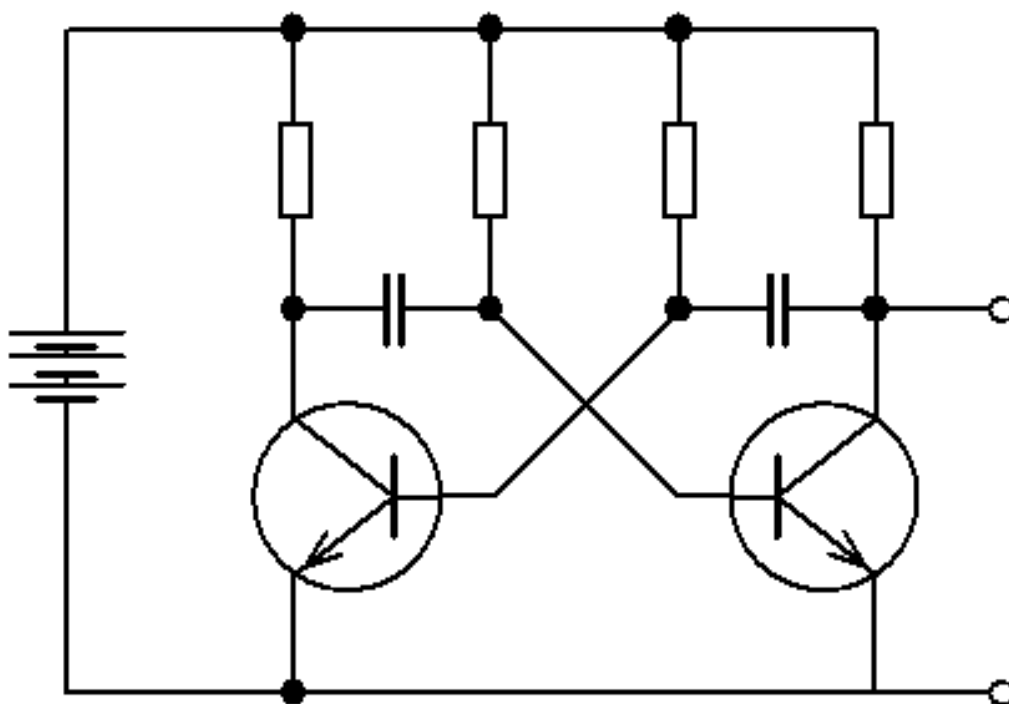


Netradiční sbírka z fyziky IV

Elektrické obvody 1

Jakub Šafařík



Obsah

Úvod 1

I. Elektrické obvody	3
1. Zdroje napětí	5
2. Ohmův zákon.....	6
3. Multimetr.....	9
4. Kontaktní nepájivé pole	13
II. Elektrické součástky	17
5. Spínač	19
6. Rezistor.....	20
7. Spojování rezistorů.....	25
8. Kondenzátor	27
9. Spojování kondenzátorů.....	31
Rejstřík.....	33
Přílohy.....	35
Násobky jednotek.....	35
Doporučená literatura.....	37

Seznam obrázků

Obr. 1.1: Zdroj stejnosměrného napětí	5
Obr. 1.2: Zdroj střídavého napětí	5
Obr. 2.1: Zapojení voltmetru a ampérmetru do obvodu	7
Obr. 3.1: Multimetr	10
Obr. 3.2: Elektrická zem.....	11
Obr. 4.1: Kontaktní nepájivé pole	13
Obr. 4.2: Uvolnění konektoru	14
Obr. 4.3: Zasunutí vodiče do otvoru v konektoru a utažení konektoru	14
Obr. 4.4: Našroubování žárovky do patice	15
Obr. 4.5: Propojení v kontaktním poli.....	15
Obr. 4.6: Zapojení součástky do kontaktního pole.....	16
Obr. II.4.1: Součástky	17
Obr. 5.1: Mikrospínač.....	19
Obr. 5.2: Posuvný spínač	19
Obr. 5.3: Spínač – univerzální značka.....	20
Obr. 6.1: Číselné značení s příponou.....	21
Obr. 6.2: Značení SMD rezistorů.....	22
Obr. 6.3: Proužky na rezistorech.....	22
Obr. 6.4: Rezistor ($4\ 700\ \Omega$, odchylka 5 %).....	23

Seznam tabulek

Tab. 6.1: Číselné značení s příponou	21
Tab. 6.2: Barevný kód pro určení odporu rezistoru	23
Tab. 8.1: Hodnoty kapacit dle druhů kódu	28
Tab. P.1: Násobky jednotek	35

Seznam rovnic

Rce. 1.1: Výpočet frekvence z periody	5
Rce. 2.1: Ohmův zákon	6
Rce. 2.2: Vyjádření odporu z Ohmova zákona.....	6
Rce. 7.1: Výsledný odpor sériového řazení	25
Rce. 7.2: Výsledný odpor sériového řazení dvou rezistorů	25
Rce. 7.3: Výsledný odpor paralelního řazení	25
Rce. 7.4: Výsledný odpor paralelního řazení dvou rezistorů	25
Rce. 8.1: Vztah mezi nábojem a napětím na kondenzátoru	27
Rce. 9.1: Výsledná kapacita při paralelním řazení kapacitorů	31
Rce. 9.2: Výsledná kapacita paralelního řazení dvou kapacitorů	31
Rce. 9.3: Výsledná kapacita sériového řazení	31
Rce. 9.4: Výsledná kapacita sériového řazení dvou kapacitorů	31

Předmluva

Svět kolem nás je neodmyslitelně spjat s elektřinou, elektrickými stroji a přístroji, tedy i s elektrickými součástkami, z nichž jsou námi používané funkční celky konstruovány. V moderním světě bychom bez elektrických zařízení, které nám značně usnadňují život, již nebyli schopni fungovat jako společnost, ani jako jedinci. Pochopit do detailu přesnou funkci celých přístrojů se někdy zdá téměř nemožné.

Pokud se však nevzdáme hned na začátku a zahájíme naši objevnou cestu po tajích elektrických přístrojů, nezbývá nám nic jiného, než rozluštit tajemství elektrických součástek – základních kamenů těchto zařízení. Pochopíme-li základní funkci součástek, můžeme pokračovat dále k větším celkům, kterými jsou elektrické obvody, následně celé funkčních bloky až nakonec pochopíme celý mechanismus a funkci vybraného přístroje.

Tento úkol není vůbec jednoduchý, zvláště v době, kdy nás výrobci zařízení nutí stát se pouhými uživateli těchto přístrojů a to velmi často bez možnosti porozumět principu jejich funkce. Věřím, že odpovědi na některé otázky, které si zvědavý uživatel moderních přístrojů ohledně jejich funkce pokládá, nalezne přímo v tomto textu.

Sbírka je prvním dílem série zabývající se elektrickými obvody. Jak se bude postupně počet publikací rozrůstat, bude čtenář mít šanci seznámit se s čím dál větším spektrem součástek a elektrických obvodů.

Ing. Jakub Šafařík, Ing. Paed. IGIP
e-mail: SafarikJ@gybot.cz

V Praze 12. 9. 2015, rev. 1.1.1

Úvod

Čtvrtý díl sbírky netradičních úloh z fyziky je zaměřen na elektrické obvody. Látka doplňuje a prohlubuje znalosti z předchozích dílů sbírky, které se týkají především logických obvodů. Tento text si klade za cíl detailně popsat funkci jednotlivých elektrických součástek, jejich charakteristiky a následné využití v jednoduchých i složitějších obvodech.

Publikace je rozdělena do devíti kapitol, které na sebe navazují. Postupy sestavení jednotlivých obvodů jsou v učebnici detailně vysvětleny a jejich schémata podrobně popsána. Na základě takto vyložené problematiky by následně neměl být problém vyřešit úkoly, které jsou uvedeny v každé kapitole. Tyto úkoly si kladou za cíl ověřit znalosti a procvičit nabyté zkušenosti v tematice elektrických obvodů. Pro zájemce o hlubší studium problematiky slouží seznam doporučené literatury, ve které je možné nalézt informace sahající za rámec této sbírky.

