



DOMÁCA POWERBANKA

(MPPT MENIČ K SOLÁRNEMU PANELU, NABÍJAČ AKUMULÁTOROV, SÍNUSOVÝ MENIČ 230 V / 630 VA)

Úloha

1. Podľa predloženej schémy zapojenia navrhnete motív plošného spoja.
2. Navrhnutý motív plošného spoja preneste na dosku plošného spoja.
3. Plošný spoj vyrobte.
4. Osadíte súčiastky.
5. Zariadenie oživte.

Úvod

V praktickej časti ZENIT v elektronike budete stavať malú domácu ostrovnú elektrárňu. Vstupný MPPT menič zbiera energiu zo solárneho panela, alebo sieťového usmerňovača a nabíja akumulátory. Výstupný menič transformuje energiu z jednosmerného medziobvodu na čisto sínusový priebeh 230 V/50 Hz. Obvod dokáže pracovať s napätiami jedného, dvoch, troch, alebo štyroch sériovo zapojených 12 V olovených akumulátorov (12/24/36/48 V). Výkonová kapacita je obmedzená najmä maximálnym prúdom indukčnosťami v meniči. Zapojenie je škálovateľné v širokom rozsahu. S 48 V jednosmerným medziobvodom vie generovať približne 630 VA výkonu na sieťovej strane.

Konštrukcie zo ZENIT-u sú u študentov veľmi populárne napríklad ako praktické maturity. Radi by sme Vás upozornili, že ide o chránené autorské dielo a na prebratie akejkoľvek jeho časti do Vašej maturitnej, alebo inej práce je nutné mať súhlas autorov (kontakt na konci dokumentu) a dielo sa musí správne citovať s uvedením plnej referencie zdroja.

Použitie akejkoľvek nepovolenej pomoci je na súťaži zakázané. Porušenie nariadenia bude penalizované diskvalifikáciou.

Hodnotenie

Za praktickú časť možno získať maximálne 80 bodov. Hodnotenie praktickej časti je nasledovné:

- Návrh plošného spoja maximálne 20 bodov
- Kvalita spájkovania maximálne 15 bodov
- Čistota vyhotovenia maximálne 5 bodov
- Funkcia zhotoveného zapojenia maximálne 40 bodov, z toho:
 - Blok napájacieho zdroja pre elektroniku 10 bodov
 - MPPT menič/nabíjač akumulátora 15 bodov
 - Sínusový striedač 15 bodov

Celková kvalita návrhu dosky (rozmiestenie súčiastok, elektrická kvalita dosky, návrh motívu, počet a rozmiestenie prepajok, celková veľkosť dosky...) sa hodnotí v rámci parametra „Návrh plošného spoja“.

