



# HT32F52234/HT32F52244

## 产品规格书

带 Arm® Cortex®-M0+ 内核以及  
1 Msps ADC、DAC、USART、UART、SPI、I<sup>2</sup>C、  
PWM、SCTM、BFTM、CRC、UID、DIV、PDMA、RTC 和 WDT  
高达 64 KB Flash 和高达 8 KB SRAM 的 32-Bit 单片机

版本: V1.10 日期: 2024-12-03

[www.holtek.com](http://www.holtek.com)

## 目录

<b>1 简介 .....</b>	<b>6</b>
<b>2 特性 .....</b>	<b>7</b>
内核 .....	7
片上存储器 .....	7
Flash 存储器控制器 – FMC .....	7
复位控制单元 – RSTCU .....	7
时钟控制单元 – CKCU .....	8
电源控制单元 – PWRCU .....	8
外部中断 / 事件控制器 – EXTI .....	8
模数转换器 – ADC .....	8
数模转换器 – DAC .....	9
输入 / 输出端口 – GPIO .....	9
脉冲宽度调制定时器 – PWM .....	9
单通道定时器 – SCTM .....	9
基本功能定时器 – BFTM .....	10
看门狗定时器 – WDT .....	10
实时时钟 – RTC .....	10
内部集成电路 – I <sup>2</sup> C .....	10
串行外设接口 – SPI .....	11
通用同步异步收发器 – USART .....	11
通用同步异步收发器 – UART .....	11
循环冗余校验 – CRC .....	12
外设直接存储器访问 – PDMA .....	12
硬件除法器 – DIV .....	12
唯一 ID – UID .....	13
调试支持 .....	13
封装和工作温度 .....	13
<b>3 概述 .....</b>	<b>14</b>
单片机信息 .....	14
方框图 .....	15
存储器映射 .....	16
时钟结构 .....	19
<b>4 引脚图 .....</b>	<b>20</b>
<b>5 电气特性 .....</b>	<b>27</b>
极限参数 .....	27
建议直流工作条件 .....	27

片上 LDO 稳压器特性.....	27
片上超低功耗 LDO 稳压器特性.....	28
功耗.....	28
复位和电源监控特性.....	29
外部时钟特性.....	30
内部时钟特性.....	31
系统 PLL 特性.....	32
存储器特性.....	32
I/O 端口特性.....	32
A/D 转换器特性.....	33
内部参考电压特性.....	34
V <sub>DDA</sub> 监控特性.....	35
DAC 特性.....	35
PWM / SCTM 特性.....	36
I <sup>2</sup> C 特性.....	36
SPI 特性.....	37
<b>6 封装信息 .....</b>	<b>40</b>
SAW Type 24-pin QFN (3 mm × 3 mm × 0.55 mm) 外形尺寸 .....	41
SAW Type 32-pin QFN (4 mm × 4 mm × 0.75 mm) 外形尺寸 .....	42
SAW Type 46-pin QFN (6.5 mm × 4.5 mm × 0.75 mm) 外形尺寸 .....	43
48-pin LQFP (7 mm × 7 mm) 外形尺寸 .....	44

表列表

表 1. 特性及外设列表 ..... 14

表 2. 寄存器映射 ..... 17

表 3. 引脚分配 ..... 24

表 4. 引脚描述 ..... 25

表 5. 极限参数 ..... 27

表 6. 建议直流工作条件 ..... 27

表 7. LDO 特性 ..... 27

表 8. ULDO 特性 ..... 28

表 9. 功耗特性 ..... 28

表 10. V<sub>DD</sub> 电源复位特性 ..... 29

表 11. LVD / BOD 特性 ..... 30

表 12. 外部高速时钟 (HSE) 特性 ..... 30

表 13. 外部低速时钟 (LSE) 特性 ..... 31

表 14. 内部高速时钟 (HSI) 特性 ..... 31

表 15. 内部低速时钟 (LSI) 特性 ..... 32

表 16. 系统 PLL 特性 ..... 32

表 17. Flash 存储器特性 ..... 32

表 18. I/O 端口特性 ..... 32

表 19. A/D 转换器特性 ..... 33

表 20. 内部参考电压特性 ..... 34

表 21. V<sub>DDA</sub> 监控特性 ..... 35

表 22. DAC 特性 ..... 35

表 23. PWM / SCTM 特性 ..... 36

表 24. I<sup>2</sup>C 特性 ..... 36

表 25. SPI 特性 ..... 37

表  
列  
表

图列表

图 1. 方框图 ..... 15

图 2. 存储器映射 ..... 16

图 3. 时钟结构 ..... 19

图 4. 24-pin QFN 引脚图 ..... 20

图 5. 32-pin QFN 引脚图 ..... 21

图 6. 46-pin QFN 引脚图 ..... 22

图 7. 48-pin LQFP 引脚图 ..... 23

图 8. ADC 转换器采样网络模板 ..... 34

图 9. I²C 时序图 ..... 37

图 10. SPI 时序图 – SPI 主机模式 ..... 38

图 11. SPI 时序图 – SPI 从机模式，CPHA = 1 ..... 39

图列表

# 1 简介

该系列的 Holtek 单片机是基于 Arm® Cortex®-M0+ 处理器内核的 32-bit 高性能低功耗单片机。Cortex®-M0+ 是把嵌套向量中断控制器 (NVIC)、系统节拍定时器 (SysTick Timer) 和先进的调试支持紧紧结合在一起的新一代处理器内核。

该系列单片机可工作在高达 60 MHz 的频率下，借助 Flash 加速器以提升效能。它提供高达 64 KB 的嵌入式 Flash 存储器用作程序 / 数据存储，高达 8 KB 的嵌入式 SRAM 存储器用作系统操作和应用程序运用。此系列单片机具有多种外设，如硬件除法器 DIV、PDMA、ADC、DAC、I<sup>2</sup>C、USART、UART、SPI、BFTM、SCTM、PWM、CRC-16/32、96-bit 唯一 ID、RTC、WDT 和 SW-DP ( 串行线调试端口 ) 等。多种省电模式的灵活切换可实现唤醒延迟和功耗间较大优化，此特性在低功耗应用方面尤为重要。

以上这些特性使该系列单片机可以广泛地适用于各种应用，如白色家电应用控制、电源监控、报警系统、消费类产品、手持式设备、数据记录应用和电机控制等。

**arm** CORTEX

## 2 特性

### 内核

- 32-bit Arm® Cortex®-M0+ 处理器内核
- 高达 60 MHz 的工作频率
- 单周期乘法
- 集成嵌套向量中断控制器 (NVIC)
- 24-bit SysTick 定时器

Cortex®-M0+ 处理器是一款低门数、高效能的 32-bit 处理器内核，专为要求面积优化、低功耗处理器的单片机及深度嵌入式应用而设计。Cortex®-M0+ 处理器基于 ARMv6-M 架构，支持 Thumb® 指令集、单周期 I/O 端口，硬件乘法器和低延迟中断响应时间。

### 片上存储器

- 高达 64 KB 片上 Flash 存储器用于指令 / 数据和选项字节的存储
- 高达 8 KB 片上 SRAM
- 支持多种启动模式

Arm® Cortex®-M0+ 处理器通过同一条外部接口对外部 AHB 外设进行访问及调试访问。处理器访问优先于调试访问。Cortex®-M0+ 的最大地址范围是 4 GB，因为它具有 32-bit 总线地址宽度。此外，预先定义的内存映射由 Cortex®-M0+ 处理器提供，以减少软件被不同的单片机供应商重复实施的复杂性。但有一些区域为 Arm® Cortex®-M0+ 系统外设所使用。更多信息请参考 Arm® Cortex®-M0+ 技术参考手册。概述章节中图 2 显示了该单片机的存储器映射，包括代码、SRAM、外设和其它预先定义的区域。

### Flash 存储器控制器 – FMC

- Flash 加速器用以提升效能
- 具有在线系统编程 (ISP) 和在线应用编程 (IAP) 的 32-bit 字编程功能
- Flash 保护功能，防止非法访问

Flash 存储器控制器 FMC 为嵌入式片上 Flash 存储器提供所有必要的功能和预抓取缓存器。由于 Flash 存储器访问速度比 CPU 慢，故提供一个带有预抓取缓存器的宽访问接口来减少 CPU 指令执行延迟的等待时间。Flash 存储器还提供字编程 / 页擦除功能。

### 复位控制单元 – RSTCU

- 电源监控
  - 上电复位 / 掉电复位 – POR / PDR
  - 欠压检测器 – BOD
  - 可编程低压检测器 – LVD

复位控制单元 RSTCU 提供三种复位方式，分别是上电复位、系统复位和 APB 单元复位。上电复位即冷复位，在上电时复位了整个系统。系统复位会复位处理器内核和除 SW-DP 控制器以外的外设 IP 元件。这些复位可以由外部信号、内部事件和复位发生器触发。

