

Zadání virtuální laboratoře č. 3

Polovodičová dioda

Cíle: Experimentálně ověřit chování, charakteristiky a vybrané aplikace polovodičové diody.

Motivace

Na základě sady experimentů porozumíte tzv. diodovému jevu a jeho využití ve vybraných aplikacích.

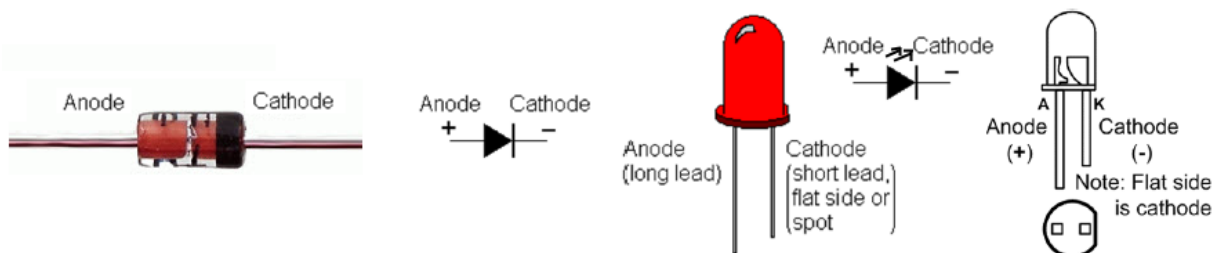
Výstup a jeho hodnocení

Vzhledem k omezení prezenční výuky budete odevzdávat stručnou **zprávu ve formátu PDF** s názvem `xlogin00_lab3.pdf` (kde `xlogin00` je váš login do počítačové sítě na FIT) do informačního systému do termínu **Virtuální laboratoř 3**. Zpráva by měla obsahovat všechny informace požadované v postupu samostatné činnosti.

Vývojové prostředí

Ve virtuální laboratoři budeme používat prostředí Tinkercad. Na serveru YouTube¹ máte krátkou ukázkou práce v tomto prostředí. URL a uživatelské jméno pro připojení ke třídě. Po přihlášení pomocí URL třídy a uživatelského jména, které najdete v informačním systému, si stáhněte kopii zadání². Na vašem "virtuálním stole" naleznete následující komponenty:

- **Nepájivé pole** (k propojování obvodových prvků **použijte toto pole**),
- **Rezistory** o hodnotách odporů dle příslušných schémat (viz dále v zadání),
- 1x **svítivá polovodičová dioda (LED)**; pozn.: katoda je kratší vývod u zarovnaného/seříznutého okraje pouzdra, anoda je delší vývod u zakulaceného okraje pouzdra,
- 2x (**nesvítivá**) **polovodičová dioda**; pozn.: katoda je vývod u "očárkované" části pouzdra, anoda je druhý vývod,



Obr. 1: Polovodičová dioda - schematická značka, pouzdro a rozlišení vývodů u nesvítivé diody (vlevo) a svítivé diody (vpravo)

- **Zdroje napětí:** 1x napájecí zdroj (ss./= 5 V), 1x funkční generátor (frekvence: 20 Hz, amplituda: 5 V, kompenzace ss.: 0 V, funkce: sinus),
- **Měřicí přístroje** (funkce a počet dle potřeby měřicí úlohy): multimetr, osciloskop.
- *Volitelně: posuvný přepínač (pro přepínání napětí mezi 0 V a 5 V na vstupech obvodů z Exp. 4).*

Případné problémy s vývojovým prostředím konzultujte s V. Mrázkem přes MS Teams či mail (mrazek@fit.vutbr.cz). Před psaním problému zkuste: 1) vypnout blokaci reklam v prohlížeči (např. AdBlock), či 2) zkusit jiný prohlížeč.



¹ <https://www.youtube.com/watch?v=bwusm5hsrnE>

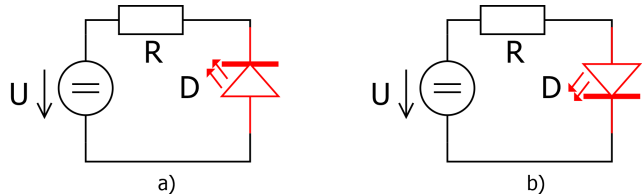
² <https://www.tinkercad.com/things/3FGdSdoeXCV>

Experimenty

Odevzdávaná zpráva musí být vypracována v originálním provedení (odevzdání téže zprávy různými osobami je nepřipustné; spolupracujete-li na řešení laboratoře s někým jiným, zprávu vypracujte samostatně!), **musí obsahovat** hlavičku (jméno, příjmení, login, skupina), odpovědi na označené úkoly³ a screenshot dokumentující zapojení a odpověď ke každému úkolu. Zprávu bude hodnotit váš vedoucí.


