

# Šesté laboratorní cvičení

## Operační zesilovač

### Elektronika pro informační technologie (IEL)

Brno University of Technology, Faculty of Information Technology  
Božetěchova 1/2, 612 66 Brno - Královo Pole  
Petr Veigend, Veigend@fit.vut.cz

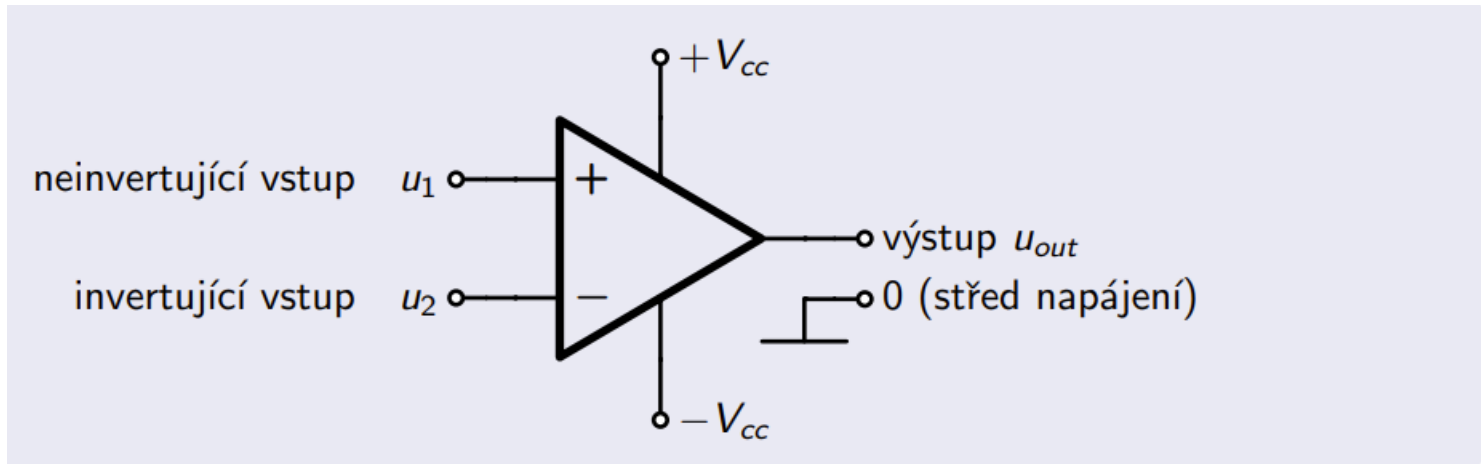


Spolufinancováno  
Evropskou unií



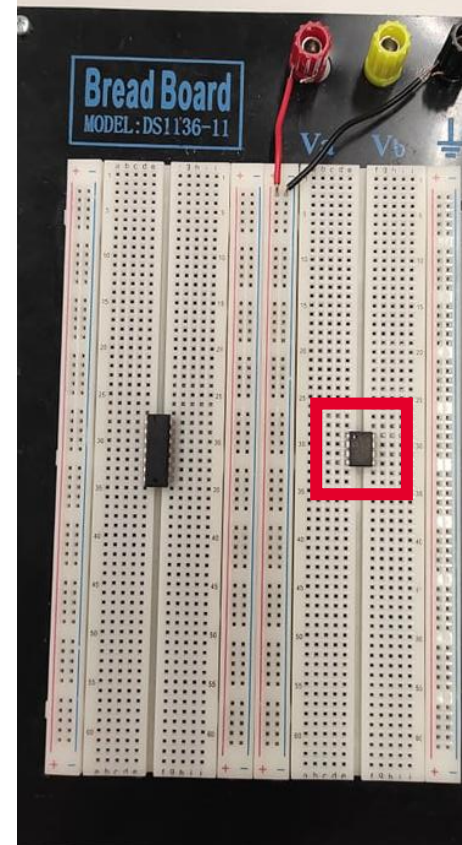
- Dnešní cvičení bude probíhat **ve skupinách**
  - První příklad (komparátor) budete zapojovat jednotlivě (seznámení se součástkou), zbylé ve skupinkách

