

HYCON DMM 晶片介紹

新型數位萬用電表 (DMM) 的技術與應用分析

1. 引言

1.1 背景說明

數位萬用電表 (DMM) 是電子工程領域不可或缺的測量工具。隨著科技的進步，DMM 不僅在硬體性能上獲得提升，還融入了智能化和數位化功能，使其在精度、穩定性和操作便利性方面達到新的高度。

1.2 發展歷程

- 傳統指針式萬用電表：** 主要用於基本電壓、電流和電阻測量，結構簡單但精度和功能有限。
- 數位電表的誕生：** 隨著數位顯示技術和微處理器的應用，DMM 成為主流，並不斷演化為多功能精密工具。
- 智能化 DMM：** 當前新型 DMM 具備更多測量參數、自動化功能和互聯能力，部分功能電路需要外加。
- 紘康科技 HYCON：** 為滿足用戶對高精度、智能化的需求，紘康科技推出的 HY12P 系列和 HY313x 系列 DMM 專用晶片，突破了傳統設計的局限，提供了更高的準確度、解析度和互聯性能，徹底滿足了現代測試設備的技術要求。

2. 新型數位萬用電表的技術特徵

2.1 高精度與高分辨率

技術進步： 新型 DMM 通過先進的 ADC (模數轉換器) 技術實現高精度，可以達到 $\pm 0.01\%$ 的基本誤差率。

分辨率提升： 支援 5 位半、6 位甚至更高顯示分辨率，用於測量極小信號的變化，例如毫伏級的電壓波動或微安級的電流。

2.2 多功能化設計

- **電參數測量：** 電壓、電流 (直流/交流)、電阻是基本功能，並且包含電容、頻率和相位測量功能。
- **溫度與功率測試：** 配備溫度感測器或熱電偶接口，支援直接測量電路功率消耗，適合新能源測試需求。

2.3 自動化與智能化

- **自動範圍選擇：** 減少手動切換量程的時間和誤差，適用於快速測試場景。
- **智能診斷功能：** 某些高階型號可進行簡易電路診斷，如短路檢測或故障定位。
- **可程式化開關網路：** 提供精準的量測功能，還能實現自動量程切換 (Auto-ranging) 技術，提高測量的便利性。

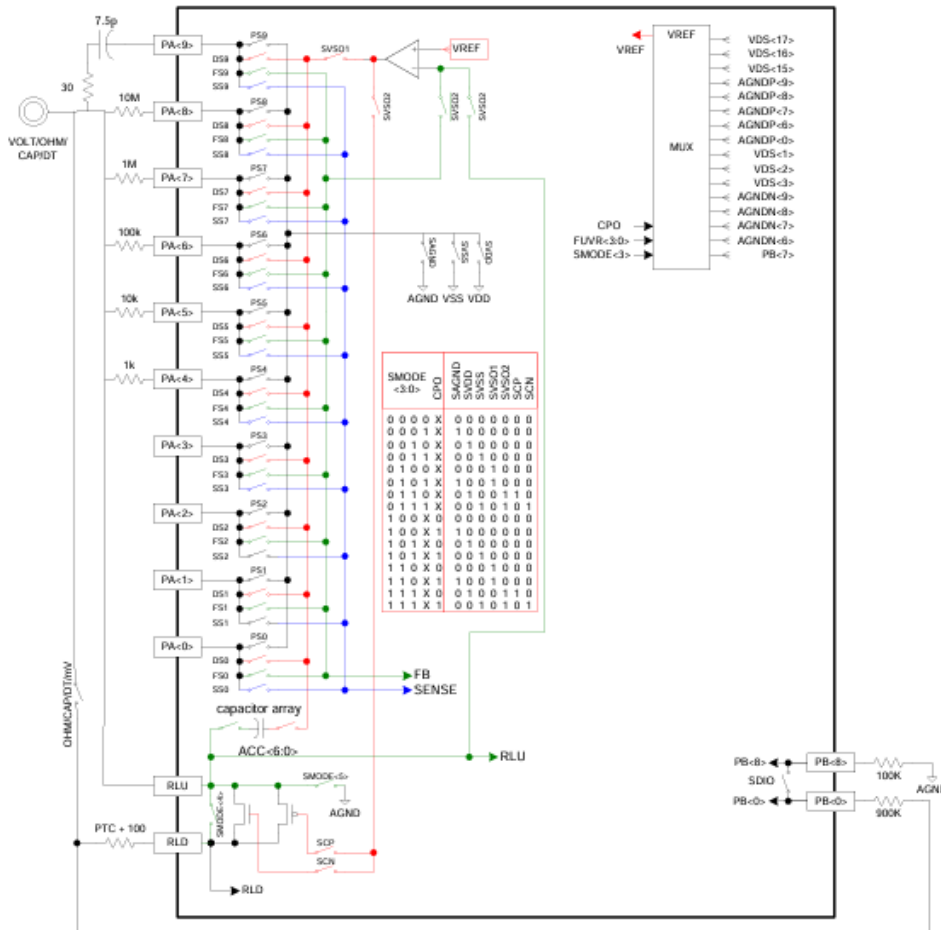
3. HYCON DMM 專用晶片 (MCU/AFE) 主要功能：

可攜式數位儀表產業為了不再是價格戰，就必須有自己的產品功能規劃其晶片，而依功能可概分為以下幾項：

1. 可程式化開關網路
2. 高解析度 $\Sigma-\Delta$ 類比數位轉換器
3. 數位方均根電路
4. 運算放大器
5. 低通濾波器
6. 波峰檢測電路
7. 湧浪電流量測
8. 溫度感測器

3.1 . 可程式化開關網路

具有可程式化開關網路，使可攜式數位儀表，能在產品設計上有更多發揮空間。更詳細功能網路設定。
HYCON



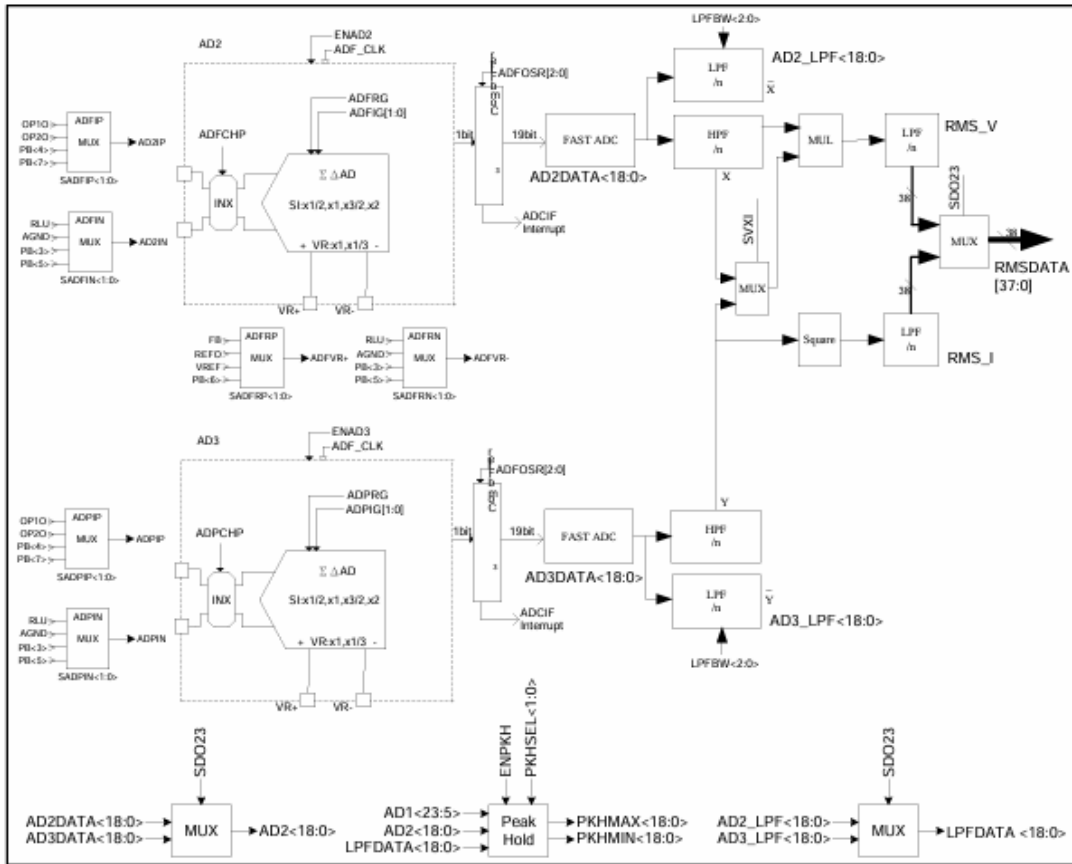
▲HY3131 Analog Switch Network

3.2 . 高解度 $\Sigma-\Delta$ 類比數位轉換器

近幾年愈來愈多工業控制及高級儀表使用 $\Sigma-\Delta$ 類比數位信號轉換器，採用 HYCON 優點就是週邊電路少、轉換速度快、解析度及精確度(HYCON DMM MCU/AFE 提供 24Bit- $\Sigma-\Delta$ ADC)，且較不容易受到電力系統的 50/60 HZ 影響，其週邊成本比雙斜率積分式類比數位轉換器低。

3.3 數位方均根電路

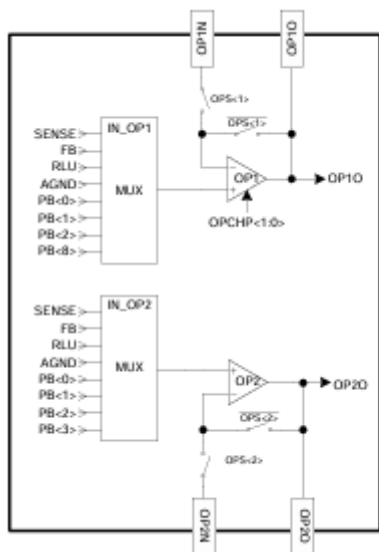
本文所介紹的 HY3131，具有高精度快速 $\Sigma-\Delta$ 類比數位轉換器，轉換結果再經過內部硬體快速運算，可實現數位式 RMS 及 Inrush Current 量測功能，或搭配波峰檢測(Peak Hold)實現較高波峰因數信號量測。



