



逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：高靈敏度光電生化檢測系統

作者：何彥賢

系級：電機工程學系碩士班一年級

學號：M9430773

開課老師：陳德請 老師

課程名稱：光電子學

開課系所：電機系

開課學年： 94 學年度 第 1 學期



中文摘要

本研究的目的是在設計一種偵測行經生化檢體兩次後的可見光準直光的衰減量而得知檢體的光吸收度的雙光程吸收式生化光電檢測系統，其優點為所需檢體量少、光學系統簡單且成本低、雙光程靈敏度高且因使用發光二極體為光源可省去使用濾光片及無發熱問題。我們最終將光電感測單元後端的處理器，即記憶體與邏輯控制線路做在同一顆晶片上SOC(System-on-Chip)，降低系統雜訊、縮小體積、防止外界電磁波及背景光干擾與降低生產成本。

關鍵字：光電檢測、生化、SOC



目次

| | |
|---------------------|-----|
| 封面 | |
| 中文摘要 | I |
| 目次 | II |
| 圖目錄 | III |
| 表目錄 | IV |
| 一、前言 | 1 |
| 二、原理 | 1 |
| II.1 光發射端 | 3 |
| II.2 光接收端 | 4 |
| II.3 System-on-Chip | 7 |
| 三、結論 | 10 |
| 誌謝 | 10 |
| 參考文獻 | 11 |



圖目錄

| | | |
|------|---------------------------|----|
| 圖 1 | 高靈敏度光電生化檢測系統圖 | 1 |
| 圖 2 | 光電感測單元示意圖 | 2 |
| 圖 3 | 架構示意圖 | 2 |
| 圖 4 | 二極體光譜圖 | 3 |
| 圖 5 | Photoconductive mode | 4 |
| 圖 6 | photovoltaic mode | 5 |
| 圖 7 | 光電晶體光譜響應曲線圖 | 5 |
| 圖 8 | 光二極體內部電路圖 | 6 |
| 圖 9 | 外部接腳方塊圖 | 7 |
| 圖 10 | Low-Pass MFB Architecture | 9 |
| 圖 11 | 內部邏輯電路設計圖 | 10 |



表目錄

表一 各類光二極體元件表-----6



一、前言

政府為輔助半導體產業，朝SoC技術快速發展，於2000年1月13日，由經濟部委託工研院規劃籌設「單晶片系統（SoC）推動聯盟」，借重工研院之研發資源及SoC運用經驗，結合國內產官學研之資源發揮整體力量，達到協助產業建立SoC發展環境之目標。我們將後段邏輯控制線路、濾波電路、放大電路、減法器及記憶體集中在一個晶片上(SOC), 最終得出一個數位數值顯示在外部顯示器上。

二、原理

高靈敏度光電生化檢測系統原理

高靈敏度光電生化檢測系統，其基本原理為偵測行經檢體兩次後的可見光的衰減量而得知檢體的光吸收度。本系統測定的對象是檢體經生化反應後的呈色物質，呈色物質溶液的顏色深淺與其濃度有一定的關係，量測呈色物質的某一波長光吸收度，即可測得待測檢體的濃度，由建立光吸收度與生化成份濃度關係的對照表，來獲得檢體中所含生化成份的濃度。由Beer's Law知道，一般單色光穿過被測檢體溶液時，被該檢體吸收的量與該檢體的濃度和檢體的厚度（光路長度）成正比，其關係如下式： $A = -\log T = E \cdot C \cdot L$ ，T 為透光率；A 為光吸收度；E 為吸收係數，C 為溶液中所含被測檢體的濃度，L 為溶液厚度，從以上公式可知增加溶液厚度或是增加單色光在被測檢體溶液光路程，就可增加光吸收度，本系統採用增加光路程即偵測行經檢體溶液兩次後可見光的光吸收度，讓可見光準直光行經檢體溶液兩次方法是使用稜鏡反射鏡，系統架構如圖1 所示；