- Velmi důležitá součástka v analogových obvodech

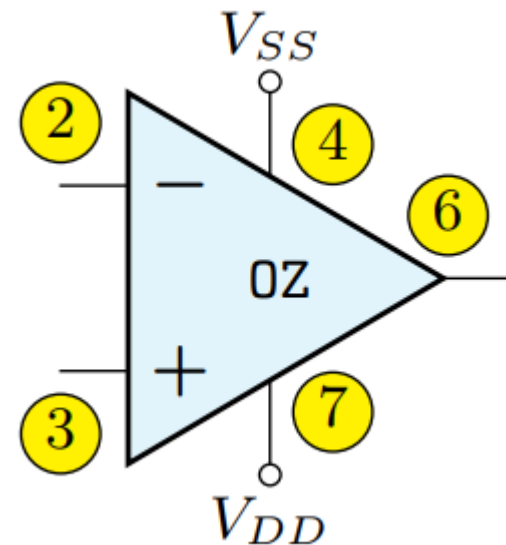
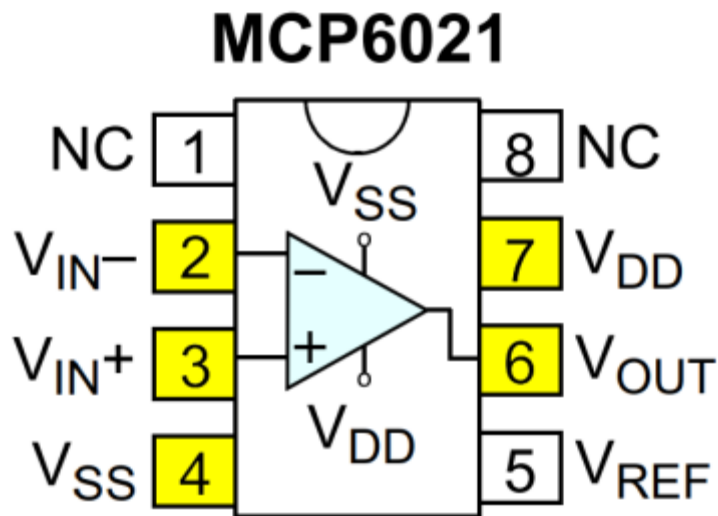


- Zesiluje *rozdíl* vstupních napětí ( $u_{out} = A_u(u_1 - u_2)$ ).

- Rezistory pro dnešní laboratoř jsou **POD KONDENZÁTORY**
  - Po skončení zapojování je vraťte na místo
  - Měli byste mít rezistory 1k, 2k7, 4k7 a 10k
- Nová součástka (operační zesilovač) je v nepájivém poli
  - Nevypojujte ho



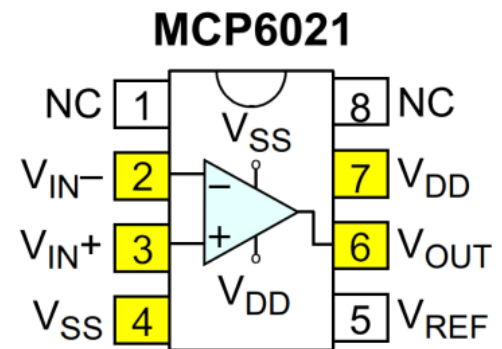
- Operační zesilovač, se kterým budeme pracovat je opět v pouzdře



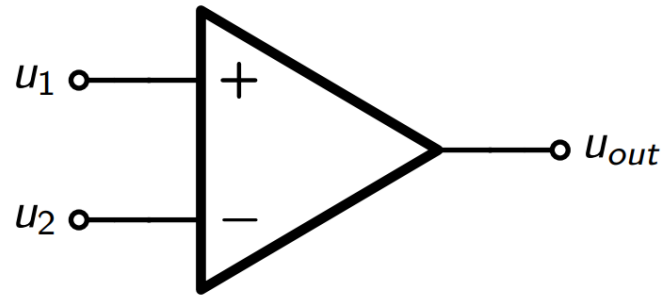
- Budeme pracovat s nesymetrickým zapojením ( $V_{DD} \rightarrow 5V$ ,  $V_{SS} \rightarrow 0V$ )
- $V_{REF} = \frac{V_{DD} + V_{SS}}{2} = 2,5V$
- Na  $V_{OUT}$  bude napětí v rozsahu -2,5 až 2,5 V

