



# MS60F302x

32 位 MCU 数据手册 1.0.1 版本



**sinomcu**  
**晟矽微电子**



# 1. 主要特性

## 内核

- ◇ 32 位 ARM Cortex-M0 内核
- ◇ 最高主频 72MHz

## 存储器

- ◇ 片上最多有 128K 字节 FLASH 程序存储器，支持硬件 CRC 校验
- ◇ 独立 bootloader 空间
- ◇ 片上最多有 16K 字节 SRAM
- ◇ 支持 IAP,ISP 编程

## 复位与电源管理

- ◇ 数字和 IO 供电 VDD: 2.2V~3.6V
- ◇ 模拟电源供电: VDDA=VDD
- ◇ 上电/掉电复位(POR/BOR)
- ◇ 可编程电压监测器(PVD)
- ◇ 低功耗模式: 睡眠、停止和待机模式

## 时钟管理

- ◇ 片内高精度 16MHz RC 振荡器, +/-1% @typical, +/-2% @full condition
- ◇ 片内 32KHz 低功耗 RC 振荡器
- ◇ 32.768 kHz 晶体振荡器
- ◇ 4M、8M、12M、16MHz 晶体振荡器
- ◇ PLL 时钟, 最高输出 72MHz, 支持 32/48/64/72MHz 多档倍频可调
- ◇ 系统时钟分频系数 1/2/4/8/16/32/128

## I/O

- ◇ 最多 59 个 I/O, 支持开漏输出/推挽输出/上拉输入/下拉输入/浮空输入
- ◇ 所有 I/O 具有外部中断功能, 支持上/下沿触发
- ◇ 每个 I/O 都与不同的外设功能复用
- ◇ IO 矩阵, 将大部分外设映射到任意 I/O 管脚

## PWM

- ◇ 1 个 16 位高级 PWM 模块, 支持 4 路互补输出, 共 8 个通道, 具有刹车功能
- ◇ 独立 12 位死区发生器, 高端死区和低端死区可以独立设置

- ◇ 4 个独立事件线, 用于同步触发 ADC、DAC 等
- ◇ 支持步进电机
- ◇ 支持可编程故障保护

## 定时器

- ◇ 3 个 16 位定时器, 3 个 32 位定时器。
- ◇ 6 对输入捕获, 6 路波形输出
- ◇ 支持 PWM 故障输入保护
- ◇ 2 个看门狗定时器: IWDG 和 WWDG
- ◇ 1 个 24 位 SysTick 递减计数定时器
- ◇ 1 个 16 位低功耗定时器, 可以用于低功耗唤醒

## 12 位高精度 ADC

- ◇ 12 位高精度逐次逼近型 ADC
- ◇ 双采样保持, 转换速率最高 1M
- ◇ 多达 22 个外部通道
- ◇ 内部通道: 温度传感器, VREF, AVDD, AGND, 运算放大器输出
- ◇ 内部温度传感器 ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$  到  $105^{\circ}\text{C}$ )
- ◇ 轨到轨的转换范围, VREF 可以选择: AVDD, 内部基准源 (1.8V 或 2.4V), 或者外部 VREF (<2.4V)
- ◇ 工作电压范围: 2.5V~VDDA

## 12bit DAC 数模转换器

- ◇ 最多有 4 路独立 12bit DAC
- ◇ VREF 可以选择: AVDD, 内部基准源 (1.8V 或 2.4V), 或者外部 VREF

## 通讯接口

- ◇ 1 个 USART 接口, 支持 SPI 模式, ISO7816, LIN, IrDA
- ◇ 3 个 UART, 16/8 倍过采样, 高精度波特率
- ◇ 2 个 I2C 接口, 支持快速模式+ (1Mbps)
- ◇ 2 个 SPI 接口, 支持 8~16 位的数据格式, 最高速率为 1/2 总线时钟频率

## CRC 计算单元

- ◇ 支持 8 位、16 位、32 位任意奇数多项式 CRC 运算

## PDMA 控制器

- ◇ 支持 17 个 PDMA 通道

本公司保留对以下所有产品在可靠性、功能和设计方面的改进作进一步说明的权利。

同时保留在未通知的情况下, 对本文档做更改的权利。



- ◇ 支持外设：ADC、SPI0~1、I2C0~1、UART0~2、USART

#### 2 个电压比较器

- ◇ 每个比较器支持 10 路外部输入（正负可配）
- ◇ 4 路内部输入：LDO，AGND，AVDD，6 位内部 DAC
- ◇ 输出有如下功能配置：同步/异步，数字滤波，极性选择，迟滞，响应时间，上/下沿中断
- ◇ 支持 PWM 故障输入保护

96 位的芯片唯一码

串行调试(SWD)接口

工作环境

- ◇ 工作电压：2.2V~3.6V
- ◇ 温度范围：-40°C~105°C
- ◇ ESD 性能：HMB≥6KV
- ◇ EFT 性能：4KV

封装形式

LQFP64/LQFP48/LQFP32

Primary

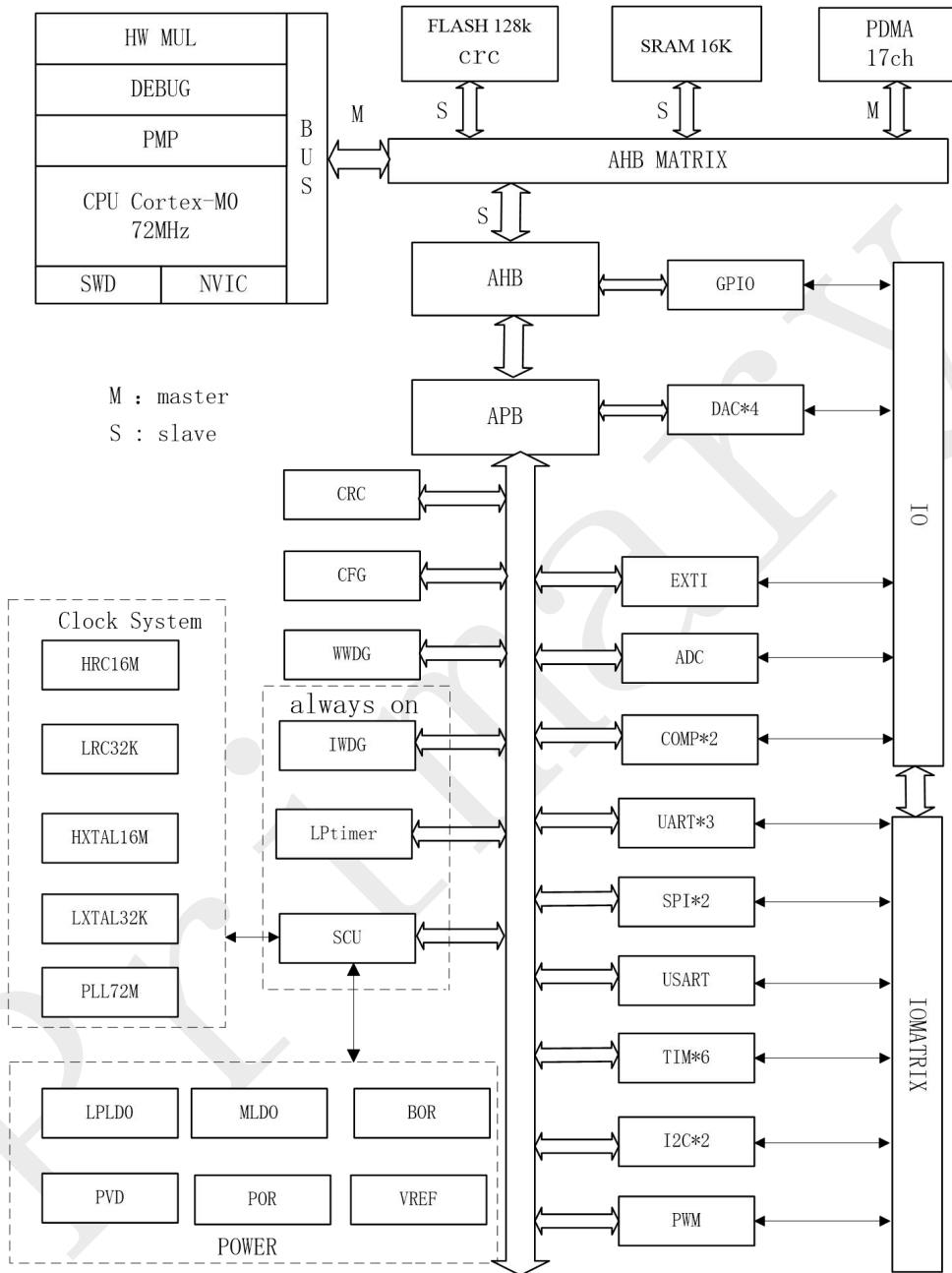


## 2. 产品器件选型表

产品型号		MS60F3026BP64/48/32	MS60F3025BP64/48/32	MS60F3023BP64/48/32
外围接口				
闪存 - K 字节		128K	64K	32K
SRAM - K 字节		16K	16K	8K
定时器	通用	6	6	6
	LPTIMER	1	1	1
高级 PWM		4 对		
通讯接口	SPI	2 个		
	I2C	2 个		
	UART	3	3	3
	USART	1	1	1
12 位同步 ADC(通道数)		16 规则组+4 注入组	16 规则组+4 注入组	16 规则组+4 注入组
12 位 DAC		4	1	1
电压比较器		2 个		
GPIO		59/43/29	59/43/29	59/43/29
CPU 频率		72 MHz		
工作电压		2.2~3.6 V		
工作温度		周围环境温度: -40~+105℃		
		结温温度: -40~+ 125℃		
封装		LQFP64/LQFP48/LQFP32	LQFP64/LQFP48/LQFP32	LQFP64/LQFP48/LQFP32