## 时钟控制单元 – CKCU

- 外部 4 ~ 16 MHz 晶振
- 外部 32.768 kHz 晶振
- 在工作电压为 3.3 V，工作温度为 25 °C 下，内部 8 MHz RC 振荡器精度可调整为  $\pm 1\%$
- 内部 32 kHz RC 振荡器
- 集成系统时钟 PLL
- 用作外设时钟源的独立的时钟分频器与门控位

时钟控制单元 CKCU 提供了一系列振荡器和时钟功能，包括内部高速 RC 振荡器 (HSI)、外部高速晶振 (HSE)、内部低速 RC 振荡器 (LSI)、外部低速晶振 (LSE)、锁相环 (PLL)、HSE 时钟监控、时钟预分频器、时钟倍频和 APB 时钟分频器与门电路。AHB、APB 和 Cortex®-M0+ 的时钟来源于系统时钟 (CK\_SYS)，而系统时钟可以来自 HSI、HSE、LSI、LSE 或者系统 PLL。看门狗定时器和实时时钟 (RTC) 使用 LSI 或 LSE 作为它们的时钟源。

## 电源控制单元 – PWRCU

- 采用  $V_{DD}$  单电源：1.65 V ~ 3.6 V
- 集成 1.5 V LDO 稳压器用作 MCU 内核、外设和存储器电源
- $V_{DD}$  电源供电给 RTC
- 两个电源域： $V_{DD}$  和  $V_{CORE}$
- 四种省电模式：休眠模式、深度休眠模式 1、深度休眠模式 2、暂停模式

功耗被视为许多嵌入式系统应用中很重要的问题之一。因此，在这些单片机中，电源控制单元 PWRCU 提供多种省电模式如休眠模式、深度休眠模式 1、深度休眠模式 2 和暂停模式。这些工作模式可以降低功耗，并允许应用在 CPU 运行时间、速度和功耗相互冲突的需求中达到较佳平衡。

## 外部中断 / 事件控制器 – EXTI

- 高达 16 个可配置触发源和触发类型的 EXTI 输入线
- 所有 GPIO 引脚都可选作 EXTI 触发源
- 触发源类型包括：高电平、低电平、下降沿、上升沿或者双沿
- 每条 EXTI 输入线都有各自独立的中断使能、唤醒使能和状态位
- 每条 EXTI 输入线都具有软件中断触发模式
- 内置去干扰滤波器，用于封锁短脉冲

外部中断 / 事件控制器 EXTI 由 16 个可独立产生唤醒事件和中断请求的边沿检测器组成。每个 EXTI 输入线也可被单独屏蔽。

## 模数转换器 – ADC

- 12-bit SAR A/D 转换器内核
- 高达 1 Msps 转换速率
- 高达 12 个外部模拟输入通道

此系列单片机包含一个多通道 12-bit A/D 转换器，其具有多路复用通道，包括 12 个外部模拟信号测量通道和 6 个内部信号通道。如果输入电压必须保持在一个特定的阈值窗口，模拟看门狗功能将监控和检测这些信号。当输入电压高于或低于设定的阈值，将产生中断。有三种转换模式用来把模拟信号转换成数字数据。A/D 转换器可工作在单次转换、连续和非连续转换模式。



## 数模转换器 – DAC

- 每个 D/A 转换器各自带有一个输出通道
- 12-bit 或 8-bit 分辨率
- 最大 500 ksp/s 转换更新速率
- 单独转换或双通道同时转换
- 支持电压输出缓冲模式和旁路电压输出缓冲模式
- 参考电压来自内部参考电压  $V_{REF}$  或  $V_{DDA}$

DAC 模块有两个数模转换器，每个转换器都是 12-bit 电压输出数模转换器，并各自带有一个输出通道。DAC 可以配置为 8-bit 或 12-bit 模式。该 DAC 模块可以实现独立转换，或当两个通道组合使用同步更新时，可实现同步转换。

## 输入 / 输出端口 – GPIO

- 多达 40 个通用输入 / 输出口 (GPIO)
- 端口 A、B 和 C 映射为 16-line EXTI 中断
- 几乎所有 I/O 引脚都具有可配置输出驱动电流

单片机有多达 40 个通用 I/O 引脚，GPIO，即 PA0 ~ PA15、PB0 ~ PB15 和 PC0 ~ PC7 端口，可以实现逻辑输入 / 输出功能。每个 GPIO 端口都有相关的控制和配置寄存器，提高了灵活性并满足特定的应用需求。

在封装上 GPIO 引脚与其它复用功能引脚共用，以获得较大的灵活性。通过配置相应的寄存器，GPIO 口可以被用作复用功能的引脚。对单片机 GPIO 引脚的外部中断在外部中断控制单元，EXTI，都有相关的控制和配置寄存器。

## 脉冲宽度调制定时器 – PWM

- 16-bit 向上、向下、向上 / 向下自动重载计数器
- 每个定时器多达 4 个独立通道
- 16-bit 可编程预分频器，可以对其时钟源进行 1 ~ 65536 之间的任意数值的分频产生计数器时钟频率
- 比较匹配输出
- PWM 波形产生功能，具有边沿对齐和中心对齐两种计数模式
- 单脉冲模式输出

脉冲宽度调制定时器 PWM 包括一个 16-bit 向上 / 向下计数器，四个 16-bit 比较寄存器 (CR)，一个 16-bit 计数器重载寄存器 (CRR) 和多个控制 / 状态寄存器。它可用于多种用途，包括通用计时、输出波形产生，如单脉冲波形产生或 PWM 输出。

## 单通道定时器 – SCTM

- 16-bit 向上自动重载计数器
- 每个计数器具有单个通道
- 16-bit 可编程预分频器，可以对其时钟源进行 1 ~ 65536 之间的任意数值的分频产生计数器时钟频率
- 输入捕捉功能
- 比较匹配输出
- PWM 波形产生功能，具有边沿对齐计数模式

单通道定时器 SCTM 包括一个 16-bit 向上计数器，4 个 16-bit 捕捉 / 比较寄存器 (CCR)，一个 16-bit 计数器重载寄存器 (CRR) 和多个控制 / 状态寄存器。它们可用于多种用途，包括通用计时、输入信号脉冲宽度测量、输出波形产生，如 PWM 输出。

## 基本功能定时器 – BFTM

- 32-bit 比较匹配向上计数器 – 无输入 / 输出控制
- 单次模式 – 比较匹配发生时停止计数
- 重复模式 – 比较匹配发生时重新开始计数

基本功能定时器 BFTM 是一个简单的 32-bit 向上计数器，可用于测量时间间隔并产生单次或者重复中断。BFTM 工作在两种功能模式下，即重复模式或单次模式。在重复模式下，当一个比较匹配事件发生时，BFTM 重新开始计数。BFTM 也包含一个单次模式，在单次模式下，当一个比较匹配事件发生时，计数器停止计数。

## 看门狗定时器 – WDT

- 带有 3-bit 预分频器的 12-bit 向下计数器
- 可产生系统复位
- 可编程看门狗定时器窗口功能
- 寄存器写保护功能

看门狗定时器是一个硬件定时电路，可用于检测因软件陷入死锁导致的系统故障。它包括一个 12-bit 向下计数器、一个预分频器、一个 WDT 增量值寄存器、一个 WDT 操作控制电路和一个 WDT 保护机制。如果软件在看门狗定时器溢出前没有重载计数器的值，计数器溢出时将产生复位。此外，在计数器达到一个增量值前，如果软件重新加载计数器，也会产生复位。这意味着计数器必须在有限的时间窗口内用特定方法重新加载。当处理器处于调试模式，看门狗定时器计数器可停止计数。可以通过开启寄存器写保护功能来防止看门狗定时器配置被无意改变。

## 实时时钟 – RTC

- 带可编程预分频器的 24-bit 向上计数器
- 闹钟功能
- 中断和唤醒事件

实时时钟，RTC 电路包括 APB 接口、24-bit 向上计数器、一个控制寄存器、一个预分频器、一个比较寄存器和一个状态寄存器。除了 APB 接口位于 V<sub>CORE</sub> 电源域外，RTC 电路大多位于 V<sub>DD</sub> 电源域。因此，当 V<sub>CORE</sub> 区掉电即单片机进入暂停模式时隔离来自电源控制单元的 ISO 信号，是很有必要的。RTC 计数器被用作唤醒定时器使系统从暂停模式中恢复。

## 内部集成电路 – I<sup>2</sup>C

- 支持高达 1 MHz 频率的主机和从机模式
- 提供仲裁功能和时钟同步功能
- 支持 7-bit 和 10-bit 寻址模式和广播呼叫寻址
- 屏蔽地址功能可支持从机多寻址模式

I<sup>2</sup>C 模块是一个允许与外部 I<sup>2</sup>C 接口通信的内部电路，此外 I<sup>2</sup>C 接口是一个符合工业标准的用于连接外部硬件的两线串行接口。这两条串行线被称为串行数据线 SDA 和串行时钟线 SCL。I<sup>2</sup>C 模块提供了三种数据传输速率：即 100 kHz 的标准模式、400 kHz 的快速模式下和 1 MHz 的高速模式。SCL 周期产生寄存器用于设置占空比得到不同的 SCL 脉冲。

