

Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukáзка má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

redakce nakladatelství BEN – technická literatura
redakce@ben.cz

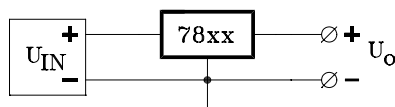


4. LINEÁRNÍ TŘÍSVORKOVÉ STABILIZÁTORY NAPĚTÍ

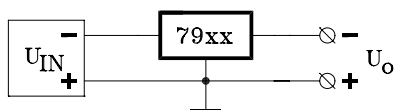
Lineárních třísvorkové stabilizátory můžeme rozdělit do pěti základních skupin: kladný, záporný, s pevným výstupem, sledovací a plovoucí stabilizátory. Každý z nich má vlastní zvláštní charakteristiky a vhodné užití a jeho výběr je závislý nejen na vlastnostech, návrháři, ale i na jeho ceně.

Kladné a záporné stabilizátory

Kladné stabilizátory jsou užívány nejčastěji pro získání kladných napětí a záporné pro získání záporných napětí. Nicméně v závislosti na systému zemnění může každý z těchto typů stabilizátorů být využit i v opačném případě. *Obr. 4.1* a *obr. 4.2* ukazují užití těchto stabilizátorů v jejich obvyklých aplikacích.



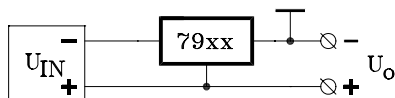
Obr. 4.1 Kladné napětí se 78xx



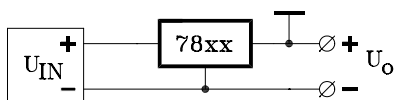
Obr. 4.2 Záporné napětí se 79xx

Význam zemnění je pro jednotlivé případy následující. Jednotlivé kladné stabilizátory mohou být užity v jednom a též zdroji pro jednotlivá napětí se společným zemním vodičem a stejným obvyklým způsobem i stabilizátory záporné.

Jestliže není podmínkou, aby napájecí zdroj pracoval spojen jedním vodičem se zemí, lze jednotlivé stabilizátory zapojit i podle *obr. 4.3* a *obr. 4.5*, kde jsou ukázána zapojení obou typů stabilizátorů v opačné funkci – kladný pro záporná napětí a záporný pro kladná napětí. Podmínkou těchto zapojení je však plovoucí napájecí zdroj, tj. žádná z jeho elektrod nesmí být spojena se zemí.



Obr. 4.3 Kladné napětí se 79xx



Obr. 4.4 Záporné napětí se 78xx

To jsou možné metody využití kladných stabilizátorů pro získání záporných napětí bez společné země napájecího zdroje a výstupního napětí, nicméně jsou tyto metody uskutečnitelné a jsou i využívány zejména z hlediska obvodové kompatibility součástek a jejich ceny.

Třívorkové stabilizátory s pevným výstupním napětím

Návrh stabilizátorů s těmito stabilizátory je nejjednodušší a přitom jejich užití nevyklučuje možnost získání pevného nebo nastavitelného napětí. Máme jimi k dispozici možnosti získání různě velkých napětí kladných i záporných.

■ Výhody těchto stabilizátorů jsou:

- a) jednoduché aplikace,
- b) vnitřní proudové omezení a tepelná pojistka,
- c) není nutno obvod nastavovat,
- d) nízká cena.

■ Jejich nevýhody jsou:

- a) výstupní napětí nemusí být nastaveno přesně – metody donastavení napětí na výstupu jsou ukázány dále,
- b) k dispozici jsou jen dané hodnoty výstupního napětí a proudu,
- c) získání vyšší proudové zatížitelnosti stabilizátorů je nesnadnější než u jiných typů stabilizátorů – metody zvýšení výstupních proudů jsou uvedeny dále.

Třívorkové stabilizátory s nastavitelným výstupním napětím

Užitím třívorkového stabilizátoru s pevným výstupním napětím lze konstruovat i stabilizátory s nastavitelným výstupním napětím. Tyto stabilizátory pracují na principu přičítání proměnného napětí k pevnému výstupnímu napětí vlastního integrovaného stabilizátoru a obvykle umožňují nastavit výstupní napětí v rozsahu od 1,2 [V] do 40 [V] nejčastěji pomocí vnějšího odporového děliče, tvořeného dvěma odpory. Z hlediska výstupního proudu jsou k dispozici stabilizátory od 0,1 [A] do 3,0 [A].

