

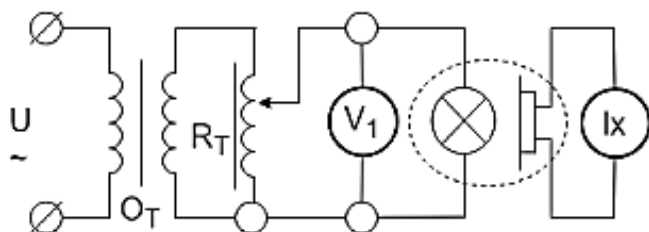
Datum:	<b>SPŠ CHOMUTOV</b>	Třída: <b>A4</b>
Číslo úlohy:	<b>MĚŘENÍ FOTOELEKTRICKÝCH SOUČÁSTEK</b>	Příjmení: <b>LEDVINKOVÁ</b>

### Zadání:

Ručně změřte VA charakteristiky fotorezistoru a fotodiody a navrhnete program pro automatické měření VA charakteristiky fotodiody.

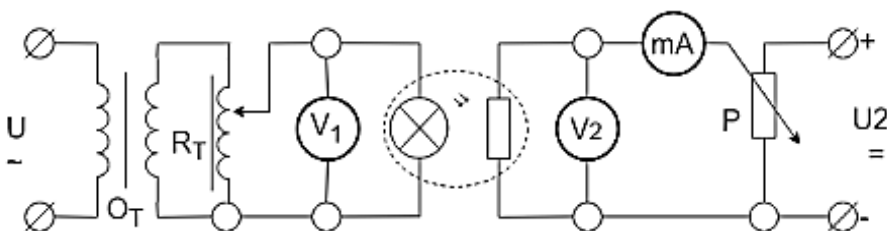
### Schéma:

1. nastavení světelné intenzity

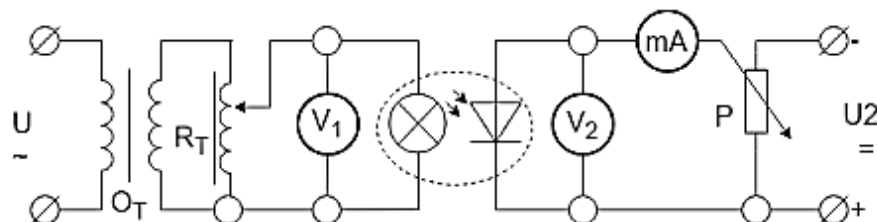


2. ruční měření

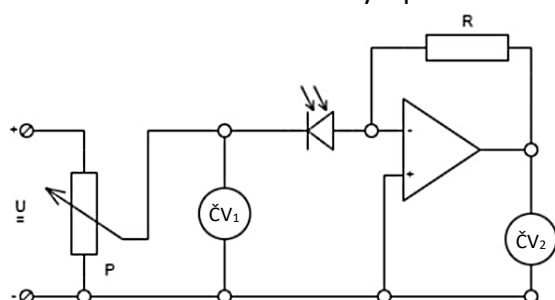
- a. fotoodpor



- b. fotodioda

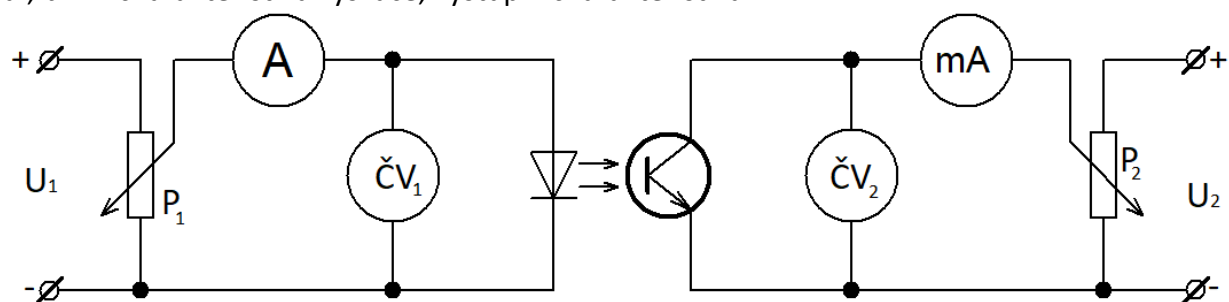


3. Automatické měření fotodiody s převodníkem

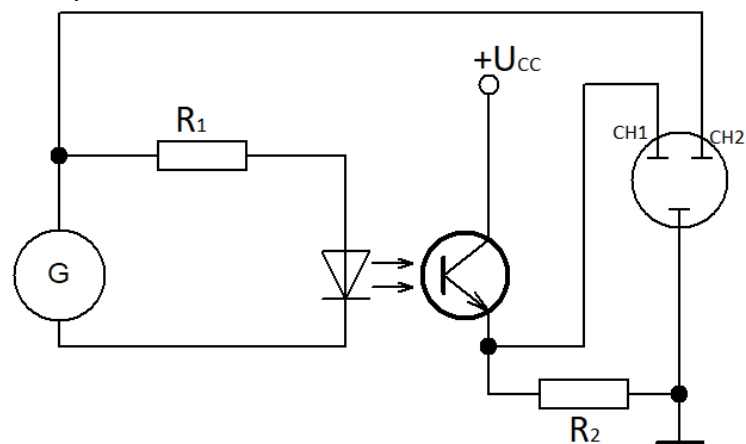


#### 4. Optočlen

a., b. VA charakteristika vysílače, výstupní charakteristika




a. Dynamické vlastnosti




### Tabulka použitých přístrojů:



#### 1. + 2. Nastavení intenzity + ruční měření:

Název zařízení	Označení	Údaje	Evidenční číslo
Oddělovací transformátor	OT	260 V/3 A	LE 5114
Stejnoseměrný zdroj	U <sub>2</sub>	DC POWER SUPPLY, RXN-303D	LE1 2390
Potenciometr	P	0,63 A/1200 Ω	LE1 373
El. voltmetr	V <sub>1</sub>	UT803	LE2 5038
El. voltmetr	V <sub>2</sub>	MX 545	LE2 77
Luxmetr	-	-	LE4 1634
Miliampérmetr	mA	600 mA  0,5 ☆	LE1 2173/6
Fotoodpor	-	WK 650 37	EL 1430
Fotodioda	-	1PP75	-

#### 1. + 3. Nastavení intenzity + automatické měření:

Název zařízení	Označení	Údaje	Evidenční číslo
Oddělovací transformátor	OT	260V/3A	LE 5114
Regulační transformátor + fotometr	RT	0-250V/2A	LE1 1529
Stejnoseměrný zdroj	U <sub>2</sub>	DC POWER SUPPLY, RXN-303D	LE1 2390
Zpětnovazební odpor	R <sub>2</sub>	111111 Ω	LE1 1827
číslicový voltmetr	ČV <sub>1</sub>	Agilent 34410A	LE 5035
číslicový voltmetr	ČV <sub>2</sub>	Agilent 34401A	LE 5021
převodník	-	MAA 741CN	LE 2380
Generátor	G	Agilent 33220A	LE 108
Luxmetr	I <sub>x</sub>	DT-1308	LE4 2375
Voltmetr	V <sub>1</sub>	600V=1%  0,5 ☆	LE2 2285/14
Fotodioda	-	1 PP75	-

#### 4. Optočlen

Název přístroje:	Označení:	Údaje:	Ev. Číslo:
zdroj	U <sub>1</sub>	RXN 3010D	LE 5110
potenciometr	P <sub>1</sub>	105 Ω 2,5 A	LE1 343
ampérmetr	A <sub>1</sub>	6 A  0,5 ☆	LE1 2313/17
číslicový voltmetr	ČV <sub>1</sub>	Keysight U3401A	LE 5096
optorn		WK 16412	
zdroj	U <sub>2</sub>	AX-12001 DBL	LE 5111
potenciometr	P <sub>2</sub>	250 Ω 1,6 A	LE1 354
miliampérmetr	mA	600 mA  0,5 ☆	LE1 2172/5
číslicový voltmetr	ČV <sub>2</sub>	MX 553	LE2 5010
rezistor	R <sub>1</sub>	0 - 100 kΩ	LE1 1923
rezistor	R <sub>2</sub>	0 - 100 kΩ	LE1 1920
generátor		SDG 1020	LE 5077
osciloskop		RIGOL DS1052E	LE 5066

### **Teorie:**

Fotorezistor je součástka, která mění svůj odpor v závislosti na světelné intenzitě.

