



DOMÁCA POWERBANKA

Dokumentácia k riadiacej doske a obslužnému firmware

Úvod

Riadenie nabíjača a striedača obsluhuje mikrokontrolér rady STM32f334R8 na vývojovej doske typu NUCLEO. Výpočtové jadro pracuje na taktovacej frekvencii 72 MHz, rozšírený interný modul generovania PWM na 144 MHz. Kvôli veľkej zotrvačnosti pripojenej batérie, vykonáva jadro zásah do regulácie nabíjača a striedača len 3 krát za sekundu. Kvôli dobrej stabilite preto odporúčame prevádzkovať menič s batériou o kapacite minimálne 20 Ah.

Výber pracovného napätia systému je realizovaný pomocou spájkovacích prepojení na zadnej strane riadiacej dosky. Mikrokontrolér pri štarte zistí stav prepojení a prepočíta interné konštanty pre vybrané pracovné napätie systému, v prípade, ak sa nevyberie žiadne, alebo sa vyberie viacero napätí naraz, menič sa nespustí a ostane blikať kontrolka ERROR.

Všetky konštanty sú preto zapísané ako: $10,8 \cdot n$ kde n je počet 12 V akumulátorov v sérii. Pre $n=1$ teda zodpovedá 12 V systém a pre $n=4$ (maximum) zodpovedá 48 V systém.

Riadenie striedača

Mikrokontrolér generuje PWM s premenlivým činiteľom plnenia modulovaným podľa funkcie sínus, pre čo najoptimálnejšie využitie spínacej frekvencie 50 kHz vyžívame pre výsledný sínusový signál o frekvencii 50Hz 1000 vzoriek. Keďže striedač nemá priamu spätnú väzbu zo sekundárneho vinutia transformátora, využíva procesor odvodenú stabilizáciu skrz namerané napätie batérie a prevod transformátora. V praxi procesor každých 333 ms upraví korekčný faktor činiteľa plnenia voči pomeru $(10,8V \cdot n)/U_{bat}$. Tak aby na výstupe vždy dodržal efektívnu hodnotu $7,6 \cdot n$ V.

Pri prepočte a samotnom regulačnom zásahu je dôležité zmeniť hodnoty tak, aby zmenou pomernej doby zopnutia tranzistorov, nevznikla jednosmerná zložka prúdu na výstupných svorkách pre transformátor. Sýtenie jednosmerným prúdom zmenšuje efektívny prierez jadra transformátora.

Preto je zmena aplikovaná vždy po dokončení jednej periódy spínacieho cyklu (20 μ s), taktiež samotný výpočet musí byť ošetrený voči posunu fiktívnej nuly sínusového signálu.

Pri zapnutí alebo obnovení funkcie striedača je aplikovaný jednoduchý „soft start“ pozostávajúci zo skokovej zmeny amplitúdy v 10tich krokoch každých 200 ms. Skoková zmena amplitúdy po desatinách bola zvolená zámerne, niektoré sieťové spotrebiče môžu mať problém so správnym naštartovaním pri pomalom a plynulom nábehu sieťového napätia. (samokmitajúce pulzné meniče napr. nabíjačky na telefón)

Výstupom sú dva navzájom invertované PWM signály, medzi ktoré je aplikovaný „dead time“, veľkosť nulového intervalu má vplyv na veľkosť vyšších harmonických zložiek vo výslednom filtrovanom sínusovom priebehu. Použitie spínacie tranzistory sú veľmi rýchle, preto sme mohli použiť nulový interval len 102 ns.

Riadenie nabíjača s funkciou MPPT

Nabíjač tvorí polomostové zapojenie, riadené ako synchronný menič typu BUCK. Z princípu funkcie sa jedná o znižovací menič, teda pre začatie nabíjania musí byť vstupné napätie väčšie alebo rovné aktuálnemu napätiu na batérii. Toto je dôležité zohľadniť pri výbere solárneho panela. Nominálne napätie solárneho panela by malo byť aspoň 1,5 krát väčšie ako maximálne napätie použitého systému. Výkon je potom vhodné určiť podľa akumulátorov a spotreby. Samotná spotreba meniča pre 12v systém s pripojeným transformátorom výkonu 630 VA je 380mA.

Nabíjač pri zapnutí nabíjania meria napätie a prúd dodávaný solárnym článkom a snaží sa prisôbobiť svoj vnútorný odpor tak, aby z dostupného zdroja dostal čo najväčší možný okamžitý výkon – „maximum power point tracking“.



Existuje množstvo algoritmov. Pre solárne články stredného výkonu (30-500W) je najvhodnejšia voľba algoritmu s názvom „perturb and observe“.

