

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

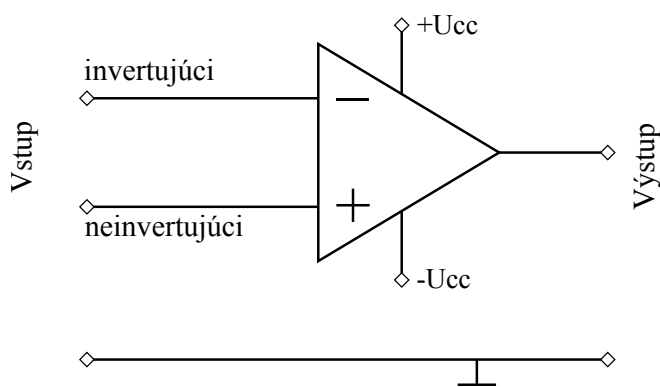
F6300 Pokročilé praktikum z elektroniky

Návod

Úloha č. 4: Zapojenia s OZ

1. Úvod

Operačný zosilovač (OZ) je obvod, ktorého výstupné napätie je mnohonásobne väčšie ako rozdiel potenciálov medzi jeho dvoma vstupmi. Ak je potenciál neinvertujúceho vstupu vyšší ako potenciál invertujúceho, je na výstupe kladné napätie a naopak. Okrem vstupných a výstupných svoriek má OZ taktiež svorky na napájanie. Schému OZ vidíme na obrázku 1.



Obr. 1: Schéma OZ

Ideální OZ má nekonečně velký vstupní odpor, nulový výstupní odpor a nekonečné napětové zesílení. Reálné OZ tieto požiadavky splňujú len čiastočne.

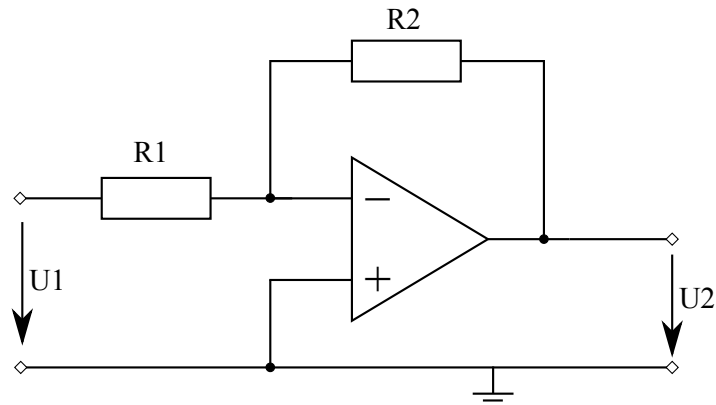
Vašou úlohou je overiť funkciu niektorých zapojení s OZ.

2. Meranie

2.1. Invertujúci zosilovač

Invertujúci zosilovač zapojte podľa schémy na obrázku 2. Pre zesílenie A pre invertujúci zosilovač platí:

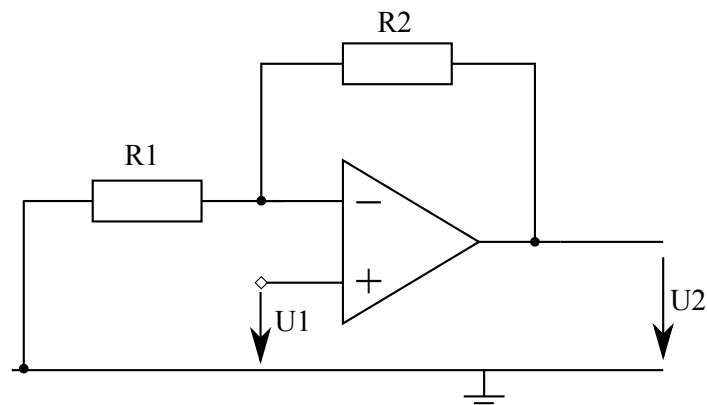
$$A = \frac{U_2}{U_1} = -\frac{R_2}{R_1}$$



