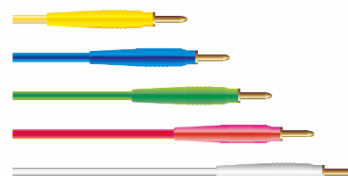
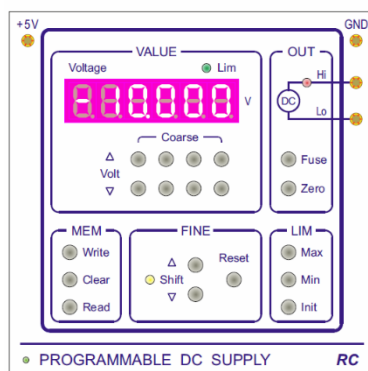
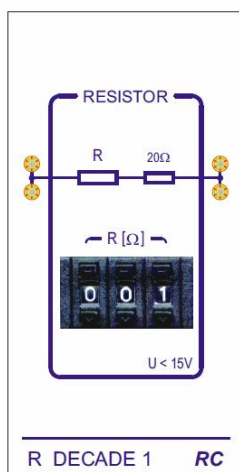
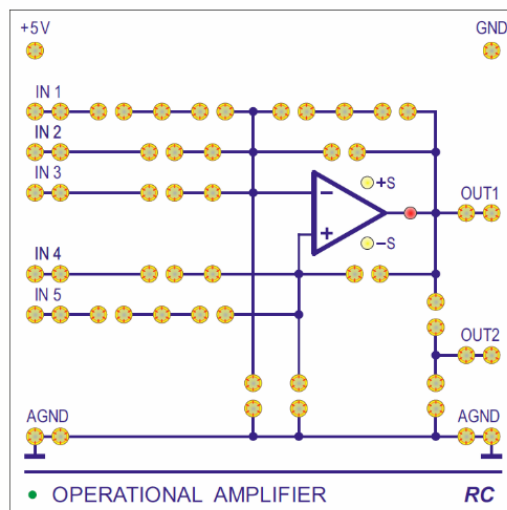


Elektronika

Laboratorní úlohy a cvičení



Zdroj: Foto autora, firemní materiály



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Vzdělávání pro praxi - inovace studijních programů VŠB-TU Ostrava

CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013302

Název: Elektronika - Laboratorní úlohy a cvičení
Autor: Libor Štěpanec, Václav Sládeček
Organizace: VŠB – Technická univerzita Ostrava
Ostrava 2022



Toto dílo podléhá licenci [Creative Commons Uveďte původ 4.0 Mezinárodní Licence](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Obsah

Předmluva	4
1 Základní zapojení usměrňovačů	5
2 Měření na integrovaných stabilizátorech napětí	9
3 Operační zesilovače	13
4 Modulátory stejnosměrného napětí	18
5 Reference	21

Předmluva

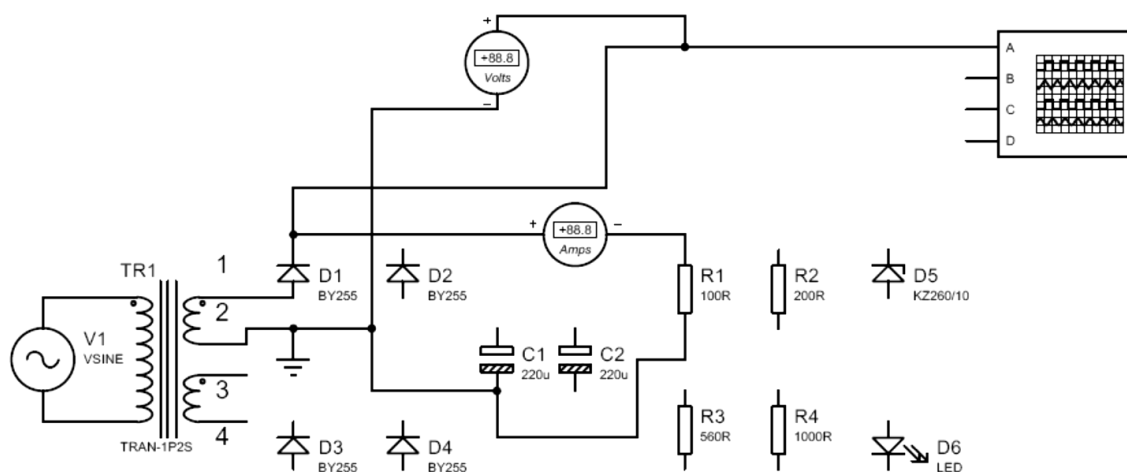
Hlavním cílem inovace Laboratorních měření z Elektroniky je realizace modulového systému (doplněného vizualizací), používaného v rámci laboratorních úloh v předmětu Elektronika pro studenty 1. ročníku studijních programů na FEI. Vzhledem k tomu, že tento předmět je v rámci současné akreditace zařazen do druhého semestru prvního ročníku a vzhledem k velkému počtu studentů, bylo zapotřebí provést inovaci laboratorních úloh takovým způsobem, aby vznikl dostatečně „odolný systém“ v rámci poskytovaných laboratorních měření. Realizované prvky jsou zaměřeny na individuální využití v oblasti elektronických měření prováděných v rámci praktických laboratorních cvičení. Realizace byla vytvořena s použitím software dostupného na Katedře Elektroniky, použitím elektronických měřicích modulů RC 2000 a nově vytvořenými měřicími moduly (20 ks), kompatibilních s tímto systémem.

