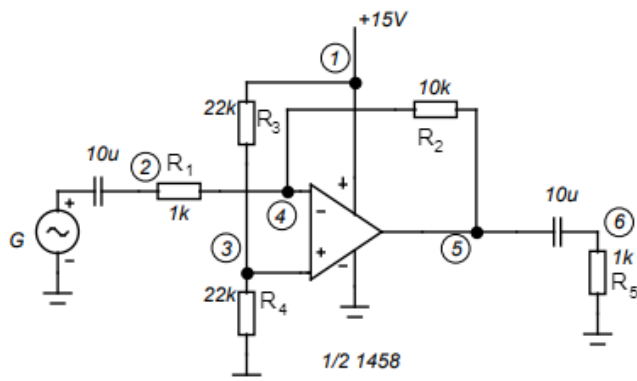


# 1 Nízkofrekvenční zesilovače s OZ

## Střídavý zesilovač s nesymetrickým napájením operačního zesilovače

Abychom si vystačili s jedním zdrojem vytvoříme referenční napětí pro neinvertující vstup.



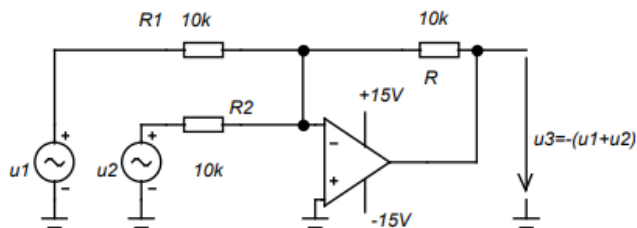
### 1.1 DC

Na vstupu je kondenzátor a do vstupu OZ neteče žádný proud  $\Rightarrow$  skrz  $R_1$  a  $R_2$  neteče žádný proud. V uzlech 2, 4, 5 a 3 je tedy stejné napětí a to  $U_{\frac{R_4}{R_4+R_3}} = (15 \frac{22 \cdot 10^3}{22 \cdot 10^3 + 22 \cdot 10^3})[V] = 7.5[V]$

### 1.2 AC

Na vstup přivedeme  $1[V]$  s frekvencí  $1[kHz]$   $U_5 = -\frac{R_2}{R_1} U_{vst} = -\frac{10 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3} \cdot 1 = -10[V]$

## Sumační zesilovač

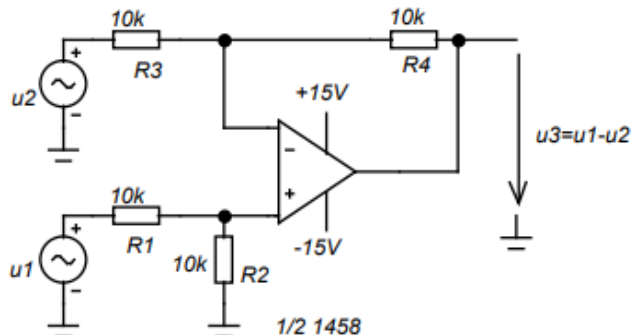


$$U_1 = 0[V] \Rightarrow I_{R1} = \frac{U_1}{R_1}; I_{R1} = \frac{U_2}{R_2}$$

$$I_{R3} = I_{R1} + I_{R2} \Rightarrow U_3 = R_3 I_{R3} = R_3 \left( \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} \right)$$

$$U_3 = \frac{R_3}{R_1} U_1 + \frac{R_3}{R_2} U_2$$

## Diferenční zesilovač



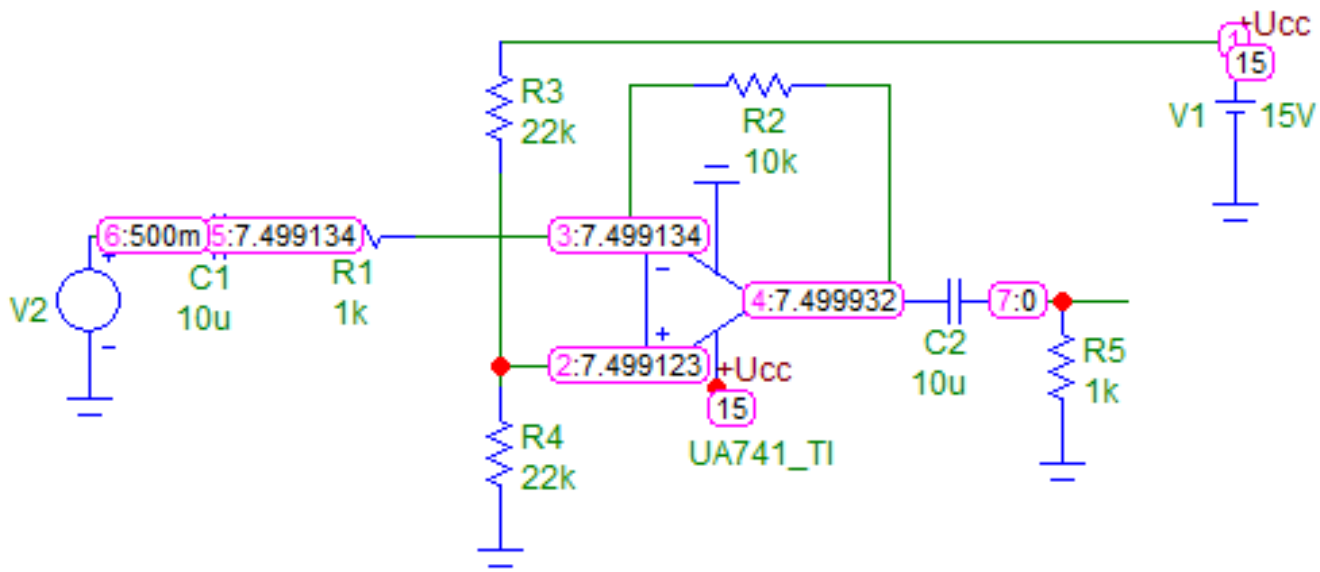
$$U_{BA} = 0[V] \Rightarrow U_A = U_B = U_1 \frac{R_2}{R_2 + R_1}$$

