

ZADÁNÍ LABORATOŘE Č. 6

„OPERAČNÍ ZESILOVAČ“

Cíl: Experimentálně ověřit chování a vybrané aplikace operačního zesilovače.

1 MOTIVACE ANEB „PROČ TOMU VĚNOVAT ČAS A JAKÉ KOMPETENCE LZE ZÍSKAT ?“

Na základě sady experimentů budete moci ověřit, pochopit a objasnit princip činnosti vybraných praktických zapojení¹ založených na operačním zesilovači (OZ).

2 VÝSTUP A ZPŮSOB JEHO HODNOCENÍ ANEB „CO SE ODE MNE OČEKÁVÁ A CO ZA TO ?“

Za konstrukci a experimentální ověření činnosti napěťového komparátoru, zesilovače a sumátoru na bázi OZ a za, experimentálně podložené, objasnění chování zkoumaných obvodových zapojení a nastínění jejich možného využití v praxi lze získat až **3 body**.

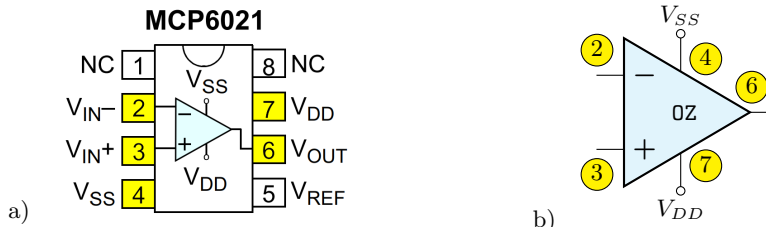
3 PROSTŘEDKY ANEB „CO JE K DISPOZICI ?“



Zdroj ss. napětí s omezením proudu, nepájivé pole, krabička s konstrukčními prvky (rezistory, OZ, vodiče), měřicí přístroje (multimetr, osciloskop).

Operační zesilovač (OZ) nevýměňte z nepájivého pole!

4 ZÁKLADNÍ SCHÉMA(TA) ANEB „Z ČEHO SE BUDE VYCHÁZET ?“



Obrázek 1: Pouzdro (a) a schematická značka (b) pro OZ typu MCP6021; význam vývodů je následující (NC představuje nezapojený/nevyužitý vývod): 1 – NC, 2 – invertující vstup, 3 – neinvertující vstup, 4 – nižší potenciál zdroje napětí, 5 – výstupní referenční napětí odpovídající $\frac{1}{2}(V_{DD} + V_{SS})$, 6 – výstup, 7 – vyšší potenciál zdroje napětí, 8 – NC

Ideální OZ má následující vlastnosti: ∞ velké napěťové a proudové zesílení a vstupní odpor, nulový výstupní odpor, frekvenční nezávislost, nekonečně velké potlačení součtového signálu². **Reálný OZ** tyto vlastnosti nemá, ale přibližuje se jim³.



Pozn.: Napětí V_{OUT} je u reálného OZ v rozmezí V_{DD} až V_{SS} , tradičně $V_{DD} = V_{CC}$, $V_{SS} = -V_{CC}$. V_{OUT} většinou měříme oproti $(V_{DD} + V_{SS})/2$, tradičně oproti 0 V; jindy, např. při $V_{DD} = V_{CC}$ a $V_{SS} = 0$ V, však může být vhodnější měřit V_{OUT} oproti $V_{CC}/2 = V_{REF}$.

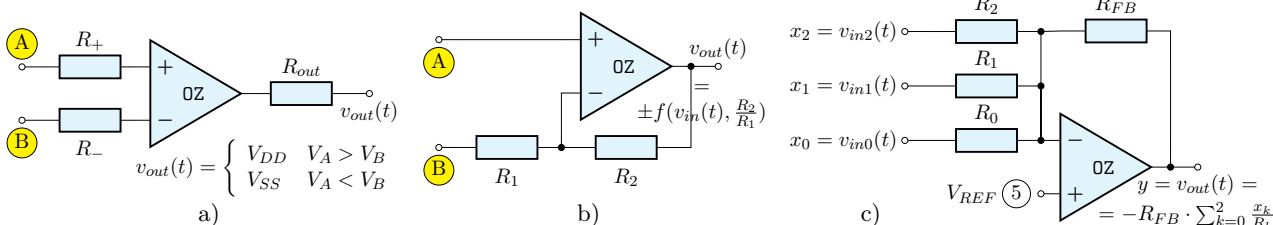
¹napěťový komparátor, zesilovač či součtový zesilovač (viz Obr. 2)

²signál společný oběma vstupům

³např. zesílením v řádu 10^5 s maximem dosažitelným v zapojeních bez zpětné vazby; k základním parametrům OZ patří např. vstupní napěťová nesymetrie, potlačení vlivu změn napájecího napětí, vstupní klidový proud a proudová nesymetrie, vstupní rozdílová impedance, maximální napájecí napětí, potlačení souhlasného signálu, maximální dovolená výkonová ztráta či napěťové zesílení při otevřené smyčce bez zpětné vazby

