



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Střední průmyslová škola elektrotechnická a informačních technologií Brno

Číslo a název projektu: CZ.1.07/1.5.00/34.0521 – Investice do vzdělání nesou
nejvyšší úrok

Autor: Ing. Bohumír Jánoš

Tématická sada: Laboratorní cvičení z elektrotechnických měření

Téma: **Měření VA charakteristik pasivních dvojpólů**

Číslo materiálu: VY_32_INOVACE_01_06_JABO



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Anotace:

Materiál je určen pro 3.ročníky SPŠEIT. Jedná se o výkladovou prezentaci k měření voltampérových charakteristik pasivních dvojpólů – rezistoru, termistoru NTC, křemíkové diody, Zenerovy diody, Schottkyho diody, luminiscenční diody, jednosměrného a obousměrného transilu pomocí modulového výukového systému rc2000 - μ LAB. Cílem úlohy je experimentální zkoumání parametrů těchto prvků a ověření základních pojmů a principů z elektroniky. Úloha je vhodná pro všechny studijní obory SPŠEIT s výukou předmětu Elektrotechnická měření.

Měření VA charakteristik pasivních dvojpólů

Ing. Bohumír Jánoš, SPŠEIT Brno

1 Zkoušený předmět

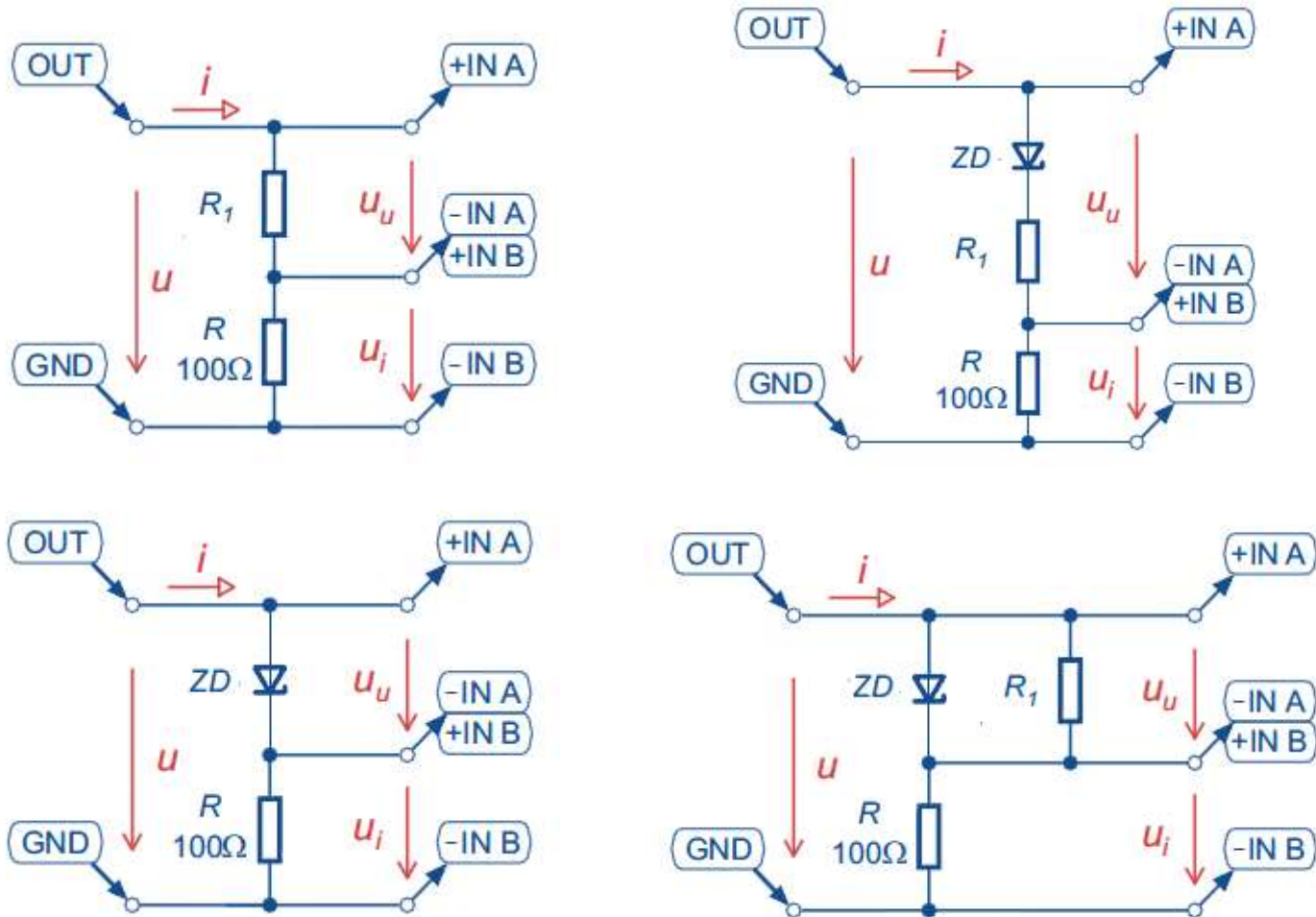
Pasivní dvojpóly – lineární a nelineární prvky systému rc2000 - μ LAB (lineární rezistory, NTC rezistory, usměrňovací dioda, LED diody, Zenerova dioda, Schottkyho dioda, jednosměrné a obousměrné transily)

2 Zadání

- Zobrazte VA charakteristiky lineárních rezistorů $R_1=100\Omega$, $R_2=200\Omega$ a $R_3=400\Omega$. Z charakteristik odečtěte potřebné údaje pro výpočet skutečných hodnot odporu a porovnejte je s jmenovitými hodnotami.
- Změřte VA charakteristiky nelineárních prvků - usměrňovací diody, Zenerovy diody, jednostranného a oboustranného transilu).
- Změřte VA charakteristiky různobarevných LED diod.
- Změřte VA charakteristiky Schottkyho diody, rezistoru 200Ω a negativního termistoru NTC za studena a po zahřátí.
- Změřte VA charakteristiky negativního termistoru NTC, rezistoru 200Ω a jejich sériové a paralelní zapojení.

- Změřte VA charakteristiky Zenerovy diody, rezistoru 200Ω a jejich sériové a paralelní zapojení.
- Naměřené VA charakteristiky porovnejte s teoretickými předpoklady.
- V nasnímaných charakteristikách určete graficky prahová napětí měřených diod, transilů a Zenerovo napětí. Získané hodnoty zanepte do tabulek.
- Graficko-početní metodou určete hodnotu měřeného rezistoru a určete hodnoty odporu termistoru před a po zahřátí.
- U naměřených VA charakteristik paralelního a sériového zapojení zkontrolujte, zda výsledná charakteristika souhlasí s jednotlivými VA charakteristikami pro zadané součástky. Pro každé zapojení vyberte minimálně dvě vhodně zvolená napětí.
- Všechny výpočty včetně tabulek vypracujte pod jednotlivé naměřené průběhy.

3 Schéma zapojení



Obr.1 Měření VA charakteristik pasivních dvojpólů a jejich sériové a paralelní zapojení (pro další měření nahradíme R_1 a ZD postupně zadanými součástkami)

4 Teoretický rozbor

Rezistor je základní pasivní dvojpól, jehož VA charakteristika $U=f(I)$ prochází pouze prvním a třetím kvadrantem. Lineární rezistor je charakterizován přímkou procházející počátkem. Hodnotu odporu lze vyjádřit Ohmovým zákonem ve tvaru $U=R \cdot I$.

Termistor je elektrotechnická součástka, jejíž elektrický odpor je závislý na teplotě. Rozlišujeme dva druhy termistorů – NTC a PTC termistor. NTC je termistor s negativním teplotním koeficientem, což znamená, že se zahřátím součástky odpor klesá. U PTC termistoru se zahřátím odpor roste.

Polovodičová dioda je v podstatě přechod PN a její statické vlastnosti lze vystihnout VA charakteristikou, vyjadřující závislost proudu I procházejícího diodou na napětí U na diodě, tedy $I=f(U)$.

Zenerova dioda nemá v závěrné oblasti vodorovný průběh, ale při určitém napětí U_Z začne charakteristika prudce klesat. V této části charakteristiky i velké změny procházejícího proudu vyvolávají jen malé změny napětí na diodě a Zenerova dioda je proto vhodným stabilizačním prvkem.

Schottkyho dioda není tvořena PN přechodem, ale přechodem kov– polovodič. Díky vysoké koncentraci elektronů v kovu a jejich vysoké pohyblivosti má tato dioda nižší úbytky napětí a lepší frekvenční vlastnosti (rychlejší dobu reakce).

LED (z anglického *Light-Emitting Diode* – dioda emitující světlo) je polovodičová součástka obsahující přechod P-N. Na rozdíl od klasických diod, LED vyzařuje viditelné světlo v úzkém spektru barev a používá se v široké řadě aplikací.

