

特性

- 6000 字 雙 ADC 核 (2.8-11 次/每秒)
- 滿幅輸入範圍: 630mV
- 包裝 : 100LQFP package
- $\pm 3V$ DC 穩壓電源輸入
- 支援數位電表多功能
 - *電壓測量 (直流/交流)
 - *電流測量 (直流/交流)
 - *交直流同時測量
 - *電壓電流同時測量
 - *電阻測量 (0.00 Ω – 300M Ω)
 - *電導測量(600nS)
 - *電容測量 (0.000nF –300mF)
- (中國專利號 no.: 200710106702.8)
- *二極體或通斷測量
- *頻率及佔空比測量:
 - 1.00Hz – 60.00MHz
 - 5.0% – 95.0%
- 使用者自訂義輸入通道 (8 輸入通道)
- 峰值測量
- 內建浪湧偵測電路
- 高壓指示, R/C/D/F 模式
(中國專利號 no.:ZL 2013 1 0453561.2)
- 頻寬可選之低通濾波電路
(中國專利號 no.: 200920156001.X)
- 基準電壓輸出
- 提供 3 線式串口
- MPU I/O 及電壓電平轉換電路。
- 蜂鳴器驅動電路
- 多段電池電位偵測電路
- 休眠模式控制電路

應用

鉗表
數位多功能電表

描述

ES228 是 DMM 模擬前端芯片，內建 6000 字的雙斜率型 ADC。ES228 提供交直流電壓、交直流電流、電阻、電容、二極體、通斷、頻率及佔空比等量測。由於內有兩組可獨立工作的 ADC 核心，因此可以同時量測電壓及電流。內建多段電池電位偵測電路、低通濾波電路、浪湧偵測電路、交流信號的週期檢測電路。提供外部 MPU 通過 3 線式串口通信介面可以更有彈性的開發不同的電錶應用

目錄

| | |
|-----------------------------------|----|
| 特性..... | 1 |
| 應用..... | 1 |
| 描述..... | 1 |
| 管腳定義..... | 4 |
| 管腳描述..... | 5 |
| 極限參數..... | 7 |
| 電氣特性..... | 7 |
| 串口特性..... | 9 |
| MPU I/O 時序圖..... | 9 |
| 功能描述..... | 10 |
| MPU 串口 I/O 功能..... | 10 |
| 串口讀/寫包..... | 12 |
| 供電電源及 I/O 電平選擇..... | 19 |
| 操作模式..... | 20 |
| 交直流電壓測量..... | 20 |
| 交直流電流測量..... | 21 |
| 低通濾波電路(LPF)，提供 AC 測量使用..... | 22 |
| VA dual 測量..... | 23 |
| 電阻或電導測量..... | 24 |
| 電容測量..... | 25 |
| 通斷檢測..... | 26 |
| 二極管/LED 測量..... | 26 |
| 頻率與佔空比測量..... | 27 |
| UDP dual 模式..... | 29 |
| 積分時間的動態改變(僅支持交直流電壓或交直流電流模式)..... | 30 |
| 浪湧電流偵測電路..... | 31 |
| 過零檢測電路(Zero Crossing Dector)..... | 32 |
| 峰值保持功能..... | 33 |
| 介紹..... | 33 |
| 峰值校正..... | 33 |
| 峰值計算..... | 33 |
| 邏輯輸出..... | 34 |



| | |
|--------------------|----|
| 休眠..... | 34 |
| 多段電池電位偵測電路..... | 34 |
| 應用電路..... | 35 |
| 包裝資訊..... | 36 |
| 100L LQFP 外觀圖..... | 36 |
| 尺寸參數..... | 36 |

Preliminary

管腳描述

| 編號 | 符號 | 型態 | 描述 |
|-------|---------|-----|---|
| 1 | CREFN_1 | O | 外接電容負端引腳，用來儲存 ADC2 的反積分基準電壓。 |
| 2 | CREFP_1 | O | 外接電容正端引腳，用來儲存 ADC2 的反積分基準電壓。 |
| 3 | VR_UDP2 | I | UDP2 基準電位 200mV (VRH-VR_UDP2) |
| 4 | VR_UDP1 | I | UDP1 基準電位 200mV (VRH-VR_UDP1) |
| 5 | VR_AD | I | VR 基準電位 200mV (VRH-VR_AD) |
| 6 | VRH | O | 基準電位-1.23V |
| 7-9 | OHMC1-3 | O | 外接穩壓電容，用於電阻測量 |
| 10 | OR1 | O | 外接精密電阻(600.0Ω/60.00Ω 量程) |
| 11 | VR5 | O | 外接分壓精密電阻連接 1KΩ (1000.0V) |
| 12 | VR4 | O | 外接分壓精密電阻 10KΩ (600.00V) |
| 13 | VR3 | O | 外接分壓精密電阻 101.01KΩ (60.000V) |
| 14 | VR2 | O | 外接分壓精密電阻 1.11MΩ (6.0000V) |
| 15 | OVSG | O | 外設通道切換，用來改變電阻或電壓測量時的檢測路徑。 |
| 16 | VR1 | I | 測量輸入端點，連接 10MΩ 精準電阻 |
| 17 | HVDET | I | 接 AGND |
| 18 | EXT | I | 當 SGNDTOEXT bit 置位，可將 ADC2 的負端輸入從 SGND2 管腳切換到 EXT 管腳。 |
| 19 | UDPIN1 | I | 使用者定義管腳 1 |
| 20 | UDPIN2 | I | 使用者定義管腳 2 |
| 21 | UDPIN3 | I | 使用者定義管腳 3 |
| 22 | UDPIN4 | I | 使用者定義管腳 4 |
| 23 | UDPIN5 | I | 使用者定義管腳 5 |
| 24 | UDPIN6 | I | 使用者定義管腳 6 |
| 25 | SGND1 | I/G | ADC1 的輸入負端。 |
| 26 | SGND2 | I/G | ADC2 的輸入負端。 |
| 27 | UDPIN7 | I | 使用者定義管腳 7。 |
| 28 | UDPIN8 | I | 使用者定義管腳 8。 |
| 29 | NC | - | 不接 |
| 30 | ACVH_1 | I | 外接交流轉直流電路的正輸出端，用於 ADC1 通道量測交流信號 |
| 31 | ACVL_1 | I | 外接交流轉直流電路的負輸出端，用於 ADC1 通道量測交流信號 |
| 32 | ADI_1 | I | 內建運放負端輸入，用於 ADC1 通道量測交流信號 |
| 33 | ADO_1 | O | 外接交流轉直流電路的正輸入端，用於 ADC1 通道量測交流信號 |
| 34 | TEST5_1 | O | 外接交流轉直流電路的負輸入端，用於 ADC1 通道量測交流信號 |
| 35 | ACVH_2 | I | 外接交流轉直流電路的正輸出端，用於 ADC2 通道量測交流信號 |
| 36 | ACVL_2 | I | 外接交流轉直流電路的負輸出端，用於 ADC2 通道量測交流信號 |
| 37 | ADI_2 | I | 內建運放負端輸入，用於 ADC2 通道量測交流信號 |
| 38 | ADO_2 | O | 外接交流轉直流電路的正輸入端，用於 ADC2 通道量測交流信號 |
| 39 | TEST5_2 | O | 外接交流轉直流電路的負輸入端，用於 ADC2 通道量測交流信號 |
| 40 | NC | - | 不接 |
| 41 | NC | - | 不接 |
| 42 | NC | - | 不接 |
| 43-44 | CA-/CA+ | O | 外接電容管腳，用於電容量測。 |
| 45 | R10K | O | 外接 10KΩ 精準電阻，用於電容測量 |
| 46 | R1K | O | 外接 1KΩ 精準電阻，用於電容測量 |
| 47 | OVX | I | 電阻測量與電容測量的感測輸入端 |



| | | | |
|-------|------------|-----|--|
| 48 | OVH | O | 電阻測量或電容測量的測試電壓輸出端 |
| 49-50 | CSH-/CSH+ | O | 外接電容管腳，用於浪湧測量 |
| 51 | LPC1_1 | O | 外接電容，用於 ADC1 通道的二階低通濾波電路 |
| 52 | LPC2_1 | O | 外接電容，用於 ADC1 通道的二階低通濾波電路 |
| 53 | LPCOUT_1 | O | 外接電容，用於 ADC1 通道的二階低通濾波電路 |
| 54 | LPC1_2 | O | 外接電容，用於 ADC2 通道的二階低通濾波電路 |
| 55 | LPC2_2 | O | 外接電容，用於 ADC2 通道的二階低通濾波電路 |
| 56 | LPCOUT_2 | O | 外接電容，用於 ADC2 通道的二階低通濾波電路 |
| 57 | NC | - | 不接 |
| 58 | PEAKL | O | 外接電容，儲存波谷電位 |
| 59 | PEAKH | O | 外接電容，儲存波峰電位 |
| 60 | NC | - | 不接 |
| 61 | CHOLD | I | 外接電容，峰值測量時濾除噪聲。 |
| 62 | CS | I | 芯片選擇引腳 |
| 63 | FREQ | I | 頻率測量輸入引腳，芯片內部比較電位約為 V-/2。 |
| 64 | STBEEP | O | 通斷或二極管快速測試端口短路警示輸出(為開漏電路)。 |
| 65 | RLY_CTRL1 | O | 不接 |
| 66 | RLY_CTRL2 | O | 不接 |
| 67 | INR_DETOUT | O | 浪湧偵測中斷輸出，浪湧觸發時輸出高電平(VCC)。 |
| 68 | BUZOUT | O | 蜂鳴器驅動輸出。 |
| 69 | DR1 | O | 輸出端口(開漏電路)。(輸出電位 VCC-IOCTRL) |
| 70 | DR2 | O | 輸出端口(開漏電路)。(輸出電位 VCC-IOCTRL) |
| 71 | DR3 | O | 輸出端口(開漏電路)。(輸出電位 VCC-IOCTRL) 交流信號的週期檢測電路輸出。 |
| 72 | DR4 | O | 輸出端口(開漏電路)。(輸出電位 VCC-IOCTRL) 交流信號的週期檢測電路輸出。 |
| 73-74 | OSC1/OSC2 | - | 外接晶振電路。4MHz 晶振。 |
| 75 | IOCTRL | I | 接至 DGND 或是 V-，且與 MCU 電源負端連接 |
| 76 | SCLK | I | MCU 串口時鐘引腳 |
| 77 | SDATA | I/O | MCU 串口數據引腳 |
| 78 | DATANEW | O | 數據轉換完成中斷輸出。 |
| 79 | VIP | - | 不接 |
| 80 | LBAT | I | 多段電池電位檢測輸入引腳 |
| 81 | VCC | P | 接至 MCU 電源正端，作為 I/O 端口電平轉換。 |
| 82-84 | V- | P | 外部負電源供電輸入引腳 |
| 85-87 | V+ | P | 外部正電源供電輸入引腳 |
| 88 | DGND | G | 數位地 |
| 89-92 | AGND | G | 模擬地 |
| 93 | RAZ_2 | O | ADC2 的緩衝器輸出 |
| 94 | CAZ_2 | O | 外接電容，作為 ADC2 自調零電路中儲存偏移電位的電容器 |
| 95 | CINT_2 | O | 外接電容，作為 ADC2 的積分電容 |
| 96 | CREFN_2 | O | 外接電容負端引腳，用來儲存 ADC2 的反積分基準電壓。 |
| 97 | CREFP_2 | O | 外接電容正端引腳，用來儲存 ADC2 的反積分基準電壓。 |
| 98 | RAZ_1 | O | ADC1 的緩衝器輸出 |
| 99 | CAZ_1 | O | 外接電容，作為 ADC1 自調零電路中儲存偏移電位的電容器 |
| 100 | CINT_1 | O | 外接電容，作為 ADC1 的積分電容 |