Sledovací stabilizátory

Často jsou požadovány stabilizovatelné zdroje symetrického kladného a záporného napětí vzhledem k zemi a bývají řešeny pomocí operačních zesilovačů apod. V těchto případech jsou potřebné sledovací stabilizátory. Vznikají sloučením kladných a záporných stabilizátorů se společnou zemní svorkou. Tato funkce může být realizována pomocí kladného stabilizátoru výstupního napětí společně s operačním zesilovačem jako sledovacím záporným výstupním stabilizátorem. Nicméně tato metoda řešení předpokládá užití nejméně dvou pouzder s dalšími vnějšími součástkami. Pro minimalizaci vnějších součástek se vyrábí sledovací stabilizátory v jednom pouzdře se stejnou funkcí, např. **MC1568/MC1468** pro napětí ± 15 [V].

Plovoucí stabilizátory

Pokud je požadováno vyšší výstupní napětí než **40 [V]**, je nutno užít některého z typů plovoucích stabilizátorů, např. **MC1455L**. Výstupní napětí takového stabilizátoru je omezeno pouze maximálním kolektorovým napětím užitého externího tranzistoru. Je však potřebné napájecí napětí nízké hodnoty pro vlastní integrovaný stabilizátor.

Výběr integrovaného stabilizátoru

Rozhodneme-li se jednou pro daný typ stabilizátoru, je nutno v následujícím kroku zjistit jeho parametry. Monolitická technologie neumožňuje integraci součástek pro vysoké proudy, proto bývají stabilizátory užívány ve funkci výkonových budičů řídicích tranzistorů. Není samozřejmě možné provést krok po kroku návrh stabilizátoru pro všechny možné jednotlivé specifikace užití. Je nutno si dále uvědomit, že vlastní návrh je kromě technických parametrů podmíněn ještě kompromisem ceny, rozměrů apod. Z těchto důvodů je následující proces návrhu pouze doporučující:

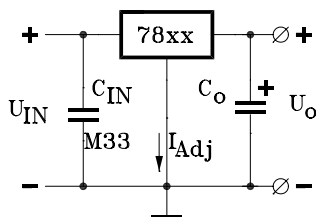
- 1) Vybereme stabilizátor jako průnik možností jeho využití pro dobrou oblast lineární stabilizace, pro rozsah výstupních proudů do zátěže a z hlediska teplotního koeficientu vzhledem k předpokládanému teplotnímu rozsahu činnosti. V tomto okamžiku získáme konkrétní představu o možnostech hodnoty výstupního napětí a proudu, pohybu pracovního bodu stabilizátoru v povolené oblasti a specifických vlastnostech.
- 2) V druhém kroku si vybereme aplikační obvod s přihlédnutím opět k požadovanému výstupnímu napětí, proudu, speciálním požadavkům apod. Předběžně určíme návrh a volbu možného obvodového uspořádání. Potom lze uvážit teprve konečnou konfiguraci jak vzhledem k dosaženým parametrům, tak zejména vzhledem k ceně, váze, rozměrům apod.

Dále je uvedeno vždy několik uspořádání pro každou z několika základních možností zapojení integrovaných stabilizátorů. Organizace stabilizátorů prvního typu a jeho variant je s proudovým omezením. Jejich obvodová schémata mají uvedeny hodnoty součástek pro konkrétní hodnoty výstupních napětí a proudů.

4.1 ZAPOJENÍ STABILIZÁTORŮ S PEVNOU HODNOTOU VÝSTUPNÍHO NAPĚTÍ

Základní zapojení třísvorkového kladného stabilizátoru kladného výstupního napětí je na *obr. 4.5*. V závislosti na typu stabilizátoru lze získat zdroj s maximálním proudem až **3 [A]**. Kondenzátor C_{IN} se užije v případě, kdy je nabíjecí kondenzátor napájecího zdroje vzdálen více než **(5–10) [cm]** od

vlastního stabilizátoru. Při větších vzdálenostech se užije hodnota kapacity $1\ \mu\text{F}$. Na jeho místě je nutno užít kondenzátoru vysokofrekvenčního typu s malou vlastní indukčností.



