

Názov cvičenia:

Meranie na polovodičových diódach I

Cieľ: naučiť študentov zistiť z katalógu základné parametre polovodičových diód, meraním určiť elektródy diód a odmerať VA charakteristiky polovodičových diód

Úlohy:

- Zistite** z katalógu polovodičových súčiastok:
 - potrebné parametre usmerňovacej Ge a Si diódy
 - anódu a katódu predložených diód
- Odmerajte:**
 - pomocou multimetra anódu a katódu predložených diód
 - VA charakteristiku usmerňovacích diód v priepustnom a závernom smere
- Nakreslite:**
 - VA charakteristiku usmerňovacích diód v priepustnom a závernom smere
 - do VA charakteristík difúzne napätie (prahové napätie) usmerňovacích diód
- Vypočítajte** dynamický odpor usmerňovacích diód pre zvolený pracovný bod
- Porovnajte** odmerané a vypočítané hodnoty s katalógovými údajmi

Predmet práce:

Germániová dióda typové označenie **OA5**

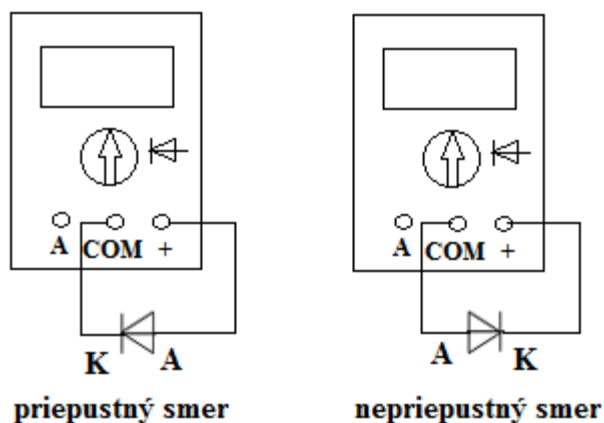
Kremíková dióda typové označenie **KA503**

Katalógové údaje:

Značka parametra podľa katalógu	Názov parametra	Germániová dióda OA5	Kremíková dióda KA503
U_F [V]	maximálne napätie v priepustnom smere	< 1 V	< 1 V
I_F [mA]	maximálny prúd v PS	200 mA	9 mA
U_R [V]	maximálne napätie v nepriepustnom smere	50 V	25 V
I_R [mA]	maximálny prúd v NS	< 9 μ A	< 7 μ A
ϑ_a [°C]	teplota okolia	25°C	25°C

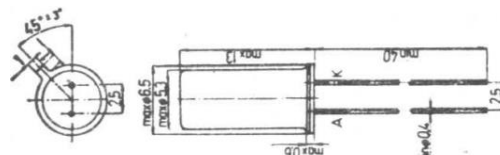
Schéma zapojenia:

úloha č.2

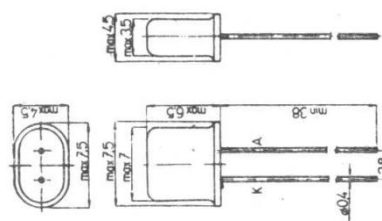


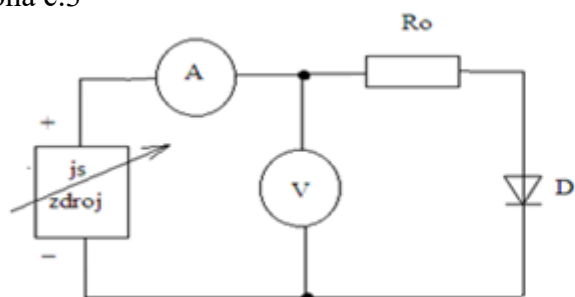
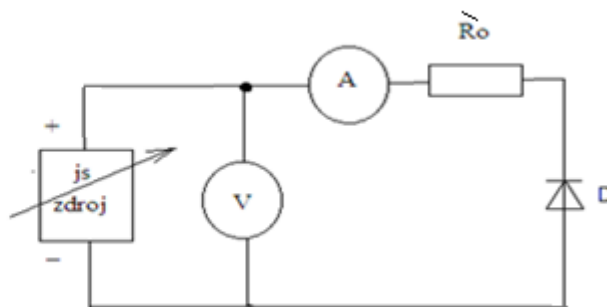
Nakreslite púzdra diód s vyznačením anódy a katódy:

Ge dióda **OA5** typ púzdra **D11**



Si dióda **KA503** typ púzdra **D10**



úloha č.3

Priepustný smer

Záverný smer
Zoznam prístrojov a pomôcok :

V – voltmeter *AXIOMET AX585B*

A – ampérmeter *AXIOMET AX585B*

js. zdroj typ *TESLA STABILIZOVANÝ ZDROJ BS525*
 $R_0 = \text{Ge } 150 \, \Omega \text{ a Si } 7,7 \, \Omega$ ochranný odpor pre priepustný smer

 $R'_0 = \text{Ge } 150 \, \Omega \text{ a Si } 7,7 \, \Omega$ ochranný odpor pre záverný smer

Prípojné vodiče

Tabuľky nameraných hodnôt:
Priepustný smer

$U_{\text{Ge}} \text{ (V)}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$I_{\text{Ge}} \text{ (mA)}$	0	0,04	0,25	0,64	1,15	1,65	2,21	2,8	3,37	3,98	4,63

$U_{\text{Si}} \text{ (V)}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$I_{\text{Si}} \text{ (mA)}$	0	0,08 μ	0,09 μ	0,2 μ	2,62 μ	0,06	0,42	2,7	7,7	15,5	23

Záverný smer

$U_{\text{Ge}} \text{ (V)}$	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
$I_{\text{Ge}} \text{ (}\mu\text{A)}$	0	1,43	1,5	1,54	1,55	1,59	1,65	1,68	1,7	1,77	1,83

$U_{\text{Si}} \text{ (V)}$	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
$I_{\text{Si}} \text{ (}\mu\text{A)}$	0	0,18	0,25	0,28	0,3	0,33	0,34	0,35	0,38	0,39	0,4

Vzťahy:

$$R_0 = \frac{U_F}{I_F}, \quad R'_0 = \frac{U_R}{I_R} \quad \text{ochranný odpor}^*$$

$$R_D = \frac{\Delta U}{\Delta I} \quad \text{dynamický odpor}^*$$

Postup pri meraní: Určovanie elektród diód: & Meranie VA - charakteristík:

Vyberieme si 2 diódy (1x germániová, 1x kremíková). Ku charakterizácii a zisteniu jednotlivých parametrov (medzných údajov) týchto diód potrebujeme katalóg. Vypočítali sme si ochranný odpor pre obidve diódy v PS a NS. Pri jeho výpočte vychádzame z katalógových údajov, ktoré dosadíme do vzťahu pre Ohmov zákon*. Zapojili sme si obvod podľa schémy (najprv pre PS), kde sme zapojili do série s diódou odpor podobnej hodnoty ako vypočítaný, z dôvodu obmedzenia max. prúdu jednosmerný zdroj a 2x Multimetre (V, A).

Spôsoby zistenia elektród diód:*

- 1.) **podľa katalógu** – v ňom si nájdeme typ púzdra podľa vyznačenia vieme určiť A a K.
- 2.) **červenou bodkou** – nachádzajúcou na katóde
- 3.) **meraním** – po zapojení diódy do svoriek bude merací prístroj vykazovať veľkosť napätia, odporu, alebo zaznie zvuk.

v PS – vykazuje určité difúzne napätie, malý odpor, alebo zaznie zvuk

v NS – odpor je veľký, merací prístroj ukáže malý rozsah

Skontrolujeme si rozsahy na meracích prístrojoch. Postupne sme zvyšovali napätie na Usmerňovacej dióde, s tým že sme museli sledovať prúd, ktorý nesmel prekročiť medznú, katalógovú hodnotu pre Ge 200 mA a pre Si 9 mA. Z teórie vieme, že dióda sa v Priepustnom smere správa tak, že po prekročení U_D sa **dióda otvára**, jej odpor je minimálny, prúd rýchlo vzrastie.

