

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, 2015**

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

V Plzni, 30. Června2015

.....  
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 .....	5
1 SEZNÁMENÍ S TEORIÍ PRO TVORBU A ŘEŠENÍ PŘÍKLADŮ .....	I
1.1 LINEÁRNÍ PRVKY.....	I
1.1.1 Ohmův zákon .....	I
1.1.2 Kirchhoffovy zákony .....	II
1.2 NAPÁJECÍ ZDROJE.....	IV
1.2.1 Definice napájecího zdroje .....	IV
1.2.2 Rozdělení napájecích zdrojů .....	IV
1.2.3 Ideální zdroj napětí.....	IV
1.2.4 Reálný zdroj napětí.....	V
1.2.5 Ideální zdroj proudu .....	V
1.2.6 Reálný zdroj proudu .....	VI
1.2.7 Napětím řízený zdroj napětí (NZN).....	VII
1.2.8 Proudem řízený zdroj napětí (PZN) .....	VII
1.2.9 Napětím řízený zdroj proudu (NZP).....	VIII
1.2.10 Proudem řízený zdroj proudu (PZP) .....	VIII
1.3 NELINEÁRNÍ PRVKY.....	IX
1.3.1 Polovodičová dioda .....	IX
1.3.2 Zenerova dioda .....	XII
1.3.3 Svítivá dioda (LED) .....	XII
1.3.4 Bipolární tranzistor NPN, PNP .....	XIII
1.3.5 Unipolární tranzistor – JFET .....	XIV
1.4 ŘÍZENÉ PŘEPÍNAČE .....	XV
1.4.1 Přepínače řízené napětím.....	XV
1.4.2 Přepínače řízené proudem .....	XV
1.4.3 Přepínače řízené časem.....	XV
1.5 OPERAČNÍ ZESILOVAČE.....	XVI
1.5.1 Operační zesilovač .....	XVI
1.5.2 Invertující operační zesilovač .....	XVII
1.5.3 Neinvertující operační zesilovač.....	XVIII
1.5.4 Analogový sumátor.....	XIX
1.5.5 Rozdílový zesilovač .....	XX
2 POUŽITÉ PROGRAMY MULTISIM A MACROMEDIA CAPTIVATE .....	XXII
2.1 MULTISIM .....	XXII
2.1.1 Prostředí aplikace Multisim .....	XXII
2.1.2 Komponenty programu .....	XXIII
2.2 MACROMEDIA CAPTIVATE.....	XXIV
2.2.1 Prostředí aplikace Captivate.....	XXIV
2.2.2 Funkce programu.....	XXV
2.3 VYTVOŘENÍ A ÚPRAVA ANIMACÍ PRO VYTVÁŘENÉ KOMPONENTY .....	XXV
2.4 AUTOTESTY.....	XXVI
3 VYTVOŘENÉ KOMPONENTY PRO E-KURZ.....	XXVII
3.1 ELEMENTÁRNÍ OBVOD .....	XXVII
3.1.1 Zadání .....	XXVII
3.1.2 Vypracování .....	XXVII

3.1.3	ověření.....	XXVIII
3.2	REZISTORY JAKO DĚLIČ NAPĚTÍ.....	XXIX
3.2.1	Zadání .....	XXIX
3.2.2	Vypracování .....	XXIX
3.2.3	Ověření .....	XXIX
3.3	REZISTORY JAKO DĚLIČ PROUDU.....	XXXI
3.3.1	Zadání .....	XXXI
3.3.2	Vypracování .....	XXXI
3.3.3	Ověření .....	XXXI
3.4	IDEÁLNÍ ZDROJ NAPĚTÍ .....	XXXIII
3.4.1	Zadání .....	XXXIII
3.4.2	Vypracování .....	XXXIII
3.4.3	Ověření .....	XXXIII
3.5	REÁLNÝ ZDROJ NAPĚTÍ .....	XXXV
3.5.1	Zadání .....	XXXV
3.5.2	Vypracování .....	XXXV
3.5.3	Ověření .....	XXXV
3.6	IDEÁLNÍ ZDROJ PROUDU .....	XXXVI
3.6.1	Zadání .....	XXXVI
3.6.2	Vypracování .....	XXXVI
3.6.3	Ověření .....	XXXVI
3.7	REÁLNÝ ZDROJ PROUDU .....	XXXVII
3.7.1	Zadání .....	XXXVII
3.7.2	Vypracování .....	XXXVII
3.7.3	Ověření .....	XXXVII
3.8	NAPĚTÍM ŘÍZENÝ ZDROJ NAPĚTÍ (NZN).....	XXXIX
3.8.1	Zadání .....	XXXIX
3.8.2	Vypracování .....	XXXIX
3.8.3	Ověření .....	XXXIX
3.9	PROUDEM ŘÍZENÝ ZDROJ NAPĚTÍ (PZN).....	XL
3.9.1	Zadání .....	XL
3.9.2	Vypracování .....	XL
3.9.3	Ověření .....	XL
3.10	NAPĚTÍM ŘÍZENÝ ZDROJ PROUDU (NZP) .....	XLI
3.10.1	Zadání .....	XLI
3.10.2	Vypracování .....	XLI
3.10.3	Ověření .....	XLI
3.11	PROUDEM ŘÍZENÝ ZDROJ PROUDU (PZP) .....	XLII
3.11.1	Zadání .....	XLII
3.11.2	Vypracování .....	XLII
3.11.3	Ověření .....	XLII
3.12	DIODA V PROPUSTNÉM SMĚRU .....	XLIII
3.12.1	Zadání .....	XLIII
3.12.2	Vypracování .....	XLIII
3.12.3	Ověření .....	XLIV
3.13	ZENEROVA DIODA .....	XLV
3.13.1	Zadání .....	XLV

3.13.2 Vypracování .....	XLV
3.14 SVÍTIVÁ DIODA (LED) .....	XLVI
3.14.1 Zadání .....	XLVI
3.14.2 Vypracování .....	XLVI
3.14.3 Ověření .....	XLVI
3.15 BIPOLÁRNÍ TRANZISTOR PNP .....	XLVII
3.15.1 Zadání .....	XLVII
3.15.2 Vypracování .....	XLVII
3.15.3 Ověření .....	XLVII
3.16 ŘÍZENÍ OBVODU TRANZISTORU POMOCÍ POTENCIOMETRU .....	XLVIII
3.16.1 Zadání .....	XLVIII
3.16.2 Vypracování .....	XLVIII
3.16.3 Ověření .....	XLVIII
3.17 UNIPOLÁRNÍ TRANZISTOR – JFET .....	XLIX
3.17.1 Zadání .....	XLIX
3.17.2 Vypracování .....	XLIX
3.18 PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ NAPĚTÍM .....	L
3.18.1 Zadání .....	L
3.18.2 Vypracování .....	L
3.18.3 Ověření .....	L
3.19 PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ PROUDEM .....	LI
3.19.1 Zadání .....	LI
3.19.2 Vypracování .....	LI
3.19.3 Ověření .....	LI
3.20 PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ ČASEM .....	LII
3.20.1 Zadání .....	LII
3.20.2 Vypracování .....	LII
3.20.3 Ověření .....	LII
3.21 OPERAČNÍ ZESILOVAČ .....	LIII
3.21.1 Zadání .....	LIII
3.21.2 Vypracování .....	LIII
3.21.3 Ověření .....	LIII
3.22 INVERTUJÍCÍ OPERAČNÍ ZESILOVAČ.....	LIV
3.22.1 Zadání .....	LIV
3.22.2 Vypracování .....	LIV
3.22.3 Ověření .....	LIV
3.23 NEINVERTUJÍCÍ OPERAČNÍ ZESILOVAČ.....	LV
3.23.1 Zadání .....	LV
3.23.2 Vypracování .....	LV
3.23.3 Ověření .....	LV
3.24 ANALOGOVÝ SUMÁTOR.....	LVII
3.24.1 Zadání .....	LVII
3.24.2 Vypracování .....	LVII
3.24.3 Ověření .....	LVII
3.25 ROZDÍLOVÝ ZESILOVAČ.....	LVIII
3.25.1 Zadání .....	LVIII
3.25.2 Vypracování .....	LVIII

---

3.25.3	Ověření .....	LVIII
3.26	ANALOGOVÝ KOMPARÁTOR .....	LIX
3.26.1	Zadání .....	LIX
3.26.2	Vypracování .....	LIX
3.26.3	Zjištění .....	LIX
3.27	INVERTUJÍCÍ INTEGRÁTOR .....	LX
3.27.1	Zadání .....	LX
3.27.2	Vypracování .....	LX
3.27.3	Zjištění .....	LX
3.28	NEINVERTUJÍCÍ INTEGRÁTOR .....	LXII
3.28.1	Zadání .....	LXII
3.28.2	Vypracování .....	LXII
3.28.3	Zjištění .....	LXII
3.29	DERIVÁTOR .....	LXIV
3.29.1	Zadání .....	LXIV
3.29.2	Vypracování .....	LXIV
3.29.3	Zjištění .....	LXIV
3.30	T-ČLÁNEK NA VSTUPU OPERAČNÍHO ZESILOVAČE .....	LXVI
3.30.1	Zadání .....	LXVI
3.30.2	Vypracování .....	LXVI
3.30.3	Ověření .....	LXVI
3.31	T-ČLÁNEK VE ZPĚTNÉ VAZBĚ OPERAČNÍHO ZESILOVAČE .....	LXVII
3.31.1	Zadání .....	LXVII
3.31.2	Vypracování .....	LXVII
3.31.3	Ověření .....	LXVII
3.32	DVOJITÝ T-ČLÁNEK VE ZPĚTNÉ VAZBĚ OPERAČNÍHO ZESILOVAČE .....	LXVIII
3.32.1	Zadání .....	LXVIII
3.32.2	Vypracování .....	LXVIII
3.32.3	Ověření .....	LXVIII
3.33	SÉRIOVÉ ZAPOJENÍ OPERAČNÍCH ZESILOVAČŮ .....	LXIX
3.33.1	Zadání .....	LXIX
3.33.2	Vypracování .....	LXIX
3.33.3	Ověření .....	LXIX
3.34	PARALELNÍ ZAPOJENÍ OPERAČNÍCH ZESILOVAČŮ .....	LXX
3.34.1	Zadání .....	LXX
3.34.2	Vypracování .....	LXX
3.34.3	Ověření .....	LXX
4	ZÁVĚR .....	LXXI
5	RESUMÉ .....	LXXIII
6	SEZNAM LITERATURY .....	LXXIV
7	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ .....	LXXV



## Úvod

Tématem bakalářské práce je příprava komponent pro E-kurz APS (Analogové prvky a systémy). Cílem je vytvořit komponenty pro e-kurz, který bude sloužit dalším studentům k lepšímu pochopení dané látky potřebné ke splnění předmětu a demonstrace na příkladech. Pro vypracování jsme zvolily dva potřebné programy. První program se jmenuje Multisim. Tento program simuluje funkčnost zapojení navrženého obvodu, který je složený ze zvolených komponent. Druhý program je Macromedia Captivate, který nám vytváří sekvenci snímků z obrazovky, které mohou být dále upravovány, například přidáním komentářů.

V první kapitole se zaměřujeme na potřebnou teorii, která je potřebná k pochopení studijního materiálu. Bez této teorie nemůžeme vytvářet obvody v programu Multisim a vytvořit komponenty pro e-kurz. Jsou zde vysvětleny některé zákony, mezi které patří Ohmův zákon nebo Kirchhoffovy zákony. Dále jsou zde zmíněné některé zdroje napájení, ať se jedná o zdroje napětí či proudu, nebo řízené některou z uvedených veličin. Najdeme zde nelineární prvky, přepínače a nakonec operační zesilovače.

Druhá kapitola se zaměřuje na základní popis aplikací Multisim a Macromedia Captivate. Je zde seznámení s prostředím obou aplikací. Na závěr jsou zde popsány základní prvky a komponenty. Další podkapitola tvoří postup práce při vytváření nových animací s programem Captivate, jelikož se jedná o jednu a tutéž práci při vytváření animací. Na konci druhé kapitoly naleznete podkapitolu Autotesty, kde nalezneme odkazy na vytvořené testy.

Poslední kapitola je nejrozsáhlejší z důvodu popsání vytvářených komponent pro E-kurz. Jedná se o praktickou část uvedeného studijního předmětu APS a ověření funkčnosti zapojení obvodů v prostředí programu Multisim. Příklady obvodů jsou zaměřeny zejména na ověření teoretických znalostí a následně o rozšíření. U každé podkapitoly, která je věnována jednomu příkladu, je zadání, vypracování a následně ověření nebo zjištění. Vše je doprovázeno grafickým znázorněním vytvořených obvodů a ověření na vzorcích.

## 1 SEZNÁMENÍ S TEORIÍ PRO TVORBU A ŘEŠENÍ PŘÍKLADŮ

### 1.1 LINEÁRNÍ PRVKY

Lineární prvky jsou součástky, jejichž základní parametr nezávisí na procházení proudu či napětí. Mají lineární V-A charakteristiku a platí zde Ohmův zákon.

#### 1.1.1 OHMŮV ZÁKON

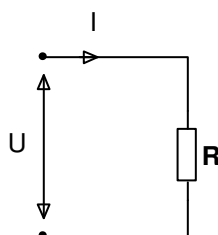
Pro základy elektrotechniky je nutné mít znalost Ohmova zákona. Ohmův zákon je vztah mezi elektrickým proudem ( $I$ ), napětím ( $U$ ) a odporem ( $R$ ).

Elektrický odpor je fyzikální veličina schopná vést elektrický proud[2]. Hodnota odporu závisí na materiálu, tvaru a teplotě vodiče, ze kterého je vyroben. Základní jednotka Odporu je  $1\Omega$ . Odborný název pro pasivní elektrickou součástku je Rezistor.

Elektrické napětí představuje rozdíl elektrického potenciálu mezi dvěma měřeními body. Základní jednotkou je 1 V.

Elektrický proud se dá definovat jako velikost elektrického náboje, který projde vodičem za jednotku času. Základní jednotkou je 1 A.

Blokové schéma je vyobrazen na Obrázku 1.



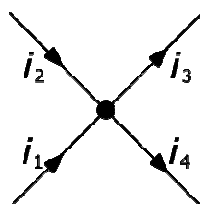
Obrázek 1 - Blokové schéma pro Ohmův zákon

Pro výpočet využíváme vztah:

$$R = \frac{U}{I}$$

### 1.1.2 KIRCHHOFFOVY ZÁKONY

První Kirchhoffův zákon je zákon o zachování elektrického náboje. Zákon je vyjádřen tak, že součet proudů vstupujících do uzlu musí být roven součtu proudů z uzlu vystupujících[2]. Na Obrázku 7 je zobrazen příklad, pro který musí platit Kirchhoffův zákon. Tudíž pro něj platí vztah  $i_1 + i_2 = i_3 + i_4$



Obrázek 2 – Příklad prvního Kirchhoffův zákon

Pro výpočet celkového odporu využijeme vztah

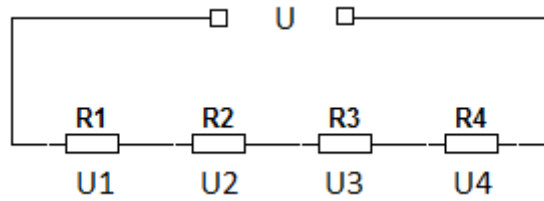
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} \Rightarrow R = \frac{R1 * R2}{R1 + R2}$$

$$I = I1 + I2$$

Druhý Kirchhoffův zákon je zákon o zachování energie. Ten lze vyjádřit tak, že součet úbytku napětí na spotřebičích se v uzavřené části obvodu rovná součtu elektromotorických napětí zdrojů v této části obvodu[2]. Algebraický součet napětí ve smyčce je roven nule. Toto je další způsob vyjádření druhého Kirchhoffova zákona. Na Obrázku 4 je zobrazen příklad, pro který musí platit Kirchhoffův zákon a tedy i vztahy.

$$U1 + U2 + U3 + U4 - U = 0$$

$$U1 + U2 + U3 + U4 = U$$



Obrázek 3 - Příklad druhého Kirchhoffův zákon

Pro výpočet celkového odporu využíváme vztahy:

$$R = R1 + R2$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{R1 + R2}$$

$$U1 = R1 * I$$

$$U2 = R2 * I$$

$$U = U1 + U2$$

## 1.2 NAPÁJECÍ ZDROJE

### 1.2.1 DEFINICE NAPÁJECÍHO ZDROJE

Napájecím zdrojem rozumíme zařízení, které je schopné dodat elektrickému zařízení napětí či proud potřebný k jeho činnosti. [4]

V současné době potkáváme mnoho elektrických a elektronických zařízení, která potřebují ke správné funkci a činnosti elektrický napájecí zdroj. Každý zdroj napájení musí předat elektrickému zařízení požadovanou hodnotu napájecího napětí a proudu. Z tohoto důvodu musíme stanovit hodnoty komponentů a parametry obvodů ve zdroji podle hodnot výstupních veličin.

