

生醫訊號放大器(Biomedical Signal Amplifier)

指導教授：沈鼎嵐 博士

學生：蔡欣穎

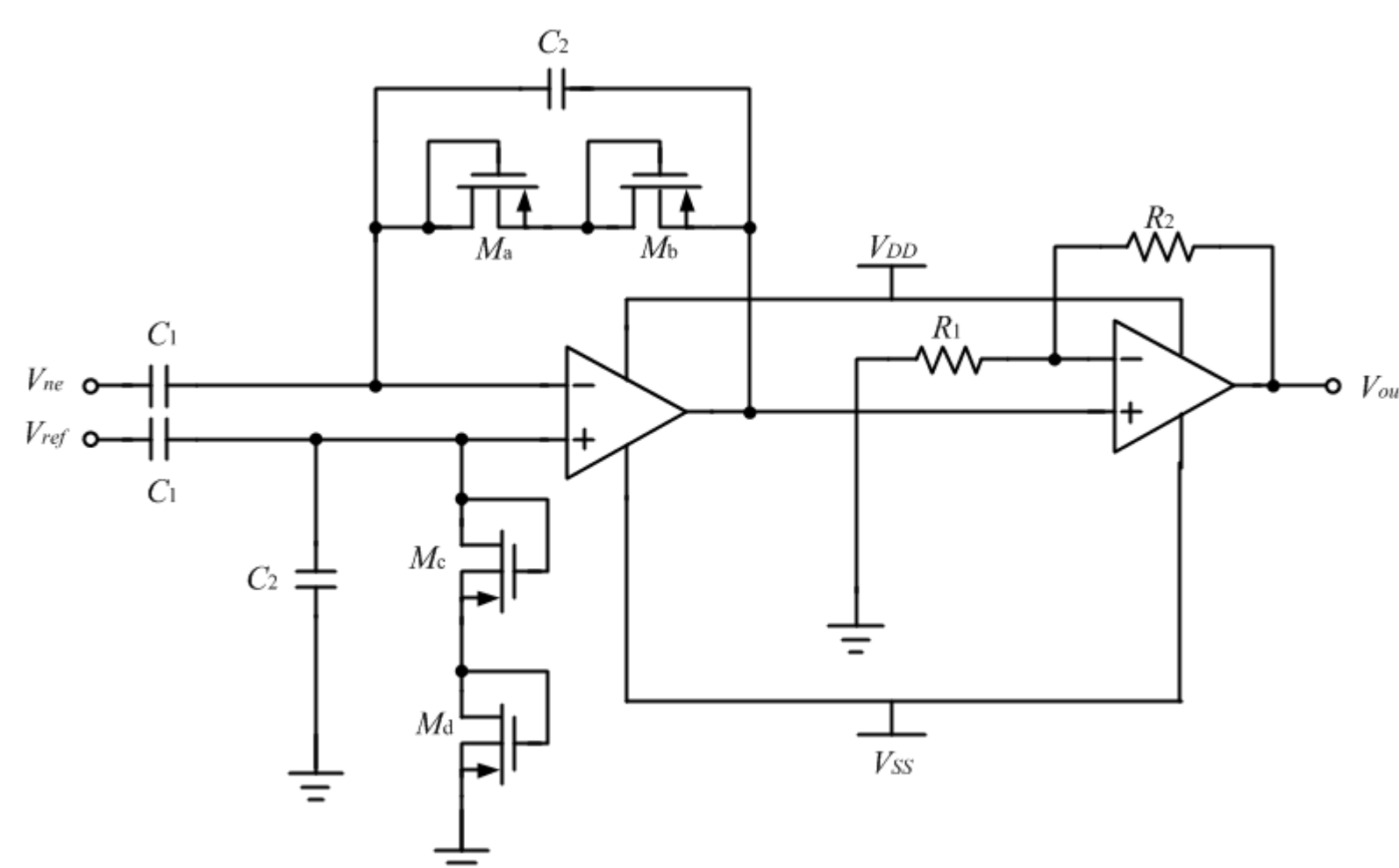
輔仁大學 電機工程學系 大學部專題生

摘要

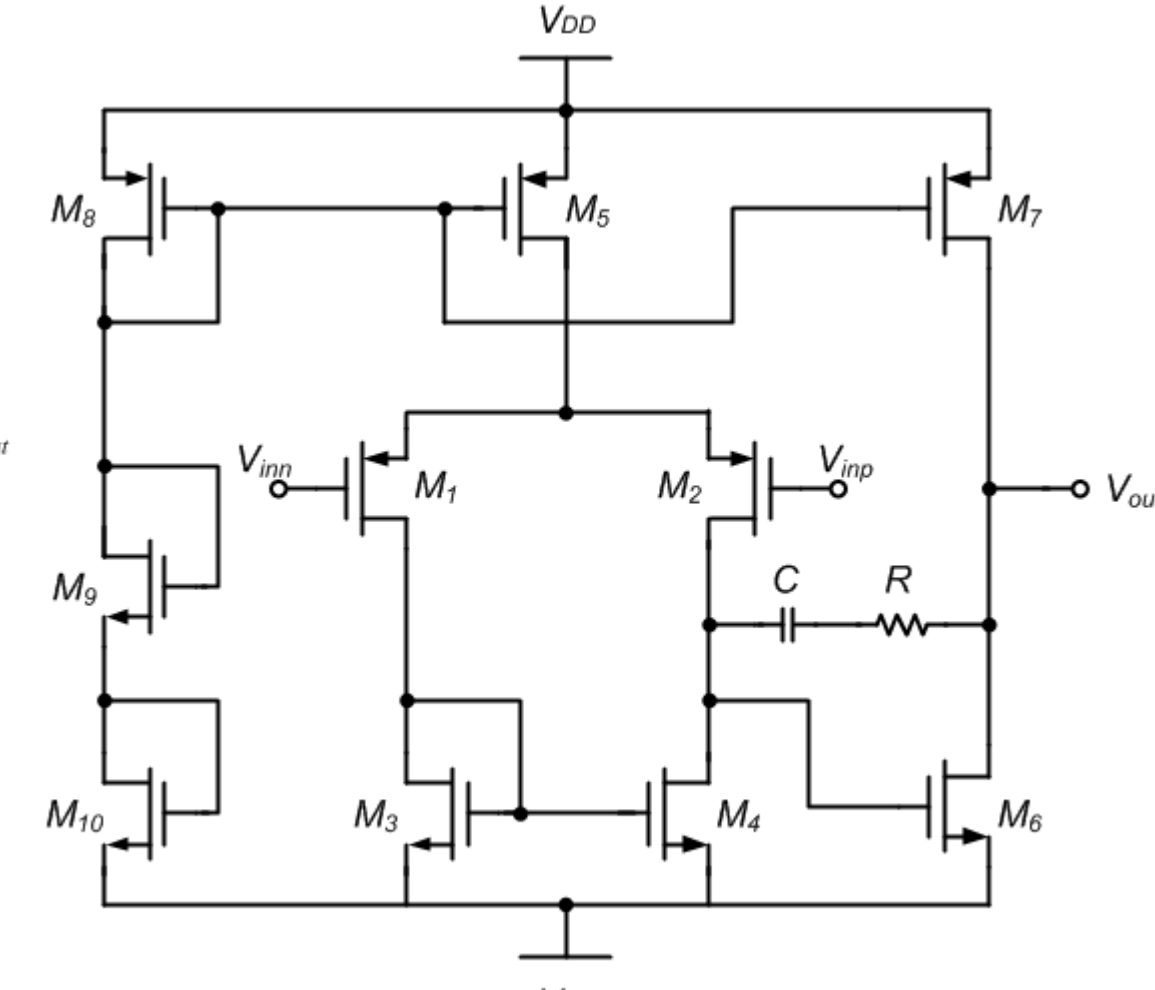
- 本專題設計一運算放大器(op)，放大倍率為1000倍，正負電源為-0.9V~+0.9V，功率消耗約為2mW，Lowpass(3dB point)為0.1Hz。應用此op，設計一使用電晶體作為大電阻的生物信號放大器。晶片外再接上一級200Hz的低通濾波器。本專題使用U18製程製作，總面積為387.83μmx314.38μm。

系統架構

- 本專題晶片內容為先設計twostage放大器電路作為op，再應用此op設計生物信號放大器，之後接一級非反向放大器(noninverting amplifier)。晶片電路結構如圖一。實際測量時，晶片外接一級200Hz的低通濾波器。



