

Elektronika pro pyrotechniky

Základy I

Zpracoval: Marian ZELENÝ

Obsah

1	Základní pojmy	6
1.1	Elektronika	6
1.2	Elektrický obvod	7
1.3	Elektronická součástka/obvodový prvek.....	8
1.4	Pasivní elektronické součástky	10
1.5	Aktivní elektronické součástky	10
1.6	Elektrické napětí	11
1.7	Elektrický proud.....	13
1.8	Ohmův zákon	15
1.9	Zdroje elektrického napětí a proudu	16
1.10	Vnitřní odpor zdroje	17
1.11	Napěťový zdroj	18
1.12	Proudový zdroj.....	19
1.13	Řazení zdrojů	20
2	Zdroje stejnosměrného napětí	23
2.1	Primární články elektrické energie	24
2.1.1	Zinkochloridová baterie	24
2.1.2	Alkalické baterie.....	25
2.1.3	Novější typ alkalických baterií	26
2.1.4	Články typu FeS ₂ /Li.....	26
2.1.5	SAFT články	27
2.2	Sekundární články - akumulátory	27
2.2.1	NiCd akumulátory	28
2.2.2	NiMH (Nikl-Metal-Hydrid) akumulátory	29
2.2.3	Li-Ion akumulátory	30
2.2.4	Li-pol akumulátory	31
2.2.5	Powerbanky	31
3	Kontakty, spínače	32
3.1	Přepínače a spínače	32
3.2	Tlačítka.....	33
3.3	Mikrospínače	33
3.4	Magnetické spínače	34
4	Pasivní elektronické součástky	36
4.1	Rezistory	36

4.1.1	Pevné rezistory	37
4.1.2	Proměnné rezistory	38
4.1.3	Řazení rezistorů v obvodech	39
4.1.4	Značení rezistorů.....	42
4.1.5	Další typy rezistorů	44
4.2	Kondenzátory	47
4.2.1	Značení a rozdělení kondenzátorů	49
4.2.2	Řazení kondenzátorů	51
4.2.3	Kondenzátor v obvodu stejnosměrného proudu	52
4.3	Cívky.....	53
4.3.1	Relé	54
4.3.2	Polovodičová relé (Solid State Relay)	56
4.3.3	Jazyčkový magnetický kontakt.....	56
5	Polovodičové součástky.....	58
5.1	Diody.....	59
5.2	Fotodiody.....	61
5.3	LED	63
5.4	Tranzistory	67
5.4.1	Bipolární tranzistory.....	68
5.4.2	Unipolární tranzistory	70
5.5	Tyristory.....	71
6	Cvičení na závěr	73
7	Použitá literatura	75
8	Seznam použitých zkratk	78
9	Seznam obrázků.....	79

Úvod

- Tento učební text výuky základů elektroniky je určen studentům, kteří mají středoškolské vzdělání převážně netechnického směru, ale při výkonu svého povolání se potřebují orientovat alespoň v základních oblastech elektroniky.
- Cílem tohoto učebního textu není udělat ze studentů vysokoškolské odborníky na elektroniku. To není vzhledem k časové dotaci na tuto výuku ani reálné. Cílem je, aby studenti, kteří absolvují výuku s podporou tohoto učebního textu, získali základní přehled o elektronice, vlastnostech jednotlivých součástek a byli schopni samostatně a také správně aplikovat získané vědomosti při řešení případného problému s municí obsahující elektronické prvky nebo při incidentu s NVS (Nástražný Výbušný Systém).
- Vzhledem k možné účasti studentů v zahraničních kurzech a také možnému nasazení v mnohonárodnostních jednotkách, jako jsou například týmy WIT (Weapons Intelligence Team), jsou v textu vyobrazeny schematické značky jednotlivých elektronických součástek používané jak v Evropě, tak také v USA a Japonsku. Zároveň jsou zde také uvedeny schematické značky těchto součástek, tak jak, byly označovány v minulosti, ale je možné se s nimi setkat i v dnešní době v některých elektrických schématech, například ve starších tištěných publikacích nebo webových stránkách typu Pinterest apod.
- Umět přečíst různé varianty schematických značek elektronických součástek je důležité pro pochopení elektrických schémat převzatých ze zahraničních zdrojů a také při vzájemné komunikaci s dalšími kolegy z jiných zemí při setkání na zahraničních kurzech.

- Pro snadnější orientaci v učebním textu byly některé odstavce zvýrazněny a označeny ikonami, které mají následující funkce:



Znak pro základní poučky a definice



Důležité informace k zapamatování



Otázky k promyšlení



Cvičení

1 Základní pojmy

1.1 Elektronika



„Elektronika je oblast vědy a techniky zabývající se studiem a využíváním jevů elektrické vodivosti ve vakuu, plynech, kovech a polovodičích.“¹

Elektroniku můžeme dělit na:

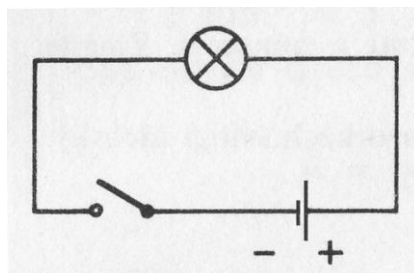
- **Fyzikální (teoretickou)**, která se zabývá principy vodivosti ve výše uvedených prostředích.
- **Technickou**, která se zabývá součástkami, a to jak teoreticky, tak prakticky.
- **Aplikovanou**, která se zabývá elektronickými obvody, vytvořenými z elektronických součástek.

¹ BEZDĚK Miloslav: Elektronika I, KOPP 2008 ISBN: 978-80-7232-365-4

1.2 Elektrický obvod



Jednoduchý elektrický obvod je konstrukce, která vzniká propojením zdroje elektrické energie pomocí vodičů se spotřebičem, tak jak je znázorněno na obr. 1.1.



Obr. 1.1 Jednoduchý elektrický obvod²

Jednoduchý **elektrický obvod** je složen ze zdroje elektrické energie, přívodních vodičů, spínače a spotřebiče. V našem případě to může být jednoduchá rozvážná síť, kdy máme pouze zdroj elektrické energie (roznětnici), která zároveň obsahuje spínač elektrického obvodu, roznětné vedení a vlastní iniciátor s přívodními vodiči.

Elektronický obvod vzniká postupným zapojováním a seskupováním elektronických součástí. Ten může být součástí elektronického zařízení. To dokáže různým způsobem zpracovávat signály, nebo je naopak samo produkuje. Nezáleží na tom, zda je to signál analogový nebo digitální.

Většinou se pro popisování zpravování signálu využívají různě složité vzorce, rovnice a poučky. V našem případě zůstaneme pouze u Ohmova zákona.

² Zdroj obrázku 1.1 <https://docplayer.cz/11454311-Ing-stanislav-jakoubek.html>

1.3 Elektronická součástka/obvodový prvek



„Elektronická součástka je neoddělitelnou součástí obvodu, který má přesně dané elektrické vlastnosti (parametry).“³

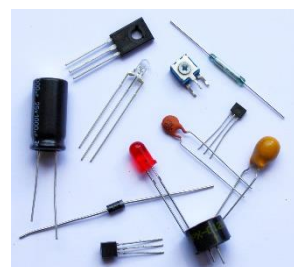
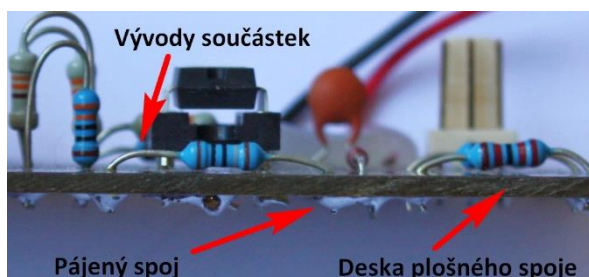
Za parametry je považováno proudové zesílení tranzistoru, odpor rezistoru, kapacita kondenzátoru a mnohé další.

V praxi jsou tyto součástky děleny do dvou základních skupin:

- **Pasivní součástky** – mají stálé a nezávislé vlastnosti na proudu nebo napětí. Spotřebovávají většinou energii. Základní představitelé těchto součástek jsou rezistory, kondenzátory, cívky.
- **Aktivní součástky** – jejich vlastnosti jsou proměnné, například přivedeným napětím nebo proudem. V podstatě sem patří všechny polovodičové součástky.

Také můžeme využít dělení součástek podle způsobu montáže:

- **Pro klasickou montáž** - klasické vývodové součástky (součástky s vývody), vývody součástek procházejí otvory v plošném spoji, viz obr. 1.2. Jsou osazovány ručně. Pájení může být ručně nebo pomocí tzv. pájecí vlny.

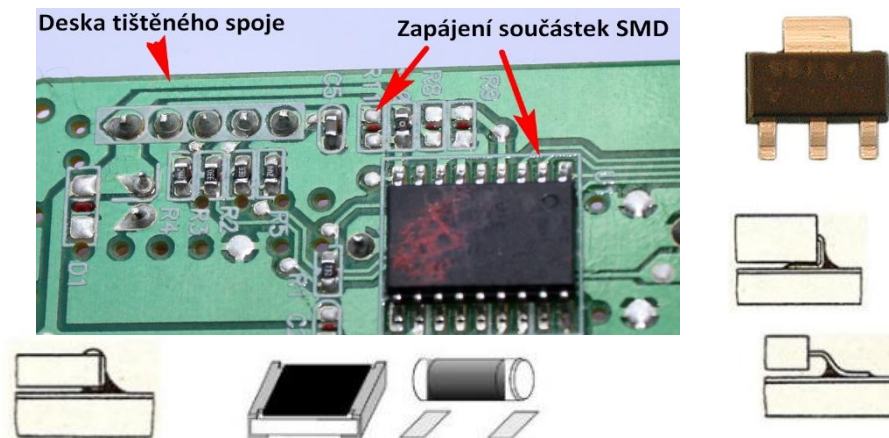


Obr. 1.2 Součástky pro klasickou montáž⁴

³ BEZDĚK Miloslav: Elektronika I, KOPP 2008 ISBN: 978-80-7232-365-4.

⁴ Zdroj obrázku 1.2 Archiv autora

- **Pro povrchovou montáž** (SMD – Surface Mount Device) bezvývodové součástky, jsou osazovány roboticky a pájeny pomocí pájecí pasty a vysoké teploty (horký vzduch) na povrch desky plošného spoje, viz obr. 1.3.



Obr. 1.3 Součástky pro povrchovou montáž⁵

Součástky se před vlastním pájením umístí na lepidlo a pak teprve dojde k jejich připájení. Kontrola osazení se provádí většinou pomocí kamery ve všech třech osách nebo pomocí rentgenového snímkování.

⁵ Zdroj obrázku 1.3 BEZDĚK Miloslav: Elektronika I, KOPP 2008 ISBN: 978-80-7232-365-4, <https://slideplayer.com/slide/11288467/> a archiv autora

1.4 Pasivní elektronické součástky

Mezi pasivní elektronické součástky patří **rezistory, kondenzátory, cívky**. Charakteristickým rysem většiny elektronických obvodů je fakt, že v běžných zařízeních, jako je mobilní telefon, TV, PC apod., jsou také zastoupeny pasivní elektronické součástky. Pasivní součástky také ovlivňují velikost a spolehlivost systému a promítají se do výsledné ceny výrobku nebo zařízení.

V současnosti jsou pasivní elektronické součástky bohužel zneužívány i k tomu, že spotřebič se pokazí krátce po záruční době. Čím je to způsobeno? Říká vám něco pojem konstrukční chyba? Kazítko?

Porozumění parametrům pasivních součástek a pochopení principu jejich fungování je nezbytné nejen pro návrháře elektronických obvodů. Je to důležité i pro studenty, aby dokázali samostatně vysvětlit, jak daná součástka funguje a proč je součástí daného elektronického obvodu.

1.5 Aktivní elektronické součástky

Jedná se o součástky, které mají proměnné elektrické vlastnosti a je možné je ovládat pomocí připojeného napětí. Jsou to diody, tranzistory, tyristory, integrované obvody apod. O těchto součástkách se více dozvíme v dalších kapitolách tohoto textu.

1.6 Elektrické napětí



Elektrické napětí je rozdíl elektrických potenciálů mezi dvěma body (někdy též označovaný ve starší literatuře jako elektromotorická síla) a reprezentuje energii vynaloženou na pohyb jednotkového kladného náboje z místa o nižším potenciálu (-) na místo s vyšším potenciálem (+).⁶

Napětí značíme U a jeho jednotkou je **volt** (V).⁷

Dílicí jednotky a násobky používané v elektronice:

- μV – mikrovolt (10^{-6} V)
- mV – milivolt (10^{-3} V)
- kV – kilovolt (10^3 V)



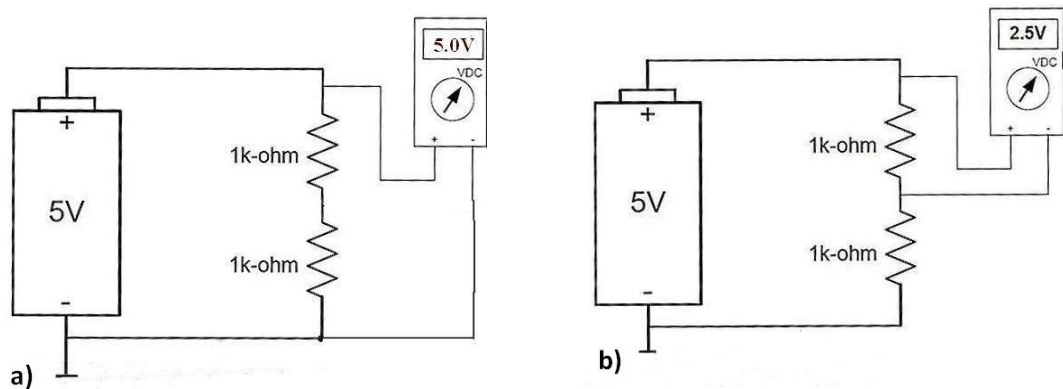
Jeden volt je takové napětí mezi konci vodiče, do něhož stálý proud jednoho ampéru dodává výkon jednoho wattu.⁸

⁶VOBECKÝ Jan, ZÁHLAVA Vít: Elektronika – Součástky a obvody, principy a příklady, Grada 2005 ISBN 80-247-1245-1.

⁷VOBECKÝ Jan, ZÁHLAVA Vít: Elektronika – Součástky a obvody, principy a příklady, Grada 2005 ISBN 80-247-1245-1.

⁸VOBECKÝ Jan, ZÁHLAVA Vít: Elektronika – Součástky a obvody, principy a příklady, Grada 2005 ISBN 80-247-1245-1.

Elektrické napětí měříme voltmetrem. Měříme vždy mezi dvěma body buď přímo na součástce, nebo v uzlech obvodu viz obr. 1.4. Pokud, ale řekneme, že měříme napětí v nějakém bodě, pak většinou až na několik výjimek myslíme napětí mezi měřeným bodem a bodem s nulovým potenciálem. Tím myslíme společný vodič v obvodu, který je také nazývaný společná zem.⁹



Obr. 1.4 Měření napětí a) proti zemi b) na součástce¹⁰

⁹ VOBECKÝ Jan, ZÁHLAVA Vít: Elektronika – Součástky a obvody, principy a příklady, Grada 2005 ISBN 80-247-1245-1.

¹⁰ Zdroj obrázku č. 1.4 <https://cs.electronics-council.com/an-introduction-ground-13946>

1.7 Elektrický proud



„Elektrický proud je uspořádaný pohyb volných částic s elektrickým nábojem.“¹¹

Elektrický proud nám udává, kolik náboje projde určitým průřezem za jednotku času. Pro konstantní proud platí vztah (1):

$$I = Q/t; \text{ (A, C, s)} \quad (1)$$

Ampér patří mezi základní jednotky mezinárodní soustavy SI. Jeho původní definice platná do 19. 5. 2019 zněla:



Elektrický proud se značí písmenem I , jednotkou je ampér (A). Proud 1 A představuje náboj jednoho coulombu, který projde vodičem za jednu sekundu.



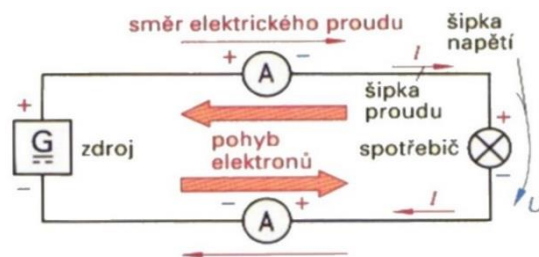
Vodič se průchodem proudu zahřívá. Nosiče náboje - volné elektrony kovu naráží na jádra atomů a způsobují jejich pohyb, tím kromě jiného vytváří i teplo. Dochází ke zvyšování vnitřní energie vodiče.

¹¹SVOBODA, Emanuel a kol. Přehled středoškolské fyziky. 5. přepracované vydání. Praha: Prometheus, 2014. ISBN 978-80-7196-438-4.



Dokážete říci, kde se zahřívání vodiče pomocí procházejícího proudu využívá v naší praxi?

Pro znázornění směru proudu se používá zavedená mezinárodní konvence. Kladný směr toku proudu se bere od kladného k zápornému pólu obvodu. Ale pohyb elektronů, které mají záporný náboj, je přesně v opačném směru tak jak je uvedeno na obr. 1. 5. Konvence však byla zavedena ještě před tímto objevem.



Obr. 1.5 Směr proudu v elektrickém obvodu¹²

Toto, ale velice zjednodušeně platí, pokud je v obvodu použit stejnosměrný zdroj elektrické energie. Elektrický proud měříme pomocí ampérmetru tak, že je zapojen sériově se zátěží v obvodu. V elektronice se používají mimo základní jednotku A (ampér) také její dílčí jednotky:

- μA – mikroampér (10^{-6} A)
- mA – miliampér (10^{-3} A)
- A – ampér (A)

¹² Zdroj obrázku 1.5 <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/420>

- **Výkon elektrického proudu v obvodu stejnosměrného proudu**

Elektrický proud, který obvodem prochází, se ve spotřebiči mění na jinou formu energie. Může to být například na energii tepelnou nebo mechanickou, ale také světelnou apod. Pokud spotřebičem za určitou dobu t projde částice s nábojem Q , dojde k vykonání práce

$$W = U \cdot Q; (J) \quad (2)$$

Kde U znamená napětí na svorkách spotřebiče. Tato vykonaná práce potom vyjadřuje míru změny elektrické energie na energii jinou.

Výkon P elektrického proudu na spotřebiči o odporu R zapojeným v obvodu stejnosměrného proudu lze spočítat podle vztahu $P = U \cdot I$ nebo U^2/R , $R \cdot I^2$. Jednotkou výkonu je watt (W). Toto však platí, pokud obvodem protéká konstantní proud I . U střídavého proudu lze toto spočítat pouze pro tepelné spotřebiče.



Pomocí výkonu a odporu je tedy možné zpětně definovat napětí.

1.8 Ohmův zákon



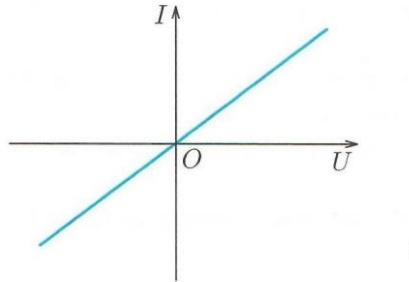
„Elektrický proud I procházející vodičem je přímo úměrný elektrickému napětí U mezi konci tohoto vodiče.“¹³

$$I = konst \cdot U; (A) \quad (3)$$

Ohmův zákon objevil v roce 1826 německý fyzik G. S. OHM, podle kterého byl tento zákon pojmenován. Pro různé vodiče je konstanta mezi U a I různá.

¹³ SVOBODA, Emanuel a kol. Přehled středoškolské fyziky. 5. přepracované vydání. Praha: Prometheus, 2014. ISBN 978-80-7196-438-4.

Vodiče, pro které platí Ohmův zákon, nazýváme lineární vodiče. Vycházíme přitom z voltampérových charakteristik (dále jen VA charakteristika) znázorněnou na obr. 1.6. Ostatní jsou nelineární.¹⁴ Elektrický odpor u těchto vodičů spočítáme podle definičního vztahu pro R , ale tento odpor již nebude konstantní, ale bude se měnit například s rostoucím napětím.



Obr. 1.6 VA charakteristika lineárního prvku¹⁵

Výpočet pro odpor je pak dán vztahem (4):

$$R = U/I; (\Omega) \quad (4)$$

Jednotka odporu je ohm (Ω).

1.9 Zdroje elektrického napětí a proudu

Všechny elektrické obvody potřebují ke své činnosti zdroj elektrické energie. Zdroje dodávají do elektrického obvodu napětí a proud a tím také i výkon. V základu jednotlivé zdroje dělíme zpravidla na zdroje stejnosměrného napětí (dynamo, elektrochemický článek, akumulátor, solární článek, termočlánek, kondenzátor) a zdroje střídavého napětí, jako je alternátor, generátor.

