浙江大学

嵌入式系统·实验报告

（本科）

课程名称：嵌入式系统

学院：机械工程学院

专业：机械工程

学号：3230103743

姓名：徐屹寒

指导教师：

年　　月　　日

目录

实验一 STM32 项目创建实验

一、实验目的

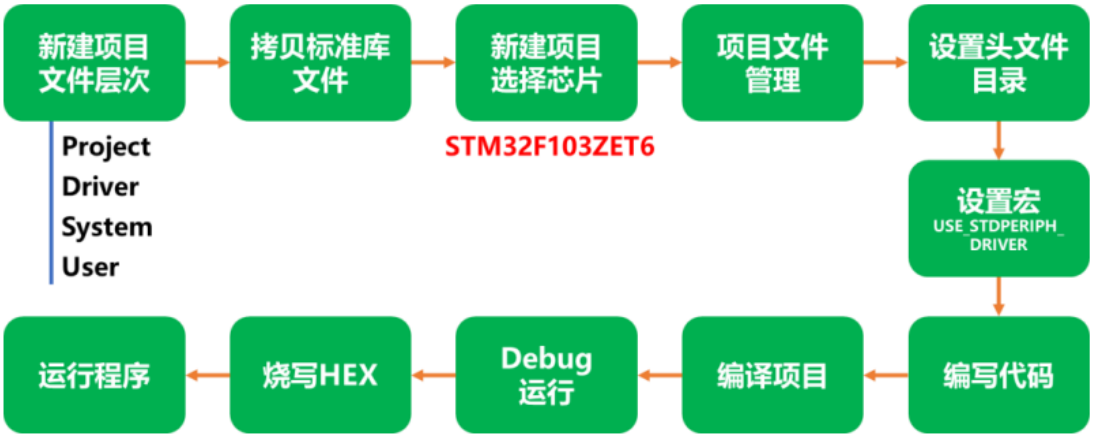
1. 掌握基于 MDK5 的两种 STM32 项目创建方法。
2. 掌握 MDK5 下程序配置、编译、调试、烧写等方法。

二、实验内容

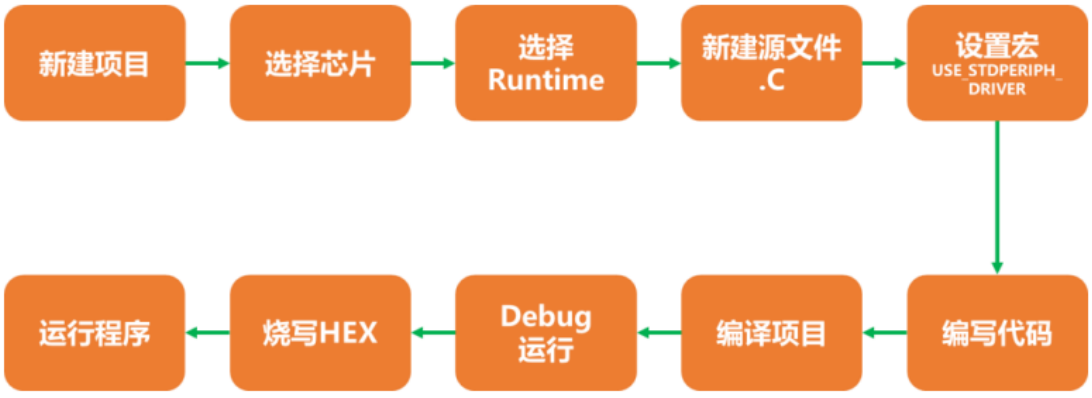
1. 基于标准库的 STM32 项目创建
2. 基于 MDK5 的 STM32 项目创建

三、实验步骤

1. 基于标准库的 STM32 项目创建



2. 基于 MDK5 的 STM32 项目创建



四、实验结果

```
#include "stm32f10x.h"
```

```
void delay_ms(int ms)
{
int i;
    while(ms--)
    {
    i=7500;
    while(i--);
    }
}

int main()
{
  GPIO_InitTypeDef initStructure;
  RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOE,ENABLE);
    initStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_5;
    initStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_50MHz;
    initStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_Init(GPIOE,&initStructure);
    GPIO_ResetBits(GPIOE,GPIO_Pin_5);

    while(1)
    {
      GPIO_SetBits(GPIOE,GPIO_Pin_5);
        delay_ms(1000);
        GPIO_ResetBits(GPIOE,GPIO_Pin_5);
        delay_ms(1000);
    }
    return 1;
}
```

五、思考题

1. 在基于 MDK5 的 STM32 项目中，如何添加或删除 Runtime？

添加 Runtime

1） 点击菜单栏中的 “Project”，然后选择 “Manage”－“ Run-Time Environment”。

2） 在弹出的对话框中可以看到一系列可用的软件包和组件。根据需要勾选相应的 Runtime 组件，例如 FreeRTOS 等。

3） 勾选组件后，可能会弹出配置界面，可以在这里设置组件的相关参数，如 FreeRTOS

的堆栈大小、任务优先级等。

4) 配置完成后，点击 “OK” 按钮，所选的 Runtime 组件将被添加到项目中，并且相关的头文件和源文件会自动导入。

删除 Runtime

1) 点击菜单栏中的 “Project”，然后选择 “Manage Run-Time Environment”。

2) 在弹出的对话框中，找到之前添加的 Runtime 组件，取消勾选它。点击 “OK” 按钮，该 Runtime 组件将从项目中移除，相关的文件也会被清理。

2. 在图 1.8 中，如果不去配置 DLL，结果会怎样？为什么？

Dialog DLL 是 Keil 与硬件调试器或软件仿真器通信的接口。它确保 Keil 能够正确地与目标硬件或模拟器交互，支持调试功能（如下载代码、设置断点、读取寄存器等）。如果不去配置，调试功能会不可用。

