

# HYCON HCT AC Impedance 血糖儀專用晶片應用介紹

## HYCON HY16F3913 介紹

### 1. 引言

#### 1.1 背景說明

血糖儀的核心功能在於準確量測血液中的葡萄糖濃度。傳統的血糖儀透過電化學方法，利用試紙上的酵素與血液中的葡萄糖反應產生電流，再將此電流轉換為血糖讀值。然而，這個量測過程會受到許多因素的影響，其中一個重要的因素就是血球容積比 (HCT)。

#### 1.2 HCT 的影響

HCT 指的是血液中紅血球所佔的比例。這個比例在不同人之間，甚至同一個人不同狀態下都會有所變動。

當 HCT 值過高或過低時，血液的黏稠度會改變，進而影響電流的傳導，導致血糖讀值產生偏差。

#### 1.2 HCT 與血糖量測的挑戰

傳統的血糖儀在設計上較難處理 HCT 變化造成的影響，通常只能針對特定 HCT 範圍校準，一旦超出範圍，量測誤差就會增加。臨床上的需求是需要一個能夠在不同 HCT 值下都保持準確的血糖儀，特別是對新生兒、貧血患者或脫水患者等特殊族群，他們的 HCT 值可能波動較大。

過去要解決 HCT 干擾，可能需要額外的感測器或是複雜的訊號處理演算法，這會增加血糖儀的成本和複雜性。

#### 1.3 發展歷程

- 傳統血糖儀：主要依賴基礎的電化學感測技術，精確度和穩定性較為有限。
- 數位化血糖儀：隨著微處理器的應用，開始具備數據處理和儲存功能。
- 智慧化血糖儀：具備藍牙連接、數據分析等功能，但仍需要外加電路支援。

#### 1.4 技術範疇

為了解決上述挑戰，新一代的血糖儀需要更精密的技術與設計。HY16F3913 這款晶片，整合了多項關鍵技術，使其成為開發高精準度血糖儀的理想選擇。

## 2. 工作說明

### 2.1 基礎 DC 血糖試紙結構

- 標準配置：包含試紙插入檢測和工作電極。
- 試紙插入檢測：雙針腳短路設計，試紙插入時，這兩個針腳會短路，由 MCU 檢驗到試紙已插入。
- 工作電極：工作電壓範圍：0.25V ~ 0.4V

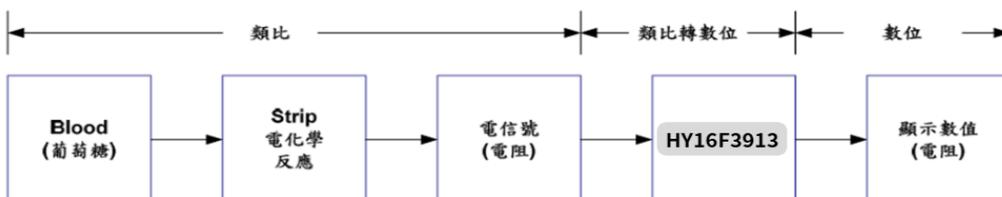
### 2.2 AC/DC 混合試紙類型

根據不同製造需求。HYCON 開發出四種血糖試紙模型

模型	TYPE A	TYPE B	TYPE C	TYPE D
試紙圖示				
說明	在原先純 DC 的試紙基礎上，增加 2pin 的 AC 電極(如圖紅色)	與原先純 DC 相同，直接使用原本的 DC 通道復用測試 AC	黑色+藍色為原本 DC 通道 藍色+紅色為 AC 通道(試紙插入判別的短路電極僅與 DC 通道相連)	黑色+藍色為原本 DC 通道 藍色+紅色為 AC 通道(試紙插入判別的短路電極與 DC、AC 兩種通道都相連)

### 2.3 工作原理

- 當血液樣本滴在試紙上時，血液中的葡萄糖與試紙上的酶發生反應，產生化學反應。這個反應會生成電子。
- 工作電極上的電壓會促使這些電子移動，形成電流。這個電流的大小與血液中葡萄糖的濃度成正比。
- HY16F3913 晶片會精確量測這個微小的電流，並將其轉換為數位訊號。
- 晶片內建的 21-bit ENOB  $\Sigma \Delta$ ADC 確保了電流轉換的準確性。
- 透過這些數據，血糖儀可以計算出血液中的葡萄糖濃度並顯示在 LCD 螢幕上。

