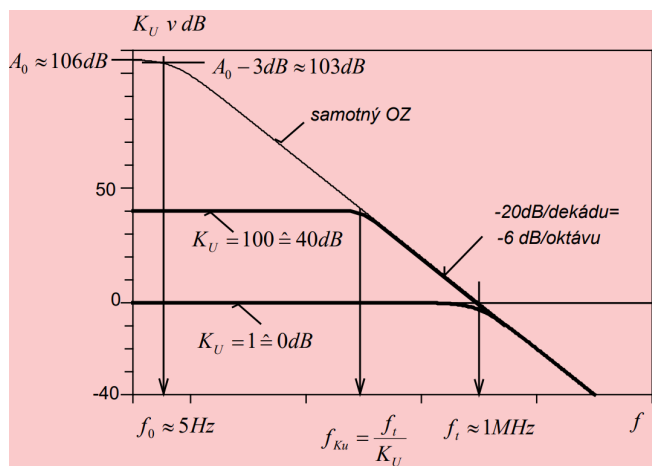


1 Ověřování základních vlastností OZ

Budeme pracovat s OZ 1458:

- Stejnoseměrné zesílení: $A_0 \approx 200000$ (ideálně ∞).
- Vstupní odpor: $R_{in} \approx 1[M\Omega]$ (ideálně ∞).
- Výstupní odpor: $R_{out} \approx 75[\Omega]$ (ideálně 0).
- Rozsah výstupního napětí: od $-U_{SAT}$ do $+U_{SAT}$, $U_{SAT} \approx U_{napjec} - (12)[V]$.

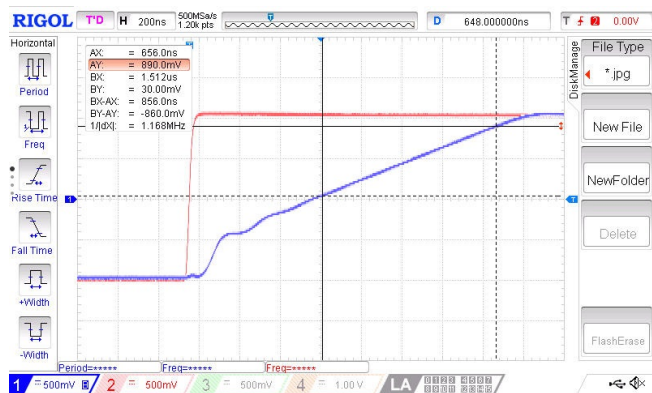
Dynamické vlastnosti OZ



U OZ 1458 dochází při plném zesílení A_0 k jeho poklesu o $3[dB]$ už u frekvence $F_0 \approx 5[Hz]$ a tranzitní kmitočet $F_t \approx 1[MHz]$. Tranzitní kmitočet F_t je frekvence, při které dochází k poklesu zesílení na $0[dB]$ neboli zesílení 1. Zhruba platí empirický vztah

$$A_0 \cdot F_{Ku} = F_t$$

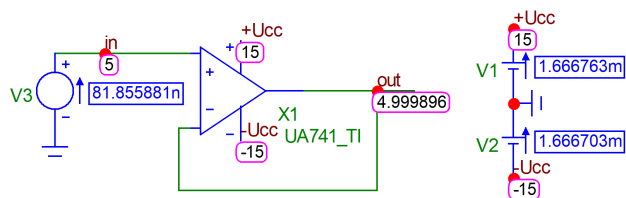
kde F_{Ku} je kmitočet při daném zesílení, na kterém dochází k poklesu zesílení o $3[dB]$.



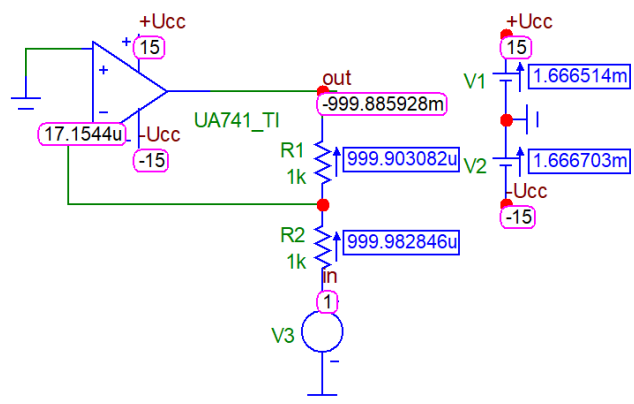
Další důležitý parametr je mezní rychlost přeběhu neboli Slew rate SR , který udává maximální strmost výstupní hrany. Jde tedy o jednotky V/s , ale většinou se z praktických důvodů používá $V/\mu s$ a u OZ 1458 je $SR \approx 0.5-[V/\mu s]$. Platí tedy $SR = \frac{\Delta u}{\Delta t}$ a měření lze realizovat pomocí osciloskopu a obdélníkového signálu na vstupu zesilovače. Jak je vidět na obr. ??, je potřebné neměřit strmost hrany od jejího začátku po konec, protože by bylo měření zkreslené přechodovými ději.

