

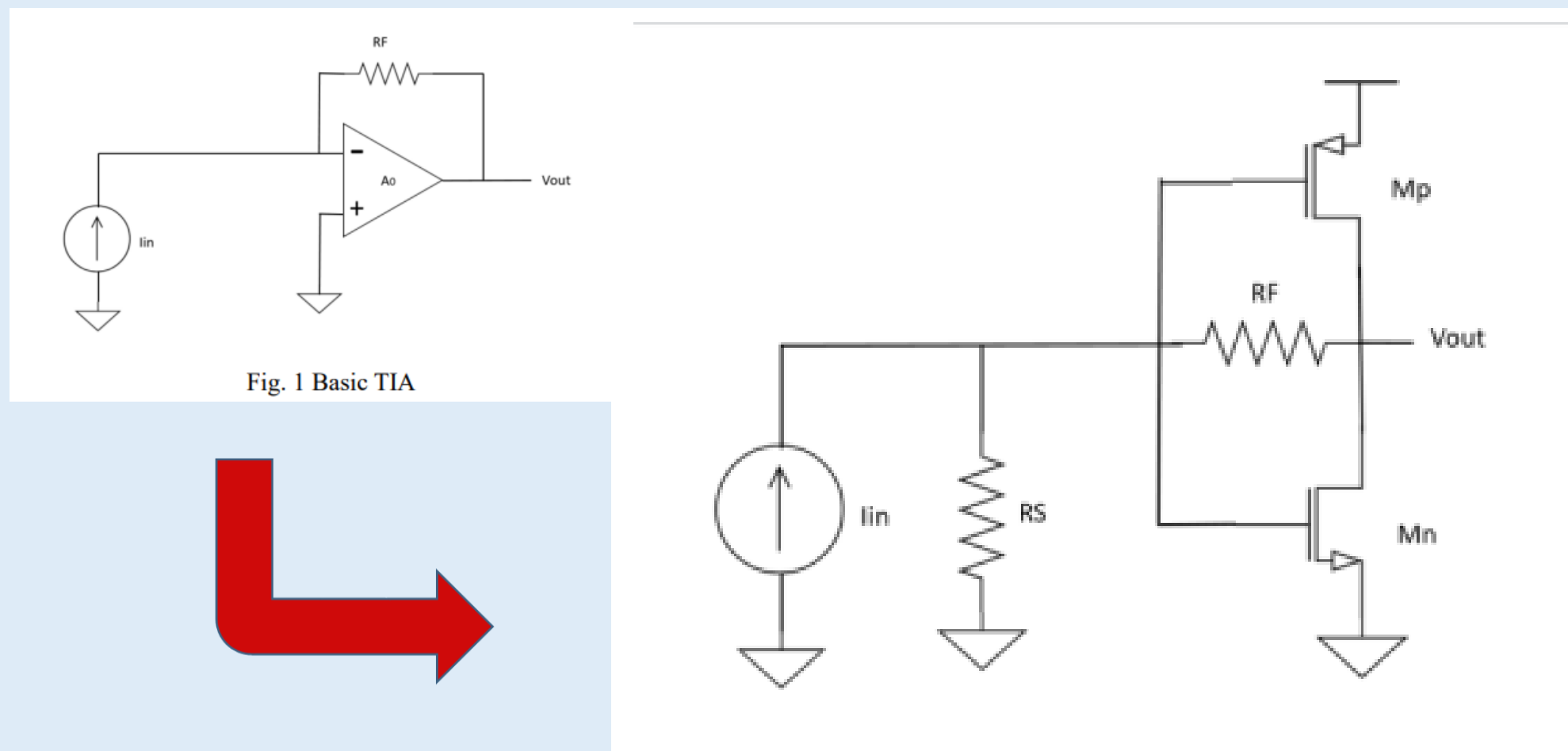
具備雜訊消除之寬頻轉阻放大器

A Wideband Transimpedance Amplifier with Noise Cancellation

指導教授:黃柏鈞 組別:B264 組員姓名:陳詳緯

Introduction

本次專題研究Transimpedance amplifier (TIA)，著重在擔任放大光電流的電流放大器，同時將輸入端的電流在輸出端轉換成電壓的形式，使其可以續接其他的放大器。



我們定義此TIA的gain為 R_T ， $R_T = \frac{-A_0}{1+A_0} * R_F$ ，只要讓 $A_0 \gg 1$ ， $R_T \cong -R_F$ ，方便操作 R_F 來控制規格所需要的gain。