Laboratorní úlohy

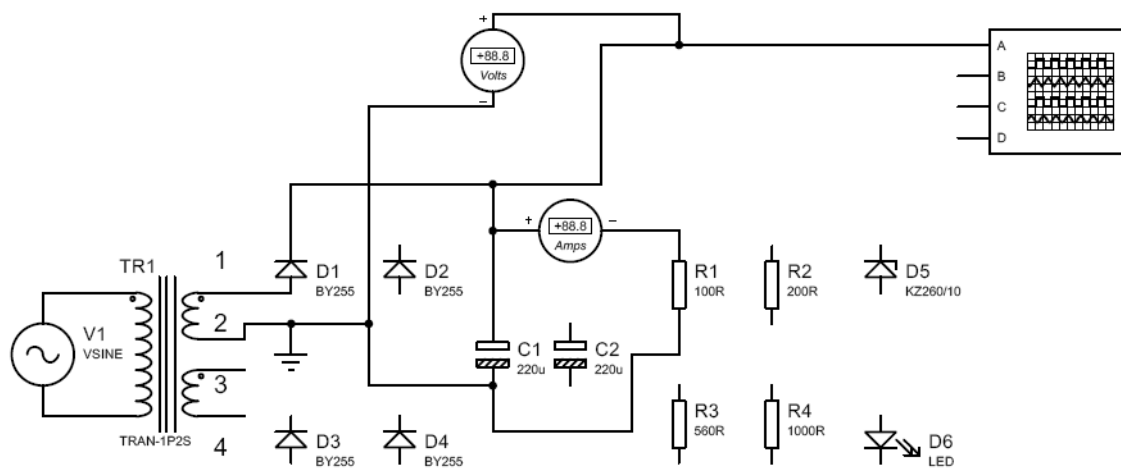
1 Základní zapojení usměrňovačů

Zadání:

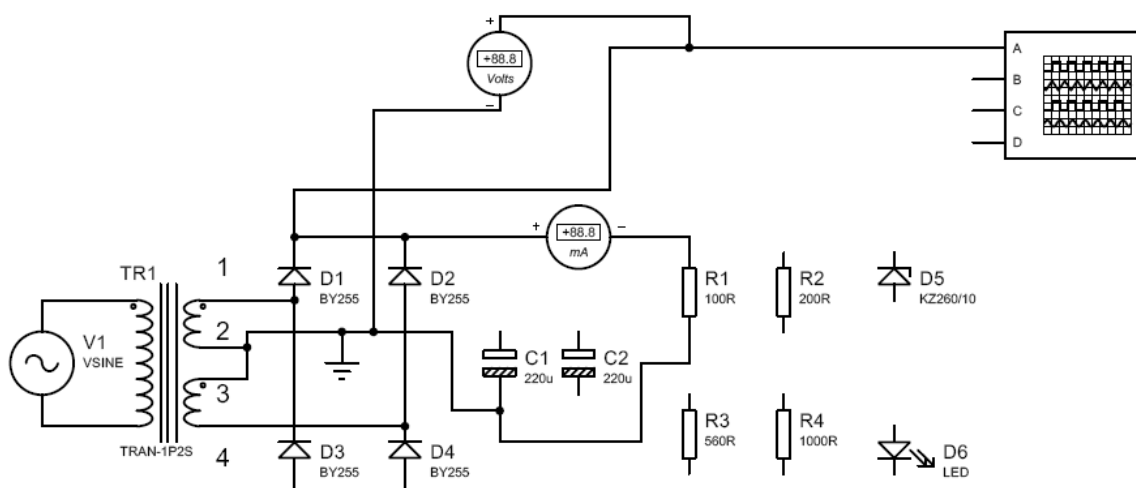
1. Na měřicím přípravku proveďte dle schématu varianty zapojení jednopulsního a dvoupulsního usměrňovače.
2. U všech zapojení změřte zatěžovací charakteristiky usměrňovačů a vyhodnoťte jejich vnitřní odpor v nejstabilnější části charakteristiky. Možný postup je uveden v kapitole 4.1. Síťové napájecí zdroje. (ELEKTRONIKA, Prvky elektronických obvodů, Ostrava 2007 – dostupné na LMS). Konzultace jsou možné v rámci přednášek z předmětu Elektronika.
3. Všechny naměřené průběhy zpracujte graficky, u vypočtených uveďte postup výpočtu.
4. Postup měření – každou úlohu zapojte dle schématu a do série s odporem $100\ \Omega$, zapojte odporovou dekádu R Decade 1. Zatěžovací charakteristiku změřte v deseti bodech v rozsahu $100\ \Omega$, až $1\ \text{k}\Omega$,
5. V závěru vyhodnoťte vhodnost použitého způsobu měření, protokol zpracujte dle standardních postupů, případně pokynů vedoucího měření. Textová i grafická část bude zpracována ve standardních textových editorech (tabulkových procesorech). Viz. odkazy na LMS.



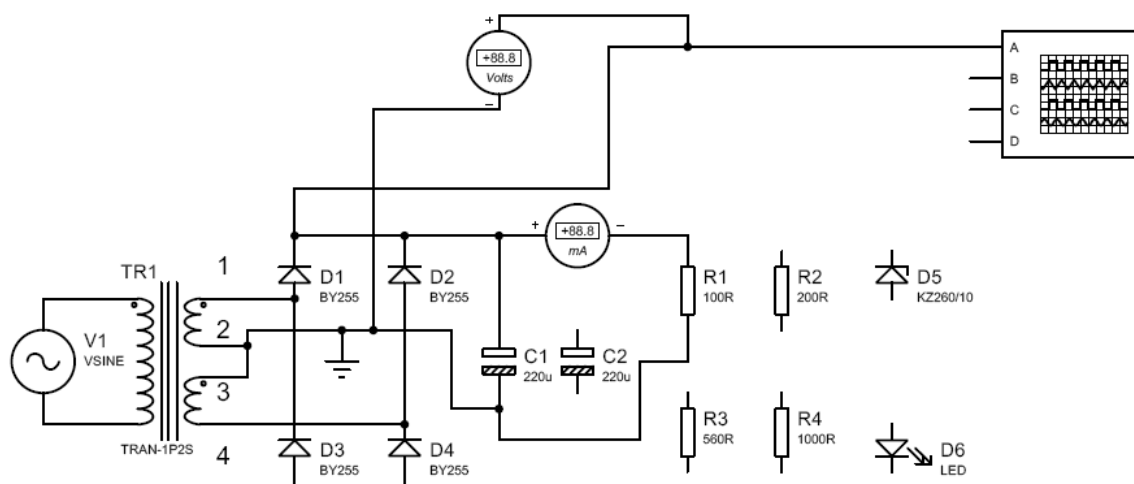
Obr. 1 Jednopulsní usměrňovač s R zátěží



