



复旦微电子

# **FM33LC0XX**

## **低功耗系列 MCU**

### **应用笔记**

## **ADC 应用说明**

---

**AN0001**

**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。

上海复旦微电子集团股份有限公司  
Shanghai Fudan Microelectronics Group Company Limited

应用笔记

AN0001—ADC 应用说明

版本 1.0

论坛: <http://www.fmdevelopers.com.cn>



## 目 录

1 说明.....	1
2 原理.....	1
2.1 概述.....	1
2.2 结构框图.....	2
2.3 工作原理.....	2
2.3.1 采样阶段.....	2
2.3.2 转换阶段.....	3
2.4 工作时序.....	3
2.5 采样值与设计电压转换.....	4
2.6 采样时间与采样电路的输出阻抗的关系.....	5
2.7 Q&A.....	7
版本信息.....	8
附录.....	9
上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务中心 .....	20



## 图目录

图 2-1 ADC 结构框图 .....	2
图 2-2 SAR ADC 采样阶段结构 .....	2
图 2-3 SAR ADC 转换阶段结果 .....	3
图 2-4 SAR ADC 工作时序 .....	3
图 2-5 SAR ADC 输入引脚开关阻抗 .....	5



## 1 说明

本文档为 FM33LC0XX 系列低功耗 MCU 的应用笔记，用于说明 SAR ADC 的基本应用方法。FM33LC0XX 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 概述

FM33LC0XX 带有 1Msps 12bit SAR-ADC，可实现温度、电池电压或其他直流信号的测量功能。主要特点为：

- 工作电压 1.8~5.5V
- 输入信号幅度 0~VDDA
- 最高采样率 1Msps ( $F_{ADC}=16\text{Mhz}$ )
- 16 个单端通道，包含温度传感器、内部基准电压、运放输出 x2、12 个外部通道
- 8 个外部快速通道，8 个低速通道
- 可配置的采样保持时间
- 支持单次转换和连续转换
- 支持 DMA
- 支持过采样硬件平均，最高 16bit 输出（256 次平均）