▲ HY3131 之 RMS 量測架構方塊圖

3.4 運算放大器

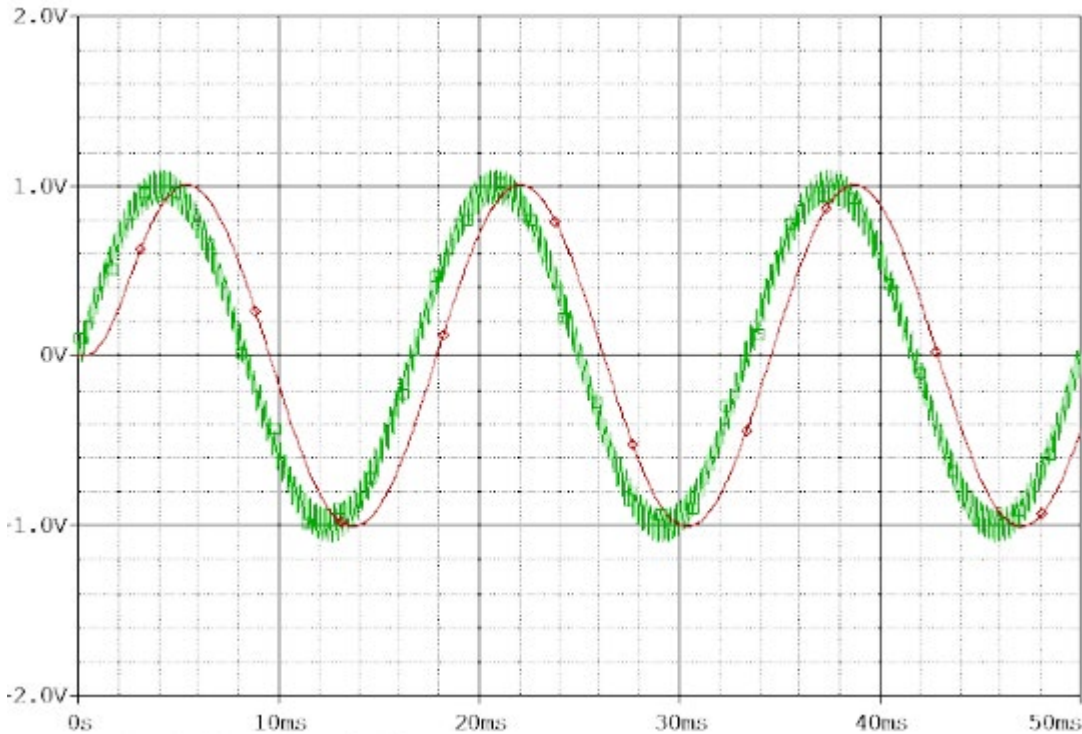
通常在較小電壓檔、電流檔及溫度量測功能，會將小信號放大到轉換器允許範圍，再進行信號量化轉換。HY3131 搭配可規畫開關網路，可組合成信號緩衝器或非反相放大電路。



◀ HY3131 OPAMP Switch Network

3.5 低通濾波器

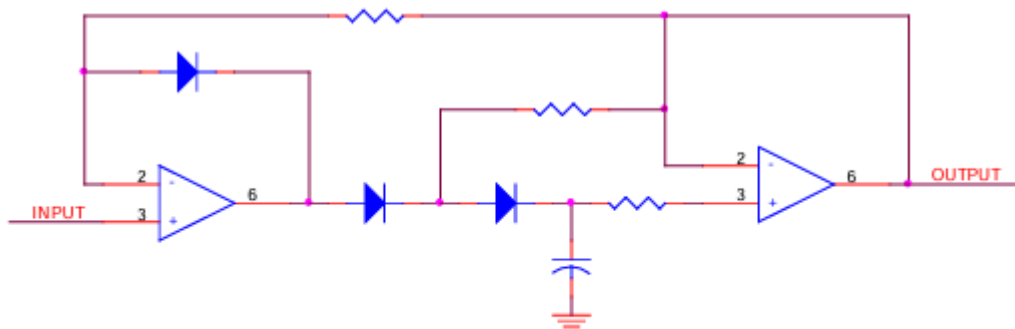
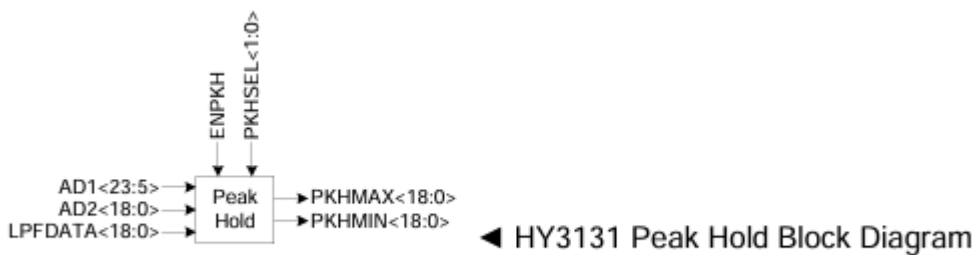
在有些機電量測應用，可能會有突波或其他高頻信號夾帶在待測信號，則會用低通濾波器(Low Pass Filter)，將高頻信號濾除。而 HY3131 可應用晶片內部 OP，實現 3 階 LPF 功能。



▲由上圖可知原波形為 1V/60Hz 加上 0.1V/4KHz，經過低通濾波器後只留下 1V/60Hz 波形。

3.6 波峰檢測電路

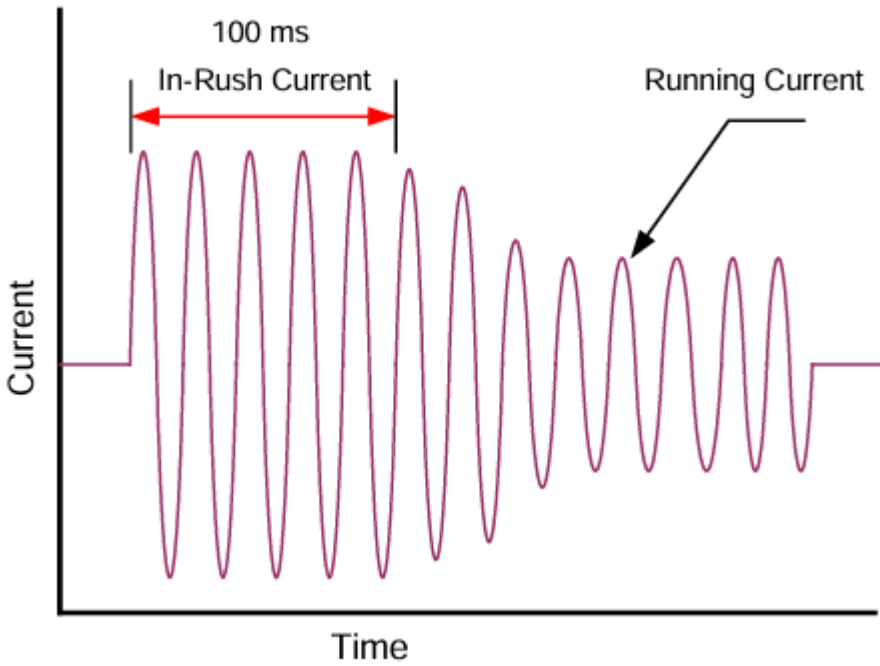
有些機電應用中需要量測波峰值，則需用波峰檢測電路(Peak Hold)將電壓鎖住，類比數位轉換器在進行電壓轉換，但是這種電路中鎖住電壓的電容容易受外在環境而有所變化。HY3131 具有數位式波峰檢測，將類比數位轉換結果進行比較，使數值較為正確。



▲ Low Drift Peak Detector

3.7 湧浪電流量測

湧浪電流(In-Rush Current)量測指在一個三相電機，浪湧電流一般持續 75~150mS 之間具有 500% 和 1200%之間的電流尖峰。雖然短暫，但激增會帶來一些問題。HY3131 具有快速交流信號轉換，可抓取湧浪電流。



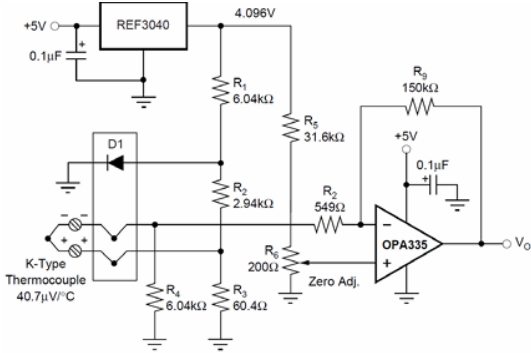
▲ In-Rush Current

3.8 溫度感測器

可攜式電量測量設備，有時除在電能及元件測量外，增加溫度量測。最常見的溫度感測器有四種：

- 3.8-1 熱電偶(Thermocouple)
- 3.8-2 電阻式溫度感測器(Resistance Temperature Detectors; RTD)
- 3.8-3 熱敏電阻(Thermistor)
- 3.8-4 積體電路式。

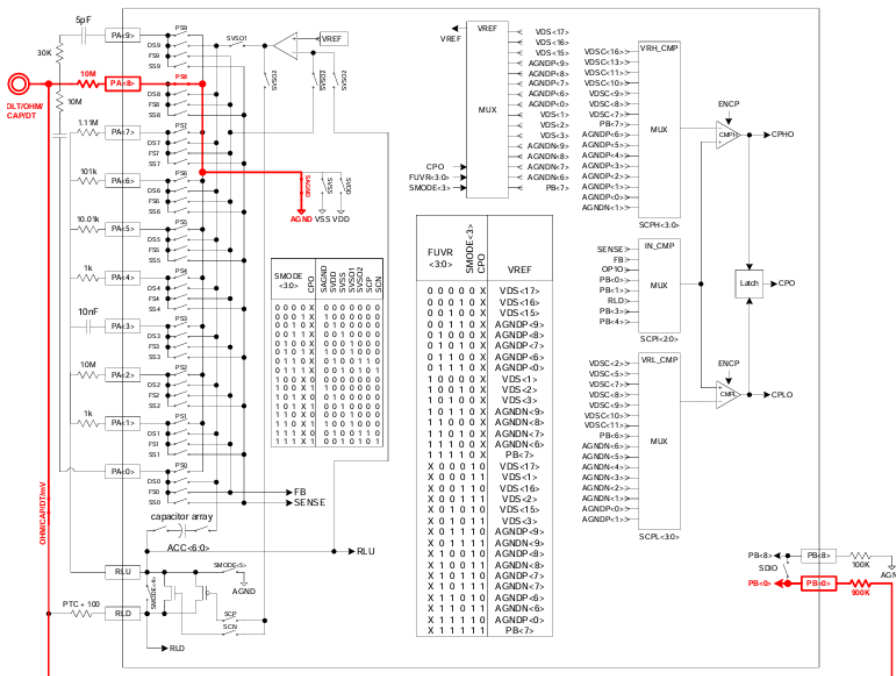
而在可攜式電量測量設備多採用**熱電偶量測**結構，其原理是兩金屬相接會產生席貝克效應(Seebeck effect)的電壓，但在待測溫度與環境溫度相同時電壓為零，所以必須做環境溫度冷接點補償(Cold-Junction Compensation)。HY3131 具有溫度感測器。