Fotodioda je součástka, která je závislá na světelné intenzitě. VA charakteristiku můžeme měřit ve 3 režimech:

1. Odporový režim (3. kvadrant VA char.): chová se jako odpor
  2. Hradlový režim (4. kvadrant VA char.): chová se jako zdroj napětí
  3. Propustný režim (1. kvadrant VA char.): chová se jako normální dioda v propustném směru
- Nejvíce se používá v hradlovém režimu (např. při konstrukci solárních panelů) a nejméně v propustném režimu, kde je skoro nulový vliv světelné intenzity.

Optočlen je elektronický prvek, který slouží k přenosu signálu pomocí světelného záření místo elektrického signálu. Skládá se ze dvou základních částí: vysílače a přijímače.

Vysílač může být buď LED, nebo laserová dioda. LED optočleny jsou většinou pomalejší a mají menší přenosovou rychlost než laserové optočleny, ale jsou méně nákladné a spotřebují méně energie.

Přijímač je prvek, který reaguje na světelné záření a produkuje elektrický signál. Nejčastěji se používají fototranzistor, fotodioda nebo fotorezistor.

Optočleny se používají v mnoha aplikacích, například v telekomunikacích, kde se využívají pro přenos dat mezi různými zařízeními. Také se používají v průmyslových aplikacích, například v automatizované výrobě, kde slouží k přenosu signálů mezi různými senzory a řídicími systémy.

Optočleny mají několik výhod oproti elektrickým prvkům. Jsou imunní vůči elektromagnetickému rušení a mohou být použity v oblastech, kde by elektrické signály byly nebezpečné nebo nedostupné. Dále také umožňují galvanicky oddělit různé části obvodu, což zvyšuje spolehlivost a bezpečnost systému.

### **Postup:**

#### **1. Nastavení intenzity:**

- > Přiložím luxmetr k žárovce a nastavuji napětí, dokud luxmetr neukáže požadovanou hodnotu
- > Napětí pro danou intenzitu zapíši

#### **2. Ruční měření**

##### **a. Fotorezistor**

- > Zjistím mezní parametry
  - $P_{\max} = 50 \text{ mW}$
  - $I_{\max} = 50 \text{ mA}$
  - $U_{R\max} = 5 \text{ V}$
- > Nastavím napětí pro danou intenzitu
- > Pomocí potenciometru nastavuji napětí, dokud nedosáhnu některého z mezních parametrů
- > Snižuji napětí a odečítám proud

##### **b. Fotodioda**

(začínám zapojením v závěrném směru – odporový režim)

- > Zjistím mezní parametry
  - $P_{\max} = 150 \text{ mW}$
  - $I_{\max} = 20 \text{ mA}$
- > Nastavím napětí pro danou intenzitu
- > Nastavuji napětí od  $U_{R\max}$  do 0 V a odečítám proud
- > Snížím napětí zdroje a prohodím svorky fotodiody a miliampérmetru >> hradlový režim
- > Nastavuji napětí a odečítám proud do 0 mA
- > Prohodím svorky miliampérmetru >> propustný režim
- > Zvyšuji proud do  $I_{F\max}$  a odečítám napětí

#### **3. Automatické měření fotodiody**

- > Navrhnu si zpětnovazební odpor
  - $R_2 = \frac{U_{SAT}}{I_{\max}} = \frac{12}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 20000 \Omega$
- > Zjistíme mezní parametry
  - $P_{\max} = 150 \text{ mW}$
  - $I_{\max} = 20 \text{ mA}$
- > Navrhujeme program
- > Spustíme měření

#### 4. Optočlen

> Vyhledáme si mezní parametry tranzistoru

- $U_{CEmax} = 6 \text{ V}$
- $I_{Cmax} = 20 \text{ mA}$
- $P_{Cmax} = 50 \text{ mW}$
- $I_{Fmax} = 30 \text{ mA}$

a. VA charakteristiky vysílače:

- > Zapojíme dle schéma
- > Budeme pracovat pouze s částí připojené k vysílači
- > Změříme VA charakteristiku diody

b. Výstupní charakteristika

- > Nastavíme konstantní proud diodou, využijeme naměřenou VA charakteristiku diody
- > Budeme nastavovat napětí na tranzistoru a odečítat proud
- > Musíme si dávat pozor, abychom nepřekročili ani jeden z mezních parametrů

c. Dynamické vlastnosti

- > Zapojíme dle schéma
- > Vypočítáme si velikosti rezistorů

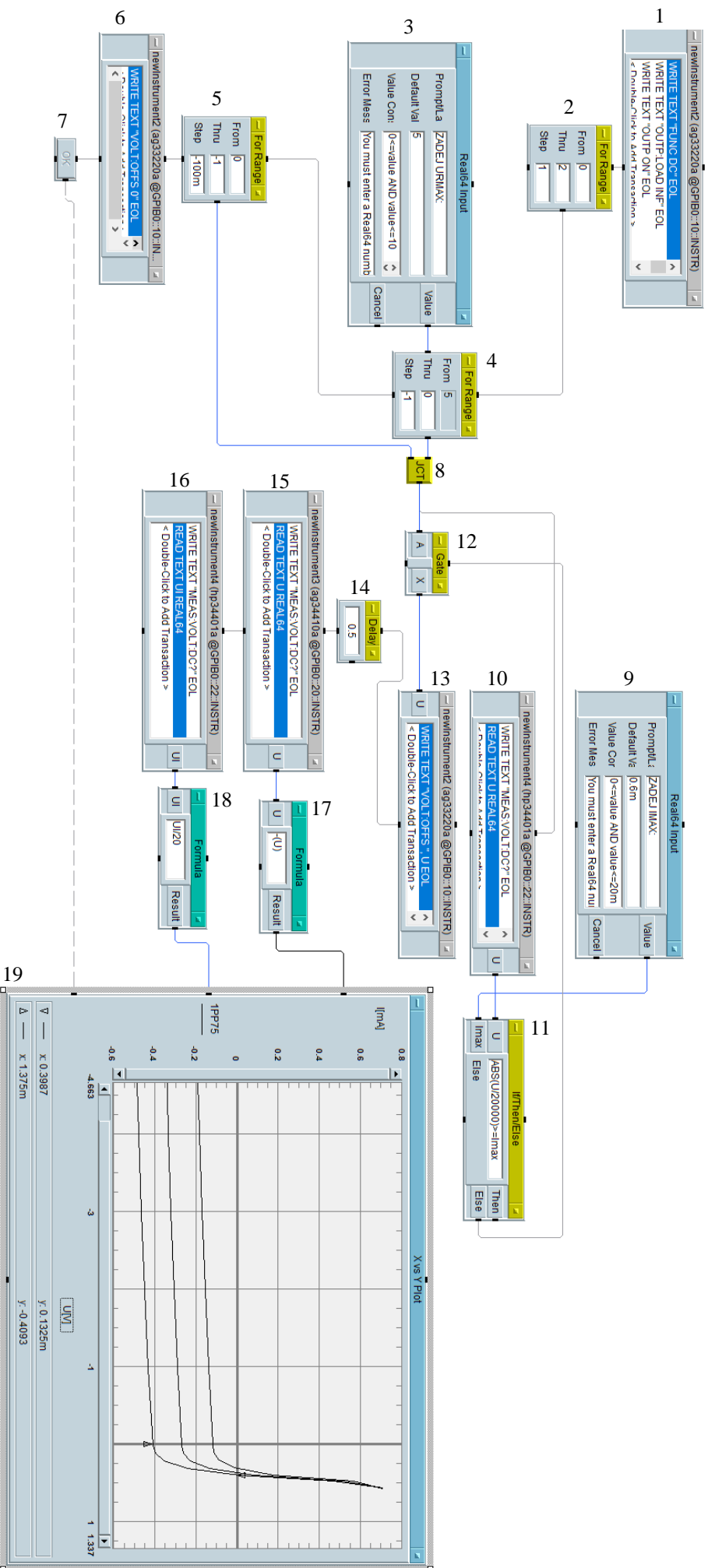
- $R_1 = \frac{U_{TTL} - U_F}{I_F}$

- $R_2 = \frac{U_{TTL}}{I_C}$

- > Na generátoru nastavíme obdélníkový průběh
- > Z osciloskopu odečteme dobu náběhu a doběhu (některé osciloskopy mají zabudovanou funkci na odečet)
- > Naměřené hodnoty zpracujeme tabulárně a graficky a porovnáme s katalogovými hodnotami

