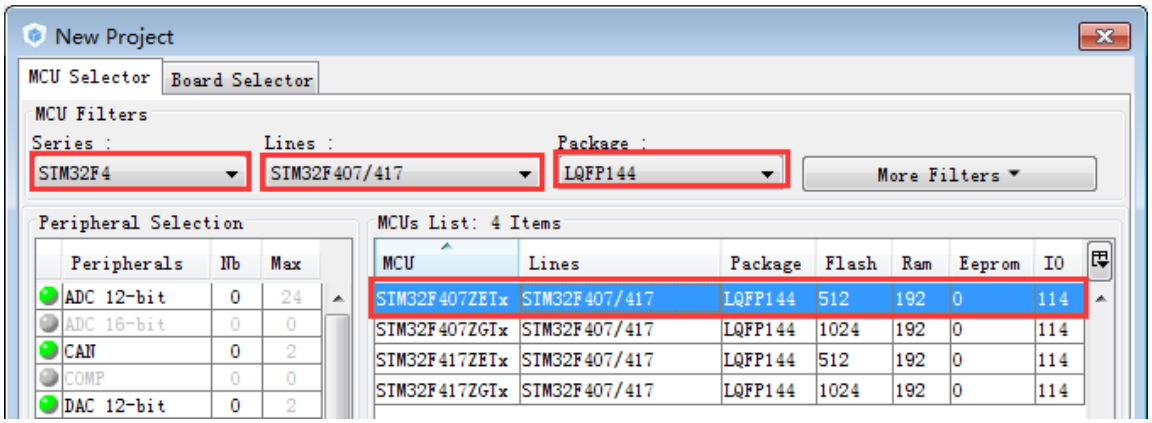
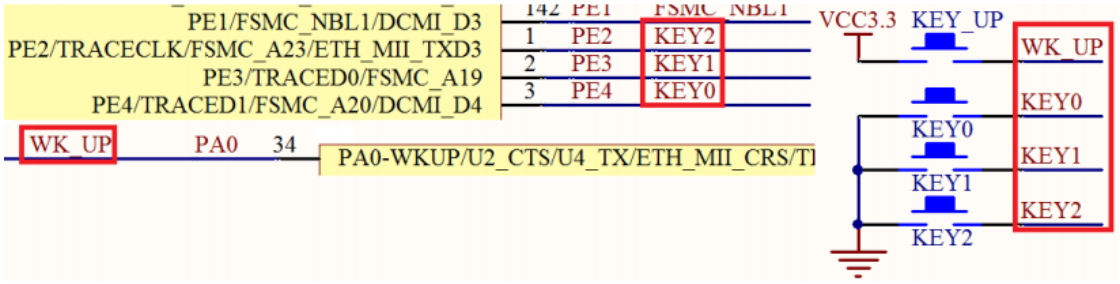
STM32Cube 学习之四：外部中断

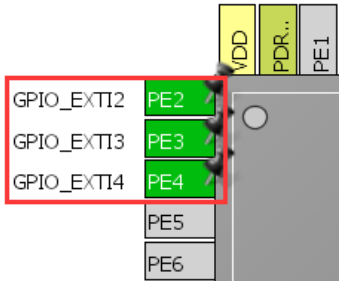
假设已经安装好 STM32CubeMX 和 STM32CubeF4 支持包。

Step1.打开 STM32CubeMX，点击“New Project”，选择芯片型号，STM32F407ZETx。

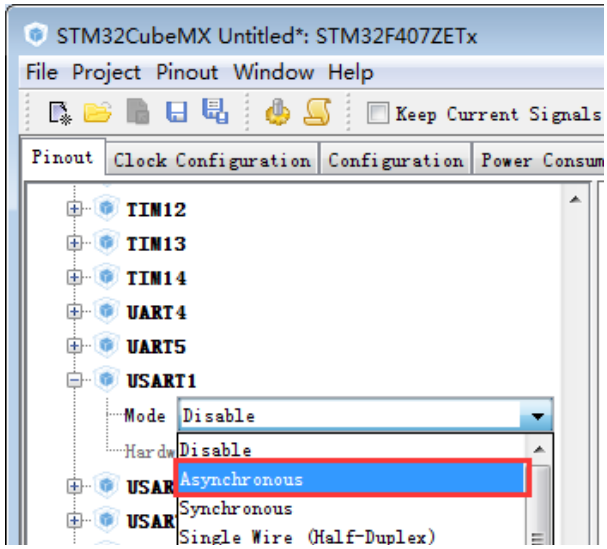


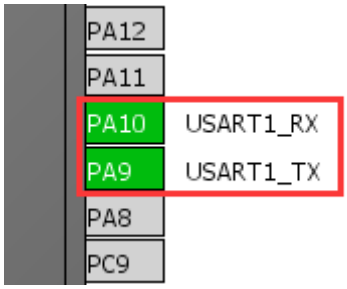
Step2.在 Pinout 界面下配置 KEY0,KEY1，KEY2 按键输入引脚为 EXTI 功能。





