

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

Pedagogická fakulta – Katedra aplikované fyziky a techniky

**Využití programu NI Multisim ve výuce**

Diplomová práce

Vedoucí práce: PaedDr. Alena Poláchová, Ph. D.

Autor: Zdeněk Boháč

## **Anotace**

Diplomová práce je zaměřena na využití simulačního programu NI Multisim Education ve výuce na základních a středních školách. Hlavním výstupem je zpracování vybraných úloh analogové a číslicové techniky a následné ověření zpracovaných úloh ve výuce. Nedílnou součástí práce je uživatelský výukový manuál pro simulační software NI Multisim Education. Zkoumána je i potřeba a možnosti využití simulačního softwaru při výuce na ZŠ a SŠ a také problémy, které s sebou přináší nasazení softwaru na běžnou školu. Součástí práce je srovnání dostupných řešení a doporučení, který software zvolit.

## **Abstract**

Thesis is aimed on the usage of the simulation software NI Multisim Education in education on elementary and secondary school. The output of this work is many problems of chosen analog and digital technique tasks and then subsequently verification of elaborated tasks in lessons. Another part of work is user manual for simulating software NI Multisim Education. Possibilities and requirement of using simulation software in education on elementary and secondary school is investigated, so well as problems which is brought by using software on standard school. Part of the work is comparison of available solutions and recommend which software choose.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 30. dubna 2012

.....

Zdeněk Boháč

## **Poděkování**

Děkuji vedoucí práce PaedDr. Aleně Poláchové, Ph.D. za cenné připomínky při realizaci práce.

## **Cíle Diplomové práce:**

- seznámení se s obsahem výuky elektroniky na ZŠ a SŠ a na základě výsledku navržení vhodného simulačního programu pro jednotlivé typy škol
- vytvoření uživatelského výukového manuálu pro simulační software NI Multisim Education
- zpracování vybraných úloh analogové a číslicové techniky pro ZŠ, modelování v simulačním programu
- aplikace úloh ve výuce

## Obsah

1 Úvod.....	8
2 Výuka elektroniky na ZŠ a SŠ .....	10
2.1 Výuka elektroniky na základní škole .....	10
2.2 Výuka elektroniky na gymnáziích .....	12
2.3 Výuka elektroniky na střední škole.....	13
3 Základní pojmy .....	15
3.1 Simulace elektronických obvodů .....	15
3.2 Standard SPICE.....	15
3.3 Historie SPICE .....	17
4 Přehled simulačních programů.....	18
4.1 Kritéria pro výběr vhodného simulačního programu .....	18
4.2 Popis testovaných simulačních programů.....	19
4.2.1 NI Multisim 11 .....	19
4.2.2 Edison 5.0.....	21
4.2.3 Tina Design Suite v. 9.3.....	23
4.2.4 Micro-Cap 10 .....	24
4.2.5 SIMetrix 6.1 .....	25
4.2.6 Elara .....	26
4.3 Porovnání simulačních programů .....	27
5 Práce s programem NI Multisim .....	29
5.1 Pracovní prostředí .....	29
5.2 Základní nastavení programu .....	29
5.2.1 Panely s nástroji .....	30
5.2.2 Panely součástek .....	31
5.3 Měřicí přístroje v multisimu .....	33
5.3.1 Multimetr .....	34
5.3.2 Funkční generátor.....	38
5.3.3 Wattmetr.....	38
5.3.4 Osciloskop.....	39
5.3.5 Zapisovač .....	40
5.3.6 Čítač .....	41
5.3.7 Logický konvertor.....	42
5.3.8 Zobrazovač VA charakteristik .....	43
5.3.9 Logický analyzátor.....	44

5.3.10 Generátor slov .....	45
5.3.11 Analyzátor zkreslení.....	47
5.3.12 Spektrální analyzátor.....	47
5.3.13 Analyzátor vysokofrekvenčních obvodů.....	48
5.3.13 Měřicí sonda.....	48
5.4 Využití průvodců elektronických obvodů.....	49
5.5 Analýza elektrického obvodu.....	50
5.6 Vyhledávání v databázi předpřipravených zapojení od výrobce .....	51
5.7 Programování mikroprocesorů.....	52
6 Problémy při realizaci výuky .....	54
6.1 Realizace výuky .....	55
6.2 Problémy při realizaci výuky .....	58
7 Závěr .....	59
8 Seznam použité literatury:.....	61
9 Přílohy .....	63
Seznam řešených úloh:.....	63
Ukázka úlohy .....	64

# 1 Úvod

Téma diplomové práce jsem si vybral, protože v použití programu NI Multisim Education vidím výrazné rozšíření možností výuky pro školu zabývající se elektrotechnickými obory. Na SOŠE, COP v Hluboké nad Vltavou pracuji jako učitel odborného výcviku a v současné době právě simulační program NI Multisim Education zavádíme do výuky převážně v rámci odborného výcviku a předmětu Elektrická měření.

Nyní žijeme v době, kdy je na vzdělávání vyčleňováno stále méně financí, na druhé straně vzrůstá množství ale i výkon počítačů na ZŠ a SŠ nasazovaných do výuky. Právě tato skutečnost v současné době nahrává průniku velmi dobře vybavených simulačních programů do škol, kde mohou doplnit nebo i z části nahradit klasickou výuku. Použití simulačního software na jedné straně šetří náklady - za součástky a materiál použitý pro výuku v odborném výcviku, na straně druhé přináší do výuky úplně nové možnosti, např. využití měřících přístrojů, které škola běžně nemá k dispozici.

V diplomové práci jsem se zaměřil na nasazení simulačního programu ve výuce. Provedu srovnání simulačních programů vhodných pro výuku elektroniky na základní a střední škole, na základě stanovených kritérií doporučím nejvhodnější program pro jednotlivé typy škol. Vytvořím uživatelský výukový manuál pro program NI Multisim Education. Nedílnou součástí diplomové práce je soubor úloh analogové a číslicové techniky, včetně ukázky programování jednočipových mikroprocesorů.

Jestliže v předmětu Elektronika simulační program může sloužit jako pouhý doplněk výuky, v předmětu Elektrické měření je potřebná výbava velmi drahá, a ne vždy má škola potřebný měřící přístroje v dostatečném množství a kvalitě, a navíc některé přístroje mohou svou pořizovací cenou převyšovat možnosti školy. Zde určitě je místo simulačního programu velmi opodstatněné. A dalším pádným důvodem pro využívání simulačních programů může být odolnost proti zničení způsobenému chybou lidského faktoru.

V úvodní kapitole jsem se zaměřil na rámcové vzdělávací programy pro vzdělávání základní, střední a gymnázia s cílem zjistit, zda vůbec a v jakém rozsahu je předepsána výuka elektroniky pro výše zmíněné typy škol, a zároveň jaké uplatnění by našel simulační software v těchto školách.

V další poměrně krátké kapitole vysvětlím pojmy jako simulace, popíši standard SPICE, který je dnes využíván převážnou většinou simulačních programů.

Ve čtvrté kapitole nejprve stanovím kritéria pro výběr vhodného simulačního softwaru pro školu. Dále porovnáím v současnosti nepoužívanější programy, nebude



chybět krátký popis, hardwarové nároky, cena pro školy (pokud lze zjistit). Na závěr kapitoly popsané programy porovnáám a vyberu ten správný pro jednotlivé typy škol.

V páté poměrně obsáhlé kapitole popíši práci s programem NI Multisim Education. Popíši pracovní prostředí, projdu základní nastavení programu a velkou pozornost budu věnovat možnostem využití měřících přístrojů programu. Tuto pasáž je možno využít jako manuál pro žáky při práci se samotným programem.

V poslední šesté kapitole upozorním na problémy spojené s nasazením programů NI Multisim Education do výuky. Uvedu i příklad první výukové hodiny.

Přílohou diplomové práce tvoří úlohy vytvořené v programu NI Multisim. Úlohy svým rozsahem plně pokryjí potřeby ZŠ. Je možné je využít jako základ i na SŠ.

## 2 Výuka elektroniky na ZŠ a SŠ

Dříve, než popíši špičkový simulační program NI Multisim, pokusím se zjistit, jaký přínos by mohlo využití simulačního programu přinést do výuky na základní škole, na gymnáziu, či škole střední. Nejjednodušší metodou by mohlo být nahlédnutí do ŠVP (školního vzdělávacího programu) vybraných typů škol. ŠVP však vychází z RVP (rámcového vzdělávacího programu), který určuje minimální rozsah probírané látky na jednotlivých typech škol. ŠVP si pak tvoří každá škola sama, vždy však musí být pokryta všechna témata obsažená v RVP a navíc si každá škola může své ŠVP rozšířit o další probíraná témata, zaměřená na konkrétní potřeby regionu, kde se daná škola nachází. Pro seznámení s obsahem výuky na ZŠ a SŠ bude tedy výhodnější použít dokument, ze kterého vycházejí všechny školy - RVP.

### 2.1 Výuka elektroniky na základní škole

S výukou elektroniky se může žák na základní škole setkat ve dvou vzdělávacích oblastech: v oblasti Člověk a příroda (Fyzika) a Člověk a svět práce (v části Design a konstruování, popř. Provoz a údržba domácnosti).

Předmět Fyzika vzdělávací oblasti Člověk a příroda je povinný předmět, který je vyučován na druhém stupni ZŠ. Zde se konkrétně jedná o probírané téma Elektromagnetické a světelné děje (dle RVP ZV):

Očekávané výstupy - Fyzika žák	Učivo
- sestaví správně podle schématu el. obvod - rozliší stejnosměrný proud od střídavého a změří el. proud a napětí - využívá Ohmův zákon pro část obvodu při řešení praktických problémů - zapojí správně polovodičovou diodu	- elektrický obvod - zdroj napětí, spotřebič, spínač - elektrické a magnetické pole - el. odpor, transformátor

Tab. č. 1: Oblast z RVP ZV Člověk a příroda vzdělávacího oboru Fyzika [1]

Vzdělávací oblast Člověk a svět práce je vyučována jednak na 1. stupni, kde je rozdělena na čtyři okruhy (Práce s drobným materiálem, Konstrukční činnosti, Pěstitelské práce, Příprava pokrmů), které jsou pro školu povinné. Na 2. stupni je celkem 8 okruhů

(Práce s technickými materiály, Design a konstruování, Pěstitelské práce a chovatelství, Provoz a údržba domácnosti, Příprava pokrmů, Práce s laboratorní technikou, Využití digitálních technologií, Svět práce). Škola musí vždy zvolit okruh Svět práce, který je povinný, z dalších sedmi vybírá dva další okruhy. S elektronikou se tedy žák setká pouze v případě, že škola do ŠVP zahrne alespoň jeden ze dvou okruhů Design a konstruování a Provoz a údržba domácnosti.

U okruhu Design a konstruování může být vhodný simulační program velmi dobrým doplňkem při využití elektronických stavebnic.

Očekávané výstupy - Design a konstruování žák	Učivo
- sestaví podle návodu, náčrtu, plánu, jednoduchého programu daný model	- stavebnice (konstrukční, elektrotechnické, elektronické)

Tab. č. 2: Oblast z RVP ZV Člověk a svět práce - tematický okruh Design a konstruování [1]

U okruhu Provoz a údržba domácnosti můžeme simulační program využít např. pro měření v souvislosti s ekonomikou provozu, je zde sice předepsána i elektronika, ale jedná se především o obsluhu, užití dle návodu.

Očekávané výstupy - Provoz a údržba domácnosti, žák	Učivo
- se orientuje v návodech k obsluze běžných domácích spotřebičů	- elektrotechnika v domácnosti - elektrická instalace, elektrické spotřebiče, elektronika, bezpečnost a ekonomika provozu

Tab. č. 3: Oblast z RVP ZV Člověk a svět práce - tematický okruh Provoz a údržba domácnosti [1]

V zásadě se dá říci, že základní školy nemají povinnost plynoucí z RVP vyučovat elektroniku jako takovou, některé části související s elektronikou a elektrotechnikou jsou zahrnuty do předmětů Fyzika (rezistory, kondenzátory, cívky a z polovodičových součástek alespoň polovodičová dioda a tranzistor) a nepovinně i výše zmíněné části předmětu Technická výchova. Zároveň právě výše zmíněné předměty je možno doplnit o další pasáže z oblasti elektroniky v ŠVP. Názornou ukázkou je možné provést i s pomocí příslušných apletů, které je možno stáhnout z internetu. Aplety jsou však jednorázově

zaměřeny a nemají obvykle takové možnosti nastavení. Proto se dá říci, že i na základních školách si simulační programy pro elektroniku své místo jistě najdou.

## 2.2 Výuka elektroniky na gymnáziích

Gymnázia zajišťují převážně vzdělávání ve všeobecných předmětech a cizích jazycích. Proto prakticky platí to, co pro základní školy. Oblast elektroniky se zde prakticky nevyučuje, opět nějaké kapitoly najdeme v předmětu Fyzika, konkrétně oddíle Elektromagnetické jevy a další uplatnění by simulační program našel v oddíle Fyzikální veličiny a jejich měření.

Očekávané výstupy - Fyzika - Fyzikální veličiny a jejich měření, žák	Učivo
- měří vybrané fyzikální veličiny vhodnými metodami	- soustava fyzikálních veličin a jednotek - absolutní a relativní odchylka měření

Tab. č. 4: Oblast z RVP G Člověk a příroda vzdělávacího oboru Fyzika - oddíl Fyzikální veličiny a jejich měření [2]

V oddíle Elektromagnetické jevy se jedná opět o téma podobné, jaké se probírá na základní škole, pouze ve větším rozsahu.

Očekávané výstupy - Fyzika - Elektromagnetické jevy, žák	Učivo
- využívá Ohmův zákon při řešení praktických problémů - aplikuje poznatky o mechanismech vedení el. proudu v kovech, polovodičích, kapalinách a plynech - využívá zákon elektromagnetické indukce k řešení problémů a k objasnění funkce elektrických zařízení	- soustava fyzikálních veličin a jednotek - absolutní a relativní odchylka měření

Tab. č. 5: Oblast z RVP G Člověk a příroda vzdělávacího oboru Fyzika - oddíl Elektromagnetické jevy, světlo [2]

## 2.3 Výuka elektroniky na střední škole

Na středních školách oborů elektro se vyučují předměty Elektrotechnický základ, Elektrotechnika a Elektrotechnická měření. Záleží však na konkrétním oboru, pro obory slaboproudé nalezneme řadu dalších oblastí, např. Elektronika, Číslicová technika, atd. Mimo jiné je zde vyučována i fyzika.

Elektrotechnický základ navazuje na znalosti z fyziky ze ZŠ a dále je prohlubuje především v oblasti elektrostatiky, stejnosměrného proudu, elektromagnetismu a střídavého proudu. Předmět je obvykle na středních školách vyučován v 1. ročníku.

Očekávané výstupy - Elektrotechnický základ, žák	Učivo
<ul style="list-style-type: none"> <li>- analyticky, numericky či graficky řeší obvody stejnosměrného proudu</li> <li>- aplikuje Kirchhoffovy zákony a další poučky při řešení složitějších elektrických obvodů</li> <li>- řeší el. obvody s aktivními a pasivními prvky (zdroje, rezistory, cívky a kondenzátory) v oblasti střídavého proudu</li> <li>- řeší trojfázové obvody</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stejnosměrný proud (Ohmův zákon, zdroje el. energie, Kirchhoffovy zákony, stejnosměrné obvody)</li> <li>- střídavé proudy (časový průběh střídavých veličin, jednoduché střídavé obvody s jednotlivými prvky RLC, složené obvody</li> <li>- sériové a paralelní řazení prvků R, L, C, sériová a paralelní rezonance)</li> <li>- trojfázová soustava</li> </ul>

Tab. č. 6: Oblast z RVP 2641M01 Elektrotechnický základ [3]

Pro tento předmět je možné sestavit velké množství úloh, pomocí kterých mohou žáci prakticky procvičit pojmy z teorie (např. řazení rezistorů, kondenzátorů, jejich zapojení ve stejnosměrném i střídavém obvodu, Ohmův zákon, Kirchhoffovy zákony, měření základní elektrických veličin - U, I, P, elektromagnetická indukce, atd.).

Elektrotechnika poskytuje žákům znalosti a dovednosti v oblasti elektrotechnických součástek. Žáci jsou vedeni k dodržování bezpečnosti práce.

Očekávané výstupy - Elektrotechnika, žák	Učivo
<ul style="list-style-type: none"> <li>- použije, navrhne a sestaví základní obvody s pasivními součástkami (dělič napětí, můstek, dolní a horní propust, ...)</li> <li>- chápe chování přechodu PN v propustném</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pasivní obvodové součástky (rezistory, kondenzátory, cívky, transformátory)</li> <li>- polovodičové součástky (přechod PN a polovodičové součástky, bipolární</li> </ul>

a závěrném směru - určí chování bipolárního tranzistoru v obvodu na základě znalosti jeho chování v základních zapojeních (se společnou bází, emitorem, kolektorem) a provedeních (NPN, PNP) - použije integrovaný obvod na základě jeho funkce	a unipolární tranzistory, spínací prvky, integrované obvody)
---	--

Tab. č. 7: Oblast z RVP 2641M01 Elektrotechnika [3]

V obsahovém okruhu Elektrotechnická měření jsou žáci seznámeni s použitím měřících přístrojů a měřících metod při měření elektrických veličin.

Očekávané výstupy - Elektrotechnická měření, žák	Učivo
- zvolí vhodný měřící přístroj na základě znalosti jednotlivých měřících přístrojů a způsobů jejich funkce	- měřící přístroje (přístroje pro měření napětí, osciloskopy, frekvence, proudu a výkonu, pasivních elektrických veličin, polovodičových součástí) - metody elektrických měření (měření elektronických obvodů a prvků) - chyby měření (chyby měřících přístrojů, měřících metod)

Tab. č. 8: Oblast z RVP 2641M01 Elektrotechnická měření [3]

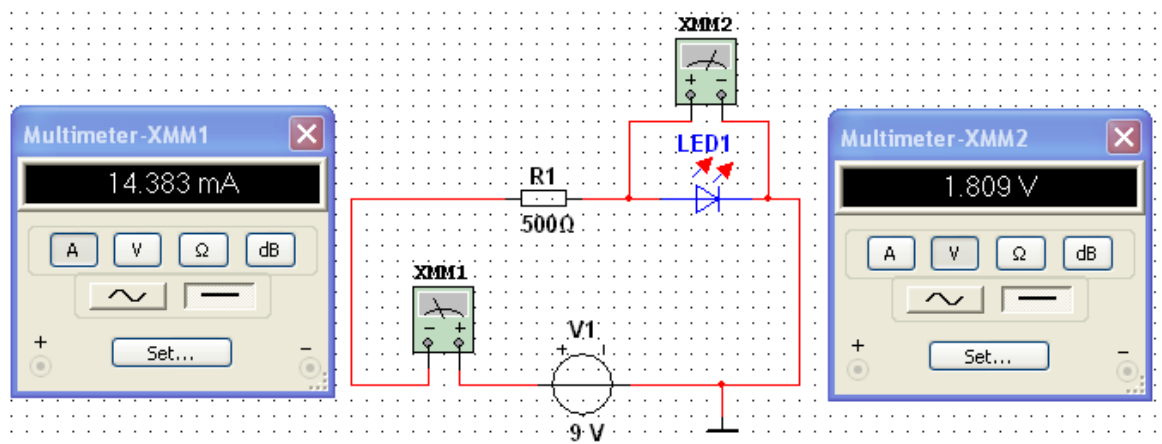
Jak je vidět z pasáží vyjmutých z RVP, pro střední školu elektrotechnického zaměření (tj. obory začínající číslem 26...) se v současné době stává simulační software téměř povinností. Vždy je však pouze doplňkem, byť právě v elektrotechnických měřeních může i suplovat nedostatečnou výbavu škol v oblasti drahých speciálních měřících přístrojů. Nelze s ním však nahradit měření, které žák provádí přímo s měřícími přístroji. Také v oblasti elektroniky má simulační software nezastupitelnou roli, umožňuje kompletní analýzu obvodů a právě pro tuto vlastnost je velmi často používán i velkými výrobci spotřební elektroniky. Své uplatnění jistě simulační software najde i na dalších technicky zaměřených středních školách.

## 3 Základní pojmy

### 3.1 Simulace elektronických obvodů

Mnohdy v technické praxi vzniká nutnost navrhnout elektronický obvod pro nějaký speciální účel. V jiném případě může být potřeba zjistit více informací o daném zapojení, tedy analyzovat daný obvod, nebo jen doplnit obvod o několik dalších součástek. A právě tuto činnost nám může velmi usnadnit použití vhodného simulačního programu.

A co nám simulační program umožňuje? Především sestavit požadovaný el. obvod z modelů jednotlivých prvků, jejichž funkce je matematicky popsána a následně modelovat přesnou činnost obvodu (obr. č.1). Kamkoliv do obvodu můžeme zapojit měřící přístroje a měřit požadované elektrické veličiny. Knihovna vlastních virtuálních přístrojů zahrnuje multimetr (voltmetr, ampérmetr), wattmetr, 4 kanálový osciloskop, funkční generátor, logický analyzátor, analyzátor zkreslení, čítač, spektrální analyzátor, atd.. K dispozici jsou i virtuální přístroje odpovídající skutečným přístrojům věhlasných značek, např. Agilent či Tektronix. Bezproblémová je i změna parametrů obvodu během simulace, např. změna hodnot součástek, která se provede kliknutím na schematickou značku. Celé zapojení a způsob měření je tak velmi podobný skutečnému měření na modulu s reálnými součástkami. A v neposlední řadě také řada výrobců připojuje modul, který ze schématu umožňuje vyrobit desku plošného spoje (DPS).