SDA 线是一条双向数据线，它连接整个 I<sup>2</sup>C 总线，在主机和从机之间用于数据的发送和接收。I<sup>2</sup>C 模块还具有仲裁检测功能和时钟同步，可防止多个主机试图同时传送数据到 I<sup>2</sup>C 总线的情况。

## 串行外设接口 – SPI

- 支持主机和从机模式
- 主机模式下频率高达 ( $f_{PCLK}/2$ ) MHz，从机模式下频率高达 ( $f_{PCLK}/3$ ) MHz
- FIFO 深度：8 级
- 多主机和多从机工作模式

串行外设接口 SPI 使用 SPI 协议可在主机和从机模式下进行数据发送和接收。SPI 接口使用 4 个引脚，其中有串行数据输入和输出线 MISO 和 MOSI，时钟线 SCK 和从机选择线 SEL。SPI 作为主机使用，用 SEL 和 SCK 信号控制数据流来说明数据通信开始和数据采样率。要接收数据字节，数据流在特定的时钟边沿时被锁存且存储在数据寄存器或 RX FIFO。数据发送也是通过类似的方式，但以相反的顺序。模式故障检测功能使其适用于多主机应用。

## 通用同步异步收发器 – USART

- 支持异步和时钟同步串行通信模式
- 可编程波特率时钟频率：异步模式下高达 ( $f_{PCLK}/16$ ) MHz，同步模式下高达 ( $f_{PCLK}/8$ ) MHz
- 全双工通信能力
- 支持 LIN (局域互连网络) 模式
- 支持单线模式
- 完全可编程串行通信特性包括：
  - 字长：7、8 或 9-bit 字符
  - 校验：奇校验、偶校验或无奇偶校验位的产生和检测
  - 停止位：1 或 2 个停止位产生
  - 位顺序：最低位优先或最高位优先传输
- 错误侦测：奇偶校验、溢出和帧错误
- 自动硬件流控制模式 – RTS, CTS
- IrDA SIR 编码器和解码器
- 具有输出使能控制的 RS485 模式
- FIFO 深度：接收器和发送器均为 8 级

通用同步异步收发器 USART 提供了一个灵活的采用同步或异步传输的全双工数据交换。USART 用来转换并行和串行接口之间的数据，通常也被用作 RS232 标准通信。USART 外设功能支持四种类型的中断，即线路状态中断、发送 FIFO 空中断、接收器阈值级别到达中断和超时中断。USART 模块包括一个 8 级深度的发送器 FIFO (TX\_FIFO) 和一个 8 级深度的接收器 FIFO (RX\_FIFO)。通过读取 USART 状态 & 中断标志位寄存器 USRSIFR，软件可以检测 USART 的错误状态。这些状态包括传输运行类型和状况以及因奇偶校验、溢出、帧错误和线中止事件造成的错误状况。

## 通用同步异步收发器 – UART

- 异步串行通信工作波特率时钟频率高达 ( $f_{PCLK}/16$ ) MHz
- 全双工通信
- 支持 LIN (局域互连网络) 模式
- 支持单线模式
- 完全可编程串行通信特性包括：
  - 字长：7、8 或 9-bit 字符
  - 校验：奇、偶或无奇偶校验位的产生和检测
  - 停止位：1 或 2 个停止位
  - 位顺序：最低位优先或最高位优先传输
- 错误侦测：奇偶校验、溢出和帧错误

通用异步收发器 UART 提供了一个灵活的采用异步传输的全双工数据交换。UART 用来转换并行和串行接口之间的数据，通常也被用作 RS232 标准通信。UART 外设功能支持线路状态中断。通过读取 UART 状态 & 中断标志位寄存器 URSIFR，软件可以检测 UART 的错误状态。状态包括传输模式下的类型和状况以及因奇偶、溢出，帧和暂停事件造成的错误状况。

## 循环冗余校验 – CRC

- 支持 CRC16 多项式：0x8005,  
 $X^{16}+X^{15}+X^2+1$
- 支持 CCITT CRC16 多项式：0x1021,  
 $X^{16}+X^{12}+X^5+1$
- 支持 IEEE-802.3 CRC32 多项式：0x04C11DB7,  
 $X^{32}+X^{26}+X^{23}+X^{22}+X^{16}+X^{12}+X^{11}+X^{10}+X^8+X^7+X^5+X^4+X^2+X+1$
- 支持对数据和校验和进行反码、按字节反序和按位反序操作
- 支持字节、半字和字数据大小
- 可编程 CRC 初始种子值
- 对 8-bit 数据执行 CRC 计算需要 1 个 AHB 时钟周期，32-bit 数据需要 4 个 AHB 时钟周期
- 支持 PDMA 对存储器区块进行 CRC 计算

循环冗余校验 CRC 计算单元是用于验证数据传输或存储正确性的检错技术测试算法。CRC 计算将数据流或数据块作为输入，并生成一个 16-bit 或 32-bit 输出余数。通常情况下，当数据流被发送或存储时，会带有一个 CRC 码用作校验码。在此数据被接收或重新储存时进行与之前相同的生成多项式计算。如果新的 CRC 码数据与先前计算的不匹配，说明数据流出错了。

## 外设直接存储器访问 – PDMA

- 6 个通道对应不同的触发源组
- 支持 8-bit、16-bit、32-bit 宽度数据传输
- 支持线性地址、环形地址和固定地址模式
- 4 阶可编程通道优先级
- 自动重载模式
- 支持的触发源包括：  
ADC、SPI、UART、USART、I<sup>2</sup>C、PWM 和软件请求

外设直接存储器访问电路 PDMA 可对 AHB 总线外设和系统存储器之间的数据进行转移。每一个 PDMA 通道都有一个源地址、目标地址、存储块长度和发送数量。PDMA 可以排除 CPU 干扰，避免执行中断服务程序。由于软件无需参与每个数据的转移操作，此举提高了系统性能。

## 硬件除法器 – DIV

- 32-bit 有符号 / 无符号除法器
- 运算需 8 个时钟周期，加载需 1 个时钟周期
- 除数为零错误标志

该除法器采用舍尾除法，需通过 START 控制位来触发除法器开始计算。8 个时钟周期后当除法器计算结束，完成标志位将被置高，但若除数寄存器内数据为零，那么除数为零错误标志将被置位。

## 唯一 ID – UID

- 总共 96-bit UID 是独一无二的，不会与任意 HT32 MCU 重复
- 不可更改，由 MCU 制造商决定

## 调试支持

- 串行线调试端口 – SW-DP
- 4 个用于硬件断点或代码 / 文字补丁的比较器
- 2 个用于硬件数据观察点的比较器

## 封装和工作温度

- 24/32/46-pin QFN 和 48-pin LQFP 封装
- 工作温度：-40 °C ~ 105 °C

# 3 概述

## 单片机信息

表 1. 特性及外设列表

外设		HT32F52234	HT32F52244
主 Flash (KB)		32	63
选项字节 Flash (KB)		1	
SRAM (KB)		4	8
定时器	PWM	1	
	SCTM	2	
	BFTM	2	
	RTC <sup>(注)</sup>	1	
	WDT	1	
通信	SPI	1	
	USART	1	
	UART	1	
	I <sup>2</sup> C	3	
PDMA		6 通道	
硬件除法器		1	
CRC-16/32		1	
EXTI		16	
12-bit 1 Msps ADC 通道数		1	
		12 外部通道	
DAC DAC 转换器数		2	
		4	
GPIO		40 (Max.)	
CPU 频率		高达 60 MHz	
工作电压		1.65 V ~ 3.6 V	
工作温度		-40 °C ~ 105 °C	
封装		24/32/46-pin QFN, 48-pin LQFP	