Obr. 2 Jednoplusní usměrňovač s RC zátěží



Obr. 3 Dvoupulsní usměrňovač s R zátěží



Obr. 4 Dvoupulsní usměrňovač s RC zátěží

Postup měření:

K měření je použit univerzální měřicí přípravek (viz. obr.1), který umožňuje realizaci požadovaného (zjednodušeného) obvodového zapojení, které však neodpovídá předpisovaným technickým standardům, tudíž je v protokolu nutné použít skutečné obvodové zapojení! **Stručně: Kdo použije v protokolu metodu CTRL+C a CTRL+V, ať nepočítá s plným bodovým ohodnocením (poznámka autora).** K měření výstupních parametrů jsou použity univerzální měřicí přístroje – stejnosměrný voltmetr, ampérmetr, dále osciloskop (variantně), odporová dekáda (elektronická zátěž) a příslušné propojovací vodiče. Bližší provedení těchto komponentů se může měnit a je vždy třeba konzultovat s vedoucím měření. Pro zjednodušení je zapojovací schéma vytvořeno tak, aby přímo odpovídalo jednotlivým pozicím na měřicím přípravku.



Obr.5 Měřicí přípravek pro měření úlohy 1 a 2

Přípravek by měl být před začátkem měření provozuschopný, nicméně vzhledem k velké četnosti používání může dojít k poškození nebo zničení předcházejícími uživateli. V tomto případě kontaktujte vedoucího cvičení k zajištění náhrady (opravy). Případné dotazy můžete směřovat na : vaclav.sladeczek@vsb.cz.

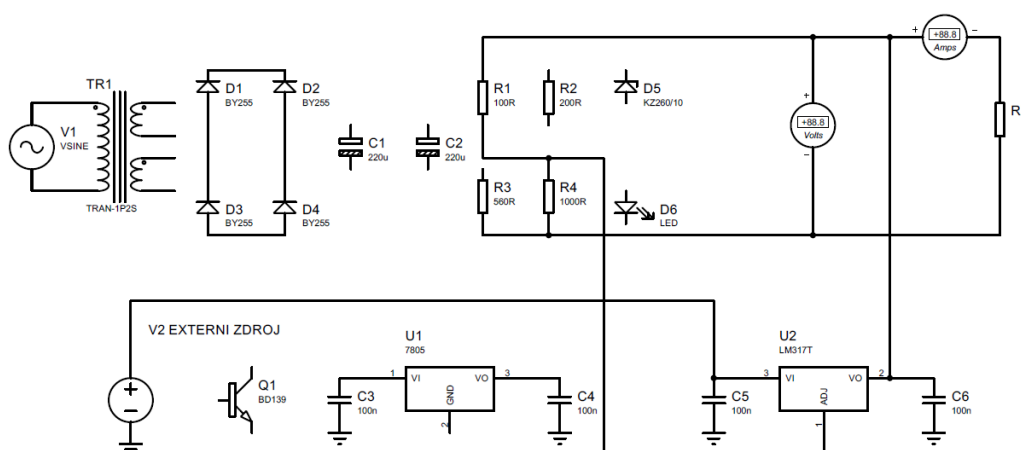
2 Měření na integrovaných stabilizátorech napětí

Zadání:

1. Navrhněte stabilizátor napětí s monolitickým integrovaným stabilizátorem LM 317 pro $U_1 = 16 \text{ V}$ a $U_2 = [\text{V}]$.
2. Změřte zatěžovací charakteristiku $U_2 = f(I_2)$ stabilizátoru v rozsahu $0 - 0,5 \text{ A}$ a vyhodnoťte vnitřní odpor stabilizátoru.
3. Ověřte, zda výstupní napětí odpovídá teoretickému předpokladu (viz. přednášky z Elektroniky – tato pasáž není součástí textů na LMS – byla probírána v rámci přednášek, nebo katalogový list LM317, běžně dostupný na www).
4. Navrhněte zdroj konstantního proudu s integrovaným stabilizátorem řady 7805 a změřte jeho charakteristiku $I = f(R_z)$ Změřené průběhy znázorněte graficky a srovnajte je s teoretickými předpoklady (viz. přednášky z Elektroniky – tato pasáž není součástí textů na LMS – byla probírána v rámci přednášek, nebo katalogový list LM7805, běžně dostupný na www).
5. V závěru vyhodnoťte vhodnost použitého způsobu měření, protokol zpracujte dle standardních postupů, případně pokynů vedoucího měření. Textová i grafická část bude zpracována ve standardních textových editorech (tabulkových procesorech).

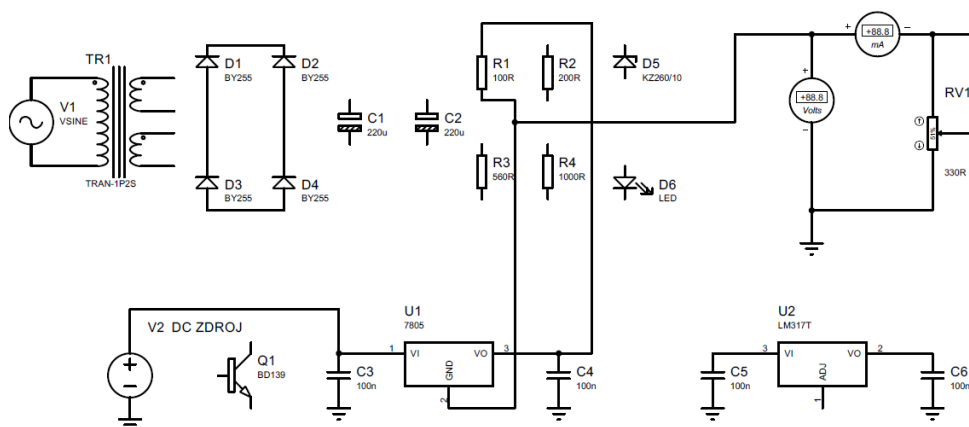
Postup měření:

1. Úlohu zapojíme dle schématu. Jako zdroj vstupního napětí použijeme externí ss napájecí zdroj s výstupním napětím 16 V . K výstupu připojíme elektronickou zátěž (R_z) a změříme zatěžovací charakteristiku v 10-ti bodech. Vzhledem k omezenému ztrátovému výkonu elektronické zátěže provádíme měření při největších proudech jen nezbytně krátkou dobu.



