結報評分標準

圖表	數據	發現問題	電路分析	心得+結論	Reference
15%	15%	10%	30%	20%	10%

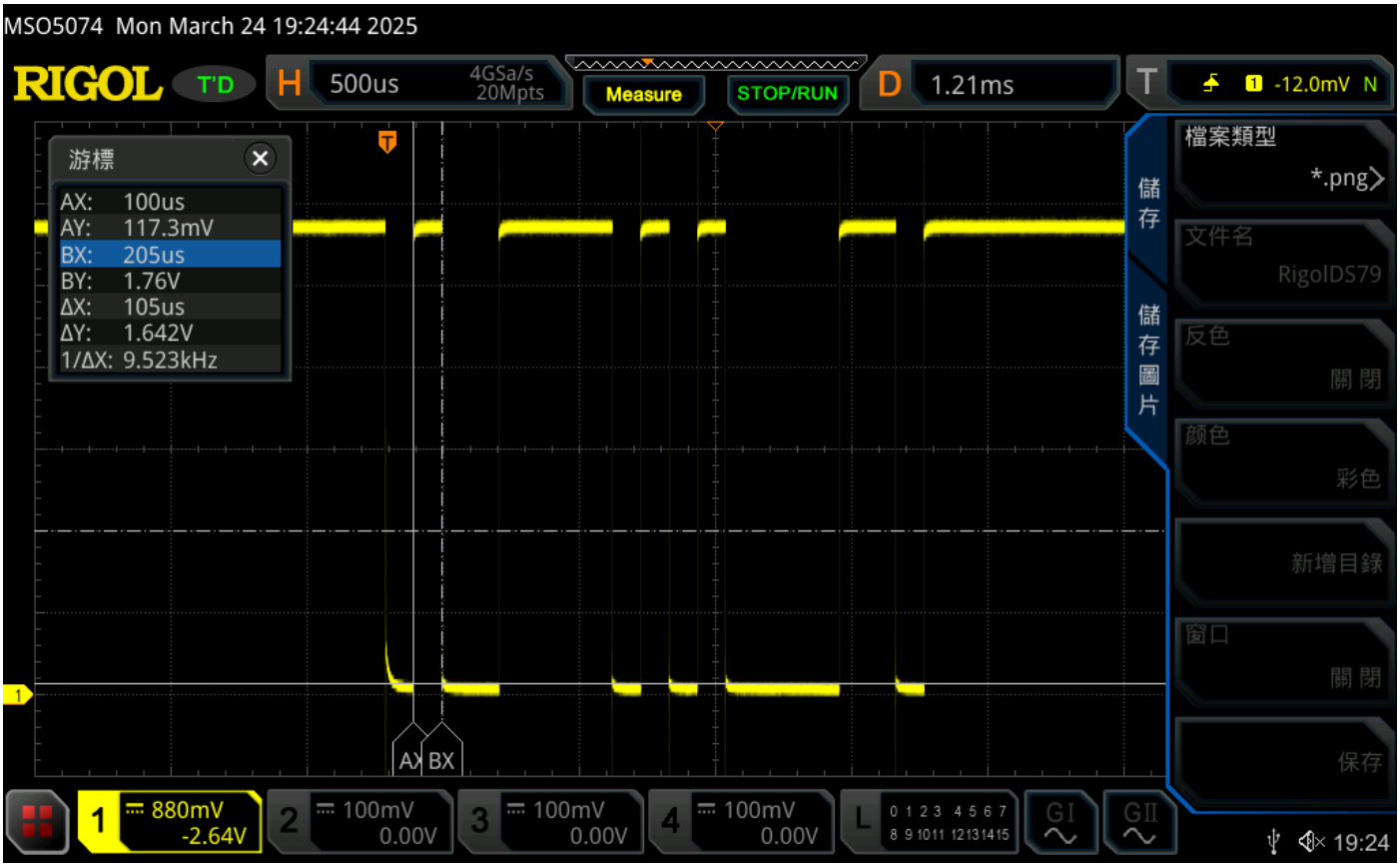
請假後補交結報的規定

1. 請假需依規定提出假單申請，並安排時間補做實驗並將核準過的假單截圖貼於下方，助教才會進行結報的批改。
2. 以請假日計算；需在一星期內完成補做驗，二個星期內補交結報(將結報交至 Delay 區)。逾時不進行結報批改。例如:3/1 請假，需在 3/8 前完成補做實驗，3/15 前補交結報。