## 2.2 结构框图

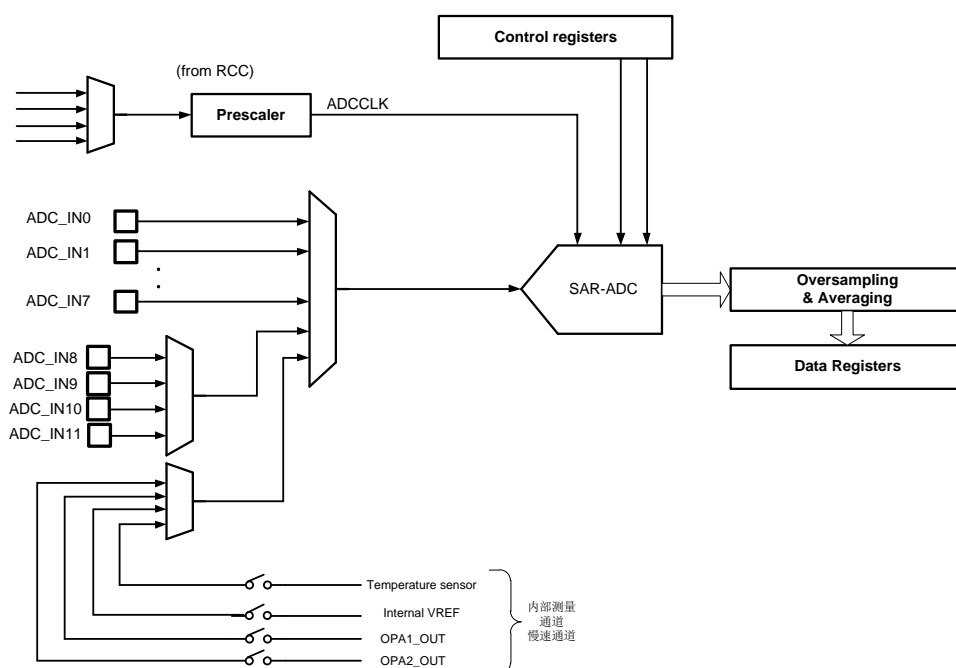


图 2-1 ADC 结构框图

## 2.3 工作原理

### 2.3.1 采样阶段

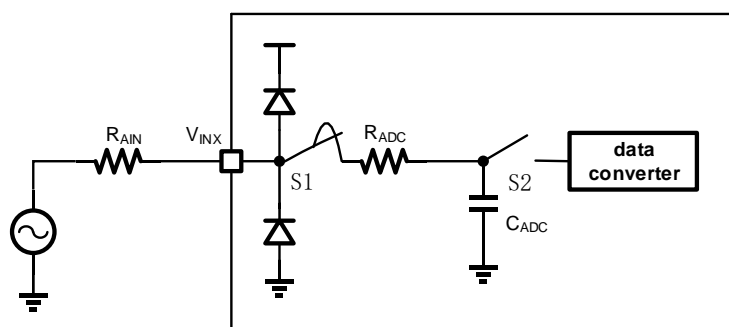


图 2-2 SAR ADC 采样阶段结构

采样保持阶段，内部逻辑可类比图 2-2， $R_{AIN}$ 、 $R_{ADC}$  以及  $C_{ABC}$  组成阻容采样保持电路，S1 闭合，S2 断开

### 2.3.2 转换阶段

转换阶段——S1 断开，S2 闭合

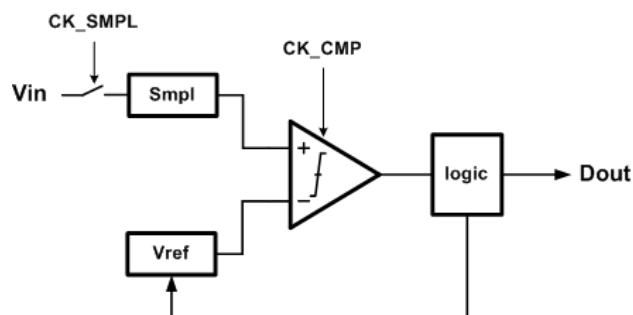


图 2-3 SAR ADC 转换阶段结果

基本原理：二分法，将采样到的信号与参考电平比较，然后根据比较结果每次改变参考电平，逐次逼近至采样信号

- ①采样信号（ $V_{in}$ ）；
- ② $V_{in}$  与  $0.5V_{ref}$  比较，若结果大于 0，则  $V_{in}$  与  $0.5V_{ref}+0.25V_{ref}$  比较；若结果小于 0，则  $V_{in}$  与  $0.25V_{ref}$  比较；
- ③以此类推；

