技术路线文档

撰写人：陆熠熠
撰写时间：2020.01.13——2020.01.14
内容：1.0 基于 Keil5 的环境搭建

目录

第一章 有关综述和一些配置

1.1 有关 STM32F407ZGT6 的选择和概述

根据程序存储容量，ST 芯片分为三大类;“LD”<64KB，“MD”<256KB），“HD”>256KB。我们所选用的 STM32F407ZGT6 属于第三类。

以下是他的性能简介：（红色为 RM 比赛需要重点了解的部分）

（1）内核：带有 FPU 的 ARM® 32 位 Cortex®-M4CPU、在 Flash 存储器中实现零等待状态运行性能的自适应实时加速器 (ART 加速器 ™)。

（2）高达 1 MB Flash：地址从 0x8000000 开始，大小为：0x100000 即 1M。高达 192+4 KB 的 SRAM， 包括 64-KB 的 CCM（内核耦合存储器）数据 RAM。

I、普通内存：地址从 0x20000000 开始，大小为：0x20000 即 128k，这部分内存任何外设都可以访问。

II、CCM 内存：地址从 0x10000000 开始，大小为：0x10000 即 64k，这部分内存仅 CPU 可以访问，DMA 之类的不可以直接访问。

III、备份 SRAM：大小为：4 K

（3）LCD 并行接口，兼容 8080/6800 模式

（4）时钟、复位和电源管理：支持 1.8 V 到 3.6 V 供电和 I/O，支持 4 至 26 MHz 晶振，内置经工厂调校的 16 MHz RC 振荡器（1%精度）。

（5）低功耗，支持睡眠、停机和待机模式。VBAT 可为 RTC、 20×32 位备份寄存器 + 可选的 4 KB 备份 SRAM 供电。

（6）3 个 12 位、 2.4 MSPS ADC：多达 24 通道，三重交叉模式下的性能高达 7.2 MSPS

（7）2 个 12 位 D/A 转换器

（8）通用 DMA：具有 FIFO 和突发支持的 16 路 DMA 控制器

（9）多达 17 个定时器，12 个 16 位定时器，和 2 个频率高达 168 MHz 的 32 位定时器，每个定时器都带有 4 个输入捕获 / 输出比较 /PWM，或脉冲计数器与正交 (增量) 编码器输入。

（10）多达 140 个具有中断功能的 I/O 端口，高达 136 个快速 I/O，最高 84 MHz，高达 138 个可耐 5 V 的 I/O。

（11）多达 15 个通信接口。2 个 CAN （ 2.0B 主动）以及 SDIO 接口。

（12）高级连接功能：具有片上 PHY 的 USB 2.0 全速器件/主机/OTG 控制器。具有专用 DMA、片上全速 PHY 和 ULPI 的 USB 2.0 高速 /全速器件 /主机 /OTG 控制器。具有专用 DMA 的 10/100 以太网 MAC：支持 IEEE 1588v2 硬件， MII/RMII。

（13）8~14 位并行照相机接口：速度高达 54MB/s

（14）真随机数发生器

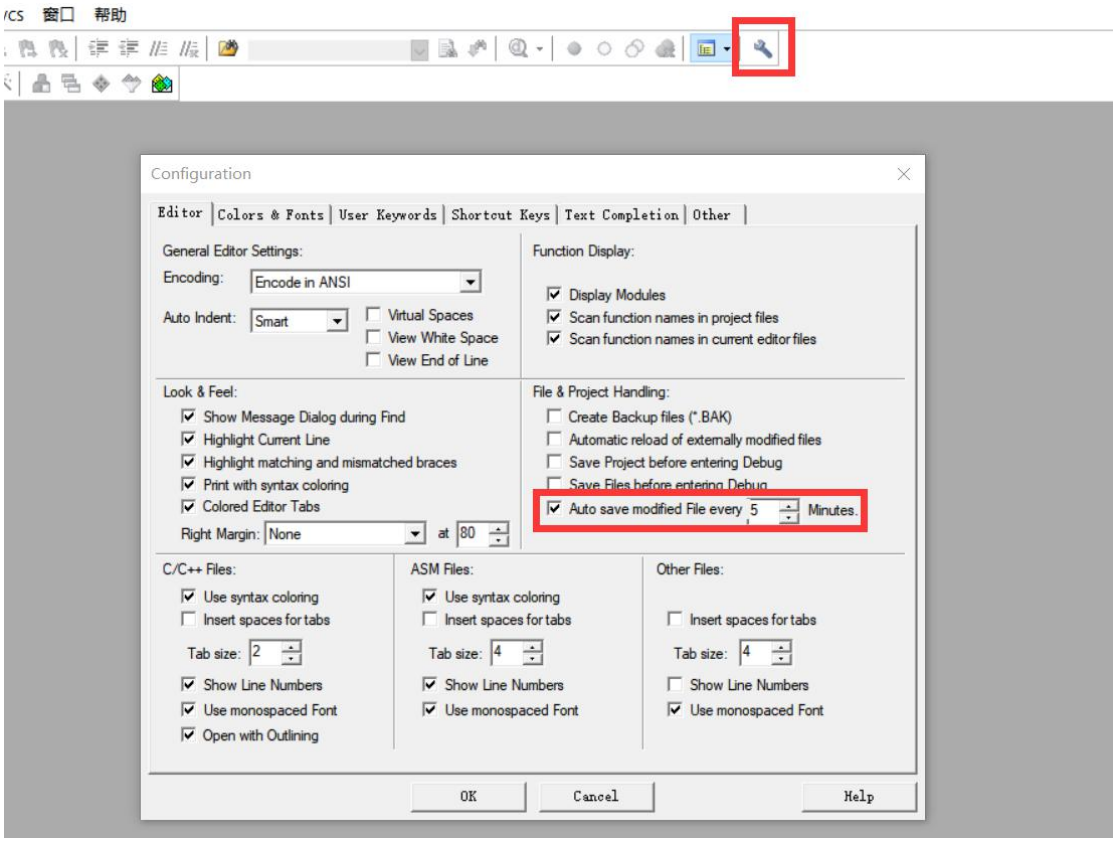
1.2 学习 STM32 的软件平台

烧写 STM32 必须有一个开发平台：我这里因为手边具有教程和交材，所以使用 Keil。

Keil MDK 是 ARM 公司提供的编译环境，我使用的版本 Keil5 具有支持自动补全关键字的功能，非常方便，这个功能在程序设计时十分实用。要开启这样的功能我们首先需要进行

一个设置。

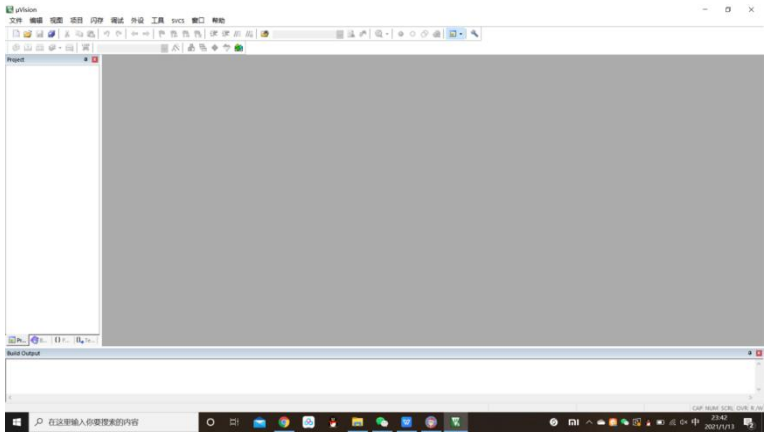
EDIT 菜单——Configuration——勾选其中的 Symbol after 3 characters。（好家伙，由于我装了 Keil5 的汉化补丁，我好像找不到这个东西...）那我就推荐一下防止写代码不慎关机的自动保存功能。



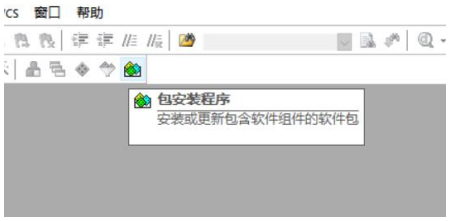
1.3 STM32 程序开发的环境搭建

1.3.1 安装 Keil

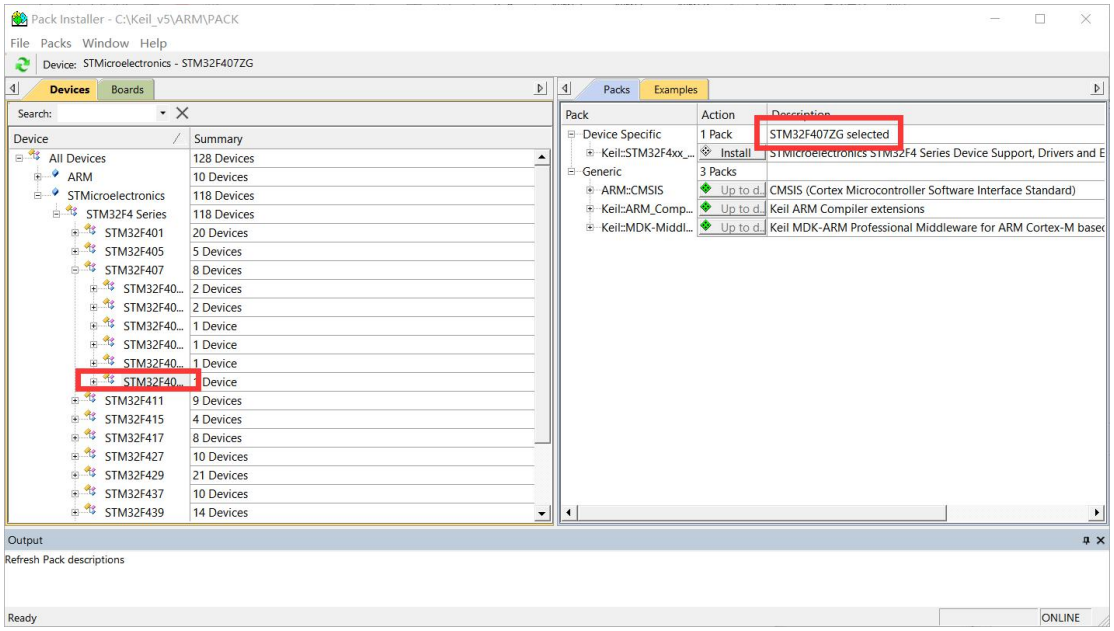
我的 Keil 是不知道谁给我的，所以这是一个好问题。如果有需要建议去官网 http://www.keil.com/download/product/下载并安装，注意可以更改安装路径，但是不能安在需要管理员权限的文件夹，例如不能在 Program Files，否则会出现一些问题。



