

Univerzální power management pro napájení IOT modulů se záložní Li-ion baterií

Ondřej Mach <ondrej.mach@tul.cz>, Jakub Eichler

Velmi populárním trendem současné doby bývají různé druhy takzvaných „power managementů“ doplněné sekundárními úložišti energií. Každá aplikace ovšem vyžaduje technologicky odlišný přístup a nadstavbové možnosti základních systémů. Pro kategoricky relativně menší úložiště jsou zejména využívány akumulátory na bázi lithia. Jejich relativně vysoká odolnost, energetická hustota na objem... bývá vykoupena pracovními limity, které se musejí striktně hlídat skrze obvody přiřazené elektroniky. Vývoj power managementu se zakládá na možnosti sjednocení energie více různých primárních zdrojů s cílem kontinuálního napájení IOT modulů a velmi nízkou pasivní spotřebou ve sleep režimech.

Klíčová slova: power management, li-ion baterie, IOT

Úvod

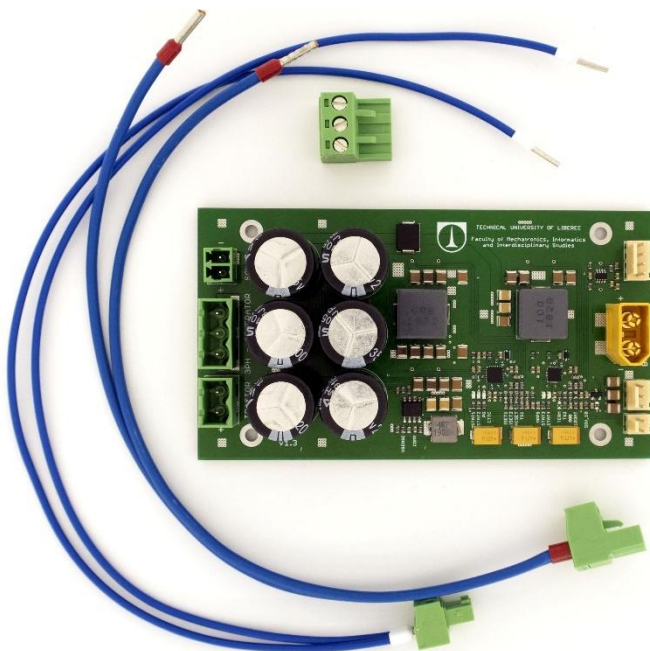
V současné době existuje mnoho sofistikovaných IOT modulů, jež jsou určeny pro široké spektrum nejrůznějších aplikací, nicméně napájecí obvody power managementů bývá obecněji výhodnější koncipovat individuálně pro konkrétní využití s ohledem na požadovaná napětí, zatížitelnost, pasivní parametry... Cílem této práce je navrhnout obvod, který by byl schopen spínanou formou zajistit adekvátní přenos energie, obsluhovat / využívat li-ion baterii dle současných bezpečnostních standardů a monitoring energetických parametrů pro odhad SOC externí nadstavbovou aplikací s MCU.

Metodika

Univerzální hardwarová topologie power modulu, (vyvíjená aktuálně ve verzi 1.7) spojuje napěťově různě proměnlivé zdroje elektrické energie různých charakterů s cílem zajistit výstupní stabilizované napájecí napětí. Napájecí moduly se typicky využívají u řídicích jednotek vozidel či provozní elektroniky specializovanějších vozidel např. těžkých strojů, agrotechniky atd. Primární elektrické zdroje systémově doplňuje záložní li-ion baterie, kontinuálně vykrývající energeticky nedostatečné úseky. Vstupní rozhraní se větví na tři základní části nabíjecích či sdružených okruhů s možností využití zdrojů v podobě solárních panelů, třífázového generátoru případně olověného akumulátoru. Parametry integrované li-ion baterie korelují s přímými požadavky na spotřebu a záložní výdrž power modulu. Může být dle aplikace v

řádech minut, hodin... ale také pro udržovací stand-by režimy úloh řádově i roky, přitom s celkem klasickou baterií 1s9p sestavenou z článků Boston 5,3Ah. Nabíjecí specifikace power managementu se modifikují velice individuálně na základě doporučeného nabíjecího proudu baterie, výstupní spotřebě a také na možnostech vstupních zdrojů, aby nebyly nadměrně přetěžovány. Skrze obvod power managementu jsou konfigurace vstupního a nabíjecího proudu oddělené, respektive samostatně nastavitelné čímž se zajistí respektování limitních parametrů li-ion baterie. Baterie je dále hlídána i s ohledem napěťových hladin, kdy jsou vrchní limity, respektive celé průběhy CC / CV režimů doporučené nabíjecí charakteristiky zajištěny sofistikovanějšími algoritmy obvodu BQ24610 [1]. Šetrnost přístupu k baterii ovlivní i monitorování pracovní teploty chemického média. Efektivnosti převodu energie je docíleno principy spínaných obvodů skrze mosfety s velice nízkým parametrem $R_{DS\ ON}$. Spodní hranice při vybíjení jistí komparační obvod dohledu S-80930 [3], jehož digitální dvoustavový výstup je svázán s pinem enable DC/DC měniče TPS61022 [2]. Ten funguje v režimu step-up, z nižšího variabilního rozsahu 3,2V - 4,2V stabilizuje konstantních systémových 5,0V s proudovým limitem 3A. Pasivní režimy elektroniky souhrnně zastřešené jako UVLO + DC/DC odebírají 8uA / 51uA v závislosti na definované limitní hranici napětí baterie. Energetická bilance zbývající dostupné kapacity lze vyčítat externím MCU skrze otevřenou I2C sběrnici. Kontinuálně je snímána a ukládána v registrech obvodu INA219, který primárně funguje

