



Pusan  
National  
University



October 18, 2023

조교  
안현기

tykr0001@pusan.ac.kr

# 임베디드 시스템 설계 및 실험

---

7주차  
Interrupt 방식을 활용한 GPIO 제어 및 UART 통신

중간고사 주 (10월 25일(수)) **휴강**

실험 (35)					설계 과제 (65)				
출석 태도	발표	보고서	수업 검사	소계	제안서	최종 보고서	필기 시험	동작 검사	소계
10	5	5	15	35	10	10	20	25	65

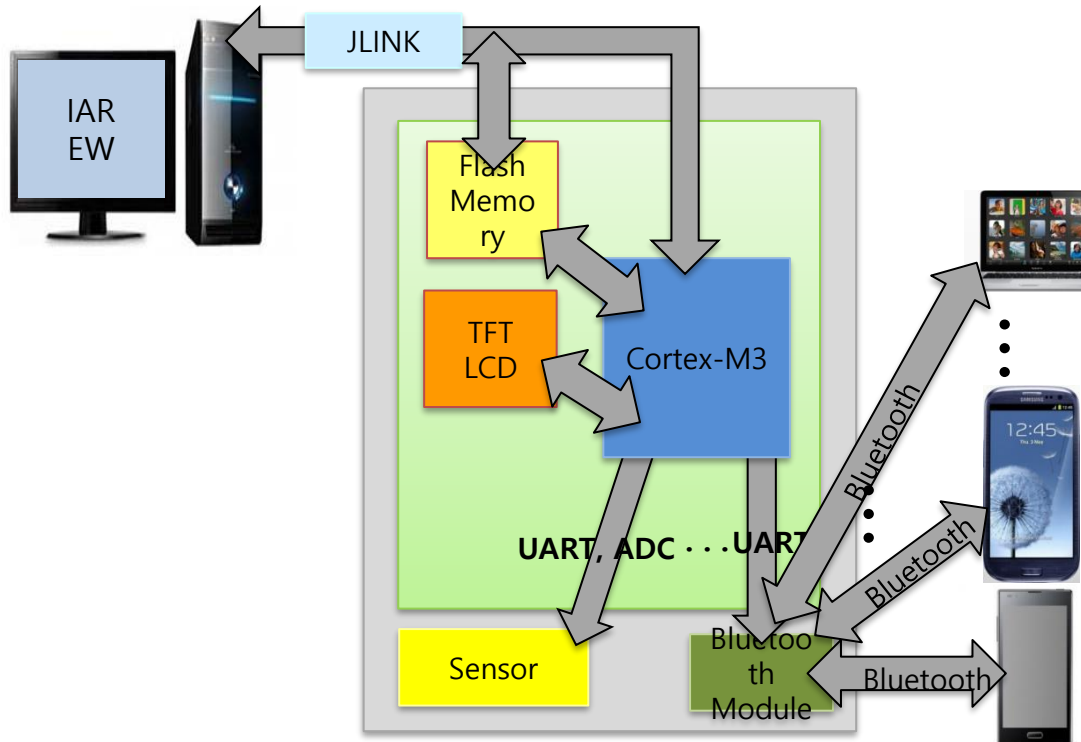
## 텀 프로젝트 제안서 제출 (11월 07일 23시 59분 까지 PLATO에 PDF)

### 평가 항목

- 완성도
- 동작안정성
- 구현난이도
- 독창성

- 예시 참고
- 목적과 내용 사용 센서, 시나리오, Flow Chart 작성
- 시스템 구성도 작성
- 사용할 센서의 제품명과 스펙 기재
  - ✓ 블루투스모듈(FB755AC), LCD 모듈(3.2" TFT LCD/SC), 서보모터(SG90), 조도센서 실험 중에 분배 할 예정
- 사용할 센서의 링크 (디마이스마트)와 가격 및 개수, 해외 배송 X

## 텀 프로젝트 제안서 시스템 구성도 예시



### 텀 프로젝트 아이디어 예시

- 사용자의 자세를 교정해주는 스마트 의자
- 손가락 동작으로 PC에 타이핑 하는 손가락 키보드

## 팀 프로젝트 제약 사항

- 인터럽트 반드시 활용
- 센서 간의 의존성 필수 (센서 2개 이상, 각자 폴링 방식으로 동작하지 말고 한 센서 값이 다른 센서 이용을 호출하는 시나리오)
- 블루투스 연동 필수
- 차량을 이용하는 시나리오일 경우 릴레이 모듈 말고 모터 드라이버 반드시 이용
- 센서 및 재료 구매 링크는 “디바이스마트” 만 허용 / 조별 최대 5만원
  - <https://www.devicemart.co.kr/>

