

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA PEDAGOGICKÁ  
KATEDRA VÝPOČETNÍ A DIDAKTICKÉ TECHNIKY

**PŘÍPRAVA KOMPONENT PRO E-KURZ APS**  
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Karel Spurný**  
*Informatika se zaměřením na vzdělávání*

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

**Plzeň, 2016**

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

V Plzni, 15. Dubna 2016

.....  
vlastnoruční podpis

Chtěl bych poděkovat Ing. Petrovi Michalíkovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, cenné rady a odborný dohled.

ZDE SE NACHÁZÍ ORIGINAL ZADÁNÍ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE.

**OBSAH**

Úvod .....	1
1 PROGRAMY VYUŽITÉ PRO TVORBU KOMPONENT .....	3
1.1 MULTISIM .....	3
1.1.1 Prostředí aplikace Multisim .....	3
1.1.2 Komponenty programu .....	4
1.2 MACROMEDIA CAPTIVATE .....	6
1.2.1 Prostředí aplikace Captivate .....	6
1.2.2 Funkce programu .....	7
1.3 PROAUTHOR .....	8
1.3.1 Prostředí aplikace ProAuthor .....	8
1.3.2 Funkce využívané pro tvorbu e-kurzu .....	8
1.4 VYTVOŘENÍ A ÚPRAVA ANIMACÍ PRO VYTVÁŘENÉ KOMPONENTY .....	10
2 VYTVOŘENÉ KOMPONENTY PRO E-KURZ .....	11
2.1 ELEMENTÁRNÍ OBVOD .....	11
2.1.1 Zadání .....	11
2.1.2 Vypracování simulace v multisimu .....	11
2.1.3 ověření .....	12
2.2 REZISTORY JAKO DĚLIČ NAPĚTÍ .....	13
2.2.1 Zadání .....	13
2.2.2 Vypracování .....	13
2.2.3 Ověření .....	13
2.3 REZISTORY JAKO DĚLIČ PROUDU .....	15
2.3.1 Zadání .....	15
2.3.2 Vypracování .....	15
2.3.3 Ověření .....	15
2.4 IDEÁLNÍ ZDROJ NAPĚTÍ .....	17
2.4.1 Zadání .....	17
2.4.2 Vypracování .....	17
2.4.3 Ověření .....	17
2.5 REÁLNÝ ZDROJ NAPĚTÍ .....	19
2.5.1 Zadání .....	19
2.5.2 Vypracování .....	19
2.5.3 Ověření .....	19
2.6 IDEÁLNÍ ZDROJ PROUDU .....	21
2.6.1 Zadání .....	21
2.6.2 Vypracování .....	21
2.6.3 Ověření .....	21
2.7 REÁLNÝ ZDROJ PROUDU .....	23
2.7.1 Zadání .....	23
2.7.2 Vypracování .....	23
2.7.3 Ověření .....	23
2.8 NAPĚTÍM ŘÍZENÝ ZDROJ NAPĚTÍ .....	25
2.8.1 Zadání .....	25
2.8.2 Vypracování .....	25
2.8.3 Ověření .....	25

---

2.9	PROUDEM ŘÍZENÝ ZDROJ NAPĚTÍ .....	27
2.9.1	Zadání .....	27
2.9.2	Vypracování .....	27
2.9.3	Ověření .....	27
2.10	NAPĚTÍM ŘÍZENÝ ZDROJ PROUDU .....	29
2.10.1	Zadání .....	29
2.10.2	Vypracování .....	29
2.10.3	Ověření .....	29
2.11	PROUDEM ŘÍZENÝ ZDROJ PROUDU .....	31
2.11.1	Zadání .....	31
2.11.2	Vypracování .....	31
2.11.3	Ověření .....	31
2.12	DIODA V PROPUSTNÉM SMĚRU .....	33
2.12.1	Zadání .....	33
2.12.2	Vypracování .....	33
2.12.3	Ověření .....	34
2.13	ZENEROVA DIODA .....	36
2.13.1	Zadání .....	36
2.13.2	Vypracování .....	36
2.14	SVÍTIVÁ DIODA (LED) .....	38
2.14.1	Zadání .....	38
2.14.2	Vypracování .....	38
2.14.3	Ověření .....	38
2.15	BIPOLÁRNÍ TRANZISTOR PNP .....	40
2.15.1	Zadání .....	40
2.15.2	Vypracování .....	40
2.15.3	Ověření .....	41
2.16	ŘÍZENÍ OBVODU TRANZISTORU POMOCÍ POTENCIOMETRU .....	42
2.16.1	Zadání .....	42
2.16.2	Vypracování .....	42
2.16.3	Ověření .....	43
2.17	UNIPOLÁRNÍ TRANZISTOR – JFET .....	44
2.17.1	Zadání .....	44
2.17.2	Vypracování .....	44
2.17.3	Ověření .....	44
2.18	PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ NAPĚTÍM .....	46
2.18.1	Zadání .....	46
2.18.2	Vypracování .....	46
2.18.3	Ověření .....	46
2.19	PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ PROUDEM .....	48
2.19.1	Zadání .....	48
2.19.2	Vypracování .....	48
2.19.3	Ověření .....	48
2.20	PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ ČASEM .....	50
2.20.1	Zadání .....	50
2.20.2	Vypracování .....	50
2.20.3	Ověření .....	50

---

2.21 OPERAČNÍ ZESILOVAČ .....	52
2.21.1 Zadání .....	52
2.21.2 Vypracování .....	52
2.21.3 Ověření .....	52
2.22 INVERTUJÍCÍ OPERAČNÍ ZESILOVAČ.....	54
2.22.1 Zadání .....	54
2.22.2 Vypracování .....	54
2.22.3 Ověření .....	54
2.23 NEINVERTUJÍCÍ OPERAČNÍ ZESILOVAČ.....	56
2.23.1 Zadání .....	56
2.23.2 Vypracování .....	56
2.23.3 Ověření .....	56
2.24 ANALOGOVÝ SUMÁTOR.....	58
2.24.1 Zadání .....	58
2.24.2 Vypracování .....	58
2.24.3 Ověření .....	58
2.25 ROZDÍLOVÝ ZESILOVAČ.....	60
2.25.1 Zadání .....	60
2.25.2 Vypracování .....	60
2.25.3 Ověření .....	60
2.26 ANALOGOVÝ KOMPARÁTOR .....	62
2.26.1 Zadání .....	62
2.26.2 Vypracování .....	62
2.26.3 Zjištění .....	62
2.27 INVERTUJÍCÍ INTEGRÁTOR .....	64
2.27.1 Zadání .....	64
2.27.2 Vypracování .....	64
2.27.3 Zjištění .....	64
2.28 NEINVERTUJÍCÍ INTEGRÁTOR .....	66
2.28.1 Zadání .....	66
2.28.2 Vypracování .....	66
2.28.3 Zjištění .....	66
2.29 DERIVÁTOR.....	68
2.29.1 Zadání .....	68
2.29.2 Vypracování .....	68
2.29.3 Zjištění .....	68
2.30 T-ČLÁNEK NA VSTUPU OPERAČNÍHO ZESILOVAČE .....	70
2.30.1 Zadání .....	70
2.30.2 Vypracování .....	70
2.30.3 Ověření .....	70
2.31 T-ČLÁNEK VE ZPĚTNÉ VAZBĚ OPERAČNÍHO ZESILOVAČE .....	72
2.31.1 Zadání .....	72
2.31.2 Vypracování .....	72
2.31.3 Ověření .....	72
2.32 DVOJITÝ T-ČLÁNEK VE ZPĚTNÉ VAZBĚ OPERAČNÍHO ZESILOVAČE .....	74
2.32.1 Zadání .....	74
2.32.2 Vypracování .....	74

---

2.32.3	Ověření .....	74
2.33	SÉRIOVÉ ZAPOJENÍ OPERAČNÍCH ZESILOVAČŮ .....	76
2.33.1	Zadání .....	76
2.33.2	Vypracování .....	76
2.33.3	Ověření .....	76
2.34	PARALELNÍ ZAPOJENÍ OPERAČNÍCH ZESILOVAČŮ .....	78
2.34.1	Zadání .....	78
2.34.2	Vypracování .....	78
2.34.3	Ověření .....	78
3	AUTOTESTY .....	80
3.1	LINEÁRNÍ PRVKY .....	80
3.2	NELINEÁRNÍ PRVKY .....	82
3.3	NELINEÁRNÍ PRVKY .....	83
4	ZÁVĚR .....	86
5	RESUMÉ .....	88
6	SEZNAM LITERATURY .....	89
7	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ .....	90
8	PŘÍLOHY .....	92



## Úvod

Tématem bakalářské práce bude příprava komponent pro E-kurz APS (Analogové prvky a systémy). Hlavním cílem bude vytvořit komponenty pro e-kurz, který bude sloužit dalším studentům k lepšímu pochopení dané látky potřebné ke splnění předmětu. Využití internetové výuky, konkrétně e-kurzy, v dnešní době je velmi rozmanité a populární, nejen mezi učiteli a studenty, ale i v soukromých sektorech pro zaškolení zaměstnanců. Mezi hlavní důvody popularity, jak v soukromém sektoru, tak i ve státním sektoru, jsou možnosti spuštění kurzu v jakékoliv době, jelikož jsou většinou neomezeně přístupné. Dále si může kdokoliv zvolit svoje tempo učení a samozřejmě ověření znalostí na vytvořených autotestech. Vytvoření kurzu je náročné, ale následně umožňuje široké využití, které šetří čas. Nejlepší kurzy jsou kurzy, kde se pro výuku využívají různé grafické prvky, jako animace nebo obrázky. Jedny z nejlepších grafických prvků jsou animace, které vysvětlují celý popis dané problematiky. Animace a obrázky budou hlavní náplní pro jednotlivé cvičení této práce.

Pro vypracování zvolím tři programy. První program se jmenuje Multisim. Tento program simuluje funkčnost zapojení navrženého obvodu, který je složený z definovaných komponent. Druhý program je Macromedia Captivate, který nám vytváří sekvenci snímků z obrazovky, které mohou být dále upravovány, například přidáním komentářů. Poslední program je program ProAuthor, který je vyvinut Západočeskou univerzitou a který slouží k tvorbě výukových kurzů.

První kapitola se budu zaměřovat na seznámení s programy Multisim a Macromedia Captivate a ProAuthor. V programu Multisim bude demonstrováno zapojení jednotlivých obvodů. Tento program je základním prvkem pro výuku tohoto předmětu. Dokáže simulovat téměř každé standartní elektrické součástky a obvody. Verze programu bude shodná s verzí, používanou na školních počítačích, tak aby bylo prostředí pro výuku naprosto stejné a mohlo to pomoci studentům k lepší orientaci. Program Macromedia Captivate byl zvolen, protože se na katedře již využívá. Jedná se o program využívaný k tvorbě e-learningových kurzů, proto se mnoho využívá a proto je vhodným softwarem pro tuto práci. Využijeme pouze jen část z funkcí zmiňovaného programu, ale nám dostačujících pro tvorbu animací. Další program je ProAuthor, který je vyvinut

Západočeskou univerzitou. Pro správnou funkci musíme mít k dispozici licenční číslo, tak aby došlo k otevření všech funkcí aplikace. Z těchto funkcí budeme využívat opět jen část. Budeme využívat pouze cvičení a autotesty. Každý program bude stručně popsán. Dále se seznámíme s prostředím všech programů a nakonec i s funkcemi a komponenty programů. Poslední podkapitola bude tvořit postup, který byl využit pro úpravu všech animací v programu Macromedia Captivate.

Druhá kapitola je nejrozsáhlejší z důvodu popsání vytvářených komponent pro e-kurz. Jedná se o praktickou část uvedeného studijního předmětu Analogové prvky a systémy a hlavně ověření funkčnosti zapojení obvodů v prostředí programu Multisim. Příklady obvodů jsou zaměřeny zejména na ověření teoretických znalostí, které se probírají na tomto předmětu. Každá podkapitola se bude věnovat jednomu příkladu. Tento příklad bude rozdělen na zadání, vypracování a následně ověření nebo zjištění. Všechny příklady budou doprovázeny grafickými prvky. Schémata zapojení a ukázky vytvořených animací, vše formou obrázků.

Poslední kapitola se bude věnovat auto-testům. Budou zde vytvořené otázky pro tři témata. První téma budou lineární prvky. Druhé téma bude nelineární prvky a poslední téma bude zaměřené na operační zesilovače. Každá sada bude obsahovat deset otázek s jednou správnou odpovědí.

## **1 PROGRAMY VYUŽITÉ PRO TVORBU KOMPONENT**

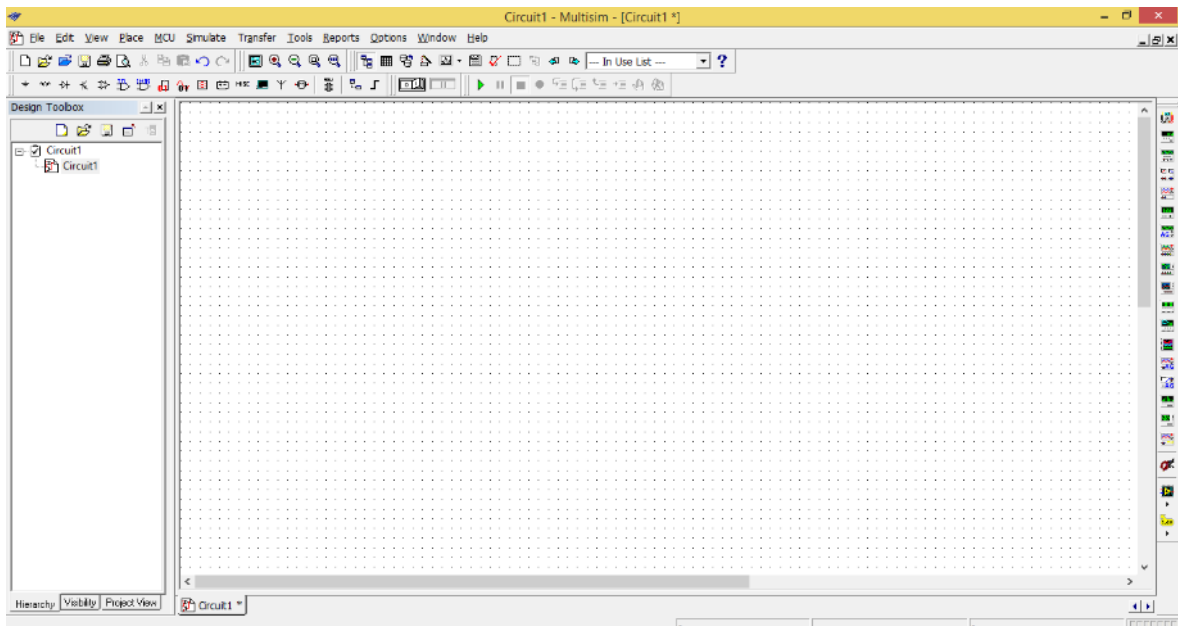
Každá komponenta, která byla vytvořena pro tento kurz, byla vytvořena ve třech programech. První z nich je simulační program Multisim, ve kterém se tvoří všechna zapojení a který je nedílnou součástí pro cvičení předmětu Analogové prvky a systémy. Druhý program je Macromedia Captivate. Tento program nám zachytává dění na obrazovce, ze kterého si vytvoříme animaci. Poslední je vývojářský program ProAuthor, ve kterém sjednotíme data a tak vytvoříme e-kurz. Tento program je vytvořen a spravován Západočeskou univerzitou.

### **1.1 MULTISIM**

Program Multisim je simulační elektrický program vytvořen firmou National Instruments. Simulace může být jednoduchá, ale i složitá. Můžeme využít 2D i 3D zobrazení obvodu. V našem případě využíváme knihovny pro 2D zobrazení. Můžeme ověřovat a simulovat zadané obvody. Umožňuje studentům se seznámit a pochopit funkčnost elektrických obvodů. Ve svých knihovnách má k dispozici standartní sériové součástky, vyráběné pro běžné využití, ale i složité integrované obvody nebo měřicí přístroje. Všechny komponenty se přenesou na pracovní plochu, kde můžeme měnit vlastnosti a následně s nimi pracovat v reálném prostředí. Znalost tohoto programu je pro slnění předmětu nezbytnou součástí. Pro vytvoření identických příkladů, jsem používal verzi programu 10. Tato verze je nainstalovaná i ve školních počítačích. Z tohoto důvodu bude výuka snazší a pochopitelná pro studenty využívající tuto práci.

#### **1.1.1 PROSTŘEDÍ APLIKACE MULTISIM**

Prostředí programu Multisim nám umožňuje rychlý přístup, jak k základním knihovnám, tak k měřicím zařízením, generátorům nebo osciloskopům. Náhled prostředí je na obrázku 1. Velká pracovní plocha nám zajišťuje dostatečné místo pro tvorbu obvodu. Snadný přístup ke všem potřebným funkcím nám umožní rychlou práci. Většina standartních součástek má definované parametry, ale máme k dispozici i další součástky, u kterých si měníme základní vlastnosti. To nám zajišťuje velmi rozmanitou práci při tvorbě obvodů.



Obrázek 1 - Prostředí programu Multisim

### 1.1.2 KOMPONENTY PROGRAMU

Tento program má v základní verzi 18 databází komponent. Mezi ně například patří Source, Basic, Diode, Transistor, Indicator a další.

Databáze Source je věnována zdrojům proudu a napětí. Tato databáze obsahuje základní zdroje, nebo složitější zdroje, které mohou být řízeny proudem či napětím. Nabízené zdroje napětí jsou dále rozlišovány na zdroje pro stejnosměrný nebo střídavý napětí. Obsahuje také uzemnění.

Databáze Basic obsahuje velké množství základních elektrických komponent. Tyto komponenty jsou spínače, rezistory, kapacitory, konektory pro připojení různých velikostí či typů a další. Do této databáze nepatří diody, tranzistory a operační zesilovače. Jsou jim věnovány samostatné databáze.

Do databáze Diode patří diody. Nabízí podle konstrukčního účelu usměrňovací diody a speciální diody. Mezi speciální diody patří Zenerova dioda a LED dioda. Dále také obsahuje takzvanou virtuální diodu. Virtuální dioda představuje diodu s libovolnými vlastnostmi. Je možné pozměnit saturaci proudu, vnitřní odpor diody a jiné.

Tranzistory jsou k nalezení v databázi pojmenované Transistor. Nalezneme zde bipolární tranzistory, které se dělí na PNP a NPN tranzistory. Dále unipolární tranzistory, které rozdělujeme na JFET a MOSFET.

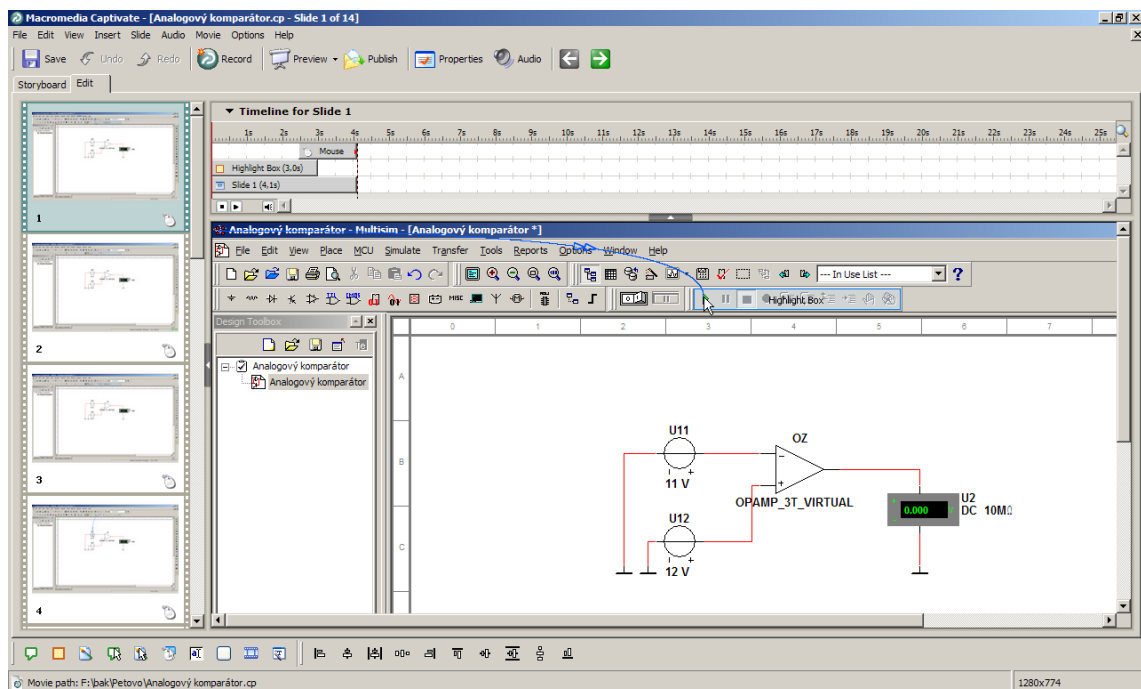
Poslední zde zmiňovanou databází je databáze Indicator. Ta je věnována měřicím přístrojům a signalizačním prvkům. Mezi měřicí prvky patří voltmetry, ampérmetry a mezi signalizační prvky patří žárovky a sedmi-segmentové displeje.

## 1.2 MACROMEDIA CAPTIVATE

Macromedia Captivate je program pro vytváření či úpravu animací a appletů. Díky snadnému ovládní a přehlednému uspořádání aplikace je vytváření animace velmi snadné. Captivate zaznamenává pohyb na obrazovce počítače, nebo jen vybrané části. Tuto animaci uloží snímek po snímku a my ji můžeme dále upravovat. Přidávat další popisky pro srozumitelnost, které nám v celku vytvoří přehlednou animaci. Exportovat ji můžeme do mnoha formátu například SWF<sup>1</sup>, který využíváme nejčastěji při vytavování animace na internetu. Aplikace se dá nainstalovat na všechny operační systémy (Win, MacOS či Linux).

### 1.2.1 PROSTŘEDÍ APLIKACE CAPTIVATE

Prostředí pro úpravu snímku tvoří tři hlavní okna. V levé části programu nalezneme jednotlivé snímky animace. V horní části programu je časová osa, kde jsou informace o použitých efektech a popiscích, které se dají velmi snadno upravovat. Největší plochu zabírá plocha pro editaci aktuálního snímku. V této části upravujeme aktuální snímek, kam můžeme přidávat různé popisy, obrázky, videa, zvuky nebo videa, ale i animace či prezentaci. Náhled prostředí je na obrázku 2.



Obrázek 2 - Prostředí aplikace Macromedia Captivate

<sup>1</sup> SWF - je nejvyužívanější formát pro vektorovou grafiku nebo multimédia.

### 1.2.2 FUNKCE PROGRAMU

První funkce je Nahrání nebo vytvoření nového videa. Zachycený probíhá pomocí sekvence snímku obrazovky, dané plochy či vybraného okna plochy nebo spuštěného programu. Další funkce programu je editace snímku. Do snímku můžeme přidat pohyby myši, videa či obrázky a hudbu. Dále můžeme přidat popisky s textem pro vysvětlení. Třetí funkce programu je úprava celé animace. Zkrácením nebo prodloužením času snímku a tím prodloužením či zkrácením celé aplikace. Čtvrtá využívaná funkce je zveřejnění. Zde si nastavíme vlastnost celé animace. Nejdříve název animace, dále umístění a poté formát uložení. Nastavíme první a poslední snímek animace, tak aby nedocházelo k rozmazání obrazovky. Vybereme přehrávací panel z nabídky a jeho umístění. Já jsem zvolil styl přehrávače Magnum s umístěním ve středu dole.

## 1.3 PROAUTHOR

ProAuthor je program vytvořený Západočeskou univerzitou pro tvorbu e-kurzu, kde téměř všechny kurzy na katedře výpočetní a didaktické techniky jsou vytvořené a spravované právě v tomto programu. Právě z tohoto důvodu jsem zvolil tento program. Na stránkách univerzity<sup>2</sup> byla stáhnuta nejnovější verze programu. Bohužel po instalaci programu jako demoverze je tvorba omezena na pouze na 7 cvičení. Na stránce univerzity jsou kontakty na vývojáře a správce licenčních čísel. Po emailové konzultaci jsem získal k dispozici licenční číslo pro studenty, které odemkne všechny funkce programu. Pro správné zobrazení a správnou funkci e-kurzu je zapotřebí mít Internet Explorer ve verzi min. 8 a vyšší. Dále je zapotřebí mít nainstalovaný v prohlížeči Flash Player verze 10 a vyšší.

### 1.3.1 PROSTŘEDÍ APLIKACE PROAUTHOR

Prostředí programu ProAuthor je velmi intuitivní a přehledné. Program je rozdělen na dvě části. Levá část programu je zaměřena na tvorbu a členění strukturovaného obsahu. Zde můžeme přidávat komponenty, jako jsou kapitoly, studijní články, úkoly, cvičení, diskuze, autotesty, testy a ankety. Pravá část je zaměřena na obsah již zvolených komponent. Ukázku prostředí e-kurzu nalezneme na obrázku 3.

