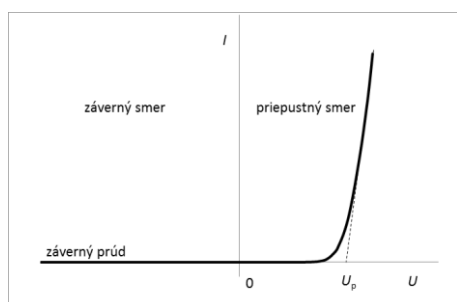


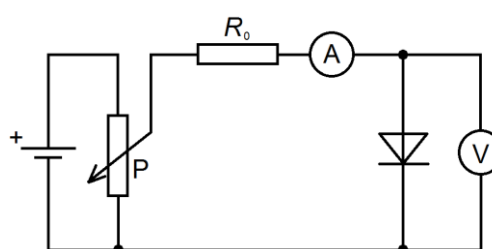
57. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2015/2016
Kategória A – celoštátne kolo
Banská Bystrica, 16.4.2016
experimentálna úloha

Teoretický úvod

Polovodičová dióda je nelineárna elektrická súčiastka s usmerňovacím účinkom. Má nesymetrickú voltampérovú charakteristiku. To znamená, že má nerovnakú vodivosť pre rôzne polarizácie pripojeného napätia. Je to polovodičová súčiastka vytvorená spravidla jednoduchým PN prechodom. Typická V–A charakteristika je na obr. A–1.



Obr. A–1



Obr. A–2

V priepustnom smere je napätie medzi anódou a katódou kladné, v závernom smere záporné. Teoretickú závislosť prúdu I diódy od napätia U pre záverný smer a priepustný smer až po ohyb charakteristiky okolo napätia U_p je daný funkciou

$$I = I_0 \left(e^{\frac{U}{nU_T}} - 1 \right), \quad (1)$$

kde I_0 je veľkosť nasýteného prúdu v závernom smere,

$$U_T = \frac{kT}{e} \quad (2)$$

je teplotné napätie, $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ Boltzmannova konštanta, $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ elementárny náboj, T termodynamická teplota. Faktor kvality n P–N priedochodu závisí od vnútorného usporiadania diódy a pre bežné diódy nadobúda hodnoty medzi 1 a 2. *Pozn.: Pre ideálnu diódu $n = 1$ a funkcia (1) v tomto prípade predstavuje Shockleyho rovnicu, ktorú odvodil William Shockley v roku 1948.*

Pre časť charakteristiky $U > U_p$ predstavuje závislosť prúdu od napätia prakticky lineárny priebeh, ktorý možno vyjadriť funkciou

$$I = \frac{1}{R_d} (U - U_p) \text{ pre } U > U_p, \quad (3)$$

kde U_p je tzv. prahové napätie diódy a R_d diferenciálny odpor diódy.

Úlohy:

1. S použitím obvodu podľa schémy na obr. A–2 zmerajte V–A charakteristiku polovodičovej diódy 1N4148 v priepustnom smere. Hodnoty napätia a prúdu diódy zapíšte do tabuľky v protokole merania. Zostrojte graf 1 nameranej charakteristiky diódy v priepustnom smere.

Pozn.: S ohľadom na presnosť a citlivosť meracích prístrojov nastavujte minimálny prúd s dvomi platnými číslicami na najnižšom rozsahu, tzn. väčší ako 0,010 mA. Dióda 1N4148 má maximálny povolený prúd 200 mA, preto v žiadnom prípade neprekračujte túto hodnotu!

Šetrite zdroje, preto zapínajte napájaciu batériu a meracie prístroje iba počas merania!

2. V oblasti merania platí $I \gg I_0$. Zjednodušte funkciu (1) pre tento predpoklad. Zavedením nových premenných y a x linearizujte funkciu (1) a $y = f(x)$ uveďte do protokolu. Vypočítajte hodnoty nových premenných a zapíšte ich do tabuľky nameraných hodnôt protokolu. Zostrojte graf 2 funkcie $y = f(x)$ a vyznačte v ňom interval napätia platnosti linearity. Odchýlku od linearity mimo tohto intervalu zdôvodnite.
3. Lineárnu časť grafu 2 prekreslite detailnejšie do grafu 3. Nameranými bodmi preložte optimálnu priamku (regresnú priamku) a určte hodnoty koeficientov príslušnej lineárnej závislosti. Tieto hodnoty zapíšte do protokolu. Pomocou určených koeficientov určte hodnotu I_0 nasýteného prúdu v závernom smere a faktor kvality n . Výsledky zapíšte do protokolu.