圖一、晶片電路結構



圖二、Twostage結構

- 設計原理：
- Twostage放大器電路：

Twostage放大器電路如圖二，各電晶體尺寸列於圖三，輸出的增益以及phase margine 波形如圖四：

電容C為米勒補償電容，是為了將第二個極點移到遠方，使第一個極點變為主極點（極點分裂現象）。串聯電阻R是為了將補償電容C造成的正零點變成負零點。

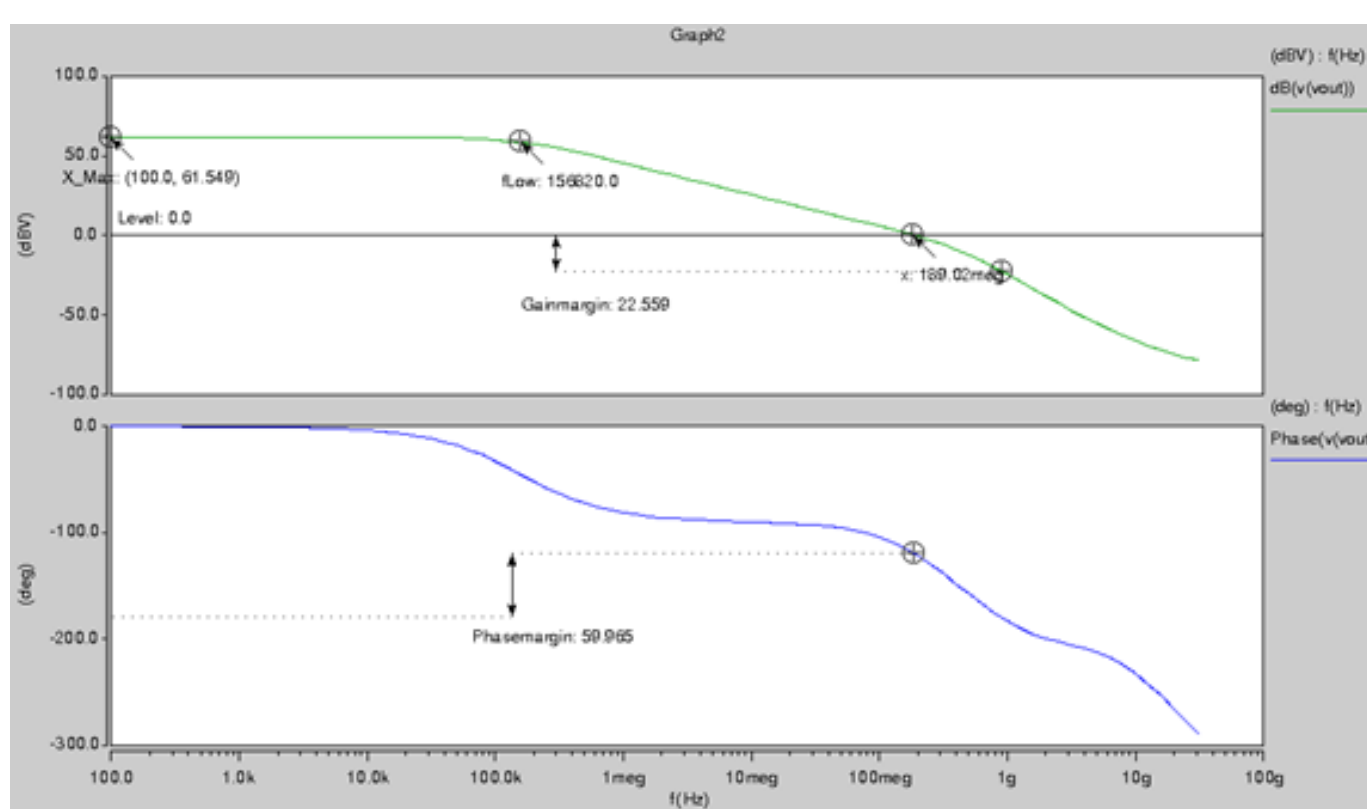
為避免電路設計不當所造成的systematic output dc offset，

設計Mos大小為 $\frac{(W/L)_6}{(W/L)_4} = 2 \frac{(W/L)_7}{(W/L)_5}$ 。

此電路輸出倍率為1000倍。

φ°	$W^{\mu\text{m}}$	$L^{\mu\text{m}}$
M_1°	30u ²	180n ²
M_2°	30u ²	180n ²
M_3°	10u ²	500n ²
M_4°	10u ²	500n ²
M_5°	60u ²	500n ²
M_6°	40u ²	500n ²
M_7°	120u ²	500n ²
M_8°	60u ²	500n ²
M_9°	60u ²	500n ²
M_{10}°	60u ²	500n ²
C°	909fF ²	
R°	2.152kΩ ²	