Step3.配置 USART，用于按键信息输出。

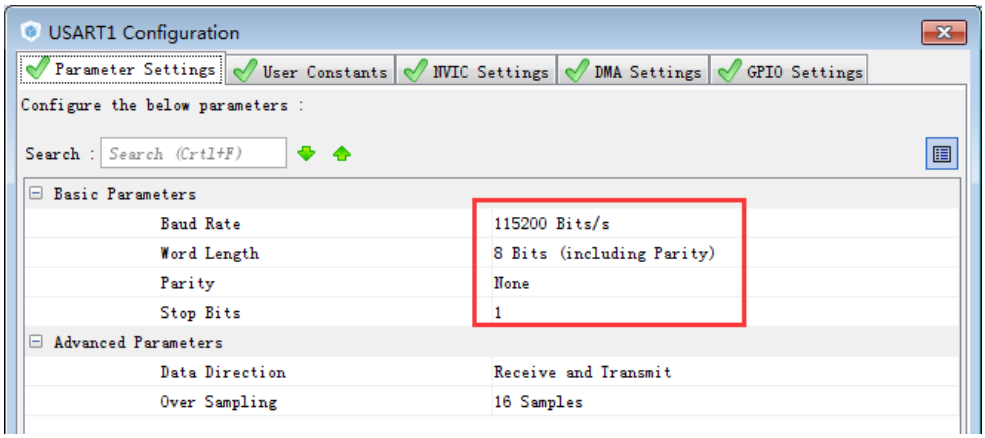




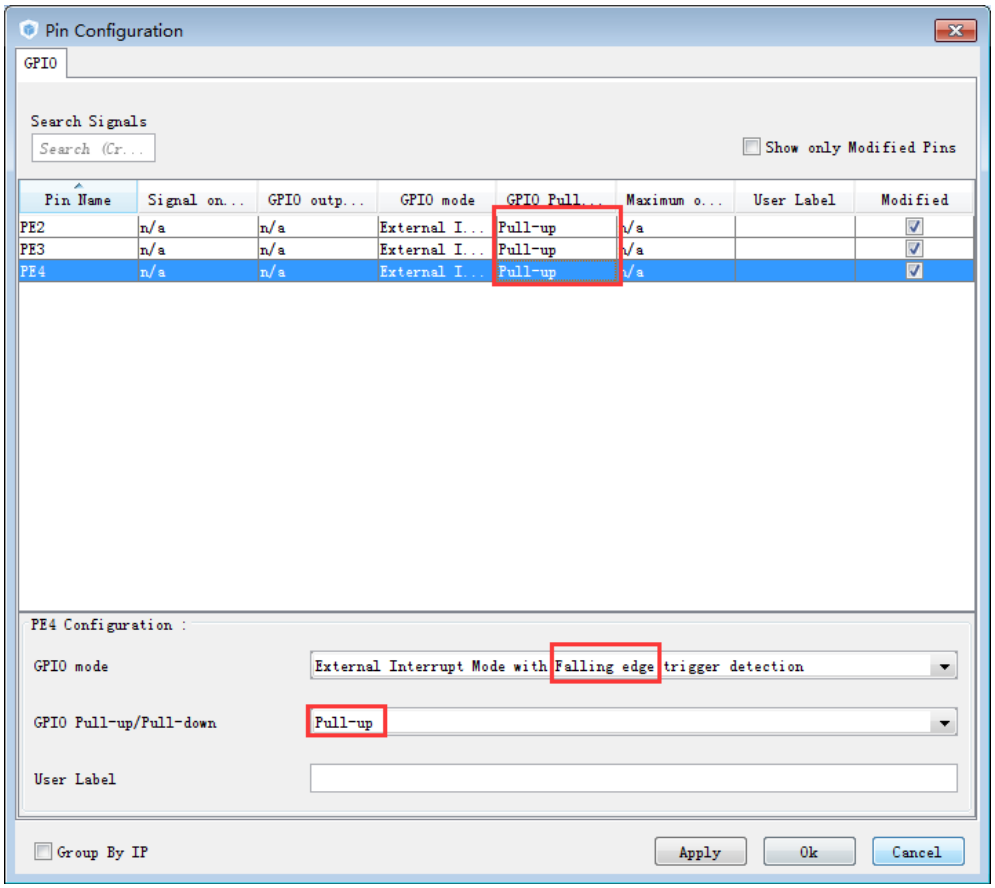
时钟树的配置不作任何修改，使用内部 16M 时钟源，内核时钟 16M。