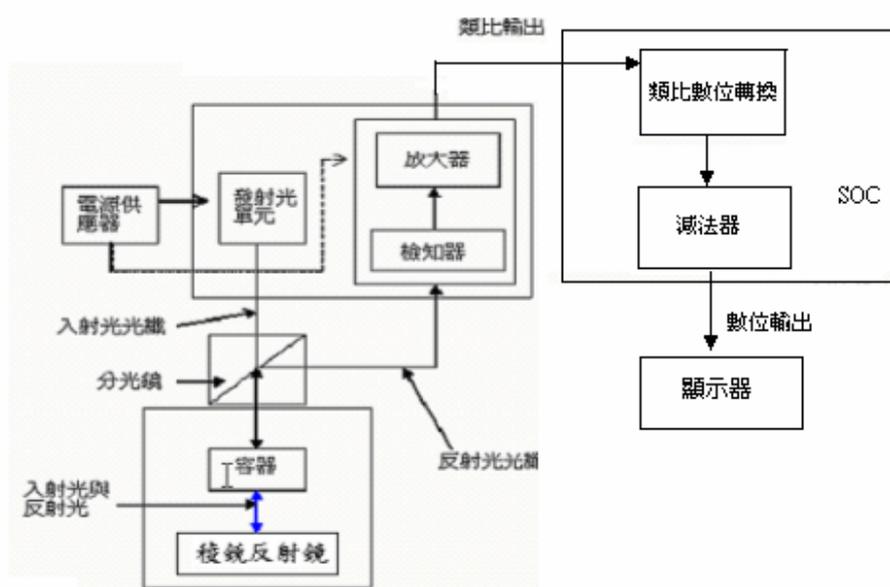


圖1. 高靈敏度光電生化檢測系統

因為增加溶液厚度即需增加檢體的量，相對就增加檢測成本，但是有時候根本無法獲得那麼多檢體的量，利用此系統即可改善此因素。整套光電檢測系統包含(1)光電感測單元如圖2 所示、(2)導光光纖單元、(3)待測試之檢體及(4)稜鏡反射鏡。其中光電感測單元包含：光發射端及光接收端

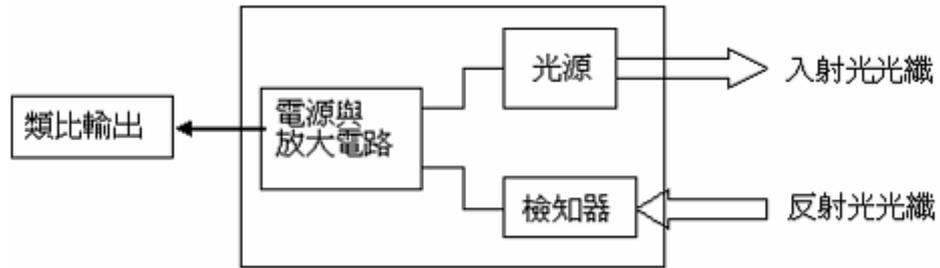


圖2. 光電感測單元示意圖

系統中的稜鏡反射片功能係將光電感測單元發射端發出的準直光波穿越檢體之後，行反射作用，使準直光波又穿越檢體一次，回到光電感測單元接收端，雙光程光學架構如圖3 所示。