圖三、各MOS尺寸



圖四、輸出增益及phase margine

- 生物訊號放大器和noninverting amplifier各元件的尺寸列於圖七。

- 第一級電路：

- 生物訊號放大器：

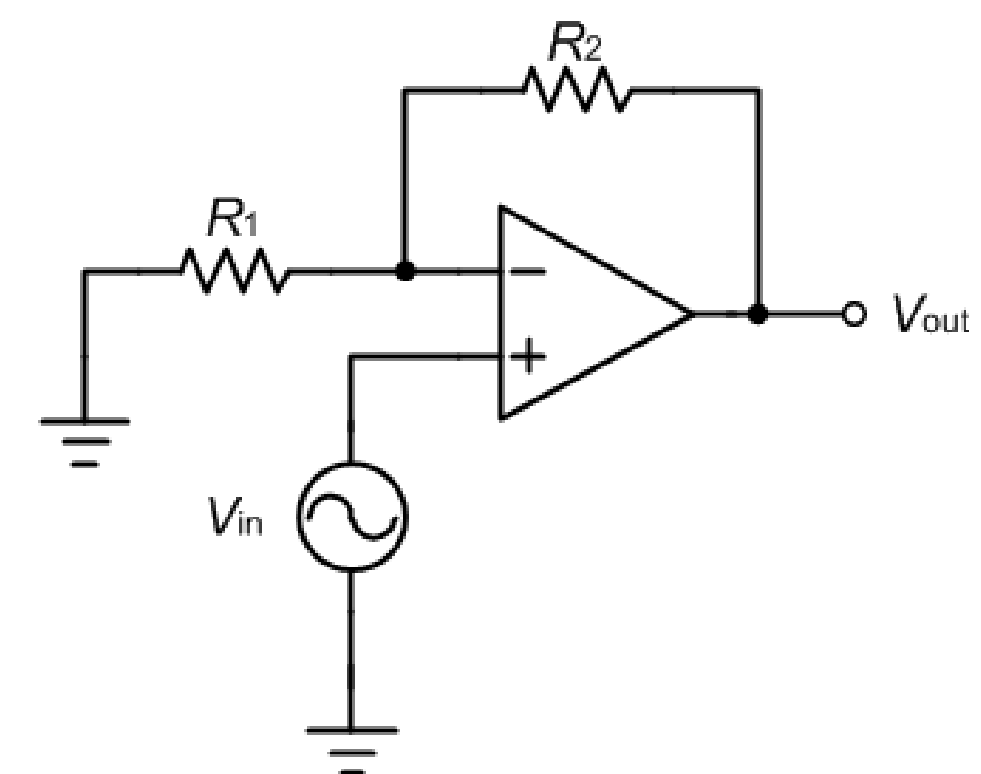
生物訊號放大器如圖五。

根據圖五， $A_M = C_1/C_2$ ， $C_1, C_L \gg C_2$ ，bandwidth= $g_m/(A_M C_L)$ ，低頻cutoff $\omega_L = 1/(2R_{inc} C_2)$ 。電晶體Ma - Md作為pseudoresistors，當 V_{GS} 為負值時，每顆電晶體作為二極體pMOS電晶體，當 V_{GS} 為正值時，每顆電晶體作為二極體連接方式的BJT。設計每顆電晶體大小為1μmX50μm，此電路使用電晶體設計出大電阻。

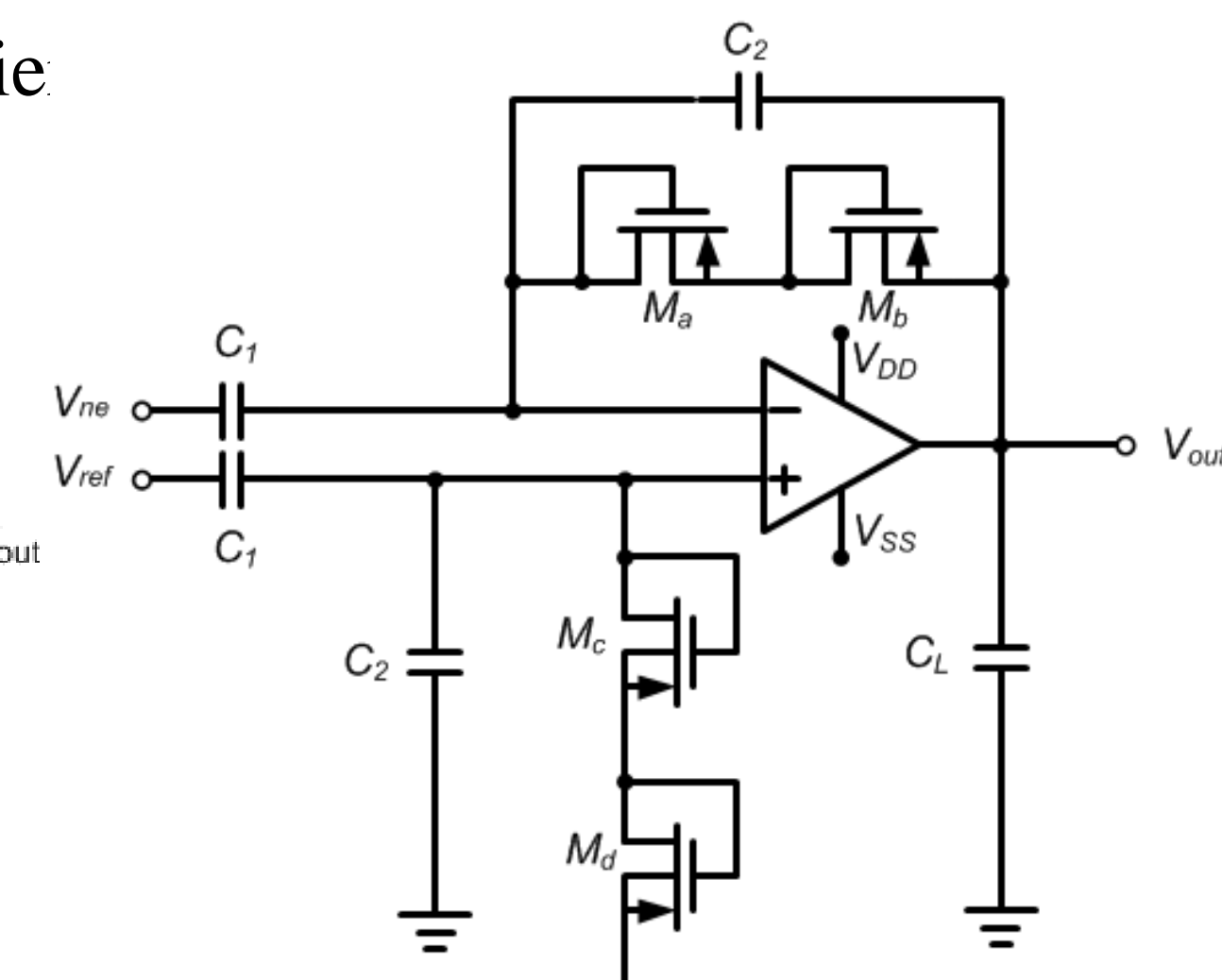
- 第二級電路：
- noninverting amplifier:

圖六為noninverting amplifie

由圖得知 $A_M = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ 。



圖六、 noninverting amplifier



圖五、生物訊號放大器 noninverting amplifier各元件尺寸表

φ°	$W^{\mu\text{m}}$	$L^{\mu\text{m}}$
M_a°	1u ²	50u ²
M_b°	1u ²	50u ²
M_c°	1u ²	50u ²
M_d°	1u ²	50u ²
R_1°	112.7353Ω ²	
R_2°	3.57918kΩ ²	
C_1°	9.06495pF ²	
C_2°	90.075fF ²	

圖七、生物訊號放大器和

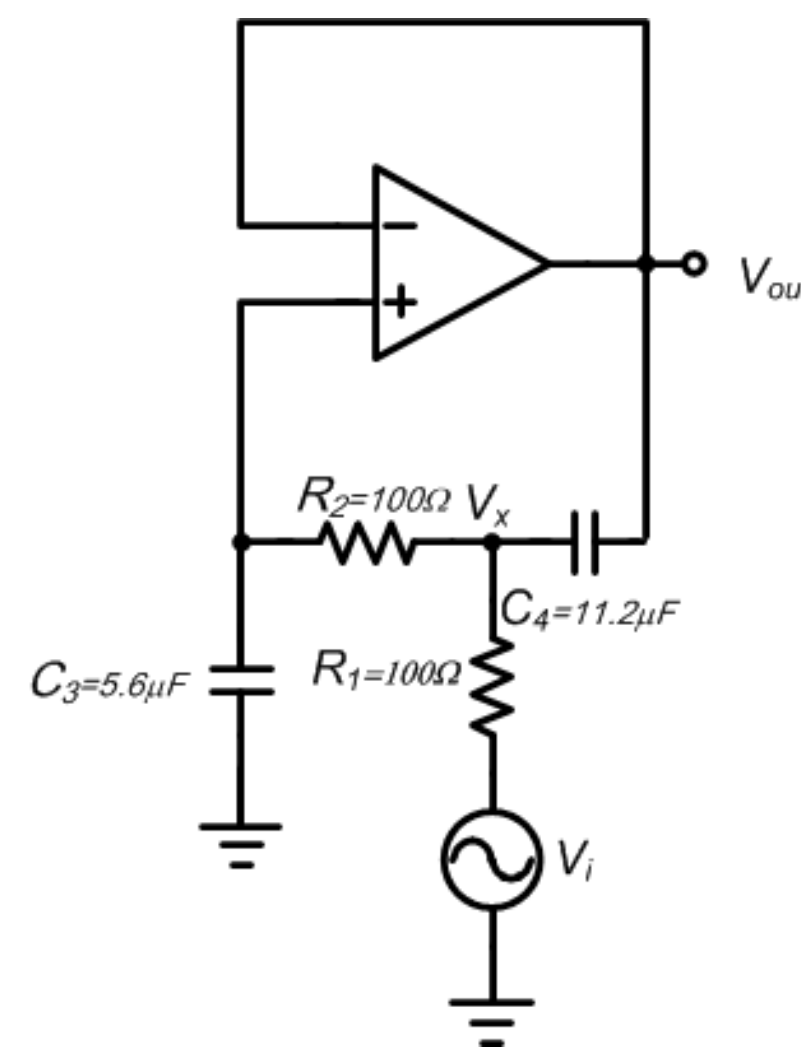
- Sallen-Key低通濾波器：

由圖八可以推得轉換函數為： $\frac{V_O}{V_i} = \frac{1}{1+s(C_3 R_1 + C_3 R_2) + s^2 C_3 C_4 R_1 R_2}$