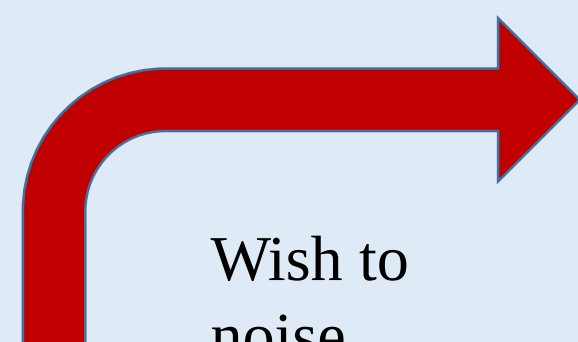
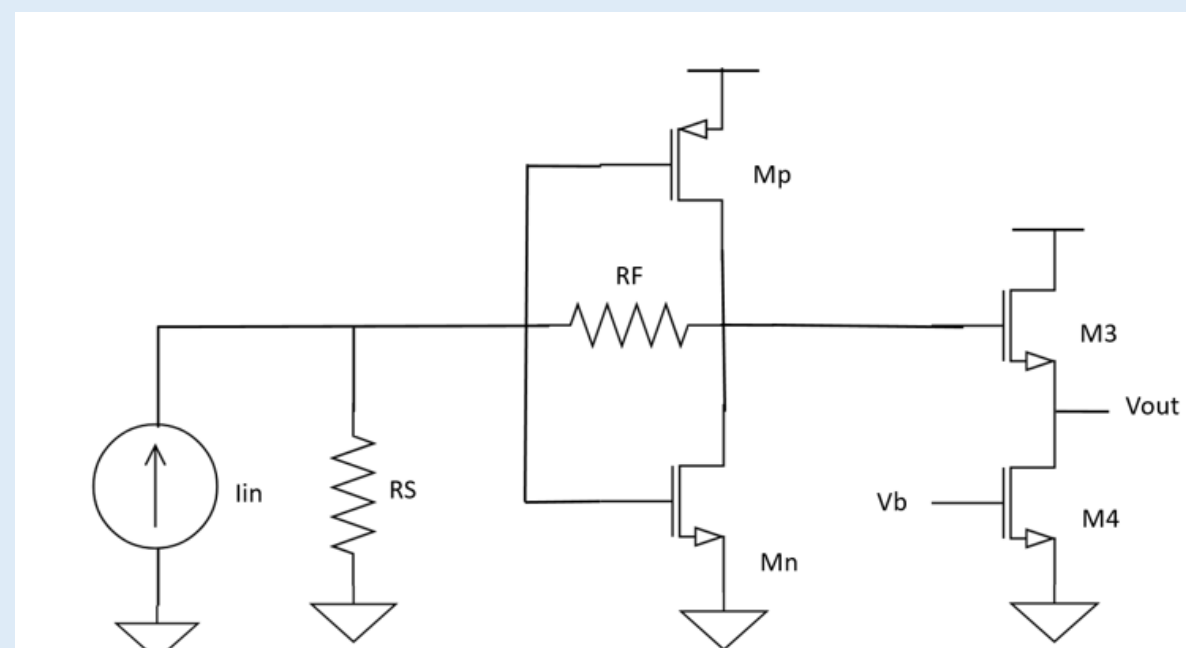
Open loop gain 的大小 A_0 則是由兩顆 MOSFET 的大小所決定的，

$$A_0 = (g_{m_n} + g_{m_p}) * (R_F \parallel r_{o_n} \parallel r_{o_p})$$

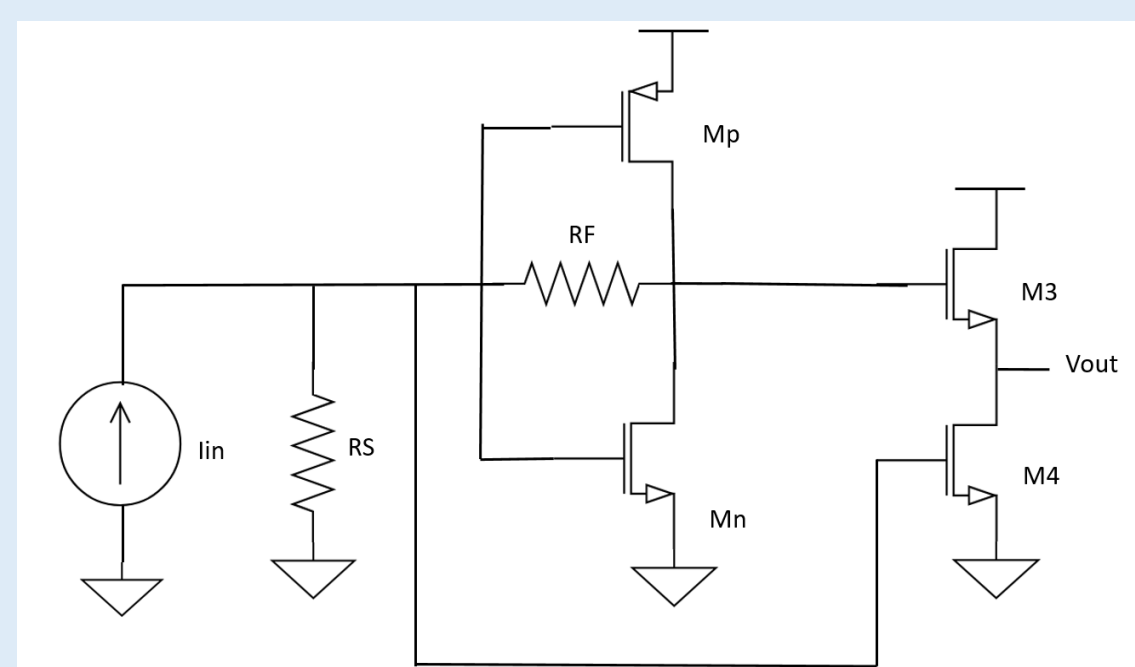
想增加 A_0 而去增加 g_m 值時，相對的 r_o 值、電容大小也會變動。增加gain值就會跟 bandwidth 產生 trade off，根據不同的規格要求，可以彈性選擇要如何在這兩邊做取捨。