Obr. 2: Invertujúci zosilovač

Tento vzťah budeme overovať pre rôzne veľkosti odporov R_1 a R_2 . Ako zdroj vstupného napätia U_1 použijeme generátor striedavého napätia. Frekvenciu nastavíme na 1,6 kHz a tvar funkcie sínus (sine). Vstupné napätie voľte tak, aby amplitúda výstupného napätia bola menšia ako 10 V. Veľkosť vstupného a výstupného napätia budeme merať pomocou osciloskopu. Odporov vyberajte z rozsahu 1 k Ω až 1 M Ω . Zvoľte niekoľko kombinácií R_1 a R_2 tak, aby ste dosiahli rôzne hodnoty zoslenia A . Taktiež overte, že zoslenie závisí len na pomere odporov. Nastavte rovnaké zoslenie inou veľkosťou odporov (napr. $R_1' = 10R_1$ a $R_2' = 10R_2$). Pre každú kombináciu odporov zmerajte zoslenie aspoň pre dve rôzne hodnoty vstupného napätia. Na obrazovke osciloskopu overte, že vstupné a výstupné napätie majú pri invertujúcom zosilovači opačnú fázu.

2.2. Neinvertujúci zosilovač



Obr. 3: Neinvertujúci zosilovač

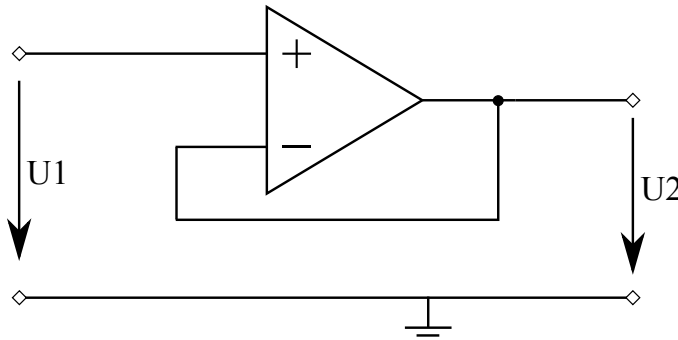
Neinvertujúci zosilovač zapojte podľa schémy na obrázku 3. Pre zoslenie A pre neinvertujúci zosilovač platí:

$$A = \frac{U_2}{U_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Tento vzťah budeme overovať pre rôzne veľkosti odporov R_1 a R_2 . Ako zdroj vstupného napätia U_1 použijeme generátor striedavého napätia. Frekvenciu nastavíme na 1,6 kHz a tvar funkcie sínus (sine). Vstupné napätie voľte tak, aby amplitúda výstupného napätia bola v rozsahu 5 - 10 V. Veľkosť vstupného a výstupného napätia budeme merať pomocou osciloskopu. Odporov vyberajte z rozsahu

1 k Ω až 1 M Ω . Zvoľte niekoľko kombinácií R1 a R2 tak, aby ste dosiahli rôzne hodnoty zoslenia A. Opäť overte, že zoslenie závisí len na pomere odporov. Nastavte rovnaké zoslenie inou veľkosťou odporov (napr. $R1 = 10R1$ a $R2 = 10R2$). Pre každú kombináciu odporov zmerajte zoslenie aspoň pre dve rôzne hodnoty vstupného napätia. Na obrazovke osciloskopu overte, že vstupné a výstupné napätie majú pri neinvertujúcom zosilovači rovnakú fázu.

2.3. Napäťový sledovač



Obr. 4: Napäťový sledovač

Napäťový sledovač je jednoduchý elektrický obvod, ktorý vstupný signál prepustí bez zoslenia ($A = 1$). Služi ako prvok s veľkým vstupným odporom, vďaka čomu nasledujúce prvky nezaťažujú zdroj signálu ani pri veľkom výstupnom výkone.

Napäťový sledovač zapojíme podľa schémy na obrázku 4. Ako zdroj vstupného napätia U1 použijeme generátor striedavého napätia. Frekvenciu nastavíme na 1,6 kHz a tvar funkcie sínus (sine). Vstupné napätie sa môže pohybovať v rozsahu 5 - 10 V. Veľkosť vstupného a výstupného napätia budeme merať pomocou osciloskopu. Zmerajte zoslenie aspoň pre tri rôzne hodnoty vstupného napätia. Na obrazovke osciloskopu overte, že vstupné a výstupné napätie majú rovnakú fázu aj amplitúdu.

