

第 7 章 3：量測儀器

電子工程師的「手與眼」。本章整理各種量測工具的原理、選用與使用。

一、三用電表 (DMM)

量測項目

- DC 電壓、AC 電壓
- DC 電流、AC 電流
- 電阻
- 二極體
- 通斷
- 部分：電容、頻率、溫度

規格

解析度

- 3.5 digit : ± 1999 (學生用)
- 4.5 digit : ± 19999
- 6.5 digit : ± 999999 (精密)
- 8.5 digit : 超精密

精度

- $\pm 0.5\%$: 基本
- $\pm 0.1\%$: 好
- $\pm 0.01\%$: 實驗室

True RMS

對非正弦 AC 波形 (如方波、三角波、PWM) 也能正確測 RMS。

推薦

- 入門：UNI-T UT61E、Mastech MS8268
- 中階：Brymen BM235/869S
- 高階：Fluke 87V、Keysight U1273A

- 桌上型：Keysight 34461A、HP 3458A（旗艦）

二、示波器（Oscilloscope）

規格

頻寬

訊號最高有效頻率的 3–5 倍： - 入門：50–100 MHz - 中階：200–500 MHz - 高階：1–4 GHz - 旗艦：4–110 GHz

取樣率

頻寬 × 2.5 以上： - 100 MHz BW → 1 GSa/s - 1 GHz BW → 5–10 GSa/s

記憶體深度

長時間量測：1 Mpts、10 Mpts、100 Mpts…

通道數

2 通道、4 通道、8 通道。

解析度

- 8-bit（一般）
- 12-bit（HD oscilloscope）

推薦

- 入門：Rigol DS1054Z、Hantek（便宜學習）
- 中階：Siglent SDS、Rigol MSO5
- 高階：Tektronix MSO4/5/6、Keysight Infiniium、Rohde & Schwarz RTO/RTP

探棒

- 被動：1×、10×、低成本
- 主動 FET：高頻寬、低負載
- 差分探棒
- 高壓探棒
- 電流探棒（霍爾感應）

量測技巧

- BW 限 20 MHz：濾除高頻雜訊
 - AC 耦合：濾掉 DC（看 ripple 用）
 - Ground spring：取代鱷魚夾的長地線（高頻必用）
 - Trigger 設好：穩定波形
-

三、邏輯分析儀

用途

多通道同時記錄數位訊號：- 解碼 SPI、I²C、UART、CAN、USB - 找時序問題

規格

- 通道數：8、16、32、64+
- 取樣率：100 MHz–10 GHz
- 觸發
- 解碼器

推薦

- 入門：Saleae Logic 8 / Pro 16（USB，含解碼軟體）
 - 中階：Kingst LA5016
 - 高階：Tektronix Logic Analyzer、Keysight 16800
 - DIY：FX2-based USB LA + sigrok（開源）
-

四、訊號產生器

函數產生器（FG）

- 正弦、方波、三角、PWM
- 頻率：μHz 到 100 MHz
- 學習用：UNI-T UTG932、Rigol DG1022

任意波形（AWG）

- 自訂波形

- 高速 (GHz)
 - 高解析 (16-bit)
-

五、頻譜分析儀

用途

頻域分析：- 諧波量測 - EMI 預掃 - 射頻訊號分析

規格

- 頻率範圍
- RBW (解析頻寬)
- DANL (顯示平均雜訊地板)
- 雜訊指數

推薦

- 入門：Siglent SSA3015X、Rigol DSA815
- 中階：Keysight、Rohde & Schwarz、Anritsu

tinySA / spectrum analyzer DIY

便宜的入門選擇。

六、網路分析儀 (VNA)

用途

- 量 S 參數
- 阻抗匹配
- 濾波器設計
- 天線量測

規格

- 頻率範圍：10 kHz–110 GHz
- 動態範圍

- 校準 (SOLT, TRL)

推薦

- 入門：NanoVNA (< \$100) 、LiteVNA
 - 中階：Pico VNA、Copper Mountain
 - 高階：Keysight、R&S、Anritsu
-

七、電源供應器

線性電源

- 低雜訊
- 慢

開關電源

- 高效率
- 高雜訊

桌上型

- 0–30V、3–5A：學生用
- 多通道：複雜系統測試
- 高精度：Keysight、Rigol、Korad

電子負載

- 模擬負載
 - CC（恆流）、CV、CR、CP 模式
 - 電源測試必備
-

八、特殊工具

紅外熱像儀

- 找熱點
- 用於 PCB debug、認證

- FLIR ONE（手機附加）、Hikmicro

顯微鏡

- 焊接、檢查
- 立體鏡 vs 數位顯微鏡

LCR 表

- 精確量電容、電感、電阻
- 不同頻率
- ESR 量測

焊接工具

- 烙鐵：Hakko FX-888D、JBC、Weller、T12 套件
- 熱風：851 系列
- 預熱台

環境試驗

- 恆溫恆濕箱
- 振動台
- 落摔試驗機
- 鹽霧箱

九、儀器選購建議

學生 / Maker（NT\$ 30,000 以內）

- 三用電表：UNI-T 或 Brymen 中階
- 示波器：Rigol DS1054Z
- 函數產生器：UNI-T
- 邏輯分析儀：Saleae Pro 8 or 國產相容
- 烙鐵：T12 套件

入門工程師（NT\$ 100,000 以內）

加：- 電源供應器：Korad 或 Keysight - 電子負載 - 頻譜儀：Siglent SSA - 顯微鏡

專業實驗室

- 高階示波器 (Tek MSO5)
 - VNA (Keysight)
 - 頻譜儀 (高階)
 - 真實 emi 量測天線
 - 環境試驗
-

十、本章總結

✅ 您應該理解：

- [x] 各種儀器的用途與規格
 - [x] 探棒選用
 - [x] 量測技巧
 - [x] 不同預算的儀器組合
-

下一章

04-?????.md