

# Regulátor napětí 8 - 42 V / 24 A

Popisovaný regulátor najde uplatnění všude tam, kde potřebujeme v obvodech napájených stejnosměrným napětím měnit střední hodnotu napětí na zátěži. Může se jednat o regulaci topných tělisek, svitu žárovek, otáček motoru apod. Výstupní napětí regulátoru lze potenciometrem nastavit plynule od nuly až do plného napájecího napětí. Jedná se o regulaci téměř bezeztrátovou s vysokou účinností přeměny napětí. Je to umožněno tím, že koncový tranzistor pracuje ve spínacím režimu, kdy je buď zapnut nebo vypnut. Výstupní napětí regulátoru se mění pomocí změny středy otevření koncového tranzistoru od 0 do 1. Střída je definována jako poměr doby otevření tranzistoru ku délce periody cyklu (součet doby otevření a zavření). Ta je v našem případě přibližně 1,3 ms, tj. kmitočet spínání je přibližně 770 Hz (a v případě potřeby jej lze zvýšit skoro až desetkrát). Stejný princip regulace používají všechny elektronické regulátory do RC modelů.

## Základní technické údaje

Napájecí napětí  $U_N$ : 8 až 42 V.  
Trvalý zatěžovací proud: 24 A.  
Rozsah regulace: 0 až 100 %  $U_N$ .  
Kmitočet spínání: 770 Hz až 6,5 kHz.

## Popis zapojení

Schéma zapojení je na obr. 1. Lze jej rozdělit na dvě části, které si vzápětí popíšeme. V levé polovině schématu je multivibrátor, složený z operačního zesilovače IO1A, rezistorů R4, R5, R6, R8 a kondenzátoru C5. Rezistory R7 a R9 tvoří umělý střed napájení pro multivibrátor, aby výstupní signál byl symetrický. Výstup operačního zesilovače může být pouze ve dvou stavech, a to v kladné saturaci (výstupní napětí je maximální, blízké  $+U_N$ ) nebo v záporné saturaci (výstupní napětí je minimální, blízké  $-U_N$ ). Je to proto, že pracuje jako komparátor, tj. je-li na neinvertujícím vstupu (označen znaménkem +) kladnější napětí než na invertujícím vstupu (označen znaménkem -), je výstup operačního zesilovače v kladné saturaci a naopak. Při popisu činnosti multivibrátoru vyjdeme ze stavu, kdy se výstup právě přepočlil ze záporné do kladné saturace. Z výstupního napětí se přes rezistor R5 (případně i R4) začne nabíjet kondenzátor C5. Přesáhne-li napětí na vstupu - napětí na vstupu +, dané poměrem odporů rezistorů R6 a R8 (přibližně 0,75  $U_N$ ), přepočlíp se výstup IO1A z kladné do záporné saturace. Na vstupu + se objeví napětí přibližně 0,25  $U_N$  a kondenzátor C5 se začne přes rezistor R5 (R4) vybíjet. Klesne-li napětí na vstupu - pod napětí na vstupu +, přepočlíp se výstup IO1A ze záporné do kladné saturace. Vše se stále opakuje.

V tomto zapojení nevyužijeme výstupní napětí multivibrátoru, ale napětí pilového průběhu, které je na invertujícím vstupu -. Jeho amplituda je určena poměrem odporů rezistorů R6 a R8, kmitočet kapacitou kondenzátoru C5 a odporem rezistoru R5, případně R4.

Základní spínací frekvence 770 Hz lze zvýšit externím rezistorem, který se připojuje na kuličky K3, které jsou vedle integrovaného obvodu. Jeho odpor se vypočítá ze vzorce:

$$R_F = (450 - 68f_N) / (f_N - 0,77),$$

kde  $f_N$  je nová frekvence kHz a  $R_F$  je odpor externího rezistoru v k $\Omega$ .