Obr.1 Metodické schéma zapojení pro měření stabilizátoru napětí.

2. Úlohu zapojíme dle schématu. Jako zdroj vstupního napětí použijeme externí ss napájecí zdroj s výstupním napětím dle zadání. Zkratujeme výstupní svorky (jde o proudový zdroj) a změříme výstupní proud. Následně jako zátěž zapojíme odporovou dekádu R decade 1 (RV1) a ověříme, pro jakou hodnotu odporu zůstane proud konstantní.



Obr.2 Metodické schéma zapojení pro měření zdroje konstantního proudu

Postup měření:

K měření je použit stejný přípravek jako v úloze 1), platí zde stejné pokyny pro jeho použití.

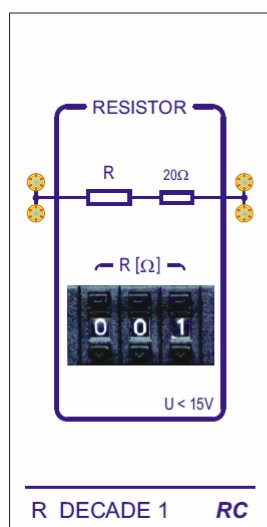
Použité měřicí moduly [1]:

Odporová dekáda 1 (20-1019 Ohm)

R1DE

Panel

Vlastnosti

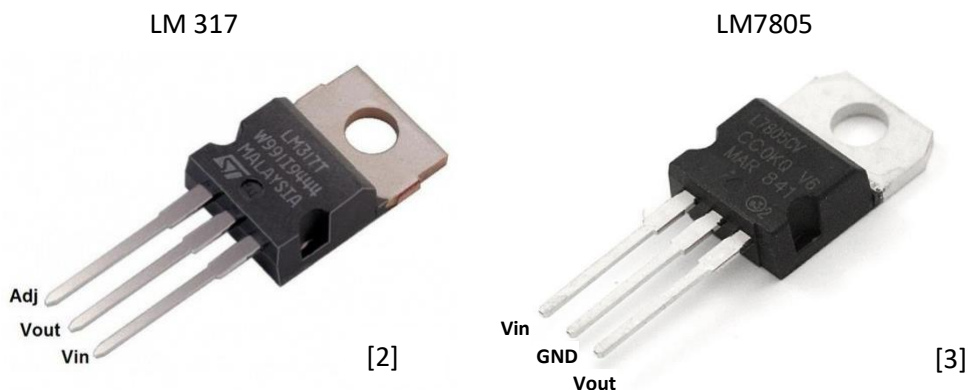


- Přesná odporová dekáda s volbou hodnoty přepínači
- Rozsah: 20 Ω - 1019 Ω , krok: 1 Ω
- Ochrana s akustickým alarmem:
při překročení napětí 15 V
při překročení proudu 250 mA
- Přesnost hodnoty (při 15°C - 35°C):

R < 50 Ω	1,0 %
R < 100 Ω	0,5 %
R \geq 100 Ω	0,1 %
- Teplotní koeficient 25 ppm/°C
- Rozměr 50 x 100 x 42 mm. Hmotnost 120g

LM317 (LM 78XX) – regulovatelný stabilizátor napětí

LM317 (LM78XX) patří mezi nastavitelné stabilizátory napětí. Je jedním z nejstarších stabilizátorů, ale v současnosti patří mezi nepoužívanější. Byl navržen v roce 1970 v National Semiconductors. Obvod LM317 (LM78XX) slouží pro stabilizaci kladného napětí, pro záporná napětí je určen obvod LM337 (LM79XX). Obvod LM317 je určen pro výstupní napětí 1,25 V, u obvodů 78XX a 79XX je výstupní napětí určeno hodnotou „XX“. Proud vývodem Adj je u obvodu LM 317 cca 100 μ A, u obvodů 78XX cca 4 – 8 mA.



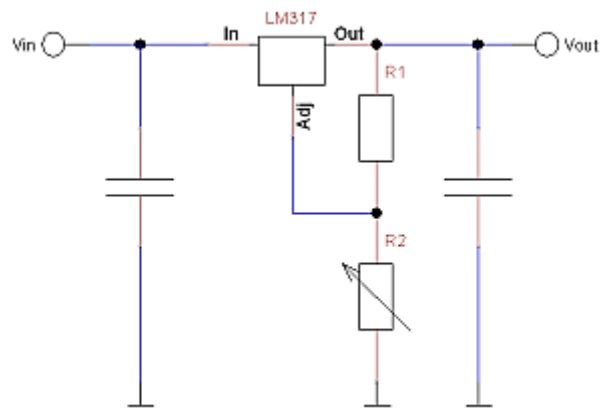
Stabilizátor má tři vývody – vstup, výstup a vývod určený pro nastavení napětí. Vyrábí se v několika provedeních, které se liší maximálním proudem a pouzdrem. Mechanické provedení a maximální proudy pro stabilizátory 78XX jsou obdobné.

