

【微處理機】中興大學課程期末專題

繳交資訊

- 電資學士班 侯竣奇 (4112064214)
- 所有程式專案可在 projects 資料夾中找到，附有 .pcf 檔
- 有疑問可來信 houjunqimail@gmail.com
- 本報告同步發佈於 Github ([coke5151/nchu-microprocessor-final](https://github.com/coke5151/nchu-microprocessor-final))

1. (15 pts) 下列請以 GPIOB 完成，七段顯示器型號為 DC56-11EWA：

i. (5 pts) 將所有 pin 設定為 output mode，並使 pin 0~15 輸出為 0xAAAA。



1-i 七段顯示器

Ans:

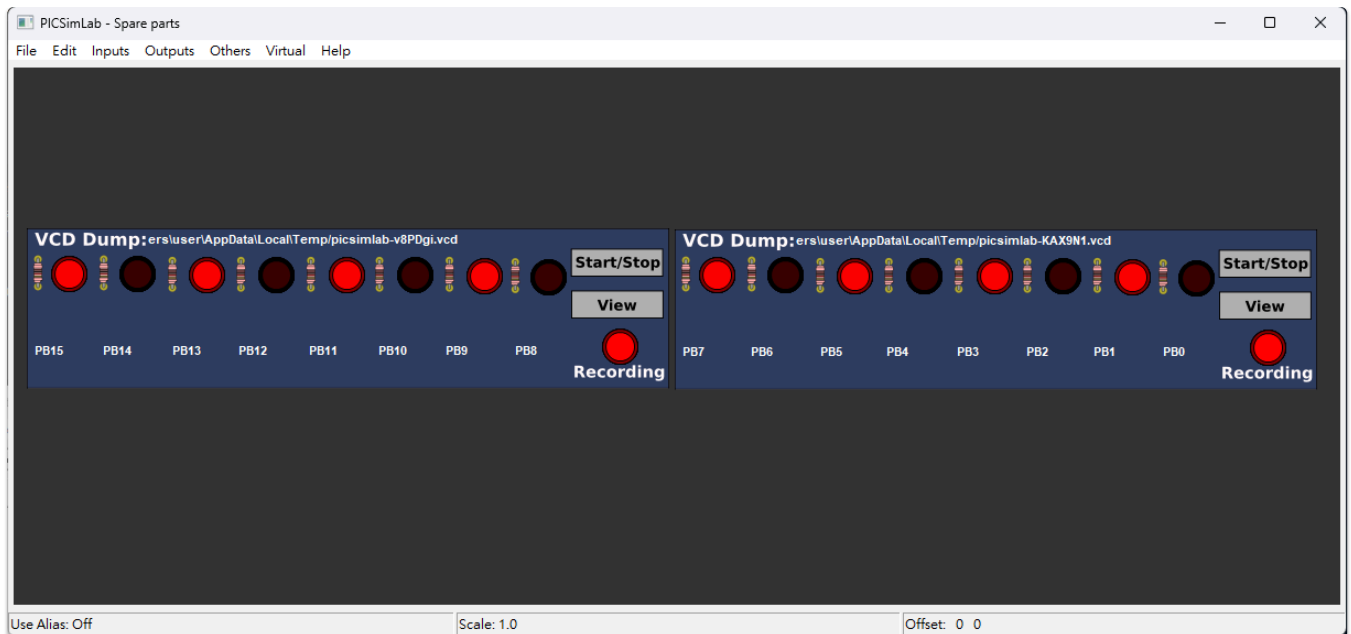
程式碼 ([projects/1-i/Src/main.c](#))：

```
#include "stm32f10x.h"

int main()
{
    RCC->APB2ENR |= 0xFC; // 啟用 GPIO 連接埠的 clock

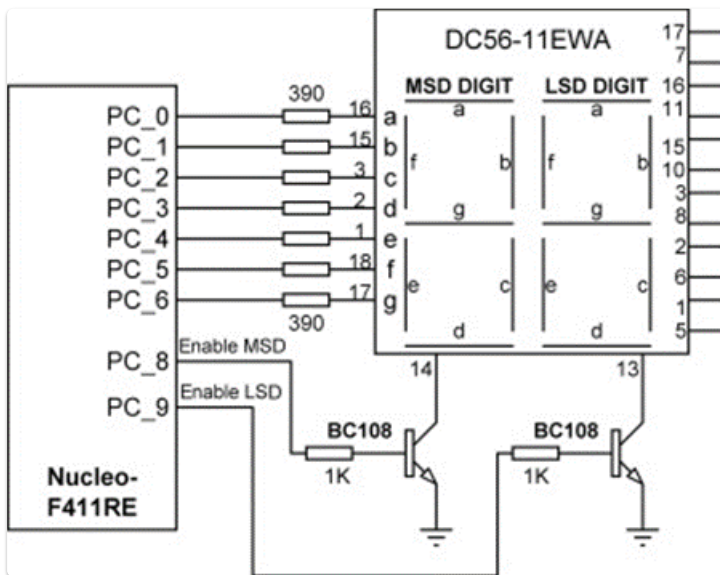
    GPIOB->CRL = 0x33333333; // PB0 to PB7 outputs
    GPIOB->CRH = 0x33333333; // PB8 to PB15 outputs

    while (1) {
        GPIOB->ODR = 0xAAAA;
    }
}
```



1-i ans

ii. (5 pts) 根據圖一完成表一：(Low 為輸出低電壓 0，High 為輸出高電位 1)



1-ii

Ans:

	x	g	f	e	d	c	b	a	PORTB_ODR
0	L	L	H	H	H	H	H	H	0x3F
1	L	L	L	L	L	H	H	L	0x6
2	L	H	L	H	H	L	H	H	0x5B
3	L	H	L	L	H	H	H	H	0x4F
4	L	H	H	L	L	H	H	L	0x66
5	L	H	H	L	H	H	L	H	0x6D
6	L	H	H	H	H	H	L	H	0x7D
7	L	L	H	L	L	H	H	H	0x27
8	L	H	H	H	H	H	H	H	0x7F

9	L	H	H	L	H	H	H	H	0x6F
---	---	---	---	---	---	---	---	---	------

iii. (5 pts) 編寫程式使七段顯示器顯示 20。

Ans:

程式碼 ([projects/1-iii/Src/main.c](#)) :

```
#include "stm32f10x.h"

int main()
{
    RCC->APB2ENR |= 0x00000001; // 啟用 GPIO 連接埠的 clock

    GPIOB->CRL = 0x33333333; // PB0 to PB7 outputs
    GPIOB->CRH = 0x33333333; // PB8 to PB15 outputs

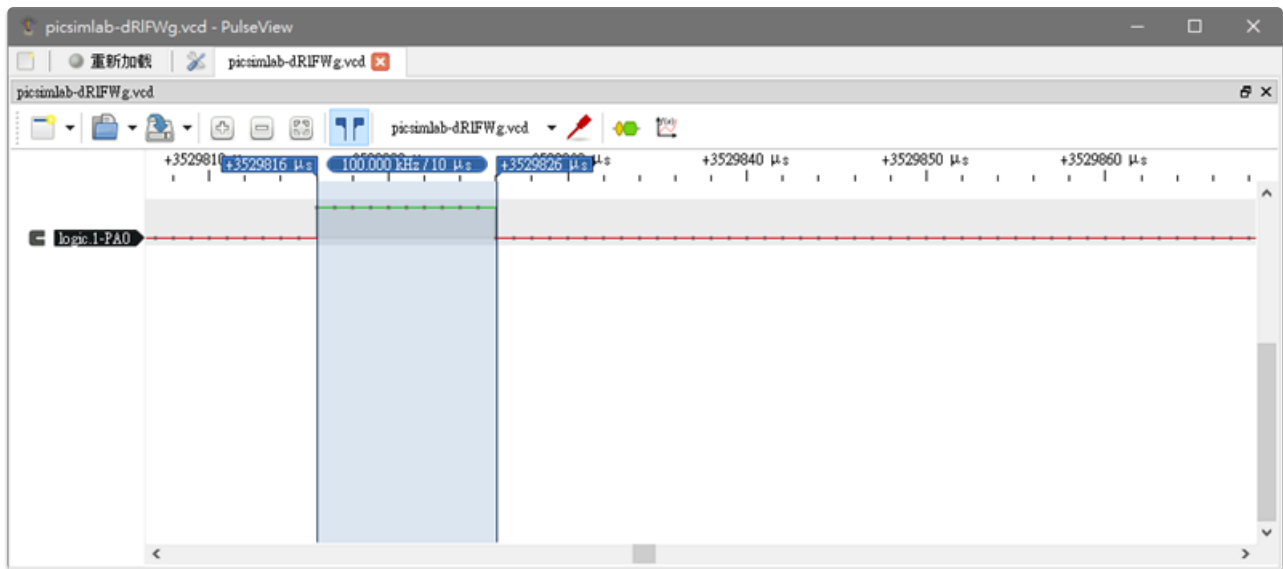
    while (1) {
        GPIOB->ODR = 0x3F5B;
    }
}
```



1-iii 20

2. (10 pts) 下列請以 GPIOA 完成，超音波模組型號為 HC-SR04：

i. (5 pts) Generate a pulse with a duration of 10us via PA0 using a *for* loop.