注：对于 24-pin QFN 封装，因缺少 X32KIN 和 X32KOUT 引脚，RTC 的时钟源来源于 LSI。

3 概述

## 方框图

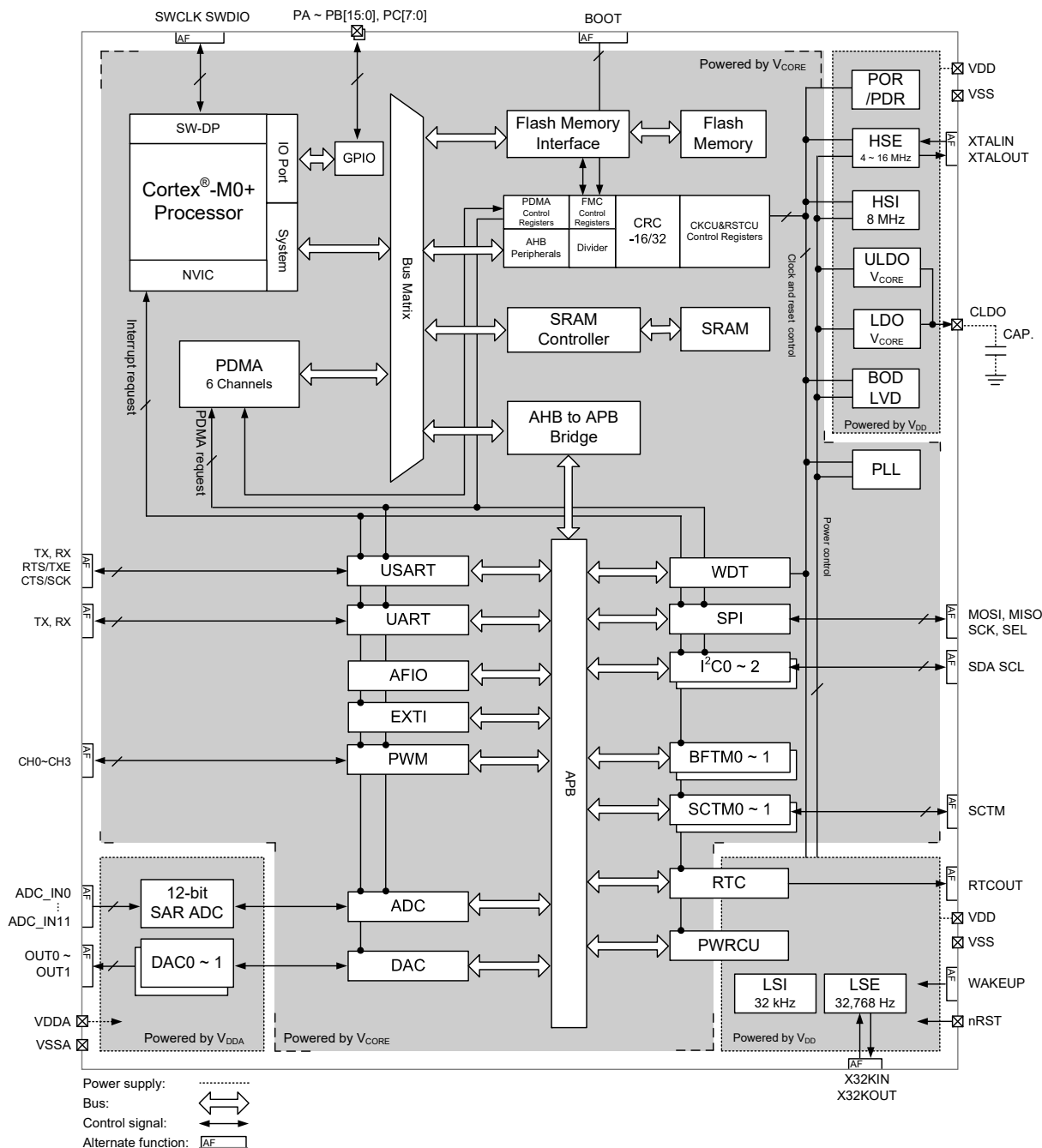


图 1. 方框图

存储器映射

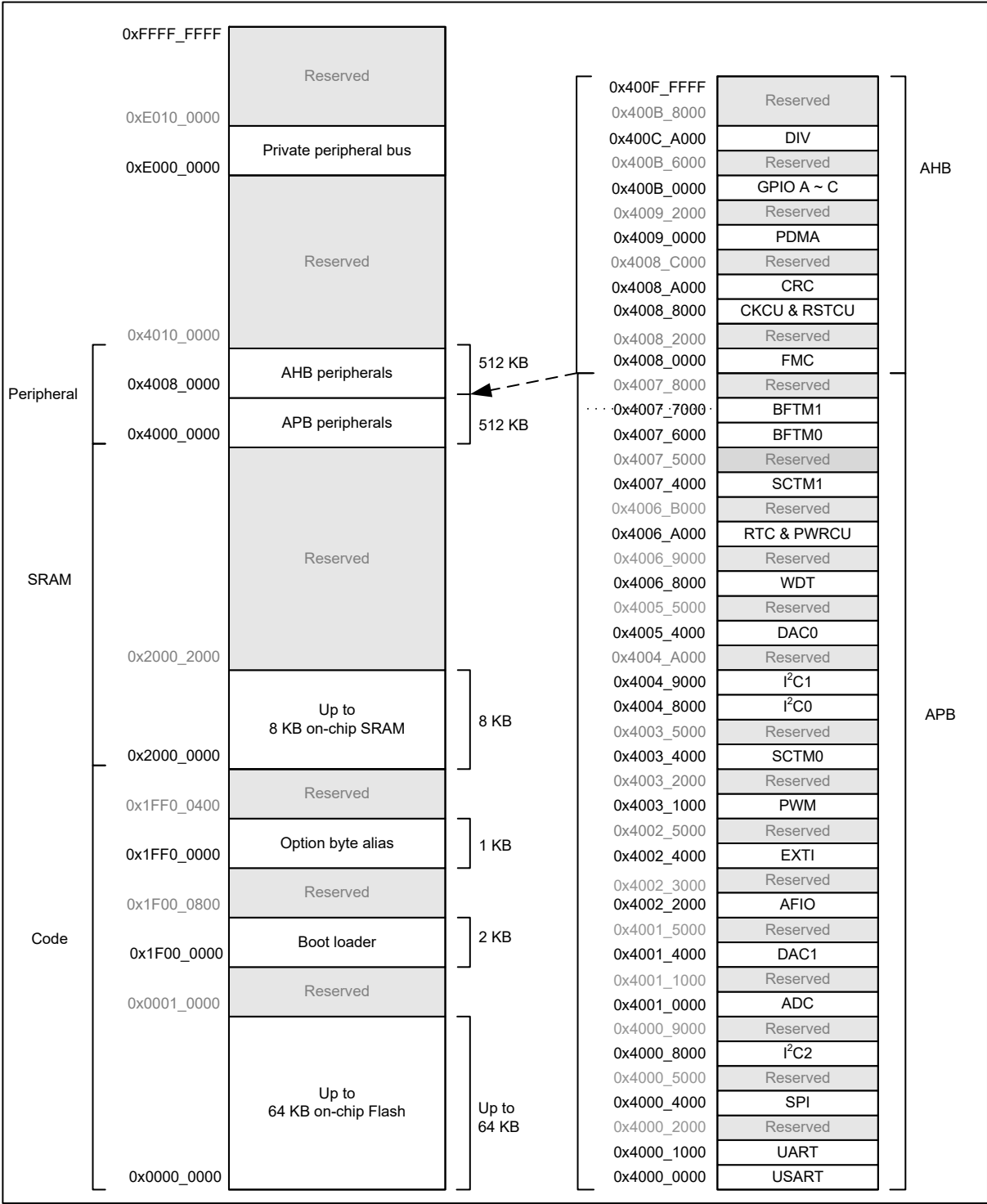


图 2. 存储器映射



表 2. 寄存器映射

起始地址	结束地址	外设	总线
0x4000_0000	0x4000_0FFF	USART	APB
0x4000_1000	0x4000_1FFF	UART	
0x4000_2000	0x4000_3FFF	保留	
0x4000_4000	0x4000_4FFF	SPI	
0x4000_5000	0x4000_7FFF	保留	
0x4000_8000	0x4000_8FFF	I <sup>2</sup> C2	
0x4000_9000	0x4000_FFFF	保留	
0x4001_0000	0x4001_0FFF	ADC	
0x4001_1000	0x4001_3FFF	保留	
0x4001_4000	0x4001_4FFF	DAC1	
0x4001_5000	0x4002_1FFF	保留	
0x4002_2000	0x4002_2FFF	AFIO	
0x4002_3000	0x4002_3FFF	保留	
0x4002_4000	0x4002_4FFF	EXTI	
0x4002_5000	0x4003_0FFF	保留	
0x4003_1000	0x4003_1FFF	PWM	
0x4003_2000	0x4003_3FFF	保留	
0x4003_4000	0x4003_4FFF	SCTM0	
0x4003_5000	0x4004_7FFF	保留	
0x4004_8000	0x4004_8FFF	I <sup>2</sup> C0	
0x4004_9000	0x4004_9FFF	I <sup>2</sup> C1	
0x4004_A000	0x4005_3FFF	保留	
0x4005_4000	0x4005_4FFF	DAC0	
0x4005_5000	0x4006_7FFF	保留	
0x4006_8000	0x4006_8FFF	WDT	
0x4006_9000	0x4006_9FFF	保留	
0x4006_A000	0x4006_AFFF	RTC & PWRCU	
0x4006_B000	0x4007_3FFF	保留	
0x4007_4000	0x4007_4FFF	SCTM1	
0x4007_5000	0x4007_5FFF	保留	
0x4007_6000	0x4007_6FFF	BFTM0	
0x4007_7000	0x4007_7FFF	BFTM1	
0x4007_8000	0x4007_FFFF	保留	