打开 Pack Installer。



左边选择 STMicroelectronics，右边选择 STM32F4ZG。

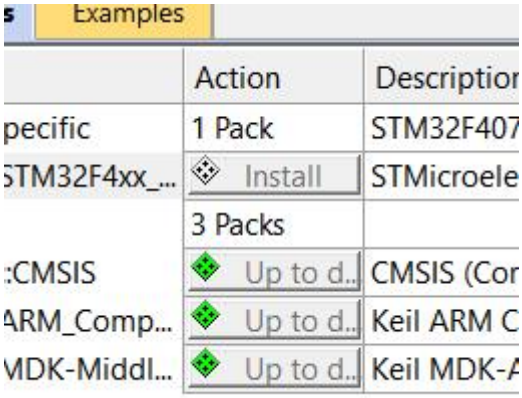


在 Action 里面会出现很多按钮，他们有自己独特的含义：

1）install：需要安装

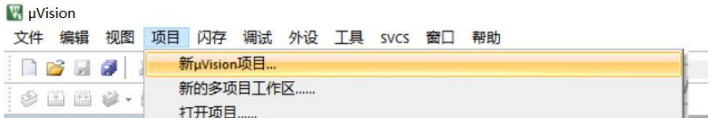
2）update：需要升级

3）up to date：已安装到最新版

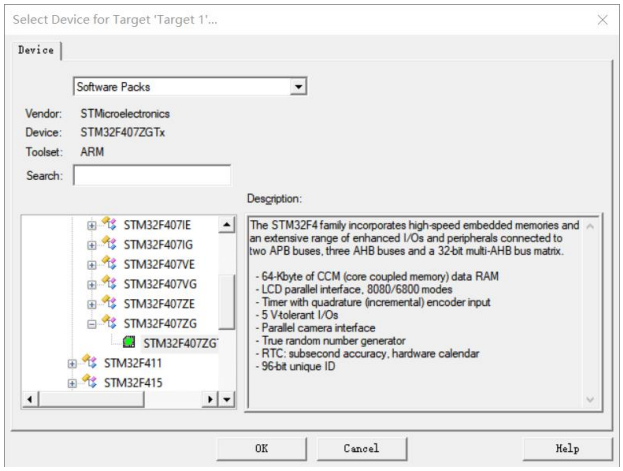


1.3.2 建立工程

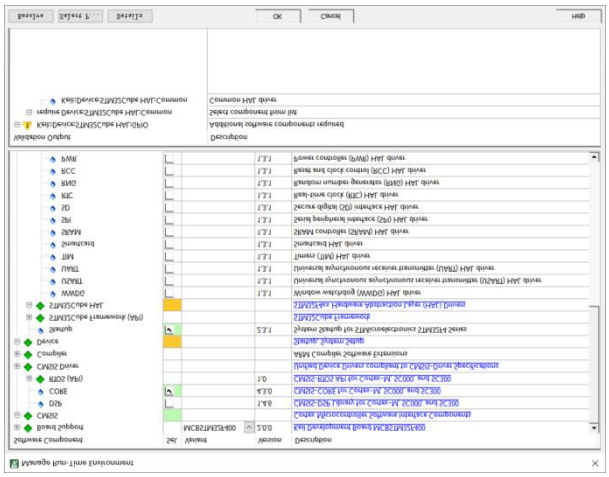
一般选择在一个空文件夹建立工程，会建立很多文件。



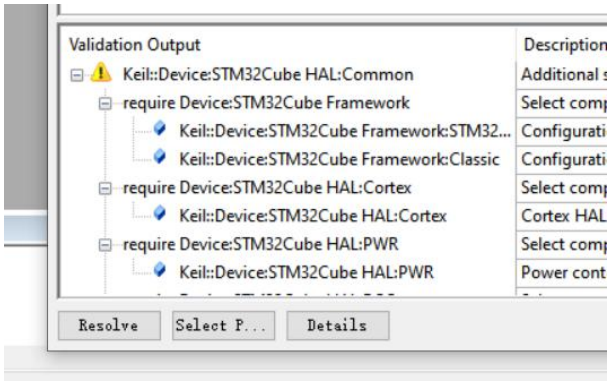
选择 STM32F407ZG 的芯片型号。



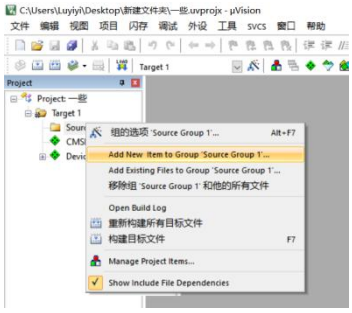
这是运行环境管理窗口，我们选择 CMSIS——> CORE 和 Device——>Startup 和 STM32Cube HAL ——> GPIO。



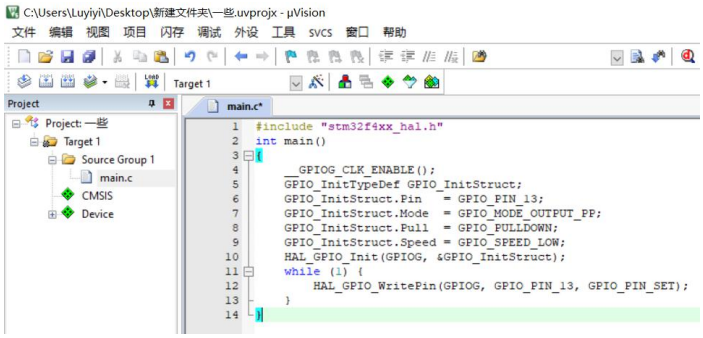
下方会提示需要哪些库，都需要进行选择。（单击可以直接找到）



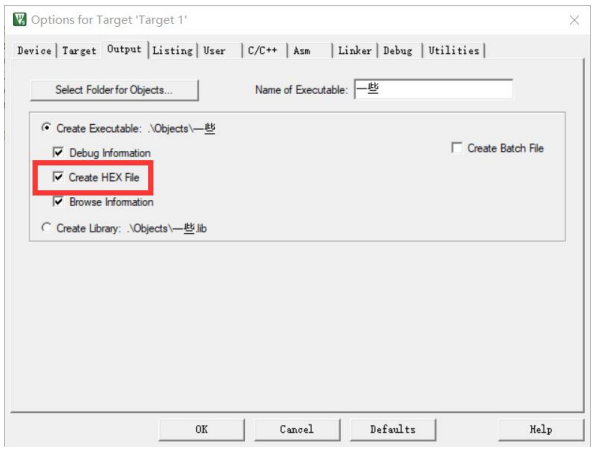
搭建主函数 main 文件。在 Source Group1 右键，添加一个命名为 main 的文件。