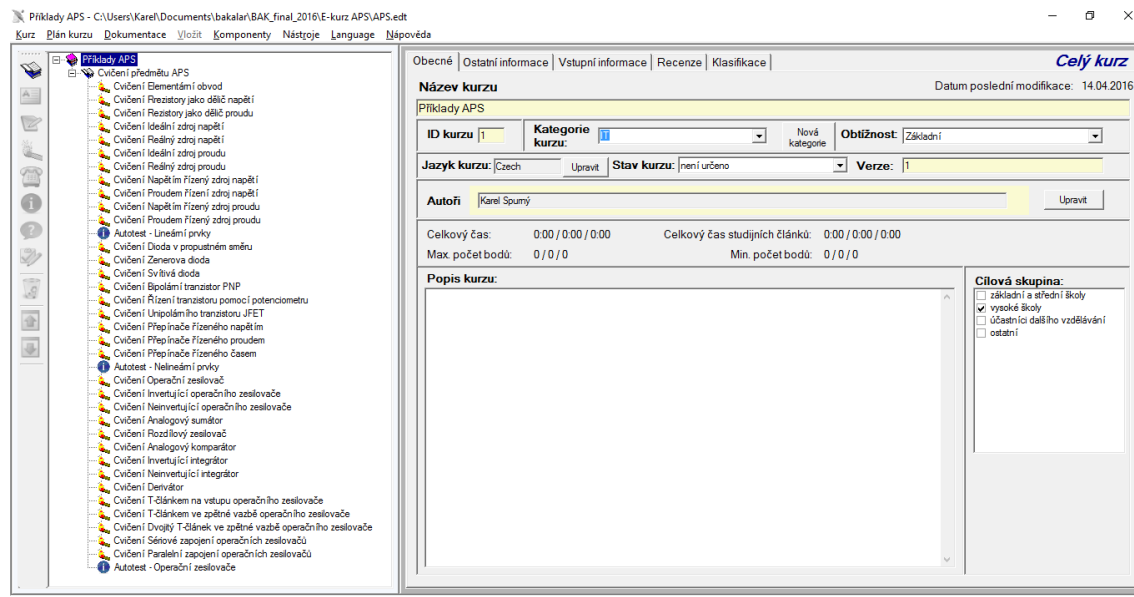
### 1.3.2 FUNKCE VYUŽÍVANÉ PRO TVORBU E-KURZU

Pro vypracování byly zvoleny dvě hlavní aktivity. První aktivita je cvičení. Do této aktivity jsem vyplnil zadání s typem pro řešení, kde je vložený obrázek s obvodem pro řešení. Dále obsahuje návrh řešení, kde je vložena animace dle příkladu. Celkem bylo vytvořeno třicet čtyři cvičení. Následně byly přidány tři autotesty, tak aby si mohli studenti ověřit naučené znalosti studia předmětu Analogové prvky a systémy. Každý autotest obsahuje deset otázek s jednou správnou odpovědí.

---

<sup>2</sup> <http://athena.zcu.cz/ProAuthor/>





Obrázek 3 - Prostředí programu ProAuthor

## 1.4 VYTVOŘENÍ A ÚPRAVA ANIMACÍ PRO VYTVÁŘENÉ KOMPONENTY

V prvé řadě musíme spustit program Multisim. Další v pořadí spustíme program Macromedia Captivate, kde si nastavíme Nahrání nebo vytvoření nového videa. Vybereme možnost Aplikace, aby se nám zabralo celé spektrum programu. Zapneme nahrávání, a vrátíme se do programu Multisim.

Při ukončení nahrávání se nám otevřou a načtou snímky animace. V první řadě začneme upravovat všechny popisky, jelikož jsou v anglickém jazyce, a my tvoříme animaci pro studenty v České republice. Další úpravy jsou pohyby myši, jelikož ne vždy je zachycen celý pohyb myše. Přejdeme na časovou osu, kde každému snímku, kde je vkládání komponent na pracovní plochu, nastavíme délku 2 s. Pro snímky, kde probíhá spojení obvodu, nastavíme čas 1 s. Pro snazší orientaci programu přidáme na první snímek popisek s názvem animace. Nastavíme vlastnostmi, aby se neskryval při načtení nebo přechodu na další snímek a trvání po dobu celé animace. Naposled vložíme Click box, tak aby se animace zastavila při otevření. Nastavíme ve vlastnostech, neprováděj žádnou akci, a zastav animaci do doby, než uživatel nestiskne spuštění animace.

Pro uložení aplikace využijeme tlačítko Publish, kde vybereme formát uložení SWF. Zadáme název a cestu pro uložení a klikneme na Preference v pravém spodním rohu. Zde si nastavíme umístění a styl pro ovládací panel. Poslední co nastavíme je, aby nedocházelo k zblednutí obrazovky při načtení a ukončení animace, a my jsme mohly vidět co je na prvním snímku a na posledním snímku.

## 2 VYTVOŘENÉ KOMPONENTY PRO E-KURZ

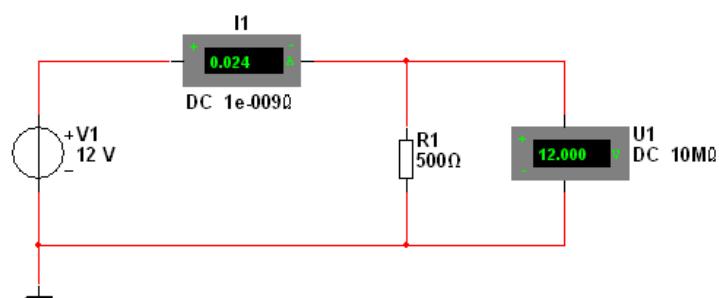
### 2.1 ELEMENTÁRNÍ OBVOD

#### 2.1.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření Ohmova zákona, kde  $R=500\Omega$ ,  $U=12V$  a  $I=?$

Pro ověření využijte Ampérmetr a Voltmetr.

- Ampérmetr je zařízení k měření velikosti protékajícího proudu v obvodě.
- Voltmetr je zařízení k měření velikosti protékajícího napětí v obvodě



Obrázek 4 - Elementární obvod

#### 2.1.2 VYPRACOVÁNÍ SIMULACE V MULTISIMU

V knihovně Sources a záložce Power\_Sources vybereme DC\_Power(Napěťový zdroj) a umístíme na plochu. Umístění můžeme provést kliknutím na tlačítko OK, nebo dvojklikem na vybranou součástku. Další součástku nalezneme v té samé knihovně a záložce pod názvem Ground(Uzemnění) a umístíme na pracovní plochu. Další součástka pro indikaci proudu v obvodu je ampérmetr, který najdeme v knihovně Indicators pod záložkou Ammeter. Zavřeme okno pro vkládání a dvojklikem na Ampérmetr otevřeme vlastnosti, kde změníme název z U1 na I1. V knihovně Indicators pod záložkou Voltmeter vybereme Voltmeter\_V a umístíme na plochu. Poslední součástka do obvodu je v knihovně Basic v záložce Resistor (Odpor) vybereme odpor s velikostí  $500\Omega$  a umístíme na pracovní plochu. Umístíme ho na plochu a stiskneme tlačítko Close. Odpor musíme otočit o  $90^\circ$ , tak že stiskneme pravým tlačítkem na myši a vybereme možnost otočení o  $90^\circ$ . Nyní máme na pracovní ploše veškeré potřebné komponenty pro ověření Ohmova zákona. Začneme postupně propojovat všechny komponenty do obvodu, jako

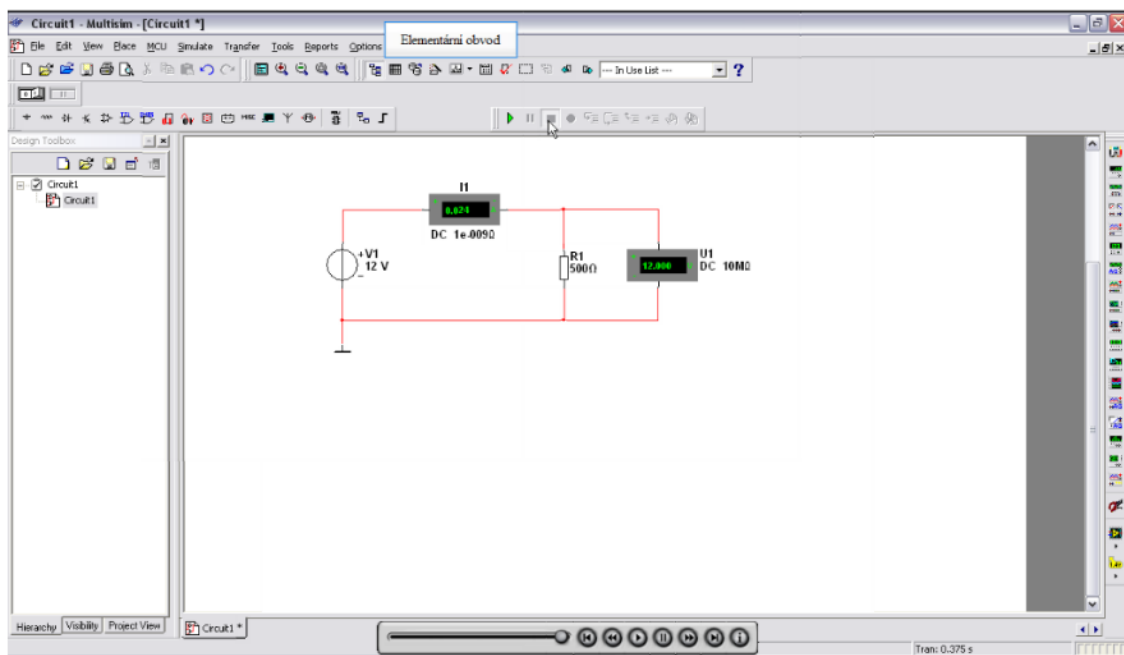
je na obrázku 4. Po propojení stiskneme na tlačítko Run, které se nachází ve vrchní části programu. Ukončíme nahrávání v aplikaci stisknutím na okno aplikace v hlavním panelu.

### 2.1.3 OVĚŘENÍ

V tomto příkladu si demonstrujeme Ohmův zákon. Vstupní napětí ( $U$ ) je 12 V a je vyobrazen zdrojem V1 a ověřen na Voltmetru označeného U1. Odpor ( $R$ ) v tomto zapojení označen R1 je roven 500Ω. Zjišťovaná hodnota je Proud ( $I$ ) vyobrazena na Ampérmetru I1. Z Ohmova zákona nám vyplýne vztah:

$$R = \frac{U}{I} \Rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{12}{500} = 0,024A$$

Jak je znázorněno na obrázku 5, je tento vztah skutečně platný.



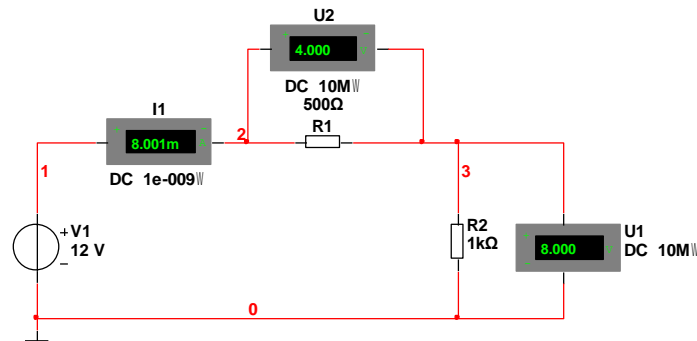
Obrázek 5 - Ukázka animace Elementárního obvodu

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Elementární obvod a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.2 REZISTORY JAKO DĚLIČ NAPĚTÍ

### 2.2.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro rezistory jako dělič napětí, kde  $R_1=500\Omega$ ,  $R_2=1000\Omega$ ,  $U=12V$ ,  $U_1=?$  a  $U_2=?$



Obrázek 6 - Příklad rezistory jako dělič napětí

### 2.2.2 VYPRACOVÁNÍ

V tomto příkladu využijeme dříve použité komponenty, které jsme použili v předchozím vypracování. Na pracovní plochu vložíme postupně napěťový zdroj a uzemnění. Dále vložíme ampérmetr, který přejmenujeme z U1 na I1. Jako další vložíme dva voltmetry. Jeden vertikální a druhý horizontální. Vložíme odpory s velikostí  $500\Omega$  a  $1k\Omega$ . Odpor s velikostí  $1k\Omega$  otočíme o  $90^\circ$  a spojíme obvod dle obrázku 6. Stiskneme tlačítko run a vyčkáme na vyhodnocení ampérmetru a voltmetrů.

### 2.2.3 OVĚŘENÍ

V tomto příkladu si ověříme Ohmův zákon společně s druhým Kirchhoffovým zákonem. Jedná se o dva sériově zapojené rezistory neboli odpory. Vstupní napětí ( $U$ ) je  $12V$  a je vyobrazen zdrojem V1. Odpory ( $R$ ) v tomto zapojení jsou označeny R1 a R2. Odpor R1 je roven  $500\Omega$ . Odpor R2 je roven  $1k\Omega$  ( $1000\Omega$ ). Zjišťované hodnoty jsou napětí U1 a U2, abychom si ověřili, že rezistory zapojené v sérii fungují jako dělič napětí. Tyto napětí jsou zobrazeny na voltmetrech označeného U1 a U2. Pro vypočítání budeme potřebovat zjistit proud ( $I$ ), který je vyobrazen na Ampérmetru I1, protože při sériově

zapojených rezistorech prochází proud v celém obvodu. Z Ohmova zákona nám vyplynou vztahy:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{12}{500 + 1000} = \frac{12}{1500} = 0,008A$$

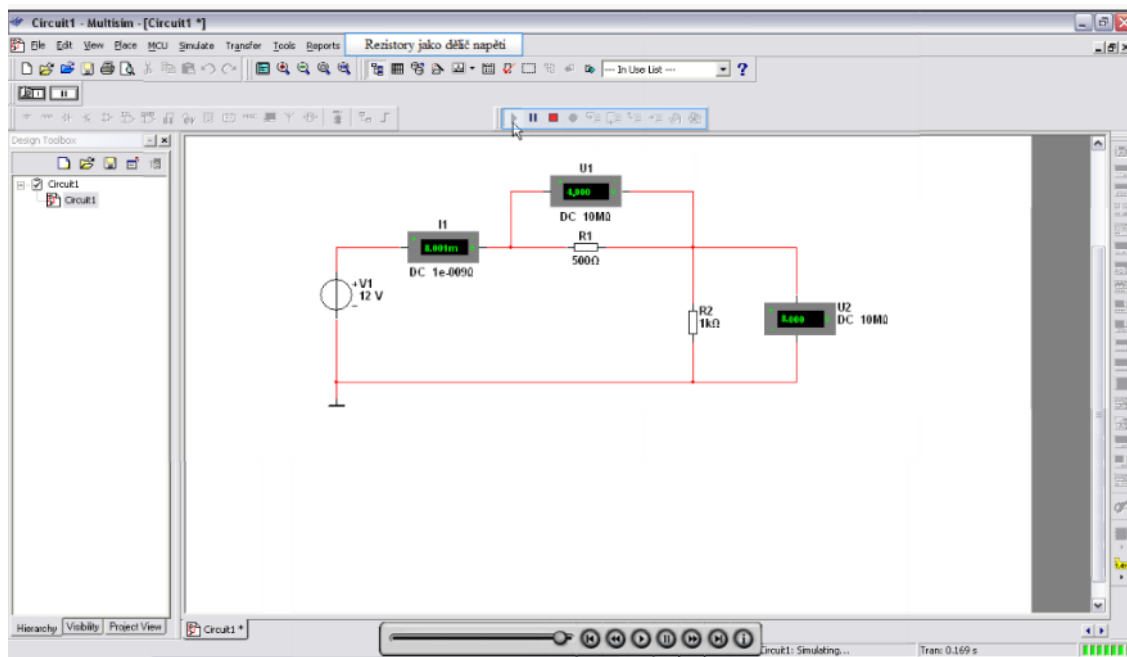
$$U_1 = R_1 * I = 500 * 0,008 = 4V$$

$$U_2 = R_2 * I = 1000 * 0,008 = 8V$$

Pro ověření využijeme vztah z druhého Kirchhoffova zákona:

$$U = U_1 + U_2 = 4 + 8 = 12V$$

Všechny tyto hodnoty jsou znázorněny na obrázku 7.



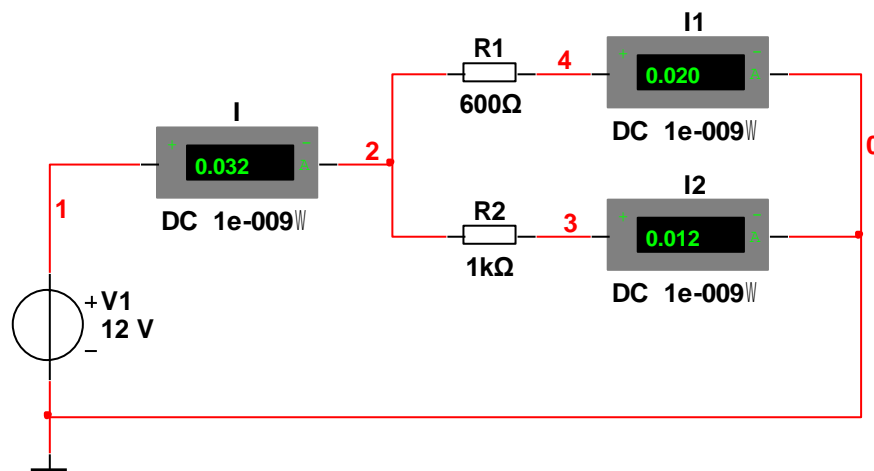
Obrázek 7 - Ukázka animace Rezistory jako dělič napětí

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Rezistory jako dělič napětí a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.3 REZISTORY JAKO DĚLIČ PROUDU

### 2.3.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro rezistory jako dělič proudu, kde použijeme dva odpory paralelně zapojené  $R_1=600\Omega$ ,  $R_2=1000\Omega$ ,  $U=12V$ ,  $I_1=?$ ,  $I_2=?$  a  $I=?$



Obrázek 8 – Příklad rezistory jako dělič proudu

### 2.3.2 VYPRACOVÁNÍ

Opět využijeme již komponenty využívané v předchozích příkladech. Vložíme zdroj napětí a uzemnění. V databázi indicator a záložce ammeter vybereme horizontální ampérmetr, kterému změním název na I. Vložíme odpory s velikostí  $600\Omega$  a  $1\text{ k}\Omega$ . Jako další vložíme dva ampérmetry ( $I_1$ ,  $I_2$ ) a celý obvod zapojíme dle schématu na obrázku 8. Spustíme simulaci tlačítkem run a vyčkáme na vyhodnocení Ampérmetru.

### 2.3.3 OVĚŘENÍ

V tomto příkladu si demonstrujeme Ohmův zákon s dvěma paralelně zapojenými rezistory. Vstupní napětí ( $U$ ) je  $12\text{ V}$  a je vyobrazen zdrojem  $V_1$ . Odpory ( $R$ ) v tomto zapojení jsou označeny  $R_1$  a  $R_2$ . Odpor  $R_1$  je roven  $600\Omega$ . Odpor  $R_2$  je roven  $1\text{ k}\Omega$  ( $1000\Omega$ ). Zjišťované hodnoty jsou proudy, kde proud  $I$  je vyobrazen na ampérmetru  $I$  a ověřen součtem proudu  $I_1$  a  $I_2$  vyobrazené na ampérmetrech označeného  $I_1$  a  $I_2$ . Z Ohmova zákona nám vyplynou vztahy:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{12}{600} = 0,02A$$

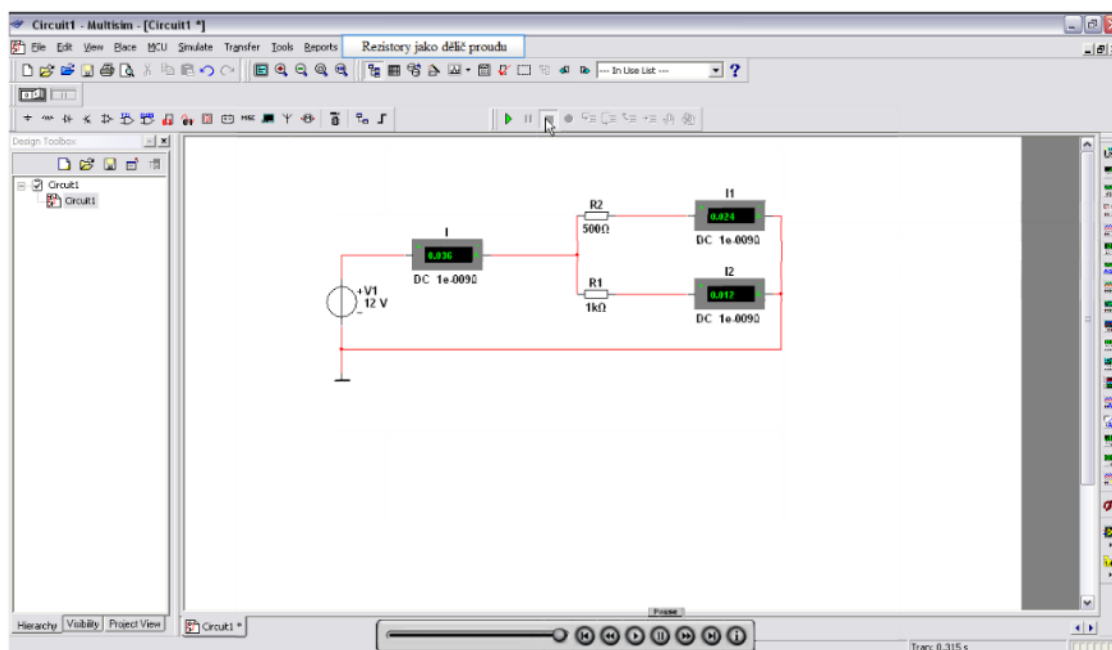
$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{12}{1000} = 0,012A$$

$$I = I_1 + I_2 = 0,02 + 0,012 = 0,032A$$

$$R = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} = \frac{600 * 1000}{600 + 1000} = \frac{600000}{1600} = 375\Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{375} = 0,032A$$

Jak je znázorněno na obrázku 9, je tento vztah skutečně platný.



Obrázek 9 - Ukázka animace Rezistory jako dělič proudu

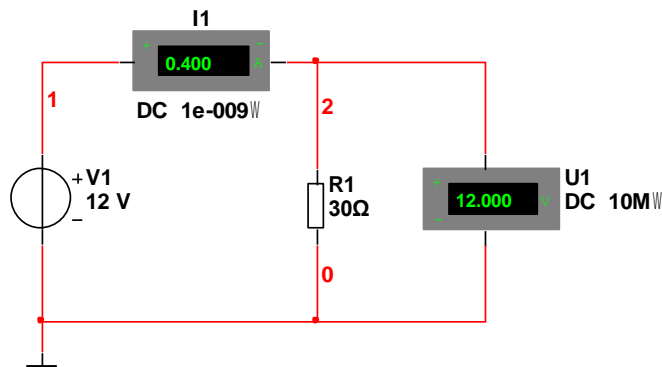
Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Rezistory jako dělič proudu a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.



## 2.4 IDEÁLNÍ ZDROJ NAPĚTÍ

### 2.4.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ideální zdroj napětí, kde  $U_{vst} = 12V$ ,  $R_1 = 30\Omega$  a  $U_{vys} = ?$



Obrázek 10 – Příklad Ideální zdroj napětí

### 2.4.2 VYPRACOVÁNÍ

Při vytváření obvodu použijeme známé komponenty v programu Multisim, které jsme již dříve používali. Vložíme zdroj napětí a uzemnění. Po-té vybereme ampérmetr a následně voltmetr. Nakonec vložíme na pracovní plochu odpor o velikosti  $30\Omega$ . Spojíme obvod podle schématu na obrázku 10. Spustíme simulaci tlačítkem run a vyčkáme na vyhodnocení ampérmetru a voltmetru.

### 2.4.3 OVĚŘENÍ

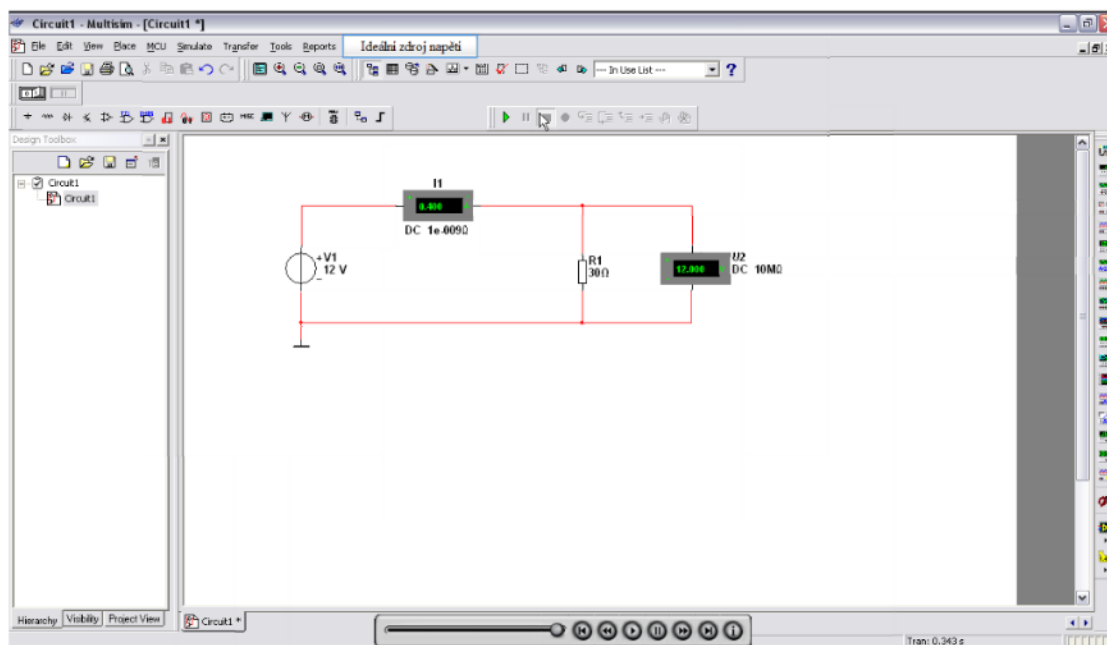
Opět se jedná o vysvětlení Ohmova zákona. Nyní pouze s jedním rezistorem. Vstupní napětí ( $U$ ) je  $12V$  a je vyobrazen zdrojem V1. Odpor ( $R$ ) v tomto zapojení je označen R1. Odpor R1 je roven  $30\Omega$ . Zjišťovaná hodnota je napětí ( $U_{vys}$ ) vyobrazena na voltmetru U1. Z Ohmova zákona nám vyplynou vztahy, které nám potvrdí skutečnost, že v případě ideálního zdroje napětí je napětí v obvodě stejné a nedochází k poklesu.

$$I = \frac{U_{vst}}{R_1} = \frac{12}{30} = 0,4A$$

$$U_{vys} = I * R_1 = 0,4 * 30 = 12V$$

$$U_{vys} = U_{vst}$$

Jak je znázorněno na obrázku 11, je tento vztah skutečně platný.



