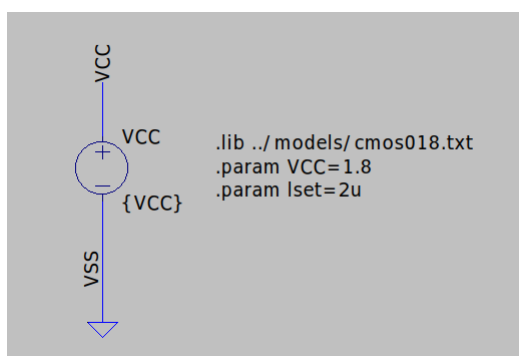


Návrh analogových integrovaných obvodů Ústav mikroelektroniky FEKT VUT v Brně			Jméno Jakub Charvot	ID 240844
			Ročník 3.	Obor MET
Spolupracoval –	Měřeno dne 08.04. 2024	Odevzdáno dne 28.04. 2024	Hodnocení	
Název zadání Návrh dvoustupňového zesilovače				Č. úlohy 5

1 Vypracování



Obr. 1: Společná část SPICE kódu a napájecí zdroj.

1.1 Ruční návrh

Označení součástek v této kapitole odpovídá Obr. 10.

Nejprve zvolíme hodnotu kompenzační kapacity:

$$C_C = 0,3 \cdot C_L = 0,3 \cdot 5 \cdot 10^{-12} = 1,5 \text{ pF}$$

Dále je potřeba stanovit minimální potřebné proudy v obvodu:

$$GBW = \frac{\frac{2 \cdot I_1}{U_{OV1}}}{2 \cdot \pi \cdot C_C}$$

$$I_1 = U_{OV1} \cdot \pi \cdot C_C \cdot GBW$$

$$I_1 = 0,2 \cdot \pi \cdot 1,5 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot 10^6$$

$$I_1 = 9,42 \text{ }\mu\text{A}$$

$$SR_{int} = \frac{I_5}{C_C}$$

$$I_{p3} = SR_{int} \cdot C_C$$

$$I_{p3} = 5 \cdot 10^6 \cdot 1,5 \cdot 10^{-12}$$

$$I_{p3} = 7,5 \text{ }\mu\text{A}$$

Aby bylo vyhověno všem parametrům a zachována jistá návrhová rezerva byl zvolen proud $I_{p3} = 20 \text{ }\mu\text{A}$ a proudy $I_1 = I_2 = 10 \text{ }\mu\text{A}$.

Ze stanovených proudů lze vypočítat rozměry tranzistorů:

$$\frac{W_{p3}}{L} = \frac{2 \cdot I_{p3}}{KP_P \cdot (U_{GS} - U_{TH})^2}$$

$$\frac{W_{p3}}{L} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{60 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2^2}$$

$$\frac{W_{p3}}{L} = 16,67$$

Tedy $W_{p3} = 33,33 \text{ }\mu\text{m}$. Proud touto větví se dále dělí na půl, tedy platí $W_{p1,2} = W_{p3}/2 = 16,67 \text{ }\mu\text{m}$.

Ekvivalentní výpočet pro tranzistorů typu N:

$$\frac{W_{n1,2}}{L} = \frac{2 \cdot I_{n1,2}}{KP_N \cdot (U_{GS} - U_{TH})^2}$$

$$\frac{W_{n1,2}}{L} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{220 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2^2}$$

$$\frac{W_{n1,2}}{L} = 2,27$$

Tedy $W_{n1,2} = 4,54 \mu\text{m}$.