Step4.配置串口参数和 GPIO 的参数。

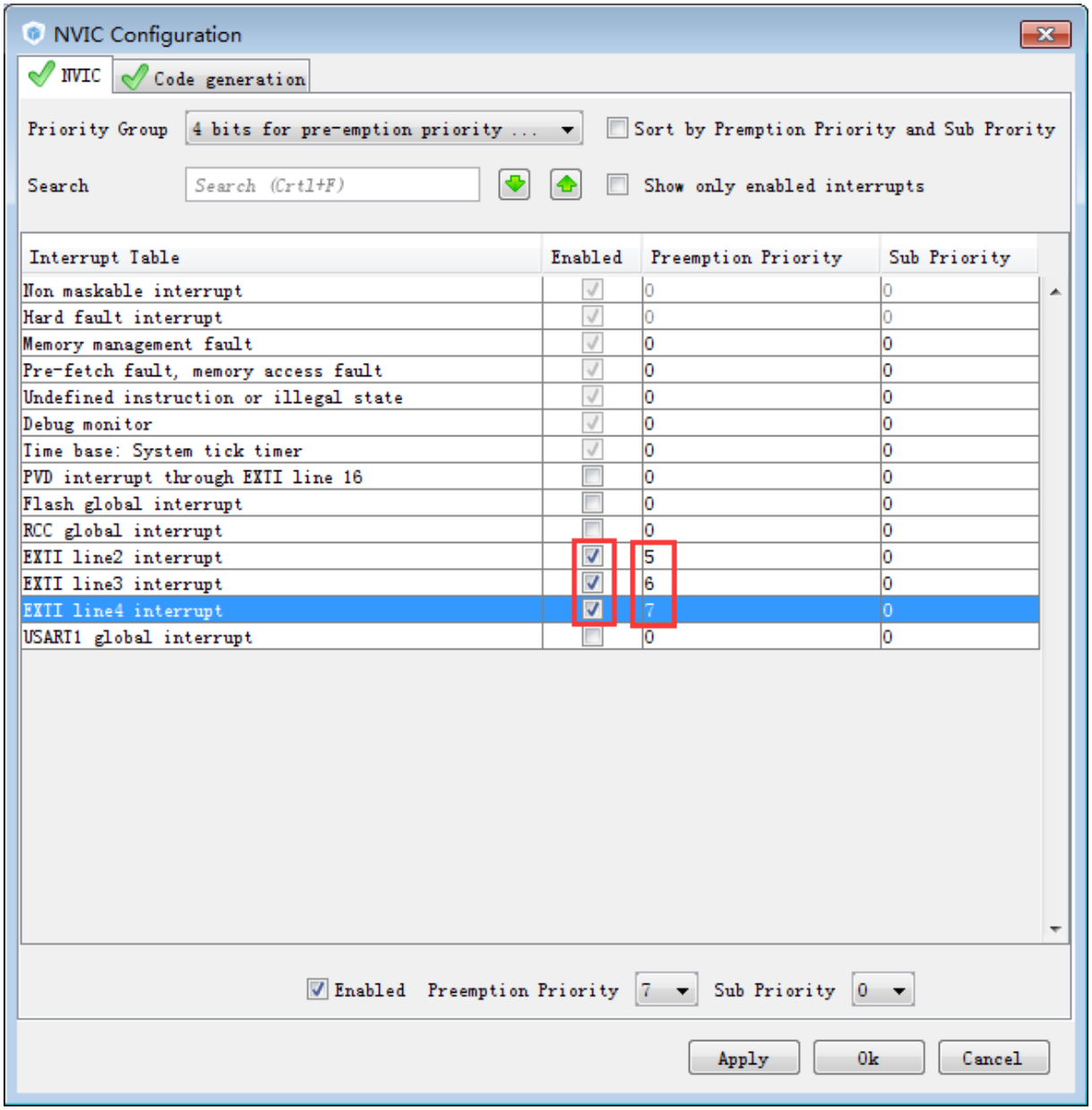
在 configuration 界面中点击 USART1 按钮，可以进入参数配置界面，使用默认参数即可。