起始地址	结束地址	外设	总线
0x4008_0000	0x4008_1FFF	FMC	AHB
0x4008_2000	0x4008_7FFF	保留	
0x4008_8000	0x4008_9FFF	CKCU & RSTCU	
0x4008_A000	0x4008_BFFF	CRC	
0x4008_C000	0x4008_FFFF	保留	
0x4009_0000	0x4009_1FFF	PDMA	
0x4009_2000	0x400A_FFFF	保留	
0x400B_0000	0x400B_1FFF	GPIO A	
0x400B_2000	0x400B_3FFF	GPIO B	
0x400B_4000	0x400B_5FFF	GPIO C	
0x400B_6000	0x400C_9FFF	保留	
0x400C_A000	0x400C_BFFF	DIV	
0x400C_C000	0x400F_FFFF	保留	

## 时钟结构

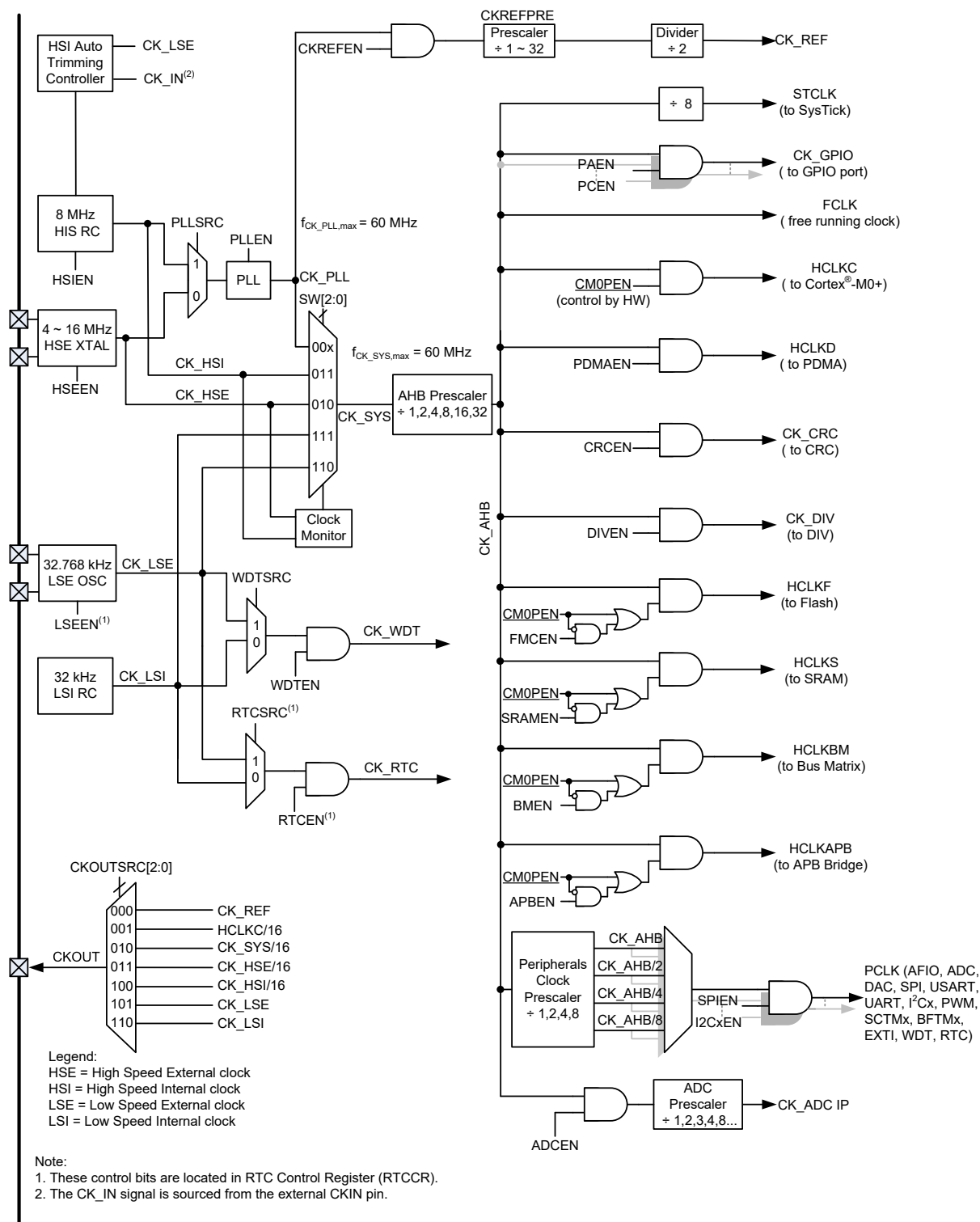


图 3. 时钟结构

## 引脚图





2024-12-03



2024-12-03

## 引脚图



表 3. 引脚分配

封装				复用功能映射															
				AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15
48 LQFP	46 QFN	32 QFN	24 QFN	系统默认	GPIO	ADC	DAC	N/A	SPI	USART / UART	I <sup>2</sup> C	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	SCTM / PWM	N/A	系统其它
1	46	1	1	PA0		ADC_IN0			SPI_SCK	USR_RTS	I2C1_SCL						SCTM0		VREF
2	1	2	2	PA1		ADC_IN1			SPI_MOSI	USR_CTS	I2C1_SDA						SCTM1		
3	2	3	3	PA2		ADC_IN2			SPI_MISO	USR_TX							SCTM0		
4	3	4	4	PA3		ADC_IN3			SPI_SEL	USR_RX							SCTM1		
5	4	5	5	PA4		ADC_IN4			SPI_SCK	USR_TX	I2C0_SCL								
6	5	6	6	PA5		ADC_IN5			SPI_MOSI	USR_RX	I2C0_SDA								
7				PA6		ADC_IN6			SPI_MISO	USR_RTS									
8				PA7		ADC_IN7			SPI_SEL	USR_CTS									
9	6	7		PC4		ADC_IN8				USR_TX	I2C1_SCL						PWM_CH0		
10	7	8		PC5		ADC_IN9				USR_RX	I2C1_SDA						PWM_CH1		
11	8			PC6		ADC_IN10				UR_TX	I2C0_SCL						PWM_CH2		
12	9			PC7		ADC_IN11				UR_RX	I2C0_SDA						PWM_CH3		
13	10	9	7	CLDO															
14	11	10	8	VDD_1															
15	12	11	9, 21	VSS_1															
16	13	12	10	nRST															
17	14			PB9													SCTM0		
18	15	13		X32KIN	PB10				SPI_SEL	USR_TX	I2C2_SCL						SCTM1		
19	16	14		X32KOUT	PB11				SPI_SCK	USR_RX	I2C2_SDA						SCTM0		
20	17	15	11	RTCOUT	PB12				SPI_MISO								SCTM1		WAKEUP
21	18	16	12	XTALIN	PB13					UR_TX	I2C1_SCL						PWM_CH1		
22	19	17	13	XTALOUT	PB14					UR_RX	I2C1_SDA						PWM_CH2		
23	20			PB15					SPI_SEL		I2C0_SCL						PWM_CH2		
24	21			PC0					SPI_SCK		I2C0_SDA						PWM_CH3		
25	22			PA8						USR_TX							PWM_CH3		
26	23	18	14	PA9_BOOT					SPI_MOSI								PWM_CH0		CKOUT
27	24			PA10					SPI_MOSI	USR_RX							PWM_CH1		
28	25			PA11					SPI_MISO								SCTM1		
29	26	19	15	SWCLK	PA12														
30	27	20	16	SWDIO	PA13														
31	28	21		PA14					SPI_SEL	USR_RTS	I2C2_SCL						SCTM0		
32	29	22		PA15					SPI_SCK	USR_CTS	I2C2_SDA						SCTM1		
33	30	23	17	PB0					SPI_MOSI	USR_TX	I2C0_SCL						SCTM0		
34	31	24	18	PB1					SPI_MISO	USR_RX	I2C0_SDA						PWM_CH2		



封装				复用功能映射															
				AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15
48 LQFP	46 QFN	32 QFN	24 QFN	系统默认	GPIO	ADC	DAC	N/A	SPI	USART / UART	PC	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	SCTM / PWM	N/A	系统其它
35	32			VDD_2															
36	33	EP(Notes)	EP(Notes)	VSS_2															
37	34	25	19	PB2					SPI_SEL	UR_TX	I2C2_SCL						PWM_CH0		CKIN
38	35	26	20	PB3					SPI_SCK	UR_RX	I2C2_SDA						PWM_CH1		
39	36	27		PB4					SPI_MOSI	UR_TX							PWM_CH2		
40	37	28		PB5					SPI_MISO	UR_RX							SCTM0		
41	38			PC1					SPI_SEL	UR_TX							PWM_CH0		
42	39			PC2					SPI_SCK								PWM_CH1		
43	40			PC3			DAC1_OUT0		SPI_MOSI	UR_RX	I2C2_SCL						PWM_CH3		
44	41			PB6			DAC1_OUT1		SPI_MISO		I2C2_SDA						SCTM1		
45	42	29	22	PB7			DAC0_OUT0		SPI_MISO	UR_TX	I2C1_SCL						PWM_CH3		
46	43	30	23	PB8			DAC0_OUT1		SPI_SEL	UR_RX	I2C1_SDA						PWM_CH2		
47	44	31	24	VDDA															
48	45	32	EP(Notes)	VSSA															

