

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

KATEDRA FYZIKY

Přípravky pro měření integrovaných stabilizátorů napětí a proudů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Knihovna JU - PF



3115172538

Autor práce : Jan Šítal
Vedoucí práce: PaedDr. Josef Voda
Datum odevzdání: 30. dubna 2006

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
PEDAGOGICKÁ FAKULTA
KATEDRA FYZIKY

- 48 -

28.4.2006 Bydlan

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného dohledu vedoucího diplomové práce PaedDr. Josefa Vody a že jsem se držel všech uvedených zásad pro vypracování. Dále prohlašuji, že veškeré podklady ze kterých jsem čerpal jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

V Dobré Vodě u Českých Budějovic

Dne 25. 4. 2006 Podpis.....

Obsah

Průběh

1. Úvod	1
2. Úvodní kapitola	2
3. Úvodní kapitola	3
4. Úvodní kapitola	4
5. Úvodní kapitola	5
6. Úvodní kapitola	6
7. Úvodní kapitola	7
8. Úvodní kapitola	8
9. Úvodní kapitola	9
10. Úvodní kapitola	10
11. Úvodní kapitola	11
12. Úvodní kapitola	12
13. Úvodní kapitola	13
14. Úvodní kapitola	14
15. Úvodní kapitola	15
16. Úvodní kapitola	16
17. Úvodní kapitola	17
18. Úvodní kapitola	18
19. Úvodní kapitola	19
20. Úvodní kapitola	20
21. Úvodní kapitola	21
22. Úvodní kapitola	22
23. Úvodní kapitola	23
24. Úvodní kapitola	24
25. Úvodní kapitola	25
26. Úvodní kapitola	26
27. Úvodní kapitola	27
28. Úvodní kapitola	28
29. Úvodní kapitola	29
30. Úvodní kapitola	30
31. Úvodní kapitola	31
32. Úvodní kapitola	32
33. Úvodní kapitola	33
34. Úvodní kapitola	34
35. Úvodní kapitola	35
36. Úvodní kapitola	36
37. Úvodní kapitola	37
38. Úvodní kapitola	38
39. Úvodní kapitola	39
40. Úvodní kapitola	40
41. Úvodní kapitola	41
42. Úvodní kapitola	42
43. Úvodní kapitola	43
44. Úvodní kapitola	44
45. Úvodní kapitola	45
46. Úvodní kapitola	46
47. Úvodní kapitola	47
48. Úvodní kapitola	48
49. Úvodní kapitola	49
50. Úvodní kapitola	50
51. Úvodní kapitola	51
52. Úvodní kapitola	52
53. Úvodní kapitola	53
54. Úvodní kapitola	54
55. Úvodní kapitola	55
56. Úvodní kapitola	56
57. Úvodní kapitola	57
58. Úvodní kapitola	58
59. Úvodní kapitola	59
60. Úvodní kapitola	60
61. Úvodní kapitola	61
62. Úvodní kapitola	62
63. Úvodní kapitola	63
64. Úvodní kapitola	64
65. Úvodní kapitola	65
66. Úvodní kapitola	66
67. Úvodní kapitola	67
68. Úvodní kapitola	68
69. Úvodní kapitola	69
70. Úvodní kapitola	70
71. Úvodní kapitola	71
72. Úvodní kapitola	72
73. Úvodní kapitola	73
74. Úvodní kapitola	74
75. Úvodní kapitola	75
76. Úvodní kapitola	76
77. Úvodní kapitola	77
78. Úvodní kapitola	78
79. Úvodní kapitola	79
80. Úvodní kapitola	80
81. Úvodní kapitola	81
82. Úvodní kapitola	82
83. Úvodní kapitola	83
84. Úvodní kapitola	84
85. Úvodní kapitola	85
86. Úvodní kapitola	86
87. Úvodní kapitola	87
88. Úvodní kapitola	88
89. Úvodní kapitola	89
90. Úvodní kapitola	90
91. Úvodní kapitola	91
92. Úvodní kapitola	92
93. Úvodní kapitola	93
94. Úvodní kapitola	94
95. Úvodní kapitola	95
96. Úvodní kapitola	96
97. Úvodní kapitola	97
98. Úvodní kapitola	98
99. Úvodní kapitola	99
100. Úvodní kapitola	100

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce za poskytnuté rady, materiály, náměty a obětovaný čas při vedení této diplomové práce. Dále bych tímto chtěl poděkovat všem, kteří mi jakkoli pomohli při studiu a velký dík patří zejména mým rodičům za podporu během studia.

Obsah:

Úvod	6
1. Stabilizace a stabilizátory	6
1.1. Paralelní a sériový stabilizátor	8
1.2. Parametrické stabilizátory	10
1.3. Lineární stabilizátory	11
1.4. Základní pojmy	12
2. Teoretický rozbor integrovaných obvodů MA7805 a MAA723	13
2.1. Integrovaný obvod MA7805	13
2.1.1. Číselné označení	14
2.1.2. Blokové schéma IO MA7805	14
2.1.3. Typy pouzder a označení vývodů	15
2.1.4. Katalogové údaje IO Tesla MA7805	17
2.1.5. Základní výhody a nevýhody	18
2.1.6. Stabilizace záporného napětí kladným stabilizátorem a naopak	20
2.1.7. Základní zapojení IO MA7805	21
2.1.8. Změna výstupního napětí IO MA7805	22
2.1.9. Zvýšení výstupního napětí pomocí rezistorů	23
2.1.10. Zvýšení výstupního napětí pomocí diod	25
2.1.11. Zvýšení výstupního napětí pomocí operačního zesilovače	26
2.1.12. Ochrana před vysokým vstupním napětím	27
2.1.13. Zdroj proudu se stabilizátorem napětí	28
2.2. Integrovaný obvod MAA723	29
2.2.1. Katalogové údaje IO Tesla MA723	30
2.2.2. Typy pouzder a označení vývodů	31
2.2.3. Funkční blokové schéma stabilizátoru MAA723	33
2.2.4. Doporučené zapojení	34
2.2.5. Proudové posílení výstupu pomocí tranzistoru NPN	36
2.2.6. Zapojení pro měření rozsahu vstupních napětí, omezení proudu a stability výstupního napětí při změně zátěže	37
2.2.7. Zapojení pro měření klidového proudu	38
2.2.8. Zapojení pro měření potlačení zvlnění	39

3. Návrh přípravků pro měření	40
3.1. Obecná část	41
3.1.1. Základní schéma pro měření parametrů stabilizátorů napětí	41
3.1.2. Měřené parametry na stabilizátorech napětí	42
3.2. Přípravek s IO MA7805.....	44
3.2.1. Návrh zapojení.....	44
3.2.2. Konstrukční řešení	45
3.3. Přípravek s IO MAA723.....	47
3.3.1. Návrh zapojení.....	47
3.3.2. Konstrukční řešení	49
4. Úlohy pro měření	52
4.1. Úlohy společné pro IO MA7805 a MAA723	52
4.1.1. Kontrola rozsahu a činitel napěťové stabilizace	52
4.1.2. Stabilita výstupního napětí a proudový činitel stabilizace	54
4.1.3. Klidový proud a potlačení zvlnění	56
4.2. Úlohy pro integrovaný stabilizátor MA7805	58
4.2.1. Zdroj proudu se stabilizátorem napětí.....	58
4.2.2. Změna pevného napětí a test diod	61
Závěr	63
Seznam použitých zdrojů	64
Seznam doporučených zdrojů	65
Seznam obrázků	66
Seznam tabulek	67
Anotace	68
Přílohy	69

ÚVOD

Výběr tématu bakalářské práce není podle mě jednoduché rozhodnutí. Když jsem se v této situaci ocitl já, neměl jsem ještě žádnou představu o tématu, které bych chtěl zpracovávat. Témata bylo opravdu z čeho vybírat, ale bez konkrétní představy je rozhodování vždy velice složité. Jelikož mezi mé zájmy patří mimo jiné elektronika a studovaný obor je mimo jiné zaměřen na elektrotechniku, přikláněl jsem se k výběru tématu spíše z této oblasti. Vybírat z témat, které se svým zaměřením hodí spíše do jiných oborů mi přišlo nevhodné.

Stabilizátory napětí a proudů jsem se nikdy moc nezabýval a tak mě toto téma ze začátku příliš nelákalo. Mé znalosti tohoto druhů obvodů nebyly příliš široké a ani potřebné materiály nebyly zrovna nazbyt. Přeci jen jsem si toto téma zvolil s tím, že si vyplním mezeru ve svých znalostech. Součástí práce je zhotovení dvou výrobků, které mají být využívány pro měření parametrů stabilizátorů v laboratorních cvičeních. To pro mne bylo další motivací, protože tím usnadním práci studentům, jejichž specializací není elektronika a kteří se mnohdy se stabilizačními obvody při laboratorních cvičeních setkávají poprvé.

Stabilizace a stabilizátory:

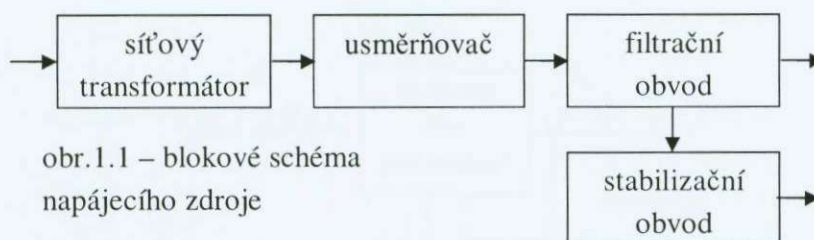
Pod pojmem stabilizátor si lze představit jakýkoli obvod, jehož účelem je udržovat hodnotu veličiny nebo stav elektronického obvodu v určitém stavu, který je označen za stabilní a tím i na okolí nezávislý. Stabilizací tedy dosáhneme nezávislosti námi stabilizované veličiny nebo obvodu na měnících se podmínkách. Nejčastěji je stabilizátor spojován s napájecími zdroji, jejichž bývá součástí, ale chceme-li stabilizovat například zesilovač, který má být nezávislý na teplotě okolí, těžko toho lze dosáhnout stabilizátorem umístěným v napájecím zdroji. Obvykle jsou již v obvodu zahrnuty prvky určené ke stabilizaci. Obecně se tedy vždy nemusí jednat o stabilizátor napětí nebo proudu. V této práci se však budu zabývat pouze obvody, jejichž funkcí je udržovat na výstupu konstantní napětí nebo proud při změnách teploty nebo vstupních veličin a které obecně nazýváme stabilizátory napětí a proud;

Mezi stabilizátory lze všeobecně zařadit obvody, které umožňují stabilizovat výstupní napětí nebo proud při změnách výstupního (zatěžovacího) proudu, vstupního napětí nebo okolní teploty. Někdy je potřeba brát v úvahu i jiné vlivy, jako například vlhkost prostředí, vliv elektromagnetického vlnění nebo stárnutí součástí apod. Při stabilizování napětí nebo proudu se však s nutností přihlížet i na tyto vlivy setkáme málokdy.

Ve stále modernějších a složitějších zařízeních, které nás v současné době začínají čím dál více obklopotvat je stabilizace více než nutná a kvalitnější napájecí zdroj si bez jakéhokoli stabilizačního prvku již snad ani nelze představit. V napájecích zdrojích je tedy funkce stabilizátoru zastoupena čím dál častěji. V blokovém schématu, které je uvedeno na obr.1.1 je blok se stabilizátorem uveden až na konci celého řetězce a následuje za filtračním členem. Samotný stabilizátor určený k udržení konstantní hodnoty výstupu však též více či méně snižuje střídavou složku výstupního napětí a dá se říct, že pracuje i jako filtr. Jak je z blokového schématu napájecího zdroje patrné, výstupem může být již vyfiltrované stejnosměrné napětí, které pro některé aplikace stačí a již není třeba stabilizovat. Často se s takovýmto zdrojem setkáváme v různých adaptérech, jako příklad bych uvedl nabíječky mobilních telefonů apod. Pokud je pro zařízení připojené za adaptér třeba stabilizované napětí, tak bývá stabilizátor součástí tohoto zařízení, nikoli napájecího zdroje.

Mimo stabilizátorů stejnosměrného napětí existují samozřejmě obvody pro stabilizaci střídavých napětí a proudů. Tato práce je však zaměřena na stejnosměrné stabilizátory a konkrétně na integrované obvody MAA723 a MA7805. Pokud je dále použito slovo stabilizátor, jedná se vždy o kladný stabilizátor stejnosměrného napětí nebo proudu.

Při současném vývoji elektroniky v oblasti napájecích zdrojů je již vývoj zaměřen na elektronické spínané napájecí zdroje a již zmíněná koncepce, která je uvedena na obr. 1.1 postupně odchází do ústraní. Ve spínaných zdrojích je již stabilizace výstupního napětí nebo proudu řešena zcela jinou technologií, která nemá s integrovanými stabilizátory již nic společného.



obr.1.1 – blokové schéma napájecího zdroje

1.1 Paralelní a sériový stabilizátor

Každý stabilizátor je vždy mimo jiné tvořen regulačním členem, který řídí výstup stabilizátoru. Regulační člen může též být samotný integrovaný stabilizátor. Z pohledu zapojení tohoto členu (popřípadě celého stabilizátoru) v obvodu lze stabilizátory rozdělit na paralelní a sériové.

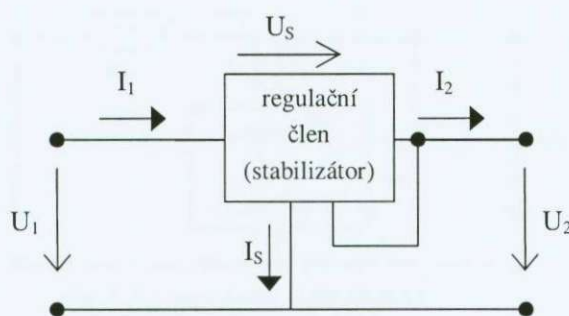
U sériového stabilizátoru je řídicí člen zapojen v celém obvodu sériově a veškerý proud tekoucí ze zdroje do zátěže prochází přes stabilizátor. Schematické znázornění je na obr.1.2, regulační člen zde funguje jako ventil. Nevýhodou tohoto zapojení je úbytek napětí, který se na něm tvoří a se kterým je třeba při návrhu zdroje počítat. Dále je tento typ stabilizátoru náchylný na přetížení. Při překročení dovolené zátěže nebo zkratu hrozí zničení stabilizátoru, jelikož veškerý proud se přes něj uzavírá. Snadno se takto přesáhne hranice proudu, na kterou je stabilizátor stavěn. Naopak výhodou může být, že odpojení zátěže nemá na stabilizátor žádný vliv a v tomto případě jím neprotéká žádný proud. Sériový stabilizátor je popsán vzorci 1,2,3 a 4.

$$U_1 = U_s + U_2 \quad (1)$$

$$U_s = f(U_2) \quad (2)$$

$$I_1 = I_2 + I_s \quad (3)$$

$$P_s = U_s \cdot I_2 \quad (4)$$



obr.1.2 - Sériový stabilizátor

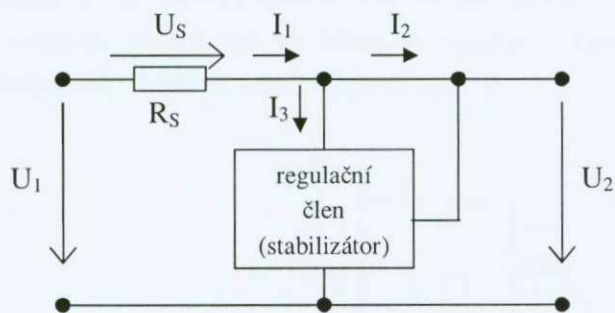
V případě paralelně zapojeného regulačního členu teče proud přes dvě větve, které jsou zapojeny vedle sebe. V jedné větvi je zapojen stabilizátor a ve druhé je paralelně zapojena zátěž. Názorné schéma je na obr.1.3. Regulace probíhá tak, že úbytek tvořený na stabilizátoru je zároveň výstupní stabilizované napětí. Hlavní výhodou takto zapojeného stabilizátoru je odolnost vůči přetížení. Při nadměrném zatížení neteče celkový proud jen přes stabilizátor a tudíž nemůže dojít k jeho zničení. Naopak stav při odpojené zátěži může být nebezpečný. Celé napětí zdroje je v tu chvíli přivedeno jen na stabilizátor, jehož snahou je udržovat na výstupu nastavené napětí. Stálé snižování napětí vede ke zvyšování proudu tekoucího stabilizátorem a pokud se překročí hranice, na kterou je stabilizátor konstruován, dojde k jeho zničení. Nevýhodou je také stálá výkonová ztráta na stabilizátoru i když není zatížen. V obvodu na obr.1.3 je zapojen ještě rezistor R_s , který může omezit proud při odpojené zátěži a tím ochránit stabilizátor před zničením a zároveň zdroj při zkratu. Paralelní stabilizátor je popsán vzorci 5,6,7, 8.

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (5)$$

$$I_3 = f(U_2) \quad (6)$$

$$U_s = R_s \cdot I \quad (7)$$

$$P_s = U_2 \cdot I_3 \quad (8)$$



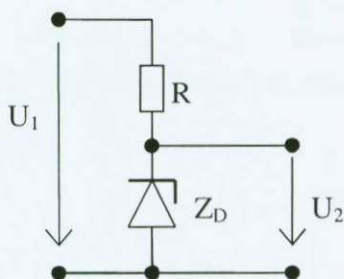
obr.1.3 - paralelní stabilizátor

1.2 Parametrické stabilizátory:

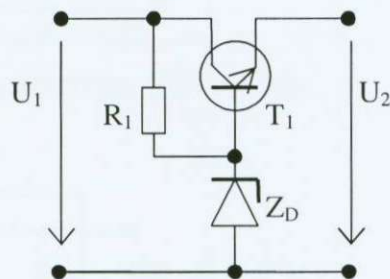
Další skupinou, podle které lze stabilizátory rozdělit, jsou stabilizátory parametrické. Jak již název napovídá, funkce těchto stabilizátorů závisí na nějakých parametrech. V tomto případě se jedná o parametry stabilizačního prvku, kterým je převážně stabilizační Zenerova dioda i když to není podmínkou. K obdobné činnosti lze využít tranzistor nebo běžnou diodu. Takovéto stabilizátory se někdy nazývají jako diskretní (jsou složeny z diskretních součástek)

Principiálně je tento druh stabilizátoru založen na rozdílu mezi statickým (stejnoseměrným) a dynamickým odporem stabilizačního prvku v pracovním bodě. Podle velikostí statického a dynamického odporu lze určit, zda se jedná o stabilizátor proudu nebo napětí. Pokud je dynamický odpor v pracovním bodě menší než statický, jedná se o stabilizátor napětí, v opačném případě se jedná o stabilizátor proudu. Na rozdíl od lineárních stabilizátorů nemají vedenou zpětnou vazbu z výstupu na vstup. Více se o těchto typech stabilizátorů dočtete v pramenu [3].

Při použití běžné polovodičové diody je možné dosáhnout stabilizovaného napětí, jehož maximální velikost je rovna napětí, které je potřebné pro otevření diody, tzv. prahové napětí. Zapojení je v propustném směru a velikost stabilizovaného napětí, kterého můžeme dosáhnout je například u křemíkových diod 0,7 [V] a u Germaniových diod 0,3V. Pro zvýšení hodnoty stabilizovaného napětí je možné zařadit více diod do série. Na obr.1.4. je ukázka základního zapojení Zenerovou diodou, která umožňuje stabilizovat napětí dle typu až do 12V. Stabilizační dioda je zapojena v závěrném směru a při přesáhnutí Zenerova napětí dochází k nedestruktivnímu průrazu. Těmito typy stabilizátorů se zajímám, protože vhodným zapojením Zenerovy diody a bipolárního tranzistoru vodivosti NPN lze vytvořit obvod, kterým lze chránit vstup integrovaného stabilizátoru proti vyššímu napětí než na které je vyroben. Takový obvod je pak nazývám předstabilizátorem a schéma zapojení je na obr.1.5.



obr.1.4 – stabilizátor napětí se Zenerovou diodou



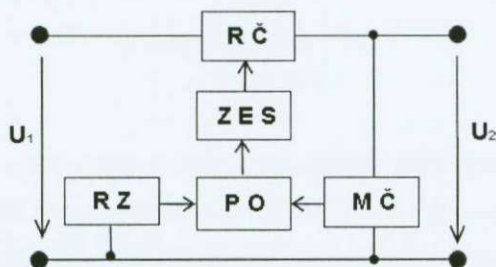
obr.1.5 – stabilizátor napětí se Zenerovou diodou a bipolárním tranzistorem NPN

1.3 Lineární stabilizátory

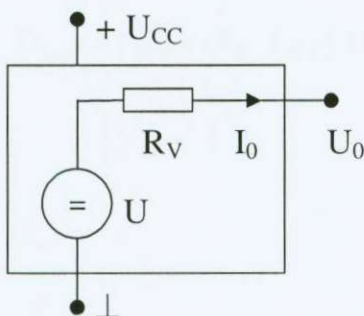
Na rozdíl od parametrických stabilizátorů, obsahují lineární stabilizátory zpětnou vazbu, porovnávací obvody a zdroj referenčního napětí. Blokové schéma je uvedena na obr.1.6 a tyto stabilizátory jsou niž řešeny jako integrované obvody.