## Tip

- 구매하려는 센서 사용 방법을 꼭 확인하기
  - i2c, SPI 등등 구현하기 어려운 프로토콜을 이용하는 센서는 지양할 것
- 보기에 깔끔할수록 좋은 점수, 꾸미기 재료도 같이 조사하기

## 9주차 예비 발표 준비 내용

- 블루투스
  - 간단한 개요
  - 프로파일과 SPP
  - SSID와 UUID
- FB755AC 모듈
  - 각 핀과 기능
  - 스마트폰과 연결 방법
  - 설정 모드와 AT 명령어

## Contents

---

# 실험 내용

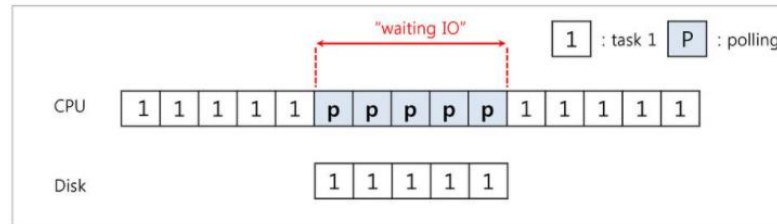
- Interrupt 방식을 활용한 GPIO 제어 및 UART 통신
- 라이브러리 함수 사용법 숙지