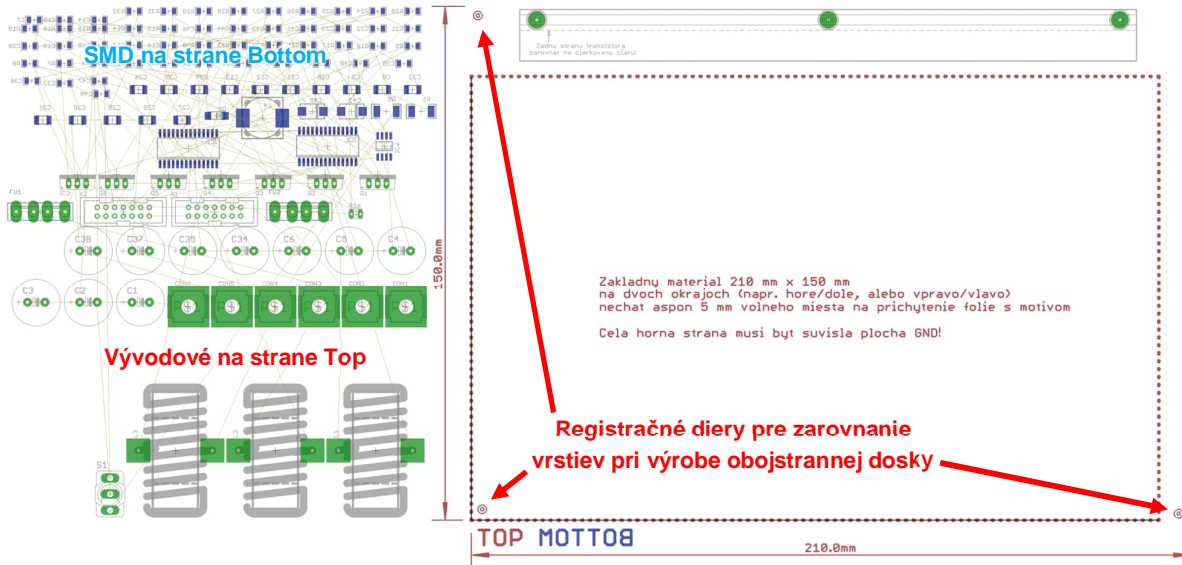
Návrh plošného spoja

Nasledujúce inštrukcie si prečítajte starostlivo a s porozumením. Správny návrh má priamy vplyv na Vašu úspešnosť a bodové hodnotenie.

K dispozícii máte obojstranné dosky plošných spojov potiahnuté fotocitlivou vrstvou o veľkosti 150x210 mm. Presná veľkosť Vášho návrhu plošného spoja nie je daná, z materiálu použijete toľko, koľko potrebujete. Na dvoch protiláhlych stranách nechajte aspoň 5 mm voľných, aby na dosku bolo možné prilepiť fólie s motívom.

Navrhujete plošný spoj pre spínaný zdroj pomerne vysokého výkonu. Vodičmi na plošnom spoji tečú impulzné prúdy 20-30 A pri 100 kHz. Kvalita návrhu je absolútne kritická pre funkčnosť obvodu.

Doska je osadená z oboch strán. Na spodnej strane (Bottom, vrstva 16, modrá) budú umiestnené všetky SMD súčiastky. Na vrchnej strane (Top, vrstva 1, červená) sú veľké vývodové a mechanické súčiastky, ako elektrolytické kondenzátory, tranzistory, cievky, konektory a poistkové púzdra. V Eagle súbore, ktorý ste dostali sú všetky súčiastky už rozdelené do vrstiev, kam patria (obrázok 1). Do "vnútornej" vrstvy 2 umiestňujete prepojky, ktoré neskôr zrealizujete drôtom. **Priradenie súčiastok do vrstiev nemeňte!**



Obr. 1: BRD súbor, ktorý ste dostali. Súčiastky sú už priradené do správnych vrstiev a je vytvorený požadovaný GND polygón na strane Top.

Celá vrchná strana dosky je súvislá zemná rovina, nedávajte do nej žiadne spoje. V Eagle súbore, ktorý ste dostali je už pripravený polygón. Pripojenie na zem sa realizuje drôtovými prepojkami, doporučený spôsob prechodu medzi vrstvami obojstrannej dosky je „prekovená“ diera (v Eagle Via), priemer vrtáku 0,6-0,8 mm, priemer plôšky min. 2,2 mm. Do diery sa z oboch strán vloží, zafixuje a zaspájkuje krátky drôt, vid' obrázok 2.

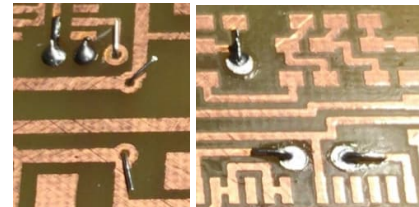
Používajte dostatočne dimenzované, krátke a priame spoje. Pre výkonové spoje je nutné použiť šírku 5 mm alebo viac. Pre výkonové spoje môžete namiesto klasickej cestičky/vodiča použiť aj individuálne polygóny.

Súčiastky umiestnite blízko seba, obzvlášť tie, ktoré sú z dôvodu prúdového zaťaženia zapojené paralelne (napr. kondenzátory). Z dôvodu vysokých impulzných prúdov vo výkonovom obvode je nutné prepojenie na zem zrealizovať niekoľkými paralelnými "prekovmi". Uvažujte minimálne jeden, ideálne 1,5 až 2 prepoje na kondenzátor (obrázok 3). Prislúchajúce elektrolytické kondenzátory umiestnite priamo nad tieto keramické (do Top vrstvy).