Simulované proudy a napětí v obvodech

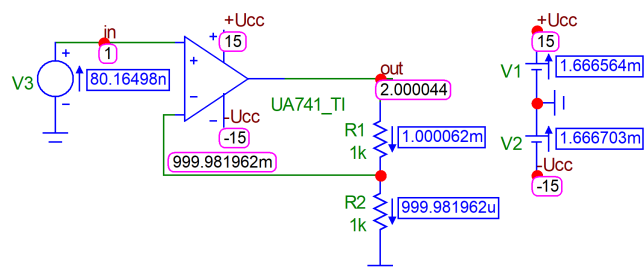
Sledovač



Invertující zesilovač

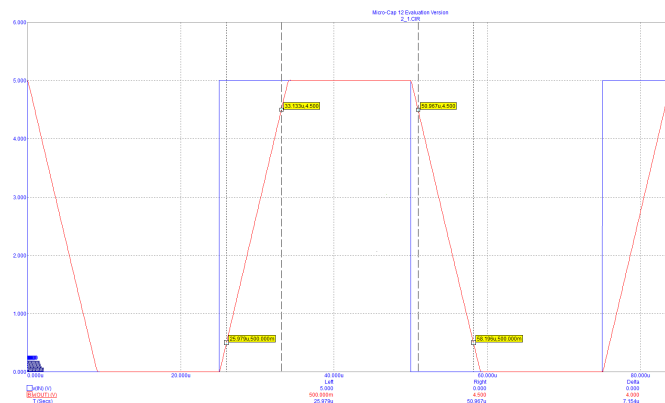


Neinvertující zesilovač



Rychlost Přeběhu

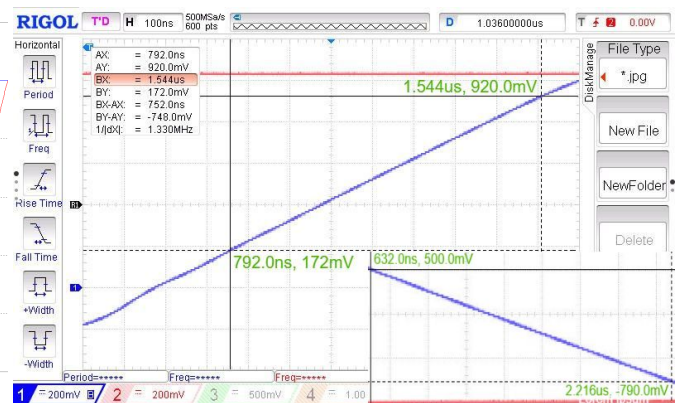
Simulace



$$SR_{up} = \frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{U_2 - U_1}{t_2 - t_1} = \frac{4.5 - 0.5}{(33.133 - 25.979) \cdot 10^{-6}} = 559128 [V/s] = 0.559128 [V/\mu s]$$

$$SR_{down} = \frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{U_2 - U_1}{t_2 - t_1} = \frac{0.5 - 4.5}{(58.196 - 50.967) \cdot 10^{-6}} = -553327 [V/s] = -0.553327 [V/\mu s]$$

