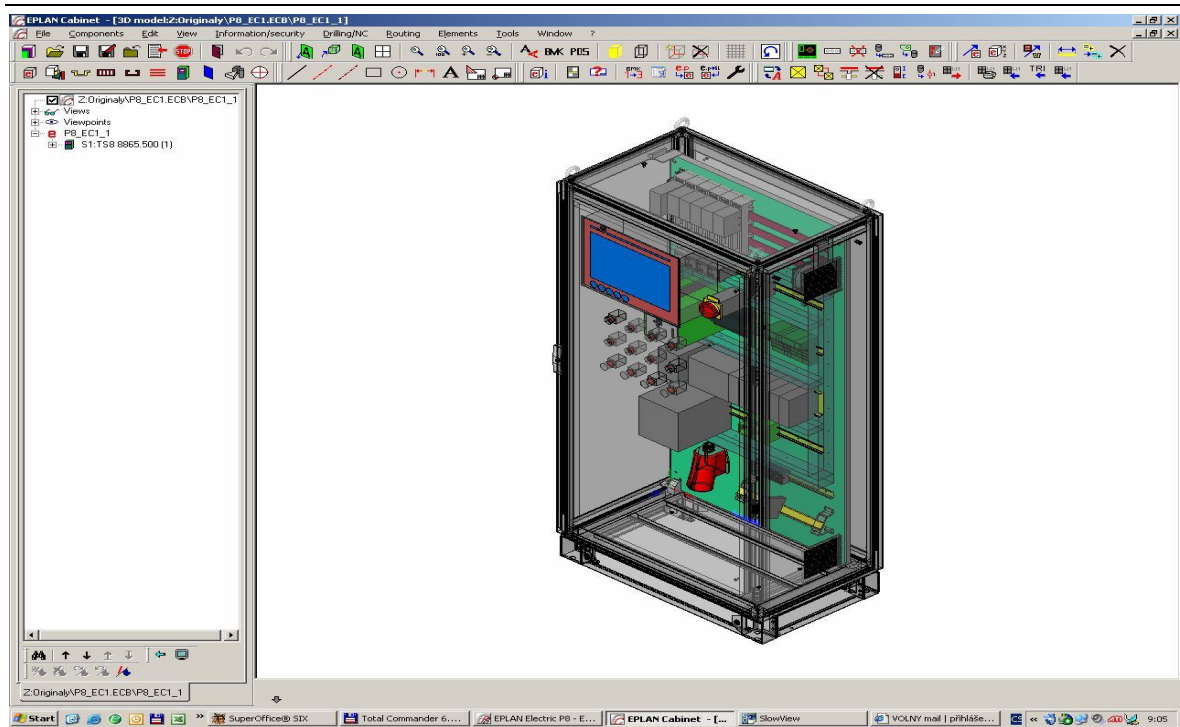
Dalším programem je Eplan Cabinet Routing, který slouží pro návrh optimální trasy vodičů na základě rozvržení panelu a spojů ve schematicém výkrese. Eplan Cabinet pomocí speciálního algoritmu dynamicky počítá podle provedených změn ve schématu, jaká délka daného vodiče je třeba použít. Program taky dokáže podle návrhu sestavit seznam doporučené kabeláže včetně všech jejich atributů. Další programy uvádím pro ilustraci: Eplan Cabinet Drilling, Eplan Cabinet NC, Eplan Cabinet grafický editor.



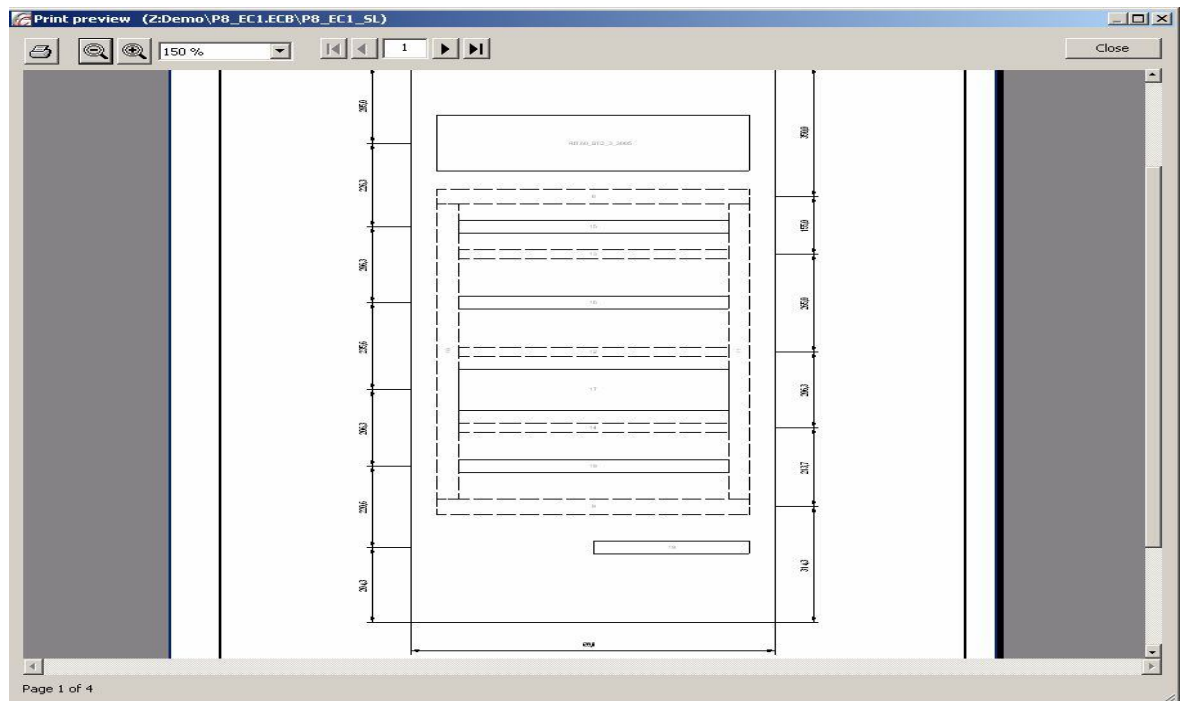
Obr. 11. Výběr skříně pro rozvaděč v programu Eplan Cabinet



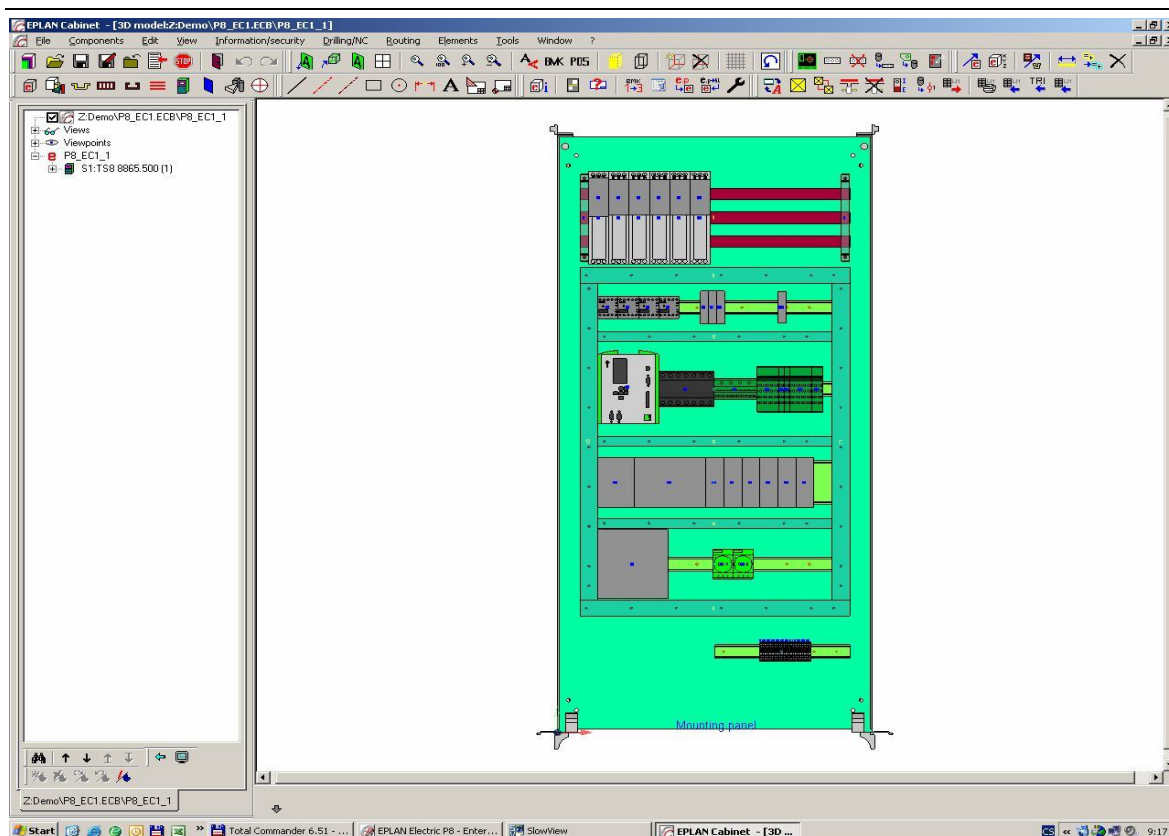
Obr. 12. Vybraná skříň v programu Eplan Cabinet



Obr. 13. Osazený rozvaděč v programu Eplan Cabinet



Obr. 14. Dokumentace k rozvaděči v programu Eplan Cabinet



Obr. 15. Osazená montážní plocha rozvaděče v Eplan Cabinetu (pohled zepředu)

Veškeré informace uvedené v tomto odstavci jsem zpracoval s pomocí webové stránky [1] firmy Eplan Software & Service.

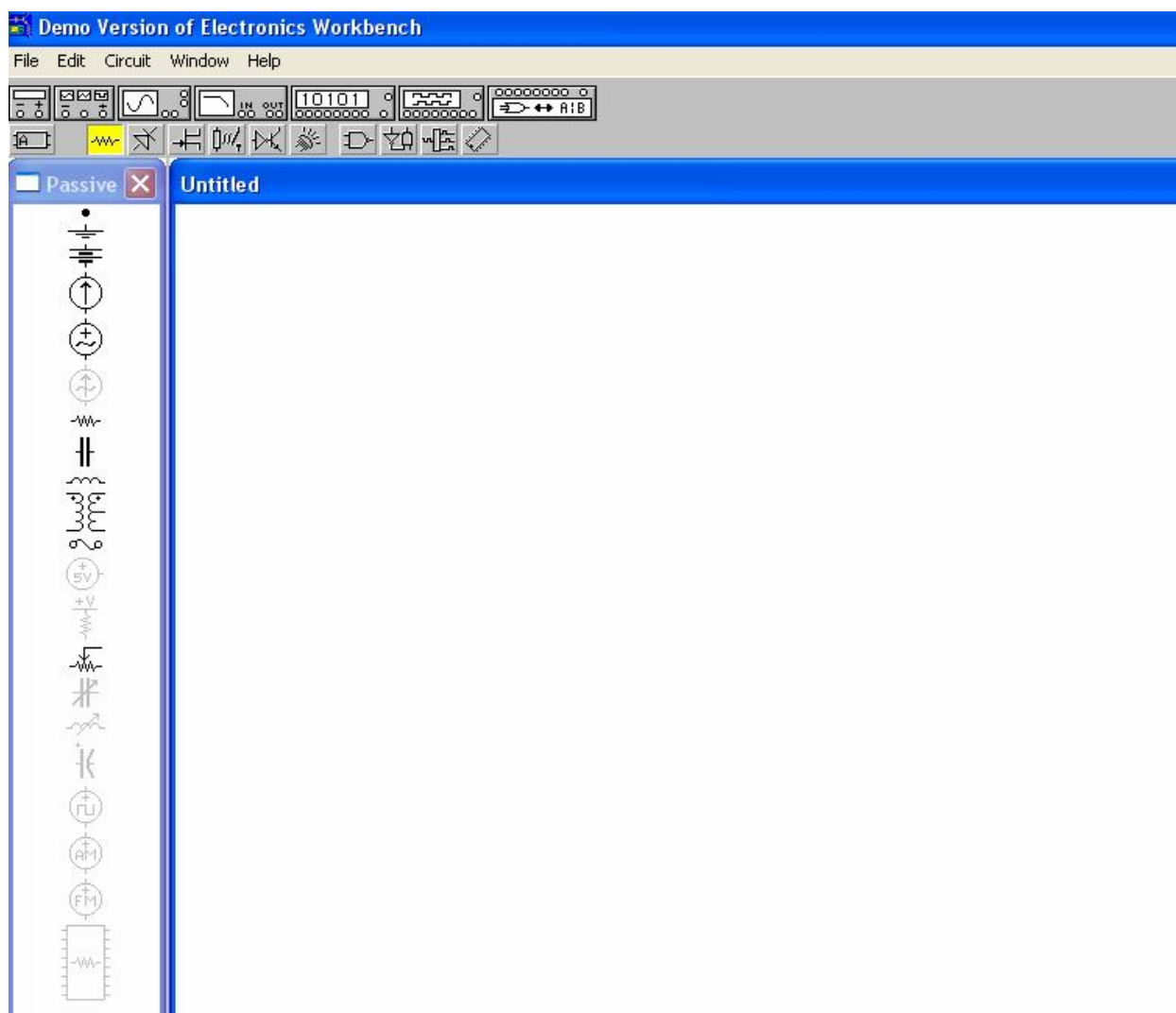
2.3 Popis volně dostupných verzí programů určených pro návrh a simulaci elektronických obvodů

Do skupiny volně dostupných programových prostředků můžeme zahrnout takové programy, za jejichž používání nemusíme platit a které si můžeme legálně stáhnout z internetu bez rizika porušení autorských práv. Používání takových programů je pro nás většinou časově neomezené, a tak se jako uživatelé nemusíme obávat ztráty funkčnosti programu či jiných omezení v programu.

2.3.1 Electronics Workbench

Electronics Workbench je dalším z řady programů sloužící pro návrh a simulaci elektronických obvodů pro elektroniku. Verze, pomocí které se budou provádět simulace je verze 4.1. Tato demoverze plně postačuje k dosažení cílů, kterých chceme při simulacích dosáhnout.

Po instalaci této verze nás celkem nemile překvapí dost velká okleštěnost programu a navíc přítomnost jedné nepříjemné věci. Demoverze je z hlediska doby strávené prací s programem časově omezená. Celková doba k nepřetržité práci je 30 minut. Další nevýhodou, kterou bychom mohli považovat až za diskriminující od výrobců (i když se jedná pouze o demoverzi) je fakt, že po celou dobu návrhu není možné soubor uložit pro pozdější načtení a editaci. Měli bychom ale brát na zřetel skutečnost, že se jedná pouze o demoverzi, a tak bychom neměli od tohoto programu čekat nadstandardní funkce. Nyní stručně popíšeme pracovní prostředí tohoto programu.

