

Jednoduché proudové nory -

jako předzátěž pro stabilizátor

Napsal/a: Žirafka

Datum zveřejnění: : 29. 09. 2019 v 8:37

Před časem jsem zde popisovala [upravený zdroj](#) s třívorkovým stabilizátorem napětí a v článku jsem se zmínila o tom, že potřebnou předzátěž je lépe vytvořit pomocí proudové nory než pomocí prostého rezistoru. A dneska se na několik jednoduchých proudových nor podíváme.

V dalším textu budu předpokládat, že jako stabilizátor je použitý integrovaný obvod LM317. Pro jiné obvody je situace obdobná, jen je potřeba si hodnoty přizpůsobit tak, aby vyhovovaly pro daný obvod. Rozsah výstupního napětí budu uvažovat v plném základním rozsahu stabilizátoru, čili od 1,25 do 37 V a minimální výstupní proud 3,5 mA.

Nejjednodušším řešením je opravdu jenom rezistor zapojený mezi výstupní svorku a zem, jak to vidíte na prvním obrázku.

Obr. 1 - rezistor jako proudová nora.

Jak vidíte, jednodušší už to opravu být nemůže, nicméně za jednoduchost se platí nízkou účinností obvodu a zbytečnými ztrátami (což je totéž 😊).

Pokud je minimální výstupní napětí 1,25 V a minimální výstupní proud 3,5 mA, je potřebný rezistor s odporem:

$$R = U / I = 1,25 / 0,0035 = \underline{357 \Omega} \text{ čili použijeme odpor } 330 \Omega.$$

$$P = U \times I = 1,25 \times 0,0035 = \underline{0,004 \text{ W}}$$

Nicméně, když výstupní napětí zvýšíme, situace se trochu změní:

$$I = U / R = 10 / 330 = \underline{30 \text{ mA}}$$

$$P = U \times I = 10 \times 0,03 = \underline{0,3 \text{ W}}$$

$$I = 20 / 330 = \underline{60 \text{ mA}}$$

$$P = 20 \times 0,06 = \underline{1,2 \text{ W}}$$

$$I = 30 / 330 = \underline{90 \text{ mA}}$$

$$P = 30 \times 0,09 = \underline{2,7 \text{ W}}$$

$$I = 37 / 330 = \underline{112 \text{ mA}}$$

$$P = 37 \times 0,112 = \underline{4,144 \text{ W}}$$

A ty přibližně 4 watty zbytečně zatěžují zdroj a ohřívají vnitřek přístroje. Také mé ekologické já z toho není úplně nadšené. A ekonomické já také ne, protože watt k wattu, tím pádem watthodina k watthodině a rázem je z toho korunka ke korunce. Naštěstí se dá situace vyřešit výrazně lépe a přitom ne tak moc složitěji. Ve skutečnosti bude výkonová ztráta ještě o něco větší, protože vzniká nejenom na zatěžovacím odporu, ale zároveň i na regulačním tranzistoru stabilizátoru. Přesná velikost této ztráty závisí na velikosti vstupního a výstupního napětí a na proudu.

Proudová nora s tranzistory I

Obr. 2 – proudová nora s tranzistory.

Na druhém obrázku je vidět zapojení jednoduché proudové nory se dvěma tranzistory a dvěma odpory. Funkce obvodu je velmi jednoduchá. Proudem přes R2 se otevírá tranzistor T2 následkem čehož vznikne na R3 úbytek napětí, který otevírá T1. Tím, jak se T1 otevírá, klesne budící proud tranzistoru T2 a ten se přivře, čímž dojde k poklesu napětí na R3 a následkem téhož se přivře T1 a opět se více otevře T2... výsledkem je stabilní stav obvodu, při kterém teče obvodem stále stejný proud. Pokud vám obvod intenzivně připomíná zdroj proudu, tak máte pravdu, je to zdroj proudu pro neuzemněnou zátěž a tu zde představuje „nulový odpor“ v kolektoru T2. Obvod je velmi jednoduchý, velmi spolehlivý a pro daný účel má velmi dobré parametry.

Odebíraný proud se vypočítá takto: $I = U_{be} / R$ [A; V, Ω]

Přičemž U_{be} je úbytek napětí na bázi tranzistoru T1 a R je velikost odporu R3.

Takže pro součástky podle schématu vychází proud $I = 0,6 \times 120 = 5$ mA a tento proud se jen málo mění se změnou výstupního napětí stabilizátoru. Výkonová ztráta také velmi klesne:

$$P = 1,25 \times 0,005 = \underline{0,006 \text{ W}}$$

$$P = 37 \times 0,005 = \underline{0,185 \text{ W}}$$

Zdálo by se, že obvod je téměř ideální, ale to není. Odebíraný proud se totiž mění se změnou výstupního napětí stabilizátoru a může za to proud tekoucí přes R2 do báze tranzistoru T2. Čím větší napětí, tím větší proud. Se zvyšováním odporu R2 se tento přídatný proud zmenšuje, ale zároveň se poněkud zhoršují regulační parametry obvodu. Proti samotnému odporu je však situace výrazně lepší, mařený výkon klesl z více než čtyř wattů na necelé dvě desetiny wattu a to je velice dobrý výsledek.