$$I_{R3} = I_{R4} = \frac{U_2 - U_A}{R_3} = \frac{U_2 - U_1 \frac{R_2}{R_2 + R_1}}{R_3}$$

$$U_3 = U_A - I_{R4} R_4 = U_1 \frac{R_2}{R_2 + R_1} - \frac{U_2 - U_1 \frac{R_2}{R_2 + R_1}}{R_3} R_4$$

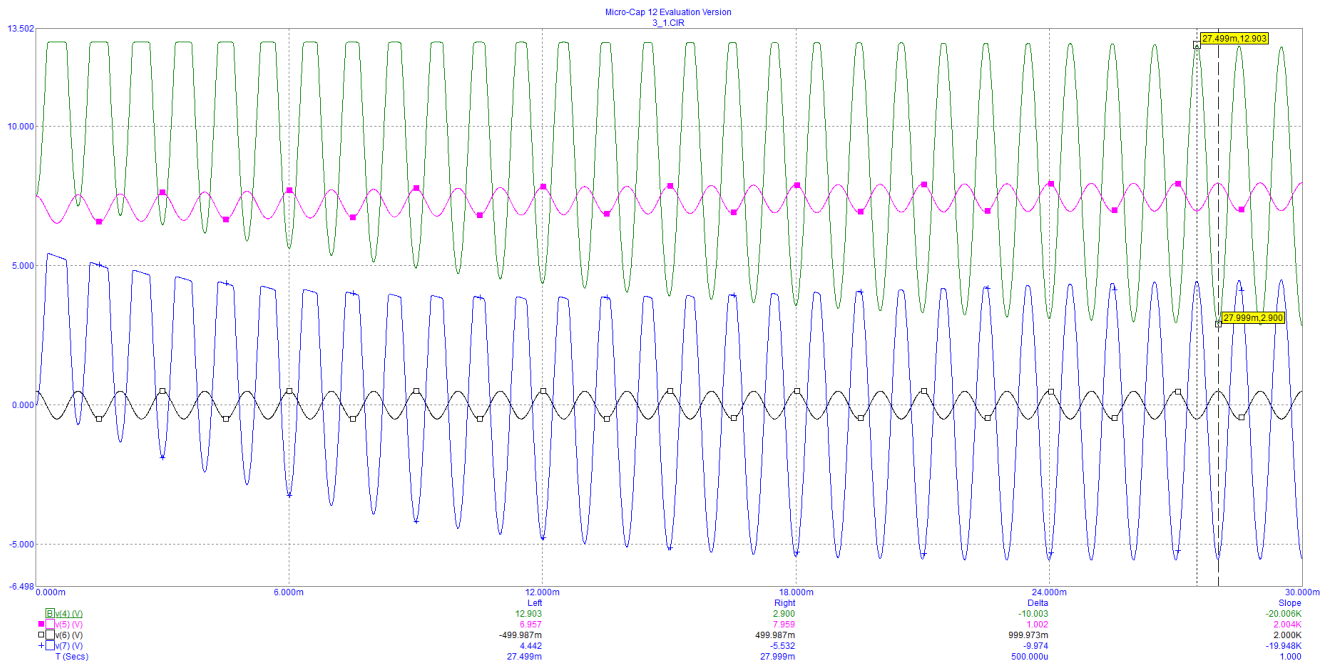
# Simulace

## Střídavý zesilovač s nesymetrickým napájením operačního