

串列埠 SPI 控制實習

本章單元

- SPI 介面控制實習
- SPI 介面串入並出應用實習
- TM1637 四位數七段顯示器模組

MG32x02z 內含一組串列周邊介面(SPI：Serial Peripheral Interface)，可以使用這些介面和外部設備或模組通信。在開發板 TH244A 的接腳如下圖所示：

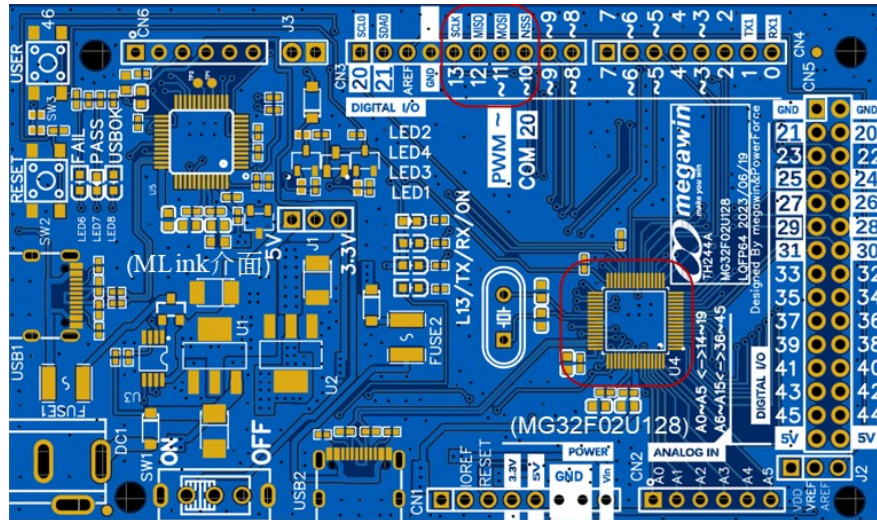


圖 8-1(a) 開發板 TH244A 正面 SPI 接腳位置

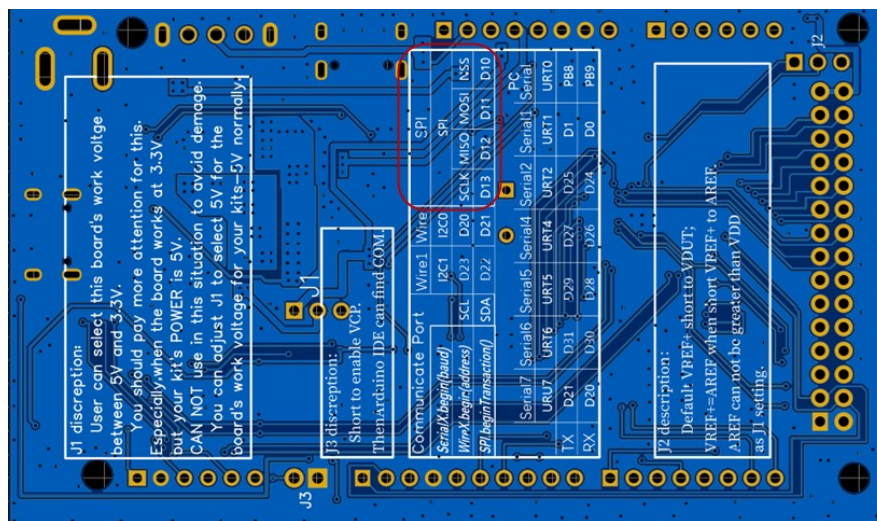


圖 8-1(b) 開發板 TH244A 背面 SPI 接腳說明

8-1 SPI 介面控制實習

SPI 為高速同步式傳輸的串列介面，具有 Master(主)/Slave(僕)模式架構，由主控制器(Master)來連接數個僕(Slave)裝置(Device)，如 CPU、EEPROM、ADC 及 DAC 等，如下圖及下表(a)(b)所示：