Zdroj referenčního napětí označený jako RZ musí být sám o sobě velice stabilní, protože od jeho údaje se odvíjí celý proces stabilizace a je na něm závislé i výstupní napětí. Porovnávací obvod PO porovná napětí ze zdroje referenčního napětí a napětí přivedené z měřicího obvodu zpětné vazby, vyhodnotí odchylku výstupního napětí od referenčního, ta je poté zesílena zesilovačem regulační odchylky ZES a výstupním napětím zesilovače je pak řízen regulační člen RČ, kterým je regulováno výstupní napětí. Výstupní napětí je většinou buď rovno referenčnímu nebo je jeho násobkem, případně podílem.

Stabilizátor má tedy snahu udržovat výstupní napětí U_0 konstantní při jakékoli změně zátěže. Ideální stabilizátor lze přirovnat k ideálnímu zdroji napětí, který má také konstantní výstupní napětí a nulový vnitřní odpor. Bohužel jak již to bývá, reálný stabilizátor se od uvedeného ideálního modelu liší. V praxi je integrovaný stabilizátor reprezentován modelem, který je uveden na obr.1.7. Jedná se o napěťový zdroj U s kladnou hodnotou výstupního odporu. Se zvyšujícím výstupním proudem se zvyšuje i úbytek napětí na vnitřním rezistoru R_v . Velikost výstupního napětí je závislá na zatěžovacím proudu I_0 . Lineární stabilizátory jsou v současné době v klasických napájecích zdrojích nejvíce rozšířené a do tohoto druhu spadají i integrované stabilizátory MA7805 a MAA723.



obr.1.6 – blokové schéma lineárního stabilizátoru



obr.1.7 – model lineárního stabilizátoru

1.4 Základní pojmy

1. Činitel napět'ové stabilizace – Je vyjádřen poměrem mezi změnou výstupního napětí a změnou vstupního napětí při konstantním zatěžovacím proudu. Obvykle je označován S_U , je vypočítán podle vzorce č. 9 a v ideálním případě je $S_U = 0$. Jedná se o bezrozměrnou veličinu. U_1 označuje vstupní napětí a U_2 výstupní stabilizované napětí.

$$S_U = \frac{dU_1}{dU_2} \quad (9)$$

2. Činitel proudové stabilizace – Je vyjádřen poměrem mezi změnou výstupního napětí a změnou výstupního proudu při konstantní hodnotě vstupního napětí. Obvykle je označován S_I , je vypočítán podle vzorce č. 10 a v ideálním případě je $S_I = 0$ [Ω]. U_2 označuje výstupní stabilizované napětí a I_2 výstupní proud.

$$S_I = \frac{dU_2}{dI_2} \quad (10)$$

3. Podlační zvlnění – Je definováno jako poměr mezi zvlněním vstupního napětí U_1 a zvlněním výstupního napětí U_2 . Je označeno jako p [dB] a vypočítá se podle vzorce č.11. Do vzorce se dosazují pouze hodnoty napětí mezi špičkami, které jsou označeny U_{1S} a U_{2S} .

$$p = 20 \log \left(\frac{U_{1S}}{U_{2S}} \right) \quad (11)$$

4. Výstupní odpor – Při zatížení způsobuje pokles výstupního napětí. Je označován R_V [Ω] a výpočet lze provést podle vzorce č. 12. U_{OUT} označuje výstupní napětí stabilizátoru, U_{INT} označuje nastavené vnitřní napětí bez zátěže a I_{OUT} označuje výstupní proud.

$$U_{OUT} = U_{INT} - (R_V \cdot I_{OUT}) \quad (12)$$

2. Teoretický rozbor integrovaných obvodů

MA7805 a MAA 723

Ačkoli se v obou případech jedná o integrované stabilizátory napětí, jsou mezi nimi značné rozdíly. Liší se nejen parametry, ale obvody mají své specifické použití a lze je se mezi sebou zaměnit vhodným zapojením jen v některých aplikacích.

V případě integrovaného obvodu MA 7805 se jedná o lineární tří svorkový monolitický stabilizátor pevnou hodnotou výstupního napětí a pro svou funkci již nepotřebuje téměř žádné další součástky. Integrovaný obvod MAA 723 je více svorkový a oproti MA7805 univerzálnější. Jeho funkce v obvodu je dána zapojením a parametry dalších elektronických součástek použitých v daném obvodu. Oproti MA7805 lze pomocí něj navrhovat mnoho dalších elektronických zařízení. Obvody nepatří sice mezi nejmladší, ale doposud z nich mnoho integrovaných stabilizátorů vychází. Odlišují se různým označením, například náhrada za MAA723 může být MC1723. Nahrazen je samozřejmě i obvod MA78xx, jako příklad bych uvedl LM317. Označení sice absolutně neodpovídá, ale pořád se jedná funkčně o stejný integrovaný obvod.

2.1 Integrovaný obvod MA7805

Jedná se o velmi kvalitní integrovaný stabilizátor napětí s výbornými parametry a pevnou hodnotou výstupního napětí. Jak již bylo zmíněno výše, řadí se mezi lineární tří svorkové stabilizátory s pevnou hodnotou výstupního stabilizovaného napětí. Nejen hodnota výstupního stabilizovaného napětí, ale i ostatní parametry jsou již dány výrobcem, což sebou přináší jisté výhody, ale i nevýhody.

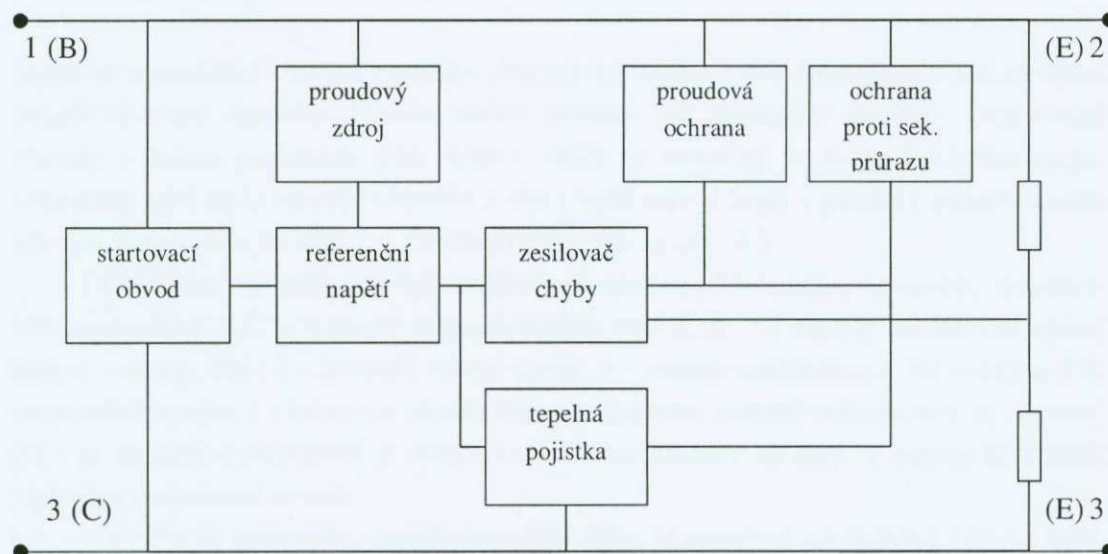
Tyto integrované stabilizátory jsou určeny zejména pro elektronické obvody či zařízení, které potřebují stabilní pevně dané vstupní napětí. Například číslicové obvody TTL potřebují napětí 5V, operační zesilovače $\pm 12V$ apod. Běžně jsou dostupné obvody MA7805, MA7812, MA 7815, MA7824. Popř. záporné stabilizátory MA7905, MA7912, MA7915 atd. Použití záporných stabilizátorů, též někdy označovaných jako negativní je o něco menší, přesto patří oprávněně do široké nabídky integrovaných stabilizátorů. Existuje řada zapojení různých obvodů, které se napájí buď záporným nebo souměrným napětím. Mimo obvodů s tranzistory PNP se v převážné většině jedná o všechny možné typy operačních zesilovačů, u nichž je nutností souměrné napájení.

2.1.1 Číselné označení

Jak již bylo zmíněno, jedná se o stabilizátor s pevným výstupním napětím. V číselném označení obvodu je zahrnut i údaj o tomto napětí. Dvojcísli 78 označuje, že se jedná o kladný stabilizátor. Oproti tomu dvojcísli 79 je označením pro stabilizátor záporného napětí. Druhé dvojcísli ukazuje přímo hodnotu stabilizovaného výstupního napětí. Např. 05 – 5V, 12 – 12V, 15 – 15V, 24-24V apod. Mezi číselným označením může být i písmeno, například S (MA78S05), které označuje možné proudové zatížení stabilizátoru. V našem případě písmeno S označuje nejvyšší dovolený proud 2A. V různých literaturách či katalozích jsou tyto obvody označovány univerzálně MA78xx či MA79xx.

Lze se setkat i s jiným označením, než MA, např. LM, MC atd. Jedná se však o stabilizátory obdobného typu, ale od jiných výrobců. Mohou se tak vzájemně lišit parametry obvodů a tím i vhodnost použití. Rozhodující však zůstává číselný kód. I když jsou obvody od různých výrobců, mají ve většině případů obdobné nebo zcela stejné parametry.

2.1.2 Blokové schéma IO MA 7805



obr.2.1 – blokové schéma lineárního stabilizátoru

Označení vývodů:

1 (B) – vstupní napětí, 2 (E) – výstupní stabilizované napětí, 3 (C) – společná zem

2.1.3 Typy pouzder a označení vývodů

Standardně se tyto integrované obvody vyrábějí ve dvou typech pouzder. V kovových pouzdrech, které se používají například pro výkonové tranzistory, označení pouzdra je TO – 3. Jedná se však o staré pouzdro a v současné době se již téměř nepoužívá. Mezi modernější typy pouzder, ve kterých jsou integrované stabilizátory umisťovány, patří nejčastěji plastové pouzdro s označením TO – 220.

Pouzdro TO-3

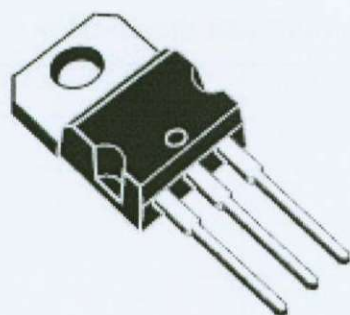
Jedná se o kovové pouzdro, shodné s pouzdry do kterých jsou umisťovány například výkonové tranzistory. Bez označení téměř nelze rozeznat o jaký obvod se jedná. Stejně jako bipolární tranzistor obsahuje tři vývody označené B, E, C. Označení elektrod může být zavádějící, stejnými symboly jsou označovány i vývody již zmíněných bipolárních tranzistorů, ale v žádném případě není stejná jejich funkce. Na vývod B je se přivádí vstupní nestabilizované stejnosměrné napětí, na vývodu E je výstupní stabilizované napětí a vývod C je společný zemnicí vodič a je spojený i s pouzdem stabilizátoru. Tento typ pouzdra se v současné době již pro stabilizátory téměř nepoužívá a je nahrazen menším a modernějším pouzdem TO-220. Pouzdro je na obr. 2.2 a označení vývodů je vidět na obr. 2.3

Pouzdro TO-220

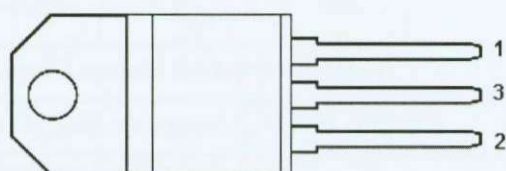
Jedná se o moderní a menší pouzdro. Pro odvod tepla a umístění chladiče má na zadní straně kovovou destičku. Použití těchto pouzder má praktický význam. Integrované obvody v těchto pouzdrech jsou malé a snáze se umisťují na desku plošného spoje. Umožňují také lepší montáž chladiče a tím i lepší odvod tepla z pouzdra integrovaného obvodu. Pouzdro je na obr. 2.4 a označení vývodů na obr. 2.5.

Označení vývodů je však odlišné od značení klasického kovového pouzdra. Místo písmen E,B,C je v tomto případě použito čísel 1, 2, 3. Z toho je standardně vývod číslo 1 – vstup, číslo 2 – zemnicí vývod a číslo 3 – výstup stabilizátoru. Vývod číslo 2 je standardně spojen i s kovovou destičkou a pokud není chladič odizolován, je záporný pól i na chladiči a popřípadě je spojen i s kovovou kostrou skřínky. V mnoha případech však tato skutečnost nevede k problémům.

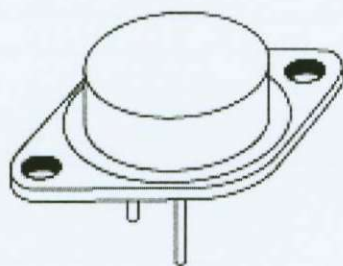
V případě záporného stabilizátoru MA79xx je označení následující. Vývod číslo 1 – zemnění, číslo 2 – vstup záporného nestabilizovaného napětí a číslo 3 – výstup stabilizovaného záporného napětí. Při instalaci chladiče je třeba dát pozor na kovovou destičku, která musí být odizolována. Opět je spojena s prostřední elektrodou číslo 2, na které je ale v tomto případě přivedeno vstupní záporné napětí.



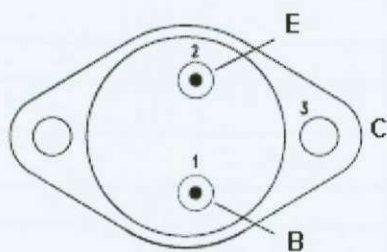
obr.2.2 – pouzdro TO-220



obr.2.3 – označení vývodů u pouzdra TO-220



obr.2.4 – pouzdro TO-3



obr.2.5 – označení vývodů u pouzdra TO-3

2.1.4 Katalogové údaje IO Tesla MA7805:

Vstupní napětí	U_{Imax}	max.	35	[V]
Vstupní napětí	U_{Imin}	min.	7,5	[V]
Výstupní proud	I_o	max.	1	[A]
Ztrátový výkon	P_w	max.	vnitřně omezen	[W]
Teplota přechodu	ϑ_j	max.	0 ... + 25	[°C]
Teplota při skladování	ϑ_{stg}	max.	-55 ... +155	[°C]
Tepelný odpor přechod – pouzdro	R_{thjc}	max.	4	[K/W]
Tepelný odpor přechod – okolí	R_{thja}	max.	35	[K/W]
$0^\circ\text{C} < \vartheta_j < +125^\circ\text{C}$, není-li uvedeno jinak, pouzdro IO-11				
Platí při nap. napětí $U_I = 10$ [V], výst. proud $I_o = 500$ [mA]		průměr	min. – max	jednotka
Vstupní napětí $\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$	U_o	5,0	4,8 – 5,2	[V]
Napěťový činitel stabilizace:				
$\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$, $7\text{V} < U_I < 25\text{V}$	ΔU_o	3,0	< 100	[mV]
$\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$, $8\text{V} < U_I < 12\text{V}$	ΔU_o	1,0	< 50	[mV]
Proudový činitel stabilizace:				
$\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$, $5\text{mA} < I_o < 1\text{A}$	ΔU_o	15	< 100	[mV]
$\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$, $250\text{mA} < I_o < 750\text{mA}$	ΔU_o	5,0	< 50	[mV]
Výstupní napětí - $P \leq 15\text{W}$				
$7\text{V} < U_I < 20\text{V}$, $5\text{mA} < I_o < 1\text{A}$	U_o	-	4,75 – 5,25	[V]
Klidový proud, $\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$	I_ϱ	4,2	< 8,0	[mA]
Změna klidového proudu s napětím na zátěži:				
$7\text{V} < U_I < 25\text{V}$	ΔI_ϱ	-	< 1,3	[mA]
$5\text{mA} < I_o < 1\text{A}$	ΔI_ϱ	-	< 0,5	[mA]
Výstupní šumové napětí:				
$\vartheta_a = 25^\circ\text{C}$, $10\text{Hz} < f < 100\text{kHz}$	U_{0n}	4,0	-	[μA]
Dlouhodobá teplotní stabilita	ΔU_{0T}	-	< 20	[mV]
Potlačení zvlnění:				
$f = 100\text{Hz}$, $8\text{V} < U_I < 18\text{V}$	SVR	78	< 62	[dB]
Min. regulovatelné napětí $I_o = 1\text{A}$, $\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$	$(U_I - U_o)_{\min}$	2,0	-	[V]
Výstupní odpor $f = 1\text{kHz}$	R_o	17	-	[m Ω]
Výstupní zkratový proud, $\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$	I_{OS}	750	-	[mA]
Výstupní proud špičkový, $\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$	I_{OP}	2,2	-	[A]
Teplotní součinitel výstupního napětí:				
$I_o = 5\text{mA}$, $0^\circ\text{C} < +125^\circ\text{C}$	T_k	- 1,1	-	[mV/K]

tab.2.1.4 – katalogové údaje IO Tesla MA7805

2.1.5 Základní výhody a nevýhody:

Základní výhody:

Jednoduchá aplikace:

Návrh obvodů s těmito stabilizátory je velice jednoduchý, jelikož obvod nepotřebuje téměř žádné další součástky pro svou funkci. Přitom použití stabilizátoru s pevným výstupním napětím nevyklučuje možnost získání při vhodném zapojení v určitých mezích i nastavitelné výstupní napětí.

Vnitřní proudové omezení:

Součástí integrovaného obvodu je i vnitřní proudová ochrana, která chrání obvod při připojení nadměrné zátěže. Použitá proudová pojistka je omezovací, tudíž je při velkém odběru pouze omezen výstupní proud, nedojde tedy k výpadku stabilizátoru při přetížení.

Tepelná pojistka:

Při větších odběrech proudu, chvilkovém přetížení nebo vzrůstající teplotě okolí může docházet ke zvyšování teploty uvnitř obvodu. Pokud není chlazení dostatečně dimenzované, může mít zvýšená teplota vliv nejen na přesnou funkci stabilizace, ale může dojít i ke spálení obvodu. Z tohoto důvodu obsahuje i vnitřní tepelnou pojistku, která zamezuje jeho zničení.

Nastavování obvodů:

Jak již bylo zmíněno, tento integrovaný obvod nepotřebuje pro svou funkci žádné další podpůrné součástky. Správnou funkci integrovaného obvodu není třeba již jakkoli nastavovat.

Nízká cena obvodu:

Pořizovací náklady tohoto obvodu jsou v současné době velice nízké. Lze pomocí tohoto stabilizátoru postavit kvalitní stabilizovaný napájecí zdroj s dobrými parametry za velice slušnou cenu.

Základní nevýhody:

Pevně dané výstupní napětí nemusí být zcela přesné:

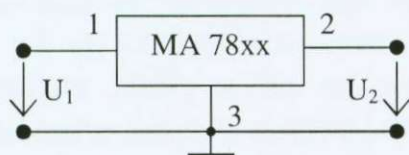
Stabilizované napětí na výstupu obvodu je dáno již od výrobce a nelze měnit. Ovšem může kolísat v určitých mezích, které jsou dány výrobcem. Při návrhu obvodu je i s tímto třeba počítat.

Pevné hodnoty výstupních napětí a proudů:

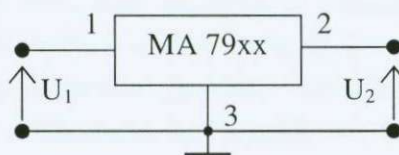
Každý stabilizátor tohoto typu má již od výrobce pevně udané parametry mimo jiné nejen stabilizovaného výstupního napětí, ale i velikost odebíraného proudu. Je tedy nutné vybírat pro danou aplikaci i obvod s příslušnými parametry. Kvůli neuniverzálnosti není tedy příliš vhodný pro použití, kde je potřeba tyto parametry jakkoli měnit. Existují sice metody a zapojení, pomocí nichž se dá i pevně nastavené výstupní napětí měnit nebo stabilizátor proudově posílit, ale vede to k případným složitostem zapojení a tím i nepříznivému vlivu na parametry celého stabilizátoru.

