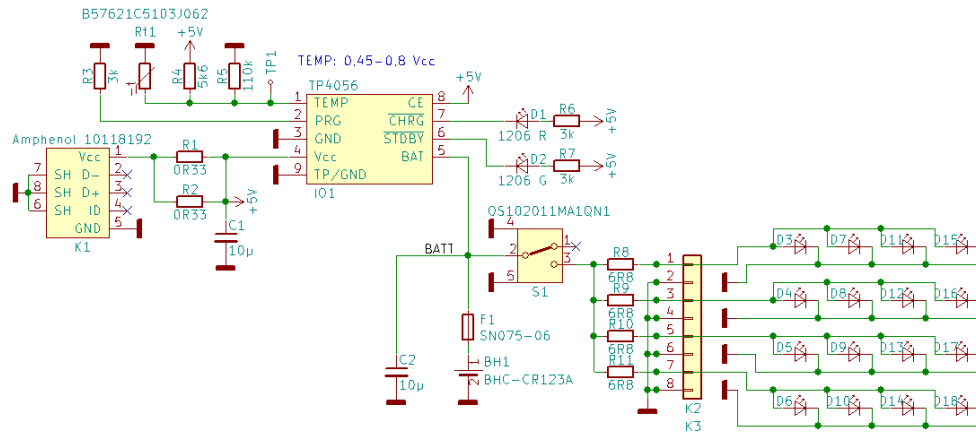


Princip činnosti

Poznámka: Pokud neznáte součástky ve schematu, přečtěte si nejprve text „O elektřině a součástkách“.

Obvod obsahuje nabíječku Li-ion s integrovaným obvodem TP4056 a jednoduchou svítilnu s 16 bílými LED. Napájení nabíječky se přivádí přes microUSB konektor.



Integrovaný obvod TP4056 obsahuje kompletní nabíječku Li-ion, stačí k němu připojit jen pár externích součástek:

- R3 Rezistor pro nastavení limitu nabíjecího proudu. Hodnota 3k vede k cca 500 mA.
- Rt1 Termistor pro měření teploty akumulátoru.
- R4, R5 Rezistory pro nastavení rozsahu pracovní teploty.
- C1, C2 Kondenzátory na zajištění stability obvodu.
- R1, R2 Rezistory pro omezení jiskření při zapojení konektoru.
- D1, D2 LEDky pro indikaci stavu (D1 nabíjí se, D2 nabito).
- R6, R7 Rezistory pro nastavení jasu D1 a D2 (hodnota zkopírována z R3).

Princip nabíjení Li-ion:

Základ je úplně jednoduchý: Nabíjíme přiměřeným proudem, dokud napětí nedosáhne 4,2 V +/- 1% a pak stabilizujeme na toto napětí. Až proud klesne na hodně málo, vypnout.

To je jednoduché a skutečně lze nabíjet třeba stabilizátorem LM317 nastaveným na 4,2. Jenže pak je potřeba stabilizátor od akumulátoru odpojit, aby ho nepřebíjel, nebo nevybíjel, když je vypnuté napájení. Integrované nabíječe obvykle ještě přidávají funkce, jako: Ukončení po časovém limitu (zpravidla 4 h) – když po takové době není hotovo, je určitě něco špatně. Omezení rozsahu teplot (v mrazu nabíjení nejde dobře, v horku hrozí výbuch). Pomalé nabíjení příliš vybitého akumulátoru (trickle charge). Indikaci, aby bylo vidět, co se děje.

Zpět k TP4056:

Kromě již zmíněných součástek okolo a s nimi souvisejících vývodů, má ještě CE – chip enable. Přivedením logické 0 lze činnost obvodu zablokovat.

Nyní podrobněji k měření teploty: To se realizuje termistorem, což je rezistor, jehož odpor závisí na teplotě. Existují dva druhy:

NTC – negative temperature coefficient – odpor s rostoucí teplotou klesá. Jsou nelineární, nebývají moc přesné, ale jsou levné a odpor se mění dost výrazně. Proto se hodně používají a je to i náš případ.

PTC – positive temperature coefficient – odpor s rostoucí teplotou roste. Mohou být velmi přesné, lineární a také drahé. Například z platiny.