Z podmínky pro fázovou bezpečnost alespoň 60° vyplývá pro druhý stupeň desetkrát větší proud než pro první stupeň. Tedy i rozměry tranzistorů ve výstupní větvi budou desetkrát větší, platí:

$$W_{p4} = 10 \cdot W_{p2} = 166,7 \mu\text{m}$$

$$W_{n3} = 10 \cdot W_{n2} = 45,4 \mu\text{m}$$

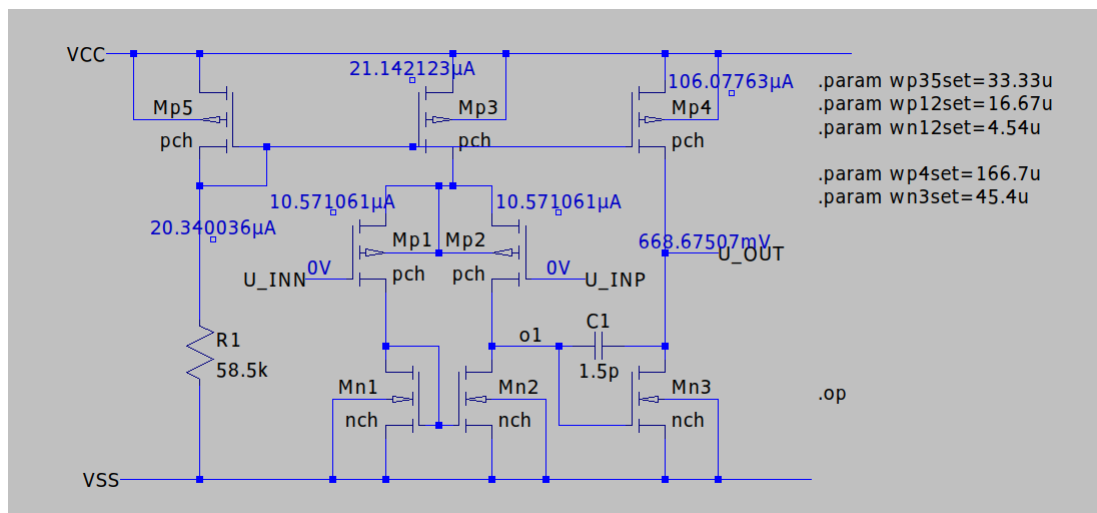
Pro poslední tranzistor M_{p5} zvolíme stejný proud (a tedy i rozměry) jako pro M_{p3} , zbývá dopočítat hodnotu R_1 :

$$R_1 = \frac{U_{CC} - (U_{DSp5min} + U_{THOp5})}{I_{p5}}$$

$$R_1 = \frac{1,8 - (0,2 + 0,43)}{20 \cdot 10^{-6}}$$

$$R_1 = 58,5 \text{ k}\Omega$$

1.1.1 Zapojení na tranzistorové úrovni



Obr. 2: Vnitřní zapojení OTA zesilovače.

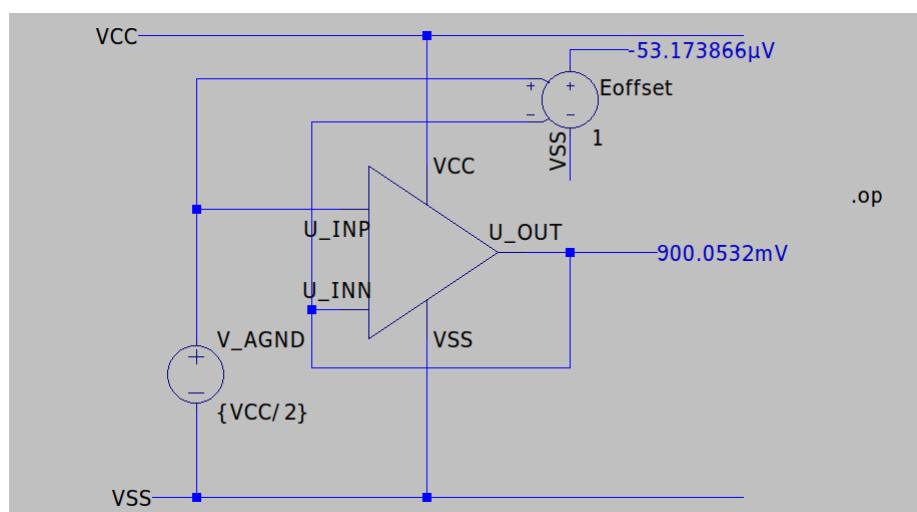
Z analýzy .OP lze vypočítat spotřebu zapojení:

$$P = U_{CC} \cdot (I_{p5} + I_{p3} + I_{p4})$$

$$P = 1,8 \cdot (20,34 \cdot 10^{-6} + 21,142 \cdot 10^{-6} + 106,07 \cdot 10^{-6})$$

$$P = 265,59 \mu\text{W}$$

1.2 Zapojení pro .OP analýzu



Obr. 3: Zapojení pro .OP analýzu.