2.1.6 Stabilizace záporného napětí kladným stabilizátorem a naopak

Nejčastěji jsou kladné stabilizátory používány pro získání stabilizovaných kladných napětí a záporné stabilizátory pro získání stabilizovaných záporných napětí [4]. Nicméně v závislosti na systému může každý z těchto typů stabilizátorů být použit i v opačném případě. Na obr. 2.6 a 2.7 je znázorněno užití obvodů v jejich obvyklých aplikacích. Mohou být užity v jednom a též zdroji pro jednotlivá napětí se společným zemním vodičem a stejným obvyklým způsobem stabilizátory záporné.

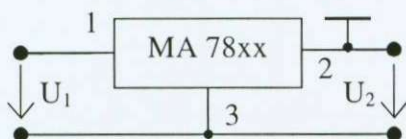


obr.2.6 – kladné napětí s 78xx

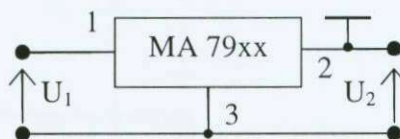


obr.2.7 – záporné napětí se

Význam zemnění je pro jednotlivé případy následující. Jednotlivé kladné stabilizátory. Jestliže není podmínkou, aby napájecí zdroj pracoval spojen jedním vodičem se zemí, lze jednotlivé stabilizátory zapojit podle obr. 2.8 a 2.9, kde jsou ukázána zapojení obou typů stabilizátorů v opačné funkci – kladný pro záporná napětí a záporný pro kladná napětí. Podmínkou těchto zapojení je použití plovoucího napájecího zdroje, tj. žádná z jeho elektrod nesmí být spojena se zemí. Tyto metody jsou využívány zejména z hlediska obvodové kompatibility součástek jejich ceny.



obr.2.8 – záporné napětí s 78xx



obr.2.9 – kladné napětí se 79xx

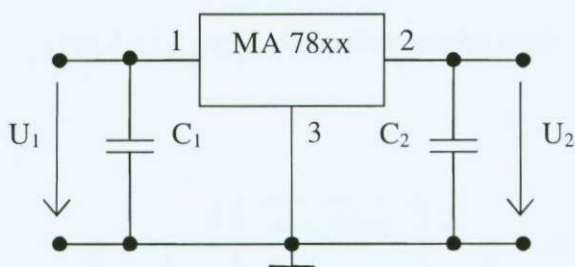
Je možné pomocí uvedených zapojení zkonstruovat stabilizovaný zdroj symetrického napětí, který je třeba například pro napájení operačních zesilovačů. Jinou a daleko lepší možností je použití tzv. sledovacího stabilizátoru, které vznikají sloučením kladných a záporných stabilizátorů se společnou zemnicí svorkou. Tuto funkci lze realizovat také spojením kladného stabilizátoru a operačního zesilovače, který je ve funkci záporného stabilizátoru. Jelikož toto vyžaduje použití dvou obvodů a dalších pomocných součástek, vyrábí se již sledovací stabilizátory jako integrované obvody, například MC1568 pro napětí ± 15 [V]. Pokud je požadováno ještě vyšší napětí než cca 40[V], je nutné použít takzvané plovoucí stabilizátory. výstupní napětí takového stabilizátoru je omezeno pouze maximálním kolektorovým proudem použitého externího tranzistoru. Pro vlastní stabilizátor je však potřeba ještě zdroj nízkého napětí.

2.1.7 Základní zapojení IO MA7805

Základní zapojení stabilizátoru MA78xx, uvedené na obr 2.10 je velice jednoduché. Stabilizátor by ke své funkci nepotřeboval žádné další podpůrné součástky, je však doporučeno dodržet právě toto zapojení. Kondenzátory C_1 a C_2 zde nejsou za účelem filtrace, ale k zamezení nežádoucích kmitů, ke kterým je stabilizátor náchylný zejména při zapnutí nebo při rychlých změnách napětí. Kondenzátory musí být bezindukční, například keramické a musí být umístěné co nejbližší k vývodům stabilizátoru.

Pokud je použit usměrňovač s filtračním kondenzátorem a vzdálenost na plošném spoji od stabilizátoru není větší než 5cm, není již třeba C_1 vkládat. Stejnou funkci pak má i filtrační kondenzátor usměrňovače. Velikost kapacity C_1 se volí tak, aby střídavá složka napětí na něm nepřesahovala hodnotu 10 [%] hodnoty stejnosměrného vstupního napětí U_1 . Obvykle má hodnotu 1 až 2 [μ F].

Pokud je filtrační kondenzátor vzdálen více jak 5cm od stabilizátoru nebo není použitý vůbec, je nutné C_1 do obvodu zahrnout [3]. Hodnota kapacity v tomto případě je stejná jako C_2 a to přibližně 100 [nF]. Přesnou velikost kapacity těchto kondenzátorů většinou udávají výrobci a do schémat se většinou nekreslí. Zdroj nestabilizovaného napětí ze zdroje je označen U_1 a výstupní stabilizované napětí je označeno U_2 .



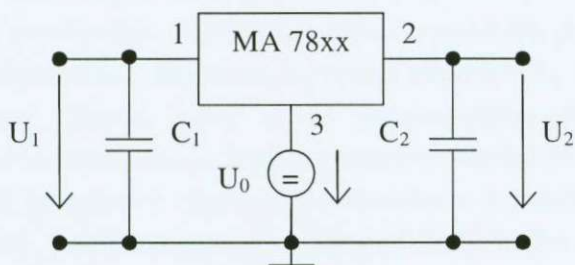
obr.2.10 – základní zapojení MAA78xx

2.1.8 Změna výstupního napětí IO MA7805:

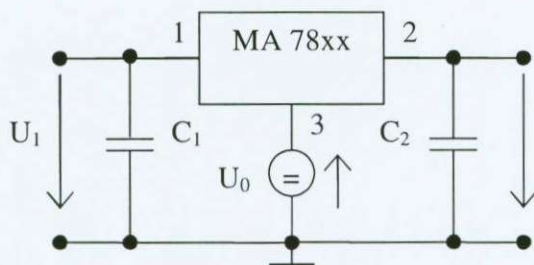
I když je výstupní napětí tohoto obvodu předem určené, vhodným zapojením lze dosáhnout změny i regulace výstupního stabilizovaného napětí. obecně lze říci, že se změna provádí připojením zdroje stejnosměrného napětí mezi zemnicí elektrodu č.3 a zem. U tohoto zdroje nás zajímá, jak je polován. Při polování podle obr. 2.11 je výsledné napětí U_v vyjádřeno vzorcem č. 13. Při polarizaci podle obr. 2.12 je výstupní napětí dáno vzorcem č. 14.

$$U_v = U_s + U_0 \quad (13)$$

$$U_v = U_s - U_0 \quad (14)$$



obr.2.11 – zvýšení stabilizovaného napětí



obr.2.12 – snížení stabilizovaného napětí

2.1.9 Zvýšení výstupního napětí pomocí rezistorů

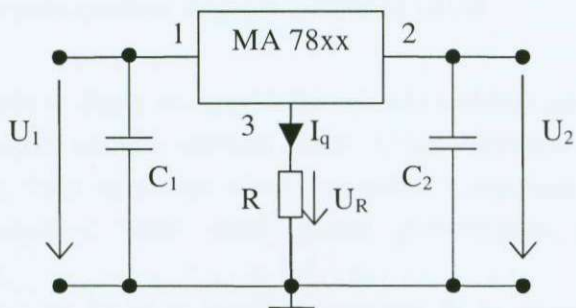
Nejjednodušší způsob zvýšení stabilizovaného napětí je použitím rezistoru R , který se připojí na zemnicí elektrodu C podle obr. 2.13. Zemnicím vývodem C protéká stále klidový proud o velikosti 4 až 8 [mA], označovaný jako I_q . Tohoto proudu využijeme pro získání napětí U_R , které je úměrné úbytku napětí na rezistoru R a získáme ho vztahem č.15. Výstupní stabilizované napětí U_v je pak dáno vztahem č. 16.

$$U_R = I_q \cdot R \quad (15)$$

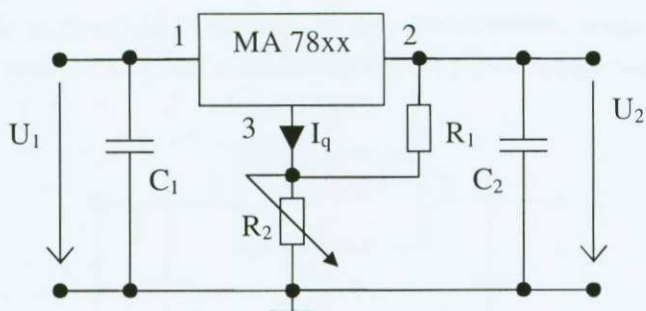
$$U_v = U_s + U_R \quad (16)$$

Tento způsob není příliš vhodný, protože proud I_q kolísá s kolísáním vstupního napětí U_1 , mění se tím i napětí U_0 a tyto změny se přenášejí na výstup. Vhodnější je použití odporového napěťového děliče místo jednoho rezistoru podle obr. 2.14. Lze tak potlačit vliv kolísání proudu I_q . Regulace se provádí odporem R_2 , který je proměnný a je zapojen jako reostat. Napětí, které se na potenciometru R_2 vytvoří se přičítá k výstupnímu napětí na stabilizátoru. Potenciometrem protéká již celkem značný proud a je nutné brát ohled na ztrátový výkon, aby nedocházelo k přehřívání nebo dokonce ke spálení potenciometru. Čím větší je proud I_d tekoucí děličem, tím má kolísání klidového proudu I_q menší vliv na výstupní stabilizované napětí. Regulace napětí je však značně nelineární. Při použití obvodu MA7805 a napájecího napětí 24V lze dosáhnout regulovatelného stabilizovaného napětí v mezích 5 až 15 [V]. Ochrana stabilizátoru proti přetížení zůstává zachována. Výstupní napětí se vypočte dle vztahu č. 17.

$$U_2 = U_s \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_q \cdot R_2 \quad (17)$$



obr.2.13 – zvýšení stabilizovaného napětí pomocí rezistoru



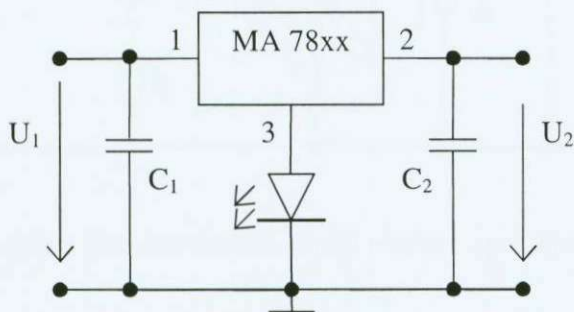
obr.2.14 – snížení stabilizovaného napětí pomocí napět'ového děliče

2.1.10 Zvýšení výstupního napětí pomocí diod

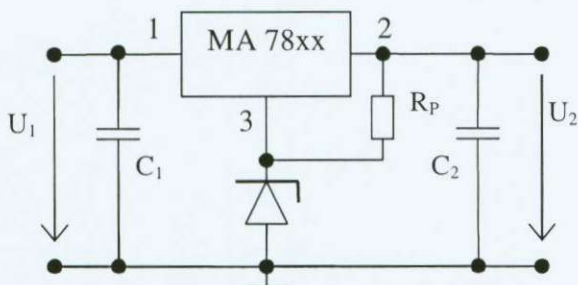
Zapojením polovodičové diody do zemnicího vývodu získáme zdroj napětí, který zvýší výstupní napětí o napětí nutné k otevření diody. U křemíkových diod toto napětí bývá cca 0,7 [V] viz [6]. Toto může být vhodné zejména v zapojeních u kterých je nutná sériová dioda v napájecí větvi nebo pokud potřebujeme jen nepatrně zvýšit stabilizované napětí.

Vzhledem k malé hodnotě klidového proudu I_q je nutné vybrat diodu, která splňuje podmínku, že při tomto proudu je její pracovní bod již za kolenem voltampérové charakteristiky v propustném směru. Výhodné bývá použití svítivé diody (LED), která může zároveň signalizovat provoz stabilizátoru. Vzhledem k malému dynamickému odporu jsou vhodné červené LED diody. Schéma zapojení s diodou je zobrazeno na obr. 2.15.

Další možností je zapojit do zemnicího vývodu stabilizační Zenerovu diodu. Je-li však klidový proud I_q menší než minimální proud potřebný pro otevření diody, lze proud zvětšit použitím rezistoru R_p podle obr. 2.16. Při použití stabilizační diody s vyšším napětím je nutné si uvědomit, že pro překročení doporučeného vstupního napětí nepracuje teplotní ochrana a ani ochrana proti zkratu integrovaného obvodu.



obr.2.15 – zvýšení stabilizovaného napětí pomocí diody (LED)

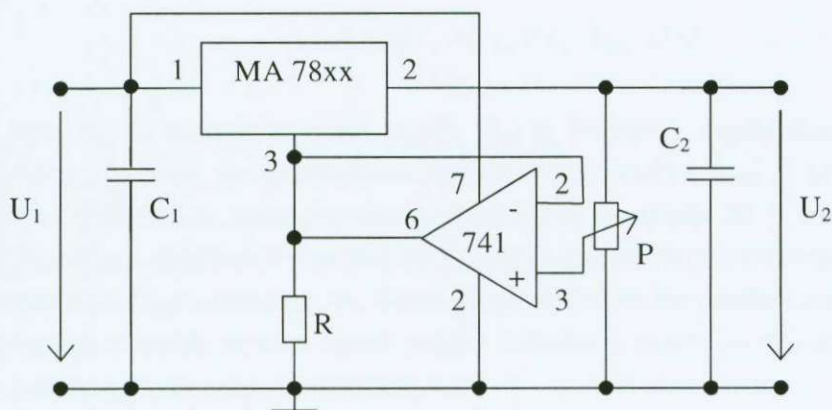


obr.2.16 – snížení stabilizovaného napětí pomocí Zenerovy diody a rezistoru R_p

2.1.11 Zvýšení výstupního napětí pomocí operačního zesilovače:

Elegantnější způsob regulace výstupního napětí poskytuje zapojení s operačním zesilovačem např. typu 741 [2]. Je však trochu složitější, ale zato poskytuje některé výhody. Pracuje s lepší účinností, protože tečou menší proudy v pomocných obvodech. Odporová dráha potenciometru P se nepoškozuje, protože jím prochází proud jen několik miliampér. Průběh regulace napětí je nelineární, proto je vhodné použít potenciometr s exponenciálním průběhem.

Tím, že operační zesilovač odděluje regulační potenciometr od klidového proudu, zajišťuje dobrou stabilitu výstupního napětí. Veškeré ochrany integrovaného obvodu zůstávají v činnosti. Rozsah stabilizovaného napětí při použití obvodu MA7805 a napájecím napětí 24 [V] je 5 až 15 [V]. Schéma zapojení je na obr. 2.17.



obr.2.17 – zvýšení stabilizovaného napětí pomocí operačního zesilovače

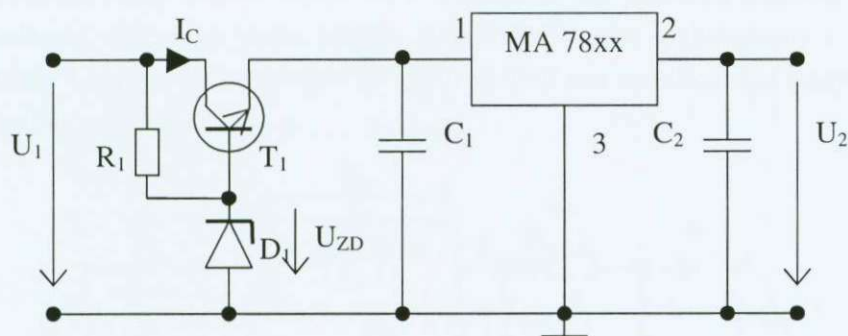
2.1.12 Ochrana před vysokým vstupním napětím

Každý stabilizátor řady MA78xx má již mimo jiné údaje dáno výrobcem i maximální velikost napětí přiváděného na vstup stabilizátoru. Maximální povolené vstupní napětí U_{INmax} je dle katalogu maximálně 40 [V]. Pokud je potřeba na vstup stabilizátoru připojit vyšší napětí nebo jej před ním chránit, lze mezi zdroj a stabilizátor zařadit ještě takzvaný předstabilizátor vstupního napětí. Na obr. 2.18 je uveden předstabilizátor složený z bipolárního tranzistoru vodivosti NPN, T_1 , Zenerovy diody D_1 a rezistoru R_1 .

Hodnotu R_1 volíme tak, aby proud, který bude přes tento odpor protékat do báze tranzistoru stačil tento tranzistor otevřít tak, aby tranzistorem mohl protékat maximální proud, který je stabilizátor schopen zpracovat. Obvykle volíme $I_c = 1,5$ [A]. Rezistorem R_1 však protéká proud h_{21E} krát menší a je na něm úbytek napětí $U_{BE} = 0,7$ [V]. Hodnotu R_1 vypočteme vztahem č. 18.

$$R_1 = (U_1 - U_{ZD}) / I_c \cdot h_{21E} \quad (18)$$

Kde U_{in} je vstupní napájecí napětí, U_{zd} je Zenerovo napětí diody, I_c je proud tekoucí přes tranzistor do stabilizátoru (kolektorový proud) a h_{21E} je zesilovací činitel příslušného tranzistoru. Zenerovu diodu navrhujeme na napětí 30 [V] a na dostatečný výkon. Na vstupu stabilizátoru se pak může objevit napětí 30 [V] zvětšené o napětí mezi bází a emitorem U_{BE} tranzistoru T_1 . Tento předstabilizátor lze použít i k ochraně dalších integrovaných obvodů. Je však nutné počítat s úbytkem napětí na tranzistoru, který při větším odběru proudu nelze zanedbávat.



obr.2.18 – ochrana stabilizátoru MA78xx před vysokým vstupním napětím

2.1.13 Zdroj proudu se stabilizátorem napětí:

Pomocí integrovaného stabilizátoru napětí lze jednoduše realizovat i jednoduchý zdroj proudu. Principiálně se ke stabilizaci proudu využívá rezistor, který je zapojen sériově mezi zátěží a výstupem stabilizátoru a na kterém se stabilizuje napětí. Parametry zdroje proudu jsou nejvíce závislé právě na tomto rezistoru, je tedy třeba volit přesný rezistor s co nejmenší tolerancí. Funkční schéma zapojení ukazuje obr. 2.19. Zapojení lze popsat rovnicí č. 19.

$$U_1 = U_S + U_R + U_2 \text{ [V]} \quad (19)$$

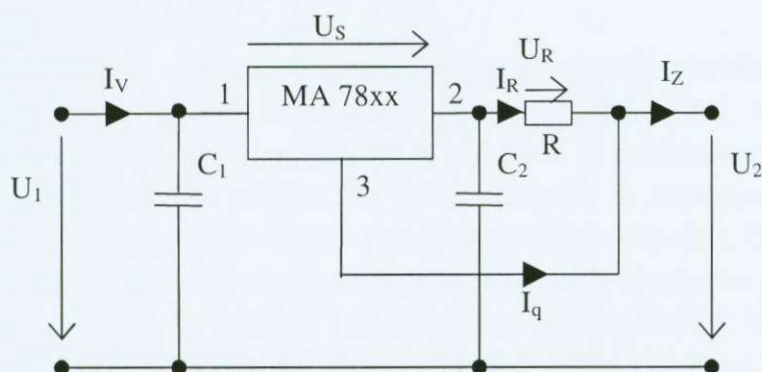
U_1 označuje vstupní napětí stabilizátoru, U_S úbytek napětí na stabilizátoru, U_R úbytek napětí na sériovém rezistoru a U_2 napětí na výstupu stabilizátoru. Rovnice č. 20 pro výstupní stabilizovaný proud označený jako I_Z má tvar následující:

$$I_Z = \frac{U_R}{R} + I_q \text{ [A]} \quad (20)$$

Kde I_q označuje proud vlastní spotřeby integrovaného obvodu. Pokud je I_q tak malý, že ho lze zanedbat, pak se rovnice zjednoduší na tvar, který je označen č. 21.

$$I_Z = \frac{U_R}{R} \text{ [A]} \quad (21)$$

Z výše uvedených rovnic vyplývá, jakých stabilizátorů je vhodné užít pro toto zapojení. Nejvhodnější je užít třísvorkový stabilizátor s malým výstupním napětím U_1 , jinak je zbytečně velký úbytek napětí U_R a zvyšuje se tím potřebná hodnota vstupního napětí a celková výkonová ztráta zdroje. Nejvhodnější jsou stabilizátory s výstupním napětím okolo 1,2 [V]. Toto zapojení se výborně hodí pro stabilizování malých proudů řádově několika miliampér [5].



obr.2.19 – zdroj proudu pomocí stabilizátoru napětí

2.2 Integrovaný obvod MAA 723

Tento obvod je oproti již uvedenému MA7805 více univerzálnější. Je také starší a v současné době se již téměř nepoužívá [2]. Jedná o integrovaný stabilizátor, který se řadí mezi více svorkové. Obecné označení je vždy jen číslicemi 723, ke kterým si výrobci přidávají písmenové značky, tedy MC1723 = MAA723. Ještě existuje velice podobný obvod, který nese označení MAA723H, který se liší svými parametry. Integrovaný obvod MAA723 je určen ke stabilizaci napětí pro přístroje a zařízení, pro napájení digitálních i lineárních obvodů ke je třeba nastavit konkrétní parametry a kde se stabilizátory s pevným výstupním napětím příliš nehodí. Parametry stabilizátoru a tedy i výsledného stabilizovaného napětí se určují zapojením a parametry součástek v obvodu s tímto stabilizátorem. Vhodnou volbou součástek lze tedy nastavit téměř libovolné výstupní napětí nebo proud. Dále je pomocí tohoto obvodu možno získat zdroj s plynulou regulací stabilizovaného napětí. Ochrana obvodu jako takového proti přetížení, přehřátí nebo vysokému vstupnímu napětí lze také bez problémů přizpůsobit dle aktuální potřeby. Univerzálnost obvodu je však oproti pevným stabilizátorům jako jsou MA78xx vykoupena složitějším zapojením a tím i vyšší cenou celého funkčního stabilizátoru.

