

# Stabilizátor s regulací napětí a proudu

Ing. Zdeněk Budinský

Základem každé elektronické „laboratoře“ je stabilizovaný napájecí zdroj. Ten také potřebují radioamatéři nebo modeláři k napájení zařízení, která jsou v terénu napájena z baterie a která je výhodné doma napájet z 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 nechtost. 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 menší napětí, např. 13,8 V.

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

Uvedené potíže odstraňuje popísaný 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 spínacím režimu dosahuje účinnosti přeměny elektrické energie až 90 % (měřeno bez usměrňovače).

## Základní technické údaje

Vstupní napájecí napětí:

st - min. 6 V, max. 18 V,  
ss - min. 8 V, max. 25 V.

Rozsah regulace napětí: 0 až 25 V.

Zvlnění napětí: do 100 mV.

Rozsah regulace proudu: 0 až 5 A.

Účinnost regulace: až 90 %.

Spínací kmitočet: 0 až 20 kHz.

Další funkce: ochrana proti zkratu,  
teplotní ochrana.

Rozměry modulu: 102 x 46 x 30 mm.

## 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 PLUS 25 V a MINUS 25 V). Strídavé 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 proudu i napětí. Kondenzátory C1 a C2 zabraňují zakmitávání stabilizátoru.

Druhý stabilizátor (IO3) pouze omezuje maximální napájecí napětí obvodu CMOS 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.

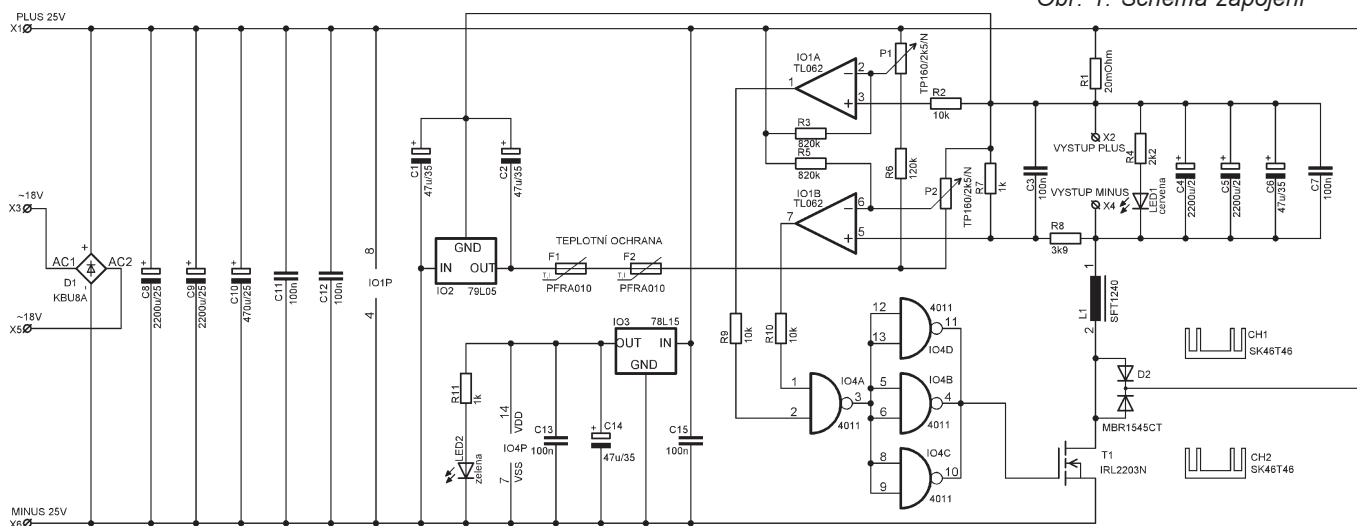


Výstupní napětí i proud jsou s referenčním napětím porovnávány operačními zesilovači IO1A (proud) a IO1B (napětí).