- V rámci laboratoře budeme zkoušet zapojovat následující zapojení s OZ
  - Ověření napětí na výstupu
  - Komparátor
  - Zesilovač
  - DA převodník

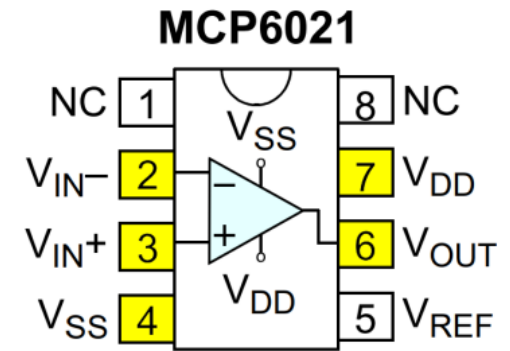
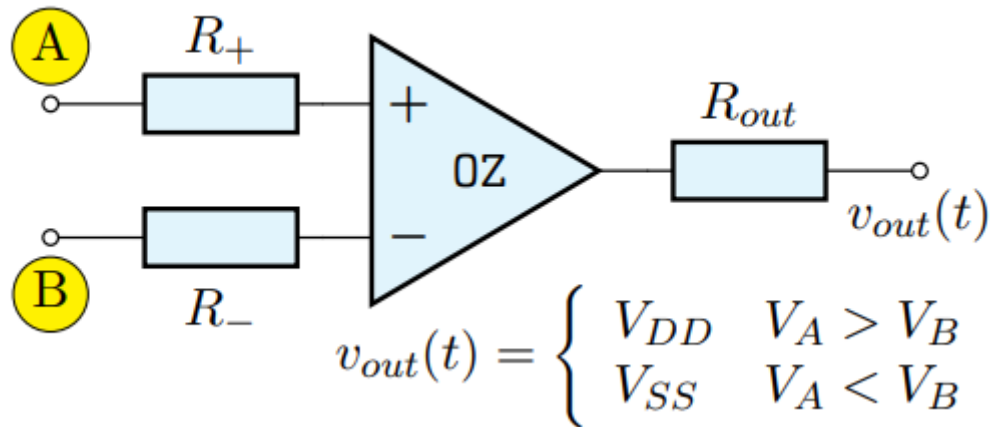
- Ověřte, zda je na výstupu  $V_{REF}$  opravdu napětí 2,5 V
  - Připojte vstupy  $V_{DD} \rightarrow 5V$ ,  $V_{SS} \rightarrow 0V$
  - Změřte napětí na  $V_{REF}$  vůči zemi
  - Rozsah: 20 V
- Ověřte si hodnoty rezistorů, které máte v krabičce
  - Rozsah: 20k



- Obecné zapojení

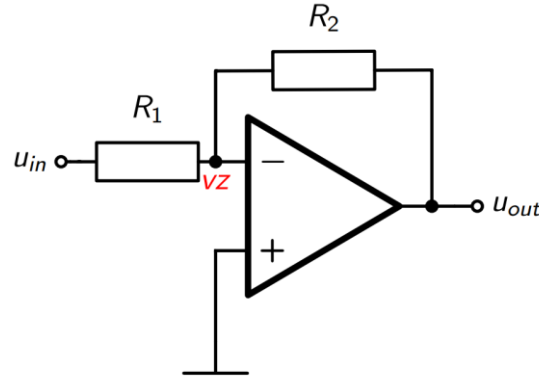


- Proč to funguje?  $u_{out} = A_0(u_1 - u_2)$ 
  - Stejná napětí  $\rightarrow$  výstup 0V
  - $u_1 > u_2$ : vysoká úroveň (H) na  $u_{out}$
  - $u_1 < u_2$ : nízká úroveň (L) na  $u_{out}$



