



复旦微电子

FM33G0xx

低功耗系列 MCU

应用笔记

中断使用说明

AN008

V1.0



本资料是为了让用户根据用途选择合适的上海复旦微电子集团股份有限公司（以下简称复旦微电子）的产品而提供的参考资料，不转让属于复旦微电子或者第三者所有的知识产权以及其他权利的许可。在使用本资料所记载的信息最终做出有关信息和产品是否适用的判断前，请您务必将所有信息作为一个整体系统来进行评价。

采购方对于选择与使用本文描述的复旦微电子的产品和服务全权负责，复旦微电子不承担采购方选择与使用本文描述的产品和服务的责任。除非以书面形式明确地认可，复旦微电子的产品不推荐、不授权、不担保用于包括军事、航空、航天、救生及生命维持系统在内的，由于失效或故障可能导致人身伤亡、严重的财产或环境损失的产品或系统中。未经复旦微电子的许可，不得翻印或者复制全部或部分本资料的内容。

今后日常的产品更新会在适当的时候发布，恕不另行通知。在购买本资料所记载的产品时，请预先向复旦微电子在当地的销售办事处确认最新信息，并请您通过各种方式关注复旦微电子公布的信息，包括复旦微电子的网站 (<http://www.fmsh.com/>)。

如果您需要了解有关本资料所记载的信息或产品的详情，请与上海复旦微电子集团股份有限公司在当地的销售办事处联系。

商 标

上海复旦微电子集团股份有限公司的公司名称、徽标以及“复旦”徽标均为上海复旦微电子集团股份有限公司及其分公司在中国的商标或注册商标。

上海复旦微电子集团股份有限公司在中国发布，版权所有。

联系方式：

电表产品应用：

邢杰：xingjie@fmsh.com.cn TEL: 13916427310

陈钊：chenzhao@fmsh.com.cn TEL: 18616125501

水气热表及智能家居：

朱发旺：zhufawang@fmsh.com.cn TEL: 17749796664

姜涛：jiangtao@fmsh.com.cn TEL: 18701992908

超高频 900M 及物联网相关：

王晓腾：wangxiaoteng@fmsh.com.cn TEL: 13585663727

王天纵：wangtianzong@fmsh.com.cn TEL: 18221803903

资料下载及交流：

开发者论坛：<http://www.fmdevelopers.com.cn>



目 录

1	说明	1
2	原理	1
2.1	MO 中断概述	1
2.1.1	中断向量表	1
2.1.2	中断优先级	2
2.1.3	错误处理	2
2.1.4	锁定 (Lockup)	2
2.1.5	VTOR	2
3	参考示例	3
3.1	中断配置说明	3
3.2	中断示例	3
3.3	验证过程	5
	附录	6
	版本信息	9
	上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务中心	10



图片目录

图 3-1	GPIO 外部中断	3
图 3-2	GPIO 外部程序	4
图 3-3	示例 demo 板.....	5



表格目录

表 2-1 HardFault 触发条件 2



1 说明

本文档为 FM33G0B 系列低功耗 MCU 的应用笔记,用于说明芯片中断的使用说明。FM33G0B 系列是复旦微电子有限公司开发的低功耗 MCU 芯片,请联系复旦微电子有限公司提供更多相关文档支持设计开发。

2 原理

2.1 M0 中断概述

中断是指在系统执行期间,系统内发生任何非寻常的或非预期的急需处理事件,使得 CPU 暂时中断当前正在执行的程序而转去执行相应的时间处理程序。待处理完毕后又返回原来被中断处继续执行或调度新的进程执行的过程,FM33G0B 使用的 CPU 内核为 Cortex-M0+, 其中断中含以下资源:

- VTOR (中断向量表重定向)
- NVIC 支持 32 个外部中断, 5 个内部异常
- 1 个 NMI 中断

中断的主要特性为:

1. 灵活的中断管理: 使能/禁止中断, 优先级配置
2. 硬件嵌套中断支持
3. 向量化的异常入口
4. 中断屏蔽
5. NVIC 寄存器的起始地址: 0xE000E100, 对其访问必须是每次 32bit
6. SCB 的起始地址: 0xE000E010, 也是每次 32bit 访问。

2.1.1 中断向量表

中断向量是中断服务程序的入口地址,在计算机中中断向量的地址存放一条跳转到中断服务程序的跳转指令,而中断向量表用来存放中断向量,FM33G0B 中断向量表如附录表 1 所示。