極限參數

| 特性 | 數值 |
|-------------------------|--------------------|
| 外部主電源負端供電電壓 | AGND - 4V |
| 外部主電源正端供電電壓 | AGND +4V |
| 模擬輸入電壓 | V- -0.6 to V+ +0.6 |
| I/O 口輸入輸出電壓 (IOCTRL=V-) | V- -0.6 to VCC+0.6 |
| 總功耗 | 500mW |
| 工作溫度範圍 | -20°C to 70°C |
| 儲存溫度範圍 | -55°C to 125°C |

電氣特性

TA=25°C, V- = -3.0V

| 參數 | 符號 | 測試條件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 單位 |
|-------------------------|------------------|-----------------------------|-------|----------|-------|--------------------|
| 雙電源供電電壓 | V+, V- | | ±2.8 | ±3.0 | ±3.2 | V |
| 工作電流 (DCV+DCA 模式) | I _{DD} | | — | 2.6 | — | mA |
| | I _{SS} | 休眠模式 | — | 25 | — | µA |
| ADC 雙極性誤差 | | 10MΩ 輸入電阻 | — | — | ±0.1 | %F.S. ¹ |
| ADC 電壓非線性誤差 | NLV1 | 最佳線性度 (校準後) | — | — | ±0.02 | %F.S. ¹ |
| ADC 電壓滿幅輸入 | | VRH-VR_AD= 200mV | — | 600 | 630 | mV |
| VR1 漏電流 | | | -10 | 1 | 10 | pA |
| 零輸入讀數 | | 10MΩ 輸入電阻 | -000 | 000 | +000 | Count |
| Band-gap 基準電位 | V _{RH} | VRH 對 AGND 之 間電阻值為 100kΩ | -1.30 | -1.22 | -1.14 | V |
| 內部上拉(V- to CS)電流 | | V-到 CS 之間 | — | 1.2 | — | µA |
| 交流頻率響應(6V 量程) | | ±1% | — | 60-600 | — | HZ |
| | | ±5% | — | 600-6000 | — | |
| 3dB LPF ² 頻寬 | f _{3dB} | 3dB=Full (ADP) | 70 | — | — | kHz |
| | | 3dB=10k (ADP) | — | 10 | — | kHz |
| | | 3dB=1k (ADP) | — | 1 | — | kHz |
| 多段電池電位偵測電位 | V _{t1} | LBAT vs. V- | — | 2.29 | — | V |
| | V _{t2} | | — | 2.12 | — | V |
| | V _{t3} | | — | 1.91 | — | V |
| 峰值測量信號觸發保持時間 | | ACIN =40 ~ 400Hz | — | 1000 | — | us |
| STBEEP 比較電位(Diode 模式) | | OVX to SGND | — | +9 | — | mV |

¹ 滿幅輸入 (6000 字)

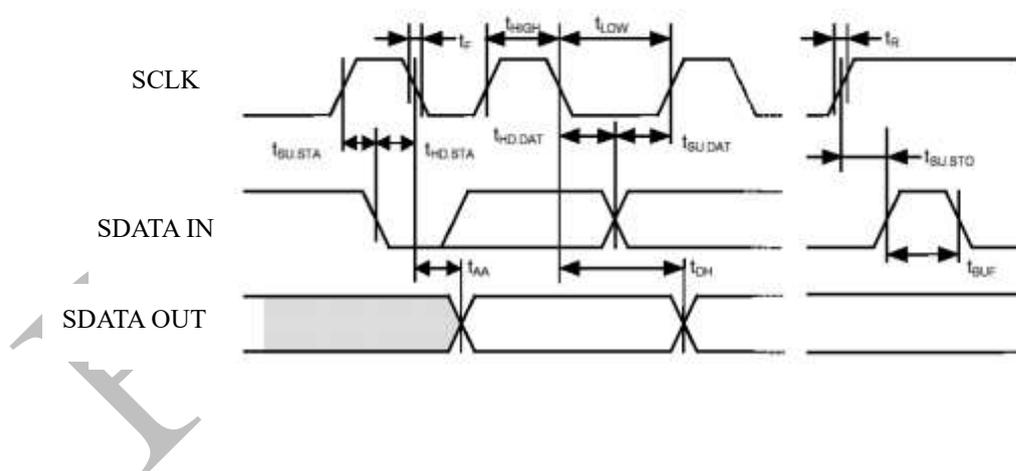
² ES228 內建二階低通濾波器

| | | | | | | |
|----------------------|------------------|---|------|--------------|-----|--------|
| STBEEP 比較電位(Cont.模式) | | OVX to SGND | — | -7 | — | mV |
| 浪湧觸發電平 | | UDPn to SGND. 50Hz 方波. | | 37 | | mVpp |
| 頻率測量靈敏度(FREQ) | Fin | 方波 且佔空比為 40-60% | 500 | — | — | mVp |
| 頻率量測靈敏度(FREQ) | Fin | 弦波 | 400 | — | — | mVrms |
| 基準電壓溫度係數 | TC _{RF} | VRH 到 AGND 間 100KΩ 電阻 -20°C < TA < 70°C | — | 50 | — | ppm/°C |
| 電容測量精準度 | | 6nF – 300mF | -2.5 | — | 2.5 | %F.S |
| | | | -30 | — | 30 | counts |
| HV_AD1 警示位準 | | ADC1 輸入信號 @DCV&ACV | | +1.6 -1.1 | | V |
| HV_AD2 警示位準 | | ADC2 輸入信號 @DCA&ACA | | +1.6 -1.1 | | V |

串口特性

| 參數 | 符號 | 最小 | 典型 | 最大 | 單位 |
|-----------------|--------------|-----|----|-----|-----|
| SCL 時鐘頻率 | f_{SCLK} | - | - | 100 | kHz |
| SCL 時鐘低電平時間 | t_{LOW} | 4.7 | - | - | us |
| SCL 時鐘高電平時間 | t_{HIGH} | 4.0 | - | - | |
| SDATA 輸出建立時間 | t_{AA} | 0.1 | - | 3.5 | |
| SDATA 輸出保持時間 | t_{DH} | 100 | - | - | ns |
| Start 條件建立時間 | $t_{SU.STA}$ | 4.7 | - | - | us |
| Start 條件保持時間 | $t_{HD.STA}$ | 4.0 | - | - | |
| SDATA 輸入建立時間 | $t_{SU.DAT}$ | 200 | - | - | ns |
| SDATA 輸入保持時間 | $t_{HD.DAT}$ | 0 | - | - | |
| Stop 條件建立時間 | $t_{SU.STO}$ | 4.7 | - | - | us |
| SCLK/SDATA 上升時間 | t_R | - | - | 1.0 | |
| SCLK/SDATA 下降時間 | t_F | - | - | 0.3 | |
| 總線釋放時間 | t_{BUF} | 4.7 | - | - | ns |

MPU I/O 時序圖





功能描述

MPU 串口 I/O 功能

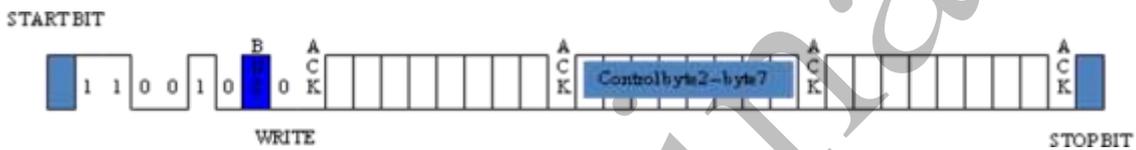
介紹

ES228 通過 3 線式串口介面與 MPU 通信。SDATA 腳是雙向且為開漏電路的數據接口。SDATA 為單向時鐘接口。DATANEW 為單向數據提示接口，當接口為高電平時代表數據轉換完成，MPU 可以進行數據的讀取。當 ES228 接收到 MPU 發送的正確的 ID 後 DATANEW 端口會變為輸出低電平，直到 ADC 下一次的數據轉換完成。