注：EP 表示的是 24/32-pin QFN 封装的裸露焊盘。

表 4. 引脚描述

引脚编号				引脚名称	类型 <sup>(1)</sup>	I/O 结构 <sup>(2)</sup>	输出驱动	描述
48 LQFP	46 QFN	32 QFN	24 QFN					默认功能 (AF0)
1	46	1	1	PA0	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA0
2	1	2	2	PA1	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA1
3	2	3	3	PA2	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA2
4	3	4	4	PA3	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA3
5	4	5	5	PA4	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA4，在 Boot loader 模式下，此引脚提供 USART_TX 功能
6	5	6	6	PA5	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA5，在 Boot loader 模式下，此引脚提供 USART_RX 功能
7				PA6	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA6
8				PA7	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA7
9	6	7		PC4	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PC4
10	7	8		PC5	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PC5
11	8			PC6	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PC6
12	9			PC7	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PC7
13	10	9	7	CLDO	P	—	—	内核电源 LDO 输出 必须在 CLDO 引脚与 VSS_1 间连一个 2.2 μF 电容并尽量靠近这两个引脚。
14	11	10	8	VDD_1	P	—	—	数字 I/O 口电压
15	12	11	9, 21	VSS_1	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
16	13	12	10	nRST <sup>(3)</sup>	I	33V_PU	—	外部复位引脚和在暂停模式下外部唤醒引脚

引脚编号				引脚名称	类型 <sup>(1)</sup>	I/O 结构 <sup>(2)</sup>	输出驱动	描述
48 LQFP	46 QFN	32 QFN	24 QFN					默认功能 (AF0)
17	14			PB9 <sup>(3)</sup>	I/O (V <sub>DD</sub> )	5VT	4/8/12/16 mA	PB9
18	15	13		PB10 <sup>(3)</sup>	AI/O (V <sub>DD</sub> )	33V	4/8/12/16 mA	X32KIN
19	16	14		PB11 <sup>(3)</sup>	AI/O (V <sub>DD</sub> )	33V	4/8/12/16 mA	X32KOUT
20	17	15	11	PB12 <sup>(3)</sup>	I/O (V <sub>DD</sub> )	5VT	4/8/12/16 mA	RTCOUT
21	18	16	12	PB13	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	XTALIN
22	19	17	13	PB14	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	XTALOUT
23	20			PB15	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PB15
24	21			PC0	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PC0
25	22			PA8	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PA8
26	23	18	14	PA9	I/O	5VT_PU	4/8/12/16 mA	PA9_BOOT
27	24			PA10	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PA10
28	25			PA11	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PA11
29	26	19	15	PA12	I/O	5VT_PU	4/8/12/16 mA	SWCLK
30	27	20	16	PA13	I/O	5VT_PU	4/8/12/16 mA	SWDIO
31	28	21		PA14	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PA14
32	29	22		PA15	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PA15
33	30	23	17	PB0	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PB0
34	31	24	18	PB1	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PB1
35	32			VDD_2	P	—	—	数字 I/O 口电压
36	33	EP	EP <sup>(5)</sup>	VSS_2	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
37	34	25	19	PB2	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PB2
38	35	26	20	PB3	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PB3
39	36	27		PB4	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PB4
40	37	28		PB5	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PB5
41	38			PC1	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PC1
42	39			PC2	I/O	5VT	4/8/12/16 mA	PC2
43	40			PC3	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PC3
44	41			PB6	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB6
45	42	29	22	PB7	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB7
46	43	30	23	PB8	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB8
47	44	31	24	VDDA	P	—	—	A/D 转换器参考电压
48	45	32	EP <sup>(5)</sup>	VSSA	P	—	—	A/D 转换器接地参考电压

注：1. I = 输入，O = 输出，A = 模拟端口，P = 电源，V<sub>DD</sub> = V<sub>DD</sub> 电源，V<sub>DDIO</sub> = V<sub>DDIO</sub> 电源，EP = 裸露焊盘  
2. 33V = 3.3 V 工作 I/O 类型，5VT = 5 V 耐受，PU = 上拉  
3. 这些引脚位于 V<sub>DD</sub> 电源域  
4. 在 Boot loader 模式下，只能使用 USART 连接通信  
5. 对于 24-pin QFN 封装，VSS\_2 和 VSSA 打在一起且位于裸露焊盘上

## 5 电气特性

### 极限参数

下面的表格说明单片机的极限参数。这里只强调额定功率，超过极限参数所规定的范围将对芯片造成损害，无法预期芯片在上述标示范围外的工作状态，而且若长期在标示范围外的条件下工作，可能影响芯片的可靠性。

表 5. 极限参数

符号	参数	最小值	最大值	单位
V <sub>DD</sub>	外部主电源电压	V <sub>SS</sub> - 0.3	V <sub>SS</sub> + 3.6	V
V <sub>DDA</sub>	外部模拟电源电压	V <sub>SSA</sub> - 0.3	V <sub>SSA</sub> + 3.6	V
V <sub>IN</sub>	I/O 口输入电压	V <sub>SS</sub> - 0.3	V <sub>DD</sub> + 0.3	V
T <sub>A</sub>	环境工作温度范围	-40	105	°C
T <sub>STG</sub>	存储温度范围	-60	150	°C
T <sub>J</sub>	最大结温	—	125	°C
P <sub>D</sub>	总功耗	—	500	mW
V <sub>ESD</sub>	静电放电电压 – 人体模式	-4000	+4000	V

### 建议直流工作条件

表 6. 建议直流工作条件

T<sub>A</sub> = 25 °C，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>DD</sub>	工作电压	—	1.65	3.3	3.6	V
V <sub>DDA</sub>	模拟工作电压	—	2.5	3.3	3.6	V

### 片上 LDO 稳压器特性

表 7. LDO 特性

T<sub>A</sub> = 25 °C，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>LDO</sub>	内部稳压器输出电压	调整后， V <sub>DD</sub> ≥ 1.65 V 稳压器输入 @ I <sub>LDO</sub> = 10 mA 且电压变化为 ±5 %	1.425	1.5	1.57	V
I <sub>LDO</sub>	输出电流	V <sub>DD</sub> = 1.65 V ~ 3.6 V 稳压器输入 @ V <sub>LDO</sub> = 1.5 V	—	30	35	mA
C <sub>LDO</sub>	内核供电的外部滤波电容值	电容值取决于内核电源的功耗	1	2.2	—	μF

片上超低功耗 LDO 稳压器特性

表 8. ULDO 特性

T<sub>A</sub> = 25 °C，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>ULDO</sub>	内部稳压器输出电压	调整后， V <sub>DD</sub> ≥ 1.65 V 稳压器输入 @ I <sub>ULDO</sub> = 2 mA 且电压变化为 ±5 %	1.425	1.5	1.57	V
I <sub>ULDO</sub>	输出电流	V <sub>DD</sub> = 1.65 V ~ 3.6 V 稳压器输入 @ V <sub>ULDO</sub> = 1.5 V	—	2	5	mA
C <sub>LDO</sub>	内核电源的外部滤波电容值	电容值取决于内核电源的功耗	1	2.2	—	μF

功耗

电流消耗受多个参数和因素的影响，包括工作电压、环境温度、I/O 引脚负载、单片机软件配置、工作频率、I/O 引脚切换速率、程序在存储器中的位置和执行的二进制代码。

单片机配置为以下条件以测量电流消耗：

- 所有 I/O 引脚设置为高阻抗（浮空）状态。
- 所有外设均除能，除非另有说明。
- 根据 f<sub>HCLK</sub> 频率，使用最小等待状态数来优化 Flash 存储器访问时间。
- 当外设使能时，f<sub>PCLK</sub> = f<sub>HCLK</sub>。

表 9. 功耗特性

T<sub>A</sub> = 25 °C，除非另有规定

符号	参数	条件			典型值	最大值 @ T <sub>A</sub>		单位
						25 °C	105 °C	
I <sub>DD</sub>	工作电流 (运行模式)	f <sub>HCLK</sub> = 60 MHz	V <sub>DD</sub> = 3.3 V HSI = 8 MHz PLL = 60 MHz	所有外设使能	10.5	11.4	—	mA
				所有外设除能	6.0	6.4	—	
		f <sub>HCLK</sub> = 40 MHz	V <sub>DD</sub> = 3.3 V HSI = 8 MHz PLL = 40 MHz	所有外设使能	9.0	9.8	—	
				所有外设除能	6.0	6.4	—	
		f <sub>HCLK</sub> = 20 MHz	V <sub>DD</sub> = 3.3 V HSI = 8 MHz PLL = 40 MHz	所有外设使能	4.3	4.6	—	
				所有外设除能	2.7	2.9	—	
		f <sub>HCLK</sub> = 8 MHz	V <sub>DD</sub> = 3.3 V HSI = 8 MHz PLL = off	所有外设使能	1.73	1.85	—	μA
				所有外设除能	1.09	1.17	—	
		f <sub>HCLK</sub> = 32 kHz	V <sub>DD</sub> = 3.3 V LSI = 32 kHz LDO off, ULDO on	所有外设使能	10.5	17.3	—	
				所有外设除能	8.0	13.7	—	