2.1.2 中断优先级

处理器支持 3 个固定的最高优先级及 4 个可编程优先级。当两个相同优先级的异常同时发生，则异常编号较小的异常将被首先执行。

2.1.3 错误处理

处理器只支持一种硬件错误处理方式：**HardFault** 异常。**HardFault** 优先级-1，只有 **NMI** 能对其抢占。**HardFault** 的触发原因包含以下几种情况，如表 2-1 所示。

表 2-1 HardFault 触发条件

错误类型	错误条件
存储器相关	总线错误。由于在总线传输中使用了非法地址而产生的总线错误。
	试图在 XN 区域内执行程序
程序错误	执行未定义的指令
	试图切换至 ARM 状态
	试图进行非对齐的存储器访问
	在更高优先级异常处理中执行 SVC 指令
	执行异常返回时 EXC_RETURN 的值非法
	当调试未使能时试图执行 BKPT 指令

FM33G0B 的 **HardFault** 发原因可以通过寄存器查询，以帮助软件开发者定位错误原因。

2.1.4 锁定 (Lockup)

当处理器在进行 **HardFault** 处理的过程中发生了另一个 **HardFault**，或者 **NMI** 处理期间发生了 **HardFault**，则处理器将进入锁定状态（停止执行），并输出 **LOCKUP** 信号，此时芯片将自动复位处理器内核，而不是等待看门狗溢出。

2.1.5 VTOR

通过系统控制寄存器中的 **VTOR** 寄存器，可以实现中断向量表重新定向功能，如附录表 2 所示。

3 参考示例

3.1 中断配置说明

FM33G0B 的中断在配置时需要进行如下初始化配置：

- 开启外设中断
- 中断优先级配置
- 开启 NVIC 中断

3.2 中断示例

以 GPIO 的按键外部中断为例，该例程工程如图 3-1 所示。




名称	修改日期	类型	大小
 FOUT输出	2018/9/4 20:00	文件夹	
 GPIO查询输入	2018/9/4 20:01	文件夹	
 GPIO中断输入	2018/9/4 20:03	文件夹	

图 3-1 GPIO 外部中断

示例程序如图 3-2 所示，在示例中，以按键的关开来控制引脚 PF5 的高低，从而产生跳边沿使 MCU 进入中断。本程序必须进行的配置有：

- PF5 引脚的配置：InputtIO(GPIOF, GPIO_Pin_5, IN_NORMAL);该函数将 PF5 配置为普通输入模式
- 开启外设中断：GPIO_EXTI_Init(GPIOF, GPIO_Pin_5, EXTI_BOTH); 该函数配置 PF5 的上升沿和下降沿都进入中断
- 中断优先级配置：NVIC_SetPriority(GPIO_IRQn,2);该函数配置外部中断 5 中断优先级为 2，中断优先级数值越大，优先级越低
- 开启 NVIC 中断：NVIC_EnableIRQ(GPIO_IRQn);该函数开启 NVIC 中断

由中断函数 void GPIO_IRQHandler(void)中内容可知，当进入中断后 PF5 的下降沿 LED0 会亮，上升沿 LED0 会熄灭。



```

1  #include "define_all.h"
2
3
4  void GPIO_IRQHandler(void)
5  {
6      if (SET == GPIO_EXTI_EXTIxIF_ChkEx(GPIOF, GPIO_Pin_5))
7      {
8          GPIO_EXTI_EXTIxIF_ClrEx(GPIOF, GPIO_Pin_5);
9          if (KEY0_N)
10         {
11             // TicksDelayMs( 5, NULL ); //软件延时去抖
12             if (KEY0_N)
13             {
14                 LED0_ON;
15             }
16         }
17         if (KEY0_P)
18         {
19             // TicksDelayMs( 5, NULL ); //软件延时去抖
20             if (KEY0_P)
21             {
22                 LED0_OFF;
23             }
24         }
25     }
26 }
27
28
29 void Test_GPIO(void)
30 {
31     RCC_PERCLK_SetableEx(EXTI2CLK, ENABLE); //EXTI外部引脚中断采样时钟, IO数字滤波时钟使能
32     RCC_PERCLK_SetableEx(EXTI1CLK, ENABLE); //EXTI外部引脚中断采样时钟, IO数字滤波时钟使能
33     RCC_PERCLK_SetableEx(EXTI0CLK, ENABLE); //EXTI外部引脚中断采样时钟, IO数字滤波时钟使能
34     RCC_PERCLK_SetableEx(PDCCLK, ENABLE); //IO控制时钟寄存器使能
35
36     InputtIO( GPIOF, GPIO_Pin_5, IN_NORMAL); //PF5; //KEY
37
38     //FM33A0XX的7组GPIO (A~G) 最多可以产生24个外部引脚中断, 部分IO不能同时开启中断功能
39     GPIO_EXTI_Init( GPIOF, GPIO_Pin_5, EXTI_BOTH); //PF5输入中断打开
40
41     /*NVIC中断配置*/
42     NVIC_DisableIRQ(GPIO_IRQn);
43     NVIC_SetPriority(GPIO_IRQn, 2); //中断优先级配置
44     NVIC_EnableIRQ(GPIO_IRQn);
45 }
46
47 int main (void)
48 {
49     Init_System(); //系统初始化
50     Test_GPIO();
51     for( ; ; )
52     {
53         IWDI_Clr(); //清系统看门狗
54     }
55 }