3. 在图 1.17 中，如何修改 Project 下的 Source Group 1 名称？

在项目窗口中找到 Source Group 1，单击选中，再次单击 Source Group 1 的名称，稍等片刻后，名称会进入可编辑状态，此时可以直接输入新的名称

实验二 基于寄存器的跑马灯实验

一、实验目的

1. 掌握 STM32 编程 IO 配置流程。

2. 掌握 STM32 相关寄存器文档资料检索方法。

3. 了解 GPIO 的几种输入/输出工作模式和寄存器配置方法。

二、实验内容

使用基于寄存器编程的方式，结合延时程序，使开发板上的 LED0 和 LED1 灯间隔 0.5 秒钟交替闪烁，即：LED0 亮，LED1 灭，0.5 秒钟后 LED0 灭，LED1 亮，再过 0.5 秒钟 LED0 亮，LED1 灭……如此往复。

三、实验步骤

四、实验结果

```
#include "stm32f10x.h"

void delay_ms(int ms)
{
int i;
    while(ms--)
    {
    i=7500;
    while(i--);
    }
}

int main()
{
    RCC->APB2ENR |=(1<<3);
```

```
    RCC->APB2ENR |=(1<<6);
    GPIOB->CRL &=0xFF0FFFFF;
    GPIOE->CRL &=0xFF0FFFFF;
    GPIOB->CRL |=0x00300000;
    GPIOE->CRL |=0x00300000;
    while(1)
    {
        GPIOB->ODR |=1<<5;
        GPIOE->ODR &=~(1<<5);
        delay_ms (1000);
        GPIOE->ODR |=1<<5;
        GPIOB->ODR &=~(1<<5);
        delay_ms (1000);
    }

    return 1;

}
```

五、思考题

1. 修改程序，使得开发板启动后，两盏 LED 灯同时闪烁 5 次，随后交替闪烁。

```
#include "stm32f10x.h"

void delay_ms(int ms)
{
    int i;
    while(ms--)
    {
        i=7500;
        while(i--);
    }
}

int main()
{
    int count = 0;

    RCC->APB2ENR |=(1<<3);
    RCC->APB2ENR |=(1<<6);
    GPIOB->CRL &=0xFF0FFFFF;
    GPIOE->CRL &=0xFF0FFFFF;
    GPIOB->CRL |=0x00300000;
    GPIOE->CRL |=0x00300000;
```

```
    while(1)
    {
        if(count < 5)
        {
            GPIOB->ODR |=1<<5;
            GPIOE->ODR |=1<<5;
            delay_ms(1000);
            GPIOB->ODR &=~(1<<5);
            GPIOE->ODR &=~(1<<5);
            delay_ms(1000);
            count++;
        }
        else
        {
            GPIOB->ODR |=1<<5;
            GPIOE->ODR &=~(1<<5);
            delay_ms(1000);
            GPIOE->ODR |=1<<5;
            GPIOB->ODR &=~(1<<5);
            delay_ms(1000);
        }
    }
    return 1;
}
```