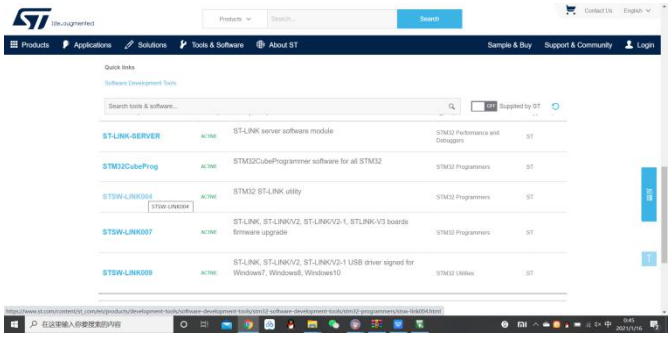
在这个页面导入我们需要的主函数，以点亮 LED 小灯为例。



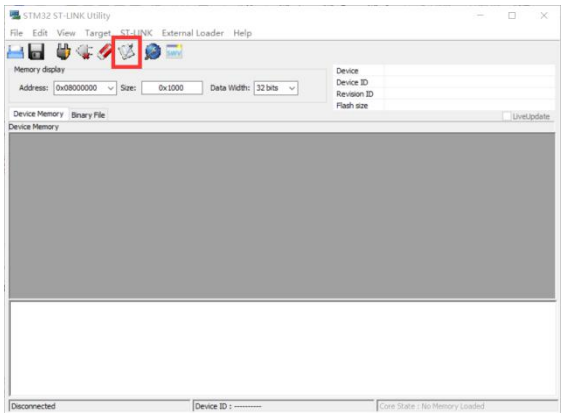
打开“目标选项”，勾选配置 HEX 文件。



接下来，我们要上官网获取我们所需要的驱动。



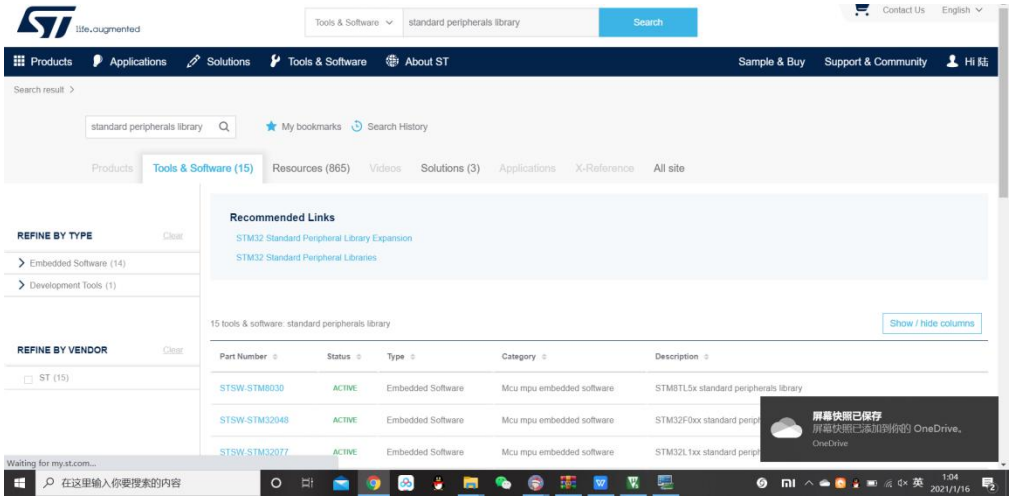
这是烧录程序，点击后点 start 就会烧录程序。重新编译后也要重新选择一次 HEX 文件。

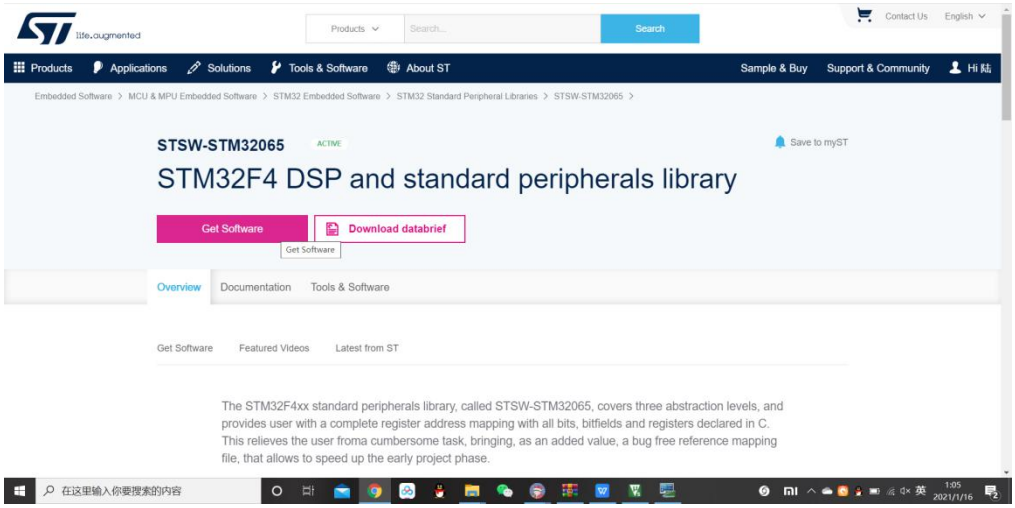


1.4 工程模板的建立（细致版）

1.4.1 STM32 的固件库

固件库是一个包含所有的标准外设的设备驱动程序。
我们可以从官网下载固件库并且加以使用。



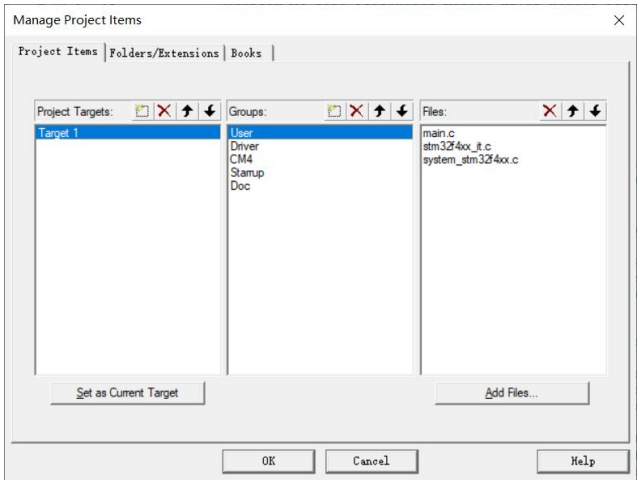


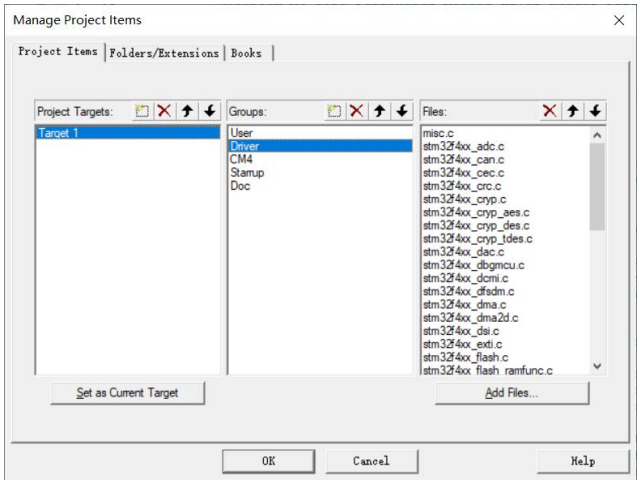
1.4.2 有关固件库的分析和笔记

接下来我们开始新建工程，并为工程添加分组。

从我们的固件库里选择并且复制需要的文件。

大概像下面这样。（一些操作）

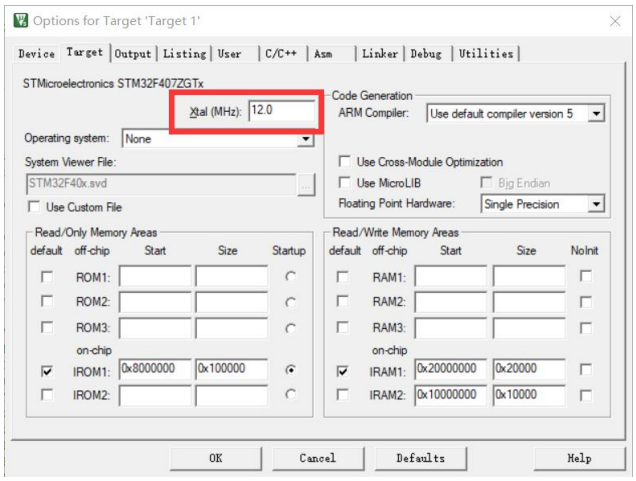


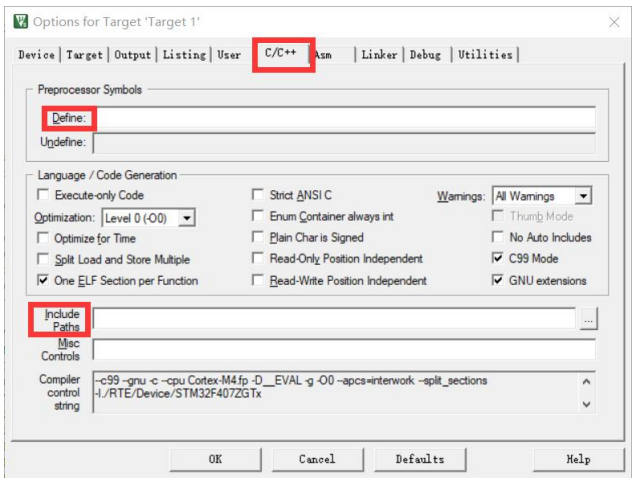


然后对 KEIL 的开发环境进行设置。

我们选择 Options for Target1。

这里屎外部时钟，可以根据晶振需求来调整。



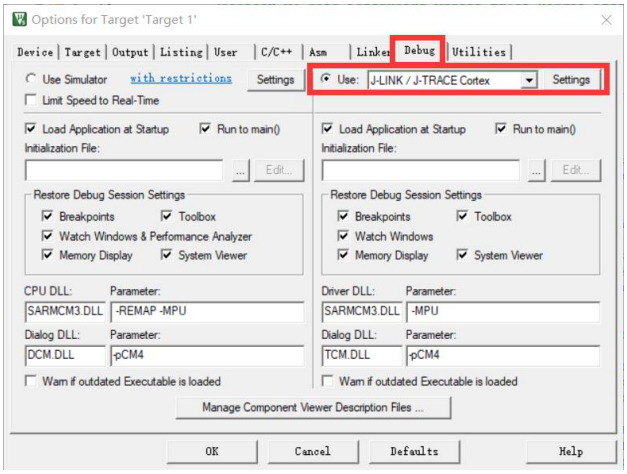


在 C/C++页面中主要设置这两个。

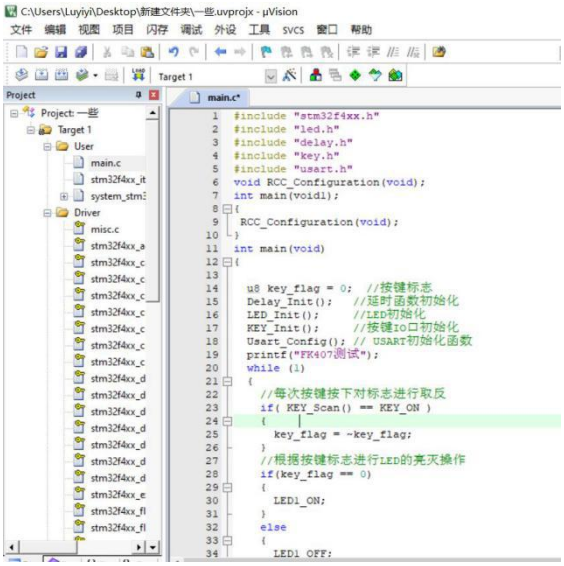
Define：设职位编译过程中的预处理宏定义符号。

Inuclude Path：设置为编译过程中文件包要查找的路径。

在 Debug 里面选择使用的仿真器。



之后，我们欹指以下工程模板中的相关文件。
对 main.c 的文件加以调整。只保留部分。



在这里我保留了系统时钟配置函数，保留了默认值，并且添加了我需要的点亮 led 的函数。

1.5 程序的烧写

每个 STM32 上都有两个引脚 BOOT0 和 BOOT1，他们在芯片复位时候的电平状态决定了他们从哪个区域开始执行。
当 BOOT0=x 和 BOOT1=0，从用户闪存启动，这是正常的工作模式。
当 BOOT0=0 和 BOOT1=1，从系统存储器启动。他是一个 ROM 区。
当 BOOT0=1 和 BOOT1=1，从内置 SRAM 中启动，可以用来调试。（掉电后数据会消失。）
一般当 BOOT0 和 BOOT1 都接 GND，在 ISP 下载的时候当 BOOT0=1、BOOT1=0，下载完成后都接 0，就会正常工作。