Označení	Pouzdro	Maximální proud [A]
LM317LZ	TO92	0,1
LM317T	TO220	1,5
LM317K	TO3	1,5
LM317LM	SO8	0,1
LM317MBT	TO252	0,5



Obr. 3 Pouzdra obvodu LM317 (78XX)

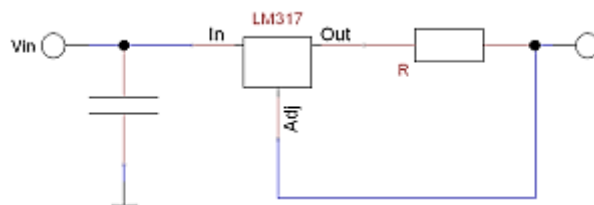
Nastavení napětí se provádí pomocí odporového děliče, složeného ze dvou odporů – R1 a R2.



Obr.4 Základní zapojení LM317 [5]

$$U_{out} = 1,25(1 + R_2/R_1) + I_{ADJ} \cdot R_2$$

LM317 jako proudový zdroj



Obr.5 Zapojení LM317 jako proudový zdroj

LM317 lze využít i jako stabilizátor proudu, velikost proudu je dána odporem R (je nutné ho dimenzovat na dostatečný výkon).

$$I = 1,25 \cdot R$$

3 Operační zesilovače

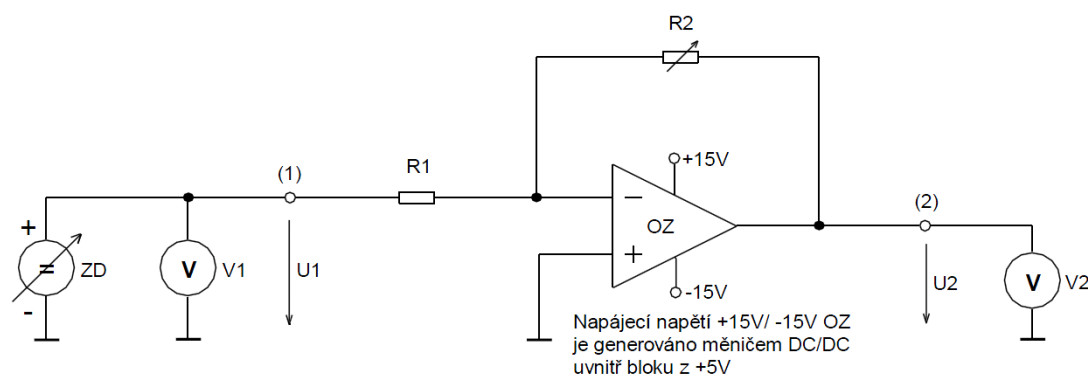
Zadání:

1. Měření invertujícího zapojení zesilovače s OZ (OZ - operační zesilovač).

Změřte stejnosměrnou převodní charakteristiku $U_2 = f(U_1)$ invertujícího zesilovače s OZ typu OPA132 (RC modul OPERATIONAL AMPLIFIER) pro obě polarity vstupního ss signálu a dvě hodnoty odporu dekády $R_2 = 60 \text{ k}\Omega$ a $R_2 = 120 \text{ k}\Omega$. Ověřte platnost vztahu pro výpočet napěťového zesílení $A_U = -\frac{R_2}{R_1}$. Určete hodnoty výstupního saturačního napětí U_{2SAT+} a U_{2SAT-} .

Postup měření:

1. Schéma zapojení pro měření převodní charakteristiky $U_2 = f(U_1)$ invertujícího zesilovače je na obr. 1.

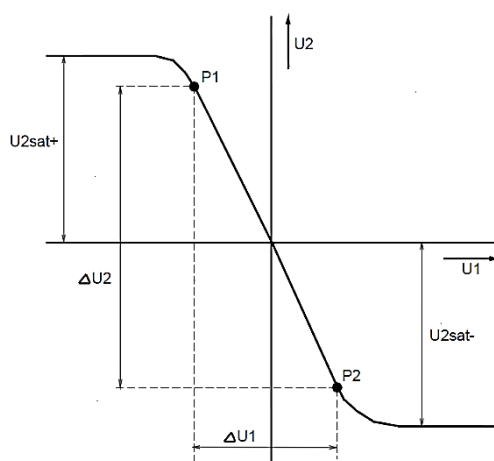


Obr. 1 Měření převodní charakteristiky

Legenda k obr. 1:

- ZD – regulovatelný zdroj ss napětí U_1
- V1 – multimetr
- V2 – multimetr
- OZ - modul OPERATIONAL AMPLIFIER s OPA132
- R1 – dvoukolíkový rezistor 20k
- R2 – odporová dekáda R DECADE 2

2. Na odporové dekádě R_2 nastavíme postupně hodnotu $R_2 = 60 \text{ k}\Omega$ a $R_2 = 120 \text{ k}\Omega$, vstupní napětí U_1 nastavujeme na zdroji ZD od -5 V do $+5 \text{ V}$ s krokem $0,5 \text{ V}$ (údaj voltmetru V1) a odečítáme výstupní napětí U_2 (údaj voltmetru V2). Na změřených převodních charakteristikách vyznačíme pracovní oblast P1 – P2 (lineární část převodní charakteristiky) a pro ni ověříme platnost vztahu pro napěťové zesílení. Určíme velikost výstupních saturačních napětí U_{2SAT+} a U_{2SAT-} . Typický průběh převodní charakteristiky $U_2 = f(U_1)$ je na obr. 2.