### 3.系统框图





## 4. 管脚复用功能选择

本产品通过 IOMATRIX 可以将大部分的外设输入输出映射到任意管脚。

管脚功能复用如下图：

管脚类型： AVDD : 模拟电源    VDD : 数字和IO 电源    GND : 数字地    AGND : 模拟地

CMPAx : COMPx 输出异步结果    CMPx : COMPx 输出同步结果

ADCxx\_PGA0Py\_CMP0PNz : ADCxx 的输入引脚\_PGA0y 引脚的正向输入端\_COMP0z 引脚的正负引脚输入端

ADCxx\_PGA1Ny\_CMP1PNz : ADCxx 的输入引脚\_PGA1y 引脚的负向输入端\_COMP1z 引脚的正负引脚输入端



LQFP64	LQFP48	LQFP32	名称	SV兼容	默认功能	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15	AF16	模拟功能
						SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	SP10	SP11	TIMERO	TIMER1	COMP	UART2	PWM	USART	
1	1	1	VREF																			VREF
2	2	2	AVDD																			
3	3	2	VDD																			
4	4		PC7	5VT	PC7					RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01	TA00	TA10	CMP0	RX2	PWM1	USTCK	PGA0N3
5	5		PC6		PC6					RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1	TB00	TB10	CMP1	TX2	PWM1	USTXD	PGA0N4
6	6		PC5		PC5					RX0	TX0	RX1	TX1	NCS0	NCS1	TA01	TA11	CMPA0	RX2		USRXD	PGA1N4
7	7		PC4	5VT	PC4	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TB01	TB11	CMPA0	TX2		USTCK	PGA0N0
8	8		PC3	5VT	PC3	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	NCS0	NCS1	TA02	TA12	CMPA1	RX2	PWM3H	USTXD	PGA0N1
9	9		PB15	5VT	PB15	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1	TB02	TB12	CMPA1	TX2	PWM3L	USRXD	PGA0N2
10	10	3	PB13		SWDCLK	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TA00	TA10	CMPA0	TX2	PWM0H	USTXD	ADC17_PGA1P7_CMP1PN7
11	11	4	PB12		SWDIO	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1	TB00	TB10	CMP1	RX2	PWM0L	USRXD	ADC18_PGA1N5_CMP1PN8
12			PD7		PD7					RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01			CMP0	RX2	PWM0H	USCTS	
13			PD6		PD6					RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11			CMP1	TX2	PWM0L	USTCK	
14	12	5	PB11	5VT	PB11	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	NCS0	NCS1	TA01	TA11	CMPA1	TX2	PWM1H	USTXD	ADC00_PGA0P0_CMP0PN0
15	13	6	PB10		PB10	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01	TB01	TB11	CMP0	RX2	PWM1L	USRTS	DAC1
16	14	7	PB9		PB9	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TA02	TA12	CMP1	TX2	PWM2H	USTCK	DAC0
17	15	8	PB8		PB8	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	NCS0	NCS1	TB02	TB12	CMP0	RX2	PWM2L	USCTS	DAC3
18	16	9	PB7		PB7	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01	TA00	TA10	CMP1	TX2	PWM0H	USTXD	DAC2
19			PD5		PD5					RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11			CMP1	RX2		USTCK	
20			PD4		PD4					RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01			CMPA0	TX2		USRXD	
21			PD3		PD3					RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1			CMPA1	RX2	PWM3H	USTCK	
22			PD2		PD2					RX0	TX0	RX1	TX1	NCS0	NCS1			CMP0	TX2	PWM3L	USTXD	
23	17		PB14		PB14	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TA00	TA10	CMP1	RX2	PWM0H	USRXD	ADC09_PGA0N6_CMP0PN9
24	18	10	PB6	5VT	PB6	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01	TB00	TB10	CMPA0	RX2	PWM0L	USRXD	ADC01_PGA0P1_CMP0PN1
25	19	11	PB5	5VT	PB5	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TA01	TA11	CMPA1	TX2	PWM1H	USTCK	ADC02_PGA0P2_CMP0PN2
26	20	12	PB4	5VT	PB4	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1	TB01	TB11	CMP0	RX2	PWM1L	USTXD	ADC03_PGA0P3_CMP0PN3
27	21	13	PB3		PB3	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	NCS0	NCS1	TA02	TA12	CMP1	TX2	PWM2H	USRXD	ADC04_PGA0P4_CMP0PN4
28	22	14	PB2		PB2	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01	TB02	TB12	CMPA0	RX2	PWM2L	USTCK	ADC05_PGA0P5_CMP0PN5
29	23	15	PB1		PB1	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TCLK01	TCLK11	CMPA1	TX2	PWM1F	USRTS	ADC14_PGA1P4_CMP1PN4
30	24	16	PB0	nRST	SDA0	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1	TCLK02	TCLK12	CMP0	RX2	PWM1F	USCTS	ADC15_PGA1P5_CMP1PN5
31			PD11		PD11					RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1	TA02	TA12	CMPA0	RX2	PWM2H	USTXD	
32			PD10		PD10					RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TB02	TB12	CMPA1	TX2	PWM2L	USRXD	
33	25	17	PA15		PA15	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01	TA00	TA10	CMP0	TX2	PWM0H	USTCK	ADC06_PGA0P6_CMP0PN6
34	26	18	PA14		PA14	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TB00	TB10	CMP1	RX2	PWM0L	USTXD	ADC07_PGA0P7_CMP0PN7
35	27	19	PA13		PA13	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1	TA01	TA11	CMPA0	TX2	PWM1H	USRXD	ADC08_PGA0N5_CMP0PN8
36	28	20	PA12		PA12	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	NCS0	NCS1	TB01	TB11	CMPA1	RX2	PWM1L	USCTS	ADC10_PGA1P0_CMP1PN0
37	29	21	PA11	5VT	PA11	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1	TA02	TA12	CMP0	TX2	PWM2H	USTCK	ADC11_PGA1P1_CMP1PN1
38	30	22	PA10	5VT	PA10	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01	TB02	TB12	CMP1	RX2	PWM2L	USTXD	ADC12_PGA1P2_CMP1PN2
39	31	23	PA9	5VT	PA9	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TA00	TA10	CMPA0	RX2	PWM3H	USRXD	ADC13_PGA1P3_CMP1PN3
40			PD1		PD1					RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01	TB00	TB10	CMPA1	RX2	PWM3L	USTCK	
41			PD0		PD0					RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1			CMP0	TX2		USTXD	
42			PC15		PC15					RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01			CMP1	RX2		USRXD	
43			PC14		PC14					RX0	TX0	RX1	TX1	NCS0	NCS1			CMPA0	TX2		USTCK	
44	32		PC10	5VT	PC10					RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1	TCLK00	TCLK10	CMP0	RX2	PWM1F	USTXD	PGA1N3
45	33		PC9	5VT	PC9					RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TCLK01	TCLK11	CMP1	TX2	PWM1F	USRXD	PGA1N2
46	34		PC8	5VT	PC8					RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TCLK02	TCLK12	CMPA0	RX2		USTCK	PGA1N1
47	35		PC2		PC2	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1			CMPA1	TX2		USTXD	ADC0A_PGA0N7_CMP0PNA
48	36		PC1		PC1	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	NCS0	NCS1	TA02	TA12	CMP0	RX2	PWM3H	USRTS	ADC19_PGA1N6_CMP1PN9
49	37		PC0		PC0	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01	TB02	TB12	CMP1	TX2	PWM3L	USRTS	ADC1A_PGA1N7_CMP1PNA
50	38	24	PA8		PA8	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01	TA00	TA10	CMPA0	RX2	PWM0H	USRXD	LFXTAL1
51	39	25	PA7		PA7	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TB00	TB10	CMPA1	TX2	PWM0L	USRXD	LFXTAL0
52	40	26	PA6		PA6	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1	TA01	TA11	CMP0	RX2	PWM1H	USTCK	HFXTAL1
53	41	27	PA5		PA5	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	NCS0	NCS1	TB01	TB11	CMP1	TX2	PWM1L	USTXD	HFXTAL0
54	42	28	PA4		PA4	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01	TA02	TA12	CMPA0	RX2	PWM2H	USRXD	ADC16_PGA1P6_CMP1PNA
55	43	29	PA3		PA3	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TB02	TB12	CMPA1	TX2	PWM2L	USTCK	PGA00
56	44	30	PA2		PA2	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1	TCLK00	TCLK10	CMP0	RX2	PWM1F	USTXD	PGA01
57	45	31	PA1	5VT	PA1	SDA0	SCL0	SDA1	SCL1	RX0	TX0	RX1	TX1	NCS0	NCS1	TCLK01	TCLK11	CMP1	TX2	PWM1F	USRTS	PGA1N0
58			PC12		PC12					RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11	TCLK02	TCLK12	CMP0	RX2		USTCK	
59	46		PC11		PC11					RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1			CMP1	TX2		USCTS	
60			PC13		PC13					RX0	TX0	RX1	TX1	MOS10	MOS11			CMPA0	RX2		USRXD	
61			PD9		PD9					RX0	TX0	RX1	TX1	MIS00	MIS01	TCLK00	TCLK10	CMPA1	TX2		USTXD	
62			PD8		PD8					RX0	TX0	RX1	TX1	SCK0	SCK1	TCLK01	TCLK11	CMP0	RX2		USRTS	
63	47	32	GND																			
64	48	32	AGND																			



## 5. 功能概述

### 5.1. ARM Cortex-M0 内核

ARM 的 Cortex®-M0 是 32 位处理器，提供优异的代码密度和能耗效率。

Cortex®-M0 内核内置嵌套向量中断控制器（NVIC），能够处理多达 32 个可屏蔽中断通道且可以设置优先级。NVIC 能够达到低延迟的中断响应处理,并支持嵌套功能。

### 5.2. 内置闪存存储器

片上最多 128K 字节大容量内置闪存存储器，用于存放程序和数据。

### 5.3. 内置 SRAM

片上最多 16K 字节的内置 SRAM。

### 5.4. 时钟管理

芯片时钟的管理主要由时钟控制模块完成。此模块主要负责对各时钟源进行使能和配置,对不同时钟源通过动态的互相切换来产生系统时钟以及实现系统时钟的分频等,并向部分外设模块提供单独的时钟,比如给 IWDG 的独立低频时钟（CLK\_LRC）、给 eFlash 的编程时钟和给 ADC 的采样转换时钟等。SCU 还提供外设时钟门控以降低动态功耗。

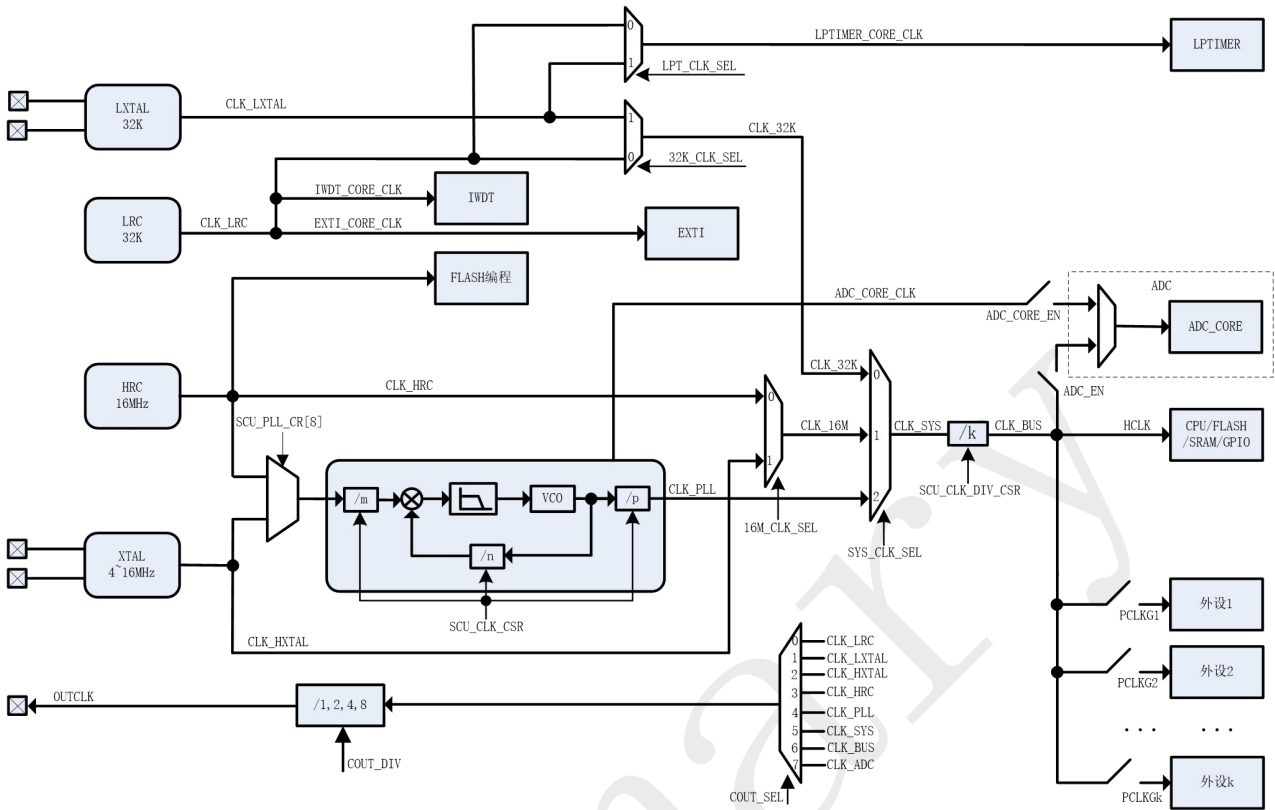
芯片有如下时钟源：

- 内部低频 RC（CLK\_LRC），32KHz
- 内部高频 RC（CLK\_HRC），16MHz
- 外部低频晶振（CLK\_LXTAL），32KHz
- 外部高频晶振（CLK\_HXTAL），4/8/12/16MHz
- 锁相环时钟（CLK\_PLL），输出频率可配（72/64/48/32MHz）





图 5-1 时钟框图



### 5.5. 电源系统

- VDD :为 I/O 引脚和内部调压器供电,电压 2.2~3.6V。
- AVDD:为模拟模块 ADC/TPS/COMP、DAC 等模拟模块供电，电压 2.2V~3.6V。
- GND :数字地。
- AGND :模拟地。

模拟外设	最低 AVDD	最高 AVDD 供电
ADC	2.5V	3.6V
COMP	2.2	3.6V
DAC	2.2	3.6V
PGA	2.2	3.6V



## 5.6. 复位功能

复位功能主要由复位控制模块控制实现。SCU 复位功能主要是完成系统的上电复位顺序, 根据不同复位信号对系统进行不同的复位处理, 和 eFlash 配合实现修调参数的加载, 并在程序跑飞和供电异常时使芯片回归初始状态, 以保证芯片的安全。同时产生所有外设所需复位信号, 大部分外设模块可通过 SCU 内置模块复位寄存器进行单独复位操作。

## 5.7. 低功耗模式

芯片除了正常的工作模式外, 还提供三种低功耗模式: SLEEP 模式, STOP 模式和 STANDBY 模式。

## 5.8. 供电监控器(PVD)

本产品中有一个可编程电压监测器(PVD), 它监视 VDD/AVDD 供电并与阈值 VPVD 比较, 当 VDD 低于或高于阈值 VPVD 时都会产生中断, 中断处理程序可以发出警告信息或将微控制器转入安全模式。PVD 功能需要通过程序开启。

## 5.9. 两种启动模式

在启动时, 通过启动引脚和启动选项控制字可以选择两种启动模式中的一种:

- 从程序闪存存储器启动
- 从系统存储器启动

启动加载程序(Bootloader)存放于 BOOT 存储器中, 可以通过 UART 或 I2C 对 flash 重新编程。

## 5.10. GPIO

本芯片最多可提供 59 个 IO 端口, GPIO 可通过 IOMATRIX 大部分外设输入输出可映射到任意 I/O 管脚上, 每个 IO 端口都具有通用 IO 功能 (GPIO), 并可复用为其他外设功能。作为 GPIO, 每个 IO 口都支持边沿触发中断, 可以把 MCU 从睡眠(SLEEP)、待机(STANDBY)