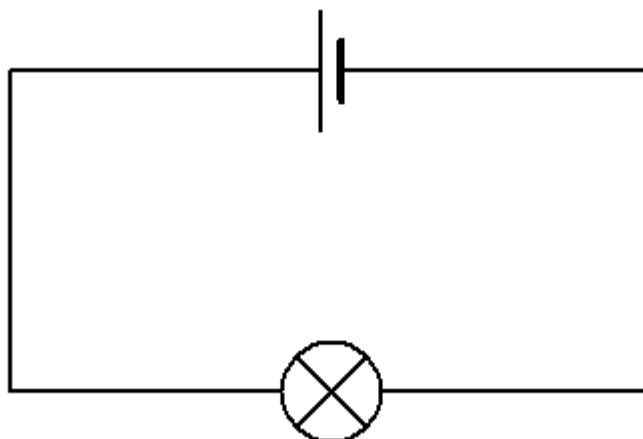
Při práci s tímto textem ve školních lavicích je doporučeno, aby studenti pracovali ve dvojicích, společně konzultovali návrhy jejich řešení a vybírali nejlepší cestu k dosažení požadovaného cíle. K vyřešení zadaných úkolů je většinou možné volit z několika postupů, které se však od sebe liší nejen složitostí návrhu, ale i vhodností návrhu pro konkrétní využití. V ideálním případě by studenti měli být schopni vybírat postupy, návrhy a realizace, které budou z hlediska časového i finančního optimální.

I. Elektrické obvody

Pod pojmem elektrický obvod si můžeme představit vodivé spojení elektrických součástek (prvků). Těmito prvky mohou být žárovky, rezistory, kondenzátory, tranzistory atd. Aby obvod byl opravdu „elektrický“, tedy mohl vést elektrický proud, musí splnit základní podmínky, jejichž platnost budeme v dalším textu vždy implicitně předpokládat. Obvod tedy musí být:

- uzavřený
- vodivý
- musí obsahovat zdroj napětí

Schéma jednoduchého elektrického obvodu, který zná každý ze základní školy, je na Obrázek I.1: Elektrický obvod. Obvod se skládá ze zdroje napětí, vodičů a žárovky. Funkce a principy jednotlivých součástek budou blíže vysvětleny v následujících kapitolách.



Obrázek I.1: Elektrický obvod

Jako zdroj napětí můžeme použít běžné baterie, které koupíme v obchodě (tužkové, ploché...), nebo lze použít laboratorní zdroj napětí, který je primárně napájen z rozvodné sítě. Nesmíme zapomenout, že součástky jsou dimenzované pro konkrétní hodnoty proudu a napětí. Tudíž zapojení na Obrázek I.1: Elektrický obvod lze realizovat pouze tehdy, když parametry žárovky odpovídají parametrům zdroje.¹

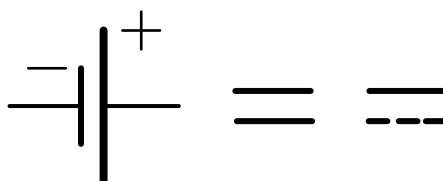
¹ Více v [3].

1. Zdroje napětí

Napěťové zdroje můžeme rozdělit do dvou základních skupin:

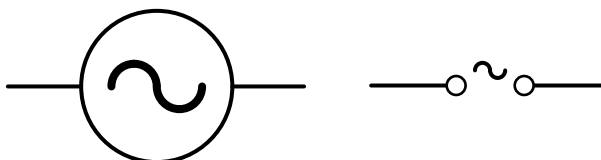
- stejnosměrné
- střídavé

Na Obr. 1.1 jsou znázorněny schematické značky stejnosměrného zdroje napětí. U zdroje úplně vlevo na obrázku je vyznačena polarita jednotlivých desek znaménky plus a mínus. Tato polarita nemusí být na obrázku vyznačena, **větší elektroda je vždy plus a kratší mínus!**



Obr. 1.1: Zdroj stejnosměrného napětí

Na Obr. 1.2 je uvedeno, jak je možné zakreslit zdroj střídavého napětí. Název střídavé napětí má své opodstatnění. Zatímco u stejnosměrného zdroje je vždy jedna elektroda kladná a druhá záporná, u střídavého zdroje je po určitý čas jedna elektroda kladná a druhá záporná, následně si elektrody svou polaritu vymění. Doba, za kterou se opět vrátí původní polarita elektrody se nazývá perioda, měří se v sekundách (s) a značíme ji T . Její převrácená hodnota udává frekvenci střídavého napětí, jak uvádí Rce. 1.1. Jednotkou frekvence je Hertz (Hz).



Obr. 1.2: Zdroj střídavého napětí

$$f = \frac{1}{T}$$

Rce. 1.1: Výpočet frekvence z periody

Úkol

1. Určete, jaké zdroje napětí (střídavé, stejnosměrné) máte v laboratoři k dispozici a určete frekvenci a periodu daných zdrojů.

2. Ohmův zákon

Základní zákon, který platí v pasivních² elektrických obvodech je Ohmův zákon. Jeden z tvarů tohoto zákona je uveden jako Rce. 2.1.

$$I = \frac{U}{R}$$

Rce. 2.1: Ohmův zákon

Zákon říká, že proud I (A) je přímo úměrný napětí U (V), konstantou úměrnosti v tomto vztahu je elektrický odpor R (Ω). Samozřejmě můžeme tento vztah přepsat do podoby, kde jsme schopni vyjádřit i ostatní veličiny (napětí, odpor). Pozor jen na situaci, kdy vyjádříme odpor jako podíl napětí a proudu – viz Rce. 2.2. Nelze říci, že odpor je přímo úměrný napětí nebo odpor je nepřímo úměrný proudu. Odpor je v tomto vztahu konstanta! Není tudíž ničemu úměrný! Se změnou napětí se mění pouze proud a opačně.

$$R = \frac{U}{I}$$

Rce. 2.2: Vyjádření odporu z Ohmova zákona

Pokud si opět představíme jednoduchou variantu elektrického obvodu, jenž se skládá pouze ze zdroje napětí, žárovky³ a propojovacích vodičů, můžeme v obvodu vyznačit směr protékajícího proudu a zároveň zapojit měřiče elektrických veličin. Měřit budeme následující veličiny: napětí – voltmetrem a proud – ampérmetrem.⁴ Situace je znázorněna na Obr. 2.1.

Měřicí přístroje i veškeré další součástky máme možnost připojit do elektrického obvodu dvěma způsoby:

- sériově
- paralelně

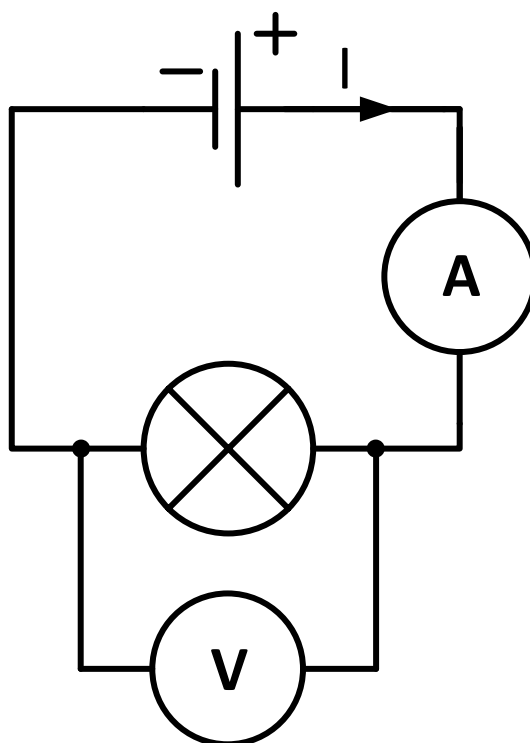
Voltmetr vždy zapojujeme do obvodu paralelně (měří napětí na součástkách). **Ampérmetr zapojujeme sériově** (měří proud protékající součástkami). Všechny měřicí přístroje jsou zkonstruovány z reálných součástek, proto i přes tyto přístroje protéká určitý elektrický proud. Jaká bude velikost tohoto proudu, je opět určeno elektrickým odporem součástek, z nichž je přístroj zkonstruován. Zmíněný

² Jako pasivní značíme obvody skládající se z rezistorů, cívek nebo kondenzátorů. Tedy obvody, kde není žádná další součástka (vyjma zdroje), která by do obvodu dodávala elektrickou energii.

