

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
KATEDRA VÝPOČETNÍ A DIDAKTICKÉ TECHNIKY

**VYUŽITÍ SPECIFICKÝCH FUNKCÍ SIMULAČNÍHO PROGRAMU
MULTISIM VE VÝUCE**
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Luboš Knobloch

Přírodovědná studia, obor Informatika se zaměřením na vzdělávání

Vedoucí práce: Ing. Petr Michalík, Ph.D.

Plzeň, 2017

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 30. června 2017

.....
vlastnoruční podpis

PODĚKOVÁNÍ.

Na tomto místě bych chtěl velice a upřímně poděkovat vedoucímu práce Ing. Petru Michalíkovi Ph.D. za cenné připomínky při realizaci práce.

ZDE SE NACHÁZÍ ORIGINÁL ZADÁNÍ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE.

OBSAH

Úvod	2
1 STRUČNÝ POPIS PROGRAMU NI MULTISIM	4
2 FUNKCE SIMULAČNÍHO PROGRAMU MULTISIM VHODNÉ PRO VÝUKU.....	7
2.1 ZÁKLADNÍ SESTAVOVÁNÍ OBVODU A JEHO VLASTNOSTI VE VÝUCE.....	8
2.1.1 Využití měřicích přístrojů simulačního programu Multisim ve výuce	8
2.2 FUNKCE USNADŇUJÍCÍ TVORBU OBVODŮ A PRÁCI S NIMI	18
2.2.1 Logický konvertor	19
2.2.2 Logický analyzátor	20
2.2.3 Generátor slov	21
2.2.4 Měřicí sonda	22
2.2.5 Využití průvodců elektronických obvodů	23
2.2.6 Kontrola zapojeného obvodu	27
2.2.7 Využití hierarchického bloku při výuce.....	30
2.3 FUNKCE SIMULAČNÍHO PROGRAMU VHODNÉ K PROHLoubENÍ VÝUKY.....	34
2.3.1 Tvorba chyb součástek	34
2.3.2 Vybrané analýzy obvodů v programu Multisim.....	35
3 SADA PŘÍKLADŮ VHODNÝCH PRO VÝUKU:	40
3.1 PŘÍKLAD 1:	40
3.2 PŘÍKLAD 2:	41
3.3 PŘÍKLAD 3:	43
3.4 PŘÍKLAD 4:	45
3.5 PŘÍKLAD 5:	48
3.6 PŘÍKLAD 6	50
3.7 PŘÍKLAD 7	52
3.8 PŘÍKLAD 8	54
3.9 PŘÍKLAD 9	56
3.10 PŘÍKLAD 10	57
4 TVORBA ANIMACÍ	59
4.1 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 1 POUŽITÍ PRŮVODCE VYTVOŘENÍ OBVODU S OPERAČNÍM ZESILOVAČEM	59
4.2 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 2 KONTROLA ZAPOJENÉHO OBVODU (ELECTRICAL RULES CHECK):	61
4.3 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 3 VYTVOŘENÍ NOVÉHO HIERARCHICKÉHO BLOKU:	62
4.4 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 4 NAHRAZENÍ ZAPOJENÉHO OBVODU HIERARCHICKÝM BLOKEM:	64
4.5 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 5 OTEVŘENÍ SOUBORU S OBVODEM JAKO HIERARCHICKÝ BLOK:.....	65
4.6 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 6 TVORBA CHYB SOUČÁSTEK:	66
4.7 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 7 ANALÝZA STEJNOSMĚRNÉHO PRACOVNÍHO BODU:	67
4.8 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 8 PŘECHODOVÁ ANALÝZA:	68
4.9 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 9 PARAMETRICKÁ ANALÝZA:	69
4.10 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 10 STEJNOSMĚRNÁ ANALÝZA:	70
4.11 OZVUČENÉ ANIMACE K SADĚ PŘÍKLADŮ VHODNÝCH PRO VÝUKU	72
ZÁVĚR.....	73
RESUMÉ	74
SEZNAM LITERATURY	75
SEZNAM OBRÁZKŮ	77
PŘÍLOHA – SEZNAM ANIMACÍ A JEJICH UMÍSTĚNÍ NA OPTICKÉM NOSIČI.....	I

Úvod

Cílem bakalářské práce je pojednat o specifických funkcích simulačního programu Multisim vhodných pro výuku a provést praktické ukázky v podobě ozvučených animací příkladů.

Téma bakalářské práce jsem si vybral, jelikož v používání simulačního programu NI Multisim Education spatřuji výrazné možnosti rozšíření výuky elektrotechniky ve školním prostředí i mimo něj. Simulační programy obecně a tedy i simulační program NI Multisim Education se ve školách hodí zejména do výuky předmětů zaměřujícími se na elektroniku a elektrotechniku. Velkým přínosem je použití simulačních programů i do laboratorních cvičení a různých praktických měření modelových elektrických obvodů.

Nynější situace ve vzdělávání je v duchu snižování nákladů na výuku, takže je stále méně financí vyčleňováno na nákup součástek, a tím vzrůstá problém s obnovou zastaralých, případně zničených elektronických součástek. Na druhé straně ve školách vzrůstá množství dostatečně výkonných počítačů, které jsou používány ve výuce. Právě tato dostupnost výpočetní techniky v současné době nahrává k používání sofistikovaných simulačních programů ve školách, kde doplňují nebo dokonce i částečně nahrazují klasickou výuku. Použití simulačního softwaru šetří náklady na součástky a materiál použitý ve výuce či v odborném výcviku, ale také přináší do výuky zcela nové možnosti, např. využití měřících přístrojů, které škola běžně nemá k dispozici, nebo použití virtuálních měřících a diagnostických přístrojů, jejichž reálná podoba vůbec neexistuje, ale výsledek má velký přínos pro diagnostiku fungování elektrického obvodu.

V bakalářské práci jsem se zaměřil na využití simulačního programu ve výuce. Vymezím jednotlivé specifické funkce vhodné pro výuku s tím, že jsem si vědom, že tyto funkce nejsou jediné možné využít ve výuce, a že jich NI Multisim nabízí mnohem víc. Vytvořím ukázky těchto funkcí a řešení několika příkladů. Nedílnou součástí mé bakalářské práce je soubor ozvučených videí, ve kterých předvedu možný postup při používání vybraných specifických funkcí.

Simulační program NI Multisim v předmětech zabývajících se elektronikou může sloužit jako výborný doplněk výuky, ale v předmětech zaměřujících se na laboratorní měření a praktické použití jednotlivých elektronických součástek je místo pro používání

simulačního programu zcela opodstatněné. Tomuto faktu nahrává také skutečnost, že potřebné vybavení laboratoře je velmi finančně nákladné, a ne vždy je v možnostech školy pořídit potřebné měřicí přístroje v dostatečném množství a kvalitě. Nehledě na skutečnost, že některé přístroje a zařízení mohou svou pořizovací cenou převyšovat ekonomické možnosti školy. Dalším a určitě ne posledním pádným důvodem pro využívání simulačních programů obecně, může být odolnost součástek proti zničení způsobenému chybou lidského faktoru, tedy pokud student špatně zapojí součástku a tím dojde k jejímu zničení, tak to neznamená žádný problém, pouze se virtuální součástka vymění, popřípadě se restartuje simulace. Navíc jsme schopni ze simulačního programu zjistit, co bylo v navrženém obvodu špatně a chybu opravit, případně máme prostor pro metodu „pokus omyl“. Žák má dostatek prostoru pro učení se na vlastních chybách, přičemž chyba nevede ke zničení součástky a materiální újmě.

V úvodní kapitole bude krátce představen simulační program NI Multisim, bude pojednáno o jeho možnostech a funkcích. Také budou zmíněny verze programu, které jsou na trhu k dispozici.

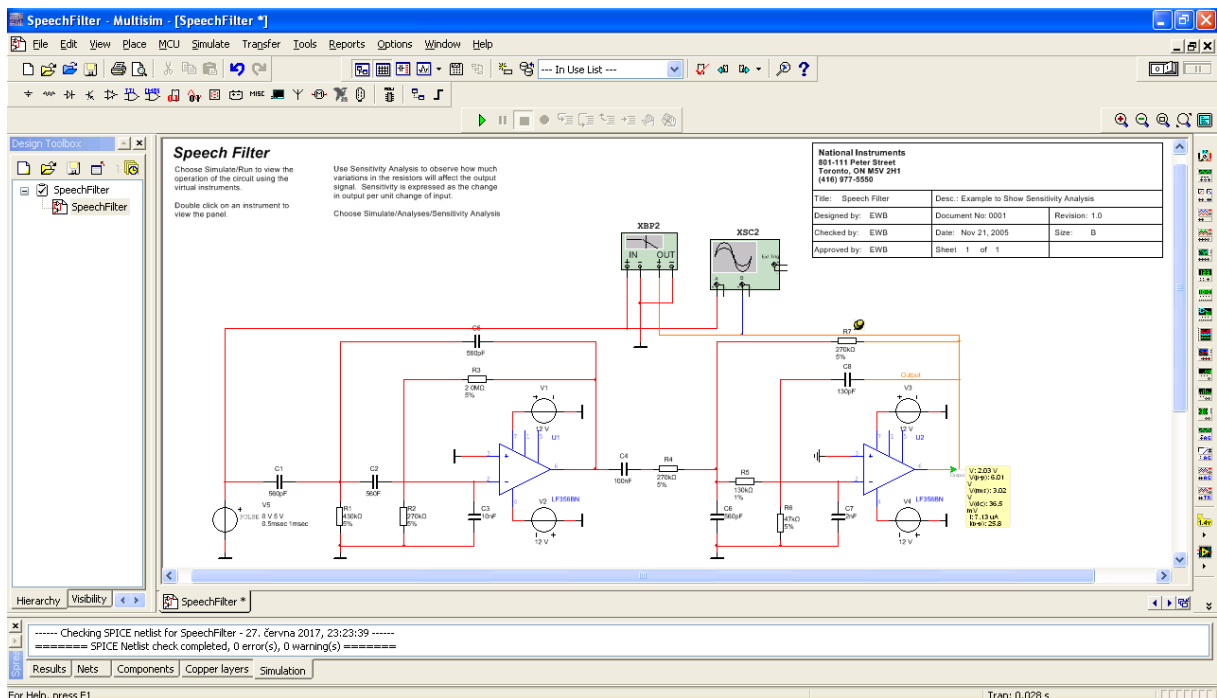
Stěžejní kapitolou bakalářské práce bude popis vybraných funkcí programu NI Multisim vhodných pro výuku. V první řadě se budeme věnovat využití měřících přístrojů, které mají reálný základ a najdeme je v reálné laboratoři, obsažených v programu. Pak bude pojednáno o využití průvodců vytvořením obvodů, které nám usnadňují vytváření obvodů a realizaci zapojení. Bude pojednáno o práci s virtuálními přístroji, jež obsahuje tento simulační program, které nám také usnadňují práci s obvody zapojení. Závěrečnou část pojednání o funkcích vhodných pro výuku budeme věnovat náročnějším možnostem, jako jsou funkce kontrola zapojení obvodu, nebo možnost vytváření chyb součástek v zapojeném obvodu a jejich hledání. O možnosti zjednodušení vytvářeného schématu zapojení vytvořením hierarchického bloku. Neopomeneme nejčastěji používané analýzy elektrických obvodu.

Během pojednání budou funkce demonstrovány na příkladech, jejichž seznam uvedu v poslední části práce. Přílohou práce bude optický nosič s vytvořenými ozvučenými animacemi, na kterých bude demonstrováno použití funkcí vhodných pro výuku.

1 STRUČNÝ POPIS PROGRAMU NI MULTISIM

Simulační program NI Multisim od firmy National Instruments je přehledný a výkonný simulátor jak analogových, tak digitálních či smíšených elektronických obvodů. Multisim také nabízí podporu nejznámějších mikroprocesorů. Někteří uživatelé mohou program znát jako Electronics Workbench Multisim, někdy uváděno ve zkratce EWB Multisim.

Jedna z předností simulačního programu Multisim je jeho uživatelsky příjemné prostředí pro snadné, rychlé a vcelku přehledné kreslení schémat elektrických obvodů. Vytvořené obvody můžeme následně v simulaci prověřit, případně provést analýzu jejich chování. Schéma, jež vytvoříme, je možné použít pro návrh desek plošných spojů v navazujícím



Obrázek 1: Program NI Multisim - ukázka

programu NI Ultiboard, který není standardní součástí programu Multisim, ale je nutné ho dokoupit. Má uplatnění ve výuce konstrukce elektronických součástek, kdy jsou simulované obvody převáděny v reálné zařízení.

Simulační program Multisim umožňuje nakreslit schémata, která jsou jednoduchá, jednostránková, ale také lze využít k vytvoření složitých vícestránkových, hierarchických schémat s „off-page“ konektory, přičemž pro kreslení schémat využíváme vlastní knihovnu součástek s modely pro potřeby simulace.

Před spuštěním simulace vytvořeného a nakresleného zapojení je nutné do obvodu vložit a připojit zdroj napájení, zdroj vstupního signálu a měřicí přístroje, které jsou v programu připravené v podobě speciálních schematických symbolů. Tyto přístroje fungují úplně stejně jako ve skutečnosti, a tudíž jejich výstup je totožný s tím, co by bylo naměřeno v laboratoři při reálném měření. Použití je velmi jednoduché, prostým kliknutím na příslušný symbol se zvětší okno, které má podobu skutečného přístroje, na kterém je možné nastavovat parametry a sledovat hodnoty měřených veličin. Během několika málo kliknutí je možné v simulaci změnit hodnoty zapojených prvků, např. odpor, kapacitu, vstupní napětí a mnoho dalších. Při každé změně v obvodu je možné okamžitě sledovat dopad na funkci celého zapojení. Celý postup a způsob měření je tak velice podobný skutečnému měření reálného prototypu nebo testovací aparatury v laboratoři, ovšem s tou výhodou, že neriskujeme zničení součástky, případně celého prototypu.

Knihovna vlastních virtuálních přístrojů zahrnuje funkční generátor, voltmetr, ampérmetr, multimetr, wattmetr, 4kanálový osciloskop, logický analyzátor, analyzátor zkreslení, čítač, spektrální analyzátor, a další. Virtuální přístroje jsou naprogramovány tak, aby odpovídaly skutečným přístrojům, jsou to takové virtuální kopie reálného přístroje. Tento fakt nám zajišťuje srovnatelnost s reálným provedením pokusu, či reálné ověření funkce prototypu. Různé zdroje napětí a proudu umožňují nastavení podle potřeby.

Kromě virtuálních měřících přístrojů jsou k dispozici měřicí sondy pro měření v kterémkoliv uzlu. Měřících míst může být zvoleno, kolik je zapotřebí, jelikož těchto měřících sond je neomezeně, jen je nutné je řádně označit, aby uživatel neztratil orientaci, která je která.

Program umožňuje nakreslit schémata od jednoduchých jednostránkových až po složitá vícestránková hierarchická schémata. Kreslení schémat se provádí s použitím rozsáhlé vlastní knihovny součástek, kterou lze v případě potřeb rozšířit o vlastní součástku nebo vytvořením hierarchického bloku. Program nabízí celou řadu analýz založených na algoritmech SPICE/XSPICE¹, např. citlivostní analýza, frekvenční analýza, analýza pracovního bodu, analýza zkreslení, Fourierova analýza, šumová analýza, teplotní analýza, analýza pólů a nul, přechodových jevů, analýza Monte Carlo, atd.

¹ SPICE = Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis

Výsledky měření nebo analýz je možné uložit pro pozdější porovnání anebo dále zpracovat přímo v programu NI Multisim. Velmi užitečná možnost je schopnost simulačního programu Multisim výsledky exportovat pro zpracování a analýzy v dalších programech, např. NI LabVIEW, Excel či MathCAD.

NI Multisim dle [8] je dostupný v několika verzích, které se navzájem liší rozsahem knihoven součástek, množstvím virtuálních měřících přístrojů a počtem analýz. Ke každé verzi programu je možné přikoupit modul NI Multi MCU pro práci s mikroprocesory.

NI Multisim Base určená pro základní měření obsahuje cca 11 000 modelů součástek a čtyři virtuální měřící přístroje.

NI Multisim Full obsahuje v knihovnách přibližně 12 000 modelů, patnáct virtuálních měřících přístrojů a dává nám na výběr využít patnáct různých druhů analýz.

Verze NI Multisim Power Pro je vybavena knihovnami o cca 16 000 modelech, dvaceti dvěma virtuálními měřícími přístroji a umožňuje provést dvacet čtyři druhů analýz, navíc má moduly pro návrh filtrů, zesilovačů, RF obvodů a tvorbu vlastních modelů součástek.

Školní verze programu NI Multisim disponuje knihovnou součástek obsahující asi 13 000 modelů, 22 virtuálních měřících přístrojů a 24 dostupných analýz. Navíc má i některá rozšíření, která jsou vhodná pro výuku, např. virtuální propojovací deska (breadboard), Ladder (žebříček) diagram, možnost použití součástky se „skrytou chybou“, návaznost na hardware zařízení ELVIS (rovněž od NI) určené pro prototypování při výuce a mnoho dalších rozšíření.

Simulační program NI Multisim lze použít jako profesionální nástroj s vynikajícím poměrem cena vůči výkonu při návrzích, vývoji a testování před vyrobením prototypu elektronických součástek a obvodů. Verze pro školské použití má své nezaměnitelné místo ve výuce teorie obvodů, měření elektrických veličin, vyhledávání závad v elektronickém obvodu nebo poškozených součástek (vyučující má možnost nastavit součástku s nějakou chybou), nejen ve školách s elektrotechnickým zaměřením. NI Multisim může být použit i na jiných typech škol, hlavně jako pomůcka pro vysvětlení funkce elektronických součástek nebo zákonitostí v elektrickém obvodu, například ve výuce fyziky. Školy mají k dispozici také multilicence pro deset a dvacet pět počítačů a za určitých podmínek může být licence instalována jako plovoucí.

2 FUNKCE SIMULAČNÍHO PROGRAMU MULTISIM VHODNÉ PRO VÝUKU

Simulační program Multisim obsahuje množství rozšíření, která mohou být vhodně využita pro výukové účely. Tato rozšíření bychom mohli označit jako funkce vhodné pro výuku. Jednoznačný výběr funkcí simulačního programu Multisim vhodných pro výuku není jednoduchý. V mnoha případech je možné využít pro výuku funkce, které nejsou primárně k tomu určené. Pro lepší rozlišení jednotlivých funkcí si sestavíme popis v podobě definic. Funkce, o kterých se bude pojednávat, rozdělíme do tří skupin. Toto dělení není závazné a není jediné možné, provedeme ho jen pro zpřehlednění situace. [13]

První skupina je tvořena základními funkcemi, které jsou nutné pro tvorbu elektronických obvodů, a které jsou nutné pro stanovování elektrických veličin ve vytvořeném obvodu. Uvedena skupina není stěžejní pro tuto práci, tak v ní zmíníme hlavně použití přístrojů, které jsou vizualizací přístrojů reálných, jelikož tyto přístroje jsou potřeba, jak v reálné laboratoři, tak v laboratoři virtuální.

Druhou skupinu vytvářejí funkce simulačního programu, které můžeme použít k zjednodušení probíraného tématu. Například pokud potřebujeme studenty seznámit pouze s částí obvodu, nebo s jeho výstupy, je vhodné zvolit takovou funkci, která umožňuje volit rozsah probíraného tématu. Celá skupina by se dala krátce charakterizovat, jako funkce simulačního programu usnadňující tvorbu elektronických obvodů nebo pomáhající se vstupním nastavením obvodu. Funkce jsou využívány především studenty, ale i vyučující si s nimi ulehčí práci. Do této skupiny patří virtuální přístroje, jež nemají reálnou obdobu v laboratoři, pomocníci s tvorbou obvodů, kontrola zapojení obvodu či tvorba a práce s hierarchickým blokem.

Skupinu číslo tři tvoří funkce, které prohlubují práci s elektronickými obvody. Tyto funkce slouží hlavně k prohloubení znalostí studenta, případně k jeho testování. Zároveň to jsou funkce, které předpokládají určité vstupní znalosti studenta. Na druhou stranu tyto funkce kladou větší důraz na přípravu vyučujícího na výuku, jelikož pro plno těchto funkcí je nutné obvody připravit předem a při výuce zvolí vhodné využití v daném případě. Do těchto funkcí lze zařadit kontrolu vytvořených chyb součástek či využití některé analýzy, kterých Multisim nabízí mnoho.

2.1 ZÁKLADNÍ SESTAVOVÁNÍ OBVODU A JEHO VLASTNOSTI VE VÝUCE

Výuku žáků je nutné směřovat k praktickým znalostem a nejlepší pro žáka je, když si to sám vyzkouší. Vyučování jako celek je považováno dle [7] za nejorganizovanější formu vzdělávacího procesu, přičemž vyučovací proces je chápán jako specifická forma vzdělávání. Vyučovací proces je v každém případě zákonitostmi daný dvoupólový proces, jehož výslednou podobu dotváří mnoho faktorů.

Právě základní funkce programu Multisim přináší velké pole působnosti a mnoho možností jak realizovat výuku. Žák je schopen pod dohledem vyučujícího sám provádět řešení úkolů, aniž by byl omezován faktory nedostupnosti součástek, nebo strachem, že zničí přidělené elektronické součásti. Další výhodou je okamžitá kontrola správnosti řešení úkolu, kdy sám simulační program vyhodnotí, kde by mohla být chyba.

Základní dovedností v elektrotechnice je vytvoření obvodu a nakreslení schéma zapojení, a to v tomto simulačním programu uděláme najednou. Vytvoříme schéma zapojení a toto schéma je možné okamžitě otestovat, zda v něm nejsou chyby. Kromě tvoření obvodu pomocí různých elektrických součástek a propojovacích vodičů, musíme v obvodě kontrolovat elektrické zákonitosti a k tomu nám slouží různé měřicí přístroje.

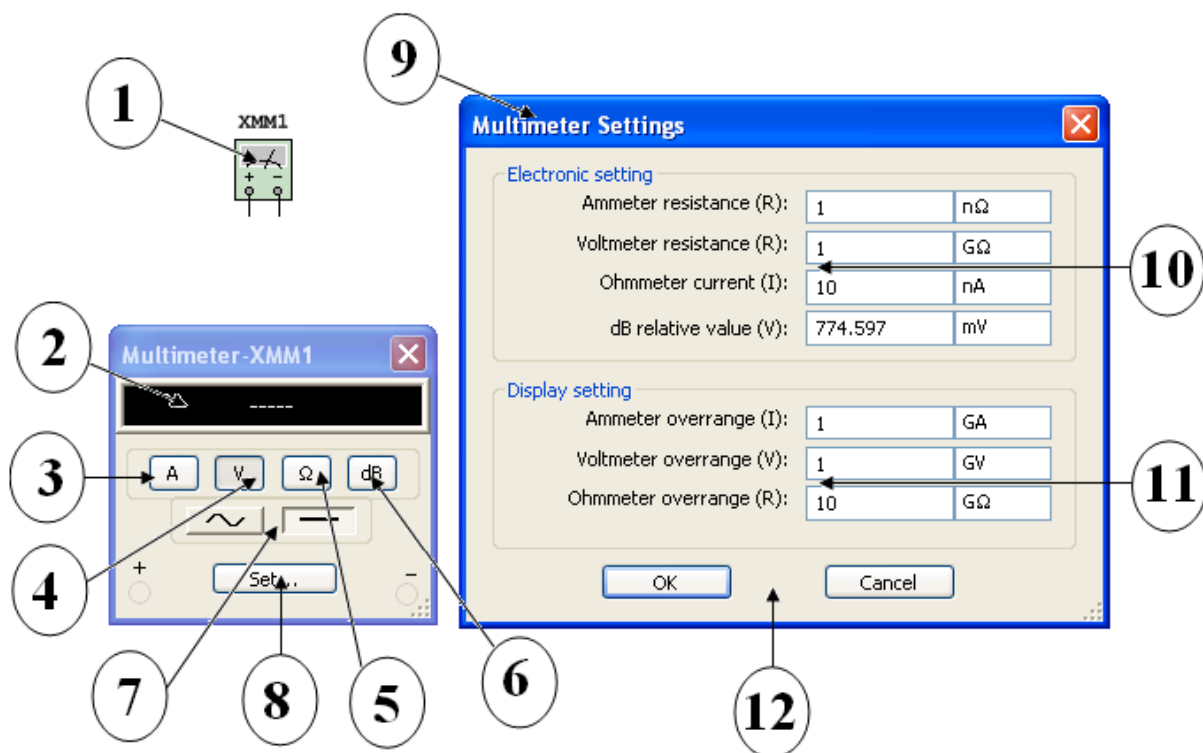
2.1.1 VYUŽITÍ MĚŘICÍCH PŘÍSTROJŮ SIMULAČNÍHO PROGRAMU MULTISIM VE VÝUCE

Měřicí přístroje jsou nedílnou součástí každé laboratoře, proto i ve virtuální laboratoři simulačního programu Multisim je dostatek měřicích přístrojů připraveno k použití. Stejně jako v reálném světě, tak i zde využíváme funkcí jednotlivých přístrojů pro kontrolu správného zapojení, správné funkce obvodu a měření parametrů obvodu. V programu NI Multisim je nepřeberné množství různých měřicích přístrojů a různých indikátorů, které můžeme využívat v elektrických obvodech pro vlastní měření veličin v obvodu. [1]

Nyní bychom si popsali a představili jednotlivé měřicí přístroje. Popíšeme si jejich jednotlivé části a jejich možnosti použití při proměřování elektrických obvodových veličin.

Multimetr

Multimetr, který je na obrázku č. 2, je základním přístrojem každého pracoviště elektrikáře či elektronika, tudíž nemůže chybět ani v našem simulačním programu. Multimetr umožňuje měření základních elektrických veličin, jakými jsou napětí, proud, elektrický odpor nebo útlum.



Obrázek 2: Multimetr - schematická značka, okno multimetru a okno jeho nastavení

Popis jednotlivých ovládacích prvků:

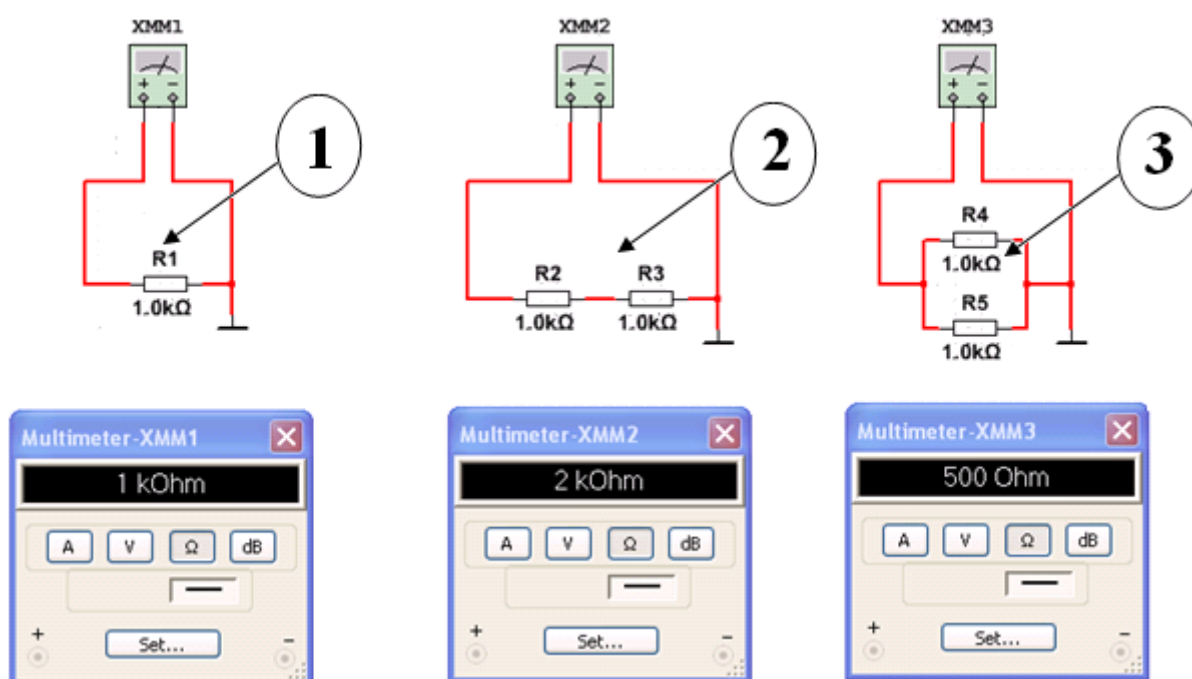
- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. schematická značka multimetru | 7. volba režimu AC, DC |
| 2. zobrazení měřené hodnoty | 8. nastavení parametrů multimetru |
| 3. volba měření proudu | 9. okno nastavení multimetru |
| 4. volba měření napětí | 10. elektrické parametry multimetru |
| 5. volba měření odporu | 11. nastavení displeje multimetru |
| 6. volba měření útlumu | 12. tlačítka potvrzení |

Multimetr najdeme podobně jako ostatní měřicí přístroje v panelu měřících přístrojů. Do našeho obvodu tento přístroj vložíme kliknutím na ikonu multimetru. Po dvojitým kliknutí na schematickou značku multimetru, který je již vložen v simulovaném obvodu se zobrazí okno s vlastnostmi a nastavením přístroje, podrobnosti na obrázku č. 2.