### 2.4 工作时序

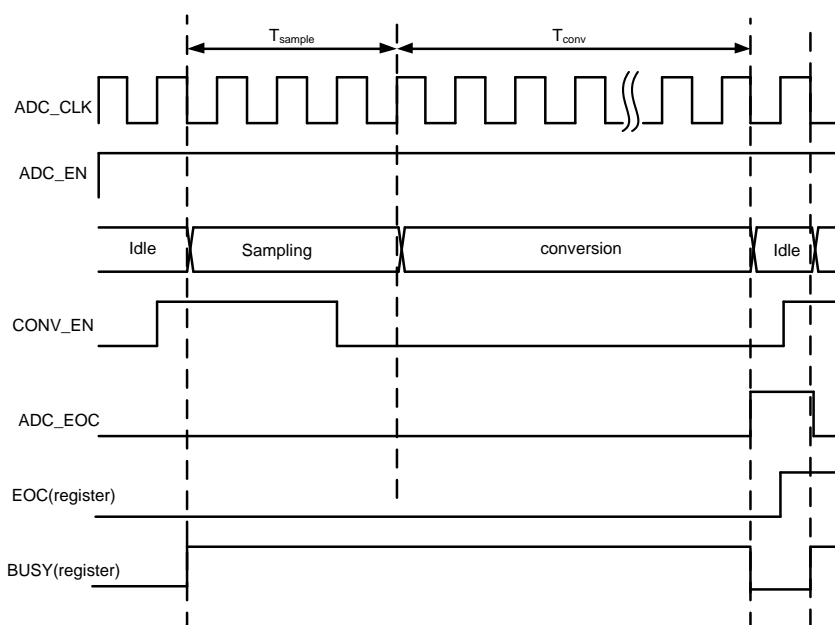


图 2-4 SAR ADC 工作时序

当 ADC 使能后，通过软件或硬件触发，产生 CONV\_EN 信号，启动 ADC 采样转换过程。

ADC 的工作分为采样和转换两个阶段，Tsample 为 ADC 采样时间，由 SMTSx 寄存器配置；Tconv 为转换时间，固定为 12 个 ADCCLK 周期。当 Tsample 配置为最短的 4 个 ADCCLK 时，整个采样转换周期为 16\*ADCCLK。每次转换完成后，ADC 输出 EOC 信号，ADC 中断和状态寄存器中的 EOC 寄存器被硬件置位，如果对应的中断使能置位，则产生中断事件。软件响应中断后应及时清除 EOC 寄存器。BUSY 信号会在 ADC 处于采样和转换的过程中保持为 1，转换结束后自动复位成 0。

## 2.5 采样值与设计电压转换

①针对 VDDA 独立供电的方案，ADC 基准电压取决于 VDDA 独立供电；

$$V_{\text{外部输入}} = \text{Channel 采样值} * VDDA / 4096;$$

③针对 VDDA 与 VDD 共用电源的方案

- 芯片出厂时在 VDDA=3V 情况下，测量 VREFINT 的电压并保存在芯片 Flash 中
- 在以上条件下，使用 ADC 转换 VREFINT 输出，得到转换值 VREFINT\_CAL 并保存在芯片中
- 芯片实际应用中，由于不知道当前 VDDA 电压，ADC 先测量 VREFINT 得到转换值
- VREFINT\_DATA；通过以下公式可以得到当前实际的 VDDA：

$$VDDA = \frac{VREFINT\_CAL}{VREFINT\_DATA} \times 3V$$

注：理论依据在于 Vref 的电压值不随 VDD 改变，因此

$$(3V/4096) * VREFIN\_CAL = (VDDA/4096) * VREFINT\_DATA$$

整理即可得上式

- 假设 ADC 对某个输入通道的采样值为 ADC\_DATA，通过以下公式可以得到当前某个输入通道的实际电压（12bit 输出）

$$V_{\text{CHANNEL}} = \frac{VREFINT\_CAL \times ADC\_DATA}{VREFINT\_DATA \times 4095} \times 3V$$



采用这个方式，不需要知道每颗芯片 VREFINT 的实际电压值，仅需计算当前 VREFINT 采样值和出厂测试值的比例；

## 2.6 采样时间与采样电路的输出阻抗的关系

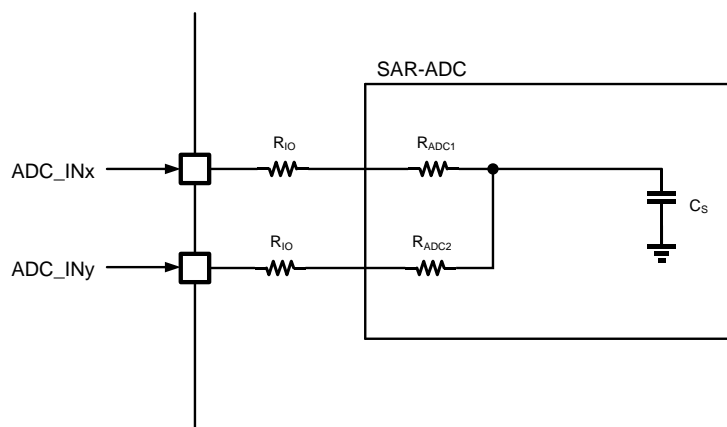


图 2-5 SAR ADC 输入引脚开关阻抗

图 2-5 中 R<sub>IO</sub> 表示引脚输入开关阻抗，R<sub>ADC1</sub> 和 R<sub>ADC2</sub> 表示 ADC 输入快速通道阻抗和慢速通道阻抗，C<sub>ADC</sub> (C<sub>s</sub>) 表示 ADC 采样电容。其中 R<sub>IO</sub> 为 100Ω。