## Polling vs Interrupt

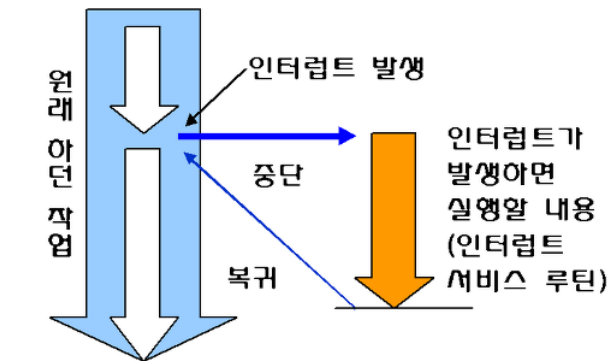
### • Polling

CPU 가 특정 이벤트를 처리하기 위해 이벤트가 발생할 때까지 모든 연산을 이벤트가 발생하는지 감시하는 방식



### • Interrupt

CPU가 특정 이벤트 발생시 현재 작업을 멈추고 해당 인터럽트 서비스 루틴을 수행 후 다시 이전 작업으로 돌아가는 방식



- **Hardware Interrupt**

비동기식 이벤트 처리로 주변장치의 요청에 의해 발생하는 인터럽트

**높은 우선 순위**

하드 디스크 읽기 요청, 디스크 읽기 끝남, 키보드 입력 등에 발생

- **Software Interrupt**

동기식 이벤트 처리로 사용자가 프로그램 내에서 인터럽트가 발생하도록 설정하는 인터럽트

**낮은 우선 순위**

Trap, Exception 등이 여기에 포함

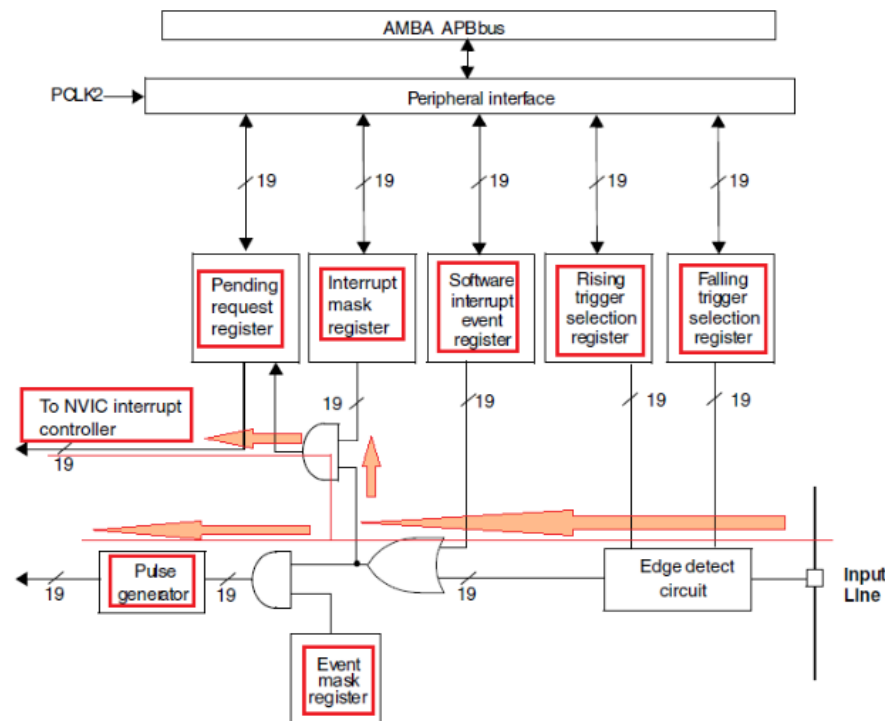
- **EXTI (External Interrupt)**

외부에서 신호가 입력될 경우 Device 에 Event나 Interrupt 가 발생하는 기능  
입력 받을 수 있는 신호는 Rising-Edge, Falling-Edge, Rising & Falling-Edge  
각 Port 의 n번 Pin의 EXTI n 에 연결

- EXTI 는 Event Mode 와 Interrupt Mode 를 선택하여 설정 가능

Interrupt Mode 로 설정할 경우 Interrupt 가 발생해 해당 Interrupt Handler 가 동작  
20개의 Edge Detector Line 으로 구성되어 각 Line 이 설정에 따라 Rising/Falling  
Trigger 를 감지

- Interrupt Request 는 Mask Register 를 통해 알 수 있다  
Processor 는 Interrupt 를 인지하여 처리하기 전에 Pending Register (어떤 Interrupt 가 발생되었는지 저장) 를 검사하여 발생한 Interrupt 중 Priority가 가장 높은 Interrupt 를 처리
- 외부 Interrupt 는 EXTI0 ~ EXTI15까지 각 Port 의 Pin 번호가 Interrupt Pin과 매치



- EXTI (External Interrupt)

모든 GPIO 핀들은 EXTI line 을 통해 연결되어 있다

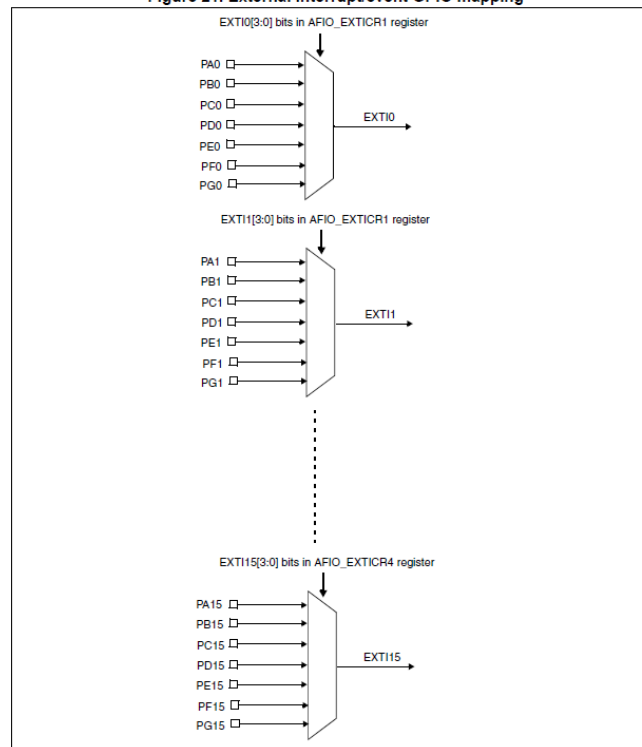
EXTICR1 레지스터를 통해 입력 받을 포트를 선택 하며 같은 번호의 핀들은 같은 라인  
을 공유