Funkcia algoritmu pozostáva v meraní okamžitého dodávaného výkonu, jeho porovnaní s nameraným výkonom z predchádzajúceho merania a podľa výsledku zaťažiť alebo odľahčiť panel. Z princípu funkcie vyplýva nevýhoda- algoritmus osciluje okolo maximálneho výkonového bodu a nikdy ho nedosiahne. Z tohoto dôvodu sa nehodí pre veľké solárne farmy, kde sa najviac uplatňujú straty výkonu vzniknuté osciláciou.

Synchrónny menič topológie BUCK, vie pri správnom riadení pracovať aj ako zvyšujúci menič s opačným tokom výkonu. Tento efekt sa v praxi využíva na rozmrazovanie námrazy na solárnych článkoch. Pretože solárny článok zo svojej náhradnej schémy pracuje ako zenérova dióda so zenérovým napätím rovnému napätiu článku naprázdno. Menič potom opačným tokom výkonu zvýši napätie na svorkách článku nad jeho napätie naprázdno a panel sa začne zohrievať stratovým výkonom. Táto pokročilá funkcia, nieje v riadení implementovaná.

Ochrany

V riadení sú implementované všetky ochrany potrebné k bezpečnej prevádzke power banky.

Teplotná ochrana sníma teplotu chladiča meničov, pri hroziacom prehriatí najskôr vypne nabíjač v snahe zachovať spustené spotrebiče pripojené na striedač.

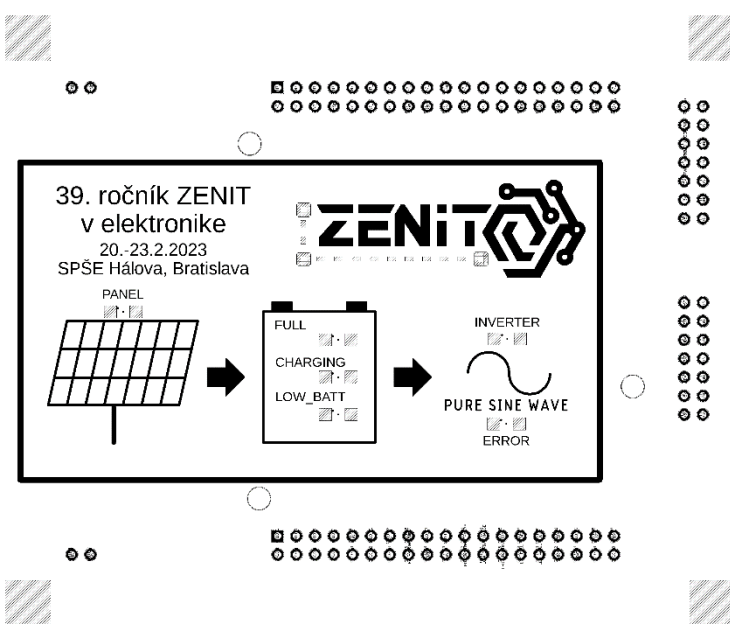
Ochrana proti nadprúdu nabíjača je realizovaná len snímaním a následným vyhodnotením prúdu, maximálny nabíjací prúd je určený na hodnotu 20 A. Pri väčšom prúde prestáva menič hľadať maximálny bod výkonu a stabilizuje prúd na maximálnu hodnotu 20 A. Prúdová ochrana pre striedač je riešená pomocou interného komparátora, ktorého referenčnú úroveň si určuje mikrokontrolér interným DAC na hodnotu zodpovedajúcu 20A. Výstup komparátora je priamo interne prepojený s modulom generovania PWM. Rýchlosť reakcie je preto hlavne daná veľkosťou kapacít kondenzátorov v spätnej väzbe prúdových zosilňovačov. Pri testovaní prežil striedač priamy skrat koncových tranzistorov. Ako sekundárnu ochranu obsahuje doska striedača auto poistky 25A. Pri zareagovaní prúdovej poistky svieti kontrolka ERROR, a menič sa automaticky obnoví po 42 sekundách.

Riadenie si premeriava stav nabitia batérie, pri vybití batérie pod $n \cdot 10,8$ V vypne riadenie výkonový striedač, pod $n \cdot 9,5$ V vyhlási riadenie chybu batérie a vypne sa aj nabíjač. Aby sa zabránilo cyklickému zapínaniu a vypínaniu striedača pri použití chybnéj alebo slabéj batérie, po troch za sebou idúcich spusteniach sa menič vypne a ostane svietiť kontrolka ERROR 42 sekúnd, následne sa menič pokúsi znovu zapnúť. Nabíjač ostáva stále aktívny.

Uvedenie do prevádzky

Všetky silové spoje musia byť dimenzované na maximálny možný pretekajúci prúd, prierez vodičov by mal zohľadniť úbytky napätí, inak môže nastať zareagovanie napäťovej ochrany popisované vyššie.