³ V žárovce se malá část elektrické energie přeměňuje na světlo, zbytek energie se mění na teplo. Z hlediska elektrického obvodu se žárovka chová stejně jako rezistor.

⁴ Pro měření většinou využíváme multimetry, což jsou přístroje, které jsou schopny měřit více elektrických veličin (proud, napětí, odpor...). Dle toho, jak přístroj nastavíme, stane se z něho voltmetr, ampérmetr, či jiný měřič nastavené fyzikální veličiny.

odpor se označuje jako **vnitřní odpor**. Požadavek, který klademe na ampérmetr je, aby pouze měřil elektrický proud, jenž jím protéká, a aby nijak neovlivňoval velikost tohoto proudu. Je tedy jasné, že ampérmetr bude mít nulový vnitřní odpor. Po voltmetru zase naopak požadujeme, aby měřil napětí na součástkách a sám přístroj, aby vykazoval nulový úbytek napětí. Z Ohmova zákona je tedy jasné, že voltmetrem nesmí protékat žádný proud, to bude zajištěno tehdy, pokud bude mít nekonečný vnitřní odpor.⁵



Obr. 2.1: Zapojení voltmetru a ampérmetru do obvodu

Úkol

1. Vypočtete, jak velký proud naměří ampérmetr v obvodu na Obr. 2.1, pokud zdroj do obvodu dodává napětí o velikosti 20 V a žárovka má odpor 100 Ω . Jakými způsoby byste zvětšili/zmenšili velikost tohoto proudu?
2. Jaký by byl důsledek, kdybychom mezi sebou v obvodu Obr. 2.1 zaměnili voltmetr a ampérmetr?
3. Zjistěte, jaký vnitřní odpor má váš voltmetr a ampérmetr.

⁵ V reálné situaci nelze dosáhnout nulového ani nekonečného odporu. Snažíme se tedy, aby vnitřní odpor ampérmetru byl co možná nejmenší (na nejmenším rozsahu v řádu n Ω). Naopak u voltmetru se snažíme o co možná největší odpor (v řádu M Ω).

3. Multimetr

Základní funkce voltmetru a ampérmetru (multimetru) byla popsána v kapitole 2. V následujícím textu si blíže popíšeme, jak se s danými přístroji měří. Před zapojením přístroje do obvodu musíme překontrolovat dvě věci:

- **nastavení měřené veličiny a rozsahu**
- **správné zapojení měřících sond (kabelů)**

Na Obr. 3.1 je znázorněn multimetr UNI-T model UT70. Pod displejem se nachází základní tlačítka: HOLD – po stisknutí zůstane na displeji zobrazena daná hodnota veličiny (i pokud multimetr odpojíme); PEAK – zaznamená nejvyšší hodnotu při měnícím se průběhu; POWER – zapnutí/vypnutí multimetru; $\approx$ – přepínání střídavé/stejnosměrné měření veličin; LC – měření indukčností a kapacit; modré tlačítko – podsvícení displeje.⁶

Další důležitou částí je otočné kolečko. To umožňuje nastavit multimetr na měření požadované veličiny. Chceme-li přístroj použít jako voltmetr (měření napětí), nastavíme kolečko do výseče, kde je uvedeno $V\approx$, tlačítkem pod displejem zvolíme, zda chceme měřit stejnosměrné, či střídavé napětí⁷ a **nastavíme požadovaný rozsah. Při měření nastavujeme vždy první větší rozsah, nežli je předpokládané maximum měřené veličiny!** Například: měříme-li na napětíovém zdroji s maximem 21 V, musíme nastavit rozsah na 200 V; měříme-li 199 mV, nastavíme rozsah na 200m (m za číslem znamená předponu mili – tedy 200 mV; obdobně μ – mikro, n – nano, p – piko a k – kilo, M – mega, G – giga, T – tera). Pokud neznáme přímo hodnotu měřeného napětí, nastavíme rozsah na co největší a postupně snižujeme na nejmenší větší rozsah, vůči měřené veličině.⁸

Obdobným způsobem máme možnost nastavit přístroj na měření proudu (ampérmetr) – výseč označená jako $A\approx$, případně na měření odporu (ohmmetr) – výseč označená jako Ω . Dále multimetr umožňuje měřit indukčnost v jednotkách Henry – výseč H_{LX} ; kapacitu v jednotkách Farad – výseč F_{CX} ; teplotu ve stupních Celsia a Farenheita – $^{\circ}C$, $^{\circ}F$; proudový zesilovací činitel tranzistoru – hFE; frekvenci – 10MHz; TTL logika – $\blacklozenge$ a nachází se zde i Tester diod a propojení – značka diody a zvuku.⁹

⁶ Pokud multimetr ukazuje nesprávné hodnoty, či neměří, zkontrolujte, zda jste omylem nesepnuli některé tlačítko!

⁷ Stiskneme-li tlačítko $\approx$, na displeji se zobrazí AC a měříme střídavé hodnoty, nestiskneme-li tlačítko, měříme stejnosměrné hodnoty.

⁸ Se snižujícím se rozsahem nám roste přesnost měřícího přístroje (počet desetinných míst na displeji).

⁹ Pro bližší informace o daných nastaveních a rozsazích složí manuál přístroje.



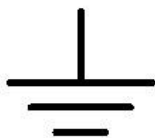
Obr. 3.1: Multimetr

Druhá věc, na kterou je nutné dát si pozor při zapojování multimetru do obvodu, je správné připojení kabelů. Budeme vždy zapojovat dva kabely. Na spodní straně přístroje je vyznačeno, kam se kabely mají připojit pro měření dané veličiny. V případě, že chceme měřit napětí, zapojíme kabely mezi COM (zem¹⁰ – záporná svorka, nebo místo v obvodu, které je blíže „mínusové“ svorce zdroje) a zdířku označenou písmenem V (kladná svorka, nebo místo v obvodu, které je blíže „plusové“ svorce zdroje).¹¹

¹⁰ Na multimetru je také uveden symbol znázorňující elektrickou zem. Viz Obr. 3.2.

¹¹ Při otočení polarity se u digitálního přístroje nic nestane (na rozdíl od analogového, kde se ručička vychýlí na nesprávnou stranu, tzv. za roh, a přístroj se může zničit), pouze se hodnota na displeji zobrazí jako záporná. Chceme-li hodnoty kladné, prohodíme zapojení vodičů ve zdířkách.

Obdobně při měření proudu zapojíme kabely mezi COM a **zdičku μmA** (v případě, že chceme měřit proud v rozsahu do 200 mA) nebo do **zdičky 10A** (v případě, že chceme měřit proud v rozsahu vyšším nežli 200 mA). Na měřenou hodnotu proudu je třeba dávat velký pozor, neboť v případě špatně nastavené hodnoty hrozí **ZNIČENÍ MULTIMETRU!**, nebo minimálně spálení pojistky. Odpovídajícím způsobem je nutné nastavit kolečkem i měřený rozsah – ke zdičce pro kabel 10 A musí být nastaven rozsah z výšece A $\approx$ o hodnotě 10, ke zdičce pro kabel μmA musí být nastaven některý z menších rozsahů (200m, 2m, 20 μ).



Obr. 3.2: Elektrická zem

Vždy je lepší nejprve nastavit rozsah a pak připojit přístroj do obvodu, nezapomeňte, že když otáčíte kolečkem již připojeným multimetrem, můžete přepínat přes nejmenší rozsahy, ale obvodem může protékat velký proud!

