

Polovodičová dioda

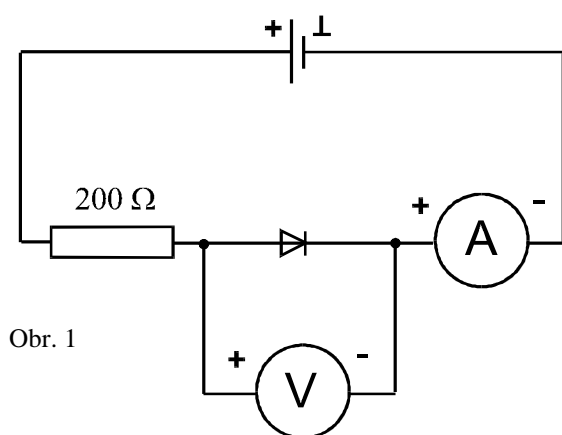
Pomůcky: Systém ISES, moduly: voltmetr, ampérmetr, křemíková germaniová, svítivá (LED) dioda, tři LED na panelu s rezistory, sada rezistorů, 2 spojovací vodiče s hroty, 6 spojovacích vodičů s banánky, dvě krokosvorky, multimetr (např. M3900), trubička pro zastínění, soubory: **dioda1.imc**, **dioda2.imc**, **dioda3.imc**, **dioda4.imc**.

Úkoly:

- 1) Proměřit voltampérovou charakteristiku křemíkové, germaniové a LED diody.
- 2) Naučit se ovládat výstupní napětí z počítače.
- 3) Určit proud I_{min} , při němž začínají svítit jednotlivé LED a určit proud I_{prac} , při němž již svítí plně.

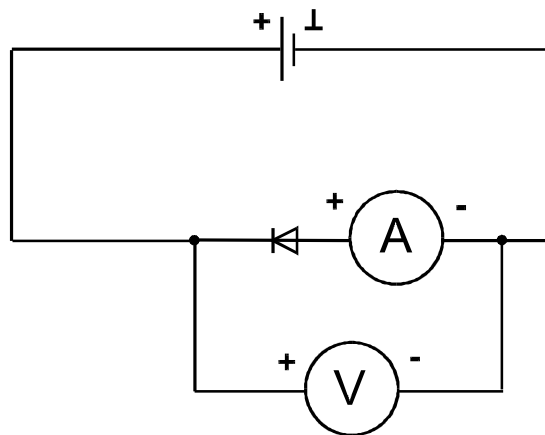
Teorie:

Voltampérovou charakteristiku měříme v propustném i závěrném směru.



Obr. 1

Propustný směr



Obr. 2

Závěrný směr

V závěrném směru má dioda velký odpor srovnatelný s odporem voltmetru, proto je třeba změnit oproti propustnému směru zapojení ampérmetru a voltmetru. Rezistor omezující proud je nyní zbytečný.

Jestliže zapojíme svítivou (LED) diodu v propustném směru, začne při určité hodnotě proudu svítit. Při srovnání se žárovkou se však jedná o výrazně nižší proud. Světlo vzniká u žárovky rozžhavením vlákna, u LED jde o energetické změny v elektronových obalech. Dioda zůstává chladná.

Nastavení: *dioda1.imc*: - start krokový (20 kroků), výstup: pila od 0 V do 3,5 V, panel č.1 - graf $I=f(U)$ proud I od 0 mA do 10 mA, napětí U od 0 do 3 V

dioda2.imc: start krokový (15 kroků), výstup: pila od 0 V do 5 V, panel č.1 - graf $I=f(U)$ proud I od -1 mA do 10 mA, napětí U od -5 V do 0 V. Panel č.2 - proud -1 mA až 1 mA digitálně (3 desetinná místa)

Provedení:



1. úkol: Na modulu **voltmetr** nastavíme rozsah **10 V** s nulou na kraji a zasuneme do **kanálu A**. Na modulu **ampérmetr** nastavíme rozsah **10 mA** s nulou na kraji a zasuneme jej do **kanálu B**.

Učitel'ský počítač musí být spuštěný. Poklepáním na „Software G“ si zpřístupníme potřebné soubory a spustíme ISES. Založíme nový experiment a načteme do konfigurace „**dioda1.imc**“.


Zapojíme křemíkovou diodu v propustném směru (obr. 1), jako zdroj napětí použijeme **výstupní kanál E**.

Požádáme vyučujícího o kontrolu zapojení!

Soubor „**dioda1.imc**“ nastavil měření ve 20 krocích přičemž počítač vždy po stisknutí ENTER zvýší napětí v kanálu E a přečte napětí a proud v kanálech A, B. Na obrazovku současně umístí bod do voltampérové charakteristiky v propustném směru. Spustíme měření tlačítkem OK.