Pri zapojení schémy pre Nepriepustný (záverný) smer môžeme použiť inú hodnotu ochranného odporu, alebo ho nepripojíme vôbec. Budeme postupovať rovnakou kontrolou zapojenia elektród diódy* a nastavenými rozsahmi na Multimetroch. Budeme nastavovať napätie a odčítavať prúd. V prípade Ge si musíme dávať pozor na max. záverný prúd do 9 μA a pri Si do 7 μA . Z teórie vieme, že sa dióda v Závernom smere správa tak, že dochádza ku **prierazu diódy**, jej odpor je veľmi veľký, preteká len prúd minoritných nosičov náboja.

Následne zostrojíme VA-charakteristiky obidvoch diód, z ktorých v I. kvadrante (PS) určíme dynamický odpor, vzťahom*.

Vyhodnotenie:

Nakreslite na milimetrový papier alebo pomocou programu Excel VA charakteristiky v priepustnom smere $I_F = f(U_F)$ a závernom smere $I_R = f(U_R)$ pre germániovú aj kremíkovú diódu.

Úlohy:

- určite z nakreslených VA charakteristík konkrétne hodnoty parametrov U_D a I_R a porovnajte s katalógovými údajmi. Každý parameter doplňte \uparrow (vyhovujúci) \downarrow (nevyhovujúci).
- vypočítajte dynamický odpor diód

	U_D (V)	I_R (μA)	R_D (Ω)
Ge dióda	\uparrow	\uparrow	\uparrow
Si dióda	\uparrow	\uparrow	\uparrow

Odlišnosti kovov polovodičov: (doplňte iba vyšší, nižší, mení, nemení, voľné elektróny, diery)

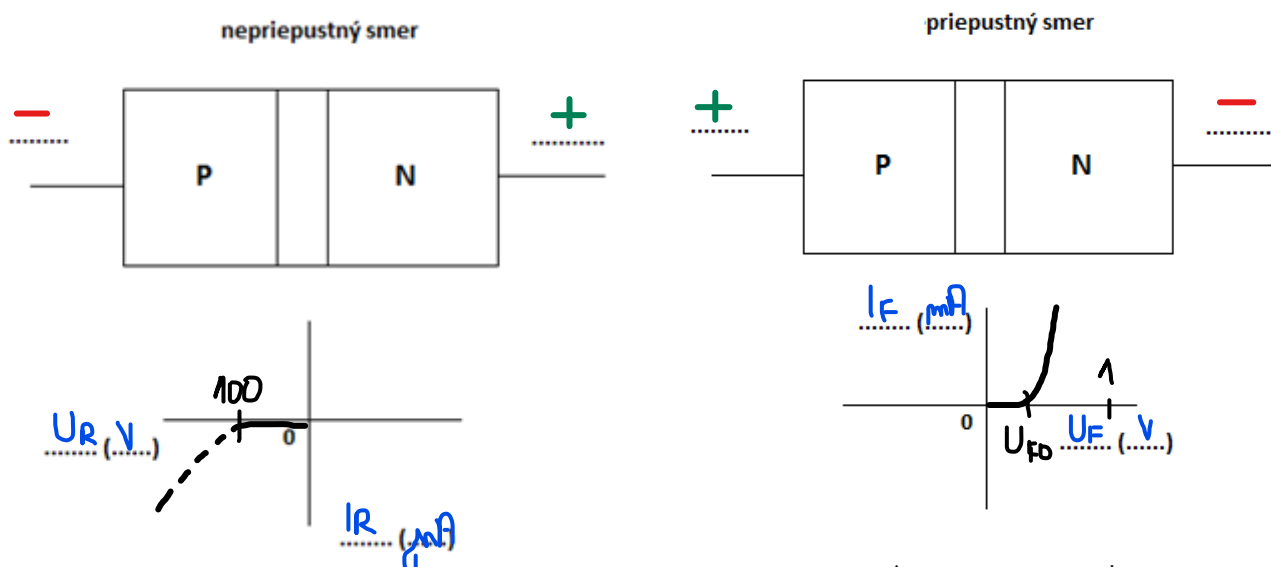
	<i>polovodiče</i>	<i>kovy</i>
Merný odpor	<i>vyšší</i>	<i>nižší</i>
Pri zahriatí sa odpor	<i>znižuje</i>	<i>zvyšuje</i>
Elektrický prúd vedú	<i>diery</i>	<i>voľné elektróny</i>
Osvetlením sa odpor	<i>menší</i>	<i>nemení</i>

