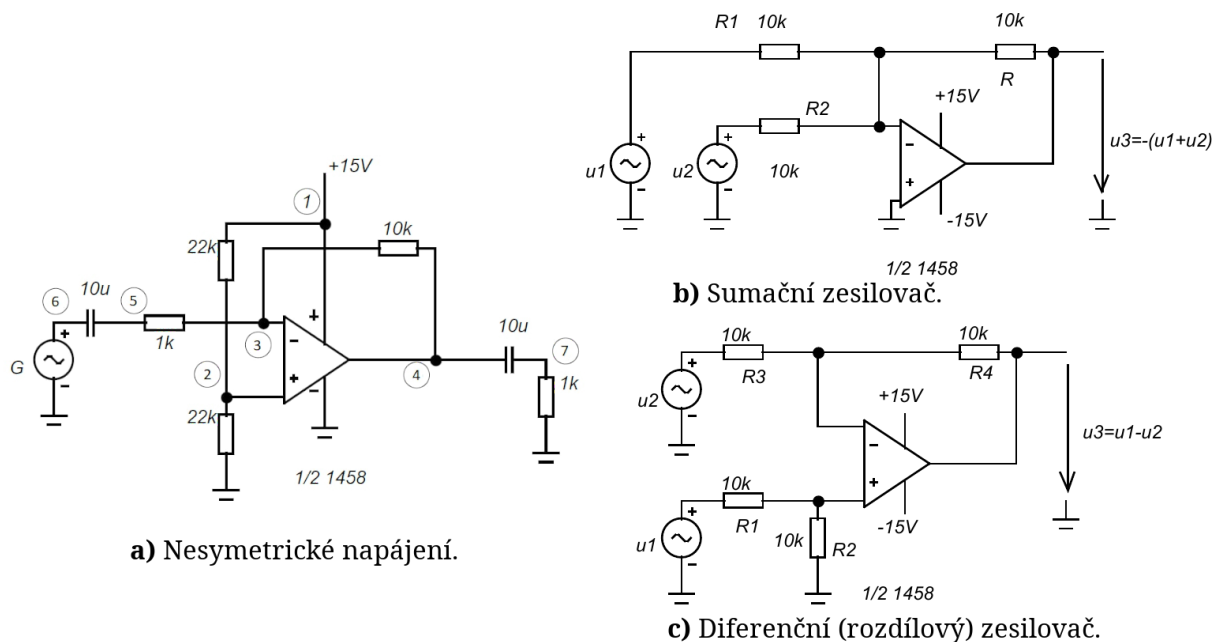


<b>Analogové elektronické obvody</b> <b>Ústav mikroelektroniky</b> <b>FEKT VUT v Brně</b>			<b>Jméno</b> <b>Jakub Charvot</b>	<b>ID</b> <b>240844</b>
			<b>Ročník</b> <b>2.</b>	<b>Obor</b> <b>MET</b>
<b>Spolupracoval</b> <b>Radek Kučera</b>	<b>Měřeno dne</b> <b>27. 10. 2022</b>	<b>Odevzdáno dne</b> <b>10. 11. 2022</b>	<b>Hodnocení</b>	
<b>Název úlohy</b> <b>Nízkofrekvenční zesilovače s OZ</b>				<b>Č. úlohy</b> <b>3</b>

## Teoretický úvod



Obr. 1: Schémata zapojení.

## Napájení OZ

Rozlišujeme dva základní typy napájení OZ, symetrické a nesymetrické. Symetrické napětí očekává kladné a záporné napětí na svorkách OZ a potenciál společné země je vůči nim uprostřed, tedy v nule. K tomuto je zapotřebí využít dva zdroje, což je v praxi obtížné, následné zapojení je ale jednodušší. V případě symetrického napájení je na záporné svorce potenciál společné země, stačí nám tedy jeden zdroj. Pokud ale chceme mít jistotu, že výstupní signál nebude zkreslený, je potřeba toto kompenzovat upravením obvodu na vstupu OZ, viz. Obr. 1a).

## Vypočtené hodnoty pro úlohu č. 1

### Stejnoseměrné poměry v obvodu

$$U_1 = 15 \text{ V}, U_2 = 7,5 \text{ V}, U_3 = 7,5 \text{ V}, U_4 = 7,5 \text{ V}, U_5 = 7,5 \text{ V}, U_6 = 0 \text{ V}, U_7 = 0 \text{ V}$$

### Střídavé poměry v obvodu, pro amplitudu generátoru $U_M = 1 \text{ V}$

$$u_1 = 0 \text{ V}, u_2 = 1 \text{ V}, u_3 = 0 \text{ V}, u_4 = 0 \text{ V}, u_5 = -10 \text{ V}, u_6 = -10 \text{ V}$$

$$A_u = \frac{u_{out}}{u_{in}} = \frac{-10}{1} = -10$$

## Odvození vztahů pro úlohu č. 2 a 3

### Sumační zesilovač, Obr. 1b)

$u_1, u_2, u_3 \dots$  Napětí na rezistorech orientovaná stejně jako proudy.

$$u_{out} = -u_3 = -i_3 R_3 = -(i_1 + i_2) R_3 = -\left(\frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2}\right) R_3$$

Hodnoty rezistorů jsou stejné, takže platí:

$$u_{out} = -(u_1 + u_2)$$

### Diferenční zesilovač, Obr. 1c)

$u_3, u_4 \dots$  Napětí na rezistorech orientovaná stejně jako proudy.

$$u_{out} = u_2 - u_3 - u_4 = u_2 - \left(u_2 - u_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) - R_4 i_4 = u_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3} \left(u_2 - u_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