Reálné měření

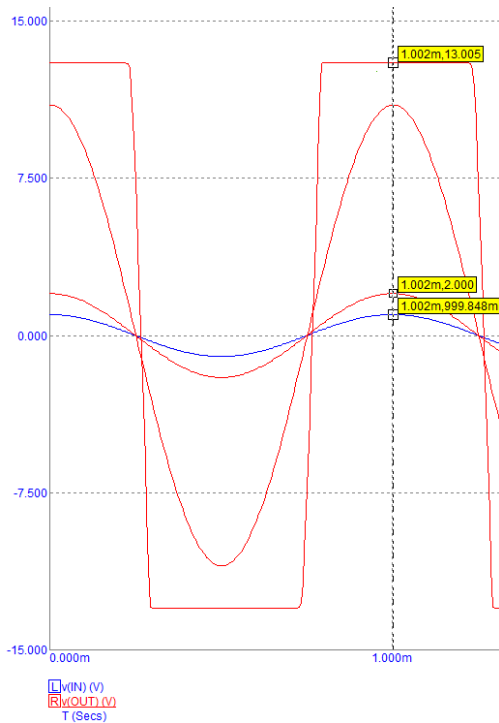


$$SR_{up} = \frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{U_2 - U_1}{t_2 - t_1} = \frac{0.920 - 0.172}{1.544 \cdot 10^{-6} - 792 \cdot 10^{-9}} = 994680 [V/s] = 0.994680 [V/\mu s]$$

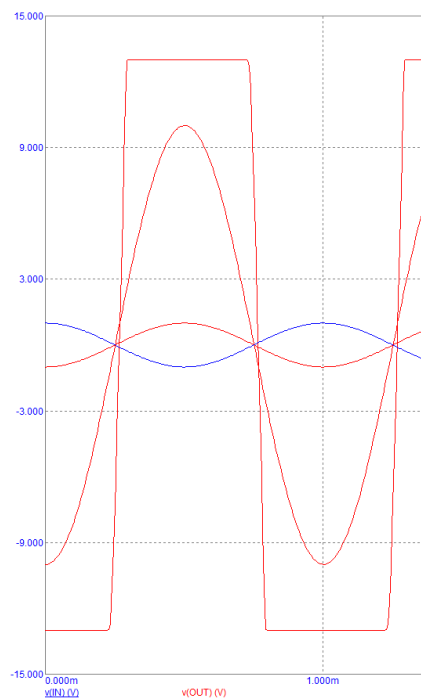
$$SR_{down} = \frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{U_2 - U_1}{t_2 - t_1} = \frac{-0.79 - 0.5}{2.216 \cdot 10^{-6} - 632 \cdot 10^{-9}} = -814394 [V/s] = -0.814394 [V/\mu s]$$

Základní časové průběhy

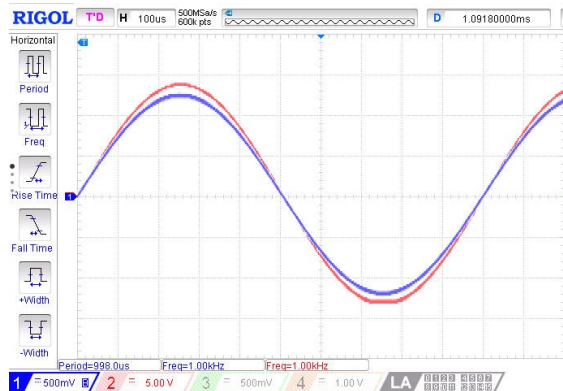
Neinvertující zesilovač



Invertující zesilovač



Reálné změřené časové průběhy jsou níže na obr. 1. Tři výstupní průběhy se odlišují hodnotami odporu $R_1 = (1, 10, 100[k\Omega])$ zatímco $R_2 = 1[k\Omega]$ zůstává stejný. Zesílení tak teoreticky dosahuje hodnot $|A_0| = (2, 11, 101)$ což je pravda dokud nedojde k saturaci.



