



摘要

透過Source Degeneration、Transformer Feedback技術，分別降低雜訊、提高增益，同時兼顧雜訊和增益，在設計過程中，我們參考王暉老師與其學生的論文以及日本學者的論文，分別設計出Cascode和Common Source Amplifier的Transformer Feedback，並藉由日本學者的文章[1]找尋到合適的耦合係數(K);同時也參考R. E. Lehmann and D. D. Heston的論文[2]協助我們找到合適的源極退化電感值

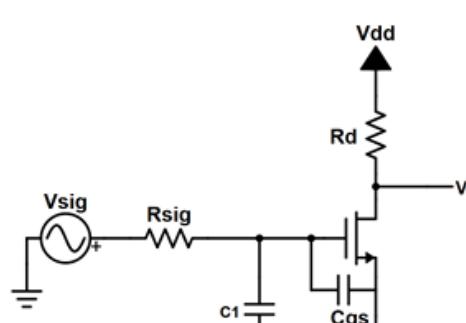
電路介紹

Source Degeneration Inductor

Source Degeneration Inductor可以增加穩定度，避免電流擾動使得電路不穩定，但是需要付出增益降低的代價，說明如下:如果電流變大，則 V_{GS} 會下降，使得 I_D 也跟著下降，導致 g_m 減少，使得增益下降，根據論文[2]的結論:加入源極退化電感可以減少等效雜訊電阻，雜訊會減少。根據論文[2]的結論: S_{opt} 不隨著"輸出"阻抗改變，只與源極退化電感有關，此外“量測到的雜訊指數(M)"等於 $(f_{min}-1)/(1-Gain)$ ，只要做好"輸入"阻抗匹配，就可以得到最低的NF，使得增益圓可以跟雜訊圓重疊。

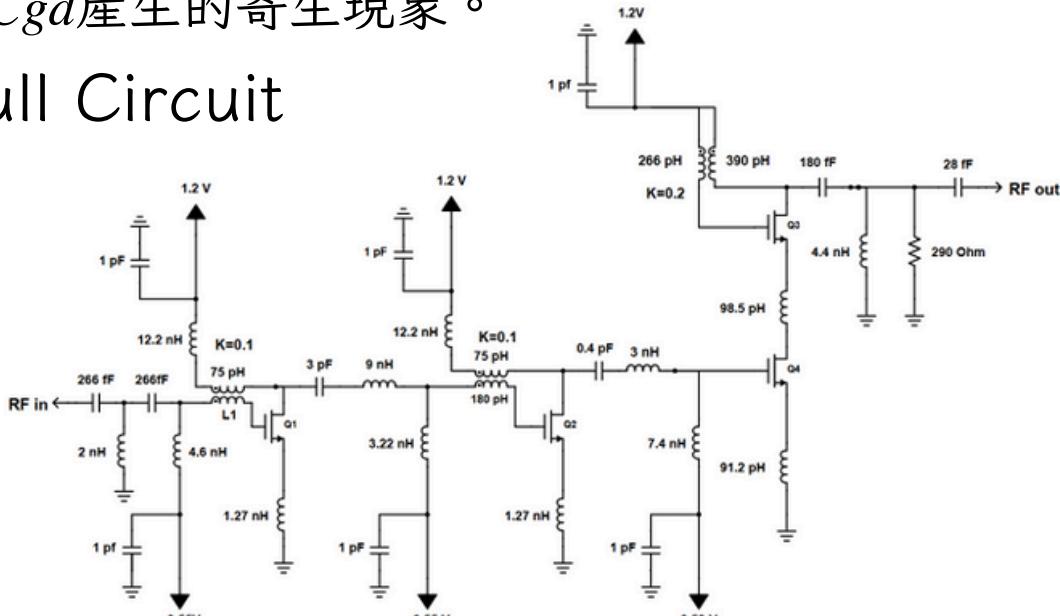
Transformer Feedback

由於高頻電路中，MOS內部寄生電容會嚴重影響高頻增益，其中汲極端 36 (Drain)和閘極端(Gate)之間的寄生電容 C_{gd} 因米勒效應(Miller effect)使其於閘極端 有等效電容 $C_{gd}(1+|Av|)$ 連接到地，其中 $|Av|$ 為此共源極放大器之電壓增益 (V_o/V_G , V_G 為閘極電壓)，如下圖之C1電容。