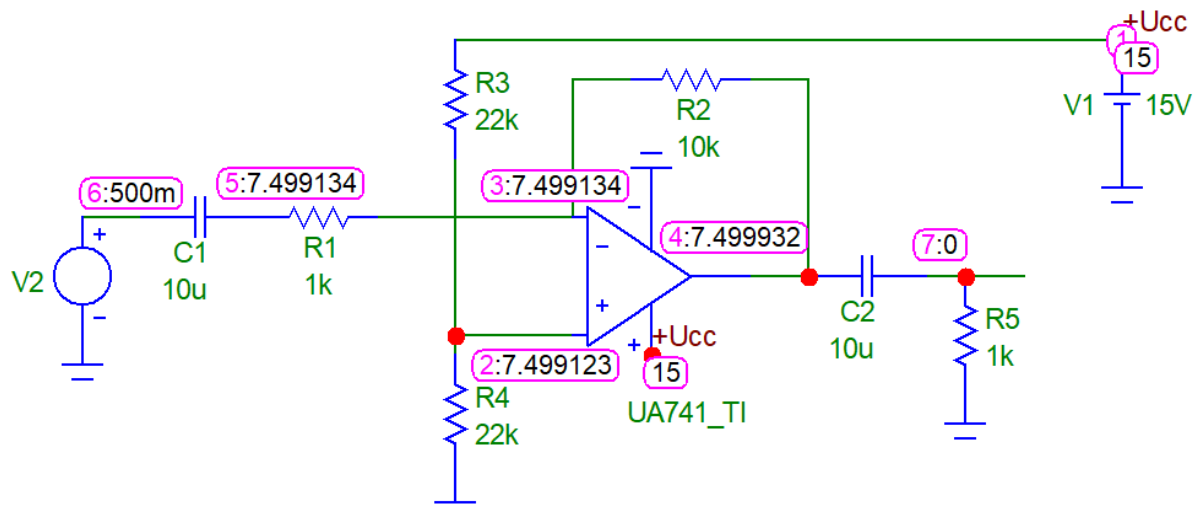
$$u_{out} = 2u_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2} - u_2 \frac{R_4}{R_3}$$

Hodnoty rezistorů jsou stejné, takže platí:

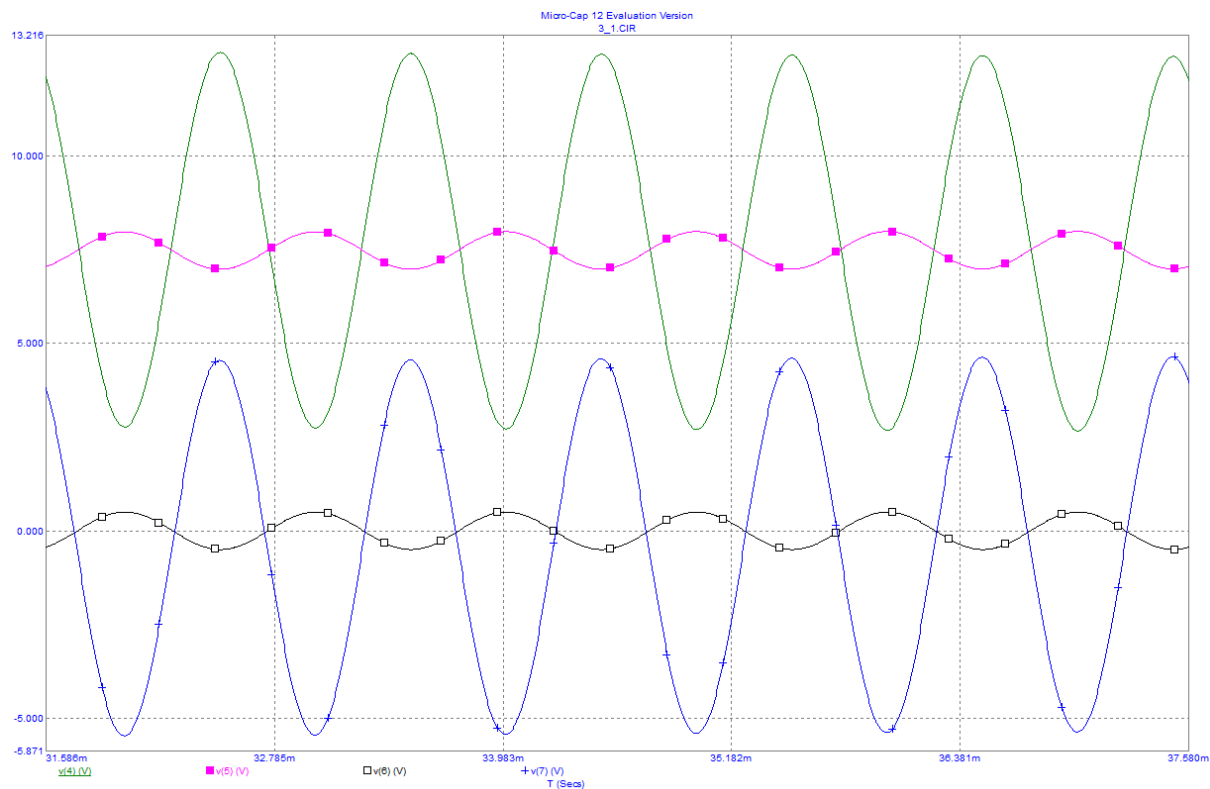
$$u_{out} = u_1 - u_2$$

# Výsledky počítačové simulace

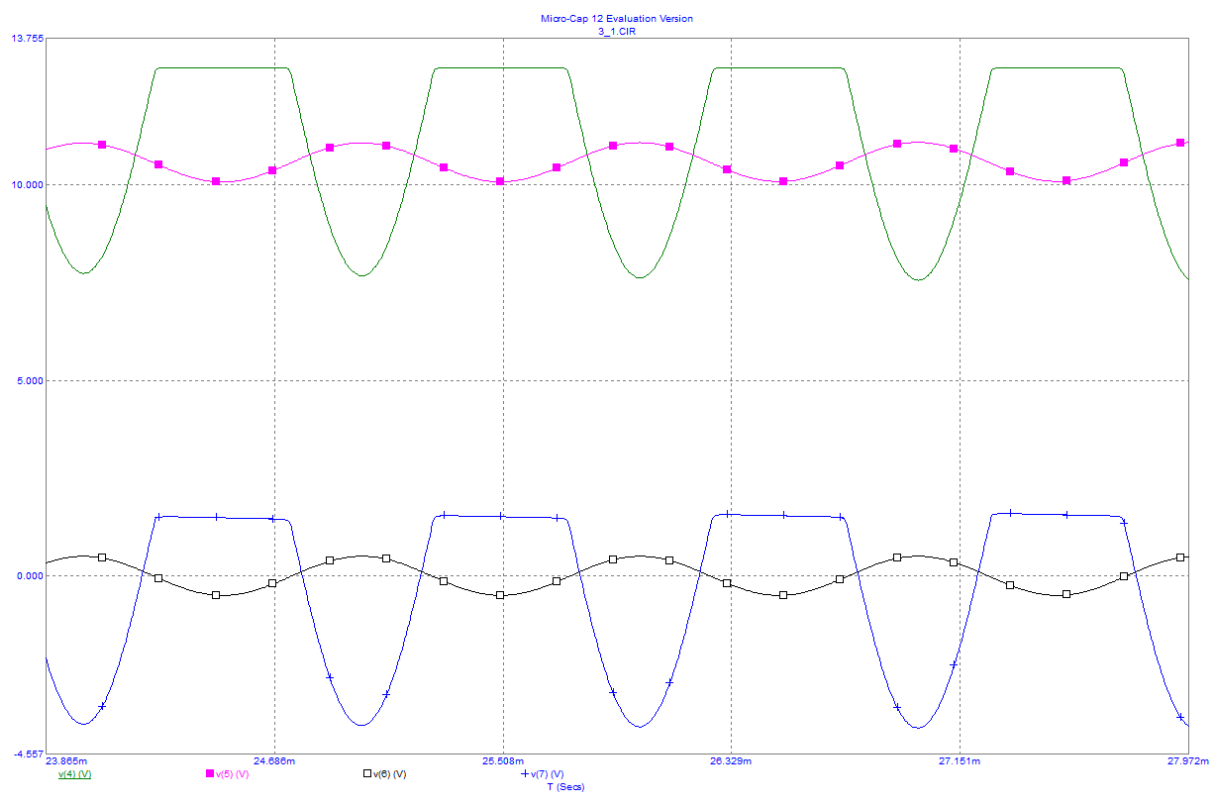
## Nesymetrické napájení



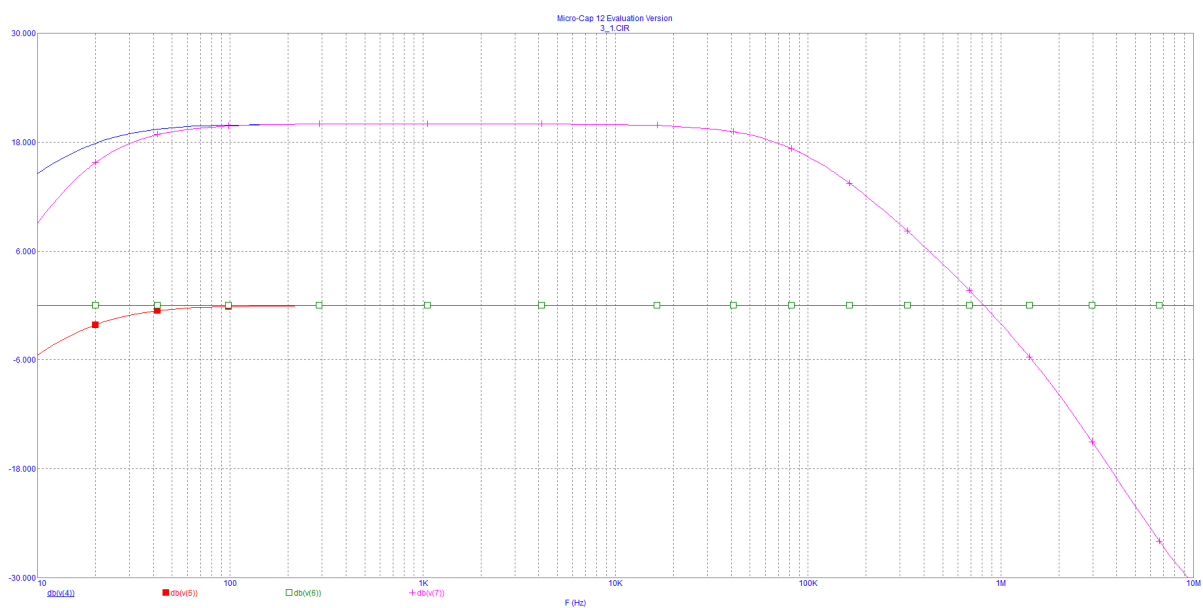
Obr. 2: Stejsměrný pracovní bod zapojení s nesymetrickým napájením.



Obr. 3: Střídavé poměry v obvodu, vliv vazebních kondenzátorů na vstupu a výstupu obvodu. Horní průběh – stejnosměrně posunutý vstup a výstup OZ kvůli kompenzaci nesymetrického napájení.

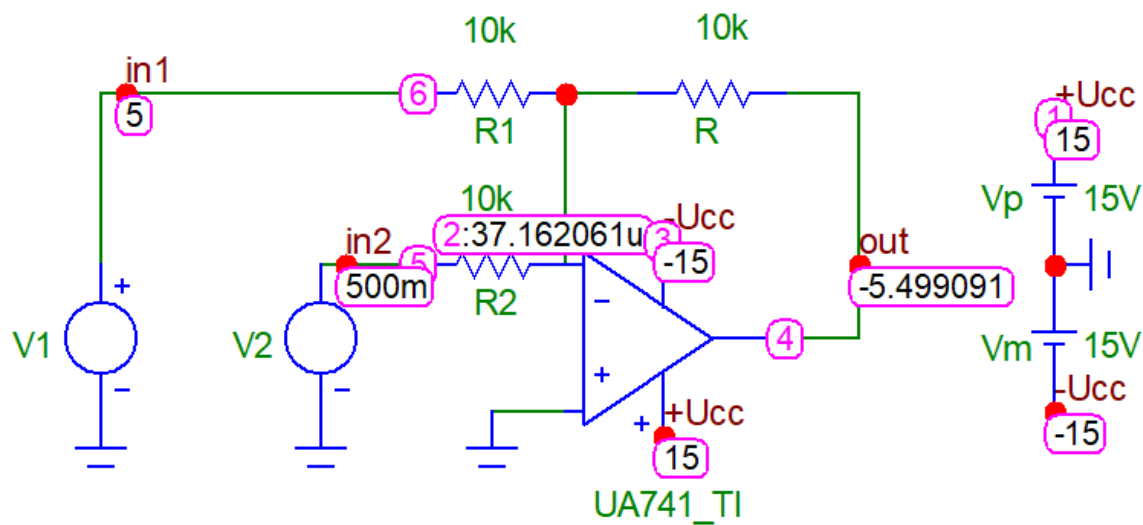


Obr. 4: Změna poměru odporového děliče ( $R_4 = 56 \text{ k}\Omega$ ), vyšší stejnosměrné posunutí vede k dosažení saturačního napětí.