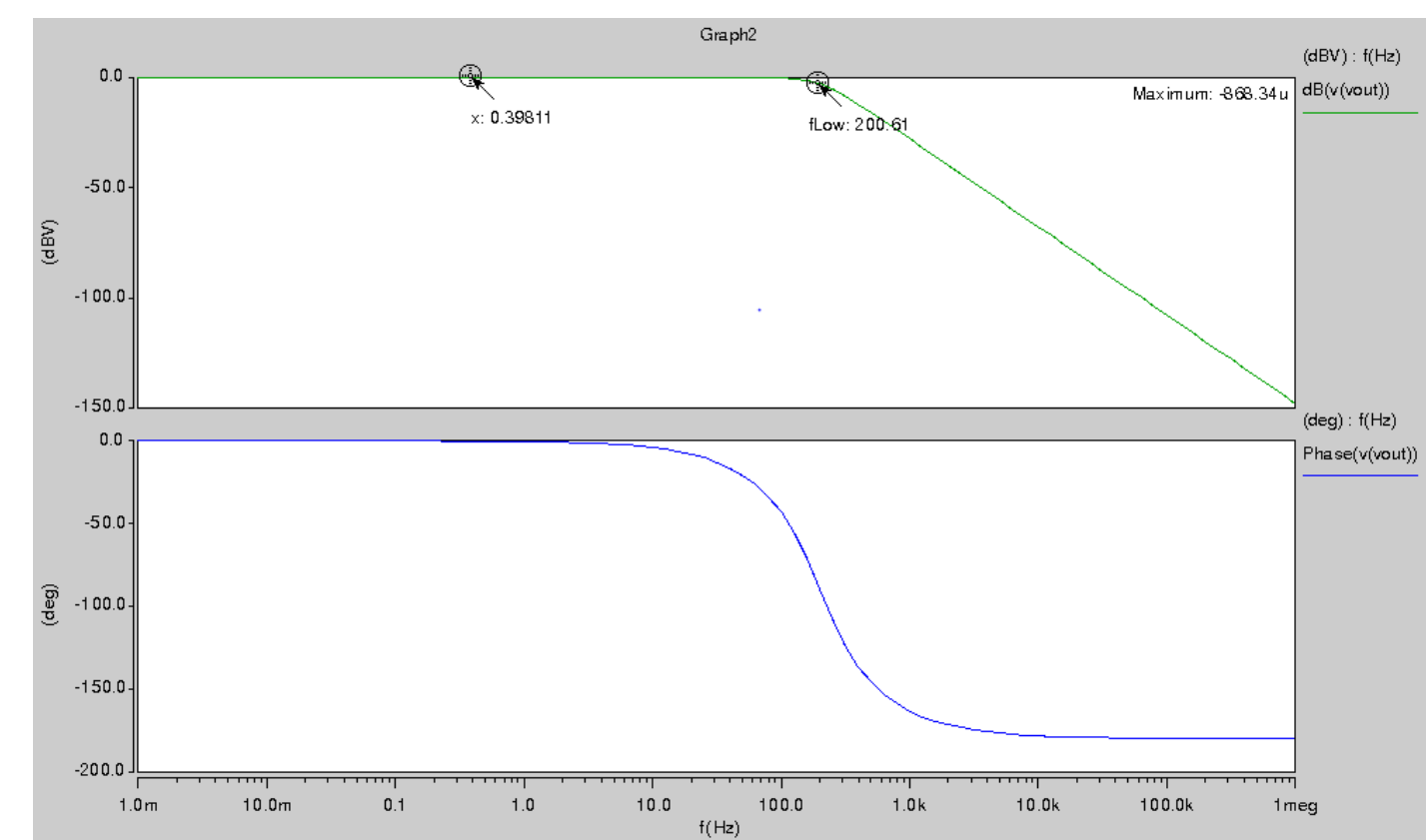
由此可知， $\frac{\omega_o}{Q} = \frac{1}{C_3 R_1} + \frac{1}{C_3 R_2}$ ， $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_3 C_4}} = 2\pi f$

訂定 $Q=0.707$ ， $f=200\text{Hz}$ ，固定 $R_1 = R_2 = 100\Omega$ ，算出 $C_3 = 5.6\mu F$ ， $C_4 = 11.2\mu F$