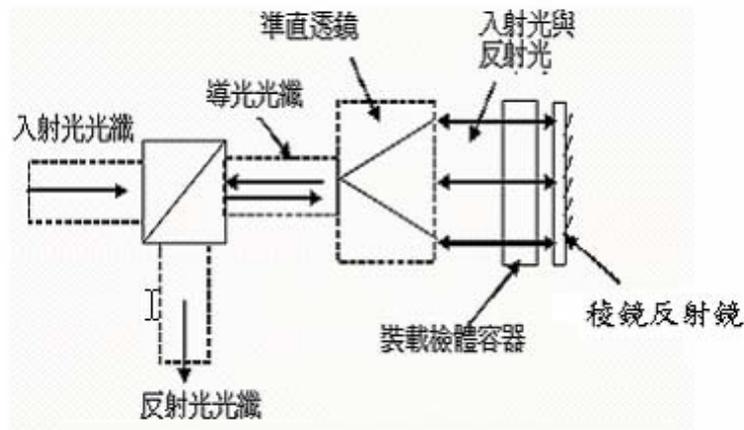


圖3. 架構示意圖

本系統因使用準直光及稜鏡反射鏡，對對焦較不敏感，另外此光電感測單元中光源為經發光二極體，使系統具抗外界光源干擾能力。發光二極體放射光譜峰值剛好

位於呈色物質的吸收光譜帶峰值，因此可省去濾光片。綜合本系統有以下四項優點：（1）對光容易（稜鏡反射鏡及平行光的使用）、（2）光學系統得以簡化（與一般穿透式相比；使用反射式）；（3）檢體的所需的量較少（使用微量容器的設計）；雙光程使用吸收光程增加一倍（與一般穿透式相比），因此可提升系統靈敏度；（4）光源使用發光二極體具省電、不必使用濾光片（輻射光譜與呈色物質之光譜相匹配）及無發熱的問題。

II.1 光發射端

此光電檢測電路使用發光二極體（LED）為光源，與一般光源如鎢絲燈比較之下，發光二極體具有以下幾項優點，包括體積小、反應速度快、高亮度、壽命長、穩定性佳…等，且使用發光二極體所需的驅動電路製作成本又比半導體雷射低。因為發光二極體所發射的光源必須是發射波長峰值匹配生化檢體吸收波長峰值，所以我們此光電感測單元發射光源採用發射光波長峰值在655 nm 的紅光發光二極體 如圖4。