2. 查阅资料，获取相关寄存器地址，尝试直接通过地址（指针）操控寄存器，实现跑马灯功能。

```
#include <stdint.h>

#define PERIPH_BASE           ((uint32_t)0x40000000) /* Peripheral base address */
#define APB1PERIPH_BASE       PERIPH_BASE
#define APB2PERIPH_BASE       (PERIPH_BASE + 0x00010000)
#define AHBPERIPH_BASE        (PERIPH_BASE + 0x00020000)

#define RCC_BASE              (AHBPERIPH_BASE + 0x1000) // 0x40021000

#define GPIOA_BASE            (APB2PERIPH_BASE + 0x0800) // 0x40010800
#define GPIOB_BASE            (APB2PERIPH_BASE + 0x0C00) // 0x40010C00
#define GPIOC_BASE            (APB2PERIPH_BASE + 0x1000) // 0x40011000
#define GPIOD_BASE            (APB2PERIPH_BASE + 0x1400) // 0x40011400
#define GPIOE_BASE            (APB2PERIPH_BASE + 0x1800) // 0x40011800
```

```c
// 自定义 RCC 结构体
typedef struct
{
  volatile uint32_t CR;         // 偏移量 0x00
  volatile uint32_t CFGR;       // 偏移量 0x04
  volatile uint32_t CIR;        // 偏移量 0x08
  volatile uint32_t APB2RSTR;   // 偏移量 0x0C
  volatile uint32_t APB1RSTR;   // 偏移量 0x10
  volatile uint32_t AHBENR;     // 偏移量 0x14
  volatile uint32_t APB2ENR;    // 偏移量 0x18
} RCC_TypeDef_Custom;

// 自定义 GPIO 结构体 (仅包含我们需要的成员)
typedef struct
{
  volatile uint32_t CRL;        // 偏移量 0x00
  volatile uint32_t CRH;        // 偏移量 0x04
  volatile uint32_t IDR;        // 偏移量 0x08
  volatile uint32_t ODR;        // 偏移量 0x0C
  volatile uint32_t BSRR;       // 偏移量 0x10
  volatile uint32_t BRR;        // 偏移量 0x14
  volatile uint32_t LCKR;       // 偏移量 0x18
} GPIO_TypeDef_Custom;

// 定义指向这些结构体的指针
#define RCC                 ((RCC_TypeDef_Custom *) RCC_BASE)
#define GPIOB               ((GPIO_TypeDef_Custom *) GPIOB_BASE)
#define GPIOE               ((GPIO_TypeDef_Custom *) GPIOE_BASE)

// LED 引脚定义
#define LED0_PIN            5  // PB5
#define LED1_PIN            5  // PE5

// 延时函数
void delay_ms(uint32_t ms) {
    uint32_t i, j;
    for (i = 0; i < ms; i++) {
        for (j = 0; j < 7500; j++) {
        }
    }
}

int main(void) {
```

```
    // 1. 使能 IO 时钟
    // 使能 GPIOB (RCC_APB2ENR 的第3位 IOPBEN)
    RCC->APB2ENR |= (1 << 3);
    // 使能 GPIOE (RCC_APB2ENR 的第6位 IOPEEN)
    RCC->APB2ENR |= (1 << 6);

    // 2. 设置 IO 模式
    // 配置 PB5 (LED0) 为推挽输出模式 (50MHz)
    // CNF5[1:0]MODE5[1:0] (位 23:22, 21:20)
    // 清空 PB5 原来的模式设置 (CRL 寄存器中的位20-23)
    GPIOB->CRL &= ~(0xF << (LED0_PIN * 4)); // 0xF 表示清除4个位,
LED0_PIN*4 是起始位
    // 设置 PB5 为推挽输出，50MHz (CNF=00, MODE=11 => 0011b = 0x3)
    GPIOB->CRL |= (0x3 << (LED0_PIN * 4));

    // 配置 PE5 (LED1) 为推挽输出模式 (50MHz)
    // 清空 PE5 原来的模式设置 (CRL 寄存器中的位20-23)
    GPIOE->CRL &= ~(0xF << (LED1_PIN * 4));
    // 设置 PE5 为推挽输出，50MHz (CNF=00, MODE=11 => 0011b = 0x3)
    GPIOE->CRL |= (0x3 << (LED1_PIN * 4));

    // 3. 循环程序 (IO高低电平控制LED闪烁)
    while (1) {
        // LED0 (PB5) 亮, LED1 (PE5) 灭
        GPIOB->ODR |= (1 << LED0_PIN);    // PB5 输出高电平
        GPIOE->ODR &= ~(1 << LED1_PIN);   // PE5 输出低电平
        delay_ms(500); // 延时约0.5秒 (实际时间依赖于delay_ms的精确度)

        // LED0 (PB5) 灭, LED1 (PE5) 亮
        GPIOB->ODR &= ~(1 << LED0_PIN);   // PB5 输出低电平
        GPIOE->ODR |= (1 << LED1_PIN);    // PE5 输出高电平
        delay_ms(500); // 延时约0.5秒
    }

}
```

实验三 基于库函数的跑马灯实验

一、实验目的

1. 熟悉 GPIO 相关的标准库函数和结构体，掌握其功能和使用方法。

2. 熟练掌握基于库函数的 STM32 程序编写流程。

二、实验内容

使用基于库函数编程的方式，结合延时程序，使开发板上的 LED0 和 LED1 灯间隔 0.5 秒钟交替闪烁，即：LED0 亮，LED1 灭，0.5 秒钟后 LED0 灭，LED1 亮，再过 0.5 秒钟 LED0 亮，LED1 灭……如此往复。

三、实验步骤

四、实验结果

```
#include "stm32f10x.h"

void delay_ms(int ms)
{
int i;
    while(ms--)
    {
    i=7500;
    while(i--);
    }
}

int main()
```

```
{
  GPIO_InitTypeDef initStructure;
  RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOE,ENABLE);
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOB,ENABLE);
    initStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_5;
    initStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_50MHz;
    initStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_Init(GPIOE,&initStructure);
    GPIO_Init(GPIOB,&initStructure);
    GPIO_ResetBits(GPIOE,GPIO_Pin_5);
    GPIO_ResetBits(GPIOB,GPIO_Pin_5);

    while(1)
    {
      GPIO_SetBits(GPIOE,GPIO_Pin_5);
        GPIO_ResetBits(GPIOB,GPIO_Pin_5);
        delay_ms(500);
        GPIO_ResetBits(GPIOE,GPIO_Pin_5);
        GPIO_SetBits(GPIOB,GPIO_Pin_5);
        delay_ms(500);
    }

    return 1;

}
```

五、思考题

1. 基于库函数，编写程序，控制蜂鸣器循环发出不同频率的声音，并探索频率和声调的关系。

```
#include "stm32f10x.h"

void Delay_ms(int ms)
{
    int i;
    while (ms--)
    {
        i = 7500;
        while (i);
    }
}

void delay_tone_us_approx(int us_approx)
```

```
{
    int i_outer;
    int j_inner;

    for (i_outer = 0; i_outer < us_approx; i_outer++)
    {
        j_inner = 8;
        while (j_inner--);
    }
}

void Buzzer_Init(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStruct;

    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOB, ENABLE);

    GPIO_InitStruct.GPIO_Pin = GPIO_Pin_8;
    GPIO_InitStruct.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_InitStruct.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStruct);

    GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_8);
}

void Play_Sound(int freq, int duration)
{
    int half_us;
    int cycles;
    int i;

    half_us = freq ? 500000 / freq : 0;
    cycles = freq ? (duration * 500) / half_us : 0;

    if (half_us == 0) {
        Delay_ms(duration);
        return;
    }

    for (i = 0; i < cycles; i++) {
        GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_8);
        delay_tone_us_approx(half_us);
        GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_8);
        delay_tone_us_approx(half_us);
```

```
    }
}

int main(void)
{
    int notes[8] = {262,294,330,349,392,440,494,523};
    int note_cnt = 8;
    int i;

    Buzzer_Init();

    while(1)
    {
        for(i = 0; i < note_cnt; i++)
        {
            Play_Sound(notes[i], 300);
            Delay_ms(100);
        }
        Delay_ms(500);
    }
}
```