Transil je polovodičová součástka používaná jako ochranný prvek proti přepětí. Její struktura i voltampérová charakteristika připomínají Zenerovu diodu. Je konstruován na velké impulzní proudy a při velkém přetížení se nepřerušuje, ale naopak zkratuje a ochrání připojené obvody před přepětím. Jednosměrný transil chrání proti přepětí jedné polaritě. Při opačné polaritě se chová jako dioda. Obousměrný transil chrání proti přepětí v obou směrech - dvě antisériově zapojené Zenerovy diody.

Poznámka. Podrobnější výklad vlastností jednotlivých součástek je součástí výuky v předmětu Elektronika.

5 Postup měření

- Sestavte měřicí obvod podle obr. 1. Použijte propojovací pole. Vstup IN A jednotky A&DDU bude měřit napětí u_u na měřené součástce, vstup IN B napětí u_l na odporu $R=100 \Omega$.
- Měření provádějte v režimu *V-A Characteristics*. Na vstup obvodu přiveďte pilový signál z výstupu Analog Output jednotky A&DDU o délce 25 až 100 ms, maximální a minimální hodnotu napětí určete podle měřené součástky (od -10V do +10V). K propojení obvodu s jednotkou použijte příslušné sondy a dodržujte doporučené barevné značení vodičů.
- Vyberte sekvenční měření Sequence. Stiskem virtuálních tlačítek B1- B4 v sekci *Measurement* spusťte měření na zadaných součástkách. U barevných LED diod volte barvu měřených VA charakteristik tak, aby náležela barvám jednotlivých LED diod. Postupně do obvodu připojujte další zadané součástky.
- Prahová napětí součástek a Zenerovo napětí určete graficky pomocí tečny k příslušné charakteristice. Pro výpočet odporu měřeného rezistoru použijte Ohmův zákon. Pro ověření paralelního a sériového zapojení součástek použijte Kirchhoffovy zákony. K odečtení hodnot z charakteristik využijte kurzory systému RC 2000 nebo proveďte odečty přímo ve vytištěných grafech.
- Popište sejmuté obrazovky v editaci popisů Legend: *Edit* . Editaci ukončete stiskem tlačítka *End*. Příkazem Print: *Save screen to file* uložte sejmutou obrazovku do počítače.

6 Zpracování naměřených hodnot

Tab.1 Prahová napětí součástek odečtená z obrazovky

Součástka	Prahová napětí +	Prahová napětí -	Poznámka
Usměrňovací dioda		-	
Zenerova dioda			Zenerovo napětí
Jednostranný transil			
Oboustranný transil			

Tab.2 Prahová napětí LED diod odečtená z obrazovky

Součástka	Prahová napětí	Poznámka
Led dioda žlutá		
Led dioda modrá		
Led dioda zelená		
Led dioda červená		

Tab.3 Prahové napětí Schottkyho diody odečtené z obrazovky

Součástka	Prahové napětí	Poznámka
Schottkyho dioda		

7 Příklad výpočtu

Výpočet odporu měřeného rezistoru a NTC termistoru za tepla a za studena (hodnoty odečtené z obrazovky):

Rezistor:
$$R_S = \frac{U}{I} \quad [\Omega] \quad (1)$$

NTC studený:
$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega] \quad (2)$$

NTC teplý:
$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega] \quad (3)$$

Absolutní chyba:
$$\Delta_R = R_S - R_{jmen.} \quad [\Omega] \quad (4)$$

Relativní chyba:
$$\delta_{(\%)} = \frac{\Delta R}{R} \cdot 100 \quad [\%] \quad (5)$$

8 Grafické řešení (screenshots – sejmuté obrazovky)

Legend	Edit	Delete
● M1	R1=100 ohm	
● M2	R2=200 ohm	
● M3	R3=400 ohm	

Cursor	1	+	←	→	2	×	←	→
On	● U ₁ [V]	✕ I ₁ [mA]	● U ₂ [V]	✕ I ₂ [mA]	R [Ω]			
●	0,500	4,800	1,000	9,672	103			
●	1,000	4,775	2,000	9,572	208			
●	2,000	4,797	4,000	9,625	414			

Output Ramp	Min Level	Max Level
	-10,0 V	10,0 V
Slope	Time	
		25 ms

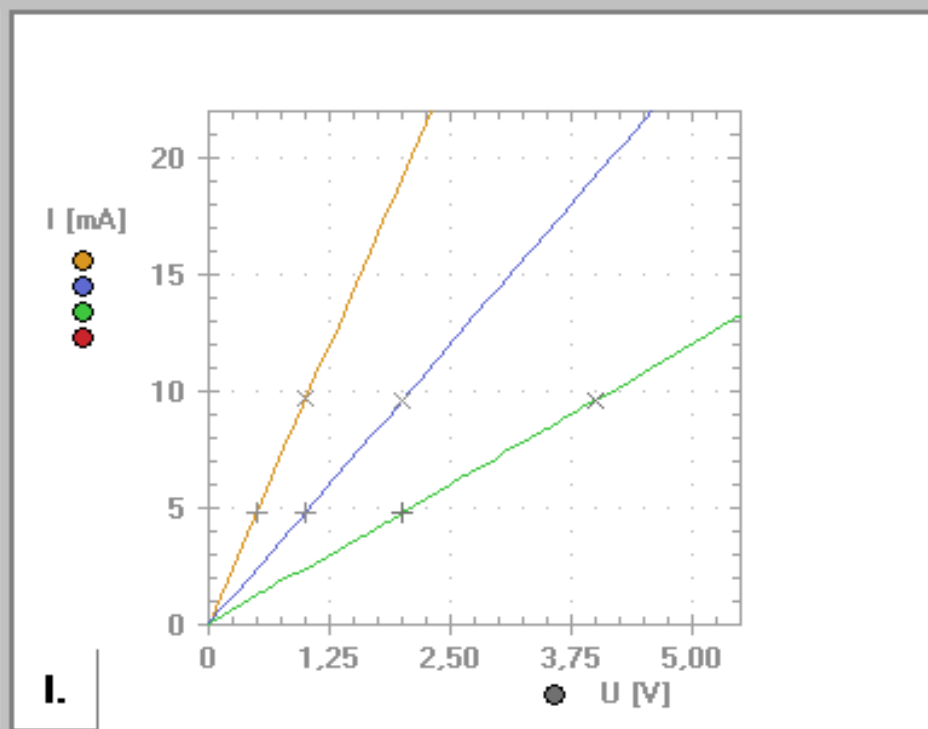
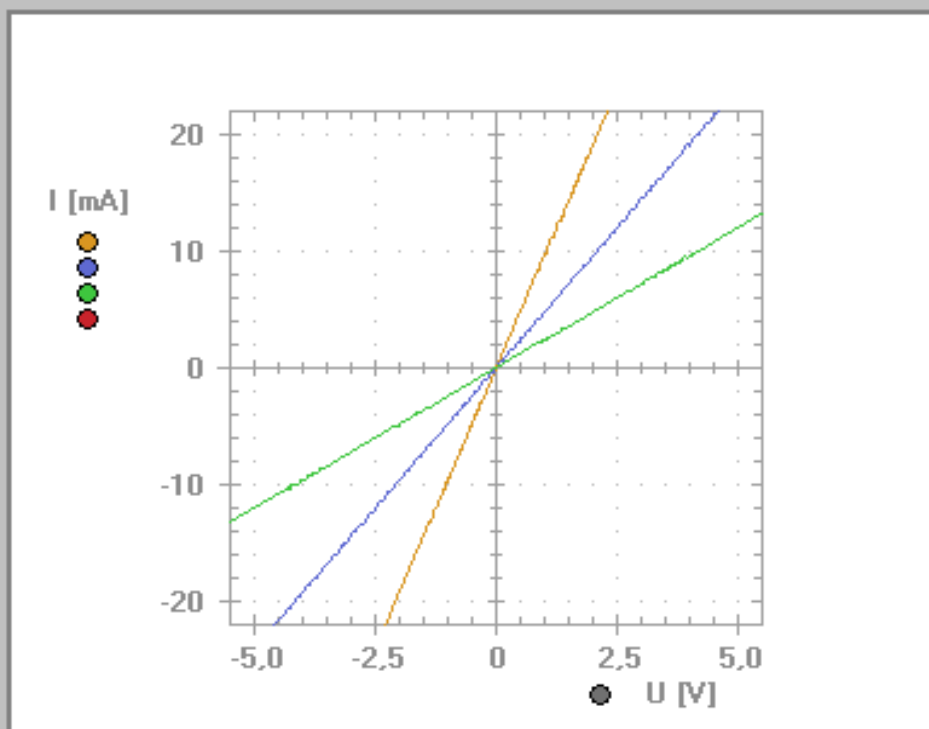
File
Open
Save
Print
Init
Exit

Sense R [Ω]
1 10 100 1k 10k

Graph
Line Point

Quadrant
I. III.

