

Návrh analogových integrovaných obvodů Ústav mikroelektroniky FEKT VUT v Brně	Jméno Tomáš Vavrinec		ID 240893
	Ročník	Obor MET	Skupina
Název zadání 4. Dvoustupňový zesilovač			Č. úlohy 4

ZADÁNÍ ÚLOHY

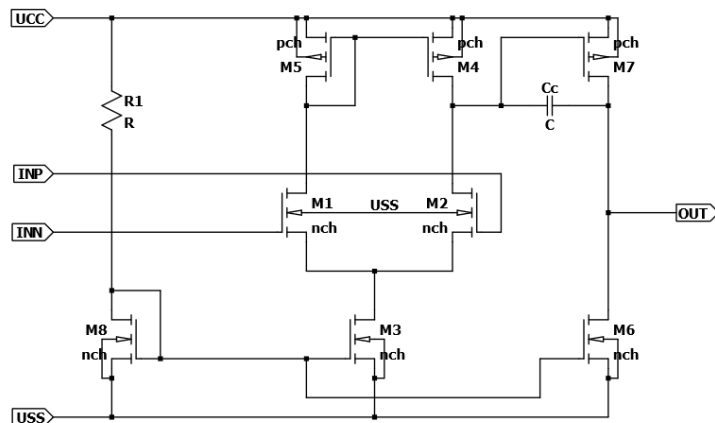
Navrhněte dvoustupňový operační zesilovač se vstupními tranzistory typu NMOS podle obr. 1, který bude navržen pro tyto vstupní parametry s $CL = 10 \text{ pF}$.

Tabulka 1: Požadované parametry

parametr	hodnota	Vypočítané	Simulace
zesílení (A_{u0})	$\geq 60 \text{ dB}$		
šířka pásma (GBW)	$\geq 10 \text{ MHz}$		
fázová rezerva (PM)	$\geq 60^\circ$	60°	
amplitudová rezerva (AM)	$- \text{dB}$	Nepočítá se	
rychlost přeběhu (SR)*	$\geq 10 \text{ V}/\mu\text{s}$		
systematický offset (U_{OFF})	$\leq 500 \mu\text{V}$	0	
spotřeba (P_{diss})	$- \text{mW}$		
vstupní napěťový rozsah ($ICMR$)	$- \text{V}$		
výstupní napěťový rozsah (OVS)	$- \text{V}$		

* pro nástupnou i sestupnou hranu

Vypočítejte a následně simulací zjistěte dosažené parametry z tab. 1. Zobraďte SPICE Output log s parametry všech tranzistorů a vložte jej do protokolu. Zkontrolujte především gm vstupních tranzistorů a gm_7 , zda odpovídá výpočtu. Dále vložte do protokolu simulační schémata a výstupy simulací ukazující odsimulované hodnoty. oroveňte výsledky s ručními výpočty - vytvořte tabulku odsimulovaných a vypočítaných parametrů (viz. Tab. 1 - stejná bude v závěru).



Obr. 1: Schéma zesilovače

1 Vypracování

1.1 Zesilovač s odporovou zátěží

Jako první určíme proud I_d , to uděláme dvěma způsoby, podle požadovaného SR a podle požadovaného GBW a vybereme ten větší.

Podle SR

$$I_d = SR \cdot C_L = 10 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-12} = 100[\mu A]$$

Podle GBW

$$I_d = GBW \cdot U_{OV} \cdot \pi \cdot C_L = 10 \cdot 10^6 \cdot 0.2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 10^{-12} = 62.8[\mu A]$$

Proud tedy bude $I_{dM6} = 100[\mu A]$

Dále můžeme určit rozměry tranzistorů M_6 a M_7 , k čemuž budeme muset zvolit napětí U_{OV} , která sme s ohledem na pracovní rozsah už v minulém kroku zvolili jako $U_{OV} = 0.2[V]$. Délku tranzistoru L zvolím s ohledem na parametr λ $L = 2[\mu m]$.