zesilovače

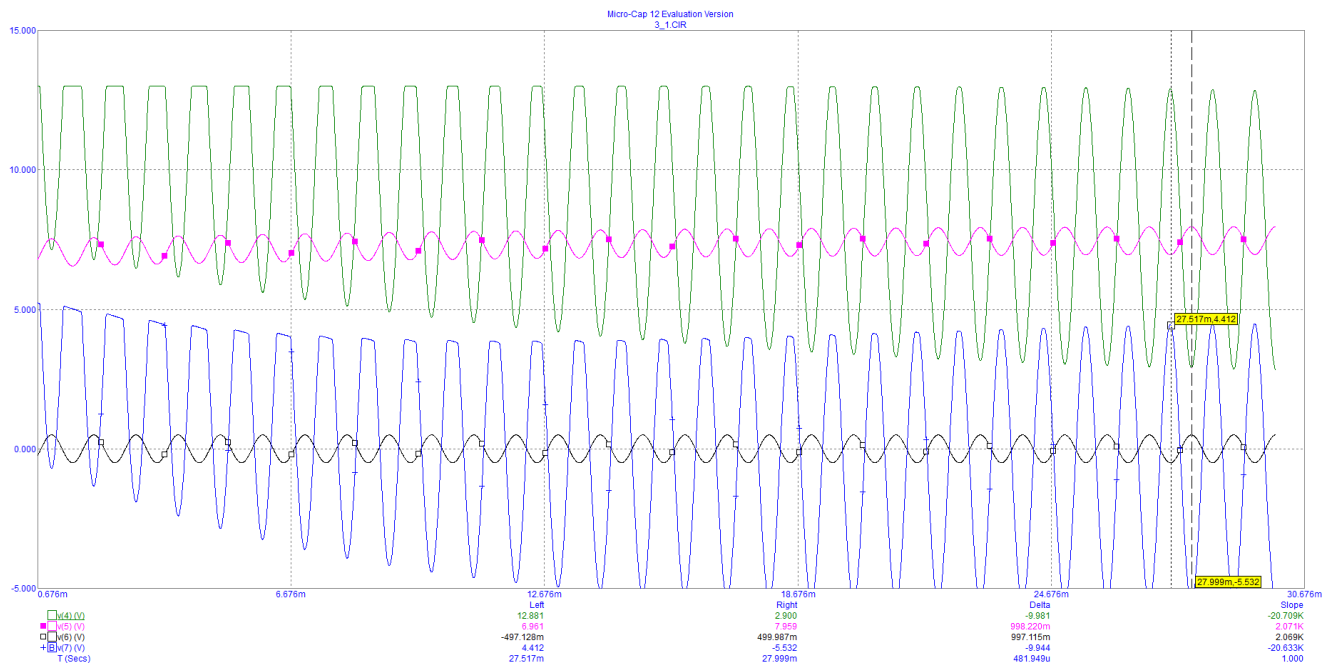


uzel $n$	1	2	3	4	5	6
DC $U_{nG}$ [V]	15.074	7.536	7.539	7.536	7.537	0
AC $U_{nG}$ [mV]	4.800	67.307	2.327	2.894	659.685	656.3

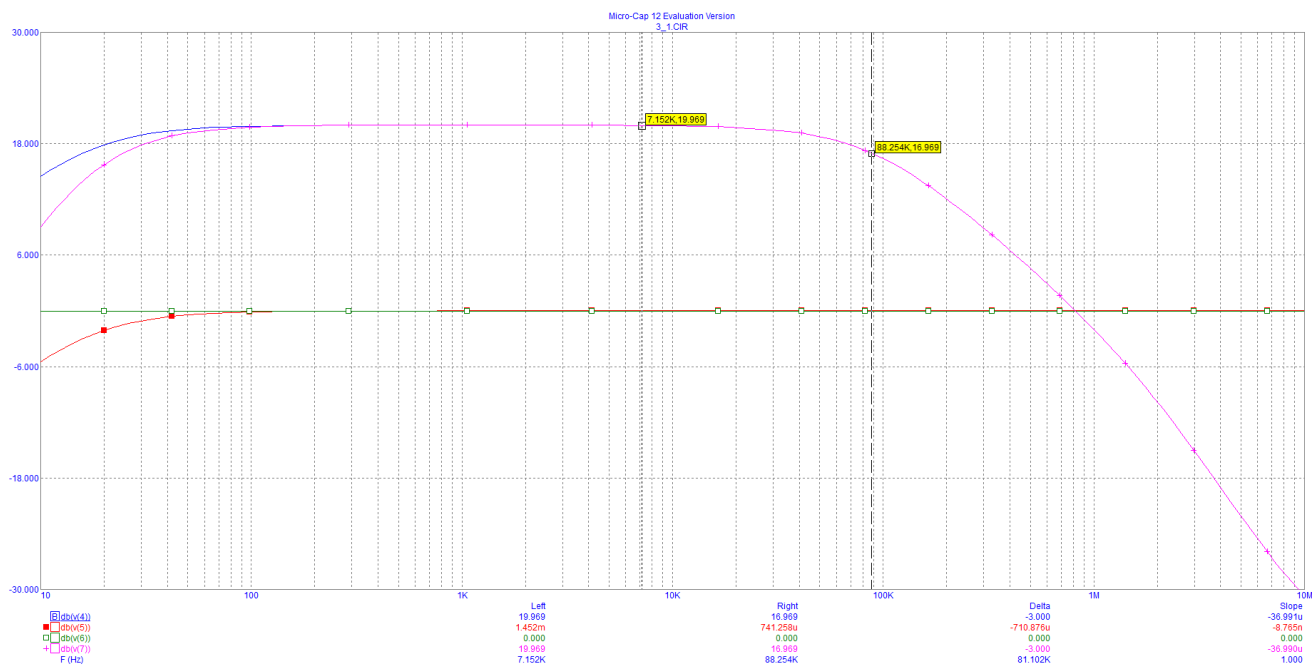
Table 1: Napětí v uzlech zaměřené na LC (čísla uzlu dle schematu v zadání)