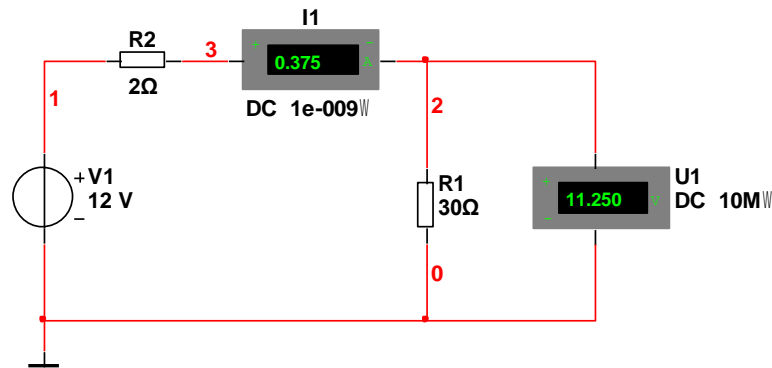
Obrázek 11 - Ukázka animace Ideální zdroj napětí

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Ideální zdroj napětí a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.5 REÁLNÝ ZDROJ NAPĚTÍ

### 2.5.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro reálný zdroj napětí, kde  $U_{vst} = 12V$ ,  $R_1 = 30\Omega$ ,  $R_2 = 2\Omega$  a  $U_{vys} = ?$



Obrázek 12 – Příklad reálný zdroj napětí

### 2.5.2 VYPRACOVÁNÍ

Z tohoto příkladu využijeme předchozí zapojení a přidáme jeden odpor o velikosti  $2\Omega$ , který nám bude simulovat v obvodu ztrátu. Spojíme obvod dle obrázku 12. Spustíme simulaci tlačítkem run a počkáme na výsledek vyhodnocovačů .

### 2.5.3 OVĚŘENÍ

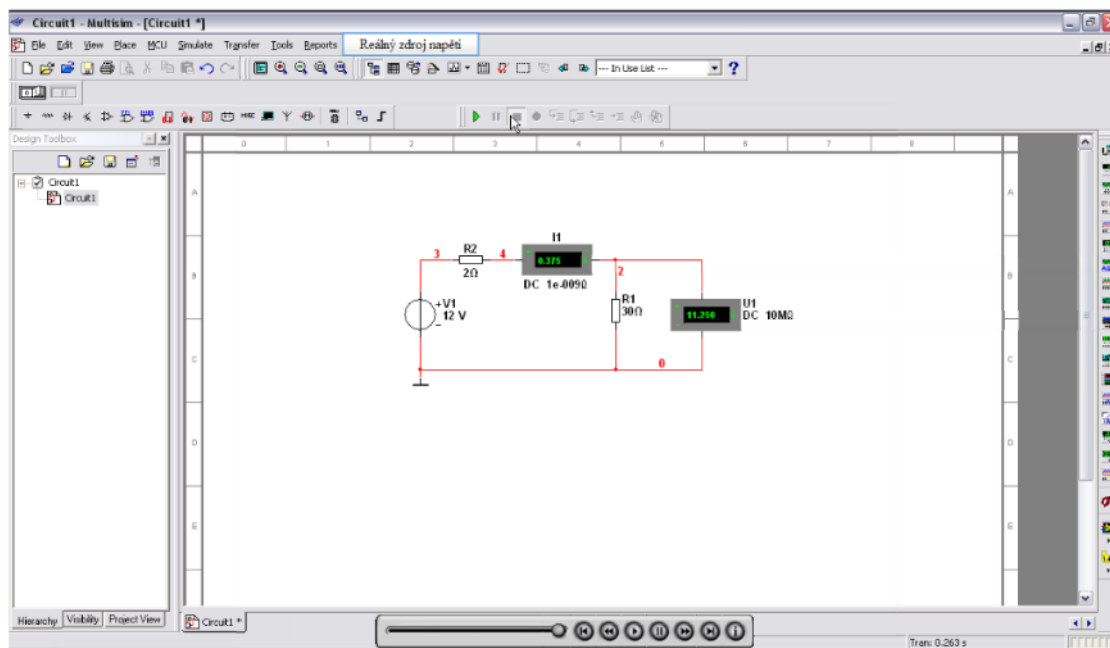
Z Ohmova zákona nám vyplynou vztahy, na kterých si ověříme, že v případě vložení jednoho malého odporu, který nám simuluje pomyslné ztráty v obvodu, dochází k poklesu napětí v obvodě.

$$R = R_1 + R_2 = 30 + 2 = 32\Omega$$

$$I = \frac{U_{vst}}{R} = \frac{12}{32} = 375mA$$

$$U_{vys} = I * R_1 = 0,375 * 30 = 11,25V$$

Jak je znázorněno na obrázku 13, je tento vztah skutečně platný.



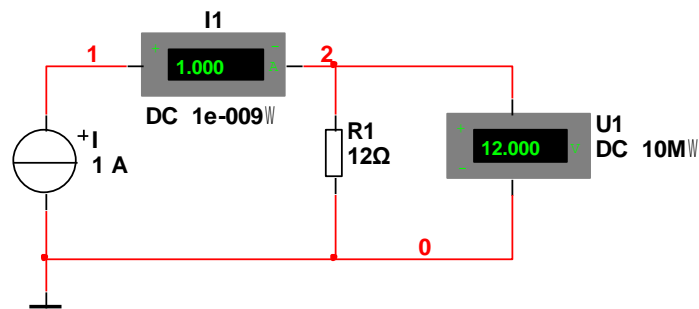
Obrázek 13 - Ukázka animace Reálný zdroj napětí

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Reálný zdroj napětí a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.6 IDEÁLNÍ ZDROJ PROUDU

### 2.6.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ideální zdroj proudu s  $I = 1A$ ,  $R1 = 12\Omega$  a  $I_1 = ?$



Obrázek 14 – Příklad ideální zdroj proudu

### 2.6.2 VYPRACOVÁNÍ

V tomto případě se nám objevuje nová součástka, kterou nalezneme v databázi sources v záložce signal\_current\_sources. V této záložce vybereme součástku DC\_Current a umístíme na pracovní plochu. Přidáme uzemnění a vyhodnocovače voltmetr a ampérmetr. Nakonec přidáme odpor o velikosti  $12\Omega$  a spojíme obvod dle schématu obrázku 14. Stiskneme tlačítko run pro spuštění simulace a vyčkáme na vyhodnocení.

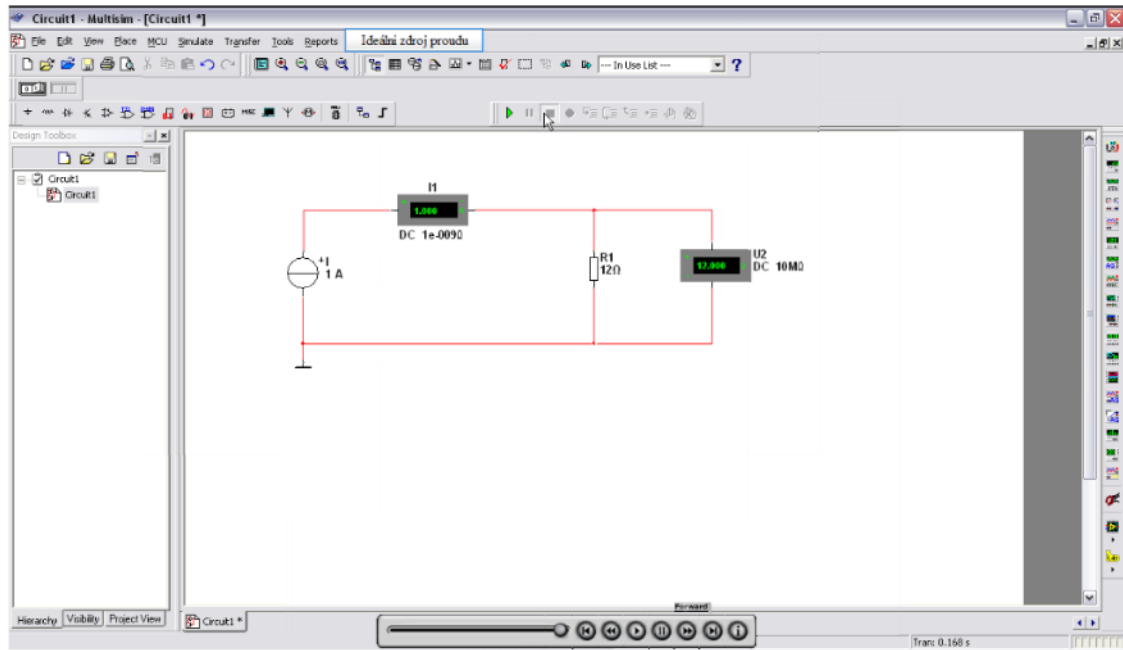
### 2.6.3 OVĚŘENÍ

Z výše uvedeného příkladu viz obrázek 14, nám Ohmův zákon ověří, že v obvodě nedochází k poklesu proudu. Proto zde můžeme uvést, že se jedná o obvod s ideálním zdrojem proudu.

$$U_{v\acute{y}s} = I * R1 = 1 * 12 = 12V$$

$$I_1 = \frac{U_{v\acute{y}s}}{R1} = \frac{12}{12} = 1A \Rightarrow I_1 = I$$

Jak je znázorněno na obrázku 15, je tento vztah skutečně platný.



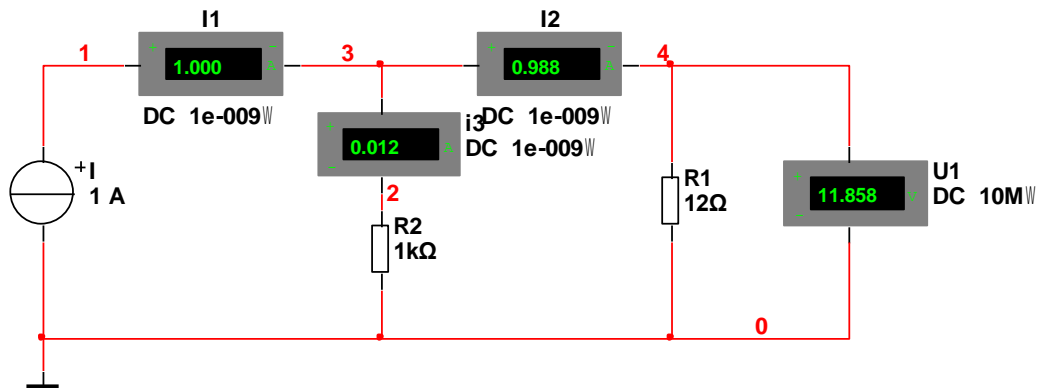
Obrázek 15 - Ukázka animace Ideální zdroj proudu

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Ideální zdroj proudu a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.7 REÁLNÝ ZDROJ PROUDU

### 2.7.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro reálný zdroj proudu s  $I = 1A$ ,  $R1 = 12\Omega$ ,  $R2 = 1k\Omega$ ,  $I_2 = ?$  a  $I_3 = ?$



Obrázek 16 - Reálný zdroj proudu

### 2.7.2 VYPRACOVÁNÍ

Pro reálný zdroj proudu můžeme využít předešlé zapojení a přidat pouze odpor a vyhodnocovač ampérmetr paralelně zapojené. Druhá možnost je sestavit celé zapojení dle přiloženého obvodu na obrázku 16. Nejdříve přidáme na pracovní plochu zdroj proudu a uzemnění. Dále přidáme dva horizontální a jeden vertikální ampérmetr. Následně vložíme vertikální voltmetr. Po-té odpor s velikostí  $12\Omega$  a nakonec odpor s velikostí  $1k\Omega$ . Propojíme všechny komponenty dle obrázku 16 a můžeme spustit simulaci tlačítkem Run.

### 2.7.3 OVĚŘENÍ

Na obrázku 16 je vyobrazeno zapojení, kde vstupní proud je  $1A$ . V případě paralelního zapojení odporů se nám proud rozdělí dle Ohmova zákona. Sečteme-li odpory a vypočítáme výsledný napětí, zjistíme, že oproti obvodu s ideálním zdrojem proudu nám poklesne výsledné napětí a zároveň proud  $I_2$ . Úbytek proudu je ve druhé větvi označen  $I_3$ , který si vypočteme

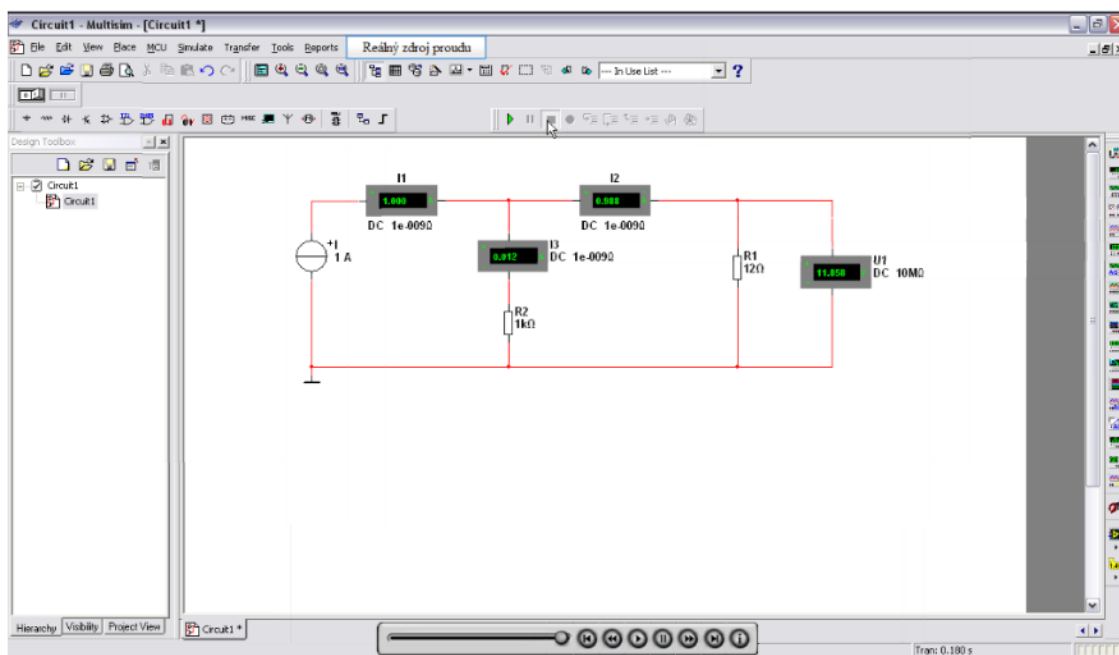
$$R = \frac{R1 * R2}{R1 + R2} = \frac{12 * 1000}{12 + 1000} = \frac{12000}{1012} = 11.858\Omega$$

$$U_{výs} = I * R = 1 * 11,858 = 11,858V$$

$$I_2 = \frac{U_{výs}}{R1} = \frac{11,858}{12} = 0,988A$$

$$I_3 = \frac{U_{výs}}{R2} = \frac{11,858}{1000} = 0,012A$$

Jak je znázorněno na obrázku 17, je tento vztah skutečně platný.



Obrázek 17 - Ukázka animace Reálný zdroj proudu

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Reálný zdroj proudu a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.



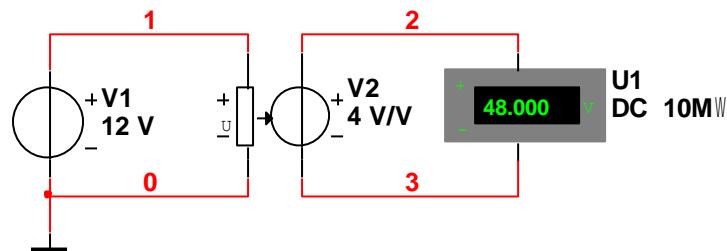
## 2.8 NAPĚTÍM ŘÍZENÝ ZDROJ NAPĚTÍ

### 2.8.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro napětím řízení zdroj napětí, kde  $U_{vst} = 12V$ ,  $E = 4V/V$

a

$U_{vys} = ?$



Obrázek 18 – Příklad napětím řízený zdroj napětí

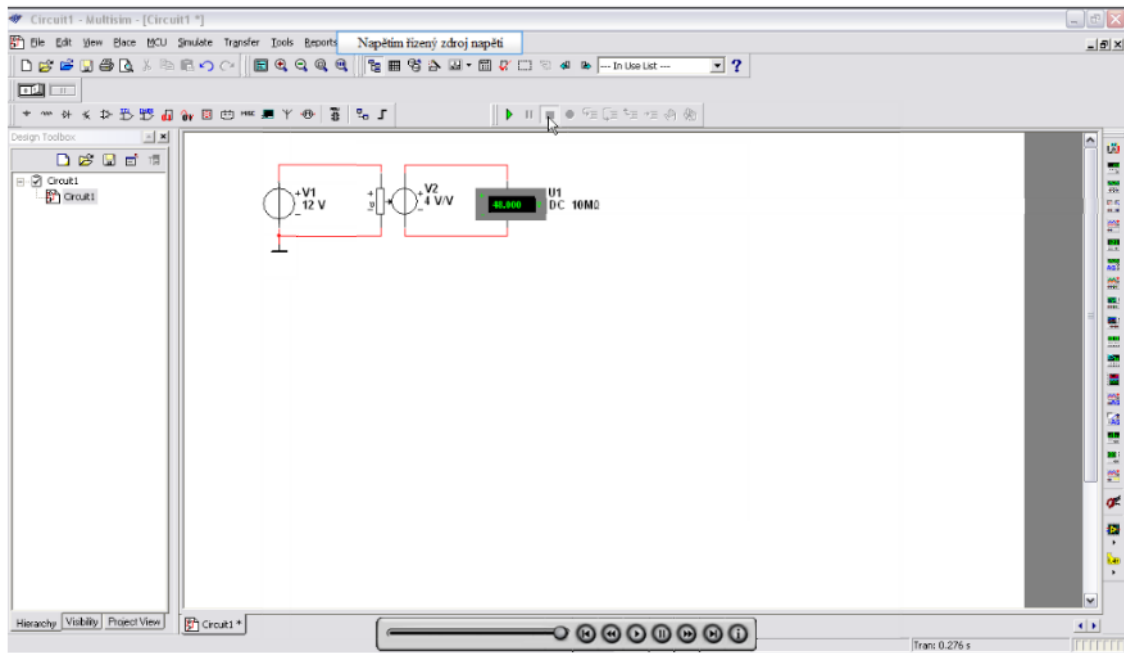
### 2.8.2 VYPRACOVÁNÍ

Jako první vybereme zdroj napětí a uzemnění. Následně v databázi Sources a v záložce Controlled\_Voltage\_Sources si vybereme Voltage\_Controlled\_Voltage\_Source neboli napětím řízený zdroj napětí a vložíme jej na pracovní plochu. Nakonec vložíme na plochu vyhodnocovač voltmetr a spojíme obvod dle obrázku 18. Dvojklikem na napětím řízený zdroj napětí otevřeme vlastnosti a nastavíme napěťové zesílení na 4V/V. Spustíme simulaci stisknutím tlačítka run a počkáme na vyhodnocení voltmetru.

### 2.8.3 OVĚŘENÍ

V tomto obvodu máme vstupní napětí o velikosti 12V a napěťové zesílení o velikosti 4 V/V. Využijeme-li vztah  $U_{vys} = E * U_{vst}$  a doplníme hodnoty, ověříme si, že dojde k zesílení vstupního napětí z 12V na 48V viz. ukázka animace na obrázku 19.

$$U_{vys} = E * U_{vst} = 4 * 12 = 48 V$$



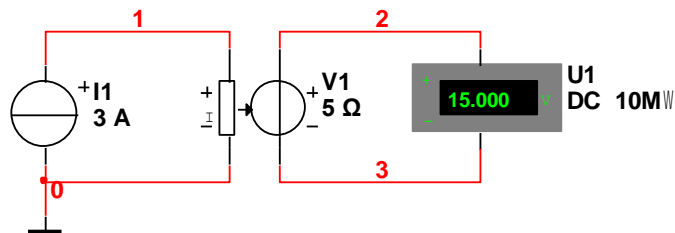
Obrázek 19 - Ukázka animace Napětím řízený zdroj napětí

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Napětím řízený zdroj napětí a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.9 PROUDEM ŘÍZENÝ ZDROJ NAPĚTÍ

### 2.9.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro Proudem řízení zdroj napětí, kde  $I = 3\text{A}$ ,  $H = 5\Omega$  a  $U_{\text{vys}} = ?$



Obrázek 20 – Příklad Proudem řízení zdroj napětí

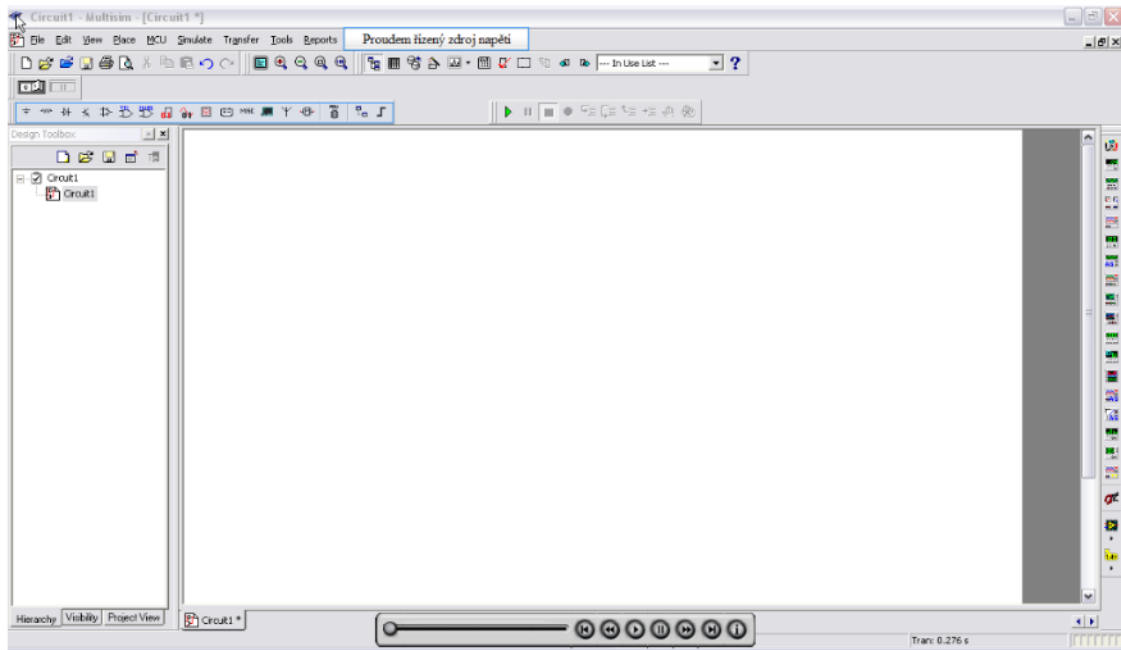
### 2.9.2 VYPRACOVÁNÍ

Na pracovní plochu přidáme Zdroj proudu a Uzemnění. V databázi Sources a v záložce Controlled\_Voltage\_Sources si vybereme Current\_Controlled\_Voltage\_Source neboli Proudem řízený zdroj napětí a vložíme jej na plochu. Nakonec přidáme voltmetr a spojíme obvod dle obrázku 20. Dvojklikem otevřeme vlastnosti PZN a upravíme hodnotu Transresistance na  $5\Omega$ . Dalším dvojklikem změníme ve vlastnostech Zdroje proudu velikost Transresistance na  $3\text{A}$ . Spustíme simulaci stisknutím tlačítka run.