Velkou nevýhodou je také snadná přetížitelnost stabilizátoru, výstupní proud může být maximálně cca 150mA. Ve většině případů je nutné doplňovat do zapojení na výstup ještě výkonový tranzistor pro zvětšení výstupního proudu a ke kterému je pak nutné přizpůsobovat elektronickou pojistku chránící obvod proti přetížení. Stabilizované napětí lze odebírat buď v rozsahu 2 až 7,15 [V] nebo 7,15 až 37 [V]. Každý rozsah má trochu jiné zapojení, takže je nutné si vybrat buď jeden nebo druhý. Pro konstrukci regulovatelného zdroje je třeba vědět, ve kterém intervalu se bude pohybovat potřebné výstupní napětí.

Jako zdroj referenčního napětí je možné použít přímo obvod MAA723, jehož výstupní hodnota napětí je 7,15 [V]. Pokud je požadováno větší napětí, je třeba použít externí zdroj s požadovanou velikostí. Vhodným zapojením to lze řešit použitím napětí napájecího zdroje stabilizátoru.

Vyrábí planární epitaxní technologií na monokrystalu křemíku vodivosti P. Systém integrovaného obvodu obsahuje 15 bipolárních tranzistorů, 1 plem řízený tranzistor, 2 Zenerovy diody, 1 kondenzátor a 16 odporů na společné podložce. Vnitřní zdroj referenčního napětí je oddělen od dalších obvodů, je samostatně vyveden na vývodu č. 4. To umožňuje jeho využití v různých variantách zapojení. Obvod obsahuje dva vstupy (kladný a záporný) chybového zesilovače, tím je umožněno použití pro dva rozsahy napětí, jak již bylo uvedeno výše. Integrovaný obvod MAA 723 samozřejmě umožňuje stabilizovat napětí kladné i záporné polarity. Vše záleží jen na konkrétním zapojení. Kolektor vnitřního výkonového tranzistoru je oddělen od napájení ostatních obvodů a může být napájen z jiného externího zdroje. Kolektor je vyveden na výstup označený číslem 7.

2.2.1 Katalogové údaje IO Tesla MAA 723:

Maximální impulsní vstupní napětí $t = 50 \text{ s}$	U_{limp}	max.	50	[V]	
Rozsah vstupního napětí	U_1	max.	40	[V]	
Rozdíl mezi vstupním a výstupním napětím	$U_1 - U_2$	max.	40	[V]	
Výstupní proud	I_2	max.	150	[mA]	
výstupní proud zdroje referenčního napětí	I_R	max.	15	[mA]	
Ztrátový výkon	P_{tot}	max.	800	[mW]	
Teplota přechodu	ϑ_j	max.	-55 ... +125	[°C]	
Teplota při skladování	ϑ_{stg}	max.	-65 ... +155	[°C]	
Změna výstupního napětí při změně vstupního napětí	ΔU_2	0,02	< 0,1	% U_2	$U_1 = 12...15 \text{ V}$ $U_2 = 5 \text{ V } I_2 = 1 \text{ mA}$
Změna výstupního napětí při změně vstupního napětí	ΔU_2	0,1	< 0,2	% U_2	$U_1 = 12...40 \text{ V}$ $U_2 = 5 \text{ V } I_2 = 1 \text{ mA}$
Změna výstupního napětí při změně vstupního napětí v daném teplotním rozmezí	ΔU_2		< 0,3	% U_2	$U_1 = 12...15 \text{ V}$ $U_2 = 5 \text{ V } I_2 = 1 \text{ mA}$ $-55^\circ\text{C} \leq \vartheta_a \leq +125^\circ\text{C}$
Změna výstupního napětí při změně zátěže	ΔU_2		< 0,15	% U_2	$U_1 = 12 \text{ V } U_2 = 5 \text{ V}$ $I_2 = 1...50 \text{ mA}$
Změna výstupního napětí při změně zátěže v daném teplotním rozmezí	ΔU_2		$\dot{a} < 0,6$	% U_2	$U_1 = 12 \text{ V } U_2 = 5 \text{ V}$ $I_2 = 1...50 \text{ mA}$ $-55^\circ\text{C} \leq \vartheta_a \leq +125^\circ\text{C}$
Teplotní koeficient výstupního napětí	T_{KU2}	0,0005	< 0,015	%/ $^\circ\text{C}$	$U_1 = 12 \text{ V } U_2 = 5 \text{ V}$ $I_2 = 1 \text{ mA}$
Referenční napětí	U_R	7,15	6,95 ... 40	%/ $^\circ\text{C}$	$U_1 = 12 \text{ V } U_2 = 5 \text{ V}$
Klidový proud (výstup i zdroj referenčního napětí bez zatížení)	I_0	2,3	< 3,5	[mA]	$U_1 = 30 \text{ V } I_2 = 0 \text{ mA}$
Rozsah výstupního napětí	U_1		9,5 ... 40	[V]	
Rozsah vstupního napětí	U_2		2 ... 37	[V]	
Rozdíl mezi vstupním a výstupním napětím	$U_1 - U_2$		3 ... 38	[V]	

tab.2.2.1 – katalogové údaje IO Tesla MAA723

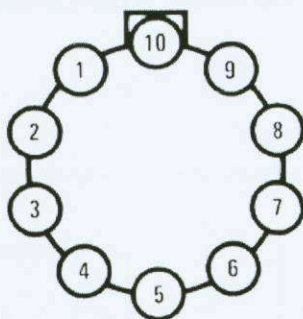
2.2.2 Typy pouzder a označení vývodů:

Pouzdro staršího typu, do kterého se dříve tento stabilizátor umisťoval, nese označení IO – 7. Je kulaté, má 10 vývodů a při pohledu zespodu je číselné označení 1 až 10 čteno od výstupku ve směru hodinových ručiček. Tato pouzdra se používala ještě například pro různé typy operačních zesilovačů. Bez číselného označení nelze na pohled rozeznat, o jaký integrovaný obvod se jedná. Hlavní nevýhodou tohoto typu pouzdra je upevnění obvodu na desku plošného spoje pomocí patice, sehnat objímku pro deset vývodů je již poněkud obtížné. Jednodušší je pájet integrovaný obvod přímo na desku plošného spoje. Komplikace však může nastat v případě, že je třeba obvod vyměnit. Pouzdro a označení vývodů je uvedeno na obr.2.20.

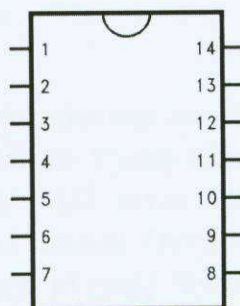
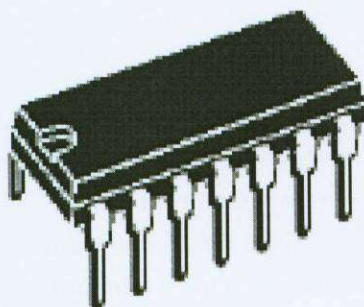
Tento typ pouzdra se v současné době již nepoužívá a je nahrazen modernějším pouzdrům, které nese označení DIP-14. Jedná se o obdélníkové pouzdro se dvěma řadami nožiček. Bez problémů ho již lze zasadit do příslušné patice DIL – 14. Pouzdro DIP – 14 má o čtyři vývody více, ale standardně nejsou využité [8]. Integrovaný obvod MAA 723 je k dostání ještě v pouzdře, které nese označení SO – 14 a je určeno pro povrchovou montáž, jedná se o technologii SMD. Pouzdra DIP – 14 je na obr.2.21 a SO – 14 jsou na obr.2.22.

popis vývodů:

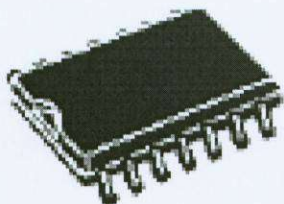
- 1 – proudová kontrola
- 2 – invertující vstup
- 3 – neinvertující vstup
- 4 – referenční napětí U_r
- 5 – záporný pól napájecího napětí
- 6 – výstupní stabilizované napětí
- 7 – napájení výstupního tranzistoru $+U_c$
- 8 – kladný pól napájecího napětí
- 9 – kmitočtová kompenzace
- 10 – proudové omezení



obr.2.20 – pouzdro IO – 7 a označení vývodů

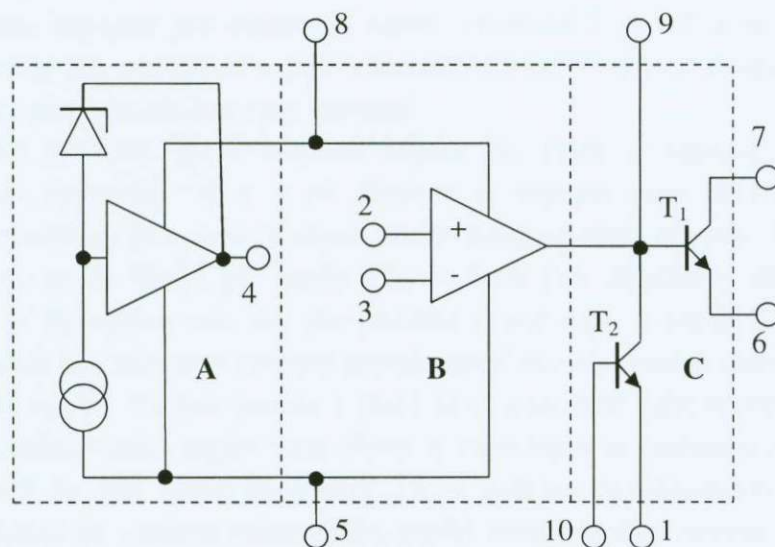


obr.2.21 - pouzdro DIP14 a označení vývodů



obr.2.22 – pouzdro SO - 14

2.2.3 Funkční blokové schéma stabilizátoru MAA723



obr.2.23 – funkční blokové schéma

Schéma na obr.2.23 je rozděleno na tři bloky. První blok obsahuje napěťový referenční zesilovač označený jako A, zdroj proudu a Zenerovu diodu. Výstup tohoto zdroje je na vývodu číslo 4. Hodnota napětí je u obvodu MAA723 rovna 7,15 [V]. Zdroj referenčního napětí by neměl být příliš zatěžován kvůli stabilitě. Obvykle se volí proud 1 až 2 [mA]. Maximální výstupní proud je dle katalogu 15 [mA]. Výstup není jakkoli chráněn proti přetížení a pře překročení tohoto proudu dojde k nenávratnému poškození zdroje, případně celého integrovaného obvodu.

V druhém bloku je zobrazen zesilovač regulační odchylky, který je označen písmenem B. Jeho úkolem je porovnávat referenční napětí s výstupním a stanovit regulační odchylku, která je zesílena a podle její velikosti je pak ovládán bipolární tranzistor, který je v blokovém schématu označen písmenem C. Obsahuje dva vstupy, z nichž vstup číslo 2 je neinvertující (mění polaritu přivedeného napětí) a vstup číslo 3 invertující (nemění polaritu přivedeného napětí).

Poslední blok, označený písmenem C obsahuje dva bipolární tranzistory z nichž je důležitý tranzistor označený T₁. Na výstupu číslo 7 má vyveden kolektor a je na něj přivedeno napájecí napětí ze zdroje, které má být stabilizováno. Emitor je vyveden na výstup číslo 6 a je výstupem stabilizovaného napětí. Maximální dovolený proud, který může protékat přes tranzistor T₁ je dle katalogu 150 [mA]. Druhý tranzistor označený jako T₂ již není pro samotnou stabilizaci důležitý, ale lze ho výhodně zapojit jako ochranu proti přetížení výstupu. Báze je vyvedena na výstup číslo 10 a připojuje se na ní napětí, které je úměrné zatížení tranzistoru T₁, obvykle se jedná o úbytek napětí na rezistoru, který je připojen ve větvi za výstupem číslo 6. Kolektor je spojen s vývodem číslo 1 a obvykle je na něj připojeno výstupní stabilizované napětí.

2.2.4 Doporučené zapojení

Jak již bylo zmíněno, má obvod MAA723 dvě různá zapojení. Na obr.2.24 je uvedeno základní schéma zapojení pro stabilizaci napětí v rozmezí 7 – 37V a na obr.2.25 je uvedeno zapojení pro stabilizaci napětí v rozmezí 1,5 až 7,15 [V]. Postup výpočtu i uvedené vzorce platí pro oba dva typy zapojení.

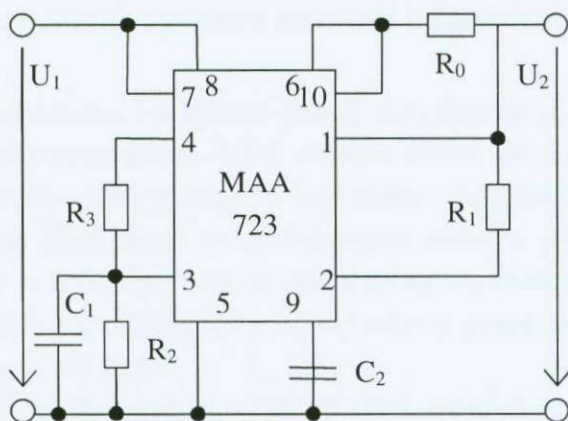
Nejdříve je nutné zvolit hodnotu odporu R_0 , který je zapojen na výstupu stabilizátoru na vývodech č. 6 a 10. Rezistor je zapojen mezi bázi a emitorem bipolárního tranzistoru proudové limitace uvnitř integrovaného obvodu. Pro výpočet předpokládáme, že se otvírá při napětí $U_{BE} = 0,66$ [V]. Napěťový dělič složený z rezistorů R_1 a R_2 volíme tak, aby jím protékal proud např. 1 [mA]. Tato hodnota proudu již postačí pro zamezení kolísání úbytků napětí na rezistorech a tím i výstupního stabilizovaného napětí. Volbou proudu 1 [mA] se i zjednoduší další výpočet. Velikost výstupního stabilizovaného napětí bude klesat se zmenšující se hodnotou rezistoru R_1 . Součet rezistorů by měl zůstat konstantní. U_0 je velikost požadovaného výstupního napětí. U_{REF} označuje velikost referenčního napětí integrovaného obvodu, které je na vývodu č. 4 a jeho hodnota je v případě MAA723 rovna $U_{REF} = 7,15$ [V]. Hodnoty rezistorů vypočítáme dle vzorců č. 21, 22 a 23.

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \text{ [}\Omega\text{]} \quad (21)$$

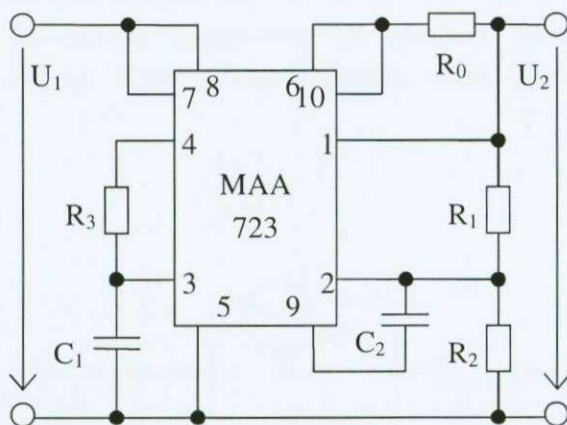
$$R_0 = \frac{U_{BE}}{I_0} = \frac{0,66}{I_0} \text{ [}\Omega\text{]} \quad (22)$$

$$R_2 = \frac{U_{REF}}{U_0 \cdot (R_1 + R_2)} \text{ [}\Omega\text{]} \quad (23)$$

Dále je možné vložit mezi vývod č. 3 a zem kondenzátor C_1 pro dosažení vyšší stability. Jeho hodnota by neměla být vyšší než 0,1 [μ F], aby se zbytečně nezvyšovala doba časové konstanty ustálení. Kondenzátor C_2 je připojen pro dosažení lepší kmitočtové stability obvodu.



obr.2.24 – schéma zapojení pro stabilizaci napětí $U_2 < 7,15$ [V]



obr.2.25 – schéma zapojení pro stabilizaci napětí $U_2 > 7,15$ [V]

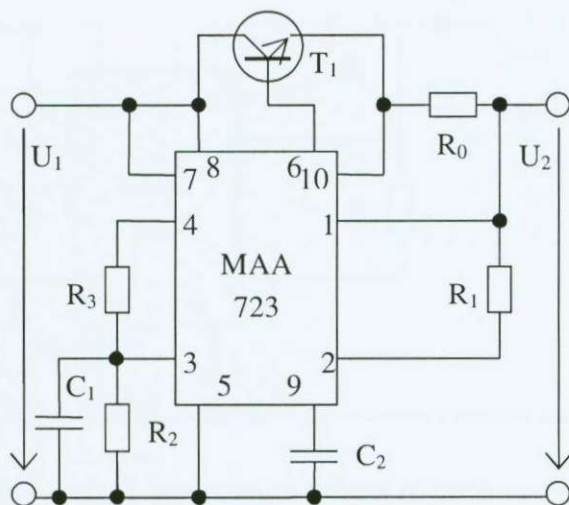
2.2.5 Proudové posílení výstupu pomocí tranzistoru NPN

Jelikož hodnota maximálního výstupního proudu stabilizátoru není příliš vysoká, je pro mnohé aplikace třeba výstup posílit. Větší výstupní proud než dovolených 150 [mA] je možné dosáhnout připojením výkonového bipolárního tranzistoru vodivosti NPN nebo PNP, který musí být dimenzován na požadovanou hodnotu proudu. Běžně lze takto vytvořit zdroj, který je schopný dodat až proud 6 [A]. Samozřejmě je třeba dát pozor, zda zdroj, který stabilizátor napájí, je schopný takový proud dodat, aby nedocházelo k jeho přetěžování nebo zničení.

Tranzistor T_1 je zapojený ve výstupní větvi stabilizátoru. Schéma zapojení je uvedeno na obr.2.26. Záleží pak na proudovém zesilovacím činiteli h_{21E} tranzistoru, jak velký kolektorový proud a tím i celkový výstupní proud je schopen stabilizátor dodat. Maximální hodnotu výstupního proudu můžeme určit ze vzorce č. 24.

$$I_{2MAX} = h_{21E} \cdot I_{6MAX} \quad (24)$$

I_{2max} označuje výstupní hodnotu proudu stabilizátoru, I_{6max} je maximální hodnota proudu, kterou je schopen integrovaný obvod dodat a h_{21E} je stejnosměrný proudový zesilovací činitel příslušného tranzistoru. Již uvedený postup výpočtu parametrů rezistorů zůstává stejný. Ochrana stabilizátoru proti přetížení výstupu zůstává zachována.



obr.2.26 – proudové posílení výstupu bipolárním tranzistorem NPN

2.2.6 Zapojení pro měření rozsahu vstupních napětí, omezení proudu

a stability výstupního napětí při změně zátěže:

Schéma zapojení je vyobrazeno na obr.2.27. Na vstup je zapojen regulovatelný zdroj stejnosměrného napětí označen jako U_1 . Výstupní stabilizované napětí je označeno U_2 . Velikost vstupního napětí by měla být nastavitelná v rozsahu od 0 d 40 [V]. Je třeba dát pozor, aby nedošlo k překročení maximálního dovoleného vstupního napětí. Na výstup stabilizátoru je připojen proměnný rezistor R_Z , který má funkci proměnné zátěže.