Methodology

先加入buffer來拉高bandwidth:



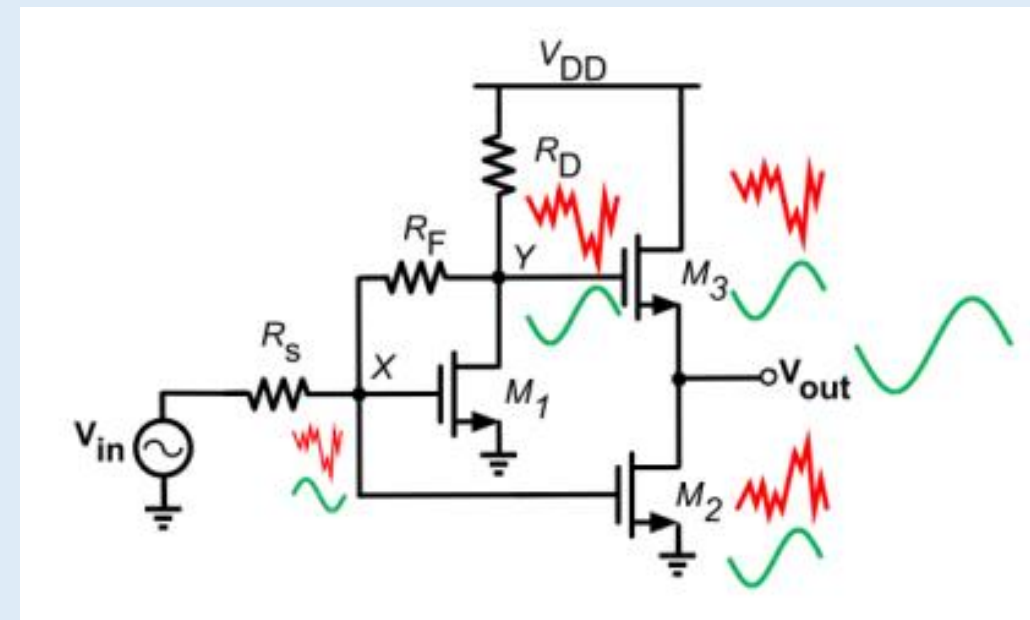
Wish to
noise
cancelling



這讓原本的 2 pole system 變成了有3個pole，且會有一個pole會成為dominant pole，比起原本的架構，bandwidth就會單純由這個pole的位置大小來決定，更方便去做相關的調整。

因為這個TIA後面還會再接其他的放大器，希望可以在這一級就把noise盡可能地消除掉，嘗試加入消除noise的電路。

參考了一些相關論文後，其中一個設計理論上能用來消除noise如下圖



消除的原理是在Y點產生的noise會透過分壓的方式在X點產生同向且較小的noise，兩者的比例會是 $Y:X = R_S + R_F : R_S$ 。在通過兩個路徑放大成兩個相近的訊號於輸出端相加，使noise消除。

Result

Performance table

Design	TIA	TIA with noise cancellingC
	Fig.4	Fig.5
Technology	Mn、 Mp:170um/0.2um M3:425um/0.2um M4:85um/0.2um	Mn、 Mp:170um/0.2um M3: 425um/0.2um M4: 85um/0.2um
Supply voltage	1.5V	1.5V
Transimpedance gain	1.4768kΩ	1.5119kΩ
Bandwidth	501Mhz	407Mhz
Power dissipation	9.1694mW	9.2669mW
RF output noise(V/V)	18.24a	18.96a
MN output noise(V/V)	7.6×10^{-20}	2×10^{-20}
MP output noise(V/V)	4.5×10^{-20}	1.2×10^{-20}
Total output noise(V/V)	19.144a	19.7941a
Total Input refered noise(A)	2.9638p	2.9438p
FoM	4.085×10^{25}	3.417×10^{25}

但是結果並非如預期的成功消除noise，，甚至導致FoM表現更差了。研究過後認為有兩個原因:1.只有MOS元件的noise有成功被消除， R_F noise 無法被消除，但又佔了整個系統絕大多數的noise。2.想要消除最多noise，兩邊路徑的訊號放大倍率必須相同，但M3、M4的尺寸設計因操作電壓範圍較小，無法達成理論上消除最多noise的設計。未來如果研究MOS元件產生的noise較大的電路，可以考慮以本次研究的設計來消除noise。