或停止（STOP）模式下唤醒。GPIO 支持推挽输出、开漏输出、上拉输入、下拉输入、浮空输入，输入带有施密特触发器滤波功能。

## 5.11. PDMA

PDMA 作为一个 AHB 总线主机，完成外设和存储器之间的数据直接搬运功能。在 PDMA 和处理器在访问外设或片上存储器发生竞争/冲突时，处理器的优先等级高于 PDMA。

PDMA 共设有 17 个单工通道，按方向不同分为 RX 和 TX 两类。RX 通道上 PDMA 可以实现数据由相应外设到片上存储器的传输。TX 通道上 PDMA 则可以实现数据由片上存储器到相应外设的传输。PDMA 通过成对使用单工通道实现外设的全双工数据传输。PDMA 只能同时处理单个通道，同时发生的不同通道的数据传输优先级固定，通道编号越小的通道优先级越高。各个通道传输的数据宽度或固定为相应外设数据的宽度，或可由用户自定义。

使用 PDMA 通过自主的数据传输，减轻了处理器的负担，提高了整个芯片的性能。当 PDMA 数据传输完成后，如果相应外设使能了 PDMA 传输完成中断则由该外设触发中断。

## 5.12. 循环冗余校验计算单元（CRC）

CRC（循环冗余校验）计算单元，根据所设置多项式，输入 8 位、16 位或 32 位数据计算产生 CRC 校验值。

## 5.13. PWM

PWM 模块具有 4 对两两互补的输出通道。用户可以配置输出波形的周期、占空比、极性和死区。除了可以配置占空比寄存器之外，每个通道还可以配置产生附加边沿脉冲波形。所有通道集成了双缓冲系统，以避免在修改周期、占空比、附加边沿或死区等参数时对输出波形产生意外影响。通道之间可以同步，主要是为了能同时更新 PWM 多通道的占空比或死区时间。PWM 模块提供 4 个独立的比较单元。PWM 模块在同步模式或者异步模式下，都支持强制输出功能；同时可以通过外部触发实时修改输出脉冲。针对保护机制（刹车）PWM 模块提供 8 个故障监测输入信号，当检测到故障信号时将立即关断 PWM 输出。



## 5.14. 定时器（TIM）

定时器 0 包含 3 个相同的 16 位定时器通道，定时器 1 包含 3 个相同的 32 位定时器通道。每个通道可以独立编程并执行多种功能，包括频率测量、事件计数、间隔测量、脉冲生成、延时定时以及脉宽调制。

每个通道都可被用户配置，包括 3 路外部时钟输入、2 路内部时钟输入，2 路多功能输入/输出信号。每个通道可产生一个内部中断信号。

定时器前端集成了一个正交解码逻辑单元，包括 3 个输入信号 TIOA0、TIOB0、TIOB1。具有输入信号的滤波、正交解码功能，并通过寄存器读取电机的位置和速度。

## 5.15. 独立看门狗（IWDG）

IWDG 是一个可配置的 12 位计数器，在 MCU 异常的情况下提供复位。内部独立的 32KHz LRC 作为独立计数器时钟。软件可启动独立看门狗，启动后不能软件关闭，只能用复位禁止看门狗(软件复位和 CPU 复位除外)。

## 5.16. 窗口看门狗（WWDG）

窗口看门狗跟独立看门狗类似，超时未刷新递减计数器会导致系统复位；区别在于窗口看门狗如果过早刷新递减计数器，也会导致系统复位。程序想正常运行（不被看门狗复位），需要周期性在规定时间内窗口内刷新递减计数器。

## 5.17. I2C

芯片内置 2 个 I2C，支持主/从模式，采用半双工通讯，主模式下 SCL 时钟频率可配。主从模式最高通信频率为 1MHz。从模式下，支持从机地址位 MASK、多 Master 模式、GC 模式（General Call）和连续收发数据，发送和接收电路均支持 8x8 bit 的 FIFO。

此模块支持 PDMA 功能。



## 5.18. USART

通用 USART 提供一个全双工的同步/异步收发器，最高通信速率 1Mb/s，支持多机通信。数据帧格式可以配置，如数据长度、奇偶校验位、停止位等。接收模块具有奇偶校验错误、帧错误、溢出错误检测功能，同时接收模块具有可变长度帧超时检测功能。

USART 有三种测试模式：外部环回、内部环回和自动回发。

USART 支持多种模式：RS485、LIN 总线、SPI 总线、ISO7816(智能卡槽 T=0/T=1)、红外收发器和调制解调器接口。硬件握手功能通过 RTS 和 CTS 流控。

此模块支持 PDMA 功能。

## 5.19. UART

本芯片提供 3 个 UART 模块。通用 USART 提供一个全双工的异步收发器，最高通信速率 1Mb/s，支持多机通信。数据帧格式可以配置，如数据长度、奇偶位、停止位数目。接收器具有奇偶校验错误、帧错误、溢出错误的检测。接收模块具有奇偶校验错误、帧错误、溢出错误检测功能，同时接收模块具有可变长度帧超时检测功能。

UART 有三种测试模式：外部环回、内部环回和自动回发。

此模块支持用 PDMA 功能。

## 5.20. SPI

本芯片提供两个 SPI 模块。SPI 支持主模式或从模式。SPI 作为主机时控制数据流，从机被主机时钟触发移入或移出数据。主机通过发送 NSS 信号选中从设备从而与从设备通信。

## 5.21. ADC

本芯片提供一个双采样的 12 位逐次逼近型 ADC。支持 22 个外部信号源和 6 个内部信号源，可分别放入 16 个规则通道或 4 个注入通道。各通道的 A/D 转换可以支持单次、单次连续、扫描、连续扫描、间断触发等工作模式。ADC 的结果可以左对齐或右对齐方式存储在 16 位数据寄存器中。模拟看门狗特性允许应用程序检测输入电压是否超出用户定义的高、低阈值。



## 5.22. DAC

本芯片内置 4 个 12 位 DAC, 都可以配置为 8 位或 12 位模式。DAC 工作在 12 位模式时, 数据可以设置成左对齐或右对齐。

## 5.23. 温度传感器(TPS)

温度传感器内部连接到 ADC0F 或 ADC1F 输入通道。

传感器具有很好的线性度, 且每个器件在出厂时都已校准, 校准值在芯片上电时自动加载生效。

## 5.24. 内部参考电压 (VREF)

内部参考电压 (VREF) 为 ADC 和比较器提供了一个稳定的参考电压。VREF 内部连接到 ADC0D 或 ADC1D 输入通道。在生产测试期间已经针对每个芯片对 VREF 电压进行了单独校准, 校准值在芯片上电时自动加载生效。内部 VREF 关闭后, 可以通过管脚 VREF 外接参考电压。

## 5.25. 电压比较器 (COMP)

本产品内嵌两个电压比较器, 每个比较器具有 16 个可选的正向输入端 (12 外部+4 内部通道) 和 16 个可选的反向输入端 (12 外部+4 内部通道)。每个比较器都支持同步或异步输出。比较器的输出还支持极性选择和滤波功能。同时比较器还能触发 TIM 和 PWM。