Blokovacie kondenzátory musia byť umiestnené blízko pri každej súčiastke presne ako je to nakreslené v schéme. Budiče hradíel MOSFET tranzistorov generujú niekoľko-Ampérové impulzy aby dokázali rýchlo zopnúť/vypnúť tranzistor. Ak nebudú mať dostatok "rýchlej a blízkej" energie z blokovacích kondenzátorov, výkonové tranzistory pri spínaní okamžite zhoria.

pri každom tranzistore sú dva rezistory - 2R2 a 10k. Umiestnite ich čo najbližšie ku tranzistoru, ideálne priamo ku vývodom G a S tranzistora.

Tranzistory podľa možnosti rovnomerne rozložte po dĺžke chladiča. Zadnú stranu tranzistora zarovnajte s čiarkovanou čiarou na chladiči. Na chladiči je primontovaný termistor. Umiestnite ho podľa možnosti niekde do stredu, kde sa generuje najviac tepla. Plôšky pre pripojenie termistora umiestnite blízko chladiča, aby sa



Obr. 2: Realizácia prechodov medzi vrstvami



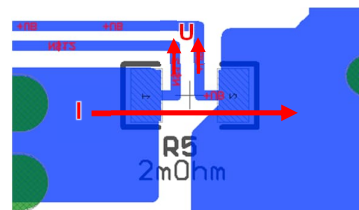
Obr. 3: Paralelné zapojenie kondenzátorov a prekovov

vývody dali priamo zaspájovať. Podľa umiestnenia tranzistorov a termistora musíte do chladiča vyvŕtať jednu dieru a narezať závit M3.

Stabilizátor napätia IC3 vyžaduje chladenie. Buď ho pridajte na hlavný chladič s MOSFET tranzistormi, čo je preferované riešenie. Alternatívne ho môžete nainštalovať horizontálne na zemnú rovinu, ktorá bude odvádzať teplo (vyžaduje skrutku, podložku a maticu).

Menič pracuje s napätím do 60 V, dodržujte dostatočné izolačné vzdialenosti. Ideálne aspoň 1 mm.

Rezistory pre meranie prúdu majú veľmi nízku hodnotu odporu (2 mOhm), čo je porovnateľné s odporom medených vodičov na doske. Pre správnu funkciu merania prúdu musíte prívody ku bočníkom navrhnuť tak, aby snímali úbytok napätia výhradne na rezistore. Nesmie nimi tiecť pracovný prúd meniča. Snažte sa čo najviac vytvoriť tzv. štvorvodičové pripojenie rezistora s prúdovými a napäťovými svorkami (Kelvinovo pripojenie), príklad správneho pripojenia je na obrázku 4.



Obr. 4: Pripojenie prúdových a napäťových svoriek k bočníku

Na strane spojov nepoužívajte polygóny, pokiaľ nemajú elektrickú funkciu (napr. ako vysoko prúdové vodiče).

Všetky SMD súčiastky aj drôtové prepajky musia byť osadené na strane spojov plošného spoja (Layer 16, modrá).

Použite raster 0,635 mm (už je na doske nastavený, nemeňte ho!).

Aby ste vedeli správne priložiť film na dosku, vždy umiestnite do návrhu dostatočne dlhý čitateľný text. Doporučujeme „STRANA SÚČIASTOK“ do vrstvy Top, "STRANA SPOJOV" do vrstvy Bottom. Tento text musí byť čitateľný aj na priloženej fólii.

Súčiastky a spoje musia byť umiestnené v rovnakej vrstve, inak nebudú prepojené, alebo budú zrkadlovo otočené (...v Eagle musia mať rovnakú farbu).

Doporučená šírka spoja a medzery pre bežné signály je minimálne 0,6 mm. Veľmi krátke spoje sa dajú realizovať aj 0,4 mm. Čím širšie vodiče, tým jednoduchšia bude výroba dosky.

Použitie autoroutra je zakázané. Porušenie nariadenia bude penalizované diskvalifikáciou.

Návrh plošného spoja v pravidelných intervaloch ukladajte.

Výroba plošného spoja

Hotový projekt pomenujte Vaším súťažným číslom (napr. A01.brd, A01.sch) a nahrajte ho do centrálného úložiska. Všetky návrhy plošných spojov musia byť ukončené a nahrané na úložisko na konci prvého dňa, t.j. v utorok o 17:30. Praktická časť pokračuje aj nasledujúci deň (v stredu), dosky sa ale vyrábajú len z už uložených súborov z predchádzajúceho dňa.