Napětí pilového průběhu je přivedeno na vstup - druhého operačního zesilovače IO1B. Ten pracuje také jako komparátor a na svých vstupech srovnává stejnosměrné napětí z běžce potenciometru P1 a právě toto napětí trojúhelníkového průběhu. Výstup IO1B může být opět buď v kladné saturaci (na vstupu + je kladnější napětí než na vstupu -) nebo v záporné saturaci (na vstupu + je zápornější napětí než na vstupu -). Rozsah regulace je určen možností změny napětí na vstupu +. Při předepsaných hodnotách součástek (R1, R10, P1) může být na běžci potenciometru P1 v rozmezí 0,25  $U_N$  až 0,75  $U_N$ . To stačí právě k tomu, aby se střída napětí na výstupu komparátoru IO1A měnila v rozmezí 0 až 1 a byla přitom využita celá dráha potenciometru P1. Výstupním napětím IO1A se buďí výkonový tranzistor T1. Je-li výstup IO1A v kladné saturaci, je tranzistor plně otevřen T1 a zátěž může protékat proud a naopak. Rezistor R12 zajišťuje uzavření regulátoru v případě odpojení potenciometru P1.

Diody D1 se nazývá nulová a slouží k ochraně tranzistoru proti proražení vysokým napětím, vznikajícím při vypínání indukční zátěže (např. motoru). Každá indukční zátěž má snahu udržet protékající proud konstantní, což je ji znemožněno při uzavírání tranzistoru T1. Proud ihned po jeho uzavření proto převezmou nulová diody D1 a přepětí nemůže vzniknout.

Kondenzátory C2 a C3 absorbují energii, vznikající při komutaci regulátoru. Transil D2 omezuje přepětí, které by mohlo ohrozit tranzistor T1.

V děliči R1, P1 a R10 je také zapojena polymerová pojistka F1, která automaticky sníží výstupní napětí regulátoru, zahřeje-li se na přibližně 110 °C. Polymerová pojistka prudce zvýší svůj odpor, přetvoří-li teplota chladiče tranzistoru T1 nebo diody D1 teplotu nad přibližně 110 °C. Tím se prudce zvýší její odpor a změní se rozložení napětí na děliči R1, P1 a R10. Napětí na běžci potenciometru klesne pod 0,25  $U_N$ , což způsobí dočasné uzavření regulátoru. Po ochlazení se sníží odpor pojistky zpět na několik ohmů a výstupní napětí regulátoru se obnoví v původní výši, které je dané nastavením potenciometru.

Tranzistor T1, který je buzen přes rezistor R3, omezuje napájecí napětí řídicí

části regulátoru na 15 V (dáno napětím zenerovy diody D3). Kondenzátor C1 filtruje napájecí napětí.

## Popis konstrukce

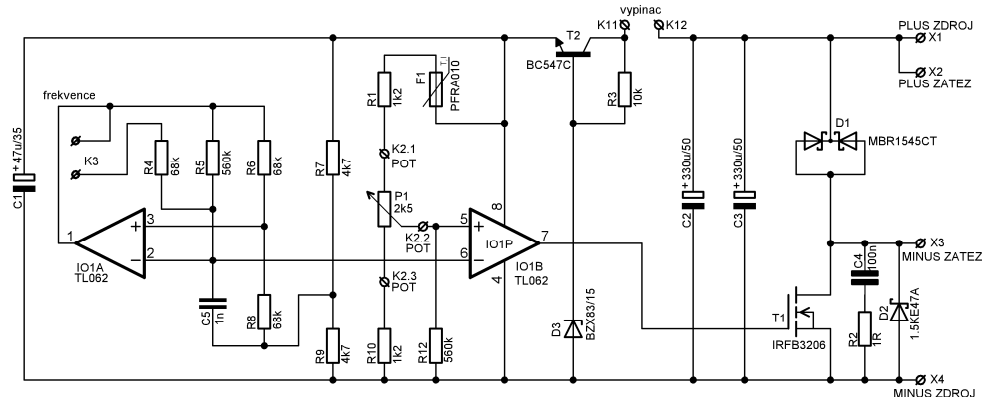
Rozmístění součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2. Použité součástky jsou běžné a nejsou kladeny žádné nároky na jejich výběr. Stačí jejich kontrola přeměřením. Pokud všechny součástky jsou v pořádku a neuděláme chybu při rozmísťování a pájení součástek do desky s plošnými spoji, celé zapojení je tak jednoduché, že musí pracovat ihned po připojení napájecího napětí. Katoda diody BZX83 je označena černým proužkem. Stykovou plochu tranzistoru T1, diody D1 a chladičů natřeme silikonovou vazelinou, aby přechodový tepelný odpor byl co nejnižší. Budou-li spínané proudy malé (do 8 A), není nutno chladič používat.