### 1.2.2 ROZDĚLENÍ NAPÁJECÍCH ZDROJŮ

#### 1) Podle typu dodávaného výkonu

- zdroje stejnosměrného napětí a proudu
- zdroje střídavého napětí a proudu

#### 2) Podle základního fyzikálního principu a činnosti

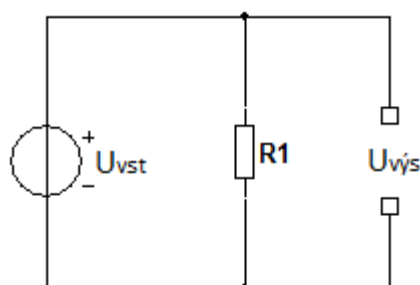
- elektrochemické (primární a sekundární články)
- elektromechanické (generátory, dynamo, alternátory)
- zdroje využívající elektrickou rozvodovou síť (elektronické)

#### 3) Podle povahy vnitřních dějů

- zdroje neregulované
- zdroje regulované

### 1.2.3 IDEÁLNÍ ZDROJ NAPĚTÍ

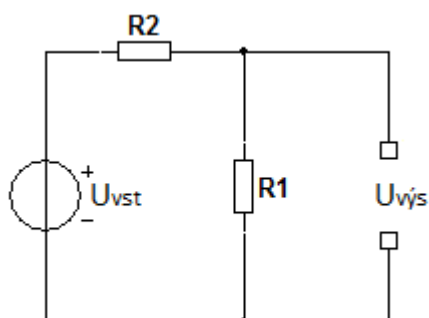
Ideální zdroj napětí je takový zdroj napětí, kde nedochází k poklesu napětí na výstupu. V obvodu máme pouze zdroj napájení a odpor viz Obrázek 4. Platí zde Ohmův zákon. Tento stav se nedá ve skutečnosti provést. Vždy máme v obvodu ztráty a poklesy napětí. Pokles napětí je například způsoben dlouhým vodičem, kde vzniká teplo, které se dá převést na energii a tím nám klesá výsledné napětí.



Obrázek 4 - Ideální zdroj napětí

#### 1.2.4 REÁLNÝ ZDROJ NAPĚTÍ

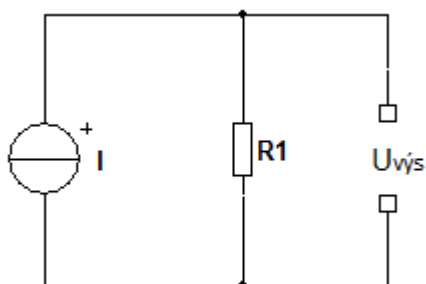
Reálný zdroj napětí se od ideálního liší tak, že v obvodě dochází ke ztrátě. Pro náš příklad si můžeme vložit odpor s velikostí  $2 \Omega$  do obvodu. Což pro nás bude představovat ztráty v obvodě viz. Obrázek 5. Na výstupním napětí bude vidět pokles napětí způsobený vloženým odporem do obvodu.



Obrázek 5 - Reálný zdroj napětí

#### 1.2.5 IDEÁLNÍ ZDROJ PROUDU

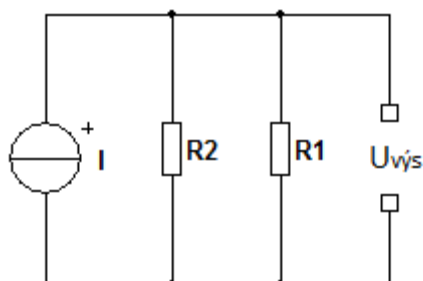
Ideální zdroj proudu je takový zdroj proudu, kde nedochází k žádné ztrátě. V obvodu máme zdroj proudu a odpor, které máme vyobrazeny na Obrázku 6. Po výpočtu pomocí Ohmova zákona máme výstupní napětí beze ztrát. Tato situace je pouze teoretická, protože vždy máme minimálně malé ztráty způsobené například vodiči.



Obrázek 6 - Ideální zdroj proudu

### 1.2.6 REÁLNÝ ZDROJ PROUDU

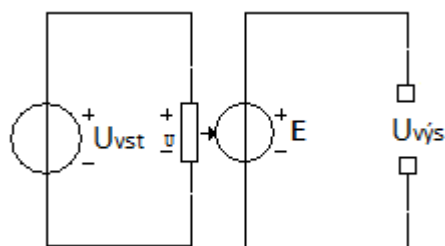
Reálný zdroj proudu je zdroj proudu, ve kterém dochází k poklesu napětí. Zapojení je přibližně stejné jako v případě obvodu s ideálním zdrojem proudu, ale musíme přidat odpor, který bude simulovat zátěž. V našem případě přidáme odpor s velikostí  $1\text{ k}\Omega$  paralelně zapojený. Odpor musí být paralelně zapojený, protože odpory zapojené do série se sčítají, ale my potřebujeme připojit odpor, jako zátěž viz. Obrázek 7.



Obrázek 7 - Reálný zdroj proudu

### 1.2.7 NAPĚTÍM ŘÍZENÝ ZDROJ NAPĚTÍ (NZN)

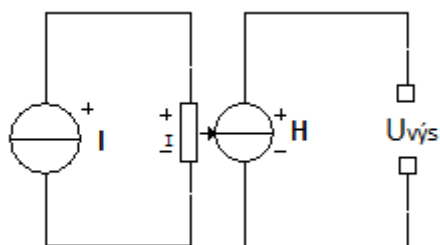
Napětím řízený zdroj napětí (NZN) je zdroj, který využívá napětí pro zesílení vstupního napětí. V obvodu máme vstupní zdroj napětí a NZN. Veličina pro zesílení je tedy napětí. Napěťové zesílení se označuje  $E$  a má jednotky  $V/V$ . Pro výpočet výstupního napětí využíváme vzorec  $U_{vys} = E * U_{vst}$ . Schéma zapojení v obvodu je vyobrazeno na Obrázku 8.



Obrázek 8 - Napětím řízení zdroj napětí

### 1.2.8 PROUDEM ŘÍZENÝ ZDROJ NAPĚTÍ (PZN)

Proudem řízený zdroj napětí (PZN) je zdroj, který využívá napětí pro zesílení vstupního proudu. V obvodu máme vstupní zdroj proudu a PZN. Veličina pro zesílení je tedy proud. Transresistance se označuje  $H$  a má jednotky  $\Omega[1]$ . Pro výpočet výstupního napětí využíváme vzorec  $U_{vys} = H * I$ . Schéma zapojení v obvodu je vyobrazeno na Obrázku 9.

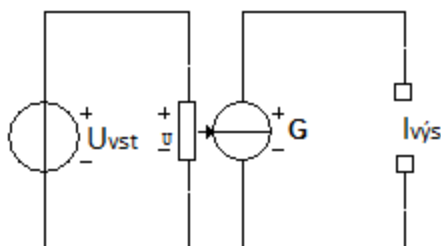


Obrázek 9 - Napětím řízení zdroj napětí



### 1.2.9 NAPĚTÍM ŘÍZENÝ ZDROJ PROUDU (NZP)

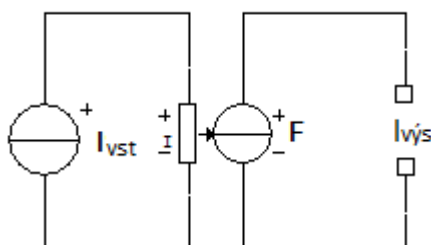
Napětím řízený zdroj proudu (NZP) je zdroj, který využívá napětí pro zesílení proudu. V obvodu máme vstupní zdroj napětí a NZP. Veličina pro zesílení je tedy napětí a nazývá se Transconductance, označená písmenem  $G$  s jednotky  $\text{Mho}[1]$ . Pro výpočet výstupního napětí využíváme vzorec  $I_{\text{vys}} = G * U_{\text{vst}}$ . Schéma zapojení v obvodu je vyobrazeno na Obrázku 10.



Obrázek 10 - Napětím řízený zdroj proudu

### 1.2.10 PROUDEM ŘÍZENÝ ZDROJ PROUDU (PZP)

Proudem řízený zdroj proudu (PZP) je obvod, kde máme vstupní zdroj proudu a PZP. Tento zdroj využívá proud pro zesílení vstupního proudu. Veličina pro zesílení je tedy proud. Proudové zesílení se označuje  $F$  a má jednotky  $\text{A/A}$ . Pro výpočet výstupního proudu využíváme vzorec  $I_{\text{vys}} = F * I_{\text{vst}}$ . Schéma zapojení v obvodu je vyobrazeno na Obrázku 11.

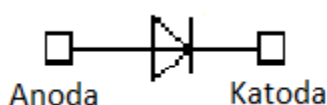


Obrázek 11 - Proudem řízený zdroj proudu

### 1.3 NELINEÁRNÍ PRVKY

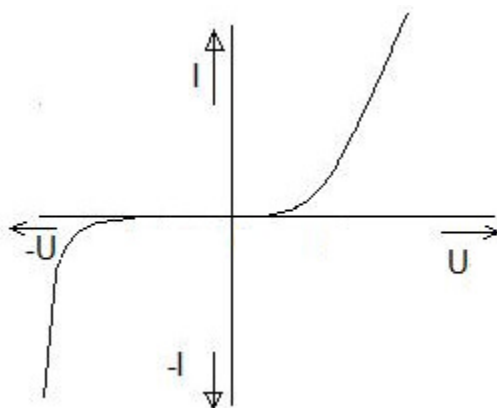
#### 1.3.1 POLOVODIČOVÁ DIODA

Dioda je polovodičová součástka, která patří mezi nelineární prvky[1,2]. Dioda má 3 oblasti. První je propustný směr, druhý je oblast kolem počátku a poslední je závěrný směr. Schematická značka je vyobrazena na Obrázku 12. Dioda má dvě pracovní polohy. První je Anoda a druhý je Katoda. Diodou prochází proud směrem od anody ke katodě za pomoci velmi malého napětí. Tudíž je řazena mezi polovodičové prvky.



Obrázek 12 - Schematická značka diody

Nelineární prvky se vyjadřují Voltampérovou charakteristikou, kde není lineární průběh mezi proudem a napětím jako na Obrázku 13.



Obrázek 13 - VA charakteristika Zenerovy diody

Vzorce pro výpočet

$$I_D = I_S \left( e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1 \right)$$

kde

$I_D$  - proud diodou

$I_S$  - závěrný (zpětný, zbytkový, saturační) proud

$U_D$  - napětí na diodě

$U_T$  - teplotní napětí (přibližně 25mV při 25°C)

Uvedený vztah se nazývá Shockleyho rovnice a popisuje chování polovodičového přechodu v propustném i závěrném směru.

Pro teplotní napětí platí:

$$U_r = \frac{k_b T}{q_e}$$

kde

$k_b$  - Boltzmannova konstanta [ $1,38 * 10^{-23}$  J/K]

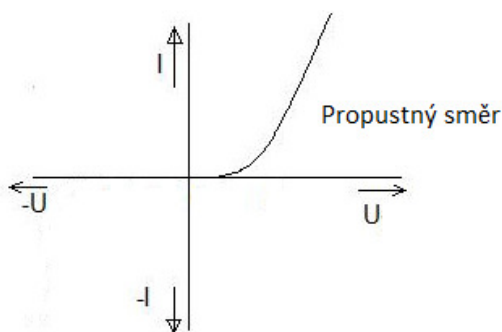
T - teplota [K]

$q_e$  - náboj elektronu [ $1,6 * 10^{-19}$  C]

Průběhy charakteristik u diody:

1) Propustný směr

V této oblasti má charakteristika exponenciální (rostoucí) průběh viz. Obrázek 14



Obrázek 14 - Dioda v propustném směru

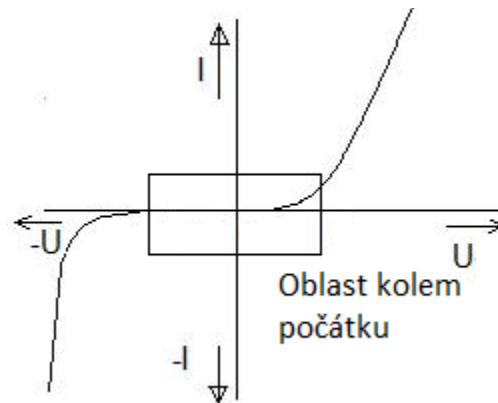
Kde platí:

$$U_D \gg 0$$

$$I_D = I_S * e^{\frac{U_D}{U_T}}$$

2) Oblast kolem počátku

V této oblasti má charakteristika lineární průběh viz. Obrázek 15.



Obrázek 15 - Dioda s oblastí kolem počátku

Kde platí:

$$U_D \approx 0$$

$$e^x = 1 + x$$

$$e^{\frac{U_D}{U_T}} = 1 + \frac{U_D}{U_T}$$

$$I_D = I_S * \left(1 + \frac{U_D}{U_T} - 1\right)$$

$$I_D = I_S * \frac{U_D}{U_T}$$

### 3) Závěrný směr

V této oblasti má charakteristika exponenciální (klesající) průběh viz. Obrázek 16



Obrázek 16 - Dioda v závěrném směru

Kde platí:

$$U_D < 0$$

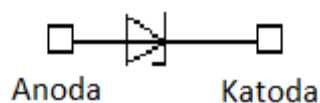
$$e^x = 1 + x$$

$$e^{-\frac{U_D}{U_T}} = \left( e^{\frac{U_D}{U_T}} \right)^{-1} = \frac{1}{e^{\frac{U_D}{U_T}}} \approx 0$$

$$I_D = I_S * (0 - 1) = -I_S$$

### 1.3.2 ZENEROVA DIODA

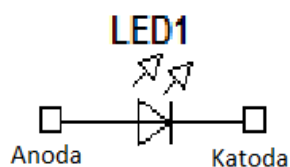
Zenerova dioda se řadí mezi speciální diody z důvodu využití. Převážně se využívá jako stabilizátor stejnosměrného napětí nebo přepětová ochrana. Proto se zapojuje zejména v závěrném směru. Schematická značka je vyobrazena na Obrázku 17. Schéma zapojení je na Obrázku 32, kde  $U_2 = U_{ZD}$ . Zenerovo napětí je  $U_{ZD}$ .



