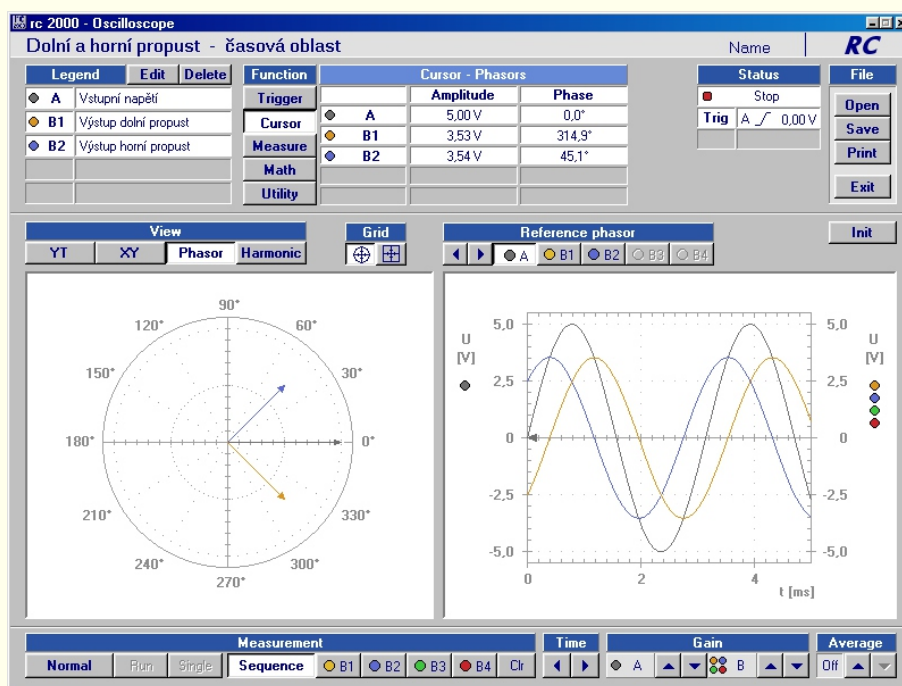


## Výukový systém rc2000 - $\mu$ LAB

### Kuchařka





## Obsah

---

<b>Použité symboly v úlohách</b>	<b>0.1</b>
<b>Obvody stejnosměrného proudu</b>	<b>1.0</b>
Nezatížený a zatížený napěťový dělič	1.1
Napěťový zdroj - vnitřní odpor	1.2
Výkonové přizpůsobení v obvodu stejnosměrného proudu	1.3
1. Kirchhoffův zákon - obvod stejnosměrného proudu	1.4
2. Kirchhoffův zákon - obvod stejnosměrného proudu	1.5
Theveninův teorém	1.6
Princip superpozice	1.7
Transformace trojúhelník - hvězda	1.8
<b>Obvody střídavého proudu</b>	<b>2.0</b>
Integrační a derivační článek	2.1
Dolní a horní propust - časová oblast	2.2
Dolní a horní propust - frekvenční oblast	2.3
RLC sériový rezonanční obvod	2.4
RLC sériový obvod - pásmová propust	2.5
RLC sériový obvod - pásmová zadrž	2.6
Rezistor v obvodu střídavého proudu	2.7
Cívka v obvodu střídavého proudu	2.8
Kondenzátor v obvodu střídavého proudu	2.9
Činný výkon - rezistor	2.10
Jalový výkon - cívka	2.11
Jalový výkon - kondenzátor	2.12
Impedanční dělič - časová oblast	2.13
Impedanční dělič - frekvenční oblast	2.14
Ekvivalentní obvody (1 frekvence) - časová oblast	2.15
Ekvivalentní obvody (1 frekvence) - frekvenční oblast	2.16
<b>Voltampérové charakteristiky</b>	<b>3.0</b>
Lineární rezistory - Ohmův zákon	3.1
NTC rezistor - V/A charakteristika	3.2
PTC rezistor - V/A charakteristika	3.3
Žárovka - V/A charakteristika	3.4
Křemíkové diody - V/A charakteristiky	3.5
Zenerova dioda - V/A charakteristiky	3.6
Světelné diody - V/A charakteristiky	3.7
Bipolární transil - V/A charakteristika	3.8

## Obsah

---

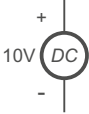

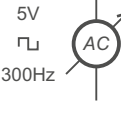







Lineární prvky (sériové zapojení) - V/A charakteristiky	3.9
Lineární prvky (paralelní zapojení) - V/A charakteristiky	3.10
Nelineární prvky (sériové zapojení) - V/A charakteristiky	3.11
Nelineární prvky (paralelní zapojení) - V/A charakteristiky	3.12
Nelineární a lineární prvky (sériové zapojení) - V/A charakteristiky	3.13
Nelineární a lineární prvky (paralelní zapojení) - V/A charakteristiky	3.14
Vstupní charakteristiky bipolárního tranzistoru NPN	3.15
Výstupní charakteristiky bipolárního tranzistoru NPN	3.16
Výstupní charakteristiky bipolárního tranzistoru PNP	3.17
Výstupní charakteristiky unipolárního tranzistoru J-FET	3.18
V/A charakteristika tyristoru	3.19
<b>Součástky</b>	<b>4.0</b>
Jednocestný usměrňovač	4.1
Jednocestný usměrňovač - proud diody	4.2
Jednocestný usměrňovač s kondenzátorovým filtrem - proudy	4.3
Dvoucestný usměrňovač	4.4
Diodový omezovač	4.5
Transformátor - napětí a proud v primárním vinutí	4.6
Transformátor - hysterezní křivka	4.7
Bipolární tranzistor jako zesilovač se společným emitorem	4.8
Frekvenční charakteristiky zesilovače s bipolárním tranzistorem	4.9
Multivibrátor s bipolárním tranzistorem	4.10
Tyristorová regulace výstupního napětí	4.11
Tyristorová regulace - průběhy napětí	4.12
<b>Třífázová soustava</b>	<b>5.0</b>
Zapojení do hvězdy - fázová napětí	5.1
Zapojení do hvězdy - fázová a sdružená napětí	5.2
Zapojení do hvězdy - symetrická odporová zátěž	5.3
Zapojení do hvězdy - nesymetrická odporová zátěž (4 vodičový systém)	5.4
Zapojení do hvězdy - nesymetrická odporová zátěž (3 vodičový systém)	5.5
Zapojení do hvězdy - symetrická impedanční zátěž	5.6
Zapojení do hvězdy - nesymetrická impedanční zátěž	5.7
Zapojení do trojúhelníku - sdružená napětí	5.8
Zapojení do trojúhelníku - fázový a sdružený proud	5.9
Zapojení do trojúhelníku - symetrická odporová zátěž	5.10
Zapojení do trojúhelníku - nesymetrická odporová zátěž	5.11
Zapojení do trojúhelníku - symetrická impedanční zátěž	5.12
Zapojení do trojúhelníku - nesymetrická impedanční zátěž	5.13

## Obsah

---

<b>Operační zesilovač</b>	<b>6.0</b>
Invertující zesilovač	6.1
Neinvertující zesilovač	6.2
Napěťový sledovač	6.3
Integrátor	6.4
Derivátor	6.5
Komparátor	6.6
Komparátor s hysterezí	6.7
Rozdílový zesilovač	6.8
Fázový článek	6.9
Astabilní multivibrátor	6.10
<b>Digitální technika</b>	<b>7.0</b>
Booleova algebra - zákony	7.1
Booleova algebra - převod funkcí NAND	7.2
Booleova Algebra - převod funkcí NOR	7.3
Minimalizace logická funkce	7.4
Řízení výtahu	7.5
Zapojení alarmu	7.6
Indikace funkce ventilátorů	7.7
Sčítačka a odčítačka	7.8
Poloviční a celá sčítačka	7.9
1 bitový komparátor	7.10
Porovnávací obvod	7.11
Kodér a dekodér Grayova kódu	7.12
Čítač (nahoru/dolů)	7.13
Čítač modulo N	7.14
Sekvenční obvod - číslicový rozdílový obvod	7.15
<b>Regulační technika</b>	<b>8.0</b>
Regulační člen PI - časová analýza	8.1
Regulační člen PID - časová analýza	8.2
Zpožďovací člen druhého řádu - časová analýza	8.3
Identifikace zpožďovacího členu se soustavou motoru	8.4
P-regulátor - měření s motorem	8.5
I-regulátor - měření s motorem	8.6
PI-regulátor - měření s motorem	8.7
PI-regulátor - měření se zpožďovacím členem	8.8
Zatížený motor - bez a s PI-regulátorem	8.9

## Symbols

	Modul prvků s vestavěnou přesnou referencí 10V.
	Programovatelný DC zdroj s nastavenou hodnotou.
	Generátor funkcí s nastavenou amplitudou, frekvencí a tvarem signálu.
	Voltmetr DC & AC RMS zapojený do svorek.
	Přesný dvoukolíkový rezistor o dané hodnotě.
	Odporová dekáda 1 nebo 2 podle nastavené hodnoty.
	Přesný dvoukolíkový kondenzátor o dané hodnotě.
	Kapacitní dekáda podle nastavené hodnoty.
	Připojení sond na vstup modulu ADDU - kanál A ( <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">+IN A</span> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">-IN A</span> ) nebo B ( <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">+IN B</span> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">-IN B</span> ).
	Připojení sond na výstup modulu ADDU.

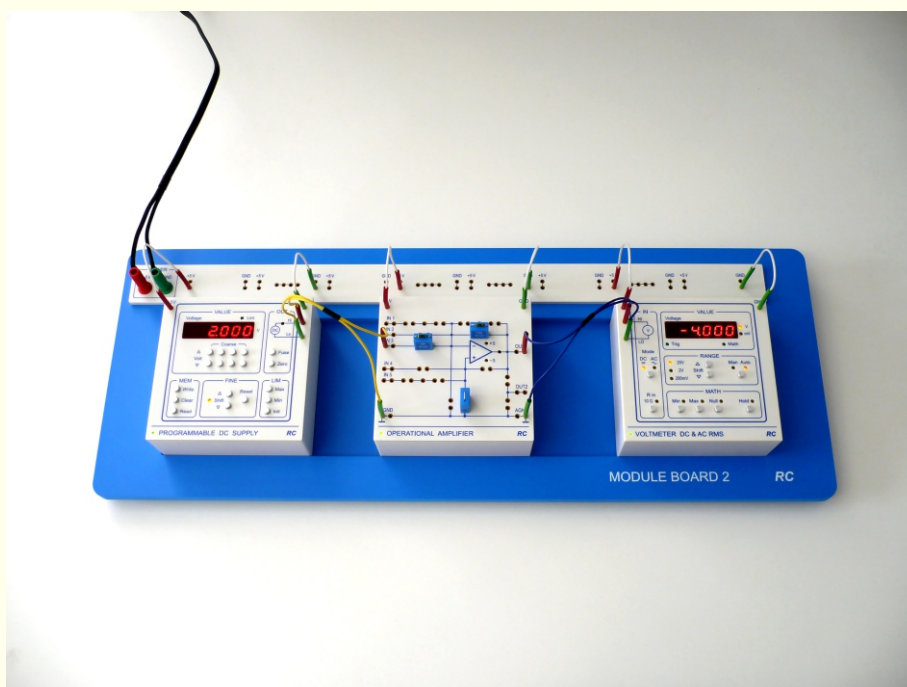
## Poznámky

Výstupy modulů jsou koncipovány tak, že vykazují minimální výstupní odpor ( $R_{OUT} < 0,1\Omega$ ).

Můžeme je tedy považovat za ideální.

## Výukový systém rc2000 - $\mu$ LAB

### Obvody stejnosměrného proudu







## Obsah

---

<b>Obvody stejnosměrného proudu</b>	<b>1.0</b>
Nezatížený a zatížený napěťový dělič	1.1
Napěťový zdroj - vnitřní odpor	1.2
Výkonové přizpůsobení v obvodu stejnosměrného proudu	1.3
1. Kirchhoffův zákon - obvod stejnosměrného proudu	1.4
2. Kirchhoffův zákon - obvod stejnosměrného proudu	1.5
Theveninův teorém	1.6
Princip superpozice	1.7
Transformace trojúhelník - hvězda	1.8



## 1.1

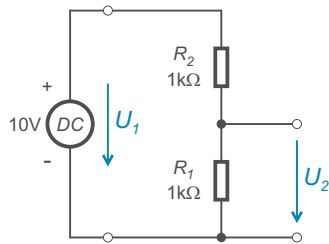
## Nezatížený a zatížený napěťový dělič

## Úkol

Porovnáním naměřených a vypočtených hodnot ověřte platnost rovnice pro nezatížený a zatížený napěťový dělič.

## Schéma

## 1) Nezatížený napěťový dělič



obr. 1 - Nezatížený dělič

$$U_1 = 10V$$

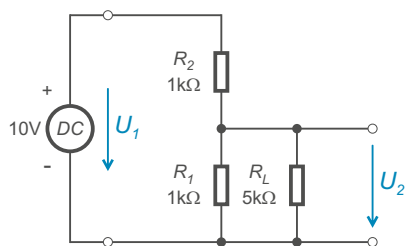
$$R_1 = 1k\Omega$$

$$R_2 = 1k\Omega$$

$$U_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_1$$

$$U_2 = 5V$$

## 2) Zatížený napěťový dělič



obr. 2 - Zatížený dělič

$$U_1 = 10V$$

$$R_1 = 1k\Omega$$

$$R_2 = 1k\Omega$$

$$R_L = 5k\Omega$$

$$U_2 = \frac{R_1 \cdot R_L}{R_2 \cdot R_L + R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_L} U_1$$

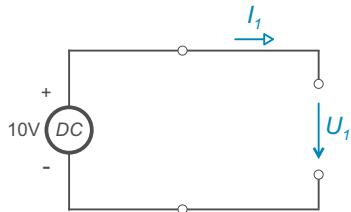
$$U_2 = 4,545V$$

## Úkol

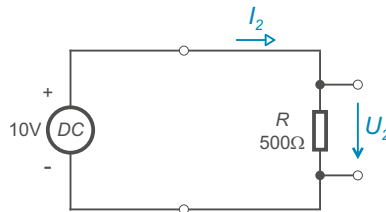
Změřte vnitřní odpor  $R_i$  pro ideální (obr. 1 a 2) a reálný napěťový zdroj (obr. 3 a 4).

## Schéma

## 1) Ideální napěťový zdroj



obr. 1 - Nezatížený



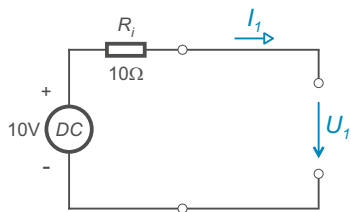
obr. 2 - Zatížený

$$R_i = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$$

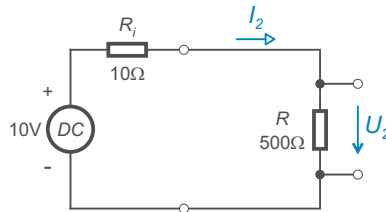
$$I_2 = \frac{U_2}{R}$$

$$R_i = 0\Omega$$

## 2) Reálný napěťový zdroj



obr. 3 - Nezatížený



obr. 4 - Zatížený

$$R_i = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R}$$

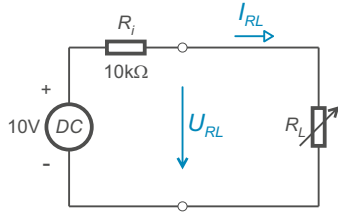
$$R_i = 10\Omega$$

### 1.3 Výkonové přizpůsobení v obvodu stejnosměrného proudu

#### Úkol

Ověřte, že v daném obvodu dochází k maximálnímu přenosu výkonu do zatěžovacího odporu  $R_L$  při splnění podmínky  $R_L = R_i$ .

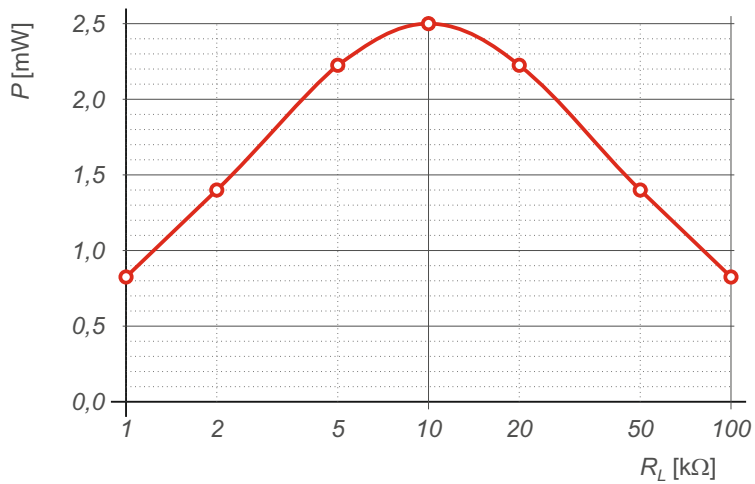
#### Schéma



$$U_1 = 10V$$
$$R_i = 10k\Omega$$

$$I_{RL} = \frac{U_{RL}}{R_L}$$
$$P = \frac{U_{RL}^2}{R_L}$$

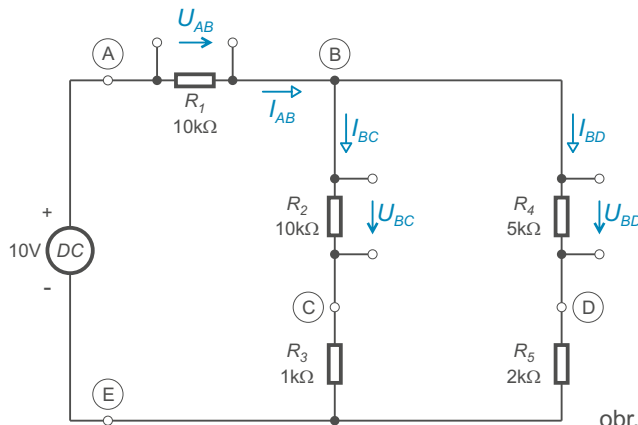
$R_L$ [kΩ]	0,0	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0	50,0	100,0
$U_{RL}$ [V]	0,000	0,909	1,667	3,333	5,000	6,667	8,333	9,091
$P$ [mW]	0,000	0,826	1,389	2,222	2,500	2,222	1,389	0,826



## Úkol

Ověřte platnost prvního Kirchhoffova zákona pro následující dvě zapojení.

## Schéma



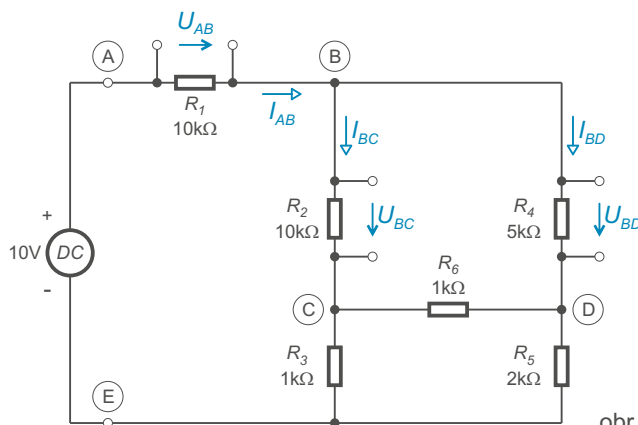
obr. 1 - Zapojení č. 1

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_1}$$

$$I_{BC} = \frac{U_{BC}}{R_2}$$

$$I_{BD} = \frac{U_{BD}}{R_4}$$

$$I_{AB} = I_{BC} + I_{BD}$$



obr. 2 - Zapojení č. 2

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_1}$$

$$I_{BC} = \frac{U_{BC}}{R_2}$$

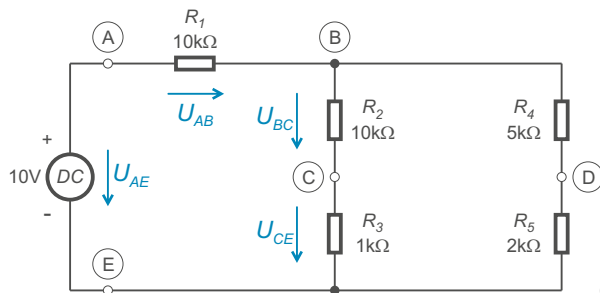
$$I_{BD} = \frac{U_{BD}}{R_4}$$

$$I_{AB} = I_{BC} + I_{BD}$$

## Úkol

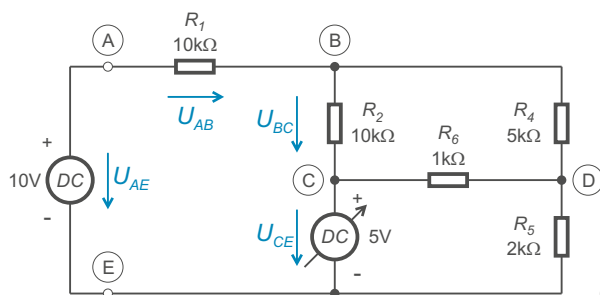
Ověřte platnost druhého Kirchhoffova zákona pro následující dvě zapojení.

## Schéma



obr. 1 - Zapojení č. 1

$$U_{AE} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CE}$$



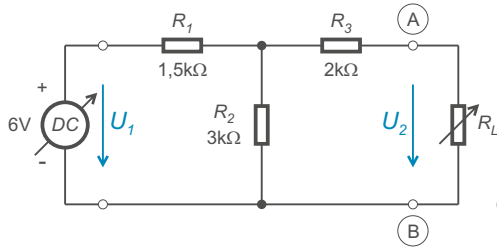
obr. 2 - Zapojení č. 2

$$U_{AE} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CE}$$

## Úkol

S pomocí Theveninova teorému zjednodušte zadaný obvod.

## Schéma

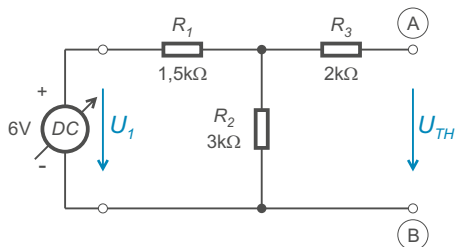


obr. 1 - Zadaný obvod

$$U_1 = 6V \quad R_1 = 1,5k\Omega$$

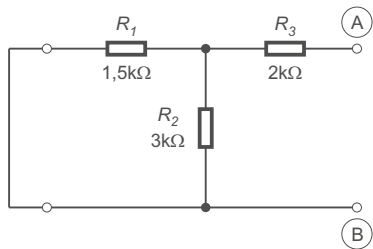
$$R_2 = 3k\Omega$$

$$R_3 = 2k\Omega$$

obr. 2 - Náhradní napětí  $U_{TH}$ 

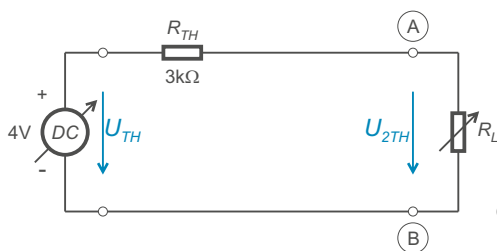
$$U_{TH} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_1$$

$$U_{TH} = 4V$$

obr. 3 - Náhradní odpor  $R_{TH}$ 

$$R_{TH} = R_3 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{TH} = 3k\Omega$$



obr. 4 - Zjednodušený obvod

$$U_{TH} = 4V$$

$$R_{TH} = 3k\Omega$$

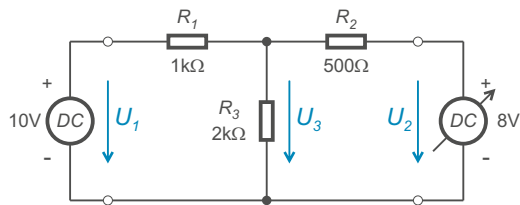


## Úkol

Ověřte, že princip superpozice platí pouze pro lineární obvody.

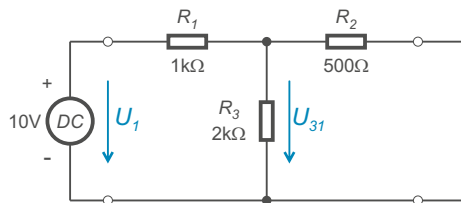
## Schéma

## 1) Lineární obvod

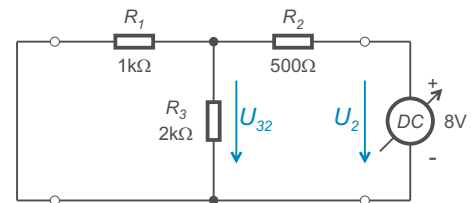


obr. 1 - Zkoumaný lineární obvod

$$U_3 = U_{31} + U_{32}$$

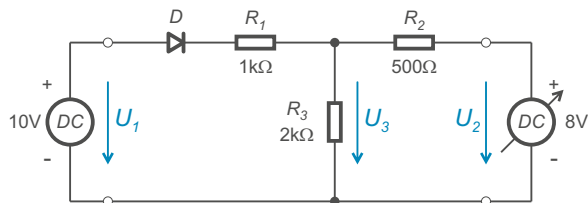


obr. 2 - Příspěvek prvního zdroje



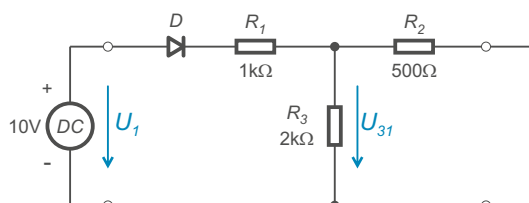
obr. 3 - Příspěvek druhého zdroje

## 2) Nelineární obvod

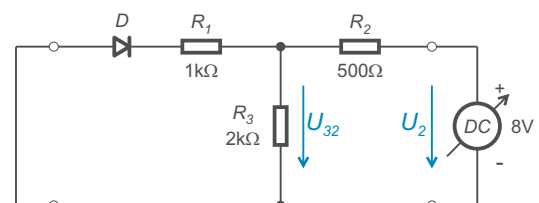


obr. 4 - Zkoumaný nelineární obvod

$$U_3 \neq U_{31} + U_{32}$$



obr. 5 - Obvod bez druhého zdroje

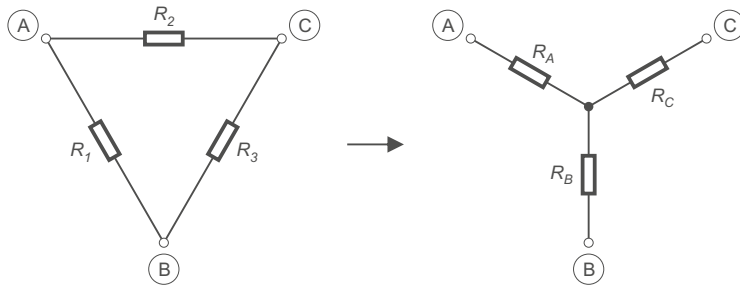


obr. 6 - Obvod bez prvního zdroje

## Úkol

S pomocí transformace trojúhelník - hvězda určete v daném zapojení hodnotu napětí  $U_2$ .

## Schéma

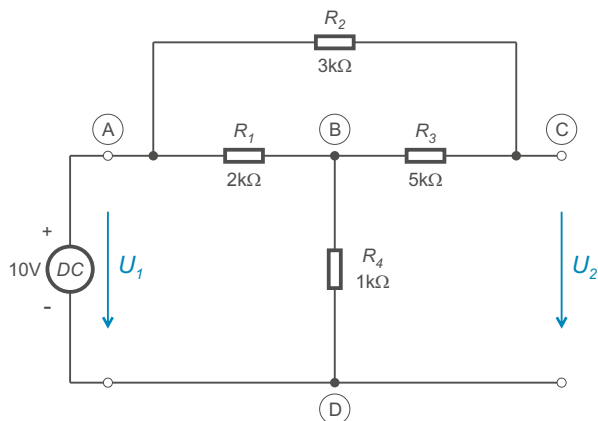


obr. 1 - Transformace trojúhelník - hvězda

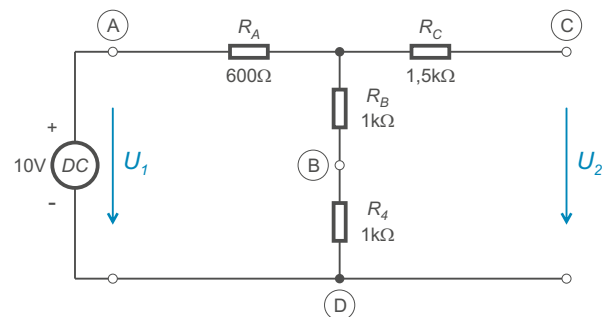
$$R_A = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_B = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_C = \frac{R_3 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$



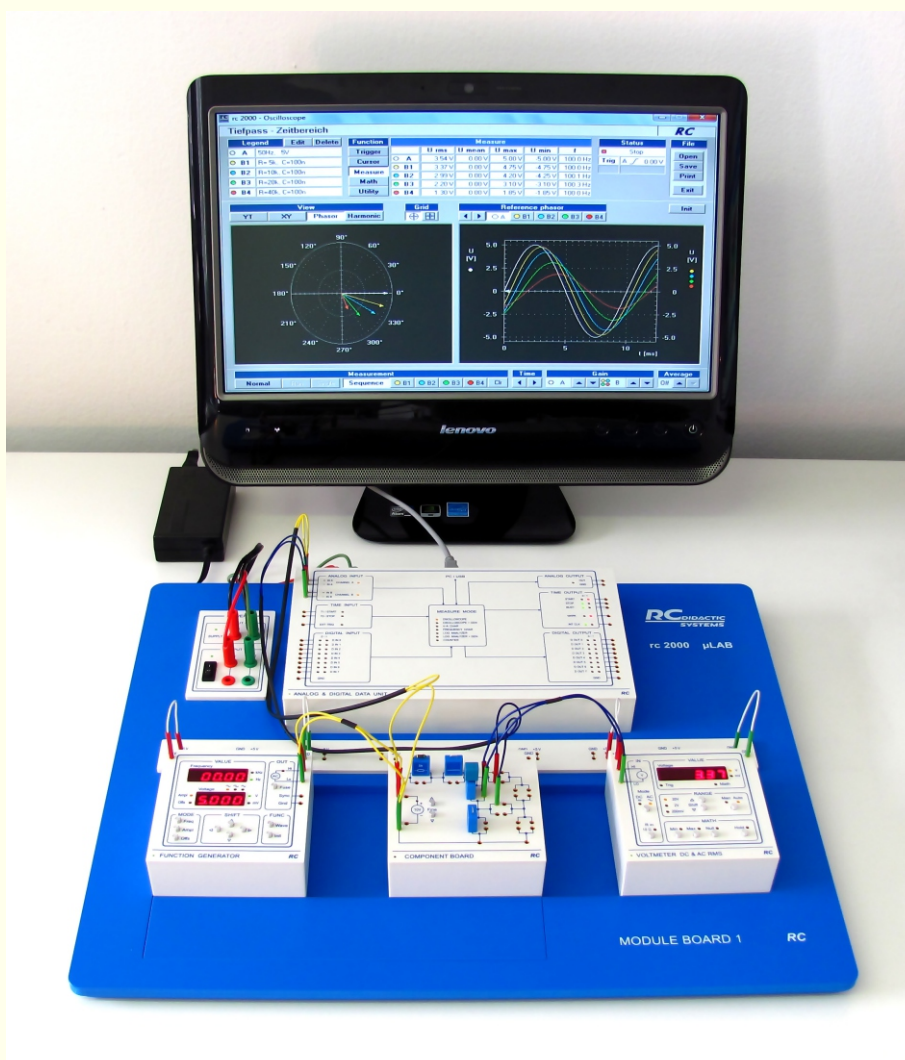
obr. 2 - Zadaný obvod - trojúhelník



obr. 3 - Obvod po transformaci - hvězda

## Výukový systém rc2000 - $\mu$ LAB

### Obvody střídavého proudu





## Obsah

---

<b>Obvody střídavého proudu</b>	<b>2.0</b>
Integrační a derivační článek	2.1
Dolní a horní propust - časová oblast	2.2
Dolní a horní propust - frekvenční oblast	2.3
RLC sériový rezonanční obvod	2.4
RLC sériový obvod - pásmová propust	2.5
RLC sériový obvod - pásmová zadrž	2.6
Rezistor v obvodu střídavého proudu	2.7
Cívka v obvodu střídavého proudu	2.8
Kondenzátor v obvodu střídavého proudu	2.9
Činný výkon - rezistor	2.10
Jalový výkon - cívka	2.11
Jalový výkon - kondenzátor	2.12
Impedanční dělič - časová oblast	2.13
Impedanční dělič - frekvenční oblast	2.14
Ekvivalentní obvody (1 frekvence) - časová oblast	2.15
Ekvivalentní obvody (1 frekvence) - frekvenční oblast	2.16



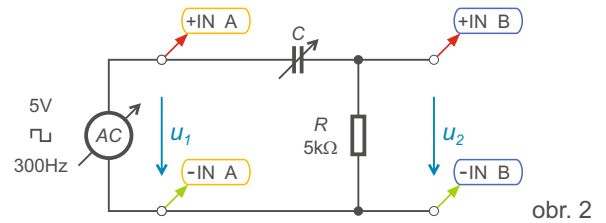
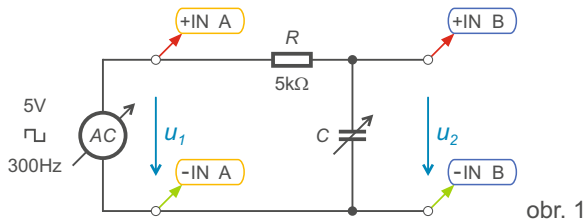
2.1

**Integrační a derivační článek**

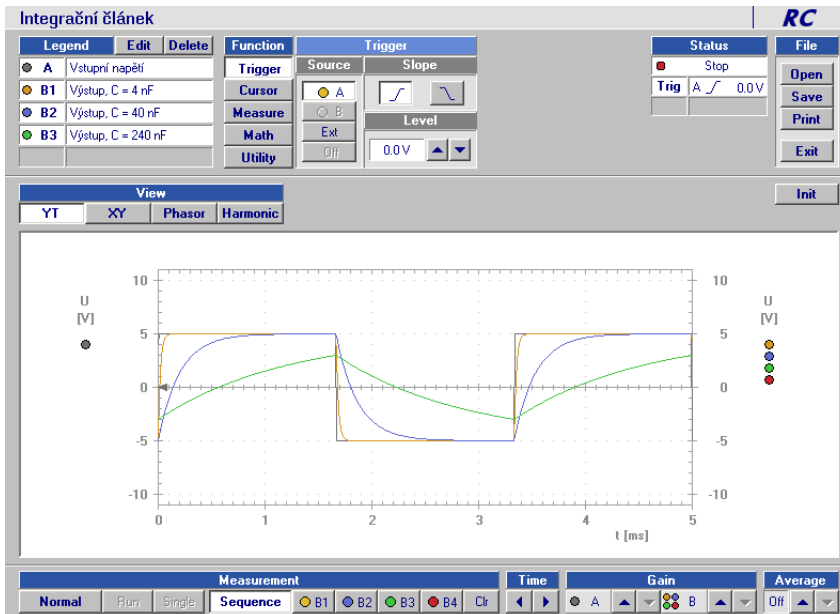
**Úkol**

Změřte odezvy integračního a derivačního článku na obdélníkové napětí. Měření provedte pro hodnoty kondenzátoru  $C = 4\text{ nF}$ ,  $40\text{ nF}$ ,  $240\text{ nF}$ .

**Schéma**



**Měření**



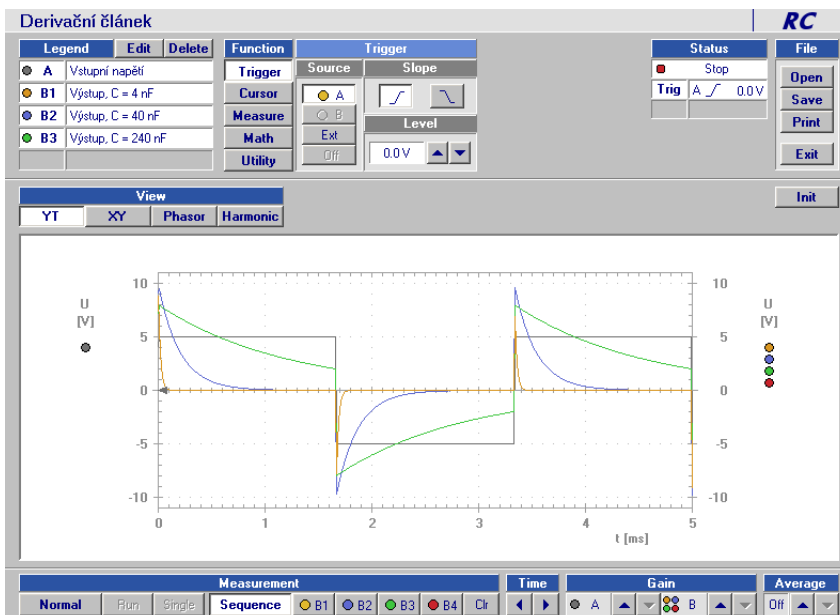
Integrační článek

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

osciloskop



Derivační článek

*schéma*

obr. 2

*měřicí mód*

osciloskop

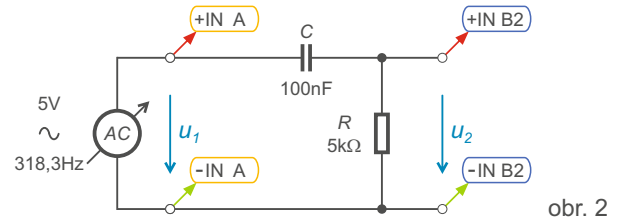
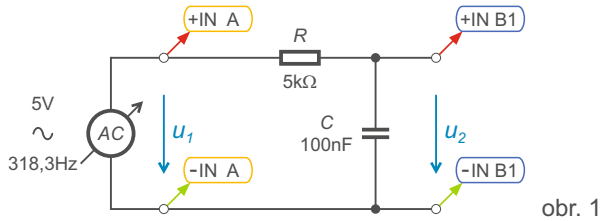
## 2.2

## Dolní a horní propust - časová oblast

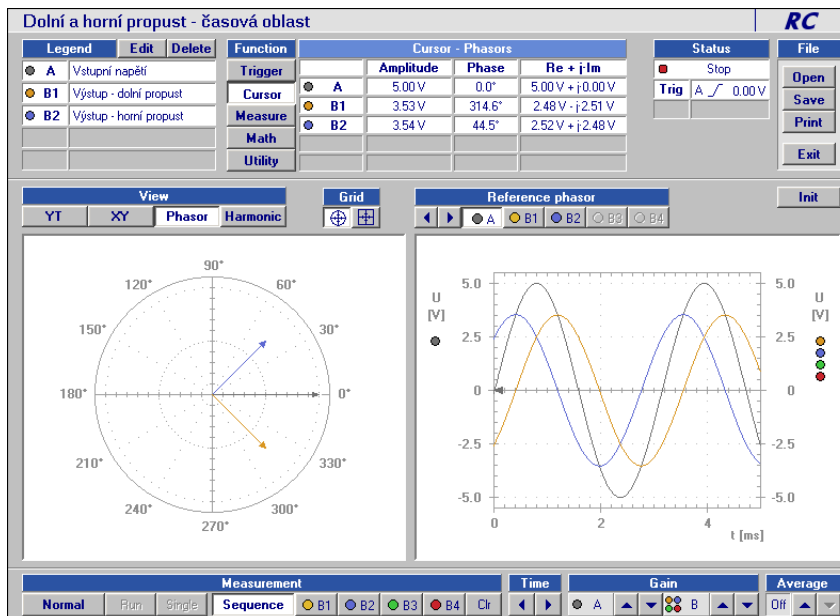
### Úkol

Zobrazte časové a fázorové diagramy pro dolní a horní propust (se stejnou mezní frekvencí  $f_G$ ).

### Schéma



### Měření



### Fázorové diagramy

*schéma*

obr. 1, obr. 2

*měřicí mód*

osciloskop

*naměřené časové průběhy*

●  $u_1(t)$  (V)

●  $u_2(t)$ , obr. 1 (V)

●  $u_2(t)$ , obr. 2 (V)

*vzorec*

$$f_G = \frac{1}{2\pi RC} \quad (\text{Hz})$$



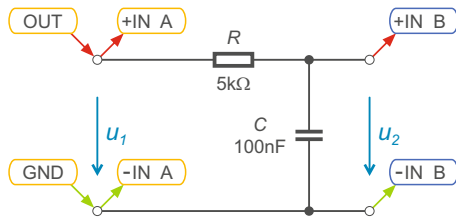
## 2.3

# Dolní a horní propust - frekvenční oblast

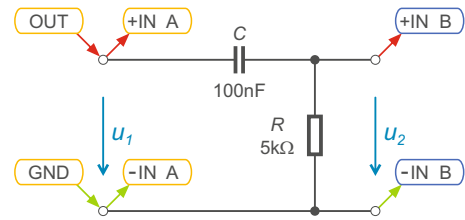
### Úkol

Zobrazte amplitudové a fázové frekvenční charakteristiky pro dolní a horní propust (se stejnou mezní frekvencí  $f_G$ ).

### Schéma

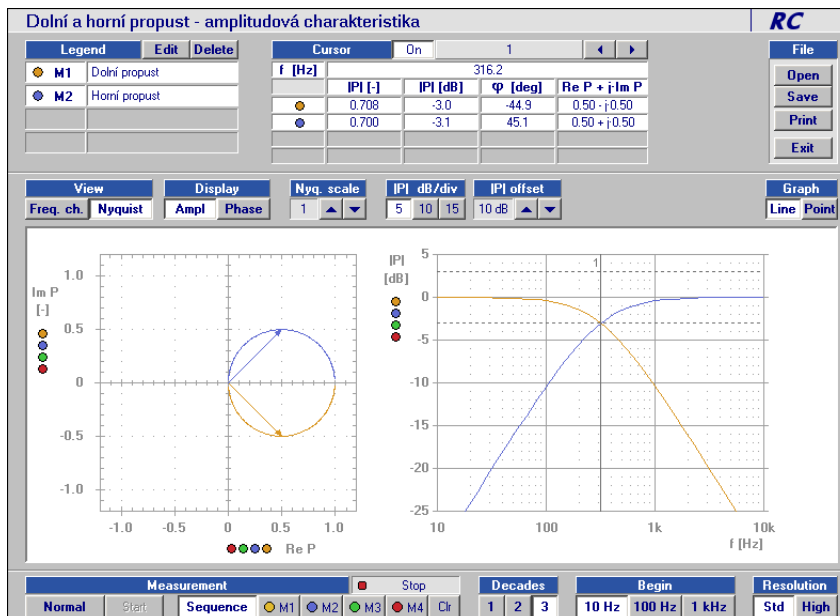


obr. 1



obr. 2

### Měření



Amplitudové charakteristiky

*schéma*

obr. 1, obr. 2

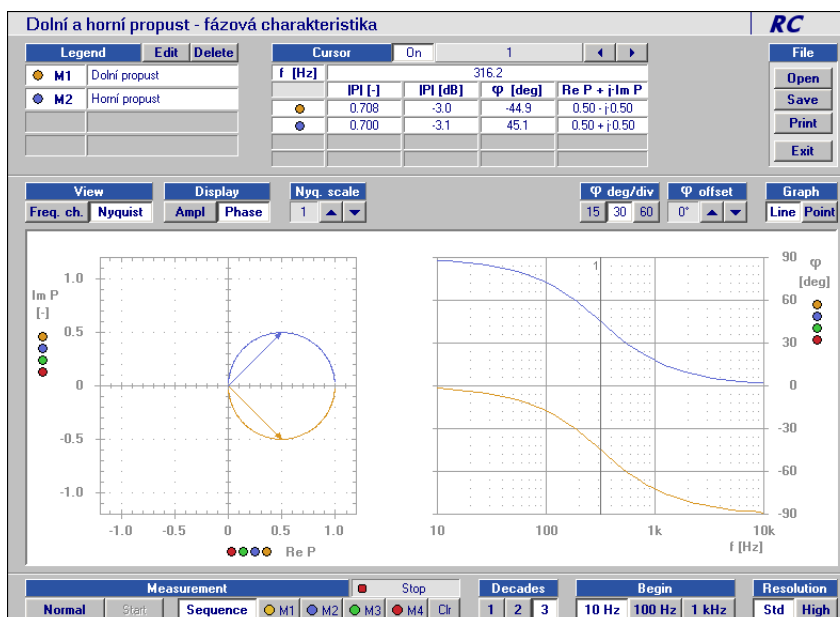
*měřicí mód*

frekvenční charakteristiky

*naměřené charakteristiky*

● IPI(f), obr. 1 (dB)

● IPI(f), obr. 2 (dB)



Fázové charakteristiky

*schéma*

obr. 1, obr. 2

*měřicí mód*

frekvenční charakteristiky

*naměřené charakteristiky*

● φ(f), obr. 1 (°)

● φ(f), obr. 2 (°)

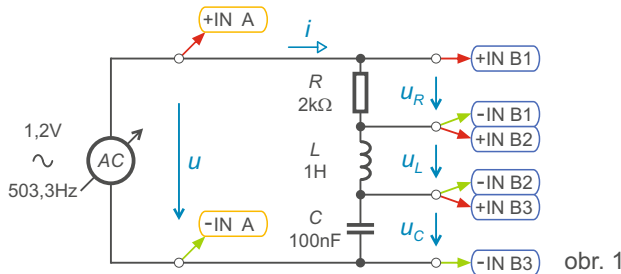
## 2.4

## RLC sériový rezonanční obvod

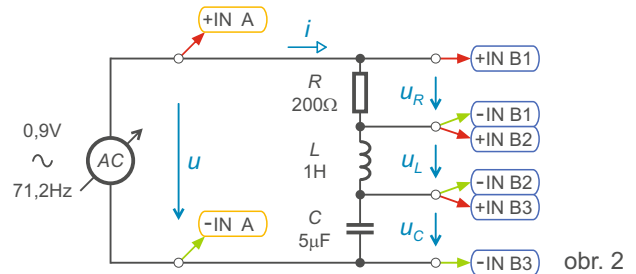
### Úkol

Zobrazte časové a fázorové diagramy pro sériový rezonanční obvod v zapojení s ideálním kondenzátorem a ideální cívkou (obr. 1) a pro obvod s ideálním kondenzátorem a s reálnou cívkou (obr. 2).

### Schéma

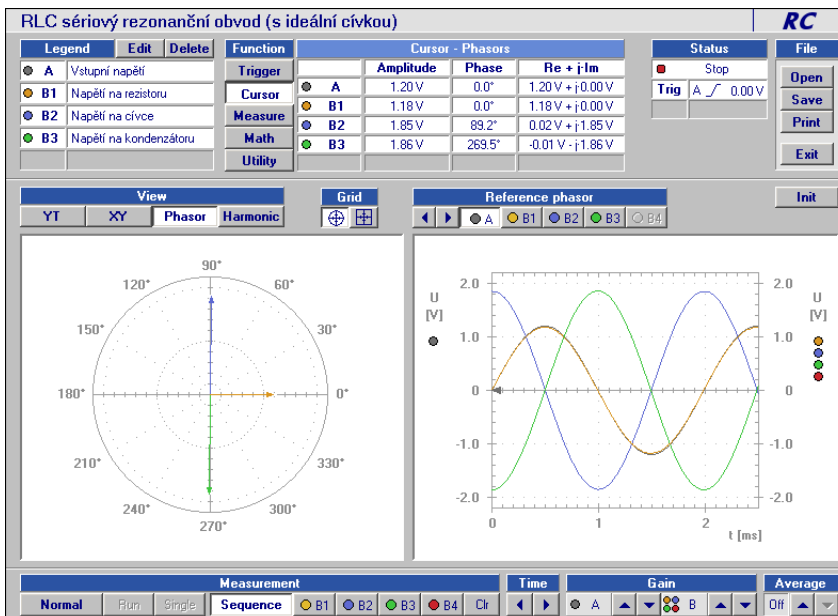


obr. 1



obr. 2

### Měření



Obvod s ideální cívkou

*schéma*

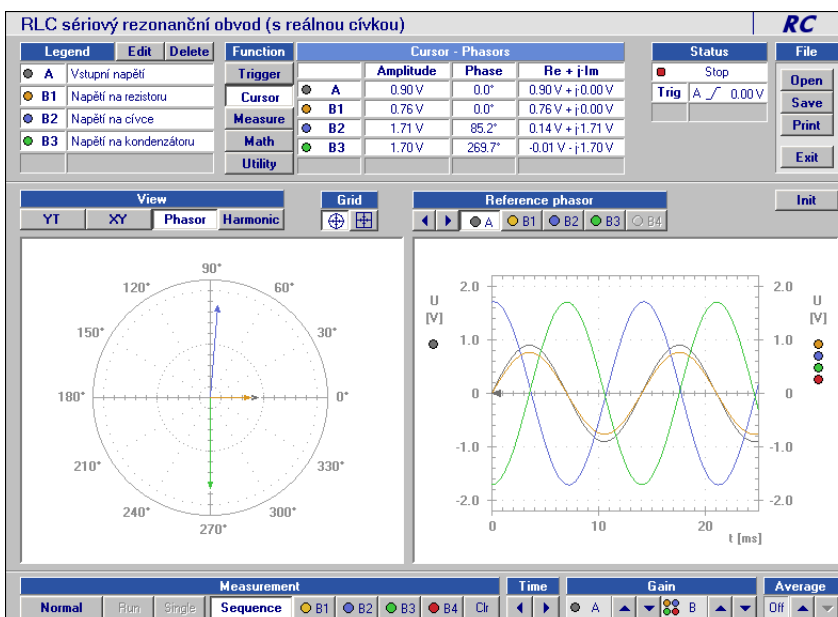
obr. 1

*měřicí mód*

osciloskop

*naměřené časové průběhy*

- $u(t)$  (V)
- $u_R(t)$  (V)
- $u_L(t)$  (V)
- $u_C(t)$  (V)



Obvod s reálnou cívkou

*schéma*

obr. 2

*měřicí mód*

osciloskop

*naměřené časové průběhy*

- $u(t)$  (V)
- $u_R(t)$  (V)
- $u_L(t)$  (V)
- $u_C(t)$  (V)

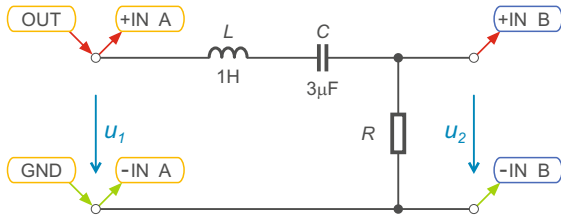
## 2.5

# RLC sériový obvod - pásmová propust

### Úkol

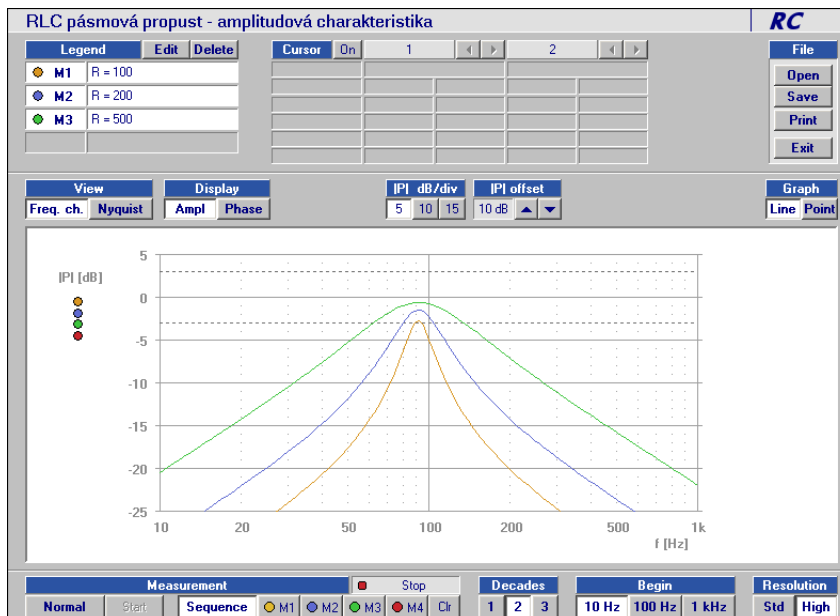
Zobrazte amplitudové a fázové frekvenční charakteristiky pro RLC pásmovou propust (pro různé hodnoty tlumivého odporu  $R$ , např.  $R = 100 \Omega$ ,  $200 \Omega$ ,  $500 \Omega$ ).

