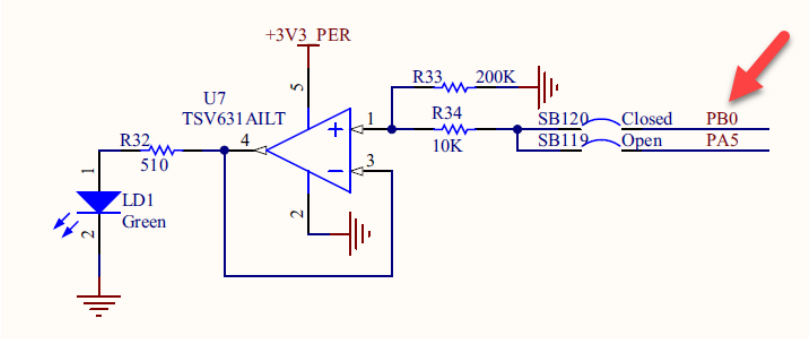
<u>การทดลองที่ 1</u> การใช้งาน LED บนบอร์ดและการใช้งาน Debug mode

วัตถุประสงค์

1) สามารถเขียนโปรแกรมควบคุม LED บนบอร์ดได้
2) สามารถใช้ Debug mode ภายในโปรแกรม STM32CubeIDE ได้

1. โครงสร้าง LED บนบอร์ด

บนบอร์ด Nucleo-F767ZI มี User LED LD 1 ที่เชื่อมต่อกับ GPIO พอร์ต B ขา 0 LED จะติดเมื่อป้อนลอจิก “1” (3.3 v) และจะดับเมื่อป้อนลอจิก “0” (0V) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเชื่อมต่อ LED

2. เขียนโปรแกรมเพิ่มเติม

เปิด Project จาก Lab 0 แล้วแก้ไขโปรแกรม ดังนี้

- ประกาศตัวแปรโกลบอล `num` และ `led0` ดังรูปที่ 2
- แก้ไข while loop ดังรูปที่ 3

การเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมลงในไฟล์ main.c ควรเขียนให้อยู่ระหว่าง comment **/* USER CODE BEGIN x */** และ **/* USER CODE END x */** เพื่อป้องกันไม่ให้โปรแกรมที่เขียนเพิ่มนั้นโดนลบในกรณีที่สั่ง Generate code ทับ Project เดิม

```
42
43 /* Private variables ---------------------
44
45 /* USER CODE BEGIN PV */
46 uint8_t num  = 0;
47 uint8_t led0 = 0;
48 /* USER CODE END PV */
49
```

รูปที่ 2 ประกาศตัวแปร Global Variable

```
/* Infinite loop */
/* USER CODE BEGIN WHILE */
while (1)
{
  /* USER CODE END WHILE */

  /* USER CODE BEGIN 3 */
    //LD1  PB0  ON
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_0, GPIO_PIN_SET);
    led0 = 1;
    //Delay
    HAL_Delay(500);
    //LD1  PB0  OFF
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_0, GPIO_PIN_RESET);
    led0 = 0;
    //Delay
    HAL_Delay(500);

    num++;
    if(num > 7)
        num = 0;
}
/* USER CODE END 3 */
```

รูปที่ 3 แก้ไขโปรแกรมใน while loop

3. อธิบายการทำงาน

โปรแกรมจะเริ่มต้นทำงานที่**ฟังก์ชัน main** โดยจะรันฟังก์ชันดังต่อไปนี้

- ฟังก์ชัน HAL_Init() เพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่จำเป็นต่อการเริ่มการทำงานให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยโค้ดของฟังก์ชันนี้จะอยู่ในไฟล์ stm32f7xx_hal.c
- ฟังก์ชัน SystemClock_Config() ทำงานต่อจากฟังก์ชัน HAL_Init() เพื่อตั้งค่าวงจรหารและคูณความถี่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานตามที่ตั้งค่าไว้จากโปรแกรม STM32CubeMX โดยรายละเอียดของชนิดตัวแปรแบบ Structure และโค้ดของฟังก์ชันที่เรียกใช้ภายในฟังก์ชัน SystemClock_Config() นั้นสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากไฟล์ stm32f7xx_hal_rcc.h และ stm32f7xx_hal_rcc.c
- ฟังก์ชัน MX_GPIO_Init() ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 4 เป็นฟังก์ชันที่โปรแกรม STM32CubeMX สร้างขึ้นเพื่อกำหนดให้ขา PB0 ทำหน้าที่เป็นเอาต์พุตตามที่กำหนดไว้ในโปรแกรม ขา PB0 จะทำงานได้ต้องจ่ายสัญญาณนาฬิกาไปยังโมดูล GPIO พอร์ต B ด้วยฟังก์ชัน