1.3 Analýza .AC

Natevení filtru typu DP pro $f_m = 1 \text{ Hz}$:

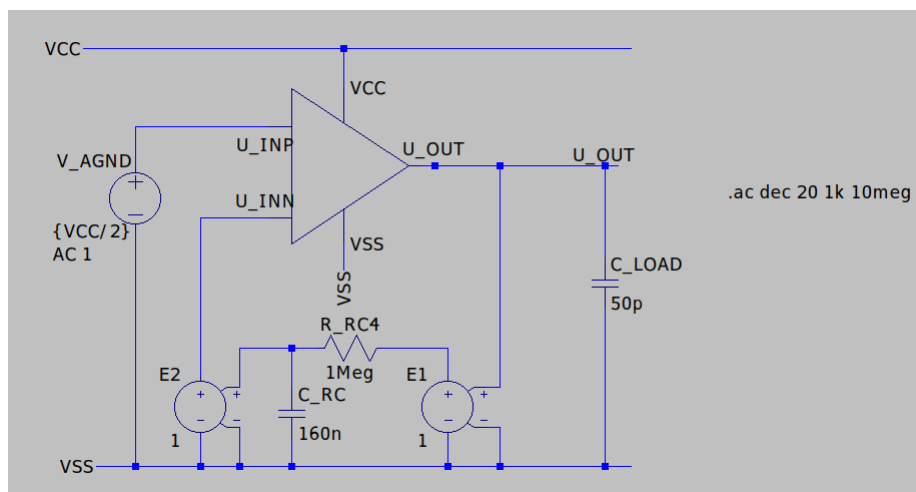
$$\tau = \frac{1}{\omega}$$

$$R \cdot C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{RC}}$$

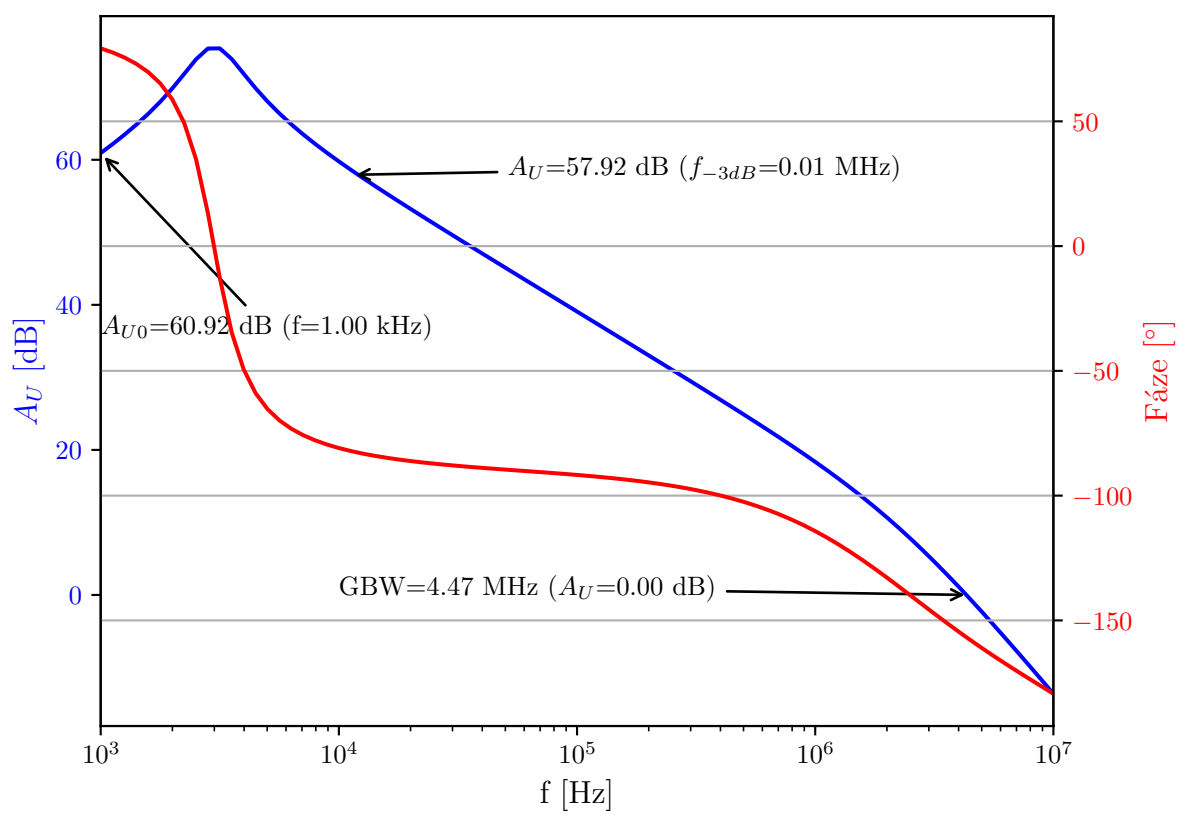
$$R \cdot C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1}$$