串口的數據包如下。寫入寄存器時串口是由 1 個 ID 字節加上 9 個字節組成。讀取寄存器時串口是由 1 個 ID 字節加上 16 個數據字節組成。

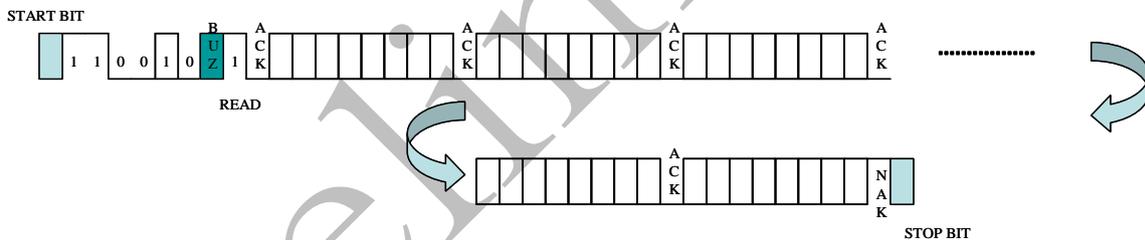
串口寫入

ID 字節, 及 9 個命令字節



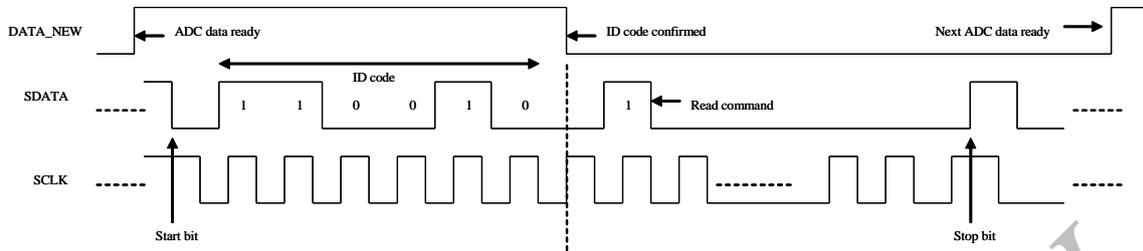
串口讀取

ID 字節, 及 16 個數據字節

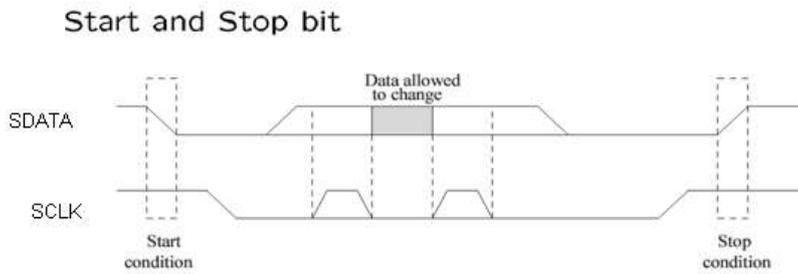




ES228 的 ID 為 “110010” 跟隨著一個 buzzer on/off 位及一個讀寫位如圖。



Stop 與 Stop 位時序如下圖



串口讀/寫包
寫入寄存器

串口寫入包含一個 ID 與 9 個命令字節對應到芯片內部的 W1~W9 寄存器。

| Byte | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
|------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|------------|--------------|
| ID | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | BUZ | R/W=0 |
| W1 | F3 | F2 | F1 | F0 | C1_AD1 | C0_AD1 | C1_AD2 | C0_AD2 |
| W2 | AC_1 | AC_2 | Q2 | Q1 | Q0 | B2 | B1 | B0 |
| W3 | VAHZ_1 | VAHZ_2 | FQ2_1 | FQ1_1 | FQ0_1 | FQ2_2 | FQ1_2 | FQ0_2 |
| W4 | PCAL_1 | PCAL_2 | PEAK_1 | PEAK_2 | INA | FCOND | 0 | AD2OFF |
| W5 | SUDP2_1 | SUDP1_1 | SUDP0_1 | SUDP2_2 | SUDP1_2 | SUDP0_2 | TMP24X_1 | TMP24X_2 |
| W6 | LPF1_1 | LPF0_1 | LPF1_2 | LPF0_2 | VHZ1K_1 | VHZ1K_2 | ZERODET | HRC |
| W7 | SWAP | 1 | SHBP | DIOVSS | INTSEL | 0 | 0 | 0 |
| W8 | 0 | 0 | 1 | 1 | DR1 | DR2 | DR3 | DR4 |
| W9 | 1 | 0 | 0 | UDPX10_2 | T1300_1 | T1300_2 | SGND2TOEXT | BYPASS |

BUZ：蜂鳴器驅動控制位。

1，蜂鳴器輸出啟動。

0：蜂鳴器輸出關閉

F3/F2/F1/F0：測量模式控制位。

| F3 | F2 | F1 | F0 | 測量模式 | D0 | D1 | D2 | D3 | D4 |
|----|----|----|----|----------|------|------|------|--------|------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 交直流電壓 | 直流電壓 | 交流電壓 | | 頻率 2 | 積分時間 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 交直流電流 | 直流電流 | 交流電流 | | 頻率 2 | 積分時間 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | VA dual | 電壓 | 電流 | 頻率 1 | 頻率 2 | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 電阻/電導 | 電阻 | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 通斷 | 通斷 | UDP | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 電容 | 電容 | UDP | | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 二極管 | 二極管 | UDP | | | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | LED | LED | UDP | | | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 頻率與佔空比 | 頻率 | | 佔空比 | 頻率/佔空比 | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | UDP dual | UDP | UDP | | 頻率 2 | |

C1_AD1/C0_AD1/C1_AD2/C0_AD2：ADC 轉換速度選擇位。

| C1 | C0 | ADC 轉換時間 | 可抗工頻干擾 |
|----|----|----------|---------|
| 0 | 0 | 350ms | 50/60Hz |
| 0 | 1 | 175ms | 50/60Hz |
| 1 | 0 | 87.5ms | 60Hz |

AC_1/AC_2：AC 模式控制位。

1：AC_1=1 啟動 ADC1 的交流通道；AC_2=1 啟動 ADC2 的交流通道

0：AC_1=0 關閉 ADC1 的交流通道；AC_2=0 關閉 ADC2 的交流通道

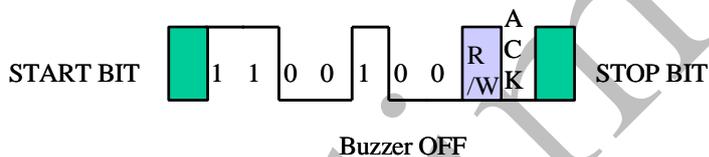
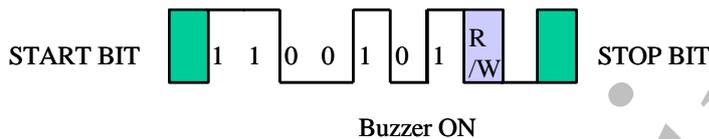
Q2/Q1/Q0：量程控制位 V/A/R/C 模式。

詳細說明參考電壓/電流/電阻/電容測量單元。

B2/B1/B0：蜂鳴器頻率選擇控制位。

| B2 | B1 | B0 | 蜂鳴器輸出頻率 |
|----|----|----|---------|
| 0 | 0 | 0 | 1.00kHz |
| 0 | 0 | 1 | 2.67kHz |
| 0 | 1 | 0 | 2.00kHz |
| 0 | 1 | 1 | 3.33kHz |
| 1 | 0 | 0 | 1.33kHz |
| 1 | 0 | 1 | 3.08kHz |
| 1 | 1 | 0 | 2.22kHz |
| 1 | 1 | 1 | 4.00kHz |

控制 **BUZ** 位可啟動/關閉蜂鳴器信號輸出到 **BUZOUT** 腳(pin 67)。若只要控制蜂鳴器僅須通過串口寫入 ID 字節，不須傳送完整的命令包。



VAHZ_1/VAHZ_2：AC 模式時頻率量測功能控制位。

- 1：VAHZ_1=1 啟動 ADC1 的信號頻率檢測電路；VAHZ_2=1 啟動 ADC2 的信號頻率檢測電路
- 0：VAHZ_1=0 關閉 ADC1 的信號頻率檢測電路；VAHZ_2=0 關閉 ADC2 的信號頻率檢測電路

FQ2_1/FQ1_1/FQ0_1/FQ2_2/FQ1_2/FQ0_2：頻率量程控制位。

詳情說明參考電壓/電流/頻率/UDP 測量單元。

PCAL_1/PCAL_2：峰值檢測偏移量校正功能控制位。(必須與 PEAK_1/PEAD_2 同時置位)

- 1：PCAL_1=1 啟動 ADC1 的峰值校正電路；PCAL_2=1 啟動 ADC2 的峰值校正電路
- 0：PCAL_1=0 關閉 ADC1 的峰值校正電路；PCAL_2=0 關閉 ADC2 的峰值校正電路

PEAK_1/PEAK_2：峰值量測電路控制位。

- 1：PEAK_1=1 啟動 ADC1 的峰值量測電路；PEAK_2=1 啟動 ADC2 的峰值量測電路
- 0：PEAK_1=0 關閉 ADC1 的峰值量測電路；PEAK_2=0 關閉 ADC2 的峰值量測電路

INA：浪湧檢測電路控制位。

- 1：啟動輸入浪湧電流檢測電路
- 0：關閉輸入浪湧電流檢測電路(需寫入兩次才可關閉)



FCOND：電導測量電路控制位（需在電阻測量模式下，且量程設置於 60MΩ）。

- 1：電導功能
- 0：電阻功能

AD2OFF：ADC2 關閉控制位。

- 1：關閉 ADC2
- 0：啟動 ADC2

SUDP2_1/SUDP1_1/SUDP0_1：ADC1 使用者定義輸入通道選擇控制位。

詳細說明參考 UDP 單元

SUDP2_2/SUDP1_2/SUDP0_2：ADC2 使用者定義輸入通道選擇控制位。

詳細說明參考 UDP 單元

TMP24X_1/TMP24X_2：UDP 模式輸入 24 倍放大器控制位，將 K-type 溫度量測的信號放大。

- 1：TMP24X_1=1 啟動 ADC1 的 24 倍放大電路；TMP24X_2=1 啟動 ADC2 的 24 倍放大電路
- 0：TMP24X_1=0 關閉 ADC1 的 24 倍放大電路；TMP24X_2=0 關閉 ADC2 的 24 倍放大電路

LPF1_1/LPF0_1/LPF1_2/LPF0_2：低通濾波器 3dB 頻寬選擇控制位。

詳細說明參考低通濾波器單元

VHZ1K_1/VHZ1K_2：VAHz 測量模式下 RC 濾波器控制位，可降低 1kHz 以上的信號，用於低頻測量時，可降低環境噪音干擾進入頻率計數器。

- 1：VHZ1K_1=1 啟動頻率計數器 1 的 RC 濾波電路；
VHZ1K_2=1 啟動頻率計數器 2 的 RC 濾波電路
- 0：VHZ1K_1=0 關閉頻率計數器 1 的 RC 濾波電路；
VHZ1K_2=0 關閉頻率計數器 2 的 RC 濾波電路

SWAP：此控制位可改變交流信號的通道，將 ADO2 變為 ADO1，ACVL2 變為 ACVL1，ACVH2 變為 ACVH1；測量模式必須設置為交直流電壓或交直流電流測試模式³。