Pozn.: Uvažujte teplotu P–N priechodu $T = 300$ K.

4. Vo V–A charakteristike v grafe 1 určte interval napätia, v ktorom možno považovať závislosť prúdu od napätia za lineárnu. Túto časť charakteristiky preneste do detailnejšieho grafu 4. Nameranými bodmi preložte optimálnu priamku a určte hodnoty veličín U_p a R_d . Výsledky zapíšte do protokolu.

Použité meracie prístroje:

- a) Digitálny teplomer, vlhkomer a barometer.
 - b) Plochá batéria 2x4,5 V.
 - c) Potenciometer.
 - d) R_0 – ochranný odpor.
- a) Polovodičová dióda 1N4148.
 - b) Digitálny multimeter 2 ks.

Pozn.: Pri spracúvaní tabuliek a grafov nezabudnite na formálne náležitosti, ako sú označenie veličín, jednotiek, mierky na osiach, vyznačenie nameraných hodnôt, pravdepodobný priebeh grafu, správnu voľbu mierky na osiach, zakreslenie regresnej priamky a hodnôt pre určenie jej parametrov.

57. ročník Fyzikálnej olympiády

Kategória A – celoštátne kolo

Banská Bystrica, 16.4.2016

PROTOKOL MERANIA

A) Podmienky merania

Teplota	
Tlak	
Vlhkosť	

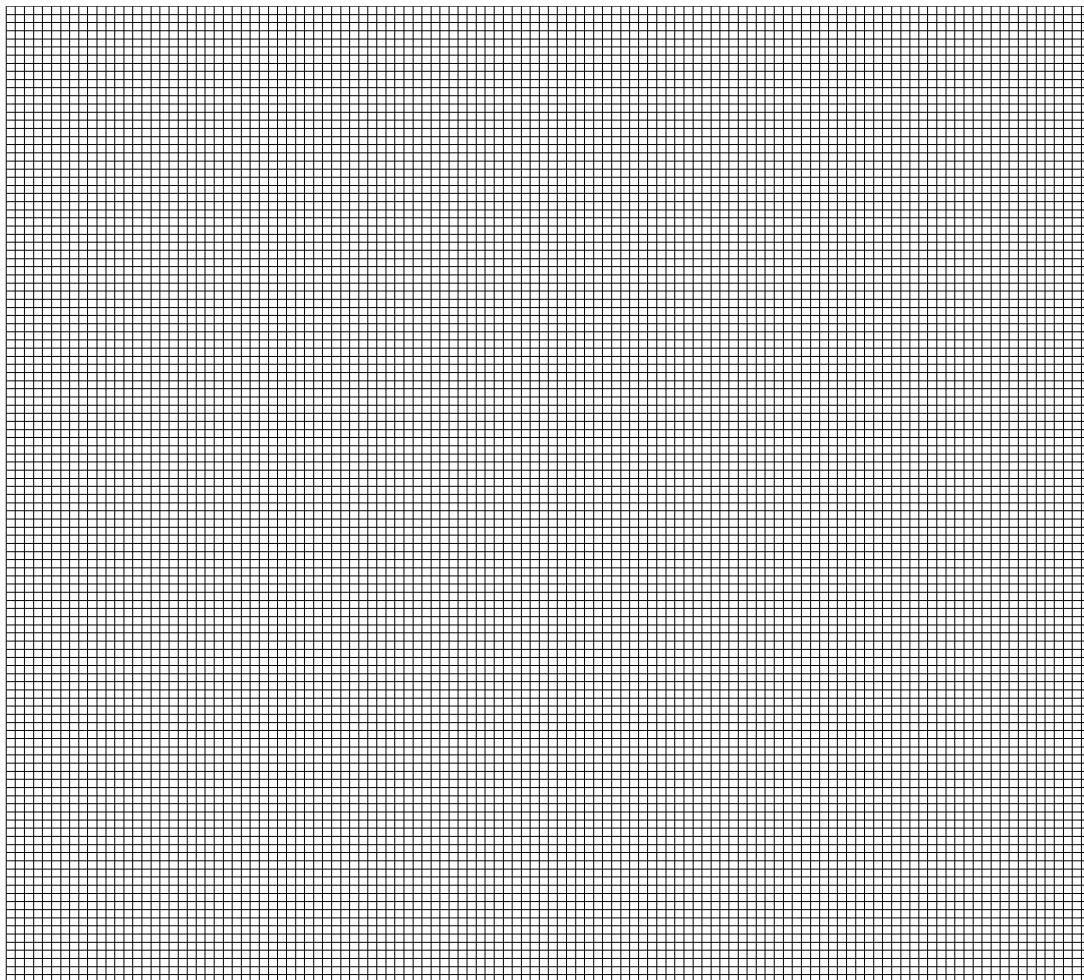
B) Tab. 1 V–A charakteristika – namerané a vypočítané hodnoty