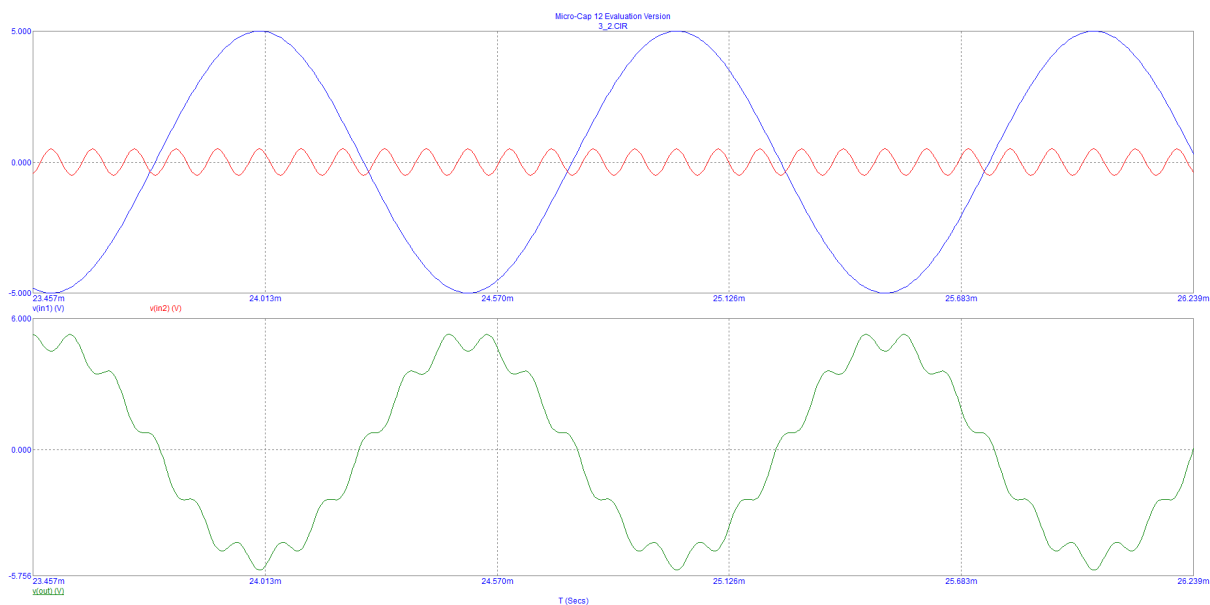


Obr. 5: Amplitudová kmitočtová charakteristika přenosu napětí do jednotlivých uzlů. Modrá, červená, zelená a fialová jsou po řadě uzly 4-7.

## Sumační zesilovač

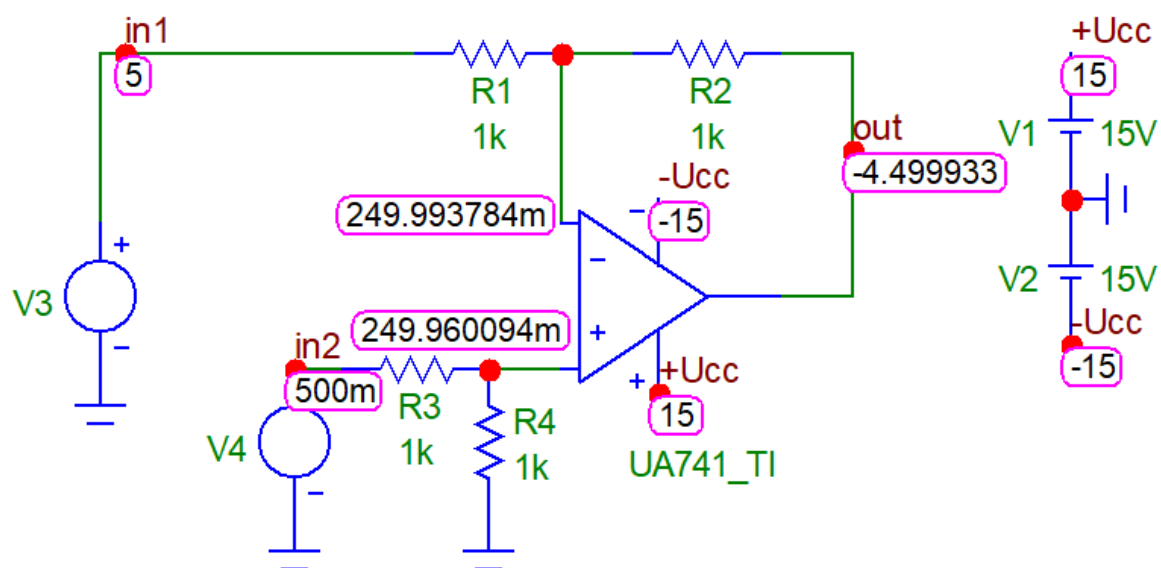


Obr. 6: Stejnosměrný pracovní bod v zapojení sumačního zesilovače.