Zoom
● U + - ● I + -

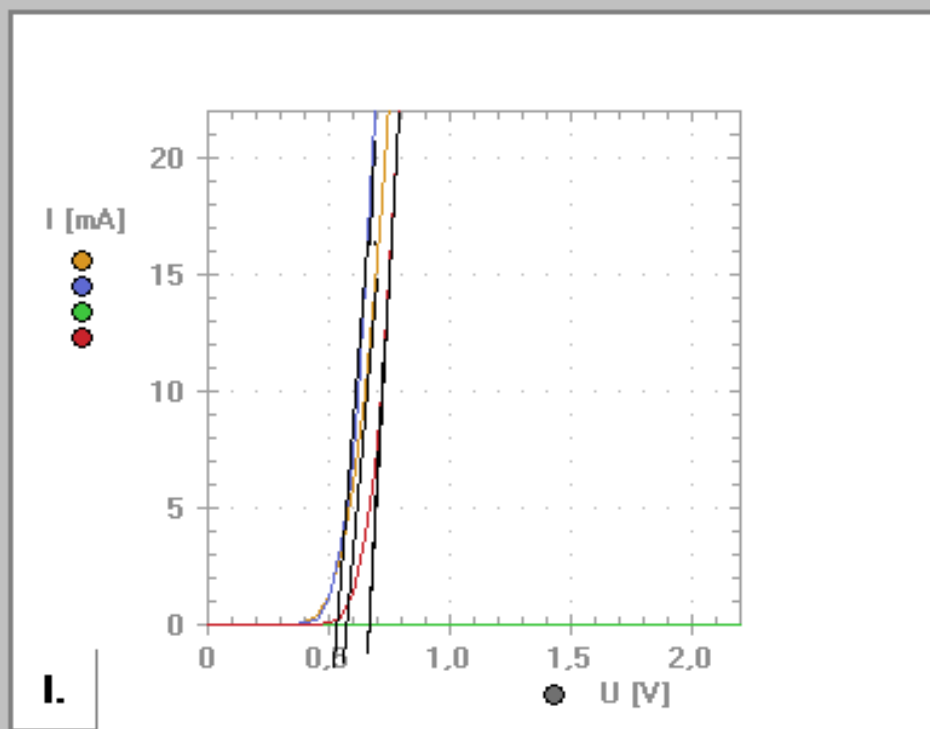
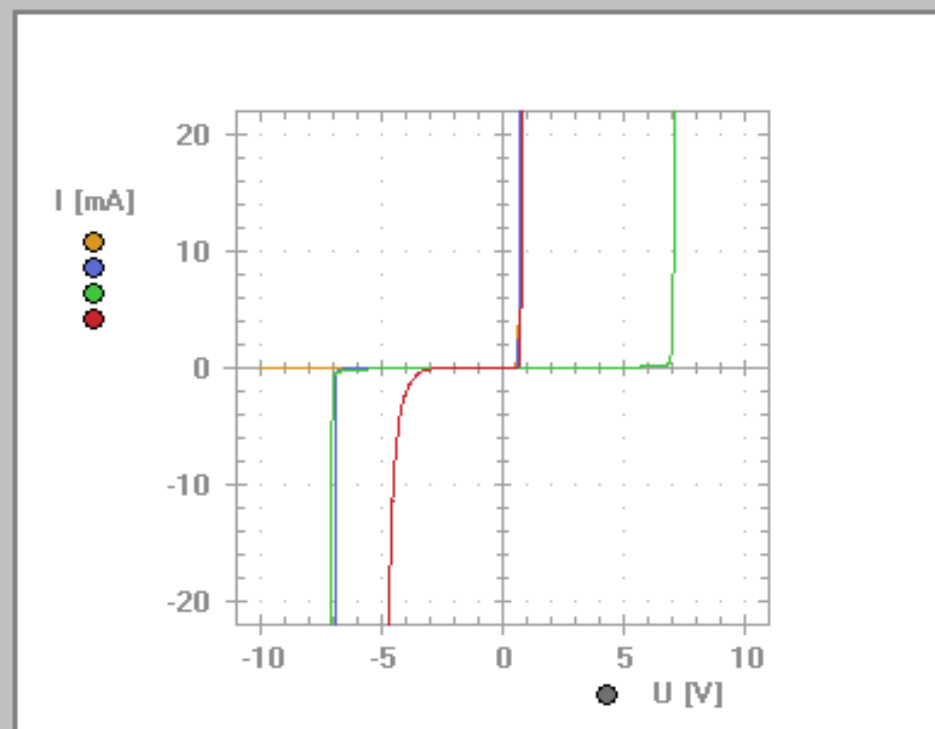


Measurement	Stop
Normal Single Sequence	■ Stop
● M1 ● M2 ● M3 ● M4 Clr	

Gain
● A ▲ ▼ ● B ▲ ▼

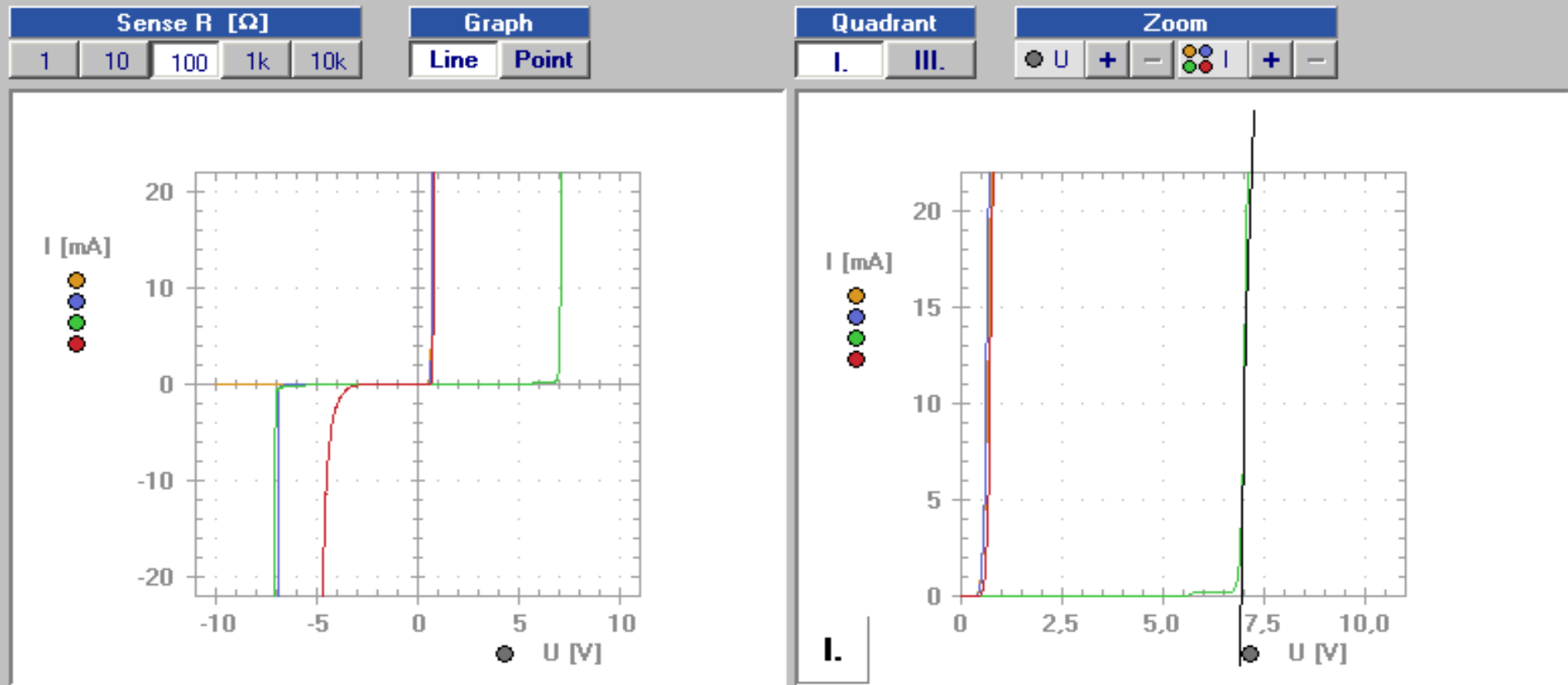
Legend		Edit	Delete	Cursor						Output Ramp				File		
● M1	Usměrňovací dioda			On	1	+	◀	▶	2	×	◀	▶	Min Level	Max Level	Open	
● M2	Jednostraný tranzistor												-10,0V	10,0V	Save	
● M3	Oboustraný tranzistor												Slope	Time	Print	
● M4	Zenerova dioda														25 ms	Init
																Exit