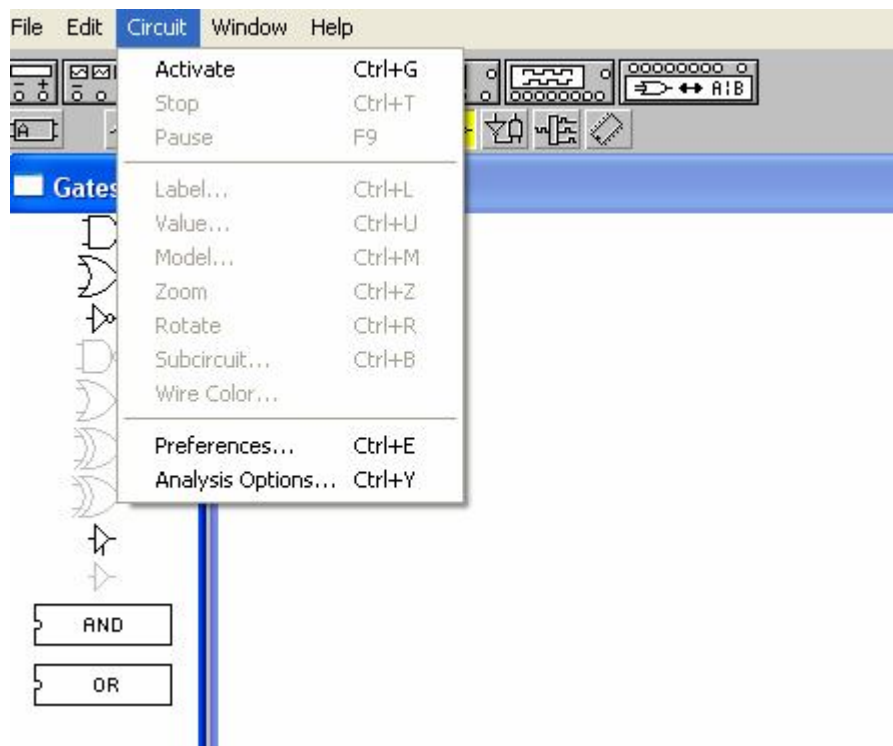


Obr. 16. Úvodní obrazovka prostředí programu Electronics Workbench

Horní lišta obsahuje nabídky File (soubor) pro manipulaci se samotným souborem, což je v tomto případě až zbytečné, protože se souborem nejde prakticky nic dělat. Edit (úpravy) nabízí možnosti Cut (odpojit, odebrat). Této možnosti využijeme zejména v situaci, kdy potřebujeme odpojit nějakou část obvodu. Další možnosti jsou Copy

(kopírovat), Past (vložit), Delete (smazat), SelectAll (vybrat vše). Záložka Circuit obsahuje možnosti simulace samotného obvodu. Možnosti jsou Activate (spuštění simulace), Stop (zastavení simulace), Pause (pozastavení simulace). Další záložka Window nám dovoluje přepínat okno, které je na obr. 16 v levé části obrazovky. Obsahuje volby jako jsou např. Passive (možnost zobrazení nabídky pasivních prvků – rezistory, kondenzátory, indukčnosti), Active (zobrazení lišty obsahující aktivní prvky – tranzistory, diody, operační zesilovače apod.). Dále např. Field-Effect Transistors (tranzistory řízené elektrickým polem – FET tranzistory), logické obvody. Alternativa k tomuto nepříliš efektivnímu ovládání je použití přepínací lišty, která je hned nad aktuálně použitým panelem. Poslední záložka Help obsahuje samozřejmě nápovědu k tomuto programu.

Obsluha tohoto programu je velmi jednoduchá. Vybrané součástky přetáhneme pomocí myši do bílého pole a pospojujeme je tak, že najedeme myší na vývod součástky a s kliknutím se přesuneme na vývod součástky, se kterou chceme tento vývod spojit. Pustíme tlačítko myši. Tím se nám vytvoří virtuální spojení. Tímto způsobem můžeme experimentovat do doby, kdy jsme rozhodnutí, že jsme právě dokončili návrh a chceme provést simulaci. Simulace se spustí rozbalením lišty Circuit a kliknutím na volbu Activate.



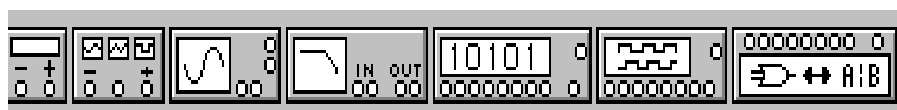
Obr. 17. Možnosti nastavení a ladění simulačního procesu v EWB

Další možností je kliknutí na dvoupolohové tlačítko v pravém horním rohu pracovního prostředí.



Obr. 18. Dvoupolohové tlačítko pro zap/vyp

Po kliknutí na toto tlačítko se nám proces simulace spustí. Opětovným kliknutím na tlačítko (poloha 0) se proces simulace zastaví. Důležitými prvky každého simulačního prostředí je možnost měření veličin. Pro tento případ je program vybaven různými typy měřících přístrojů. V horní části prostředí pod hlavní lištou se nachází nabídka měřících přístrojů.



Obr. 19. Panel pro výběr měřících přístrojů v EWB

Na výběr máme např. z digitálního multimetru (na obrázku zcela vlevo). Function generátor, což je generátor signálu (na výběr je harmonický sinusový signál, pilovitý signál a obdélníkový diskretní signál). Osciloskop (třetí zleva). Bode plotter je na obr. 19 čtvrtý zleva. Bode plotter je přístroj pro zobrazování frekvenčních charakteristik, které se nazývají Bodeho křivky. Word generátor (generátor slova) je pátý zleva. Logický analyzátor je předposlední v liště a posledním měřícím přístrojem je Logic Converter. Tímto bychom popis tohoto simulačního prostředí ukončili.

2.3.2 Micro-Cap Evaluation 7.0.6

Posledním programem, který budeme popisovat je Micro-Cap Evaluation ve verzi 7.0.6. Prostor obsahuje klasické nabídky jako jsou palety s výběrem součástek, atributy součástek, různé nastavení výsledné polohy součástek. Při výběru součástky (klasicky levým tlačítkem myši provedete výběr a přeneseme na pracovní plochu) se nám rozbalí nabídka s nastavením dané součástky, kde můžeme nastavovat mnoho atributů od jména součástky, její hodnoty, typu apod.

Micro-Cap 7.0.6 má s programem Multisim2001 společnou jednu zásadní věc. Při tvorbě obvodu v grafickém režimu se generoval netlist s algoritmem zvaným SPICE. Zde se generuje něco podobného. V průběhu vytváření obvodu se nám vytváří tzv. text režim. V něm je pomocí algoritmu vytvářen daný obvod. Je jasné, že bez znalosti algoritmu toho

moc neuděláme, a tak je lepší dělat návrh v grafickém režimu. Program kromě samotné syntézy také umožňuje celou řadu analýz obvodu, pomocí kterých je možné získat o chování obvodu detailní informace. Kdybychom měli tento program podle prvního dojmu jako běžní uživatelé ohodnotit, tak se jedná o vcelku kvalitní software z hlediska množství funkcí, jehož ovládání je trochu komplikované a místy nepřehledné. Jinak je to program, jehož funkce ocení spíše pokročilejší uživatelé než začátečníci. V programu nebudeme provádět simulace, a tak je popsán méně podrobně než ostatní výše uvedené programy. Aktuální informace o programu Micro-Cap ve verzi 7.0.7 jsem čerpal z knihy [2]: „V demoverzi zůstává zachován rozsah obvodu na 50 uzlů/100 uzlových rovnic. Je samozřejmě značně omezena databáze prvků a omezeny jsou i u rozšířených simulací stepping a 3Dplot a u PCB funkce. Rovněž není zahrnut modul Model program pro modelování součástek, který byl myslím naposledy přístupný v demoverzi 4⁶“.

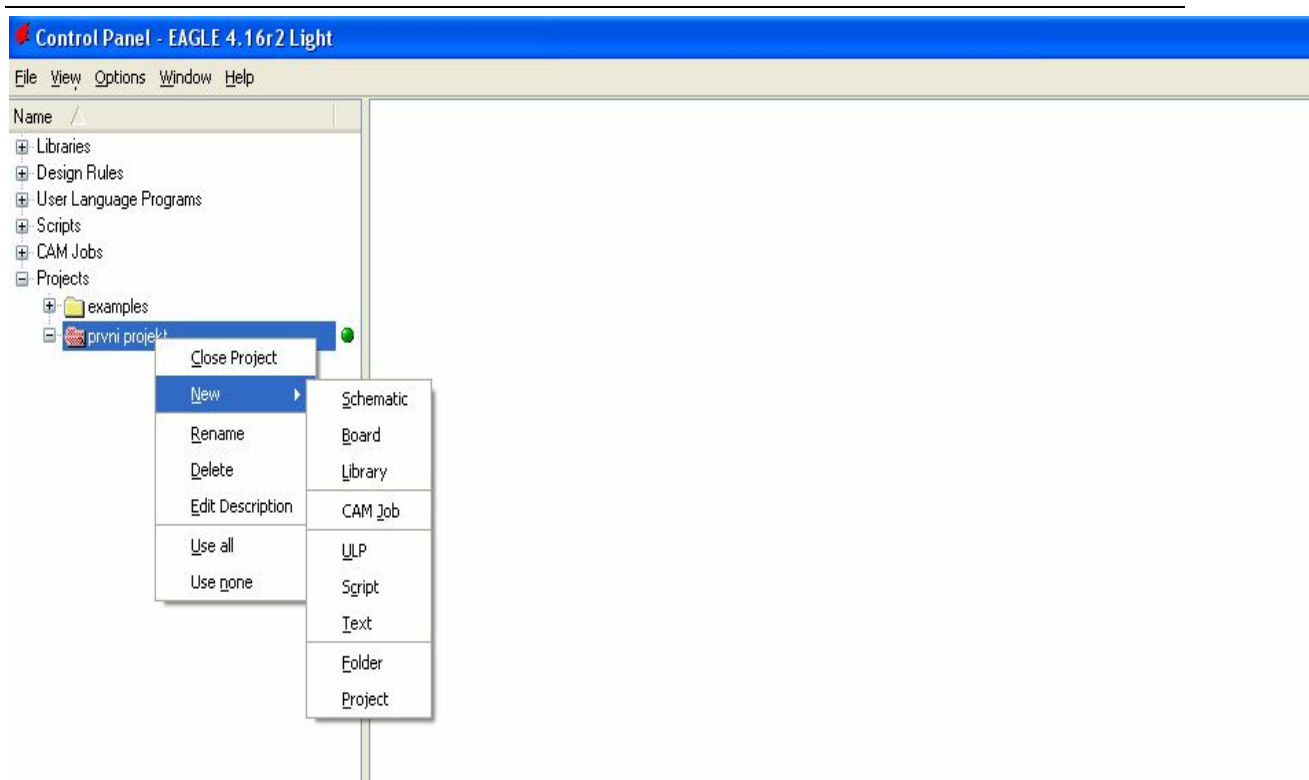
2.4 Programy pro návrh plošných spojů

Programy pro návrh plošných spojů jsou programy, které nám umožňují pro navrhnutý a odsimulovaný obvod navrhnout desku plošného spoje. To je cíl, kterého se snažíme vždy dosáhnout. Programů je celá řada a liší se svými funkcemi, rozsáhlostí datových knihoven apod. V odstavci 2.4.1 stručně popíšeme program Eagle 4.16, který je široce používaným programem pro návrh plošných spojů.

2.4.1 Eagle 4.16

Verze programu, jenž je v tomto odstavci popisována nese označení 4.16r2 Light. Po spuštění programu se nám načte okno tak, jak je zobrazeno na obr. 20.

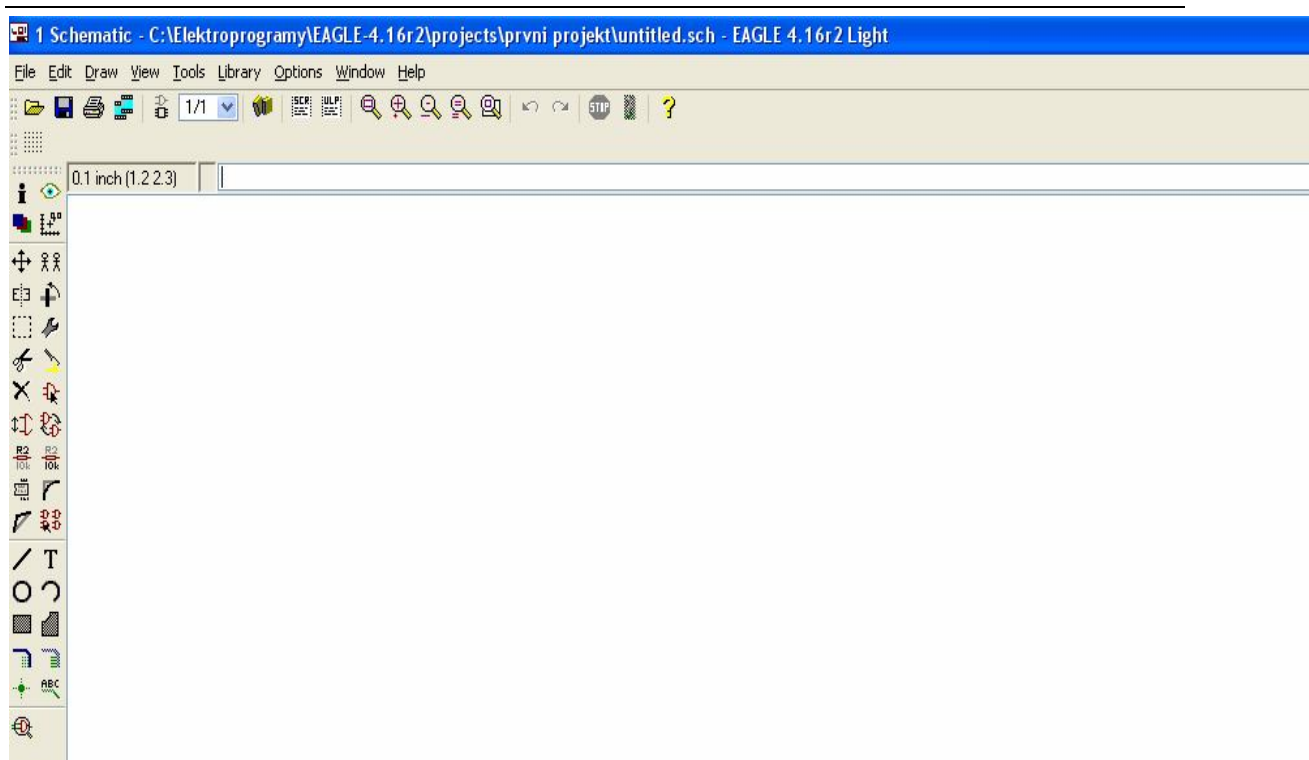
⁶ Lániček, Robert. *Simulační programy pro elektroniku*. 2.vydání. Praha: BEN – Technická literatura, 2002. 120s. s. 101. ISBN 80 – 7300 – 051 – 2 / 9788073000516



Obr. 20. Vstupní okno programu Eagle 4.16

Kromě obvyklých nabídek v horní liště nás zajímá především seznam rozbalovacích nabídek. Pod první rozbalovací nabídkou Libraries se skrývají všechny v programu dostupné součástky. Po rozbalení příslušné záložky se zobrazí seznam v ní dostupných součástek. U každé součástky je připojen její název a označení typu součástky. Každý prvek je zobrazen s příslušným počtem vývodů a tyto vývody jsou detailně a pečlivě zakresleny do nákresu prvku. Ulehčuje to práci zejména v tom, že nepotřebujeme dopředu vědět význam daného vývodu. Když náhodou neznáme význam daného vývodu, podíváme se do knihovny součástek (Libraries) a v příslušné podnabídce najdeme vše potřebné.

Poslední důležitou rozbalovací nabídkou je nabídka Projects. Umožňuje založit nový projekt. V sekci New (obr. 20) máme na výběr zvolit tvorbu schématického návrhu. Volbou Schematic se dostáváme do prostředí, kde můžeme pomocí součástek vytvořit schéma, které bude použito pro návrh desky plošného spoje. Základní pracovní prostředí Eaglu je na obr. 21.



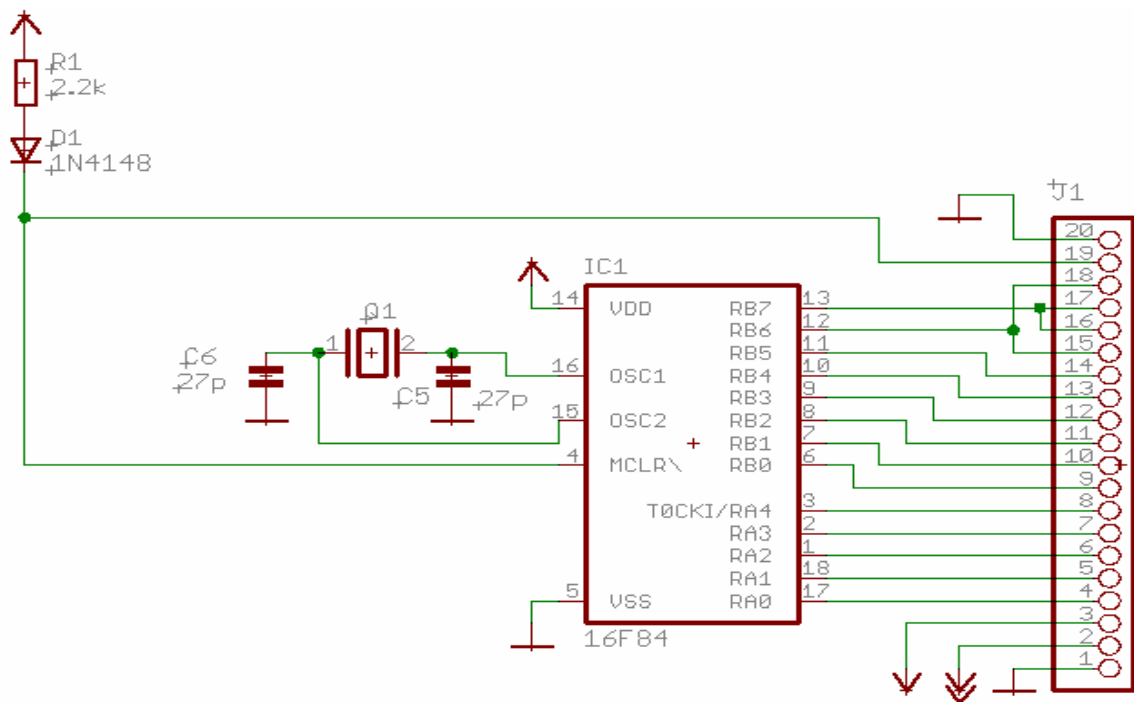
Obr. 21. Základní pracovní prostředí programu Eagle 4.16

Lišta zcela vlevo je nejdůležitější. Obsahuje ovládací prvky, pomocí kterých můžeme obvod sestavit. Je zde také možnost nastavit dané součástce jméno. Tato vlastnost se dá s výhodou použít v případě, že ze značky součástky, která je např. méně známá, není jasně poznat o jaký prvek se jedná. Jednoduše jí tedy přiřadíme jméno, které se ve výsledku objeví u součástky na bílé ploše. Přiřazení jména se provádí ve vlastnostech daného prvku. Na levém panelu jsou k dispozici různá tlačítka pro nastavování rámu desky apod.