Obrázek 17 - Schematická značka Zenerovy diody

### 1.3.3 SVÍTIVÁ DIODA (LED)

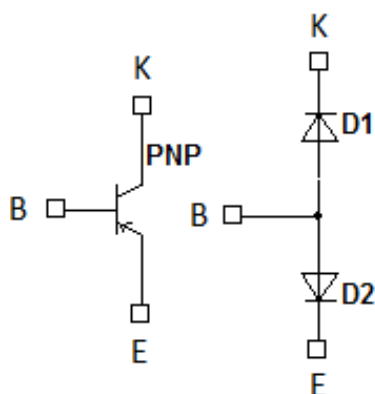
Svítlivá dioda patří také mezi speciální diody. Jedná se o polovodičovou součástku, která převádí elektrickou energii na světlo. Zapojuje se v propustném směru. Schematická značka je vyobrazena na Obrázku 18.



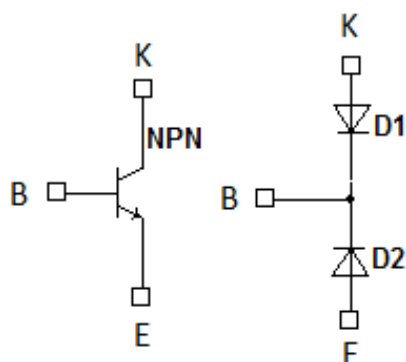
Obrázek 18 - LED dioda

### 1.3.4 BIPOLÁRNÍ TRANZISTOR NPN, PNP

Bipolární tranzistor je polovodičová součástka tvořena 2 převody P-N. Základní vlastnost tranzistorů je zesílení vstupního proudu a napětí[2,3]. Tranzistor má 3 vývody nazývané Báze, Kolektor a Emitor. Bipolární tranzistor je řízen proudem tekoucím do emitoru. Tato polovodičová součástka je jedna z nejvíc využívaná součástka v elektronice[2,3]. Nalezneme ji například v procesorech, pamětech a ve všech ostatních integrovaných systémech. Jsou dva typy PNP a NPN. Schematické značky naleznete na Obrázku 19 a Obrázku 20.



Obrázek 19 - Bipolární tranzistor PNP



Obrázek 20 - Bipolární tranzistor NPN

Vzorce pro výpočet:

$$I_K = \beta * I_B$$

$$I_E = I_K * I_B$$

Kde

$I_K$  - proud kolektorem

$I_B$  - proud báží

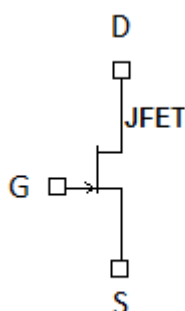
$I_E$  - proud emitoru

$\beta$  - parametr tranzistoru - tzv. proudový zesilovací činitel

### 1.3.5 UNIPOLÁRNÍ TRANZISTOR – JFET

Unipolární tranzistor je polovodičový prvek, který je řízen napětím. Unipolární tranzistor musí mít velký vstupní odpor na rozdíl od bipolárního tranzistoru, kterému stačí velmi malý vstupní odpor.

JFET je unipolární tranzistor s přechodovým hradlem řízený elektrickým polem. Má tři vývody nazvané Gate (G, Hradlo), Source (S, Emitor) a Drain (D, Kolektor). Schematická značka je znázorněna na Obrázku 21.



Obrázek 21 - Schematická značka tranzistoru JFET

Charakteristická rovnice pro JFET

$$I_D = I_{DSS} * \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{TO}}\right)^2$$

kde

$I_D$  - proud sběrnou elektrodou

$I_{DSS}$  - proud sběrnou elektrodou za předpokladu  $U_{GS} = 0$

$U_{GS}$  - napětí mezi G a S

$U_{TO}$  - prahové napětí (threshold) [-1 až -5V]

## 1.4 ŘÍZENÉ PŘEPÍNAČE

### 1.4.1 PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ NAPĚTÍM

Přepínač řízený napětím, je elektronická součástka nazývaná napěťové relé, které nám sepne v případě dosáhnutí potřebného napětí. Ve světě se používá převážně jako podpětová nebo přepětová ochrana zařízení náchylné na toleranci napájení. Označuje se zkratkou HRN<sup>1</sup>.

### 1.4.2 PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ PROUDEM

Přepínač řízený proudem, je elektronická součástka nazývaná proudové relé, které nám sepne v případě dosáhnutí potřebného proudu. Ve světě se používá převážně pro hlídání velikosti proudu procházející vodičem. Označuje se zkratkou PRI<sup>2</sup>.

### 1.4.3 PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ ČASEM

Přepínač řízený časem, je elektronická součástka nazývaná časové relé, které nám sepne či rozepne v případě uplynutí nastaveného času. Ve světě se využívá v automatizaci, nebo v domácnostech například k ovládání topení či ventilátorů. Označuje se zkratkou CRM<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> HRN - Hlídací napěťové relé

<sup>2</sup> PRI - Proudový indikátor

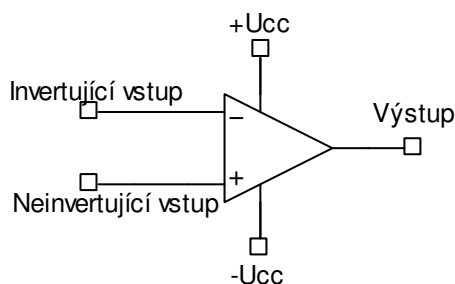
<sup>3</sup> CRM - Časové relé multifunkční



## 1.5 OPERAČNÍ ZESILOVAČE

### 1.5.1 OPERAČNÍ ZESILOVAČ

Operační zesilovač je polovodičová součástka vyráběná formou integrovaného obvodu, který má velký napěťový zesílení vstupního rozdílového napětí. Jedna z definic operačního zesilovače je např. Stejnoseměrný zesilovač s velkým napěťovým zesílením, velkou vstupní a malou výstupní rezistencí. Napěťové zesílení má symbol  $A_u$  a pohybuje se v rozmezí  $10^4$  až  $10^9$ . Schematickou značku vidíme na Obrázku 22.



Obrázek 22 - Schematická značka operačního zesilovače

Jak je znázorněno na Obrázku 46, operační zesilovač má dva vstupy invertující a neinvertující a jeden výstup.  $U_{cc}$  jsou vývody pro napájení, kmitočtovou kompenzaci a kompenzaci vstupní napěťové nesymetrie.

Invertující vstup operačního zesilovače zesiluje vstupní elektrický signál, ale také posune fázi zesílení vstupního elektrického signálu o  $180^\circ$ . Neinvertující vstup operačního zesilovače zesílí vstupní elektrický signál, ale fázový posun mezi vstupním a výstupním elektrickým signálem je nulový.

#### Rozdělení operačních zesilovačů podle integrovaného zesilovacího prvku:

##### 1) Bipolární operační zesilovač

Tento operační zesilovač má základem integrovaný bipolární tranzistor. Jedná se o jeden z nejrozsáhlejších a nejstarších operačních zesilovačů. Používají se hlavně pro zesilování stejnosměrných a střídavých nízko frekvenčních napěťových signálů.

##### 2) BIFET operační zesilovač

Tento operační zesilovač má integrovaný unipolární tranzistor JFET. BIFET má velmi vysoký vstupní odpor tzv. Impedanci.

### 3) BIMOS operační zesilovač

BIMOS má také integrovaný unipolární tranzistor, ale jedná se o tranzistor MOSFET. Podobně jako u BIFETu má velmi vysoký vstupní odpor, ale díky jeho vlastnostem se blíží k vlastnostem ideálního operačního zesilovače. Díky těmto vlastnostem se používá hlavně v oblasti vysoko frekvenční techniky, například u elektronických měřicích přístrojů.

#### Rozdělení operačních zesilovačů podle použitého napájení:

##### 1) Symetrické operační zesilovače

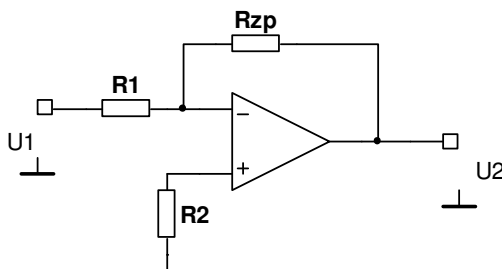
Hlavní vlastnost tohoto operačního zesilovače je, že vyžaduje symetrické napájení<sup>4</sup>. Z tohoto důvodu, může být vstupní i výstupní elektrický signál kladný i záporný.

##### 2) Nesymetrické operační zesilovače

Nesymetrickému operačnímu zesilovači postačuje jen jedna polarita napájení. Použití těchto operačních zesilovačů je jednodušší co se týče napájecího zdroje, ale neumožňuje mít na výstupu záporné napětí.

### 1.5.2 INVERTUJÍCÍ OPERAČNÍ ZESILOVAČ

Invertující operačního zesilovače zesiluje vstupní elektrický signál, ale také posune fázi zesílení vstupního elektrického signálu o 180°. Je-li tedy na vstupu např. kladné napětí, získáme na výstupu invertujícího zapojení zesílené záporné napětí a naopak. Schéma zapojení invertujícího operačního zesilovače je na Obrázku 23.



Obrázek 23 - Schéma zapojení invertujícího zesilovače

<sup>4</sup> Symetrické napájení je například +10V a -10V proti zemi

Kde  $R_1$  je vstupní rezistor,  $R_{zp}$  je zpětnovazební rezistor a  $R_2$  je kompenzace vstupní nesymetrie. Pro toto zapojení si můžeme odvodit rovnice za pomoci 1. Kirchhoffova zákona a Ohmova zákona.

$$I_1 + I_2 = I_0$$

$$I_1 + I_2 = 0$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1}$$

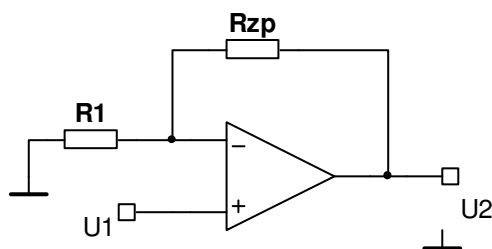
$$I_2 = \frac{U_2}{R_{zp}}$$

$$\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_{zp}} = 0 \Rightarrow \frac{U_1}{R_1} = -\frac{U_2}{R_{zp}}$$

$$A_U = \frac{U_2}{U_1} = -\frac{R_{zp}}{R_1}$$

### 1.5.3 NEINVERTUJÍCÍ OPERAČNÍ ZESILOVAČ

Neinvertující operačního zesilovače zesiluje vstupní elektrický signál, ale nedojde k posunutí fáze jako u invertujícího zapojení operačního zesilovače. Schéma zapojení neinvertujícího operačního zesilovače je na Obrázku 24.



Obrázek 24 - Schéma zapojení neinvertujícího zesilovače

Kde  $R_1$  je vstupní rezistor,  $R_{zp}$  je zpětnovazební rezistor. Pro toto zapojení si můžeme odvodit rovnice za pomoci Ohmova zákona.

$$U_1 = R_1 * I$$

$$U_2 = (R_2 + R_{zp}) * I$$

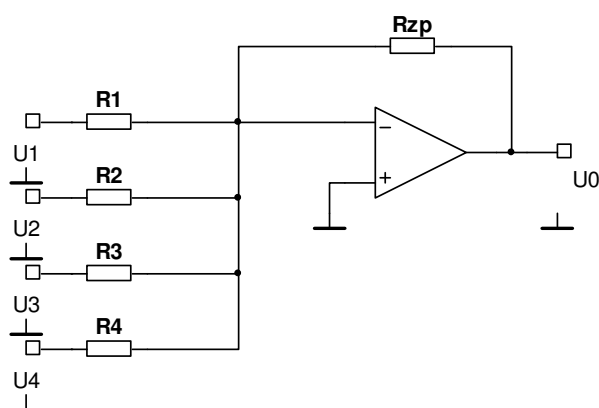
$$A_u = \frac{U_2}{U_1} = \frac{(R_1 + R_{zp}) * I}{R_1 * I} = \frac{(R_1 + R_{zp})}{R_1}$$

$$A_U = \frac{R_1}{R_1} + \frac{R_{zp}}{R_1}$$

$$A_U = 1 + \frac{R_{zp}}{R_1}$$

#### 1.5.4 ANALOGOVÝ SUMÁTOR

Analogový sumátor je rozšířený napěťový invertující zesilovač, který sčítá napětí jednotlivých vstupů. Schéma zapojení analogového sumátoru nalezneme na Obrázku 25.



Obrázek 25 - Schéma zapojení analogového sumátoru

Kde  $R_1..R_4$  jsou vstupní rezistory,  $U_1..U_4$  jsou vstupní napětí a  $R_{zp}$  je zpětnovazební rezistor. Pro toto zapojení si můžeme odvodit rovnice za pomoci Ohmova zákona a první Kirchhoffův zákon.

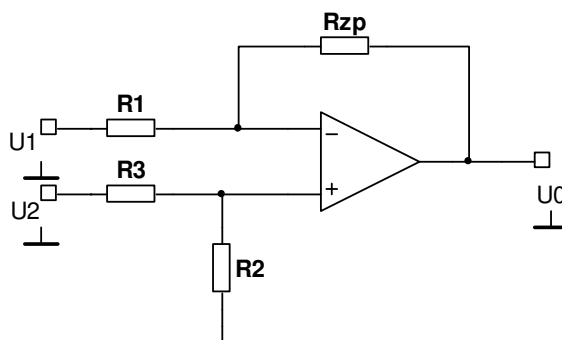
$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_{ZP} = 0$$

$$\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} + \frac{U_4}{R_4} + \frac{U_0}{R_{ZP}} = 0$$

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

### 1.5.5 ROZDÍLOVÝ ZESILOVAČ

Rozdílový zesilovač je spojením invertujícího a neinvertujícího operačního zesilovače, který zesílí podle poměru rezistorů zapojených v obvodu a zároveň rozdělí vstupní napětí. Schéma zapojení rozdílového zesilovače nalezneme na Obrázku 26.



Obrázek 26 - Schéma zapojení rozdílového zesilovače

Kde  $R_1, R_3$  jsou vstupní rezistory,  $U_1, U_2$  jsou vstupní napětí a  $R_{zp}$  je zpětnovazební rezistor. Pro toto zapojení si můžeme odvodit rovnice za pomoci Ohmova zákona a první Kirchhoffův zákon.