Na obrázku č. 2 jsou také očíslované oblasti, které odpovídají jednotlivým parametrům Multimetru. Pod částí s číslem 10 najdeme volbu elektrických parametrů multimetru, například vnitřní odpor multimetru. Pod jedenáctkou je část, která nám představuje možnosti nastavení displeje a pod číslem dvanáct nalezneme potvrzení volby nebo její stornování, přičemž zůstává předešlá volba nezměněna.

Měření odporu pomocí multimetru

Multimetr lze velmi snadno využít pro měření odporu v elektrickém obvodu. Při měření použijeme multimetr, který bude nastaven jako ohmmetr. Nastavení a zapojení proměřovaného obvodu je zobrazeno na následujícím obrázku č. 3. Obrázek je rozdělen na tři části, v první části je ohmmetr zapojen přímo na rezistor s hodnotou jeden k Ω , přičemž očekávaný výsledek je, že se nám na displeji objeví hodnota jeden k Ω . Druhá část obrázku nám ukazuje použití při měření dvojice rezistorů zapojených sériově, zde očekáváme hodnotu dva k Ω a ve třetí části je vyobrazeno měření dvou rezistorů spojených paralelně, kdy naměřenou hodnotu očekáváme 500 Ω .

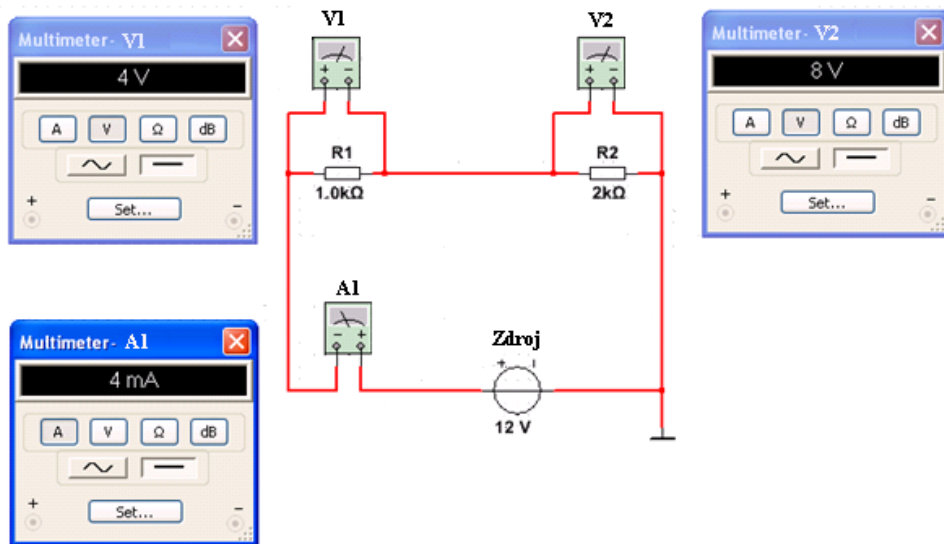


Obrázek 3: Možnosti zapojení ohmmetru

Měření elektrického napětí a proudu

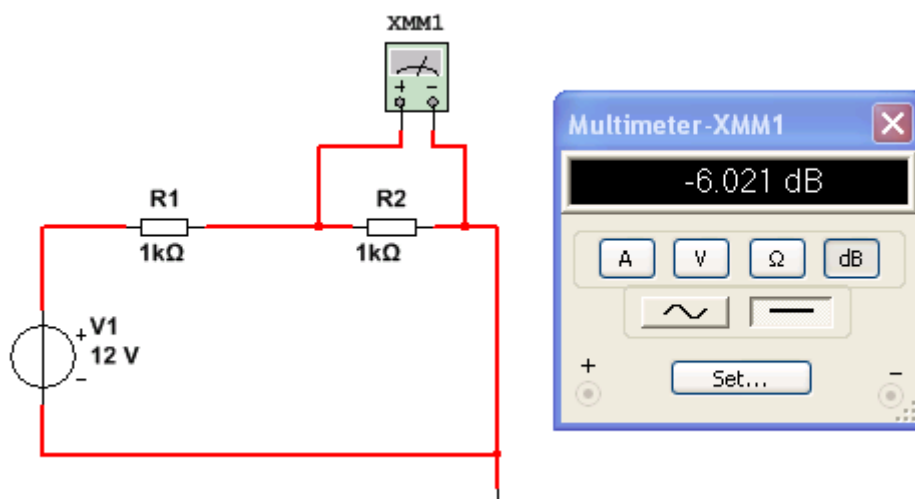
Měření elektrického napětí provedeme tak jako ve skutečné laboratoři tím, že zapojíme multimetr paralelně k měřené součástce a při měření proudu zapojíme do série. Opět si celou situaci budeme demonstrovat na obrázku, kde v jednoduchém obvodu proměříme celkový proud a napětí na dvou rezistorech, kdy první má hodnotu odporu jeden 1 k Ω a druhý má dvojnásobný odpor, tedy 2 k Ω . Celý obvod bude napájen 12voltovým zdrojem stejnosměrného proudu. Hodnoty na obrázku odpovídají předpokladu. Nastavení multimetru pro měření napětí je stlačení tlačítka „V“, což označuje voltmetr a nastavení pro měření proudu je stlačení tlačítka „A“, což

je ampérmetr. Pro měření elektrického napětí a proudu v simulačním programu můžeme využít i jiné měřicí přístroje, jako je například v záložce „Place indicator“ komponenta jménem „AMMATER_H“ a „AMMETER_V“. Pro měření elektrických veličin obvodu je také možné použít virtuální měřicí přístroj nazývaný „Measurement probe“, který nalezneme také v panelu nástrojů.



Obrázek 4: Zapojení multimetru jako ampérmetru a voltmetru

Měření útlumu multimetrem



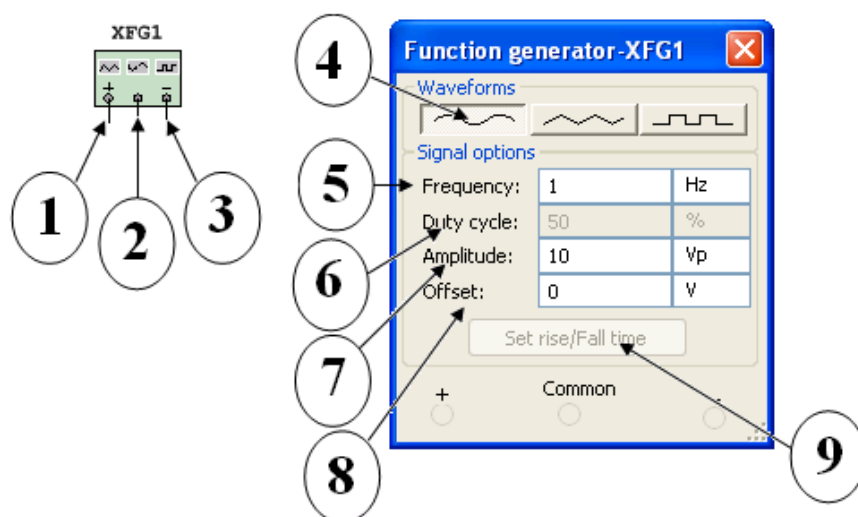
Obrázek 5: Zapojení multimetru pro měření útlumu

Jedno z nastavení multimetru je možné využít pro měření útlumu mezi dvěma body v elektrickém obvodu. Multimetr připravíme na měření útlumu tím, že zadáme volbu dB. Vše je zobrazeno na obrázku č. 5, kde měříme útlum na jednom z rezistorů. Obdobným způsobem lze měřit i přírůstek v elektrickém obvodu.

Při měření útlumu je potřeba věnovat pozornost nastavení, především pak nastavení položky „dB relative value (V)“, které nám představuje vstupní hodnotu napětí (U_{in}), zde nastavíme hodnotu napětí na zdroji $U=12$ V. Okno s nastavením „Multimeter Setting“ získáme kliknutím na tlačítko „Set...“ multimetru. Útlum je možné vyjádřit tímto vztahem:

$$dB = 20 \log \frac{U_{out}}{U_{in}}$$

Funkční generátor



Obrázek 6: Značka a panel funkčního generátoru

Význam označených ovládacích prvků:

- | | |
|--|---|
| 1. kladná výstupní složka signálu (+) | 6. střída signálu (poměr vysoké a nízké hrany - obdélníkový signál) |
| 2. uzemnění (GND) | 7. amplituda výstupního signálu |
| 3. záporná svorka (-) | 8. nastavení stejnosměrné složky |
| 4. nastavení tvaru výstupního signálu (sinus, trojúhelník, obdélník) | 9. nastavení doby náběžné a sestupné hrany (pravoúhlý signál) |
| 5. nastavení výstupního kmitočtu (frekvence) | |

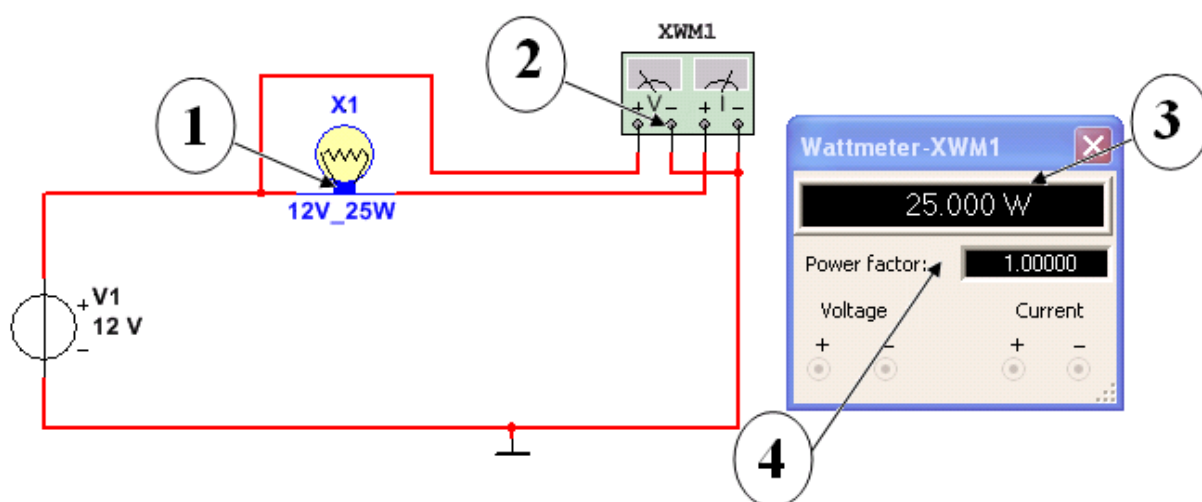
Přístroj jako je funkční generátor, je dalším z nástrojů, bez kterého se neobejde žádný elektronický technik a nesmí chybět v žádné elektronické laboratoři. Zobrazen

je na obrázku č. 6. Hlavní využití funkčního generátoru je v jeho schopnosti vytvořit harmonický, trojúhelníkový nebo obdélníkový průběh signálu. Popis jednotlivých částí tohoto přístroje je na obrázku č. 6. Některé části nastavení jsou dostupné v závislosti na zvoleném typu výstupního signálu.

Wattmetr

Přístroj, který se nazývá Wattmetr, slouží k měření výkonu P , popřípadě účinníku $\cos \phi$. Wattmetr má dva druhy vstupů. První jsou vstupy pro měření napětí, a druhé vstupy jsou pro měření proudu. Zapojení tohoto přístroje je obdobné jako zapojení reálného přístroje v laboratoři. Pro správné měření je nutné zapojit napěťové svorky paralelně ke spotřebiči a proudové svorky musíme zapojit do série s měřeným spotřebičem. [16]

Obrázek a jeho popis nám poslouží k lepší představě, jak tento přístroj funguje. Demonstrační ukázka představuje měření výkonu dvanácti voltové žárovky, například takové co se používá v automobilovém průmyslu. Žárovka má parametry 12 V a 25 W. [1]



Obrázek 7: Měření výkonu automobilové žárovky

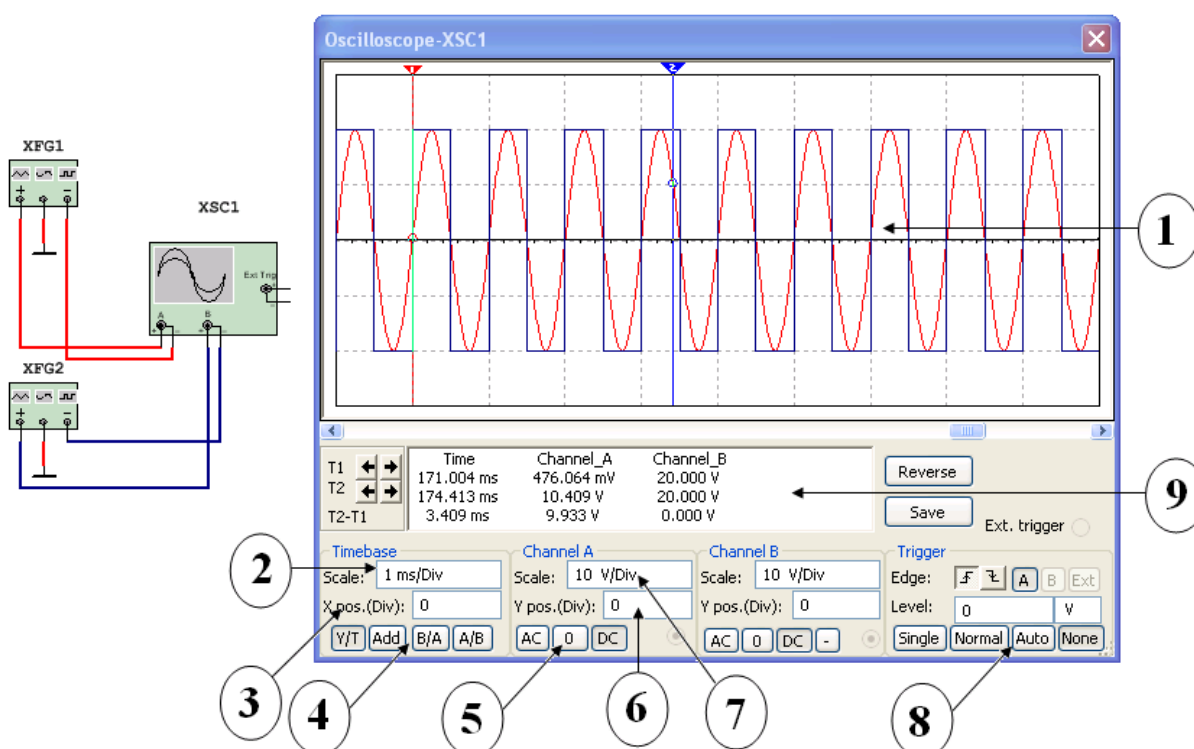
Význam označených prvků na obrázku:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. měřená žárovka | 3. změřený výkon spotřebiče (žárovky) |
| 2. napěťové a proudové svorky wattmetru | 4. účinník $\cos \phi$ |

Osciloskop

Osciloskop patří mezi nejběžnější laboratorní přístroje. Jedná se o univerzální měřicí přístroj, jehož hlavní předností je schopnost zobrazovat časové průběhy vstupujícího signálu. Důležitou a často potřebnou funkcí osciloskopu je možnost zobrazení více signálů

vedle sebe, například kvůli jejich porovnání. Simulační program Multisim disponuje dvěma základními typy osciloskopů, a to 2kanalovým a 4kanalovým. Základní zapojení 2kanalového osciloskopu je na obrázku č. 8. Osciloskopem analyzujeme dva signály přicházející z funkčního generátoru, první signál má harmonický průběh a je zobrazován červenou barvou a druhý signál má obdélníkový průběh a je zobrazován barvou modrou. Signály mají nastavenou stejnou frekvenci i amplitudu. [1]



Obrázek 8: Zobrazení harmonického a obdélníkového signálu 2kanalovým osciloskopem

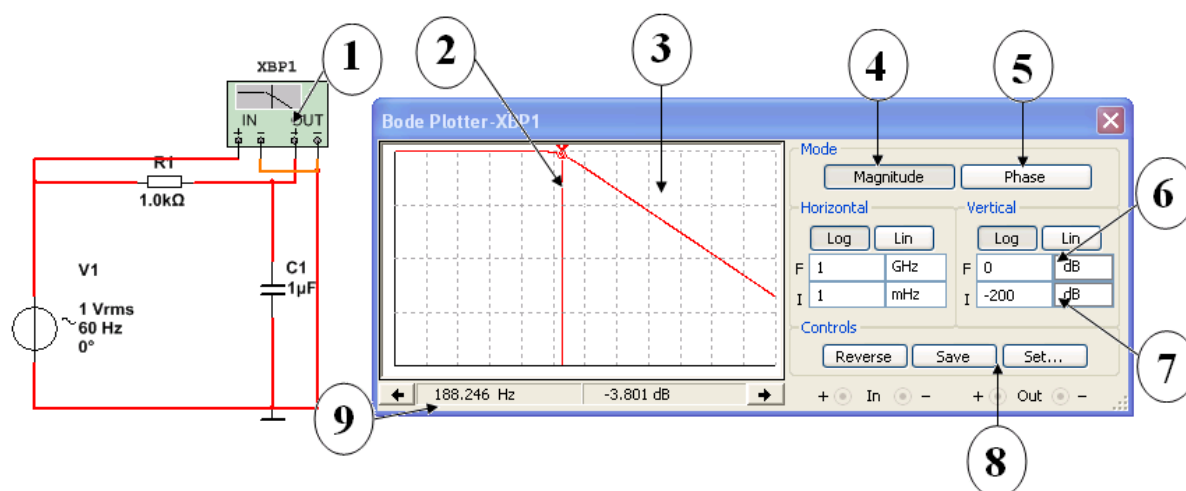
Stručně význam jednotlivých ovládacích prvků:

1. plocha pro zobrazování signálů
2. nastavení časové základny (osa X)
3. posunutí časové základny (osa X)
4. určení režimu zobrazení
5. nastavení režimu vstupu pro kanál A (obdobně pro kanál B)
6. posunutí zobrazení signálu ve směru osy Y (obdobně pro kanál B)
7. změna měřítka zobrazení signálu pro kanál A (obdobně pro kanál B)
8. panel nastavení synchronizace
9. informace o signálech kanálů „A“ a „B“ v závislosti na poloze kurzoru

Simulační program nabízí k měření také 4kanalový osciloskop. Práce s ním je velmi podobná jako s 2kanalovým, jen s tou výhodou, že může zobrazit čtyři signály najednou. Tato funkce se hodí především při porovnávání signálů.

Zapisovač

Přístroj Bode Plotter (Bodeho zapisovač) využijeme k zobrazování a měření charakteristik elektronických obvodů v závislosti na frekvenci, především měření amplitudových a fázových charakteristik. Tyto funkce jsou vhodné pro měření různých filtrů, rezonančních obvodů a zesilovačů, přičemž získáme velmi názorné přenosové charakteristiky měřených členů. Měření je rychlé a názorné a po dokončení měření je možné výsledky pohodlně vytisknout. Příklad použití Bode Plotteru je na obrázku č. 9.



Obrázek 9: Možné použití Bode Plotteru (zapisovače) [14]

Význam jednotlivých ovládacích prvků na obrázku:

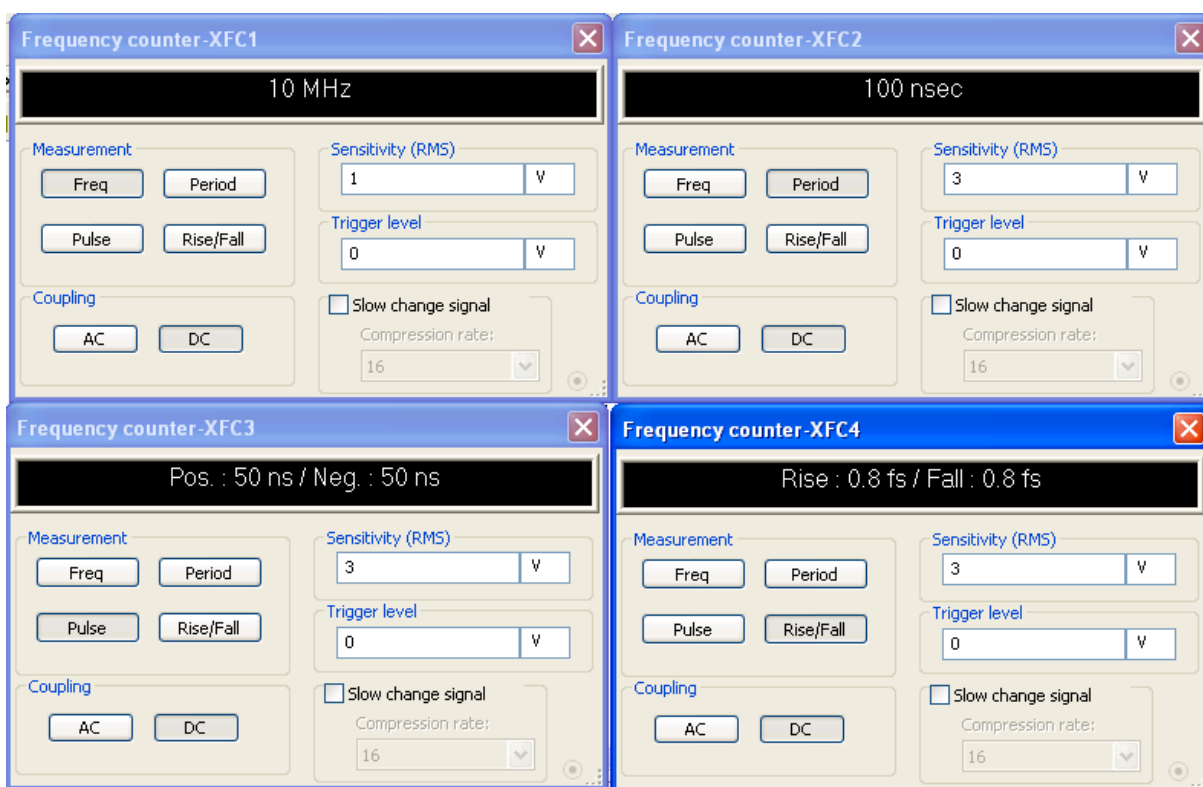
1. schematická značka Bode Plotteru, IN vstup a OUT na výstup obvodu
2. zobrazení závislosti útlumu na frekvenci, lze pohybovat svislou čarou
3. plocha pro zobrazování měřené charakteristiky
4. zobrazení amplitudové charakteristiky
5. možnost zobrazení fázové charakteristiky
6. nastavení konce zobrazovaného pásma
7. nastavení začátku zobrazovaného pásma
8. nastavení bodů rozlišení v dalším menu
9. sledovaná frekvence, možno měnit šipkami, které jsou vlevo a vpravo

Čítač

Dalším užitečným pomocníkem v laboratoři je čítač, který je také zařazen mezi měřicí přístroje simulačního programu Multisim. Tento přístroj je schopen měřit kmitočet (FREQ), periodu (PERIOD), dobu trvání impulzu a mezery (PULSE), dobu trvání náběžné a sestupné hrany impulzu (RISE/FALL). Všechny veličiny, které čítač měří, jsou vztaženy na jednotku času (sekundu). Bez čítače se neobejde žádné pracoviště, které se zabývá číslicovou technikou.

Čítač je obecně zařízení, které v nějakém kódu počítá elektrické impulzy přivedené na vstup čítače. Na čítač, který je obsažen v programu, stačí pouze kliknutím na příslušné tlačítko zvolit požadovanou veličinu k měření a její hodnotu odečíst z displeje.

Příklad použití čítače je na obrázku, kde bylo použito signálu z funkčního generátoru, konkrétně byl použit obdélníkový signál o frekvenci 10 MHz, střídě 50 % a době trvání náběžné a sestupné hrany 1fs.



Obrázek 10: Naměřené hodnoty signálu z funkčního generátoru čítačem

Stručný popis a význam jednotlivých ovládacích prvků [1]:

Measure – výběr požadovaného měření, kliknutím na dané tlačítko

Coupling – AC měření střídavé složky signálu, měří střídavé i stejnosměrné složky signálu (součet AC+DC složek signálu)

Sensitivity – nastavení citlivosti měření

Trigger level – nastavení úrovně signálu, při které dojde k začátku měření

Slow change signal – tuto možnost je nutno zapnout při měření signálů s frekvencí nižší než 20 kHz

Analyzátor zkreslení

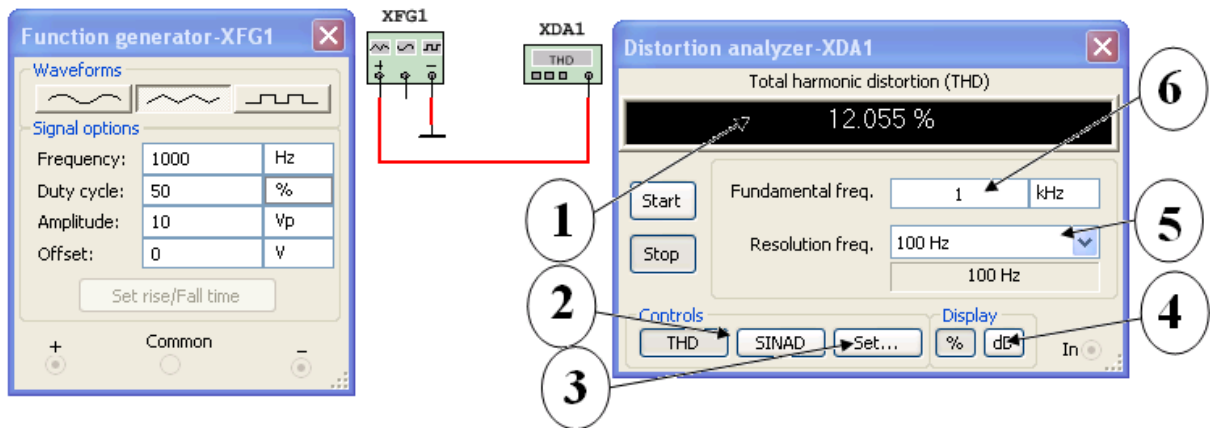
Dalším z měřících přístrojů, který je v nabídce simulačního programu Multisim je analyzátor zkreslení. Důvodů a příčin zkreslení signálu v elektronickém obvodu je mnoho, a většinou je závislé na charakteru daného obvodu. Zkreslení je nežádoucí a může vznikat v jakékoliv části přenosové trasy. Analyzátor zkreslení nám umožňuje měřit dva druhy zkreslení signálu a to v rozsahu od dvaceti hertzů po sto kilohertzů. Tento analyzátor se velmi hodí k proměření stability generátorů signálů, popřípadě k prověření různých zesilovačů.

Tento přístroj má dvě možnosti měření, THD (Total Harmonic Distortion) a SINAD (Signal Plus Noise and Distortion).

Stručně bychom mohli zkreslení charakterizovat takto:

THD – celkové harmonické zkreslení je způsobeno nelinearitou převodních charakteristik různých zesilovacích prvků. Následně vznikají vyšší harmonické složky k základnímu sinusovému signálu, které jsou citlivým násobkem frekvence základního signálu. Množství a velikost jednotlivých vyšších harmonických složek je různá a většinou závislá na použitých zesilovacích prvcích a charakteru elektronického obvodu. THD je charakterizováno činitelem harmonického zkreslení a vyjadřuje podíl vyšších harmonických složek k celému signálu na základním kmitočtu, udává se v procentech. Při návrhu elektronického obvodu je samozřejmě vyžadováno, aby bylo dosaženo, co možná nejmenší hodnoty harmonického zkreslení.

SINAD – je to hodnota udávaná v dB a odpovídá poměru signál plus šum plus zkreslení k součtu šumu a zkreslení.