Sense R [Ω]					Graph		Quadrant		Zoom					
1	10	100	1k	10k	Line	Point	I.	III.	<input type="radio"/> U	+	-	<input checked="" type="radio"/> I	+	-



Measurement						Stop	Gain						
Normal	Single	Sequence	● M1	● M2	● M3	● M4	Clr	<input type="radio"/> A	▲	▼	<input checked="" type="radio"/> B	▲	▼

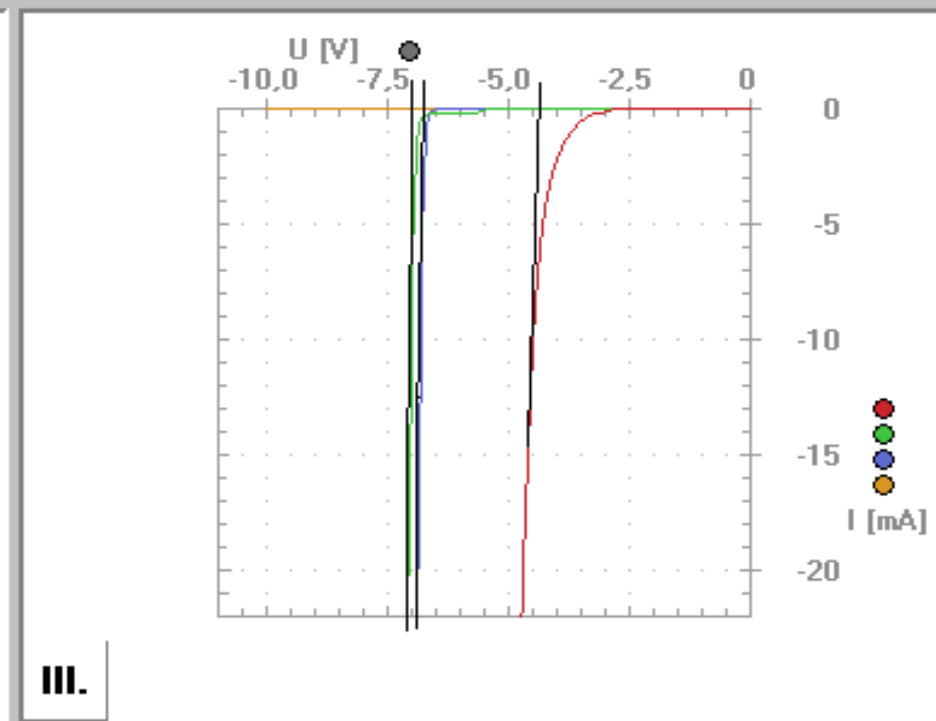
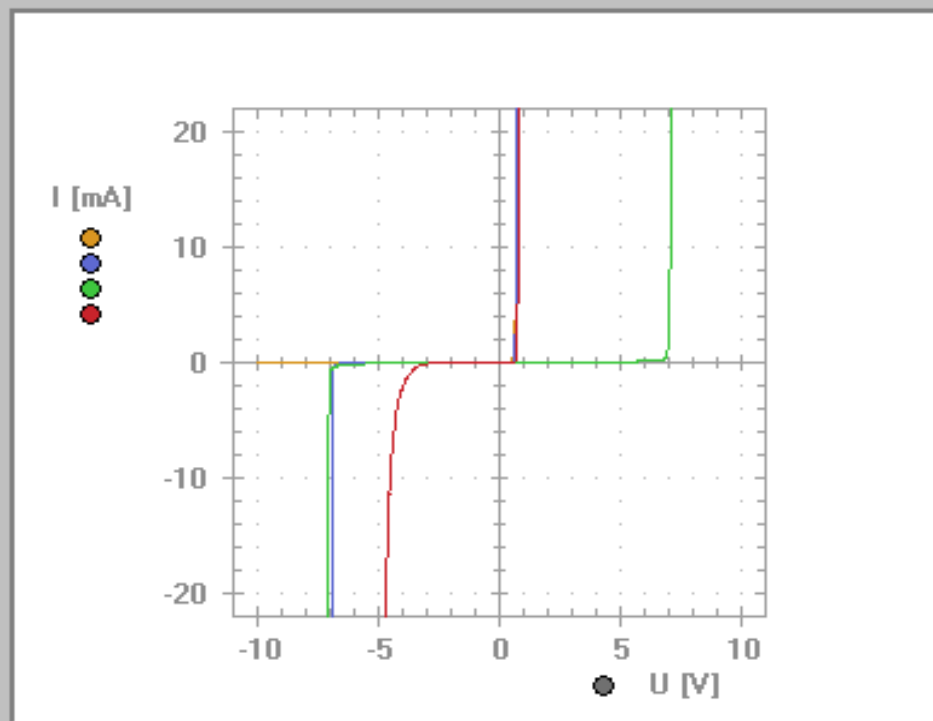
Legend	Edit	Delete	Cursor						Output Ramp				File	
● M1			On	1	+	←	→	2	×	←	→	Min Level	Max Level	Open
● M2												-10,0V	10,0V	Save
● M3												Slope	Time	Print
● M4														25 ms
														Init
														Exit



Measurement						Stop	Gain						
Normal	Single	Sequence	● M1	● M2	● M3	● M4	Clr	A	▲	▼	B	▲	▼

Legend	Edit	Delete	Cursor						Output Ramp				File	
● M1			On	1	+	◀	▶	2	×	◀	▶	Min Level	Max Level	Open
● M2												-10,0 V	10,0 V	Save
● M3												Slope	Time	Print
● M4													25 ms	Init
														Exit

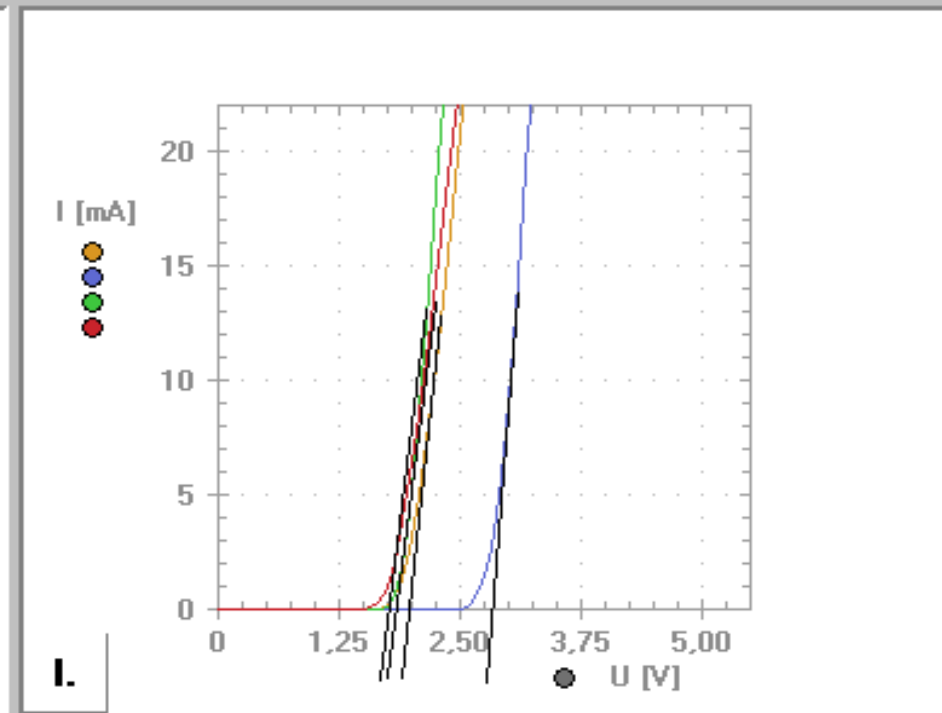
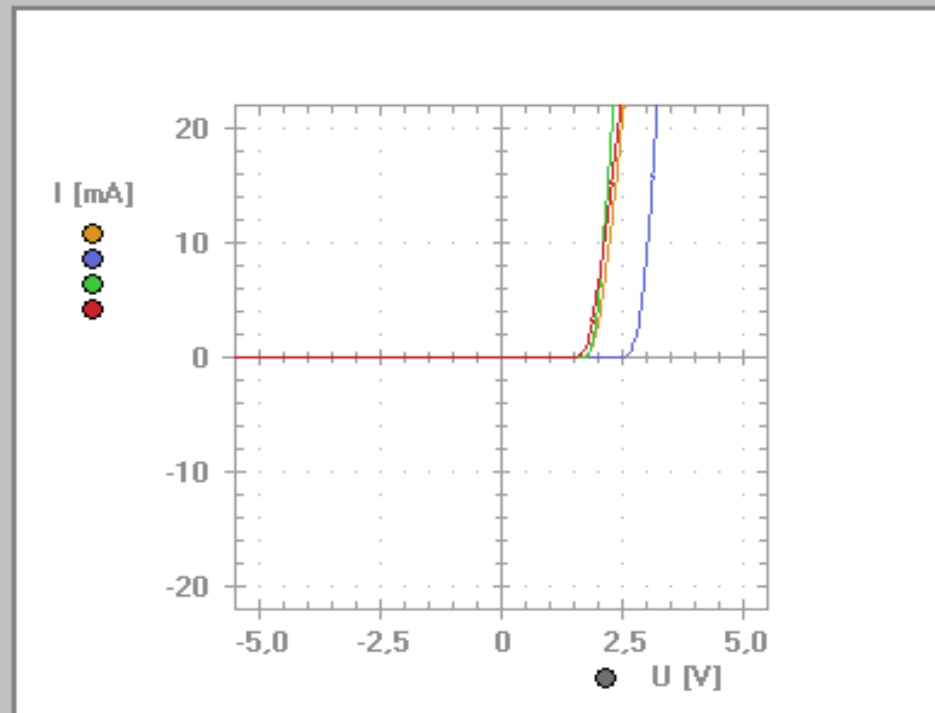
Sense R [Ω]					Graph		Quadrant		Zoom					
1	10	100	1k	10k	Line	Point	I.	III.	U	+	-	● ● ● ●	+	-