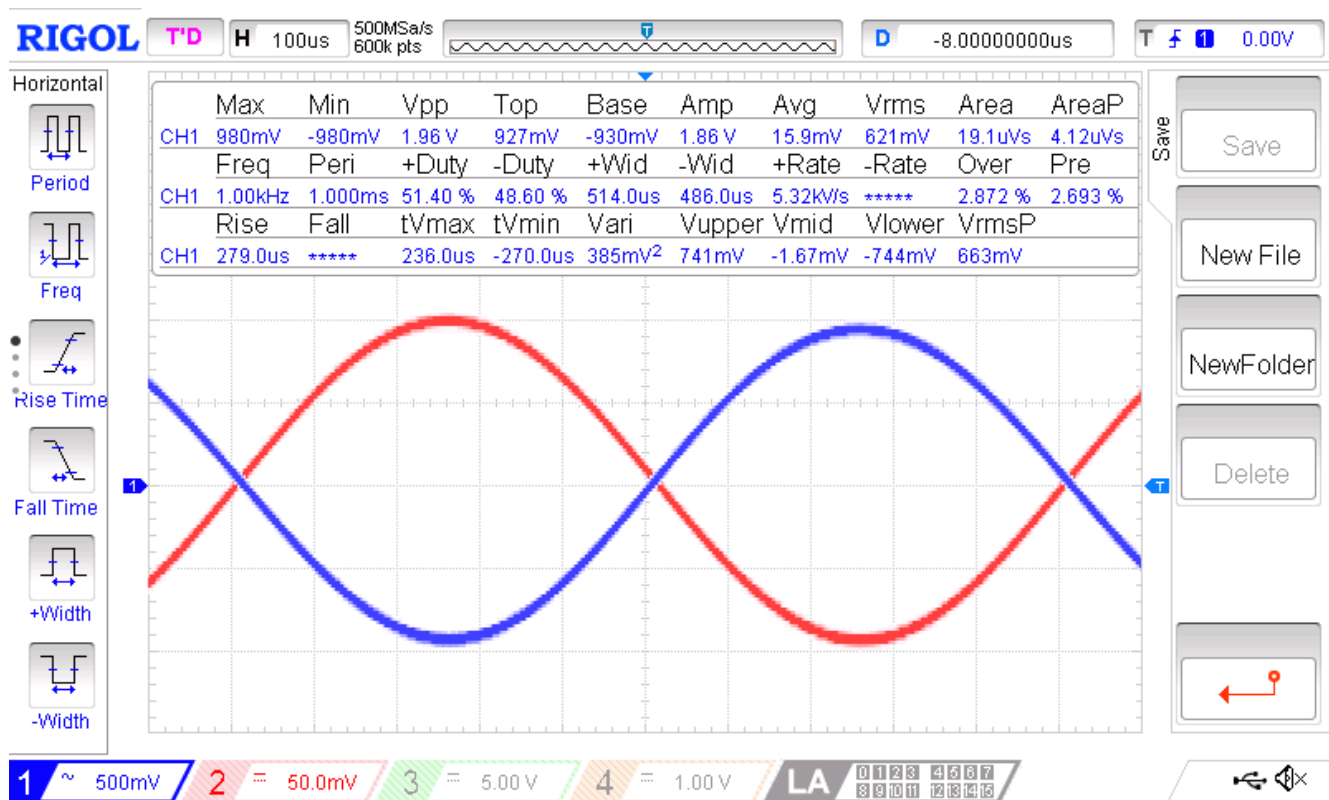
Časový průběh s vyznačenými maximy na výstupu OZ.



Časový průběh s vyznačenými maximy na výstupu zapojení.