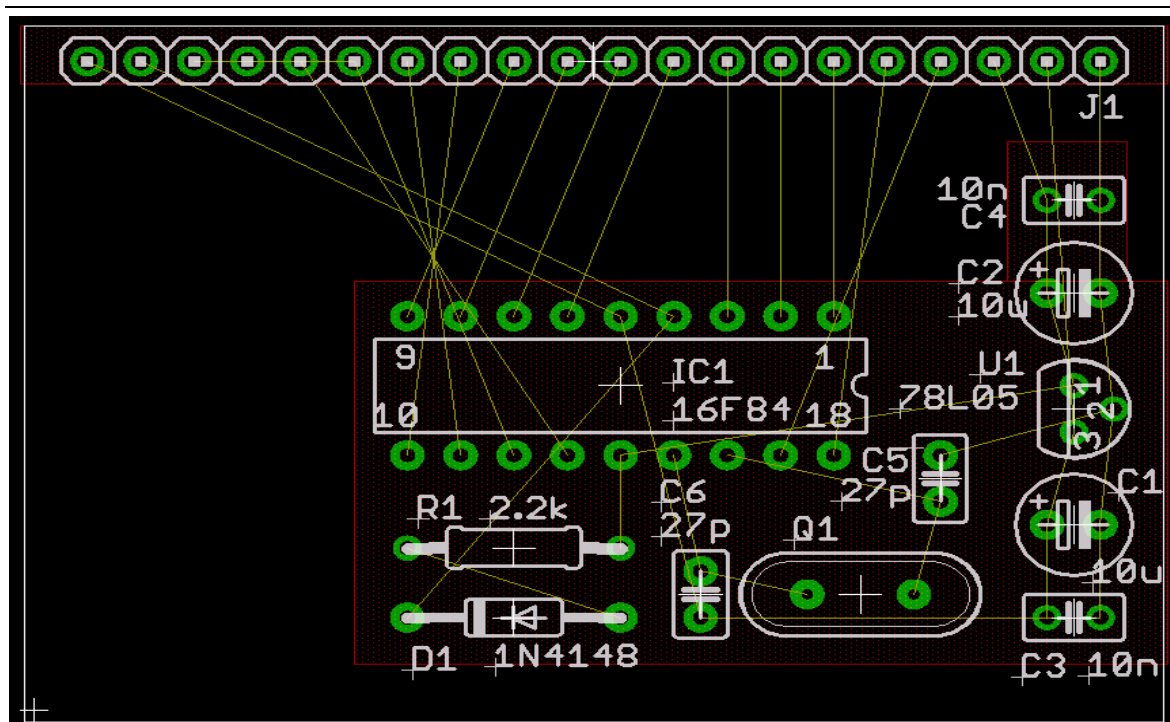
Pod hlavní lištou je pole tlačítek, z nichž nejdůležitějším je tlačítko nalevo od select boxu s názvem Board. Po stisku tohoto tlačítka se pro námi vytvořené schéma vytvoří v novém okně návrh desky plošného spoje. Elementy na desce plošného spoje jsou barevně rozlišeny. Pájecí plošky jsou označeny zeleně, vodivé cesty světle žlutě nebo červeně. Do schématu plošného spoje jsou zakresleny i součástky tak, aby bylo naprosto jasné, na jaké místo daný prvek patří. K prvkům jsou přiřazeny i jejich hodnoty. Tímto bychom mohli ukončit obecný popis programu.

Přejdeme k jednoduché ukázce návrhu plošného spoje. Obvod sestává z integrovaného obvodu 16F84, krystalu, dvou kondenzátorů, rezistoru a diody. Na tomto obvodu bude ukázáno, jak v tomto programu vypadá hotový návrh desky plošného spoje. Na obr. 22 je zobrazeno schéma obvodu. Na obr. 23 je navrhnutá deska plošného spoje.

Z obr. 23 můžeme vidět, že návrh desky je proveden tak, aby konstruktér neměl problémy s rozpoznáním nejdůležitějších částí obvodu. Veškeré prvky desky (vodivé spoje, pájecí plošky) jsou od sebe barevně rozlišené, a tím dávají návrhu i jistou estetiku. Z obr. 23 je vidět, co který prvek znamená, protože k součástkám je přidán popis i s hodnotami. Návrh lze tedy považovat za komplexní.



Obr. 22. Schéma obvodu pro návrh plošného spoje



Obr. 23. Navržená deska plošného spoje

2.5 Propojení programů na další systémy

Co se týká simulačních programů, které jsme používali (Multisim2001, EWB), nepodařilo se dostatečně důvěrně zjistit, zda-li je možné propojení na reálnou soustavu. Pár informací o propojení na další systémy se podařilo sehnat u programů od firmy Eplan.

U programu Eplan Electric P8 je možné propojit se přes server s katalogem firmy FESTO. Katalog firmy FESTO je v podstatě pravidelně aktualizovaná databáze komponent, kterou je možno použít pro návrh schémat v tomto programu. Program dovede také komunikovat přes server a uživatelé, které dělí mezi sebou velká vzdálenost si mohou pohodlně vyměňovat svá data.

Další možností tohoto programu je možnost propojení s PLC systémem a zpracovávat data v něm uložená. Webová stránka [1] neposkytla větší podrobnosti (možné typy PLC systémů, možnosti dalšího zpracování apod.).

Posledním programem, u které se podařily zjistit nějaké informace o možnostech propojení s dalšími systémy je Eplan Cabinet Drilling. S pomocí tohoto programu jsme schopni v reálném čase přenášet data do NC strojů a dále je zpracovávat.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 NÁVRH A SIMULACE VYBRANÝCH OBVODŮ VE ZVOLENÝCH PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDÍCH

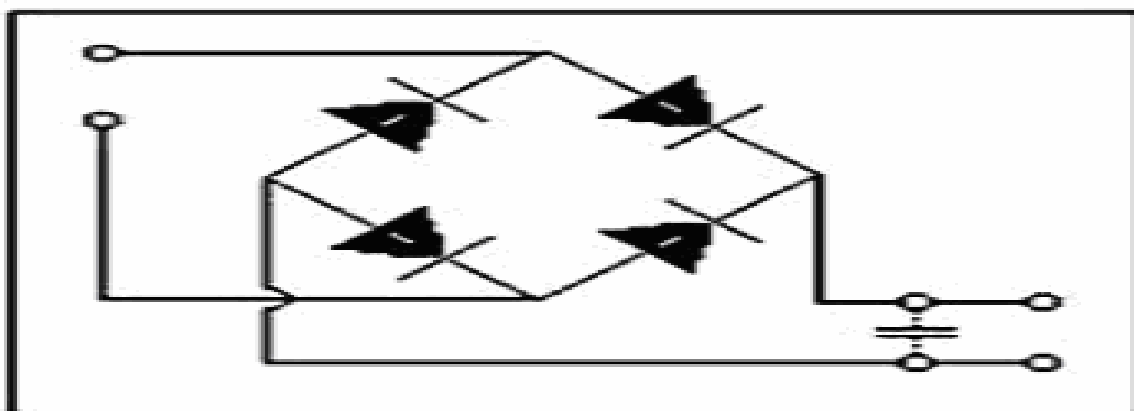
Pro návrh a simulaci jsou vybrána tato programová prostředí. Z placených verzí použijeme volně šiřitelnou zkušební verzi programu Multisim2001. Z volně šiřitelných programů budeme pracovat v programu Electronics Workbench.

3.1 Popis jednoduššího elektrického obvodu (dvoucestný usměrňovač – Graetzův můstek)

Usměrňovače jsou obvody, které slouží k přeměně střídavého signálu na signál stejnosměrný. Vstupem usměrňovače je střídavý signál a výstupem je signál stejnosměrný. Hlavním prvkem v těchto obvodech je usměrňovací dioda.

Dioda je tvořena přechodem P-N, tzn. oblastí, která je vyrobena ze dvou vzájemně odlišných druhů polovodičů. Připojením polarity vstupního napětí lze dosáhnout situace, kdy bude dioda vodivá, nebo bude naopak nevodivá. Dioda má dvě elektrody – anodu a katodu. Využívá se její jedinečné vlastnosti – a to té – že v jednom směru proud vede (jedná se o propustný směr). V opačném směru proud téměř nevede (jedná se o závěrný směr). Jako dioda se může použít křemíková dioda, která má v propustném směru úbytek napětí 0,6 – 0,7 V. Při tomto úbytku se přechod P-N, kterým je dioda tvořena, otevírá a dioda propouští proud. Germaniová dioda má úbytek napětí zhruba 0,5 V.

Graetzova zapojení usměrňovače se používá tam, kde je třeba usměrnit obě půlvlny střídavého signálu. Na obr. 24 je vyobrazeno obecné zapojení Graetzova usměrňovače.



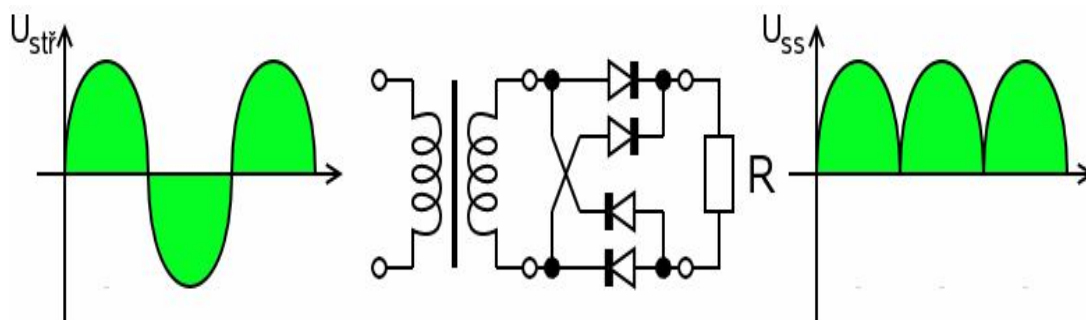
Obr. 24. Obecné schéma Graetzova můstku

Na vstupní svorky se přivádí střídavý signál. Na vstupu si lze domyslet transformátor, na kterém se jednodušeji demonstuje proces dvojfázového usměrnění. Důležité je uvědomit si, že transformátor na výstupu otáčí fázi o 180° oproti vstupu. Signál tedy vždy prochází dvěma diodami, které jsou vždy zapojeny pro procházející signál v propustném směru, zbylé dvě diody jsou zapojeny v dané chvíli v závěrném směru. Výsledkem jsou usměrněné obě půlvlny střídavého signálu. Protože v reálném procesu není nic ideální, tak je i výstupní signál za diodami méně či více zvlněn. Aby byl výstupní signál, který se bude odvádět do dalšího stupně obvodu stejnosměrný bez zvlnění, tak se řadí paralelně za diody filtrační kondenzátor, který zvlněný signál vyhlazuje. Ve většině případů se jedná o elektrolytický kondenzátor. Tento typ kondenzátoru má jednoznačně danou polaritu, která se nesmí v obvodech zaměnit. Kondenzátor by se jinak zničil. Kondenzátor má kapacitu většinou desítky, stovky μF . Kondenzátor se volí především vzhledem k výslednému odběru z výstupu usměrňovače, který se může pohybovat od malých proudů (μA), až po větší proudy (jednotky mA). Platí, že čím větší odběr na výstupu, tím se zvlnění zvětšuje, a tak musíme použít kondenzátor o větší kapacitě.

Mezi výhody tohoto zapojení se určitě dá považovat fakt, že jsou usměrněny obě půlvlny střídavého signálu. Další výhodou je to, že signál prochází vždy dvěma diodami. Tím se snižuje zatížení diod (diody se méně zahřívají).

Mezi nevýhody patří nutnost použití více diod, což je nevýhoda spíše ekonomická a složitější konstrukce. Použití můstkových usměrňovačů je široké.

Typickým použitím je např. napájecí zdroj k PC, kde se s výhodou toto zapojení používá. Lze ho použít jako součást napájecího zdroje zařízení, nebo jako jednoduchý napájecí zdroj např. pro akumulátory k nabíjení baterií do mobilních telefonů, i když zde se častěji používají usměrňovače jednocestné. Na obr. 25 je schéma Graetzova můstku s průběhy na vstupu a na výstupu usměrňovače.



Obr. 25. Alternativní schéma Graetzova můstku spolu s průběhy signálů

V levé části obrázku je zobrazen průběh vstupního signálu. Uprostřed je schéma Graetzova můstku v alternativním provedení bez filtračního kondenzátoru. Vpravo je průběh signálu za diodami usměrňovače (zvlněný signál).

3.2 Popis složitějšího elektrického obvodu (jednostupňový střídavý zesilovač)

Jako složitější elektronický obvod byl vybrán obvod jednostupňového zesilovače v zapojení se společným emitorem. Toto zapojení je nejčastějším zapojením zesilovače. Zesilovače se používají v aplikacích, kde je třeba zesílit slabý vstupní signál (např. v hudebním průmyslu). Vstupním signálem může být například zvuk z mikrofону. Na vstup zesilovače je přiveden slabý signál např. z mikrofону. Po průchodu zesilovačem se signál zesílí a přivádí se obvykle na aparaturu (reproduktory). Zesilovačů existuje celá řada. Jedno mají ale dnes většinou společné. Základním aktivním prvkem, který způsobuje výsledné zesílení je polovodičová součástka tranzistor.

Tranzistor je třívrstvá součástka (má 2 přechody P-N). Tranzistor má celkem 3 elektrody: bázi, emitor a kolektor (B, E, C). Jeden z přechodů P-N je přechod B-E (báze – emitor). Tento přechod je zapojený vždy tak, aby byl v propustném směru. Druhý přechod P-N je přechod B-C a je zapojen v závěrném směru. Tranzistory dělíme na typy NPN a typy PNP. V našem zapojení i v celém dalším výkladu budeme uvažovat pouze tranzistor typu NPN. Častěji se používají a lépe se na nich vysvětluje činnost tranzistorového jevu. Vlastní princip tranzistorového jevu spočívá v tom, že se k tranzistoru připojí postupně dva vnější zdroje. Jeden ze zdrojů je zapojen tak, že přechod B-C je v závěrném směru (kolektorový přechod). Znamená to, že tímto přechodem budou a mohou procházet pouze minoritní (menšinové) nosiče. Druhý zdroj je zapojen tak, aby přechod B-E byl v propustném směru.

Tímto přechodem budou tedy procházet majoritní nosiče, které se nazývají tzv. emitorový proud. Oblast báze je technologicky navržena tak, že je velmi tenká, a proto je umožněn rychlý přenos náboje přes tento přechod. Přechodem emitorového proudu do báze se z majoritních nosičů stávají nosiče minoritní, které se přes bázi dostávají do oblasti kolektoru. Zde vytvářejí kolektorový proud, který je zmenšen o proud báze, který je tvořen rekombinovanými nosiči náboje. Výsledkem tranzistorového jevu je tedy kolektorový zesílený proud, který se přenáší do dalšího stupně obvodu. Výsledné napětí se odebírá mezi kolektorem a emitorem. U tranzistoru platí, že na přechodu B-E naměříme 0,6-0,7 V při otevřeném tranzistoru. Pokud zde naměříme jiné napětí než kolem 0,6 – 0,7 V, tak je tranzistor pravděpodobně zničen. Přechod B-E je dioda v propustném směru, která propouští a usměrňuje pouze kladné půlvlny.

