

Stabilizátor s regulací napětí a proudu

Základem každé elektronické "laboratoře" je stabilizovaný napájecí zdroj. Ten také potřebují radioamatéři nebo modeláři k napájení zařízení, které jsou v terénu napájeny z baterie, a které je výhodné doma napájet ze síťového zdroje. Proto se na první pohled zdá, že není nic jednoduššího než si síťový napájecí zdroj vyrobit. Stačí přeci transformátor, čtyři diody a vyhlazovací kondenzátory. Ale pozor, takto sestavený zdroj má jednu velkou nečinnost. Není-li zatížen, je na jeho výstupu až o 55 % vyšší napětí než při plném zatížení. Zvýšené napětí může poškodit elektronické obvody zařízení, konstruované pouze na nižší napětí, např. 13,8 V.

Použití běžných lineárních stabilizátorů z řady LM317 je vhodné pro maximální proudy do 1 A. Při vyšších proudových ztrátách jsou ale tepelné ztráty stabilizátorů značné a je nutné použít mohutné chladiče k jejich chlazení.

Uvedené potíže odstraňuje popisovaný stabilizátor, jehož výstupní napětí můžeme podle potřeby nastavit nebo regulovat v rozmezí od 0 do 25 V. Navíc zabraňuje proudovému přetížení napájecího transformátoru díky nastavitelnému proudovému omezení, a také má vlastní ochranu proti teplotnímu přetížení. Díky činnosti ve spinaném režimu dosahuje až 90 % účinnosti přeměny elektrické energie (bez započítání ztrát usměrňovače).

Základní technické údaje

Vstupní napájecí napětí:
střídavé max. 20 V,
stejnoseměrné max. 30 V.
Rozsah regulace U: 0 - 25 V.
Zvlnění napětí: do 150 mV.
Rozsah regulace I: 0 - 5 A.
Účinnost regulace: až 90 %.
Spínací kmitočet: 0 - 30 kHz.
Ochrany:
proti zkratu a přehřátí.

Popis zapojení

Schéma zapojení je na obr. 1. Aby bylo praktické použití stabilizátoru co nejjednodušší, byl na vstupu doplněn můstkovým usměrňovačem D1 (má-li napájecí zdroj již usměrňovač, připojí se vstupní napětí až na výstup můstku, tj. na svorky DC PLUS a DC MINUS. Střídavé vstupní napětí je usměrněno diodovým můstkem D1 a vyhlazeno kondenzátory C8, C9 a C10. Keramické kondenzátory C11 a C12 tlumí rušení, vznikající při činnosti stabilizátoru.

Vyhlazeným napětím ze vstupních kondenzátorů se napájejí dva stabilizátory. První stabilizátor IO2 slouží jako zdroj referenčního napětí 5 V pro regulaci proud i napětí. Kondenzátory C1 a C2 zabraňují zakmitávání stabilizátoru.

Druhý stabilizátor (IO3) pouze omezuje maximální napájecí napětí CMOS obvodu IO4. Kondenzátory C14 a C15 zabraňují zakmitávání stabilizátoru. Zelená svítivá dioda LED2 s předřadným rezistorem R11 indikuje přítomnost napájecího napětí a zároveň tvoří předzátěž pro stabilizátor IO3. Kondenzátor C13 blokuje napájecí napětí integrovaného obvodu IO4.

Výstupní napětí i proud jsou s referenčním napětím porovnávány operačními zesilovači IO1A (proud) a IO1B (napětí).

Napětí z výstupu stabilizátoru je sníženo děličem R7, R8 na 20 % původní velikosti. Napětí ze středu děliče je porovnáváno s napětím na jezdci potenciometru P2 komparátorem IO1B. Na jezdci potenciometru může být nastaveno napětí od 0 do 5 V. Je-li výstupní napětí vyšší než napětí na jezdci P2, je na výstupu komparátoru IO1B napětí blízké mínusu. V opačném případě je na výstupu komparátoru napětí blízké plusu napájecího napětí. Protože dělič R7, R8 snižuje výstupní napětí pětkrát, je rozsah výstupního napětí (při referenci 5 V) 0 až 25 V. Výstup komparátoru IO1B je připojen přes ochranný rezistor R10 na

první vstup součinného hradla IO4A, kterým je signál dále zpracován.