Pro zesílení rozdílového napětí musí být splněna podmínka, že na vstupech operačního zesilovače není žádný proud a je stejné napětí

$$\frac{R_{ZP}}{R_1} = \frac{R_2}{R_3}$$

Využijeme-li první Kirchhoffův zákon dostaneme rovnice:

$$I_1 + I_2 = 0 \Rightarrow \frac{U_1 - U_{ZP}}{R_1} + \frac{U_0 - U_{ZP}}{R_{ZP}} = 0$$

$$I_3 - I_4 = 0 \Rightarrow \frac{U_2 - U_{ZP}}{R_3} - \frac{U_{ZP}}{R_2} = 0$$

$$\frac{U_1 - U_2}{R_1} + \frac{U_0}{R_2} = 0$$

$$U_0 = -R_2 \left( \frac{U_1 - U_2}{R_1} \right) = \frac{R_2}{R_1} (U_2 - U_1)$$

Při předpokladu, že jsou vstupní odpory stejné nám vyjdou vzorce:

$$R_1 = R_2 = R$$

$$U_0 = U_2 - U_1$$

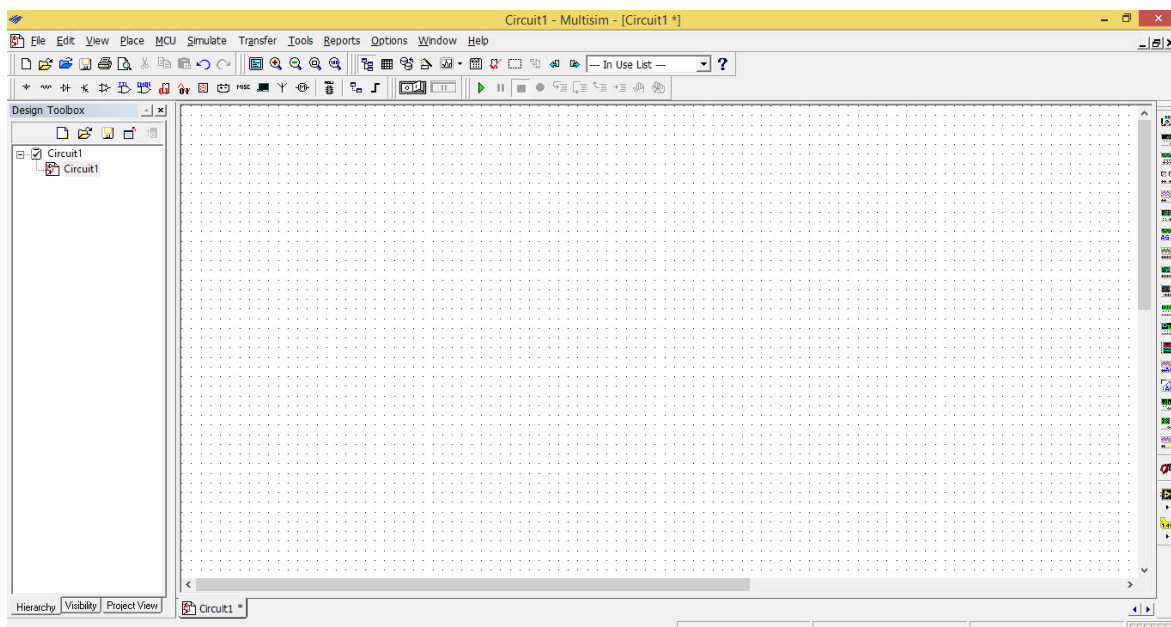
## 2 POUŽITÉ PROGRAMY MULTISIM A MACROMEDIA CAPTIVATE

### 2.1 MULTISIM

Program Multisim je elektronická laboratoř na počítač, kde můžeme ověřovat a simulovat schémata a zapojení. Zároveň patří mezi výukové simulační programovací jazyky. Umožňuje studentům seznámit se a pochopit funkčnost elektrických obvodů. Jedná se o jednoduché sestavení obvodu, jelikož obvod sestavujeme již z vytvořených s předem definovanými vlastnostmi součástek, které jsou uloženy v knihovnách.

#### 2.1.1 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 27. Velká pracovní plocha nám zajišťuje dostatečné místo pro tvorbu obvodu. Snadný přístup ke všem potřebným funkcím nám umožní rychlou tvorbu. Veškeré součástky mají definované parametry, ale dají se upravovat ve vlastnostech. To nám zajišťuje velmi rozmanitou práci při tvorbě obvodů.



Obrázek 27 - Prostředí programu Multisim

### 2.1.2 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.

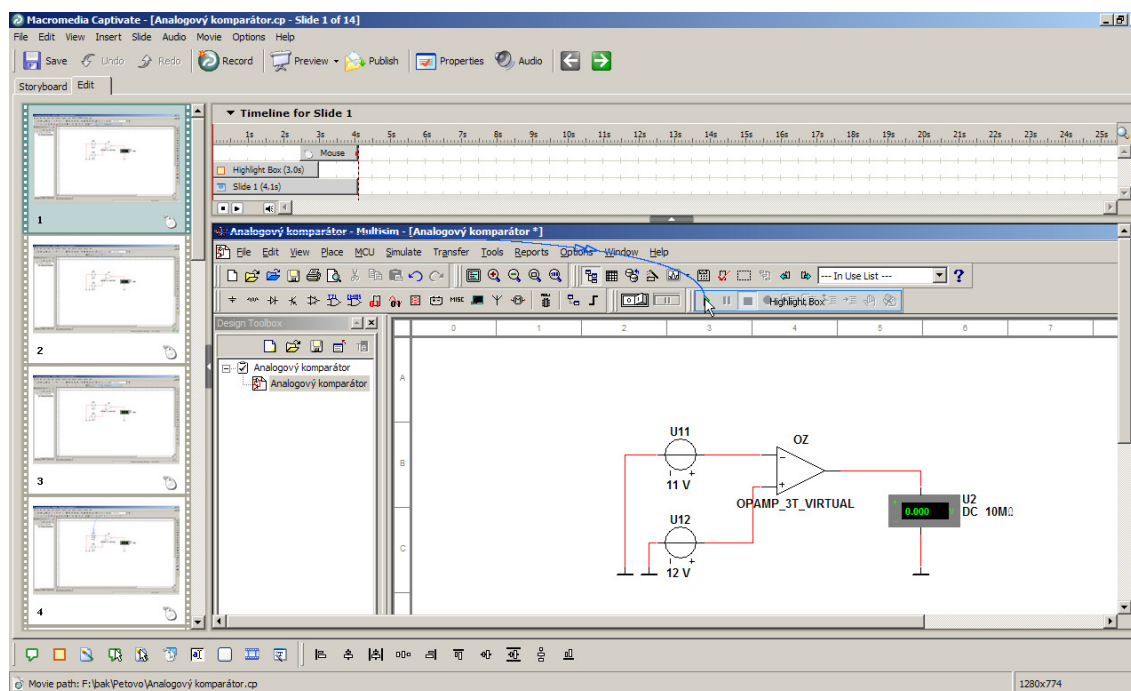


## 2.2 MACROMEDIA CAPTIVATE

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 formátů například SWF<sup>5</sup>, který využíváme nejčastěji při vytavování animace na internetu. Aplikace se dá nainstalovat na všechny operační systémy (Win, MacOS či Linux).

### 2.2.1 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 popisích, 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 28.



Obrázek 28 - Prostředí aplikace Macromedia Captivate

<sup>5</sup> SWF - je nejvyužívanější formát pro vektorovou grafiku nebo multimédia.

### 2.2.2 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 dále umístění a poté formát uložení. Nastavíme první a poslední snímek animace, tak aby se neztratila. Vybereme si přehrávací panel z nabídky a jeho umístění.

## 2.3 VYTVOŘENÍ A ÚPRAVA ANIMACÍ PRO VYTVÁŘENÉ KOMPONENTY

V první 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 propojení nastavíme čas 1 s. Přidáme popisky se vzorci z podkapitoly ověření u každého obvodu a popisek do každého snímku s názvem podkapitoly.

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 zbělení obrazovky při načtení a ukončení animace, a my jsme mohly vidět co je na prvním snímku a na posledním snímku.

## 2.4 AUTOTESTY

Toto téma se věnuje vytvoření Autotestů. Pro vytvoření jsem zvolil podporovanou aplikaci Google Docs, kam má přístup každý uživatel internetu. Pro zprávu je velmi jednoduché založit si nový Formulář, který je určen právě pro tvorbu testů. Vyplníte název formuláře, kde jsem zvolil Lineární prvky a využití formuláře. Využití formuláře je v našem případě Autotest vytvořený pro E-Kurz APS.

V každém testu je naformulováno 10 otázek. Na každou je pouze jedna správná odpověď, ale uživatel může odpovědět na více otázek. Nejedná se přesně o Autotest, ale spíše o informativní účely pro vývojáře, který chce mít například přehled o stavu gramotnosti poptávaných osob k danému tématu.

Celkem byly vytvořeny pouze tři okruhy otázek, a to z toho důvodu, jelikož e-kurz APS, který se využívá v současné době při výuce má velmi mnoho Autotestu a velmi mnoho otázek.

Odkazy na testy naleznete ve formě hypertextového odkazu níže.

[Test Lineární prvky](#)

[Test Nelineární prvky](#)

[Test Operační zesilovače](#)

### 3 VYTVOŘENÉ KOMPONENTY PRO E-KURZ

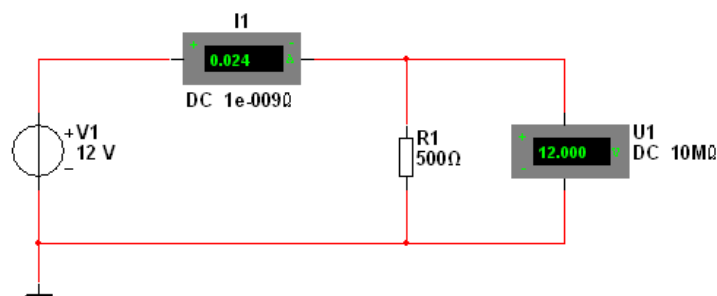
#### 3.1 ELEMENTÁRNÍ OBVOD

##### 3.1.1 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 29 - Elementární obvod

##### 3.1.2 VYPRACOVÁNÍ

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

### 3.1.3 OVĚŘENÍ

V tomto příkladě 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  $500\Omega$ . Zjišťovaná hodnota je Proud (I) vyobrazena na Ampérmetru I1. Z Ohmova zákona nám vyplyne vztah:

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

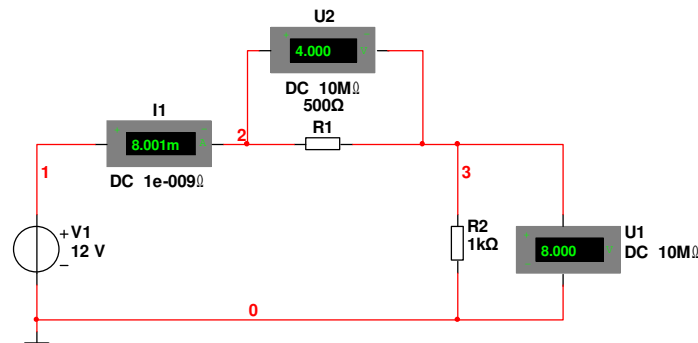
Jak je znázorněno na Obrázku 29, je tento vztah skutečně platný.

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

## 3.2 REZISTORY JAKO DĚLIČ NAPĚTÍ

### 3.2.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 30 - Příklad rezistory jako dělič napětí

### 3.2.2 VYPRACOVÁNÍ

V tomto příkladě využijeme již známe 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 propojíme dle Obrázku 30. Stiskneme tlačítko Run a vyčkáme na vyhodnocení Ampérmetru a Voltmetrů.

### 3.2.3 OVĚŘENÍ

V tomto příkladě 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 Proud ( $I$ ) vyobrazena na Ampérmetru I1, napětí U1 a U2, aby jsme si ověřili, že rezistory zapojené v sérii fungují jako dělič napětí. Tyto napětí jsou zobrazeny na Voltmetrech označeného U1 a U2. V prvním řadě si musíme zjistit celkový proud, který je potřeba k

zjištění napětí, protože při sériově zapojených rezistorech nedochází Z Ohmova zákona nám vzniknou 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:

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

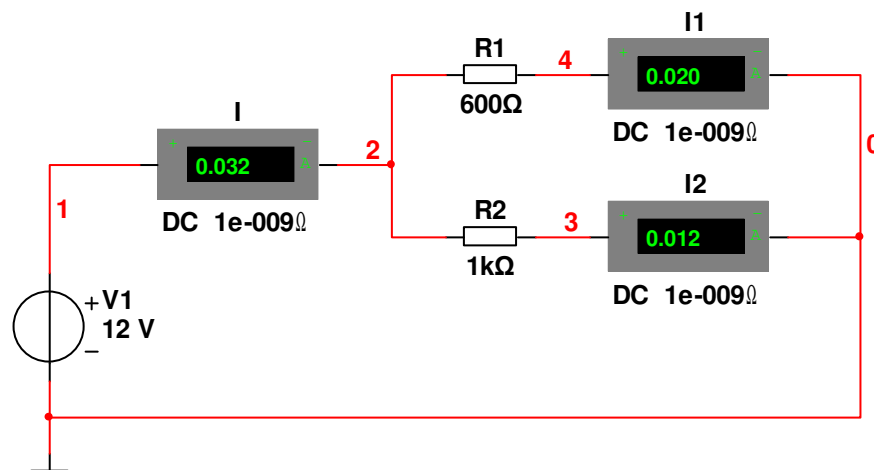
Všechny tyto hodnoty jsou znázorněny na Obrázku 30.

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

### 3.3 REZISTORY JAKO DĚLIČ PROUDU

#### 3.3.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 31 – Příklad rezistory jako dělič proudu

#### 3.3.2 VYPRACOVÁNÍ

Opět využijeme již známe komponenty. 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 a celý obvod spojíme dle Obrázku 31. Spustíme simulaci tlačítkem Run a vyčkáme na vyhodnocení Ampérmetru.

#### 3.3.3 OVĚŘENÍ

V tomto příkladě si demonstrujeme Ohmův zákon s dvěma paralelně zapojenými rezistory. Vstupní napětí ( $U$ ) je  $12\text{ V}$  a je vyobrazen zdrojem V1 a ověřen součtem Ampérmetrech označeného I1 a I2. Odpory ( $R$ ) v tomto zapojení jsou označeny R1 a R2. Odpor R1 je roven  $600\Omega$ . Odpor R2 je roven  $1\text{ k}\Omega$  ( $1000\Omega$ ). Zjišťovaná hodnota je Proud ( $I$ ) vyobrazena na Ampérmetru I1. Z Ohmova zákona nám vyplynou vztahy:

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



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

$$I1 = \frac{U}{R1} = \frac{12}{600} = 0,02A$$

$$I2 = \frac{U}{R2} = \frac{12}{1000} = 0,012A$$

$$I = I1 + I2 = 0,02 + 0,012 = 0,032A$$

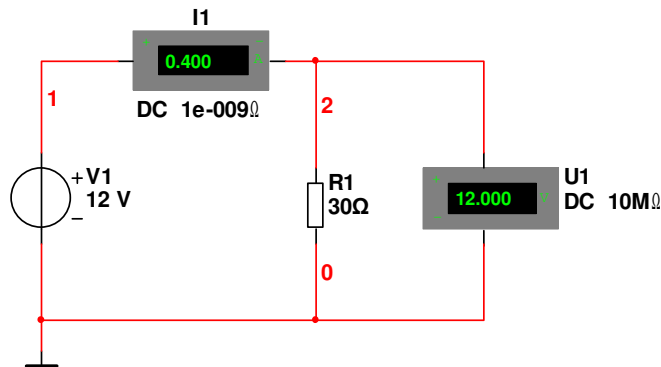
Jak je znázorněno na Obrázku 31, je tento vztah skutečně platný.

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

### 3.4 IDEÁLNÍ ZDROJ NAPĚTÍ

#### 3.4.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 32 – Příklad Ideální zdroj napětí

#### 3.4.2 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 Obrázku 32. Spustíme simulaci tlačítkem Run a vyčkáme na vyhodnocení Ampérmetru a Voltmetru.

#### 3.4.3 OVĚŘENÍ

Opět se jedná o Ohmův zákon nyní s jedním rezistorem. Vstupní napětí ( $U$ ) je  $12V$  a je vyobrazen zdrojem V1. Odpor ( $R$ ) v tomto zapojení jsou označeny 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.