Výroba dosiek začína v miestnosti PRAX4, kde sa zo spoločného počítača vytlačia fólie pre spodnú aj vrchnú stranu DPS. Pre zarovnanie motívu na oboch stranách je nutné do troch rohov dosky vyvŕtať otvory. Motív prilpíte na dosku z jednej aj druhej strany a dosku exponujete.

Vyvolávanie a leptanie prebieha v miestnosti PRAX1. Pracujete s chemikáliami, preto používajte ochranné pracovné pomôcky (okuliare a rukavice).

Po vyleptaní sa presuniete naspäť do miestnosti PRAX4, kde dosku vyvŕtate a dokončíte. Súčiastky s hrubými vývodmi, alebo veľkými otvormi majú vytvorené 1 mm pady, aby sa vám prvotná diera ľahko vŕtala. Po prevŕtaní malým vŕtákom (presne v strede padu) zväčšíte diery nasledovne:

- poistkové púzdro, páčkový prepínač \varnothing 2,5 mm
- chladič \varnothing 3,2 mm (vyhovuje 3 až 3,5 mm)
- faston konektory \varnothing 4,2 mm (vyhovuje 4 až 4,5 mm)
- cievky podľa finálneho priemeru pocínovaného vodiča, očakávame \varnothing 3 mm, maximálne 3,5 mm

Osadzovanie

Doska meniča je osadená z oboch strán. Na strane spojov (spodná) sú všetky malé súčiastky v prevedení pre povrchovú montáž. Na strane súčiastok (vrchná) sú umiestnené všetky veľké (vývodové a mechanické) súčiastky, ako elektrolytické kondenzátory, tranzistory, cievky, konektory a poistkové púzdra. Osadzovanie strany súčiastok vyžaduje veľmi dobré plánovanie, inak sa cez veľké súčiastky nedostanete na plošný spoj.

Začnite všetkými prepojkami medzi spodnou a vrchnou vrstvou. Pokračujte SMD súčiastkami na spodnej strane.

Prejdite na vrchnú stranu a tromi skrutkami M3 (s podložkami) pripevnite chladič. K chladiču sa klipmi prichytia tranzistory a do pripravenej diery s narezaným závitom M3 priskrutkuje termistor.

Následne sa osadia poistkové púzdra (pozor na prehriatie, aby sa plast neroztavil) a faston konektory. Po dotiahnutí všetkých skrutiek pokračujte elektrolytickými kondenzátormi.

Záporný pól všetkých elektrolytických kondenzátorov je spojený so zemou. Vývod ohnite s prispájkujte priamo na GND polygón na vrchnej strane. Kladný pól prechádza cez diery v doske a je prispájkovaný na cestičky na spodnej strane dosky (obrázok 5).

Ako posledné osadzujte cievky. Vinutie je vyrobené z lanka tvoreného 105 tenkými drôťmi (\varnothing 0,2 mm). Litz-lanko má samospájkovateľnú polyuretánovú izoláciu, ktorá sa páli pri ohriatí na teplotu spájkovania. Pocínované konce preto príliš neprehrievajte. Cievky skúste z dôvodu lepšej mechanickej odolnosti prispájkovať z oboch strán, t.j. aj na nepripojené plošky na strane súčiastok.

Cín, ktorým budete cievky spájkovať má tendenciu po lanku vzlietať smerom hlbšie do cievky.



Obr. 5: Pripojenie elektrolytických kondenzátorov

Oživenie a odovzdanie konštrukcie

Súťažiaci majú k dispozícii oživovacie pracovisko, kde môžu svoj výrobok pred odovzdaním otestovať. Problémy, ktoré súťažiaci zistia a opravajú pred oficiálnym odovzdaním výrobku sa do hodnotenia nezapočítavajú. Problémy, ktoré sa zistia pri oficiálnom odovzdaní hodnotiacej komisii sa do finálneho hodnotenia započítavajú.

Zapojenie je navrhnuté modulárne a jednotlivé bloky sa dajú oživiť aj samostatne. V prípade časovej tiesne nemusíte navrhovať alebo osadzovať kompletný plošný spoj. Výrobok bude možné oživiť aj po častiach. Súťažiacemu sa podľa stupňa rozpracovanosti stále udelia body za dokončenú a funkčnú prácu.