第二章 有关 GPIO 的输入和输出 1

这里补充三种设置延时的方式：

1）基于延时函数的延时

```
//有关延时函数的延时代码
void delay_nums(u16 time)
{   u16 i=0;
    while(time--)
    {   i=12000;
        while(i--)
    }
}
```

2）SysTick 中断延时

```
//有关 SysTick 中断延时
//stm3210x_it.h
extern_IO uint32_t TimingDealay;
//stm32f40x_it.c 定义中断函数
void SysTick_Handler(void)
    {
    if(TimingDealay !=0x00)
    {
            TimingDealay--;
    }
}
//mian.c 定义函数和全局变量
void Init_SysTick(void)
{
    if(SysTick_Config(SystemCoreClock/1000))//1ms 的时间基准
    while(1)
}
//延时函数
_IO uint32_t TimingDealay;
void dealay_ms(_IO uint32_t nTime)
{
    TimingDealay = nTime;
    while(TimingDealay!=0);
}
```

3）定时器中断延时

```
//有关定时器中断延时
//前期操作：1）由于使用了 TIMx 所以将#inclde stm32f40x_tim.h 使用
//stm32f40x_it.c 加入中断函数
void TIM3_IROHandler(void)
```

```
{
    if(TIM_GetITStatus(TIM3,TIM_IT_Update)!=RESET)
    //检查 TIM 中断是否发生
    {
        TIM_ClearITPendingBit(TIM3,TIM_IT_Update);
        //清除中断待处理位：TIM 中断源
        i++;
        //外部全局变量 1s 点亮 1s 关闭
        if(i==1000)
        {
            LED0_ON;
        }
        if(i=2000)
        {
            LED0_OFF;
            i=0;
        }
    }
}
//stm32f40x_it.h 加入
extern u16 i;//外部变量说明，在主函数致中定义，在中断函数中使用
void TIM3_IROHandler(void);//TIM3 中断函数说明
```

2.2 GPIO 输出——GPIO 口的各种输出方式及其应用

2.1 输出方式

1）推免输出：可以输出高、低电平，连接数字器件。
2）开漏输出：输出端相当于三极管的继电器。如果要得到高点评状态需要外界上拉电阻。可以做电流型的驱动。
该项目的接线方式：
D2——PC8（推免输出）
D4——PC9（推免输出）
D6——PA8（开漏输出）
D7——PA11（开漏输出）
D8——PA12（开漏输出）
1、在 conf.h 中选择我们需要的内容，把不需要的注销掉

```
#ifndef __STM32F4xx_CONF_H
#define __STM32F4xx_CONF_H
/*#include "stm32f4xx_adc.h"
#include "stm32f4xx_crc.h"
#include "stm32f4xx_dbgmcu.h"
#include "stm32f4xx_dma.h"
#include "stm32f4xx_exti.h"
#include "stm32f4xx_flash.h"*/
#include "stm32f4xx_gpio.h"
/*#include "stm32f4xx_i2c.h"
#include "stm32f4xx_iwdg.h"
#include "stm32f4xx_pwr.h"*/
#include "stm32f4xx_rcc.h"
/*#include "stm32f4xx_rtc.h"
#include "stm32f4xx_sdio.h"
#include "stm32f4xx_spi.h"
#include "stm32f4xx_syscfg.h"
#include "stm32f4xx_tim.h"
#include "stm32f4xx_usart.h"
#include "stm32f4xx_wwdg.h"*/
#include "misc.h" /* High level functions for NVIC and SysTick
```

2、在 main.c 中编写我们的核心代码

1）配置用到的 I/O 接口

```
#include <stm32f44x.h>
//宏定义
#define D2_ON GPIO_ResetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8)
#define D2_OFF GPIO_SetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8)
#define D4_ON GPIO_ResetBits(GPIOC,GPIO_Pin_9)
#define D4_OFF GPIO_SetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8)
#define D6_ON GPIO_ResetBits(GPIOA,GPIO_Pin_8)
#define D6_OFF GPIO_SetBits(GPIOA,GPIO_Pin_8)
#define D7_ON GPIO_ResetBits(GPIOA,GPIO_Pin_11)
#define D7_OFF GPIO_SetBits(GPIOA,GPIO_Pin_11)
#define D8_ON GPIO_ResetBits(GPIOA,GPIO_Pin_12)
#define D8_OFF GPIO_SetBits(GPIOA,GPIO_Pin_12)
//配置用到的I/O接口
```

2）对于 I/O 口的输出方式进行一些配（输出的方式和端口）

```
void LED_GPIO_Config(void)
{
  GPIO_InitTypeDefGPIO_InitStructure;
    PCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOC,ENABLE);//使C端时钟开始
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_8|GPIO_Pin_9;//选择引脚
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_OUT_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_10Mhz;//初始速度
    GPIO_Init(GPIOC,&GPIO_InitStructure);//初始化C端口

    PCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA,ENABLE);//使A端时钟开始
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_8|GPIO_Pin_11|GPIO_Pin_12//选择引脚
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_OUT_OD;//开漏输出
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_10Mhz;//初始速度
    GPIO_Init(GPIOA,&GPIO_InitStructure);//初始化C端口
}
```

3）延时函数

```
//有关延时函数的延时代码
void delay_nums(u16 time)
{   u16 i=0;
    while(time--)
    {   i=12000;
        while(i--)
    }
}
```

4）LED 的初始状态

```
//LED的初始状态
void TurnOffALLled(void)
{
    D2_OFF;
    D4_OFF;
    D6_OFF;
    D7_OFF;
    D8_OFF;
}
```

5）主函数

```
//主函数
int main(void)
{
    SystemInit();
    LED_GPIO_Config();
    TurnOffALLled();
    while(1)
    {
        D2_ON;
        delay_nums(1000);
        D2_OFF;
        delay_nums(1000);
        D4_ON;
        delay_nums(1000);
        D4_OFF;
        delay_nums(1000);
        D6_ON;
        delay_nums(1000);
        D6_OFF;
        delay_nums(1000);
        D7_ON;
        delay_nums(1000);
        D7_OFF;
        delay_nums(1000);
        D8_ON;
        delay_nums(1000);
        D8_OFF;
        delay_nums(1000);
    }
}
```

（这是完整的有关输出方式 GPIO 的定义和程序 VSC 版）

```
//接哪
//D2——PC8（推免输出）
//D4——PC9（推免输出）
//D6——PA8（开漏输出）
//D7——PA11（开漏输出）
//D8——PA12（开漏输出）
//输出的方式和端口
void LED_GPIO_Config(void)
{
    GPIO_InitTypeDefGPIO_InitStructure;
    PCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOC,ENABLE);//使 C 端时钟开始
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_8|GPIO_Pin_9;//选择引脚
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_OUT_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_10Mhz;//初始速度
    GPIO_Init(GPIOC,&GPIO_InitStructure);//初始化 C 端口
    PCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA,ENABLE);//使 A 端时钟开始
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_8|GPIO_Pin_11|GPIO_Pin_12//选择引脚
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_OUT_OD;//开漏输出
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_10Mhz;//初始速度
    GPIO_Init(GPIOA,&GPIO_InitStructure);//初始化 C 端口
}
//有关延时函数的延时代码
void delay_nums(u16 time)
{   u16 i=0;
    while(time--)
    {   i=12000;
        while(i--)
    }
}
```

```c
//LED 的初始状态
void TurnOffALLled(void)
{
    D2_OFF;
    D4_OFF;
    D6_OFF;
    D7_OFF;
    D8_OFF;
}
//主函数
int main(void)
{
    SystemInit();//篇日志系统时钟为 72Mhz，这个步骤是可以省略的
    LED_GPIO_Config();//GPIO 端口初始化
    TurnOffALLled();//关灯
    while(1)
    {
        D2_ON;
        delay_nums(1000);
        D2_OFF;
        delay_nums(1000);
        D4_ON;
        delay_nums(1000);
        D4_OFF;
        delay_nums(1000);
        D6_ON;
        delay_nums(1000);
        D6_OFF;
        delay_nums(1000);
        D7_ON;
        delay_nums(1000);
        D7_OFF;
        delay_nums(1000);
        D8_ON;
        delay_nums(1000);
        D8_OFF;
        delay_nums(1000);
        //开关开关开关开关（有输出方式的区别）
    }
}
```