2-i 題目

Ans:

- 必須把 Qemu CPU MIPS 設成 62.5 ◦

程式碼 ([projects/2-i/Src/main.c](#)) :

```
#include "stm32f10x.h"

void delay_us(uint16_t t);
void delay_ms(uint16_t t);

int main()
{
    RCC→APB2ENR |= 0×FC; // 啟用 GPIO 連接埠的 clock

    GPIOA→CRL = 0×33333333; // PA0 to PA7 outputs
    GPIOA→CRH = 0×33333333; // PA8 to PA15 outputs

    delay_ms(100); // 緩衝 100ms

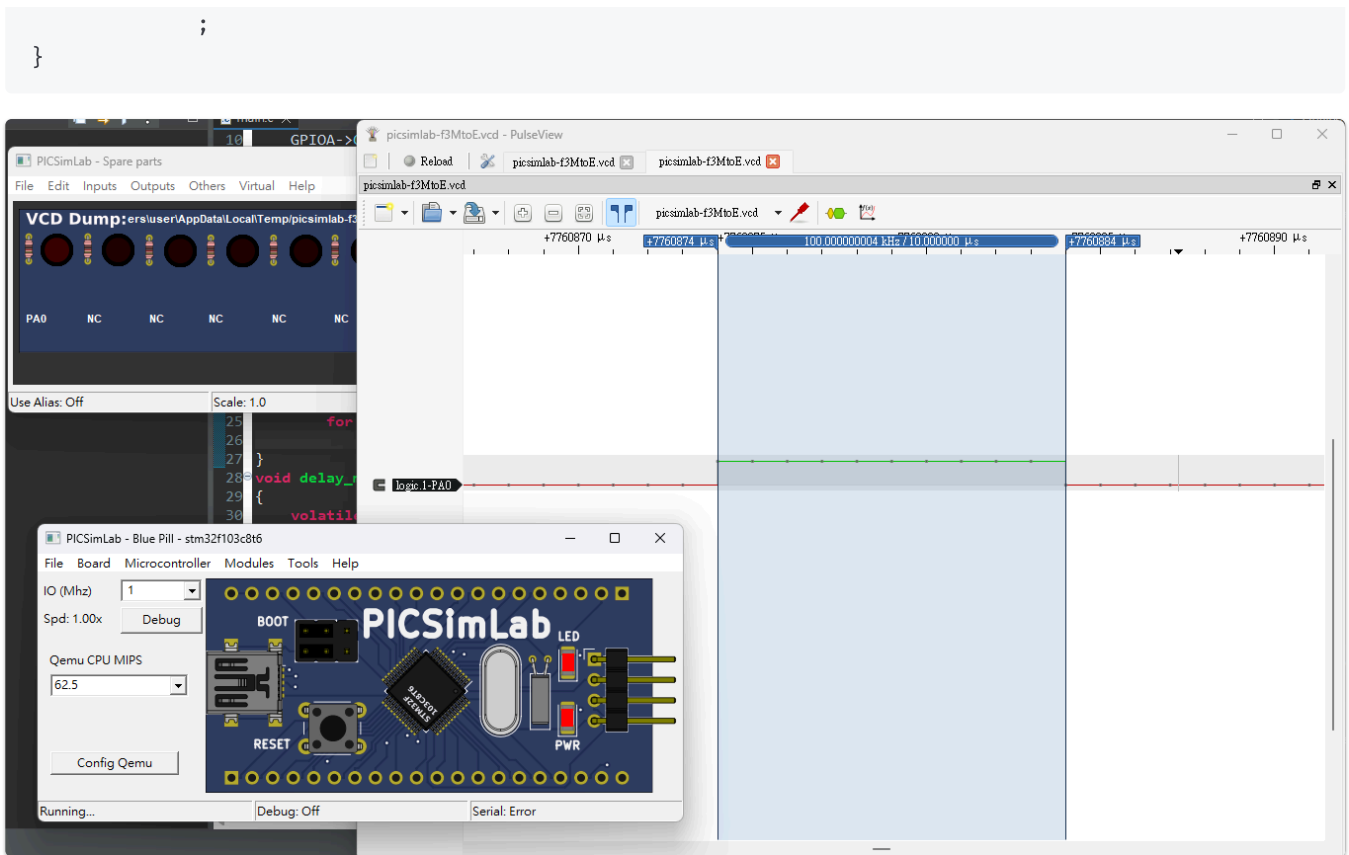
    GPIOA→ODR = 1 << 0; // PA0 on
    delay_us(10);
    GPIOA→ODR = 0 << 0; // PA0 off
}

void delay_us(uint16_t t)
{
    volatile unsigned long l = 0;

    for (uint16_t i = 0; i < t; i++)
        for (l = 0; l < 7; l++)
            ;
}

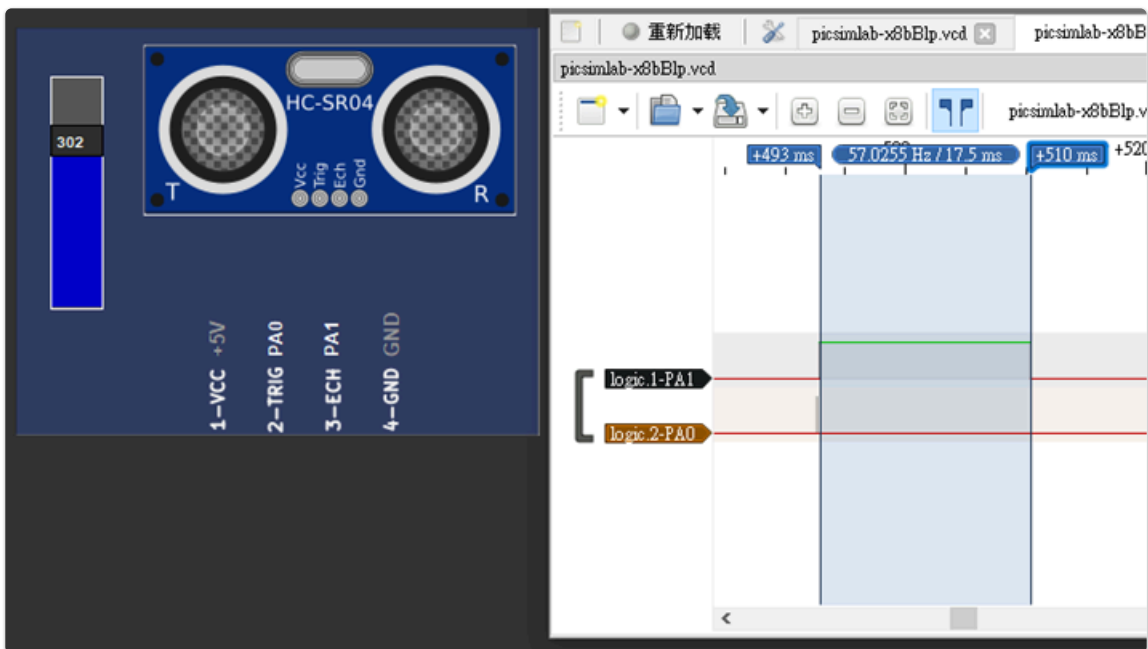
void delay_ms(uint16_t t)
{
    volatile unsigned long l = 0;

    for (uint16_t i = 0; i < t; i++)
        for (l = 0; l < 9000; l++)
            ;
}
```



2-i

ii. (5 pts) 編寫程式讀取超音波模組數據。



2-ii-problem

Ans:

程式碼 ([projects/2-ii/Src/main.c](#)) :

```
#include "stm32f10x.h"
void delay_us(uint16_t t);
void delay_ms(uint16_t t);

int main()
```

```

{
    RCC→APB2ENR |= 0×FC; // 啟用 GPIO 連接埠的 clock

    GPIOA→CRL = 0×33333343; // PA0, PA2 ~ PA7 outputs, PA1 input
    GPIOA→CRH = 0×33333333; // PA8 to PA15 outputs

    delay_ms(100); // 緩衝100ms

    GPIOA→ODR = 1 << 0; // PA0 on
    delay_us(10);
    GPIOA→ODR = 0 << 0; // PA0 off
}

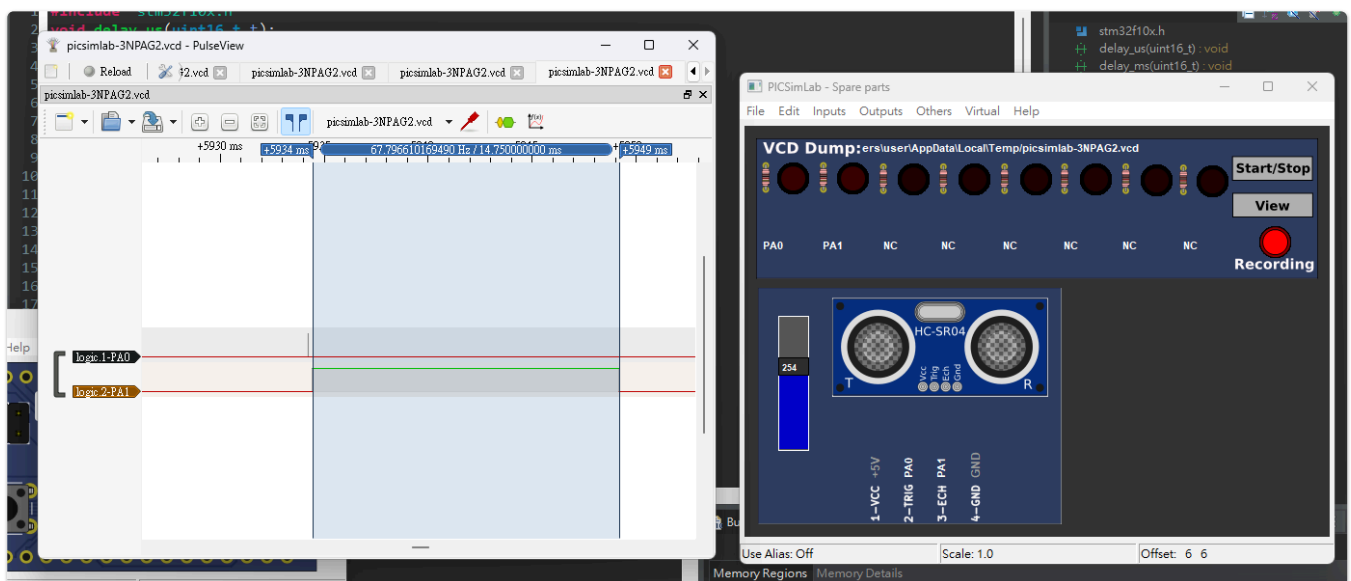
void delay_us(uint16_t t)
{
    volatile unsigned long l = 0;

    for (uint16_t i = 0; i < t; i++)
        for (l = 0; l < 7; l++)
            ;
}

void delay_ms(uint16_t t)
{
    volatile unsigned long l = 0;

    for (uint16_t i = 0; i < t; i++)
        for (l = 0; l < 9000; l++)
            ;
}

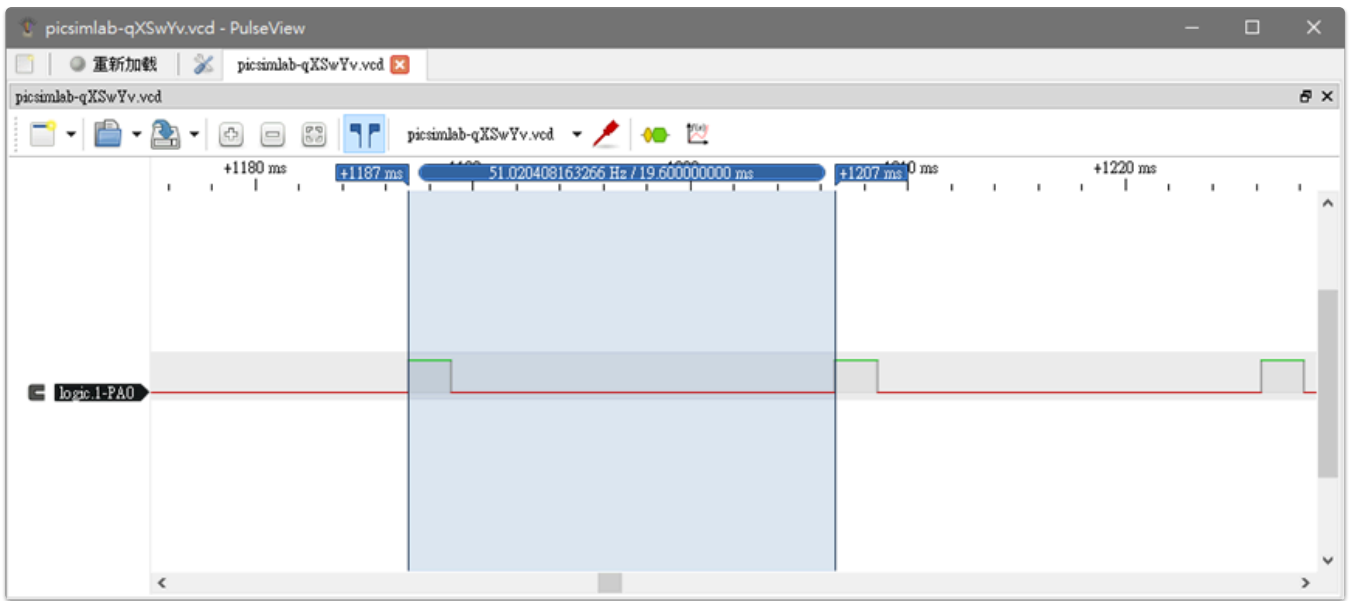
```



2-ii

3. (10 pts) 下列請以 TIM2 (PWM) 完成，伺服馬達型號為 SG90：

i. (5 pts) Generate a square wave with a period 20ms.



3-i-problem

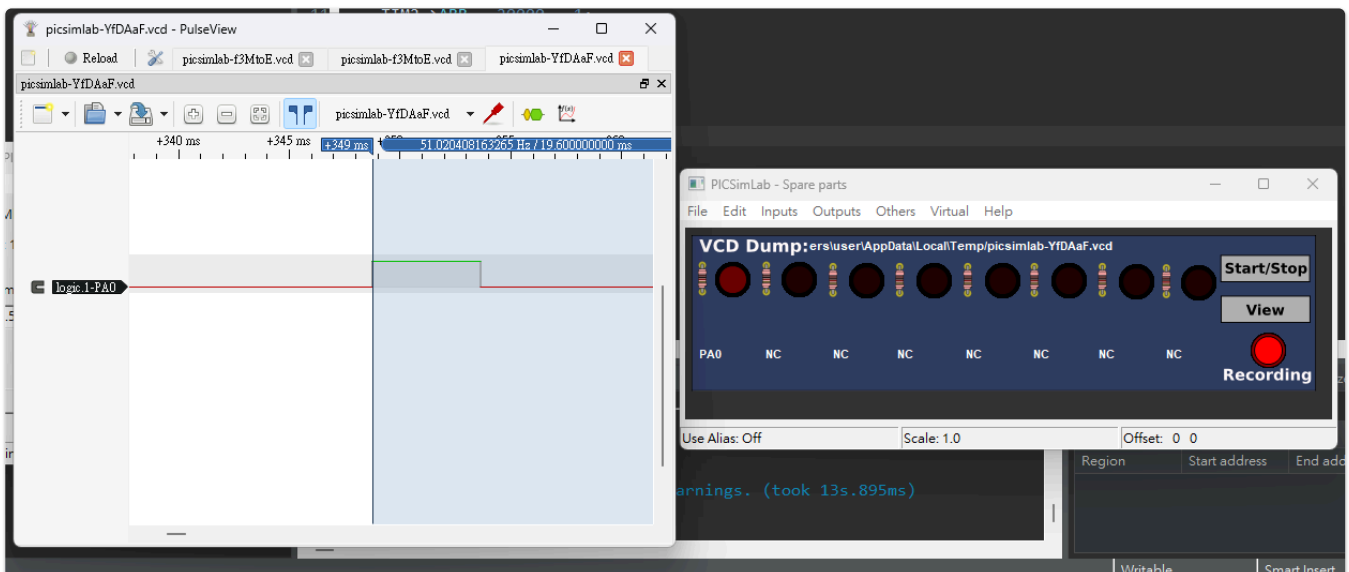
Ans:

程式碼 ([projects/3-i/Src/main.c](#)) :

```
#include "stm32f10x.h"

int main()
{
    RCC->APB2ENR |= 0xFC; // 啟用 GPIO 連接埠的 clock
    RCC->APB1ENR |= (1 << 0);
    GPIOA->CRL |= 0xB;
    TIM2->CCER = 0x1;
    TIM2->CCMR1 |= 0x60;
    TIM2->PSC = 72 - 1;
    TIM2->ARR = 20000 - 1;
    TIM2->CCR1 = 5000;
    TIM2->CR1 = 1;

    while (1) { }
}
```



3-i

ii. (5 pts) 編寫程式使伺服馬達順時針與逆時針旋轉。

Ans:

要讓伺服馬達（SG90）旋轉，需要控制給它的 PWM 波形的 duty cycle。SG90 的範圍如下：

- Period: 20ms
- Duty cycle:
 - 1ms: 0 degree
 - 1.5ms: 90 degree
 - 2ms: 180 degree