$$W_{M6} = L \cdot \frac{2 \cdot I_d}{K_{PN} \cdot U_{OV}^2} = 2\mu \cdot \frac{2 \cdot 100\mu}{200\mu \cdot 0.2^2} = 50[\mu m]$$

$$W_{M7} = L \cdot \frac{2 \cdot I_d}{K_{PP} \cdot U_{OV}^2} = 2\mu \cdot \frac{2 \cdot 100\mu}{50\mu \cdot 0.2^2} = 200[\mu m]$$

Dále můžeme určit proud diferenčním stupněm jako desetinu destinu proudu výstupním stupněm, tedy $I_{dM} = 10[\mu A]$ z čehož můžeme určit rozměry tranzistorů $M1$ až M_5

$$W_{M1,2} = L \cdot \frac{2 \cdot I_d}{K_{PN} \cdot U_{OV}^2} = 2\mu \cdot \frac{2 \cdot 10\mu}{200\mu \cdot 0.2^2} = 5[\mu m]$$

$$W_{M4,5} = L \cdot \frac{2 \cdot I_d}{K_{PP} \cdot U_{OV}^2} = 2\mu \cdot \frac{2 \cdot 10\mu}{50\mu \cdot 0.2^2} = 20[\mu m]$$

Proud tranzistorem M_3 je součtem proudu I_{dM1} a I_{dM2} a tedy $I_{dM3} = 20[\mu A]$ jeho šířka tedy bude dvojnásobná $W_{M3} = 10[\mu A]$ Tranzistor M_8 zvolíme stejný jako tranzistor M_3 , tedy $L = 2[\mu m]$ $W = 10[\mu m]$ a zbývá určit jen rezistor R_1 jako:

$$R_1 = \frac{U_{CC} - (U_{OV} + U_{TH})}{I_{dM3}} = \frac{1.8 - (0.2 + 0.4)}{20 \cdot 10^{-6}} = 60[k\Omega]$$

Zesílení mi vychází o necelý decibel menší než dle zadání, zkusil jsem tedy lehce zvětšit zatěžovací odpor na hodnotu $R_1 = 102.48[k\Omega]$ a obdržel jsem průběh ??

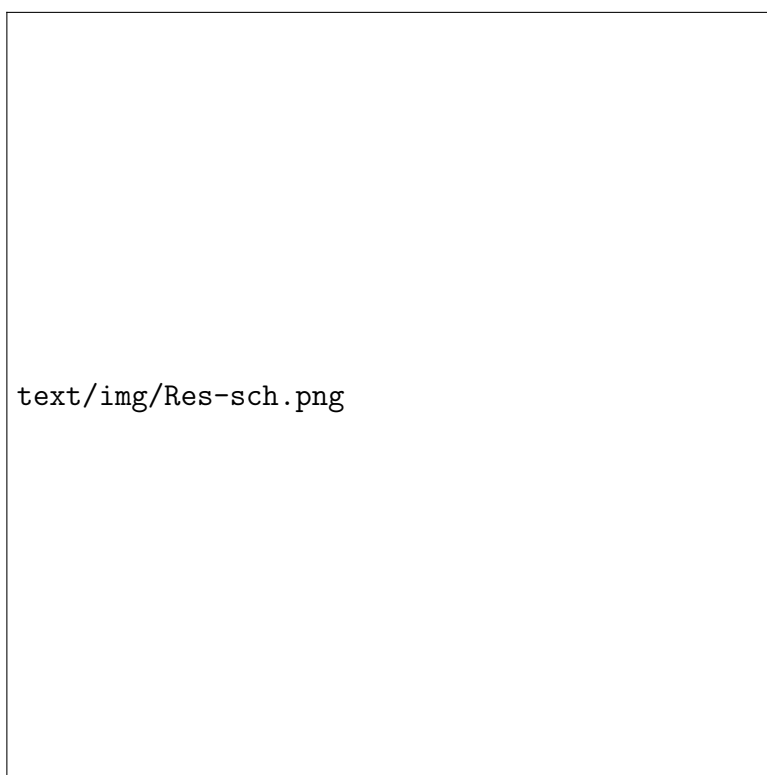
Z průběhu ?? určíme SR jako:

$$SR_{rise} = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{U_2 - U_1}{t_2 - t_1} = \frac{1.677 - 0.196}{126n - 81n} = 32.9[V/\mu s]$$