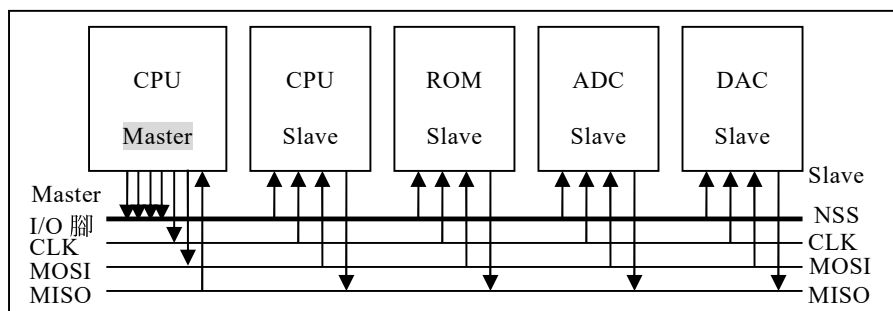


圖 8-2 SPI 介面 Master/Slave 架構

表 8-1(a) SPI 介面接腳說明

SPI 腳	IO	說明
NSS	IO	作為僕裝置時，由主控制器(Master)輸入 0 作為晶片選擇信號
MOSI	IO	串列資料主輸出/僕輸入
MISO	IO	串列資料主輸入/僕輸出
SCLK	IO	串列同步時脈信號

表 8-1(b) MG32F02U128AD64 與 TH244A 的 SPI 工作

MCU 接腳編號.	接腳名稱	Arduino 接腳名稱.
51	NSS/PD9	D10
44	MOSI/PD2	D11
49	MISO/PD7	D12
50	SCLK/PD8	D13

8-1.1 SPI 介面控制(初學者可省略)

串列周邊介面(SPI：Serial Peripheral Interface)的控制方式，如下：

1. 串列埠 SPI 介面的特性：

- (1) 為主(master)及從(slave)模式，提供全雙工(full duplex)、半雙工(half duplex)或單工(simpex)傳輸模式。
- (2) 在從(slave)模式，提供無 NSS 信號來進行資料傳輸。
- (3) 提供可規劃時脈速率控制。
- (4) 可選擇 4~32-bit 傳輸格式，提供 32-bit 資料緩衝器(buffer)和 32-bit 資料暫存器，用於獨立地發送和接收，以提高發送和接收通信性能。。
- (5) 透過 DMA 功能，可進行資料緩衝的接收和發送功能。
- (6) 提供提供多主(master)機處理能力。
- (7) 可選擇時脈的極性及相位。
- (8) 可選擇高位元(MSB)或低位元(LSB)先傳輸。
- (9) 在主(master)模式，可用硬體或軟體對 NSS 線進行管理。
- (10) 可配置的資料傳輸方式有：標準 SPI 模式(有獨立的發射和接收線)、具有雙向資料傳輸的單/雙/四/八通道 SPI 模式。
- (11) 資料發射與接收覆蓋(overrun)檢測。
- (12) 提供硬體主(master)模式故障檢測和自動從(slave)模式更改。
- (13) 可設定最高速率 MG32F02U064/128 的主機/從機均為 24MHz。
- (14) 可設定資料傳輸拓展模式，具有雙向資料傳輸 SPI 的 IO 模式，其中 MG32F02A032 為 4-bit(D0~D3)與 064/072/128/132 為 8-bit(D0~D7)。

2. 串列埠 SPI 介面的操作方式如下：

- (1) SPI 傳輸資料時有兩種方式：MSB 先傳或 LSB 先傳，且發送的方式和接收的方式必須一致，否則會傳輸錯誤。
 - (a) LSBFIRST：least significant bit first 表示資料的最低位先傳輸或者接收。
 - (b) MSBFIRST：most significant bit first 表示二進位資料的最高位先傳輸或者接收。
- (2) SPI 傳輸模式支援四種 MODE0/1/2/3，區別在於 SCLK 空閒狀態和取樣時機差異。採用何種方式通信，需要查詢從機的規格，約定主機和從機都支援的模式進行即可，如下表所示：