- 1：交流信號通道為 ADO1、ACVL1、ACVH
- 0：交流信號通道為 ADO2、ACVL2、ACVH2

SHBP：通斷及二極管測量時輔助的低電阻偵測電路控制位。

- 1：當測試端口偵測到低電阻時自動驅動蜂鳴器電路輸出
- 0：關閉自動蜂鳴器電路輸出

³ 若產品不需同時量測兩種交流信號，置位 SWAP 後可用一組交流轉直流電路，以降低成本。



DIOVSS：二極管測量模式開路電壓正反輸出選擇控制位。

- 1：開路電壓反向輸出
- 0：開路電壓正向輸出

INTSEL：交流測量時動態調整積分時間控制位，可使數據更加穩定。

- 1：積分時間依據輸入信號頻率改變
- 0：積分時間固定

UDPX10_2：UDP 模式下輸入 10 倍放大器控制位，輸入滿幅由 600.0mV 變為 60.00mV。

- 1：UDPX10_2=1 啟動 ADC2 的 10 倍放大電路
- 0：UDPX10_2=0 關閉 ADC2 的 10 倍放大電路

DR1/DR2/DR3/DR4：開漏輸出控制位，各引腳須接上拉電阻，可個別置位。

- 1：DR_N 引腳上拉高電平
- 0：DR_N 引腳輸出低電平

ZERODET：VA dual 模式下週期檢測電路控制位。

- 1：啟動週期檢測電路並輸出至 DR3 及 DR4 引腳。
- 0：關閉週期檢測電路。

HRC：電阻及電容測量時高量程控制位。

詳情說明參考電阻測量與電容測量單元

T1300_1/T1300_2：將溫度上限從 600.0°C 改為 1300.0°C。

- 1：上限為 1300.0°C
- 0：上限為 600.0°C

SGND2TOEXT：切換 ADC2 的負端輸入路徑。

- 1：切換至 EXT
- 0：切換至 SGND2

讀寄存器

串口讀取包包含一個 ID 字節與 16 個數字字節。此 16 個字節對應到數據轉換寄存器 (R1~R16)。當 DATANEW 為高電平，MPU 即可讀取 ES228 數據轉換寄存器中的內容以取得 ADC 轉換的數據(D0/D1/D2/D3/D4)⁴ 以及標誌的狀態。因為兩組 ADC 有可能設置不同的轉換速度，因此可以檢查 DRDY_D0/DRDY_D1 的標誌狀態，當 DRDY_0 被置位時代表 ADC1 數據轉換完成，此時 D0 數據是有效的；當 DRDY_1 被置位時代表 ADC2 數據轉換完成，此時 D1 數據是有效的。

| Byte | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
|------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|------------|--------------|
| ID | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | BUZ | R/W=1 |
| R1 | HV_AD1 | HV_AD2 | ALARM | DRDY_D0 | DRDY_D1 | RPH | VID1 | VID2 |
| R2 | SIGN_1 | SIGN_2 | BTS0 | BTS1 | PMAX | PMIN | INAW | INAF |
| R3 | DISC | LDUTY | STA1_1 | STA1_2 | FIN_1 | STA1_2 | STA0_2 | FIN_2 |
| R4 | LF1 | LF2 | X | X | D0:0 | D0:1 | D0:2 | D0:3 |
| R5 | D0:4 | D0:5 | D0:6 | D0:7 | D0:8 | D0:9 | D0:10 | D0:11 |
| R6 | D0:12 | D0:13 | D1:0 | D1:1 | D1:2 | D1:3 | D1:4 | D1:5 |
| R7 | D1:6 | D1:7 | D1:8 | D1:9 | D1:10 | D1:11 | D1:12 | D1:13 |
| R8 | D1:14 | D1:15 | D1:16 | D1:17 | D1:18 | D2:0 | D2:1 | D2:2 |
| R9 | D2:3 | D2:4 | D2:5 | D2:6 | D2:7 | D2:8 | D2:9 | D2:10 |
| R10 | D2:11 | D2:12 | D2:13 | D2:14 | D2:15 | D2:16 | D2:17 | D2:18 |
| R11 | D2:19 | D3:0 | D3:1 | D3:2 | D3:3 | D3:4 | D3:5 | D3:6 |
| R12 | D3:7 | D3:8 | D3:9 | D3:10 | D3:11 | D3:12 | D3:13 | D3:14 |
| R13 | D3:15 | D3:16 | D3:17 | D3:18 | D3:19 | D4:0 | D4:1 | D4:2 |
| R14 | D4:3 | D4:4 | D4:5 | D4:6 | D4:7 | D4:8 | D4:9 | D4:10 |
| R15 | D4:11 | D4:12 | D4:13 | D4:14 | D4:15 | D4:16 | D4:17 | D4:18 |
| R16 | D4:19 | X | X | X | X | X | X | X |

D0(0:13): ADC1 轉換數據或是頻率計數器 1 轉換數據。

D1(0:18): ADC2 轉換數據。

D2(0:19): 頻率計數器 1 或佔空比數據。

D3(0:19): 頻率計數器 2 或佔空比數據。

D4(0:19): 積分時間數據，此數據需 INTSEL 被置位後有效。

⁴ D0/D1/D2/D3/D4 為二進制。D0 是 ADC1 轉換數據，D1 是 ADC2 轉換數據，兩組 ADC 的最大數值為 6300。

各測試模式下的標誌狀態: ● = 有效

| 測量模式 | HV_n | ALARM | LDUTY | STA0_n | STA1_n | FIN_n | PMAX | PMIN |
|----------------|------|--------|-------|--------|--------|-------|------|------|
| 電壓 | ● | | | ● | ● | ● | ● | ● |
| 電流 | ● | | | ● | ● | ● | ● | ● |
| VA dual | ● | | | ● | ● | ● | ● | ● |
| 電阻 | ● | | | | | | | |
| 通斷 | ● | ● | | | | | | |
| 電容 | ● | ● | | | | | | |
| 二極體 | ● | ● | | | | | | |
| LED | ● | | | | | | | |
| 頻率+佔空比 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| UDP | ● | | | ● | ● | ● | ● | ● |
| Measurement 測量 | LF_n | SIGN_n | BTSn | DISC | RPH | INAW | INAF | |
| 電壓 | ● | ● | ● | | | | | |
| 電流 | ● | ● | ● | | | ● | ● | |
| VA dual | ● | ● | ● | | | ● | ● | |
| 電阻 | | | ● | | ● | | | |
| 通斷 | | | ● | | | | | |
| 電容 | | | ● | ● | | | | |
| 二極體 | | ● | ● | | | | | |
| LED | | ● | ● | | | | | |
| 頻率+佔空比 | ● | | ● | | | | | |
| UDP | ● | ● | ● | | | ● | ● | |

標誌狀態描述:
SIGN_1/SIGN_2: 各別代表 D0 及 D1 數據的負號標誌位。

1 : SIGN_1=1, D0 數值為負; SIGN_2=1, D1 數值為負

0 : SIGN_1=0, D0 數值為正; SIGN_2=0, D1 數值為正

HV_1/HV_2: 當電壓異常標誌位。

1 : HV_1=1, ADC1 輸入端信號超過±1.2V; HV_2=1, ADC2 輸入端信號超過±1.2V

0 : HV_1=0, ADC1 輸入端信號在±1.2V 間; HV_2=0, ADC2 輸入端信號在±1.2V 間

ALARM: 異常警示標誌位。

 1 : 通斷及二極管測量偵測到輸入端口短路時，
 或電容測量時偵測到待測電容大於目前電容量程時，
 或頻率測量時偵測到實際頻率高於目前頻率量程時，
 此標誌達上述情況皆會被置位

0 : 正常

DISC: 偵測到待測電容電位異常標誌位。

1 : 放電中

0 : 正常

BTS0/BTS1: 多段電池電位檢視位。詳情參考多段電池電位檢測單元

LF_1/LF_2: 頻率測量模式，輸入頻率異常⁵標誌位。

- 1：LF_1=1，ADC1 輸入端頻率異常；LF_2=1，ADC2 輸入端頻率異常
- 0：LF_1=0，ADC1 輸入端頻率正常；LF_2=0，ADC2 輸入端頻率正常

LDUTY: 佔空比測量模式，輸入信號佔空比異常標誌位。

- 1：無法偵測到佔空比
- 0：正常

STA0_1/STA1_1/STA0_2/STA1_2: 頻率測量模式下的除頻指示，詳情參考頻率測量單元。

FIN_1/FIN_2: 頻率計數器數據轉換完成標誌位。

- 1：FIN_1=1，頻率計數器 1 完成且更新至 D0 或 D2 寄存器；
FIN_2=1，頻率計數器 2 完成且更新至 D3 寄存器
- 0：FIN_1=0，頻率計數器 1 的數據未更新；
FIN_2=0，頻率計數器 2 的數據未更新

