基于ARM® 32位的Cortex®-M4微控制器+FPU，带64 K字节至256 K字节内部闪存、12个定时器、2个ADC、13个通信接口（2个CAN和1个USBFS）功能

- **内核：带有FPU的ARM®32位的Cortex®-M4 CPU**
  - 最高200 MHz工作频率，带存储器保护单元（MPU），内建单周期乘法和硬件除法
  - 内建浮点运算（FPU）
  - 具有DSP指令集
- **存储器**
  - 64 K字节至256 K字节的内部闪存存储器
  - sLib：将指定之主存储区设为执行代码安全库区，此区代码仅能调用无法读取
  - SPIM接口：额外提供高达16 M字节外部SPI闪存存储器接口
  - 高达64 K字节的SRAM
- **电源控制（PWC）**
  - 2.6至3.6伏供电
  - 上电复位（POR）、低电压复位（LVR）、电源电压监测器（PVM）
  - 低功耗模式：睡眠、深睡眠、和待机
  - V_{BAT}为LEXT、RTC和42个16位的电池供电寄存器（BPR）供电
- **时钟和复位管理（CRM）**
  - 4至25 MHz晶体振荡器（HEXT）
  - 内置经出厂调校的48 MHz高速内部时钟（HICK），25 °C达1 %精度，-40 °C至+105 °C达2.5 %精度，带自动时钟校准功能（ACC）
  - 32 kHz晶振（LEXT）
  - 低速内部时钟（LICK）
- **模拟模块**
  - 2个12位2 MSPS A/D转换器，多达16个输入通道
  - 温度传感器和内部参考电压
- **DMA：14通道DMA控制器**
- **多达55个快速GPIO端口**
  - 所有GPIO口可以映像到16个外部中断（EXINT）
  - 几乎所有GPIO口可容忍5 V输入信号
- **多达12个定时器（TMR）**
  - 多达2个16位带死区控制和紧急刹车，用于电机控制的PWM高级定时器
  - 多达5个16位定时器+2个32位定时器，每个定时器有多达4个用于输入捕获/输出比较/PWM或脉冲计数的通道和增量编码器输入
  - 2个看门狗定时器（一般型WDT和窗口型WWDT）
  - 系统滴答定时器：24位递减计数器
- **多达13个通信接口**
  - 2个I^2C接口，支持SMBus/PMBus
  - 多达5个USART接口（支持ISO7816，LIN，IrDA接口和调制解调控制）
  - 2个SPI接口（36 M位/秒），2个均可复用为I^2S接口
  - 2个CAN接口（2.0B主动）
  - USB2.0全速设备接口，支持无晶振（crystal-less）
  - SDIO接口
- **CRC计算单元**
- **96位的芯片唯一代码（UID）**
- **调试模式**
  - 串行线调试（SWD）和JTAG接口
- **温度范围：-40至+105 °C**
- **封装**
  - LQFP64 10 x 10 mm
  - LQFP48 7 x 7 mm
  - QFN48 6 x 6 mm
  - QFN32 4 x 4 mm

表 1. 选型列表

闪存存储器	型号
256 K字节	AT32F413RCT7, AT32F413CCT7, AT32F413CCU7, AT32F413KCU7-4
128 K字节	AT32F413RBT7, AT32F413CBT7, AT32F413CBU7, AT32F413KBU7-4
64 K字节	AT32F413C8T7

目录

1 规格说明 9

2 功能简介 11

2.1 ARM®Cortex®-M4 和 FPU 11

2.2 存储器 12

2.2.1 内置闪存存储器（Flash） 12

2.2.2 存储器保护单元（MPU） 12

2.2.3 内置随机存取存储器（SRAM） 12

2.3 中断 12

2.3.1 嵌套的向量式中断控制器（NVIC） 12

2.3.2 外部中断（EXINT） 12

2.4 电源控制（PWC） 12

2.4.1 供电方案 12

2.4.2 复位和电源电压监测器（POR / LVR / PVM） 13

2.4.3 电压调压器（LDO） 13

2.4.4 低功耗模式 13

2.5 启动模式 13

2.6 时钟 14

2.7 通用输入输出口（GPIO） 14

2.8 重映射功能 14

2.9 直接存储器访问控制器（DMA） 14

2.10 定时器（TMR） 15

2.10.1 高级定时器（TMR1 和 TMR8） 15

2.10.2 通用定时器（TMRx） 15

2.10.3 系统滴答定时器（SysTick） 16

2.11 看门狗（WDT） 16

2.12 窗口型看门狗（WWDT） 16

2.13 实时时钟（RTC）和电池供电寄存器（BPR） 16

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

2.14 通信接口 17
2.14.1 串行外设接口（SPI）/内部集成音频接口（I²S） 17
2.14.2 通用同步/异步收发器（USART） 17
2.14.3 内部集成电路总线（I²C） 17
2.14.4 安全数字输入/输出接口（SDIO） 17
2.14.5 控制器区域网络（CAN） 17
2.14.6 通用串行总线全速（USBFS） 18
2.15 循环冗余校验（CRC）计算单元 18
2.16 模拟/数字转换器（ADC） 18
2.16.1 温度传感器（V_{TS}） 18
2.16.2 内部参考电压（V_{INTRV}） 18
2.17 调试：串行线（SWD）/ JTAG 调试接口 18

3 引脚功能定义 19

4 存储器地址映射 26

5 电气特性 27

5.1 测试条件 27
5.1.1 最小和最大数值 27
5.1.2 典型数值 27
5.1.3 典型曲线 27
5.1.4 供电方案 27
5.2 绝对最大值 28
5.2.1 额定值 28
5.2.2 电气敏感性 29
5.3 规格 30
5.3.1 通用工作条件 30
5.3.2 上电和掉电时的工作条件 30
5.3.3 内嵌复位和电源控制模块特性 30
5.3.4 存储器特性 32

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.3.5 供电电流特性 32
5.3.6 外部时钟源特性 39
5.3.7 内部时钟源特性 43
5.3.8 PLL 特性 44
5.3.9 低功耗模式唤醒时间 44
5.3.10 EMC 特性 44
5.3.11 GPIO 端口特性 45
5.3.12 NRST 引脚特性 47
5.3.13 TMR 定时器特性 47
5.3.14 SPI / SPIM / I²S 接口特性 48
5.3.15 I²C 接口特性 51
5.3.16 SDIO 接口特性 52
5.3.17 USBFS 接口特性 53
5.3.18 12 位 ADC 特性 54
5.3.19 内部参照电压（V_{INTRV}）特性 57
5.3.20 温度传感器（V_{TS}）特性 57

6 封装数据 59

6.1 LQFP64 封装数据 59
6.2 LQFP48 封装数据 61
6.3 QFN48 封装数据 63
6.4 QFN32 封装数据 65
6.5 封装丝印 66
6.6 热特性 67

7 型号说明 68

8 文档版本历史 69

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

表目录

表 1. 选型列表 1
表 2. AT32F413 系列器件功能和配置 10
表 3. 启动加载程序（Bootloader）的管脚配置 14
表 4. 定时器功能比较 15
表 5. AT32F413 系列引脚定义 22
表 6. 电压特性 28
表 7. 电流特性 28
表 8. 温度特性 28
表 9. ESD 值 29
表 10. Latch-up 值 29
表 11. 通用工作条件 30
表 12. 上电和掉电时的工作条件 30
表 13. 内嵌复位和电源管理模块特性 30
表 14. 可编程电压检测器特性 31
表 15. 内部闪存存储器特性 32
表 16. 内部闪存存储器寿命和数据保存期限 32
表 17. 运行模式下的典型电流消耗 33
表 18. 睡眠模式下的典型电流消耗 34
表 19. 运行模式下的最大电流消耗 35
表 20. 睡眠模式下的最大电流消耗 35
表 21. 深睡眠和待机模式下的典型和最大电流消耗 36
表 22. V_{BAT} 的典型和最大电流消耗 37
表 23. 内置外设的电流消耗 38
表 24. HEXT 4 ~ 25 MHz 晶振特性 39
表 25. HEXT 外部时钟源特性 40
表 26. LEXT 32.768 kHz 晶振特性 41
表 27. LEXT 外部时钟源特性 42
表 28. HICK 时钟特性 43
表 29. LICK 时钟特性 43
表 30. PLL 特性 44

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

表 31. 低功耗模式的唤醒时间 44
表 32. EMS 特性 44
表 33. GPIO 静态特性 45
表 34. 输出电压特性 46
表 35. 输入交流特性 46
表 36. NRST 引脚特性 47
表 37. TMR 定时器特性 47
表 38. SPI 特性 48
表 39. I^2S 特性 50
表 40. SD/MMC 接口特性 52
表 41. USBFS 启动时间 53
表 42. USBFS 直流特性 53
表 43. USBFS 电气特性 53
表 44. ADC 特性 54
表 45. f_{ADC} = 14 MHz 时的最大 R_{AIN} 55
表 46. f_{ADC} = 28 MHz 时的最大 R_{AIN} 55
表 47. ADC 精度 55
表 48. 内置参照电压特性 57
表 49. 温度传感器特性 57
表 50. LQFP64 – 10 x 10 mm 64 脚薄型正方扁平封装机械数据 60
表 51. LQFP48 – 7 x 7 mm 48 脚薄型正方扁平封装机械数据 62
表 52. QFN48 – 6 x 6 mm 48 脚正方扁平无引线封装机械数据 64
表 53. QFN32 – 4 x 4 mm 32 脚正方扁平无引线封装机械数据 66
表 54. 封装的热特性 67
表 55. AT32F413 系列型号说明 68
表 56. 文档版本历史 69

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

图目录

图 1. AT32F413 系列功能框图 11
图 2. AT32F413 系列 LQFP64 引脚分布 19
图 3. AT32F413 系列 LQFP48 引脚分布 20
图 4. AT32F413 系列 QFN48 引脚分布 20
图 5. AT32F413 系列 QFN32 引脚分布 21
图 6. 存储器图 26
图 7. 供电方案 27
图 8. 上电复位和掉电复位波形图 31
图 9. 深睡眠模式下的典型电流消耗在不同的 V_{DD} 时与温度的对比 36
图 10. 待机模式下的典型电流消耗在不同的 V_{DD} 时与温度的对比 36
图 11. V_{BAT} 的典型电流消耗（LEXT 和 RTC 开启）在不同的 V_{BAT} 电压时与温度的对比 37
图 12. HEXT 使用 8 MHz 晶振的典型应用 39
图 13. HEXT 外部时钟源交流时序图 40
图 14. LEXT 使用 32.768 kHz 晶振的典型应用 41
图 15. LEXT 外部时钟源交流时序图 42
图 16. HICK 时钟精度与温度的对比 43
图 17. 建议的 NRST 引脚保护 47
图 18. SPI 时序图 – 从模式和 CPHA = 0 49
图 19. SPI 时序图 – 从模式和 CPHA = 1 49
图 20. SPI 时序图 – 主模式 49
图 21. I^2S 从模式时序图（Philips 协议） 50
图 22. I^2S 主模式时序图（Philips 协议） 51
图 23. SDIO 高速模式 52
图 24. SD 默认模式 52
图 25. USBFS 时序：数据信号上升和下降时间定义 53
图 26. ADC 精度特性 56
图 27. 使用 ADC 典型的连接图 56
图 28. 供电电源和参考电源去藕线路 57
图 29. V_{TS} 对温度理想曲线图 58
图 30. LQFP64 – 10 x 10 mm 64 脚薄型正方扁平封装图 59

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

图 31. LQFP48 – 7 x 7 mm 48 脚薄型正方扁平封装图 61
图 32. QFN48 – 6 x 6 mm 48 脚正方扁平无引线封装图 63
图 33. QFN32 – 4 x 4 mm 32 脚正方扁平无引线封装图 65
图 34. 丝印示意图 66

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

1 规格说明

AT32F413系列微控制器是基于高性能的ARM®Cortex®-M4 32位的RISC内核，工作频率最高可达200 MHz，Cortex®-M4内核带有单精度浮点运算单元（FPU），支持所有ARM®单精度数据处理指令和数据类型。它还具有一组DSP指令和提高应用安全性的一个存储器保护单元（MPU）。

AT32F413系列产品内置高速存储器（高达256 K字节的内存和64 K字节的SRAM），并可使用外部存储器（高达16 M字节的SPI闪存），丰富的增强GPIO端口和联接到两条APB总线的外设。内置存储器可设置任意范围程序区受sLib保护，成为执行代码安全库区。

AT32F413系列产品提供2个12位的ADC、5个通用16位定时器、2个通用32位定时器和多达2个PWM定时器。它们还带有标准和先进的通信接口：多达2个I^2C接口、2个SPI接口（复用为I^2S接口）、1个SDIO接口、5个USART/UART接口、1个USBFS接口、和2个CAN接口。

AT32F413系列产品工作于-40 °C至+105 °C的温度范围，供电电压2.6 V至3.6 V，省电模式保证低功耗应用的要求。

AT32F413系列产品提供各种不同封装形式；根据不同的封装形式，其系列产品之间是完全地引脚兼容，软件和功能上也兼容，仅产品中的外设配置不尽相同。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

表 2. AT32F413 系列器件功能和配置

型号		AT32F413xxU7-4		AT32F413xxU7		AT32F413xxT7				
		KB	KC	CB	CC	C8	CB	CC	RB	RC
频率 (MHz)		200								
内部闪存(1)(2)	ZW (K 字节)	96		96		64	96		96	
	NZW (K 字节)	32	160	32	160	0	32	160	32	160
	加总 (K 字节)	128	256	128	256	64	128	256	128	256
SRAM(2) (K 字节)		32 / 64 / 16 (可配置)				32	32 / 64 / 16 (可配置)			
SPIM(3)		1 通道 / 定址范围多达 16 M 字节								
定时器	高级(4)	1	1	1	2	1	1	2	1	2
	32 位通用	2		2		2			2	
	16 位通用	5		5		5			5	
	SysTick	1		1		1			1	
	WDT	1		1		1			1	
	WWDT	1		1		1			1	
	RTC	1		1		1			1	
通信接口	I²C	2		2		2			2	
	SPI(5)	2		2		2			2	
	I²S（半双工）(5)	2(6)		2(6)		2(5)			2	
	USART + UART	2(7) + 0		3 + 0		3 + 0			3 + 2	
	SDIO	1(8)		1(8)		1(7)			1	
	USBFS 设备	1		1		1			1	
	CAN	2		2		2			2	
模拟	12 位 ADC 转换器/通道数	2								
		10		10		10			16	
GPIO		27		39		39			55	
工作温度		-40 °C 至+105 °C								
封装形式		QFN32 4 x 4 mm		QFN48 6 x 6 mm		LQFP48 7 x 7 mm			LQFP64 10 x 10 mm	

(1) ZW = 零等待（zero wait-state），可达SYSCLK 200 MHz
NZW = 非零等待（non-zero wait-state）

(2) 透过用户系统数据设置支持内部闪存存储器和SRAM分配使用。以AT32F413RCT7为例，内部闪存存储器和SRAM可以设置为以下三种配置：
- ZW：96 K字节，NZW：160 K字节, SRAM：32 K字节 (出厂默认)；
- ZW：64 K字节，NZW：192 K字节, SRAM：64 K字节；
- ZW：112 K字节，NZW：144 K字节, SRAM：16 K字节。

(3) SPIM = 外部四线式SPI Flash memory扩展（程序执行/数据储存/程序与数据可加密）。

(4) 高级定时器除了AT32F413RCT7和AT32F413CCx7支持TMR1和TMR8，其余型号仅支持TMR1。

(5) 半双工I²S和SPI功能复用。

(6) LQFP48、QFN48、和QFN32封装仅I²S1有MCK引脚。

(7) QFN32封装没有USART3。

(8) LQFP48、QFN48、和QFN32封装SDIO最高支持4位(D0~D3)模式。

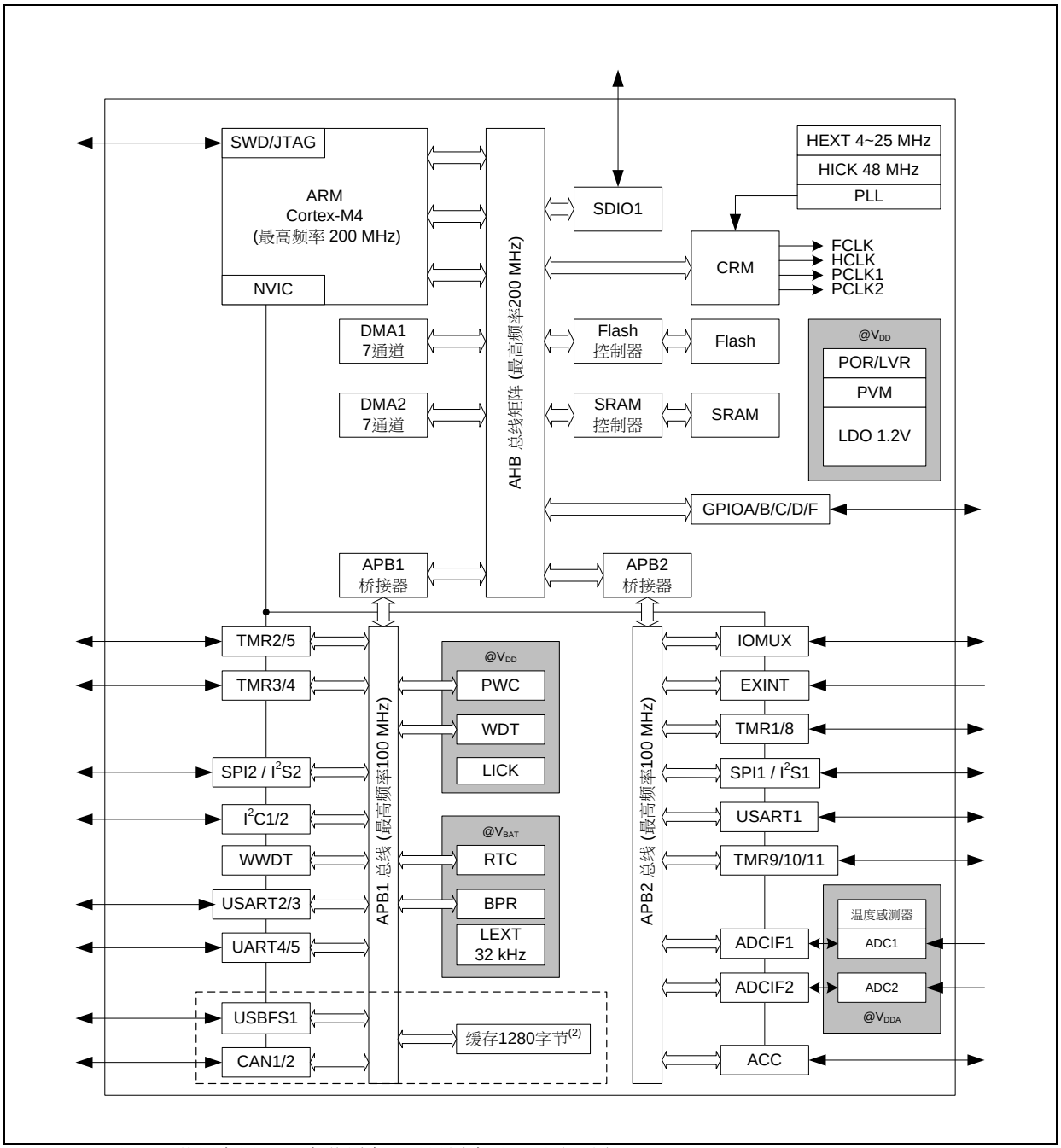
深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

2 功能简介

2.1 ARM®Cortex®-M4 和 FPU

ARM®Cortex®-M4是最新一代的嵌入式ARM®内核处理器，它是一款32位的RISC高性能处理器，具有优异的代码效率，卓越的计算性能和先进的中断系统响应。该处理器支持一组DSP指令，能够实现有效的信号处理和复杂的算法执行。它配有的单精度FPU（浮点单元）可加速浮点运算需求并防止饱和。*图1*是AT32F413系列产品的功能框图。

图 1. AT32F413 系列功能框图



(1) USBFS和CAN共用专用1280字节缓存可以设置为以下四种配置：
- USBFS1：1280字节；
- USBFS1：1024字节，CAN1：256字节；
- USBFS1：1024字节，CAN2：256字节；
- USBFS1：768字节，CAN1：256字节，CAN2：256字节。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

2.2 存储器

2.2.1 内置闪存存储器（Flash）

内置高达256 K字节的内部闪存存储器，用于存放程序和数据。内置存储器可指定任意一范围程序区受sLib保护，成为仅能执行无法被读取的执行代码安全库区。sLib是基于保护方案商代码安全之下，又顾及其客户便于进行二次开发而设计的。

额外提供外部四线式SPI闪存程序数据存储器接口SPIM（SPI Memory），可访问最大容量高达16 M字节，外接SPI接口闪存存储器作为扩充的闪存存储器片3（Bank 3）使用。另外增加密文保护功能可透过用户系统数据决定数据是否加密，可由寄存器控制加密范围。

片上另有18 K字节的启动代码区，启动加载程序（Bootloader）存放于其中。

另外内部包含用户系统数据区块，用于配置访问擦写保护、看门狗自启动等硬件设置行为。用户系统数据对于存储器提供擦写保护和访问保护各自设置功能。

2.2.2 存储器保护单元（MPU）

存储器保护单元（MPU）用于管理CPU对存储器的访问，防止一个任务意外损坏另一个激活任务所使用的存储器或资源。此存储区被组织为最多8个保护区，还可依次再被分为最多8个子区。保护区大小可为32字节至可寻址存储器的整个4 G字节。

MPU特别适合应用在有一些关键的或认证的代码必须受到保护，以免被其它任务的错误行为影响。它通常由RTOS（实时操作系统）管理。

2.2.3 内置随机存取存储器（SRAM）

高达64 K字节的内置SRAM，CPU能以零等待周期访问（读/写）。

2.3 中断

2.3.1 嵌套的向量式中断控制器（NVIC）

AT32F413系列产品内置嵌套的向量式中断控制器，可管理16个优先级，处理Cortex®-M4内核的可屏蔽中断通道及16个中断线。该模块以最小的中断延迟提供灵活的中断管理功能。

2.3.2 外部中断（EXINT）

外部中断（EXINT）与NVIC直接连接，EXINT包含19个边沿检测器，用于产生中断请求。每个中断线都可以独立地配置它的触发事件（上升沿、下降沿、或双边沿），并能够单独地被屏蔽；挂起寄存器维持所有中断请求的状态。外部中断其中最多有16根可从GPIO中选择连接。

2.4 电源控制（PWC）

2.4.1 供电方案

- V_{DD} = 2.6 ~ 3.6 V：通过V_{DD}引脚为GPIO引脚和内部模块如：调压器（LDO）供电。
- V_{DDA} = 2.6 ~ 3.6 V：通过V_{DDA}为ADC供电。V_{DDA}和V_{SSA}必须与V_{DD}和V_{SS}等电位。
- V_{BAT} = 1.8 ~ 3.6 V：V_{BAT}引脚允许从外部电池、外部超级电容器为器件的V_{BAT}域供电，或当没有外部电池及外部超级电容器时从V_{DD}供电。当没有V_{DD}存在时，V_{BAT}引脚（通过内部电源切换器）为RTC、外部32 kHz晶振（LEXT）和电池供电寄存器（BPR）供电。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