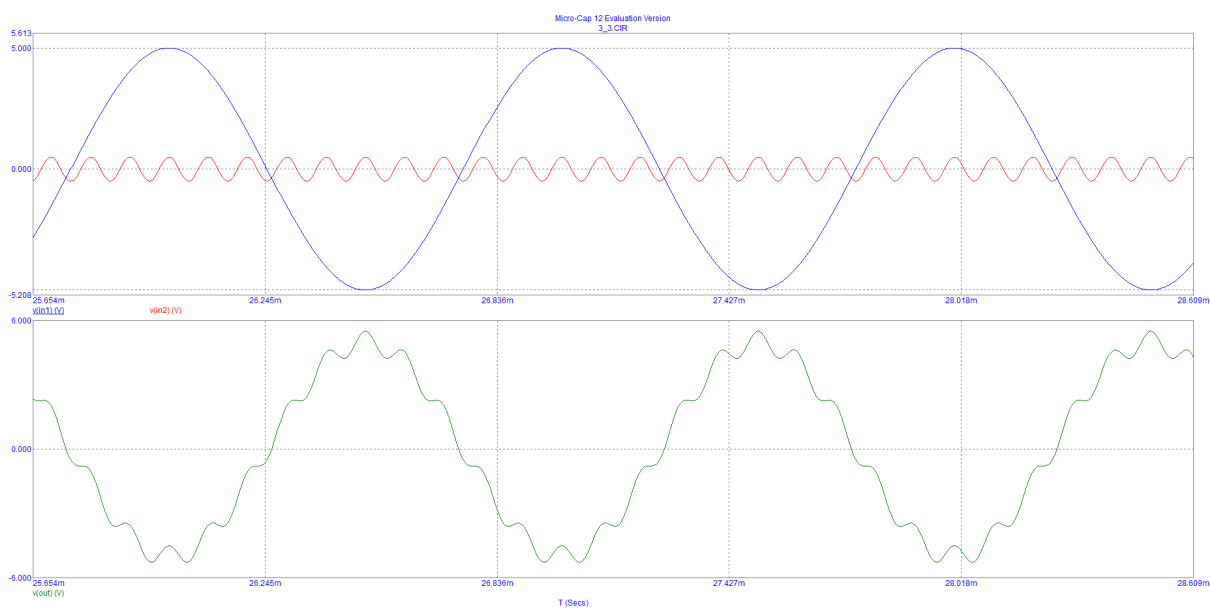


Obr. 7: Simulace součtu dvou vstupních signálů na výstupu OZ, výstup je navíc invertovaný.

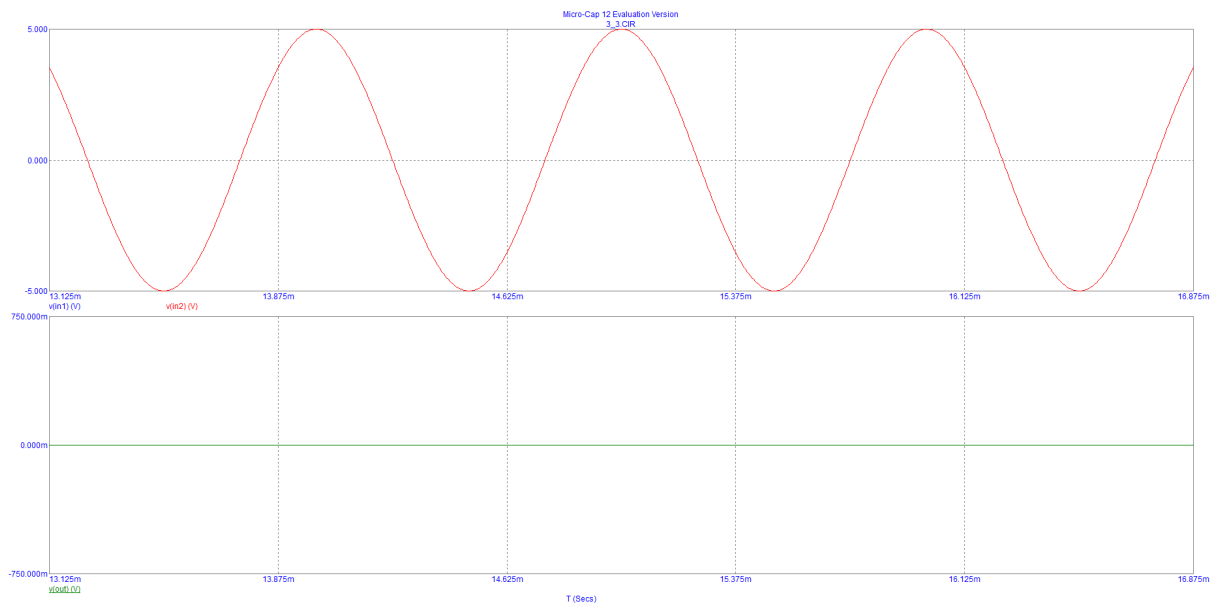
## Rozdílový zesilovač



Obr. 8: Stejnoseměrný pracovní bod v zapojení rozdílového zesilovače.



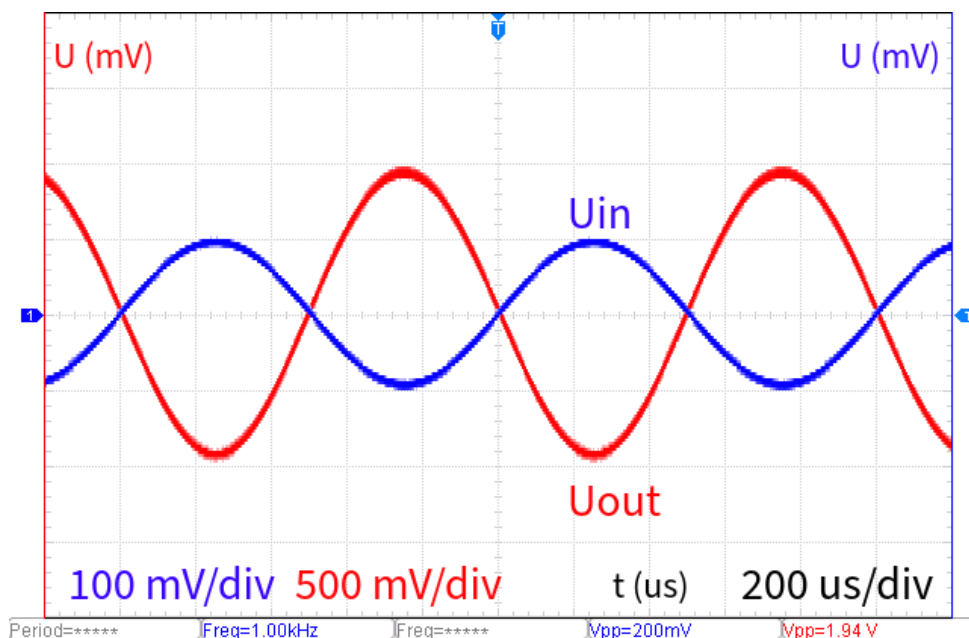
Obr. 9: Simulace odečtení jednoho vstupního signálu od druhého, signál na výstupu OZ je navíc invertovaný.