Obrázek 11: Zapojení analyzátoru zkreslení na výstup funkčního generátoru [13]

Popis a význam jednotlivých ovládacích prvků:

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. zobrazení zkreslení v procentech, popř. v decibelech (záleží na nastavení) 2. výběr typu měření zkreslení (THD nebo SINAD) | <ol style="list-style-type: none"> 3. nastavení analyzátoru zkreslení 4. zobrazení jednotky měřené veličiny 5. rozlišení hodnot kmitočtu 6. základní kmitočet |
|--|---|

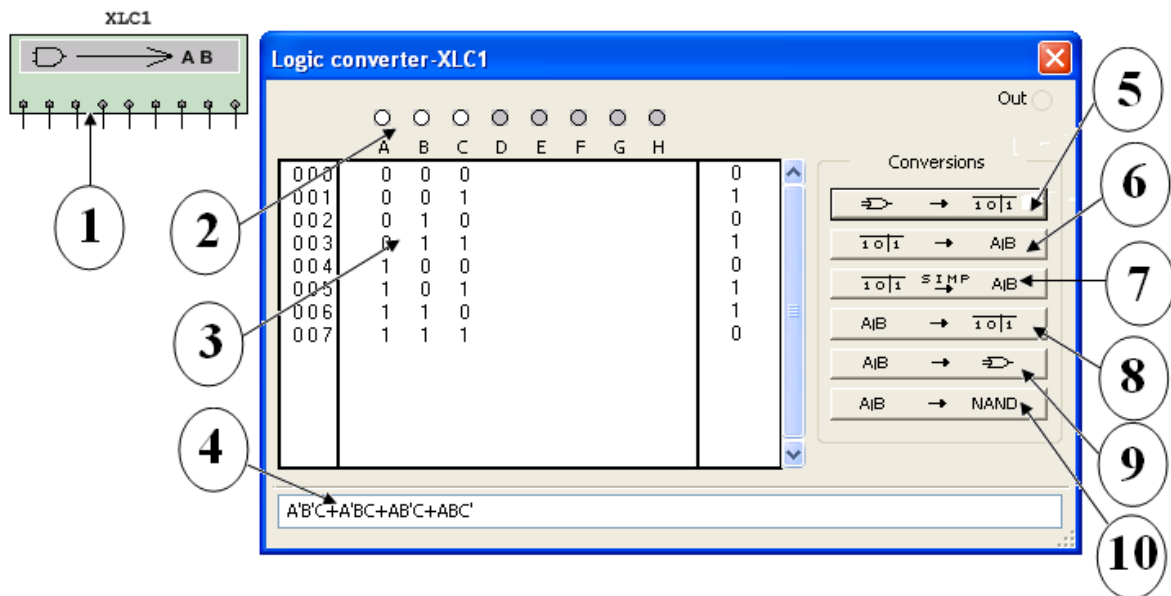
Nastavení analyzátoru zkreslení se provede kliknutím na tlačítko Set... a v nově otevřeném okně máme další možnosti. První možnost je THD DEFINITION, kde můžeme nastavit způsob výpočtu, po zvolení se v informačním okně objeví vzorec výpočtu. Druhá možnost volby je HARMONIC NUM., kde si volíme počet harmonických kmitočtů, s nimiž se provádí výpočet. Poslední možnost se jmenuje FFT POINTS, což nám udává počet bodů rychlé Fourierové transformace.

2.2 FUNKCE USNADŇUJÍCÍ TVORBU OBVODŮ A PRÁCI S NIMI

Prvním velkým přínosem pro práci s obvody jsou virtuální přístroje, které v reálné laboratoři nenajdeme. [1] Tyto virtuální přístroje nám usnadňují hlavně práci s číslicovými obvody. Jmenovitě to jsou logický konvertor, který pomáhá s prací s logickými funkcemi, logický analyzátor, který nám přehledně zobrazí přítomnost logické nuly nebo logické jedničky, generátor datových slov, který v určeném taktu posílá předem definované datová slova a měřící sonda, což je jeden z přístrojů, kterým můžeme v daném bodě elektrického obvodu měřit vybrané elektrické veličiny.

2.2.1 LOGICKÝ KONVERTOR

Logický konvertor je originální přístroj, který nenajdeme ve skutečné laboratoři. Jedná se o poměrně zajímavý přístroj, který je k nalezení pouze ve formě virtuálního přístroje v simulačním programu Multisim. Jeho přednosti ocení každý, kdo se zabývá digitální (číslíkovou) technikou. Funkce tohoto virtuálního přístroje jsou velkým přínosem a velkou pomocí při práci s logickými funkcemi, proto je vhodný nejen pro výuku základů číslicové techniky.



Obrázek 12: Logický konvertor

Popis a význam jednotlivých ovládacích prvků:

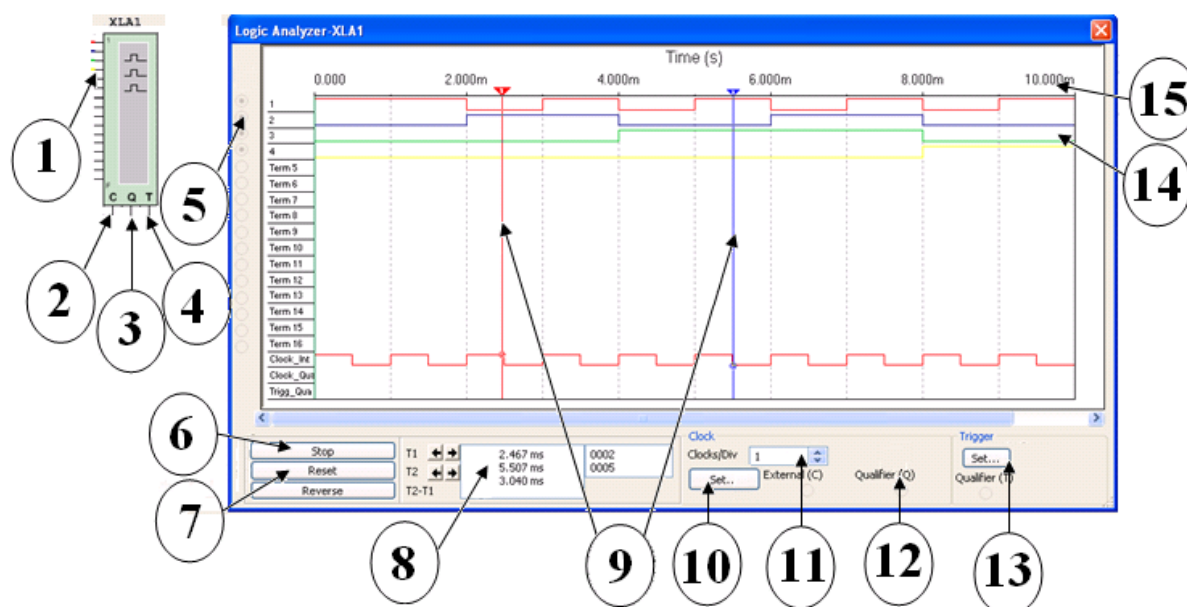
1. schematická značka logického konvertoru na pracovní ploše programu Multisim
2. aktivované logické vstupy neboli počet proměnných
3. klasická pravdivostní tabulka
4. řádek pro práci s logickým výrazem
5. převod schéma zapojení do pravdivostní tabulky
6. vytvoření logického výrazu z pravdivostní tabulky
7. zjednodušení zadaného logického výrazu
8. převod logického výrazu do pravdivostní tabulky
9. vytvoření schémat zapojení z logického výrazu
10. vytvoření schématu s využitím pouze hradel NAND z logického výrazu

Logický převodník, jak by se tento přístroj nazval plně česky, nám umožní provést mnoho užitečných operací s logickými funkcemi. Dokáže vygenerovat pravdivostní tabulku pro

vytvořené schéma logického obvodu. Zvládá pravdivostní tabulku převést do logického výrazu. Lze využít pro převod pravdivostní tabulky do zjednodušeného logického výrazu, tudíž provést minimalizaci logické funkce. Konvertor můžeme použít také pro převod známého logického výrazu do pravdivostní tabulky. Nesporně velmi výhodnou funkcí tohoto přístroje je jeho schopnost převést logický výraz do schématu zapojení, a to buď s použitím všech logických hradel, nebo s použitím zadaného typu hradel. [1]

2.2.2 LOGICKÝ ANALYZÁTOR

Logický analyzátor slouží vizualizaci průběhů a měření parametrů digitálních signálů. Toto zařízení má mnoho vstupů, pomocí kterých zapisuje posloupnost logických stavů připojených vstupů.



Obrázek 13: Logický analyzátor se čtyřmi signály

Význam jednotlivých ovládacích prvků:

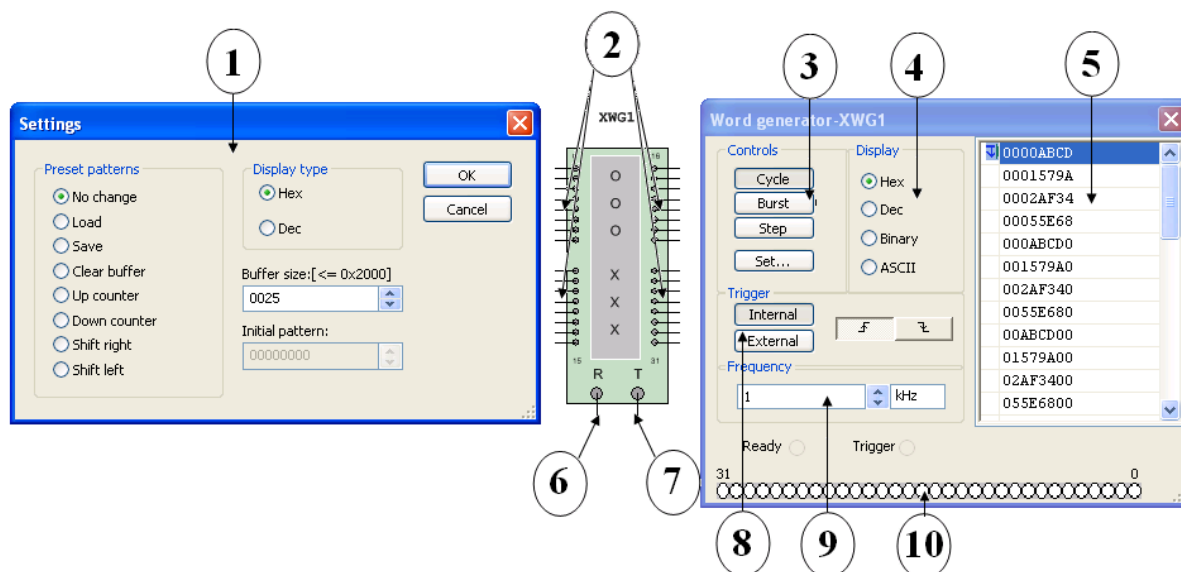
- | | |
|---|--|
| 1. vstupy šestnácti kanálů | 9. kurzory |
| 2. vnější hodinový vstup | 10. nastavení hodinového vstupu |
| 3. filtrace hodinového vstupu | 11. volba počtu zobrazených period hodinového signálu na dílek (měřítko pro osu X) |
| 4. filtrace spouštění | 12. indikace řídicích signálů |
| 5. indikace připojených kanálů, označený je připojený kanál | 13. nastavení možností spouštění |
| 6. zastavení simulace | 14. zobrazení průběhů signálů v připojených kanálech |
| 7. vymazání průběhu | 15. časová základna |
| 8. časové údaje dle polohy kurzorů | |

Vše je zaznamenáváno do přehledného časového záznamu, který nám umožňuje rychlé sledování logických stavů společně s jejich analýzou v čase. Časový záznam je podobný záznamu na osciloskopu. Logický analyzátor se uplatňuje především při návrzích a diagnostice složitých digitálních obvodů. Přístroj má k dispozici šestnáct nezávislých vstupů neboli kanálů. Jednotlivé vstupy lze barevně odlišit pro vyšší přehlednost. Okno s průběhy digitálních signálů, které zaznamenal logický analyzátor, se rozvine po dvojkliku na ikonu logického analyzátoru na pracovní ploše simulačního programu.

2.2.3 GENERÁTOR SLOV

Při realizaci a testování číslicových obvodů se velmi často setkáváme s potřebou vytvořit kombinace vstupních signálů. [1] Bylo by samozřejmě možné generovat signály přepínači, ale to je velmi zdlouhavé a při větším množství bitů a datových slov velice nepraktické. Přístroj generátor slov (Word generátor) nám v tomto případě může dobře posloužit a práci ulehčit a urychlit. Jedná se o přístroj, který je schopen vygenerovat slovo v hexadecimální soustavě v rozsahu 00000000 až FFFFFFFF, (0 až 4294967295 v desítkové soustavě), ale co je nejdůležitější, dokáže toto číslo převést do binární podoby, a tím umožňuje generovat datová slova o maximálně třiceti dvou bitech.

Generování slov může probíhat ve třech režimech. První režim je režim cyklický, který zajišťuje nepřetržitý tok připravených datových slov. Tento režim je vhodný pro sledování dynamických charakteristik číselných obvodů. Pro spuštění tohoto režimu je potřeba zmačknout tlačítko CYCLE. Druhým režimem je řádkové generování, tento režim je vhodný pro jednorázové generování slov, generátor vyše pouze předem připravenou sekvenci datových slov a provede zastavení simulace. Režim řádkové generování spustíme kliknutím na tlačítko BURST. Třetím režimem je krokování. Jak už název napovídá, jsou datová slova posílána v jednotlivých krocích, který si určujeme kliknutím na tlačítko STEP. Generátor datových slov v tomto režimu pošle datové slovo a simulace automaticky čeká, dokud nepošleme další slovo, což je vhodné pro sledování, zda všude v obvodě nastal stav, který určuje dané datové slovo.



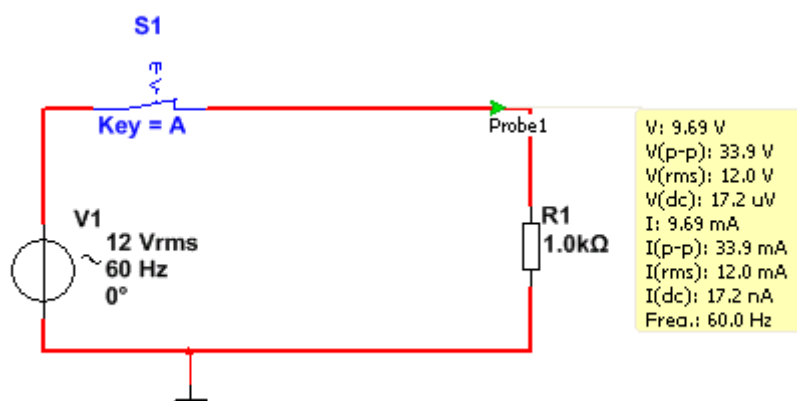
Obrázek 14: Generátor datových slov [1]

Popis a význam jednotlivých ovládacích prvků:

1. okno nastavení (možnost uložení nebo načtení slov ze souboru, usnadnění tvorby slov)
2. výstupy generátoru datových slov (celkem 32 výstupů)
3. tlačítka způsobu generování slov
4. režim zobrazení číselné soustavy datových slov
5. zobrazení a zadání datových slov
6. čtení dat
7. připojení vnějšího zdroje spouštění (synchronizace)
8. nastavení spouštění
9. nastavení taktovacího kmitočtu
10. indikátor výstupního signálu

2.2.4 MĚŘÍCÍ SONDA

Při návrhu nebo při testování elektrického obvodu potřebujeme mít často přehled o určitých hodnotách v konkrétních bodech obvodu. Řešení zapojováním různých přístrojů je možné, ale mnohdy nepraktické nebo nepřehledné. Simulační program Multisim nabízí velmi dobré řešení, a tím je měřicí sonda (Measurement probe), což je jednoduchý virtuální měřicí nástroj, který nám dovolí měřit veličiny kdekoliv v elektronickém obvodu. Můžeme měřit různé hodnoty napětí, proudu nebo frekvencí. [1]



Obrázek 15: Použití měřicí sondy

Význam jednotlivých řádků ve žlutém čtverečku:

- V – okamžitá hodnota napětí
- V(p-p) – napětí „špička-špička“
- V(rms) – efektivní hodnota napětí
- V(dc) – stejnosměrná složka napětí
- I – okamžitá hodnota proudu
- I(p-p) – proud „špička-špička“
- I(rms) – efektivní hodnota proudu
- I(dc) – stejnosměrná složka proudu
- Freq. – frekvence signálu

Použití měřicí sondy je velmi snadné, stačí ji jen vložit do obvodu na požadované místo a provést nastavení. Dvojklikem na vloženou sondu zobrazíme nabídku „PROBE PROPERTIES“ a zde si můžeme změnit parametry zobrazení. Kromě nastavení barvy, fontu a velikosti informačního okna sondy můžeme nastavit také v záložce „Parameters“ zobrazení veličiny, formát této veličiny nebo její maximum či minimum. Při práci se simulačním programem se často ocení možnost zjistit aktuální hodnotu v dané části obvodu. Konkrétní použití měřicí sondy je např. při kontrole obvodu, v kterém jsou nastaveny funkce simulačního programu chyby součástí.

2.2.5 VYUŽITÍ PRŮVODCŮ ELEKTRONICKÝCH OBVODŮ

Simulační program NI Multisim disponuje velkým množstvím zajímavých funkcí, jednou z nich je průvodce návrhem elektronických obvodů (Circuit Wizards). Tímto způsobem je možné v programu Multisim navrhnout čtyři druhy elektronických obvodů, které je pak možné okamžitě vložit na pracovní plochu simulačního programu. Obvod je plně sestaven programem na základě našeho výběru obvodu z nabídky a námi nastavenými parametry.

[12]

Připravená nabídka obsahuje obvody s časovačem 555 (555 Timer Wizard), který má další možnosti nastavení typů, lze nastavit typ monostabilní chod (Monostable operation) a astabilní fungování (Astable operation). Součástka 555 se skládá z dvou komparátorů a jednoho klopného obvodu, její původní navrzení bylo pro časovací účely, ale její univerzálnost lze využít i v jiných aplikacích, jako například generátory zvuků, převodníky, měřiče kmitočtů, a jiné.

Další průvodce, kterého je možno využít, je průvodce sestavení filtru signálu (Filter Wizard). Opět jako v předchozím průvodci má více možností nastavení návrhu tohoto filtračního členu, a to dolní propust (Low pass filter), horní propust (High pass filter) a pásmovou propust (Band pass filter), čtvrtou možností je pásmová zádrž (Band reject filter).

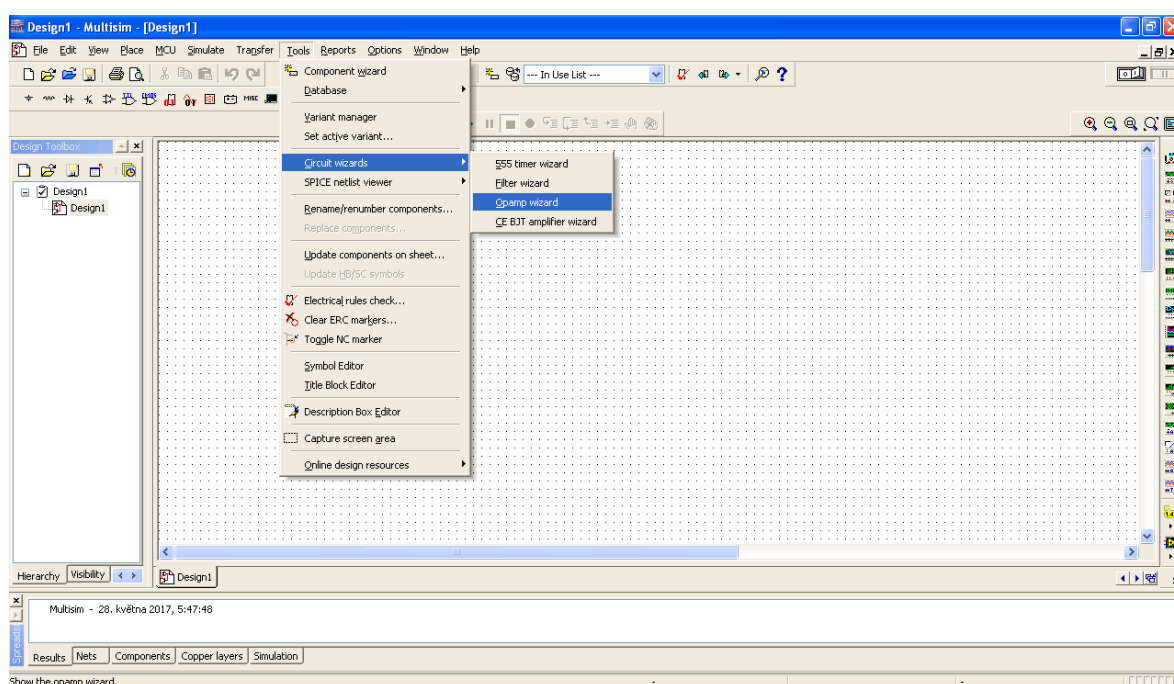
Třetí možností, kterou můžeme využít, je průvodce pro tvorbu obvodů s operačním zesilovačem (Op-Amp Wizard). Tento průvodce nám nabízí obvody s operačním zesilovačem v šesti zapojeních. Jedná se o možnosti zapojení jako zesilovač invertující signál (Inverting amplifier), nebo jako signál neinvertující zesilovač (Non-inverting amplifier). Dále je možnost vytvořit obvod, který bude rozdílovým zesilovačem (Difference amplifier). Další možností zapojení operačního zesilovače, kterou nám nabízí tento průvodce, je součtový zesilovač. A to ve formě invertující (Summing amplifier inverting) či ve formě neinvertující (Summing amplifier non-inverting). Poslední možností zapojení operačního zesilovače, kterou nabízí tento průvodce je váhová sčítačka (Scaling adder). Funkce vytvoření obvodu se zapojeným operačním zesilovačem bude rozebrána podrobněji, protože se jedná o vhodnou funkci pro výuku.

Čtvrtým druhem elektronického obvodu, který za nás vytvoří simulační program, je sestavení obvodu tranzistorového zesilovače s bipolárním tranzistorem v zapojení se společným emitorem (CE BJT Amplifier Wizard). Průvodce vytvoří obvod dle parametrů zadaných uživatelem.

Všechny ze čtyř průvodců umožňují sestavení celé řady zapojení s dosažením přesných předem definovaných parametrů. Vytvořené obvody mohou být samozřejmě použity jako součást větších obvodů připravovaných uživatelem, ať už připojených přímo anebo jako subobvod. Pro výuku mají velký přínos jako pomůcka pro pochopení funkce jednotlivých obvodů a některých zákonitostí v zapojování těchto obvodů.

Nyní se můžeme pustit do práce. Průvodce si vybereme pomocí nabídky na horní liště záložek. Postup je následující Tools → Circuit Wizards a výběrem požadovaného typu obvodu v rozbalené nabídce. Po kliknutí na vybraný obvod se nám zobrazí okno s nastavením daného typu obvodu.

Vhodnou možností pro výuku je například zvolení průvodce sestavení obvodu s operačním zesilovačem (Op-Amp Wizard). Otevřené okno s průvodcem nastavení nám umožňuje vybrat a nastavit mnoho parametrů, jako je typ obvodu, který chceme sestavit, nebo nastavit hodnotu zesílení obvodu, případně parametry jednotlivých odporů a vstupního zdroje.

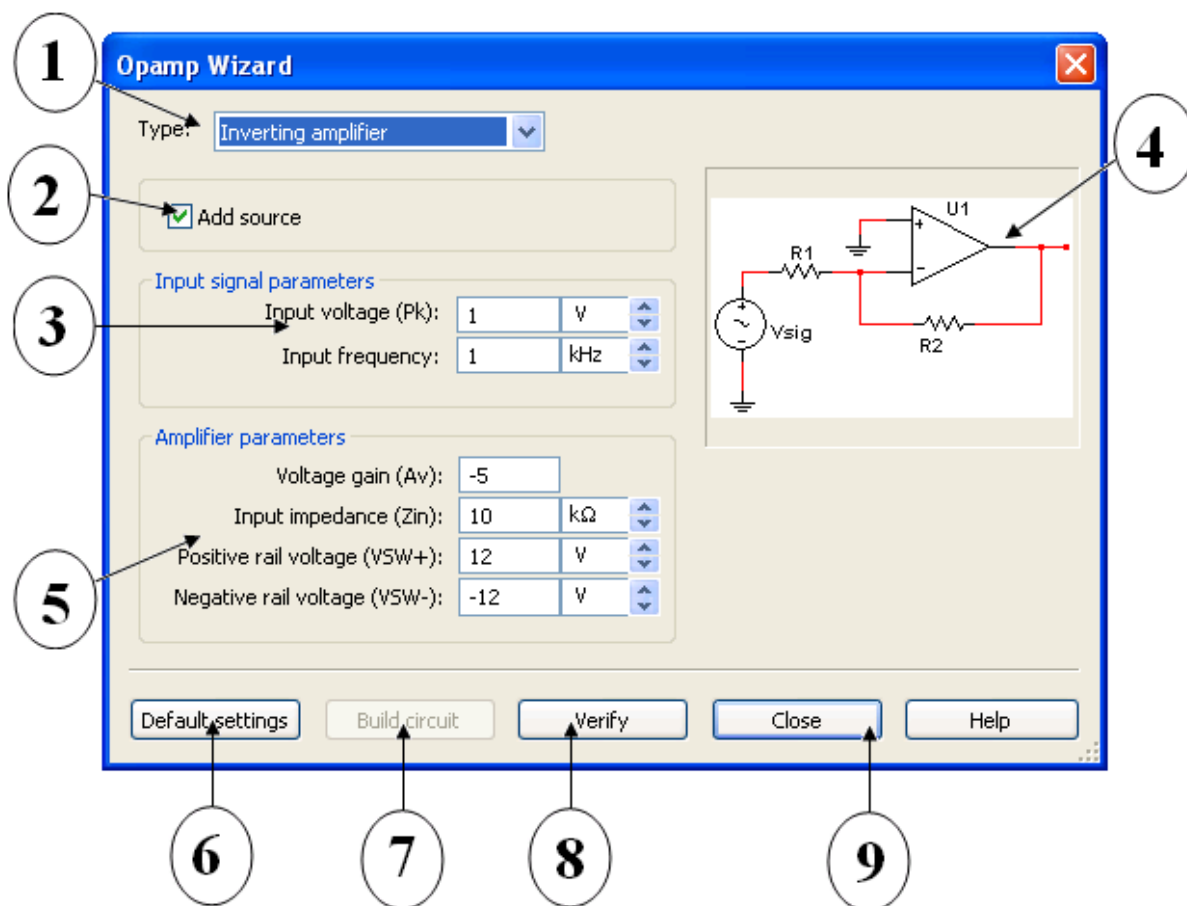


Obrázek 16: Výběr pomocníka tvorby obvodů

Na obrázku č. 17 rozbaleného okna jsou označeny jednotlivé prvky nastavení budoucího pomocníkem vytvořeného obvodu se zapojeným operačním zesilovačem.

Horní rozbalující se seznam nám nabízí jednotlivá zapojení. Na výběr máme invertující zapojení operačního zesilovače (Inverting Amplifier) a neinvertující zapojení (Non-Inverting Amplifier), což jsou zapojení, které vstupní signál pouze zesilují. Dále si můžeme vybrat zapojení rozdílového zesilovače (Difference Amplifier), jak již název napovídá, jedná se o zesílení rozdílu dvou vstupních signálů. Součtový zesilovač, který je dále v nabídce, je ve formě invertující zapojení (Summing Amplifier Inv.) a ve formě neinvertující zapojení (Summing Amplifier Non-Inv.). Tyto zapojení umožňují součet

vstupních signálů a jejich zesílení. Šestou možností na výběr je součtové invertující zapojení s možností nastavení váhy jednotlivých vstupů (Scaling Adder), toto zapojení při sčítání jednotlivých signálů přihlíží k tomu, na který vstup je signál přiveden.



Obrázek 17: Rozbalené okno Opamp Wizard

Popis a význam jednotlivých částí okna pomocníka:

- | | |
|--|---|
| 1. rozevírací seznam – možnost volby typu zapojení | 6. tlačítko změny parametrů na výchozí nastavení |
| 2. volba, zda chceme při vytvoření obvodu rovnou dodat i zdroj signálu | 7. vytvoření obvodu – je možné na něj kliknout až po provedení kontroly parametrů |
| 3. nastavení parametrů vstupního signálu | 8. po kliknutí se provede kontrola parametrů obvodu |
| 4. schematické zobrazení obvodu | 9. tlačítko pro zavření bez vytvoření obvodu a tlačítko pro nápovědu |
| 5. parametry operačního zesilovače | |

Zvolený obvod může mít zdroj vstupního signálu, tuto možnost zvolíme zaškrtnutím možnosti „Add source“, a pak můžeme v části „Input signal parameters“ nastavit

parametry tohoto vstupního signálu. Máme možnost měnit napětí a frekvenci signálu. Parametry operačního zesilovače měníme v části „Amplifier parameters“. Důležitým parametrem je velikost zesílení, vstupní odpor, symetrické napájení, a v dalších typech zapojení s operačním zesilovačem to jsou jednotlivé váhy odporů, či určit počet vstupních signálů. Vstupním signálem je střídavý zdroj napětí, který nemusí být do obvodu zapojen, obvod může být vygenerován bez připojeného vstupního signálu, tuto možnost využijeme v případě potřeby vložení odvodu s operačním zesilovačem do již vybudovaného obvodu, nebo pokud vytváříme hierarchický blok v rozsáhlejší obvodu.