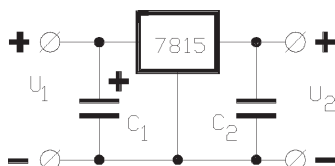
Obr. 4.5 Základní zapojení

C_o je kondenzátor pro zlepšení impulzní odezvy zdroje, číslice na posledních dvou místech označení stabilizátoru udávají velikost výstupního napětí.

Příklad zapojení

Určete velikost vstupního napětí pro integrovaný stabilizátor napětí **7815** zapojený podle *obr. 4.6*. Určete velikost maximálního odebíraného výstupního proudu. Navrhněte hodnoty kondenzátorů. Jaký bude ztrátový výkon na stabilizátoru při maximálním povoleném proudu a napětí?

Pro svoji uspokojivou činnost potřebují stabilizátory řady **78xx** určitý úbytek napětí na vnitřním sériovém regulačním členu. Pro integrovaný obvod **7815** je podle katalogu tento úbytek minimálně **2,5 [V]**. Potřebná minimální hodnota vstupního napětí U_1 je tedy **17,5 [V]**. Maximální hodnota výstupního proudu je pro tuto řadu **78xx** dána katalogem a je trvale **1 [A]**, dynamicky špičkově až **2,2 [A]**.



Obr. 4.6 Základní zapojení stabilizátoru

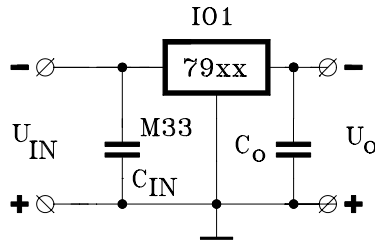
Kondenzátor C_1 je vlastně nabíjecím kondenzátorem předřazeného usměrňovače a jeho hodnota se volí tak, aby střídavá složka napětí na něm nepřesahovala **10 [%]** hodnoty stejnosměrného napětí U_1 . Obvod typu **7815** dále pracuje jako velmi kvalitní filtr a potlačuje velikost zvlnění napětí U_1 až o **70 [dB]** při kmitočtu zvlnění **100 [Hz]** (dáno dvoucestným usměrněním síťového kmitočtu **50 [Hz]**).

Na rozdíl od kondenzátoru C_1 , který má velkou hodnotu kapacity (např. okolo **1 G**), nemá kondenzátor C_2 funkci filtrační (dokonalé filtrace je dosaženo vysokým činitelem potlačení střídavé složky), ale zabraňuje rozkmitání stabilizátoru na vysokém kmitočtu. Požadavkem na C_2 je tedy nízká parazitní indukčnost, volíme jej tedy keramický o hodnotě kapacity okolo **M1**.

Opět podle katalogových údajů je možno na vstup obvodu **7815** připojit napětí o velikosti maximálně **35 [V]**. Při maximálním odebíraném proudu **1 [A]** by byl ztrátový výkon **20 [W]**. Skutečný ztrátový výkon je dán teplotou integrovaného obvodu (intenzitou chlazení jeho pouzdra), protože je ztrátový výkon obvodu omezen tepelnou ochranou.

Zapojení třísvorkových stabilizátorů záporného napětí

Na obr. 4.7 je základní zapojení třísvorkového stabilizátoru pro záporná napětí, kde C_{IN} se užije, pokud je stabilizátor umístěn dále od napájecího zdroje (jeho výstupního kondenzátoru) o více než (5–10) [cm], při větší vzdálenosti se užije hodnota kapacity 1 [μF]. Kondenzátor musí být vysokofrekvenčního typu. Kondenzátor C_o se užívá se pro zlepšení impulzní odezvy zdroje.