REPORT

Experiment 1: UART protocol

1. UART frame waveform



2. Frame content (Fill the blank with 0 or 1)

	START	Bit0 (LSB)	Bit1	Bit2	Bit3	Bit4	Bit5	Bit6	Bit7 (MSB)	STOP
1st frame	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
2nd frame	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1

以上的 bit 是由 y:1111001、a:1100001 所構成

3. The interval of a bit is 105u (second) which means the Barud rate is equal to 9523.81 (bps).

- 鮑率推算:

$$Bx - Ax = 105\mu s \rightarrow T_{bits}$$

$$Barud\ rate = \frac{1}{T_{bits}} = \frac{1}{105\mu} = 9523.81$$

- 那什麼是 UART 通訊協定?

UART（Universal Asynchronous Receiver/Transmitter）通常是嵌入式系統中最常見的通訊接口之一。UART 是一種串列通訊協議，用於在 MCU 和其他設備之間傳輸數據。UART 通訊不同於並行通訊，它通常使用少量的引腳，僅需一條傳輸線（TX）和一條接收線（RX）。

基本原理

UART 通訊是一種點對點通訊方式，其中一個 MCU 充當發送器，另一個 MCU 或設備充當接收器。通的基本原理如下：

1. 發送端將要傳送的數據（字節或字元）傳輸到 UART 的傳輸線（TX）。
2. 接收端使用 UART 的接收線（RX）來接收數據。
3. 數據以串列方式傳輸，通常每個字節的起始和結束都有特定的起始位和停止位，以確保數據的正確傳輸。
4. 通的兩端必須配置相同的波特率（9600）以確保正確的數據接收。

電路分析

從實驗一我們可以發現兩個 MCU 分別是 Arduino UNO 版和示波器，透過兩條導線讓這兩者連接在一起，由 Arduino 傳輸訊號然後在示波器上顯示 Binary bit 的波型(0、1)。