S malou hodnotou nominálního odporu mohou sloužit i jako **vratné pojistky**. Při určitém proudu se začne ztelně zahřívát, tím roste odpor, což způsobí ještě větší zahřívání. ... Proces končí stavem, kdy je PTC málo vodivý a udržuje se v horkém stavu. Po vypnutí vychladne a je zas dobře vodivý. Takovou pojistku máme u akumulátoru.

Uvnitř TP4054 je obvod, který zjišťuje, zda je napětí na vývodu TEMP v rozsahu 45-80 % napájecího napětí. Když je méně, znamená to přehřátí, když více, znamená to příliš zima pro nabíjení (tuto funkci lze případně zablokovat připojením na 0). Termistor tvoří odporový dělič s R4, čímž vzniká napětí závislé na teplotě. S většinou běžně dostupných termistorů bychom se bohužel nevměstnali do rozsahu poměrů 0,45-0,8, takže musí být paralelně ještě R5.

Návrh této části obvodu obnáší kroky:

1. Najít vhodný termistor (vybrán nejlevnější NTC 10k v pouzdře 1206, který měli v TME).
2. Stanovit R4 a R5. To je poněkud složitější. Náš termistor B57621C5103J062 má 10 kΩ při 25 °C. V tabulce v jeho katalogovém listě se dozvíme, že v rozsahu 0-45°C má 28-4,8 kΩ. Nyní je nutno sestavit a vyřešit soustavu rovnic o dvou neznámých, což jsou hodnoty R4 a R5. To se trochu komplikuje složitostí počítání v paralelním spojení.

Nabíjení hotovo, jdeme dál:

Jak bylo zmíněno, u akumulátoru je pojistka. Je to proto, aby aby nedošlo k plamenným efektům, když obvod zkratuje třeba kovový předmět spadlý do svítilny. Dále následuje vypínač, rezistory na omezení proudu, kontaktní plochy na propojení s druhým dílem desky a nakonec pole LEDek.

Hodnota odporů 6R8 byla zvolena tak, aby při plném nabití, kdy je na akumulátoru 4,2 V, procházelo LEDkami 30 mA, maximální výrobcem dovolený trvalý proud. Ale jak je LEDek hodně u sebe, nestíhají se pořádně chladit a poněkud se ohřívají. V případě kapesní svítilny to moc nevádí, protože lze očekávat, že dřív než v důsledku toho nastane významná degradace, bude svítilna zničena mechanicky, nebo ztracena. V průběhu vybíjení proud klesá a tím i jas.

Takhle jednoduché řešení si lze dovolit díky vysokému úbytku napětí na bílých LED, které jsou pod cca 2,5 V velmi málo vodivé. Právě 2,5-3V je hranice, pod kterou by se Li-ion neměly vybíjet.

Svítilna s Li-ion 16340

O elektřině a součástkách

Nejprve si povíme, **co je napětí a proud**: Dá se říci, že elektřina v drátech se chová podobně, jako voda v trubkách. Napětí je něco jako tlak a proud je něco jako průtok. Napětí je něco jako síla, která tlačí proud, aby drátem procházel. Podobně jako tlak měříme třeba v pascálech nebo atmosférách, **napětí měříme ve voltech**. Podobně, jako voda má objem, který měříme třeba v litrech, množství elektřiny, zvané **náboj, měříme v coulombech**. Proud je pak něco jako průtok v litrech za sekundu, zde máme coulomby za sekundu a říkáme jim zkráceně **ampéry**. Základní, nejmenší „kousek“ elektřiny je elektron. Elektrony jsou součástí atomů. Zatímco voda může z trubky vytéct, elektrony nikoli, respektive jen v zanedbatelném počtu. Když je v nějakém předmětu elektronů málo, je kladně nabitý a elektrony přitahuje. Když je jich více, je záporně nabitý a elektrony odpuzuje.

Elektronické obvody mimo jiné dělíme i na analogové a číslicové. Číslicové alias logické obvody, na rozdíl od analogových, rozlišují jen dva stavy 1 a 0 alias H a L (high/low), kterým říkáme **logické úrovně**. Pokud je napětí na vstupu dostatečně malé, např. je spojen se záporným pólem napájení, je vyhodnoceno jako 0. Je-li vysoké, například spojené s kladným pólem napájení, je vyhodnoceno jako 1. Někde mezi těmito dvěma oblastmi je zóna, kde výrobce součástky negarantuje, zda takové napětí bude považováno za 0 nebo 1.