ADC 输入信号采样时间最小值由被采样的模拟信号源内阻、信号输入通道阻抗、引脚寄生电容、采样电容共同决定。

ADC 采样外部输入信号的最小采样时间要求根据下式计算：

$$T_{\text{samp}} = \ln\left(\frac{2^n}{SA}\right) \times (R_{\text{AIN}} + R_{\text{ADC}} + R_{\text{IO}}) \times C_{\text{ADC}}$$

其中 n=12，SA=0.25LSB（指采样电容上的电压建立到被采样信号电平的 0.25LSB 误差以内），

R<sub>ADC</sub> 受电源电压、温度和输入信号幅度影响，在输入信号为 VDDA/2 时开关阻抗最大。以下表格提供了在不同电源、温度条件下，输入信号为 VDDA/2 时的 R<sub>ADC</sub> 参数，用户可以根据这些参数以及信号源特性，计算所需的最小采样时间。



符号	VDDA	温度	参数值			单位
			最小值	典型值	最大值	
快速通道, ADC_IN0~7, 输入信号电平 VDDA/2						
R <sub>ADC</sub>	5V	25C	-	448	573	Ω
		85C	-	493	633	
		-40C	-	406	515	
	3.3V	25C	-	545	720	
		85C	-	605	802	
		-40C	-	485	638	
	1.8V	25C	-	1210	1935	
		85C	-	1241	1931	
		-40C	-	1187	2036	
快速通道, ADC_IN8~11, 输入信号电平 VDDA/2						
R <sub>ADC</sub>	5V	25C	-	531	678	Ω
		85C	-	587	753	
		-40C	-	477	604	
	3.3V	25C	-	673	893	
		85C	-	747	992	
		-40C	-	597	790	
	1.8V	25C	-	1657	2708	
		85C	-	1663	2632	
		-40C	-	1665	2925	

采样时间计算示例:

- ①假设采用快速通道采样一个信号源, 信号源内阻为 1KΩ, 工作电源 VDDA=3.3V, 工作温度 25C, 则根据 Tsamp 公式, 建议的最小采样时间为 226ns。如果 ADC 工作时钟是 16Mhz, 相当于采样时间配置应大于 4 个 ADC 时钟。
- ②假设采用慢速通道采样一个信号源, 信号源内阻为 100KΩ, 工作电源 VDDA=3.3V, 工作温度 85C, 则根据 Tsamp 公式, 建议的最小采样时间为 12.56us。如果 ADC 工作时钟是 8Mhz, 相当于采样时间配置应大于 128 个 ADC 时钟。



## 2.7 Q&A

### 1、采样计算出的电压值比实际通过校准过得数字万用表测量值明显偏大（几百 mv）

如果稳定的偏大，很有可能是 Vref122 在采样阶段，对内部的采样电容充电的时间不够，从而导致的采样出的电压值偏大

**定位：**在不改变程序的前提下，VDD 给一个稳定的 3V，测试 Vref 的采样值，正常值与存到 NVR 取 VREFINT\_CAL 的值相近（1660 附近），如果采样值偏小，则定位此原因，

**解决：**需加大 VREF122 采样时间或降低 ADC 的工作时钟

### 2、采样计算出的电压值比实际通过校准过得数字万用表测量值明显偏小

如果不存在 1 问题的基础上，往往是由于外部电路的影响，导致 ADC 输入阻抗过大，从而外部 Channel 对内部的采样电容充电的时间不够。

**定位：**在不改变程序的前提下，外部直接供一个稳压源测试，若转换正常，定位此原因

**解决：**针对监控电池电压电路（通过 M 级电阻分压，检测中间电平），电压不会存在瞬时变化，可以通过尝试对地的 M 级电阻并一个小电容（0.1uf）——原理上是在采样阶段，通过这个电容对 ADC 内部采样电容充电，加快充电时间。或者加大通道的采样时间或降低 ADC 的工作时钟

### 3、连续采样多个电压值呈现出明显的递增或者递减趋势

呈现出明显的递增趋势：

①首先保证 VDDA 上的电压稳定，即没有下降的趋势，尤其 VDDA 与 VDD 共用电源的方案，由于开启外设或启动外设电路导致瞬间大电流，VDDA 上存在下降的趋势，当采样转换的时间在 VDDA 下降的区间时，就会存在此现象