### 2.9.3 OVĚŘENÍ

V tomto obvodu máme vstupní proud o velikosti  $3\text{A}$  a transresistanci o velikosti  $5\Omega$ . Využijeme-li vztah  $U_{\text{vys}} = H * I$  a doplníme hodnoty, ověříme si, že výsledné napětí je rovno  $15\text{V}$  viz ukázka animace na obrázku 21.

$$U_{\text{vys}} = H * I = 5 * 3 = 15\text{V}$$



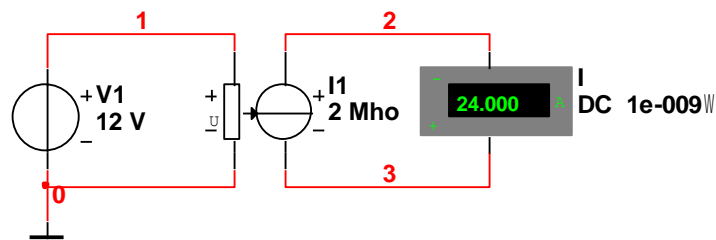
Obrázek 21 - Ukázka animace Proudem řízený zdroj napětí

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Proudem řízený zdroj napětí a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.10 NAPĚTÍM ŘÍZENÝ ZDROJ PROUDU

### 2.10.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro napětím řízení zdroj proudu, kde  $U_{vst} = 12V$ ,  $G = 2Mho$  a  $I_{vys} = ?$



Obrázek 22 – Příklad napětím řízený zdroj proudu

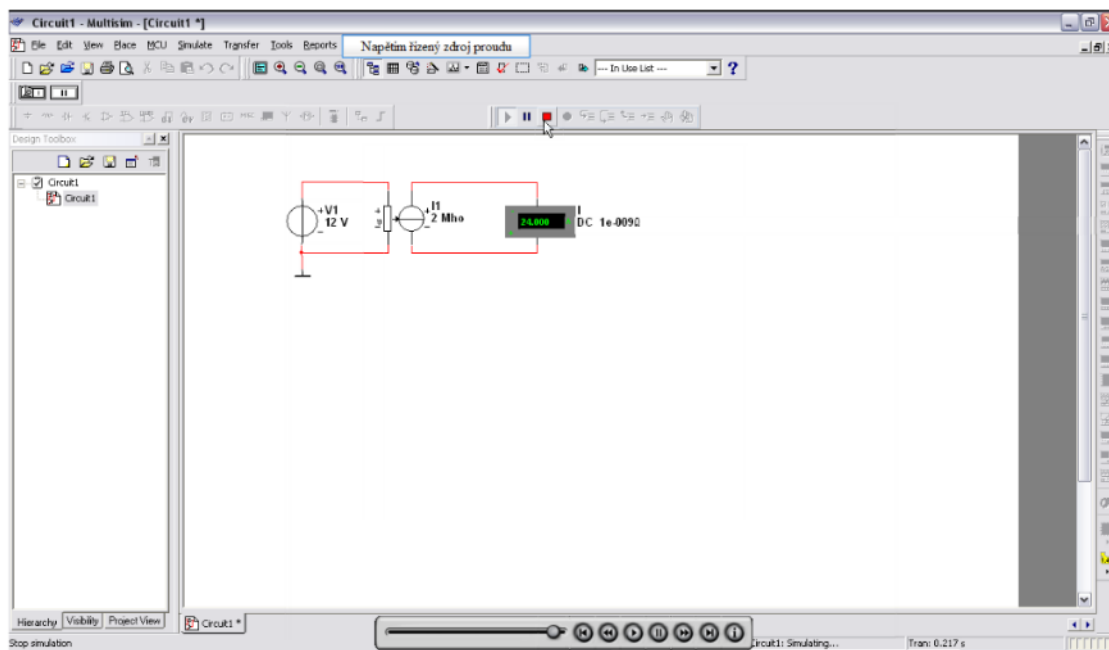
### 2.10.2 VYPRACOVÁNÍ

Na pracovní plochu přidáme zdroj napětí a uzemnění. V databázi Sources a v záložce Controlled\_Current\_Sources si vybereme Voltage\_Controlled\_Current\_Source neboli napětím řízený zdroj proudu a umístíme ho na plochu. Nakonec přidáme ampérmetr a spojíme obvod dle obrázku 22. Dvojklikem otevřeme vlastnosti NZP a upravíme hodnotu Transconductance na 2Mho. Dalším dvojklikem změníme ve vlastnostech název Ampérmetru na I. Spustíme simulaci stisknutím tlačítka run.

### 2.10.3 OVĚŘENÍ

Při správném nastavení vstupního napětí na velikost 12V a napětím řízený zdroj proudu o Transconductanci velikosti 2 Mho, jak je znázorněno na obrázku 21. Dostaneme po využití vztahu  $I_{vys} = G * U_{vst}$  výsledný proud 24A viz ukázka animace na obrázku 23.

$$I_{vys} = G * U_{vst} = 2 * 12 = 24A$$



Obrázek 23 - Ukázka animace Napětím řízený zdroj proudu

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Napětím řízený zdroj proudu a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

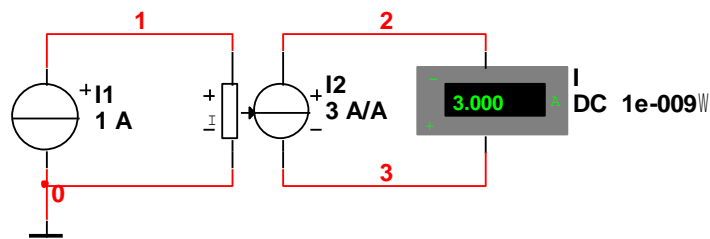
## 2.11 PROUDEM ŘÍZENÝ ZDROJ PROUDU

### 2.11.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro proudově řízení zdroj proudu, kde  $I_{vst} = 1A$ ,  $F = 3A/A$

a

$I_{vys} = ?$



Obrázek 24 – Příklad proudem řízený zdroj proudu

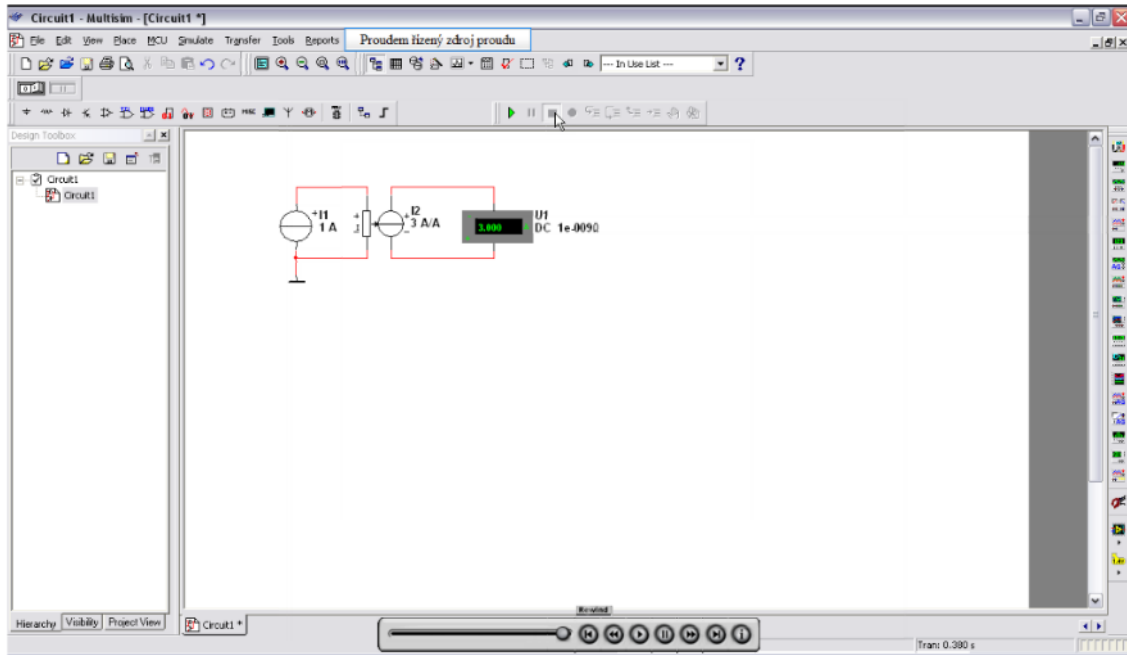
### 2.11.2 VYPRACOVÁNÍ

Na pracovní plochu přidáme zdroj proudu a uzemnění. V databázi Sources a v záložce Controlled\_Current\_Sources si vybereme Current\_Controlled\_Current\_Source neboli proudem řízený zdroj proudu a umístíme ho na plochu. Nakonec přidáme ampérmetr a spojíme obvod dle obrázku 24. Dvojklikem otevřeme vlastnosti proudem řízeného zdroje proudu a upravíme hodnotu proudového zesílení na 3A/A. Dalším dvojklikem změníme název ampérmetru ve vlastnostech na I. Spustíme simulaci stisknutím tlačítka run.

### 2.11.3 OVĚŘENÍ

V tomto obvodě máme vstupní proud o velikosti 1A a proudové zesílení o velikosti 3A/A. Využijeme-li vztah  $I_{vys} = F * I_{vst}$  a doplníme hodnoty, ověříme si, že výsledný proud je 3A viz ukázka animace na obrázku 25.

$$I_{vys} = F * I_{vst} = 1 * 3 = 3A$$



Obrázek 25 - Ukázka animace Proudem řízený zdroj proudu

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Proudem řízený zdroj proudu a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.



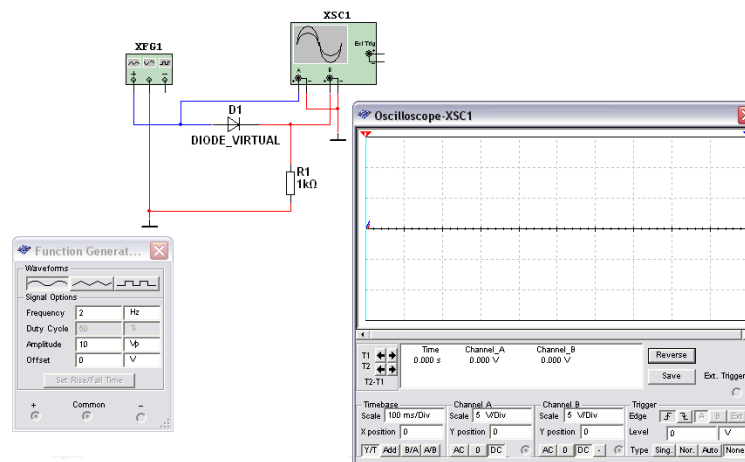
## 2.12 DIODA V PROPUSTNÉM SMĚRU

### 2.12.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření polovodičové diody jako usměrňovače. Využijte Funkční generátor, Osciloskop, Virtuální diodu,  $R1 = 1k\Omega$ .

Funkční generátor je zařízení, které umožňuje výrobu různých elektrických signálů s určením Frekvence, Amplitudy a Offsetu. Využívá tři signály. První je sinusový, Druhý trojúhelníkový a poslední pravouhlý.

Osciloskop je elektrický měřicí přístroj vykreslující časový průběh měřeného vstupního napětí na obrazovku.



Obrázek 26 - Příklad zapojení diody v propustném směru

### 2.12.2 VYPRACOVÁNÍ

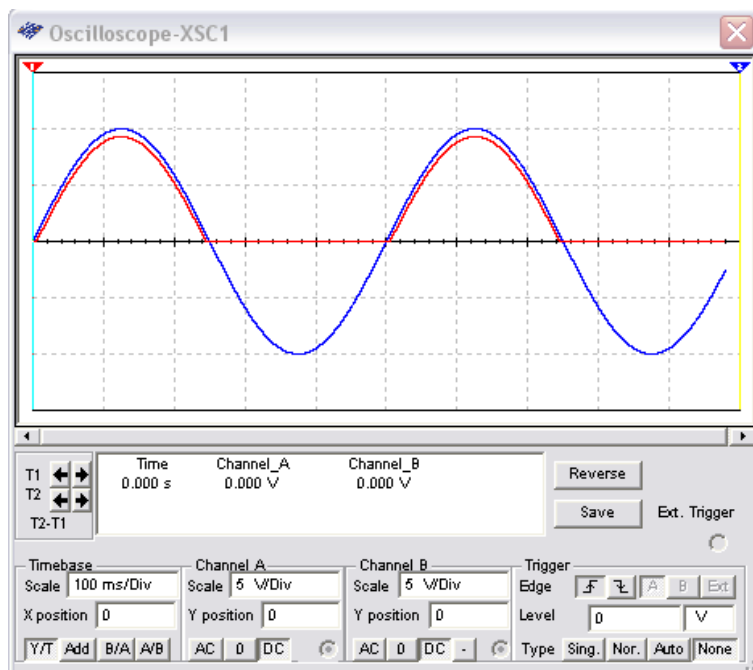
V pravém rohu vybereme funkční generátor a umístíme ho na pracovní plochu. Dále z tohoto menu vybereme osciloskop a přidáme na plochu. Jako další přidáme dvě uzemnění a jeden odpor o velikosti  $1k\Omega$ . V databázi Diodes a v záložce Diodes\_Virtual vybereme Diode\_Virtual a umístíme ho na pracovní plochu. Spojíme obvod dle obrázku 26. Klikneme pravým tlačítkem na spojení mezi Funkčním generátorem a Diodou a změníme barvu na modrou. Totéž provedeme se spojením, které vstupuje do diody a zároveň na vstup A u osciloskopu. Změna této barvy je pouze pro grafické znázornění při sledování vývoje na osciloskopu, tak abychom mohli rozeznat vstupní signály.

Dvojklikem otevřeme vlastnosti Funkčního generátoru a totéž u Osciloskopu. Na Osciloskopu nastavíme zobrazovací čas na  $100ms/D$ . U funkčního generátoru

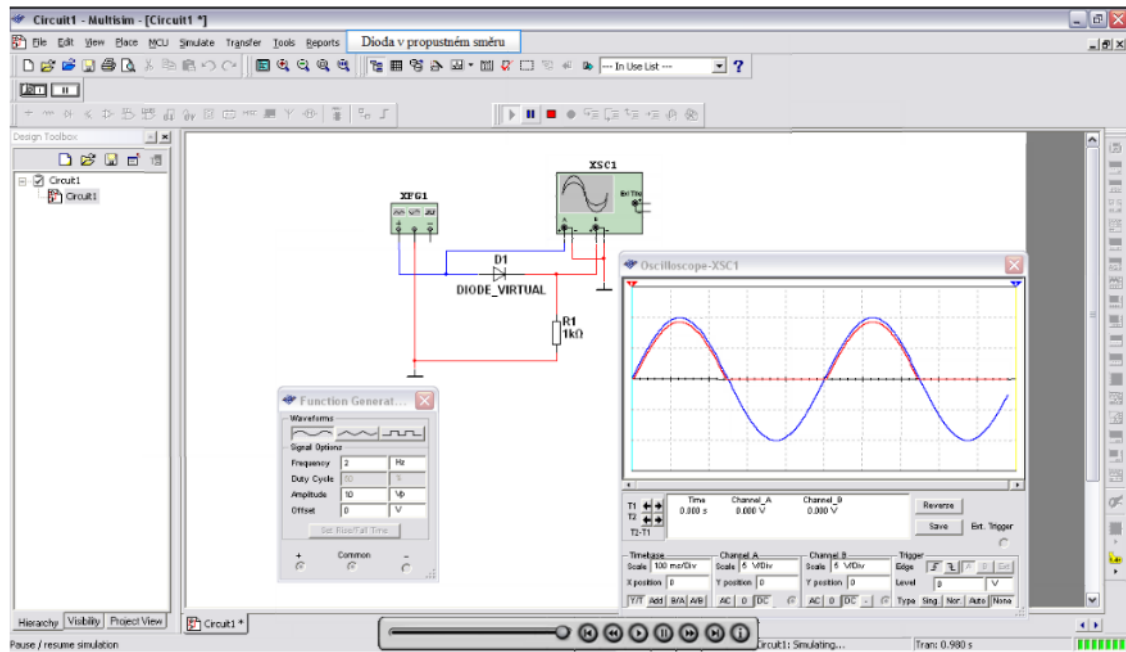
nastavíme frekvenci na 2 Hz. Spustíme simulaci a budeme sledovat, jaký je průběh na osciloskopu.

### 2.12.3 OVĚŘENÍ

Modrá sinusoida je vstupní signál z funkčního generátoru, u které se v kladné části kopíruje sinusoida červené barvy. Červená barva je výstupní signál z diody. Zde je zřejmé, že když je dioda zapojena v propustném směru, tak na výstupu při záporném napětí je nula viz obrázek 27. Ukázka celkové animace je znázorněna na obrázku 28.



Obrázek 27 - Dioda v propustném směru - Vyhodnocení



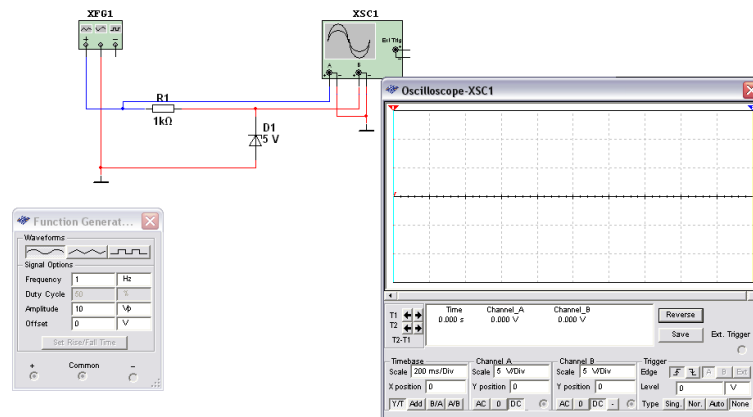
Obrázek 28 - Ukázka animace Dioda v propustném směru

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Dioda v propustném směru a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.13 ZENEROVA DIODA

### 2.13.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření Zenerovy diody jako přepětové ochrany. Využijte funkční generátor, osciloskop, zenerovu diodu a odpor  $R1 = 1k\Omega$ .

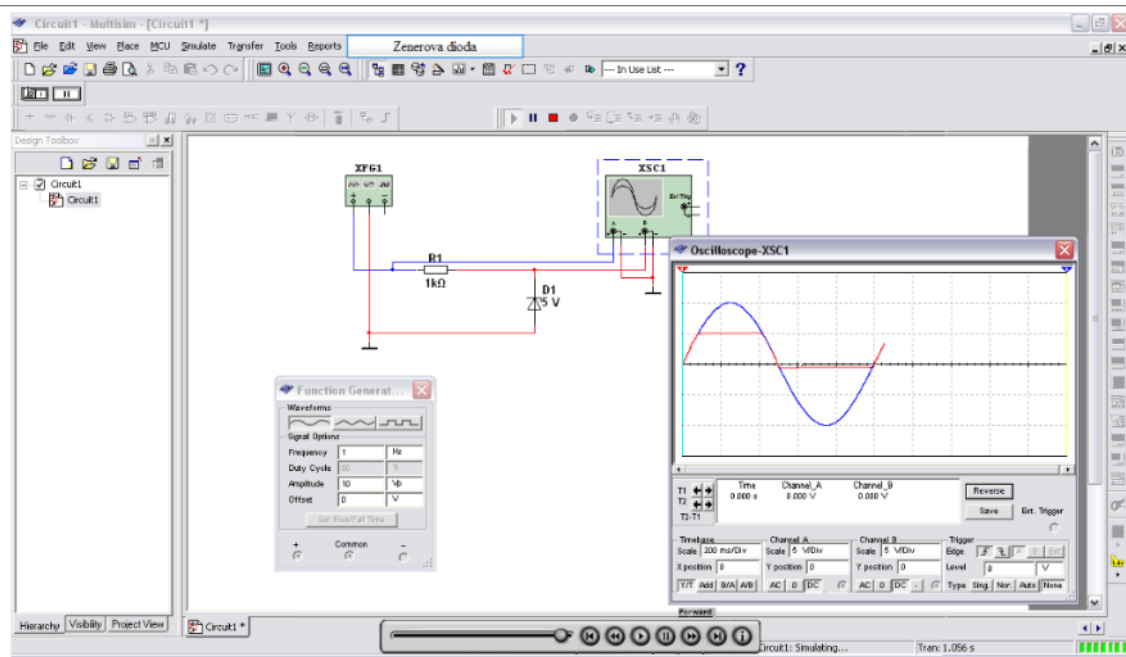


Obrázek 29 - Příklad zapojení Zenerovy diody

### 2.13.2 VYPRACOVÁNÍ

Na pracovní plochu vložíme funkční generátor a osciloskop. Jako další přidáme dvě uzemnění a jeden odpor o velikosti  $1k\Omega$ . V databázi Diodes a v záložce Diodes\_Virtual vybereme Zener\_Virtual a umístíme na pracovní plochu. Spojíme obvod dle obrázku 29. Klikneme pravým tlačítkem na spojení mezi funkčním generátorem a odporem, kde změním barvu na modrou. Totéž provedeme se spojením, které vstupuje do odporu a zároveň na vstup A u osciloskopu

Dvojklikem otevřeme vlastnosti funkčního generátoru a totéž u osciloskopu. Na osciloskopu nastavíme zobrazovací čas na  $200ms/D$ . Spustíme simulaci a budeme sledovat, jaký je průběh na osciloskopu. Ukázku animace uvidíme na obrázku 30.



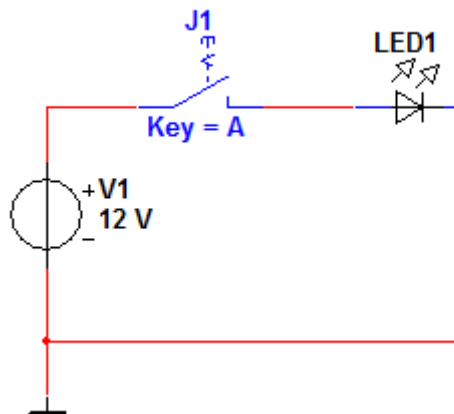
Obrázek 30 - Ukázka animace Zenerova dioda

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Zenerova dioda a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.14 SVÍTIVÁ DIODA (LED)

### 2.14.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření funkčnosti LED diody. Použijeme přepínač a led diodu zelené barvy pro identifikaci protékajícího napětí v obvodu.



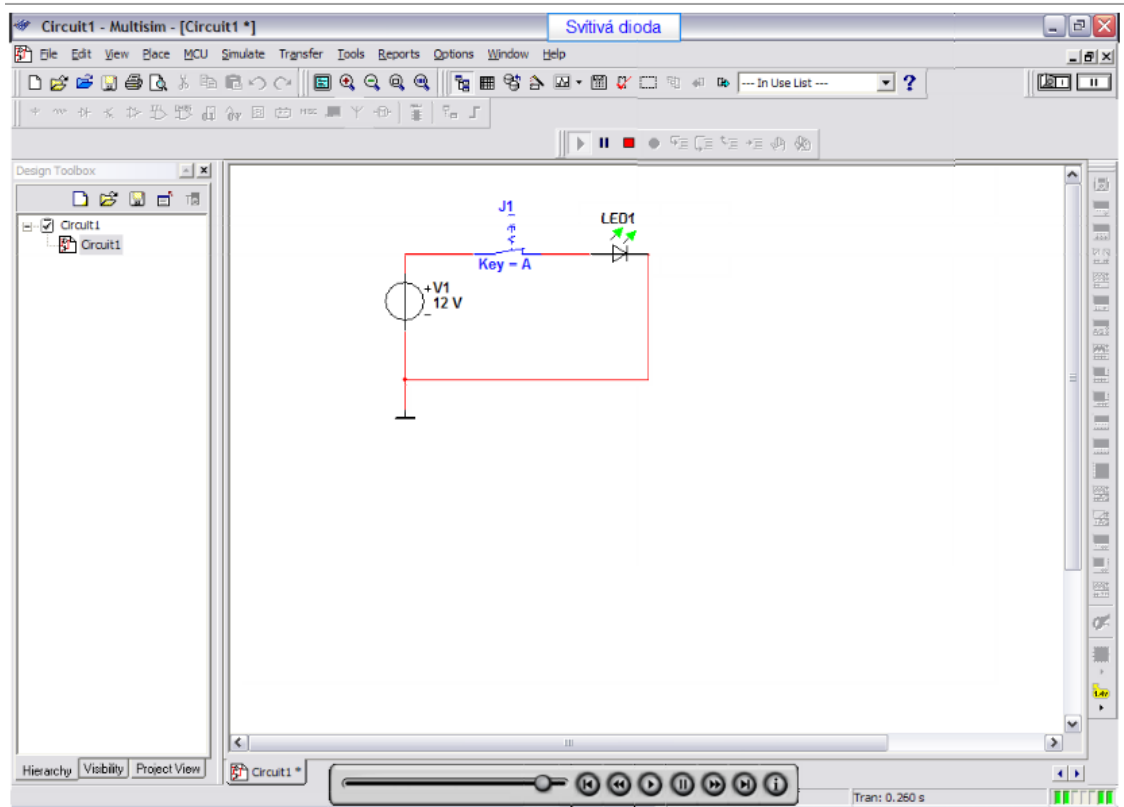
Obrázek 31 - Příklad zapojení se Svítivé diody

### 2.14.2 VYPRACOVÁNÍ

Na pracovní plochu vložíme zdroj napětí a uzemnění. Dále v databázi Basic v záložce Switch vybereme přepínač Dipsw1 a umístíme jej na plochu. Jako poslední umístíme na plochu LED diodu zelené barvy, kterou nalezneme v databázi Diodes v záložce LED pod názvem LED\_green. Spojíme obvod dle obrázku 31. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

### 2.14.3 OVĚŘENÍ

Při stisknutí klávesy A dojde k uzavření obvodu a LED dioda se nám rozsvítí. Při rozpojení obvodu dioda zhasne. Ukázkou spojení obvodu a rozsvícenou diodu uvidíme na obrázku 32.



Obrázek 32 - Ukázka animace Svítivá dioda

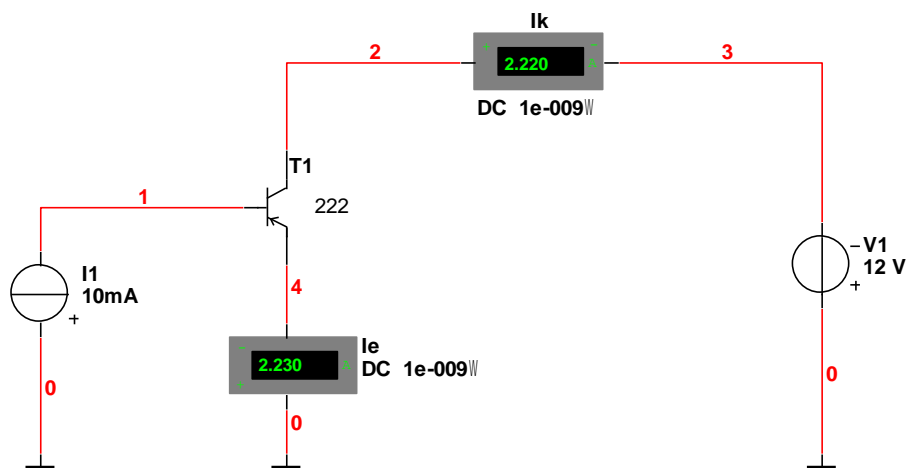
Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Svítivá dioda a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.15 BIPOLÁRNÍ TRANZISTOR PNP

### 2.15.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření charakteristických vlastností tranzistoru. Pro zapojení využijte PNP tranzistor,  $I_E = 10\text{mA}$ ,  $\beta = 222$ ,  $I_k = ?$ ,  $I_e = ?$

Potřebné informace nalezneme v e-kurzu Analogové prvky a systémy, studijní článek: Bipolární tranzistor<sup>3</sup>.