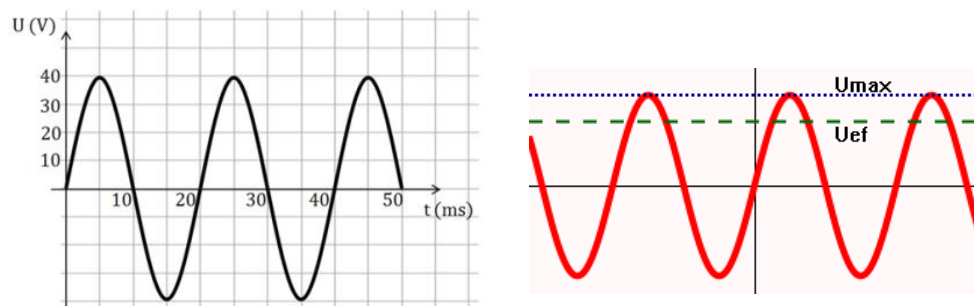
Stejnoseměrné napětí nemění v čase svoji polaritu, značíme je **ss** nebo písmeny **DC** (Direct Current) a z našeho pohledu jsou pro nás velmi důležité zdroje stejnosměrného napětí v podobě různých baterií, akumulátorů, powerbank, ale i kondenzátorů.

¹⁴ SVOBODA, Emanuel a kol. Přehled středoškolské fyziky. 5. přepracované vydání. Praha: Prometheus, 2014. ISBN 978-80-7196-438-4.

¹⁵ Zdroj obrázku č 1.6 SVOBODA, Emanuel a kol. Přehled středoškolské fyziky. 5. přepracované vydání. Praha: Prometheus, 2014. ISBN 978-80-7196-438-4.

Střídavé napětí je proměnné napětí, které mění v čase svoji polaritu. V obvodech je značeno značkami \approx , nebo písmeny **AC** (**A**lternatinc **C**urrent). Nejčastěji má sinusový tvar.

Rozeznáváme dvě hodnoty střídavého napětí – maximální a efektivní – rozdíl mezi nimi je cca 30 %, jinými slovy maximální hodnota (špičková) je 1,41× větší než efektivní. Toto platí pouze pro napětí se sinusovým průběhem. Pro lepší představu průběhu střídavého napětí viz následující obrázek 1.7.



Obr. 1.7 Průběh střídavého napětí a maximální a efektivní napětí¹⁶

1.10 Vnitřní odpor zdroje

Vnitřní odpor je jednou ze základních vlastností zdroje. Pokud si chceme spočítat vnitřní odpor zdrojů, které budeme používat, zajímá nás pouze napětí zdroje a jeho zkratový proud.

Výsledný R_i (vnitřní odpor) potom spočítáme podle vztahu (5).

$$R_i = U / I_{zk} ; (\Omega) \quad (5)$$

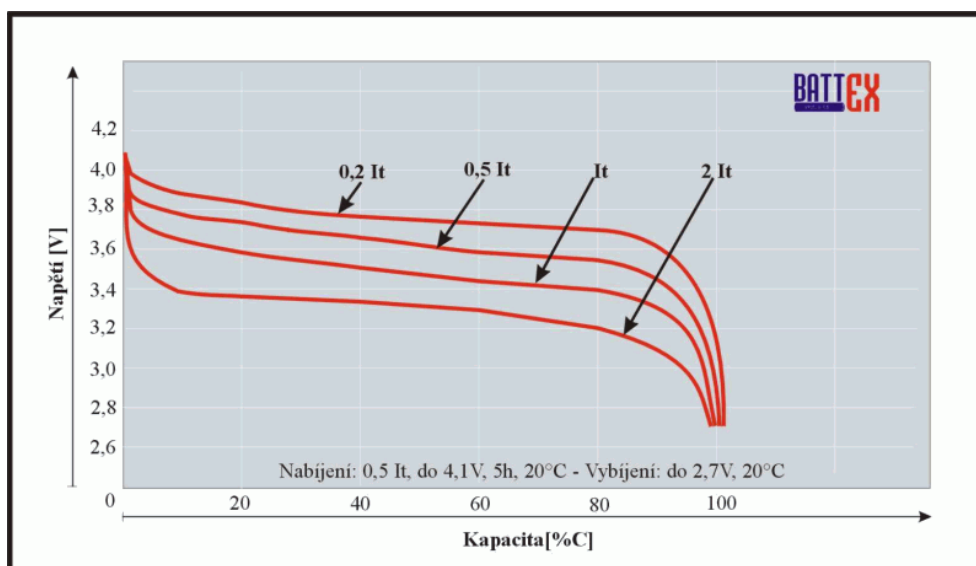
Jen pro představu: hodnota R_i běžného nového tužkového 1,5V článku je asi 0,2 Ω , nabitého olověného akumulátoru 0,001 Ω .

¹⁶ Zdroj obrázku 1.7 http://sbirkaprikladu.gymkarvina.cz/sbirka_prikladu/elektrina_a_magnetismus.html?stupen=s&stranka=40
http://lokopin.wz.cz/ruzne/zaklady_elektroniky.htm

1.11 Napěťový zdroj

Charakteristickou vlastností napěťového zdroje je velmi malý vnitřní odpor. To je také důvod, proč může do připojeného obvodu dodávat velké proudy s minimálním poklesem napětí na svorkách zdroje. Jako tvrdý zdroj můžeme brát například rozvodnou síť elektrického napětí nebo velký akumulátor. Jen pro zajímavost vnitřní odpor automobilového 12V akumulátoru se pohybuje v řádech miliohmů. I tak ale při zatížení zdroje vzniká díky vnitřnímu odporu úbytek napětí, který je příčinou poklesu napětí na svorkách zdroje.

Všechny zdroje používané v našich zařízeních se díky své podstatě blíží zdrojům napěťovým (baterie, monočlánky, různé typy akumulátorů). Zdroje napětí jsou nám tedy bližší právě díky bateriím, akumulátorům než zdroje proudu. Musíme však znát oba výrazy. V elektronice se při vlastním samostudiu budeme setkávat s oběma výrazy. Také nás bude zajímat zatěžovací charakteristika zdroje při vybíjení různou velikostí proudu. Například zatěžovací charakteristika u Li-onového akumulátoru, viz obrázek 1.8, můžeme vidět, že po počátečním poklesu si akumulátor drží relativně stálou velikost napětí. Počáteční pokles je ovlivněn velikostí vybíjecího proudu I_t .



Obr. 1.8 Vybíjecí charakteristika Li-ionového akumulátoru SAFT MP 174865¹⁷

¹⁷ Zdroj obrázku 1.8 <http://www.battex.info/>

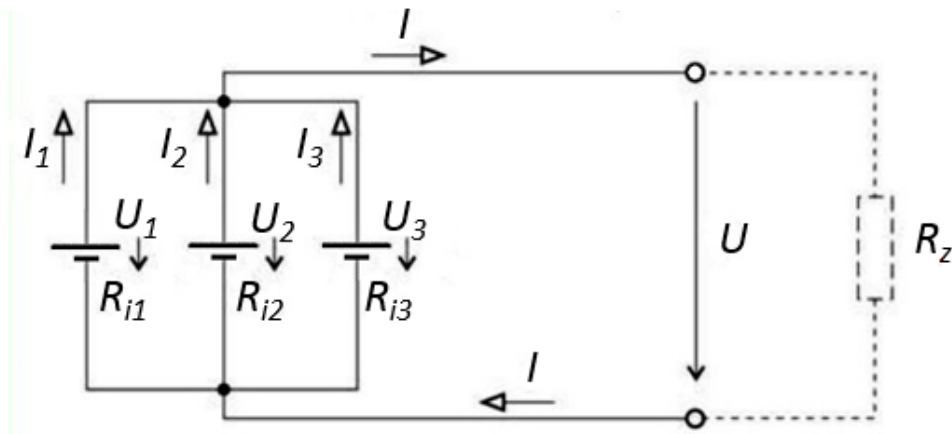
1.12 Proudový zdroj

Proudový zdroj má naopak velký vnitřní odpor. Při jakémkoliv napětí na svorkách dodává neustále konstantní proud. Je však vždy limitován svojí VA charakteristikou. S principem tohoto zdroje v praktickém využití se můžeme setkat u běžných nabíječek baterií, které dodávají při nabíjení do baterie konstantní proud, ale jen do určité velikosti napětí, poté se tento zdroj přepíná do dalšího režimu.¹⁸

¹⁸ BEZDĚK Miloslav: *Elektronika I*, KOPP 2008 ISBN: 978-80-7232-365-4.

1.13 Řazení zdrojů

- Paralelní řazení



Obr. 1.9 Paralelní řazení zdrojů¹⁹

V případě, že potřebujeme dodat do obvodu větší proud, můžeme zdroje zapojit paralelně, tzn. vedle sebe. Jak je zobrazeno na obrázku 1.9. Výsledný proud je potom součet proudů z jednotlivých zdrojů, vnitřní odpor je při dodržení uvedených podmínek v případě tří stejných zdrojů třikrát menší. Výsledné napětí je stejné jako napětí jednotlivých zdrojů.

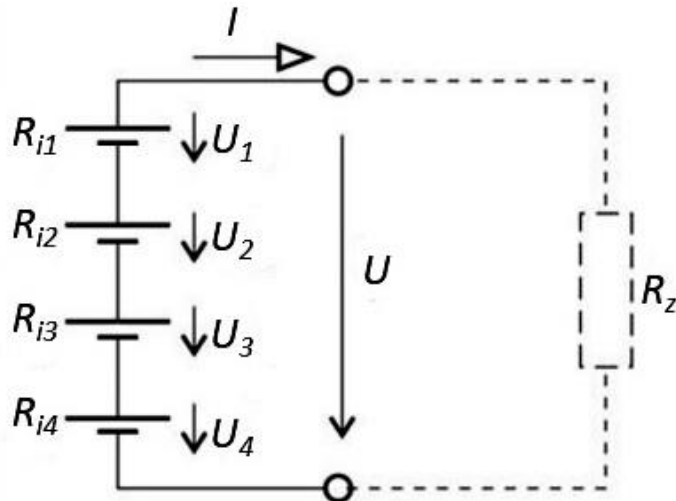


Při paralelním řazení zdrojů je však důležité dodržet podmínku stejných napětí a stejných vnitřních odporů každého zdroje. Pokud toto není dodrženo, dochází ke vzniku tzv. vyrovnávacích proudů, které v podstatě nabíjejí slabší články. Při připojené zátěži pak může dojít k úplnému zničení článků.

¹⁹ Zdroj obrázku. 1.9 <https://slideplayer.cz/slide/1995054/>

- **Sériové řazení**

V případě, že potřebujeme dodat do obvodu vyšší napětí, než je napětí jednoho zdroje, můžeme spojit jednotlivé zdroje do série, tak jak j uvedeno na obr. 1.10.



Obr. 1.10 Sériové řazení zdrojů²⁰

Při sériovém řazení zdrojů, tzn. za sebou, je výsledné napětí součtem napětí jednotlivých článků. Obvodem při zapojení zátěže teče stejný proud.

²⁰ Zdroj obrázku 1.10 <https://docplayer.cz/12185454-Zaklady-elektrotechniky.html>



Praktické cvičení:

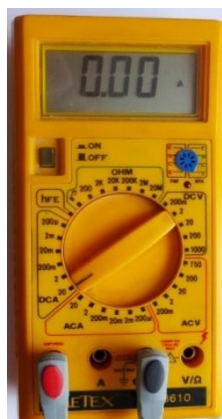
Z obdržených článků (typ AA) sestavte baterii podle předchozích obrázků č. 1.9 a 1.10. Pomocí měřicího přístroje ověřte výše uvedené skutečnosti. Údaje запиšte do tohoto listu na vyznačená místa. Nezapomeňte na správné označení měřených veličin.

a) Zapojte 4 tužkové baterie nejprve do série. Zkontrolujte, zda je správně přepnut rozsah měření stejnosměrného napětí, zda jsou správně zapojeny měřicí hroty. Výsledné napětí je:, proud dodaný zdrojem je:.....

b) Při měření paralelně zapojených článků zkontrolujte, jestli je měřicí přístroj přepnutý na měření stejnosměrného proudu 20 A. Také nezapomeňte zkontrolovat zapojení měřicích vodičů podle obrázku 1.11. Pokud máte jiný měřicí přístroj, postupujte se dle návodu výrobce. Výsledné napětí je:, proud dodaný zdrojem je:.....



a)



b)

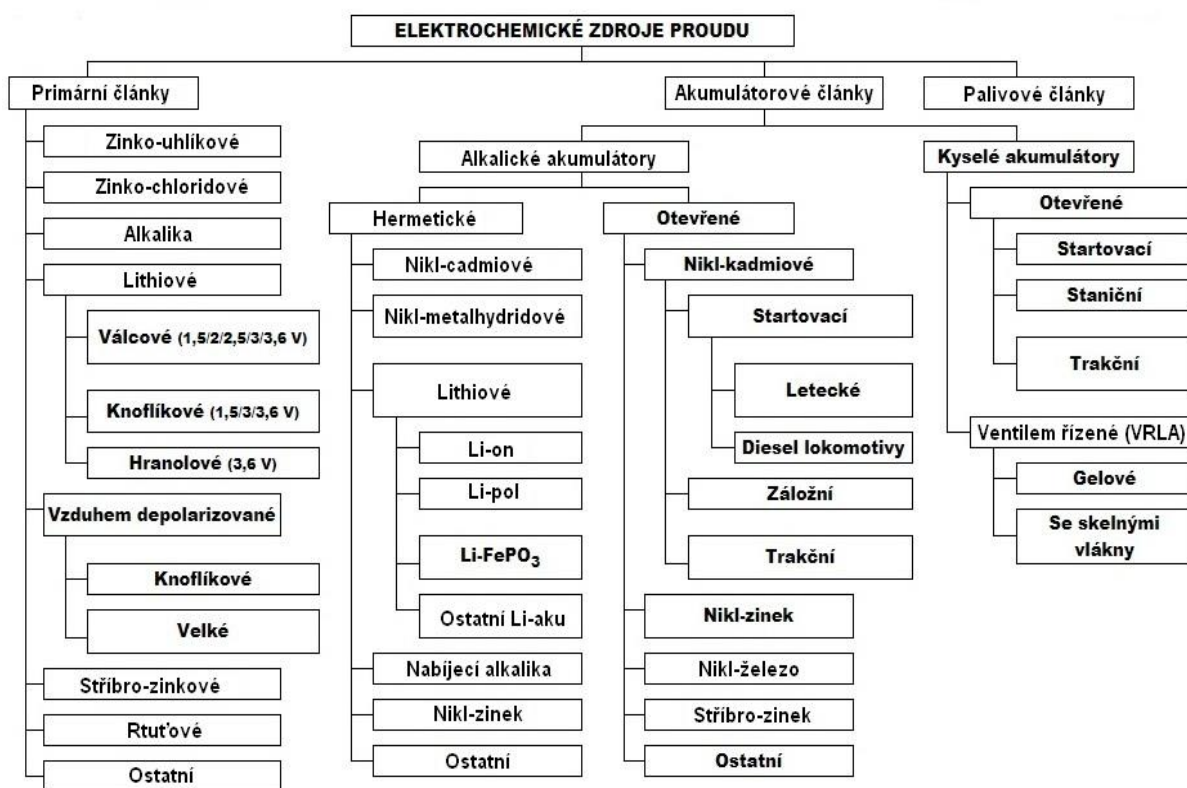
Obr. 1.11 Zapojení měřicích hrotů a nastavení rozsahu měřicího přístroje: a) pro měření napětí, b) pro měření proudu²¹

²¹ Zdroj obrázku 1.11 Archiv autora

2 Zdroje stejnosměrného napětí

Jedná se o elektrochemické zdroje elektrické energie, které jsou nejčastěji využívány jako hlavní zdroje v různých praktických aplikacích. Svou činností přeměňují chemickou energii na elektrickou. Hlavní části jsou elektrody – kladná a záporná, elektrolyt, separátor a samozřejmě obal baterie. Budeme se věnovat pouze primárním a sekundárním zdrojům elektrické energie, vynecháme dynamo, solární články a termočlánky.

Celkové rozdělení zdrojů je patrné na následujícím obrázku:



Obr. 2.1 Grafické rozdělení napájecích zdrojů²²

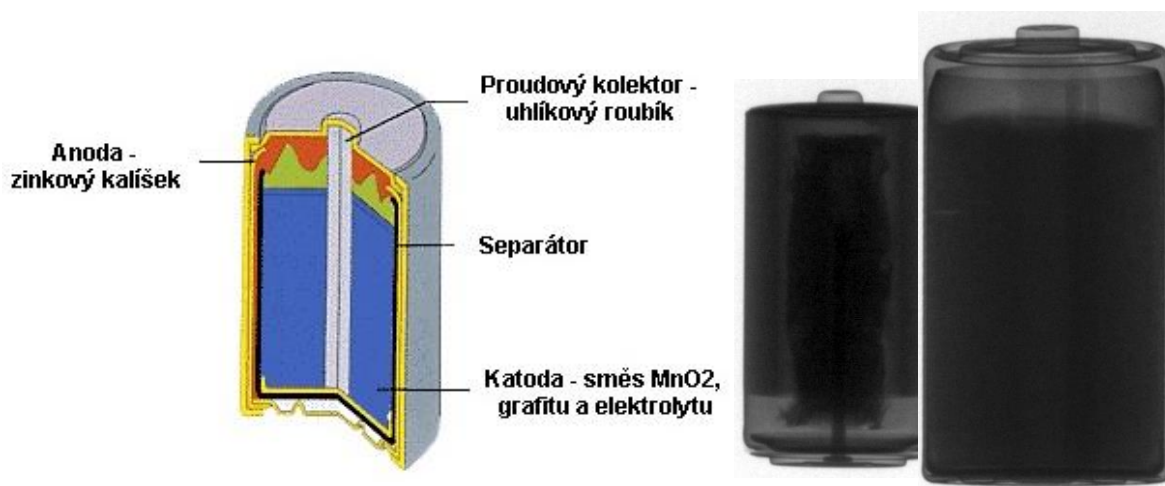
Nejčastěji používané zdroje stejnosměrného napětí v elektronických aplikacích jsou články a baterie.

²² Zdroj obrázku 2.1 <http://www.battex.info/elektrochemicke-zdroje-proudu-obecne/rozdeleni>

2.1 Primární články elektrické energie

2.1.1 Zinkochloridová baterie

Tato baterie funguje na principu chemické reakce a vytváří napětí 1,5V. Patří mezi jeden ze základních a také nejstarších elektrochemických článků. Svým konstrukčním uspořádáním, které vidíme na obr. 2.2 je tato baterie shodná s baterií Leclanché.²³



Obr. 2.2 Řez Zinkochloridovou baterií a rtg snímky²⁴

Výrobní provedení této baterie je nejčastěji v podobě monočlánku válcového tvaru. Typové označení jednotlivých článků je (AAA), R6 (AA), R14 (C) a R20 (D), prizmatické 9 V (6F22) a ploché baterie s napětím 4,5 V.

Na webových stránkách firmy Battex můžeme najít vysvětlení k pojmenování těchto článků, kde je uvedeno:

„Někdy jsou tyto baterie označovány jako zinko-burelové články, což by bylo asi správnější než pojem zinkouhlíkové. Někdy jsou nazývané jako suché články, protože elektrolyt je zde znehybněn (není v kapalném stavu).“²⁵

²³ Dostupné na <http://www.battex.info/?id=217>

²⁴ Zdroj obrázku 2.2 http://www.battex.info/primarni-clanky-a-baterie/zinkove-primarni-clanky/leclancheova-baterie#ilustrace10.2.jpg_archiv_aura

²⁵ Dostupné na <http://www.battex.info/?id=217>

2.1.2 Alkalické baterie

Jako kvalitnější články pro různá zařízení s dlouhodobější výdrží se začaly později objevovat alkalické baterie s napětím článku 1,5 voltu. Konstrukční uspořádání těchto baterií obr. 2.3 se liší od baterií s kyselým elektrolytem. Vnější obal článku je z ocelového poniklovaného plechu a neúčastní se elektrodoých reakcí. Nehrozí tedy takové riziko proděravění a vytečení (na rozdíl od předchozího typu zde obal tvoří kladný pól). Směs MnO_2 zároveň s grafitem je nalisována tak, že v katodové hmotě je vytvořena dutina pro založení separátoru a nadávkování práškového zinku a elektrolytu. Aby zinek v tomto elektrolytu nesedimentoval, přidávají se různá zahušťovadla (gelovací látky), jako např. karboxymethylcelulóza, škrob apod. Jako proudový kolektor se používá mosazný nebo ocelový drát či plech spojený s víčkem, kterým je spolu s plastovým těsněním článek uzavřen. Řez touto baterií a její rtg snímky jsou uvedeny na obr. 2.3.

Oproti bateriím s chloridovým elektrolytem nám alkalické baterie poskytnou větší vybíjecí proudy při velmi malém poklesu napětí. To je jeden z hlavních důvodů používání těchto článků například v rozněticích. Jako další z důvodů jejich použití je, že z těchto článků neuniká elektrolyt, a proto je můžeme používat po dlouhou dobu v zařízeních s malým odběrem a nedochází přitom k degradaci těchto zařízení uniklým elektrolytem do prostoru zařízení.²⁶



Obr. 2.3 Řez alkalickou baterií a její rtg snímky²⁷

²⁶ Dostupné na <http://www.battex.info/?id=217>

²⁷ Zdroj obrázku. 2.3 http://www.bateria.cz/stranky3/zabava--pouceni/jak-to-funguje-/alkalicka-baterie.html_a archiv autora.