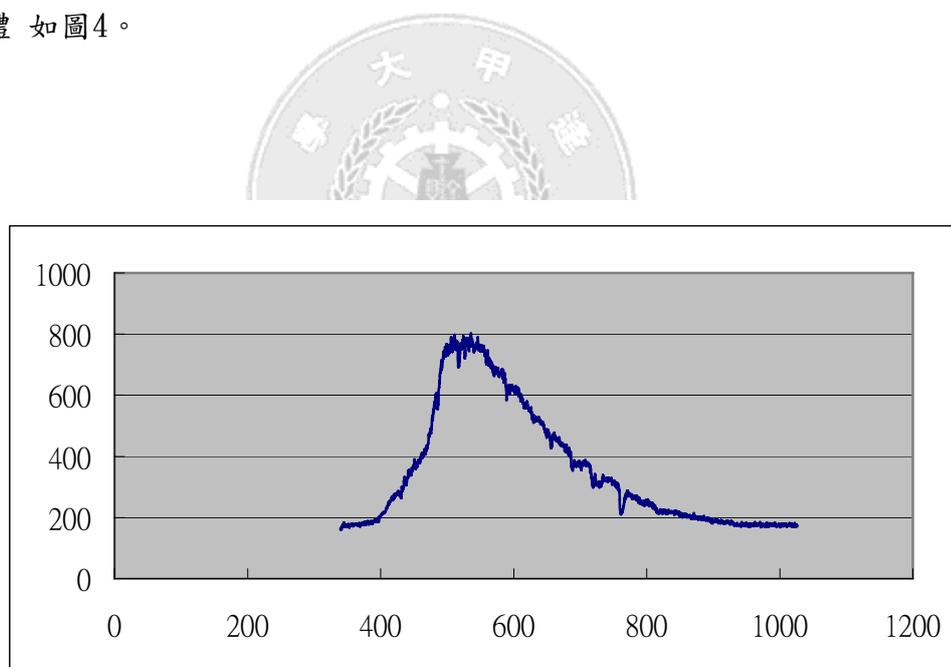


圖 4. 發光二極體發射光譜圖

II.2 光接收端

光電檢測系統的準直光路徑是來回反射檢體，入射光與反射光皆由導光光纖傳送，光接收端將反射光由聚光鏡聚焦在檢知元件上，光接收端包括檢知器、濾波電路與放大器。常用的受光元件為光二極體，其特性為入射光量與輸出電流成線性正比變化，但隨受光量的增加，P-N 接面的I-V 特性曲線會往下改變，而使P-N 接面的少數載子電流增大，即所謂的暗電流（Dark Current）增加，而光二極體的反應速度與P-N 接面電容大小有關。而在使用光二極體時有兩種工作狀態 photoconductive (PC圖5) 與 photovoltaic (PV圖6) 可以選擇，PC 工作狀態是施加逆向偏壓在光二極體兩端，這樣可以擁有較小的接面電容與較高的頻率響應，反應速度也較快，適合用在需高速反應場合，但施加偏壓也會使得光二極體暗電流增大。PV 工作狀態時則不外加偏壓於光二極體上，因此可以減少暗電流的產生，以及可獲得不錯的受光線性度。光二極體受光後會產生電流，由於在電路上是要量測電壓的變化，所以要先將電流訊號轉換成電壓訊號，在PC 或PV 工作狀態下都可以用外加電阻或搭配放大器來將電流轉換成電壓，但因光二極體受光後輸出的電流很微小，轉換成電壓輸出時通常只有mV 或uV，不利我們量測，所以若光二極體以外加電阻方式轉換電流成電壓，需將電阻值加到很大，但這樣會因電阻的增大而增大雜訊。所以我們選擇使用運算放大器 (LM324M) 來做電流電壓轉換與訊號放大的工作，因加上放大器的關係，所以光二極體兩端視為接地，電壓差視為0V，這使得兩端的接面電容可以忽略，而可獲得不錯的頻率響應。而為了要增大可接收發光源波長範圍，我們使用光電晶體當作受光元件，光電晶體是由一個加逆向偏壓的光二極體與電晶體所組成，即讓光二極體以PC 工作狀態操作，

The Photoconductive Mode:

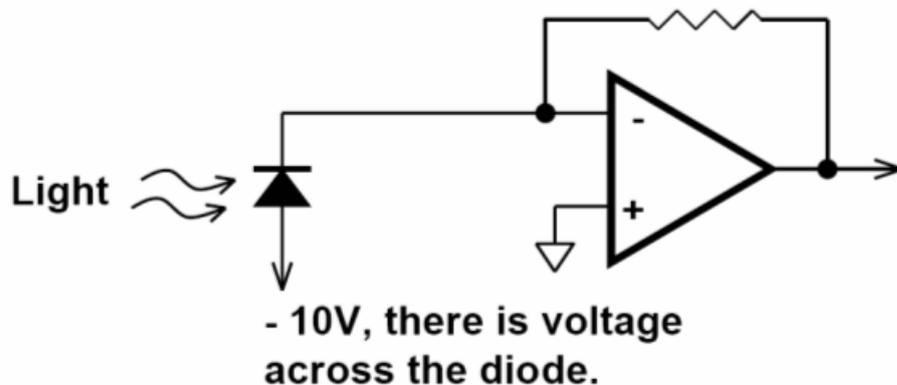


圖 5 Photoconductive mode

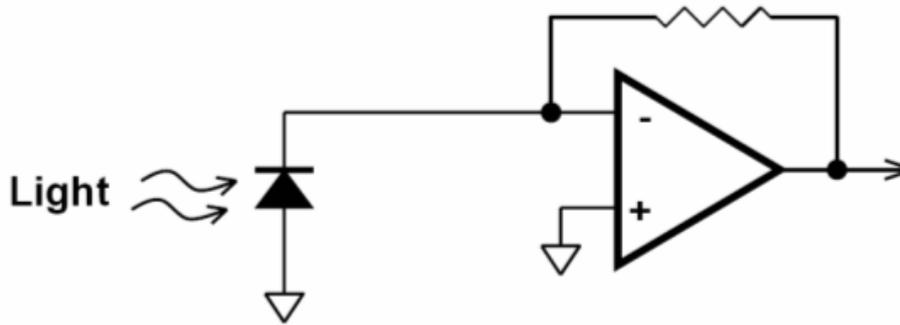


圖 6 photovoltaic mode

光譜響應曲線如圖 7 所示。

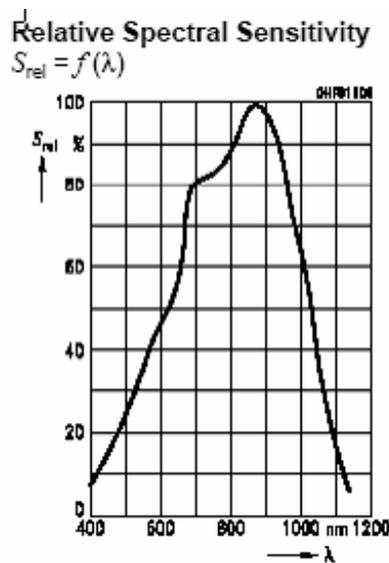


圖 7. 光二極體光譜響應曲線圖

在濾波電路前加上一個可變電阻，藉由電阻值的改變，我們可以微調此檢知器的靈敏度。為避免所接收的光訊號裡包含了不想一起放大的雜訊，如日光燈訊號，我們利用電容與電阻所組成的高通濾波器 (High Pass Filter) 將日光燈所產生的 120Hz 訊號去除掉。因為光電晶體所產生的電流訊號很微小，為了使之後輸出的電壓變化訊號量測易於分析，所以我們利用放大器 (LM324M) 元件將輸出訊號藉由負回授加以放大。光二極體在有外加逆向偏壓或受足夠光照射時，外在環境所存在的電磁波干擾對電路影響不大，但若沒在上述條件工作時，電磁波的干擾將會變的很明顯，因此為避免外在電場所生成的電磁波影響輸出訊號，我們在光電感測單元電路外圍加上金屬屏蔽，以降低電磁場對電路系統的影響。

光電二極體電路圖如圖 8, 反偏電壓為 0 時, 光電流會分流在內部電阻、短路電阻和外部負載。

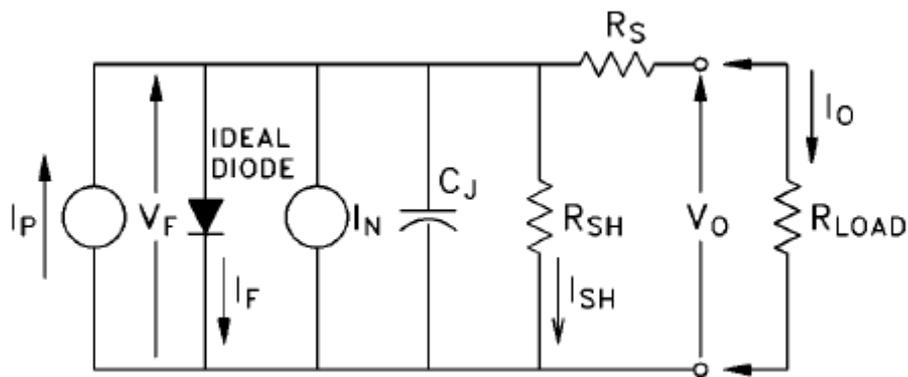


圖 8. 光二極體內部電路圖

- I_P = 光電流
- V_F = 順向電壓
- I_F = 順向電流
- I_N = 雜訊電流
- C_J = 接面電容
- R_{SH} = 短路電阻
- I_{SH} = 短路電流
- R_S = 串聯電阻
- V_O = 輸出電壓
- I_O = 輸出電流



