

Zadání virtuální laboratoře č. 3

Kondenzátor a RC článek

Cíl: experimentálně ověřit chování kondenzátoru a jeho vliv na fyzikální děje

Motivace

Na základě sady experimentů v simulaci reálného prostředí budete moci ověřit, pochopit a objasnit princip činnosti kondenzátoru a fyzikálních dějů probíhajících v RC článku.

Výstup a jeho hodnocení

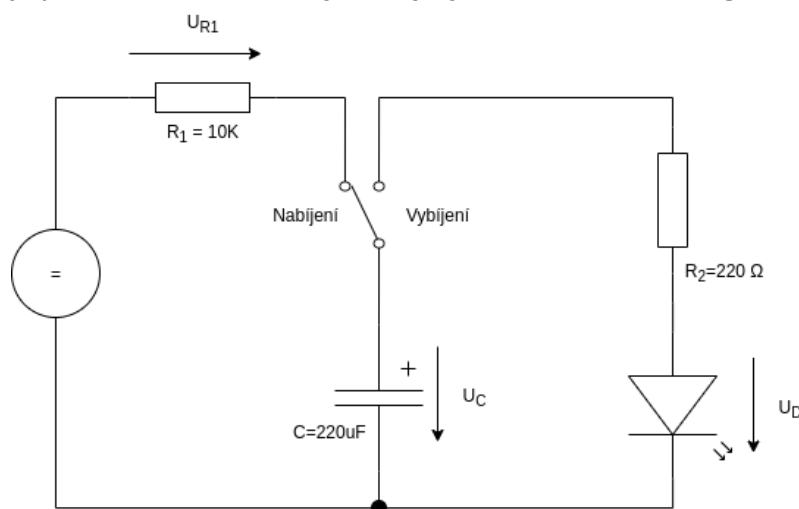
Vzhledem k omezení prezenční výuky budete odevzdávat stručnou **zprávu ve formátu PDF** s názvem `xlogin00_lab2.pdf` (kde `xlogin00` je váš login do počítačové sítě na FIT) do informačního systému do termínu **Laboratoře**. Zpráva by měla obsahovat všechny informace požadované v postupu samostatné činnosti.

Vývojové prostředí

Ve virtuální laboratoři budeme používat prostředí Tinkercad. Na serveru 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:

- Elektrolytický kondenzátor 220 μF (minusový/"-" vývod je označen proužkem)
- Rezistor 10 $\text{k}\Omega$, přes který budete nabíjet kondenzátor
- Rezistor 220 Ω pro omezení napětí na LED diodě
- Červenou LED diodu (katoda (záporný pól) je u zploštění diody)
- Přepínač - spojuje prostřední vývod buď s levou, nebo pravou nožičkou
- Multimetry
- Zdroj stejnosměrného napětí o hodnotě 5 V

Případné problémy s vývojovým prostředím konzultujte s V. Mrázekem 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. **Můžete využít i jiný simulátor (např. ngspice, ...)**



Obr. 1: Výsledné zapojení RC článku




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

² <https://www.tinkercad.com/things/g00l7l6T1bS>



Experimenty

Odevzdávaný dokument by měl obsahovat **hlavičku** (jméno, příjmení, login, skupina), **odpovědi na označené úkoly**³ a **screenshot** finálního zapojení. Laboratoř bude hodnotit vedoucí vašich cvičení.



Experiment 1 - nabíjení RC článku

1. Zapojte měření podle zapojení (obr. 1)
2. Zapojte voltmetry pro měření U_{R1} , U_C a pak i pro U_D
3. Přepínač nechte na poloze na "Nabíjení"
4. Spustěte simulaci
 - a. Sledujte "Simulátor času" a napětí U_{R1} a U_C . Pozor - simulační čas neodpovídá času reálnému, je pomalejší.
 - b.  Nakreslete (přibližně) do grafu jejich průběh (v nějakém nástroji pro kreslení grafů či rukou a vložení jako fotografie).
 - c.  Jaký vztah platí mezi U_{R1} a U_C ?
 - d.  Vypočítejte časovou konstantu (τ). Nakreslete ji do průběhu.


Experiment 2 - změna parametrů R a C

1.  Určete, jak dlouho trvalo nabíjení kondenzátoru na 63% a na 90% napětí (podle simulačního času) pro následující nastavení součástek (*velikost se dá změnit po zastavení simulace a kliknutím na příslušný prvek*)
 - a. $R1 = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 220 \text{ }\mu\text{F}$
 - b. $R1 = 100 \text{ k}\Omega$, $C = 22 \text{ }\mu\text{F}$
 - c. $R1 = 100 \text{ k}\Omega$, $C = 220 \text{ }\mu\text{F}$
2.  Vyjádřete matematicky, pro zadaná nastavení, konstantu τ . Zhodnoťte vliv τ na dobu nabíjení kondenzátoru.

Experiment 3 - vybíjení kondenzátoru

1. Vraťte nastavení součástek zpět na $R1 = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 220 \text{ }\mu\text{F}$
2. Spustěte simulaci a nechte kondenzátor nabít na maximální napětí
3. Přepnete přepínač na vybíjení. Měla by se "rozsvítit" LED dioda
4.  Jak dlouho LED dioda svítila?
5.  Jak se chovalo napětí na diodě? (stačí textově)

Experiment 4 - pokročilá simulace (nepovinný)

1. Namodelujte RC článek z Obr. 1 (bez přepínače a bez LED) pomocí některého z modelovacích nástrojů, např. PartSim (www.partsim.com/) založeného na simulačním jádru SPICE.
2. Sledujte průběhy I (I_{R1} , I_C), U_{R1} a U_C pro různé hodnoty U , R a C , poté pro několik frekvencí napětí harmonického tvaru (zdroj Transient Source: Sine), nakonec pro různé střídy napětí obdélníkového tvaru (zdroj Transient Source: Pulse).
3.  Zjistěte: Jaký vliv na průběh veličin I (I_{R1} , I_C), U_{R1} a U_C mají hodnoty U , R a C , frekvence napětí harmonického tvaru a střída napětí obdélníkového tvaru. Diskutujte praktické využití těchto závislostí.

³  značí úkol, který by se měl objevit ve odevzdávaných výsledcích

Shrnutí, vyhodnocení a interpretace výsledků

Byly-li experimenty úspěšně provedeny a jejich výsledky správně interpretovány, pak se podařilo zjistit, že okamžitá hodnota U_C je dána nejen okamžitou hodnotou a směrem I_C (jehož maximální velikost je omezena hodnotami U a R), ale také aktuálním množstvím náboje v C . Objasněte pojem časová konstanta RC článku (τ), zjistěte její fyzikální jednotku a vztah pro její výpočet. Dokážete zapsat obecný vztah popisující závislost mezi U_C a I_C v čase? Jaký vztah platí mezi U , U_C a U_R ? *Tyto otázky slouží ke správnému pochopení výsledků a není třeba odpovědi uvádět do zprávy.*

Zamyšlení na závěr

Kondenzátoru určitou dobu trvá, než se nabije/vybijí, čehož lze využít např. k jednoduchému odměřování času, filtrování signálu, jeho derivaci či integraci. Dokázali byste zjištěné principy použít pro realizaci obvodu schopného zajistit předem dané zpoždění signálu, obvodu pro detekci omezení amplitudy napětí či odfiltrování signálů předem daných frekvencí z napěťového signálu či (číslicově) řízený zdroj napětí? Zkuste spočítat/odhadnout dobu, za kterou U_C vzroste na 90 % U . *Tyto otázky slouží ke správnému pochopení problematiky a není třeba odpovědi uvádět do zprávy.*