

Voltmetr s potlačenou nulou -

Voltmetr pro napájecí zdroj pevného napětí

Napsal/a: Žirafka

Datum zveřejnění: : 29. 12. 2017 v 14:09

Před časem jsem si na [Hezkém dni](#) opatřila takový pěkný spínaný zdroj, který je schopen dodat proud 2 A při napětí 12 V. Napětí není úplně přesně stabilizováno, ale pro použití, na které jsem ho chtěla použít to tak nevadí. Rozhodla jsem se jej totiž použít jako náhradu palubní sítě auta pro zkoušení, měření a nabíjení různých věcí (hlavně navigace) právě do auta. Sice by se občas hodil zdroj silnější, ale ten jsem neměla a zatím to není zase tak úplně nutné.

Zdroj jsem vlastně jen vestavěla do krabičky a bylo hotovo. Do té krabičky jsem ale dala měřicí přístroje pro měření napětí a proudu. Zdroj je sice zkratuvedorný (při přetížení se vypne), ale i tak je dobré vědět, co se děje a kolik proudu ze zdroje odebírám. Ampérmetr jsem použila úplně klasický, vypočítala jsem bočník a následně jej vyrobila složením z několika výkonových odporů. S voltmetrem to bylo složitější, protože použít voltmetr jednoduchý je sice velmi jednoduché, ale rozlišení není tak dobré. Jako měřidla jsem totiž použila malá ručková měřidla (protože se mi prostě líbila a navíc byla v „šuplíku“). Zdroj sice není moc stabilizovaný, ale přeci jenom změny napětí nejsou tak obrovské, takže to chtělo něco lepšího. A tím něčím lepším je právě voltmetr s potlačenou nulou, o kterém si dneska něco povíme.

Principiální schéma zapojení je prvním obrázkem. Jedná se vlastně o můstek jehož tři větve jsou tvořené odpory a zbývající jedna větev je tvořena zdrojem referenčního napětí, zde tvořený zenerovou diodou.

Obr. 1 – Princip voltmetru s potlačenou nulou.

Zapojení funguje vlastně hrozně jednoduše. Předpokládejme napájecí napětí nula voltů a napětí zenerovy diody 10 voltů. Ručička přístroje je na svém mechanickém dorazu. Pokud se napájecí napětí začne zvyšovat, začne větví $R_2 + R_3$ procházet proud. Zrovna tak začne procházet proud přes R_1 , měřidlo a R_3 . Dokud je napájecí napětí menší než 10 voltů, tak bude levé straně měřidla kladnější napětí než na straně pravé a ručička bude stále na mechanickém dorazu (pro zjednodušení předpokládejme, že to měřidlu nevadí). Napětí na levé straně je vyšší proto, že diodou D_1 zatím neprochází proud, takže napětí v uzlu je dané jen poměrem odporů R_1 , R_3 a vnitřního odporu měřidla. Jsou zapojené do série a tvoří tak dělič napětí. Když napájecí napětí dosáhne hodnoty napětí zenerovy diody, začne jí protékat proud a napětí v tomto uzlu již nebude stoupat. Při dalším zvyšování napájecí napětí bude stoupat jen napětí v uzlu R_2+R_3 a když toto napětí dostoupí hodnoty napětí zenerovy diody, dostane se můstek do vyváženého stavu a napětí na měřidle bude nulové. Ručička je tak stále na svém mechanickém dorazu. Další zvýšení napájecího napětí napětí způsobí rozvážení můstku v jehož úhlopříčce se objeví napětí, které má kladný pól v uzlu R_2+R_3 a měřidlo proto začne měřit a ukazovat nějakou hodnotu. Výhodou je, že měříme s plnou citlivostí měřidla a přitom neměříme od nuly, ale od 10 voltů.

Obr. 2 – celkové schéma voltmetru.

Na druhém obrázkem je již celkové schéma skutečného zapojení. Vychází ze schématu principiálního, ale je doplněné o několik dalších součástí, které jednak upravují rozsah a citlivost měřidla a také jej chrání před nežádoucími stavy v okamžiku, kdy je napětí mimo rozsah

předpokládaného použití.

Místo zenerovy diody je použit monolitický stabilizátor 78L07. Je to proto, že má mnohem lepší parametry, než zenerova dioda. A proč zrovna napětí 7 voltů? Jen proto, že těchto stabilizátorů bylo v zásobách nejvíce, lze použít téměř libovolný jiný stabilizátor s napětím od 5 do 10 voltů. Pokud by byla potřeba měřit vyšší napětí, lze použít i stabilizátor s vyšším výstupním napětím, ale já jsem potřebovala měřit v rozsahu cca 10 až 13 voltů.

Trimr R4 tvoří pravou část můstku z prvního obrázku (odpory R2 a R3) a celkově slouží k seřízení počátku stupnice. Odpor R2 slouží jednak jako zátěž stabilizátoru, některé nemají rádi, když pracují bez zátěže, a také slouží k odvedení proudu, který prochází přes měřidlo. Odpor R1 a trimr R3 omezují proud měřidlem a slouží ke zvýšení jeho rozsahu, jedná se vlastně o klasický předřadník.