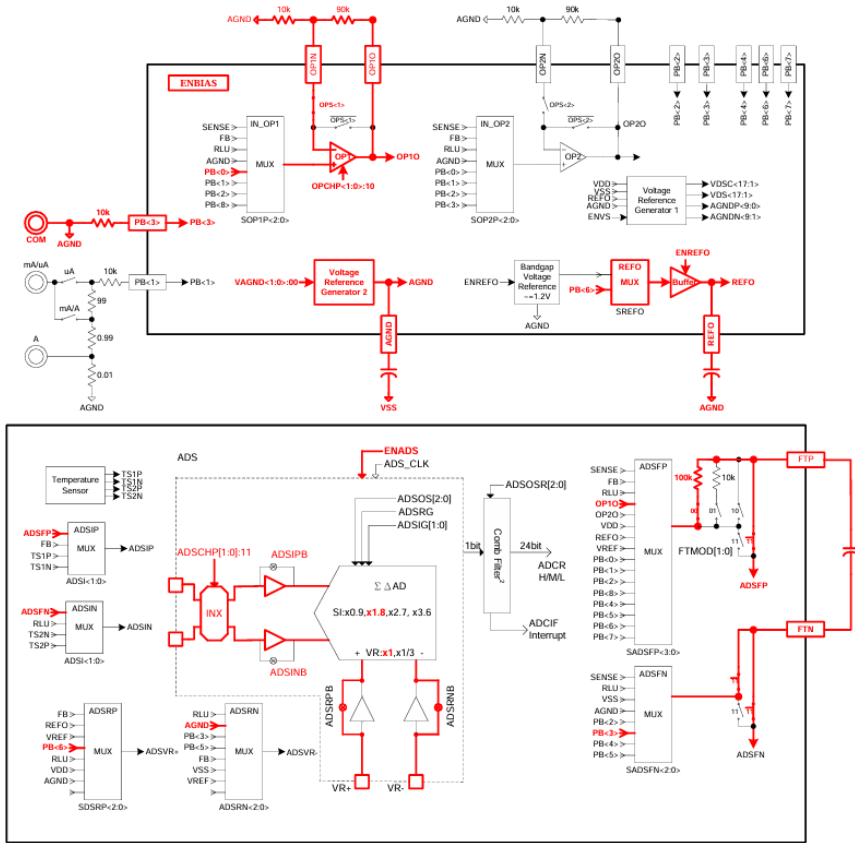


▲ Temperature Measurement Circuit. (摘自 Texas Instruments OPAx235 Datasheet)

4. HYCON DMM 專用晶片 (MCU/AFE) 輸入/量測網路設定

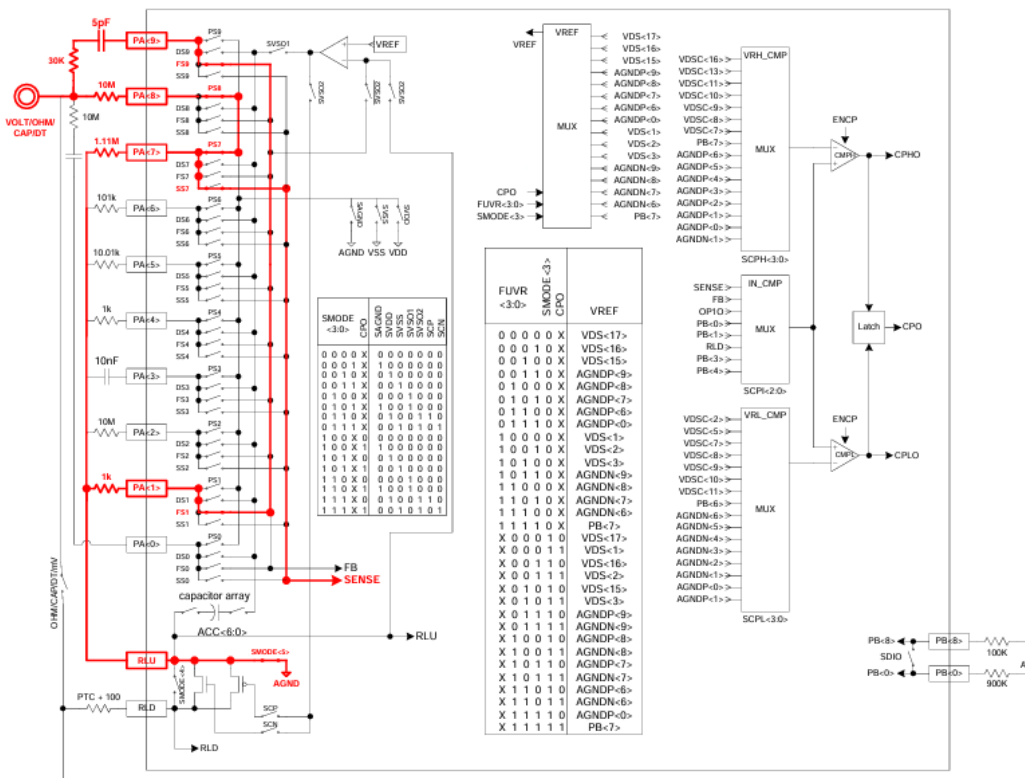
4.1 DC 50mV 輸入/量測網路設定

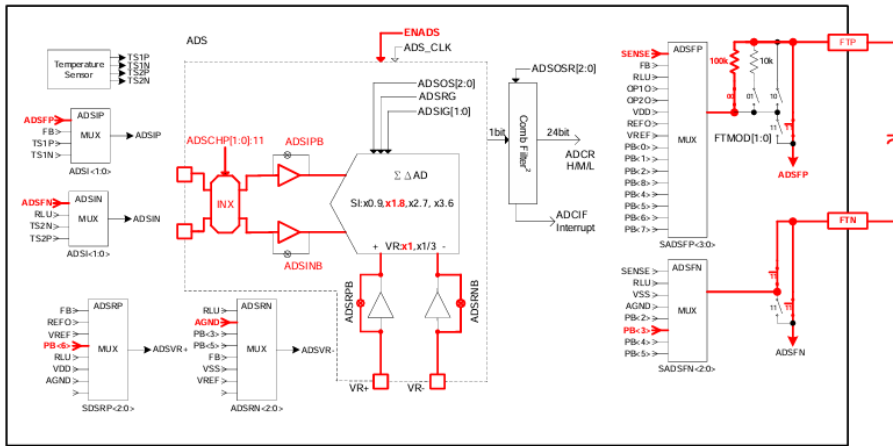
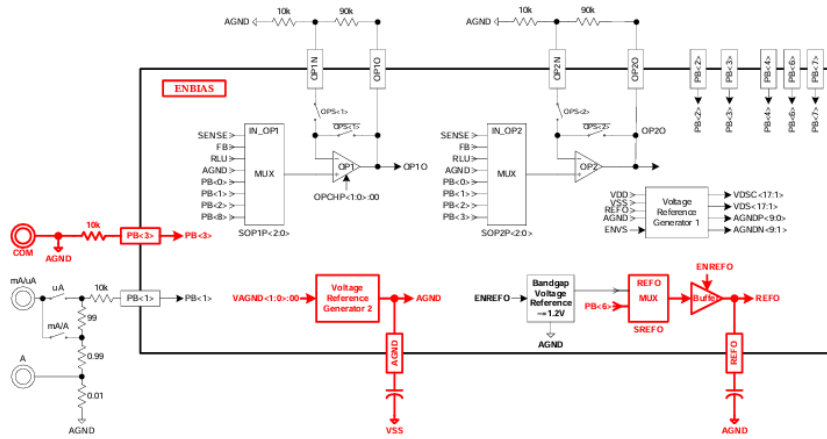




50mV 與 500mV 量測的網路設定雷同，50mV 量測會利用內置的 OPA 將輸入信號放大 10 倍，再進 ADC 做處理。Chopper 功能主要用來減少 DC Offset，OPA 在 DC 量測時，建議將 ADC1 的 Pre-Filter 打開。

4.2 DC 5V 輸入/量測網路設定





$$5V_Range \Rightarrow V_{in} \times \frac{1.111M\Omega}{1.111M\Omega + 10M\Omega} = \frac{V_{in}}{10}$$