EXTI MUX에 모든 Port의 Line의 숫자가  
같이 들어옴  
선언 시에 EXTI()는 사용할 핀 번호를 사  
용하면 됨

EXTI를 사용할때 Line, Mode, Trigger,  
Lineconfig 설정  
EXTI를 선언 했을 시에는 반드시 Handler  
또한 구현 필요

Reference Manual 206,208 참고

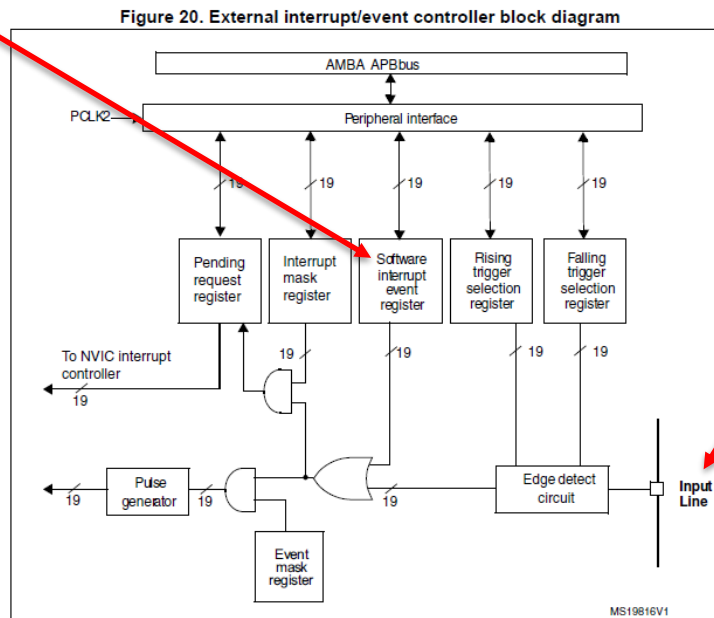
Figure 21. External interrupt/event GPIO mapping



- EXTI (External Interrupt)

EXTI line (Input Line) 을 통해 입력 받은 신호와 레지스터 설정들을 비교하여 NVIC controller 로 보냄

소프트웨어 인터럽트도 중간에 비교되는 것을 확인 가능



Reference Manual 206,208 참고

- Libraries\CMSIS\DeviceSupport\Startup\startup\_stm32f10x\_cl.s 내용을 참고
- 각 인터럽트 핸들러에서 호출되는 함수의 프로토타입이 정의 되어 있음
- 정의된 이름을 그대로 사용하여 원하는 함수 구현
- 예) 8번 핀을 사용 시에 Handler 이름은 EXTI9\_5\_IRQHandler 로 선언

```

71 ; External Interrupts
72 DCD WWDG_IRQHandler           ; Window Watchdog
73 DCD PVD_IRQHandler           ; PVD through EXTI Line detect
74 DCD TAMPER_IRQHandler        ; Tamper
75 DCD RTC_IRQHandler           ; RTC
76 DCD FLASH_IRQHandler         ; Flash
77 DCD RCC_IRQHandler           ; RCC
78 DCD EXTI0_IRQHandler         ; EXTI Line 0
79 DCD EXTI1_IRQHandler         ; EXTI Line 1
80 DCD EXTI2_IRQHandler         ; EXTI Line 2
81 DCD EXTI3_IRQHandler         ; EXTI Line 3
82 DCD EXTI4_IRQHandler         ; EXTI Line 4
83 DCD DMA1_Channel1_IRQHandler ; DMA1 Channel 1
84 DCD DMA1_Channel2_IRQHandler ; DMA1 Channel 2
85 DCD DMA1_Channel3_IRQHandler ; DMA1 Channel 3
86 DCD DMA1_Channel4_IRQHandler ; DMA1 Channel 4
87 DCD DMA1_Channel5_IRQHandler ; DMA1 Channel 5
88 DCD DMA1_Channel6_IRQHandler ; DMA1 Channel 6
89 DCD DMA1_Channel7_IRQHandler ; DMA1 Channel 7
90 DCD ADC1_2_IRQHandler        ; ADC1 and ADC2
91 DCD CAN1_TX_IRQHandler       ; CAN1 TX
92 DCD CAN1_RX0_IRQHandler      ; CAN1 RX0
93 DCD CAN1_RX1_IRQHandler      ; CAN1 RX1
94 DCD CAN1_SCE_IRQHandler      ; CAN1 SCE
95 DCD EXTI9_5_IRQHandler       ; EXTI Line 9..5
96 DCD TIM1_BRK_IRQHandler      ; TIM1 Break
97 DCD TIM1_UP_IRQHandler       ; TIM1 Update
98 DCD TIM1_TRG_COM_IRQHandler  ; TIM1 Trigger and Commutation
99 DCD TIM1_CC_IRQHandler       ; TIM1 Capture Compare
100 DCD TIM2_IRQHandler          ; TIM2
101 DCD TIM3_IRQHandler          ; TIM3
102 DCD TIM4_IRQHandler          ; TIM4
103 DCD I2C1_EV_IRQHandler       ; I2C1 Event
104 DCD I2C1_ER_IRQHandler       ; I2C1 Error
105 DCD I2C2_EV_IRQHandler       ; I2C2 Event
106 DCD I2C2_ER_IRQHandler       ; I2C2 Error
107 DCD SPI1_IRQHandler          ; SPI1
108 DCD SPI2_IRQHandler          ; SPI2
109 DCD USART1_IRQHandler        ; USART1
110 DCD USART2_IRQHandler        ; USART2
111 DCD USART3_IRQHandler        ; USART3
112 DCD EXTI15_10_IRQHandler     ; EXTI Line 15..10
113 DCD RTCAlarm_IRQHandler      ; RTC alarm through EXTI line

