

# Zadání virtuální laboratoře č. 6

## Operační zesilovač

Cíle: Experimentálně ověřit chování a vybrané aplikace operačního zesilovače.

## Motivace

Na základě sady experimentů porozumíte principům komparátoru, zesilovače a DA převodníku.

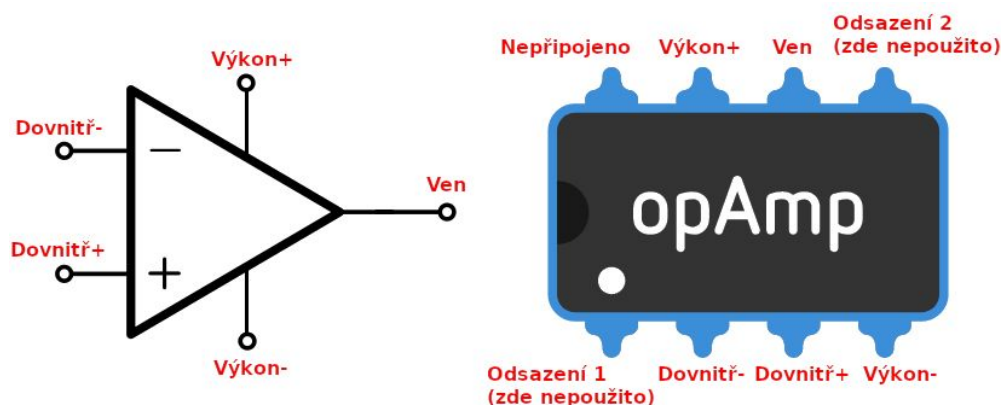
## Výstup a jeho hodnocení

Vzhledem k omezení prezenční výuky budete odevzdávat stručnou **zprávu ve formátu PDF** s názvem `xlogin00_lab6.pdf` (kde `xlogin00` je váš login do počítačové sítě na FIT) do informačního systému do termínu **Virtuální laboratoř 6**. Zpráva by měla obsahovat všechny informace požadované v postupu samostatné činnosti.

## Vývojové prostředí

Ve virtuální laboratoři budeme používat prostředí Tinkercad. Na serveru YouTube<sup>1</sup> máte krátkou ukázkou práce v tomto prostředí. URL a uživatelské jméno pro připojení ke třídě. Po přihlášení pomocí URL třídy a uživatelského jména, které najdete v informačním systému, si stáhněte kopii zadání<sup>2</sup>. Na vašem "virtuálním stole" naleznete následující komponenty:

- **Nepájivé pole** (k propojování obvodových prvků **použijte toto pole**),
- **Rezistory** o různých hodnotách odporů v závislosti na konkrétních experimentech,
- 1x **operační zesilovač (OZ)**; pozn.: schematické značce z obr. 1a odpovídá uspořádání vývodů pouzdra OZ dle obr. 1b (naještěm myši k příslušnému vývodu pouzdra OZ v prostředí Tinkercad se zobrazí, nejasný/zavádějící, popis - provozní zesilovač, dovnitř+/-, výkon+/-, ven, ...),



Obr. 1: Operační zesilovač: (a) schematická značka, (b) pouzdro a rozlišení vývodů

- **Zdroj napětí:** 2x napájecí zdroj (ss./= 5 V), 1x funkční generátor (frekvence: 1 kHz, amplituda: 0.5 V, kompenzace ss.: 0 V, funkce: sinus),
- **Měřicí přístroje:** 1x voltmetr, 2x osciloskop.
- 3x **Posuvný přepínač** (pro přepínání napětí mezi 0 V a 5 V na vstupech DA převodníku).

Případné problémy s vývojovým prostředím konzultujte s V. Mrázekem přes MS Teams či mail ([mrazek@fit.vutbr.cz](mailto:mrazek@fit.vutbr.cz)). Před psaním problému zkuste: 1) vypnout blokaci reklam v prohlížeči (např. AdBlock), či 2) zkusit jiný prohlížeč.

<sup>1</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=bwusm5hsrnE>


<sup>2</sup> <https://www.tinkercad.com/things/1LbXg0tWwQA>

# Experimenty


**Odevzdávaná zpráva musí být vypracována v originálním provedení** (odevzdání téže zprávy různými osobami je nepřipustné; spolupracujete-li na řešení laboratoře s někým jiným, zprávu vypracujte samostatně!), **musí obsahovat** hlavičku (jméno, příjmení, login, skupina), odpovědi na označené úkoly<sup>3</sup> a screenshot dokumentující zapojení a odpověď ke každému úkolu. Zprávu bude hodnotit váš vedoucí.

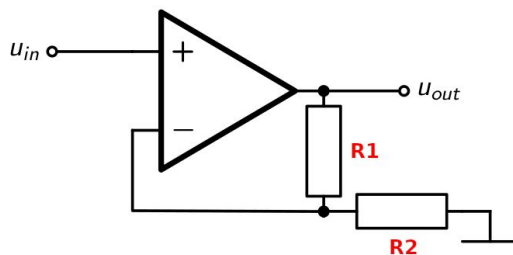
**Ve všech experimentech** uvažujte symetrické napájení OZ z přiložených zdrojů napětí,  $U=5\text{ V}$ . Jako součást řešení všech experimentů nejprve **realizujte zapojení** těchto zdrojů tak, aby **horní i dolní lišty “-”** rozváděly zem/GND (tj. potenciál  $0\text{ V}$ ), **horní napájecí lišta “+”** rozváděla napětí  $U_{cc} = +5\text{ V}$  oproti zemi a **dolní lišta “+”** napětí  $-U_{cc}$  (tj.,  $-5\text{ V}$ ) oproti zemi. Dále připojte symetrické napájení na příslušné napájecí vstupy operačního zesilovače.