Popis zapojenia

Zariadenie, "powerbanka", ktorú staviate uchováva energiu v klasických 12 V olovených akumulátoroch. Zapojenie je modulárne a flexibilné. Pomocou nastavenia jumperov na doske riadiaceho procesora umožňuje použiť jeden až štyri akumulátory. Jednosmerný medziobvod bude teda mať nominálne napätie 12, 24, 36, alebo 48 V. Na súťaži budeme najmä z bezpečnostných dôvodov pracovať s 24 V verziou. Maximálny výkon prístroja je obmedzený maximálnym prúdom cca. 20 A_{eff} indukčnosťami v meniči. Pri tomto prúde sú aj straty na tranzistoroch dostatočne nízke pre prirodzené chladenie vzduchom, bez potreby ventilátora.

Zapojenie obsahuje tri hlavné bloky - impulzný menič. Prvý, vstupný MPPT menič/nabíjač akumulátora spracováva disponibilný vstupný jednosmerný výkon a transformuje napätie/prúd na hodnoty potrebné pre nabíjanie akumulátora, resp. jednosmerný medziobvod ak netreba nabíjať akumulátory. Ak nie je potrebné nabíjať akumulátor, všetok vstupný výkon je k dispozícii pre výstupný striedač. Nabíjač je klasický znižujúci menič (buck) tvorený polomostom z tranzistorov Q1 a Q4. Tranzistor Q4 je použitý ako riaditeľná komutačná dióda s veľmi nízkym stratovým výkonom. Klasická dióda by generovala veľké množstvo tepla a výrazne znižovala celkovú účinnosť meniča. Menič pracuje na frekvencii približne 100 kHz.

Architektúra vstupného znižujúceho MPPT meniča je jednosmerne viazaná medzi vstupom a výstupom. Jednosmerné napätie z akumulátora je cez cievku L1 viditeľné na tranzistoroch Q1/Q4. V prípade, že na vstupe meniča je napätie nižšie ako napätie akumulátora, začne cez substrátovú diódu tranzistora Q1 tiecť prúd späť do fotovoltaického panela, čo je nežiadúce. Do obvodu je nutné vložiť blokovaciu diódu, ktorá javu zabráni. Táto dióda je často súčasťou samotných panelov, preto je v zapojení powerbanky len naznačená, ale nie fyzicky implementovaná.

Vstupný menič je len znižujúci. Pre správnu funkciu musí byť napätie zo solárneho panela, resp. nabíjača o niekoľko Voltov vyššie ako je maximálne napätie jednosmerného medziobvodu v stave plne nabitej batérie (viď. tabuľka nižšie). Pre 24 V prevádzku sú vhodné panely so 60-bunkami v sérii, s nominálnym napätím 31,6 V (maximum 37 V). Pre 36 a 48 V prevádzku je nutné zapojiť dva takéto panely do série. Maximálne vstupné napätie je obmedzené max. pracovným napätím použitých MOSFET tranzistorov a pasívnych prvkov (80 V). Pre optimálnu funkciu zariadenia je takisto vhodné aby bol rozdiel medzi napätím jednosmerného

medziobvodu a napätím z panela nie príliš vysoký. Použiť 12 V akumulátor a 74 V panel nie je veľmi rozumné (zvyšuje nároky na indukčnosť L1).

Druhý impulzný menič je striedač, ktorý z jednosmerného medziobvodu pomocou PWM a plného mostíka generuje dve napätia sínusového priebehu v protifáze. Získame tým striedavý signál so špičkovou hodnotou blízkou napätiu jednosmernej zbernice s frekvenciou 50 Hz. Pomocou klasického železného transformátora toto striedavé napätie prevedieme na 230 V_{eff}, našu ostrovnú sieť. Riešenie s generovaním nízkeho striedavého napätia a transformátorom sme použili najmä z bezpečnostných dôvodov. Rovnaký menič by sa dal zrealizovať aj priamo s jednosmerným medziobvodom s napätím 330 V. Vyžaduje to ale skúseného konštruktéra a prácu s vysokým napätím a nižším prúdom. Pre stredoškóľakov je naše riešenie s nízkym napätím a vysokým prúdom výrazne bezpečnejšie.