运行问题：（固件库报错、待处理）

```
      SystemCoreClock = HSE_VALUE;
..\STM32F4xx_DSP_StdPeriph_Lib_V1.8.0\Project\STM32F4xx_StdPeriph_Templates\system_stm32f4xx.c(562): warning:  #550-D: variable "pllsource" was set but never used
    uint32_t tmp = 0, pllvco = 0, pllp = 2, pllsource = 0, pllm = 2;
..\STM32F4xx_DSP_StdPeriph_Lib_V1.8.0\Project\STM32F4xx_StdPeriph_Templates\system_stm32f4xx.c(562): warning:  #550-D: variable "pllm" was set but never used
    uint32_t tmp = 0, pllvco = 0, pllp = 2, pllsource = 0, pllm = 2;
..\STM32F4xx_DSP_StdPeriph_Lib_V1.8.0\Project\STM32F4xx_StdPeriph_Templates\system_stm32f4xx.c: 2 warnings, 2 errors
".\Objects\template.axf" - 3 Error(s), 2 Warning(s).
```

2.2 输入方式

2.2.1 单功能按键输入

主要算法与原理：

【1】GPIO 初始化为上拉输出。按键一个引脚 PB15，一个引脚接地。没有按下的时候 BP15 高电平，按下的时候 PB15 低电平。

【2】按键捕捉：不断判断 PB15 是否为高电平。

【3】按键奇数次、偶数次——二极管的点亮与熄灭。

步骤 1：stm32f4xx_conf.h 选择需要的外设模块的头文件。（GPIO,RCC,MISC）

```
#ifndef __STM32F4xx_CONF_H
 #define __STM32F4xx_CONF_H
/*#include "stm32f4xx_adc.h"
 #include "stm32f4xx_crc.h"
 #include "stm32f4xx_dbgmcu.h"
 #include "stm32f4xx_dma.h"
 #include "stm32f4xx_exti.h"
 #include "stm32f4xx_flash.h"*/
 #include "stm32f4xx_gpio.h"
/*#include "stm32f4xx_i2c.h"
 #include "stm32f4xx_iwdg.h"
 #include "stm32f4xx_pwr.h"*/
 #include "stm32f4xx_rcc.h"
/*#include "stm32f4xx_rtc.h"
 #include "stm32f4xx_sdio.h"
 #include "stm32f4xx_spi.h"
 #include "stm32f4xx_syscfg.h"
 #include "stm32f4xx_tim.h"
 #include "stm32f4xx_usart.h"
 #include "stm32f4xx_wwdg.h"*/
 #include "misc.h" /* High level functions for NVIC and SysTick (add-on to CMSIS functions) */
```

步骤 2：撰写 mian.c

配置用到的 I/O 口和情况

```
#include <stm32f44x.h>
//配置用到的I/O口和情况
#define D2_ON GPIO_ResetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8)
#define D2_OFF GPIO_SetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8)
#define S1_DOWN GPIO_ReadInputDataBit(GPIOB,GPIO_Pin_15)=0
#define S1_UP GPIO_ReadInputDataBit(GPIOB,GPIO_Pin_15)=1
```

设置

```
void LEDKEY_GPIO_Config(void)
{
    GPIO_InitTypeDefGPIO_InitStructure;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOC|RCC_APB2Periph_GPIOB,ENABLE);//使C,B端时钟开始
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_8;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_OUT_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_50Mhz;
    GPIO_Init(GPIOC,&GPIO_InitStructure);//初始化C端口
    GPIO_SetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8);//关闭LED

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_15;//选择引脚
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_OUT_IPU;//上拉输入（复位成为高电平）
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_50Mhz;
    GPIO_Init(GPIOB,&GPIO_InitStructure);//初始化B端口
}
```

下面使我们的可以通过判断和执行完成的主函数

```
//主函数
int main(void)
{
    u8 kcnt=0;
    SystemInit();
    LEDKEY_GPIO_Config();
    while(1)
    {
        if(S1_DOWN)
        {
            delay_nums(10);
            if(S1_DOWN)
             kcnt++;
            if(kcnt%2)
             D2_ON;
            else
             D2_OFF;
            while(S1_DOWN);
        }
    }
}
```

（以下是该部分的完整代码）

```
#include <stm32f44x.h>
//配置用到的 I/O 口和情况
#define D2_ON GPIO_ResetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8)//控制发光二极管点亮和熄灭的宏语句
#define D2_OFF GPIO_SetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8)//控制发光二极管点亮和熄灭的宏语句
#define S1_DOWN GPIO_ReadInputDataBit(GPIOB,GPIO_Pin_15)=0//关于按键的定义
#define S1_UP GPIO_ReadInputDataBit(GPIOB,GPIO_Pin_15)=1//关于按键的定义
void LEDKEY_GPIO_Config(void)
{
    GPIO_InitTypeDefGPIO_InitStructure;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOC|RCC_APB2Periph_GPIOB,ENABLE);//使 C,B 端时钟开始
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_8;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_OUT_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_50Mhz;
    GPIO_Init(GPIOC,&GPIO_InitStructure);//初始化 C 端口
    GPIO_SetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8);//关闭 LED

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_15;//选择引脚
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_OUT_IPU;//上拉输入（复位成为高电平）
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_50Mhz;
    GPIO_Init(GPIOB,&GPIO_InitStructure);//初始化 B 端口
}
//有关延时函数的延时代码
void delay_nums(u16 time)
{   u16 i=0;
    while(time--)
    {   i=12000;
        while(i--)
    }
}
//主函数
int main(void)
{
```

```
    u8 kcnt=0;
    SystemInit();
    LEDKEY_GPIO_Config();
    while(1)
    {
        if(S1_DOWN)
        {
            delay_nums(10);
            if(S1_DOWN)
             kcnt++;
            if(kcnt%2)
             D2_ON;
            else
             D2_OFF;
            while(S1_DOWN);
        }
    }
}
```

PS：GPIO 有两种常用的开关量输入方式：上拉输入和下拉输入。
上拉输入：GPIO_Mode_IPU，利用芯片的上拉电阻使得复位后的默认状态变为高电平，因此引脚无需外界上拉电阻。
下拉输入：GPIO_Mode_IDU，利用芯片的上拉电阻使得复位后的默认状态变为低电平，因此引脚无需外界下拉电阻。

2.2.2 复用功能按键输入

按键复用：一按键多用的形式。
1——场景切换。（根据上下文执行的不同切换模式）
2——时间切换。（根据按键时间长短决定模式）
3——组合按键。（根据按键数量的多少决定模式）
【1】功能
按键 S1 短按：控制灯 D2 的亮灭。
按键 S1 长按：系统自动重启。
【2】实现原理
按键 S1 按下——系统开始计时——判断是否为三秒以内——执行操作
【3】实现过程
选取程序需要的外设模块文件（同上例，不详细描述）
写取宏定义，包括按键和小灯。

```
#include <stm32f44x.h>
//配置用到的I/O口和情况
#define D2_ON GPIO_ResetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8)
#define D2_OFF GPIO_SetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8)
#define S1_DOWN GPIO_ReadInputDataBit(GPIOB,GPIO_Pin_15)=0
#define S1_UP GPIO_ReadInputDataBit(GPIOB,GPIO_Pin_15)=1
```

对 I/O 口的配置进行定义和撰写

```
void LEDKEY_GPIO_Config(void)
{
    GPIO_InitTypeDefGPIO_InitStructure;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOC|RCC_APB2Periph_GPIOB,ENABLE);//使C,B端时钟开始
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_8;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_OUT_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_50Mhz;
    GPIO_Init(GPIOC,&GPIO_InitStructure);//初始化C端口
    GPIO_SetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8);//关闭LED

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_15;//选择引脚
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_OUT_IPU;//上拉输入（复位成为高电平）
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_50Mhz;
    GPIO_Init(GPIOB,&GPIO_InitStructure);//初始化B端口
}
```

延时函数的撰写

```
//有关延时函数的延时代码
void delay_nums(u16 time)
{   u16 i=0;
    while(time--)
    {   i=12000;
        while(i--)
    }
}
```

判断按键时间和场景

```
u8 KeyPressed(u16 time)
{
    u16 cnt=0;
    if(S1_DOWN)
    {
        delay_nums(10);
        if(S1_DOWN)
        {
            while(S1_DOWN)
            {
                delay_nums(10);
                cnt++;
            }
        }
    }
    if(cnt=0)
    {
        return 0;
    }
    else
    {
        if(cnt<time/10){
            return 1;
        }
        else
        {
            return 2;
        }
    }
}
```

还要写一个系统软件复位函数，用来执行系统的复位要求。

```
//系统软件复位函数
void sysRST(void)
{
     _set_FAULTMASK(1)//关闭中断
     NVIC_SystemReset();//系统软件复位
}
```

主函数

```
//主函数
int main(void)
{
    u8 kcnt=0;
    SystemInit();
    LEDKEY_GPIO_Config();
    while(1)
    {
        switch (KeyPressed(3000))
        {
        case 0:
        break;
        case 1:kcnt++;
           if(kcnt%2){D2_ON;}
           else{D2_OFF;}
        break;
        case 2:D2_ON;
        delay_nums(10);
        sysRST();
         break;
        }
    }
}
```