2.1.3 Novější typ alkalických baterií

Primární lithiové baterie představují velmi širokou skupinu chemických zdrojů elektrické energie s mnoha přednostmi. V technické praxi stále získávají větší aplikační možnosti. Anoda je tvořena kovovým lithiem, které patří do skupiny alkalických kovů. Je velmi reaktivní, ochotně se slučuje s vodou, a to jak kapalnou tak i s vodní párou běžně obsaženou ve vzduchu. Jestliže vypreparujete lithium v podobě kovového pásku z AA článku, zjistíte, že vlivem vzdušné vlhkosti dochází k jeho samovolnému zahřívání. Přitom platí, že čím větší bude vzdušná vlhkost, tím více se lithiový pásek bude zahřívát. To je také důvod, proč při výrobě lithiových baterií musí být veškeré operace prováděny v boxech s ochrannou atmosférou nebo v prostorách s velmi suchým vzduchem. Lithium je prvek s nejzápornějším standardním elektrochemickým potenciálem, proto při kombinaci s vhodnou elektrodou může být dosaženo velkého svorkového napětí. Takto je možné vyrobit širokou řadu zdrojů s různými užitnými vlastnostmi. Jako příklad je zde uveden typ článku FeS_2/Li .²⁸

2.1.4 Články typu FeS_2/Li

Tento typ se používá jako náhrada zinkových alkalických baterií, protože má poměrně blízké napětí (naprázdno 1,8 V, za provozu 1,6 – 1,4 V). Dobře snáší větší vybíjecí proudy a má malé samovybíjení. Články FeS_2/Li pracují spolehlivě i při velkých výkyvech teplot - 40/+60. *(Jsou tedy zvláště vhodné pro outdoorové zařízení.)*

Baterie Energizer Ultimate Lithium ve tvaru tužkového článku vydrží podle údajů výrobce například ve fotoaparátu 9× déle a váží 3× méně než klasická alkalická baterie Energizer Max. Výrobní provedení těchto baterií na obr. 2.4. Může se skladovat až 15 let. Není dobíjecí! Její cena na začátku roku 2020 v provedení AA článek je cca 50,- Kč. Lze koupit i baterie 9V apod.



Obr. 2.4 Alkalická baterie Energizer Lithium a Lithium extreme²⁹

²⁸ Dostupné na <http://www.battex.info/?id=217>

²⁹ Zdroj obrázku 2.4 <https://www.cel-tec.cz/baterie-energizer-ultimate-lithium-aa-1-ks-p1301>

2.1.5 SAFT články

Články SAFT – lithium-thionyl chloridové (Li-SOCl₂) na obr. 2.5 jsou tvořeny anodou z kovového lithia (nejlehčí z kovů) a kapalnou katodou zahrnující porézní uhlíkový sběrač proudu plněný chloridem thionylu (SOCl₂). Články jsou válcovitého tvaru o napětí 3,6 V. Nejsou určeny k dobíjení! Vzhledem k tomu, že jejich samovybíjecí schopnost je extrémně nízká (méně než 1 % za rok), lze dosáhnout životnosti 10 až 20 let. Jejich využití je ve vojenských zařízeních, jako například v protitankových minách apod.

SAFT je francouzská firma (celým názvem Saft Groupe S.A.) Patří mezi největší výrobce akumulátorů a baterií v Evropě. Mimo jiné dodává tento typ baterií pro jednotky NATO³⁰.



Obr. 2.5 Některá výrobní provedení článků SAFT³¹

2.2 Sekundární články - akumulátory

Jsou to články, které je možné pomocí elektrické energie znovu uvést do nabitého stavu. Jedná se o vratnou chemickou reakci. Rozdíl mezi nabíjecím článkem a akumulátorem je následující. Akumulátor vzniká zapojením více nabíjecích článků. Výsledné napětí a proud záleží na způsobu spojení jednotlivých článků. (Viz předchozí kapitola zapojování jednotlivých zdrojů.) Sériové zapojení – výsledné napětí je součtem napětí jednotlivých článků. Paralelní zapojení – celková kapacita je součtem kapacit jednotlivých článků. V praktických aplikacích jsou takto vždy zapojovány články pocházející ze stejné výrobní série.³²

³⁰ Dostupné na <http://www.battex.info/>

³¹ Zdroj obrázku 2.5 <https://www.emerx.cz/liithiove-baterie.html>

³² Dostupné na <http://www.battex.info/>

2.2.1 NiCd akumulátory

NiCd akumulátory existují v mnoha podobách a s různým typem technologie výroby viz obr. 2. 6. My se však budeme věnovat válcovým NiCd článkům. S těmito články jsme se mohli setkat hlavně v minulosti. Rozměrově byly stejné jako primární články. Potisk na jejich těle udával jmenovitou kapacitu v mAh. Dnes se s nimi již v obchodech nesetkáme, neboť jejich používání zakazuje směrnice 2006/66/ES. To ale neznamená, že se s nimi nemůžeme setkat ve vojenských, zdravotnických, kosmických technologiích. Tyto akumulátory se stále používají v průmyslových aplikacích právě pro svoji odolnost vůči výkyvům teplot a pro svoji spolehlivost. Také lépe snášejí vybíjení většími proudy než akumulátory typu NiMH. Pro nás z toho ale jednoznačně vyplývá zdravotní riziko při případné explozi NVS, neboť dojde ke kontaminaci okolí kadmiiem a dalšími zdraví nebezpečnými látkami.

Jmenovité napětí článku je 1,2 V a při jeho nabíjení nesmí dojít k překročení 1,35 – 1,4 V na článek. Jejich životnost při správném zacházení je téměř 7 let. Při nabíjení nedochází ke zvýšení teploty jako u NiMH článků. Všechny typy těchto NiCd akumulátorů, z nichž některé výrobní provedení je na obr. 2. 6, se mohou nabíjet normálním, konzervačním nebo proudem pro trvalé dobíjení. Doporučuje se tyto akumulátory skladovat **vybité** v rozmezí teplot 5 – 25 °C.³³



Obr. 2.6 Výrobní provedení některých NiCd akumulátorů³⁴

³³ Dostupné na <http://www.battex.info/?id=217>

³⁴ Zdroj obrázku 2.6 https://www.tme.eu/cz/katalog/akumulatory_100076/

2.2.2 NiMH (Nikl-Metal-Hydrid) akumulátory

Výrobní provedení těchto akumulátorů je ve všech možných tvarech, nejčastěji však jako válcové nebo knoflíkové články. Výroba začala v osmdesátých letech minulého století a tyto články sloužily jako nástupce NiCd akumulátorů. Neobsahovaly škodlivé kadmium. Na druhou stranu měly řadu nevýhod, jako je například velké samovybíjení, vysoká počáteční cena. V dnešní době však je již řada těchto nedostatků z větší části odstraněna a můžeme se setkat s několika výrobními provedeními viz obr. 2.7. Mohou to být například články pro trvalé dobíjení, pro vybíjení velkým proudem a podobně.

Jmenovité napětí je 1,2 V na článek a při jeho nabíjení nesmí překročit 1,4 V na článek. Při nabíjení těchto článků vzniká díky chemické reakci teplo a je potřeba při nabíjení toto hlídat. Teplota patří také k jednomu z parametrů, který ukončuje nabíjení článku.

Skladování těchto NiMH akumulátorů se doporučuje v rozmezí teplot od +5° C až + 25° C. Tyto akumulátory se se musí skladovat v **nabitém** stavu a každého půl roku je třeba dodat zpět do akumulátoru cca 50 % jeho kapacity. (Pokud má akumulátor kapacitu 2 Ah, je nutno dodat 1Ah do akumulátoru). Při nedodržení tohoto doporučení by mohlo dojít k pasivaci elektrod.

Pokud zakoupíme nové články NiMH v obchodě, je potřeba je nejprve plně nabít a poté uložit ke skladování. Výjimku tvoří akumulátory RTU, které mají velmi nízké samovybíjení. Ty můžeme jako nové uložit ke skladování na dobu delší než dva roky. Pokud se NiMH akumulátor plně vybije je doporučeno jeho opětovné nabití do 24 hodin. Pokud se tak nestane, dochází k nevratným změnám a snížení životnosti akumulátoru.³⁵



Obr. 2.7 Některá výrobní provedení NiMH akumulátorů³⁶

³⁵ Dostupné <http://www.battex.info/>

³⁶ Zdroj obrázku 2.7 https://www.tme.eu/cz/katalog/akumulatory_100076/

Také je dobré tyto akumulátory skladovat odpojené od spotřebiče. Spotřebič, i vypnutý může stále odebírat minimální proud a dochází k vybití akumulátoru. V našem případě ukázkový příklad pulzní rtg zdroj XRS – 3. Pokud zapomenete vyndat akumulátor, ztratí za 14 dní díky samovybití cca 50 % své původní kapacity. Po měsíci je zdroj v zařízení rentgenky již zcela vybitý.

2.2.3 Li-Ion akumulátory

Primární lithiové články, byly vynalezeny po padesátém roce minulého století, již od počátku vývoje vykazovaly vysokou kapacitu, velmi nízké samovybití. Další pokusy pak ukázaly, že je možno tyto akumulátory znovu nabíjet.

Tyto akumulátory i baterie se uplatňují díky svým vlastnostem a rozměrům v mobilních telefonech, dále pak satelitní technice a ne jen v modelářských aplikacích, ale i elektromobilech, elektrokolech.

Lithiové akumulátory, jejichž příklady můžeme vidět na obr. 2. 8, skladujeme v rozmezí teplot od 0 °C až do +25 °C. Skladovací podmínky najdete vždy v technických listech pro daný typ akumulátoru.



Obr. 2.8 Průmyslově vyráběné Lion baterie³⁷

Tento typ akumulátorů je potřeba skladovat v **nabitém stavu**. Neměly by zůstat ve spotřebiči, neboť i vypnutý spotřebič může mít minimální odběr proudu.

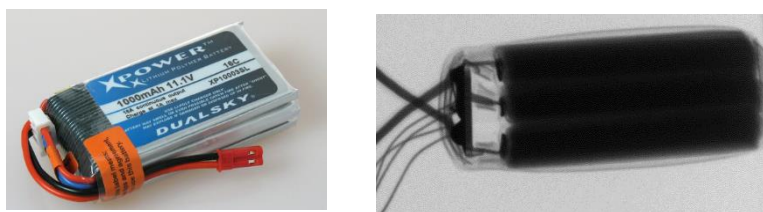
Jmenovité napětí Li-Ion akumulátorů je 3,6 V, ale jednotlivé akumulátory by se neměly vzájemně zaměňovat i přesto, že jsou například rozměrově shodné. Důvod tohoto opatření je, že každý výrobce těchto článků používá různé materiály pro elektrolyt, elektrody pod. Tím dochází k tomu, že mez pracovního napětí není stejná. Konečné nabíjecí napětí je

³⁷ Zdroj obrázku 2.8 <https://www.topbattery.cz/prumyslove-baterie-a-akumulatory/li-ion/html>

v rozsahu 4,0 V až 4,3 V, začínají se však objevovat i Li-Ion akumulátory s koncovým nabíjecím napětím o hodnotě 4,5 V. Podobná situace je i u nejmenšího vybíjecího napětí. Zde je nastavena hranice vybití v rozsahu od 2,5 V do 3,0 V.³⁸

2.2.4 Li-pol akumulátory

Výhoda Li-Polymerových akumulátorů je, že mají nižší hmotnost oproti klasickým lithiovým akumulátorům. Díky použitým materiálům při výrobě se Li-Polymery dají částečně formovat (ohýbat).³⁹ Nejčastěji je najdeme v modelářské technice od RC letadel až po RC auta. Každá baterie obsahuje silové vodiče a balanční konektor, který slouží k závěrečnému vybalancování napětí každého článku v akumulátoru. Pokud dojde k deformaci obalu baterie, většinou k jeho nafouknutí, je baterie téměř zničená a její kapacita velmi nízká. Nafouknutí obalu plyny při nešetrném zacházení je patrné i na rtg snímku obr. 2.9



Obr. 2.9 Li-pol akumulátory a rtg snímek⁴⁰

2.2.5 Powerbanky

Powerbanky tvoří samostatnou kategorii v naší problematice. Jedná se v podstatě o akumulátory typu Li-Ion nebo Li-Pol, takže pro ně platí vše, co bylo uvedeno výše k těmto typům akumulátorů. Díky své velké kapacitě a malým rozměrům mohou být vhodné jako hlavní nebo záložní zdroj pro různé aplikace. Jejich cena je ale vyšší než u běžných akumulátorů těchto typů. Jedna z nejtenčích vyráběných powerbank je na obr. 2.10.



Obr. č. 2.10 Ultratenká powerbanka silná pouze 4.8 mm s kapacitou 850 mAh⁴¹

³⁸ Dostupné na <http://www.battex.info/>

³⁹ Dostupné na <http://www.battex.info/?id=217>

⁴⁰ Zdroj obrázku 2.9 <http://www.modelarina.cz/lipol-akumulator-dualsky-xpower-1300mah-3s-es-111v-20c26a-p-629.html> a archiv autora.

⁴¹ Zdroj obrázku 2.10 <https://www.best-powerbank.cz/powerbanky-300-1950-mah/ultra-tenka-powerbanka-ec-pb040-850mah/>

3 Kontakty, spínače

Kontakty a spínače patří mezi jedny ze základních prvků elektronického obvodu.

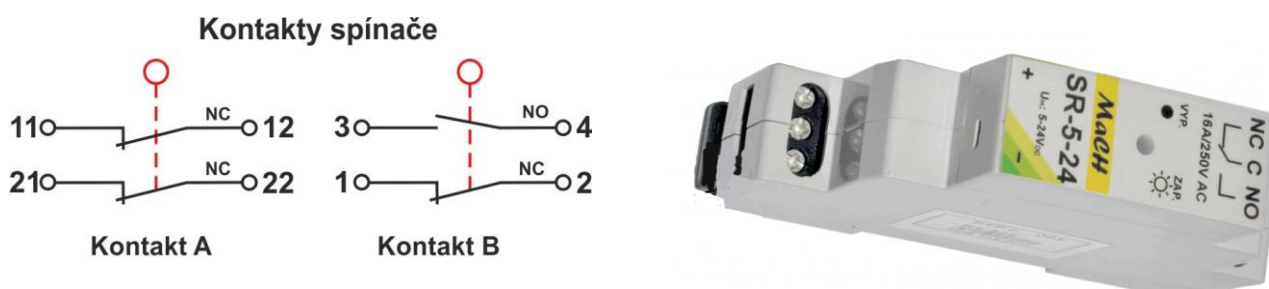
3.1 Přepínače a spínače

Přepínače a spínače najdeme na elektrických schématech s číselným označením jednotlivých bodů a také označením písmeny NO a NC.

NO – Normaly Open – v klidovém stavu je spínač v rozpojen.

NC – Normaly Closed – v klidovém stavu je spínač sepnut.

Pro lepší pochopení viz obr. 3.1. Může jít např. o kontakty přepínacího relé. To samé číselné značení poté najdeme fyzicky i na vlastním prvku.



Obr. 3.1 Značení kontaktů v elektronických schématech a označení kontaktů na přepínacím relé⁴²

⁴² Zdroj obrázku 3.1 <http://www.zam-servis.cz/www/index.php/produkty-2/automatizace/bezpecnostni-prvky/spinac-vyboceni-duk-s-aretaci> a <https://www.jabloshop.cz/sr-5-24-spinaci-elektronicke-rele-ovladane-5-24v-dc>

3.2 Tlačítka

Nejčastější výrobní variantou jsou tlačítka s velkým zdvihem a různou silou potřebnou k sepnutí nebo rozepnutí kontaktu. Schématická značka je uvedena na obr. 3.2. V současnosti existuje nepřehledné množství variant výrobního provedení například na obr. 3.3.



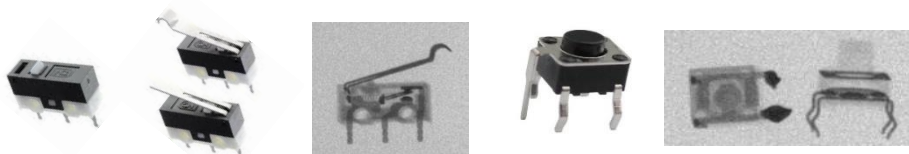
Obr. 3.2 Schématické značky tlačítek a) spínací b) rozpínací



Obr. 3.3 Některá výrobní provedení tlačítkových spínačů a rtg snímky.⁴³

3.3 Mikrospínače

Mikrospínače na obr. 3.4. jsou součástí různých výrobků jak průmyslových, tak i pro domácí použití. Můžeme je najít v zabezpečovací technice pro hlídání otevření dveří, oken apod. V naší problematice jsou jimi zajištěny dveře různých typů, ale i zásuvky ve stolech, víka od krabic a beden apod. Mikrospínače se vyznačují velmi nízkým zdvihem. U některých mikrospínačů je jen 0,35 mm.



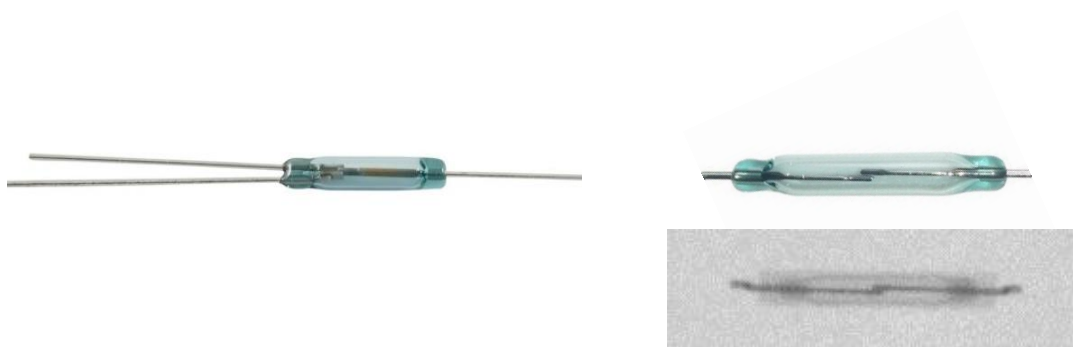
Obr. 3.4 Výrobní provedení mikrospínačů a rtg snímky.⁴⁴

⁴³ Zdroj obrázku 3.2 a 3.3 Archiv autora

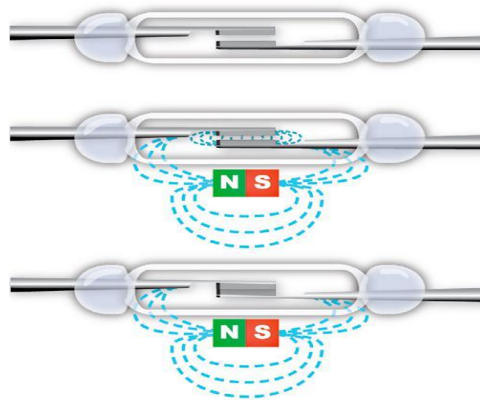
⁴⁴ Zdroj obrázku 3.4 Archiv autora

3.4 Magnetické spínače

Magnetické spínače obr. 3.5 jsou ovládány pomocí magnetického pole. Pokud nebudeme uvažovat o polovodičové variantě, je nejčastějším provedením mechanický jazýčkový magnetický kontakt. Na obr. 3.6. je názorně zobrazen princip spínání tohoto kontaktu



Obr. 3.5 Magnetický jazýčkový kontakt přepínací, spínací a rtg snímek⁴⁵

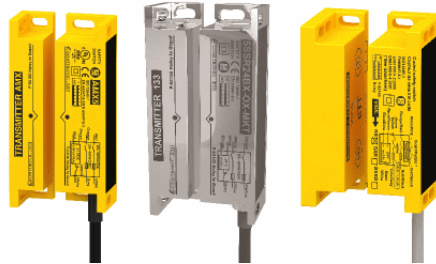


Obr. 3.6 Princip činnosti spínání magnetického jazýčkového kontaktu⁴⁶

⁴⁵ Zdroj obrázku 3.5 Archiv autora

⁴⁶ Zdroj obrázku 3.6 <https://automatizace.hw.cz/magneticke-senzory-priblizeni.html>

Mohou být ale i jiného výrobního provedení, než dva kontakty zalité ve skleněné ampuli. Například pro průmyslové aplikace a zabezpečovací techniku se používá výrobní provedení, viz obrázek č. 3. 7.



Obr. 3.7 Magnetické spínače průmyslové⁴⁷

Tyto spínače jsou tvořené pomocí kódovaných magnetů, spínač tedy nelze vyblokovat přiloženým magnetem. V obou případech se jedná o spínače bez mechanických částí, odpadají tím tedy problémy se zaseknutým spínačem apod.

⁴⁷ Zdroj obrázku 3.7 http://www.infrasensor.cz/comitronic-bti/bezp_spinace_sam.html

4 Pasivní elektronické součástky

Jedná se o prvky, které většinou spotřebovávají elektrickou energii nebo mohou být jejím zdrojem. Jejich elektrické vlastnosti jsou stálé.

- R – rezistory (nesprávně odpory)
- C – kondenzátory
- L – cívky

4.1 Rezistory

Rezistor je pasivní elektronická součástka. Je frekvenčně nezávislá a její VA charakteristika je lineární. Vlastností rezistoru je elektrický odpor, který vyjadřuje v podstatě velikost překážky, v našem případě odporu, který klade tato součástka elektrickému proudu.⁴⁸ Rezistor tedy jinými slovy omezuje v obvodu elektrický proud. Nebo slouží ke snížení hodnoty napětí. Můžeme ho dnes najít buď jako samostatnou součástku, nebo jako součást integrovaného obvodu. Také se více rezistorů podle požadavků dané aplikace různě kombinuje a vznikají tzv. odporové sítě.