### **Program:**

1. nastavení generátoru
  - Stejnosměrné napětí
  - Práce do vysoké impedance
  - Zapnutí výstupu
2. Smyčka pro vykreslení 3 celých charakteristik
3. Zvolení maximálního  $U_R$ : 5 V
  - 0 – 10 V
4. Smyčka pro vykreslení odporového režimu
  - Od nastaveného  $U_R$  do 0, kde začíná hradlový režim
  - Krok: 1 V >> stačí tento hrubý krok kvůli malým změnám
5. Smyčka pro vykreslení hradlového režimu a propustného režimu
  - Od 0 do 1 V
  - Krok: 100 mV >> volí se jemný krok pro lepší vykreslení kolene v hradlovém režimu
6. Nastavení 0 V po vykreslení celé charakteristiky
7. Tlačítko
  - Před tím, než se zmáčkne, se ručně nastaví nová intenzita osvětlení
  - Pokud se zmáčkne, začne se vykreslovat další charakteristika
8. Spojení smyček
9. Zadání maximálního proudu: 0,6 mA
  - 0–20 mA (více generátor nedokáže)
10. Zjištění naměřeného napětí
11. Podmínka pro spuštění Gateu
12. Gate
  - povolí se, pokud se nepřekročil mezní proud
13. Vypnutí napětí
14. Zpoždění
15. Zjištění vstupního napětí
16. Zjištění výstupního napětí
17. Převedení vstupního napětí na záporné kvůli závěrnému zapojení diody
18. Převedení naměřeného výstupního napětí na proud
19. Graf
  - vykreslení odporové, hradlové i propustné charakteristiky





## Tabulka naměřených hodnot:

### 1. nastavení světelné intenzity

luxmetr	
E [lx]	U [V]
200	145
400	172
600	192
800	210
1000	222

### 2. ruční měření

#### a. fotorezistor

1000 lx		800 lx		600 lx		400 lx		200 lx	
U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]
1,00	3,20	1,00	2,80	1,00	2,26	1,00	1,80	1,0	1,18
2,00	6,38	2,00	5,58	2,00	4,40	2,00	3,44	3,0	3,40
3,00	9,56	3,00	8,38	3,00	6,78	3,00	5,20	4,0	4,50
3,50	11,10	4,00	11,02	4,00	8,90	4,00	6,98	5,0	5,76
4,00	12,62	5,00	13,80	5,00	11,00	5,00	8,60	6,0	6,90
4,50	14,22	5,50	15,36	6,00	13,30	6,00	10,22	7,0	8,00
5,00	15,70	6,00	16,38	7,00	15,10	7,00	11,90	8,0	9,06
5,50	17,30	6,50	17,98	7,50	16,38	8,00	13,60	9,0	10,22
6,00	18,78	7,00	19,08	8,00	17,40	9,00	15,20	10,0	11,40
6,29	20,00	7,23	20,00	8,17	18,00	9,31	16,00	11,4	13,00

#### b. fotodioda

závěrný směr					
1000 lx		600 lx		200 lx	
U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]
0	0,317	0	0,215	0	0,1105
1	0,317	1	0,215	1	0,1105
2	0,319	2	0,215	2	0,1105
3	0,320	3	0,215	3	0,1105
4	0,320	4	0,215	4	0,1105
5	0,320	5	0,215	5	0,1105

hradlový směr					
1000 lx		600 lx		200 lx	
U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]
0,128	0,315	0,069	0,215	0,045	0,1105
0,200	0,315	0,090	0,215	0,300	0,1000
0,300	0,300	0,300	0,205	0,350	0,0750
0,400	0,195	0,400	0,093	0,397	0,0000
0,431	0,000	0,418	0,000	-	-

propustný směr					
1000 lx		600 lx		200 lx	
I [mA]	U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]	U [V]
0,10	0,437	0,10	0,429	0,10	0,419
0,15	0,441	0,15	0,433	0,15	0,425
0,20	0,444	0,20	0,437	0,20	0,431
0,25	0,447	0,25	0,441	0,25	0,436
0,30	0,450	0,30	0,444	0,30	0,440
0,35	0,452	0,35	0,448	0,35	0,444
0,40	0,455	0,40	0,450	0,40	0,447