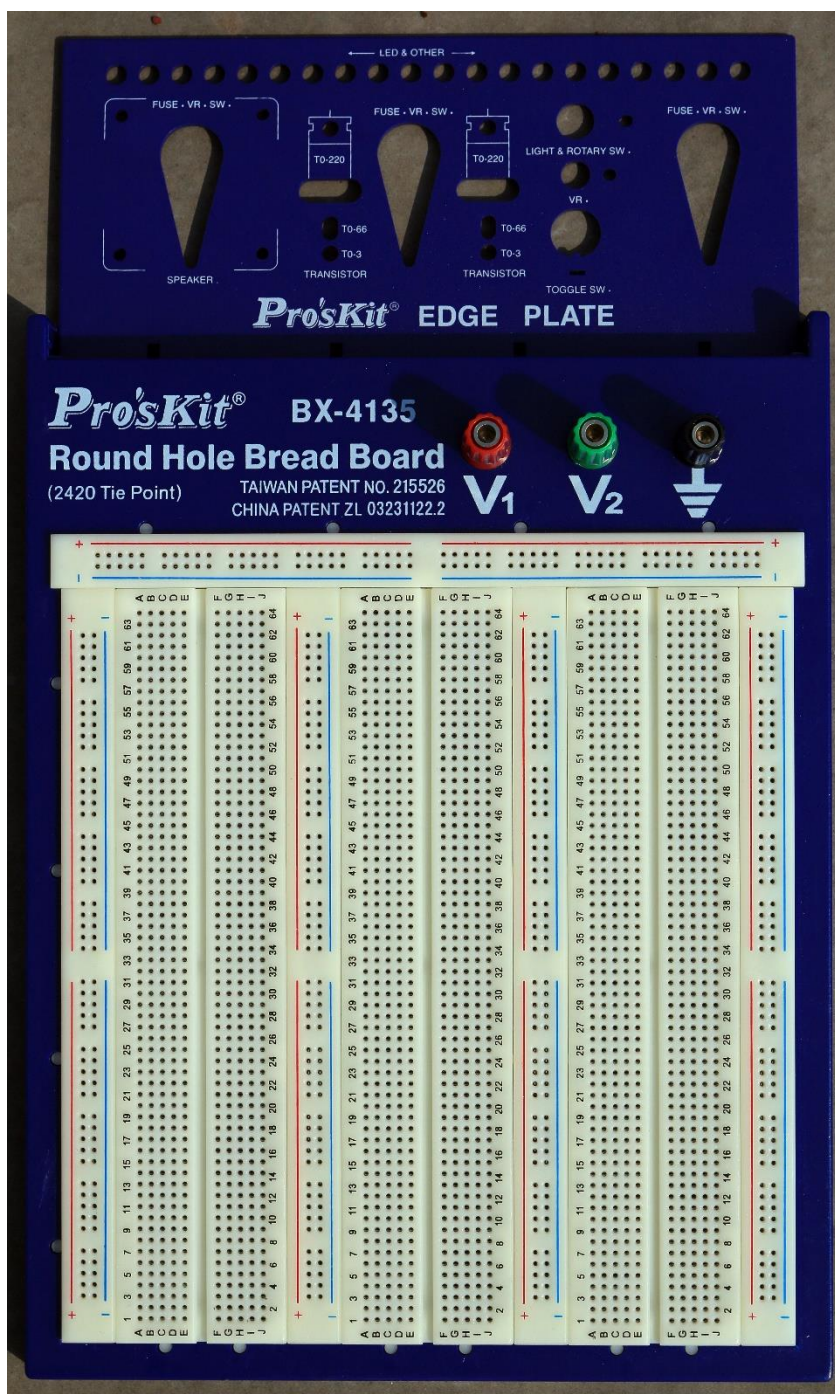
Pro měření dalších veličin je opět vyznačeno, do kterých zdiček se kabely mají zapojit – nad zdičkou je uvedena jednotka měřené veličiny (případně pod zdičkou označení měřené veličiny). Do této zdičky se zasune jeden kabel a pomocí čáry je vyznačeno, kam je třeba zapojit druhý kabel.

Úkol

1. Nastavte rozsah multimetru a připojte měřící kabely tak, abyste mohli měřit stejnosměrný proud o velikosti 1,5 A.
2. Nastavte rozsah multimetru a připojte měřící kabely tak, abyste mohli měřit co nejpřesněji stejnosměrný proud o velikosti 0,003 A.
3. Nastavte rozsah multimetru a připojte měřící kabely tak, abyste mohli měřit co nejpřesněji střídavé napětí o velikosti 19 V. Jakou největší hodnotu stejnosměrného, a jakou střídavého napětí můžete měřit pomocí vašeho multimetru?
4. Jakými způsoby (alespoň dva) byste pomocí multimetru určili odpor rezistoru?

4. Kontaktní nepájivé pole

Jak bylo uvedeno v kapitole I, jednou z nutných podmínek pro průtok proudu elektrickým obvodem je, že obvod musí být uzavřený. To znamená, že jednotlivé součástky mezi sebou musíme vodivě propojit a následně připojit ke zdroji napětí. Propojení lze realizovat různými způsoby – např. pájením, připojením do svorkovnice, zapojením do kontaktního nepájivého pole atd. My využijeme poslední jmenovaný způsob, protože pro nás bude nejjednodušší a z hlediska složitosti našich obvodů zcela dostačující. Kontaktní nepájivé pole je na Obr. 4.1.



Obr. 4.1: Kontaktní nepájivé pole

Vrchní sklopná část slouží k odkládání součástek, u jednotlivých otvorů jsou uvedeny anglické názvy součástek, které do nich patří. Tři konektory (V_1 , V_2 , a poslední se symbolem elektrické země), nacházející se v pravé vrchní části, jsou zde na propojení kontaktního pole se zdrojem napětí. Elektrické kabely od zdroje napětí zasuneme do konektorů shora. Pomocí drátků propojíme konektory s kontaktním polem. K tomuto je nutné nejprve vrchní část konektorů odšroubovat, drátek zasunout do dírky v kovové tyčce a konektor poté opět utáhnout. Postup je znázorněn na následujících obrázcích.



Obr. 4.2: Uvolnění konektoru



Obr. 4.3: Zasunutí vodiče do otvoru v konektoru a utažení konektoru

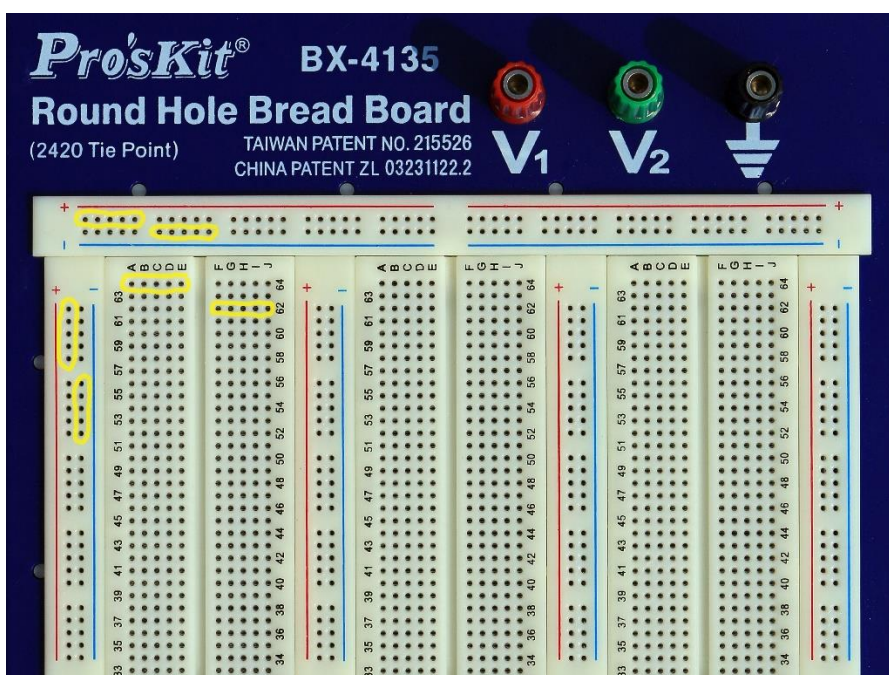
Vždy před zapojením zkontrolujte, jestli nejsou konektory uvolněny! Matky nacházející se na druhé straně desky je nutné dotáhnout. Samotné konektory s vodiči není nutné dotahovat extrémní silou (tzv. na krev), stačí dotáhnout natolik, aby se volně nehýbali a zároveň aby nebyl vodič zbytečně deformován – viz Obr. 4.3.