Experiment 1 - projev diodového jevu

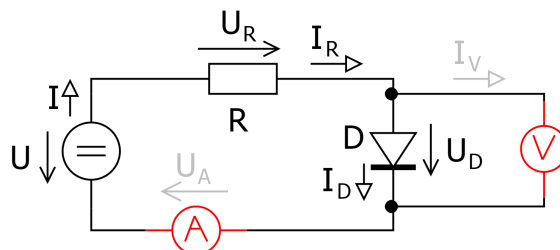
1. Předpokládejte $U = 5 \text{ V ss.}$, $R = 220 \Omega$.
2. Zapojte obvod dle Obr. 2a.
 Zjistěte, zda LED svítí či nikoliv.
3. Zapojte obvod dle Obr. 2b.
 Zjistěte, zda LED svítí či nikoliv.
4. *Nepovinné: zájemci mohou v Obr. 2a či 2b změnit polaritu napětí a zhodnotit dopad na svit LED.*



Obr. 2: Ověření diodového jevu pomocí LED


Experiment 2 - měření VA charakteristiky

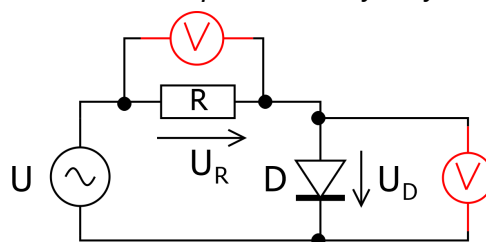
1. Předpokládejte ss./= zdroj U (hodnotu U budeme dále měnit od 0 V do 5 V), $R = 1 \text{ k}\Omega$.
2. Zapojte obvod dle Obr. 3 (včetně multimetru ve funkci ampérmetru, resp. voltmetru).
3.  Odměřte U_d , I_d , poté zobrazte závislost I_d a U_d formou grafu; postup měření:
 - 3.1. Nastavte hodnotu U na 0 V .
 - 3.2. Změřte U_d , I_d .
 - 3.3. Zvyšte hodnotu U ; pozn.: do cca 1 V kroky je jemnější, např. s krokem (100 až 150) mV , poté již lze krocovat hruběji.
 - 3.4. Je-li hodnota U menší než 5 V , pokračujte krokem 3.2; jinak skončete měření a zpracujte naměřené hodnoty.
4. *Nepovinné: zjistěte typickou hodnotu odporu (mezi svorkami) ideálního/reálného ampérmetru resp. voltmetru, promyslete vliv tohoto odporu na hodnotu U_A resp. I_V a na výsledek měření.*




Obr. 3: Obvod pro měření VA charakteristiky diody

Experiment 3 - diodový usměrňovač

1. Předpokládejte stř./≈ zdroj U (funkční generátor s frekvencí 20 Hz , amplitudou 5 V , kompenzací ss. složky 0 V , funkcí sinus), $R = 1 \text{ k}\Omega$.
2. Zapojte obvod dle Obr. 4.
3.  Odměřte a zobrazte souběžné průběhy U , U_R , U_d ; zdůvodněte průběh U_R , resp. U_d pro kladnou a zápornou půlvlnu U .
4. *Nepovinné: zájemci mohou zkusit obrátit polaritu diody a vyhodnotit dopad na U_R , U_d .*