  __HAL_RCC_GPIOB_CLK_ENABLE();
- ตั้งค่าให้ขา PB0 มีระดับลอจิกเริ่มต้นเป็นลอจิก 0 ตามที่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรม STM32CubeMX ด้วยคำสั่ง

  HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_0, GPIO_PIN_RESET);
- จากนั้น enable ขาที่ต้องการใช้งานซึ่งได้แก่ขา 0 ของ Port B ผ่านตัวแปรแบบโครงสร้าง GPIO_InitStructure ด้วยคำสั่ง

  GPIO_InitStructure.Pin = GPIO_Pin_0;

  แล้วกำหนดให้ทั้งสองขาทำหน้าที่เป็นขาเอาต์พุตแบบ push pull ที่ความเร็วแบบ Low ด้วยคำสั่ง

  GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;

  GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;

GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_LOW;

จากนั้นจึงทำให้การตั้งค่าเกิดผลด้วยการเรียกฟังก์ชัน

HAL_GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStruct);

```
static void MX_GPIO_Init(void)
{

  GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStruct;

  /* GPIO Ports Clock Enable */
  __HAL_RCC_GPIOB_CLK_ENABLE();

  /*Configure GPIO pin Output Level */
  HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_0, GPIO_PIN_RESET);

  /*Configure GPIO pins : PB0 PB14 PB7 */
  GPIO_InitStruct.Pin = GPIO_PIN_0;
  GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
  GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
  GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_LOW;
  HAL_GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStruct);

}
```

รูปที่ 4 รายละเอียดของฟังก์ชัน MX_GPIO_Init

- ตัวแปร GPIO_InitStruct มีชนิดข้อมูลเป็น GPIO_InitTypeDef ซึ่งเป็นชนิดข้อมูลแบบโครงสร้าง มีรายละเอียดดังนี้

```
typedef struct
{
  uint32_t Pin;          //ระบุขาที่ต้องการตั้งค่า
  uint32_t Mode;         //ระบุโหมดการทำงานของขาที่ต้องการตั้งค่า
  uint32_t Pull;         //ระบุการทำงานแบบ Pull-Up หรือ Pull-Down
  uint32_t Speed;        //ระบุความเร็วเมื่อทำงานเป็นขาเอาต์พุต
}GPIO_InitTypeDef;
```

- GPIOB เป็น pointer ที่ถูกสร้างขึ้นด้วยมาโครในไฟล์ stm32f767xx.h

#define GPIOB ((GPIO_TypeDef *) GPIOB_BASE)

- GPIOB จึงมีสถานะเป็น pointer ที่ชี้ไปยังหน่วยความจำ ณ ตำแหน่งเริ่มต้นของพอร์ต B โดยมีชนิดของข้อมูลเป็น struct GPIO_TypeDef ซึ่งมีข้อมูลย่อยภายใน struct เป็นรีจิสเตอร์ทั้งหมดของพอร์ต B มีรายละเอียดดังนี้

```
typedef struct
{
  __IO uint32_t CRL;  //Control Register Low
  __IO uint32_t CRH;  //Control Register High
  __IO uint32_t IDR;  //Input Data Register
  __IO uint32_t ODR;  //Output Data Register
  __IO uint32_t BSRR; //Bit Set/Reset Register
  __IO uint32_t BRR;  //Bit Reset Register
  __IO uint32_t LCKR;  //Configuration Lock Register
} GPIO_TypeDef;
```

