

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ
FYZIKÁLNÍ ELEKTRONIKA
MĚŘENÍ STATICKÝCH CHARAKTERISTIK DIOD

Martin Zlámal

Datum měření 7. října 2013

© *Datum poslední revize 21. října 2013*

L^AT_EX

Obsah

| | | |
|-----|--|---|
| 1 | Zadání | 2 |
| 2 | Schéma zapojení | 3 |
| 3 | Naměřené a vypočtené hodnoty | 4 |
| 3.1 | Mezní katalogové parametry součástek | 4 |
| 3.2 | Výpočet statického odporu diod | 4 |
| 3.3 | Výpočet dynamického odporu diod | 4 |
| 4 | Grafy | 6 |
| 5 | Závěr | 7 |

Seznam obrázků

| | | |
|---|--|---|
| 1 | Schéma pro měření V-A charakteristiky v propustném směru | 3 |
| 2 | Schéma pro měření V-A charakteristiky v závěrném směru | 3 |
| 3 | V-A charakteristika - propustný směr | 6 |
| 4 | V-A charakteristika - závěrný směr | 6 |
| 5 | V-A charakteristika - regrese průběhu LED diody | 6 |

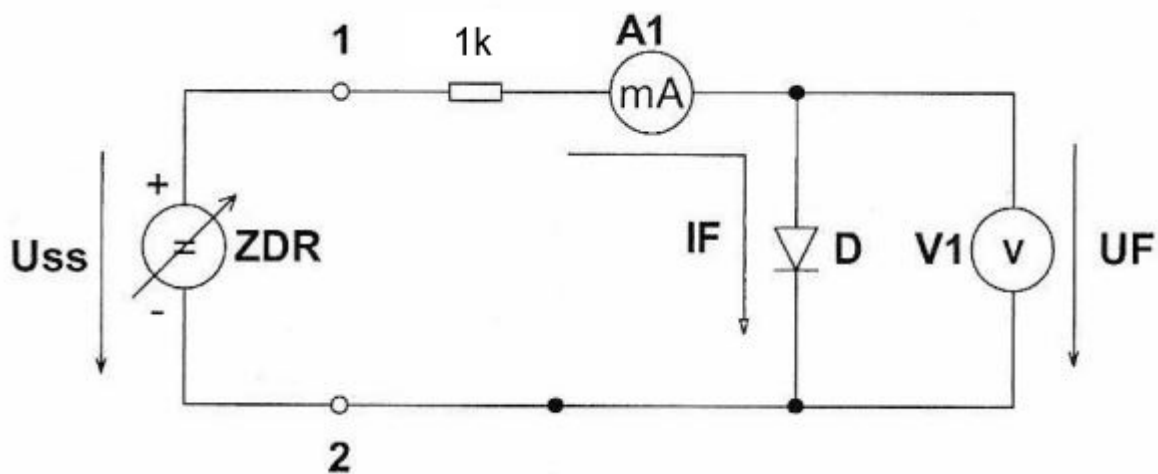
Seznam tabulek

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Mezní katalogové parametry diod | 4 |
|---|---|---|