Obrázek 33 - Příklad zapojení bipolárního tranzistoru PNP

### 2.15.2 VYPRACOVÁNÍ

Na pracovní plochu programu Multisim vložíme proudový zdroj, napěťový zdroj, dva ampérmetry a tři uzemnění, dle obvodu na obrázku 33, jelikož už jsme seznámeni s programem a převážně většinou používaných komponent. V tomto příkladu využíváme PNP tranzistor, který nalezneme v databázi Transistors a záložce Transistors\_Virtual pod názvem Bjt\_Pnp\_Virtual. Otevřeme vlastnosti pravým stisknutím tlačítka myši a nastavíme tranzistor na hodnotu  $\beta = 222$ . Stejným postupem nastavíme velikost zdroje proudu na 10mA. Spojíme dle schématu na obrázku 33.

<sup>3</sup> <http://www.kvd.zcu.cz/cz/materialy/aps/aps/aps/HTML/24/default.htm>



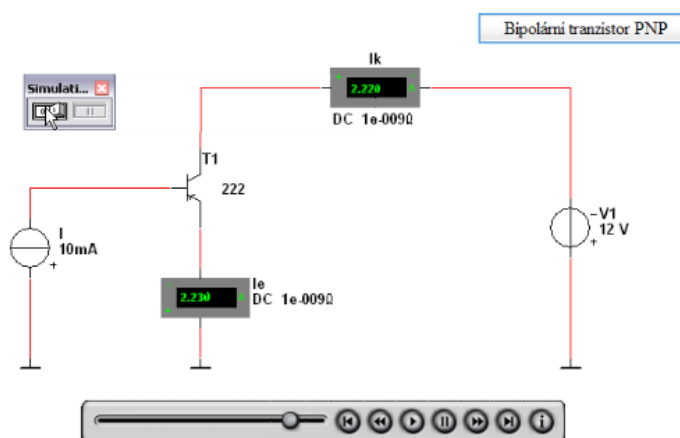
### 2.15.3 OVĚŘENÍ

Po doplnění do vzorce dostaneme:

$$I_K = \beta * I_B = 222 * 0,01 = 2,22A$$

$$I_E = I_K * I_B = 2,22 * 0,01 = 2,23A$$

Tyto proudy jsou znázorněny na obrázku 34. označené  $I_K$ (proud kolektoru) a  $I_e$ (proud emitoru). Zde je zřejmé, že vzorce jsou platné.



Obrázek 34 - Ukázka animace Bipolární tranzistor PNP

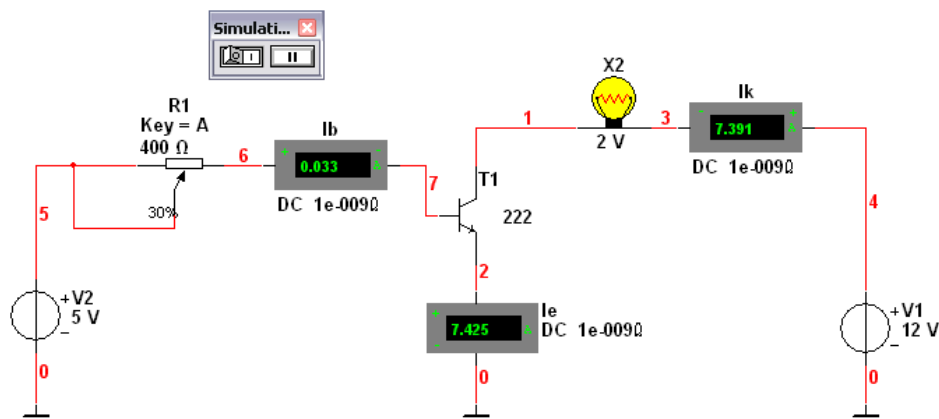
Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Bipolární tranzistor PNP a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.16 ŘÍZENÍ OBVODU TRANZISTORU POMOCÍ POTENCIOMETRU

### 2.16.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření charakteristických vlastností tranzistoru. Pro zapojení využijte NPN tranzistor, potenciometr s velikostí  $400\Omega$ , žárovka má parametry  $2V/2W$ , tranzistor se zesílením  $\beta = 222$  a ověřte vlastnosti žárovky, dokud nedojde k přerušení vlákna.

Potenciometr je elektronická součástka, sloužící jako odporový napěťový dělič, pomocí které nastavujeme velikost protékajícího proudu a napětí. Má vnitřní odpor, který se zvyšuje nebo snižuje. V našem případě využijeme tranzistor NPN.



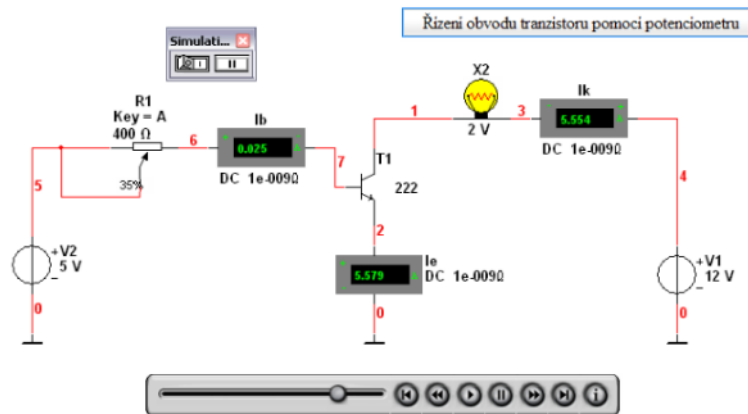
Obrázek 35 - Příklad zapojení řízení tranzistoru pomocí potenciometru

### 2.16.2 VYPRACOVÁNÍ

Jako v předešlém případě vložíme na pracovní plochu dva napěťové zdroje, tři ampérmetry, žárovku a tři uzemnění dle obrázku 35. Tranzistor NPN nalezneme v databázi Transistors a záložce Transistors\_Virtual pod názvem Bjt\_Npn\_Virtual. Otevřeme vlastnosti pravým stisknutím tlačítka myši a nastavíme hodnotu tranzistoru NPN  $\beta$  na 222. Potenciometr nalezneme v databázi Basic v záložce Potentiometr, kde jsou na výběr potenciometry dle velikosti. Já jsem zvolil potenciometr o velikosti  $200\Omega$  a upravil vlastnosti na požadovaných  $400\Omega$ . Spojíme dle schématu na obrázku 35.

### 2.16.3 OVĚŘENÍ

V simulaci je vidět, že když snižujeme odpor na potenciometru, tak zvyšujeme proud na všech větvích tranzistoru, ať už se jedná o Bázi, Kolektor či Emitor. Na obrázku 36 je ukázka animace Řízení obvodu tranzistoru pomocí potenciometru.



Obrázek 36 - Ukázka animace Řízení obvodu tranzistoru pomocí potenciometru

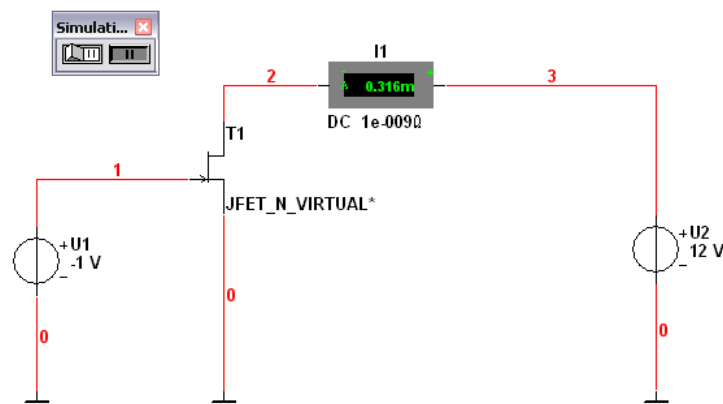
Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Řízení obvodu tranzistoru pomocí potenciometru a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.17 UNIPOLÁRNÍ TRANZISTOR – JFET

### 2.17.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření charakteristických vlastností tranzistoru JFET. Pro zapojení využijte JFET tranzistor.

Potřebné informace nalezneme v e-kurzu Analogové prvky a systémy, studijní článek: Unipolární tranzistor<sup>4</sup>.



Obrázek 37 - Příklad zapojení unipolárního tranzistoru JFET

### 2.17.2 VYPRACOVÁNÍ

Jako v předešlém případě vložíme na pracovní plochu dva napěťové zdroje, jeden ampérmetr a tři uzemnění dle obrázku 36. Tranzistor JFET nalezneme v databázi Transistors a záložce Transistors\_Virtual pod názvem Jfet\_N\_Virtual. Otevřeme vlastnosti pravým stisknutím tlačítka myši a nastavíme hodnotu prahového napětí na -1,56V. Spojíme dle schématu na obrázku 37. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

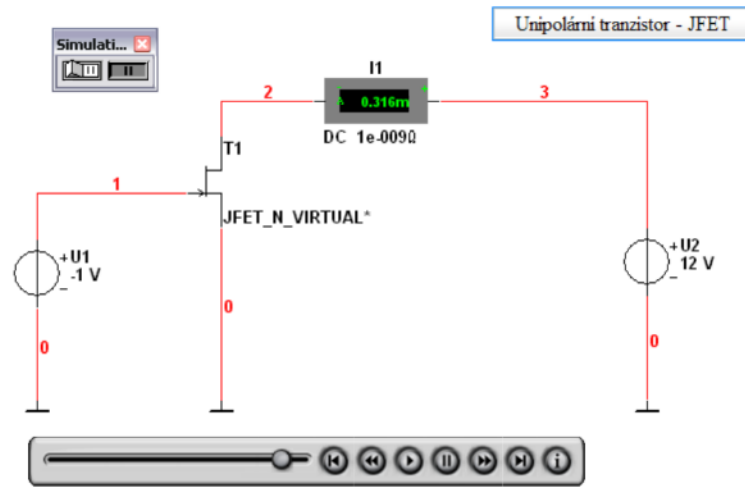
### 2.17.3 OVĚŘENÍ

Po doplnění do vzorce dostaneme:

$$I_D = \beta * (U_{TO} - U_{GS})^2 = 1 * 10^{-3} * (-1,56 + 1)^2 = 0,3136 * 10^{-3} A$$

Tento proud je znázorněn na obrázku 38, označený  $I_1$ . Zde je zřejmé, že po doplnění hodnot do vzorce je výsledek správný.

<sup>4</sup> <http://www.kvd.zcu.cz/cz/materialy/aps/aps/aps/HTML/25/default.htm>



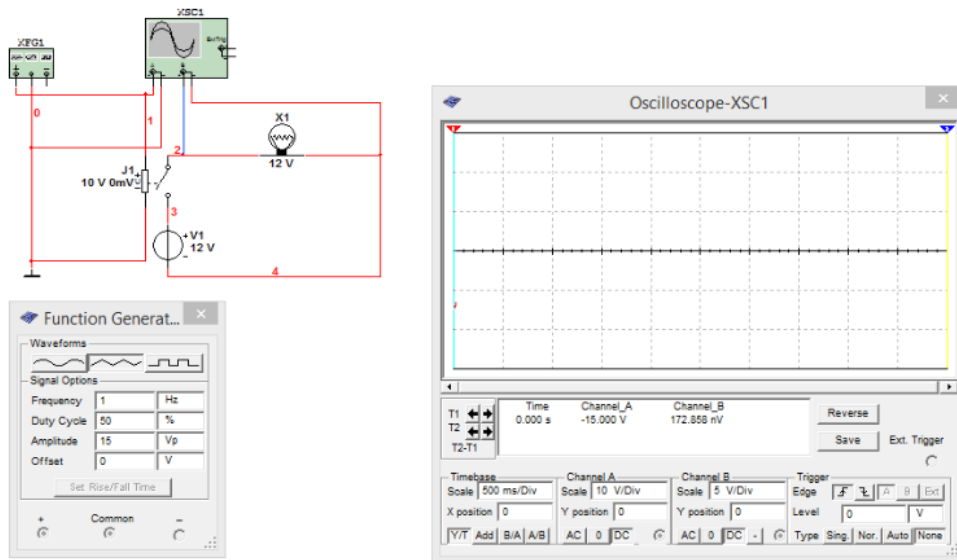
Obrázek 38 - Unipolární tranzistor JFET

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod Unipolární tranzistor – JFET a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.18 PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ NAPĚTÍM

### 2.18.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření funkce přepínače řízeného napětím. Jako indikátor sepnutí využijeme žárovku. Pro vhodnou simulaci potřebujeme Osciloskop a Funkční generátor.



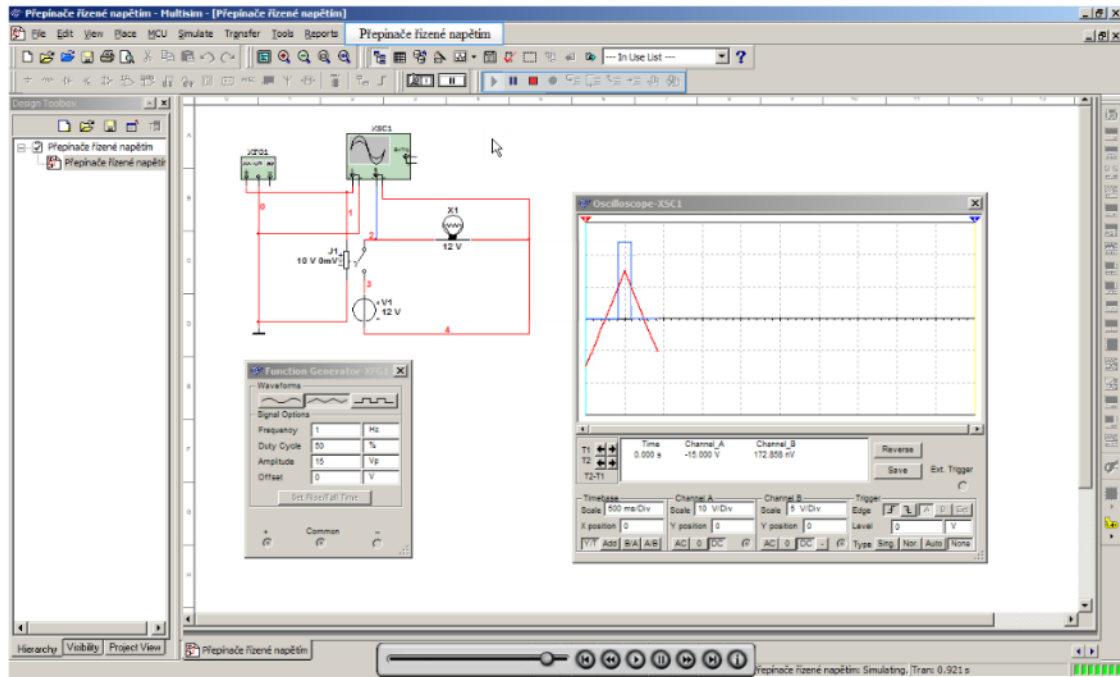
Obrázek 39 - Příklad ověření funkce napěťového relé

### 2.18.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle obrázku 39. Napěťové relé nalezneme v databázi Basic v záložce Switch pod názvem Voltage\_Controlled\_Switch. Nastavíme mu hodnotu prahového napětí na 10V. A spustíme simulaci pomocí tlačítka Run.

### 2.18.3 OVĚŘENÍ

Při sledování grafu na osciloskopu se sepne napěťové relé, jakmile bude hodnota dosahovat 10V a naopak rozezne v případě, jakmile klesne pod 10V. Na obrázku 40 je ukázka animace Přepínače řízené napětím.



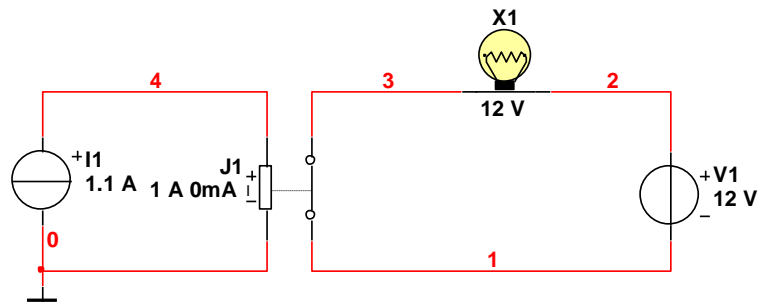
Obrázek 40 - Ukázka animace Přepínače řízené napětím

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod Přepínač řízené napětím a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.19 PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ PROUDEM

### 2.19.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření funkce přepínače řízeného proudem. Jako indikátor sepnutí využijeme žárovku.



Obrázek 41 - Příklad ověření funkce proudového relé

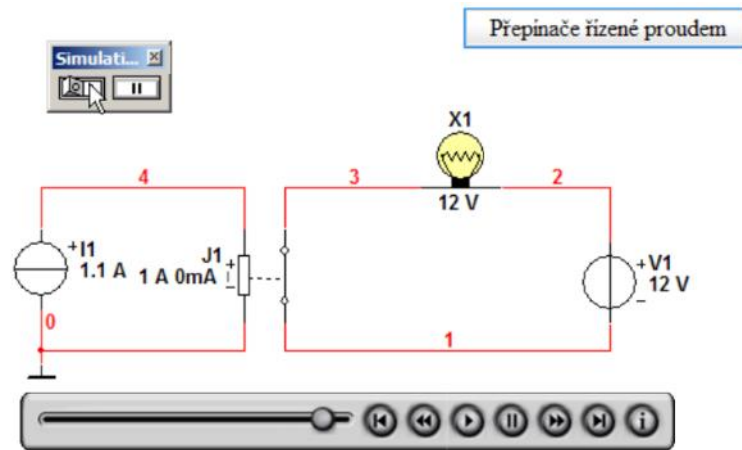
### 2.19.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle obrázku 41. Proudové relé nalezneme v databázi Basic v záložce Switch pod názvem Current\_Controlled\_Switch. Nastavíme mu hodnotu prahového proudu na 1A. A spustíme simulaci pomocí tlačítka Run.

### 2.19.3 OVĚŘENÍ

Proudové relé funguje stejně jako napěťové relé, ale je samozřejmě řízené proudem. V našem případě jsme si nastavili zdroj proudu na 1,1A a při spuštění simulace došlo k sepnutí. V případě nastavení menšího proudu, nedojde k sepnutí relé. Na obrázku 42 je ukázka animace Přepínače řízené proudem.





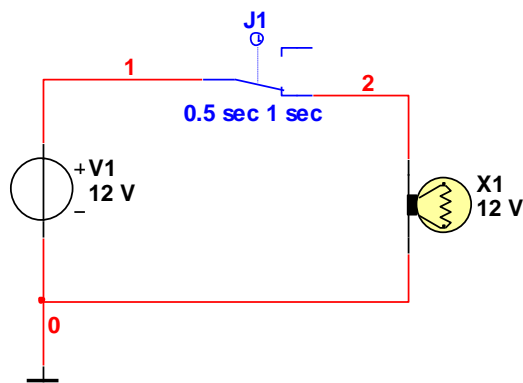
Obrázek 42 - Ukázka animace Přepínače řízené proudem

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod Přepínače řízené proudem a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.20 PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ ČASEM

### 2.20.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření funkce přepínače řízeného časem. Jako indikátor sepnutí využijeme žárovku.



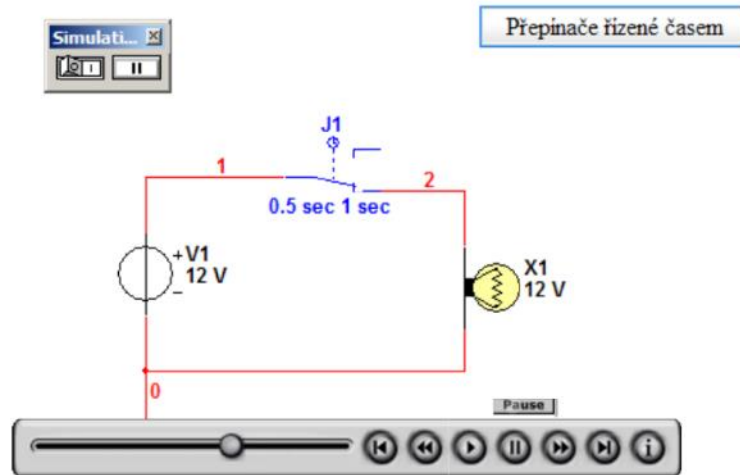
Obrázek 43 - Příklad ověření funkce časového relé

### 2.20.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle obrázku 43. Časové relé nalezneme v databázi Basic v záložce Switch pod názvem TD\_SW1. Nastavíme mu hodnotu sepnutí na 0,5s a hodnotu rozepnutí na 1s. A spustíme simulaci pomocí tlačítka Run.

### 2.20.3 OVĚŘENÍ

Časové relé funguje stejně jako předešlé relé, ale je samozřejmě řízené definovaným časem. V našem případě jsme si nastavili hodnotu pro sepnutí na 0,5s a hodnotu na rozepnutí na 1s. Po spuštění animace se spojí obvod po uplynutí 0,5s a rozsvítí se žárovka, která nám identifikuje protékající napětí. Následně po uplynutí 1s dojde k zpětnému rozepnutí obvodu. Na obrázku 44 je ukázka animace Přepínače řízené časem.



Obrázek 44 - Ukázka animace Přepínače řízené časem

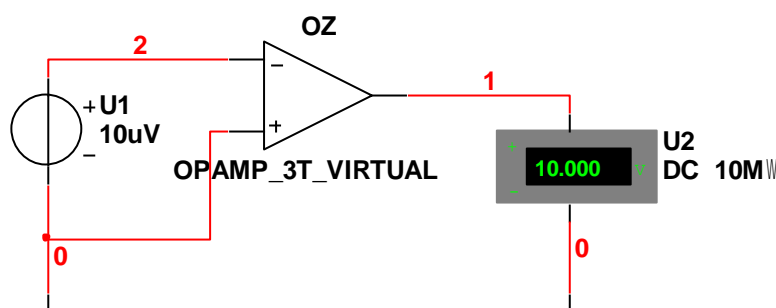
Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod Přepínače řízené časem a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.21 OPERAČNÍ ZESILOVAČ

### 2.21.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření funkce operačního zesilovače. Vstupní napětí  $U_1 = 10\mu\text{V}$ , napěťové zesílení  $A_U = 1\,000\,000\text{ V/V}$  a výstupní napětí  $U_2 = ?$ .

Potřebné informace nalezneme v e-kurzu Analogové prvky a systémy, studijní článek: Definice operačního zesilovače<sup>5</sup>.



Obrázek 45 - Příklad zapojení operačního zesilovače

### 2.21.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle obrázku 45. Operační zesilovač nalezneme v databázi Analog v záložce Analog\_Virtual pod názvem Opam\_3T\_Virtual. Ve vlastnostech operačního zesilovače nastavíme napěťové zesílení na 1MV/V a zdroj napětí na 10µV. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

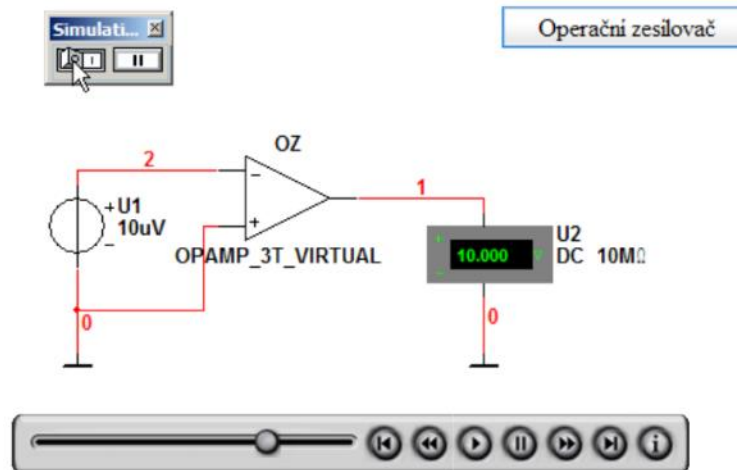
### 2.21.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření funkčnosti využijeme vzorec pro výpočet výsledného napětí:

$$U_2 = A_U * U_1 = 1\,000\,000 * 0,000\,01 = 10\text{V}$$

Ověření si můžeme srovnat s ukázkou animace obrázku 46.

<sup>5</sup> <http://www.kvd.zcu.cz/cz/materialy/aps/aps/aps/HTML/52/default.htm>



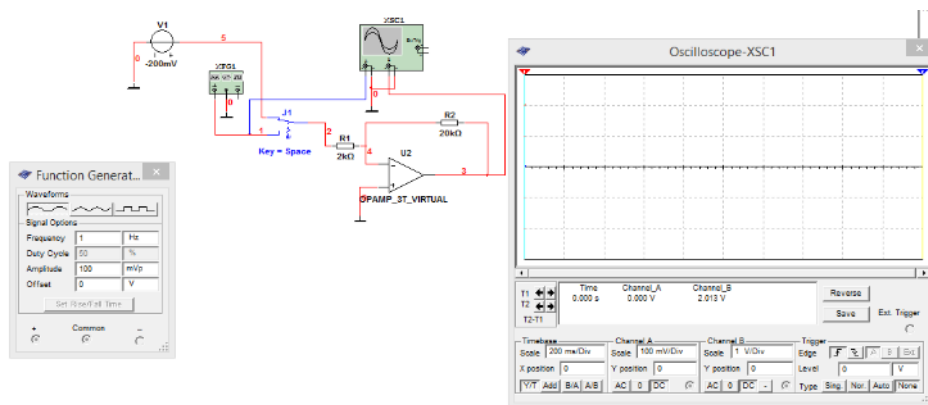
Obrázek 46 - Ukázka animace Operační zesilovač

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Operační zesilovač a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.22 INVERTUJÍCÍ OPERAČNÍ ZESILOVAČ

### 2.22.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro vypočítání velikosti výstupního napětí u invertujícího zapojení operačního zesilovače. Vyzkoušejte napájecí zdroj střídavý i stejnosměrný. Rezistory mají velikost  $R_1 = 2\text{k}\Omega$ ;  $R_{zp} = 20\text{k}\Omega$ . Stejnosměrný napájecí zdroj má velikost napětí 200mV. Střídavý zdroj má velikost napětí 100mV.