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

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

$$U_{výs} = U_{vst}$$

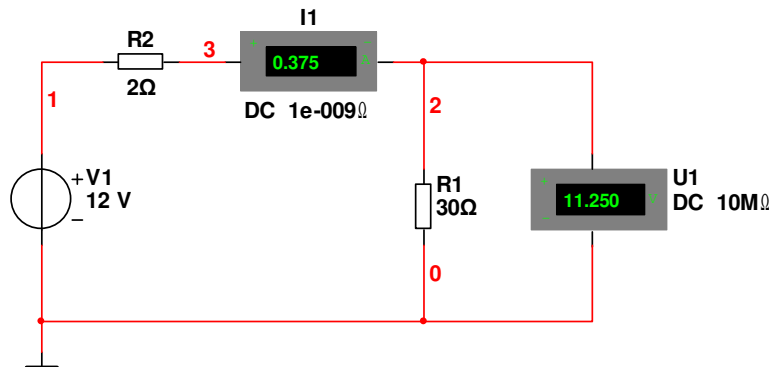
Jak je znázorněno na Obrázku 32, je tento vztah skutečně platný.

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

### 3.5 REÁLNÝ ZDROJ NAPĚTÍ

#### 3.5.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro reálný zdroj napětí, kde  $U_{vst} = 12V$ ,  $R1 = 30\Omega$ ,  $R2=2\Omega$  a  $U_{vys} = ?$



Obrázek 33 – Příklad reálný zdroj napětí

#### 3.5.2 VYPRACOVÁNÍ

Z tohoto příkladu využijeme předchozí zapojení a přidáme pouze jeden odpor o velikosti  $2\Omega$ , které nám budou simulovat v obvodu ztrátu. Spustíme simulaci tlačítkem Run a počkáme na vyhodnocovače.

#### 3.5.3 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.

$$R = R1 + R2 = 30 + 2 = 32\Omega$$

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

$$U_{vys} = I * R1 = 0,375 * 30 = 11,25V$$

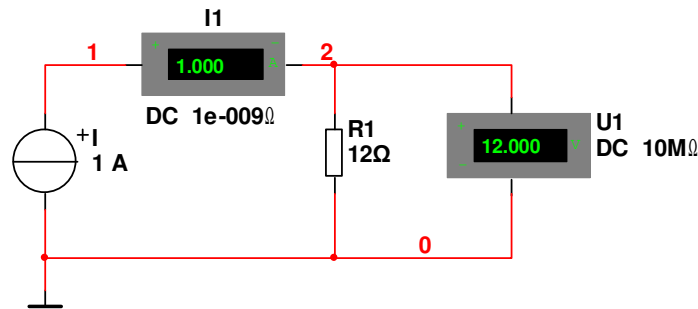
Jak je znázorněno na Obrázku 33, je tento vztah skutečně platný.

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

### 3.6 IDEÁLNÍ ZDROJ PROUDU

#### 3.6.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 34 – Příklad ideální zdroj proudu

#### 3.6.2 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 Obrázku 34. Stiskneme tlačítko Run pro spuštění simulace a vyčkáme na vyhodnocení.

#### 3.6.3 OVĚŘENÍ

Z výše uvedeného příkladu viz Obrázek 34, nám Ohmův zákon ověří, že v obvodě nedochází k poklesu napětí. Proto zde můžeme uvést, že se jedná o obvod s ideálním zdrojem proudu.

$$U_{vys} = I * R1 = 1 * 12 = 12V$$

$$I_1 = \frac{U_{vys}}{R1} = \frac{12}{12} = 1A \Rightarrow I_1 = I$$

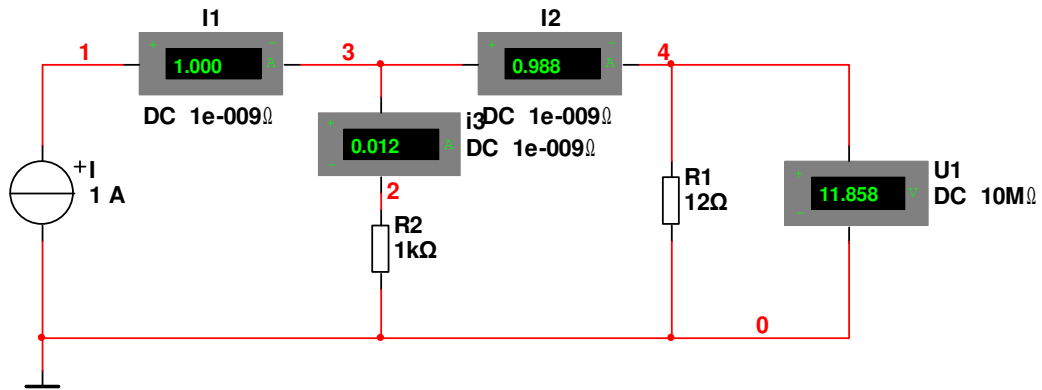
Jak je znázorněno na Obrázku 34, je tento vztah skutečně platný.

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

### 3.7 REÁLNÝ ZDROJ PROUDU

#### 3.7.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro reálný zdroj proudu s  $I = 1A$ ,  $R1 = 12\Omega$ ,  $R2 = 1k\Omega$ ,  $U_{vys} = ?$ ,  $I_2 = ?$



Obrázek 35 - Reálný zdroj proudu

#### 3.7.2 VYPRACOVÁNÍ

Pro reálný zdroj proudu můžeme využít předešlé zapojení a přidat pouze Odpor a vyhodnocovač Ampérmetr paralelně zapojené. Já jsem postupně přidával komponenty. Nejdříve jsem přidal na pracovní plochu Zdroj proudu a Uzemnění. Dále jsem přidal dva horizontální Ampérmetry a jeden vertikální. Následně vertikální Voltmetr. Po-té jsem přidal Odpor s velikostí  $12\Omega$  a nakonec Odpor s velikostí  $1k\Omega$ . Propojíme všechny komponenty dle Obrázku 35 a můžeme spustit simulaci tlačítkem Run.

#### 3.7.3 OVĚŘENÍ

Na Obrázku 35 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 proud  $I_2$ .

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

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

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

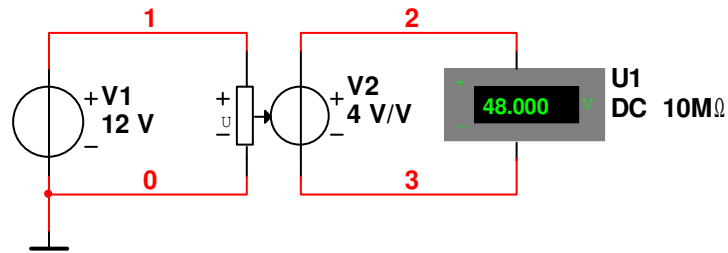
Jak je znázorněno na Obrázku 35, je tento vztah skutečně platný.

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

### 3.8 NAPĚTÍM ŘÍZENÝ ZDROJ NAPĚTÍ (NZN)

#### 3.8.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 36 – Příklad napětím řízený zdroj napětí

#### 3.8.2 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 vyhodnocovač Voltmetr a spojíme obvod dle Obrázku 36. Dvojklikem na NZN otevřeme vlastnosti a nastavíme napěťové zesílení na 4V/V. Spustíme simulaci stisknutím tlačítka Run a počkáme na vyhodnocení Voltmetru.

#### 3.8.3 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, zjistíme že dojde k zesílení vstupního napětí z 12V na 48V viz Obrázek 36.

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

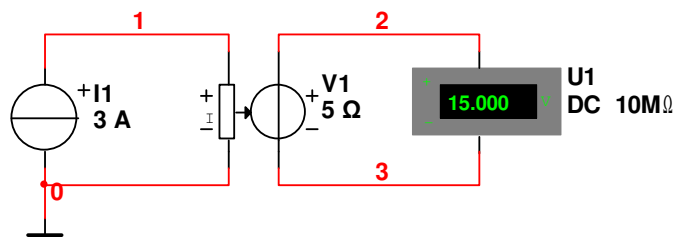
Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Napětím řízený zdroj napětí a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.



### 3.9 PROUDEM ŘÍZENÝ ZDROJ NAPĚTÍ (PZN)

#### 3.9.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 37 – Příklad Proudem řízení zdroj napětí

#### 3.9.2 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 pracovní plochu. Nakonec přidáme Voltmetr a spojíme obvod dle Obrázku 37. Dvojklikem otevřeme vlastnosti PZN a upravíme hodnotu Transresistance na  $5\Omega$ . Dalším dvojklikem změníme ve vlastnostech Zdroje proudu velikost na  $3\text{A}$ . Spustíme simulaci stisknutím tlačítka Run.

#### 3.9.3 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, zjistíme že výsledné napětí je  $15\text{V}$  viz Obrázek 37.

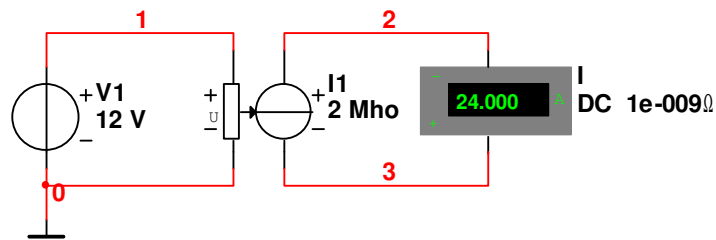
$$U_{\text{vys}} = H * I = 5 * 3 = 15\text{V}$$

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

### 3.10 NAPĚTÍM ŘÍZENÝ ZDROJ PROUDU (NZZ)

#### 3.10.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 38 – Příklad napětím řízený zdroj proudu

#### 3.10.2 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 vložíme jej na pracovní plochu. Nakonec přidáme Ampérmetr a spojíme obvod dle Obrázku 38. Dvojklikem otevřeme vlastnosti NZP a upravíme hodnotu Transconductance na 2Mho. Dalším dvojklikem změníme ve vlastnostech název Ampérmetru na I. Spustíme simulaci stisknutím tlačítka Run.

#### 3.10.3 OVĚŘENÍ

Z výše uvedeného Obrázku 38 můžeme uvést, že když nastavíme vstupní napětí o velikosti 12V a napětím řízený zdroj proudu o zesílení velikosti 2 Mho. Využijeme-li vztah  $I_{vys} = G * U_{vst}$  a doplníme hodnoty, zjistíme že výsledný proud je 24A.

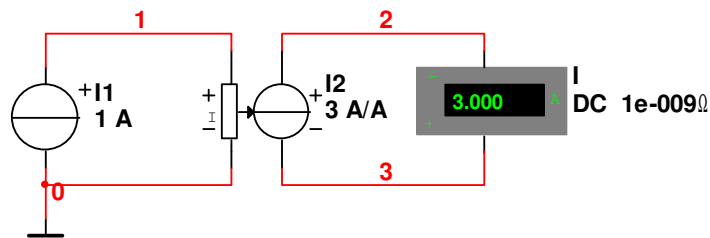
$$I_{vys} = G * U_{vst} = 2 * 12 = 24A$$

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

### 3.11 PROUDEM ŘÍZENÝ ZDROJ PROUDU (PZP)

#### 3.11.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro proudově řízený zdroj proudu, kde  $I_{vst} = 1A$ ,  $F = 3A/A$  a  $I_{vys} = ?$



Obrázek 39 – Příklad proudem řízený zdroj proudu

#### 3.11.2 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 vložíme jej na pracovní plochu. Nakonec přidáme Ampérmetr a spojíme obvod dle Obrázku 39. Dvojklikem otevřeme vlastnosti PZP a upravíme hodnotu Proudové zesílení na 3A/A. Dalším dvojklikem změníme ve vlastnostech název Ampérmetru na I. Spustíme simulaci stisknutím tlačítka Run.

#### 3.11.3 OVĚŘENÍ

V tomto obvodu máme vstupní proud o velikosti 1A a proudové zesílení o velikosti 3A/A. Využijeme-li vztah  $I_{vys} = F * I_{vst}$  a doplníme hodnoty, zjistíme že výsledný proud je 3A viz Obrázek 24.

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

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

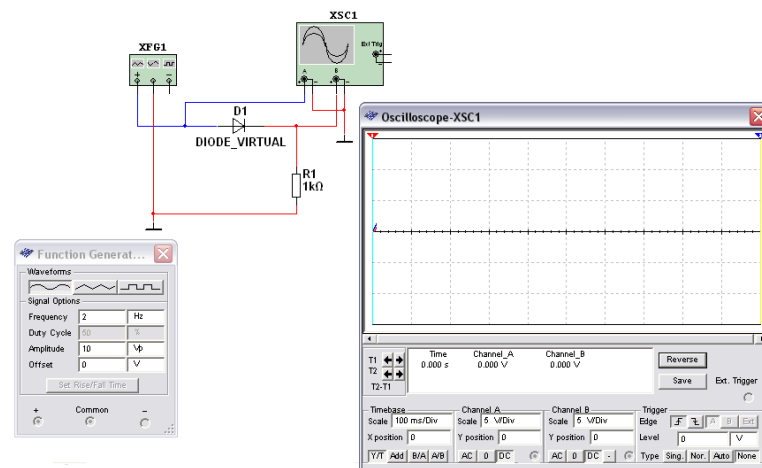
## 3.12 DIODA V PROPUSTNÉM SMĚRU

### 3.12.1 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 40 - Příklad zapojení diody v propustném směru

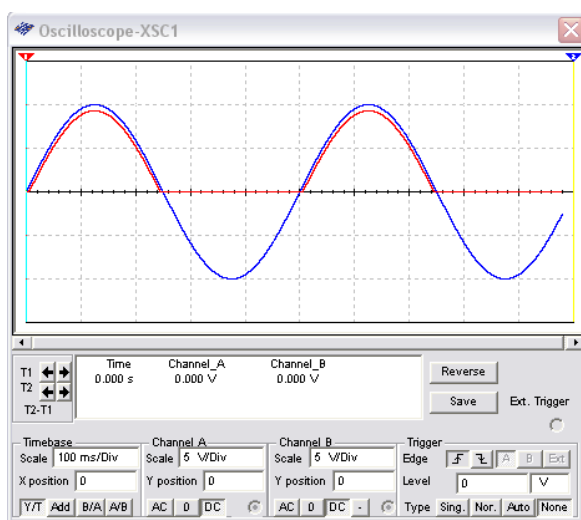
### 3.12.2 VYPRACOVÁNÍ

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 na pracovní plochu. Spojíme obvod dle Obrázku 40. 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 aby jsme byli schopni rozeznat o jaký vstup se jedná.

Dvojklikem otevřeme vlastnosti Funkčního generátoru a totéž u Osciloskopu. Na Osciloskopu nastavíme Vyobrazovací čas na 100ms/D. U Funkčního generátoru nastavíme frekvenci na 2 Hz. Spustíme simulaci a budeme sledovat, jaký je průběh na Osciloskopu.

### 3.12.3 OVĚŘENÍ

V teoretické části jsme si popisovali funkce diody. Zde je zřejmé, že když je dioda zapojena v propustném směru, tak na výstupu při záporném napětí je nula viz. Obrázek 41, kde modrý sinusový průběh je vstupní napětí a červený průběh je výstupní signál z diody.