問題

1. 為什麼 UART 的訊號輸出訊號 bit 的順序與 I2C、SPI 顛倒 ？

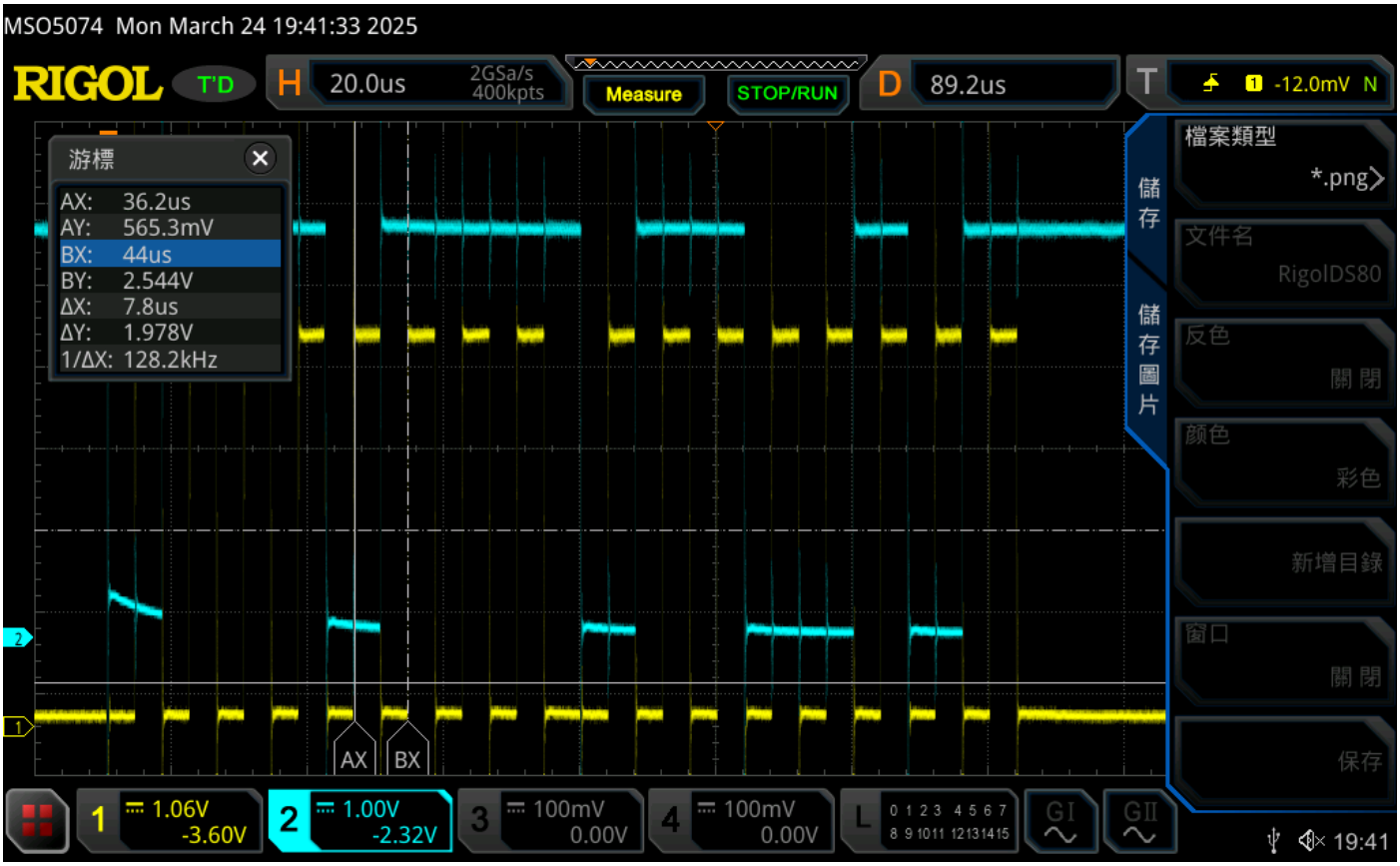
這主要的差距我覺得是在於因為 UART 他是非同步訊號(不被 CLK 控制)，這是與 I2C、SPI 相比最大的不同。正因為它是非同步訊號，所以他會先從 LSB 開始先傳，最後才是 MSB。

結論

實驗一主要是實做 UART 通訊協定在 Arduino 上的應用，透過兩條導線間傳送訊號讓我們理解這通訊協定的原理同時認識到 Ardunio 對於一個字元適用什麼方式在傳輸的。

Experiment 2: SPI protocol

1. SPI frame waveform



2. Frame content (Fill the blank with 0 or 1)

	Bit7 (MSB)	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0 (LSB)
1st frame	0	1	1	1	0	1	1	1
2nd frame	0	1	1	0	0	1	0	1

以上的 bit 是由 w:1110111、e:1111000 所構成

3. The frequency of the SCK is equal to 128205.18 Hz

- SCK(serial clock)推算:

Serial clock → clock 的週期包波峰、谷

$Bx - Ax = 7.8\mu$

The frequency of SCK $= \frac{1}{7.8\mu} = 128205.18$

電路分析

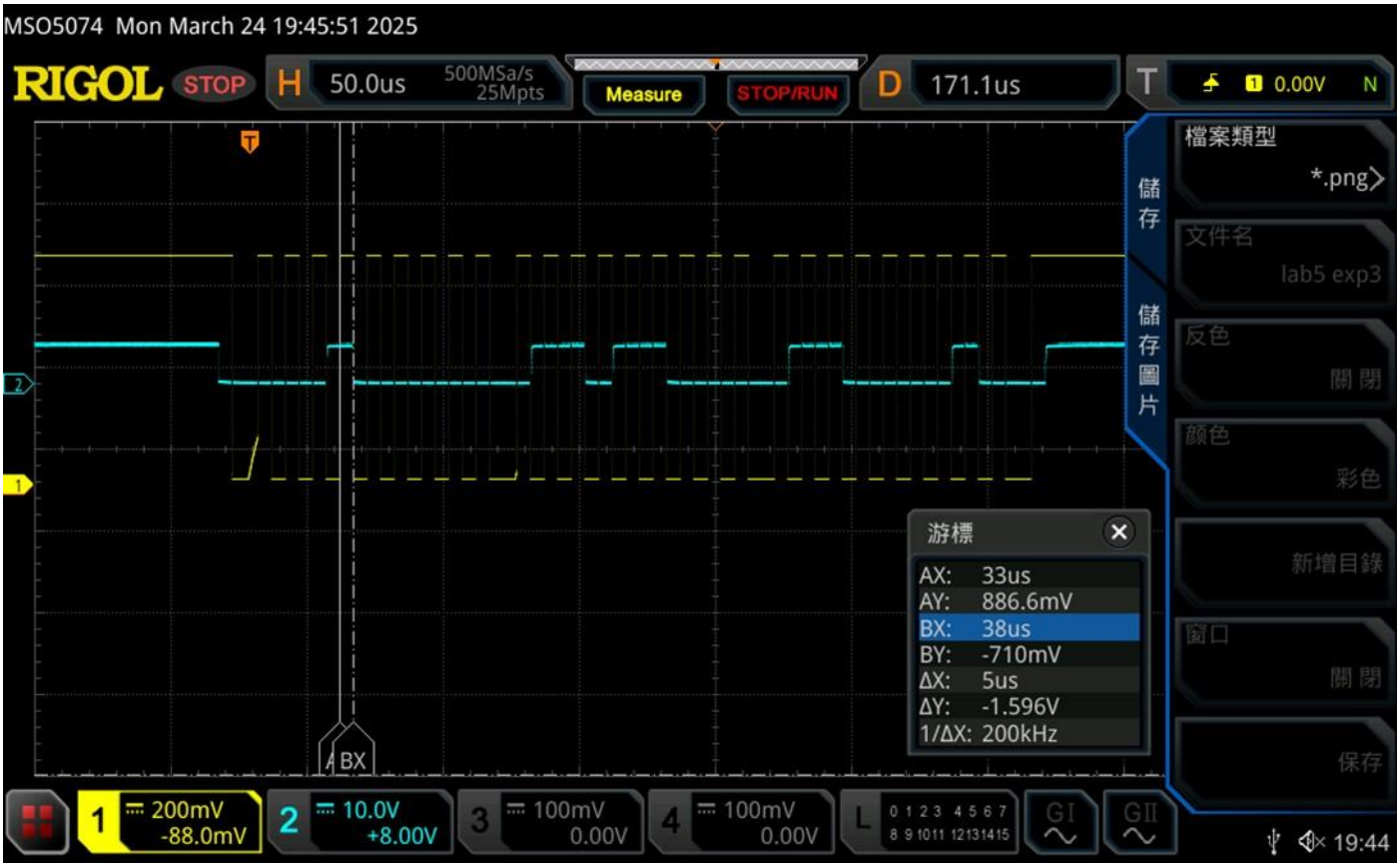
由 Arduino UNO 版的 SPI 我們可以知道 CPOL=0、CPHA=0，所以我們可以根據這數據知道 SCK 會由低電位到高電位(也就是除了 CLK 脈衝之外都是低電位)，然後從第一個 edge 取樣(rising edge)判斷 binary number，根據上述的線索我們可以鎖定 SCK 就是 CH1 的波型(黃色)，相對的我們可以知道 CH2 為 MOSI 的訊號，接下來我們可以透過 rising edge 取得區段電壓的值作為 binary number，最後因為 SPI 是同步協議，所以會從 MSB 一路讀到 LSB。