2.4.2 复位和电源电压监测器（POR / LVR / PVM）

本产品内部集成了上电复位（POR）和低电压复位（LVR）电路，该电路始终处于工作状态，使得器件在供电超过2.6 V时工作；当V_{DD}低于设定的阈值（V_{LVR}）时，置器件于复位状态，而不必使用外部复位电路。

产品中还有一个电源电压监测器（PVM），它监视V_{DD}供电并与阈值V_{PVM}比较，当V_{DD}下降低于或爬升高于阈值V_{PVM}时产生中断。PVM功能需要通过程序开启。

2.4.3 电压调压器（LDO）

LDO有两个操作模式：正常模式和关断模式。

- 正常模式：用于正常的运行/睡眠操作并可用于CPU的深睡眠模式；
- 关断模式：用于CPU的待机模式。LDO的输出为高阻状态，内核电路的供电切断，寄存器和SRAM的内容将丢失。

LDO在复位后处于正常模式工作状态。

2.4.4 低功耗模式

AT32F413系列产品支持三种低功耗模式：

- 睡眠模式（Sleep）

  在睡眠模式，只有CPU停止，所有外设处于工作状态并可在发生中断/事件时唤醒CPU。
- 深睡眠模式（Deepsleep）

  深睡眠模式下可以实现低功耗，同时保持SRAM和寄存器的内容。此时，LDO域中的所有时钟都会停止，PLL、HICK时钟、和HEXT晶振也被关闭。还可以将LDO置于正常模式。

  可以通过任一配置成EXINT的信号把微控制器从深睡眠模式中唤醒，EXINT信号可以是16个外部GPIO口之一、PVM的输出、RTC闹钟或USBFS的唤醒信号。
- 待机模式（Standby）

  在待机模式下可以达到最低的电能消耗。内部的电压调压器被关闭，因此所有内部LDO域的供电被切断，PLL、HICK时钟、和HEXT晶振也被关闭。进入待机模式后，SRAM和寄存器的内容将消失，但RTC寄存器和电池供电寄存器的内容仍然保留，待机电路仍工作。

  从待机模式退出的条件是：NRST上的外部复位信号、WDT复位、WKUP引脚上的一个上升边沿或RTC的闹钟到时。

注： *在进入深睡眠或待机模式时，RTC、IWDG和对应的时钟不会被停止。*

2.5 启动模式

在启动时，通过对启动引脚设置可以选择三种启动模式中的一种：

- 从程序内部闪存存储器启动。；
- 从启动代码区启动；
- 从内部SRAM启动。

启动加载程序（Bootloader）存放于启动代码区中，可以通过USART1，USART2，或USBFS1对闪存重新编程，其中USBFS1支持无晶振（crystal-less）操作。若设置SPIM_IO0/1管脚与USBFS1多工使用，无法通过USBFS1无法对SPIM闪存存储器片3（Bank 3）编程。*表3*提供启动加载程序（Bootloader）对AT32F413的管脚配置。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

表 3. 启动加载程序（Bootloader）的管脚配置

外设	对应管脚
USART1	PA9: USART1_TX PA10: USART1_RX
USART2	PA2: USART2_TX(1) PA3: USART2_RX(1)
USBFS1	PA11: USBFS1_D- PA12: USBFS1_D+

(1) 注意使用管脚非5 V耐压。

2.6 时钟

系统时钟在复位后，高速内部48 MHz时钟（HICK）经6分频后（8 MHz）被选为默认的CPU时钟，随后可以选择外部的、具失效监控的4~25 MHz高速晶振（HEXT）；当检测到高速外部晶振失效时，它将被关闭，系统将自动地切换到HICK，软件可以接收到相应的中断。同样当PLL使用的高速外部晶振失效时，硬件也会如此自动设置。

时钟控制分成多个预分频器用于配置AHB的频率和APB（APB1和APB2）的频率。AHB的最高频率是200 MHz，APB的最高频率为100 MHz。

另外，AT32F413系列产品内嵌一个特别的自动时钟校准（ACC）模块，高速内部时钟HICK 48 MHz可被此模块校准，可保证在整个芯片可操作温度范围内HICK的最佳准确度。

2.7 通用输入输出口（GPIO）

每个GPIO引脚都可以由软件配置成输出（推挽或开漏）、输入（带或不带上拉或下拉）或多工的外设功能端口。多数GPIO引脚都与数字或模拟的多个外设共享。所有的GPIO引脚都有大电流通过能力。

在需要的情况下，GPIO引脚的外设功能可以通过一个特定的操作锁定，以避免意外的写入GPIO寄存器。

2.8 重映射功能

此功能使用户可以在选定的器件下实现最多数量的外设功能。那些多工的外设功能不仅仅可以通过默认的引脚实现，还可以通过其他那些可重映射的引脚实现。这使得引脚的选择更加灵活，制板更加方便。

具体请参考*表5*，列出了所有那些可以重映射的外设功能，以及重映射到的引脚。请参考AT32F413参考手册来获得软件配置的详细信息。

2.9 直接存储器访问控制器（DMA）

灵活的14路通用DMA（DMA1上有7个通道，DMA2上有7个通道）可以管理存储器到存储器、设备到存储器和存储器到设备的数据传输。2个DMA控制器支持环形缓冲区的管理，避免了控制器传输到达缓冲区结尾时所产生的中断。

每个通道都有专门的硬件DMA请求逻辑，同时可以由软件触发每个通道。传输的长度、传输的源地址和目标地址都可以通过软件单独设置。

DMA可以用于主要的外设：SPI，I^2C，USART，高级和通用定时器TMRx，I^2S，SDIO和ADC。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

2.10 定时器（TMR）

AT32F413系列产品包含最多2个高级定时器、7个通用定时器和2个基本定时器，以及1个系统嘀嗒定时器。

下表比较了高级定时器和通用定时器的功能：

表 4. 定时器功能比较

定时器	计数器分辨率	计数器类型	预分频系数	产生 DMA 请求	捕获/比较通道	互补输出
TMR1，TMR8	16 位	向上，向下，向上/下	1~65536 之间的任意整数	可以	4	有
TMR2，TMR5	16 或 32 位	向上，向下，向上/下	1~65536 之间的任意整数	可以	4	没有
TMR3，TMR4	16 位	向上，向下，向上/下	1~65536 之间的任意整数	可以	4	没有
TMR9	16 位	向上	1~65536 之间的任意整数	不可以	2	没有
TMR10，TMR11	16 位	向上	1~65536 之间的任意整数	不可以	1	没有

2.10.1 高级定时器（TMR1 和 TMR8）

两个高级定时器（TMR1和TMR8）可以被看成是分配到6个通道的三相PWM发生器，它具有带死区插入的互补PWM输出，还可以被当成完整的通用定时器。

四个独立的通道可以用于：

- 输入捕获
- 输出比较
- 产生PWM（边缘或中心对齐模式）
- 单周期输出

配置为16位通用定时器时，它与TMRx定时器具有相同的功能。配置为16位PWM发生器时，它具有全调制能力（0~100%）。

在调试模式下，计数器可以被冻结，同时PWM输出被禁止，从而切断由这些输出所控制的开关。

很多功能都与通用定时器相同，内部结构也相同，因此高级定时器可以通过定时器链接功能与通用定时器协同操作，提供同步或事件链接功能。

2.10.2 通用定时器（TMRx）

AT32F413系列产品中，内置了多达7个可同步运行的定时器。

- **TMR2，TMR3，TMR4和TMR5**

  AT32F413系列内置了多达4个通用定时器（TMR2，TMR3，TMR4和TMR5）。TMR2和TMR5是基于一个32位动加载递加/递减计数器和一个16位的预分频器。而TMR3和TMR4是基于一个16位动加载递加/递减计数器和一个16位的预分频器。这些定时器在最大的封装都提供4个独立的通道，每个通道都可用于输入捕获、输出比较、PWM和单周期模式输出。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

它们还能通过定时器链接功能与高级定时器共同工作，提供同步或事件链接功能。在调试模式下，计数器可以被冻结。任一通用定时器都能用于产生PWM输出。每个定时器都有独立的DMA请求机制。

这些定时器还能够处理增量编码器的信号，也能处理1至3个来自霍尔传感器的数字输出。

- **TMR9**

  TMR9有一个16位的自动加载递加计数器、一个16位的预分频器和2个独立的通道，每个通道都可用于输入捕获、输出比较、PWM和单周期模式输出，它们可以与全功能通用定时器（TMR2，TMR3，TMR4和TMR5）同步。它也可以用作简单的定时器。

- **TMR10和TMR11**

  这些定时器都有一个16位的自动加载递加计数器、一个16位的预分频器和1个独立的通道，每个通道都可用于输入捕获、输出比较、PWM和单周期模式输出，它们可以与全功能通用定时器（TMR2，TMR3，TMR4和TMR5）同步。它们也可以用作简单的定时器。

2.10.3 系统滴答定时器（SysTick）

这个定时器是专用于实时操作系统，也可当成一个标准的递减计数器。它具有下述特性：

- 24位的递减计数器
- 自动重加载功能
- 当计数器为0时能产生一个可屏蔽系统中断
- 可编程时钟源（HCLK或HCLK/8）

2.11 看门狗（WDT）

看门狗是由一个12位的递减计数器和一个8位的预分频器所组成，它的时钟源由低速内部时钟（LICK）提供；因为这个时钟独立于主时钟，所以它可运行于深睡眠和待机模式。它可以被当成看门狗用于在发生问题时复位整个系统，或作为一个自由定时器为应用程序提供超时管理。通过用户系统数据可以配置门狗是否自启动。在调试模式下，计数器可以被冻结。

2.12 窗口型看门狗（WWDT）

窗口型看门狗内有一个7位的递减计数器，并可以设置成自由运行。它可以被当成看门狗用于在发生问题时复位整个系统。它由主时钟驱动，具有早期预警中断功能；在调试模式下，计数器可以被冻结。

2.13 实时时钟（RTC）和电池供电寄存器（BPR）

RTC和电池供电寄存器（BPR）通过一个开关供电，在V_{DD}有效时该开关选择V_{DD}供电，否则由V_{BAT}引脚供电。电池供电寄存器（42个16位的寄存器）保存84个字节的用户应用数据。RTC和电池供电寄存器不会被系统或电源复位源复位；当从待机模式唤醒时，也不会被复位。

实时时钟具有一组连续运行的计数器，可以通过适当的软件提供日历时钟功能，还具有闹钟中断和阶段性中断功能。RTC的驱动时钟可以是一个使用外部晶体的32.768 kHz的振荡器（LEXT）、内部低功耗时钟（LICK）或高速的外部时钟（HEXT）经128分频。为补偿天然晶体的偏差，RTC时钟可以经64分频输出到侵入检测引脚TAMPER上对RTC的时钟进行校准。RTC具有一个32位的可编程计数器，使用比较寄存器可以进行长时间的测量。预分频器用于时基时钟，默认情况下时钟为32.768 kHz时，它将产生一个1秒长的时间基准。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

2.14 通信接口

2.14.1 串行外设接口（SPI）

2个SPI接口，在从或主模式下，全双工和半双工的通信速率可达36兆位/秒。预分频器可产生多种主模式频率，可配置成每帧8位或16位。硬件的CRC产生/校验支持基本的SD卡、MMC、和SDHC模式。所有的SPI接口都可以使用DMA操作。

2.14.2 内部集成音频接口（I^2S）

2个标准的I^2S接口（与SPI多工使用）可以在主或从模式下工作于半双工模式。这2个接口可以配置为16/24/32位分辨率的输入或输出通道工作，支持音频采样频率从8 kHz到192 kHz。当I^2S接口配置为主模式，它的主时钟可以以256倍采样频率输出。所有I^2S均可使用DMA控制器。

2.14.3 通用同步/异步收发器（USART）

AT32F413系列产品中，内置了3个通用同步/异步收发器（USART1，USART2和USART3），和2个通用异步收发器（UART4和UART5）。

这5个接口提供异步通信、支持IrDA SIR ENDEC传输编解码、多处理器通信模式、单线半双工通信模式和LIN主/从功能。

这5个接口接口通信速率均可达6.25兆位/秒。

USART1，USART2和USART3接口具有硬件的CTS和RTS信号管理、兼容ISO7816的智能卡模式和类SPI通信模式。除了UART5之外所有其他接口都可以使用DMA操作。

2.14.4 内部集成电路总线（I^2C）

2个I^2C总线接口，能够工作于多主模式或从模式，它们可支持标准模式（standard mode，最高100 kHz）和快速模式（fast mode，最高400 kHz）。I^2C总线频率可以最高增加到1 MHz。想要获得更完整详细的解决方案，可以联系本地的雅特力销售处寻求技术支持。

I^2C接口支持7位或10位寻址，7位从模式时支持双从地址寻址。内置了硬件CRC发生器/校验器。

它们可以使用DMA操作并支持SMBus总线2.0版/PMBus总线。

2.14.5 安全数字输入/输出接口（SDIO）

1个SD/SDIO/MMC主机接口，可以支持MMC卡系统规范4.2版中的3个不同的数据总线模式：1位（默认）、4位和8位。在8位模式下，该接口可以使数据传输速率达到48 MHz，该接口兼容SD存储卡规范2.0版。

SDIO存储卡规范2.0版支持两种数据总线模式：1位（默认）和4位。

目前的芯片版本只能一次支持一个SD/SDIO/MMC4.2版的卡，但可以同时支持多个MMC4.1版或之前的多个版本的卡。

除了SD/SDIO/MMC/eMMC，这个接口完全与CE-ATA数字协议版本1.1兼容。

2.14.6 控制器区域网络（CAN）

2个CAN接口兼容规范2.0A和2.0B（主动），位速率高达1兆位/秒。它可以接收和发送11位标识符的标准帧，也可以接收和发送29位标识符的扩展帧。每个CAN具有3个发送邮箱，2个具3级深度的接收缓存，和14个可调节的滤波器。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

为保证传输品质，根据CAN 2.0协议规范的时钟准确度要求，CAN的时钟源必须来自由HEXT晶振为源头所产生的PLL时钟。

2.14.7 通用串行总线全速（USBFS）

AT32F413系列产品内嵌一个集成了收发器（PHY）兼容全速USB的设备控制器，遵循全速USB设备（12兆位/秒）标准，端点可由软件配置，具有待机/唤醒功能。USBFS模块要求专用的48 MHz时钟，用作主机模式时此时钟必须来自由HEXT晶振为源头所产生的PLL时钟源，只有用作设备模式时此时钟可另选择直接来自48 MHz HICK。

2.15 循环冗余校验（CRC）计算单元

CRC（循环冗余校验）计算单元使用一个固定的多项式发生器，从一个32位的数据字产生一个CRC码。在众多的应用中，基于CRC的技术被用于验证数据传输或存储的一致性。

2.16 模拟/数字转换器（ADC）

AT32F413系列产品，内嵌2个12位的模拟/数字转换器（ADC），共享多达16个外部通道，可以实现单次或序列转换。在序列模式下，自动进行在选定的一组模拟通道上的转换。

ADC接口上的其它逻辑功能包括：

- 同时的采样和保持
- 位移的采样和保持
- 单次采样

ADC可以使用DMA操作。

电压监测功能允许非常精准地监视一路、多路或所有选中的通道，当被监视的信号超出预置的阈值时，将产生中断。

由通用定时器（TMRx）和高级定时器（TMR1和TMR8）产生的事件，可以分别内部级联到ADC的开始普通触发和抢占触发，应用程序能使ADC转换与时钟同步。

2.16.1 温度传感器（V_{TS}）

温度传感器产生一个随温度线性变化的电压V_{TS}。温度传感器在内部被连接到ADC1_IN16的输入通道上，用于将传感器的输出转换到数字数值。

由于工艺不同，温度传感器的偏移因芯片而异，因此内部温度传感器主要适合检测温度变化的应用，而不是检测绝对温度的应用。如果需要读取精确温度，则应使用外部温度传感器部分。

2.16.2 内部参考电压（V_{INTRV}）

内部参考电压（V_{INTRV}）为ADC提供了一个稳定的电压输出。V_{INTRV}内部连接到ADC1_IN17输入通道。

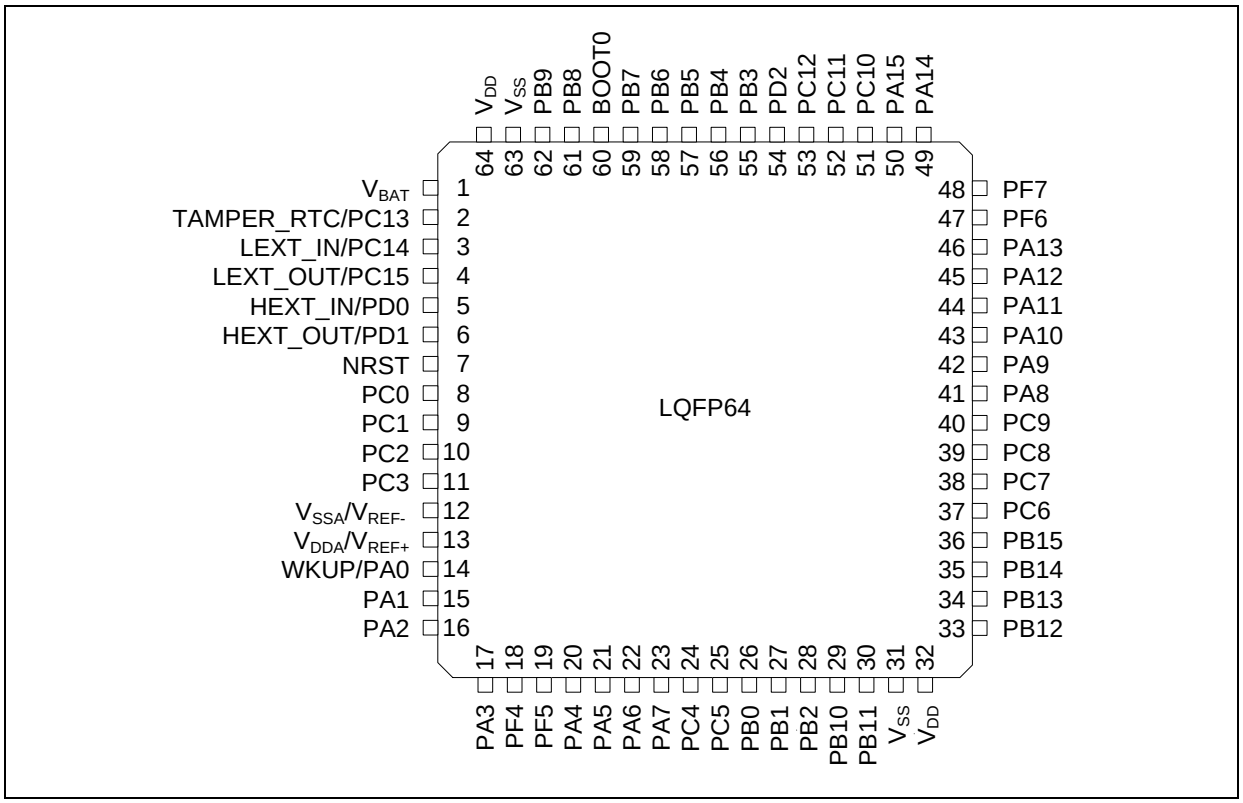
2.17 调试：串行线（SWD）/ JTAG 调试接口

内嵌ARM®的SWJ-DP接口，这是一个由串行线和JTAG调试端口结合而成，可以实现对连接目标烧录和调试的串行线调试接口或JTAG接口。JTAG的TMS和TCK信号分别与SWDIO和SWCLK共享引脚。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