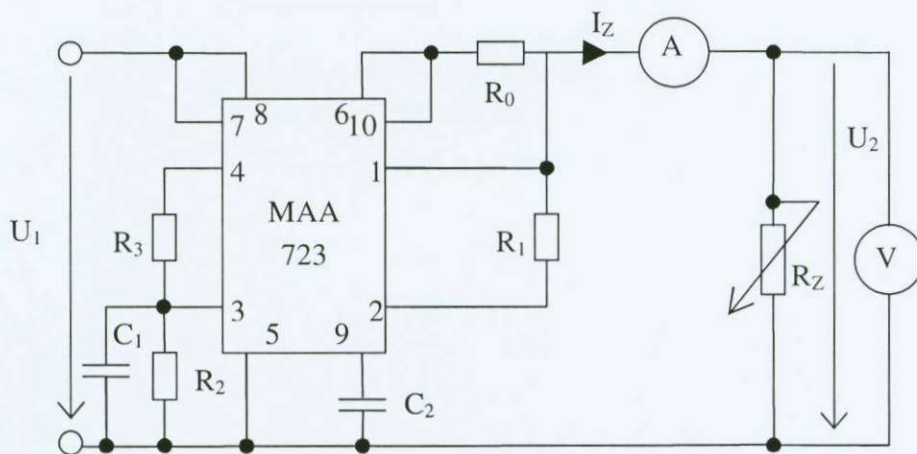
Pro námi zvolenou velikost stabilizovaného napětí lze měřit funkční závislost výstupního napětí U_2 na vstupním napětí U_1 dle vzorce č. 25 a funkční závislost výstupního napětí U_2 na velikosti zátěže R_Z dle vzorce č. 26.

Dále je pomocí tohoto zapojení možné měřit omezení proudu na výstupu. Rezistor R_0 musí být volen s ohledem na výkonovou ztrátu, která na něm vznikne při zkratovém proudu. Nejlépe vyhovují drátové rezistory. Funkční závislosti výstupního proudu I_Z na velikosti odporu zátěže odpovídá vzorec č. 27.

$$U_2 = f(U_1) \text{ při } R_Z = \text{konst. (25)}$$

$$U_2 = f(R_Z) \text{ při } U_1 = \text{konst. (26)}$$

$$I_Z = f(R_Z) \text{ při } U_1 = \text{konst. (27)}$$

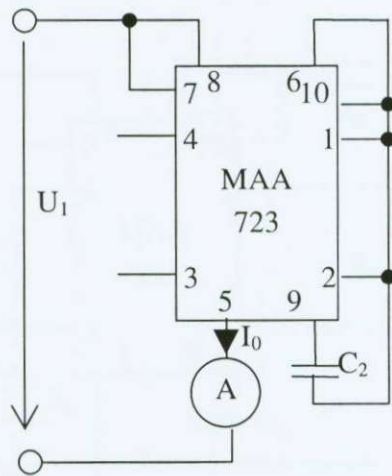


obr.2.27 – schéma zapojení pro měření rozsahu vstupních napětí a stability výstupního napětí při změně

2.2.7 Zapojení pro měření klidového proudu:

Při měření klidového proudu stabilizátoru označeného jako I_0 je důležité, aby obvod nebyl jakkoli zatížen. Obvod tedy běží naprázdno. Je důležité aby nebyl zatížen ani vnitřní zdroj referenčního napětí. Mezi výstup č.5 a zem je vložen ampérmetr, který přímo ukazuje hodnotu klidového proudu. U použitého ampérmetru je důležité, aby měl co nejmenší vnitřní odpor. Hodnota klidového proudu je nízká a naměřené hodnoty by mohly být při použití nevhodného ampérmetru zkreslené. Při zapojení podle schéma na obr.2.28 je možné měřit funkční závislost vyjádřenou vzorcem č. 28.

$$I_0 = f(U_1) \text{ [mA]} \quad (28)$$



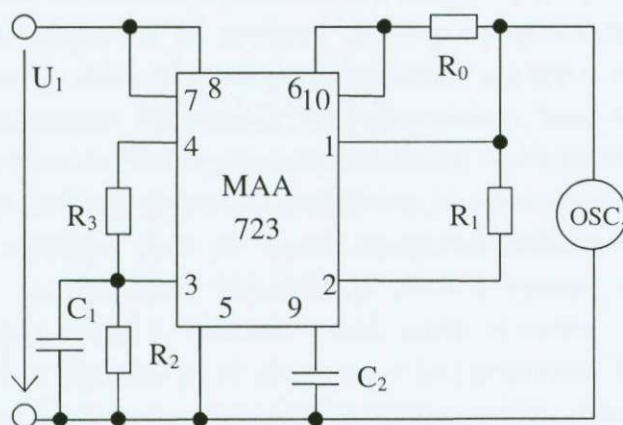
obr.2.28 – schéma zapojení pro měření klidového proudu

2.2.8 Zapojení pro měření potlačení zvlnění:

Potlačení zvlnění, které je označeno písmenem P je definováno jako poměr mezi zvlněním vstupního napětí U_1 (špička-špička) a zvlněním výstupního napětí U_2 (špička-špička). Schéma zapojení je na obr.2.29. Zvlnění se měří v kmitočtovém pásmu od 50 [Hz] do 10 [kHz] a to s připojeným nebo odpojeným kondenzátorem C_R .

Standardně se nastaví hodnota vstupního napětí $U_1 = 16$ [V] a moduluje se sinusovým signálem $U_{SS} = 28$ [V]. Na výstupu se po zesílení měří mezivrcholová hodnota střídavé složky a hodnota zvlnění se vypočte podle vzorce č. 29.

$$p = 20 \log \left[\frac{\ddot{U}_1}{U_2} \right] \text{ [dB] (29)}$$



obr.2.29 – schéma zapojení pro měření rozsahu vstupních napětí a stability výstupního napětí při změně

3. Návrh přípravků pro měření:

Pro každý integrovaný stabilizátor bude vyroben jeden přípravek. Jedna se sice o rozdílné stabilizátory napětí, avšak měřené parametry u obou obvodů jsou obdobné. U obou stabilizátorů je tedy možné měřit stejné parametry a ty pak následně porovnávat mezi sebou a s katalogovými údaji.

Výrobky mají pouze usnadňovat měření, ale v žádném případě by neměli studenty o znalosti či dovednosti ochuzovat. Přípravky jsou tedy řešeny tak, aby bylo možné jednoduchým zásahem změnit zapojení a tím i parametry nebo funkci daného obvodu dle zadaného schématu. Nejedná se tedy o přípravky, ke kterým stačí pouze připojit měřicí přístroje a odečítat naměřené hodnoty. Pro každé zapojení je nutný zásah do zapojení přípravku. Vše je tedy pouze předpřipravené, nikoli se však nejedná o hotové řešení. Rozmístění součástek na desce je záměrně řešeno tak, aby odpovídalo danému schématu. To usnadňuje představu a orientaci v zadané úloze.

Výhodou přípravku je možnost ochrany integrovaného stabilizátoru proti zničení, ke kterému často dochází při nesprávném zapojení, neopatrnou manipulací nebo špatným zapojením. Přípravek je již opatřen obvody, které ho chrání před špatným zapojením, ale vlastní měření či parametry samotného stabilizátoru nijak neovlivňují.

Výstupy obou stabilizátorů jsou chráněny jak proti přetížení, tak proti zkratu, ke kterému může například dojít při špatně zapojeném měřicím přístroji. U přípravku s integrovaným stabilizátorem MAA723 je posílen výstup, aby bylo možné bez problémů odebírat proud o velikosti 1 [A] místo obvodem povolených 150[mA]. Integrovaný obvod MA7805 je již pro proud 1 [A] připraven. Bez tohoto posílení by nebylo možné porovnávat všechny výsledky měření na obou stabilizátorech.

Ačkoli jsou oba přípravky řešeny univerzálně, není bohužel možné v některých případech aplikovat na obou stejné zapojení. Přípravek s integrovaným stabilizátorem MAA723 nelze nastavit tak, aby se stabilizátor choval jako zdroj proudu, což v případě obvodu MA7805 není problém. Ten však nelze zapojit jako plynulý regulovatelný stabilizátor napětí ve větším rozsahu, což zas není problém v případě obvodu MAA723. Všechny důležité parametry je však možné měřit na obou stabilizátorech, takže toto omezení není až tak velkým nedostatkem.

Každý výrobek je umístěn na vlastní desce plošného spoje a je již opatřen vším potřebným pro jednoduché připojení zdroje napětí, měřicích přístrojů a popřípadě dalších potřebných součástek. Pro snadnější orientaci je deska opatřena potiskem, na kterém je přibližně naznačeno, kam co připojit. Přípravky tedy velice usnadňují měření na integrovaných stabilizátorech a bez problému je zvládnou i studenti, kteří se s těmito obvody ještě nesetkali.

3.1 Obecná část

3.1.1 Základní schéma pro měření parametrů stabilizátorů napětí:

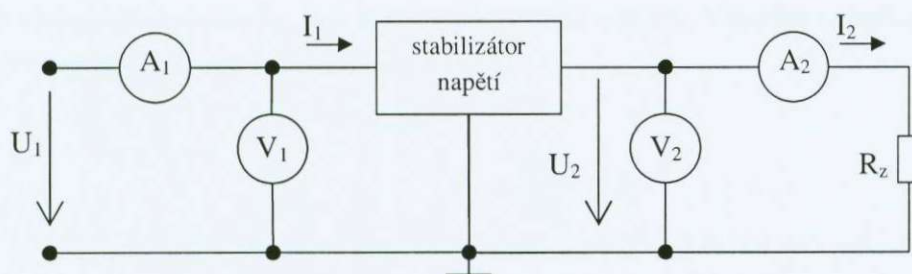
Ať se již jedná o jakýkoli stabilizátor napětí, bez ohledu zda je integrovaný či složený z diskretních součástek, obecné schéma pro měření jeho parametrů, které je zobrazeno na obr.3.1 je vždy stejné.

Na vstup je přivedeno stejnosměrné napětí, které je ve schématu označeno jako U_1 . Jelikož je pro nás rozhodující napětí na vstupu stabilizátoru, je voltmetr V_1 na vstupu stabilizátoru zařazen až za ampérmetr A_1 a měří napětí přímo na vstupu stabilizátoru. Pokud by byl zapojen před ampérmetrem, mohla by výsledky mění ovlivňovat vlastní spotřeba ampérmetru.

Při měření klidového proudu stabilizátoru by měl být voltmetr V_1 odpojen, aby neovlivňoval měření. Je možné použít kvalitní voltmetr, který má malou vlastní spotřebu a která je ve srovnání s měřeným proudem zanedbatelná. Samozřejmě při měření klidového proudu je nutné, aby výstup stabilizátoru byl zapojen naprázdno bez jakékoli zátěže. Pak velikost vstupního proudu, který je označen jako I_1 odpovídá klidovému proudu stabilizátoru. Při použití vhodného voltmetru na vstupu je pak možné určit i výkonovou ztrátu při zapnutém stabilizátoru naprázdno.

Na výstupu je situace opačná, voltmetr V_2 , který měří výstupní stabilizované napětí je zapojen před ampérmetrem A_2 . Na výstupu nás zajímá velikost výstupního stabilizovaného napětí a pokud by byly měřicí přístroje zapojeny opačně, údaj voltmetru by byl menší o úbytek napětí vytvořeném na ampérmetru. Jelikož je se stabilizátory možné běžně dosáhnout výstupních proudů okolo 1 [A], není již úbytek napětí na ampérmetru zanedbatelný.

Rezistor R_z , který je zapojen na výstupu stabilizátoru označuje připojenou zátěž, která nemusí být vždy jen ohmická. Při měření bývá na výstupu většinou připojena proměnná zátěž, aby bylo možné proměřit stabilitu výstupního napětí pro různě veliké výstupní proudy.



obr.3.1 – obecné schéma pro měření parametrů stabilizátorů napětí

3.1.2 Měřené parametry na stabilizátorech napětí:

Závislost výstupního napětí U_2 na změně vstupního napětí U_1

Někdy je též nazýváno kontrolou rozsahu. Při měření této funkční závislosti, kterou vyjadřuje vzorec č. 30 je nutné dávat pozor, aby nedošlo k překročení maximálního dovoleného vstupního napětí stabilizátoru a tím nedošlo k jeho zničení. Měří se při odpojené zátěži nebo při různých hodnotách zátěže $R_Z = \text{konst.}$ dle vzorce č. 31.

$$U_2 = f(U_1) \text{ při } R_Z = \infty \quad (30)$$

$$U_2 = f(U_1) \text{ při } R_Z = \text{konst.} \quad (31)$$

Závislost výstupního napětí U_2 na zatěžovacím proudu I_Z

Tato funkční závislost udává jak moc kolísá výstupní stabilizované napětí U_2 při různě velkém zatěžovacím proudu I_Z nebo různě velké zátěži. Lze tedy vyjádřit dvě funkční závislosti, které popisují vzorce č. 32 a č. 33. Vstupní napětí U_1 musí být konstantní.

$$U_2 = f(I_Z) \text{ při } U_1 = \text{konst.} \quad (32)$$

$$U_2 = f(R_Z) \text{ při } U_1 = \text{konst.} \quad (33)$$

Činitel napěťové stabilizace

Označuje se S_U a jedná se o bezrozměrnou veličinu. Vyjadřuje poměr změny výstupního napětí U_2 vůči změně vstupního napětí U_1 . Výpočet vyjadřuje vzorec č. 34. V ideálním případě je hodnota $S_U = 0$.

$$S_U = \frac{dU_2}{dU_1} \quad (34)$$

Činitel proudové stabilizace

Značí se S_I a jelikož se v tomto případě jedná poměr změny výstupního napětí U_2 vůči změně výstupního proudu I_Z , má rozměr ohmického odporu. Výpočet vyjadřuje vzorec č. 35. V ideálním případě je hodnota $S_I = 0 \text{ } [\Omega]$.

$$S_I = \frac{dU_2}{dI_Z} \quad (35)$$

Klidový proud stabilizátoru I_q

Měří se při zapojení naprázdno a pokud známe vstupní napětí U_1 a výstupní napětí U_2 , je možné pomocí něj určit výkonovou ztrátu P na stabilizátoru dle vzorce č. 37. Pomocí velikosti výkonové ztráty je pak možno určit typ chladiče, který je třeba použít.

$$P = (U_1 - U_2) \cdot I_q \quad (36)$$

Potlačení zvlnění p

Stabilizátor napětí pracuje částečně i jako filtr, potlačuje tedy střídavou složku stejnosměrného napětí. Potlačení zvlnění je definováno jako poměr mezivrcholové hodnoty střídavé složky vstupního napětí U_{1s} a mezivrcholové hodnoty střídavé složky výstupního stabilizovaného napětí U_{2s} . Pro měření je třeba zobrazit průběh vstupního i výstupního napětí na obrazovce osciloskopu a odtud odečíst obě hodnoty. Vyjadřuje se nejčastěji v [dB] a je vypočítáno podle vzorce č. 38.

$$p = 20 \log \left(\frac{U_{1s}}{U_{2s}} \right) \quad (37)$$

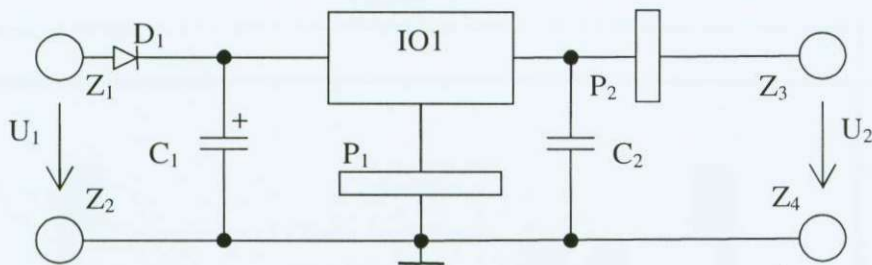
3.2 Přípravek s IO MA7805

3.2.1 Návrh zapojení

Schéma přípravku vychází ze základního zapojení integrovaného stabilizátoru MA7805, které není nikterak složité. Vybral jsem integrovaný obvod od výrobce STMicroelectronics typ L7805CV, který je běžně k dostání ve většině obchodech zaměřených na prodej elektronických součástek. Zvolený typ obvodu má obdobné parametry jako Tesla MA7805, jehož katalogové údaje jsou uvedeny v teoretickém rozboru. Při výběru obvodu je možno zvolit pouzdro TO-3 nebo TO-220. Já jsem zvolil pouzdro TO-220, které je menší a tím se snáze umísťuje na desku plošného spoje. Nevýhodou je pak nutnost instalace chladiče, aby bylo možné odebírat maximální proud, který je dle katalogu 1 [A]. Tato velikost proudu je pro potřeby měření dostačující, takže není třeba připojovat další externí součástky pro proudové posílení výstupu. Maximální vstupní stejnosměrné napětí integrovaného obvodu je 35 [V]. Jelikož laboratorní zdroje, ke kterým je přípravek připojován, mají standardně výstupní stejnosměrné napětí maximálně 24 [V]. V obvodu jsou již integrovány ochrany pro případné překročení uvedených hodnot, proto již není nutné obvod chránit dalším externími součástkami. Na vstupu je pouze připojena usměrňovací dioda, která chrání obvod pře přepólováním nebo při připojení střídavého napětí.

Schéma zapojení celého přípravku na obr3.2 je velice jednoduché. K obvodu jsou přidány dle doporučení výrobce na vstup a výstup kondenzátory. Vstupní kondenzátor označený jako C_1 je elektrolitický s kapacitou 1 μF . V obvodu vyrovnává případné kolísání vstupního napětí, které mohou vzniknout například při přechodovém jevu při připojení či odpojení zátěže nebo při špatně vyfiltrovaném napětí z připojeného zdroje. Svou funkcí tak zvyšuje stabilitu obvodu a tím i výstupního napětí. Druhý kondenzátor, označen jako C_2 je keramický o kapacitě 100nF a je připojen na výstupu a jeho úkolem je chránit stabilizátor proti rozkmitání výstupu a potlačuje i střídavou složku stejnosměrného napětí, která může pronikat ze vstupu.