Vlastná vodivosť (*intrinzičná vodivosť*) vzniká pri **4-mocných** polovodičoch, ktorých základnými materiálmi sú prvky **IV.** skupiny Mendelejevovej periodickej sústavy prvkov, napríklad **uhlík (C)**, **kremík (Si)**, germánium (**Ge**), **cín (Sn)** a olovo (**Pb**). Vo valenčnej sfére sú **4** elektróny, ktoré tvoria **4** dvojice elektrónov, ktoré sa môžu uvoľniť iba po prijatí **určitej energie vo forme tepla / žiarenia**. Vodivosť vlastného polovodiča bude nulová pri **absolútnej nulovej teplote** čo je **-0,85 Kelvinov** alebo **-274 °C**. Nevlastné polovodiče vzniknú, ak do **vlastného** polovodiča **pridáme 5** mocný napríklad **fosfor (P)** vzniknú nevlastné polovodiče typu **N**, ktoré majú väčšinové nosiče **elektróny** a menšinové nosiče **diery** alebo **3** mocný prvok napríklad indium (**Id**) vzniknú nevlastné polovodiče typu **P**, ktoré majú väčšinové nosiče **diery** a menšinové nosiče **elektróny**. Ak spojíme dva **nevlastné** polovodiče **spolu** vznikne **PN priechod**, čo je základ pre **polovodičové** súčiastky.

Vysvetlite v krátkosti pojmy:

- Rekombinácia **elektróny** zaplnia **voľné miesta - diery**
- Difúzne napätie **vytvárajú ho väčšinové nosiče**, pri spojení PN priechodu
- Zvyškový prúd **menšinové nosiče** sa v NS rekombinujú v bariére a vytvoria tento prúd
- Dynamický odpor **R_D veľkosť odporu otvorenej diódy** pre ktorý platí vzťah: $R_D = \frac{\Delta U}{\Delta I}$

Do pripravených obrázkov PN priechodov doplňte orientáciu zdroja pre príslušné smery, nakreslite voltampérové charakteristiky a vyznačte parametre s jednotkami pre osi VA charakteristiky.