$$R \cdot C = 0,16$$

Pokud zvolíme $R = 1 \text{ M}\Omega$, pro kondenzátor vychází $C = 0,16/1000 = 160 \text{ nF}$

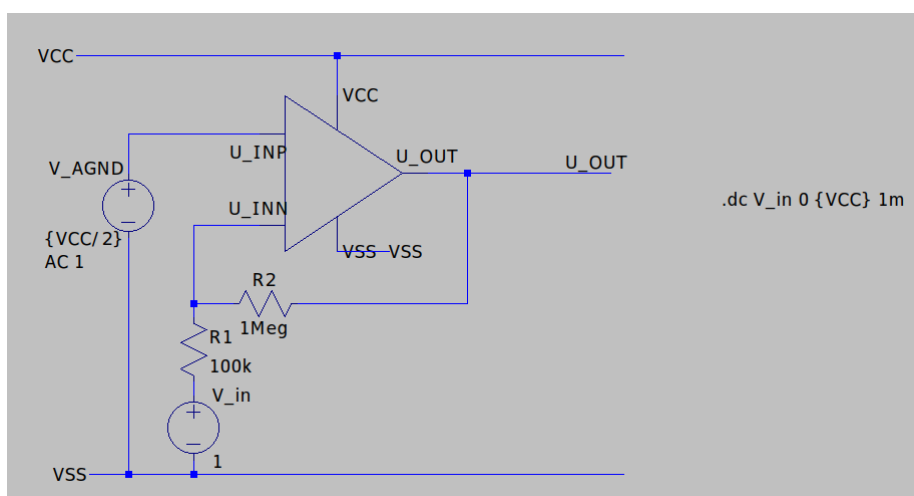


Obr. 4: Zapojení pro .AC analýzu.