Obr. č. 1: Jednoduchý RLC obvod [14]

### 3.2 Standard SPICE

Většina dnešních simulačních programů je založena na standardu SPICE. SPICE je zkratka z anglického "Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis", což volně přeloženo znamená "Simulační program zaměřený na integrované obvody".

Jedná se o určitou skupinu programů, která řeší simulaci elektrických obvodů. Standardizována jsou také vstupní data, se kterými jednotlivé programy pracují. Mezi simulační programy standardu SPICE patří např. PSPICE, CADENCE-SPICE, H SPICE, SmartSPICE a další. Existuje řada dalších simulátorů tzv. Spice kompatibilních, které využívají datový formát SPICE, těch je opravdu velká řada, např. Micro-Cap či NI Multisim. Existují však i simulační programy, které datový formát SPICE nevyužívají, např. PowerSpice od IBM či Pstar od NXP Semiconductor.

Ve standardu SPICE bývají data ukládány do textového souboru zvaného netlist. V tomto souboru je obsažen kompletní popis obvodu společně pro příkazy pro simulátor. Jedná se o textový formát, jehož obecná struktura je následující:

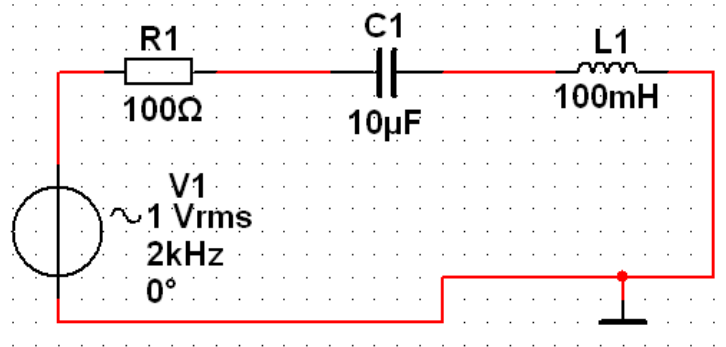
- Hlavička - povinný řádek, který slouží pouze pro dokumentační účely, nemá vliv na průběh simulace
- Popis obvodu - část netlistu ve které je soustředěn popis všech součástí analyzovaného obvodu spolu se způsobem jejich propojení.
- Příkazy pro řízení simulace - říkají simulátoru, jaký typ analýzy se má spustit, s jakými parametry a co se má s výsledky udělat.
- .END - standardní ukončení programu

Hlavička a ukončovací příkaz .END mají v netlistu své pevné místo, tj. hlavička na začátku a .END na konci netlistu. Řádky obsahující data pro popis obvodu a příkazy pro simulátor mohou být mezi sebou promíchány. V jednodušším případě (obr. 2) může netlist obsahovat pouze hlavičku, popis obvodu a ukončovací příkaz, jak je vidět z následujícího výpisu:

```
** RLC Circuit **
vV1 1 0 dc 0 ac 1 0
+   distof1 0 0
+   distof2 0 0
+   sin(0 1.414213562 2000 0 0 0)

*** Multisim Component L1 ***
lL1 3 0 0.1
*** Multisim Component C1 ***
cC1 2 3 1e-005
*** Multisim Component R1 ***
rR1 1 2 100 vresR1
.model vresR1 r( )
.END
```





Obr. č. 2: RLC obvod [14]

### 3.3 Historie SPICE

Standard SPICE (i stejně pojmenovaný simulační program) byl vytvořen na počátku 70. let v Electronics Research Laboratory při University of California, Berkeley. Vytvořil ho Larry Nagel pod vedením profesora Donalda Pedersona. SPICE 1 byl představen v roce 1973 a naprogramován byl v jazyce Fortran. Program umožňoval analýzu v obvodech převážně s bipolárními a unipolárními tranzistory. Již od první verze měl uživatel možnost rozšiřovat seznam analyzovaných součástek o vlastní modely zakládáním tzv. podobvodů (subcircuits). Program byl v podstatě volně šiřitelný.

SPICE 2, který byl vydán v roce 1975, výrazně rozšiřoval množství obvodových prvků použitelných v simulaci. Druhá verze byla opět naprogramována ve v jazyce Fortran. Tato verze byla v průběhu téměř 20 let zdokonalována, až do všeobecně známého standardu SPICE2 (verze G6) a ten byl v roce 1983 zpřístupněn k volnému používání.

Vzhledem k zvýšenému využívání SPICE 2 na linuxových pracovních stanicích padlo v Berkeley rozhodnutí přepsat verzi SPICE 3 již do jazyka C, Tak vznikla v roce 1989 verze SPICE 3, stabilní verze s názvem SPICE 3 (verze F2), která je dnes rozšířena, pochází z července 1993. Vyznačuje se řadou vylepšení, bohužel došlo ke ztrátě zpětné kompatibility.

## 4 Přehled simulačních programů

V této poměrně obsáhlé kapitole srovnám řadu simulačních programů a nakonec z rozsáhlé nabídky vyberu ten pravý, který zajisté najde uplatnění na základní, či střední škole.

Než však přejdu k samotnému vyhodnocení na závěr této kapitoly, zamyslím se nad tím, jaká kritéria při výběru simulačního softwaru zvolit, tj. stanovím ta správná kritéria pro koncového uživatele, v našem případě pro uživatele simulačního programu - školu (zejména učitele a jeho žáky). V další části kapitoly si jednotlivé programy popíšeme a na závěr zkusím navrhnout ten nejvhodnější program pro použití na základních a středních školách. Jak vyplývá ze zkoumaných RVP, v každé kategorii budou odlišné požadavky.

### 4.1 Kritéria pro výběr vhodného simulačního programu

Neprve bude důležité pro výběr vhodného simulačního programu stanovit jistá kritéria:

- 1) cena je pro školu na jednom z prvních míst, a tak otázka zní: Lze získat zdarma v této oblasti program, a nebudou omezení obvykle stažitelné demoverze problémem pro dosažení výukových cílů? Popřípadě jak finančně náročné je získat plnou verzi, existují školní multilicence (vždyť ve škole budeme mít celou učebnu)?
- 2) Jako druhý bod bych zařadil počet modelů součástí, tj. zda budeme mít možnost nasimulovat jakýkoliv obvod, který najdeme v běžné učebnici - základy elektrotechniky, elektronika, fyzika, ..., dále jaké simulace nám daný software nabízí a jak jsou výsledky vzdáleny realitě.
- 3) Jaké jsou hardwarové nároky programu, nároky na instalaci programu a nároky na provoz podmínkách výuky.
- 4) Jak rychle trvá zaškolení uživatele do základů práce s programem (vždyť program má sloužit pro výuku elektroniky, základů elektrotechniky, či základů měření a k výuce simulačního software), tj. jak bude uživatelsky přívětivý (tzv. user-friendly).
- 5) Neméně významná bude i přenositelnost aplikací mezi plnou školní verzí (na učebně) a omezenou studentskou verzí (kterou může mít nainstalovanou na domácím počítači).
- 6) Nakonec nezapomenu zmínit podporu programu, nejlépe v mateřském jazyce. V případě, že budu chtít program nasadit na ZŠ či SŠ, vždy je výhodou také české zastoupení firmy poskytující produkt. Program musíme nejen zakoupit, ale také se

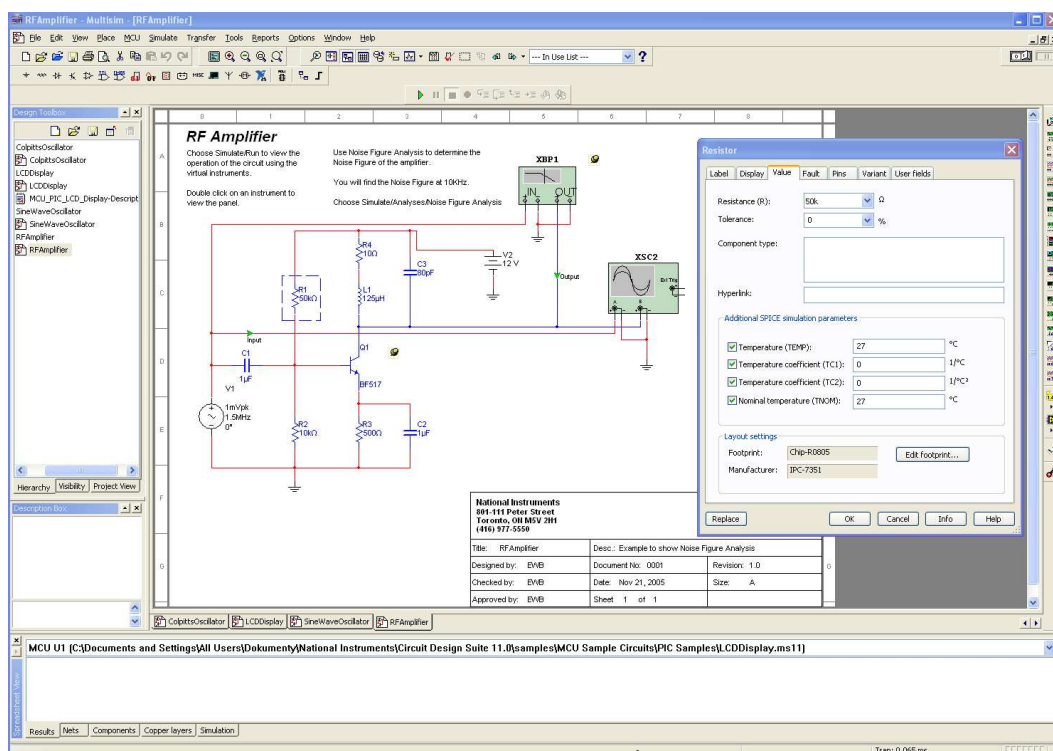
s ním naučit pracovat. Firma může pomoci nejen s nákupem softwaru, ale do projektu můžeme zahrnout nejen peníze na získání programu, ale také úvodní zaškolení. A to mohou přijít ještě další problémy s např. využitím plovoucích licencí.

## 4.2 Popis testovaných simulačních programů

### 4.2.1 NI Multisim 11

Program NI Multisim (z dílny National Instruments) je výkonný simulátor analogových, digitálních a smíšených elektronických obvodů, nechybí ani podpora nejznámějších mikroprocesorů. Mnozí uživatelé program znají pod názvem EWB Multisim (Electronics Workbench Multisim).

NI Multisim nabízí velmi příjemné prostředí pro snadné a rychlé kreslení schémat s možností následné simulace a analýzy jejich chování. Nakreslené schéma je možné použít pro návrh desek plošných spojů v navazujícím programu NI Ultiboard (dodáváno s programem NI Multisim jako 30 denní demo), nebo v jiných programech (např. PADS).



Obr. č. 3: Program NI Multisim [14]

Program umožňuje nakreslit schémata od jednoduchých jednostránkových až po složitá vícestránková hierarchická schémata s „off-page“ konektory, přičemž pro kreslení schémat používá vlastní knihovnu součástek s modely pro potřeby simulace.

Před aktivováním simulace nakresleného zapojení se do obvodu ještě vloží a připojí napájecí zdroje, zdroje vstupního signálu a virtuální měřicí přístroje, které jsou v programu dostupné v podobě speciálních schematických symbolů. Kliknutím na ně se tyto symboly zvětší do podoby skutečných přístrojů, na kterých je možné nastavovat parametry a sledovat hodnoty měřených veličin. Během simulace je možné měnit hodnoty zapojených prvků (odpor, kapacitu, ...) a tak okamžitě sledovat dopad na funkci obvodu. Celé zapojení a způsob měření je tak velice podobný skutečnému měření na reálném prototypu. Knihovna vlastních virtuálních přístrojů zahrnuje funkční generátor, voltmetr, ampérmetr, multimetr, wattmetr, 4 kanálový osciloskop, logický analyzátor, analyzátor zkreslení, čítač, spektrální analyzátor, atd.. K dispozici jsou i virtuální přístroje odpovídající skutečným přístrojům Agilent a Tektronix. Různé zdroje napětí a proudu umožňují nastavení podle potřeby. Kromě měřících přístrojů jsou k dispozici v neomezeném počtu i měřicí sondy pro měření v kterémkoliv uzlu.

Program umožňuje nakreslit schémata od jednoduchých jednostránkových až po složitá vícestránková hierarchická schémata s „off-page“ konektory, přičemž pro kreslení schémat používá rozsáhlou vlastní knihovnu součástek.

Program umožňuje provádět i celou řadu analýz založených na algoritmech SPICE/XSPICE, 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. Dokoupit lze i simulaci MCU (v základu jsou mikrokontroléry 8051/8052 a PIC16F84a). Výsledky měření/analýz je možné uložit a dále zpracovat/zobrazit přímo v programu NI Multisim, nebo je možné výsledky exportovat do dalších programů, např. NI LabVIEW, Excel a MathCAD pro další zpracování a analýzy.

NI Multisim má několik verzí, které se navzájem liší obsahem knihovny součástek, počtem virtuálních měřících přístrojů a počtem dostupných analýz. Ke všem verzím 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 4 virtuální měřicí přístroje. NI Multisim Full má cca 12 000 modelů, 15 virtuálních měřících přístrojů a umožňuje provést 15 druhů analýz. Ve verzi NI Multisim Power Pro je obsaženo cca 16 000 modelů, 22 virtuálních měřících přístrojů, umožňuje 24 druhů analýz a má navíc moduly pro návrh filtrů, zesilovačů, RF obvodů a navíc tvorbu vlastních modelů součástek.

Školní verze programu NI Multisim má knihovnu součástek s cca 13 000 modely, 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, atd.

NI Multisim může být použit jako profesionální nástroj s vynikajícím poměrem cena/výkon při návrhu a vývoji elektronických obvodů. Školní verze má pak uplatnění při výuce teorie obvodů, měření elektrických veličin, vyhledávání závad nebo poškozených součástek (učitel může nastavit součástku jako vadnou), ve školách s elektrotechnickým zaměřením. K dispozici jsou také multilicence pro 10 a 25 uživatelů (může být nainstalován i s plovoucí licencí, kdy je škola omezena pouze počtem aktuálně běžících instancí programu).

#### **Doporučené systémové požadavky:**

- Windows XP; Windows Vista nebo Windows Vista, 64-bitová verze, Windows 7, 32- nebo 64-bitové verze;
- Pentium 4 (Pentium III minimum)
- 512 MB paměti RAM (256 MB minimum)
- 1.5 GB volného místa na harddisku (1 GB minimum)
- Open GL® 3D grafická karta doporučena, rozlišení 1024x768 bodů nebo vyšší, 800x600 minimum)

#### **Ceny školních verzí:**

Multisim Education Edition (pro 1 uživatele) 10 190,- Kč

Multisim Education Edition (pro 10 uživatelů) 58 900,- Kč

Multisim Education Edition (pro 25 uživatelů) 99 900,- Kč

Multisim Ultiboard Edu (pro 1 uživatele) 10 190,- Kč

Multisim Ultiboard Edu (pro 10 uživatelů) 58 900,- Kč

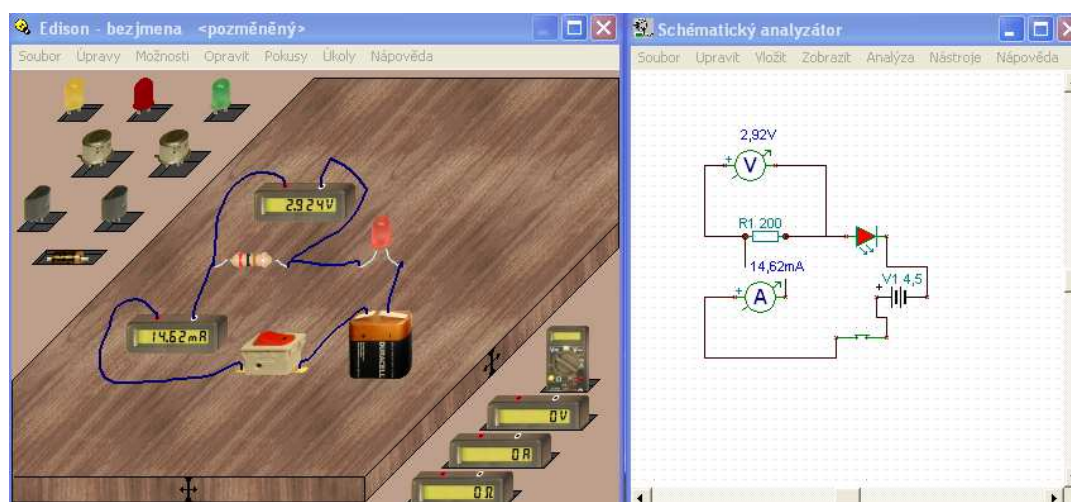
**Demo ke stažení:** [https://lumen.ni.com/nicif/us/gb\\_evalmultisim/content.xhtml](https://lumen.ni.com/nicif/us/gb_evalmultisim/content.xhtml)

### **4.2.2 Edison 5.0**

Program maďarské firmy DesignSoft (založené v roce 1992) s názvem Edison (obr. č.4) je určen úřevážně pro školy. Populární multimediální elektrolaboratoř je využitelná ve výuce fyziky, popřípadě základů elektrotechniny a elektroniky zvláště na základních školách a v nižších ročnících středních škol. Tomu také odpovídá zpracování programu a obtížnost ovládání programu. Jednodušším způsobem snad už zapojovat el. obvody ani nelze.

Učitelé i žáci mohou vytvářet virtuální elektrické obvody s využitím realisticky vypadajících komponent. To vše uživatel najde na jednotlivých policích multimediální laboratoře. Uživatel jednoduše zvolí a přetáhne součástky na plochu nebo je umístí přímo do realistického rozvodného panelu se skrytými spoji. Součástky lze propojit dohromady pomocí myši a funkční obvod je na světě. Nyní může začít testovat, upravovat a případně řešit problémy pomocí virtuálních přístrojů.

Za zmínku stojí, že obrazovka je rozdělena na dvě části, levou a pravou polovinu. Dále je tu plovoucí Kontrolní panel. V levém okně se skládá obvod ze součástek podobných reálným. Zde je velmi dobré, že žáci v praxi vidí, jak vlastně vypadá např. LED dioda nebo hradlo. Pravé okno se jmenuje Schematický analyzátor. Jak už název napovídá, zde se objevuje (automaticky) schéma obvodu, který tvoříme v levém okně. Kontrolní panel nám umožňuje obvod upravovat (např. měnit zdroje), a především zaznamenávat průběhy veličin.



Obr. č. 4: Program Edison 5 [20]

Uživatel má na výběr např. z baterií, rezistorů, diod, žárovek, LED diod, tranzistorů, ale i logických obvodů - hradel. K dispozici jsou propojovací panely a celá řada virtuálních přístrojů (zdroje napětí a signálu, měřící přístroje, osciloskopy, atd.). Dá se říci, že program obsahuje pro základní školu naprosto dostatečné množství komponent a měřících přístrojů, neobsahuje však speciální přístroje, které jsou vhodné pro výuku na středních a vysokých školách zaměřených na elektrotechniku či elektroniku. Dle firmy Terrasoft [19], která je oficiálním distributorem pro český trh, se jedná o velmi populární výukový software používaný ve více než 40 zemích světa.

Výhodou tohoto programu je nízká hardwarová náročnost a opravdu velká názornost. Opravdu velmi se mi líbí rozdělení základního prostředí na část reálnou se skutečnými součástkami a schematickou.

### Doporučené systémové požadavky:

- Windows 98/2000/XP/Vista/Windows 7
- Pentium 4 or Athlon procesor 1.2 GHz nebo vyšší
- grafická karta s podporou OpenGL, 3D Hardware akcelerace doporučena
- 1GB paměti RAM
- 200 MB volného místa na harddisku
- myš, zvuková karta

### Ceny školních verzí:

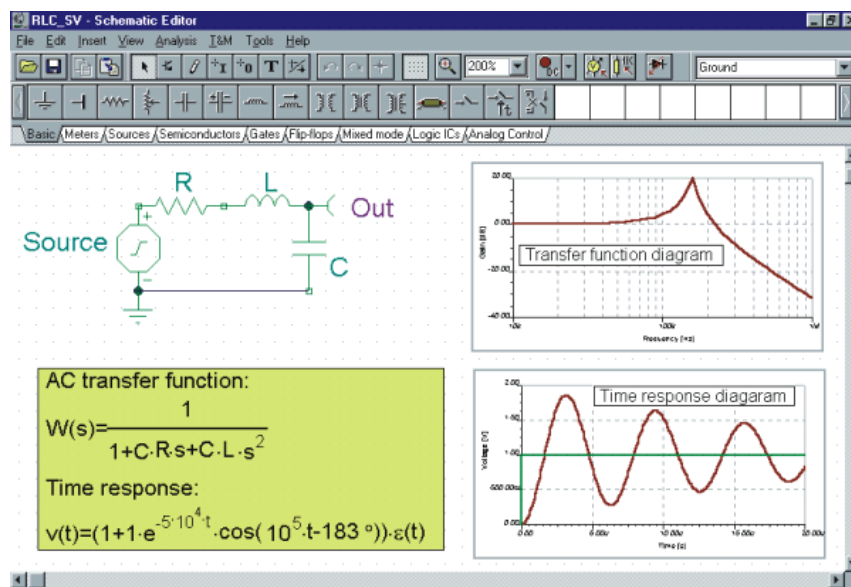
Jednouživatelská verze (jen pro domácí použití): 735 Kč

Školní multilicence: 10 115 Kč

**Demo ke stažení:** <http://www.terasoft.cz/skoly/edison> (pouze verze 4 CZ), Verze 5 EN: <http://www.edisonlab.com/English/edison/start.php?page=downlddemo&PrID=edison>

### 4.2.3 Tina Design Suite v. 9.3

Program Tina Pro (obr. č. 5) je od stejného výrobce jako program Edison, tedy od maďarské firmy sídlící v Budapešti, firmy DesignSoft. Svým zaměřením a výbavou je možné program srovnávat s možnostmi NI Multisim.