„Odpor 1 Ω má vodič, kterým při napětí 1 V protéká proud 1 A „⁴⁹

Rezistory můžeme dělit do mnoha skupin podle různých podmínek. Nejčastější dělení je však na **pevné** rezistory (jejich odpor se nemění) a **proměnné** rezistory (umožňují plynule měnitelnou hodnotu odporu).

⁴⁸ KESL, Jan. *Elektronika I, analogová technika*. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-7300-074-1.

⁴⁹ KESL, Jan. *Elektronika I, analogová technika*. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-7300-074-1.

4.1.1 Pevné rezistory

Dělíme je dále podle technologie výroby na drátové, vrstvé, objemové.

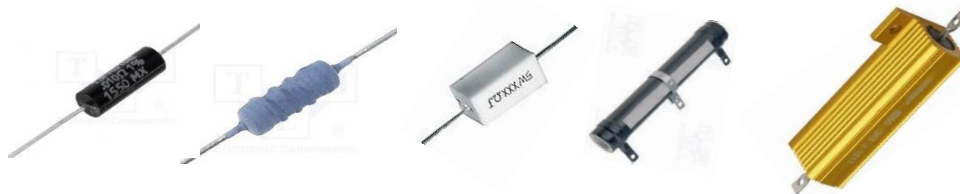
Drátové – jsou zhotoveny z odporového drátu navinutého na keramickém tělísku. Materiál drátu je nejčastěji konstantan, manganin nebo chromnikl. Výrobní provedení je uvedeno na obr. 4.1.

Vrstvé – jsou nejrozšířenějším druhem rezistorů. Na porcelánovém tělísku je nanášena odporová vrstva buď uhlíková, nebo metalická.

Uhlíkové rezistory obr. 4.2 patří mezi levnější, ale jejich hodnota je mírně závislá na teplotě okolí. Jsou také méně přesné. To je dáno vlastní výrobou.

Metalické rezistory jsou přesnější a v dnešní době stejně drahé jako uhlíkové.⁵⁰

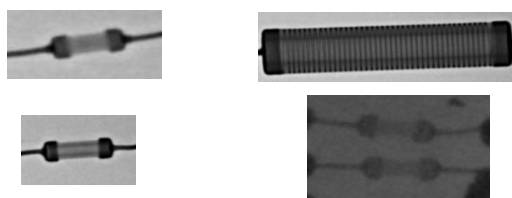
Rentgenové snímky jednotlivých rezistorů jsou na obr. 4.3.



Obr. 4.1 Drátové rezistory různého výkonového provedení⁵¹



Obr. 4.2 Vrstvé rezistory uhlíkové/metalické⁵²



Obr. 4.3 Rtg snímky rezistorů⁵³

⁵⁰ BEZDĚK, Miloslav. *Elektronika I*. České Budějovice: KOPP, 2008. ISBN: 978-80-7232-365-4.

⁵¹ Zdroj obrázku 4.1 https://www.tme.eu/cz/katalog/vykonne-rezistory_100511/, <https://www.gme.cz/dratove-rezistory-do-5-w>

⁵² Zdroj obrázku 4.2 https://www.tme.eu/cz/katalog/rezistory_100299/

⁵³ Zdroj obrázku 4.3 Archiv autora

Schematické značky rezistorů obr. 4.4 se také liší v evropském značení a značení pro USA a asijské státy:



Obr. 4.4 Značení rezistorů a) Evropa b) USA, asijské státy⁵⁴

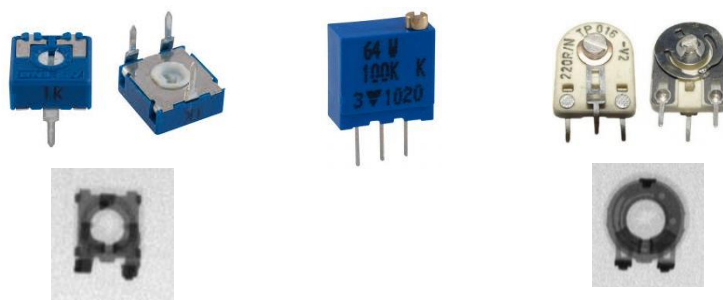
4.1.2 Proměnné rezistory

Potenciometry – slouží k plynulému nastavování hodnoty pomocí ovládacího prvku např. hřídelky obr. 4.5. Ovládat lze jas diody, žárovky, hlasitosti v přístrojích apod.



Obr. 4.5 Různá výrobní provedení potenciometru kovový, plastový, tandemový⁵⁵

Trimry – slouží k nastavení určené hodnoty, například při nastavování citlivosti daného obvodu obr. 4.6. Nastavení se provádí na rozdíl od potenciometru nástrojem, většinou šroubovákem.



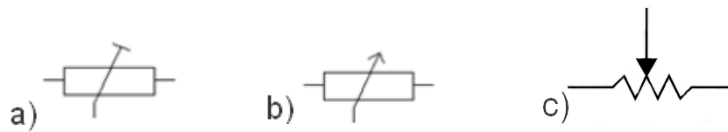
Obr. 4.6 Trimry uhlíkové, víceotáčkové, keramické a jejich rtg snímky⁵⁶

⁵⁴ Zdroj obrázku 4.4 Archiv autora

⁵⁵ Zdroj obrázku 4.5 www.gme.cz/potenciometry

⁵⁶ Zdroj obrázku 4.6 www.gme.cz/trimry a archiv autora

Schematické značky proměnných rezistorů - trimr, potenciometr a proměnný rezistor značený ve schématech v Evropě a USA, JP jsou uvedeny na obr. 4.7.

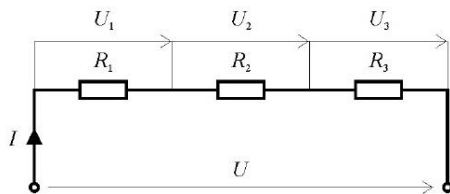


Obr. 4.7 Schematické značky a) trimr, b) potenciometr, c) značení USA, JP⁵⁷

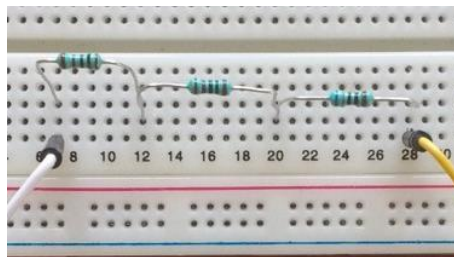
4.1.3 Řazení rezistorů v obvodech

Sériové zapojení

Výsledný odpor sériového zapojení rezistorů na obr. 4.8 je součet všech hodnot zapojených rezistorů.



$$R = R_1 + R_2 + R_3; (\Omega) \quad (6)$$



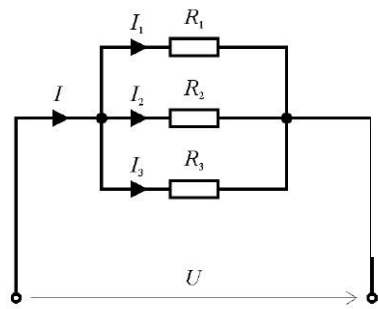
Obr. 4.8 Sériové zapojení rezistorů a jejich zapojení na kontaktním poli⁵⁸

Celkový odpor R tohoto zapojení vypočteme jako prostý součet hodnot jednotlivých rezistorů podle vztahu (6):

⁵⁷ Zdroj obrázku 4.7 Archiv autora

⁵⁸ Zdroj obrázku 4.8 <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/713> a archiv autora

Paralelní řazení

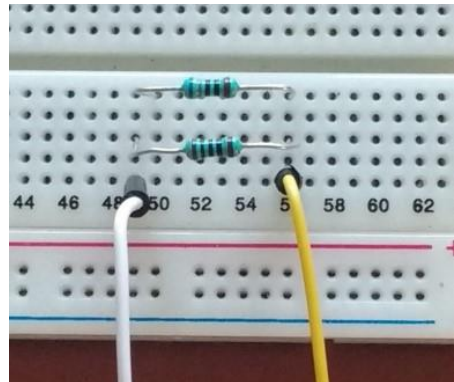
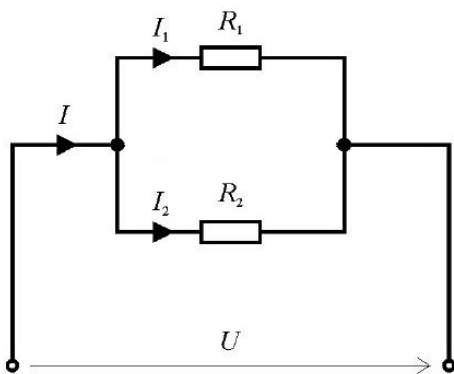


$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} ; (\Omega) \quad (7)$$

Obr. 4.9 Paralelní zapojení rezistorů⁵⁹

Celkový odpor při paralelním řazení rezistorů obr. 4.9 vypočítáme jako převrácenou hodnotu součtu převrácených hodnot všech rezistorů podle vztahu (7).

Trochu jiná situace nastává pro paralelní zapojení pouze dvou rezistorů na obr 4.10, kdy je výpočet jednodušší viz vztah (8):



Obr. 4.10 Paralelní zapojení dvou rezistorů a praktické zapojení na kontaktním poli⁶⁰



$$R_p = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} ; (\Omega) \quad (8)$$

Tento vztah platí pouze pro dva paralelně zapojené rezistory!!!

⁵⁹ Zdroj obrázku 4.9 <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/713>

⁶⁰ Zdroj obrázku 4.10 <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/713>, archiv autora



Cvičení:

Vypočtěte dle zadaných hodnot výsledný odpor.

Sériové zapojení:

$$R_1 = 180 \Omega, R_2 = 330 \Omega, R_3 = 1 \text{ k}\Omega$$

Paralelní zapojení:

$$R_1 = 180 \Omega, R_2 = 330 \Omega, R_3 = 1 \text{ k}\Omega$$

a) $R_1 = 100 \Omega, R_2 = 10 \Omega,$

Bude výsledný odpor v tomto případě menší, než je nejmenší z hodnot?

b) $R_1 = 220 \Omega, R_2 = 220 \Omega$

Bude výsledný odpor poloviční nebo ještě menší pro dva paralelně zapojené rezistory o stejné hodnotě?

Kde v praxi můžete využít vlastnosti dvou paralelně zapojených rezistorů?

4.1.4 Značení rezistorů

Značení rezistorů barevným kódem

Barva pruhu	První pruh	Druhý pruh	Třetí pruh	Čtvrtý pruh	Pátý pruh
Černá	0	0	0	1	
Hnědá	1	1	1	10	1%
Červená	2	2	2	100	2%
Oranžová	3	3	3	1k	
Žlutá	4	4	4	10k	
Zelená	5	5	5	100k	0,5%
Modrá	6	6	6	1M	0,25%
Fialová	7	7	7	10M	0,1%
Šedá	8	8	8		0,05%
Bílá	9	9	9		
Zlatá				0,1	5%
Stříbrná				0,01	10%
Žádná	X				20%

Obr. 4.11 Barevné značení rezistorů⁶¹

Rezistor, pokud je značen barevně viz barevný kód na obr. 4.11, může mít 3 až 6 pruhů.

Pro značení 3 pruhy – První dva značí číselnou hodnotu, třetí pruh je násobitel, tolerance hodnoty bude v tomto případě 20 %.

Pro označení 4 pruhy – První dva značí číselnou hodnotu, třetí pruh je násobitel, čtvrtý pruh udává toleranci hodnoty.

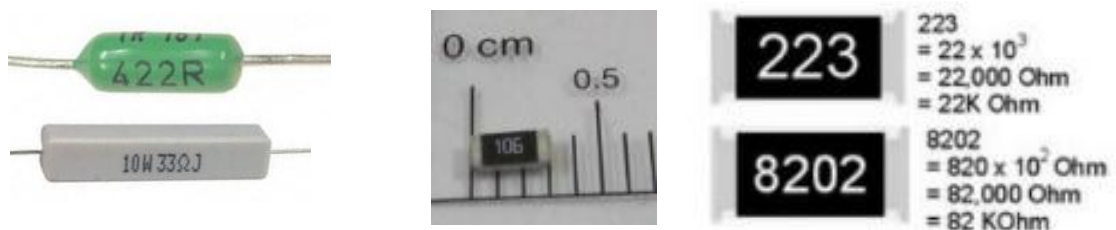
Pro označení 5 pruhy – První tři značí číselnou hodnotu, čtvrtý pruh je násobitel, pátý pruh udává toleranci hodnoty.

Pro označení 6 pruhy - První tři značí číselnou hodnotu, čtvrtý pruh je násobitel, pátý pruh udává toleranci hodnoty a šestý pruh nám udává teplotní koeficient. Tento pruh je mnohem širší než ostatní.

⁶¹ Zdroj obrázku 4.11 archiv autora

Značení rezistorů číselným značením

Číselně mohou být značeny rezistory jak pro klasické vývodové provedení s vyznačenou hodnotou rezistoru přímo v ohmech, tak v provedení pro povrchovou montáž SMD. Zde jsou značení dvě, a to tříčíselné a čtyřčíselné. Přitom vždy první dvě čísla znamenají hodnotu rezistoru a třetí číslo je násobek mocniny desítky, kterou se násobí daná hodnota. Pokud je rezistor označen číslem 333 znamená to, že hodnota rezistoru je 33 k Ω , a ne 333 Ω . V případě čtyřčíselného značení jsou první tři čísla základní hodnota rezistoru a poslední je opět počet nul. Pokud je v nápisu použito písmeno R, značí nám desetinnou čárku. Nápis 18R znamená hodnotu 18 Ω , označení rezistoru 5R6 znamená tedy 5,6 Ω , a nápis R36 znamená hodnotu rezistoru 0,36 Ω .



Obr. 4.12 Výrobní provedení rezistorů značených nápisem – klasické vývodové a SMD⁶²

⁶² Zdroj obrázku 4.12 <https://www.vpcentrum.eu/soucastky-nahradni-dily/rezistory-tht-a-smda> https://www.moodle-trebesin.cz/pluginfile.php/15651/mod_resource/content/0/Rezistor%20potenciometr%20trimr%20reostat%20fotorezistor%20termistor.pdf

4.1.5 Další typy rezistorů

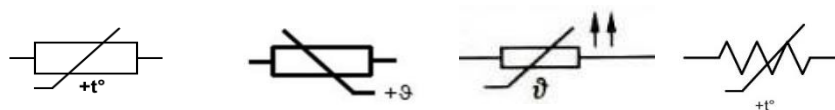
- **Termistory** – teplotně závislé rezistory

PTC pozistory - (*Positive Temperature Coefficient*) viz obr. 4.13

Odpor rezistoru vzrůstá se vzrůstající teplotou. Součástka je používána v aplikacích, které souvisejí se změnou teploty. Může to být přímé měření teploty, převodník teplota/napětí, kompenzace vlivu teploty na funkci elektroniky apod. Na obr. 4.14 jsou uvedeny jednotlivé schematické značky pozistoru.



Obr. 4.13 Výrobní provedení PTC termistorů⁶³



Obr. 4.14 Schematická značka PTC termistoru Evropa, USA, asijské státy⁶⁴

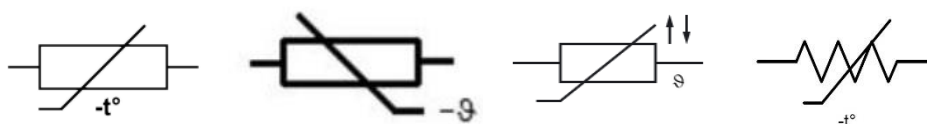
⁶³ Zdroj obrázku 4.13 <https://www.conrad.cz/ptc-termistory-pozistory.c5441520>

⁶⁴ Zdroj obrázku 4.14 <https://www.ametherm.com/thermistor/what-is-a-thermistor/>, <https://slideplayer.cz/slide/2878702/>, <https://rn-wissen.de/wiki/index.php/PTC/NTC>

- **NTC negistor** – (*Negative Temperature Coefficient*) viz obr. 4.15
Odpor rezistoru klesá se vzrůstající teplotou. Součástka je používána například jako rozběhový prvek pro omezení proudových rázů v elektrických zařízeních, jako jsou výbojky, malé elektromotory apod. Také je možné najít v zařízeních pro měření teploty. Na obr. 4.16 jsou uvedeny jednotlivé schematické značky negistoru.



Obr. 4.15 Výrobní provedení NTC termistorů⁶⁵



Obr. 4.16 Schematická značka NTC termistoru⁶⁶

- **Varistor** – jsou nelineární polovodičové součástky a jejich odpor závisí na napětí.
- **Fotorezistor** – jejich odpor se mění v závislosti na intenzitě osvětlení. Mají dobrou spektrální citlivost (*typ barevného spektra*), ale doba jejich zotavení je velká, nejsou vhodné pro rychlé signály. Na zahraničních elektrických schématech jsou označovány zkratkou LDR (**L**ight **D**ependent **R**ezistor).

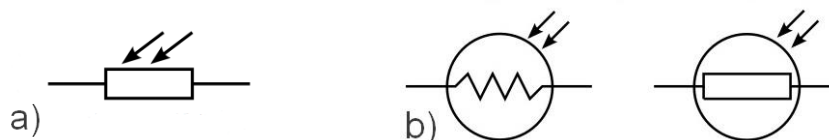
⁶⁵ Zdroj obrázku 4.15 <https://www.conrad.cz/ntc-termistory-negistory.c0241510>

⁶⁶ Zdroj obrázku 4.16 <https://rn-wissen.de/wiki/index.php/PTC/NTC>, <https://www.ametherm.com/thermistor/what-is-a-thermistor/>

Výrobní provedení fotorezistorů je různé, viz následující obrázek 4.17. Provedení schematických značek se opět liší podle jednotlivých zemí viz obr. 4.18.



Obr. 4.17 Některá výrobní provedení fotorezistorů a rtg snímek⁶⁷



Obr. 4.18 Schematické značky fotorezistoru a) evropské značení b) značení USA a JP⁶⁸

- **Tenzometry - odporové a polovodičové** jsou pasivní čidla nalepená na povrchu součásti (páskové tenzometry) nebo pevně spojená s měřeným tělesem (průmyslové tenzometry pro váhy, trvalé sledování mostních konstrukcí), která převádějí mechanickou deformaci na změnu elektrického odporu. První elektrické tenzometry byly použity již kolem roku 1938 pro studium deformací lokomotivních součástek. Byly to tenzometry kovové drátkové. Dnes se vyrábí jak v provedení s odporovým drátkem, tak v polovodičovém provedení. Některá výrobní provedení viz obr. 4.19.



Obr. 4.19 Některá výrobní provedení tenzometrů⁶⁹

⁶⁷ Zdroj obrázku 4.17 https://www.tme.eu/cz/katalog/fotorezistory_100141/

⁶⁸ Zdroj obrázku 4.18 a) Archiv autora b) <https://startingelectronics.org/beginners/components/LDR-photoresistor/>

⁶⁹ Zdroj obrázku 4.19 https://www.tme.eu/cz/katalog/dotykova-cidla_100439/

4.2 Kondenzátory

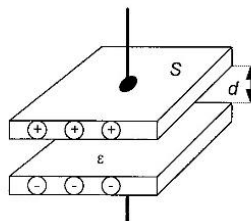
Kondenzátory jsou pasivní elektronické součástky, jsou lineární a frekvenčně závislé. Mají schopnost udržet si po určitou dobu elektrický náboj – napětí i po odpojení elektrického zdroje napětí od obvodu. Tuto vlastnost **kapacitu**, značíme (**F**) (Farad) a lze ji využít v mnoha elektrických obvodech, jako jsou například jednoduché časové spínače, vazební obvody a rezonanční obvody, vyhlazovací kondenzátory v usměrňovačích, kapacitory pro audiotechniku apod. Kapacita kondenzátorů bývá nejčastěji udávána v:

- mF – milifarad (10^{-3})
- μ F – mikrofarad (10^{-6})
- nF – nanofarad (10^{-9})
- pF – pikofarad (10^{-12})



Nejdůležitější údaje, které nás tedy u kondenzátoru zajímají je jeho kapacita a provozní napětí.

Nejjednodušší kondenzátor je deskový obr. 4.20. Tvoří jej dvě deskové elektrody rovnoběžně vzdálené od sebe. Mezera d mezi nimi je vyplněna dielektrikem ϵ . V tomto případě vzduchem. Po připojení deskového kondenzátoru ke zdroji stejnosměrného napětí, vzniknou na deskách kondenzátoru elektrické náboje Q a mezi deskami se vytvoří homogenní elektrické pole o určité intenzitě a velikosti.⁷⁰



Obr. 4.20 Deskový kondenzátor⁷¹

⁷⁰ SVOBODA, Emanuel a kol. *Přehled středoškolské fyziky. 5. přepracované vydání*. Praha: Prometheus, 2014. ISBN 978-80-7196-438-4.

⁷¹ Zdroj obrázku 4.20 LÁNÍČEK, Robert. *Elektronika: obvody, součástky, děje*. Praha: BEN - technická literatura, 1998. ISBN 8086056252.