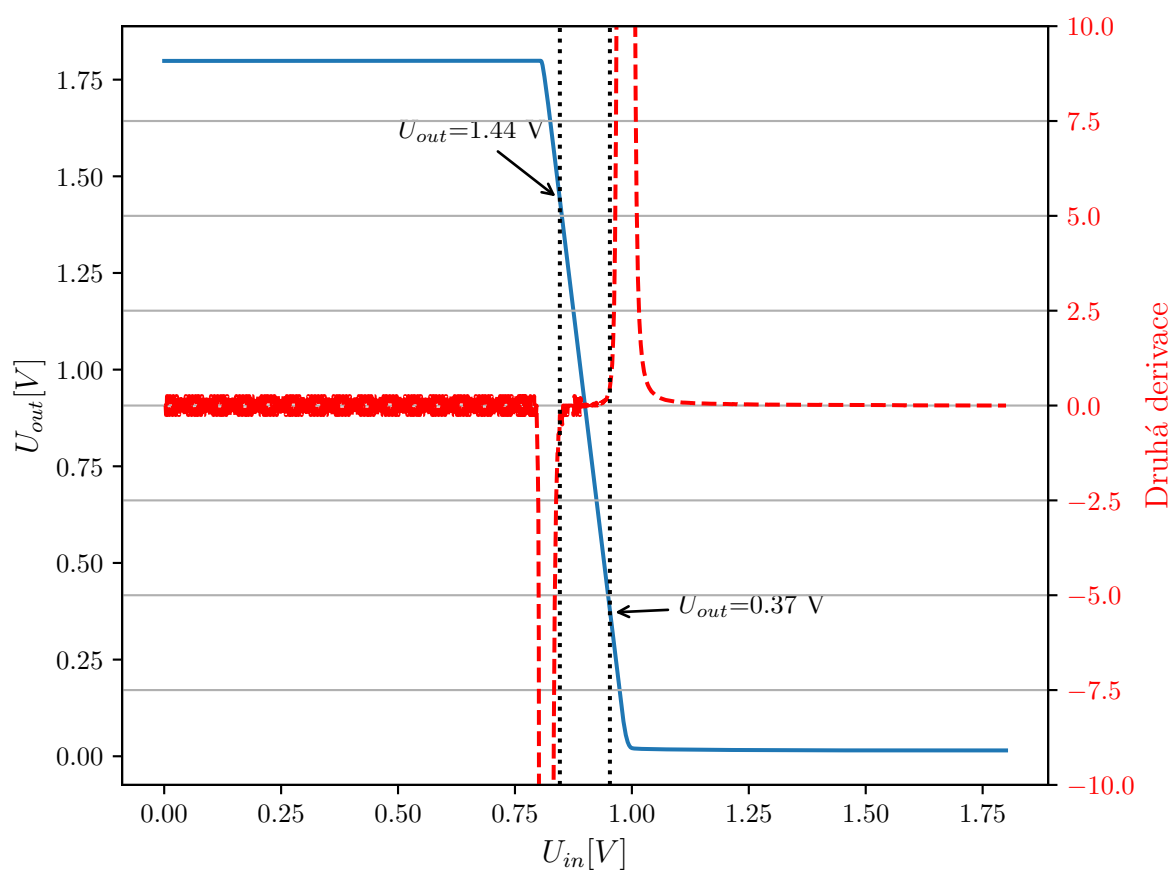


Obr. 5: Výsledky .AC analýzy.