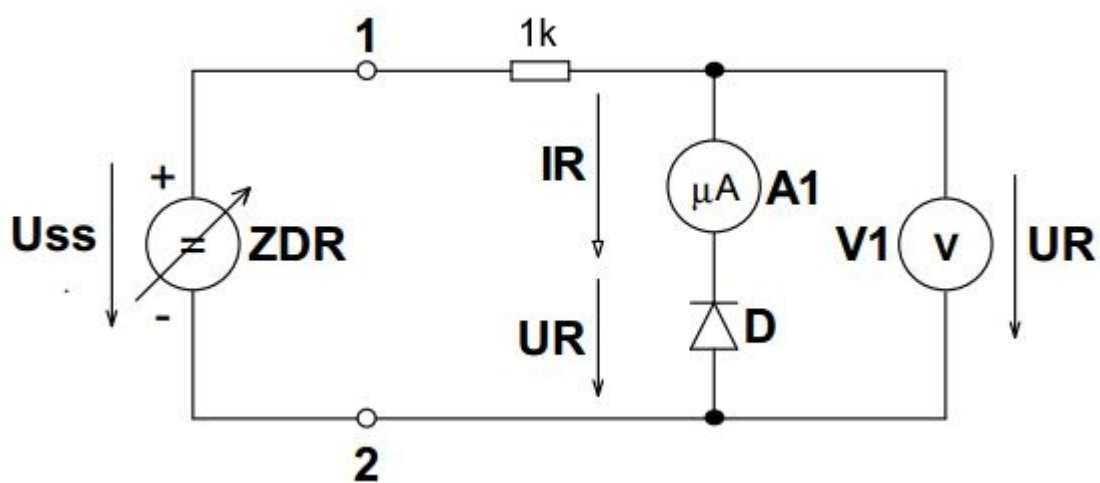
1 Zadání

1. Vyhledejte v katalogu pro každou z předložených diod mezní hodnoty propustného proudu I_F (F z angl. "forward") a závěrného napětí U_R (R z angl. "reverse") a poznamenejte si je.
2. Navrhněte schémata pro měření voltampérové charakteristiky diod v propustném a závěrném směru (nestačí pouze otočit polaritu napětí na diodě). V zapojení použijte ochranný odpor o hodnotě $1k\Omega$.
3. Změřte V-A charakteristiky pro zadané typy polovodičových diod v propustném i závěrném směru. Diody LED měřte pouze v propustném směru a maximálně do **15mA**.
4. Ve zvoleném pracovním bodě stanovte statický a dynamický odpor diod.
5. Najděte analytickou funkci, která aproximuje charakteristiku diody, vycházejte ze Shockleyho rovnice. Zvolte si jednu diodu a tuto funkci vynesete do samostatného grafu.
6. Naměřené V-A charakteristiky vynesete do grafů. Propustný směr všech diod bude umístěn do jednoho grafu. Totéž platí pro závěrný směr. Dbejte na správné umístění charakteristik do příslušných kvadrantů osového kříže.
7. Do závěru porovnejte prahové napětí změřených diod a určete typ diody (Si, Ge a Šotkyho). Porovnejte a zhodnoťte statické a dynamické odpory diod.

2 Schéma zapojení



Obrázek 1: Schéma pro měření V-A charakteristiky v propustném směru



Obrázek 2: Schéma pro měření V-A charakteristiky v závěrném směru

3 Naměřené a vypočtené hodnoty

3.1 Mezní katalogové parametry součástek

Tabulka 1: Mezní katalogové parametry diod

| Typ diody | Mezní hodn. prop. proudu I_F | Mezní hodn. závěr. napětí $U_R[V]$ |
|------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Modrá LED | 20mA | 3V |
| Žlutá LED | 20mA | 2,1V |
| 1N4007 | 1A | 1000V |
| D9D | 50mA | 30V |
| SB 360 | 3A | 60V |
| KY 130/150 | 30mA | 180V |

3.2 Výpočet statického odporu diod

Statický odpor vypočítávám ze zvoleného pracovního bodu viz zadání s využitím ohmova zákona:

$$R_{S(BlueLED)} = \frac{U}{I} = \frac{3,56}{4,39 \cdot 10^{-3}} = 810,934\Omega \quad (1)$$

$$R_{S(YellowLED)} = \frac{U}{I} = \frac{2,35}{5,97 \cdot 10^{-3}} = 393,635\Omega \quad (2)$$

$$R_{S(1N4007)} = \frac{U}{I} = \frac{0,66}{9,3 \cdot 10^{-3}} = 70,9677\Omega \quad (3)$$

$$R_{S(D9D)} = \frac{U}{I} = \frac{0,34}{8,5 \cdot 10^{-3}} = 40,0\Omega \quad (4)$$

$$R_{S(SB360)} = \frac{U}{I} = \frac{0,19}{7,7 \cdot 10^{-3}} = 24,6753\Omega \quad (5)$$

$$R_{S(KY130/150)} = \frac{U}{I} = \frac{0,62}{137,778 \cdot 10^{-3}} = 24,6753\Omega \quad (6)$$

3.3 Výpočet dynamického odporu diod

Dynamický (diferenciální) odpor vypočítávám ze zvoleného pracovního bodu viz zadání s využitím ohmova zákona. Používám hodnoty blízké k hodnotám při výpočtu statického odporu diod. Dynamický odpor se mění v závislosti na tom, kde na křivce zvolíme pracovní bod.