②采样时间不够，导致后一次的采样值高于前一次

呈现出明显的递减趋势：

监控 VDDA 的上电压，若当采样转换的时间在 VDDA 上升的区间时，就会存在此现象



## 版本信息

版本号	发布日期	更改说明
1.0	2020.6	首次发布



## 附录

### 芯片寄存器介绍

offset 地址	名称	符号
<b>ADC(模块起始地址:0x4001AC00)</b>		
0x00000000	ADC 中断和状态寄存器 (ADC Interrupt and Status Register)	ADC_ISR
0x00000004	ADC 中断使能寄存器 (ADC Interrupt Enable Register)	ADC_IER
0x00000008	ADC 控制寄存器 (ADC Control Register)	ADC_CR
0x0000000C	ADC 配置寄存器 (ADC Config Register)	ADC_CFGR
0x00000010	ADC 采样时间控制寄存器 (ADC Sampling Time Register)	ADC_SMTR
0x00000014	ADC 通道控制寄存器 (ADC Channel Enable Register)	ADC_CHER
0x00000018	ADC 数据寄存器 (ADC Data Register)	ADC_DR
0x0000001C	ADC 软件采样控制寄存器 (ADC Sampling Register)	ADC_SAMPT
0x00000020	ADC 模拟看门狗阈值寄存器 (ADC analog watchdog Threshold Register)	ADC_HLTR

#### ADC 中断和状态寄存器 (ADC\_ISR)

名称	ADC_ISR							
offset	0x00000000							
位	Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8
位名	-							
位权限	U-0							



位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	-	AWD_AH	AWD_UL	-	BUSY	OVR	EOS	EOC
位权限	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0

位号	助记符	功能描述
31:7	-	<b>RFU: 未实现, 读为 0</b>
6	AWD_AH	模拟看门狗超出上限中断标志 (Analog Watchdog Above High Threshold flag, write 1 to clear) 当采样值高于 AWD_HT 时, 硬件置位, 软件写 1 清零
5	AWD_UL	模拟看门狗低于下限中断标志 (Analog Watchdog Under Low Threshold flag, write 1 to clear) 当采样值低于 AWD_LT 时, 硬件置位, 软件写 1 清零
4	-	RFU: 未实现, 读为 0
3	BUSY	ADC 忙标志 (Busy flag, only read) 1: ADC 正在校准、采样或转换过程中 0: ADC 空闲
2	OVR	数据冲突标志, 硬件置位, 软件写 1 清零 (Over Run flag, write 1 to clear) 当 ADC_DATA 寄存器中的上一次转换结果还未被读取, 新的转换结果又到来时, 硬件置位 OVR 标志。 0: 没有数据冲突 1: 出现数据冲突
1	EOS	转换序列结束 (End Of Sequence flag, write 1 to clear) 所有使能通道都转换完成后, 置位 EOS, 软件写 1 清零。
0	EOC	单次转换结束 (End Of Conversion flag, write 1 to clear) 每个通道转换完成后, 置位 EOC, 软件写 1 清零。

## ADC 中断使能寄存器 (ADC\_IER)

名称	ADC_IER							
Offset	0x00000004							
位	Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	-	AWD_AHIE	AWD_ULIE	-		OVRIE	EOSIE	EOCIE



位权限	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
-----	-----	-------	-------	-----	-------	-------	-------

位号	助记符	功能描述
31:7	-	RFU: 未实现, 读为 0
6	AWD_AHIE	模拟看门狗采样值高于上限中断使能, 1 有效 (Analog Watchdog Above High Threshold Interrupt Enable)
5	AWD_ULIE	模拟看门狗采样值低于上限中断使能, 1 有效 (Analog Watchdog Under Low Threshold Interrupt Enable)
4:3	-	RFU: 未实现, 读为 0
2	OVRIE	数据冲突中断使能寄存器 (Over Run Interrupt Enable) 0: 禁止数据冲突中断 1: 允许数据冲突中断
1	EOSIE	转换序列结束中断使能寄存器 (End Of Sequence Interrupt Enable) 0: 禁止 EOS 中断 1: 允许 EOS 中断
0	EOCIE	单次转换结束中断使能寄存器 (End Of Conversion Interrupt Enable) 0: 禁止 EOC 中断 1: 允许 EOC 中断