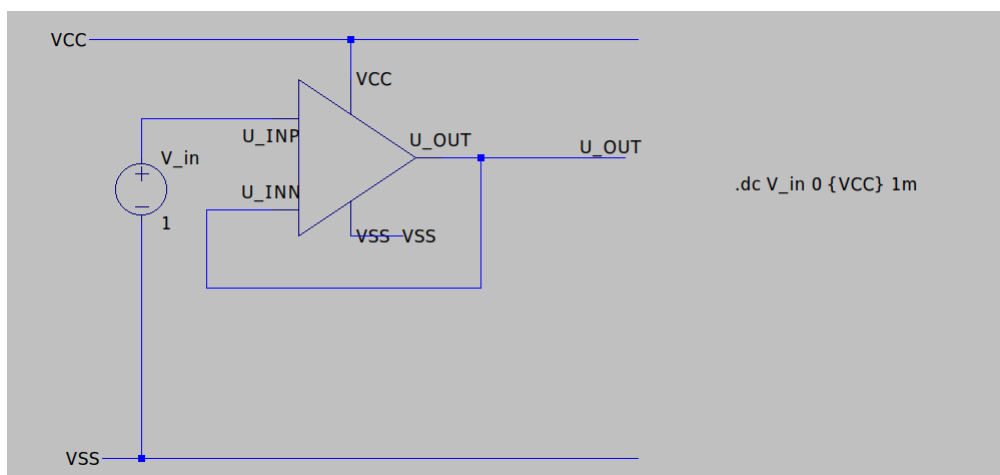
1.4 Analýza .DC



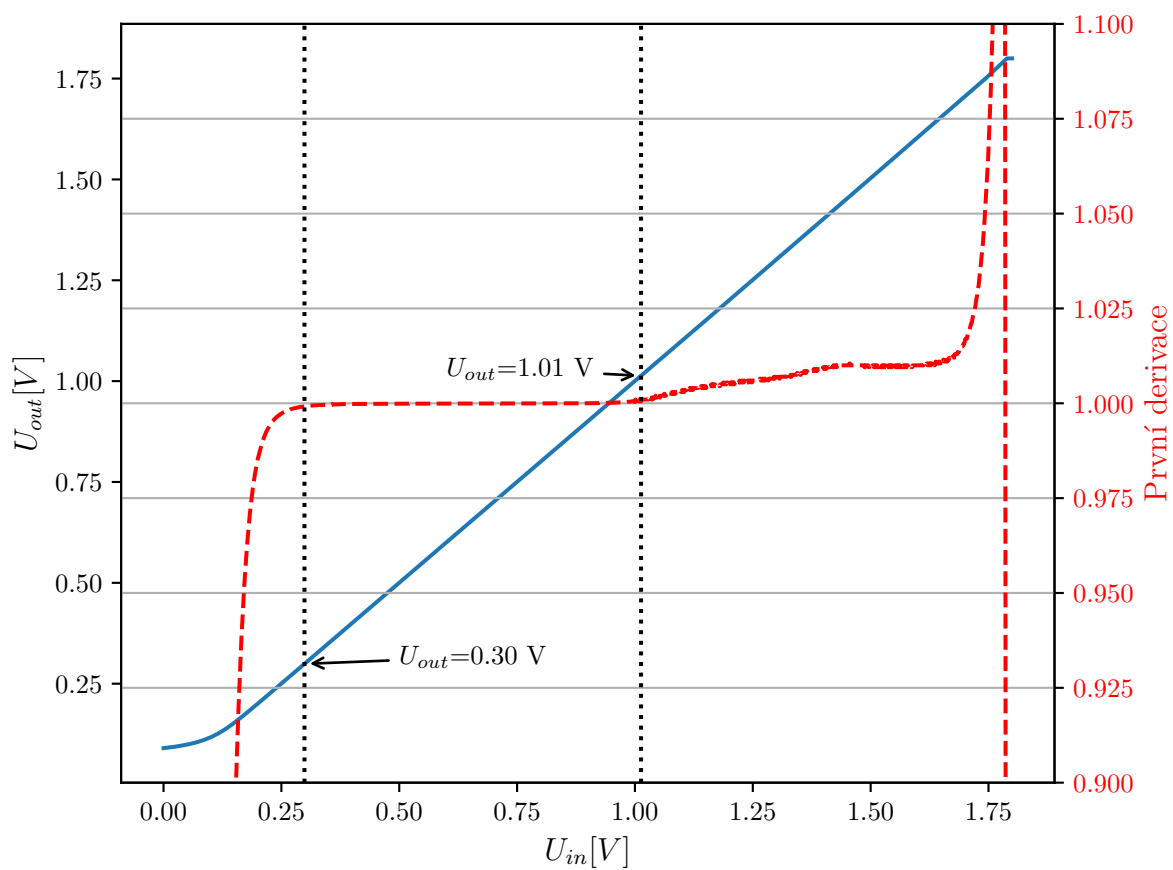
Obr. 6: Zapojení pro .DC analýzu OVS.



Obr. 7: Výsledky .DC analýzy pro měření OVS.