Obr. č. 5: Program Tina Pro [19]

Program Tina Pro se může ve své školní verzi stát velmi užitečnou pomůckou ve výuce odborných předmětů, popřípadě fyziky. Umožňuje nejen návrh, simulaci a analýzu analogových a digitálních obvodů, ale obsahuje i celou řadu funkcí, které rozšiřují její uplatnění ve školním prostředí.

S využitím jednoduchého editoru schémat lze velmi snadno sestavit obvody od těch nejjednodušších, např. pro demonstraci Ohmova zákona či Kirchoffových zákonů, až po složité obvody obsahující stovky součástek včetně integrovaných obvodů, program je možné využít také pro programování mikroprocesorů.

K dispozici máme více než 20 000 modelů součástek odpovídajících svými parametry reálným komponentám předních výrobců. K dispozici je celá řada virtuálních testovacích a měřících přístrojů, např. multimetr, generátor signálu, logický analyzátor, generátor digitálního signálu, osciloskop, spektrální analyzátor, atd.

#### **Doporučené systémové požadavky:**

- Windows 9X, Windows NT/2000/XP
- IBM PC/AT kompatibilní Pentium 120 nebo lepší
- 16 MB RAM
- 50 MB volného místa na harddisku

#### **Ceny školních verzí:**

TINA 9.3 Design Suite Studentská verze: 38 EUR

TINA 9.3 Design Suite EDU verze: 449 EUR

TINA 9.3 Design Suite síťová licence - 5 uživatelů: 1500 EUR

TINA 9.3 Design Suite síťová licence - 30 uživatelů: 49000 EUR

Demo ke stažení:

<http://www.tina.com/English/tina/start.php?page=downlddemo&PrID=tina>

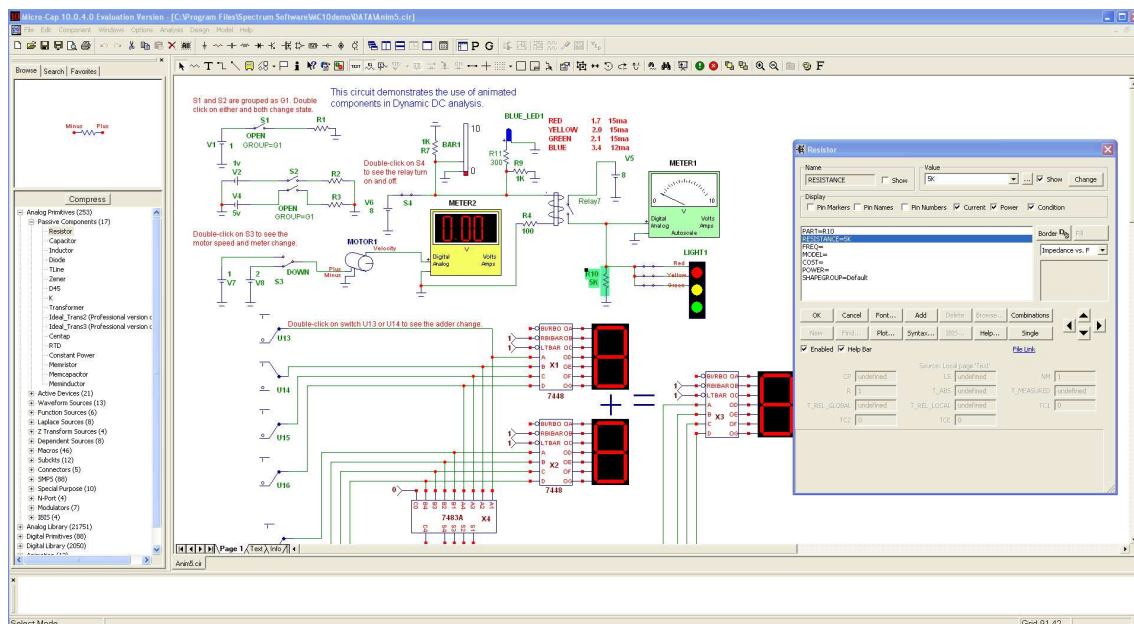
#### **4.2.4 Micro-Cap 10**

Program Micro-Cap 10 (obr. č. 6) je dalším otesovaným softwarem. První verze pochází již z roku 1982. Jedná se o poměrně mocný nástroj, narozdíl od výše zmíněných programů NI Multisim a Tina Design Suite se jedná o program s o dost méně intuitivním ovládním. Stažitelná demoverze má některá omezení ( např. maximální počet uzlů a prvků v obvodu, omezený rozsah modelů skutečných součástek, atd.). V plné verzi má být dle informace na stránkách výrobce k dispozici přes 24 000 součástek.



Obvod pro analýzu se nakreslí v integrovaném schematicém editoru, poté si program na základě schématu sestaví matematický popis nakresleného obvodu. Vlastní řešení se provádí numericky.

Pro zájemce o podrobné seznámení se s programem je výhodou možnost zakoupení česky psané knihy [23].



Obr. č. 6: Program Micro-Cap 10 [22]

#### Doporučené systémové požadavky:

- Windows 2000, XP, Vista nebo Windows 7
- IBM PC/AT kompatibilní Pentium II nebo lepší
- 256 MB RAM
- 100 MB volného místa na harddisku

Cena: Micro-Cap 10 \$4495

Upgrade z verze 9 \$1000

Demo ke stažení:

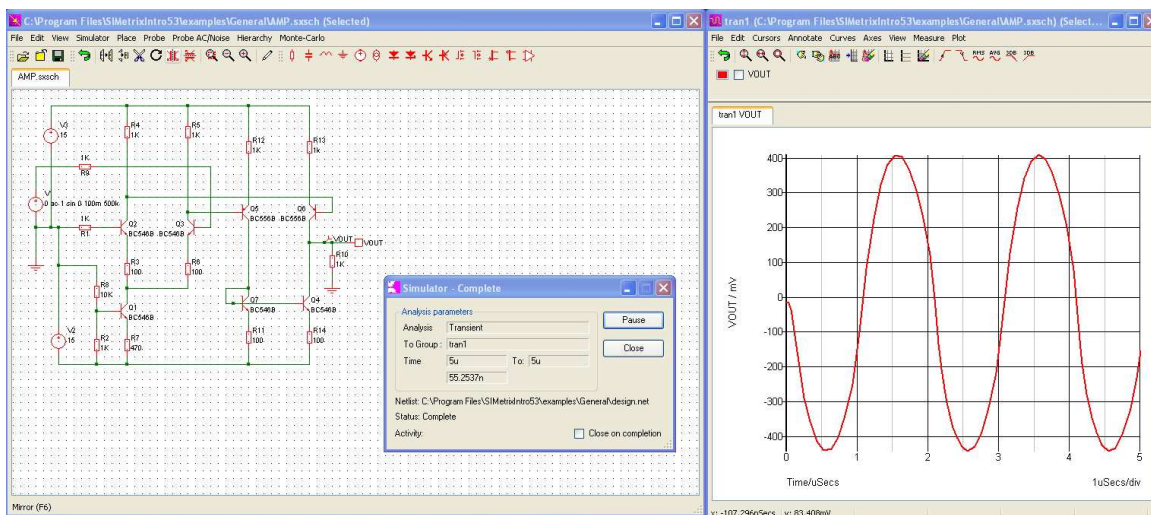
<http://www.spectrum-soft.com/demoform.shtm>

#### 4.2.5 SIMetrix 6.1

SIMetrix (obr. č. 7) je dalším programem, ve kterém se dá provádět simulace el. obvodů. Již několikrát byl velmi doporučován časopisem Praktická elektronika - Amatérské

RÁDIO. Na internetu je program dostupný již od roku 1991. Mnoho zákazníků vychvaluje rychlost a jednoduchost tohoto simulačního programu. Existuje ve verzi jak pro Windows i pro Linux.

Pro simulaci jsou využívána dvě simulační jádra, konvenční SPICE simulátor a revoluční SIMPLIS simulátor. SIMPLIS je u simulace analogových obvodů 10 krát až 580 krát rychlejší než SPICE [23].



Obr. č. 7: Program SIMetrix [24]

Na domovské stránce není možné zjistit cenu a ani dostupnost studentské verze.

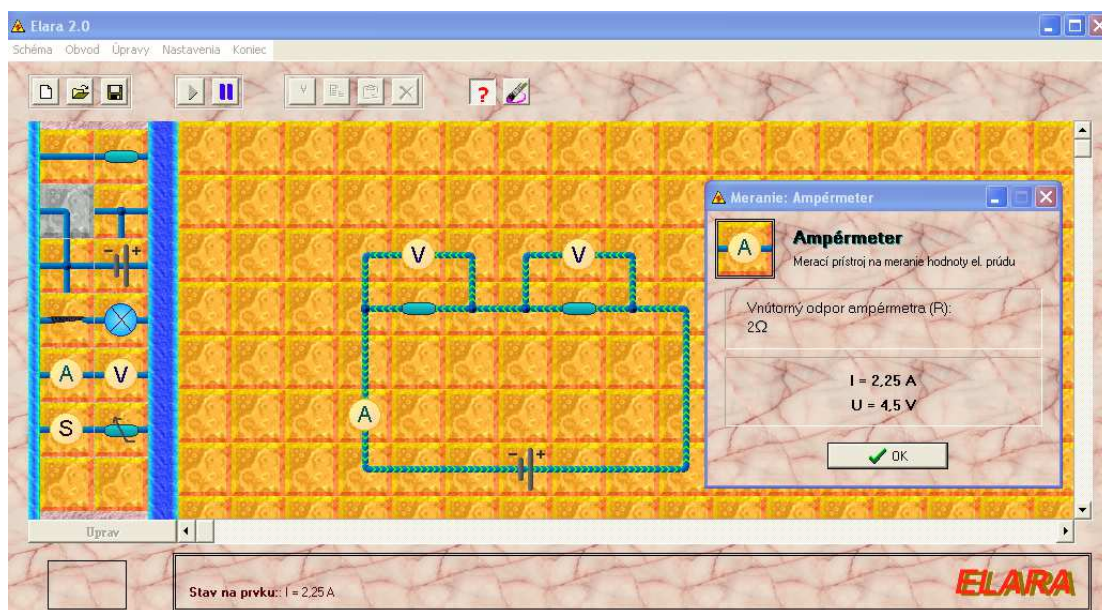
Demo ke stažení:

<http://www.simetrix.co.uk/site/demo.html>

## 4.2.6 Elara

Jedná se o velmi jednoduchý simulátor elektrických obvodů (obr. č. 8). Do obvodu můžeme vkládat pouze rezistor, potenciometr, žárovku a spotřebič. Obvod můžeme napájet stejnosměrným zdrojem napětí. Dále program obsahuje dva měřící přístroje (ampérmetr a voltmetr), zbylé prvky obvodu slouží pro spojení jednotlivých komponent.

Program Elara je ročníkovým projektem slovenského autora Františka Galčíka. Poslední verze s číselným označením 2.0 pochází z roku 2002. V příloženém textovém dokumentu (poznamky.txt) sám autor popisuje jisté problémy běhu programu pod staršími operačními systémy Win95 a Win98. Pod Windows XP je vše již v pořádku.



Obr. č. 8: Program Elara [25]

Cena: zdarma

Hardwarové požadavky:

- Pentium 400 +, 64 MB RAM
- SVGA 800 x 600

Plná verze ke stažení: [http://www.zslado.cz/vyuka\\_fyzika/vyuka.html#elara](http://www.zslado.cz/vyuka_fyzika/vyuka.html#elara)

Manuál: [http://www.zslado.cz/vyuka\\_fyzika/programy/vyukove\\_programy/Manual\\_elara/index.html](http://www.zslado.cz/vyuka_fyzika/programy/vyukove_programy/Manual_elara/index.html)  
(uživatelský manuál pouze slovensky)

Poznámka: Domovská stránka programu [www.elara.host.sk](http://www.elara.host.sk) již neexistuje (listopad 2012).

### 4.3 Porovnání simulačních programů

V kapitole 4.1 jsem stanovil základní kritéria pro výběr simulačního programu do školy. Nyní zkusím vybrat nejvhodnější produkt pro dvě rozdílné kategorie: za prvé pro školy střední zaměřené na výuku elektro oborů a za druhé pro školy základní.

Mám-li vybrat vhodný program pro střední školu zaměřenou na výuku elektro oborů, určitě nemohu do výběru zahrnout software typu Elara, který má jen velmi omezené možnosti. Dále hned na začátku vyřadím program Edison, kde se sice jedná o velmi dobrý a hlavně názorný software, ale pro potřeby SŠ se zaměřením elektro neposkytuje dostatek možností, zvláště měřících přístrojů a analýz. Na druhé straně je velmi názorný (3D modely reálně vypadajících součástek), proto by určitě nebyl problémem s nasazením na SŠ, které se zabývají jinými obory než elektro nebo na gymnázia. Zde by bylo jeho nasazení naopak velmi vhodné. Dále vyřadím SIMetrix pro absenci EDU verze, navíc zde není ani česká podpora. Ze zbývajících testovaných programů (NI Multisim, Tina Design Suite, Micro-Cap) je možno nasadit poměrně bez problémů každý. Mám-li vybrat jediného vítěze, z výše zmíněné trojice se jím určitě stane NI Multisim. Výhodou zde je velmi příjemná práce s programem (program je opravdu user-friendly), české zastoupení, česká kniha Multisim Elektronická laboratoř na PC [10], řada materiálů zpracovaných v českém jazyce na různých školách (Seznam použité literatury: [11], [12], [28], [29], ) a v neposlední řadě i fakt, že program využívají i výrobci spotřební elektroniky, ale třeba i NASA, a tak se absolvent s tímto programem může setkat i v praxi. Následující kapitola č. 5 diplomové práce bude zaměřena právě na základy práce s tímto programem.

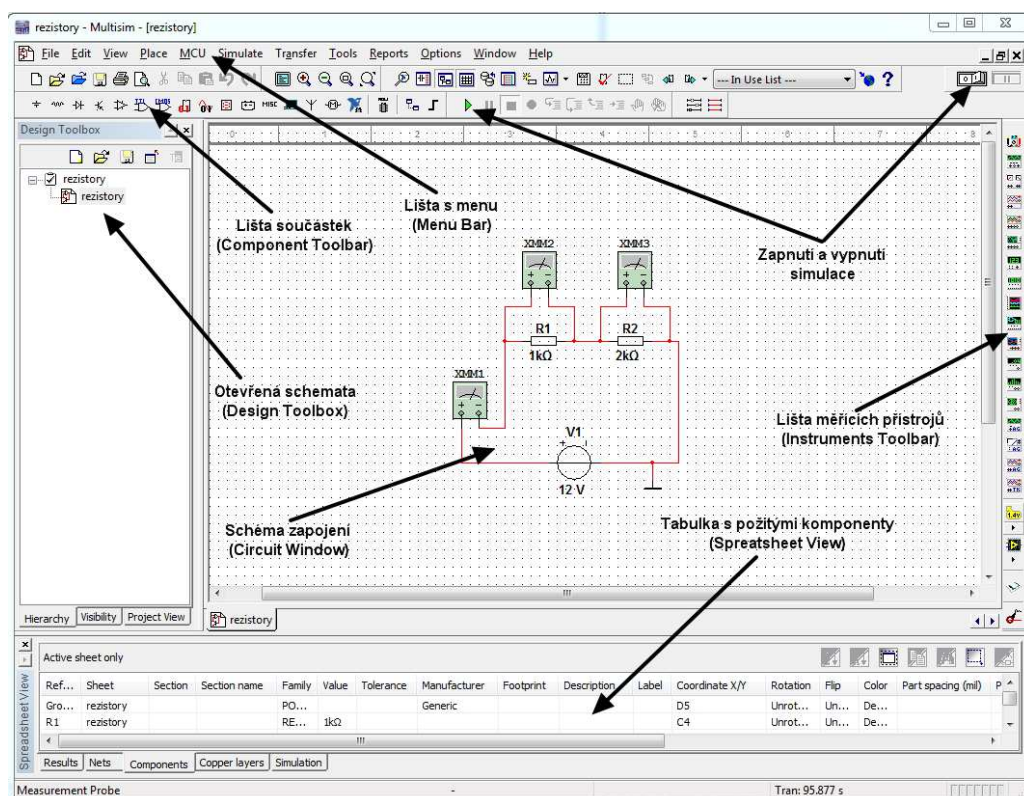
Při výběru simulačního programu pro základní školu dle mého názoru bude nejlépe vyhovovat program Edison. Jedná se o opravdu názorný software a navíc i cena multilicence je velmi příjemná (10 115 Kč). Zde spatřuji největší výhodu se zapojováním 3D modelů součástek, které vypadají jako ty skutečné, které se používají v praxi. Učivo ZŠ určitě bez problémů obsáhne a nechybí ani česká podpora programu, navíc prostředí programu je lokalizováno do češtiny. I zde by bylo možno použít NI Multisim, ale proti hovoří hlavně cena a fakt, že naprostá většina možností programu by byla nevyužita. Sice i zde můžeme pracovat s 3D modely součástek, ale 3D součástky jsou zde převážně pro demonstraci, nikoli pro vážnou práci.

## 5 Práce s programem NI Multisim

V této části si popíšeme pracovní prostředí programu NI Multisim, sestavíme ze součástek první schéma zapojení, následně si představíme knihovnu součástek, vložíme do obvodu měřící přístroje, využijeme průvodce sestavením základních obvodů a zkusíme i programování mikroprocesorů.

### 5.1 Pracovní prostředí

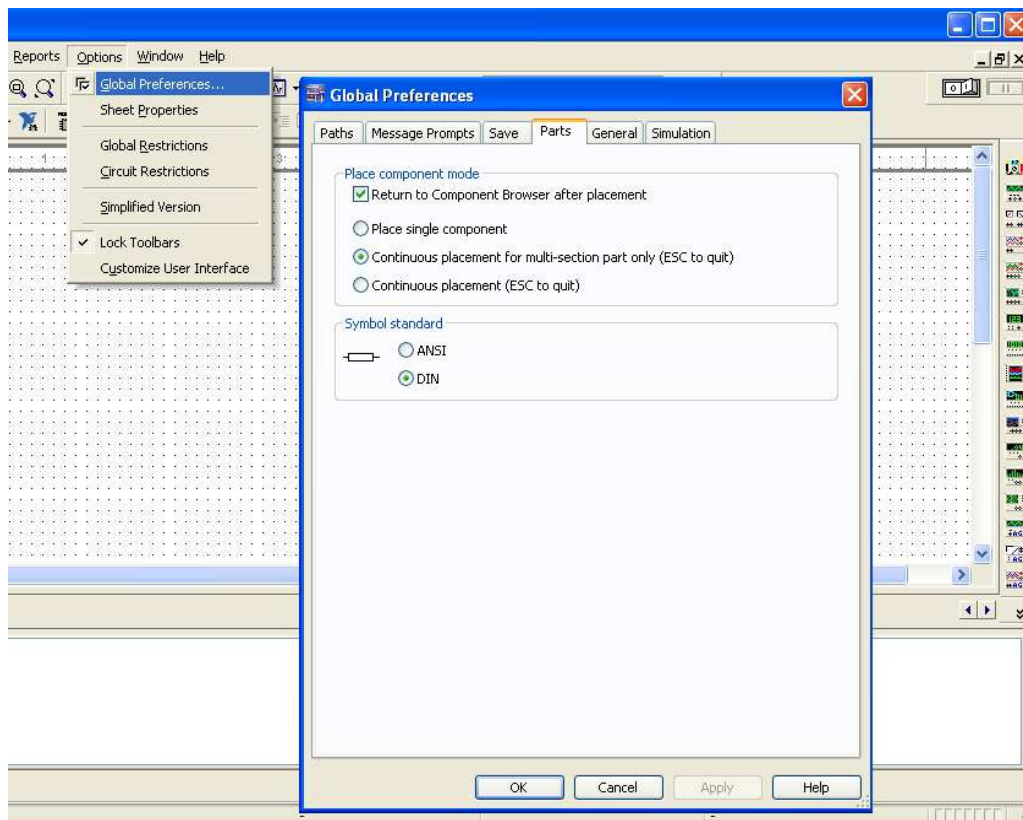
Po spuštění programu se zobrazí pracovní prostředí programu NI Multisim (obr. 9).



Obr. č. 9: Pracovní prostředí programu NI Multisim [14]

### 5.2 Základní nastavení programu

Ještě dříve než začneme pracovat s programem NI Multisim, je vhodné provést jeho základní nastavení. Při tvorbě elektrických obvodů budeme do obvodu vkládat schematické značky, avšak ty jsou prvotně nastaveny na normu ANSI. V menu **Options/Global preferences/Parts** nastaníme normu DIN, která je nám bližší (obr. č.10).