結論

實驗二主要是在實做 SPI 的通訊協議，透過連接 Arduino 模組的 SCK、output 接腳觀察波型並記錄 clock 與被取樣的值之間的關係。

Experiment 3: I2C protocol

1. I2C frame waveform



2. Frame content (Fill the blank with 0 or 1)

	Address6	Address5	Address4	Address3	Address2	Address1	Address0	Read /Write	ACK
1st frame	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Bit7 (MSB)	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0 (LSB)	ACK
2nd frame	0	1	1	0	1	1	0	0	0
3rd frame	0	1	1	0	0	0	0	1	0

以上的 bit 是由 l:0110 1100、a:0110 0001 所構成

3. The frequency of the SCL is equal to 100k Hz

- SCL 頻率計算:

$$\frac{1}{2} T_{SCL} = 5\mu s \Rightarrow T_{SCL} = 10\mu s$$

$$f_{SCL} = \frac{1}{T_{SCL}} = \frac{1}{10^{-5}} = 10^5 \text{ Hz}.$$

電路分析

I2C protocol 與前兩個協議最大的不同在於支援多對多裝置的連線，今天的 I2C 通訊協議實驗就是依照這性質而設定的，透過 master 輸出訊號然後 slave 讀入訊號的方式通訊，開始讀取於 SCL 為高電位然後 SDA 訊號從高電位轉低電位時(圖一)，一路讀到 SCL 也是高電位，但 SDA 訊號從低電位轉到高電位結束(圖二)

(圖一)

(圖二)

結論

實驗三實做 I2C 通訊協議，透過其多對多的特性讓 Arduino 之間傳輸姓名訊號，然後再透過 SCL 的 rising clock 取值得出正確的 binary number。

Experiment 4: 2-digit 7-segment display

The sketch of your design: (copy from the Arduino IDE window and paste here)

sketch_mar24f.ino

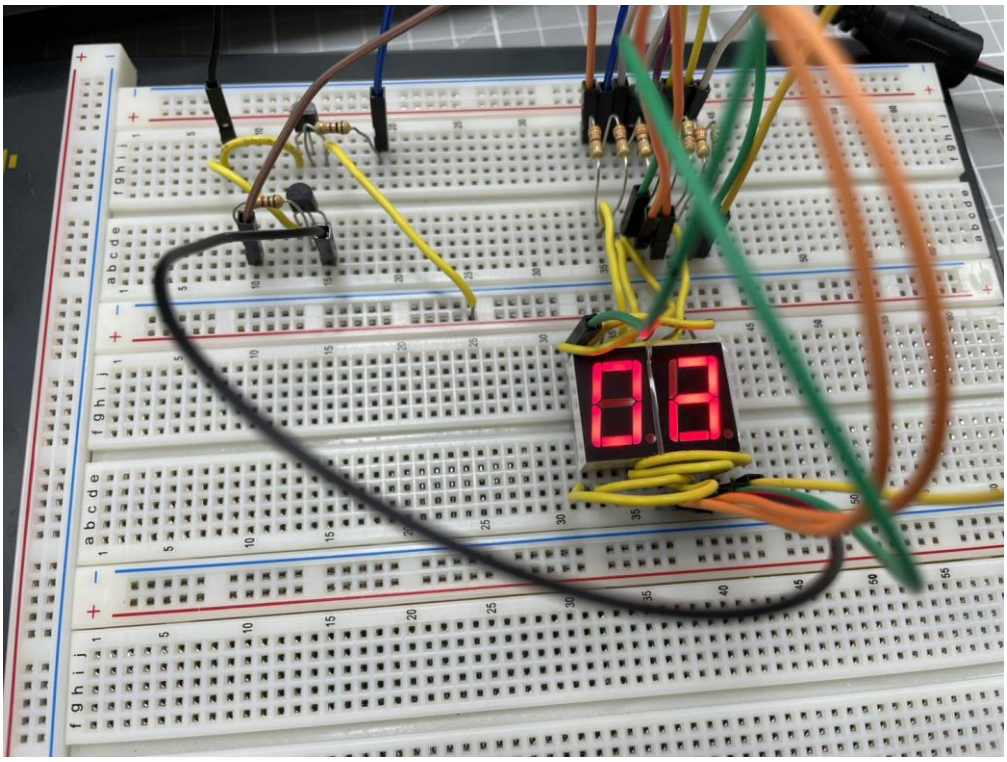
```
  pinMode(f, OUTPUT);
  pinMode(q, OUTPUT);
  pinMode(op, OUTPUT);
  pinMode(left, OUTPUT);
  pinMode(right, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(right, HIGH);
  digitalWrite(left, LOW);
  digitalWrite(a, LOW);
  digitalWrite(b, LOW);
  digitalWrite(c, LOW);
  digitalWrite(d, LOW);
  digitalWrite(e, LOW);
  digitalWrite(f, LOW);
  digitalWrite(q, HIGH);
  digitalWrite(op, HIGH);
  digitalWrite(right, HIGH);
  delay(10);

  digitalWrite(left, HIGH);
  digitalWrite(right, LOW);
  digitalWrite(a, LOW);
  digitalWrite(b, LOW);
  digitalWrite(c, LOW);
  digitalWrite(d, LOW);
  digitalWrite(q, LOW);
  digitalWrite(e, HIGH);
  digitalWrite(f, HIGH);
  digitalWrite(op, HIGH);
  delay(10);
}
```