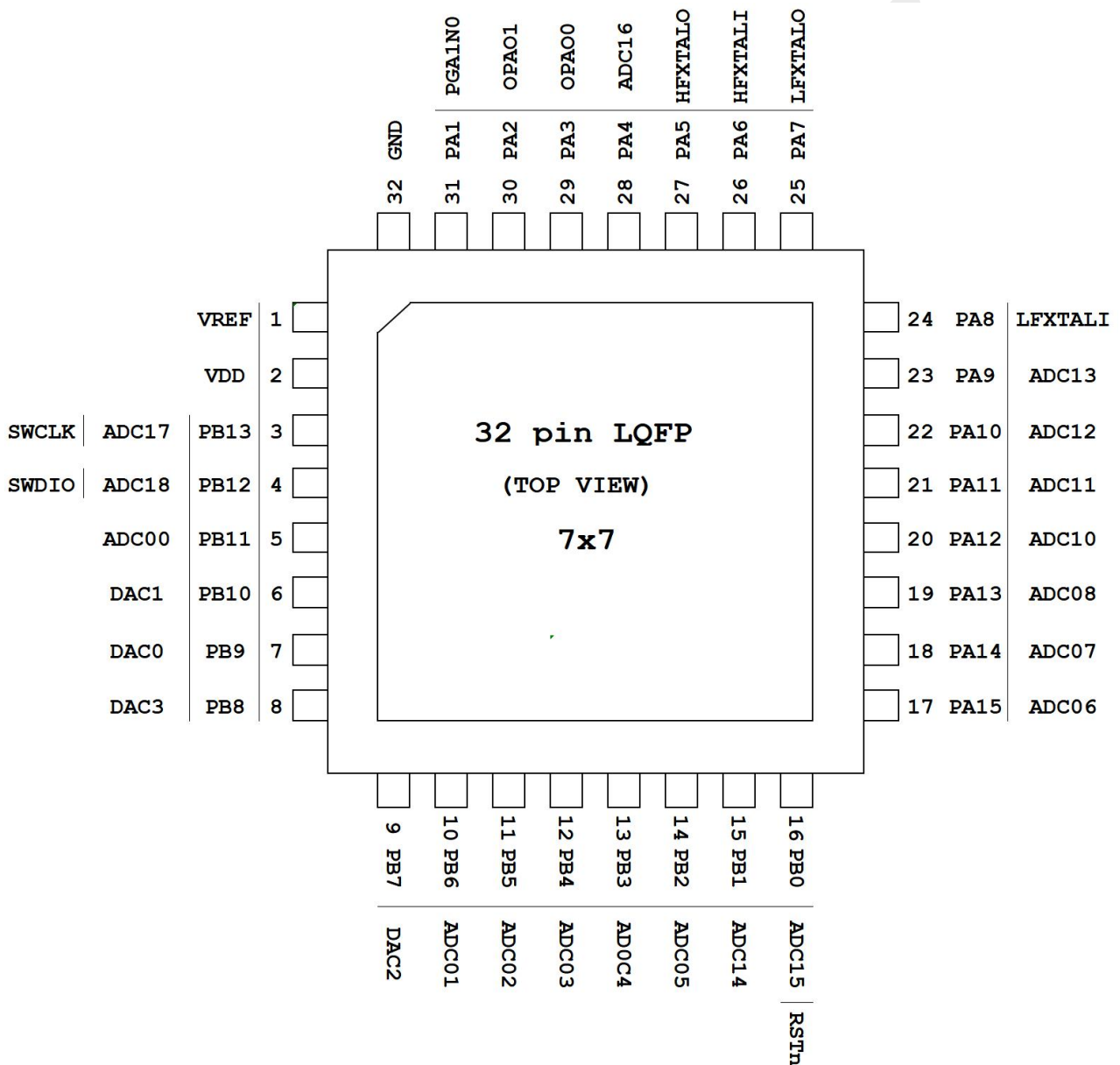
## 5.26. 串行单线 SWD 调试口

本芯片内嵌 ARM 的两线串行 SWD 调试接口。



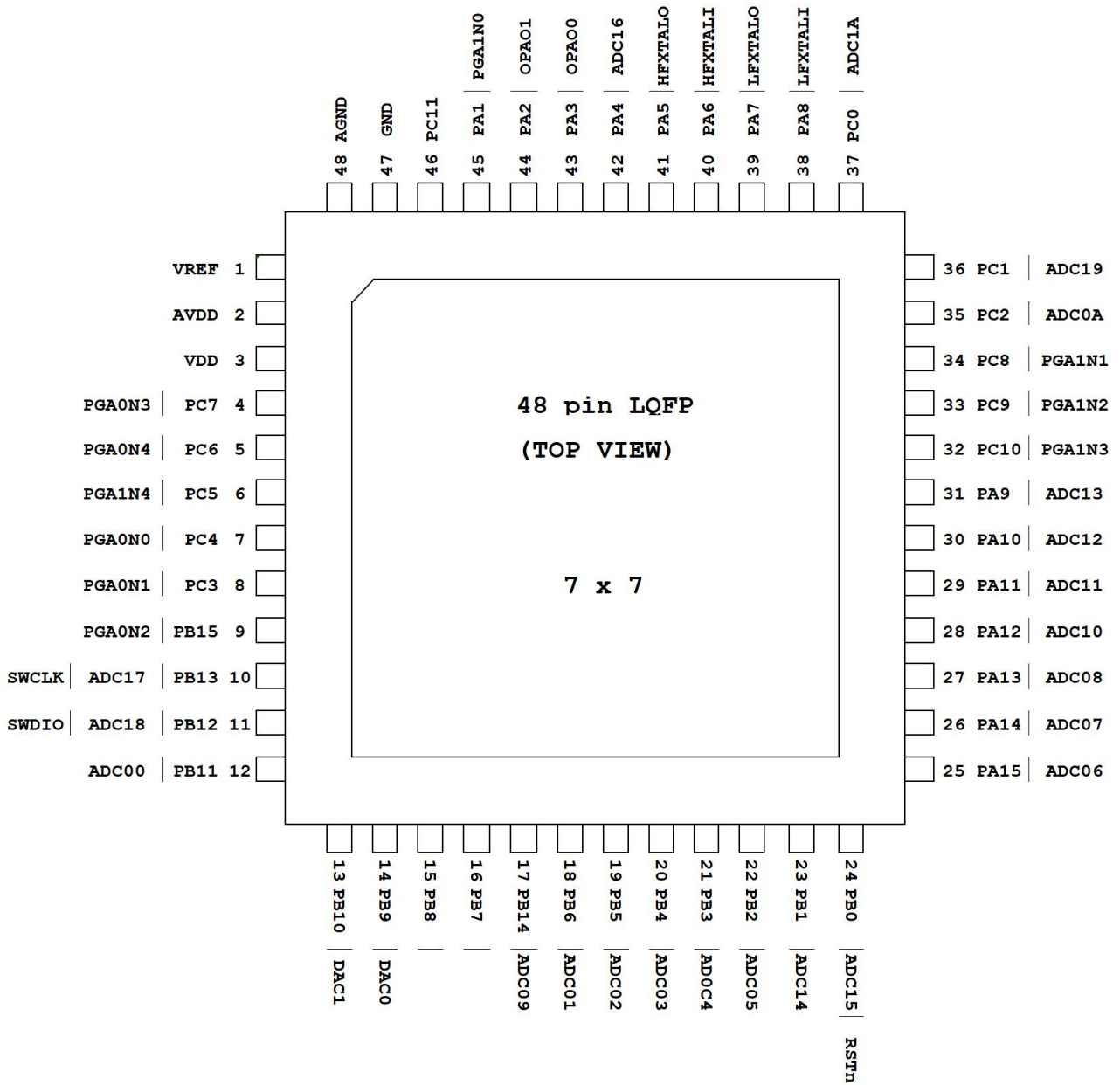
# 6.管脚示意图

## 6.1. LQFP32 管脚示意图





### 6.2. LQFP48 管脚示意图

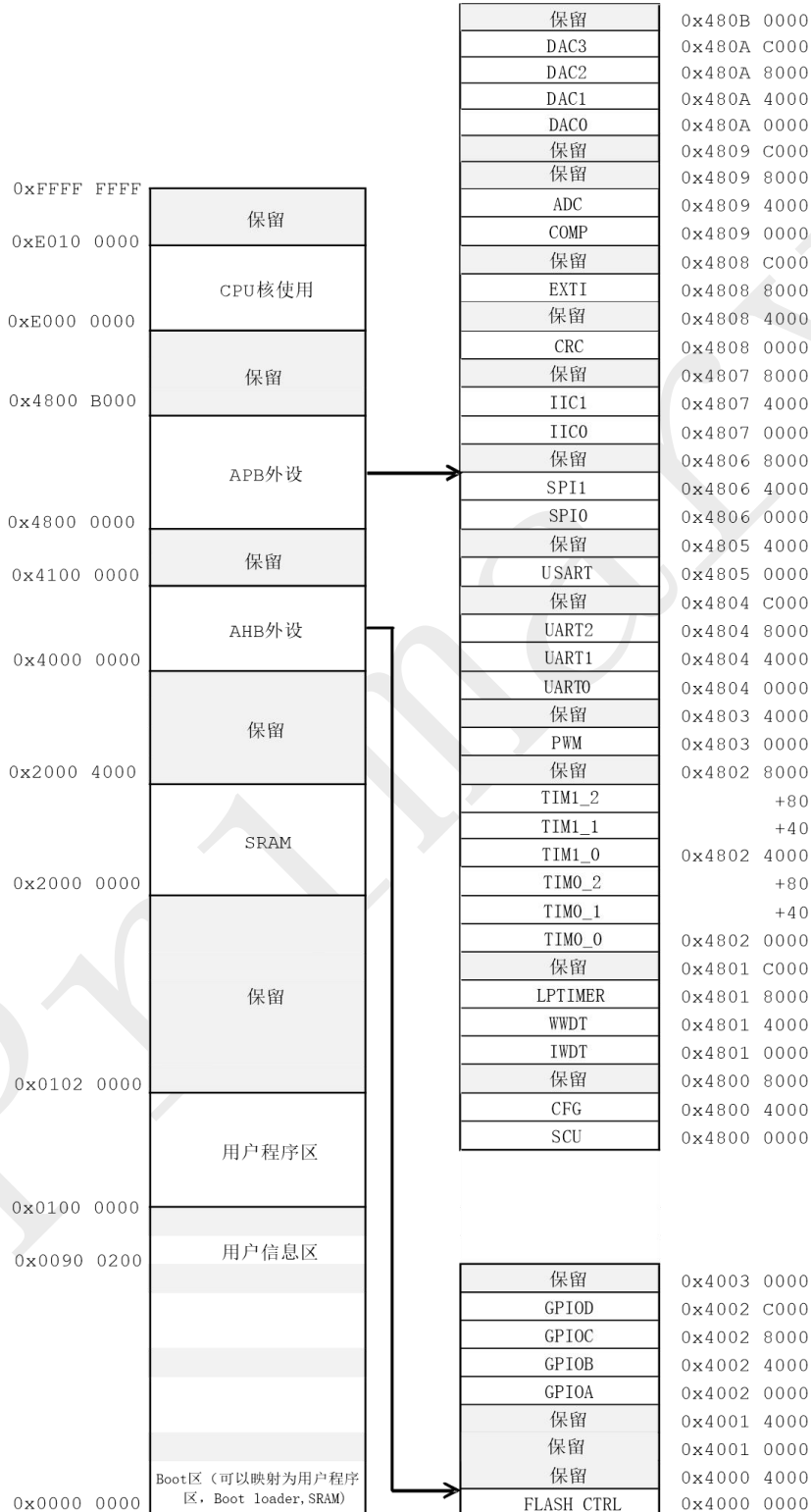








# 7. 存储器映像





## 8. 电气特性

### 8.1. 参数条件

若无另行说明，所有电压都以 GND 为基准。

#### 8.1.1. 最小值和最大值

除非特别说明，所有器件的最小值和最大值已在生产期间进行过测试，测试环境温度为  $T_A=25^{\circ}\text{C}$  和  $T_A=T_{Amax}$ （取决于所选器件的温度范围），这些值能在最坏的环境温度、供电电压和时钟频率条件下得到保证。

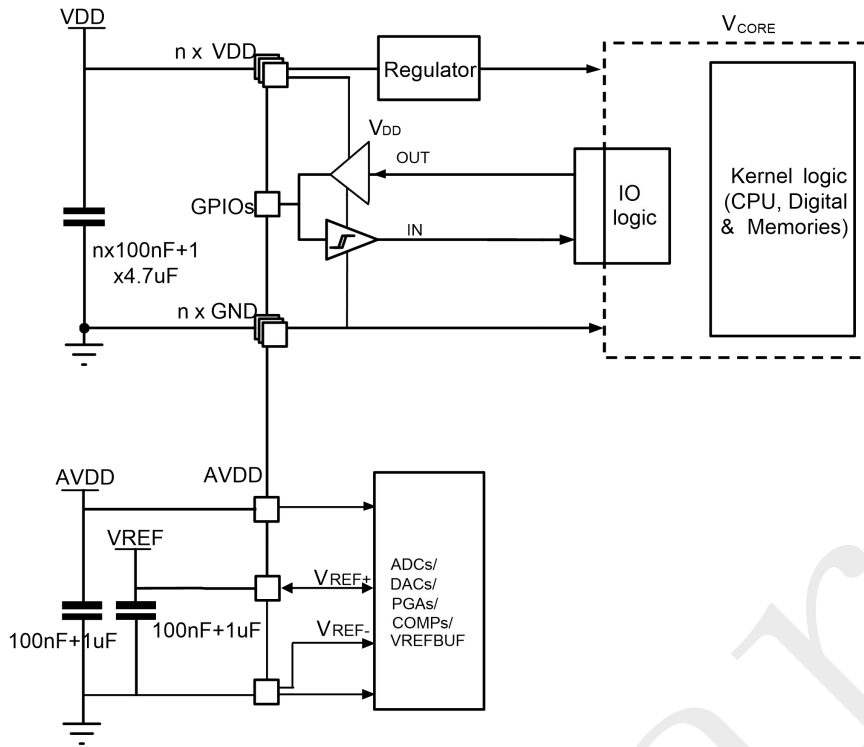
根据特性分析结果、设计仿真或技术特性得到的数据在表格的备注中说明，并未在生产中进行测试。在特性分析基础上，最小值和最大值是通过样本测试后，取其平均值得到。

#### 8.1.2. 典型值

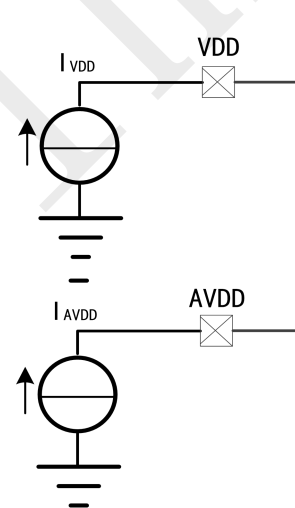
除非特别说明，典型数据都基于  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD}=A_{VDD}=3.3\text{V}$ 。它们未经测试，仅供设计参考。

典型的 ADC 精度值是通过对一个标准扩散批次采样，在整个温度范围内执行特性分析确定的，其中 95% 的器件的误差小于或等于指定的值。

#### 8.1.3. 电源方案



### 8.1.4. 电流消耗测量





## 8.2. 极限参数

如果加在器件上的载荷超过**电压特性**、**电流特性**和**热特性**中列出的绝对最大额定值，则可能导致器件永久损坏。

这些数值只是额定应力，并不意味着器件在这些条件下功能正常。长期工作在最大额定值条件下可能会影响器件的可靠性。

### 电压特性

符号	条件	最小值	最大值	单位
VDD-GND	外部电压(包括VDD、VDDA和VREF+)	-0.3	4.0	V
GND-AGND	数字地与模拟地之间的电压差	-	50	mV
VIN	所有引脚输入电压	GND-0.3	4.0	V

### 电流特性

符号	条件	最小值	最大值	单位
$\Sigma I_{OH}$	总灌电流	-	-50	mA
$\Sigma I_{OL}$	总拉电流	-	50	mA
$I_{OH}$	任意I/O引脚上的灌电流	-	-12	mA
$I_{OL}$	任意I/O引脚上的拉电流	-	9	mA

### 热特性

符号	条件	最小值	最大值	单位
T <sub>STG</sub>	储存温度	-55	150	°C
T <sub>J</sub>	最大结温度	-	125	°C

## 8.3. 工作条件

### 8.3.1. 通用工作条件

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
VDD	工作电压	-	2.2	3.6	V
AVDD		-	2.2	3.6	V
V <sub>IN</sub>	I/O 输入电压	-	-0.3	VDD+0.3	V
F <sub>SYSClk</sub>	系统时钟	-	-	72	MHz
F <sub>HCLK</sub>	内部AHB时钟	-	-	72	MHz
F <sub>PCLK</sub>	外设时钟	-	-	72	MHz
T <sub>A</sub>	环境温度 (后缀为A的版本)	最大功率耗散	-40	85	°C
		低功率耗散	-40	105	
	环境温度 (后缀为B的版本)	最大功率耗散	-40	105	°C
		低功率耗散	-40	125	

### 8.3.2. 上电和掉电时的工作条件

下表中给出的参数是在通工作下测试得出

#### 上电和掉电时的工作条件



符号	参数	测试条件	最小值	最大值	单位
t <sub>VDD</sub>	VDD 上升速率	-	0	∞	us/V
	VDD 下降速率		20	∞	
t <sub>AVDD</sub>	VDD 上升速率	-	0	∞	us/V
	VDD 下降速率		20	∞	

### 8.3.3. BOR 低压复位和 PVD 低压检测

表中提供的参数是在通用工作条件下测试得出的。

#### BOR 特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>LevelF</sub>	下降检测点	-	1.669	1.881	1.914	V
V <sub>LevelR</sub>	上升检测点	-	2.151	2.196	2.378	V
I <sub>AVDD</sub>	工作电流	-	-	0.3	-	uA
V <sub>HYST</sub>	迟滞电压	-	-	100	-	mV

