



复旦微电子

FM3316/FM3313/FM3312

低功耗系列 MCU

应用笔记

ADC 应用说明

AN0003

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。



目录

1 说明	5
2 原理	6
2.1 说明.....	6
2.2 参考电压和电压测量.....	6
2.3 温度测量.....	6
2.4 转换速度说明.....	7
3 实现方法	7
3.1 时钟配置.....	7
3.2 参考电压配置.....	8
3.3 转换通道选择.....	8
3.4 中断功能.....	9
3.5 启动.....	10
4 建议的实现步骤	11
5 注意事项	12
5.1 软件设计.....	12
版本信息	13
上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务中心	14



表格

表格 1 : 外设时钟控制寄存器	7
表格 2 : ADC 控制寄存器通道位	8
表格 3 : 模拟通道 Buffer 控制寄存器	8
表格 4 : ADC 控制寄存器中断位	9
表格 5 : ADC 控制寄存器使能位	10

图片

图 1 : 实现步骤流程图	11
---------------------	----



1 说明

本文档为 FM3316/FM3313/FM3312 系列低功耗 MCU 的应用笔记，用于 ADC 使用的说明和使用方法。FM3316/FM3313/FM3312 系列是复旦微电子公司开发的低功耗 MCU 芯片，请联系复旦微电子公司提供更多相关文档支持设计开发。

2 原理

2.1 说明

该系列芯片带有一个 1 阶 sigma-delta ADC，分辨率 11bits。支持 3 个外部输入通道和数个内部通道，可用于转换外部电压和片上温度传感器等信号。

2.2 参考电压和电压测量

ADC 计数值修调寄存器 (ADC_TRIMH[2:0]+ADC_TRIML[7:0]) 用来调整 ADC 的等效参考电压。用户在使用 ADC 前，需要先设定这两个寄存器的值。ADC_TRIM 值越大，ADC 等效参考电压越低，输入电压范围越窄，相应的电压分辨率提高，转换速度变慢。典型情况下：

ADC_TRIM = 0x3FF 此时等效参考电压约为 4.5V，约合 2.2mV/Lsb (芯片间有差异)

- 等效参考电压可超过电源电压，但是输入电压不可超过电源电压。
- 等效参考电压超过电源电压时，输入电压范围：0~电源电压。

芯片出厂时已经把 ADC_TRIM = 0x3FF 时的 ADC 斜率和截距写到芯片参数区：

斜率@0x3FF：0x800054 (unsigned int，缩小 1000 倍后使用，单位 mV)

截距@0x3FF：0x800056 (signed int，缩小 100 倍后使用，单位 mV)

$$\text{电压值(mV)} = \text{AD 值} * (\text{斜率}/1000.0) + \text{截距}/100.0$$

用户可使用斜率和截距把 AD 值换算成电压，具体使用方法请参考示例程序。等效参考电压可以根据需求灵活设置，适应高电压分辨率或高输入电压范围。芯片出厂时仅测试了 ADC_TRIM = 0x3FF 的斜率和截距。当需要用到其他等效参考电压，在精度要求不高的情况下，用户可直接用这个参数按比例缩放。

2.3 温度测量

使用温度传感器时，用固定 ADC_TRIM = 0x640。

芯片出厂时已经对温度传感器进行了校准，校准数据存储在参数区：

校准温度：30°C

校准标志地址：0x800090 (unsigned int)，固定为 0x1E00。

校准数据地址：0x800092 (unsigned int)，30°C 时的温度 ADC。

温度斜率：5.02°C/LSB。

温度测量方法：

ADC 计数值修调寄存器 ADC_TRIM 配置为 0x640。

ADC 转换通道配置为温度传感器通道。

启动 AD 转换，转换完成后获得温度 AD 值，AD 值换算为温度。

温度换算方法：

$$\text{当前温度} (^\circ\text{C}) = (\text{温度 AD 值} - 30^\circ\text{C 时的温度 ADC}) / 5.02 + 30.0。$$



2.4 转换速度说明

典型转换时间：2ms (ADCTRIM = 0x3FF , ADC 时钟频率 = 1MHz)。

可以通过降低 ADC 位数的方法提高转换速度。

例如：

将 ADCTRIM 修改为 0x1FF ,ADC 时钟频率保持 1MHz ,此时 ADC 转换时间将会缩短至 1ms。代价是 ADC 分辨率会相应的降低到 10bit。

3 实现方法

3.1 时钟配置

ADC 工作时钟由 RCHF 分频得到 ,因此 ADC 工作时 RCHF 必须使能。硬件电路自动根据当前 CPU 主时钟进行分频 ,当 RCHF 输出频率为 24MHz 时 ,ADC 实际工作频率为 375KHz 或者 750KHz ,其余频率下均为 512KHz 或者 1MHz。