```

- NVIC** (Nested Vectored Interrupt Controller)

인터럽트 처리 중 또다른 인터럽트 발생시 우선순위를 사용

우선순위가 높은 인터럽트부터 처리 후 다른 인터럽트 처리

ARM 보드에서 인터럽트 사용시 NVIC 통하여 우선순위를 결정

값이 작을수록 우선순위가 높음

값이 0 -> 가장 먼저 처리, 값이 15 -> 가장 늦게 처리됨

```
@code
The table below gives the allowed values of the pre-emption priority and subpriority according
to the Priority Grouping configuration performed by NVIC_PriorityGroupConfig function
=====
NVIC_PriorityGroup | NVIC_IRQChannelPreemptionPriority | NVIC_IRQChannelSubPriority | Description
=====
NVIC_PriorityGroup_0 | 0 | 0-15 | 0 bits for pre-emption priority
| | | 4 bits for subpriority
-----
NVIC_PriorityGroup_1 | 0-1 | 0-7 | 1 bits for pre-emption priority
| | | 3 bits for subpriority
-----
NVIC_PriorityGroup_2 | 0-3 | 0-3 | 2 bits for pre-emption priority
| | | 2 bits for subpriority
-----
NVIC_PriorityGroup_3 | 0-7 | 0-1 | 3 bits for pre-emption priority
| | | 1 bits for subpriority
-----
NVIC_PriorityGroup_4 | 0-15 | 0 | 4 bits for pre-emption priority
| | | 0 bits for subpriority
=====
@endcode
```

Libraries\STM32F10x\_StdPeriph\_Driver\v3.5\inc\misc.h 참고



```
typedef struct
{
    uint8_t NVIC_IRQChannel;

    uint8_t NVIC_IRQChannelPreemptionPriority;

    uint8_t NVIC_IRQChannelSubPriority;

    FunctionalState NVIC_IRQChannelCmd;
} NVIC_InitTypeDef;
```

- Pre-emption : 우선순위가 높은 interrupt가 들어오면, 현재 작업을 멈추고 해당 interrupt를 진행 (선점)
- Pre-emption priority 로 선점 우선순위 결정
- sub priority로 아직 대기 중인 ISR들의 순서가 결정

Libraries\STM32F10x\_StdPeriph\_Driver\v3.5\inc\misc.h 참고

- 레지스터 설정에 구조체를 사용

이전 실험까지는 stm32f10x.h 라이브러리 사용하여 주소를 직접 쓰지 않고  
정의된 상수를 사용

- 이번 실험은 추가 라이브러리의 구조체와 함수를 사용 할 것

함수에 구조체를 넣어서 시행하면 해당 레지스터에 직접 값을 넣는것과 같은 설정 수행

- 구조체 및 함수 동작 숙지 필요

```
#include <misc.h>
#include <stm32f10x.h>
#include <stm32f10x_exti.h>
#include <stm32f10x_gpio.h>
#include <stm32f10x_rcc.h>
#include <stm32f10x_usart.h>

int main{
    GPIO_InitTypeDef  GPIO_InitStructure;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOD, ENABLE);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_2;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_Init(GPIOD, &GPIO_InitStructure);

    while(1){
        GPIO_SetBits(GPIOD, GPIO_Pin_2);
        Delay(1000);
        GPIO_ResetBits(GPIOD, GPIO_Pin_2);
        Delay(1000);
    }
}
```