Measurement							Stop	Gain							
Normal	Single	Sequence	● M1	● M2	● M3	● M4	Clr	<input type="checkbox"/>	A	▲	▼	● ● ● ●	B	▲	▼

Legend		Edit	Delete	Cursor						Output Ramp				File	
● M1	Žlutá led dioda			On	1	+	◀ ▶	2	×	◀ ▶		Min Level	Max Level	Open	Save
● M2	Modrá led dioda											-7,0V	7,0V	Print	
● M3	Zelená led dioda										Slope	Time		Init	
● M4	Červená led dioda											100 ms		Exit	

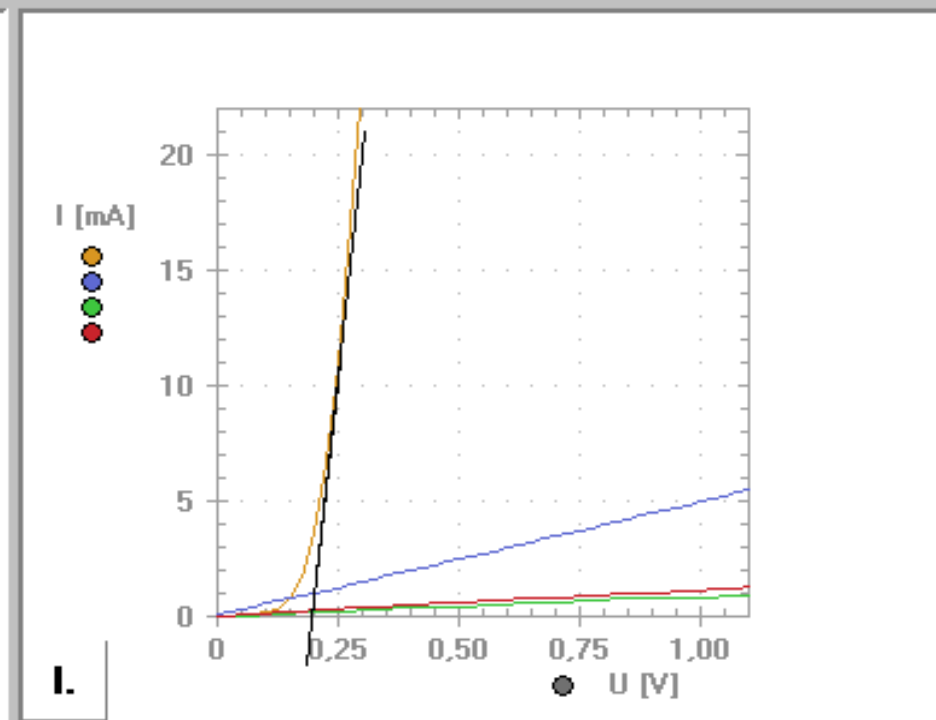
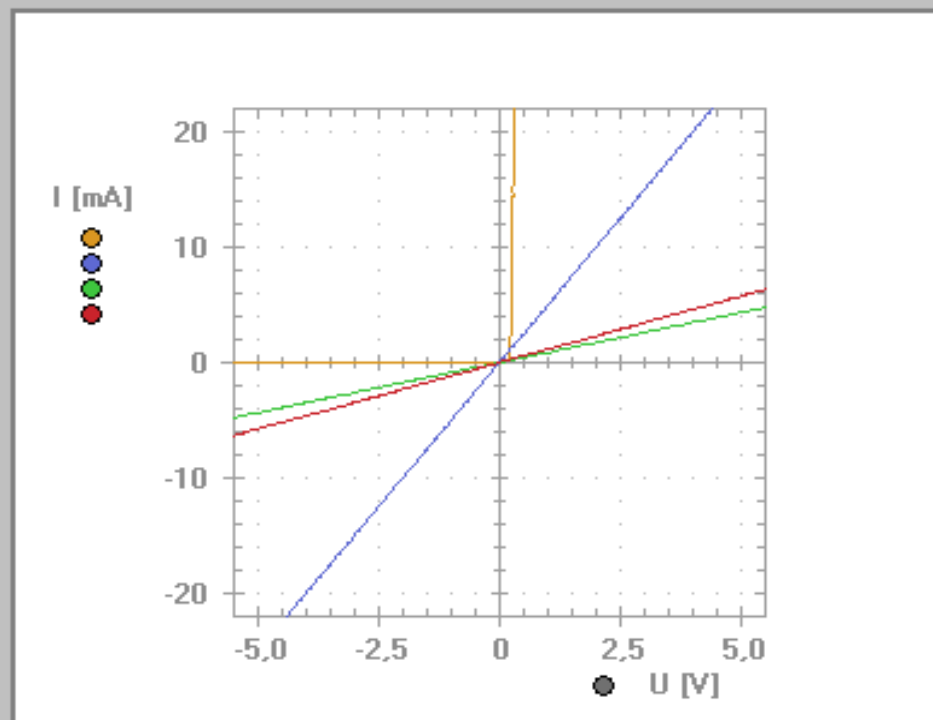
Sense R [Ω]					Graph		Quadrant		Zoom					
1	10	100	1k	10k	Line	Point	I.	III.	U	+	-	I	+	-



Measurement							Stop	Gain				
Normal	Single	Sequence	● M1	● M2	● M3	● M4	Clr		A	▲ ▼	B	▲ ▼

Legend	Edit	Delete	Cursor						Output Ramp				File	
● M1			On	1	+	◀ ▶	2	×	◀ ▶		Min Level	Max Level		Open
● M2										-10,0V	10,0V		Save	
● M3										Slope	Time		Print	
● M4											25 ms		Init	
													Exit	

Sense R [Ω]					Graph		Quadrant		Zoom					
1	10	100	1k	10k	Line	Point	I.	III.	U	+	-		+	-



Measurement							Stop	Gain					
Normal	Single	Sequence	● M1	● M2	● M3	● M4	Clr	<input type="checkbox"/>	A	▲ ▼		B	▲ ▼

Legend Edit Delete

M1	Shottkyho dioda
M2	Odpor 200 Ohm
M3	NTC za studena
M4	NTC po zahřátí

Cursor On 1 + < > 2 × < >

Output Ramp

Min Level	Max Level
-10,0V	10,0V
Slope	Time
	25 ms

File

Open
Save
Print
Init
Exit

Sense R [Ω]