PMAX: 波峰標誌位

- 1：當前 ADC 轉換數據為波峰讀值(D0 or D1)
- 0：當前 ADC 轉換數據非波峰讀值

PMIN: 波谷標誌位

- 1：當前 ADC 轉換數據為波谷讀值(D0 or D1)
- 0：當前 ADC 轉換數據非波谷讀值

RPH: 電導測量模式時測試端口電位標誌位，詳情參考電阻/電導測量。

- 1：當前數據為測試電阻的兩端電位
- 0：當前數據為參考電阻 10 MΩ的兩端電位

INAW: 浪湧電流偵測電路等待標誌位。

- 1：浪湧電流電路設置完成，等待浪湧電流信號輸入
- 0：浪湧電流電路關閉或浪湧電流數據已轉換完成。

INAF: 浪湧電流電路數據轉換完成標誌位

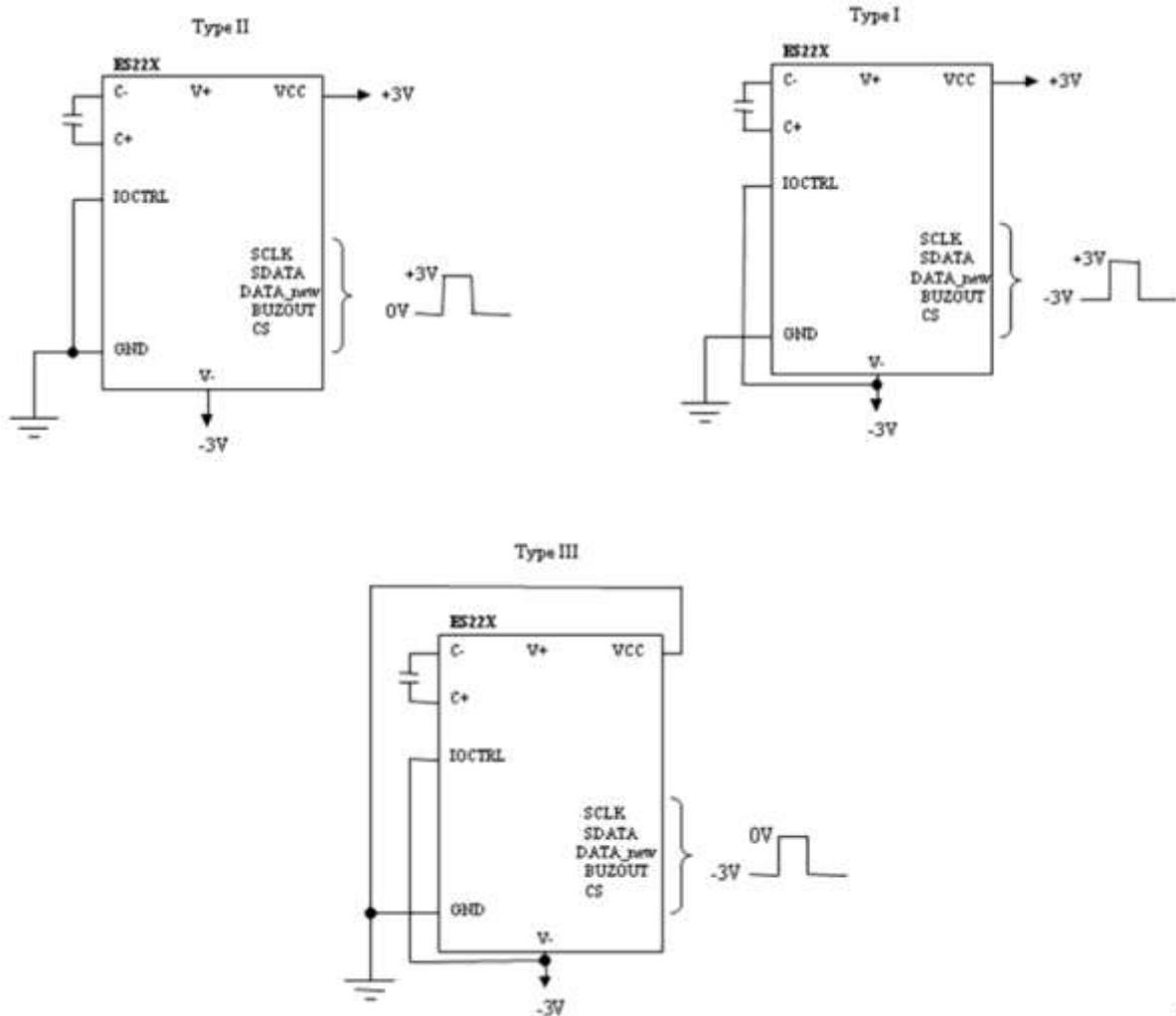
- 1：浪湧電流數據已轉換並更新到 D1 寄存器中
- 0：浪湧電流電路關閉或浪湧電流電路等待觸發中。

⁵ 頻率過低或是信號太小造成異常
ver. 2.4



供電電源及 I/O 電平選擇

ES228 內置電壓電平移位器可依據 MPU 的供電電源彈性的改變 I/O 的電平。VCC 的電源輸入範圍必須在 DGND 到 V+ 之間，MPU 的電源正端必須跟 VCC 同電位。IOCTRL 可以選擇接到 DGND 或是 V-，MPU 的電源負端必須跟 IOCTRL 同電位。



操作模式

交直流電壓測量

MPU 寫入命令寄存器選擇交直流電壓測。ADC1 負責量測 DCV，ADC2 負責量測 ACV，當 VAHZ_2 被置位時可同時測量信號頻率。測量信號由 VR1 端口(pin16)經由 10MΩ 輸入。

表 1：F 控制位於交直流電壓的編碼設置

| F3 | F2 | F1 | F0 | 測量模式 | 相關數據寄存器 |
|----|----|----|----|-------------------------------------|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 交直流電壓 ADC1 量測 DCV ADC2 量測 ACV | D0(0:13), D1(0:13), D3(0:19), D4(0:19) |

電壓測量的量程控制 (DCV+ACV)

| Q2 | Q1 | Q0 | 滿幅電壓 | 分壓比例 | 外接電阻 |
|----|----|----|---------|---------|---------------|
| 0 | 0 | 0 | 6.000V | 1/10 | VR2 (1.111MΩ) |
| 0 | 0 | 1 | 60.00V | 1/100 | VR3 (101kΩ) |
| 0 | 1 | 0 | 600.0V | 1/1000 | VR4 (10.01kΩ) |
| 0 | 1 | 1 | 1000V | 1/10000 | VR5 (1kΩ) |
| 1 | 0 | 0 | 600.0mV | 1 | VR1 (10MΩ) |

交流電壓測量的頻率量程控制 (VAHZ_2=1)

| FQ2_2 | FQ1_2 | FQ0_2 | 滿幅頻率 |
|-------|-------|-------|----------|
| 0 | 0 | 0 | 60.00Hz |
| 0 | 0 | 1 | 600.0Hz |
| 0 | 1 | 0 | 6.000kHz |
| 0 | 1 | 1 | 60.00kHz |

註：參考頻率與佔空比測量。

交直流電流測量

MPU 寫入命令寄存器選擇交直流電流測。ADC1 負責量測 DCA, ADC2 負責量測 ACA, 當 VAHZ_2 被置位時可同時測量信號頻率。

表 2：F 控制位於交直流電流的編碼設置

| F3 | F2 | F1 | F0 | 測量模式 | 相關數據寄存器 |
|----|----|----|----|-------------------------------------|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 交直流電流 ADC1 量測 DCA ADC2 量測 ACA | D0(0:13), D1(0:13), D3(0:19), D4(0:19) |

測量信號由 UDP₁₋₈ 端口(pin 19~pin 24、pin 27、pin 28)。輸入通道可經由 SUDP 控制位選擇(使用多組通道端口輸入可實現電流自動量程控制)。

| SUDP2_n ⁶ | SUDP1_n ⁴ | SUDP0_n ⁴ | 滿幅電壓 ⁷ | 輸入端口 |
|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|--------|
| 0 | 0 | 0 | 600.0mV | UDPIN1 |
| 0 | 0 | 1 | 600.0mV | UDPIN2 |
| 0 | 1 | 0 | 600.0mV | UDPIN3 |
| 0 | 1 | 1 | 600.0mV | UDPIN4 |
| 1 | 0 | 0 | 600.0mV | UDPIN5 |
| 1 | 0 | 1 | 600.0mV | UDPIN6 |
| 1 | 1 | 0 | 600.0mV | UDPIN7 |
| 1 | 1 | 1 | 600.0mV | UDPIN8 |

交流電流測量的頻率量程控制 (VAHZ_2=1)

| FQ2_2 | FQ1_2 | FQ0_2 | 滿幅頻率 |
|-------|-------|-------|----------|
| 0 | 0 | 0 | 60.00Hz |
| 0 | 0 | 1 | 600.0Hz |
| 0 | 1 | 0 | 6.000kHz |
| 0 | 1 | 1 | 60.00kHz |

註：參考頻率與佔空比測量..

⁶ n 為 1 & 2.

⁷ 當 UDPX10_2 設置，會開啟 x10 倍放大器，可將輸入滿幅從 600.0mV 降為 60.00mV。



低通濾波電路(LPF)，提供 AC 測量使用

內建兩組獨立可選(3dB)頻寬的二階低通濾波器。可通過寫入寄存器中的 LPF1_n 或 LPF0_n 分別控制 ADC1 與 ADC2 的濾波器通道及頻寬。

| LPF1_n ⁸ | LPF0_n ⁸ | 低通濾波 3dB 頻寬 |
|---------------------|---------------------|--------------|
| 0 | 0 | 關閉 |
| 0 | 1 | 3dB = 1kHz |
| 1 | 0 | 3dB = 10kHz |
| 1 | 1 | 3dB > 100kHz |

⁸ n 為 1 或 2.
ver. 2.4

VA dual 測量

MPU 寫入命令寄存器選擇電壓與電流同時測量。當 VAHZ_1/VAHZ_2 被置位時，可同時測量電壓/電流信號的頻率。電壓測量信號由測試端(pin16)經由 10MΩ 輸入到 VR1 端口。

表 3：F 控制位於 VA dual 的編碼設置

| F3 | F2 | F1 | F0 | AC_1 | AC_2 | 測量模式 | 相關數據寄存器 |
|----|----|----|----|------|------|--|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | DCV+DCA mode ADC1 量測 DCV ADC2 量測 DCA | D0(0:13), D1(0:13), D2(0:19), D3(0:19), D4(0:19) |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | ACV+ACA mode ADC1 量測 ACV ADC2 量測 ACA | D0(0:13), D1(0:13), D2(0:19), D3(0:19), D4(0:19) |

電壓測量的量程控制 (DCV 或 ACV)

| Q2 | Q1 | Q0 | 滿幅電壓 | 分壓比例 | 外接電阻 |
|----|----|----|---------|---------|---------------|
| 0 | 0 | 0 | 6.000V | 1/10 | VR2 (1.111MΩ) |
| 0 | 0 | 1 | 60.00V | 1/100 | VR3 (101kΩ) |
| 0 | 1 | 0 | 600.0V | 1/1000 | VR4 (10.01kΩ) |
| 0 | 1 | 1 | 1000V | 1/10000 | VR5 (1kΩ) |
| 1 | 0 | 0 | 600.0mV | 1 | VR1 (10MΩ) |

電流測量信號由 UDP₁₋₈ 端口(pin 19~pin 24、pin 27、pin 28)。輸入通道可經由 SUDP 控制位選擇(使用多組通道端口輸入可實現電流自動量程控制)。

| SUDP2_2 | SUDP1_2 | SUDP0_2 | 滿幅電壓 ⁹ | 輸入端口 |
|---------|---------|---------|-------------------|--------|
| 0 | 0 | 0 | 600.0mV | UDPIN1 |
| 0 | 0 | 1 | 600.0mV | UDPIN2 |
| 0 | 1 | 0 | 600.0mV | UDPIN3 |
| 0 | 1 | 1 | 600.0mV | UDPIN4 |
| 1 | 0 | 0 | 600.0mV | UDPIN5 |
| 1 | 0 | 1 | 600.0mV | UDPIN6 |
| 1 | 1 | 0 | 600.0mV | UDPIN7 |
| 1 | 1 | 1 | 600.0mV | UDPIN8 |