A

$$f = 1[kHz], U_{(ss-in)} = 2.06[V], U_{(ss-out)} = 28.6[V]$$

$$A = \frac{U_{(ss-out)}}{U_{(ss-in)}} = \frac{28.6}{2.06} = 13.88[-]$$

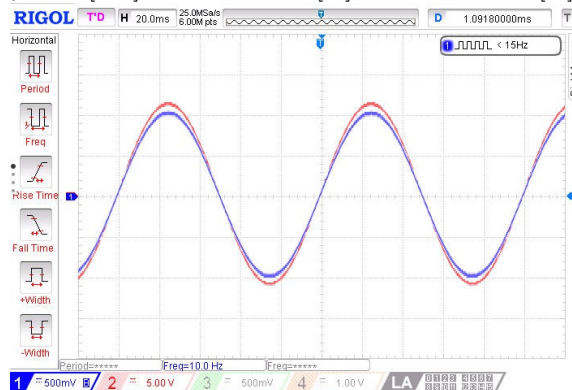


B

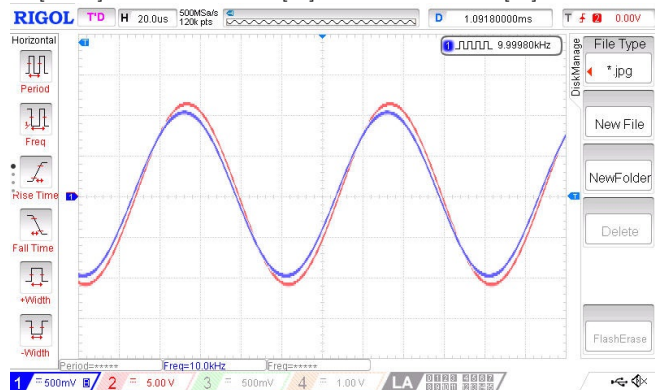
$1[kHz], U_{(ss-in)} = 4[V], U_{(ss-out)} = 28[V]$
Pokud by nedošlo k saturaci, tak by zesílení A mělo být stejné jako na průběhu vedle $A = 13.59[V]$. Jediná změna mezi těmito průběhy je totiž amplitudová Vstupní napětí U_{ss-in} . Takhle bychom se však stejným vzorcem dostali k hodnotě $A = 7$, což je však pravda jen v jednom konkrétním bodě.

Průběhy při různých frekvencích

$f = 10[Hz]$, $U_{ss-in} = 2.06[V]$, $U_{ss-out} = 22.4[V]$



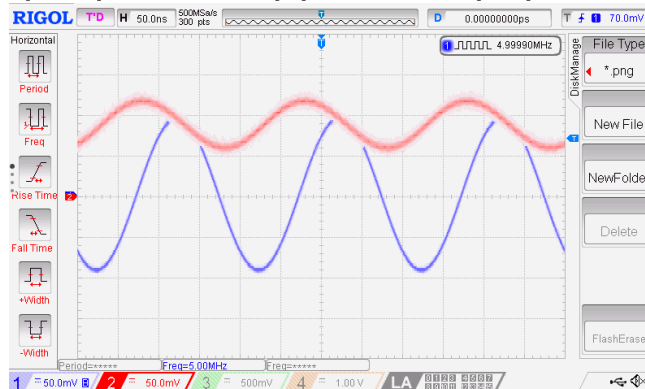
$10[kHz]$, $U_{ss-in} = 2.06[V]$, $U_{ss-out} = 22.6[V]$