Pro snímání proudu je použit bočník, vyrobený z manganinového drátu s odporem 20 mΩ. Úbytek napětí na bočníku je porovnáván komparátorem IO1A s referenčním napětím 5 V, sníženým děličem R6, P1 na 100 mV. Je-li úbytek na bočníku vyšší než napětí na jezdci P1, je na výstupu komparátoru IO1A napětí blízké mínusu. V opačném případě je na výstupu komparátoru napětí blízké plusu napájecího napětí. Na jezdci potenciometru P1 může být nastaveno napětí 0 až 100 mV. Pozn.: v případě, že převodník vodiče k potenciometru P1 jsou dlouhé, je nutné je splést do copánku a na svorkovnici mezi plus a jezdce připojit odrušovací keramický kondenzátor 100 nF. Komparátor IO1A zajišťuje, aby napětí na bočníku bylo stejné, jako napětí na jezdci P1, čemuž odpovídá proudové omezení v rozmezí 0 až 5 A. Výstup komparátoru IO1A je připojen přes ochranný rezistor R9 na druhý vstup součinného hradla IO4A, kterým je signál dále zpracován.

Napětí z obou komparátorů je přivedeno na součinné hradlo IO4A. Na výstupu tohoto hradla může být úroveň log. 0 pouze tehdy, jsou-li současně na obou vstupech úroveň log. 1. To je splněno pouze v případě, že výstupní napětí i proud jsou menší než požadované hodnoty, nastavené oběma potenciometry. Jakmile je proud nebo napětí vyšší než nastavený, je na výstupu hradla IO4A úroveň log. 0. Signál z výstupu hradla IO4A je invertován trojicí hradel IO4B, IO4C a IO4D. Hradla jsou spojena paralelně pro zvýšení výstupního proudu. Na výstupu trojice hradel je tranzistor T1, který spíná napájecí napětí na výstup stabilizátoru. Do série s výstupní zátěží je zapojena toroidní tlumivka L1, která vyhlazuje výstupní proud. Tranzistor T1 je sepnut, dokud napětí nebo proud nedosáhnou nastavené hodnoty. Pak je vypnut. Po jeho vypnutí

začne klesat výstupní proud nebo napětí pod nastavenou hodnotu a tranzistor T1 je opět zapnut. Celý děj se neustále opakuje nejvyšší možnou rychlostí, danou především rychlostí (nebo lépe řečeno pomalostí) komparátorů IO1. Nejvyšší rychlost je asi 20 kHz, tj. celý děj vypnutí a zapnutí T1 je opakován 20 000 krát za vteřinu. Díky tomu jsou výstupní napětí i proud dostatečně vyhlazeny.

Protože se každá tlumivka snaží udržet velikost protékajícího proudu i nadále, musíme mu průtok někdy umožnit. K tomu slouží dvojité Shottky dioda D2. Po vypnutí tranzistoru T1 se proud tedy uzavírá přes tlumivku L1, zátěž a diodu D2, až postupně zanikne.

Na výstupu stabilizátoru jsou připojeny C4 až C7, které dále vyhlazují výstupní napětí. Kondenzátor C6 díky malé vnitřní impedanci filtruje rychlé změny napětí.

Na výstupu stabilizátoru je také připojena svítivá dioda LED1 s předřadným rezistorem R4, která indikuje výstupní napětí a zároveň tvoří malou předzátěž pro regulaci napětí, není-li připojena vnější zátěž.

Rozsah výstupního napětí i proudu lze nastavit v širokém mezech pomocí vzorců:

1) Maximální výstupní napětí:
$$U_{\text{výst}} = U_{\text{IO2}} (R_7 + R_8) / R_7 \quad [V, \Omega]$$

2) Maximální výstupní proud
$$I_{\text{výst}} = U_{\text{IO2}} [R_{P1} / (R_{P1} + R_6)] / R_1 \quad [A, V, \Omega]$$

Dosazením do rovnic vypočítáme, že pomocí potenciometru P1 lze plynule nastavit výstupní proud v rozmezí přibližně od nuly do 5 A a potenciometrem P2 výstupní napětí v rozmezí od nuly do 25 V.

Kombinací potenciometru a rezistorů lze docílit stavu, kdy výstupní napětí může být regulováno pouze v určitém rozsahu (např. 6 až 10 V), je-li to potřeba. Stabilizátor má tepelnou ochranu, která v případě přehřátí usměrňovače D1, tlumivky L1, tranzistoru T1 nebo diody D2 sni-

ží výstupní napětí i proud tak, aby jejich teplota dále nerostla. Jako tepelné pojistky jsou použity polymerové pojistky, které prudce zvyší svůj odpor v případě, že se zahřeje nad teplotu asi 110 °C, a tím sníží referenční napětí na potenciometrech. Po ochlazení se výstupní napětí i proud nastaví na původní velikost.

Zátěž se připojuje na šroubovací svorky VÝSTUP PLUS a VÝSTUP MINUS.