Mezi zemnicím vývodem číslo 3 a zemí je umístěná patice DIL-14 označena jako P_1 . Jejím účelem je možnost snadného připojení elektronických součástek a tím měnit parametry stabilizátoru, jak již bylo popsáno v teoretickém rozboru MA7805. Další patice označená jako P_2 , tentokrát DIL-8 je zapojena na výstup stabilizátoru a má obdobný účel jako P_1 . Pomocí těchto dvou patic je velice snadno možné zapojením vhodných součástek rychle měnit funkci celého přípravku. Přípravek je ještě osazen čtyřmi zdířkami, které jsou označeny Z_1 , Z_2 , Z_3 a Z_4 . Z_1 a Z_2 slouží k připojení zdroje napětí, Z_3 a Z_4 jsou pro připojení zátěže či měřících přístrojů.



obr.3.2 – schéma zapojení přípravku s MA7805

3.2.2 Konstrukční řešení

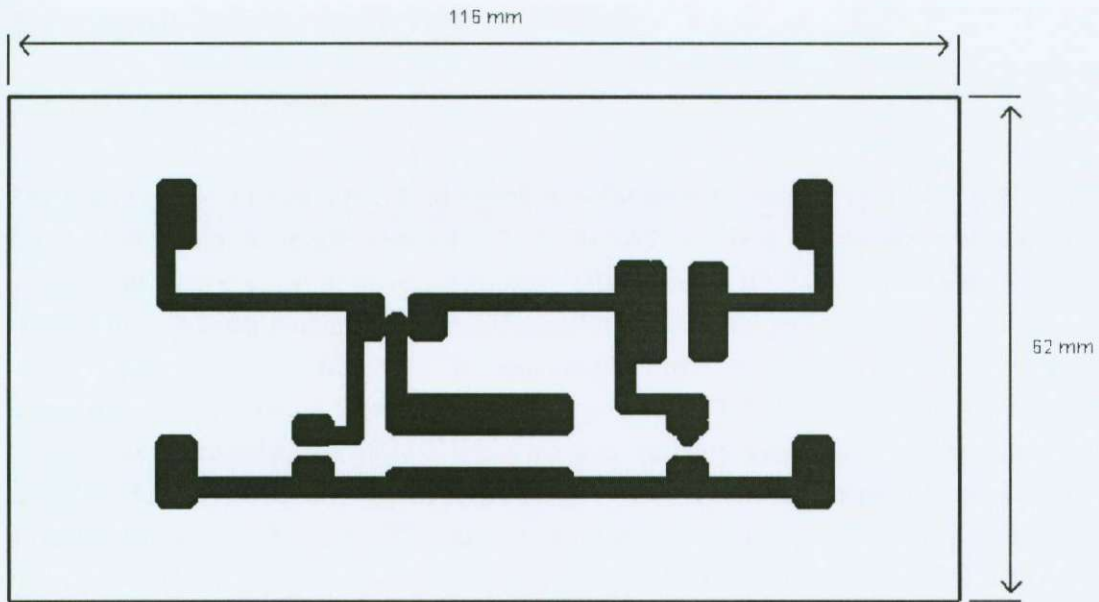
Celý přípravek je vsazen do dvoudílné šedé plastové krabičky o rozměrech 120 x 70 x 30mm označené jako K12 [9], které je vyobrazena na obr.3.3. Krabička je opatřena potiskem, aby bylo při uskladnění zřetelné, co je uvnitř. Uzavření přípravku do krabičky je vhodné zejména z důvodu uskladnění a ochrany při přenášení. Od této krabičky se odvíjí i rozměry desky. Pro zhotovení přípravku je použita jednovrstvá cuprexidová deska o síle 1mm. Rozměr desky je stanoven na 116 x 62mm a odpovídá vnitřním rozměrům uvedené krabičky. Pro uchycení desky ke krabičce je použit výstupek, který je umístěn přesně v prostředku spodního dílu krabičky. Schéma desky plošného spoje bez součástek je na obr.3.4 a se součástkami na obr.3.5. Seznam použitých součástek je uveden v tab.3.1.

tab.3.1 – seznam součástek pro přípravek s IO MA7805

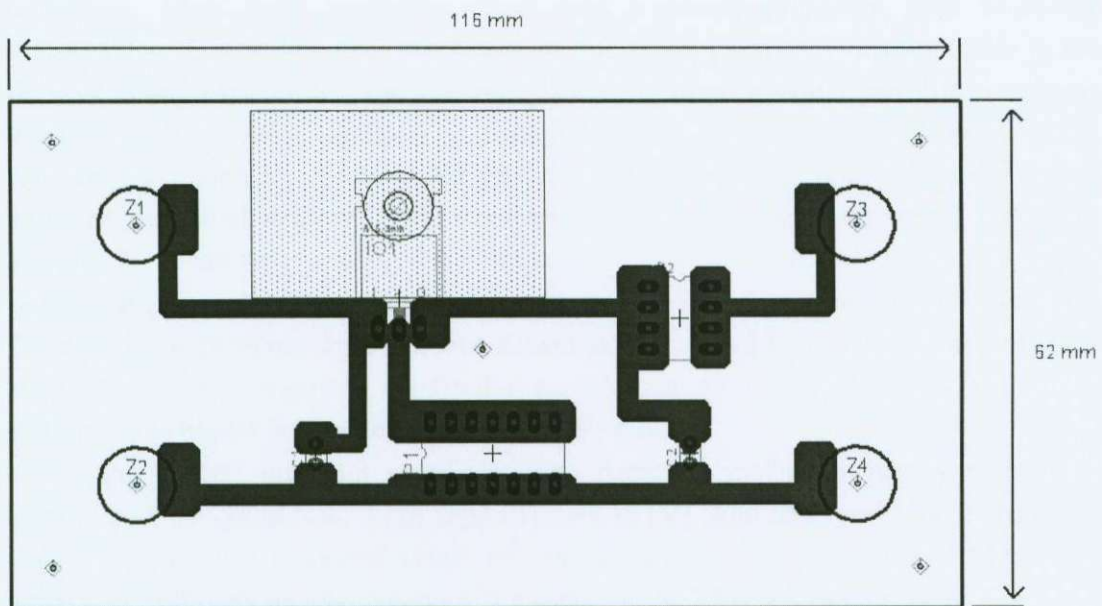
označení	typ	počet kusů
IO1	integrovaný stabilizátor L7805CV	1
C1	1 μ F / 100V elektrolitický	1
C2	100nF keramický	1
D1	usměrňovací dioda pro proud 1 [A]	1
P1	patice DIL -14	1
P2	patice DIL – 8	1
Z1, Z2, Z3, Z4	zďřka \varnothing 10mm	1
	chladič pro L7805CV	1
	krabička K12	1



obr.3.3 – krabička K12



obr.3.4 – schéma desky plošného spoje s MA7805 bez součástek



obr.3.5 – schéma desky plošného spoje s MA7805 se součástkami

3.3 Přípravek s IO MAA723

3.3.1 Návrh zapojení

Pro přípravek je zvolen obvod od výrobce STMicroelectronics typ LM723CN jehož katalogové údaje se téměř shodují s Tesla MAA723, který je uveden v teoretickém rozboru. Je možné si zvolit obvod v pouzdře DIP-14 nebo IO-7. Já jsem zvolil variantu DIP-14 hlavně kvůli možnosti bezproblémového zasazení do patice.

Oproti obvodu MA7805 je zapojení s tímto integrovaným stabilizátorem komplikovanější, schéma zapojení přípravku je na obr. 3.6. Jednak potřebuje pro svou funkci externí součástky a ještě k tomu má dvě varianty zapojení a to pro stabilizaci napětí od 1,5 [V] do 7,15 [V] a od 7,15 [V] do 35 [V]. Tento fakt je pro nás nepříjemný, protože zlomové napětí 7,15 [V] je akorát ve středu intervalu výstupních napětí, které je třeba měřit. Další nepříjemností je omezení výstupního proudu na maximálně 150[mA]. Tato hodnota je pro přípravek nedostačující.

Abychom mohli porovnávat oba obvody mezi sebou, je třeba výstup proudově posílit na výstupní proud obvodu MAA7805, který je 1 [A]. Proudové posílení výstupu je řešeno připojením bipolárního výkonového tranzistoru vodivosti NPN. Pro tento účel jsem zvolil běžně dostupný typ 2N3055 v pouzdře TO-3, pomocí kterého bychom teoreticky mohli odebírat proud až 6[A]. Pro tento proud není tranzistor třeba opatřovat chladičem. Mezi další součástky, které jsou k obvodu připojeny patří proměnné rezistory R_1 , R_2 a R_3 , pomocí kterých je možné měnit parametry obvodu. Dále je zde drátový pevný rezistor R_0 , který je zapojený na výstupu a slouží pro funkci ochrany výstupu proti přetížení. Drátový je zvolen hlavně z důvodu velké výkonové ztráty, protože je připojen na výstup a teče přes něj celkový výstupní proud. V poslední řadě jsou zde dva kondenzátory. První označený jako C_1 je připojen na vývod číslo 3 na kterým je referenční napětí. Jeho funkcí je filtrovat vydělená referenční napětí potlačovat případné kolísání napětí na tomto vstupu. Druhý kondenzátor označený jako C_2 je připojen na vývod číslo 9 a jeho funkcí je kmitočtová kompenzace integrovaného stabilizátoru. Pro připojení napájecího napětí jsou ze zdířky Z_1 a Z_2 a výstupní stabilizované napětí je vyvedeno mezi zdířky Z_3 a Z_4 .

Pro změnu intervalů stabilizovaného napětí je možné proměnný rezistor R_2 připojit buď na vývod číslo 3 pro napětí 1,5 – 7,15 [V] nebo na vývod číslo 2 pro napětí 7,15 – 35 [V]. Pro přepojení slouží tři zásuvky z jednořadé přímé lišty RM2,54mm, které jsou připojeny na vývod číslo 3, 2 a záporný pól. Zásuvky jsou značeny Z_5 s Z_6 .

Na vstupu integrovaného obvodu je zapojena usměrňovací dioda, která chrání obvod pro případ, že by bylo na vstup připojeno střídavé napětí nebo stejnosměrné napětí s obrácenou polaritou. dioda je označena D_1 .

3.3.2 Konstrukční řešení

Přípravek je opět zhotoven na jednovrstvou cuprexidovou desku o síle 1mm a rozměrech 116 x 62mm. Je též umístěný v plastové krabičce K12, která je na obr. 3.3. Schéma desky obrazce plošného spoje pro přípravek je na obr. 3.7 a s rozmístěním součástek na obr. 3.8. Seznam součástek je pak uveden v tabulce označené tab. 3.2.

V tomto případě se však jedná o integrovaný obvod, který ke své správné funkci potřebuje externí součástky. Jejich hodnoty a příslušná zapojení pak určují funkci celého přípravku. Zapojení je ještě složitější o tranzistor, kterým je proudově posílen výstup. Výpočet součástek je proveden následujícím způsobem.

U pomocného tranzistoru NPN nás zajímá jen stejnosměrný proudový zesilovací činitel h_{21E} . Podle jeho hodnoty je pak určena maximální velikost odebíraného proudu, kterou určíme dle vzorce č.38 ve kterém I_{vmax} je požadovaný výstupní proud, I_{6max} označuje maximální výstupní proud MAA723, který je v tomto případě 150 [mA].

$$I_{vmax} = I_{6max} \cdot h_{21E} \quad (37)$$

Pro výstupní proud 1[A] postačí hodnota $h_{21E} = 10$, takže volba tranzistoru je velice benevolentní. Já jsem zvolil typ 2N3055 v pouzdře TO – 3 pomocí kterého je možné získat výstupní proud až 6[A]. Volil jsem tento typ tranzistoru zejména proto, aby se k němu nemusel instalovat rozměrný chladič.

Hodnota rezistoru R_0 , který je připojen na výstupu je vypočítána dle vzorce č. 39. I_{2max} je v tomto případě 1[A] a U_{BEV} je napětí, při kterém se otevírá tranzistor vnitřní proudové limitace. Jelikož se jedná o tranzistor křemíkový, je jeho hodnota 0,66 [V]. Hodnota rezistoru vychází na 0,66 [Ω]. Tato hodnota však není standardně k dispozici, proto jsem zvolil nejbližší v řadě E12 o hodnotě $R56 \pm 5\%$. S ohledem na výkonovou ztrátu označenou jako P, která je dle vzorce č. 40 odpovídá hodnotě 0,65 [W]. Byl zvolen drátový rezistor v keramickém pouzdře s maximální dovolenou výkonovou ztrátou 5W, vyšší hodnota výkonové ztráty byla zvolena proto, aby se při maximálním odběru proudu rezistor zbytečně nezahříval.

$$R_0 = \frac{U_{BEV}}{I_{2max}} \quad (38)$$

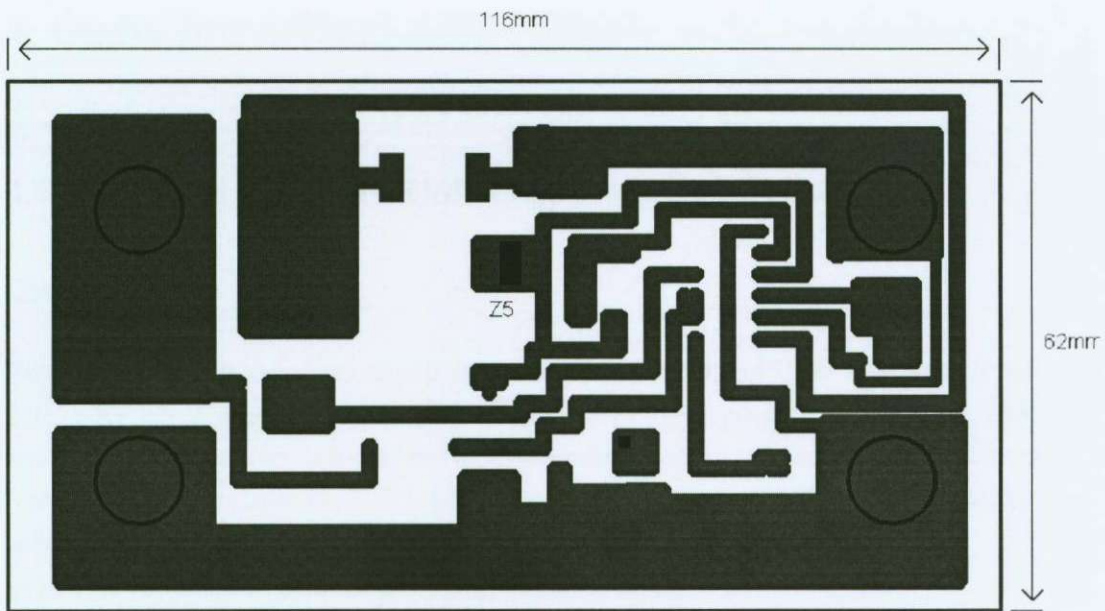
$$P = U_{BEV} \cdot I_{2max} \quad (39)$$

Pro proměnné rezistory R_1 , R_2 a R_3 je volena nejvyšší hodnota, která je nutná na některém z nich nastavit. Jedná se o hodnotu proměnného rezistoru R_2 , která dle vzorce č. 41 vychází na 13 [k Ω]. Zvolil jsem proměnný rezistor od výrobce Piher, typ 520M jehož nejbližší hodnota je 25[k Ω]. U_0 označuje požadovanou hodnotu stabilizovaného napětí a U_{REF} je hodnota zdroje referenčního napětí integrovaného obvodu, v tomto případě $U_{REF} = 7,15$ [V].

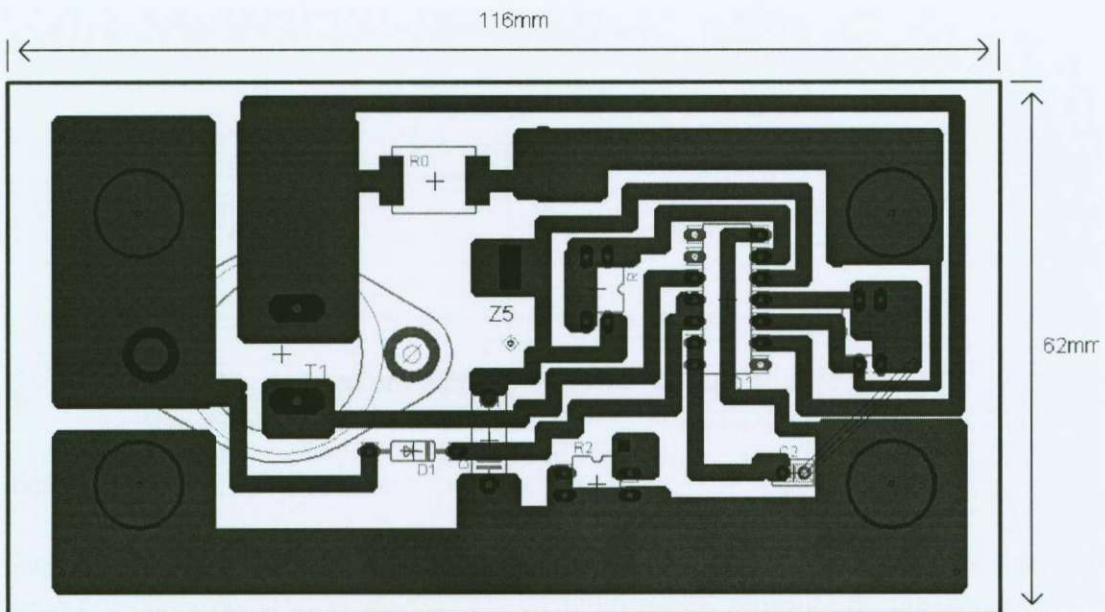
$$R_2 = \frac{U_0}{U_{REF} \cdot (R_1 + R_2)} \quad (40)$$

tab.3.2 - seznam součástek pro přípravek s IO MAA723

označení	typ	počet kusů
IO1	integrovaný stabilizátor LM723CN	1
C1	1 μ F / 100V elektrolitický	1
C2	100pF keramický	1
R0	R56 \pm 5% 5W drátový	1
R1, R2, R3	trimr ležatý Piher M520, 25k Ω	3
D1	usměrňovací dioda pro proud 200 [mA]	
Z1, Z2, Z3, Z4	zdička \varnothing 10mm	1
Z5,Z6	lišta přímá odlamovací RM 2,54mm	1
	Patice DIL – 14 pro IO LM723CN	1
	krabička K12	1



obr.3.7 – schéma desky plošného spoje s MAA723 bez součástek



obr.3.8 – schéma desky plošného spoje s MAA723 se součástkami

4. Úlohy pro měření

4.1 Úlohy společné pro IO MA7805 a MA723

4.1.1 Kontrola rozsahu a činitele napět'ové stabilizace

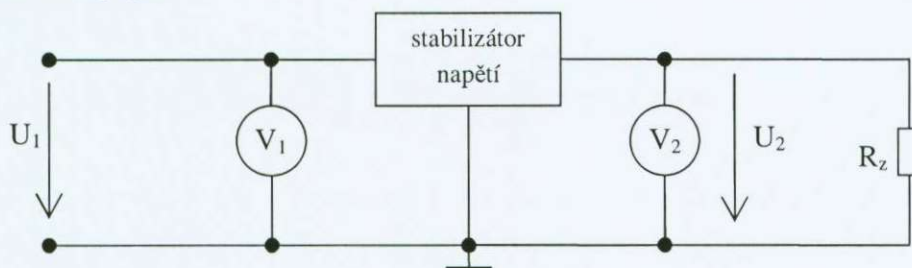
Úkol:

Změřte stabilitu výstupního napětí pro vstupní napětí U_1 od 0 do 30V pro tři velikosti zátěže R_Z při výstupním napětí stabilizátoru 5 [V]. Při použití stabilizátoru MAA723 proveďte jedno měření s nastaveným výstupním napětím z intervalu od 15 do 30 [V]. Vstupní napětí zvyšujte po 2 [V]. Měření proveďte u obou stabilizátorů a výsledky mezi sebou porovnejte. Z výsledků měření určete činitele napět'ové stabilizace. Graficky vyjádřete funkční závislost $U_2 = f(U_1)$ při $R_Z = \text{konst}$

Pracovní pomůcky:

- speciální přípravek s integrovaným stabilizátorem MA7805 a MAA723
- regulovatelný zdroj stejnosměrného napětí
- 2x voltmetr
- ohmická zátěž

Schéma zapojení:



obr.4.1.1.1 - zapojení pro měření kontroly rozsahu a činitele napět'ové stabilizace

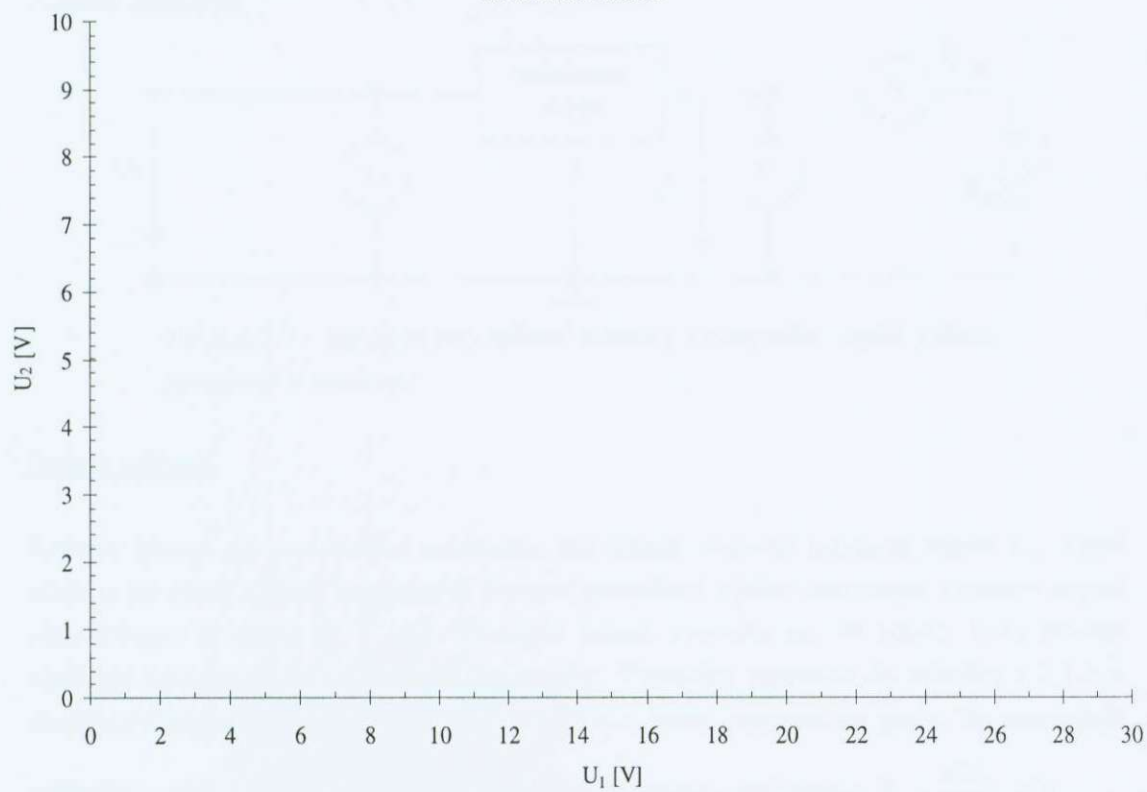
Postup měření:

Zapojte obvod dle schématu. Nastavte vstupní napětí na 0 [V]. Připojte zátěž a vstupní napětí zvyšujte po 2[V] až do 30 [V]. Výstupní napětí zapisujte do tabulky 4.1.1.1 a měření opakujte při tři různé zátěže. Změřené funkční závislosti $U_2 = f(U_1)$ při $R_Z = \text{konst}$. a vynesete je do grafu. Jedno z měření proveďte při odpojené zátěži R_Z . Činitele napět'ové stabilizace vypočítejte pro každé R_Z dle vzorce $S_U = \frac{dU_2}{dU_1}$ [-]. Pro výpočet vynechejte hodnoty napětí, při kterých ještě není schopen stabilizátor správné funkce.

tab.4.1.1.1 – kontrola rozsahu a činitele napěťové stabilizace

	$R_Z = \Omega$	$R_Z = \Omega$	$R_Z = \Omega$
U_1 [V]	U_2 [V]	U_2 [V]	U_2 [V]
0			
2			
4			
6			
8			
10			
12			
14			
16			
18			
20			
22			
24			
26			
28			
30			
S_U :			

Kontrola rozsahu



4.1.2 Stabilita výstupního napětí a proudový činitel stabilizace

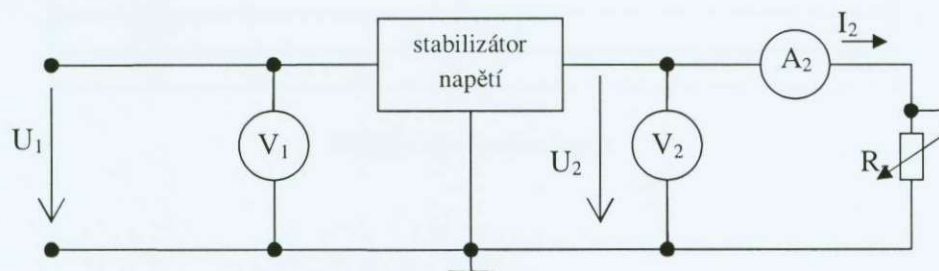
Úkol:

Změřte stabilitu výstupního napětí stabilizátorů MA7805 a MAA723 pro výstupní proud od 0 do 1 [A]. Velikost výstupního napětí u MAA723 nastavte na 5 [V]. Měření proveďte pro 3 hodnoty vstupního napětí. Z výsledků určete proudový činitel stabilizace a integrované stabilizátory porovnejte mezi sebou. Graficky vyjádřete funkční závislost $U_2 = f(I_z)$ při $U_1 = \text{konst.}$ U obvodu MAA723 proveďte jedno měření s výstupním napětím z intervalu od 15 do 30 [V].