## ADC 控制寄存器 (ADC\_CR)

名称	ADC_CR							
Offset	0x00000008							
位	Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8
位名	-						EXSAMP	EXSYNC
位权限	U-0						R/W-0	R/W-0
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	-						START	ADEN
位权限	U-0						R/W-0	R/W-0

位号	助记符	功能描述
31:10	-	RFU: 未实现, 读为 0
9	EXSAMP	外部引脚控制采样时间 (External Sample time control) 1: 由 GPIO 输入信号来控制 ADC 采样时间



位号	助记符	功能描述
		0: 由寄存器控制 ADC 采样时间
8	EXSYNC	外部引脚控制采样使能 (External Synchronization enable) 1: 由 GPIO 输入信号启动 ADC 采样 0: 由 START 寄存器启动 ADC 采样
7:2	-	RFU: 未实现, 读为 0
1	START	ADC 启动转换寄存器, 软件写 1 启动, 硬件自动清零。
0	ADEN	ADC 使能寄存器。(ADC Enable) 在启动转换前要先置位 ADEN。 0: 关闭 ADC 1: 使能 ADC

## ADC 配置寄存器 (ADC\_CFGR)

名称	ADC_CFGR							
Offset	0x0000000C							
位	Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24
位名	-		AWDCH				AWDSC	AWDEN
位权限	U-0		R/W-0000				R/W-0	R/W-0
位	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16
位名	OVSS				OVSRR			OVSEN
位权限	R/W-0000				R/W-000			R/W-0
位	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8
位名	-	IOTRFEN	TRGCFG		SEMI	WAIT	CONT	OVRM
位权限	U-0	R/W-0	R/W-00		R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	EXTS				-	SCANDIR	DMACFG	DMAEN
位权限	R/W-0000				U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0

位号	助记符	功能描述
31:30	-	RFU: 未实现, 读为 0
29:26	AWDCH	模拟窗口看门狗监视通道选择, 仅在 AWDSC=1 时有效 (Analog Watchdog Channel Select) 0000: AWD 监视 ADC_IN0 0001: AWD 监视 ADC_IN1 0010: AWD 监视 ADC_IN2 0011: AWD 监视 ADC_IN3 0100: AWD 监视 ADC_IN4 0101: AWD 监视 ADC_IN5 0111: AWD 监视 ADC_IN6 1000: AWD 监视 ADC_IN7





位号	助记符	功能描述
		1001: AWD 监视 ADC_IN8 1010: AWD 监视 ADC_IN9 1011: AWD 监视 ADC_IN10 1100: AWD 监视 ADC_IN11 其他: 保留
25	AWDSC	模拟窗口看门狗单通道或全通道选择 (Analog Watchdog Single Channel mode) 0: AWD 监视所有被使能的外部输入通道 1: AWD 监视 AWDCH 指定的单个通道
24	AWDEN	模拟窗口看门狗使能寄存器 (Analog Watchdog Enable) 0: 关闭 AWD 1: 使能 AWD 仅能在 START=0 的情况下使能 AWD
23:20	OVSS	过采样移位控制寄存器 (Oversampling Shift) 0000: 不移位 0001: 右移 1bit 0010: 右移 2bit 0011: 右移 3bit 0100: 右移 4bit 0101: 右移 5bit 0110: 右移 6bit 0111: 右移 7bit 1000: 右移 8bit Others: RFU
19:17	OVSr	过采样率控制 (Oversampling Ratio) 000: 2x 001: 4x 010: 8x 011: 16x 100: 32x 101: 64x 110: 128x 111: 256x
16	OVSEN	过采样使能 (Oversampling Enable) 0: 禁止过采样 1: 使能过采样
15	-	RFU: 未实现, 读为 0
14	IOTRFEN	引脚触发信号数字滤波使能 (GPIO Trigger Filter Enable) 0: 禁止数字滤波 1: 使能数字滤波
13:12	TRGCFG	触发信号使能和极性选择 (Trigger Config) 00: 禁止触发 01: 上升沿触发 10: 下降沿触发