```

图 3-2 GPIO 外部程序

3.3 验证过程

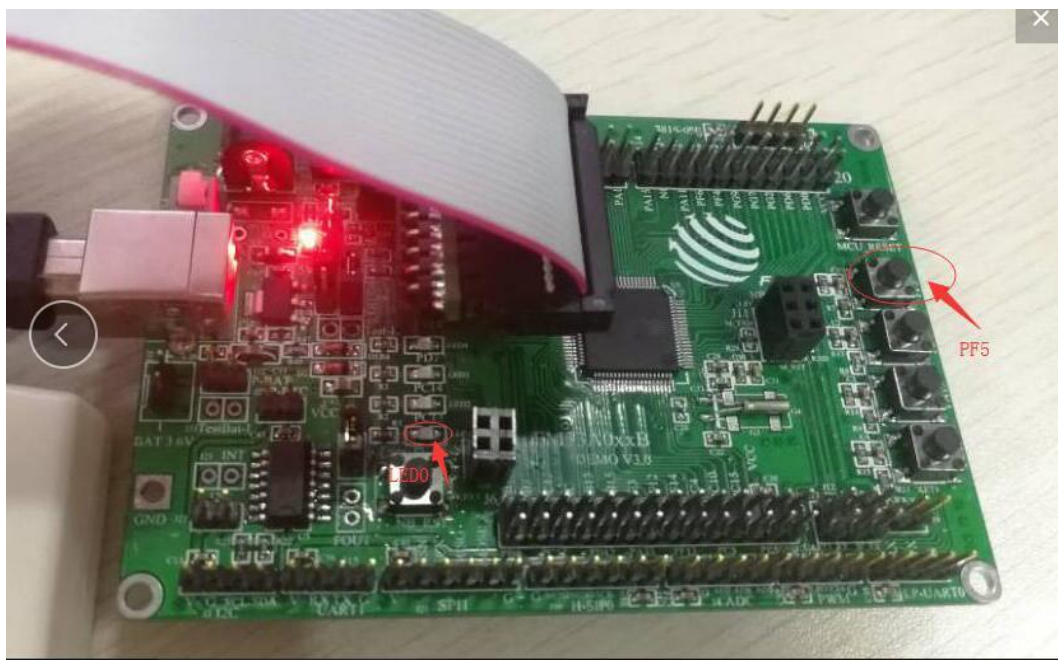


图 3-3 示例 demo 板

如图 3-3 所示的示例 demo 板，箭头所示为按键 PF5，运行示例程序，当按下及松开按键 PF5 时，LED0 会产生闪烁，表示程序正常进入中断，验证完成。