3 引脚功能定义

图 2. AT32F413 系列 LQFP64 引脚分布



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

图 3. AT32F413 系列 LQFP48 引脚分布

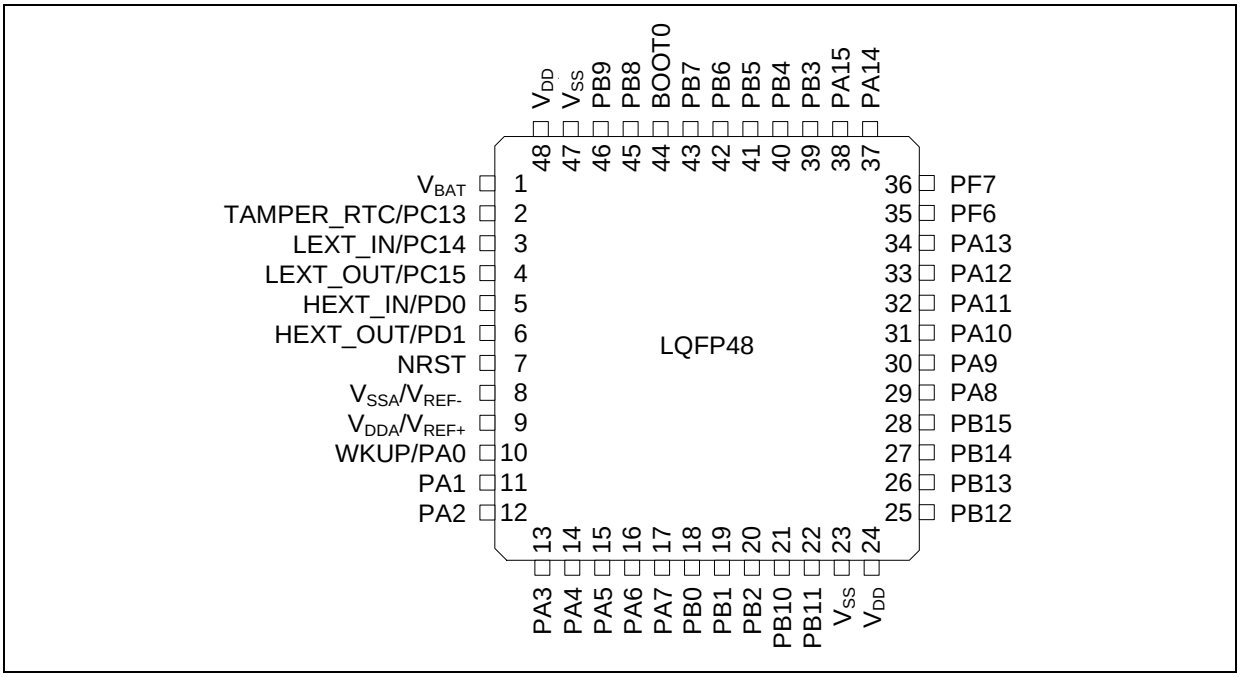
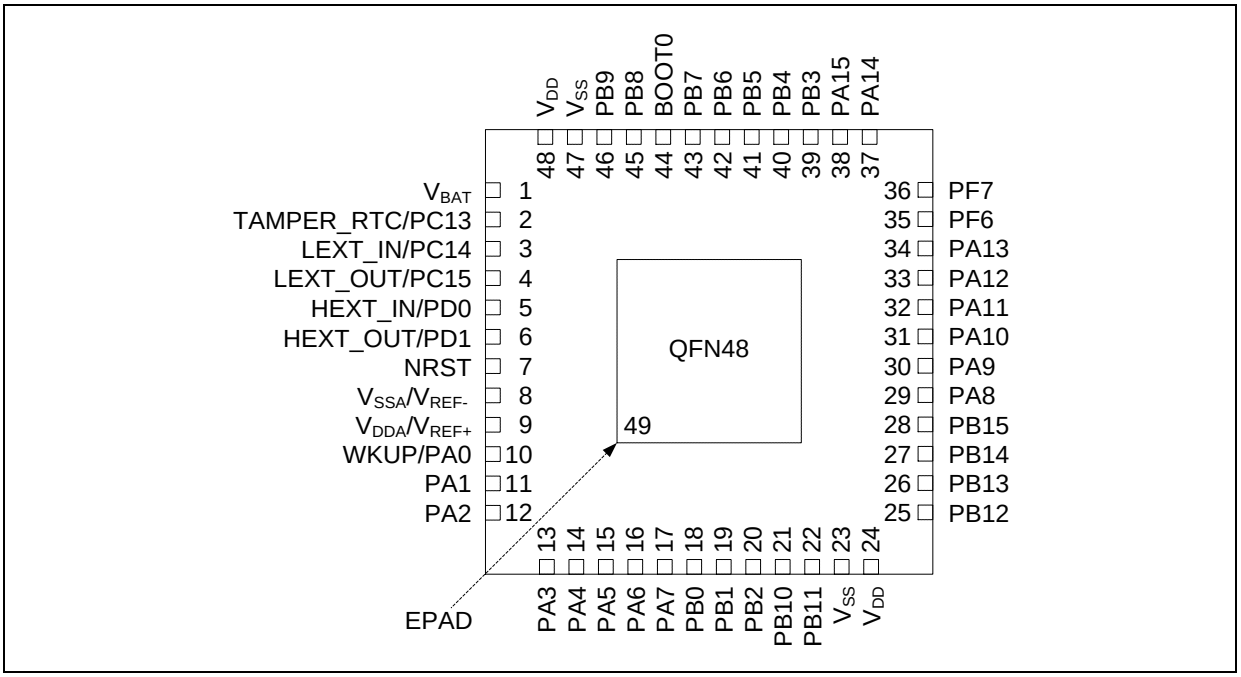
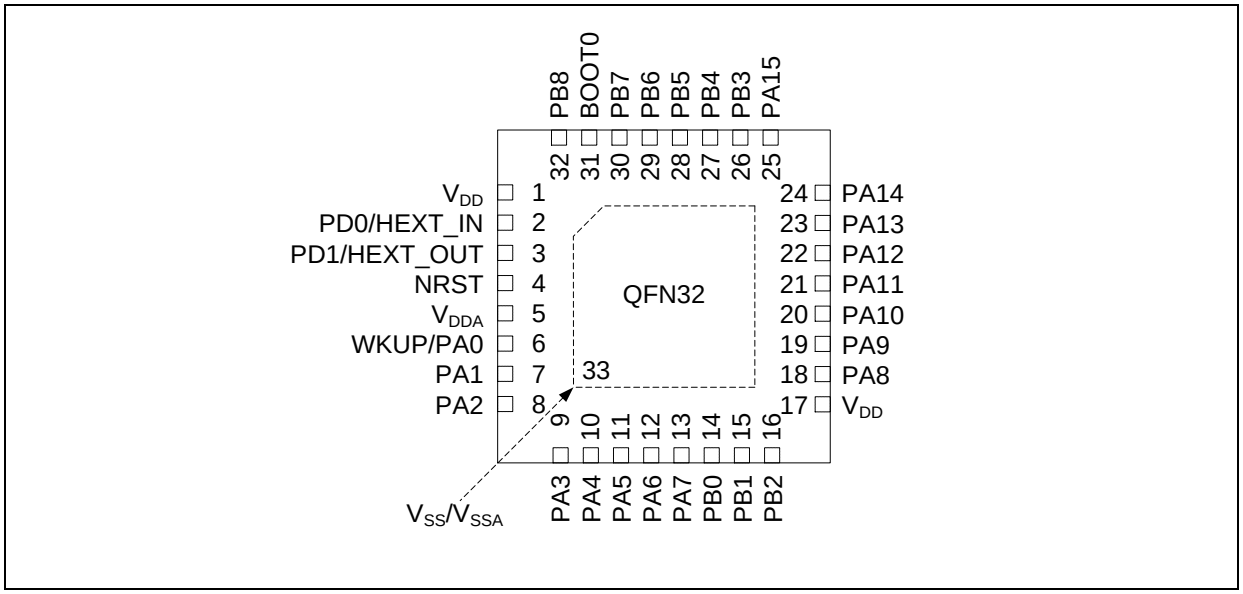


图 4. AT32F413 系列 QFN48 引脚分布



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

图 5. AT32F413 系列 QFN32 引脚分布



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

下表为AT32F413系列引脚定义，”-”表示对应封装下没有该引脚。多工功能按照优先级从高到低排列，基本原则模拟信号高于数字信号，输出数字信号高于输入数字信号。

表 5. AT32F413 系列引脚定义

引脚号			引脚名称	种类(1)	IO电平(2)	主功能	多工功能(3)(4)	
QFN32	LQFP48 QFN48	LQFP64					默认功能	重映射
-	1	1	V_{BAT}	S	-	V_{BAT}	-	-
-	2	2	TAMPER-RTC / PC13(5)	I/O	-	PC13(6)	TAMPER-RTC	-
-	3	3	LEXT_IN / PC14(5)	I/O	-	PC14(6)	LEXT_IN	-
-	4	4	LEXT_OUT / PC15(5)	I/O	-	PC15(6)	LEXT_OUT	-
2	5	5	HEXT_IN / PD0(8)	I/O	-	HEXT_IN	-	PD0(8)
3	6	6	HEXT_OUT / PD1(8)	I/O	-	HEXT_OUT	-	PD1(8)
4	7	7	NRST	I/O	-	NRST	-	-
-	-	8	PC0	I/O	-	PC0	ADC12_IN10	SDIO1_D0
-	-	9	PC1	I/O	-	PC1	ADC12_IN11	SDIO1_D1
-	-	10	PC2	I/O	-	PC2	ADC12_IN12	SDIO1_D2
-	-	11	PC3	I/O	-	PC3	ADC12_IN13	SDIO1_D3
-	8	12	V_{SSA} / V_{REF-}	S	-	V_{SSA} / V_{REF-}	-	-
5	9	13	V_{DDA} / V_{REF+}	S	-	V_{DDA} / V_{REF+}	-	-
6	10	14	PA0 / WKUP	I/O	-	PA0	ADC12_IN0 / WKUP / USART2_CTS / TMR2_CH1(7) / TMR2_EXT(7) / TMR5_CH1(7) / TMR8_EXT	-
7	11	15	PA1	I/O	-	PA1	ADC12_IN1 / USART2_RTS / TMR2_CH2(7) / TMR5_CH2(7)	-
8	12	16	PA2	I/O	-	PA2	ADC12_IN2 / USART2_TX / TMR2_CH3(7) / TMR5_CH3 / TMR9_CH1(7) /	SDIO1_CK
9	13	17	PA3	I/O	-	PA3	ADC12_IN3 / USART2_RX / TMR2_CH4(7) / TMR5_CH4 / TMR9_CH2(7)	SDIO1_CMD
-	-	18	PF4	I/O	FT	PF4	-	UART4_TX / TMR5_CH1
-	-	19	PF5	I/O	FT	PF5	-	UART4_RX / TMR5_CH2
10	14	20	PA4	I/O	-	PA4	ADC12_IN4 / USART2_CK / SPI1_CS(7) / I2S1_WS(7)	SDIO1_D4 / SDIO1_D0
11	15	21	PA5	I/O	-	PA5	ADC12_IN5 / SPI1_SCK(7) / I2S1_CK(7)	SDIO1_D5 / SDIO1_D1
12	16	22	PA6	I/O	-	PA6	ADC12_IN6 / SPI1_MISO(7) / TMR3_CH1(7) / TMR8_BRK	SDIO1_D6 / SDIO1_D2 / TMR1_BRK / TMR10_CH1
13	17	23	PA7	I/O	-	PA7	ADC12_IN7 / SPI1_MOSI(7) / I2S1_SD(7) / TMR3_CH2(7) / TMR8_CH1C	SDIO1_D7 / SDIO1_D3 / TMR1_CH1C / TMR11_CH1

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

引脚号			引脚名称	种类(1)	IO电平(2)	主功能	多工功能(3)(4)	
QFN32	LQFP48 QFN48	LQFP64					默认功能	重映射
-	-	24	PC4	I/O	-	PC4	ADC12_IN14	SDIO1_CK
-	-	25	PC5	I/O	-	PC5	ADC12_IN15	SDIO1_CMD
14	18	26	PB0	I/O	-	PB0	ADC12_IN8 / I2S1_MCK(7) / TMR3_CH3(7) / TMR8_CH2C	TMR1_CH2C
15	19	27	PB1	I/O	-	PB1	ADC12_IN9 / SPIM_SCK / TMR3_CH4(7) / TMR8_CH3C	TMR1_CH3C
16	20	28	PB2	I/O	FT	PB2 / BOOT1(9)	-	-
-	21	29	PB10	I/O	FT	PB10	I2C2_SCL(7) / USART3_TX(7)	SPIM_IO0 / TMR2_CH3
-	22	30	PB11	I/O	FT	PB11	I2C2_SDA(7) / USART3_RX(7)	SPIM_IO1 / TMR2_CH4
-	23	31	V_{SS}	S	-	V_{SS}	-	-
17	24	32	V_{DD}	S	-	V_{DD}	-	-
-	25	33	PB12	I/O	FT	PB12	USART3_CK(7) / I2C2_SMBA(7) / SPI2_CS(7) / I2S2_WS(7) / CAN2_RX(7) / TMR1_BRK(7)	-
-	26	34	PB13	I/O	FT	PB13	SPI2_SCK(7) / I2S2_CK(7) / USART3_CTS / CAN2_TX(7) / TMR1_CH1C(7) /	-
-	27	35	PB14	I/O	FT	PB14	USART3_RTS / SPI2_MISO(7) / TMR1_CH2C(7)	TMR9_CH1
-	28	36	PB15	I/O	FT	PB15	SPI2_MOSI(7) / I2S2_SD(7) / TMR1_CH3C(7) /	TMR9_CH2
-	-	37	PC6	I/O	FT	PC6	I2S2_MCK(7) / SDIO1_D6 / TMR8_CH1	TMR3_CH1
-	-	38	PC7	I/O	FT	PC7	SDIO1_D7 / TMR8_CH2	I2S2_MCK / TMR3_CH2
-	-	39	PC8	I/O	FT	PC8	SDIO1_D0 / TMR8_CH3	TMR3_CH3
-	-	40	PC9	I/O	FT	PC9	SDIO1_D1 / TMR8_CH4	I2C2_SDA / TMR3_CH4
18	29	41	PA8	I/O	FT	PA8	CLKOUT / USART1_CK / SPIM_CS / USBFS1_SOF / TMR1_CH1	I2C2_SCL
19	30	42	PA9	I/O	FT	PA9	USART1_TX(7) / TMR1_CH2	I2C2_SMBA
20	31	43	PA10	I/O	FT	PA10	USART1_RX(7) / TMR1_CH3	-
21	32	44	PA11	I/O	-	PA11	USBFS1_D- / SPIM_IO0(7) / USART1_CTS / CAN1_RX(7) / TMR1_CH4	-
22	33	45	PA12	I/O	-	PA12	USBFS1_D+ / SPIM_IO1(7) / USART1_RTS / CAN1_TX(7) / TMR1_EXT	-
23	34	46	PA13	I/O	FT	JTMS-SWDIO	-	PA13
-	35	47	PF6	I/O	FT	PF6	-	I2C1_SCL / I2C2_SCL
-	36	48	PF7	I/O	FT	PF7	-	I2C1_SDA / I2C2_SDA
24	37	49	PA14	I/O	FT	JTCK-SWCLK	-	PA14

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

引脚号			引脚名称	种类(1)	IO电平(2)	主功能	多工功能(3)(4)	
QFN32	LQFP48 QFN48	LQFP64					默认功能	重映射
25	38	50	PA15	I/O	FT	JTDI	-	PA15 / SPI1_CS / I2S1_WS / SPI2_CS / I2S2_WS TMR2_CH1 / TMR2_EXT /
-	-	51	PC10	I/O	FT	PC10	UART4_TX(7) / SDIO1_D2	USART3_TX
-	-	52	PC11	I/O	FT	PC11	UART4_RX(7) / SDIO1_D3	USART3_RX
-	-	53	PC12	I/O	FT	PC12	UART5_TX / SDIO1_CK	USART3_CK
-	-	54	PD2	I/O	FT	PD2	UART5_RX / SDIO1_CMD / TMR3_EXT	-
26	39	55	PB3	I/O	FT	JTDO	-	PB3 / SWO / SPI1_SCK / I2S1_CK / SPI2_SCK / I2S2_CK / TMR2_CH2
27	40	56	PB4	I/O	FT	NJTRST	-	PB4 / SPI1_MISO / SPI2_MISO / I2C2_SDA / TMR3_CH1
28	41	57	PB5	I/O	FT	PB5	I2C1_SMBA	SPI1_MOSI / I2S1_SD / SPI2_MOSI / I2S2_SD / CAN2_RX / TMR3_CH2
29	42	58	PB6	I/O	FT	PB6	I2C1_SCL(7) / SPIM_IO3 / TMR4_CH1	USART1_TX / CAN2_TX / I2S1_MCK
30	43	59	PB7	I/O	FT	PB7	I2C1_SDA(7) / SPIM_IO2 / TMR4_CH2	USART1_RX
31	44	60	BOOT0	I	-	BOOT0	-	-
32	45	61	PB8	I/O	FT	PB8	TMR10_CH1(7) / SDIO1_D4 / TMR4_CH3	I2C1_SCL / CAN1_RX
-	46	62	PB9	I/O	FT	PB9	TMR11_CH1(7) / SDIO1_D5 / TMR4_CH4	I2C1_SDA / CAN1_TX
-	47	63	V_{SS}	S	-	V_{SS}	-	-
1	48	64	V_{DD}	S	-	V_{DD}	-	-
-	-/49	-	EPAD	S	-	V_{SS}	-	-
33	-	-	V_{SS}/V_{SSA}	S	-	V_{SS}/V_{SSA}	-	-

(1) I = 输入，O = 输出，S = 电源。

(2) FT = 5 V电平容忍。

(3) 有些功能仅在部分型号芯片中支持。可以使用的功能依选定的型号而定。对于具有较少外设模块的型号，始终是包含较小编号的功能模块。例如，某个型号只有1个高级定时器时，它即是TMR1。参见*表2*。

(4) 如果有多个外设功能映射到了同一个GPIO口，为了避免外设的冲突，在同一时间，只能通过外设时钟的使能位（在相应的CRM外设时钟使能寄存器中）使能一个外设。

(5) PC13，PC14和PC15引脚通过电源开关进行供电，而这个电源开关只能够推动有限的电流（3 mA）。因此这三个引脚作为输出引脚时不能作为电流源（如驱动LED）。

(6) 这些引脚在电池供电区域第一次上电时处于主功能状态下，之后即使复位，这些引脚的状态由电池供电区域寄存器控制（这些寄存器不会被主复位系统所复位）。关于如何控制这些GPIO口的具体信息，请参考AT32F413系列参考手册的电池供电区域和BPR寄存器的相关章节。

(7) 此类多工功能能够由软件配置到其他引脚上（如果相应的封装型号有此引脚），详细信息请参考AT32F413系列参考手册的多工功能GPIO章节和调试设置章节。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

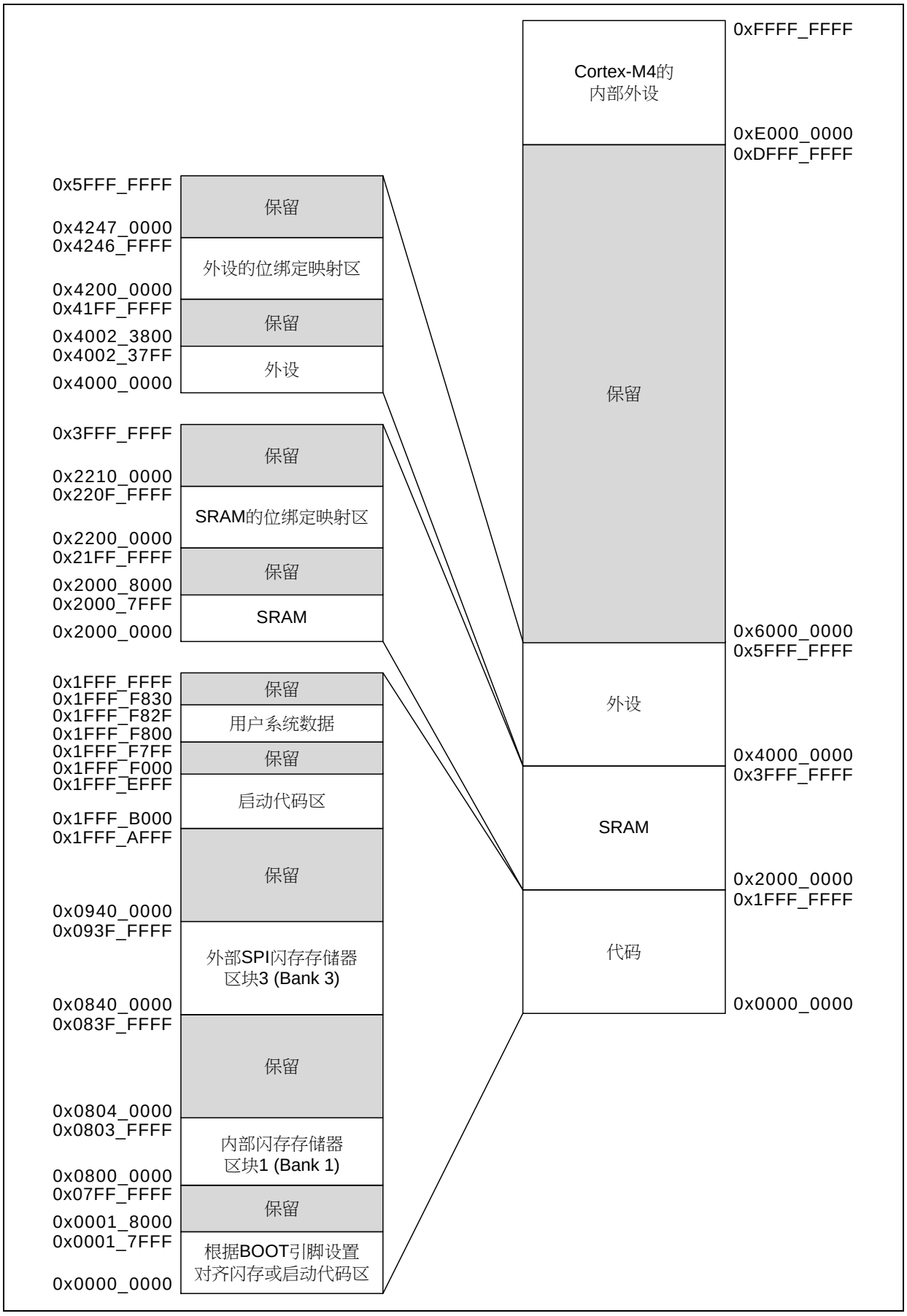
(8) LQFP64、LQFP48和QFN48封装的引脚5和引脚6，和QFPN32封装的引脚2和引脚3，在芯片复位后默认配置为HEXT_IN和HEXT_OUT功能脚。软件可以重新设置这两个引脚为PD0和PD1功能。更多详细信息请参考AT32F413系列参考手册的多工功能GPIO章节和调试设置章节。

(9) 若从程序内部闪存存储器启动且PB2功能未使用，建议下拉接地。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

4 存储器地址映射

图 6. 存储器图



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5 电气特性

5.1 测试条件

5.1.1 最小和最大数值

所有最小和最大值是在最坏的条件下得出，在每个表格下方的注解中说明为通过综合评估、设计模拟和/或工艺特性，以其平均值±3倍标准差（mean ± 3σ）得到的数据，不会在生产线上进行测试。

5.1.2 典型数值

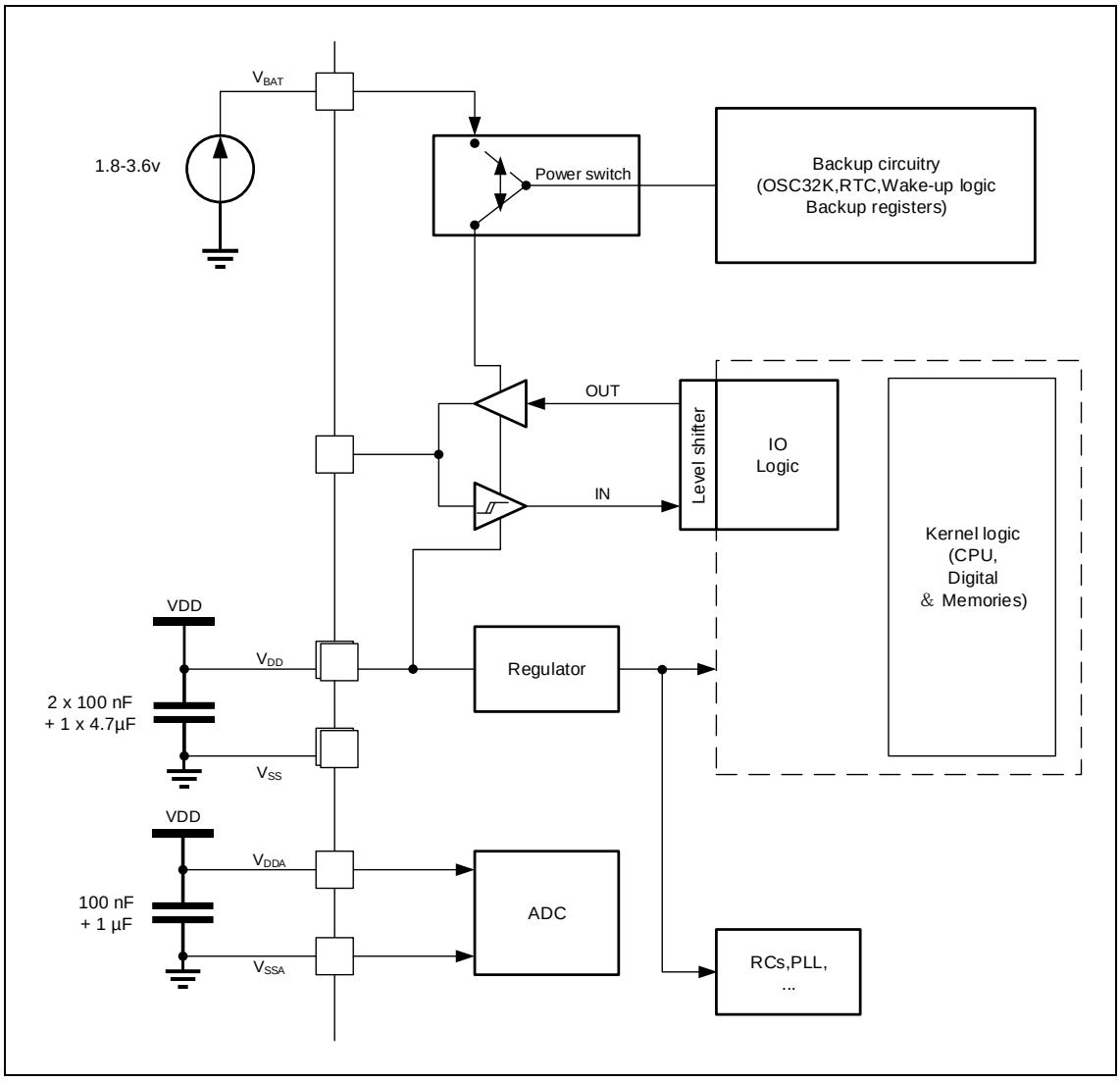
典型数据是基于T_A = 25 °C和V_{DD} = 3.3 V。

5.1.3 典型曲线

典型曲线仅用于设计指导而未经测试。

5.1.4 供电方案

图 7. 供电方案



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.2 绝对最大值

5.2.1 额定值

加在器件上的载荷如果超过「绝对最大额定值」列表（表6，表7，表8）中给出的值，可能会导致器件永久性地损坏。这里只是给出能承受的最大载荷，并不意味在此条件下器件的功能性操作无误。器件长期工作在最大值条件下会影响器件的可靠性。

