



RS-485 步進/伺服驅動器介面基礎原理與應用

一、RS-485 基本原理

1.1 物理層特性

RS-485 (TIA/EIA-485) 是一種差分信號傳輸標準，專為多點通信設計：

特性	規格
信號模式	差分 (D+ / D-)
驅動器數量	1 個發送器
接收器數量	最多 32 個 (標準) / 256 個 (擴展)
最大距離	1,200 公尺
最大速率	10 Mbps (距離縮短時可更高)
拓撲結構	匯流排 (Bus)
終端匹配	120Ω 電阻 (匯流排兩端)

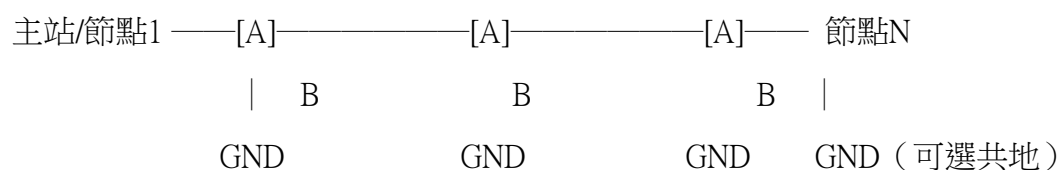
1.2 差分信號原理

- 發送端：將邏輯電平轉換為一對互補的差分電壓
- 接收端：比較兩線電壓差 ($> +200\text{mV}$ = 邏輯「1」, $< -200\text{mV}$ = 邏輯「0」)
- 優勢：對共模噪聲 (電磁干擾) 具有極強免疫力

1.3 半雙工與全雙工

- 半雙工 (2線制)：最常見，同一對線收發切換
- 全雙工 (4線制)：獨立收發線對，可同時雙向通信

1.4 接線規範



- 必須採用菊花鏈 (Daisy Chain) 拓撲，避免星型接法
- 匯流排兩端各並聯 120Ω 終端電阻

二、RS-485 與其它匯流排比較

2.1 常用Bus對比表

特性	RS-485	RS-232	CAN Bus	Ethernet	I ² C
信號方式	差分	單端	差分	差分對	單端
節點數	32/256	點對點	理論無限	交換機擴展	128
最遠距離	1,200m	15m	10km（低速）	100m	數米
最高速率	10 Mbps	115.2 kbps	1 Mbps	1 Gbps+	3.4 Mbps
通信模式	半/全雙工	全雙工	半雙工	全雙工	半雙工
錯誤檢測	無（需協議層）	無	硬體 CRC	TCP/IP 校驗	ACK
成本	低	低	中	中高	極低
抗干擾	強	弱	極強	強	弱
典型應用	工業感測器	PC 周邊	汽車電子	IT 網路	板級晶片

2.2 優缺點分析

✓ RS-485 的優點

1. **抗干擾能力強**：差分傳輸對電磁噪聲（EMI）免疫，適合工業環境
2. **傳輸距離長**：1,200 公尺遠超 RS-232 的 15 公尺
3. **多點組網**：一條匯流排可掛載數十個節點，大幅降低佈線成本
4. **速率靈活**：從數百 bps 到 10 Mbps 可調，距離與速率可權衡
5. **成本低廉**：收發器晶片價格低，無需複雜控制器
6. **開放標準**：廣泛支援，生態成熟

✗ RS-485 的缺點

1. **無原生錯誤檢測**：僅定義物理層，數據完整性需上層協議保障（如 Modbus CRC）
2. **無仲裁機制**：多主通信需軟體協調，易發生匯流排衝突
3. **半雙工限制**：2線制需切換收發方向，存在方向切換延遲
4. **需終端匹配**：未正確匹配會產生信號反射，影響通信品質
5. **無供電能力**：僅傳輸數據，節點需獨立供電（對比 PoE）
6. **接地要求**：長距離建議共地，否則共模電壓可能超限

2.3 選型建議

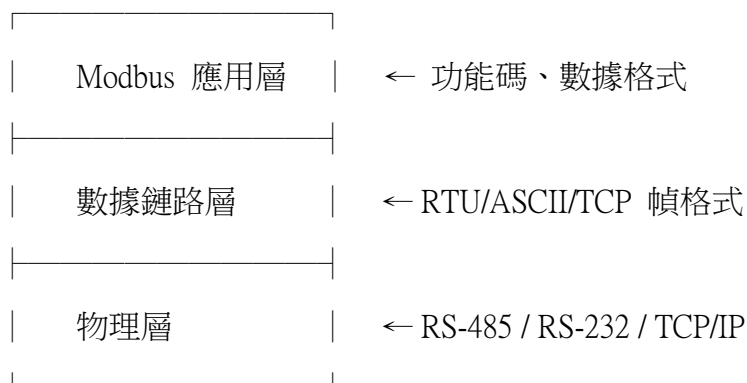
- 工業現場/長距離多節點 → RS-485 + Modbus
- 汽車/高可靠需求 → CAN Bus（內建仲裁與錯誤檢測）
- 高速數據/視頻 → Ethernet
- 短距離板級通信 → I²C / SPI
- 傳統 PC 設備 → RS-232

三、Modbus 基本原理

3.1 概述

Modbus 是工業領域最廣泛應用的應用層通信協議，由 Modicon（現 Schneider Electric）於 1979 年開發。它本身只定義數據格式，可運行於多種物理層，其中 Modbus-RTU over RS-485 是最經典的組合。

3.2 協議架構



3.3 Modbus-RTU 幀結構（RS-485 上運行）

[從站地址] [功能碼] [數據區] [CRC16 校驗]

1 Byte 1 Byte N Bytes 2 Bytes

欄位	說明
從站地址	1 - 247（0 = 廣播，248 - 255 保留）
功能碼	定義操作類型（讀/寫/診斷）
數據區	寄存器地址、數據數量、實際數據
CRC16	循環冗餘校驗，確保數據完整性

3.6 Modbus 種類

種類	物理層	幀格式特點	適用場景
Modbus-RTU	RS-485/RS-232	二進制緊湊幀，CRC 校驗	工業現場總線
Modbus-ASCII	RS-485/RS-232	ASCII 字符幀，LRC 校驗	調試/可視化需求
Modbus-TCP	Ethernet	MBAP 報文頭，無 CRC（TCP 校驗）	現代乙太網系統

3.7 實際應用要點

1. 主從架構：僅主站可主動發起請求，從站被動響應
2. 超時處理：主站需設置合理超時時間（通常數百毫秒）
3. 廣播模式：地址 0 為廣播，從站不響應，慎用
4. 地址規劃：現場需統一分配從站地址，避免衝突
5. CRC 校驗：RTU 模式下務必啟用 CRC，不可省略

四、總結

RS-485 憑藉其差分抗干擾、長距離傳輸、多點組網、成本低廉的優勢，成為工業自動化領域的事實標準物理層。配合 Modbus-RTU 協議的簡潔幀結構與成熟生態，兩者共同構成了當前最廣泛部署的工業通信方案之一。

在設計 RS-485 網路時，需特別注意：

- 嚴格遵循匯流排拓撲與終端匹配
- 合理規劃波特率與距離的權衡
- 上層協議務必加入CRC 校驗與超時重傳機制