## Experiment 1: OZ jako komparátor vstupních napětí



1. Zapojte OZ jako komparátor vstupních napětí tak, že invertující vstup (Dovnitř-) je uzemněn a na neinvertující vstup (Dovnitř+) je přivedeno střídavé napětí z funkčního generátoru ( $\pm 0.5\text{ V}$ , funkce sinus).
2.  Pomocí osciloskopů **odměřte vstupní a výstupní průběhy napětí, uveďte vztah** mezi napětím na výstupu OZ a na vstupech OZ (Dovnitř+, Dovnitř-) a **zdůvodněte, zda se jedná o invertující či neinvertující průběh**.

## Experiment 2: ověření zesilovací schopnosti OZ


1. **Zapojte** OZ dle obr. 2, přičemž vstupní napětí  $u_{in}$  připojte na výstup přiloženého funkčního generátoru.
2.  **Zvolte** hodnoty rezistorů **R1** a **R2** a **uveďte** je do řešení tak, aby bylo dosaženo hodnoty zesílení 5 (uvažujte, jako byste pracovali s ideálním OZ).




Obr. 2: OZ v zapojení jako zesilovač vstupního napětového signálu.

3.  **Odměřte** pomocí osciloskopů průběhy vstupního a výstupního napětí a formou snímků obrazovky je uveďte do zprávy **tak, aby byly patrné hodnoty napětí demonstrující zesílení**.
4.  **Zdůvodněte**, zda se jedná o invertující či neinvertující zapojení.

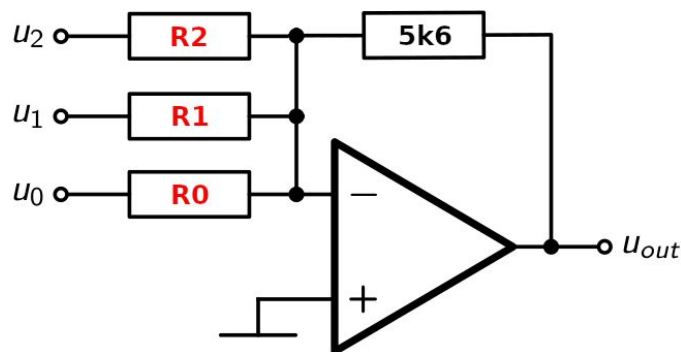
## Experiment 3: 3-bitový digitálně-analogový (DA) převodník

1. Dle zapojení na obr. 3 **realizujte** číslicově-analogový převodník, jehož výstupní napětí je ovládáno trojicí vstupních bitů. Předpokládejte, že log. 0 na vstupu odpovídá potenciálu země (tj.,  $0\text{ V}$ ) a log. 1 odpovídá napětí  $+5\text{ V}$  oproti zemi.
2. Z poskytnutých součástek **vyberte** správné hodnoty rezistorů **R0**, **R1**, **R2** tak, aby vstupní 3-bitová informace  $u_2u_1u_0$ , kde  $u_2$  je nejvýznamnější bit (MSB) a  $u_0$  je nejméně významný bit (LSB), určovala velikost výstupního napětí podle vztahu  $u_{out} = 5 \cdot (\text{číselná hodnota } u_2u_1u_0) / 8$ .
3.  Pomocí voltmetru **odměřte** napětí  $u_{out}$  (tj. napětí mezi výstupem DA převodníku a zemí) a naměřené hodnoty doplňte do níže uvedené tabulky (kromě hodnot uvádějte i jednotky veličin !):

R0 =			R1 =			R2 =		
$u_2u_1u_0$	000	001	010	011	100	101	110	111
$u_{out}$								

4.  **Zdůvodněte**, zda se jedná o invertující či neinvertující zapojení.

<sup>3</sup>  značí úkol, jehož výsledek je očekáván v odevzdávané zprávě



Obr. 3: 3-bitový DA převodník s operačním zesilovačem

## Shrnutí, interpretace výsledků, další činnost

Byly-li experimenty úspěšně provedeny a jejich výsledky správně interpretovány, pak se podařilo zjistit, že v nejjednodušším zapojení se OZ chová jako zesilovač *rozdílu* napětí na jeho vstupech ( $u_+$  -  $u_-$ ), přičemž hodnota výstupu  $u_{out}$  odpovídá  $+U_{cc}$  pro kladný rozdíl vstupních napětí a  $-U_{cc}$  pro záporný rozdíl. Další funkce OZ lze realizovat doplněním vhodné externí sítě, sestávající nejčastěji z rezistorů, a zejména realizací zpětné vazby (kladné nebo záporné). Typickou vlastností OZ pak je snaha o *vyrovnání* obou vstupních napětí. Tak jste mohli ověřit např. činnost (ne)invertujícího zesilovače napětového signálu, přivedeného na jeden ze vstupů OZ, nebo sčítačky napětí, v níž je možné volbou vhodných hodnot rezistorů interpretovat výstupní napětí jako převod binárně zadaného vstupu rovnoměrně do rozsahu různých úrovní napětí (analogově)  $<0\text{ V}$ ;  $-U_{cc}$ ). V rámci samostudia zkuste dále realizovat např. vícebitový DA převodník či ověřit funkci OZ pro integraci vstupního průběhu napětí. Další často používaným zapojením je tzv. Schmittův klopný obvod umožňující eliminaci nežádoucích změn log. úrovní na výstupu způsobených šumem na vstupním signálu v číslicových systémech nebo realizace různých variant oscilátorů. Tato zapojení ovšem někdy již přesahují možnosti systému Tinkercad.