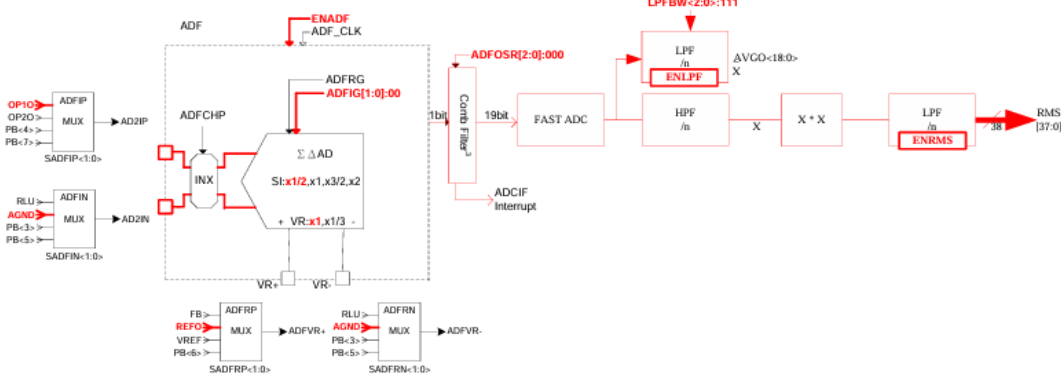
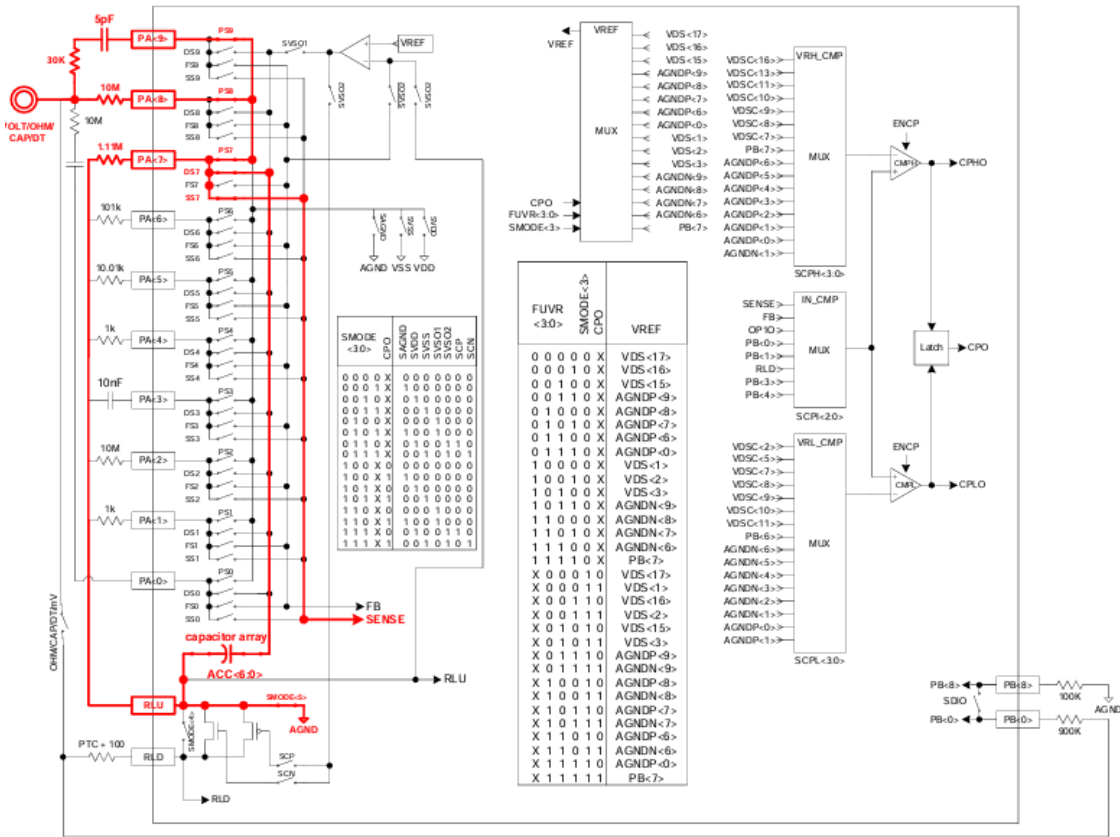
$$50V_Range \Rightarrow V_{in} \times \frac{101.01k\Omega}{101.01k\Omega + 10M\Omega} = \frac{V_{in}}{100}$$

$$500V_Range \Rightarrow V_{in} \times \frac{10.01k\Omega}{10.01k\Omega + 10M\Omega} = \frac{V_{in}}{1000}$$

$$1000V_Range \Rightarrow V_{in} \times \frac{1k\Omega}{1k\Omega + 10M\Omega} = \frac{V_{in}}{10000}$$

DC 電壓檔輸入分壓公式

4.4 AC 5V 輸入/量測網路設定



$$5V_Range \Rightarrow V_{IN} \times \frac{1.111M\Omega}{10M\Omega + 1.111M\Omega} = \frac{V_{IN}}{10}$$

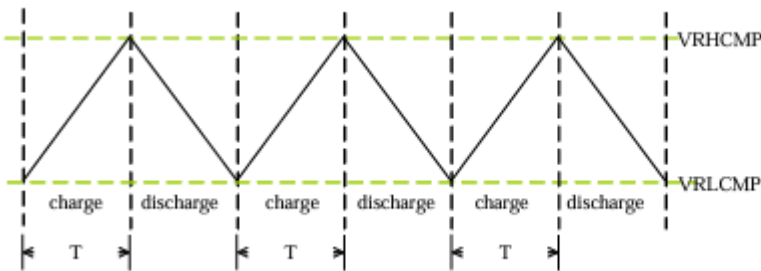
$$50V_Range \Rightarrow V_{IN} \times \frac{101.01K\Omega}{10M\Omega + 101.01K\Omega} = \frac{V_{IN}}{100}$$

$$500V_Range \Rightarrow V_{IN} \times \frac{10.01K\Omega}{10M\Omega + 10.01K\Omega} = \frac{V_{IN}}{1000}$$

$$1000V_Range \Rightarrow V_{IN} \times \frac{1K\Omega}{10M\Omega + 1K\Omega} = \frac{V_{IN}}{10000}$$

AC 電壓檔輸入分壓公式

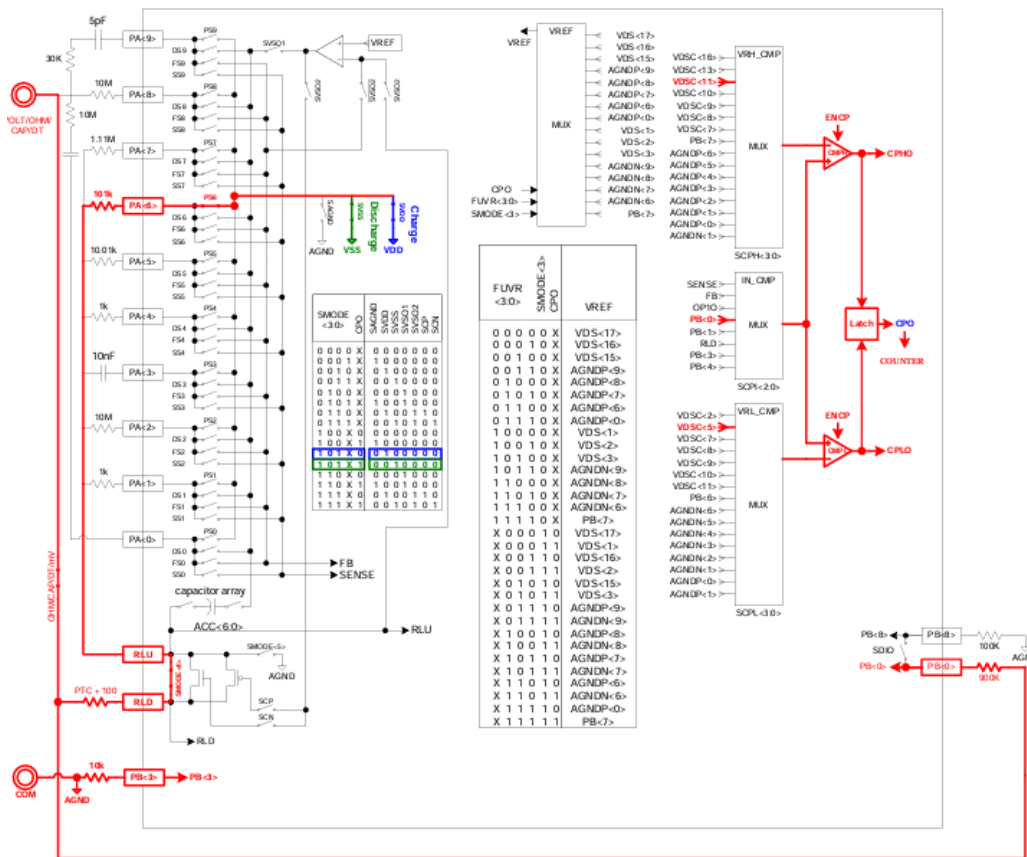
4.5 50nF ~ 500nF (定電壓式充放電輸入網路)



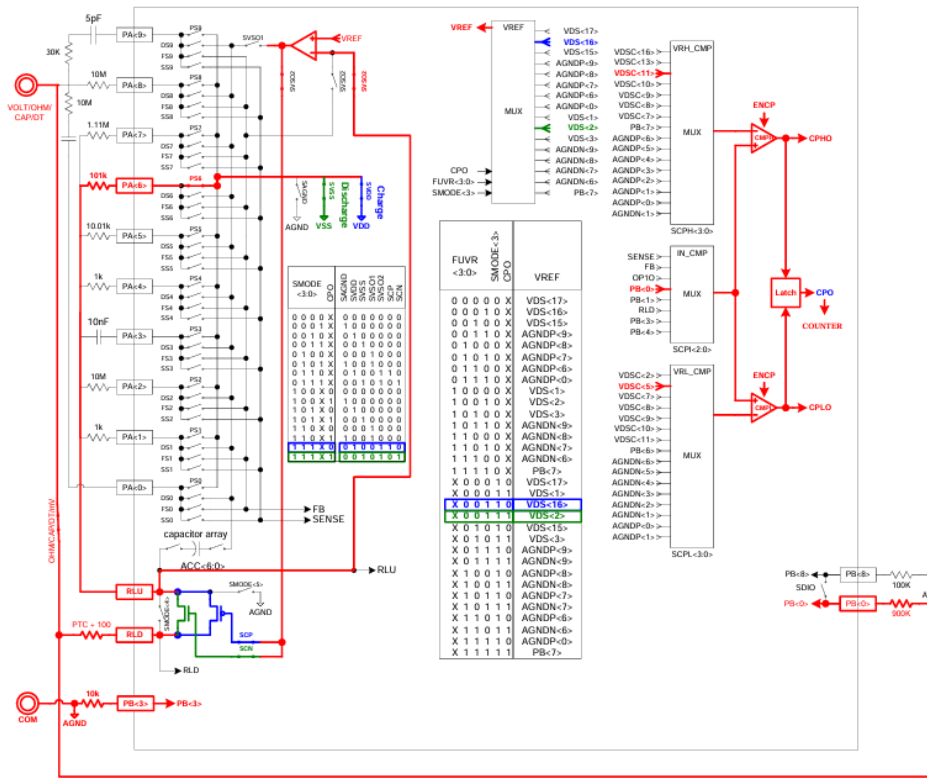
$$\Delta Q = I \times t = C \times \Delta V$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{I \times \Delta t}{V}$$