表 8-2 SPI 傳輸操作模式

極性(CPOL)	相位(PHA)	操作模式(Mode)
0	0	MODE0
0	1	MODE1
1	0	MODE2
1	1	MODE3

- (a) SCLK 的空閒狀態由 CPOL(時脈極性)決定：

當 CPOL 為 0 時，時脈空閒時候的電平是低電平；

當 CPOL 為 1 時，時脈空閒時候的電平是高電平；

- (b) 取樣時機由 CPHA(時脈相位)決定：

當 CPHA 為 0 時，時脈週期的第一個邊緣開始採集資料。

當 CPHA 為 1 時，時脈週期的第二個邊緣開始採集資料。

3. 串列埠 SPI 介面標準(Standard)控制：主(Master)及僕(Slave)的分別在於 Master 會送出時脈具有主控權能夠主動傳輸資料，串列埠 SPI 介面標準(Standard)傳輸，如下：

- (1) 由主控制器(Master)以三支 GPIO(NSS、NSS2、NSS3)腳用軟體輸出 0 準位，分別送到三個僕(Slave)裝置的 NSS 腳作為晶片選擇信號。再配合串列時脈 (CLK)，由 MOSI 或 MISO 傳輸串列資料，如下圖所示：

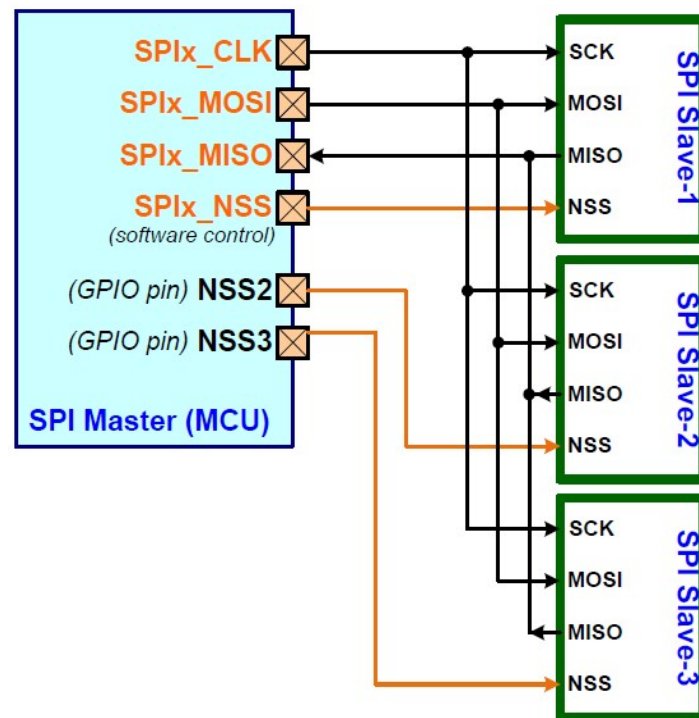


圖 8-3 主(Master)控制器連接數個僕(Slave)裝置傳輸

- (2) 主(Master)控制器與(Slave)裝置兩者角色可互相交換傳輸，此時接腳最好設定為開洩極(Open Drain)，再外加提升電阻，如下圖所示：