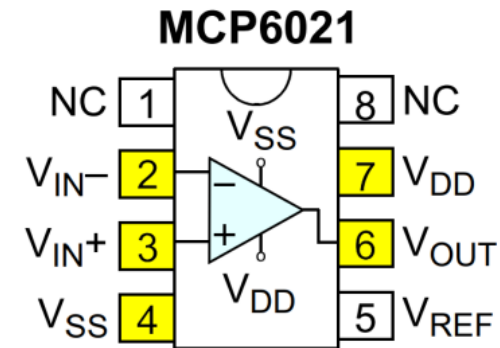
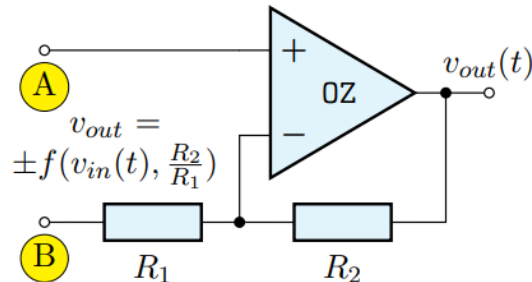
- Vstup **A (3)** → napětí  $V_{REF}$
- Vstup **B (2)** → 0 nebo 5 V
  - Vyzkoušejte, jak se zapojení chová pro různá napětí
  - Napětí měřte
    - oproti zemi a
    - oproti  $V_{REF}$

- Obecné (jednodušší) zapojení



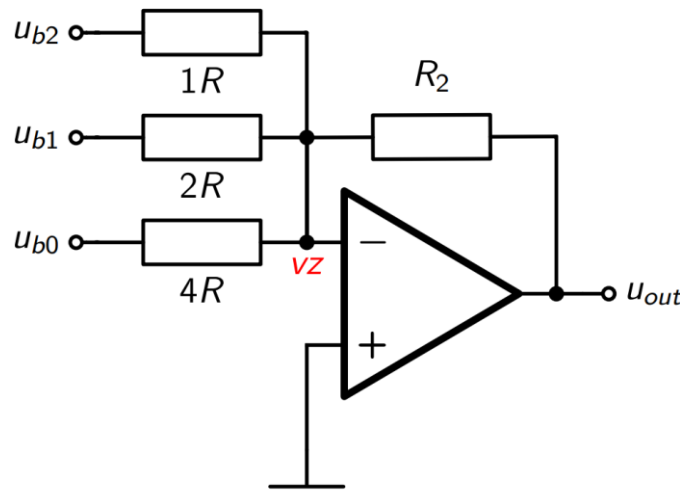
- Zesílení:  $A_u = -\frac{u_{out}}{u_{in}} = -\frac{iR_2}{iR_1} = -\frac{R_2}{R_1}$ 
  - Na **vz** je „imaginární zem“  $\rightarrow 0\text{ V}$  (vyplývá z rovnice pro OZ)