符号	参数	条件			典型值	最大值 @ T <sub>A</sub>		单位
						25 °C	105 °C	
I <sub>DD</sub>	工作电流 ( 休眠模式 )	f <sub>HCLK</sub> = 60 MHz	V <sub>DD</sub> = 3.3 V HSI = 8 MHz PLL = 60 MHz	所有外设使能	5.9	6.3	—	mA
			所有外设除能	0.80	0.89	—		
		f <sub>HCLK</sub> = 40 MHz	V <sub>DD</sub> = 3.3 V HSI = 8 MHz PLL = 40 MHz	所有外设使能	4.1	4.4	—	
			所有外设除能	0.66	0.75	—		
		f <sub>HCLK</sub> = 20 MHz	V <sub>DD</sub> = 3.3 V HSI = 8 MHz PLL = 40 MHz	所有外设使能	2.4	2.5	—	
			所有外设除能	0.57	0.65	—		
		f <sub>HCLK</sub> = 8 MHz	V <sub>DD</sub> = 3.3 V HSI = 8 MHz PLL = off	所有外设使能	0.94	1.01	—	
			所有外设除能	0.22	0.24	—		
		f <sub>HCLK</sub> = 32 kHz	V <sub>DD</sub> = 3.3 V LSI = 32 kHz LDO off, ULDO on	所有外设使能	7.4	12.8	—	μA
			所有外设除能	4.6	8.4	—		
	工作电流 ( 深度休眠 1 模式 )	—	V <sub>DD</sub> = 3.3 V, HSI/HSE/PLL 时钟 off, LDO off, ULDO on, LSE off, LSI on, RTC on	4.4	8.2	—	μA	
I <sub>DD</sub>	工作电流 ( 深度休眠 2 模式 )	—	V <sub>DD</sub> = 3.3 V, HSI/HSE/PLL 时钟 off, LDO off ULDO on, LSE off, LSI on, RTC on	4.4	8.2	—	μA	
	电源电流 ( 暂停模式 )	—	V <sub>DD</sub> = 3.3 V, LDO off, ULDO off, LSE off, RTC on, LSI on	1.37	1.77	—	μA	
		—	V <sub>DD</sub> = 3.3 V, LDO off, ULDO off, LSE off, RTC off, LSI on	1.33	1.71	—	μA	

注：1. HSE 表示外部高速振荡器；HSI 表示 8 MHz 内部高速振荡器。  
2. LSE 表示 32.768 kHz 低速外部振荡器；LSI 表示 32 kHz 内部低速振荡器。  
3. RTC 表示实时时钟。  
4. 在 Flash 执行代码：while (1) {208 NOP}。

复位和电源监控特性

表 10. V<sub>DD</sub> 电源复位特性

T<sub>A</sub> = 25 °C，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>DD</sub>	工作电压	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	0.6	—	3.6	V
V <sub>POR</sub>	上电复位阈值 (V <sub>DD</sub> 电压上升)	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	1.40	1.55	1.65	V
V <sub>PDR</sub>	掉电复位阈值 (V <sub>DD</sub> 电压下降)	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	1.27	1.45	1.57	V
V <sub>PORHYST</sub>	POR 迟滞	—	—	100	—	mV
t <sub>POR</sub>	复位延迟时间	V <sub>DD</sub> = 3.3 V	—	0.1	0.2	ms

注：1. 数据仅为特性描述结果，未在生产中测试。  
2. 若 LDO 开启，则 V<sub>DD</sub> 处于无效状态。当 V<sub>DD</sub> POR 处于有效状态时，LDO 和 ULDO 将被关闭。

表 11. LVD / BOD 特性

T<sub>A</sub> = 25 °C, 除非另有规定

符号	参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>BOD</sub>	欠压检测电压	工厂调整后	V <sub>DD</sub> 下降沿	1.62	1.68	1.74	V
			V <sub>DD</sub> 上升沿	1.68	1.74	1.8	
V <sub>BODHYST</sub>	BOD 迟滞	V <sub>DD</sub> = 2.0 V	—	—	60	—	mV
V <sub>LVD</sub>	低压检测电压	V <sub>DD</sub> 下降沿	LVDS = 000	1.67	1.75	1.83	V
			LVDS = 001	1.87	1.95	2.03	V
			LVDS = 010	2.07	2.15	2.23	V
			LVDS = 011	2.27	2.35	2.43	V
			LVDS = 100	2.47	2.55	2.63	V
			LVDS = 101	2.67	2.75	2.83	V
			LVDS = 110	2.87	2.95	3.03	V
V <sub>LVDHYST</sub>	LVD 迟滞	V <sub>DD</sub> = 3.3 V	—	—	100	—	mV
			—	—	—	5	
t <sub>suLVD</sub>	LVD 建立时间	V <sub>DD</sub> = 3.3 V	—	—	—	5	μs
t <sub>alLVD</sub>	LVD 有效延迟时间	V <sub>DD</sub> = 3.3 V	—	—	—	—	ms
I <sub>DDLVD</sub>	工作电流 <sup>(2)</sup>	V <sub>DD</sub> = 3.3 V	—	—	5	15	μA

注：1. 数据仅为特性描述结果，未在生产中测试。  
2. 不包括 Bandgap 电流。  
3. LVDS 位域位于 PWRCU LVDCSR 寄存器中。

外部时钟特性

表 12. 外部高速时钟 (HSE) 特性

T<sub>A</sub> = 25 °C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>DD</sub>	工作电压范围	—	1.65	—	3.6	V
f <sub>HSE</sub>	HSE 频率	—	4	—	16	MHz
C <sub>L</sub>	负载电容	V <sub>DD</sub> = 3.3 V, R <sub>ESR</sub> = 100 Ω @ 16 MHz	—	—	22	pF
R <sub>FHSE</sub>	XTALIN 和 XTALOUT 引脚间的内部反馈电阻	—	—	1	—	MΩ
R <sub>ESR</sub>	等效串联电阻	V <sub>DD</sub> = 3.3 V, C <sub>L</sub> = 12 pF @ 16 MHz, HSE <sub>GAIN</sub> = 00	—	—	160	Ω
		V <sub>DD</sub> = 2.4 V, C <sub>L</sub> = 12 pF @ 16 MHz, HSE <sub>GAIN</sub> = 11				
D <sub>HSE</sub>	HSE 振荡器占空比	—	40	—	60	%
I <sub>DDHSE</sub>	HSE 振荡器工作电流	V <sub>DD</sub> = 3.3 V @ 16 MHz	—	TBD	—	mA
I <sub>PWDHSE</sub>	HSE 振荡器暂停电流	V <sub>DD</sub> = 3.3 V	—	—	0.01	μA
t <sub>SUHSE</sub>	HSE 振荡器启动时间	V <sub>DD</sub> = 3.3 V	—	—	4	ms

表 13. 外部低速时钟 (LSE) 特性

T<sub>A</sub> = 25 °C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>DD</sub>	工作电压范围	—	1.65	—	3.6	V
f <sub>CK_LSE</sub>	LSE 频率	V <sub>DD</sub> = 1.65 V ~ 3.6 V	—	32.768	—	kHz
R <sub>F</sub>	内部反馈电阻	—	—	10	—	MΩ
R <sub>ESR</sub>	等效串联电阻	V <sub>DD</sub> = 3.3 V	30	—	TBD	kΩ
C <sub>L</sub>	建议负载电容	V <sub>DD</sub> = 3.3 V	6	—	TBD	pF
I <sub>DDLSE</sub>	LSE 振荡器工作电流 (大电流模式)	f <sub>CK_LSE</sub> = 32.768 kHz, R <sub>ESR</sub> = 50 kΩ, C <sub>L</sub> ≥ 7 pF V <sub>DD</sub> = 1.65 V ~ 2.7 V T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	—	3.3	6.3	μA
	LSE 振荡器工作电流 (小电流模式)	f <sub>CK_LSE</sub> = 32.768 kHz, R <sub>ESR</sub> = 50 kΩ, C <sub>L</sub> < 7 pF V <sub>DD</sub> = 1.65 V ~ 3.6 V T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	—	1.8	3.3	μA
	暂停电流	—	—	—	0.01	μA
t <sub>SULSE</sub>	LSE 振荡器启动时间 (小电流模式)	f <sub>CK_LSE</sub> = 32.768 kHz, V <sub>DD</sub> = 1.65 V ~ 3.6 V	500	—	—	ms