Výsledná kapacita kondenzátoru je ovlivněna tedy několika faktory. Vlastnostmi dielektrika použitého při výrobě, velikost elektrod (jejich činná plocha) a jejich vzdálenost od sebe. Pro pevný kondenzátor platí vztah (9):

$$C = \varepsilon \cdot \frac{S}{d}; (\text{F}) \quad (9)$$

Pro $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$

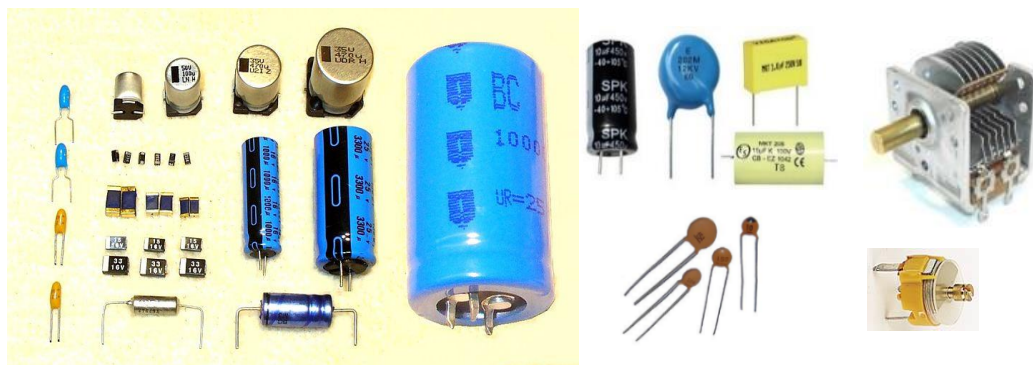
ε_0 - permitivita vakua,

ε_r - permitivita použitého dielektrika,

S - plocha překrytí desek

d - vzdálenost desek od sebe (tloušťka dielektrika)

Pro vzduch se $\varepsilon_r = 1$ a pro jiná prostředí je $\varepsilon_r > 1$. Větší kapacitu budou mít kondenzátory, které používají jiné dielektrikum než je vzduch.⁷² Kondenzátory můžeme dělit do skupin podle různých podmínek. Nejčastější dělení je však na pevné **elektrolytické** nebo **keramické** kondenzátory (jejich kapacita se nemění) a **proměnné** kondenzátory (umožňují plynule měnitelnou hodnotu kapacity). Vybraná výrobní provedení kondenzátorů viz obr. 4.21.



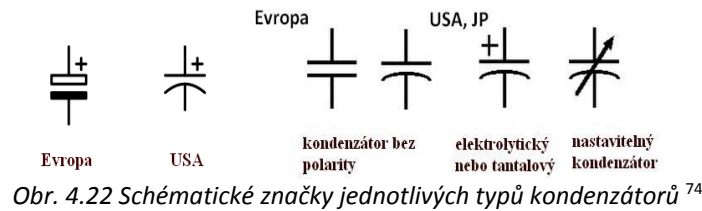
Obr. 4.21 Výrobní provedení kondenzátorů⁷³

⁷² BEZDĚK, Miloslav. *Elektronika I*. České Budějovice: KOPP, 2008. ISBN: 978-80-7232-365-4.

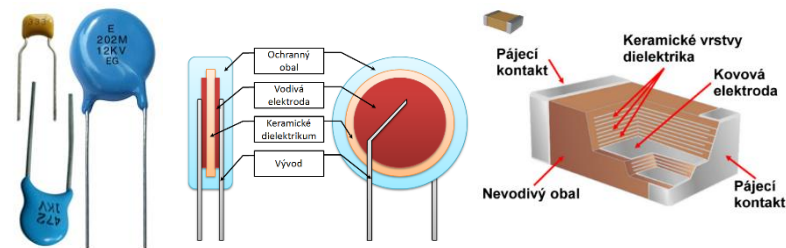
⁷³ Zdroj obrázku 4.21 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electrolytic_capacitors-P1090328.JPG

4.2.1 Značení a rozdělení kondenzátorů

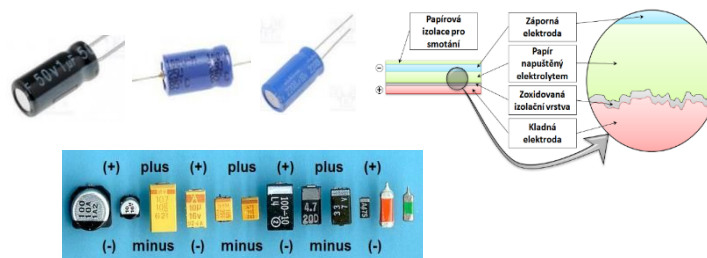
Také způsob provedení schematických značek viz obr. 4.22 stejně jako v případě rezistorů je rozdílný v provedení pro Evropu a pro USA včetně asijských států.



Pevné keramické kondenzátory – jsou čtvercového nebo kruhového tvaru. Dielektrikum je tvořeno speciální keramickou vrstvou viz obr. 4.23. Nemají polaritu a kapacita těchto kondenzátorů je většinou v řádech nF nebo pF. Vyrábějí se jak s vývody, tak i v provedení SMD. Většinou bývají dimenzované na vyšší napětí než kondenzátory elektrolytické.



Pevné elektrolytické kondenzátory – jsou většinou válcového tvaru, ale mohou být i oválné a v provedení smd také hranaté viz obr. 4.24. Od nepolarizovaných kondenzátorů (keramické, svitkové nebo slídové) se liší tím, že jedna elektroda kondenzátoru je tvořena vodivým elektrolytem a druhá elektroda je hliníková folie s téměř 100% čistotou.⁷⁶



⁷⁴ Zdroj obrázku 4.22 <http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Electronic-schematic-symbols.php>, <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/polarized-capacitors-simple-in-concept-not-in-implementation>

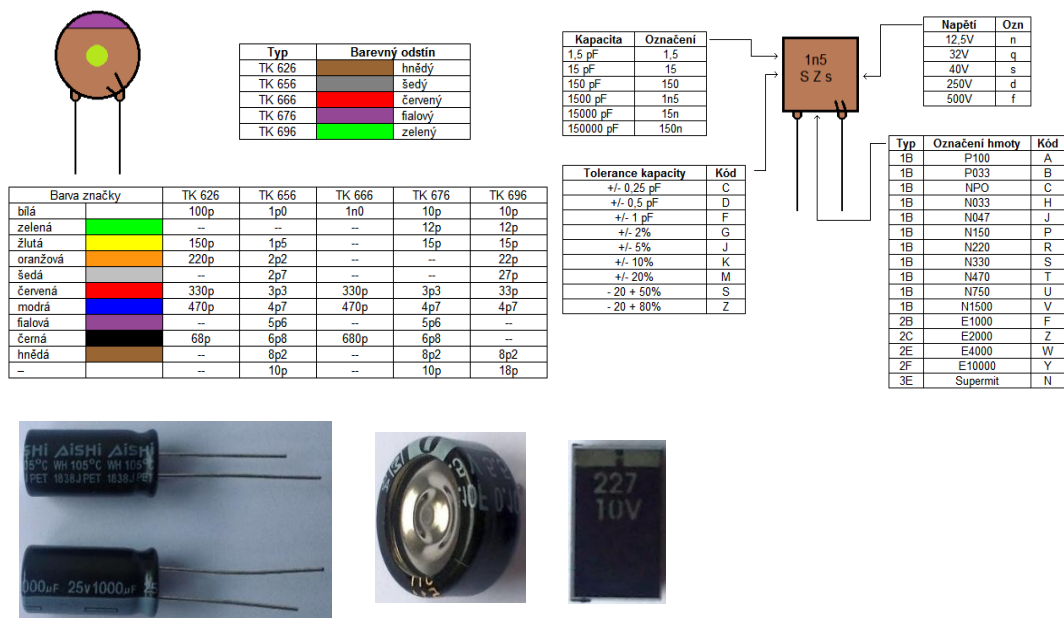
⁷⁵ Zdroj obrázku 4.23 http://kondenzatory/Zaklady_elektroniky.htm

⁷⁶ BEZDĚK, Miloslav. *Elektronika I*. České Budějovice: KOPP, 2008. ISBN: 978-80-7232-365-4.

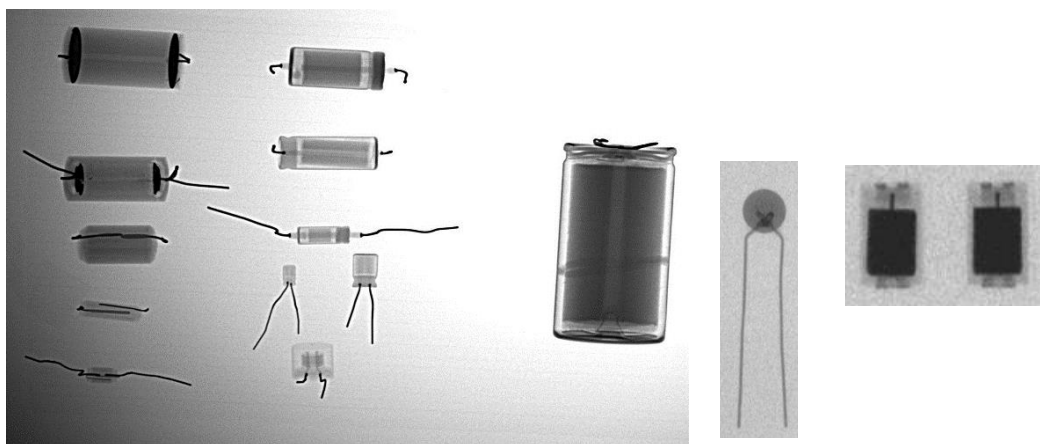
⁷⁷ Zdroj obrázku 4.24 https://www.tme.eu/cz/katalog/elektrolyticke-kondenzatory-tht-105degc_112345/, <https://www.gme.cz/cea-47u-40v-vis-asm-6x10>, <https://biathlonmordovia.ru/cs/elektrokomponenty/marking-of-permanent-capacitors-designation-of-capacitors-in-circuits/>

Značení kondenzátorů:

Značení kondenzátorů, viz obr. 4.25, může být provedeno jak barevným kódem, tak číselným značením. Kondenzátory v provedení SMD jsou značeny číselně. Jejich rtg snímky jsou uvedeny na obr. 4.25.



Obr. 4.25 Značení vývodových kondenzátorů barevně napsané nebo číselným kódem⁷⁸



Obr. 4.26 Rtg snímky jednotlivých typů kondenzátorů⁷⁹

⁷⁸ Zdroj obrázku 4.25 <http://ok1ayy.sweb.cz/pdata/znacenirac.pdf>, <http://www.bastler.cz/znaceni-rezistoru-a-kondenzatoru/>
<http://ok1ayy.sweb.cz/pdata/znacenirac.pdf>, archiv autora,

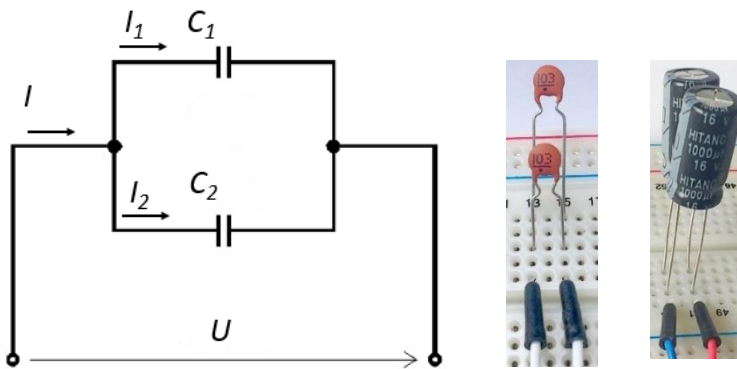
⁷⁹ Zdroj obrázku 4.26 Archiv autora

4.2.2 Řazení kondenzátorů

Paralelní řazení

Výsledná kapacita je součet všech hodnot zapojených kondenzátorů (11). Způsob zapojení je na obr. 4.27.

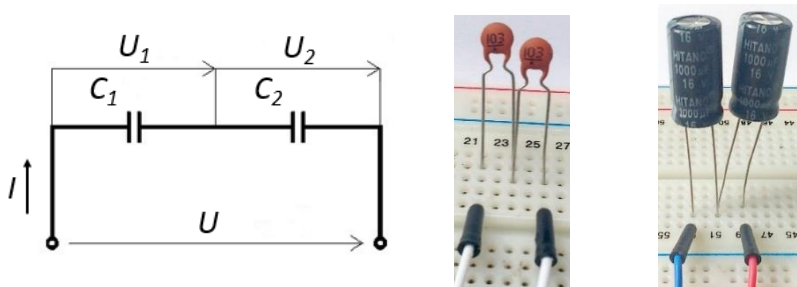
$$C = C_1 + C_2 ; (\text{F}) \quad (11)$$



Obr. 4.27 Paralelní zapojení kondenzátorů⁸⁰

Sériové řazení

Při sériovém zapojování kondenzátorů viz obr. 4.28 se výsledná kapacita rovná převrácené hodnotě součtu převrácených hodnot kapacit jednotlivých kondenzátorů (12).



Obr. 4.28 Sériové řazení kondenzátorů⁸¹

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} ; (\text{F}) \quad (12)$$

⁸⁰ Zdroj obrázky 4.27 <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/715> upraveno, archiv autora

⁸¹ Zdroj obrázky 4.28 <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/715> upraveno, archiv autora

Pokud nechceme počítat výslednou kapacitu pomocí převrácené hodnoty a máme pouze dva kondenzátory zapojené **sériově**, tak můžeme použít vzorec, který platil pro dva **paralelně** zapojené rezistory, jen místo hodnot odporu zadáme kapacitu podle vztahu (13).

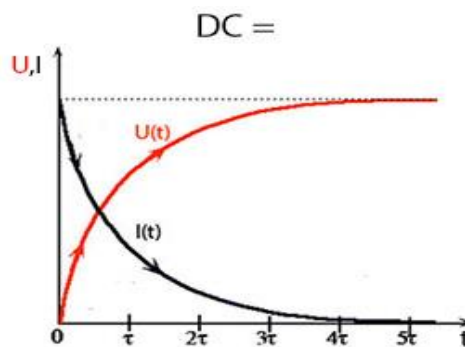
$$C_p = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}; (F) \quad (13)$$



Při zapojování elektrolytických nebo tantalových kondenzátorů je potřeba dodržet správnou polaritu zapojení. V opačném případě dojde k poškození součástky. Nanesená vrstva oxidu na dielektriku se rozpustí.

4.2.3 Kondenzátor v obvodu stejnosměrného proudu

V okamžiku připojení stejnosměrného napětí ke kondenzátoru dochází k jeho nabíjení. Jak můžeme vidět na obr. 4.29. Se vzrůstajícím napětím na kondenzátoru, klesá hodnota procházejícího proudu. Charakteristika průběhu napětí je opačná k charakteristice proudu.



Obr. 4.29 Průběh stejnosměrného napětí na kondenzátoru⁸²

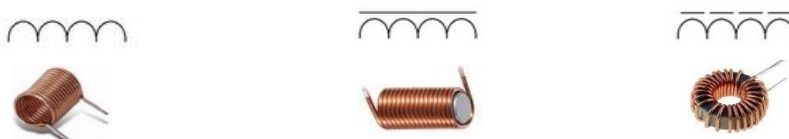
$$\tau = R \cdot C ; (s) \quad (14)$$

Časová konstanta τ na ose t vyjadřuje rychlost popisované změny. Rychlost této změny závisí na kapacitě vlastního kondenzátoru a sériovém odporu podle vztahu (14). Výpočet této časové konstanty je však pouze orientační.

⁸² Zdroj obrázky 4.29 http://www.frik.cz/elektro/components/capacitor_cs.php

4.3 Cívky

Cívka je pasivní součástka, lineární, frekvenčně závislá. Jedná se většinou o měděný vodič navinutý do tvaru spirály na izolační kostru. Neplatí to však pokaždé. Některé výrobní provedení cívek viz obr. 4.30. Pokud je cívka v obvodu stejnosměrného proudu, projevuje se pouze její elektrický odpor. Kolem cívky se současně vytváří elektromagnetické pole, jehož velikost a intenzita závisí přímo na indukčnosti cívky a velikosti proudu, který jí prochází.



Obr. 4.30 Schematická značka cívky vzduchové, s feromagnetickým, feritovým jádrem a možné výrobní provedení cívek⁸³

V obvodu střídavého proudu se vytváří kolem cívky elektromagnetické proměnné pole, které indukuje elektromotorické napětí vždy opačného charakteru, než jsou změny, které jej vyvolaly.

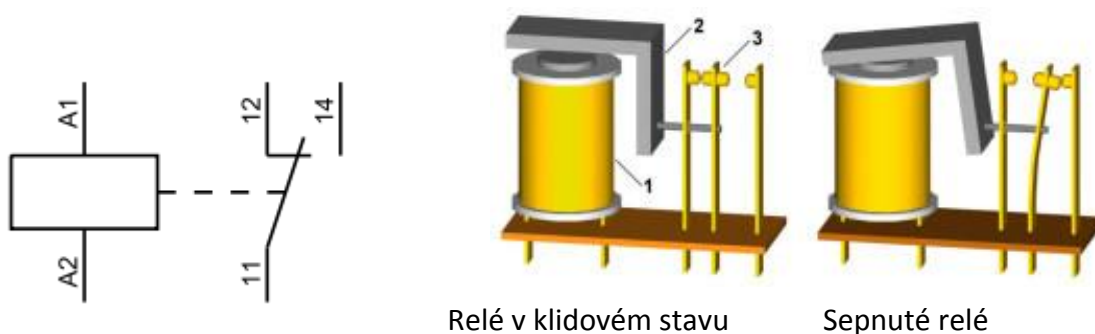
Na cívce vzniká napěťový skok i při odpojení (zániku) napájení cívky. To je důvod, proč v našich pokusných obvodech vždy zapojujeme k relé antiparalelně polovodičovou diodu.

Pro naše účely najdeme cívky v elektromechanických relátkách různého provedení, kde pomocí elektromagnetického pole spínají jednotlivé kontakty. Také jsou využívány v zařízeních, jako jsou detektory kovových předmětů nebo přístroje pro detekci vodiče pod střídavým napětím apod.

⁸³ Zdroj obrázku 4.30 <https://slideplayer.cz/slide/2878702/>, <http://www.ok2kkw.com/00000104/civky/civky.htm>, <https://www.conrad.cz/civka-s-tyckovym-jadrem-wurth-elektronik-sd-744710203-2-uh-2-5-a.k1087639>, <https://studijniopora.webnode.cz/civky/>

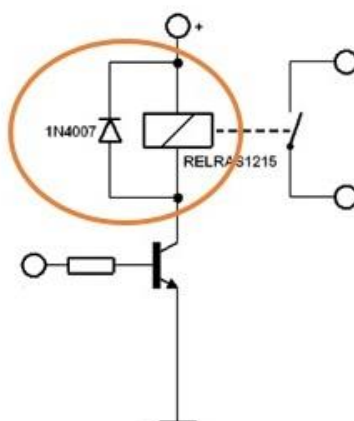
4.3.1 Relé

Mechanické relé obr. 4.31 patří mezi nejstarší spolehlivou součástku používanou pro spínání zátěže. Oproti polovodičovým spínačům má relé nejmenší odpor v sepnutém stavu. Jedná se o jednotky $m\Omega$. Zde je přímo v praxi využito elektromagnetické indukce ke spínání větších zátěží.



Obr. 4.31 Schematická značka relé včetně kontaktů a princip spínání⁸⁴

Nesmíme však zapomenout na vznikající napěťové špičky při odpojení napájecího zdroje pro cívku relé. Je nutné použít ochranou diodu, většinou křemíkovou, aby nedošlo k poškození polovodičových součástek, které toto relé spínají, viz obr. 4.32.

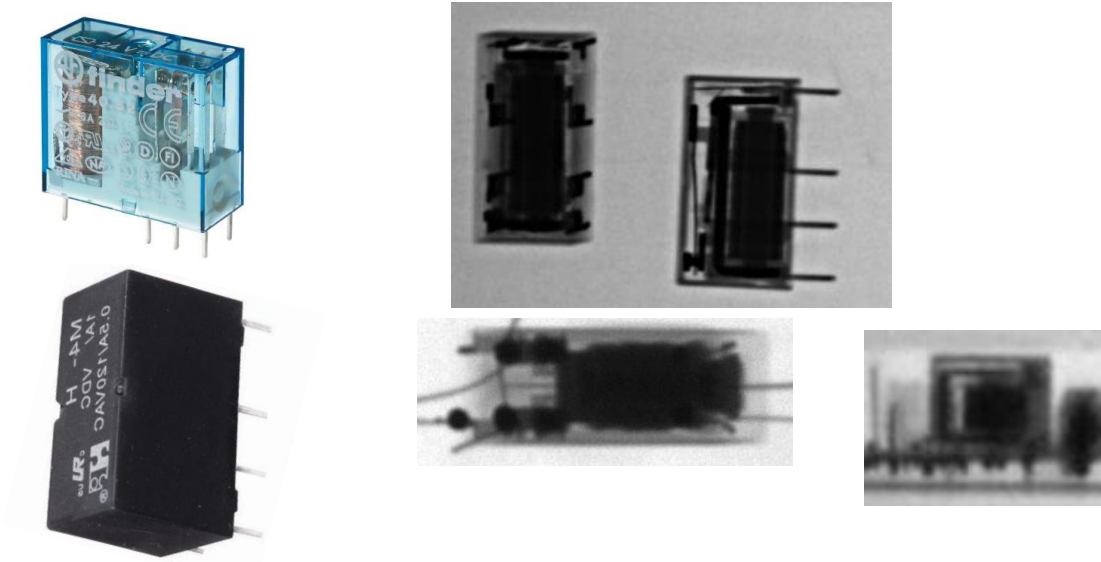


Obr. 4.32 Zapojení ochranné diody⁸⁵

⁸⁴ Zdroj obrázky 4.31 Archiv autora, obrázek principu relé www.educachip.com/arduino-rele-5v/

⁸⁵ Zdroj obrázku 4.32 <http://robodoupe.cz/2012/peckovy-tranzistor/>

Nejjednodušší využití relé v našich aplikacích – jako spínač nebo jako případný spotřebič v samovybíjecím obvodu. Musíme však počítat s pomalejší reakcí při sepnutí. Jedná se o elektromechanický spínač. Reakční doba sepnutí je řádově stovky milisekund.