Proudová nora s tranzistory II

Proudová nora podle předchozího oddílu je jednoduchá a pro daný účel dobrá, nicméně je možné její vlastnosti výrazně vylepšit a přitom to nestojí žádné náklady navíc. Řešení vidíte na třetím obrázku.

Obr. 3 – vylepšená nora s tranzistory.

Změna je vlastně jenom v tom, že buzení tranzistoru T4 (původně T2) se nyní odebírá ze vstupního napětí stabilizátoru. Toto napětí je relativně stabilní a mění se málo, proto se také velmi málo mění i nora odebíraný proud. Nejlepších výsledků by se dosáhlo, kdyby toto napětí bylo také stabilizované, ale pro tento účel je to naprosto zbytečné. Vlastnosti obvodu se zlepšily natolik, že údaj na displeji 3,5 místního ampérmetru se v celém rozsahu výstupních napětí, čili od 1,25 do 37 voltů, nezmění ani na posledním místě. Při změně vstupního napětí se proud mění, podobně jako u první verze nory.

Výkonová ztráta nory je identická jako u předchozího řešení.

Skoro by se dalo říci, jednodušší proudovou noru nelze sestavit, nicméně opak je pravdou. Opravdu to jde, jak si ukážeme v poslední části.

Proudová nora s obvodem LM334

O existenci obvodu LM334 jsem věděla, ale nenapadlo mne jej pro tento účel použít. Až diskuse s jedním člověkem mne přiměla se podívat do katalogového listu obvodu a tam jsem zjistila, že za určitých podmínek je tento obvod schopen pracovat již od napětí 0,5 voltu a tak je pro použití jako předzátěž vlastně ideální. Schéma zapojení této nory je na posledním obrázku.

Obr. 4 - proudová nora s LM334.

Celou noru tvoří jen jeden integrovaný obvod v pouzdru TO92 (velikost malého tranzistoru) a jeden odpor, kterým se nastavuje odebíraný proud. A to je vše. Obvod LM334 je velmi přesný, odebíraný proud se se změnou napětí téměř nemění. Mění se však s teplotou, však se LM334 dá použít i jako teplotní senzor, ale to platí i u předchozích obvodů a v daném případně tato změna nehraje roli.

Odebíraný proud lze vypočítat pomocí tohoto zjednodušeného vzorce:

$$I = 67,7 \text{ mV/R (při } 25^\circ\text{C)}$$

S hodnotami podle čtvrtého obrázku je to pak:

$$I = 67,7 / 18 = \underline{0,0037 \text{ mA}}$$

$$P = 1,25 \times 0,0037 = \underline{0,004 \text{ W}}$$

$$P = 37 \times 0,0037 = \underline{0,137 \text{ W}}$$

Přesné vzorce a postupy, jak proud vypočítat, jsou obsažené v katalogovém listu obvodu.

Jak je vidět, lze proudovou noru vytvořit opravdu jednoduše a přitom bude mít, pro toto použití, výborné parametry. Těch několik málo součástek navíc, proti prostému rezistoru, naprosto vyváží výkonovou ztrátu, zbytečně na rezistoru mařenou. Pokud se použije nora s obvodem LM334, je výsledný obvod dokonce menší, než potřebný minimálně 5W rezistor, který bude za provozu též značně zahřátý, na rozdíl od nory polovodičové, která bude mít, při těchto výkonech, teplotu okolí.

Kterou noru tedy použít jako předzátěž? Je to vlastně jedno, všechny tři mají tak dobré parametry, že jich je jako předzátěže skoro škoda, takže ať se rozhodnete pro kteroukoli z nich, bude to dobrá volba. Část čtenářů jistě napadlo, že by se obvodů nory dala zapojit LED, která by pak indikovala zapnutí zdroje. Jistě by to šlo, LED se zapojí do kolektoru T2 nebo T4, ale je potřeba si uvědomit, že nora pak bude potřebovat vyšší napájecí napětí (o úbytek napětí na LED) a nebude fungovat od minimálního výstupního napětí stabilizátoru. Pokud ovšem stavíte zdroj s výstupním napětím od přibližně 3,5 voltu výše, lze noru využít i takto.

Možná někoho napadne, proč tomuto obvodu vlastně říkám proudová nora. Já vlastně ani nevím, znám toto označení docela dlouho a myslela jsem, že je to běžné označení. Nicméně jsem

průzkumem mezi kamarády a známými zjistila, že to tak běžné označení není. U některých to došlo dokonce tak daleko, že si při spojení „proudová nora“ představují cosi erotického až pornografického. V angličtině se tento obvod označuje jako current sink, do češtiny se to často překládá jako aktivní zátěž nebo elektronická zátěž. Případně jako aktivní elektronická zátěž. Označení je to správné, nicméně dlouhé. Proudová nora se mi líbí o dost více.

Použitá literatura:

Katalogový list [LM317](#)

Katalogový list [LM334](#)

<http://www.tajned.cz/2015/07/jednoduche-proudove-zdroje/>

PS: Je zajímavé, že překladač od Googlu překládá current sink jako „aktuální dřez“ 😊