各類光二極體元件表(表1)

| Device | Input Noise Voltage (nV/RtHz) | Input Noise Current (pA/RtHz) | Input Capacitance (pF) | I_{bias} (max) | GBWP (MHz) | GBWP/ C_{in} (MHz/pF) |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------|------------|-------------------------|
| LMH6628 | 2 | 2 | 1.5 | 20 μ A | 200 | 133 |
| LMH6626* | 1.0 | 1.8 | 0.9 | 20 μ A | 500 | 556 |
| LMH6624* | 0.92 | 2.3 | 0.9 | 20 μ A | 500 | 556 |
| LMH6622 | 1.6 | 1.5 | 0.9 | 10 μ A | 200 | 222 |
| LMH6654 /6655 | 4.5 | 1.7 | 1.8 | 12 μ A | 150 | 83 |
| LMH6672 | 4.5 | 1.7 | 2 | 14 μ A | 100 | 50 |
| LF411A | 25 | 0.01 | 4 | 200pA | 4 | 1 |
| LMV751 | 7 | 0.005 | 5 | 100pA | 5 | 1 |
| LMC662 | 22 | 0.0002 | 4 | 0.01pA (typical) | 1.4 | 0.3 |
| LMV771 | 8 | 0.001 | 4 | 100pA | 4 | 1 |

表1 各類光二極體元件表

II.3 System-on-Chip

我們將內部電路記憶體與邏輯控制線路做在同一顆晶片上，好處是能將 IC、電子元件數目由多顆減少至一顆或最少，但絲毫無損整個系統的功能，以實現輕、薄、短、小的產品設計目標，並且在量測高齡敏度的光電檢測時減少其它雜訊，原本消耗於各 IC 元件間之外部訊傳遞之電能將大幅減少，故可達省電的功效。

雷射二極體射入分光鏡(50%)分成兩道光，一道光射入檢體後由光二極體接收，另一道光直接光二極體接收，光二極體轉換成電壓送出去，經過低通濾波器 (LPF)，產生 0~2.5V 之脈衝，進入晶片 SENSE_X、SENSE_Y 腳。在經過類比數位轉換 ADC，再用減法器處理，得出兩者差值。

下面是外部接腳方塊圖(圖 9)