### Schéma



obr. 1

### Měření



### Amplitudové charakteristiky

#### schéma

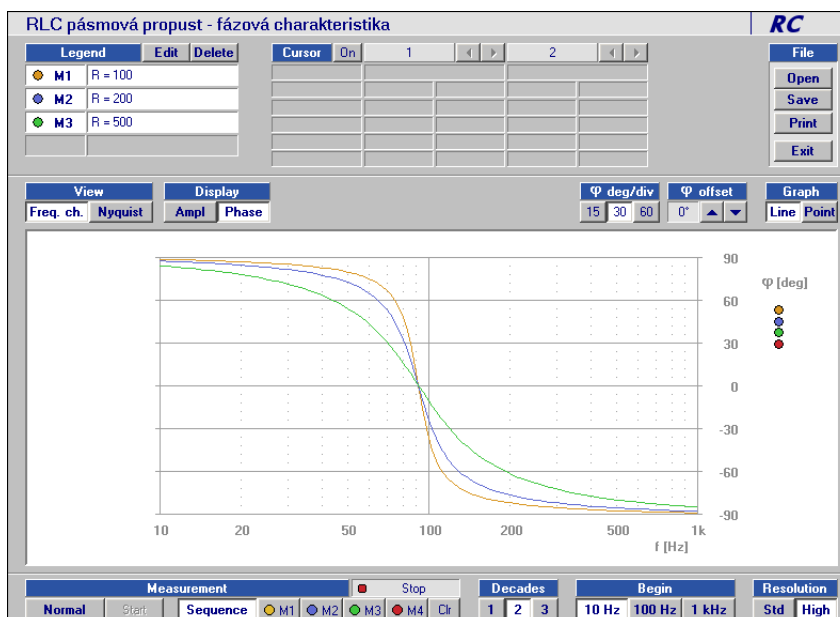
obr. 1

#### měřicí mód

frekvenční charakteristiky

#### naměřené charakteristiky

- $IPI(f)$ ,  $R = 100 \Omega$  (dB)
- $IPI(f)$ ,  $R = 200 \Omega$  (dB)
- $IPI(f)$ ,  $R = 500 \Omega$  (dB)



### Fázové charakteristiky

#### schéma

obr. 1

#### měřicí mód

frekvenční charakteristiky

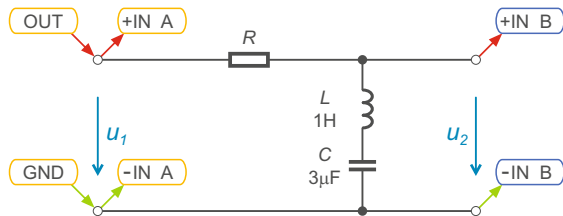
#### naměřené charakteristiky

- $\varphi(f)$ ,  $R = 100 \Omega$  (°)
- $\varphi(f)$ ,  $R = 200 \Omega$  (°)
- $\varphi(f)$ ,  $R = 500 \Omega$  (°)

## Úkol

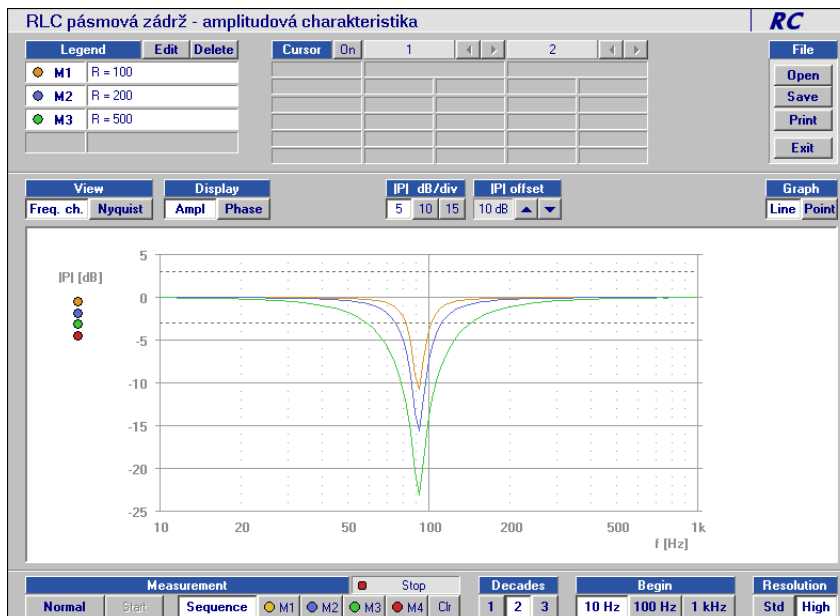
Zobrazte amplitudové a fázové frekvenční charakteristiky pro RLC pásmovou zádrž (pro různé hodnoty tlumivého odporu  $R$ , např.  $R = 100 \Omega$ ,  $200 \Omega$ ,  $500 \Omega$ ).

## Schéma



obr. 1

## Měření



Amplitudové charakteristiky

schéma

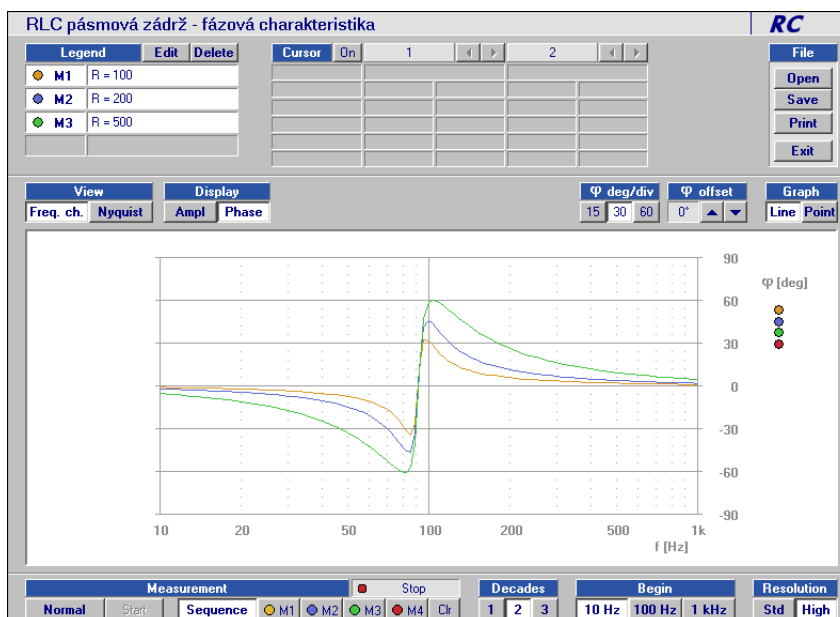
obr. 1

měřicí mód

frekvenční charakteristiky

naměřené charakteristiky

- $IPI(f)$ ,  $R = 100 \Omega$  (dB)
- $IPI(f)$ ,  $R = 200 \Omega$  (dB)
- $IPI(f)$ ,  $R = 500 \Omega$  (dB)



Fázové charakteristiky

schéma

obr. 1

měřicí mód

frekvenční charakteristiky

naměřené charakteristiky

- $\varphi(f)$ ,  $R = 100 \Omega$  (°)
- $\varphi(f)$ ,  $R = 200 \Omega$  (°)
- $\varphi(f)$ ,  $R = 500 \Omega$  (°)

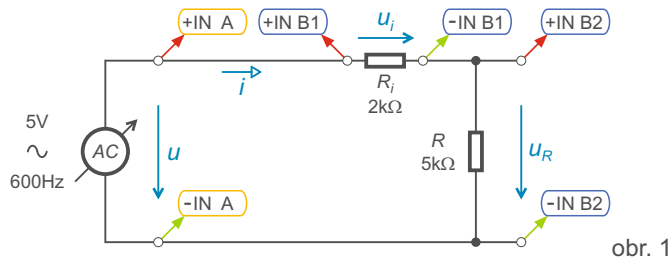
## 2.7

## Rezistor v obvodu střídavého proudu

### Úkol

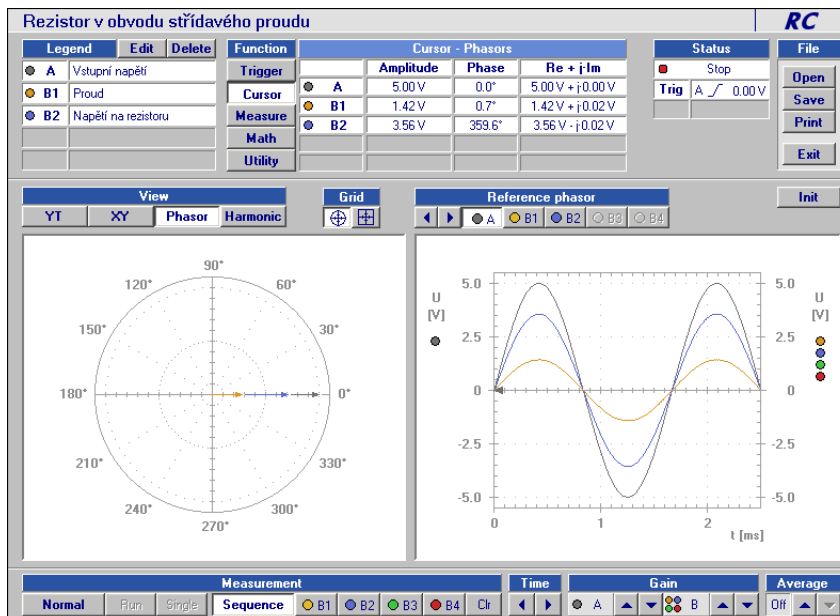
Zobrazte časové průběhy a fázorové diagramy pro napětí a proud v obvodu s rezistorem.

### Schéma



obr. 1

### Měření



### Průběhy na rezistoru

#### schéma

obr. 1

#### měřicí mód

osciloskop

#### naměřené průběhy

●  $u(t)$  (V)

●  $i(t) = \frac{1}{R_i} u_i(t)$  (mA, kΩ, V)

●  $u_R(t)$  (V)

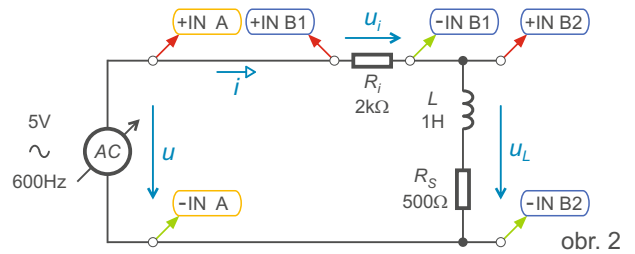
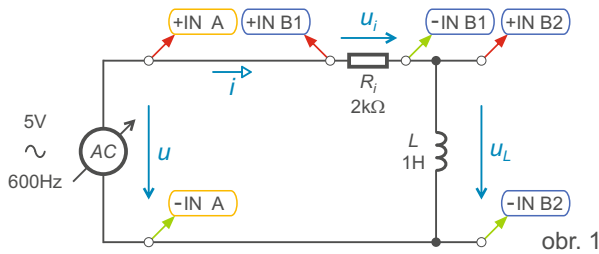
## 2.8

## Cívka v obvodu střídavého proudu

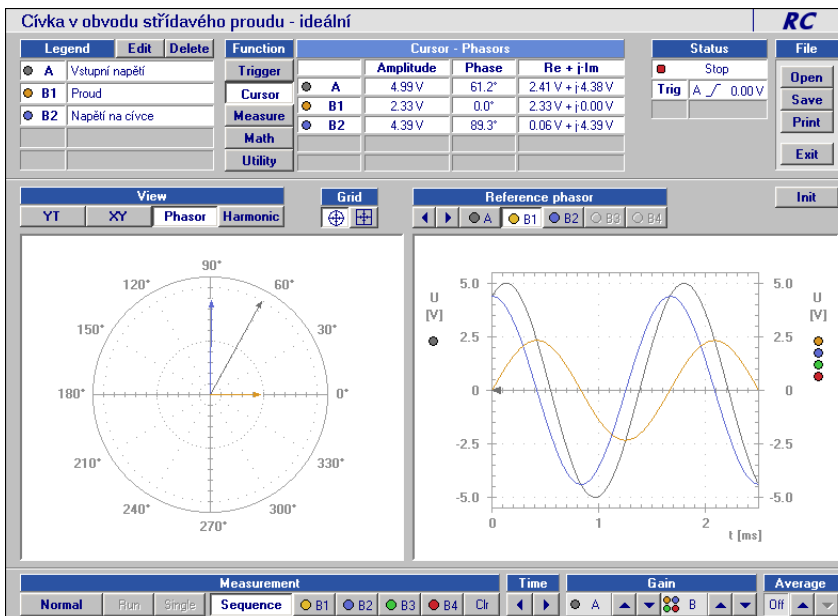
### Úkol

Zobrazte časové průběhy a fázorové diagramy pro napětí a proud v obvodu s cívkou (ideální a reálnou).

### Schéma



### Měření



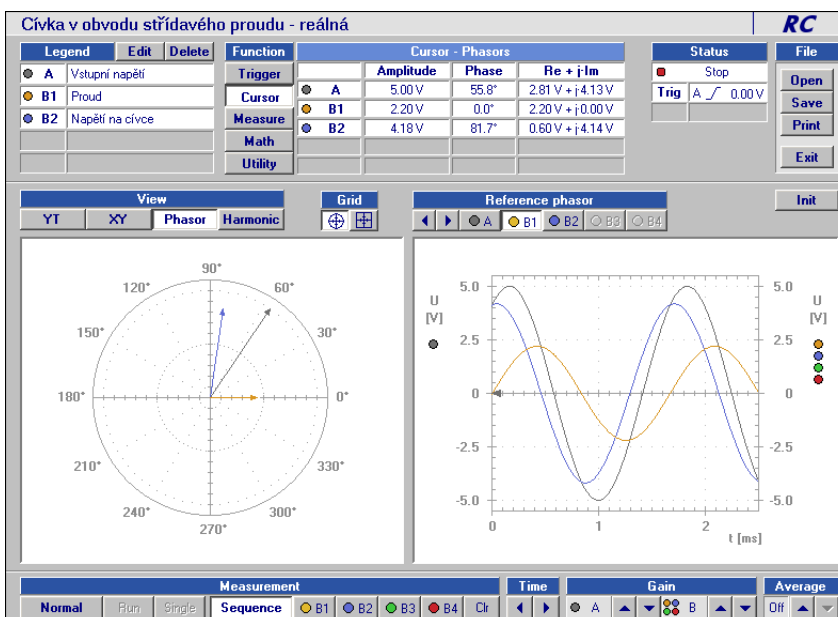
Ideální cívka

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

osciloskop



Reálná cívka

*schéma*

obr. 2

*měřicí mód*

osciloskop

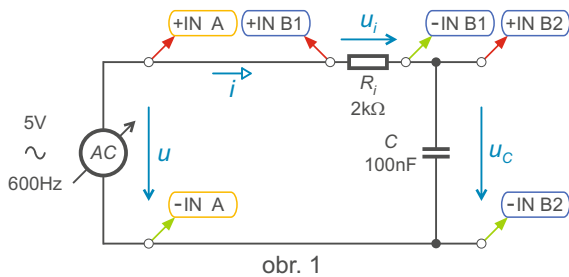
## 2.9

# Kondenzátor v obvodu střídavého proudu

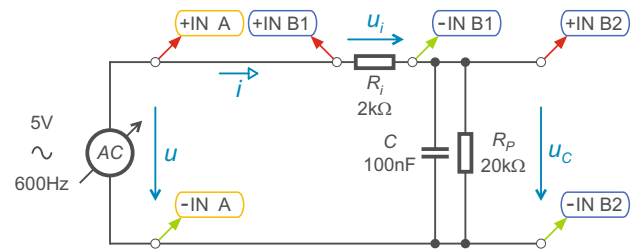
### Úkol

Zobrazte časové průběhy a fázorové diagramy pro napětí a proud v obvodu s kondenzátorem (ideálním a reálným).

### Schéma

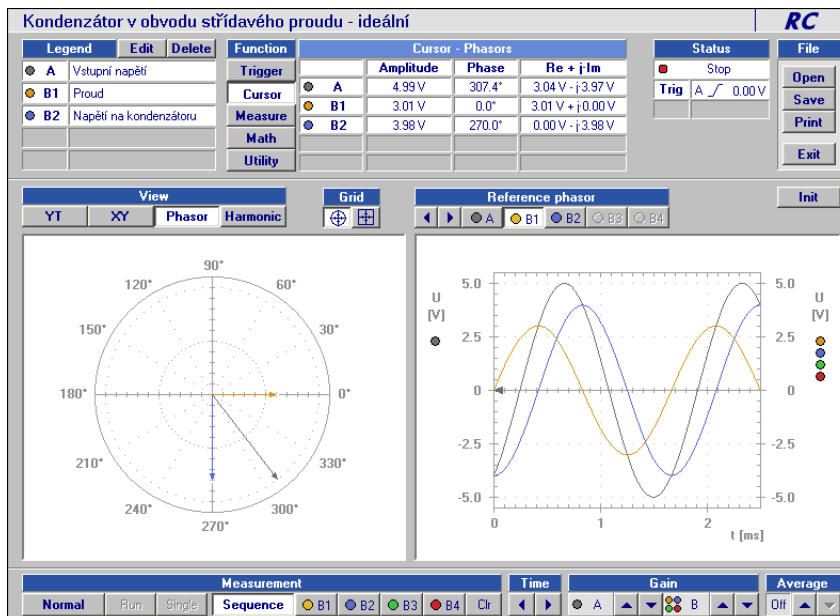


obr. 1



obr. 2

### Měření



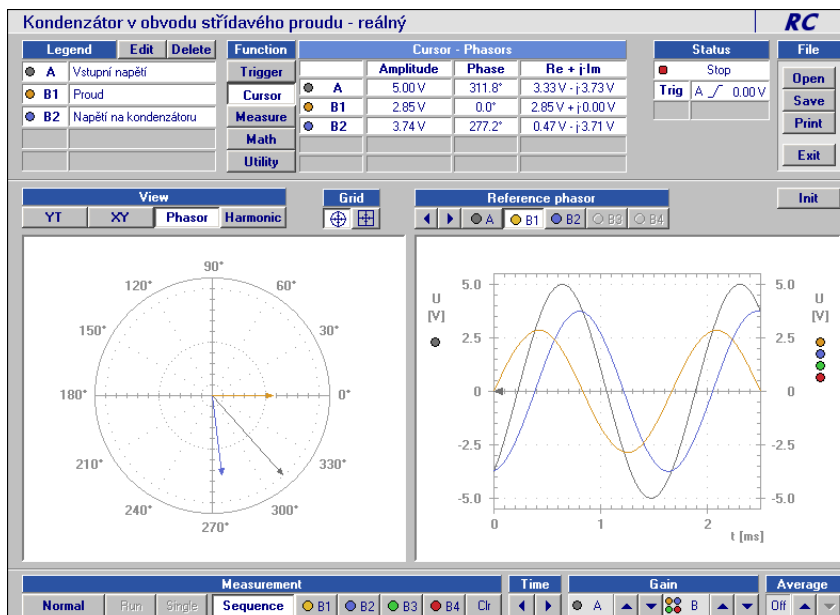
Ideální kondenzátor

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

osciloskop



Reálný kondenzátor

*schéma*

obr. 2

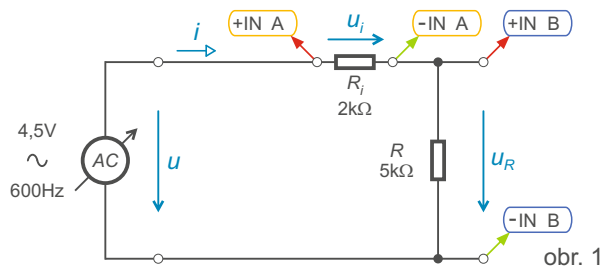
*měřicí mód*

osciloskop

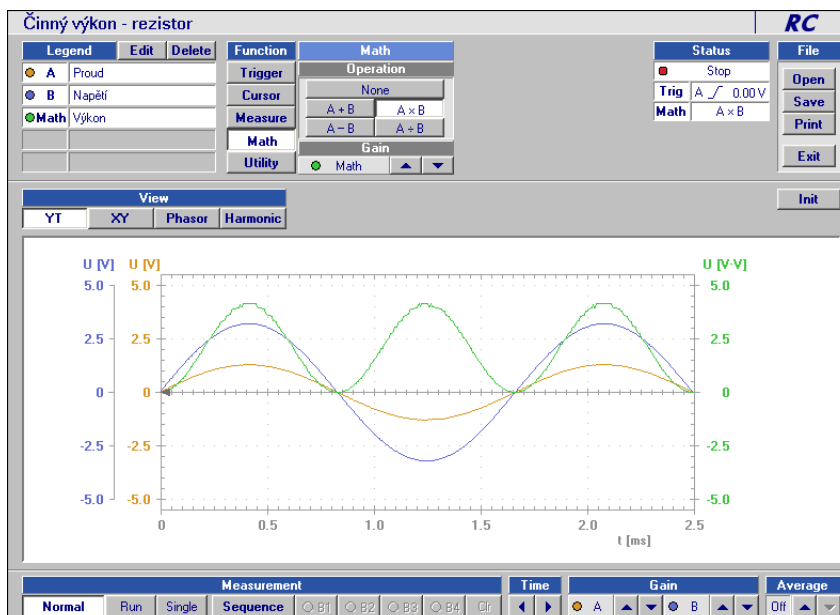
## Úkol

Zobrazte časový průběh výkonu na rezistoru.

## Schéma



## Měření



Výkon na rezistoru

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

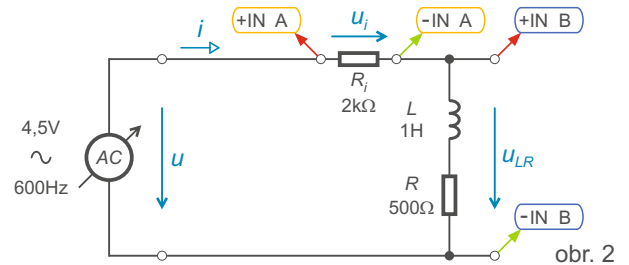
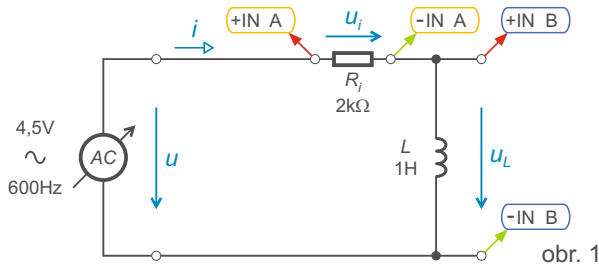
osciloskop



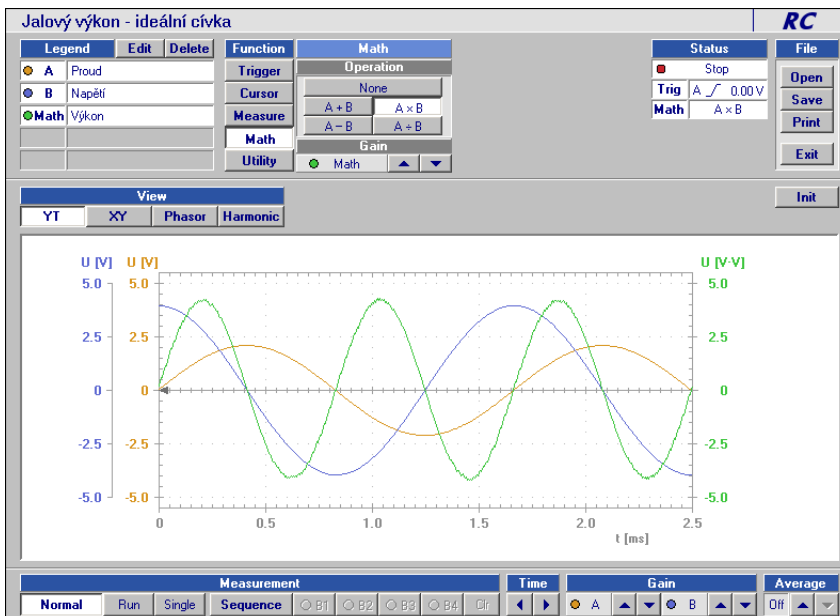
Úkol

Zobrazte časový průběh výkonu na cívce. Srovnajte průběhy na ideální a reálné cívce.

Schéma



Měření



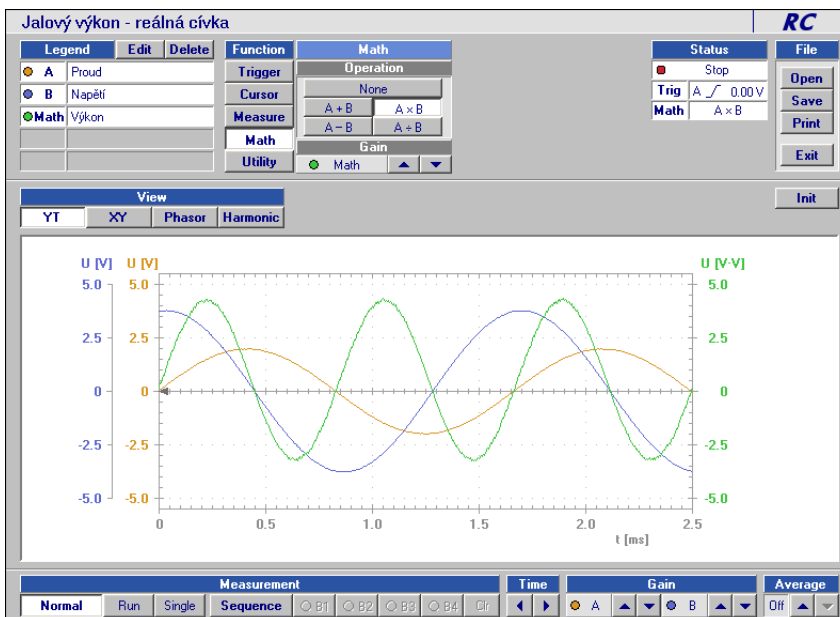
Ideální cívka

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

osciloskop



Reálná cívka

*schéma*

obr. 2

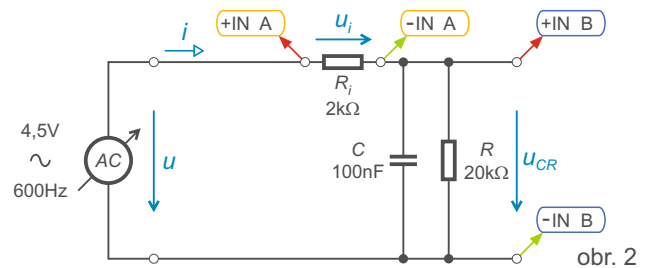
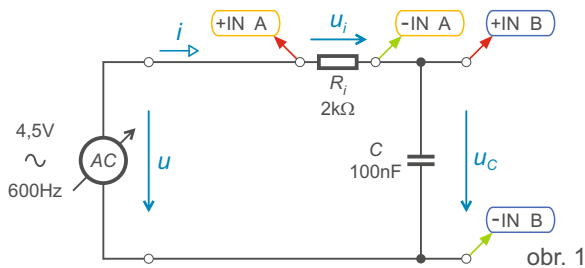
*měřicí mód*

osciloskop

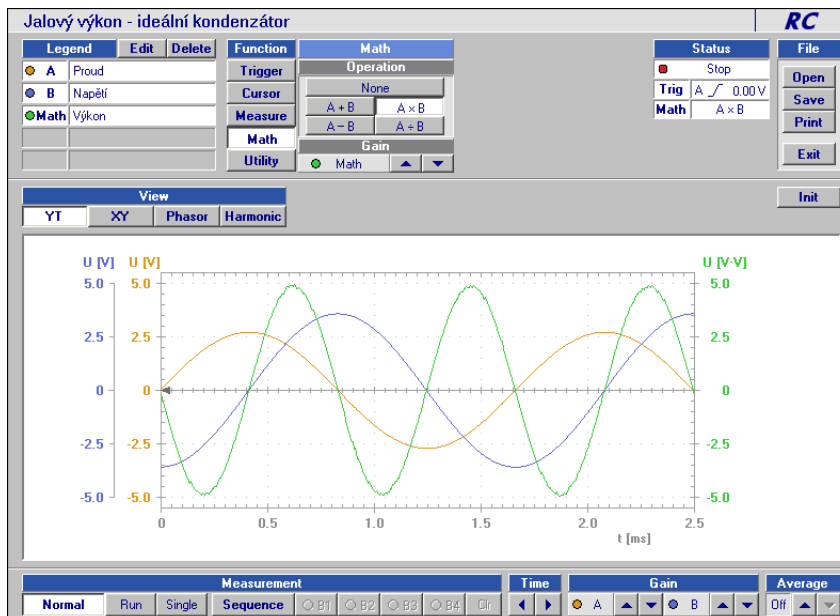
## Úkol

Zobrazte časový průběh výkonu na kondenzátoru. Srovnajte průběhy na ideálním a reálném kondenzátoru.

## Schéma



## Měření



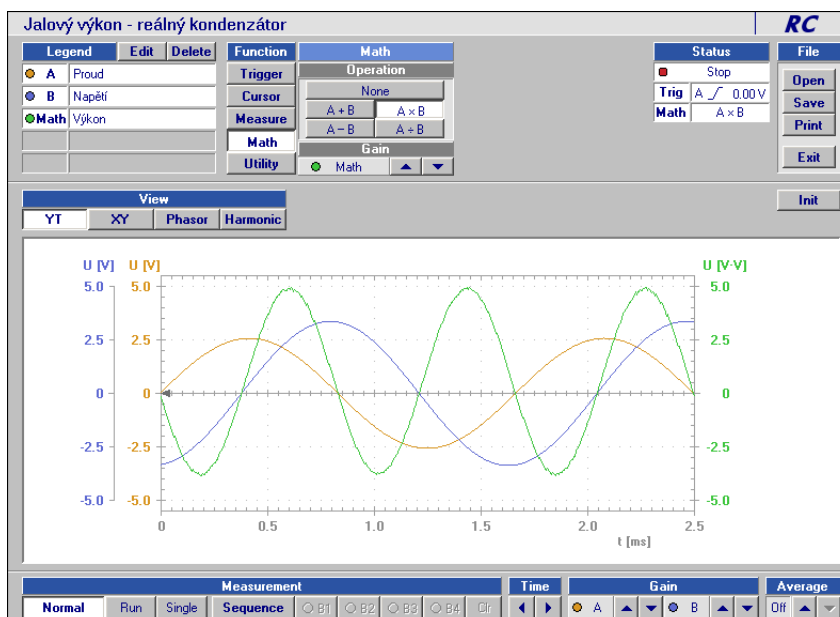
Ideální kondenzátor

schéma

obr. 1

měřicí mód

osciloskop



Reálný kondenzátor

schéma

obr. 2

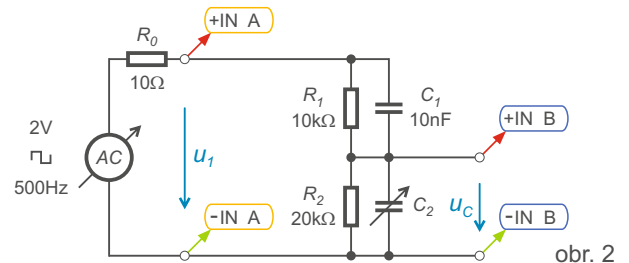
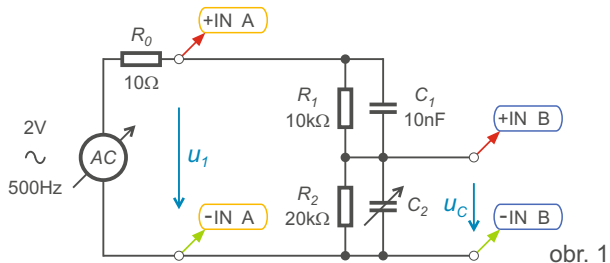
měřicí mód

osciloskop

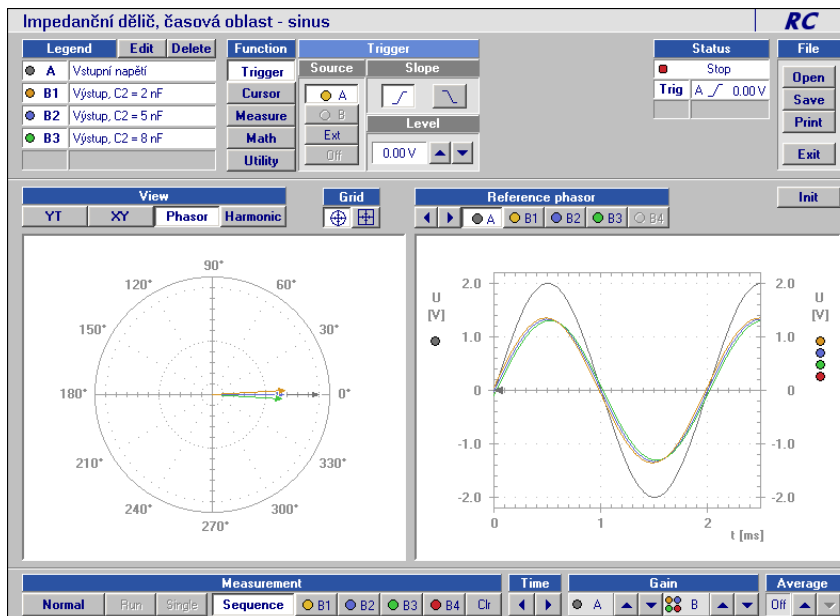
## Úkol

Změřte napěťový přenos impedančního děliče (pro  $C_2 = 2 \text{ nF}$ ,  $5 \text{ nF}$ ,  $8 \text{ nF}$ ). Pro vykompenzování děliče musí platit rovnice  $R_1 C_1 = R_2 C_2$ .

## Schéma



## Měření



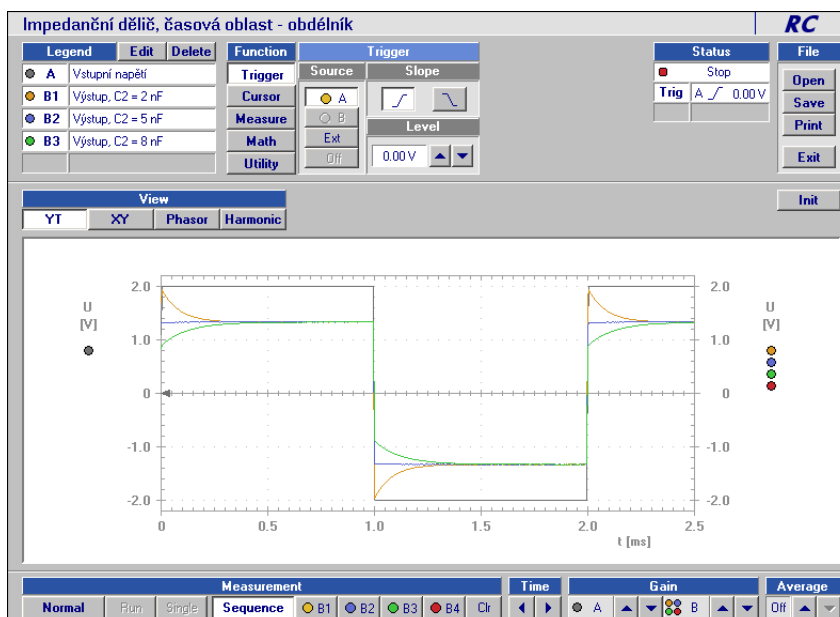
Harmonický průběh

schéma

obr. 1

měřicí mód

osciloskop



Obdélíkový průběh

schéma

obr. 2

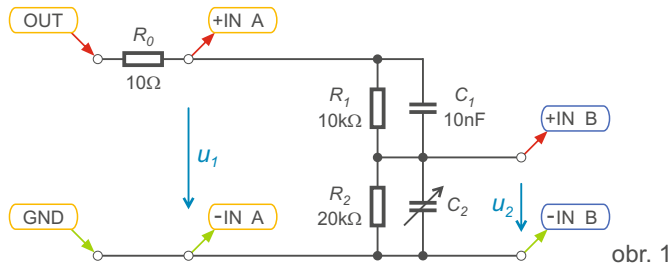
měřicí mód

osciloskop

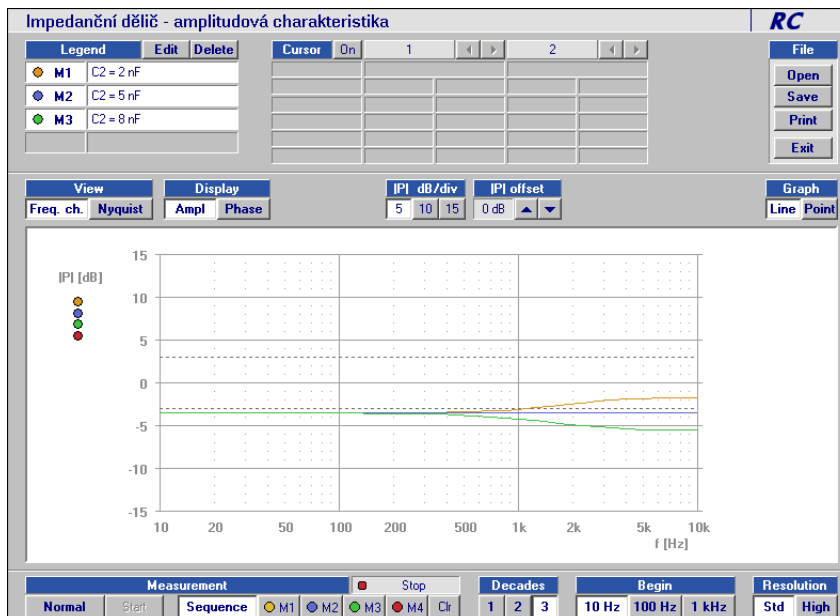
## Úkol

Změřte přenosovou frekvenční charakteristiku děliče (pro  $C_2 = 2 \text{ nF}$ ,  $5 \text{ nF}$ ,  $8 \text{ nF}$ ). Pro vykompenzování děliče musí platit rovnice  $R_1 C_1 = R_2 C_2$ .

## Schéma



## Měření



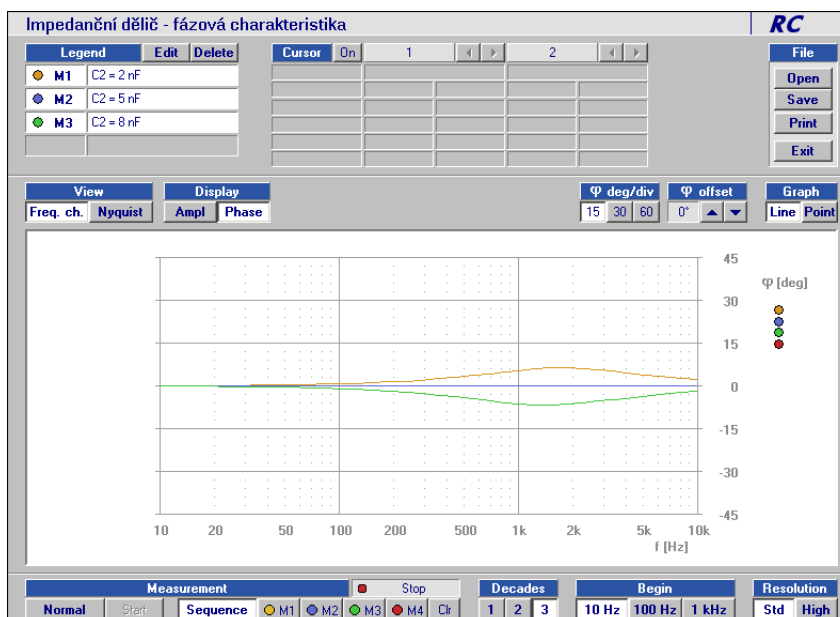
Amplitudové charakteristiky

schéma

obr. 1

měřicí mód

frekvenční charakteristiky



Fázové charakteristiky

schéma

obr. 1

měřicí mód

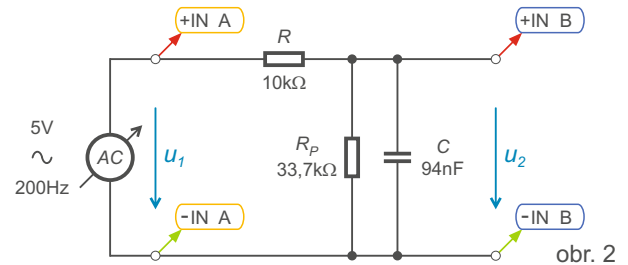
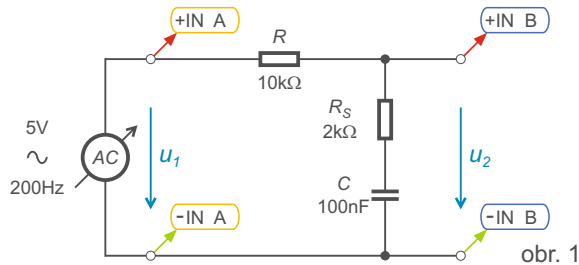
frekvenční charakteristiky

## 2.15 Ekvivalentní obvody (pro jednu frekvenci) - časová oblast

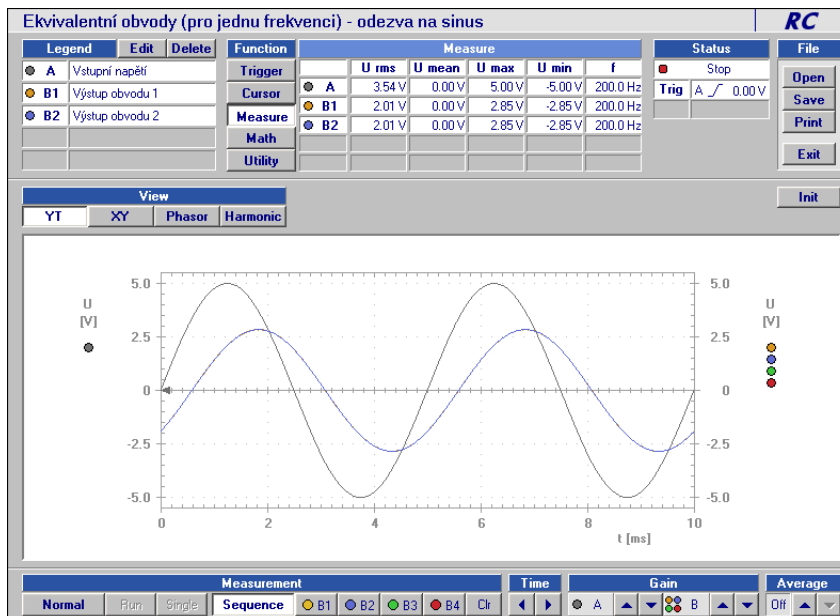
### Úkol

Ověřte, že dané ekvivalentní obvody mají stejný napěťový přenos pouze pro sinusové napětí jedné frekvence.

### Schéma



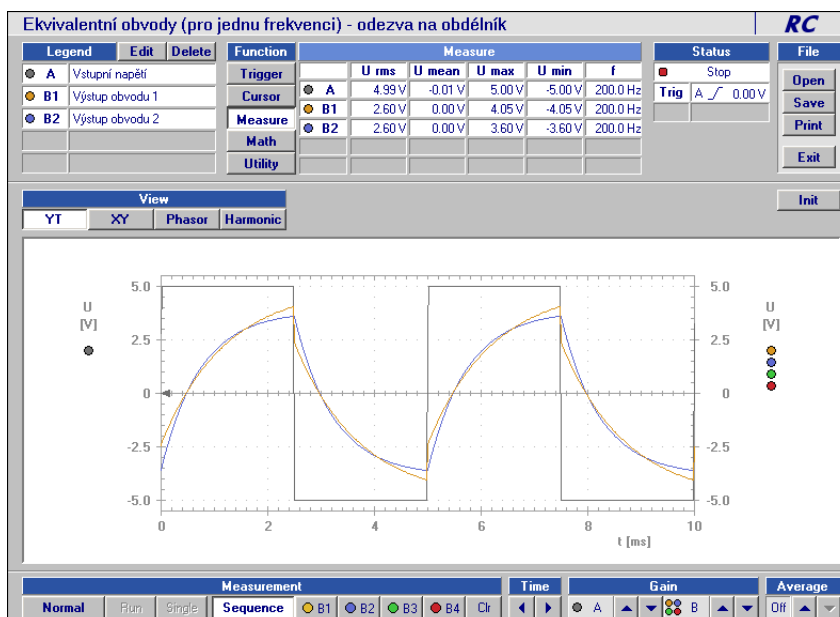
### Měření



Harmonický průběh

*schéma*  
obr. 1, obr. 2

*měřicí mód*  
osciloskop



Obdélníkový průběh

*schéma*  
obr. 1, obr. 2

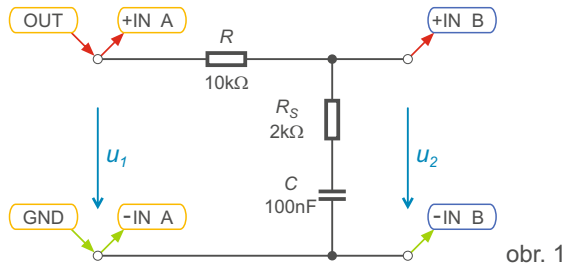
*měřicí mód*  
osciloskop

## 2.16 Ekvivalentní obvody (pro jednu frekvenci) - frekvenční oblast

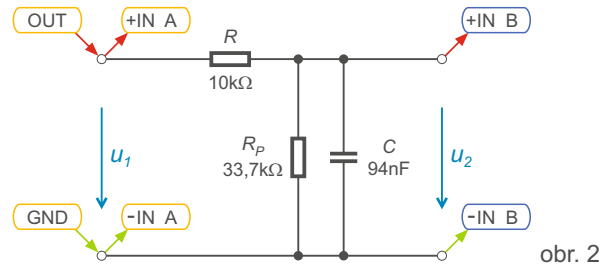
### Úkol

Ověřte, že dané ekvivalentní obvody mají stejný napěťový přenos pouze pro sinusové napětí jedné frekvence.