Zesilovače mají své důležité parametry, které je třeba znát a brát v úvahu jejich dodržení. Mezi tyto důležité parametry patří:

- vstupní odpor zesilovače (R_{vst}) – tvoří zátěž pro předchozí obvod. Měl by být co největší, aby nebyl zesilovačem zbytečně předcházející obvod zatěžován.
- výstupní odpor ($R_{výst}$) – měl by být co nejmenší, aby se výstupní zesílené napětí při změně zatěžovacího proudu neměnilo a nezpůsobilo zkreslení signálu na výstupu.
- mezní kmitočet (f_m) – je nejmenší nebo největší kmitočet (oblast mezi nimi), který může zesilovač ještě bez zkreslení zesílit.
- šířka přenášeného pásma – je rozdíl mezi horním a dolním mezním kmitočtem
- zkreslení signálu – je vlastnost, která značí odlišnost výstupního signálu od vstupního. Je důležité si uvědomit, že požadujeme pouze zvýšení amplitudy vstupního signálu. Na výstupu se tedy žádá zesílená amplituda vstupního signálu, ale ne změna frekvence a tvaru. Zkreslení, kdy se mění fáze vstupního signálu se říká tvarové zkreslení a má špatný vliv na kvalitu činnosti celého zesilovače.

Obvod zesilovače, jehož činnost budeme simulovat je zapojení nízkofrekvenčního zesilovače, kde aktivní prvek tranzistor NPN je v zapojení se společným emitorem. Toto zapojení má přibližně tyto vlastnosti, které se mohou lišit v závislosti na použitém typu tranzistoru, popř. typu a velikosti pasivních prvků:

- velké výkonové zesílení (200 – 40000)

- střední vstupní odpor ($100 \Omega - 1k\Omega$)
- střední výstupní odpor ($10k\Omega - 100k\Omega$)
- střední proudové zesílení (20 - 400)
- střední napěťové zesílení (10 – 100)
- otáčí fázi na výstupu oproti vstupu o 180° (plní funkci invertoru)
- je to nejčastější případ zapojení tranzistoru

Mezi další zapojení patří zapojení tranzistoru se společným kolektorem, které má poměrně velké proudové zesílení (20-400), malé napěťové zesílení (0,9-0,999), střední výkonové zesílení. Posledním zapojením tranzistoru je zapojení se společnou bází. Tranzistor v takovém zapojení má poměrně velké napěťové zesílení (10-100), malé proudové zesílení (0,9-0,995), velký výstupní odpor ($100k\Omega - 1M\Omega$), malý vstupní odpor ($10-100\Omega$). Shrnutí základních poznatků o zesilovačích by se dalo popsat následujícími body:

- zesilovač je elektronický systém, který slouží k zesílení slabých elektrických signálů
- zesílením se myslí pouze zvětšení amplitudy vstupního signálu, nikoli změnu frekvence ani tvaru

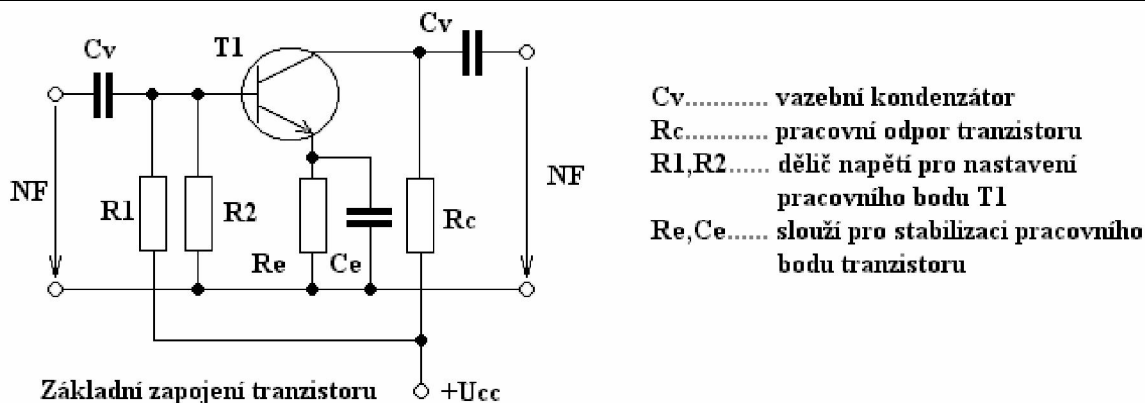
Zesilovače dělíme podle typu vstupního signálu na: stejnosměrné a střídavé, podle velikosti frekvence vstupního signálu na nízkofrekvenční a vysokofrekvenční. Nízkofrekvenční zesilovače zesilují kmitočty v rozmezí od 16 (20) Hz do 20 kHz, což je slyšitelná oblast zvuku, kterou jsme schopni zachytit lidským sluchem. Tyto zesilovače mají široké využití hlavně při zesilování vstupního signálu ve formě lidského hlasu. Oproti tomu vysokofrekvenční zesilovače zesilují signály s frekvencí větší než 20 kHz, což odpovídá neslyšitelné oblasti frekvencí, kterou nejsme schopni zachytit lidským sluchem. Tyto zesilovače se používají zejména v radiotechnice. Dále se zesilovače dělí podle šířky přenášeného pásma na úzkopásmové a širokopásmové. Podle zesilovacího prvku na elektronkové a polovodičové. Elektronkové zesilovače jsou v dnešní době už zcela překonány polovodičovou technikou, zejména kvůli vyššímu výkonu a nižší spotřebě energie polovodičových součástek. Někteří uživatelé (zejména hudebníci) si ovšem na jejich aplikaci dodnes potrpí.

Dalším důležitým pojmem jsou pracovní třídy zesilovačů. Rozlišují se podle pracovního bodu na převodní charakteristice nelineárního prvku, v tomto případě tranzistoru. Třídy zesilovačů jsou: A,B,C. Třída A: zesilovače v této třídě mají svůj pracovní bod umístěn v lineární části charakteristiky, výstupní zesílený proud prochází tranzistorem po celou dobu trvání budícího signálu. Mají relativně malé zkreslení a vlastnosti pro všeobecnou oblast použití. Třída B: zesilovače v této třídě mají pracovní bod umístěn v bodě, kde zaniká kolektorový proud (výstupní signál). Používají se zásadně v dvojčinném zapojení, kde každý zesilovací prvek zesiluje jednu polovinu periody signálu. Třída C: zesilovače v této třídě mají pracovní bod umístěn za bodem na převodní charakteristice, kde zaniká kolektorový proud. Využití mají zejména ve VF technice.

Mezi základní kritéria, která se na zesilovač kladou a které by bylo vhodné splnit patří:

- stabilita = odolnost proti zakmitávání. Pokud není zesilovač stabilní, tak je výstupní signál rozkmitaný. Nestabilita může být způsobena zejména pohybem pracovního bodu po zatěžovací křivce aktivního prvku. Taková situace může v běžné praxi nastat, ale vždy je snaha ji korigovat vložením stabilizačního obvodu do obvodu zesilovače. Pohyb pracovního bodu může být způsoben např. změnou teploty prostředí, ve kterém zesilovač pracuje. Dále parazitními kapacitami a indukčnostmi, které se ve většině obvodech vyskytují, svodovými odpory atd.

- nulové zkreslení. Nesplněním požadavku na nulové zkreslení se zesilovač chová jako zdroj kmitů, které se dají označit za rušivé (šumy). Zkreslení má zásadní vliv na další zpracování signálu. Dá se mu předejít vhodným nastavením pracovního bodu. V praxi se samozřejmě s ideálním zesilovačem nesetkáme, a proto je snaha, aby bylo zkreslení co nejmenší a pokud možno tedy žádné. Zesilovač, který pracuje bez zkreslení zesiluje vstupní signál (amplitudu), přičemž frekvence a tvar zůstávají konstantní (nezměněné). Na obr. 26 je základní zapojení nízkofrekvenčního zesilovače, kde je aktivním prvkem tranzistor (konkrétně typu NPN).



Obr. 26. Schéma jednostupňového zesilovače s tranzistorem v zapojení SE

Hlavním prvkem obvodu je tranzistor NPN, konkrétně v zapojení se společným emitorem. Takže na výstupu kromě signálu, který bude zesílený, očekáváme ještě změna fáze (o 180°). Jedná se tedy o invertor signálu.

Aby tranzistor NPN byl schopen vůbec pracovat, je mu nutno zajistit tzv. statické podmínky. Nutné je především zajistit, aby byl přechod B-E v propustném směru. Jednoduše to zajistíme tak, že na bázi připojíme kladné stejnosměrné napětí a na emitor záporné stejnosměrné napětí. Přechod B-C musí být v závěrném směru. Na kolektor tedy připojíme kladné stejnosměrné napětí. Tím by byly statické podmínky splněny. Nyní se tranzistoru musí nastavit pracovní bod. Tzv. předpětí se nastavuje pomocí odporového děliče R_1 a R_2 , který zajistí daný úbytek napětí na bázi, aby byl tranzistor schopen se otevřít. Kondenzátory C_v jsou tzv. vazební kondenzátory. Kondenzátor má pro stejnosměrný signál nekonečně velký odpor, a proto přes něj stejnosměrný signál neprojde. Těto vlastnosti se může s výhodou využít i v tomto zapojení, kde je nutné oddělit střídavou složku od stejnosměrné. Toho se docílí zařazením C_v na vstup a výstup zesilovače. Tím se dokonale vzájemně oddělí obě složky od sebe. Na vstupu se přitom uvažuje střídavý signál. Odpor R_c je tzv. pracovní odpor (rezistor) zesilovače, kterým se nastavuje velikost kolektorového proudu, a tím se do značné míry ovlivňuje nastavení pracovního bodu tranzistoru. Malý rezistor R_c by se použil v případě, že bychom od zesilovače požadovali malý výstupní odpor a větší výstupní kolektorový proud. Opačnou volbou bychom docílili toho, že by se z výstupu odebíral sice menší kolektorový proud, ale značně by se omezil výsledný šum. Správné nastavení tohoto odporu je tedy velmi důležité. Rezistor R_e – je rezistor zapojený v obvodu emitoru tranzistoru, kde slouží ke stabilizaci nastaveného pracovního bodu. Jeho další vlastností je to, že zmenšuje výsledné zkreslení výstupního signálu, ale tím i zmenšuje

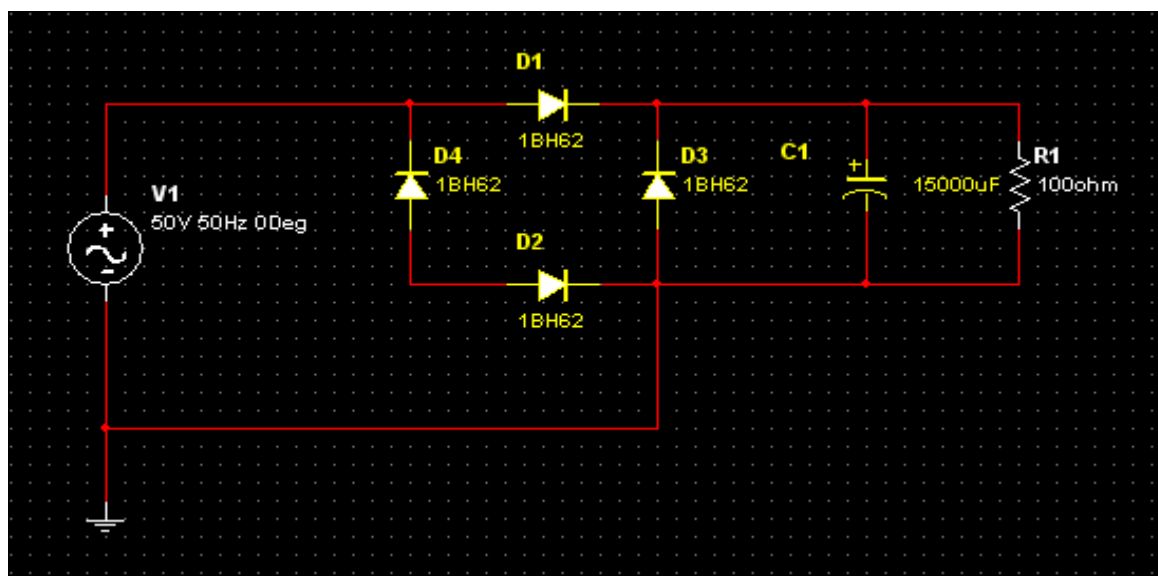
celkové zesílení. Tento rezistor tedy do obvodu zavádí zápornou zpětnou vazbu, která účinně koriguje zkreslení. Kondenzátor C_e se pro stejnosměrný signál neuplatní, a tak žádným způsobem neovlivní nastavení pracovního bodu.

3.3 Návrh a simulace pomocí programu Multisim2001

Pomocí programu Multisim2001 navrhne a odsimulujeme dva typy obvodů. Jednoduchý a složitější.

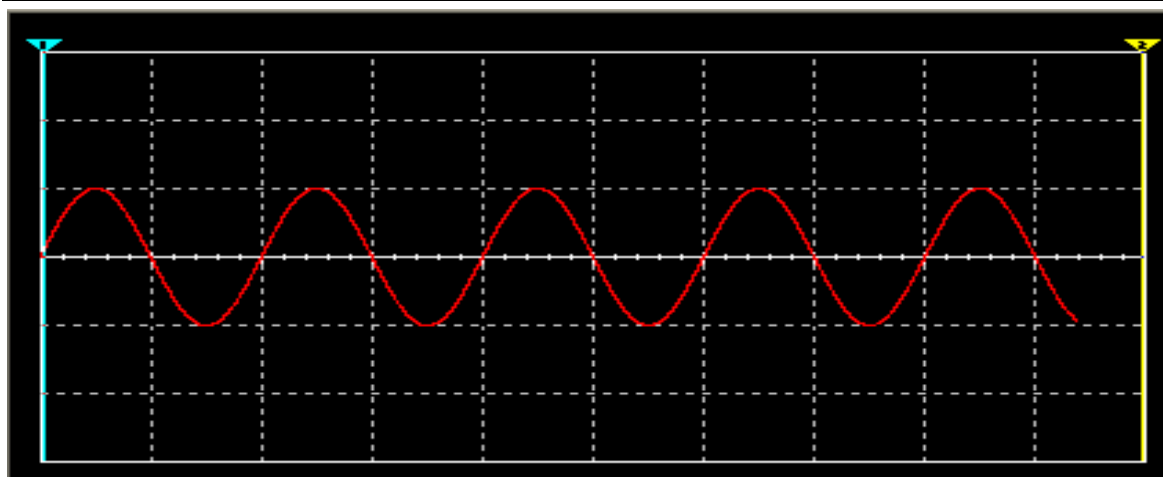
3.3.1 Jednodušší obvod (dvoucestný usměrňovač – Graetzův můstek)

Schéma můstkového usměrňovače v programu Multisim2001 spolu s konečným nastavením parametrů obvodových prvků je na obr. 27. Schéma se skládá ze zdroje střídavého napětí 50V/50Hz. Je použit typ diod 1BH62. Filtrační kondenzátor je elektrolytický. Kapacita kondenzátoru byla zvolena tak, že byl na osciloskopu sledován průběh signálu za diodami s připojeným kondenzátorem. Kapacita byla měněna do té doby, než byl výstupní signál dokonale stejnosměrný a bez zákmitů. Konečná a odzkoušená kapacita kondenzátoru byla stanovena $15000\mu\text{F} = 15\text{mF}$.



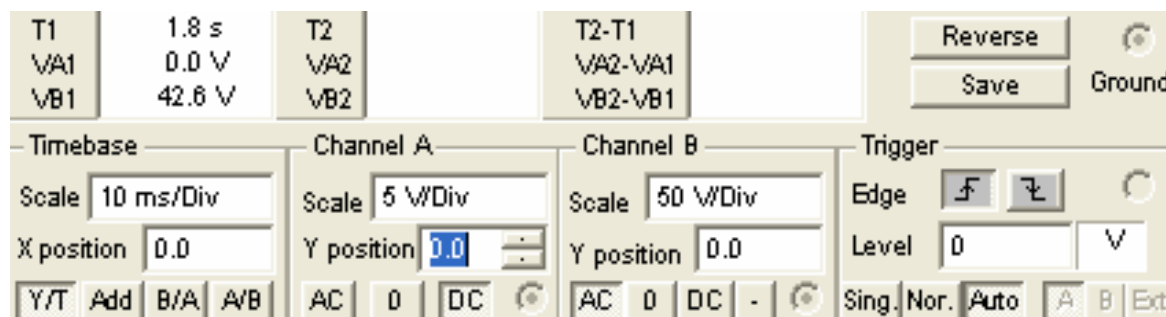
Obr. 27. Schéma Graetzova můstku v programu Multisim2001 s nastavenými parametry

Použijeme osciloskop, pomocí kterého budeme sledovat signály v klíčových částech obvodu. Na vstup je připojen zdroj střídavého napětí. Na osciloskopu bychom měli naměřit sinusový průběh o periodě $T=1/50 = 0.02\text{s}$. Průběh signálu v této části obvodu je na obr. 28. Platí : 1 dílek = 50 V.