Rezistor: Nejjednodušší elektronická součástka. Jeho jedinou funkcí je, že skrz něj prochází **proud daný poměrem napětí a odporu**. Odpor měříme v jednotkách zvaných ohmy, které značíme velkým řeckým písmenem Ω (omega). Například rezistorem 1 Ω prochází právě tolik ampérů, kolik na něj přivedeme voltů, rezistorem 1 k Ω prochází právě tolik mA, kolik na něj přivedeme V a skrz 100 k Ω prochází 100krát méně.

$$I = \frac{U}{R} \quad [A, V, \Omega \text{ nebo např. mA, V, k}\Omega]$$

Kde **I** je proud v ampérech, **U** je napětí ve voltech a **R** je odpor v ohmech. Alternativně lze použít vhodné kombinace předpon, nejčastěji mA, V, k Ω . Rezistory se ve schematu indexují R (R1, R2, R3, ...)

Kondenzátor: Jedná se o něco jako malý akumulátor. V porovnání s klasickým akumulátorem se do něj vejde velmi málo energie, za to ho můžeme nabíjet a vybíjet velmi rychle, třeba miliardkrát za sekundu. Jeho základní vlastností je kapacita a její jednotkou je farad, který značíme F. **Kapacita udává, kolik coulombů se do kondenzátoru vejde na každý volt napětí**. Např. kondenzátor 1 μ F (μ – mikro – miliontina) se proudem 1 mA nabije za každou milisekundu (m – mili - tisícina) o 1 V.

$$u = U_0 \frac{I \cdot t}{C} \quad [V, V, A, s, F \text{ nebo např. V, V, mA, ms, }\mu F]$$

Kde **u** je aktuálně nabitě napětí, **U₀** je napětí, které na kondenzátoru bylo v době $t=0$, **I** je proud, **t** doba nabíjení a **C** kapacita. Při zadání záporného proudu dostaneme vybíjení – napětí bude klesat. Nabíjení kondenzátoru si také můžeme představit, jako napouštění sudu vodou. Proud pak bude průtok vody, napětí výška hladiny a kapacita bude plocha hladiny.

Kondenzátorů existuje mnoho druhů a provedení s dostupnými kapacitami od keramických kondenzátorů s desetiny pF (p – piko – biliontina) až po kilofaradové superkondenzátory, které nashodují starý traktor. V naší stavebnici jsou použity SMD keramické. Jsou dostupné s kapacitami do stovek μ F, ale již v řádu desítek μ F začíná jejich cena nepříjemně růst. Zde si naštěstí vystačíme s malými.

Kondenzátory se ve schematu indexují C (C1, C2, C3, ...)

Dioda: Diod existuje mnoho různých druhů. Jejich společnou vlastností je, že vedou **proud jen jedním směrem**. Velká část použití vychází jen této vlastnosti, ať už k usměrňování střídavého proudu, nebo v rozhodovacích obvodech, kdy takto můžeme zajistit, že se na společný výstup dostane nejvyšší napětí. Diody ovšem nejsou v propustném směru dokonale vodivé, vykazují určitý úbytek napětí, nejčastěji 0,6-1 V. Toho se také někdy využívá, třeba když se nám právě takové napětí k něčemu hodí. Většinou je ale na obtíž.

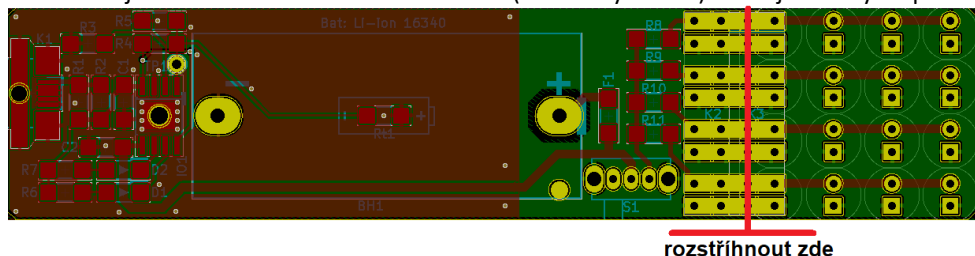
Diody se ve schematu indexují D (D1, D2, D3, ...)