Obr. 2 Převodní charakteristika OZ

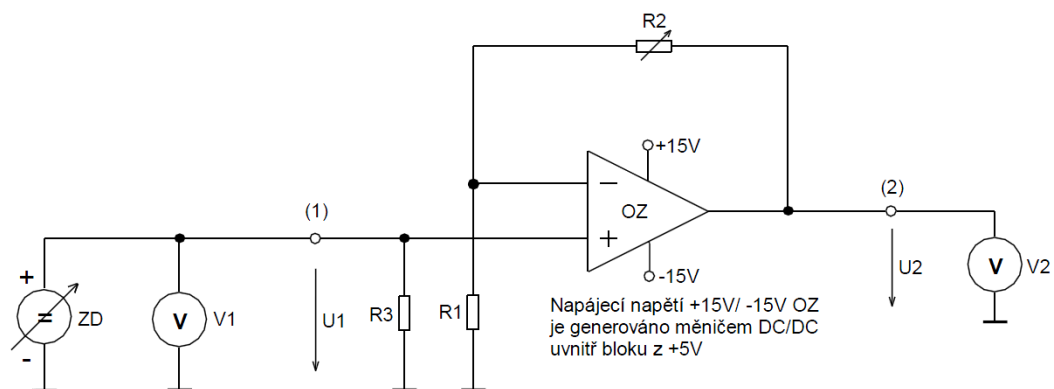
2. Měření neinvertujícího zapojení zesilovače s OZ (OZ - operační zesilovač).

Změřte stejnosměrnou převodní charakteristiku $U_2 = f(U_1)$ neinvertujícího zesilovače s OZ typu OPA132 (RC modul OPERATIONAL AMPLIFIER) pro obě polarity vstupního ss signálu a dvě hodnoty $R_2 = 60 \text{ k}\Omega$ a $R_2 = 120 \text{ k}\Omega$.

Ověřte platnost vztahu pro výpočet napěťového zesílení $A_U = 1 + \frac{R_2}{R_1}$, určete hodnoty výstupního saturačního napětí U_{2SAT+} a U_{2SAT-} .

Postup měření:

1. Schéma zapojení pro měření převodní charakteristiky $U_2 = f(U_1)$ neinvertujícího zesilovače je na obr. 3.
2. Na odporové dekádě R_2 nastavíme postupně hodnotu $R_2 = 60 \text{ k}\Omega$ a $R_2 = 120 \text{ k}\Omega$, vstupní napětí U_1 nastavujeme na zdroji ZD od -5 V do $+5 \text{ V}$ s krokem $0,5 \text{ V}$ (údaj voltmetru V1) a odečítáme výstupní napětí U_2 (údaj voltmetru V2). Na změřených převodních charakteristikách vyznačíme pracovní oblast P1 – P2 (lineární část převodní charakteristiky) a pro ni ověříme platnost vztahu pro napěťové zesílení $A_U = 1 + \frac{R_2}{R_1} = \frac{\Delta U_2}{\Delta U_1}$. Určíme velikost výstupních saturačních napětí U_{2SAT+} a U_{2SAT-} . Určíme velikost výstupních saturačních napětí U_{2SAT+} a U_{2SAT-} . Typický průběh převodní charakteristiky $U_2 = f(U_1)$ je na obr. 4.



Obr. 3 Měření převodní charakteristiky

Legenda k obr. 3:

ZD – regulovatelný zdroj ss napětí U_1

V1 – multimetr

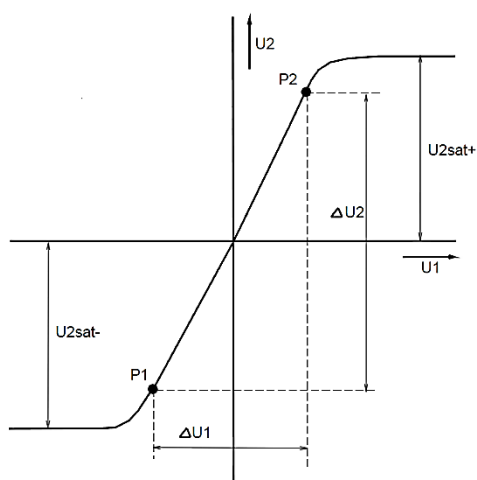
V2 – multimetr

OZ - modul OPERATIONAL AMPLIFIER s OPA132

R1 – dvoukolíkový rezistor 20k

R2 – odporová dekáda R DECADE 2

R3 – dvoukolíkový rezistor 1M

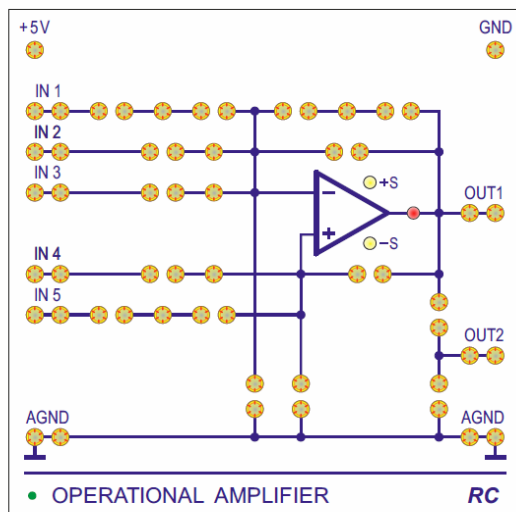


Obr. 4 Převodní charakteristika OZ

Použité měřicí moduly [1]:

Modul operačního zesilovače OPAM

Panel

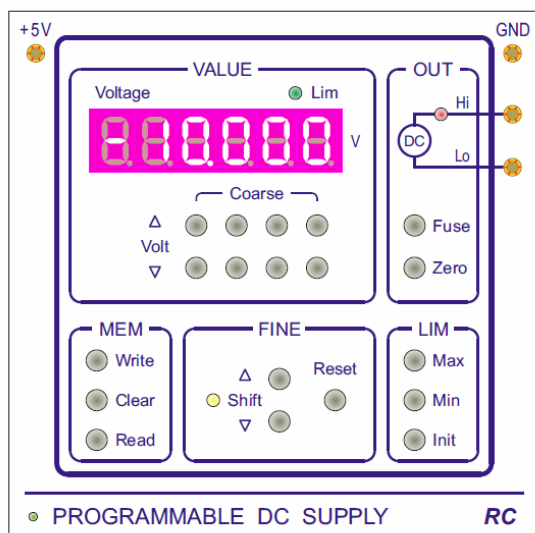


Vlastnosti

- Rychlý operační zesilovač a zapojovací pole
- Rozložení spojů umožňuje přehlednou realizaci základních zapojení OZ
- Operační zesilovač OPA 132
- Výstupní napětí ± 11 V (zátěž $R_L = 500 \Omega$)
- Výstupní proud ± 22 mA
- Vstupy v technologii FET, nízký vstupní proud
- Nízký vstupní napěťový offset a CMRR > 100 dB
- Zesílení otevřené smyčky 130 dB
- Rozměr 100 x 100 x 42 mm. Hmotnost 205g