Pomocou spájkovacích bodov vyberieme nominálne napätie pripojených akumulátorov. Skontrolujeme všetky spoje a pripojíme ako prvú batériu, nikdy nepripájame solárny panel skôr ako batériu! Po úspešnom štarte zdroja a skontrolovaní výstupu transformátora, môžeme pripojiť solárny panel.





Predný panel

Predný panel slúži ako nadstavba pre vývojovú dosku NUCLEO, ktorá zabezpečuje jej mechanické upevnenie a zároveň slúži ako informačný panel o toku energie, stave meničov a batérie.

Kontrolka PANEL-zelená svieti ak je na vstupe pre solárny článok dostupné väčšie napätie ako napätie batérie.

Kontrolka FULL-zelená svieti ak bola batéria nabitá nad $n \cdot 15,6V$ a nieje vybitá pod $n \cdot 13,8V$.

Kontrolka CHARGING-oranžová svieti ak nastáva nabíjanie, teda tok energie do batérie je väčší ako spotreba striedača.

Kontrolka LOW_BATT-červená svieti ak pokleslo napätie batérie trvale pod $n \cdot 9,5V$, to značí úplne devastačné vybitie batérie alebo rozpad článkov danej batérie.

Kontrolka INVERTER-zelená svieti ak je aktívny striedač.

Kontrolka ERROR-červená svieti ak nastalo vypnutie striedača pri zareagovaní niektorej z ochrán, kontrolka bliká ak nieje správne vybrané napätie spájkovacími prepojmi.

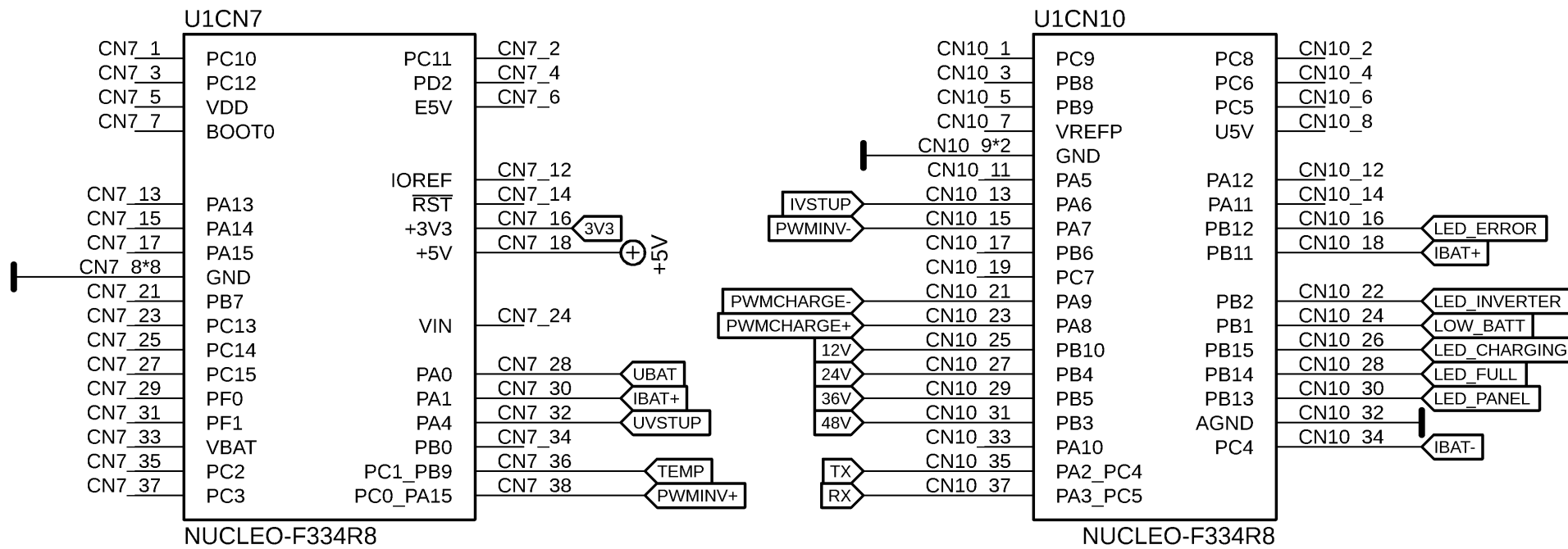
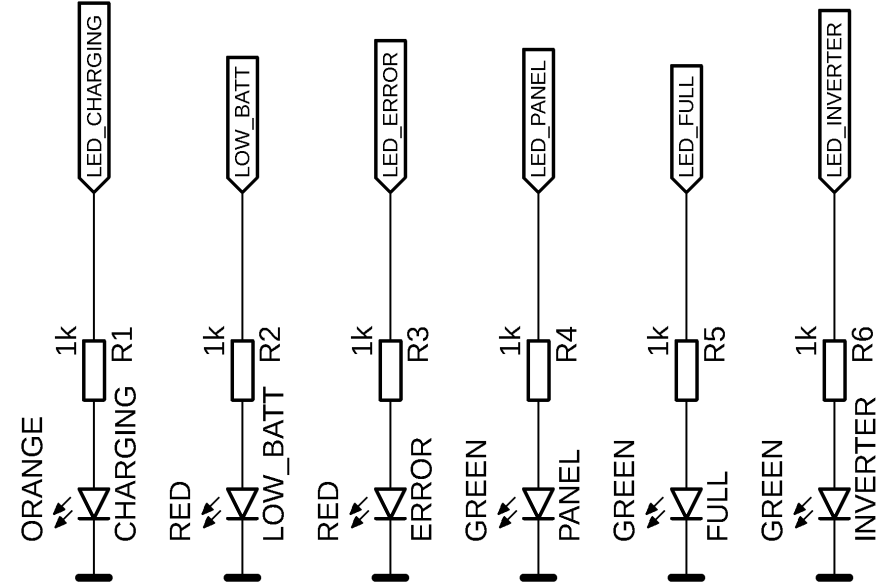
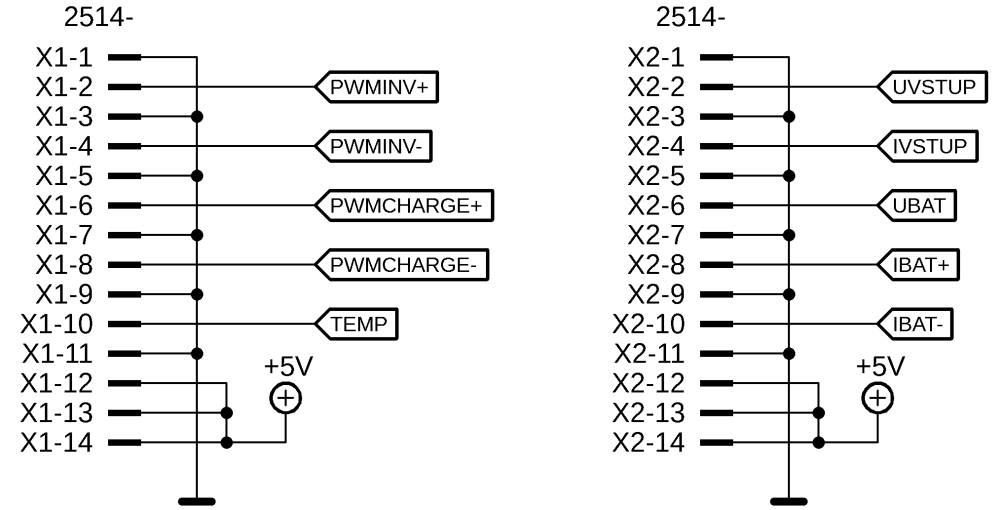
Zoznam súčiastok

