同济大学电子与信息工程学院实验中心实验报告

实验课程名称：嵌入式系统　　任课教师：宋春林

实验项目名称：外部中断编程——蜂鸣器实验

实验教师：喻剑

姓名：斯提凡　　学号：1656038

实验日期：2019.5.14

实验地点：电信楼 348

实验三 外部中断编程——蜂鸣器实验

一、实验目的

1. 了解 STM32F103 芯片的中断机制

2. 掌握中断编程的方法

二、实验基本要求

1．认真阅读和掌握本实验的程序。

2．按实验要求编写程序并调试运行。

3．保存与记录实验结果，并进行分析总结。

三、实验要点

实验环境

硬件：PC 机一台，P4 2.06CPU/40GHD/512M RAM 以上配置，STM32F103 开发板一套。

软件：PC 机操作系统为 Windows7，程序开发调试环境为 Keil C。

四、实验学时数

本次实验共 2 学时。

五、实验内容

编写代码实现按键控制蜂鸣器（或小灯）开关。

六、实验步骤

1. 新建工程目录：打开 PC 机，在 D 盘新建目录“D：\EXTint”

2. 拷贝固件函数库：将光盘中示例代码工程目录下的“library”目录拷贝到新建的工程目录下。

3. 新建工程：打开 Keil C，Project 菜单选择 New uVision Project，新建一个工程。将工程命名为“EXTint”，并保存在 D 盘新建的目录中。

4. 选择芯片型号：在芯片型号数据库选择弹出式菜单选项中，选择通用 CPU 数据库，点击“OK”。在弹出的目标设备型号选择菜单中，选中“STMicroelectronics”公司，在出现

的下拉式列表中选择“STM32F103VC”，点击“OK”。在弹出的是否添加启动文件对话框中选择“否”不添加。

5. 添加启动文件：右键点击项目资源管理器中的“Target1SourceGroup1”文件夹，在弹出的菜单中选择“Add File to Group’SourceGroup 1’”将启动文件“stm32f10x_vector.s”，“cortexm3_macro.s”添加至项目。

6. 新建用户程序：点击主菜单“File→New”，新建一个文件，命名为“EXTint.c”保存至项目文件夹。重复第 5 步，将用户程序文件添加到工程中。

7. 添加 Include 语句：通过“Include”语句，将以上代码使用到的库件函数头文件添加到文件。

a) #include"./library/src/stm32f10x_it.h"
b) #include"./library/src/stm32f10x_nvic.h"
c) #include"./library/src/stm32f10x_gpio.h"
d) #include"./library/src/stm32f10x_flash.h"
e) #include"./library/src/stm32f10x_rcc.h"
f) #include"./library/src/stm32f10x_exti.h"
g) #include "stdio.h"
h) #include "stm32f10x_lib.h"

8. 将以下库文件添加到工程：

a) stm32f10x_it.c
b) stm32f10x_nvic.c
c) stm32f10x_gpio.c
d) stm32f10x_flash.c
e) stm32f10x_rcc.c
f) stm32f10x_exti.c

9. 建立 Main 函数：输入 int main(void)，建立入口函数，并添加 while(1)循环，使 main 函数不会退出。

10.初始化时钟：定义“ErrorStatus”类结构体“ErrorStatusHSEStartUpStatus”，并在 main 里添加时钟系统初始化函数 RCC_Configuration();

11. 配置 GPIO 端口：添加代码，定义“GPIO_InitTypeDef”类结构体“GPIO_InitStructure”，将 GPIO 口 C 的第 9 号管脚配置为浮空输入模式，速度为 50M 并初始化端口。

GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_9;

```
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_IN_FLOATING;
GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_50MHz;
GPIO_Init(GPIOC,&GPIO_InitStructure);
```

将 GPIO 口 B 的第 2 号管脚配置为推挽输出模式，速度为 50M 并初始化端口。

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

12.配置 GPIO 端口为下降沿中断模式：添加代码，定义“EXTI_InitTypeDef”类结构体“EXTI_InitStructure”，将 GPIO 口 C 的第 9 号管脚配置为下降沿中断模式，并初始化端口。

```
GPIO_EXTILineConfig(GPIO_PortSourceGPIOC,GPIO_PinSource9);
EXTI_InitStructure.EXTI_Line=EXTI_Line9;
EXTI_InitStructure.EXTI_Mode=EXTI_Mode_Interrupt;
EXTI_InitStructure.EXTI_Trigger=EXTI_Trigger_Falling;
EXTI_InitStructure.EXTI_LineCmd=ENABLE;
EXTI_Init(&EXTI_InitStructure);
```