Obr. 28. Průběh vstupního signálu v obvodu Graetzova můstku v Multisimu2001

Na obr. 29 si ukážeme část okna osciloskopu, kde se nastavují parametry průběhu (časová základna, nastavení kanálů apod.). Opět citujeme myšlenky Antonína Juránka z jeho knihy [1]: „Osciloskop patří mezi univerzální měřicí přístroje a jeho hlavní předností je schopnost názorně zobrazovat signály v čase⁷“. „Tlačítka na panelu nastavujeme režim vstupu osciloskopu: AC – uzavřený vstup – zobrazení střídavé složky signálu, DC – otevřený vstup – zobrazení střídavé i stejnosměrné složky signálu, 0 – odpojení vstupu⁸“.

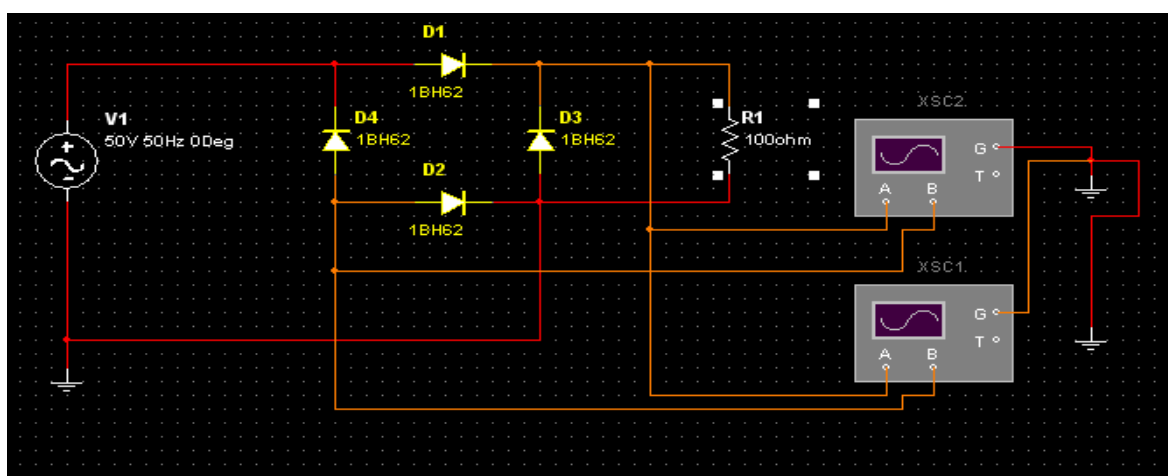


Obr. 29. Možnosti nastavení osciloskopu v programu Multisim2001

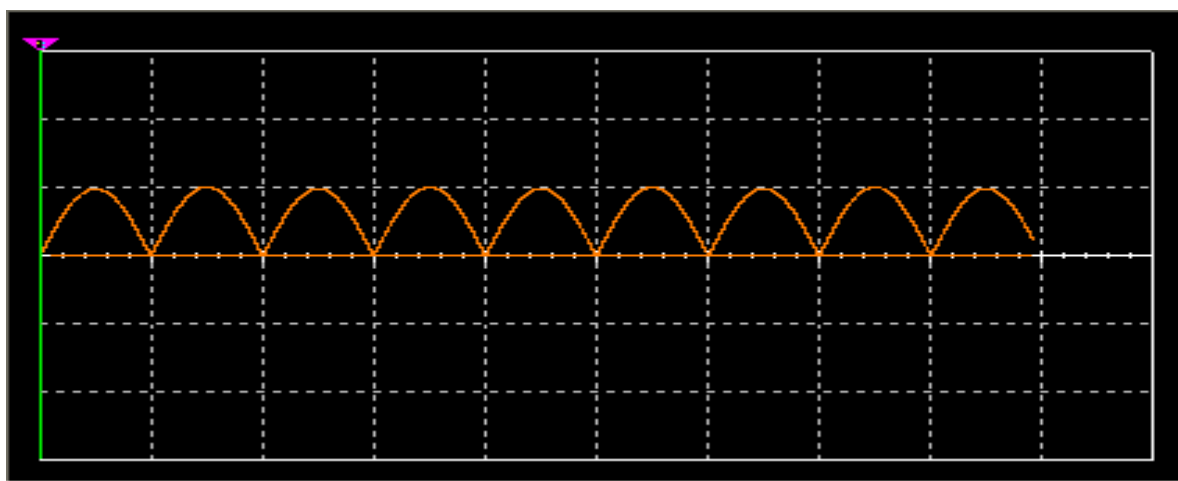
⁷ Juránek, Antonín. *Multisim – Elektronická laboratoř na PC*. 1.vydání. Praha: BEN – Technická literatura, 2008. 284s. s. 52. ISBN 978 – 80 – 7300 – 194 – 0 / 978807300940

⁸ Juránek, Antonín. *Multisim – Elektronická laboratoř na PC*. 1.vydání. Praha: BEN – Technická literatura, 2008. 284s. s. 54. ISBN 978 – 80 – 7300 – 194 – 0 / 978807300940

Další částí obvodu je oblast za diodami, kde bychom měli naměřit stejnosměrné napětí, které je ovšem zvlněné (pulzující). Signál je nevhodný k tomu, aby se poslal do další části obvodu. Proto se použije kondenzátor. Schéma zapojení obvodu spolu s osciloskopy je na obr. 30. Na schématu je zvláštní, že obsahuje dva osciloskopy. Důvodem počínání zapojit do obvodu dva osciloskopy byla skutečnost, že po několika pokusech, kdy jsem chtěl zobrazit průběh za diodami, se mě opakovaně dostávalo průběhu běžnému u jednocestného usměrnění. Proto se problém vyřešil tím způsobem, že každý kanál zobrazuje jednu usměrněnou půlvlnu, ale přitom jsou kanály (A-A, B-B) spojeny. Výsledný správný průběh signálu za diodami bez použití filtračního kondenzátoru je na obr. 31.

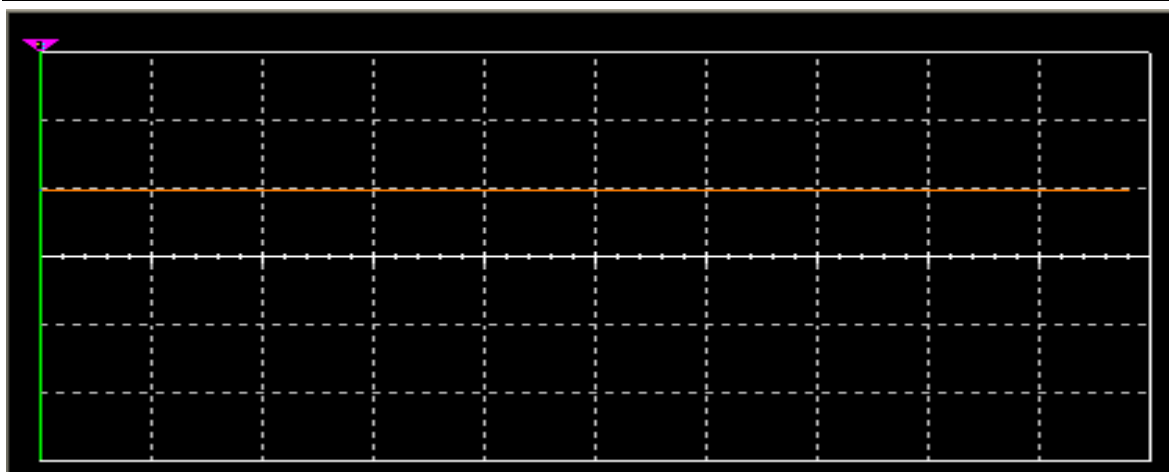


Obr. 30. Schéma Graetzova můstku spolu s osciloskopy v programu Multisim2001



Obr. 31. Průběh signálu za diodami (bez použití filtru) v Multisimu2001

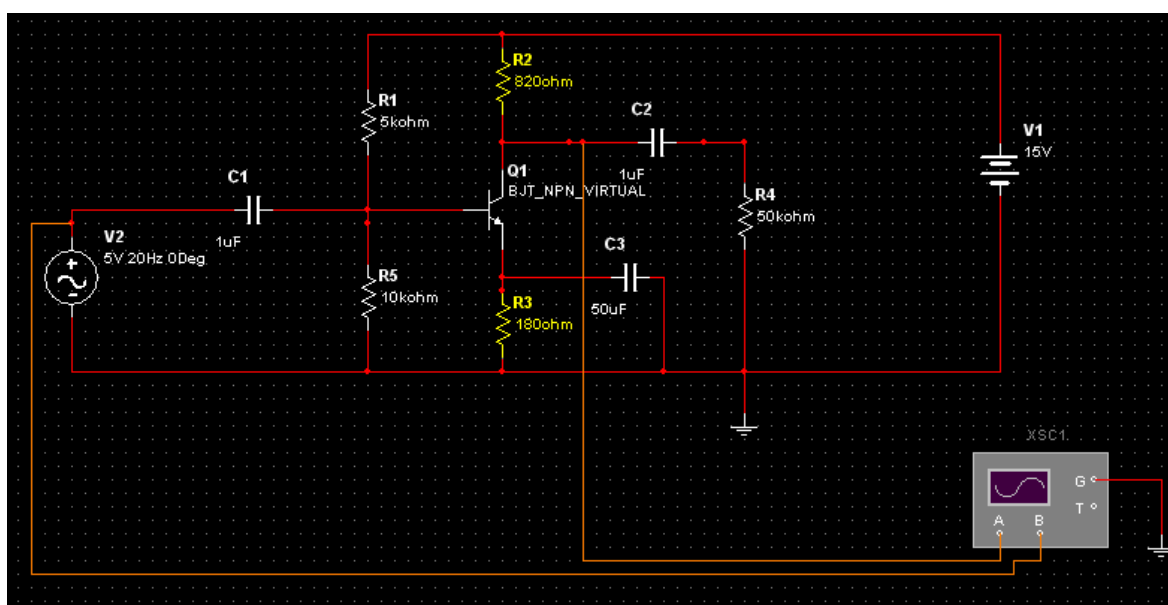
Nakonec nás zajímá průběh na výstupu. Na obr. 32 je výsledný průběh signálu na výstupu usměrňovače s použitím filtračního kondenzátoru.



Obr. 32. Průběh signálu za filtrem (kondenzátorem)

3.3.2 Složitější obvod (jednostupňový střídavý zesilovač)

Na obr. 33 je schéma jednostupňového střídavého zesilovače v zapojení se společným emitorem. Hodnoty součástek byly zvoleny tak, aby principiálně odpovídaly základním principům zesilovačů. Vstupní signál byl zvolen 5V. Frekvence byla zvolena 20 Hz. Na obr. 33 je do obvodu zapojen i osciloskop, který v tomto případě zobrazuje signál na vstupu (kanál B) a na výstupu (kanál A). Výsledky tohoto měření jsou na obr. 36.

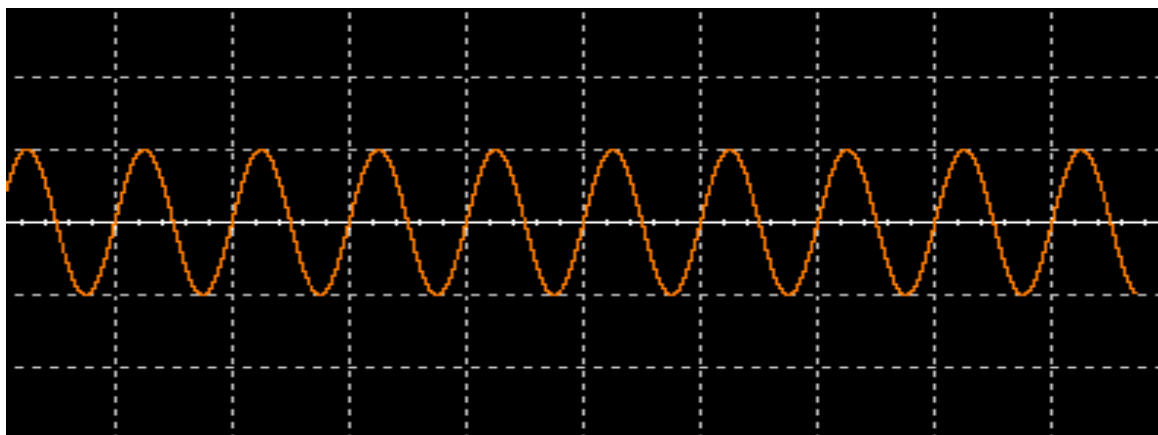


Obr. 33. Schéma jednostupňového střídavého zesilovače v programu Multisim2001

Obvod je tvořen vstupním zdrojem střídavého signálu, který bude zesilován. Pracovní bod je nastaven pomocí rezistorů R1 a R5 ($5\text{k}\Omega$ a $10\text{k}\Omega$). Vstupní signál je přiváděn přes vazební kondenzátor C1. Aktivním prvkem je tranzistor NPN typu Virtual.

Pracovní bod je stabilizován pomocí odporu R3 (180 Ω). K potlačení střídavé složky v emitoru je použit kondenzátor (50 μ F). Výsledný signál je odebírán přes vazební kondenzátor C2 o hodnotě 1 μ F. Zátěž tvoří rezistor R4 o hodnotě (50k Ω).

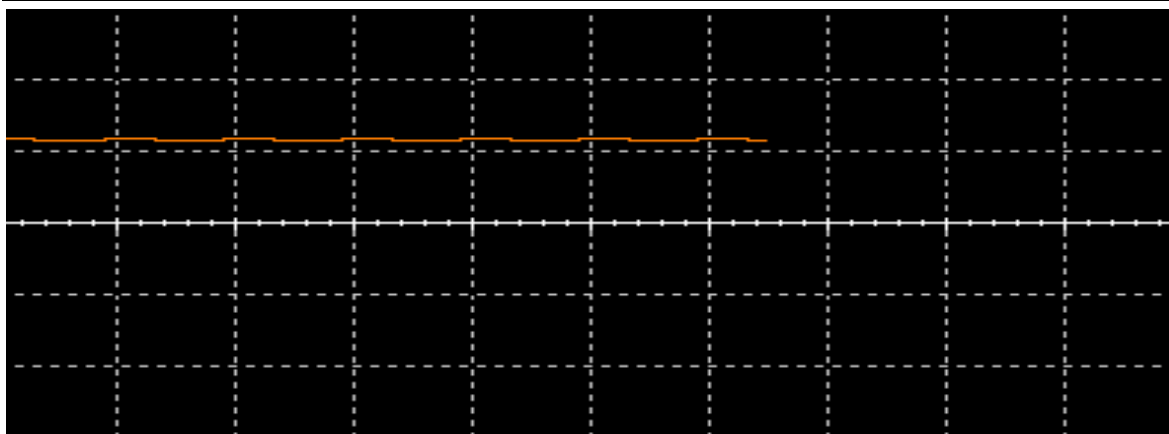
Nyní se můžeme podívat na jednotlivé průběhy signálu v obvodu. Zprvce nás bude zajímat průběh na vstupu, což je klasický sinusový průběh o parametrech 5V/20Hz. Průběh je na obr. 34. Citujeme z knihy Antonína Juránka [1]: „Na panelu osciloskopu máme ještě tlačítka REVERSE a SAVE. Tlačítko REVERSE slouží k inverznímu zobrazení situace na obrazovce podle volby uživatele. Standardně je nastaveno zobrazení – černá obrazovka a bílý (barevný) průběh signálu. Tlačítko SAVE nám umožňuje uložit výsledky zobrazení signálu⁹“. Vyzkoušena byla obě nastavení a jako lepší se jeví nastavení: černé pozadí / oranžový průběh signálu.