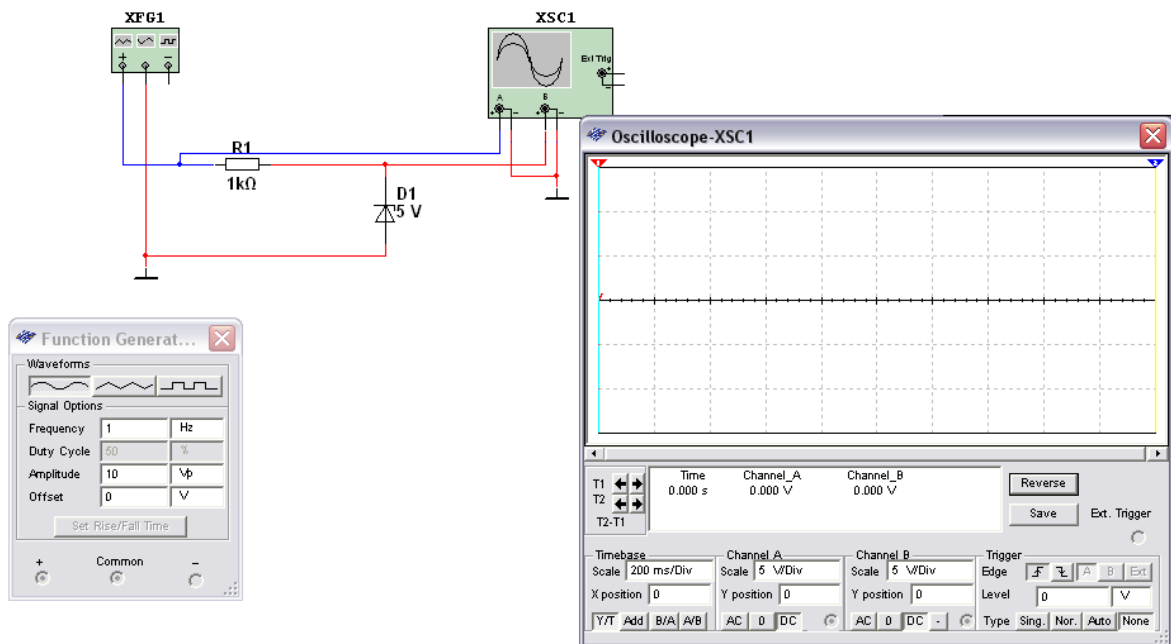
Obrázek 41 - Dioda v propustném směru - Vyhodnocení

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

### 3.13 ZENEROVA DIODA

#### 3.13.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření Zenerovy diody jako přepětové ochrany. Využijte Funkční generátor, Osciloskop, Zenerovu diodu,  $R1 = 1k\Omega$ .



Obrázek 42 - Příklad zapojení Zenerovy diody

#### 3.13.2 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 42. Klikneme pravým tlačítkem na spojení mezi Funkčním generátorem a Odporom a změníme barvu na modrou. Totéž provedeme se spojením, které vstupuje do Odporu a zároveň na vstup A u Osciloskopu

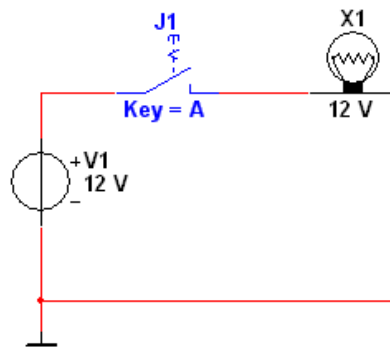
Dvojklikem otevřeme vlastnosti Funkčního generátoru a totéž u Osciloskopu. Na Osciloskopu nastavíme Vyobrazovací čas na  $200ms/D$ . Spustíme simulaci a budeme sledovat, jaký je průběh na Osciloskopu.

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

## 3.14 SVÍTIVÁ DIODA (LED)

### 3.14.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro ověření funkčnosti LED diody. V programu Multisim můžeme nahradit LED diodu žárovkou. Použijeme přepínač a žárovku pro identifikaci světla.



Obrázek 43 - Příklad zapojení se žárovkou

### 3.14.2 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 Žárovku, kterou nalezneme v databázi Indicators v záložce Virtual\_Lamp pod názvem Lamp\_Virtual. Spojíme obvod dle Obrázku 43. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

### 3.14.3 OVĚŘENÍ

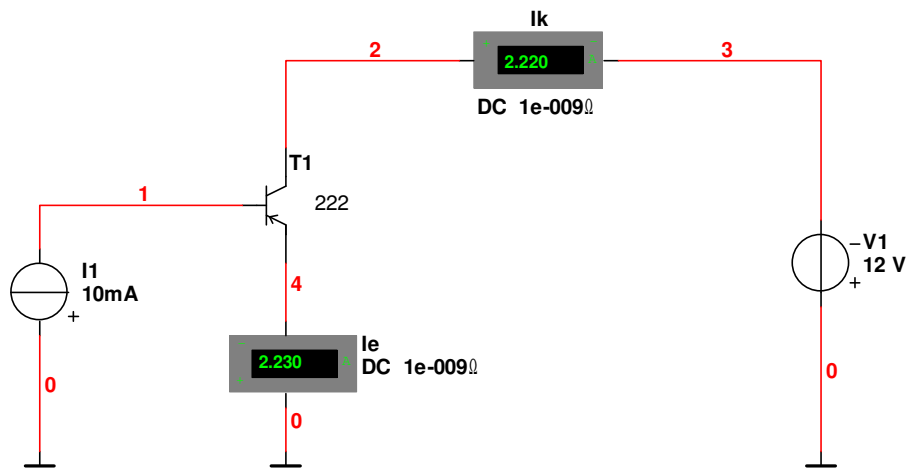
Při stisknutí klávesy A dojde k uzavření obvodu a žárovka se nám rozsvítí. Podmínkou musí být stejný napětí u zdroje a u žárovky. V případě většího vstupního napětí o 50% požadovaného napětí žárovky, dojde k prasknutí žárovky. V opačném případě, kde bude menší vstupní napětí o 50%, nedojde k rozsvícení žárovky.

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

### 3.15 BIPOLÁRNÍ TRANZISTOR PNP

#### 3.15.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 44- Příklad zapojení bipolárního tranzistoru PNP

#### 3.15.2 VYPRACOVÁNÍ

V programu Multisim jsem si vytvořil obvod dle Obrázku 44, jelikož už jsme seznámeni s programem a převážně většinou komponent. V tomto příkladě využíváme PNP tranzistor, který nalezneme v databázi Transistors a záložce Transistors\_Virtual pod názvem Bjt\_Pnp\_Virtual. Nastavíme tranzistor na hodnotu  $\beta = 222$  a velikost Zdroje proudu na 10mA.

#### 3.15.3 OVĚŘENÍ

Po doplnění do vzorce, který nalezneme v Teoretické části dostaneme:

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

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

Jak je znázorněno na Obrázku 44, je tento vztah skutečně platný.

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

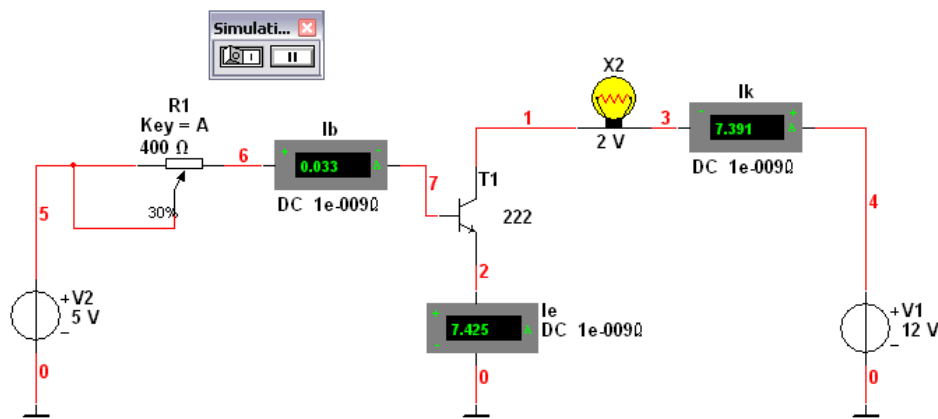


### 3.16 ŘÍZENÍ OBVODU TRANZISTORU POMOCÍ POTENCIOMETRU

#### 3.16.1 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 45 - Příklad zapojení řízení tranzistoru pomocí potenciometru

#### 3.16.2 VYPRACOVÁNÍ

Jako v předešlém případě si obvod zapojíme dle Obrázku 45. Nastavíme hodnotu NPN tranzistor  $\beta$  na 222. Potenciometr nalezneme v databázi Basic v záložce Potentiometr, kde jsou na výběr potenciometry dle velikosti. V našem případě jsem zvolil potenciometr o velikosti  $200\Omega$  a upravil vlastnosti na požadovaných  $400\Omega$ .

#### 3.16.3 OVĚŘENÍ

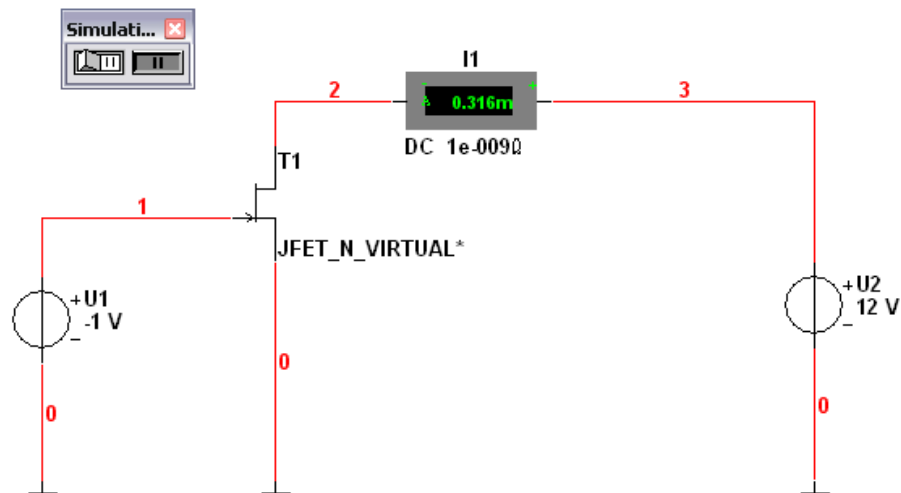
V simulaci je vidět, že když snižujeme odpor na potenciometru, tak zvyšujeme proud na všech větvích tranzistoru, ať už se jedná o Bázi, Kolektor či Emitor.

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

### 3.17 UNIPOLÁRNÍ TRANZISTOR – JFET

#### 3.17.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 46 - Příklad zapojení unipolárního tranzistoru JFET

#### 3.17.2 VYPRACOVÁNÍ

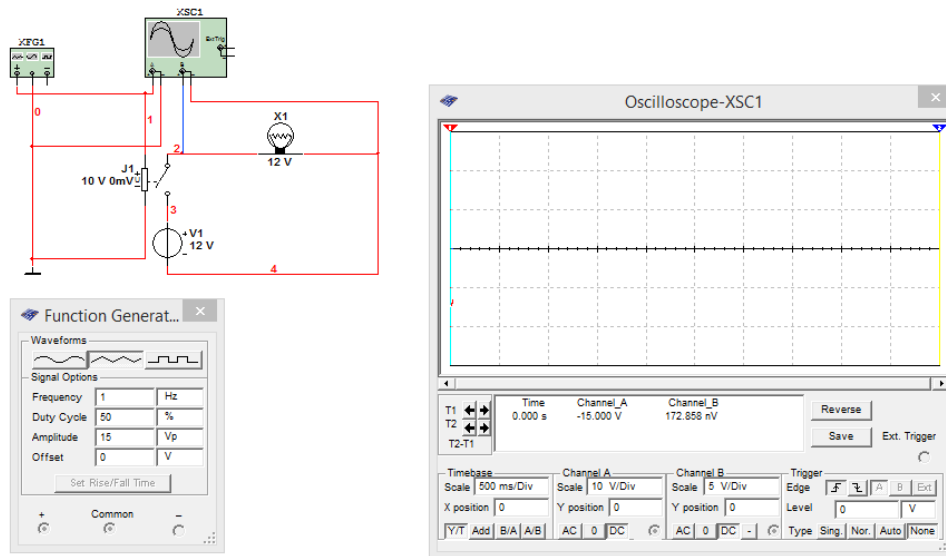
Obvod zapojíme v programu Multisim dle Obrázku 46. Nastavíme prahové napětí ve vlastnostech tranzistoru JFET v našem případě na -1,56V a spustíme simulaci tlačítkem Run.

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

### 3.18 PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ NAPĚTÍM

#### 3.18.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 47 - Příklad ověření funkce napěťového relé

#### 3.18.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 47. 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.

#### 3.18.3 OVĚŘENÍ

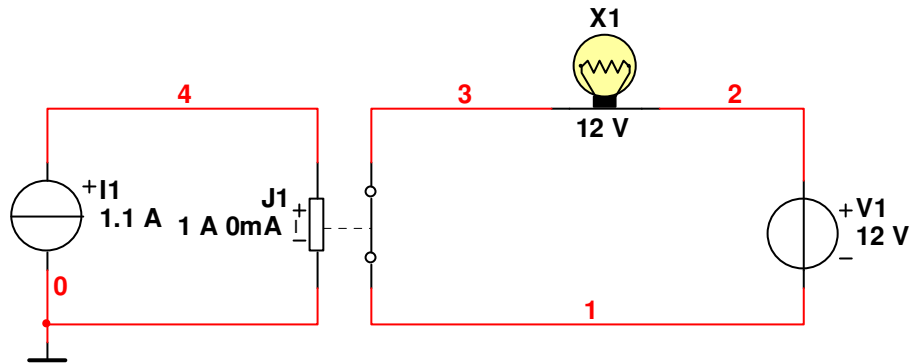
Při sledování grafu na osciloskopu se sepne napěťové relé jakmile bude hodnota dosahovat 10V a naopak rozezne v případě, jakmile klesne pod 10V.

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

### 3.19 PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ PROUDEM

#### 3.19.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 48 - Příklad ověření funkce proudového relé

#### 3.19.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 48. 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.

#### 3.19.3 OVĚŘENÍ

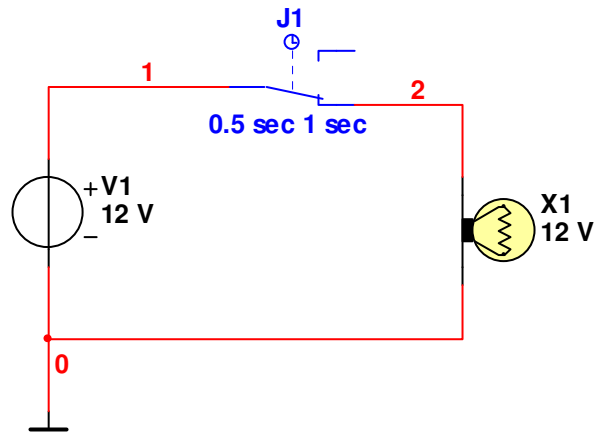
Proudové relé funguje stejně jako Napěťové relé, ale je samozřejmě řízené proudem. V našem případě jsme si nastavili zdroj proudu na 1,1A a při spuštění simulace došlo k sepnutí. V případě nastavení menšího proudu, nedojde k sepnutí relé.

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

## 3.20 PŘEPÍNAČE ŘÍZENÉ ČASEM

### 3.20.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 49 - Příklad ověření funkce časového relé

### 3.20.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 48. 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.

### 3.20.3 OVĚŘENÍ

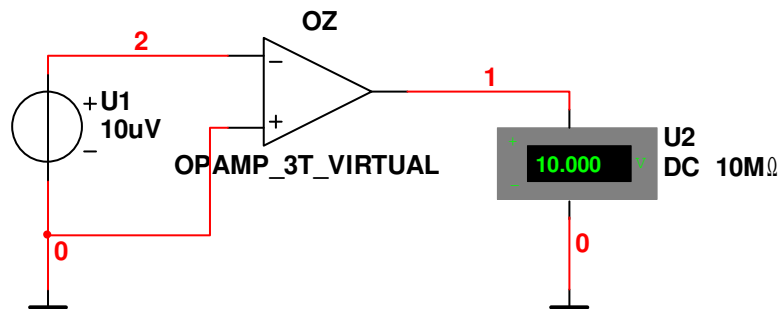
Časové relé funguje stejně jako předešlé relé, ale je samozřejmě řízené definovaným časem. V našem případě jsme si nastavili hodnotu pro sepnutí na 0,5s a hodnotu na rozepnutí na 1s.