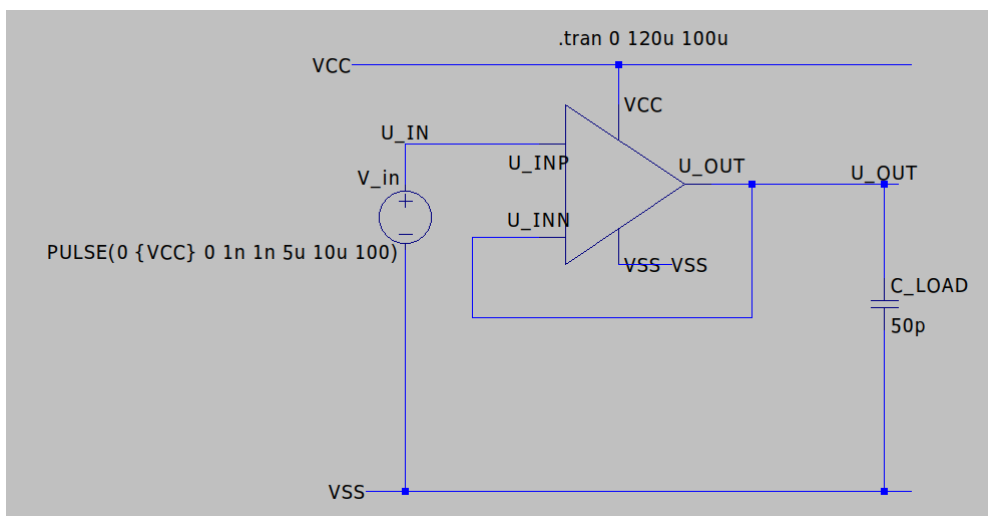


Obr. 8: Zapojení pro .DC analýzu ICMR.

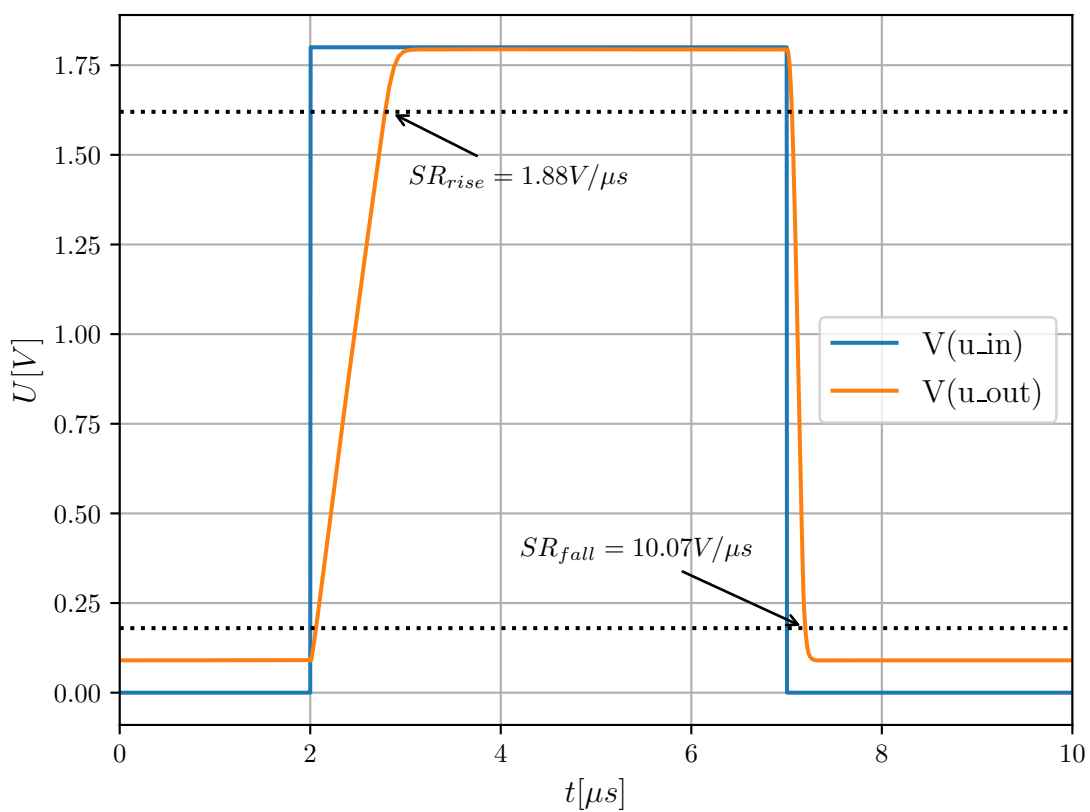


Obr. 9: Výsledky .DC analýzy pro měření ICMR.

1.5 Analýza .TRAN



Obr. 10: Zapojení pro .TRAN analýzu.



Obr. 11: Výsledky .TRAN analýzy pro měření SR.

2 Závěr