Obr. 34. Průběh vstupního signálu v obvodu zesilovače v programu Multisim2001

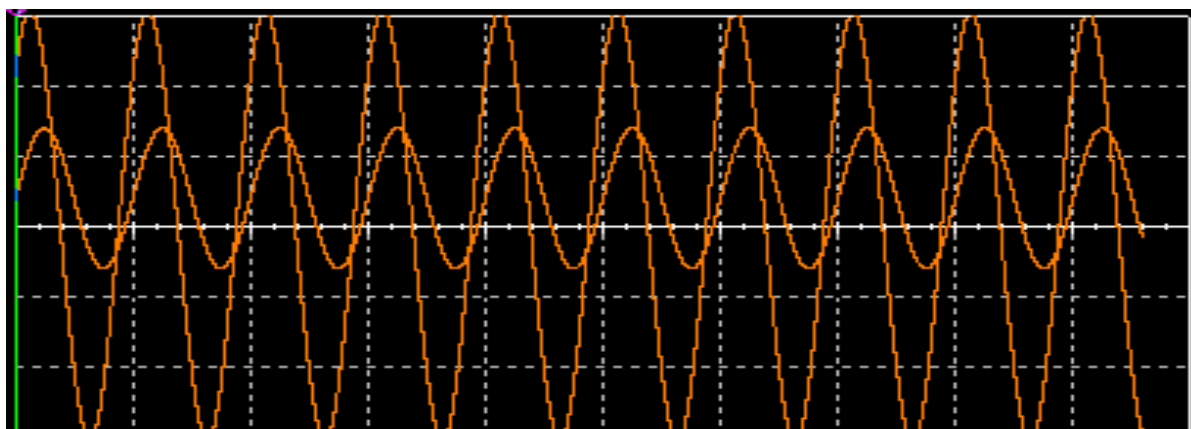
Nyní se podíváme na průběh signálu, který bychom měli naměřit např. v kolektoru. Jak je známo, tak pro stejnosměrný signál má kondenzátor nekonečnou impedanci – kondenzátor má maximální odpor. Takže např. v kolektoru bychom měli naměřit stejnosměrný signál. O důkazu se přesvědčíme z průběhu na obr. 35.

⁹ Juránek, Antonín. *Multisim – Elektronická laboratoř na PC*. 1.vydání. Praha: BEN – Technická literatura, 2008. 284s. s. 55. ISBN 978 – 80 – 7300 – 194 – 0 / 978807300940



Obr. 35. Průběh signálu na kolektoru tranzistoru v obvodu zesilovače

Nyní nás zajímá už jen výstupní zesílený signál. Porovnání obou signálů je zobrazeno na obr. 36. Signál by měl mít oproti vstupnímu signálu zvýšenou amplitudu, nezměněnou frekvenci a tvar. Z obrázku je patrné, že amplitudu zvýšená je, což značí, že zesilovač opravdu zesiluje. Frekvence se jeví na první pohled jako shodná u obou průběhů. Mezi oběma signály je malý fázový posun. Může to být způsobeno např. příliš „hrubým“ poměrem mezi rezistory, které zajišťují předpětí báze, nebo nějakým jiným jevem, na který se mi nepodařilo přijít. Důvodem může být i programová chyba, která není vyloučena. Tvarové zkreslení se neprojevilo.



Obr. 36. Porovnání obou signálů (vstupního i výstupního) v obvodu zesilovače

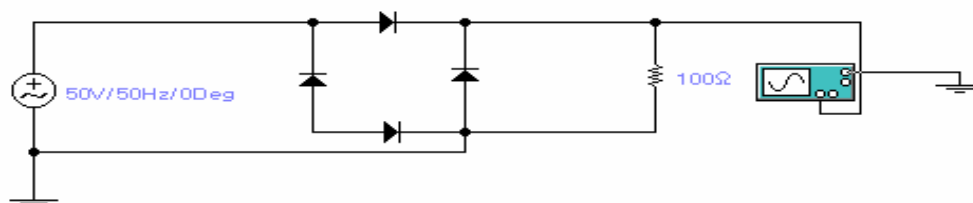
3.4 Návrh a simulace pomocí programu Electronics Workbench

Pomocí programu Electronics Workbench navrhne a odsimulujeme dva typy obvodů. Jednoduchý a složitější.

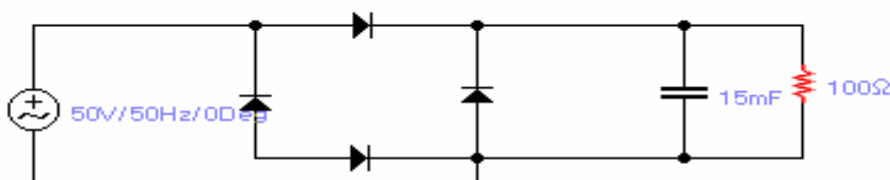
3.4.1 Jednodušší obvod (dvoucestný usměrňovač – Graetzův můstek)

Schéma našeho obvodu se skládá ze zdroje střídavého napětí, 4 diod, filtračního kondenzátoru a zátěže. Navrženy a odsimulovány byly obě varianty tohoto obvodu. Bez filtračního kondenzátoru a s filtračním kondenzátorem. Schéma usměrňovače bez filtračního kondenzátoru je na obr. 37. Signál změřený za diodami budeme brát ze simulačního pochodu podle schématu z obr. 37. Výstupní signál bez zvlnění budeme brát z výsledků simulačního pochodu podle schématu na obr. 38.

V tomto programu jsme neměli na výběr elektrolytický kondenzátor, a tak musel být použit klasický keramický kondenzátor. Jako zátěž byl zvolen rezistor o hodnotě 100Ω .



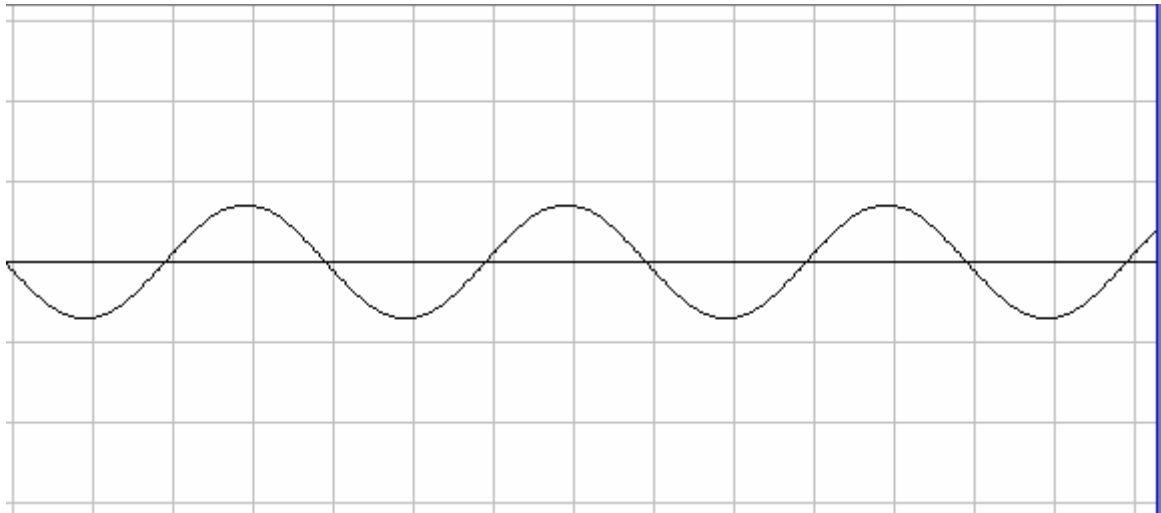
Obr. 37. Schéma zapojení Graetzova můstku – bez filtru



Obr. 38. Schéma zapojení Graetzova můstku – s filtrem

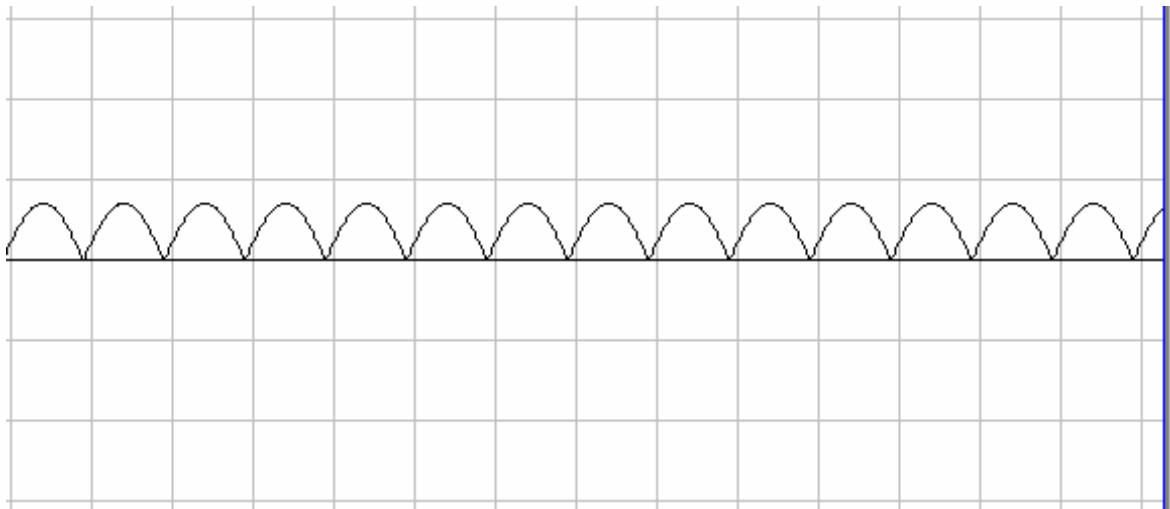
Zdroj střídavého napětí má parametry 50V/50Hz. Diody byly zvoleny typu IDEAL. Na výstup je zařazen osciloskop, na kterém můžeme kontrolovat průběh výstupního signálu. Jak můžeme vidět, osciloskop má celkem 4 svorky. Dvě z nich jsou kanály (A,B), na kterých měříme sledovaný průběh. Vpravo nahoře je vývod na uzemnění. Vývod pod uzemněním je tzv. trigger, který se zpravidla nezapojuje. V další části jsou zobrazeny průběhy ve všech třech klíčových částech obvodu (vstup, oblast za diodami, výstup- za kondenzátorem (na rezistoru)). Průběh na vstupu je na obr. 39. Z obr. 39 je patrné, že

průběh odpovídá vstupním parametrům. V nabídce nastavení osciloskopu není bohužel možné sledovat numerickou hodnotu signálu na ose Y, což se nám může jevit jako velký nedostatek. Jediná možnost byla sledovat velikost (hodnotu) signálu přímo ve vlastnostech kanálu.



Obr. 39. Průběh vstupního signálu v obvodu Graetzova můstku v EWB

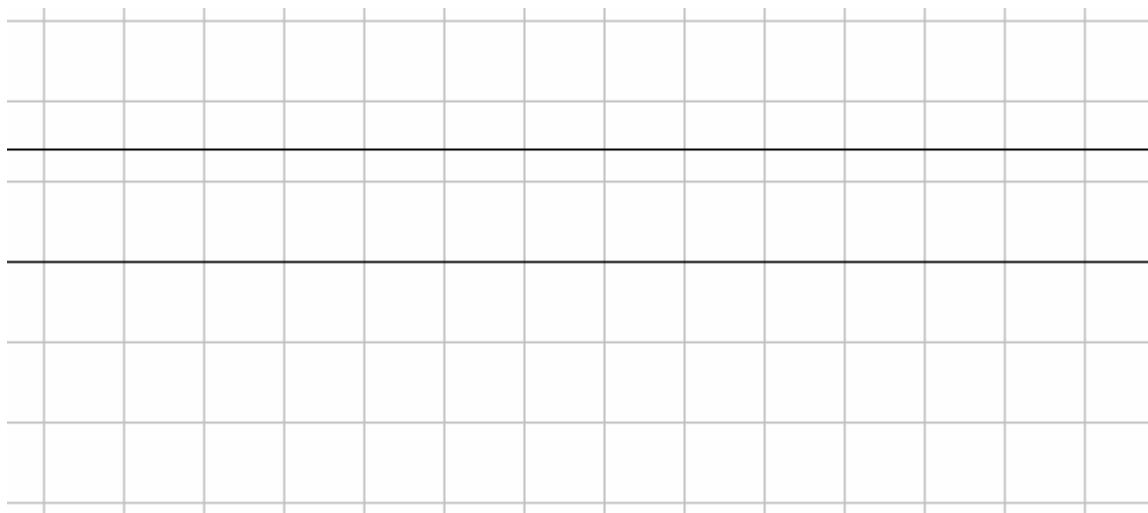
Dalším průběhem bude oblast za diodami, kde by opět měl být (bez použití) filtru zvlněný průběh. Z obr. 40 můžeme vidět, že průběh za diodami je správný. Jsou usměrněny obě půlvlny.



Obr. 40. Průběh signálu za diodami v obvodu Graetzova můstku v EWB

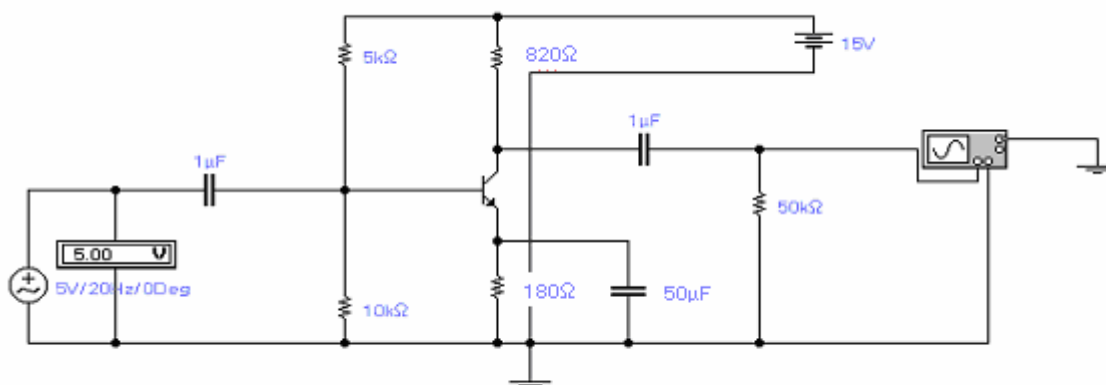
V další části budeme pracovat se zapojením dvoucestného můstkového usměrňovače s filtračním kondenzátorem. Zjednodušená funkce kondenzátoru v obvodu je následující: nadbytečnou energii ve formě pulzujících složek stejnosměrného napětí pohlcuje vlivem nabíjení a při vybití tuto energii odevzdává zpět do zdroje. Přítomnost zbytků střídavého

signálu v obvodu napětí má za následek zejména vnášení nestability do obvodu. Proto je volba filtru velmi důležitou částí našeho návrhu těchto typů obvodů. Průběh napětí za filtrem je na obr. 41. Je vidět, že napětí za filtrem je uspokojivě vyhlazené, a tak filtr splnil svůj účel.