Striedač pracuje s PWM o frekvencii približne 50 kHz. V obidvoch meničoch tečú pomerne vysoké impulzné prúdy, preto je v každej vetve použitých súčasne niekoľko keramických aj elektrolytických kondenzátorov. Aj keď máme kvalitné súčiastky, s nízkymi stratami a ekvivalentným sériovým odporom (ESR) pracovný prúd musíme rozložiť do viacerých kusov zapojených paralelne.

Z princípu fungovania je výstup sínusového striedača je 50 kHz obdĺžnikový signál s premenlivou striedou, ktorá zodpovedá 50 Hz priebehu. Takýto signál ale nie je vhodný pre prenos klasickým, nízkofrekvenčným železným transformátorom. Straty v železe pri 50 kHz by premenili viac-menej všetku vstupnú energiu na teplo. Preto musíme na PWM signál aplikovať dolno-priepustný filter, ktorý z digitálneho PWM signálu vyfiltruje jeho strednú hodnotu, čo je náš 50 Hz sínus. V zapojení sú použité železoprachové jadrá Kool Mu, ktoré dobre znášajú vysoké frekvencie a batéria kondenzátorov. Kritická frekvencia toho filtra je niekoľko kHz.

Posledný, tretí menič, je napájací zdroj pre elektroniku. Jednoduchý, nízko-výkonový znižujúci menič z napätia batérie generuje +12 V a +5 V pre budiče tranzistorov a modul STM32. V prípade použitia jednej 12 V batérie je nutné tento menič upraviť.

Tranzistory aj všetky kondenzátory sú dimenzované na 80 V, pri správne navrhnutom plošnom spoji obvod znesie štyri, plne nabité, sériovo zapojené akumulátory ($U_{bat} \sim 60$ V).

Mostíky sú riadené pulzne šírkovou moduláciou, ktorú generuje mikrokontrolér STM32 vo forme vývojovej dosky NUCLEO-F334R8. V mikrokontroléri je implementovaný MPPT (Maximum Power Point Tracking) regulátor, ktorý optimálne zaťažuje solárny panel za účelom získania maximálneho dostupného výkonu z panela. Software nabíjača je možné podľa potreby upraviť tak, aby sa dal použiť klasický sieťový nabíjač, alebo pokročilejšie možnosti zdieľania dostupného výkonu medzi akumulátorom a spotrebičom.

Riadiaci mikrokontrolér monitoruje napätie na vstupe, napätie batérie, prúd na vstupe a prúd do/z batérie. Výstupné striedavé napätie sa reguluje pomocou činiteľa plnenia PWM sínusového striedača. V súčasnej verzii programu je implementovaná jednoduchá feed-forward regulácia na základe okamžitého napätia jednosmerného medziobvodu. V programe sú nastavené nasledovné kritické hodnoty:

Počet akumulátorov v sérii	1	2	3	4
Nominálne napätie (V)	12	24	36	48
Chyba batérie ak U_{bat} (V)	<9,5	<19	<28,5	<38
Výstupný menič aktívny ak U_{bat} (V)	>10,8	>21,6	>32,4	>43,2
Začiatok nabíjania ak U_{bat} (V)	<13,8	<27,6	<41,4	<55,2
Koniec nabíjania ak U_{bat} (V)	>15,2	>30,4	>45,6	>60,8
Maximálny prúd meničov (A_{eff})	15-20	15-20	15-20	15-20
PWM udržuje výstupné napätie ($V_{eff}/V_{špička}$)	7,8/11,0	15,6/22,0	23,4/33,0	31,2/44,0