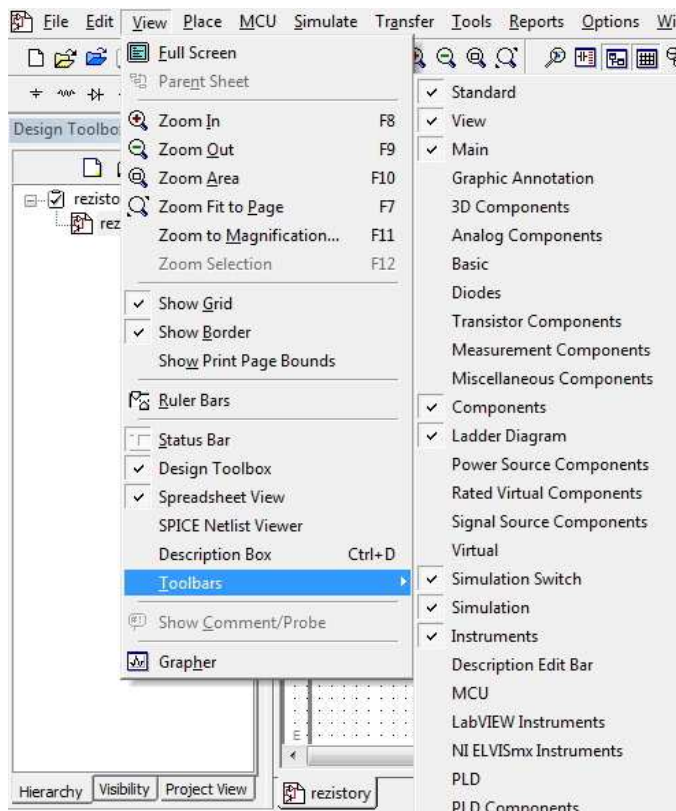
Obr. č. 10: Dialogové okno Global preference se záložkou Parts [14]

## 5.2.1 Panely s nástroji

Standardně jsou v NI Multisim zobrazené následující lišty nástrojů:

- Standard Toolbar (Standardní lišta)
- View Toolbar (Pohledová lišta)
- Main Toolbar (Hlavní lišta)
- Components (Lišta součástek)
- Simulation Switch & Simulation (Lišta simulace & Tlačítko simulace)
- Instruments Toolbar (Přístrojová lišta)

Není-li zobrazena nějaká lišta programu, je možno její zobrazení nastavit buď kliknutím pravým tlačítkem v panelech nebo z menu **View/Toolbars/<jméno lišty>** (obr. č. 11).



Obr. č. 11: Lišty s nástroji programu NI Multisim [14]

## 5.2.2 Panely součástek

Součástky, které máme k dispozici jsou řazeny do skupin, což umožňuje rychlý přístup k výběru požadované součástky. Pro výběr tedy stačí kliknout myší na požadovanou skupinu součástek (obr. č. 12).



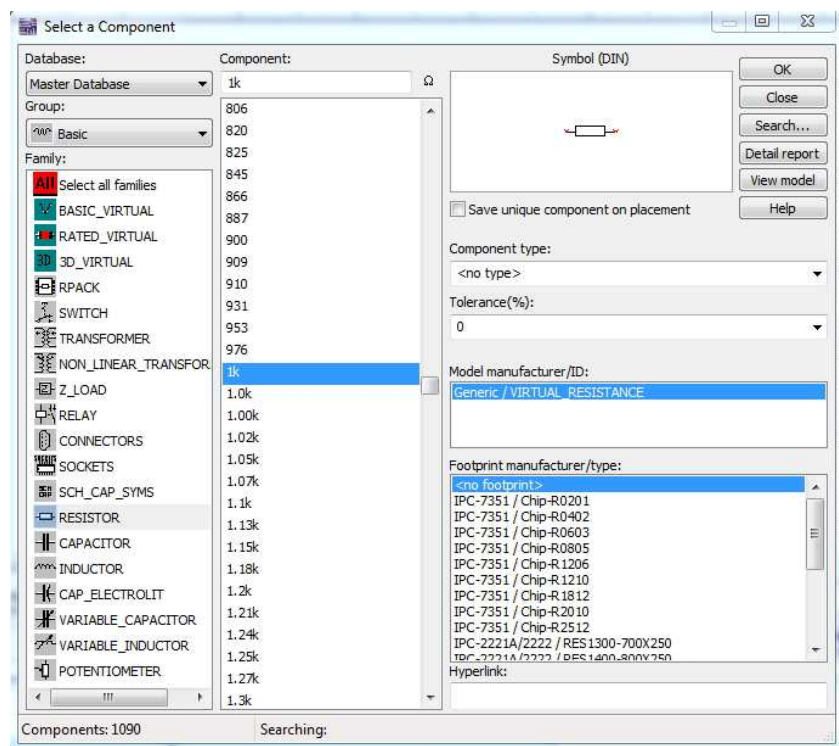
Obr. č. 12: Lišta pro výběr součástek [14]

Základní skupiny součástek:

- **Sources** - napájecí zdroje AC a DC, uzemnění analogových a digitálních obvodů, napájení digitálních obvodů
- **Basic** - R, C, L, potenciometry, transformátory, relé, spínače, atd.
- **Diodes** - diody (usměrňovací, LED, můstky atd.), ale také tyristory, triaky, atd.
- **Transistors** - tranzistory bipolární, unipolární, ...
- **Analog** - operační zesilovače
- **TTL** - číslicové integrované obvody TTL

- **CMOS** - integrované CMOS obvody
- **Misc Digital** - RAM, EPROM, MAX
- **Mixed** - časovače, převodníky, ...
- **Indicators** - voltmetry, ampérmetry, žárovky, LED displeje, bzučáky, ...
- **Power Component** - pojistky, napěťové reference, stabilizátory, atd.
- **Misc** - elektronky, optočleny, krystaly, ...
- **Advanced peripherals** - maticové klávesnice, LCD displeje, terminály, ...
- **RF** - součástky pro stavbu vf obvodů
- **Electromechanical** - elektro-mechanické součástky, kontakty, motory, ...
- **NI Component** - konektory, atd.
- **MCU** - mikroprocesory 805x, PIC, ROM, RAM
- **Bus** - sběrnice

Součástky vkládáme do schématu kliknutím na příslušnou ikonu s požadovanou součástkou, např. chceme-li vložit rezistor, klikneme na ikonu znázorňující rezistor (Basic Components), zobrazí se okno pro výběr základních elektrotechnických součástek – okno Select a Component (obr. č.13). V části okna Symbol (DIN) je zobrazena schematická značka vkládané součástky, v našem případě rezistoru.



Obr. č. 13: Okno pro výběr součástek [14]



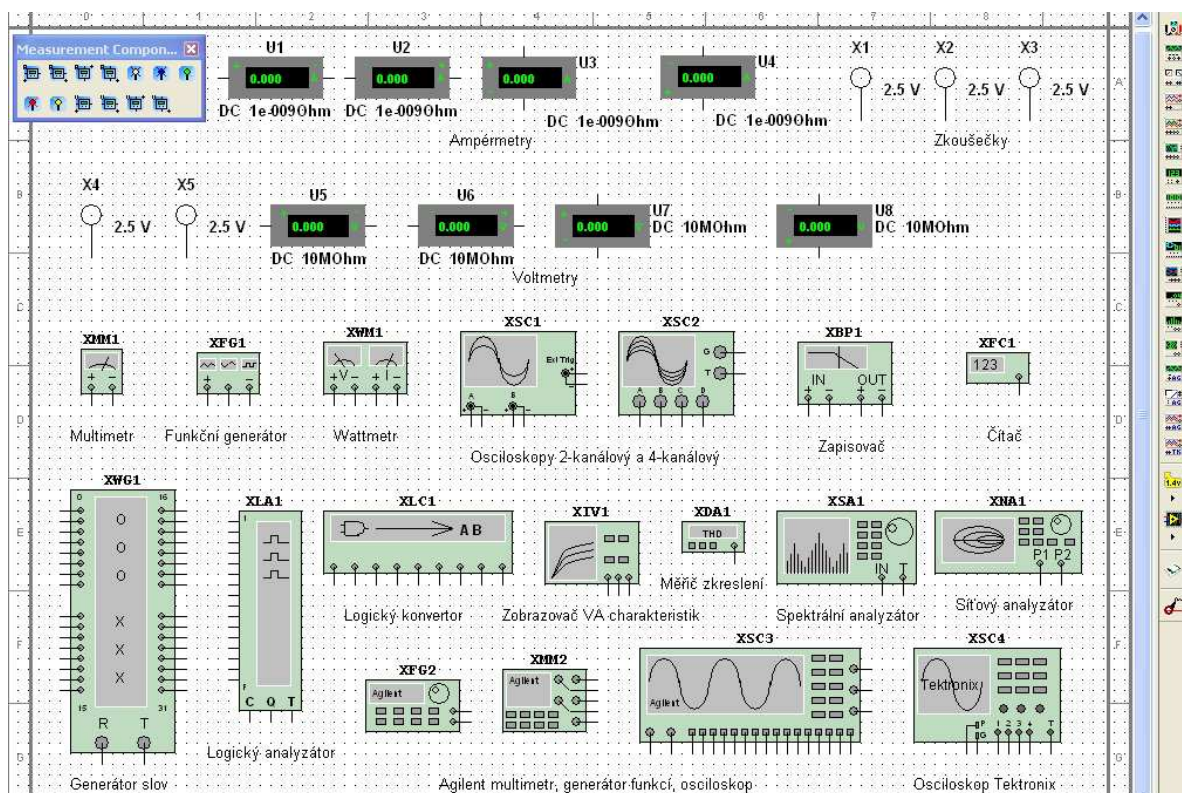
Rezistoru v okně Komponent při výběru přiřadíme jmenovitý odpor, v našem případě 1 k $\Omega$ . Detailní informace o součástce získáme kliknutím na tlačítko Detail report. Pro hledání můžeme využít tlačítko Search...

Hodnotu součástky můžeme měnit i u vložené součástky v obvodu, a to tím způsobem, že na vloženou součástku poklepeme. Následně se nám zobrazí stejné okno jako při vkládání nové součástky, tj. okno Select a Komponent (obr. č. 13).

### 5.3 Měřicí přístroje v multisimu

Měřicí přístroje využíváme pro kontrolu správné funkce obvodu a měření parametrů obvodu.

V programu NI Multisim je nepřehledné množství měřících přístrojů a indikátorů, které můžeme využít v elektrických obvodech pro vlastní měření, jak dokazuje přehled na obrázku č. 14.

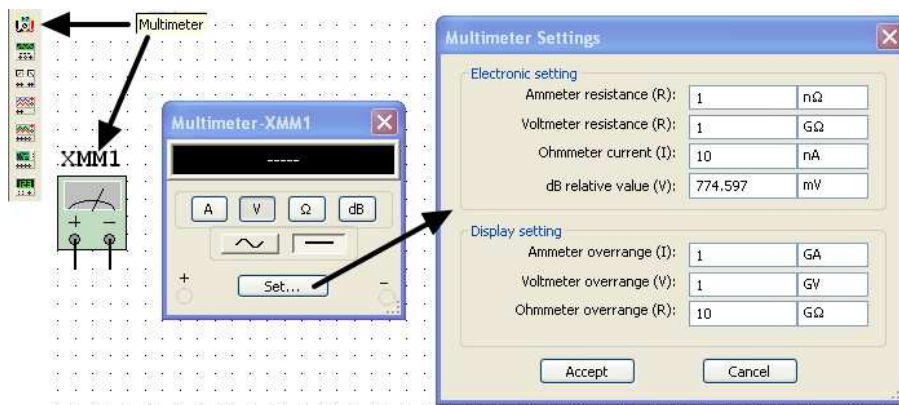


Obr. č. 14: Měřicí přístroje v programu NI Multisim [14]

Nyní popopíšeme jednotlivé měřicí přístroje a v dalších kspitolách je použijeme pro měření elektrických obvodových veličin.

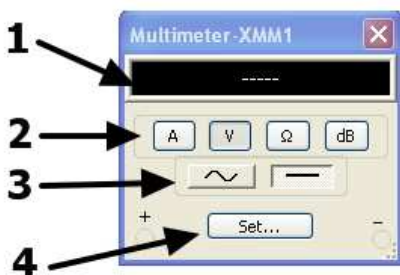
### 5.3.1 Multimetr

Multimetr (obr. č. 15) je základním přístrojem, který najdeme na každém pracovišti elektrikáře či elektronika. Umožňuje měření základních elektrických veličin jakými jsou elektrický odpor, napětí, proud nebo útlum.



Obr. č. 15: Multimetr – schematická značka, okno multimetru a okno nastavení [14]

Multimetr (podobně jako ostatní měřící přístroje v panelu měřících přístrojů) vkládáme do obvodu kliknutím levým tlačítkem myši na ikonu multimetru. Po dvojitém kliknutí na ikonu multimetru vloženého do obvodu se zobrazí okno na obrázku č. 16.



Význam jednotlivých ovládacích prvků:

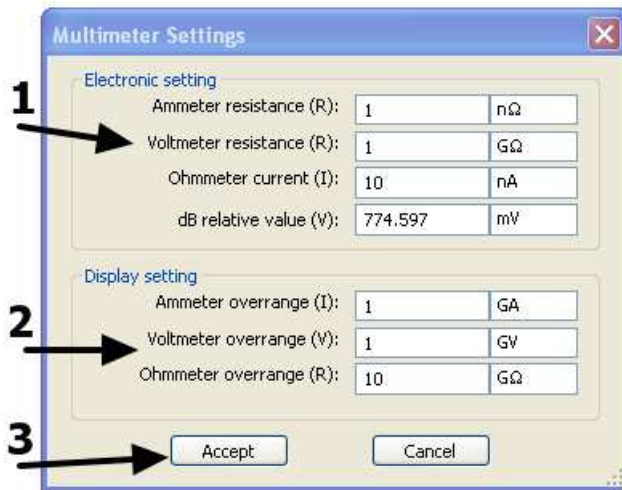
- 1 - Zobrazení měřené hodnoty
- 2 – Volba měřené veličiny
- 3 – Volba režimu AC, DC
- 4 – Nastavení parametrů multimetru

Obr. č. 16: Okno nastavení multimetru [14]

Na dalším obrázku (obr. č. 17) je zobrazeno okno, které vyvoláme kliknutím na tlačítko Set ... . Toto okno pro nastavení parametrů multimetru.

Význam jednotlivých parametrů okna Multimeter Settins:

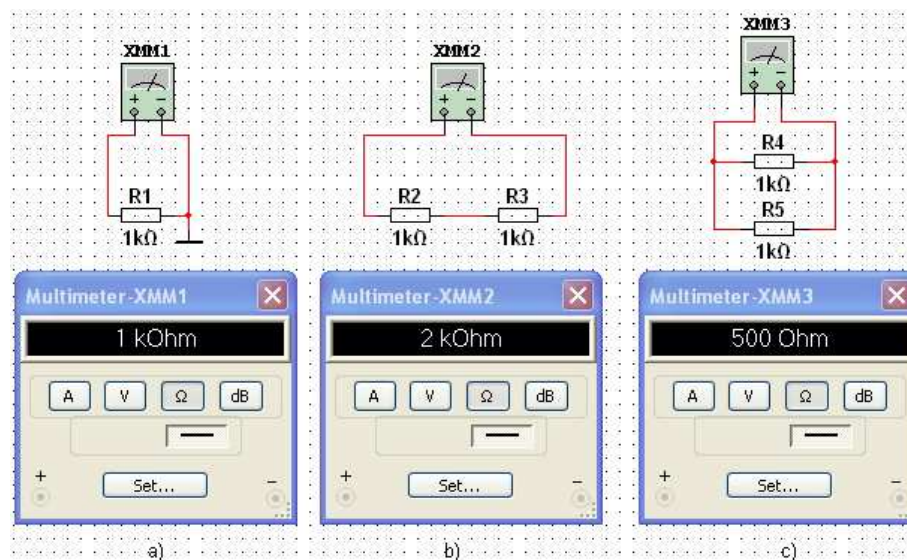
- 1 – volba elektrických parametrů multimetru, např. vnitřní odpor  $R_i$
- 2 – nastavení displeje
- 3 – potvrzení volby



Obr. č. 17: Nastavení parametrů multimetru [14]

## Měření odporu

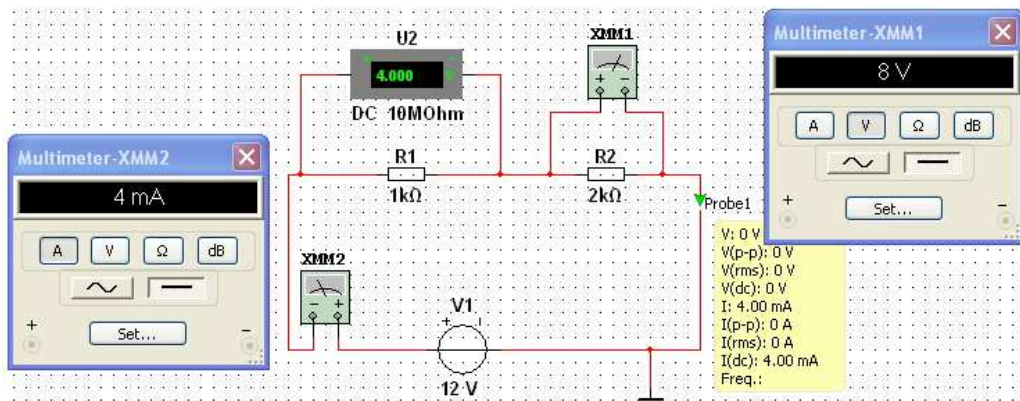
Pro měření odporu použijeme ohmmetr, jak je vidět na následujícím obrázku č. 18, kde je zapojen na rezistor s hodnotou  $1\text{ k}\Omega$  ohmmetr (obr. 18a)). Na obr. 18b) je dvojice rezistorů zapojena sériově, na obr. 18c) potom paralelně.



Obr. č. 18: Zapojení ohmmetru [14]

## Měření elektrického napětí a proudu

Při měření elektrického napětí zapojujeme multimetr paralelně k měřené součástce, při měření proudu do do série (obr. č. 19).

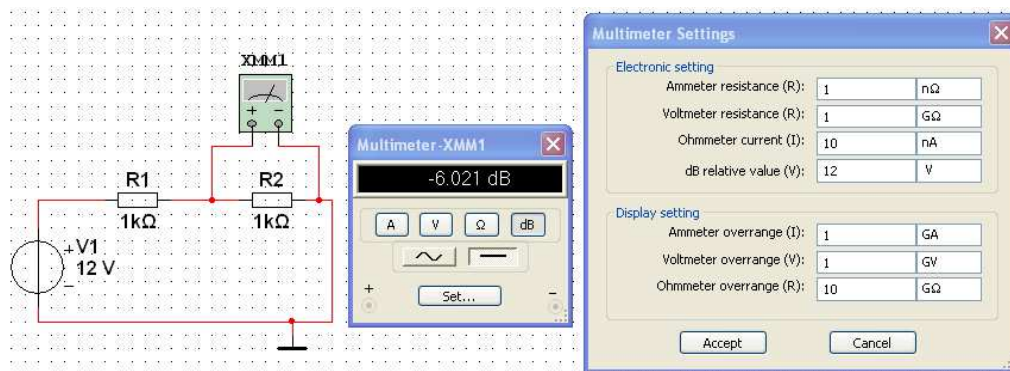


Obr. č. 19: Zapojení ampérmetru a voltmetru [14]

Při měření elektrického napětí a proudu můžeme využít i alternativní měřící přístroje, zároveň nastavíme multimetr tak, jak je patrné z obrázku č. 19, A – ampérmetr, V - voltmetr. Vložit je můžeme z panelu součástek volbou *Place indicator*, popř. z panelu nástrojů vybereme *Measurement Probe* (kapitola 5.3.13).

## Měření útlumu

Multimetr můžeme využít i pro měření útlumu mezi dvěma body (obr. č. 20). Na multimetru navolíme volbu dB.



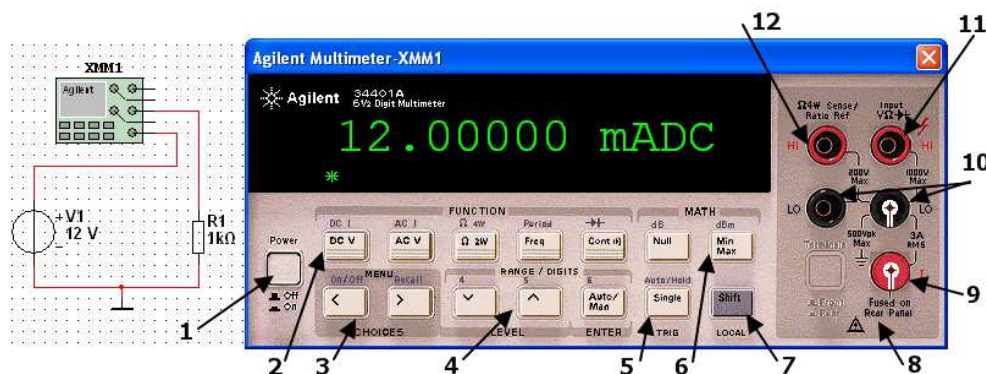
Obr. č. 20: Zapojení multimetru pro měření útlumu [14]

Při měření útlumu je potřeba věnovat pozornost nastavení multimetru, zvláště pak položky dB Relative Value (V) -  $U_{in}$ , kde nastavíme  $U=12$  V. Okno Multimeter Setting zobrazíme kliknutím na tlačítko Set Multimetru.

$$\text{Útlum je možné vyjádřit následujícím vztahem: } dB = 20 \log \frac{U_{out}}{U_{in}}$$

## Multimetr Agilent

Měření základních elektrických veličin můžeme realizovat pomocí multimetru renomované firmy Agilent Technologies, konkrétně modelu Agilent 34401A, který je zobrazen na následujícím obrázku č. 21. Agilent 34401A umožňuje měření stejnosměrných a střídavých napětí a proudů, měření odporu, frekvence, test PN přechodu diod a akustickou kontrolu vodivosti. Zároveň si můžeme povšimnout signalizace připojených svorek na panelu pro připojení konektorů (obr. č. 21 - čísla 9, 10).