透過調整 PWM 的 CCR1，可以控制伺服馬達的旋轉角度。

程式碼 ([projects/3-ii/Src/main.c](#))：

```
#include "stm32f10x.h"

void delay_ms(uint16_t t);

int main()
{
    RCC→APB2ENR |= 0×FC; // 啟用 GPIO 連接埠的 clock
    RCC→APB1ENR |= (1 << 0);
    GPIOA→CRL |= 0×B;
    TIM2→CCER = 0×1;
    TIM2→CCMR1 |= 0×60;
    TIM2→PSC = 72 - 1;
    TIM2→ARR = 20000 - 1;
    TIM2→CCR1 = 1500; // 初始值設定為中間位置
    TIM2→CR1 = 1;

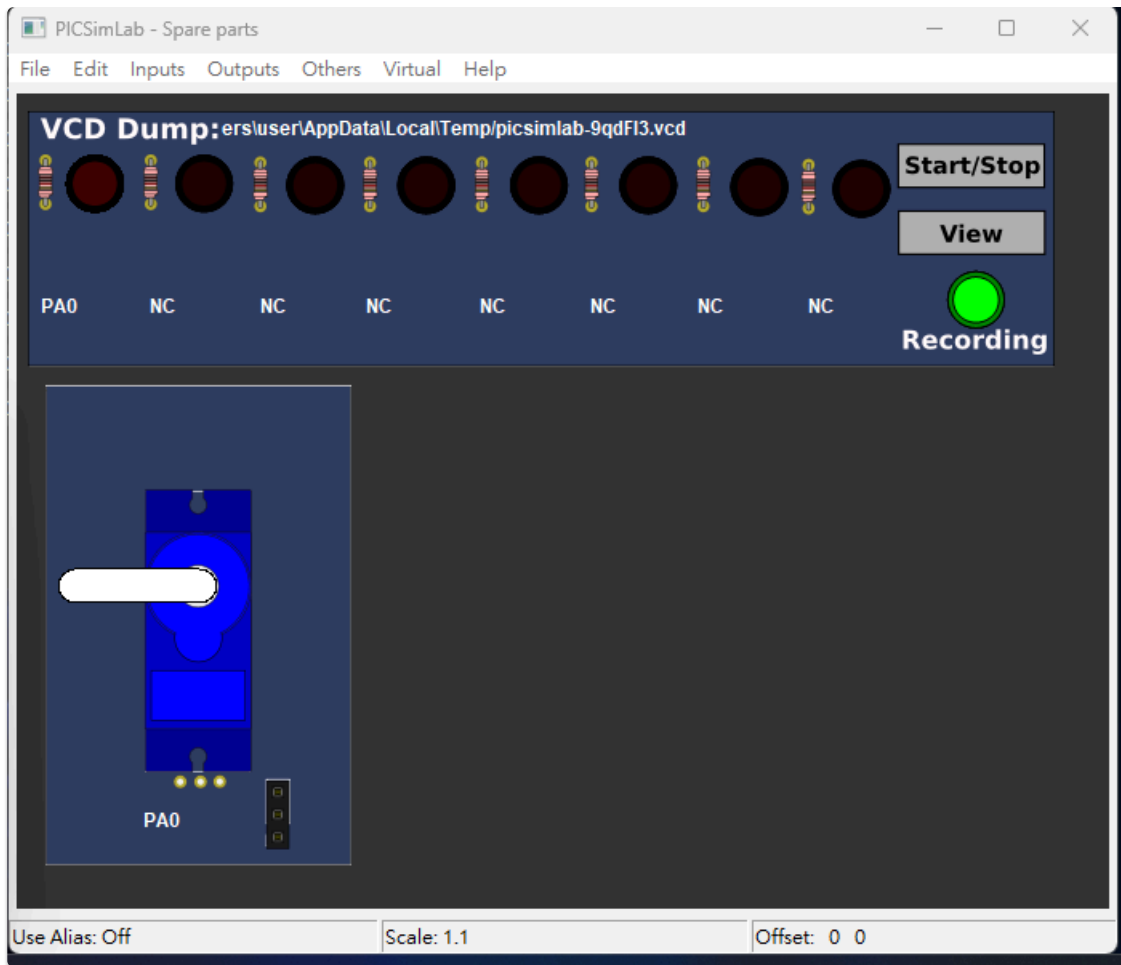
    while (1) {
        // 順時針轉至 180 度
        TIM2→CCR1 = 2000;
        delay_ms(10000);

        // 逆時針轉至 0 度
        TIM2→CCR1 = 1000;
        delay_ms(10000);

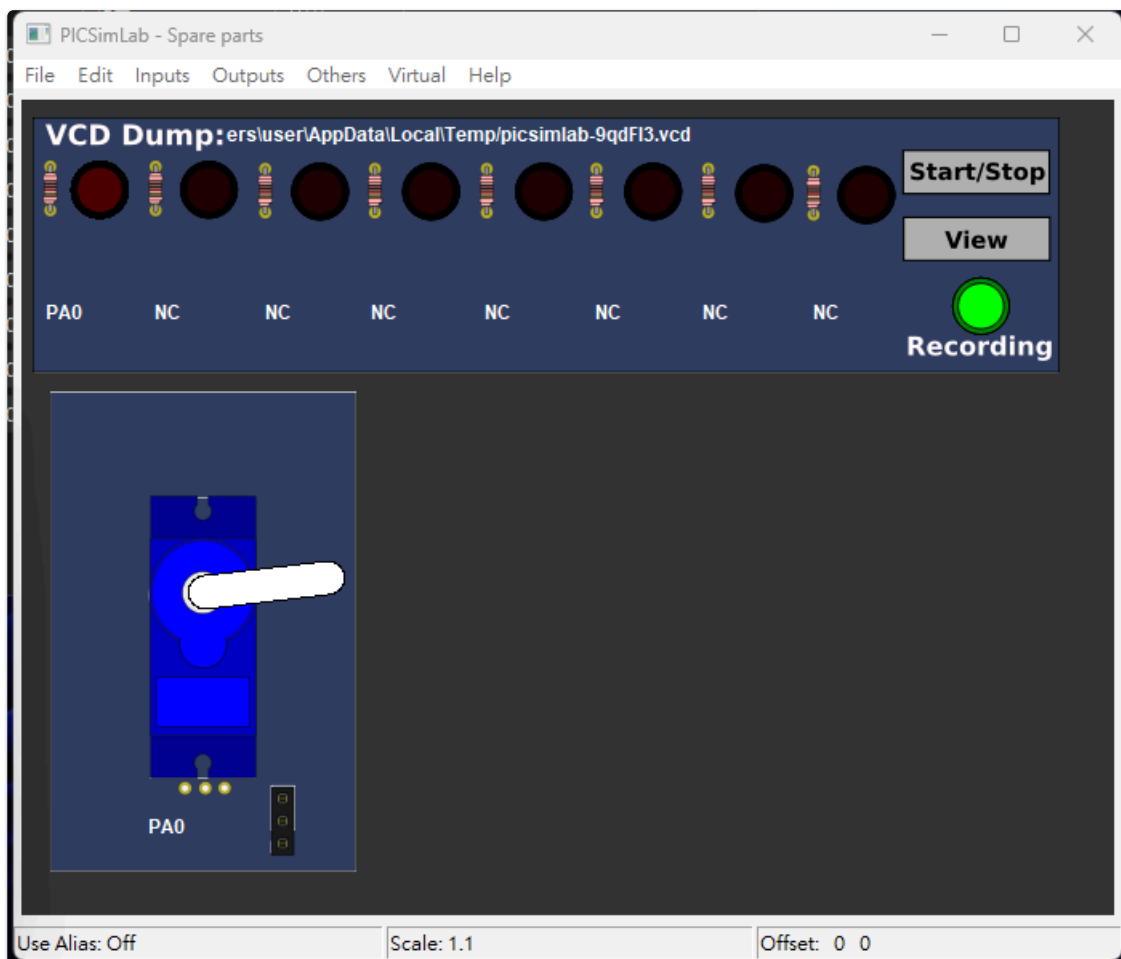
        // 返回中心位置
        // TIM2→CCR1 = 1500;
        // delay_ms(10000);
    }
}

void delay_ms(uint16_t t)
{
    volatile unsigned long l = 0;

    for (uint16_t i = 0; i < t; i++)
        for (l = 0; l < 9000; l++)
            ;
}
```

3-ii-left



3-ii-right

4. (10 pts) 下列請以 USART1 (baud rate 為 9600) 完成，藍芽模組型號為 HC-06：

i. (5 pts) Send a character ('A') to the IO Virtual Term.

Ans:

程式碼 ([projects/4-i/Src/main.c](#))：

```
#include "stm32f10x.h"

void delay_ms(uint16_t t);
void usart1_sendByte(unsigned char c);

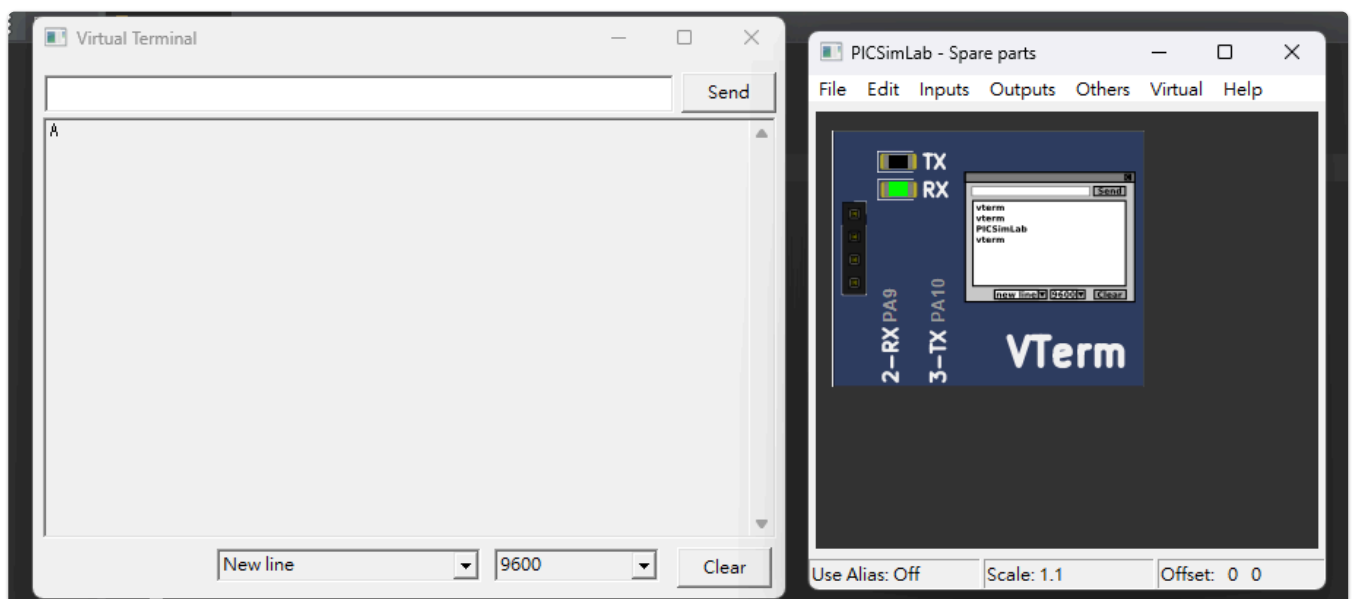
int main()
{
    RCC→APB2ENR |= (1 << 14) | (1 << 2);
    GPIOA→CRH |= 0×000000B0;
    USART1→CR1 = 0×200C;
    USART1→BRR = 7500;

    usart1_sendByte('A');
}

void delay_ms(uint16_t t)
{
    volatile unsigned long l = 0;

    for (uint16_t i = 0; i < t; i++)
        for (l = 0; l < 9000; l++)
            ;
}

void usart1_sendByte(unsigned char c)
{
    USART1→DR = c;
    while ((USART1→SR & (1 << 6)) == 0)
        ;
}
```