Programovatelný DC zdroj PDCS

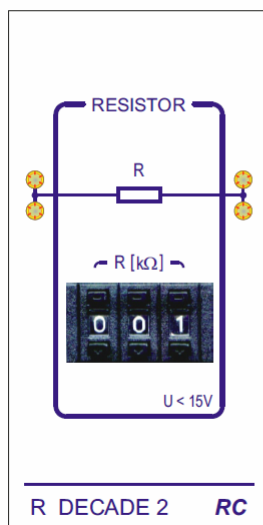
Panel



Vlastnosti

- Procesorem řízený zdroj vysoce stabilního stejnosměrného napětí
- Přesné inkrementální nastavení výstupního napětí (hrubě tlačítka Coarse, jemně tlačítka Fine)
- Plovoucí výstup zdroje DC
- Výstupní odpor $R_{OUT} < 100 m\Omega$ (zdroj se chová jako ideální zdroj napětí)
- Výstup chráněn elektronickou pojistkou proti přetížení
- Paměť (MEM) pro osm hodnot výstupního napětí
- Rozměr 100 x 100 x 42 mm. Hmotnost 230g

Panel



Vlastnosti

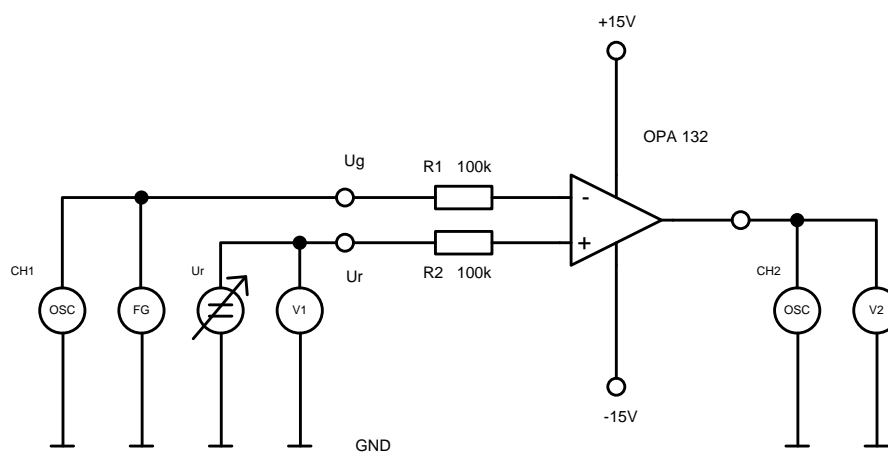
- Přesná odporová dekáda s volbou hodnoty přepínači
- Rozsah: 1 kΩ - 999 kΩ, krok: 1 kΩ
- Ochrana s akustickým alarmem:
při překročení napětí 15 V
při překročení proudu 250 mA
- Přesnost hodnoty: 0,1 % (při 15°C - 35°C)
- Teplotní koeficient 25 ppm/°C
- Rozměr 50 x 100 x 42 mm. Hmotnost 120g

4 Modulátory stejnosměrného napětí

Zadání:

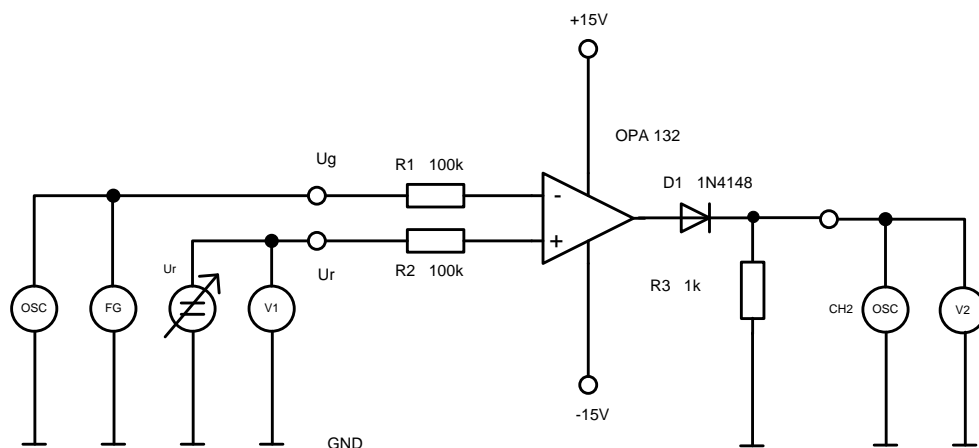
1. Změřte závislost $U_2 = f(U_r)$ u bipolárního modulátoru napětí s operačním zesilovačem.
2. Změřte závislost $U_2 = f(U_r)$ u unipolárního modulátoru napětí s operačním zesilovačem.
3. Analyticky určete závislost mezi řídicím a výstupním napětím pro oba změřené případy a ideální operační zesilovač.
4. Všechny změřené a vypočtené průběhy zpracujte ve formě grafu.
5. Uveďte zásadní rozdíly (graficky pro jednu periodu) u bipolárního a unipolárního modulátoru pro $U_r = 0$.
6. V závěru zdůvodněte rozdíly mezi změřenými a ideálními charakteristikami.