Dalším krokem je zapojení součástek do kontaktního pole. Pro ilustraci použijeme žárovku, kterou nejdříve našroubujeme do patice s objímkou, situace je uvedena na Obr. 4.4.



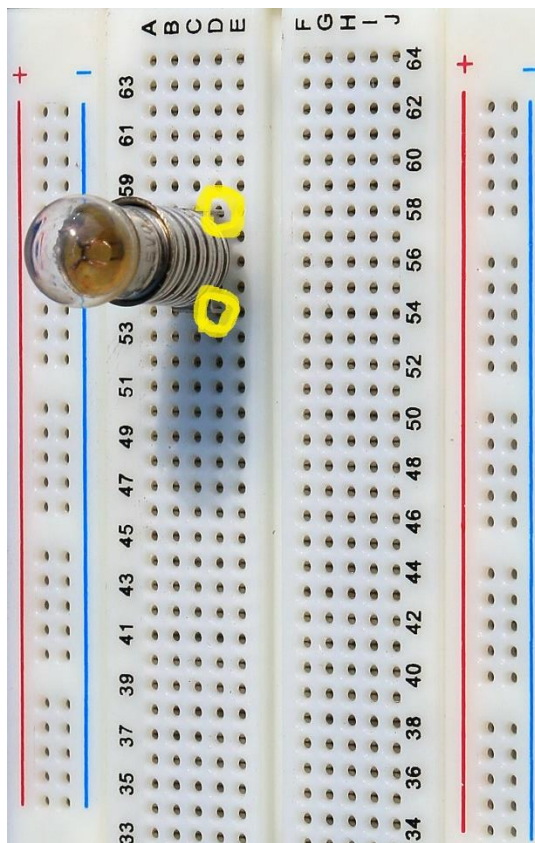
Obr. 4.4: Našroubování žárovky do patice

Následně zasuneme nožičky patice do kontaktního pole, přičemž je nutné respektovat skutečnost, že kontaktní pole je určitým způsobem propojeno! Řádky a sloupce, u kterých je uvedeno červené plus, či modré mínus, jsou vodivě propojeny. Vždy je propojena pouze skupina pěti políček a ta je následně vodivě oddělena od další propojené skupiny. Stejně tak jsou vodivě propojeny sloupce A–E a F–J, tedy řádek s daným číslem, který obsahuje pět vodivě propojených políček. Od dalšího řádku je však ten předchozí izolován. Situace je zakreslena na Obr. 4.5, pro lepší názornost je několik vybraných skupin propojených řádků a sloupců žlutě zakroužkováno.



Obr. 4.5: Propojení v kontaktním poli

Políčka označena znaménky plus a mínus si necháme pro případné zapojení napájení a součástky budeme umisťovat mezi očíslované řádky. Nožičky patice žárovky tedy zapojíme do řádků s různými čísly, jak je uvedeno na Obr. 4.6, místa propojení nožiček a kontaktního pole jsou vyznačena žlutě. Obdobným způsobem zapojujeme i ostatní součástky – **jednotlivé nožičky vždy do různých řádků!**



Obr. 4.6: Zapojení součástky do kontaktního pole

Úkol

1. Zapojte dvě součástky sériově do kontaktního pole a propojte s konektory v horní pravé části.
2. Zapojte dvě součástky paralelně do kontaktního pole a propojte s konektory v horní pravé části.

II. Elektrické součástky

Elektrický obvod se skládá z jednotlivých dílčích částí, jež nazýváme elektrické součástky. Kromě zdroje napětí do obvodu zapojujeme velké množství prvků a tyto následně mají rozdílné funkce, které od obvodu vyžadujeme – přeměňují elektrickou energii na tepelnou (rezistor), svítí (žárovka, polovodičová dioda), vydávají zvuk (reproduktor) atd.

V následujících kapitolách si blíže rozebereme druhy jednotlivých součástek, jejich funkci v obvodu a ukážeme si, jak pomocí multimetru určit parametry těchto součástek. Na Obr. II.4.1 jsou uvedeny některé typy součástek – zleva a shora dolů: potenciometr, posuvný spínač, mikrospínač, Zenerova dioda, Schottkyho dioda, LED dioda, kondenzátor, rezistor a pojistka.



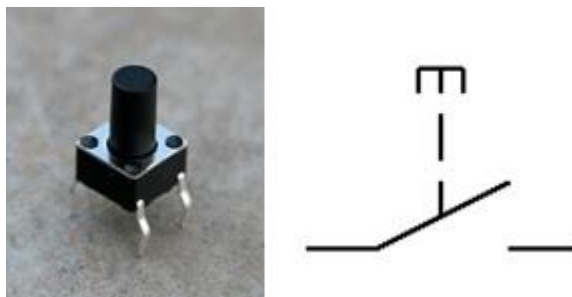
Obr. II.4.1: Součástky

5. Spínač

Abychom nemuseli stále odpojovat a zapojovat kabely od zdroje, pokud budeme chtít obvod vypnout či zapnout, doplníme obvod ještě jedním prvkem – spínačem. V dalších úlohách využijeme dva typy spínačů:

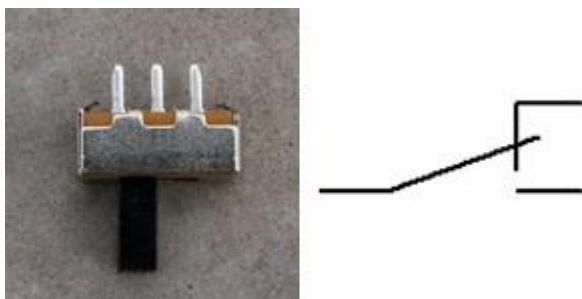
- mikrospínač
- posuvný spínač

Mikrospínač je ve své podstatě tlačítko, které nám v obvodu umožní průtok elektrického proudu jen tehdy, pokud je stlačeno. Pokud stisk uvolníme, tak se tento typ spínače sám navrátí do výchozí polohy a obvodem neprochází elektrický proud, je tedy rozpojen. Mikrospínač je znázorněn na Obr. 5.1 – vlevo foto mikrospínače, vpravo jeho schematická značka. Jak je z obrázku patrné mikrospínač má dvě vstupní a dvě výstupní svorky, přičemž je lhostejné, kterou kombinaci vstupních a výstupních svorek v obvodu zapojíme (obě vstupní svorky jsou propojeny, stejně tak výstupní). **Propojení svorek je vyznačeno na spodní straně spínače!**



Obr. 5.1: Mikrospínač

Požadujeme-li, aby obvod bylo možné pomocí spínače sepnout a průtok proudu byl zachován i pokud se spínače nedotýkáme, využijeme posuvný spínač. Tento typ spínače je možné přepínat mezi dvěma polohami (zapnuto, vypnuto) posunem spínacího kolíčku. Posuvný spínač je znázorněn na Obr. 5.2 – vlevo foto spínače, vpravo jeho schematická značka.



Obr. 5.2: Posuvný spínač

Z fotografie na Obr. 5.2 je patrné, že posuvný spínač má tři svorky, ze schematické značky by mělo být patrné, jak daný typ spínače do obvodu zapojit. Krajní dvě svorky na fotce odpovídají vrchní a spodní svorce ve schematické značce a přepínací kolík je v součástce spojen s prostřední svorkou.

V některých schématech nemusí být typ spínače rozlišen a může být zakreslen univerzální značkou, která je na Obr. 5.3. Záleží poté na uživateli, jaký nejvhodnější typ spínače zvolí.



Obr. 5.3: Spínač – univerzální značka

Úkol

1. Pro jaký typ zapojení byste využili mikrospínač a pro jaký posuvný spínač? Uveďte konkrétní příklad.
2. Načrtněte a vysvětlete, jak funguje tzv. schodišťový spínač, pomocí kterého je možné ovládat například světlo na chodbě (využitím dvou vypínačů). Realizujte takový obvod pomocí žárovky a právě dvou spínačů (vhodných typů).