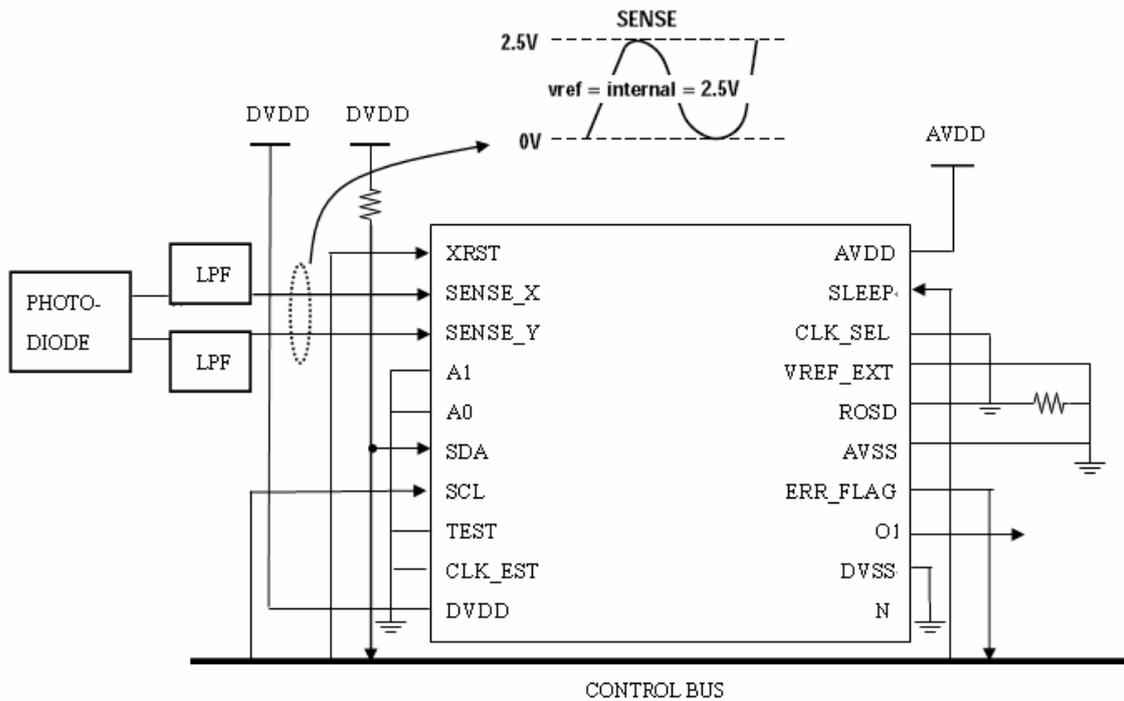


圖 9. 外部接腳方塊圖

內部腳位說明

X_RST

當 LOW 時，系統重置。X_RST 重置所有的暫存器。最小重置脈波是 10 μ s 且需由外部電路提供

SLEEP

當 HIGH 時，將進入休眠模式。在休眠模式中，所有的類比電路電源關閉，時脈訊號由邏輯核心取得。

CLK_SEL

用來選擇內部或外部時脈信號。CLK_SEL=0 為內部時脈。CLK_SEL=1 為外部時脈。

A1, A0

A1(高位元)，A0(低位元)，定義兩個低位元的位址

SDA

SDA是資料I/O腳位，這是一個雙向的腳位，I/O的方向由I²C介面區塊中的內部信號來決定

SCL

這是I²C的時脈腳位

TEST

連接到數位的接地信號(DVSS)

CLK_EXT

外部的時脈信號輸入腳位。當使用都選擇使用外部時脈信號時，需設定CLK_SEL=1，此時，外部時脈信號由此腳位輸入

O1

此腳位為 output 端。

ERR_FLAG

當有 ERROR 產生，且被偵測到時，ERR_FLAG=1。

SENSE_X、SENSE_Y

光檢知器類比輸入腳位，一個濾波器被放置在檢知器輸出和 SENSE_X、SENSE_Y。典型的濾波是一個由 68K 歐姆和 1 μ F 組成的單極低通濾波器

VREF_EXIT

當提供一個外部參考電壓給類比轉數位 (ADC) 時，VREF_EXIT 被當作一個類比輸入腳位。

一般情況下，都是使用內部參考電壓，但某些特殊情況下，可藉由設定 VREF 腳位來使用外部參考電壓。

ROSC

一個誤差 1% 以下 68K 歐姆電阻，連接 ROOSC 到 AVSS 腳位，以驅動內部振盪器。
若採用外部振盪器模式，ROOSC 腳可以浮(空)接。

DVDD, DVSS, AVDD, AVSS

DVDD：數位電源端

DVSS：數位接地端

AVDD：類比電源端

AVSS：類比接地端

低通濾波器(LPF)

我們用 Low-Pass MFB Architecture 圖 10

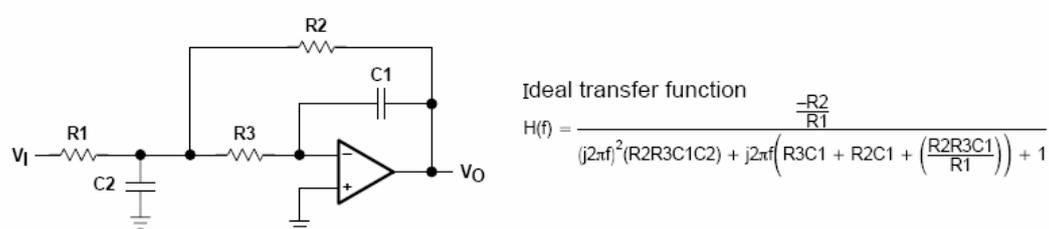


圖 10 Low-Pass MFB Architecture

$$k = \frac{-R_2}{R_1}, \quad FSF \times fc = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_2 R_3 C_1 C_2}}, \quad Q = \frac{\sqrt{R_2 R_3 C_1 C_2}}{R_3 C_1 + R_2 C_1 + R_3 C_1 (-k)}$$