在 configuration 界面中点击 GPIO 按钮，配置 GPIO 的上拉电阻和中断触发沿。

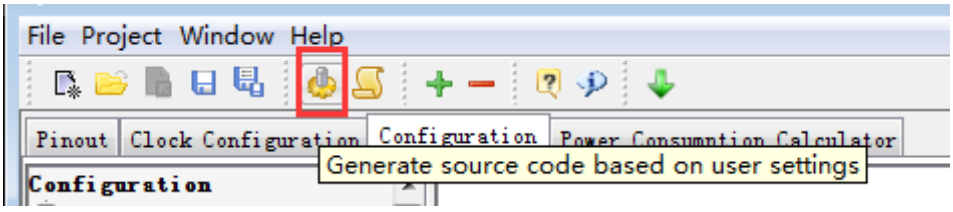


在 configuration 界面中点击 NVIC 按钮，使能 GPIO 外部中断，并配置中断优先级。

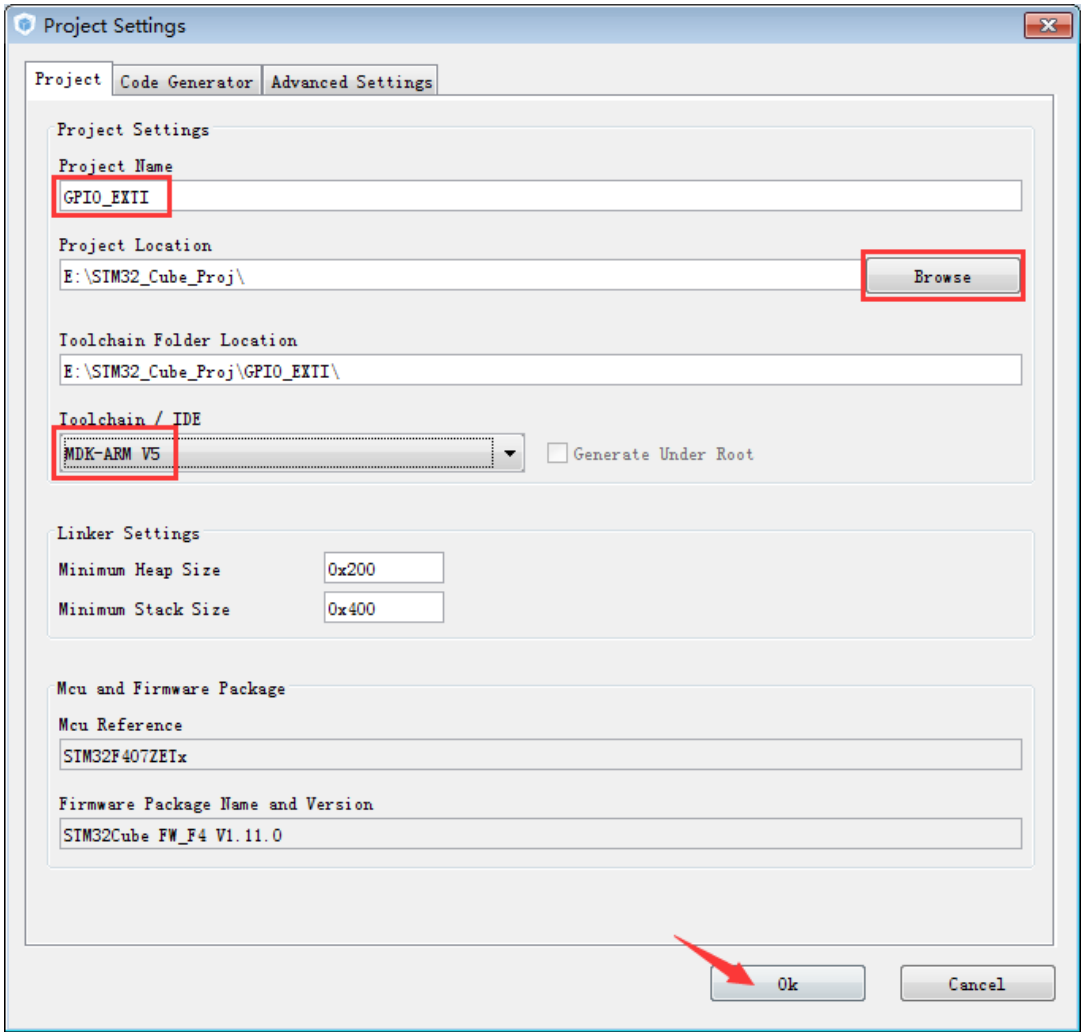


Step5.生成源代码。

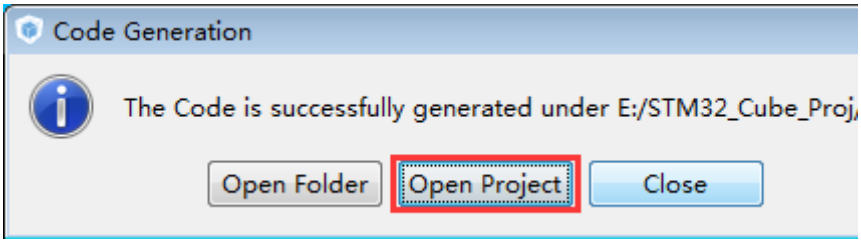
点击生成源代码按钮。



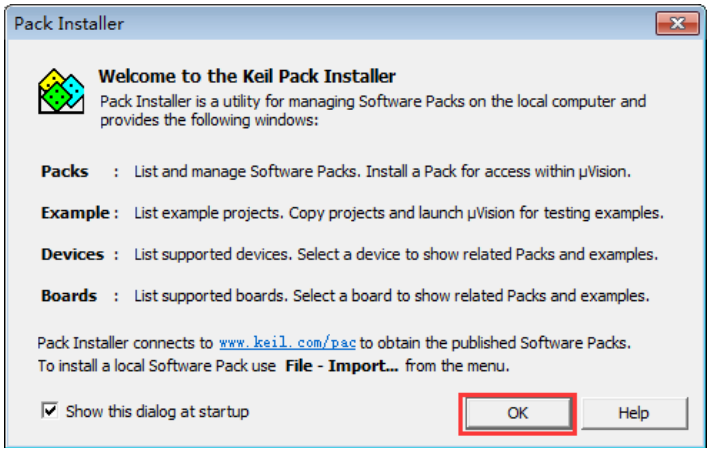
在设置界面中输入工程名，保存路径，工程 IDE 类型，点 OK 即可。



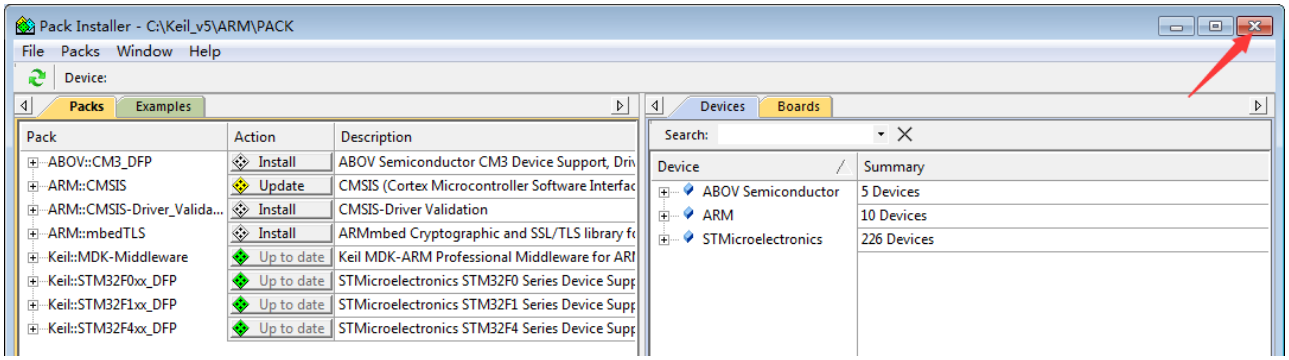