- เมื่อเข้า Infinite Loop คำสั่งแรก คือ HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_0, GPIO_PIN_SET) เป็นการสั่งขา PB0 มีค่าลอจิก 1 ซึ่งจะทำให้ LD1 ติด
- ตัวแปรแบบโกลบอล led0 มีจุดประสงค์สำหรับแสดงการดีบัก ภายในโปรแกรม STM32CubeIDE โดยจะมีค่าตามค่าลอจิกของขอ PB0 ดังนั้นเมื่อขา PB0 มีค่าลอจิก 1 จึงทำให้ตัวแปร led0 มีค่า 1 ด้วยคำสั่ง led0 = 1
- คำสั่ง HAL_Delay(500) ใช้หน่วงเวลาการทำงาน 500 ms ทำให้สามารถมองเห็น LED ติดสว่างได้นาน 500 ms
- คำสั่ง คือ HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_0, GPIO_PIN_RESET) เป็นการสั่งขา PB0 มีค่าลอจิก 0 ซึ่งจะทำให้ LD1 ดับ
- คำสั่ง led0 = 0 เปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร led0 ให้มีค่าเป็น 0 สอดคล้องกับค่าลอจิกของขา PB0 ที่เปลี่ยนไป
- คำสั่ง HAL_Delay(500) ใช้หน่วงเวลาการทำงาน 500 ms ทำให้สามารถมองเห็น LED ดับนาน 500 ms
- ฟังก์ชัน HAL_GPIO_WritePin และฟังก์ชันอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับโมดูล GPIO สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากไฟล์ stm32f7xx_hal_gpio.h และ stm32f7xx_hal_gpio.c หรือศึกษาจากเอกสารคู่มือจากไฟล์ UM1905 Description of STM32F7 HAL and low-layer drivers ดังรูปที่ 5

HAL_GPIO_WritePin

Function name

void HAL_GPIO_WritePin (GPIO_TypeDef * GPIOx, uint16_t GPIO_Pin, GPIO_PinState PinState)

Function description

Sets or clears the selected data port bit.

Parameters

- **GPIOx:** where x can be (A..K) to select the GPIO peripheral.
- **GPIO_Pin:** specifies the port bit to be written. This parameter can be one of GPIO_PIN_x where x can be (0..15).
- **PinState:** specifies the value to be written to the selected bit. This parameter can be one of the GPIO_PinState enum values:
  - GPIO_PIN_RESET: to clear the port pin
  - GPIO_PIN_SET: to set the port pin

Return values

- **None:**

รูปที่ 5 รายละเอียดของฟังก์ชัน `HAL_GPIO_WritePin`

4. การใช้งาน Debug mode ภายในโปรแกรม STM32CubeIDE

การพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นสามารถใช้งานในโหมดดีบักได้เช่นเดียวกับการพัฒนาโปรแกรมโดยทั่วไป เพียงแต่การประมวลผลข้อมูลเกิดขึ้นที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วจึงนำผลลัพธ์จากการประมวลผลมาแสดงภายในโปรแกรมที่ใช้พัฒนาบนเครื่องคอมพิวเตอร์