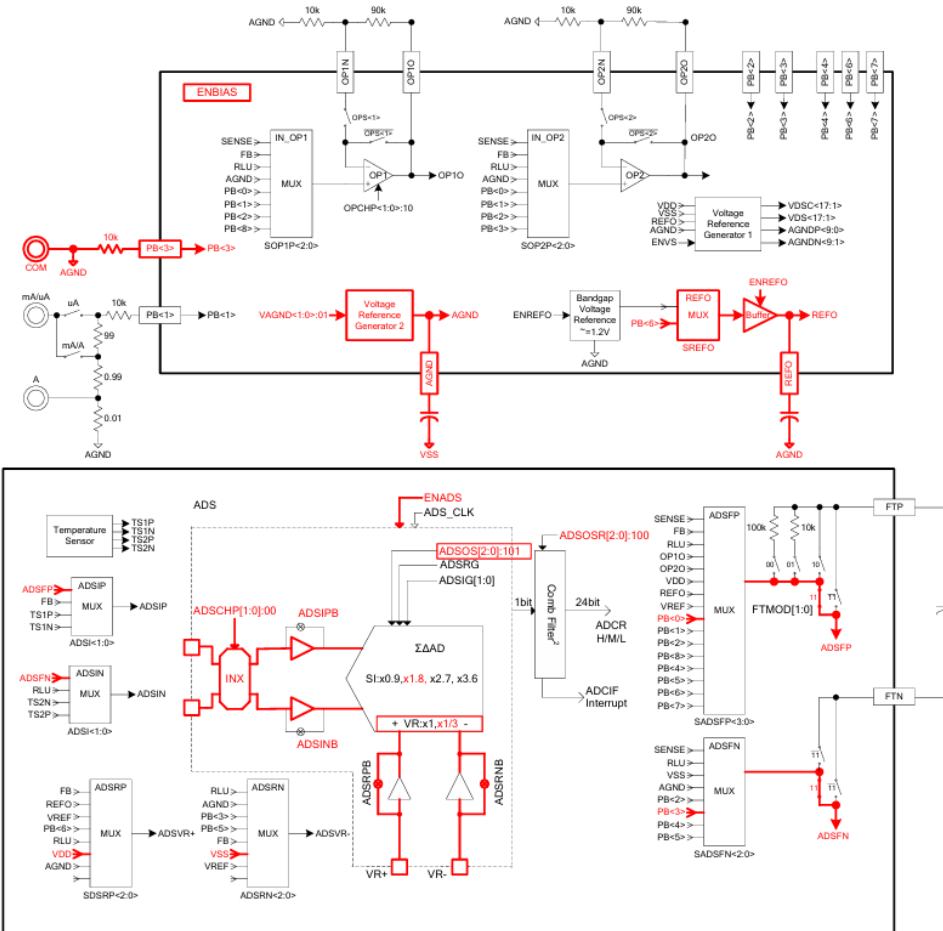
電容量須利用測試充放電週期求得數值



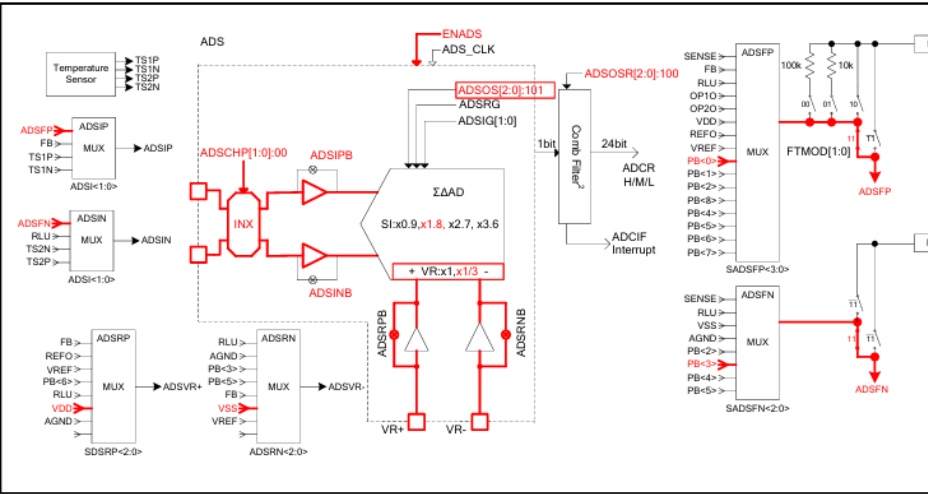
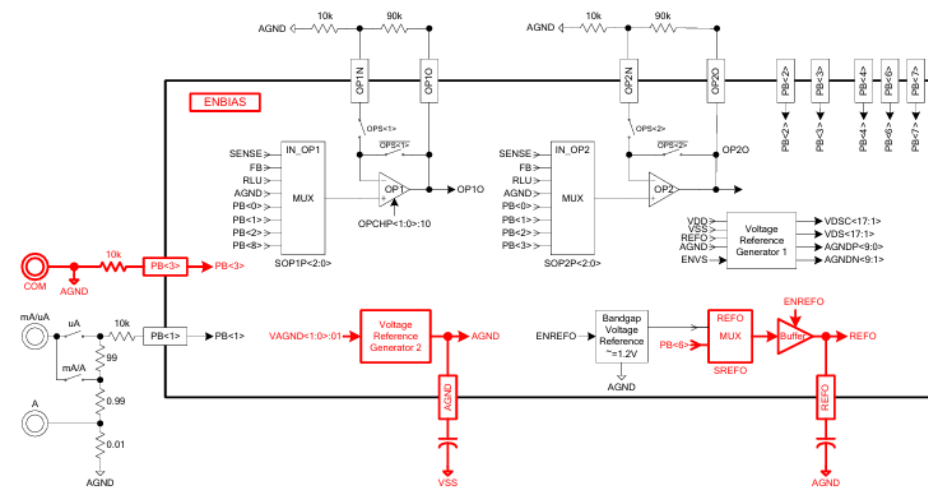
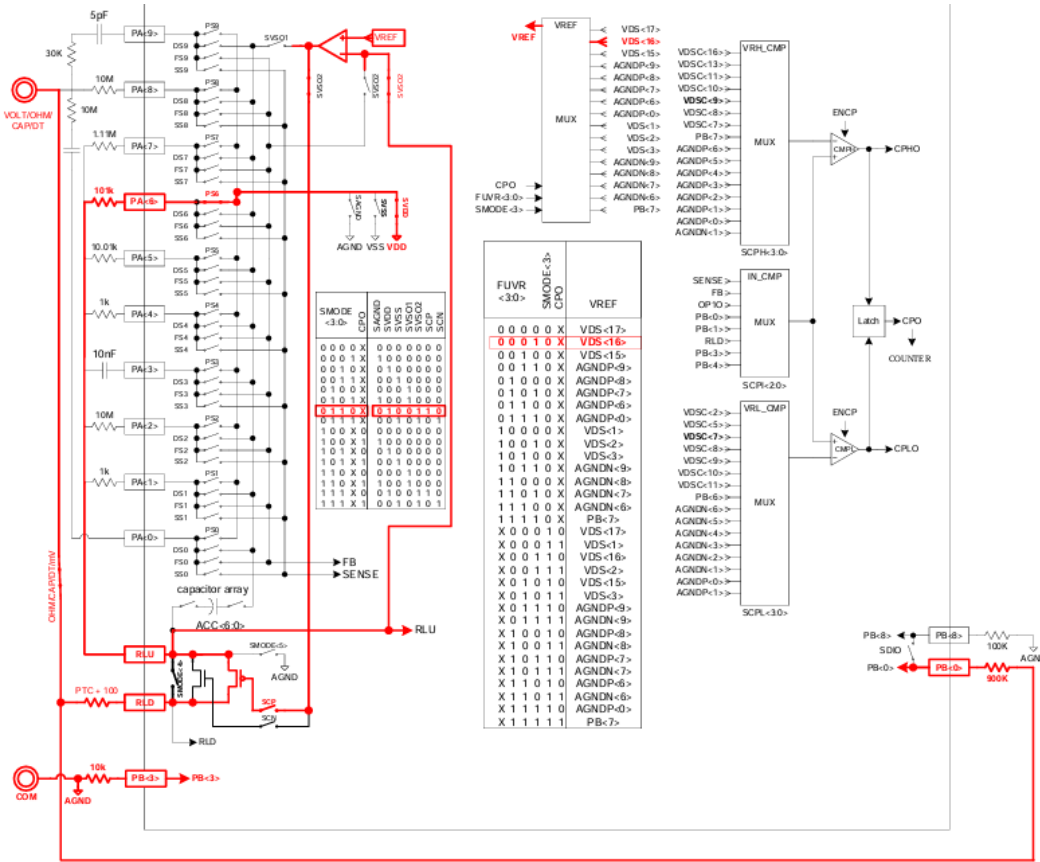
4.6 5uF ~ 50uF (定電流式充放電輸入網路)