表格 1：外设时钟控制寄存器

名称	PERCKEN2							
地址	01:0049H							
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	LPTIMC LKEN	ADCCLK EN	PCACLK EN	PDCCLK EN	WDTCL KEN	ANACC LKEN	RTCLKC EN	ADCC LK_SE L
位权限	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0

Bit	助记符	功能描述
7	LPTIMCLKEN	LPTIM 总线时钟使能
6	ADCCLKEN	ADC 工作时钟使能
5	PCACLKEN	可编程计数器阵列总线时钟使能
4	PDCCLKEN	IO 控制模块总线时钟使能
3	WDTCLKEN	看门狗总线时钟使能
2	ANACCLKEN	模拟电路控制模块总线时钟使能
1	RTCLKCEN	RTC 总线时钟使能
0	ADCCLK_SEL	ADC 工作时钟选择 0 : 512KHz 1 : 1MHz

3.2 参考电压配置

ADC 计数值修调寄存器 (ADC_TRIMH[2:0]+ADC_TRIML[7:0]) 用来调整 ADC 计数周期。

典型情况下：ADC_TRIM = 0x3FF。等效参考电压约为 4.5V，约合 2.2mV/Lsb (芯片间有差异)。芯片出厂时已经把 ADC_TRIM = 0x3FF 时的 ADC 斜率和截距写到芯片参数区。

3.3 转换通道选择

根据需求在 ADCCTRL 寄存器选择温度传感器通道或外部电压通道。如果选择了外部电压通道，则继续在 ANASEL 寄存器选择对应的通道；如果是芯片外部输入通道 AN0 (PC1)，AN1 (PF7)，AN2 (PF5)，则还需要将对应的 IO 配置为模拟口功能；如果是电压通道测量电源电压，则需要将 BUF4TST_BYPASS 位置 1。

表格 2：ADC 控制寄存器通道位

名称	ADC 控制寄存器 ADCCTRL							
地址	01:036EH							
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	ADC_IE	---	---	---	---	---	ADC_VA NA_EN	ADC_EN
位权限	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0

位号	位名	说明
Bit7	ADC_IE	ADC 中断使能位 0 = 禁止 ADC 产生中断 1 = 允许 ADC 产生中断
Bit6-2	---	未实现，读为 0
Bit1	ADC_VANA_EN	外部测量通道使能 0 = ADC 用作温度传感器 1 = ADC 用于测量外部电压
Bit0	ADC_EN	ADC 使能位 1 = 启动 ADC 转换 0 = 关闭 ADC

表格 3：模拟通道 Buffer 控制寄存器

名称	模拟通道 Buffer 控制寄存器 ANASEL							
地址	01:0374H							
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	---	---	BUF4TST_ EN	BUF4TST_BY PASS	BUF4TST_SEL			



名称	模拟通道 Buffer 控制寄存器 ANASEL							
地址	01:0374H							
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位权限	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0

位号	位名	说明
Bit7-6	---	未实现，读为 0
Bit5	BUF4TST_EN	模拟通道 Buffer 使能
Bit4	BUF4TST_BYPASS	模拟通道 Buffer 旁路，使用 ADC 测量电源电压时必须将此 bit 置 1
Bit3-0	BUF4TST_SEL	模拟通道选择 0111 : VDD15 1011 : AN0 (PC1) 1100 : AN1 (PF7) 1101 : AN2 (PF5) 1110 : VDD 其他 : Reserved for test purpose

3.4 中断功能

ADC 的中断和内核的附加中断 1 连在一起，要使用外设中断的话，需要打开 ADC 中断使能位 ADC_IE，内核附加外部中断使能 AIE1，全局中断使能 EA，才能在转换完成后触发中断服务程序。也可以直接等待 ADC 转换完成，即使不开中断，转换完成后 ADC_IF 也会置位供软件查询。

表格 4：ADC 控制寄存器中断位

名称	ADC 控制寄存器 ADCCTRL							
地址	01:036EH							
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	ADC_IE	---	---	---	---	---	ADC_VA NA_EN	ADC_EN
位权限	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
位号	位名	说明						
Bit7	ADC_IE	ADC 中断使能位 0 = 禁止 ADC 产生中断 1 = 允许 ADC 产生中断						
Bit6-2	---	未实现，读为 0						

Bit1	ADC_VANA_EN	外部测量通道使能 0 = ADC 用作温度传感器 1 = ADC 用于测量外部电压
Bit0	ADC_EN	ADC 使能位 1 = 启动 ADC 转换 0 = 关闭 ADC