#### 4. optočlen

##### a. VA charakteristika vysílače

$I_F$ [mA]	$U_F$ [V]
0,5	0,975
1,0	1,007
2,0	1,036
4,0	1,065
6,0	1,083
8,0	1,096
10,0	1,107
12,0	1,117
14,0	1,126
16,0	1,135
18,0	1,140
20,0	1,142
22,0	1,156
24,0	1,163

##### b. Výstupní charakteristika

$I_F = 16 \text{ mA}$	
$U_{CE}$ [V]	$I_C$ [mA]
0,1	0,2
0,2	1,2
0,3	2,2
0,5	3,8
1,0	6,7
1,5	9,0
2,0	11,2
2,5	13,0
3,0	14,8

$I_F = 18 \text{ mA}$	
$U_{CE}$ [V]	$I_C$ [mA]
0,1	0,3
0,2	1,4
0,3	2,4
0,5	4,0
1,0	6,8
1,5	9,2
2,0	11,4
2,5	13,4
3,0	15,2

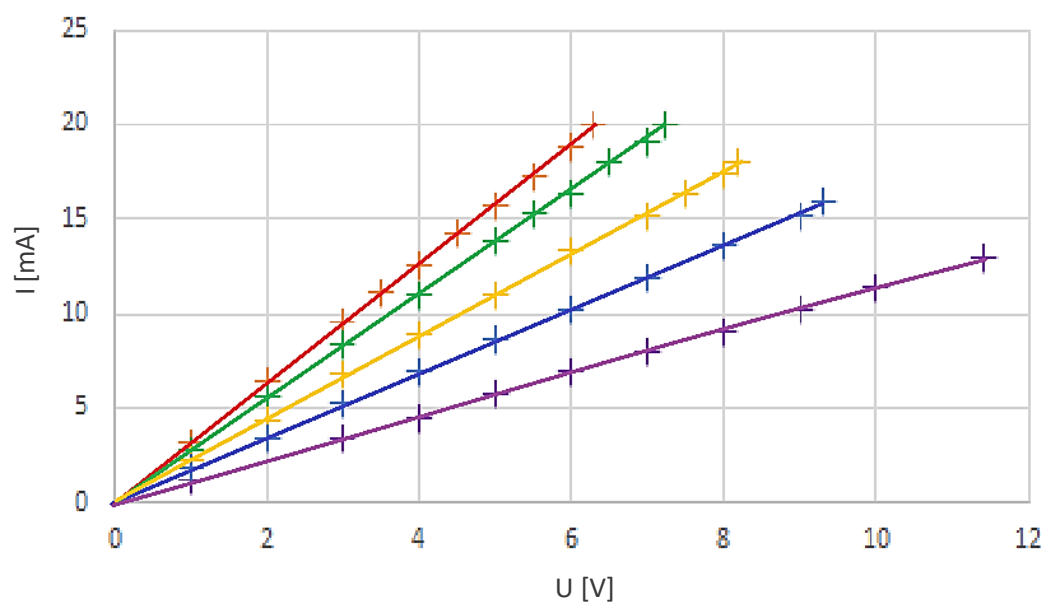
### Použité vzorce:

$$- R_1 = \frac{U_{TTL} - U_F}{I_F} = \frac{5 - 1,14}{0,018} = 214,4 \Omega$$
$$- R_2 = \frac{U_{TTL}}{I_C} = \frac{5}{0,0114} = 438,6 \Omega$$