Svítlivá dioda: (LED – light emitting diode) Energie, kterou elektrony potřebují k průchodu diodou se může uvolňovat ve formě fotonů, nejmenších „kousků“ světla. Když diodu zkonstruujeme tak, že úbytek napětí je záměrně dostatečně vysoký, vznikají fotony, které naše oči vnímají jako viditelné. Nejmenší energii mají fotony červené, proto může být úbytek na červené LED i pod 1,5 V. Naopak pro výrobu modrých fotonů je potřeba elektrony urychlit napětím kolem 3 V, proto jsou modré LEDky ještě při 2,5 V prakticky nevodivé. **Bílé LED** jsou zvláštní, musí „umět“ všechny barvy najednou. Jsou to ve skutečnosti LEDky modré, které navíc obsahují **luminofor**, látku která většinu modrého světla konvertuje na ostatní barvy. Na pohled je poznáme tak, že v nich vidíme nažloutlou hmotu, to je ten luminofor.

Návod

Návod si nejprve celý přečtěte!

První krok je **rozstříhnutí** v naznačeném místě (možno vynechat). Použijte nůžky na plech:



rozstříhnout zde

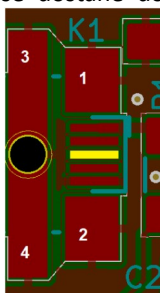
Druhá část postupu je **běžné osazení SMD** součástek dle seznamu:

R1, R2	0R33 1206 (0R27-0R47)
R3, R6, R7	3k 1206 (u R3 nutno 3k dodržet)
R4	5k6 1206 (hodnotu nutno dodržet)
R5	110k 1206 (hodnotu nutno dodržet)
R8-R11	10R 1206, nebo 6R8 pro extra jas, případně méně pro delší výdrž
F1	SN075-06 (marking kód EE)
Rt1	B57621C5103J062 (lesklý černý, jakoby plastový, bez potisku, 1206)
C1, C2	10 μ 1206 (tmavé, silné, bez potisku)
D1, D2	LED 1206 – 1 červená (nabíjení), 2 zelená (nabíto)
IO1	TP4056 (8 nožiček) – bude mít pokračování zespodu (teď pájet jen nožičky) (podrobnosti v sekci „Ještě nikdy jsem nepájel SMD, co mám dělat?“)

Třetí část je **osazení konektoru microUSB** (Amphenol 10118192):

Poznámka: toto je jedna z nejnáročnějších částí celého postupu.

- Pocínovat pájecí plochu jednoho datového pinu – na obrázku žlutý →
Je důležité, aby na něm zůstalo trochu tavidla. Ale jen trochu. Jestli se dostane do konektoru, bude náročné ho vyčistit. Pozor zejména na kapalná tavidla!
- Usaďte konektor tak, aby všech 5 pinů nebylo posunuto vůči pájecím plochám a zároveň aby ohnutý okraj byl mimo desku, těsně u kraje, rovnoběžně s ním.
- Připájejte pin na pocínovanou plošku. Je to trochu problém, protože piny jsou schované pod okrajem kovového krytu a konektor po desce klouže.
- Případně srovnejte, pokud se nepodařilo zachovat polohu dle 2.
- Pokud jste si jisti, že konektor dobře leží na desce a první i poslední pin sedí s pájecími plochami, zvyšte teplotu na cca 300 °C, počkejte na prohnutí hrotu.
- Velkým množstvím cínu připájejte plechový kryt konektoru na pozice na obrázku označené 1 2 3 4.
- Obráťte desku a konektor připájejte i za díрку pod ním. To se velmi usnadní, pokud s tím začnete dřív než deska a konektor vychladnou po předchozím kroku.



- Při této příležitosti připájejte i chladící plochu na IO1 skrz díрку pod ním.
- Snižte teplotu zpět na 270°C, vyčkejte až poklesne a dopájejte zbylé piny konektoru. Pokud se některé zkratují, tak to nutně nevádí. Nesmí pouze tvořit souvislou cestu přes všech 5.
- Zkuste připojit do USB2, nebo co nejslabšího nabíjecího zdroje. Pokud se rozsvítí LED, je konektor připájen elektricky správně.