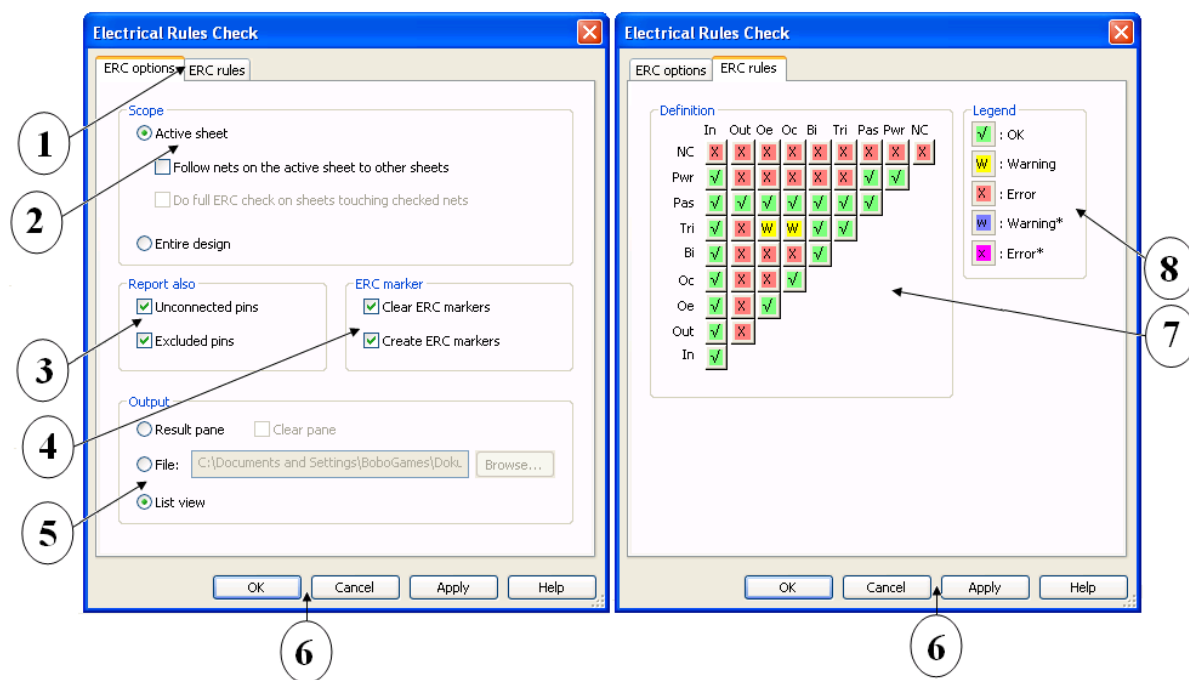
Použití a možnosti nastavení je ukázáno v ozvučené animaci umístěné na přiloženém optickém nosiči. V animaci provedeme vytvoření dvou obvodů se zapojeným operačním zesilovačem s dvojnásobným zesílením s tím, že jeden bude zapojen ve formě invertující a druhý ve formě neinvertující. Pro otestování výstupního signálu použijeme 2kanalový osciloskop, který pro přehlednost zobrazí jednotlivé zesílené signály s rozlišenými barvami na jednu obrazovku. Signál bude vytvářet jeden zdroj střídavého napětí s frekvencí 100 Hz a velikostí napětí jeden volt.

2.2.6 KONTROLA ZAPOJENÉHO OBVODU

Chybně zapojené piny vstupů a výstupů součástek můžeme zkontrolovat pomocí funkce kontrola zapojeného obvodu (Electrical Rules Check). Dle [12] tato funkce simulačního programu zkontroluje zapojený obvod a označí místa, kde se vyskytuje chyba propojení jednotlivých pinů. Chyby, které program označuje, jsou předem definované, ale uživatel má možnost toto předem dané schéma kontroly upravit dle svých potřeb.

Funkci kontrola zapojeného obvodu spustíme pomocí tlačítka „Electrical Rules Checking“ na panelu simulace, ale pokud tento panel nemáme zobrazen, tak tuto funkci najdeme v záložce „Tools → Electrical Rules Check...“. Kliknutím levého tlačítka myši spustíme okno s nastavením této funkce.

Spuštěné okno funkce „Electrical Rules Check“ má dvě záložky na horní liště, a to „ERC Options“ a „ERC Rules“, kde můžeme nastavit parametry kontroly.



Obrázek 18: Electrical Rules Check

Význam a popis jednotlivých částí okna s nastavením funkce kontroly zapojení:

1. horní záložky
2. volby místa, kde se bude provádět kontrola
3. možnost hlásit také nepřipojené nebo vyloučené piny
4. volby vytváření značek ve schématu obvodu
5. jakým způsobem bude zobrazen výstup z kontroly
6. ovládací tlačítka
7. matice pravidel
8. legenda významů ikon

Záložka „ERC Options“ nám nabízí volbu možností kontroly touto funkcí. Část okna nazvaný „Scope“ nám dává možnost zvolit, v jakém rozsahu bude prováděna kontrola. První možností je kontrola celého otevřeného souboru, kontrolují se všechny listy včetně subobvodů a hierarchických bloků. Druhou možností je kontrola pouze pracovní plochy, kde jsou ještě dvě možnosti na výběr, první sledovat propojení na jinou pracovní plochu, a druhá je provést kontrolu i na této propojené ploše. Tyto dvě rozšiřující možnosti vybereme zaškrtnutím příslušného čtverečku.

Část označená „Report Also“ nám poskytne pomocí zaškrťovacích čtverečků nastavit označení nezapojených vývodů součástky „Unconnected Pins“ a vývodů, které jsou předem v nastavení součástky vyjmuty z kontroly „Excluded Pins“. Vyjmutí vývodu

součástky z kontroly si můžeme zvolit v nastavení dané součástky v záložce „Pins“ tím, že zde vybereme položku „Exclude“ ve sloupci „ERC Status“.

Dostáváme se k části „ERC Marker“, kde jsou dvě zaškrtačovací tlačítka. Tyto tlačítka nám slouží k nastavení označení chyb v našem schématu, možnost „Create ERC Markers“, pro přehlednost je dobré program nechat smazat předchozí označení chyb, provedeme označením možnosti „Clear ERC Markers“. Smazání chybových značek můžeme také kdykoliv provést ručně pomocí položky v horní záložce „Tools→ Clear ERC Markers...“.

Poslední část s názvem „Output“ nám předkládá možnost volby zobrazení hlášení o chybách. K výběru jsou tři možnosti zobrazení, zobrazení ve výsledkové tabulce „Result Pane“, zde je ještě možnost smazání předchozích hlášení „Clear Pane“, zobrazením zápisem do souboru tlačítko „File“ a zobrazením v okně se seznamem chyb „List view“.

Funkce kontrola chyb zapojení se spustí po nastavení parametrů kliknutím na tlačítko „OK“. Tlačítkem „Cancel“ zavřeme okno funkce kontroly chyb bez provedení kontroly. Tlačítko „Apply“ slouží k uložení nastavených změn v tomto okně. Tlačítko „Help“ slouží k vyvolání nápovědy programu Multisim.

Záložka „ERC Rules“ nám slouží k nastavení chyb, které budeme chtít kontrolovat, a pokud se chyba objeví, tak jakým způsobem se bude hlásit. Celá matice funguje jako pole tlačítek a opakovaným klikáním na jedno z políček měníme barvu, která odpovídá barvám v legendě, a tím přepínáme mezi možnostmi zde uvedenými. Spojení dvou vývodů, jemuž odpovídá políčko, zjistíme ze zkratk uvedených v popisu řádků a sloupců. Pokud bychom chtěli například hlásit chybu spojení dvou vývodů, klikáme na políčko v matici pod sloupcem „Out“ a řádkem „Out“. Chyby zapojení, které se mají, případně nemají kontrolovat, nastavíme tímto způsobem, jednoduše vytvoříme trojúhelníkovou matici, kde jsou uloženy pravidla kontroly chyb zapojení, na obrázku č. 18 je ukázána popisovaná situace s maticí pravidel.

Práci s funkcí kontrola zapojení obvodu si ukážeme v ozvučené animaci, která je dostupná na přiloženém optickém nosiči. V animaci provedeme kontrolu zapojení číslicového obvodu, který si sestavíme pro ukázkou z několika logických členů. Signál, který bude postupně měnit jednotlivé vstupy z nuly na jedničku, bude přiváděn z generátoru datových slov. Odzkoušení této funkce provedeme tak, že spojíme dva vývody logických

členů a necháme vývod logické sondy nezapojen. Provedeme ukázkou odstranění označené chyby ve schématu. Hlášení o chybě spojení dvou vývodů a varování o nezapojeném vývodu součástky se nám zobrazí v samostatném okně. Při druhém spuštění kontroly nastavíme pravidlo tak, aby funkce kontroly zapojení ignorovala spojení dvou vývodů. Při tomto nastavení by simulační program neměl tuto chybu označit.

Pin Type	Pin Type from Multisim Component Editor	ERC Symbol
INPUT	Input, 74LS Input, 74S Input, 74 STD Input, CMOS Input, Schmitt Trigger, ECL Input.	In
OUTPUT	Output, Active Driver, 74LS Active Driver, 74S Active Driver, 74STD Active Driver, CMOS Active Driver.	Out
OPEN COLLECTOR	Open Collector, 74S Open Collector, 74STD Open Collector, CMOS Open Collector, 74LS Open Collector.	Oc
OPEN EMITTER	ECL Output.	Oe
BIDIRECTIONAL	Bi-directional, 74LS Bi-directional, 74S Bi-directional, 74STD Bi-directional, CMOS Bi-directional.	Bi
3-STATE	3-state, 74LS 3-state, 74S 3-state, 74STD 3-state, Bi-directional-3st, CMOS 3-State.	Tri
PASSIVE	Passive	Pas
POWER	Power, Vcc, Vdd, Vee, Vpp	Pwr
GND	Gnd, Vss	Pwr
NC	NC (no connection)	NC

Jednotlivé zkratky jsou vysvětlené v tabulce, která byla převzata z nápovědy simulačního programu Multisim.

2.2.7 VYUŽITÍ HIERARCHICKÉHO BLOKU PŘI VÝUCE

Funkce nazvaná hierarchický blok (Hierarchical Block) nám dle [17] přináší zpřehlednění vytvářeného schématu zapojení elektronického obvodu. Jeho funkce je velmi podobná funkci subobvod (Subcircuit). Vložení tohoto bloku do schématu získáme především prostor, jelikož uvidíme pouze obdélník, který bude disponovat piny, na kterých budeme moci propojovat náš obvod s obvodem uvnitř bloku.

Použití hierarchického bloku ve výuce je velmi výhodné, jelikož se každý hierarchický blok ukládá do svého samostatného souboru. Další výhodou je také fakt, že můžeme upravovat soubor s obvodem hierarchického bloku nezávisle na vytvářeném obvodu. Nezávislost souboru s hierarchickým blokem učiteli umožňuje připravit si části obvodů, které si studenti vloží do svých schémat. Hierarchický blok může být vyučujícím sestaven jako podpůrný obvod, který bude mít student k dispozici. Připravený obvod si žáci otevřou jako hierarchický blok a využijí jej k dokončení zadaného úkolu. Tento způsob vede k zjednodušení úlohy, anebo je tímto způsobem možné přizpůsobit vytvářený obvod probírané látce, zejména pokud se výklad vztahuje pouze k určité části zapojovaného obvodu.

Možnou oblastí pro využití hierarchického bloku může být projektová výuka [6], kdy se složitý obvod rozdělí do několika menších projektů. Každá skupina žáků pak vypracuje svou část. Žáci jsou nuceni spolupracovat a řešit vzniklé problémy spolu, případně konzultují s vyučujícím, případně mohou řešení hledat i mimo školní počítačovou učebnu.

Práce s hierarchickým blokem nám nabízí tři možnosti vytvoření tohoto bloku. Můžeme vytvořit nový hierarchický blok, nahradit část již vytvořeného bloku obvodu hierarchickým blokem nebo otevřít připravený hierarchický blok ze souboru.

Hierarchický blok musí komunikovat se svým okolím, aby to bylo možné, je nutné pracovat s konektory. Pro základní účely použijeme „HB/SC Connector“. Nepřítomnost konektorů u hierarchického bloku by po vložení na pracovní plochu znamenal nemožnost tento blok připojit, jelikož by neobsahoval žádné vývody. Pokud se nám taková věc stane, tak není nic snazšího, než soubor editovat a konektory doplnit.

Vytvoření nového hierarchického bloku

Chceme-li do našeho připravovaného obvodu vložit nový hierarchický blok, tak máme několik možností jak postupovat. Ozvučená animace, která je dostupná na přiloženém optickém mediu, nám ukazuje jednu z možností. Abychom vytvořili nový hierarchický blok, tak musíme kliknout pravým tlačítkem myši na prázdné místo pracovní plochy a v zobrazené místní nabídce musíme zvolit položku „Place on Schematic“ a v další zobrazené nabídce musíme zvolit položku „New Hierarchical Block...“. Hierarchický blok můžeme také vložit pomocí záložky „Place“ v hlavní nabídce na horní liště.

Zvolením možnosti „New Hierarchical Block...“ se nám otevřelo okno „Hierarchical Block Properties“, což je okno se základními nastaveními našeho nového bloku. V tomto okně zadáme název a místo uložení nového souboru s hierarchickým blokem. Důležité nastavení je také počet vstupních a výstupních pinů, zde zvolíme předpokládaný počet. Pokud bychom později zjistili nedostatek vstupů nebo výstupů, lze kdykoliv tento počet upravit vložením dalších konektorů. Tlačítko „Cancel“ slouží k uzavření okna a zrušení operace vytváření hierarchického bloku.

Zadáním potřebných údajů a klepnutím na tlačítko „OK“ vytvoříme hierarchický blok, který umístíme na pracovní plochu na požadované místo. Umístění potvrdíme levým tlačítkem myši. Pokud bychom zjistil, že připravený blok nevyhovuje, tak kliknutím pravého tlačítka myši lze vkládání zrušit.

Vytvořený hierarchický blok je umístěn na pracovní ploše, a abychom ho mohli používat, tak musíme do tohoto bloku vložit nějak obvod. Ke vkládání a editaci klikneme na název příslušného hierarchického bloku v části okna „Design Toolbox“ v záložce „Hierarchy“. S otevřenou pracovní plochou hierarchického bloku pracujeme stejně jako s hlavní plochou vytvářeného schématu. Úpravy hierarchického bloku lze také provést otevřením souboru, který se při vytvoření uložil a pracovat s ním jako s jakýmkoliv jiným schématem.

Velmi důležitou součástí hierarchického bloku jsou jeho vstupy a výstupy, a proto je důležité správně pracovat s konektory „Connectors“, pomocí kterých určujeme způsob komunikace tohoto bloku s ostatními součástmi navrhovaného schématu. Konektory již máme vložené od vytvoření hierarchického bloku, nebo si je musíme vložit kliknutím pravým tlačítkem myši do prázdného místa na pracovní ploše editovaného hierarchického bloku a v rozevřené nabídce zvolit položku „Place on Schematic → HB/SC Connector“. S vloženými konektory pracujeme jako s jakoukoliv jinou komponentou, takže si zvolíme její umístění a její název.

Rozložení pinu na vytvořeném hierarchickém bloku nemusí vždy vyhovovat zapojení, proto máme možnost změnit místo vyvedení tohoto pinu. Na hlavní pracovní ploše klikneme pravým tlačítkem myši na hierarchický blok a v nabídce vybereme položku „Edit symbol/title block“, kde můžeme tyto úpravy rozložení vývodů provést. Provádí se velice jednoduše a to klasickým zachycením kliknutím a držením levého tlačítka myši a přesunutí

na požadované místo. Také lze přesouvat názvy pinů a lze měnit velikost zobrazovaného obdélníku, který představuje hierarchický blok.

Ozvučená animace ukazuje nově vytvořený hierarchický blok, do kterého byly vloženy dva operační zesilovače, přičemž jeden je zapojen tak, aby vstupní signál pouze invertoval, a druhý je zapojen tak, aby vstupní signál zdvojnásobil. Hierarchický blok má jeden vstup připravený na zdroj signálu a dva výstupy připojené na osciloskop, kde budeme kontrolovat správnost výsledného signálu. Ukážeme si také možnosti posunutí konektorů na schématu a možnost přejmenování těchto konektorů.

Nahrazení zapojeného obvodu hierarchickým blokem

Funkci nahrazení části obvodu hierarchickým blokem provedeme na příkladu číslicového obvodu sestaveného pro ukázkou této funkce. Tuto funkci můžeme použít například v případě, kdy pro řešení několika konkrétních úloh potřebujeme stejnou část obvodu. Není nic snazšího než si tuto část uložit jako hierarchický blok. Při vytvoření hierarchického bloku tímto způsobem nejsme dotazováni na počet vstupů a výstupů, jelikož počet pinů určí simulační program sám podle počtu spojů, které vedou mimo označenou oblast, jež nahrazujeme. Možnost úpravy množství pinů zůstává a je úplně stejná, jako když hierarchický blok vytváříme. Ozvučená animace ukazuje, jak se nahradí část obvodu hierarchickým blokem.

Otevření souboru s obvodem jako hierarchický blok

Třetí možností využití funkce hierarchického bloku je otevření souboru jako hierarchický blok. Využití je zřejmé, vyučující vytvoří obvod nebo jeho část, a žák si tento obvod otevře jako hierarchický blok, a už tam jen připojí potřebné zařízení a přístroje. Ušetřený čas je pak využit na vysvětlení konkrétní problematiky, která přímo nesouvisí s obvodem, který učitel dal k dispozici žákům. Nebo další možnost žáci při práci, kdy se opakuje nějaké zapojení, si tuto část obvodu uloží a mohou řešit problémy a neztrácet čas s opakujícím se zapojením.

Ozvučená animace nám ukazuje, jak je možné pracovat s touto funkcí. Pro ukázkou vybereme příklad digitálního obvodu, který již máme sestavený z minulé podkapitoly. Tento obvod je již ukládán jako hierarchický blok, takže již obsahuje jednotlivé konektory, ale pokud bychom chtěli vkládat schéma obvodu, kde žádné konektory nemáme, tak

bychom museli tyto konektory doplnit. Opět máme více možností jak to udělat, můžeme ze schématu zapojení, který jsme si normálně otevřeli, odstranit přístroje a indikátory, a následně doplnit konektory a uložit. Tento postup nám zajistí, že po otevření souboru bude hierarchický blok vybaven potřebnými vývody. Nebo máme možnost vložit celý obvod jako hierarchický blok, a pak ho následně upravovat a doplňovat o konektory. V tomto případě vložíme blok bez jednotlivých vstupů a výstupů, a budeme je muset doplnit. V prvním případě máme možnost schéma zapojení uložit pod námi zvoleným názvem, ale v druhém případě jsou změny ukládány do otevřeného souboru.

2.3 FUNKCE SIMULAČNÍHO PROGRAMU VHODNÉ K PROHLoubENÍ VÝUKY

2.3.1 TVORBA CHYB SOUČÁSTEK

Další vhodnou funkcí pro výuku simulačního programu Multisim je možnost nastavování jednotlivým součástkám chyby, které by se mohly objevit v obvodě při reálném provozu. Vyučující může přednastavením chyb ověřit znalosti studenta. Chyby je možné generovat automaticky v celém obvodu nebo jednotlivě nastavit u každé součástky. Všechna tato nastavení se uloží do souboru s obvodem, takže není problém si soubor připravit předem, a při výuce jen nechat studenta, aby se snažil pomocí vhodných metod dopátrat, kde by mohla být chyba.

Po identifikaci chybné součástky a specifikaci její chyby studentem, může vyučující chybu zobrazit a vyzvat vybraného žáka, aby ukázal postup, jakým na chybu přišel. Tento postup může vyučující okamžitě komentovat a případné nepřesnosti nebo chybné předpoklady či postupy uvést na pravou míru. Vyučující může vysvětlit správný postup, jak se dopátrat chyby. [15]

Automatické vygenerování chyb můžeme nastavit v okně „Auto Fault“, které otevřeme pomocí položky v seznamu záložky „Simulate → Automatic Fault Option...“. V otevřeném okně máme k dispozici tři druhy možných chyb. Chybu odpojení vývodu součástky od vodiče „Open“, zkrat „Short“ a propustnost „Leak“, u této chyby je nutné specifikovat velikost odporu. Pro vygenerování chyb nám stačí zadat počet jednotlivých druhů chyb a po kliknutí na tlačítko „OK“ se automaticky vygenerují. Chceme-li generovat chyby úplně náhodně, nastavíme počet chyb u položky „Any“, program sám náhodně vybere jaký druh a u které součástky se chyba objeví.

Chyby jednotlivých součástek je možné zadat v nastavení součástky, která je již umístěna na pracovní ploše, a to v záložce „Fault“. Nastavení opět disponuje třemi druhy chyb. Můžeme nastavit chybu odpojení vývodu součástky od vodiče „Open“, zkrat „Short“ a propustnost „Leak“, u které je nutné specifikovat velikost odporu.

Aby nebylo možné si jednoduše zjistit výskyt chyby v nastavení součástky, případně jakou chybu obsahuje, program Multisim obsahuje možnost skrýt či uzamknout některá nastavení a funkce. Skrytí a uzamčení některých funkcí lze provést v okně „Circuit restrictions“, které otevřeme pomocí položky v záložce „Options → Circuit Restrictions“. V záložce „General“ tohoto okna lze nastavit skrytí chyb součástek „Hide component faults“, skrytí hodnot součástek „Hide component values“ nebo je tu možnost uzamčení subobvodů „Lock subcircuits“ či deaktivovat panel přístrojů „Disable Instruments toolbar“ nebo je možné zakázat úpravu obvodu „Schematic read-only“, takový obvod je pouze pro použití tak jak je sestaven, nelze v něm změnit žádnou komponentu. Kromě těchto všech nastavení máme také možnost zakázat jednotlivé analýzy obvodu v záložce „Analysis“.

Změnu nastavení tohoto omezení neoprávněnou osobou je možné zamezit nastavením přístupového hesla pro toto okno, které se ukládá společně s obvodem do stejného souboru a je tedy přenosné. Zamčené funkce v souboru nebudou přístupné ani v jiném počítači.

Využití této funkce ve výuce je zřejmé, připravený obvod, ať žákem nebo učitelem, vyučující vybaví chybami, které nejsou na schématu vidět, a student má za úkol pomocí měřících přístrojů a svých znalostí, případně literatury odhalit, kde by mohla být chyba a jakého typu. Po odstranění chyby obvod znovu funguje v rámci nastavených parametrů.

Animace, jež je na přiloženém optickém disku, nám předvede možnosti použití funkce tvorby chyb součástek. Používáme připravený obvod se zdrojem, třemi žárovkami a přepínačem, který zajistí rozsvícení jedné 24voltové žárovky nebo dvou žárovek 12voltových.

2.3.2 VYBRANÉ ANALÝZY OBVODŮ V PROGRAMU MULTISIM

Simulační program NI Multisim umožňuje mimo měření základních elektrických veličin v obvodu pomocí měřících přístrojů také vytvořeny obvod podrobit důkladné analýze. Pro tyto účely simulační program NI Multisim disponuje celou řadou různých analýz.

Každá analýza má několik specifických možností, které můžeme, někdy dokonce musíme, nastavit před započítím celé simulace. Jsou to hlavně základní parametry analýzy, jak se bude pracovat s proměnnými, která analýza se zvolí, její název, případně uživatelem definované hodnoty pro možnosti analýzy. Jednotlivé nastavení analýz se ukládá do souboru společně s vytvořeným obvodem.

Přehled některých analýz v simulačním programu Multisim

AC Analysis (Střídavá analýza)

DC Operation Point (Analýza stejnosměrného pracovního bodu)

DC Sweep (Rozmítaná stejnosměrná analýza)

Distortion Analysis (Analýza zkreslení)

Fourier Analysis (Fourierova spektrální analýza)

Noise Analysis (Šumová analýza)

Parameter Sweep (Parametrická analýza)

Sensitivity (Citlivostní analýza)

Temperature Sweep (Teplotní analýza)

Transient Analysis (Přechodová analýza)

Transfer Function (Analýza přechodové funkce)

Nejčastěji se setkáme s těmito čtyřmi analýzami. Jedná se o analýzu stejnosměrného pracovního bodu „DC Operation Point“, analýzu přechodovou „Transient Analysis“, parametrickou analýzu „Parameter Sweep“ a stejnosměrnou analýzu „DC Sweep“.

Pro zobrazení výsledků analýz budeme používat okno „Grapher View“.

Okno Grapher View – zobrazování grafů

Okno „Grapher View“ slouží nejen k zobrazování výsledků proběhlých analýz, ale také si můžeme pomocí této funkce zobrazit průběhy z obrazovky osciloskopu nebo logického analyzátoru, které se po skončení simulace uchovávají. Práce v tomto prostředí je jednoduchá a intuitivní. Získané hodnoty a grafy je možné vyexportovat například do Excelu pro další zpracování. Velmi užitečné úpravy lze provádět přímo v prostředí tohoto zobrazovače grafů.

Okno můžeme zobrazit klepnutím na tlačítko „View, Grapher → Analyses List“ v panelu simulace nebo pomocí záložky na horní liště „View→Grapher“.

Tento přehledný nástroj, jenž je také vhodné vřadit do výuky, dokáže vnést do problematiky nový pohled, jelikož grafické zobrazení je velkou pomůckou pro pochopení probírané látky.

Analýza stejnosměrného pracovního bodu

Tuto analýzu používáme ke stanovení stejnosměrného pracovního bodu elektronického obvodu. Při analýze stejnosměrného pracovního bodu jsou všechny střídavé zdroje považovány za nulové a předpokládáme ustálený stav v obvodu. Během této analýzy jsou všechny kapacitory nahrazeny rozpojením obvodu a induktory zkratem, jelikož se tyto součástky takto chovají ve stejnosměrném obvodu. Číslicové součástky v obvodu se považují za velké rezistence vůči zemi.

Výstupem této analýzy je tabulka uzlových stejnosměrných napětí v klidovém pracovním bodě, klidovém pracovním napětí, klidových proudů všech zdrojů a klidového příkonu obvodu. Součástí výsledku této analýzy může být výpis pracovních bodů všech nelineárních součástek v obvodu a parametry jejich linearizovaných modelů v klidovém pracovním bodě. [5]

Analýza stejnosměrného pracovního bodu je výchozí pro další analýzy a je spouštěna automaticky před začátkem konkrétní analýzy.

Analýzu stejnosměrného pracovního bodu spustíme výběrem položky „DC Operation Point...“ v nabídce na hlavní liště záložek „Simulate→Analyses“. Spustí se nám okno s možnostmi nastavení této analýzy. Práci s touto analýzou si předvedeme v jednoduchém obvodu s rezistory převzatého z [12].

Ozvučená animace nám ukazuje použití analýzy stejnosměrného pracovního bodu v jednoduchém obvodu. Výsledkem je tabulka, která nám zobrazuje hodnoty napětí v jednotlivých místech obvodu označených jmény spojů, tedy 1, 2 a 3, a také celkový proud protékající celým obvodem.

Přechodová analýza

Přechodová analýza „Transient Analysis“ počítá reakce obvodu v závislosti na čase, počítá reakce jako funkce času. Její hlavní využití je při analýze chování obvodu v přechodovém

stavu. Pro výpočet jsou důležitá data z předešlých kroků. V každém časovém okamžiku nejprve probíhá analýza stejnosměrného pracovního bodu a výsledky se použijí jako počáteční podmínky pro další výpočty. [5]

Konstantní hodnoty mají stejnosměrné zdroje, zdroje střídavé mají hodnoty závislé na čase. Kapacity nebo indukty jsou reprezentovány jejich energetickými modely. K výpočtu množství přenesené energie v každém časovém úseku je použita numerická integrace.

Počáteční podmínky lze nastavit, buď jsou uživatelem nastaveny na konkrétní hodnotu, nebo jsou zvoleny počáteční podmínky nulové. Lze například definovat počáteční a konečný čas simulace, lze specifikovat uzly, pro které mají být vidět výsledky. Velikost časového kroku lze nechat spočítat automaticky, přičemž je závislý na rychlosti reakcí obvodu.

Přechodovou analýzu spustíme pomocí záložky „Simulate“ na horní liště, kde vybereme možnost nabídky „Analyses“ a následně „Transient Analysis...“.

Práci s touto analýzou si předvedeme v obvodu s operačním zesilovačem LM324AD zapojeného dle obrázku, charakteristika bude provedena pro výstupní uzel. Schéma zapojení převzato z [5].

Parametrická analýza

Parametrická analýza „Parameter Sweep“ nám umožňuje analyzovat obvod při změně parametrů vybraných součástek. Lze měnit jeden nebo dva parametry. Tato analýza dává výstup, jako kdybychom opakovali simulaci v různých časech a se změnou parametru součástky. Hodnoty parametrů jsou závislé na nastavení počáteční a konečné hodnoty parametru a jeho přírůstku. V parametrické analýze máme na výběr jednu ze tří možných analýz, analýzu stejnosměrného pracovního bodu „DC Operation Point“, střídavou analýzu „AC Analysis“ nebo analýzu přechodovou „Transient Analysis“.

Výsledkem analýzy jsou křivky odpovídající změnám parametrům, a jejichž počet závisí na zvoleném typu průběhu změny parametru. Při zadání lineární změny parametru je počet křivek roven rozdílu mezi počáteční a konečnou hodnotou parametru děleného zadanou velikostí přírůstku. Mění-li se parametr po dekádách, počet křivek závisí na zadané počáteční a konečné hodnotě parametru, který je během analýzy měněn. [5]

Parametrickou analýzu spustíme v záložce „Simulate“ výběrem položky „Parameter Sweep...“ v možnosti „Analyses“.

Práci s touto analýzou si předvedeme na obvodu derivačního článku převzatého z [12]. Schéma zapojení tohoto obvodu je na obrázku č. 21.

Ozvučená animace nám ukazuje provedení parametrické analýzy vstupního a výstupního signálu v obvodu derivačního článku při změnách velikosti odporu součástky „R1“. Analýzu provedeme s nastavením přechodové analýzy „Transient Analysis“. Výsledkem analýzy je graf, v kterém jsou křivky jednotlivých přechodových analýz pro každé nastavení hodnoty odporu rezistoru.