交流電壓或交流電流測量的頻率量程控制 (VAHZ_1=1 / VAHZ_2=1)

| FQ2_n ¹⁰ | FQ1_n ¹⁰ | FQ0_n ¹⁰ | 滿幅頻率 |
|---------------------|---------------------|---------------------|----------|
| 0 | 0 | 0 | 60.00Hz |
| 0 | 0 | 1 | 600.0Hz |
| 0 | 1 | 0 | 6.000kHz |
| 0 | 1 | 1 | 60.00kHz |

註 1: 參考頻率與佔空比測量。

註 2: n 為 1 或 2 根據 VAHZ_1 或 VAHZ_2 是否被置位

⁹ 當 UDPX10_2 設置，會開啟 x10 倍放大器，可將輸入滿幅從 600.0mV 降為 60.00mV。

¹⁰ n 為 1 或 2。

電阻或電導測量

MPU 寫入命令寄存器選擇電阻或是電導測量

表 4：F 控制位於電阻或電導的編碼設置

| F3 | F2 | F1 | F0 | FCOND | 測量模式 | 相關數據寄存器 |
|----|----|----|----|-------|------|----------|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 電阻 | D0(0:13) |

電阻測量的量程控制

| Q2 | Q1 | Q0 | HRC | 量程滿幅 | 相關電阻 | 等效阻值 |
|----|----|----|-----|---------|------------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 600.0Ω | OR1 | 100Ω |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 6.000KΩ | VR5 | 1KΩ |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 60.00KΩ | VR4 VR1 | 10KΩ |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 600.0KΩ | VR3 VR1 | 100KΩ |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 6.000MΩ | VR2 VR1 | 1MΩ |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 60.00MΩ | VR1 | 10MΩ |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 300.0MΩ | VR1 | 10MΩ |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 60.00Ω | OR1 | 100Ω |

當量程範圍(Q)為 60MΩ，若 FCOND=1 將進入電導測量模式。

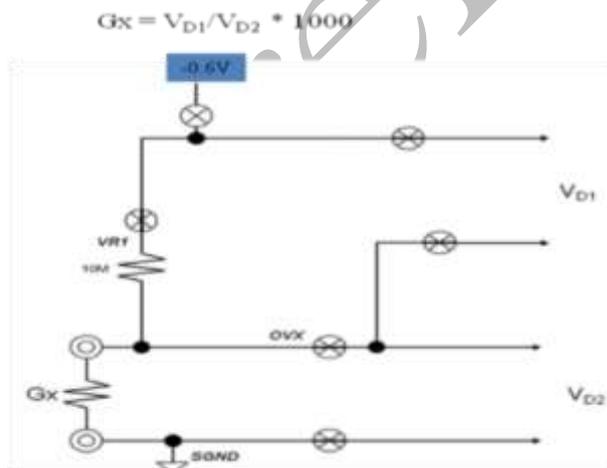
| Q2 | Q1 | Q0 | FCOND | 量程滿幅 | 相關電阻 | 等效阻值 |
|----|----|----|-------|-------|------|------|
| 1 | 0 | 1 | 1 | 600nS | VR1 | 10MΩ |

最大顯示字數為 600 字且分辨率為 1nS。MPU 需檢查 RPH 標誌來判斷當前 D0 數值為參考電阻上的電位或是待測電阻上的電位。

當 RPH=1 代表 D0 數據為參考電阻上電位 V_{D1} 。

當 RPH=0 代表 D0 數據為待測電阻上電位 V_{D2} 。

待測電阻的電導計算方式為 $V_{D1} / V_{D2} * 1000$



電容測量

MPU 寫入命令寄存器選擇電容測量

表 5：F 控制位於電容的編碼設置

| F3 | F2 | F1 | F0 | 測量模式 | 相關數據寄存器 |
|----|----|----|----|------|----------------------------------|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 電容 | D0(0:13), D1(0:13) ¹¹ |

電容測量的量程控制

| Q2 | Q1 | Q0 | HRC | 量程滿幅 | 相關電阻 | 量測時間 |
|----|----|----|-----|---------|------------|----------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 6.000nF | OVX pin VR | 0.33 sec |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 60.00nF | OVX pin VR | 0.33 sec |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 600.0nF | - | 1.15 sec max. |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 6.000uF | R9K / R1K | 0.2 sec max. |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 60.00uF | R9K / R1K | 0.5 sec max. |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 600.0uF | R9K / R1K | 1.25 sec max. |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 6.000mF | R9K / R1K | 2.5 sec max. |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 60.00mF | R9K / R1K | 12.5 sec max. |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 300.0mF | R9K / R1K | 31.25 sec max. |

當 ALARM 被置位時，代表待測電容超過當前量程測量範圍，因此可通過 ALARM 加快變換量程，參考下表。

表 6. ALARM 標誌於電容測量模式時的量程變換表

| ALARM = 1 | 當前量程 | 下個量程 |
|-----------|-------------------|---------|
| | < 6.000uF | 6.000uF |
| | 6.000uF ~ 600.0uF | 6mF |

DISC 標誌位的狀態可用來偵測待測電容上是否有殘存電位，當 DISC=1 時代表偵測到待測電容上有殘存電位，此時芯片會自動透過放電路徑將電容進行放電。但由於測量大電容時，因為放電路徑上的電阻值較大，放電時間會過長，建議測量大電容時以人為方式直接對電容進行放電，避免總測試時間過長。

¹¹ AD2OFF=0, D1 數據為 UDP 端口信號至 ADC2 轉換結果
ver. 2.4

通斷檢測

MPU 寫入命令寄存器選擇通斷測量

表 7：F 控制位於通斷的編碼設置

| F3 | F2 | F1 | F0 | 測量模式 | 相關數據寄存器 |
|----|----|----|----|------|----------------------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 通斷 | D0(0:13), D1(0:13) ¹² |

通斷測量與 600.0Ω 電阻測量電路架構相同並且支援短路檢測。如果 *STBEEP* (pin64) 輸出低電平，代表檢測到輸入端為短路(*OVX* 端口電位低於-7mV)。此檢測電路較 ADC1 轉換速度快，因此 MPU 可以監控 *STBEEP* 輸出及 ADC1 (D0)數據來加速短路檢測。當 *SHBP*=1 且檢測到輸入端為低電阻時蜂鳴器電路將會自動輸出警報信號。

二極管/LED 測量

MPU 寫入命令寄存器選擇二極管或 LED 測量

表 8. F 控制位於二極管/LED 的編碼設置

| F3 | F2 | F1 | F0 | 測量模式 | 相關數據寄存器 |
|----|----|----|----|------|--------------------|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 二極管 | D0(0:13), D1(0:13) |
| 1 | 0 | 1 | 1 | LED | D0(0:13), D1(0:13) |

二極管測量模式的可測量電壓滿幅為 6.000V，並且支持短路檢測功能。如果 *STBEEP* (pin64) 輸出低電平，代表檢測到輸入端為短路(*OVX* 端口電位低於-7mV)。此檢測電路較 ADC1 轉換速度快，因此 MPU 可以監控 *STBEEP* 輸出及 ADC1 (D0)數據來加速短路檢測。當 *SHBP*=1 且檢測到輸入端為低電阻時蜂鳴器電路將會自動輸出警報信號。二極管測量時電壓輸出為與 *V+* 同電位，當設置 *DIOVSS*=1 後電壓輸出會由 *V+* 變為 *V-* 電位。

由於有部分 LED 元件的導通電位要更高，因此 MPU 可以選擇 LED 測試模式，並且利用外部開關(例旋轉開關、光耦合開關、繼電器)將測試電壓改為外部電壓源，但是芯片端點的耐壓只有 3V，因此若電源電壓高於 3V 以上需要將 *OVX*、*OVH* 等路徑斷開避免端點漏電的情形發生。

¹² AD2OFF=0, D1 數據為 UDP 端口信號至 ADC2 轉換結果

頻率與佔空比測量

MPU 寫入命令寄存器選擇頻率與佔空比測量

表 9：F 控制位於頻率與佔空比的編碼設置

| F3 | F2 | F1 | F0 | 測量模式 | 相關數據寄存器 |
|----|----|----|----|---------------|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | Hz/ Duty mode | D0(0:13), D1(0:13) ¹³ , D2(0:19), D3(0:19) |

表 10. 頻率量程控制

| FQ2_1 | FQ1_1 | FQ0_1 | 量程滿幅 | 轉換時間 |
|-------|-------|-------|----------|------------|
| 0 | 0 | 0 | 60.00Hz | 350ms (固定) |
| 0 | 0 | 1 | 600.0Hz | 350ms (固定) |
| 0 | 1 | 0 | 6.000KHz | 350ms (固定) |
| 0 | 1 | 1 | 60.00KHz | 350ms (固定) |
| 1 | 0 | 0 | 600.0KHz | 350ms (固定) |
| 1 | 0 | 1 | 6.000MHz | 350ms (固定) |
| 1 | 1 | 0 | 60.00MHz | 350ms (固定) |

 頻率算法參考表 11.，頻率測量最小的頻率輸入為 $F_{MIN} = 1.00\text{Hz}$ 。

表 11. 計算頻率

| 標誌 量程 | STA0 ¹⁴ =1 | STA0=0 | |
|----------|---------------------------------|-------------------|--------------------|
| | | STA1=1 | STA1=0 |
| 60.00Hz | FREQ=100000000/Dx ¹⁵ | FREQ=400000000/Dx | FREQ=1600000000/Dx |
| 600.0Hz | FREQ=10000000/Dx | FREQ=80000000/Dx | FREQ=640000000/Dx |
| 6.000KHz | FREQ=1000000/Dx | FREQ=4000000/Dx | FREQ=256000000/Dx |
| 60.00KHz | FREQ = Dy ¹⁶ | | |
| 600.0KHz | | | |
| 6.000MHz | | | |
| 60.00MHz | | | |

佔空比測量範圍為 5.0%~95.0%，建議分辨率為 0.1%。

表 12. 計算佔空比

| 標誌狀態 | LDUTY=1 | LDUTY=0 |
|-------------|-------------------|-------------|
| 佔空比(<10kHz) | 10000-D2*10000/D3 | D2*10000/D3 |

¹³ AD2OFF=0, D1 數據為 UDP 端口信號至 ADC2 轉換結果

¹⁴ 當選擇頻率與佔空比測量或 VAHZ_1=1 時, STA0=STA0_1、STA1=STA1_1 且 FIN=FIN_1。
 當 VAHZ_2=1 時, STA0=STA0_2、STA1=STA1_2 且 FIN=FIN_2。