jako oboustranný power monitor U/I/P. Obvody obou spínaných nabíječek signalizují své provozní režimy skrze stavové LED diody. Potenciální napěťové přepětí v oblasti hlavní nabíječky nežádoucí pro zbytek obvodu je blokováno mosfetem BSC030P03. Sekundární nabíječka zastoupená integrovaným obvodem BQ24650 svůj potenciál koncipuje k solárním panelům. Aplikačně zajímavé jsou využitím zejména amorfní panely SO28 nominálního výkonu 3,6W při napětí 12V. Spínaný rezonanční segment spojuje nezávisle řízené sériové mosfety BSC0906 kombinované s tlumivkou 5,3uH. Elektronický návrh obvodů power managementu je vyladěn s cílem absolutní minimalizace pasivní spotřeby v režimu napájení zátěže směrem z integrované li-ion baterie.



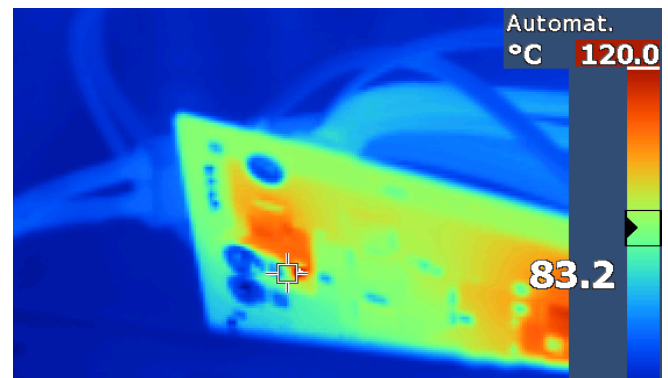
Obrázek 1: Power management se záložní Li-ion baterií

Výsledky a diskuze

Motivace vývoje vlastního elektronického konceptu vychází z obsáhlejších průzkumů konkurenčních řešení. Úloha je svými požadavky velice specifická a naplnění všech uvedených cílů existujícím řešením směřuje na využití několika samostatných modulů. Obecnou nevýhodou se pak jeví významná pasivní spotřeba, která při dlouhodobém zajištění stand-by napájení neefektivně zkracuje výdrž baterie. Kompenzace skrze navýšení kapacity směřuje k vyšším zástavbovým rozměrům, hmotnosti akumulacího média a neposlední řadě také k prohloubení alokovaného rozpočtu.

Závěr

Dílčím cílem tohoto projektu se povedla vyvinout, realizovat a experimentálně úspěšně odzkoušet funkční verzi obvodu power managementu určeného provozně pro náročnější prostředí. Vzhledem k podstatným spínaným výkonům a dělení energie mezi potenciálně vybitou baterii (10A 1s) a zátěž (5V @3A) se očekávaly jako stěžejní cíle dlouhodobé testy v tepelné komoře, kdy elektronika musí bezchybně pracovat i při okolní teplotě 60°C. Obvod dle katalogových dokumentací a platných norem respektuje striktní zacházení s li-ion články aby se předcházelo bezpečnostním rizikům zničení či jejich exotermickému vzplanutí.



Obrázek 2: Zátěžové testy v tepelné komoře

Poděkování

Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže na Technické univerzitě v Liberci v roce 2021.

Reference

- [1] Texas Instruments, BQ2461x Stand-Alone 1- to 6-Cell Synchronous Buck Battery Charger Controller, dostupné online z https://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq24610.pdf?ts=1632327165583&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.co.il%252F
- [2] Texas Instruments, TPS61022 8-A Boost Converter with 0.5-V Ultra-low Input Voltage, dostupné online z https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps61022.pdf?ts=1632383287964&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F
- [3] ALBIC, S-809xxC Series www.ablicinc.com ULTRA-SMALL PACKAGE HIGH-PRECISION VOLTAGE DETECTOR WITH DELAY, dostupné online z https://eu.mouser.com/datasheet/2/360/S809xxC_E-1530136.pdf