Minimálny prúd 10 μ A, maximálny prúd 200 mA

Poradie				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

Kód riešiteľa:

C) Graf 1



D) Predpoklad a zjednodušený tvar rovnice (1)

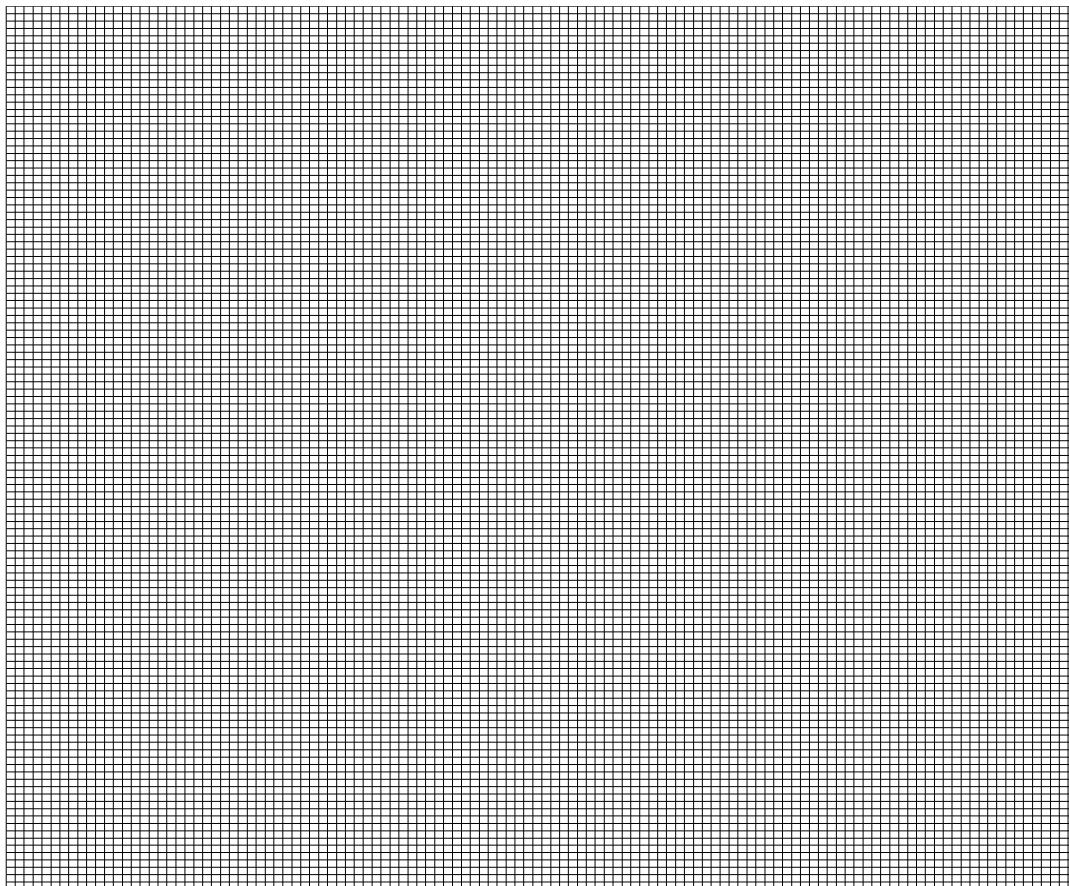
Linearizovaná zjednodušená rovnica

Nové premenné x, y :