Schéma zapojení:



Napájecí napětí +15V/-15V OZ je generováno měničem DC/DC uvnitř bloku z +5V

Obr. 1 Bipolární modulátor s OZ



Obr. 2 Unipolární modulátor s OZ

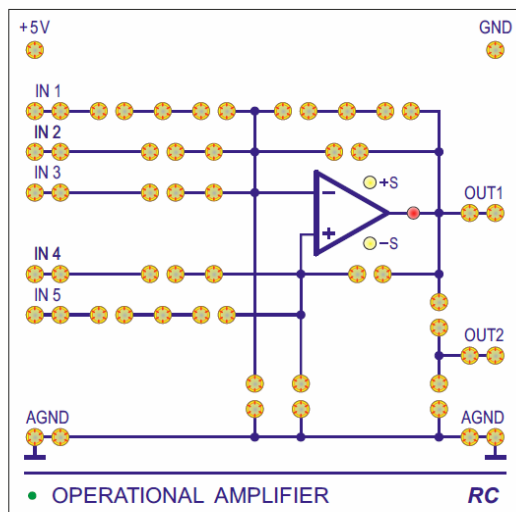
Pokyny k měření :

1. Pomocí modulu OZ RC2000 provedeme zapojení dle obr.1. Na funkčním generátoru (FG) nastavíme kmitočet pilovitého napětí $f = 100 \text{ Hz}$ s amplitudou 10 V ($U_{pp} = 20\text{V}$). Řídicí napětí U_r měníme v rozsahu -10 až $+10 \text{ V}$ a prostřednictvím $V2$ odečítáme hodnotu výstupního napětí. Kontrolu provádíme odečtem střední hodnoty napětí na CH2 osciloskopu.
2. Pomocí modulu OZ RC2000 provedeme zapojení dle obr.2. Na funkčním generátoru (FG) nastavíme kmitočet pilovitého napětí $f = 1 \text{ kHz}$ s amplitudou 10 V se stejnosměrným offsetem $+5 \text{ V}$ ($U_{pp} = 10\text{V}$). Řídicí napětí U_r měníme v rozsahu 0 až $+10 \text{ V}$ a prostřednictvím $V2$ odečítáme hodnotu výstupního napětí. Kontrolu provádíme odečtem střední hodnoty napětí na CH2 osciloskopu.

Použité měřicí moduly [1]:

Modul operačního zesilovače OPAM

Panel

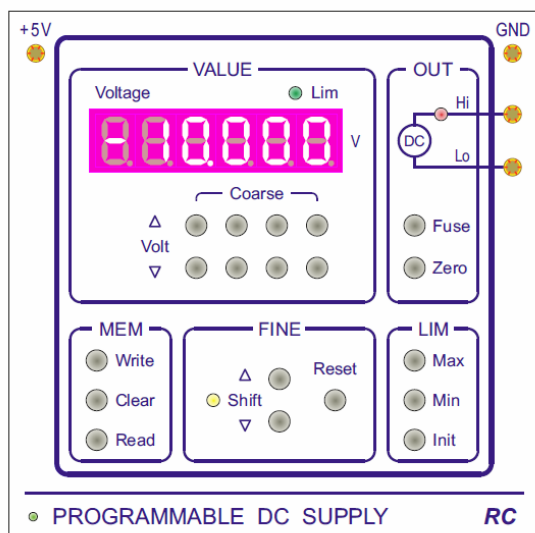


Vlastnosti

- Rychlý operační zesilovač a zapojovací pole
- Rozložení spojů umožňuje přehlednou realizaci základních zapojení OZ
- Operační zesilovač OPA 132
- Výstupní napětí ± 11 V (zátěž $R_L = 500 \Omega$)
- Výstupní proud ± 22 mA
- Vstupy v technologii FET, nízký vstupní proud
- Nízký vstupní napěťový offset a CMRR > 100 dB
- Zesílení otevřené smyčky 130 dB
- Rozměr 100 x 100 x 42 mm. Hmotnost 205g

Programovatelný DC zdroj PDCS

Panel



Vlastnosti

- Procesorem řízený zdroj vysoce stabilního stejnosměrného napětí
- Přesné inkrementální nastavení výstupního napětí (hrubě tlačítka Coarse, jemně tlačítka Fine)
- Plovoucí výstup zdroje DC
- Výstupní odpor $R_{OUT} < 100 m\Omega$ (zdroj se chová jako ideální zdroj napětí)
- Výstup chráněn elektronickou pojistkou proti přetížení
- Paměť (MEM) pro osm hodnot výstupního napětí
- Rozměr 100 x 100 x 42 mm. Hmotnost 230g

5 Reference

- [1] Rcdidactic.com. *Catalogue of Modules EN* [online]. [cit. 22.09.2022]. Dostupné z: https://www.rcdidactic.com/files/ugd/947612_b7822a4f99db43689325cdb54a8ae6ec.pdf
- [2] Regulator voltaj LM317T LM317. Sigmanortec. [cit. 22.09.2022]. Dostupné z: <https://www.sigmanortec.ro/Regulator-voltaj-LM317T-LM317-p129877814>
- [3] *Lm7805 5v linear Voltage Regulator 1.5a Ic 7805 Electronic Components Supplies China - Buy Lm7805,Lm7805 Voltage Regulator,Lm 7805 Product on Alibaba.com*. Alibaba.com. [cit. 22.09.2022]. Dostupné z: https://www.alibaba.com/product-detail/LM7805-5V-Linear-Voltage-Regulator-1_60832235780.html
- [4] *Voltage regulator*. (2020, 4. listopad). Printed Circuit Board Manufacturing, PCB Assembly & PCB Design - MADPCB. [cit. 22.09.2022]. Dostupné z: <https://madpcb.com/glossary/voltage-regulator/>
- [5] *M317 – regulovateľný stabilizátor napätí*. Z-moravec.net. [cit. 22.09.2022]. Dostupné z: <http://z-moravec.net/elektronika/integrované-obvody/monolitické-stabilizatory-napeti/lm317-regulovateľný-stabilizator-napeti/>