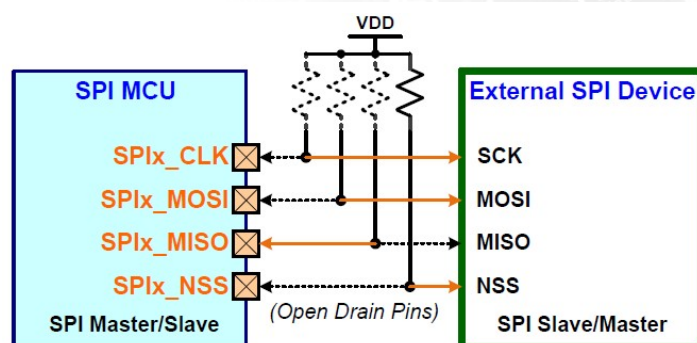


圖 8-4 主(Master)控制器與(Slave)裝置交換傳輸

4. 串列埠 SPI 介面主(Master)控制器傳輸時序，如下圖所示：

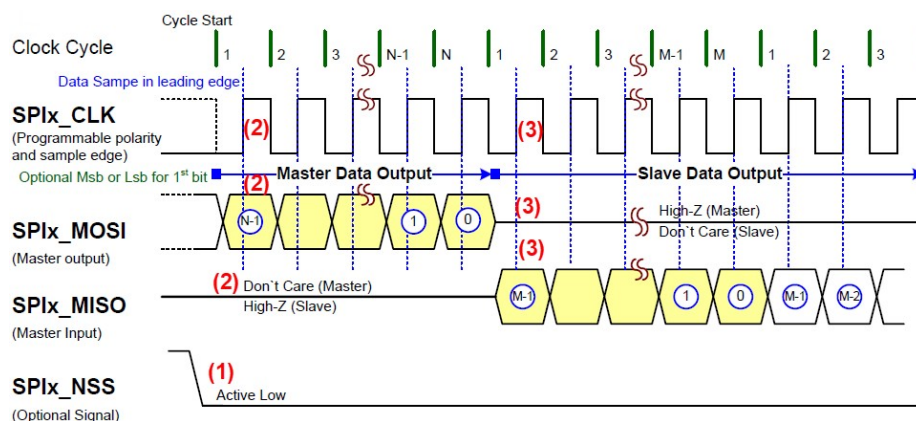


圖 8-5 SPI 介面主(Master)控制器傳輸時序

- (1) 由主控制器(Master)以 GPIO(NSS)腳用軟體輸出 0 準位，送到僕(Slave)裝置的 NSS 腳作為晶片選擇信號。啟動僕(Slave)裝置工作。
- (2) 主控制器(Master)發射資料給僕(Slave)裝置時，由主控制器(Master)的(CLK)腳輸出同步時脈，配合 MOSI 腳來傳輸串列資料，此時僕(Slave)裝置的 MISO 腳為高阻抗(High-z)。
- (3) 主控制器(Master)接收僕(Slave)裝置的資料時，由主控制器(Master)的(CLK)

腳輸出同步時脈，配合 MISO 腳來傳輸串列資料，此時主控制器(Master)的 MOSI 腳為高阻抗(High-z)。

- (4) 串列時脈(CLK)可設定極性(CPOL)及相位(CPHA)來傳輸，同時 MOSI 及 MISO 可選擇低 bit(Msb)先傳輸或高 bit(Lsb)先傳輸，基本時序如下圖所示：