Obr. 4.7 Základní zapojení pro záporná napětí s obvodem 79xx

4.2 ZAPOJENÍ STABILIZÁTORŮ S NASTAVITELNOU HODNOTOU VÝSTUPNÍHO NAPĚTÍ

Nejjednodušším způsobem změny výstupního napětí integrovaného stabilizátoru je zařazení odporu do společné svorky stabilizátoru, kterou protéká proud $I_Q = I_{Adj}$, tj. proud vlastní spotřeby obvodu. Vzhledem k tomu, že tento proud se mění a je u různých typů a různých výrobců nestejně veliký, je toto řešení sice nejjednodušší, ale také nejméně kvalitní a je zde uvedeno pouze pro úplnost.

Příklady zapojení

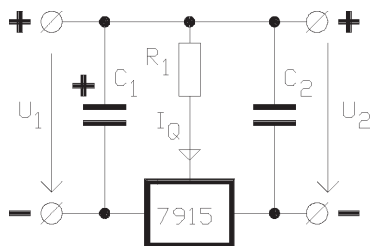
- 1) Určete velikost výstupního napětí zdroje napětí s integrovaným stabilizátorem 7915 podle obr. 4.8, je-li hodnota odporu $R_1 = 4k7$. Určete potřebnou velikost vstupního napětí U_1 a navrhnete hodnotu kondenzátoru C_2 .

Stabilizátor typu 7915 je schopen stabilizovat záporná napětí vzhledem k zemi o velikosti – 15 [V]. Pokud však požadujeme napětí výstupu vyšší, je možno tento požadavek realizovat několika různými způsoby, z nichž jeden je zobrazen právě na obr. 4.8. Využívá té skutečnosti, že vývodem, který je společný pro vstup i výstup vtéká do obvodu proud I_Q , jehož velikost je podle katalogu pro 7915 typicky 4,4 [mA] (tato hodnota je však individuální pro každý vyrobený kus stabilizátoru, pohybuje se v rozmezí do maximálně 8 [mA] a reprezentuje vnitřní spotřebu stabilizátoru). Zařazením odporu do tohoto vývodu na něm pak vzniká úbytek napětí:

$$\Delta U = R_1 \cdot I_Q = 4,7 \cdot 10^3 \cdot 4,4 \cdot 10^{-3} = 20,7 \text{ [V]}.$$

Celková hodnota výstupního napětí je potom dána součtem výstupního napětí integrovaného stabilizátoru a napětí na odporu R_1 :

$$U_2 = U_{stab} + \Delta U = 15 + 20,7 = 35,7 \text{ [V]}.$$



Obr. 4.8 Zvýšení výstupního napětí stabilizátoru záporného napětí

Hodnotu výstupního kondenzátoru volíme jako obvykle **M1** pro omezení možnosti samovolného rozkmitání integrovaného stabilizátoru. Volíme keramický typ s minimální vlastní indukčností. Velikost vstupního napětí je hodnotou výstupního napětí U_2 a hodnotou provozního napětí na integrovaném stabilizátoru pro jeho činnost v lineární oblasti regulace:

$$U_1 = U_2 + U_p = 35,7 + 2,5 = 38,2 \text{ [V]}.$$

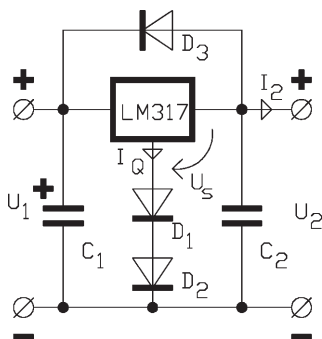
- 2) Vysvětlíte funkci polovodičových diod D_1 a D_2 v zapojení podle *obr. 4.9*. Určete velikost výstupního napětí stabilizátoru, jsou-li obě diody **Si** typu.

Na diodách D_1 a D_2 vzniká průtokem proudu I_Q úbytek napětí, který je relativně nezávislý na velikosti tohoto proudu – jedná se o úbytek na polovodičové diodě v propustném směru, který je přibližně konstantní, pokud je proud I_Q tak velký, že se pracovní bod nalézá za kolenem VA charakteristiky.