13. 配置 5-9 号中断线优先级：添加代码，定义“NVIC_InitTypeDef”类结构“NVIC_InitStruct”，将 5-9 号线的抢占中断先优级与响应优先级都设置为 0，并初始化中断。

```
NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannel=EXTI9_5_IRQChannel;
NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority=0;
NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelSubPriority=0;
NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelCmd=ENABLE;
NVIC_Init(&NVIC_InitStruct);
```

14. 添加中断响应函数：打开“stm32f10x_it.c”文件，找到“voidEXTI9_5_IRQHandler(void)”函数。在函数中添加中断响应代码：

```
extern void delay_nms(unsigned long n);  (在文件开头定义外部引用函数)
if(GPIO_ReadOutputDataBit(GPIOB,GPIO_Pin_2)==0)
    GPIO_SetBits(GPIOB,GPIO_Pin_2);
 else
    GPIO_ResetBits(GPIOB,GPIO_Pin_2);
  delay_nms(10);
EXTI_ClearITPendingBit(EXTI_Line9);
```

15.添加 delay_nms 函数：

```
void delay_nus(unsigned long n)
{
  unsigned long j;
```

```
    while(n--)
    {
     j=8;
       while(j--);
    }
}
void delay_nms(unsigned long n)
{
       while(n--)
       delay_nus(1100);
}
```

16. 连接硬件：取出开发板，用 J-Link 将开发板连接至 PC 机，并给开发板上电。

17. 跳线设置：将开发板的 Beep 跳线跳至 On，连接蜂鸣器。

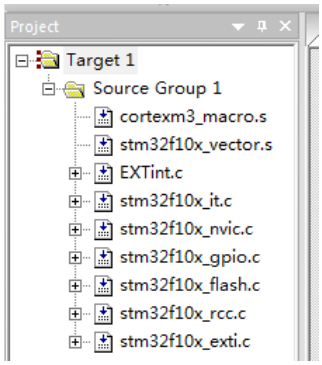
18. 配置编译环境：点击项目 Option 菜单，在弹出式菜单中选择 Debug 菜单，配置 J-Llink。选择 Utilities 菜单配置 J-Llink 并选择 Flash 类型为“STM32F10x Med-density Flash”。