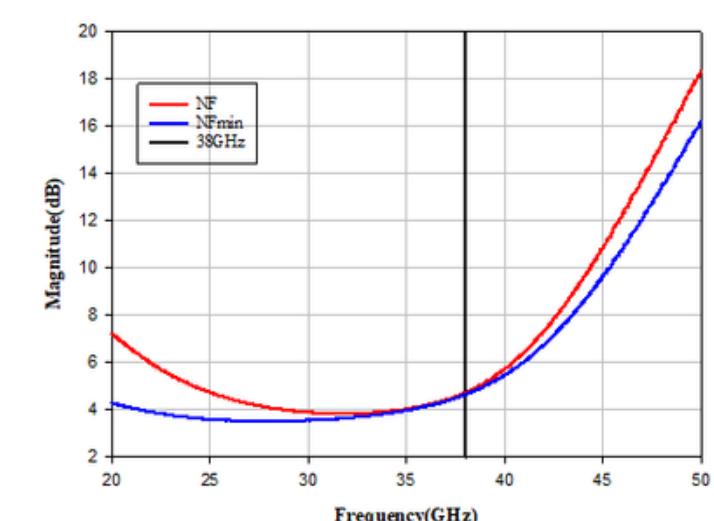
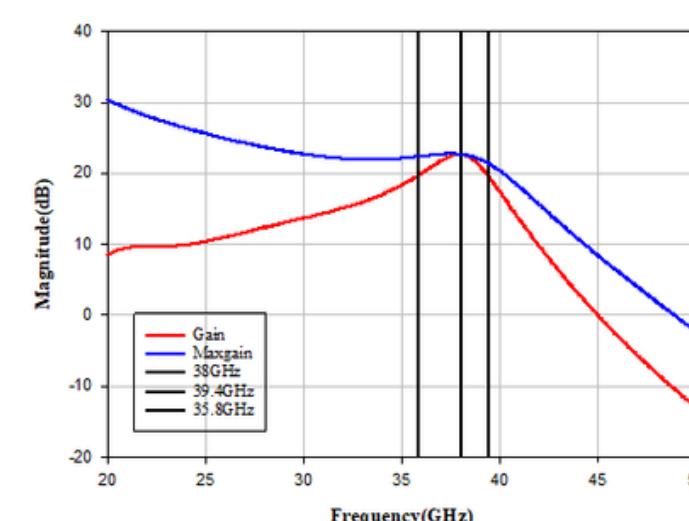
上圖 C_{gd} 輸入端等效電容 $C_1 = (C_{gd}(1+|Av|))$ 與 C_{gs} 為並聯關係，因此可將兩電容融合為單一電容即: $C_{gs} + C_{gd}(1+|Av|)$ 。由此我們可以很快得出其主極點(ω_p)為: $\omega_p = 1/R_{sig}(C_{gs} + C_{gd}(1+|Av|))$ ，此主極點因為米勒效應往較低頻率移動，造成高頻增益(本實驗中心頻率38 GHz)嚴重不足的現象。為此我們解決方案透過變壓器回授技術於高頻抑制掉 C_{gd} 產生的寄生現象。

Full Circuit

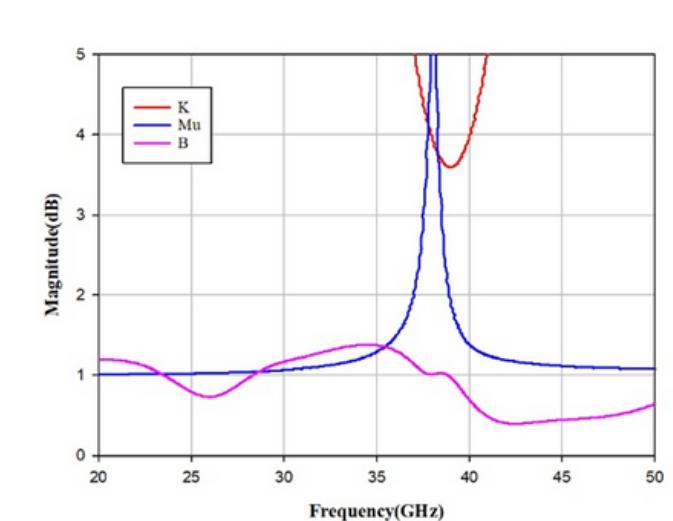
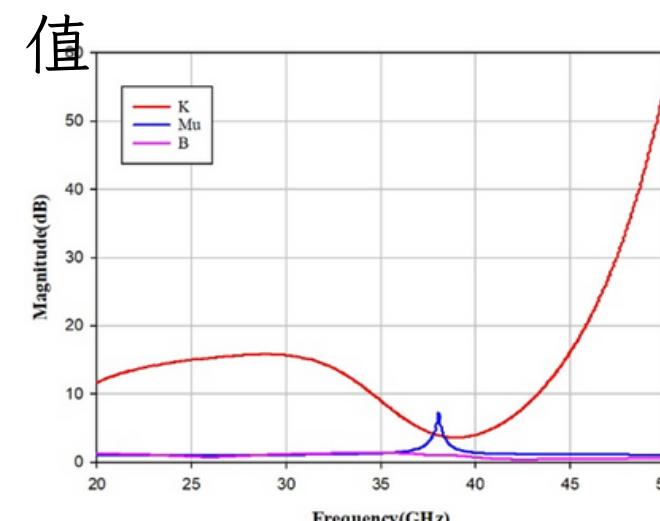