Stejnoseměrná analýza

Stejnoseměrná analýza „DC Analysis“ nám umožňuje provést výpočet stejnoseměrného pracovního bodu při změně jednoho nebo dvou parametrů obvodu. Zpravidla to bývají napětí a proud zdrojů v obvodu, ale můžeme zvolit také třeba teplotu nebo parametry modelů součástek v obvodu. Stejnoseměrnou analýzu řadíme mezi opakované analýzy. Parametry této analýzy je nutné specifikovat před započítáním simulace. Tato analýza se nám hodí při vykreslování různých statických charakteristik, jako jsou například volt-ampérové charakteristiky. [5]

Analýzu spustíme v záložce simulace na horním panelu a výběrem položky „Analyses → DC Sweep...“. Práci s touto analýzou si předvedeme na obvodu s unipolárním tranzistorem, který byl převzat z [12].

Animace nám ukazuje přechodové charakteristiky unipolárního tranzistoru zobrazené pomocí stejnoseměrné analýzy. Výstupem přechodové charakteristiky je proud „id“, který je nutné přidat do nabídky proměnných „Variables in circuit“ před započítáním simulace. Musíme také nastavit rozsah napětí jednotlivých připojených zdrojů.

3 SADA PŘÍKLADŮ VHODNÝCH PRO VÝUKU:

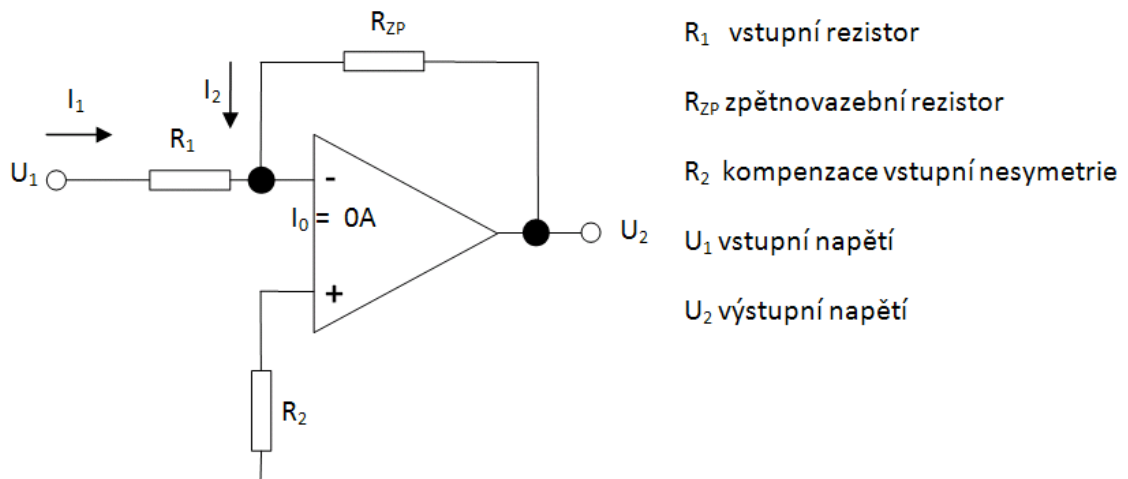
3.1 PŘÍKLAD 1:

Zadání úkolu

Navrhněte a zrealizujte invertující zapojení operačního zesilovače tak, aby napěťové zesílení operačního zesilovače bylo rovno třem. Realizujte pro hodnoty 1 V, 3 V a 5 V. Realizaci provedte v simulačním programu Multisim, za použití Opamp wizard. Funkci Opamp wizard hledejte v záložce Tools, pak klikněte na Circuit wizard. Průběh simulace zobrazte vhodnými prostředky programu Multisim. Výsledné hodnoty ověřte výpočtem.

Potřebný matematický aparát pro ověření naměřených hodnot výpočtem.

V následujících řádcích provedeme zjednodušené odvození rovnice pro celkové napěťové zesílení invertujícího zapojení s operačním zesilovačem. Pro lepší pochopení začneme schematickým náčrtem zapojení, kde si popíšeme jednotlivé součástky, naznačíme proudy a označíme vstupní a výstupní napětí.



Obrázek 19: Invertující zapojení operačního zesilovače

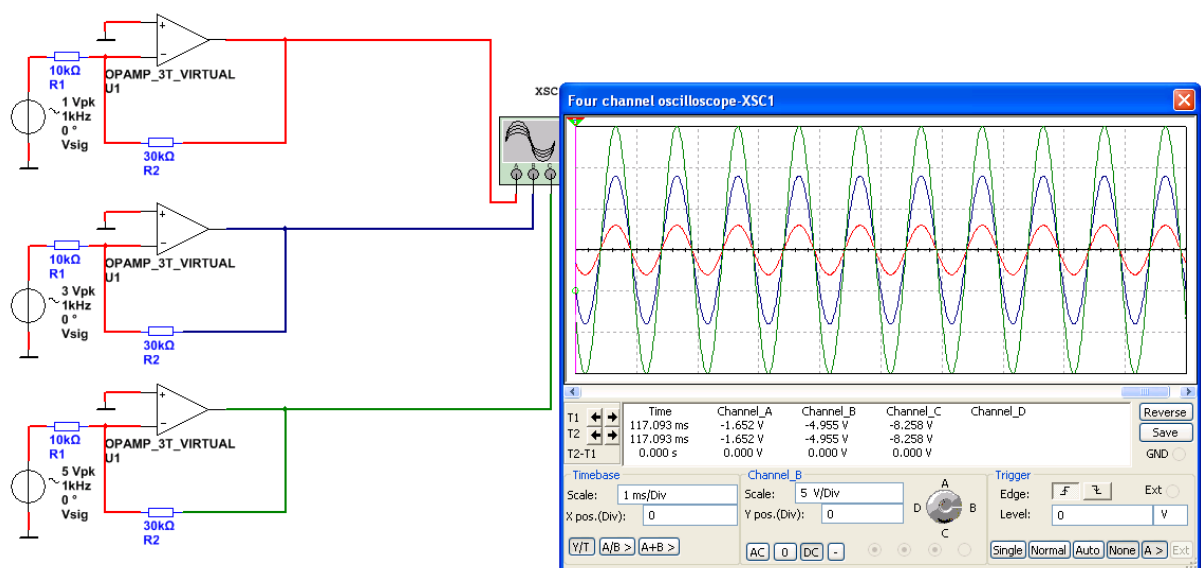
Na schématu na obrázku č. 19 jsou dobře vidět směry probíhajících proudů. Na základě těchto předpokladů můžeme sestavit rovnice pro napěťové zesílení operačního zesilovače. Důležitý je předpoklad, že vstup ideálního operačního zesilovače má nekonečný odpor a tudíž neodebírá žádný proud. V praxi není možné sestavit součástku s nekonečným odporem, ale operační zesilovače mají na vstupech velmi vysoké hodnoty odporu, tzv. impedanci, a tím se velmi přibližují k hodnotám ideálního operačního zesilovače.

$$\begin{aligned}
 I_1 + I_2 &= I_0 \\
 I_1 + I_2 &= 0 \\
 I_1 &= \frac{U_1}{R_1} \quad I_2 = \frac{U_2}{R_{ZP}} \\
 \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_{ZP}} &= 0 \Rightarrow \frac{U_1}{R_1} = -\frac{U_2}{R_{ZP}} \\
 A_U &= \frac{U_2}{U_1} = -\frac{R_{ZP}}{R_1}
 \end{aligned}$$

Obrázek č. 20 nám ukazuje zapojení a výsledek simulace. Výsledek byl zobrazen pomocí 4kanálového osciloskopu. Pro lepší orientaci byly jednotlivé signály rozlišeny barvami. Pro ověření výsledného stavu výpočtem využijeme poslední vztah. Zapojení je invertující, tudíž výsledné napětí má opačnou polaritu.

Řešení

Řešením tohoto úkolu je sestavení obvodu s operačními zesilovači a provedení simulace. Výsledek simulace je na obrázku č. 20.



Obrázek 20: Výsledek simulace s operačním zesilovačem

Celá simulace je zachycena na ozvučeném videu na přiloženém optickém nosiči.

3.2 PŘÍKLAD 2:

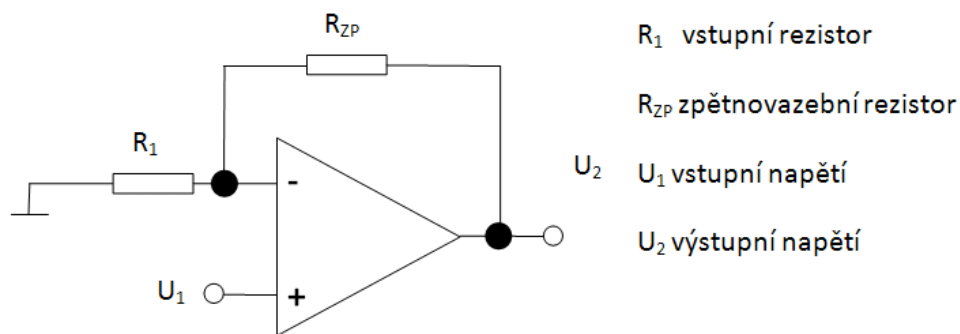
Zadání úkolu

Navrhněte a zrealizujte neinvertující zapojení operačního zesilovače tak, aby napěťové zesílení operačního zesilovače bylo rovno třem. Realizujte pro hodnoty 1 V, 3 V a 5 V. Realizaci proveďte v simulačním programu Multisim za použití Opamp wizard. Funkci

Opamp wizard hledejte v záložce Tools, pak klikněte na Circuit wizard. Průběh simulace zobrazte vhodnými prostředky programu Multisim. Výsledné hodnoty ověřte výpočtem.

Potřebný matematický aparát pro ověření naměřených hodnot výpočtem.

Začneme schematickým obrázkem, na kterém je krásně zobrazeno zapojení daného operačního zesilovače. V dalších částech máme vypsané rovnice, které nám osvětlí konečný vztah pro zesílení takto zapojeného operačního zesilovače.



Obrázek 21: Neinvertující zapojení operačního zesilovače

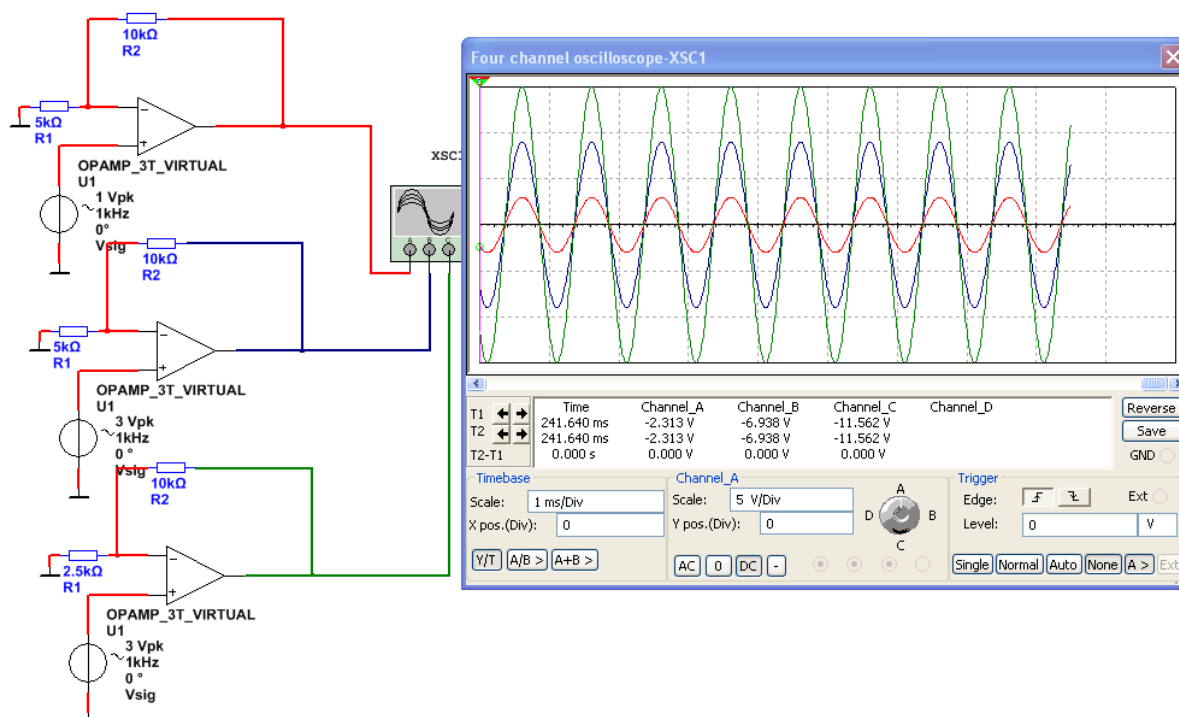
$$U_1 = R_1 \cdot I, U_2 = (R_1 + R_{ZP}) \cdot I$$

$$A_U = \frac{U_2}{U_1} = \frac{(R_1 + R_{ZP}) \cdot I}{R_1 \cdot I} = \frac{(R_1 + R_{ZP})}{R_1}$$

$$A_U = \frac{R_1}{R_1} + \frac{R_{ZP}}{R_1}; A_U = 1 + \frac{R_{ZP}}{R_1}$$

Řešení

Na obrázku č. 26 je zobrazen výsledek simulace, což je také řešením tohoto úkolu. Vytvořené zapojení bylo otestováno 4kanálovým osciloskopem. Pro přehlednost byly během simulace jednotlivé signály rozlišeny barvami.



Obrázek 22: Výsledek simulace s operačním zesilovačem

Celá simulace je zachycena na ozvučeném videu na příloženém optickém nosiči.

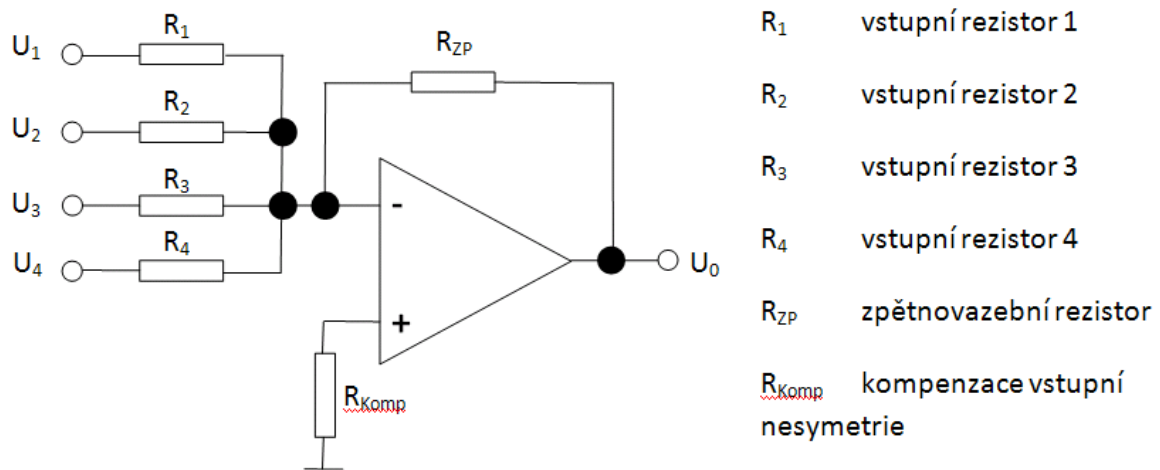
3.3 PŘÍKLAD 3:

Zadání úkolu

Navrhněte a zrealizujte zapojení operačního zesilovače, tak aby sčítal všechna vstupní napětí. Operační zesilovač bude v zapojení, které se nazývá invertující součtový zesilovač neboli sumátor. K realizaci úkolu využijeme simulačního programu Multisim a jeho nástroj Opamp wizard. Nástroj Opamp wizard hledejte v záložce Tools, pak klikněte na Circuit wizard. Simulaci realizujte pro čtyři vstupní signály stejnosměrného napětí o velikosti jeden volt. Průběh simulace zobrazte vhodnými prostředky programu Multisim a dbejte na možnost změny počtu signálů během simulace vhodným umístěním přepínačů. Výsledné hodnoty ověřte výpočtem.

Potřebný matematický aparát pro ověření naměřených hodnot výpočtem.

Naše počítání začneme schematickým obrázkem, ze kterého bude zřejmé zapojení a jeho zákonitosti.



Obrázek 23: Součtové zapojení operačního zesilovače

Schéma nám ukazuje, že jsme na invertující vstup operačního zesilovače přivedli více napětí, v našem případě čtyři, a tak můžeme prohlásit, že do operačního zesilovače poteče proud, který se rovná součtu jednotlivých proudů. Takto zapojený zesilovač můžeme s klidem prohlásit za součtový. Velikosti proudů je dána Ohmovým zákonem.

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U_3}{R_3}, \quad I_4 = \frac{U_4}{R_4}$$

Výstupní napětí U_0 je pak dáno vztahem:

$$U_0 = -\left(\frac{R_{ZP}}{R_1} \cdot U_1 + \frac{R_{ZP}}{R_2} \cdot U_2 + \frac{R_{ZP}}{R_3} \cdot U_3 + \frac{R_{ZP}}{R_4} \cdot U_4\right)$$

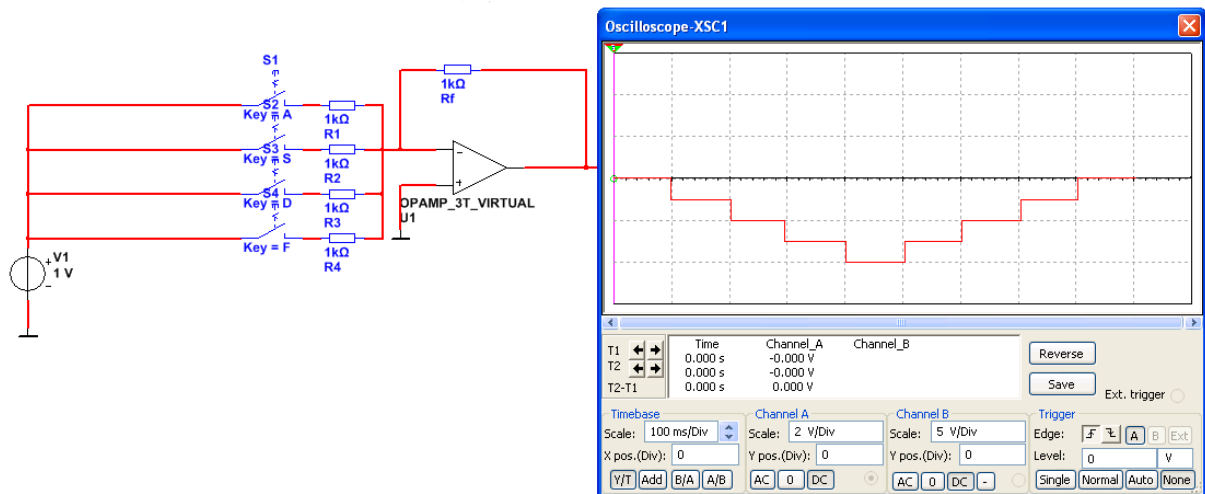
Z předešlého vztahu je vidět, že pokud použijeme všechny rezistory o shodné velikosti odporu ($R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_{ZP}$), bude velikost výstupního napětí U_0 dána přímo záporně vzatému součtu jednotlivých napětí.

$$U_0 = -(U_1 + U_2 + U_3 + U_4)$$

Neměli bychom zapomínat, že společný bod všech rezistorů je na nulovém potenciálu, který je nutné zachovat, tudíž musíme přiřadit ještě jeden kompenzační rezistor na neinvertující vstup. Hodnotu kompenzačního odporu spočteme z paralelního zapojení všech odporů podle vzorce:

$$\frac{1}{R_{Komp}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_{ZP}}$$

V ideálním případě se kompenzační rezistor nezapojuje, jelikož se předpokládá nekonečná rezistence na obou vstupech operačního zesilovače (viz obrázek č. 24).



Obrázek 24: Výsledek simulace součtového zapojení operačního zesilovače

Obrázek č. 24 ukazuje součtové zapojení operačního zesilovače. Na obrazovce osciloskopu je vidět postupné zapínání vstupních signálů a poté postupné vypínání vstupních signálů. Na výsledné hodnotě není rozhodující, který vstup je zapojen, pouze zda je či není připojen. Pokud bychom nepouštěli vstupy postupně, ale na přeskáčku, byl by výsledek naprosto stejný.

Celá simulace je zachycena na ozvučeném videu na přiloženém optickém nosiči.

3.4 PŘÍKLAD 4:

Zadání úkolu

Máte zadanou logickou funkci $Y = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}C$. Navrhněte a pomocí simulačního programu Multisim proveďte realizaci a simulaci. Využijte specifických funkcí tohoto programu. Realizujte následovně:

- Realizujte bez zjednodušování s použitím libovolných logických členů.
- Realizujte nezjednodušenou funkci pouze pomocí logického členu NAND.
- Proveďte zjednodušení pomocí simulačního programu a realizujte s použitím libovolných logických členů.
- Zjednodušenou funkci realizujte pouze pomocí logického členu NAND.

Řešení

Simulační program Multisim má všechny potřebné nástroje k provedení tohoto úkolu schovány pod virtuálním přístrojem, který se nazývá logický konvertor (Logic Converter).

Logický konvertor se nachází na přístrojové liště, pokud ji nemáme zobrazenou, tak si ji můžete zobrazit v menu View – Toolbars – Instruments. Teď když už jsme ho našli, tak si ho umístíme na pracovní plochu, umístíme si ho někam do rohu, jelikož nebude součástí námi vytvořeného obvodu.

Klikneme pravým tlačítkem myši na vložený logický konvertor a z rozbalené nabídky vybereme možnost vlastnosti (Properties). Do řádku pro logickou funkci zapíšeme naši logickou funkci. Označení pro negaci je v tomto případě znak „'“.

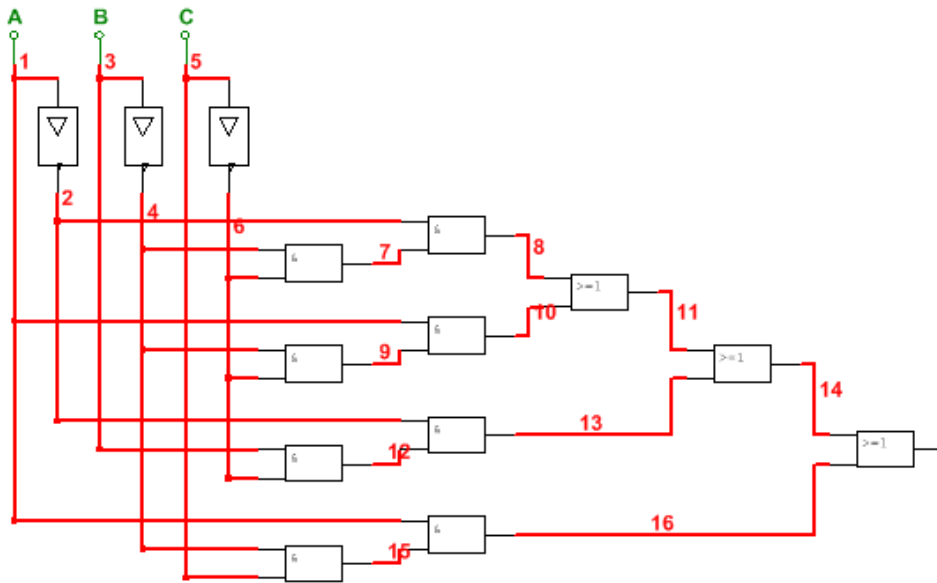
Po zadání logické funkce do příslušného řádku klikneme na převod do pravdivostní tabulky a tuto tabulku si můžeme zapsat, abychom měli možnost kontrolovat správnost simulace.

Pravdivostní tabulka:

	A	B	C	Y
0	0	0	0	1
1	0	0	1	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	0
4	1	0	0	1
5	1	0	1	1
6	1	1	0	0
7	1	1	1	0

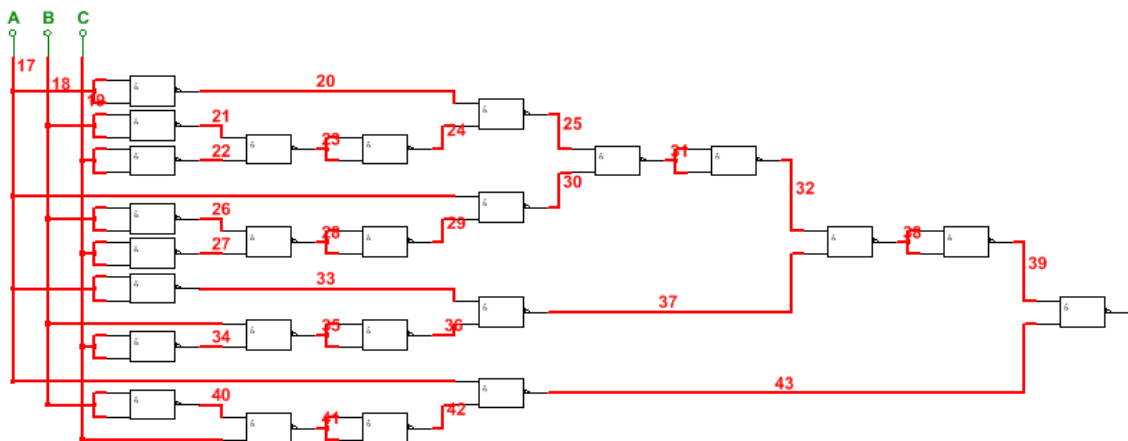
Pravdivostní tabulku máme připravenou, máme i zapsanou logickou funkci, kterou můžeme použít k realizaci a simulaci. Zapojení obvodu opět necháme na logickém konvertoru. Klikneme na tlačítko „vytvořit logický obvod z logické funkce.“

Ad a) Realizujte bez zjednodušení s použitím libovolných logických členů, řešíme na obrázku č. 25.



Obrázek 25: Realizace úkolu a)

Ad b) Realizujte nezjednodušenou funkci pouze pomocí logického členu NAND, řešíme na obrázku 26. K splnění tohoto úkolu nám stačí pouze kliknout na tlačítko vytvořit obvod ze samých členů NAND.



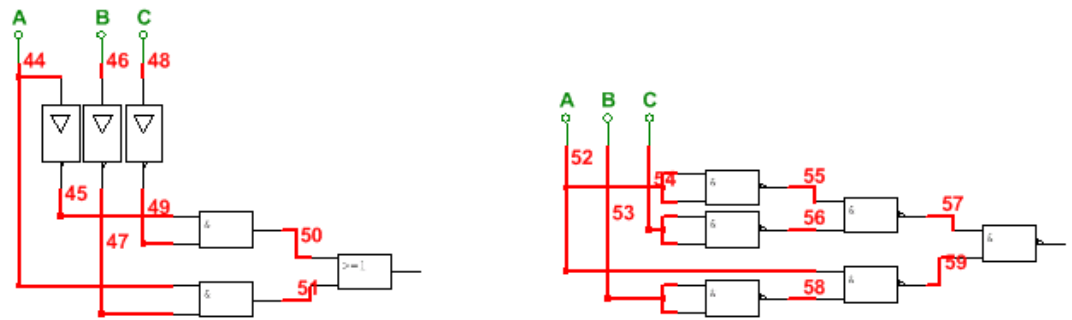
Obrázek 26: Realizace úkolu b)

Jelikož funkce nebyla minimalizována, tak bylo použito velké množství logických členů. V praxi se často řeší problém s místem na tištěných spojích, proto je nutné, pokud to jde, logické funkce realizovat s co možná nejmenším počtem logických členů, a to my teď provedeme pomocí logického konvertoru.

Ad c) Provedte zjednodušení pomocí simulačního programu a realizujte s použitím libovolných logických členů, toto provedeme kliknutím na příslušné tlačítko

a zjednodušenou logickou funkci zrealizujeme pomocí různých logických členů. Zjednodušená funkce má tvar $Y = \bar{A}\bar{C} + A\bar{B}$, tato funkce je mnohem méně složitá, tudíž její realizace bude jednodušší.

Ad d) Zjednodušenou funkci realizujte pouze pomocí logického členu NAND, toto provedeme opět kliknutím na příslušné tlačítko logického konvertoru.



Obrázek 27: Realizace úkolu c) a d)

Na obrázku č. 27 je vlevo vidět realizace pomocí různých členů a vpravo pomocí jen členů NAND.

Jak si každý povšimne, tak pokud realizujeme zapojení se zjednodušenou logickou funkcí, tak v tomto případě ušetříme mnoho místa a logických členů. Simulaci provedeme na všech čtyřech obvodech současně a k hodnocení použijeme logický analyzátor.

Celá simulace je zachycena na ozvučeném videu na přiloženém optickém nosiči.

3.5 PŘÍKLAD 5:

Zadání úkolu

Navrhněte logickou funkci pro zabezpečovací signalizaci haly. Signalizace bude v zapnutém stavu detekovat, zda nedošlo k sepnutí alespoň jednoho z čidel. Čidla máme umístěna na čtyřech místech - dveře jedna, dveře dva, okno jedna a okno dva. Vytvořte pravdivostní tabulku a realizaci provedte pomocí logických členů NAND. Pro ušetření práce použijte logický konvertor obsažený v simulačním programu Multisim a předpokládáme, že je to úkol z praxe, což nás nabádá k šetření, tedy nutnosti minimalizovat logickou funkci.