（以下是整个函数的代码）

```
//第二个程序，复位按键
#include <stm32f44x.h>
//配置用到的 I/O 口和情况
#define D2_ON GPIO_ResetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8)//控制发光二极管点亮和熄灭的宏语句
#define D2_OFF GPIO_SetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8)//控制发光二极管点亮和熄灭的宏语句
#define S1_DOWN GPIO_ReadInputDataBit(GPIOB,GPIO_Pin_15)=0//关于按键的定义
#define S1_UP GPIO_ReadInputDataBit(GPIOB,GPIO_Pin_15)=1//关于按键的定义
void LEDKEY_GPIO_Config(void)
{
    GPIO_InitTypeDefGPIO_InitStructure;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOC|RCC_APB2Periph_GPIOB,ENABLE);//使 C,B 端时钟开始
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_8;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_OUT_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_50Mhz;
    GPIO_Init(GPIOC,&GPIO_InitStructure);//初始化 C 端口
    GPIO_SetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8);//关闭 LED

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=GPIO_Pin_15;//选择引脚
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_OUT_IPU;//上拉输入（复位成为高电平）
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_50Mhz;
    GPIO_Init(GPIOB,&GPIO_InitStructure);//初始化 B 端口
}
//有关延时函数的延时代码
void delay_nums(u16 time)
{   u16 i=0;
    while(time--)
    {   i=12000;
        while(i--)
    }
}
//参数 time 为判断时间设置，3s 就是 3000
//返回值：0 表示没有按键，1 表示短按，2 表示长按
```

```
u8 KeyPressed(u16 time)
{
    u16 cnt=0;
    if(S1_DOWN)
    {
        delay_nums(10);
        if(S1_DOWN)
        {
            while(S1_DOWN)
            {
                delay_nums(10);
                cnt++;
            }
        }
    }
    if(cnt=0)
    {
        return 0;
    }
    else
    {
        if(cnt<time/10){
            return 1;
        }
        else
        {
            return 2;
        }
    }
}
//系统软件复位函数
void sysRST(void)
{
    _set_FAULTMASK(1)//关闭中断
    NVIC_SystemReset();//系统软件复位
}
//主函数
int main(void)
{
    u8 kcnt=0;
    SystemInit();
    LEDKEY_GPIO_Config();
    while(1)
    {
```

```
        switch (KeyPressed(3000))//扫描按键状态
        {
        case 0://没有按键
        break;
        case 1:kcnt++;//按键短暂
           if(kcnt%2){D2_ON;}
           else{D2_OFF;}
        break;
        case 2:D2_ON;//按键长按
        delay_nums(10);
        sysRST();//系统重启
         break;
        }
    }
}
```

2.2.3 非按键类开关信号输入

GPIO 的引脚输入方式主要有四种：
【1】上拉输入(GPIO_Mode_IPU)
信号进入芯片后被内部的一个上拉电阻上拉，再经过施密特触发器转换成为 0、1 信号。因此复位后引脚电平为高电平。
【2】下拉输入(GPIO_Mode_IPD)
信号进入芯片后被内部的一个下拉电阻下拉，再经过施密特触发器转换成为 0、1 信号。因此复位后引脚电平为低电平。
【3】模拟输入(GPIO_Mode_AIN)
信号不经过上拉电阻或者下拉电阻，也不经过施密特触发器，通过另外一个线路把电压信号传送到片商相应的外设模块，通常为 ADC 模块。模拟输入的信号事没有被处理过的信号。
【4】浮空输入(GPIO_Mode_IN_FLOATING)
信号不经过上拉电阻或者下拉电阻，只经过施密特触发器。把这种模式用于标准的通信协议，如 I2C，USART 等。

2.3 GPIO 输入/输出小结

- STM32 的 GPIO 输入/输出方式一共有八种。

【1】上拉输入(GPIO_Mode_IPU)
【2】下拉输入(GPIO_Mode_IPD)
【3】模拟输入(GPIO_Mode_AIN)
【4】浮空输入(GPIO_Mode_IN_FLOATING)
【5】开漏输出(GPIO_Mode_Out_DD)
【6】推免输出(GPIO_Mode_Out_PP)
【7】复用开漏输出(GPIO_Mode_AF_DD)——片内外设功能：TX1;MOSI;SCK;SS

【8】复用推免输出(GPIO_Mode_AF_PP)——片内外设功能：I2C(SCL\SDA)

- GPIO 设置。

读取引脚状态的调用语句

```
GPIO_ResetBits(GPIOC,GPIO_Pin_8)//控制发光二极管点亮和熄灭的宏语句
```

引脚拉高的调用语句

```
GPIO_ReadInputDataBit(GPIOB,GPIO_Pin_15)=0//关于按键的定义
```

延时函数语句

```
//有关延时函数的延时代码
void delay_nums(u16 time)
{   u16 i=0;
    while(time--)
    {   i=12000;
        while(i--)
    }
}
```

系统复位语句

```
void sysRST(void)
{
    _set_FAULTMASK(1)//关闭中断
    NVIC_SystemReset();//系统软件复位
}
```

复位按键场景切换语句（时间）

```
//参数 time 为判断时间设置，3s 就是 3000
//返回值：0 表示没有按键，1 表示短按，2 表示长按
u8 KeyPressed(u16 time)
{
    u16 cnt=0;
    if(S1_DOWN)
    {
        delay_nums(10);
        if(S1_DOWN)
        {
            while(S1_DOWN)
            {
                delay_nums(10);
                cnt++;
            }
        }
    }
    if(cnt=0)
    {
        return 0;
    }
```

```
    else
    {
        if(cnt<time/10){
            return 1;
        }
        else
        {
            return 2;
        }
    }
}
```

问题：（固件库报错、待处理）

```
        SystemCoreClock = HSE_VALUE;
..\STM32F4xx_DSP_StdPeriph_Lib_V1.8.0\Project\STM32F4xx_StdPeriph_Templates\system_stm32f4xx.c(562): warning:  #550-D: variable "pllsource" was set but never used
    uint32_t tmp = 0, pllvco = 0, pllp = 2, pllsource = 0, pllm = 2;
..\STM32F4xx_DSP_StdPeriph_Lib_V1.8.0\Project\STM32F4xx_StdPeriph_Templates\system_stm32f4xx.c(562): warning:  #550-D: variable "pllm" was set but never used
    uint32_t tmp = 0, pllvco = 0, pllp = 2, pllsource = 0, pllm = 2;
..\STM32F4xx_DSP_StdPeriph_Lib_V1.8.0\Project\STM32F4xx_StdPeriph_Templates\system_stm32f4xx.c: 2 warnings, 2 errors
".\Objects\template.axf" - 3 Error(s), 2 Warning(s).
```

第三章 有关 PWM 波的原理和应用

3.1 有关 PWM 波的原理

脉冲宽度调制的简称：脉宽调制。（Pulse Width Modulation）
主要有以下几种技术：
1）相电压控制 PWM
2）脉宽 PWM——镍氢电池，改变脉冲列的周期调频，改变脉冲的宽度和占比调压。通过调整改变脉冲的周期和占空比达到控制充电电流的目的。（占空比：在遗传理想的脉冲序列（方波）中，正脉冲的持续时间与脉冲总周期的比值。）
3）随机 PWM
4）SPWM
5）线电压控制 PWM

3.2 有关 PWM 的基本应用场景

1）直流电机调速：占空比——直流电机两端有效电压。
2）LED 发光二极管的亮度调节，占空比——有效电流。
3)变频调速：PWM 频率——电机转速——节能——xxx

3.3 STM32 的 PWM 实现原理

3.3.1 STM32 的 PWM 原理

STM32 单片机定时器中的计数单元对一定频率的时钟进行计数，达到设定值改变引脚的输出状态（高电平——低电平 e.g.），计数单元溢出再次改变。周期波的频率取决于时钟的频率。

相关概念：

1）输出通道：PWM 波形的出书引脚，（单片机的每个定时器通常有对应的 4 个输出通道）TIMx_CHX,x-定时器，X-定时器对应的通道。

2）互补输出：提供给交替驱动的信号。E.G.无刷直流电机，马达一圈——相位驱动电流改变两次——相位驱动电压改变<——MOSFET or IGBT 驱动器。一个接通的时候另外一个关闭。

3.3.2 STM32 的 PWN 程序实现步骤

【1】配置输出通道

GPIO 必须进行引脚和输出方式配置。

```
//PWM 的输出口必须是复用推免输出
GPIO_Mode_AF_PP;
//如果连接多个接口需要打开重定向功能 Remap，因此需要打开 AFIO 时钟（复用时钟使能）
```

【2】配置定时器（以 TIMx 的相关寄存器）

ARR——自动重装溢出值（控制周期的）

PSC——预分频值（控制频率的）

例：假设要产生 500Hz 的 PWM 波形。

```
TIM_TimeBaseStructure_Prescaler=72-1;//系统默认时钟 72MHz，预分频 71+1 次，得到 TIM 计数始终为 1MHz，
计数长度为 1999+1=2000
TIM_TimeBaseStructure_Period=2000-1;//必须-1，在内部计算的时候自动加 1
//配置定时器的主要设置
TIM_DeInit(TIM2);//利用 TIM_Denit 函数将 Timer 设置成为默认值
TIM_InternationalClockConfig（TIM2）；//选择 TIM2 设置内时钟源
TIM_TimBaseStructure.TIM_Prescaler=72;//设置预分频系数为 72
```

定义 1：时钟分割：在定时器钟频率（CK_INT）和数字滤波器（ETR,T1x）使用的采样频率之间的分频比例

```
TIM_TimeBaseStructure.TIM_ClockDivision=TIM_CKD_D1V1;//在固件库中的设置，参数表见书本 P90
```

设置计数模式 TIM2_TIM5 可以向上计数、向下计数、向上向下双向计数。

向上计数：计数器 0——>自动加载值（TIMx_RR）的周期

向下计数：值（TIMx_ARR）——>0（并产生计数器向下溢出事件）的周期

向上向下计数（中央对齐模式）：0——>自动装入的值-1（产生计数器溢出时间）——>向下计数到 1（产生计数器溢出事件）

```
TIM_TimeBaseStructure.TIM_CounterMode=TIM_CounterMode_Up;//向上计数模式
```