Obr. č. 21: Multimetr Agilent 34401 A [14]

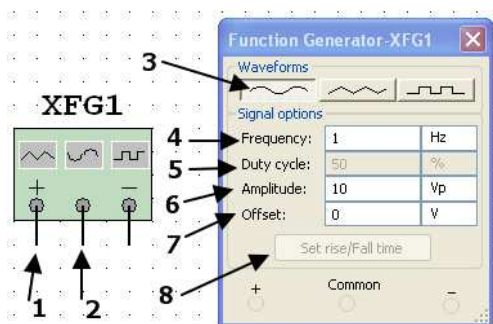
Význam jednotlivých ovládacích prvků:

- 1 – zapnutí přístroje (On-zapnuto/ Off – vypnuto)
- 2 – volba měřené veličiny
- 3 – výběr a potvrzení nabídky
- 4 – automatická/ruční změna rozsahu
- 5 – střída signálu (poměr vysoké a nízké hrany u obdélníkového signálu)
- 6 – volba druhu spouštění
- 7 – volba druhé volby tlačítka
- 8 – panel pro připojení konektorů
- 9 – svorka pro měření el. proudu (+)
- 10 – svorky GND
- 11 – svorka pro měření el. napětí, proudu, diod (+)
- 12 – svorka pro měření odporu pomocí čtyř vodičů (+)

Poznámka: Volba měřené veličiny, popř. rozsahu se provádí kliknutím na tlačítka Function (2), chceme-li zvolit např. proudový rozsah, použijeme tlačítko SHIFT (7). Před použitím musíme nejprve multimetr zapnout tlačítkem Power (1).

### 5.3.2 Funkční generátor

Funkční generátor je dalším z přístrojů, bez kterého se neobejde žádná elektronická laboratoř (obr. č. 22) . Slouží k vytvoření sinusového, trojúhelníkového nebo obdélníkového průběhu.



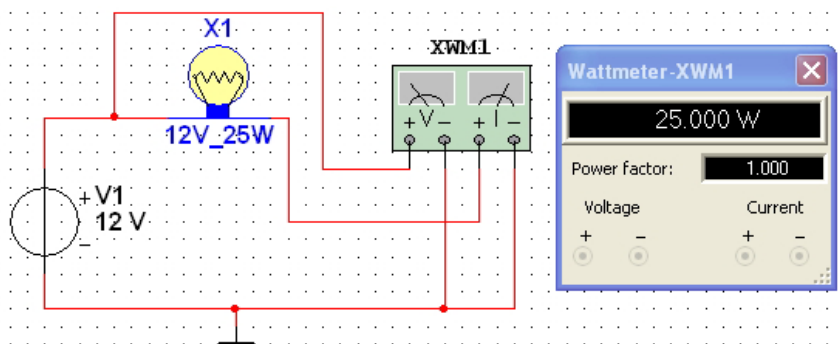
Obr. č. 22: Značka a panel funkčního generátoru [14]

Význam jednotlivých ovládacích prvků:

- 1 – kladná výstupní složka signálu (+), záporná svorka (-)
- 2 – GND
- 3 – nastavení tvaru výstupního signálu (sinus, trojúhelník, obdélník)
- 4 – nastavení výstupního kmitočtu
- 5 – střída signálu (poměr vysoké a nízké hrany u obdélníkového signálu)
- 6 – amplituda výstupního signálu
- 7 – nastavení stejnosměrné složky
- 8 – nastavení doby náběžné a sestupné hrany (pouze u pravoúhlého signálu)

### 5.3.3 Wattmetr

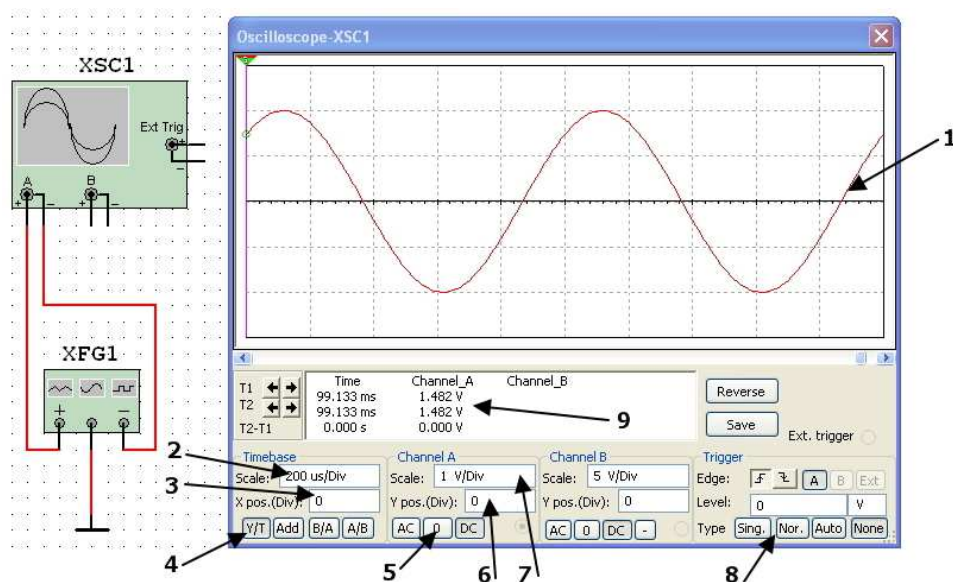
Wattmetr slouží k měření výkonu, popřípadě účinníku  $\varphi$ . Z obrázku č. 23 je patrné, že má dva druhy svorek, a to napět'ové, které se zapojují paralelně ke spotřebiči a proudové zapojené do série s měřeným spotřebičem.



Obr. č. 23: Měření výkonu žárovky [14]

### 5.3.4 Osciloskop

Osciloskop patří mezi nejběžnější dílenské přístroje ve výbavě každého elektronika. Jedná se o hodně univerzální měřicí přístroj, který je navíc schopný zobrazovat průběhy signálu v čase. Základní zapojení je na obr. č. 24. K osciloskopu je zapojen funkční generátor.

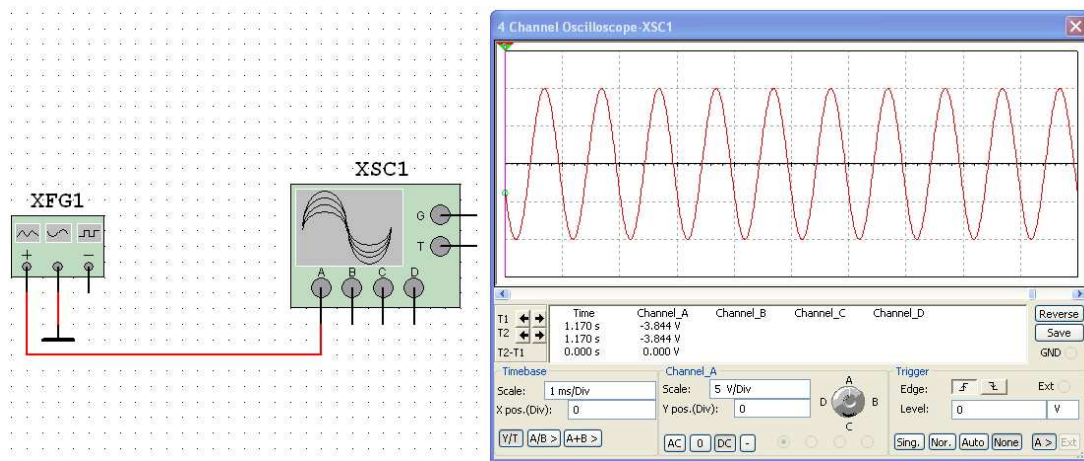


Obr. č. 24: Měření 2-kanálovým osciloskopem [14]

Význam jednotlivých ovládacích prvků:

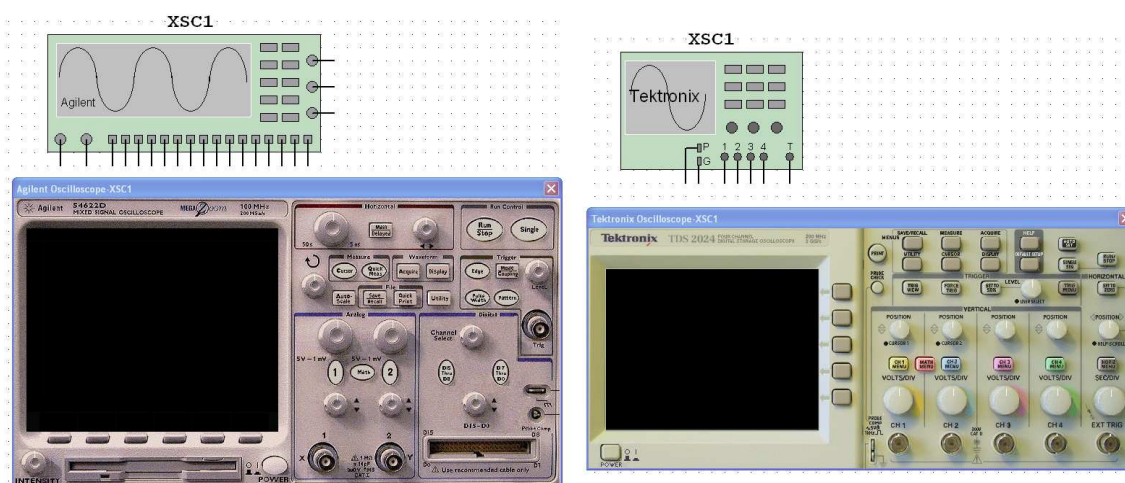
- 1 – zobrazovaný signál
- 2 – nastavení časové základny (měřítko pro osu X)
- 3 – posunutí časové základny ve směru osy X
- 4 – režim zobrazení
- 5 – nastavení režimu vstupu pro kanál A
- 6 – posunutí zobrazení signálu ve směru osy Y
- 7 – změna měřítka zobrazení signálu pro kanál A
- 8 – panel synchronizace
- 9 – informace o signálu

Pro měření můžeme využít i 4-kanálový osciloskop. Na obrázku č. 25 je základní zapojení 4-kanálového osciloskopu. Jako zdroj signálu je využit opět funkční generátor.



Obr. č. 25: Příklad zapojení 4-kanálového osciloskopu [14]

Další zajímavou možností pro měření osciloskopem představují osciloskopy Agilent a Tektronics. Z obrázku č. 26 je patrné, že se jedná o značkové osciloskopy vyšší řady. Navíc výhodou je, že jak vizuálně, tak ovládáním, se shodují se skutečnými přístroji.

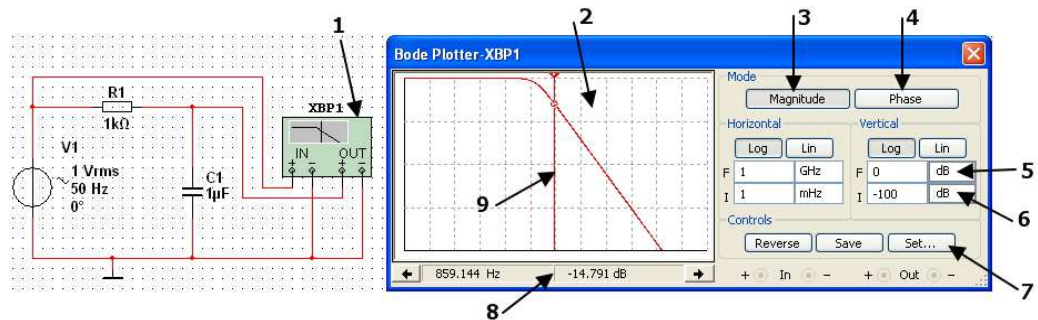


Obr. č. 26: Osciloskopy Agilent a Tektronix [14]

### 5.3.5 Zapisovač

Bode Plotter (zapisovač [10]) slouží k zobrazování a měření charakteristik elektronických obvodů v závislosti na frekvenci, typické obvody vhodné pro měření jsou různé filtry, přičemž získáme velmi názorné přenosové charakteristiky měřených členů. Použití Bode Plotteru je zřejmé z následujícího obrázku č. 27.





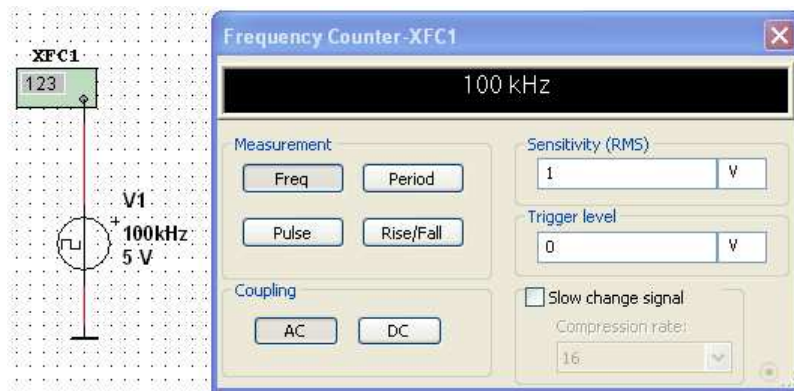
Obr. č. 27: Použití Bode Plotteru [14]

Význam jednotlivých ovládacích prvků:

- 1 – schematická značka, IN připojíme na vstup, OUT na výstup obvodu
- 2 – okno pro zobrazení měřené charakteristiky
- 3 – zobrazení amplitudové charakteristiky
- 4 – zobrazení fázové charakteristiky
- 5 – konec zobrazovaného pásma
- 6 – začátek zobrazovaného pásma
- 7 – nastavení bodů rozlišení
- 8 – nastavení sledované frekvence
- 9 – zobrazení závislosti útlumu na frekvenci

### 5.3.6 Čítač

Žádné pracoviště, které se zabývá číslicovou technikou se dnes neobejde bez měřícího přístroje nazvaného čítač. Čítač je obecně zařízení, které v nějakém kódu počítá elektrické impulsy přivedené na vstup čítače. Zjednodušeně řečeno, čítač slouží k měření frekvence v číslicových obvodech, počítání impulsů přivedených na vstup čítače za jednotku času.



Obr. č. 28: Zapojení čítače [14]

Základní zapojení čítače je na obrázku č. 28, kde je čítaný signál vygenerován pomocí generátoru pravoúhlých impulsů.

Význam jednotlivých ovládacích prvků:

*Measure* – výběr požadovaného měřní

*Coupling* – přepínač AC/DC, při nastavení DC měří součet AC+DC složek signálu

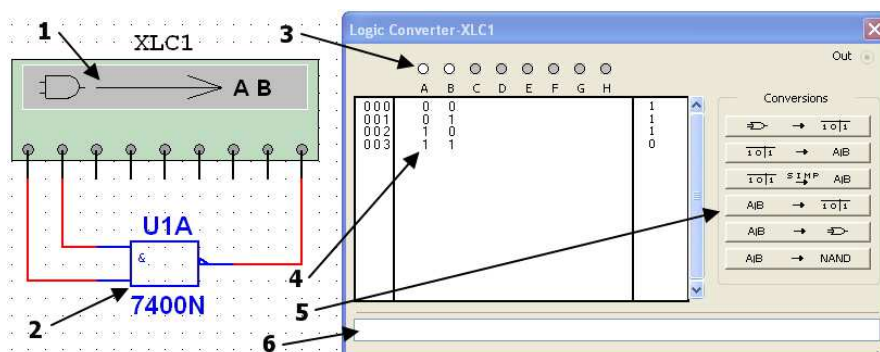
*Sensitivity* – nastavení citlivosti měření

*Slow change signal* – nutno zapnout při měř. signálů s frekvencí nižších než 20 kHz

### 5.3.7 Logický konvertor

Logický konvertor (obr. č. 29) je poměrně zajímavý přístroj, který je k nalezení pouze ve formě virtuálního přístroje v programu NI Multisim, nenajdeme ho však ve skutečné elektronické laboratoři.

Logický konvertor je vhodný pro výuku základů číslicové techniky. Umožňuje např. změřit pravdivostní tabulku připojeného logického obvodu, převést pravdivostní tabulku do log. výrazu, zjednodušení logických funkcí, atd.



Obr. č. 29: Logický konvertor [14]

Význam jednotlivých ovládacích prvků:

1 – schematická značka logického konvertoru

2 – hradlo NAND připojené k logickému konvertoru

3 – aktivované logické vstupy

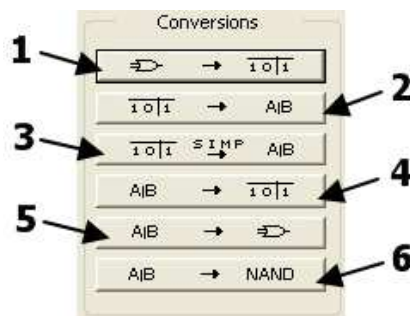
4 – pravdivostní tabulka

5 – panel nástrojů pro práci s logickými funkcemi

6 – okno pro práci s logickým výrazem

Pravdivostní tabulku pro připojené dvou vstupové hradlo NAND získáme kliknutím na první ikonu panelu nástrojů Conversions.

Panel funkcí obsahuje celkem šest tlačítek a je zobrazen na obr. č. 30.



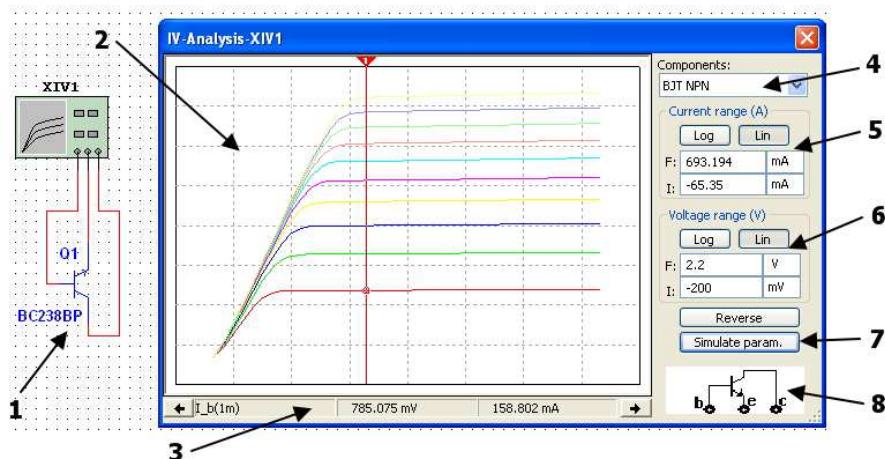
Obr. č. 30: Panel Conversions logického konvertoru [14]

Význam jednotlivých ovládacích prvků:

- 1 – převod schématu do pravdivostní tabulky
- 2 – vytvoření logického výrazu z pravdivostní tabulky
- 3 – zjednodušení logického výrazu
- 4 – převod logického výrazu do pravdivostní tabulky
- 5 – vytvoření schémat zapojení z logického výrazu
- 6 – vytvoření schématu s využitím hradel NAND z logického výrazu

### 5.3.8 Zobrazovač VA charakteristik

IV Analysis slouží k zobrazení VA charakteristik polovodičových součástek. Měřenou polovodičovou součástku stačí připojit dle obrázku č. 31. Kromě měření VA charakteristik polovodičových diod lze zobrazovač použít i pro tranzistory, a to jak unipolární, tak bipolární.



Obr. č. 31: Zobrazovač VA charakteristik [14]

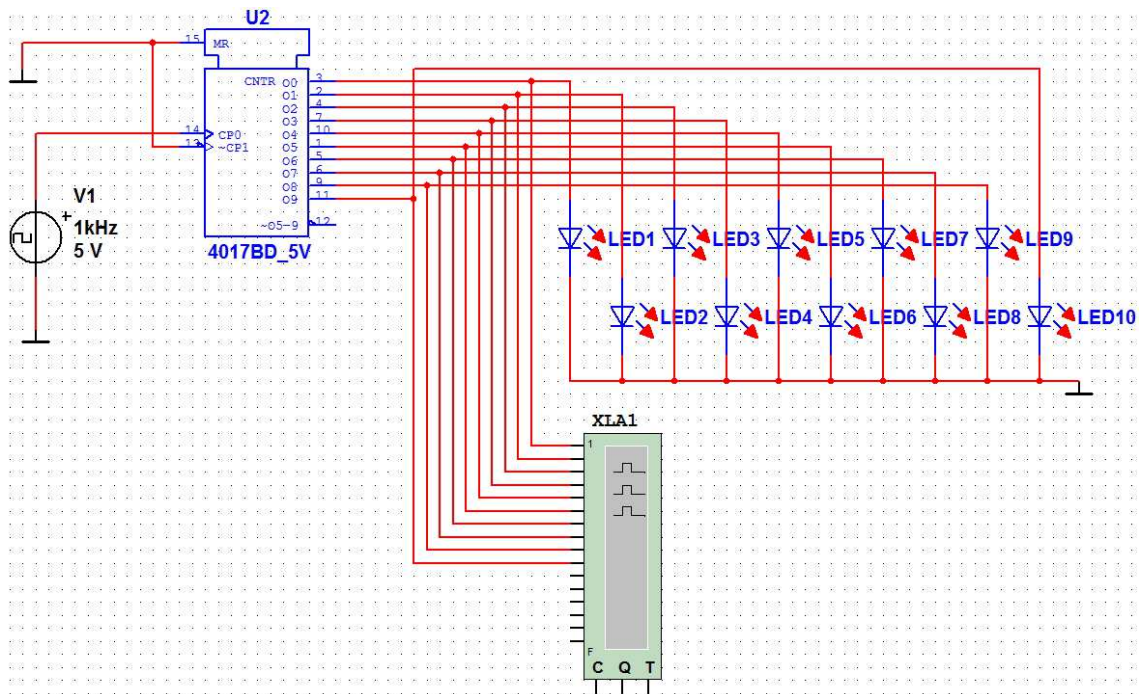
Význam jednotlivých ovládacích prvků:

- 1 – schéma zapoj. obvodu pro získání VA char. bipolárního NPN tranzistoru
- 2 – zobrazení VA charakteristiky měřené součástky
- 3 – zobrazení závislosti  $I_C$  na změně  $U_{BE}$
- 4 – výběr měřené součástky (dioda, tranzistory PNP, NPN, PMOS, NMOS)
- 5 – nastavení proudového rozsahu
- 6 – nastavení napěťového rozsahu
- 7 – nastavení parametrů pro simulaci
- 8 – schéma pro připojení měřené součástky

### 5.3.9 Logický analyzátor

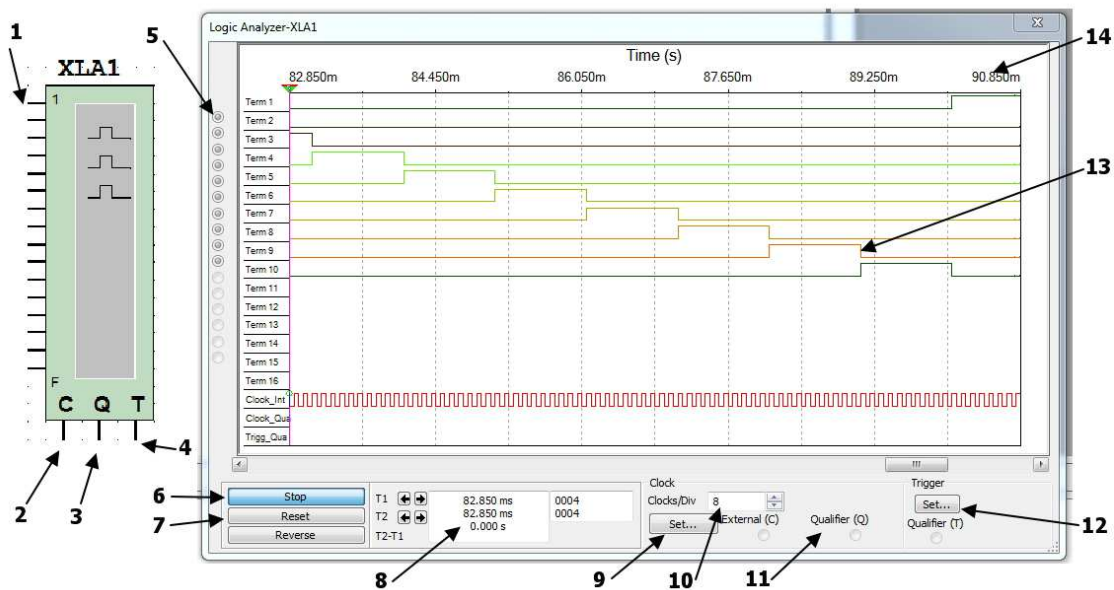
Logický analyzátor (obr. č. 32) je zařízení, které má mnoho vstupů, pomocí kterých, poté co je spuštěno, si zapamatuje posloupnost logických stavů řady číslicových signálů - průběhů na výstupech jednotlivých hradel.