4-i

ii. (5 pts) 編寫程式使藍芽 (USART1) 每秒發送一個數字給 IO Virtual Term，數字依序為 0 至 20。

Ans:

程式碼 ([projects/4-ii/Src/main.c](#)):

```
#include "stm32f10x.h"
#include <string.h>

void delay_ms(uint16_t t);
void usart1_sendByte(unsigned char c);
void usart1_sendStr(char* str); // 字串輸出

int main()
{
    RCC→APB2ENR |= (1 << 14) | (1 << 2);
    GPIOA→CRH |= 0×000000B0;
    USART1→CR1 = 0×200C;
    USART1→BRR = 7500;

    char tx_buffer[10]; // 緩衝區，用於存儲數字的字串表示

    for (int i = 0; i ≤ 20; i++) {
        // 將當前數字轉換為字串
        sprintf(tx_buffer, "%d\r\n", i);
        usart1_sendStr(tx_buffer);
        delay_ms(1000);
    }
}

void delay_ms(uint16_t t)
{
    volatile unsigned long l = 0;

    for (uint16_t i = 0; i < t; i++)
        for (l = 0; l < 9000; l++)
            ;
}

void usart1_sendByte(unsigned char c)
{
    USART1→DR = c;
    while ((USART1→SR & (1 << 6)) = 0)
        ;
}

void usart1_sendStr(char* str)
{
    int counter = 0;
    while (str[counter] ≠ '\0') {
        usart1_sendByte(str[counter]);
        counter++;
    }
}
```



4-ii

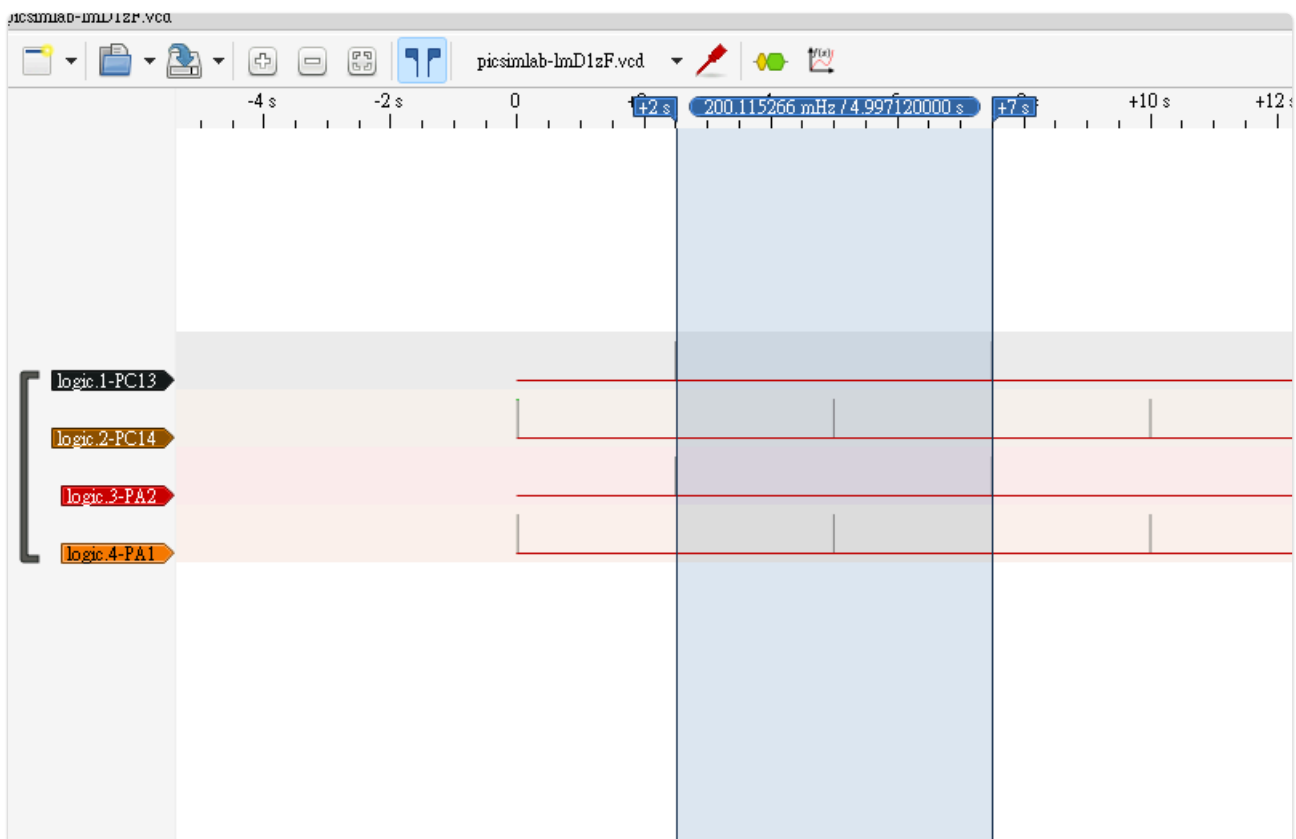
5. (55 pts) 下列請以 Interrupt 與 Timer 完成系統整合實現停車場系統（有關時間的都要用 Timer 或 SysTick 實現）：

第 5 題的專案程式碼在 [projects/5](#) 資料夾中。

i. 超音波感測（建議使用 Timer2）

A. (5 pts) 入口每 5 秒產生一個 trig 檢測是否有車子要進來。

Ans:

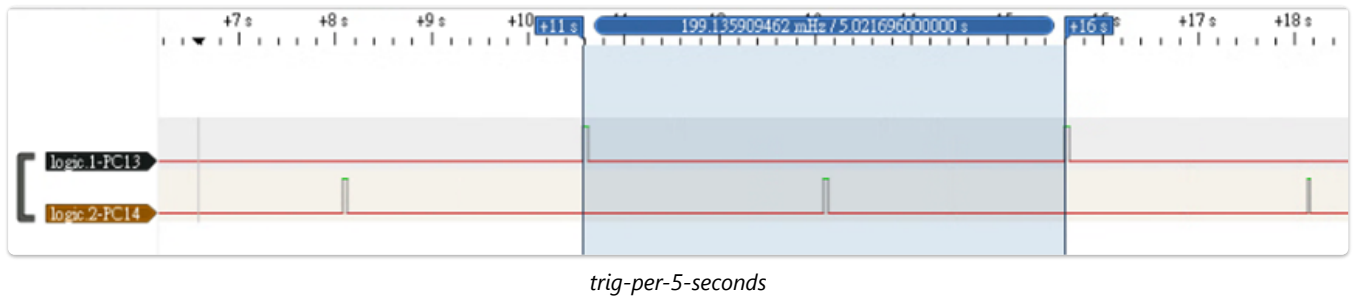


entry-trig-per-5s-ans

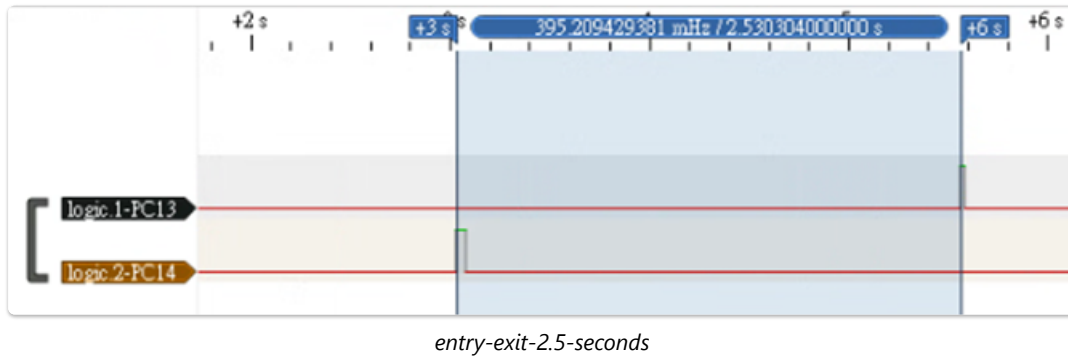
圖中的 PC13 即為入口的 Trig。

B. (5 pts) 出口先延遲 2.5 秒再每 5 秒產生一個 trig 是否有車子要出去。

每 5 秒產生一次 trig 的示意圖如下：

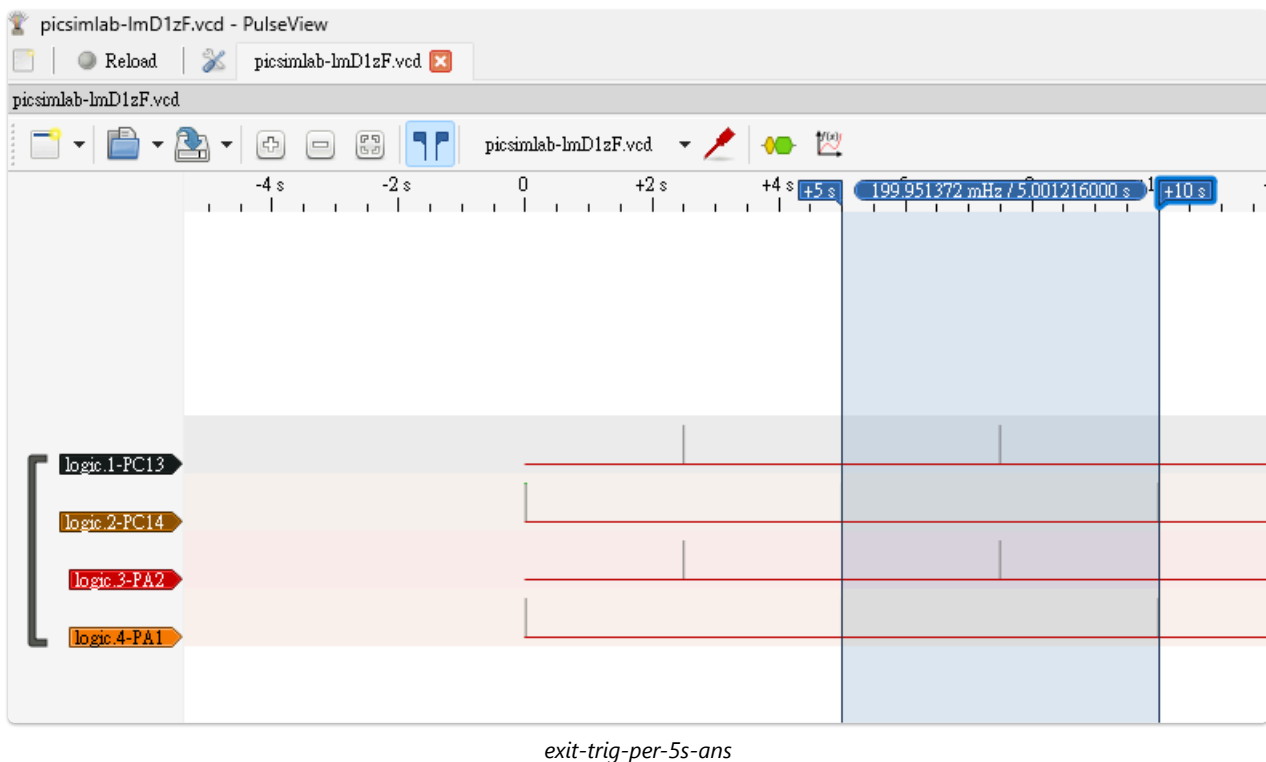


入口跟出口的 trig 時間相差 2.5 秒的示意圖如下：

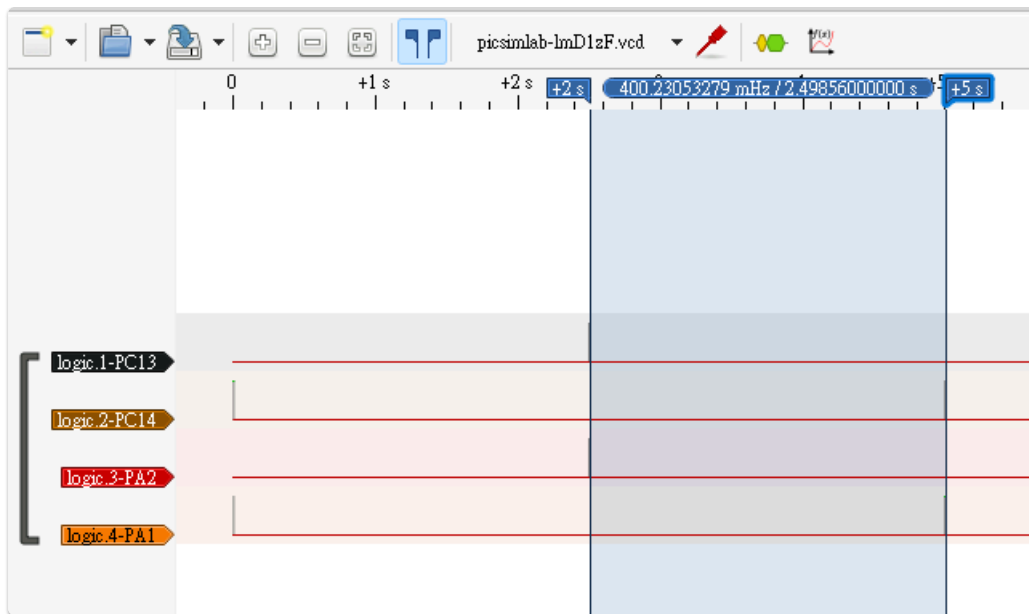


Ans:

圖中的 PC14 即為出口的 Trig：



下圖為入口 PC13 與出口 PC14 的 Trig，相差 2.5 秒：



entry-exit-2.5s-diff

C. (15 pts) 使用中斷捕捉 Echo 上升時間和下降時間，然後透過下面公式轉換成公尺。（建議使用 SysTick 中斷，出來的結果與實際有誤差是正常現象）

$Echo\ signal\ duration * 343/2\ meters$

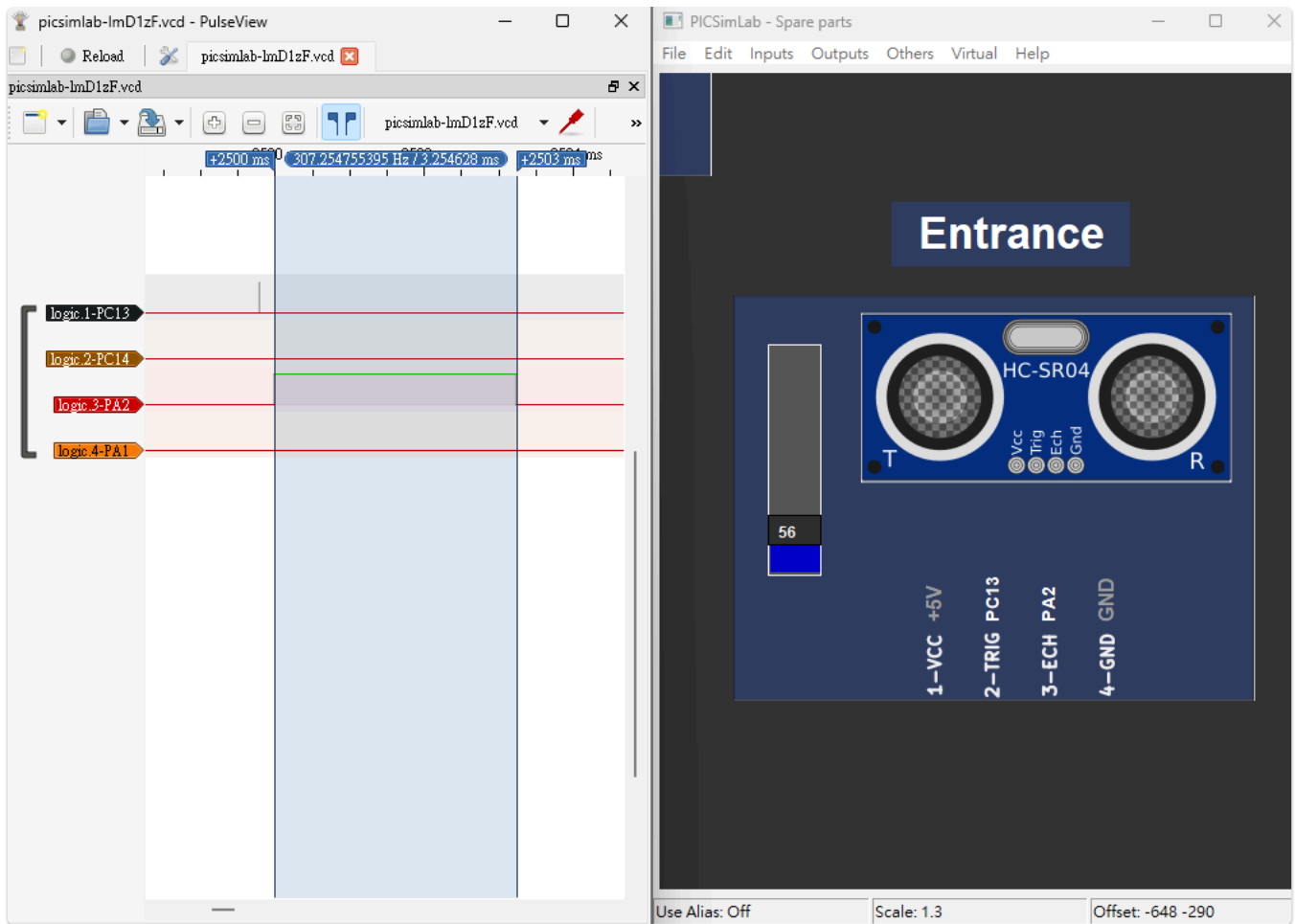
actual distance	calculating distance
392	385.18
308	294.78
176	161.76
92	89.86
50	35.94
30	17.96

actual-vs-calculating-distance

Ans:

下圖可以看到由 PA2（入口的 Echo）可以得到時間是 3.254 ms，經由公式可以得到距離 55.8 cm，與超音波感測器之設定值 56 相近：

$$(3.254 * 10^{-3}) * 343/2 = 0.558\ m = 55.8\ cm$$



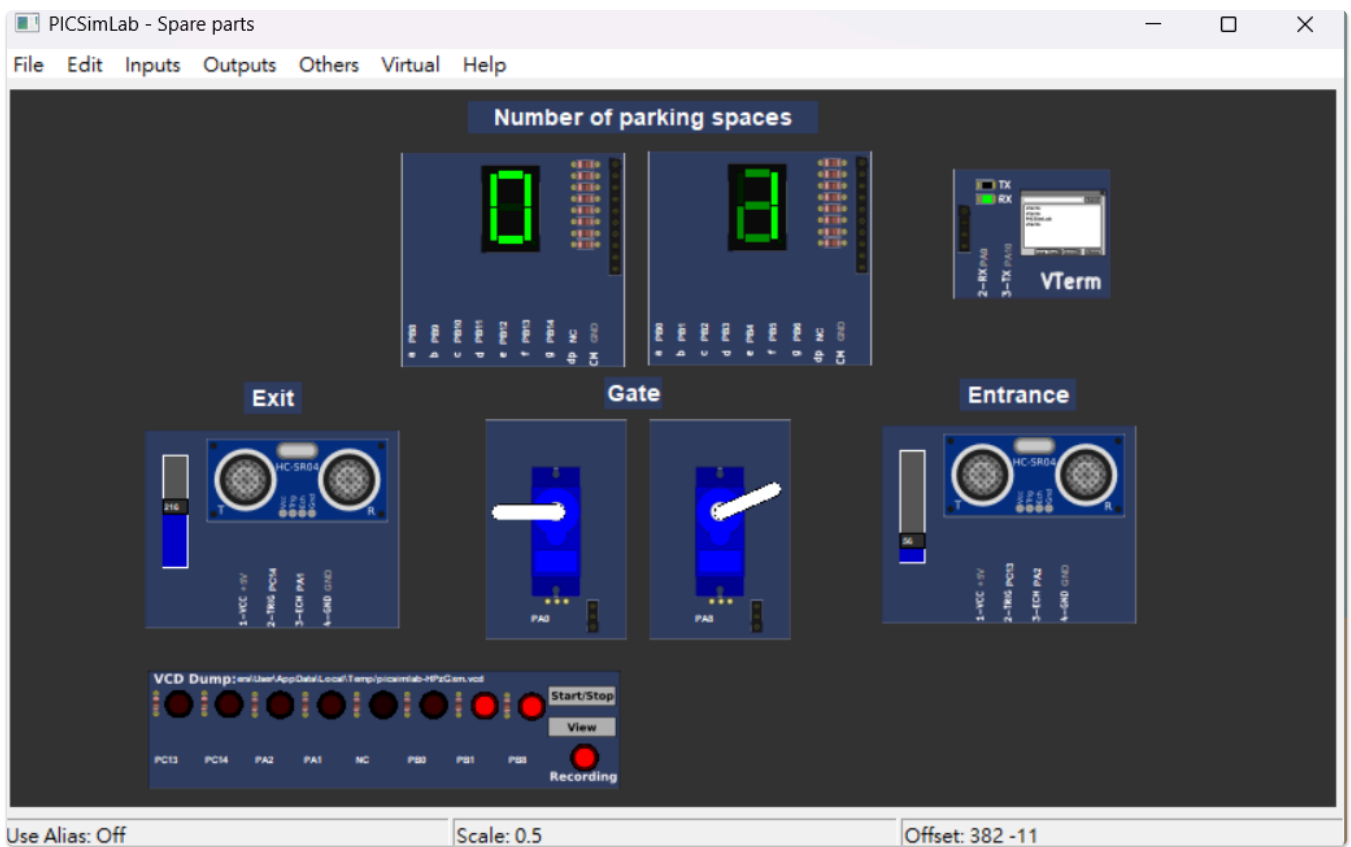
cal-distance-from-echo

ii. 伺服馬達閘門（建議使用 Timer1 和 Timer2）

A. (10 pts) 當出入口的 Echo 讀到的值小於 100 cm，相對應的閘門要打開讓車子進出，然後關閉閘門（伺服馬達打開和關閉閘門 90 度轉動）。

Ans:

（附上一張變化中的截圖，詳情請見錄影）

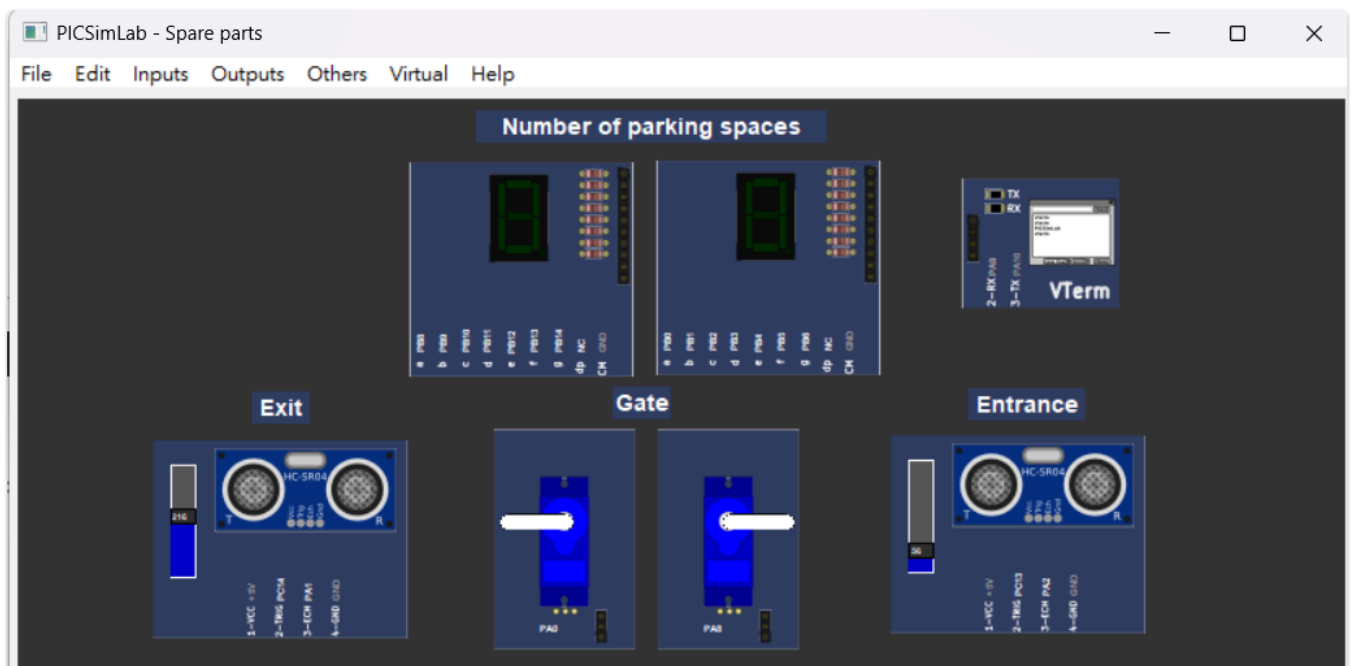


lt100cm-screenshot

B. (10 pts) 車輛進入時剩餘車位減 1，車輛出去時剩餘車位加 1，並將剩餘車位數顯示於 2-digit 七位顯示器（車位數初始值 20）。

Ans:

閃爍中的示意截圖如下，詳情可見影片：

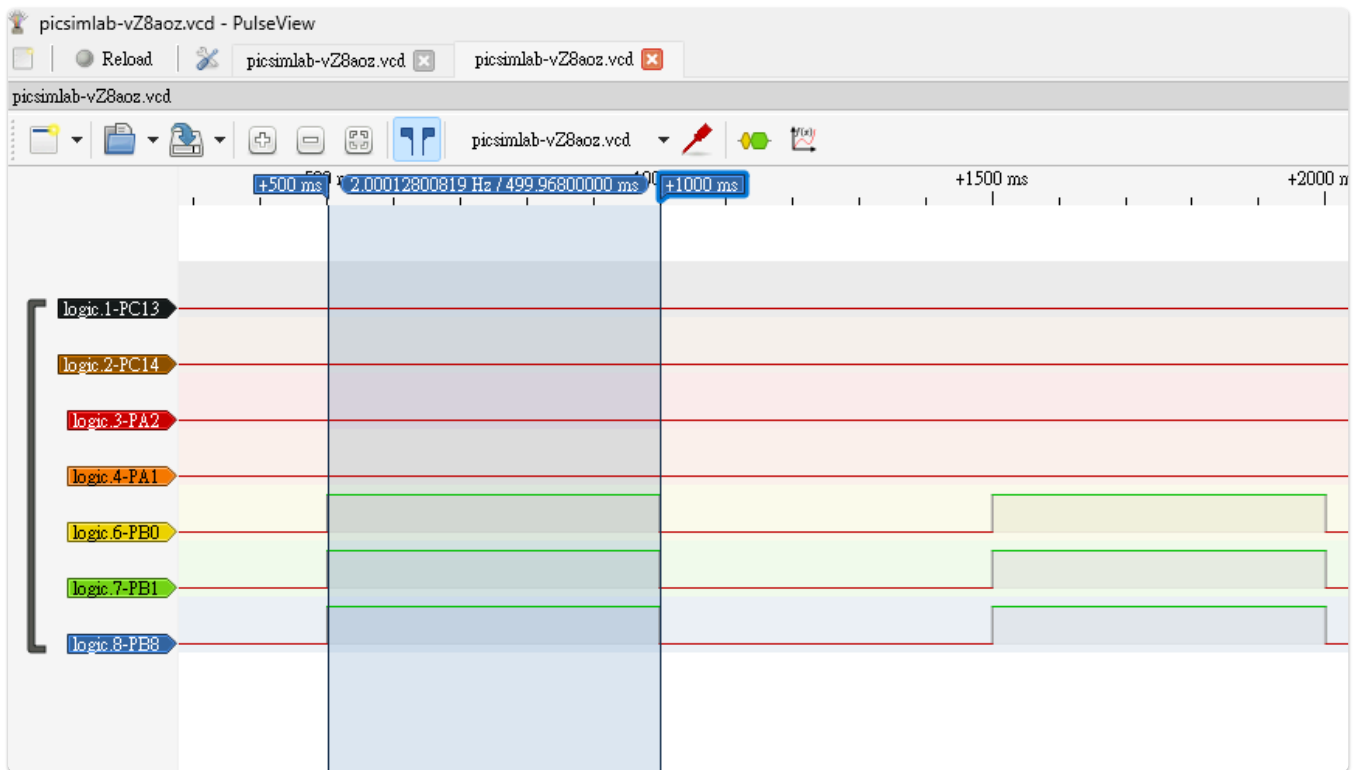


blinking

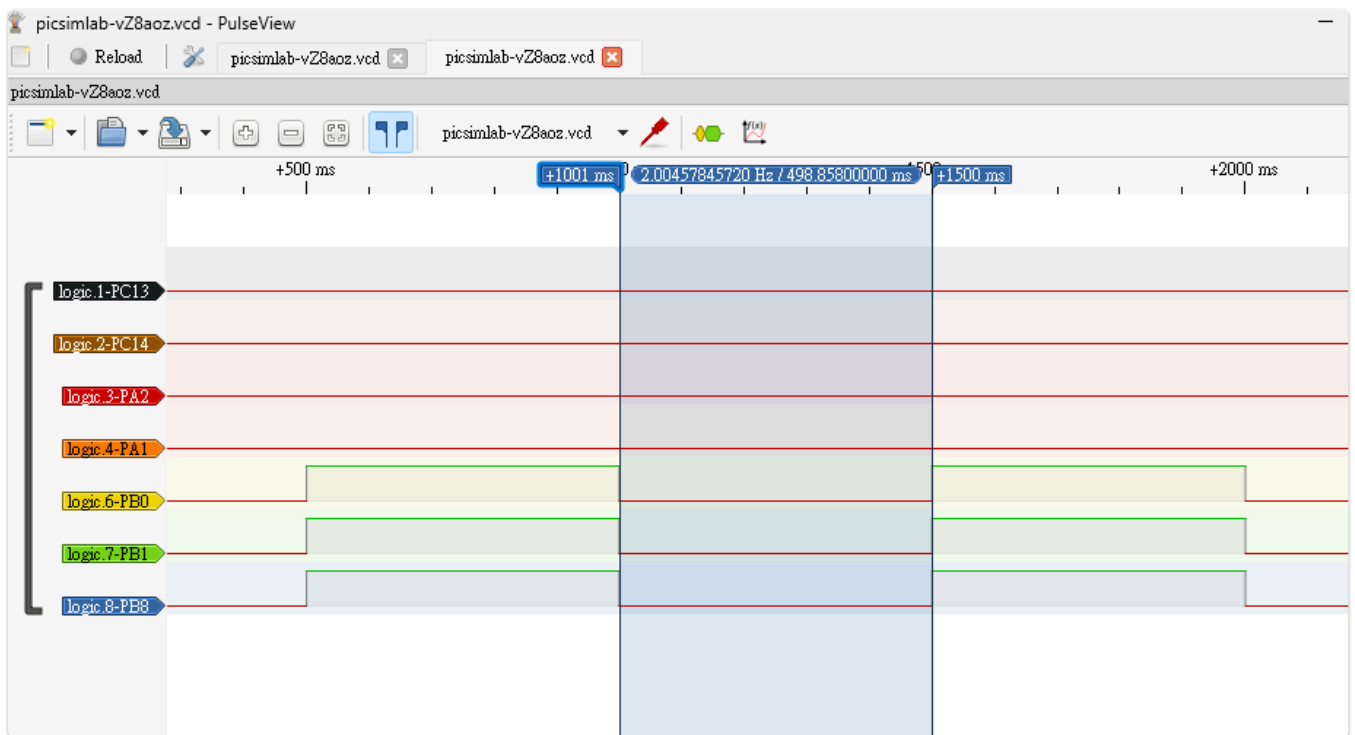
C. (5 pts) 當車位停滿時，七段顯示器顯示 00 並以一秒為週期進行閃爍（連續重複亮 0.5 sec 與暗 0.5 sec）。此時，閘門維持不動。

Ans:

我們用 VCD Dump 來觀察 PB0、PB1、PB8（由於是閃爍 00，所以 PB0 ~ PB6、PB8 ~ PB14 都會一起上下波動）：



toggle-blinking-pulseview



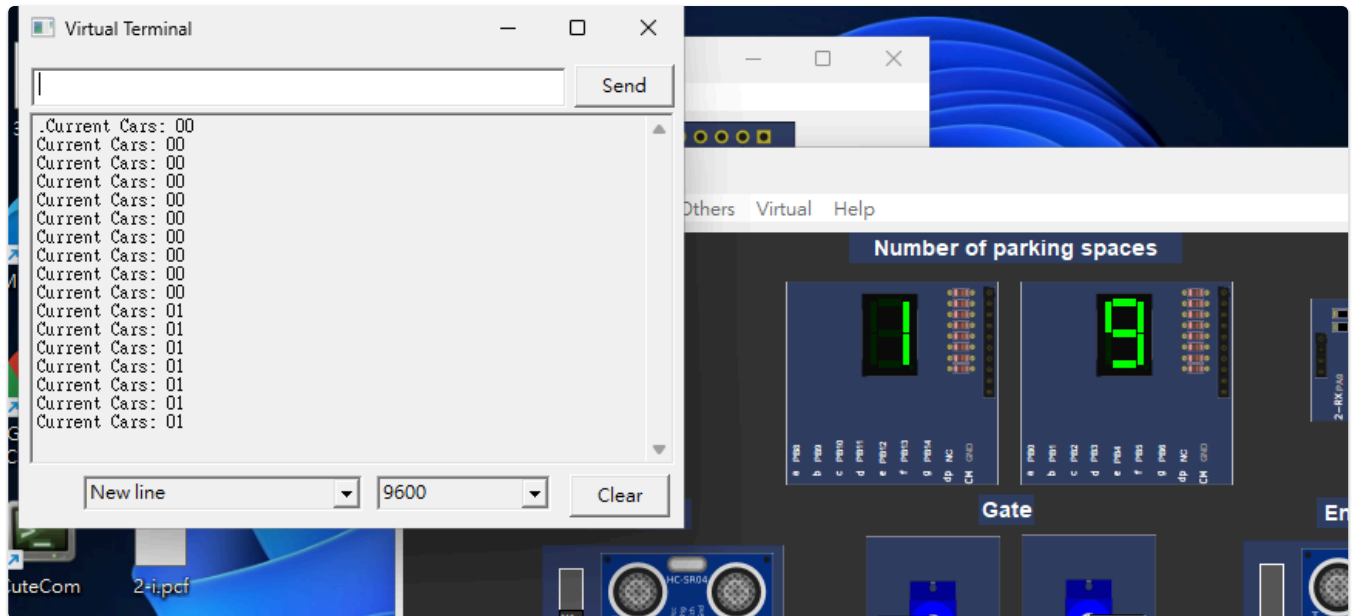
toggle-blinking-pulseview-2

由波形可以看到，7 段顯示器每次閃爍的週期是 1 秒，且亮 0.5 秒、暗 0.5 秒。

D. (5 pts) 透過藍芽 (USART1) 傳送目前車輛數目給 IO Virtual Term（轉成兩個數字的 ASCII Code 後傳送）。

Ans:

由下圖可以看到，持續印出 Current Cars 的同時，當車位剩 19 輛車時，也正確顯示目前車輛數是 01 輛：



USART1-CurrentCars