

# Zadání virtuální laboratoře č. 2

## 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.

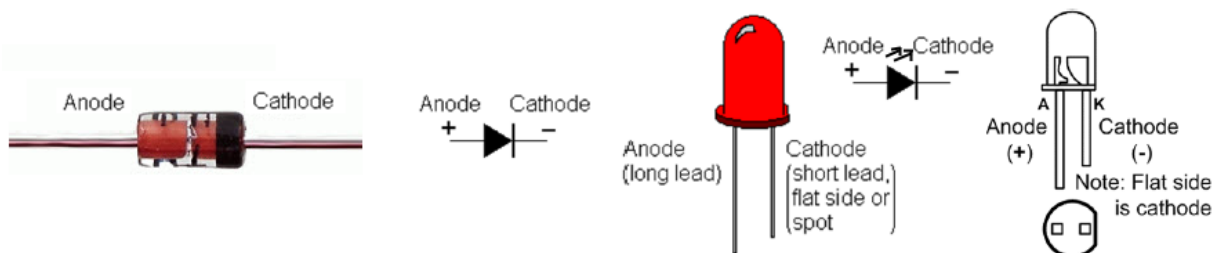
## Výstup a jeho hodnocení

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 **Laboratoře**. Zpráva by měla obsahovat všechny informace požadované v postupu samostatné činnosti.

## Vývojové prostředí

Ve virtuální laboratoři budeme používat prostředí Tinkercad. Na serveru YouTube<sup>1</sup> 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 zadání<sup>2</sup>. 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](mailto:mrazek@fit.vutbr.cz)). Před psaním problému zkuste: 1) vypnout blokaci reklam v prohlížeči (např. AdBlock), či 2) zkusit jiný prohlížeč.



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

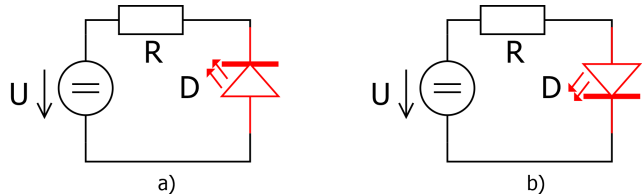
<sup>2</sup> <https://www.tinkercad.com/things/3FGdSdoeXCV>

# 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 úkoly<sup>3</sup> a screenshot dokumentující zapojení a odpověď ke každému úkolu. Zprávu bude hodnotit váš vedoucí.


## Experiment 1 - projev diodového jevu

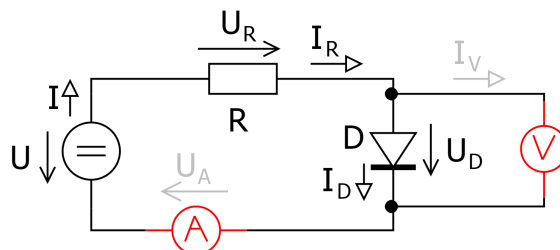
1. Předpokládejte  $U = 5 \text{ V ss.}$ ,  $R = 220 \Omega$ .
2. Zapojte obvod dle Obr. 2a.  
 Zjistěte, zda LED svítí či nikoliv.
3. Zapojte obvod dle Obr. 2b.  
 Zjistěte, zda LED svítí či nikoliv.
4. *Nepovinné: zájemci mohou v Obr. 2a či 2b změnit polaritu napětí a zhodnotit dopad na svit LED.*



Obr. 2: Ověření diodového jevu pomocí LED


## Experiment 2 - měření VA charakteristiky

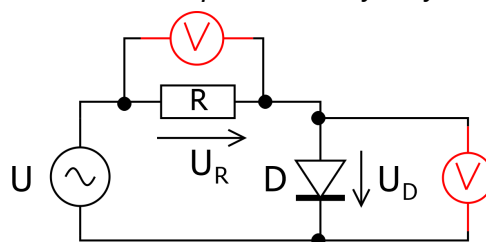
1. Předpokládejte ss./= zdroj  $U$  (hodnotu  $U$  budeme dále měnit od  $0 \text{ V}$  do  $5 \text{ V}$ ),  $R = 1 \text{ k}\Omega$ .
2. Zapojte obvod dle Obr. 3 (včetně multimetru ve funkci ampérmetru, resp. voltmetru).
3.  Odměřte  $U_d$ ,  $I_d$ , poté zobrazte závislost  $I_d$  a  $U_d$  formou grafu; postup měření:
  - 3.1. Nastavte hodnotu  $U$  na  $0 \text{ V}$ .
  - 3.2. Změřte  $U_d$ ,  $I_d$ .
  - 3.3. Zvyšte hodnotu  $U$ ; pozn.: do cca  $1 \text{ V}$  krokyjte jemněji, např. s krokem ( $100$  až  $150$ )  $\text{mV}$ , poté již lze krokovat hruběji.
  - 3.4. Je-li hodnota  $U$  menší než  $5 \text{ V}$ , 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  $20 \text{ Hz}$ , amplitudou  $5 \text{ V}$ , kompenzací ss. složky  $0 \text{ V}$ , 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  $U_R$ ,  $U_d$ .*






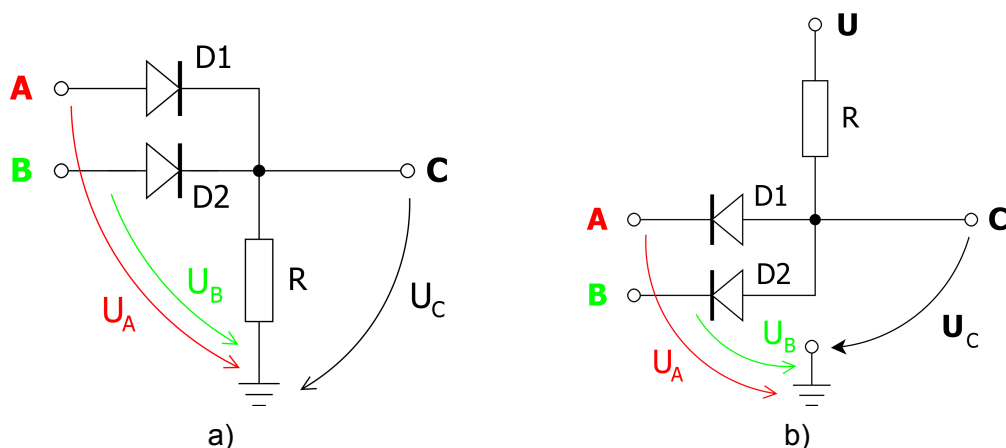
Obr. 4: Sériový diodový usměrňovač

<sup>3</sup>  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 umístěte 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.*