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

## 3.21 OPERAČNÍ ZESILOVAČ

### 3.21.1 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  $U_2 = ?$ .



Obrázek 50 - Příklad zapojení operačního zesilovače

### 3.21.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 50. 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.

### 3.21.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření funkčnosti využijeme vzorec pro výpočet výsledného napětí:

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

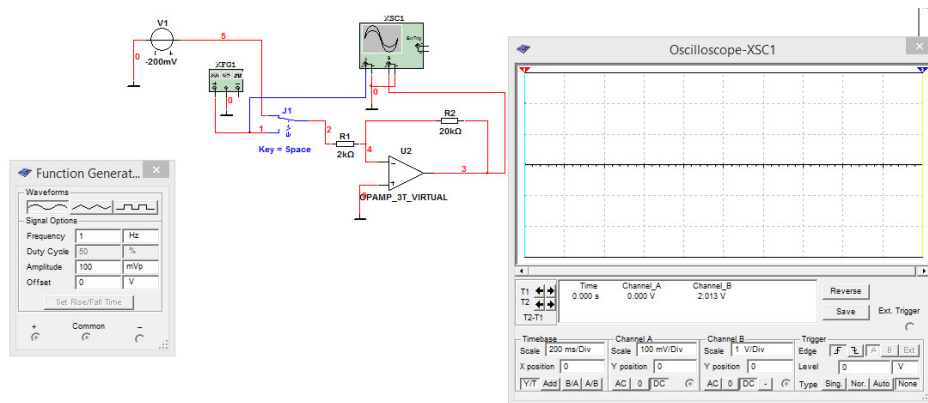
Jak je znázorněno na Obrázku 50, je tento vztah skutečně platný.

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

## 3.22 INVERTUJÍCÍ OPERAČNÍ ZESILOVAČ

### 3.22.1 ZADÁNÍ

Vytvořte zapojení pro vypočítání velikosti výstupního napětí u invertujícího zapojení OZ. Vyzkoušejte napájecí zdroj střídavý i stejnosměrný. Rezistory mají velikost  $R_1 = 2\text{k}\Omega$ ;  $R_2 = 20\text{k}\Omega$ . Stejnosměrný napájecí zdroj má velikost napětí 200mV. Střídavý zdroj má velikost napětí 100mV.



Obrázek 51 - Invertující zapojení operačního zesilovače

### 3.22.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 51. Vstupní napětí musí být do invertujícího vstupu operačního zesilovače viz Teoretická část. Nastavíme vlastnosti stejnosměrného zdroje napětí na -200mV. Velikost odporů  $R_1$  na  $2\text{k}\Omega$  a  $R_2$  na  $20\text{k}\Omega$ . Spustíme simulaci tlačítkem Run.

### 3.22.3 OVĚŘENÍ

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

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

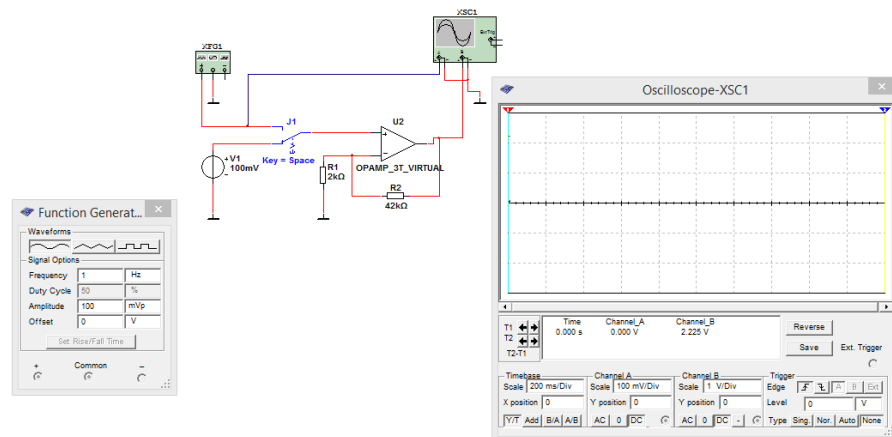
V případě přepnutého přepínače na střídavá napětí vidíme na osciloskopu, že vstupní signál z funkčního generátoru je do  $100\text{mV}/\text{Div}$ , ale výstupní signál z operačního zesilovače je v  $1\text{V}/\text{Div}$  a fázově posunut.

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

## 3.23 NEINVERTUJÍCÍ OPERAČNÍ ZESILOVAČ

### 3.23.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 52 - Neinvertující zapojení operačního zesilovače

### 3.23.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 52. Vstupní napětí musí být do neinvertujícího vstupu operačního zesilovače viz Teoretická část. Nastavíme vlastnosti stejnosměrného zdroje napětí na 100mV. Velikost odporů  $R_1$  na  $2\text{k}\Omega$  a  $R_2$  na  $42\text{k}\Omega$ . Spustíme simulaci tlačítkem Run.

### 3.23.3 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 střídavá napětí vidíme na osciloskopu, že vstupní signál z funkčního generátoru je do 100mV/Div, ale výstupní signál z operačního zesilovače je v 1V/Div.

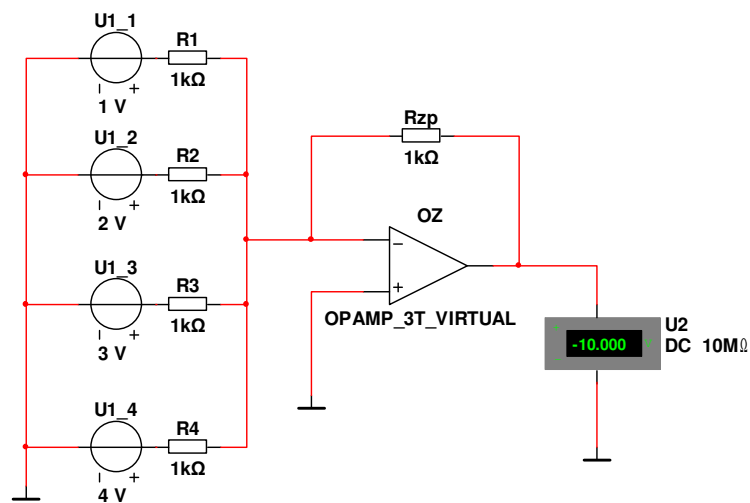


Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Neinvertující operační zesilovač a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.

### 3.24 ANALOGOVÝ SUMÁTOR

#### 3.24.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 53 - Analogový sumátor

#### 3.24.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 53. Nastavíme hodnoty Odporů dle zadání. Vlastnosti zdrojů napětí též dle zadání. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

#### 3.24.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti sumátoru využijeme vzorec:

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

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

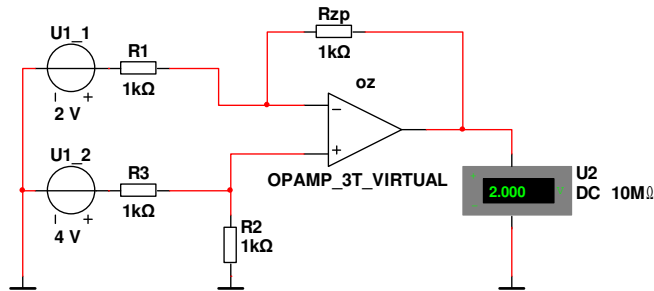
Jak je znázorněno na Obrázku 53, je tento vztah skutečně platný.

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

### 3.25 ROZDÍLOVÝ ZESILOVAČ

#### 3.25.1 ZADÁNÍ

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



Obrázek 54 - Rozdílový zesilovač

#### 3.25.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 54. Nastavíme hodnoty Odporů dle zadání. Vlastnosti zdrojů napětí též dle zadání. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

#### 3.25.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti rozdílového zesilovače využijeme vzorec:

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

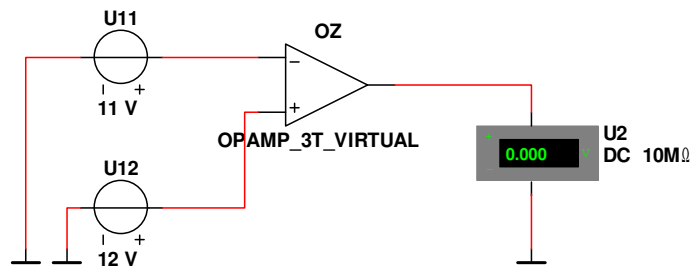
Jak je znázorněno na Obrázku 54, je tento vztah skutečně platný.

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

## 3.26 ANALOGOVÝ KOMPARÁTOR

### 3.26.1 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

### 3.26.2 VYPRACOVÁNÍ

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

### 3.26.3 ZJIŠTĚNÍ

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

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

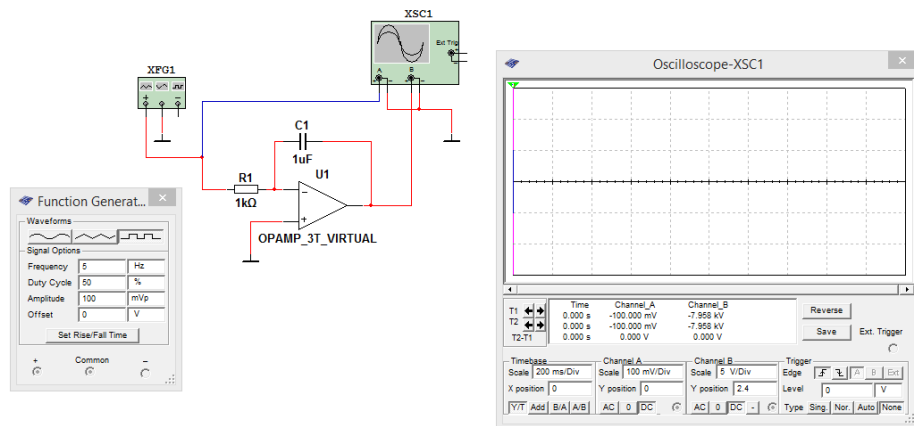
$$U_2 = U_{11} \Rightarrow U_{12} > U_{11}$$

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

## 3.27 INVERTUJÍCÍ INTEGRÁTOR

### 3.27.1 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 56 - Invertující integrátor

### 3.27.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 56. Nastavíme hodnoty Odporu a Cívky dle zadání. Spustíme simulaci tlačítkem Run a budeme přepínat signály, aby jsme mohli prokázat matematický popis jednotlivých průběhů.

### 3.27.3 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:

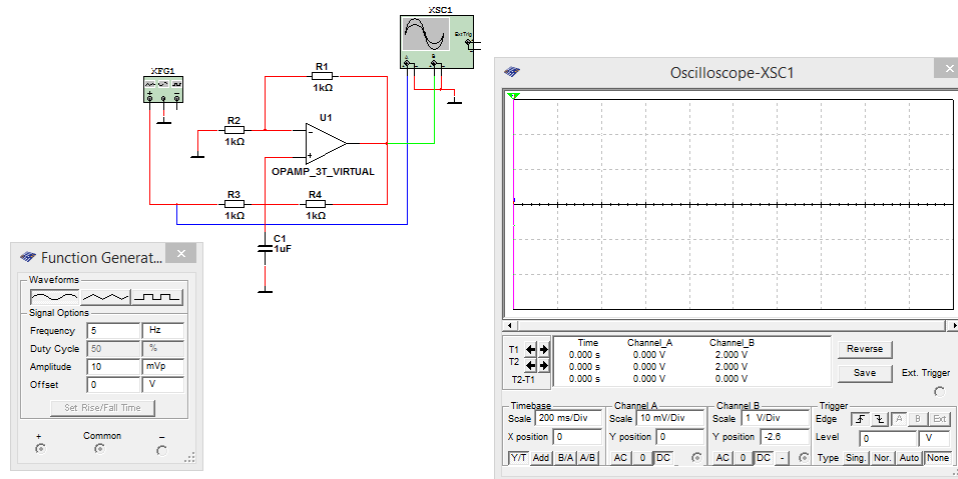
Integrací konstanty vznikne přímka, výsledný signál bude pilovitého tvaru, který bude invertovaný

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

## 3.28 NEINVERTUJÍCÍ INTEGRÁTOR

### 3.28.1 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 57 - Neinvertující integrátor

### 3.28.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 57. Nastavíme hodnoty Odporů a Cívky dle zadání. Spustíme simulaci tlačítkem Run a budeme přepínat signály, aby jsme mohli prokázat matematický popis jednotlivých průběhů.

### 3.28.3 ZJIŠTĚNÍ

Při nastavení funkčního generátoru na sinusový průběh:

Integrací sinus vznikne mínus 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.

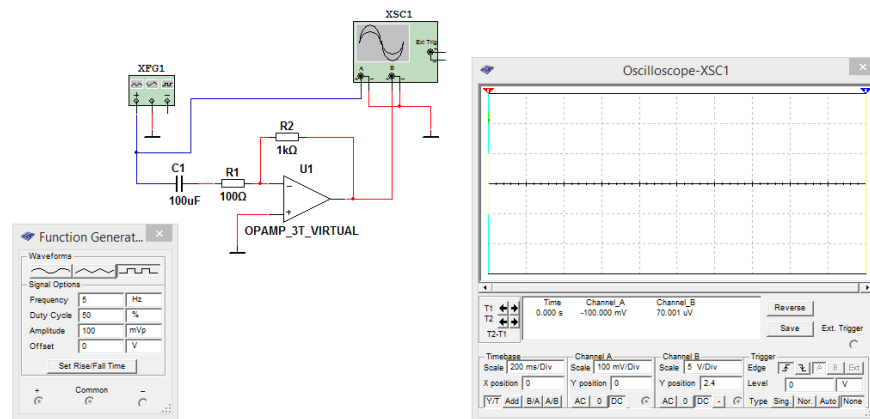
Na přiloženém CD ve složce Multisim naleznete uložený obvod pod názvem Neinvertující integrátor a animaci pod stejným názvem ve složce Animace.



## 3.29 DERIVÁTOR

### 3.29.1 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 58 - Derivátor

### 3.29.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 58. Nastavíme hodnoty Odporů a Cívky dle zadání. Spustíme simulaci tlačítkem Run a budeme přepínat signály, aby jsme mohli prokázat matematický popis jednotlivých průběhů.

### 3.29.3 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 změní na přímku rovnoběžnou s osou x a přímka se bude nacházet pod osou x, protože je v záporných hodnotách.

Výsledný zderivovaný signál bude mít vzhled obdélníkového signálu.

Při nastavení funkčního generátoru na obdélníkový průběh:

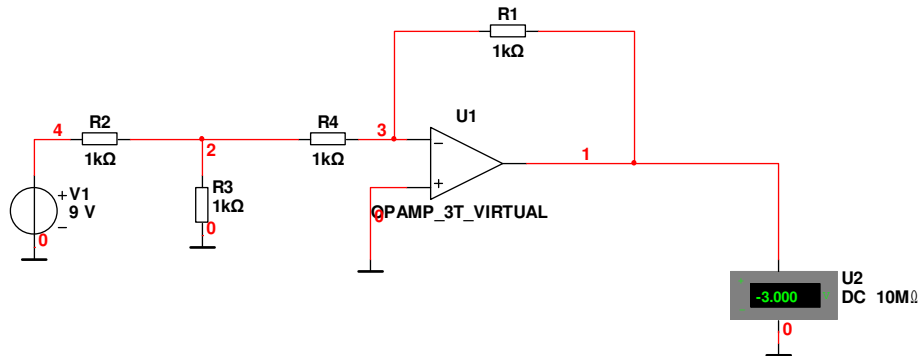
Derivací konstanty vznikne nula, ale při náběžné hraně se mění polarita obdélníka, kde vlivem derivace vznikne kolmice + nebo - nekonečno a tím se zobrazí skokový průběh neboli jehlan.