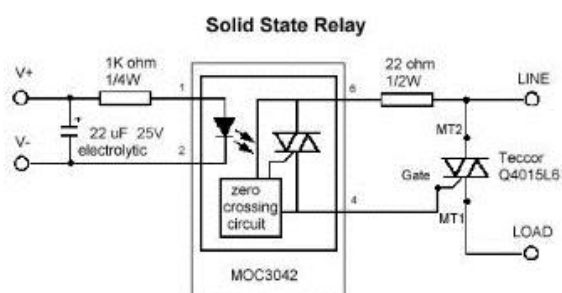


Obr. 4.33 Příklady relé a rtg snímky jednoduchého relé⁸⁶

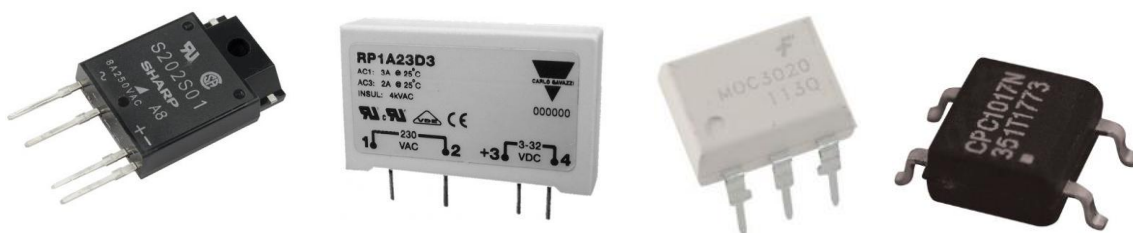
⁸⁶ Zdroj obrázku. 4.33 Archiv autora

4.3.2 Polovodičová relé (Solid State Relay)

Oproti mechanickým mají polovodičová relé velkou rychlost sepnutí (10 ms). Nevznikají zde napěťové špičky, takže odpadá nutnost ochranné diody. Mají velmi malé rozměry. Můžeme je nalézt i v SMD provedení. Ke spínání zátěže je zde použita součástka, která se nazývá diak, viz obr. 4.34. Možná výrobní provedení SSR relé jsou na obr. 4.35.



Obr. 4.34 Princip zapojení SSR relé⁸⁷



Obr. 4.35 Výrobní provedení SSR relé⁸⁸

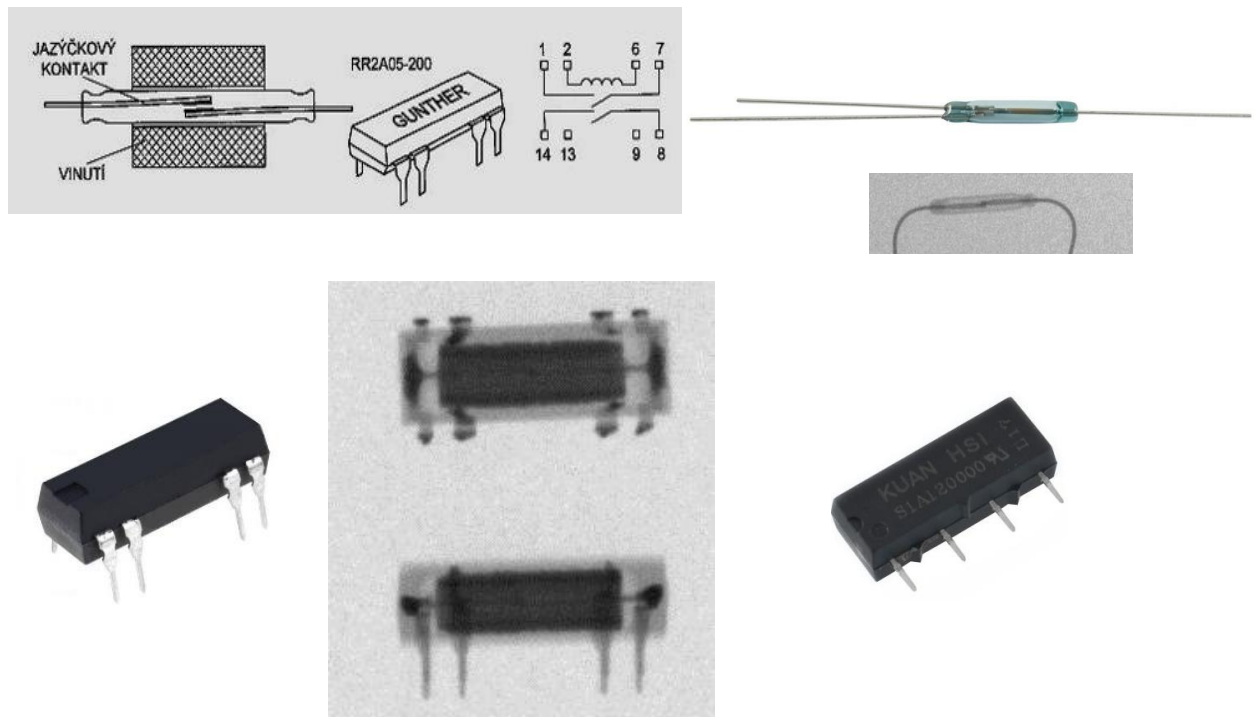
4.3.3 Jazyčkový magnetický kontakt

Jazyčkový magnetický kontakt, viz obr. 4.36, nemá klasický elektromagnet, ale pouze vinutí, to při vybuzení zmagnetuje kontakty, které se následně přitáhnou k sobě a tím sepnou obvod. Nemusí být pouze spínací, ale existuje i provedení přepínací. Kontakty lze samostatně ovládat i přiblížením permanentního magnetu. Doba sepnutí se pohybuje řádově v ms, ale může být i kratší, záleží na výrobním provedení.

⁸⁷ Zdroj obrázku. 4.34 <http://c.i.n.samorost.info/solid-state-relay-wiring-diagram.html>

⁸⁸ Zdroj obrázku. 4.35 <https://www.gme.cz/rele-magneticke-kontakty-ssr>, archiv autora

Vždy před vlastním použitím je nutné si nejprve ověřit proudové a napěťové zatížení těchto kontaktů z informačního listu výrobce.



Obr. 4.36 Výrobní provedení jazýčkových kontaktů a rtg snímky⁸⁹

⁸⁹ Zdroj obrázku. 4.36 www.gme.cz, rtg snímky archiv autora

5 Polovodičové součástky

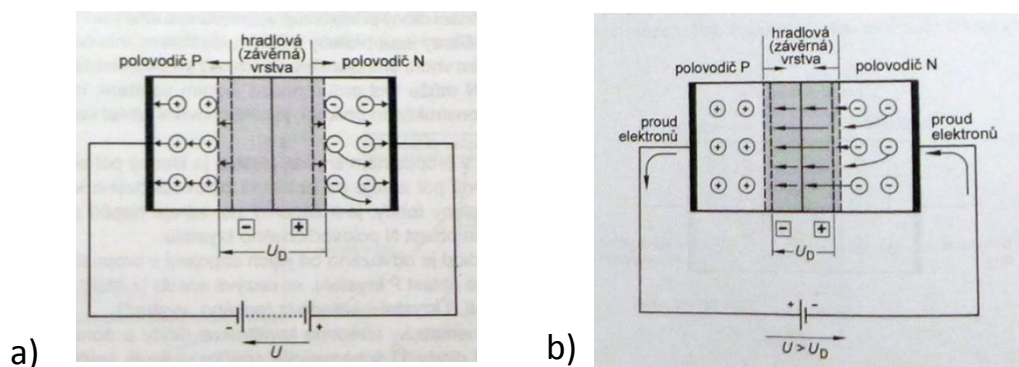
Polovodiče jsou v dnešní době již nepostradatelné pro výrobu veškerých elektronických zařízení. Najdeme je téměř všude. Od jednoduchých součástek až po složité vícevrstvé prvky. Jsou nedílnou součástí složitějších obvodů, procesorů apod.

Základní polovodičové součástky:

- Diody
- Fotodiody
- LED diody
- Tranzistory
- Tyristory

Pro nás jsou v podstatě nejdůležitější diody, tranzistory a tyristory.

Polovodičem označujeme látky, které mají hodnotu vlastní vodivosti položenou mezi hodnotu vodivosti kovového vodiče a izolátoru. Za normálních okolností nevedou elektrický proud, ale vhodnou změnou vnějších podmínek proud vést mohou. Například při působení světla, teploty, magnetického pole, elektrického pole⁹⁰. Mezi hlavní materiály používané pro výrobu polovodičových součástek patří **křemík**. Pro snadnější pochopení principu polovodiče viz následující obrázek 5.1 polovodičového přechodu.



Obr. 5.1 Polovodičový přechod a) v závěrném směru b) v propustném směru⁹¹

⁹⁰ KESL, Jan. *Elektronika I, analogová technika*. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-7300-074-1.

⁹¹ Zdroj obrázku 5.1 FROHN, OBERTHÜR, SIEDLER a kol.: *Elektronika – Polovodičové součástky a základní zapojení – Učebnice elektroniky*, BEN 2006 ISBN:80-7300-123-3.

Polovodičový přechod v závěrném směru znamená, že proud neprochází přes polovodičovou vrstvu. Volné náboje, které jsou na hranici PN přechodu (PN – jednotlivé typy vodivostních vrstev) a způsobují vlastní vodivost, jsou nyní přitahovány vytvářeným elektrickým polem na opačnou stranu k jednotlivým pólům a ještě více zvětšují hranici PN přechodu.

Opačný případ nastává, pokud přepólujeme připojený zdroj napětí. Volné elektrony a volné díry nyní putují směrem k hranici PN přechodu a pronikají až do prázdné oblasti. Pokud je připojené napětí dostatečně velké, dojde k odstranění hranice a přechodem může procházet elektrický proud.

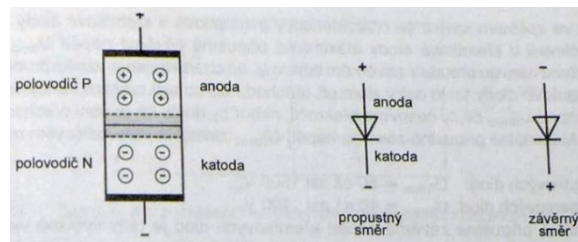
5.1 Diody

Diody patří mezi základní polovodičové součástky. Využívají pro svoji činnost vlastností polovodičového přechodu (vedou proud pouze jedním směrem). Nejpoužívanější materiály pro výrobu jsou křemík a germanium, dříve také selen. Jsou složeny ze dvou vrstev. Jedna vrstva vodivosti typu P a druhá vodivosti typu N, proto PN přechod viz obr. 5.2.

Diody můžeme dělit podle několika kategorií, ale nejběžnější dělení je na:

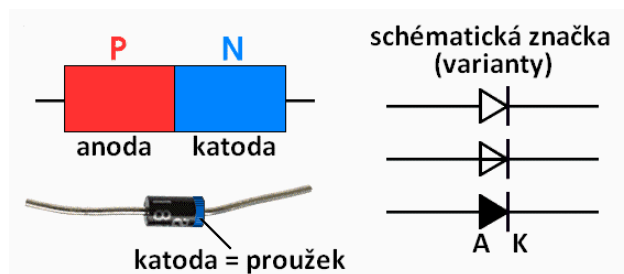
- **Plošné diody** / usměrňovací – klasické křemíkové diody, usměrňovací můstky ochranné diody
- **Hrotové/detekční – Schottkyho diody** (velmi rychlé diody v řádech pikosekund úbytek na přechodu je velmi malý cca 0,3 V)
- **Zenerovy diody** – stabilizační diody
- **LED diody** – emitující světlo
- **Fotodiody** – elektronické prvky citlivé na osvětlení (ozáření)

Podle typu diod (křemíkové nebo germaniové) je také zároveň dán úbytek napětí na přechodu diody. Pro křemík to je 0,7 V a pro germanium 0,4 V.



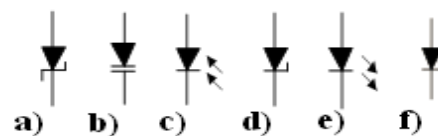
Obr. 5.2 Princip polovodičové diody⁹²

Schematické značky polovodičových diod, viz obr. 5.3 vpravo, jsou různého provedení, ale z důvodů uvedených z úvodu tohoto textu je dobré si je zapamatovat všechny.

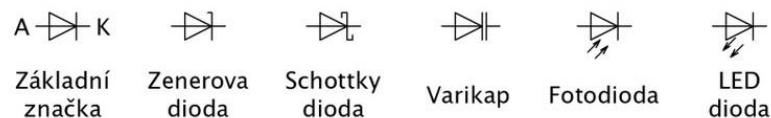


Obr. 5.3 Schematická značka diody a příklad značení⁹³

Některé další varianty možného značení dalších druhů diod jsou na obr. 5.4 a 5.5.



Obr. 5.4 Schematické značky dalších druhů diod a) Schottkyho dioda, b) varikap, c) fotodioda, d) Zenerova dioda, e) LED, f) polovodičová dioda⁹⁴



Obr. 5.5 Další možné značení diod⁹⁵

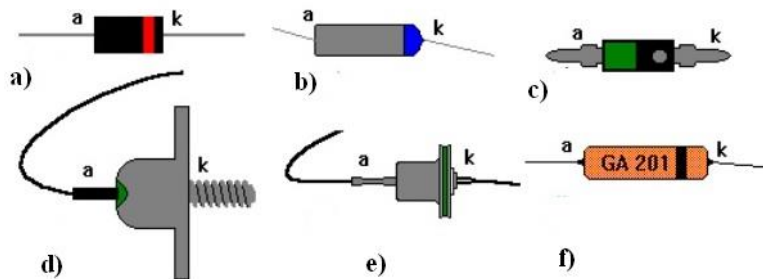
⁹² Zdroj obrázku 5.2 FROHN, OBERTHÜR, SIEDLER a kol.: Elektronika – Polovodičové součástky a základní zapojení – Učebnice elektroniky, BEN 2006 ISBN:80-7300-123-3.

⁹³ Zdroj obrázku 5.3 www.onsemi.com/PowerSolution

⁹⁴ Zdroj obrázku 5.4 www.barts.cz/22diody

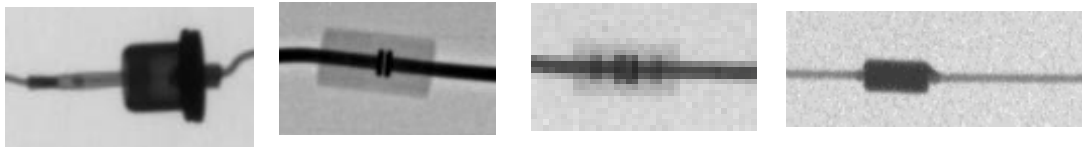
⁹⁵ Zdroj obrázku 5.5 www.barts.cz/22diody

Na dalším obrázku 5.6 jsou další možná výrobní provedení pouzder některých diod a jejich rtg snímky na obr. 5.7.



Obr. 5.6 Jednotlivá pouzdra výrobního provedení polovodičových diod⁹⁶

V tomto případě se jedná o výrobní provedení podniku Tesla, ale některá tato pouzdra se v téměř nezměněné podobě používají i dnes.



Obr. 5.7 Rtg snímky vybraných druhů diod⁹⁷

5.2 Fotodiody

Fotodioda je polovodičová součástka, citlivá na světlo nebo jiné záření – například v IČ spektru. Pokud je aktivní plocha fotodiody osvětlena, lze na ní naměřit malé napětí, které můžeme zesílit vhodným zesilovačem. Díky použitému materiálu při výrobě má mnohem rychlejší reakce na změnu osvětlení než fotoodpor a potřebuje také mnohem kratší dobu na zotavení přechodu. Pokud není přechod osvětlen, je charakteristika stejná jako u běžné polovodičové diody. Nejčastější použití fotodiody je pro různá měření intenzity osvětlení, přijímače v optických spojích, světelné závory a podobně. Rychlost reakce fotodiody na

⁹⁶ Zdroj obrázku 5.6 www.zsstrani.cz/Dům/DigitalniUcebnyMaterialy/

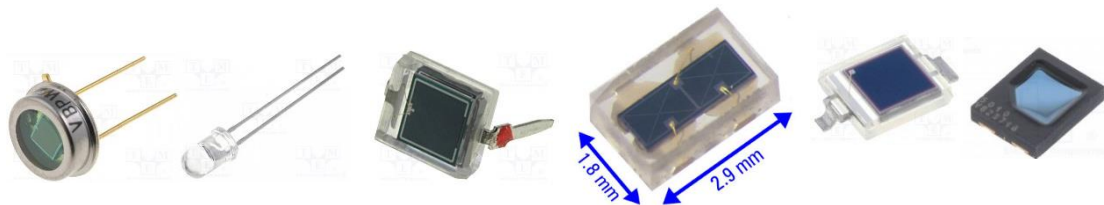
⁹⁷ Zdroj obrázku 5.7 Archiv autora

změnu intenzity osvětlení je v μs nebo ns. Je tedy rychlejší než fotoodpor. Schématické značky fotodiody viz obr. 5.8.

Výrobní provedení fotodiody obr. 5.9 je velmi rozmanité. Ploché destičky, kulatá pouzdra, pouzdra s optickou čočkou apod.⁹⁸

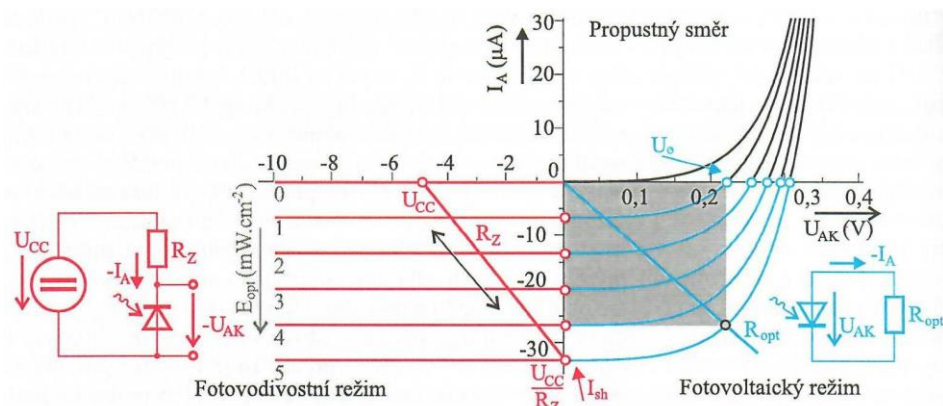


Obr. 5.8 Schématická značka fotodiody⁹⁹



Obr. 5.9 Výrobní provedení fotodiody – klasické vývodové a smd¹⁰⁰

Fotodioda může pracovat ve dvou režimech, viz následující obrázek 5.10.



Obr. 5.10 Možnosti zapojení fotodiody¹⁰¹

⁹⁸ ČERNÝ Michal, *Infrasenzory a optické senzory*, Hobbyrobot 2015

⁹⁹ Zdroj obrázku 5.8 www.barts.cz/22diody, <https://www.shutterstock.com>

¹⁰⁰ Zdroj obrázku 5.9 <https://www.tme.eu/cz/details/fotodiody>

¹⁰¹ Zdroj obrázku 5.10 VOBECKÝ Jan, ZÁHLAVA Vít: *Elektronika – Součástky a obvody, principy a příklady*, Grada 2005 ISBN 80-247-1245-

- Fotovoltaický (hradlový) režim – Při osvitu PN přechodu dochází k emitování elektronů, které způsobují elektrický proud. Tento režim je velmi výhodný pro měření nízké intenzity osvětlení a pro pomalejší změny intenzity osvětlení.
- Fotovodivostní (odporový) režim – Při osvitu PN přechodu dochází ke změně odporu přechodu diody. Chová se jako proměnný odpor a zapojuje se v závěrném směru ke zdroji napětí. K zesílení tohoto signálu je potřeba použít zesilovač s velkým vnitřním odporem, typicky tranzistory typu FET.¹⁰² V tomto zapojení je reakce na změnu intenzity osvětlení velmi rychlá. Nejpomalejším diodám to trvá v řádech ms, ale těm nejrychlejším stačí ps, např. PIN diody.