设置计数溢出大小（设置 PWM 波形的周期）

```
TIM_TimeBaseStructure.TIM_Period=1000-1;//设置计数溢出大小
```

配置应用到定时器中

```
TIM_TimeBaseInit(TIM2,&TIM_TimeBaseStructure);//配置应用到具体 TIM2 定时器中
```

配置 ARR 预装载寄存器

预装载寄存器：可写入或者读出的寄存器。——软件更新预装载寄存器的时候可以保证不更新真正操作的寄存器

影子寄存器：看不见的、无法对其进行读写操作的。——多通道输出的同步

```
TIM_ARRPreloadConfig（TIM2,DISABLE);//不需要同步输出的时候禁止预装载寄存器
```

使能定时器

```
TIM_Cmd(TIM2,ENABLE);//使能 TIMx 外设
```

【3】配置 PWM 模式

为了设置 TIM3_CH3 & TIM4_CH4 为 PWM 模式（默认是冻结的），故而通过函数 TIM_OC1Init()——TIM_OC4Init()实现，原型为

```
viod TIM_OC3Init(TIM_TypeDef*TIMx,TIM_OCInitType*Def*TIM_OCInitStruct
```

以下是详细步骤

```
TIM_OCStructInit(&TimOCInitStructure);//设置默认值
TimOCInitStructure.TIM_OCMode=TIM_OCMode_PWM1;//设置输出模式为 PWM1
TimOCInitStructure.TIM_Pulse=400-1;//设置占空比（CCRx/ARR）*100% or（TIM_Pulse/TIM_Period)*100%
TimOCInitStructure.TIM_OCPolarity=TIM_OCPolarity_HIGH;//TIM 输出可比性：高
TimOCInitStructure.TIM_OutputState=TIM_OutputState_Enable;//使能输出状态
TIM_OC3Init(TIM3,&TimOCInitStructure);//TIM3 的 CH3 输出
TIM_CtrlPWMOutput(TIM3,ENABLE);//使能
```

3.3.3 STM32PWM 程序实现的三个要点

1）PWM 的两种输出模式

模式 1（PWM1）和模式 2（PWM2），由 TIMx_CCMRx 寄存器中的 OCxM 位确定的（110 为模式 1，111 为模式 2）

【1】110-PWM1：TIMx_CNT=TIMx_CCR1 通道 1 为无效电平（OC1REF=0），否则为有效电平。

【2】111-PWM2：TIMx_CNT=TIMx_CCR1 通道 1 为有效电平（OC1REF=0），否则为无效电平

2）动态调整占空比

修改 TIM3_CCRx(x=1,2,3,4)

```
//修改占空比的函数是
void TIM_SerCompare2(TIM_TypeDef*TIUMx,uint16_t Compare2);
//对于其他函数
TIM_SetComparex(x=1,2,3,4)
```

3）归纳 STM32 定时器要实现 PWM 输出的基本步骤

设置 RCC 时钟——设置 GPIO——设置 TIMx 定时器的相关寄存器——设置 TIMx 定时器的 PWM 相关寄存器——动态调整 PWM 的占空比

3.4 基于 PWM 的呼吸灯的实现思路

3.4.1 实现思路

1s 之内全灭然后按照 10 级（或）逐渐点亮，然后再完全熄灭。

首先根据不同的的 PWM 周期，决定全亮的占空比值。（以 500hz 为例子，则 2000 占空比 100%，1000 占空比 50%...同 1）

3.4.2 实现程序

定义引脚

```
#include "stm32f4xx.h"
#include "usart.h"
#include "delay.h"
#include "stm32f4xx_gpio.h"
//#define Premap
#define Fremap
//根据宏定义控制PWM的引脚
    #ifdef Premap//部分重定位
    #define Ch1 GPIO_Pin_4//GPIOB
    #define Ch2 GPIO_Pin_5//GPIOB
    #define Ch3 GPIO_Pin_0//GPIOB
    #define Ch4 GPIO_Pin_1//GPIOB
#else
    #ifdef Fremap//完全重定位
    #define Ch1 GPIO_Pin_6//GPIOC
    #define Ch2 GPIO_Pin_7
    #define Ch3 GPIO_Pin_8
    #define Ch4 GPIO_Pin_9
#else
    #define Ch1 GPIO_Pin_6//GPIOA
    #define Ch2 GPIO_Pin_7//GPIOA
    #define Ch3 GPIO_Pin_0//GPIOB
    #define Ch4 GPIO_Pin_1//GPIOB
    #endif
#endif
```

根据 PWM 波的输出通道进行串口设置

```
void GPIO_Tim3PWM(u8 chx)
{   GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    RCC_AHB1PeriphClockCmd(RCC_AHB1Periph_GPIOA|RCC_AHB1Periph_GPIOB|RCC_AHB1Periph_GPIOC,ENABLE);//GPIO时钟
    RCC_APB1PeriphClockCmd(GPIO_AF_TIM2,ENABLE);
    RCC_APB1PeriphClockCmd(GPIO_AF_TIM3,ENABLE);//使能定时器三时钟
    switch(chx)//chx是要选择的通道号
    {
    case 1:
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=Ch1;//TIM1_CH1
        break;
    case 2:
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=Ch2;//TIM1_CH2
        break;
    case 3:
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=Ch3;//TIM1_CH3
        break;
    case 4:
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=Ch4;//TIM1_CH4
        break;
    }
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_AF;//复用模式
    GPIO_InitStructure.GPIO_OType=GPIO_OType_PP;//推免输出
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_50MHz;
//根据PWM通道自适应定义引脚
```

根据 PWM 通道自适应定义引脚

```
//根据PWM通道自适应定义引脚
#ifdef Premap
    GPIO_Init(GPIOB,&GPIO_InitStructure);
#else
#ifdef Fremap
    GPIO_Init(GPIOC,&GPIO_InitStructure);
#else
switch (chx)
  {
  case 1:
      GPIO_Init(GPIOA,&GPIO_InitStructure)
      break;
  case 2:
      GPIO_Init(GPIOA,&GPIO_InitStructure)
      break;
  case 3:
      GPIO_Init(GPIOB,&GPIO_InitStructure)
      break;
  case 4:
      GPIO_Init(GPIOB,&GPIO_InitStructure)
      break;
  }
#endif
#endif
}
```

输出引脚重定位，remap 为重定位函数，0 为无重定位，1 为部分重定位，2 为全部重定位。

```
//输出引脚重定位，remap为重定位函数，0为无重定位，1为部分重定位，2为全部重定位。
void TIM3PinReMap(u8 remap)
{
    switch (remap)
    {
    case 0:
        break;
    case 1:
    //TIM2输出引脚部分重定位
        break;
    case 2:
    //TIM3输出引脚部分重定位
        break;
    }
}
```

初始化 TIM3，设置 TIM3 的 ARR（自动溢出装置，控制周期的）和 PSC（预分频值，定时器的周期）。

```
void TIM_Init(TIM_TypeDef*TIMx,u16 arr,u16 psc)
{
    TIM_TimeBaseInitTypeDef TIM_TimeBaseStructure;
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_Period=arr-1;//设置自动重装载值
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_Prescaler=psc-1;//设置预分频值
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_ClockDivision=TIM_CKD_DIV1;//设置时钟分割:TIM_CKD_DIV1=0的时候PWM不延时
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_CounterMode=TIM_CounterMode_Up;//向上计数模式
    TIM_TimeBaseInit(TIMx,&TIM_TimeBaseStructure);//根据制定的参数初始化TIMx
    //TIM_ARRPreloadConfig(TIMx,DISABLE);
    //禁止ARR预装载缓冲器
    TIM_ARRPreloadConfig(TIMx,ENABLE);//使能ARR预装载缓冲器
}
```

设置 TIM 的 PWM 模式，使能 TIM 的输出

参数：

TIMx=定时器 x，chx=选定的通道，H2L=高电平还是低电平（1 高 0 低），pulse=脉冲宽度

TIMx 的输出通道必须用相应的 TIM_OCxInit（）函数加以设定和使能

对 2，3，4 加以同样的设置

```
void TIM_PWMMode(TIM_TypeDef*TIMx,u8 chx,u8 H2L,u16 pulse)
{
    TIM_OCInitTypeDef TIM_OCInitStructure;
    switch (chx)
    {
    case 1:
        if(H2L)
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode=TIM_OCMode_PWM1;
    //选择定时器模式,TIM脉冲宽度调制模式1,相等时转换为低
        else
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode=TIM_OCMode_PWM2;
    //选择定时器模式,TIM脉冲宽度调制模式2,相等时转换为高
        TIM_OCInitStructure.TIM_OutputState=TIM_OutputState_Enable;//比较输出使能
        TIM_OCInitStructure.TIM_Pulse=pulse-1;
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCPolarity=TIM_OCPolarity_High;//输出极性:TIM输出比较级性高
        TIM_OC1Init(TIMx,&TIM_OCInitStructure);//根据TIM_OCInitStruct中指定的参数初始化外设TIMx
        TIM_OC1PreloadConfig(TIM1,TIM_OCPreload_Enable);//使能TIMx在CCR1上的预装载寄存器
        TIM_CtrlPWMOutputs(TIM1,ENABLE);//设置TIMx的PWM输出为使能
        TIM_ARRPreloadConfig(TIM1,ENABLE);//使能TIMx在ARR上的预装载寄存器
        TIM_Cmd(TIMx,ENABLE);//使能TIMx外设
        break;
    //后文同理
    case 2:
        if(H2L)
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode=TIM_OCMode_PWM1;
        else
```

有关延时函数的延时代码

```
void delay_nums(u16 time)
{   u16 i=0;
    while(time--)
    {   i=12000;
        while(i--);
    }
}
```

