



# 使用變壓器回授技術應用於38GHz 22.7 dB增益之90nm CMOS製程低雜訊放大器

A 22.7 dB Gain Low Noise Amplifier Using Transformer Feedback in 90nm CMOS Process at 38GHz

組別:電磁晶片組 專題生:吳承澤 林昌義 指導教授:張盛富 特聘教授

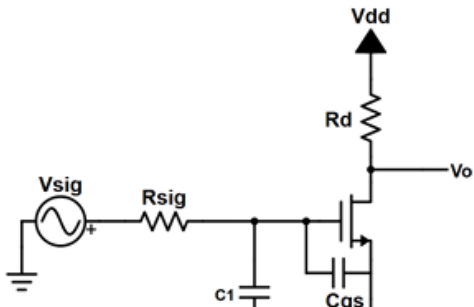
## 摘要

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

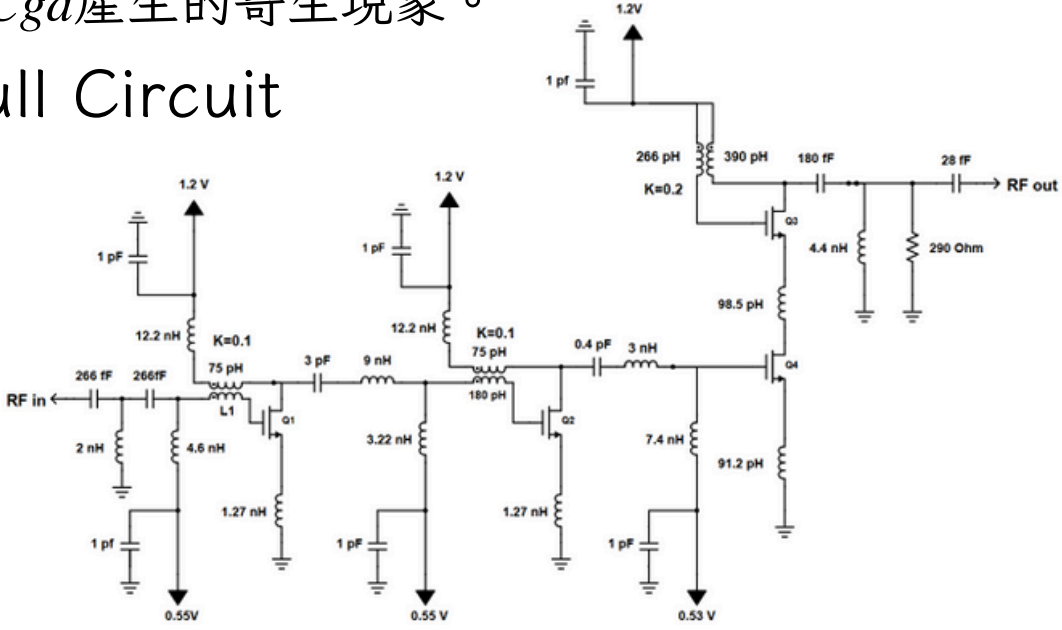
**Source Degeneration Inductor**  
Source Degeneration Inductor可以增加穩定度，避免電流擾動使得電路不穩定，但是需要付出增益降低的代價，說明如下:如果電流變大，則Vgs會下降，使得Id也跟著下降，導致gm減少，使得增益下降，根據論文[2]的結論:加入源極退化電感可以減少等效雜訊電阻，雜訊會減少。根據論文[2]的結論:Sopt不隨著"輸出"阻抗改變，只與源極退化電感有關，此外“量測到的雜訊指數(M)”等於(Fmin-1)/(1-1/Gain)，只要做好”輸入”阻抗匹配，就可以得到最低的NF，使得增益圓可以跟雜訊圓重疊。

**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Cgd因米勒效應(Miller effect)使其於閘極端 有等效電容Cgd(1+|Avl|)連接到地，其中|Avl|為此共源極放大器之電壓增益 (Vo VG ,VG為閘極電壓)，如下圖之C1電容。