### Grafy:

2. ruční měření
- a. fotoodpor

VA charakteristika fotorezistoru

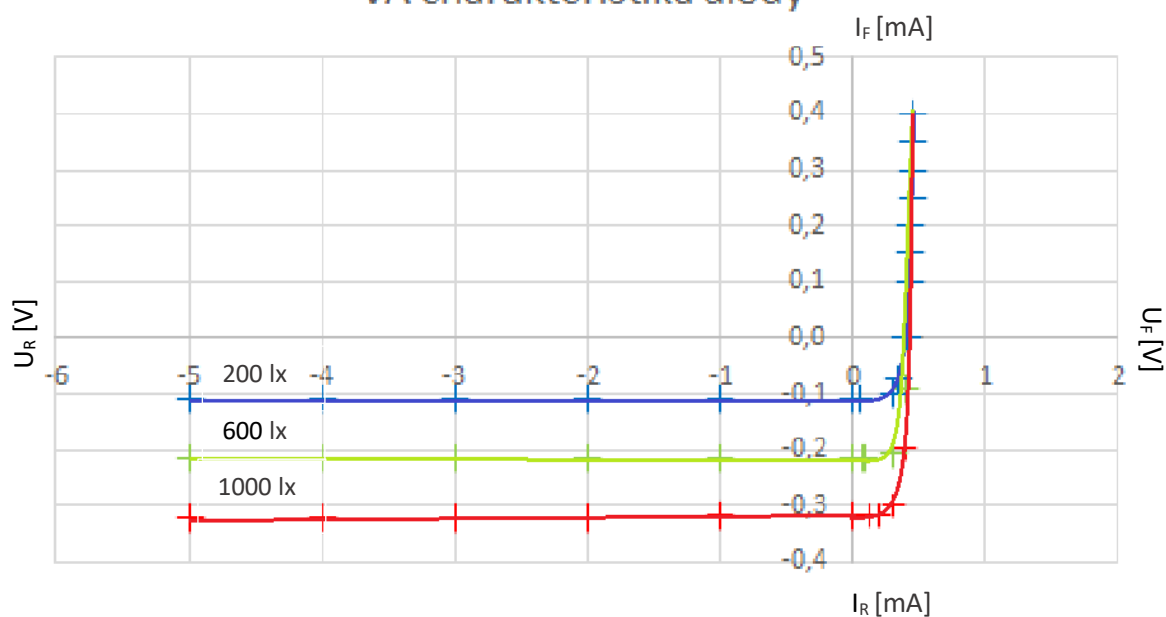


U: 1 dílek  $\cong$  2 V

I: 1 dílek  $\cong$  5 mA

## b. fotodioda

### VA charakteristika diody



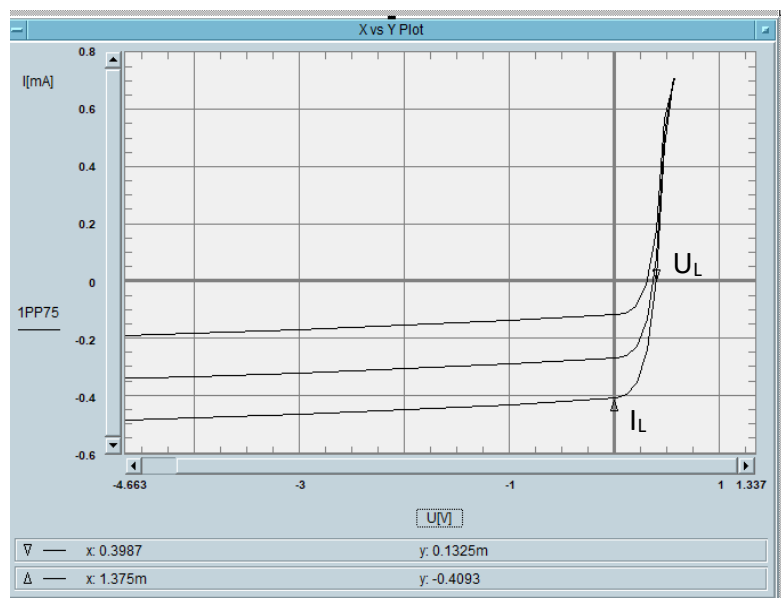
$U_R$ : 1 dílek  $\cong 1$  V

$U_F$ : 1 dílek  $\cong 1$  V

$I_R$ : 1 dílek  $\cong 0,1$  mA

$I_F$ : 1 dílek  $\cong 0,1$  mA

## 3. automatické měření



katalogové hodnoty při 1000 lx

$I_L > 0,07$  mA

$U_L > 0,3$  V

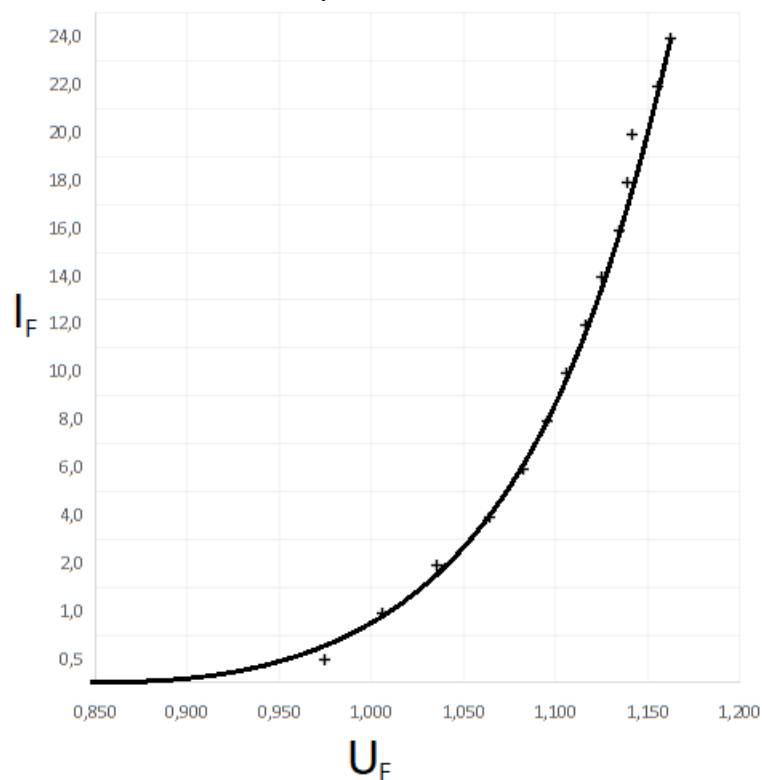
naměřené hodnoty při 1000 lx