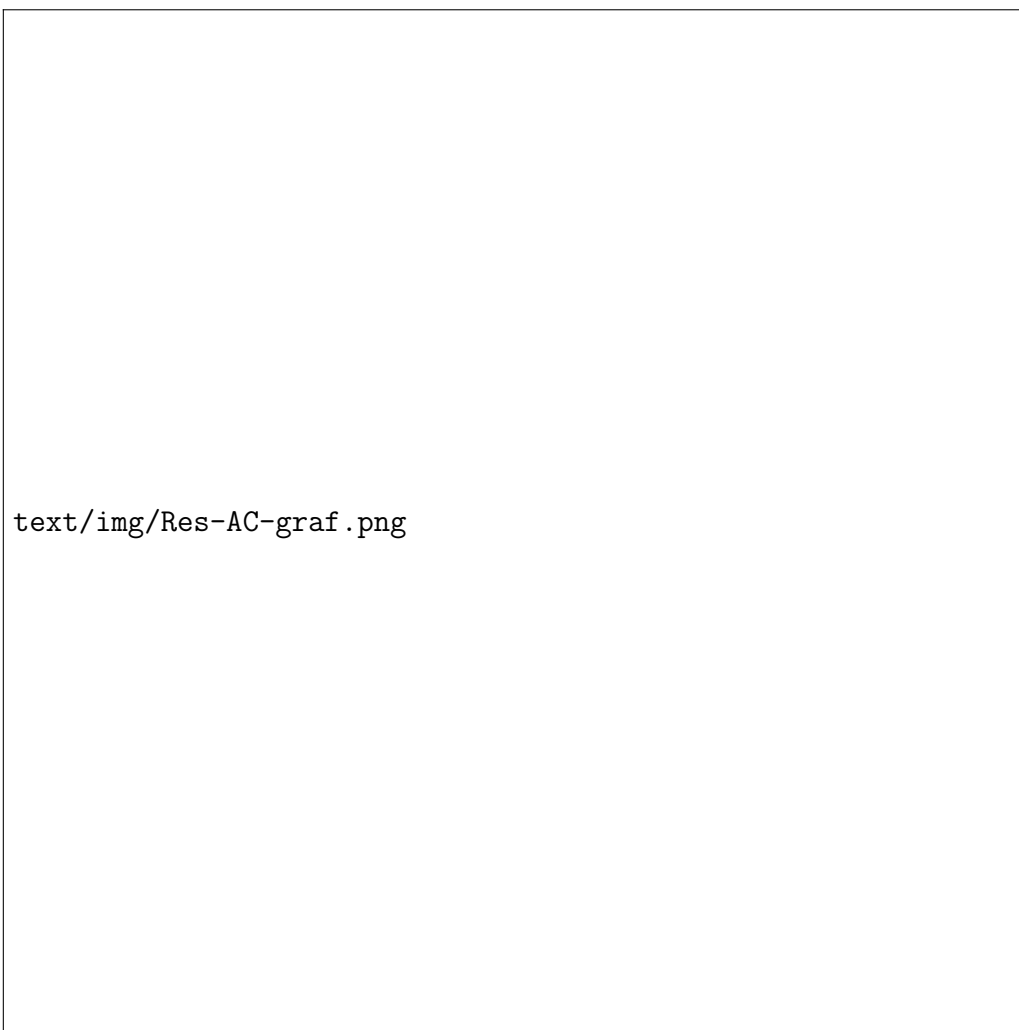
$$SR_{fell} = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{U_1 - U_2}{t_2 - t_1} = \frac{1.618 - 0.174}{2752n - 2344n} = 3.5[V/\mu s]$$

Sestupná hrana je pomalejší, než by dle zadání měla být, což je způsobeno předpokladem lineárního vybíjení kondenzátoru C_1 , zatím co je exponenciální, jak je vidět na průběhu ??

GBW je větší, než bylo požadováno, protože proud tranzistorem jsme stanovili vyšší, abychom splnili SR .