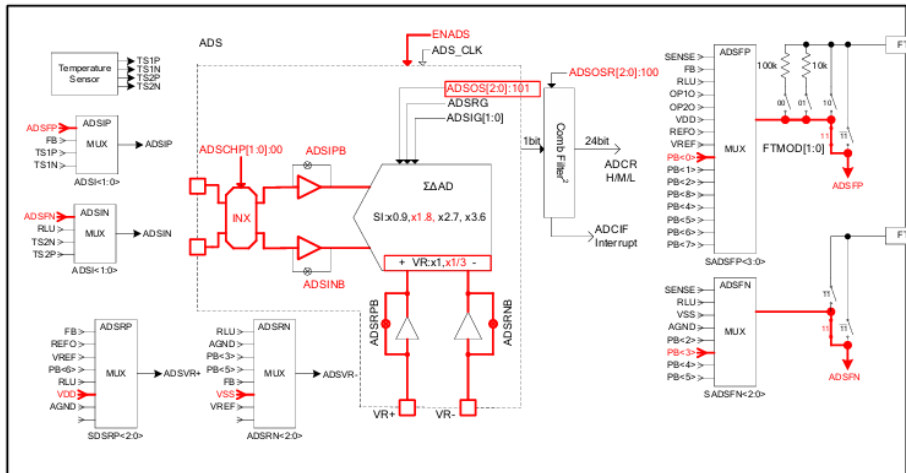
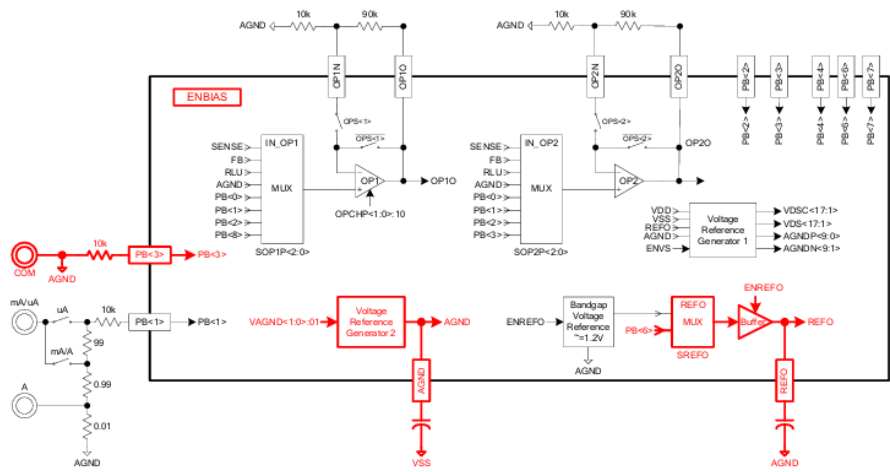
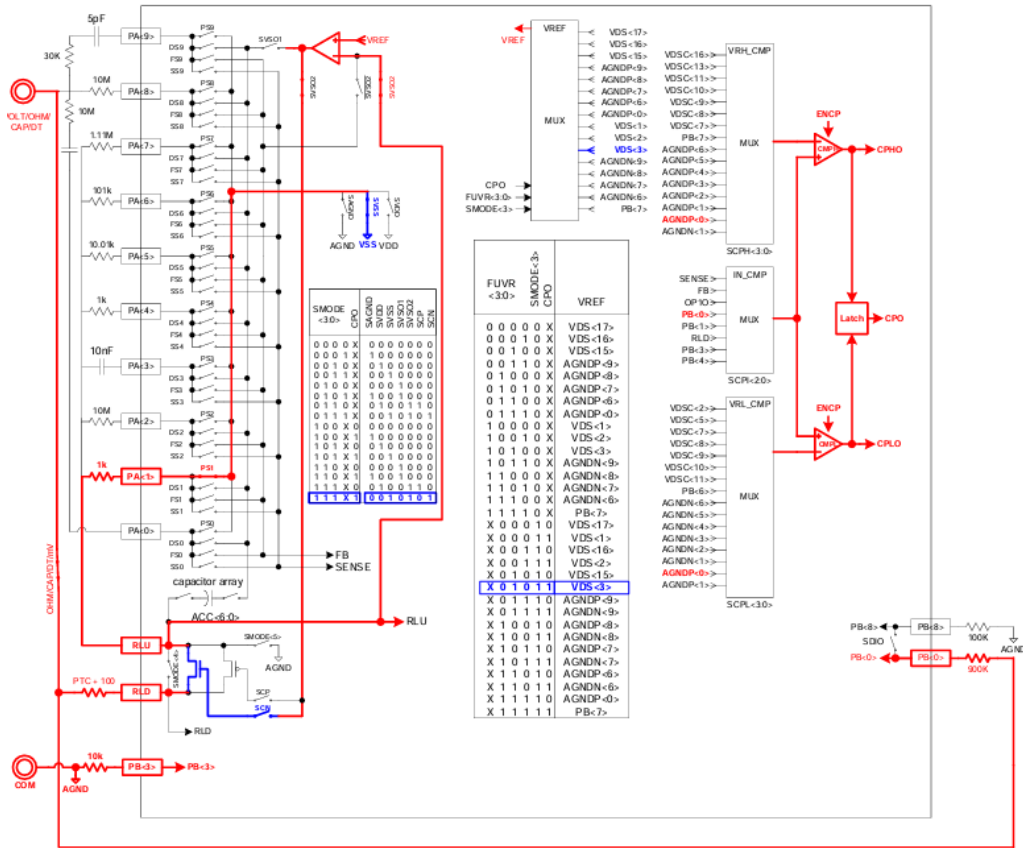
4.7 500uF ~ 50mF 量測網路設定



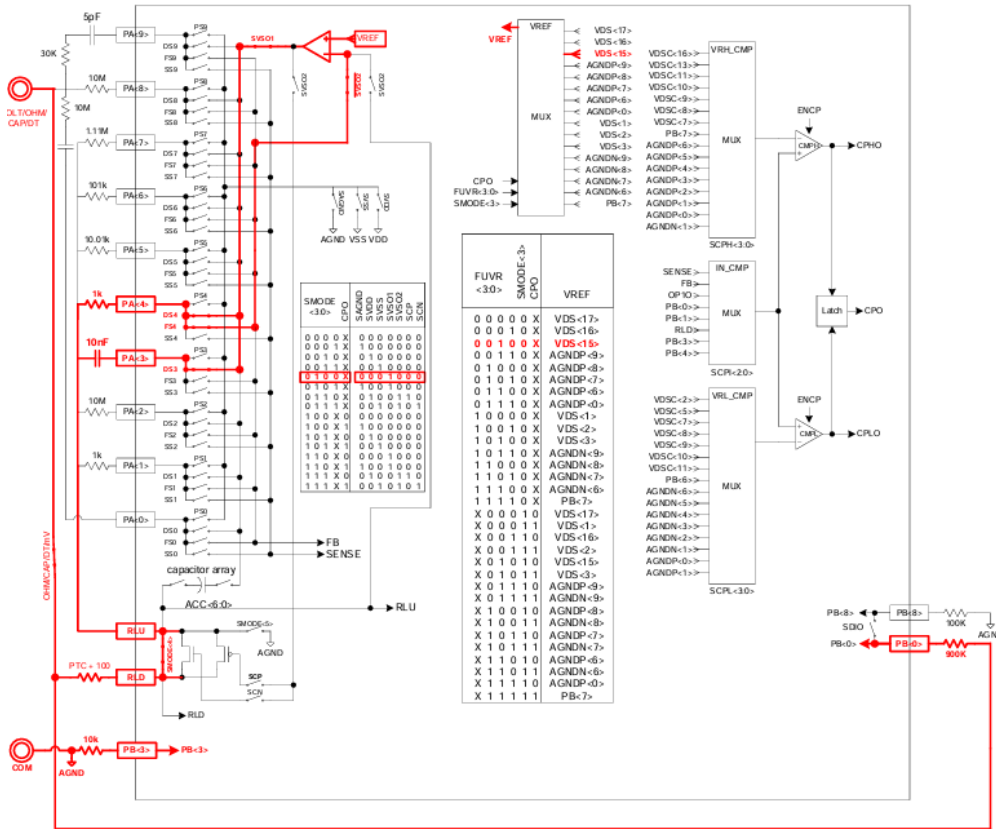
4.7 500uF (Charge) 輸入/量測網路設定



4.8 500uF ~ 50mV (Discharge) 輸入/量測網路設定

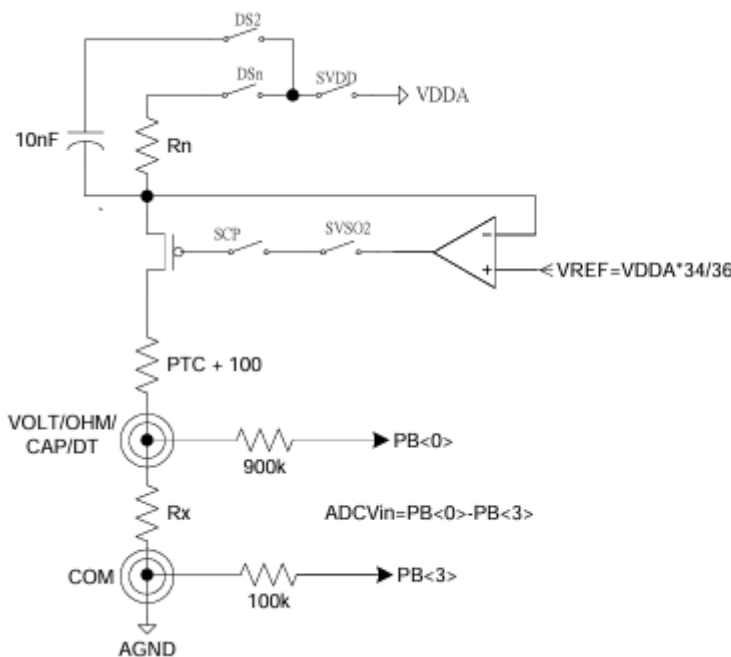


4.9 50ohm/500ohm 輸入網路設定



4.10 50ohm 量測設定

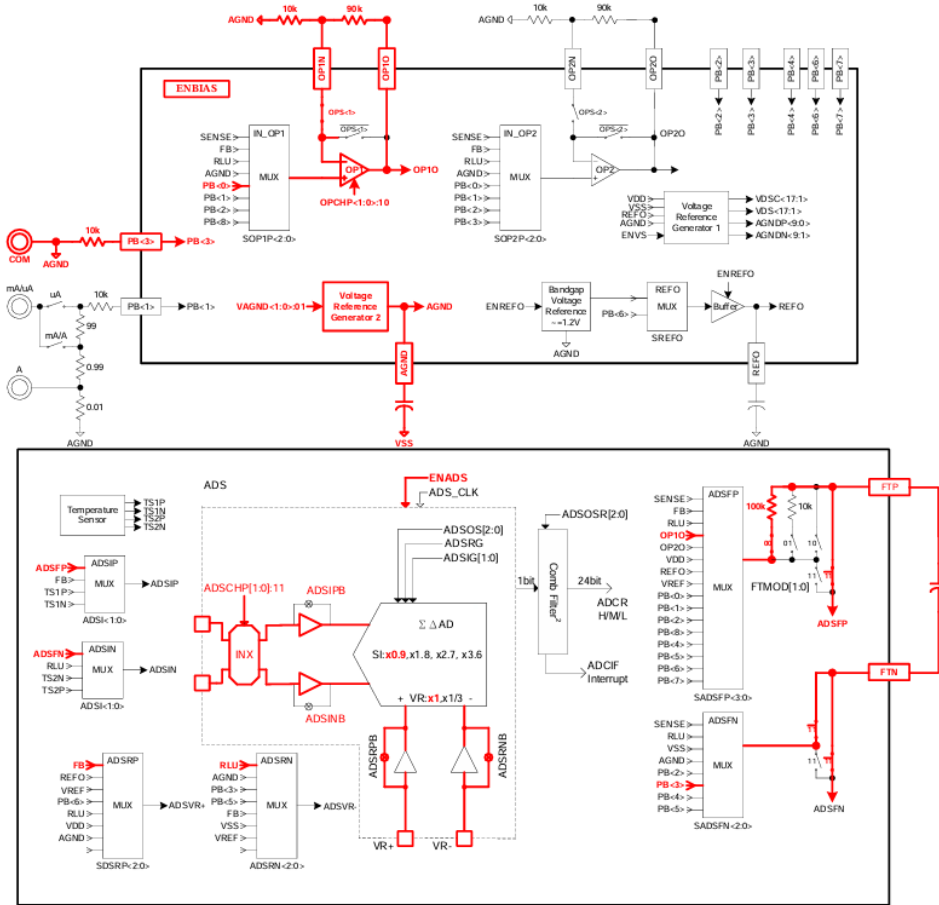
定電流電阻量測設計，由於 DS_n 及 SVDD 的電子開關內阻較大，會與 R_n 的電阻串聯，導致輸出電流誤差。故在應用設計 500kΩ 以下檔位，建議使用定電壓電阻量測。其量測公式如下：