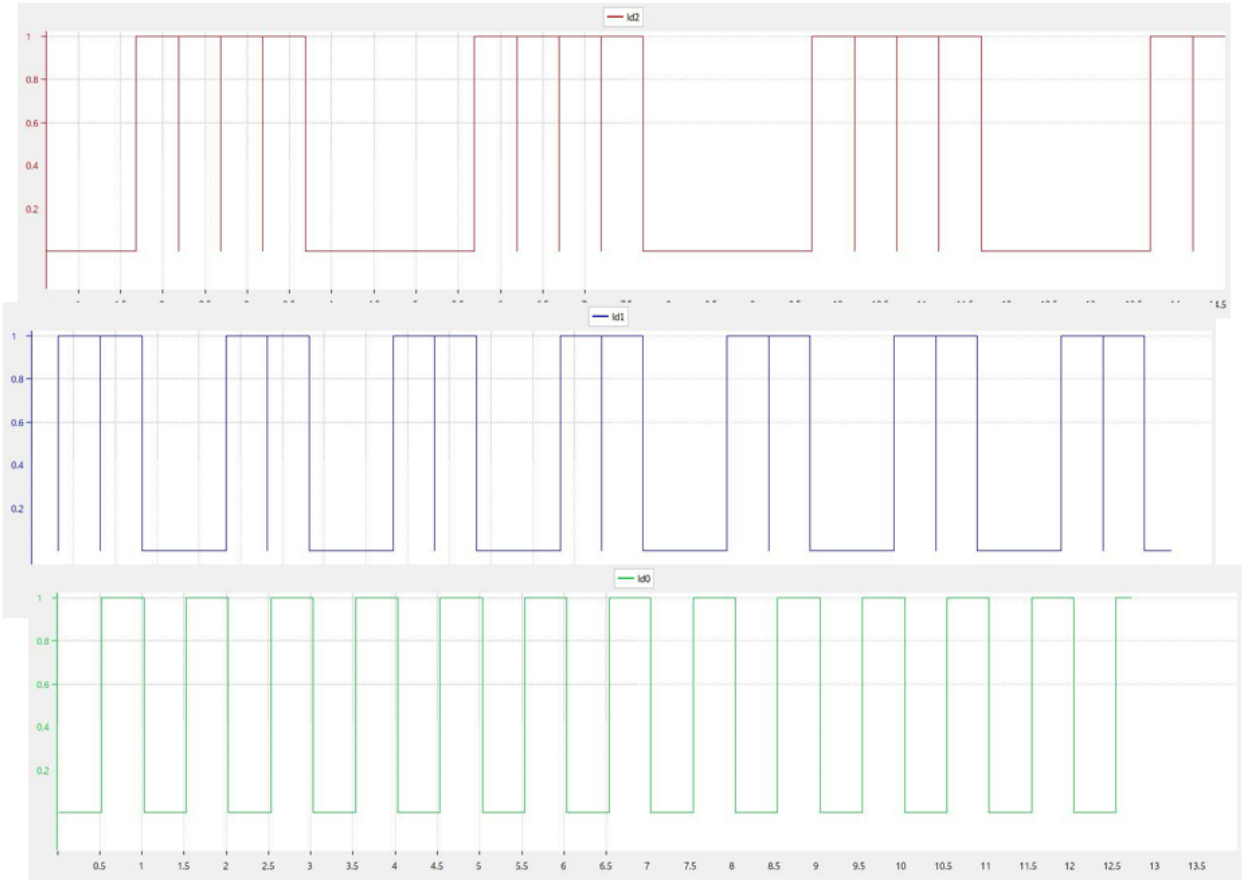
โปรแกรมสำหรับพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์หลายๆ โปรแกรมมีฟังก์ชันสำหรับการดีบักหลายอย่างด้วยกัน เช่น โปรแกรม STM32CubeIDE สามารถตั้งค่า Breakpoint, อ่านค่าตัวแปร, อ่านค่าจากหน่วยความจำที่ตำแหน่งต่างๆ, รีจิสเตอร์ทั่วไป และแสดงค่าที่อ่านได้แบบ Timing Diagram โดยใช้ Serial wire viewer (SWV) เป็นต้น

ศึกษาการใช้งาน Debug mode ได้จากคลิป ดังต่อไปนี้ https://youtu.be/7jw-9-8j2ok

การทดลอง

1. จงแก้ไขโค้ดจาก Lab 0 ดังรูป 2 และ 3 ศึกษาการใช้งาน Debug mode จนกระทั่งแสดง SWV Data Trace Timeline Graph ได้

2. จงแก้ไขโปรแกรมในการทดลองข้อ 1 เพื่อแสดงระดับสัญญาณวงจรนับขึ้น 3 บิต โดยใช้ขา PB14 (MSB) PB7 และ PB0 (LSB) โดยให้หน่วงเวลาที่ 300 ms โดยแสดงผลใน SWV Data Trace Timeline Graph แล้ว Save รูป จัดเรียงดังตัวอย่างต่อไปนี้



ใบตรวจการทดลองที่ 1

Microcontroller Application and Development 2568

วัน/เดือน/ปี _____ **กลุ่มที่** _____

1. รหัสนักศึกษา _____ ชื่อ-นามสกุล _____

2. รหัสนักศึกษา _____ ชื่อ-นามสกุล _____

3. รหัสนักศึกษา _____ ชื่อ-นามสกุล _____

ลายเซ็นผู้ตรวจ

การทดลองข้อ 1 ผู้ตรวจ _____ วันที่ตรวจ ☐ W ☐ W+1

การทดลองข้อ 2 ผู้ตรวจ _____ วันที่ตรวจ ☐ W ☐ W+1

คำถามท้ายการทดลอง

1. GPIOB เป็นมาโคร pointer เพื่อชี้ไปยังตำแหน่งเริ่มต้นในหน่วยความจำของโมดูล GPIO พอร์ต B จงหาตำแหน่งเริ่มต้นนี้ว่าอยู่ที่ตำแหน่งที่เท่าไร (ตอบเป็นตัวเลข) และถูกจัดเป็นส่วนไหนใน memory space

   _____

   _____

   _____

   _____

   _____