5.3 LED

LED dioda je polovodičová součástka, která se skládá z PN přechodu a dokáže po přivedení napájecího napětí emitovat záření (ne jen viditelné) o určité vlnové délce. Tomu odpovídá i název **LED** (**L**ight **E**mitting **D**iode). Technologie výroby je starší již více než 40 let. I v současné době stále probíhá vývoj nových prvků v této oblasti. LED světla postupně vytlačují klasické žárovky nebo úsporné zářivky. Jejich životnost se počítá na cca 20 000 hodin.

LED diody, jejichž schematické značky jsou vyobrazeny na obr. 5.11, můžeme najít nejen jako kontrolky na přístrojích, ruční svítilny, optické vysílače ve světlovodné technice, také jako způsob osvětlení místností, veřejných ploch, v automobilovém průmyslu od podsvícení displejů až ke hlavním světlometům motorových vozidel. Vlastní polovodičové přechody jsou dnes také nedílnou součástí obrazovek plochých televizorů. Technologie OLED, QLED apod.

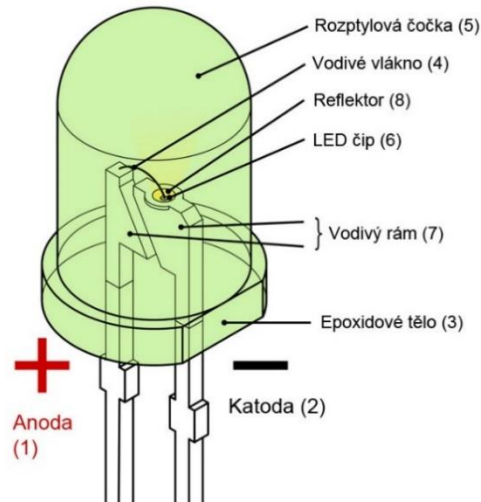


Obr. 5.11 Schematická značka LED¹⁰³

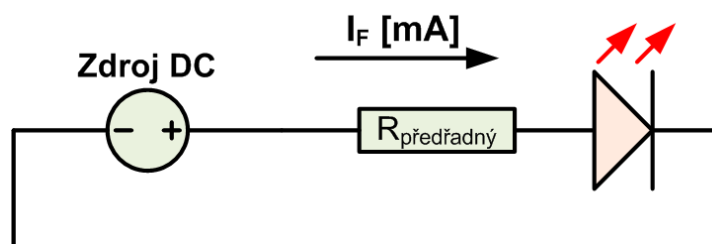
¹⁰² VOBECKÝ Jan, ZÁHLAVA Vít: *Elektronika – Součástky a obvody, principy a příklady*, Grada 2005 ISBN 80-247-1245-1.

¹⁰³ Zdroj obrázku 5.11 www.barts.cz/22diody

Celý přechod LED je umístěn na vodivém rámu, který je spojen s vývody součástky, a je vložen do epoxidového pouzdra s rozptylovou čočkou viz obr. 5.12. Základní zapojení LED včetně předřadného rezistoru je na obr. 5.13.



Obr. 5.12 Výrobní provedení klasické LED¹⁰⁴



Obr. 5.13 Princip zapojení LED¹⁰⁵

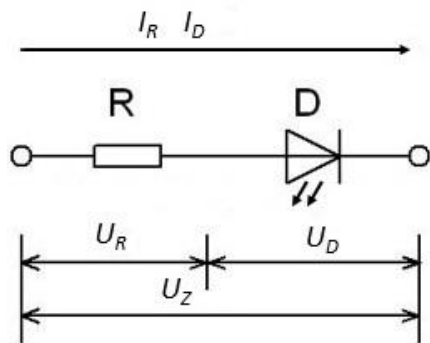


Svítilivost LED diody je regulována proudem protékajícím diodou. To je také jeden z hlavních důvodů, proč se LED diody zapojují do série, paralelně jen ve výjimečných případech.

¹⁰⁴ Zdroj obrázku 5. 12 <https://eshop.ledsolution.cz/led-diody-technicke-udaje/>

¹⁰⁵ Zdroj obrázku 5. 13 <http://www.herman.cz/cs/produkty/clanky-2/clanky/nizkoprikonove-led/>

Aby nedošlo k poškození přechodu LED případným vyšším napětím, než jaké povoluje výrobce LED, (např. napájecí napětí zdroje je 9V a napětí LED je 2,1V) je potřeba použít předřadný rezistor jak je znázorněno na obr. 5. 13. Jeho hodnotu vypočteme podle vztahu (14).



$$R = U_R / I_D \quad (\Omega) \quad (14)$$

$$U_R = U_Z - U_D \quad (V) \quad (15)$$

Obr. 5.14 Zapojení předřadného rezistoru pro LED¹⁰⁶

Schéma zapojení pro výpočet je vyznačeno na obr. 5.14 s označením jednotlivých veličin. Potřebujeme znát napájecí napětí zdroje U_Z , jmenovitý proud diody I_D a úbytek napětí na diodě U_D . Potřebný úbytek napětí na rezistoru U_R potom vypočteme dle (15).

¹⁰⁶ Zdroj obrázku 5.14 http://elektrolab.wz.cz/?elektronika=vypocet_rezistoru_led upraveno

Cvičení:



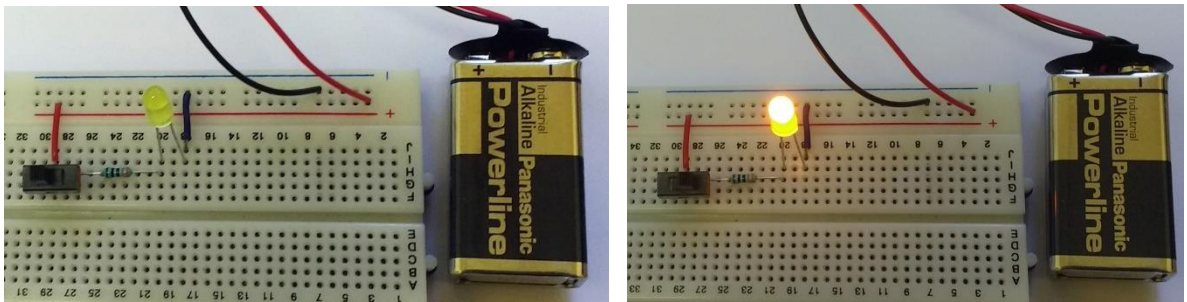
Nejprve početně a následně prakticky ověřte výpočet předřadného rezistoru pro LED s katalogovými údaji:

$$U_d = 2,5 \text{ V}$$

$$I_d = 20 \text{ mA}$$

$$U_z = 9 \text{ V}$$

Zapojení můžete provést dle následujícího obrázku 5.15:



Obr. 5.15 Zapojení LED se zdrojem 9 V na nepájivém kontaktním poli.¹⁰⁷

¹⁰⁷ Zdroj obrázku 5.15 Archiv autora

5.4 Tranzistory

V roce 1947 byl sestaven první hrotový tranzistor, který postupně vytlačil v té době hojně používané vakuové elektronky. Název tranzistor pochází ze složení dvou slov **Transfer** a **Rezistor**. Důvodem byl jev, při kterém dochází ke změně odporu mezi dvěma svorkami. Změna je řízená velikostí proudu přicházejícího do třetí svorky.



Základní vlastností tranzistoru je schopnost řídicí elektrody malým proudem nebo napětím měnit odpor mezi kolektorem a emitorem.

V našich aplikacích bývá tranzistor použit nejčastěji jako spínač. Od typů s menším proudovým zatížením až po typy schopné sepnout větší proudovou zátěž o velikosti 2 A i více. Podle složení – struktury vodivostních vrstev určíme také typ tranzistoru PNP, NPN apod.

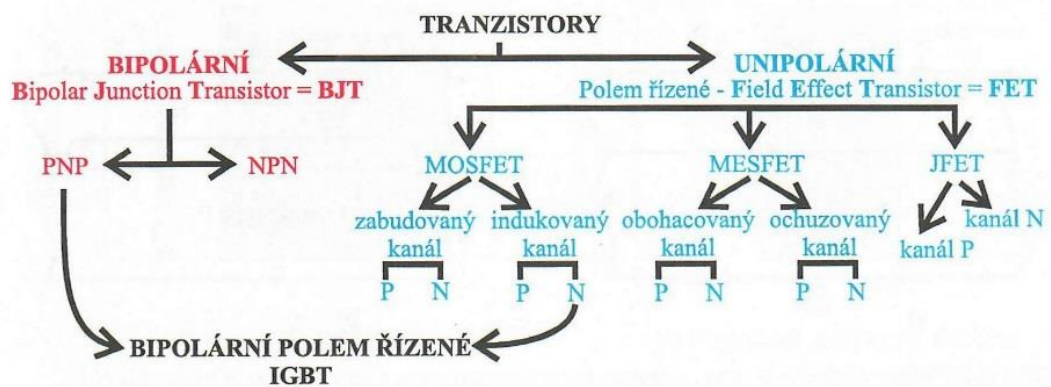
V dnešní době je na trhu veliké množství různých typů tranzistorů určených pro všechny možné aplikace. Bohužel většina produkce je z asijských zemí s odpovídající kvalitou.

Tranzistory můžeme dělit na dva základní druhy:

- **Bipolární** – ovládané proudem báze tranzistoru
- **Unipolární** – řízené elektrickým polem

Také se můžeme setkat ještě s tranzistory kombinovanými typu IGBT. Používají se pro spínání velkých výkonů a využívají výhod předchozích dvou typů.

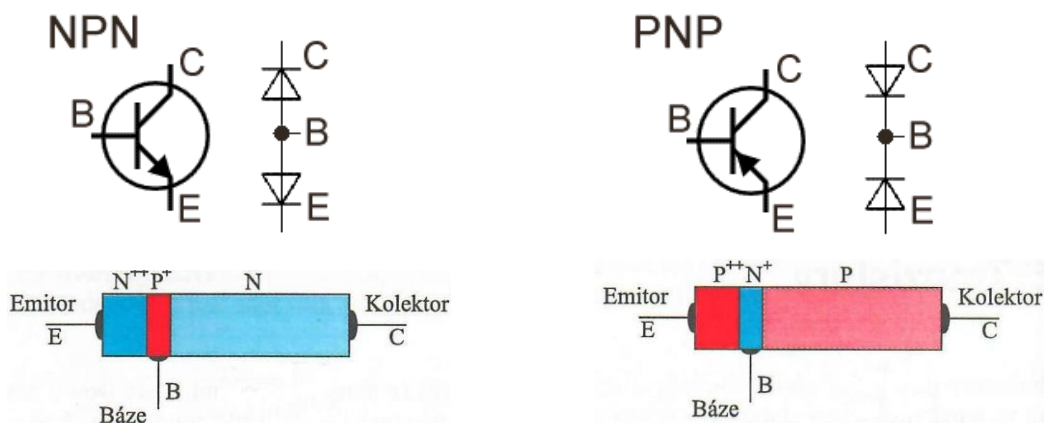
Celkové základní rozdělení podle typů můžeme vidět na následujícím schématu obr. 5.16.



Obr. 5.16 Rozdělení tranzistorů podle typu¹⁰⁸

5.4.1 Bipolární tranzistory

Bipolární tranzistory, viz obr. 5.17, využívají pro svoji činnost díry i elektrony. I když náhradní schéma tranzistoru představují dvě polovodičové diody, není možné tranzistor nahradit fyzicky dvěma diodami.

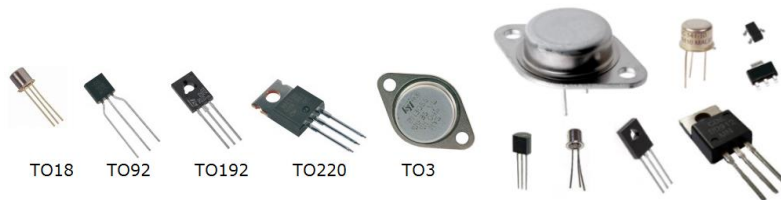


Obr. 5.17 Schematické značky bipolárního tranzistoru a vodivostní vrstvy¹⁰⁹

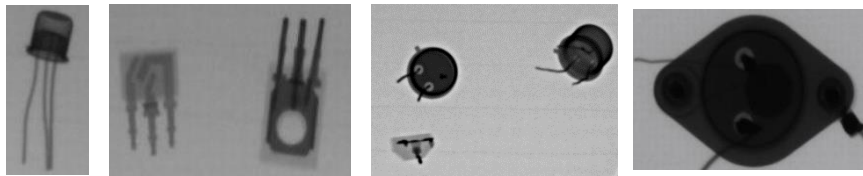
¹⁰⁸ Zdroj obrázky 5.16 VOBECKÝ Jan, ZÁHLAVA Vít: Elektronika – Součástky a obvody, principy a příklady, Grada 2005 ISBN 80-247-1245-1.

¹⁰⁹ Zdroj obrázky 5.17 <http://old.spsemoh.cz/vyuka/zl/transistory-bip.htm>

Existuje nespočet variant výrobních provedení tranzistorů. Přehled pouzder, jak vývodových, tak SMD provedení, je na obr. 5.18. Na obr. 5.19 jsou uvedeny rtg snímky některých provedení.



Obr. 5.18 Výrobní pouzdra tranzistorů a jejich označení v katalogu¹¹⁰



Obr. 5.19 Rtg snímky nejběžnějších pouzder tranzistorů¹¹¹

Tranzistor můžeme zapojit do obvodu několika způsoby. Vždy záleží, jaké jsou naše požadavky na zapojení. Rozeznáváme tři typy zapojení, viz obr. 5.20.

Pokud je bipolární tranzistor použit jako spínač, je zapojen jako SE (se společným emitorem). Příklad takového zapojení můžeme vidět na obrázku č. 5.21. Pokud, je spínána indukční zátěž – nejčastěji relé, je nutné zapojit do obvodu ochrannou diodu zapojenou antiparalelně, nejčastěji to bývá křemíková např. typ 1N400x.

Druh zapojení	SB (společná báze)	SE (společný emitör)	SC (společný kolektor)
Schéma zapojení (příklad)			
Napětové zesílení V_u	Velké, např. 200	Velké, např. 200	Malé (<1)
Proudové zesílení V_i	Malé (<1)	Velké, např. 200	Velké, např. 200
Výkonové zesílení V_p	Velké, např. 200	Vysoké, např. 40 000	Velké, např. 200
Vstupní odpor	10Ω-100Ω	100Ω – 1KΩ	10KΩ – 100KΩ
Výstupní odpor	100KΩ – 1MΩ	10KΩ – 100KΩ	100Ω – 1KΩ
Fázový posun $U_1 \sim U_2$	Ve stejné fázi	V protifázi o 180°	Ve stejné fázi
Příklad použití	VF-zesilovače	NF-zesilovače	NF-vstupní zesilovače

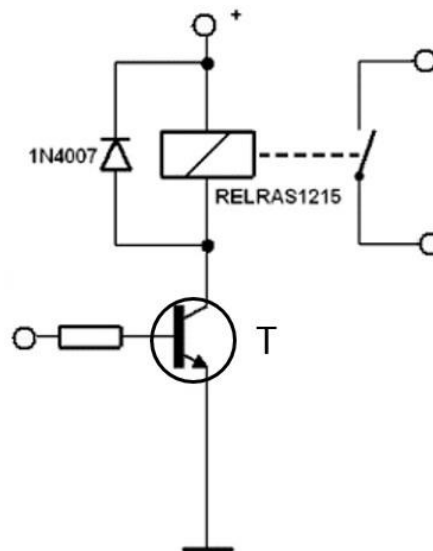
Obr. 5.20 Způsob zapojení bipolárních tranzistorů¹¹²

¹¹⁰ Zdroj obrázku 5.18 <http://elektrowebik.blog.cz/1005/zapouzdeni-tranzistoru>

¹¹¹ Zdroj obrázku 5.19 Archiv autora

¹¹² Zdroj obrázku 5.20 <https://www.mylms.cz/tranzistory-rozdeleni-zakladni-zapojeni-vystupni-va-charakteristika-pouziti/>

Dioda se zapojuje z důvodu ochrany polovodiče zapojeného do obvodu, neboť při vypnutí, odpojení indukční zátěže, dochází v této cívce k naindukování napětí opačné polarity, než je polarita napájecího napětí. Hodnota tohoto indukovaného napětí je dostatečně velká na to, aby zničila polovodič, který je zapojen v obvodu a spíná tuto zátěž.



Obr. 5.21 Bipolární tranzistor jako spínač¹¹³

5.4.2 Unipolární tranzistory

Unipolární tranzistory						
unipolární	FET - tranzistory					
	JFET a MESFET		MOSFET tranzistory			
			P - kanál		N - kanál	
typ-N	P-kanál	N-kanál	indukovaný	zabudovaný	indukovaný	zabudovaný

Obr. 5.22 Typy unipolárních tranzistorů a schematické značky¹¹⁴

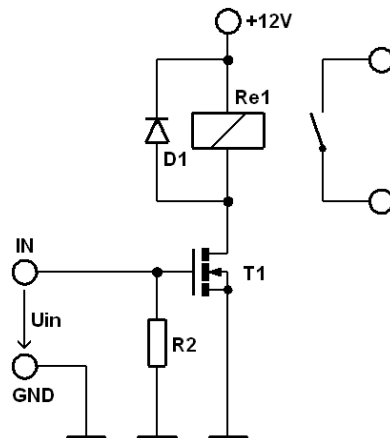
Unipolární tranzistory, jejichž schematické značky jsou uvedeny na obr. 5.22, využívají pro svoji činnost pouze jeden druh nosiče náboje, a to buď elektrony, nebo díry, záleží na typu vodivosti, buď P, nebo N. Jsou tedy ovládány pouze napětím. Úbytek napětí na těchto tranzistorech, pokud jsou v sepnutém stavu, je velmi malý. Rozepnuté mají veliký vstupní odpor v řádech MΩ. Jsou velmi často používány, jako samostatné spínače, viz obr. 5.23, nebo také jako součásti integrovaných obvodů. Umožňují díky svojí konstrukci spínat jak kladné, tak záporné napětí.

¹¹³ Zdroj obrázku 5.21 <http://robodoupe.cz/2012/peckovy-tranzistor/>

¹¹⁴ Zdroj obrázku 5.22 <https://www.mylms.cz/tranzistory-rozdeleni-zakladni-zapojeni-vystupni-va-charakteristika-pouziti/>

Jejich nevýhodou je velká citlivost na elektrostatické pole. Dokáže je zničit již napětí několik desítek voltů, proto se s nimi manipuluje na uzemněné podložce a jsou většinou již z výroby baleny v antistatických obalech.

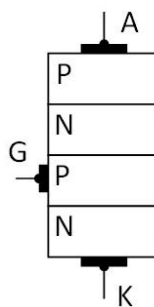
Zapojení unipolárního tranzistoru jako spínače pro jednoduché aplikace je podobné s bipolárním. Opět musí být použita ochranná dioda.



Obr. 5.23 zapojení unipolárního tranzistoru jako spínač¹¹⁵

5.5 Tyristory

Jedná se o vícevrstvou spínací součástku, jejíž strukturu můžeme vidět na obr. 5.24, která ke svému sepnutí využívá tzv. tyristorového lavinového přechodu z nevodivého do vodivého stavu.



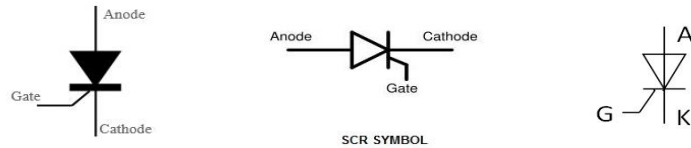
Obr. 5.24 Uspořádání vrstev tyristoru a jeho náhradní schéma¹¹⁶

Označení v zahraničních publikacích je většinou **SCR** (**S**ilicon **C**ontrolled **R**ectifier – křemíkový řízený usměrňovač). Schematické značky jsou vyobrazeny na obr. 5.25. V našem případě slouží ke spínání větších proudových zátěží.

¹¹⁵ Zdroj obrázku 5.23 <http://robodoupe.cz/2012/tranzistor-jako-spinac/>

¹¹⁶ Zdroj obrázku 5.24 https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/scr/what-is-a-thyristor.php,

Na rozdíl od tranzistoru, který se otvírá nebo zavírá v závislosti na velikosti proudu nebo napětí (podle typu) na řídicí elektrodě (bázi), tyristor se při připojení spínacího pulzu na elektrodu G sepne a zůstává sepnutý i po odpojení tohoto pulzu. Na sepnutí stačí pulz v řádu ms i méně.



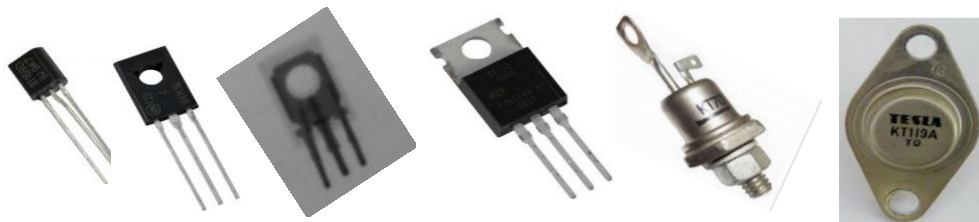
Obr. 5.25 Schematická značka tyristoru¹¹⁷

Tyristor sepne:

- přivedením řídicího proudu na G,
- překročením blokovacího napětí U_B ,
- osvětlením přechodu (fototyristor, optotyristor),
- sepnutím zvýšenou teplotou,
- sepnutím strmostí nárůstu blokovacího napětí.