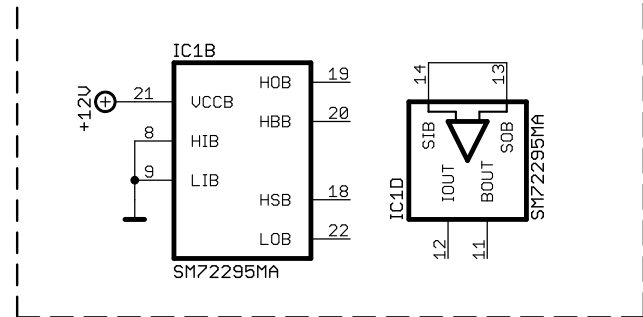
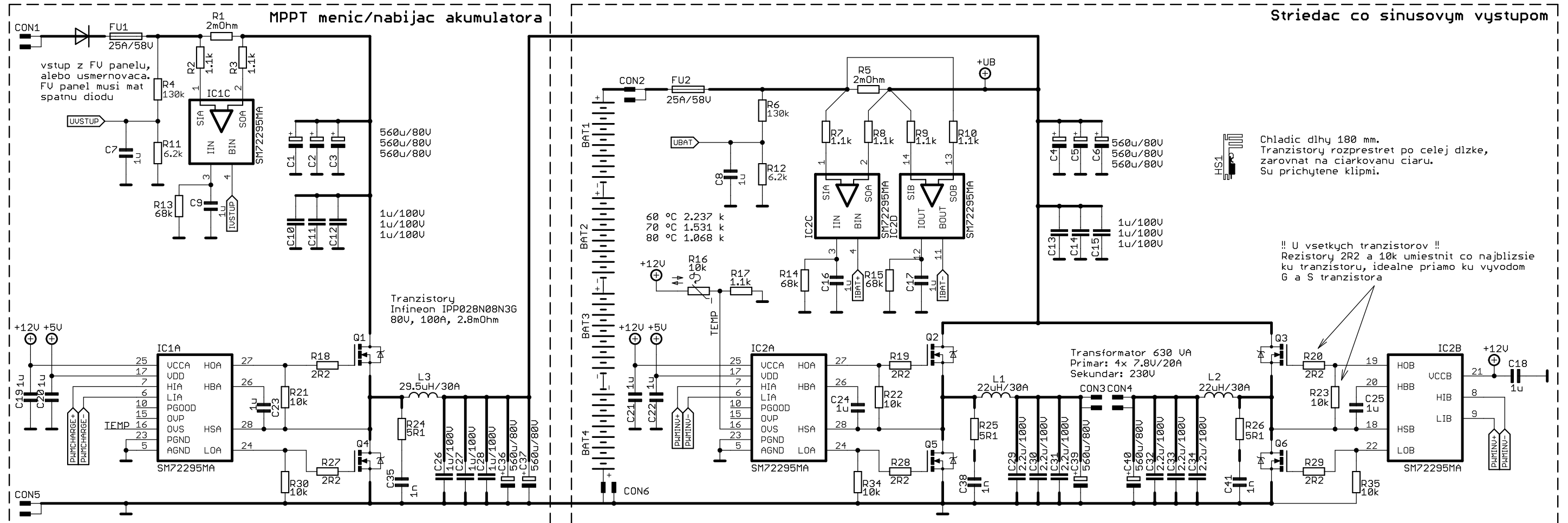
Zoznam súčiastok

Počet	Súčiastka	Hodnota	Poznámka
10	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C36, C37, C39, C40	560u/80V	Vývod - ohnúť na 90° a prispájkovať na vrstvu Top. Vývod + štandardne cez dieru v doske na vrstvu Bottom.
10	C10, C11, C12, C13, C14, C15, C26, C27, C28, C42	1u/100V	Púzdro 1210. Voľne sypané, púzdro vysoké cca. 1 mm
17	C7, C8, C9, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C24, C25, C43, C45, C46, C48	1u/50V	Púzdro 1206 páska označená modrým pruhom
6	C29, C30, C31, C32, C33, C34	2.2u/100V	Púzdro 1210. Voľne sypané, púzdro vysoké cca. 2 mm
2	C44, C47	150u/20V	Tantalový kondenzátor, veľ. D
8	C35, C38, C41	1n	Púzdro 1206 páska označená červeným pruhom
6	CON1, CON2, CON3, CON4, CON5, CON6	Faston dvojitý	Prichytiť skrutkou M4 (podložka a matica na strane DPS)
1	D1	SK16-DIO	
2	FU1, FU2	KEYS3522-2 + poistka AMF 25A	Pätica pre auto poistku. Vysoký prúd, riadne prispájkovať!
1	HS1	RMRES0026 + 7ks klip + 7ks izol. podložka	Chladič primontovať tromi skrutkami M3. Vyvŕtať dieru a narezať závit M3 pre termistor.
2	IC1, IC2	SM72295MA	Full Bridge Driver
1	IC3	7805	Stabilizátor napätia
1	IC4	MAX5035D	1A, 76V, High-Efficiency Step-Down DC-DC Converter
2	L1, L2	20 µH/30A	Khaki-zelené jadro, 17-18 závitov
1	L3	29,5 µH/30A	Čierne jadro, 17 závitov
1	L4	DE1207-820	SMD cievka FERROCORE 820uH
6	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6	IPP028N08N3G	Medzi tranzistor a chladič vložiť izolačnú podložku a tranzistor prichytiť klipom. Vysoký prúd, riadne prispájkovať!
2	R1, R5	2 mOhm	Púzdro 2512. Vysoký prúd, riadne prispájkovať!
2	R11, R12	6.2k	
4	R13, R14, R15, R31	68k	
1	R16	B57045K0103K000	Termistor primontovať na chladič
6	R18, R19, R20, R27, R28, R29	2R2	
8	R2, R3, R7, R8, R9, R10, R17, R33	1.1k	
3	R24, R25, R26	5R1	
7	R21, R22, R23, R30, R32, R34, R35	10k	
2	R4, R6	130k	
1	S1		TOGGLE SWITCH
2	X1, X2	14-pin konektor	Pozor na pin 1!
2	Prepojovací plochý kábel		
1	Vývojová doska s procesorom STM32, typ NUCLEO-F334R8		
1	Transformátor 630 VA. Primár 4x 7,8 V/20 A, sekundár 1x 230 V/50 Hz		
	Skrutky 3x M3x5 (pre chladič), skrutky + podložky + matice 6x M4x8 (pre Faston konektory)		