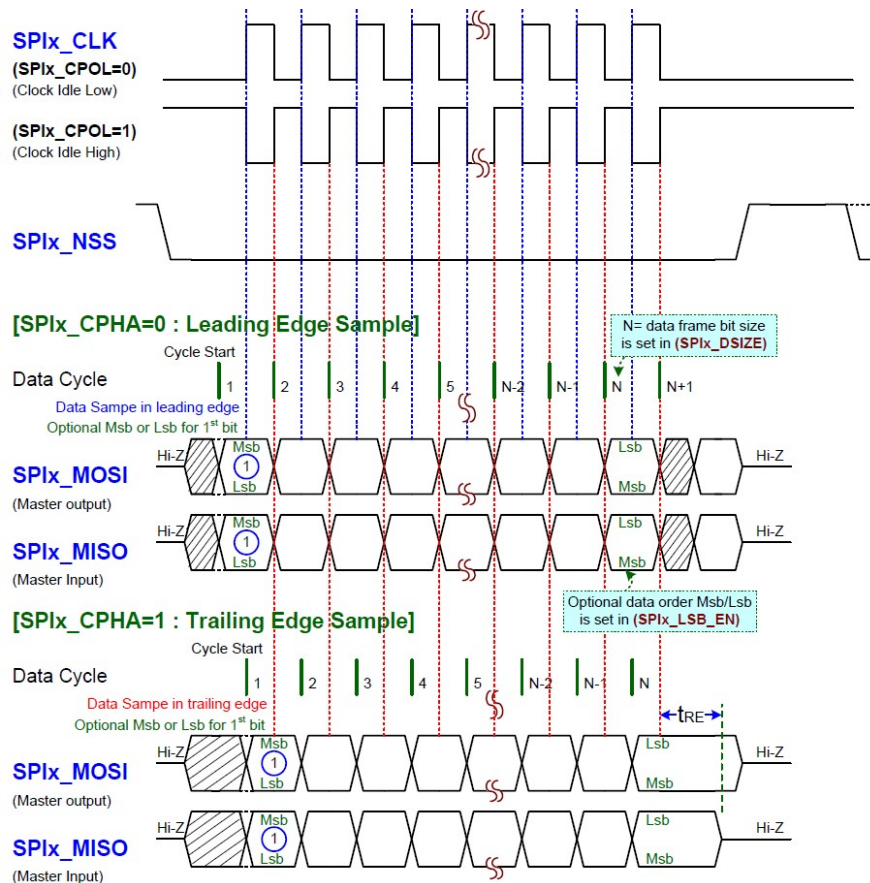


圖 8-6 SPI 介面基本(Fundamental)時序

8-1.2 SPI 介面傳輸實習

Arduino 專用函數庫 SPI.h，常用於串入並出移位暫存器(74595)、SPI Flash 和 SPI LCD 顯示幕，在開發板 TH244A 只提供主(Master)模式功能。SPI 常用函數，如下表所示：

表 8-3 SPI 常用函數

函數式	說明
SPI.begin()	開啓 SPI 匯流排函數
SPI.end()	關閉 SPI 匯流排函數
SPI.beginTransaction()	開啓 SPI 匯流排函數及附帶參數配置
SPI.endTransaction ()	關閉 SPI 匯流排函數及附帶參數配置
SPI.transfer()	資料傳輸函數
SPI.setClockDivider(SPI_CLOCK_DIVx) SPI_CLOCK_DIV2 SPI_CLOCK_DIV4 SPI_CLOCK_DIV8 SPI_CLOCK_DIV16 SPI_CLOCK_DIV32 SPI_CLOCK_DIV64 SPI_CLOCK_DIV128	將 CPU 時脈(36MHz)除頻 2~128 倍，即可設定 SPI 工作時脈。 一般不設定，預定為 36MH / 2，最高時脈 18MHz。

1. 範例 SPI1_Loop: SPI 主機自我傳輸中斷控制，由 MOSI 發射計數值 i 給 MISO 接收，在序列埠監控窗顯示接收計數值。傳輸實習及波形邏輯分析儀量測如

下圖(a)(b)所示：

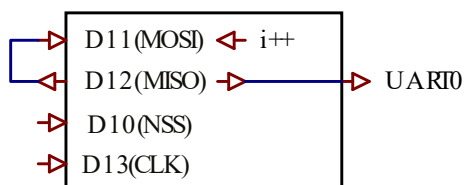


圖 8-7(a) SPI 自我傳輸實習

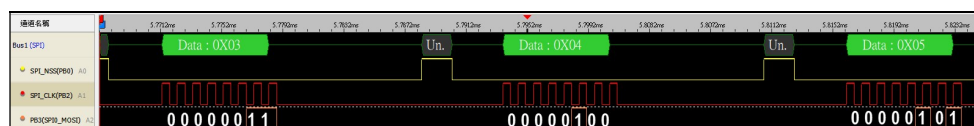


圖 8-7(b) SPI 自我傳輸-邏輯分析儀量測

2. 範例 SPI2_MASTER：以 SPI 界面 MASTER 發射遞加計數及接收 SLAVE 的數值，在序列埠視窗顯示發射與接收計數值。
3. 範例 SPI2_MASTER：以 SPI 界面 SLAVE 中斷接收及發射數值。