19. 编译并下载：编译程序，编译完成后点击下载按钮，将程序下载至开发板。

20. 察看结果：按动按键 PC9，察看蜂鸣器响应情况。

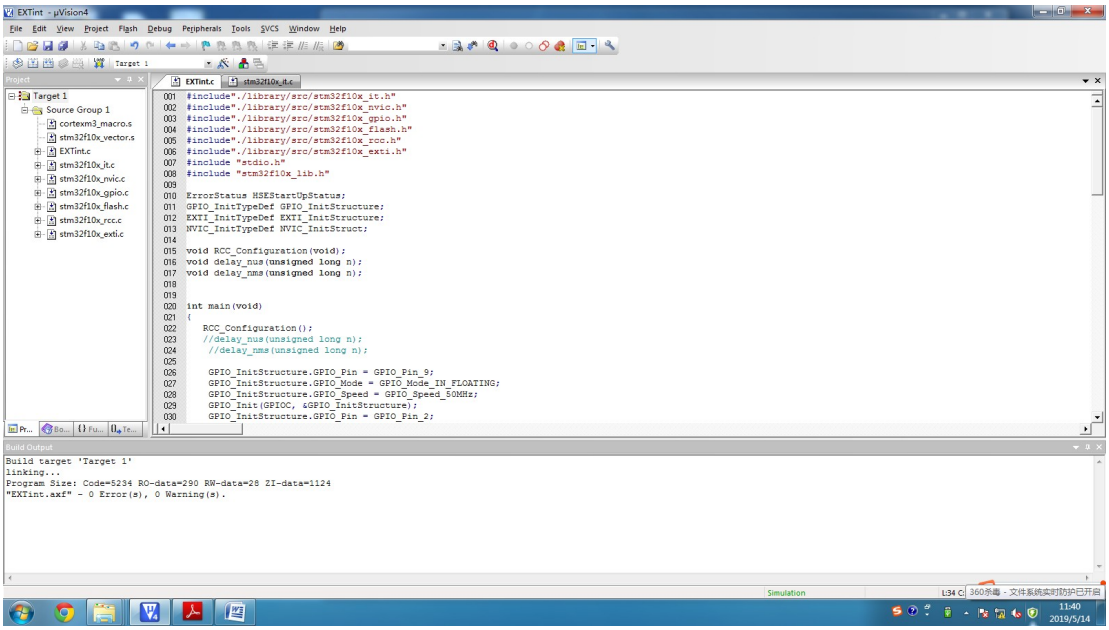
结果如下：

工程文件结构图：



器件图：

编译成功界面：



中断函数界面：

```
void EXTI9_5_IRQHandler(void)
{
    if(GPIO_ReadOutputDataBit(GPIOB, GPIO_Pin_2)==0)
        GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_2);
    else
        GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_2);
        delay_nms(10);
    EXTI_ClearITPendingBit( EXTI_Line9) ;
    EXTI_ClearITPendingBit( EXTI_Line9) ;//中断结束时清中断标志位
    EXTI_ClearITPendingBit( EXTI_Line5) ;//中断结束时清中断标志位
}
```

观察结果为：

蜂鸣器在 PC9 按键控制下发出蜂鸣声或停止发出声音。

完整用户程序见附录。

七、进阶实验

1. 增加一组按扭与 LED 灯的配合（按扭控制 LED 灯亮和灭）。

修改或增添代码如下：

在前述程序基础上修改：

```
NVIC_PriorityGroupConfig(NVIC_PriorityGroup_1);
NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannel = EXTI9_5_IRQChannel;
NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority =0;
NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelSubPriority = 1;
NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelCmd =ENABLE;
NVIC_Init(&NVIC_InitStruct);
//将四位优先级设置为第 1 组，设置蜂鸣器抢占优先级为 0，响应优先级为 1
```

在前述程序基础上在 main 函数中增加：

```
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_11;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN_FLOATING;
GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
GPIO_Init(GPIOC, &GPIO_InitStructure);
//设置 LED 灯控制按键为 PC11

GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_12;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
GPIO_Init(GPIOC, &GPIO_InitStructure);
//LED 灯输出

GPIO_EXTILineConfig(GPIO_PortSourceGPIOC, GPIO_PinSource11);
EXTI_InitStructure.EXTI_Line=EXTI_Line11;
EXTI_InitStructure.EXTI_Mode = EXTI_Mode_Interrupt;
EXTI_InitStructure.EXTI_Trigger = EXTI_Trigger_Falling;
```

```
EXTI_InitStructure.EXTI_LineCmd = ENABLE;
EXTI_Init(&EXTI_InitStructure);
//设置 PC11 中断模式

NVIC_PriorityGroupConfig(NVIC_PriorityGroup_1);
NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannel = EXTI15_10_IRQChannel;
NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority =1;
NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelSubPriority = 0;
NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelCmd =ENABLE;
NVIC_Init(&NVIC_InitStruct);
//将四位优先级设置为第 1 组，设置 LED 灯抢占优先级为 1，响应优先级为 0
```

在中断文件“stm32f10x_it.c”文件中“voidEXTI15_10_IRQHandler(void)”函数下添加中断响应代码

```
if(GPIO_ReadOutputDataBit(GPIOC, GPIO_Pin_12)==0)
    GPIO_SetBits(GPIOC, GPIO_Pin_12);
  else
    GPIO_ResetBits(GPIOC, GPIO_Pin_12);
   delay_nms(10);
EXTI_ClearITPendingBit( EXTI_Line15) ;
EXTI_ClearITPendingBit( EXTI_Line10) ;
```