Napětí na výstupu je sníženo děličem R7, R8 asi na 20 % původní velikosti. Napětí ze středu děliče je porovnáváno s napětím na jezdcí potenciometru P2 komparátorem IO1B. Na jezdcí potenciometru může být nastaveno napětí od 0 do 5 V. Je-li výstupní napětí vyšší než napětí na jezdcí P2, je na výstupu komparátoru IO1B napětí blízké „minusu“. 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 jezdcí P1, je na výstupu komparátoru IO1B napětí blízké „minusu“. V opačném případě je na výstupu komparátoru napětí blízké „plusu“ napájecího napětí. Na

Obr. 1. Schéma zapojení



jezdci potenciometru P1 může být nastaveno napětí 0 až 100 mV. Komparátor IO1A zajišťuje, aby napětí na bočníku bylo stejné jako napětí na jezdcí 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 větší 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 to-

roidní tlumivka L1, která vyhlazuje výstupní proud. Tranzistor T1 je sepnut, dokud napětí nebo proud nedosáhnou nastavené hodnoty. Pak je vypnut. Po jeho vypnutí klesne 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 000krát za sekundu. Díky tomu jsou výstupní napětí i proud dostatečně vyhlazené.

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

Na výstupu stabilizátoru jsou připojeni 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 zátěž.

Rozsah výstupního napětí i proudu lze nastavit v širokých mezích pomocí vzorců:

1) Maximální výstupní napětí:

$$U_{\text{vyst}} = U_{\text{IO2}} (R_7 + R_8) / R_7 \quad [V; V, \Omega]$$

2) Maximální výstupní proud:

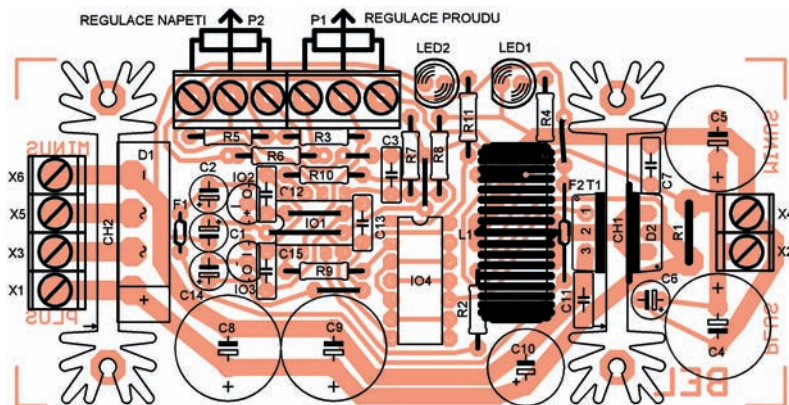
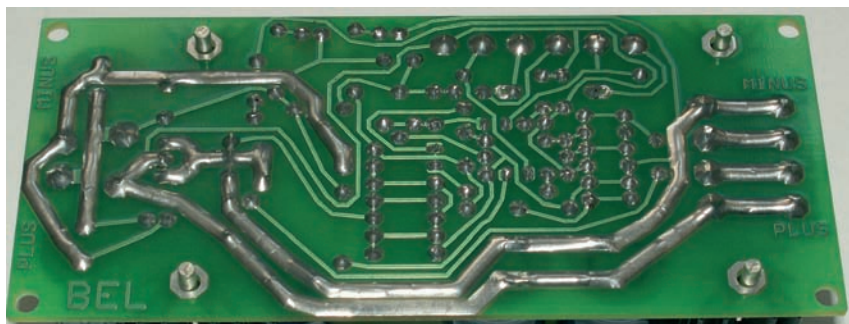
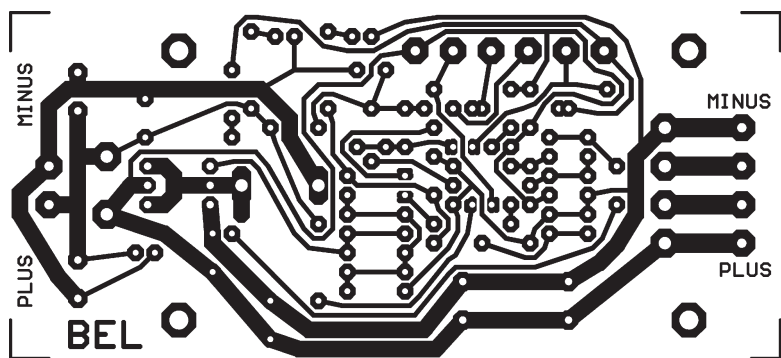
$$I_{\text{vyst}} = U_{\text{IO2}} [R_{P1} / (R_{P1} + R_6)] / R_1 \quad [A; V, \Omega]$$