表 6. 电压特性

符号	描述	最小值	最大值	单位
V_{DD}-V_{SS}	外部主供电电压（包含V_{DDA}和V_{DD}）	-0.3	4.0	V
V_{IN}	在FT引脚上的输入电压	V_{SS}-0.3	6.0	
	在其它引脚上的输入电压	V_{SS}-0.3	4.0	
$\|\Delta V_{DDx}\|$	不同供电引脚之间的电压差	-	50	mV
$\|V_{SSx}$-$V_{SS}\|$	不同接地引脚之间的电压差	-	50	

表 7. 电流特性

符号	描述	最大值	单位
I_{VDD}	经过V_{DD}电源线的总电流（流入电流）	150	mA
I_{VSS}	经过V_{SS}地线的总电流（流出电流）	150	
I_{IO}	任意GPIO和控制引脚上的输出灌电流	25	
	任意GPIO和控制引脚上的输出电流	-25	

表 8. 温度特性

符号	描述	数值	单位
T_{STG}	储存温度范围	-60 ~ +150	°C
T_J	最大结温度	125	

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.2.2 电气敏感性

基于三个不同的测试（HBM，CDM，和LU），使用特定的测量方法，对芯片进行强度测试以决定它的电气敏感性方面的性能。

静电放电（ESD）

静电放电施加到所有样品的所有引脚上。这个测试符合JS-001-2017/JS-002-2018标准。

表 9. 静电放电值

符号	参数	条件	类型	最大值	单位
$V_{ESD(HBM)}$	静电放电电压（人体模型）	T_A = +25 °C，符合JS-001-2017	3A	5000	V
$V_{ESD(CDM)}$	静电放电电压（充电设备模型）	T_A = +25 °C，符合JS-002-2018	III	1000	

静态栓锁（Static latch-up）

为了评估栓锁性能需要在样品上进行符合EIA/JESD78E集成电路栓锁标准的互补静态栓锁测试：

- 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GPIO引脚上注入电流。

表 10. 静态栓锁值

符号	参数	条件	级别/类型
LU	静态栓锁	T_A = +105 °C，符合EIA/JESD78E	II 类A（200 mA）

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.3 规格

5.3.1 通用工作条件

表 11. 通用工作条件

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
f_{HCLK}	内部AHB时钟频率	未使用闪存存储器片3（SPIM）	0	200	MHz
		使用闪存存储器片3（SPIM）	0	120	
f_{PCLK1}	内部APB1时钟频率	-	0	100	MHz
f_{PCLK2}	内部APB2时钟频率	-	0	100	MHz
V_{DD}	数字部分工作电压	-	2.6	3.6	V
V_{DDA}	模拟部分工作电压	必须与V_{DD}相同	2.6	3.6	V
V_{BAT}	电池供电部分工作电压	-	1.8	3.6	V
P_D	功率耗散：T_A = 105 °C	LQFP64	-	289	mW
		LQFP48	-	313	
		QFN48	-	394	
		QFN32	-	334	
T_A	环境温度	-	-40	105	°C

5.3.2 上电和掉电时的工作条件

表 12. 上电和掉电时的工作条件

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
t_{VDD}	V_{DD}上升速率	-	0	∞(1)	ms/V
	V_{DD}下降速率		20	∞	μs/V

(1) 若V_{DD}上电速率慢于80 ms/V，必须确认V_{DD}电压高于V_{POR} + 0.1V，代码才能对后备域寄存器进行存取。

5.3.3 内嵌复位和电源控制模块特性

表 13. 内嵌复位和电源管理模块特性(1)

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
V_{POR}	上电复位阈值	1.95	2.16	2.45	V
V_{LVR}	低电压复位阈值	1.8(2)	2.0	2.25	V
$V_{LVRhyst}$	LVR迟滞	-	160	-	mV
$T_{RESTTEMPO}$	复位持续时间：V_{DD}高于V_{POR}且持续时间超过$T_{RSTTEMPO}$后CPU开始运行	-	8	-	ms

(1) 由综合评估得出，不在生产中测试。
(2) 产品的特性由设计保证至最小的数值V_{LVR}。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

图 8. 上电复位和掉电复位波形图

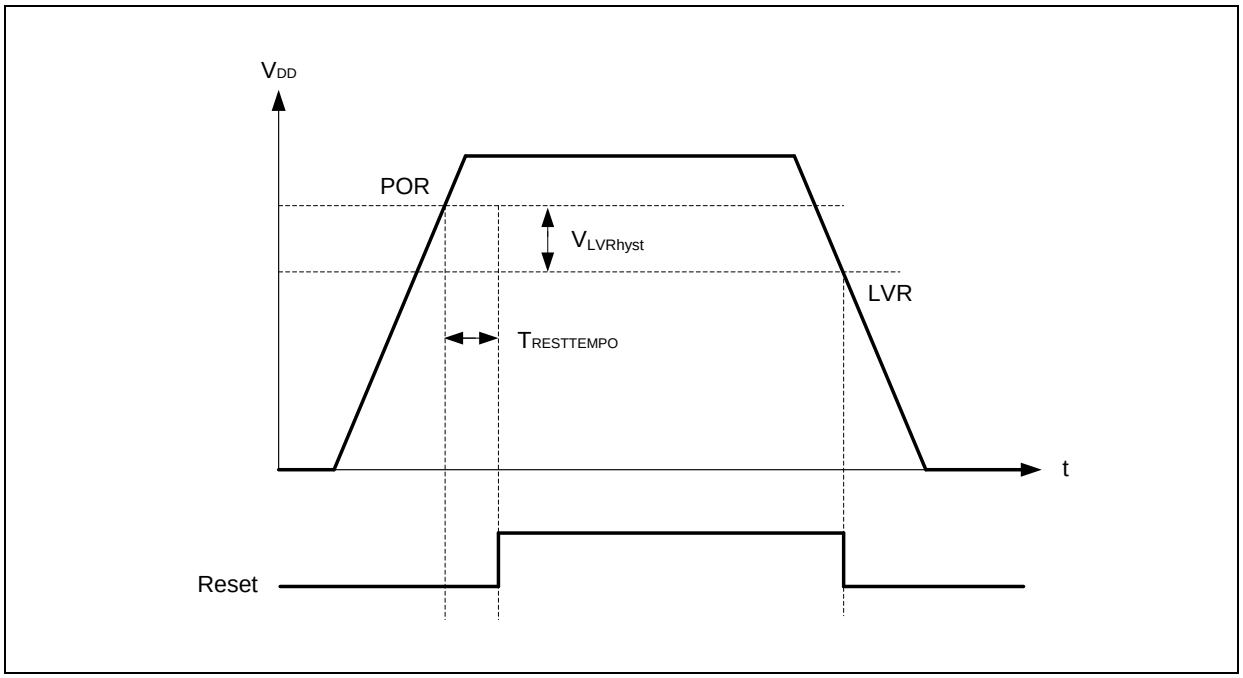


表 14. 可编程电压检测器特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{PVM1}	PVM阈值1（PVMSEL[2:0] = 001）	上升沿(1)	2.19	2.28	2.37	V
		下降沿(1)	2.09	2.18	2.27	V
V_{PVM2}	PVM阈值2（PVMSEL[2:0] = 010）	上升沿(2)	2.28	2.38	2.48	V
		下降沿(2)	2.18	2.28	2.38	V
V_{PVM3}	PVM阈值3（PVMSEL[2:0] = 011）	上升沿(2)	2.38	2.48	2.58	V
		下降沿(2)	2.28	2.38	2.48	V
V_{PVM4}	PVM阈值4（PVMSEL[2:0] = 100）	上升沿(2)	2.47	2.58	2.69	V
		下降沿(2)	2.37	2.48	2.59	V
V_{PVM5}	PVM阈值5（PVMSEL[2:0] = 101）	上升沿(2)	2.57	2.68	2.79	V
		下降沿(2)	2.47	2.58	2.69	V
V_{PVM6}	PVM阈值6（PVMSEL[2:0] = 110）	上升沿(2)	2.66	2.78	2.9	V
		下降沿(2)	2.56	2.68	2.8	V
V_{PVM7}	PVM阈值7（PVMSEL[2:0] = 111）	上升沿	2.76	2.88	3	V
		下降沿	2.66	2.78	2.9	V
V_{HYS_P}(2)	PVM迟滞	-	-	100	-	mV

(1) PVMSEL[2:0] = 001电平可能因低于V_{POR}无法使用。
(2) 由综合评估得出，不在生产中测试。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.3.4 存储器特性

表 15. 内部闪存存储器特性(1)

符号	参数	条件	典型值	最大值	单位
T_{PROG}	编程时间	-	50	200	μs
t_{SE}	扇区（2 K 字节）擦除时间	AT32F413xC	50	500	ms
	扇区（1 K 字节）擦除时间	AT32F413xB AT32F413x8	40	400	
t_{BKE}	片擦除时间	-	0.8	10	s

(1) 由设计保证，不在生产中测试。

表 16. 内部闪存存储器寿命和数据保存期限(1)

符号	参数	条件	最小值(1)	典型值	最大值	单位
N_{END}	寿命（擦写次数）	T_A = -40 ~ 105 °C	100	-	-	千次
t_{RET}	数据保存期限	T_A = 105 °C	10	-	-	年

(1) 由设计保证，不在生产中测试。

5.3.5 供电电流特性

电流消耗是多种参数和因素的综合指标，由综合评估得出，不在生产中测试。这些参数和因素包括工作电压、环境温度、GPIO引脚的负载、产品的软件配置、工作频率、GPIO脚的翻转速率、以及执行的代码等。

典型和最大电流消耗

微控制器处于下述条件下：

- 所有的GPIO引脚都处于模拟模式。
- 指令预取功能开启（提示：这个参数必须在设置时钟和总线分频之前设置）。
- 当开启外设时：
  - 若f_{HCLK} > 100 MHz，$f_{PCLK1} = f_{HCLK}/2$，$f_{PCLK2} = f_{HCLK}/2$，$f_{ADCCLK} = f_{PCLK2}/4$；
  - 若f_{HCLK} ≤ 100 MHz，$f_{PCLK1} = f_{HCLK}$，$f_{PCLK2} = f_{HCLK}$，$f_{ADCCLK} = f_{PCLK2}/4$。
- 代码在ZW区执行。
- 除非特别标注，典型值是在V_{DD} = 3.3 V和T_A = 25 °C时测试得到，最大值是在V_{DD} = 3.6 V时测试得到。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

表 17. 运行模式下的典型电流消耗

符号	参数	条件	f_{HCLK}	典型值		单位
				使能所有外设	关闭所有外设	
I_{DD}	运行模式的供应电流	高速外部晶振（HEXT）(1)(2)	200 MHz	60.5	28.1	mA
			144 MHz	44.2	20.6	
			100 MHz	38.2	15.0	
			72 MHz	28.4	11.5	
			48 MHz	19.4	8.07	
			36 MHz	14.9	6.34	
			24 MHz	10.3	4.62	
			16 MHz	7.25	3.48	
			8 MHz	3.97	2.10	
			4 MHz	2.51	1.58	
			2 MHz	1.79	1.33	
			1 MHz	1.43	1.20	
			500 kHz	1.25	1.41	
			125 kHz	1.11	1.09	
		高速内部时钟（HICK）(2)	200 MHz	60.4	28.0	mA
			144 MHz	44.0	20.5	
			100 MHz	38.1	14.9	
			72 MHz	28.3	11.4	
			48 MHz	19.3	7.95	
			36 MHz	14.7	6.23	
			24 MHz	10.2	4.51	
			16 MHz	7.14	3.36	
			8 MHz	3.67	1.76	
			4 MHz	2.20	1.52	
			2 MHz	1.48	1.01	
			1 MHz	1.11	0.88	
			500 kHz	0.93	1.09	
			125 kHz	0.80	0.77	

(1) 外部时钟为8 MHz。
(2) 当f_{HCLK} > 8 MHz时启用PLL。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

表 18. 睡眠模式下的典型电流消耗

符号	参数	条件	f_{HCLK}	典型值		单位
				使能所有外设	关闭所有外设	
I_{DD}	睡眠模式的供应电流	高速外部晶振（HEXT）(1)(2)	200 MHz	48.3	6.51	mA
			144 MHz	35.3	5.02	
			100 MHz	32.1	4.16	
			72 MHz	23.9	3.73	
			48 MHz	16.4	2.89	
			36 MHz	12.6	2.46	
			24 MHz	8.79	2.04	
			16 MHz	6.26	1.77	
			8 MHz	3.29	1.07	
			4 MHz	2.08	0.98	
			2 MHz	1.48	0.93	
			1 MHz	1.18	0.91	
			500 kHz	1.03	0.90	
			125 kHz	0.92	0.89	
		高速内部时钟（HICK）(2)	200 MHz	48.2	6.40	mA
			144 MHz	35.2	4.90	
			100 MHz	31.9	4.05	
			72 MHz	23.8	3.61	
			48 MHz	16.3	2.76	
			36 MHz	12.5	2.34	
			24 MHz	8.67	1.92	
			16 MHz	6.14	1.64	
			8 MHz	3.17	0.95	
			4 MHz	1.96	0.85	
			2 MHz	1.35	0.80	
			1 MHz	1.05	0.78	
			500 kHz	0.90	0.77	
			125 kHz	0.79	0.76	

(1) 外部时钟为8 MHz。

(2) 当f_{HCLK} > 8 MHz时启用PLL。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

表 19. 运行模式下的最大电流消耗

符号	参数	条件	f_{HCLK}	最大值 T_A = 105 °C	单位
I_{DD}	运行模式的供应电流	高速外部晶振（HEXT）(1) 使能所有外设	200 MHz	69.1	mA
			144 MHz	52.0	
			100 MHz	46.0	
			72 MHz	35.6	
			48 MHz	26.2	
			36 MHz	21.4	
			24 MHz	16.7	
			16 MHz	13.5	
			8 MHz	10.1	
		高速外部晶振（HEXT）(1) 关闭所有外设	200 MHz	34.5	mA
			144 MHz	26.8	
			100 MHz	21.1	
			72 MHz	17.5	
			48 MHz	14.0	
			36 MHz	12.3	
			24 MHz	10.6	
			16 MHz	9.40	
			8 MHz	8.02	

(1) 外部时钟为8 MHz，当f_{HCLK} > 8 MHz时启用PLL。

表 20. 睡眠模式下的最大电流消耗

符号	参数	条件	f_{HCLK}	最大值 T_A = 105 °C	单位
I_{DD}	睡眠模式的供应电流	高速外部晶振（HEXT）(1) 使能所有外设	200 MHz	56.5	mA
			144 MHz	42.8	
			100 MHz	39.6	
			72 MHz	31.0	
			48 MHz	23.1	
			36 MHz	19.1	
			24 MHz	15.1	
			16 MHz	12.4	
			8 MHz	9.32	
		高速外部晶振（HEXT）(1) 关闭所有外设	200 MHz	12.4	mA
			144 MHz	10.9	
			100 MHz	10.0	
			72 MHz	9.53	
			48 MHz	8.70	
			36 MHz	8.27	
			24 MHz	7.85	
			16 MHz	7.57	
			8 MHz	6.86	

(1) 外部时钟为8 MHz，当f_{HCLK} > 8 MHz时启用PLL。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

表 21. 深睡眠和待机模式下的典型和最大电流消耗

符号	参数	条件	典型值(1)		最大值(2)			单位
			V_{DD} = 2.6 V	V_{DD} = 3.3 V	T_A = 25 °C	T_A = 85 °C	T_A = 105 °C	
I_{DD}	深睡眠模式的供应电流	HICK 和 HEXT 关闭（WDT 关闭）	480	490	参见(3)	3800	6670	μA
	待机模式的供应电流	LEXT和RTC关闭	7.1	9.9	12.1	13.9	17.1	μA
		LEXT和RTC开启	7.7	11.6	12.9	14.9	18.3	

(1) 典型值是在T_A = 25 °C下测试得到。
(2) 由综合评估得出，不在生产中测试。
(3) 随工艺偏移可能为典型值的数倍。

图 9. 深睡眠模式下的典型电流消耗在不同的 V_{DD} 时与温度的对比

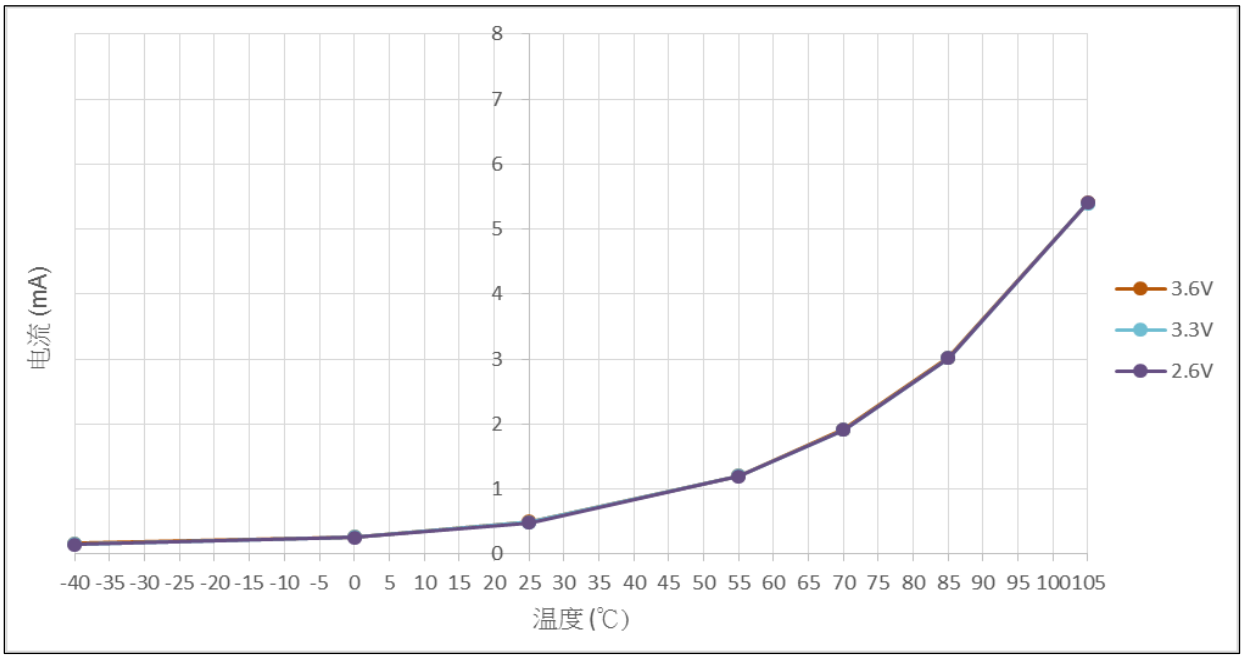
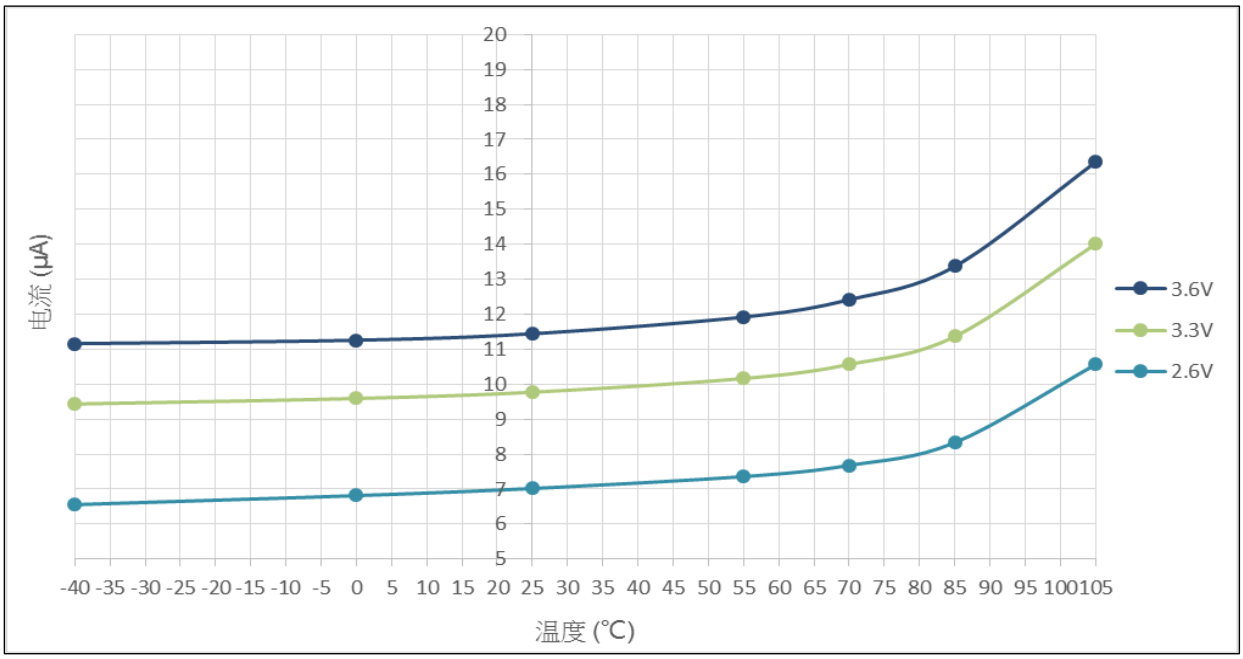


图 10. 待机模式下的典型电流消耗在不同的 V_{DD} 时与温度的对比



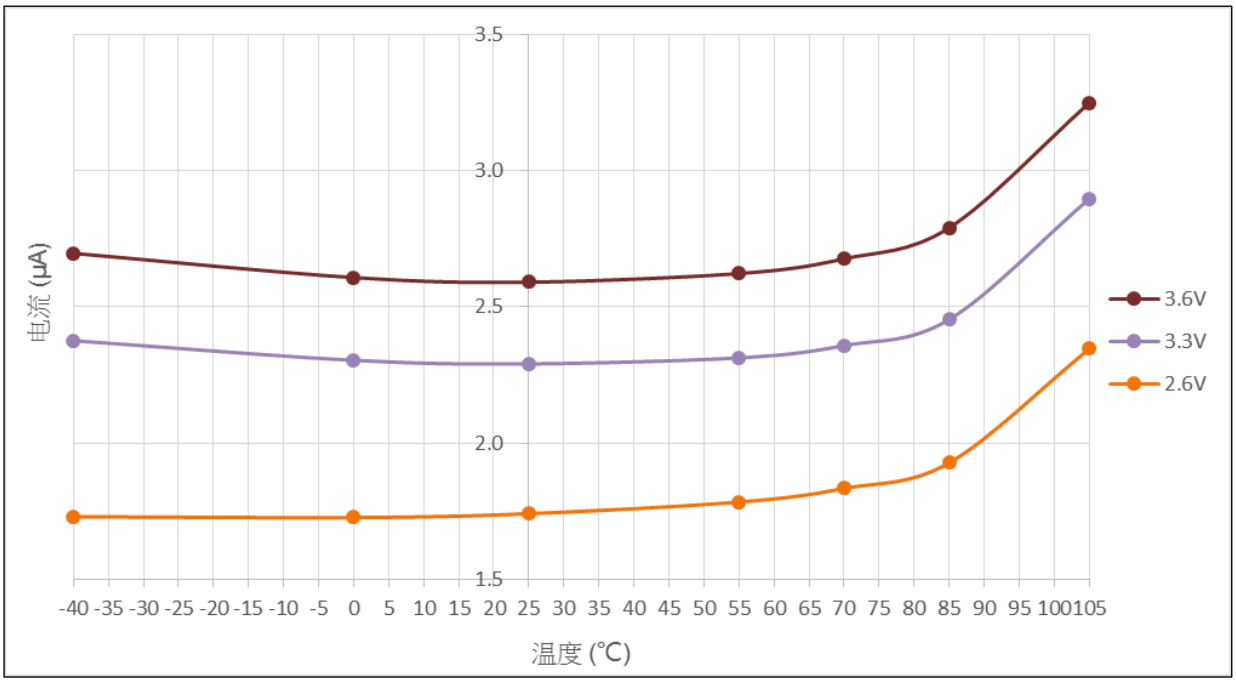
深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