K pájení je vhodné použít pistolovou páječku s očkem z měděného drátu o průměru asi 0,7 mm nebo mikropáječku. Po zapájení všech součástek odstraníme špičatým nástrojem zbytky kalafuny, abychom odhalili případné nedokonalé spoje nebo zkratky (pohledem proti světlu).

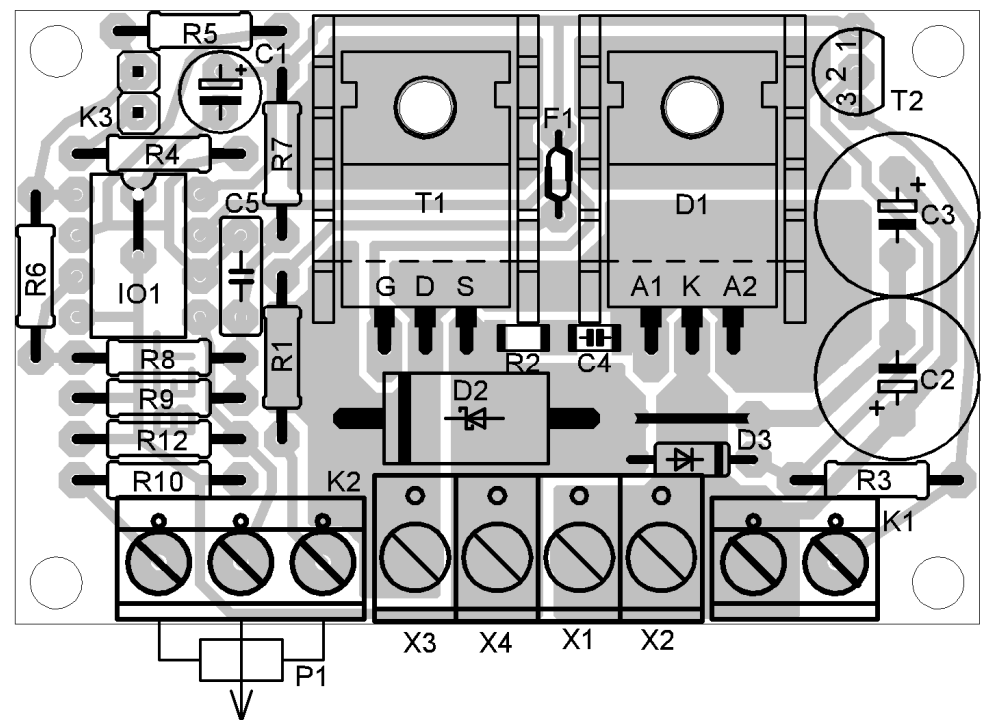
Připojíme napájecí napětí a zkontrolujeme, zda kmitá multivibrátor IO1A (na výstupu IO1A by mělo být polovina napětí  $U_N$ ). Potom připojíme potenciometr P1 a zkontrolujeme voltmetrem, zda se napětí na výstupu IO1B mění přibližně od 0 do  $+U_N$ . Nakonec připojíme zátěž a vyzkoušíme činnost celého zapojení. Nelze-li regulovat napětí na zátěži v celém rozsahu, zmenšíme odpor rezistorů R1 a R10. Tím je celé zapojení oživeno a regulátor je možné začít používat.

## Seznam součástek

IO1	TL062
T1	IRFB3206
T2	BC547C
D1	MBR1545CT
D2	1.5KE47A
D3	BZX83C/15V
C1	47 $\mu$ F/35 V
C2,C3	330 $\mu$ F/50 V
C4	100 nF SMD
C5	1 nF
P1	TP160 2,5K/N
R1,R10	1,2 k $\Omega$
R2	1 $\Omega$ , SMD
R3	10 k $\Omega$
R4,R6,R8	68 k $\Omega$
R5,R12	560 k $\Omega$
R7,R9	4,7 k $\Omega$
F1	PFRA010
svorka	CZM 2/5, 2 ks
svorka	ARK 3/5, 1 ks
svorka	ARK 2/5, 1 ks
chladič	D01, 2 ks
deska s plošnými spoji	



Obr. 1. Schéma zapojení



Obr. 2. Rozmístění součástek