频率越高，声音的音调越高；频率越低，声音的音调越低。

2. 尝试重写 Delay 函数，使其运行时尽量少占用 CPU 资源。

```
#include "stm32f10x.h" // 根据具体芯片型号包含头文件

uint32_t ms_delay;

// SysTick 中断服务函数
void SysTick_Handler(void)
{
    if (ms_delay > 0)
    {
        ms_delay--;
    }
}

// 延时函数
void Delay_ms(uint32_t ms)
{
    ms_delay = ms;
    while (ms_delay > 0)
    {
```

```
        __WFI(); // 进入休眠模式，等待中断唤醒（不会占用CPU资源）
    }
}

// 系统时钟配置时初始化SysTick（通常在SystemInit()中）
void SysTick_Init(void)
{
    SysTick->LOAD = (SystemCoreClock / 1000) - 1; // 设置1ms重载值
    SysTick->VAL = 0;                             // 清除当前值
    SysTick->CTRL = SysTick_CTRL_TICKINT_Msk |    // 启用中断
                    SysTick_CTRL_ENABLE_Msk;      // 启动定时器
```

使用方法：

1. **在系统时钟初始化时调用 SysTick_Init()**

2. **需要延时时直接调用 Delay_ms(需要延时的毫秒数)**

实验四 按键输入实验

一、实验目的

1. 了解 STM32F1 的 IO 口作为输入口的使用方法。

二、实验内容

利用键盘扫描的方式实现以下功能

1. KEY0 按下：DS0、DS1 长亮；

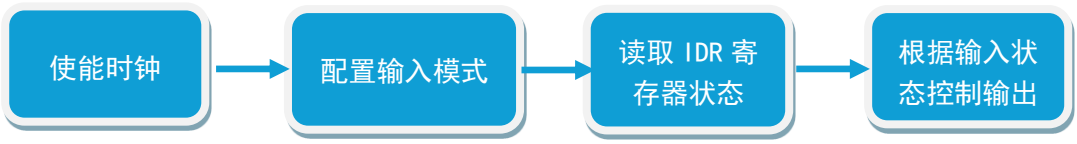
2. KEY1 按下：DS0、DS1 均不亮；

3. KEY_UP 按下：蜂鸣器的状态翻转一次（由响到不响或者由不响到响）；

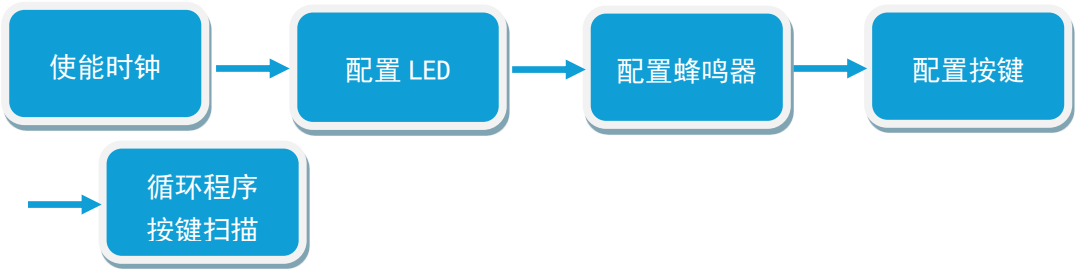
4. 先软件仿真，结果正确后下载到开发板上运行。

三、实验步骤

1. IO 口作为输入口的使用流程



2. 软件流程图



四、实验结果

```
#include "stm32f10x.h"

void delay_ms(int ms)
{
    int i;
    while(ms--)
    {
```

```
        i=7500;
        while(i--);
    }
}

void GPIO_InitPorts(void) {
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;

    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA | RCC_APB2Periph_GPIOB |
RCC_APB2Periph_GPIOE, ENABLE);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_5;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_Init(GPIOE, &GPIO_InitStructure);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_8;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_8);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_3 | GPIO_Pin_4;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IPU;
    GPIO_Init(GPIOE, &GPIO_InitStructure);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_0;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IPD;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
}

void Key_Scan(void) {
    int buzzer_state = 0;

    if(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOE, GPIO_Pin_4) == 0) {
        delay_ms(10);
        if(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOE, GPIO_Pin_4) == 0) {
            GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_5);
            GPIO_ResetBits(GPIOE, GPIO_Pin_5);
            while(!GPIO_ReadInputDataBit(GPIOE, GPIO_Pin_4));
        }
    }
    else if(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOE, GPIO_Pin_3) == 0) {
        delay_ms(10);
        if(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOE, GPIO_Pin_3) == 0) {
```

```
            GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_5);
            GPIO_SetBits(GPIOE, GPIO_Pin_5);
            while(!GPIO_ReadInputDataBit(GPIOE, GPIO_Pin_3));
        }
    }
    else if(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO_Pin_0) == 1) {
        delay_ms(10);
        if(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO_Pin_0) == 1) {
            buzzer_state = !buzzer_state;
            if(buzzer_state) {
                GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_8);
            } else {
                GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_8);
            }
            while(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO_Pin_0));
        }
    }
}

int main(void) {
    GPIO_InitPorts();

    while(1) {
        Key_Scan();
        delay_ms(10);
    }
}
```