表 22. V_{BAT} 的典型和最大电流消耗

符号	参数	条件	典型值(1)			最大值(2)			单位
			V_{BAT} = 2.0 V	V_{BAT} = 2.6 V	V_{BAT} = 3.3 V	T_A = 25 °C	T_A = 85 °C	T_A = 105 °C	
I_{DD_VBAT}	V_{BAT}的供应电流	LEXT和RTC开启，$V_{DD} < V_{LVR}$	1.5	1.7	2.3	2.8	3.0	3.5	μA

(1) 典型值是在T_A = 25 °C下测试得到。
(2) 由综合评估得出，不在生产中测试。

图 11. V_{BAT} 的典型电流消耗（LEXT 和 RTC 开启）在不同的 V_{BAT} 电压时与温度的对比



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

内置外设电流消耗

微控制器的工作条件如下：

- 所有的GPIO引脚都处于模拟模式。
- 给出的数值是通过测量只开启一个外设的时钟与关闭所有外设的时钟电流消耗相差值计算得出。

表 23. 内置外设的电流消耗

内置外设		典型值	单位
AHB	DMA1	9.45	μA/MHz
	DMA2	9.58	
	GPIOA	1.22	
	GPIOB	1.20	
	GPIOC	1.29	
	GPIOD	1.23	
	GPIOF	1.19	
	CRC	1.57	
	SDIO1	18.5	
APB1	TMR2	8.65	
	TMR3	6.50	
	TMR4	6.57	
	TMR5	8.76	
	SPI2/I^2S2	2.80	
	USART2	2.50	
	USART3	2.49	
	UART4	2.54	
	UART5	2.54	
	I^2C1	2.47	
	I^2C2	2.50	
	USBFS1	6.76	
	CAN1	3.92	
	CAN2	3.91	
	WWDT	0.44	
	PWC	0.41	
	BPR	73.6	
APB2	IOMUX	2.13	μA/MHz
	SPI1/I^2S1	2.64	
	USART1	2.48	
	TMR1	9.23	
	TMR8	9.18	
	TMR9	3.80	
	TMR10	2.66	
	TMR11	2.62	
	ADC1	6.54	
	ADC2	6.35	
	ACC	0.97	

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.3.6 外部时钟源特性

使用晶体/陶瓷谐振器产生的高速外部时钟

高速外部晶振（HEXT）可以使用一个4 ~ 25 MHz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。

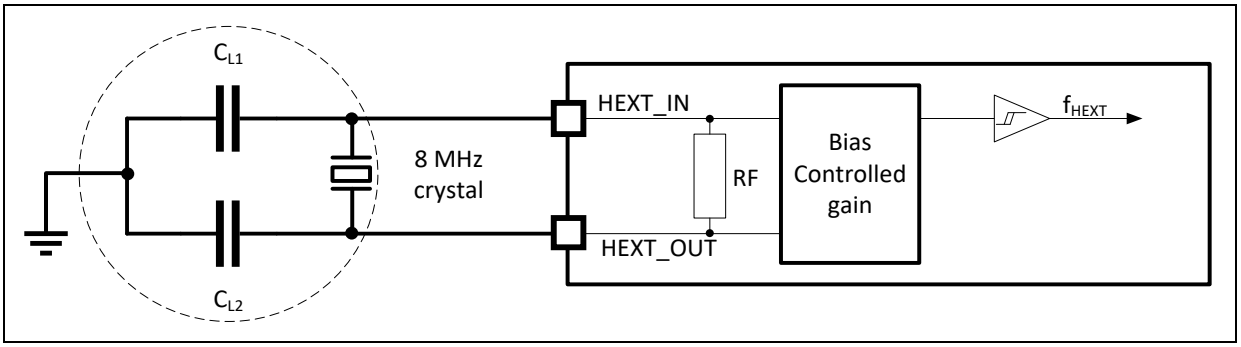
表 24. HEXT 4 ~ 25 MHz 晶振特性(1)(2)

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{HEXT_IN}	振荡器频率	-	4	8	25	MHz
$t_{SU(HEXT)}$(3)	启动时间	V_{DD}是稳定的	-	1.2	-	ms

(1) 谐振器的特性参数由晶体/陶瓷谐振器制造商给出。
(2) 由综合评估得出，不在生产中测试。
(3) $t_{SU(HEXT)}$是启动时间，是从软件使能HEXT开始测量，直至得到稳定的8 MHz振荡这段时间。这个数值是在一个标准的晶体谐振器上测量得到，它可能因晶体制造商的不同而变化较大。

对于C_{L1}和C_{L2}，建议使用高质量的、为高频应用而设计的（典型值为）5 ~ 25 pF之间的瓷介电容器，并挑选符合要求的晶体或谐振器。通常C_{L1}和C_{L2}具有相同参数。晶体制造商通常以C_{L1}和C_{L2}的串行组合给出负载电容的参数。在选择C_{L1}和C_{L2}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10 pF估计）。

图 12. HEXT 使用 8 MHz 晶振的典型应用



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

使用外部振荡源产生的高速外部时钟

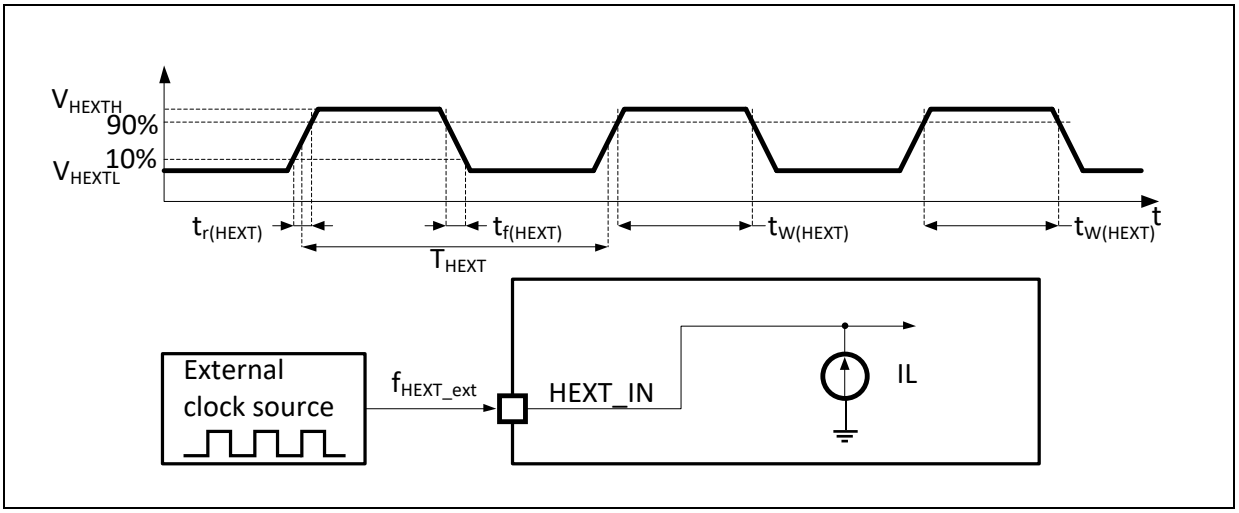
下表中给出的特性参数是使用一个高速的外部时钟源测得。

表 25. HEXT 外部时钟源特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{HEXT_ext}	用户外部时钟频率(1)	-	1	8	25	MHz
V_{HEXTH}	HEXT_IN输入引脚高电平电压		0.7V_{DD}	-	V_{DD}	V
V_{HEXTL}	HEXT_IN输入引脚低电平电压		V_{SS}	-	0.3V_{DD}	
$t_{w(HEXT)}$ $t_{w(HEXT)}$	HEXT_IN高或低的时间(1)		5	-	-	ns
$t_{r(HEXT)}$ $t_{f(HEXT)}$	HEXT_IN上升或下降的时间(1)		-	-	20	
$C_{in(HEXT)}$	HEXT_IN输入容抗(1)	-	-	5	-	pF
$Duty_{(HEXT)}$	占空比	-	45	-	55	%
I_L	HEXT_IN输入漏电流	$V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$	-	-	±1	μA

(1) 由设计保证，不在生产中测试。

图 13. HEXT 外部时钟源交流时序图



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

使用晶体/陶瓷谐振器产生的低速外部时钟

低速外部晶振（LEXT）可以使用一个32.768 kHz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。

表 26. LEXT 32.768 kHz 晶振特性(1)(2)

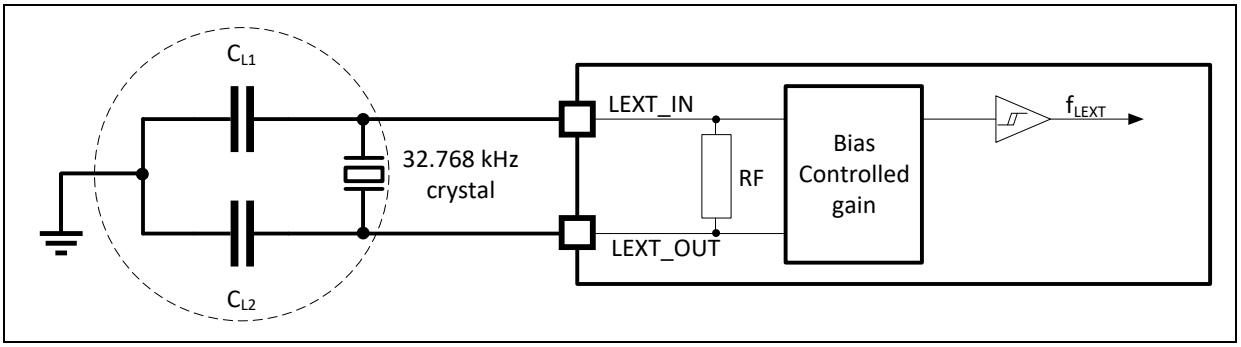
符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{SU(LEXT)}$	启动时间	V_{DD}是稳定的	-	150	-	ms

(1) 谐振器的特性参数由晶体/陶瓷谐振器制造商给出。
(2) 由综合评估得出，不在生产中测试。

对于C_{L1}和C_{L2}，建议使用高质量的5 ~ 20 pF之间的瓷介电容器，并挑选符合要求的晶体或谐振器。通常C_{L1}和C_{L2}具有相同参数。晶体制造商通常以C_{L1}和C_{L2}的串行组合给出负载电容的参数。

负载电容C_L由下式计算：$C_L = C_{L1} \times C_{L2} / (C_{L1} + C_{L2}) + C_{stray}$，其中$C_{stray}$是引脚的电容和PCB板或PCB相关的电容，它的典型值是介于2 pF至7 pF之间。

图 14. LEXT 使用 32.768 kHz 晶振的典型应用



注： *LEXT_IN和LEXT_OUT间不需要外部电阻，也禁止添加。*

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

使用外部振荡源产生的低速外部时钟

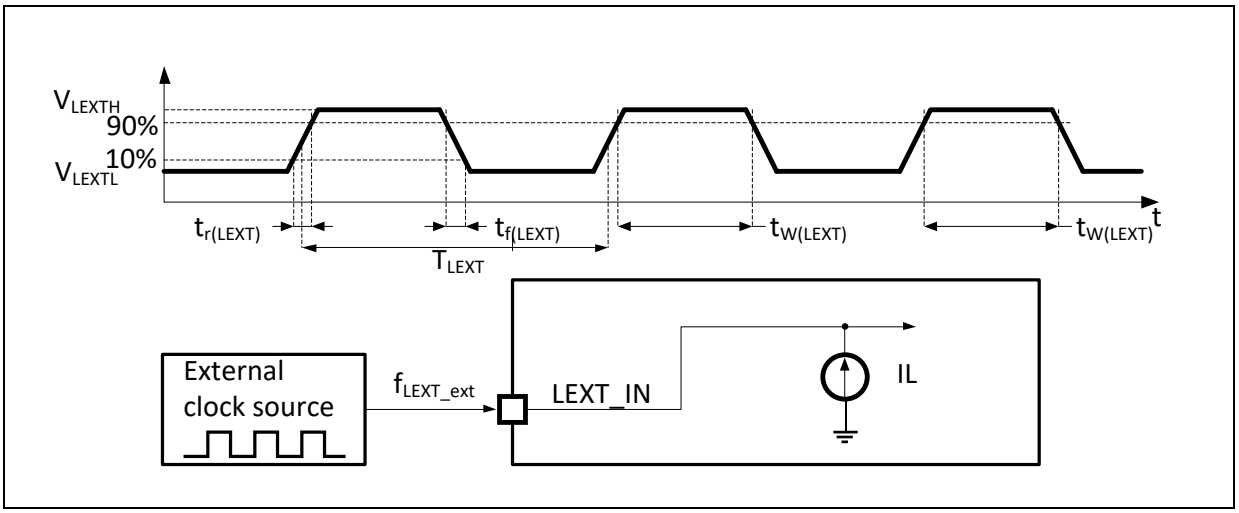
下表中给出的特性参数是使用一个低速的外部时钟源测得。

表 27. LEXT 外部时钟源特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{LEXT_ext}	用户外部时钟频率(1)	-	-	32.768	1000	kHz
V_{LEXTH}	LEXT_IN输入引脚高电平电压	-	0.7V_{DD}	-	V_{DD}	V
V_{LEXTL}	LEXT_IN输入引脚低电平电压	-	V_{SS}	-	0.3V_{DD}	V
$t_{w(LEXT)}$ $t_{w(LEXT)}$	LEXT_IN高或低的时间(1)	-	450	-	-	ns
$t_{r(LEXT)}$ $t_{f(LEXT)}$	LEXT_IN上升或下降的时间(1)	-	-	-	50	ns
$C_{in(LEXT)}$	LEXT_IN输入容抗(1)	-	-	5	-	pF
$Duty_{(LEXT)}$	占空比	-	30	-	70	%
I_L	LEXT_IN输入漏电流	$V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$	-	-	±1	μA

(1) 由设计保证，不在生产中测试。

图 15. LEXT 外部时钟源交流时序图



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.3.7 内部时钟源特性

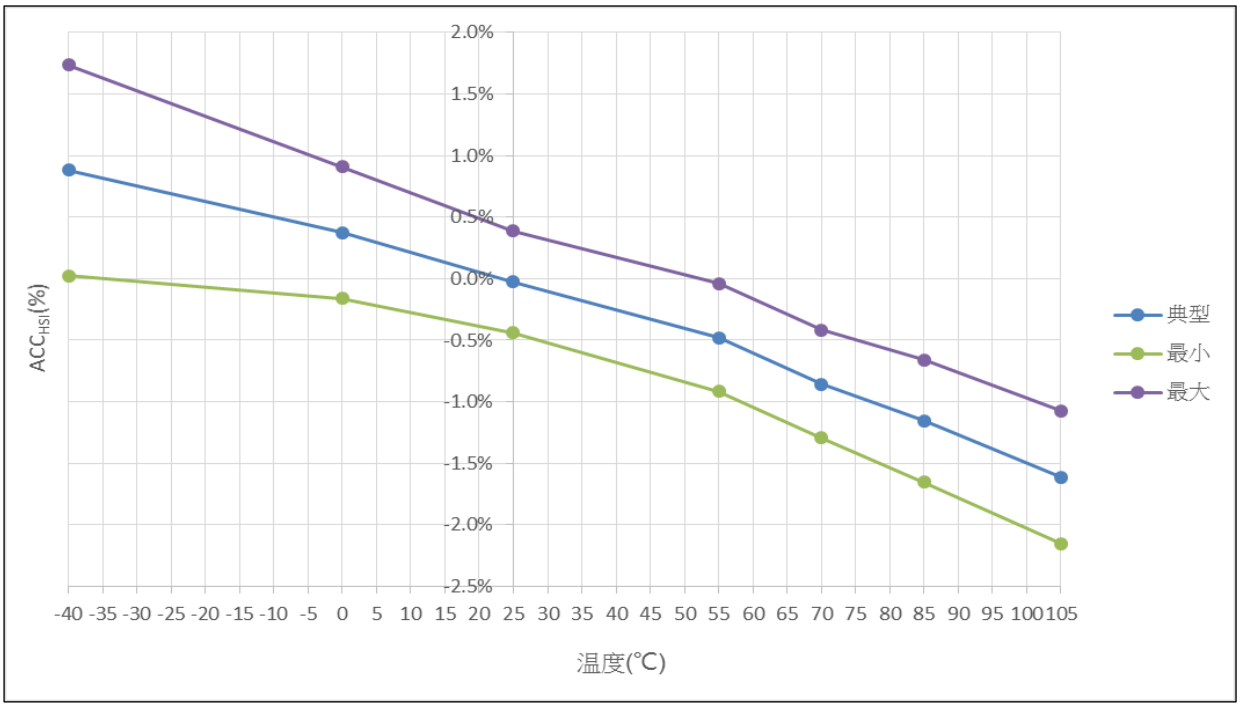
高速内部时钟（HICK）

表 28. HICK 时钟特性

符号	参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
f_{HICK}	频率	-		-	48	-	MHz
$DuCy_{(HICK)}$	占空比	-		45	-	55	%
ACC_{HICK}	HICK振荡器的精度	使用者校准(1)（以寄存器CRM_CTRL）		-	-	1	%
		ACC校准(1)		-	-	0.25	
		出厂校准(2)	T_A = -40 ~ 105 °C	-2.5	-	2.5	%
			T_A = -40 ~ 85 °C	-2	-	2	
			T_A = 0 ~ 70 °C	-1.5	-	1.5	
			T_A = 25 °C	-1	-	1	
$t_{SU(HICK)}$(2)	HICK振荡器启动时间	-		-	-	10	μs
$I_{DD(HICK)}$(2)	HICK振荡器功耗	-		-	190	200	μA

(1) 由设计保证，不在生产中测试。
(2) 由综合评估得出，不在生产中测试。

图 16. HICK 时钟精度与温度的对比



低速内部时钟（LICK）

表 29. LICK 时钟特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{LICK}(1)	频率	-	30	40	60	kHz

(1) 由综合评估得出，不在生产中测试。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.3.8 PLL 特性

表 30. PLL 特性

符号	参数	最小值(1)	典型值	最大值(1)	单位
f_{PLL_IN}	PLL输入时钟(2)	2	8	16	MHz
	PLL输入时钟占空比	40	-	60	%
f_{PLL_OUT}	PLL倍频输出时钟	16	-	200	MHz
t_{LOCK}	PLL锁相时间	-	-	200	μs
Jitter	Cycle-to-cycle jitter	-	-	300	ps

(1) 由设计保证，不在生产中测试。
(2) 需要注意使用正确的倍频系数，从而根据PLL输入时钟频率使得f_{PLL_OUT}处于允许范围内。

5.3.9 低功耗模式唤醒时间

下表列出的唤醒时间是在系统时钟为HICK时钟的唤醒阶段测量得到。唤醒时使用的时钟源当前依据当前的操作模式而定：

- 睡眠模式：时钟源是进入睡眠模式时所使用的时钟；
- 深睡眠或待机模式：时钟源是HICK时钟。

表 31. 低功耗模式的唤醒时间

符号	参数	典型值	单位
$t_{WUSLEEP}$	从睡眠模式唤醒	3.3	μs
$t_{WUDEEPSLEEP}$	从深睡眠模式唤醒	280	μs
$t_{WUSTDBY}$	从待机模式唤醒	3.6	ms

5.3.10 EMC 特性

敏感性测试是在产品的综合评估时抽样进行测试的。

功能性EMS（电磁敏感性）

- **EFT**：在V_{DD}和V_{SS}上通过耦合/去耦合网路施加一个瞬变电压的脉冲群（正向和反向）直到产生功能性错误。这个测试符合IEC 61000-4-4标准。

表 32. EMS 特性

符号	参数	条件	级别/类型
V_{EFT}	在V_{DD}和V_{SS}上通过符合IEC 61000-4-4规范的耦合/去耦合网路施加导致功能错误的瞬变脉冲群电压极限，V_{DD}和V_{SS}入口有一47 μF电容并且每对V_{DD}和V_{SS}电源各有一0.1μF旁路电容	V_{DD} = 3.3 V，LQFP64，T_A = +25 °C，HEXT，f_{HCLK} = 200 MHz。符合IEC 61000-4-4	4A（4kV）
		V_{DD} = 3.3 V，LQFP64，T_A = +25 °C，HEXT，f_{HCLK} = 72 MHz。符合IEC 61000-4-4	
		V_{DD} = 3.3 V，LQFP64，T_A = +25 °C，HICK，f_{HCLK} = 200 MHz。符合IEC 61000-4-4	
		V_{DD} = 3.3 V，LQFP64，T_A = +25 °C，HICK，f_{HCLK} = 72 MHz。符合IEC 61000-4-4	

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，好的EMC性能与用户应用和具体的软件密切相关。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。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.3.11 GPIO 端口特性

通用输入/输出特性

所有的GPIO端口都是兼容CMOS和TTL。

表 33. GPIO 静态特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IL}	GPIO脚输入低电平电压	-	–0.3	-	0.28 x V_{DD} + 0.1	V
V_{IH}	标准GPIO脚输入高电平电压	-	0.31 x V_{DD} + 0.8	-	V_{DD} + 0.3	V
	FT GPIO脚输入高电平电压	-		-	5.5	
V_{hys}	标准GPIO脚施密特触发器电压迟滞(1)	-	200	-	-	mV
	FT GPIO脚施密特触发器电压迟滞(1)		5% V_{DD}	-	-	-
I_{lkg}	输入浮空模式漏电流(2)	$V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$ 标准GPIO脚	-	-	±1	μA
		$V_{SS} \le V_{IN} \le 5.5V$ FT GPIO 脚	-	-	±10	
R_{PU}	弱上拉等效电阻(3)	$V_{IN} = V_{SS}$	60	70	100	kΩ
R_{PD}	弱下拉等效电阻(3)(4)(5)	$V_{IN} = V_{DD}$	70	80	120	kΩ
C_{IO}	GPIO引脚的电容	-	-	5	-	pF

(1) 施密特触发器开关电平的迟滞电压。由综合评估得出，不在生产中测试。
(2) 如果在相邻引脚有反向电流倒灌，则漏电流可能高于最大值。
(3) FT，FTf，和FTa引脚当输入高于V_{DD} + 0.3 V时，必须禁用内部上拉/下拉电阻。
(4) PA11和PA12引脚各有另一不可禁用弱下拉电阻330 kΩ。
(5) BOOT0引脚弱下拉电阻不可禁用。