### Schéma

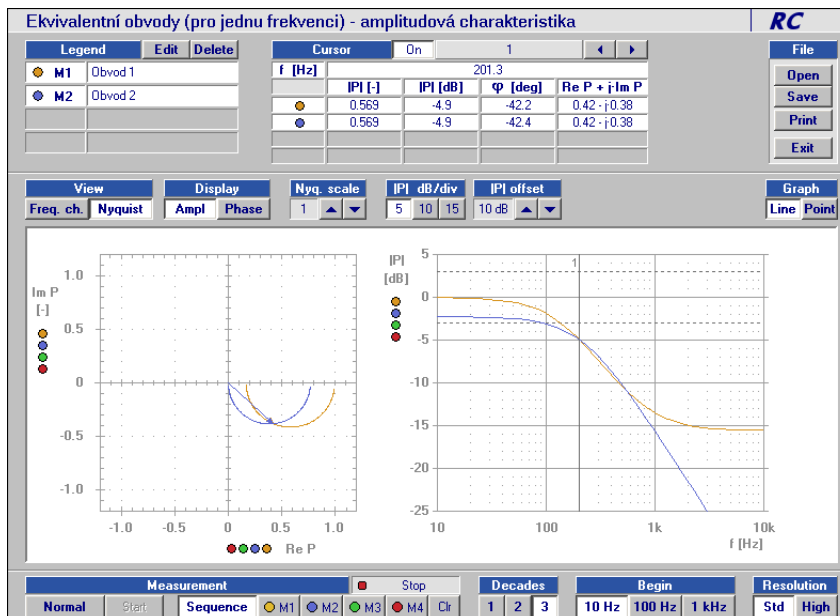


obr. 1



obr. 2

### Měření



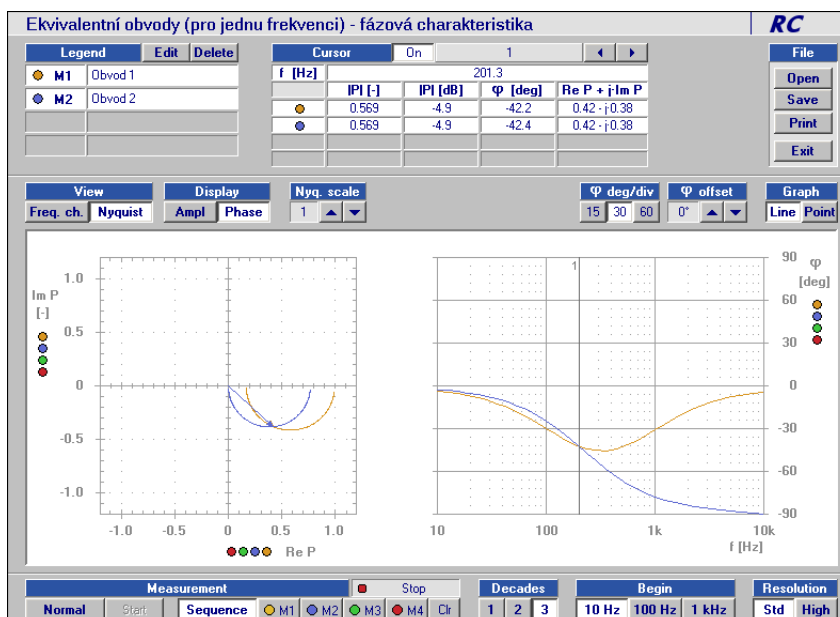
Amplitudové charakteristiky

*schéma*

obr. 1, obr. 2

*měřicí mód*

frekvenční charakteristiky



Fázové charakteristiky

*schéma*

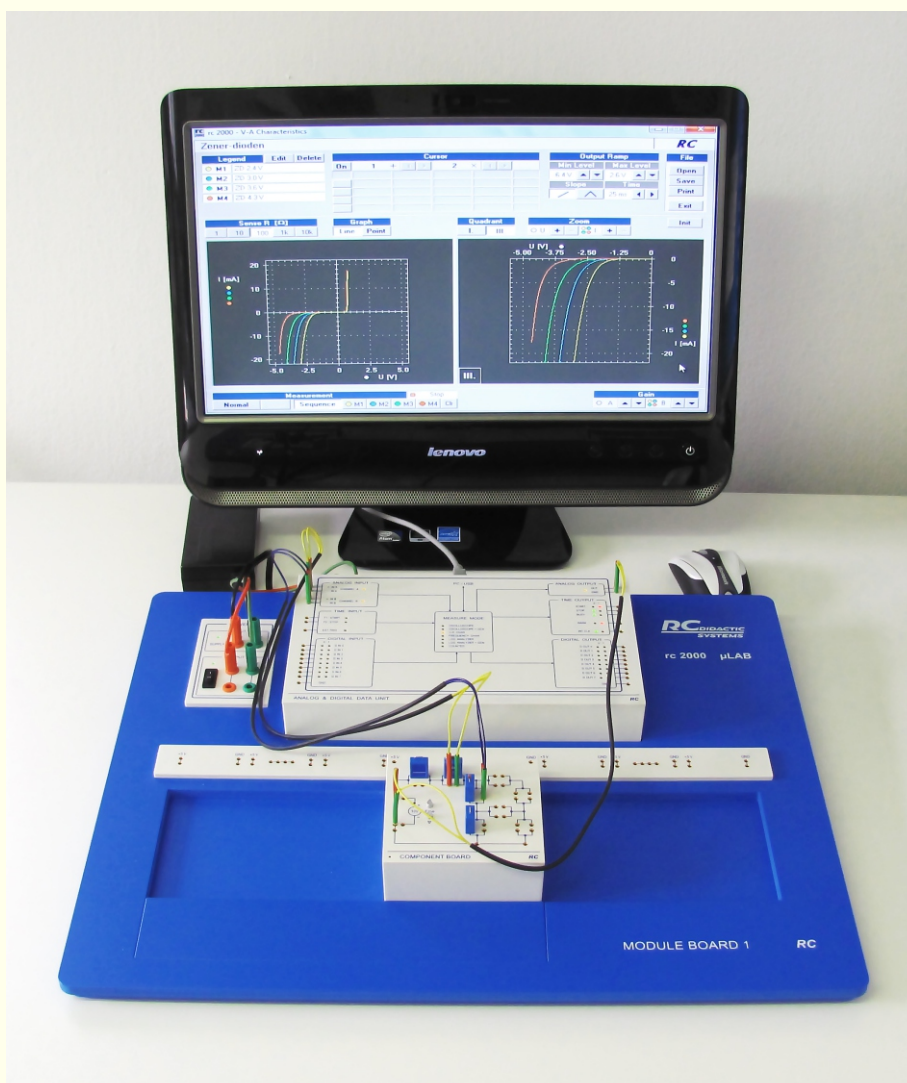
obr. 1, obr. 2

*měřicí mód*

frekvenční charakteristiky

## Výukový systém rc2000 - $\mu$ LAB

### Voltampérové charakteristiky







## Obsah

---

<b>Voltampérové charakteristiky</b>	<b>3.0</b>
Lineární rezistory - Ohmův zákon	3.1
NTC rezistor - V/A charakteristika	3.2
PTC rezistor - V/A charakteristika	3.3
Žárovka - V/A charakteristika	3.4
Křemíkové diody - V/A charakteristiky	3.5
Zenerova dioda - V/A charakteristiky	3.6
Světelné diody - V/A charakteristiky	3.7
Bipolární transil - V/A charakteristika	3.8
Lineární prvky (sériové zapojení) - V/A charakteristiky	3.9
Lineární prvky (paralelní zapojení) - V/A charakteristiky	3.10
Nelineární prvky (sériové zapojení) - V/A charakteristiky	3.11
Nelineární prvky (paralelní zapojení) - V/A charakteristiky	3.12
Nelineární a lineární prvky (sériové zapojení) - V/A charakteristiky	3.13
Nelineární a lineární prvky (paralelní zapojení) - V/A charakteristiky	3.14
Vstupní charakteristiky bipolárního tranzistoru NPN	3.15
Výstupní charakteristiky bipolárního tranzistoru NPN	3.16
Výstupní charakteristiky bipolárního tranzistoru PNP	3.17
Výstupní charakteristiky unipolárního tranzistoru J-FET	3.18
V/A charakteristika tyristoru	3.19



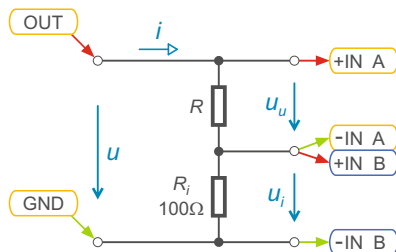
### 3.1

## Lineární rezistory - Ohmův zákon

### Úkol

Zobrazte V/A charakteristiky lineárních rezistorů. Použijte hodnoty 100 Ω, 200 Ω a 500 Ω.

### Schema



obr. 1

### Měření



### Lineární rezistory

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

V-A charakteristiky

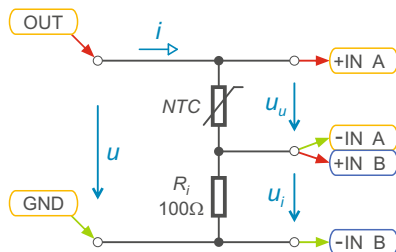
### 3.2

## NTC rezistor - V/A charakteristika

### Úkol

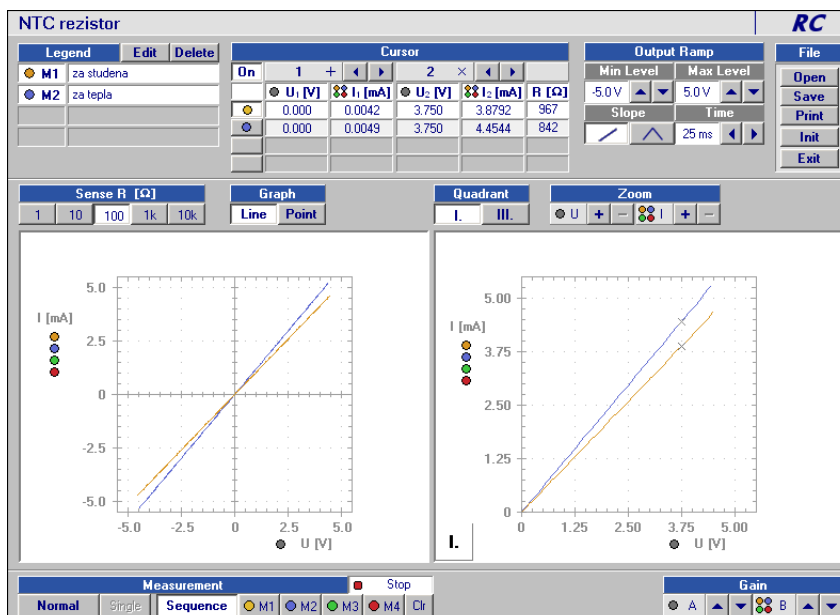
Zobrazte V/A charakteristiky NTC rezistoru pro dvě různé teploty.

### Schema



obr. 1

### Měření



NTC rezistor

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

V-A charakteristiky

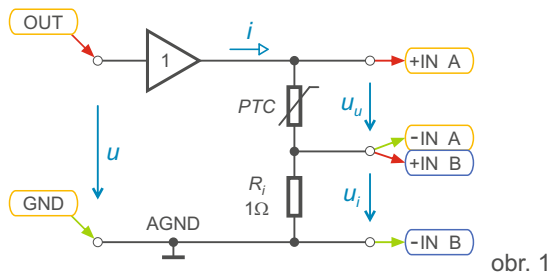
### 3.3

## PTC rezistor - V/A charakteristika

### Úkol

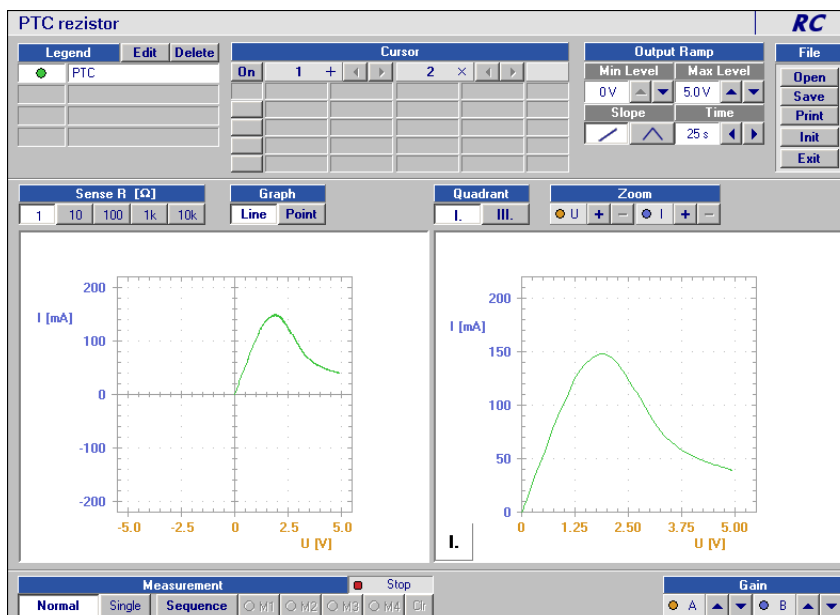
Zobrazte V/A charakteristiku PTC rezistoru.

### Schema



obr. 1

### Měření



PTC rezistor

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

V-A charakteristiky

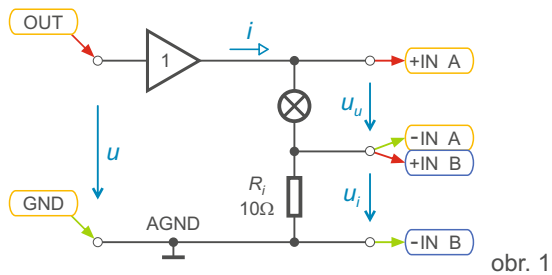
### 3.4

## Žárovka - V/A charakteristika

### Úkol

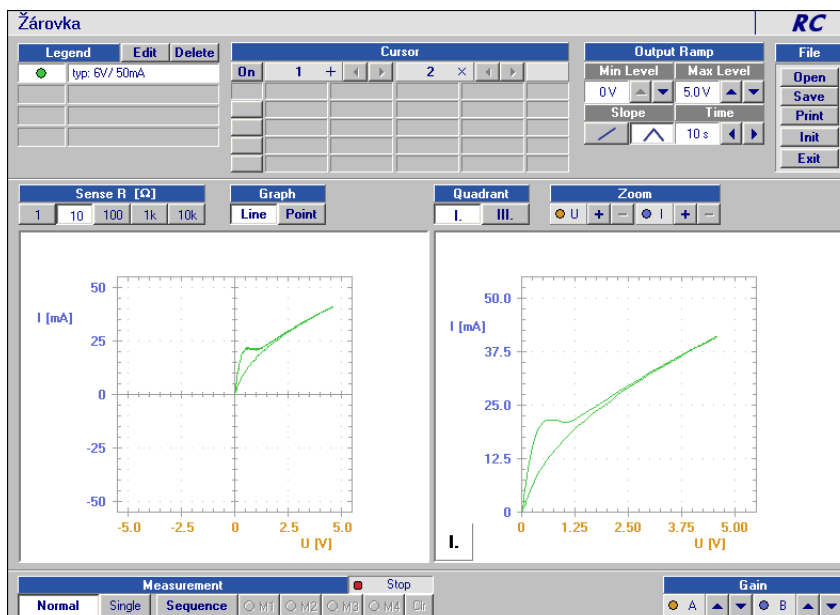
Zobrazte V/A charakteristiku žárovky. Měření provedte pro rostoucí i pro klesající napětí.

### Schema



obr. 1

### Měření



Žárovka

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

V-A charakteristiky

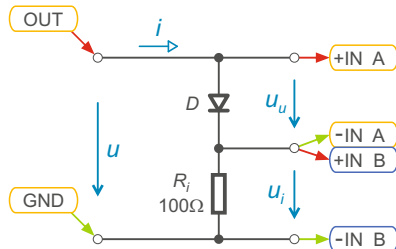
### 3.5

## Usměřovací diody - V/A charakteristiky

### Úkol

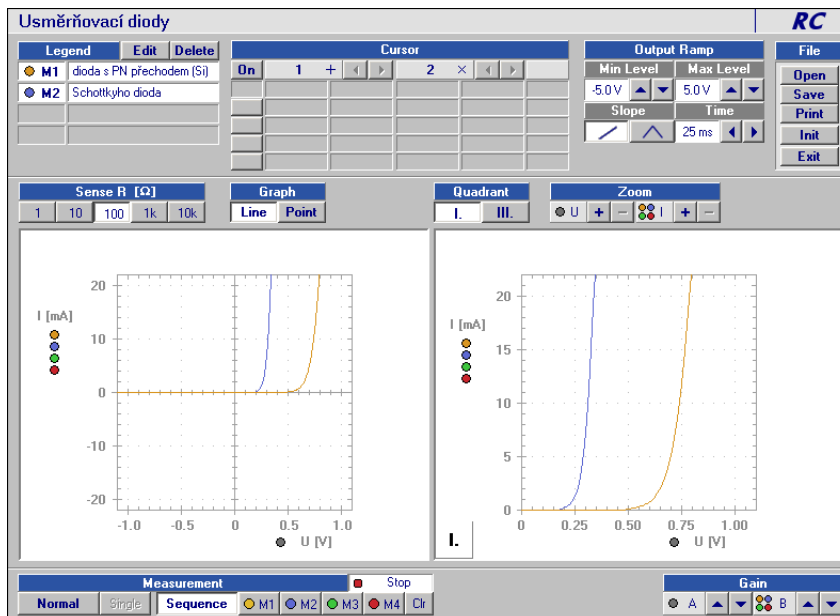
Zobrazte V/A charakteristiky usměřovacích diod. Porovnejte V/A charakteristiku Schottkyho diody s V/A charakteristikou diody s přechodem PN.

### Schema



obr. 1

### Měření



Usměřovací dioda

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

V-A charakteristiky

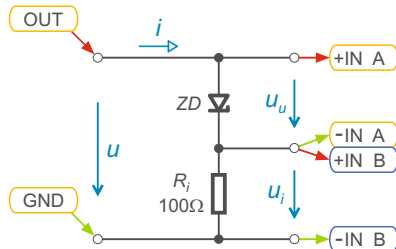
### 3.6

## Zenerovy diody - V/A charakteristiky

### Úkol

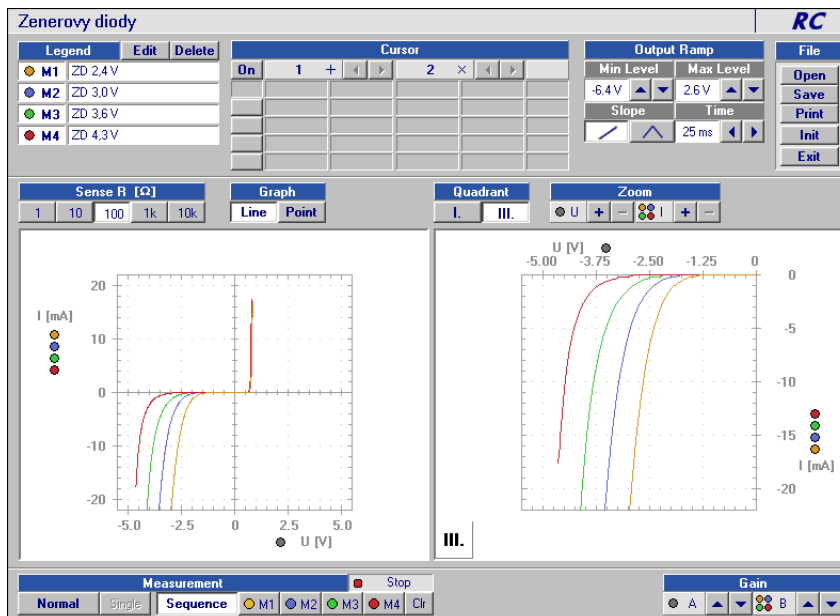
Zobrazte V/A charakteristiky Zenerových diod s různým Zenerovým napětím.

### Schema



obr. 1

### Měření



Zenerovy diody

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

V-A charakteristiky



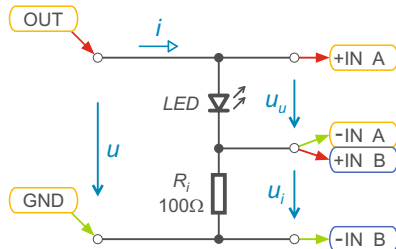
## 3.7

## Světelné diody - V/A charakteristiky

## Úkol

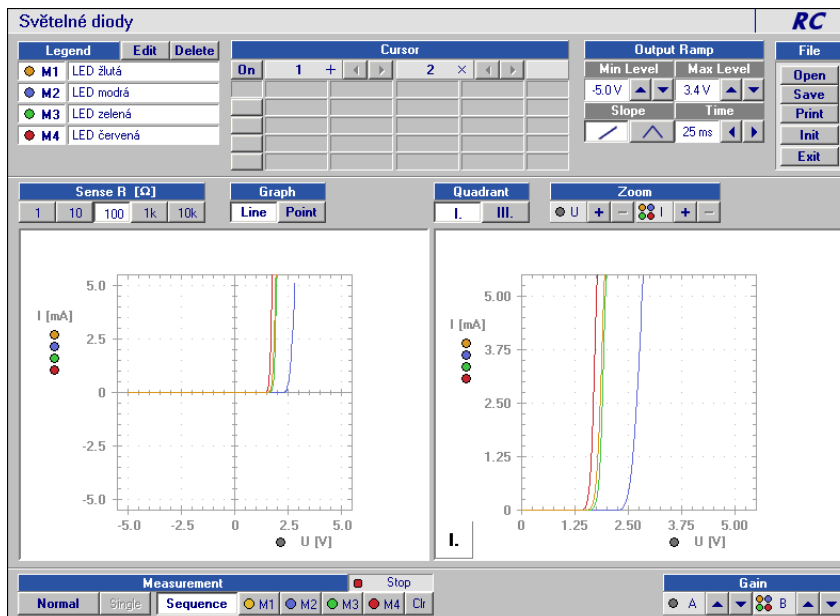
Zobrazte V/A charakteristiky světelných diod různých barev.

## Schema



obr. 1

## Měření



## Světelné diody

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

V-A charakteristiky

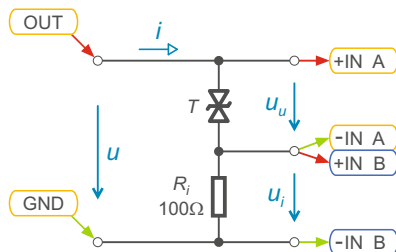
## 3.8

## Bipolární transil - V/A charakteristika

## Úkol

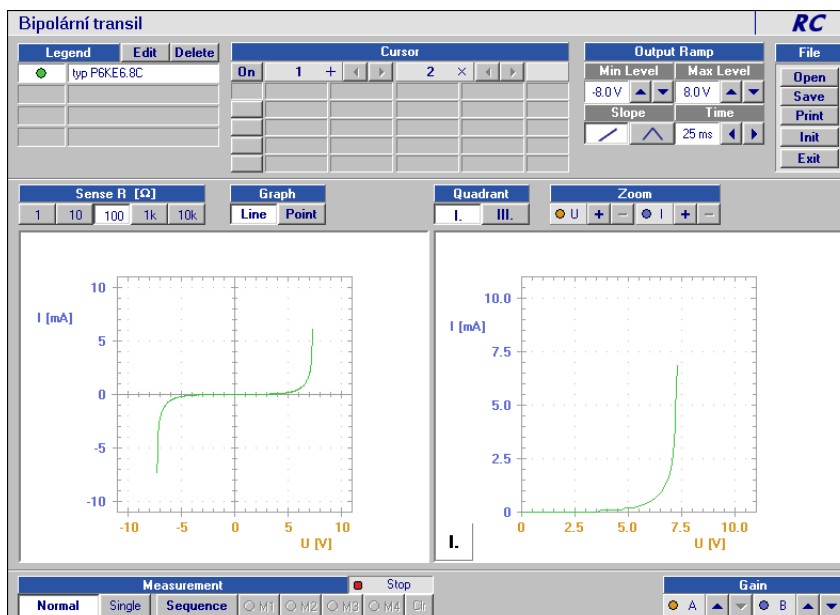
Zobrazte V/A charakteristiku bipolárního transilu.

## Schema



obr. 1

## Měření



Bipolární transil

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

V-A charakteristiky

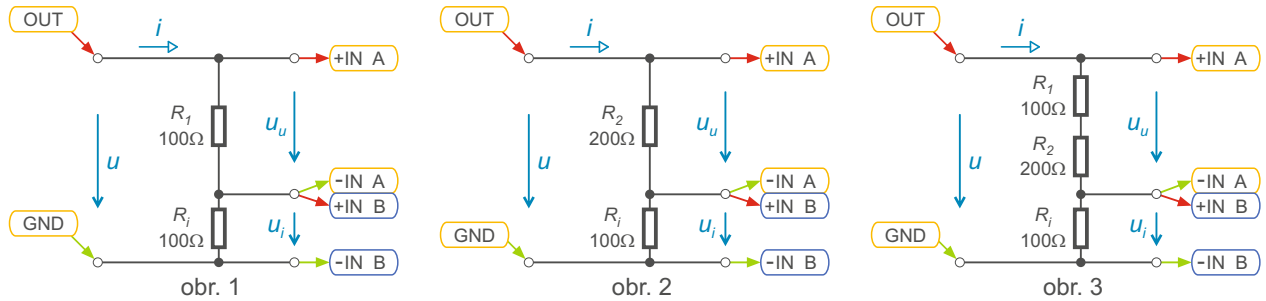
### 3.9

## Lineární prvky (sériové zapojení) - V/A charakteristiky

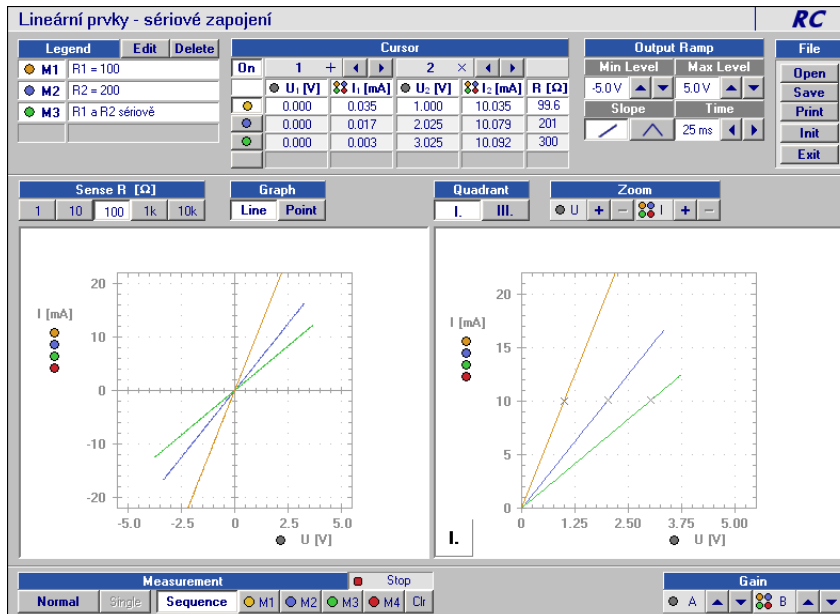
### Úkol

Zobrazte V/A charakteristiky dvou lineárních prvků a jejich sériové kombinace.

### Schema



### Měření



### Lineární prvky (sériově)

schéma

obr. 1,2,3

měřicí mód

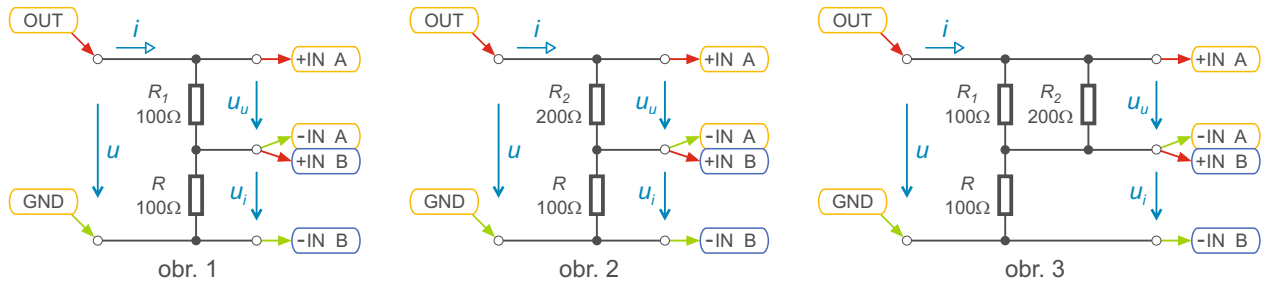
V-A charakteristiky

### 3.10 Lineární prvky (paralelní zapojení) - V/A charakteristiky

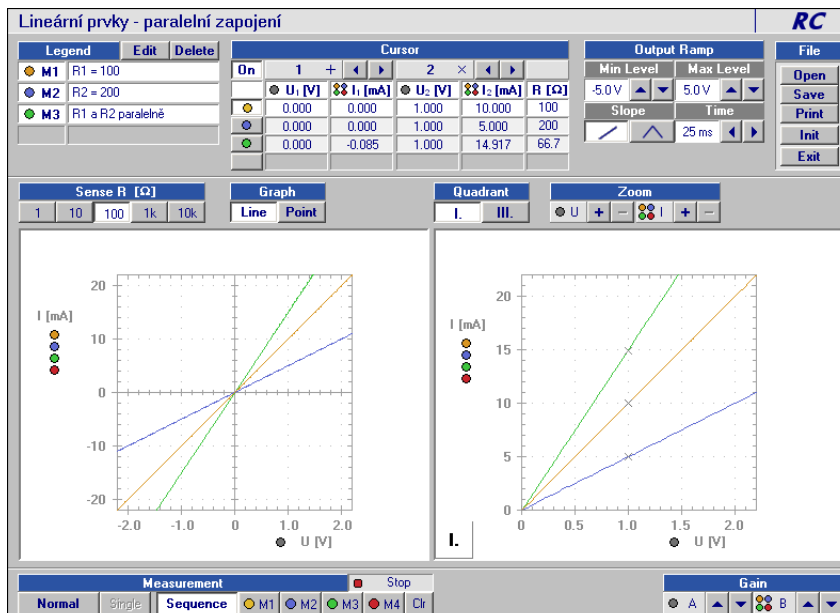
#### Úkol

Zobrazte V/A charakteristiky dvou lineárních prvků a jejich paralelní kombinace.

#### Schema



#### Měření



Lineární prvky (paralelně)

schéma

obr. 1,2,3

měřicí mód

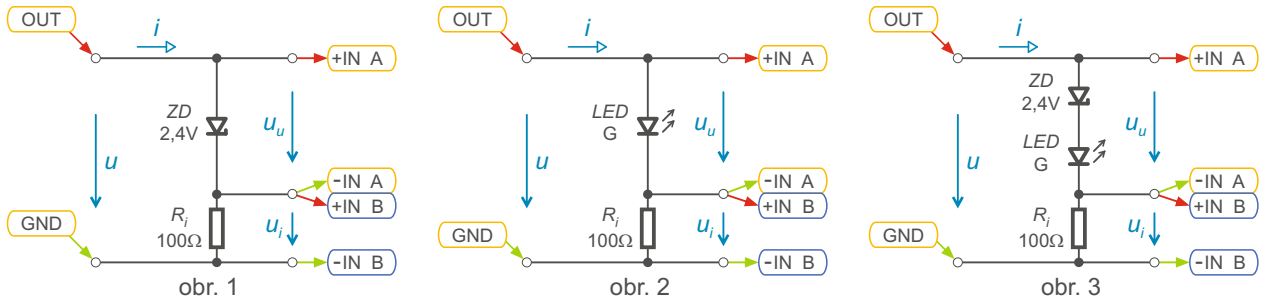
V-A charakteristiky

### 3.11 Nelineární prvky (sériové zapojení) - V/A charakteristiky

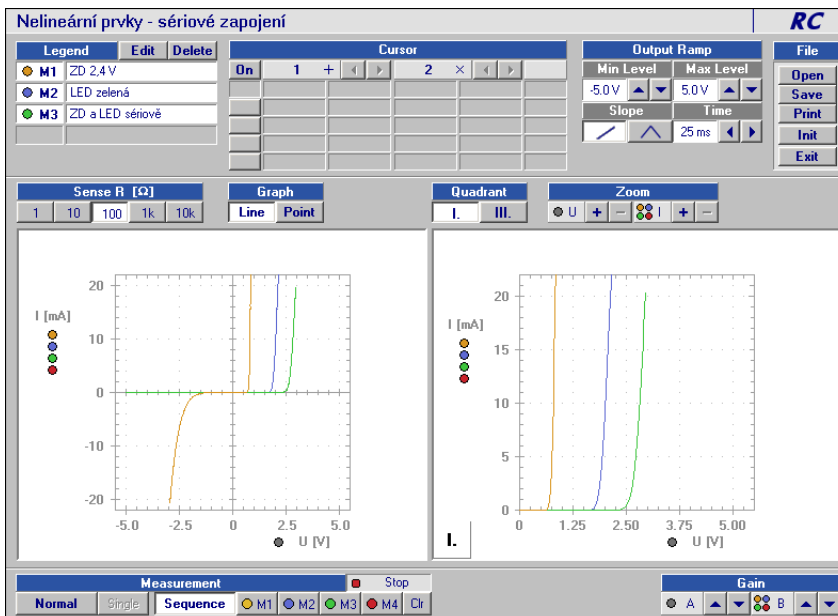
#### Úkol

Zobrazte V/A charakteristiky dvou nelineárních prvků (diod) a jejich sériové kombinace.

#### Schema



#### Měření



Nelineární prvky (sériově)

*schéma*

obr. 1,2,3

*měřicí mód*

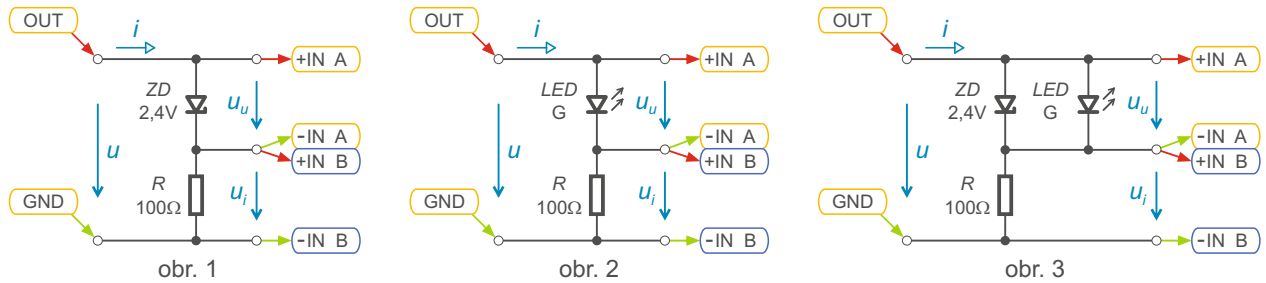
V-A charakteristiky

### 3.12 Nelineární prvky (paralelní zapojení) - V/A charakteristiky

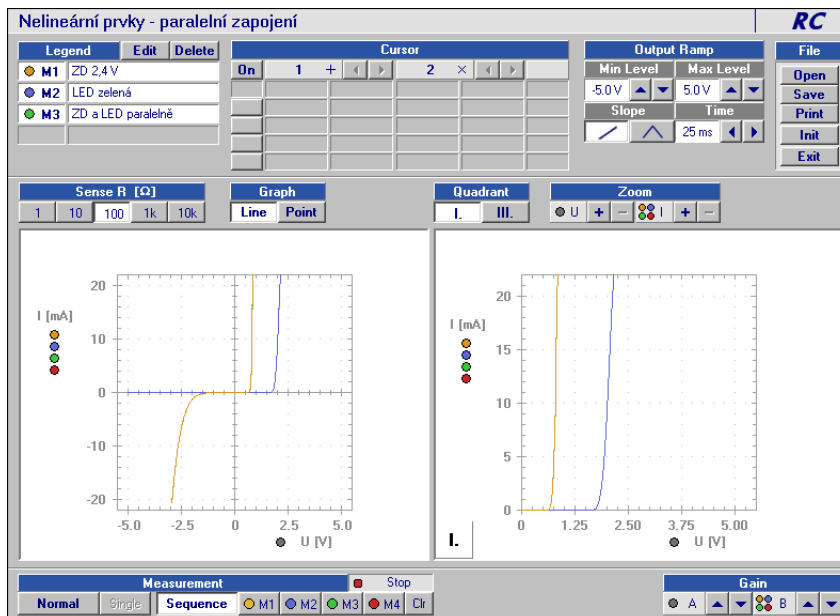
#### Úkol

Zobrazte V/A charakteristiky dvou nelineárních prvků (diod) a jejich paralelní kombinace.

#### Schema



#### Měření



Nelineární prvky (paralelně)

*schéma*

obr. 1,2,3

*měřicí mód*

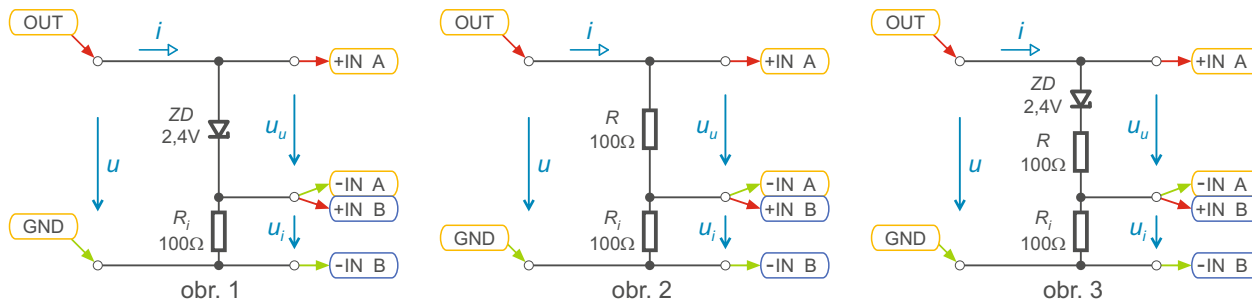
V-A charakteristiky

### 3.13 Nelineární a lineární prvky (sériové zapojení) - V/A charakteristiky

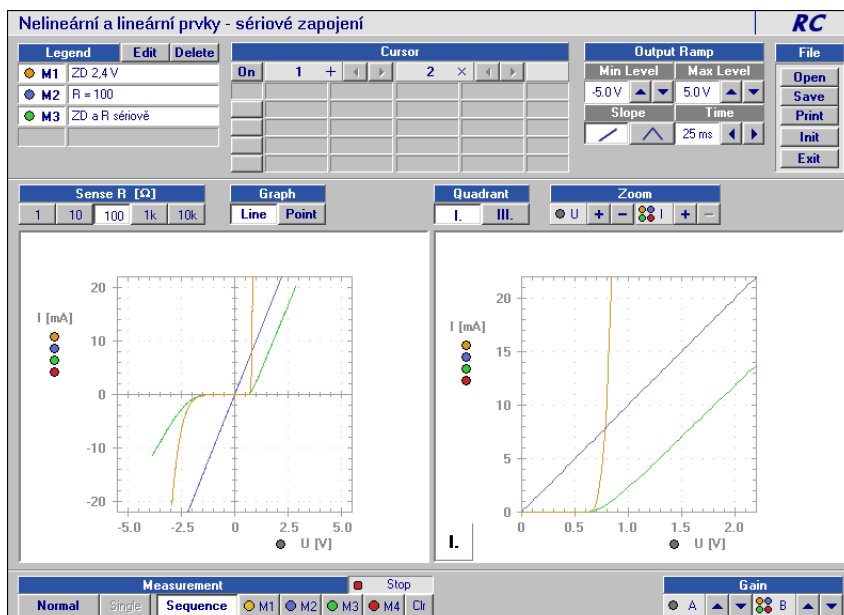
#### Úkol

Zobrazte V/A charakteristiky sériové kombinace lineárního a nelineárního prvku.

#### Schema



#### Měření



Nelineární a lineární prvky

*schéma*

obr. 1,2,3

*měřicí mód*

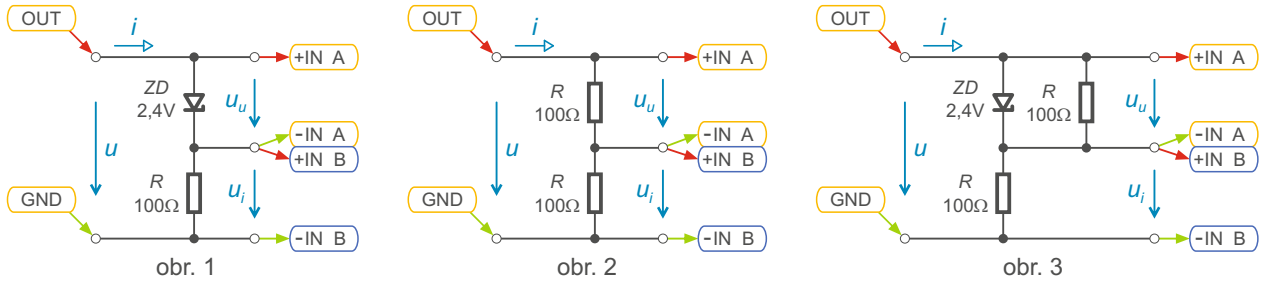
V-A charakteristiky

### 3.14 Nelineární a lineární prvky (paralelní zapojení) - V/A charakteristiky

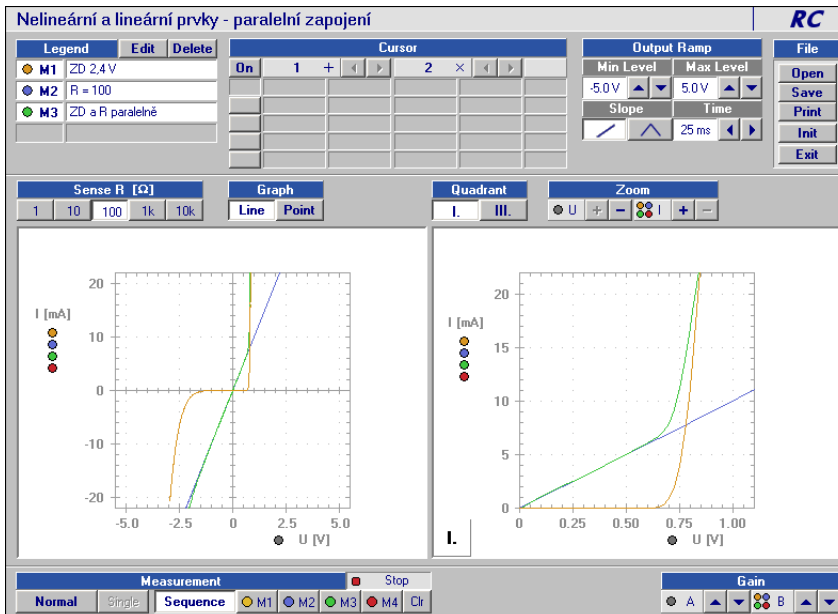
#### Úkol

Zobrazte V/A charakteristiky paralelní kombinace lineárního a nelineárního prvku.

#### Schema



#### Měření



Nelineární a lineární prvky

*schéma*

obr. 1,2,3

*měřicí mód*

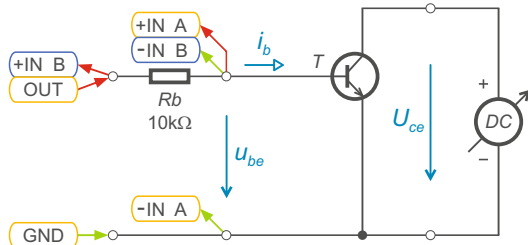
V-A charakteristiky



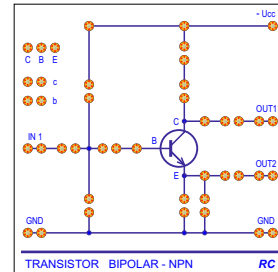
## Úkol

Změřte a zobrazte vstupní charakteristiky tranzistoru BC546B.

## Schéma

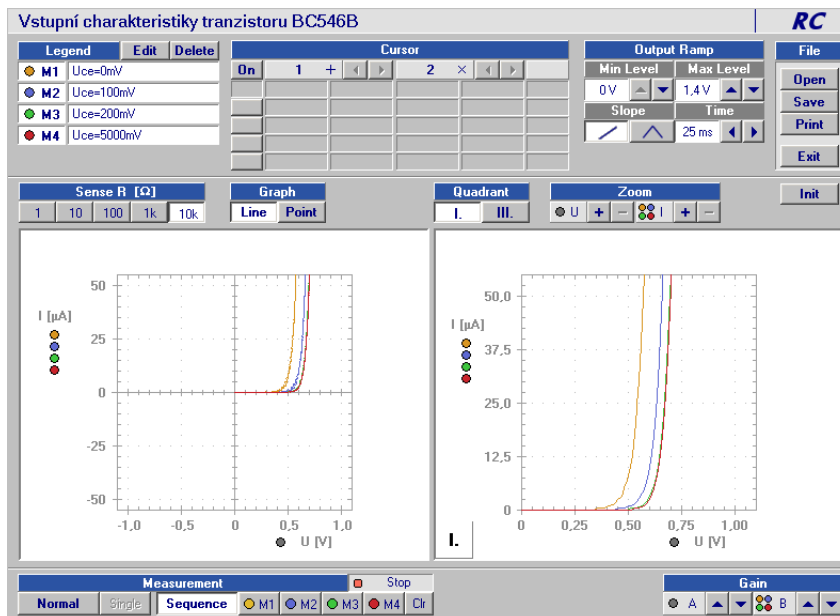


obr. 1



obr. 2

## Měření



Vstupní charakteristiky

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

V-A charakteristiky

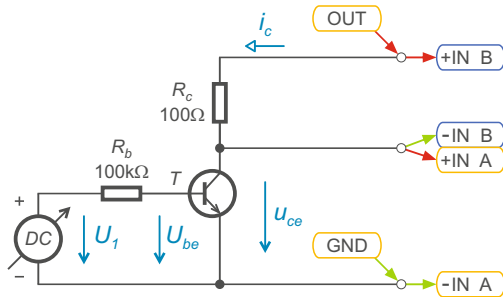
## Poznámky

- do **Modulu bipolárního tranzistoru** (obr. 2) zapojíme tříkolíkový prvek **BC546B**
- po přezkoušení správnosti zapojení přemostíme pomocí spojky ochrany **b** a **c**
- v programu (Blok *Output Ramp*) nastavíme výstupní průběh v rozsahu  $0V - 1,4V$

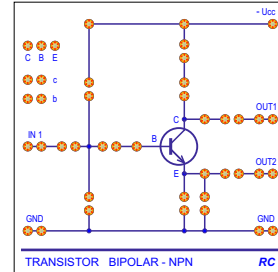
## Úkol

Změřte a zobrazte výstupní charakteristiky NPN tranzistoru BC546B.

## Schéma

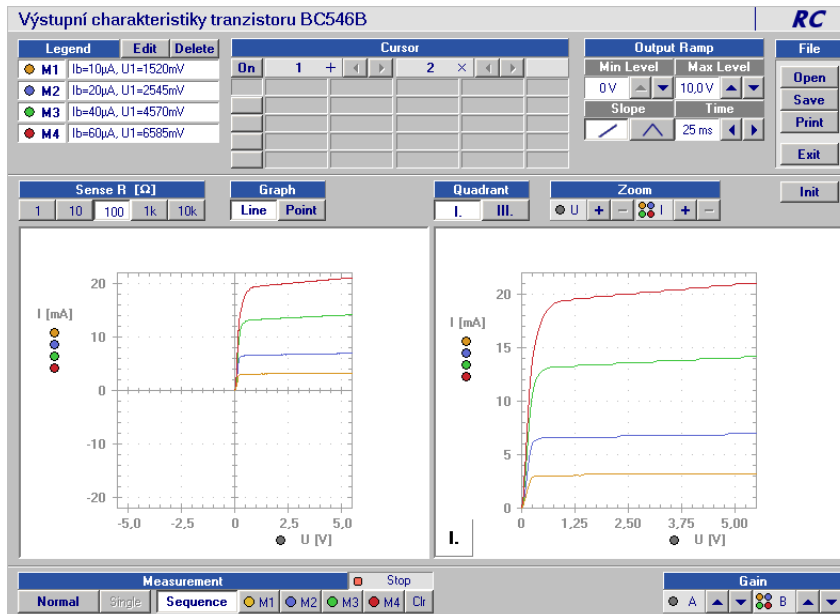


obr. 1



obr. 2

## Měření



Výstupní charakteristiky

schéma

obr. 1

měřicí mód

V-A charakteristiky

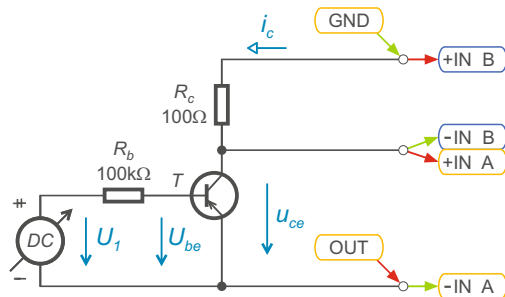
## Poznámky

- do **Modulu bipolárního tranzistoru** (obr. 2) zapojíme tříkolíkový prvek **BC546B**
- po přezkoušení správnosti zapojení přemostíme pomocí spojky ochranu **c**
- v programu (Blok *Output Ramp*) nastavíme výstupní průběh v rozsahu **0V - 10V**

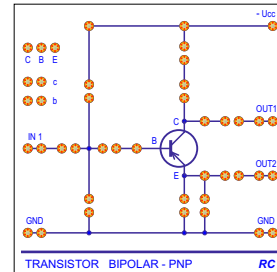
## Úkol

Změřte a zobrazte výstupní charakteristiky PNP tranzistoru BC556B.

## Schéma

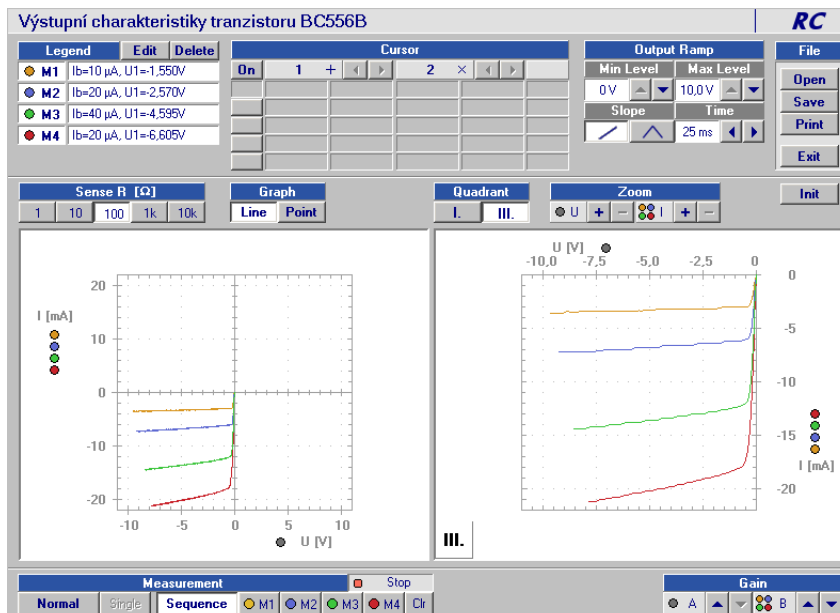


obr. 1



obr. 2

## Měření



Výstupní charakteristiky

schéma

obr. 1

měřicí mód

V-A charakteristiky

## Poznámky

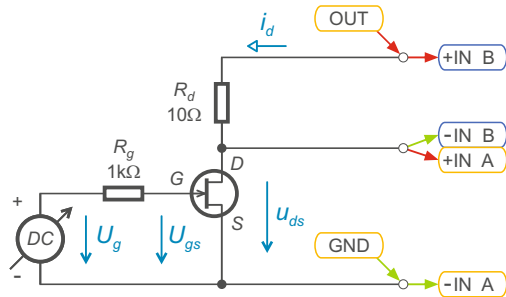
- do **Modulu bipolárního tranzistoru** (obr. 2) zapojíme tříkolíkový prvek **BC556B**
- po přezkoušení správnosti zapojení přemostíme pomocí spojky ochranu **c**
- při zachování orientace os grafu jsou naměřené průběhy pro tranzistor PNP „opačné“ oproti tranzistoru NPN
- v programu (Blok *Output Ramp*) nastavíme výstupní průběh v rozsahu  $0\text{V} - 10\text{V}$
- průběh napětí z Bloku *Output Ramp* může být jen vzrůstající - proto je napětí do obvodu přiloženo obráceně

### 3.18 Výstupní charakteristiky unipolárního tranzistoru J-FET

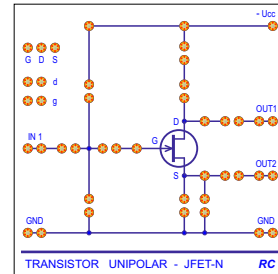
#### Úkol

Změřte a zobrazte výstupní charakteristiky tranzistoru BF245B.

#### Schéma

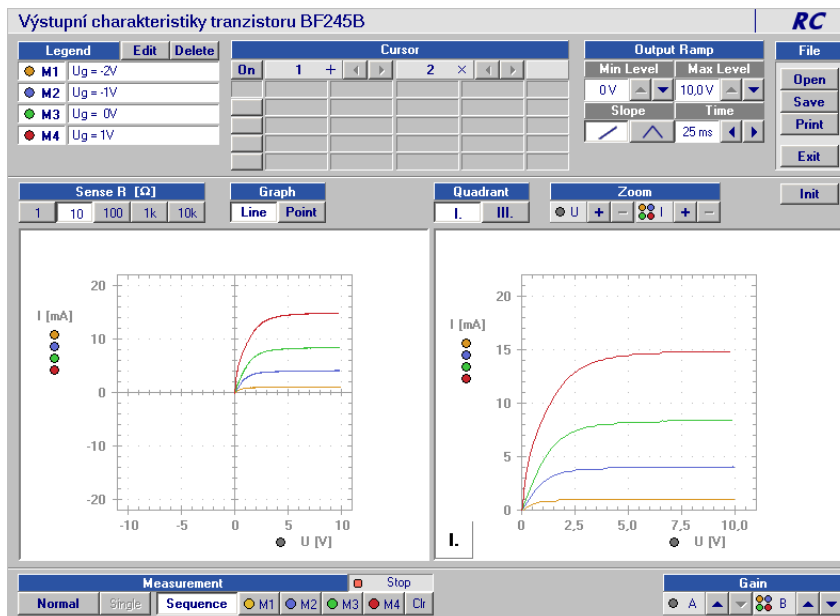


obr. 1



obr. 2

#### Měření



Výstupní charakteristiky

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

V-A charakteristiky

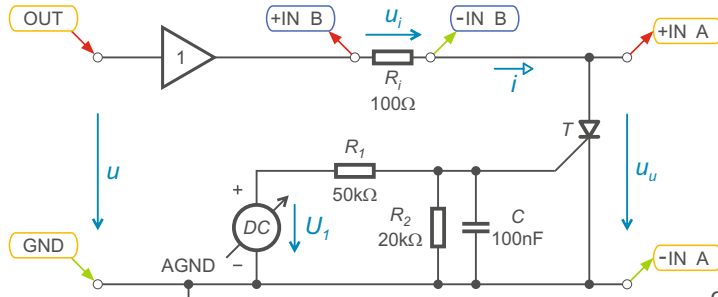
#### Poznámky

- do **Modulu unipolárního tranzistoru** (obr. 2) zapojíme tříkolíkový prvek **BF245B**
- po přezkoušení správnosti zapojení přemostíme pomocí spojky ochranu **d**
- v programu (Blok **Output Ramp**) nastavíme výstupní průběh v rozsahu **0V - 10V**

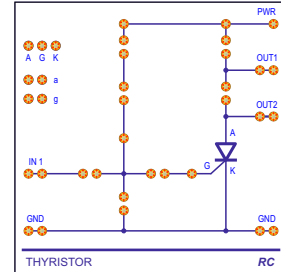
## Úkol

Zobrazte voltampérové charakteristiky tyristoru.

## Schéma

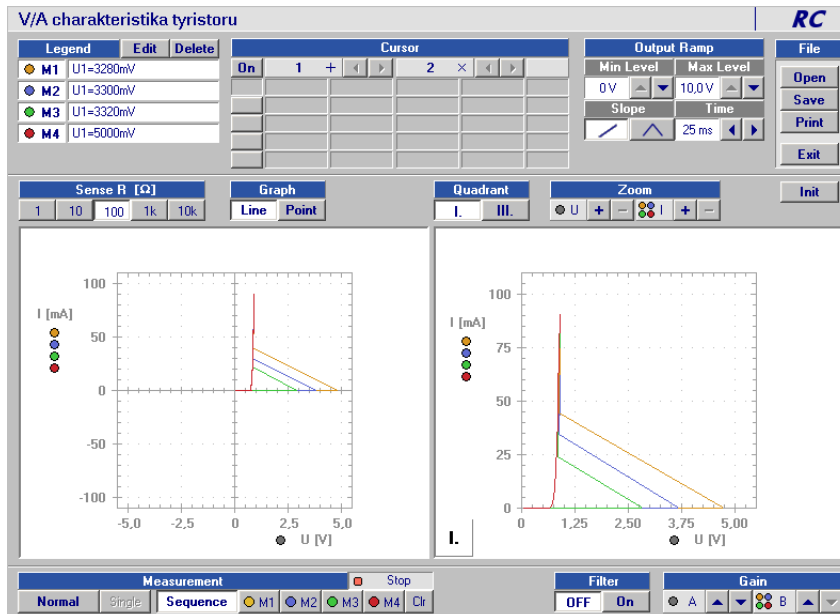


obr. 1



obr. 2

## Měření



Výstupní charakteristiky

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

V-A charakteristiky

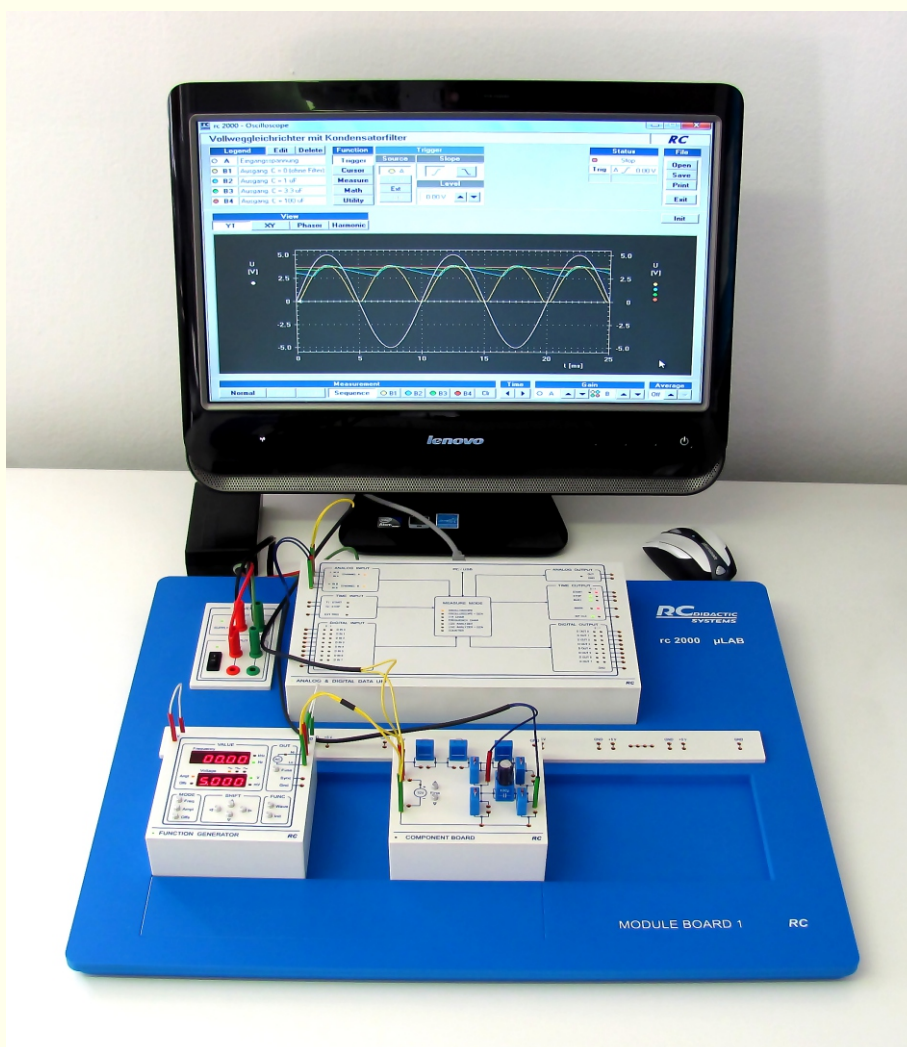
## Poznámky

- do **Modulu tyristoru** (obr. 2) zapojíme tříkolíkový prvek **2N5060**
- po přezkoušení správnosti zapojení přemostíme pomocí spojky ochrany **a** a **k**
- v programu **V/A Charakteristiky** vypneme hlazení průběhu tlačítkem **Filter OFF**



## Výukový systém rc2000 - $\mu$ LAB

### Součástky







## Obsah

---

<b>Součástky</b>	<b>4.0</b>
Jednocestný usměřňovač	4.1
Jednocestný usměřňovač - proud diody	4.2
Jednocestný usměřňovač s kondenzátorovým filtrem - proudy	4.3
Dvoucestný usměřňovač	4.4
Diodový omezovač	4.5
Transformátor - napětí a proud v primárním vinutí	4.6
Transformátor - hysterezní křivka	4.7
Bipolární tranzistor jako zesilovač se společným emitorem	4.8
Frekvenční charakteristiky zesilovače s bipolárním tranzistorem	4.9
Multivibrátor s bipolárním tranzistorem	4.10
Tyristorová regulace výstupního napětí	4.11
Tyristorová regulace - průběhy napětí	4.12



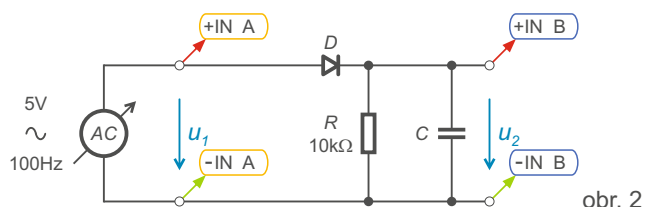
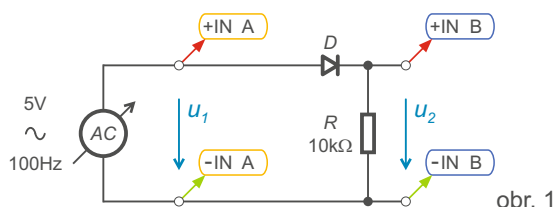
## 4.1

# Jednocestný usměrňovač

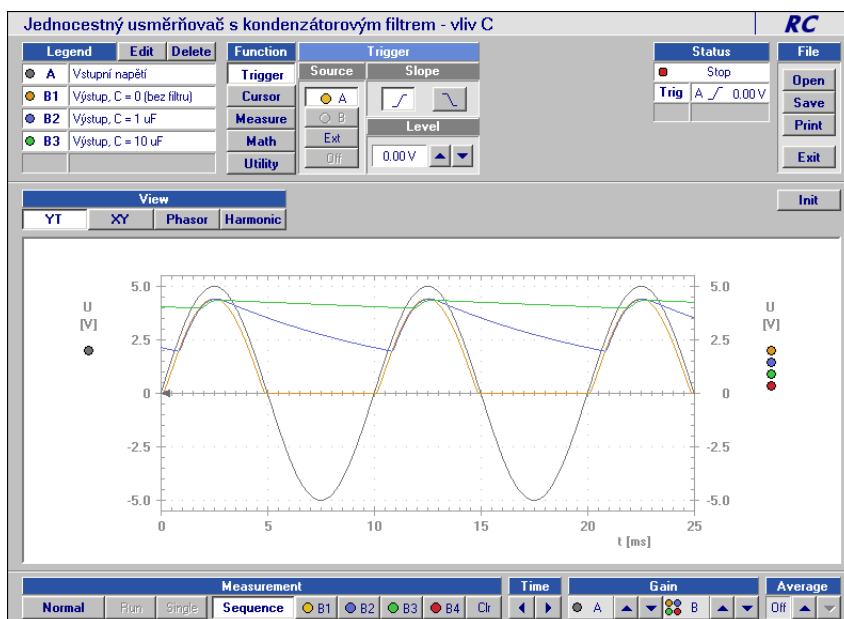
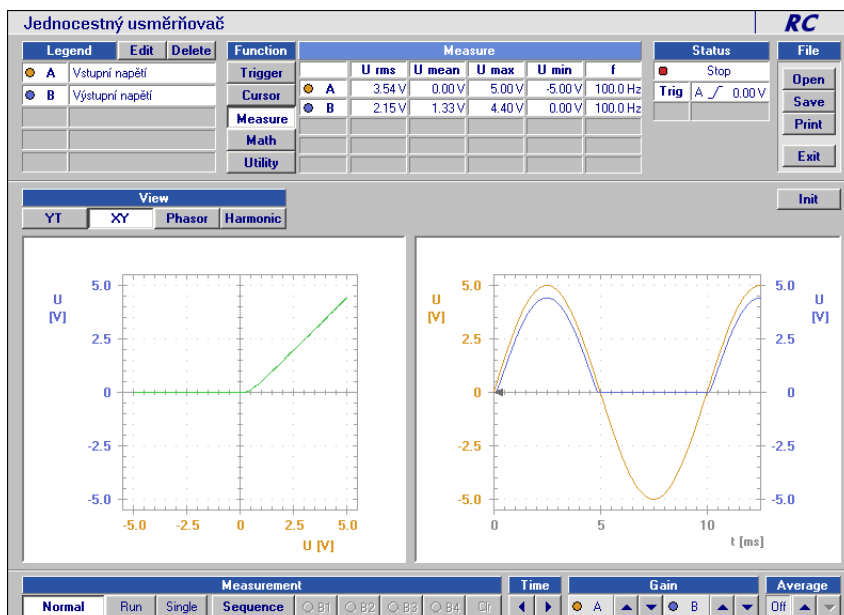
### Úkol

Zobrazte vstupní a výstupní napětí jednocestného usměrňovače bez filtru (obr. 1) a s kondenzátorovým filtrem (obr. 2). Použijte hodnoty filtračního kondenzátoru  $C = 1 \mu\text{F}$  a  $10 \mu\text{F}$ .

### Schéma



### Měření



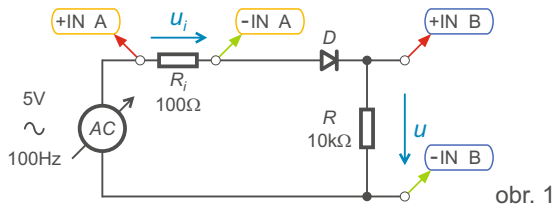
## 4.2

# Jednocestný usměrňovač - proud diody

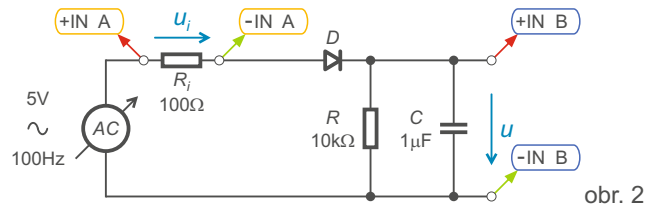
### Úkol

Zobrazte proud diody jednocestného usměrňovače bez filtru (obr. 1) a s kondenzátorovým filtrem (obr. 2).

### Schéma



obr. 1



obr. 2

### Měření



Usměrňovač bez filtru

*schema*

obr. 1

*měřicí mód*

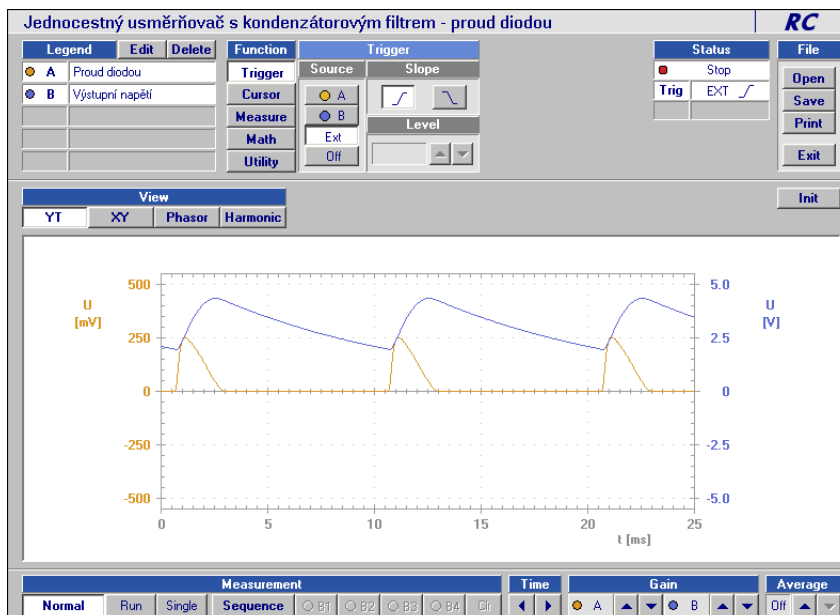
osciloskop

*zapojení triggeru*



*naměřené průběhy*

- $i(t) = \frac{1}{R_i} u_i(t)$  (mA, kΩ, V)
- $u(t)$  (V)



Usměrňovač s filtrem

*schema*

obr. 2

*měřicí mód*

osciloskop

*zapojení triggeru*



*naměřené průběhy*

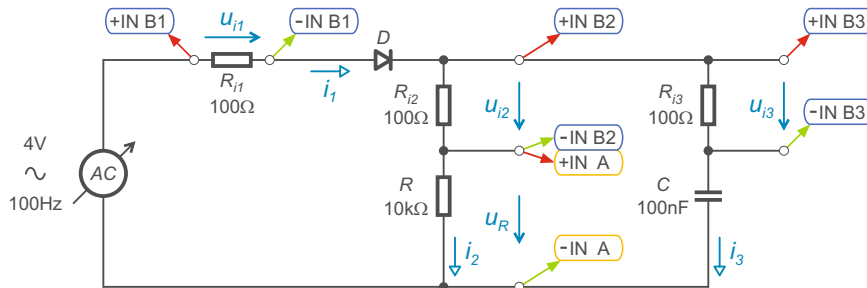
- $i(t) = \frac{1}{R_i} u_i(t)$  (mA, kΩ, V)
- $u(t)$  (V)

## 4.3 Jednocestný usměrňovač s kondenzátorovým filtrem - proudy

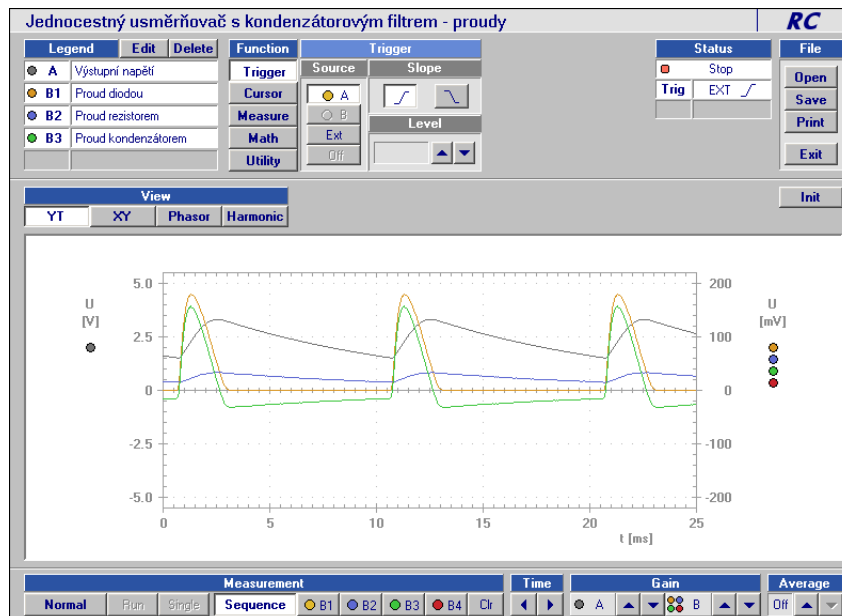
### Úkol

Zobrazte proudy v jednotlivých částech jednocestného usměrňovače s kondenzátorovým filtrem.

### Schéma



### Měření



Proudy v usměrňovači

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

osciloskop

*zapojení triggeru*



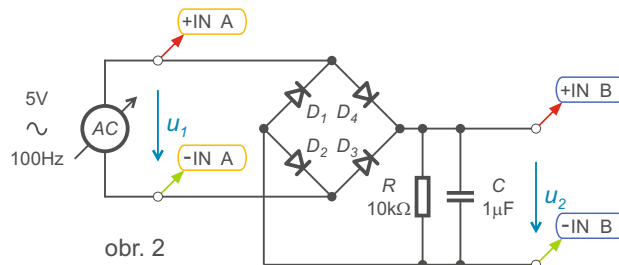
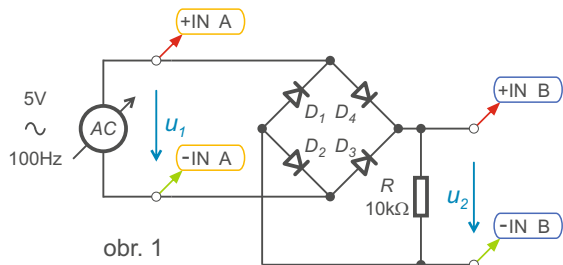
*naměřené průběhy*

- $u_R(t)$  (V)
- $i_1(t) = \frac{1}{R_{i1}} u_{i1}(t)$  (mA, kΩ, V)
- $i_2(t) = \frac{1}{R_{i2}} u_{i2}(t)$  (mA, kΩ, V)
- $i_3(t) = \frac{1}{R_{i3}} u_{i3}(t)$  (mA, kΩ, V)

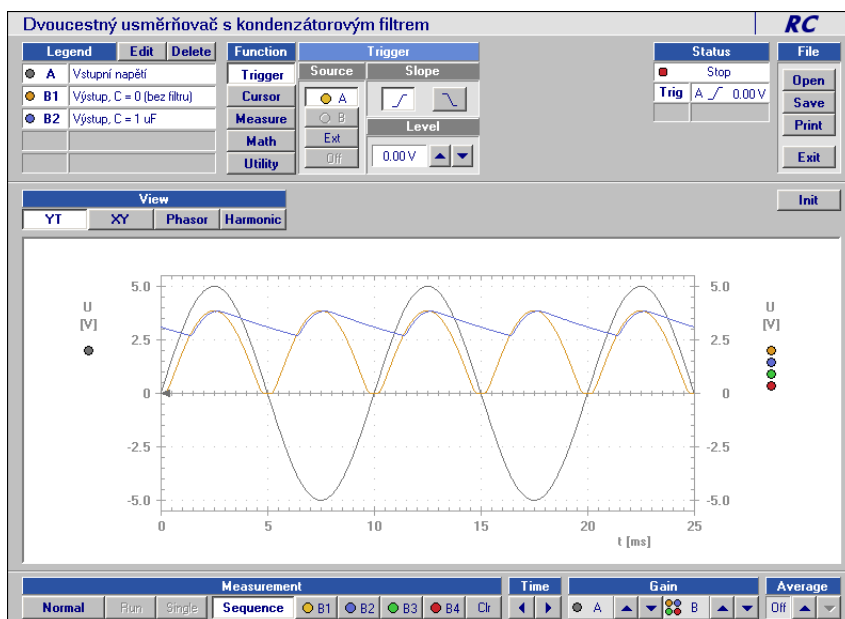
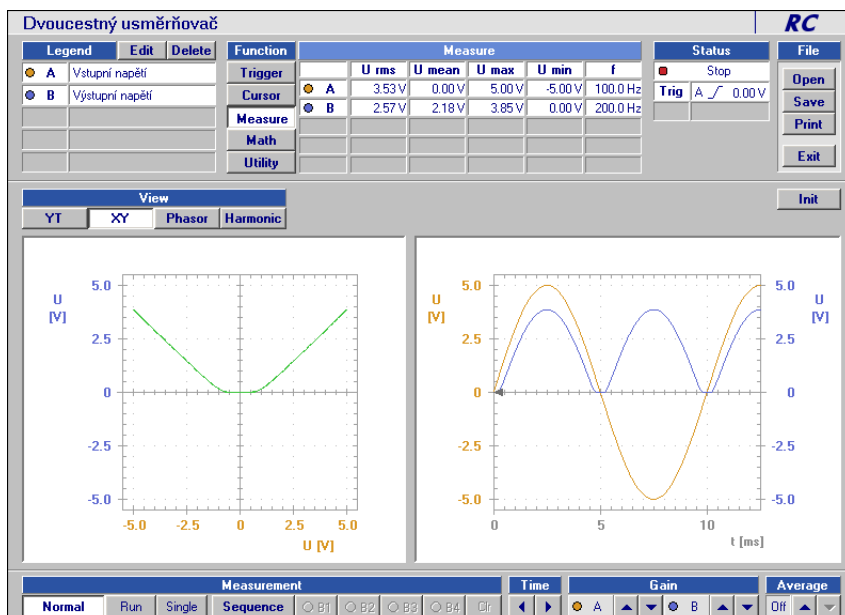
## Úkol

Zobrazte vstupní a výstupní napětí dvoucestného usměrňovače bez filtru (obr. 1) a s kondenzátorovým filtrem (obr. 2).

## Schéma



## Měření



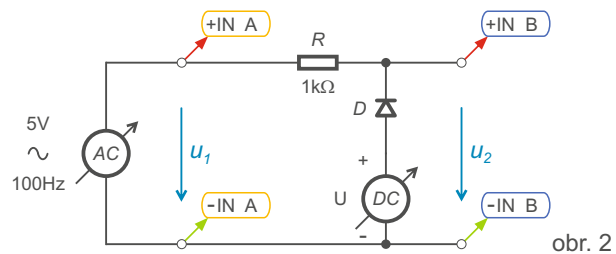
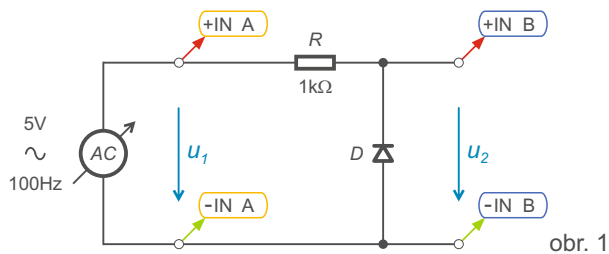
## 4.5

## Diodový omezovač

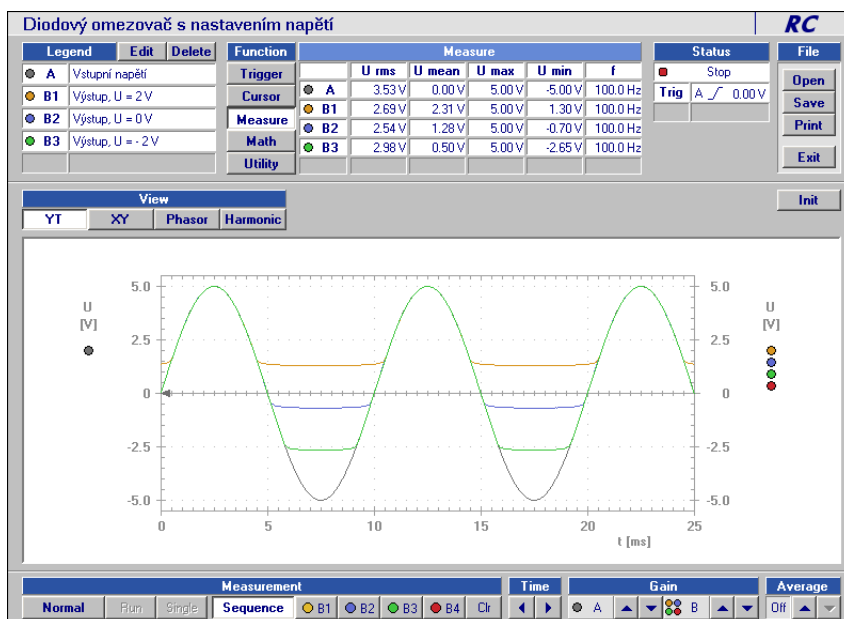
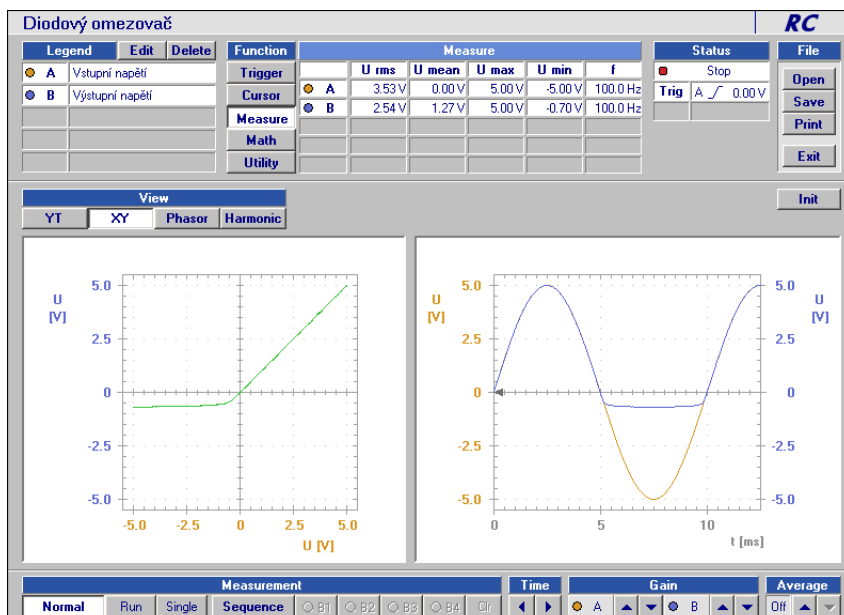
### Úkol

Zobrazte vstupní a výstupní napětí diodového omezovače (obr. 1) a diodového omezovače s nastavitelným napětím (obr. 2). Porovnejte výstupní průběhy pro různá nastavená napětí.

### Schéma



### Měření



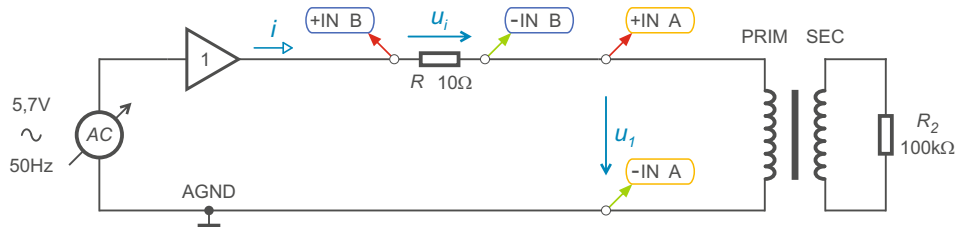
## 4.6

# Transformátor - napětí a proud v primárním vinutí

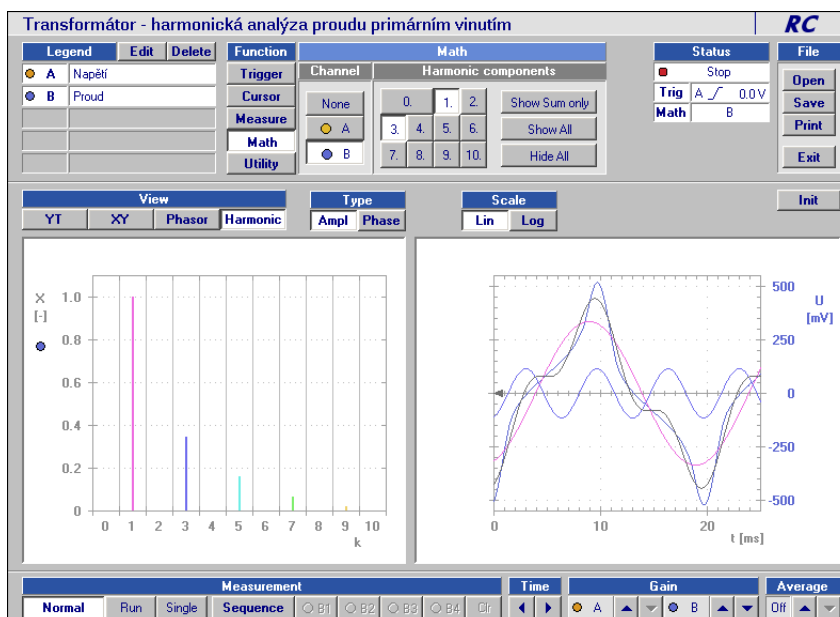
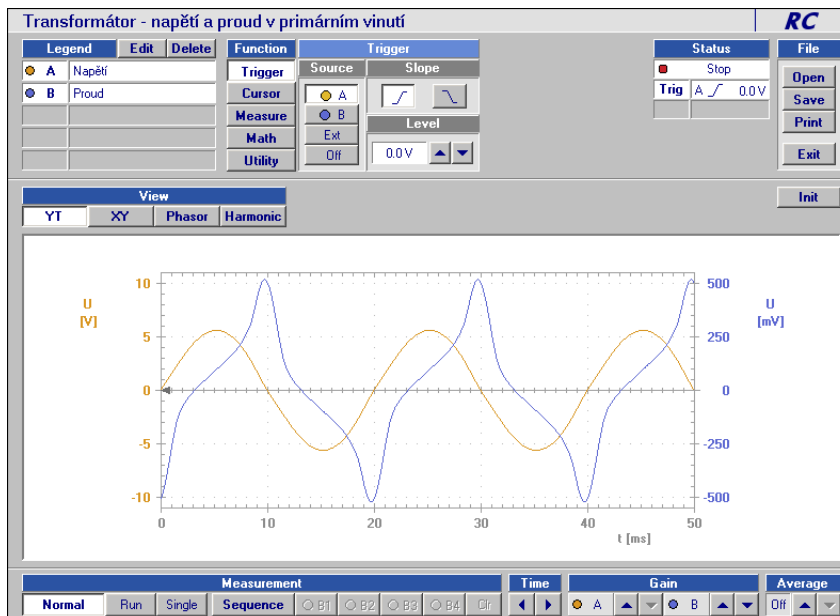
### Úkol

Zobrazte proud a napětí v primárním vinutí transformátoru.

### Schéma



### Měření





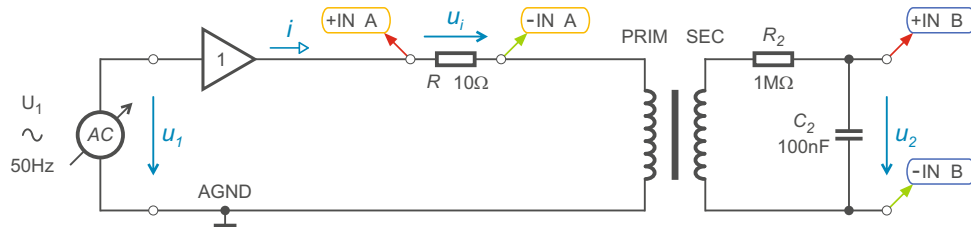
## 4.7

## Transformátor - hysterezní křivka

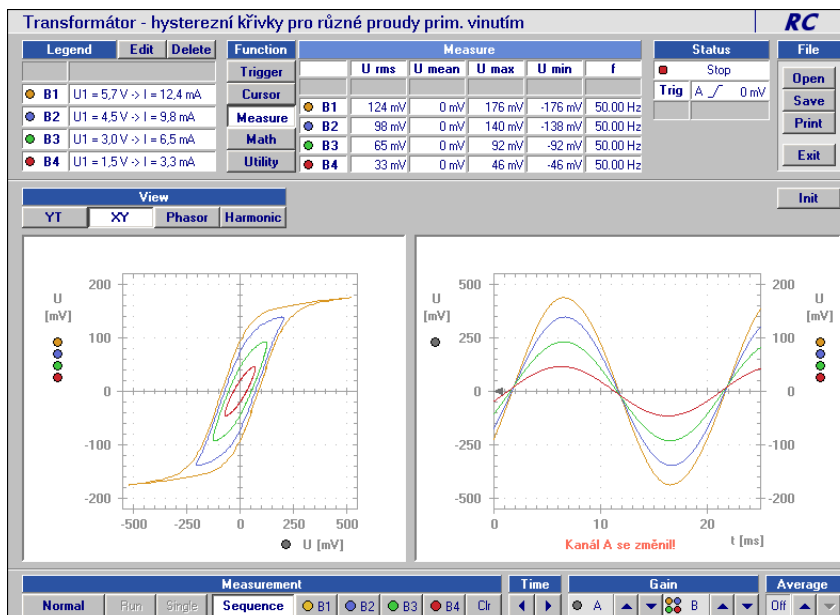
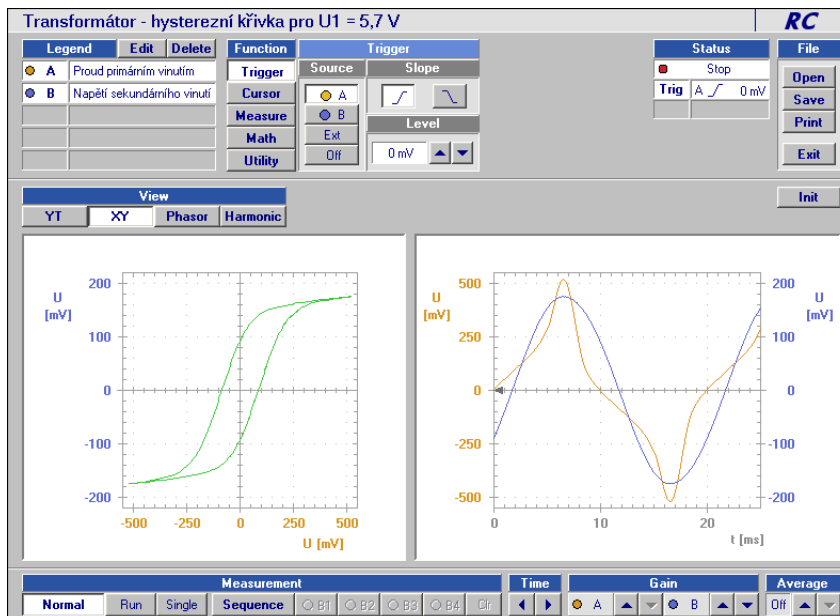
### Úkol

Zobrazte hysterezní křivku transformátoru. Porovnejte hysterezní křivky pro různé proudy primárním vinutím transformátoru.

### Schéma



### Měření

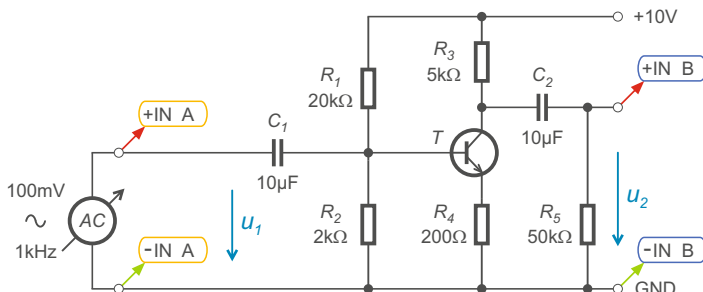


## 4.8 Bipolární tranzistor jako zesilovač se společným emitorem

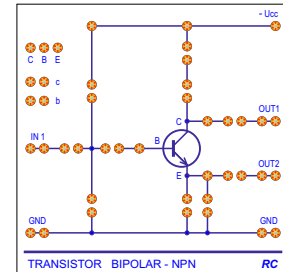
### Úkol

Zobrazte vstupní a výstupní napětí tranzistorového zesilovače.

### Schéma

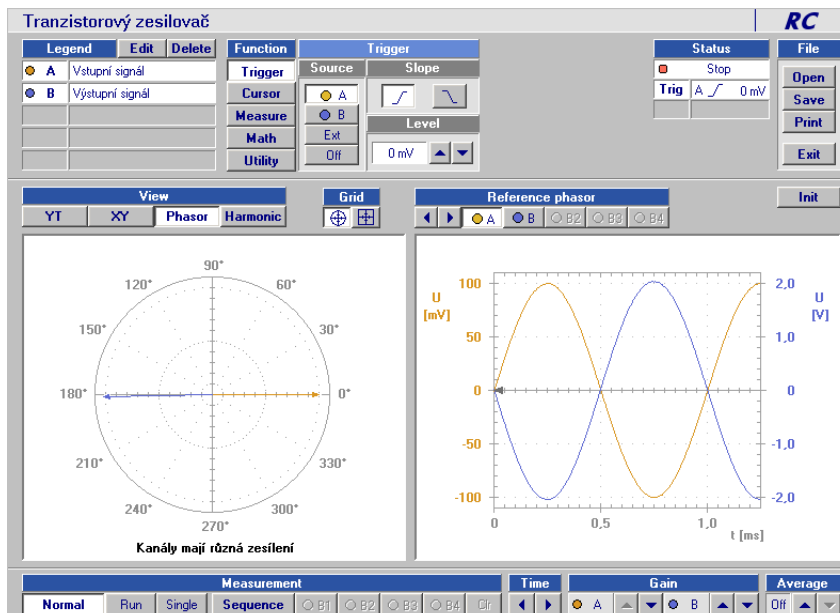


obr. 1



obr. 2

### Měření



### Vektorový diagram

*schéma*

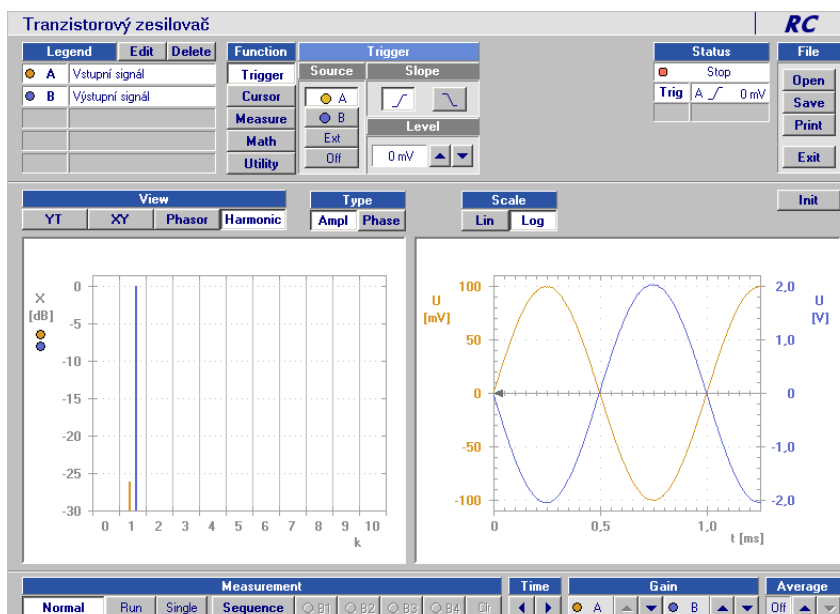
obr. 1

*měřicí mód*

Osciloskop

*poznámky*

- do modulu (obr. 2) zapojíme tříkólikový prvek **BC546B**
- pomocí spojky přemostíme ochrany **b a c**
- napájecí napětí 10V získáme z **Modulu prvků**



### Harmonická analýza

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

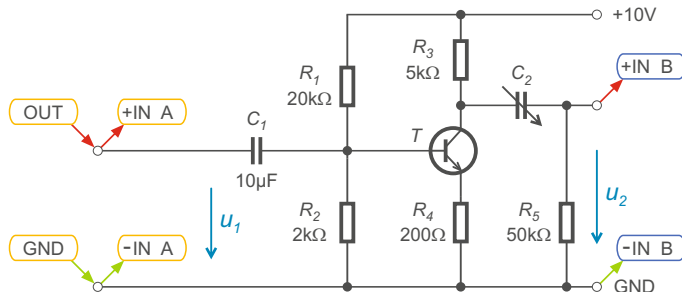
Osciloskop

## 4.9 Frekvenční charakteristiky zesilovače s bipolárním tranzistorem

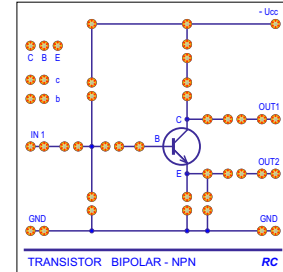
### Úkol

Změřte frekvenční charakteristiky tranzistorového zesilovače a posuďte vliv vazebního kondenzátoru  $C_2$

### Schéma

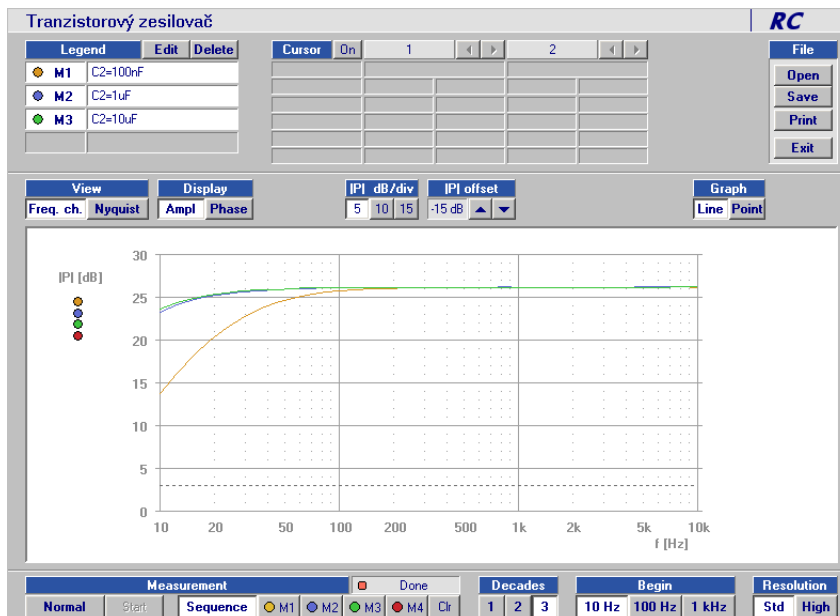


obr. 1



obr. 2

### Měření



Amplitudová charakteristika

schéma

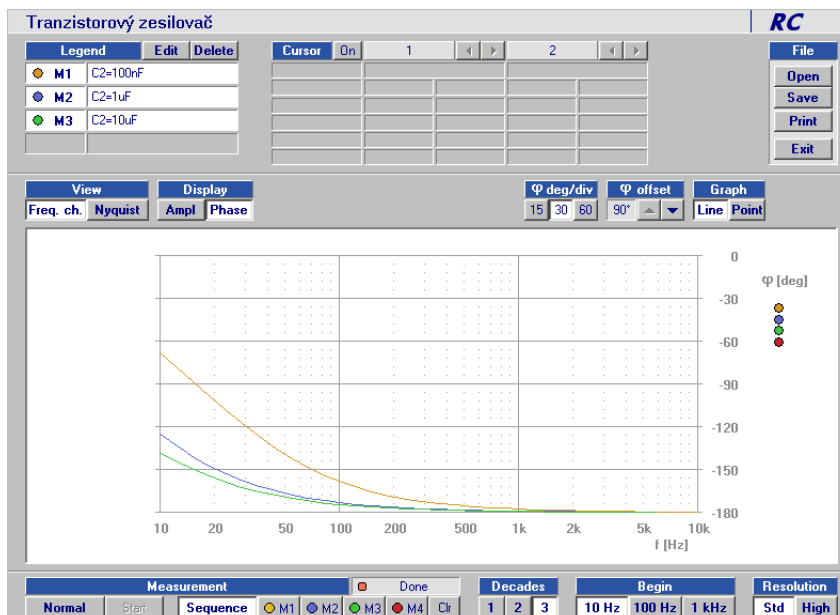
obr. 1

měřicí mód

Frekvenční charakteristiky

poznámky

- do modulu (obr. 2) zapojíme tříkólkový prvek **BC546B**
- pomocí spojky přemostíme ochrany **b** a **c**
- napájecí napětí 10V získáme z **Modulu prvků**



Fázová charakteristika

schéma

obr. 1

měřicí mód

Frekvenční charakteristiky

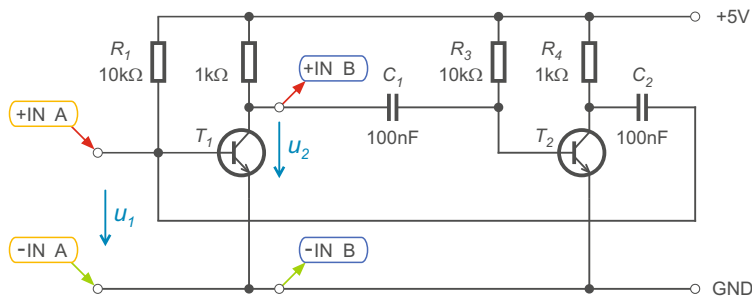
## 4.10

## Multivibrátor s bipolárním tranzistorem

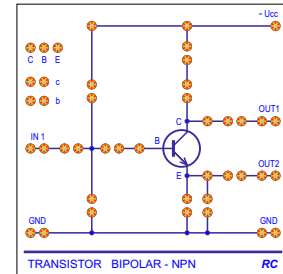
### Úkol

Zapojte astabilní multivibrátor pomocí dvou tranzistorů NPN.

### Schéma

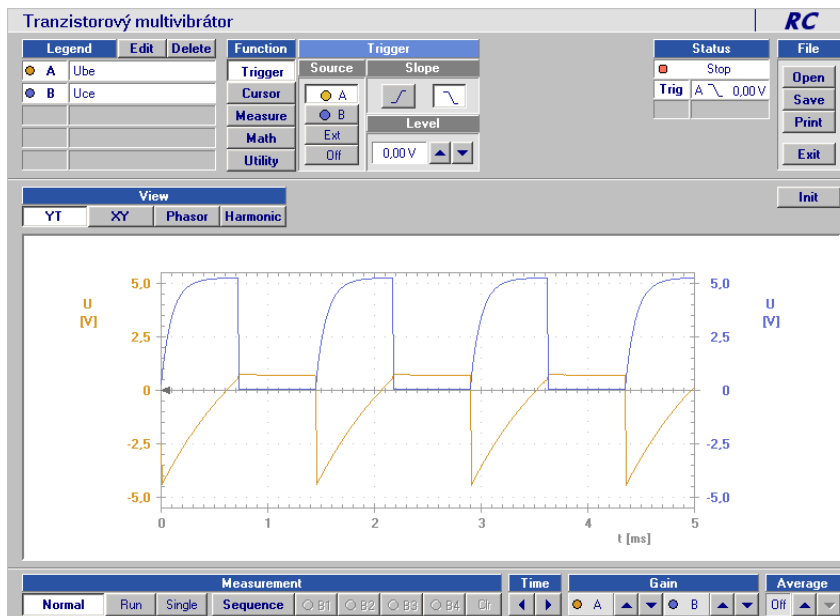


obr. 1



obr. 2

### Měření



### Multivibrátor

*schéma*

obr. 1

*měřicí mód*

Osciloskop

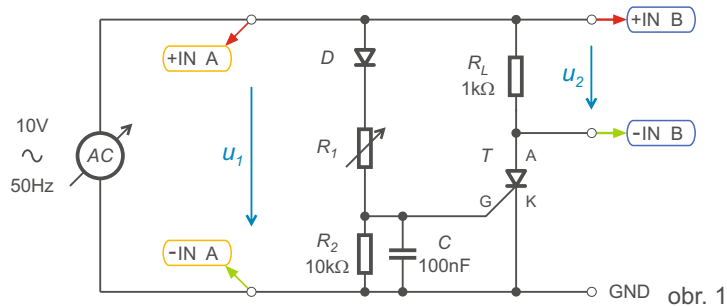
### Poznámky

- do **Modulu bipolárního tranzistoru** (obr. 2) zapojíme tříkolíkový prvek **BC546B**
- po přezkoušení správnosti zapojení přemostíme pomocí spojky ochrany **b** a **c**

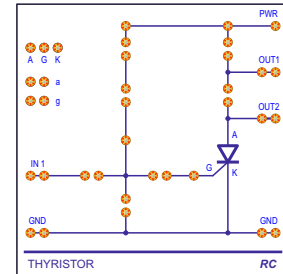
## Úkol

Ověřte možnost tyristorového řízení.

## Schéma

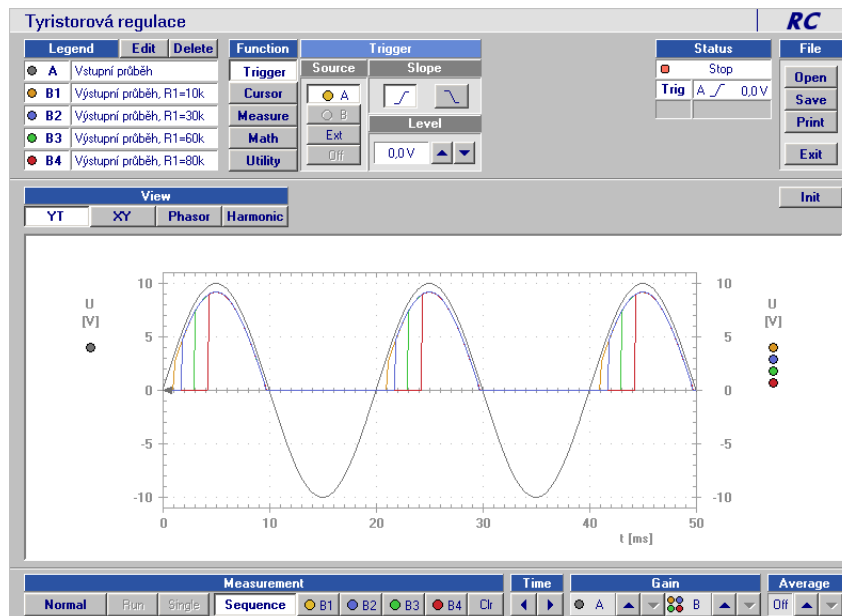


obr. 1



obr. 2

## Měření



Tyristorová regulace

schéma

obr. 1

měřicí mód

Osciloskop

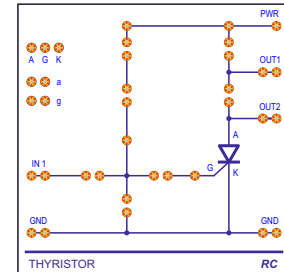
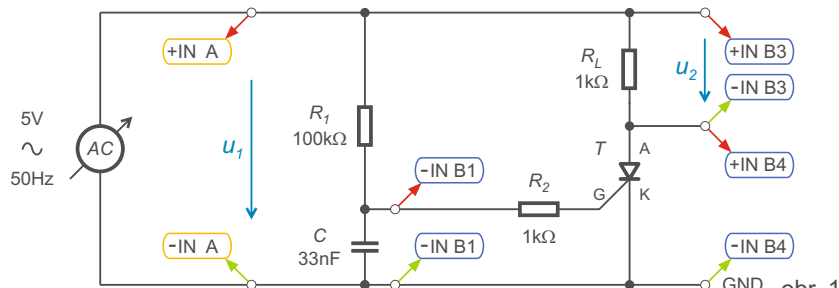
## Poznámky

- do **Modulu tyristoru** (obr. 2) zapojíme tříkolíkový prvek **2N5060**
- po přezkoušení správnosti zapojení přemostíme pomocí spojky ochranu a

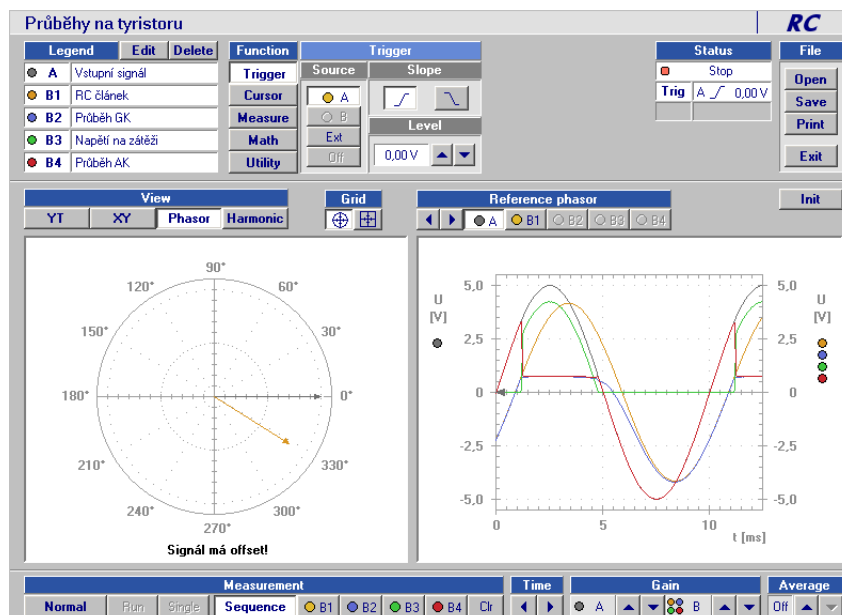
## Úkol

Zobrazte jednotlivé průběhy napětí při tyristorové regulaci.

## Schéma



## Měření



## Tyristorová regulace

schéma

obr. 1

měřicí mód

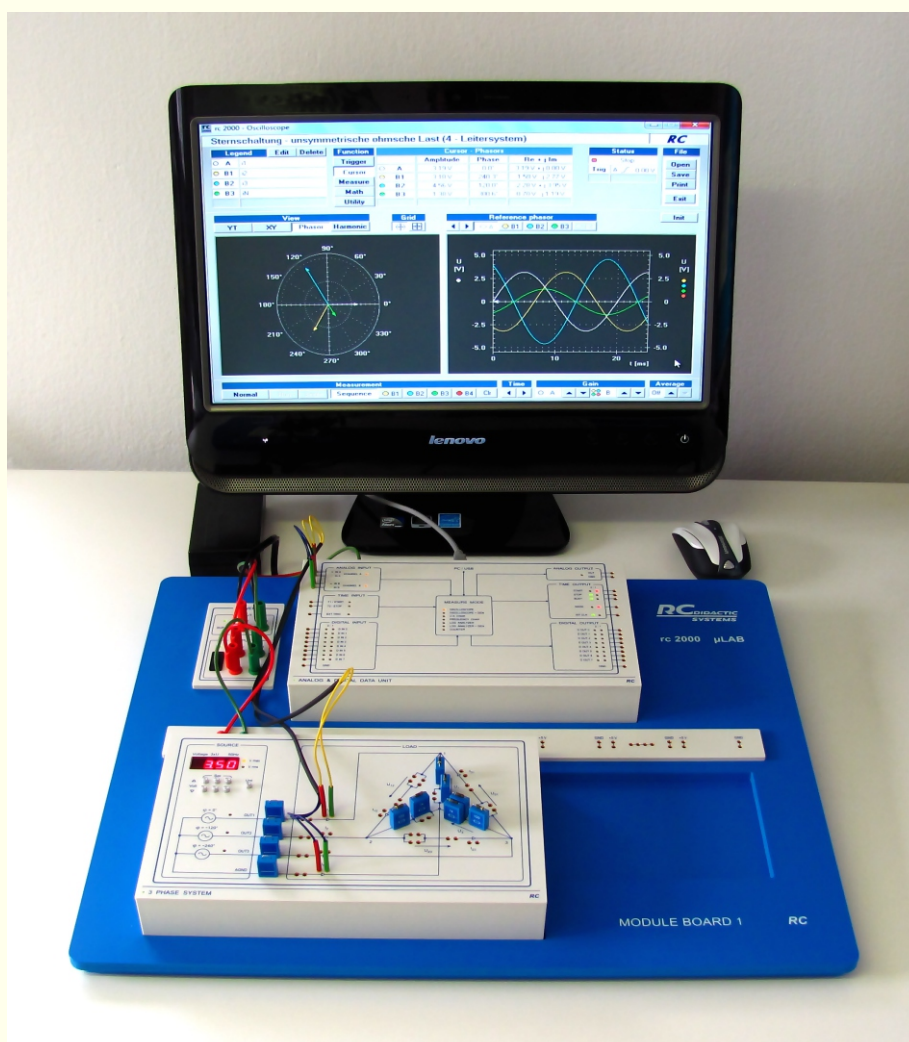
Osciloskop

## Poznámky

- do **Modulu tyristoru** (obr. 2) zapojíme tříkolíkový prvek **2N5060**
- po přezkoušení správnosti zapojení přemostíme pomocí spojky ochranu **a**
- průběh **B1** změříme tak, že vyjmeme rezistor **R<sub>2</sub>**
- průběh **B2** je měřen na stejném místě jako **B1**, ale se zapojeným **R<sub>2</sub>**

## Výukový systém rc2000 - $\mu$ LAB

### Třífázová soustava







## Obsah

---

<b>Třífázová soustava</b>	<b>5.0</b>
Zapojení do hvězdy - fázová napětí	5.1
Zapojení do hvězdy - fázová a sdružená napětí	5.2
Zapojení do hvězdy - symetrická odporová zátěž	5.3
Zapojení do hvězdy - nesymetrická odporová zátěž (4 vodičový systém)	5.4
Zapojení do hvězdy - nesymetrická odporová zátěž (3 vodičový systém)	5.5
Zapojení do hvězdy - symetrická impedanční zátěž	5.6
Zapojení do hvězdy - nesymetrická impedanční zátěž	5.7
Zapojení do trojúhelníku - sdružená napětí	5.8
Zapojení do trojúhelníku - fázový a sdružený proud	5.9
Zapojení do trojúhelníku - symetrická odporová zátěž	5.10
Zapojení do trojúhelníku - nesymetrická odporová zátěž	5.11
Zapojení do trojúhelníku - symetrická impedanční zátěž	5.12
Zapojení do trojúhelníku - nesymetrická impedanční zátěž	5.13



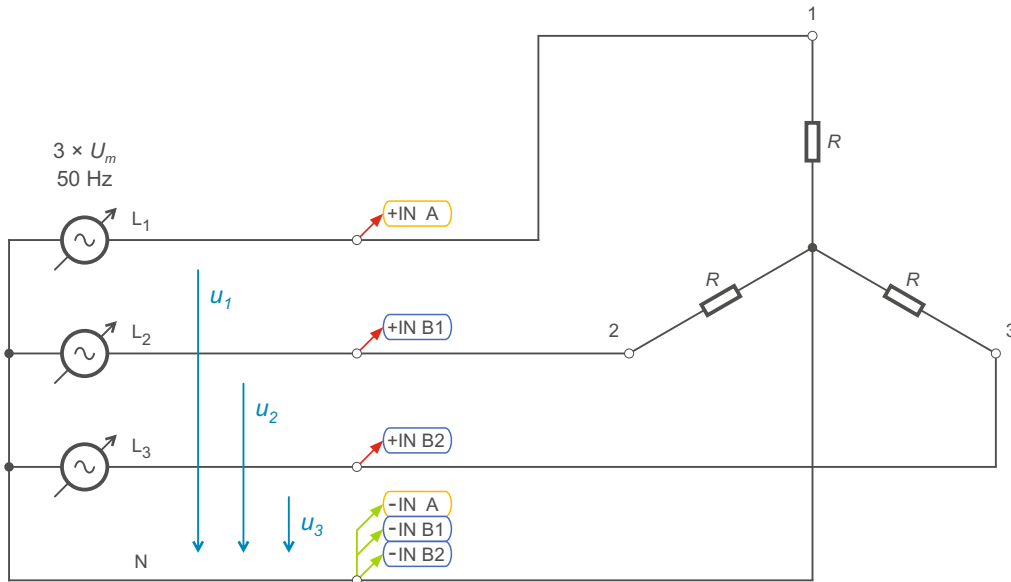
5.1

Zapojení do hvězdy - fázová napětí

Úkol

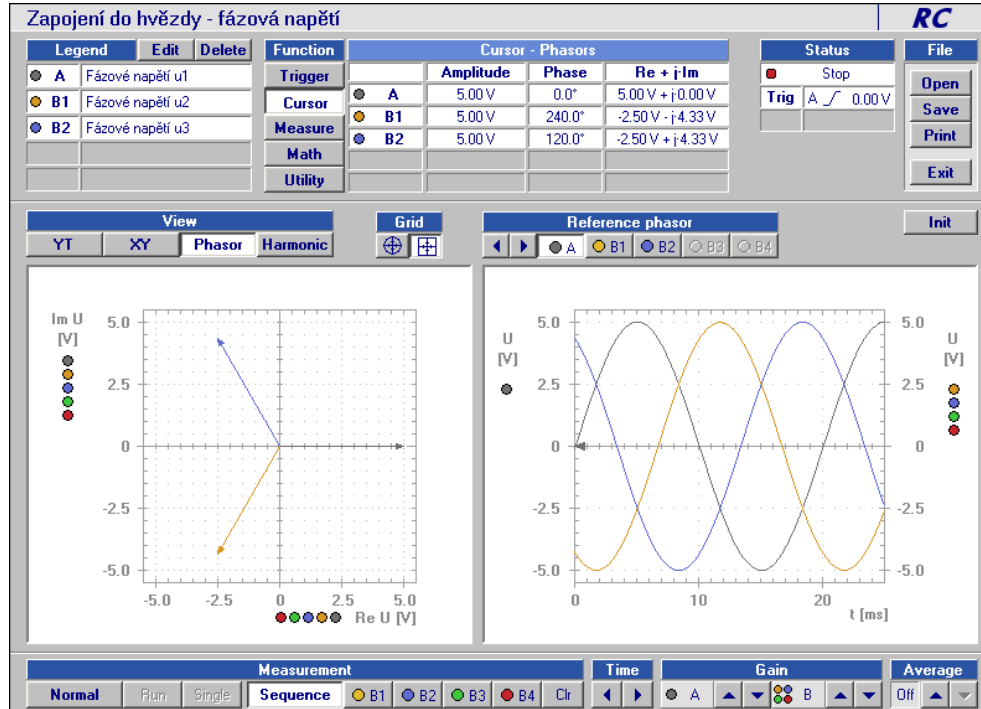
Zobrazte jednotlivá fázová napětí  $u_1, u_2, u_3$  ve čtyřvodičovém systému se symetrickou odporovou zátěží.

Schéma



$U_m = 5V$   
 $R = 1k\Omega$

Měření



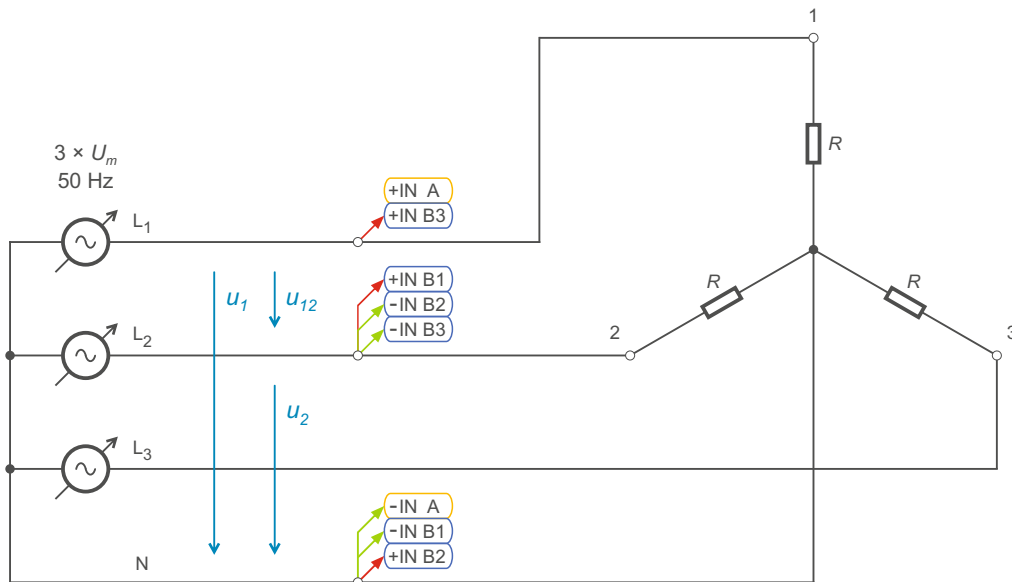
## 5.2

## Zapojení do hvězdy - fázová a sdružená napětí

### Úkol

Zobrazte vztah mezi fázovými napětími  $u_1$ ,  $u_2$  a sdruženým napětím  $u_{12}$  ve čtyřvodičovém systému se symetrickou odporovou zátěží.

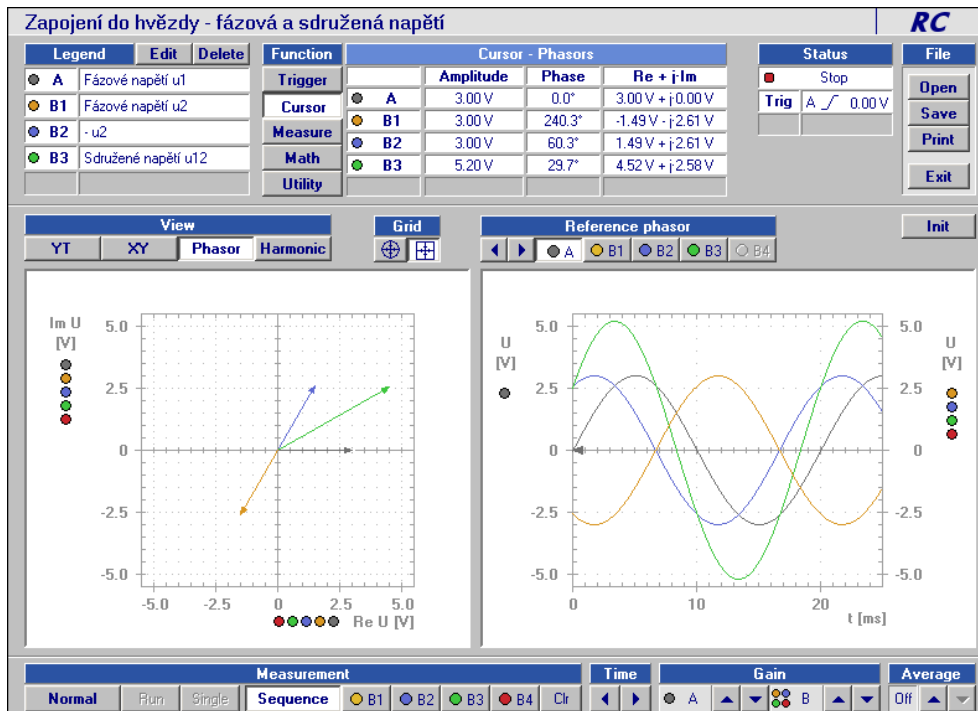
### Schéma



$$U_m = 3V$$

$$R = 1k\Omega$$

### Měření



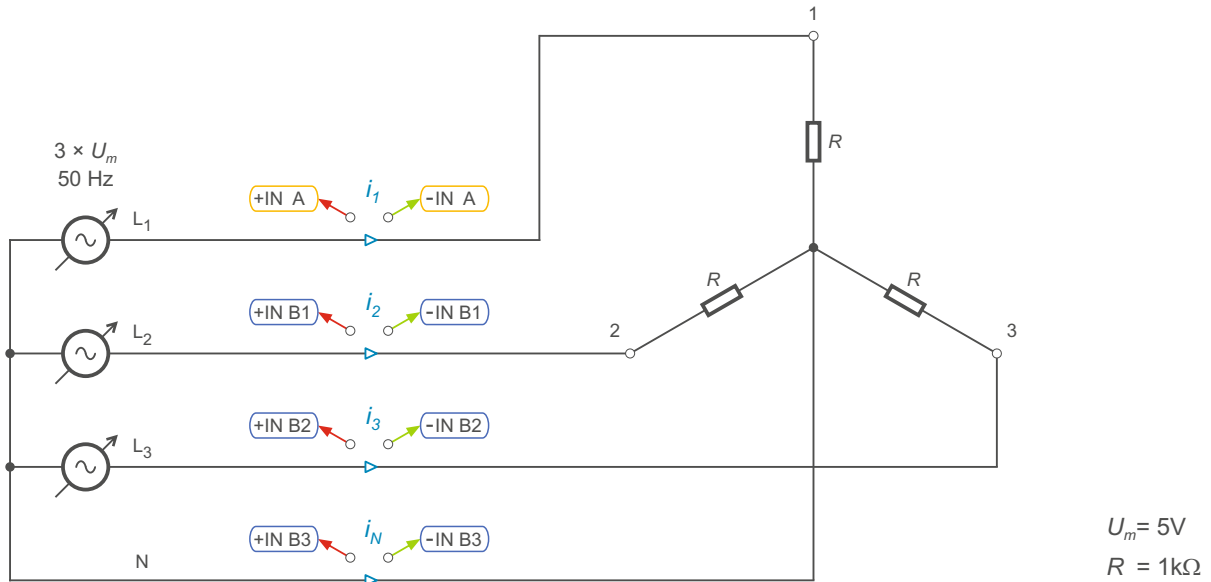
### 5.3

## Zapojení do hvězdy - symetrická odporová zátěž

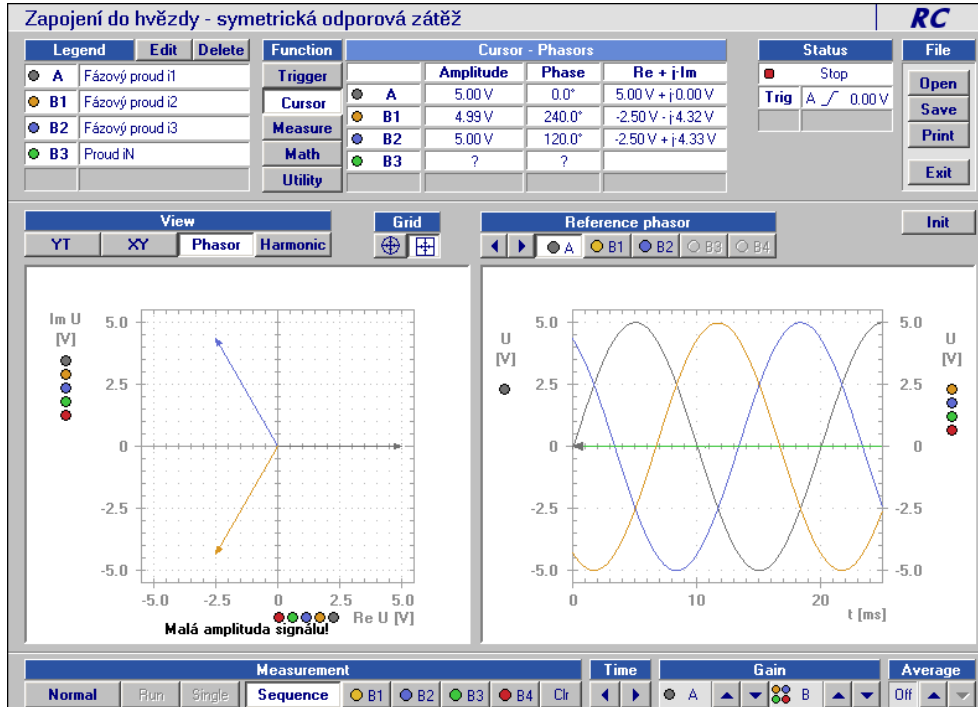
### Úkol

Zobrazte jednotlivé fázové proudy  $i_1, i_2, i_3$  a proud  $i_N$  ve čtyřvodičovém systému se symetrickou odporovou zátěží.

### Schéma



### Měření

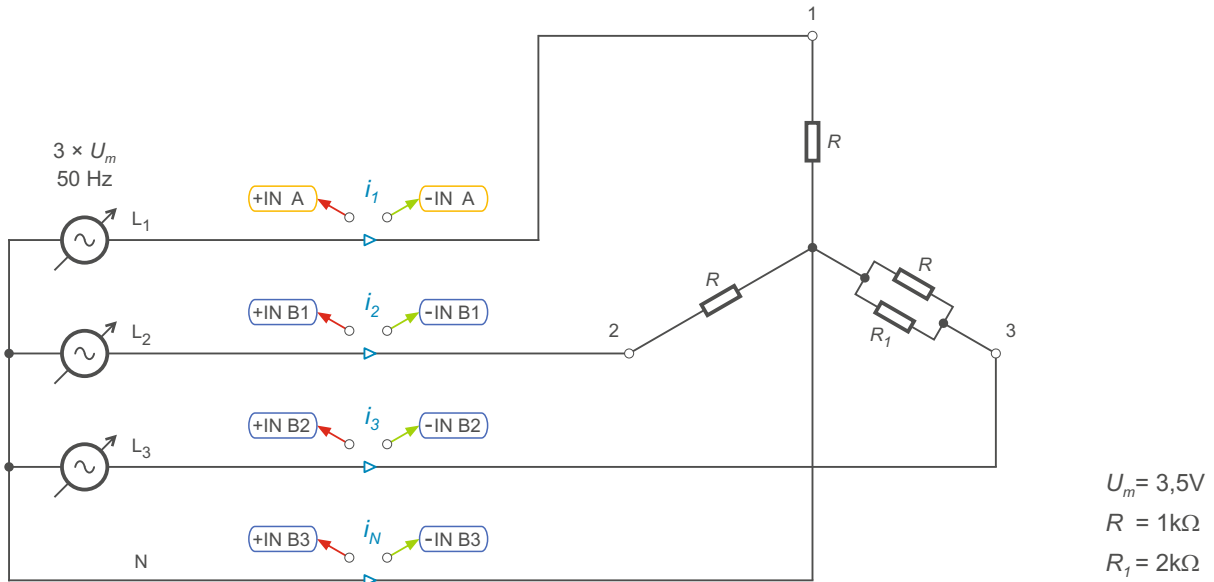


## 5.4 Zapojení do hvězdy - nesymetrická odporová zátěž (čtyřvodičově)

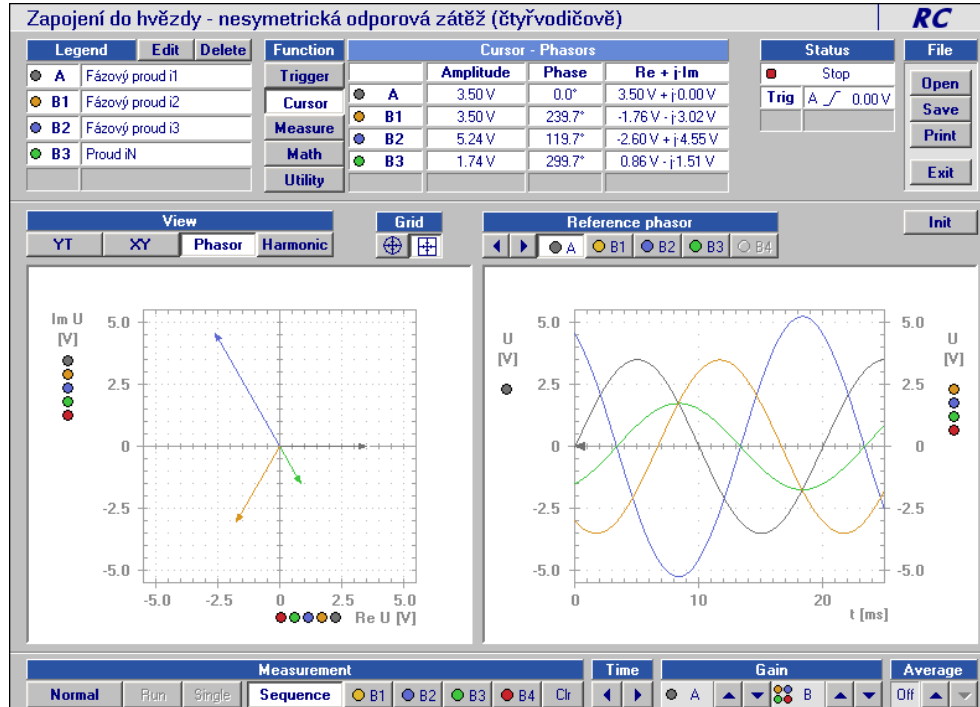
### Úkol

Zobrazte jednotlivé fázové proudy  $i_1, i_2, i_3$  a proud  $i_N$  ve čtyřvodičovém systému s nesymetrickou odporovou zátěží.

### Schéma



### Měření

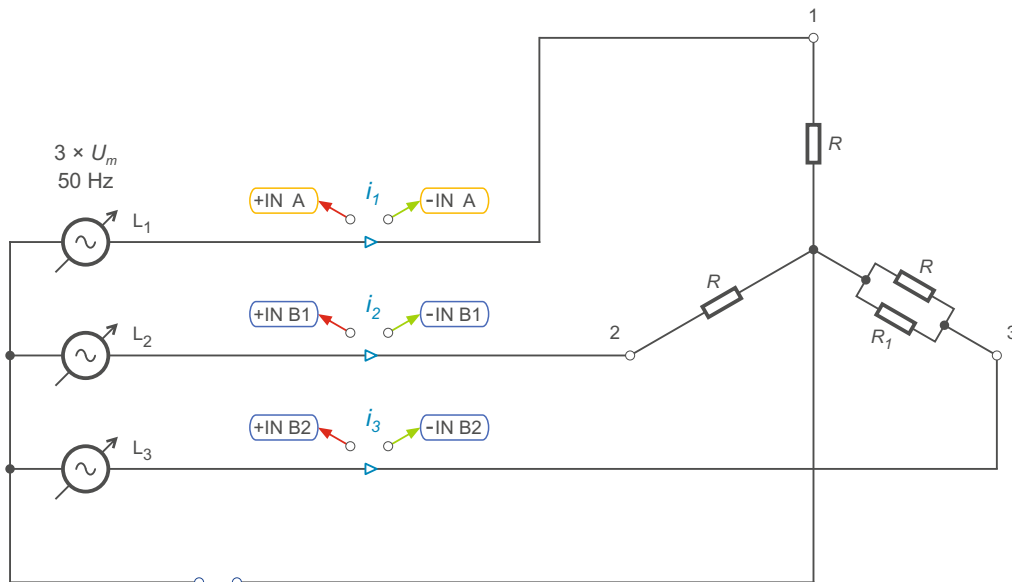


## 5.5 Zapojení do hvězdy - nesymetrická odporová zátěž (třívodičově)

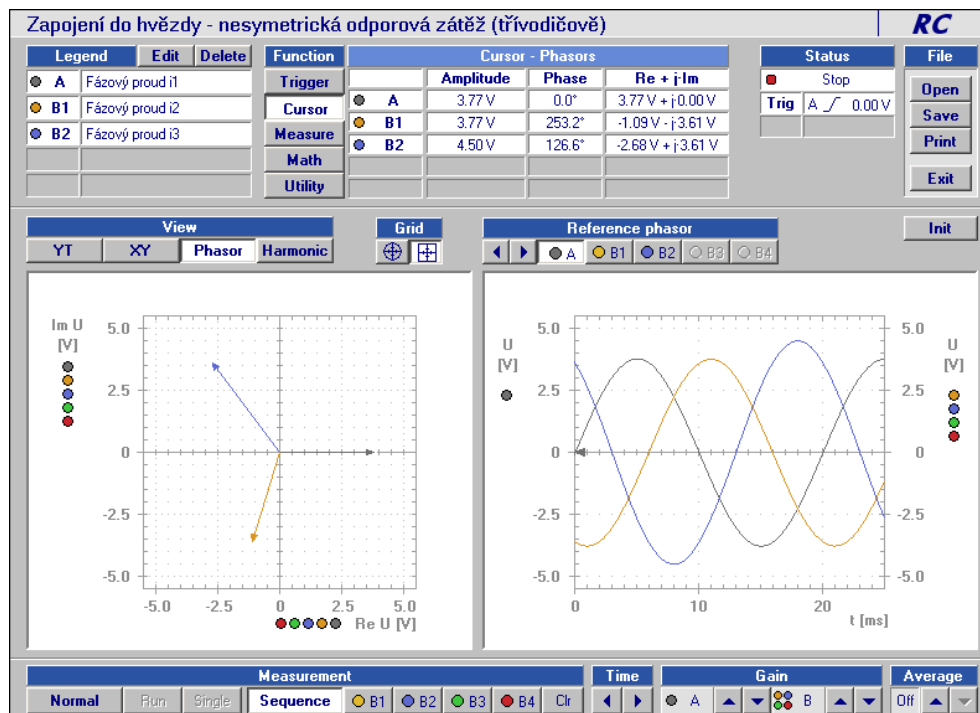
### Úkol

Zobrazte jednotlivé fázové proudy  $i_1, i_2, i_3$  ve třívodičovém systému s nesymetrickou odporovou zátěží.

### Schéma



### Měření



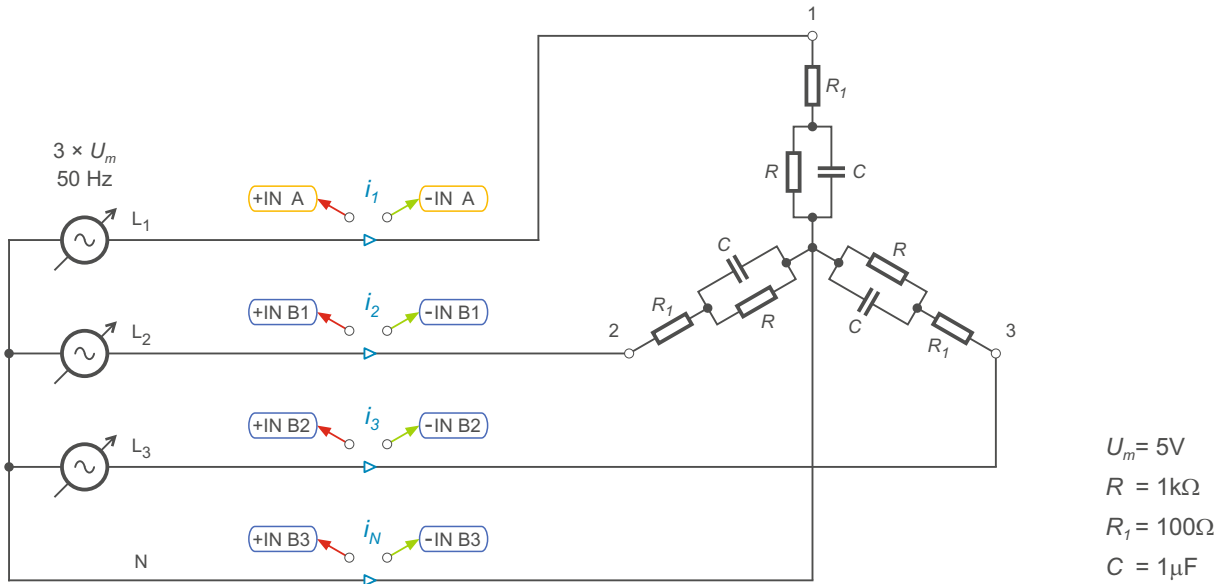
5.6

Zapojení do hvězdy - symetrická impedanční zátěž

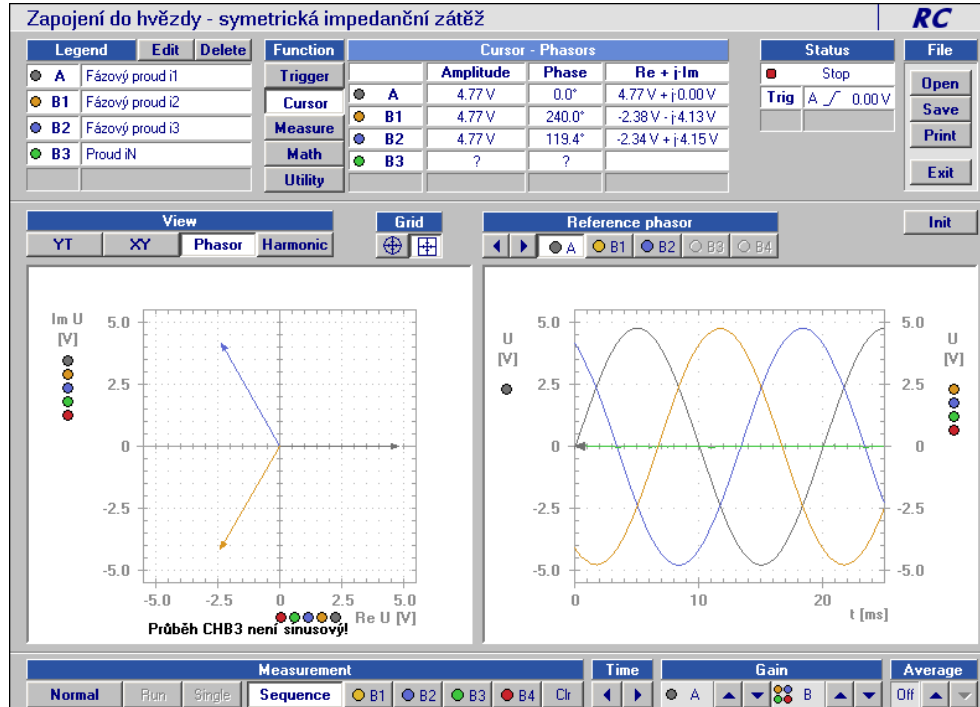
Úkol

Zobrazte jednotlivé fázové proudy  $i_1, i_2, i_3$  a proud  $i_N$  ve čtyřvodičovém systému se symetrickou impedanční zátěží.

Schéma



Měření



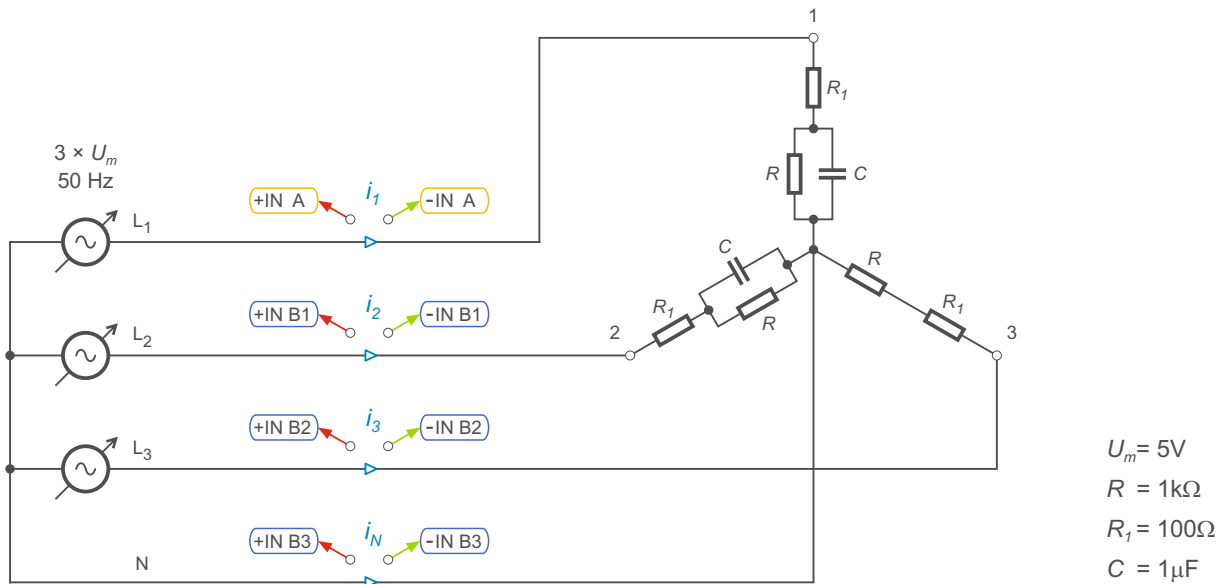


## 5.7 Zapojení do hvězdy - nesymetrická impedanční zátěž

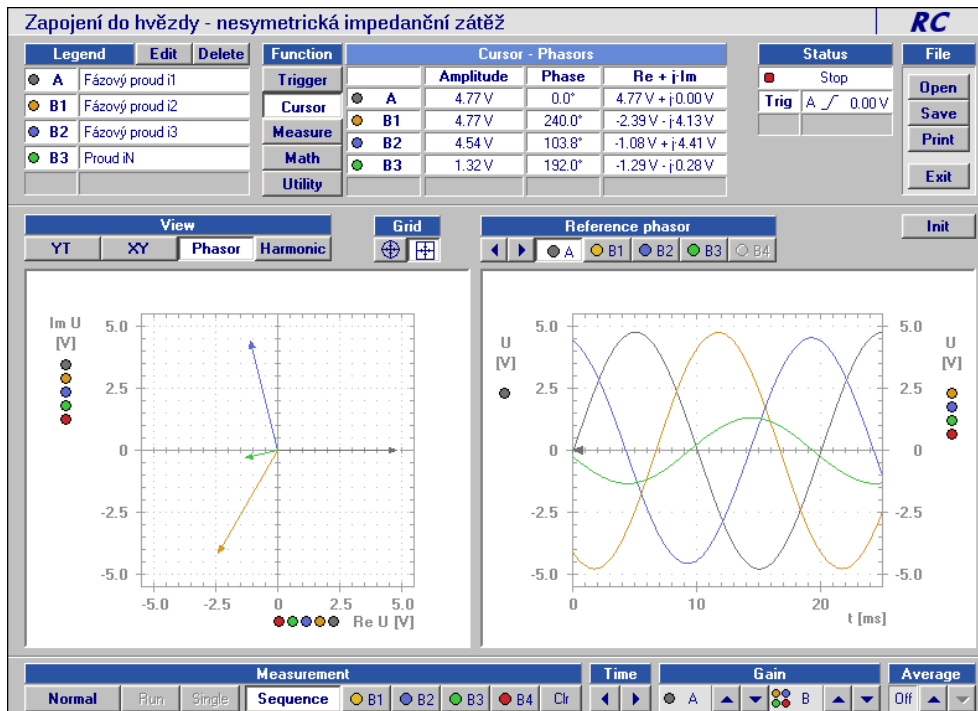
### Úkol

Zobrazte jednotlivé fázové proudy  $i_1, i_2, i_3$  a proud  $i_N$  ve čtyřvodičovém systému s nesymetrickou impedanční zátěží.

### Schéma



### Měření



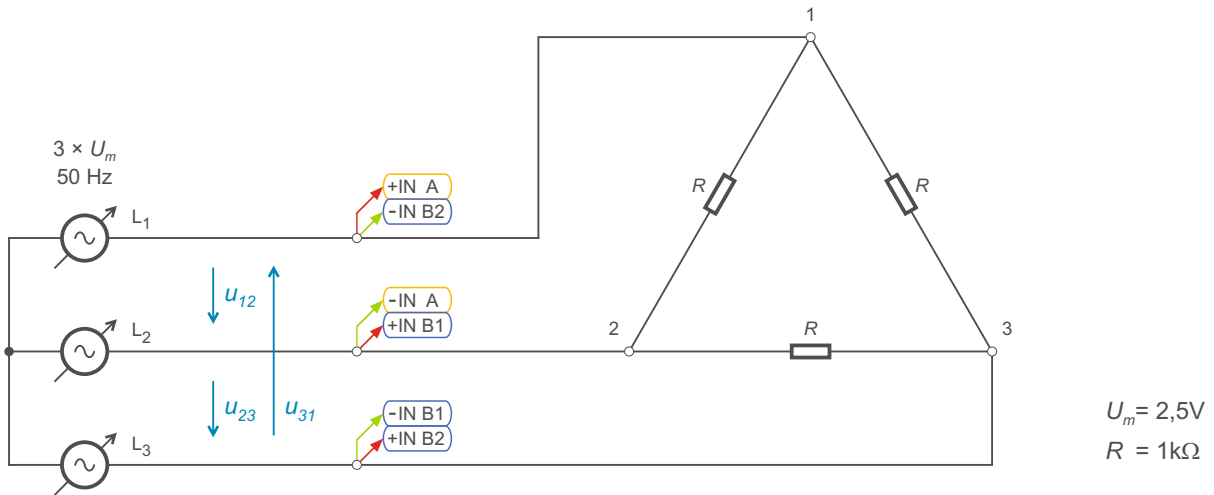
5.8

Zapojení do trojúhelníku - sdružená napětí

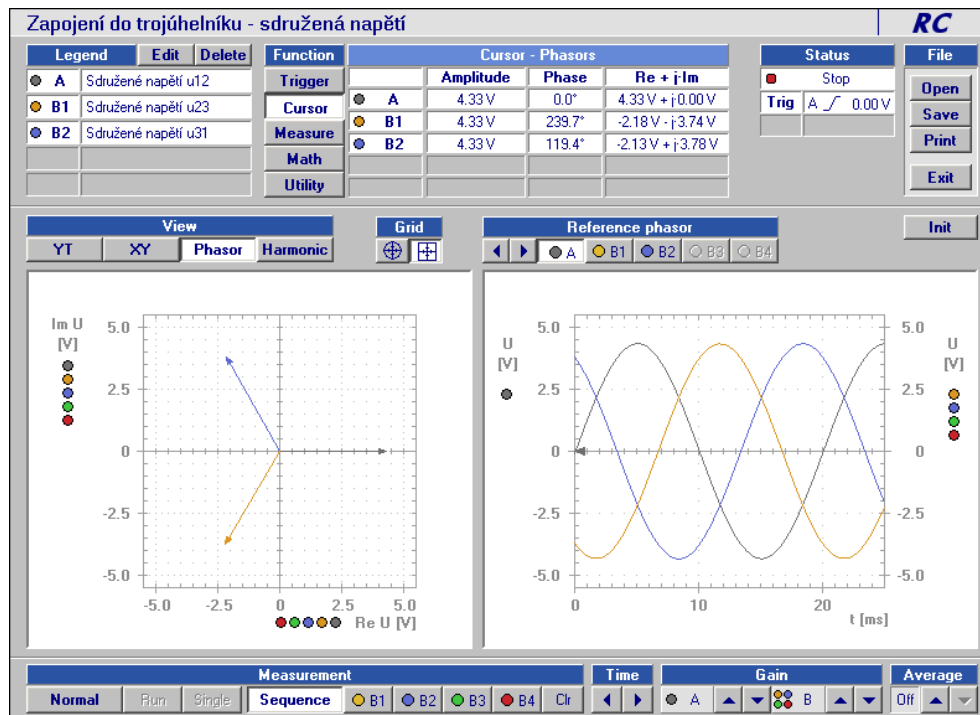
Úkol

Zobrazte jednotlivá sdružená napětí  $u_{12}$ ,  $u_{23}$  a  $u_{31}$  pro symetrickou odporovou zátěž zapojenou do trojúhelníku.

Schéma



Měření



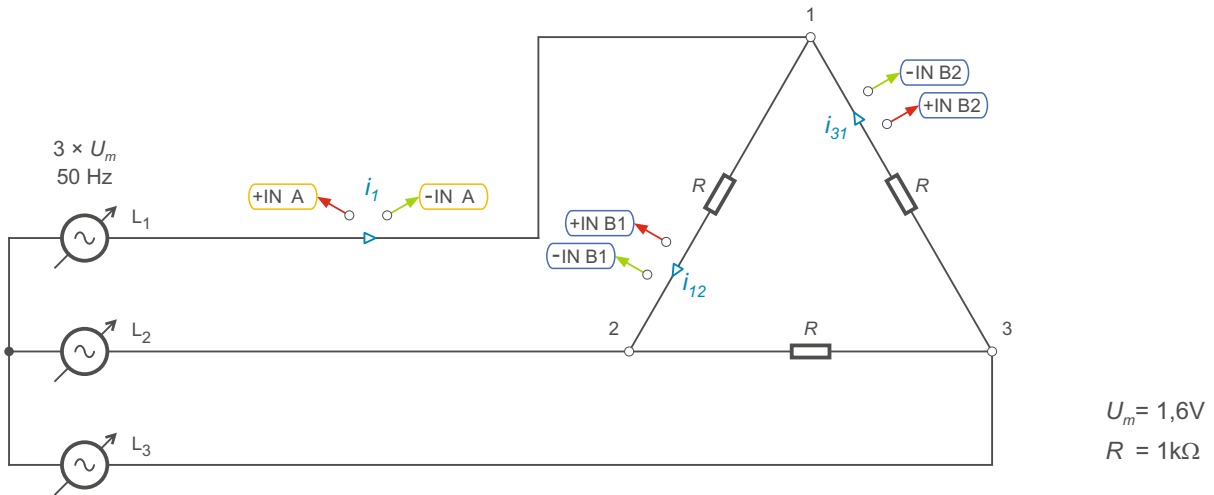
5.9

Zapojení do trojúhelníku - fázový sdružený proud

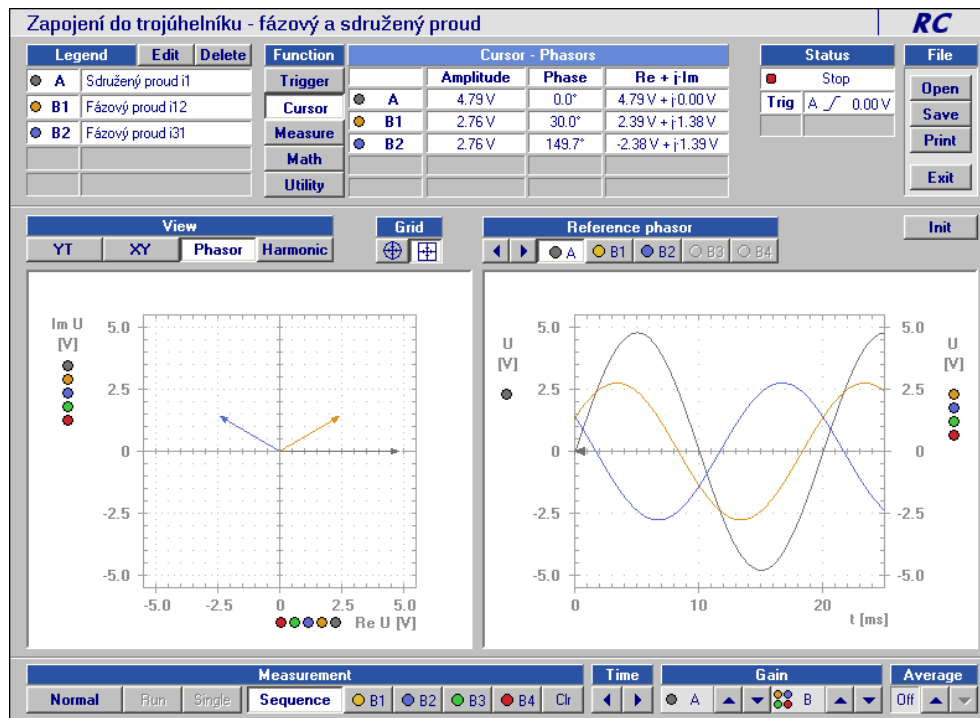
Úkol

Zobrazte vztah mezi sdruženým proudem  $i_1$  a příslušnými fázovými proudy  $i_{12}$  a  $i_{31}$  pro symetrickou odporovou zátěž zapojenou do trojúhelníku.

Schéma



Měření



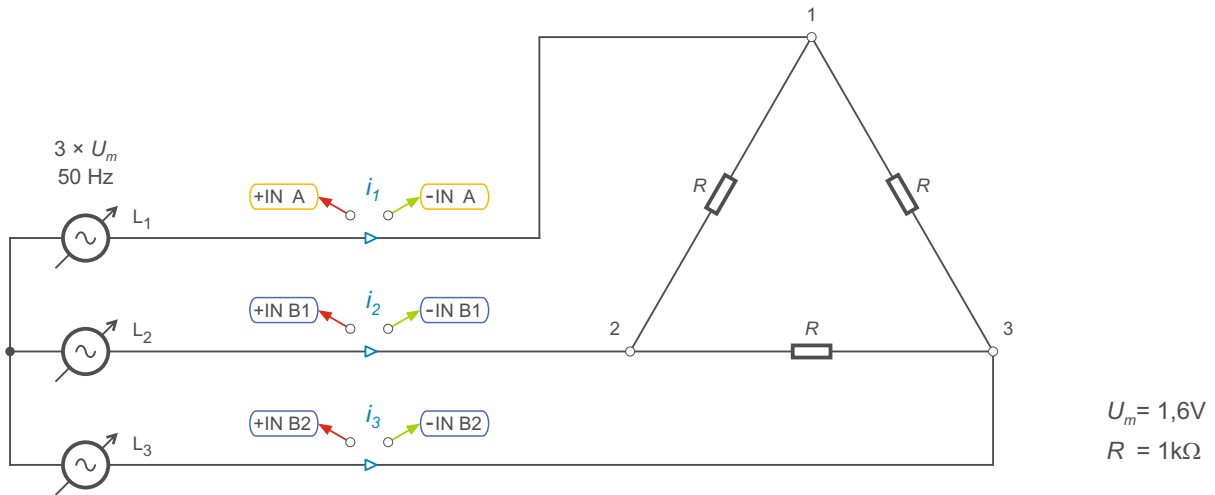
## 5.10

## Zapojení do trojúhelníku - symetrická odporová zátěž

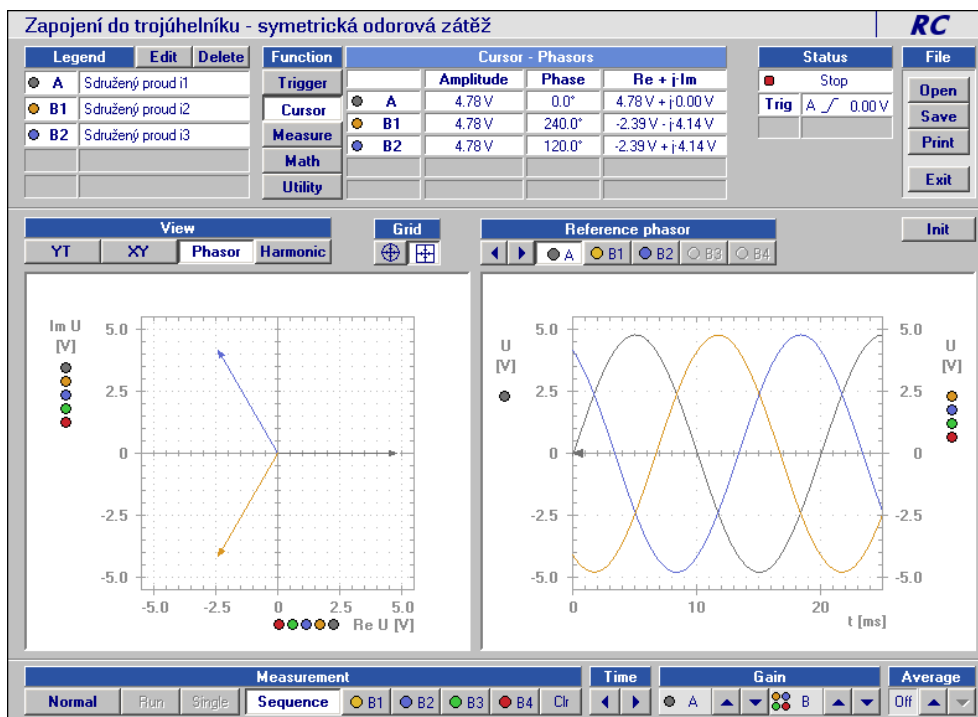
## Úkol

Zobrazte sdružené proudy  $i_1$ ,  $i_2$  a  $i_3$  pro symetrickou odporovou zátěž zapojenou do trojúhelníku.

## Schéma



## Měření

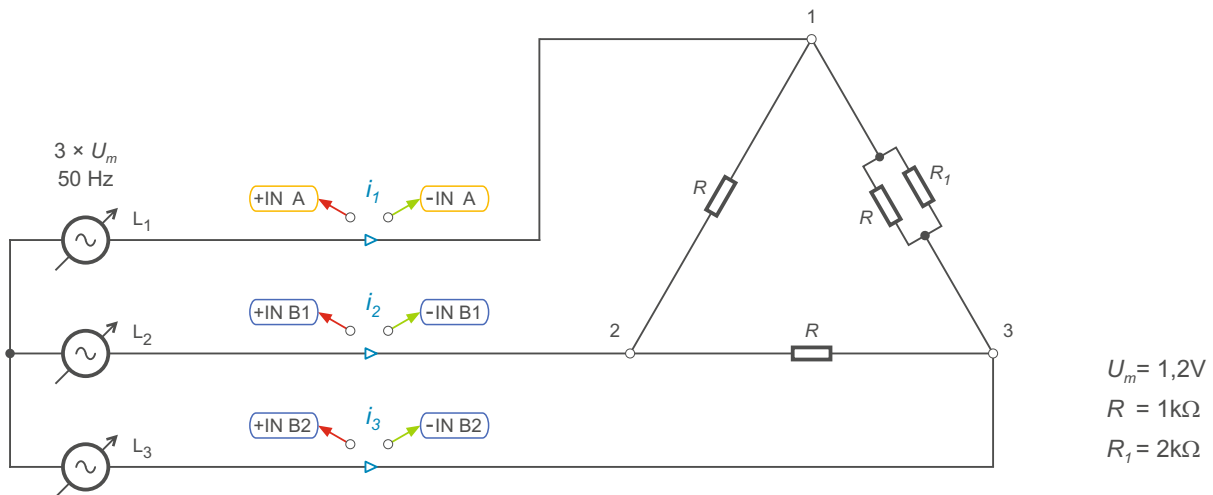


## 5.11 Zapojení do trojúhelníku - nesymetrická odporová zátěž

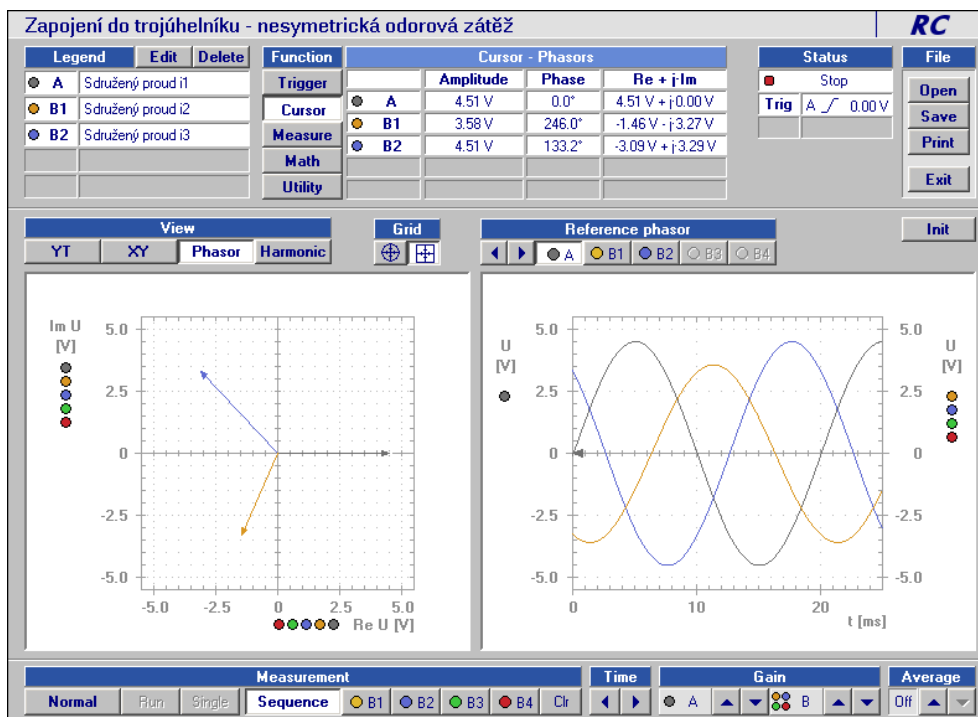
### Úkol

Zobrazte sdružené proudy  $i_1$ ,  $i_2$  a  $i_3$  pro nesymetrickou odporovou zátěž zapojenou do trojúhelníku.

### Schéma



### Měření

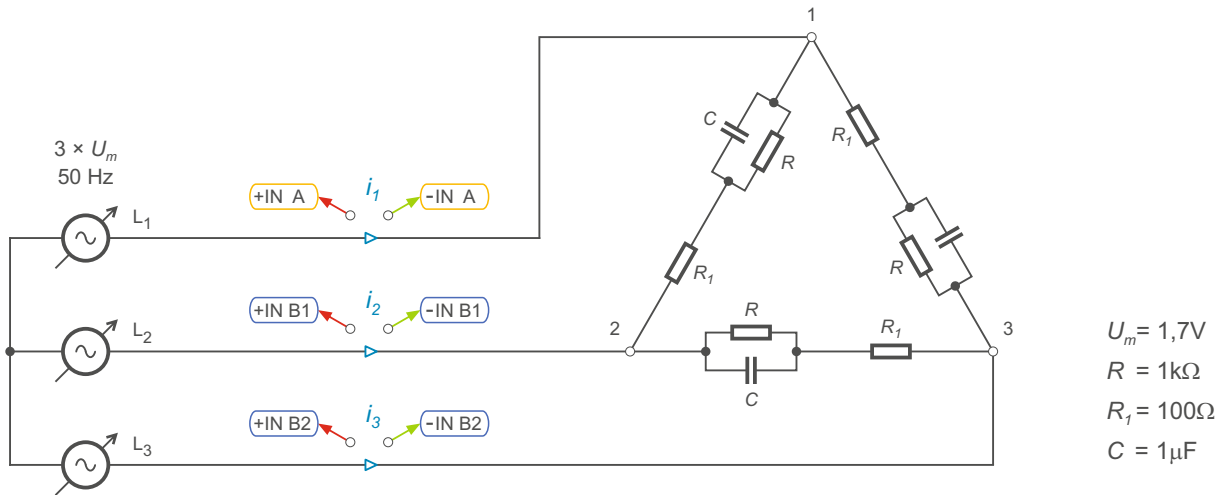


## 5.12 Zapojení do trojúhelníku - symetrická impedanční zátěž

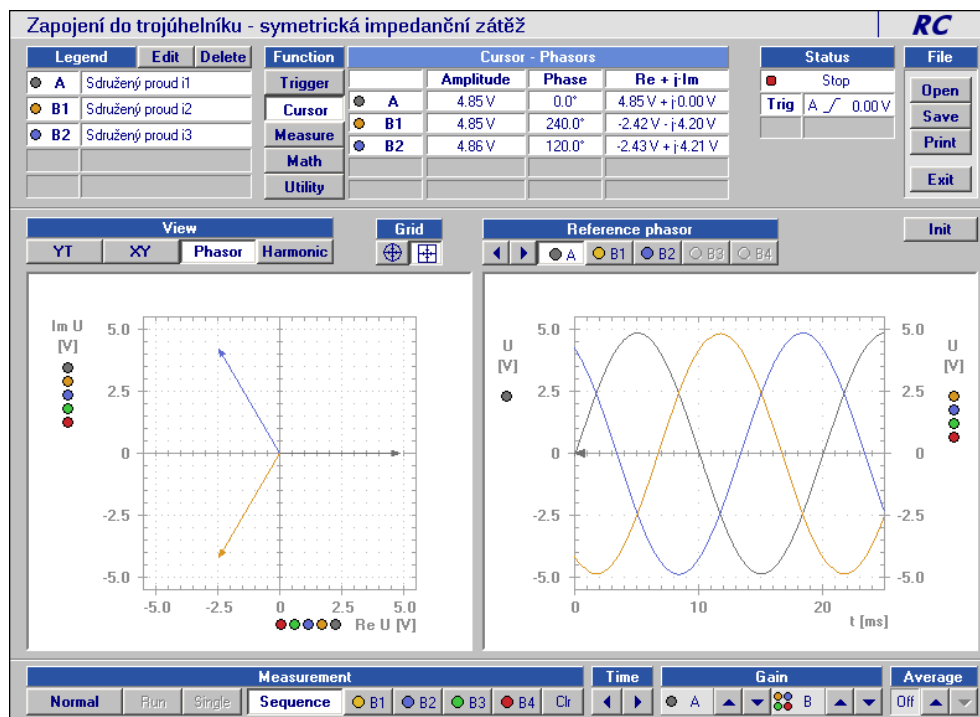
### Úkol

Zobrazte sdružené proudy  $i_1$ ,  $i_2$  a  $i_3$  pro symetrickou impedanční zátěž zapojenou do trojúhelníku.

### Schéma



### Měření

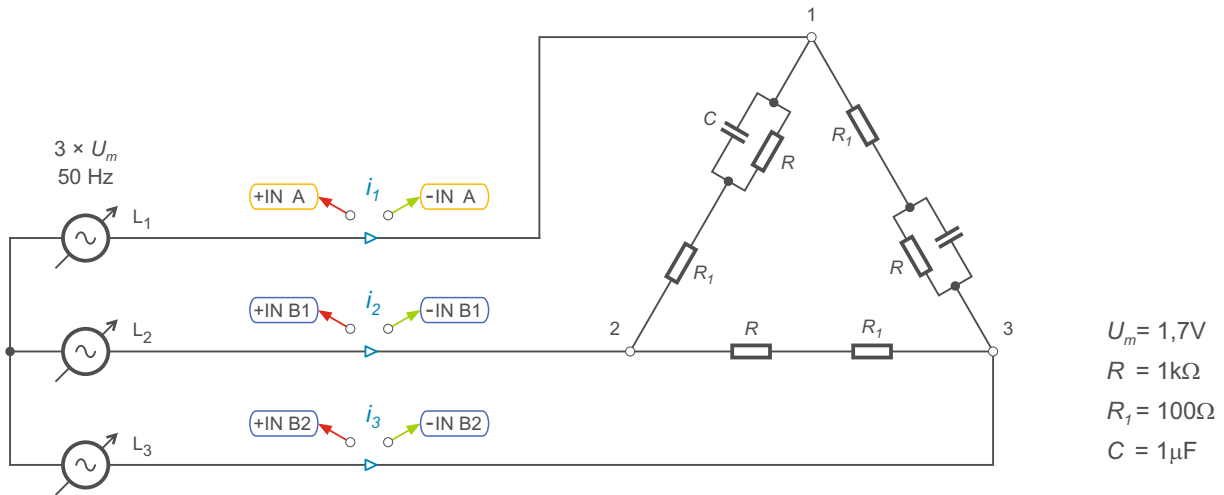


## 5.13 Zapojení do trojúhelníku - nesymetrická impedanční zátěž

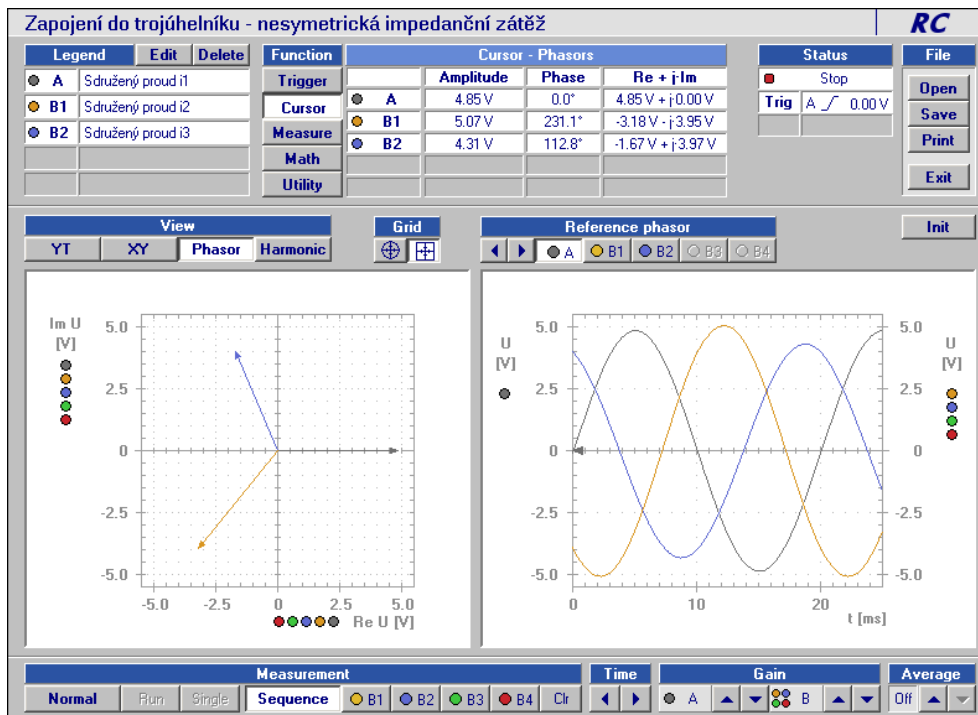
### Úkol

Zobrazte sdružené proudy  $i_1$ ,  $i_2$  a  $i_3$  pro nesymetrickou impedanční zátěž zapojenou do trojúhelníku.

### Schéma



### Měření

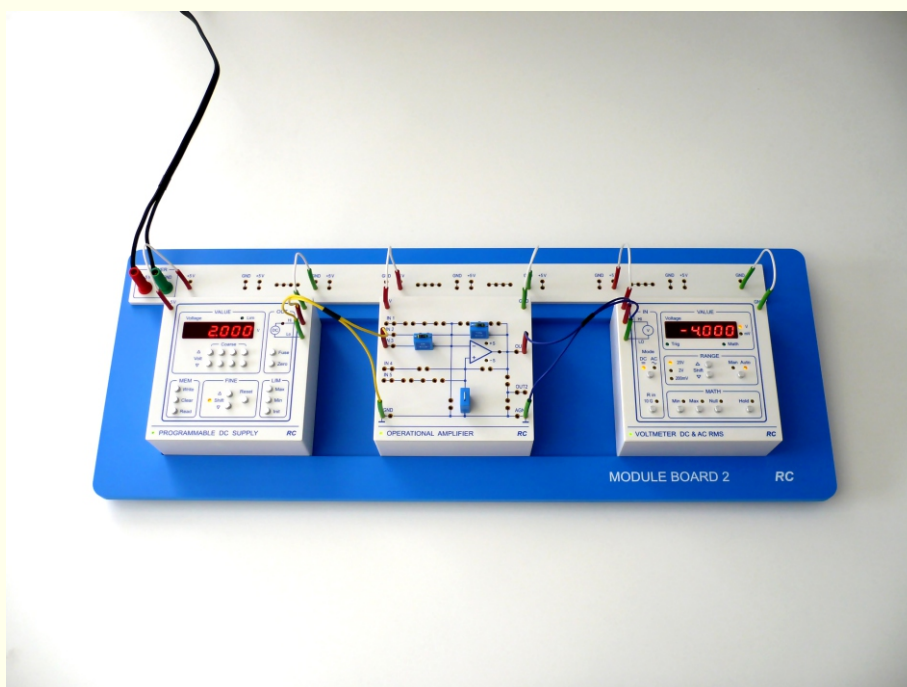






## Výukový systém rc2000 - $\mu$ LAB

### Operační zesilovač





## Obsah

---

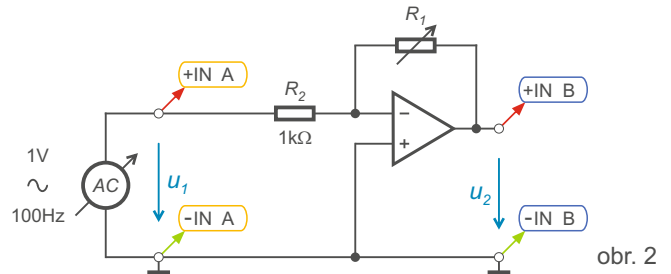
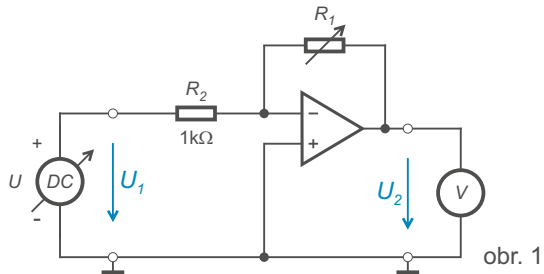
<b>Operační zesilovač</b>	<b>6.0</b>
Invertující zesilovač	6.1
Neinvertující zesilovač	6.2
Napěťový sledovač	6.3
Integrátor	6.4
Derivátor	6.5
Komparátor	6.6
Komparátor s hysterezí	6.7
Rozdílový zesilovač	6.8
Fázový členek	6.9
Astabilní multivibrátor	6.10



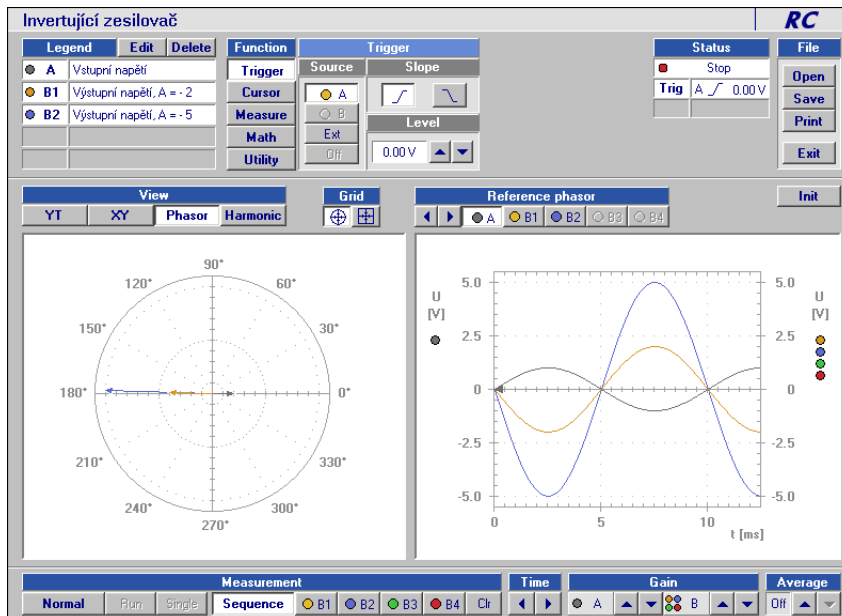
## Úkol

Ověřte zapojení operačního zesilovače jako invertujícího zesilovače. Změřte pro stejnosměrné i střídavé napětí. Volte zesílení  $A = -2$  a  $A = -5$ .

## Schéma



## Měření



## Invertující zesilovač - AC napětí

schéma

obr. 2

mód

Osciloskop

zobrazení

Phasor

vzorec

$$A = \frac{U_2}{U_1} = -\frac{R_1}{R_2}$$

hodnoty

●  $A = -2 \dots R_2 = 2\text{k}\Omega$

●  $A = -5 \dots R_2 = 5\text{k}\Omega$

## Invertující zesilovač - DC napětí

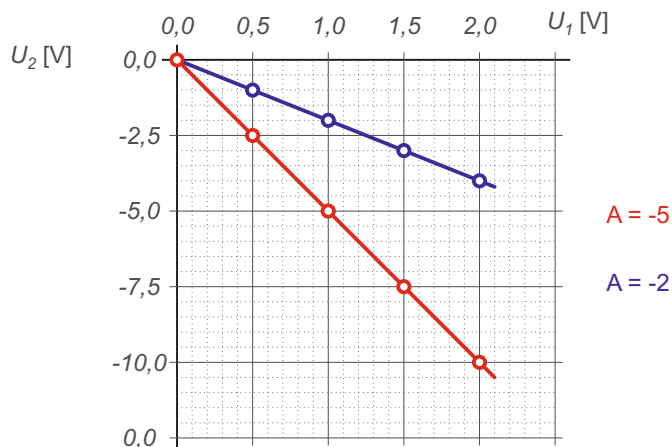
schéma

obr. 1

vzorec

$$A = \frac{U_2}{U_1} = -\frac{R_1}{R_2}$$

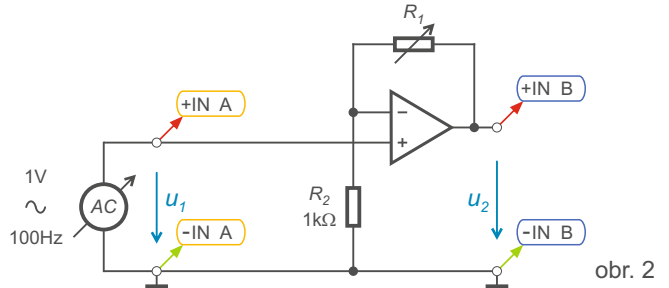
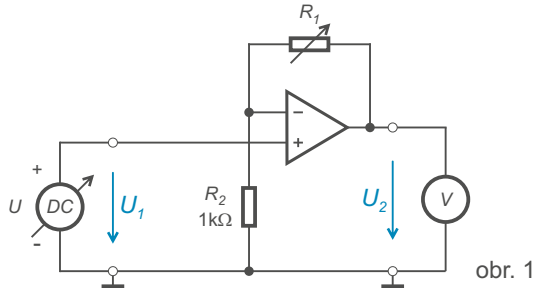
$U_1$ [V]	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	Zesílení
$U_2$ [V]	0,0	-1,0	-2,0	-3,0	-4,0	-2
$U_2$ [V]	0,0	-2,5	-5,0	-7,5	-10,0	-5



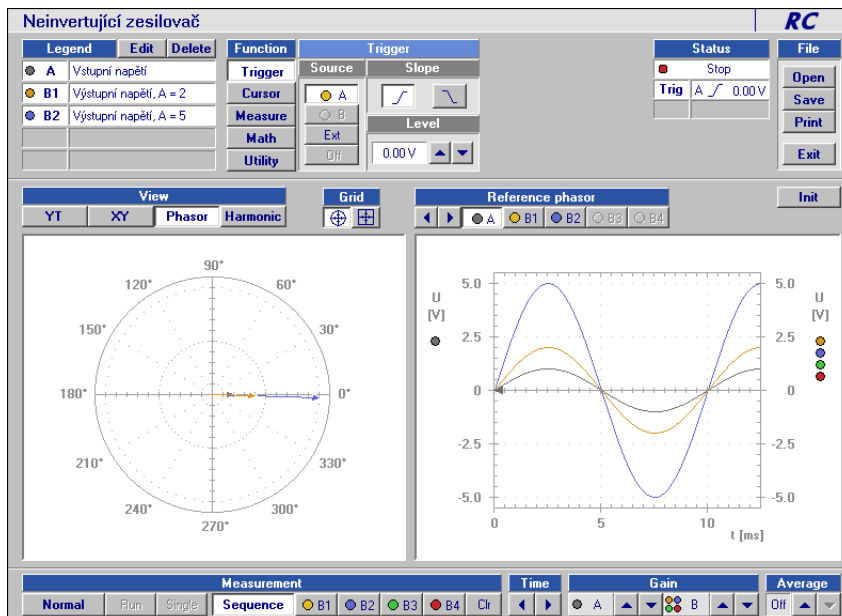
Úkol

Ověřte zapojení operačního zesilovače jako neinvertujícího zesilovače. Změřte stejnosměrné i střídavé napětí. Volte zesílení  $A = 2$  a  $A = 5$ .

Schéma



Měření



Neinvertující zesilovač - AC

schéma

obr. 2

mód

Osciloskop

zobrazení

Phasor

vzorec

$$A = \frac{U_2}{U_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

hodnoty

●  $A = 2 \dots R_2 = 1k\Omega$

●  $A = 5 \dots R_2 = 4k\Omega$

$U_1$ [V]	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	Zesílení
$U_2$ [V]	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	2
$U_2$ [V]	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0	5

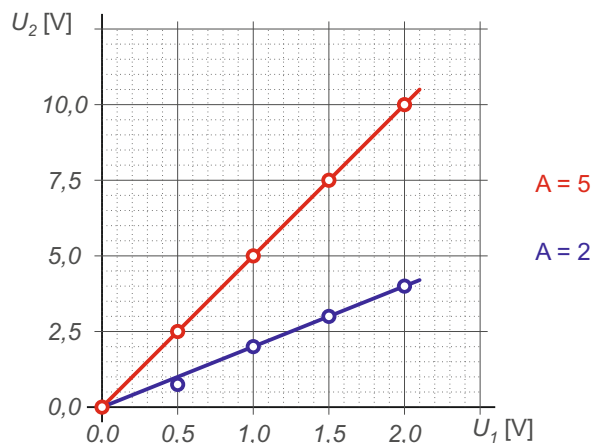
Neinvertující zesilovač - DC

schéma

obr. 1

vzorec

$$A = \frac{U_2}{U_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$



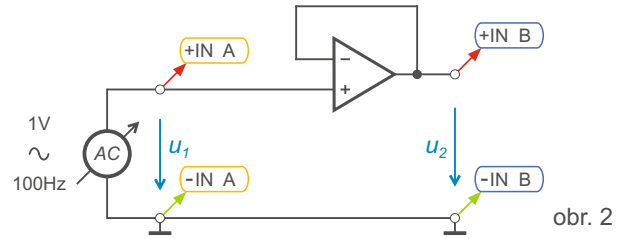
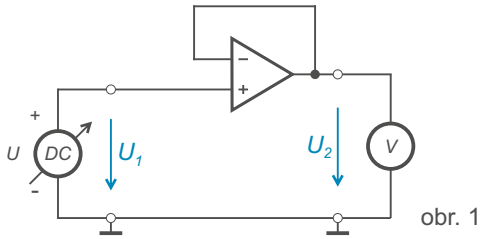
6.3

Napětový sledovač

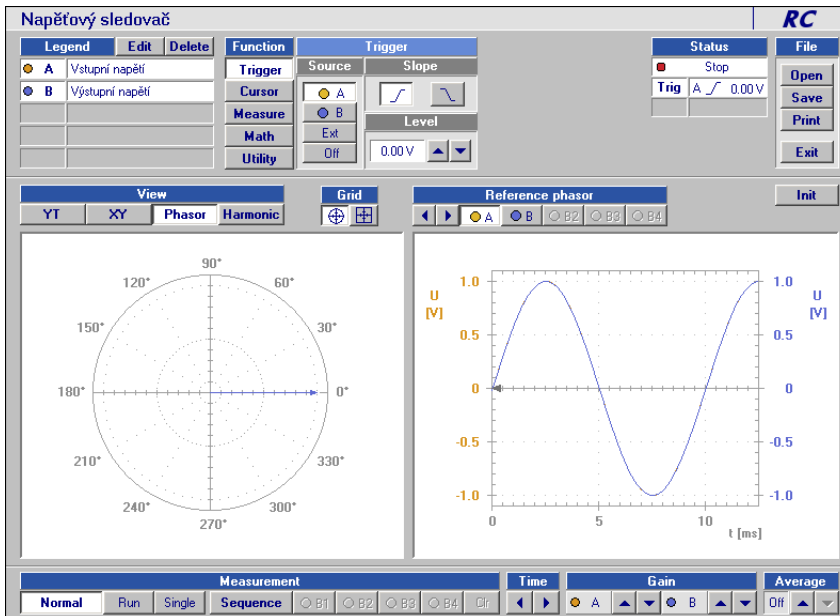
Úkol

Ověřte zapojení operačního zesilovače jako sledovače napětí. Změřte stejnosměrné i střídavé napětí.

Schéma



Měření



Napětový sledovač

schéma

obr. 2

mód

Osciloskop

zobrazení

Phasor

vzorec

$$A = \frac{U_2}{U_1} = 1$$

$U_1$ [V]	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0	Zesílení
$U_2$ [V]	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0	1

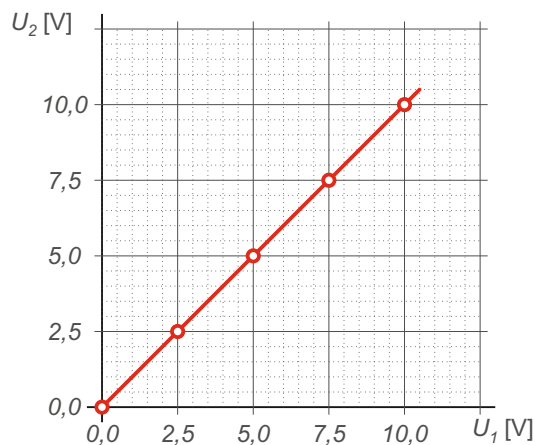
Napětový sledovač

schéma

obr. 1

vzorec

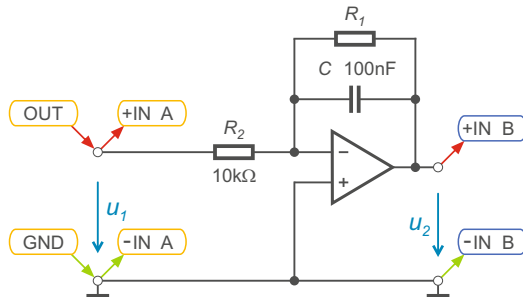
$$A = \frac{U_2}{U_1} = 1$$



## Úkol

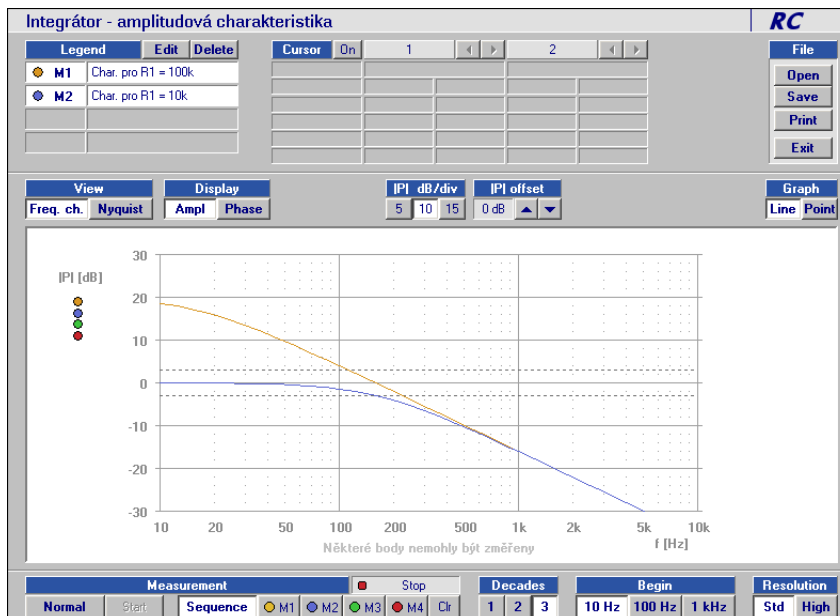
Ověřte zapojení operačního zesilovače jako integrátoru. Volte různé velikosti tlumení pomocí rezistoru  $R_1$ . Změřte ve frekvenční oblasti.

## Schéma



obr. 1

## Měření



Amplitudová charakteristika

schéma

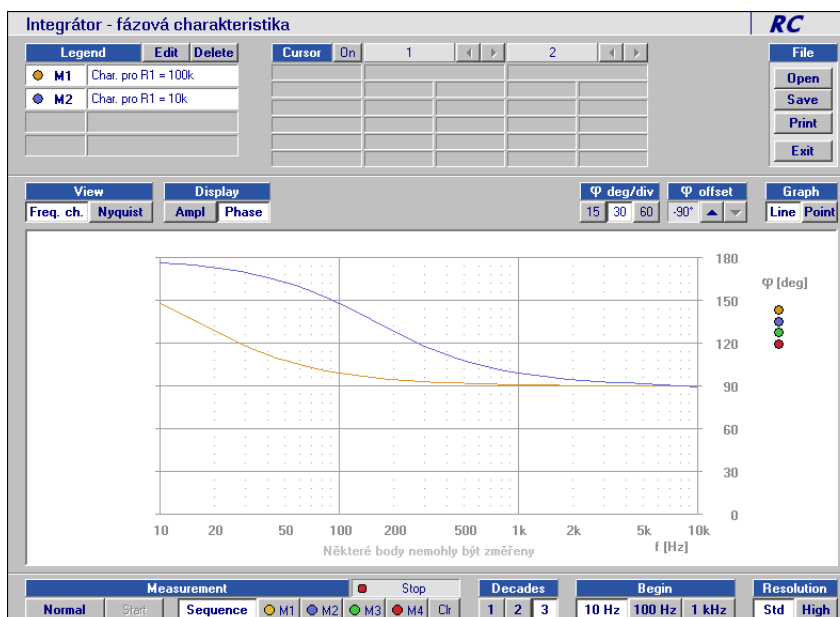
obr. 1

mód

Frekvenční charakteristiky

zobrazení

Amplitude



Fázová charakteristika

schéma

obr. 2

mód

Frekvenční charakteristiky

zobrazení

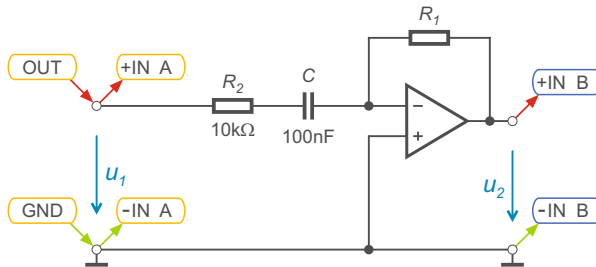
Phase



## Úkol

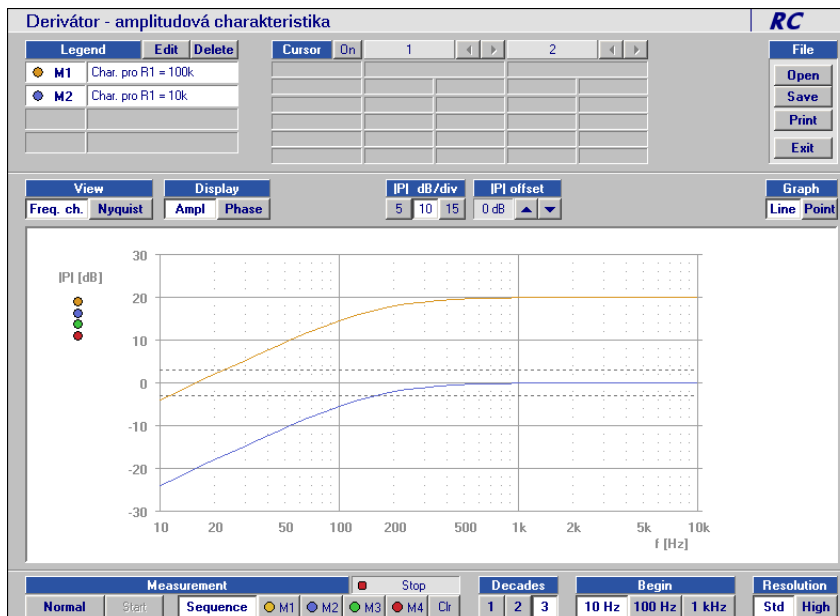
Ověřte zapojení operačního zesilovače jako derivátoru. Změřte ve frekvenční oblasti.

## Schéma



obr. 1

## Měření



Amplitudová charakteristika

*schéma*

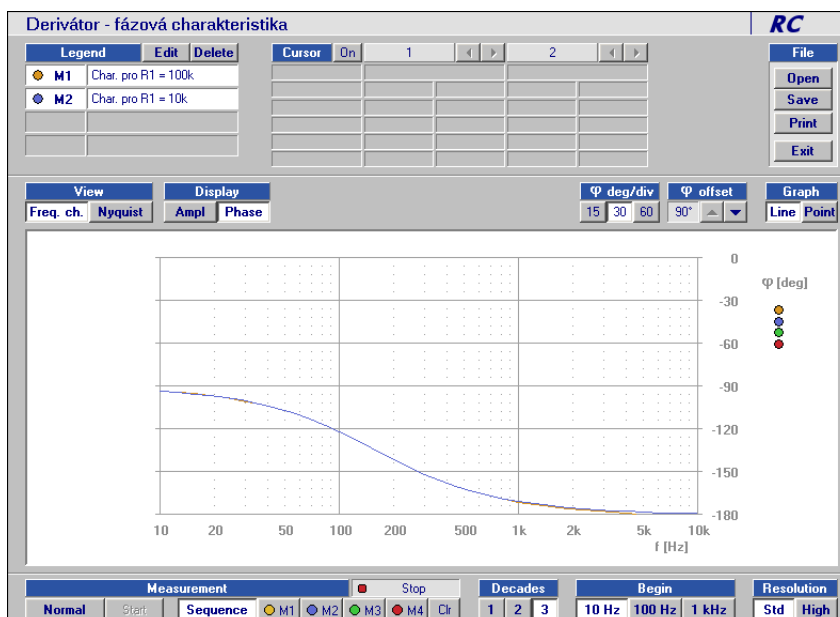
obr. 1

*mód*

Frekvenční charakteristiky

*zobrazení*

Amplitude



Fázová charakteristika

*schéma*

obr. 2

*mód*

Frekvenční charakteristiky

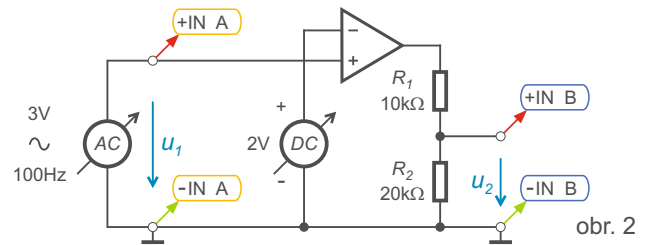
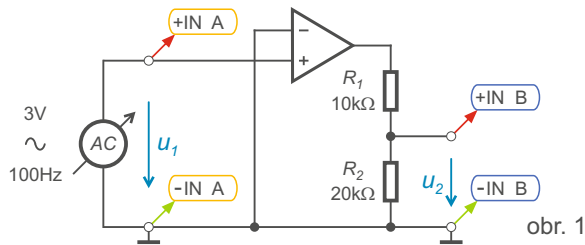
*zobrazení*

Phase

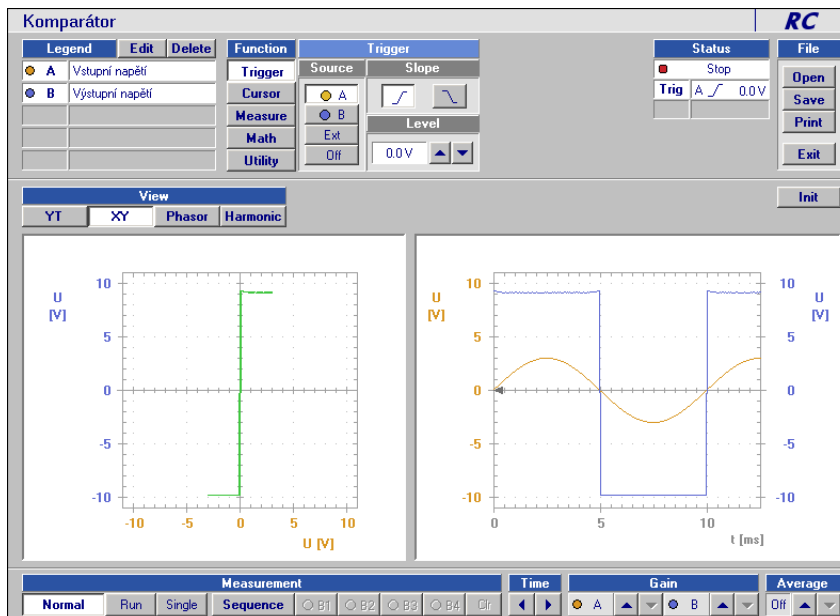
## Úkol

Zobrazte průběh vstupního a výstupního napětí komparátoru. Změřte pro nulovou úroveň komparace (obr. 1) a pro nenulovou referenční úroveň komparace (obr. 2).

## Schéma



## Měření



Komparátor

schéma

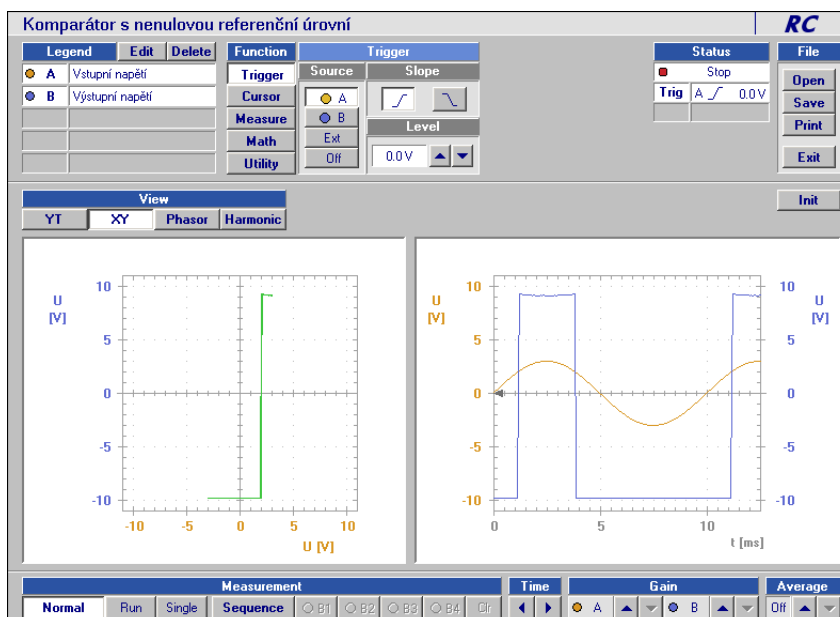
obr. 1

mód

Osciloskop

zobrazení

XY



Komparátor s nenulovou referenční úrovní

mód

obr. 2

schéma

Osciloskop

zobrazení

XY

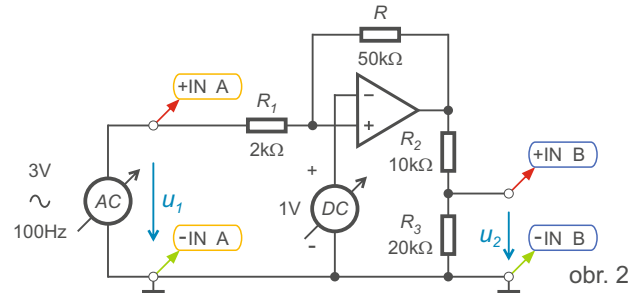
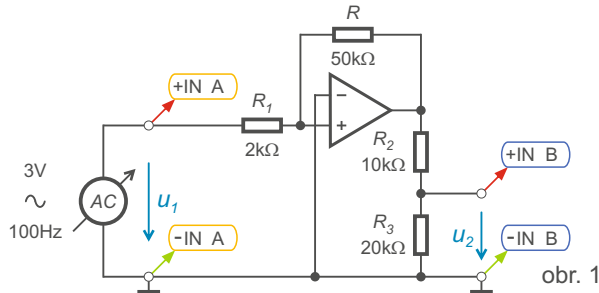
## Poznámka

Výstupní dělič tvořený  $R_1$  a  $R_2$  je proto, abychom zobrazili saturační napětí větší než 10V.

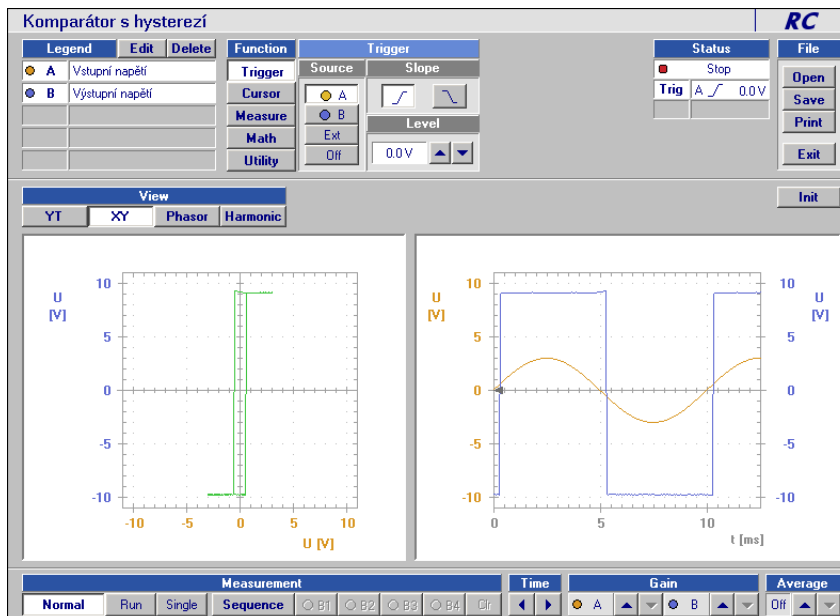
## Úkol

Zobrazte průběh vstupního a výstupního napětí komparátoru s hysterezí. Změřte pro nulovou úroveň komparace (obr. 1) a pro nenulovou referenční úroveň komparace (obr. 2).