主函数部分

```
int main(void)
{
    short int kcnt=2000;
    SystemInit();
    GPIO_Tim3PWM(3);
    TIM3PinReMap(2);
    TIM_Init(TIM3,2000,72);
    GPIO_Tim3PWM(4);
    TIM_PWMMode(TIM3,4,0,kcnt);
    TIM_PWMMode(TIM3,4,0,kcnt);

     while (1)
     {
         for(kcnt=2001;kcnt>0;kcnt=kcnt-200)
       {
         TIM_SetCompare3(TIM3,kcnt);//改变占空比
         TIM_SetCompare3(TIM3,kcnt);
         delay_nums(100);
       }
         for(kcnt=1;kcnt<=2001;kcnt=kcnt+200)
     {
         TIM_SetCompare3(TIM3,kcnt);
         TIM_SetCompare3(TIM3,kcnt);
         delay_nums(100);
     }
    }
```

以下是完整代码

```
#include "stm32f4xx.h"
#include "usart.h"
#include "delay.h"
#include "stm32f4xx_gpio.h"
//#define Premap
#define Fremap
//根据宏定义控制 PWM 的引脚
    #ifdef Premap//部分重定位
    #define Ch1 GPIO_Pin_4//GPIOB
    #define Ch2 GPIO_Pin_5//GPIOB
    #define Ch3 GPIO_Pin_0//GPIOB
    #define Ch4 GPIO_Pin_1//GPIOB
#else
```

```
    #ifdef Fremap//完全重定位
    #define Ch1 GPIO_Pin_6//GPIOC
    #define Ch2 GPIO_Pin_7
    #define Ch3 GPIO_Pin_8
    #define Ch4 GPIO_Pin_9
#else
    #define Ch1 GPIO_Pin_6//GPIOA
    #define Ch2 GPIO_Pin_7//GPIOA
    #define Ch3 GPIO_Pin_0//GPIOB
    #define Ch4 GPIO_Pin_1//GPIOB
    #endif
#endif
void GPIO_Tim3PWM(u8 chx)
{   GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    RCC_AHB1PeriphClockCmd(RCC_AHB1Periph_GPIOA|RCC_AHB1Periph_GPIOB|RCC_AHB1Periph_GPIOC,ENAB
LE);//GPIO 时钟
    RCC_APB1PeriphClockCmd(GPIO_AF_TIM2,ENABLE);
      RCC_APB1PeriphClockCmd(GPIO_AF_TIM3,ENABLE);//使能定时器三时钟
    switch(chx)//chx 是要选择的通道号
    {
    case 1:
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=Ch1;//TIM1_CH1
        break;
    case 2:
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=Ch2;//TIM1_CH2
        break;
    case 3:
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=Ch3;//TIM1_CH3
        break;
    case 4:
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=Ch4;//TIM1_CH4
        break;
    }
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode=GPIO_Mode_AF;//复用模式
        GPIO_InitStructure.GPIO_OType=GPIO_OType_PP;//推免输出
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed=GPIO_Speed_50MHz;
//根据 PWM 通道自适应定义引脚
#ifdef Premap
    GPIO_Init(GPIOB,&GPIO_InitStructure);
#else
#ifdef Fremap
    GPIO_Init(GPIOC,&GPIO_InitStructure);
#else
switch (chx)
```

```
  {
  case 1:
      GPIO_Init(GPIOA,&GPIO_InitStructure)
      break;
  case 2:
      GPIO_Init(GPIOA,&GPIO_InitStructure)
      break;
  case 3:
      GPIO_Init(GPIOB,&GPIO_InitStructure)
      break;
  case 4:
      GPIO_Init(GPIOB,&GPIO_InitStructure)
      break;
  }
#endif
#endif
}
//输出引脚重定位，remap 为重定位函数，0 为无重定位，1 为部分重定位，2 为全部重定位。
void TIM3PinReMap(u8 remap)
{
    switch (remap)
    {
    case 0:
        break;
    case 1:
        //TIM2 输出引脚部分重定位
        break;
    case 2:
    //TIM3 输出引脚部分重定位
        break;
    }
}
void TIM_Init(TIM_TypeDef*TIMx,u16 arr,u16 psc)
{
    TIM_TimeBaseInitTypeDef TIM_TimeBaseStructure;
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_Period=arr-1;//设置自动重装载值
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_Prescaler=psc-1;//设置预分频值
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_ClockDivision=TIM_CKD_DIV1;//设置时钟分割:TIM_CKD_DIV1=0 的时候 PWM
不延时
    TIM_TimeBaseStructure.TIM_CounterMode=TIM_CounterMode_Up;//向上计数模式
    TIM_TimeBaseInit(TIMx,&TIM_TimeBaseStructure);//根据制定的参数初始化 TIMx
    //TIM_ARRPreloadConfig(TIMx,DISABLE);
      //禁止 ARR 预装载缓冲器
    TIM_ARRPreloadConfig(TIMx,ENABLE);//使能 ARR 预装载缓冲器
```

```
}
void TIM_PWMMode(TIM_TypeDef*TIMx,u8 chx,u8 H2L,u16 pulse)
{
    TIM_OCInitTypeDef TIM_OCInitStructure;
    switch (chx)
    {
    case 1:
        if(H2L)
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode=TIM_OCMode_PWM1;
    //选择定时器模式,TIM 脉冲宽度调制模式 1,相等时转换为低
        else
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode=TIM_OCMode_PWM2;
    //选择定时器模式,TIM 脉冲宽度调制模式 2,相等时转换为高
        TIM_OCInitStructure.TIM_OutputState=TIM_OutputState_Enable;//比较输出使能
        TIM_OCInitStructure.TIM_Pulse=pulse-1;
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCPolarity=TIM_OCPolarity_High;//输出极性:TIM 输出比较级性高
        TIM_OC1Init(TIMx,&TIM_OCInitStructure);//根据 TIM_OCInitStruct 中指定的参数初始化外设 TIMx
        TIM_OC1PreloadConfig(TIM1,TIM_OCPreload_Enable);//使能 TIMx 在 CCR1 上的预装载寄存器
        TIM_CtrlPWMOutputs(TIM1,ENABLE);//设置 TIMx 的 PWM 输出为使能
        TIM_ARRPreloadConfig(TIM1,ENABLE);//使能 TIMx 在 ARR 上的预装载寄存器
        TIM_Cmd(TIMx,ENABLE);//使能 TIMx 外设
        break;
    //后文同理
    case 2:
        if(H2L)
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode=TIM_OCMode_PWM1;
        else
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode=TIM_OCMode_PWM2;
        TIM_OCInitStructure.TIM_OutputState=TIM_OutputState_Enable;
        TIM_OCInitStructure.TIM_Pulse=pulse-1;
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCPolarity=TIM_OCPolarity_High;
        TIM_OC2Init(TIMx,&TIM_OCInitStructure);
        TIM_OC2PreloadConfig(TIM2,TIM_OCPreload_Enable);
        TIM_CtrlPWMOutputs(TIM2,ENABLE);
        TIM_ARRPreloadConfig(TIM2,ENABLE);
        TIM_Cmd(TIMx,ENABLE);
        break;
    case 3:
        if(H2L)
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode=TIM_OCMode_PWM1;
        else
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode=TIM_OCMode_PWM2;
        TIM_OCInitStructure.TIM_OutputState=TIM_OutputState_Enable;
        TIM_OCInitStructure.TIM_Pulse=pulse-1;
```

```
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCPolarity=TIM_OCPolarity_High;
        TIM_OC3Init(TIMx,&TIM_OCInitStructure);
        TIM_OC3PreloadConfig(TIM3,TIM_OCPreload_Enable);
        TIM_CtrlPWMOutputs(TIM3,ENABLE);
        TIM_ARRPreloadConfig(TIM3,ENABLE);
        TIM_Cmd(TIMx,ENABLE);
        break;
    case 4:
        if(H2L)
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode=TIM_OCMode_PWM1;
        else
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode=TIM_OCMode_PWM2;
        TIM_OCInitStructure.TIM_OutputState=TIM_OutputState_Enable;
        TIM_OCInitStructure.TIM_Pulse=pulse-1;
        TIM_OCInitStructure.TIM_OCPolarity=TIM_OCPolarity_High;
        TIM_OC4Init(TIMx,&TIM_OCInitStructure);
        TIM_OC4PreloadConfig(TIM4,TIM_OCPreload_Enable);
        TIM_CtrlPWMOutputs(TIM4,ENABLE);
        TIM_ARRPreloadConfig(TIM4,ENABLE);
        TIM_Cmd(TIMx,ENABLE);
        break;
    }
}
//有关延时函数的延时代码
void delay_nums(u16 time)
{   u16 i=0;
    while(time--)
    {   i=12000;
        while(i--);
    }
}
//主函数
int main(void)
{
    short int kcnt=2000;
    SystemInit();
    GPIO_Tim3PWM(3);
    TIM3PinReMap(2);
    TIM_Init(TIM3,2000,72);
    GPIO_Tim3PWM(4);
    TIM_PWMMode(TIM3,4,0,kcnt);
    TIM_PWMMode(TIM3,4,0,kcnt);
     while (1)
     {
```

```
        for(kcnt=2001;kcnt>0;kcnt=kcnt-200)
            {
        TIM_SetCompare3(TIM3,kcnt);//改变占空比
        TIM_SetCompare3(TIM3,kcnt);
        delay_nums(100);
            }
        for(kcnt=1;kcnt<=2001;kcnt=kcnt+200)
   {
        TIM_SetCompare3(TIM3,kcnt);
        TIM_SetCompare3(TIM3,kcnt);
        delay_nums(100);
   }
  }
}
```