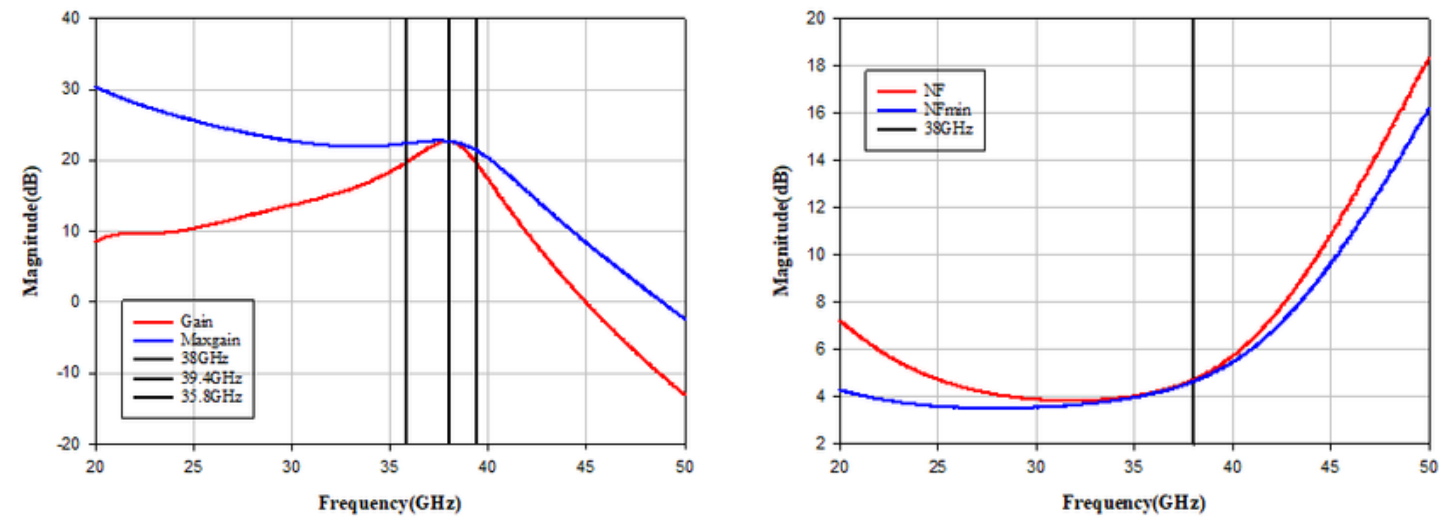
上圖Cgd輸入端等效電容C1=(Cgd(1+|Avl|))與Cgs為並聯關係，因此可將兩電容融合為單一電容即: Cgs+Cgd(1+|Avl|)。由此我們可以很快得出其主極點( $\omega p$ )為: $\omega p=1/Rsig(Cgs+Cgd(1+|Avl|))$ ，此主極點因為米勒效應往較低頻率移動，造成高頻增益(本實驗中心頻率38 GHz)嚴重不足的現象。為此我們解決方案透過變壓器回授技術於高頻抑制掉Cgd產生的寄生現象。