Řešení

Řešení bychom měli začít vytvořením pravdivostní tabulky, kterou pomocí logického konvertoru převedeme na logickou funkci a budeme s ní dále pracovat.

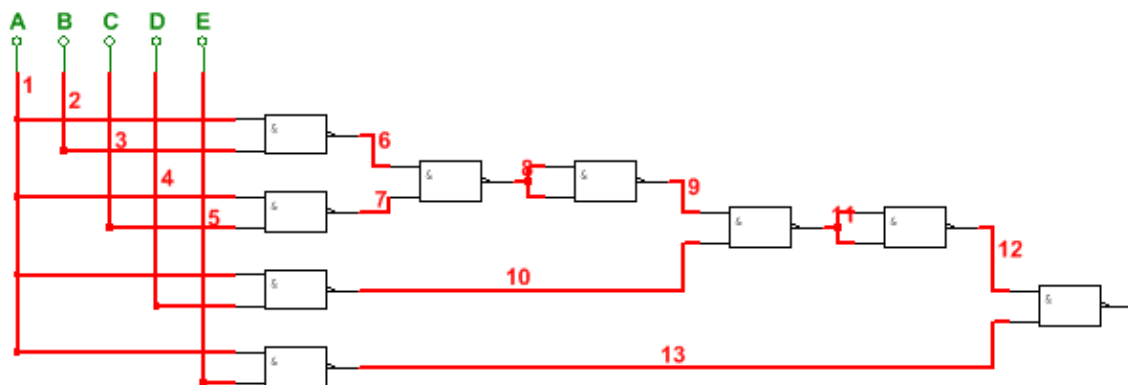
	A (alarm)	B (dveře)	C(dveře)	D(okno)	E (okno)	Y (poplach)
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	1	1	0
4	0	0	1	0	0	0
5	0	0	1	0	1	0
6	0	0	1	1	0	0
7	0	0	1	1	1	0
8	0	1	0	0	0	0
9	0	1	0	0	1	0
10	0	1	0	1	0	0
11	0	1	0	1	1	0
12	0	1	1	0	0	0
13	0	1	1	0	1	0
14	0	1	1	1	0	0
15	0	1	1	1	1	0
16	1	0	0	0	0	1
17	1	0	0	0	1	1
18	1	0	0	1	0	1
19	1	0	0	1	1	1
20	1	0	1	0	0	1
21	1	0	1	0	1	1
22	1	0	1	1	0	1
23	1	0	1	1	1	1
24	1	1	0	0	0	1
25	1	1	0	0	1	1
26	1	1	0	1	0	1
27	1	1	0	1	1	1
28	1	1	1	0	0	1
29	1	1	1	0	1	1
30	1	1	1	1	0	1
31	1	1	1	1	1	1

Pravdivostní tabulka se v logickém konvertoru vytváří velice snadno, stačí si nahoře klikáním nastavit, kolik chceme logických proměnných a jejich kombinace naskáču do tabulky a jen si určíme v jakých kombinacích (řádcích) bude logická funkce nabývat pravdy (logická jednička) a nepravdy (logická nula). Na obrázku č. 28 je již vyplněná pravdivostní tabulka a je označen nástroj pro vytvoření logické funkce z pravdivostní tabulky a získaná logická funkce.

	A	B	C	D	E	F	G	H	
000	0	0	0	0	0				0
001	0	0	0	0	1				0
002	0	0	0	1	0				0
003	0	0	0	1	1				0
004	0	0	1	0	0				0
005	0	0	1	0	1				0
006	0	0	1	1	0				0
007	0	0	1	1	1				0
008	0	1	0	0	0				0
009	0	1	0	0	1				0
010	0	1	0	1	0				0
011	0	1	0	1	1				0
012	0	1	1	0	0				0
013	0	1	1	0	1				0
014	0	1	1	1	0				0
015	0	1	1	1	1				0
016	1	0	0	0	0				0
017	1	0	0	0	1				1
018	1	0	0	1	0				1
019	1	0	0	1	1				1
020	1	0	1	0	0				1
021	1	0	1	0	1				1
022	1	0	1	1	0				1
023	1	0	1	1	1				1
024	1	1	0	0	0				1
025	1	1	0	0	1				1
026	1	1	0	1	0				1
027	1	1	0	1	1				1
028	1	1	1	0	0				1
029	1	1	1	0	1				1
030	1	1	1	1	0				1
031	1	1	1	1	1				1

Obrázek 28: Pravdivostní tabulka v logickém konvertoru

Jak je vidět, tak úplný tvar logické funkce je rozsáhlý a realizace v tomto tvaru by zabrala hodně prostoru a mnoho logických členů, proto je na místě její zjednodušení (minimalizace). Po zjednodušení vypadá funkce „ $Y = AB + AC + AD + AE$ “ a v tomto stavu je možné ji realizovat. Realizace pomocí samých dvouvstupových NAND je zobrazena na obrázku č. 29.



Obrázek 29: Zapojení logické funkce pro signalizaci

Celá simulace je zachycena na ozvučeném videu na přiloženém optickém nosiči.

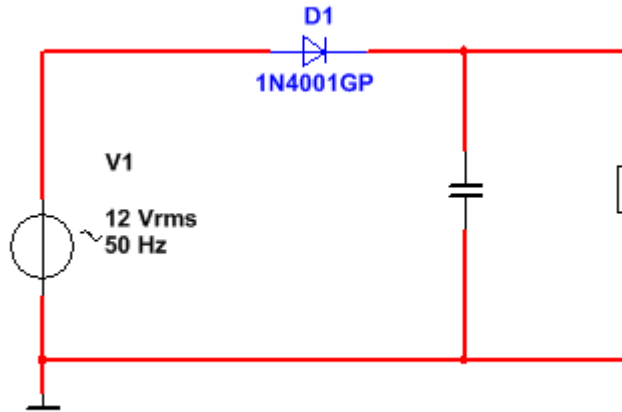
3.6 PŘÍKLAD 6

Zadání úkolu

Navrhněte zapojení jednocestného usměřovače elektrického napětí s diodou. Vhodnou metodou analýzy obvodu prověřte parametry a upravte je tak, aby v usměrněném signálu nedocházelo k zvlňování. Jaké jsou potřeba zvolit parametry, aby vyhlazení bylo co možná

nejlepší. Budete usměrňovat 12voltový střídavý zdroj. Výsledek ověřte použitím vhodného měřicího přístroje.

Pomůcka k řešení:



Obrázek 30: Schéma zapojení jednocestného usměrňovače

Řešení

Postupů, jak řešit tento úkol, je mnoho, předvedeme si jeden z možných postupů. V první řadě si vytvoříme zapojení v simulačním programu Multisim. Jelikož již v zadání máme v pomůcce specifikované zapojení, tak už nám zbývá se zamyslet nad hodnotami jednotlivých součástí.

Zdroj střídavého napětí a diodu máme dané, takže u nich nebudeme uvažovat, že bychom mohli něco měnit. I když zapojená dioda by klidně mohla být vyměněna za jinou, ale to by nemělo valný vliv na usměrňování. Možnost změny diody bychom uvažovali, pokud bychom chtěli zvětšit napětí střídavého zdroje.

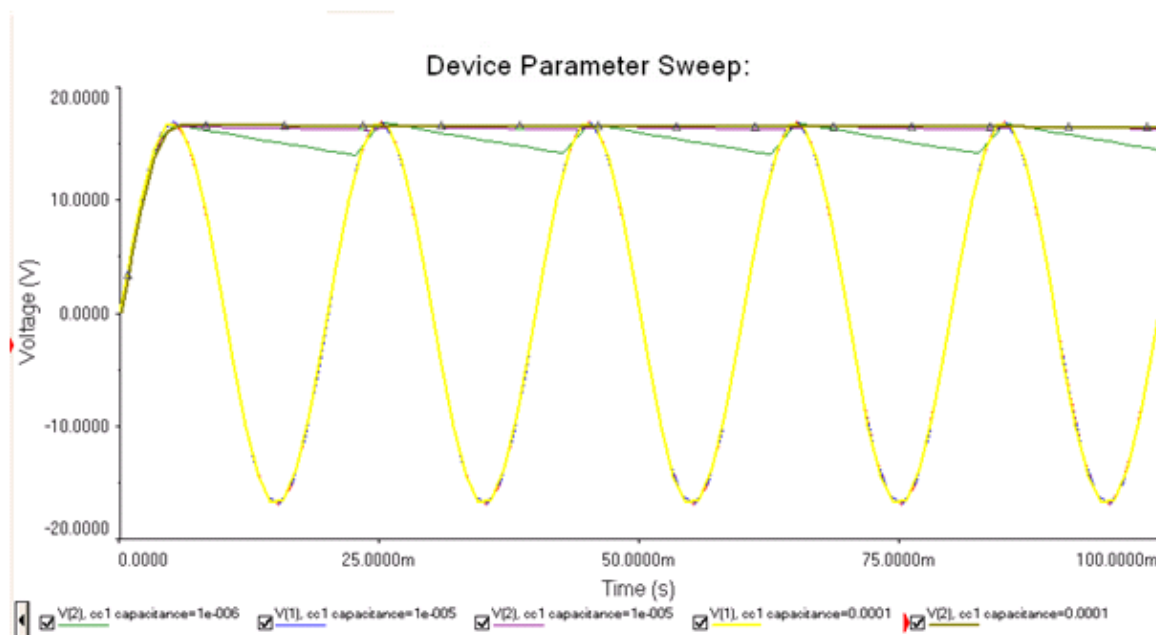
Rezistor představuje zátěž usměrňovače. Jeho hodnotu rezistence zvolíme 100 k Ω .

Poslední součástka, která nám zbyla, je kapacitor. Tato součástka má na vyhlazení signálu velký vliv, proto u ní ověříme vliv změny kapacity. Experiment bychom začali na hodnotě 1 μF a konečnou hodnotu bychom nastavili na hodnotu 100 μF . Jak již bylo zmíněno, budeme analyzovat parametr, takže si zvolíme parametrickou analýzu.

Parametrickou analýzu nastavíme pro kondenzátor s počáteční hodnotou 1 μF a konečnou hodnotou 100 μF . Nastavíme si dekadický typ analýzy, program sám provede nastavení kroku a počet provedených simulací. Zvolíme si dva výstupy a to vstupní signál a signál usměrňovaný, tedy výstupní. Při tomto nastavení budeme mít šest křivek, rozlišený

barvami. Nutné je také, abychom si nastavili měření na přechodovou analýzu a dobu trvání na 100 ms, abychom viděli několik vln, které jsou vyhlazeny.

Na grafu, který nám zobrazuje „Grapher View“ vidíme, že nejlépe našemu zadání vyhovuje kondenzátor o hodnotě kapacity 100 μF . Zobrazený graf můžeme různě upravovat, abychom viděli pořádně, co potřebujeme. Konečný výsledek celé analýzy vidíme na obrázku č. 31.



Obrázek 31: Výsledek parametrické analýzy

Ověření správnosti analýzy provedeme pomocí osciloskopu, na jehož obrazovce vidíme usměrněný signál.

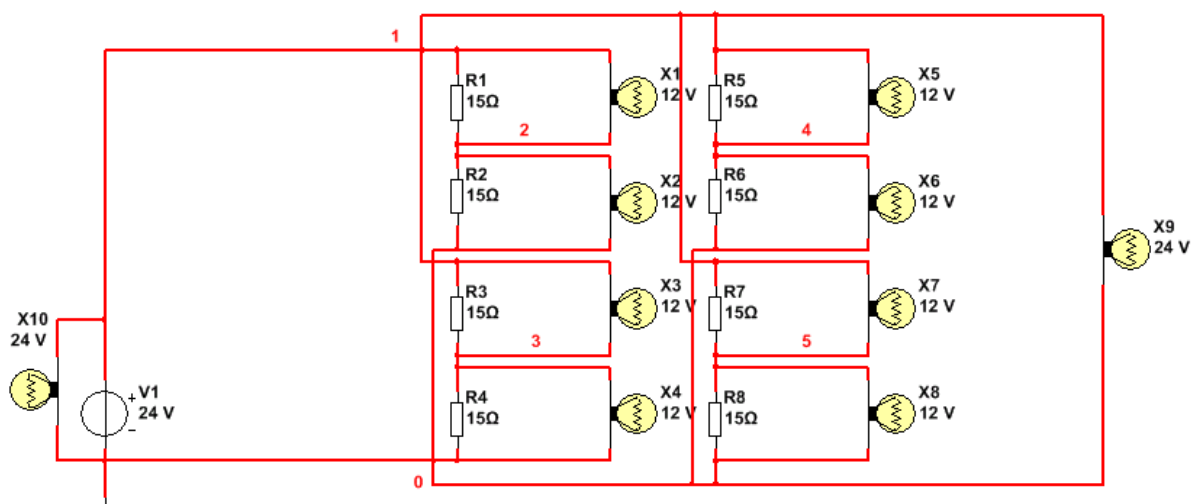
Celá simulace je zachycena na ozvučeném videu na přiloženém optickém nosiči.

3.7 PŘÍKLAD 7

Zadání úkolu

Máme soustavu deseti žárovek, osmi 12voltový a dvě 24voltových, zapojených dle schématu na obrázku. Naším úkolem je zjistit, jaké proudy procházejí rezistory, a jaká napětí jsou v jednotlivých částech obvodu. Tyto části jsou označeny čísly jedna až pět. Dále nás zajímá celkový výkon zdroje a celkový proud zdroje. Pro tyto účely je velmi vhodné využít analýzu stejnosměrného pracovního bodu, která nám všechny potřebné hodnoty zobrazí do přehledné tabulky.

Zapojení je vidět na obrázku č. 32.



Obrázek 32: Návrh zapojení sady žárovek

Řešení

Pro řešení toho úkolu je důležité si pojmenovat, respektive zobrazit pojmenování vodičů, standardně se pojmenovávají čísly. Kdyby nesouhlasilo pojmenování s navrženým schématem, tak lze spoje přejmenovat úplně stejně, jako přejmenujeme nějakou součástku.

Analýzu stejnosměrného pracovního bodu spustíme pomocí záložky na hlavní liště „Simulate“ a položce „Analyses“ zvolíme „DC Operating Point“. V konfiguračním okně této analýzy zvolíme položky dle zadání. Máme zjistit proudy jednotlivých rezistorů, takže si pomocí tlačítka „Add“ přidáme do vybraných proměnných proměnné „I(R1)“ až „I(R8)“. Dále máme zjistit celkový proud protékající zdrojem a celkový výkon zdroje. Toto zajistíme přidáním položek „I(V1)“ a „P(V1)“. Zbývá nám zjistit napětí v jednotlivých částech obvodu, což zajistíme přidáním položek „V(1)“ až „V(5)“. Po kliknutí na tlačítko „Simulate“ nám program zobrazí tabulku se všemi hodnotami, které jsme chtěli zjistit.

Odovědí na zadání je přehledná tabulka, která je vidět na obrázku č. 33.

DC Operating Point		
	DC Operating Point	
1	I(R1)	800.00000 m
2	I(R2)	800.00000 m
3	I(R3)	800.00000 m
4	I(R4)	800.00000 m
5	I(R5)	800.00000 m
6	I(R6)	800.00000 m
7	I(R7)	800.00000 m
8	I(R8)	800.00000 m
9	V(5)	12.00000
10	V(2)	12.00000
11	V(4)	12.00000
12	V(1)	24.00000
13	P(V1)	-176.80000
14	V(3)	12.00000
15	I(V1)	-7.36667

Obrázek 33: Výsledek analýzy stejnosměrného pracovního bodu

Celá simulace je zachycena na ozvučeném videu na přiloženém optickém nosiči.

3.8 PŘÍKLAD 8

Zadání úkolu

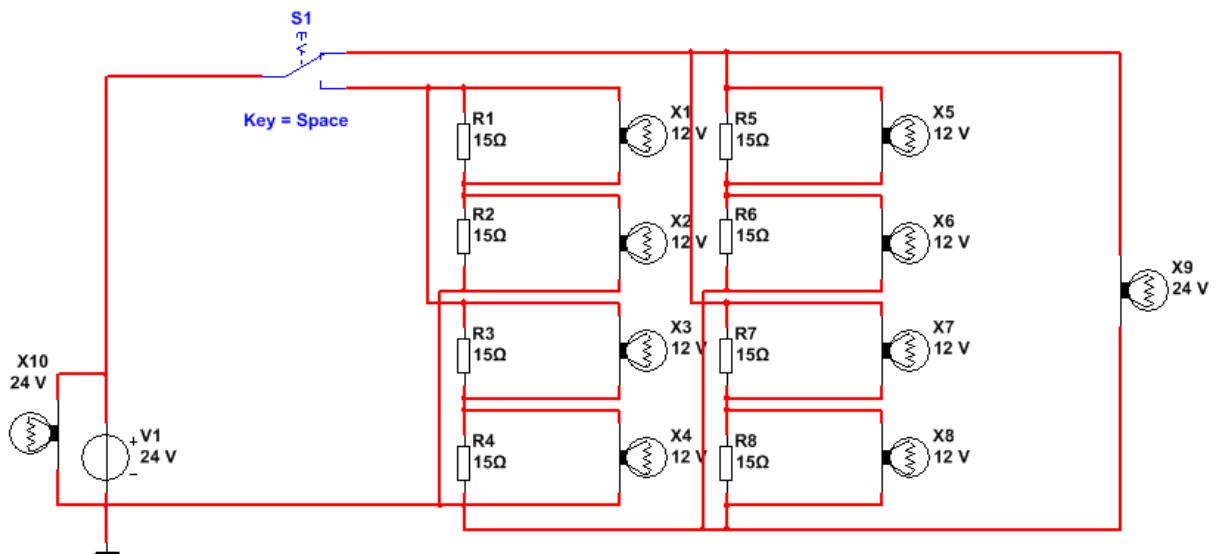
Najděte a opravte chyby součástek v přiděleném obvodu. Tento obvod je simulací osvětlení prostoru. Osvětlení funguje tak, že žárovka blízko zdroje svítí pořád, pokud je připojen zdroj napětí a přepínač rozsvěcí, buď první čtyři žárovky v řadě, anebo druhou řadu čtyř žárovek plus jednu samostatnou žárovku. Při odhalování chyb součástek můžete použít kterýkoliv měřicí přístroj. Chyby součástek jsou připraveny vyučujícím a mohou se vyskytovat v jakékoliv části, popř. mohou být různých druhů. Vaším úkolem je vypsát součástky, které mají chybu, a opravu provedete s vyučujícím.

Soubor se zadáním dostanete přidělený. Na obrázku č. 34 je zobrazeno schéma zapojení.

Řešení

Otevřeme si připravený soubor, který obsahuje součástky s chybami. První věc, kterou prověříme je, jak se žárovky chovají po spuštění simulace. V simulaci vidíme, že žádná žárovka nesvítí.

První, co nás napadne, je zkontrolovat zdroj napětí, proměříme multimetrem. Zdroj dává napětí dle specifikace, takže je v pořádku. Žárovka vedle zdroje nesvítí. Proměříme napětí na svorkách žárovky, hodnota je v pořádku. Změříme proud protékající žárovkou, proud je téměř nulový. Žárovka vedle zdroje bude odpojena od obvodu.



Obrázek 34: Schéma zapojení žárovek pro úkol s chybami součástek

Při prověřování první řady žárovek si povšimneme, že jsou dvě žárovky prasklé, což může nasvědčovat tomu, že v místě jejich připojení je větší napětí, než na jaké jsou konstruovány. Tato skutečnost by nasvědčovala na zkrat na vedlejším dvojici rezistor, žárovka, buď je vykratován rezistor, nebo žárovka. Když změříme napětí na svorkách žárovek, tak zjistíme, kde by mohl být problém. Měřením jsme zjistili, že je zkrat na rezistoru „R1“ nebo žárovce „X1“ a na rezistoru „R3“ nebo žárovce „X3“, zda je zkrat na žárovce nebo na rezistoru zjistíme tak, že odpojíme žárovku. V prvním případě je zkrat na rezistoru a v druhém případě je zkrat na žárovce.

Dále budeme zkoumat druhou řadu žárovek a druhou samostatnou žárovku. Zde není žádná žárovka prasklá, ale stejně provedeme měření napětí na jednotlivých svorkách žárovky. Měřením napětí jsme zjistili, že někde ve větvi je zřejmě zkrat, podezříváme samostatnou žárovku, jelikož na jejich svorkách není žádné napětí, tudíž v celé větvi není napětí. Žárovku odpojíme, abychom zjistili, je-li příčinou problému. Po odpojení samostatné žárovky se druhá řada žárovek rozsvítila až na druhou žárovku, která nesvítila.

Proměříme napětí na jednotlivých žárovkách. Na třetí a čtvrté žárovce je celkové napětí rozděleno správně, ale na první a na druhé není rozděleno správně. Nižší napětí na první dvojici žárovka rezistor nasvědčuje tomu, že tento člen má menší odpor, tudíž jsou tam zapojeny dvě zařízení paralelně, tedy žárovka i rezistor. Problém bude tedy někde ve druhé dvojici žárovka rezistor. Pokud by byl rozpojen rezistor, tak by druhá žárovka ve

druhé řadě praskla nebo byla na hranici prasknutí, Multisim detekuje červeným vláknem v žárovce. Jelikož nesvítí tak je nejspíše rozpojena. Kdyby byla ve zkratu, tak by první žárovka určitě praskla.

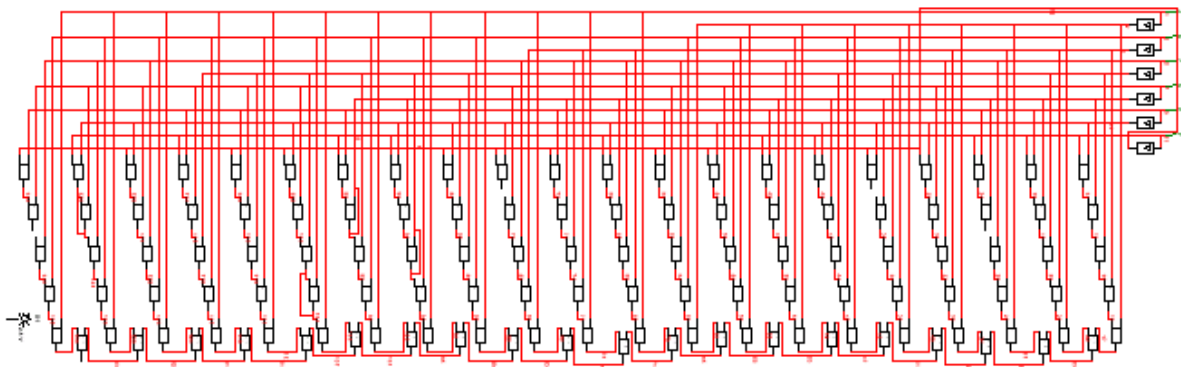
Rekapitulace jednotlivých chyb, žárovka vedle zdroje „X10“ je odpojena, rezistor „R1“ je ve zkratu, žárovka „X4“ je ve zkratu, žárovka „X6“ je odpojena a žárovka „X9“ je ve zkratu.

Celá simulace je zachycena na ozvučeném videu na přiloženém optickém nosiči.

3.9 PŘÍKLAD 9

Zadání úkolu

Ve velmi rozsáhlém logickém obvodu odhalte nesprávně propojené spoje. Využijte k tomu funkci programu Multisim. Chyby opravte a znovu spusťte kontrolu chyb zapojení. Pokud se v obvodu vyskytne nezapojený vývod, tak zajistěte, aby při druhé kontrole funkcí „Electrical Rules Check“ tuto chybu simulační program ignoroval. Kontrolovaný obvod je zobrazen na obrázku č. 39.



Obrázek 35: Logický obvod ke kontrole chyb zapojení

Řešení

Na první pohled je vidět, že kontrolovat takto rozsáhlé a nepřehledné zapojení, je obtížné. Ale pokud použijeme funkci kontroly zapojení obvodu, kterou Multisim disponuje, tak tuto práci za nás odvede simulační program.

Spuštění této funkce provedeme kliknutím na záložku „Tools“, v ní vybereme možnost „Electrical Rules Check“. V otevřeném okně si zaškrtnáme potřebné prvky kontroly, jako je kontrola nepřipojených pinů a typ zobrazení. Chyby si zobrazíme v samostatném okně

tím, že zaškrtneme možnost „List view“. Musíme zkontrolovat, zda máme zaškrtnuté políčko vytvořit ERC značky, kdyby nebylo, tak by nám simulační program jen napsal, kde je chyba, ale neoznačil by to v obvodě, takže bychom museli místa s chybou obtížně hledat.

Nyní si můžeme postupně prohlédnout zvětšený obvod a odstranit všechny označené chyby. Po odstranění chyb, kromě v zadání definovaných, spustíme znovu kontrolu chyb zapojení. Abychom splnily zadání, tak nebudeme zaškrťovat políčko kontrolovat i nezapojené piny. Takto nastavená kontrola nám již neoznačí nezapojené piny.

Celá simulace je zachycena na ozvučeném videu na přiloženém optickém nosiči.

3.10 PŘÍKLAD 10

Zadání úkolu

Vytvořte hierarchický blok, který v sobě bude mít takový obvod, aby bylo možné na tento hierarchický blok připojit zdroj napájení z jedné strany a na ostatní tři strany po dvou žárovkách. Použijte žárovky dvanácti voltové. Parametry zdroje specifikujte podle vašeho zapojení. Vhodným způsobem pojmenujte vývody z toho hierarchického bloku.

Řešení

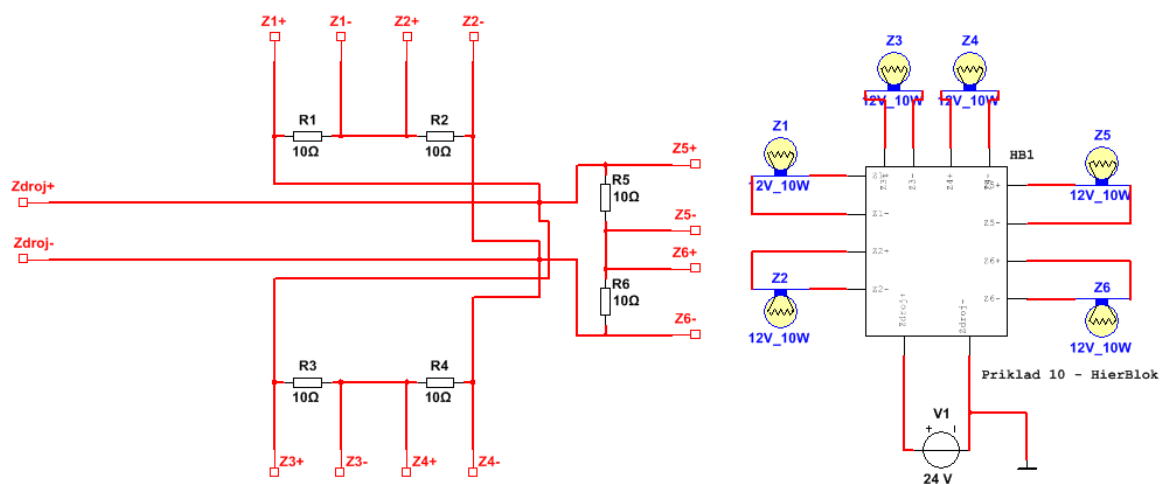
Vytvoření hierarchického bloku provedeme pomocí záložky „Place“ na horní liště a kliknutím na možnost „New hierarchical block“, otevře se nám okno, ve kterém se nás simulační program zeptá na název souboru, v kterém bude náš nový hierarchický blok uložen. Vyplníme tento název a pak také doplníme předpokládaný počet pinů, v našem případě se jedná o sedm vstupů a sedm výstupů.

Otevře se nám pracovní plocha hierarchického bloku, zatím jen s připravenými konektory. Tyto konektory si rozestavíme a přejmenujeme, abychom se v obvodu lépe orientovali. Pro naši práci si zvolíme dvacetivoltový zdroj stejnosměrného napětí, proto budeme moci vždy dvě žárovky připojit sériově a vzniklé tři dvojice připojíme k sobě paralelně. Všechno je vidět na obrázku č. 40.

Když už máme připravený tento hierarchický blok, tak můžeme postupně připojovat žárovky na jednotlivé piny. Ještě než začneme, tak by bylo dobré si tyto piny srovnat, aby vzniklý obvod byl přehlednější a pěkně se s ním pracovalo. Toto zajistíme kliknutím pravého tlačítka myši na hierarchický blok a vybráním položky „Edit symbol/title block“.

Otevře se editační okno, kde můžeme pracovat s naším hierarchickým blokem. Piny se dají přetahovat kliknutím a držením levého tlačítka myši. Po dokončení přesunu uložíme a editor zavřeme.

Výsledný obvod je také na obrázku č. 36.



Obrázek 36: Zapojení hierarchického bloku

4 TVORBA ANIMACÍ

Jednotlivé animace byly vytvářeny v simulačním programu NI Multisim™ 12.0, Multisim Power Pro Edition, který byl zapůjčen za účelem tvorby bakalářské práce. Snímání z obrazovky bylo prováděno programem BB FlashBack Pro 4, který zároveň umožňuje i prostřihávání záběru ve vytvořeném videu a některé další možnosti úprav nahraného videa. Animace jsou dostupné na přiloženém optickém nosiči a jejich seznam a umístění na tomto disku je v příloze.