8-2 SPI 介面應用實習

本章應用實習包括 SPI 介面串入並出控制實習及 TM1637 四位數七段顯示器實習，如下：

8-2.1 SPI 介面串入並出控制實習

藉由 SPI 介面控制兩個串入並出移位暫存器晶片(74HC595)，使用時必須先令 J39(OE、,GND)短路，再將 MCU 的 SPI 串列資料(MOSI、NSS、SCLK)連接至 J39(SDI、LCH、SCK)轉為並列資料輸出，如下圖(a)(b)所示：

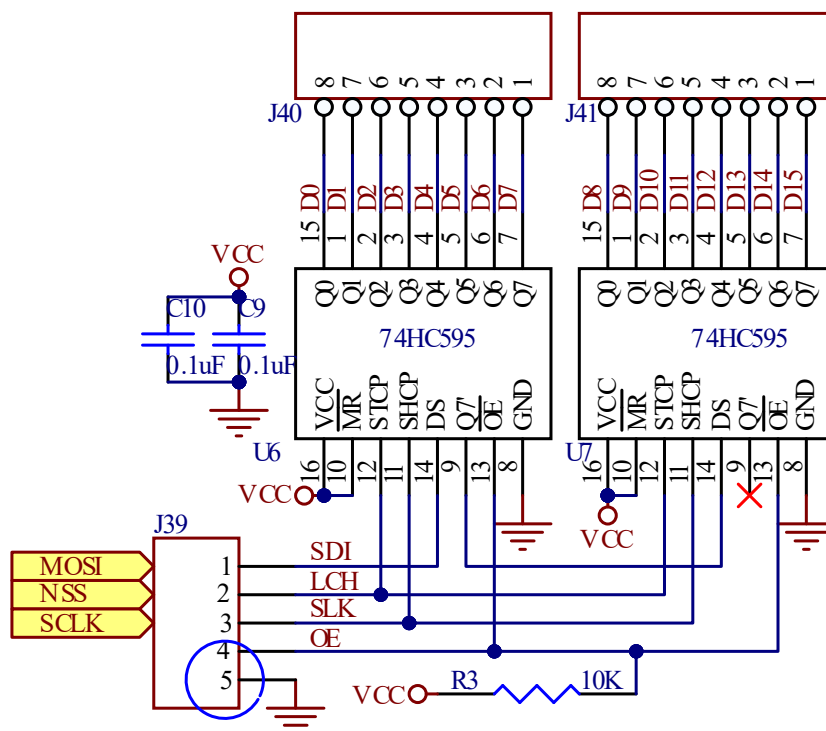


圖 8-8(a) 串入並出移位暫存器電路

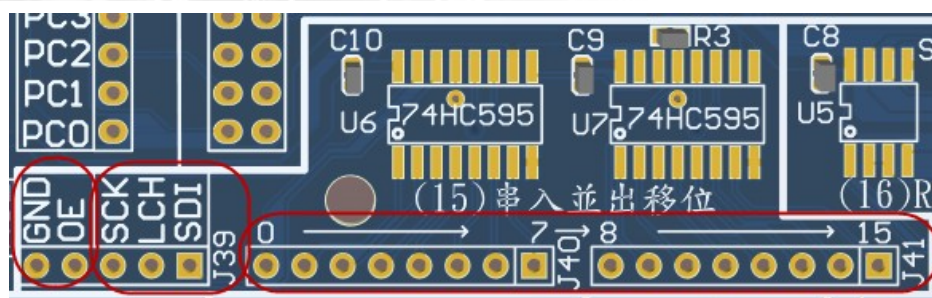


圖 8-8(b) 串入並出移位暫存器外型

連線：J39(OE、GND)ON，MOSI、NSS、SCLK --> J39(SDI、LCH、SCK)