Logický analyzátor slouží k názorné demonstraci a měření parametrů digitálních signálů. Umožňuje rychlé sledování logických stavů společně s jejich analýzou v čase (posloupnosti).



Obr. č. 32: Zapojení běžícího světla s LED diodami s obvodem CMOS 4017 [14]

Po dvojkliku na ikonu logického analyzátoru se objeví okno s průběhy číslicových signálů (obr. 33).



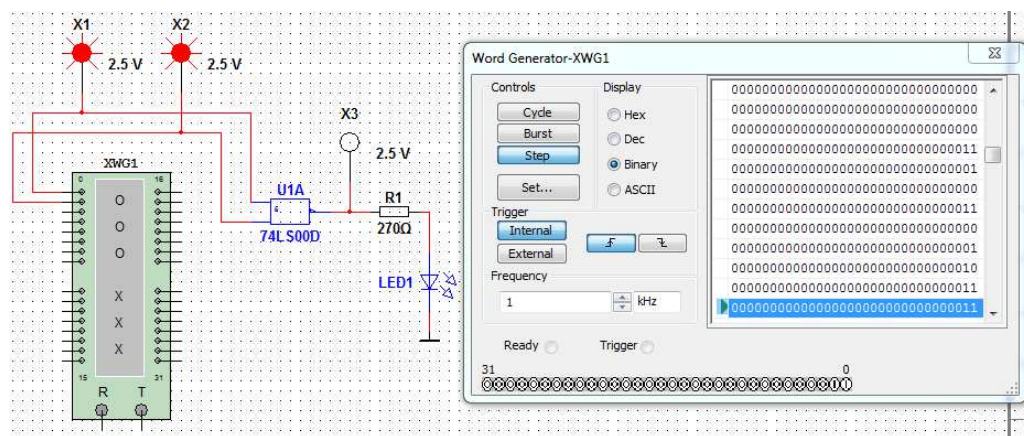
Obr. č. 33: Logický analyzátor [14]

Význam jednotlivých ovládacích prvků:

- 1 – vstupy 16 kanálů
- 2 – vnější hodinový vstup
- 3 – filtrace hodinového vstupu
- 4 – filtrace spouštění
- 5 – indikace připojených kanálů
- 6 – zastavení simulace
- 7 – vymazání průběhu
- 8 – časové údaje pro polohu kurzorů
- 9 – nastavení hodinového vstupu
- 10 – volba počtu zobrazených period hodinového signálu (měřítko pro osu x)
- 11 – indikace připojených řídicích signálů
- 12 – nastavení spouštění
- 13 – zobrazení průběhů signálů v připojených kanálech
- 14 – časová základna

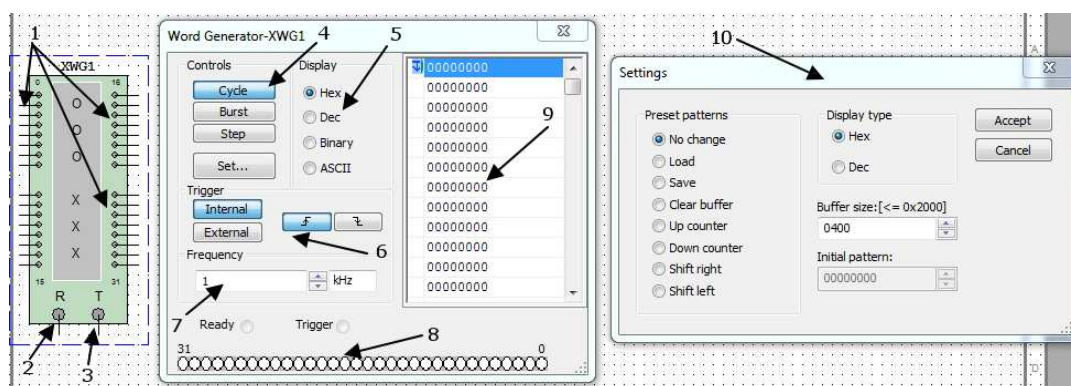
### 5.3.10 Generátor slov

Při práci s číslicovými obvody velmi často potřebujeme vytvořit kombinace vstupních signálů. Generátor slov (Word generátor), který je na obr. č. 34, je zařízení, které je schopné vygenerovat slovo v hexadecimální soustavě v rozsahu 00000000 až FFFFFFFF, tj. 0 až 4294967295 v desítkové soustavě.



Obr. č. 34: Zapojený generátor slov [14]

Generování slov může probíhat několika způsoby: CYCLE (cyklický režim - pro zastavení či spuštění se využívá kontrolních bodů - vkládají a odstraňují se pravým tlačítkem myši z rozvinuté nabídky), BURST (řádkové generování), STEP (krokování).



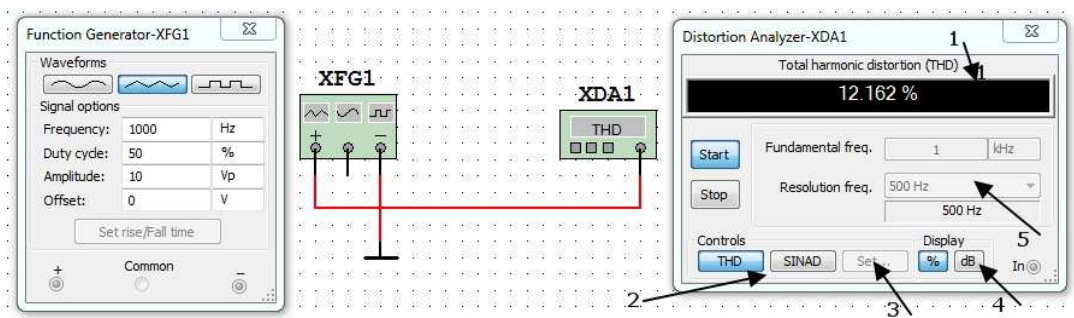
Obr. č. 35: Generátor slov [14]

Význam jednotlivých ovládacích prvků (obr. č. 35):

- 1 – výstupy generátoru slov
- 2 – čtení dat
- 3 – připojení vnějšího spouštění (synchronizace)
- 4 – výběr způsobu generování slov
- 5 – režim pro zobrazení slov - výběr číselné soustavy
- 6 – nastavení spouštění
- 7 – nastavení taktovacího kmitočtu
- 8 – indikátor výstupního signálu
- 9 – Zobrazení a zadání slov
- 10 – okno nastavení (uložení slov, usnadnění tvorby slov)

### 5.3.11 Analyzátor zkreslení

Dalším z měřících přístrojů je analyzátor zkreslení. V zapojení (obr. 36) je indikátor zkreslení zapojen na výstup funkčního generátoru, ale může být použit i např. pro měření zesilovačů apod.



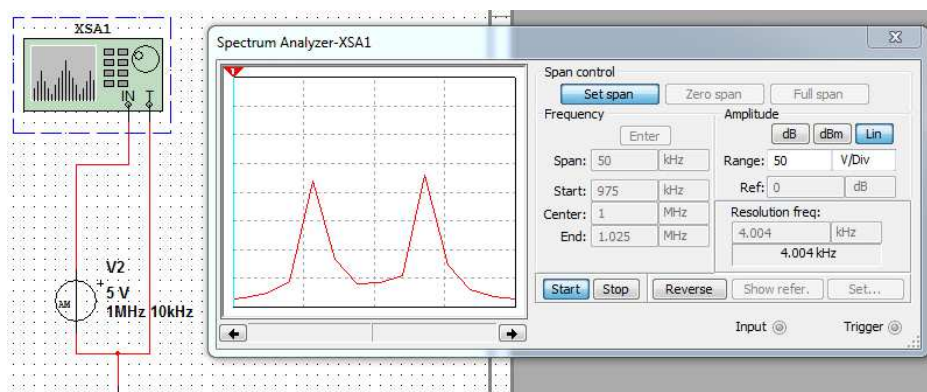
Obr. č. 36: Zapojení analyzátoru zkreslení [14]

Význam jednotlivých ovládacích prvků:

- 1 – zobrazení zkreslení v procentech, popř. v decibelech
- 2 – výběr typu měření zkreslení (THD - podíl vyšších harmonických složek k celému signálu na základním kmitočtu, SINAD - poměr signálu + šumu + zkreslení k šumu + zkreslení v dB)
- 3 – nastavení analyzátoru zkreslení (způsobu výpočtu, počtu harmonických, počet bodů rychlé Foutierovy transformace)
- 4 – zobrazení jednotky měřené veličiny
- 5 – rozlišení hodnot kmitočtu a základní kmitočet

### 5.3.12 Spektrální analyzátor

Spektrální analyzátor (obr. č. 37) se užívá v oblasti vysokofrekvenční techniky. Spektrální analyzátor umožňuje analýzu ve frekvenční oblasti - měří amplitudové spektrum.



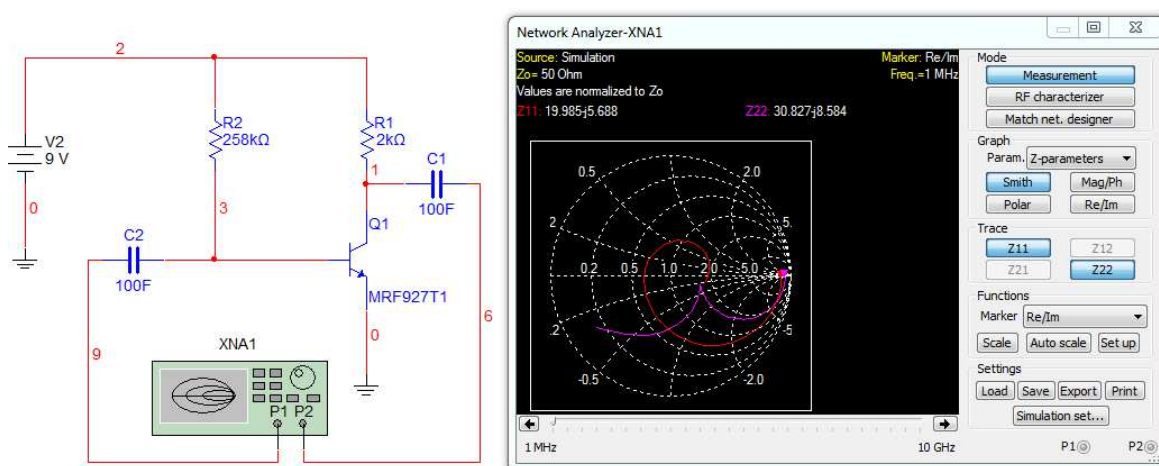
Obr. č. 37: Zapojení spektrálního analyzátoru [14]

Většinou se jedná o vybavení specializovaných pracovišť, např. v přístrojích pro měření TV signálů.

Zapojení spektrálního analyzátoru lze také najít v Examples NI Multisim - úloha se jmenuje PulseTrainSpectrum.ms11.

### 5.3.13 Analyzátor vysokofrekvenčních obvodů

Network Analyzer (obr. č. 38) je dalším přístrojem z oblasti vf techniky, je však určen pouze úzké skupině odborníků, a právě toto dokládá, že NI Multisim není jen pro školní účely, ale jeho primární využití je v nasazení při vývoji na špičkových vývojářských pracovištích.



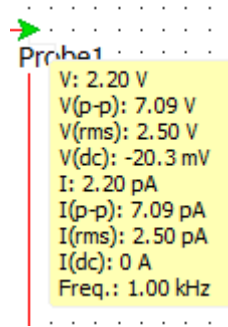
Obr. č. 38: Zapojení Network Analyzeru - převzato z Examples NI Multisim (RFAmplifier2.ms11) [14]

Analyzátor může pracovat ve třech režimech (modech): měření, charakteristik (grafů) a návrhu vf obvodů. Zobrazení výstupu se odehrává formou Smithova diagramu, grafů v polárních souřadnicích, grafů v komplexní rovině, amplitudových fázových charakteristik [10]. Ve všech případech se jedná o závislosti parametrů vf obvodů na zadaném knitočtu v rozsahu 1 MHz až 10 MHz.

### 5.3.13 Měřicí sonda

Měřicí sonda (obr. č. 39) je jednoduchý měřicí přístroj, který nám dovolí měřit kdekoliv v el. obvodu různé hodnoty napětí, proudu, popř. frekvenci.





Obr. č. 39: Použití měřicí sondy [14]

Význam jednotlivých řádků:

V – okamžitá hodnota el. napětí

V(p-p) – napětí špička-špička

V(rms) - napětí - efektivní hodnota

V(dc) - ss napětí

I – okamžitá hodnota el. proudu

I(p-p) – proud špička-špička

I(rms) - proud - efektivní hodnota

I(dc) - ss proud

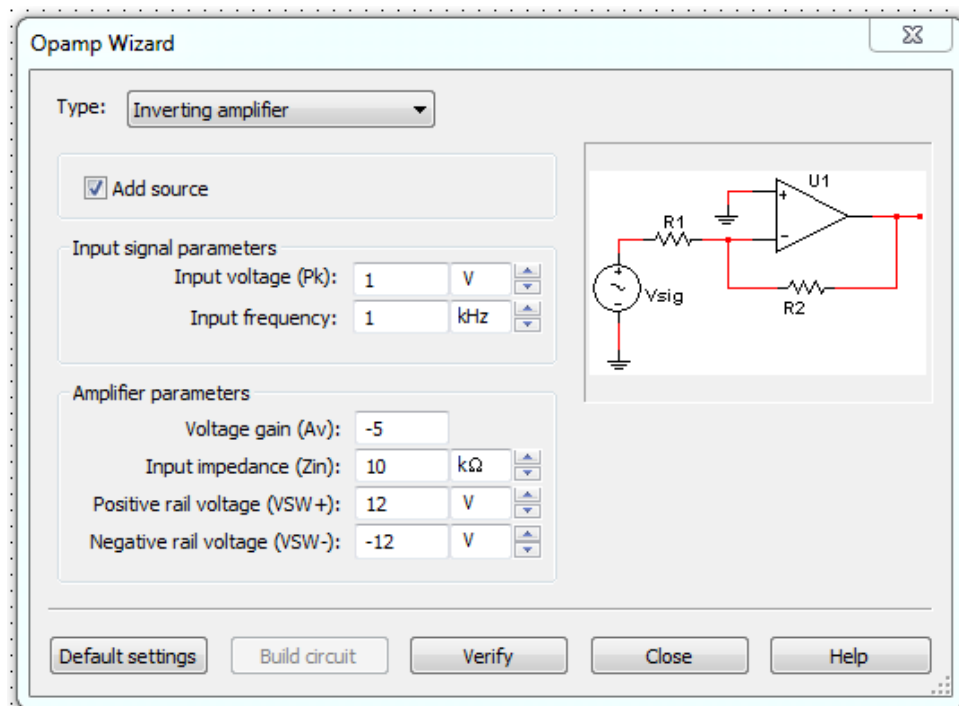
Freq. - frekvence

## 5.4 Využití průvodců elektronických obvodů

V NI Multisim najdeme mnoho zajímavých funkcí a jednou z nich je průvodce návrhem elektronických obvodů. Konkrétně NI Multisim umí navrhnout čtyři druhy elektronických obvodů:

- obvody s časovačem 555 (monostabilní a astabilní klopné obvody)
- návrhy filtračních členů (dolní, horní a pásmová propust, pásmová zadrž)
- obvody s operačním zesilovačem (6 zapojení)
- tranzistorový zesilovač s bipolárním tranzistorem

Každý ze čtyř průvodců umožňuje sestavení celé řady zapojení s dosažením přesných parametrů.



Obr. č. 40: Návrh zapojení s operačním zesilovačem - invertující zapojení s OZ [14]

Průvodce tvorbou elektronického obvodu spustíme pomocí menu **Tools / Circuit Wizards / Opamp wizard**, je vyvoláno dialogové okno, které je zobrazeno na obr. č. 40.

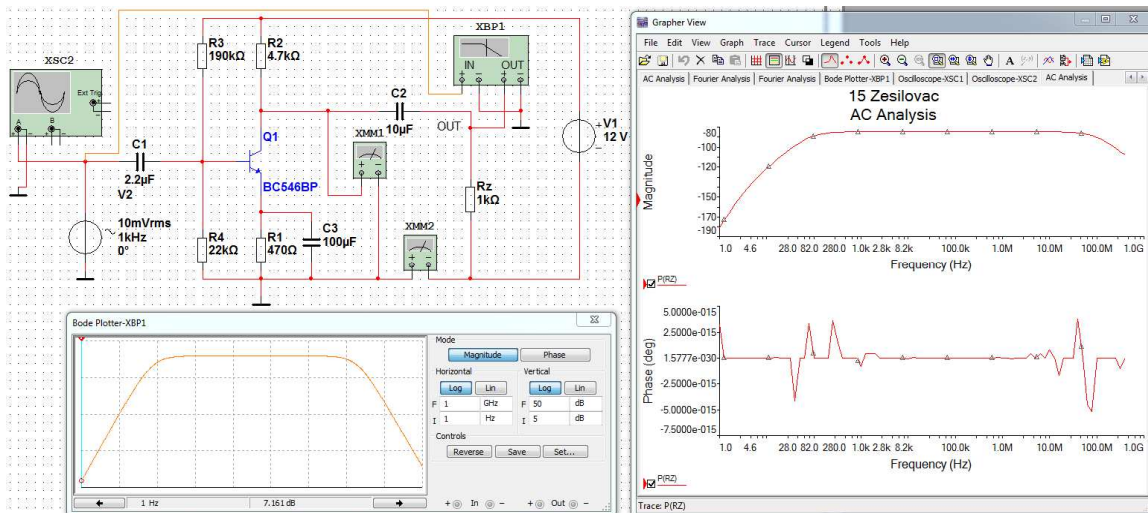
## 5.5 Analýza elektrického obvodu

NI Multisim umožňuje nejen měření základních elektrických veličin v obvodu použitím měřících přístrojů, ale sestavené obvody je možné podrobit důkladné analýze. K tomuto účelu NI Multisim Education disponuje celou řadou analýz - ve verzi č. 11 jich najdeme celkem 19.

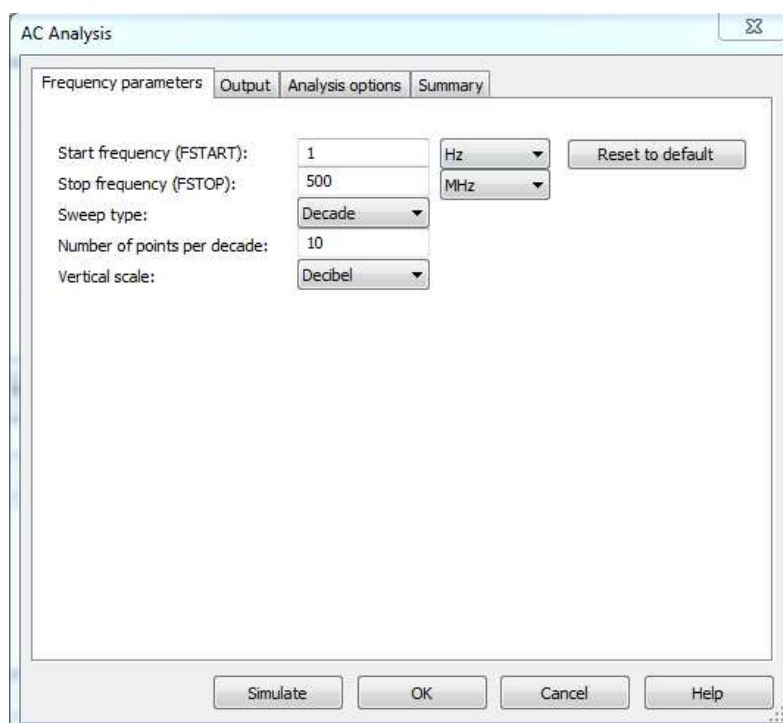
Pro ukázkou použijeme zapojení jednotranzistorového zesilovače v třídě A. Použijeme-li AC analysis (střídavou analýzu), výsledkem bude zobrazená přenosová charakteristika, tj. závislost výstupního napětí na frekvenci (obr. č. 41).