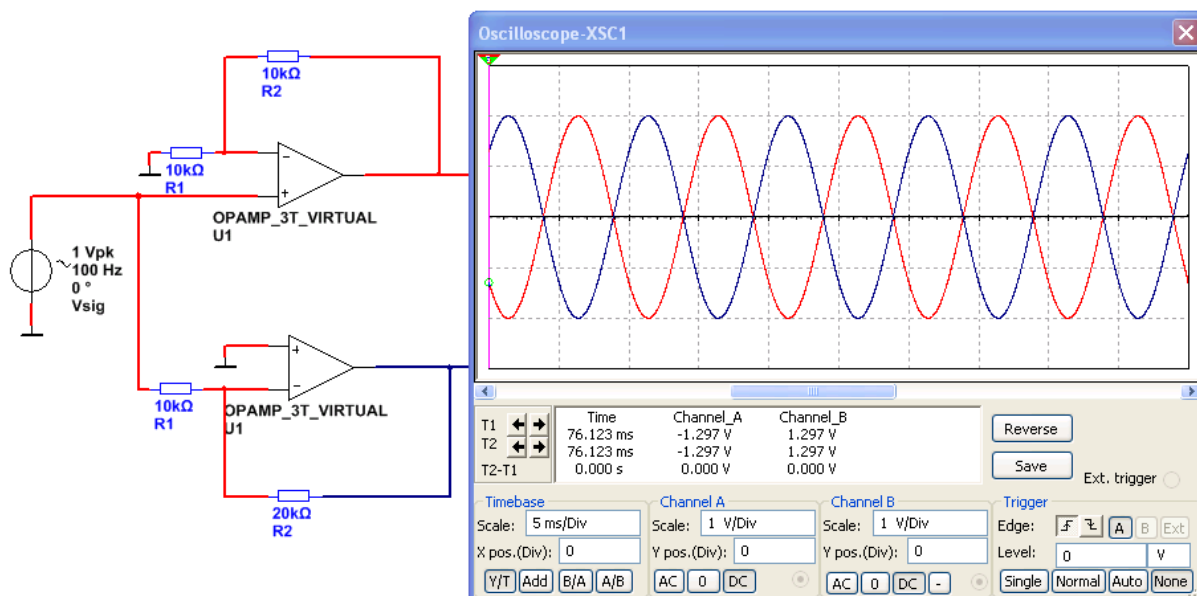
Animace pro kapitolu zabývající se jednotlivými měřicími přístroji, nebyly vytvářeny, jelikož použití jednotlivých přístrojů je zřejmé z obrázků, které jsou umístěny v textu pojednávajícím o daných přístrojích. Použití některých přístrojů se objeví v dalších animacích popisujících některou funkci simulačního programu.

Kapitola Funkce usnadňující tvorbu obvodů a práci s nimi má psaný text doplňovaný o ukázky formou ozvučených animací. Co nám daná animace ukazuje, je vždy napsáno v textu a slovní popis toho, co se odehrává v animaci, a co v dané animaci vidíme, bude popsáno pod názvem animace.

4.1 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 1 POUŽITÍ PRŮVODCE VYTVOŘENÍ OBVODU S OPERAČNÍM ZESILOVAČEM

Animace byla vytvářena tak, že nejprve byl na pracovní plochu umístěno neinvertující zapojení s operačním zesilovačem „Non-Inverting amplifier“ pomocí průvodce „Opamp Wizard“. Parametry vstupního signálu, který je střídavé napětí, jsou napětí jeden volt a frekvence 100 Hz. Parametry operačního zesilovače nastavíme takto, velikost zesílení na hodnotu 2 a symetrické napájení necháme na výchozím nastavení, tedy na dvanácti voltech. Stejně tak ostatní parametry mohou zůstat na výchozích hodnotách. Následně je nutné připravené parametry zkontrolovat tlačítkem „Verify“, pokud kontrola proběhne bez problémů, tak se zpřístupní tlačítko „Build circuit“, na které klikneme pro vytvoření obvodu. Pohybem myši po pracovní ploše si vybereme umístění vytvořeného obvodu. Konečné umístění potvrdíme kliknutím levého tlačítka myši, pokud zjistíme, že vytvořený obvod má nějakou závadu, a tudíž ho umístit na pracovní plochu nechceme, tak klinutím pravým tlačítkem myši se volba obvodu zruší.

Postup pro zapojení druhého typu obvodu s operačním zesilovačem bude velice podobný tomu předchozímu. Opět si vybereme pomocníka pro zapojení obvodu s operačním zesilovačem, ale tentokrát budeme potřebovat typ invertující „Inverting amplifier“. Jelikož již na pracovní ploše máme zdroj signálu, tak do tohoto zapojení ho nezahrneme. Zrušíme označení přidat zdroj „Add source“ a nebudeme nastavovat žádné parametry zdroje signálu. Parametry operačního zesilovače necháme na výchozích hodnotách, jen u hodnoty zesílení nastavíme požadovanou hodnotu, tedy „- 2“, záporná hodnota je z toho důvodu, že se jedná o invertující zapojení operačního zesilovače. Umístění na pracovní plochu provedeme stejným způsobem jako při umisťování předchozího zapojení operačního zesilovače.

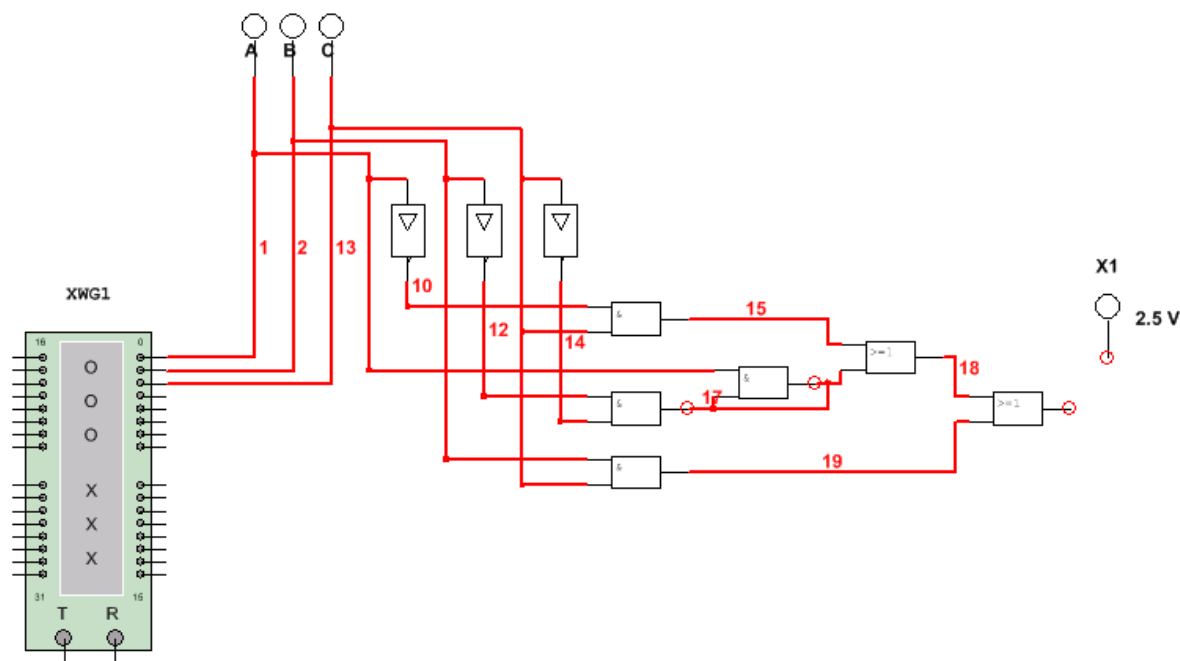


Obrázek 37: Výsledek simulace obvodu vytvořeného pomocníkem tvorby obvodů

Ověření správné funkce obou zapojení provedeme pomocí dvoukanálového osciloskopu. Výstupní signál z prvního operačního zesilovače připojíme na kanál „A“ a výstupní signál z druhého operačního zesilovače připojíme na kanál „B“. Pro lepší orientaci na zobrazovací ploše osciloskopu si obarvíme kanál „B“ modrou barvou. Změnu barvy spojení provedeme kliknutím pravého tlačítka myši na příslušné spojení a v rozevřené nabídce zvolíme vlastnosti, kde klikneme na barvu spojení a z nabídky vybereme modrou barvu. Osciloskop je nutné upravit nastavení zobrazení na příslušné hodnoty, aby bylo možné správně odečítat hodnoty výstupních signálů. Výsledek je vidět na obrázku č. 37.

4.2 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 2 KONTROLA ZAPOJENÉHO OBVODU (ELECTRICAL RULES CHECK):

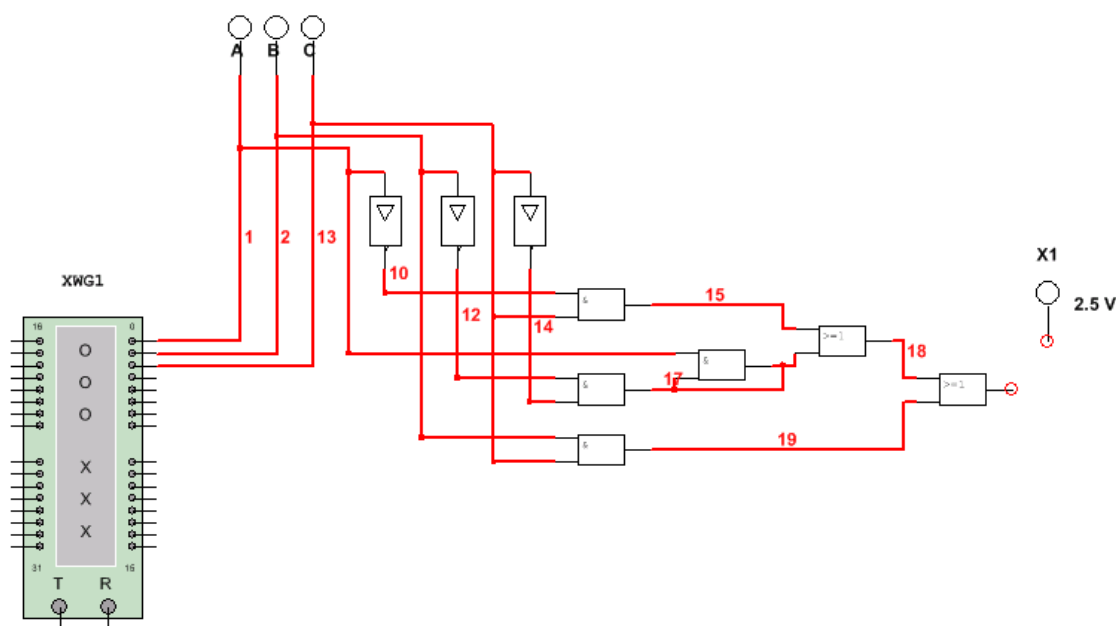
Animace začne otevřením souboru s obvodem. Začneme kliknutím na tlačítko „Electrical Rules Checking“ v panelu simulace, objeví se nám okno nastavení funkce kontroly zapojení. V tomto okně máme otevřenou horní záložku „ERC Options“, zde si vybereme klepnutím možnost „Unconnected Pins“, aby nám simulační program označoval i nezapojené piny. Druhou možnost, která zahrnuje i vyloučené piny, necháme nevybranou. Dále si vybereme kontrolu stávajícího listu, i když v našem ukázkovém případě by kontrola celého otevřeného souboru byla totožná, jelikož nemám více listů. Zaškrtneme také obě volby v oblasti „ERC marker“ a to z toho důvodu, aby program smazal stávající značky, a pak vytvořil nové dle zadaných pravidel. Výsledek, kromě značek ve schématu, chceme zobrazovat v samostatném okně, a proto vybereme volbu „List view“ v části výstup „Output“. Program nám kroužkem označí chyby v zapojení a jednotlivé chyby popíše v okně, které vyskočí po dokončení procesu.



Obrázek 38: Kontrola zapojení obvodu

Druhé spuštění této funkce provedeme stejně jako v prvním případě, s tím, že možnosti v záložce nastavení máme již připravené z minulého průběhu, a proto rovnou přejdeme k nastavení pravidel. Přepneme se do záložky nastavení pravidel „ERC rules“ a tam

změníme políčko matice „Out – Out“, opakovaným kliknutím provedeme změnu barvy z červené, která značí chybu, na tlačítko zelené, které značí v pořádku. Klikneme na tlačítko použít „Apply“, a pak můžeme kliknout na tlačítko OK. Takto nastavené pravidlo zapříčinilo, že simulační program neoznačil spojení dvou vývodů tak, jak to učinil v prvním průběhu této funkce. Chyby, které simulační program našel, jsou opět sumárně vypsané ve vyskočeném oknu.



Obrázek 39: Kontrola obvodu - změněné pravidlo „Out - Out“

Vytvořené značky je možné odstranit dvěma způsoby. Zprvė opravit všechny chyby a spustit znovu funkci kontrola chyb zapojení, anebo možnost druhá, tak jak si to ukážeme v animaci, kdy značky odstraníme pomocí položky v záložce „Tools“, která se jmenuje „Clear ERC Markers...“. Po kliknutí na tuto položku se simulační program ještě zeptá, kde se mají značky odstranit, zda na aktuálním listě nebo v celém otevřeném schématu. Po výběru už jen stačí, kliknou na tlačítko OK a značky se odeberou.

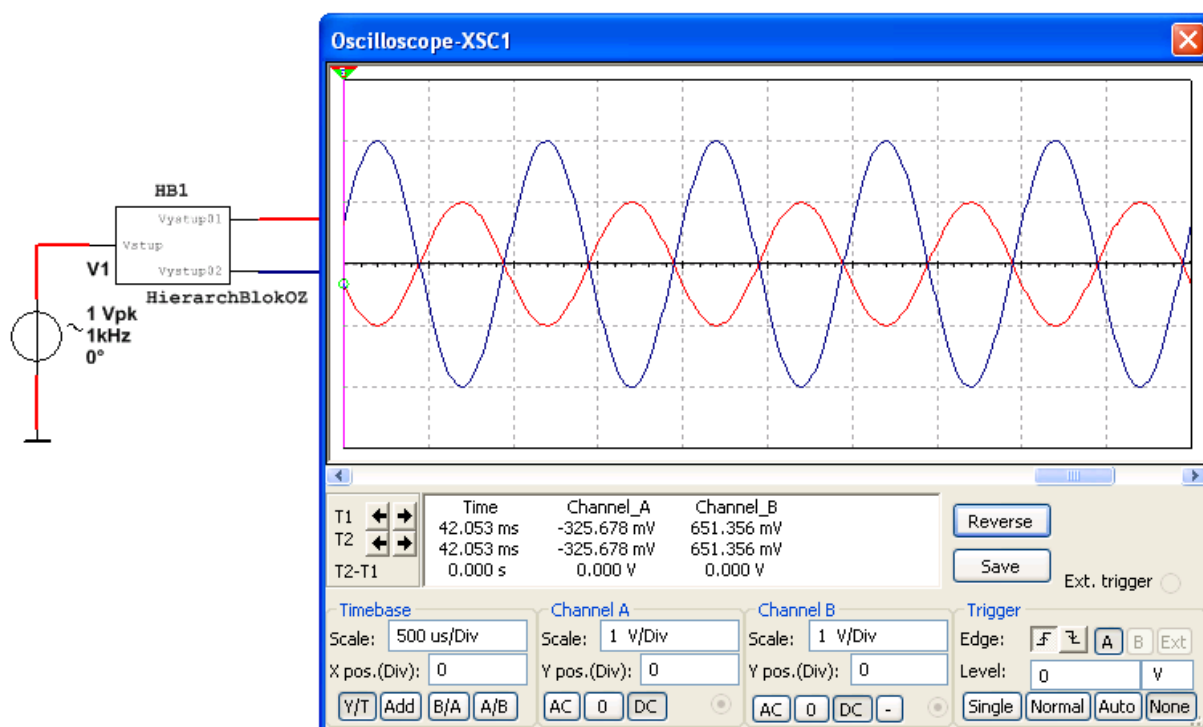
4.3 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 3 VYTVOŘENÍ NOVÉHO HIERARCHICKÉHO BLOKU:

Abychom vytvořili nový hierarchický blok, tak musíme kliknout pravým tlačítkem myši na prázdné místo pracovní plochy a v zobrazené místní nabídce musíme zvolit položku „Place on Schematic“, v další zobrazené nabídce musíme zvolit položku „New Hierarchical Block...“.

Zvolením možnosti „New Hierarchical Block...“ se nám otevřelo okno „Hierarchical Block Properties“, což je okno se základními nastaveními našeho nového bloku. V tomto okně zadáme název a místo uložení nového souboru s hierarchickým blokem. Nastavíme si počet vstupních a výstupních pinů, v našem případě potřebujeme jeden vstup a dva výstupy.

Kliknutím na tlačítko „OK“ vložíme na pracovní plochu vytvořený hierarchický blok. Vytvořený hierarchický blok je umístěn na pracovní ploše, zatím je prázdný. Otevřeme ho kliknutím na jeho název v části okna „Design Toolbox“.

Konektory máme připravené, jen si je srovnáme a přejmenujeme dle potřeby. Přejmenování v záložce vlastnosti. Pro ukázkou vložíme dvě zapojení s operačním zesilovačem, jedno zapojení nám signál jen invertuje a druhé zapojení bude dvojnásobit vstupní signál. Vložení provedeme pomocí pomocníka s tvorbou zapojení z operačního zesilovače. Vstupy obou operačních zesilovačů připojíme na jeden konektor (vstup) a každý výstup z operačního zesilovače připojíme na jeden konektor.



Obrázek 40: Výsledek simulace vytvoření nového hierarchického bloku

Vrátíme se zpět na hlavní pracovní plochu a klikneme pravým tlačítkem myši na hierarchický blok, v nabídce vybereme položku „Edit symbol/title block“, kde pohodlně upravíme rozložení pinů na hierarchickém bloku.

Připojíme zdroj střídavého napětí na vstupní konektor a výstupy propojíme s kanály osciloskopu. Při spuštění simulace vidíme na obrazovce osciloskopu výsledné napětí z operačních zesilovačů.

Na konci animace si ukážeme přidání jednoho vývodu, na který přivedeme uzemnění pro operační zesilovače uvnitř hierarchického bloku. Pravým tlačítkem myši klikneme na pracovní plochu uvnitř hierarchického bloku a vybereme položku „Place on Schematic“ a v dalším menu klikneme na „HB/SC Connector“. Vložený konektor si přejmenujeme a umístíme dle potřeby a propojíme ho s obvodem. Přepneme se zpátky do základního obvodu a na nový vývod hierarchického bloku připojíme zem. Znovu spustíme simulaci a vidíme, že výsledek je totožný s předchozí simulací.

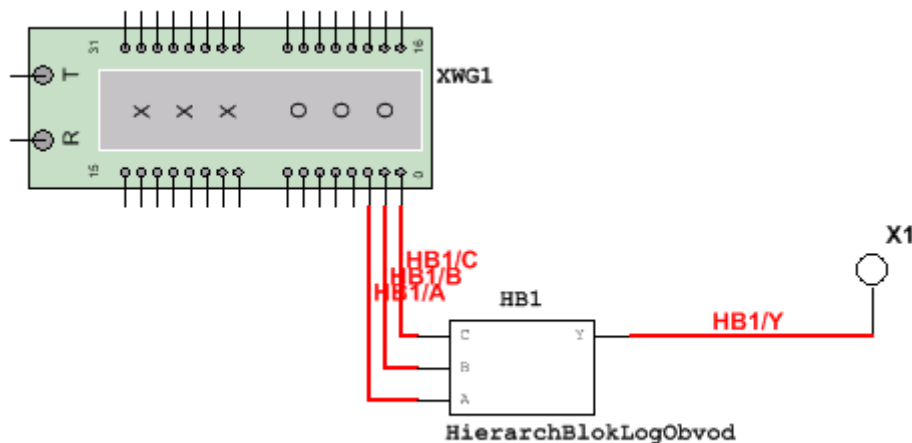
4.4 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 4 NAHRAZENÍ ZAPOJENÉHO OBVODU HIERARCHICKÝM BLOKEM:

Začínáme výběrem části obvodu, který chceme nahradit, toto provedeme klasickým způsobem výběru skupiny ve Windows, kliknutím na volnou plochu levým tlačítkem a tažením myši za stálého držení levého tlačítka vybereme požadovanou část obvodu. Po označení námi zvolených součástek klepneme pravým tlačítkem myši na jednu z označených součástek a v nabídce, která vyskočí, zvolíme položku „Replace by Hierarchical Block...“. Toto nahrazení hierarchickým blokem můžeme také provést pomocí příkazu na horní liště „Place→ Replace by Hierarchical Block...“.

Otevře se nám okno „Hierarchical Block Properties“, ve kterém jsme vyzváni k tomu, abychom zadali název a místo uložení nového souboru s hierarchickým blokem. Na počet vstupů a výstupů se nás program neptá, jelikož to je dáno označenou částí obvodu. Pokud si uvědomíme, že náhradu nechceme, tak okno zavřeme tlačítkem „Cancel“ a operace se tím zruší. Vyplněním názvu souboru a kliknutím na tlačítko „OK“ se nám na pracovní plochu vloží hierarchický blok. Pohybem myši a kliknutím levým tlačítkem myši provedeme umístění. Vkládání lze zrušit pravým tlačítkem myši.

Vložený hierarchický blok upravíme. Jednou z úprav bude pojmenování jednotlivých konektorů, což provedeme tak, že si otevřeme hierarchický blok a jednotlivé konektory přejmenujeme ve vlastnostech. Tyto vlastnosti zobrazíme kliknutím pravého tlačítka myši na příslušný konektor a zvolíme položku „Properties“. Na hlavní pracovní ploše klikneme

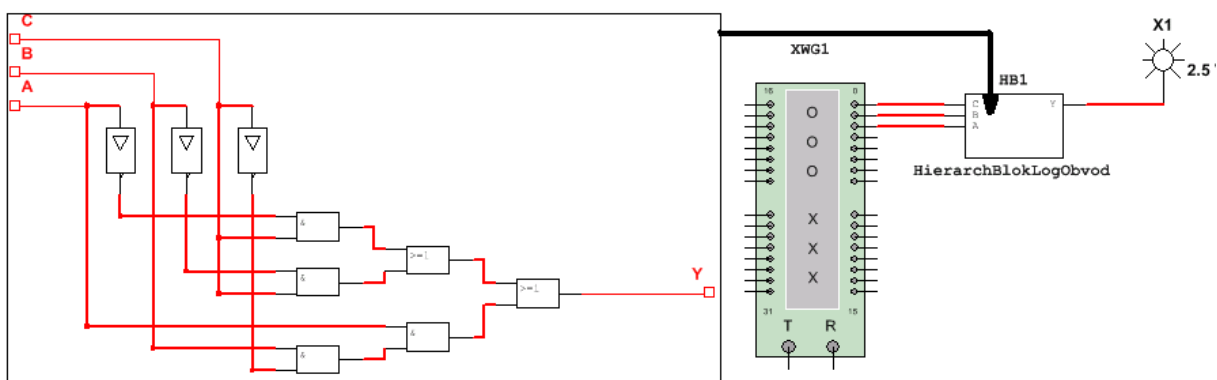
pravým tlačítkem myši na hierarchický blok, v nabídce vybereme položku „Edit symbol/title block“, kde můžeme upravit rozložení jednotlivých vývodů našeho hierarchického bloku. Pouhým přesouváním docílíme pohodlnějšího a jednoduššího zobrazení. Před ukončením uložíme a zavřeme křížkem celé okno pro úpravu.



Obrázek 41: Hierarchický blok s logickým obvodem

4.5 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 5 OTEVŘENÍ SOUBORU S OBVODEM JAKO HIERARCHICKÝ BLOK:

Jelikož jsme si zvolili možnost, kdy otvíráme již připravený soubor s hierarchickým blokem, takže můžeme rovnou vkládat. Klikneme pravým tlačítkem myši na prázdné místo pracovní plochy a v rozbalené nabídce zvolíme položku „Place Schematic→ Hierarchical Block from File...“. Lze samozřejmě pro vložení použít položky v záložce „Place“ na horní liště. Otevřené okno nám nabízí uložené soubory s obvody, vyhledáme v něm soubor s obvodem, který chceme otevřít. Okno lze zavřít bez vložení obvodu, a tím zrušit celou operaci, kliknutím na tlačítko „Storno“.

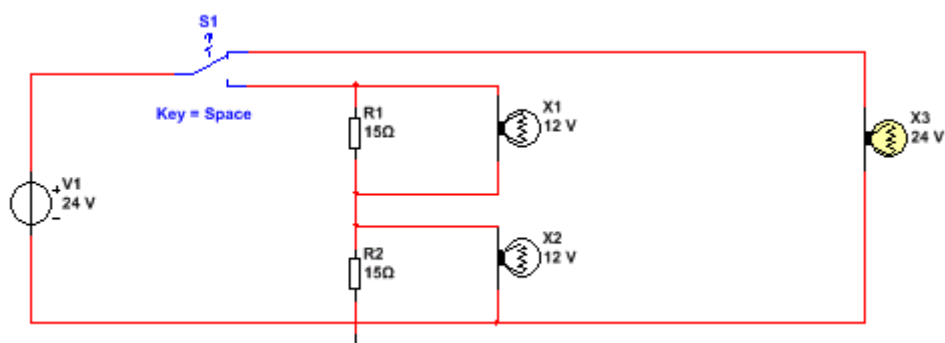


Obrázek 42: Vložený hierarchický blok ze souboru

Zvolený obvod se nám objeví na pracovní ploše a my pomocí pohybů myši můžeme zvolit jeho umístění, kliknutím levého tlačítka myši potvrdíme plochu vkládaného hierarchického bloku. Na obrázku č. 42 vidíme, jaký obvod obsahuje vložený hierarchický blok.

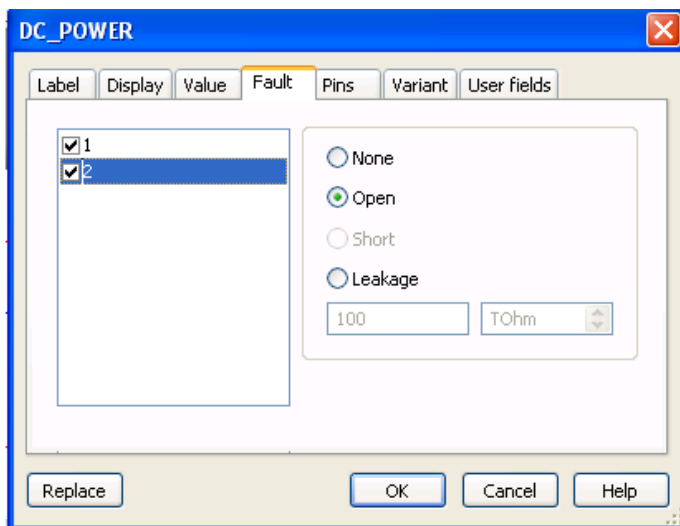
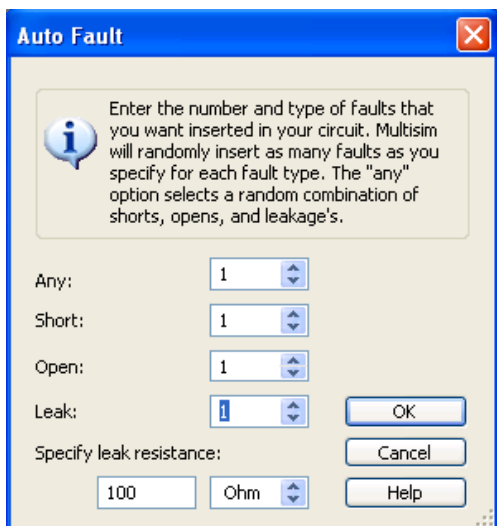
4.6 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 6 TVORBA CHYB SOUČÁSTEK:

Chybu součástky lze v simulačním programu vkládat několika způsoby. Nejprve necháme simulační program, aby za nás vložil nějakou chybu a to pomocí položky „Automatic Fault Option...“ v záložce „Simulate“ Otevře se nám okno, ve kterém se nás program zeptá, jaké chyby má vytvořit. Pro ukázkou necháme program vytvořit jednu jakoukoliv chybu. Po kliknutí na „OK“ je v obvodu vytvořena chyba, kterou musíme najít.



Obrázek 43: Obvod pro ukázkou tvorby chyb součástek

Spustíme simulaci a hned vidíme, v které části obvod nefunguje, a která součástka je podezřelá. Na podezřelou součástku klikneme a ve vlastnostech v záložce „Fault“ se podíváme, zda tam je chyba. V otevřeném okně vidíme, která chyba je nastavena a na jakém pinu součástky se nachází.