五、思考题

1. 写出 IO 作为输入口的重要寄存器。

- GPIOx_CRL/CRH：配置引脚模式
- GPIOx_IDR：输入数据寄存器
- GPIOx_ODR：输出数据寄存器
- GPIOx_BSRR：位设置/清除寄存器

2. 本实验中，PA0、PE3、PE4、PB8 设成哪种输入模式？并分析原因。

PA0：下拉输入（KEY_UP 高电平有效）

PE3/PE4：上拉输入（KEY0/KEY1 低电平有效）

PB8：推挽输出（控制蜂鸣器）

实验五 外部中断实验

一、实验目的

1 学习如何将 STM32F1 的 IO 口作为外部中断输入用

2. 学习 STM32 中断的设置及中断服务函数的编写。

二、实验内容

利用按键“中断”实现以下功能：

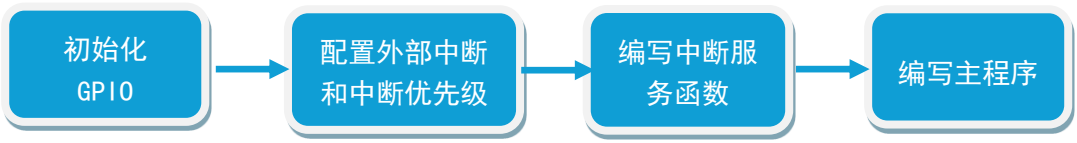
1. 主程序：DS0 闪亮；

2. KEY1 按下产生中断：DS1 亮 5s；

3. KEY_UP 按下产生中断：蜂鸣器叫 5s；

4. 要求：KEY1、KEY_UP 中断设在 group2，KEY_UP 优先级高于 KEY1。

三、实验步骤



四、实验结果

```
#include "stm32f10x.h"

void delay_ms(int ms) {
    int i, j;
    for(i = 0; i < ms; i++) {
        for(j = 0; j < 7500; j++);
    }
}

void LED_Config(void) {
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOB | RCC_APB2Periph_GPIOE,
ENABLE);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_5;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
```

```
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_5);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_5;
    GPIO_Init(GPIOE, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_SetBits(GPIOE, GPIO_Pin_5);
}

void Buzzer_Config(void) {
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOB, ENABLE);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_8;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_8);
}

void Key_Config(void) {
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOE | RCC_APB2Periph_GPIOA,
ENABLE);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_4;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IPU;
    GPIO_Init(GPIOE, &GPIO_InitStructure);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_3;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IPU;
    GPIO_Init(GPIOE, &GPIO_InitStructure);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_0;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IPD;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
}

void EXTI_NVIC_Config(void) {
    EXTI_InitTypeDef EXTI_InitStructure;
    NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;

    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_AFIO, ENABLE);
    NVIC_PriorityGroupConfig(NVIC_PriorityGroup_2);
```

```
    GPIO_EXTILineConfig(GPIO_PortSourceGPIOA, GPIO_PinSource0);
    EXTI_InitStructure.EXTI_Line = EXTI_Line0;
    EXTI_InitStructure.EXTI_Mode = EXTI_Mode_Interrupt;
    EXTI_InitStructure.EXTI_Trigger = EXTI_Trigger_Rising;
    EXTI_InitStructure.EXTI_LineCmd = ENABLE;
    EXTI_Init(&EXTI_InitStructure);

    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = EXTI0_IRQn;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 0;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 0;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
    NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);

    GPIO_EXTILineConfig(GPIO_PortSourceGPIOE, GPIO_PinSource3);
    EXTI_InitStructure.EXTI_Line = EXTI_Line3;
    EXTI_InitStructure.EXTI_Mode = EXTI_Mode_Interrupt;
    EXTI_InitStructure.EXTI_Trigger = EXTI_Trigger_Falling;
    EXTI_InitStructure.EXTI_LineCmd = ENABLE;
    EXTI_Init(&EXTI_InitStructure);

    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = EXTI3_IRQn;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 1;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 0;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
    NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
}

void EXTI0_IRQHandler(void) {
    if (EXTI_GetITStatus(EXTI_Line0) != RESET) {
        GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_8);
        delay_ms(5000);
        GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_8);
        EXTI_ClearITPendingBit(EXTI_Line0);
    }
}

void EXTI3_IRQHandler(void) {
    if (EXTI_GetITStatus(EXTI_Line3) != RESET) {
        GPIO_ResetBits(GPIOE, GPIO_Pin_5);
        delay_ms(5000);
        GPIO_SetBits(GPIOE, GPIO_Pin_5);
        EXTI_ClearITPendingBit(EXTI_Line3);
    }
```

```
}

int main(void) {
    LED_Config();
    Buzzer_Config();
    Key_Config();
    EXTI_NVIC_Config();
    while (1) {
        GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_5);
        delay_ms(500);
        GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_5);
        delay_ms(500);
    }
}
```

五、思考题

1、简述使用外部 IO 口引脚中断的基本步骤

1) 开启复用时钟、IO 口时钟。调用函数： RCC_APB2PeriphClockCmd();

2) 配置 IO 口，包括引脚名称、传输速率、引脚 工作模式调用函数： GPIO_Init();

3) 建立 IO 口与中断线的映射 GPIO_EXTILineConfig();

4) 中断初始化：配置中断线、中断模式、中断触发方式、中断使能 函数:EXTI_Init();

5) 中断优先级分组： NVIC_PriorityGroupConfig()

6) 中断优先级初始化 NVIC_Init();

7) 写中断服务函数： EXTIx_IRQHandler()

2、如何配置中断优先级

1) 选择中断优先级分组。

```
NVIC_PriorityGroupConfig(NVIC_PriorityGroup_2); // 选择优先级分组 2
```