5 POSTUP SAMOSTATNÝCH ČINNOSTÍ ANEB „CO DĚLAT A NA CO SI DÁT POZOR ?”

- Experiment 1:** i) **Prostudujte** rozmístění vývodů OZ (Obr. 1a), **připojte** k OZ napájecí napětí⁴.
ii) **Zapojte** OZ dle Obr. 2a – jeden z uzlů A, B připojte na ss. napětí⁵ (V_R), druhý připojte na vhodný napěťový signál $v_{in}(t)$ ⁶. **Sledujte**⁷ průběh $v_{out}(t)$ a **zkoumejte** závislost $v_{out}(t)$ na $v_{in}(t)$, V_R ⁸; **předveďte** funkčnost vyučující(mu).



Obrázek 2: Schémata k zapojení vybraných aplikací OZ: a) napěťový komparátor, b) napěťový zesilovač, c) součtový zesilovač (sumátor) využitelný např. ke konstrukci číslicově-analogového převodníku (D/A, DAC)

- Experiment 2:** i) V rámci zvolené studentské skupiny **zapojte** OZ dle Obr. 2b; jeden z uzlů A, B spojte s V_{REF} (popř. V_{SS}) a na druhý přiveďte vhodný napěť. signál $v_{in}(t)$.
ii) **Zkoumejte** vliv R_1 , R_2 na $u_{out}(t)$; poté **zvolte** R_1 , R_2 tak, aby bylo dosaženo vyučujícím zadaného ne/invertujícího napěťového zesílení ($A_u = \frac{v_{out}(t)}{v_{in}(t)}$); dosažení A_u **ověřte** měřením; **předveďte** funkčnost vyučující(mu).

- Experiment 3:** i) V rámci zvolené studentské skupiny **zapojte** OZ ve funkci 3bitového DAC dle Obr. 2c⁹; hodnoty odporů R_{FB} , R_2 , R_1 , R_0 **zvolte** tak, aby vstup $x_2x_1x_0$ zajistil na výstupu OZ napětí (měřeno oproti V_{REF}) $y \approx -\frac{1}{4} \cdot \text{hodnota}(x_2x_1x_0)$.
ii) **Odměřte** napětí y pro dílčí vstupy, **doplňte** chybějící údaje v Tab. 1¹⁰, vztah y a $x_2x_1x_0$ **znázorněte** grafem; funkčnost zapojení **předveďte** vyučující(mu).

hodnota($x_2x_1x_0$) [-] →		0	1	2	3	4	5	6	7	Rezistor				
→ napětí y [V]	ideální (vypočtené)									odpor [kΩ]	ideální (vypočtený)			
	naměřené (oproti V_{REF})										zvolený (dle odpor. řady Ex)			

Tabulka 1: Záznam hodnot k experimentu č. 3

6 SHRUTÍ, VYHODNOCENÍ A INTERPRETACE VÝSLEDKŮ ANEB „JAKÁ JSOU ZJIŠTĚNÍ ?”

Napětí na výstupu OZ (V_{OUT}) je vždy v mezích napájecího napětí OZ. OZ dokáže vstupní signály vzájemně porovnávat, popř. zesílit vstupní signál se zesílením $k \geq 1$ je-li signál přiváděn přes neinverující (+) vstup či zesílit signál s $k \geq 0$, avšak také změnit jeho fázi (znaménko), je-li přiváděn přes invertující (−) vstup. V zapojení sumátoru má OZ schopnost počítat vstupní signály.

7 K ZAMÝŠLENÍ/ZAPAMATOVÁNÍ ANEB „NĚCO DO DALŠÍHO STUDIA A ŽIVOTA.”

Řada aplikací OZ nebyla v této lab. zkoumána – zmiňme např. využití OZ ke konstrukci derivátoru či integrátoru pro řešení soustavy diferenciálních či integrálních rovnic pro počáteční podmínku určenou napětím na kondenzátoru. V souvislosti s číslicovými zařízeními lze OZ využít např. v zapojení n bitového DAC použitelného k číslicově řízenému generování signálu o 2^n úrovních.

⁴tj. $V_{SS} = 0$ V, $V_{DD} = 5$ V

⁵tzv. referenční napětí (v rozmezí V_{SS} až V_{DD}); nezaměňovat s V_{REF} na vývodu ⑤ OZ (viz Obr. 1a) !!!

⁶signál nad resp. pod úroveň V_R , popř. procházející přes úroveň V_R

⁷oproti V_{SS} či V_{REF}

⁸v případě zájmu činnosti zopakujte při prohození významu uzlů A, B

⁹trojici vstupních napětí chápejte jako vstupní 3bitovou informaci $x_2x_1x_0$ (kde x_2 je nejvýznamnější, x_0 nejméně významný bit; vstupní log.0 chápejte jako V_{REF} , vstupní log.1 jako V_{DD}) představující celé číslo z rozsahu 0–7

¹⁰začněte doplněním chybějících ideálních hodnot – získáte je výpočtem z příslušných vztahů (vzorců)