¹⁵ 計算時若 VAHZ_1=1, 則 Dx=D2; 若模式選擇頻率與佔空比測量或是 VAHZ_2=1, 則 Dx=D3。

¹⁶ 計算時若選擇頻率與佔空比測量模式則 Dy=D0, 若 VAHZ_1=1, 則 Dy=D2; 若 VAHZ_2=1, 則 Dy=D3。

FIN 標誌狀態代表頻率是否轉換完成(FIN=1 代表完成)。如果計算結果小於 F_{MIN} 則應該把頻率及佔空比的數值顯示為 0。

ALARM 及 LF 標誌可以用來快速的切換至適當的量程。當 ALARM 標誌被置位時，代表頻率高於 8kHz。當 LF 標誌被置位時，代表偵測不到頻率(信號太小或是頻率過低)。

表 13. 頻率自動量程設計時，MPU 可依據標誌狀態的改變進行反應

| 標註 量程 | FIN=0 | FIN=0 or 1 | FIN=1 | |
|--|-------|--------------------|------------------------|------------------------|
| | LF=0 | LF=1 ¹⁷ | ALARM=LF=0 | ALARM=1 ¹⁸ |
| 60.00Hz 600.0Hz 6.000KHz | 不需要更新 | Hz/Duty=0 | 依據計算後的 頻率數據改變 量程 | 設置量程為 60.00kHz |
| 60.00KHz 600.0KHz 6.000MHz 60.00MHz | | 量程設置為 60.00Hz | | 依據計算後的 頻率數據改變 量程 |

表 14. 佔空比的範圍 (輸入信號靈敏度 > 2Vpp @ 佔空比 = 5.0% & 95.0%)

| 頻率量程 | 佔空比範圍* |
|--------------------|----------------|
| 60.00Hz 600.0Hz | 5.0% - 95.0% |
| 6.000KHz | 10.0 % - 90.0% |

¹⁷ 當 LF=1 且量程設置於 60Hz 代表數據無效，應該把頻率及佔空比讀數設置為 0。

¹⁸ 當選擇 VAHZ 時，需忽略 ALARM 標誌狀態的改變，必須由頻率計算結果來進行量程的變換。

UDP dual 模式

MPU 寫入命令寄存器選擇 UDP 測量。直流或交流信號輸入的滿幅電壓為 600mV。

UDPX10_2 位被置位時將變更輸入的滿幅電壓由 600.0mV 降為 60.00mV。

AC_1/AC_2 位被置位後啟動交流通道，用於測試交流信號。

VAHZ_1/VAHZ_2 位被置位後啟動頻率計數器，用於測量頻率。

表 15：F 控制位於 UDP 模式的編碼設置

| F3 | F2 | F1 | F0 | 測量模式 | 相關數據寄存器 |
|----|----|----|----|-------------|--|
| 1 | 1 | 0 | 1 | UDP dual 模式 | D0(0:13), D1(0:13), D2(0:19), D3(0:19) |

UDP 的測量信號的輸入端口為腳 19-24,27,28。輸入通道經由以下命令進行選擇：

表 16. 輸入通道選擇編碼

| SUDP2_n ¹⁹ | SUDP1_n ¹⁹ | SUDP0_n ¹⁹ | 輸入端口 |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| 0 | 0 | 0 | UDPIN1 |
| 0 | 0 | 1 | UDPIN2 |
| 0 | 1 | 0 | UDPIN3 |
| 0 | 1 | 1 | UDPIN4 |
| 1 | 0 | 0 | UDPIN5 |
| 1 | 0 | 1 | UDPIN6 |
| 1 | 1 | 0 | UDPIN7 |
| 1 | 1 | 1 | UDPIN8 |

表 17. AC 模式的頻率量程選擇 (設置 VAHZ_1=1 or VAHZ_2=1)

| FQ2 | FQ1 | FQ0 | 量程滿幅 |
|-----|-----|-----|----------|
| 0 | 0 | 0 | 60.00Hz |
| 0 | 0 | 1 | 600.0Hz |
| 0 | 1 | 0 | 6.000kHz |
| 0 | 1 | 1 | 60.00kHz |

¹⁹ 當 n=1，選擇 ADC1(D0)的輸入端口；當 n=2，選擇 ADC2(D1)的輸入端口。

積分時間的動態改變(僅支持交直流電壓或交直流電流模式)

ES228 的積分時間依據轉換速度的選擇固定為 200ms、100ms 及 50ms。

ES228 量測帶有 AC 的信號時會將其轉為 DC 信號。然而轉換後的 DC 都會帶有 AC 信號頻率的漣波。如果漣波屬於低頻信號，且積分時間無法被漣波的週期時間整除時，ADC 的讀值將會變得不穩定。

設置 INTSEL=1，ES228 將自動依據信號週期改變積分時間，可改善測量 AC 信號不穩定的問題。

但是若輸入信號太小或是頻率低於 30Hz，此電路無法檢出信號週期，因此積分時間維持固定。

表 18. INTSEL 控制位

| 控制位 | 狀態 | 描述 |
|--------|----|----------|
| INTSEL | 1 | 積分時間動態調整 |
| | 0 | 積分時間固定 |

公式 1. INTSEL = 1 數據計算

$$\text{讀數} = 200000 \times \frac{Dn^{20}}{D4}$$

浪湧電流偵測電路

浪湧偵測功能支持交流電流及 UDP(交流)測量，INA=1 即啟動浪湧電流偵測電路。ES228 可用下列兩種得到浪湧電流信號的數據：



在浪湧電流量測時，此偵測電路必須搭配一個外部的快速 ADC 來協同量測。

量測步驟為：

1. 設置 INA=1 以啟動浪湧偵測電路。
2. 等待浪湧信號進入，當浪湧信號進入後，INRUSHOUT 腳電位會被設置為高電位。
3. 使用外部的快速 ADC 對 ADO 腳的信號進行取樣並計算浪湧信號。
4. 關閉浪湧偵測電路時必須清除 INA 位元兩次。或者重置 INA 位元重新啟動浪湧偵測電路。

表 19. related control bits

| 控制位 | 狀態 | 描述 |
|--------------|----|---------------------|
| INA & BYPASS | 1 | 啟動浪湧電流偵測電路 |
| | 0 | 關閉浪湧電流偵測電路，關閉時需寫入兩次 |

表 20. related pins

| 端口 | 描述 |
|-----------|------------|
| ADO | 信號輸出端口 |
| INRUSHOUT | 浪湧電流中斷輸出端口 |

過零檢測電路(Zero Crossing Detector)

ES228 內建過零檢測電路，可用來偵測輸入交流信號的週期並整為方波輸出。ES228 內部有兩組信號測試通道，設置 AC_1=1、AC_2=1、ZERODET²¹=1 及 LPF=1 後，信號將經由過零檢測電路各別由 DR3 和 DR4 輸出。但由過零檢測的比較電位固定，因為不同的信號大小產生的延遲時間不同，故無法拿來做為相位判斷。

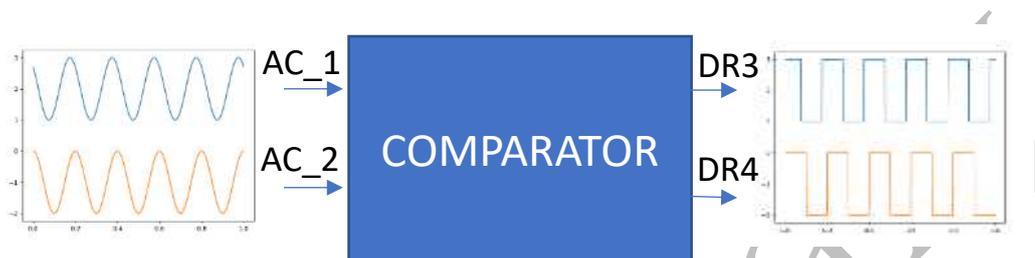


表 21. related control bits

| 控制位 | 數值 | 描述 |
|---------|-------|------------------------------|
| ZERODET | 1 | 啟動過零檢測輸出電路 |
| | 0 | 關閉過零檢測輸出電路 |
| LPF | 1 或 2 | 設置低通濾波器 3dB 頻寬為 1kHz 或 10kHz |

²¹設置 ZERODET 位元時同時也必須設定 LPF 以避免干擾噪聲造成過零檢測電路的錯誤輸出。

峰值保持功能

介紹

ES228 內置一組峰值保持電路，提供峰值保持功能去捕獲電壓或電流的實際峰值，例如輸入 1V 的弦波可以得到波峰為 1.414V，波谷為-1.414V 的理想值。

置位 PEAK_1 或是 PEAK_2，可啟動 ADC1(D0)通道或 ADC2(D1)通道的峰值保持功能。注意由於內置的峰值保持電路只有一組，因此同一時間只能選擇其中一個通道進行測量，PEAK_1 代表 ADC1 通道其轉換數據為 D0，PEAK_2 代表 ADC2 通道其轉換數據為 D1，並且不允許兩路同時進行測量。

峰值保持功能輸出的數值分成三種，峰值(PMAX)、谷值(PMIN)及當前有效值(RMS)，MPU 可通過讀取寄存器中的 PMAX、PMIN 標誌狀態來判斷當前的數值為何。當 PMAX=1 時 ADC 的轉換數據(D0 或 D1)為峰值，當 PMIN=1 時 ADC 的轉換數據(D0 或 D1)為谷值，當 PMAX=0 及 PMIN=0 時，代表 ADC 的轉換數據(D0 或 D1)為有效值。峰值保持電路的外設元件為 pin58 及 pin59 上的電容，建議選擇低漏電特性的電容以降低測量誤差。

峰值校正

因峰值保持電路中的作為緩衝的運放器的偏壓會導致轉換誤差變大，為了提高測量精準度，因此測量峰值前須將此偏壓數值紀錄於 MPU 中，於實際測量峰值時再將其扣除。校正方式為同時置位 PCAL 及 PEAK，使峰值保持電路進入校正模式，此時 ADC 轉換會依序輸出峰值的偏壓數據及谷值的偏壓數據。MPU 可依據 PMAX 及 PMIN 標誌判斷目前為峰值偏壓數據(PMAX=1)或是谷值偏壓數據(PMIN=1)並將數據儲存。

峰值計算

實際測量峰值時將讀到的峰值減去峰值偏壓，谷值減去谷值偏壓，即可得到精確的峰值測量數據。

$$(V_{PMAX} = V_{PMAX,當前} - V_{PMAX,偏壓} \quad \& \quad V_{PMIN} = V_{PMIN,當前} - V_{PMIN,偏壓})$$

| PEAK=1 或 PCAL=1 | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| 標誌狀態 | PMAX=1, PMIN=0 | PMAX=0, PMIN=1 |
| ADC 數據 | $V_{PMAX.C}$ | $V_{PMIN.C}$ |