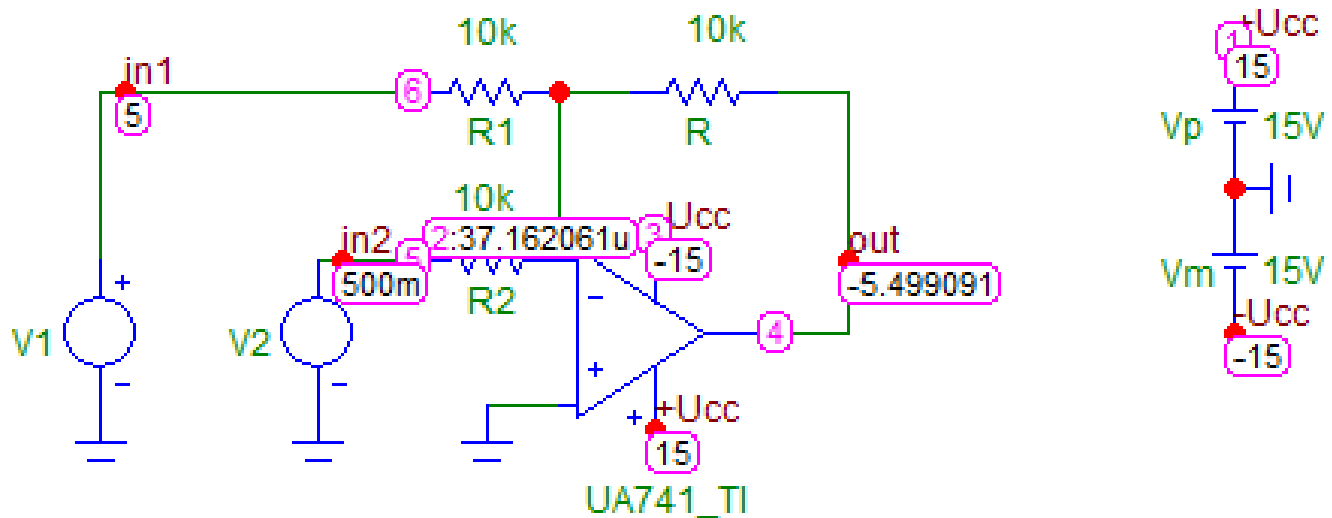


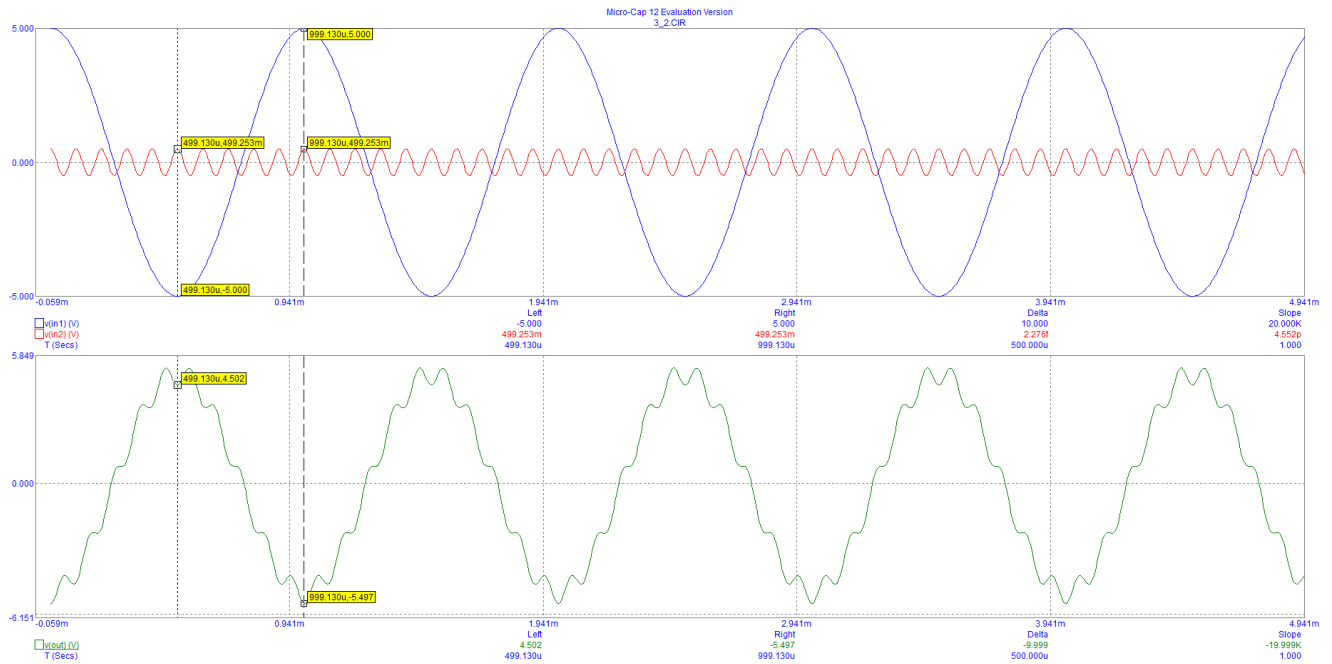
Amplitudová kmitočtová charakteristika.



Změřený časový průběh, zesílení -10.

## Sumační zesilovač

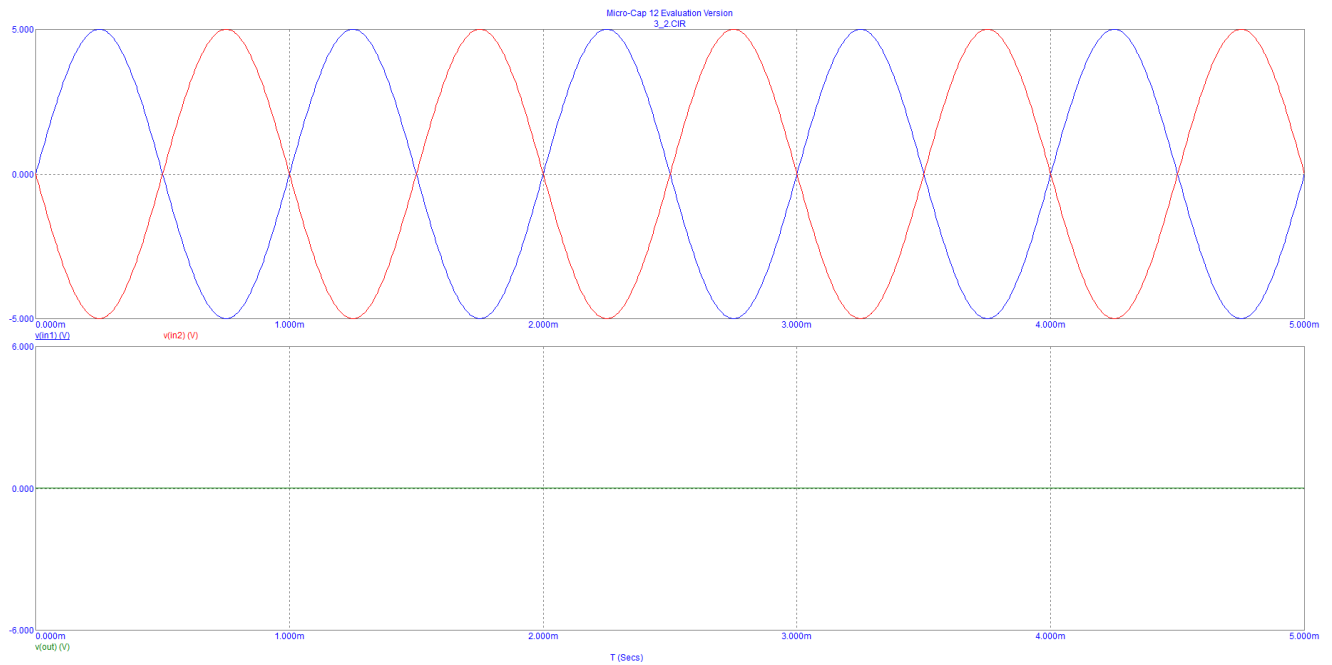




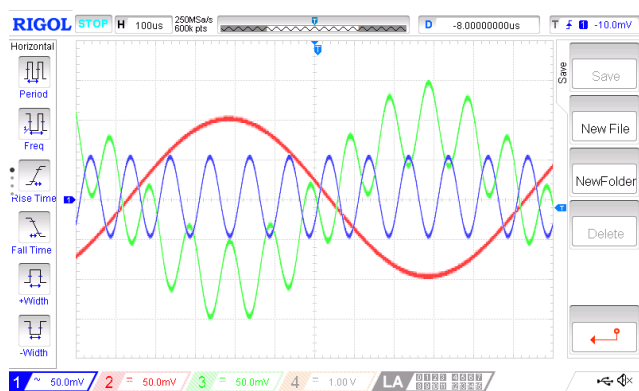
Časový průběh dvou různých signálů sumačním zesilovače a jeho výstup.