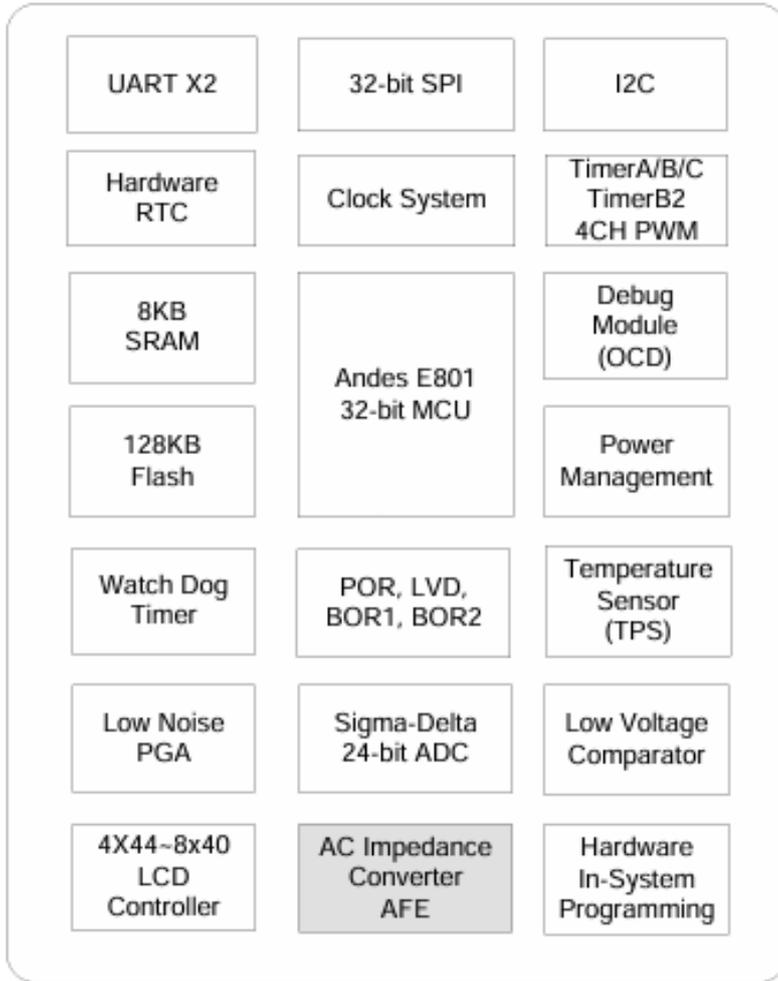


## 3. HY16F3913 技術特性

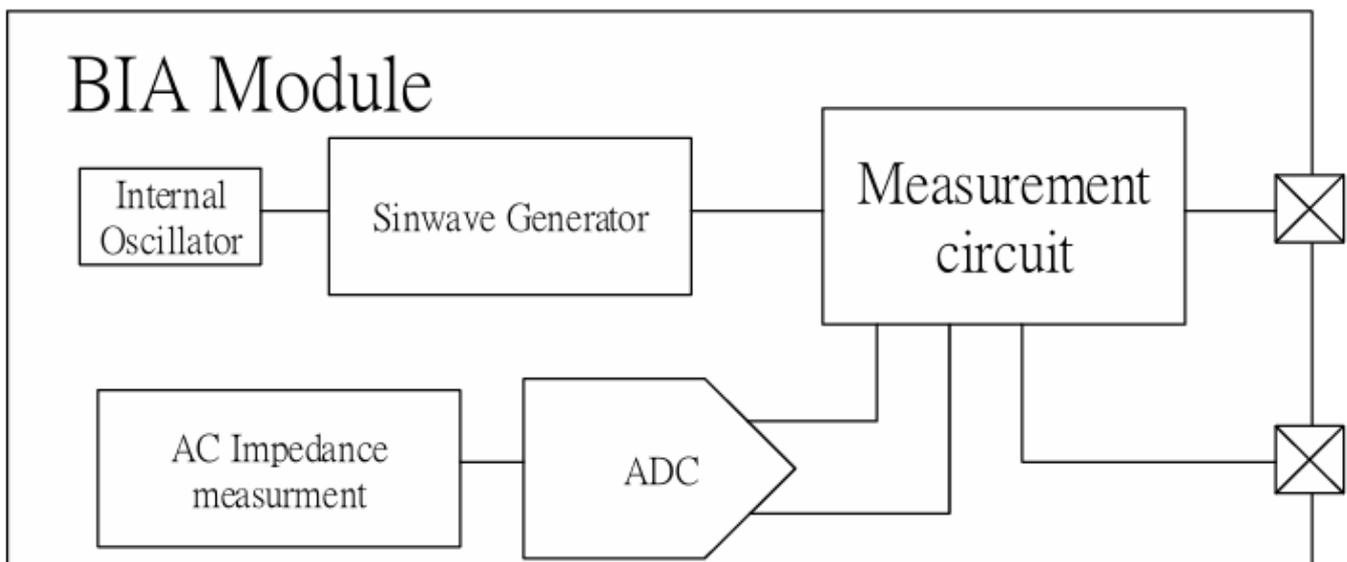
### 3.1 產品特性

- ◆ 寬工作電壓 VDD5V: 2.0V ~ 5.5V
- ◆ 工作溫度 -40 ~ 85°C
- ◆ 低功耗(Typical@VDD5V=3.3V)：待機模式：4.5uA@LSRC=32KHz 休眠模式：1.8uA
- ◆ 128KB Flash ROM
- ◆ 8KB SRAM
- ◆ 16-bit Timer A, Timer B(兩組), Timer C, WDT
- ◆ 16-bit PWM 控制器及訊號捕抓功能
- ◆ I2C/32-bit SPI/UART(兩通道) 通訊介面
- ◆ 時鐘 RTC 萬年曆功能
- ◆ 硬體 ISP 功能
- ◆ 72 個可編程複用型 I/O
- ◆ 4x44 ~ 8x40 LCD 液晶驅動器
- ◆ 類比工作電壓 VDDA: 2.4V ~ 3.6V
- ◆ 低雜訊 24-bit  $\Sigma$  ADC
  - ADC 支援 x1~x4 訊號放大
  - 低雜訊放大器 x8, x16, x32 訊號放大
  - 輸入參考訊號可解析至 65nVrms (Gain=128)
  - 最高轉換率高達 15K sps
  - 低溫飄係數與內置絕對溫度傳感(TPS)
- ◆ 1.2V 參考電壓(REF0)
- ◆ 交流阻抗量測類比前端 AFE 硬體
  - 內建 24-bit  $\Sigma$  ADC
  - 兩組 12-bit DAC
  - 3 組 Rail-to-rail OPAM
  - 電化學分析(Electrochemical analysis)
  - 生物阻抗分析模塊(Bioelectrical Impedance Analysis Module)功能：
    - AC waveform frequency: 122Hz~250KHz
    - Impedence Range: 1K ~ 1M $\Omega$
    - Phase detector: 0~90°
- ◆ 內部 RC 高速震盪器頻率 4.147MHz 及 31.795MHz
- ◆ 內建 RC 低速震盪器頻率低至 32KHz
- ◆ CPU 執行速度最高可達 16MHz
- ◆ 外部高速晶震頻率可達 16MHz
- ◆ 外部低速晶震頻率低至 32768Hz

### 3.2 內部框圖



### 3.3 交流阻抗量測類比前端-BIA Module 網路



### 3.4 電氣特性

Absolute maximum ratings over operating free-air temperature (unless otherwise noted)

Voltage applied at VDD5V to VSS .....	-0.2 V to 6.0 V