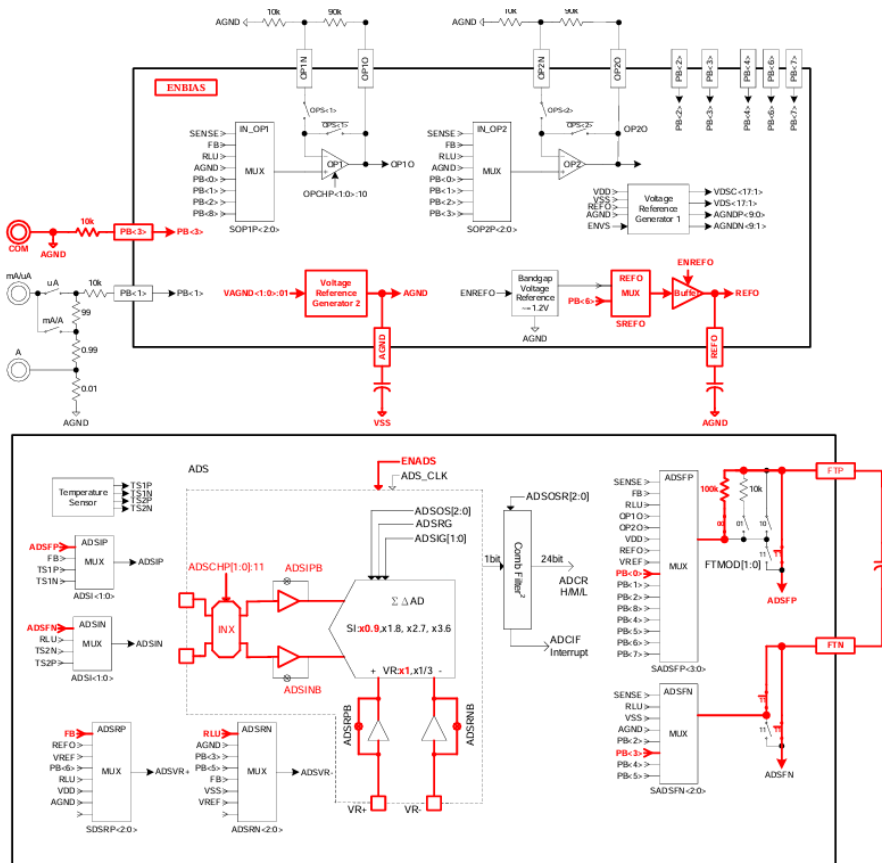
$$I_{Rx} = I_{Rn} = \frac{VDDA - VREF}{Rn}$$

$$R_{READ} = \frac{ADC_{V_{in}}}{ADC_{V_{ref}}} \times Full\ Scale$$

$$R_{READ} = \frac{Rx \times I_{Rx}}{ADC_{V_{ref}}} \times Full\ Scale$$



4.11 500ohm ~ 50K ohm 量測網路設定



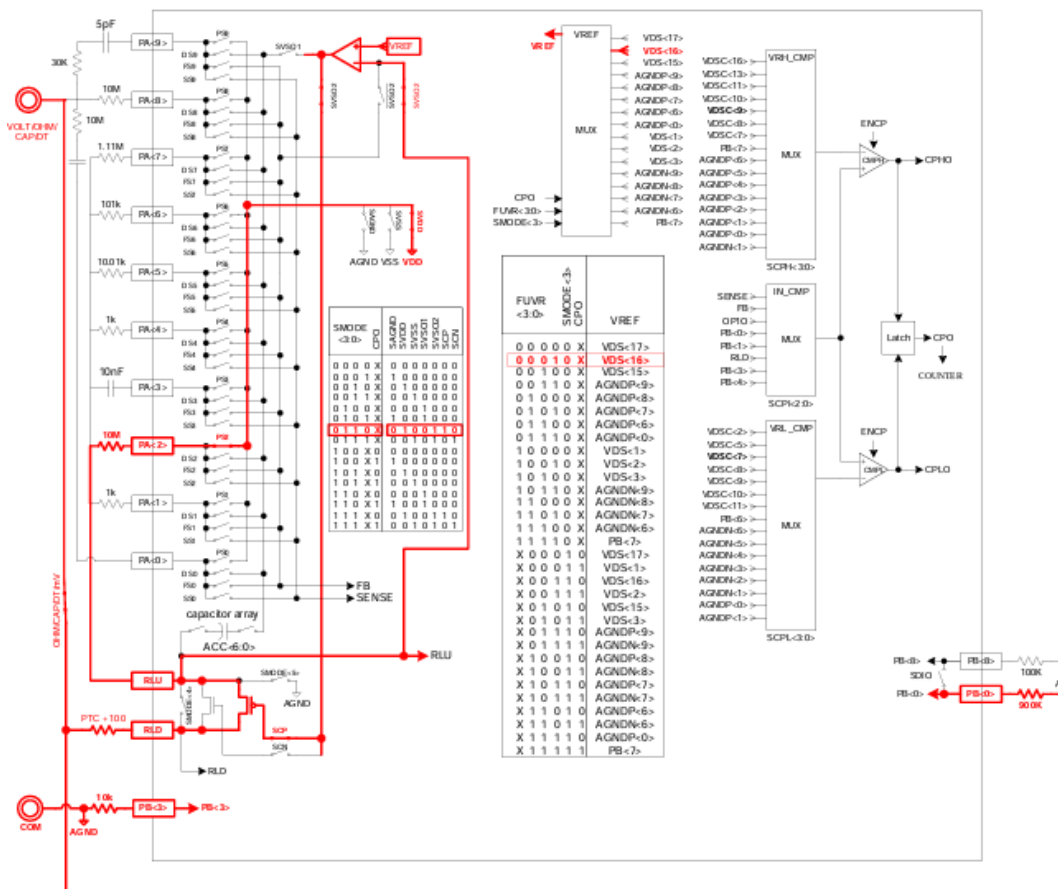
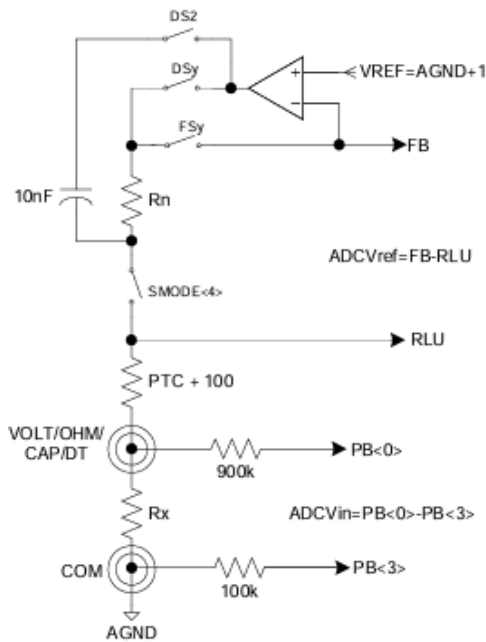
4.12 50Mohm 輸入/量測網路設定

定電壓或稱比率式電阻量測設計，在高電阻量測必須將 ADC 的信號輸入及參考電壓輸入 Buffer 打開，若沒打開則 ADC 輸入會有約 3MΩ 阻抗並聯。故在應用設計 500kΩ 至 50MΩ 建議 使用定電流電阻量測。其量測公式如下：