Po 20 krocích klikneme na „Zpracování“  a „Klouzavý odečet“  a v okně napravo se objeví souřadnice naměřených bodů. Opíšeme je do tabulky č.1, abychom mohli sestrojít graf.

Z grafu na obrazovce určíme prahové napětí U_{F0} , to je napětí, při kterém proud diodou začíná výrazně vzrůstat. Tímto napětím se budou jednotlivé diody lišit. Současně určíme úbytek napětí na diodě při proudu 5 mA a zapíšeme U_{Si} .


Vyměníme diodu za germaniovou v propustném směru a nahradíme experiment pomocí a červených šipek . Proměříme voltampérovou charakteristiku a totéž zopakujeme ještě pro samostatnou červenou LED.

Vezmeme znovu křemíkovou diodu a zapojíme ji v závěrném směru (obr. 2). **Ampérmetr** je třeba přepnout na nejcitlivější rozsah, tedy **1 mA**. Načteme do konfigurace „**dioda2.imc**“.

Požádáme vyučujícího o kontrolu zapojení!

Měření provedeme v nastavených 15 krocích klávesou ENTER. V horním okně se kreslí body do grafu závěrné charakteristiky (na osách jsou záporná čísla) a v dolním okně se zobrazuje proud, který je většinou roven nule. Dioda v tomto směru proud téměř nepropouští. Hodnoty zapíšeme do tabulky č.2.

Měření v závěrném směru zopakujeme pro germaniovou a LED. Rozebereme celý obvod.

2. úkol: Pomocí červených šipek nahradíme experiment a načteme do konfigurace „**dioda3.imc**“. Na multimetru M3900 nastavíme rozsah 20 V/DCV (stejnoseměrný rozsah) a připojíme jej k výstupnímu kanálu E. Zdíčka „COM“ se připojí ke zdínce uzemnění  a zdíčka označená „V/Ω“ se připojí ke zdínce ±.

Požádáme vyučujícího o kontrolu zapojení!

Po stisku OK se na obrazovce v horním okně kreslí graf – závislost výstupního napětí na čase. V dolním okně je napětí zobrazené digitálně. Tato hodnota by se měla dobře shodovat s napětím které měří digitální voltmetr. Zatím je napětí nula.

Naučíme se ovládat výstupní napětí v kanálu E, které lze nastavit v rozsahu -5 V až +5 V, zatím v ručním řízení. Tlačítka na numerické klávesnici mají tyto funkce:

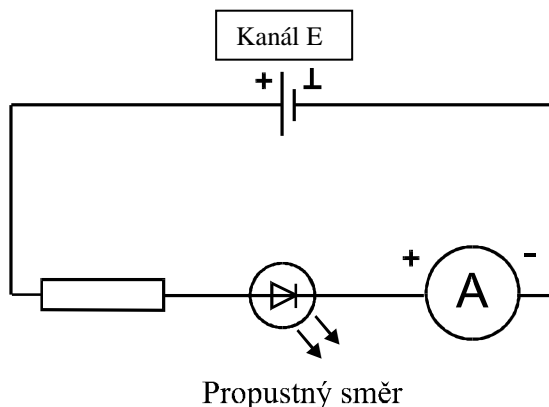
klávesa	napětí	klávesa	napětí
1	1 V	Alt+1	-1 V
2	2 V	Alt+2	-2 V
3	3 V	Alt+3	-3 V
4	4 V	Alt+4	-4 V
5	5 V	Alt+5	-5 V
0	0 V		
+	jemně zvyšuje napětí		
-	jemně snižuje napětí		
*	hruběji zvyšuje napětí		
/	hruběji snižuje napětí		

Vyzkoušíme nejprve ovládání čísla a pak i vše ostatní. Záporné napětí znamená, že zdíčka označená ± má proti uzemněné záporný potenciál. Do protokolu zapíšeme krok, o kolik se mění napětí při použití „+“ a „-“ a pak také při použití „*“ a „/“.

3. úkol: Dvojitým kliknutím „STOP“ přerušíme měření, klikneme na červené šipky a načteme do konfigurace „**dioda4.imc**“. Provedeme zapojení jedné z trojice svítivých diod podle následujícího obr: 3.

Na ampérmetru ISES přepneme na rozsah 10 mA! Předřadný rezistor je již zabudován na panelu.

Obr. 3



Požádáme vyučujícího o kontrolu zapojení!

Po kliknutí na OK se objeví na obrazovce 3 okna. V tom horním se digitálně zobrazuje proud diodou, v prostředním je graf závislosti nastavovaného napětí na čase a v dolním je nastavené napětí zobrazeno digitálně.