Pokud jsou užity **Si** diody, pak tento úbytek je cca **0,7 [V]** na každé z nich. Vzhledem k malé hodnotě proudu I_Q je však potřeba vybrat z katalogu takovou diodu, která splňuje podmínku, že při tomto proudu je její pracovní bod již za kolenem charakteristiky. Tomu odpovídají diody s malou hodnotou proudu I_F , např. typu **1N41148**, **1N4848** apod. Integrovaný stabilizátor typu **LM317** je výrobek firmy **MOTOROLA** a jeho výstupní stabilizované napětí je **1,2 [V]**.

Výstupní napětí celého stabilizátoru je pak dáno:

$$U_2 = U_s + 2 \cdot U_F = 1,2 + 2 \cdot 0,7 = 2,6 \text{ [V]}.$$



Obr. 4.9 Zvýšení výstupního napětí pomocí diod

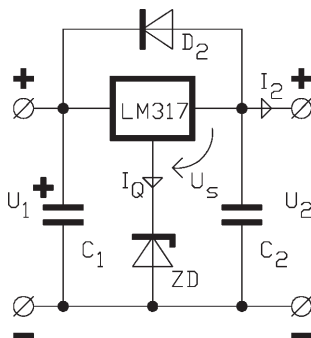
Dioda D_3 , stejně jako v předcházejících případech, chrání integrovaný stabilizátor před následky zkratu na vstupní straně (napětí U_1). Toto zapojení vykazuje lepší stabilitu výstupního napětí se změnami jak zátěže, tak i hodnoty vstupního napětí U_1 (vlivem kolísání odběru proudu vlastním integrovaným obvodem), než předcházející zapojení s odpory.

Vzhledem k tomu, že integrovaný obvod **LM317** vyžaduje pro svoji správnou činnost rozdíl napětí mezi vstupem a výstupem o velikosti **3,8 [V]**, pak minimální hodnota vstupního napětí je **6,4 [V]** (maximální hodnota je až **37 [V]**).

- 3) Určete velikost výstupního napětí stabilizátoru na *obr. 4.10*, je-li Zenerova dioda typu **BZX83V003.0**. Navrhněte hodnoty ostatních součástek stabilizátoru.

Z katalogu nejprve zjistíme velikost výstupního napětí integrovaného stabilizátoru **LM317**, která je **1,2 [V]**. Stejně tak v katalogu zjistíme velikost Zenerova napětí Zenerovy diody, které je udáváno v rozmezí od **2,8** do **3,2 [V]**. Zenerova dioda **BZX83V003.0** je protékána proudem I_Q integrovaného obvodu **LM317**, jehož hodnota je v katalogu udána v rozmezí **(50–100) [mA]**. Vzhledem k takto malému proudu I_Q integrovaného stabilizátoru **LM317** nelze užít libovolnou Zenerovu diodu, ale pouze diodu, která má koleno **VA** charakteristiky v závěrném směru již při takto malém proudu.

Pokud by tomu tak nebylo, je možno proud I_R Zenerovy diody uměle zvýšit zapojením odporu mezi výstupní kladnou svorku zdroje a katodu **ZD**. Velikost tohoto odporu by pak byla určena potřebným doplňujícím proudem pro dosažení pracovního bodu **ZD** za kolemem **VA** charakteristiky v závěrném směru.



Obr. 4.10 Stabilizátor se Zenerovou diodou

Výstupní napětí U_2 je opět jako v předcházejících případech dáno součtem:

$$U_2 = U_s + U_{ZD} = 1,2 + 3,0 = 4,2 \text{ [V]}.$$

Kondenzátor C_1 je součástí předřazeného usměrňovače a volí se okolo hodnoty **1G** tak, aby zvlnění střídavou složkou na něm se pohybovalo do **10 [%]**. Kondenzátor C_2 zabraňuje rozkmitání integrovaného obvodu vlivem vnějších zpětných vazeb na vysokém kmitočtu a volí se keramický s malou vlastní indukčností o hodnotě okolo **M1**. Dioda D_2 chrání integrovaný obvod **LM317** v případě zkratu na vstupní straně U_1 , kdy by došlo k jeho poškození opačnou polaritou napětí, než pro kterou je konstruován.

- 4) Navrhněte hodnoty odporů R_1 a R_2 na *obr. 4.11* tak, aby výstupní napětí zdroje bylo proti zemi **-60 [V]**.