#### PVD 特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>LevelF</sub>	下降检测点	PLS[2:0]=3'b000	1.669	1.881	1.914	V
		PLS[2:0]=3'b001	1.903	2.105	2.148	V
		PLS[2:0]=3'b010	2.112	2.333	2.376	V
		PLS[2:0]=3'b011	2.314	2.554	2.601	V
		PLS[2:0]=3'b100	2.512	2.779	2.829	V
		PLS[2:0]=3'b101	2.756	3.047	3.099	V
		PLS[2:0]=3'b110	3.003	3.317	3.383	V
V <sub>LevelR</sub>	上升检测点	PLS[2:0]=3'b111	3.314	3.687	3.762	V
		PLS[2:0]=3'b000	2.151	2.196	2.378	V
		PLS[2:0]=3'b001	2.389	2.431	2.635	V
		PLS[2:0]=3'b010	2.623	2.675	2.896	V
		PLS[2:0]=3'b011	2.855	2.903	3.151	V
		PLS[2:0]=3'b100	3.095	3.151	3.414	V
		PLS[2:0]=3'b101	3.375	3.442	3.729	V
		PLS[2:0]=3'b110	3.663	3.728	4.047	V
I <sub>AVDD</sub>	工作电流	-	-	0.3	-	uA
V <sub>HYST</sub>	迟滞电压	-	-	100	-	mV

注1: 由设计保证, 未经生产测试。

### 8.3.4. VREF 特性

表中提供的参数是在通用工作条件下测试得出的。

#### VREF 特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
VDDA	模拟电源	VREF <sub>OUT</sub> =1.8V	2.2	-	3.6	V
		VREF <sub>OUT</sub> =2.4V	2.8	-	3.6	V
V <sub>REFBUF_OUT</sub>	VREF 输出电压	-	-	1.8 / 2.4	-	V
TRIM	Trim 精度	VREF=1.8V	-	±2.5	-	mV
		VREF=2.4V	-	±5	-	mV
CL	负载电容	-	1	-	-	uF
I <sub>LOAD</sub>	静态负载电流	-	-	-	400	uA
t <sub>START</sub>	启动时间	CL = 1uF	-	-	1	ms

注: 由设计保证, 未经生产测试。



### 8.3.5. 供电电流特性

电流消耗是多种参数和因素的综合指标，这些参数和因素包括工作电压、环境温度、I/O 引脚的负载、产品的软件配置、工作频率、I/O 脚的翻转速率、程序在存储器中的位置以及执行的代码等。

电流消耗的测量方法说明，详见 8.1.4 章节。

本节中给出的所有运行模式下的电流消耗测量值，都通过执行一套精简的代码得出。

#### 8.3.5.1. 典型和最大电流消耗

微控制器处于下列条件：

- ✧ 所有的 I/O 引脚都处于模拟输入模式
- ✧ 所有的外设都处于关闭状态，除非特别说明。
- ✧ 闪存存储器的访问在不同  $f_{HCLK}$  频率下需要的等待周期
  - 0 等待周期，0~30MHz
  - 1 等待周期，30~60MHz
  - 2 等待周期，60~90MHz

表中提供的参数是在通用工作条件下测试得出的。

#### VDD+AVDD 的典型和最大电流消耗 (VDD=3.3V)

符号	参数	条件	$f_{HCLK}$	典型值			最大值			单位	
				25°C	85°C	105°C	25°C	85°C	105°C		
IDD	供应电流处于运行模式，从 flash 执行代码	使能所有外设	HRC 时钟 PLL 开	72MHz	11.39	11.31	11.21	12.12	11.92	11.80	mA
				64MHz	10.33	10.26	10.18	10.98	10.83	10.72	
				32MHz	6.58	6.55	6.50	7.02	6.54	6.86	
		关闭所有外设	HRC 时钟 PLL 关	16MHz	4.07	3.94	3.90	4.25	4.18	4.14	
			HRC 时钟 PLL 开	72MHz	5.01	4.99	4.96	5.37	5.29	5.25	
				64MHz	4.64	4.64	4.61	4.99	4.92	4.88	
	32MHz	3.72	3.73	3.71	4.01	3.95	3.93				
IDD	供应电流处于睡眠模式，从 flash 执行代码	使能所有外设	HRC 时钟 PLL 开	72MHz	9.59	9.52	9.45	10.22	10.05	9.96	mA
				64MHz	8.71	8.66	8.60	9.30	9.14	9.06	
				32MHz	5.27	5.26	5.24	5.65	5.57	5.53	
		关闭所有外设	HRC 时钟 PLL 关	16MHz	3.25	3.24	3.22	3.52	3.46	3.43	
			HRC 时钟 PLL 开	72MHz	3.18	3.20	3.18	3.44	3.40	3.38	
				64MHz	3.02	3.04	3.02	3.27	3.23	3.22	
	32MHz	2.43	2.44	2.43	2.63	2.61	2.60				
	HRC 时钟 PLL 关	16MHz	1.89	1.85	1.84	2.02	1.99	1.98			

注 1：除非特别说明，数据基于特性分析结果，未经生产测试。



注 2: 使能外设, 仅开启模块时钟门控, 参见 SCU 章节。

### 8.3.5.2. 芯片外设电流消耗

片上外设的电流消耗见下表, MCU 的工作条件如下:

所有的 I/O 引脚都处于模拟模式

✧ 所有的外设都处于关闭状态, 除非特别说明。

✧ 给出的数值是通过测量电流消耗计算得出

- 关闭所有外设的时钟
- 只开启一个外设的时钟

符号	参数	外设名称	典型值			单位
			36MHz	64MHz	72MHz	
I <sub>PERI</sub>	外设电流消耗 T <sub>A</sub> =25°C, VDD=AVDD=3.3V,	TIM0	0.176	0.306	0.348	mA
		TIM1	0.195	0.341	0.391	
		LPTIMER	0.028	0.051	0.053	
		WWDT	0.034	0.039	0.058	
		CRC	0.040	0.051	0.065	
		PLU	0.072	0.115	0.123	
		UART0	0.176	0.303	0.347	
		UART1	0.194	0.315	0.378	
		UART2	0.199	0.320	0.383	
		USART	0.322	0.529	0.614	
		SPI0	0.174	0.287	0.347	
		SPI1	0.161	0.264	0.316	
		PWM	0.437	0.760	0.865	
		CORDIC	0.115	0.188	0.224	
		I2C0	0.205	0.364	0.419	
		I2C1	0.205	0.341	0.412	
		COMP	0.039	0.067	0.075	
		ADC	0.219	0.433	0.485	
		DAC0	0.087	0.167	0.193	
		DAC1	0.078	0.152	0.174	
		DAC2	0.082	0.149	0.168	
		DAC3	0.087	0.172	0.190	
		GPIOA	0.009	0.015	0.016	
GPIOB	0.052	0.074	0.095			
GPIOC	0.058	0.088	0.105			
GIOD	0.056	0.086	0.102			
SYS	0.038	0.065	0.082			
ADC_CORE	0.00308	0.00406	0.00439			

### 8.3.5.3. 低功耗工作电流

表中提供的参数是在通用工作条件下测试得出的。

符号	参数	测试条件	典型值 (25°C, 3.3V)	最大值 (105°C, 3.3V)	单位
IDD	STOP	Flash进入低功耗状态,Fsys=32KHz	5.99	17.61	uA
	STANDBY	IWDG停止工作,Fsys=32KHz	1.56	7.43	uA

注: 除非特别说明, 数据基于特性分析结果, 未经生产测试。

### 8.3.6. 低功耗模式唤醒时序

表中给出的唤醒时间测量方法是从唤醒中断触发至 CPU 执行的第一条指令: 通过中断





唤醒引脚从待机、停止、睡眠模式唤醒。

所有时序均在通用工作条件下测试得出。

符号	参数	条件	典型值@VDD=AVDD				最大值	单位
			2.2V	3.0V	3.3V	3.6V		
twUSTOP	Stop 模式唤醒	LDO 处于运行模式	452	450	400	430	452	us
		LDO 处于低功耗模式	900	913	916	892	916	us
twUSTANDBY	Standby 模式唤醒	-	2.1	2.03	2.0	2.12	2.12	ms
twUSLEEP	Sleep 模式唤醒	-	68				-	CPU 时钟周期

### 8.3.7. 高速外部时钟特性

#### 晶振 / 陶瓷谐振器产生的高速外部时钟

高速外部时钟(HSE)可以使用一个 4~16MHz 的晶体/陶瓷谐振器构成的振荡器产生。本节中所给出的信息是基于使用下表中列出的典型外部元器件，通过综合特性评估得到的结果。在应用中，谐振器和负载电容必须尽可能地靠近振荡器的引脚，以减小输出失真和启动时的稳定时间。

有关晶体谐振器的详细参数(频率、封装、精度等)，请咨询相应的生产厂商。

符号	参数	条件 <sup>(1)</sup>	最小值 <sup>(2)</sup>	典型值 <sup>(2)</sup>	最大值 <sup>(2)</sup>	单位
f <sub>HXTAL</sub>	频率	-	4/8/12/16			MHz
R <sub>F</sub>	反馈电阻	-	-	200	-	kΩ
T <sub>START</sub>	启动时间	-	-	2	-	ms
I <sub>HSE</sub>	工作电流	启动期间 <sup>(3)</sup>	-	-	8.5	mA
		VDD=3.3V,Rm=30Ω,CL=10pF@8MHz	-	0.4	-	mA
		VDD=3.3V,Rm=45Ω,CL=10pF@8MHz	-	0.5	-	mA
t <sub>SU(HSE)</sub> <sup>(4)</sup>	启动时间	VDD 稳定	-	2	-	ms

注 1: 谐振器的特性参数由晶体/陶瓷谐振器制造商给出。

注 2: 由设计保证，未经生产测试。

注 3: 在 t<sub>SU(HSE)</sub> 的期间发生此功耗。

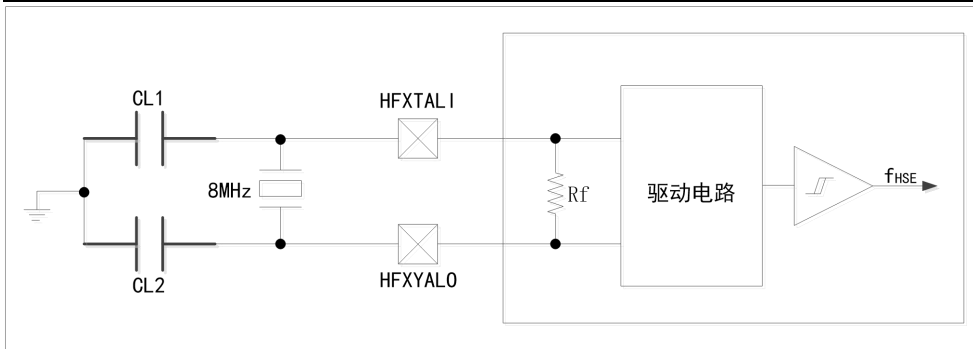
注 4: t<sub>SU(HSE)</sub> 是起振时间，即从软件使能 HSE 开始测量，直至得到稳定的 8MHz 振荡频率这段时间。该值基于标准晶振谐振器测得，可能随晶振制造商的不同而显著不同。

注: 对于 CL1 和 CL2，建议使用高质量的、为高频应用而设计的 5pF~25pF(典型值)之间的陶瓷电容。通常 CL1 和 CL2 参数相同。

注: 晶体制造商通常以 CL1 和 CL2 的串行组合给出负载电容的参数。在选择 CL1 和 CL2 时，PCB 和 MCU 引脚的容抗应该考虑在内(可以粗略地把引脚与 PCB 板的电容按 10pF 估计)。

注: 在潮湿环境下，产生的泄漏和偏置条件会发生了变化，选择相对较低的 RF 电阻值，可以提供相应的保护。如果 MCU 是应用在恶劣的潮湿条件时，设计时需要把这个参数考虑进去。

#### HFXTAL 8MHz 晶体的典型应用



### 8.3.8. 低速外部时钟特性

#### 晶振 / 陶瓷谐振器产生的低速外部时钟

低速外部 (LSE) 时钟可以使用一个由 32.768 kHz 的晶振构成的振荡器产生。本节介绍的信息通过设计仿真结果确定，这些结果是使用下表列出的典型外部元器件获得的。在应用中，谐振器和负载电容必须尽可能地靠近振荡器的引脚，以尽量减小输出失真和起振稳定时间。

有关谐振器特性（频率、封装、精度等）的详细信息，请咨询晶振谐振器制造商。

符号	参数	条件 <sup>(1)</sup>	最小值 <sup>(2)</sup>	典型值	最大值 <sup>(2)</sup>	单位
I <sub>LSE</sub>	LSE 电流消耗	LXTAL_GAIN[1:0]=00 低驱动能力	-	0.5	0.9	uA
		LXTAL_GAIN[1:0]=01 中低驱动能力	-	-	1	
		LXTAL_GAIN[1:0]=10 中高驱动能力	-	-	1.3	
		LXTAL_GAIN[1:0]=11 高驱动能力	-	-	1.6	
g <sub>m</sub>	振荡器的跨导	LXTAL_GAIN[1:0]=00 低驱动能力	5	-	-	uA/V
		LXTAL_GAIN[1:0]=01 中低驱动能力	8	-	-	
		LXTAL_GAIN[1:0]=10 中高驱动能力	15	-	-	
		LXTAL_GAIN[1:0]=11 高驱动能力	25	-	-	
t <sub>SU(LSE)</sub> <sup>(3)</sup>	启动时间	VDD 稳定	-	2	-	s