$I_L = 0,4$  mA

$U_L = 0,4$  V

#### 4. optočlen

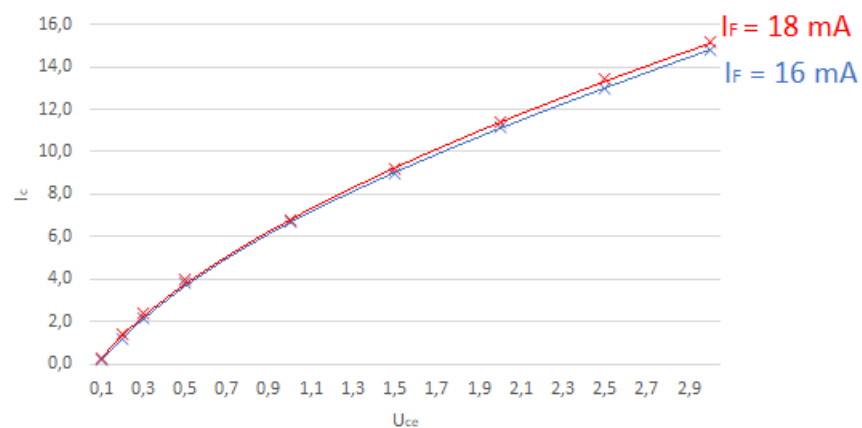
##### a. VA charakteristika vysílače



$U_F$ : 1 dílek  $\cong 0,050$  V

$I_F$ : 1 dílek  $\cong 2$  mA

##### b. Výstupní charakteristika



$U_{CE}$ : 1 dílek  $\cong 0,2$  V

$I_F$ : 1 dílek  $\cong 2$  mA

#### Závěr:

Měření proběhlo bez problémů. Díky generátoru jsme nemuseli přepojovat obvod, takže měření bylo rychlejší než ve 3. ročníku, kde jsem měřili ručně. VA charakteristika odpovídá teoretickým předpokladům a je mnohem přesnější.