Pro zobrazení přenosové charakteristiky můžeme použít buď Bode Plotter nebo střídavou analýzu (AC Analysis). Střídavou analýzu spouštíme z menu **Simulate/Analyses/AC analysis...**

Ještě než spustíme střídavou analýzu, je potřeba nastavit sledované kmitočtové pásmo - sledovat budeme frekvenční pásmo od 1 Hz do 1 GHz (FSTART, FSTOP), Sweep type Decade a nastavíme počet bodů na dekádu (Number of points per decade), jednotku vertikální stupnice nastavíme na Decibel (Vertical scale). V záložce Output ještě nastavíme sledovaný parametr, např. Uout. Po nastavení všech parametrů můžeme spustit střídavou analýzu kliknutím na Simulate (obr. č. 42).



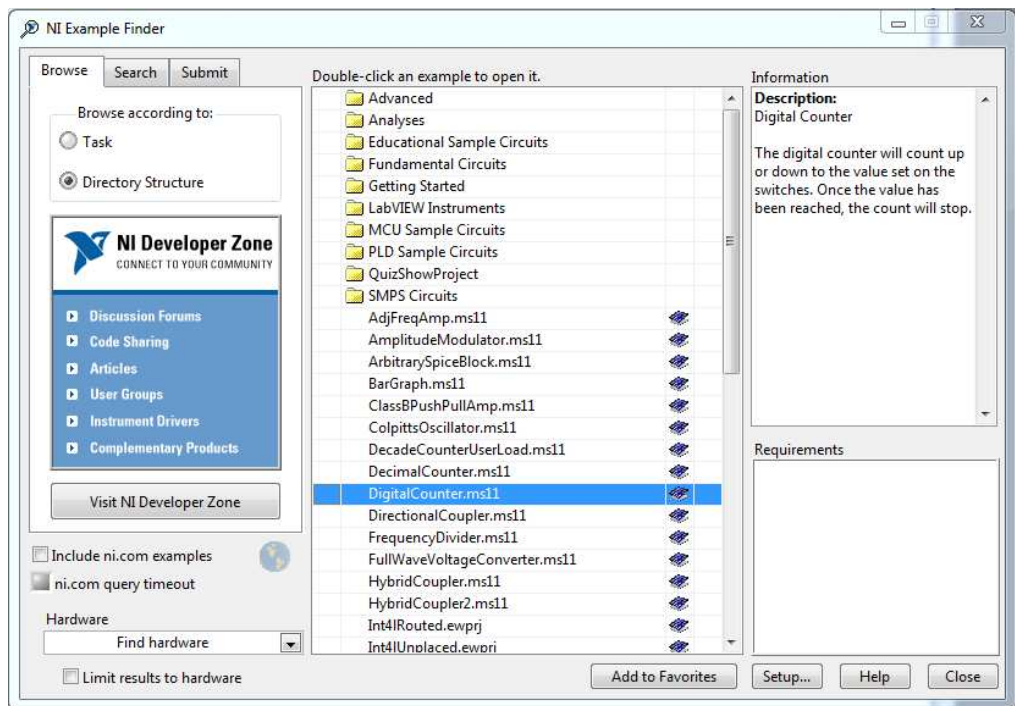
Obr. č. 41: Analýza tranzistorového zesilovače [14]



Obr. č. 42: Okno pro nastavení AC analýzy [14]

## 5.6 Vyhledávání v databázi předpřipravených zapojení od výrobce

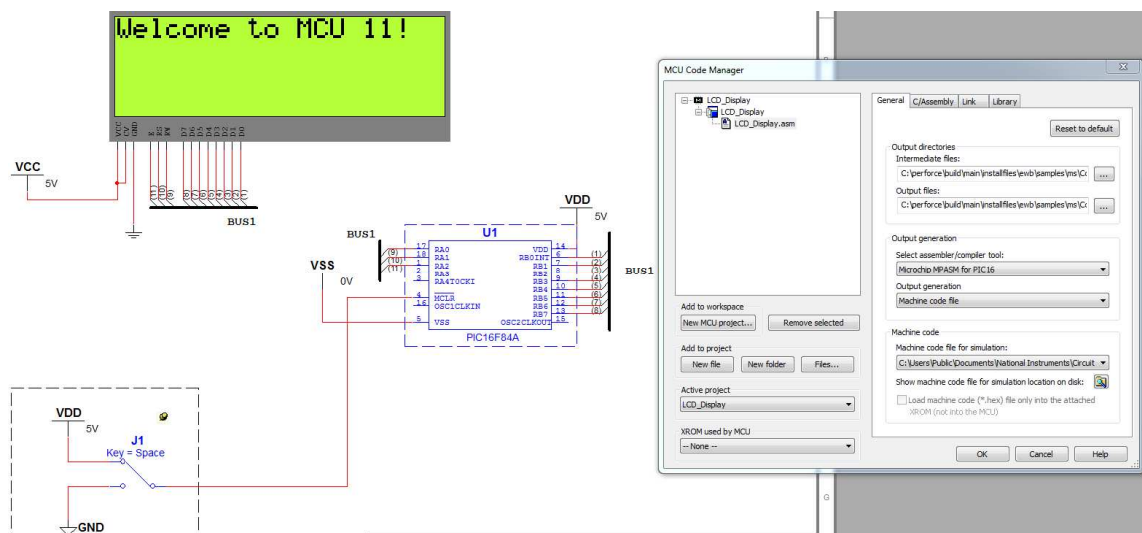
Vyhledávání v databázi zapojení, které dodal výrobce NI Multisim, je možné až od verze č. 11. Databázi zapojení najdeme v menu Help / Find Examples ... (obr. č. 43). Ukázková schémata jsou seřazena do skupin. Tato funkce je také velmi zajímavá pro ukázkou práce s měřicími přístroji.



Obr. č. 43: V NI Exampe Finder je možné vyhledávat v hotových schématech [14]

## 5.7 Programování mikroprocesorů

Další možností NI Multisim je programování mikroprocesorů (obr. č. 44). Je možno vybírat pouze ze 2 mikroprocesorů: je zde obvod 8051 a PIC16F84A. Podíváme-li se blíže na PIC16F84A, můžeme říci, že jako programovací jazyk je možno využít jazyk nejnižší úrovně - jazyk Assembler, popřípadě jazyk vyšší úrovně - jazyk C. K zapojení mikroprocesoru může být připojen zkompileovaný kód z externího vývojového prostředí (např. MPLabu od firmy Microchip), nebo můžeme kompletně napsat a odladit zdrojový kód v prostředí NI Multisim.



Obr. č. 44: Programování jednočipů v NI Multisim [14]

Výhodou je, že k otestování úloh nepotřebujeme žádná další zařízení, pomocí kterých nahráváme zkompilovaný kód do mikroprocesoru.

Již při pohledu obrázek č. 44 je patrné, že nikde nejsou použity žádné rezistory, které mohou sloužit např. pro omezení proudu u LED diod, nebo pro vytvoření potřebných napěťových úrovní pro resetovací tlačítko (MCLR). Při návrhu schematu se to jeví jako výhoda - máme méně použitých součástek, nevýhodou je fakt, že v reálné situaci nikdy takové schéma nemůže být funkční a návrhář to musí vědět. Za další nevýhodu považuji, že úlohy neběží v reálném čase, ale jsou zpomaleny. V každém případě lze velmi dobře překontrolovat funkci napsaného programu. I přes to lze NI Multisim i pro programování mikroprocesorů doporučit.

## 6 Problémy při realizaci výuky

Program NI Multisim je velmi vhodným doplňkem výuky na SŠ. Pro ZŠ v současné době asi nejlépe vyhovuje program Edison (viz. kapitola 4.3). V této kapitole se budu zabývat tím, jak vést výuku s využitím simulačního programu, v našem případě NI Multisim, ale také bych chtěl poukázat na problémy spojené s realizací výuky.

Proč vůbec používat NI Multisim při výuce? Vezmeme-li v úvahu skutečnost, že si zapamatujeme 10 % co slyšíme, 15 % co vidíme, 20 % když současně vidíme i slyšíme, ale 80 % z toho, co přímo zažijeme a děláme. Z výše uvedených řádků vyplývá, že praktická zkušenost je k nezaplacení. NI Multisim je sice matematickým popisem obvodu s ideálními součástkami, ale vlastnosti zhotoveného zapojení v NI Multisim se velmi blíží vlastnostem zapojení s reálnými součástkami. Připojené měřicí přístroje umožňují získat velmi podobné výsledky jaké bychom získali měřením reálného obvodu.

Ještě než vůbec přistoupíme k samotné realizaci výuky, je třeba si uvědomit, že budeme pracovat s počítači a je potřeba přezkontrolovat, zda PC, kam správce nainstaluje simulační program, stačí pro daný úkol svým výkonem. Určitě nepůsobí dobře, pokud jen samotný start programu zabere 2 minuty a po naběhnutí programu vždy, co žák klikne kamkoliv v programu myší, musí opět několik sekund čekat na odezvu systému. Taková práce by určitě nebyla efektivní. Předpokládejme tedy, že máme program NI Multisim nainstalován a vše běží jak má. Zde přichází další problém. Běžná počítačová učebna určitě nepojme 30 žáků, jinak řečeno počet PC v počítačové učebně je menší než je počet žáků. Mají-li si žáci z výuky něco odnést, nemůžou u počítačů sedět po dvojicích. Zde je vidět, že například zařazení simulačního programu do výuky fyziky moc nepřichází v úvahu (nebo snad jen v podání učitele pro účel demonstrace daného obvodu či zkoumaného jevu, stejně nám však může posloužit i vhodný aplet stažený z internetu a navíc bývá zadarmo), přesto že základní zaškolení do ovládnutí programu může zabrat jen 15 minut, pak už je schopen žák se softwarem pracovat prakticky téměř sám. Tak uživatelsky přívětivé dnešní simulační programy mohou být.

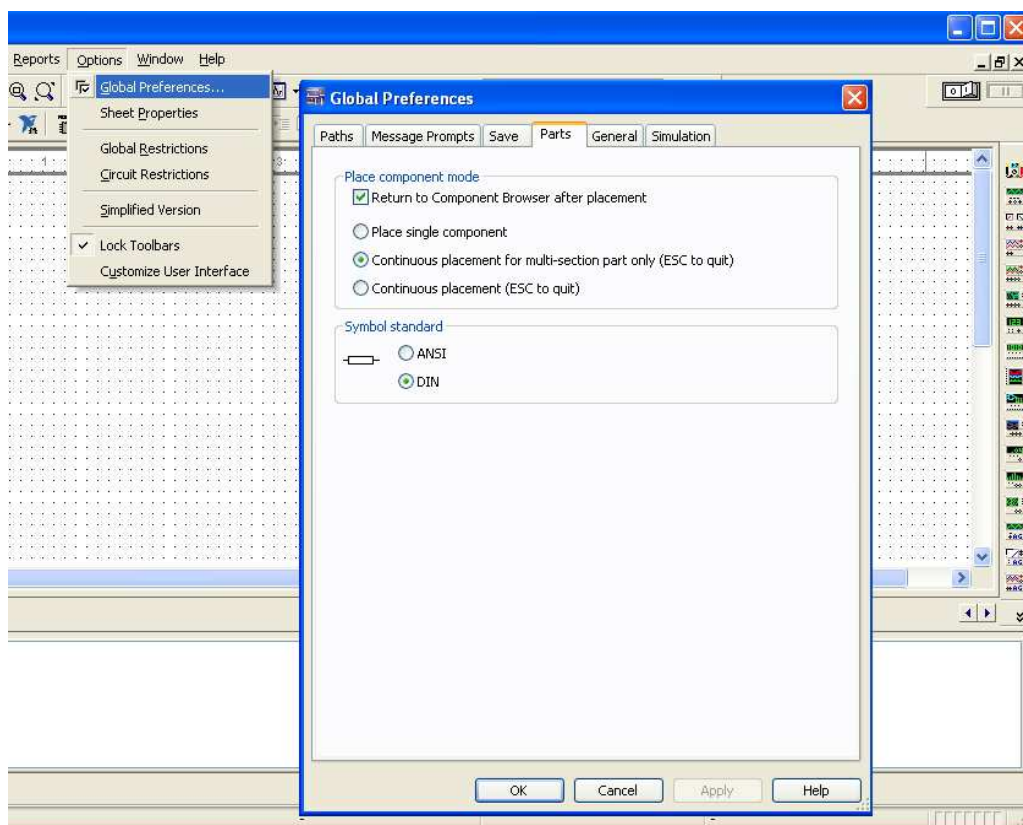
Jediná možnost, jak simulační program využít, je v momentě, kdy se třída rozdělí alespoň na polovinu, jak to bývá běžné např. u výuky jazyků. Na ZŠ se dle mého názoru nabízí možnost v oblasti Člověk a svět práce. Na středních odborných školách to vůbec není problém, zde je např. předmět Odborný výcvik, kde je třída rozdělena do menších skupinek.

## 6.1 Realizace výuky

Nyní se dostáváme k otázce, jak realizovat výuku s využitím programu NI Multisim. S programem samotným je velmi příjemná práce, ovládání je opravdu intuitivní, dá se říct, že základní ovládání zvládají žáci bez problémů už první hodinu. Na programu NI Multisim je vidět, že má své místo jak ve škole (pro svou jednoduchost), tak u profesionálů - vývojářských firem v oblasti elektrotechniky, elektroniky, ale i třeba v oblasti výzkumu (pro své možnosti). A právě fakt, že žák může pracovat se skutečně profesionálním programem může být pro mnohé žáky motivací - tímto je naplňována didaktická zásada spojení teorie s praxí.

U výuky se budeme držet další didaktické zásady - zásady přiměřenosti. Musíme respektovat požadavek pro přiměřený obsah a rozsah učiva. Postupovat budeme od úloh jednodušších po složitější.

Po úvodní motivaci a krátkém představení programu NI Multisim je vhodné provést jednoduché nastavení programu, aby schematické značky zobrazované programem byly v evropské normě DIN. Schematické značky jsou prvotně nastaveny na americkou normu ANSI. V menu **Options/Global preferences/Parts** nastaníme normu DIN, která je nám bližší (obr. č.45).

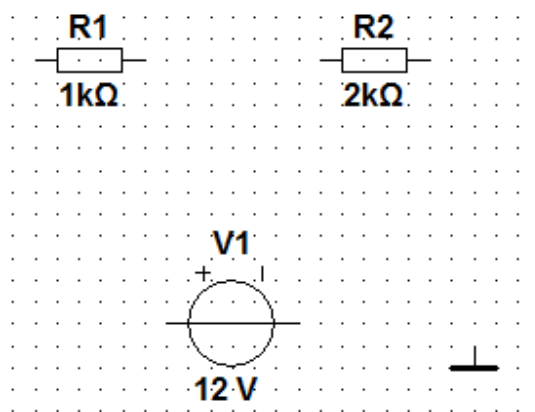


Obr. č. 45: Dialogové okno Global preference se záložkou Parts [14]

V dalším průběhu demonstrujeme možnosti programu NI Multisim na jednoduchém zapojení dvou sériově zapojených rezistorů, na které připojíme zdroj napájecího napětí. Dvěma multimetry (nastavenými jako voltmetr) měříme napětí na rezistorech a v sérii s rezistory je třetí multimetr, tentokrát zapojený jako ampérmetr. Zapojení se dá i s vysvětlením zvládnout za pět minut. To je doba, po kterou žáci udrží pozornost, proto nenecháme žáky zatím pracovat, ale nejdříve provedeme názornou ukázkou práce s programem. Je potřeba zdůraznit, že nejdříve se na plochu vkládají použité součástky, potom se teprve spojují. Nakonec přidáme měřící přístroje a nezapomeneme obvod uzemnit. Výhodou tohoto postupu je, že každý žák ví, k jakému výsledku se má dostat (správné zapojení obvodu s měřícími přístroji, zobrazení a kontrola naměřených hodnot).

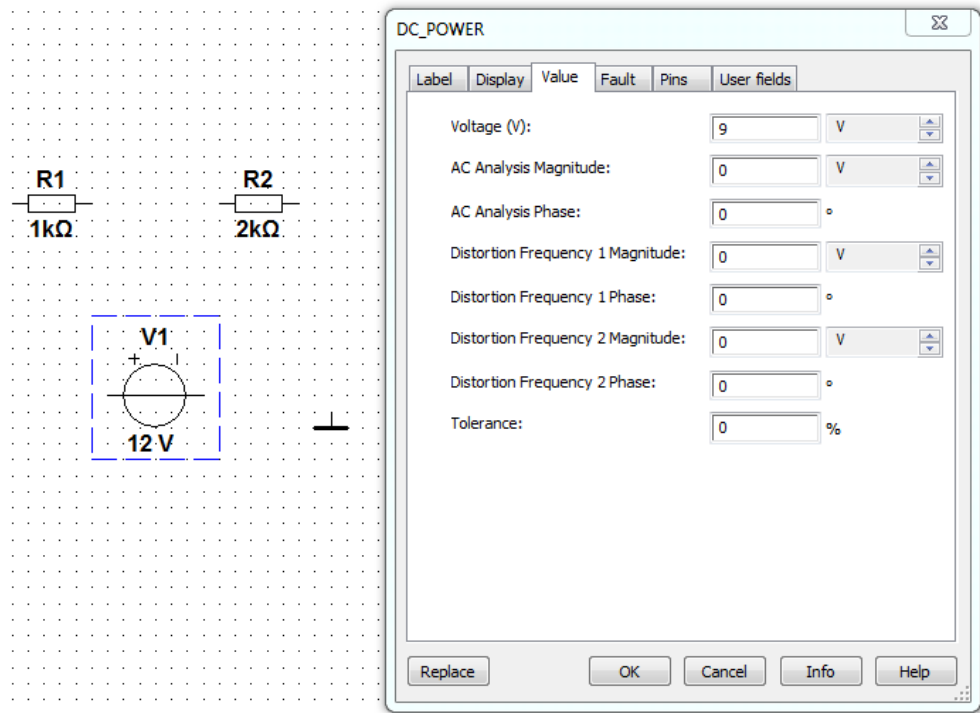
Nyní začnou pracovat s programem sami žáci. Na učitelském počítači není problém vytvořit nový soubor, kdy celý postup zapojení zopakujeme a také rozdělíme do jednotlivých fází:

1. vložíme všechny součástky a napájecí zdroj, nezapomeneme vložit zem
2. upravíme hodnoty vložených komponent (dvakrát klikneme na součástku, u které chceme upravit hodnotu, nakonec potvrdíme kliknutím na OK), popř. provedeme otočení součástky (dostupné z kontextového menu), na obrázku č. 47,
3. součástky spojíme, pokud na vývod součástky najedeme myší, tak se změní kurzor na červený kulatý bod, nyní klikneme levým tlačítkem myši a vytáhneme spoj ke druhé součástce, kde opět připojíme,
4. připojíme měřící přístroje, které najdeme na pravé liště (obr. č. 48).



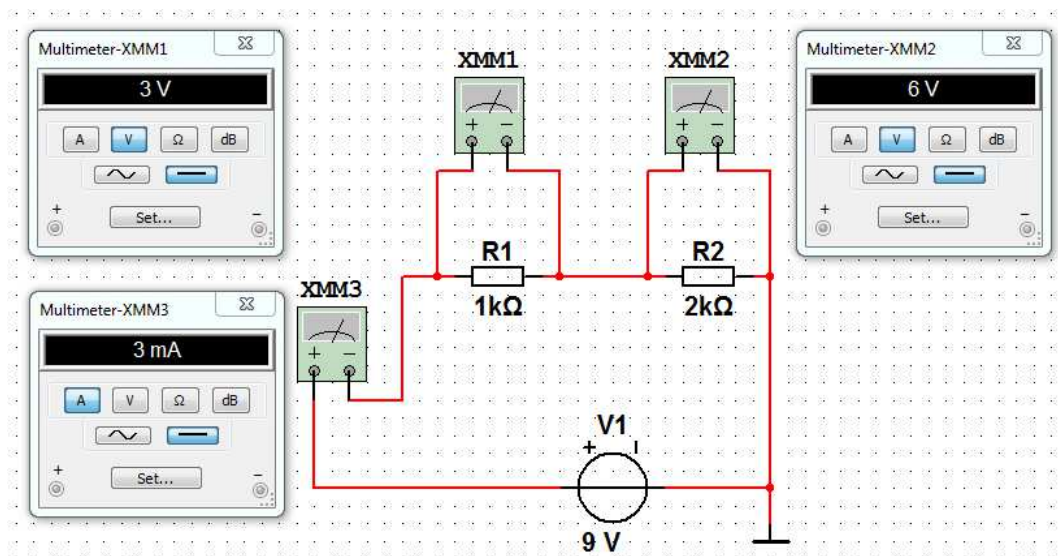
Obr. č. 46: Fáze 1: vložení součástek [14]





Obr. č. 47: Fáze 2: úprava parametrů [14]

Máme-li obvod hotový, nezapomeneme ověřit platnost Ohmova zákona a druhého Kirchhoffova zákona.