- $$A_u = -\frac{u_{out}}{u_{in}} = -\frac{iR_2}{iR_1} = -\frac{R_2}{R_1}$$



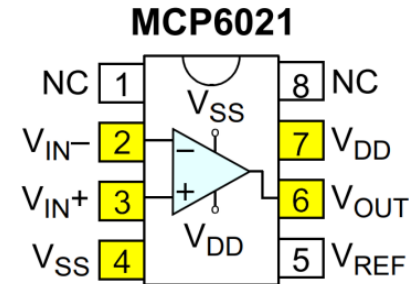
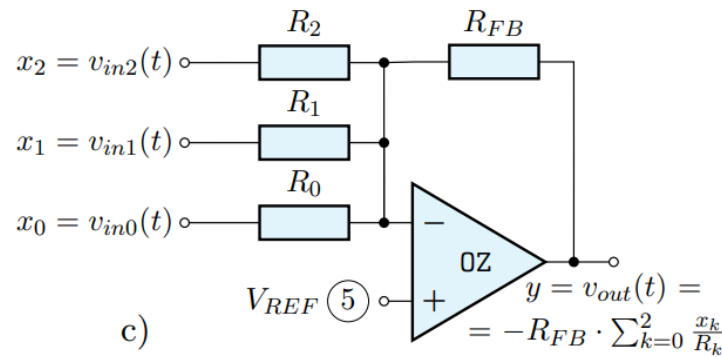
- **Vstup A (3)  $\rightarrow V_{REF}$**
- **Vstup B (2)  $\rightarrow$  vhodné napětí (potenciometr)**
- Ve skupině
  - Ověřte, jaký vliv mají rezistory  $R_1$  a  $R_2$  (zkuste **stejně** a např.  $R_2 = 10k\Omega$ ,  $R_1 = 1k\Omega$  pro  $u_{in} = -0.1 V$ )
  - Ověřte, že obvod opravdu zesiluje (vypočítejte zesílení)  $A_u = \frac{u_{out}}{u_{in}}$
  - Měřte vůči  $V_{REF}$

- Obecné zapojení



- Převádí binární číslo  $[u_{b2}, u_{b1}, u_{b0}]$  na výstupní napětí
- Výstupní napětí

$$u_{out} = -R_2 \left( \frac{u_{b2}}{1R} + \frac{u_{b1}}{2R} + \frac{u_{b0}}{4R} \right) = -\frac{R_2}{R} \left( \frac{u_{b2}}{1} + \frac{u_{b1}}{2} + \frac{u_{b0}}{4} \right)$$



$$[x_2x_1x_0], [001] = 1$$

- Výstup

$$y = -R_{FB} \left( \frac{x_2}{R_2} + \frac{x_1}{R_1} + \frac{x_0}{R_0} \right) = -R_{FB} \left( \frac{x_2}{R_2} + \frac{x_1}{2R_2} + \frac{x_0}{4R_2} \right)$$

$$= -\frac{R_{FB}}{R_2} \left( \frac{x_2}{1} + \frac{x_1}{2} + \frac{x_0}{4} \right)$$

- $R_{FB} = 1000\Omega$
- **Log. 1 = 5V, Log. 0 = VREF**
- Ideální hodnota na výstupu:  $y = -\frac{1}{4} \text{hodnota}(x_2x_1x_0)$

- Výsledky experimentu zaznamenejte do tabulky

$hodnota(x_2x_1x_0) [-] \rightarrow$		0	1	2	3	4	5	6	7	Rezistor	$R_{FB}$	$R_2$	$R_1$	$R_0$	
$\rightarrow$ napětí $y$ [V]	ideální (vypočtené)									odpor [k $\Omega$ ]	ideální (vypočtený)				
	naměřené (oproti $V_{REF}$ )										zvolený (dle odpor. řady Ex)				

- Nejdříve vypočítejte ideální napětí na výstupu podle vzorce

$$y = -\frac{1}{4} hodnota(x_2x_1x_0)$$

a odhadněte, jaké by byly ideální rezistory

- Poté DAC zapojte a odměřte, jak se chová
- $R_{FB} = 1000\Omega$
- **Log. 1 = 5V, Log. 0 = VREF**

- Tímto končí naše poslední společné cvičení z IEL
- Snad vám účast na těchto cvičeních něco dala, něco jste se tady dozvěděli (a získali jste nějaké body... 😊)
- Za sebe vám všem přeji **hodně úspěchů** ve vašem prvním zkouškovém období (už na předtermínech z ILG, IDM a IUS 😊) **a při dalším studiu**
  - V příštím semestru pozor na **IOS, ISU** a **IMA1**
- A samozřejmě **krásné Vánoce** a pokud možno co nejlepší a **nejúspěšnější rok 2026**
- Pokud byste cokoli potřebovali, mail na mě máte 😊
  - Z pozice studijního poradce doufám, že už se nevidíme 😊

Děkuji za pozornost!