前兩段先讓對應的電晶體打開

隨後設計圖案(1 為暗，0 則亮)

讓圖案延續一段時間，但不能超過眼睛辨別的頻率，使其在視覺暫留作用下能連續看清兩個數字。

Take a photo of your display content.



電路分析

七段顯示器實驗主要分為兩部分。第一部分涉及電晶體控制的原理，通過調節基極（Base）的電壓來控制電晶體的行為。當基極電壓達到高電位時，電晶體進入飽和區，此時可視為一個閉合的開關。然而，若基極電壓過高，電路反而無法正常導通，導致七段顯示器的供電電壓為零，使其無法點亮；反之，當基極電壓適當時，顯示器則能正常發亮。第二部分則是 Arduino 控制的應用，通過設定 Arduino 輸出腳位的電壓，控制七段顯示器特定 LED 的亮滅。當輸出腳位為低電位時，對應的 LED 會導通而點亮；反之，設為高電位時，LED 則不會亮起。

結論

在七顯實驗中我們透過電晶體作為開關、LED 控制七顯發光的方式控制七顯顯示我們的桌號。

心得

今天的主題很有吸引力！一開始看到要做「通訊協議」實驗時，我還一頭霧水；直到發現是操作 Arduino 才恍然大悟。沒想到之前網路安全程式設計課學的通訊協定，在這裡也能派上用場。上這堂課前，我一直以為通訊協定只是軟體層面的東西，現在才大開眼界——原來 Arduino 內部還藏了這麼多不為人知的細節。

這四個實驗中，最讓我挫敗的是實驗四。因為好幾週沒用七段顯示器，連 LED 接腳都搞反了。我一開始誤以為電壓設成 HIGH 就能讓 LED 亮，對此深信不疑，甚至後來出現 bug 時也沒懷疑過這點……最後的結論真的讓我學到一課。不過連累夥伴等了超久，真的欠他一個大大的道歉……

引用

- UART
  https://www.eettaiwan.com/20210713ta71-uart-a-hardware-communication-protoco/
- SPI
  https://wiki.csie.ncku.edu.tw/embedded/SPI
- I2C
  https://zh.wikipedia.org/zh-tw/I%C2%B2C