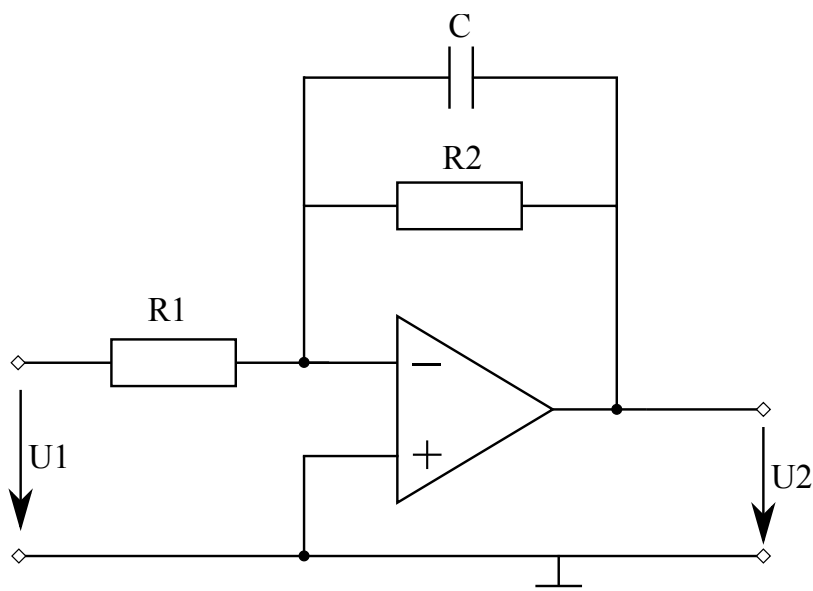
2.4. Dolnofrekvenčný priepust

Dolnofrekvenčný priepust je elektrický obvod, ktorý tlmí vysoké frekvencie vstupného signálu a prepúšťa nízke. Zapojíme ho podľa schémy na obrázku 5.

Ako zdroj vstupného napätia U1 použijeme generátor striedavého napätia. Vstupné napätie sa môže pohybovať v rozsahu jednotiek V. Veľkosť vstupného a výstupného napätia budeme merať pomocou osciloskopu. Odpor vyberajte z rozsahu 1 k Ω až 1 M Ω , kapacita kondenzátora by mala byť rádovo desiatky až stovky nF. Frekvenciu nastavte na 20 Hz a postupne ju zvyšujte, pričom zaznamenávajte zoslenie. Šírka pásma je určená medzným kmitočtom, pri ktorom dôjde k poklesu zoslenia o 3 dB, tzn. že amplitúda výstupného napätia klesne na 0,707 pôvodnej hodnoty nameranej pri nízkych kmitočtoch. Za medzný kmitočet považujeme frekvenciu, pri ktorej pre zoslenie platí:

$$A = \frac{U2}{U1} = \frac{A_{MAX}}{\sqrt{2}}$$

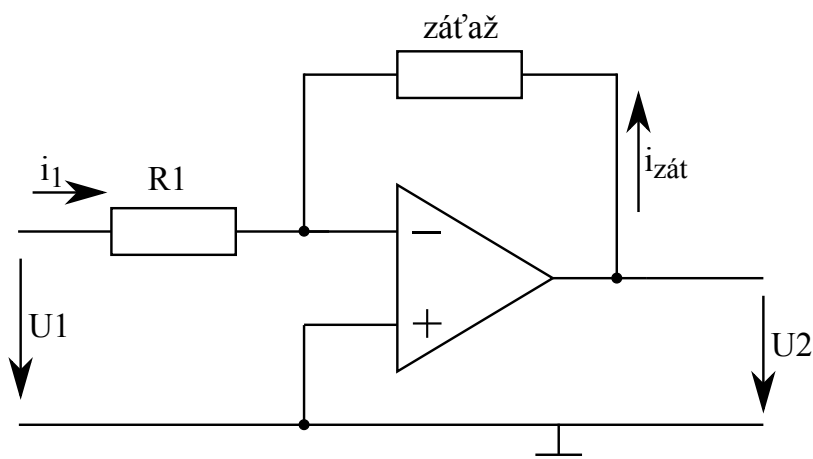
Z nameraných dát určte medzný kmitočet.