Obr. 41. Průběh signálu za filtrem v obvodu Graetzova můstku v EWB

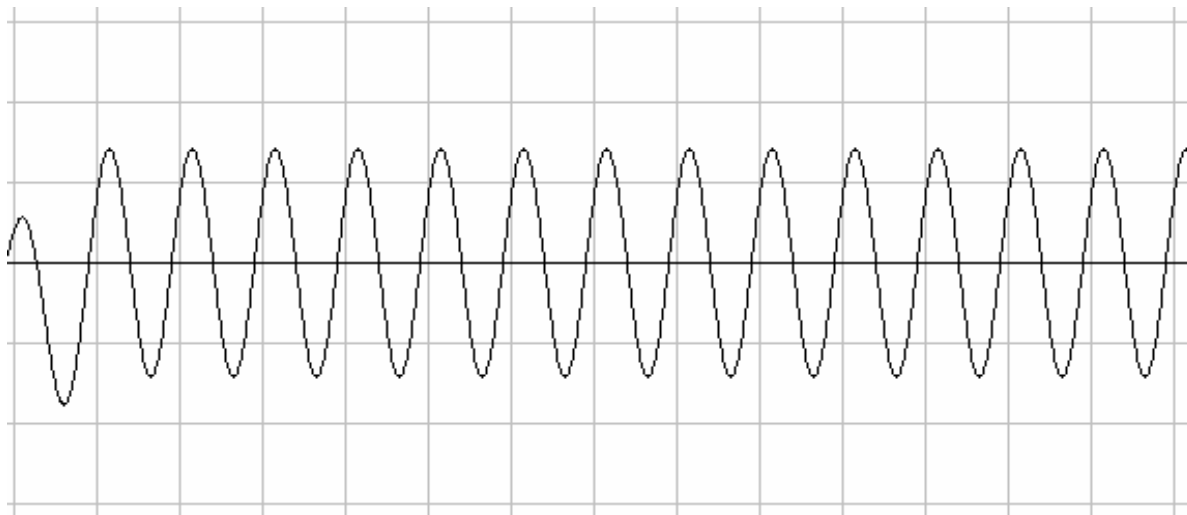
3.4.2 Složitější obvod (jednostupňový střídavý zesilovač)



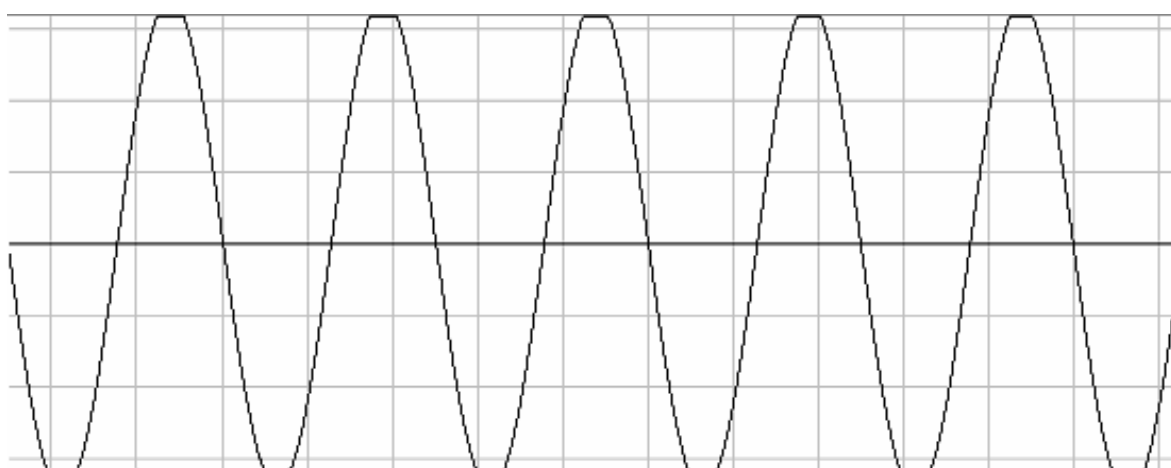
Obr. 42. Schéma zapojení jednostupňového střídavého zesilovače v EWB

Na obr. 42 je konkrétní zapojení jednostupňového střídavého zesilovače v zapojení se společným emitorem. Jako vstupní signál je použit signál z generátoru o velikosti 5V/20Hz. Zvolena byla dolní hranice slyšitelného kmitočtu 20 Hz. Pracovní bod je nastaven pomocí odporů 5k a 10k. Použit je tranzistor NPN. Vazební kondenzátory jsou o kapacitě 1 mikrofard. Podmínky jsou tedy nastaveny naprosto stejně jako v programu Multisim2001.

Na výstupu je zapojen osciloskop, na kterém je snímán průběh výstupního napětí. Jako zátěž je použit rezistor o velikosti 50k Ω . Průběh vstupního signálu je na obr. 43. Průběh výstupního signálu je na obr. 44.



Obr. 43. Průběh vstupního signálu v obvodu zesilovače v EWB



Obr. 44. Průběh výstupního signálu v obvodu zesilovače v EWB

Při pohledu na oba grafy je zřejmé, že zesilovač zesiluje poměrně kvalitně a správně. Z průběhu na obr. 44 je vidět, že frekvence zůstala zachována. Stejně tak i tvar. Důležitý je fakt, že amplituda výstupního signálu je zvýšená. Tím bylo splněno ověření funkce zesilovače. Zároveň je splněna i funkce tranzistoru NPN jako invertoru, neboť při pohledu na začátek průběhu je jasné že výstupní signál je fázově otočený o 180°. Zesilovač pracuje ve třídě A, poněvadž jsou zesíleny obě půlvlny střídavého signálu. Zkreslení je také minimální. Tvarové zkreslení se v simulaci neobjevilo. Simulace svůj základní účel splnila. Ukázala, jak pracuje střídavý zesilovač. Hlavním cílem bylo dokázat, že se zvyšuje pouze amplituda a nikoli frekvence. Dále, že se výstupní signál otáčí o 180° vůči vstupu.

Zesilovač je nízkofrekvenční, což bylo voleno s ohledem na možné použití v akustice. Výsledky tohoto simulačního pochodu bychom nakonec mohli zhodnotit jako dobré. Všechny nejčastěji se vyskytující problémy u zesilovačů: stabilita, zkreslení, se nám podařilo uspokojivě korigovat vhodnou volbou obvodových prvků a nastavením jejich atributů. Podstatnější problémy v simulačním procesu nebyly zaznamenány.

3.6 Zhodnocení výsledků návrhu a simulace

V odstavci 3.6.1 budou shrnuty a porovnány výsledky návrhu a simulace obou druhů obvodů ve všech programech, se kterými jsme pracovali. Navrhovali a simulovali jsme 2 typy obvodů ve dvou různých programových prostředích. Pro pořádek je nutno uvést, že jsme vždy u každé dvojice obvodů nastavili pokud možno stejné podmínky (napětí zdroje, parametry pasivních prvků). Snažili jsme se (pokud to program umožňoval), zvolit např. stejný typ diod, zdroje, filtru a zátěže. Až na jednu výjimku se nám podařilo nastavit stejné pracovní podmínky ve všech pracovních prostředích.

3.6.1 Srovnání všech simulačních pochodů, rozdíly (v návrhu, složitosti)

Jako první budeme provádět rozbor výsledků návrhu a simulace jednoduššího typu zapojení, kterým byl Graetzův můstek. Návrh a simulace tohoto zapojení byla provedena v programových prostředích Multisim2001 a Electronics Workbench 4.1. Na návrhu obvodu v obou programových prostředích nebylo nic složitějšího s výjimkou volby filtračního kondenzátoru. Porovnávat budeme tyto 3 průběhy signálů: vstupní signál o parametrech 50V/50Hz, průběh signálu za diodami, průběh výstupního signálu. Jako první budeme porovnávat průběh vstupního signálu. V programu Multisim2001 vyšel průběh vstupního signálu přesně podle našich předpokladů, tedy sinusový o daných parametrech. V programu Electronics Workbench vyšel průběh signálu taktéž sinusový o daných parametrech. Druhým porovnáním bude průběh signálu za diodami. V programu Multisim2001 vyšel průběh signálu přesně takový, jaký jsme ho očekávali. Jsou usměrněny obě půlvlny – signál je zvlněný. V programu Electronics Workbench vyšel průběh signálu stejně jako v Multisimu, tedy usměrněné obě půlvlny (zvlněný signál). Jako poslední budeme porovnávat výstupní signál. V programu Multisim2001 vyšel průběh signálu stejnosměrný bez zvlnění a zákmitů. V programu Electronics Workbench vyšel průběh signálu rovněž

stejnoseměrný bez zvlnění a zákmitů. Následuje přehledné shrnutí výsledků simulace v obvodu dvoucestného usměrňovače v obou programových prostředích.

1) Výsledky simulačních pochodů v obvodu dvoucestného usměrňovače (Graetzova můstku)

1.1) Výsledky simulačních pochodů v obvodu dvoucestného usměrňovače v programu Multisim2001:

- průběh vstupního signálu vyšel střídavý sinusový
- průběh signálu za diodami vyšel podle našich předpokladů usměrněný (obě půlvlny) – zvlněný
- průběh výstupního signálu vyšel stejnosměrný bez zvlnění a zákmitů
- vzhledem k problémům se zobrazením průběhu výstupního signálu na osciloskopu, musely být použity dva osciloskopy. Průběh byl po této úpravě schématu zobrazen již korektně.

1.2) Výsledky simulačních pochodů v obvodu dvoucestného usměrňovače v programu Electronics Workbench 4.1:

- průběh vstupního signálu vyšel střídavý sinusový
- průběh signálu za diodami vyšel podle našich předpokladů usměrněný (obě půlvlny) – zvlněný
- průběh výstupního signálu vyšel stejnosměrný bez zvlnění a zákmitů

1.3) Srovnání výsledků simulačních pochodů v obou programech

- vstupní signál vyšel totožný u obou programů
- signál za diodami vyšel totožný u obou programů
- výstupní signál vyšel totožný u obou programů

Nyní se budeme zabývat výsledky návrhu a simulace zapojení druhého obvodu, což byl obvod jednostupňového střídavého zesilovače. Návrh byl složitější jednak tím, že obsahoval více prvků, ale hlavně skutečností, že zesilovače jsou obvody, které se nastavují ve srovnání s předchozím obvodem složitěji. Jako první byl proveden návrh a simulace v programu Multisim2001. Měření pomocí osciloskopu jsme prováděli ve dvou bodech. Jako první bylo provedeno zobrazení vstupního signálu, který byl sinusový o napětí

5V/20Hz. Nejdůležitějším průběhem byl výstupní signál. Z pravidel, podle kterých pracují zesilovače by měl mít výstupní signál zvýšenou amplitudu, nezměněnou frekvenci a tvar. Nyní se podívejme na výsledky, kterých jsme návrhem a simulací tohoto obvodu dosáhli.

2) Výsledky simulačních pochodů v obvodu jednostupňového střídavého zesilovače

2.1) Výsledky simulačních pochodů v obvodu jednostupňového střídavého zesilovače v programu Multisim2001:

- vstupní signál je podle očekávání střídavý sinusový
- výstupní signál má zvýšenou amplitudu, nezměněnou frekvenci a tvar
- návrh a simulační pochod proběhly bez větších problémů
- zejména musíme vyzdvihnout možnosti nastavení simulace programu. Předností je rovněž grafický výstup prováděné simulace, který ji činí přehlednější a příjemnější
- výsledky práce s obvodem zesilovače v tomto programu můžeme zhodnotit jako mírně nadprůměrné

2.2). Výsledky simulačních pochodů v programu Electronics Workbench (EWB)

- signál, který přivádíme na vstup zesilovače jsme naměřili střídavý - sinusový
- výstupní signál jsme naměřili s očekávanými parametry
- u výstupního signálu je vidět i změna fáze o 180° , takže byla splněna funkce invertoru
- na pár problémů, které se týkaly spíše nastavování nebyly větší problémy zaznamenány
- výsledky práce s obvodem zesilovače v tomto programu můžeme zhodnotit jako uspokojivé až průměrné

2.3) Srovnání výsledků simulačních pochodů v obou programech

- průběh vstupního signálu nám vyšel v obou případech shodně
- výstupní signál vyšel trochu lépe v programu Electronics Workbench. Principiálně vyšel v obou programech správně.

3.6.2 Zaznamenané výhody a nevýhody programů

Každý program má své výhody a nevýhody, které do jisté míry (více či méně) ovlivňují práci uživatele. Tudíž i programy, které jsme použili v této bakalářské práci,

obsahovaly řadu výhod a nevýhod. Tyto výhody a nevýhody budou nyní stručně popsány. Tím je možno poskytnout na tyto programy určitý náhled z hlediska uživatele. Návrh a simulace elektronických obvodů byla prováděna v následujících prostředích: Multisim2001, Electronics Workbench 4.1. Jako první popíšeme klady a zápory programu Multisim2001.

Zaznamenané výhody simulačního programu Multisim2001:

- široká nabídka součástek všech druhů (aktivní prvky, pasivní prvky, zdroje apod.) – velká výhoda u programů typu demoverze
- široká nabídka přístrojů k různým účelům použití (osciloskopy, multimetry, analogové měřicí přístroje apod.)
- pokročilé možnosti nastavení atributů jednotlivých prvků a přístrojů a s tím spojená možnost doladění simulačního pochodu podle požadavků uživatele
- velmi přehledné pracovní prostředí, ve kterém se vyzná i začátečník nebo uživatel, který s těmito typy programů nemá velké zkušenosti
- velmi příjemné pracovní prostředí zejména z hlediska grafického zpracování, které je zakomponováno i do simulačního pochodu
- nenáročnost na hardware počítače, např. při běžném provozu využíval program operační paměť o velikosti cca 30 MB
- na demoverzi nadstandardní možnosti nastavení a vyladění obvodu pro simulační pochod

Žádný program není bez chyb, a tak i na tomto vcelku kvalitním programu byly shledány nevýhody, kterých je rozhodně méně než výhod.

Zaznamenané nevýhody simulačního programu Multisim2001:

- program občas z nepochopitelných důvodů zhavaroval, což nemusíme považovat ani tak za nevýhodu funkčnosti programu, ale spíše za nedostatek komunikace s operačním systémem nebo nedostatek ve zdrojovém kódu samotného programu
- absence možnosti uložení rozpracovaného schématu (velký nedostatek i u demoverze)

V knize [2] je též částečně zmíněno o nevýhodách: „Simulační program je po rozbalení extrémně velký a zabírá přes 170M. Pro porovnání, programu Micro-Cap stačí po instalaci 12M místa na disku¹⁰“. Pokud máme objektivně tento program zhodnotit podle zkušeností, které jsme měli možnost během návrhů a simulace získat, tak demoverzi programu Multisim2001 můžeme hodnotit jako nadprůměrný program, který určitě stojí za to vyzkoušet. Pomineme-li nevýhody, které nepovažujeme za nedostatky, které by zásadním způsobem znepríjemňovaly práci uživatele, tak by program z našeho pohledu neměl žádné podstatné nevýhody. Nyní se dostáváme k popisu výhod a nevýhod programu Electronics Workbench 4.1.

Zaznamenané výhody simulačního programu Electronics Workbench 4.1

- jednoduché pracovní prostředí vhodné i pro uživatele - začátečníky
- intuitivní ovládání a nastavování obvodu, které zvládne i uživatel – začátečník
- nenáročnost na hardware počítače

Zaznamenané nevýhody simulačního programu Electronics Workbench:

- možnost souvislé práce pouze 30 minut (velká nevýhoda) – nemožnost plynulé a klidné práce
- v demoverzi není možné zakládat nový projekt ani ukládat stávající projekt (velká nevýhoda)
- na rozdíl od Multisimu2001 se jedná o „plnohodnotnou“ demoverzi, která je ochuzena o mnoho funkcí, nastavení atributů součástek apod.
- nepřívětivé pracovní prostředí
- celkově dost zastaralé prostředí, program vhodný spíše pro začátečníky nebo elektroniky-amatéry

¹⁰ Láníček, Robert. *Simulační programy pro elektroniku*. 2.vydání. Praha: BEN – Technická literatura, 2002. 120s. s. 101. ISBN 80 – 7300 – 051 – 2 / 9788073000516

Pokud bychom měli objektivně z našeho hlediska a ze zkušeností, které jsme získali prací s tímto programem tento program zhodnotit jak z hlediska funkčního, tak i z hlediska uživatelské přívětivosti, tak ho můžeme zhodnotit jako program průměrný až slabě podprůměrný. Nevýhody převyšují výhody. Program je vhodný spíše pro začátečníky, elektroniky amatéry, nebo pro uživatele, kteří nechtějí platit za drahý software. Rozhodně není na místě ho doporučovat uživatelům, kteří jsou zvyklí na programy, u kterých požadují moderní vývojové prostředí, moderní grafiku a rozsáhlou knihovnu funkcí.

3.6.3 Srovnání programů z cenového hlediska

V tomto odstavci se budeme zabývat srovnáním vybraných programů z hlediska ceny. Do výběru samozřejmě zahrneme programy, které jsou placenými verzemi a s nimiž jsme pracovali (Multisim2001), nebo programy, jejichž demoverze se nám nepodařilo získat a popsali jsme je pouze teoreticky (Eplan Electric P8). Program Electronics Workbench je v dnešní době označován jako volně šiřitelný (přesněji typ freeware). Z toho důvodu u něj není uvedena cena.

Začínáme programem Multisim2001. Cenové hladiny tohoto programu byly zjištěny z webové adresy [4]. Tento program se prodává v několika licencích. Zmínit bychom mohli 2 nejrozšířenější (Professional Version, School Version-verze pro školy). Obě verze se od sebe cenově dost liší. Multisim Profesionall Version se ještě dělí na tyto verze s následujícími cenami (ceny jsou uvažovány pro 1 uživatele s DPH):

Multisim Base - cena 40 280 Kč,-

Multisim Full - cena 67 280 Kč,-

Multisim PowerPro – cena 102 280 Kč,-

Multisim School Version (Edition) obsahuje verzi Multisim Edu (Education), která je pro 1 uživatele k dostání od 12 070 Kč. Tyto verze se většinou nakupují ve velkém, a tak škola dostává množstevní slevu. Cena Multisimu pro školu se zdá být velmi přijatelná. Vzhledem k tomu, co jsme si mohli vyzkoušet v demoverzi, tak bychom od plné verze měli očekávat ještě větší zlepšení a rozšíření funkcí a možností nastavení, odlaďování než tomu bylo v demoverzi tohoto programu. Cena verzí programu Multisim typu Professional je už poněkud vyšší. Tato verze je určena pro použití ve firmách pro profesionální návrhy obvodů. Programy od firmy Eplan byly popsány v této práci pouze teoreticky, protože se

nepodařilo sehnat demoverzi ani jednoho programu. Tento problém je popsán už v odstavci 2.1. Poněvadž na webových stránkách firmy Eplan [1] nebyly k dispozici ceny programů, byly zjištěny ceny přímo od výrobce prostřednictvím e-mailu. Po zaslání e-mailu do firmy Eplan s dotazem na ceny jejich programů přišla zanedlouho kladná odpověď spolu s přílohou ve formátu PDF, ve které jsou ceny vybraných verzí programů přehledně seřazeny v tabulce. Program Eplan Electric P8 je dodáván v těchto verzích (ceny jsou uváděny s DPH).