- Clock Enable 수행

```
void RCC_configuration() {  
  
    RCC_APB2PeriphClockCmd( RCC_APB2Periph_AFIO, ENABLE);  
    /*TODO : APB2PeriphClockEnable */  
  
}
```

- GPIO Configuration 수행

```
void GPIO_configuration() {  
  
    GPIO_InitTypeDef GPIOD_init;  
  
    GPIOD_init.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;  
    GPIOD_init.GPIO_Pin = (GPIO_Pin_2 | GPIO_Pin_3 | GPIO_Pin_4 | GPIO_Pin_7);  
    GPIOD_init.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;  
    GPIO_Init(GPIOD, &GPIOD_init);  
  
    /*TODO: USART1, JoyStick Config */  
  
    /*TODO: GPIO EXTIlineConfig*/  
  
}
```

- EXTI Configuration - 사용할 EXTI Line 을 어떤 설정으로 Enable 할 것인지 결정

```
void EXTI_configuration() {  
    /*TODO: EXTI configuration [ mode interrupt ] [Trigger_falling] */  
}
```

- USART 직렬통신 설정의 정의

```
void USART_configuration() {  
    /*TODO: USART1 configuration*/  
  
    /*TODO: USART1 cmd ENABLE*/  
  
    /*TODO: USART1 IT Config*/  
}
```

- NVIC Configuration – 각 Interrupt 의 우선순위를 설정

```
void NVIC_configuration() {  
    /*TODO: NVIC_configuration */  
}
```

- IRQHandler 정의 – 각 Interrupt 들이 발생 하였을 때 처리할 작업을 정의  
(주의사항) Interrupt 동작에서는 딜레이가 없어야 함

```
/*TODO: IRQHandler */
```

- 실험 장비들을 연결 및 분리할 때 반드시 모든 전원을 끄고 연결해주세요.
  - 장비 사용시 충격이 가해지지 않도록 주의해주세요.
  - 자리는 항상 깔끔하게 유지하고 반드시 정리 후 퇴실해주세요.
  - 실험 **소스 코드와 프로젝트 폴더**는 **백업** 후 반드시 **삭제**해주세요.
  - 장비 관리, 뒷정리가 제대로 되지 않을 경우 해당 조에게 감점이 주어집니다.
- 
- **동작 중 케이블 절대 뽑지 말것**
  - **보드는 전원으로 USB Port나 어댑터(5V,1A)를 사용할 것 (5V 5A 어댑터(비슷하게 생김)와 혼동하지 말 것, 사용시 보드가 타 버림 -> 감점)**
  - **디버깅 모드 중에 보드 전원을 끄거나 연결 케이블을 분리하지 말 것!!!**
- 
- **-> 지켜지지 않을 시 해당 조 감점**

## 미션 ! 별도 미션지 참고

### 실험 검사

1. 정확한 장비 설정 유무 확인
2. 레지스터 및 주소 설정 이해 확인
3. 오실로스코프 디지털 핀 사용법 이해

### 이번 주 실험 결과 보고서

- A. 이론부터 실습까지 전반적인 내용을 포함하도록 작성 (실험 과정 사진 찍으시면 좋아요)
- B. 다음 실험시간 전까지 PLATO 제출
- C. 소스 코드는 **직접 작성 및 수정한 파일만 제출** 실험 동작 영상까지 제출

나가실 때, 만드신 코드 및 프로젝트 폴더는 모두 백업하시고 삭제해주세요.  
다른 분반 파일은 만지지 마시고 조교에게 알려주세요.  
자리 정리정돈 안 되어 있으면 **감점**합니다!!!