位号	助记符	功能描述
		11: 上升、下降沿都触发
11	SEMI	单次转换半自动模式 (Semi-automatic), 仅在单次转换 (CONT=0) 时有效, 参见“转换模式”章节 0: 自动模式 1: 半自动模式
10	WAIT	等待模式控制 (wait mode) 0: 无等待, 如果上次转换数据没有及时读取, 则可能出现 Overrun 1: 等待模式, 在上次转换数据被读取前, 不会启动下一次转换
9	CONT	连续转换模式使能 (Continuous mode) 0: 单次转换 1: 连续转换
8	OVRM	Overrun 模式控制 (Overrun mode) 0: 当 overrun 发生时, 保持上次数据, 丢弃本次转换值 1: 当 overrun 发生时, 覆盖上次数据  注: 当 OVSEN=1 的情况下, OVRM 配置不起作用, 过采样平均后的新数据总是会覆盖上次数据, 软件应注意响应时间, 避免 overrun
7:4	EXTS	硬件触发源选择 (External trigger select) 0000: PA8 0001: PB9 0010: RFU 0011: ATIM_TRGO 0100: GPTIM0_TRGO 0101: GPTIM1_TRGO 0110: RFU 0111: RTC_TRGO 1000: BSTIM_TRGO 1001: RFU 1010: COMP1_TRGO 1011: COMP2_TRGO Others: RFU
3	-	ADC 低功耗模式使能, 软件可以配置 (Low Power Mode) 1: 使能 ADC 低功耗模式, 最大工作时钟频率 4MHz, 最高采样率 250Ksps 0: 正常模式
2	SCANDIR	通道扫描顺序控制 (Scan Direction) (共 16 个通道, 实际只会采样被使能的通道) 0: 前向扫描, ADC_IN0->ADC_IN11->REF->TS->OPA1->OPA2 1: 反向扫描, OPA2->OPA1->TS->REF->ADC_IN11->ADC_IN0
1	DMACFG	DMA 模式控制 (DMA Config) 0: 单次模式 1: 循环模式
0	DMAEN	DMA 使能 (DMA Enable)



位号	助记符	功能描述
		0: 禁止 DMA 1: 使能 DMA

## ADC 采样时间控制寄存器 (ADC\_SMTR)

名称	ADC_SMTR							
Offset	0x00000010							
位	Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8
位名	-				CHCG			
位权限	U-0				R/W-1000			
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	SMTS2				SMTS1			
位权限	R/W-0000				R/W-0000			

位号	助记符	功能描述
31:12	-	RFU: 未实现, 读为 0
11:8	CHCG	ADC 采样通道切换等待时间, 在当前通道采样周期完成后, 等待 CHCG 时间 (CHCG*ADC 工作时钟周期), 再切换到下一个采样通道 (Channel Clock Gating) 0000, 0001, 0010: 2*TADCLK 0011: 3*TADCLK 0100: 4*TADCLK 0101: 5*TADCLK 0110: 6*TADCLK 0111: 7*TADCLK 1000: 8*TADCLK 1001: 9*TADCLK 1010: 10*TADCLK 1011~1111: 11*TADCLK
7:4	SMTS2	快速通道采样时间控制 (*ADC 工作时钟周期), 用于配置 ADC_IN8/9/10/11 四个外部通道、以及 OPA 通道的采样时间 (Sampling Time Select 2) 0000: 4 0001: 6 0010: 9 0011: 10



位号	助记符	功能描述
		0100: 16 0101: 24 0110: 32 0111: 48 1000: 96 1001: 128 1010: 192 1011: 256 1100: 384 Others: 软件控制
3:0	SMTS1	慢速通道采样时间控制 (*ADC 工作时钟周期), 用于配置 ADC_IN0~7 八个外部通道、以及 VREF1p22 和 TS 的采样时间 (Sampling Time Select 1) 0000: 4 0001: 6 0010: 9 0011: 10 0100: 16 0101: 24 0110: 32 0111: 48 1000: 96 1001: 128 1010: 192 1011: 256 1100: 384 1101/1110/1111: 软件控制