Pracovní pomůcky:

- speciální přípravek s integrovaným stabilizátorem MA7805 a MAA723
- regulovatelný zdroj stejnosměrného napětí
- 2x voltmetr, 1x ampérmetr
- proměnná ohmická zátěž

Schéma zapojení:



obr.4.1.2.1 - zapojení pro měření stability výstupního napětí a činitele proudové stabilizace

Postup měření:

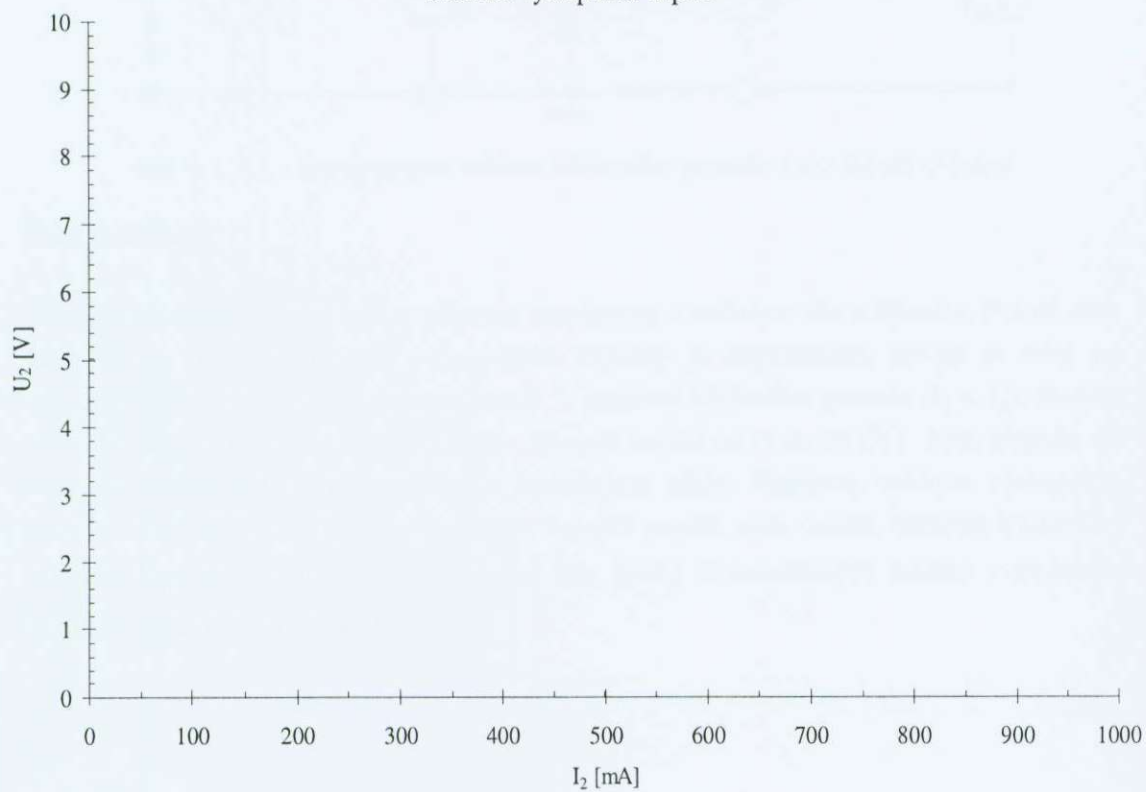
Zapojte obvod dle uvedeného schématu. Na zdroji nastavte napájecí napětí U_1 , které zůstane po dobu měření konstantní. Pomocí proměnné zátěže nastavujte výstupní proud stabilizátoru I_2 od 0 do 1 [A]. Výstupní proud zvyšujte po 50 [mA]. Celý postup opakujte celkem pro tři různá vstupní napětí. Výsledky zapisujte do tabulky 4.2.1.2 a změřené funkční závislosti $U_2 = f(I_z)$ při $U_1 = \text{konst.}$ vyneste do grafu. Ze získaných

výsledků měření vypočítejte činitel proudové stabilizace dle vzorce $S_I = \frac{dU_2}{dI_2}$ [Ω].

tab 4.2.1.2 – stabilita výstupního napětí a činitel proudové stabilizace

	$U_1 =$ [V]	$U_1 =$ [V]	$U_1 =$ [V]
I_2 [mA]	U_2 [V]	U_2 [V]	U_2 [V]
0			
50			
100			
150			
200			
250			
300			
350			
400			
450			
500			
550			
600			
650			
700			
750			
800			
850			
900			
950			
1000			
S_i			

Stabilita výstupního napětí



4.1.3. Klidový proud a potlačení zvlnění

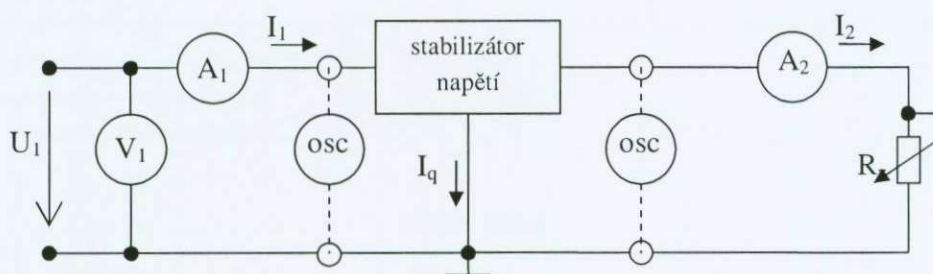
Úkol:

Změřte velikost klidového proudu I_q u integrovaných stabilizátorů MA7805 a MAA723 pro hodnoty vstupního napětí U_1 v intervalu od 1 do 30 [V] při odpojené zátěži. Vstupní napětí zvyšujte po 2 [V]. Poté pomocí proměnné zátěže nastavte výstupní proud I_2 na 500 [mA] a měření opakujte. Připojte na vstup a výstup stabilizátoru osciloskop, změřte zvlnění napětí a vypočítejte činitel potlačení zvlnění p .

Pracovní pomůcky:

- speciální přípravek s integrovaným stabilizátorem MA7805 a MAA723
- regulovatelný zdroj stejnosměrného napětí
- 1x voltmetr, 2x ampérmetr
- proměnná ohmická zátěž
- osciloskop

Schéma zapojení:



obr 4.1.3.1 - zapojení pro měření klidového proudu a potlačení zvlnění

Postup měření:

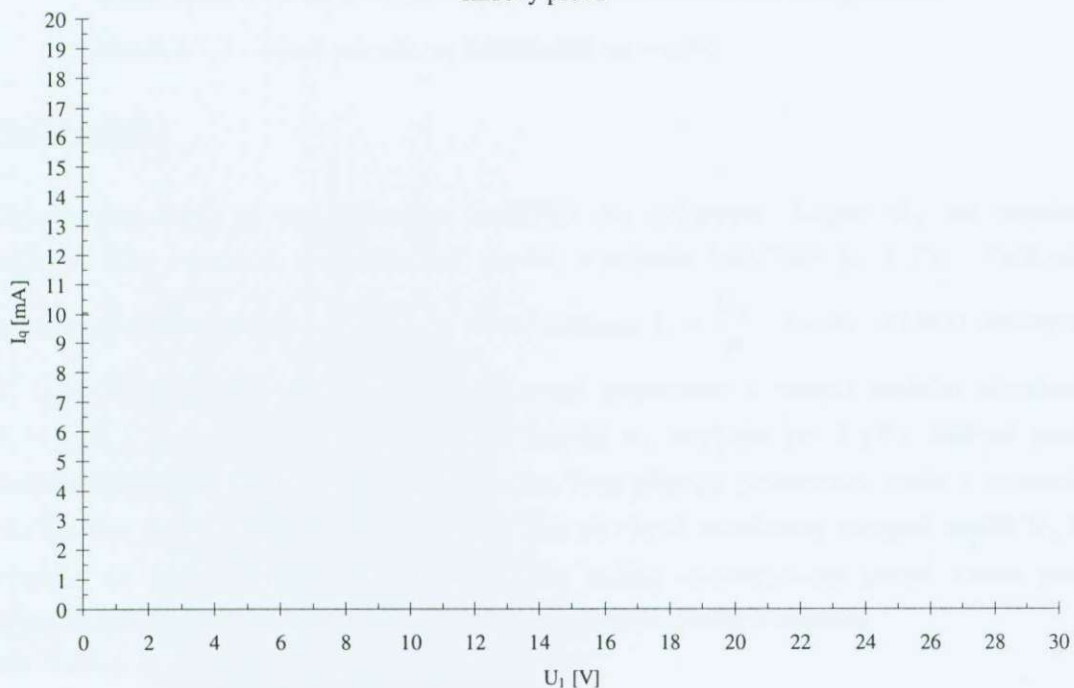
Mezi zdroj napětí a stabilizátor připojte ampérmetr a voltmetr dle schématu. Pokud není na výstupu stabilizátoru nic připojeného (výstup je naprázdno), rovná se údaj na ampérmetru A_1 , který měří vstupní proud I_1 hodnotě klidového proudu ($I_1 = I_q$). Změřte takto hodnotu klidového proudu I_q pro vstupní napětí od 0 do 30 [V]. Poté připojte na výstup stabilizátoru ampérmetr A_2 a proměnnou zátěž. Nastavte velikost výstupního proudu I_2 na 500 [mA] a pro uvedená vstupní napětí opět určete velikost klidového proudu. Tentokrát podle vzorce $I_q = I_1 - I_2$ [mA]. Z naměřených hodnot vypočítejte velikost ztrátového výkonu P_Z .

Poté změřte osciloskopem zvlnění vstupního a výstupního napětí a vypočítejte činitele potlačení zvlnění dle vzorce $p = 20 \log \left(\frac{U_{1S}}{U_{2S}} \right)$ [dB]. U_{1S} označuje velikost zvlnění vstupního napětí a U_{2S} velikost zvlnění výstupního napětí. Naměřené hodnoty zapište do tabulky 4.1.3.1 a do grafu vynesete funkční závislost $I_q = f(U_1)$ při $I_2 = 0$ [mA] a $I_2 = 500$ [mA]. Při výpočtech nezapomeňte převádět jednotky.

tab. 4.1.3.1 – klidový proud a potlačení zvlnění

U_1 [V]	$I_2 = 0$ [mA] I_q [mA]	P_Z [W]	I_1 [mA]	$I_2 = 500$ [mA] I_q [mA]	P_Z [W]
0					
3					
6					
9					
12					
15					
18					
21					
24					
27					
30					
U_{1S} [V]					
U_{2S} [V]					
p [dB]					

Klidový proud



4.2 Úlohy pro integrovaný stabilizátor MA7805

4.2.1 Zdroj proudu se stabilizátorem napětí

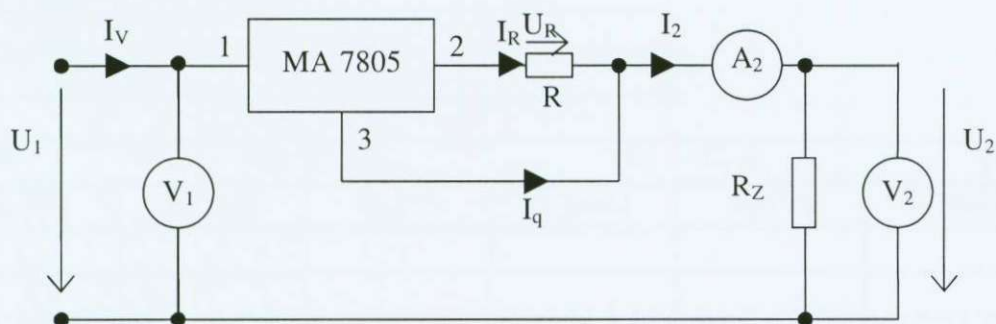
Úkol:

Proveďte funkci stabilizátoru MA7805 jako zdroje konstantního proudu. Změřte závislost výstupního proudu I_2 na velikosti vstupního napětí U_1 a vynesete do grafu.

Pracovní pomůcky:

- speciální přípravek s integrovaným stabilizátorem MA7805 a MAA723
- regulovatelný zdroj stejnosměrného napětí
- 2x voltmetr, 1x ampérmetr
- proměnná ohmická zátěž

Schéma zapojení:



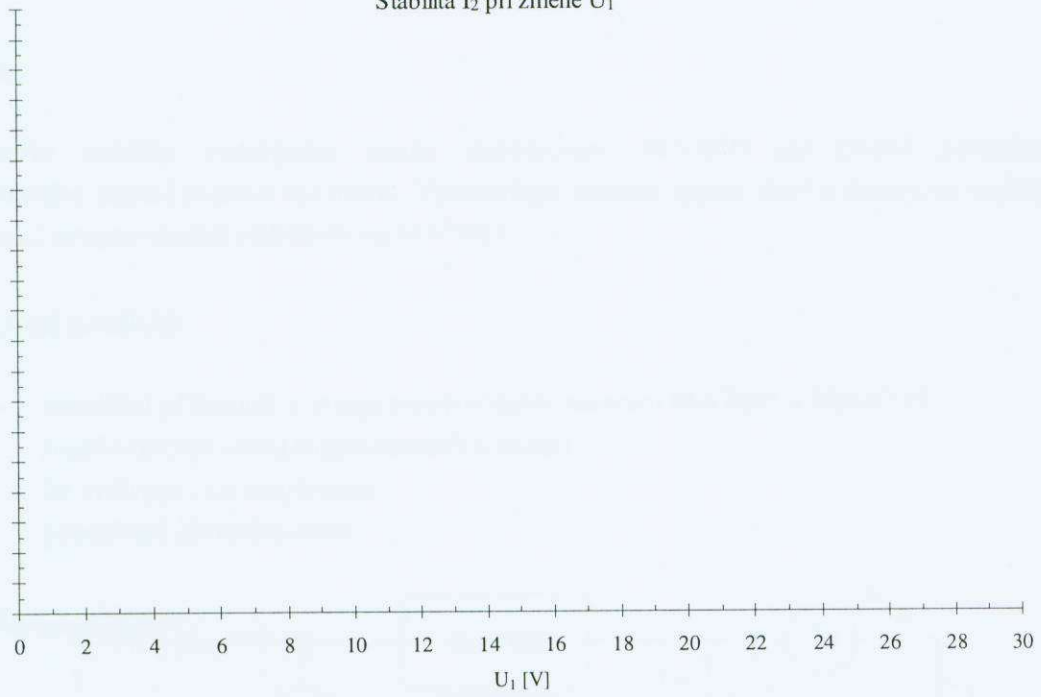
obr 4.2.1.1 - zdroj proudu se stabilizátorem napětí

Postup měření:

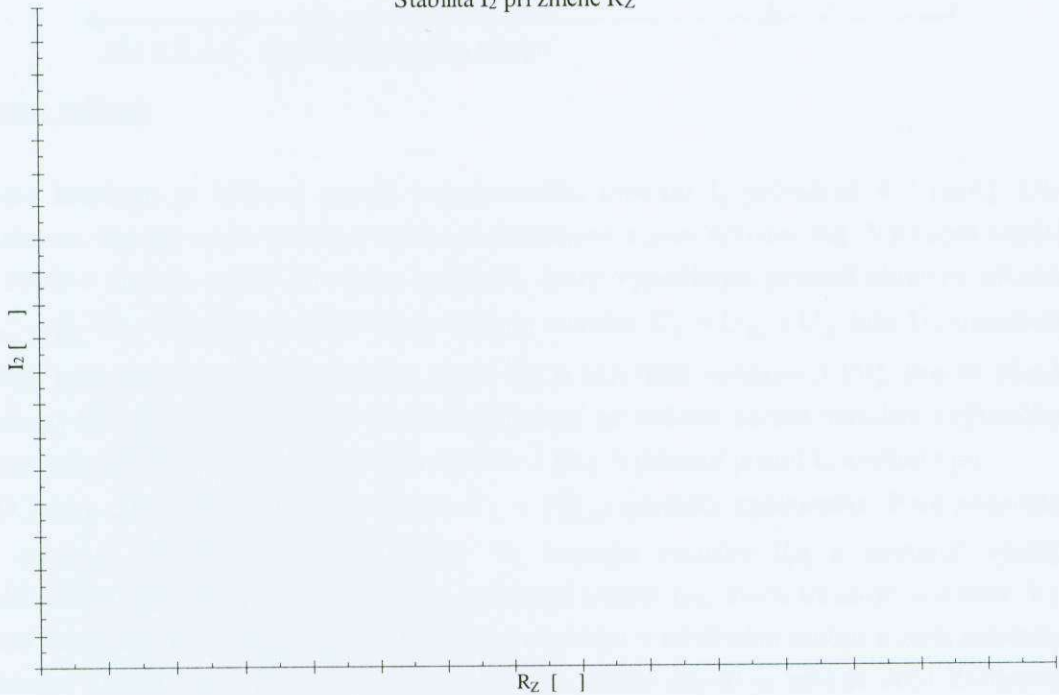
Zapojte přípravek se stabilizátorem MA7805 dle schématu. Napětí U_R má stejnou velikost jako výstupní stabilizované napětí, v případě MA7805 je 5 [V]. Velikost konstantního výstupního proudu I_2 je dána vztahem $I_2 = \frac{U_R}{R}$. Zvolte velikost rezistoru R, vypočítejte I_2 . Na výstup připojte samotný ampérmetr a změňte funkční závislost $I_2 = f(U_1)$ a vynesete do grafu. Vstupní napětí U_1 zvyšujte po 2 [V]. Měření poté dvakrát opakujte s připojeným rezistorem R_z . Poté připojte proměnnou zátěž a voltmetr V_2 . Změřte funkční závislost $I_2 = f(R_z)$ pro tři různá konstantní vstupní napětí U_1 a vynesete do grafu. Vyznačte bod ve kterém začíná stabilizovaný proud klesat pod vypočítanou hodnotu. Velikost R_z vypočítejte pomocí ohmova zákona.

tab. 4.2.1.1.