1	10	100	1k	10k
---	----	-----	----	-----

Graph

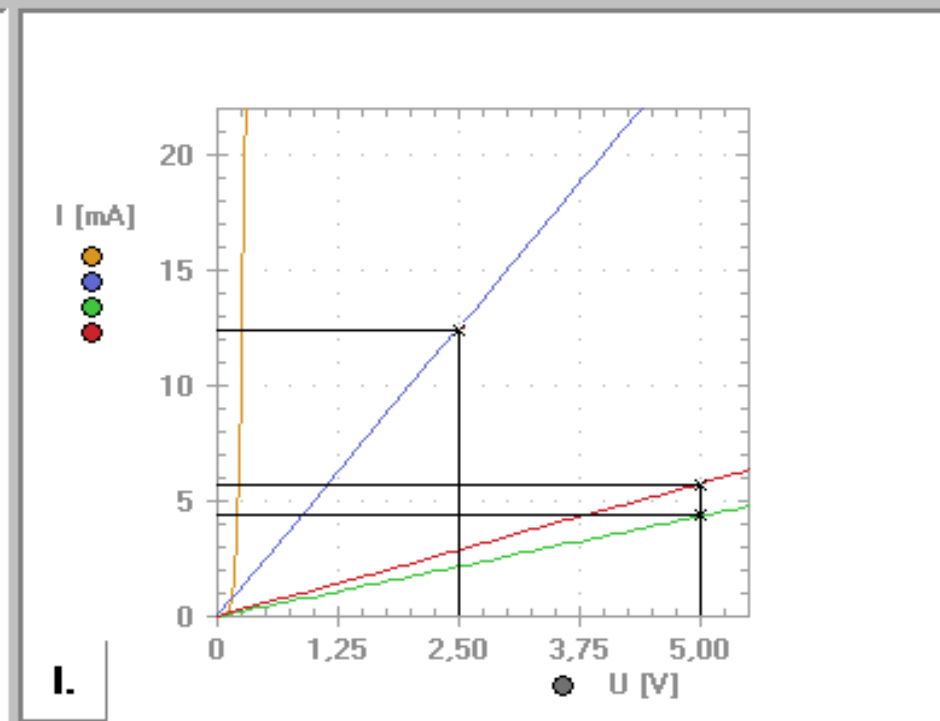
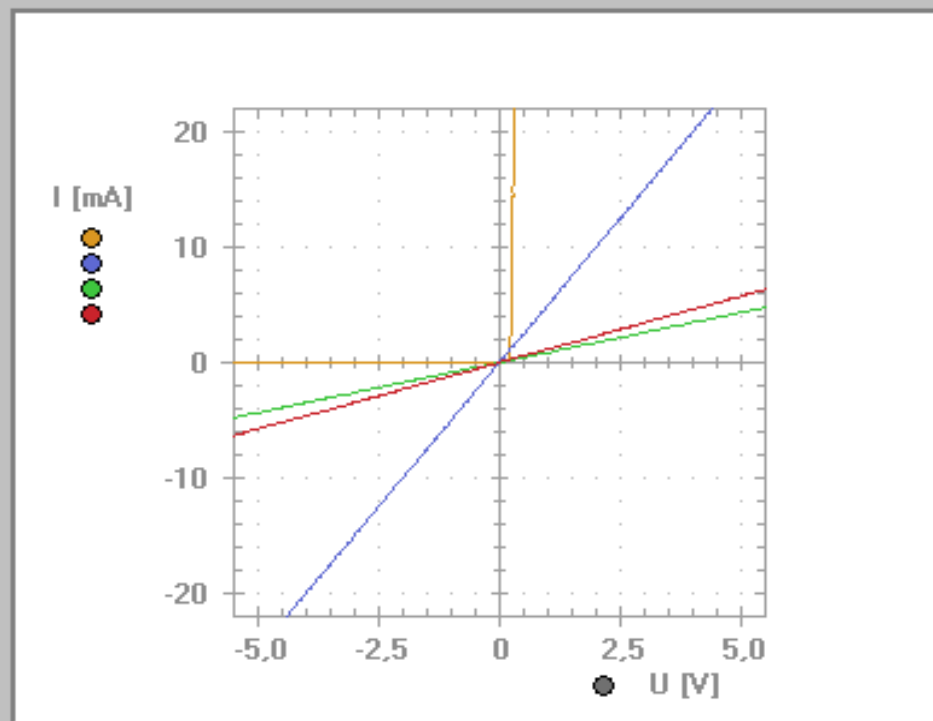
Line	Point
------	-------

Quadrant

I.	III.
----	------

Zoom

U	+	-	I	+	-
---	---	---	---	---	---



Measurement Stop

Normal	Single	Sequence	M1	M2	M3	M4	Clr
--------	--------	----------	----	----	----	----	-----

Gain

A	▲	▼	B	▲	▼
---	---	---	---	---	---

Legend	Edit	Delete
● M1	Rezistor 200 Ohm	
● M2	Termistor	
● M3	Paralelní zapojení	
● M4	Sériové zapojení	

Cursor					
On	1	+	←	→	2
					×
					←
					→

Output Ramp			
Min Level	-7,0V	Max Level	7,0V
Slope		Time	25 ms

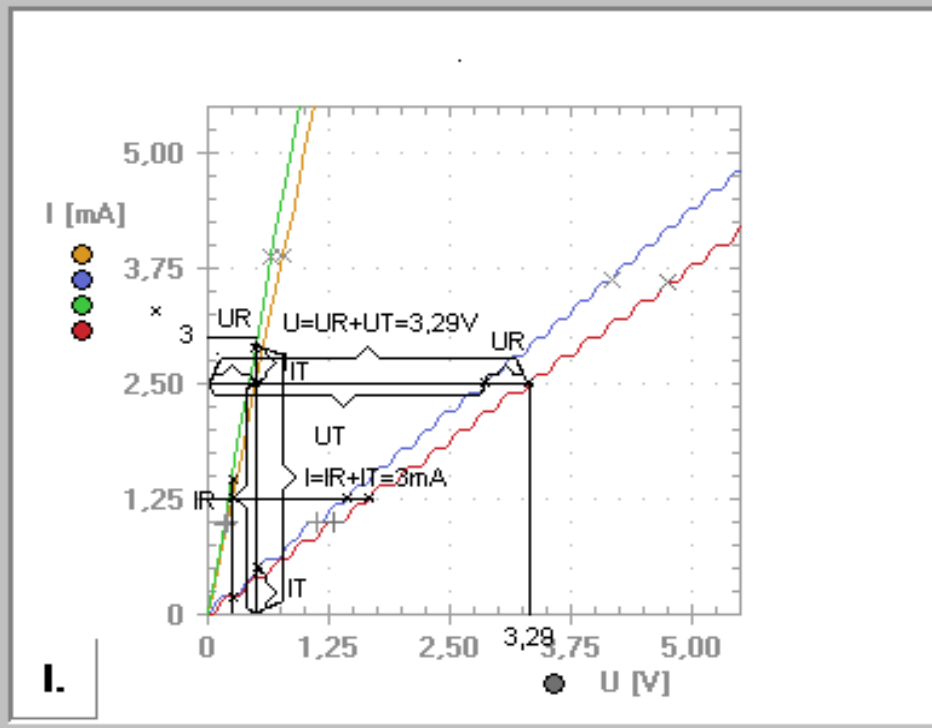
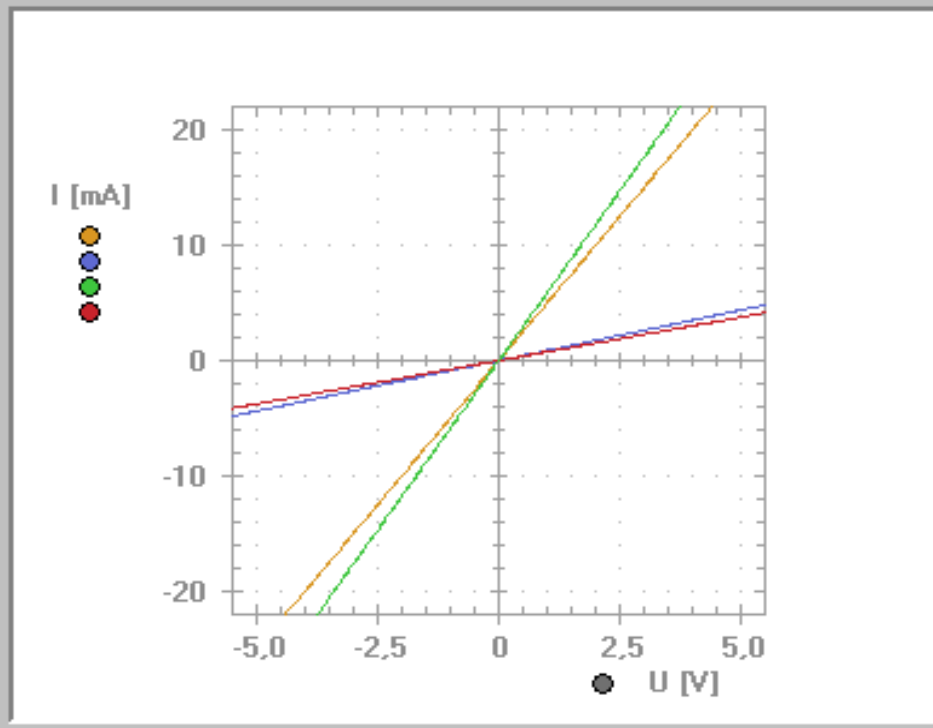
File
Open
Save
Print
Init
Exit

Sense R [Ω]				
1	10	100	1k	10k

Graph	
Line	Point

Quadrant	
I.	III.