Popis konstrukce

Rozmístění součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2. Na desce jsou umístěny i dva chladiče. Na prvním je připevněn usměrňovač D1 a na druhém tranzistor T1 a dioda D2. Ta musí být izolována od chladiče pomocí slídové podložky a izolačního kroužku. Stykovou plochu součástek a chladičů natřeme silikonovou vazelinou, aby přechodový tepelný odpor byl co nejmenší.

Kvůli velkým proudům je vhodné pocínovat měděné spoje na desce, aby se zvětšil jejich vodičový průřez.

K pájení lze použít pistolovou páječku s pájecí smýčkou z drátu o průměru 0,7 mm nebo mikropáječku.

Po zapájení všech součástek (pozor pod tlumivkou L1 je propojka, která není na výkresu vidět!) odstraníme špičatým nástrojem zbytky kalafuny, abychom odhalili nedokonalé spoje nebo zkratky (pohledem proti světlu).

Po kontrole desky připojíme na vstupní svorky střídavé napětí 12 až 20 V. Změříme napětí na kondenzátorech C8 a C9, které by mělo být asi 17 V až 30 V. Zkontrolujeme výstupní napětí obou stabilizátorů (5 V a 8 V). Na výstup pro baterii připojíme voltmetr se zátěží (stačí žárovka 12 V/500 mA) a potenciometrem P1 regulujeme výstupní napětí. Protože regulace výstupního napětí i proudu jsou lineární, budou příslušné stupnice pro nastavení výstupního napětí rovnoměrné. Je samozřejmé, že potenciometry

lze nahradit rezistory a nastavit výstupní napětí nebo proud stabilizátoru napevno.

Je-li vše v pořádku, vyčistíme desku v lihu nebo perchloretylenu a stabilizátor vložíme do vhodné skříňky (plastové nebo lépe kvůli možnému rušení kovové) s větracími otvory.

Seznam součástek	
IO1	TL062
IO2	79L05
IO3	78L08
IO4	HCF4011BE
T1	IRFB3206
D1	KBU8A
D2	MBR1545CT
LED1	zelená 5 mm
LED2	červená 5 mm
C1,C2,C6,C1447	μF/35 V
C3,C7,C11,C12,	
C13,C15	100 nF keram.
C4,C5	2200 μF/25 V
C8,C9	1000 μF/35 V
C10	330 μF/50 V
L1	SFT1240, 64μH
R1	20 mΩ
manganin Ø1 mm/40 mm	
R2,R9,R10	10 kΩ
R3,R5	560 kΩ
R4	2,2 kΩ
R6	120 kΩ
R7,R11	1 kΩ
R8	4 kΩ
P1,P2	TP160/N 2,5 kΩ
F1,F2	PFRA010
slídová podložka pod TO220	
izolační kroužek pro TO220	
svorkovnice CZM 2/5, 3 kusy	
svorkovnice CZM 3/5, 2 kusy	
chladič T46/25, 2 kusy	
deska s plošnými spoji	

Závěr

Stabilizátor lze využít i jako nabíječ autobaterií. Stačí nastavit výstupní napětí na 13,8 V, proudové omezení na 10 % kapacity a připojit autobaterii. Proudové omezení reguluje nabíjecí proud až do doby, kdy napětí baterie dosáhne 13,8 V, pak se začne nabíjecí proud automaticky snižovat až na úroveň konzervačního proudu.