Diody D1 chrání měřidlo před napětím opačné polaroty v případě, kdy je napětí v uzlu R2+R3 menší než napětí na výstupu stabilizátoru. Diody D2 a D3 chrání měřidlo před přetížením v případě vyššího napájecího napětí, nebo při chybě během seřizování. Zároveň také trochu zpomalují pohyb ručičky měřidla při vypnutí napájecího napětí.

Kondenzátory slouží k zajištění správného pracovního režimu stabilizátoru a jejich hodnoty jsou určeny výrobcem stabilizátoru. Keramické kondenzátory C2 a C3 by měli být co nejbližší vývodům stabilizátoru.

Čárkovaně naznačená dioda D4 má stabilizátor chránit proti zpětnému napětí v případě zkratu na vstupu voltmetru. Stabilizátory tohoto typu by neměli mít na výstupu vyšší napětí než na svém vstupu. Nicméně se domnívám, že v tomto případě je zbytečná, protože kapacita na výstupu stabilizátoru je minimální a náboj uložený v C3 nemůže stabilizátor ohrozit.

Někdo možná namítne, že dioda zanese do obvodu chybu svojí volt-ampérovou charakteristikou. Mě to také napadlo a tak jsem si linearitu změřila. Ukázalo se, že dioda se při takto malém proudu chová velmi lineárně.

Napětí na zdroji	Napětí na měřidle	Napětí na zdroji	Napětí na měřidle
10,2 V	13,0 mV	11,6 V	118,6 mV
10,3 V	19,8 mV	11,7 V	123,2 mV
10,4 V	27,3 mV	11,8 V	133,0 mV
10,5 V	33,6 mV	11,9 V	141,7 mV
10,6 V	41,2 mV	12,0 V	151,0 mV
10,7 V	48,7 mV	12,1 V	158,0 mV
10,8 V	55,7 mV	12,2 V	167,0 mV
10,9 V	64,0 mV	12,3 V	174,1 mV
11,0 V	71,2 mV	12,4 V	181,4 mV
11,1 V	80,4 mV	12,5 V	189,5 mV
11,2 V	88,6 mV	12,6 V	197,7 mV
11,3 V	95,4 mV	12,7 V	206,2 mV
11,4 V	104,0 mV	12,8 V	212,5 mV

Obr. 3 – graf napětí na měřidle.

Měřila jsem na zhotoveném prototypu a nezkoušela jsem více diod. Nicméně si myslím, že ostatní diody se budou chovat velmi podobně. Konec konců, každý zájemce si může svojí diodu změřit a případně vybrat tu nejhodnější.

Mechanické konstrukce

Svůj voltmetr jsem postavila na univerzální desce plošných spojů. Mám sice navrhnutou i finální desku, ale mám intenzivní pocit, že v tomto přístroji ji nepoužiji 😊 Nicméně je určitá, docela značná, pravděpodobnost, že voltmetr budu stavět ještě jednou a pak bych udělala spojovou desku načisto.

Seřízení voltmetru

Trimr R3 nastavíme na maximum a trimr R4 na minimum. Na vstupní svorky přivedeme minimální napájecí napětí, které chceme mít na začátku stupnice, a potom otáčíme R4 tak dlouho, až se ručička měřidla zvedne ze svého mechanického dorazu. Zvýšíme napájecí napětí na hodnotu maxima, které chceme měřit na konci stupnice, a pomocí R3 seřídíme ručičku na konec stupnice. Oba trimry se mírně ovlivňují, takže je lepší nastavení ještě jednou zopakovat.

Obr. 4 - pohled na prototyp voltmetru. Nalevo je popisovaný voltmetr, vpravo je ampérmetr s bočníkem a v přední části je vidět spínaný zdroj.

Obr.5 - pohled na novou stupnici voltmetru.

Místo použitého typu stabilizátoru by se dala použít například reference TL431, klesla by tak spotřeba proudu. Při pokusech se ale ukázalo, že mnou použitý stabilizátor se během přechodových stavů při zapínání, a hlavně vypínání, napájecího napětí chová lépe. S obvodem TL431 sebou ručička prudce zmítala přes celou stupnici tam a zpět.

Voltmetr mi slouží již nějaký měsíc (vlastně je to již půl roku) ve zdroji a musím říci, že slouží dobře. Pochopitelně by šel ještě vylepšit, ale takto je jednoduchý a spolehlivý. Nemá sice nejmenší spotřebu (cca 5 mA), ale to u síťového zdroje, schopného dodat více jak 2 A, nehraje roli.

Použité součástky (v prototypu)

R1 - 10k (podle citlivosti měřidla)
R2 - 560 ohmů (není kritický)
R3 - 10 k trimr (podle citlivosti měřidla)
R4 - 10 k trimr

D1 až D4 - 1N4148

IO1 - LM78L07 (nebo viz text)

C1 - 100 uF/ 25 V, elektrolytický (kapacita není kritická)
C2, C3 - 100 nF, keramický

Měřidlo DH-45 (ačkoli na stupnici přístroje je nápis JY-45), svorky, spojová deska.

Použitá literatura:

304 zajímavých zapojení 2. díl, návod „96. Voltmetr pro měření síťového napětí“, vydalo nakladatelství HEL v roce 2000.

Aktualizace 4. 1. 2018: Opravila jsem chybu v osmém odstavci a trochu jsem upravila text čtvrtého odstavce. Nebyla v něm chyba, ale připadá mi, že takto je text srozumitelnější. Do dalších odstavců jsem doplnila ještě pár slov.