

中断

1, 什么是中断 (了解)

- 中断的概念

打断CPU执行正常的程序，转而处理紧急程序，然后返回原暂停的程序继续运行，就叫中断

例子：做作业-->去吃饭-->做作业
- 中断的作用和意义

实时控制

故障处理

数据传输

中断的意义

高效处理紧急程序，不会一直占用CPU资源
- STM32 GPIO外部中断简图

GPIO-->AFIO/SYSCFG-->EXTI-->NVIC-->CPU

2, NVIC (熟悉)

- 2.1, NVIC基本概念

Nested vectored interrupt controller，嵌套向量中断控制器，属于内核（M3/4/7）

NVIC支持：256个中断（16内核 + 240外部），支持：256个优先级，允许裁剪

什么是中断向量表

定义一块固定的内存，以4字节对齐，存放各个中断服务函数程序的首地址
- 2.2, NVIC相关寄存器介绍

中断使能寄存器（ISER）

中断除能寄存器（ICER）

应用程序中断及复位控制寄存器（AIRCR）

中断优先级寄存器（IPR）
- 2.3, NVIC工作原理

参考PPT动态流程图
- 2.4, STM32中断优先级基本概念

1，抢占优先级(pre)：高抢占优先级可以打断正在执行的低抢占优先级中断

2，响应优先级(sub)：当抢占优先级相同时，响应优先级高的先执行，但是不能互相打断

3，抢占和响应都相同的情况下，自然优先级越高的，先执行

4，自然优先级：中断向量表的优先级

5，数值越小，表示优先级越高
- 2.5, STM32中断优先级分组

5个分组

16个优先级

特别提示：一个工程中，一般只设置一次中断优先级分组。

STM32中断优先级举例（假设分组是2）
- 2.6, STM32 NVIC的使用

1，设置中断分组

AIRCR[10:8], HAL_NVIC_SetPriorityGrouping

2，设置中断优先级

IPRx bit[7:4], HAL_NVIC_SetPriority

3，使能中断

ISERx, HAL_NVIC_EnableIRQ

3, EXTI (熟悉)

- 3.1, EXTI基本概念

External(Extended) interrupt/event Controller，外部(扩展)中断事件控制器

由20个产生事件/中断请求的边沿检测器组成，即总共：20条EXTI线（F1）

中断：要进入NVIC，有相应的中断服务函数，需要CPU处理

事件：不进入NVIC，仅用于内部硬件自动控制的，如控制：TIM、DMA、ADC

EXTI支持的外部中断/事件请求
- 3.2, EXTI主要特征

F1/F4/F7系列

每条EXTI线都可以单独配置：选择类型（中断或者事件）、触发方式（上升沿，下降沿或者双边沿触发）、支持软件触发、开启/屏蔽、有挂起状态位

H7系列

由其它外设对 EXTI 产生的事件分为可配置事件和直接事件。
可配置事件：简单概括，基本和F1/F4/F7系列类似
直接事件：固定上升沿触发、不支持软件触发、无挂起状态位（由其它外设提供）
- 3.3, EXTI工作原理（F1/F4/F7）

框图介绍

了解寄存器：EXTI_FTSR、EXTI_RTSR、EXTI_IMR、EXTI_PR
- 3.4, EXTI工作原理（H7）

框图介绍

了解寄存器：EXTI_FTSR1、EXTI_RTSR1、EXTI_CPUIMR1、EXTI_CPUPR1

4, EXTI和IO映射关系 (熟悉)

- 4.1, AFIO简介（F1）

Alternate Function IO，即复用功能IO，主要用于重映射和外部中断映射配置

AFIO作用

1，调试IO配置

2，重映射配置

3，外部中断配置

AFIO_EXTICR1~4，配置EXTI中断线0~15对应具体哪个IO口

使能AFIO时钟

_HAL_RCC_AFIO_CLK_ENABLE();
- 4.2, SYSCFG简介（F4/F7/H7）

System configuration controller，即系统配置控制器，用于外部中断映射配置等

外部中断配置

SYSCFG_EXTICR1~4，配置EXTI中断线0~15对应具体哪个IO口

使能SYSCFG时钟

_HAL_RCC_SYSCFG_CLK_ENABLE();
- 4.3, EXTI与IO对应关系

Px0映射到EXTI0
Px1映射到EXTI1
...
Px14映射到EXTI14
Px15映射到EXTI15

5, 如何使用中断 (掌握)

- GPIO外部中断和外设中断配置步骤
- STM32 EXTI配置步骤（GPIO外部中断）

1，使能GPIO时钟

2，设置GPIO输入模式

3，使能AFIO/SYSCFG时钟

4，设置EXTI和IO对应关系

5，设置EXTI屏蔽，上/下沿

6，设置NVIC

7，设计中断服务函数

使用HAL_GPIO_Init一步到位

包含3个步骤：分组，优先级，使能
- STM32 EXTI的HAL库设置步骤（GPIO外部中断）

1，使能GPIO时钟

2，设置GPIO/AFIO(SYSCFG)/EXTI

3，设置中断分组

4，设置中断优先级

5，使能中断

6，设计中断服务函数

GPIO, EXTI部分

NVIC部分

6, 通用外设驱动模型（四步法）（掌握）

- 1，初始化
- 2，读函数（可选）
- 3，写函数（可选）
- 4，中断服务函数（可选）

7, HAL库中断回调处理机制介绍（掌握）

- 中断服务函数

硬件中断服务函数
- HAL库中断处理公用函数

异常处理，清中断标志，调各种回调函数
- HAL库数据处理回调函数

各种回调函数（可有多）

8, 编程实战：通过外部中断控制一个灯亮灭（掌握）

- 结合KEY原理图（战舰）分析IO要配置什么模式

PA0：输入下拉、上升沿触发
PE4/PE3/PE2：输入上拉、下降沿触发
- 编程实战：通过KEY0控制LED0亮灭
- 解读例程源码：外部中断实验

9, 课堂总结（掌握）