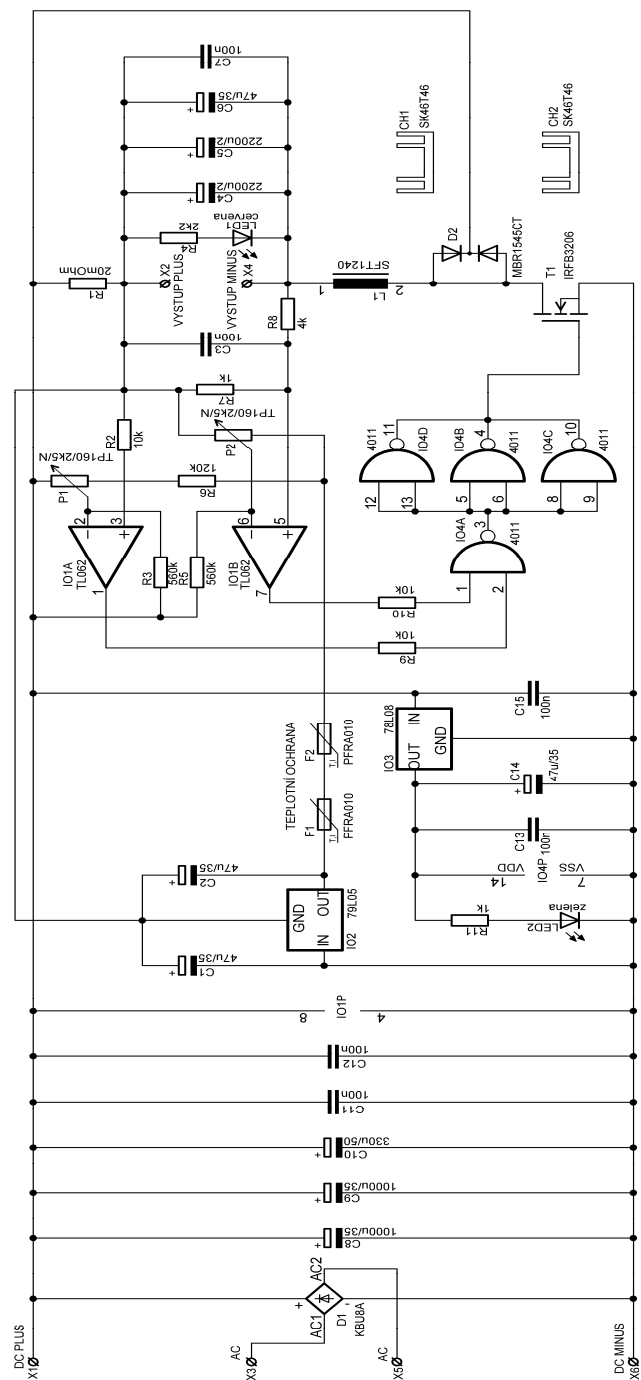
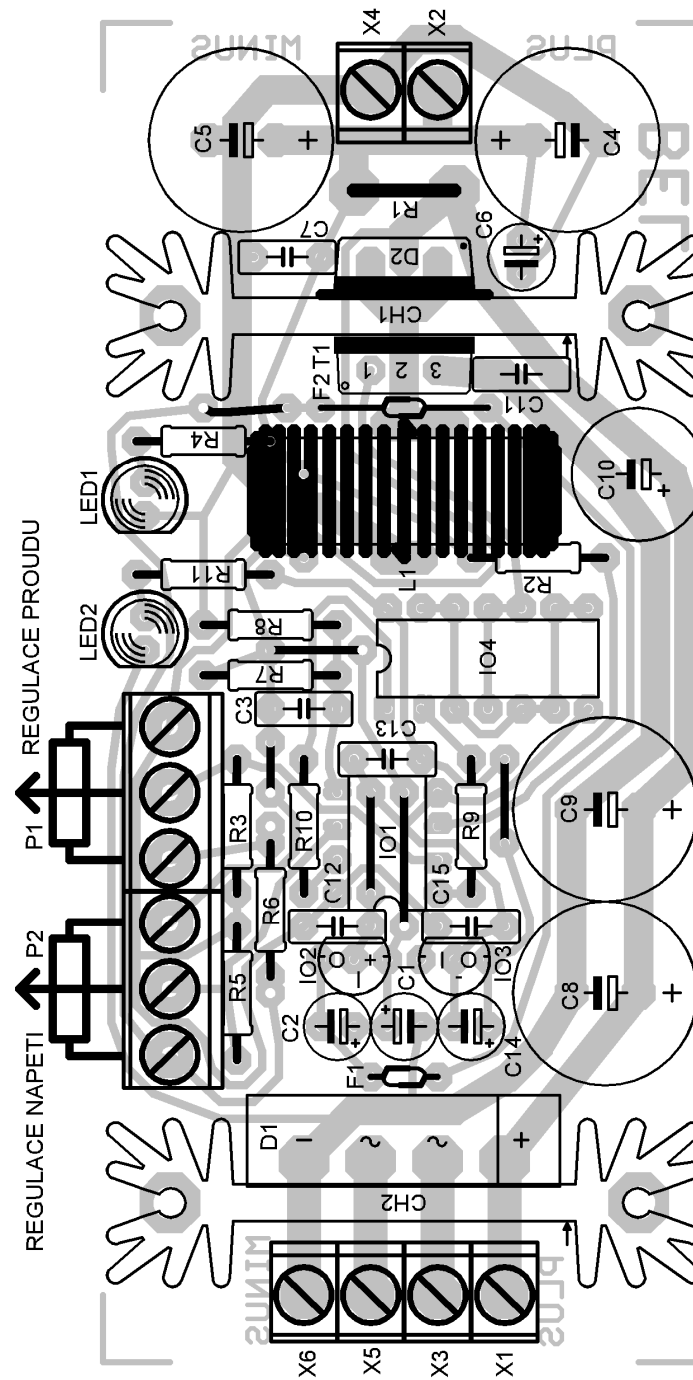


Schéma zapojení



Rozmístění součástek