signál-1  $U_{pp} = 10[V]$   $f = 1[kHz]$

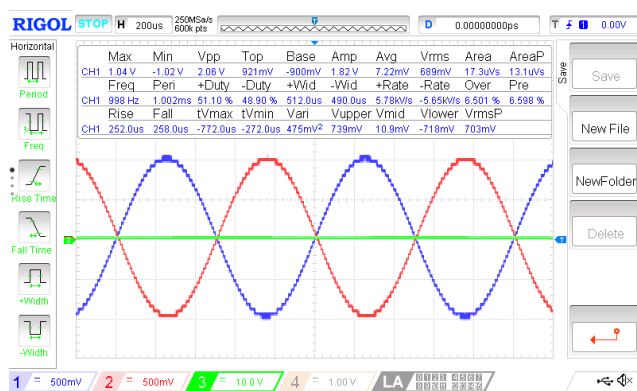
signál-2  $U_{pp} = 1[V]$   $f = 10[kHz]$



Časový průběh se dvěma vstupními signály lišící se vzájemným posunutím  $180^\circ$   $U_{pp} = 10[V]$   $f = 1[kHz]$ .

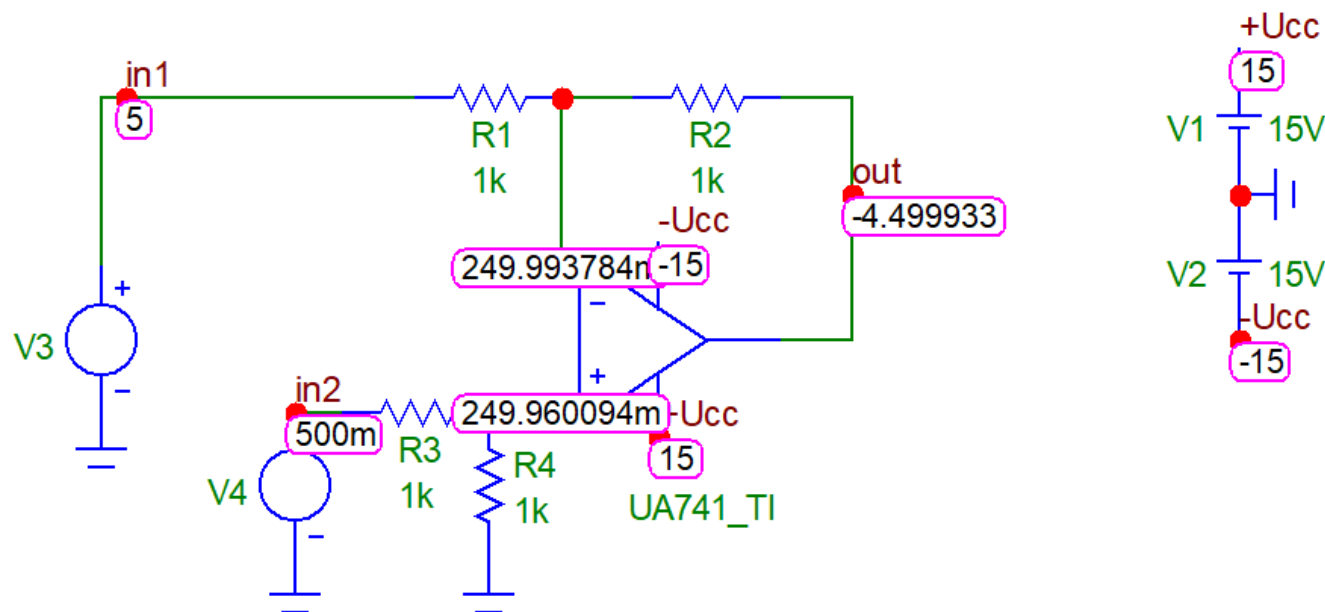


Změřený časový průběh dvou různých signálů  
 sumačním zesilovače a jeho výstup.  
 signál-1  $U_{pp} = 200[mV]$   $f = 1[kHz]$   
 signál-2  $U_{pp} = 100[mV]$   $f = 10[kHz]$ .

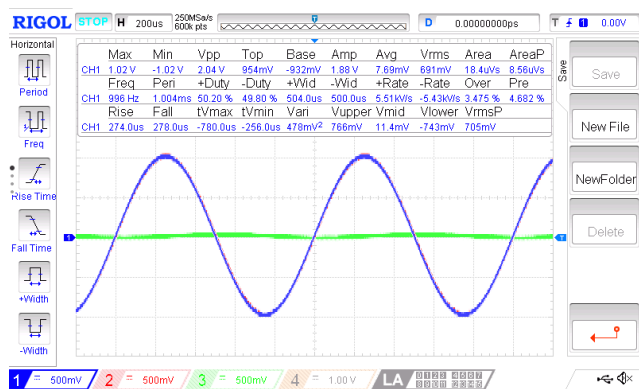


Změřený časový průběh se dvěma vstupními signály  
 lišící se vzájemným posunutím  $180^\circ$   $U_{pp} = 2[V]$   
 $f = 1[kHz]$ .