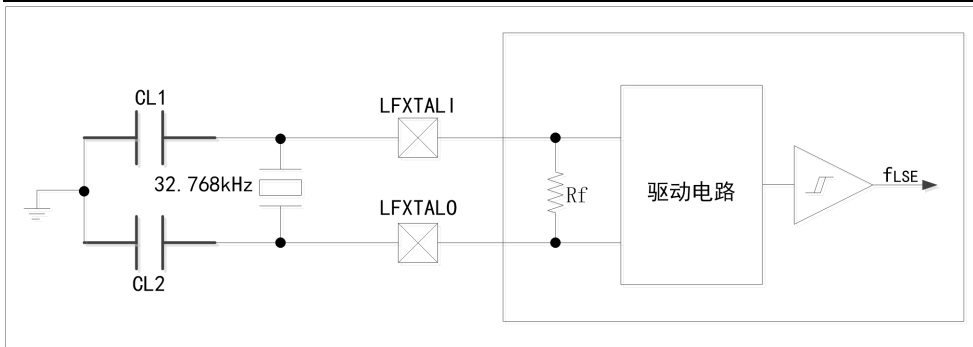
注 1: 谐振器的特性参数由晶体/陶瓷谐振器制造商给出。

注 2: 由设计保证，未经生产测试。

注 3: t<sub>SU</sub>(HSE) 是起振时间，即从软件使能 LSE 开始测量，直至得到稳定的 32.768 kHz 振荡频率这段时间。该值基于标准晶振谐振器测得，

可能随晶振制造商的不同而显著不同。

#### LFXTAL32.768 kHz 晶体的典型应用



### 8.3.9. 内部 HRC 特性

表中提供的参数是在通用工作条件下的环境温度和 VDD 电源电压条件下测试得出的。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
fHRC	频率	-	-	16	-	MHz
TRIM	Trim 精度	25°C	-1	-	1	%
		-40°C~105°C	-2	-	2	
Duty	占空比	-	45	-	55	%
T <sub>start</sub>	振荡器起振时间	-	-	-	20	us
I <sub>on</sub>	工作电流	-	-	100	-	uA

注：由设计保证，未经生产测试。

### 8.3.10. LRC 特性

表中提供的参数是在通用工作条件下的环境温度和 VDD 电源电压条件下测试得出的。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
fLRC	频率	-	-	32	-	KHz
TRIM	Trim 步长	-40°C~105°C	-5	-	5	%
Duty	占空比	-	40	-	65	%
T <sub>start</sub>	振荡器起振时间	-	80	-	1400	us
I <sub>on</sub>	工作电流	-	-	0.3	0.5	uA

注：由设计保证，未经生产测试。

### 8.3.11. PLL 特性

表中提供的参数是在通用工作条件下测试得出的。

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
F <sub>PLL_IN</sub>	PLL 输入时钟	4/8/12/16			MHz
	PLL 输入时钟占空比	45 <sup>(1)</sup>	-	55 <sup>(1)</sup>	%
F <sub>PLL_OUT</sub>	PLL 倍频输出时钟	32/36/48/64/72			MHz
F <sub>ADCCLK</sub>	输出 ADC 时钟频率	16/18/21.33/24			MHz
Jitter	抖动	-	-	200 <sup>(1)</sup>	ps
t <sub>LOCK</sub>	PLL 锁相时间	-	-	100 <sup>(1)</sup>	us
I <sub>PLL</sub> <sup>(2)</sup>	PLL 功耗	-	60	-	uA

注1：设计保证，未经生产中测试；

注2：数据基于特征结果，未经生产测试。



### 8.3.12. Flash 特性

除非特别说明，所有特性参数是在  $T_A = -40 \sim 105^\circ\text{C}$  得到。

符号	参数	最小值	典型值	最大值 <sup>(1)</sup>	单位
$t_{FSW}$	扇区(Sector)写时间	-	5	-	ms
$t_{FSE}$	扇区(Sector)擦除时间	-	-	3	ms
$t_{FHL}$	片擦除时间	-	-	40	ms
$t_{FBR}$	字节编程时间	-	15	-	us
$f_{PGM}$	编程频率	-	8	-	MHz
$NF_{WE}$	擦写寿命	-	-	100000	次

注1：由设计保证，未经生产测试。

### 8.3.13. IO 特性

#### 通用输入/输出特性

除非特别说明，下表列出的参数是在通用工作条件下测试得出。所有的 I/O 端口都是兼容 CMOS 和 TTL。

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
$V_{IH}$	高电平输入电压	VDD=3.3V	0.7 x VDD	-	-	V	
		VDD=3.3V	0.7 x VDD	-	-	V	
$V_{IL}$	低电平输入电压	VDD=3.3V	-	-	0.3 x VDD	V	
		VDD=3.3V	-	-	0.3 x VDD	V	
$V_{HYS}$	输入迟滞	VDD=3.3V	0.1 x	-	-	V	
$V_{OH}$	高电平输出电压	VDD=3.3V	$I_{min}=16\text{mA}$	VDD-0.8	-	-	V
			$I_{min}=8\text{mA}$				
		VDD=3.3V	$I_{min}=4\text{mA}$	2.4	-	-	V
			$I_{min}=2\text{mA}$				
$V_{OL}$	低电平输出电压	VDD=3.3V	$I_{min}=16\text{mA}$	-	-	0.5	V
			$I_{min}=8\text{mA}$				
		VDD=3.3V	$I_{min}=4\text{mA}$	-	-	0.4	V
			$I_{min}=2\text{mA}$				
$R_{pupd}$	上下拉电阻	VDD=3.3V	20	-	100	k $\Omega$	
$C_{input}$	端口电容	VDD=3.3V	-	-	10	pF	

### 8.3.14. NRST 引脚特性

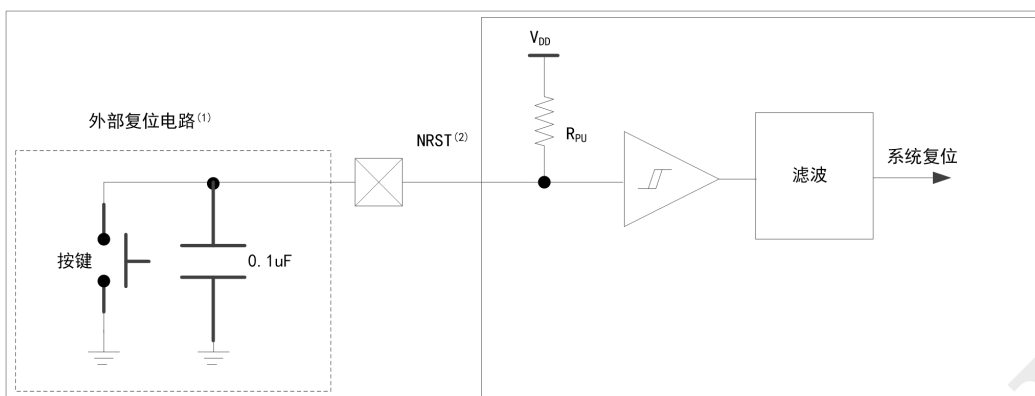
NRST 引脚输入驱动使用 CMOS 工艺，内建一个保持开启的上拉电阻  $R_{PU}$ 。

除非特别说明，下表列出的参数是在通用工作条件下测试得出。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{IL(NRST)}$	NRST 输入低电平电压	-	-	-	0.2VDD	V
$V_{IH(NRST)}$	NRST 输入高电平电压	-	0.7VDD	-	-	
$V_{hys(NRST)}$	NRST 施密特触发器迟滞电压	-	-	0.1VDD	-	mV
$R_{PU}$	弱上拉等效电阻	$V_{IN} = V_{SS}$	-	60	-	k $\Omega$
$V_F(NRST)$	NRST 输入脉冲宽度	-	5	-	-	ms



## NRST 外围电路



注1: 复位网络是为了防止寄生复位。

注2: 用户必须保证NRST引脚的电位能够低于<NRST引脚特性>中列出的最大VIL(NRST)电平以下, 否则MCU会执行复位。

## 8.3.15. ADC 特性

除非特别说明, 下表列出的参数是在通用工作条件下测试得出。

参数	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
AVDD	模拟电源	-	2.5	3.3	3.6	V
VREF	参考电压输入范围	1.8V 内部基准	-	1.8V	-	V
		2.4V 外部基准	1.8	2.4V	-	V
		外部基准	-	-	AVDD	V
VAIN	转换电压范围	VREF = 1.8V	GND	-	VREF	V
		VREF = 2.4V	GND	-	VREF	V
		AVDD	GND	-	AVDD	V
I <sub>AVDD</sub>	ADC 电流消耗	单端双采保 1MSPS	-	1.7	4.56	mA
R <sub>AIN</sub> <sup>(1)</sup>	外部输入阻抗	详细信息, 请参见公式	-	-	50	kΩ
R <sub>ADC</sub> <sup>(1)</sup>	采样开电阻	-	-	-	4.5	kΩ
C <sub>ADC</sub>	采样保持电容	-	-	0.5	-	pF
f <sub>ADC</sub>	ADC 时钟频率	-	-	-	18	MHz
f <sub>SAMPLE</sub>	采样速率	-	-	-	1	Msps
t <sub>S</sub>	采样时间	-	2	-	128	1/f <sub>ADC</sub>
t <sub>CONV</sub>	转换时间	-	12	-	-	1/f <sub>ADC</sub>
ENOB	有效位数	-	-	10.8	-	BIT
DNL	微分非线性	-	-0.8	0.9	+1.1	LSB
INL	积分非线性	-	-0.9	-	+1.7	LSB
EO	偏移误差	-	-	±2.4	±3	LSB
EG	增益误差	-	-	-23	-	LSB

注1: 通过特性分析确定, 未经生产测试。

$$R_{AIN} < \frac{T_s}{f_{ADC} \times C_{ADC} \times \ln(2^{N+2})} - R_{ADC}$$

其中, N=12, 表示 12 位分辨率。

T <sub>S</sub> (采样周期)	t <sub>S</sub> (μs)	最大 R <sub>AIN</sub> (kΩ) <sup>(1)</sup>
2	0.125	21.26
4	0.25	47.02
6	0.375	72.7
8	0.5	98.54
16	1	201.59

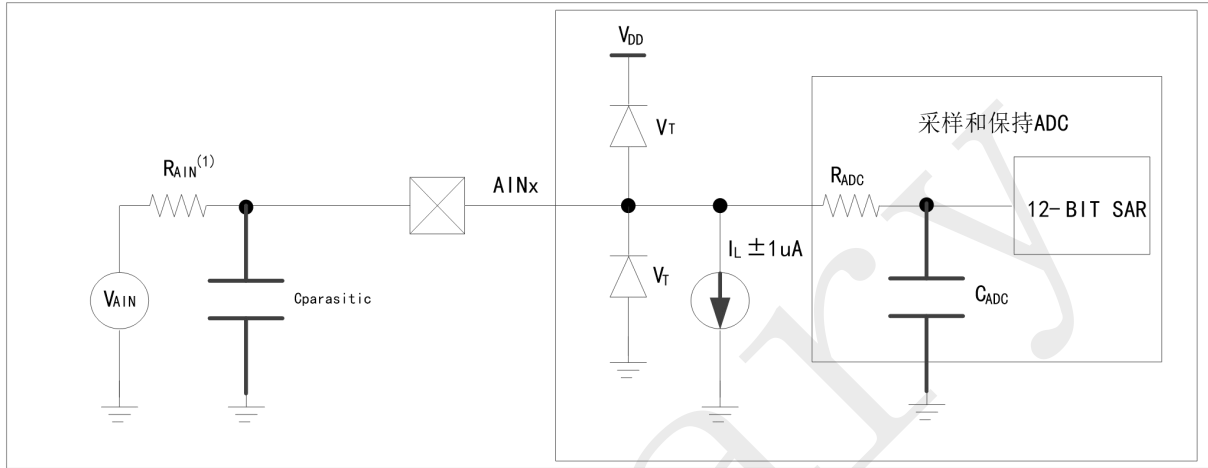


32	2	407.69
64	4	819.89
128	8	1644.29

### fADC=16MHz 时的最大 RAIN

注1: 由设计保证, 未经生产测试。

### 使用 ADC 典型的连接图



注1: 有关 RAIN、RADC 和 CADC 的数值, 参见上表。

注2: Cparasitic 表示 PCB 与焊盘上的寄生电容(与焊接和 PCB 布局质量相关, 大约 7pF)。较大的 Cparasitic 数值将导致转换精度降低, 解决的办法是减小 fADC。