SPI 介面控制串入並出移位暫存器範例如下：

1. 範例 SPI4_SHIFT_LED1：以軟體 SPI 介面串列傳輸，經 74595 串入並出，令 16-bit LED 遞加輸出。
2. 範例 SPI4_SHIFT_LED2：以硬體 SPI 介面串列傳輸，經 74595 串入並出，令 8-bit LED 遞加輸出。
3. 範例 SPI5_SHIFT_SEG1：以軟體 SPI 介面串列傳輸，經 74595 串入並出，令七段顯示器顯示 0~F。
4. 範例 SPI5_SHIFT_SEG2：以軟體 SPI 介面串列傳輸，經 74595 串入並出，令七段顯示器顯示 0000~9999。
5. 範例 SPI5_SHIFT_SEG3：以軟體 SPI 介面串列傳輸，經 74595 串入並出，令七段顯示器顯示電子鐘時、分及秒為閃爍，並可調時及調分。

8-2.2 TM1637 四位數七段顯示器模組

TM1637 四位數七段顯示器藉由同步串列方式傳輸資料來顯示數值，該模組內含 MCU 及四位共陽七段顯示器的顯示模組，驅動晶片為 TM1637，只需 2 根信號線即可控制四位數的七段顯示器掃描工作。產品規格如下：

- ◎ 工作電壓為 3.3V~5V，工作電流小於等於 30mA。
- ◎ 為四位共陽極紅色七段顯示器，含中間兩點用於秒閃爍。
- ◎ 七段顯示器為可調整 8 級灰階(度)亮度。
- ◎ 控制介面電壓準位可為 5V 或 3.3V。
- ◎ 控制介面：共有 4 支接腳 GND(地線)、VCC(電源)、DIO(資料輸出入)、CLK(時脈信號腳)。
- 外型及電路，如下圖(a)(b)所示：

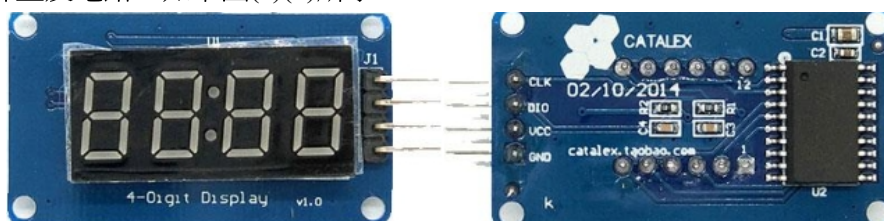


圖 8-9(a) TM1637 四位數七段顯示器外型

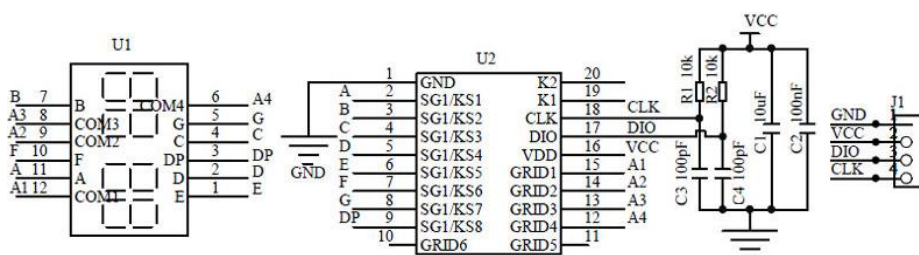


圖 8-9(b) TM1637 四位數七段顯示器電路

TM1637 四位數七段顯示器範例如下：

1. 範例 TM1637_1：串列式四位數七段顯示器，以十進制顯示 0000~9999