Umístíme na diodu trubičku pro odstínění denního světla, začneme na numerické klávesnici zvyšovat napětí a pečlivě sledujeme okamžik, kdy se dioda ve tmě slabounce rozsvítí. Proud I_{min} zapíšeme do protokolu. Pak postupně zvyšujeme napětí až do 5 V. Snažíme se najít proud I_{prac} , při kterém se již jas diody nezvyšuje. Zapíšeme do protokolu a přesuneme vodič na rezistor další diody. Všechny tři katody jsou propojené, proto jeden vodič zůstává na místě. Proměříme všechny tři LED.

Zkrácená verze

- Na voltmetru nastavíme rozsah **10 V** s nulou na kraji a zasuneme do **kanálu A** . Na ampérmetru nastavíme rozsah **10 mA** s nulou na kraji a zasuneme do **kanálu B**.
- Zapojíme křemíkovou diodu v propustném směru, zdrojem napětí je výstupní kanál E.
- Poklepnáním na „Software G“ si zpřístupníme soubory **dioda1.imc** až **dioda4.imc** a spustíme ISES.
- Založíme nový experiment a načteme do konfigurace **dioda1.imc**.
- **Požádáme vyučujícího o kontrolu zapojení !**
- V krokovém režimu změříme graf a pomocí „Zpracování dat“ a „Klouzavý odečet“ získáme hodnoty pro tabulku č.1.
- Určíme prahové napětí U_{F0} a úbytek napětí U_{Si} na diodě při proudu 5 mA.
- Zopakujeme postup pro germaniovou diodu a LED.

- Načteme do konfigurace „**dioda2.imc**“.
- Zapojíme křemíkovou diodu v závěrném směru.
- Ampérmetr je třeba přepnout na **1 mA**.
- **Požádáme vyučujícího o kontrolu zapojení !**
- V krokovém režimu změříme graf a zapíšeme hodnoty do tabulky č. 2.
- Zopakujeme pro germaniovou diodu a LED. Rozebereme celý obvod.

- Pomocí červených šipek nahradíme experiment a načteme „**dioda3.imc**“.
- Multimetr přepneme na 20 V/DCV a připojíme k výstupnímu kanálu E.
- Klávesami podle tabulky řídíme výstupní napětí.
- Zapíšeme do protokolu krok napětí.

- Dvojitým kliknutím na „STOP“ přerušíme měření, pak červené šipky, načteme do konfigurace „**dioda4.imc**“.
- Zapojíme jednu z LED na panelu podle obr. 3.
- **Ampérmetr ISES přepneme na rozsah 10 mA !**
- **Požádáme vyučujícího o kontrolu zapojení !**
- Ovládáme výstupní napětí a pro každou ze tří LED určíme I_{min} a I_{prac} .

Protokol

Název: Polovodičová dioda

Pomůcky:

Teorie:

Vypracování:

1)

Tabulka č.1: Diody v propustném směru

číslo měření	Křemíková dioda KY 722		Germaniová dioda GA 203		LED	
	$\frac{U_F}{V}$	$\frac{I_F}{mA}$	$\frac{U_F}{V}$	$\frac{I_F}{mA}$	$\frac{U_F}{V}$	$\frac{I_F}{mA}$
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Prahové napětí:

křemíková $U_{F0} = \dots V$

germaniová $U_{F0} = \dots V$

LED $U_{F0} = \dots V$

Úbytek napětí při 5 mA:

$U_{Si} = \dots V$

$U_{Ge} = \dots V$

$U_{LED} = \dots V$

Tabulka č.2: Diody v závěrném směru

číslo měření	Křemíková dioda KY		Germaniová dioda GA 203		LED	
	$\frac{U_R}{V}$	$\frac{I_R}{mA}$	$\frac{U_R}{V}$	$\frac{I_R}{mA}$	$\frac{U_R}{V}$	$\frac{I_R}{mA}$
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

Graf: Voltampérová charakteristika všech tří diod v jediném grafu.

2) Krok napětí řízený pomocí „+“ a „-“ $\Delta U = \dots V$

Krok napětí řízený pomocí „*“ a „/“ $\Delta U = \dots V$

3) Tabulka č.3: Proudové svítivých diod

Červená dioda		Žlutá dioda		Zelená dioda	
$\frac{I_{min}}{mA}$	$\frac{I_{prac}}{mA}$	$\frac{I_{min}}{mA}$	$\frac{I_{prac}}{mA}$	$\frac{I_{min}}{mA}$	$\frac{I_{prac}}{mA}$
...

Závěr: Diskutovat odlišnosti voltampérových charakteristik v propustném a závěrném směru, porovnat prahová napětí a úbytky napětí při průchodu proudem 5 mA. Jakou regulaci napětí umožňuje měřicí systém ISES? Porovnat proudy, při kterých svítí LED různých barev.