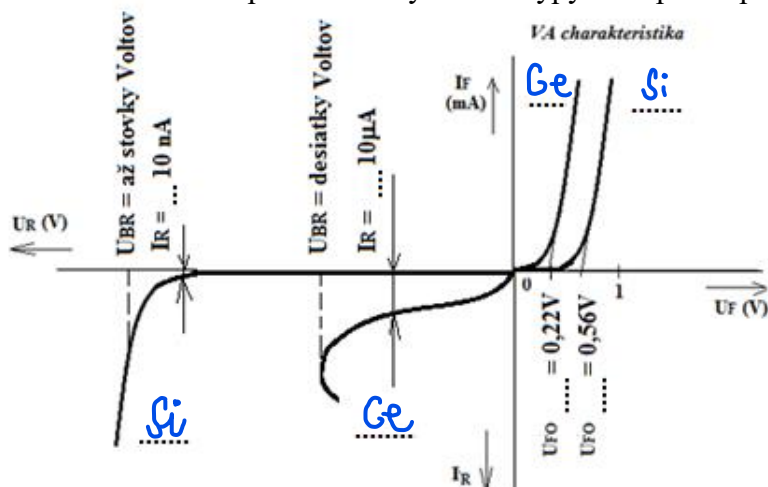


Porovnanie diód Ge a Si: (doplňte vyšší, nižší) a každú vlastnosť doplňte ↑(vyhovujúce) ↓(nevyhovujúce)

Vlastnosti	Ge dióda	Si dióda
Parazitná kapacita	<i>nižšia</i>	<i>väčšia</i>
Odpor v závernom smere	<i>menší</i>	<i>väčší</i>

Hraničná frekvencia	vyššia	nižšia
Teplotná závislosť	vyššia	nižšia
Teplota prechodu	nižšia	vyššia

Doplňte do VA charakteristík polovodičových diód typu diód podľa použitého polovodičového materiálu:



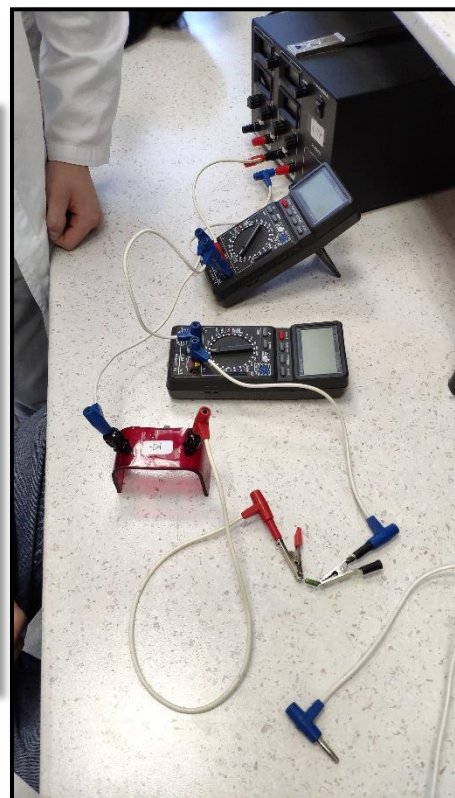
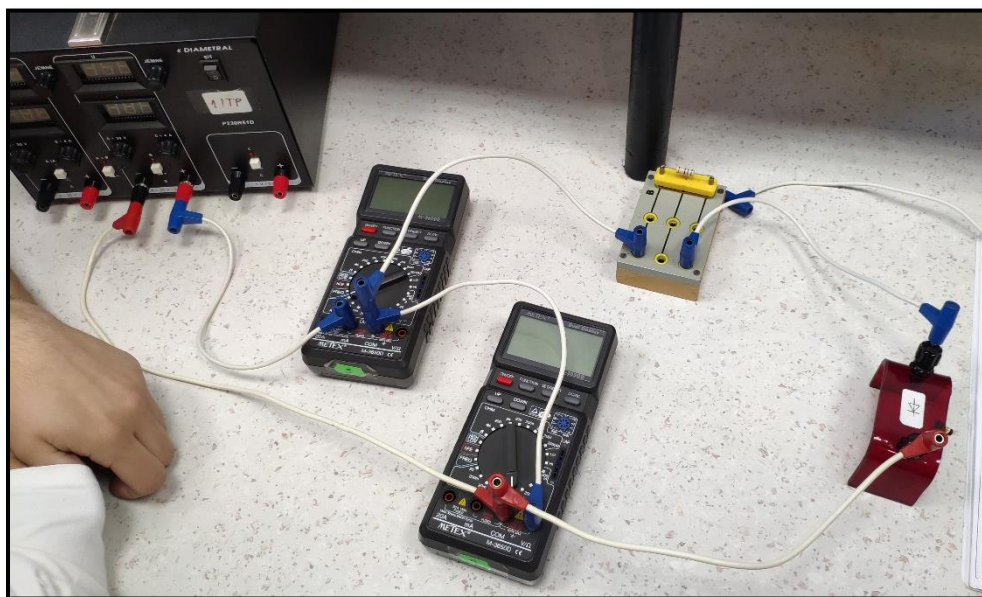
Pri meraní VA charakteristiky Zenerovej diódy je potrebné dodržať tieto pravidlá:

- skontrolovať schému zapojenia
- skontrolovať zapojenie elektród diódy (anóda, katóda) + spôsoby ich zistenia
- rozsahy na meracích prístrojoch
- riadiť sa podľa katalógových údajov daného typu diódy / parametre (Zenerov prúd)

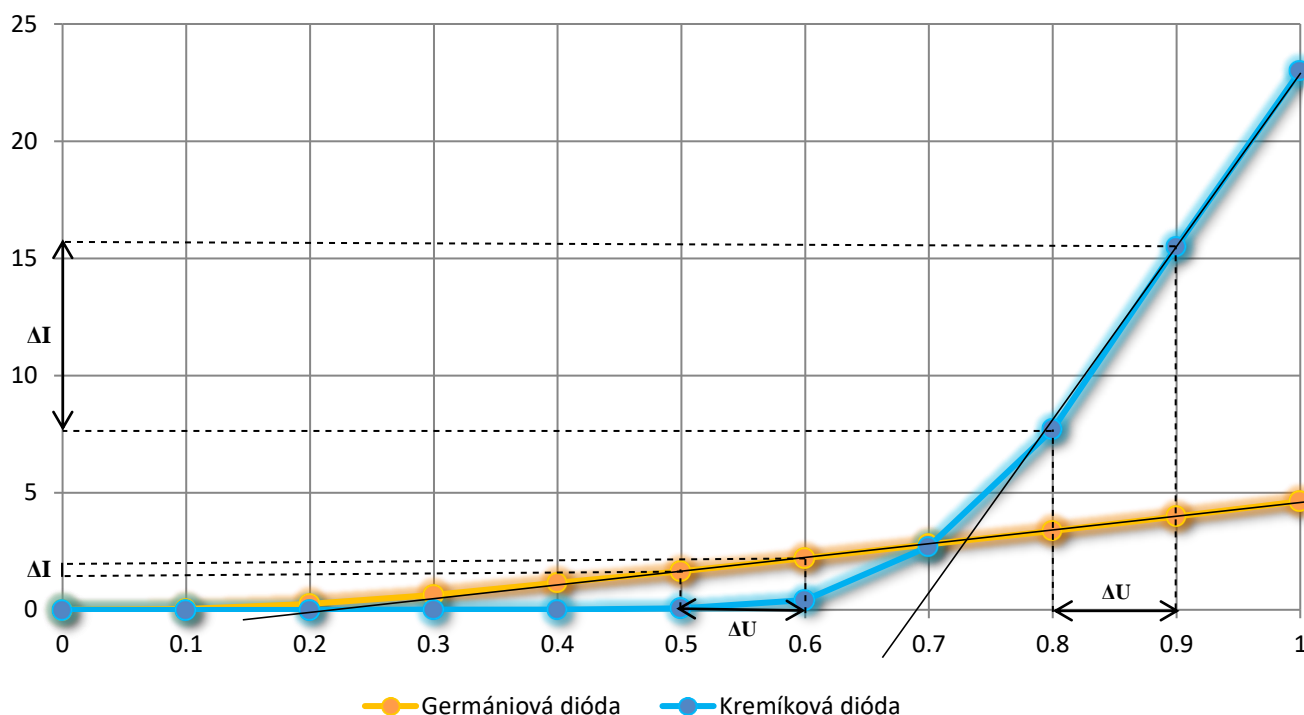
Zhodnotenie práce na hodine ZER:

Stručne zhodnoťte svoju aktívnu prácu na danej hodine, čím konkrétnym ste prispeli k výsledku merania a jeho vyhodnoteniu

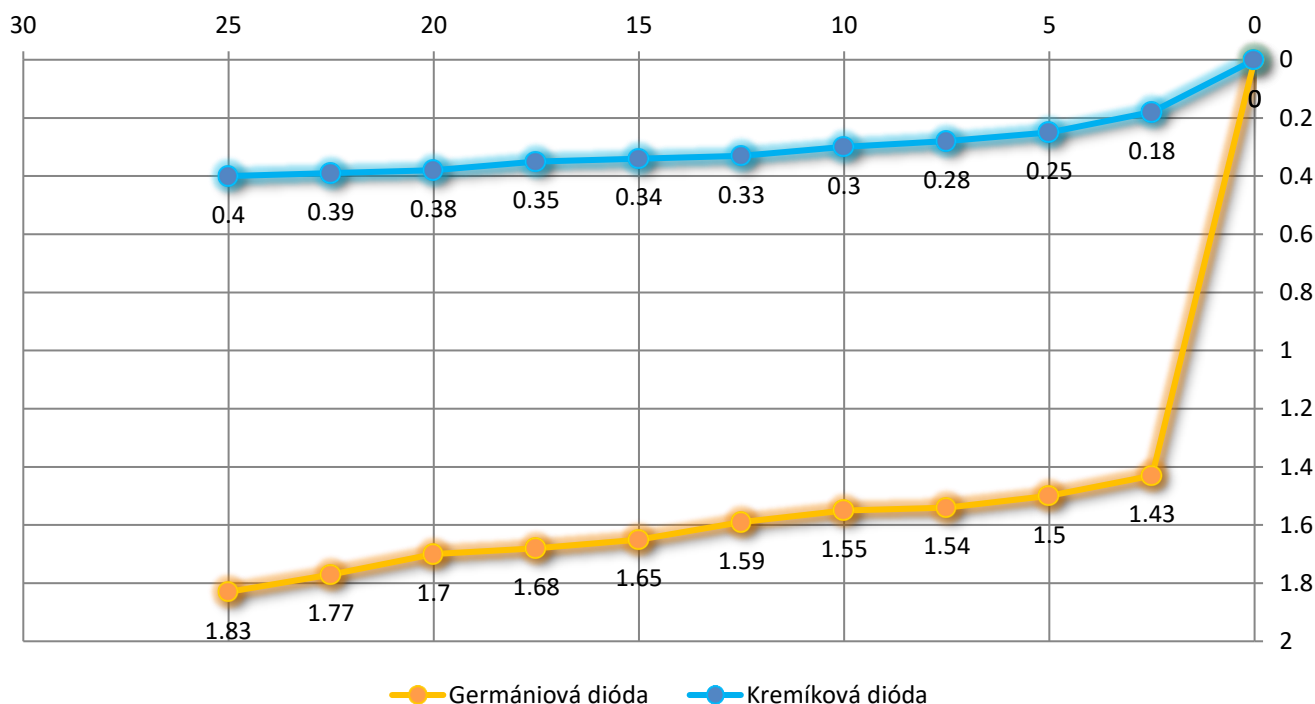
Svoju aktívnu prácu na hodine *sám klasifikujem známku*:



VA-charakteristika Ge/Si diódy - $I_F = f(U_F)$



VA-charakteristika Ge/Si diódy - $I_R = f(U_R)$



$$R_{DGe} = \frac{0.1}{0.56 \times 10^{-3}} = 178.57 \Omega$$

$$R_{DSi} = \frac{0.1}{7.8 \times 10^{-3}} = 12.82 \Omega$$