### Full Circuit

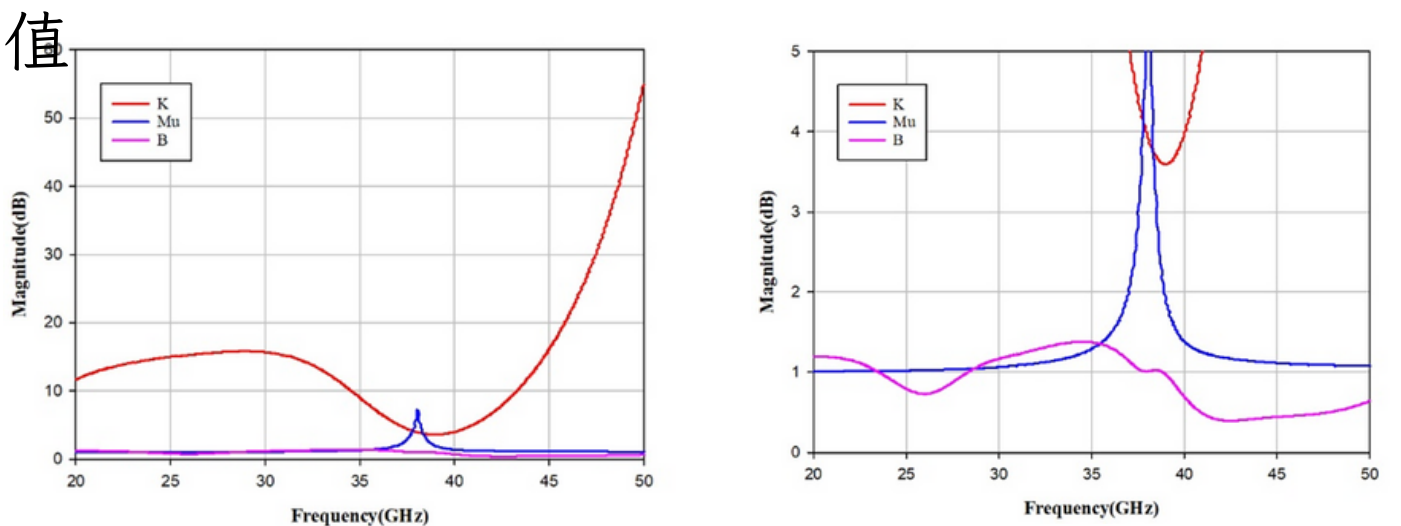


## 模擬結果

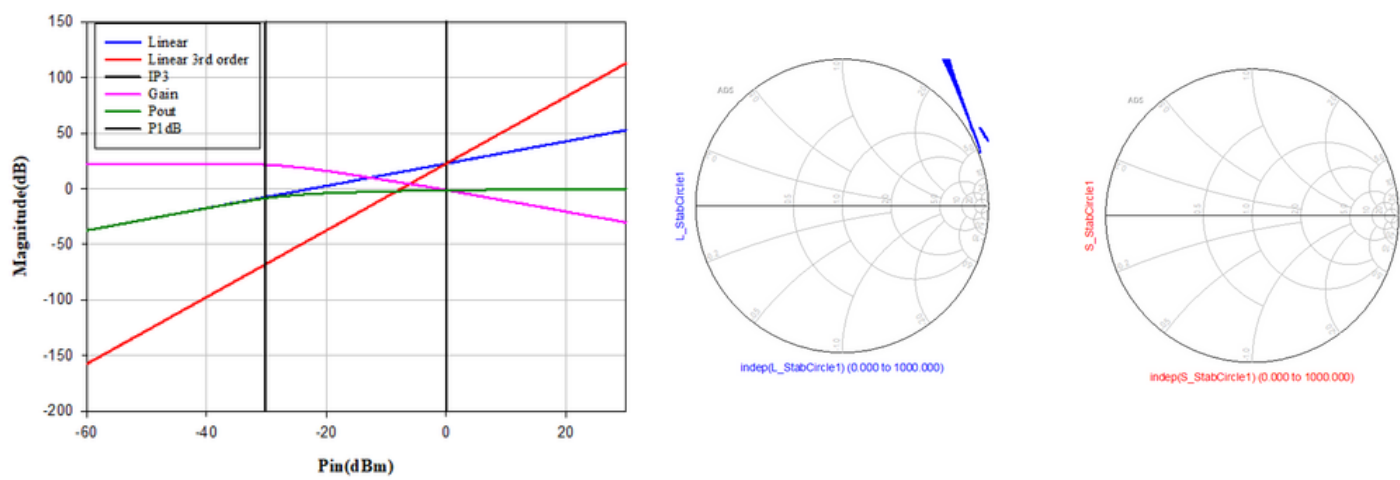
增益(左)、雜訊指數(右)



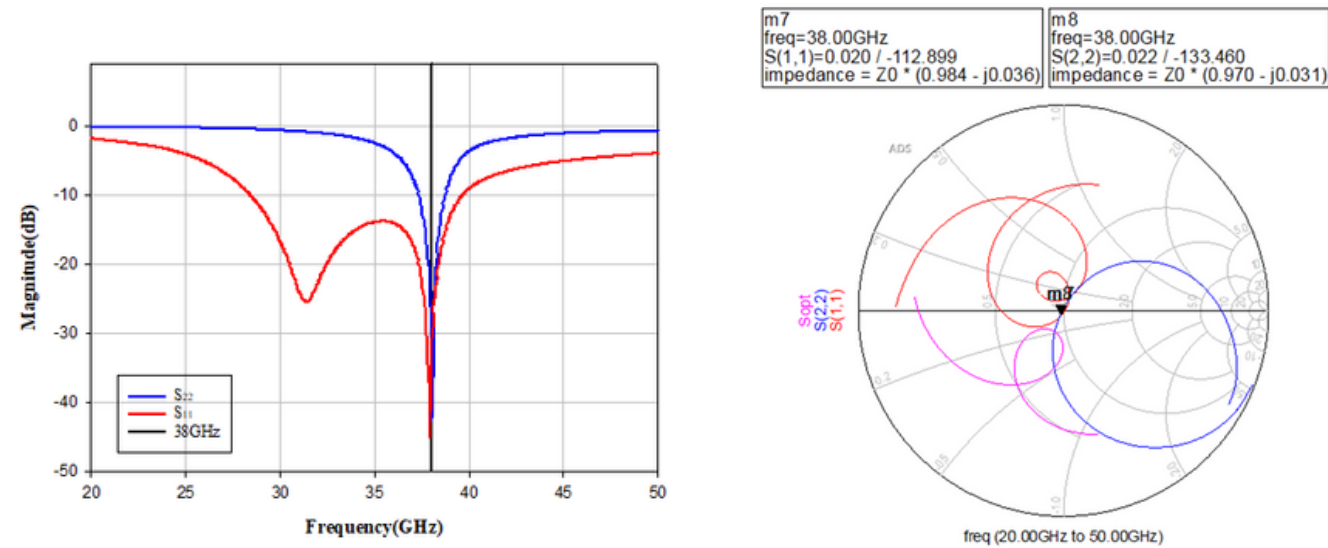
K、B、Mu



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  |
|    | OP1dB     | IP1dB      | OIP3       | IIP3  |
| 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.