2. 在中断响应程序中增加时延，并给两个按钮设置不同的中断权限，看两组按钮间的中断响应关系。

将蜂鸣器中断响应程序时延增加至 500，先摁 PC9 再摁 PC11。由于蜂鸣器抢占优先级高于 LED 灯，观察到 LED 灯不会立刻亮起，而是在一段延迟后（蜂鸣器中断返回后）再亮起。

尝试同时摁下 PC11 和 PC9，蜂鸣器先响，LED 灯稍后亮起。若修改 LED 灯抢占优先级为 0，并将 LED 灯中断响应函数中时延增加至 500，则可观察到 LED 灯先亮，蜂鸣器稍

后响起。

附：基础实验用户程序

```
#include"./library/src/stm32f10x_it.h"
#include"./library/src/stm32f10x_nvic.h"
#include"./library/src/stm32f10x_gpio.h"
#include"./library/src/stm32f10x_flash.h"
#include"./library/src/stm32f10x_rcc.h"
#include"./library/src/stm32f10x_exti.h"
#include "stdio.h"
#include "stm32f10x_lib.h"

ErrorStatus HSEStartUpStatus;
GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
EXTI_InitTypeDef EXTI_InitStructure;
NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStruct;

void RCC_Configuration(void);
void delay_nus(unsigned long n);
void delay_nms(unsigned long n);

int main(void)
{
  RCC_Configuration();
  //delay_nus(unsigned long n);
     //delay_nms(unsigned long n);

     GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_9;
     GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN_FLOATING;
     GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
     GPIO_Init(GPIOC, &GPIO_InitStructure);
     GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_2;
     GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
     GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
     GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
     GPIO_EXTILineConfig(GPIO_PortSourceGPIOC, GPIO_PinSource9);

     EXTI_InitStructure.EXTI_Line=EXTI_Line9;
     EXTI_InitStructure.EXTI_Mode = EXTI_Mode_Interrupt;
     EXTI_InitStructure.EXTI_Trigger = EXTI_Trigger_Falling;
     EXTI_InitStructure.EXTI_LineCmd = ENABLE;
```

```
    EXTI_Init(&EXTI_InitStructure);

    NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannel = EXTI9_5_IRQChannel;
    NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority =0;
    NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelSubPriority = 0;
    NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelCmd =ENABLE;
    NVIC_Init(&NVIC_InitStruct);

    while(1)
    {
        delay_nms(500);
    }

}

 void RCC_Configuration(void)
{
 RCC_DeInit();
 RCC_HSEConfig(RCC_HSE_ON);
 HSEStartUpStatus = RCC_WaitForHSEStartUp();
 if(HSEStartUpStatus == SUCCESS)
 {
  RCC_HCLKConfig(RCC_SYSCLK_Div1);
  RCC_PCLK2Config(RCC_HCLK_Div1);
  RCC_PCLK1Config(RCC_HCLK_Div2);
  FLASH_SetLatency(FLASH_Latency_2);
  FLASH_PrefetchBufferCmd(FLASH_PrefetchBuffer_Enable);
  RCC_PLLConfig(RCC_PLLSource_HSE_Div1, RCC_PLLMul_9);
  RCC_PLLCmd(ENABLE);
  while(RCC_GetFlagStatus(RCC_FLAG_PLLRDY) == RESET)     ;
    RCC_SYSCLKConfig(RCC_SYSCLKSource_PLLCLK);
    while(RCC_GetSYSCLKSource() != 0x08);
 }

 /* Enable GPIOA~E and AFIO clocks */
   RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA|RCC_APB2Periph_GPIOB   |
RCC_APB2Periph_GPIOC|RCC_APB2Periph_GPIOD|RCC_APB2Periph_GPIOE|
RCC_APB2Periph_AFIO, ENABLE);

 RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_USART1, ENABLE);

 /* TIM1 clock enable */
 RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_TIM1, ENABLE);
```

```
  /* TIM2 clock enable */
  RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM2, ENABLE);

  /* ADC1 clock enable */
  RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_ADC1, ENABLE);
}
void delay_nus(unsigned long n)
{
      unsigned long j;
      while(n--)
      {
            j=8;
            while(j--);
      }
}

void delay_nms(unsigned long n)
{
      while(n--)
      delay_nus(1100);
}
```