6. Rezistor

Elektrický odpor R , který se vyskytuje v Ohmově zákoně (Rce. 2.2) je realizován součástkou, která se nazývá rezistor¹². Z Ohmova zákona je patrné, že funkcí rezistoru je převádět proud na napětí a naopak. Zjednodušeně řečeno – čím větší bude odpor rezistoru v obvodu, tím více se součástka brání průtoku elektrického proudu (proud tekoucí obvodem bude malý) a tím větší na ní musí být úbytek napětí.

Vybíráme-li rezistor, který má v obvodu plnit svou funkci, je nutné kontrolovat dva parametry. Prvním parametrem je jmenovitá hodnota odporu (důležité pro správnou funkci obvodu) a tím druhým jmenovitá zatížitelnost (při překročení dochází k destrukci)¹³. Dle velikosti a tvaru rezistorů používají výrobci zpravidla jeden ze tří druhů značení odporu rezistoru:

¹² Velice často se místo rezistor používá označení odpor, toto označení je však nepřesné, neboť odpor je parametr (vlastnost) součástky nazývané rezistor.

¹³ Jmenovitá zatížitelnost vychází z elektrického výkonu, který se na rezistoru mění na teplo a mohl by tak spálit součástku. Více v [1].

- číselné značení s příponou
- barevný kód
- číselný kód

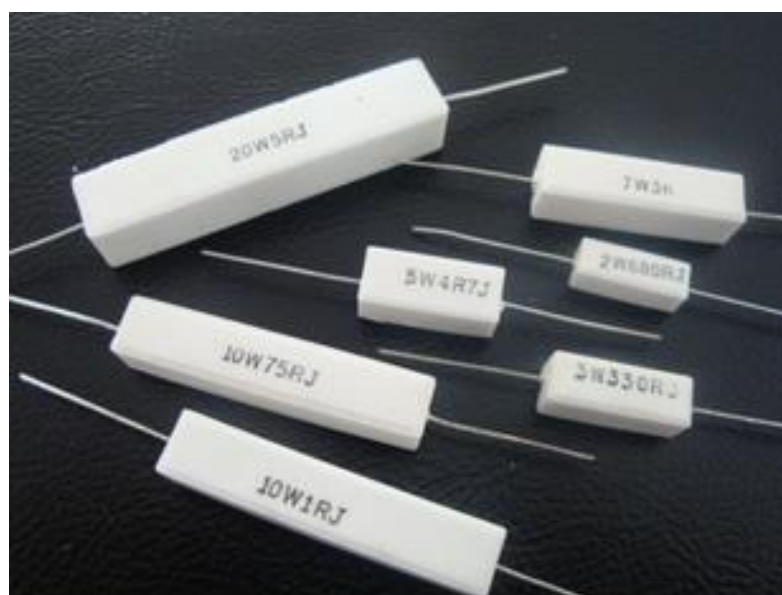
Při číselném značení s příponou je vždy uváděna daná hodnota odporu a přípona (násobitel) – uvedeno v Tab. 6.1. Násobitel R a J může být někdy vynechán. Na konci označení může být ještě písmeno značící toleranci (odchylku od hodnoty) odporu.

Násobitel	Přípona	Tolerance	Kód tolerance
10^0	R, J	$\pm 20\%$	M
10^3	k	$\pm 10\%$	K
10^6	M	$\pm 5\%$	J
10^9	G	$\pm 2\%$	G
10^{12}	T	$\pm 1\%$	F
		$\pm 0,5\%$	D
		$\pm 0,25\%$	C
		$\pm 0,1\%$	B

Tab. 6.1: Číselné značení s příponou

Budeme-li mít rezistor s označením 20W4K7J, znamená to, že součástka je dimenzována na maximální výkon 20 W, její odpor je 4 700 Ω s tolerancí $\pm 5\%$. Příklady značení rezistorů jsou na

Obr. 6.1.



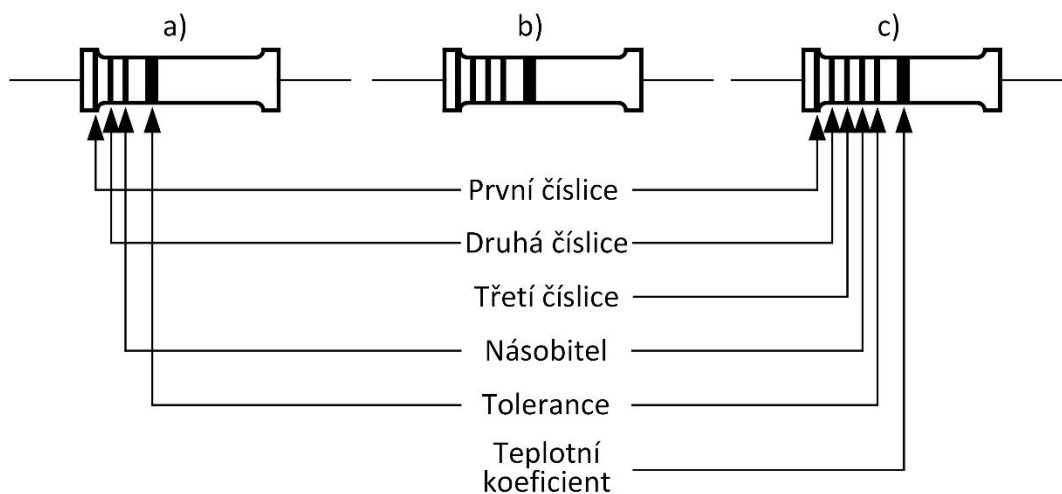
Obr. 6.1: Číselné značení s příponou

Další možností, jak uvést na rezistoru hodnotu odporu je číselné značení. Tento typ značení se používá pro SMD¹⁴ rezistory. První dvě, respektive tři, číslice určují hodnotu odporu a poslední číslice představuje násobitel. Rezistor s označením 4223 bude mít tedy odpor 422 k Ω . Příklad je uveden na Obr. 6.2.



Obr. 6.2: Značení SMD rezistorů

Jednou z nejrozšířenějších metod značení odporu rezistorů je použití barevného kódu. V tomto případě jsou na rezistorech vyznačeny barevné proužky. Proužek, který je nejbližší k okraji rezistoru, je první proužek. Poslední proužek bývá až dvakrát širší nežli ostatní a ve srovnání s prvním proužkem se nachází dále od kraje rezistoru. Celkový počet proužků bývá tři až šest. Označení zahrnuje dvě až tři platné číslice, násobitel, toleranci a případně teplotní koeficient¹⁵ – viz Obr. 6.3.



Obr. 6.3: Proužky na rezistorech

¹⁴ Surface Mount Device rezistory (součástky) určené pro pájení do plošných spojů, nemají tedy drátové vývody (nožičky). Více v [2].

¹⁵ Teplotní koeficient určuje závislost odporu rezistoru na teplotě. Více v [1].

Jednotlivé proužky se od sebe liší barvou, každá barva odpovídá příslušné hodnotě odporu. Barvy a hodnoty odporů jsou uvedeny v následující tabulce – Tab. 6.1. Pod tabulkou je příklad rezistoru s velikostí odporu $4\,700\,\Omega$ a odchylkou 5 % – Obr. 6.4.

Barva	Barva	1. číslice	2. číslice	3. číslice	Násobitel	Tolerance	Teplotní koeficient [K^{-1}]
Černá		0	0	0	10^0		$200 \cdot 10^{-6}$
Hnědá		1	1	1	10^1	1 %	$100 \cdot 10^{-6}$
Červená		2	2	2	10^2	2 %	$50 \cdot 10^{-6}$
Oranžová		3	3	3	10^3		$25 \cdot 10^{-6}$
Žlutá		4	4	4	10^4		$15 \cdot 10^{-6}$
Zelená		5	5	5	10^5	0,5 %	
Modrá		6	6	6	10^6	0,25 %	
Fialová		7	7	7	10^7	0,1 %	
Šedá		8	8	8	10^8		
Bílá		9	9	9	10^9		
Stříbrná					10^{-2}	10 %	
Zlatá					10^{-1}	5 %	

Tab. 6.2: Barevný kód pro určení odporu rezistoru



Obr. 6.4: Rezistor ($4\,700\,\Omega$, odchylka 5 %)

Úkol

1. Vyberte pět různých rezistorů označených pomocí číselného značení s příponou a pomocí Tab. 6.1 určete jejich odpory. Hodnoty odporů překontrolujte pomocí ohmmetru a zhodnoťte, zda naměřená odchylka odpovídá třídě tolerance.¹⁶
2. Vyberte pět různých rezistorů s barevným kódem a pomocí Tab. 6.2 určete jejich odpory. Hodnoty odporů překontrolujte pomocí ohmmetru a zhodnoťte, zda naměřená odchylka odpovídá třídě tolerance.