Pro výpočet dynamického odporu je zapotřebí znát směrnici tečny funkce v konkrétním bodě což je vlastně:

$$r_D = \frac{dU}{dI} \quad (7)$$

Pro derivaci bych však musel znát přesný předpis funkce, což v tomto případě není možné, jelikož výstupem měření jsou pouze body. Pro skutečné měření se proto používá spíše rovnice:

$$R_D = \frac{\Delta U}{\Delta I} \quad (8)$$

Pokud se budu limitně blížit proudem k nule, získám teoretický derivační vztah. Výpočet se tedy provádí tak, že změříme proud, který protéká diodou při daném napětí. Poté zvětšíme protékaný proud a opět obě hodnoty odečteme.¹ Tím můžeme využít onoho rozdílového vztahu. Tento postup bude tím přesnější, čím bude ΔU resp. ΔI menší.

$$R_{D(BlueLED)} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{3,56 - 3,46}{4,39 \cdot 10^{-3} - 2,49 \cdot 10^{-3}} = 52,6316\Omega \quad (9)$$

$$R_{D(YellowLED)} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{2,35 - 2,22}{5,97 \cdot 10^{-3} - 3,92 \cdot 10^{-3}} = 63,4146\Omega \quad (10)$$

$$R_{D(1N4007)} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{0,66 - 0,65}{9,3 \cdot 10^{-3} - 7,2 \cdot 10^{-3}} = 4,7619\Omega \quad (11)$$

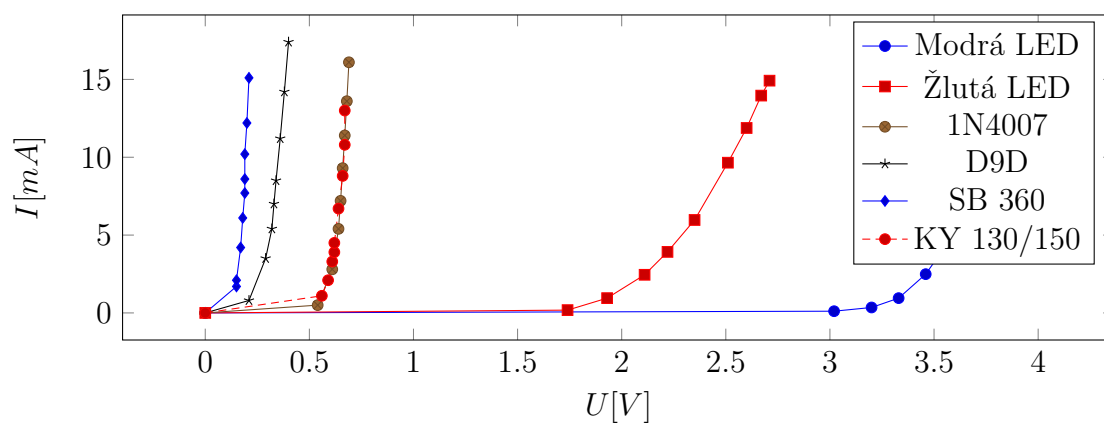
$$R_{D(D9D)} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{0,34 - 0,33}{8,5 \cdot 10^{-3} - 7,0 \cdot 10^{-3}} = 6,6667\Omega \quad (12)$$

$$R_{D(SB360)} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{0,19 - 0,18}{7,7 \cdot 10^{-3} - 6,1 \cdot 10^{-3}} = 6,2500\Omega \quad (13)$$

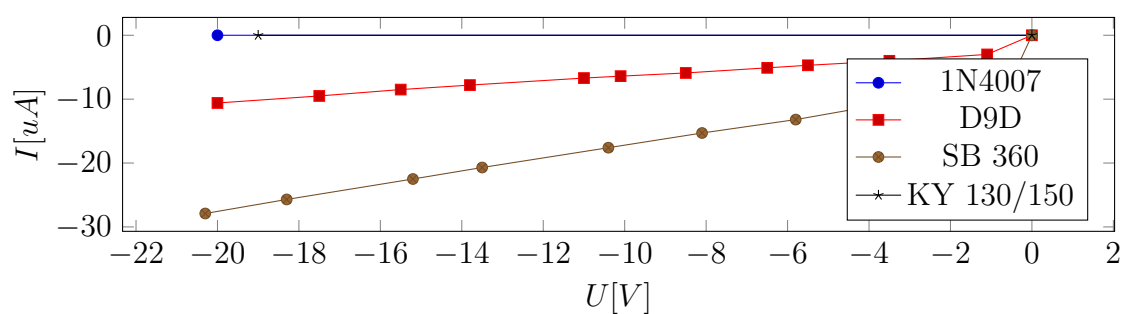
$$R_{D(KY130/150)} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{0,62 - 0,61}{4,5 \cdot 10^{-3} - 3,3 \cdot 10^{-3}} = 8,3333\Omega \quad (14)$$