Dosazením do rovnic vypočítáme, že pomocí potenciometru P1 lze plynule nastavit výstupní proud v rozmezí přibližně 0 až 5 A a potenciometrem P2 výstupní napětí v rozmezí od 0 V do 25 V.

Kombinací potenciometru a rezistorů lze dosáhnout 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 sníží výstupní napětí i proud tak, aby jejich teplota dále nerostla. Jako tepelné pojistky jsou použity polymerové pojistky, které prudce zvětší svůj odpor v případě, že se zahřejí 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 VYSTUP PLUS a VYSTUP MINUS.



Obr. 2. Deska s plošnými spoji zdroje (102 x 46 mm)

## 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 slídovou podložkou a izolačním kroužkem. 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 vodivý průřez.

K pájení lze použít pistolovou páječku s pájecí smyčkou 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).

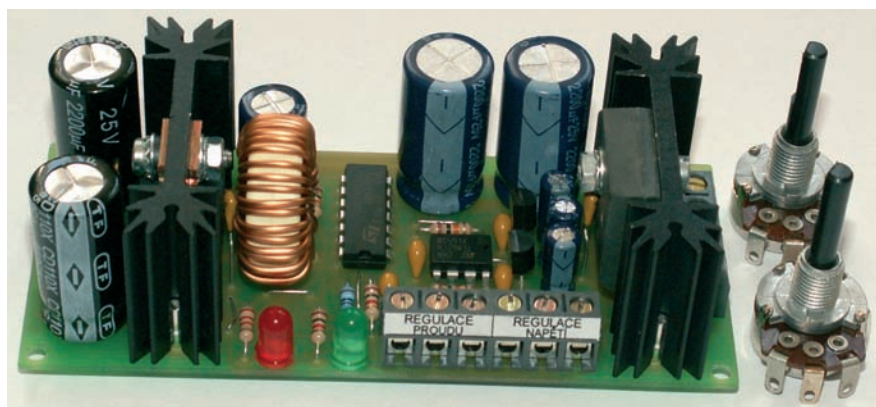
Po kontrole desky připojíme na vstupní svorky střídavé napětí 12 až 17 V. Změříme napětí na kondenzátorech C1 a C2, které by mělo být asi 17 až 25 V. Zkontrolujeme výstupní

napětí obou stabilizátorů (5 V a 15 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 případné 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

R1	20 mΩ, manganin Ø 1 mm/40 mm
R2, R9, R10	10 kΩ
R3, R5	820 kΩ
R4	2,2 kΩ
R6	120 kΩ
R7, R11	1 kΩ
R8	3,9 kΩ
P1, P2	2,5 kΩ, TP 160/N
C1, C2, C6, C14	47 μF/35 V
C4, C5, C8, C9	2200 μF/25 V
C3, C7, C11,	
C12, C13, C15	100 nF, keram.
C10	470 μF/25 V
IO1	TL062
IO2	79L05
IO3	78L15
IO4	HCF4011BE
T1	IRL2203N
D1	KBU8A
D2	MBR1545CT
LED1	zelená, 5 mm
LED2	červená, 5 mm
L1	64 μH/5 A, SFT1240
F1, F2	PFRA010