2) 为每个中断配置抢占优先级和子优先级。

```
NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;

// 配置中断 0
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = EXTI0_IRQn; // 指定中断通道
```

```
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 0; // 抢占优先级为0
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 0; // 子优先级为0
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE; // 使能中断通道
NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);

// 配置中断3
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = EXTI3_IRQn; // 指定中断通道
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 1; // 抢占优先级为1
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 0; // 子优先级为0
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE; // 使能中断通道
NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
```

3) 使能中断。

```
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE; // 使能中断通道

NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
```

4) 编写中断服务函数。

```
void EXTI0_IRQHandler(void) {

    if (EXTI_GetITStatus(EXTI_Line0) != RESET) { // 检查中断标志

        // 中断处理代码

        EXTI_ClearITPendingBit(EXTI_Line0); // 清除中断标志

    }

}
```

实验六 串口通讯实验

一、实验目的

1. 掌握串口异步通讯的设置方法；

2. 掌握串口异步通讯（中断）的设置方法，学会串口中断服务函数的编写方法。

二、实验内容

实验一：

1. 初始化串口通讯；

2. 串口接收上位机发送的字符，并将接收到的字符发送回上位机。

实验二：

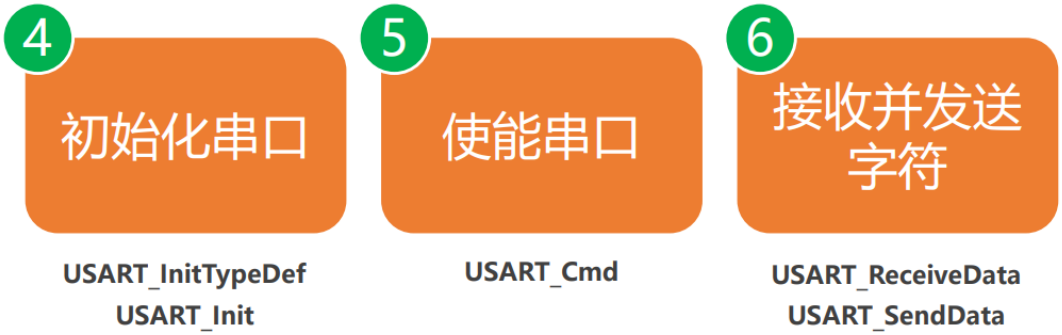
1. 初始化串口中断；

2. 串口接收上位机发送的字符，并将接收到的字符发送回上位机；

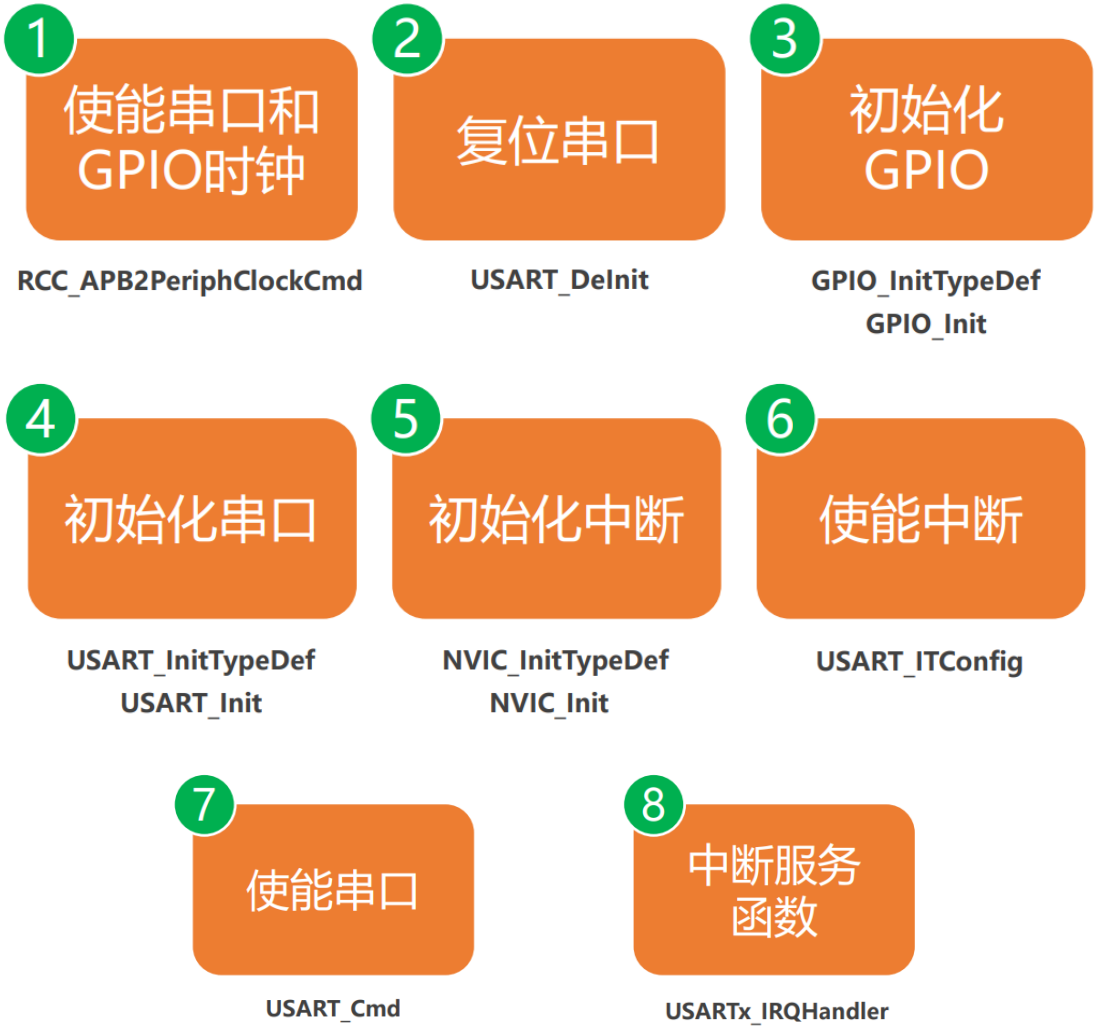
3. LED0 间隔约 0.2 秒闪烁一次。

三、实验步骤

实验一：



实验二：



四、实验结果

实验一：

```
#include "stm32f10x.h"

void delay_ms(int ms)
```

```
{
int i;
    while(ms--)
    {
    i=7500;
    while(i--);
    }
}

void USART1_Init(unsigned int bound) {
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    USART_InitTypeDef USART_InitStructure;

    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA, ENABLE);
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_USART1, ENABLE);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_9;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF_PP;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_10;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN_FLOATING;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

    USART_DeInit(USART1);

    USART_InitStructure.USART_BaudRate = bound;
    USART_InitStructure.USART_WordLength = USART_WordLength_8b;
    USART_InitStructure.USART_StopBits = USART_StopBits_1;
    USART_InitStructure.USART_Parity = USART_Parity_No;
    USART_InitStructure.USART_HardwareFlowControl =
USART_HardwareFlowControl_None;
    USART_InitStructure.USART_Mode = USART_Mode_Rx | USART_Mode_Tx;
    USART_Init(USART1, &USART_InitStructure);

    USART_Cmd(USART1, ENABLE);
}

int main(void) {
    unsigned short received_data;

    USART1_Init(9600);
```

```
    while (1) {
        if (USART_GetFlagStatus(USART1, USART_FLAG_RXNE) != RESET) {
            received_data = USART_ReceiveData(USART1);
            USART_SendData(USART1, received_data);
            while (USART_GetFlagStatus(USART1, USART_FLAG_TC) == RESET);
        }
    }
}
```

实验二：