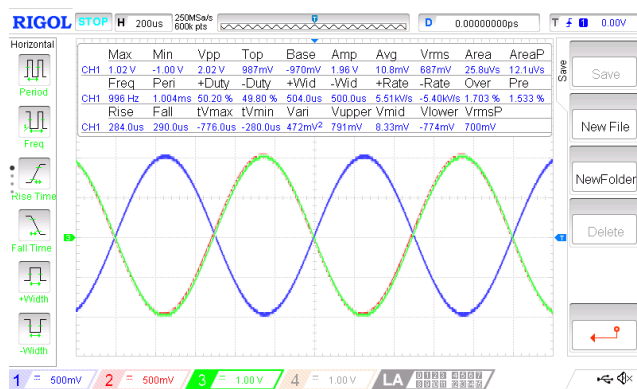
## Diferenční zesilovač



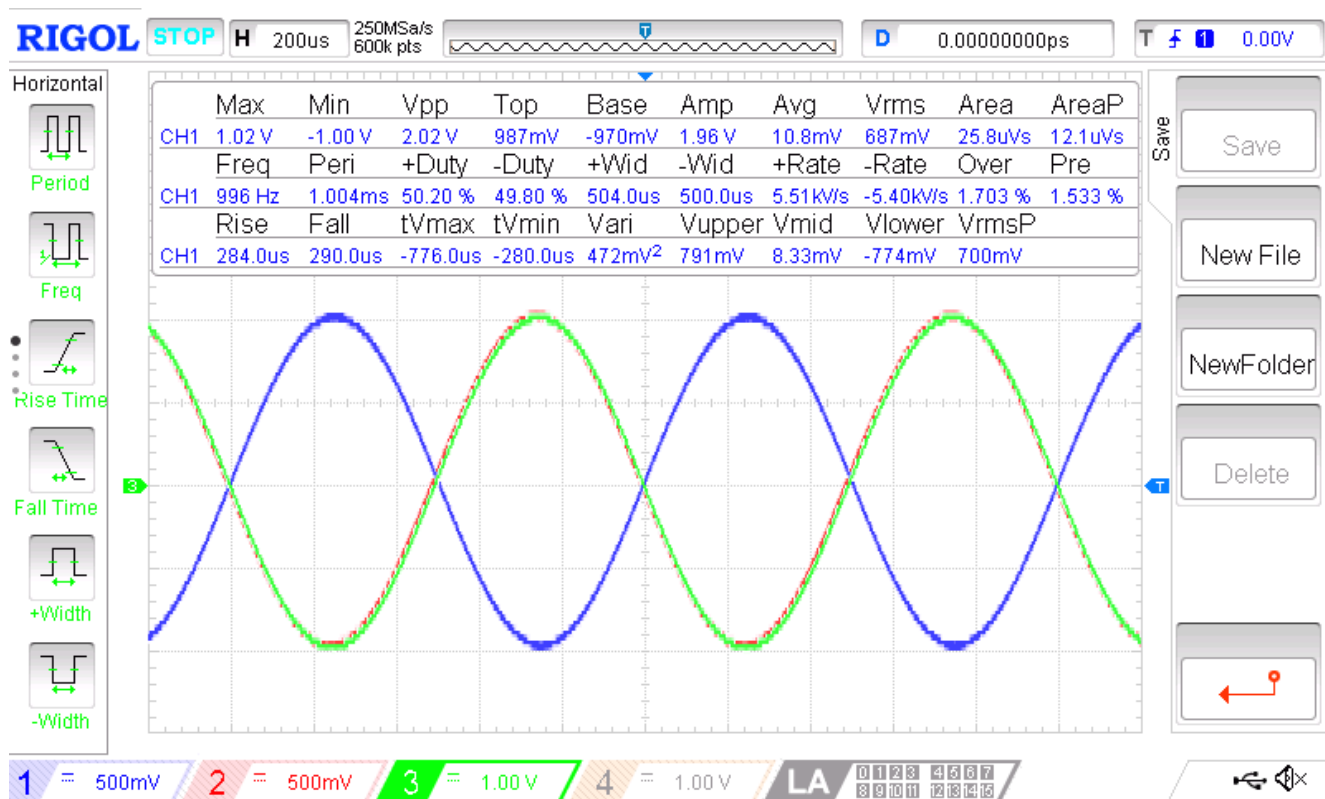




Změřený časový průběh se dvěma identickými vstupními signály  $U_{pp} = 2[V]$   $f = 1[kHz]$ .



Změřený časový průběh se dvěma vstupními signály lišící se vzájemným posunutím  $180^\circ$   $U_{pp} = 2[V]$   $f = 1[kHz]$ .



Časový průběh se dvěma rozdílnými vstupními signály  
signál-1  $U_{pp} = 2[V]$   $f = 1[kHz]$   
signál-2  $U_{pp} = 200[mV]$   $f = 10[kHz]$ .