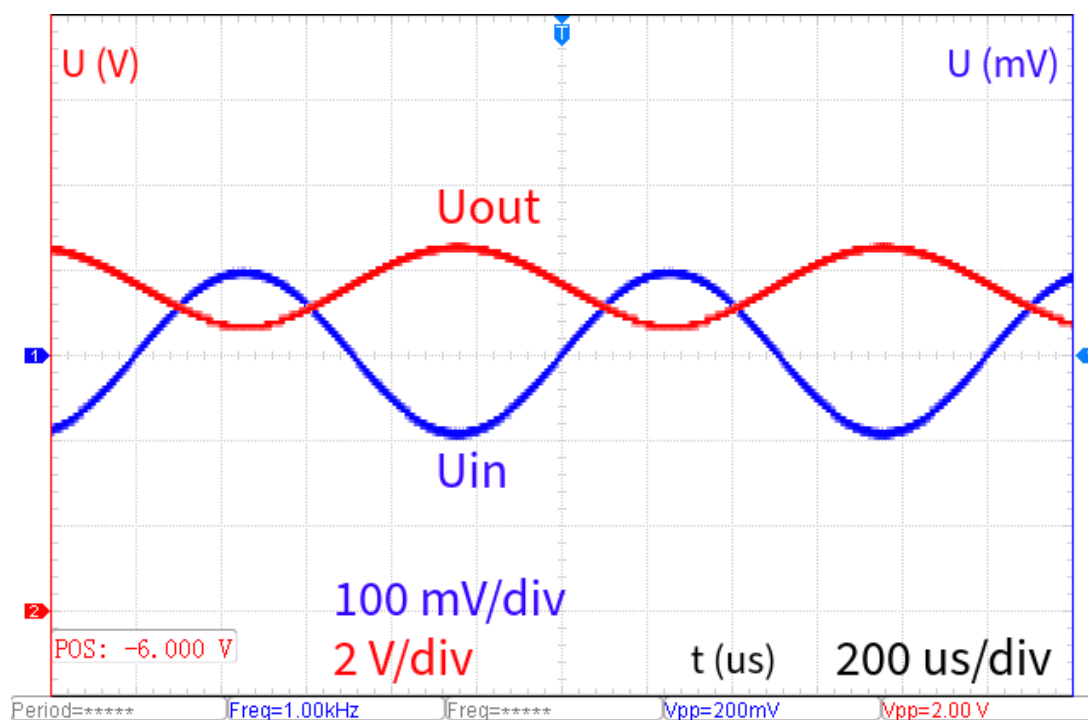
Obr. 10: Simulace odečtení dvou stejných signálů (zobrazeny přes sebe), na výstupu je signál nulový.

## Měření v laboratoři

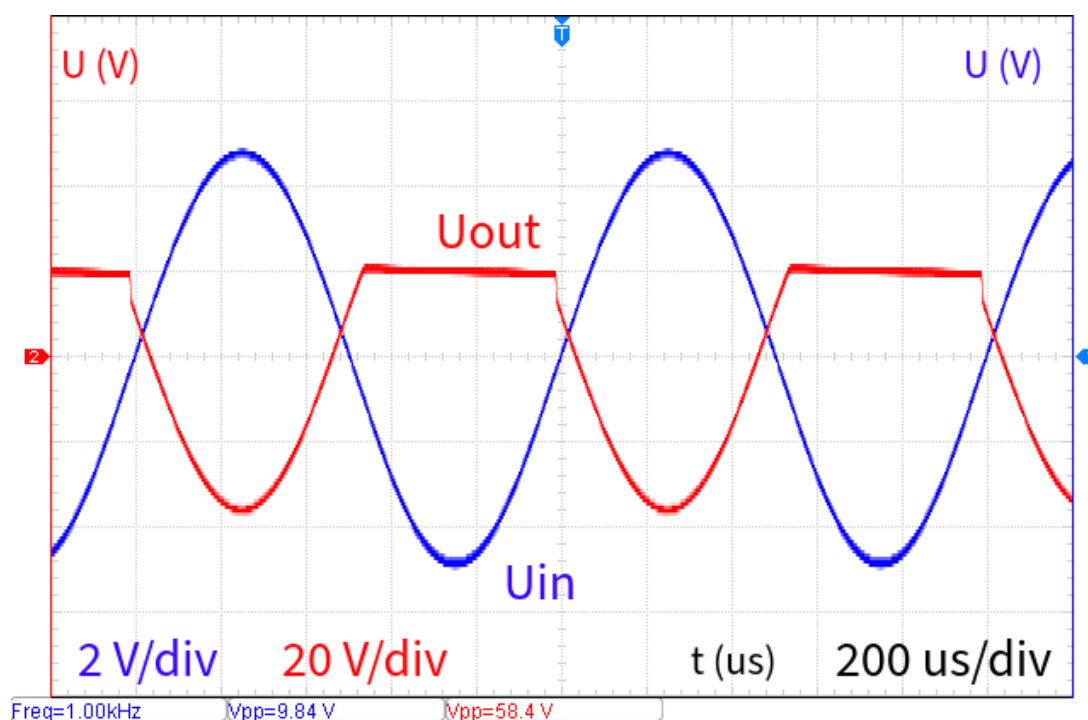
### Nesymetrické napájení



Obr. 11: Invertující zesilovač, nesym. napájení – časový průběh správně zesíleného signálu.

