

# 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 zapojení<sup>1</sup> 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**.

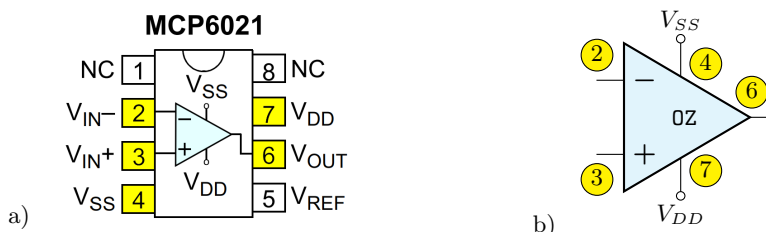
### 3 PROSTŘEDKY ANEB „CO JE K DISPOZICI ?“



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:  $\infty$  velké napěťové a proudové zesílení a vstupní odpor, nulový výstupní odpor, frekvenční nezávislost, nekonečně velké potlačení součtového signálu<sup>2</sup>. **Reálný OZ** tyto vlastnosti nemá, ale přibližuje se jim<sup>3</sup>.



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

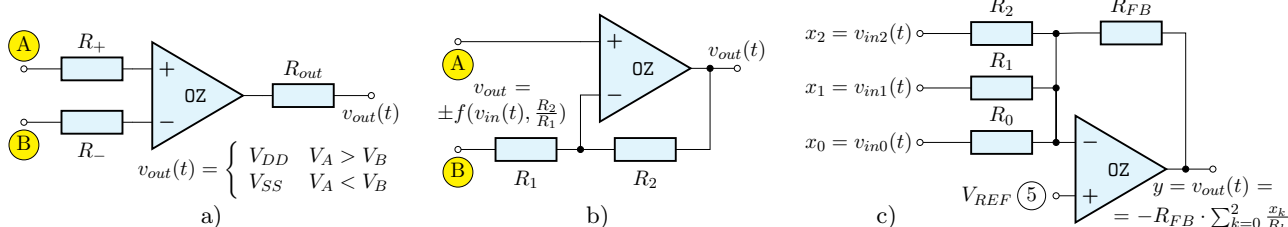
<sup>1</sup>napěťový komparátor, zesilovač či součtový zesilovač (viz Obr. 2)

<sup>2</sup>signál společný oběma vstupům

<sup>3</sup>např. 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 napětí<sup>4</sup>.  
 ii) **Zapojte** OZ dle Obr. 2a – jeden z uzlů A, B připojte na ss. napětí<sup>5</sup> ( $V_R$ ), druhý připojte na vhodný napěťový signál –  $v_{in}(t)$ <sup>6</sup>. **Sledujte**<sup>7</sup> průběh  $v_{out}(t)$  a **zkoumejte** závislost  $v_{out}(t)$  na  $v_{in}(t)$ ,  $V_R$ <sup>8</sup>; **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. 2c<sup>9</sup>; 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. 1<sup>10</sup>, 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 sčítat vstupní signály.

7 K ZAMYŠLENÍ/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.

<sup>4</sup>tj.  $V_{SS} = 0$  V,  $V_{DD} = 5$  V

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

<sup>6</sup>signál nad resp. pod úroveň  $V_R$ , popř. procházející přes úroveň  $V_R$

<sup>7</sup>oproti  $V_{SS}$  či  $V_{REF}$

<sup>8</sup>v případě zájmu činnosti zopakujte při prohození významu uzlů A, B

<sup>9</sup>trojici 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

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