## 8.3.16. DAC 特性

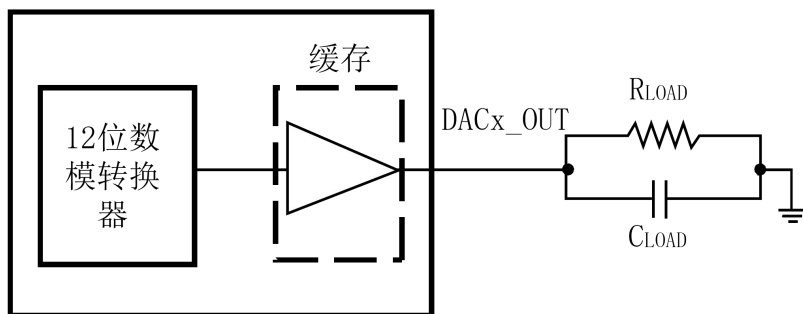
表中提供的参数是在通用工作条件下的环境温度和 VDD 电源电压条件下测试得出的。

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
AVDD	模拟电源	-	2.2	3.3	3.6	V
VOUT	输出范围 1	-	0	-	VREF	V
	输出范围 2		0	-	AVDD	V
Nbits	分辨率	-	12			Bits
RL	阻性负载	缓冲器开启	2	-	-	kΩ
Ro	输出阻抗	缓冲器开启	-	48	-	mΩ
		缓冲器关闭	-	100K	-	kΩ
CL	容性负载	-	-	-	100	pF
fs	吞吐率	-	-	200	-	ksps
INL	积分非线性误差	-	-2	-	4	LSB
DNL	微分非线性误差	-	-0.6	-	0.6	LSB
SR	压摆率	-	-	0.8	-	V/μs
tSETTLING	建立时间	满刻度 10% 到满刻度 90%	-	-	5	μs
EO	偏移误差	2.4V 内部基准电压, DAC 输出代码为 0	-	4	-	LSB
EG	增益误差	0V 至内部 VREF 范围	-	±0.3	-	%
		0V 至 AVDD 范围	-	±0.5	-	%
IAVDD	工作电流	-	-	1	3.6	mA

注: 由设计保证, 未经生产测试。



## 缓存DAC



## 8.3.17. 比较器特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$AV_{DD}$	比较器模拟电源电压	-	2.2	3.3	3.6	V
$V_{IN}$	比较器输入电压范围	-	0	-	$AV_{DD}$	V
$V_{OffSet}$	失调电压	-	-8	-	+3	mV
$t_{START}$	比较器启动时间	-	-	0.35	-	us
$t_D$	比较器延时	10mV step	-	0.12	-	us
		100mV step	-	0.05	-	us
$V_{HYS}$	比较器迟滞电压	HYST[3:0]=4'b0000	-	0	-	mV
		HYST[3:0]=4'b0001	-	5	-	mV
		HYST[3:0]=4'b0010	-	9	-	mV
		HYST[3:0]=4'b0011	-	14	-	mV
		HYST[3:0]=4'b0100	-	18	-	mV
		HYST[3:0]=4'b0101	-	23	-	mV
		HYST[3:0]=4'b0110	-	28	-	mV
		HYST[3:0]=4'b0111	-	34	-	mV
		HYST[3:0]=4'b1000	-	48	-	mV
HYST[3:0]=4'b1001	-	70	-	mV		
$I_{AVDD}$	无 DAC 工作电流	-	-	42	-	uA
	含 DAC 工作电流	-	-	85	-	uA
$I_{PD}$	漏电流	-	-	3.2	-	nA

注1: 由设计保证, 未经生产测试。

## 8.3.18. 运算放大器 PGA 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$AV_{DD}$	模拟工作电压	-	2.2	3.3	3.6	V
$I_{PGA}$	工作电流	空载, 静态模式	0.6	1.2	1.65	mA
$T_A$	工作温度	-	-40	25	105	°C
$V_{IN}$	输入共模电压范围	-	GND	-	$AV_{DD}$	V
$V_{OFFSET}$	输入失调电压	-	-	-	3.8	mV
$dV_{OFFSET}/dT$	输入失调电压随温度变化率	-	-	18	25	$\mu V/°C$
GAIN0	跟随器模式	-	-	1	-	-
GAIN1	增益模式	-	-	1/2/4/8/16	-	-
GAIN2	衰减模式	-	-	1/0.75/0.5/0.25	-	-
PGA 增益误差	跟随器模式	-	-	-	0.1	%
	增益模式	-	-	-	6	%
	衰减模式	-	-	-	6	%
CMRR	共模抑制比	-	-	80	-	dB
PSRR	电源抑制比	DC	-	75	-	dB



-	输出噪声	积分带宽 (100M)			0.44	mV
AoL	开环增益	-	-	101	-	dB
GM	增益裕度	-	-	16	-	dB
PM	相位裕度	-	-	98	-	°
GBW <sub>0</sub>	增益带宽 (跟随)	-	-	10.5	-	MHz
GBW <sub>2</sub>	增益带宽 (x2)	-	-	4.8	-	MHz
GBW <sub>4</sub>	增益带宽 (x4)	-	-	4	-	MHz
GBW <sub>8</sub>	增益带宽 (x8)	-	-	2.8	-	MHz
GBW <sub>16</sub>	增益带宽 (x16)	-	-	2.3	-	MHz
SR	压摆率	-	-	6	-	V/us
VOL <sub>SAT</sub>	低饱和输出电压	-	-	100mv	-	mV
VOH <sub>SAT</sub>	高饱和输出电压	-	-	AV <sub>DD</sub> -100 mv	-	mV
t <sub>WAKEUP</sub>	关闭状态到唤醒建立时间	R <sub>L</sub> ≥ 2kΩ, C <sub>L</sub> ≤ 10pF, 跟 随器模式	-	2.5	3.5	us
SFDR	无杂散动态范围	-	62	-	-	dB
RLOAD	电阻性负载	-	2	-	-	kΩ
C <sub>LOAD</sub>	电容性负责	-	-	-	10	pf
I <sub>LOAD</sub>	驱动电流	-	-	-	1.8	mA

### 8.3.19. 温度传感器 TPS 特性

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
T <sub>L</sub> <sup>(1)</sup>	线性度	-	±2 <sup>(2)</sup>	±4	°C
Avg_Slope	平均斜率	-	-2	-	mV/°C
V <sub>30</sub>	30°C 的电压 <sup>(3)</sup>	-	0.6164	-	V
t <sub>START</sub> <sup>(1)</sup>	启动时间	-	-	50	us
t <sub>S temp</sub> <sup>(1)</sup>	读取温度时的 ADC 采样时间	128	-	-	1/f <sub>ADC</sub>

注 1: 由设计保证, 未经生产测试。

注 2: ±2°C 的温度范围是 -20°C ~ 70°C。

注 3: 在 V<sub>DDA</sub> = 3.3 V ± 10 mV 测量。

### 8.3.20. EMC 特性

敏感性测试是在产品的综合评估期间通过抽样来完成。

#### 8.3.20.1. 功能性 EMS(电磁敏感性)

当运行一个简单的应用程序时(通过 I/O 引脚切换 2 个 LED), 测试样品被施加指定电磁干扰直到产生错误, LED 闪烁指示了错误的产生,故障状况由 LED 指示;

静电放电 (ESD) (正电和负电) 施加到器件所有引脚, 直至器件发生功能性故障。该测

试符合 IEC 61000-4-2 标准。

FTB: 通过一个 100 pF 电容对 VDD 和 VSS 引脚施加一个突发的快速瞬变电压 (正电压

和负电压), 直至器件发生功能性故障。该测试符合 IEC 61000-4-4 标准。

通过器件复位可恢复正常工作。





功能性 EMS 包括：动态 ESD 和 EFT 群脉冲测试。

### EMS 特性

符号	参数	条件	级别/类型
$V_{FESD}$	施加到任一 I/O 引脚，导致功能性故障的极限电压	VDD=3.3V, LQFP64, $T_A=+25^{\circ}\text{C}$ , $f_{HCLK}=72\text{MHz}$ 。 符合 IEC 1000-4-2 标准	2B
$V_{FEFT}$	通过 100 pF 电容施加在 VDD 和 GND 引脚上并导致功能性故障的突发快速瞬变电压	VDD=3.3V, LQFP64, $T_A=+25^{\circ}\text{C}$ , $f_{HCLK}=72\text{MHz}$ 。 符合 IEC 1000-4-4 标准	4A

注：基于特征结果，不在生产中测试。此测试项通过内部专用设备测试，由于不同供应商设备施加于干扰强度有差异，结果会有不同。

### 设计可靠的软件以避免噪声问题

在器件级进行 EMC 的评估和优化，是在典型的应用环境中进行的。应该注意的是，良好的 EMC 性能与具体的用户应用和软件密切相关。

因此，建议用户对软件实行 EMC 优化，并进行与 EMC 有关的认证测试。

#### 软件建议

软件的流程中必须包含对程序失控程序的控制：

- ✧ 程序计数器损坏
- ✧ 意外的复位
- ✧ 关键数据被破坏(控制寄存器等……)

#### 认证前试验

很多常见的失效(意外的复位和程序计数器被破坏)，可以通过人为地在 NRST 引脚或在晶振引脚上引入一个持续 1 秒的低电平来再现。

在进行测试时，可直接对器件施加超出规范的 ESD 应力。当检测到意外动作时，可改进软件以防止发生不可恢复的错误。

#### 8.3.20.2. 静态 ESD

根据每种引脚组合，对每个样本的引脚施加静电放电（一个正脉冲后接着一个负脉冲，两个脉冲间隔一秒钟）。样本大小取决于器件中供电引脚的数目（3 个器件 x (n+1) 个供电引脚）。此项测试符合 JESD22-A114/C101 标准。

#### 静态 ESD 基本特性

符号	参数	条件	封装	最大值	单位
VESD(HBM)	静电放电电压(人体模型)	$T_A=+25^{\circ}\text{C}$ , 符合 JESD22-A114	LQFP64	6000	V
VESD(CDM)	静电放电电压(充电设备模型)	$T_A=+25^{\circ}\text{C}$ , 符合 JESD22-C101	LQFP64	700	

注：基于特征结果，不在生产中测试。此测试项委托第三方测试认证机构测试，并提供相关报告。



注：除非特别说明，仅测试脚位最大封装。

### 8.3.20.3. 静态闩锁 (LatchUp)

为了评估栓锁性能，需要在 6 个样品上进行 2 个互补的静态闩锁测试：

- ◇ 为每个电源引脚，提供超过极限的供电电压。
- ◇ 在每个输入、输出和可配置的 I/O 引脚上注入电流。

#### 静态 LU 基本特性

符号	参数	条件	分类
LU	静态闩锁	TA = +105℃，符合 JESD78A 标准	2 级 A 类

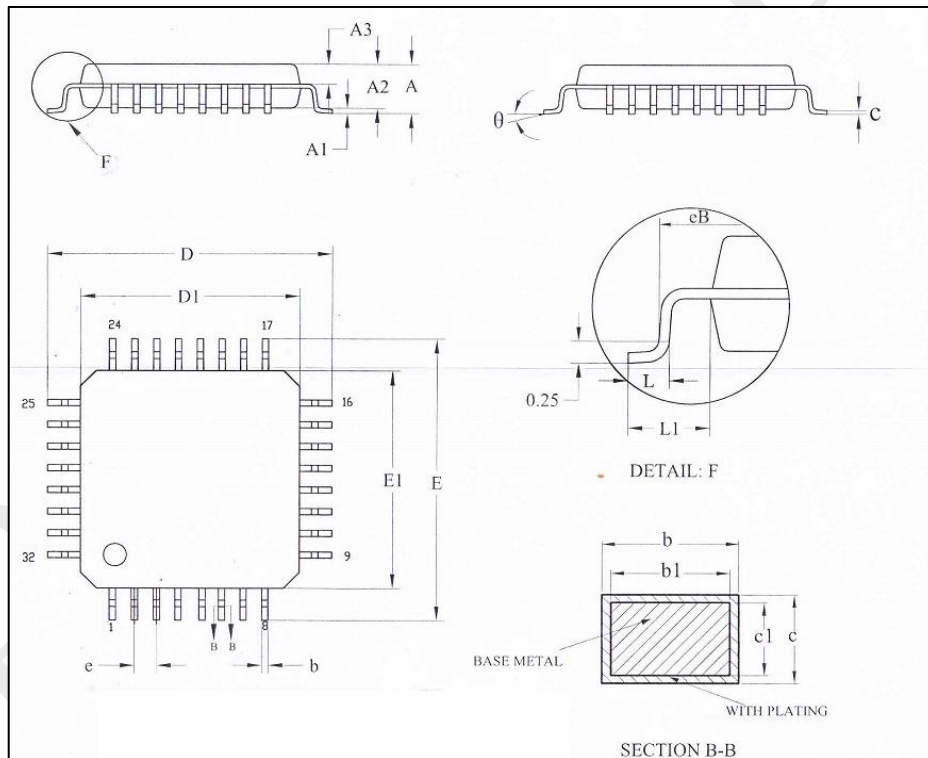
注：基于特征结果，不在生产中测试。此测试项委托第三方测试认证机构测试，并提供相关报告。