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

### 3.30 T-ČLÁNEK NA VSTUPU OPERAČNÍHO ZESILOVAČE

#### 3.30.1 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 59 - T-článek na vstupu operačního zesilovače

#### 3.30.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 59. Nastavíme hodnoty Odporů dle zadání. Velikost napětí na zdroji též dle zadání. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

#### 3.30.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti využijeme vzorec:

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

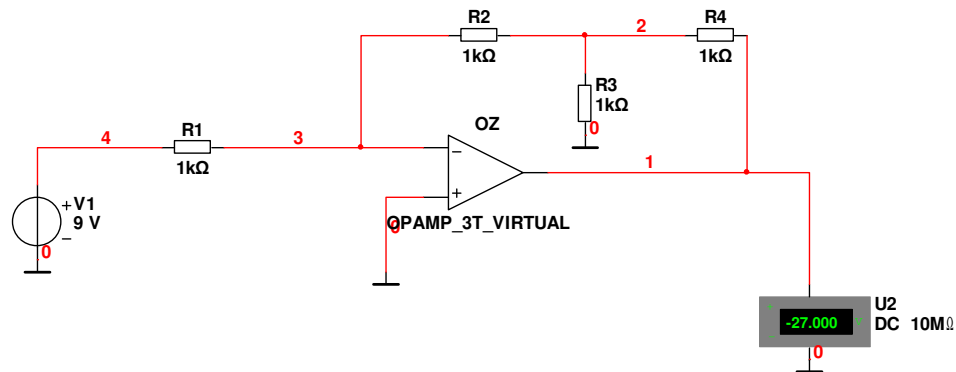
Jak je znázorněno na Obrázku 59, je tento vztah skutečně platný.

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.

### 3.31 T-ČLÁNEK VE ZPĚTNÉ VAZBĚ OPERAČNÍHO ZESILOVAČE

#### 3.31.1 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 60 - T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače

#### 3.31.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 60. Nastavíme hodnoty Odporů dle zadání. Velikost napětí na zdroji též dle zadání. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

#### 3.31.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti využijeme vzorec:

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

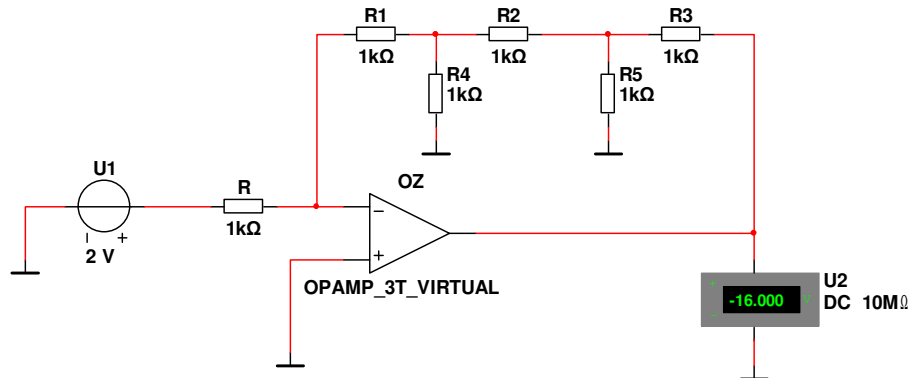
Jak je znázorněno na Obrázku 60, je tento vztah skutečně platný.

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.

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

#### 3.32.1 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 61 - Dvojitý T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače

#### 3.32.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 61. Nastavíme hodnoty Odporů dle zadání. Velikost napětí na zdroji též dle zadání. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

#### 3.32.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti využijeme vzorec:

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

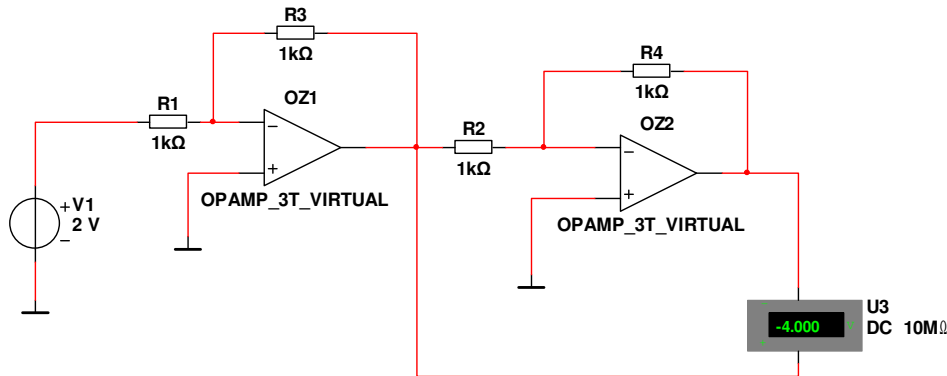
Jak je znázorněno na Obrázku 61, je tento vztah skutečně platný.

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.

### 3.33 SÉRIOVÉ ZAPOJENÍ OPERAČNÍCH ZESILOVAČŮ

#### 3.33.1 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 62 - Sériové zapojení operačních zesilovačů

#### 3.33.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 62. Nastavíme hodnoty Odporů dle zadání. Velikost napětí na zdroji též dle zadání. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

#### 3.33.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti sériově zapojených operačních zesilovačů využijeme vzorec:

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

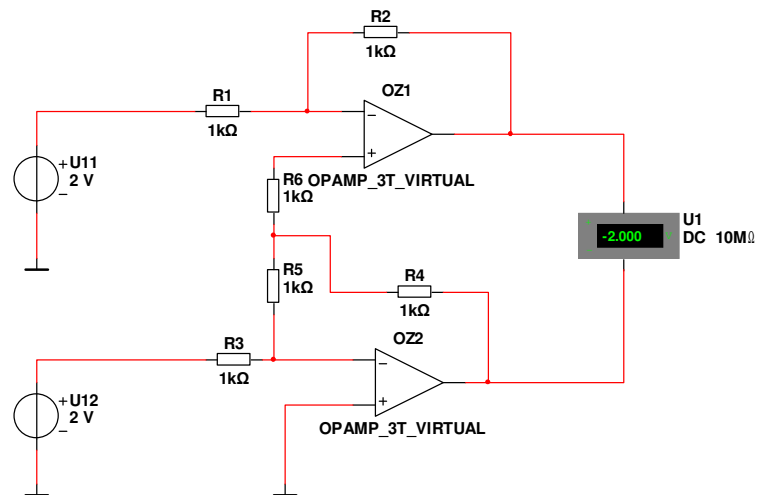
Jak je znázorněno na Obrázku 62, je tento vztah skutečně platný.

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

### 3.34 PARALELNÍ ZAPOJENÍ OPERAČNÍCH ZESILOVAČŮ

#### 3.34.1 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 63 - Paralelní zapojení operačních zesilovačů

#### 3.34.2 VYPRACOVÁNÍ

Zapojíme obvod dle Obrázku 63. Nastavíme hodnoty Odporů dle zadání. Velikost napětí na zdroji též dle zadání. Spustíme simulaci tlačítkem Run.

#### 3.34.3 OVĚŘENÍ

Pro ověření vlastnosti využijeme vzorec:

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

Jak je znázorněno na Obrázku 63, je tento vztah skutečně platný.

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

## 4 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit komponenty pro e-kurz k předmětu APS, který budou sloužit studentům pro následnou výuku. Autor celkem vytvořil třicet čtyři příkladů pro ověření základních vlastností lineárních a nelineárních prvků. Pro tvorbu komponent byly vybrány aplikace Multisim a Macromedia Captivate. Aplikace Multisim byla vybrána z důvodu dostupnosti na ZČU, a jednalo se o rozšíření příkladů pro E-kurz Analogové prvky a systémy. Aplikace Macromedia Captivate byla vybrána pro její využití při studiu na Katedře Výpočetní a Didaktické techniky.

První část byla věnována teoretické části z důvodu seznámení autora s problematikou Analogových prvků a systémů. Dle autora se jedná o nezbytnou část, aby všichni budoucí studenti mohly využívat vytvořené komponenty. Zaměřili jsme se zde na základní zákony, bez kterých se při tvorbě obvodů neodejdeme. Mezi ně patří Ohmův zákon, nebo Kirchhoffovy zákony. Autor tu popsal zdroje napájení, nelineární prvky, ale také základní operační zesilovače.

Další část práce se věnovala samotným aplikacím. Jednalo se o seznámení s programy Multisim a Macromedia Captivate. Popisem prostředí, ve kterém autor vytvářel komponenty a nakonec popis jednotlivých využívaných komponent. Autor se zde zaměřil na základní seznam databází a předem definované komponenty, které bude využívat při vytváření obvodů. Nakonec autor popisuje práci v programu Macromedia Captivate, protože se jedná o jednu a tu samou úpravu vytvořených animací. Naleznete zde odkazy na vytvořené testy. Bohužel se nejedná o Autotesty, které byly v zadání, ale pouze o testy, aby vývojář mohl zjistit stav gramotnosti studentů, či určité dané skupiny. Autotesty, které se využívají v současné době při výuce na předmětu APS jsou velmi obsáhlé, a autor nechtěl pouze opakovat ty samé otázky, i když je možné, že některé otázky jsou totožné.

Třetí část byla věnována vytvořením kompletních obvodů, ze kterých budou vytvořené animace. Autor přiřadil každému příkladu podkapitolu. v každé podkapitole naleznete 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.

Myslím že cíle byly splněny dle zadaných požadavků. Jediný bod co bych zmínil jsou Autotesty, které bych při kompletaci e-kurzu využil ze současné výuky, jelikož se jedná o velmi obsáhlé a dobře zpracované testy. Testy zpracováváné v této bakalářské práci jsou, jak autor již psal, hlavně informativní pro vývojáře o gramotnosti studentů k danému tématu, nikoliv ověření vlastních poznatků z probírané látky, jak tím bylo původně zamýšleno.

## 5 RESUMÉ

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo vytvořit komponenty na e-kurz pro Analogové prvky a systémy. V této práci je vysvětlena teorie potřebná pro pochopení probírané látky a pro vytvoření příkladů, které nám ověří požadované vlastnosti daných elektrických obvodů.

The aim of this bachelor work was to create components for e-course for subject Analogue elements and systems. This work explains theory which is necessary for correct understand of lecture and for creating examples. These examples proves desired characteristics of the electric circuit.

## 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] ZAPLATÍLEK, K., Elektronické obvody, teorie obvodů, napájecí zdroje, Skripta v elektronické podobě.

[http://user.unob.cz/zaplatilek/Obecne/Skripta\\_napajeci%20zdroje/Skripta\\_napajeci%20zdroje.zip](http://user.unob.cz/zaplatilek/Obecne/Skripta_napajeci%20zdroje/Skripta_napajeci%20zdroje.zip)

## 7 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ

Obrázek 1 - Blokové schéma pro Ohmův zákon.....	I
Obrázek 2 – Příklad prvního Kirchhoffův zákon .....	II
Obrázek 3 - Příklad druhého Kirchhoffův zákon .....	III
Obrázek 4 - Ideální zdroj napětí .....	V
Obrázek 5 - Reálný zdroj napětí .....	V
Obrázek 6 - Ideální zdroj proudu.....	VI
Obrázek 7 - Reálný zdroj proudu .....	VI
Obrázek 8 - Napětím řízení zdroj napětí .....	VII
Obrázek 9 - Napětím řízení zdroj napětí .....	VII
Obrázek 10 - Napětím řízený zdroj proudu .....	VIII
Obrázek 11 - Proudem řízený zdroj proudu .....	VIII
Obrázek 12 - Schematická značka diody.....	IX
Obrázek 13 - VA charakteristika Zenerovy diody.....	IX
Obrázek 14 - Dioda v propustném směru.....	X
Obrázek 15 - Dioda s oblastí kolem počátku.....	XI
Obrázek 16 - Dioda v závěrném směru .....	XI
Obrázek 17 - Schematická značka Zenerovy diody .....	XII
Obrázek 18 - LED dioda.....	XII
Obrázek 19 - Bipolární tranzistor PNP.....	XIII
Obrázek 20 - Bipolární tranzistor NPN .....	XIII
Obrázek 21 - Schematická značka tranzistoru JFET .....	XIV
Obrázek 22 - Schematická značka operačního zesilovače .....	XVI
Obrázek 23 - Schéma zapojení invertujícího zesilovače .....	XVII
Obrázek 24 - Schéma zapojení neinvertujícího zesilovače .....	XVIII
Obrázek 25 - Schéma zapojení analogového sumátoru.....	XIX
Obrázek 26 - Schéma zapojení rozdílového zesilovače .....	XX
Obrázek 27 - Prostředí programu Multisim.....	XXII
Obrázek 28 - Prostředí aplikace Macromedia Captivate .....	XXIV
Obrázek 29 - Elementární obvod.....	XXVII
Obrázek 30 - Příklad rezistory jako dělič napětí .....	XXIX
Obrázek 31 – Příklad rezistory jako dělič proudu .....	XXXI
Obrázek 32 – Příklad Ideální zdroj napětí .....	XXXIII
Obrázek 33 – Příklad reálný zdroj napětí .....	XXXV
Obrázek 34 – Příklad ideální zdroj proudu.....	XXXVI
Obrázek 35 - Reálný zdroj proudu .....	XXXVII
Obrázek 36 – Příklad napětím řízený zdroj napětí .....	XXXIX
Obrázek 37 – Příklad Proudem řízení zdroj napětí .....	XL
Obrázek 38 – Příklad napětím řízený zdroj proudu.....	XLI
Obrázek 39 – Příklad proudem řízený zdroj proudu .....	XLII
Obrázek 40 - Příklad zapojení diody v propustném směru .....	XLIII
Obrázek 41 - Dioda v propustném směru - Vyhodnocení.....	XLIV
Obrázek 42 - Příklad zapojení Zenerovy diody.....	XLV

Obrázek 43 - Příklad zapojení se žárovkou .....	XLVI
Obrázek 44 - Příklad zapojení bipolárního tranzistoru PNP .....	XLVII
Obrázek 45 - Příklad zapojení řízení tranzistoru pomocí potenciometru .....	XLVIII
Obrázek 46 - Příklad zapojení unipolárního tranzistoru JFET .....	XLIX
Obrázek 47 - Příklad ověření funkce napěťového relé .....	L
Obrázek 48 - Příklad ověření funkce proudového relé .....	LI
Obrázek 49 - Příklad ověření funkce časového relé .....	LII
Obrázek 50 - Příklad zapojení operačního zesilovače .....	LIII
Obrázek 51 - Invertující zapojení operačního zesilovače .....	LIV
Obrázek 52 - Neinvertující zapojení operačního zesilovače .....	LV
Obrázek 53 - Analogový sumátor .....	LVII
Obrázek 54 - Rozdílový zesilovač .....	LVIII
Obrázek 55 - Analogový komparátor .....	LIX
Obrázek 56 - Invertující integrátor .....	LX
Obrázek 57 - Neinvertující integrátor .....	LXII
Obrázek 58 - Derivátor .....	LXIV
Obrázek 59 - T-článek na vstupu operačního zesilovače .....	LXVI
Obrázek 60 - T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače .....	LXVII
Obrázek 61 - Dvojitý T-článek ve zpětné vazbě operačního zesilovače .....	LXVIII
Obrázek 62 - Sériové zapojení operačních zesilovačů .....	LXIX
Obrázek 63 - Paralelní zapojení operačních zesilovačů .....	LXX