生成代码完成后可直接打开工程。



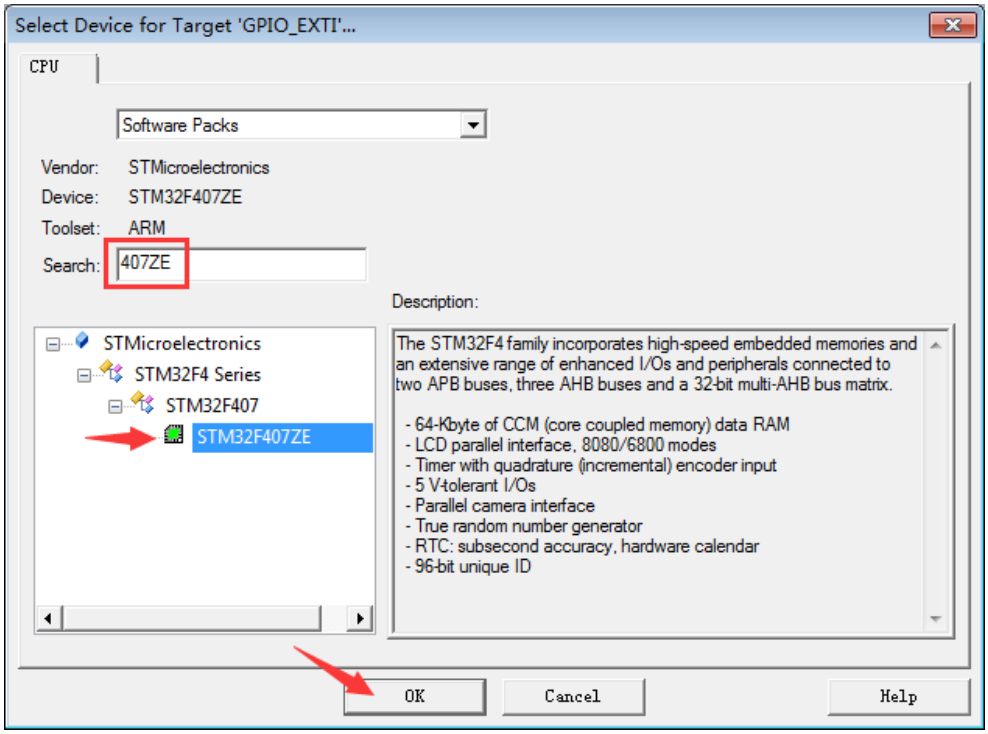
弹出如下对话框时，如果已经安装了 F4 的支持包，则点击 OK 关闭。如果没有安装，则点击界面中的 www.keil.com/...链接，找到芯片的支持包，然后安装。



关闭后面的界面。



点击“是”，然后选择芯片型号。可以在搜索框中输入关键字，加快选择速度。



Step6.添加功能代码。

在/* USER CODE BEGIN 4 */和/* USER CODE END 4 */注释之间加入下述代码。实现的功能是，按键触发中断后，通过串口发送相应信息。要注意的是，按一次按键，可能会发送多条信息，原因是按键存在的抖动，这和事实相符。

```c
/* USER CODE BEGIN 4 */
void HAL_GPIO_EXTI_Callback(uint16_t GPIO_Pin)
{
    if (GPIO_Pin & GPIO_PIN_2) {
        HAL_UART_Transmit(&huart1, "PIN_2 EXTI\r\n", 12, 10);
    }
    if (GPIO_Pin & GPIO_PIN_3) {
        HAL_UART_Transmit(&huart1, "PIN_3 EXTI\r\n", 12, 10);
    }
    if (GPIO_Pin & GPIO_PIN_4) {
        HAL_UART_Transmit(&huart1, "PIN_4 EXTI\r\n", 12, 10);
    }
}
/* USER CODE END 4 */
```