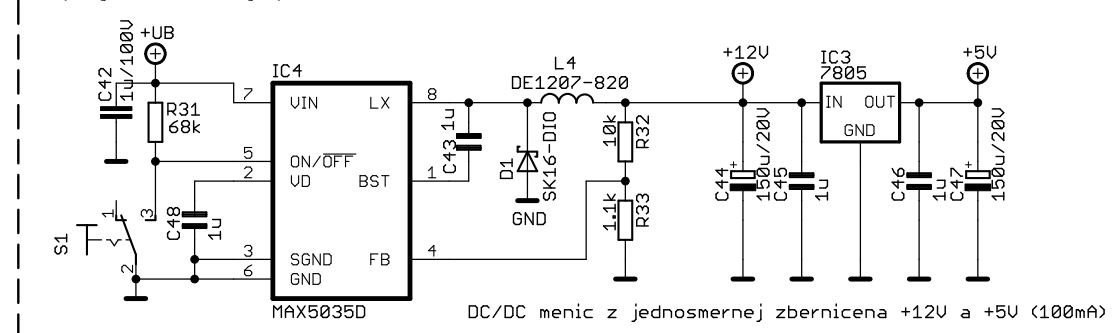
Autori: Ing. Peter Adamec, Ing. Dalibor Kadlíček, Adam Lassak, Ing. Jaromír Sukuba, Bc. Juraj Tvarožek, doc. Ing. Daniel Valúch, PhD.

Kontakt: daniel.valuch@cern.ch

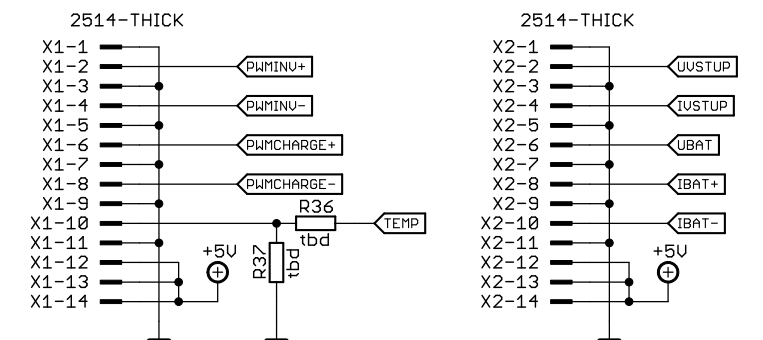
! Vodiacmi oznacenymi hrubou ciarou
tecie pracovny prúd 20+ Amperov.
Vodice na plosnom spoji musia byt
patricne dimenzovane!



Napajaci zdroj pre elektroniku



Plochy kabel ku STM32. PWM, meranie, napajanie



Celoštátne finále 39. ročníka ZENIT v elektronike
21.-23.2.2023, SPŠE Hálova 16, Bratislava

Domáca power banka