低通濾波器的小訊號模型波形如圖九，Lowpass(3dB point)為200.61Hz。



圖八、 Sallen-Key低通濾波器



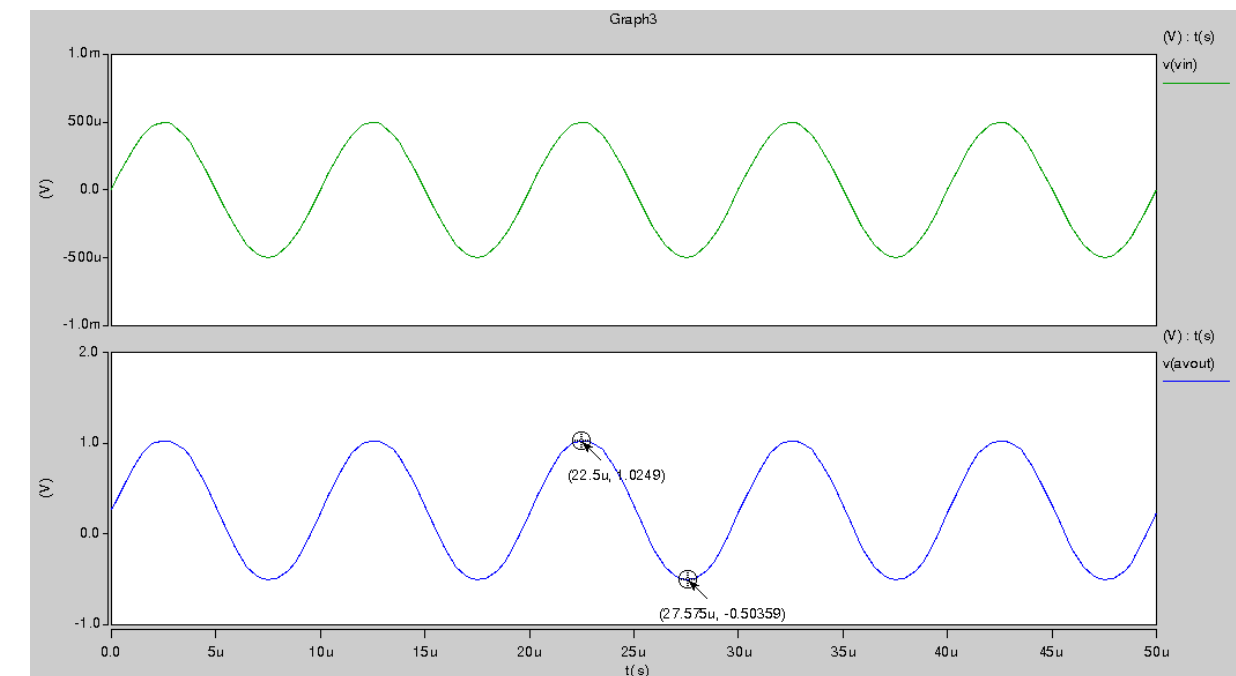
圖九、 低通濾波器小訊號模型

- Layout佈局圖和模擬：

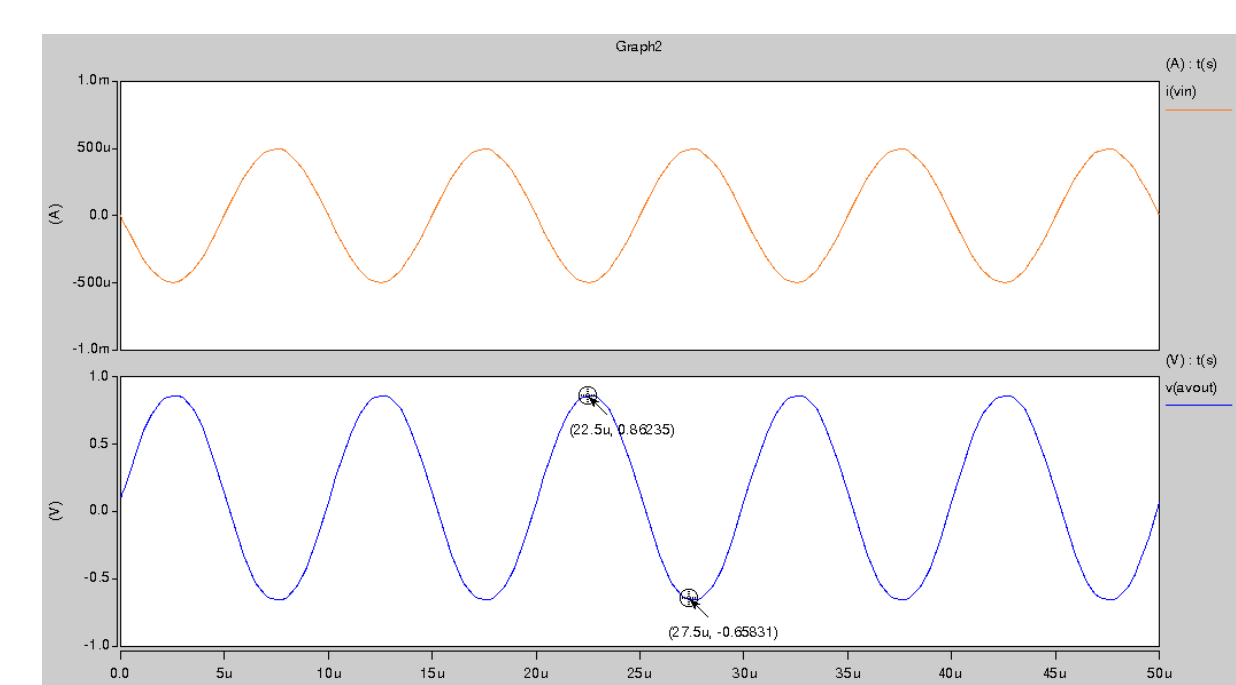