在 CubeMX 生成的程序框架中，GPIO 外部中断共用一个回调函数接口。要想知道是哪个中断源，就判断其输入参数 GPIO_Pin。

问题：怎么知道外设对应的回调函数名称呢？

答：这其实不需要记忆，可以通过两种途径找到。

方法 1：打开外设对应的头文件，如 GPIO 就打开 stm32f4xx_hal_gpio.h，

UART 就打开 stm32f4xx_hal_uart.h。找到以“HAL_”开头，以“Callback”结尾的函数列表，如下图：

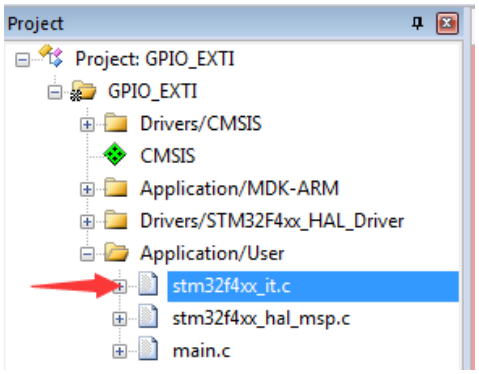
```c
/* IO operation functions *****************************
GPIO_PinState HAL_GPIO_ReadPin(GPIO_TypeDef* GPIOx, ui
void HAL_GPIO_WritePin(GPIO_TypeDef* GPIOx, uint16_t G
void HAL_GPIO_TogglePin(GPIO_TypeDef* GPIOx, uint16_t
HAL_StatusTypeDef HAL_GPIO_LockPin(GPIO_TypeDef* GPIOx
void HAL_GPIO_EXTI_IRQHandler(uint16_t GPIO_Pin);
void HAL_GPIO_EXTI_Callback(uint16_t GPIO_Pin);

HAL_StatusTypeDef HAL_UART_DMAResume(UART_HandleTypeDef *huart)
HAL_StatusTypeDef HAL_UART_DMAStop(UART_HandleTypeDef *huart);
void HAL_UART_IRQHandler(UART_HandleTypeDef *huart);
void HAL_UART_TxCpltCallback(UART_HandleTypeDef *huart);
void HAL_UART_TxHalfCpltCallback(UART_HandleTypeDef *huart);
void HAL_UART_RxCpltCallback(UART_HandleTypeDef *huart);
void HAL_UART_RxHalfCpltCallback(UART_HandleTypeDef *huart);
void HAL_UART_ErrorCallback(UART_HandleTypeDef *huart);
```

通过点击右键，然后点击“Go To Definition…”可以定位到函数实现。

```c
__weak void HAL_GPIO_EXTI_Callback(uint16_t GPIO_Pin)
{
  /* Prevent unused argument(s) compilation warning */
  UNUSED(GPIO_Pin);
  /* NOTE: This function Should not be modified, when the callback is needed,
           the HAL_GPIO_EXTI_Callback could be implemented in the user file
   */
}
```

观察会发现，该函数使用__weak 修饰。里面的注释“NOTE:…”描述是，“该函数不应被修改，如果需要回调，则可以在用户文件中实现。”也就是说，要在用户文件中重写该函数。

方法 2：如果在 CubeMX 中已经配置使能了某个中断，则可在生成的工程中直接打开 User 文件组中的 stm32f4xx_it.c 文件。



找到相应的中断函数

```
165 * @brief This function handles EXTI line2 interrupt.
166 */
167 void EXTI2_IRQHandler(void)
168 {
169   /* USER CODE BEGIN EXTI2_IRQn 0 */
170
171   /* USER CODE END EXTI2_IRQn 0 */
172   HAL_GPIO_EXTI_IRQHandler(GPIO_PIN_2);
173   /* USER CODE BEGIN EXTI2_IRQn 1 */
174
175   /* USER CODE END EXTI2_IRQn 1 */
176 }
177
178 /**
179 * @brief This function handles EXTI line3 interrupt.
180 */
181 void EXTI3_IRQHandler(void)
182 {
183   /* USER CODE BEGIN EXTI3_IRQn 0 */
184
185   /* USER CODE END EXTI3_IRQn 0 */
186   HAL_GPIO_EXTI_IRQHandler(GPIO_PIN_3);
187   /* USER CODE BEGIN EXTI3_IRQn 1 */
188
189   /* USER CODE END EXTI3_IRQn 1 */
190 }
```

然后通过点击右键，选择“Go To Definition...”找到里面调用的函数的实现。然后就找到回调函数的名称了，如下图：

```
504   */
505 void HAL_GPIO_EXTI_IRQHandler(uint16_t GPIO_Pin)
506 {
507   /* EXTI line interrupt detected */
508   if(__HAL_GPIO_EXTI_GET_IT(GPIO_Pin) != RESET)
509   {
510     __HAL_GPIO_EXTI_CLEAR_IT(GPIO_Pin);
511     HAL_GPIO_EXTI_Callback(GPIO_Pin);
512   }
513 }
```

官方例程请参考 stm32cubef4.zip 解压后 STM32Cube_FW_F4_V1.11.0\Projects\STM324xG_EVAL\Examples\GPIO\GPIO_EXTI 目录下的工程。

S.D.Lu 于 深圳
2016 年 8 月