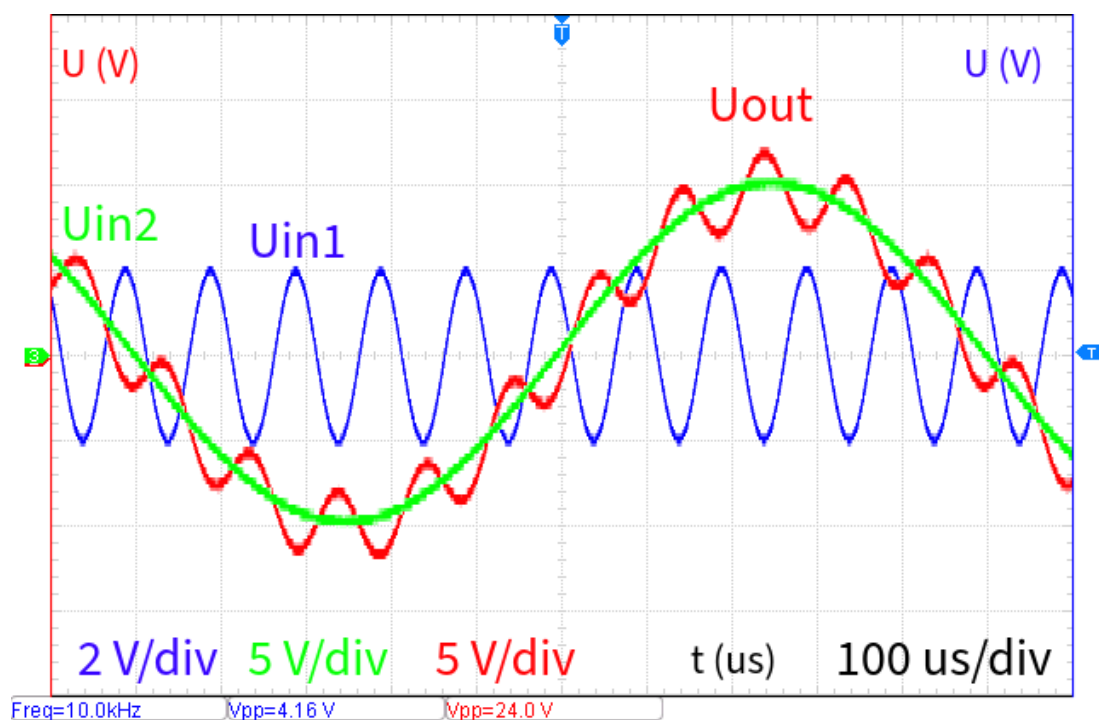


Obr. 12: Invertující zesilovač, nesym. napájení – časový průběh správně zesíleného signálu, měřeno přímo na výstupu OZ, tedy s DC složkou.

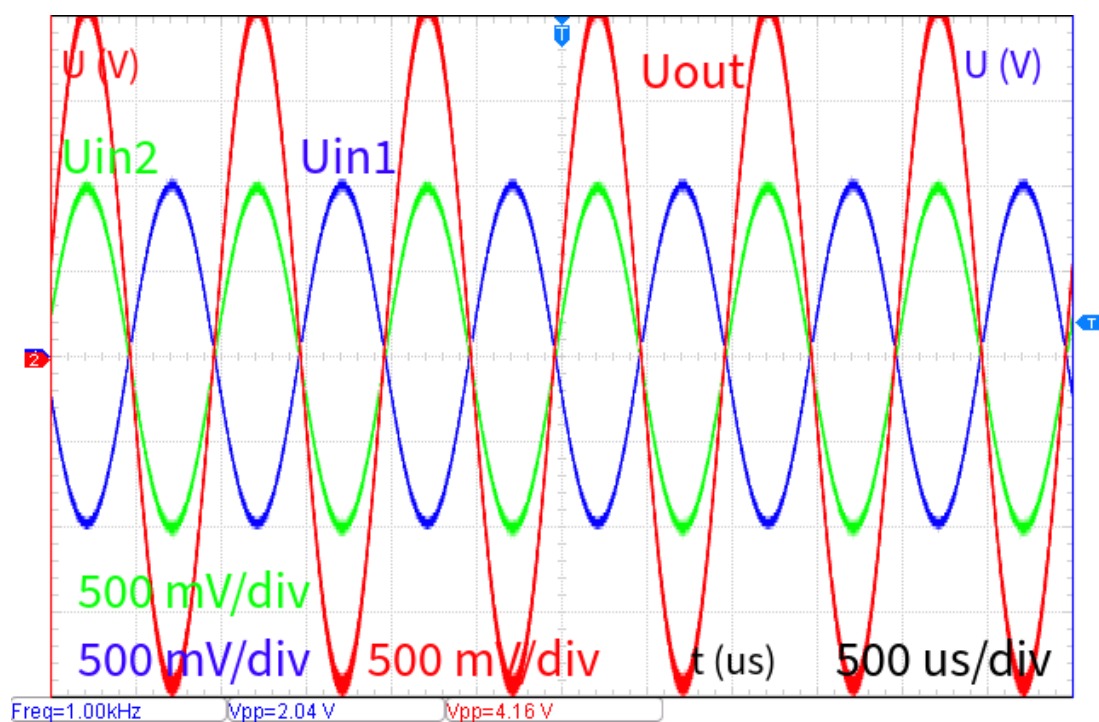


Obr. 13: Invertující zesilovač, nesym. napájení – změna poměru odporového děliče ( $R_4 = 100 \text{ k}\Omega$ ) způsobila dosažení saturace.