Obrázek 47 - Invertující zapojení operačního zesilovače

### 2.22.2 VYPRACOVÁNÍ

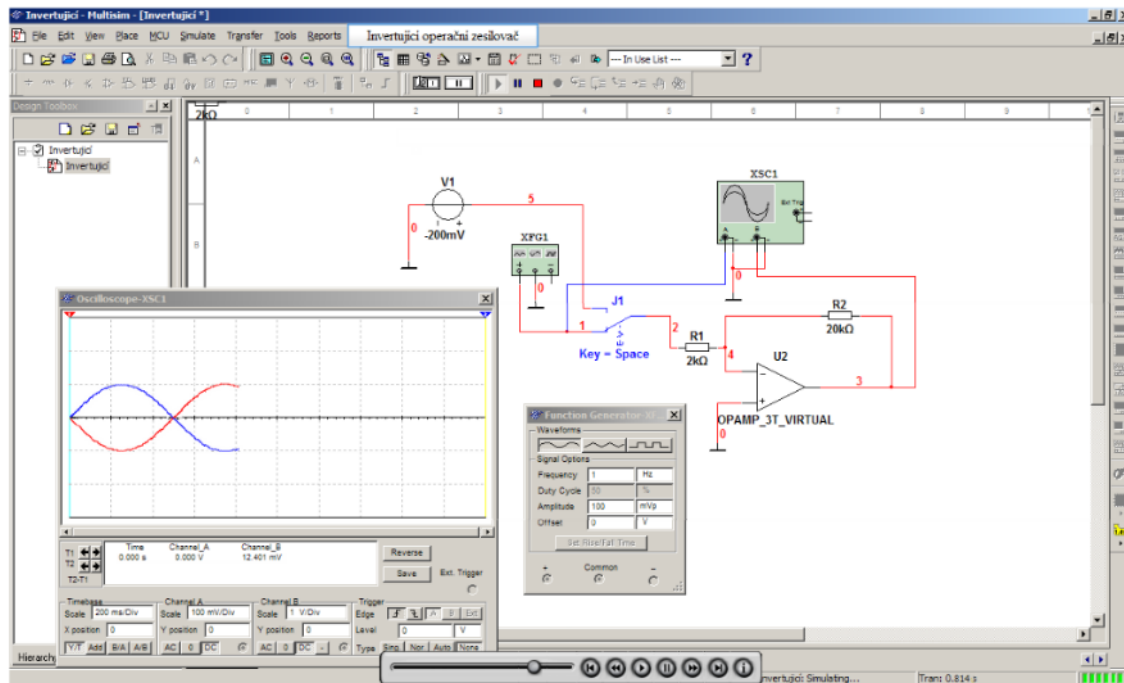
Operační zesilovač nalezneme v databázi Analog v záložce Analog\_Virtual pod názvem Opam\_3T\_Virtual. Operační zesilovač musí být zapojen do invertujícího vstupu. Ve vlastnostech operačního zesilovače nastavíme napěťové zesílení na 1MV/V a zdroj napětí na 10μV. Nastavíme vlastnosti stejnosměrného zdroje napětí na -200mV. Vložíme odpory o velikostech R1 na 2kΩ a R2 na 20kΩ. Zapojíme obvod dle obrázku 47. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

### 2.22.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření funkčnosti využijeme vzorec pro výpočet výsledného napětí v případě přepnutého spínače na stejnosměrný zdroj napětí:

$$U_2 = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right) * U_1 = -\left(\frac{20\ 000}{2\ 000}\right) * -0,2 = 2V$$

V případě přepnutého přepínače na střídavé napětí vidíme na osciloskopu, že vstupní signál z funkčního generátoru je do 100mV/Div, ale výstupní signál z operačního zesilovače je v 1V/Div a fázově posunut. Ukázka animace je na obrázku 48.



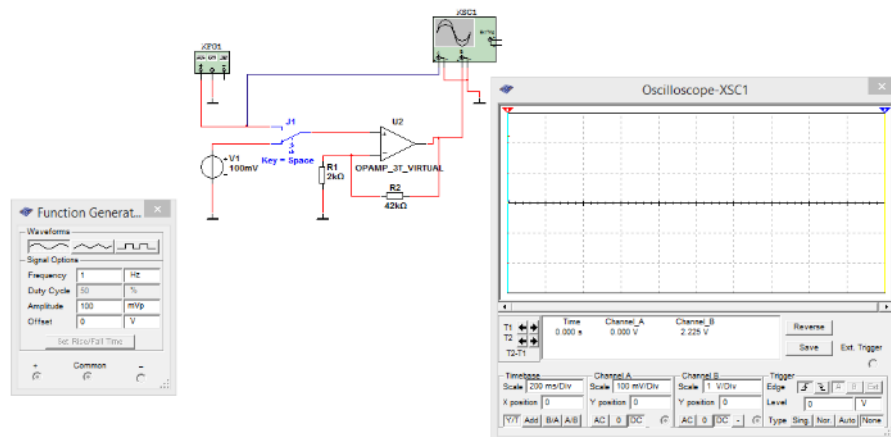
Obrázek 48 - Ukázka animace Invertující operační zesilovač

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Invertující operační zesilovač a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.23 NEINVERTUJÍCÍ OPERAČNÍ ZESILOVAČ

### 2.23.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro vypočítání velikosti výstupního napětí u neinvertujícího zapojení OZ. Vyzkoušejte napájecí zdroj střídavý i stejnosměrný. Rezistory mají velikost  $R_1 = 2\text{k}\Omega$ ;  $R_2 = 42\text{k}\Omega$ . Stejnosměrný napájecí zdroj má velikost napětí 100mV. Střídavý zdroj má velikost napětí 100mV.



Obrázek 49 - Neinvertující zapojení operačního zesilovače

### 2.23.2 VYPRACOVÁNÍ

Operační zesilovač musí být zapojen do neinvertujícího vstupu. Ve vlastnostech operačního zesilovače nastavíme napěťové zesílení na 1MV/V a zdroj napětí na 10 $\mu$ V. Nastavíme vlastnosti stejnosměrného zdroje napětí na -200mV. Vložíme odpory stejnosměrného zdroje napětí na 100mV a velikost odporů  $R_1$  na 2k $\Omega$  a  $R_2$  na 42k $\Omega$ . Zapojíme obvod dle obrázku 49. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

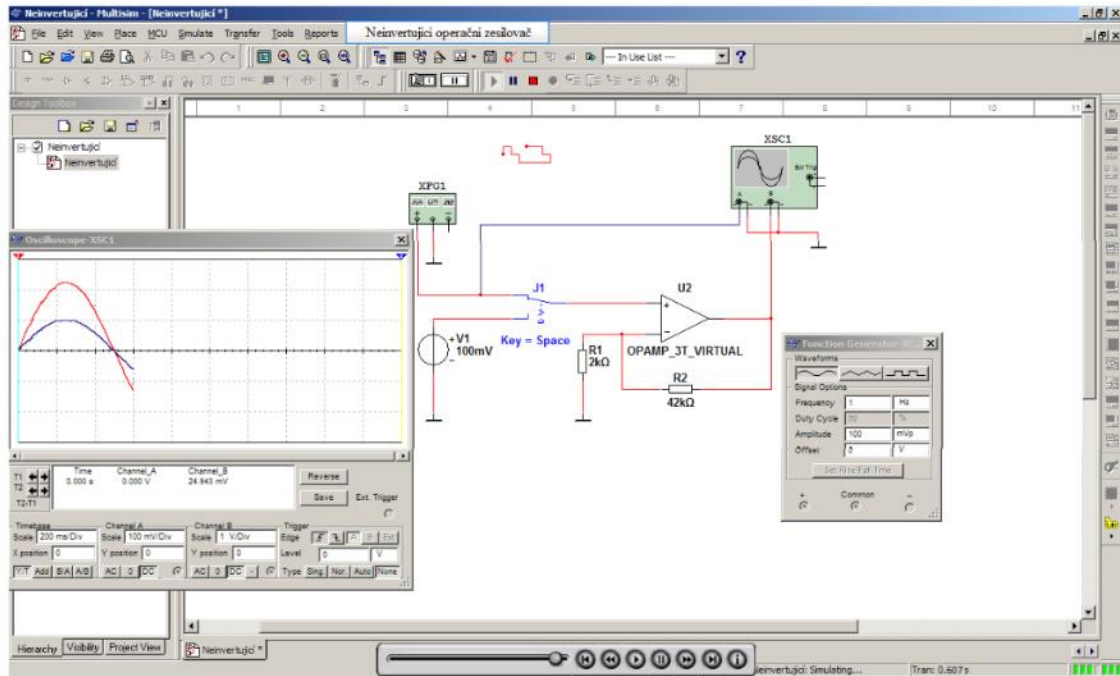
### 2.23.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření funkčnosti využijeme vzorec pro výpočet výsledného napětí v případě přepnutého spínače na stejnosměrný zdroj napětí:

$$U_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) * U_1 = \left(1 + \frac{42\,000}{2\,000}\right) * 0,1 = 2,2V$$



V případě přepnutého přepínače na střídavé napětí vidíme na osciloskopu, že vstupní signál z funkčního generátoru je do 100mV/Div, ale výstupní signál z operačního zesilovače je v 1V/Div. Ukázka animace je na obrázku 50.



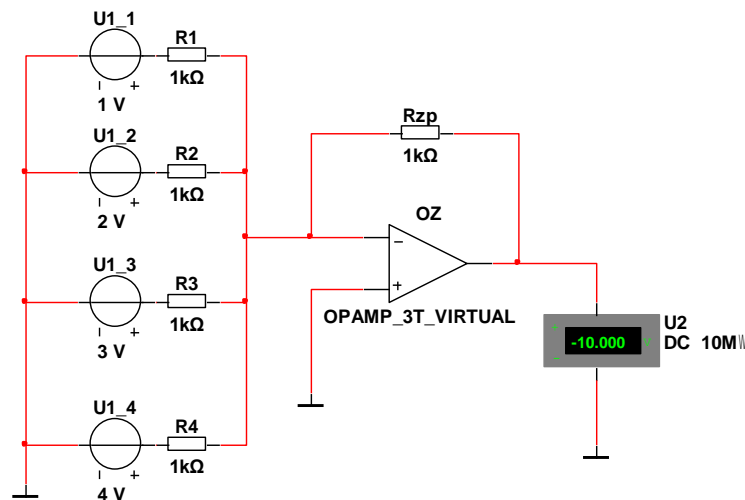
Obrázek 50 - Ukázka animace Neinvertující operační zesilovač

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Neinvertující operační zesilovač a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.24 ANALOGOVÝ SUMÁTOR

### 2.24.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro vypočítání velikosti výstupního napětí u analogového sumátoru a daný výpočet ověřte v simulačním programu. Rezistory mají velikost  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_{zp} = 1\Omega$ . Napájecí zdroje mají hodnoty  $U_{1,1} = 1V, U_{1,2} = 2V, U_{1,3} = 3V, U_{1,4} = 4V$ .



Obrázek 51 - Analogový sumátor

### 2.24.2 VYPRACOVÁNÍ

Na pracovní plochu vložíme napěťové zdroje a odpory dle zadání. Přidáme operační zesilovač a voltmetr. Zapojíme obvod dle obrázku 51. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

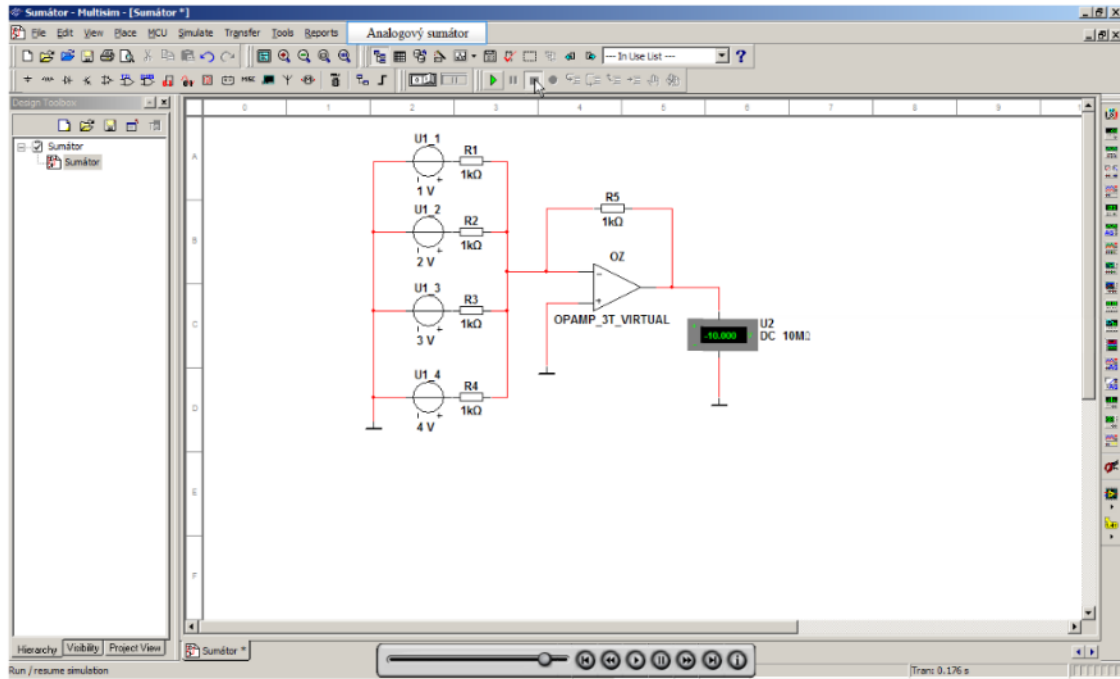
### 2.24.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti sumátoru využijeme vzorec:

$$U_2 = -R_{ZP} * \left( \frac{U_{1,1}}{R_1} + \frac{U_{1,2}}{R_2} + \frac{U_{1,3}}{R_3} + \frac{U_{1,4}}{R_4} \right)$$

$$U_2 = -1 * \left( \frac{1}{1} + \frac{2}{1} + \frac{3}{1} + \frac{4}{1} \right) = -10V$$

Ověření si můžeme srovnat s ukázkou animace obrázku 52.



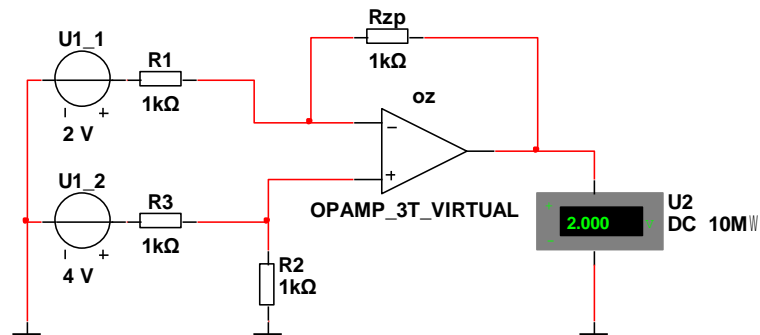
Obrázek 52 - Ukázka animace Analogový sumátor

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Analogový sumátor a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.25 ROZDÍLOVÝ ZESILOVAČ

### 2.25.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro vypočítání velikosti výstupního napětí u rozdílového zesilovače. Rezistory mají velikost  $R_1, R_2 = 1\Omega$ . Napájecí zdroje mají hodnotu:  $U_{12} = 4V$ ;  $U_{11} = 2V$ .



Obrázek 53 - Rozdílový zesilovač

### 2.25.2 VYPRACOVÁNÍ

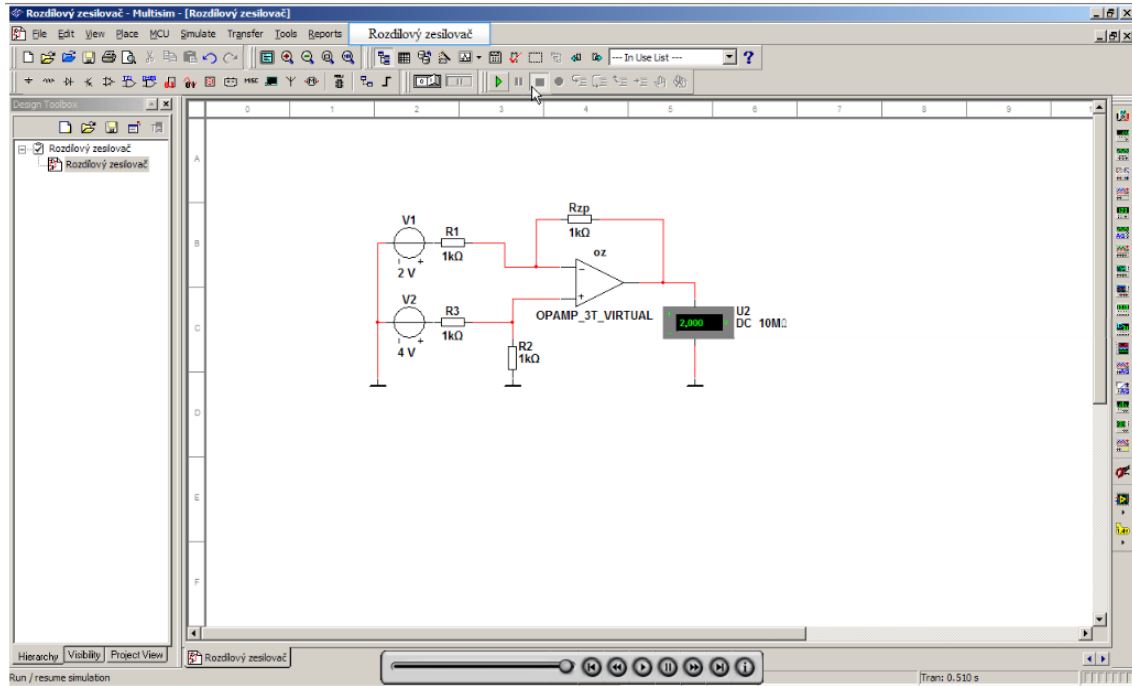
Na pracovní plochu vložíme napěťové zdroje a odpory dle zadání. Přidáme operační zesilovač a voltmetr. Zapojíme obvod dle obrázku 53. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

### 2.25.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti rozdílového zesilovače využijeme vzorec:

$$U_2 = \frac{R_{zp}}{R_1} * (U_{1,2} - U_{1,1}) = \frac{1}{1} * (4 - 2) = 2V$$

Ověření si můžeme srovnat s ukázkou animace obrázku 54.



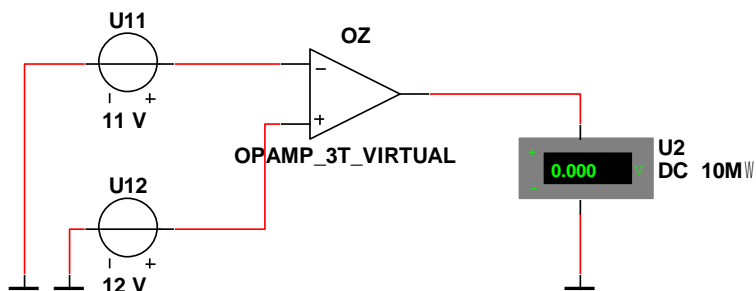
Obrázek 54 - Ukázka animace Rozdílový zesilovač

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Rozdílový zesilovač a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.26 ANALOGOVÝ KOMPARÁTOR

### 2.26.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro zjištění pravidel velikosti výstupního napětí podle velikostí vstupních napětí u analogového komparátoru.  $U_{11} = \pm 20V$ . Referenční napětí  $U_{12} = 12V$ .



Obrázek 55 - Analogový komparátor

### 2.26.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle obrázku 55. Nastavíme vlastnosti zdrojů napětí dle zadání, a budeme měnit pouze napětí  $U_{11}$ . Spustíme simulaci tlačítkem Run.

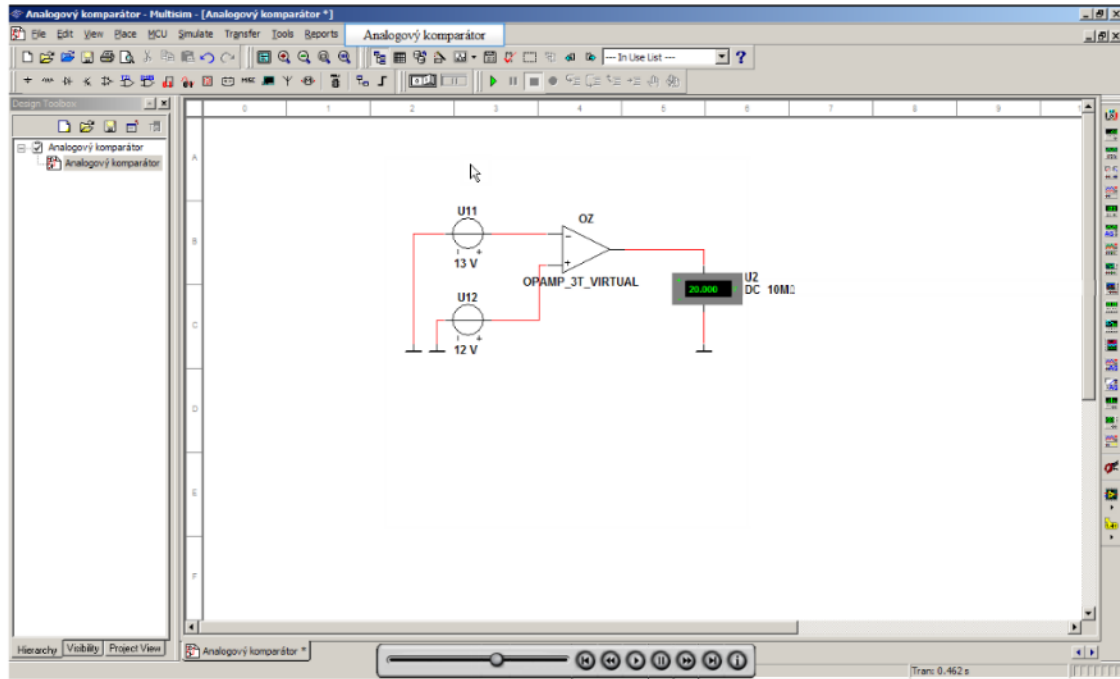
### 2.26.3 ZJIŠTĚNÍ

$$U_2 = U_{11} = U_{12}$$

$$U_2 = -U_{11} \Rightarrow U_{12} < U_{11}$$

$$U_2 = U_{11} \Rightarrow U_{12} > U_{11}$$

Ukázka animace je na obrázku 56.



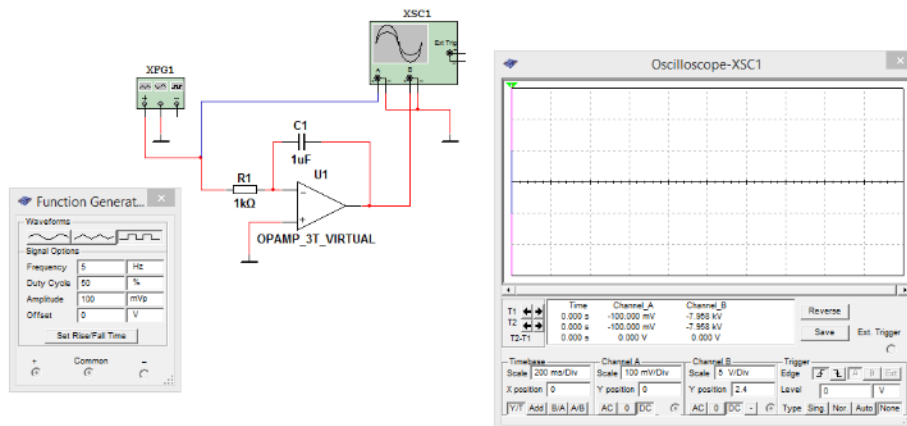
Obrázek 56 - Ukázka animace Analogový komparátor

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Analogový komparátor a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.27 INVERTUJÍCÍ INTEGRÁTOR

### 2.27.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření výstupního signálu z invertujícího integrátoru, a zda platí matematický popis pro jednotlivé průběhy, kde  $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ;  $C_1 = 1\mu\text{F}$ .



Obrázek 57 - Invertující integrátor

### 2.27.2 VYPRACOVÁNÍ

Na pracovní plochu vložíme střídavý zdroj, odpor a cívku dle zadání. Přidáme operační zesilovač a osciloskop. Zapojíme obvod dle obrázku 57. Spustíme simulaci tlačítkem Run a budeme přepínat signály, abych prokázal matematický popis jednotlivých průběhů.

### 2.27.3 ZJIŠTĚNÍ

Při nastavení funkčního generátoru na sinusový průběh:

Integrací sinus vznikne mínus cosinus, ale invertováním bude průběh výstupního signálu cosinus.