Linearizovaná funkcia $y = f(x)$:

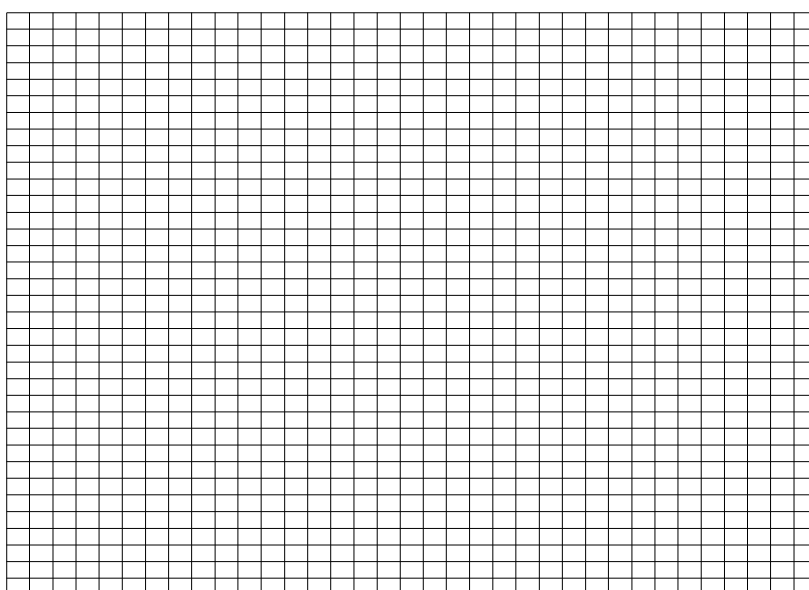
Kód riešiteľa:

E) Graf 2



Odhadnutý interval linearity :

Graf 3



Kód riešiteľa:

Vysvetlenie odchýlky od linearity :

Rovnica a koeficienty optimálnej (regresnej) priamky

Príslušné vzťahy a hodnoty I_0 a n

$I_0 =$

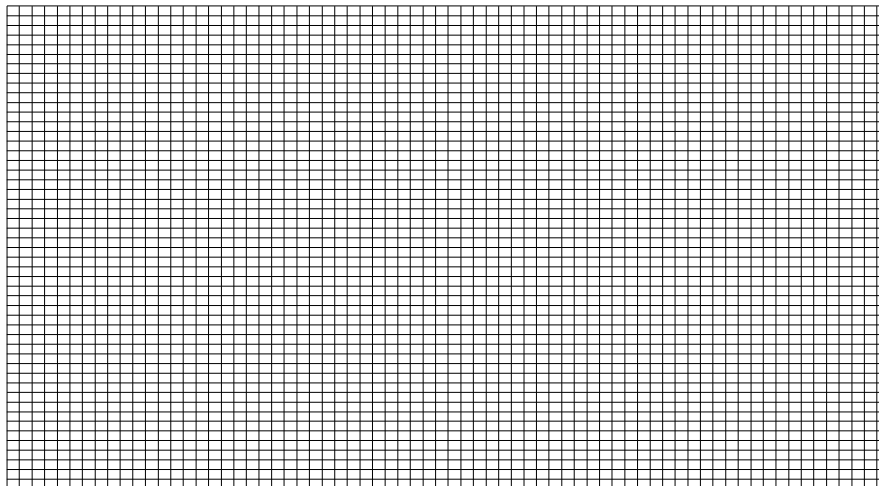
$n =$

$I_0 =$

$n =$

F) Interval linearity V–A charakteristiky podľa grafu 1

Graf 4 pre hodnoty z oblasti linearity V–A charakteristiky



Rovnica a koeficienty optimálnej (regresnej) priamky

Hodnoty U_p a R_d

$U_p =$

$R_d =$

$U_p =$ $R_d =$