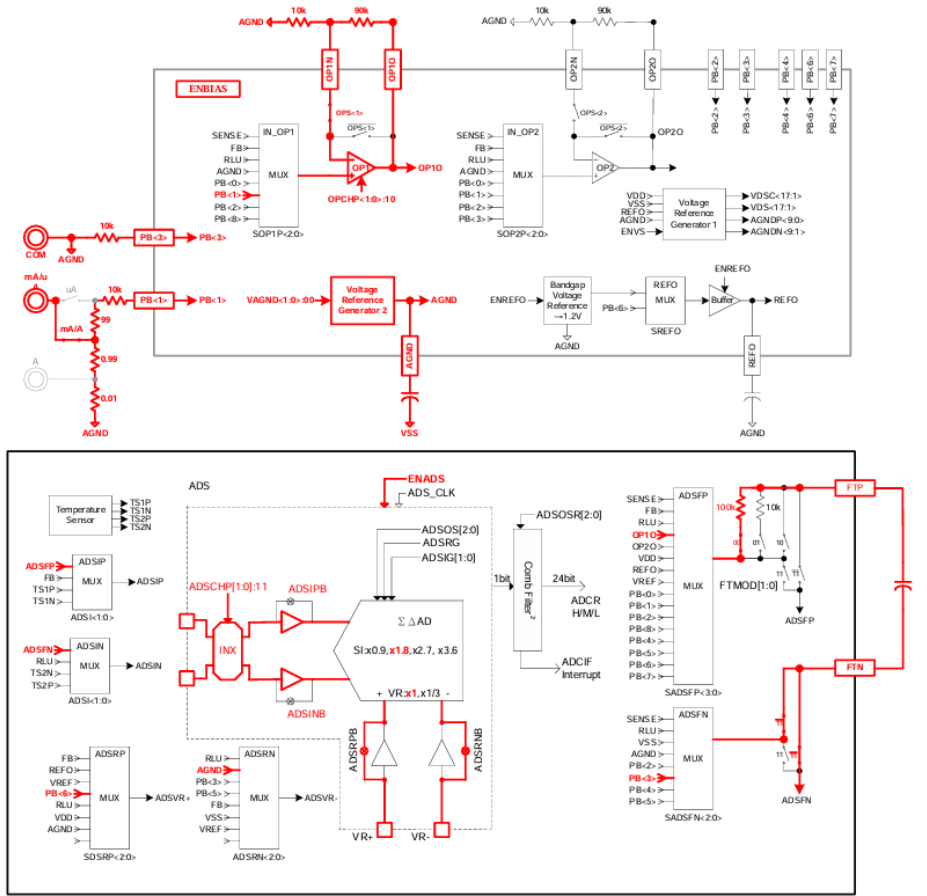
$$I_{Rx} = I_{Rn}$$

$$V_{Rx} = I_{Rx} \times R_x = \frac{V_{Rn}}{R_n} \times R_x$$

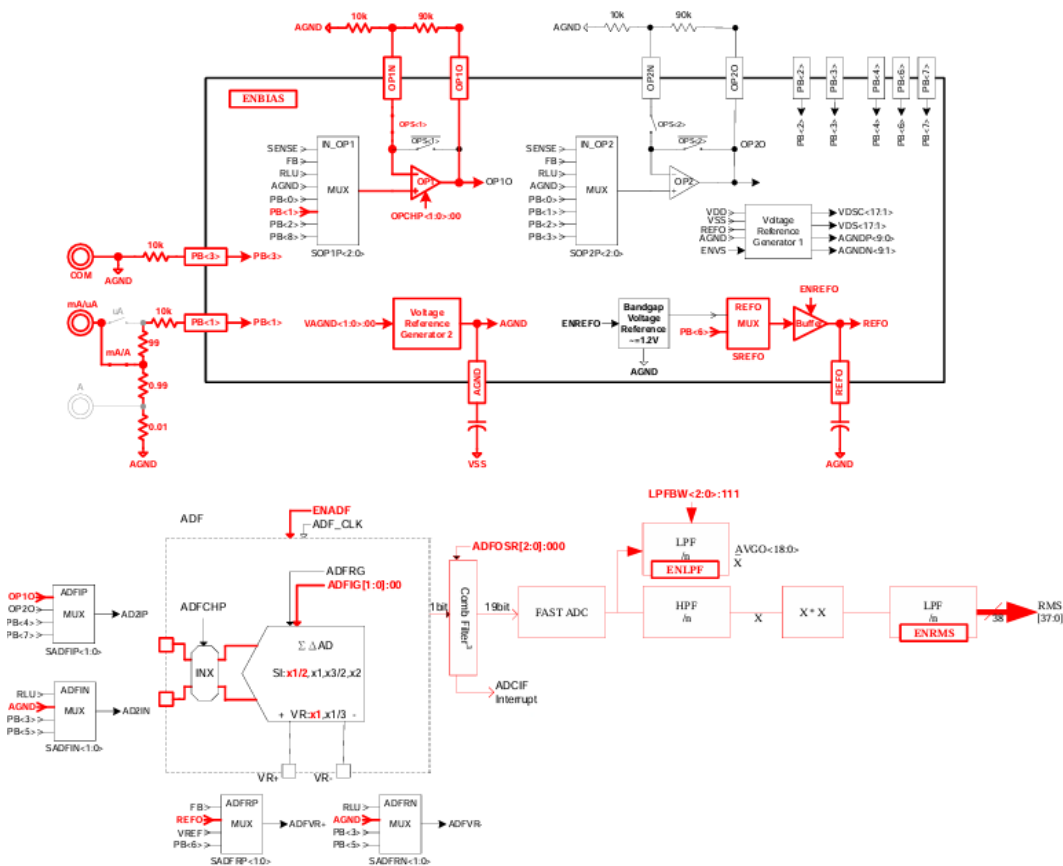
$$R_{READ} = \frac{V_{Rx}}{V_{Rn}} \times Full\ Scale = \frac{ADC_{V_{in}}}{ADC_{V_{ref}}} \times Full\ Scale$$



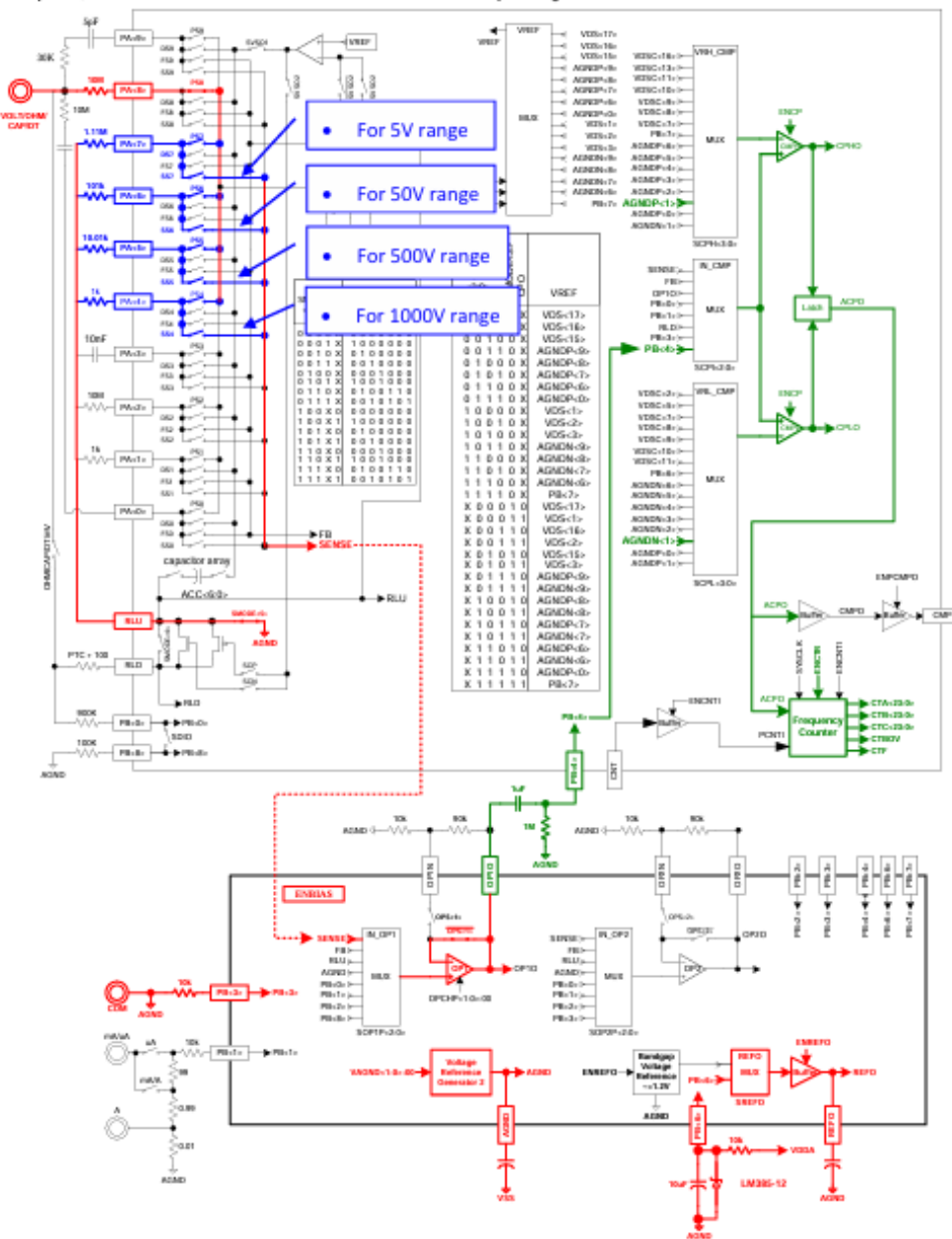
4.15 DC 50mA (與 DC mV 量測雷同)



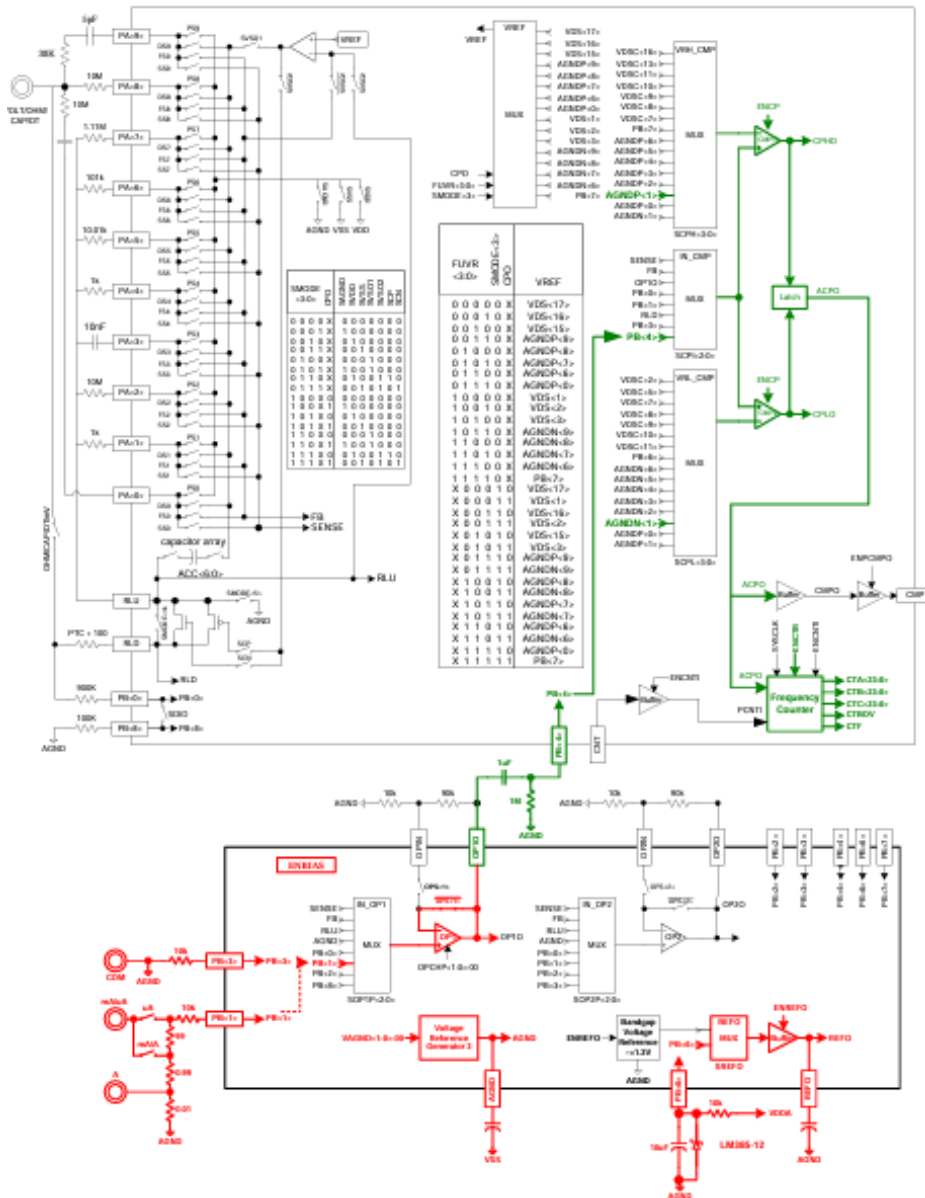
4.16 AC 50mA 量測網路



4.17 Frequency 電壓量測方法



4.18 Frequency 電流量測方法



參考資料

- HY3131(50,000 counts DMM Analog Front End) Datasheet
- HY12P65(DMM Specialized IC Embedded Digital T-RMS) Datasheet
- HY12P(Digital Multimeter) Family User's Guide HY313x 組態設定
- HY12P65 組態設定