Při nastavení funkčního generátoru na trojúhelníkový průběh:

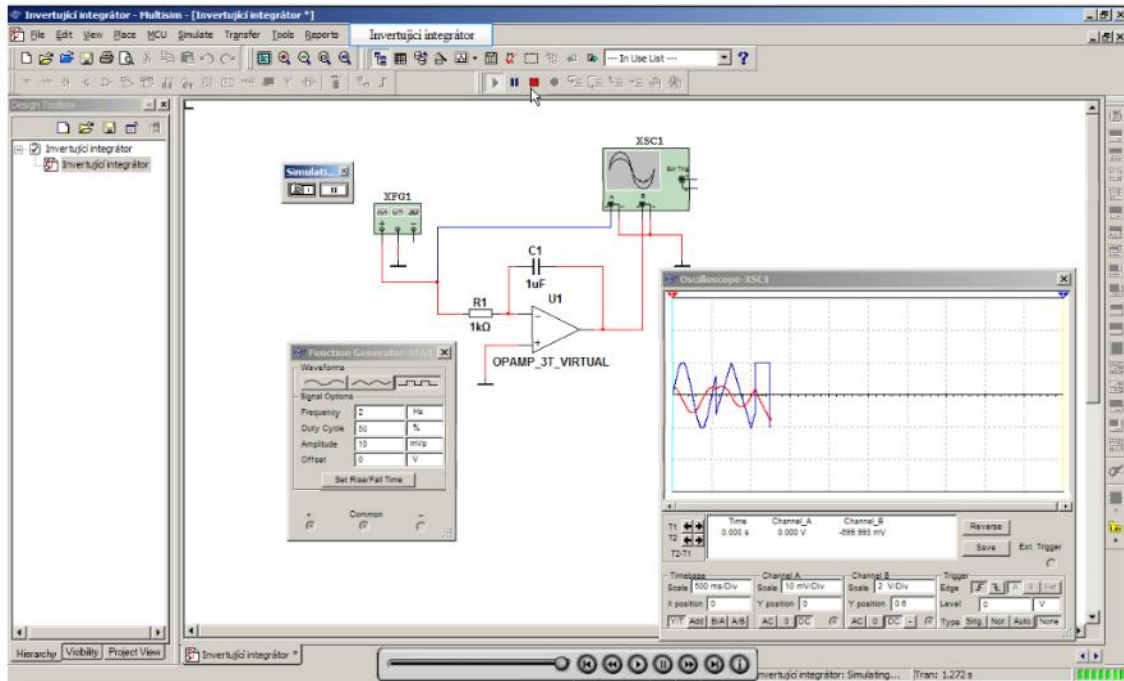
Přímka rostoucí má tvar:  $y = k \cdot t$ , přímka klesající má tvar:  $y = -k \cdot t$ , kde integrací vznikne parabola, která se bude přetáčet. Vznikne signál podobný sinus.



Při nastavení funkčního generátoru na obdélníkový průběh:

Integrací konstanty vznikne přímka, výsledný signál bude pilovitého tvaru, který bude invertovaný

Ukázka animace je na obrázku 58.



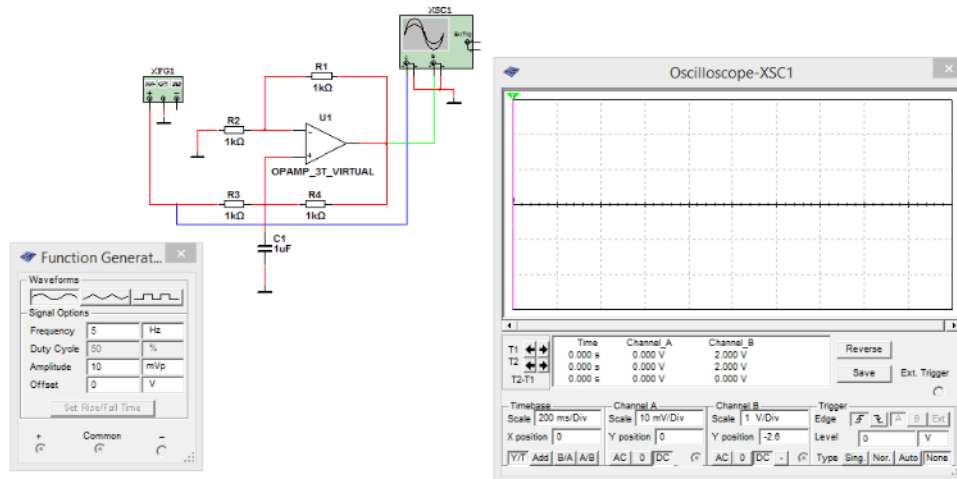
Obrázek 58 - Ukázka animace Invertující integrátor

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Invertující integrátor a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.28 NEINVERTUJÍCÍ INTEGRÁTOR

### 2.28.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření výstupního signálu z neinvertujícího integrátoru, a zda platí matematický popis pro jednotlivé průběhy, kde  $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ;  $C_1=1\mu\text{F}$ .



Obrázek 59 - Neinvertující integrátor

### 2.28.2 VYPRACOVÁNÍ

Na pracovní plochu vložíme střídavý zdroj, odpory a cívku dle zadání. Přidáme operační zesilovač a osciloskop. Zapojíme obvod dle obrázku 59. Spustíme simulaci tlačítkem Run a budeme přepínat signály, abych prokázal matematický popis jednotlivých průběhů.

### 2.28.3 ZJIŠTĚNÍ

Při nastavení funkčního generátoru na sinusový průběh:

Integrací sinus vznikne minus cosinus, tedy průběh bude - cosinus.

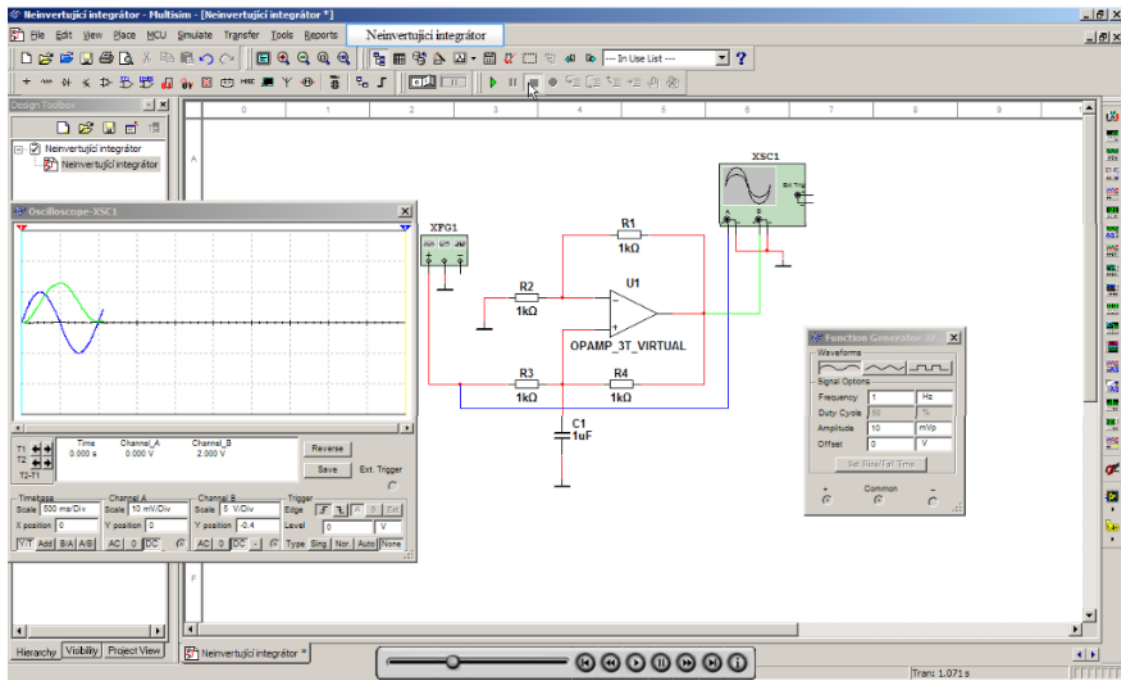
Při nastavení funkčního generátoru na trojúhelníkový průběh:

Přímka rostoucí má tvar:  $y = k \cdot t$ , přímka klesající má tvar:  $y = -k \cdot t$ , kde integrací vznikne parabola, která se bude přetáčet. Vznikne signál podobný sinus.

Při nastavení funkčního generátoru na obdélníkový průběh:

Integrací konstanty vznikne přímka, která se bude pohybovat podle polarity vstupního signálu, výsledný signál bude pilovitého tvaru.

Ukázka animace je na obrázku 60.



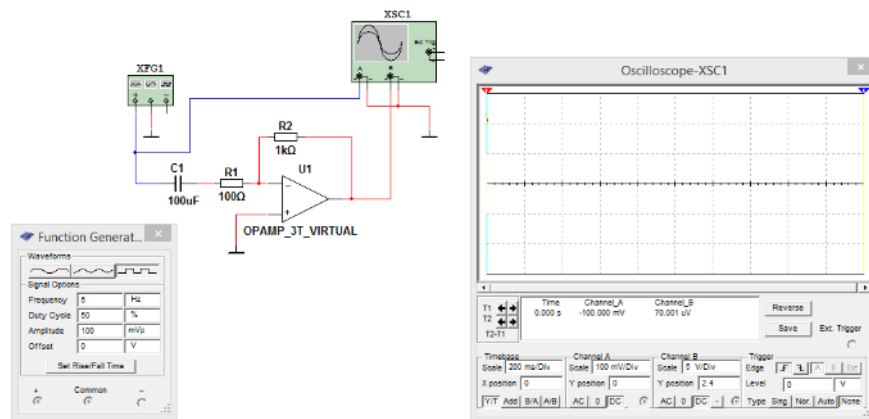
Obrázek 60 - Ukázka animace Neinvertující integrátor

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Neinvertující integrátor a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.29 DERIVÁTOR

### 2.29.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření výstupního signálu z derivátoru, a zda platí matematický popis pro jednotlivé průběhy, kde odpory  $R = 1\text{k}\Omega$ ;  $C_1 = 1\mu\text{F}$ .



Obrázek 61 - Derivátor

### 2.29.2 VYPRACOVÁNÍ

Na pracovní plochu vložíme střídavý zdroj, odpory a cívku dle zadání. Přidáme operační zesilovač a osciloskop. Zapojíme obvod dle obrázku 61. Spustíme simulaci tlačítkem Run a budeme přepínat signály, abych prokázal matematický popis jednotlivých průběhů.

### 2.29.3 ZJIŠTĚNÍ

Při nastavení funkčního generátoru na sinusový průběh:

Derivací sinus vznikne cosinus, tedy průběh bude cosinus.

Při nastavení funkčního generátoru na trojúhelníkový průběh:

Přímka rostoucí má tvar:  $y = k \cdot t$  kde derivací vznikne konstanta. Rostoucí přímka se změní na přímku rovnoběžnou s osou  $x$  a přímka se bude nacházet nad osou  $x$ , protože je v kladných hodnotách.

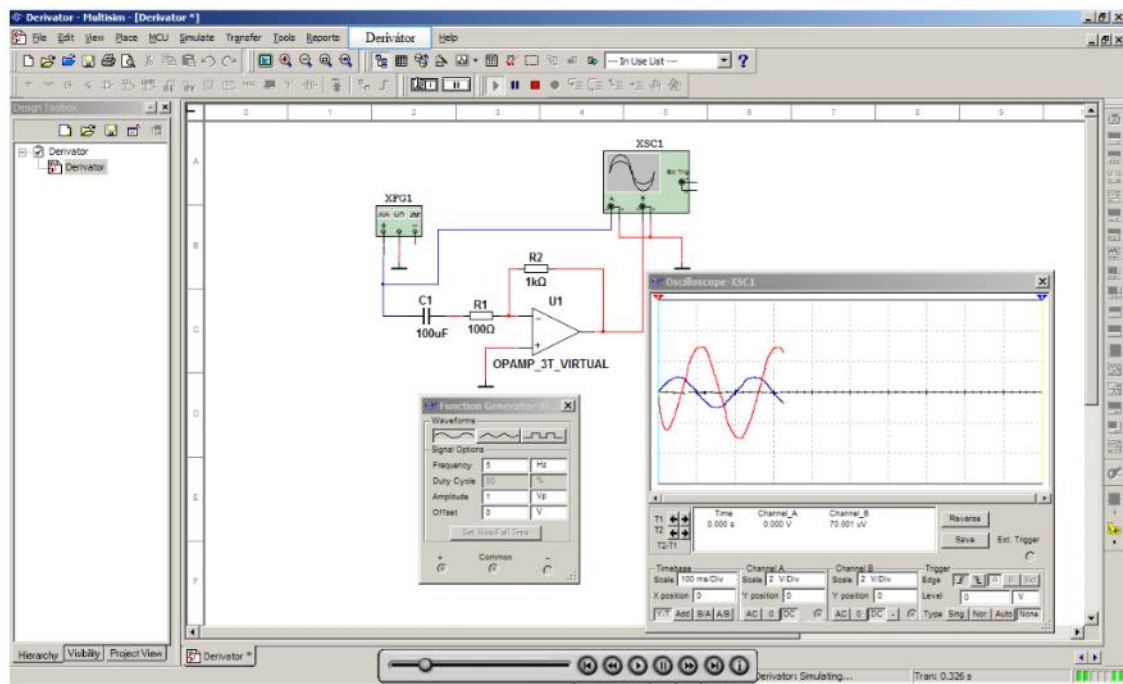
Přímka klesající má tvar:  $y = -k \cdot t$  kde derivací vznikne konstanta. Rostoucí přímka se změzí na přímku rovnoběžnou s osou x a přímka se bude nacházet pod osou x, protože je v záporných hodnotách.

Výsledný z derivovaný signál bude mít vzhled obdélníkového signálu.

Při nastavení funkčního generátoru na obdélníkový průběh:

Derivací konstanty vznikne nula, ale při náběžné hraně se mězí polarita obdélníka, kde vlivem derivace vznikne kolmice + nebo - nekonečno a tím se zobrazí skokový průběh neboli jehlan.

Ukázka animace je na obrázku 62.



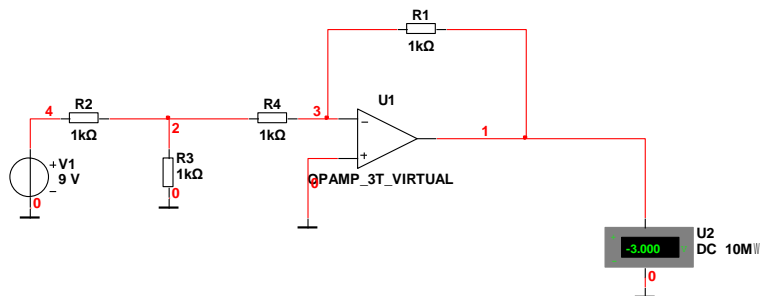
Obrázek 62 - Ukázka animace Derivátor

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Derivátor a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.30 T-ČLÁNEK NA VSTUPU OPERAČNÍHO ZESILOVAČE

### 2.30.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro vypočítání velikosti výstupního napětí u operačního zesilovače s T-článkem na vstupu. Rezistory mají velikost  $R = 1\text{k}\Omega$ . Napájecí zdroj má hodnotu  $U_1 = 9\text{V}$ .



Obrázek 63 - T-článek na vstupu operačního zesilovače

### 2.30.2 VYPRACOVÁNÍ

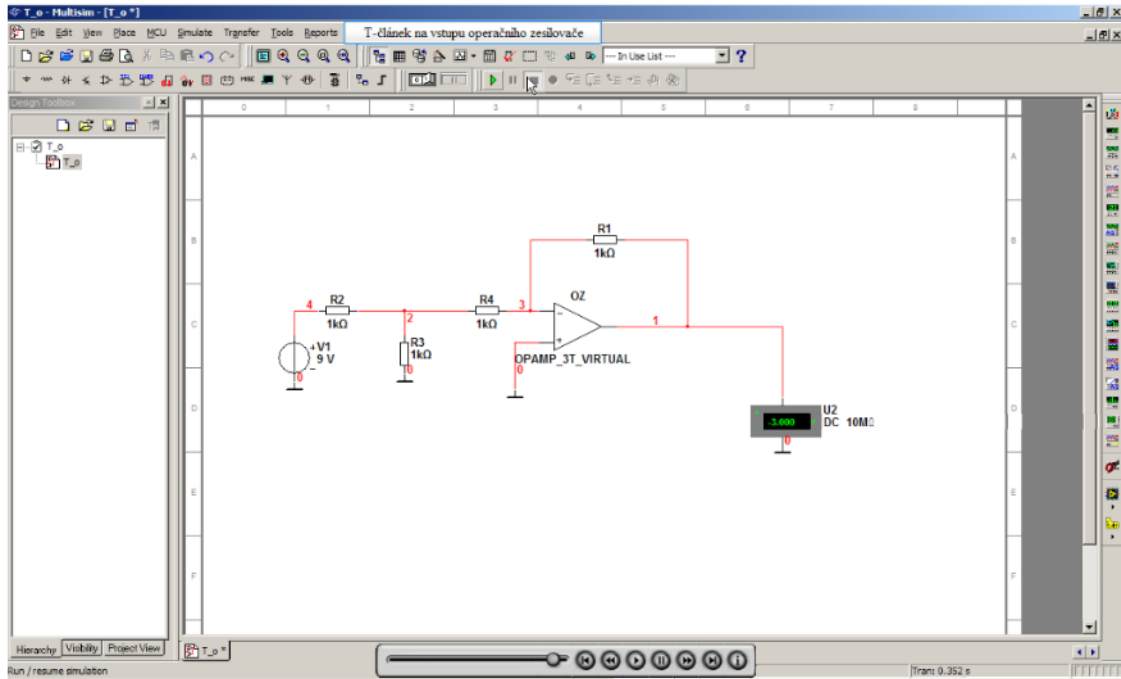
Na pracovní plochu vložíme napěťový zdroj a odpory dle zadání. Přidáme operační zesilovač a voltmetr. Zapojíme obvod dle obrázku 63. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

### 2.30.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti využijeme vzorec:

$$U_2 = -\frac{U_1}{3} = -\frac{9}{3} = -3\text{V}$$

Jak je znázorněno na obrázku 64 ukázka animace, je tento vztah skutečně platný.



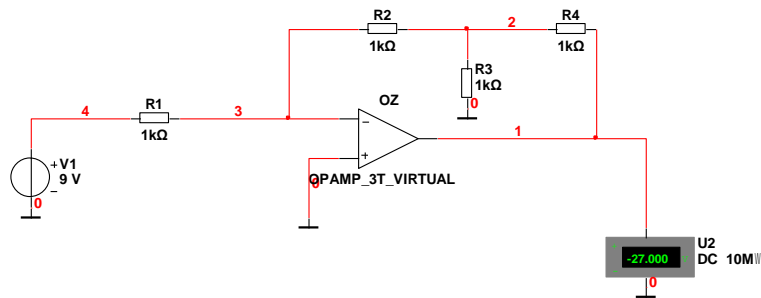
Obrázek 64 - T-článek na vstupu operačního zesilovače

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem T-článek na vstupu operačního zesilovače a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.31 T-ČLÁNEK VE ZPĚTNÉ VAZBĚ OPERAČNÍHO ZESILOVAČE

### 2.31.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro vypočítání velikosti výstupního napětí u operačního zesilovače s T-článkem ve zpětné vazbě. Rezistory mají velikost  $R = 1\text{k}\Omega$ . Napájecí zdroj má hodnotu  $U_1 = 9\text{V}$ .



Obrázek 65 - T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače

### 2.31.2 VYPRACOVÁNÍ

Na pracovní plochu vložíme napěťový zdroj a odpory dle zadání. Přidáme operační zesilovač a voltmetr. Zapojíme obvod dle obrázku 65. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

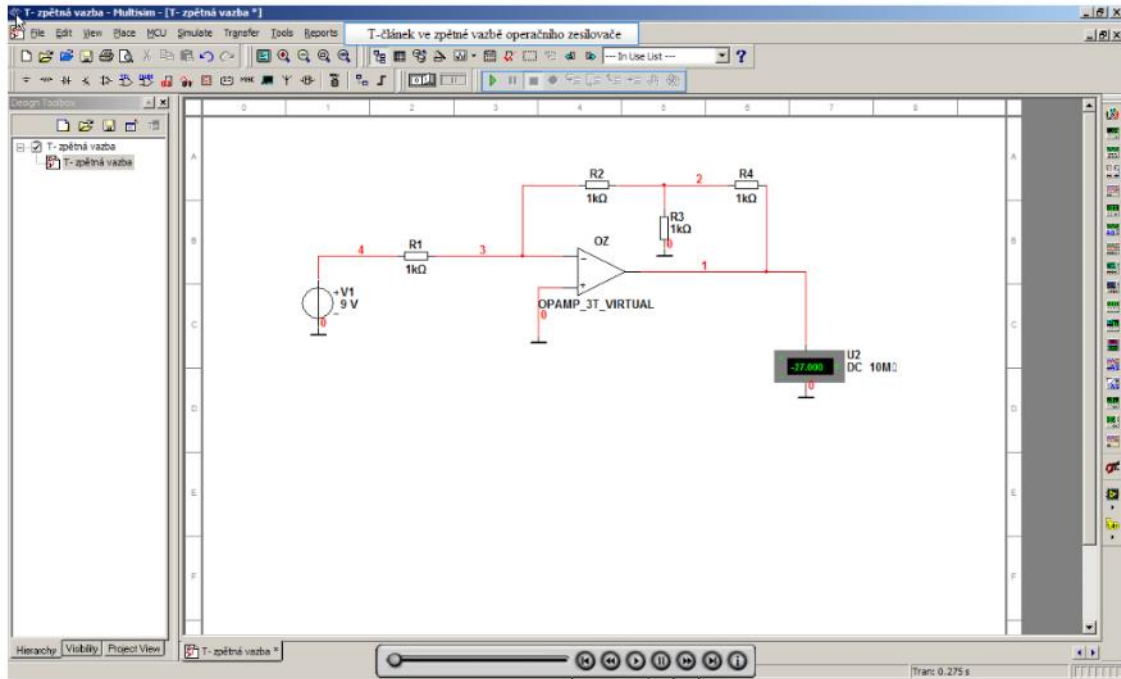
### 2.31.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti využijeme vzorec:

$$U_2 = -3 * U_1 = -3 * 9 = -27\text{V}$$

Jak je znázorněno na obrázku 66 ukázka animace, je tento vztah skutečně platný.





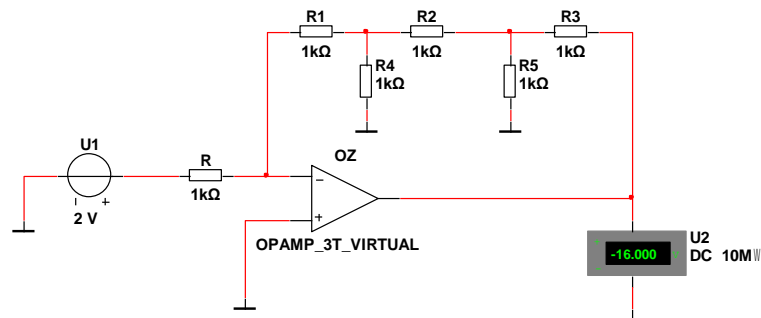
Obrázek 66 - Ukázka animace T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.32 DVOJITÝ T-ČLÁNEK VE ZPĚTNÉ VAZBĚ OPERAČNÍHO ZESILOVAČE

### 2.32.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro vypočítání velikosti výstupního napětí u operačního zesilovače s dvojitým T-článkem ve zpětné vazbě. Rezistory mají velikost  $R = 1\text{k}\Omega$ . Napájecí zdroj má hodnotu  $U_1 = 2\text{V}$ .



Obrázek 67 - Dvojitý T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače

### 2.32.2 VYPRACOVÁNÍ

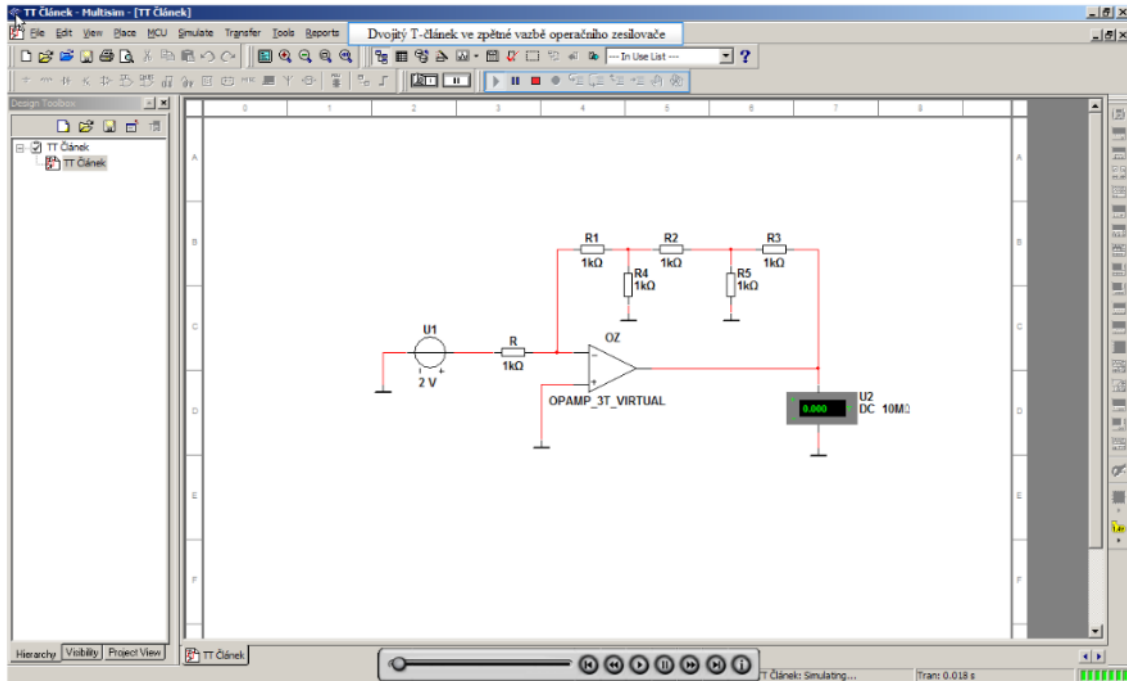
Na pracovní plochu vložíme napěťový zdroj a odpory dle zadání. Přidáme operační zesilovač a voltmetr. Zapojíme obvod dle obrázku 67. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

### 2.32.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti využijeme vzorec:

$$U_2 = -8 * U_1 = -8 * 2 = -16\text{V}$$

Jak je znázorněno na obrázku 68 ukázka animace, je tento vztah skutečně platný.