```
#include "stm32f10x.h"

void delay_ms(int ms)
{
int i;
    while(ms--)
    {
    i=7500;
    while(i--);
    }
}


void LED0_Init(void) {
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOB, ENABLE);
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_5;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_5);
}

void USART1_Interrupt_Init(unsigned int bound) {
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    USART_InitTypeDef USART_InitStructure;
    NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;

    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA, ENABLE);
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_USART1, ENABLE);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_9;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
```

```
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_10;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN_FLOATING;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

    USART_DeInit(USART1);

    USART_InitStructure.USART_BaudRate = bound;
    USART_InitStructure.USART_WordLength = USART_WordLength_8b;
    USART_InitStructure.USART_StopBits = USART_StopBits_1;
    USART_InitStructure.USART_Parity = USART_Parity_No;
    USART_InitStructure.USART_HardwareFlowControl =
USART_HardwareFlowControl_None;
    USART_InitStructure.USART_Mode = USART_Mode_Rx | USART_Mode_Tx;
    USART_Init(USART1, &USART_InitStructure);

    USART_ITConfig(USART1, USART_IT_RXNE, ENABLE);

    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = USART1_IRQn;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 0;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 0;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
    NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);

    USART_Cmd(USART1, ENABLE);
}

void USART1_IRQHandler(void) {
    unsigned short received_char;
    if (USART_GetITStatus(USART1, USART_IT_RXNE) != RESET) {
        received_char = USART_ReceiveData(USART1);
        USART_SendData(USART1, received_char);
        while (USART_GetFlagStatus(USART1, USART_FLAG_TC) == RESET);
    }
}

int main(void) {
    LED0_Init();
    USART1_Interrupt_Init(9600);
    while (1) {
        GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_5);
        delay_ms(200);
        GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_5);
```

```
        delay_ms(200);
    }
```

五、思考题

1. 阐述 STM32 开发板上非中断串口通讯的实现流程，完成实验一，给出程序流程图及代码，描述实验结果；

实现流程

1. 初始化串口：

✓ 配置 GPIO 引脚（如 PA9 为 USART1 的 TX，PA10 为 USART1 的 RX）。

✓ 配置 USART1 的波特率、字长、停止位、校验位等参数。

✓ 使能 USART1。

2. 发送和接收数据：

✓ 在主循环中，通过轮询 USART1 的接收标志位（USART_FLAG_RXNE）来判断是否有数据接收。

✓ 如果有数据接收，读取接收到的数据（USART_ReceiveData）。

✓ 将接收到的数据发送回上位机（USART_SendData）。

✓ 等待发送完成（通过轮询发送完成标志位 USART_FLAG_TC）。

实验结果

✓ 上位机发送的字符能够被 STM32 开发板接收。

✓ STM32 开发板将接收到的字符原样发送回上位机。

✓ 串口通讯正常，数据传输无误。

2. 阐述 STM32 开发板上中断触发的串口通讯的实现流程，完成实验二，给出程序流程图及代码，描述实验结果

实现流程

1. 初始化串口：

- ✓ 配置 GPIO 引脚（如 PA9 为 USART1 的 TX，PA10 为 USART1 的 RX）。
- ✓ 配置 USART1 的波特率、字长、停止位、校验位等参数。
- ✓ 使能 USART1。