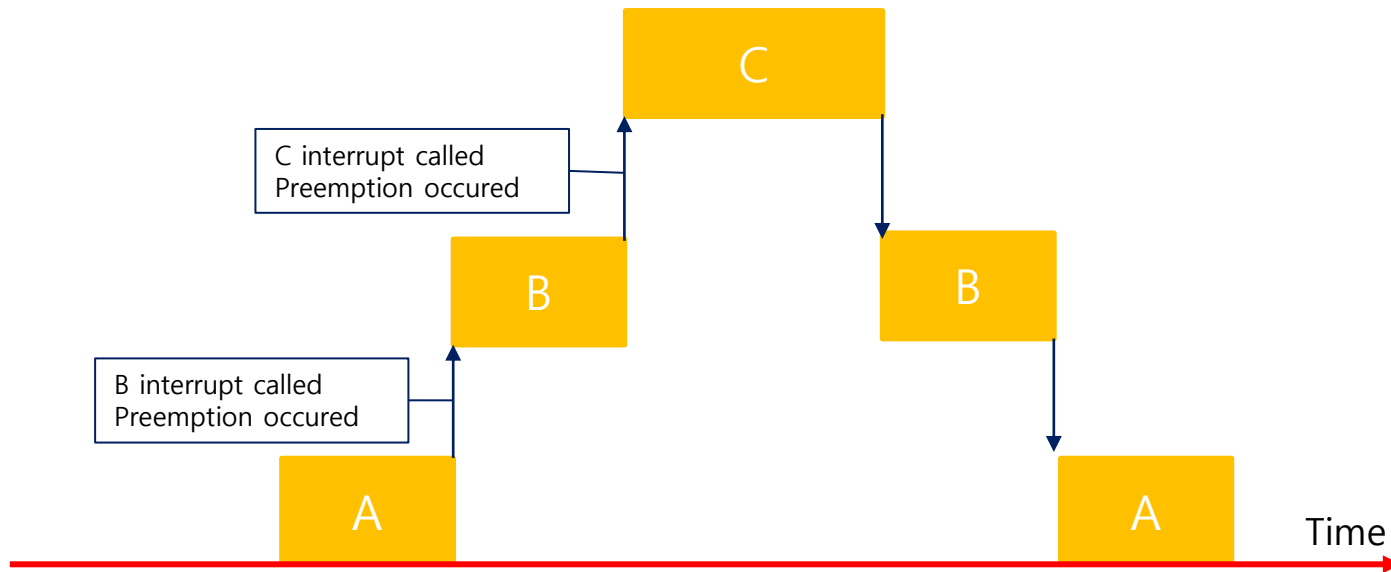
```

void EXTI2_IRQHandler(void) {
    if (EXTI_GetITStatus(EXTI_Line2) != RESET) {
        if (GPIO_ReadInputDataBit(GPIOC, GPIO_Pin_2) == Bit_RESET) {
            setDirection('a');
        }
    }
}

void EXTI9_5_IRQHandler(void) {
    if (EXTI_GetITStatus(EXTI_Line5) != RESET) {
        if (GPIO_ReadInputDataBit(GPIOC, GPIO_Pin_5) == Bit_RESET) {
            setDirection('b');
        }
    }
}

void EXTI15_10_IRQHandler(void) {
    if (EXTI_GetITStatus(EXTI_Line11) != RESET) {
        if (GPIO_ReadInputDataBit(GPIOD, GPIO_Pin_11) == Bit_RESET) {
            // send data at Main while
            doUartSend = 1;
        }
    }
}

```



```
@code
```

The table below gives the allowed values of the pre-emption priority and subpriority according to the Priority Grouping configuration performed by NVIC\_PriorityGroupConfig function

NVIC_PriorityGroup	NVIC_IRQChannelPreemptionPriority	NVIC_IRQChannelSubPriority	Description
NVIC_PriorityGroup_0	0	0-15	0 bits for pre-emption priority 4 bits for subpriority
NVIC_PriorityGroup_1	0-1	0-7	1 bits for pre-emption priority 3 bits for subpriority
NVIC_PriorityGroup_2	0-3	0-3	2 bits for pre-emption priority 2 bits for subpriority
NVIC_PriorityGroup_3	0-7	0-1	3 bits for pre-emption priority 1 bits for subpriority
NVIC_PriorityGroup_4	0-15	0	4 bits for pre-emption priority 0 bits for subpriority

```
@endcode
*/
```