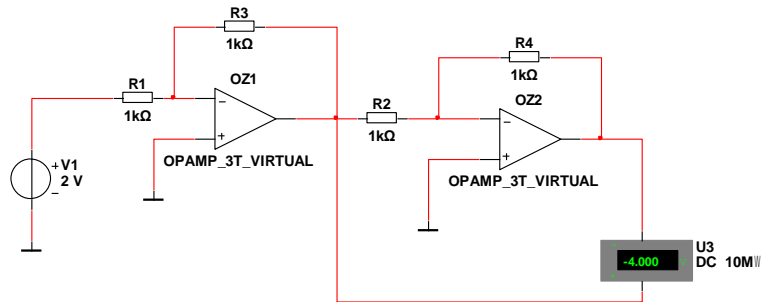
Obrázek 68 - Ukázka animace Dvojitý T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Dvojitý T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.33 SÉRIOVÉ ZAPOJENÍ OPERAČNÍCH ZESILOVAČŮ

### 2.33.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro vypočítání velikosti výstupního napětí u sériového zapojení operačních zesilovačů. Rezistory mají velikost  $R = 1\text{k}\Omega$ . Napájecí zdroj má hodnotu  $U_1 = 2\text{V}$ .



Obrázek 69 - Sériové zapojení operačních zesilovačů

### 2.33.2 VYPRACOVÁNÍ

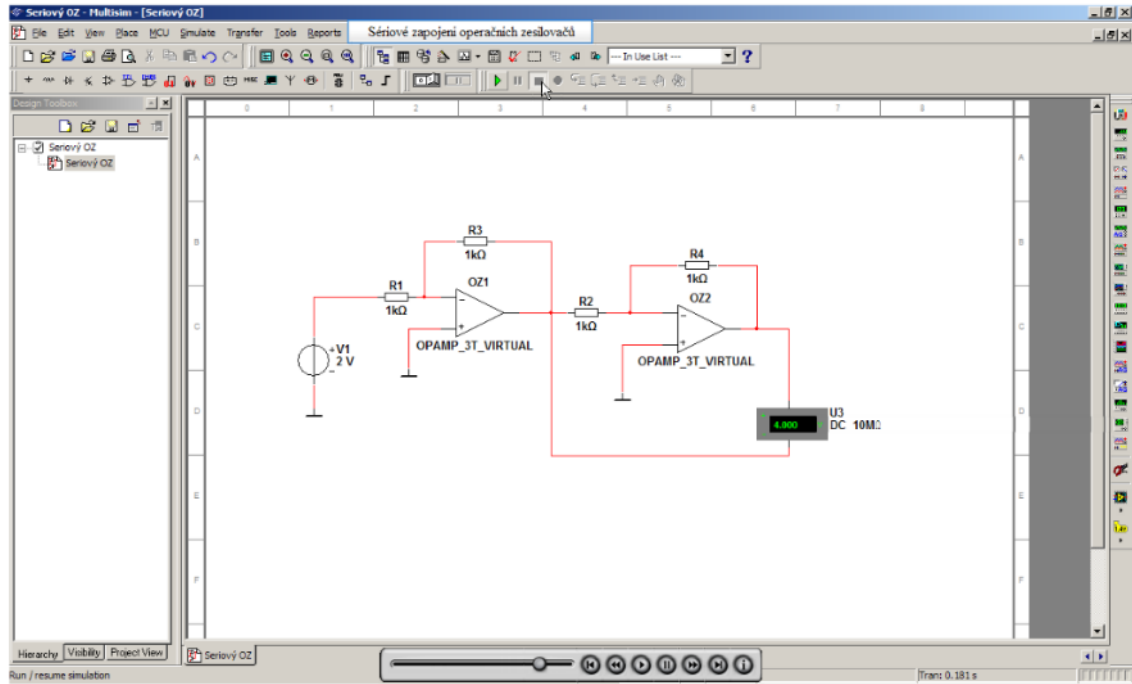
Na pracovní plochu vložíme napěťový zdroj a odpory dle zadání. Přidáme dva operační zesilovače a voltmetr. Zapojíme obvod dle obrázku 69. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

### 2.33.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti sériově zapojených operačních zesilovačů využijeme vzorec:

$$U_2 = -2 * U_1 = -2 * 2 = -4\text{V}$$

Jak je znázorněno na obrázku 70 ukázka animace, je tento vztah skutečně platný.



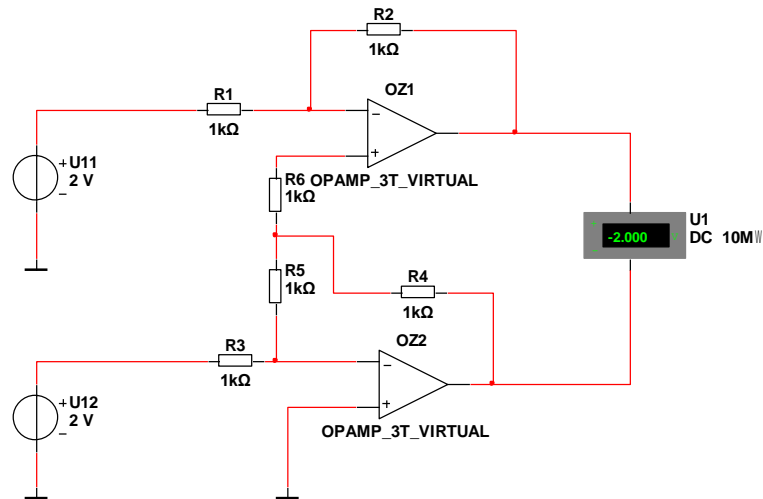
Obrázek 70 - Ukázka animace Sériové zapojení operačních zesilovačů

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Sériové zapojení operačních zesilovačů a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

## 2.34 PARALELNÍ ZAPOJENÍ OPERAČNÍCH ZESILOVAČŮ

### 2.34.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro vypočítání velikosti výstupního napětí u paralelního zapojení operačních zesilovačů. Rezistory mají velikost  $R = 1\text{k}\Omega$ . Napájecí zdroj má hodnotu  $U_{11} = 2\text{V}$ .



Obrázek 71 - Paralelní zapojení operačních zesilovačů

### 2.34.2 VYPRACOVÁNÍ

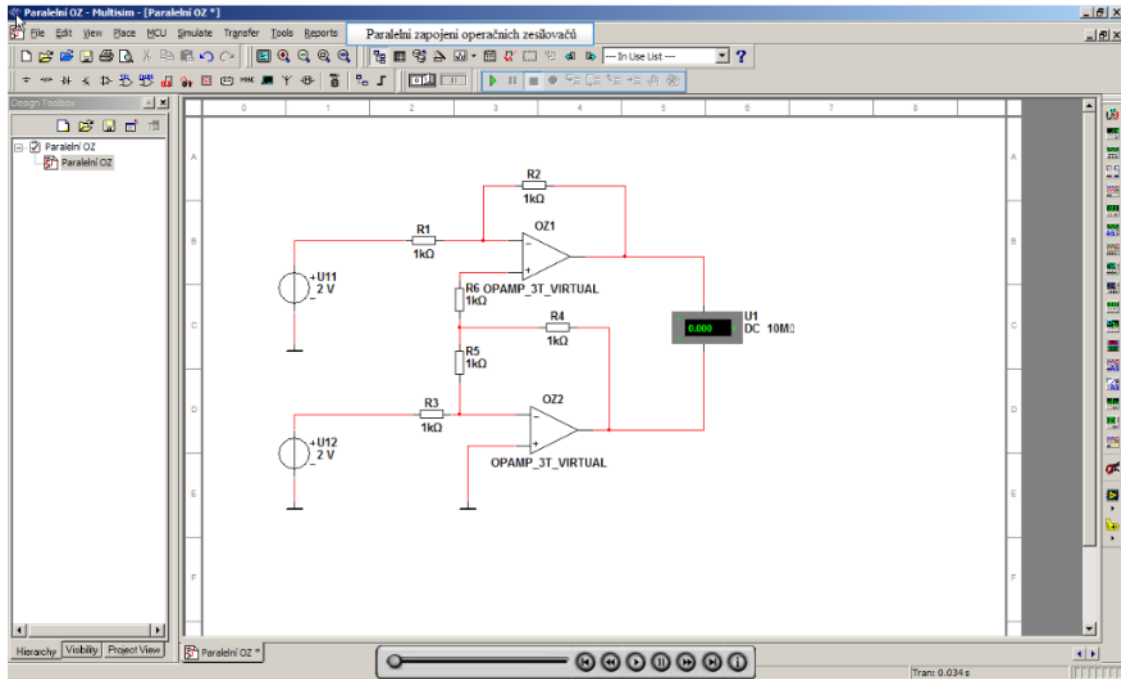
Na pracovní plochu vložíme napěťový zdroj a odpory dle zadání. Přidáme dva operační zesilovače a voltmetr. Zapojíme obvod dle obrázku 71. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

### 2.34.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti využijeme vzorec:

$$U_2 = -U_{11} = -2 = -2\text{V}$$

Jak je znázorněno na obrázku 72 ukázka animace, je tento vztah skutečně platný.



Obrázek 72 - Ukázka animace Paralelní zapojení operačních zesilovačů

Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Paralelní zapojení operačních zesilovačů a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

### 3 AUTOTESTY

Toto téma se věnuje vytvoření Autotestů. Celkem byly vytvořené 3 sady autotestů. Jedná se o okruhy Lineární prvky, Nelineární prvky a Operační zesilovače. V každém testu je naformulováno 10 otázek. Na každou otázku je pouze jedna správná odpověď.

#### 3.1 LINEÁRNÍ PRVKY

- 1) Jaká je základní vlastnost rezistoru?
  - a) Klást procházejícímu proudu odpor
  - b) Rozepínat napájecí obvod
  - c) Udržovat elektrický náboj
- 2) Ampérmetr je zařízení k měření?
  - a) velikosti protékajícího proudu
  - b) velikosti protékajícího napětí
  - c) velikosti protékajícího odporu
- 3) Ohmův zákon není vztah mezi?
  - a) Odpořem
  - b) Napětím
  - c) Proudem
  - d) Indukčností
- 4) Jaká je základní jednotka Proudů?
  - a) 1 A
  - b) 1 V
  - c) 1 Ohm
- 5) První Kirchhoffův zákon lze vyjádřit vzorcem?
  - a)  $I_1 + I_2 = 0$



- b)  $I_1 - I_2 = 0$
  - c)  $I_1 = I_2 = 0$
- 6) Proudem řízený zdroj proudu má?
- a) Proudové zesílení
  - b) Transconductanci
  - c) Transresistanci
- 7) Transresistance se označuje?
- a) F
  - b) E
  - c) H
- 8) Dochází ke ztrátě v obvodu v předpokladu, že se jedná o ideální zdroj napětí?
- a) Ano
  - b) Ne
- 9) Čím můžeme nasimulovat ztrátu v obvodě?
- a) Cívkou
  - b) Odporem
  - c) Kondenzátorem
- 10) Paralelně zapojené rezistory fungují jako?
- a) Dělič proudu
  - b) Dělič napětí

Správné odpovědi: 1a, 2a, 3d, 4a, 5a, 6a, 7a, 8b, 9b, 10b

### 3.2 NELINEÁRNÍ PRVKY

- 1) Patří dioda mezi nelineární prvky?
  - a) Ano
  - b) Ne
- 2) Jaký prochází proud diodou, která je zapojena v závěrném směru?
  - a) Maximální
  - b) Záporný
  - c) Nulový
  - d) Minimální
- 3) Jaký typ energie přeměňuje žárovka?
  - a) Světelnou na elektrickou
  - b) Elektrickou na točivou
  - c) Elektrickou na světelnou
- 4) Zenerova dioda se řadí mezi speciální diody, a patří mezi polovodičové diody?
  - a) Ano
  - b) Ne
- 5) Zenerova dioda se využívá?
  - a) Jako přepěťová ochrana
  - b) Jako proudová ochrana
  - c) Ke stabilizaci stejnosměrného napětí
- 6) Tranzistor MOSFET je označení pro?
  - a) Bipolární tranzistor
  - b) Unipolární tranzistor s přechodovým hradlem
  - c) Unipolární tranzistor s izolovanou elektrodou

- 7) Jaká je základní vlastnost tranzistorů?
- a) Zesílení vstupního napětí
  - b) Zesílení vstupního proudu
  - c) Zesílení vstupního napětí a proudu
  - d) Zeslabení vstupního napětí a proudu
- 8) Je tranzistor JFET řízen elektrickým polem?
- a) Ano
  - b) Ne
- 9) Proudový zesilovací činitel má jakou značku?
- a) Alfa
  - b) Beta
  - c) Gama
- 10) Napěťové relé je označení pro jaký řízený přepínač?
- a) Přepínač řízený napětím
  - b) Přepínač řízený proudem
  - c) Přepínač řízený časem

Správné odpovědi: 1a, 2c, 3c, 4a, 5a, 6b, 7a, 8a, 9b, 10a

### 3.3 NELINEÁRNÍ PRVKY

- 1) Hlavní náplň rozdílového operačního zesilovače je?
- a) Sečtení vstupních proudu
  - b) Odečtení vstupních proudu
  - c) Sečtení vstupních napětí

- d) Odečtení vstupních napětí
- 2) Hlavní náplň analogového sumátoru je?
- a) Sečtení vstupních proudů
  - b) Sečtení vstupních napětí
  - c) Odečtení vstupních proudů
  - d) Odečtení vstupních napětí
- 3) Hlavní náplň operačního zesilovače je?
- a) Zesílení vstupního elektrického signálu
  - b) Zeslabení vstupního elektrického signálu
- 4) Posune invertující zesilovač fázi vstupního signálu?
- a) Ano
  - b) Ne
- 5) Posune neinvertující zesilovač fázi vstupního signálu?
- a) Ano
  - b) Ne
- 6) Operační zesilovač zesiluje jaké signály?
- a) Stejnoseměrné signály
  - b) Střídavé signály
  - c) Oba signály
- 7) Potřebuje operační zesilovač napájecí napětí?
- a) Ano
  - b) Ne
- 8) T-článek na vstupu operačního zesilovače nám sníží hodnotu vstupního napětí?
- a) 4x

b)  $2x$

c)  $3x$

9) Dva sériově zapojené operační zesilovače nám zesílí vstupní napětí?

a)  $2x$

b)  $3x$

c)  $4x$

10) Invertující vstup operačního zesilovače je označen?

a) +

b) -

Správné odpovědi: 1d, 2b, 3a, 4a, 5a, 6c, 7a, 8c, 9a, 10b

## 4 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit komponenty pro e-kurz k předmětu analogové prvky a systémy, který budou sloužit studentům pro následnou výuku. Nejdůležitější součástí tvorby komponent celé bakalářské práce je vytvoření animací. Tyto animace jsem se snažil vytvářet s největším úsilím a nasazením. Věřím, že by šli určitě tyto animace zlepšit, jelikož každý učitel, který bude tyto animace využívat, má jiný vkus a zkušenosti se studenty, který budou procházet výukou na katedře. Nicméně jsem se snažil vytvořit animace, tak aby provázeli studenta celým studiem předmětu. Pro tvorbu těchto komponentů byla potřeba určit si zadání, podle kterého budeme zpracovávat animace.

Zadání, které jsem využíval, byly převzaty se stávajícího kurzu, jelikož stávající kurz nemá všechny potřebné komponenty a ve stávajících se nachází i značné chyby. První animace jsou zpracovávány krok po kroku i s popisky a vzorci. Další animace využívají již známé komponenty, proto jsem zvolil styl tvorby animace bez postupu vkládání komponent, a byla zde pouze ukázka funkčnosti obvodu. Mezi další potřebné komponenty pro uspořádání kurzu byly obrázky. Tyto obrázky byly vytvořené pro ukázkou schématu obvodu daného příkladu zapojení v programu Multisim. Všechny obrázky byly přidány do kurzu jako tipy pro řešení a přidány k příslušnému cvičení. Další nedílnou součástí pro tvorbu e-kurzu jsou autotesty. Snažil jsem se vymyslet otázky, které nejsou již ve stávajícím kurzu, ale jelikož není součástí teoretická část předmětu, zvolil jsem pouze tři okruhy, které ověřují naučené znalosti studentů k daným cvičením.

Celkem jsem vytvořil třicet čtyři cvičení pro ověření základních vlastností lineárních, nelineárních prvků a operačních zesilovačů. Společně s obrázky jsem vše importoval do e-kurzu v ProAuthoru. Došlo k vytvoření základu nastávajícího kurzu. Všechny využívané komponenty jsou na přiloženém CD.

Bakalářskou práci mám rozdělenou na tři části. V první části se věnuji samotným programům, které jsem využíval pro tvorbu. Jedná se o seznámení s programy Multisim, Macromedia Captivate a ProAuthor. Popisem prostředí, ve kterém jsem vytvářel komponenty a nakonec popis jednotlivých využívaných komponent. Zaměřil jsem se na základní seznam databází a předem definované komponenty, které bude využívat

při vytváření obvodů. Dále popisuji práci v programu Macromedia Captivate, protože se jedná o jednu a tu samou úpravu vytvořených animací. Ve druhé části se věnuji už konkrétním cvičením, která jsou hlavní náplní předmětu APS. Každému příkladu jsem přiřadil podkapitulu. V podkapitole každého cvičení nalezneme zadání příkladu, dále postup při vypracování a následně buď ověření pomocí vzorců, nebo zjištění funkcí. V první části se autor věnuje více tvorbě v programu Multisim, ale jelikož dochází k opakování využívaných komponent, rozhodl se autor už od poloviny nepopisovat tvorbu obvodu a umístění na pracovní plochu. Celkem bylo vytvořeno třicet čtyři obvodů, ze kterých se vytvořily animace. Vše je uloženo na přiloženém CD. Ve třetí části se věnuji autotestům, kde jsou vytvořené tři sady testovacích otázek. První sada je zaměřena na otázky lineárních prvku. Druhá sada je zaměřena na nelineární prvky a poslední na operační zesilovače. Každá sada otázek je tvořena s desíti otázek. Každá otázka má pouze jednu správnou odpověď

Myslím, že cíle byly splněny dle zadaných požadavků. V dnešní době se velmi využívají elektronické materiály, a proto vytvořené komponenty budou mít přínos pro budoucí využití.

## 5 RESUMÉ

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo vytvořit komponenty na e-kurz pro Analogové prvky a systémy. Zaměřil jsem se hlavně na tvorbu animací, obrázků a autotestů. Všechny komponenty jsou na přiloženém CD.

Věřím, že po dokončení kurzu bude hojně kurz studenty využíván.

The aim of this bachelor work was to create components for e-course for subject Analogue elements and systems. I focused mainly on creating animations, images, and auto-tests. All components are on the enclosed CD.

I believe that after completion this course, will be widely course used by students.



## 6 SEZNAM LITERATURY

- [1] ZEMAN, Pavel. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA. *Analogové prvky a systémy* [online]. 1. vyd. Plzeň, 2012 [cit. 2013-07-03]. Dostupné z:  
<http://www.kvd.zcu.cz/cz/materialy/aps/aps/aps/index.htm>
- [2] PINKER, Jiří a KOUCKÝ, Václav. *Analogové elektronické systémy. 1. část.* 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2004. 142 s. ISBN 80-7043-284-5.
- [3] PINKER, Jiří a KOUCKÝ, Václav. *Analogové elektronické systémy. 2. část.* 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2004. 143-306 s., [21] s. příl. ISBN 80-7043-284-5.
- [4] 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.
- [5] MICHALÍK, Petr a Pavel BENAJTR. eBook. *Multisim NI 10.* [online]. 7.7.2011 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.kvd.zcu.cz/cz/materialy/msm/msm/msm/>
- [6] Multisim™- User Guide. *National Instruments.* [online]. 2007 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.ni.com/pdf/manuals/374483a.pdf>
- [7] SWF FILE FORMAT SPECIFICATION VERSION 19. *Adobe.* [online]. 2006-2012 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z:  
<http://www.images.adobe.com/content/dam/Adobe/en/devnet/swf/pdf/swf-file-format-spec.pdf>

## 7 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ

Obrázek 1 - Prostředí programu Multisim.....	4
Obrázek 2 - Prostředí aplikace Macromedia Captivate .....	6
Obrázek 3 - Prostředí programu ProAuthor .....	9
Obrázek 4 - Elementární obvod.....	11
Obrázek 5 - Ukázka animace Elementárního obvodu .....	12
Obrázek 6 - Příklad rezistory jako dělič napětí .....	13
Obrázek 7 - Ukázka animace Rezistory jako dělič napětí .....	14
Obrázek 8 – Příklad rezistory jako dělič proudu .....	15
Obrázek 9 - Ukázka animace Rezistory jako dělič proudu .....	16
Obrázek 10 – Příklad Ideální zdroj napětí .....	17
Obrázek 11 - Ukázka animace Ideální zdroj napětí.....	18
Obrázek 12 – Příklad reálný zdroj napětí .....	19
Obrázek 13 - Ukázka animace Reálný zdroj napětí .....	20
Obrázek 14 – Příklad ideální zdroj proudu.....	21
Obrázek 15 - Ukázka animace Ideální zdroj proudu .....	22
Obrázek 16 - Reálný zdroj proudu .....	23
Obrázek 17 - Ukázka animace Reálný zdroj proudu.....	24
Obrázek 18 – Příklad napětím řízený zdroj napětí .....	25
Obrázek 19 - Ukázka animace Napětím řízený zdroj napětí.....	26
Obrázek 20 – Příklad Proudem řízení zdroj napětí .....	27
Obrázek 21 - Ukázka animace Proudem řízený zdroj napětí .....	28
Obrázek 22 – Příklad napětím řízený zdroj proudu.....	29
Obrázek 23 - Ukázka animace Napětím řízený zdroj proudu .....	30
Obrázek 24 – Příklad proudem řízený zdroj proudu .....	31
Obrázek 25 - Ukázka animace Proudem řízený zdroj proudu.....	32
Obrázek 26 - Příklad zapojení diody v propustném směru .....	33
Obrázek 27 - Dioda v propustném směru - Vyhodnocení.....	34
Obrázek 28 - Ukázka animace Dioda v propustném směru .....	35
Obrázek 29 - Příklad zapojení Zenerovy diody.....	36
Obrázek 30 - Ukázka animace Zenerova dioda.....	37
Obrázek 31 - Příklad zapojení se Svítivé diody .....	38
Obrázek 32 - Ukázka animace Svítivá dioda .....	39
Obrázek 33 - Příklad zapojení bipolárního tranzistoru PNP .....	40
Obrázek 34 - Ukázka animace Bipolární tranzistor PNP .....	41
Obrázek 35 - Příklad zapojení řízení tranzistoru pomocí potenciometru .....	42
Obrázek 36 - Ukázka animace Řízení obvodu tranzistoru pomocí potenciometru .....	43
Obrázek 37 - Příklad zapojení unipolárního tranzistoru JFET .....	44
Obrázek 38 - Unipolární tranzistor JFET .....	45
Obrázek 39 - Příklad ověření funkce napěťového relé.....	46
Obrázek 40 - Ukázka animace Přepínače řízené napětím .....	47
Obrázek 41 - Příklad ověření funkce proudového relé.....	48
Obrázek 42 - Ukázka animace Přepínače řízené proudem .....	49

Obrázek 43 - Příklad ověření funkce časového relé .....	50
Obrázek 44 - Ukázka animace Přepínače řízené časem .....	51
Obrázek 45 - Příklad zapojení operačního zesilovače .....	52
Obrázek 46 - Ukázka animace Operační zesilovač .....	53
Obrázek 47 - Invertující zapojení operačního zesilovače .....	54
Obrázek 48 - Ukázka animace Invertující operační zesilovač .....	55
Obrázek 49 - Neinvertující zapojení operačního zesilovače .....	56
Obrázek 50 - Ukázka animace Neinvertující operační zesilovač .....	57
Obrázek 51 - Analogový sumátor .....	58
Obrázek 52 - Ukázka animace Analogový sumátor .....	59
Obrázek 53 - Rozdílový zesilovač .....	60
Obrázek 54 - Ukázka animace Rozdílový zesilovač .....	61
Obrázek 55 - Analogový komparátor .....	62
Obrázek 56 - Ukázka animace Analogový komparátor .....	63
Obrázek 57 - Invertující integrátor .....	64
Obrázek 58 - Ukázka animace Invertující integrátor .....	65
Obrázek 59 - Neinvertující integrátor .....	66
Obrázek 60 - Ukázka animace Neinvertující integrátor .....	67
Obrázek 61 - Derivátor .....	68
Obrázek 62 - Ukázka animace Derivátor .....	69
Obrázek 63 - T-článek na vstupu operačního zesilovače .....	70
Obrázek 64 - T-článek na vstupu operačního zesilovače .....	71
Obrázek 65 - T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače .....	72
Obrázek 66 - Ukázka animace T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače .....	73
Obrázek 67 - Dvojitý T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače .....	74
Obrázek 68 - Ukázka animace Dvojitý T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače .....	75
Obrázek 69 - Sériové zapojení operačních zesilovačů .....	76
Obrázek 70 - Ukázka animace Sériové zapojení operačních zesilovačů .....	77
Obrázek 71 - Paralelní zapojení operačních zesilovačů .....	78
Obrázek 72 - Ukázka animace Paralelní zapojení operačních zesilovačů .....	79

## 8 PŘÍLOHY

Na přiloženém CD se nacházejí tyto přílohy:

1. Bakalářská práce ve formátu docx a pdf
2. Animace ve formátu swf
3. Simulace zapojení ve formátu ms10
4. Obrázky ve formátu png
5. Kurz vytvořený v ProAuthoru