$100[kHz]$, $U_{ss-in} = 208[mV]$, $U_{ss-out} = 1.82[V]$

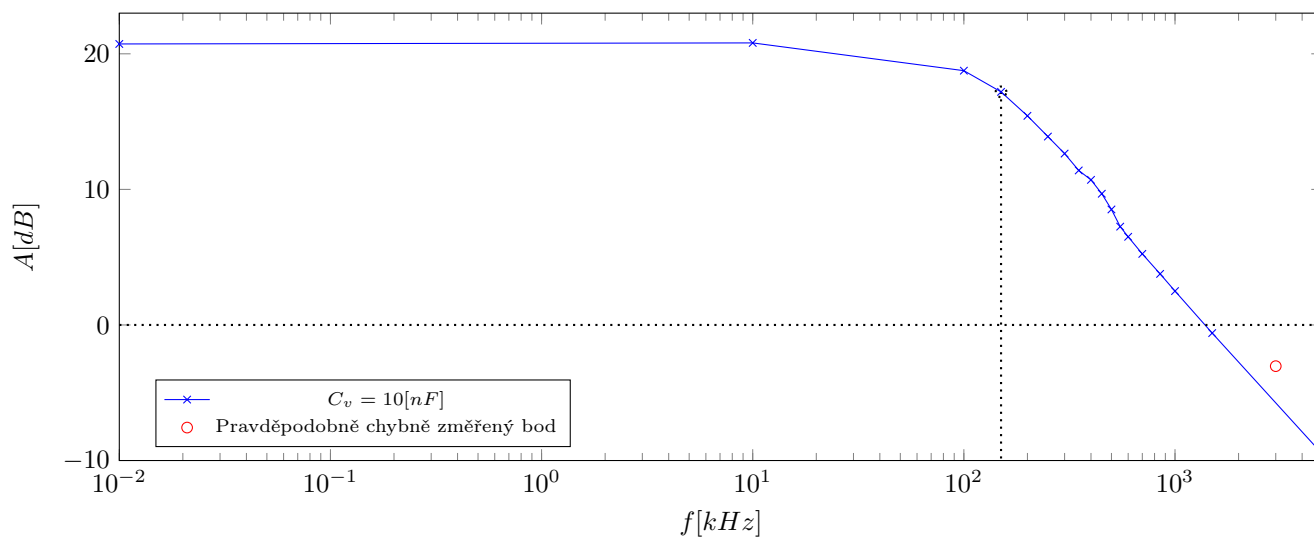


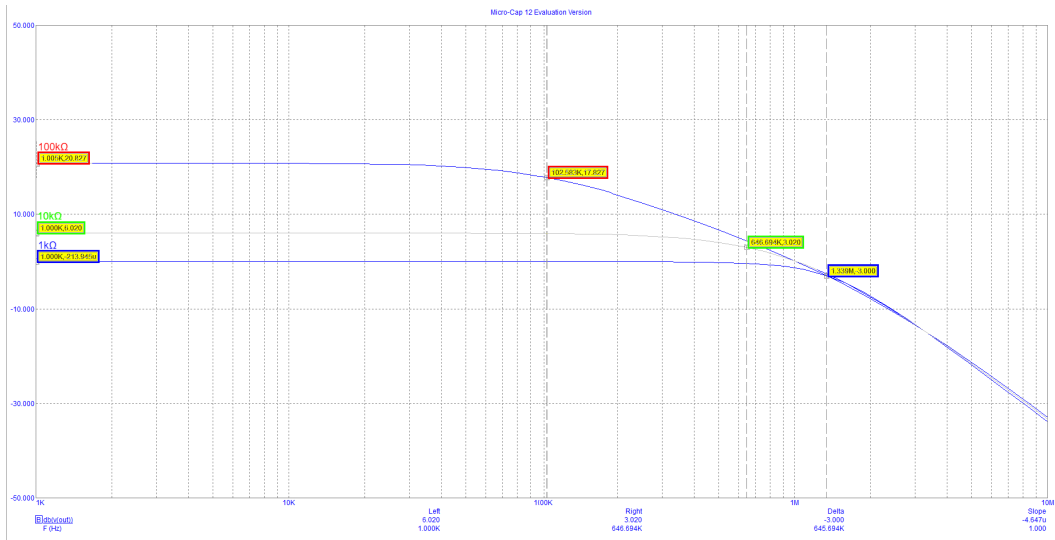
$5[MHz]$, $U_{ss-in} = 208[V]$, $U_{ss-out} = 70[mV]$



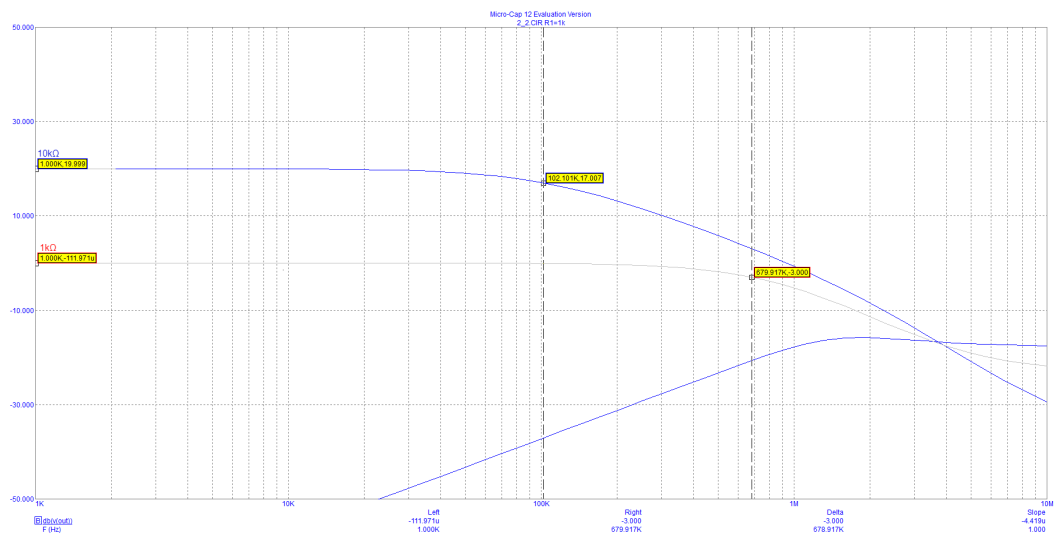
obr. 1

Amplitudová kmitočtová charakteristika





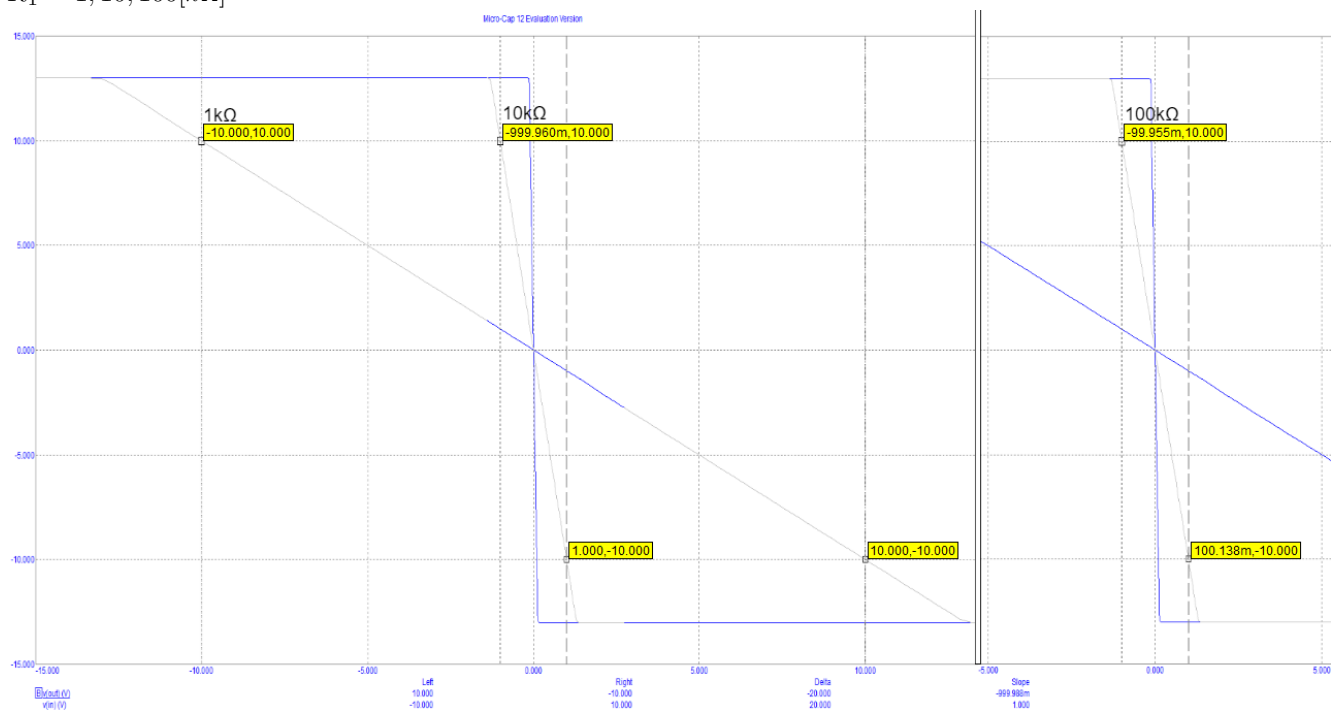
Neinvertující zapojení OZ



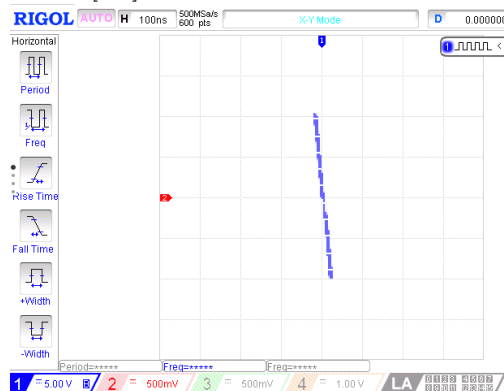
Invertující zapojení OZ

Napětová převodní charakteristika

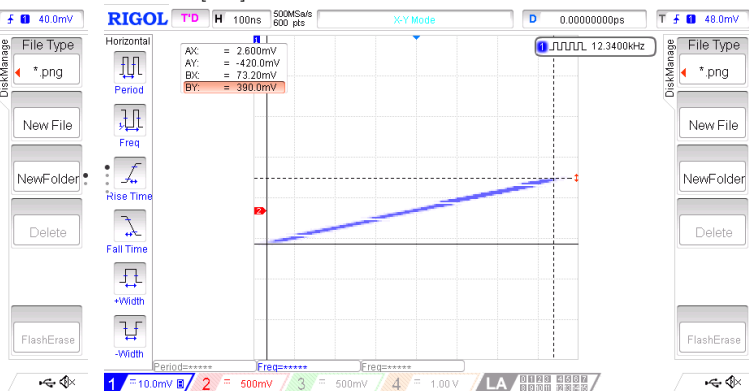
$R_1 = 1, 10, 100[k\Omega]$

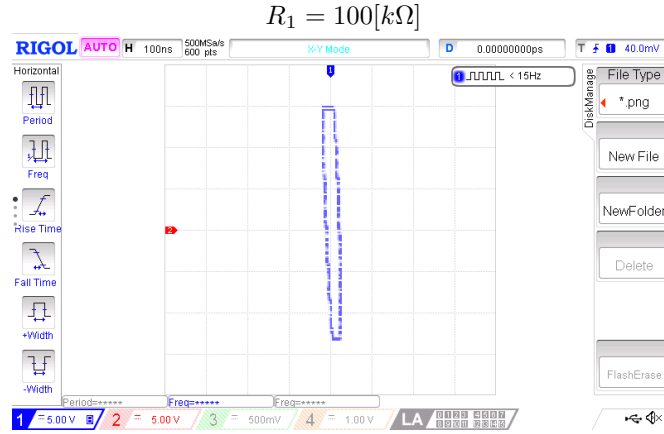


$R_1 = 1[k\Omega]$



$R_1 = 10[k\Omega]$





1.1 Závěr

-	$SR_{up}[V/\mu s]$	$SR_{down}[V/\mu s]$
simulace	0.5591	0.5533
měření	0.9947	0.8144

Table 1:

Při měření mezní rychlosti přeběhu jsme došli ke čtyřem výsledkům (ze simulace a z reálného měření). Ze simulace vychází $RS_{up} = 0.5591[V/\mu s]$, $RS_{down} = 0.5533[V/\mu s]$. Zatím co z reálného měření vyšlo $RS_{up} = 0.9947[V/\mu s]$, $RS_{down} = 0.8144[V/\mu s]$. Vzhledem k velké odchylce jsem nahlédl do datasheet OZ 1458 (www.st.com/resource/en/datasheet/mc1458.pdf strana 6), kde je typická rychlost přeběhu při napájení $\pm 10[V]$ $SR = 0.8[V/\mu s]$, minimální $0.2[V/\mu s]$ a maximální není uvedena. Předpokládám proto, že Simulace počítala s modelem, který je podle datasheetu sice možný, ale ne úplně typický.