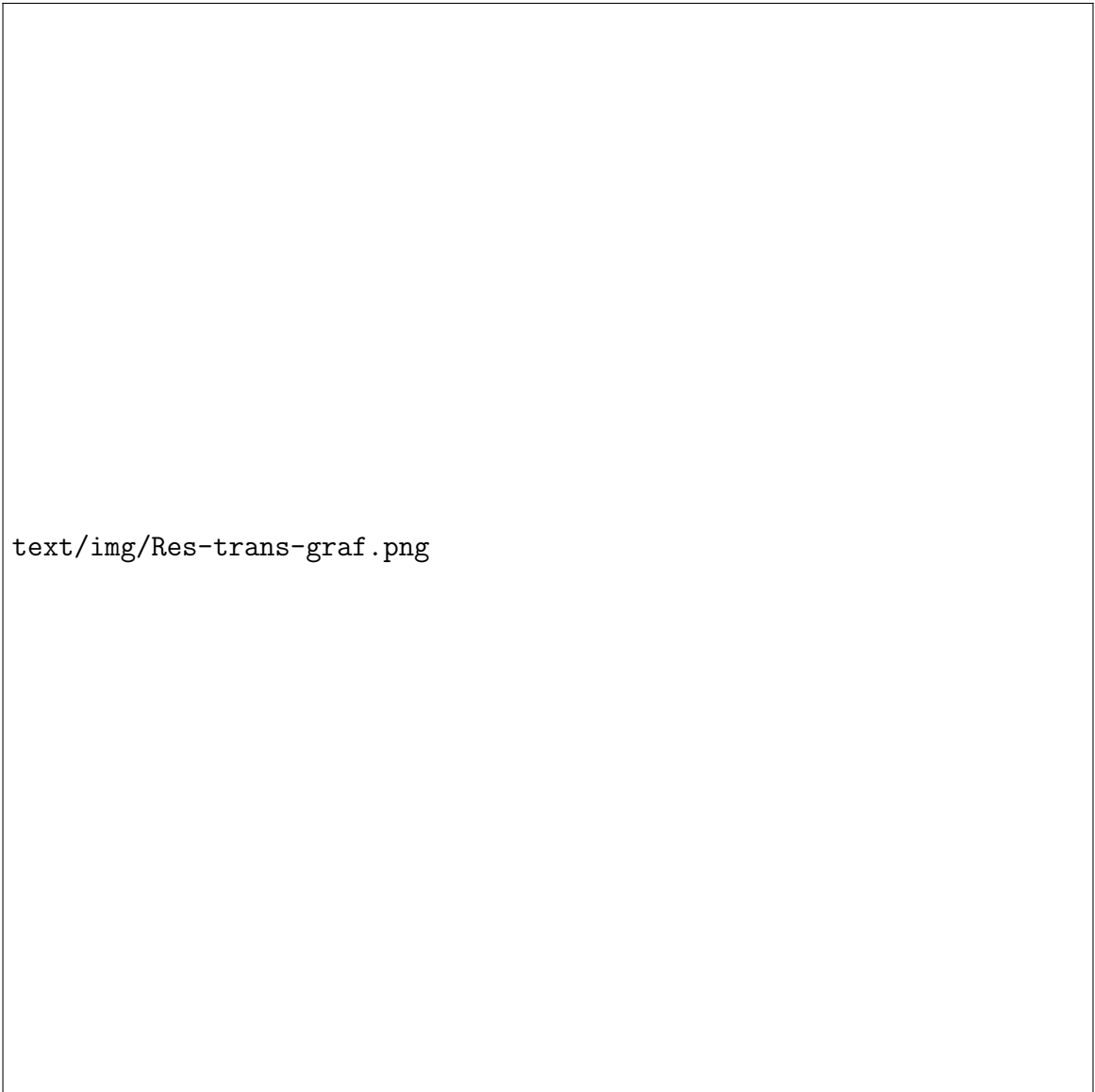
Obr. 2: Schéma zesilovače



Obr. 3: **.AC** analýza zesilovače



Obr. 4: **.AC** analýza zesilovače se zvětšeným zatěžovacím odporem na $R_1 = 102.48[k\Omega]$



text/img/Res-trans-graf.png

Obr. 5: **.trans** analýza s vyznačenými body pro určení SR