所有GPIO端口都是CMOS和TTL兼容（不需软件配置），它们的特性考虑了多数严格的CMOS工艺或TTL参数。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

输出驱动电流

在用户应用中，GPIO脚的数目必须保证驱动电流不能超过*5.2.1*节给出的绝对最大额定值：

- 所有GPIO端口从V_{DD}上获取的电流总和，加上MCU在V_{DD}上获取的最大运行电流，不能超过绝对最大额定值I_{VDD}（参见*表7*）。
- 所有GPIO端口吸收并从V_{SS}上流出的电流总和，加上MCU在V_{SS}上流出的最大运行电流，不能超过绝对最大额定值I_{VSS}（参见*表7*）。

输出电压

所有的GPIO端口都是兼容CMOS和TTL的。

表 34. 输出电压特性

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
极大电流推动/吸入能力					
V_{OL}	输出低电平	CMOS端口，I_{IO} = 15 mA	-	0.4	V
V_{OH}	输出高电平		V_{DD}-0.4	-	
V_{OL}	输出低电平	TTL端口，I_{IO} = 6 mA	-	0.4	V
V_{OH}	输出高电平		2.4	-	
较大电流推动/吸入能力					
V_{OL}	输出低电平	CMOS端口，I_{IO} = 6 mA	-	0.4	V
V_{OH}	输出高电平		V_{DD}-0.4	-	
V_{OL}	输出低电平	TTL端口，I_{IO} = 3 mA	-	0.4	V
V_{OH}	输出高电平		2.4	-	
V_{OL}(1)	输出低电平	I_{IO} = 20 mA	-	1.3	V
V_{OH}(1)	输出高电平		V_{DD}-1.3	-	
适中电流推动/吸入能力					
V_{OL}	输出低电平	CMOS端口，I_{IO} = 4 mA	-	0.4	V
V_{OH}	输出高电平		V_{DD}-0.4	-	
V_{OL}	输出低电平	TTL端口，I_{IO} = 2 mA	-	0.4	V
V_{OH}	输出高电平		2.4	-	
V_{OL}(1)	输出低电平	I_{IO} = 9 mA	-	1.3	V
V_{OH}(1)	输出高电平		V_{DD}-1.3	-	

(1) 由综合评估得出，不在生产中测试。

输入交流特性

输入交流特性的定义和数值在下表给出。

表 35. 输入交流特性

符号	参数	最小值	最大值	单位
$t_{EXINTpw}$	EXINT控制器检测到外部信号的脉冲宽度	10	-	ns

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.3.12 NRST 引脚特性

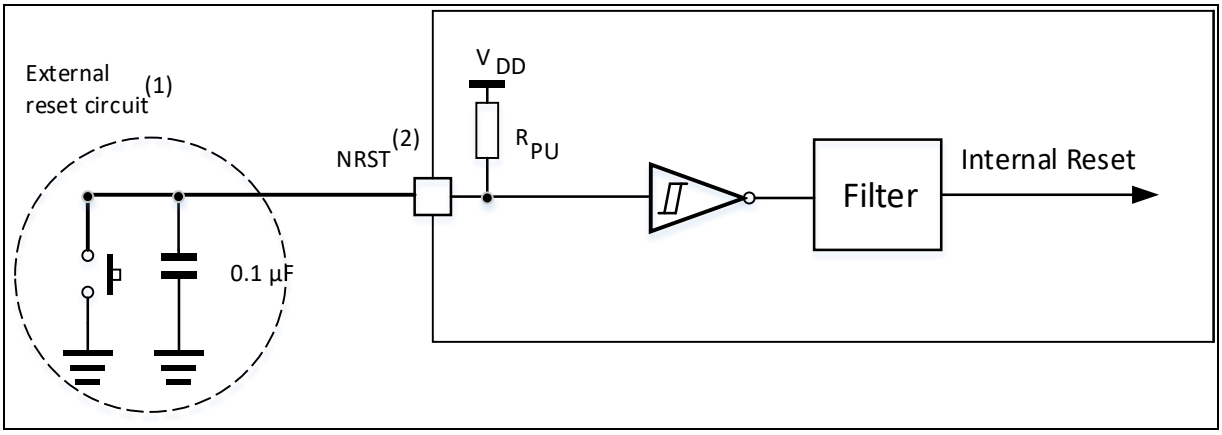
NRST引脚输入驱动使用CMOS工艺，它连接了一个不能断开的上拉电阻，R_{PU}（参见下表）。

表 36. NRST 引脚特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{IL(NRST)}$(1)	NRST输入低电平电压	-	-0.5	-	0.8	V
$V_{IH(NRST)}$(1)	NRST输入高电平电压	-	2	-	V_{DD} + 0.3	
$V_{hys(NRST)}$(1)	NRST施密特触发器电压迟滞	-	-	500	-	mV
R_{PU}(2)	弱上拉等效电阻	V_{IN} = V_{SS}	30	40	50	kΩ
$t_{ILV(NRST)}$(1)	NRST输入低电平无效时间	-	-	-	33.3	μs
$t_{ILNV(NRST)}$(1)	NRST输入低电平有效时间	-	66.7	-	-	μs

(1) 由设计保证，不在生产中测试。
(2) 由综合评估得出，不在生产中测试。

图 17. 建议的 NRST 引脚保护



(1) 复位网络是为了防止寄生复位。
(2) 用户必须保证NRST引脚的电位能够低于*表36*中列出的最大$V_{IL(NRST)}$以下，否则MCU不能得到复位。

5.3.13 TMR 定时器特性

下表列出的参数由设计保证。

表 37. TMR 定时器特性

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
$t_{res(TMR)}$	定时器分辨时间	-	1	-	$t_{TMRxCLK}$
		$f_{TMRxCLK}$ = 200 MHz	5	-	ns
f_{EXT}	CH1至CH4的定时器外部时钟频率	-	0	$f_{TMRxCLK}$/2	MHz
				50	MHz

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.3.14 SPI / SPIM 接口特性

表 38. SPI 特性

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
f_{SCK} $(1/t_{c(SCK)})^{(1)}$	SPI时钟频率(2)(3)	SPI主模式	-	36	MHz
		SPI从模式	-	32	
		SPIM	-	60	
$t_{r(SCK)}$ $t_{f(SCK)}$	SPI时钟上升和下降时间	负载电容：C = 30 pF	-	8	ns
$t_{su(CS)}^{(1)}$	CS建立时间	从模式	$4t_{PCLK}$	-	ns
$t_{h(CS)}^{(1)}$	CS保持时间	从模式	$2t_{PCLK}$	-	ns
$t_{w(SCKH)}^{(1)}$ $t_{w(SCKL)}^{(1)}$	SCK高和低的时间	主模式，预分频系数 = 4	$2t_{PCLK}$ - 3	$2t_{PCLK}$ + 3	ns
$t_{su(MI)}^{(1)}$	数据输入建立时间	主模式	6	-	ns
$t_{su(SI)}^{(1)}$		从模式	5	-	
$t_{h(MI)}^{(1)}$	数据输入保持时间	主模式	4	-	ns
$t_{h(SI)}^{(1)}$		从模式	5	-	
$t_{a(SO)}^{(1)(4)}$	数据输出访问时间	从模式	t_{PCLK} - 2	$2t_{PCLK}$ + 2	ns
$t_{dis(SO)}^{(1)(5)}$	数据输出禁止时间	从模式	t_{PCLK} - 2	$2t_{PCLK}$ + 2	ns
$t_{v(SO)}^{(1)}$	数据输出有效时间	从模式（使能边沿之后）	-	25	ns
$t_{v(MO)}^{(1)}$	数据输出有效时间	主模式（使能边沿之后）	-	10	ns
$t_{h(SO)}^{(1)}$	数据输出保持时间	从模式（使能边沿之后）	9	-	ns
$t_{h(MO)}^{(1)}$		主模式（使能边沿之后）	2	-	

(1) 由设计保证，不在生产中测试。
(2) 从模式最大时钟频率不得超过$f_{PCLK}/2$。
(3) 最大时钟频率与器件和PCB布局高度相关。想要获得更完整详细的解决方案，可以联系本地的雅特力销售处寻求技术支持。
(4) 最小值表示驱动输出的最小时间，最大值表示正确获得数据的最大时间。
(5) 最小值表示关闭输出的最小时间，最大值表示把数据线置于高阻态的最大时间。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

图 18. SPI 时序图 – 从模式和 CPHA = 0

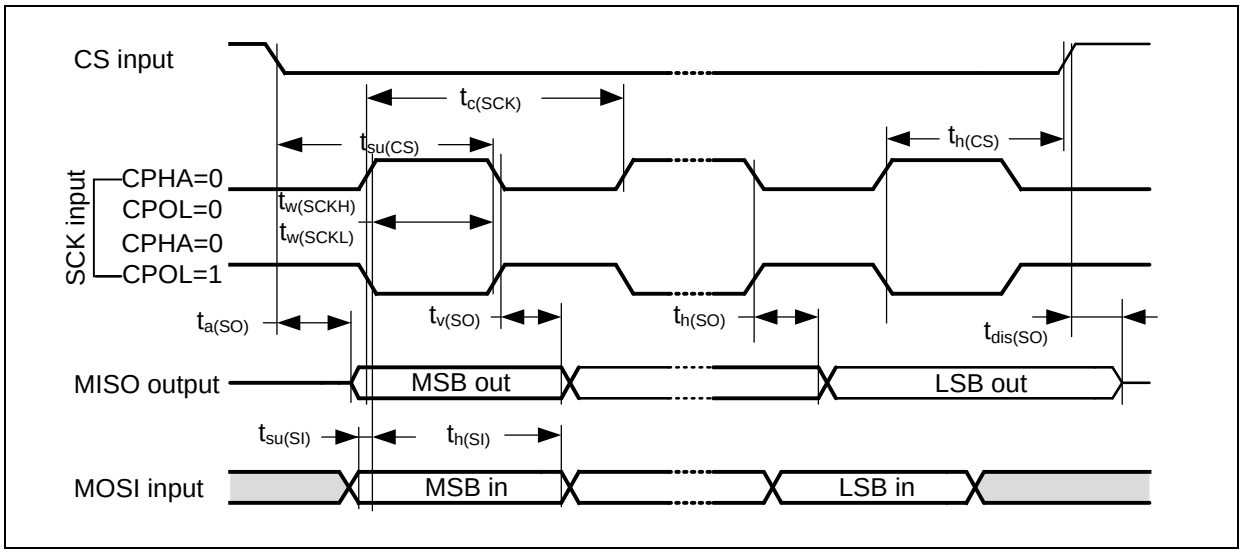


图 19. SPI 时序图 – 从模式和 CPHA = 1

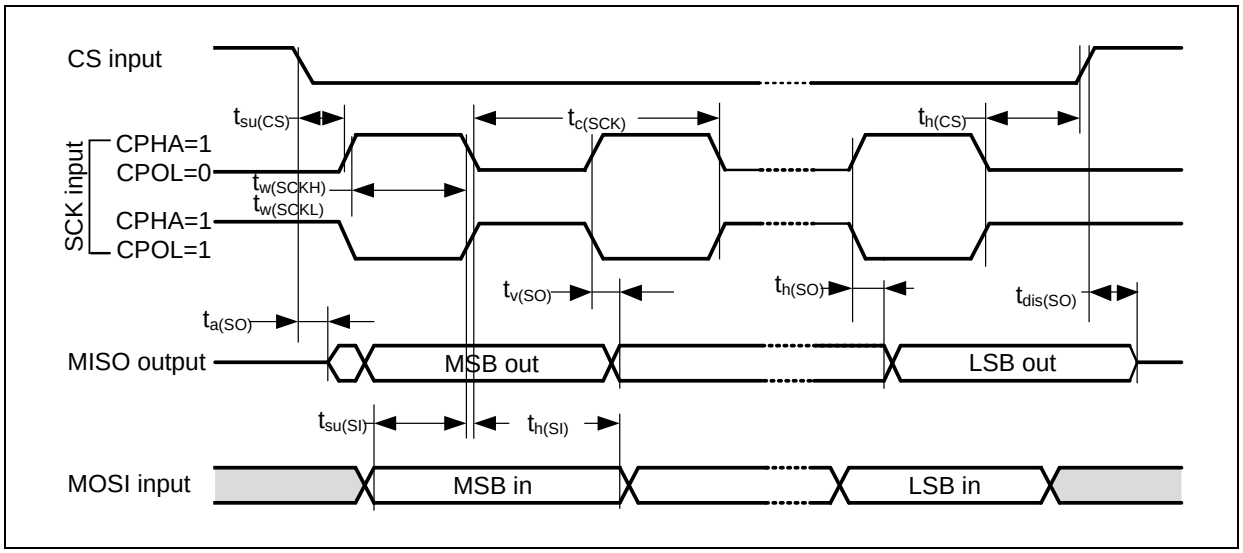
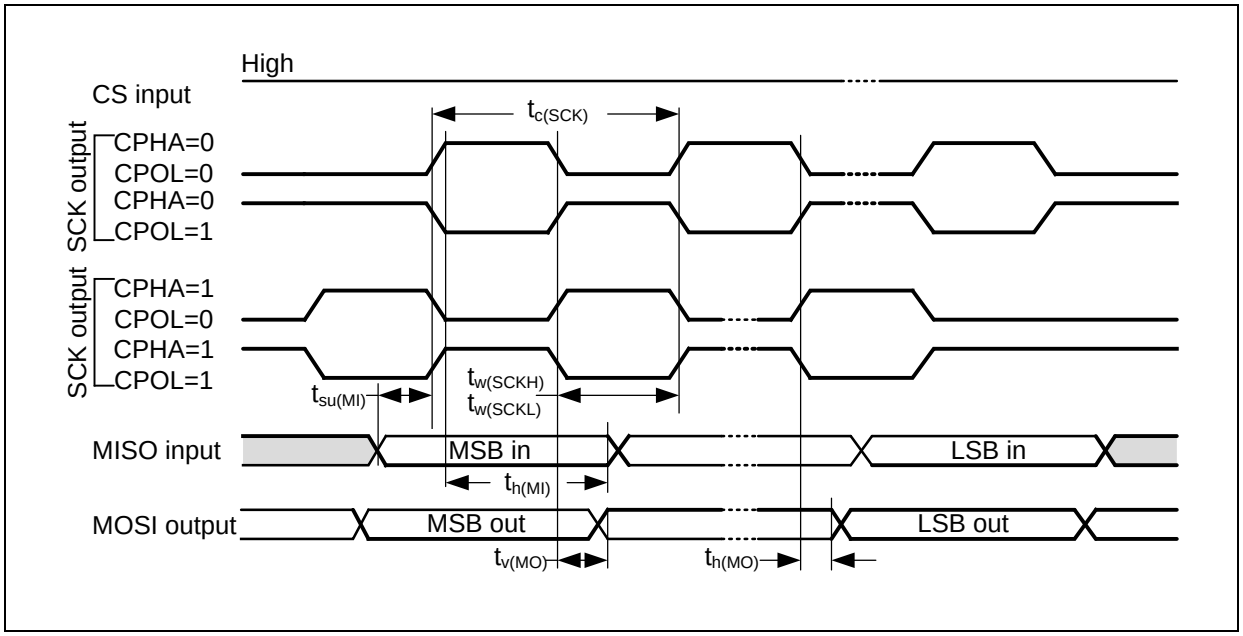


图 20. SPI 时序图 – 主模式



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.3.15 I²S 接口特性

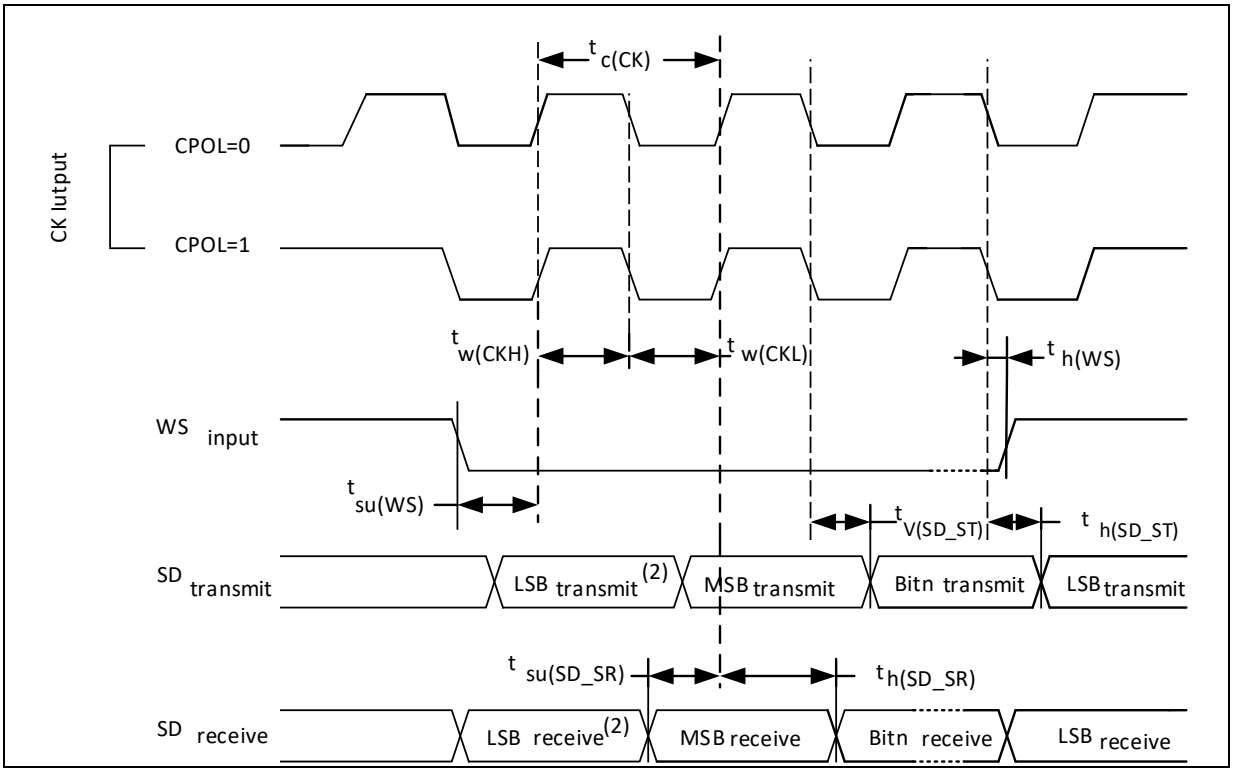
表 39. I²S 特性

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
$t_{r(CK)}$ $t_{f(CK)}$	I²S时钟上升和下降时间	负载电容：C = 15 pF	-	12	ns
$t_{v(WS)}$(1)	WS有效时间	主模式	0	4	
$t_{h(WS)}$(1)	WS保持时间	主模式	0	4	
$t_{su(WS)}$(1)	WS建立时间	从模式	9	-	
$t_{h(WS)}$(1)	WS保持时间	从模式	0	-	
$t_{su(SD_MR)}$(1)	数据输入建立时间	主接收器	6	-	
$t_{su(SD_SR)}$(1)		从接收器	2	-	
$t_{h(SD_MR)}$(1)(2)	数据输入保持时间	主接收器	0.5	-	
$t_{h(SD_SR)}$(1)(2)		从接收器	0.5	-	
$t_{v(SD_ST)}$(1)(2)	数据输出有效时间	从发送器（使能边沿之后）	-	20	
$t_{h(SD_ST)}$(1)	数据输出保持时间	从发送器（使能边沿之后）	9	-	
$t_{v(SD_MT)}$(1)(2)	数据输出有效时间	主发送器（使能边沿之后）	-	15	
$t_{h(SD_MT)}$(1)	数据输出保持时间	主发送器（使能边沿之后）	0	-	

(1) 由设计保证，不在生产中测试。

(2) 依赖于f_{PCLK}。例如，如果f_{PCLK} = 8 MHz，则t_{PCLK} = 1/f_{PCLK} = 125 ns。

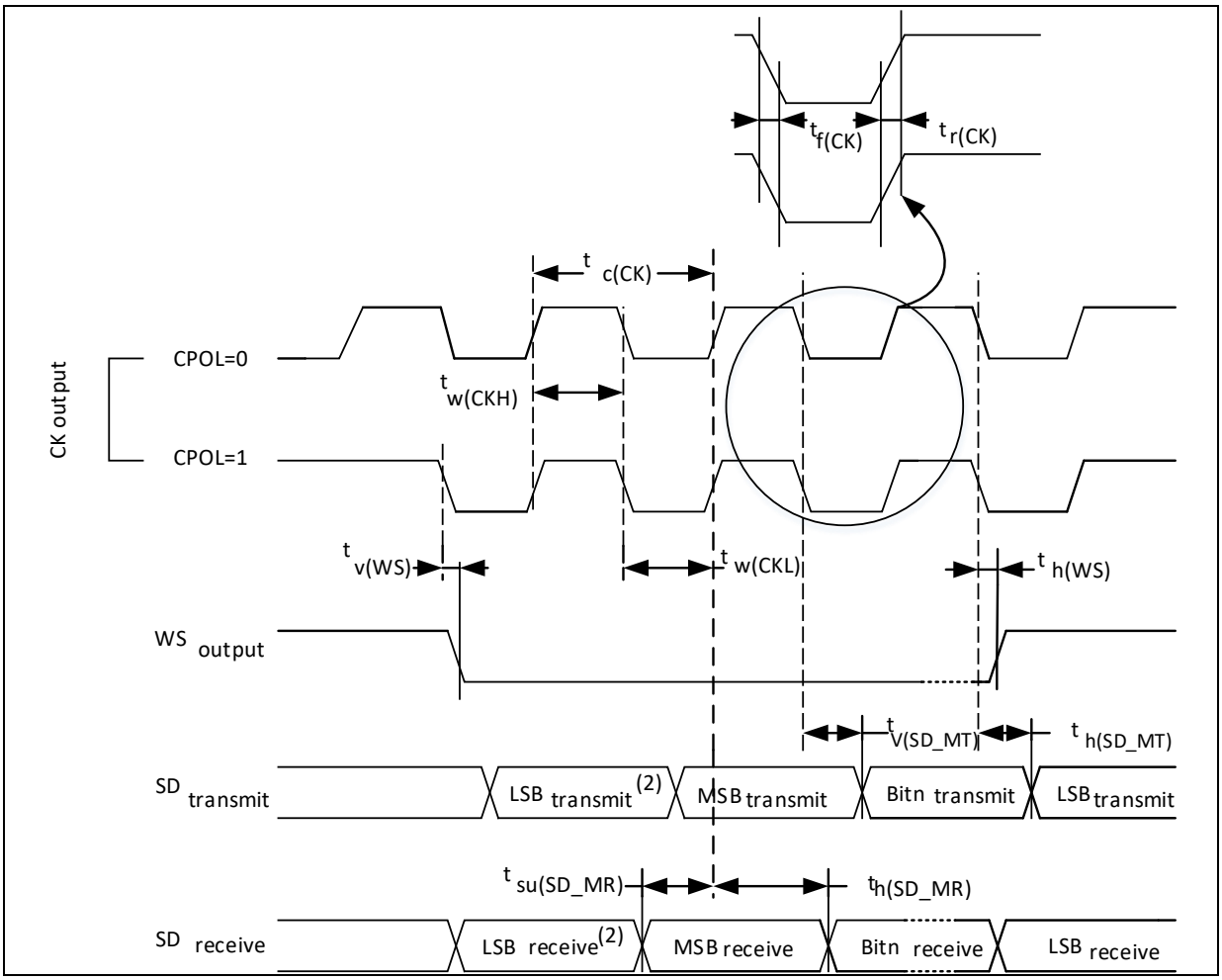
图 21. I²S 从模式时序图（Philips 协议）



(1) 前一字节的最低位发送/接收。在第一个字节之前没有这个最低位的发送/接收。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