Stabilita I_2 při změně U_1



Stabilita I_2 při změně R_z



4.2.2 Změna pevného napětí a test diod

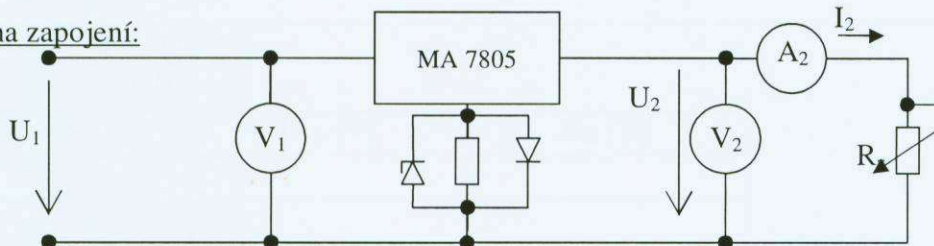
Úkol:

Proveďte stabilitu výstupního napětí stabilizátoru MA7805 při změně pevného výstupního napětí pomocí rezistoru. Vyzkoušejte měření napětí diod a Zenerova napětí pomocí integrovaného stabilizátoru MA7805.

Pracovní pomůcky:

- speciální přípravek s integrovaným stabilizátorem MA7805 a MAA723
- regulovatelný zdroj stejnosměrného napětí
- 2x voltmetr, 1x ampérmetr
- proměnná ohmická zátěž

Schéma zapojení:



obr 4.2.2.1 - zvýšení pevného napětí

Postup měření:

Podle katalogu je klidový proud integrovaného obvodu I_q průměrně 4,2 [mA]. Dle schématu zapojte mezi zemnicí vývod stabilizátoru a zem rezistor R_q . Výstupní napětí se zvýší o úbytek napětí na tomto rezistoru, který vypočítáte pomocí ohmova zákona $U_{Rq} = I_q \cdot R_q$. Výstupní napětí U_2 je určeno rovnicí $U_2 = U_{Rq} + U_S$ kde U_S označuje pevné výstupní napětí stabilizátoru, které má u MA7805 velikost 5 [V]. Pro tři různé hodnoty rezistoru R_q proveďte pomocí připojené proměnné zátěže stabilitu zvýšeného výstupního napětí při odběru proudu od 0 do 1 [A]. Výstupní proud I_2 zvyšujte po 100 [mA]. Změřené funkční závislosti $U_2 = f(I_2)$ graficky znázorněte. Poté ponechte na výstupu zapojený pouze voltmetr V_2 odpojte rezistor R_q a zemnicí výstup stabilizátoru spojte se zemí. Odečtěte výstupní napětí U_2 , které ukazuje voltmetr V_2 . Mezi zemnicí vývod a zem připojte Zenerovu diodu v závěrném směru a opět odečtěte výstupní napětí, které označíme U_{2D} . Rozdílem těchto napětí je možné určit Zenerovo napětí diody U_Z podle rovnice $U_Z = U_{2D} - U_2$. Měření opakujte alespoň pro tři typy Zenerových diod a výsledky porovnejte s katalogovými údaji. Poté připojte běžnou usměrňovací diodu nebo svítivou LED diodu a měření opakujte. Do závěru uveďte čemu nyní odpovídá hodnota vypočítaného napětí U_Z . Naměřené údaje zapište do tabulek.

Závěr

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části. První část je čistě teoretická a zabývá se nejen přímo integrovanými stabilizátory MA7805 a MAA723, ale i stabilizátory a stabilizací obecně. Nejvíce je však teoretický rozbor zaměřen na oba již zmíněné integrované obvody. Jedním z největších problémů u této část byla dostupnost materiálů. Integrovaný stabilizátor MAA723 je již poměrně zastaralý a jakékoli materiály již nejsou běžně k dostání. I přes to všechno se mi přeci jenom podařilo získat dostatek informací pro popis tohoto obvodu. Oproti tomu u integrovaného stabilizátoru MA7805 jsem se s nedostupností informací téměř nesetkal. Tento obvodu je i v současnosti velice oblíbený, dle mého názoru hlavně pro svou jednoduchou aplikaci v elektronických obvodech.

Druhá část této práce je zaměřena na konstrukci a zhotovení dvou přípravků pro měření. Přípravky jsou určeny do školních laboratoří kde si můžou studenti ověřit funkci obou integrovaných stabilizátorů a porovnávat výsledky měření mezi sebou. Základní zapojení elektronického obvodu s těmito obvody nejsou příliš složitá a tak návrh zapojení a vlastní zhotovení výrobků nebylo nakonec tak obtížné, jak jsem očekával. Bohužel integrované stabilizátory od domácího výrobce Tesla již nejsou k ke koupi, bylo nutné najít náhradu od jiných výrobců. Snažil jsem se nalézt výrobce, jehož obvody se dle katalogových parametrů co nejvíce blížili k obvodům Tesla MA7805 a MAA723. Zároveň bylo při tomto hledání důležité, aby obvody od zvoleného výrobce byly běžně k dostání v obchodech, které jsou zaměřeny na prodej elektronických součástek. Integrované obvody od zvoleného výrobce STMicroelectronics se dle katalogu ve většině parametrů téměř shodují s obvody Tesla MA7805 a MAA723 a v některých jsou případech je převyšují.

Současný trend elektroniky v napájecích zdrojích, který je již zaměřen na spínané zdroje, má za následek postupné vytlačování klasických napájecích zdrojů a tím i těchto obvodů, které jsou využívány právě v této oblasti. Nelze vůbec vyloučit, že zanedlouho integrované stabilizátory budou využívány jen v amatérských sférách a ve výrobcích komerční i nekomerční elektroniky se s nimi již nesetkáme. Ovšem pro studium a měření základních parametrů a chování stabilizátorů napětí a proudů se stále hodí více než moderní celkové elektronické řešení napájecího zdroje a ještě delší dobu potrvá, než budou vytlačeny i z této oblasti.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Václav Malina: Poznáváme elektroniku 1, Kopp, České Budějovice, 1999
ISBN 80-7232-039-4
- [2] Václav Malina: Poznáváme elektroniku 2, Kopp, České Budějovice, 1999
ISBN 80-85828-55-3
- [3] Alexandr Krejčířík: Napájecí zdroje 1, BEN, Praha, 1997
ISBN 80-86056-02-3
- [4] Alexandr Krejčířík: Lineární napájecí zdroje, BEN, Praha, 1997
ISBN 80-7300-002-4
- [5] Alexandr Krejčířík: Zdroje proudu, BEN, Praha, 1997
ISBN 80-86056-84-8
- [6] Jan Mařátko: Elektronika, IDEA SERVIS, Praha 1, 1995
ISBN 80-85970-00-7
- [7] Josef Voda: Elektrotechnická praktika 1, PF, České Budějovice, 1982
- [8] Oficiální internetové stránky STMicroelectronics, březen 2006,
<http://www.st.com>
- [9] Oficiální internetové stránky GES Electronics, březen 2006,
<http://www.ges.cz>

Seznam doporučených zdrojů

Václav Malina: Poznáváme elektroniku 3,4,5, Kopp, České Budějovice, 1999

Alexandr Krejčířík: Napájecí zdroje 2,3, BEN, Praha, 1999

Robert Láníček: Elektronika (obvody, součástky, děje), BEN, Praha, 1999

Jan Vobecký, Vít Záhlava, Elektronika (součástky a obvody principy a příklady),

Grada Publishing, Praha 7, 2000

<http://www.hw.cz>

<http://www.mcu.cz>

<http://elektronika.kvalitne.cz>

<http://www.elweb.cz>

<http://www.radioamater.cz>

<http://www.aradio.cz>

Seznam obrázků

- obr.1.1 – blokové schéma napájecího zdroje
- obr.1.2 - sériový stabilizátor
- obr.1.3 - paralelní stabilizátor
- obr.1.4 – stabilizátor napětí se Zenerovou diodou
- obr.1.5 – stabilizátor napětí se Zenerovou diodou a bipolárním tranzistorem NPN
- obr.1.6 – blokové schéma lineárního stabilizátoru
- obr.1.7 – model lineárního stabilizátoru
- obr.2.1 – blokové schéma lineárního stabilizátoru
- obr.2.2 – pouzdro TO-220
- obr.2.3 – označení vývodů u pouzdra TO-220
- obr.2.4 – pouzdro TO-3
- obr.2.5 – označení vývodů u pouzdra TO-3
- obr.2.6 – kladné napětí s 78xx
- obr.2.7 – záporné napětí se 79xx
- obr.2.8 – záporné napětí s 78xx
- obr.2.9 – kladné napětí se 79xx
- obr.2.10 – základní zapojení MAA78xx
- obr.2.11 – zvýšení stabilizovaného napětí
- obr.2.12 – snížení stabilizovaného napětí
- obr.2.13 – zvýšení stabilizovaného napětí pomocí rezistoru
- obr.2.14 – snížení stabilizovaného napětí pomocí napěťového děliče
- obr.2.15 – zvýšení stabilizovaného napětí pomocí diody (LED)
- obr.2.16 – snížení stabilizovaného napětí pomocí Zenerovy diody a rezistoru R_p
- obr.2.17 – zvýšení stabilizovaného napětí pomocí operačního zesilovače
- obr.2.18 – ochrana stabilizátoru MA78xx před vysokým vstupním napětím
- obr.2.19 – zdroj proudu pomocí stabilizátoru napětí
- obr.2.20 – pouzdro IO – 7 a označení vývodů
- obr.2.21 - pouzdro DIP14 a označení vývodů
- obr.2.22 – pouzdro SO - 14
- obr.2.23 – funkční blokové schéma
- obr.2.24 – schéma zapojení pro stabilizaci napětí $U_2 < 7,15$ [V]
- obr.2.25 – schéma zapojení pro stabilizaci napětí $U_2 > 7,15$ [V]
- obr.2.26 – proudové posílení výstupu bipolárním tranzistorem NPN
- obr.2.27 – schéma zapojení pro měření rozsahu vstupních napětí a stability výstupního napětí při změně
- obr.2.28 – schéma zapojení pro měření klidového proudu
- obr.2.29 – schéma zapojení pro měření rozsahu vstupních napětí a stability výstupního napětí při změně

- obr.3.1 – obecné schéma pro měření parametrů stabilizátorů napětí
- obr.3.2 – schéma zapojení přípravku s MA7805
- obr.3.4 – schéma desky plošného spoje s MA7805 bez součástek
- obr.3.5 – schéma desky plošného spoje s MA7805 se součástkami
- obr.3.6 – schéma zapojení přípravku s IO MAA 723
- obr.3.7 – schéma desky plošného spoje s MAA723 bez součástek
- obr.3.8 – schéma desky plošného spoje s MAA723 se součástkami
- obr.4.1.1.1 - zapojení pro měření kontroly rozsahu a činitele napěťové stabilizace
- obr.4.1.2.1 - zapojení pro měření stability výstupního napětí a činitele proudové stabilizace
- obr.4.1.3.1 - zapojení pro měření klidového proudu a potlačení zvlnění
- obr.4.2.1.1 - zdroj proudu se stabilizátorem napětí
- obr.4.2.2.1 - zvýšení pevného napětí

Seznam tabulek

- tab.2.1.4 – katalogové údaje IO Tesla MA7805
- tab.2.2.1 – katalogové údaje IO Tesla MAA723
- tab.3.1 – seznam součástek pro přípravek s IO MA7805
- tab.3.2 - seznam součástek pro přípravek s IO MAA723
- tab. 4.1.1.1. – kontrola rozsahu a činitel napěťové stabilizace
- tab.4.2.1.2 – stabilita výstupního napětí a činitel proudové stabilizace
- tab. 4.1.3.1 – klidový proud a potlačení zvlnění
- tab. 4.2.1.2 – zdroj proudu se stabilizátorem napětí
- tab. 4.2.2.1 – změna pevného napětí
- tab. 4.2.2.2 – test diod

Anotace

Teoretický rozbor stabilizátorů napětí a proudů. Popis integrovaných stabilizátorů napětí Tesla MA7805 a Tesla MAA723 a jejich základních zapojení. Návrh přípravků pro měření s integrovanými stabilizátory MA7805 a MAA723 určených do školních laboratoří. Návrh konstrukčního řešení, výpočet parametrů součástí a zhotovení přípravků. Návrh úloh pro měření parametrů stabilizátorů napětí pomocí těchto přípravků.

The theoretical analysis of tension and flux stabilizers. Description of integrated tension stabilizers Tesla MA7805 and Tesla MAA723 and their basic connections. Suggestion of preparations for measuring with integrated stabilizers MA7805 and MAA723 designed for school labs. Suggestion of constructional solution, parameters components calculation and preparations manufacturing. The work suggestion for parameters measuring of tension stabilizers by the help of these preparations.

Přílohy

Potisk přípravků:

+U₁

+U₂

⊥

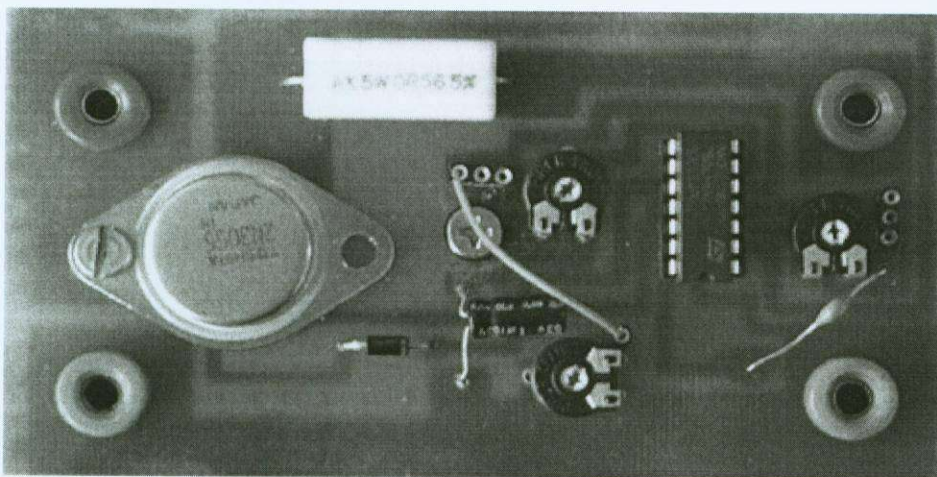
MA 723

MA 7805

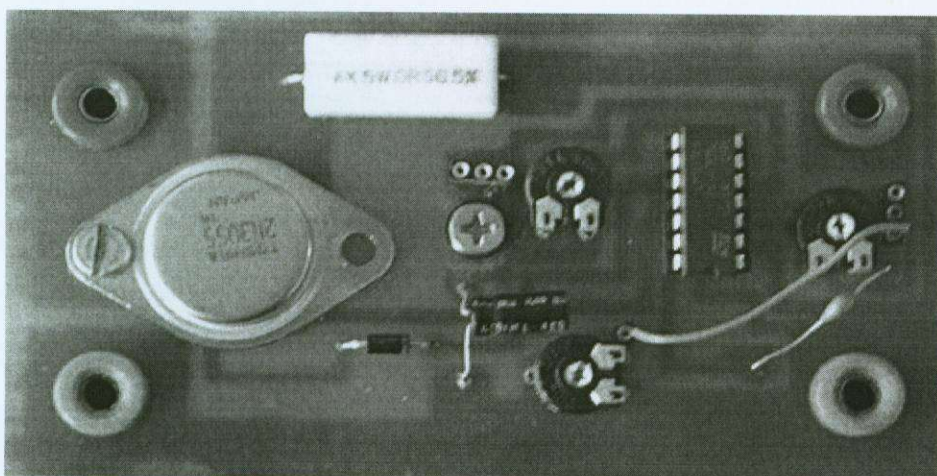
VYSTUP

ZDROJ

Deska plošného spoje - přípravek s IO MAA723:

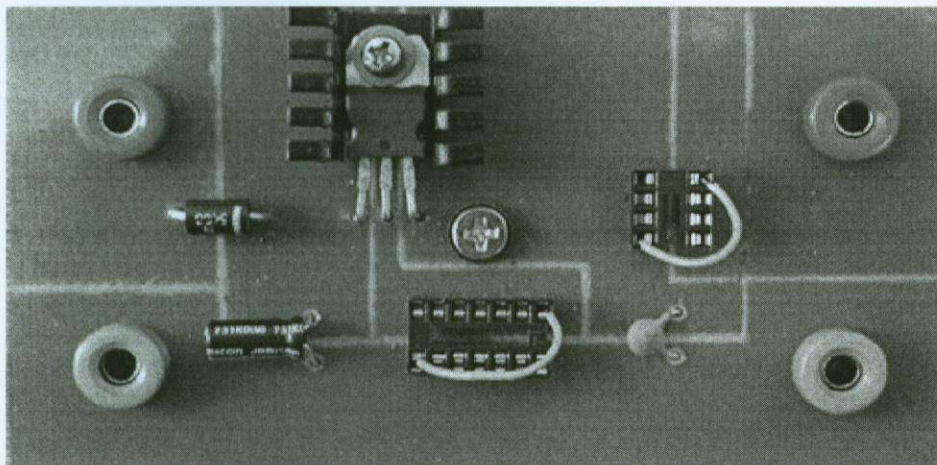


- zapojení pro výstupní napětí od 0 do 7,15 [V]

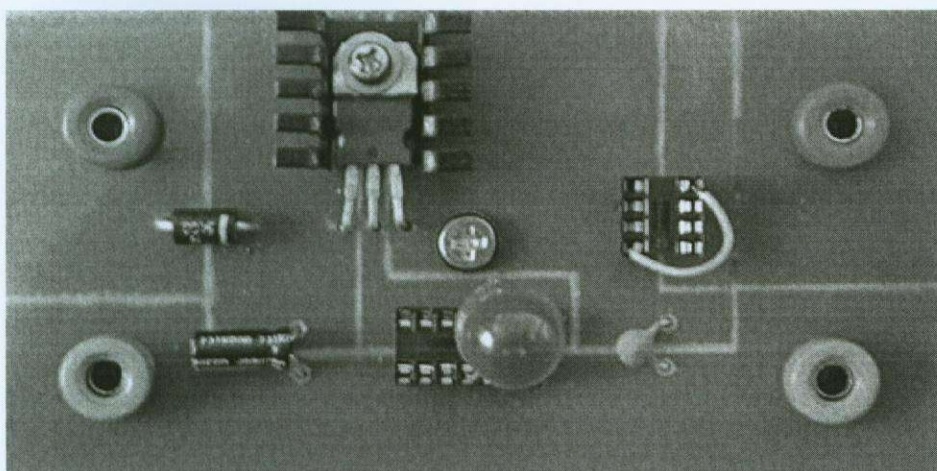


- zapojení pro výstupní napětí od 7,15 do 30 [V]

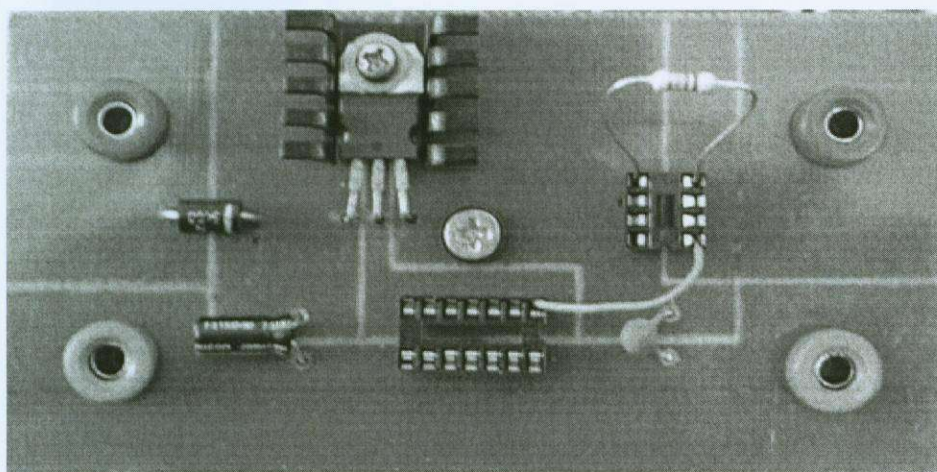
Deska plošného spoje - přípravek s IO MA7805:



- standardní zapojení stabilizátoru MA7805



- změna výstupního napětí pomocí diody LED (rezistoru, Zenerovy diody...)



- zapojení přípravku s IO MA1805 jako zdroj proudu

Hotové přípravky:

