<u>การทดลองที่ 3</u> การใช้งาน UART

วัตถุประสงค์

1) เข้าใจการทำงานของ UART
2) สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อรับส่งข้อความผ่านพอร์ต UART

1. UART / USART

USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter) เป็นพอร์ตสื่อสารซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้งแบบ Asynchronous (UART) และ Synchronous (USART) ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข STM32F767 มีพอร์ต UART จำนวน 8 พอร์ต ได้แก่ UART1 – UART8 แต่บอร์ด Nucleo-767ZI ไม่มีไอซี MAX232 จึงไม่สามารถใช้งาน UART ผ่าน RS232 ได้ ทางผู้ผลิตได้เชื่อมต่อ UART3 เข้าไอซี ST-Link บนบอร์ดและเมื่อร่วมกับโปรแกรมไดรเวอร์ ST-Link ที่เครื่องคอมพิวเตอร์จึงสามารถสร้าง Virtual Communication Port เพื่อสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่าน UART ได้

แต่ละขาของไอซีนั้นสามารถกำหนดหน้าที่การทำงานได้สูงสุด 3 รูปแบบ คือ

1) Main Function หรือ After Reset
2) Alternate Function
3) Additional Function

บอร์ด Nucleo-767ZI ได้เชื่อมต่อขา PD8 และ PD9 ซึ่งสามารถทำหน้าที่ UART3_Tx และ UART3_Rx ตามลำดับเข้ากับไอซี ST-Link เพื่อทำเป็นพอร์ต UART เสมือน เพื่อเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มต้นการทำงานขา 77 และ 78 จะทำหน้าที่เป็น GPIO ได้แก่ PD8 และ PD9 ตามลำดับ หากต้องการเปลี่ยนให้ขา 77 และ 78 ทำหน้าที่เป็น UART3 จะต้องเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดให้ทั้งสองขาดังกล่าวทำหน้าที่ Alternate Function หากต้องการใช้ UART ของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นพอร์ตสื่อสารแบบ UART ด้วยมาตรฐาน RS232 ต้องต่อไอซีแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าเสียก่อน ตัวอย่างขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถทำหน้าที่ UART ได้แสดงดังตารางที่ 1.1

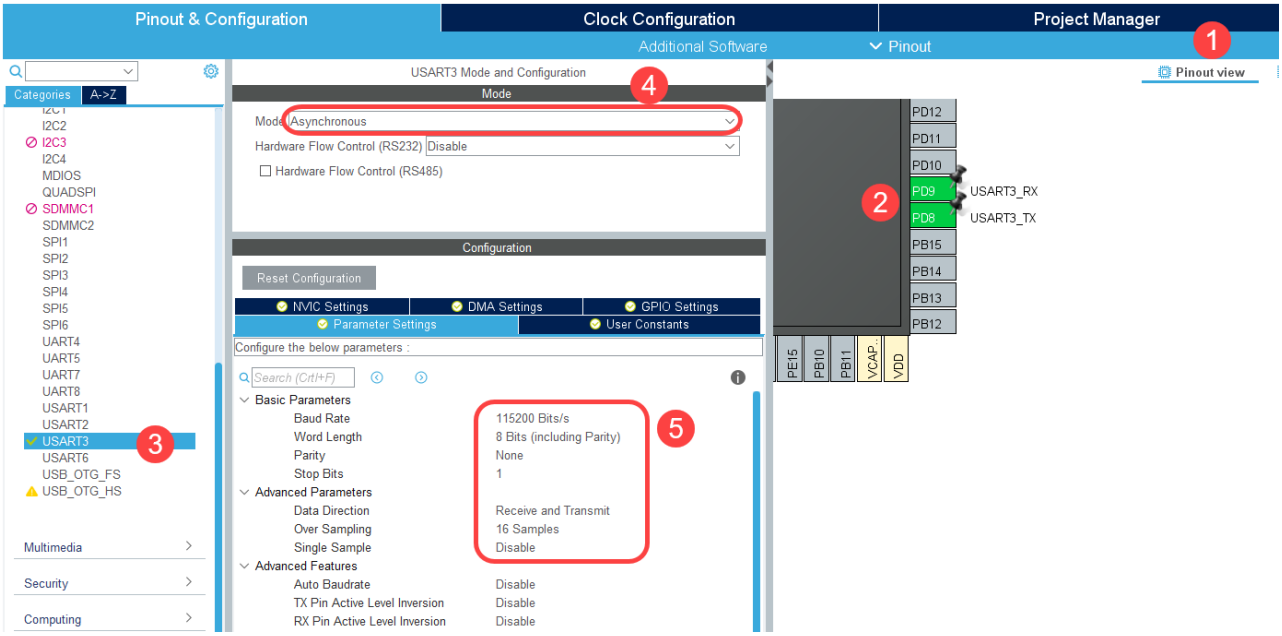
ตารางที่ 1.1 แสดงการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เกี่ยวกับพอร์ต UART7 UART4 และ UART3

Pin NO.	Main Function (After Reset)	Alternate Functions	Additional Function
18	PF6	TIM10_CH1, SPI5_NSS, SAI1_SD_B, **UART7_RX**, QUADSPI_BK1_IO3, EVENTOUT	ADC3_IN4
19	PF7	TIM11_CH1, SPI5_SCK, SAI1_MCLK_B, **UART7_TX**, QUADSPI_BK1_IO2, EVENTOUT	ADC3_IN5

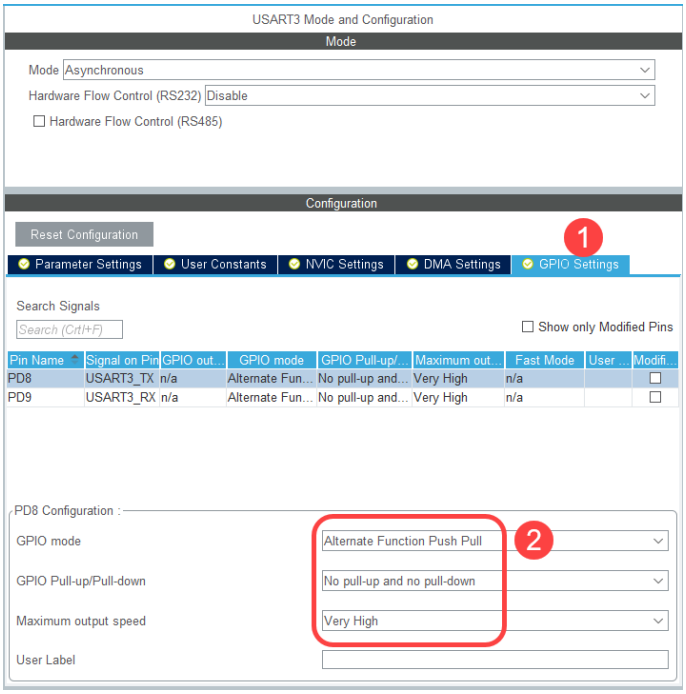
Pin NO.	Main Function (After Reset)	Alternate Functions	Additional Function
34	PA0	TIM2_CH1/TIM2_ETR, TIM5_CH1, TIM8_ETR, USART2_CTS, **UART4_TX**, SAI2_SD_B, ETH_MII_CRS, EVENTOUT	ADC1_IN0, ADC2_IN0, ADC3_IN0, WKUP1
35	PA1	TIM2_CH2, TIM5_CH2, USART2_RTS, **UART4_RX**, QUADSPI_BK1_IO3, SAI2_MCLK_B, ETH_MII_RX_CLK/ETH_RMII_REF_CLK, LCD_R2, EVENTOUT	ADC1_IN1, ADC2_IN1, ADC3_IN1
77	PD8	DFSDM1_CKIN3, **USART3_TX**, SPDIF_RX1, FMC_D13, EVENTOUT	-
78	PD9	DFSDM1_DATIN3, **USART3_RX**, FMC_D14, EVENTOUT	-

2. การตั้งค่า UART

การจะใช้งานพอร์ต UART บนบอร์ดการทดลองผ่าน Virtual Com Port (VCP) ต้องตั้งค่าขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เชื่อมต่ออยู่กับไอซี ST-Link ด้วยโปรแกรม STM32CubeMX ให้ถูกต้อง ดังรูปที่ 2.1 และ รูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 แสดงการตั้งค่าพอร์ต UART3 ที่แท็บ PINOUT



รูปที่ 2.2 แสดงการตั้งค่าพอร์ต UART3

3. อธิบายการทำงาน

การเริ่มต้นใช้งาน UART ต้องกำหนดค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ UART เสียก่อน เช่น

- Baud rate (ความเร็วในการรับส่งข้อมูล) เช่น 115200, 57600 หรือ 38400 Bits/sec
- จำนวนบิตใน 1 เฟรมว่าจะเป็น 7, 8 หรือ 9 บิต (รวม parity bit แล้ว)
- จำนวน Stop bit
- Parity ที่จะใช้ตรวจสอบความถูกต้องของการรับส่งข้อมูล ได้แก่ even/odd/no parity
- การเลือกว่าจะใช้โปรโตคอลเกี่ยวกับ hardware flow control หรือไม่
- โหมดการทำงานว่าจะให้รับหรือส่งข้อมูล หรือทั้งรับและส่ง เป็นต้น

จากนั้นทำการตั้งค่า Alternate Function ให้ขาไมโครคอนโทรลเลอร์จากที่ทำหน้าที่เป็น GPIO PD8 และ PD9 ให้ทำหน้าที่เป็น USART3_TX และ USART3_RX ตามลำดับ

การตั้งค่าการทำงาน UART จากโปรแกรม STM32CubeMX จะถูกกำหนดไว้ที่ไฟล์ 3 ไฟล์ ได้แก่

- `usart.c`
- `gpio.c`
- `main.c`

ไฟล์ usart.c

เป็นไฟล์ที่รวมการตั้งค่าขา GPIO ให้ทำหน้าที่ Alternate function และการตั้งค่า UART

Global variables

- จะทำการประกาศตัวแปร `huart3` เพื่อที่จะใช้เป็นตัวแทนของโมดูล UART3 ดังรูปที่ 3.1

```
UART_HandleTypeDef huart3;
```

- และเพื่อให้สามารถใช้ตัวแปร `huart3` นี้ในไฟล์อื่นๆ เช่น `main.c` ได้ จึงได้ทำการประกาศตัวแปรแบบ extern ไว้ในไฟล์ `usart.h`

```
extern UART_HandleTypeDef huart3;
```

ฟังก์ชัน MX_USART2_UART_Init()

- เป็นฟังก์ชันที่โปรแกรม STM32CubeMX สร้างขึ้นมา เพื่อตั้งค่า UART3 บนไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สอดคล้องกับค่าที่กำหนดไว้ในโปรแกรม ดังรูปที่ 3.1
- เริ่มต้นด้วยการกำหนดให้ตัวแปร `huart3` เป็นตัวแทนของ UART3

```
huart3.Instance = USART3;
```

- แล้วทำการตั้งค่าการทำงานของ USART ดังนี้
  - Baud rate = 115,200 bits/second
  - ใช้ 8 บิตใน 1 เฟรม
  - ใช้ 1 stop bit
  - ไม่ใช้ Parity bit
  - กำหนดให้ทำงานทั้งรับและส่งข้อมูล
  - ไม่ใช้ Hardware Flow Control
  - กำหนดให้ทำการ Oversampling 16 เท่า

```
huart3.Init.BaudRate     = 115200;
huart3.Init.WordLength   = UART_WORDLENGTH_8B;
huart3.Init.StopBits     = UART_STOPBITS_1;
huart3.Init.Parity       = UART_PARITY_NONE;
huart3.Init.Mode         = UART_MODE_TX_RX;
huart3.Init.HwFlowCtl    = UART_HWCONTROL_NONE;
huart3.Init.OverSampling = UART_OVERSAMPLING_16;
HAL_UART_Init(&huart3);
```

```c
UART_HandleTypeDef huart3;

/* USART3 init function */

void MX_USART3_UART_Init(void)
{

  huart3.Instance = USART3;
  huart3.Init.BaudRate = 115200;
  huart3.Init.WordLength = UART_WORDLENGTH_8B;
  huart3.Init.StopBits = UART_STOPBITS_1;
  huart3.Init.Parity = UART_PARITY_NONE;
  huart3.Init.Mode = UART_MODE_TX_RX;
  huart3.Init.HwFlowCtl = UART_HWCONTROL_NONE;
  huart3.Init.OverSampling = UART_OVERSAMPLING_16;
  huart3.Init.OneBitSampling = UART_ONE_BIT_SAMPLE_DISABLE;
  huart3.AdvancedInit.AdvFeatureInit = UART_ADVFEATURE_NO_INIT;
  if (HAL_UART_Init(&huart3) != HAL_OK)
  {
    Error_Handler();
  }

}
```

รูปที่ 3.1 ฟังก์ชันตั้งค่า UART3

ฟังก์ชัน HAL_UART_MspInit()

- เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการตั้งค่าขา GPIO ที่จะนำมาใช้เป็นขา TX และ RX ของ UART ดังรูปที่ 3.2
- เริ่มต้นการตั้งค่า UART3 ด้วยการจ่ายสัญญาณนาฬิกาให้กับโมดูล UART และ GPIOD

```c
__HAL_RCC_USART3_CLK_ENABLE();
__HAL_RCC_GPIOD_CLK_ENABLE();
```

- กำหนดให้ PD8 และ PD9 ทำหน้าที่ UART โดยจะตั้งค่าให้เป็น alternate function แบบพุชพูล โดยไม่ใช้ตัวต้านทานภายใน ที่ความเร็วแบบ Very High Speed

```c
GPIO_InitStruct.Pin       = GPIO_PIN_8|GPIO_PIN_9;
GPIO_InitStruct.Mode      = GPIO_MODE_AF_PP;
GPIO_InitStruct.Pull      = GPIO_NOPULL;
GPIO_InitStruct.Speed     =  GPIO_SPEED_FREQ_VERY_HIGH;
GPIO_InitStruct.Alternate = GPIO_AF7_USART3;
HAL_GPIO_Init(GPIOD, &GPIO_InitStruct);
```

```c
void HAL_UART_MspInit(UART_HandleTypeDef* uartHandle)
{

  GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStruct = {0};
  if(uartHandle->Instance==USART3)
  {
  /* USER CODE BEGIN USART3_MspInit 0 */

  /* USER CODE END USART3_MspInit 0 */
    /* USART3 clock enable */
    __HAL_RCC_USART3_CLK_ENABLE();

    __HAL_RCC_GPIOD_CLK_ENABLE();
    /**USART3 GPIO Configuration
    PD8     ------> USART3_TX
    PD9     ------> USART3_RX
    */
    GPIO_InitStruct.Pin = GPIO_PIN_8|GPIO_PIN_9;
    GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_AF_PP;
    GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
    GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_VERY_HIGH;
    GPIO_InitStruct.Alternate = GPIO_AF7_USART3;
    HAL_GPIO_Init(GPIOD, &GPIO_InitStruct);

  /* USER CODE BEGIN USART3_MspInit 1 */

  /* USER CODE END USART3_MspInit 1 */
  }
}
```

รูปที่ 3.2 ฟังก์ชันตั้งค่า UART3

ไฟล์ gpio.c

ฟังก์ชัน MX_GPIO_Init()

- เป็นฟังก์ชันที่โปรแกรม STM32CubeMX สร้างขึ้นมา เพื่อจ่ายสัญญาณนาฬิกาให้กับ GPIO พอร์ต D ด้วยคำสั่ง

```c
__HAL_GPIOD_CLK_ENABLE();
```

ไฟล์ main.c

ฟังก์ชัน main()

- เริ่มต้นการทำงานด้วยฟังก์ชันเพื่อตั้งค่าโมดูลต่างๆ ได้แก่
  - HAL_Init()
  - SystemClock_Config()
  - MX_GPIO_Init()
  - MX_USART3_UART_Init()

4. การส่งและรับข้อมูลผ่าน UART

ก่อนการส่งหรือการรับข้อมูลผ่าน UART จำเป็นต้องตรวจสอบสถานะการทำงานของโมดูล UART เสียก่อนว่ามีสถานะที่พร้อมรับข้อมูลเพื่อส่งออก (send) หรือว่าพร้อมที่จะให้อ่านข้อมูลที่รับเข้ามาหรือไม่ (receive) ด้วยการตรวจสอบบางบิตในรีจิสเตอร์ของโมดูล (flag) เช่น ตรวจสอบแฟลก Transmission Control (TC) เพื่อตรวจสอบว่าการส่งข้อมูลก่อนหน้าดำเนินการเสร็จสิ้นหรือยัง ถ้ายังไม่เสร็จ UART ก็ไม่สามารถส่งข้อมูลใหม่ได้ หรือตรวจสอบแฟลก Read Data

Register Not Empty (RXNE) เพื่อดูว่าข้อมูลที่รับเข้ามาที่ละบิตได้ถูกเลื่อนบิต (shift) เข้ามาในบัฟเฟอร์ (buffer) จนครบแล้วหรือไม่ โดยมีฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องในการรับส่งข้อมูลดังนี้

มาโคร `__HAL_UART_GET_FLAG (__HANDLE__, __FLAG__)`

- ใช้เพื่ออ่านค่าแฟลกต่างๆ ของ UART
- `__HANDLE__` : ระบุ UART ที่ต้องการ เช่น `&huart3` เป็นต้น
- `__FLAG__` : ระบุแฟลกที่ต้องการทราบค่า เช่น `UART_FLAG_RXNE` และ `UART_FLAG_TC` เป็นต้น

ฟังก์ชัน `HAL_StatusTypeDef HAL_UART_Transmit(UART_HandleTypeDef *huart, uint8_t *pData, uint16_t Size, uint32_t Timeout)`

- ใช้เพื่อส่งข้อมูลที่ต้องการผ่านทาง UART
- `huart` : ระบุ UART ที่จะใช้ส่งข้อมูล เช่น `&huart3` เป็นต้น
- `pData` : คือ Pointer ที่ชี้ไปยังตำแหน่งเริ่มต้นของข้อมูลที่จะส่ง
- `Size` : ความยาวของข้อมูลที่จะส่งในหน่วย Byte
- `Timeout` : ระยะเวลาที่ฟังก์ชันสามารถใช้เพื่อส่งข้อมูลมีหน่วยเป็น millisecond หากไม่สามารถส่งข้อมูลเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด ฟังก์ชันจะส่งค่ากลับเป็น `HAL_TIMEOUT`
- ฟังก์ชันจะส่งค่ากลับเป็นสถานะการทำงาน เช่น `HAL_OK` เมื่อส่งข้อมูลสำเร็จ หรือ `HAL_BUSY` ถ้าโมดูล UART ไม่พร้อมทำงาน

```
char str[] = "Hello, World!!\r\n";

while(__HAL_UART_GET_FLAG(&huart3,UART_FLAG_TC)==RESET){}
HAL_UART_Transmit(&huart3, (uint8_t*) str, strlen(str),1000);

HAL_Delay(500);
```

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างการส่งข้อมูลผ่าน UART

รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างการส่งข้อมูลของตัวแปรข้อความ str ผ่าน UART ตัวแปร str ถูกปิดท้ายข้อความ "Hello, World!!\r\n" ด้วยตัวอักษรพิเศษ 2 ตัว ได้แก่ ตัวอักษร Carriage Return หรือ '\r' ใช้สำหรับเลื่อนเคอร์เซอร์ให้กลับสู่ตำแหน่งแรกของบรรทัดปัจจุบัน และตัวอักษร Line Feed หรือ '\n' ใช้สำหรับขึ้นบรรทัดใหม่โดยเคอร์เซอร์จะอยู่ตำแหน่งเดียวกันกับบรรทัดบน ก่อนการเรียกใช้ฟังก์ชันเพื่อส่งข้อมูลต้องรอให้ UART พร้อมรับข้อมูลใหม่ที่จะส่งออกไปด้วยการวนลูปรอจนกระทั่งแฟลก TC ถูกเซต

ฟังก์ชัน `HAL_StatusTypeDef HAL_UART_Receive(UART_HandleTypeDef *huart, uint8_t *pData, uint16_t Size, uint32_t Timeout)`

- ใช้เพื่ออ่านข้อมูลที่รับเข้ามาทาง UART
- `huart` : ระบุ UART ที่จะใช้ส่งข้อมูล เช่น `&huart3` เป็นต้น
- `pData` : คือ Pointer ที่ชี้ไปยังตำแหน่งที่อยู่ของตัวแปรที่ใช้รับข้อมูล
- `Size` : ระบุความยาวของข้อมูลที่จะรับในหน่วย Byte

- `Timeout` : ระยะเวลาที่ฟังก์ชันสามารถใช้เพื่ออ่านข้อมูลที่ได้รับเข้ามาจากบัฟเฟอร์มีหน่วยเป็น millisecond หากไม่สามารถทำงานเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด ฟังก์ชันจะส่งค่ากลับเป็น `HAL_TIMEOUT`
- โดยตัวฟังก์ชันจะรีเทิร์นค่าออกเป็นสถานะการทำงาน เช่น `HAL_OK` หรือ `HAL_BUSY`

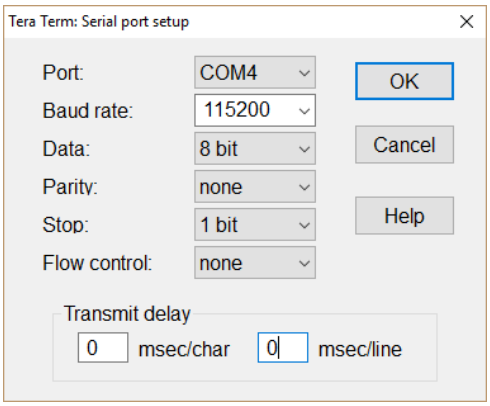
```
char ch1;

while(__HAL_UART_GET_FLAG(&huart3,UART_FLAG_RXNE)== RESET){}
HAL_UART_Receive(&huart3, (uint8_t*) &ch1, 1, 1000);
```

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างการรับข้อมูลผ่าน UART

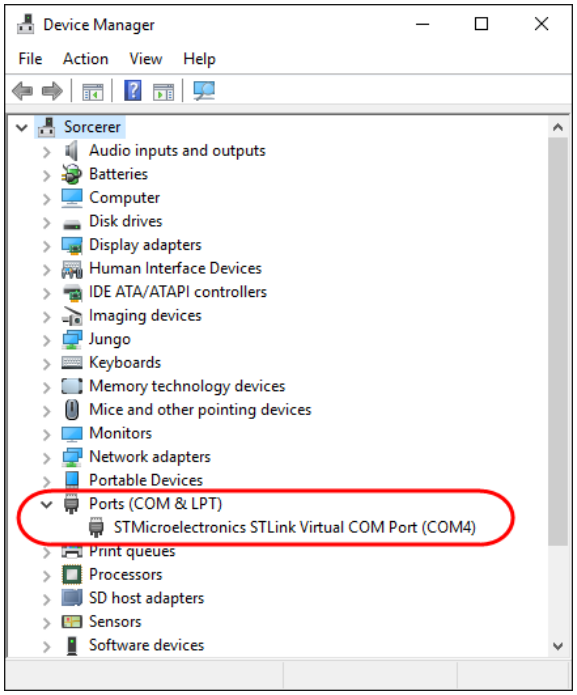
5. โปรแกรม Tera Term

โปรแกรม Tera Term ใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตการสื่อสาร เช่น พอร์ตอนุกรม Serial Port (COM Port) ด้วยรหัส ASCII โดยเมื่อเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมหรือพอร์ตอนุกรมเสมือนแล้ว หากผู้ใช้กดปุ่มใดๆ บนคีย์บอร์ดที่เครื่องคอมพิวเตอร์ในโปรแกรม Tera Term โปรแกรมจะส่งรหัส ASCII ของตัวอักษรที่ผู้ใช้กดออกไปทางพอร์ตอนุกรมส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ และถ้าหากไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งข้อมูลรหัส ASCII ผ่านทางพอร์ต UART ออกมา โปรแกรมนี้ก็จะรับข้อมูลแล้วแสดงผลตัวอักษรที่มีรหัส ASCII ตรงกันบนหน้าจอของโปรแกรม

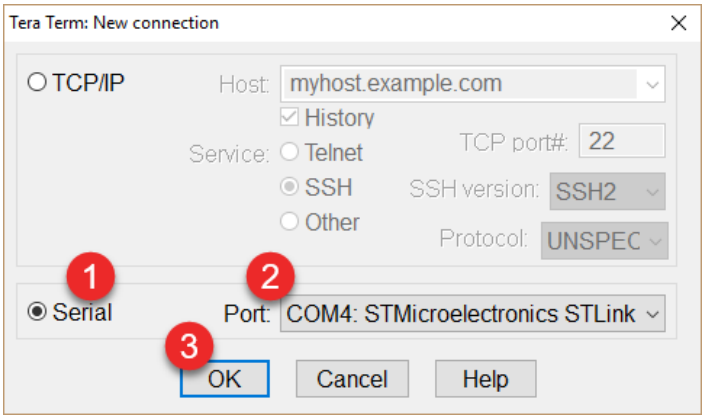
- ดาวน์โหลดและติดตั้งโปแกรม Tera Term ได้ที่ url https://ttssh2.osdn.jp/index.html.en
- เปิดโปรแกรมแล้วตั้งค่าพอร์ตอนุกรมโดยเลือกเมนู File -> Setup -> Serial Port แล้วตั้งค่าให้ตรงกันกับการตั้งค่าของ UART บนไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 5.1 โดยใช้หมายเลข Virtual COM port ตามที่ปรากฏใน Device Manager รูปที่ 5.2
- เชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเลือกเมนู File -> New connection แล้วเลือก COM port ที่ต้องการ ดังรูปที่ 5.3
- สามารถตัดการเชื่อมต่อ ที่เมนู File -> Disconnect
- เคลียร์หน้าจอที่เมนู Edit -> Clear screen



รูปที่ 5.1 การตั้งค่าโปรแกรม Tera Term



รูปที่ 5.2 แสดงหมายเลข COM Port ใน Device Manager



รูปที่ 5.3 การสร้างการเชื่อมต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

6. การทดลอง

1. จงเขียนโปรแกรมรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่าน UART3 โดยใช้โปรแกรม STM32CubeIDE สร้างไฟล์โปรเจ็คขึ้นมาดังรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2

จากนั้นให้เขียนโปรแกรมในลูป while ในฟังก์ชัน `main()` เพื่อส่งข้อความ "`Hello World!!`" ไปแสดงในโปรแกรม Tera Term ผ่านทางพอร์ต UART โดยใช้ฟังก์ชันส่งข้อมูลดังรูปที่ 4.1 โดยให้ include `string.h` เพิ่มเติมเข้ามาในไฟล์ `main.c` เพื่อให้สามารถใช้งานฟังก์ชัน `strlen` เพื่อหาความยาวของ string ได้ดังนี้

```
/* Includes ------------------------
#include "main.h"
#include "usart.h"
#include "gpio.h"

/* Private includes ----------------
/* USER CODE BEGIN Includes */
#include "string.h"
/* USER CODE END Includes */
```

รูปที่ 6.1 การสร้างการเชื่อมต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

2. จงเขียนคำสั่งเพื่อส่งข้อมูลออกทาง UART3 โดยใช้ตัวแปร char

```
char ch1 = 'A';
```

.....

.....

.....

.....

3. จงเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงข้อความดังต่อไปนี้ในโปรแกรม Tera Term

`Input =>`

จากนั้น**<u>รอให้ผู้ใช้ป้อนตัวอักษร 1 ตัว</u>** เมื่อผู้ใช้ป้อนตัวอักษรใดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นำตัวอักษรที่ถูกป้อนนั้นกลับมาแสดงในโปรแกรม Tera Term จากนั้นให้แสดงข้อความเดิม (**`Input =>`**) ในบรรทัดใหม่ แล้วรอให้ผู้ใช้ป้อนตัวอักษรตัวต่อไป ให้โปแกรมทำงานแบบนี้ซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งผู้ใช้กดปุ่ม '`q`' ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงข้อความ "`QUIT`" แล้วหยุดการทำงานไม่รับและไม่ส่งข้อมูลใดๆ อีก ดังรูปที่ 6.2

```
Input => a
Input => 1
Input => D
Input => q
QUIT
```

รูปที่ 6.2 แสดงตัวอย่างการทำงานของการทดลองข้อ 2 ในโปรแกรม Tera Term

4. ต่อ LED จำนวน 2 ดวง เข้ากับขา GPIO ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามต้องการ จากนั้นให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงข้อความเมนูผ่านทาง UART3 เพื่อไปแสดงในโปรแกรม Tera Term ดังรูปที่ 6.3

```
Display Blinking LED PRESS (1, 2)
Display Group Members PRESS m
Quit PRESS q
        Input =>
```

รูปที่ 6.3 แสดงเมนูในโปรแกรม Tera Term

จากนั้นรอให้ผู้ใช้ป้อนตัวอักษร 1 ตัว แสดงตัวอักษรที่ผู้ใช้ป้อนในโปรแกรม Tera Term แล้วให้โปรแกรมทำงานตามที่กำหนดในตารางที่ 6.1 หลังจากทำงานเสร็จสิ้นแล้ว ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์**รอรับคำสั่งถัดไป**ด้วยการแสดงเมนู**เฉพาะบรรทัด** `Input =>`

ตารางที่ 6.1 แสดงการทำงานของโปรแกรมสำหรับการทดลองข้อ 3

ปุ่มที่กด	การทำงานของ LED
1	ให้ LED **ดวงที่ 1** ที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์กระพริบ 3 ครั้ง โดยหน่วงเวลา 300 ms
2	ให้ LED **ดวงที่ 2** ที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์กระพริบ 3 ครั้ง โดยหน่วงเวลา 300 ms
m	แสดงชื่อ และรหัสของสมาชิกในกลุ่ม (ชื่อ 1 บรรทัดและรหัส 1 บรรทัดต่อสมาชิก 1 คน) 63xxxxxx First1 Last1 63xxxxxx First2 Last2
q	แสดงคำว่า **Quit** แล้วให้ไมโครคอนโทรลเลอร์จบการทำงาน ไม่รับหรือส่งข้อมูลใดๆ อีก
ปุ่มอื่นๆ	แสดงคำว่า **Unknown Command** แล้วรอรับข้อมูลใหม่

ใบตรวจการทดลองที่ 3

Microcontroller Project 2568

วัน/เดือน/ปี _____ **กลุ่มที่** _____

1. รหัสนักศึกษา _____ ชื่อ-นามสกุล _____

2. รหัสนักศึกษา _____ ชื่อ-นามสกุล _____

3. รหัสนักศึกษา _____ ชื่อ-นามสกุล _____

Checkpoints

1. การทดลองข้อ 1-3
2. การทดลองข้อ 4

คำถามท้ายการทดลอง

1. หากตัดคำสั่งต่อไปนี้ออกจากโค้ดของการทดลองข้อ 1 โปรแกรมจะสามารถทำงานได้สมบูรณ์เหมือนเดิมหรือไม่? เพราะเหตุใด?

```
while(__HAL_UART_GET_FLAG(&huart3,UART_FLAG_TC)==RESET){}
```

2. หากตัดคำสั่งต่อไปนี้ออกจากโค้ดรูปที่ 4.2 โปรแกรมจะสามารถทำงานได้สมบูรณ์เหมือนเดิมหรือไม่? เพราะเหตุใด?

```
while(__HAL_UART_GET_FLAG(&huart3,UART_FLAG_RXNE)== RESET){}
```