## Schéma



## Měření



Komparátor s hysterezí 1

schéma

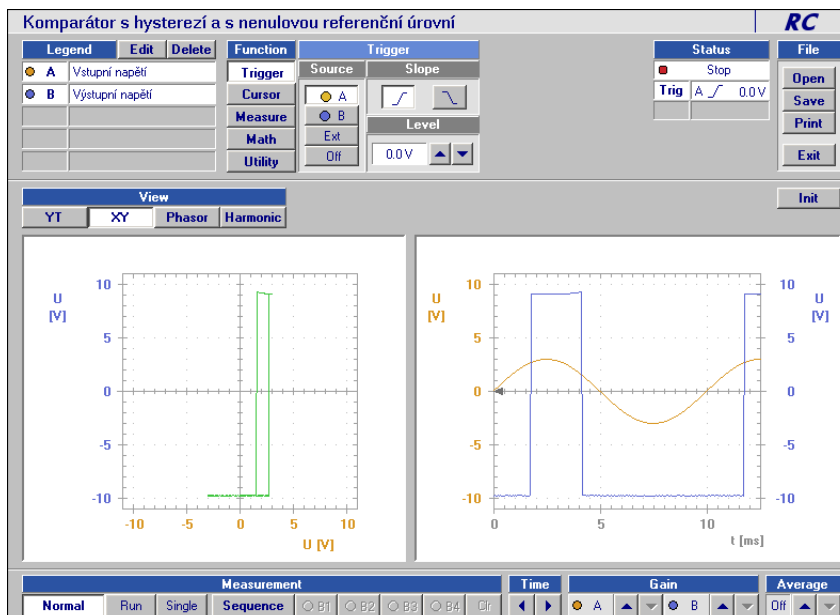
obr. 1

mód

Osciloskop

zobrazení

XY



Komparátor s hysterezí 2

mód

obr. 2

schéma

Osciloskop

zobrazení

XY

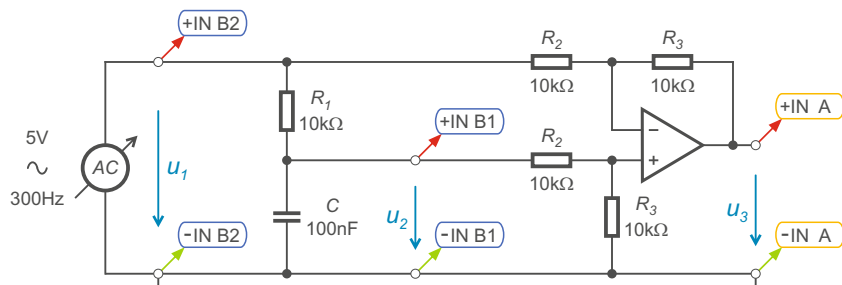
## Poznámka

Výstupní dělič tvořený  $R_1$  a  $R_2$  je proto, abychom zobrazili saturační napětí větší než 10V.

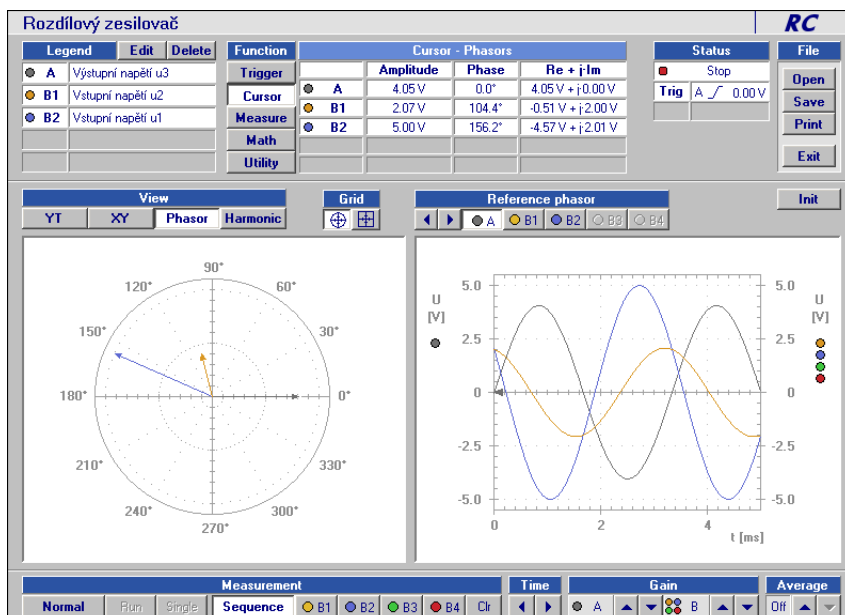
## Úkol

Zobrazte průběhy vstupních napětí rozdílového zesilovače  $u_1, u_2$  a jeho výstupního napětí  $u_3$ . Ověřte pomocí kurzorů platnost rovnice  $u_3 = u_2 - u_1$ .

## Schéma



## Měření



Rozdílový zesilovač

schéma

obr. 1

mód

Osciloskop

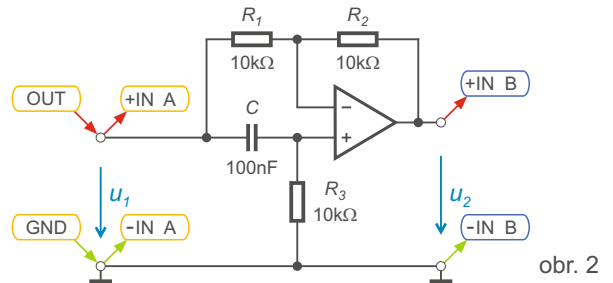
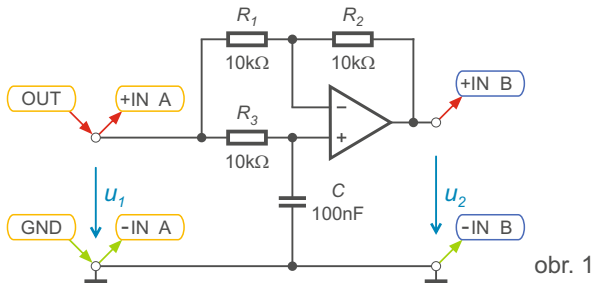
zobrazení

Phasor

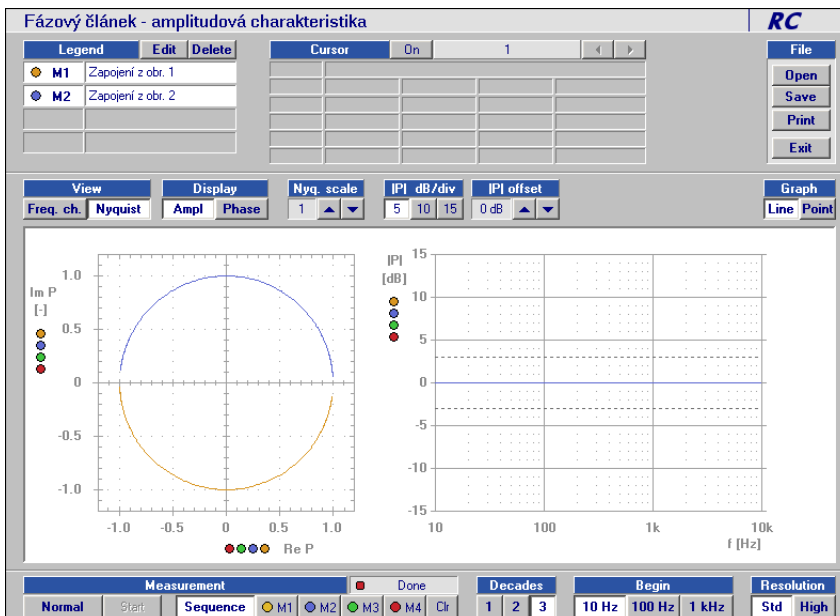
Úkol

Zobrazte amplitudové a fázové frekvenční charakteristiky pro dvě varianty zapojení fázového člunku.

Schéma



Měření



Amplitudová charakteristika

*schéma*

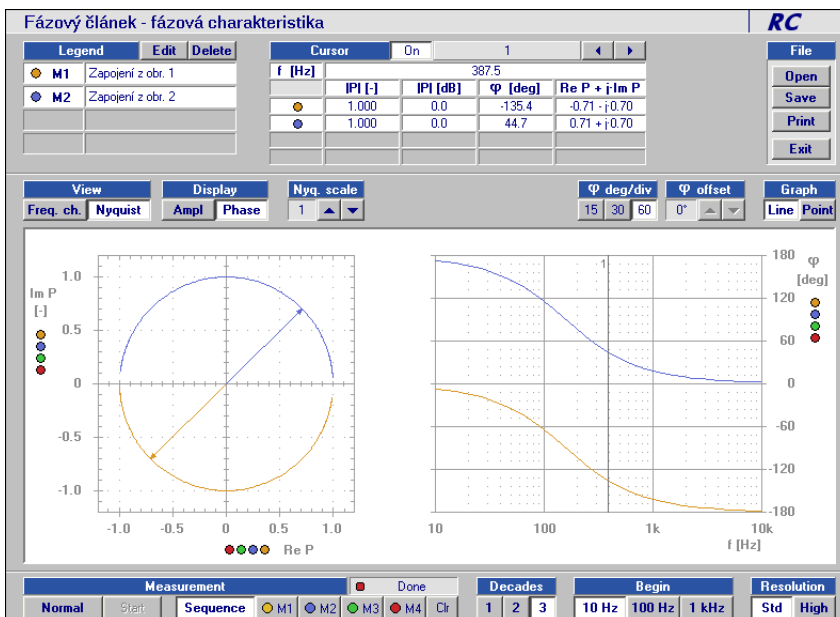
obr. 1

*mód*

Frekvenční charakteristiky

*zobrazení*

Amplitude



Fázová charakteristika

*schéma*

obr. 2

*mód*

Frekvenční charakteristiky

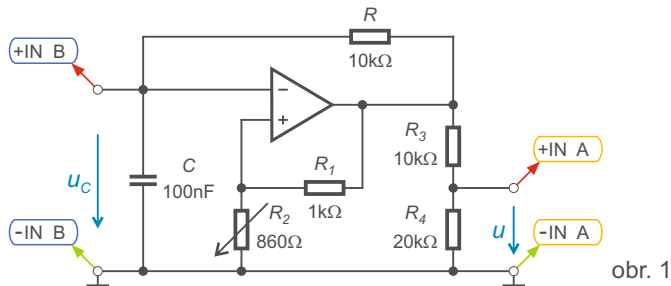
*zobrazení*

Phase

## Úkol

Zobrazte průběhy napětí na kondenzátoru C a na výstupu obvodu. Výstupní perioda je dána rovnicí 1). Pro zjednodušení výpočtu generované frekvence 2) volte  $R_2 = 0,86 R_1$ .

## Schéma



obr. 1

$$T = 2 \cdot R \cdot C \cdot \ln\left(1 + \frac{2 \cdot R_2}{R_1}\right) \quad 1)$$

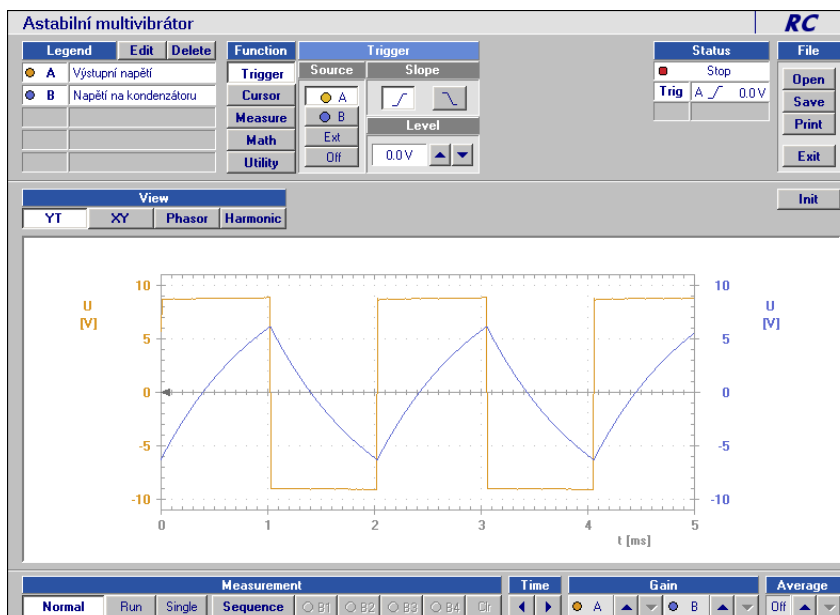
$$\ln\left(1 + \frac{2 \cdot R_2}{R_1}\right) = 1.0006 \doteq 1$$

$$R_1 = 1000\Omega \quad R_2 = 860\Omega$$

$$f \doteq \frac{1}{2 \cdot R \cdot C} \quad 2)$$

$$f \doteq \frac{1}{2 \cdot 10^4 \cdot 10^{-7}} = 500 \text{ Hz}$$

## Měření



Astabilní multivibrátor

schéma

obr. 1

mód

Osciloskop

zobrazení

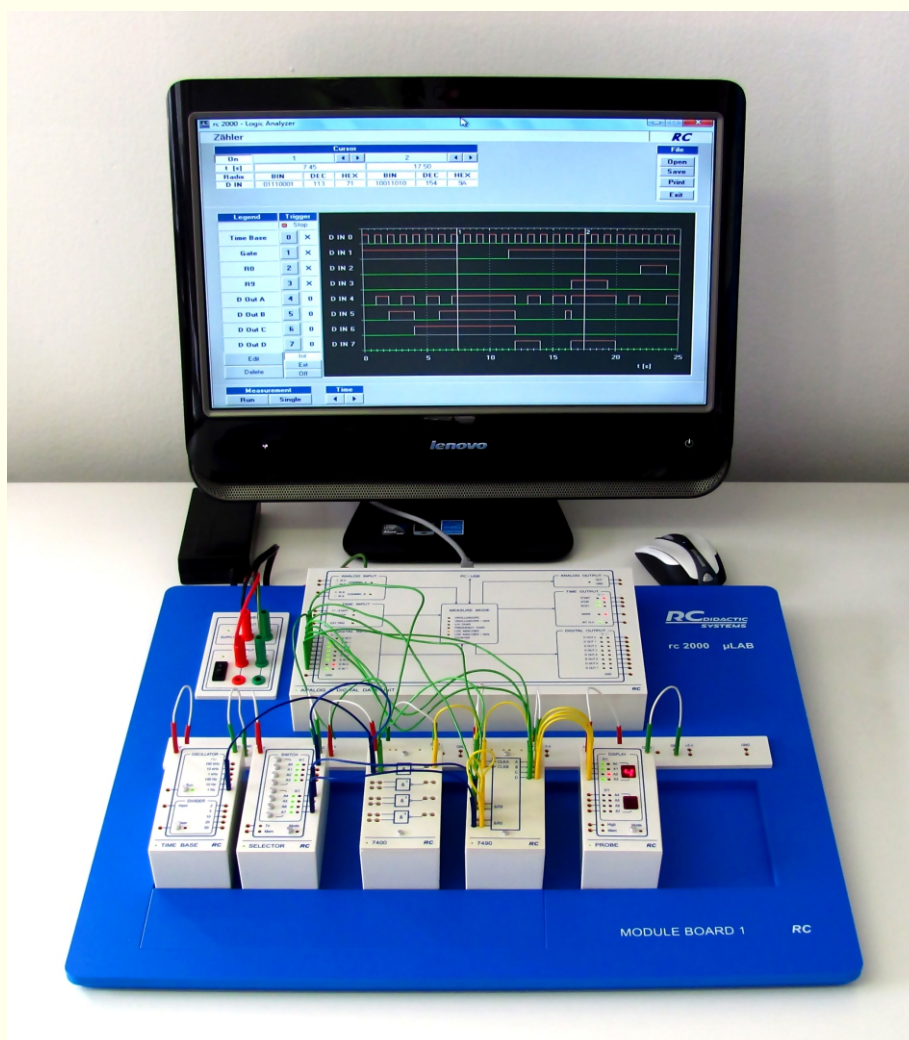
YT

## Poznámka

Výstupní dělič tvořený  $R_1$  a  $R_2$  je proto, abychom zobrazili saturační napětí větší než 10V.

## Výukový systém rc2000 - $\mu$ LAB

### Digitální technika







## Obsah

---

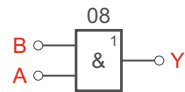
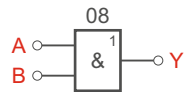
<b>Digitální technika</b>	<b>7.0</b>
Booleova algebra - zákony	7.1
Booleova algebra - převod funkcí NAND	7.2
Booleova Algebra - převod funkcí NOR	7.3
Minimalizace logická funkce	7.4
Řízení výtahu	7.5
Zapojení alarmu	7.6
Indikace funkce ventilátorů	7.7
Sčítačka a odčítačka	7.8
Poloviční a celá sčítačka	7.9
1 bitový komparátor	7.10
Porovnávací obvod	7.11
Kodér a dekodér Grayova kódu	7.12
Čítač (nahoru/dolů)	7.13
Čítač modulo N	7.14
Sekvenční obvod - číslicový rozdílový obvod	7.15



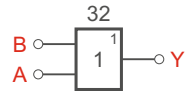
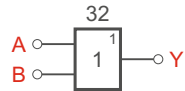
## Úkol

Ověřte platnost zákonů Booleovy algebry.

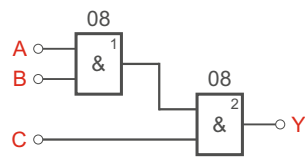
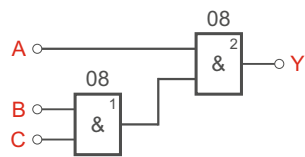
## Schema



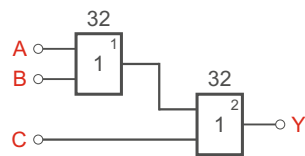
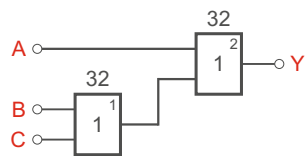
$$Y = A \cdot B \\ = B \cdot A$$



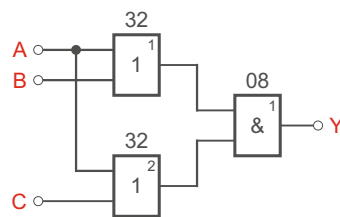
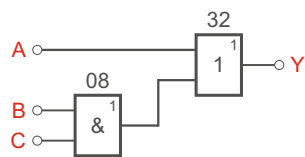
$$Y = A + B \\ = B + A$$



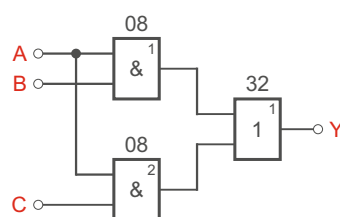
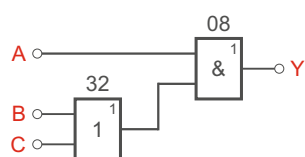
$$Y = A \cdot (B \cdot C) \\ = (A \cdot B) \cdot C$$



$$Y = A + (B + C) \\ = (A + B) + C$$

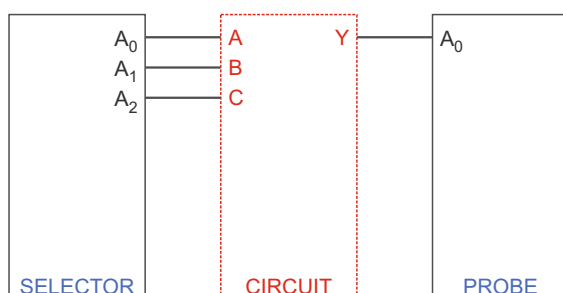


$$Y = A + (B \cdot C) \\ = (A + B) \cdot (A + C)$$



$$Y = A \cdot (B + C) \\ = (A \cdot B) + (A \cdot C)$$

## Zapojení



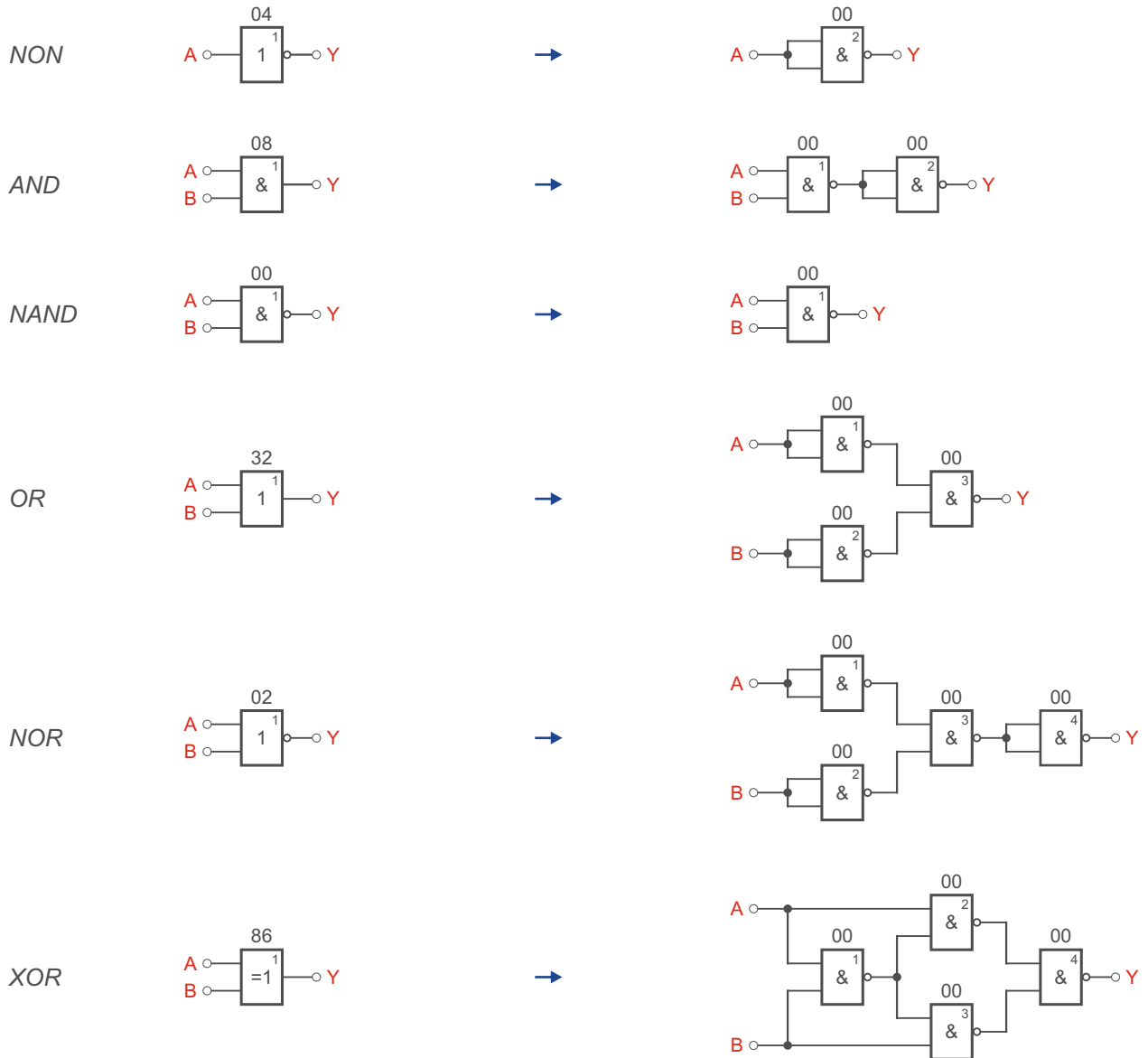
## 7.2

## Booleova algebra - realizace funkcí pomocí NAND

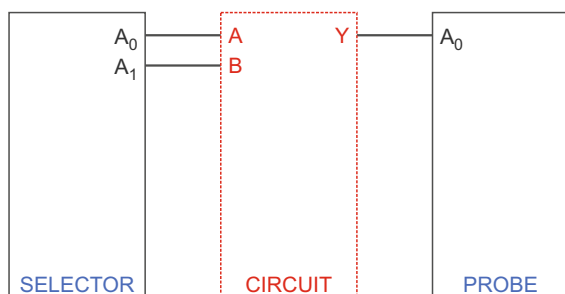
### Úkol

Navrhněte a realizujte zapojení základních logických funkcí NON, AND, NAND, OR, NOR a XOR s využitím funkce NAND.

### Schema



### Zapojení



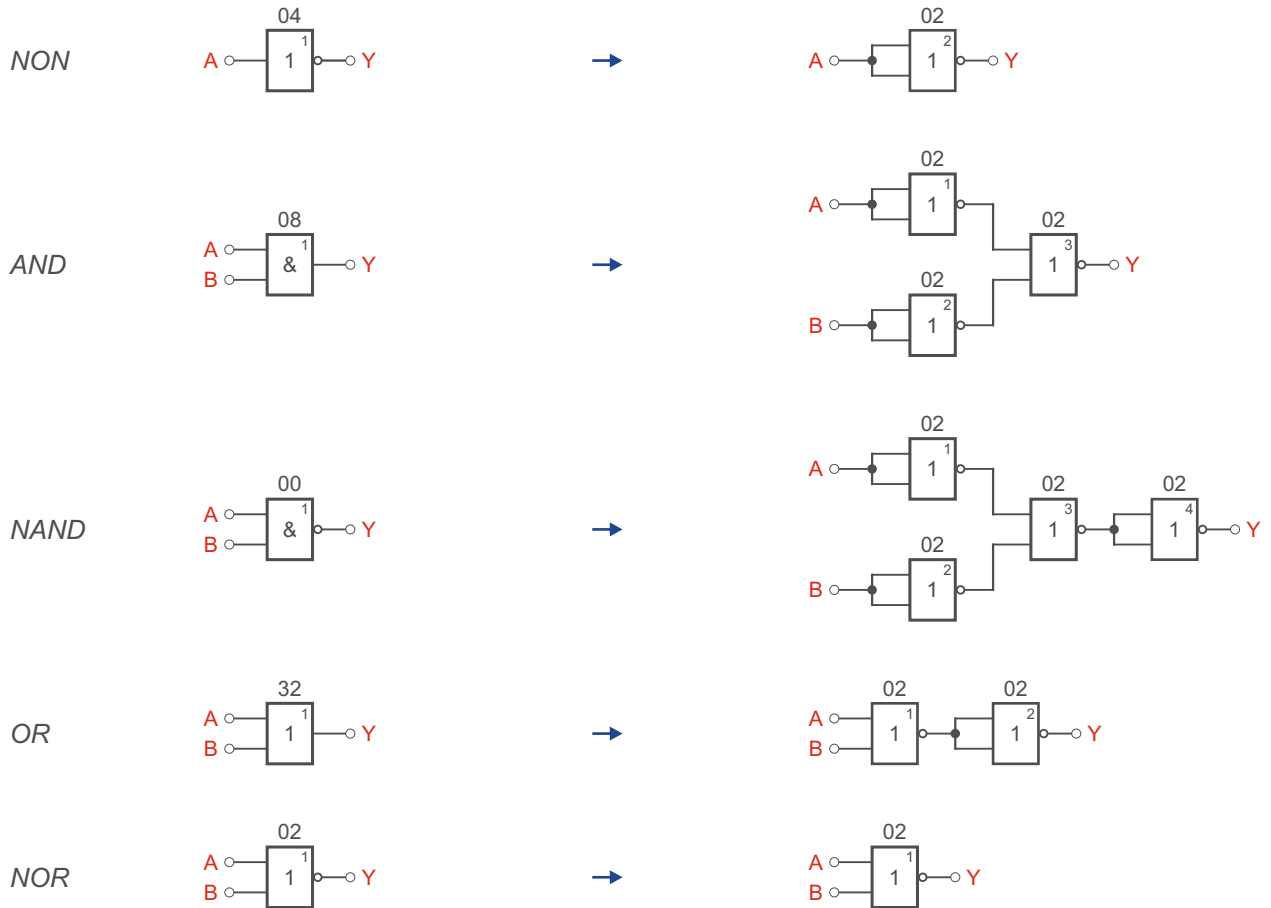
### 7.3

## Booleova algebra - realizace funkcí pomocí NOR

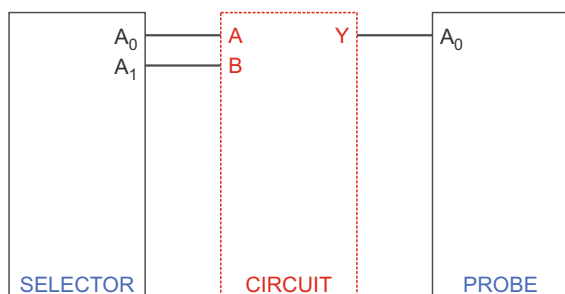
### Úkol

Navrhněte a realizujte zapojení základních logických funkcí NON, AND, NAND, OR a NOR s využitím funkce NOR.

### Schema



### Zapojení



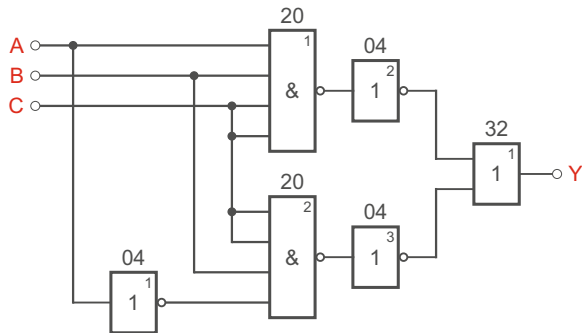
## 7.4

## Minimalizace logické funkce

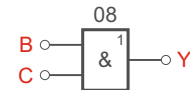
### Úkol

Minimalizujte zadanou logickou funkci a výsledek ověřte měřením.

### Schema

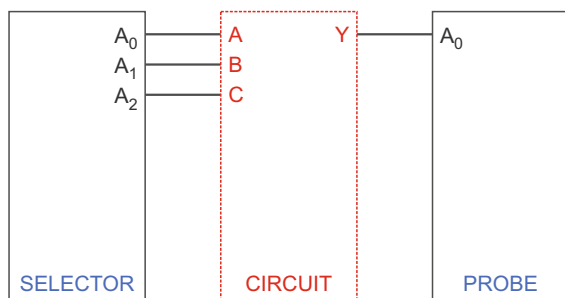


obr. 1

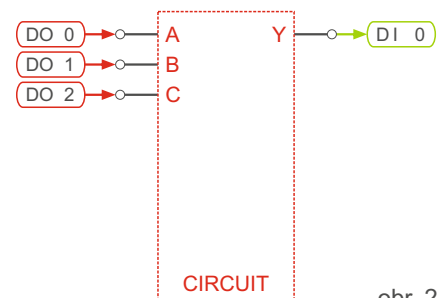


obr. 2

### Zapojení

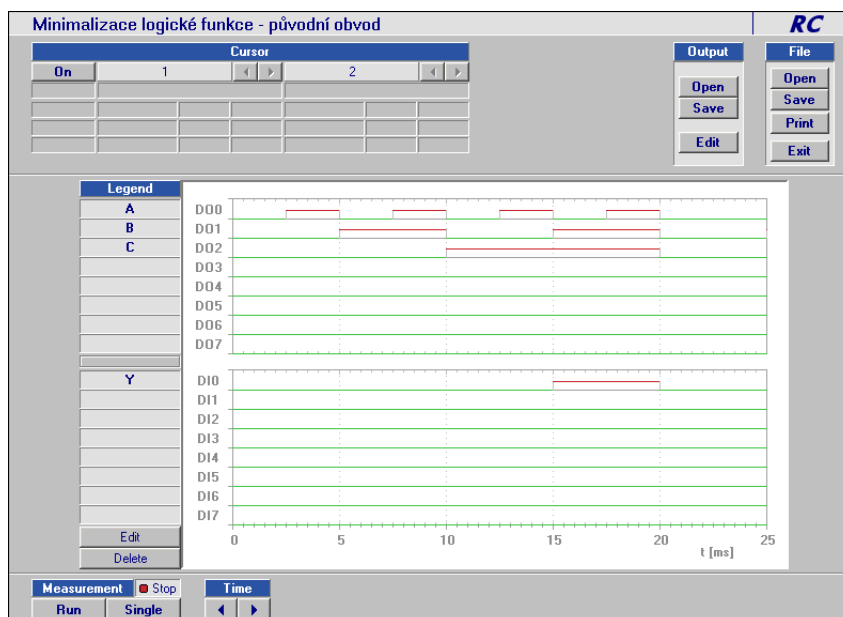


obr. 1



obr. 2

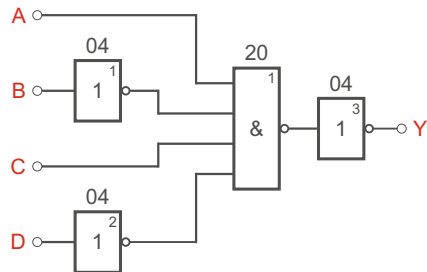
### Měření



## Úkol

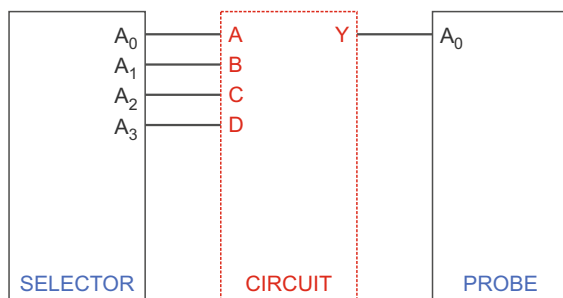
Navrhněte a realizujte logickou funkci pro ovládání výtahu. Motor se rozeběhne, je-li současně stlačeno tlačítko volby patra, není stlačeno nouzové tlačítko STOP, dveře jsou zavřeny a výtah není přetížen.

## Schema



A	0	Tlačítko volby patra není stlačeno
	1	Tlačítko volby patra je stlačeno
B	0	Nouzové tlačítko STOP není stlačeno
	1	Nouzové tlačítko STOP je stlačeno
C	0	Dveře nejsou zavřeny
	1	Dveře jsou zavřeny
D	0	Výtah není přetížený
	1	Výtah je přetížený
Y	0	Motor výtahu neběží
	1	Motor výtahu běží

## Zapojení



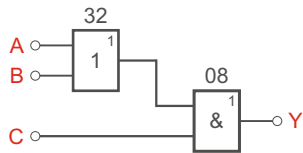
## 7.6

## Zapojení alarmu

## Úkol

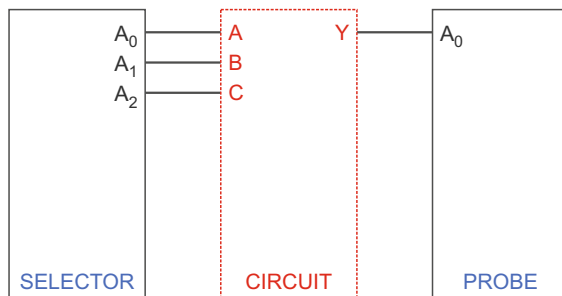
Navrhněte a realizujte logickou funkci zabezpečovacího zařízení pro hlídání okna a dveří objektu. Je-li zařízení zapnuto, dojde při otevření okna, dveří nebo obou současně k poplachu.

## Schema



A	0	Okno zavřené
	1	Okno otevřené
B	0	Dveře zavřené
	1	Dveře otevřené
C	0	Zařízení vypnuté
	1	Zařízení zapnuté
Y	0	Siréna nehouká
	1	Siréna houká

## Zapojení

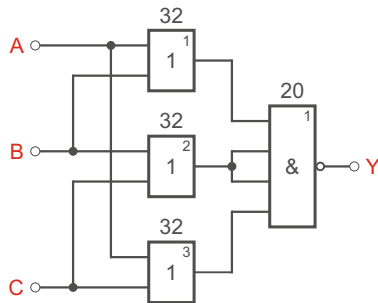




## Úkol

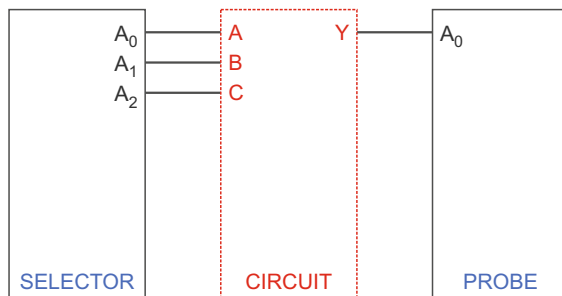
Navrhněte a realizujte logickou funkci signalizace provozu ventilátorů v tunelu. Kontrolní světlo začne svítit, jestliže ze tří instalovaných ventilátorů jsou v chodu méně než dva (tj. jeden nebo žádný).

## Schema



A	0	Ventilátor 1 stojí
	1	Ventilátor 1 běží
B	0	Ventilátor 2 stojí
	1	Ventilátor 2 běží
C	0	Ventilátor 3 stojí
	1	Ventilátor 3 běží
Y	0	Signalizace nesvítí
	1	Signalizace svítí

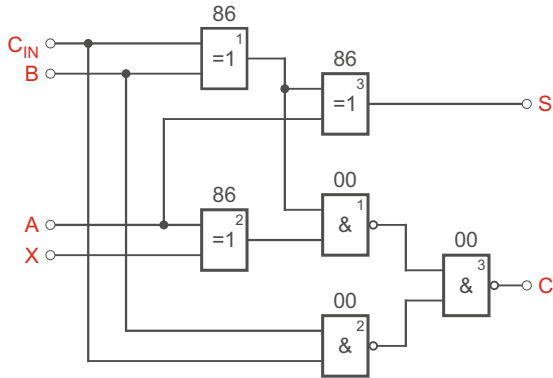
## Zapojení



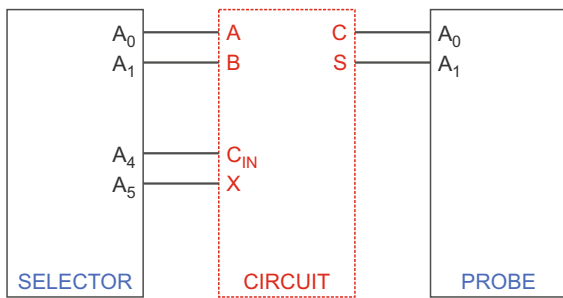
Úkol

Realizujte zapojení obvodu pro sčítání a odčítání dvou jednobitových čísel s přenosem z nižšího řádu a přenosem do vyššího řádu.

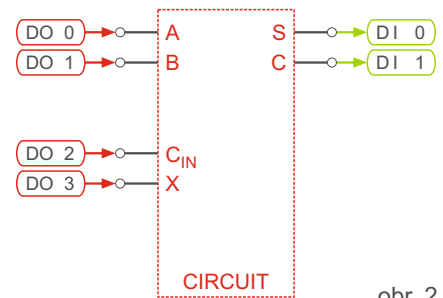
Schema



Zapojení

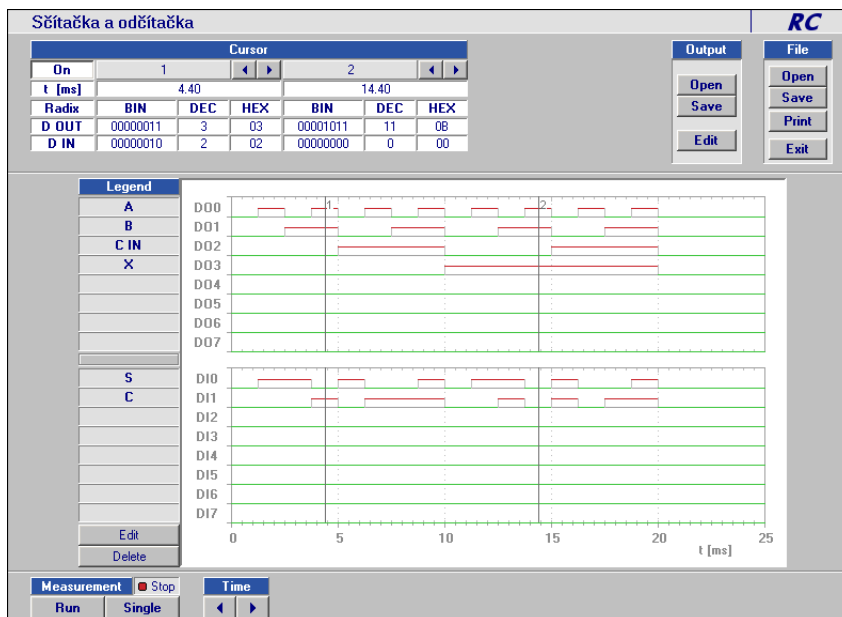


obr. 1



obr. 2

Měření



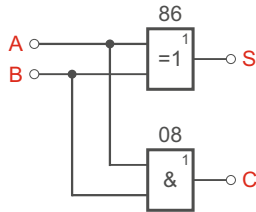
## 7.9

## Poloviční a celá sčítačka

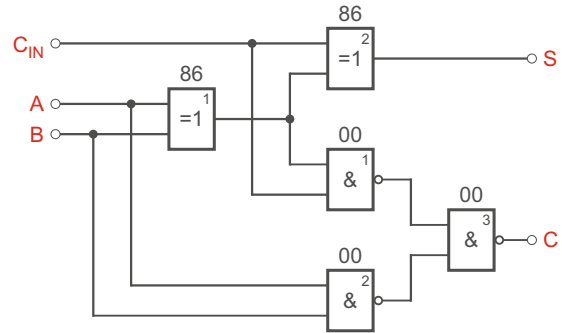
### Úkol

Realizujte zapojení obvodu pro sčítání dvou jednobitových čísel bez přenosu (poloviční sčítačka), a s přenosem (celá sčítačka).

### Schema

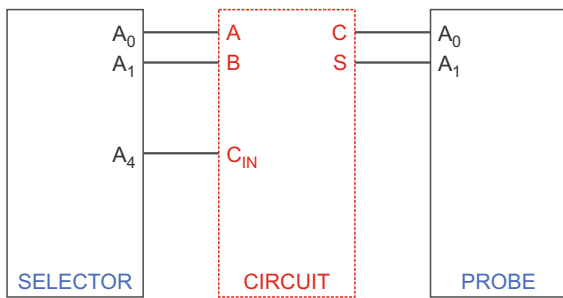


obr. 1

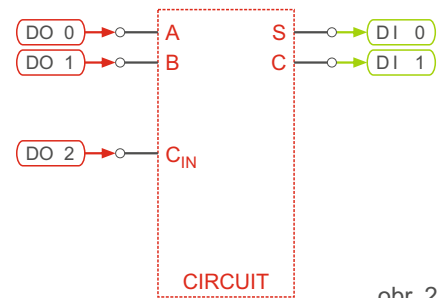


obr. 2

### Zapojení

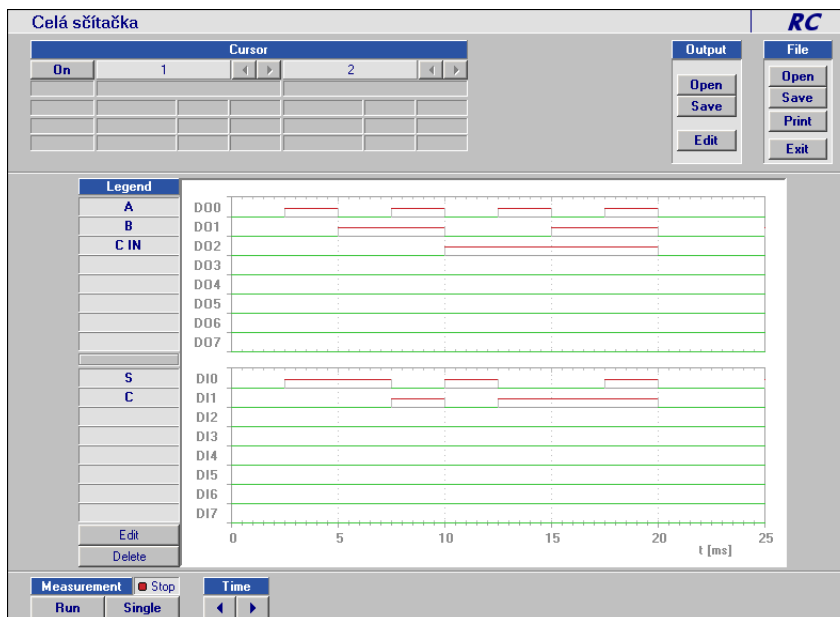


obr. 1



obr. 2

### Měření



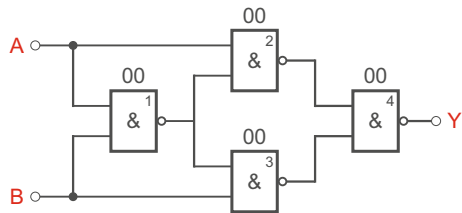
## 7.10

# Jednobitový komparátor

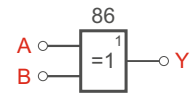
### Úkol

Sestavte a zkontrolujte obvod, který porovnává dvě jednobitová čísla.

### Schema

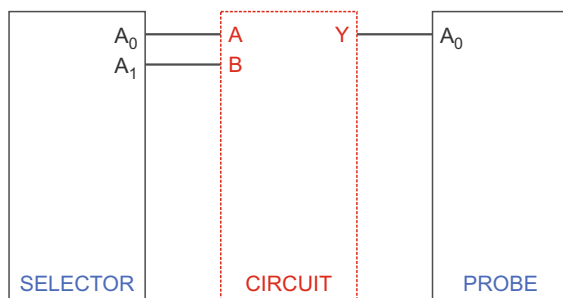


obr. 1

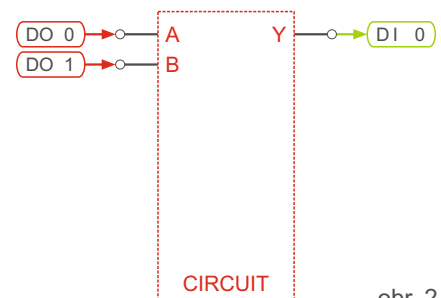


obr. 2

### Zapojení

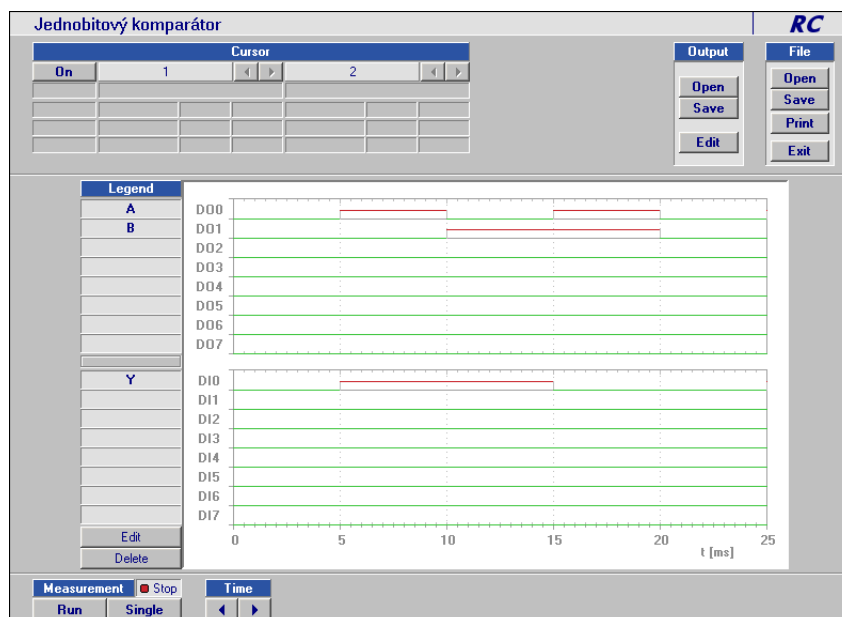


obr. 1



obr. 2

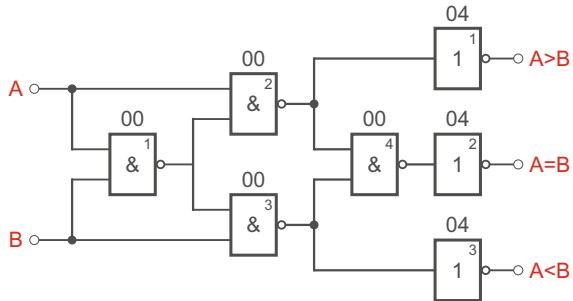
### Měření



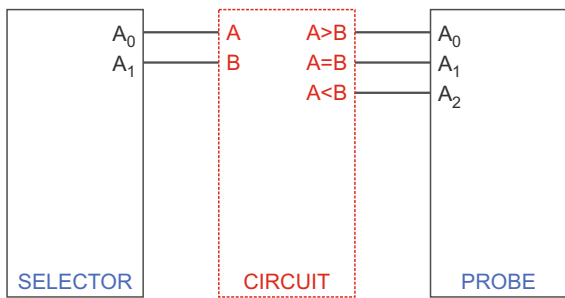
Úkol

Realizujte zapojení obvodu pro porovnání dvou jednobitových čísel. Obvod bude mít výstupy  $A > B$ ,  $A = B$ ,  $A < B$ .