Layout佈局圖如圖十，面積為387.83μmx314.38μm，pre-sim暫態模擬波形(tt)如圖十一，放大增益約為1000倍，post-sim暫態模擬波形(tt)如圖十二，放大增益也約為1000倍。



圖十、Layout佈局圖



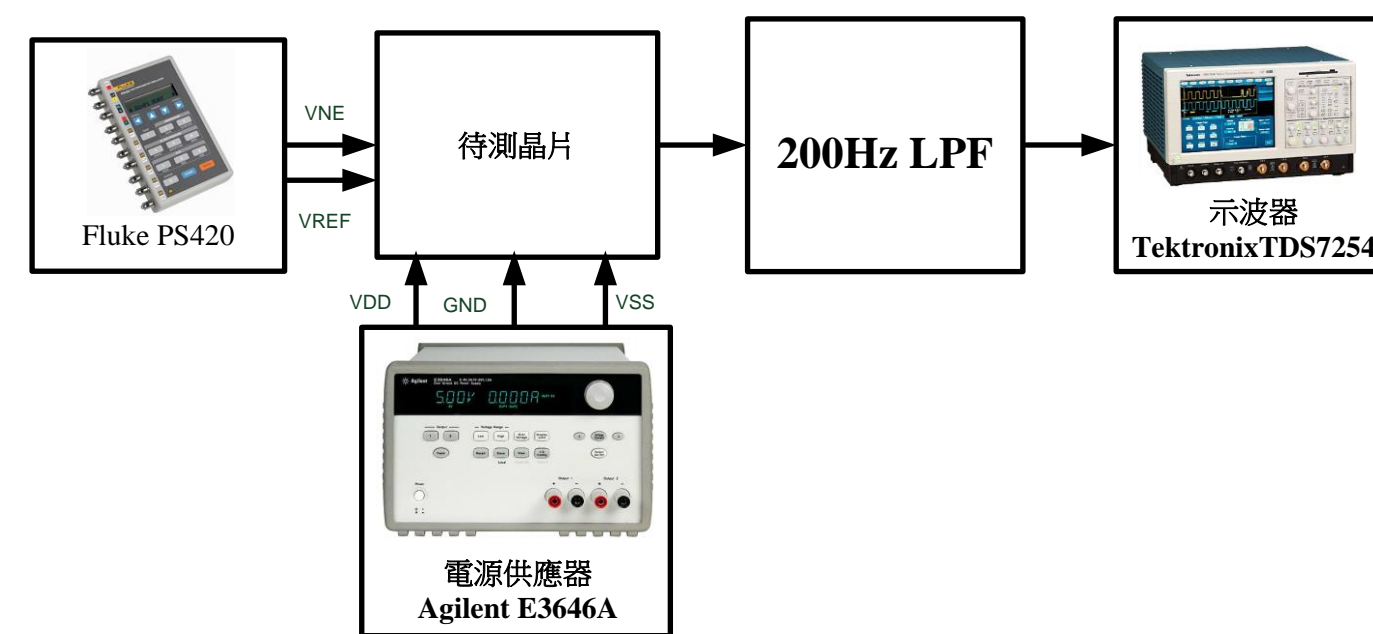
圖十一、 pre-sim模擬波形(tt)