Eplan Electric P8 View – cena 5 000 Kč,-

Eplan Electric P8 Compact – cena 38 000 Kč,-

Eplan Electric P8 Select – cena 127 000 Kč,-

Eplan Electric P8 Professional – cena 204 000 Kč,-

V příloze je dále uvedeno, že cena daného programu zahrnuje: samotný program, CD-ROM, český manuál v elektronické podobě, HW (hardwarový) klíč do USB (sériová komunikace) nebo LPT (paralelní port) pro zaregistrování dané verze programu.

V příloze jsou uvedeny ceny tzv. "servisní smlouvy" Software Servis (SWS). Jedná se o seznam možných poskytnutelných výhod spojených s koupí daného softwaru. Zde je pár výhod spojené s koupí servisní smlouvy: dodávání současně nejnovější verze daného programu, telefonická a e-mailová podpora při řešení nastalých problémů u uživatele, 50% sleva na servisní služby u zákazníka, výměna poškozených SW nosičů (CD-ROM) a HW klíčů apod. Servisní smlouva se uzavírá na dobu 1 roku (12 měsíců) a lze ji prodloužit za patřičný poplatek. Ceny servisních smluv pro dané verze programu Eplan Electric P8 (ceny jsou uvedeny s DPH):

- Eplan Electric P8 Compact – cena SWS 6 000 Kč,-

- Eplan Electric P8 Select – cena SWS 19 000 Kč,-

- Eplan Electric P8 Professional – cena SWS 27 400 Kč,-

Pokud bychom měli zhodnotit programy dle cenového hlediska, tak se jako dobrá koupě pro většinu uživatelů jeví licence Multisim Base, která stojí 40 280 Kč,-. Cena okolo 40 000 Kč za program tohoto typu se jeví jako cena velmi slušná. Profesionálové, kteří se živí návrhem a simulací elektronických a jiných obvodů (soustav) se budou určitě zajímat o cenu licence Multisim Power Pro nebo Multisim Full. Opět je na místě říct, že se firmě

vyplatí koupit větší množství softwaru vzhledem k množstevní slevě od dodavatele. Informace o cenách programu Multisim byly čerpány z webových stránek [4].

Co se týče programů od firmy Eplan Software & Service, tak se samozřejmě jeví jako přijatelná cena licence pod označením Eplan Electric P8 View. Ačkoliv jsme bohužel neměli tu možnost si vyzkoušet práci v tomto prostředí, můžeme se domnívat, že tato verze bude asi jen základní verzí tohoto programu bez nějakých větších rozšiřujících úprav. Další licence už jsou pro běžného uživatele celkem dost drahé. Nutno říct, že programy od těchto firem jsou používány především pro návrhy profesionálních aplikací, a tak s nimi běžný uživatel (amatér nebo projektant začátečník) pravděpodobně nepřijde do styku.

Informace o ceně programu Micro-Cap byla čerpána z knihy [2]: „Micro-Cap je skvost mezi simulačními programy a je to asi také nejdražší program (39995 dolarů)¹¹“. Cena je pro běžného uživatele hodně vysoká.

Jako poslední se poohlédneme po cenových hladinách programu Eagle. Z webové adresy [3] si můžeme zjistit ceny tohoto programu. Profesionální verze programu Eagle se prodává ve dvou verzích. Standard a Professional. Ceny budou uváděny pro 1 uživatele a s DPH. Verze Standard se podle zdroje [3] zřejmě dělí na více částí. Stejně tak jako verze Professional. Cena verze Standard je pro 1 uživatele 5700 Kč,-. Cena verze Eagle Professional je pro 1 uživatele k dostání za 11150 Kč,-. Cena se jeví jako velmi přijatelná. Ceny programu Eagle byly zjišťovány z webových stránek [3].

¹¹ Láníček, Robert. *Simulační programy pro elektroniku*. 2.vydání. Praha: BEN – Technická literatura, 2002. 120s. s. 101. ISBN 80 – 7300 – 051 – 2 / 9788073000516

ZÁVĚR

V bakalářské práci s názvem „Programové prostředky elektrotechniky a mikroelektroniky“ byl vytvořen přehled v současnosti používaných programů pro návrh a simulaci systémů v elektrotechnice a mikroelektronice. V práci byla teoreticky popsána celkem 4 programová prostředí: Multisim2001, Electronics Workbench, Micro-Cap Evaluation 7.0.6, Eagle 4.16. V samostatné kapitole byla popsána vývojová prostředí od firmy Eplan Software & Service. Až na demoverzi programů od firmy Eplan Software & Service se podařilo získat demoverze od výše zmíněných firem. Pro praktickou část zahrnující návrhy a simulace obvodů byly na základě autora této práce vybrány demoverze těchto programů: Multisim2001, Electronics Workbench (EWB).

Lze říci, že Multisim2001 předčil Electronics Workbench z většiny sledovaných hledisek. Ukázal se jako komplexnější a kvalitnější program. Lze ho doporučit jak pro jednotlivce, tak pro firemní účely.

Nejvíce informací o možnostech propojení programů s dalšími systémy bylo u programů Eplan Electric P8 a Eplan Cabinet Drilling od firmy Eplan. Propojit je lze např. s PLC systémy, NC stroji apod.

Ceny profesionálních verzí byly zjištěny u těchto programů: Multisim2001, Eplan Electric P8, Micro-Cap, Eagle. Pohybují se v rozsahu 5000Kč až 840 000Kč, lišily se podle zakoupeného „balíku“ příslušenství.

V programech Multisim2001 a Electronics Workbench byly provedeny simulace dvou vybraných obvodů. Obvod dvoucestného usměrňovače byl lépe odsimulován pomocí EWB. V Multisimu2001 byl problém se zobrazením průběhů na osciloskopu, který byl po určité době vyřešen aplikací dalšího osciloskopu do obvodu. Obvod zesilovače zvládly oba programy srovnatelně dobře. Výstupy jednotlivých obvodů se mírně lišily z důvodu nestejně rozsáhlých možností nastavení v daném programu a z hlediska grafického.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The bachelor thesis „Electrotechnics and microelectronics software support“ presents contemporarily used programmes for the design and simulation in electronics and microelectronics systems. The thesis theoretically describes four software environments: Multisim 2001, Electronics Workbench, Micro-Cap Evaluation 7.0.6 and Eagle 4.16. One chapter focuses on the development environments by the company Eplan Software & Service. All demo versions were available apart from the demo version by Eplan Software & Service. The practical part of the thesis, which includes circuit designs and simulations, deals with the demo version of Multisim 2001 and Electronics Workbench (EWB).

Multisim 2001 outdid Electronics Workbench in many respects and it proved to be a more complex and quality programme. Therefore, it may be recommended both for individual and business purposes.

Most information about the connectivity of the particular programme with other systems was provided about Eplan Electric P8 and Eplan Cabinet Drilling by Eplan. They can be connected with PLC systems, NC machines etc.

The prices of professional versions were ascertained for Multisim 2001, Eplan Electric P8, Micro-Cap, and Eagle. They range from 5000 CZK to 840 000 CZK depending on the purchased version.

The simulations of two chosen circuits were carried out in Multisim 2001 and Electronic Workbench programmes. The two-way rectifier circuit was better simulated in EWB. Multisim 2001 had problems with displaying the oscilloscope waveform, which was later solved by adding another oscilloscope into the circuit. The circuit of the amplifier was successfully carried out by both programmes. The output data of the particular circuits slightly differed due to the dissimilar settings possibilities of the programmes and the differences in graphics.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

- [1] Juránek, Antonín. Multisim – Elektronická laboratoř na PC.
1.vyd.Praha: BEN-Technická literatura, 2008. 284s. ISBN 978-80-7300-194-0 / 9788073001940
- [2] Láníček, Robert. Simulační programy pro elektroniku.
2.vyd.Praha: BEN-Technická literatura, 2002. 120s. ISBN 80-7300-051-2 / 9788073000516

Internetové zdroje:

- [1] Česko – Slovenské oficiální zastoupení firmy Eplan Software & Service
Dostupný z WWW:
<<http://www.eplan.cz/>>
- [2] NI Multisim – Products and Services – National Instruments
Dostupný z WWW:
<<http://www.ni.com/multisim/>>
- [3] Cadware s.r.o. – Eagle – ceny
Dostupný z WWW:
<<http://www.cadware.cz/index.php?page=31&lang=cz>>
- [4] Cadware s.r.o. – Multisim – ceny.
Dostupný z WWW:
<<http://www.cadware.cz/index.php?page=90&lang=cz>>
- [5] Simulační programy pro elektroniku – BEN- technická literature
Dostupný z WWW:
<<http://shop.ben.cz/cz/121002-simulacni-programy-pro-elektroniku.aspx>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DPH	Daň z přidané hodnoty
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
EWB	Electronics Workbench = simulační program
FET	Field- Effect – Transistor = tranzistor řízený elektrickým polem
GHz	Gigahertz – jednotka frekvence. GHz = 10^9 Hz
HDD	Harddisk = pevný disk používaný v počítači pro trvalé ukládání dat
HW	Hardware = technické vybavení počítače
LED	Light – Emitting Diode = luminiscenční dioda
LPT	Line Pointer Terminal = paralelní port
NPN	Typ polovodičové součástky tranzistoru
PC	Personal Computer = osobní počítač
PNP	Typ polovodičové součástky tranzistoru
SPICE	Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis = návrhový algoritmus
E	
SW	Software = programové vybavení počítače
SWS	Software Servis = servisní smlouva poskytující výhody při koupi produktů od fy Eplan
TTL	Transistor – Transistor – Logic = druh integrovaných obvodů používaných v elektronice
USB	Universal Serial Bus = sériová sběrnice používaná pro přenos dat

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Jednoduchý obvod	25
Obr. 2. Pracovní prostředí programu Multisim2001.....	27
Obr. 3. Typy rozvaděčů v programu Eplan Electric P8.....	30
Obr. 4. Typy pohonů v programu Eplan Electric P8.....	31
Obr. 5. Osazení racku v programu Eplan Electric P8.....	31
Obr. 6. Plán napojení svorkovnice v programu Eplan Electric P8	32
Obr. 7. Fluidní schéma úpravy vzduchu.....	33
Obr. 8. Fluidní schéma – třícestný ventil.....	34
Obr. 9. Nastavení vlastností ventilu v programu Eplan Fluid.....	34
Obr. 10. Výběr součástí z katalogu FESTO.....	35
Obr. 11. Výběr skříně pro rozvaděč v programu Eplan Cabinet.....	36
Obr. 12. Vybraná skříň v programu Eplan Cabinet	36
Obr. 13. Osazený rozvaděč v programu Eplan Cabinet.....	37
Obr. 14. Dokumentace k rozvaděči v programu Eplan Cabinet.....	37
Obr. 15. Osazená montážní plocha rozvaděče v Eplan Cabinetu (pohled zepředu)	38
Obr. 16. Úvodní obrazovka prostředí programu Electronics Workbench	39
Obr. 17. Možnosti nastavení a ladění simulačního procesu v EWB	40
Obr. 18. Dvoupolohové tlačítko pro zap/vyp.....	41
Obr. 19. Panel pro výběr měřicích přístrojů v EWB.....	41
Obr. 20. Vstupní okno programu Eagle 4.16.....	43
Obr. 21. Základní pracovní prostředí programu Eagle 4.16	44
Obr. 22. Schéma obvodu pro návrh plošného spoje.....	45
Obr. 23. Navržená deska plošného spoje.....	46
Obr. 24. Obecné schéma Graetzova můstku	48

Obr. 25. Alternativní schéma Graetzova můstku spolu s průběhy signálů	50
Obr. 26. Schéma jednostupňového zesilovače s tranzistorem v zapojení SE.....	54
Obr. 27. Schéma Graetzova můstku v programu Multisim2001 s nastavenými parametry .	55
Obr. 28. Průběh vstupního signálu v obvodu Graetzova můstku v Multisimu2001	56
Obr. 29. Možnosti nastavení osciloskopu v programu Multisim2001	56
Obr. 30. Schéma Graetzova můstku spolu s osciloskopy v programu Multisim2001	57
Obr. 31. Průběh signálu za diodami (bez použití filtru) v Multisimu2001	57
Obr. 32. Průběh signálu za filtrem (kondenzátorem).....	58
Obr. 33. Schéma jednostupňového střídavého zesilovače v programu Multisim2001	58
Obr. 34. Průběh vstupního signálu v obvodu zesilovače v programu Multisim2001.....	59
Obr. 35. Průběh signálu na kolektoru tranzistoru v obvodu zesilovače.....	60
Obr. 36. Porovnání obou signálů (vstupního i výstupního) v obvodu zesilovače.....	60
Obr. 37. Schéma zapojení Graetzova můstku – bez filtru.....	61
Obr. 38. Schéma zapojení Graetzova můstku s filtrem.....	61
Obr. 39. Průběh vstupního signálu obvodu Graetzova můstku v EWB.....	62
Obr. 40. Průběh signálu za diodami v obvodu Graetzova můstku v EWB	62
Obr. 41. Průběh signálu za filtrem v obvodu Graetzova můstku v EWB	63
Obr. 42. Schéma zapojení jednostupňového střídavého zesilovače v EWB	63
Obr. 43. Průběh vstupního signálu v obvodu zesilovače v EWB	64
Obr. 44. Průběh výstupního signálu v obvodu zesilovače v EWB	64

SEZNAM PŘÍLOH

P I: E-mail do firmy Eplan Software & Service

P II: E-mail od firmy Eplan Software & Service

P I: E-MAIL DO FIRMY EPLAN SOFTWARE & SERVICE

Obrázek č.1: E-mail do firmy Eplan Software & Service s dotazem na cenu produktu Eplan Electric P8



 **Od:** Michal Miškařík <mastersof2007@seznam.cz> 

Komu: el-pro@eplan.cz 

Předmět: dotaz na cenu programu Eplan Electric

Datum: 10.2. 2009, 09:43

[Odpovědět](#) [Odp. všem](#) [Přeposlat](#) [Tisk](#) [Smaž](#) [Další akce ...](#) 


Dobrý den

Chtěl bych se zeptat, kolik u Vás stojí program Eplan Electric P8.

Děkuji za odpověď


P II: E-MAIL OD FIRMY EPLAN SOFTWARE & SERVICE

Obrázek č.2: E-mail od firmy Eplan Software & Service s oznámením o cenách jejich produktů

Od: Michal Tůma <tuma@eplan.cz> 

Předmět: EPLAN - ceny systému

Datum: 10.2.2009, 10:15

Odpovědět | **Odp. všem** | **Přeposlat** | **Tisk** | **Smaž** | **Smaž jako SPAM** | **Další akce ...** 

Dobrý den, systém EPLAN electric P8 je ve více variantách u kterých jsou rozdílné ceny. Proto jsem Vám poslal jako přílohu základní ceník systému EPLAN a porovnání verzí. Dále Vám mohu nabídnout naši slevovou akci která právě probíhá ale potřebuji vědět o jakou variantu systému máte zájem. Tato akce trvá do 28.2.2009 a slevy jsou do 15% až 20%. Také Vám mohu nabídnout bezplatnou nezávaznou prezentaci systému EPLAN. Pokud byste měl jakékoliv další dotazy, prosím kontaktujte mě.

S pozdravem / Best regards

Michal Tůma

EL-PRO spol. s r.o.
tel.: +420 606 628 891
www.eplan.cz


-----Original Message-----
From: Michal Miškařík [<mailto:mastersof2007@seznam.cz>]
Sent: Tuesday, February 10, 2009 9:46 AM
To: el-pro
Subject: dotaz na cenu programu Eplan Electric


Dobrý den

Chtěl bych se zeptat, kolik u Vás stojí program Eplan Electric P8.

Obrázek č.3: Doručené přílohy ve formátu PDF od firmy Eplan Software & Service

2 **příložené soubory** - [Uložit všechny soubory najednou](#)

 **Ceník_EEP8.pdf** - 243,05 kB
[Otevřít](#) | [Uložit](#)

 **Porovnání_verzí.pdf** - 414,43 kB
[Otevřít](#) | [Uložit](#)