Obr. 5: Dolnofrekvenčný priepust

2.5. Zdroj prúdu riadený napätím / Zdroj napätia riadený prúdom

Zdroj prúdu riadený napätím



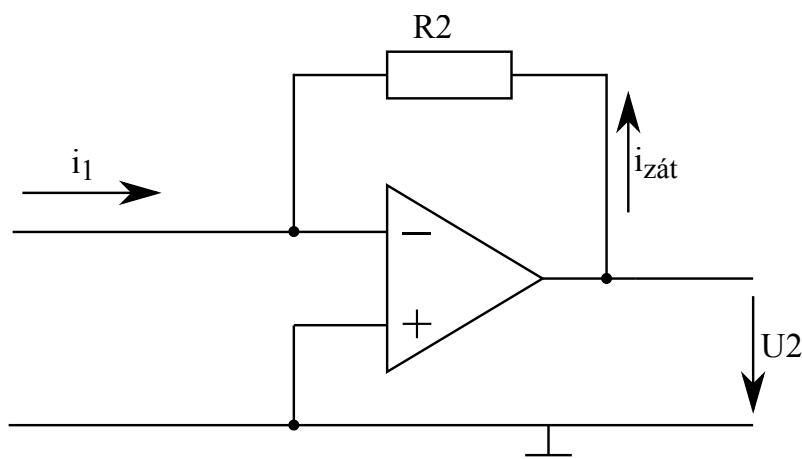
Obr. 6: Zdroj prúdu riadený napätím

Pomocou OZ môžeme vytvoriť aj zdroj prúdu riadený napätím. OZ zapojíme podľa schémy na obrázku 6. Ako zdroj vstupného napätia U_1 použijeme zdroj jednosmerného napätia. Vstupné napätie sa môže pohybovať v rozsahu jednotiek V. Veľkosť vstupného napätia budeme merať pomocou multimetrov. Odpor R_1 nastavte na hodnotu $10\text{ k}\Omega$ a odpor $R_{zát}$ na hodnotu $1\text{ k}\Omega$. Aby bola zaistená správne činnosť, musí byť $|U_2| \leq 10\text{ V}$. Overte platnosť vzťahu:

$$i_{zát} = -i_1 = -\frac{U_1}{R_1}$$

Vstupné napätie meňte od -10 do 10 V . Všimnite si, že prúd prechádzajúci záťažou $i_{zát}$ nie je ovplyvnený veľkosťou odporu $R_{zát}$. Zmeňte $R_{zát}$ na $10\text{ k}\Omega$ a overte toto tvrdenie. Ak $R_{zát} > R_1$, zdroj saturuje a daný vzorec už neplatí.

Zdroj napätia riadený prúdom



Obr. 7: Zdroj napätia riadený prúdom

Inverzne môžeme pomocou OZ vytvoriť aj zdroj napätia riadený prúdom. OZ zapojíme podľa schémy na obrázku 7. Ako zdroj vstupného prúdu i_1 použijeme zdroj jednosmerného prúdu. Vstupný prúd sa môže pohybovať v rozsahu jednotiek mA. Veľkosť vstupného prúdu a výstupného napätia U_2 budeme merať pomocou multimetrov. Odpor R_2 nastavte na hodnotu $1\text{ k}\Omega$. Overte platnosť vzťahu pre niekoľko hodnôt R_2 a i_1 :

$$U_2 = -i_1 \cdot R_2$$

Vstupný prúd meňte od -10 do 10 mA a zaznamenávajte napätie U_2 .