Obr. č. 48: Závěrečná fáze: kompletní obvod [14]

Dříve než začneme další fází tvorby schematu, vždy důsledně zkontrolujeme, že všichni žáci mají předchozí fázi bez problému zvládnutou. Případně v rychlosti pomůžeme pomalejším žákům. Teprve poté můžeme pokračovat s dalším postupem. Takto pokračujeme až do vytvoření celého schématu.

Je potřeba počítat s tím, že každý žák bude jinak rychlý. Ale v tomto ohledu má práce se simulačním programem velikou výhodu, umožňuje učitelům vymyslet nespočetně

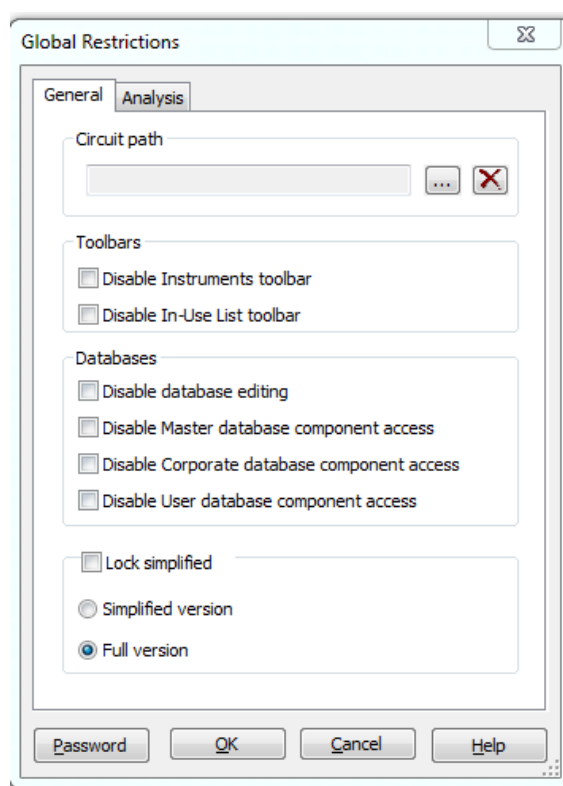
různých modifikací úloh a doplňujících úkolů, a takto zaměstnat rychlejší žáky a zároveň pomalejším žákům umožnit dokončení. Každý může pracovat svým vlastním tempem.

## 6.2 Problémy při realizaci výuky

Při výuce na počítači je vždy velký rozdíl v rychlosti jednotlivých žáků, ten nejrychlejší zadaný úkol zvládne i dvakrát rychleji, než ten nejpomalejší. Proto musíme mít připraveno více úloh, které se týkají probíraného tématu. Není-li žák zaměstnán, nudí se a z toho pramení zhoršení kázně ve třídě.

Samotné prostředí může působit mírné problémy neangličtinářům, vždyť se jedná o profesionální program a proto je vše v jazyce anglickém. Na druhé straně je vše uspořádáno tak jako ve většine programů.

Dalším poměrně nepříjemným problémem je možnost úplně překonfigurovat pracovní prostředí multisimu. NI Multisim obsahuje dostatek lišt s nástroji, které se dají např. vypnout. V tomto ohledu pozor na volbu **Options/Global Restrictions**. Volba je sice zaheslovaná, ale stačí jediný dotaz na googlu a heslo je známé (heslo R\*\*\*\*y). Jak je vidět z následujícího obrázku č. 49, stěžezní panely nástrojů se dají zavřít.



Obr. č. 49: Okno Global Restrictions je pod heslem [14]

## 7 Závěr

Diplomová práce je zaměřena na využití simulačního programu NI Multisim Education ve výuce na základní a střední škole.

V kapitole nazvané " Výuka elektroniky na ZŠ a SŠ" jsem se zaměřil na oblasti, ve kterých se žák může setkat s výukou elektroniky, popř. elektrotechniky na zkoumaných typech škol - na základní škole, střední škole odborného zaměření elektro (obory začínající číslem 26) nebo na gymnáziu. To všechno za účelem zjistit, jaké využití by měl simulační software na výše zmíněných typech škol. V rámcových vzdělávacích programech (konkrétně RVP ZV, RVP G a RVP 2641M01) daných typů škol jsem našel ty oblasti, kde by bylo použití simulačního programu ve výuce přínosné. Z výsledků vyplývá, že vhodný simulační software má své místo jak na ZŠ, tak na SŠ.

V kapitole s názvem "Přehled simulačních programů" jsem si položil otázku, jaký simulační software použít ve škole. Ještě než jsem otestoval řadu programů, shrnul jsem základní kritéria pro výběr vhodného simulačního programu. Po otestování bych doporučil pro střední školy s výukou elektrooborů právě NI Multisim Education, ostatně na těchto školách se právě NI Multisim stává nepsaným standardem - řada škol NI Multisim jako doplněk výuky využívá, na základní školy bych doporučil spíše jednodušší a názornější program Edison.

V další části této diplomové práce jsem se zaměřil na vytvoření jednoduchého uživatelského manuálu k programu NI Multisim. K tomu účelu slouží kapitola č. 5 s názvem "Práce s programem NI Multisim". Zde jsou vysvětleny základy práce s programem, nechybí popis pracovního prostředí, všímám si základního nastavení programu, panelu součástek. Největší část kapitoly je věnována měřícím přístrojům v NI Multisim. U každého z celé řady měřících přístrojů se snažím kromě popisu uvést také jednoduchý příklad zapojení. Zapojení lze nalézt na doprovodném CD. Dále v kapitole popisuji využití průvodce programem NI Multisim při návrhu obvodů, konkrétně obvodů s časovačem 555, návrhy filtračních členů, obvodů s operačními zesilovači a návrh tranzistorového zesilovače s bipolárním tranzistorem. Další ukázkou je možnost analýzy, zvolil jsem ukázkou střídavé analýzy (AC analysis). Za zmínku stojí možnost vyhledávání v hotových úlohách dodaných výrobcem. Vyhledávání je dostupné až od verze programu č. 11. V desáté verzi programu tato možnost ještě nebyla k dispozici. V závěru je ukáзка využití NI Multisim pro programování mikroprocesorů. Kapitola č. 5 tedy může sloužit jako výukový manuál pro žáky, kteří např. z důvodu nemoci nemohli absolvovat některou část výkladu, popř. jako podpora výuky při práci s mnohdy sofistikovanými měřícími přístroji, které běžně škola nemá k dispozici.

Největší výhodou nasazení NI Multisim do výuky spatřuji v možnosti sestavit téměř jakoukoliv myslitelnou úlohu, vše je velice názorné a navíc odolné proti chybě obsluhy. Žádný měřicí přístroj nemůžeme špatným nastavením zničit. Na druhé straně NI Multisim nebo podobný simulační program nemůže nikdy nahradit práci a měření se skutečnými součástkami a měřicími přístroji. Vždy se jedná pouze o doplněk výuky. Zkušenost s reálným měřicím přístrojem je nenahraditelná.

V šesté kapitole se snažím popsat problémy s nasazením programu NI Multisim do výuky. Dále uvádím příklad, jak pojmout výuku první hodiny s použitím programu NI Multisim.

V příloze diplomové práce je uveden přehled vybraných úloh analogové a číslicové techniky pro ZŠ a SŠ. Uvedena je také ukázková úloha. Vše je připraveno pro aplikaci úloh ve výuce.

## 8 Seznam použité literatury:

- [1] *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. 126 s. [cit. 2012-10-28]. Dostupné z WWW: [http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPZV\\_2007-07.pdf](http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPZV_2007-07.pdf).
- [2] *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. 102 s. [cit. 2012-10-28].  
Dostupné z WWW: [www.msmt.cz/uploads/soubory/PDF/RVPG\\_2007\\_06\\_final.pdf](http://www.msmt.cz/uploads/soubory/PDF/RVPG_2007_06_final.pdf).
- [3] *Rámcový vzdělávací program pro RVP\_2641M01\_Elektrotechnika*. [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. 80 s. [cit. 2012-10-28]. Dostupné z WWW:  
< [www.msmt.cz/uploads/VKav\\_200/rvp\\_mat/RVP\\_2641M01\\_Elektrotechnika.pdf](http://www.msmt.cz/uploads/VKav_200/rvp_mat/RVP_2641M01_Elektrotechnika.pdf) >.
- [4] VALIŠOVÁ A., KASÍKOVÁ H., 1. vyd., *Pedagogika pro učitele*. Praha: GRADA, 2010., 456 s. ISBN 978-80-247-3357-9
- [5] MAŤÁTKO, Jan. *Elektronika*. 6. vyd., V Idea servis 5., dopl. a upr. vyd. Praha: Idea servis, 2008, 362 s. ISBN 978-80-85970-64-7
- [6] HORÁK V., TYLLICH F., JANDA O. – *Pracovní vyučování, Technické práce v 8. ročníku základní školy*, SPN, n.p. Praha 1983
- [7] KŘENEK, Milan, *Praktické činnosti pro 6.-9. ročník základních škol: elektrotechnika kolem nás*. 1. vyd. Praha: Fortuna, 1997, 119 s. ISBN 80-716-8466-X
- [8] KESL, J. *Elektronika I. - analogová technika*, 1. vyd., Praha, BEN - technická literatura, 2003, 119 s., ISBN 80-7300-074-1
- [9] KESL, J. *Elektronika III. - číslicová technika*, 1. vyd., Praha, BEN - technická literatura, 2003, ISBN 80-7300-075-X
- [10] JURÁNEK, Antonín. *MultiSIM - elektronická laboratoř na PC: schémata a zapojení*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 287 s. ISBN 978-80-7300-194-0
- [11] PIHRT M.: *Electronics Workbench Multisim 10.0*, SOUE Plzeň, ESF, 2007, bez ISBN
- [12] PIHRT M: *Úlohy pro simulační program Multisim 10.0*, SOUE Plzeň, ESF, 2007, bez ISBN
- [13] *Spice multisim tutorial*. [online]. [cit. 2012-12-02].  
Dostupné z: [http://inst.eecs.berkeley.edu/~ee40/su08/HW/multisim\\_tutorial.pdf](http://inst.eecs.berkeley.edu/~ee40/su08/HW/multisim_tutorial.pdf)
- [14] NI Multisim. [online]. [cit. 2012-12-02]. Dostupné z: <http://www.ni.com/multisim/>
- [15] NI Multisim CZ. [online]. [cit. 2012-12-02]. Dostupné z: <http://czech.ni.com/>
- [16] NI Multisim - *Systémové požadavky*. [online]. [cit. 2012-12-02].  
Dostupné z: <http://www.ni.com/multisim/requirements.htm>

- [17] NI Multisim - ceník. [online]. [cit. 2012-12-02].  
Dostupné z: [ftp://ftp.ni.com/pub/branches/ee/price\\_lists/akademicky.pdf](ftp://ftp.ni.com/pub/branches/ee/price_lists/akademicky.pdf)
- [18] Tina PRO a Edison. [online]. [cit. 2012-12-02].  
Dostupné z: <http://www.tina.com/English/tina/>
- [19] Tina PRO cz zastoupení pro školy. [online]. [cit. 2012-12-02].  
Dostupné z: <http://www.terasoft.cz/skoly/tina-pro>
- [20] Edison cz zastoupení pro školy. [online]. [cit. 2012-12-02].  
Dostupné z: <http://www.terasoft.cz/skoly/edison>
- [21] Proteus Design Suite. [online]. [cit. 2012-12-02].  
Dostupné z: <http://www.labcenter.com/index.cfm>
- [22] Micro-Cap 10. [online]. [cit. 2012-12-02].  
Dostupné z: <http://www.spectrum-soft.com/demo.shtm>
- [23] BIOLEK, Dalibor. Řešíme elektronické obvody, aneb, Kniha o jejich analýze. 1. vyd., Praha: BEN - technická literatura, 2004, 519 s. ISBN 80-730-0125-X..
- [24] SIMetrix. [online]. [cit. 2012-12-02].  
Dostupné z: <http://www.simetrix.co.uk/site/ad-plus.html>
- [25] Elara. [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: [www.elara.host.sk](http://www.elara.host.sk)
- [26] Elara. [online]. [cit. 2012-12-02].  
Dostupné z: [http://www.zslado.cz/vyuka\\_fyzika/vyuka.html#elara](http://www.zslado.cz/vyuka_fyzika/vyuka.html#elara)
- [27] SW pro elektroniku. [online]. [cit. 2012-12-02]. Dostupné z:  
[http://wiki.sps-pi.com/index.php/P%C5%99ehled\\_SW\\_pro\\_elektroniku](http://wiki.sps-pi.com/index.php/P%C5%99ehled_SW_pro_elektroniku)
- [28] Ing. Zdeněk Bušák: Multisim – Simulace a analýza lineárních obvodů úlohy, SOU Trutnov, 2005, SIPVZ, [cit. 2012-11-06], <http://www.spstrutnov.cz/o-skole/projekty/simulace-elektricky-obvodu/multisim-linearni-obvody.pdf>
- [29] Ing. Zdeněk Bušák: Multisim – Simulace a analýza číslicových obvodů úlohy, SOU Trutnov, 2005, SIPVZ, [cit. 2012-11-06], <http://www.spstrutnov.cz/o-skole/projekty/simulace-elektricky-obvodu/multisim-cislicove-obvody.pdf>
- [30] Boháč Z, Chaloupek P., Salajka L., Donát J.: Elektronika - učební text, SOŠE, COP Hluboká nad Vltavou, 2011, Inovace a vytvoření odborných učebních textů pro rozvoj klíčových kompetencí v návaznosti na rámcové vzdělávací programy, bez ISBN - napsáno v rámci projektu pro žáky SOŠE, COP, Hluboká nad Vltavou

## 9 Přílohy

V příloze uvedu kompletní seznam řešených úloh v rámci této diplomové práce. Dále je zde obsažena ukázková úloha.

Při tvorbě úloh jsem se inspiroval knihou Elektrotechnika kolem nás pro 6.-9. ročník základních škol [7], zvláště kapitolami "Úvod do elektrotechniky" a "Jednoduché elektronické obvody". Kniha byla vydána v roce 1999 a byla zpracovaná dle vzdělávacího programu Základní škola.

Všechny zpracované úlohy se nacházejí na doprovodném CD nosiči.

### Seznam řešených úloh:

- měření rezistorů
- seriové zapojení rezistorů
- paralelní zapojení rezistorů
- měření U, I
- dělič nezatížený
- nabíjení kondenzátoru
- vybíjení kondenzátoru
- RC člen
- LC člen
- transformátor
- přenos el. energie
- polovodičová dioda
- LED dioda
- měření na osciloskopu
- jednofázový jednocestný usměrňovač
- jednofázový dvojcestný usměrňovač - můstkové zapojení
- jednoduchý stabilizovaný zdroj s parametrickým stabilizátorem
- jednoduchý stabilizovaný zdroj s 7805
- jednoduchý stabilizovaný zdroj s LM117T
- VA charakteristika polovodičové a LED diody
- půlvlnný násobič napětí
- celovlnný násobič napětí
- tranzistor NPN jako spínač
- tranzistor PNP jako spínač

- tranzistor NPN jako zesilovač + ukázka použití analyzátoru zkreslení
- tranzistor NPN jako zesilovač - Darlingtonova dvojice
- VA charakteristika NPN tranzistoru
- astabilní klopný obvod s NPN tranzistory
- tyristor - řízený usměrňovač
- sinusový oscilátor
- časovač 555 - astabilní klopný obvod
- operační zesilovač - invertující zapojení s OZ
- operační zesilovač - neinvertující zapojení s OZ
- Schmittův klopný obvod
- logický obvod 7400 - NAND
- logický obvod 7400 - NOT pomoci hradel NAND
- logický obvod 7400 - OR pomoci hradel NAND
- logický obvod 7400 - NOR pomoci hradel NAND
- logický obvod 7404 - astabilní klopný obvod s 7404
- logické obvody CMOS - OR, NOR, AND, NAND
- RS klopný obvod s 7400 - paměťový člen o kapacitě 1 bit
- sedmsegmentový zobrazovač se společnou anodou
- měření číslicových obvodů - logická sonda
- měření číslicových obvodů - čítač
- tester baterí

Výše zmíněné úlohy jsem otestoval na rekvalifikačním studiu oboru 26-51-H/02 Elektrikář - silnoproud v rámci Odborného výcviku.

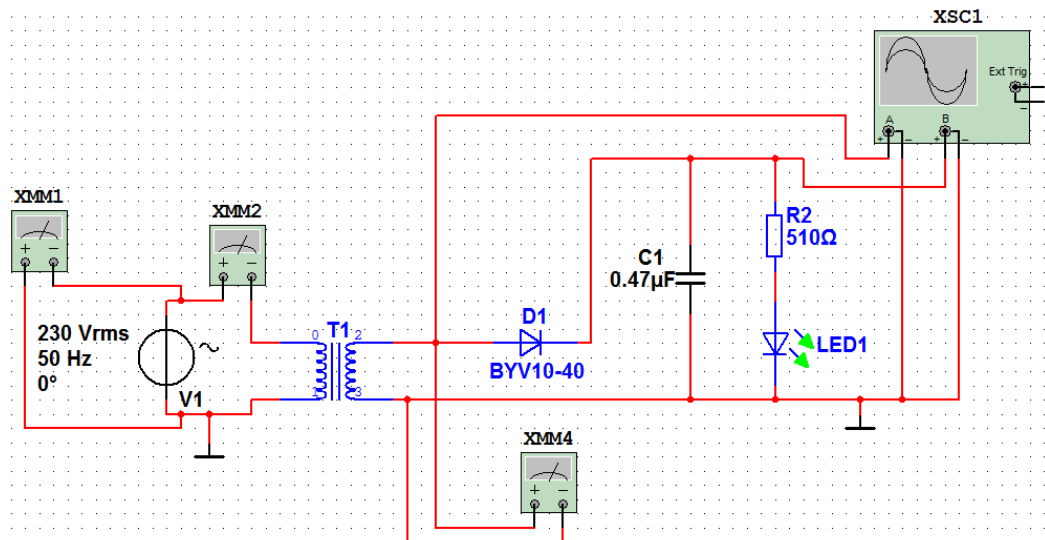
## Ukázka úlohy

**Název úlohy:** Jednocestný usměrňovač

Zapoj jednocestný usměrňovač dle obrázku č. 50.

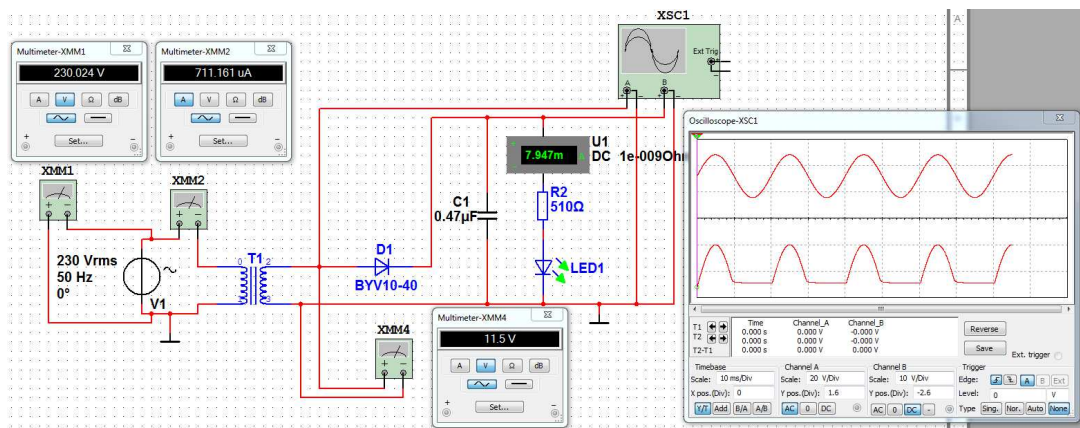
1. Na osciloskopu ověř správnou funkci obvodu.
2. Jaká je funkce diody D<sub>1</sub> v obvodu?
3. Jakým způsobem se projeví změna kapacity kondenzátoru C<sub>1</sub> na výsledném průběhu? (zkus postupně nastavit hodnoty 10  $\mu$ F, 100  $\mu$ F, 470  $\mu$ F, 1 mF)
4. Jakou funkci v zapojení plní kondenzátor C<sub>1</sub>?
5. Jak se projeví na výsledném průběhu změna hodnoty rezistoru R<sub>2</sub>?
6. Změř procházející proud rezistorem R<sub>2</sub>.





Obr. č. 50: Schéma zapojení jednocestného usměrňovače [14]

Zapojení společně s naměřenými hodnotami je uvedené na obr. č. 51.



Obr. č. 51: Schéma zapojení jednocestného usměrňovače s zapoj. měř. přístroji [14]

### Správné odpovědi:

1. Na osciloskopu by průběh napětí při správné funkci a stejných použitých součástkách měl odpovídat průběhu na obr. č. 51.
2. Dioda D1 plní funkci usměrňovače, v našem případě jednocestného.
3. Při zvyšující se kapacitě kondenzátoru C1 se snižuje zvlnění usměrněného průběhu.
4. Kondenzátor C1 je použit za účelem filtrace zvlněného napětí na výstupu jednocestného usměrňovače.
5. Při rostoucí hodnotě R2 klesá proud, a tím se snižuje zvlnění na výstupu obvodu, tj. za kondenzátorem.
6. Proud procházející obvodem změříme ampérmetrem zapojeným v sérii se zátěží, v našem případě s rezistorem R2 a LED diodou. Pro náš obvod  $I=7,947 \text{ mA}$ , tj.  $I = 0,009947 \text{ A}$