¹⁶ Pokud bychom chtěli přesnější srovnání hodnot, museli bychom uvažovat i odchylku měřicího přístroje.

7. Spojování rezistorů

Všechny prvky elektrických obvodů máme možnost řadit dvěma způsoby – sériově a paralelně. U rezistorů se při jejich řazení mění výsledný odpor. Ne vždy máme k dispozici přesnou hodnotu odporu rezistoru, proto požadovaných hodnot odporu dosahujeme kombinací více rezistorů.¹⁷

- Sériové řazení – při sériovém řazení zapojujeme rezistory za sebou
- Paralelní řazení – při paralelním řazení zapojujeme rezistory vedle sebe

Chceme-li celkový odpor struktury zvětšit, použijeme sériové řazení rezistorů. Platí, že výsledný odpor je dán součtem jednotlivých odporů. Vztah pro výsledný odpor N rezistorů uvádí Rce. 7.1. **Celkový odpor při sériovém řazení rezistorů je tedy vždy větší nežli největší použitý!**

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_N$$

Rce. 7.1: Výsledný odpor sériového řazení

Pro sériovou kombinaci dvou rezistorů dostáváme známý vztah – viz Rce. 7.2.

$$R = R_1 + R_2$$

Rce. 7.2: Výsledný odpor sériového řazení dvou rezistorů

Chceme-li celkový odpor struktury zmenšit, použijeme paralelní řazení rezistorů. Platí, že převrácená hodnota výsledného odporu je dána součtem převrácených hodnot jednotlivých odporů. Vztah pro výsledný odpor paralelního řazení N rezistorů uvádí Rce. 7.3. **Celkový odpor při paralelním řazení rezistorů je tedy vždy menší nežli nejmenší použitý!**

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

Rce. 7.3: Výsledný odpor paralelního řazení

Pro paralelní kombinaci dvou (rozuměj právě dvou!) rezistorů můžeme předchozí rovnici upravit na známý vztah – viz Rce. 7.4.¹⁸

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Rce. 7.4: Výsledný odpor paralelního řazení dvou rezistorů

¹⁷ Je možné nechat si vyrobit rezistory s přesnou hodnotou odporu na zakázku, nicméně takovéto rezistory jsou poměrně drahé. Běžně se rezistory vyrábí v určitých řadách jmenovitých hodnot odporů a požadovaný odpor si sestavíme sami kombinací rezistorů.

¹⁸ Výsledný vztah dostaneme z Rce. 7.3 převedením na společného jmenovatele a převrácením hodnot levé i pravé strany rovnice. Vztah lze použít jen pro výpočet výsledného odporu dvou rezistorů, pro tři a více rezistorů je nutné použít vztah Rce. 7.3.

Úkol

1. Vyberte dva různé rezistory, určete hodnoty jejich odporů pomocí značení a přeměřte multimetrem – hodnoty si zaznamenejte. Rezistory zapojte sériově do kontaktního pole a pomocí multimetru změřte výsledný odpor. Vypočtete teoretickou hodnotu výsledného odporu (použijte naměřené hodnoty odporů jednotlivých rezistorů) a srovnejte s měřením.
2. Postupujte stejně jako v úkolu 1, jen rezistory zapojte paralelně.
3. Vyberte si pět rezistorů tak, aby maximálně dva měli stejnou hodnotu odporu. Změřte odpory všech rezistorů – hodnoty si zaznamenejte a označte si jednotlivé rezistory. Nakreslete libovolné schéma, ve kterém se bude vyskytovat sériovo-paralelní kombinace rezistorů, dále zapojte tuto strukturu do kontaktního pole a změřte výsledný odpor. Nakonec vypočtete teoretickou hodnotu výsledného odporu a srovnejte s měřením.
4. Jaké hrozí nebezpečí, pokud používáme ke zvětšení/zmenšení výsledného odporu kombinaci rezistorů? Jaké rezistory bychom měli kombinovat?

8. Kondenzátor

Kondenzátor, nebo též kapacitor, je součástka, jejíž hlavní funkcí je akumulace elektrického náboje, tedy kapacita. Pokud chceme kondenzátor nabít elektrickým nábojem Q , jednotkou je Coulomb (C), musíme ho připojit ke zdroji napětí U (V). Čím silnější budeme mít zdroj napětí, tím větším nábojem se kondenzátor nabije. Konstanta úměrnosti mezi napětím a nábojem se nazývá kapacita, značíme ji C , její jednotkou je Farad (F). Vztah, který popisuje tuto závislost, uvádí Rce. 8.1.¹⁹

$$Q = C \cdot U$$

Rce. 8.1: Vztah mezi nábojem a napětím na kondenzátoru

Obdobně jako u rezistoru má kondenzátor krom již zmíněného základního parametru – jmenovité hodnoty kapacity²⁰, ještě další důležité parametry. Těmito dalšími parametry jsou:

- jmenovité napětí – nejvyšší napětí, na které je kondenzátor konstruován
- přesnost kapacity – udává jmenovitou odchylku od udávané hodnoty
- teplotní součinitel kapacity – udává závislost kapacity na teplotě
- izolační odpor atd.

Kondenzátory můžeme také rozdělit z hlediska konstrukce, **zvolit konstrukčně správný kondenzátor je velice důležité a tento krok musí předcházet výběru jmenovité kapacity** a obecně výběru kondenzátoru dle parametrů.²¹ Z konstrukčního hlediska můžeme kondenzátory rozdělit na:

- kondenzátory s dielektrikem z umělých hmot
- keramické kondenzátory
- elektrolytické kondenzátory
- kondenzátory v monolitických integrovaných obvodech

Kondenzátory s dielektrikem z umělých hmot jsou tvořeny svitky fólií a mají relativně velké rozměry, protože jako jejich dielektrikum je použit polyester, polystyren, polypropylen, teflon atd. Relativní permitivita těchto dielektrik se pohybuje v řádu jednotek. Kapacita těchto kondenzátorů se pohybuje od desítek pF až po desítky μF , mají však velkou přesnost kapacity, dobrou teplotní stabilitu a velký izolační odpor. Z dalších vlastností lze uvést též dobré vysokofrekvenční vlastnosti a maximální hodnoty provozního napětí, až 1 kV.

¹⁹ Všimněte si podobnosti Rce. 8.1 s Ohmovým zákonem – Rce. 2.1.

²⁰ Jmenovité hodnoty kapacit v jednotlivých řadách nebývají zdaleka tak obsáhlé jako u rezistorů.

²¹ Znalost konstrukčních principů je ve srovnání s rezistory mnohem důležitější.

Keramické kondenzátory se vyznačují především svými malými rozměry, kterých je dosaženo použitím dielektrika s velmi vysokou relativní permitivitou (až do řádu 10^4). Přesnost hodnoty kapacity a teplotní stabilita je u tohoto typu kondenzátoru nízká, izolační odpor je ve srovnání druhů kondenzátorů průměrný. Tento typ kondenzátorů je dostupný v kapacitách přibližně od jednotek pF až do stovek nF. Z dalších vlastností lze uvést velmi špatné vysokofrekvenční vlastnosti a maximální hodnoty provozního napětí až 30 kV.