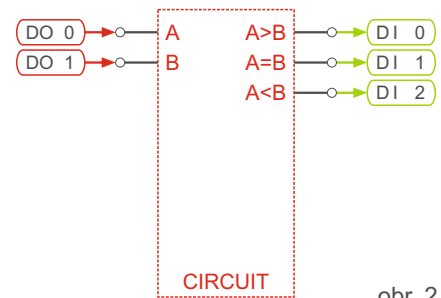
Schema



Zapojení

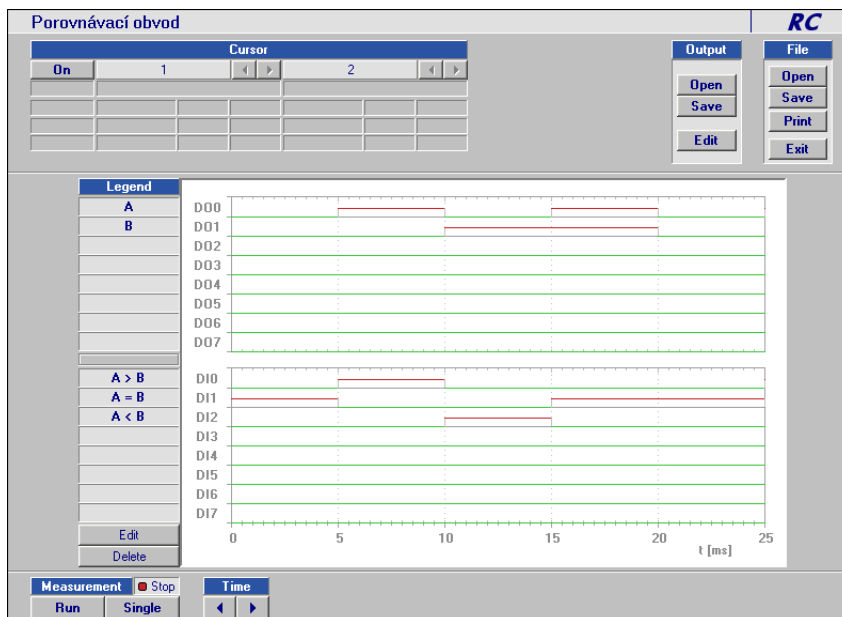


obr. 1



obr. 2

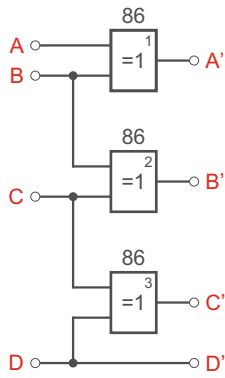
Měření



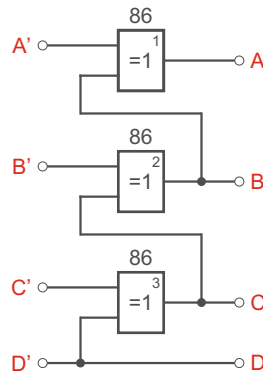
Úkol

Realizujte zapojení převodníku, který převede čísla z binárního kódu do Grayova kódu.

Schema



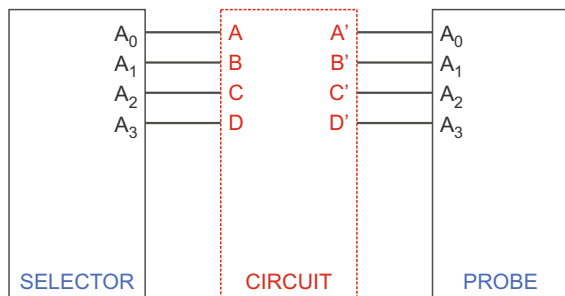
obr. 1



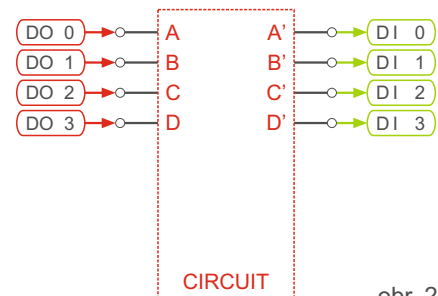
obr. 2

Desítková Soustava	Binární kód	Grayův kód
	DCBA	D'C'B'A'
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000

Zapojení

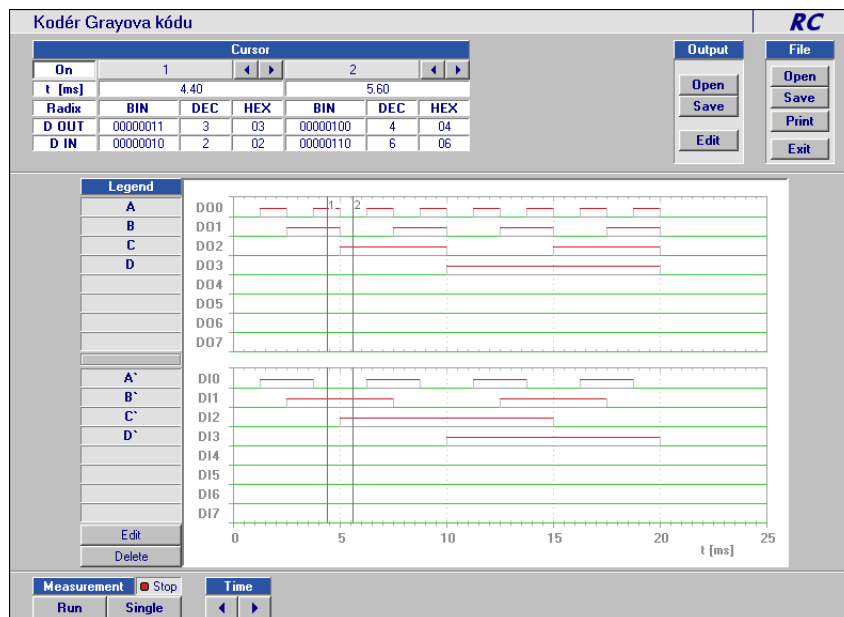


obr. 1



obr. 2

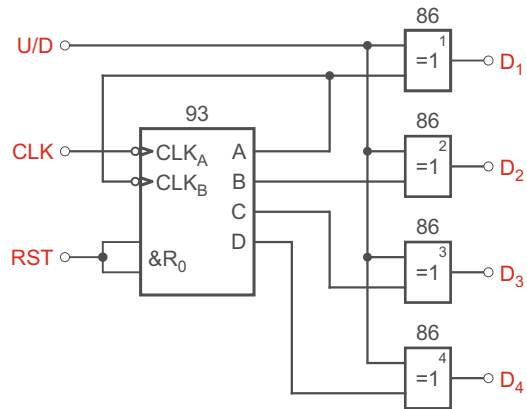
Měření



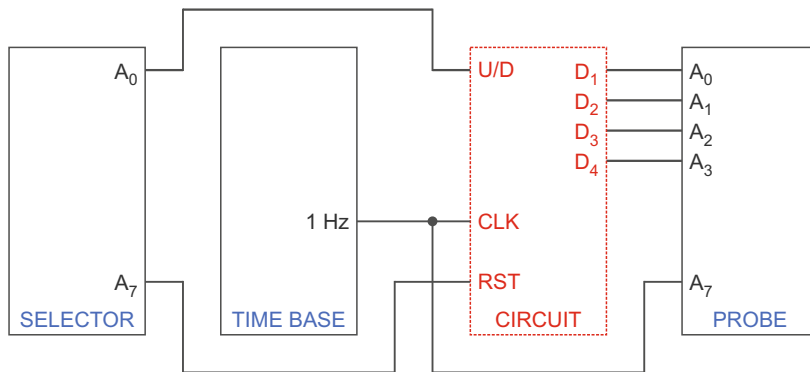
## Úkol

Navrhněte a realizujte čítač s obvodem 7493, schopný čítat nahoru i dolů. Ověřte jeho funkci.

## Schema



## Zapojení



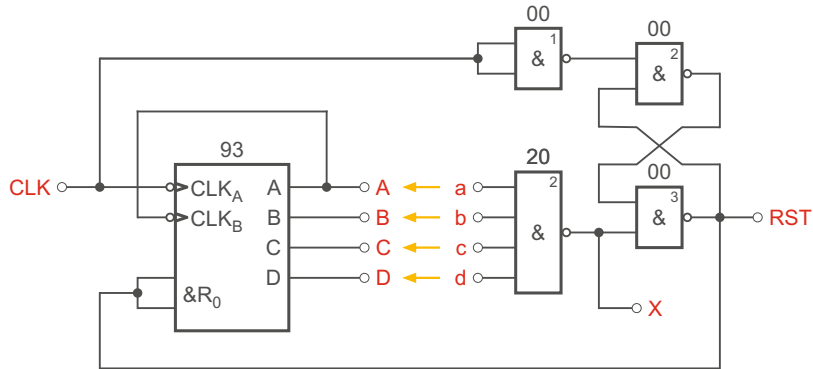
## 7.14

## Čítač modulo N

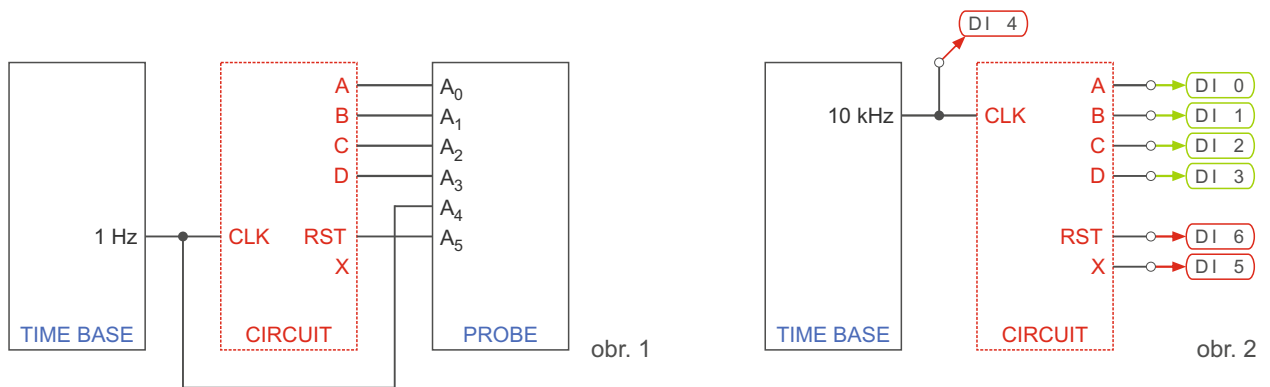
### Úkol

Navrhněte a realizujte čítač modulo 2-15 s obvodem 7493. Ověřte jeho funkci.

### Schema



### Zapojení



### Měření

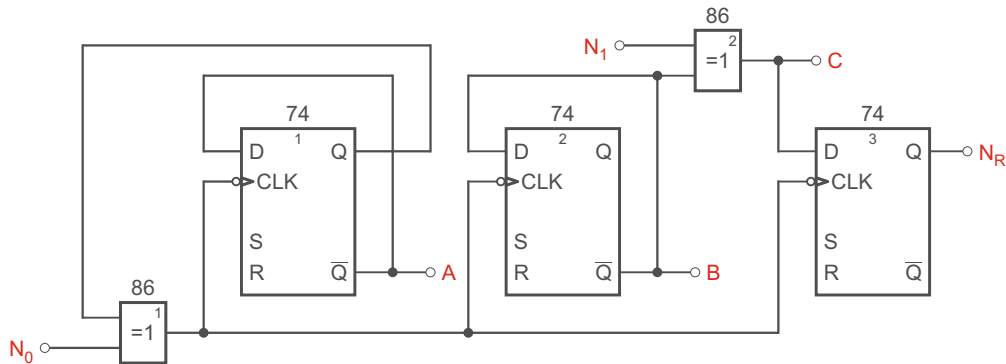




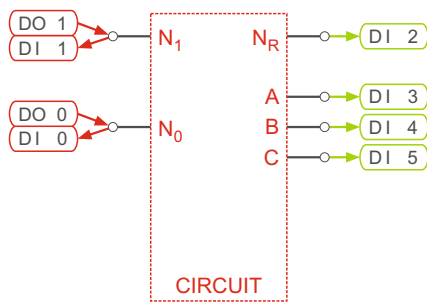
## Úkol

Sestavte a proměřte obvod, který vytváří rozdíl počtu pulzů dvou průběhů. Proměřte obvod pro synchronizované průběhy, kdy  $N_0 > N_1$  resp.  $N_1 > N_0$ , a pro nesynchronizované průběhy.

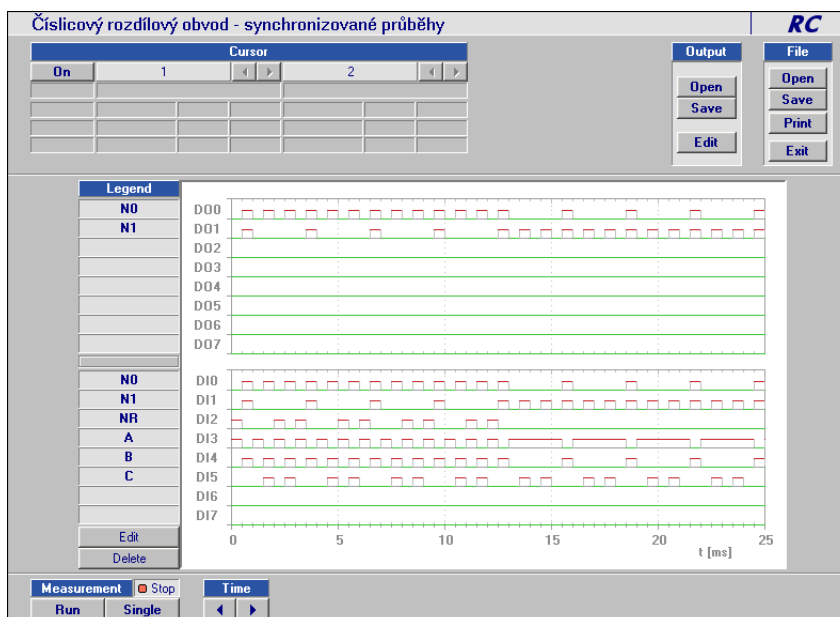
## Schema



## Zapojení



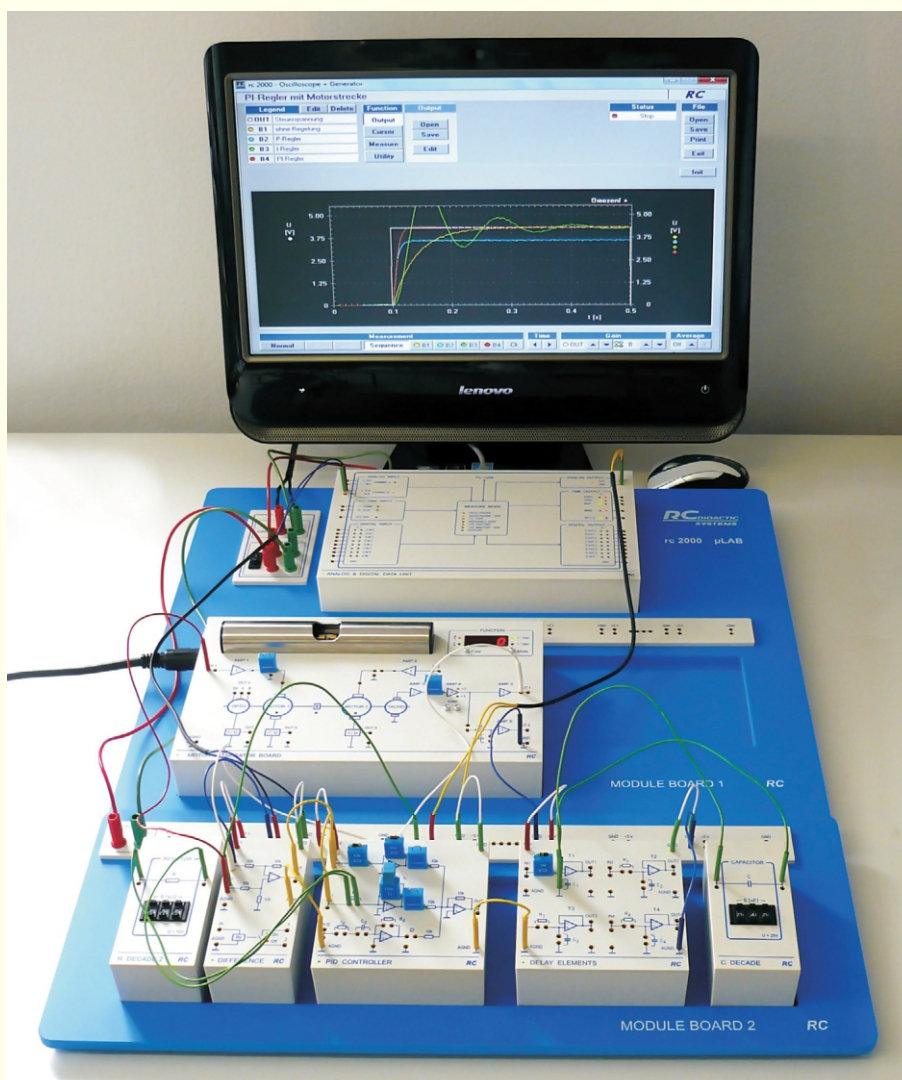
## Měření





## Výukový systém rc2000 - $\mu$ LAB

### Regulační technika





## Obsah

---

<b>Regulační technika</b>	<b>8.0</b>
Regulační člen PI - časová analýza	8.1
Regulační člen PID - časová analýza	8.2
Zpožďovací člen druhého řádu - časová analýza	8.3
Identifikace zpožďovacího členu se soustavou motoru	8.4
P-regulátor - měření s motorem	8.5
I-regulátor - měření s motorem	8.6
PI-regulátor - měření s motorem	8.7
PI-regulátor - měření se zpožďovacím členem	8.8
Zatížený motor - bez a s PI-regulátorem	8.9



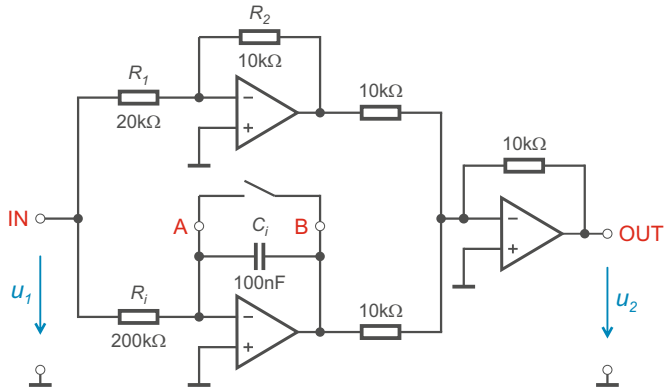
## 8.1

# Regulační člen PI - časová analýza

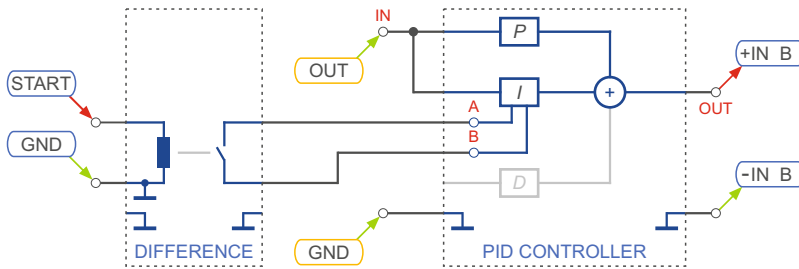
### Úkol

Změřte přechodové charakteristiky regulačního členu PI.

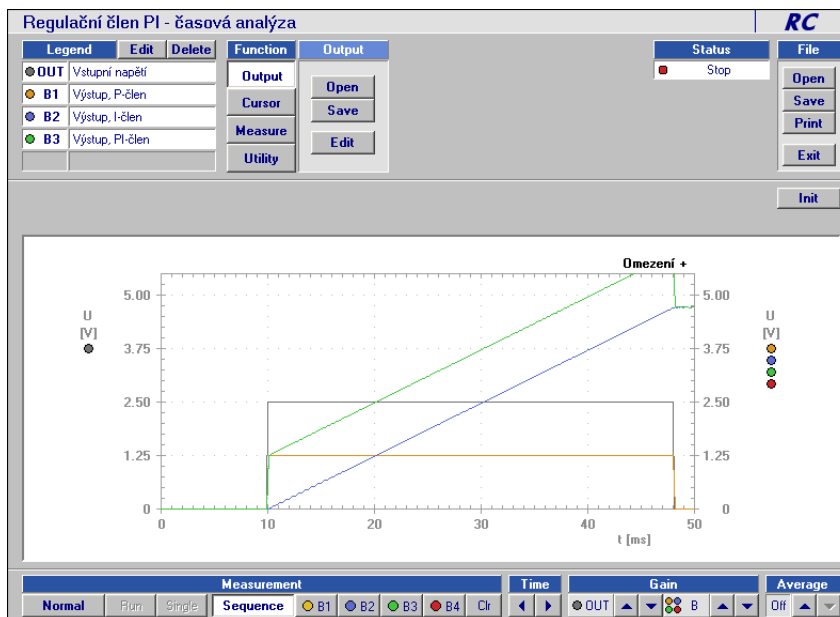
### Schema



### Zapojení



### Měření







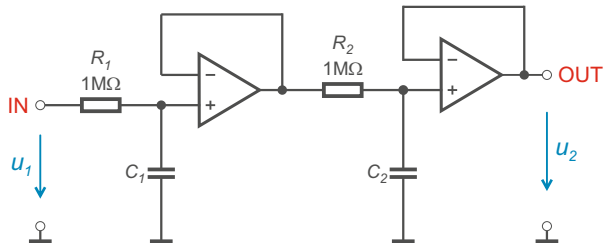
## 8.3

## Zpožďovací člen druhého řádu - časová analýza

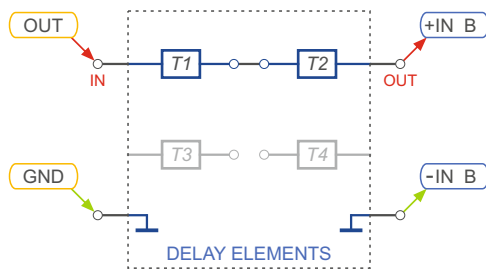
## Úkol

Změřte přechodové charakteristiky zpožďovacího členu druhého řádu.

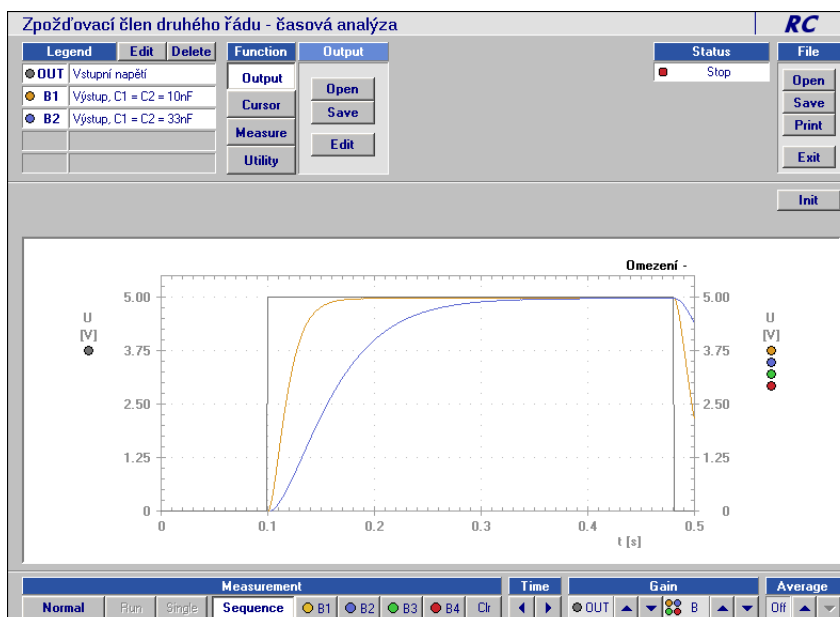
## Schema



## Zapojení



## Měření

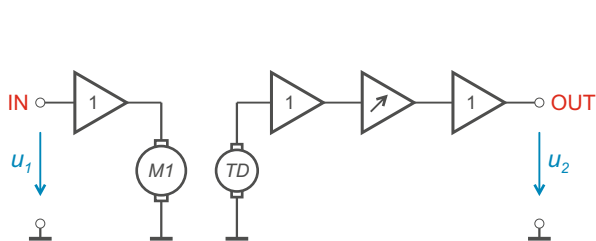


## 8.4 Identifikace zpožďovacího členu se soustavou motoru

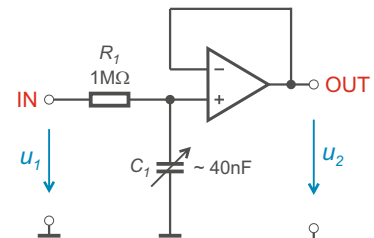
### Úkol

Najděte takové zapojení zpožďovacího členu, jenž má nejlepší shodu v přechodových charakteristikách se soustavou motoru a tachodynamu z modulu Motor - Generator. Hodnota  $C_1$  bude kolem 40 nF.

### Schema

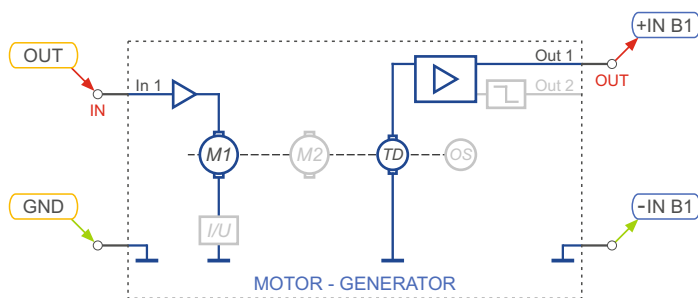


obr. 1

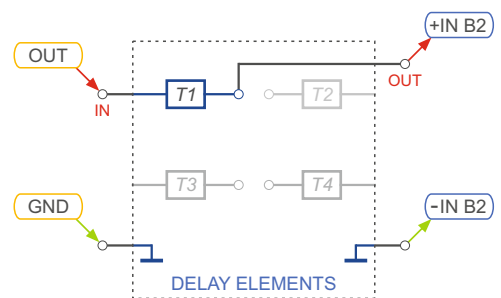


obr. 2

### Zapojení

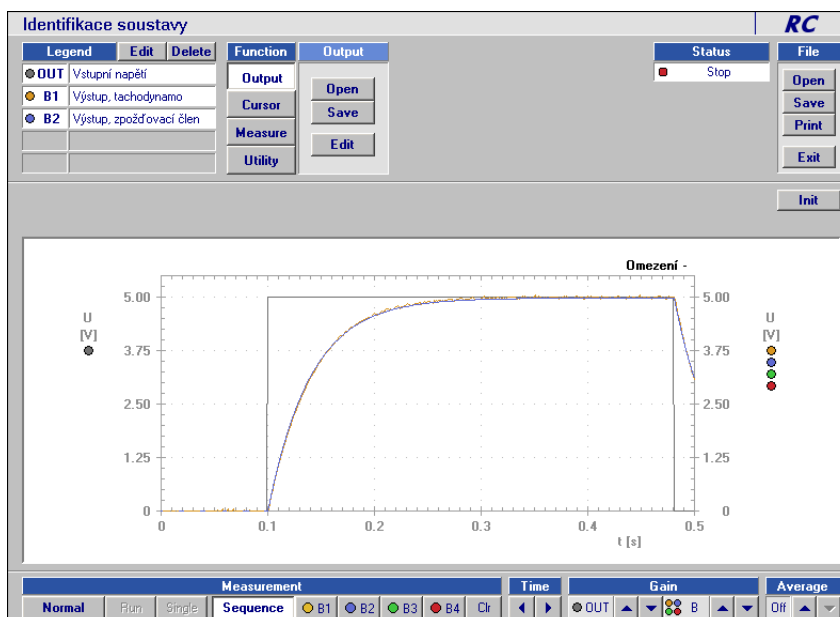


obr. 1



obr. 2

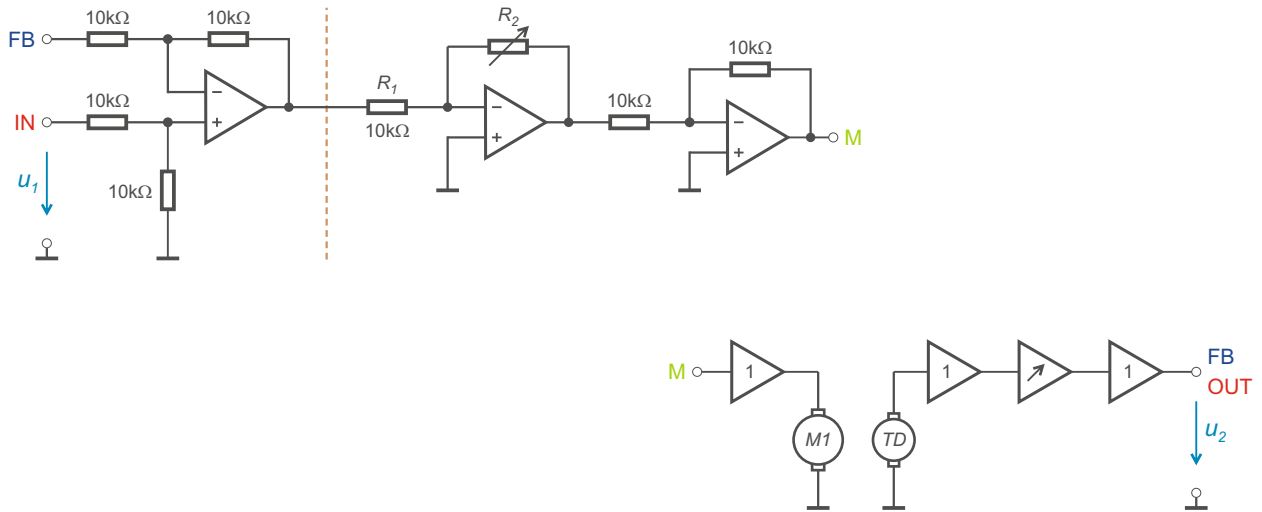
### Měření



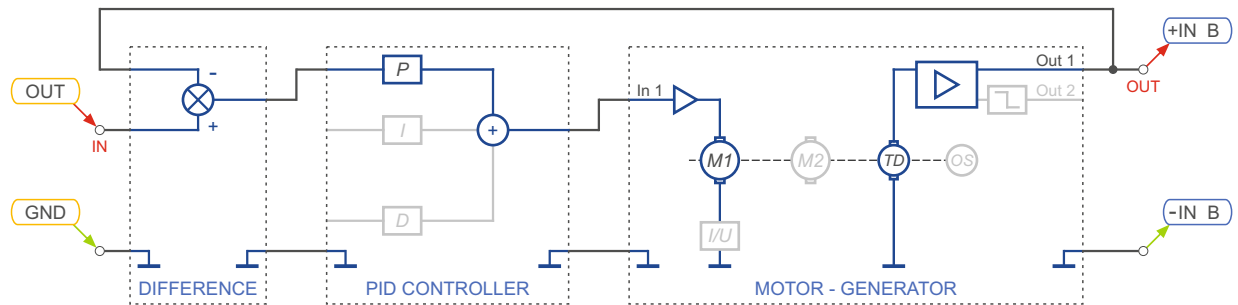
Úkol

Ověřte funkci P regulátoru. Změňte přechodovou charakteristiku soustavy s P regulátorem pro hodnoty rezistoru  $R_2 = 20\text{ k}\Omega$ ;  $50\text{ k}\Omega$ ;  $140\text{ k}\Omega$ . Křivky porovnejte s charakteristikou soustavy bez regulace.

Schema



Zapojení



Měření



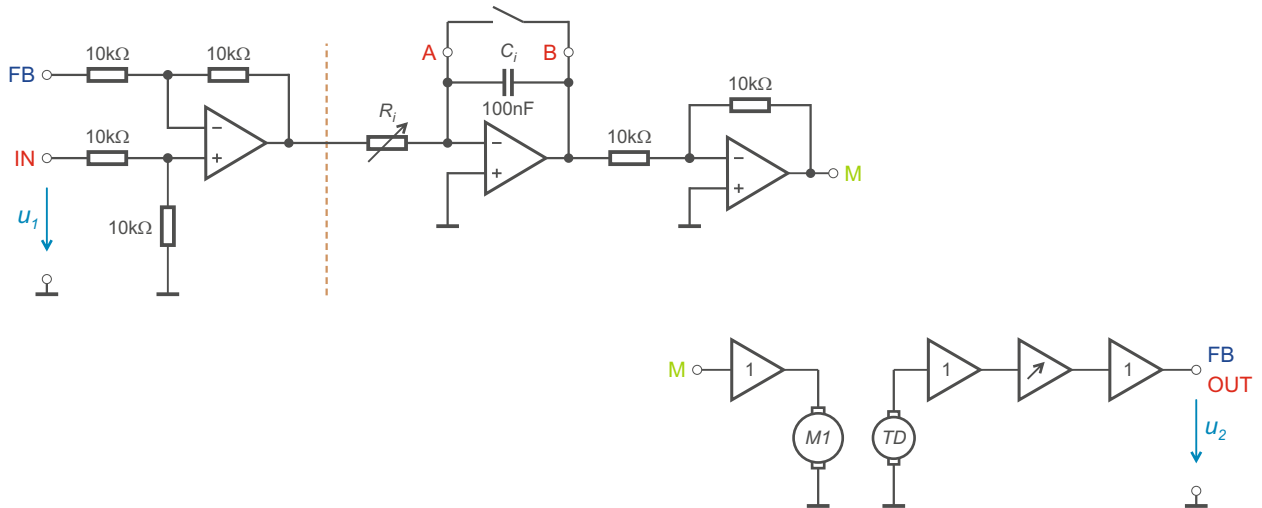
## 8.6

## I-regulátor - měření s motorem

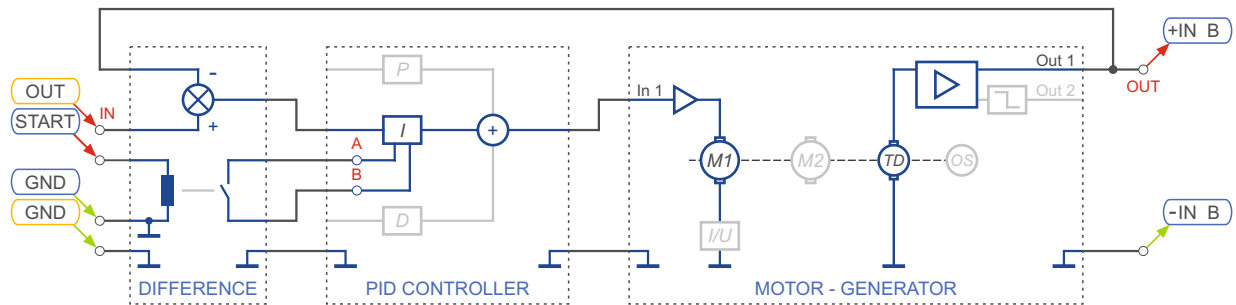
### Úkol

Ověřte funkci I regulátoru. Změřte přechodovou charakteristiku soustavy s I regulátorem pro hodnoty rezistoru  $R_i = 20\text{ k}\Omega$ ;  $90\text{ k}\Omega$ ;  $190\text{ k}\Omega$ . Křivky porovnejte s charakteristikou soustavy bez regulace.

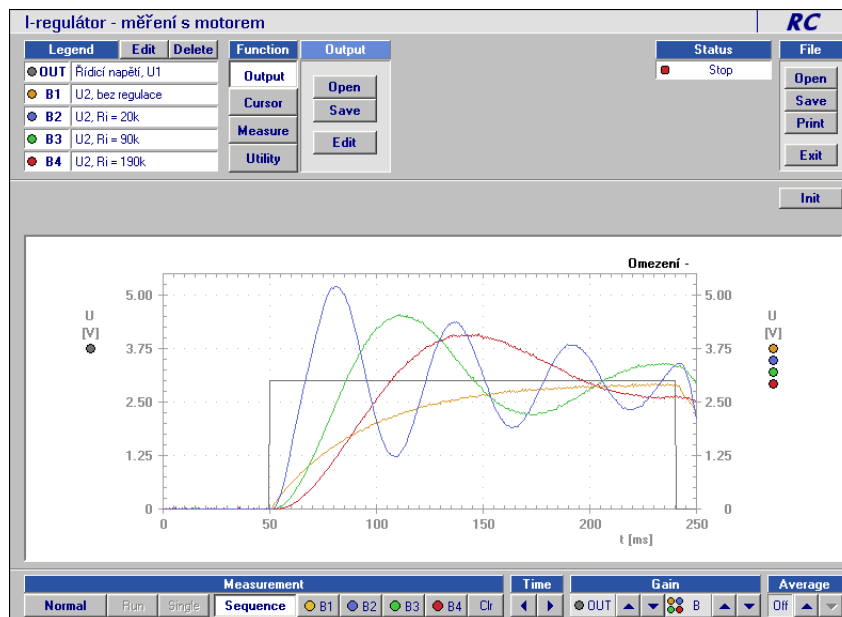
### Schema



### Zapojení



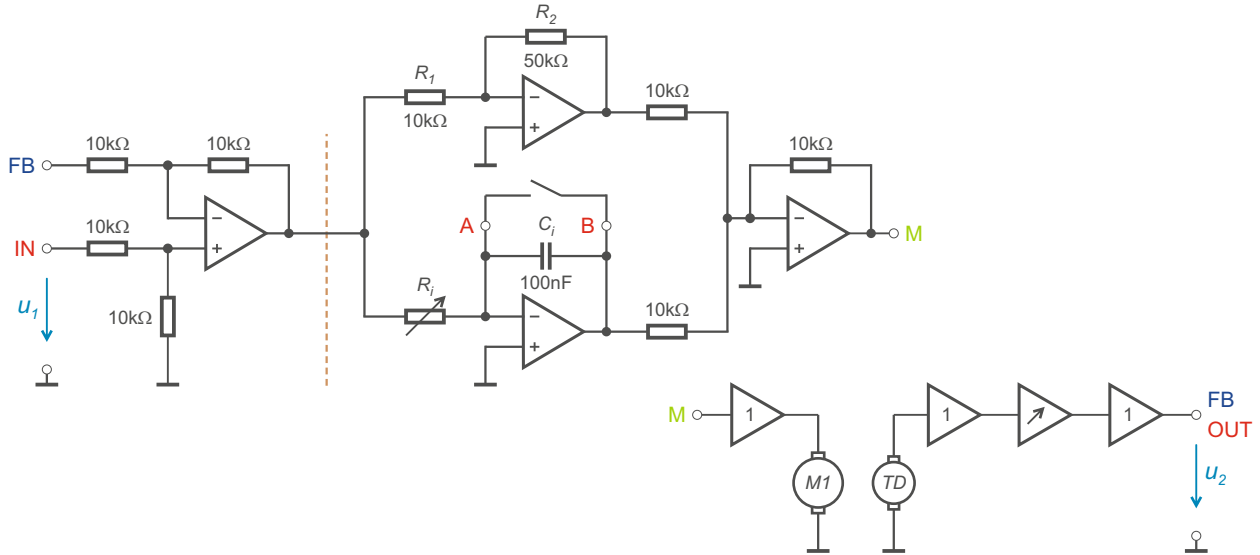
### Měření



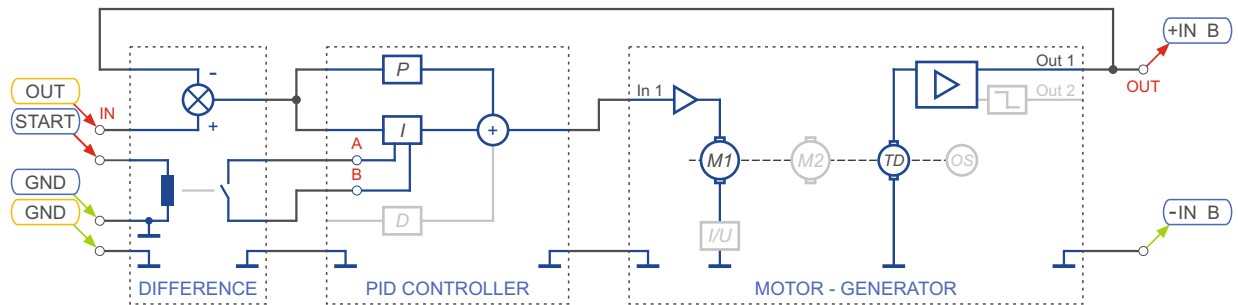
Úkol

Ověřte funkci PI regulátoru. Změřte přechodové charakteristiky soustavy při aperiodické regulaci ( $R_i = 20 \text{ k}\Omega$ ) a při regulaci s překmitem ( $R_i = 90 \text{ k}\Omega$ ). Křivky porovnejte s charakteristikou soustavy bez regulace.

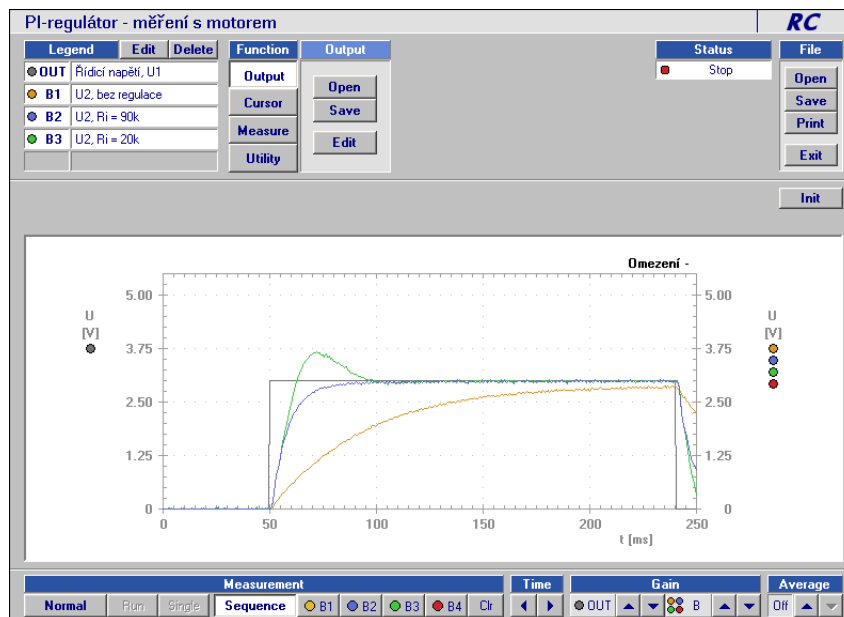
Schema



Zapojení



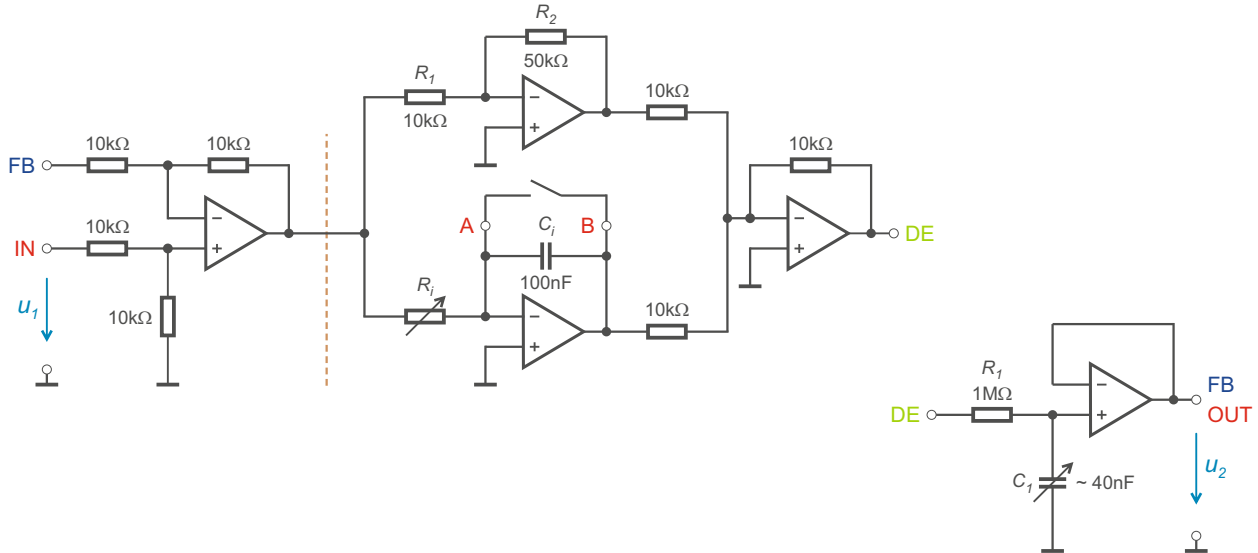
Měření



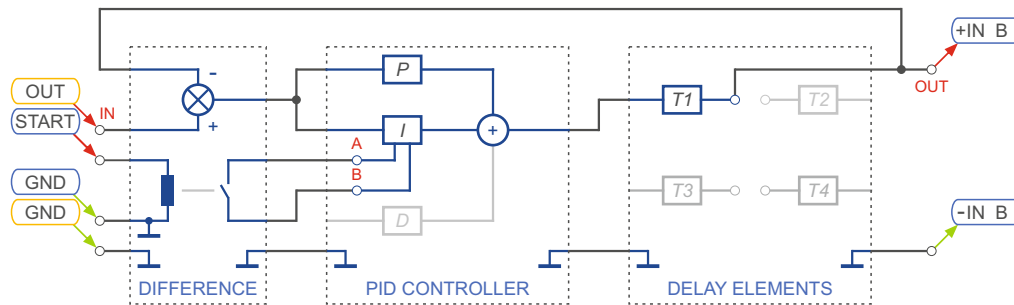
## Úkol

Ověřte funkci PI regulátoru. Změřte přechodové charakteristiky soustavy při aperiodické regulaci ( $R_i = 20 \text{ k}\Omega$ ) a při regulaci s překmitem ( $R_i = 90 \text{ k}\Omega$ ). Křivky porovnejte s charakteristikou soustavy bez regulace.

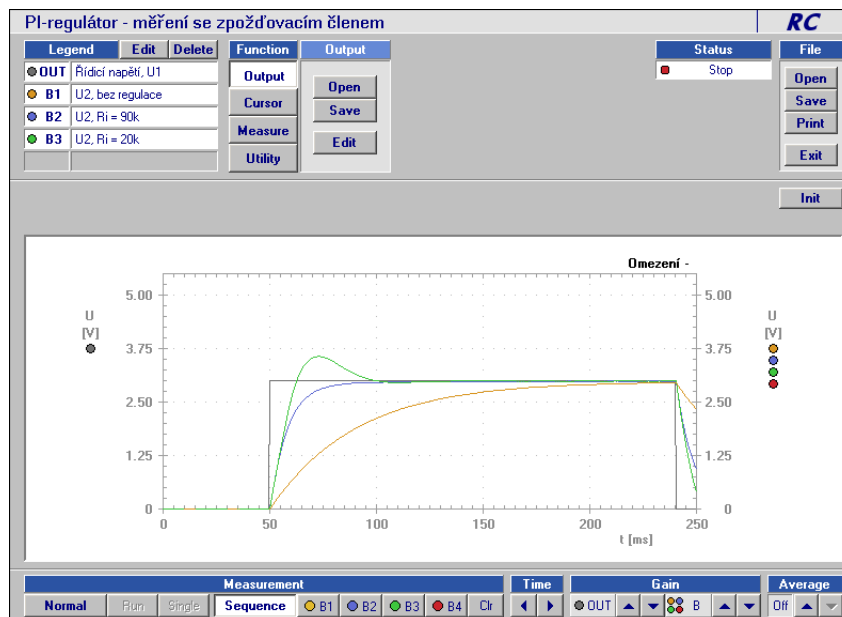
## Schema



## Zapojení



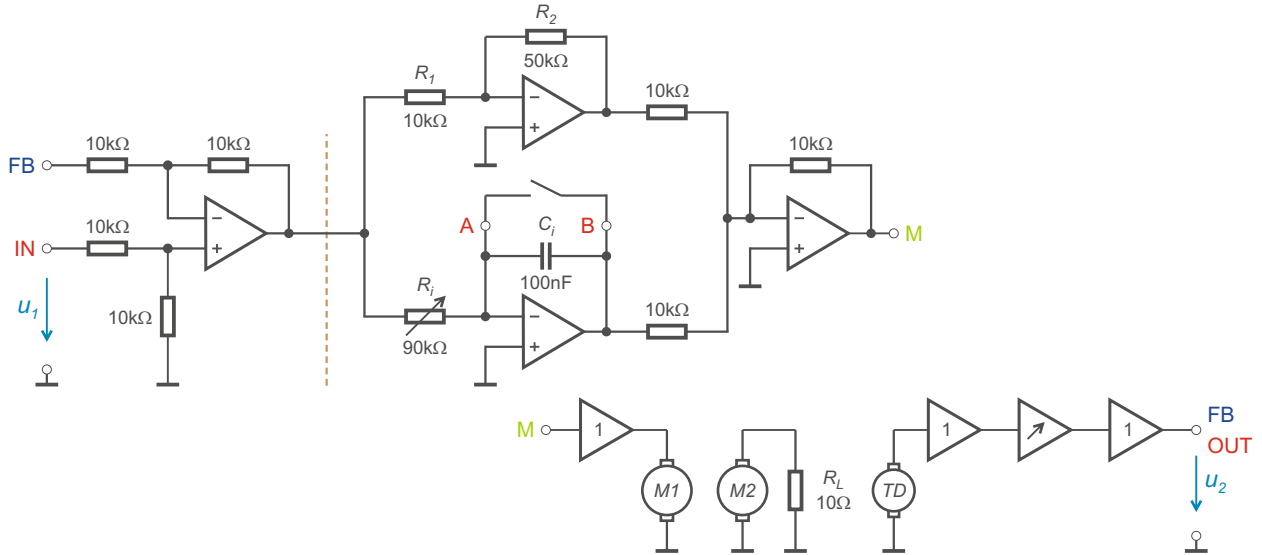
## Měření



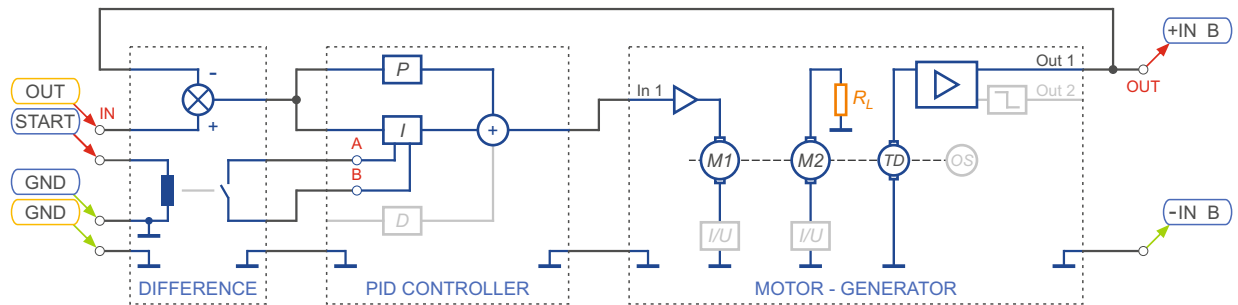
Úkol

Porovnejte přechodové charakteristiky nezatížené a zatížené soustavy bez regulace. Dále porovnejte přechodové charakteristiky nezatížené a zatížené soustavy s PI regulací.

Schema



Zapojení



Měření