Čtvrtá část je **osazení pole LEDek**:

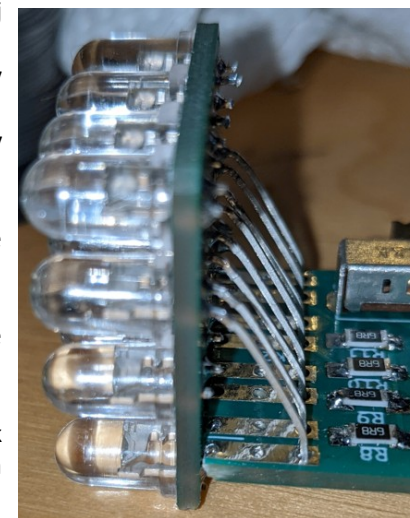
Dávejte si pozor na polaritu! Je naznačena dvěma způsoby:

- Zkosení pouzdra u katody a zkosení je i obrys na potisku desky.
- Anoda má delší vývod.

Postup:

- Zasuňte jednu LED do jednoho ze zaoblených rohů až na doraz a trochu připájejte za jednu nožičku.
- Pokud se podařilo LEDku připájet zcela na doraz a tím i rovně, připájejte i druhou nožičku a pak pořádně připájejte první. V opačném případě LEDku nejprve srovnejte.
- Ustříhnete nožičky na přečnívající délku max. 1 mm.
- Totéž udělejte s další LED i v druhém zaobleném rohu.
- Stejně připájejte další LEDky i do dvou rohů s propojovacími plochami, ale:
 - Dávejte pozor, abyste tam nedali moc cínu, později by překážely.
 - Nechte jim nožičky dlouhé 3-4 mm
- Nyní máme něco jako stoleček.
- Všechny zbývající LEDky můžeme připájet tak, že ve správné poloze drží přitisknutím k pracovnímu stolu. Pozor na různé délky nožiček:
 - D3-6, D11-14 krátké, do 1 mm
 - D7-10 nezkracovat (pájejte jako poslední, aby nepřekážely)
 - D15-D18 delší, cca 3-4 mm, pozor na množství cínu (5)
- Zkontrolujte a opravte správné připájení všech LEDek.
- Dlouhé nožičky všechny naráz ohněte o okraj stolu, šikmo pod úlem asi jako na fotografii.
- Vemte každou desku do jedné ruky a nožičky postupně zasuňte do všech dírek.
- Zasuňte do vhodné hloubky a ohněte tak, aby se desky dotýkaly jako na fotografii.
- Na vnější straně připájejte jen krajní nožičky od D15 a D18. Srovnejte tak, aby desky co nejlépe přiléhaly.
- Dopájejte zbývající nožičky v řadě.
- Srovnejte kolmost desek, připájejte a zkratíte dlouhé nožičky. Tím jsou náročné části hotovy...

Poslední zbývá připájet vypínač a držák akumulátoru. Dbejte, aby byly zasunuty nadoraz a dostatečně pevně připájeny.



Návod (pokračování)

Ještě nikdy jsem nepájel SMD, co mám dělat?

Především nezoufat. Je to méně pracné, než pájet ty „obyčejné“. Dají se pájet mikropáječkou i trafopáječkou. Kromě páječky bude potřeba pinzeta, nebo delší nehty, nejlépe obojí. K pájení použijeme trubičkový cín o průměru 0,6 mm, ale i 1 mm se dá. K mikropáječce se dále bude hodit čistítka, možná by se mohla hodit kalafuna, nebo jiné tavidlo, případně i odsávací licna, nebo kus silnější obyčejné.

Základní postup:

(Teplotu mikropáječky nastavíme na 270°C)

1. Vezmeme do jedné ruky cín a do druhé páječku. Od každé součástky pocínujeme jednu pájecí plochu. Ano, **jen jednu, ne více!** Na integrovaných obvodech volíme jeden z napájecích vývodů. Cín by měl tvořit bouli vysokou 0,2 až 0,4 mm. Snažíme se to dělat rychle, aby se nestihlo vypařit tavidlo uvolněné z trubičkového cínu.