图 22. I²S 主模式时序图（Philips 协议）



(1) 前一字节的最低位发送/接收。在第一个字节之前没有这个最低位的发送/接收。

5.3.16 I²C 接口特性

SDA和SCL GPIO要求的满足有以下限制：SDA和SCL不是"真"开漏的引脚，当配置为开漏输出时，在引出脚和V_{DD}之间的PMOS管被关闭，但仍然存在。

I²C总线接口支持标准模式（最高100 kHz）和快速模式（最高400 kHz）。I²C总线频率可以最高增加到1 MHz。想要获得更完整详细的解决方案，可以联系本地的雅特力销售处寻求技术支持。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.3.17 SDIO 接口特性

图 23. SDIO 高速模式

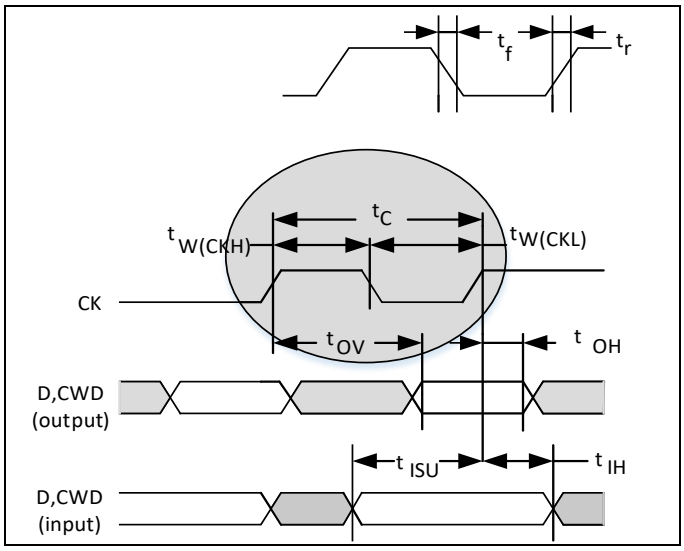


图 24. SD 默认模式

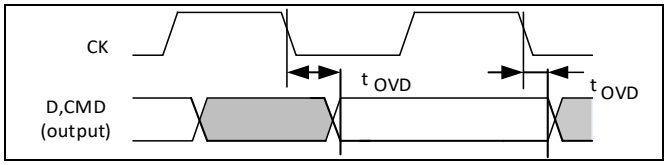


表 40. SD/MMC 接口特性

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
f_{PP}	数据传输模式下的时钟频率	-	0	48	MHz
$t_{W(CKL)}$	时钟低时间	-	32	-	ns
$t_{W(CKH)}$	时钟高时间	-	30	-	
t_r	时钟上升时间	-	-	4	
t_f	时钟下降时间	-	-	5	
CMD、D输入（参照CK）					
t_{ISU}	时钟建立时间	-	2	-	ns
t_{IH}	时钟保持时间	-	0	-	
在MMC和SD高速模式CMD、D输出（参照CK）					
t_{OV}	输出有效时间	-	-	6	ns
t_{OH}	输出保持时间	-	0	-	
在SD默认模式CMD、D输出（参照CK）(1)					
t_{OVD}	输出有效默认时间	-	-	7	ns
t_{OHD}	输出保持默认时间	-	0.5	-	

(1) 参见SDIO_CLKCTRL，SDIO时钟控制寄存器，控制CK输出。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.3.18 USBFS 接口特性

表 41. USBFS 启动时间

符号	参数	最大值	单位
$t_{STARTUP}$(1)	USBFS收发器启动时间	1	μs

(1) 由设计保证，不在生产中测试。

表 42. USBFS 直流特性

符号		参数	条件	最小值(1)	典型值	最大值(1)	单位
输入电平	V_{DD}	USBFS操作电压	-	3.0(2)		3.6	V
	V_{DI}(3)	差分输入灵敏度	I（USBFS_D+，USBFS_D-）	0.2		-	V
	V_{CM}(3)	差分共模范围	包含V_{DI}范围	0.8		2.5	
	V_{SE}(3)	单端接收器阈值	-	1.3		2.0	
输出电平	V_{OL}	静态输出低电平	1.24 kΩ的R_L接至3.6 V(4)	-		0.3	V
	V_{OH}	静态输出高电平	15 kΩ的R_L接至V_{SS}(4)	2.8		3.6	
R_{PU}		USBFS_D+内部上拉电阻	V_{IN} = V_{SS}	0.97	1.24	1.58	kΩ

(1) 所有的电压测量都是以设备端地线为准。
(2) AT32F413系列的正确USB功能可以在2.7 V得到保证，而不是全部的电气特性在2.7~3.0 V电压范围下降级。
(3) 由设计保证，不在生产中测试。
(4) R_L是连接到USB驱动器上的负载。

图 25. USBFS 时序：数据信号上升和下降时间定义

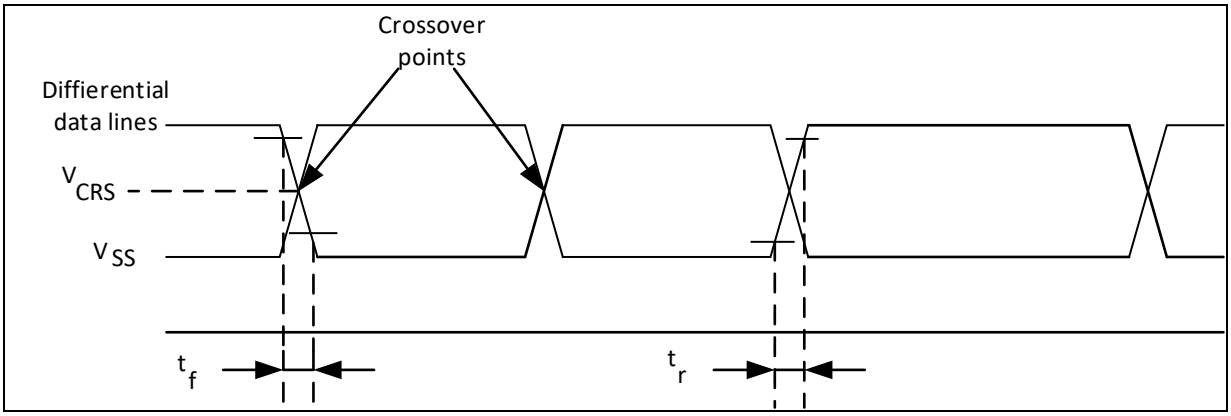


表 43. USBFS 电气特性

符号	参数	条件	最小值(1)	最大值(1)	单位
t_r	上升时间(2)	C_L ≤ 50 pF	4	20	ns
t_f	下降时间(2)	C_L ≤ 50 pF	4	20	ns
t_{rfm}	上升下降时间匹配	t_r/t_f	90	110	%
V_{CRS}	输出信号交叉电压	-	1.3	2.0	V

(1) 由设计保证，不在生产中测试。
(2) 测量数据信号从10%至90%。更多详细信息，参见USB规范第7章（2.0版）。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

5.3.19 12 位 ADC 特性

除非特别说明，下表的参数是使用符合*表11*的条件的环境温度，f_{PCLK2}频率和V_{DDA}供电电压测量得到。

注：　建议在每次上电时执行一次校准。

表 44. ADC 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DDA}	供电电压	-	2.6	-	3.6	V
I_{DDA}(1)	在V_{DDA}输入脚上的电流	-	-	790(2)	900	μA
f_{ADC}	ADC时钟频率	-	0.6	-	28	MHz
f_S(3)	采样速率	-	0.05	-	2	MSPS
f_{TRIG}(3)	外部触发频率	f_{ADC} = 28 MHz	-	-	1.65	MHz
		-	-	-	17	$1/f_{ADC}$
V_{AIN}(3)	转换电压范围(3)	-	0（V_{REF-}内部连接到地）	-	V_{REF+}	V
R_{AIN}(3)	外部输入阻抗	-	参见*表45*和*表46*			Ω
C_{ADC}(3)	内部采样和保持电容	-	-	15	-	pF
t_{CAL}(3)	校准时间	f_{ADC} = 28 MHz	6.14			μs
		-	172			$1/f_{ADC}$
t_{lat}(3)	抢占触发转换时延	f_{ADC} = 28 MHz	-	-	107	ns
		-	-	-	3(4)	$1/f_{ADC}$
t_{latr}(3)	普通触发转换时延	f_{ADC} = 28 MHz	-	-	71.4	ns
		-	-	-	2(4)	$1/f_{ADC}$
t_S(3)	采样时间	f_{ADC} = 28 MHz	0.053	-	8.55	μs
		-	1.5	-	239.5	$1/f_{ADC}$
t_{STAB}(3)	上电时间	-	42			$1/f_{ADC}$
t_{CONV}(3)	总转换时间（包括采样时间）	f_{ADC} = 28 MHz	0.5	-	9	μs
		-	14~252（采样t_S + 逐步逼近12.5）			$1/f_{ADC}$

(1) V_{REF+}在内部连接到V_{DDA}，V_{REF-}在内部连接到V_{SSA}。
(2) 由综合评估得出，不在生产中测试。
(3) 由设计保证，不在生产中测试。
(4) 对于外部触发，必须在*表44*列出的时延中加上一个延迟$1/f_{PCLK2}$。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

*表45*和*表46*决定最大的外部阻抗，使得误差可以小于1/4 LSB。

表 45. f_{ADC} = 14 MHz 时的最大 R_{AIN}

T_S（周期）	t_S（μs）	最大R_{AIN}（kΩ）(1)
1.5	0.11	0.2
7.5	0.54	1.0
13.5	0.96	2.0
28.5	2.04	4.2
41.5	2.96	6.0
55.5	3.96	8.5
71.5	5.11	11
239.5	17.11	32

(1) 由设计保证。

表 46. f_{ADC} = 28 MHz 时的最大 R_{AIN}

T_S（周期）	t_S（μs）	最大R_{AIN}（kΩ）(1)
1.5	0.05	0.1
7.5	0.27	0.4
13.5	0.48	0.9
28.5	1.02	2.1
41.5	1.48	3.0
55.5	1.98	4.0
71.5	2.55	5.0
239.5	8.55	19

(1) 由设计保证。

表 47. ADC 精度(1)(2)

符号	参数	测试条件	典型值	最大值	单位
ET	综合误差	f_{PCLK2} = 56 MHz， f_{ADC} = 28 MHz，R_{AIN} < 10 kΩ， V_{DDA} = 3.0~3.6 V，T_A = 25 °C V_{REF+} = V_{DDA}	±2	±3	LSB
EO	偏移误差		±1	±2	
EG	增益误差		±1.5	±3	
ED	微分线性误差		±0.5	±1	
EL	积分线性误差		±0.6	±1	
ET	综合误差	f_{PCLK2} = 56 MHz， f_{ADC} = 28 MHz，R_{AIN} < 10 kΩ， V_{DDA} = 2.6~3.6 V，T_A = -40 ~ 105 °C	±2	±4	LSB
EO	偏移误差		±1	±2.5	
EG	增益误差		±1.5	±3.5	
ED	微分线性误差		±0.5	±1	
EL	积分线性误差		±0.6	±1.2	

(1) ADC的直流精度数值是在经过内部校准后测量的。
(2) 由综合评估得出，不在生产中测试。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

图 26. ADC 精度特性

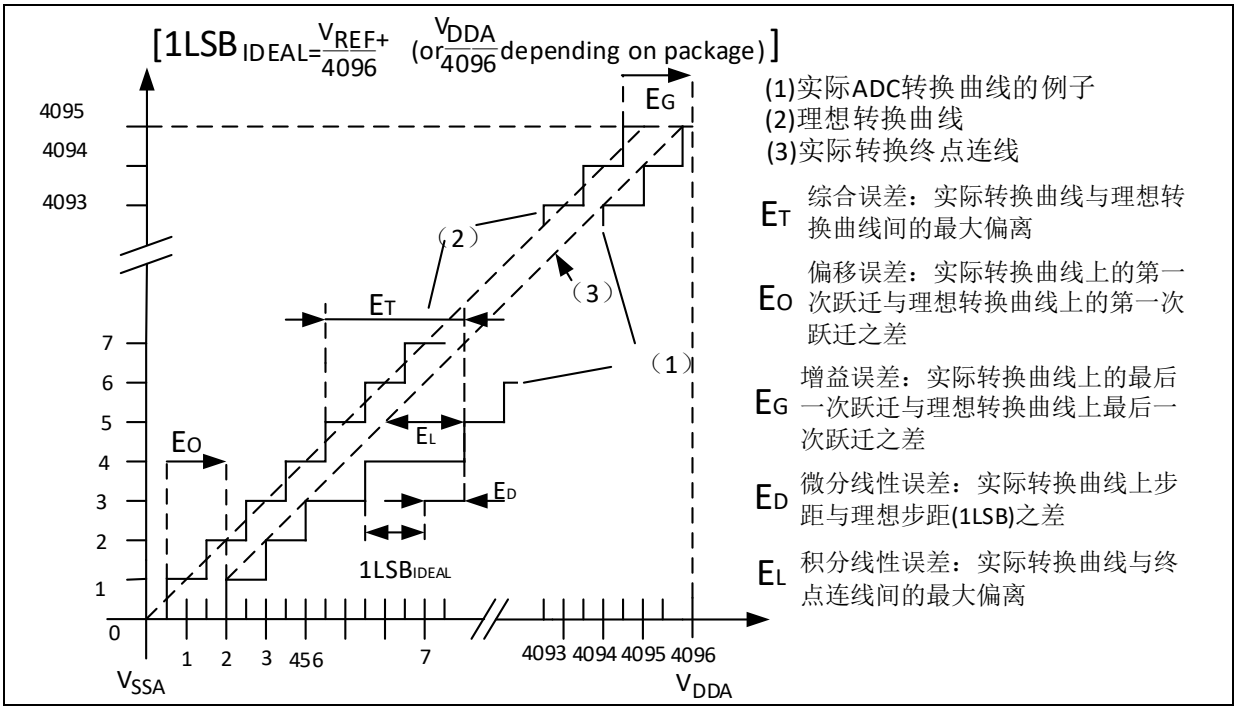
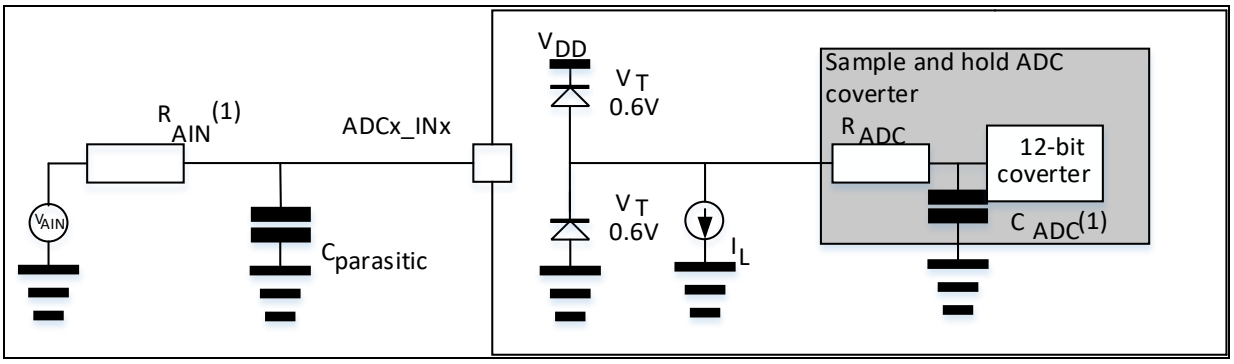


图 27. 使用 ADC 典型的连接图



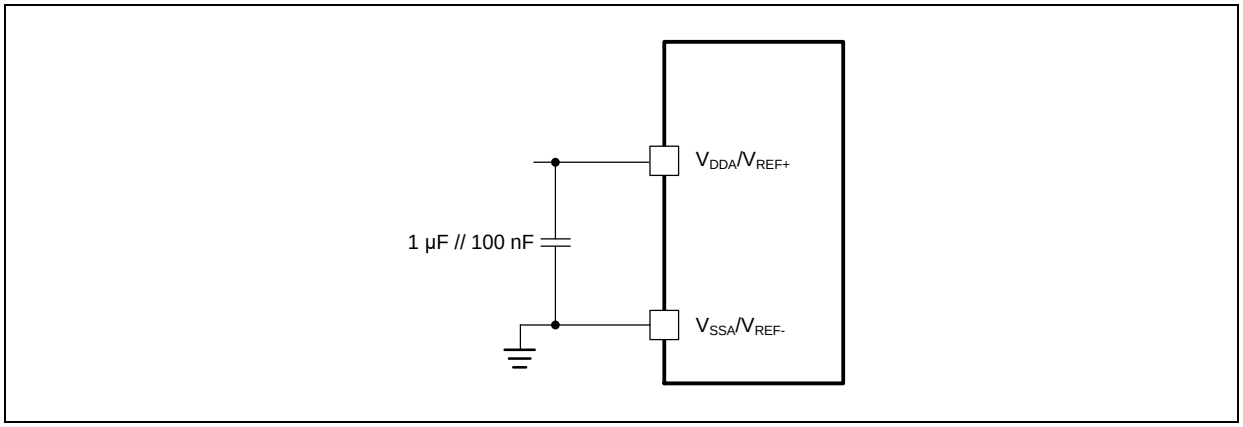
(1) 有关R_{AIN}和C_{ADC}的数值，参见*表44*。
(2) $C_{parasitic}$表示PCB（与焊接和PCB布局质量相关）与焊盘上的寄生电容（大约7 pF）。较大的$C_{parasitic}$数值将降低转换的精度，解决的办法是减小f_{ADC}。

PCB设计建议

电源的去藕必须按照*图28*连接。图中的100 nF电容必须是瓷介电容（好的质量），它们应该尽可能地靠近MCU芯片。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

图 28. 供电电源和参考电源去藕线路



5.3.20 内部参照电压（V_{INTRV}）特性

表 48. 内置参照电压特性

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
V_{INTRV}(1)	内部参照电压	1.16	1.20	1.24	V
T_{Coeff}(1)	温度系数	-	-	120	ppm/°C
T_{S_VINTRV}(2)	当读出内部参照电压时，ADC的采样时间	5.1	-	-	µs

(1) 由综合评估得出，不在生产中测试。
(2) 由设计保证，不在生产中测试。

5.3.21 温度传感器（V_{TS}）特性

表 49. 温度传感器特性

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
T_L(1)	V_{TS}相对于温度的线性度	-	±2	±5	°C
Avg_Slope(1)(2)	平均斜率	-4.13	-4.20	-4.35	mV/°C
V_{25}(1)(2)	在25 °C时的电压	1.18	1.28	1.38	V
t_{START}(3)	建立时间	-	-	100	µs
T_{S_temp}(3)	当读取温度时，ADC采样时间	5.1	-	-	µs

(1) 由综合评估得出，不在生产中测试。
(2) 温度传感器输出电压随温度线性变化，由于生产过程的变化，温度变化曲线的偏移在不同芯片上会有不同（最多相差50°C）。内部温度传感器更适合于检测温度的变化，而不是测量绝对的温度。如果需要测量精确的温度，应该使用一个外置的温度传感器。
(3) 由设计保证，不在生产中测试。