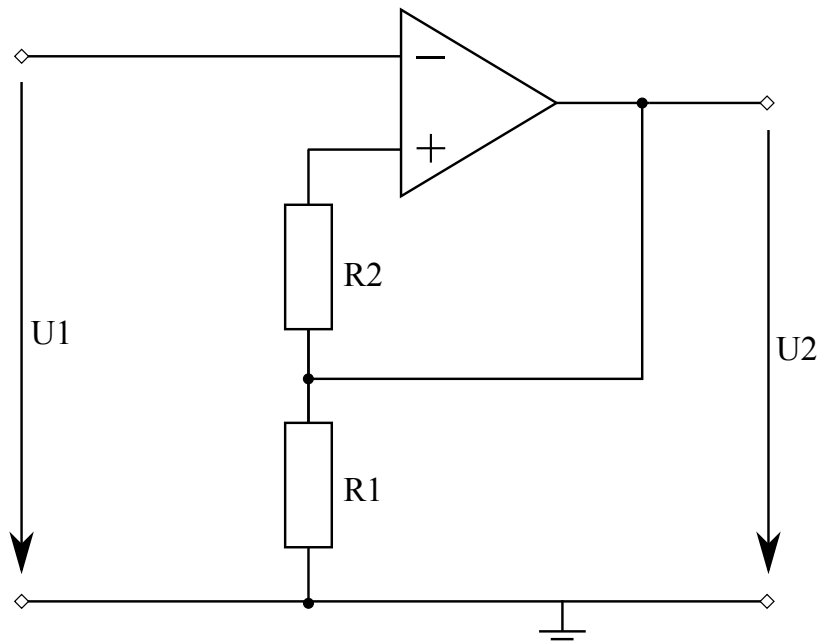
2.6. Schmittov klopný obvod

Schmittov klopný obvod je špeciálny typ komparátora, ktorého výstup nie je závislý len na hodnote jeho vstupu, ale aj na stave, v ktorom sa pôvodne nachádzal. Táto vlastnosť sa nazýva napätová hysterézia H . Na preklopenie do iného stavu nestačia rozdielne hodnoty vstupných napätí, je potrebné, aby tento rozdiel dosahoval minimálnu hodnotu H . Veľkosť hysterézie môžeme vypočítať ako:

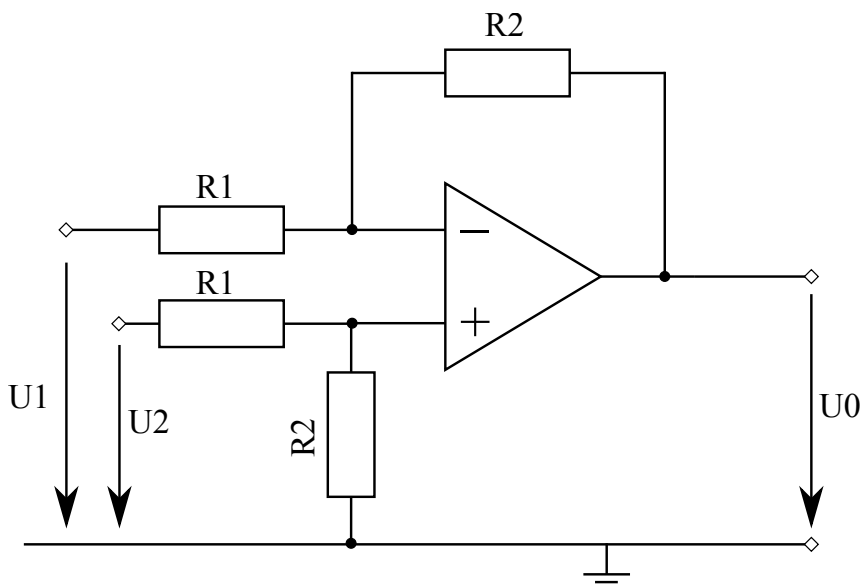
$$\pm H = \pm U_{sat} \frac{R_1}{R_1 + R_2},$$

kde U_{sat} je saturačné napätie operačného zosilovača.

Schmittov klopný obvod zapojte podľa schémy na obrázku 8. Ako zdroj vstupného napätia U_1 použijeme generátor striedavého napätia. Frekvenciu nastavíme na $1,6\text{ kHz}$ a tvar funkcie píla (triangle). Vstupné napätie sa môže pohybovať v rozsahu jednotiek V. Veľkosť vstupného a výstupného napätia budeme merať pomocou osciloskopu. Odporov vyberajte z rozsahu $1\text{ k}\Omega$ až $1\text{ M}\Omega$. Na obrazovke osciloskopu sledujte veľkosti vstupných napätí, pri ktorých dôjde k zmene výstupného napätia. Odčítajte hodnoty napätia pre horný a dolný bod a saturačné napätie. Zvoľte niekoľko kombinácií veľkostí R_1 a R_2 tak, aby ste dosiahli rôzne hodnoty hysterézie.



Obr. 8: Schmittov klopny obvod



Obr. 9: Rozdielovy zosilovač

2.7. Rozdielový zosilovač

Rozdielový zosilovač zapojte podľa schémy na obrázku 9. Pre rozdielový zosilovač platí:

$$U_0 = \frac{R_2}{R_1}(U_2 - U_1)$$

Tento vzťah budeme overovať pre rôzne veľkosti odporov R_1 a R_2 . Ako zdroj vstupných napätí U_1 a U_2 použijeme zdroje jednosmerného napätia. Vstupné napätia sa môžu pohybovať v rozsahu jednotiek V. Veľkosť vstupného a výstupného napätia budeme merať pomocou multimetrov. Odporu vyberajte z rozsahu $1 \text{ k}\Omega$ až $1 \text{ M}\Omega$. Zvoľte niekoľko kombinácií R_1 , R_2 , U_1 a U_2 a overte platnosť vzťahu. Všimnite si, že výstupné napätie je kladné, ak $U_2 > U_1$.