Elektrolytické kondenzátory jsou využívány pro jejich velké hodnoty kapacit stovky nF až stovky mF. Velkých kapacit je dosaženo použitím velmi tenkého porézního dielektrika s velkou elektrickou pevností a relativní permitivitou přibližně 10. Katoda (záporný pól) je tvořen elektrolytem s vývodem na pouzdro kondenzátoru. Anoda je tvořena kovovou fólií, která se leptá z důvodu zvětšení povrchu, to má za následek vysoké tolerance kapacity (–10 % až +100 %). Anoda a katoda jsou odděleny izolační vrstvou, která zároveň slouží jako separátor pro elektrolyt. **Při zapojování elektrolytického kondenzátor je nutné dodržet správnou polaritu zapojení!**²² Pokud polaritu otočíme, dochází k odformování dielektrika, které je spojeno s tvorbou plynů a tepla. Při vyšších hodnotách napájecího napětí může součástka explodovat. Z dalších vlastností tohoto typu kondenzátoru lze uvést velmi nízkou stabilitu kapacity, malý izolační odpor a špatnou časovou stálost parametrů kondenzátoru.

Značení hodnot kondenzátorů je možné pomocí natištěných údajů přímo na kondenzátoru. Je-li na kondenzátoru dostatek místa, je proveden potisk s plným kódem a základní jednotkou je 1 F.

Hodnota kapacity	Druh kódu		
	1 F	1 μ F	1 pF
1 F	1 F		
0,001 F	1 m		1 G
0,000 001 F	1 μ	1	1 M
0,000 000 001 F	1 n		1 K
0,000 000 000 001 F	1 p		1

Tab. 8.1: Hodnoty kapacit dle druhů kódu

Například označení 470 μ F / 35 V. U malých kondenzátorů se používá kód skládající se ze tří číslic, kde první dvě určují hodnotu kapacity, a třetí číslice udává násobitel.²³ **Základní jednotkou v tomto značení je 1 pF!** Kondenzátor označený jako 470 bude mít tedy kapacitu 47 pF, kondenzátor označený jako 273 bude mít kapacitu 27 nF apod. **Pozor na použití předpon, při základní jednotce 1 pF!** Při použití předpony M (Mega) bude výsledná kapacita v mikrofarazech! Krom použití 1 pF jako

²² Správná polarita bývá na kondenzátoru vyznačena.

²³ Obdobné značení jako u rezistorů.

základní jednotky, může být zvolen též 1 F, nebo 1 μF ²⁴ – viz Tab. 8.1. Vždy je tedy nutné seznámit se s tím, jakou základní jednotku výrobce uvádí ve svém značení.

Úkol

1. Vyberte pět různých kondenzátorů a určete jejich kapacity. Hodnoty kapacit překontrolujte pomocí multimetru a zhodnoťte, zda naměřená odchylka odpovídá přesnosti kapacity.
2. Rozhodněte, pro jaké aplikace se hodí jednotlivé typy kondenzátorů (s dielektrikem z umělých hmot, keramické a elektrolytické).
3. Uveďte, jaké by bylo značení v kódu 1 F a 1 pF pro kondenzátory o kapacitách 0,000 000 000 023 F; 0,000 6 F a 0,000 009 F.
4. Za jakých okolností může explodovat elektrolytický kondenzátor?

²⁴ V našich aplikacích se budeme setkávat výhradně s použitím základní jednotky 1 pF.

9. Spojování kondenzátorů

Obdobně jako u rezistorů (kapitola 7), pokud nemáme k dispozici kondenzátor s požadovanou kapacitou, můžeme vhodnou kombinací (sériovou, paralelní) výslednou kapacitu sestavit z více kondenzátorů. Pro připomenutí raději zopakujeme, typy řazení:

- Sériové řazení – zapojujeme kondenzátory za sebou
- Paralelní řazení – kondenzátory zapojujeme vedle sebe

Chceme-li celkovou kapacitu struktury zvětšit, použijeme **paralelní řazení kondenzátorů**. Platí, že výsledná kapacita je dána součtem jednotlivých kapacit. Vztah pro výslednou kapacitu N kondenzátorů uvádí Rce. 9.1. **Celková kapacita při paralelním řazení kondenzátorů je tedy vždy větší nežli největší použitá!**

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_N$$

Rce. 9.1: Výsledná kapacita při paralelním řazení kapacitorů

Pro paralelní kombinaci dvou kapacitorů dostáváme vztah – viz Rce. 9.2.

$$C = C_1 + C_2$$

Rce. 9.2: Výsledná kapacita paralelního řazení dvou kapacitorů

Chceme-li celkovou kapacitu struktury zmenšit, použijeme sériové řazení kondenzátorů. Platí, že převrácená hodnota výsledné kapacity je dána součtem převrácených hodnot jednotlivých kapacit. Vztah pro výslednou kapacitu sériového řazení N kondenzátorů uvádí Rce. 9.3. **Celková kapacita při sériovém řazení kondenzátorů je tedy vždy menší nežli nejmenší použitá!**

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_N}$$

Rce. 9.3: Výsledná kapacita sériového řazení

Pro sériovou kombinaci dvou (rozuměj právě dvou!) kondenzátorů můžeme předchozí rovnici upravit na tvar Rce. 9.4.

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Rce. 9.4: Výsledná kapacita sériového řazení dvou kapacitorů

Srovnáme-li výpočet výsledné kapacity při sériovém a paralelním řazení kondenzátorů s výpočtem výsledného odporu rezistorů, je vidět, že **výsledná kapacita kondenzátorů se počítá opačně nežli výsledný odpor rezistorů!**

Úkol

1. Vyberte dva různé kondenzátory, určete hodnoty jejich kapacit pomocí značení a přeměřte multimetrem – hodnoty si zaznamenejte. Kondenzátory zapojte sériově do kontaktního pole a pomocí multimetru změřte výsledný odpor. Vypočtete teoretickou hodnotu výsledné kapacity (použijte naměřené hodnoty kapacit jednotlivých kondenzátorů) a srovnejte s měřením.
2. Postupujte stejně jako v úkolu 1, jen kondenzátory zapojte paralelně.
3. Vyberte si pět kondenzátorů tak, aby maximálně dva měli stejnou hodnotu kapacity. Změřte kapacity všech kondenzátorů – hodnoty si zaznamenejte a označte si jednotlivé kapacitory. Nakreslete libovolné schéma, ve kterém se bude vyskytovat sériovo-paralelní kombinace kondenzátorů, dále zapojte tuto strukturu do kontaktního pole a změřte výslednou kapacitu. Nakonec vypočtete teoretickou hodnotu výsledné kapacity a srovnejte s měřením.

Rejstřík

barevný kód pro určení odporu rezistoru, 23

nastavení multimetru, 9

Ohmův zákon, 6

polarita zdroje napětí, 5

spínač, 19

zapojení součástek do kontaktního pole, 16

zapojení voltmetru a ampérmetru, 6

Přílohy

Násobky jednotek

Z elektrotechnického hlediska jsou pro nás zajímavé hlavně dekadické násobky jednotek, mezi nimiž je vždy krok 10^3 . Tyto jednotky jsou uvedeny v Tab. P.1 spolu s původním významem, který pochází z řečtiny.

Znak	Název	Rozměr	Exponent	Původ z řečtiny
T	tera	1 000 000 000 000	10^{12}	teras – netvor
G	giga	1 000 000 000	10^9	gigas – obr
M	mega	1 000 000	10^6	megas – veliký
k	kilo	1 000	10^3	chilioi – tisíc
		1	10^0	
m	mili	0,001	10^{-3}	mille – tisíc
μ	mikro	0,000 001	10^{-6}	mikros – malý
n	nano	0,000 000 001	10^{-9}	nano – trpaslík
p	piko	0,000 000 000 001	10^{-12}	piccolo – maličký

Tab. P.1: Násobky jednotek

Doporučená literatura

- [1] VOBECKÝ, Jan a Vít ZÁHLAVA. *Elektronika: součástky a obvody, principy a příklady*. 2., rozš. vyd. Praha: Grada, 2001, 188 s. ISBN 80-7169-884-9.
- [2] MALINA, Václav. *Poznáváme elektroniku*. 1. vyd. České Budějovice: Kopp, 2006, 430 s. ISBN 80-7232-271-0.
- [3] SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky*. 4. uprav. vyd. Praha: Prometheus, 2006, 531 s. ISBN 80-7196-307-0.