利用下列公式得出温度：

温度(°C) = {(V_{25} – V_{TS}) / Avg_Slope} + 25

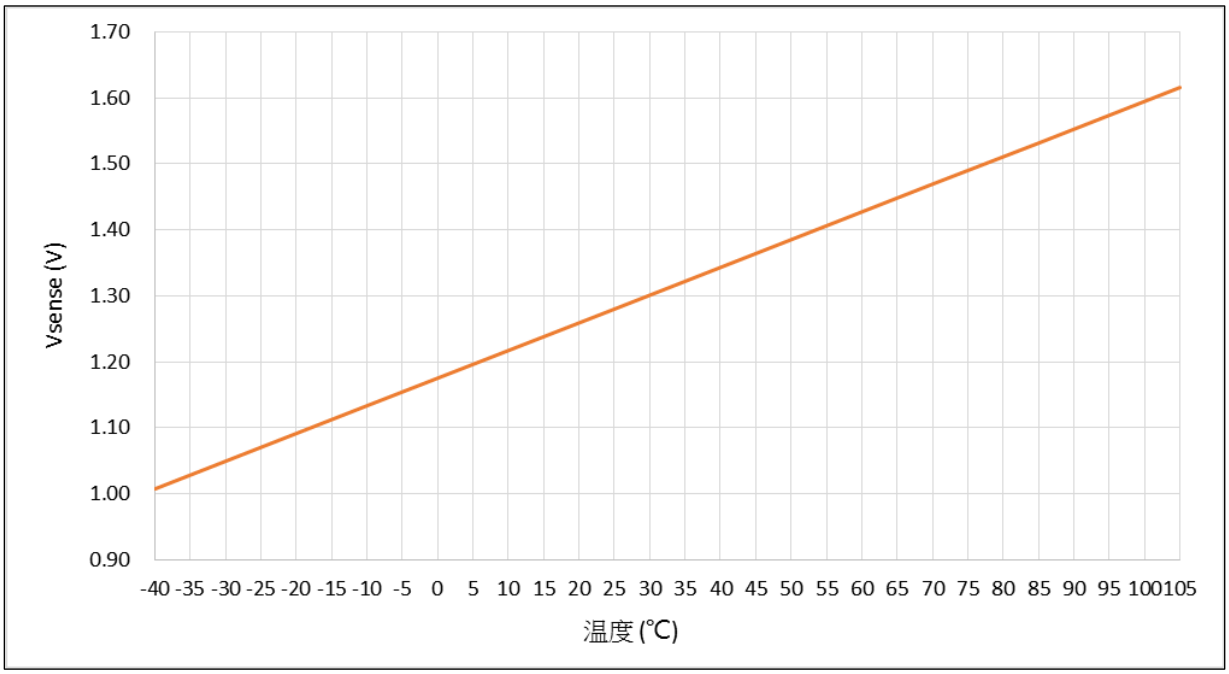
这里：

V_{25} = V_{TS}在25 °C时的数值

Avg_Slope ＝ 温度与V_{SENSE}曲线的平均斜率（单位为mV/°C）

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

图 29. V_{TS} 对温度理想曲线图

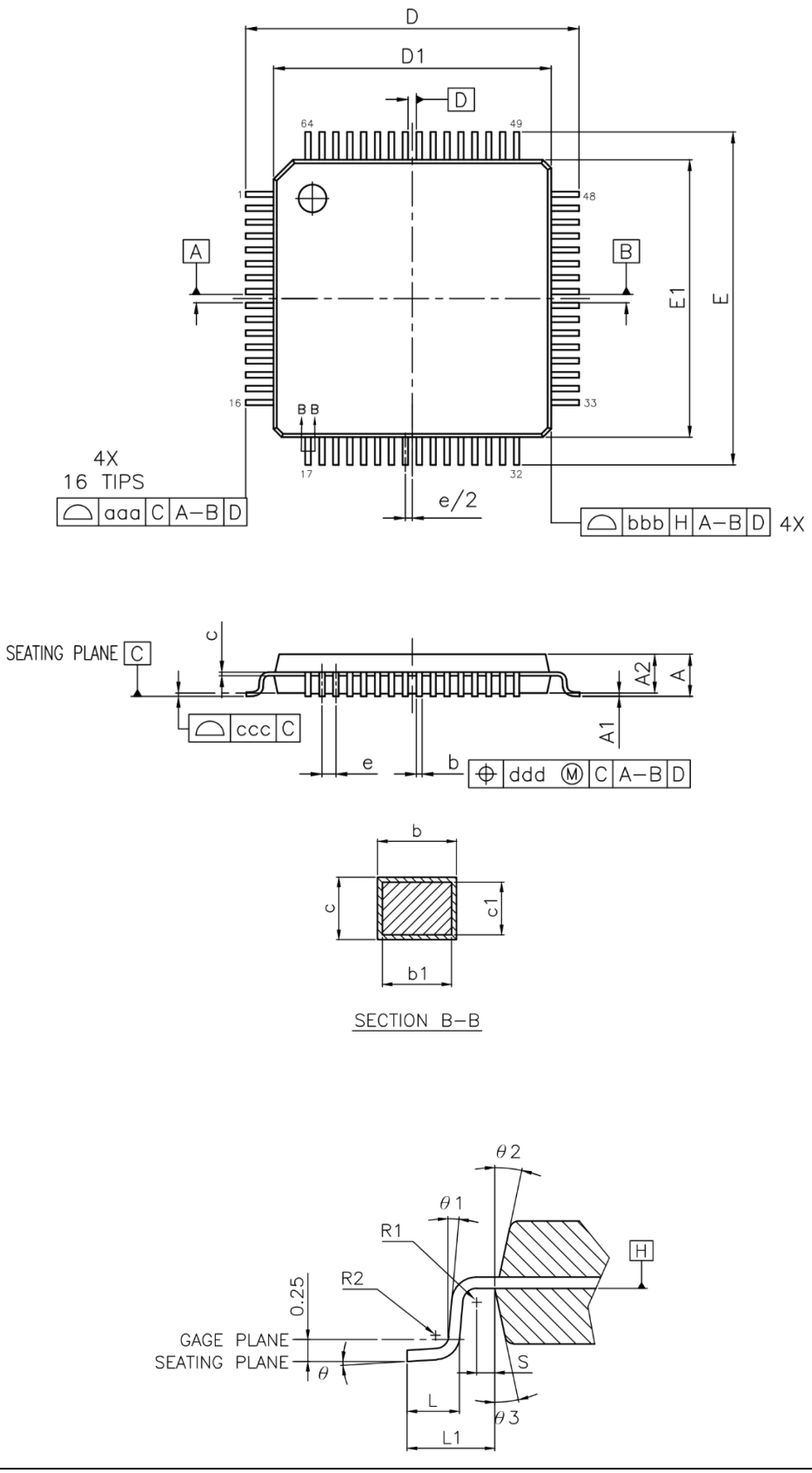


深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

6 封装数据

6.1 LQFP64 封装数据

图 30. LQFP64 – 10 x 10 mm 64 脚薄型正方扁平封装图



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

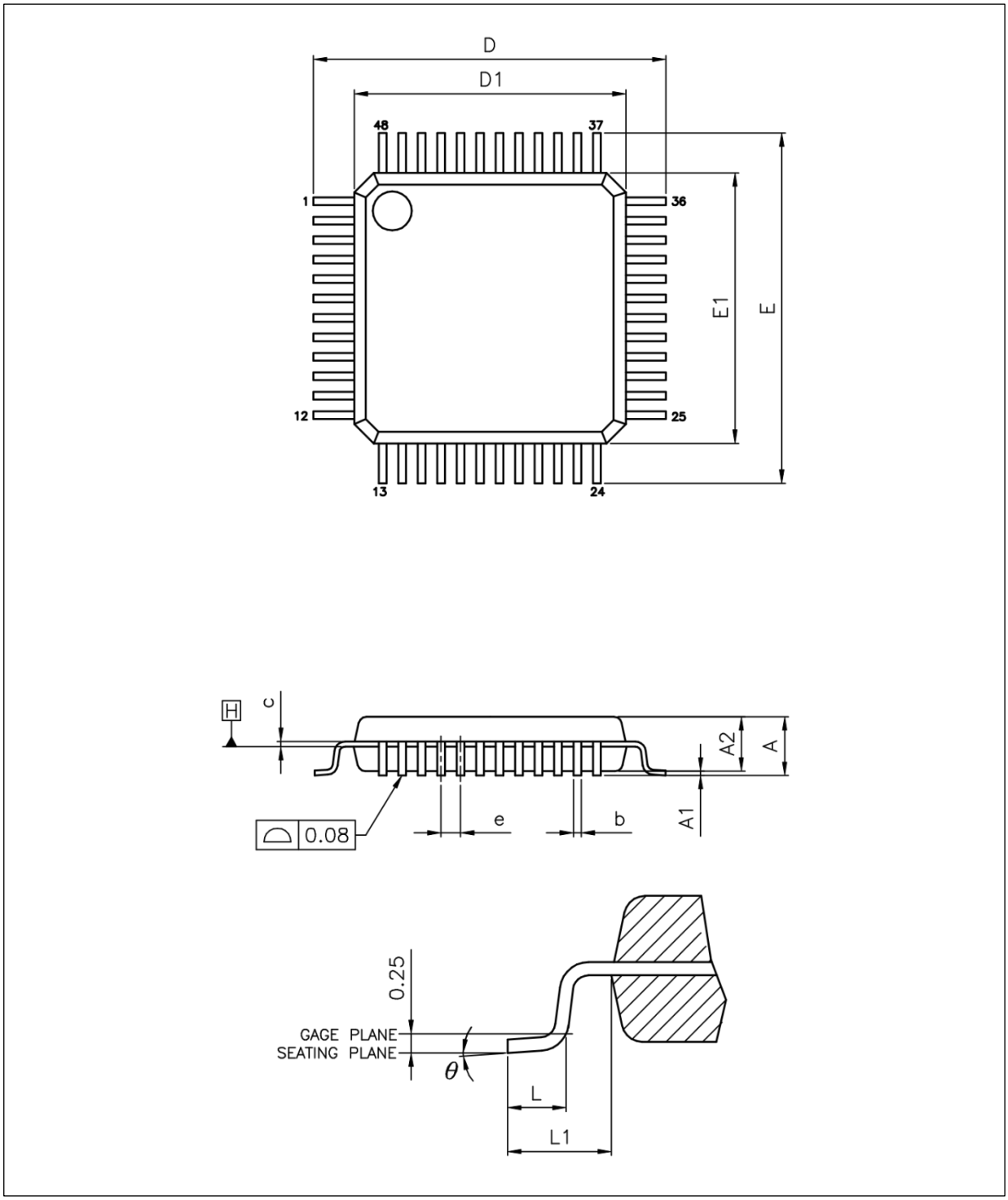
表 50. LQFP64 – 10 x 10 mm 64 脚薄型正方扁平封装机械数据

标号	毫米		
	最小值	典型值	最大值
A	-	-	1.60
A1	0.05	-	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
b	0.17	0.20	0.27
c	0.09	-	0.20
D	11.75	12.00	12.25
D1	9.90	10.00	10.10
E	11.75	12.00	12.25
E1	9.90	10.00	10.10
e	0.50 BSC.		
Θ	3.5° REF.		
L	0.45	0.60	0.75
L1	1.00 REF.		
ccc	0.08		

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

6.2 LQFP48 封装数据

图 31. LQFP48 – 7 x 7 mm 48 脚薄型正方扁平封装图



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

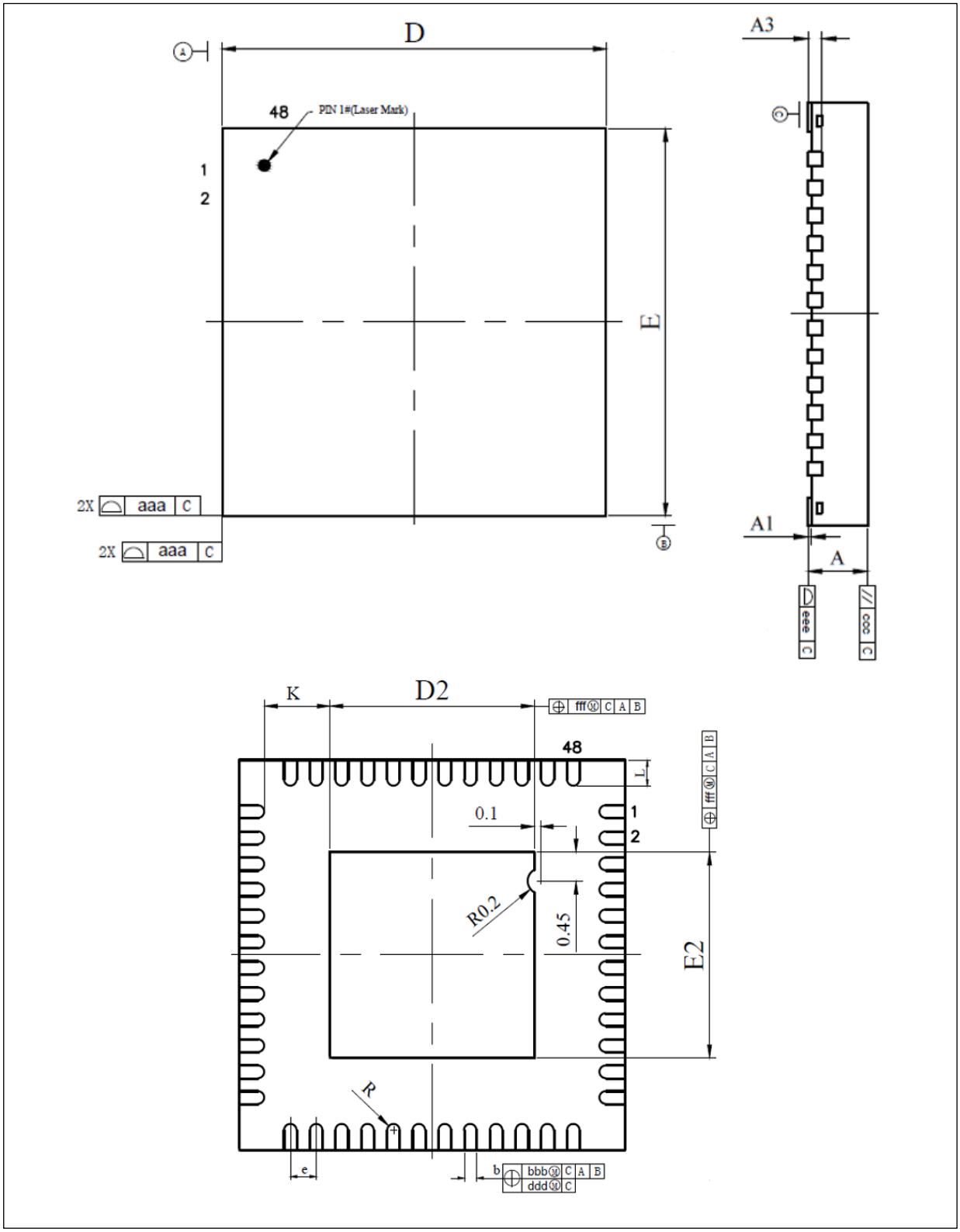
表 51. LQFP48 – 7 x 7 mm 48 脚薄型正方扁平封装机械数据

标号	毫米		
	最小值	典型值	最大值
A	-	-	1.60
A1	0.05	-	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
b	0.17	0.22	0.27
c	0.09	-	0.20
D	8.80	9.00	9.20
D1	6.90	7.00	7.10
E	8.80	9.00	9.20
E1	6.90	7.00	7.10
e	0.50 BSC.		
Θ	0°	3.5°	7°
L	0.45	0.60	0.75
L1	1.00 REF.		

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

6.3 QFN48 封装数据

图 32. QFN48 – 6 x 6 mm 48 脚正方扁平无引线封装图



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

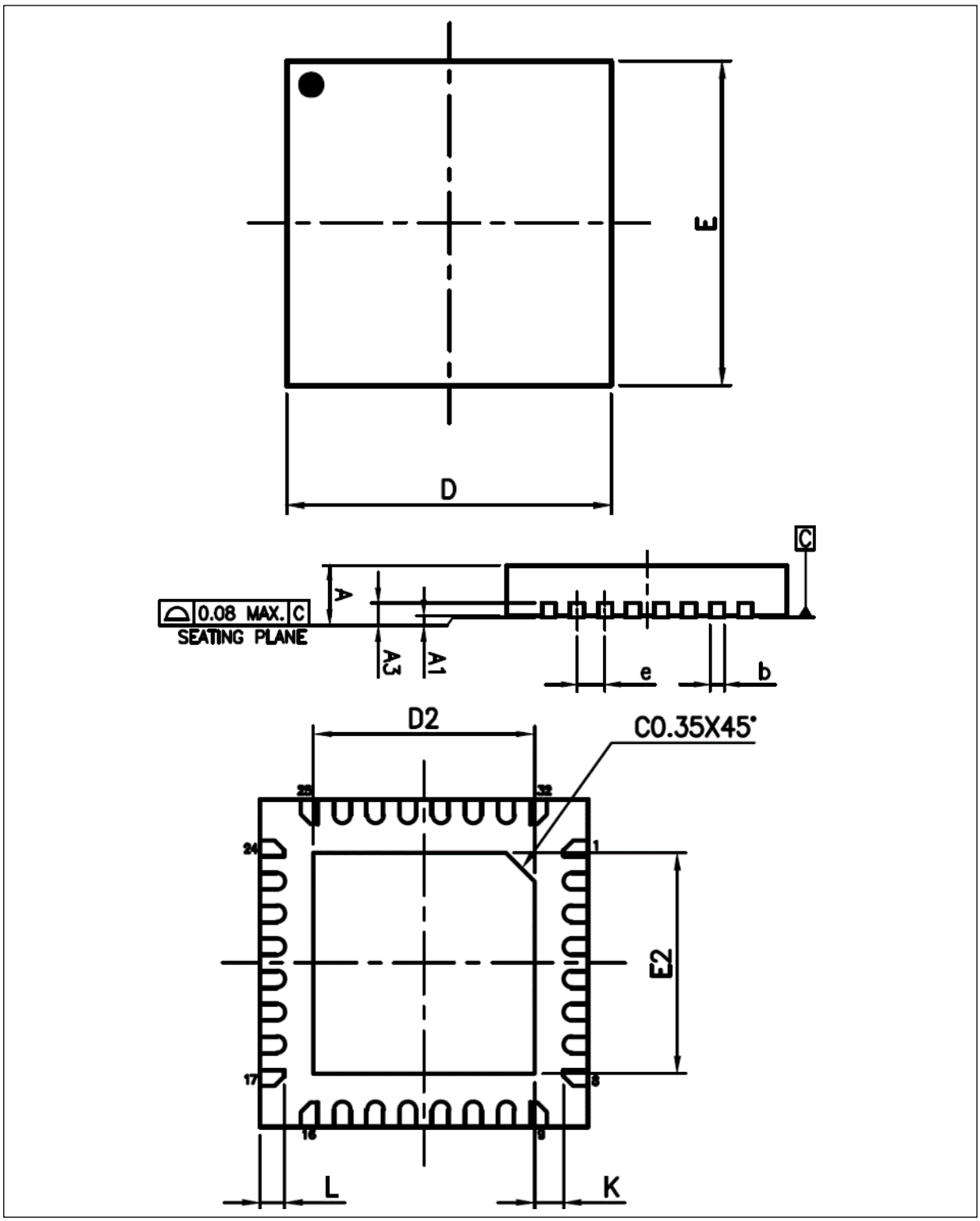
表 52. QFN48 – 6 x 6 mm 48 脚正方扁平无引线封装机械数据

标号	毫米		
	最小值	典型值	最大值
A	0.80	0.85	0.90
A1	0.00	0.02	0.05
A3	0.203 REF.		
b	0.15	0.20	0.25
D	5.90	6.00	6.10
D2	3.07	3.17	3.27
E	5.90	6.00	6.10
E2	3.07	3.17	3.27
e	0.40 BSC.		
K	0.20	-	-
L	0.35	0.40	0.45

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

6.4 QFN32 封装数据

图 33. QFN32 – 4 x 4 mm 32 脚正方扁平无引线封装图



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

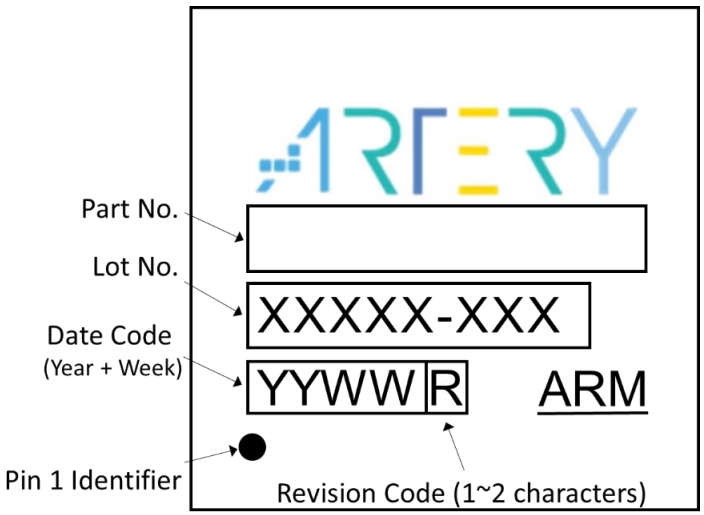
表 53. QFN32 – 4 x 4 mm 32 脚正方扁平无引线封装机械数据

标号	毫米		
	最小值	典型值	最大值
A	0.80	0.85	0.90
A1	0.00	0.02	0.05
A3		0.203 REF.	
b	0.15	0.20	0.25
D	3.90	4.00	4.10
D2	2.65	2.70	2.75
E	3.90	4.00	4.10
E2	2.65	2.70	2.75
e		0.40 BSC.	
K	0.20	-	-
L	0.25	0.30	0.35

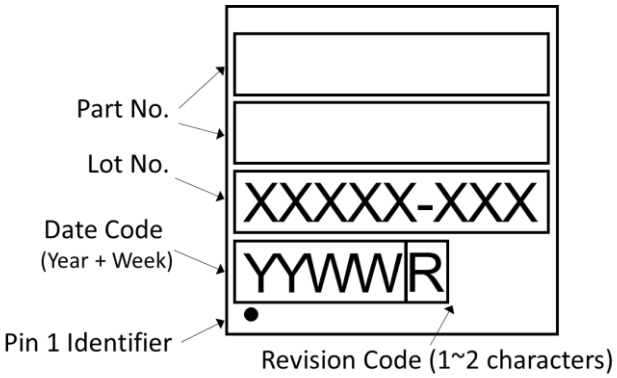
6.5 封装丝印

图 34. 丝印示意图

LQFP64、LQFP48、QFN48



QFN32



(1) 未按比例绘制。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

6.6 热特性

根据电路板为FR-4材质，板厚1.6 mm，两层板仿真计算。由设计保证，不在生产中测试。

表 54. 封装的热特性

符号	参数	数值	单位
Θ_{JA}	结到环境的热阻抗—LQFP64 – 10 × 10 mm / 0.5 mm 间距	69.2	°C/W
	结到环境的热阻抗—LQFP48 – 7 × 7 mm / 0.5 mm 间距	63.8	
	结到环境的热阻抗—QFN48 – 6 × 6 mm / 0.4 mm 间距	50.8	
	结到环境的热阻抗—QFN32 – 4 × 4 mm / 0.4 mm 间距	59.9	

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

7 型号说明

表 55. AT32F413 系列型号说明

例如：AT32 F 4 1 3 K C U 7 -4

产品系列

AT32 = 基于ARM的32位微控制器

产品类型

F = 通用类型

内核

4 = Cortex®-M4

产品子系列

1 = 超值型

产品应用别

3 = CAN + USB系列

引脚数目

R = 64脚

C = 48脚

K = 32脚

内部闪存存储器容量

C = 256 K字节的内部闪存存储器

B = 128 K字节的内部闪存存储器

8 = 64 K字节的内部闪存存储器

封装

T = LQFP

U = QFN

温度范围

7 = -40 °C至+105 °C

封装细节

-4 = QFN32 - 4 x 4 mm封装

无 = 其他封装

关于更多的选项列表（速度、封装等）和其他相关信息，请与本地的雅特力销售处联络。

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

8 文档版本历史

表 56. 文档版本历史

日期	版本	变更
2018.11.23	1.00	最初版本
2019.2.25	1.01	1. 修正PLL输入时钟最大值为16 MHz 2. 修正*表2* USART/UART组数 3. 修改*表9* HBM最大值为5000 V
2019.3.25	1.02	新增AT32F413CBU7型号
2019.4.16	1.03	修改AT32F413KxU7型号为AT32F413KxU7-4
2019.8.6	1.04	1. *表2*新增封装尺寸说明 2. *表12*新增V_{DD}上升速率最大值注脚(1)
2020.3.10	1.05	1. 修正DMA2为7通道 2. 新增USBFS1_SOF功能在PA8上
2022.2.10	2.00	1. 修改全文章节顺序和描述 2. 新增*表5*注脚(9) 3. 修改*表38* SPI频率 4. 修改LQFP48封装数据 5. 修改QFN48封装数据和*图32*
2022.6.6	2.01	1. 新增*表21*和*表22* T_A = 25 °C最大值和注脚 2. 新增各封装D, D1, E, E1最小最大值
2023.10.17	2.02	1. 修改*表15*，*表38*，和*表39* 2. 新增*表33*注脚3 3. 新增*2.14.6* CAN必须使用HEXT说明 4. 更新*图28* 5. 修改重要通知第四段

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

重要通知 – 请仔细阅读

买方自行负责对本文所述雅特力产品和服务的选择和使用，雅特力概不承担与选择或使用本文所述雅特力产品和服务相关的任何责任。

无论之前是否有过任何形式的表示，本文档不以任何方式对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。如果本文档任何部分涉及任何第三方产品或服务，不应被视为雅特力授权使用此类第三方产品或服务，或许可其中的任何知识产权，或者被视为涉及以任何方式使用任何此类第三方产品或服务或其中任何知识产权的保证。

除非在雅特力的销售条款中另有说明，否则，雅特力对雅特力产品的使用和/或销售不做任何明示或默示的保证，包括但不限于有关适销性、适合特定用途（及其依据任何司法管辖区的法律的对应情况），或侵犯任何专利、版权或其他知识产权的默示保证。

雅特力产品并非设计或专门用于下列用途的产品：（A）对安全性有特别要求的应用，例如：生命支持、主动植入设备或对产品功能安全有要求的系统；（B）航空应用；（C）航天应用或航天环境；（D）武器，且/或（E）其他可能导致人身伤害、死亡及财产损害的应用。如果采购商擅自将其用于前述应用，即使采购商向雅特力发出了书面通知，风险及法律责任仍将由采购商单独承担，且采购商应独力负责在前述应用中满足所有法律和法规要求。

经销的雅特力产品如有不同于本文档中提出的声明和/或技术特点的规定，将立即导致雅特力针对本文所述雅特力产品或服务授予的任何保证失效，并且不应以任何形式造成或扩大雅特力的任何责任。

© 2023 雅特力科技 保留所有权利

深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com