2. 配置中断：

- ✓ 使能 USART1 的接收中断（USART_IT_RXNE）。
- ✓ 配置 NVIC 中断优先级。
- ✓ 使能 USART1 中断。

3. 中断服务函数：

- ✓ 在中断服务函数 USART1_IRQHandler 中，判断是否接收到数据（USART_IT_RXNE）。
- ✓ 如果接收到数据，读取接收到的数据（USART_ReceiveData）。
- ✓ 将接收到的数据发送回上位机（USART_SendData）。
- ✓ 等待发送完成（通过轮询发送完成标志位 USART_FLAG_TC）。

4. 主程序：

- ✓ 初始化 LED0。
- ✓ 初始化串口中断。
- ✓ 在主循环中，控制 LED0 以 0.2 秒的间隔闪烁。

实验结果

- ✓ 上位机发送的字符能够被 STM32 开发板接收。
- ✓ STM32 开发板将接收到的字符原样发送回上位机。
- ✓ 串口通讯正常，数据传输无误。
- ✓ LED0 能够按照要求以 0.2 秒的间隔闪烁。

- ✓ 串口通讯和 LED 闪烁互不干扰，系统运行稳定。

实验七 定时器中断实验

一、实验目的

1. 掌握定时器中断的设置方法；

2. 掌握定时器中断服务函数的编写方法。

二、实验内容

1. 设置定时器中断，周期为 1 秒；

2. 触发定时器中断后，反转 LED1 和 BEEP 的状态：当 LED1 熄灭时，BEEP 响；当 LED1 点亮 时，BEEP 不响；

3. LED0 间隔 0.2 秒闪烁一次。

三、实验步骤

四、实验结果

```
#include "stm32f10x.h"

void delay_ms(int ms)
```

```
{
    int i;
    while(ms--)
    {
        i=7500;
        while(i--);
    }
}

void All_GPIO_Init(void) {
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOB | RCC_APB2Periph_GPIOE,
ENABLE);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_5;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_5);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_5;
    GPIO_Init(GPIOE, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_SetBits(GPIOE, GPIO_Pin_5);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_8;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_8);
}

void TIM3_Interrupt_Init(void) {
    TIM_TimeBaseInitTypeDef TIM_TimeBaseStructure;
    NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;
    unsigned short arr_val;
    unsigned short psc_val;

    RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM3, ENABLE);

    // Tout = ((arr+1)*(psc+1))/Tclk
    // Tclk = 72MHz
    // Tout =  = 1,000,000
    // (arr+1)*(psc+1) = 72,000,000
    //  psc_val = 7200 - 1 = 7199
    //  arr_val+1 = 72,000,000 / 7200 = 10,000
    //  arr_val = 10000 - 1 = 9999
```

```
    arr_val = 9999;
    psc_val = 7199;

    TIM_TimeBaseStructure.TIM_Period = arr_val;
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_Prescaler = psc_val;
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_ClockDivision = TIM_CKD_DIV1;
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_CounterMode = TIM_CounterMode_Up;
    TIM_TimeBaseInit(TIM3, &TIM_TimeBaseStructure);

    TIM_ITConfig(TIM3, TIM_IT_Update, ENABLE);

    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = TIM3_IRQn;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 0;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 1;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
    NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);

    TIM_Cmd(TIM3, ENABLE);
}

void TIM3_IRQHandler(void) {
    if (TIM_GetITStatus(TIM3, TIM_IT_Update) != RESET) {
        if (GPIO_ReadOutputDataBit(GPIOE, GPIO_Pin_5) == Bit_RESET) {
            GPIO_SetBits(GPIOE, GPIO_Pin_5);
        } else {
            GPIO_ResetBits(GPIOE, GPIO_Pin_5);
        }

        if (GPIO_ReadOutputDataBit(GPIOE, GPIO_Pin_5) == Bit_RESET) {
            GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_8);
        } else {
            GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_8);
        }

        TIM_ClearITPendingBit(TIM3, TIM_IT_Update);
    }
}

int main(void) {
    All_GPIO_Init();
    TIM3_Interrupt_Init();
    while (1) {
        GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_5);
        delay_ms(200);
```

```
            GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_5);
            delay_ms(200);
        }
    }
```

五、思考题

1. 完成本节实验，给出程序流程图及代码，描述实验结果；

实验结果描述

1. **LED1 和 BEEP 的状态反转：**
    - 定时器中断周期设置为 1 秒。
    - 每次定时器中断触发时，LED1（连接到 GPIOE 的 5 号引脚）的状态会反转。
    - 当 LED1 熄灭时，BEEP（连接到 GPIOB 的 8 号引脚）会响；当 LED1 点亮时，BEEP 不会响。
    - 这种状态反转每秒发生一次，符合实验要求。
2. **LED0 的闪烁：**
    - LED0（连接到 GPIOB 的 5 号引脚）以 0.2 秒的间隔闪烁。
    - 由于 LED0 的闪烁是通过主循环中的延时函数实现的，与定时器中断无关，因此它会独立于定时器中断运行。

2. 对于本节的实验，每次中断执行完后，若不清除定时器中断标志，会发生什么现象？

    1. 定时器中断标志位（TIM_IT_Update）在中断触发时被硬件自动设置为 1。如果不清除该标志位，中断服务函数会不断被触发，因为中断标志位始终为 1。这会导致中断服务函数不断重复执行，无法退出中断服务函数。
    2. 由于中断服务函数不断重复执行，主程序（main 函数中的 LED0 闪烁逻辑）将无法正常运行。系统可能会卡死，或者出现异常行为，如 LED0 闪烁停止，或者 LED1 和 BEEP 的状态无法正常反转。
    3. 如果系统中有多个中断，且定时器中断的优先级较高，不清除中断标志可能会导致其他中断无法正常响应。这会进一步影响系统的稳定性和响应能力。