Tyristor vypne:

- přerušením anodového proudu,
- zkratem mezi anodou a katodou,
- přepólováním napětí mezi anodou a katodou,
- použitím vypínacího tyristoru **GTO (Gate Turn Off)**.



Obr. 5.26 Výrobní provedení tyristorů a jejich rtg snímky¹¹⁸

¹¹⁷ Zdroj obrázku 5.25 <http://old.spsemoh.cz/vyuka/zel/vicestvrstve.htm>

¹¹⁸ Zdroj obrázku 5.26 <https://www.gme.cz/tyristor/>, <https://www.vpcentrum.eu/tyristor/>, archiv autora

6 Cvičení na závěr



Podle schématu vytvořte zapojení na nepájivém kontaktním poli. Použijte přidělené součástky. Pokud je potřeba, upravte si hodnoty rezistorů nebo kondenzátorů uvedené ve schématu pomocí vhodného řazení obdržených součástek. Pro napájení obvodu použijte baterii 9V. Jako zátěž použijte LED diodu s předřadným rezistorem. Vypočtete jeho hodnotu pomocí katalogových údajů LED a napájecího napětí.

Odpovězte na níže položené otázky:

Jaký odběr proudu z napájecí baterie má obvod při zapojené propojce? Nejprve vypočtete a po té ověřte pomocí měřicího přístroje.

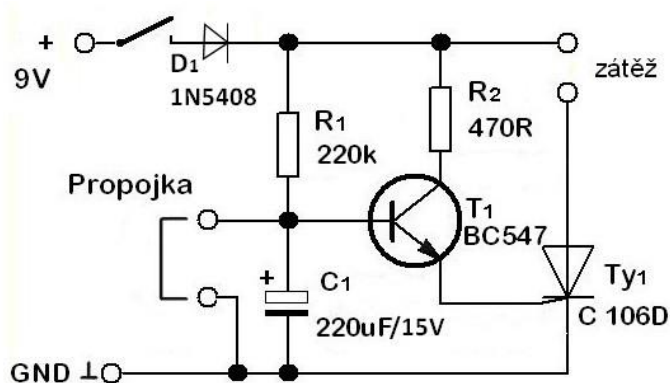
Jak funguje tento elektrický obvod?

Jaká je funkce diody D_1 ?

Jaká je doba sepnutí tyristoru po přerušení propojky?

Co se stane, pokud do obvodu zapojíme sériově dva kondenzátory s kapacitou $220 \mu\text{F}$?

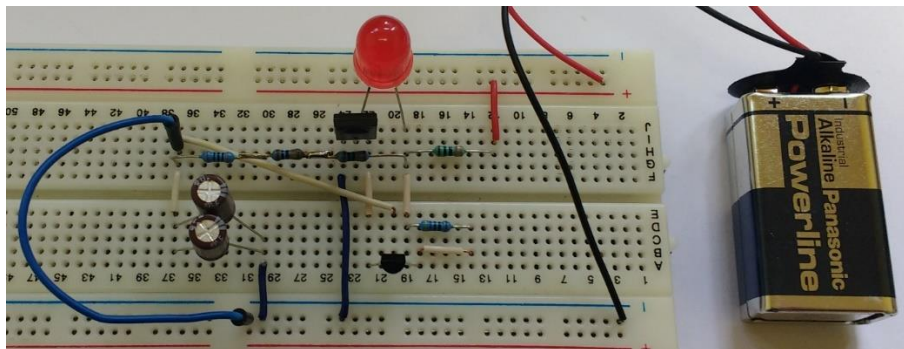
Co se stane, pokud snížíme hodnotu rezistoru R_1 ?



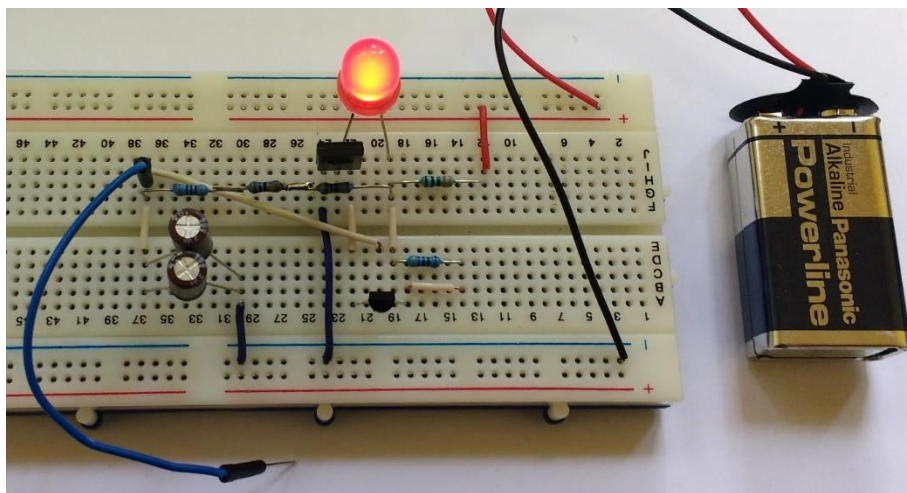
Obr. 6.1 Jednoduchý časový spínač¹¹⁹

¹¹⁹ Zdroj obrázku 6.1 Schéma zapojení převzato z <http://www.pokusy.chytrak.cz/schemata.htm> a upraveno

Pokud budete mít problémy s realizací zapojení, můžete využít následující provedení na nepájivém kontaktním poli.



Obr. 6.2 Zapojení časového spínače na nepájivém kontaktním poli¹²⁰



Obr. 6.3 Zapojení časového spínače na nepájivém kontaktním poli po přerušení propojky a uplynutí nastavené doby¹²¹

¹²⁰ Zdroj obrázku 6.2 Archiv autora

¹²¹ Zdroj obrázku 6.3 Archiv autora

7 Použitá literatura

- BEZDĚK, Miloslav. *Elektronika I*. České Budějovice: KOPP, 2008. ISBN: 978-80-7232-365-4.
- CUTCHER, Dave. *Electronic circuits for the evil genius: 64 lessons with projects*. 2nd ed. San Francisco, CA: McGraw-Hill Companies, 2010. ISBN 9780071744126.
- ČERNÝ, Michal. *Infrasenzory a optické senzory*. Hobbyrobot, 2015.
- FROHN, OBERTHÜR, SIEDLER a kol. *Elektronika – Polovodičové součástky a základní zapojení – Učebnice elektroniky*. Praha: BEN, 2006. ISBN 80-7300-123-3.
- KESL, Jan. *Elektronika I, analogová technika*. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-7300-074-1.
- LÁNÍČEK, Robert. *Elektronika: obvody, součástky, děje*. Praha: BEN - technická literatura, 1998. ISBN 80-86056-25-2.
- SVOBODA, Emanuel a kol. *Přehled středoškolské fyziky. 5. přepracované vydání*. Praha: Prometheus, 2014. ISBN 978-80-7196-438-4.
- VOBECKÝ Jan, ZÁHLAVA Vít: *Elektronika – Součástky a obvody, principy a příklady*, Grada 2005 ISBN 80-247-1245-1.

Internetové zdroje:

- <https://slideplayer.com/slide/11288467/>
- <https://slideplayer.cz/slide/1995054/>
- https://kle.cz/vypocty/rezistory_sp.html
- <https://cs.electronics-council.com/an-introduction-ground-13946>
- http://elektrolab.wz.cz/?elektronika=vypocet_rezistoru_led
- <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/713>
- <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/715>
- http://www.frik.cz/elektro/components/capacitor_cs.php
- <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/420>
- http://sbirkaprikladu.gymkarvina.cz/sbirka_prikladu/elektrina_a_magnetismus.html?stupen=s&stranka=40 http://lokopin.wz.cz/ruzne/zaklady_elektroniky.htm

- <http://www.battex.info/>
- <https://docplayer.cz/12185454-Zaklady-elektrotechniky.html>
- <http://www.bateria.cz/stranky3/zabava--pouceni/jak-to-funguje-/alkalicka-baterie.html>
- <https://www.cel-tec.cz/baterie-energizer-ultimate-lithium-aa-1-ks-p1301>
- <https://www.emerx.cz/lithiove-baterie.html>
- https://www.tme.eu/cz/katalog/akumulatory_100076/
- <http://www.modelarina.cz/lipol-akumulator-dualsky-xpower-1300mah-3s-es-111v-20c26a-p-629.html>
- <https://www.best-powerbank.cz/powerbanky-300-1950-mah/ultra-tenka-powerbanka-ec-pb040-850mah/>
- <http://www.zam-servis.cz/www/index.php/produkty-2/automatizace/bezpecnostni-prvky/spinac-vyboceni-duk-s-aretaci>
- <https://www.jabloshop.cz/sr-5-24-spinaci-elektronicke-rele-ovladane-5-24v-dc>
- <https://automatizace.hw.cz/magneticke-senzory-priblizeni.html>
- http://www.infrasensor.cz/comitronic-bti/bezp_spinace_sam.html
- https://www.tme.eu/cz/katalog/vykonne-rezistory_100511/
- <https://www.gme.cz/dratove-rezistory-do-5-w>
- www.gme.cz/potenciometry
- <https://www.vpcentrum.eu/soucastky-nahradni-dily/rezistory-tht-a-smd>
- https://www.moodletrebesin.cz/pluginfile.php/15651/mod_resource/content/0/Rezistor%2C%20potenciometr%2C%20trimr%2C%20reostat%2C%20fotorezistor%2C%20termistor.pdf
- <https://www.conrad.cz/ptc-termistory-pozistory.c5441520>
- <https://www.ametherm.com/thermistor/what-is-a-thermistor/>,
<https://slideplayer.cz/slide/2878702/>,<https://rnwissen.de/wiki/index.php/PTC/NTC>
- <https://www.conrad.cz/ntc-termistory-negastory.c0241510>
- <https://rn-wissen.de/wiki/index.php/PTC/NTC>
- <https://www.ametherm.com/thermistor/what-is-a-thermistor/>
- <https://startingelectronics.org/beginners/components/LDR-photoresistor/>
- https://www.tme.eu/cz/katalog/dotykova-cidla_100439/

- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electrolytic_capacitors-P1090328.JPG
- <https://biathlonmordovia.ru/cs/elektrokomponenty/marking-of-permanent-capacitors-designation-of-capacitors-in-circuits/>
- <http://kondenzatory/Základy elektroniky.htm>
- <http://ok1ayy.sweb.cz/pdata/znacenirac.pdf>,
- <http://www.bastler.cz/znaceni-rezistoru-a-kondenzatoru/>
- <http://ok1ayy.sweb.cz/pdata/znacenirac.pdf>
- http://www.frik.cz/elektro/components/capacitor_cs.php
- <https://slideplayer.cz/slide/2878702/>
- <http://www.ok2kkw.com/00000104/civky/civky.htm>
- <https://www.conrad.cz/civka-s-tyckovym-jadrem-wurth-elektronik-sd-744710203-2-uh-2-5-a.k1087639>
- <https://studijniopora.webnode.cz/civky/>
- www.educachip.com/arduino-rele-5v/
- <http://robodoupe.cz/2012/peckovy-tranzistor/>
- <http://c.i.n.samorost.info/solid-state-relay-wiring-diagram.html>
- www.onsemi.com/PowerSolution
- www.barts.cz/22diody
- www.zsstrani.cz/Dům/DigitalniUcebnyMaterialy/
- <https://eshop.ledsolution.cz/led-diody-technicke-udaje/>
- <http://www.herman.cz/cs/produkty/clanky-2/clanky/nizkoprikonove-led/>
- http://elektrolab.wz.cz/?elektronika=vypocet_rezistoru_led
- <http://old.spsemoh.cz/vyuka/zl/tranzistory-bip.htm>
- <http://elektrowebik.blog.cz/1005/zapouzdeni-tranzistoru>
- <https://www.mylms.cz/tranzistory-rozdeleni-zakladni-zapojeni-vystupni-va-charakteristika-pouziti/>
- https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/scr/what-is-a-thyristor.php
- <http://old.spsemoh.cz/vyuka/zl/vicevrstve.htm>
- <http://www.pokusy.chytrak.cz/schemata.htm>

8 Seznam použitých zkratek

- **RTG** snímek – snímek pořízený pomocí rentgenové technologie
- **NVS** – nástražný výbušný systém
- **WIT** –(Weapons Intelligence Team) vyšetřovací tým zabývající se šetřením incidentů přímo na místě výbuchu
- **SMD** –(Surface Mount Device) bezvývodové součástky určené pro povrchovou montáž
- **VA** – voltampérová charakteristika elektronické součástky.
- **LDR** –(Light Dependent Resistor) zahraniční zkratka pro fotorezistor
- **SSR** –(Solid State Relay) polovodičové relé
- **SCR** –(Silicon Controlled Rectifier) zahraniční zkratka pro tyristor
- **GTO** – (Gate Turn Off) výrobní provedení tyristorů umožňující vypnutí tyristoru přes řídicí elektrodu G

9 Seznam obrázků

Kapitola 1

Obrázek 1. 1 Jednoduchý elektrický obvod.....	7
Obrázek 1. 2 Součástky pro klasickou montáž	8
Obrázek 1. 3 Součástky pro povrchovou montáž.....	9
Obrázek 1. 4 Měření napětí a) proti zemi b) na součástce	12
Obrázek 1. 5 Směr proudu v elektrickém obvodu.....	14
Obrázek 1. 6 VA charakteristika lineárního prvku.....	16
Obrázek 1. 7 Průběh střídavého napětí a maximální a efektivní napětí	17
Obrázek 1. 8 Vybíjecí charakteristika Li-Ionového akumulátoru SAFT MP 174865	19
Obrázek 1. 9 Paralelní řazení zdrojů.....	20
Obrázek 1. 10 Sériové řazení zdrojů.....	21
Obrázek 1. 11 Zapojení měřicích hrotů a nastavení rozsahu měřicího přístroje: a) pro měření napětí, b) pro měření proudu	22

Kapitola 2

Obrázek 2. 1 Grafické rozdělení napájecích zdrojů	23
Obrázek 2. 2 Řez zinkochloridovou baterií a rtg snímky	24
Obrázek 2. 3 Řez alkalickou baterií a její rtg snímky	25
Obrázek 2. 4 Alkalická baterie Energizer Lithium a Lithium extreme	26
Obrázek 2. 5 Některá výrobní provedení článků SAFT	27
Obrázek 2. 6 Výrobní provedení některých NiCd akumulátorů	28
Obrázek 2. 7 Některá výrobní provedení NiMH akumulátorů	29
Obrázek 2. 8 Průmyslově vyráběné Lion baterie.....	30
Obrázek 2. 9 Li-pol akumulátory a rtg snímek.....	31
Obrázek 2. 10 Ultratenká powerbanka silná pouze 4.8 mm s kapacitou 850 mAh	31

Kapitola 3

Obrázek 3. 1 Značení kontaktů v elektronických schématech a označení kontaktů na přepínacím relé	32
--	----

Obrázek 3. 2	Schematické značky tlačítek a) spínací b) rozpínací.....	33
Obrázek 3. 3	Některá výrobní provedení tlačítkových spínačů a rtg snímky	33
Obrázek 3. 4	Výrobní provedení mikrospínačů a rtg snímky	33
Obrázek 3. 5	Magnetický jazýčkový kontakt přepínací, spínací a rtg snímek	34
Obrázek 3. 6	Princip činnosti spínání magnetického jazýčkového kontaktu	34
Obrázek 3. 7	Magnetické spínače průmyslové.....	35

Kapitola 4

Obrázek 4. 1	Drátové rezistory různého výkonového provedení	37
Obrázek 4. 2	Vrstvové rezistory uhlíkové/metalické.....	37
Obrázek 4. 3	Rtg snímky rezistorů	37
Obrázek 4. 4	Značení rezistorů a) Evropa b) USA, asijské státy	38
Obrázek 4. 5	Různá výrobní provedení potenciometru kovový, plastový, tandemový	38
Obrázek 4. 6	Trimry uhlíkové, víceotáčkové, keramické a jejich rtg snímky.....	38
Obrázek 4. 7	Schematické značky a) trimr, b) potenciometr, c) značení USA, JP	39
Obrázek 4. 8	Sériové zapojení rezistorů a jejich zapojení na kontaktním poli.....	39
Obrázek 4. 9	Paralelní zapojení rezistorů	40
Obrázek 4. 10	Paralelní zapojení dvou rezistorů a praktické zapojení na kontaktním poli	40
Obrázek 4. 11	Barevné značení rezistorů	42
Obrázek 4. 12	Výrobní provedení rezistorů značených nápisem – klasické vývodové a SMD	43
Obrázek 4. 13	Výrobní provedení PTC termistorů	44
Obrázek 4. 14	Schematická značka PTC termistoru Evropa, USA, asijské státy	44
Obrázek 4. 15	Výrobní provedení NTC termistorů	45
Obrázek 4. 16	Schematická značka NTC termistorů.....	45
Obrázek 4. 17	Některá výrobní provedení fotorezistorů a rtg snímek	46
Obrázek 4. 18	Schematické značky fotorezistoru a) evropské značení b) značení USA a JP	46
Obrázek 4. 19	Některá výrobní provedení tenzometrů	46
Obrázek 4. 20	Deskový kondenzátor	47
Obrázek 4. 21	Výrobní provedení kondenzátorů	48
Obrázek 4. 22	Schematické značky jednotlivých typů kondenzátorů	49

Obrázek 4. 23 Keramické kondenzátory - výrobní provedení vývodové a smd.....	49
Obrázek 4. 24 Elektrolytické kondenzátory - výrobní provedení vývodové a smd.....	49
Obrázek 4. 25 Značení vývodových kondenzátorů barevně nápísem nebo číselným kódem	50
Obrázek 4. 26 Rtg snímky jednotlivých typů kondenzátorů	50
Obrázek 4. 27 Paralelní zapojení kondenzátorů.....	51
Obrázek 4. 28 Sériové řazení kondenzátorů	51
Obrázek 4. 29 Průběh stejnosměrného napětí na kondenzátoru	52
Obrázek 4. 30 Schématická značka cívky vzduchové, s feromagnetickým, feritovým jádrem a možné výrobní provedení.....	53
Obrázek 4. 31 Schematická značka relé včetně kontaktů a princip spínání.....	54
Obrázek 4. 32 Zapojení ochranné diody.....	54
Obrázek 4. 33 Příklady relé a rtg snímky jednoduchého relé	55
Obrázek 4. 34 Princip zapojení SSR relé	56
Obrázek 4. 35 Výrobní provedení SSR relé.....	56
Obrázek 4. 36 Výrobní provedení jazýčkových kontaktů a rtg snímky	57
 Kapitola 5	
Obrázek 5. 1 Polovodičový přechod a) v závěrném směru b) v propustném směru	58
Obrázek 5. 2 Princip polovodičové diody	60
Obrázek 5. 3 Schematická značka diody a příklad značení	60
Obrázek 5. 4 Schematické značky dalších druhů diod a) Schottkyho dioda, b) varikap, c) fotodiody, d) Zenerova dioda, e) LED, f) polovodičová dioda	60
Obrázek 5. 5 Další možné značení diod	60
Obrázek 5. 6 Jednotlivá pouzdra výrobního provedení polovodičových diod.....	61
Obrázek 5. 7 Rtg snímky vybraných druhů diod.....	61
Obrázek 5. 8 Schematická značka fotodiody.....	62
Obrázek 5. 9 Výrobní provedení fotodiody – klasické vývodové a smd	62
Obrázek 5. 10 Možnosti zapojení fotodiody	62
Obrázek 5. 11 Schematická značka LED	63
Obrázek 5. 12 Výrobní provedení klasické LED	64

Obrázek 5. 13 Princip zapojení LED	64
Obrázek 5. 14 Zapojení předřadného rezistoru pro LED	65
Obrázek 5. 15 Zapojení LED se zdrojem 9V na nepájivém kontaktním poli.....	66
Obrázek 5. 16 Rozdělení tranzistorů podle typu	68
Obrázek 5. 17 Schematické značky bipolárního tranzistoru a vodivostní vrstvy	68
Obrázek 5. 18 Výrobní pouzdra tranzistorů a jejich označení v katalogu	69
Obrázek 5. 19 Rtg snímky nejběžnějších pouzder tranzistorů	69
Obrázek 5. 20 Způsob zapojení bipolárních tranzistorů.....	69
Obrázek 5. 21 Bipolární tranzistor jako spínač.....	70
Obrázek 5. 22 Typy unipolárních tranzistorů a schematické značky	70
Obrázek 5. 23 Zapojení unipolárního tranzistoru jako spínač.....	71
Obrázek 5. 24 Uspořádání vrstev tyristoru a jeho náhradní schéma.....	71
Obrázek 5. 25 Schematická značka tyristoru.....	72
Obrázek 5. 26 Výrobní provedení tyristorů a jejich rtg snímky.....	72

Kapitola 6

Obrázek 6. 1 Jednoduchý časový spínač	73
Obrázek 6. 2 Zapojení časového spínače na nepájivém kontaktním poli	74
Obrázek 6. 3 Zapojení časového spínače na nepájivém kontaktním poli po přerušení propojky a uplynutí nastavené doby.....	74