Zoom					
U	+	-	I	+	-

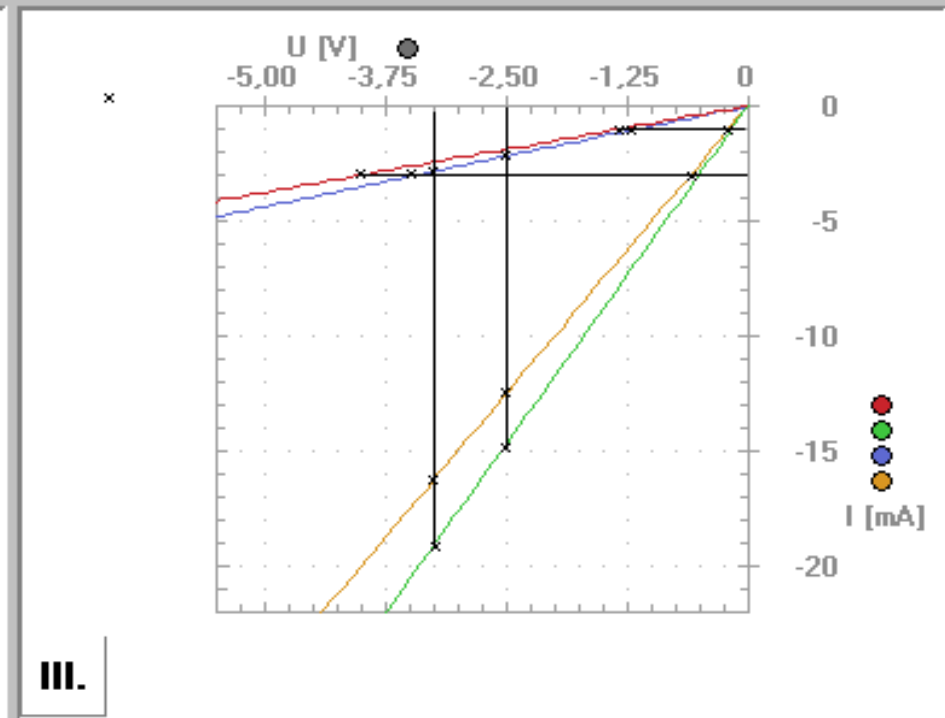
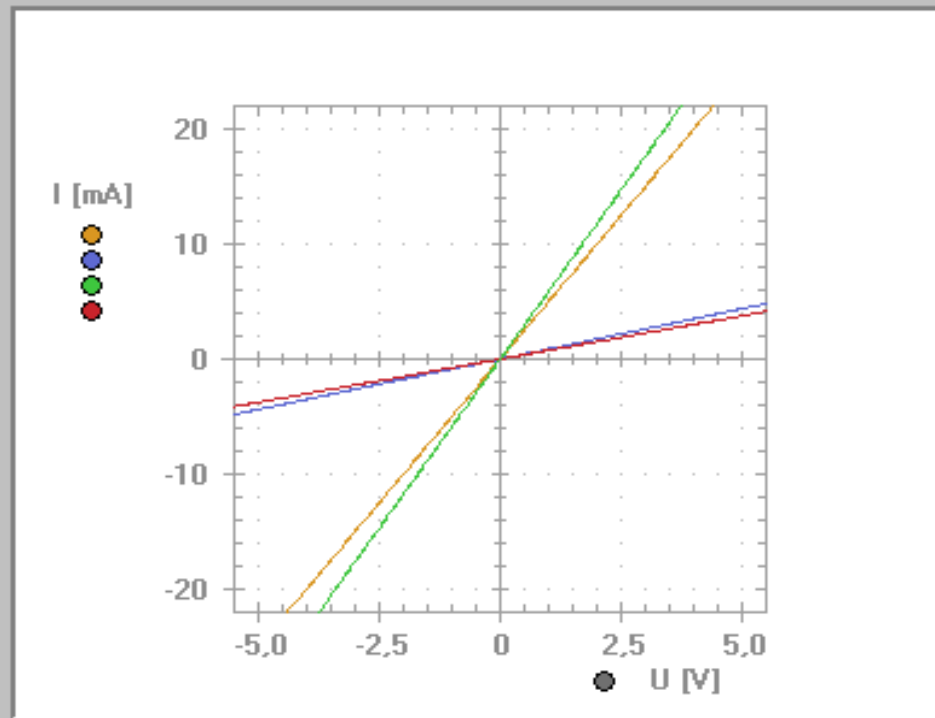


Measurement						Stop	
Normal	Single	Sequence	● M1	● M2	● M3	● M4	Clr

Gain			
A	▲	▼	B

Legend		Edit	Delete	Cursor						Output Ramp				File		
● M1	Rezistor 200 Ohm			On	1	+	◀	▶	2	×	◀	▶	Min Level	Max Level	Open	
● M2	Termistor												-7,0V	7,0V	Save	
● M3	Paralelní zapojení												Slope	Time	Print	
● M4	Sériové zapojení														25 ms	Init
																Exit

Sense R [Ω]					Graph		Quadrant		Zoom					
1	10	100	1k	10k	Line	Point	I.	III.	U	+	-		+	-



Measurement							Stop	Gain							
Normal	Single	Sequence	● M1	● M2	● M3	● M4	Clr	<input type="checkbox"/>	A	▲	▼		B	▲	▼

Legend	Edit	Delete
● M1	Rezistor 200 Ohm	
● M2	Zenerova dioda 2,4V	
● M3	Paralelní zapojení	
● M4	Sériové zapojení	

Cursor					
On	1	+	←	→	2
					×

Output Ramp	
Min Level	Max Level
-7,0V	7,6V
Slope	Time
	25 ms

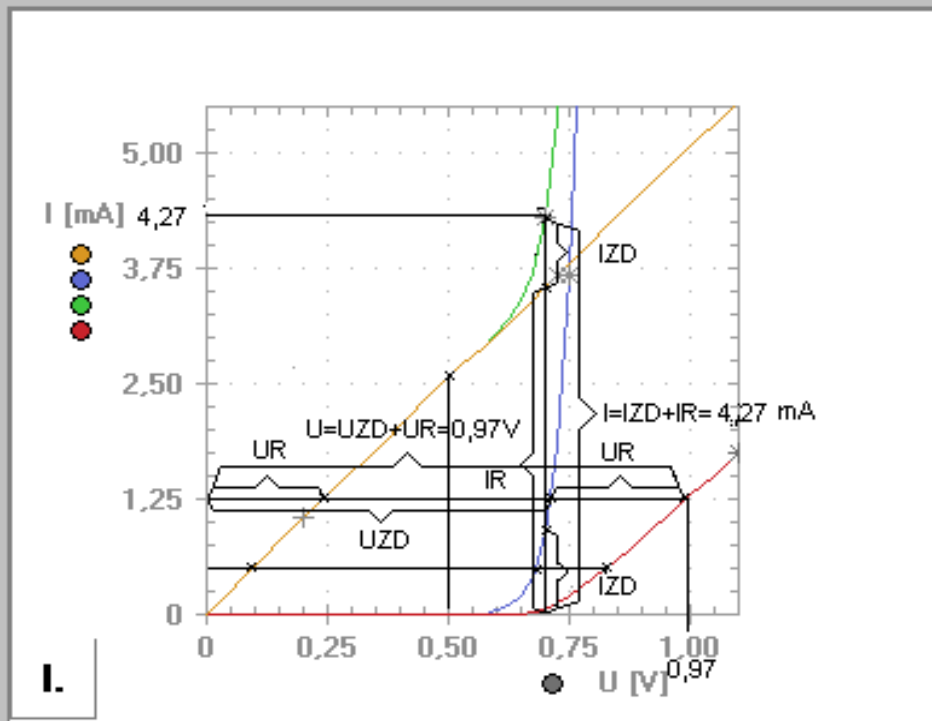
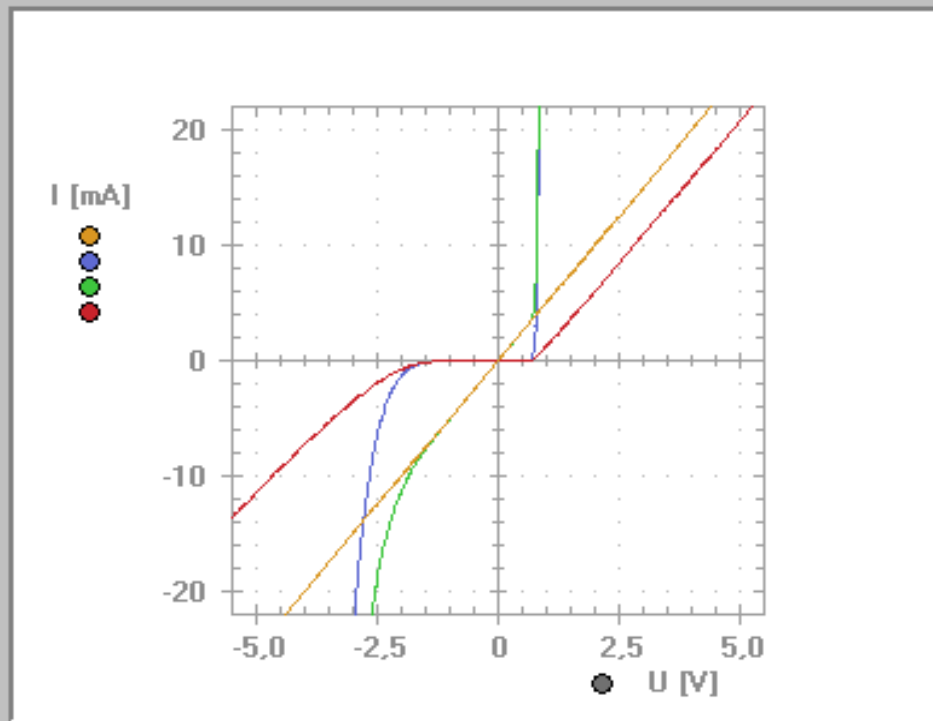
File
Open
Save
Print
Init
Exit

Sense R [Ω]
1 10 100 1k 10k

Graph
Line Point

Quadrant
I. III.