Voltage applied to any pin .....	-0.2 V to VDD5V + 0.3 V
Diode current at any device terminal.....	±2mA
Storage temperature, Tstg: (UN programmed device) .....	-55°C to 150°C
(Programmed device) .....	-40°C to 85°C
Soldering Temperature (10 Sec) .....	+260°C
Maximum output current sink by any PORT1 to PORT13 I/O PIN .....	20mA

## 4. 核心功能

### 4.1 AC 阻抗轉換器 AFE (AC Impedance Converter AFE)

此功能可以直接量測生物阻抗(BIA)，不僅可以量測直流電阻，還可以量測交流阻抗。這對於分析血液的特性（包括 HCT 值）提供了更豐富的數據。

透過量測血液的交流阻抗，可以更精確地判斷血液的成分和狀態，從而對 HCT 變化造成的誤差進行補償，提高血糖量測的準確性。

此晶片內建的 AC Impedance Converter AFE，讓設計者能夠省去額外 HCT 感測元件，可以簡化設計並降低成本。

### 4.2 BIA (Bioelectrical Impedance Analysis) 模組

HY16F3913 內含 BIA 模組，這表示它有進階的生物阻抗分析能力，能更深入地了解血液成分。

提供開發更精確的 HCT 補償演算法的基礎。

### 4.3 高精度 24-bit $\Sigma \Delta$ ADC

高精度的 ADC 確保了量測訊號的準確性，即使是微小的阻抗變化都能被偵測到。

結合精密的類比前端和阻抗量測功能，能確保從試紙取得的電訊號能精準的轉換為數位資料，這對於量測的準確性至關重要。

總結來說，HY16F3913 晶片透過整合 AC 阻抗量測、BIA 模組和高精度 ADC 等功能，為血糖儀的開發帶來了新的可能性。它不僅能提供更精確的血糖量測，更能有效降低 HCT 變異的影響，這對於開發更先進的血糖儀產品至關重要。

## 5. 應用優勢

### 5.1 效能提升

- 量測時間低於5秒
- 採血量需求減少
- 量測範圍擴大
- 環境適應性提升

### 5.2 可靠性保證

- 內建自我檢測
- 多重錯誤防護
- 溫度漂移補償
- 穩定性提升

### 5.3 開發便利性

- 完整參考設計
- 簡化的校準流程
- 彈性的組態選項
- 豐富的技术支援

#### 參考資料

- HY16F3913 Datasheet
- HY16F3913 HCT Blood Glucose Meter Application Manual
- HY16F198B Glucose Meter Application Manual