下面為內部邏輯電路設計圖 (圖 11)

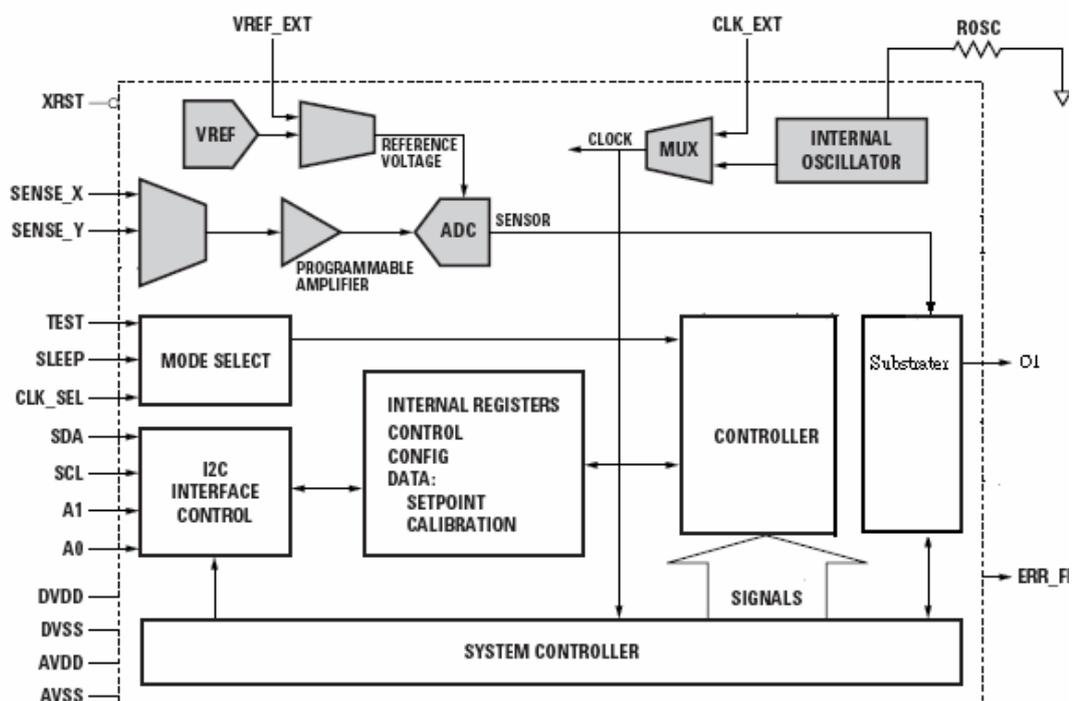


圖 11 內部邏輯電路設計圖



三、 結論

本研究已設計及研製完成了雙光程微量吸收式生化光電檢測系統，完成的硬體部分包括了，發光二極體光源發射驅動電路、檢知器電路、濾波電路、放大電路。而我們把濾波電路、放大電路、減法器及記憶體做在同一片晶片上，經理論模擬可行性相當高，而且此SOC(System-on-Chip)系統架構及功能方塊圖皆已完成，目前正準備下線，待下線有成品後，將作各類光電參數及功能測試(含靈敏度)，以驗證我們設計理論。

誌謝

本篇論文感謝國科會(NSC-94-2622-E-035-014-CC3)經費的支援得以完成，在此特別誌謝。

參考文獻

- 1.李世文、莊正當、陳德請、陳育聖，『雙光程吸收式生化光電檢測系統』，第三屆現代通訊科技應用學術研討會，北臺科學技術學院，S5-2，18th March 2005。
- 2.許招墉，『光電工學概論』……編著
- 3.陳德請、吳世揚，『生物光電工程導論』，全華圖書公司，台北。
4. Agilent AECS-1010-AA02 Reflective Application Kit
5. Using the HDJD-J822 Color Management System Feedback Controller ASIC