Zoom
U + - I + -



Measurement	Stop
Normal Single Sequence	
M1 M2 M3 M4 Clr	

Gain
A B

Legend Edit Delete

- **M1** Rezistor 200 Ohm
- **M2** Zenerova dioda 2,4V
- **M3** Paralelní zapojení
- **M4** Sériové zapojení

Cursor

On	1	+	←	→	2	×	←	→

Output Ramp

Min Level	Max Level
-7,0V ▲ ▼	7,6V ▲ ▼
Slope	Time
↙ ▲	25 ms ▲ ▼

File

- Open
- Save
- Print
- Init
- Exit

Sense R [Ω]

- 1
- 10
- 100
- 1k
- 10k

Graph

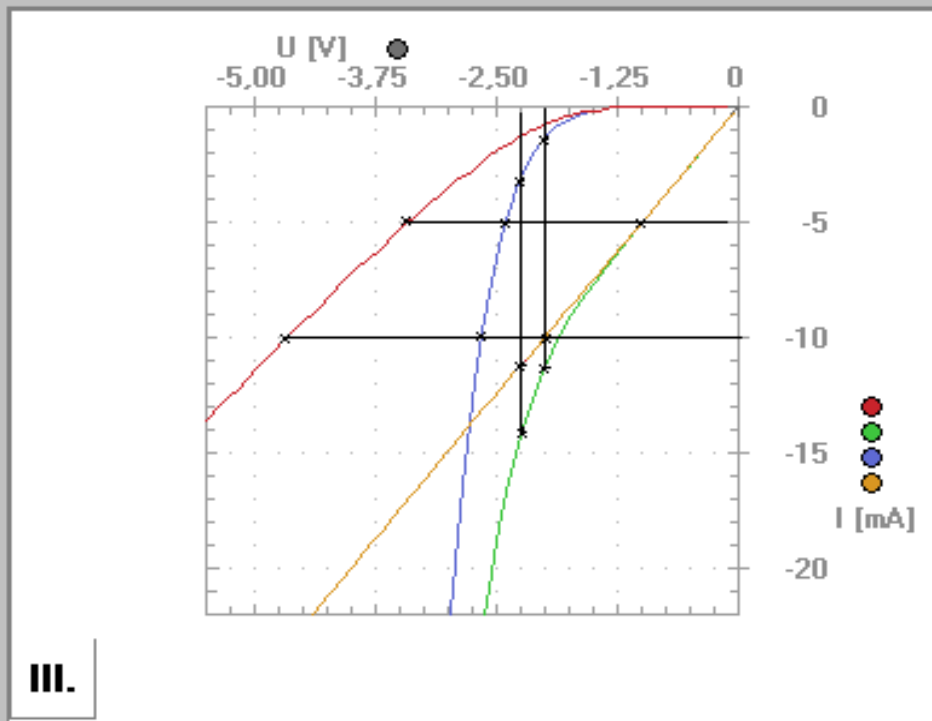
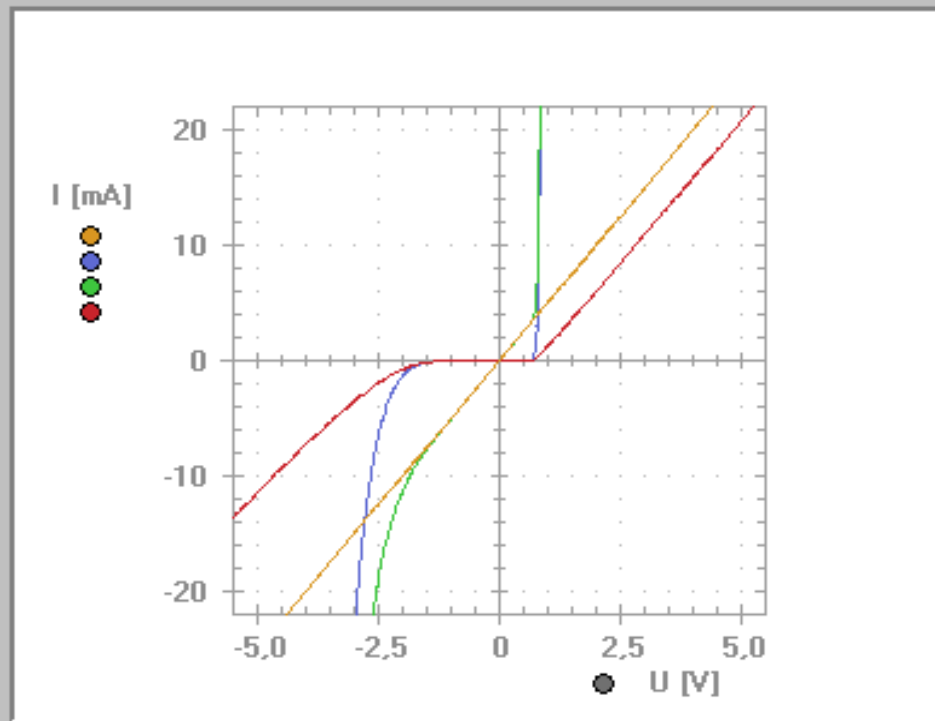
- Line
- Point

Quadrant

- I.
- III.

Zoom

- U
- +
-
- I
- +
-



Measurement Stop

- Normal
- Single
- Sequence
- M1
- M2
- M3
- M4
- Clr

Gain

- A
- ▲
- ▼
- B
- ▲
- ▼

Hodnoty odečtené z předchozích dvou grafů

Sériové zapojení rezistoru a NTC termistoru:

1.bod

$$U = U_R + U_{ZD} = 0,05V + 0,676V = 0,726V$$

Hodnota odečtená z grafu: 0,7V

2.bod

$$U = U_R + U_{ZD} = 0,25V + 0,72V = 0,97V$$

Hodnota odečtená z grafu: 0,97V

Paralelní zapojení rezistoru a NTC termistoru :

1.bod

$$\text{dioda je uzavřená } I_{DZ} = 0, U = U_R = 2,5V$$

Hodnota odečtená z grafu: 2,5V

2.bod

$$I = I_R + I_T = 3,5mA + 0,77mA = 4,27mA$$

Hodnota odečtená z grafu: 4,12mA

Sériové zapojení rezistoru a Zenerovy diody:

1.bod

$$U = U_R + U_{ZD} = 1V + 2,45V = 3,45V$$

Hodnota odečtená z grafu: 3,3V

2.bod

$$U = U_R + U_{ZD} = 2V + 2,625V = 4,625V$$

Hodnota odečtená z grafu: 4,5V

Paralelní zapojení rezistoru a Zenerovy diody :

1.bod

$$I = I_R + I_{ZD} = 10mA + 1,2mA = 11,2mA$$

Hodnota odečtená z grafu: 11,1mA

2.bod

$$I = I_R + I_{ZD} = 11,2mA + 3,2mA = 14,5mA$$

Hodnota odečtená z grafu: 14,25mA

9 Použité přístroje

- Měřicí systém rc2000 - μ LAB (A&DDU jednotka, zdroj 5 V/3 A, napájecí kabely – 1× červený, 1× zelený)
- Propojovací pole
- PC + program RC 2000
- Lineární a nelineární prvky systému rc2000 - μ LAB
- Vodiče + propojovací sondy

10 Závěr

Uvedte, čím jsou způsobeny rozdíly mezi naměřenými a jmenovitými hodnotami součástek. Zdůvodněte pokles odporu NTC termistoru po zahřátí. Posudte přesnost grafických řešení.

11 Seznam použité literatury

- [1] Matátko, J. – Foitová, E.: Elektronika pro 3. ročník SPŠ elektrotechnických. SNTL, Praha, 1981.
- [2] http://www.rcdidactic.cz/media/download_inspirace/1193251813_cz.pdf