附录

表 1 中断向量表

Priority	Priority type	Acronym	Description	Address
-	-	MSP 初值	主栈指针初始化地址	0x0000_0000
-3	fixed	Reset	复位向量	0x0000_0004
-2	fixed	NMI	WKUPx 中断 低功耗模式错误中断	0x0000_0008
-1	fixed	HardFault	HardFault 中断向量	0x0000_000C
-	-	-	Reserved	0x0000_0010~0x0000_002B
3	settable	SVC	SVCa11 系统服务请求	0x0000_002C
-	-	-	Reserved	0x0000_0030~0x0000_0037
5	settable	PendSV	可挂起系统服务请求	0x0000_0038
6	settable	Systick	内部定时器中断向量	0x0000_003C
7	settable	WWDT	窗口看门狗中断	0x0000_0040
8	settable	SVD	电源监测报警中断	0x0000_0044
9	settable	RTC	实时时钟中断	0x0000_0048
10	settable	FLASH	NVMIF 中断	0x0000_004C
11	settable	FDET	XTLF 停振检测中断	0x0000_0050
12	settable	ADC	ADC 转换完成中断	0x0000_0054
13	settable	SPI0	SPI 中断	0x0000_0058
14	settable	SPI1		0x0000_005C
15	settable	SPI2		0x0000_0060
16	settable	UART0	UART 中断	0x0000_0064
17	settable	UART1		0x0000_0068
18	settable	UART2		0x0000_006C
19	settable	UART3		0x0000_0070
20	settable	UART4		0x0000_0074
21	settable	UART5		0x0000_0078
22	settable	U7816-0	U7816 中断	0x0000_007C
23	settable	U7816-1		0x0000_0080



Priority	Priority type	Acronym	Description	Address
24	settable	I2C	I2C 中断	0x0000_0084
25	settable	LCD	LCD 中断	0x0000_0088
26	settable	AES	AES 中断	0x0000_008C
27	settable	LPTIM	低功耗定时器中断	0x0000_0090
28	settable	DMA	DMA 中断	0x0000_0094
29	settable	WKUPx	WKUP 引脚中断	0x0000_0098
30	settable	Comp	模拟比较器中断	0x0000_009C
31	settable	BT1	Basic Timer1 中断	0x0000_00A0
32	settable	BT2	Basic Timer2 中断	0x0000_00A4
33	settable	ET1	Extended Timer1 中断	0x0000_00A8
34	settable	ET2	Extended Timer2 中断	0x0000_00AC
35	settable	ET3	Extended Timer3 中断	0x0000_00B0
36	settable	ET4	Extended Timer4 中断	0x0000_00B4
37	settable	EXTI	外部引脚中断	0x0000_00B8
38	settable	LPUART	低功耗 UART 接收中断	0x0000_00BC

表 2 VTOR 寄存器

名称	VTOR							
地址	0xE000ED08							
位	Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24
位名	-		TBLSAS E	TBLOFF				
位权限	U-0		R/W-0	R/W-00000				
位	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16
位名	TBLOFF							
位权限	R/W-00000000							
位	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8
位名	TBLOFF							
位权限	R/W-00000000							
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	-							
位权限	U-0							



Bit	助记符	功能描述
31:30	—	RFU: 未实现, 读为 0
29	TBLBASE	中断向量表基址区域 0: CODE 区域, 起始地址 0x00000000 1: SRAM 区域, 起始地址 0x20000000
28:8	TBLOFF	向量表偏移地址, 定义在 TBLBASE 基础上的偏移量
7:0	—	RFU: 未实现, 读为 0



版本信息

版本号	发布日期	更改说明
1.0	2018.9	首次发布



上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务中心

上海复旦微电子集团股份有限公司

地址：上海市国泰路 127 号 4 号楼

邮编：200433

电话：(86-021) 6565 5050

传真：(86-021) 6565 9115

上海复旦微电子（香港）股份有限公司

地址：香港九龙尖沙咀东嘉连威老道 98 号东海商业中心 5 楼 506 室

电话：(852) 2116 3288 2116 3338

传真：(852) 2116 0882

北京办事处

地址：北京市东城区东直门北小街青龙胡同 1 号歌华大厦 B 座 423 室

邮编：100007

电话：(86-10) 8418 6608

传真：(86-10) 8418 6211

深圳办事处

地址：深圳市华强北路 4002 号圣廷苑酒店世纪楼 1301 室

邮编：518028

电话：(86-0755) 8335 0911 8335 1011 8335 2011 8335 0611

传真：(86-0755) 8335 9011

台湾办事处

地址：台北市 114 内湖区内湖路一段 252 号 12 楼 1225 室

电话：(886-2) 7721 1889

传真：(886-2) 7722 3888

新加坡办事处

地址：237, Alexandra Road, #07-01, The Alexcier, Singapore 159929

电话：(65) 6472 3688

传真：(65) 6472 3669

北美办事处

地址：2490 W. Ray Road Suite#2 Chandler, AZ 85224 USA

电话：(480) 857-6500 ext 18

公司网址：<http://www.fmsh.com/>