$V_{PMAX.C}$ 及 $V_{PMIN.C}$ 並非實時的峰值數據；因為峰值電壓是保存在端口電容(pin58-pin59)上，而電容又有自放電的特性，所以 MPU 要能顯示最高的峰值及最低的谷值數據，則必須持續的比較數據的大小並記錄最高及最低的數據。

邏輯輸出

ES228 提供四組開漏輸出，端口分別為 DR1、DR2、DR3 與 DR4。MPU 通過置位或復位寫寄存器中的 DR1、DR2、DR3 及 DR4 可控制端口 DR1、DR2、DR3 與 DR4 輸出高電平或低電平。端口 DR3 與 DR4 為多功能端口與過零檢測功能輸出共用。

休眠

將 CS(pin 62)輸入低電平使 ES228 進入休眠模式，此模式工作電流約為 25uA。將 CS 輸入高電平或是浮空則恢復為運行模式。

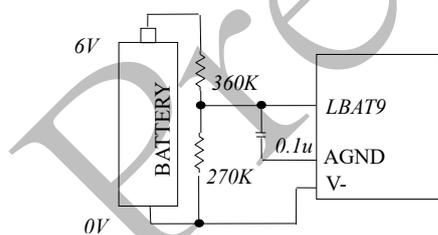
多段電池電位偵測電路

ES228 內置電池電位偵測電路用來檢視電池電量。電位由腳 LBAT9 (pin 80)到 V-端口輸入。MPU 通過讀取寄存器的 BTS1/BTS0 標誌狀態來判斷腳 LBAT9 電位。

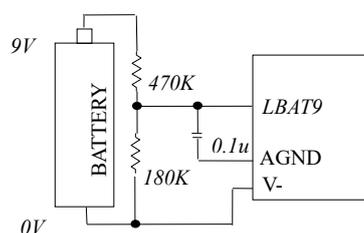
| 電池電位 | BTS1 | BTS0 |
|-----------------------------|------|------|
| $V_{LBT} > V_{t1}$ | 1 | 1 |
| $V_{t2} < V_{LBT} < V_{t1}$ | 1 | 0 |
| $V_{t3} < V_{LBT} < V_{t2}$ | 0 | 1 |
| $V_{LBT} < V_{t3}$ | 0 | 0 |

低電池電壓檢測架構如下分別為 6V(1.5Vx4)、9V、4.5V(1.5Vx3)：

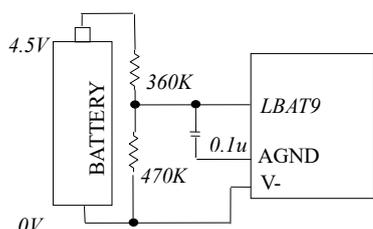
Low battery test circuit (a)



Low battery test circuit (b)

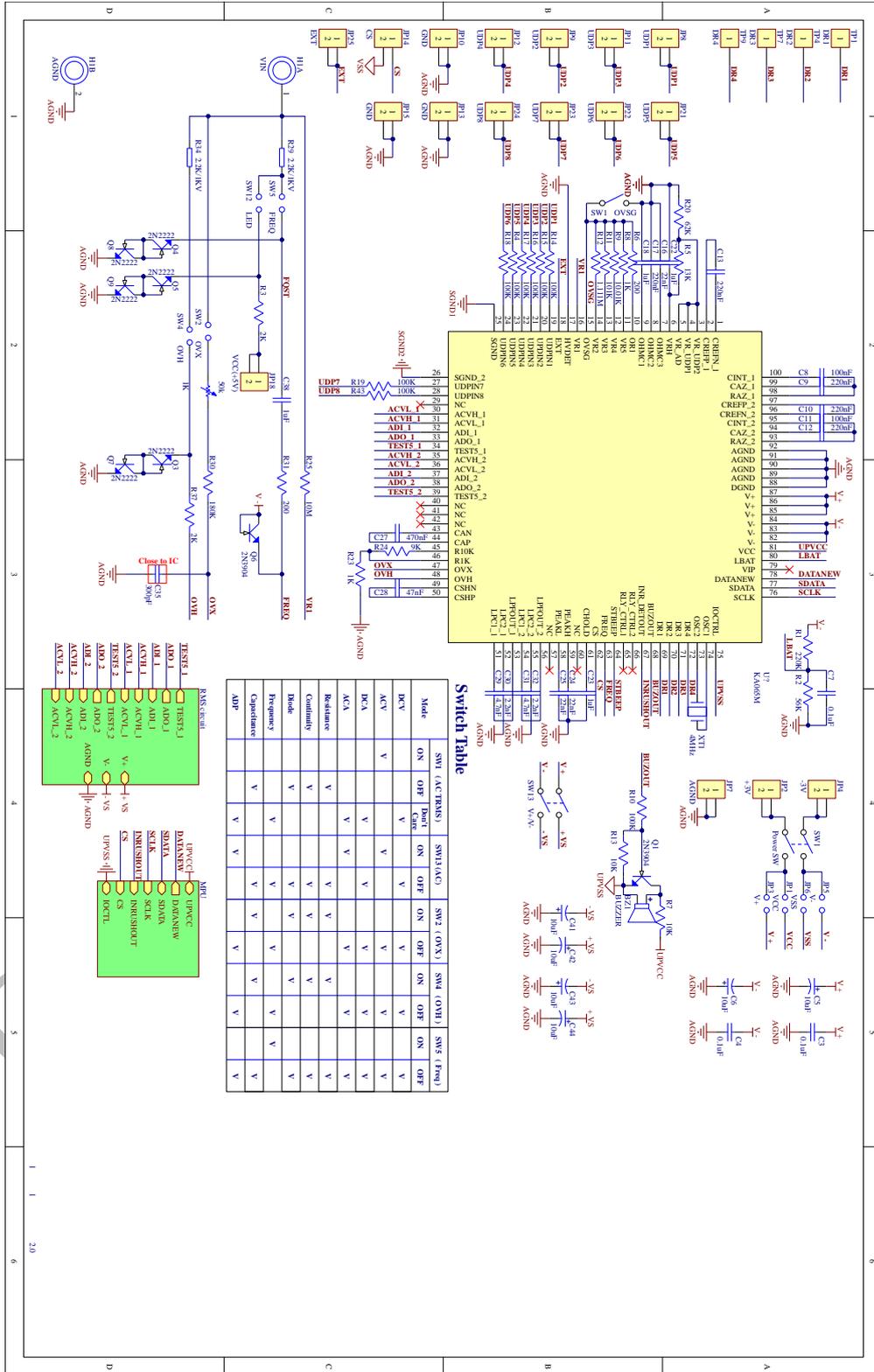


Low battery test circuit (c)





應用電路

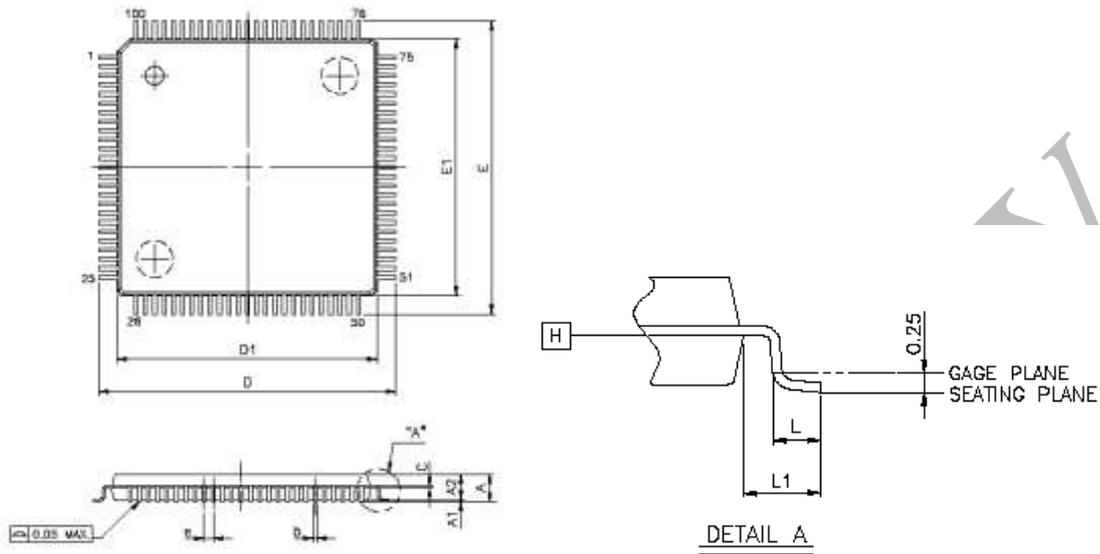


真有效值 IC 建議可搭配 ES26 或 ES5 或 ES736 詳情請參閱相關文件。



包裝資訊

100L LQFP 外觀圖



尺寸參數

VARIATIONS (ALL DIMENSIONS SHOWN IN MM)

| SYMBOLS | MIN. | NOM. | MAX. |
|---------|-----------|-------|------|
| A | -- | -- | 1.60 |
| A1 | 0.05 | -- | 0.15 |
| A2 | 1.35 | 1.40 | 1.45 |
| b | 0.17 | 0.20 | 0.27 |
| c | 0.09 | 0.127 | 0.20 |
| D | 16.00 BSC | | |
| D1 | 14.00 BSC | | |
| E | 16.00 BSC | | |
| E1 | 14.00 BSC | | |
| e | 0.50 BSC | | |
| L | 0.45 | 0.60 | 0.75 |
| L1 | 1.00 REF | | |

NOTES:

1. JEDEC OUTLINE:
MS-026 BHB,
MS-026 BHB-HD(THERMALLY ENHANCED VARIATIONS ONLY).
2. DATUM PLANE H IS LOCATED AT THE BOTTOM OF THE MOLD PARTING LINE COINCIDENT WITH WHERE THE LEAD EXITS THE BODY.
3. DIMENSIONS E1 AND D1 DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION. ALLOWABLE PROTRUSION IS 0.25 mm PER SIDE. DIMENSIONS E AND E DO INCLUDE MOLD MISMATCH AND ARE DETERMINED AT DATUM PLANE H.
4. DIMENSION b DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION.

版本變更

V2.4：更改應用電路中 LPC1 (1nF->4.7nF)及 LPC2 (470pF->2.2nF)的值.....2025-03-19

Preliminary