3.5 启动

表格 5 : ADC 控制寄存器使能位

名称	ADC 控制寄存器 ADCCTRL							
地址	01:036EH							
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	ADC_IE	---	---	---	---	---	ADC_VA NA_EN	ADC_ EN
位权限	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W- 0

位号	位名	说明
Bit7	ADC_IE	ADC 中断使能位 0 = 禁止 ADC 产生中断 1 = 允许 ADC 产生中断
Bit6-2	---	未实现，读为 0
Bit1	ADC_VANA_EN	外部测量通道使能 0 = ADC 用作温度传感器 1 = ADC 用于测量外部电压
Bit0	ADC_EN	ADC 使能位 1 = 启动 ADC 转换 0 = 关闭 ADC

4 建议的实现步骤

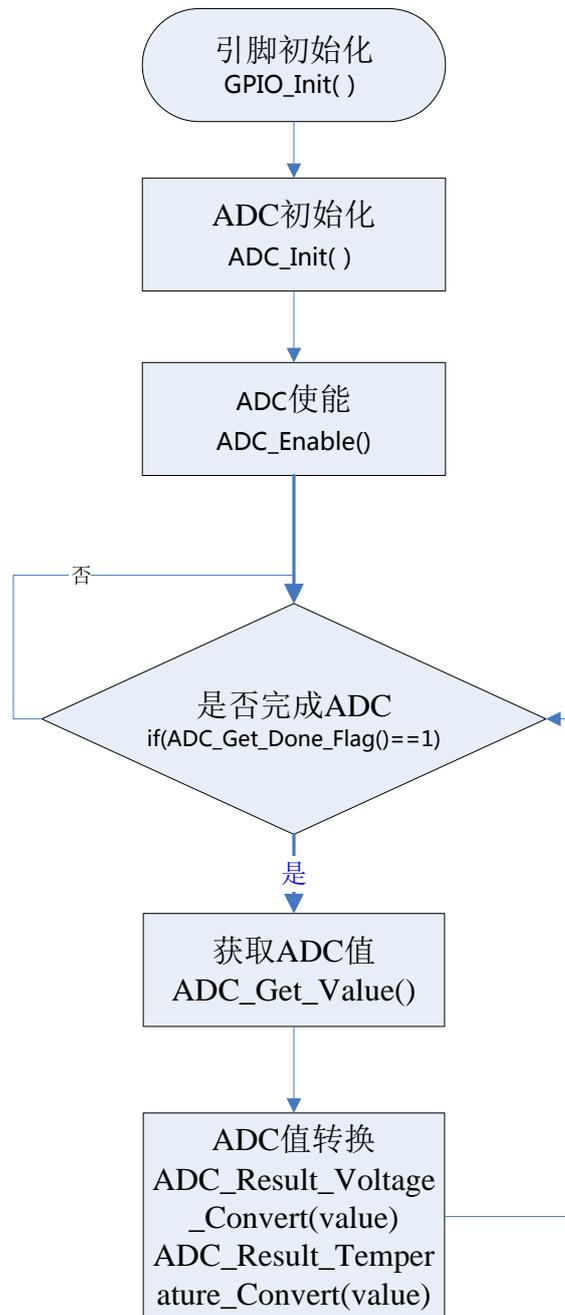


图 1：实现步骤流程图

5 注意事项

5.1 软件设计

1、该系列芯片采样时间 :ADC采用的是1阶sigma-delta 方式 ,单次转换需要256~2048个时钟周期 ,ADC工作频率512KHz或1MHz , 1MHz时ADC温度采样时间为3.2ms , 电压采样时间为2ms。另外 , 当主频时钟低于ADC工作时钟时 , ADC采样是否完成无法通过ADC中断标志寄存器 (ADCIF) 判断 , 只能延时等待 , 等待时间约为4ms。

2、ADC的参考电压VREF为1.23V , ADC取得是4倍的VREF , 即4.92V。但是4倍的VREF不是直接产生的物理量 , 而是通过电容比例折算的 , 所以实际上ADC里没有4.92V这个电压 , 4.92V是个折算值。所以ADC最高能转换4.92V的电压 (理论上) , 一般情况下 , 让转换电压范围处于1.0V~4.4V , 这样比较准。另外需要注意的是 , 该系列芯片不支持输入比电源还高的电压 , 所以如果VDD是3.0V , 那么ADC转换的电压必须低于3.0V。

3、经过测试发现 , 该系列芯片在使用ADC的电压测量功能 , 并且ANATESTSEL (ADC通道控制寄存器) 的BUF4TST_EN使能的情况下 , 芯片在进入SLEEP模式后会多出10uA左右的功耗。所以在芯片进入SLEEP模式前 , 把BUF4TST_EN关掉可以减少10uA的功耗。



版本信息

版本号	发布日期	更改说明
1.0	2018.05	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/>