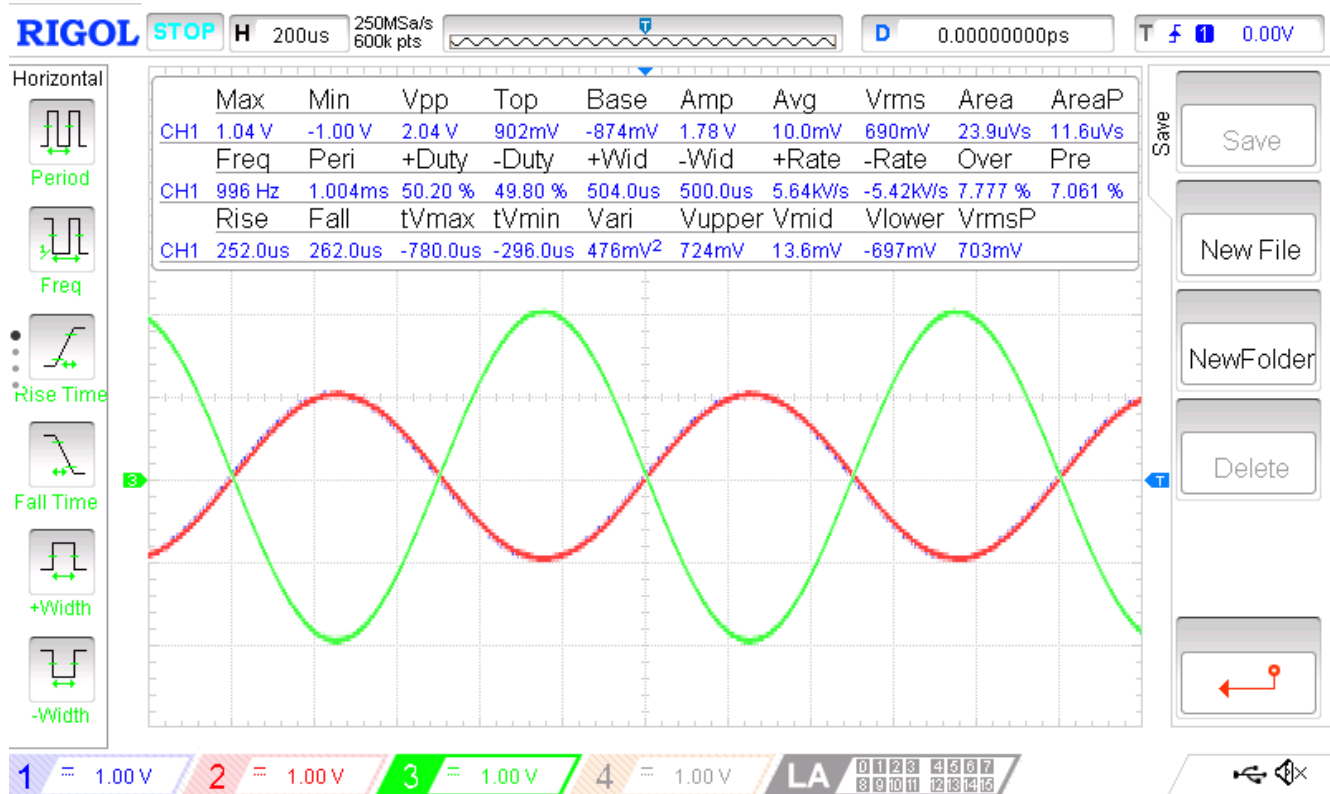


### 1.3 Závěr

Z prvního zapojení je vidět, že se OZ dá použít i jen s jedním zdrojem napájení, při vytvoření referenčního napájení. Pokud v dalším zapojení vadí takto vytvořená stejnosměrná složka, dá se vstup a výstup oddělit kapacitorem.

Další zapojení ukazuje, jak sečíst dva signály do jednoho. Poslední zapojení ukazuje, jak od sebe dva signály odečíst. Měření i simulace ukazují, co se stane s výstupním signálem, když na vstup přivedeme dva stejné, různé a vzájemně opačné signály pro obě dvě zapojení.

Měření všech tří reálných zapojení, i jejich simulace, odpovídá teorii z numerických cvičení. U druhého zapojení je důležité si povšimnout, že vstupní signály sice sečte, ale výsledek následně invertuje, jak je vidět na následujícím obrázku.



Časový průběh se dvěma identickými vstupními signály  $U_{pp} = 2[V]$   $f = 1[kHz]$ .

Z teorie také plyne, že jak sumační, tak diferenční zesilovač může krom prostého sčítání resp. odčítání signálu jednotlivé složky násobit. Tato funkce je v našich zapojeních ovlivněna všemi rezistory, z čehož také plynou nadstandardní požadavky na přesnost těchto rezistorů.

Oproti tomu zapojení zesilovače s nesymetrickým napájením má vysoké požadavky na přesnost rezistoru  $R_1$  a  $R_2$  zatím co u  $R_3$  a  $R_4$  ne až tolik. Nepřesnost rezistoru  $R_3$  a  $R_4$  by způsobila různé saturační napětí v kladném a záporném směru, nikoliv však zkreslení signálu v okolí střední hodnoty. Proto na rezistory  $R_3$  a  $R_4$  nejsou tak vysoké požadavky jako  $R_1$  a  $R_2$ .

uzel $n$	1	2	3	4	5	6
NC $U_{nG}[V]$	15	7.5	7.5	7.5	7.5	0
PC $U_{nG}[V]$	15	7.499	7.499	7.499	7.499	0
LC $U_{nG}[V]$	15.074	7.536	7.539	7.536	7.537	0

Table 2: Porovnání výsledku stejnosměrné analýzy z NC, PC a LC