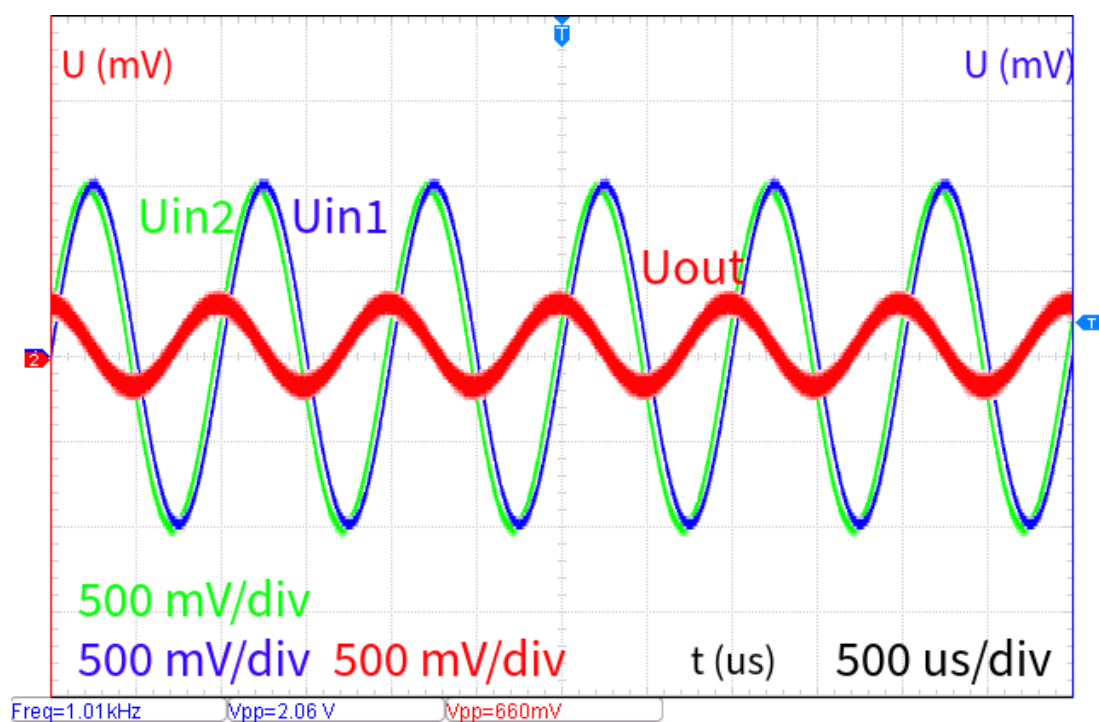




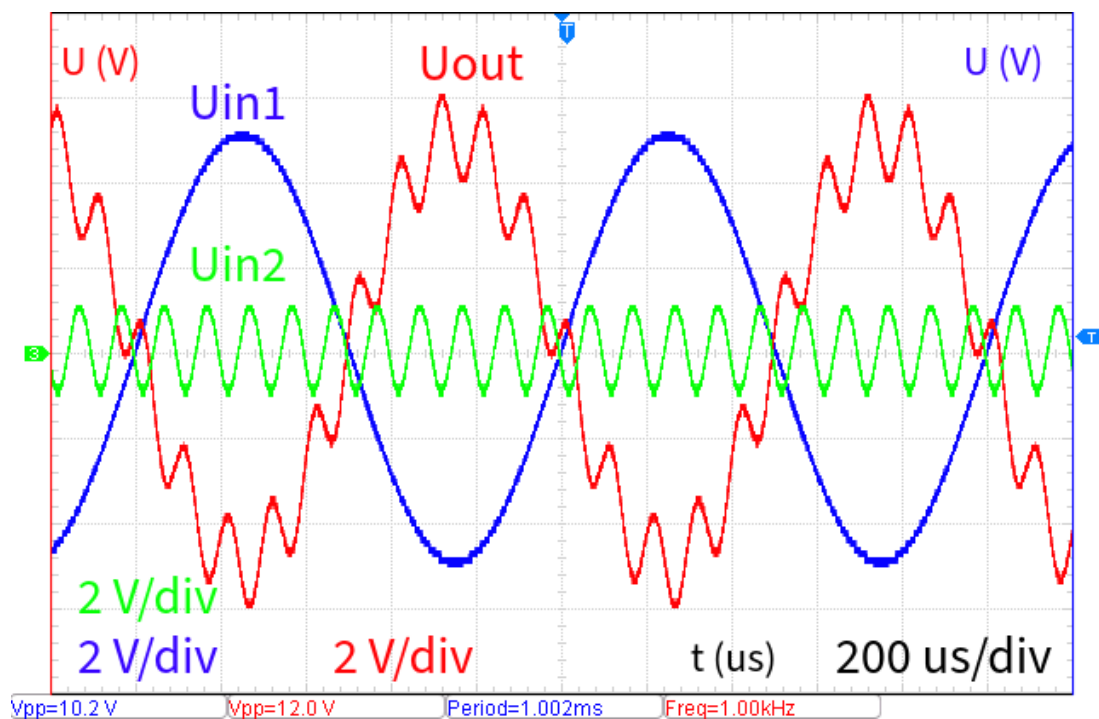
Obr. 14: Diferenční zesilovač – dva vstupní signály se vzájemně odečtou a na výstupu invertují.



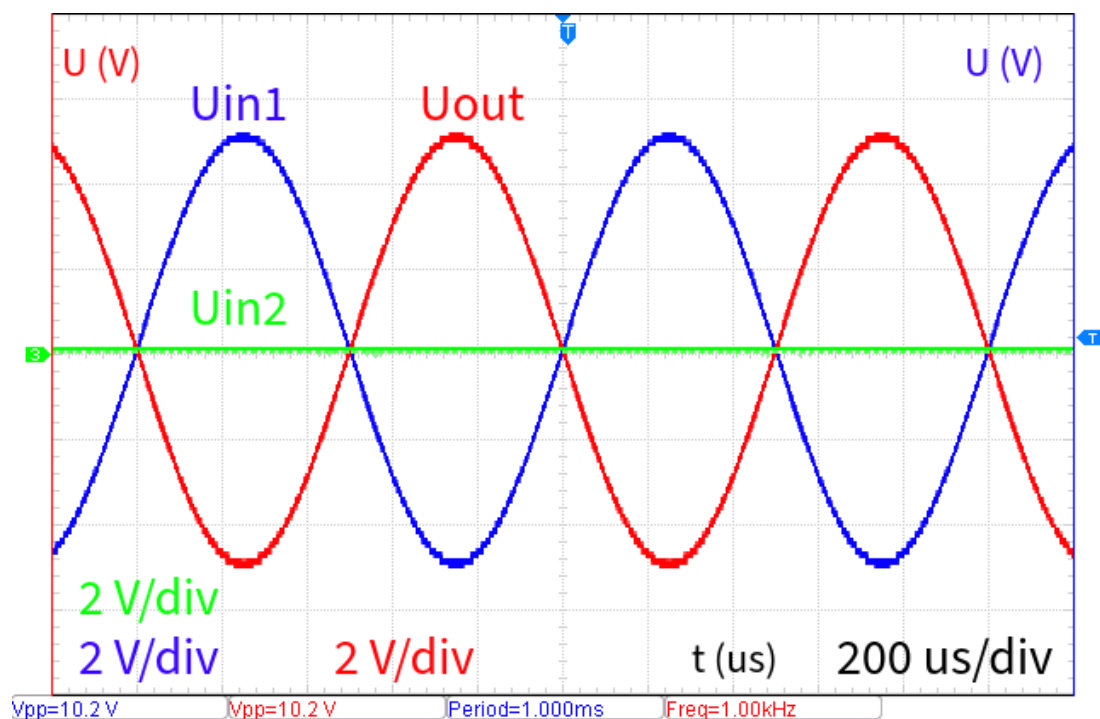
Obr. 15: Diferenční zesilovač – dva opačné signály se opět odečtou, výsledkem je signál s dvojnásobnou amplitudou.



Obr. 16: Diferenční zesilovač – odečtení dvou téměř shodných signálů, výsledný signál má mnohem nižší amplitudu.



Obr. 17: Sumační zesilovač – dva různé signály se na výstupu sečtou a následně invertují.



Obr. 18: Sumační zesilovač – sečtení signálu s nulovým signálem vede k invertovanému původnímu signálu.

“

Tabulka 1: Stejnoseměrný prac. bod, porovnání.

Č. uzlu	1	2	3	4	5	6	7
Výpočet	15	7,5	7,5	7,5	7,5	0	0
Simulace	15	7,499	7,499	7,499	7,499	0	0
Měření	15,27	7,62	7,64	7,64	7,64	20m	0

## Závěr

ahoj  $\omega = 2\pi f^{-1}$