## ADC 通道控制寄存器 (ADC\_CHER)

名称	ADC_CHER							
Offset	0x00000014							
位	Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16
位名	-				OPA2CH	OPA1CH	TSCH	REFCH
位权限	U-0				R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
位	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8
位名	-				ECH11	ECH10	ECH9	ECH8
位权限	U-0				R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	ECH7	ECH6	ECH5	ECH4	ECH3	ECH2	ECH1	ECH0



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
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

位号	助记符	功能描述
31:20	-	RFU: 未实现, 读为 0
19	OPA2CH	OPA2 输出测量, 写 1 使能 (OPA2 channel enable)
18	OPA1CH	OPA1 输出测量, 写 1 使能 (OPA1 channel enable)
17	TSCH	温度传感器测量通道, 写 1 使能 (TempSensor channel enable)
16	REFCH	内部基准电压测量通道, 写 1 使能 (VREF channel enable)
15:12	-	RFU: 未实现, 读为 0
11	ECH11	ADC_IN11 测量通道, 写 1 使能(External Channel Enable)
10	ECH10	ADC_IN10 测量通道, 写 1 使能(External Channel Enable)
9	ECH9	ADC_IN9 测量通道, 写 1 使能(External Channel Enable)
8	ECH8	ADC_IN8 测量通道, 写 1 使能(External Channel Enable)
7	ECH7	ADC_IN7 测量通道, 写 1 使能(External Channel Enable)
6	ECH6	ADC_IN6 测量通道, 写 1 使能(External Channel Enable)
5	ECH5	ADC_IN5 测量通道, 写 1 使能(External Channel Enable)
4	ECH4	ADC_IN4 测量通道, 写 1 使能(External Channel Enable)
3	ECH3	ADC_IN3 测量通道, 写 1 使能(External Channel Enable)
2	ECH2	ADC_IN2 测量通道, 写 1 使能(External Channel Enable)
1	ECH1	ADC_IN1 测量通道, 写 1 使能(External Channel Enable)
0	ECH0	ADC_IN0 测量通道, 写 1 使能(External Channel Enable)

## ADC 数据寄存器 (ADC\_DR)

名称	ADC_DR							
Offset	0x00000018							
位	Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8
位名	DATA[15:8]							
位权限	R-0000 0000							
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	DATA[7:0]							
位权限	R-0000 0000							

位号	助记符	功能描述
31:16	-	RFU: 未实现, 读为 0



位号	助记符	功能描述
15:0	DATA	ADC 转换结果 (ADC conversion data) 在没有使能过采样平均的情况下, 结果为低 12bit; 在使能过采样平均的情况下, 结果为 12~16bit

## ADC 软件采样控制寄存器 (ADC\_SAMPT)

名称	ADC_SAMPT							
Offset	0x0000001C							
位	Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8
位名	-							
位权限	U-0							
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	-							SAMPT_S
位权限	U-0							0

位号	助记符	功能描述
31:1	-	RFU: 未实现, 读为 0
0	SAMPT_S	软件控制采样信号, 仅在 SMTSx=1101/1110/1111 时有效 (Sample time software control) 0: ADC 采样 1: ADC 停止采样

## ADC 模拟看门狗阈值寄存器 (ADC\_HLTR)

名称	ADC_HLTR							
Offset	0x0000001C							
位	Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24
位名	-				AWD_HT[11:8]			
位权限	U-0				R/W-0000			
位	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16
位名	AWD_HT[7:0]							
位权限	R/W-0000 0000							
位	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8



位名	-				AWD_LT[11:8]			
位权限	U-0				R/W-0000			
位	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
位名	AWD_LT[7:0]							
位权限	R/W-0000 0000							

位号	助记符	功能描述
31:28	-	RFU: 未实现, 读为 0
27:16	AWD_HT	AWD 监视高阈值 (Analog Watchdog High Threshold)
15:12	-	RFU: 未实现, 读为 0
11:0	AWD_LT	AWD 监视低阈值 (Analog Watchdog Low Threshold)



## 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 Alexcior, 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/>