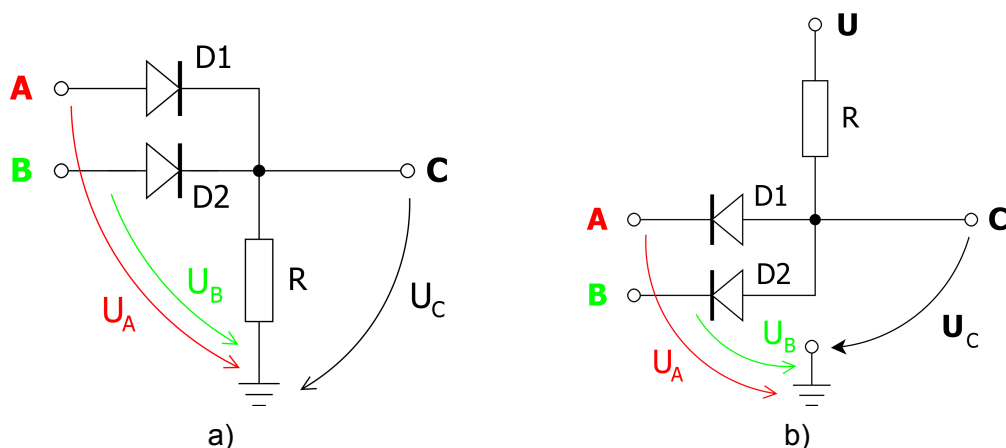
Obr. 4: Sériový diodový usměrňovač

³  značí úkol, jehož výsledek je očekáván v odevzdávané zprávě

Experiment 4 - diodová logika

Předpokládejte, že chceme zkonstruovat číslicový/digitální obvod pracující se dvěma logickými úrovněmi na svých vstupech/výstupech (tzv. binární logický obvod), přičemž napěťová hodnota z určitého rozsahu (např. 0 V až 2 V) představuje tzv. logickou nulu (zkr. log. 0) a napěťová hodnota z určitého rozsahu (např. 3 V až 5 V) představuje tzv. logickou jedničku (zkr. log. 1).

1. Každý z obvodů z Obr. 5 představuje logický obvod v tzv. diodové logice, který má dva vstupy (A, B) a jeden výstup (C); $R = 1 \text{ k}\Omega$. Pro jednoduchost předpokládejte, že každý ze vstupů (A resp. B) lze stimulovat přiložením napětí (U_A resp. U_B) buď o hodnotě 0 V (představující vstupní log. 0) nebo 5 V (představující vstupní log. 1); přiložení obou vstupních napětí se projeví příslušnou hodnotou výstupního napětí (U_C), představující log. 0 či log. 1 na výstupu obvodu.
2.  Vyberte si obvod z Obr. 5a či z Obr. 5b; obrázek vybraného obvodu umístíte do zprávy.
3. Na vstupy A, B vybraného obvodu přivádějte postupně všechny možné kombinace vstupních logických hodnot (tj., $A=\text{log.0}/B=\text{log.0}$, $A=\text{log.0}/B=\text{log.1}$, $A=\text{log.1}/B=\text{log.0}$, $A=\text{log.1}/B=\text{log.1}$ odpovídající kombinacím $U_A=0 \text{ V} / U_B=0 \text{ V}$, $U_A=0 \text{ V} / U_B=5 \text{ V}$, $U_A=5 \text{ V} / U_B=0 \text{ V}$, $U_A=5 \text{ V} / U_B=5 \text{ V}$).
4.  Pro každou z kombinací vstupních logických hodnot odměřte hodnotu napětí U_C a určete, zda tato hodnota představuje log. 0 či log. 1; výsledky měření shrňte formou tabulky.
5.  Na základě hodnot v tabulce identifikujte logickou funkci (log. součet, OR, log. součin, AND, exkluzivní log. součet, XOR, apod.), kterou vybraný obvod realizuje.



Obr. 5: Vybraná 2-vstupové logické obvody v diodové logice (vstupy A, B, výstup C)

Shrnutí, vyhodnocení a interpretace výsledků

Byly-li experimenty úspěšně provedeny a jejich výsledky správně interpretovány, pak se podařilo zjistit, že za běžných okolností dioda propouští proud pouze v jednom směru (tzv. diodový jev; jak byste tento směr popsali?), a to za cenu jistého úbytku napětí na diodě (víte, jak asi velkého?). Tyto zkušenosti a vědomosti lze využít např. ke konstrukci logických hradel, popř. složitějších logických obvodů, ke konstrukci usměrňovačů, k ochraně prvků před následky napěťových špiček atd. *Případné otázky z tohoto odstavce jsou řečnické a odpovědi na ně není třeba uvádět do zprávy.*

Zamyšlení na závěr

O čem vypovídá vztah I_D a U_D zjištěný v experimentu 2? Na základě získaných poznatků o chování diody zkuste navrhnout obvod, který je schopen převést vstupní střídavé napětí (či proud) na stejnosměrné. Co je potřeba změnit v Obr. 5, aby obvody realizovaly tutéž logickou funkci, ale s více než dvěma vstupy? V kterém rozsahu se pohybují úrovně log.0/1 na vstupech resp. výstupech těchto obvodů a lze tyto úrovně nějak změnit? *Případné otázky z tohoto odstavce jsou řečnické a odpovědi na ně není třeba uvádět do zprávy.*