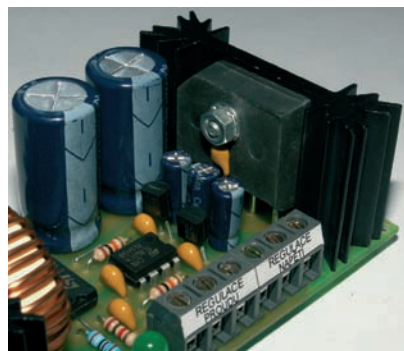


Slídová podložka pod TO-220  
Izolační kroužek pro TO-220  
Svorkovnice CZM 2/5, 3 kusy  
Svorkovnice CZM 3/5, 2 kusy  
Chladič T46/25, 2 kusy  
Deska s plošnými spoji

Pro zájemce o stavbu stabilizátoru je připravena sada součástek a deska s plošnými spoji (vše podle Seznamu součástek) za 500 Kč, případně sestavený stabilizátor za 800 Kč. Objednávky můžete poslat na adresu: BEL, Eliášova 38, Praha 6, 160 00, tel.: 222 950 345, info@bel-shop.eu. Komerční využití tohoto návodu bez souhlasu autora není dovoleno.

### 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 zmenšovat až na úroveň konzervačního proudu.



Obr. 3. Fotografie osazené desky

## Obvod chránící proti přepólování

Zapojení obvodů bránících nesprávnému připojení napájecí baterie se v časopisech objevují poměrně často. Konečně není se co divit, taková chyba se přihodí snadno a mívá pro napájený přístroj fatální následky. Zapojení se liší různým stupněm komfortu, od pouhé ochrany sériovou diodou po automatické připojení ve správné polaritě a velikosti úbytku napětí, který na nich vzniká.

Právě malým úbytkem napětí vyniká obvod, jehož zapojení je na obr. 1. Při správné polaritě je odpor přidaný do cesty proudu do zátěže asi 13 mΩ. Při proudu zátěže 10 A lze tedy počítat s úbytkem 0,13 V, což je výrazný rozdíl proti úbytku několika stovek milivolt, použije-li se

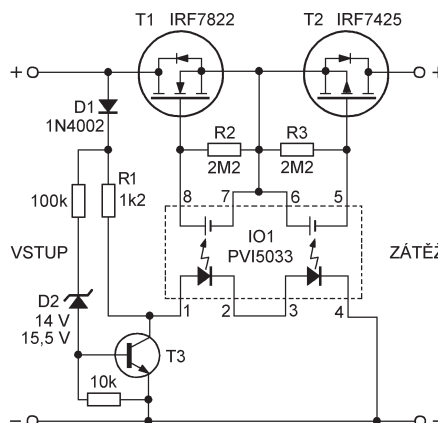
pouze Schottkyho dioda. T1 a T2 musí mít kvůli integrované antiparalelní diodě v tranzistorech opačnou polaritu, T1 je MOSFET s kanálem N, T2 s kanálem P (alternativou je dvojice komplementárních MOSFET v jednom pouzdru IRF7389 s celkovým odporem v sepnutém stavu okolo 0,1 Ω).

IO1 je 2kanalový fotovoltaiický optočlen. Tyto součástky jsou výrobky firmy International Rectifier ([www.irf.com](http://www.irf.com)). Pokud je baterie připojena ve správné polaritě, diody LED v IO1 osvětlí interní hradlové diody, což způsobí otevření T1 a T2 a napájení zátěže. Při opačné polaritě zůstanou tranzistory uzavřeny a baterie je od zátěže oddělena. Obvod zabrání rovněž poškození vstupním přepětím. Pokud vstupní napětí dosáhne asi 15,5 V, začne procházet proud Zenerovou diodou D2 do báze tranzistoru T3. Ten se otevře a svede k zemi proud, který předtím procházel do diod LED opto-

členu. Ochranný obvod na obr. 1 je určen pro jmenovité vstupní napětí 12 V.

JH

[1] Hovenga, M.: Polarity protector outperforms Schottky diodes. EDN 6. února 2003, s. 86.



Obr. 1. Ochrana proti přepólování s malým úbytkem napětí