¹doc. Ing. Július Štelina, CSc. - Meranie dynamického odporu polovodičových diód

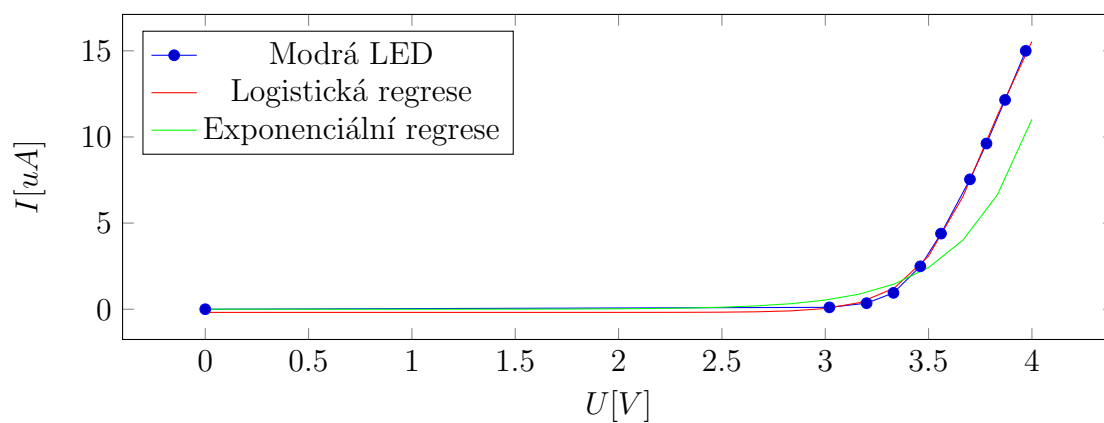
4 Grafy



Obrázek 3: V-A charakteristika - propustný směr



Obrázek 4: V-A charakteristika - závěrný směr



Obrázek 5: V-A charakteristika - regrese průběhu LED diody

V-A charakteristika modré LED diody je aproximována logistickou regresí, konkrétně se jedná o následující funkci:

$$y = \frac{20.6131}{1 + 2.2383 \cdot 10^9 \cdot e^{-5.67475 \cdot x}} - 0.183578 \quad (15)$$

Tím získáme poměrně velmi přesnou aproximaci naměřených hodnot. Jednodušší avšak méně přesnou aproximaci naměřených hodnot získáme exponenciální regresí:

$$y = 0.00006 \cdot (20.7061)^x \quad (16)$$

Tato aproximace je na jednu stranu nepřesná v měřeném úseku, na druhou stranu je snadno předvídatelná. Logistická regrese oproti exponenciální velmi dobře aproximuje konkrétní měřené hodnoty, avšak mimo definiční obor a měřený obor hodnot již nabývá nesprávných hodnot.

5 Závěr

Celkem bylo měřeno šest druhů diod. Svítivá LED dioda modrá (složení ZnSe, InGaN, SiC, Si), LED dioda žlutá (složení GaAsP, AlGaInP, GaP), dále dvě usměrňovací (1N4007 a KY 130/150), germaniová (D9D) a Schottkyho dioda (SB 360). Za povšimnutí stojí, že usměrňovací diody, ačkoliv jsou odlišné, mají velice podobné V-A charakteristiky.

Prahová napětí se v rozsahu měření velmi liší. Největší hodnotu prahového napětí naměříme na svítivých LED diodách, konkrétně na modré zhruba $3V$ viz graf V-A charakteristika v propustném směru. Usměrňovací diody mají prahové napětí stejné a to přibližně $0,5V$. Nejmenší prahová napětí naměříme na Schottkyho diodě ($0,2V$) a o něco málo větší na germaniové diodě ($0,3V$).

Dynamický odpor se vůči statickému liší v závislosti na místě odečítání hodnoty a tedy skonu měřené křivky. V jednom stejném bodě může být dynamický i statický odpor rozdílný.