2. Vezmeme do jedné ruky páječku, do druhé pinzetu. Postupně bereme jednotlivé součástky a pájíme na pocínovaná místa, aniž bychom přitom používali nějaký další cín. Při pájení je důležité, aby se páječka co největší plochou dotýkala zároveň pájecí plochy na DPS i vývodu součástky. **Nepájíme nic dalšího!** Pokud jsme od nějaké součástky předtím pocínovali víc než jednu plochu, bude nyní tato součástka nejspíš křivě a bude těžké to opravit.

3. Zkontrolujeme, zda jsme všechny součástky připájeli na správná místa, jestli nejsou diody obráceně a hlavně jestli nejsou integrované obvody obráceně. Nalezené chyby opravíme, doladíme estetické detaily. Pokud jsme nějakou součástku předtím připájeli za víc než jeden konec, bude tohle podstatně těžší.

4. Když jsme si jisti, že je všechno jak má, vezmeme do jedné ruky cín, do druhé páječku a připájíme všechny ještě nepřipájené konce. Při pájení je důležité, aby se páječka co největší plochou dotýkala zároveň pájecí plochy na DPS i vývodu součástky. V případě integrovaných obvodů začínáme druhým napájecím vývodem. Dále můžeme pájet i několik vývodů najednou.

5. Zkontrolujeme, zda je vše dobře připájeno. Nejčastější chyba je, že cín se LEDky sice dotýká, ale není s ní spojen.

6. Připájíme drátky.



Co pájet dřív a co později?

Nejprve pájíme rezistory a kondenzátory, potom diody a nakonec integrované obvody. Kdybychom pájeli něco složitějšího, je nutno navíc upřednostnit nižší součástky před vyššími. Např. malý tranzistor se špatně pájí mezi dvěma 1 cm vysokými cívkami.

Jak poznat součástky a jejich polaritu?

Rezistor: Tenký obdélníček z bílé keramiky, se dvěma vodivými konci, na horní straně má černou plochu s čísly (nejlevnější, nebo velmi malé mohou mít plochu bez čísel).

Na SMD rezistorech použitých ve stavebnici je napsán číselný kód, kde první číslice (dvě nebo tři) znamenají číslice z hodnoty a poslední číslice udává, kolik nul za ty první máme dopsat. Tím dostaneme odpor v ohmech. Např. 123 tedy znamená 12 000 Ω = 12 kΩ (kiloohmů). Stejná hodnota může být zapsána i jako 1202. Ve schematu pak zpravidla používáme zápis, kdy je za hodnotou jen předpona, v našem případě tedy 12k. Pokud hodnota obsahuje desetinnou čárku (třeba 4,7 MΩ – megaohmů), dáme předponu na místo čárky (4M7). Pokud předpona není, napíšeme místo ní R (6R8 = 6,8 Ω).

Keramický kondenzátor: Obdélníček z holé keramiky, která není bílá a není na něm nic napsáno.

Přibližně platí, že čím tmavší a čím silnější, tím větší můžeme očekávat kapacitu. V našem případě jsou oba stejné, ale kdyby v jiném složitějším výrobku byly použity třeba 100 pF a 10 μF a v pytlíčku najdeme světle růžové, stejně tenké jako rezistory a pak tmavě hnědé a silné, je jasné, které jsou které. Pozor, pokud by zapojené obsahovalo i cívky ve stejném provedení, ty jsou navenek z tmavě šedého až černého feritu. A podobně je na tom náš termistor.

LEDka: Malý obdélníček s vodivými konci, spodní strana z laminátu, uprostřed je symbol polarity. Horní strana je z průhledného, nebo barevného plastu. V rohu u katody (mínus) je malinká tečka zpravidla zelené barvy. Tečky mohou být i dvě, na obou bocích.

Podstatně lépe viditelný je symbol na spodní straně: Trojúhelníková šipka směřující ke katodě (mínus), nebo něco jako T, směřující „nožičkou“ ke katodě. Symbol T se nějak vyvinul ze šipky, která byla v dávných časech tvořena čtyřmi čtvercovými pixely, takže zároveň připomínala T.

Integrovaný obvod: V našem případě integrované obvody poznáme podle velkého počtu vývodů. Dávejte pozor na správnou orientaci. Někdy bývá v rohu u vývodu č. 1 tečka, nebo jiná značka, někdy ne. Pouzdro je ale vždy na celém boku s vývodem č. 1 zkosené.