# 9.封装特性

## 9.1. LQFP32 封装特性 (7x7-0.80 mm pitch)

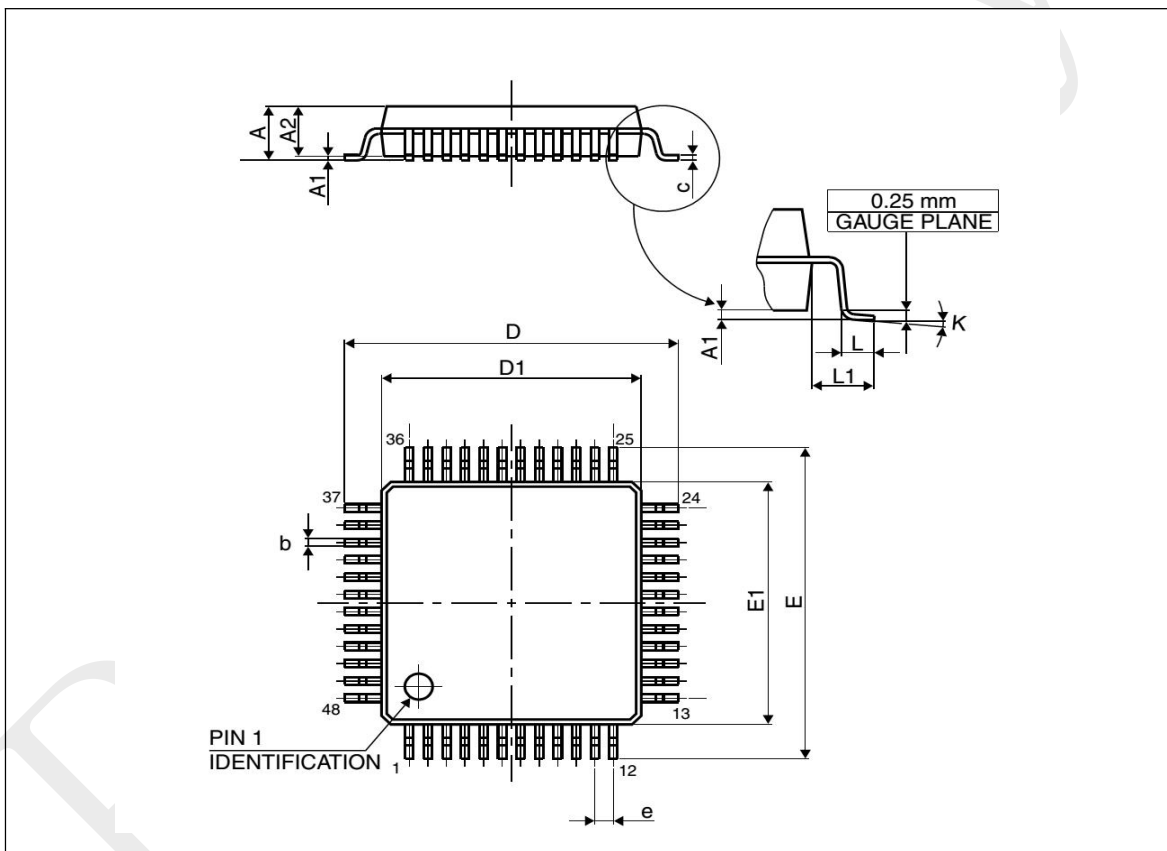
Symbol	millimeter			Symbol	millimeter		
	Min	Tpy	Max		Min	Tpy	Max
A	-	-	1.60	E	8.80	9.00	9.20
A1	0.05	-	0.15	E1	6.90	7.00	7.10
A2	1.35	1.40	1.45	eB	8.10	-	8.25
A3	0.59	0.64	0.69	e	-	0.80BSC	-
b	0.33	-	0.41	θ	0°	3.5°	7°
c	0.13	-	0.17	L	0.45	-	0.75
c1	0.12	0.13	0.14	L1	-	1.00REF	-
D	8.80	9.00	9.20	-	-	-	-
D1	6.90	7.00	7.10	N	Pin number =32		





### 9.2. LQFP48 封装特性 (7x7-0.50 mm pitch)

Symbol	millimeter			Symbol	millimeter		
	Min	Tpy	Max		Min	Tpy	Max
A			1.60	E	8.80	9.00	9.20
A1	0.05		0.20	E1	6.90	7.00	7.10
A2	1.35	1.40	1.45	e		0.5	
b	0.19		0.27	K	0°	3.5°	7°
c	0.13		0.18	L	0.45		0.65
D	8.80	9.00	9.20	L1		1.00	
D1	6.90	7.00	7.10	N	Pin number =48		

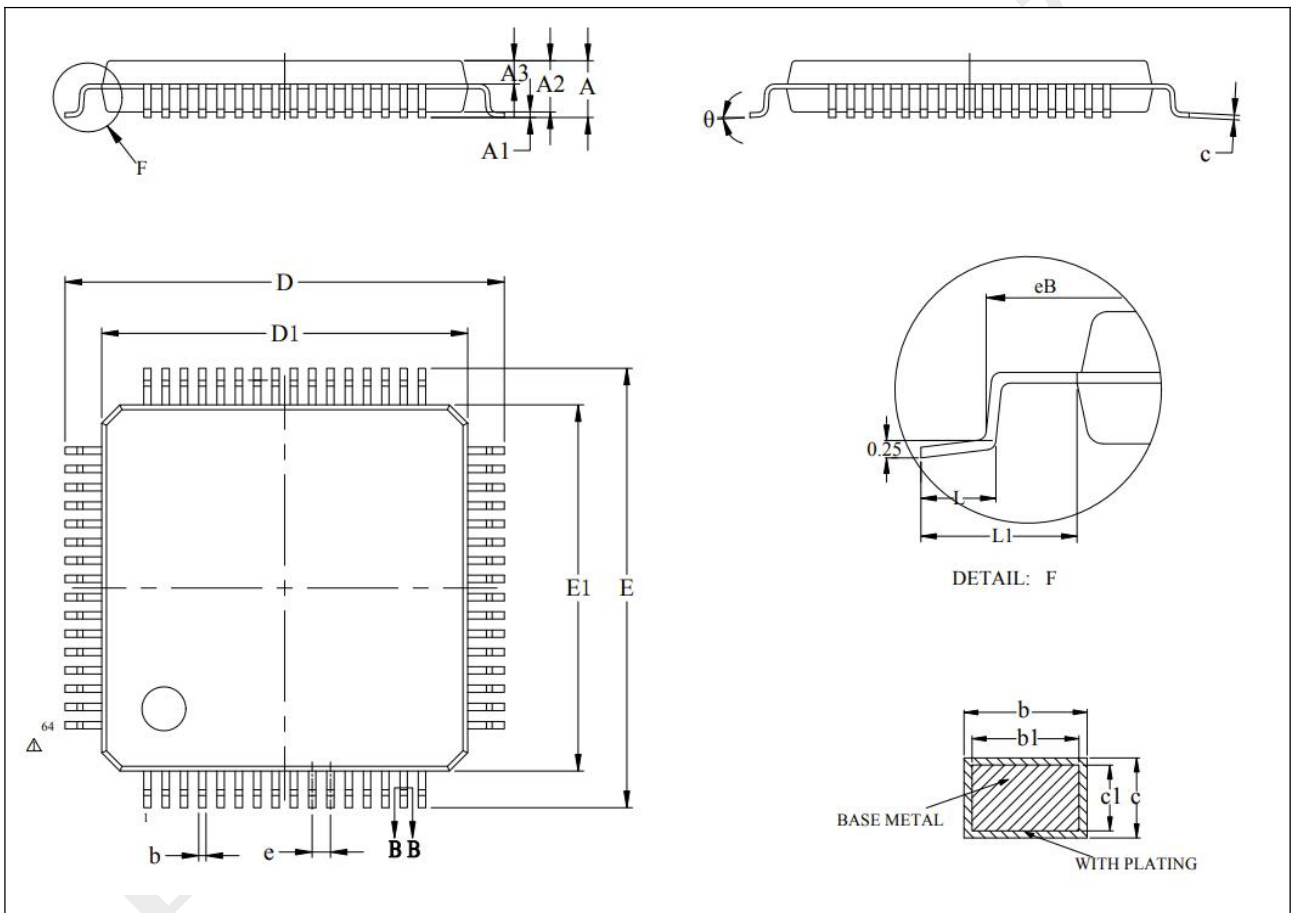


- 1. 图不是按照比例绘制。
- 2. 尺寸单位为毫米。



### 9.3. LQFP64 封装特性 (10x10-0.5mm pitch)

Symbol	millimeter			Symbol	millimeter		
	Min	Tpy	Max		Min	Tpy	Max
A			1.60	E	11.80	12.00	12.20
A1	0.05		0.15	E1	9.90	10.00	10.10
A2	1.35	1.40	1.45	e		0.5	
b	0.18		0.26	K	0°	3.5°	7°
c	0.13		0.18	L	0.45		0.75
D	11.80	12.00	12.20	L1		1.00	
D1	9.90	10.00	10.10	N	Pin number =64		



1. 图不是按照比例绘制。



## 10. 产品命名

### **MS 60 F 30 1 X B P XX**

① ② ③④ ⑤⑥ ⑦⑧ ⑨

说明：产品名中数字或字母意义如下

① 产品可靠性等级

MC: 通用类等级

MS: 工控类等级

MA: 车规类等级

② 标识 MCU 内核，由 2 个数字组成

**6X 系列表示 32 位 ARM 类内核产品**

60: 32 位 Cortex-M0 内核

61: 32 位 Cortex-M23 内核

62: 32 位 Cortex-M33 内核

**7X 系列表示 32 位 RISC-V 类核**

70: 32 位 RISC-V 精简核

71: 32 位 RISC-V 晶芯 N22

72: 32 位 RISC-V 晶芯 N23

③ 标识存储器或生产工艺类型，由一个字母组成

P: OTP 型

F: Flash 型

E: EEPROM 型

M: MPU 型

T: MTP 型

R: RF 型

L: 低功耗

④ 标识 MCU 产品应用范围，由两位数字组成；其中第一位表示大类，第二位表示小类

00: 智能家电类（厨卫电器，生活电器）



- 10: 智慧物联类（飞控、玩具、照明）
- 20: 绿色能源类（BMS、光伏，储能）
- 30: 工业控制类（电力、BLDC、通讯）
- 30 - 通用类 32 - 光通讯 31 - 电机控制
- 50: 智能安防类（应急、消防、安防网络）
- 91: 汽车电子类

其中第二位从 0 开始，每增加一个新的应用产品线，可递增 1。相同的产品线递增⑤标识的序号

⑤ 标识产品换代或系列产品顺序，从 1 开始排列次序

⑥ 标识 MCU 存储器容量，由一位或两位数字组成。考虑到将来数据写入 FLASH 区，调整成从 8KB 开始

1-8K	2-16K	3-32K	4-48K
5-64K	6-128K	7-192K	8-256K
9-384K	A-512K	B-768K	C-1024K
D-2048K	E-4096K		

⑦ 产品的温度等级

A: -40~85

B: -40~105

C: -40~125

D: -40~150

⑧ 产品的封装形式

T-TSSOP,S-SSOP,N-QFN,P-LQFP,B-BGA,L-LGA,C-WLCSP

⑨ 封装脚位数 由 2-3 位数组成

如 32PIN 产品，则为 32；100PIN 产品则为 100。当遇到相同脚位但不同的封装管脚排列产品时请按特殊定制料流程操作。



## 11. 免责声明

本资料内容为晟矽微电（以下简称“我公司”）版权所有。

我公司将力求本资料的内容做到准确无误，但同时保留在不通知用户的情况下，对本资料内容的修改权。如您需要获得最新的资料，请及时联系我公司。

我公司将尽最大努力为您提供高品质、高稳定性的产品。尽管如此，由于一般半导体器件的电气敏感性及易受到外部物理损伤等固有特性存在，所以难免造成半导体器件出现故障或失效的可能。当您使我公司产品时，有责任按照本资料以及相连资料中提到的“规则”来设计一个稳定及安全可靠的系统环境。另外，在遇到超规格（本资料中未描述到内容）的使用，请您提前咨询我公司，以免因我公司产品在一些特殊设备中或者特殊环境下的使用，导致财产损失、人员伤亡等严重后果的发生。因超规格的使用、未经咨询授权我公司产品的使用，我公司对此不承担任何法律责任。





## 12. 版本修改记录

版本号	修订者	修改日期	修订内容
V1.0.0	晟矽微电	2023.6.6	初始版本
V1.0.1	晟矽微电	2023.11.20	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 更新低功耗工作电流</li><li>2. 更新 VDD+AVDD 的典型和最大电流消耗</li><li>3. 修改注释字体大小</li></ol>



Primary