Reálné průběhy na straně 3. Na obrázku A i B je zobrazen vstupní a výstupní signál stejného zapojení se stejnou frekvencí $f = 1kHz$ ale jinou amplitudou vstupního resp. výstupního signálu. Pokud by nedošlo k saturaci, tak by zesílení A mělo být u obou průběhů stejně $A = 13.59[V]$. Na obrázku B však dochází k saturaci a signál je tak omezen na napětí v intervalu $\pm 14.3[V]$.

Při měření frekvenčního rozsahu (strana 4 obr. 1) je vidět, jak se se vzrůstající frekvencí snižuje zesílení a posouvá fáze. Navíc je při frekvencích nad $1kHz$ vidět, že se k výstupnímu signálu přidává stejnosměrná složka, která je pravděpodobně způsobena asymetrií výstupu zesilovače. Na grafu závislosti zesílení na frekvenci je vidět, že první měření, které je oproti maximu sníženo o $3[dB]$, je na frekvenci $150kHz$.

Při simulaci invertujícího zapojení s odporem $R_1 = 100[k\Omega]$ je jasné vidět chyba simulátoru. Tato chyba způsobuje, že zapojení, které by mělo mít při nulové frekvenci zesílení $A = 40[dB]$, má zesílení hluboko v záporných číslech. Tato chyba je však viditelná i u druhých dvou průběhů, kde se viditelně projevuje na vysokých frekvencích.

Mimo saturaci se zesílení v napěťové převodní charakteristice zobrazí jako směrnice, v simulaci je to zřetelně viditelné. V našem reálném měření je směrnice sice viditelná také, ale je velmi nepřesná.