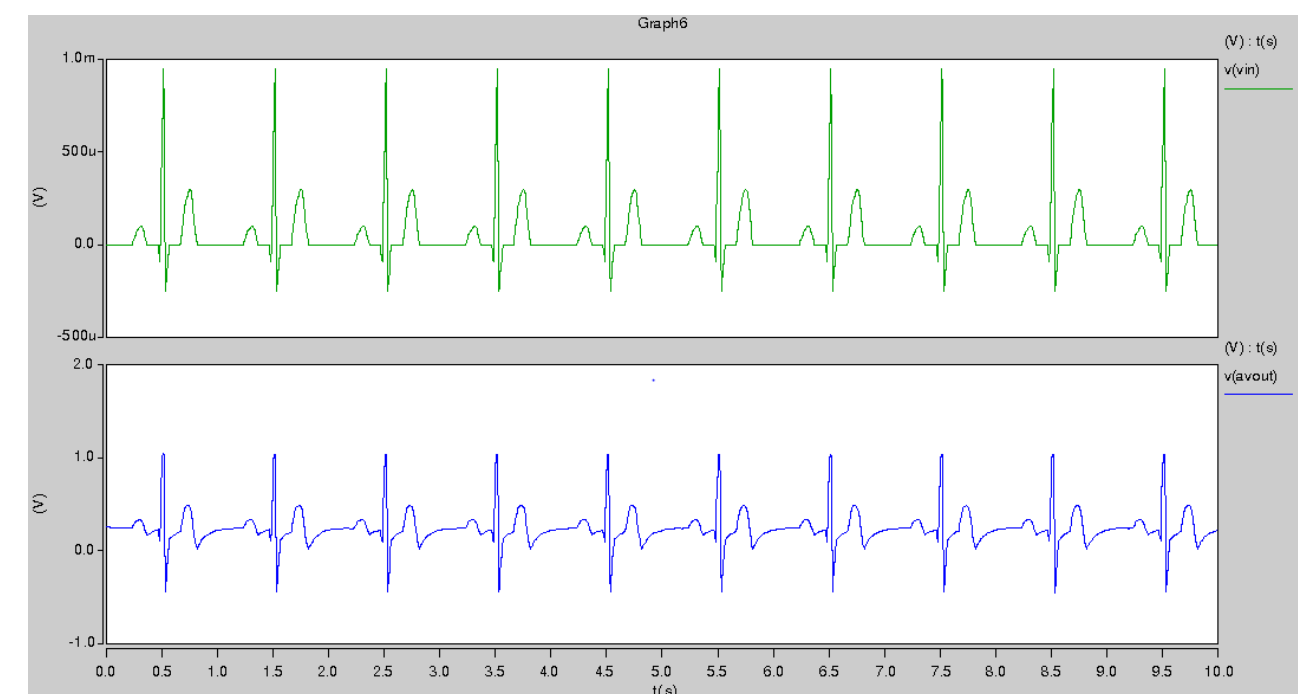
圖十二、 post-sim模擬波形(tt)

實測量測方法

- Fluke PS420為一病患參數模擬機，利用其輸入一模擬心跳訊號；電源供應器輸入：VDD:0.9V，VSS:-0.9V，並在量測晶片時，外接一200Hz的低通濾波器，最後使用示波器測量輸出心跳訊號。量測方法如圖十三， post-sim心跳模擬(tt)如圖十四。



圖十三、量測方法圖



圖十四、post-sim心跳模擬(tt)

結論

- 電源供應VSS=-0.9V，VDD=+0.9V，預計增益為1000倍，功率消耗約為2mW，Lowpass(3dB point)為0.1Hz，模擬量測和預計規格細節列於下表，如圖十五。

Specification ²	Spec. ²	Post-layout Simulation ²
Power Supply (V) ²	-0.9 V ~ +0.9 V ²	-0.9 V ~ +0.9 V ²
Gain ²	60dB ²	64dB ²
Low 3dB frequency ²	0.1Hz ²	0.1Hz ²
power dissipation ²	2.0mW ²	2.3586mW ²

圖十五、規格表



2015 輔仁大學電機工程學系
大學部專題成果展