Počet	Súčiastka	Hodnota	Poznámka
6	R1, R2, R3, R4, R5, R6	1k	Rezistor 1206 SMD
1	CHARGING	oranžová	LED 1206 SMD
2	LOW_BATT, ERROR	červená	LED 1206 SMD
3	PANEL, FULL, INVERTER	zelená	LED 1206 SMD
2	U1CN7+U1CN10	18pin	2x9pin header female
2	U1CN7+U1CN10	20pin	2x10pin header female
2	X1, X2	14-pin konektor	Pozor na pin 1!
2	Prepojovací plochý kábel		
1	Vývojová doska s procesorom STM32, typ NUCLEO-F334R8		

Autori: Ing. Peter Adamec, Ing. Dalibor Kadlíček, Adam Lassak, Ing. Jaromír Sukuba, Bc. Juraj Tvarožek, doc. Ing. Daniel Valúch, PhD.

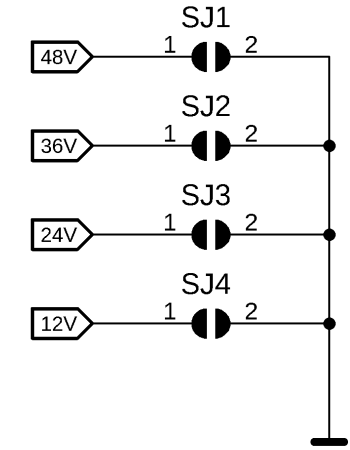
Kontakt: daniel.valuch@cern.ch

Plochy kabel k doske meniča. PWM, meranie, napajanie



Výber nominálneho napätia aku

Prepojiť len pri vypnutom meniči!



Ak nie je prepojený žiadny pad alebo je prepojených viacej padov naraz, menič sa nezapne.