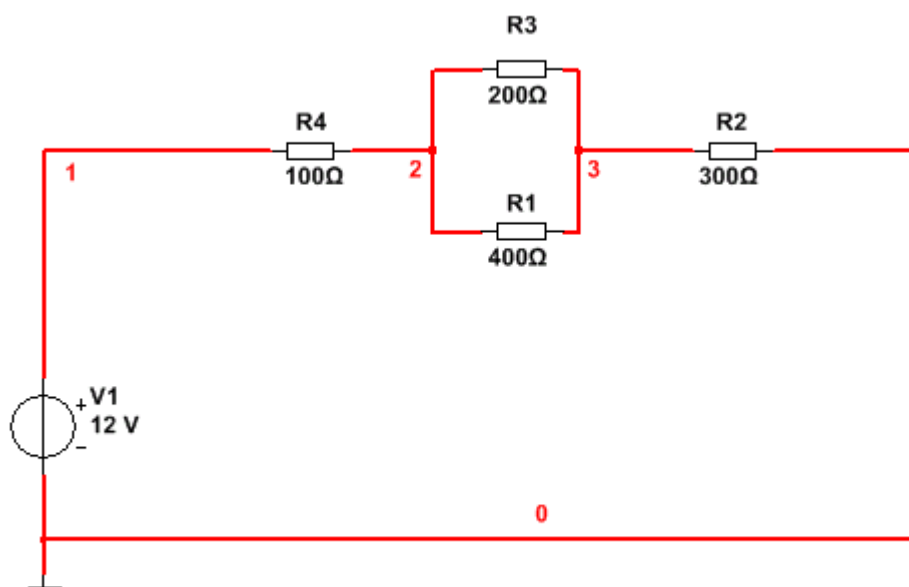
Obrázek 44: Automatické zadávání chyby a ruční zadávání chyby

Stejným způsobem můžeme vložit náhodně určitý počet jedné nebo více chyb součástek. Zadáme tedy ještě jednu chybu pomocí „Automatic Fault Option...“, ale tentokrát více druhů chyb.

Ruční zadání chyby na vybrané součástce provedeme ve vlastnostech v záložce „Fault“. Zkusíme odpojit jednu žárovku a samostatnou žárovku zkratovat. Samozřejmě po opravení chyby nebo po výměně součástky, je obvod plně funkční. Ověříme, tím že odstraníme všechny chyby a spustíme simulaci.

4.7 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 7 ANALÝZA STEJNOSMĚRNÉHO PRACOVNÍHO BODU:

Analýzu obvodu spustíme v záložce „Simulate“ na horní liště a položce „Analyses“ zvolíme možnost „DC Operation Point“. Otevře se nám okno, ve kterém provedeme volbu parametrů analýzy, je nutné v záložce „Output“ v části „Variables in circuit“ vybrat položky, které budeme chtít analyzovat. V našem případě se jedná o položky celkového proudu „I(V1)“ a položky hodnot napětí v jednotlivých částech obvodu „V(1)“, „V(2)“ a „V(3)“.



Obrázek 45: Jednoduchý obvod s rezistory

Dokončení analýzy provedeme kliknutím na tlačítko „Simulate“. Po dokončení analýzy se nám zobrazí tabulka s jednotlivými hodnotami. Pro náš případ je tabulka vidět na obrázku č. 46.

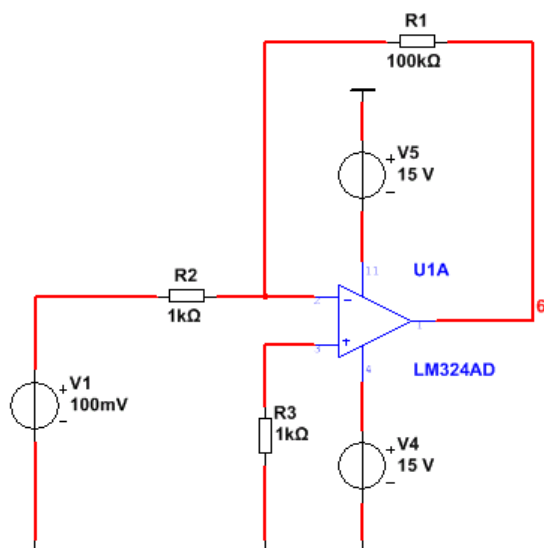
DC Operating Point

DC Operating Point		
1	V(1)	12.00000
2	V(3)	6.75000
3	V(2)	9.75000
4	I(V1)	-22.50000 m

Obrázek 46: Výsledek analýzy stejnosměrného pracovního bodu

4.8 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 8 PŘECHODOVÁ ANALÝZA:

Ozvučená animace nám ukazuje zobrazení výstupního signálu pomocí přechodové analýzy „Transient Analysis“. Analýzu si spustíme kliknutím na záložku „Simulate“ na horní liště a v nabídce zvolíme položku „Analyses“, kde klikneme na položku „Transient Analysis...“.

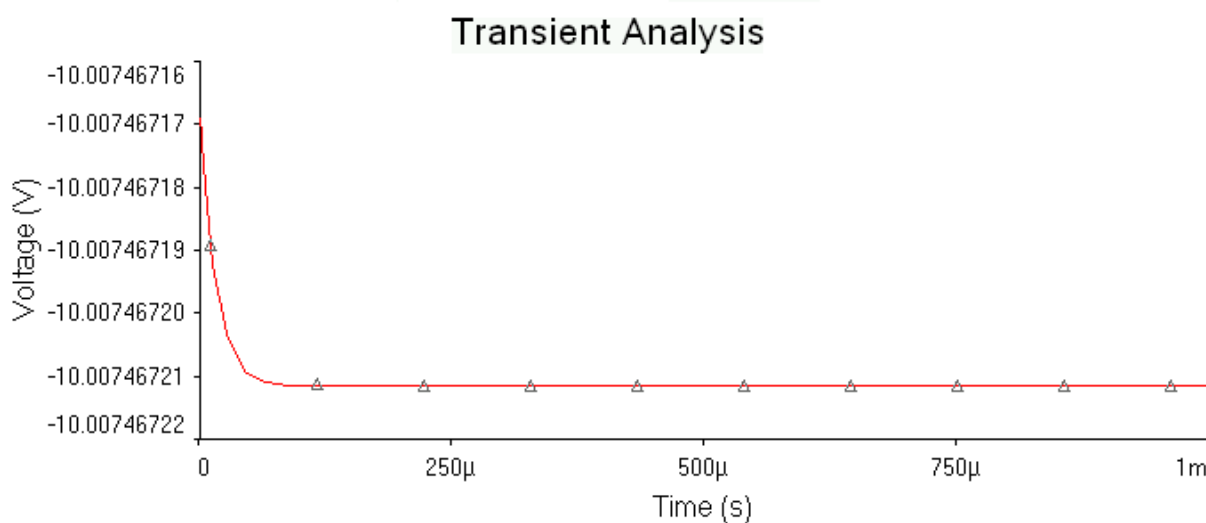


Obrázek 47: Zapojení operačního zesilovače LM324AD

Otevřené okno „Transient Analysis“ nám slouží k nastavení potřebných parametrů analýzy. Záložku „Analysis Parameters“ k nastavení počátečních podmínek, počáteční a koncový čas, případně nastavení časového kroku. Pro naši analýzu si zvolíme automaticky definované počáteční podmínky „Automatically determine initial conditions“, počáteční stav nastavíme na nulu sekund a konečný stav na 0,001 sekundy, časový krok necháme vygenerovat automaticky programem.

Přepneme se do záložky „Output“, kde si zvolíme proměnou, kterou chceme analýzou sledovat. V našem případě si vybereme proměnou „V(6)“ z části „Variables in circuit“

a pomocí tlačítka „Add“ ji přesuneme do části vybraných proměnných pro analýzu „Selected variables for analysis“.

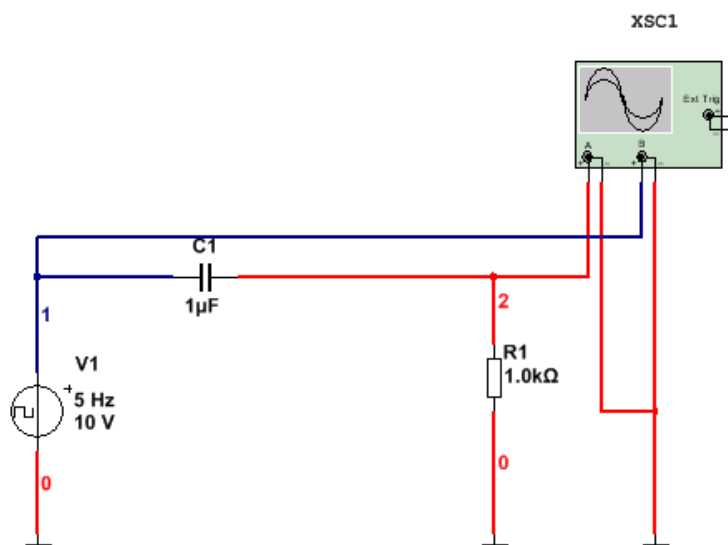


Obrázek 48: Výsledek přechodové analýzy

Celou simulaci dokončíme kliknutím na tlačítko „Simulate“ a v otevřeném okně „Grapher View“ se zobrazí graf s výslednou křivkou.

4.9 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 9 PARAMETRICKÁ ANALÝZA:

Simulaci spustíme kliknutím na záložku „Simulate“, kde si z nabídky vybereme položku „Analyses“. Z rozbalené nabídky klikneme na položku „Parameter Sweep...“ a otevře se nám okno „Parameter Sweep“. Parametry analýzy si nastavíme v záložce „Analysis Parameters“.

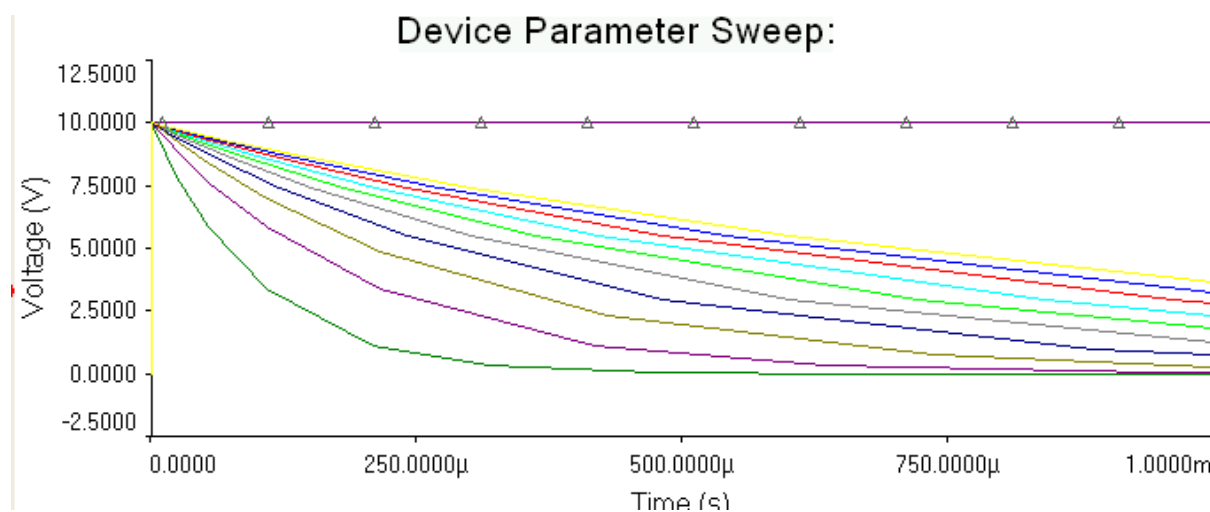


Obrázek 49: Schéma derivačního článku

Jelikož chceme testovat změnu v parametru velikost odporu rezistoru, tak je nutné, abychom si to nastavili. K tomuto nastavení nám slouží část „Sweep Parameters“, kde si nastavíme pomocí rozbalovací nabídky „Device Type“ položku „Resistor“, a pokud bychom měli v obvodu více rezistorů, tak si konkrétní rezistor najdeme podle jména. Máme možnost i volit parametr, který chceme měnit na dané součástce, v našem případě chce měnit hodnotu odporu, takže nastavíme parametr „resistance“.

Část „Points to sweep“ nám slouží k nastavení, jakým způsobem se nám bude měnit zvolený parametr. Pro naši analýzu si zvolíme lineární změnu „Linear“, počáteční hodnotu zvolíme 100 Ω a konečnou hodnotu zadáme 1 k Ω . Zvolíme si také velikost přírůstku a to 100 Ω . Máme také možnost zadat, na kolik částí chceme rozsah rozdělit, a program sám dopočítá a nastaví potřebný přírůstek.

Další důležité nastavení skrývá záložka „Output“. V této záložce si nastavíme proměnné, které chceme sledovat. V našem případě se jedná o položky „V(1)“ a „V(2)“. Označíme je v části „Variables in circuit“ a pomocí tlačítka „Add“ je přidáme do seznamu zvolených proměnných pro analýzu.



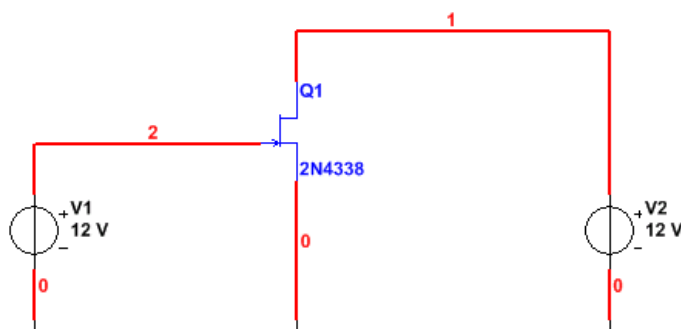
Obrázek 50: Výsledek parametrické analýzy derivačního článku

Analýzu dokončíme kliknutím na tlačítko „Simulate“ a po spočtení analýzy se otevře okno „Grapher View“, kde máme zobrazen graf s výsledkem analýzy.

4.10 OZVUČENÁ ANIMACE Č. 10 STEJNOSMĚRNÁ ANALÝZA:

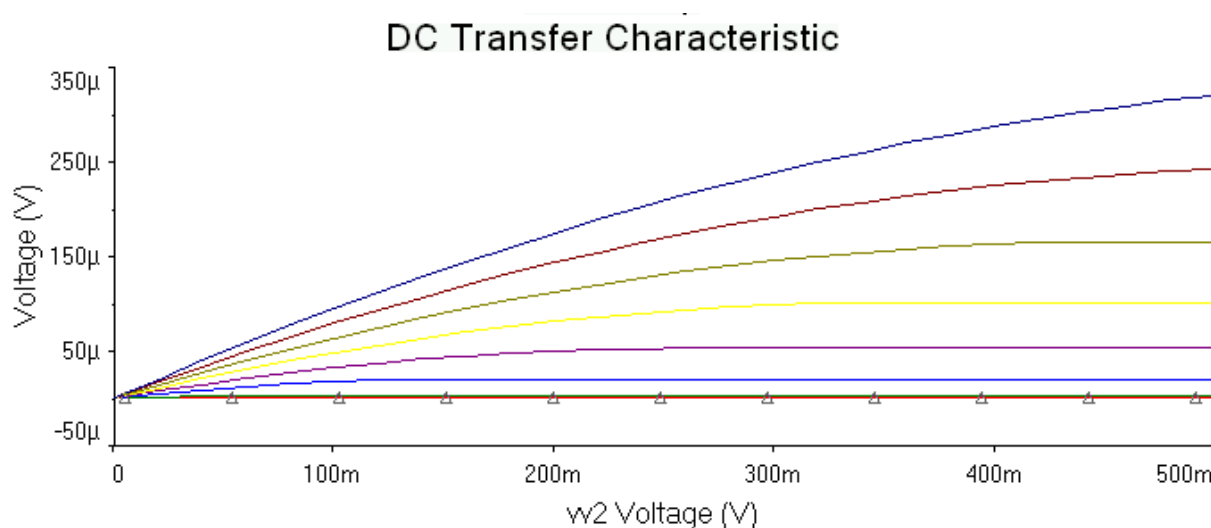
Práci začneme vytvořením obvodu dle schématu na obrázku 22 a pro spuštění analýzy kliknutím na záložku „Simulate“ a z nabídky zvolíme položku „Analyses“. Po zobrazení

další nabídky si vybereme položku „DC Sweep...“. Otevře se nám okno s aktivní záložkou „Analysis Parameters“. Tuto záložku použijeme k nastavení jednotlivých parametrů naší analýzy. Přidáme si použití druhého zdroje zaškrtnutím políčka „Use source 2“. V části „Source 1“ zvolíme zdroj V2 s hodnotami počáteční hodnota 0, konečná hodnota 0.6 a přírůstek 0.02. Druhý zdroj nastavíme v části „Source 2“, a to tak, že počáteční hodnotu nastavíme na -0.7, konečnou hodnotu na 0 a přírůstek nastavíme na 0.1.



Obrázek 51: Schéma zapojení s unipolárním tranzistorem

Klikneme na záložku „Output“. Kde v části „More Option“ kliknutím na tlačítko „Add device/model parameter...“ přidáme položku „id“, kterou posléze vybereme v části „Variables in circuit“. Objeví se nám zde pod názvem „I(q1[id])“. Tlačítkem „Simulate“ analýza proběhne a její výsledek se zobrazí v okně „Grapher View“



Obrázek 52: Výsledek stejnosměrné analýzy

4.11 OZVUČENÉ ANIMACE K SADĚ PŘÍKLADŮ VHODNÝCH PRO VÝUKU

Součástí každého příkladu ze sady je také animace. Popis každé animace je uveden v rámci navrhovaného řešení každého příkladu. Vytváření těchto animací se hodně podobá animacím ukázkovým, není je tedy potřeba více popisovat. Navíc animace je i řešením navrhovaných příkladů, takže by bylo nevhodné popis animací mít v jiné části práce.

ZÁVĚR

Jak již bylo uvedeno v úvodu práce, cílem této bakalářské práce bylo pojednat o vybraných funkcích simulačního programu Multisim, které jsou vhodné pro výuku. Není možné pojmout a vysvětlit všechny funkce tohoto simulačního programu, tudíž ani tato práce nemůže být kompletním seznamem všech funkcí, které se dají využít při výuce. Vybrané funkce jsou vhodné pro výuku mnoha předmětů, nejen úzce specializovaných elektrotechnických či elektronických předmětů.

Používání simulačního programu Multisim je předvedeno v animacích, kde je popisováno, co se právě provádí, a jak máme při práci postupovat. Ukázky demonstrují práci s programem a předkládají pouze jednu z možných variant, jak případnou funkci používat.

Sada příkladů vhodných pro výuku byla vytvořena za účelem představy, jak by bylo možné tyto funkce použít ve výuce. Existuje mnoho modifikací příkladů a mnoho dalších námětů, které by se daly ve výuce použít.

Můžeme předpokládat, že obliba simulačních programů ve výuce bude stoupat, a že se učitelé nebudou bránit nasazení virtuálního prostředí do výuky svých předmětů. Na druhou stranu nemůžeme tvrdit, že je potřeba vše přesunout do simulačních programů. Praktická výuka, kdy si žák osahá rezistor nebo zapojí obvod, by měla mít ve výuce vždy místo.

RESUMÉ

The bachelor's thesis deals with the use of selected functions of Multisim simulation program in teaching. The work specific chat functions are appropriate to place in the teaching. It mentions the lessons which these functions can be included in.

Selected functions are explained and the procedure for using them is described. Functions are divided into three basic groups. The first group is the basic functions of circuit design and the using of basic measuring instruments. These are mainly device that have a master piece in a real lab. The thesis describe show these device are used. The second group includes functions that make it easy to create circuits and work with different types of circuits. In this section are mainly described virtual instruments located only in the simulation program. Their contribution to circuit creation is described. And also this charter deals with helpers in creating circuits. Also, this section discusses circuit checking and creating hierarchical blocks to make the circuit more complex. The third group is a function suitable for deepening pupils acquired knowledge. This is a component error creation feature and various types of analyzes.

The text is complemented by animations explaining the problematic. Animations are commented. A set of examples suitable for teaching was created to complete the treatise about the functions. The examples are solved and are accompanied by an animated commentary. Commented animations are included on the optical medium.

SEZNAM LITERATURY

- [1] JURÁNEK, Antonín. MultiSIM - elektronická laboratoř na PC: schémata a zapojení. Praha: BEN - technická literatura, 2008. ISBN 9788073001940.
- [2] MAŽÁTKO, Jan. Elektronika. 6. vyd., V Idea servis 5., dopl. a upr. vyd. Praha: Idea servis, 2008. ISBN 9788085970647.
- [3] KESL, Jan. Elektronika. Praha: BEN - technická literatura, 2003. Učebnice - základní studijní materiál pro střední školy. ISBN 8073000768.
- [4] KESL, Jan. Elektronika. Praha: BEN - technická literatura, 2003. Učebnice - základní studijní materiál pro střední školy. ISBN 8073000741.
- [5] MICHALÍK, Petr. Počítačová simulace elektronických obvodů ve výuce. V Plzni: Západočeská univerzita, 2014. ISBN 9788026103318.
- [6] KRATOCHVÍLOVÁ, Jana. Teorie a praxe projektové výuky. Brno: Masarykova univerzita, 2006. ISBN 978-80-210-4142-4.
- [7] MAŇÁK, Josef a Vlastimil ŠVEC. Výukové metody. Brno: Paido, 2003. ISBN 80-731-5039-5.
- [8] Prodejní informační leták k programu NI Multisim [online] [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: http://www.cadware.cz/download/letaky/letak_multisim.pdf
- [9] MICHALÍK, Petr. Počítačová simulace elektronických obvodů a její využití ve výuce. Plzeň: Pedagogické centrum Plzeň, 2001. ISBN 807020088X.
- [10] PUNČOCHÁŘ, Josef. Operační zesilovače v elektronice. 5. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2002. ISBN 8073000598.
- [11] NI Multisim [online] [cit. 2017-02-06]. Dostupné z: <http://www.ni.com/multisim>
- [12] VACÍK, Vladimír. Využití simulačního programu Multisim ve výuce. Plzeň, 2009. 58 s.,l s. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta Pedagogická, Katedra výpočetní a didaktické techniky.
- [13] MICHALÍK, P., BENAJTR, P. Simulace elektronických obvodů programem Multisim a možnosti využití jeho speciálních funkcí vhodných pro výuku. Matematika - fyzika - informatika, 2014, roč. 23, č. 1, s. 69-79. ISSN: 1210-1761

- [14] Spice multisim tutorial. [online]. [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: http://inst.eecs.berkeley.edu/%7Eee40/su08/HW/multisim_tutorial.pdf
- [15] VAVREK, L. Seriál článků na téma Multisim. Aktuálně na DPS [online]. Dostupné z: <http://www.dps-az.cz/public/MultiSIM/MultiSIM.html#p=1>
- [16] Multisim Tutorial. [online]. [cit. 2017-04-16] Dostupné z: <http://www.ece.mtu.edu/labs/EElabs/EE3010/revisions/Summer2009/Multisim%20Tutorial/MULTISIM%20Tutorial.pdf>
- [17] eBook. Multisim [online]. Dostupné z: <https://www.kvd.zcu.cz/cz/materialy/msm/msm/msm/index.htm>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Program NI Multisim - ukázka	4
Obrázek 2: Multimetr - schematická značka, okno multimetru a okno jeho nastavení.....	9
Obrázek 3: Možnosti zapojení ohmmetru	10
Obrázek 4: Zapojení multimetru jako ampérmetru a voltmetru	11
Obrázek 5: Zapojení multimetru pro měření útlumu.....	11
Obrázek 6: Značka a panel funkčního generátoru	12
Obrázek 7: Měření výkonu automobilové žárovky	13
Obrázek 8: Zobrazení harmonického a obdélníkového signálu 2kanálovým osciloskopem	14
Obrázek 9: Možné použití Bode Plotteru (zapisovače) [14]	15
Obrázek 10: Naměřené hodnoty signálu z funkčního generátoru čítačem	16
Obrázek 11: Zapojení analyzátoru z kreslení na výstup funkčního generátoru [13].....	18
Obrázek 12: Logický konvertor.....	19
Obrázek 13: Logický analyzátor se čtyřmi signály	20
Obrázek 14: Generátor datových slov [1].....	22
Obrázek 15: Použití měřicí sondy	23
Obrázek 16: Výběr pomocníka tvorby obvodů	25
Obrázek 17: Rozbalené okno Opamp Wizard	26
Obrázek 18: Electrical Rules Check.....	28
Obrázek 19: Invertující zapojení operačního zesilovače	40
Obrázek 20: Výsledek simulace s operačním zesilovačem	41
Obrázek 21: Neinvertující zapojení operačního zesilovače	42
Obrázek 22: Výsledek simulace s operačním zesilovačem	43
Obrázek 23: Součtové zapojení operačního zesilovače.....	44
Obrázek 24: Výsledek simulace součtového zapojení operačního zesilovače	45
Obrázek 25: Realizace úkolu a).....	47
Obrázek 26: Realizace úkolu b).....	47
Obrázek 27: Realizace úkolu c) a d).....	48
Obrázek 28: Pravdivostní tabulka v logickém konvertoru	50
Obrázek 29: Zapojení logické funkce pro signalizaci	50
Obrázek 30: Schéma zapojení jednocestného usměrňovače	51
Obrázek 31: Výsledek parametrické analýzy	52
Obrázek 32: Nákres zapojení sady žárovek.....	53
Obrázek 33: Výsledek analýzy stejnosměrného pracovního bodu.....	54
Obrázek 34: Schéma zapojení žárovek pro úkol s chybami součástek	55
Obrázek 35: Logický obvod ke kontrole chyb zapojení.....	56
Obrázek 36: Zapojení hierarchického bloku	58
Obrázek 37: Výsledek simulace obvodu vytvořeného pomocníkem tvorby obvodů.....	60
Obrázek 38: Kontrola zapojení obvodu.....	61
Obrázek 39: Kontrola obvodu - změněné pravidlo „Out - Out“	62
Obrázek 40: Výsledek simulace vytvoření nového hierarchického bloku	63
Obrázek 41: Hierarchický blok s logickým obvodem	65
Obrázek 42: Vložený hierarchický blok ze souboru	65
Obrázek 43: Obvod pro ukázkou tvorby chyb součástek	66
Obrázek 44: Automatické zadávání chyby a ruční zadávání chyby.....	67

Obrázek 45: Jednoduchý obvod s rezistory	67
Obrázek 46: Výsledek analýzy stejnosměrného pracovního bodu	68
Obrázek 47: Zapojení operačního zesilovače LM324AD	68
Obrázek 48: Výsledek přechodové analýzy	69
Obrázek 49: Schéma derivačního článku	69
Obrázek 50: Výsledek parametrické analýzy derivačního článku.....	70
Obrázek 51: Schéma zapojení s unipolárním tranzistorem	71
Obrázek 52: Výsledek stejnosměrné analýzy	71

PŘÍLOHA – SEZNAM ANIMACÍ A JEJICH UMÍSTĚNÍ NA OPTICKÉM NOSIČI

Ozvučená animace č. 1 Použití průvodce vytvoření obvodu s operačním zesilovačem

Umístění: \Animace\Ozvučená animace č. 1 Použití průvodce vytvoření obvodu s operačním zesilovačem.avi

Ozvučená animace č. 2 Kontrola zapojeného obvodu (Electrical Rules Check):

Umístění: \Animace\Ozvučená animace č. 2 Kontrola zapojeného obvodu (Electrical Rules Check).avi

Ozvučená animace č. 3 Vytvoření nového hierarchického bloku:

Umístění: \Animace\Ozvučená animace č. 3 Vytvoření nového hierarchického bloku.avi

Ozvučená animace č. 4 Nahrazení zapojeného obvodu hierarchickým blokem:

Umístění: \Animace\Ozvučená animace č. 4 Nahrazení zapojeného obvodu hierarchickým blokem.avi

Ozvučená animace č. 5 Otevření souboru s obvodem jako hierarchický blok:

Umístění: \Animace\Ozvučená animace č. 5 Otevření souboru s obvodem jako hierarchický blok.avi

Ozvučená animace č. 6 Tvorba chyb součástek:

Umístění: \Animace\Ozvučená animace č. 6 Tvorba chyb součástek.avi

Ozvučená animace č. 7 Analýza stejnosměrného pracovního bodu:

Umístění: \Animace\Ozvučená animace č. 7 Analýza stejnosměrného pracovního bodu.avi

Ozvučená animace č. 8 Přejížděcí analýza:

Umístění: \Animace\Ozvučená animace č. 8 Přejížděcí analýza.avi

Ozvučená animace č. 9 Parametrická analýza:

Umístění: \Animace\Ozvučená animace č. 9 Parametrická analýza.avi

Ozvučená animace č. 10 Stejnosměrná analýza:

Umístění: \Animace\Ozvučená animace č. 10 Stejnosměrná analýza.avi

Ozvučené animace k sadě příkladů vhodných pro výuku

Umístění: \Příklady animace\Příklad 1.avi

Umístění: \Příklady animace\Příklad 2.avi

Umístění: \Příklady animace\Příklad 3.avi

Umístění: \Příklady animace\Příklad 4.avi

Umístění: \Příklady animace\Příklad 5.avi

Umístění: \Příklady animace\Příklad 6.avi

Umístění: \Příklady animace\Příklad 7.avi

Umístění: \Příklady animace\Příklad 8.avi

Umístění: \Příklady animace\Příklad 9.avi

Umístění: \Příklady animace\Příklad 10.avi