模擬結果

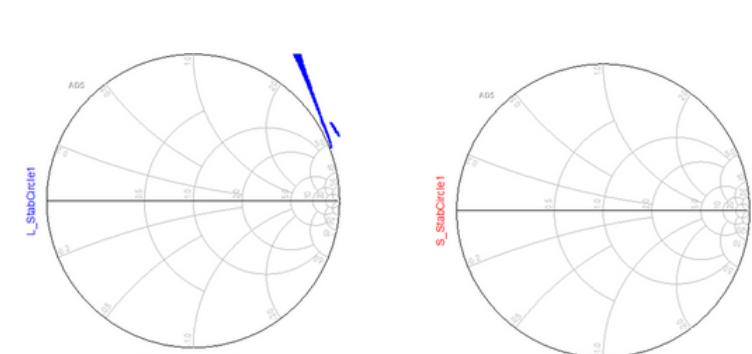
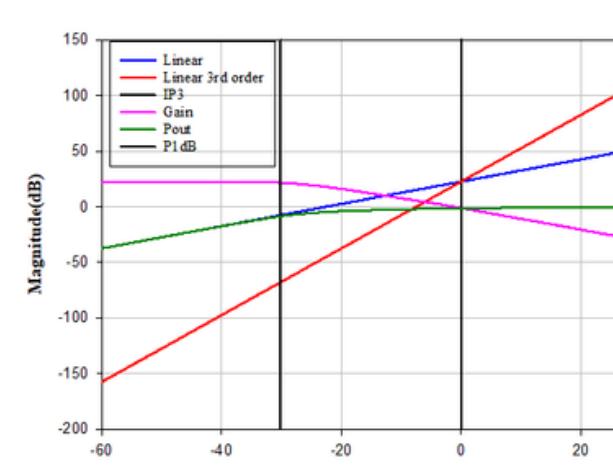
增益(左)、雜訊指數(右)



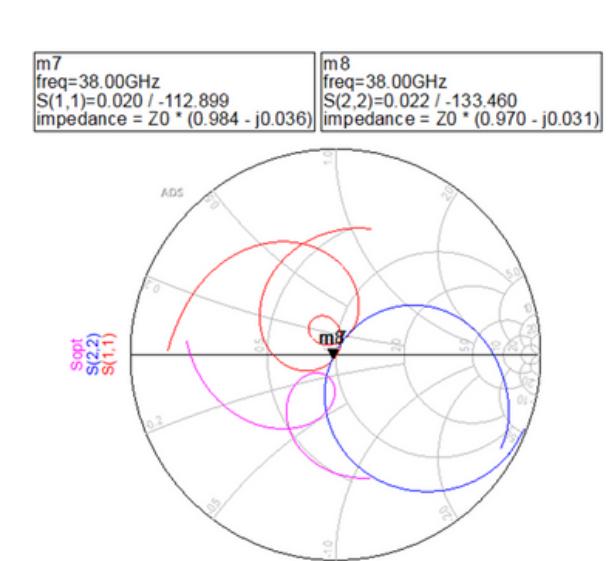
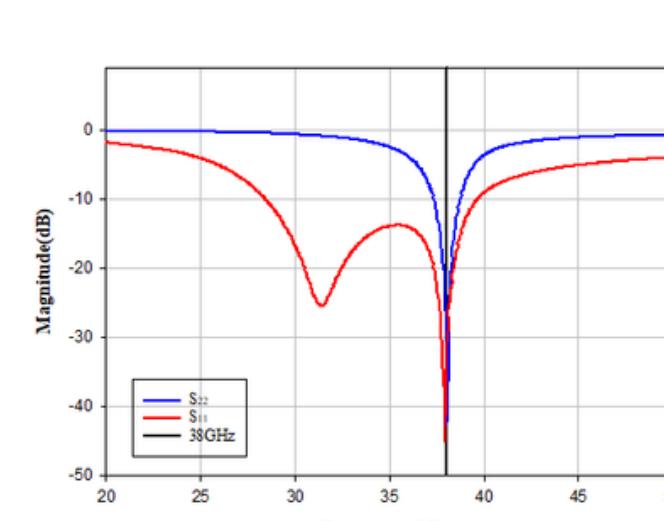
K、B、Mu 值



P1dB、IP3、穩定圓



阻抗匹配



整體數據

	增益	3dB 頻寬	雜訊指數	功耗
數值	22.686 dB	3.6GHz	4.70 dB	25mW
	OP _{1dB}	IP _{1dB}	OIP ₃	IIP ₃
數值	-8.45 dBm	-30.15 dBm	-1.134 dBm	0 dBm

參考資料

- [1] A. Mineyama, Y. Kawano, M. Sato, T. Suzuki, N. Hara and K. Joshin, "A millimeter-wave CMOS low noise amplifier using transformer neutralization techniques," Asia-Pacific Microwave Conference 2011, Melbourne, VIC, Australia, 2011, pp. 223-226.
- [2] R. E. Lehmann and D. D. Heston, "X-Band Monolithic Series Feedback LNA," in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 33, no. 12, pp. 1560-1566, Dec. 1985, doi: 10.1109/TMTT.1985.1133257.