注：PCB 布局时建议参考以下几点以提高 HSE / LSE 时钟晶体电路的稳定性。

1. 晶体振荡器应当尽可能的靠近单片机来缩短走线长度，进而减少寄生电容。
2. 晶体电路部分采用铺地做保护来减少噪音干扰的影响。
3. 高频信号走线时远离晶体振荡器区域，可防止串扰。

内部时钟特性

表 14. 内部高速时钟 (HSI) 特性

T<sub>A</sub> = 25 °C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>DD</sub>	工作电压范围	—	1.65	—	3.6	V
f <sub>HSI</sub>	HSI 频率	V <sub>DD</sub> = 3.3 V @ 25 °C	—	8	—	MHz
ACC <sub>HSI</sub>	出厂校准后 HSI 振荡器频率 精准度	V <sub>DD</sub> = 3.3 V T <sub>A</sub> = 25 °C	-1	—	1	%
		V <sub>DD</sub> = 1.65 V ~ 3.6 V, T <sub>A</sub> = -20 °C ~ 60 °C	-1.5	—	2	%
		V <sub>DD</sub> = 1.65 V ~ 3.6 V T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	-3	—	3	%
Duty	HSI 振荡器占空比	f <sub>HSI</sub> = 8 MHz	35	—	65	%
I <sub>DDHSI</sub>	HSI 振荡器工作电流	f <sub>HSI</sub> = 8 MHz	—	300	500	μA
	HSI 振荡器暂停电流		—	—	0.05	μA
T <sub>SUHSI</sub>	HSI 振荡器启动时间	f <sub>HSI</sub> = 8 MHz	—	—	10	μs

注：数据仅为特性描述结果，未在生产中测试。

表 15. 内部低速时钟 (LSI) 特性

T<sub>A</sub> = 25 °C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f <sub>LSI</sub>	LSI 频率	V <sub>DD</sub> = 3.3 V, T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	21	32	43	kHz
ACC <sub>LSI</sub>	LSI 振荡器频率精度度	经出厂校准, V <sub>DD</sub> = 3.3 V	-10	—	+10	%
I <sub>DDLSI</sub>	LSI 振荡器工作电流	V <sub>DD</sub> = 3.3 V	—	0.4	0.8	μA
t <sub>SULSI</sub>	LSI 振荡器启动时间	V <sub>DD</sub> = 3.3 V	—	—	100	μs

系统 PLL 特性

表 16. 系统 PLL 特性

T<sub>A</sub> = 25 °C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f <sub>PLLIN</sub>	系统 PLL 输入时钟	—	4	—	16	MHz
f <sub>CK_PLL</sub>	系统 PLL 输出时钟	—	16	—	60	MHz
t <sub>LOCK</sub>	系统 PLL 锁相时间	—	—	200	—	μs

存储器特性

表 17. Flash 存储器特性

T<sub>A</sub> = 25 °C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
N <sub>ENDU</sub>	可擦写次数 (耐久性)	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	20	—	—	K cycles
t <sub>RET</sub>	数据保存时间	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	10	—	—	Years
t <sub>PROG</sub>	字编程时间	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	20	—	—	μs
t <sub>ERASE</sub>	页擦除时间	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	2	—	—	ms
t <sub>MERASE</sub>	整片擦除时间	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	10	—	—	ms

I/O 端口特性

表 18. I/O 端口特性

T<sub>A</sub> = 25 °C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I <sub>IL</sub>	低电平输入电流	3.3 V I/O V <sub>I</sub> = V <sub>SS</sub> , 复位引脚 片内上拉电阻除能	—	—	3	μA
		复位引脚	—	—	3	μA
I <sub>IH</sub>	高电平输入电流	3.3 V I/O V <sub>I</sub> = V <sub>DD</sub> , 复位引脚 片内下拉电阻除能	—	—	3	μA
		复位引脚	—	—	3	μA
V <sub>IL</sub>	低电平输入电压	3.3 V I/O	- 0.5	—	V <sub>DD</sub> × 0.35	V
		复位引脚	- 0.5	—	V <sub>DD</sub> × 0.35	V
V <sub>IH</sub>	高电平输入电压	3.3 V I/O	V <sub>DD</sub> × 0.65	—	V <sub>DD</sub> + 0.5	V
		复位引脚	V <sub>DD</sub> × 0.65	—	V <sub>DD</sub> + 0.5	V
V <sub>HYS</sub>	施密特触发输入电压迟滞	3.3 V I/O	—	0.12 × V <sub>DD</sub>	—	mV
		复位引脚	—	0.12 × V <sub>DD</sub>	—	mV



符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I <sub>OL</sub>	低电平输出电流 (GPIO 灌电流)	3.3 V I/O 4 mA 驱动, V <sub>OL</sub> = 0.4 V	4	—	—	mA
		3.3 V I/O 8 mA 驱动, V <sub>OL</sub> = 0.4 V	8	—	—	mA
		3.3 V I/O 12 mA 驱动, V <sub>OL</sub> = 0.4 V	12	—	—	mA
		3.3 V I/O 16 mA 驱动, V <sub>OL</sub> = 0.4 V	16	—	—	mA
I <sub>OH</sub>	高电平输出电流 (GPIO 源电流)	3.3 V I/O 4 mA 驱动, V <sub>OH</sub> = V <sub>DD</sub> - 0.4 V	4	—	—	mA
		3.3 V I/O 8 mA 驱动, V <sub>OH</sub> = V <sub>DD</sub> - 0.4 V	8	—	—	mA
		3.3 V I/O 12 mA 驱动, V <sub>OH</sub> = V <sub>DD</sub> - 0.4 V	12	—	—	mA
		3.3 V I/O 16 mA 驱动, V <sub>OH</sub> = V <sub>DD</sub> - 0.4 V	16	—	—	mA
V <sub>OL</sub>	低电平输出电压	3.3 V 4 mA 驱动 I/O, I <sub>OL</sub> = 4 mA	—	—	0.4	V
		3.3 V 8 mA 驱动 I/O, I <sub>OL</sub> = 8 mA	—	—	0.4	V
		3.3 V 12 mA 驱动 I/O, I <sub>OL</sub> = 12 mA	—	—	0.4	V
		3.3 V 16 mA 驱动 I/O, I <sub>OL</sub> = 16 mA	—	—	0.4	V
V <sub>OH</sub>	高电平输出电压	3.3 V 4 mA 驱动 I/O, I <sub>OH</sub> = 4 mA	V <sub>DD</sub> - 0.4	—	—	V
		3.3 V 8 mA 驱动 I/O, I <sub>OH</sub> = 8 mA	V <sub>DD</sub> - 0.4	—	—	V
		3.3 V 12 mA 驱动 I/O, I <sub>OL</sub> = 12 mA	V <sub>DD</sub> - 0.4	—	—	V
		3.3 V 16 mA 驱动 I/O, I <sub>OL</sub> = 16 mA	V <sub>DD</sub> - 0.4	—	—	V
R <sub>PU</sub>	内部上拉电阻	3.3 V I/O @ 3.3 V	40	60	80	kΩ
R <sub>PD</sub>	内部下拉电阻	3.3 V I/O @ 3.3 V	40	60	80	kΩ

A/D 转换器特性

表 19. A/D 转换器特性

T<sub>A</sub> = 25 °C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>DDA</sub>	A/D 转换器工作电压	—	2.5	3.3	3.6	V
V <sub>ADCIN</sub>	A/D 转换器输入电压范围	—	0	—	V <sub>REF+</sub>	V
V <sub>REF+</sub>	A/D 转换器参考电压	—	—	V <sub>DDA</sub>	V <sub>DDA</sub>	V
I <sub>ADC</sub>	A/D 转换器使能电流消耗	V <sub>DDA</sub> = 3.3 V	—	0.9	1	mA
I <sub>ADC_DN</sub>	A/D 转换器暂停电流消耗	V <sub>DDA</sub> = 3.3 V	—	—	0.1	μA
f <sub>ADC</sub>	A/D 转换器时钟频率	—	0.7	—	16	MHz
f <sub>S</sub>	采样率	—	0.05	—	1	Msp/s
t <sub>DL</sub>	数据延迟	—	—	12.5	—	1/f <sub>ADC</sub> Cycles
t <sub>S&amp;H</sub>	采样 & 保持时间	—	—	3.5	—	1/f <sub>ADC</sub> Cycles
t <sub>ADCCONV</sub>	A/D 转换器转换时间	ADST[7:0] = 2	—	16	—	1/f <sub>ADC</sub> Cycles
R <sub>I</sub>	输入采样开关电阻	—	—	—	1	kΩ
C <sub>I</sub>	输入采样电容	不包括 pin/pad 电容	—	4	—	pF
t <sub>SU</sub>	启动时间	—	—	—	1	μs
N	A/D 转换器分辨率	—	—	12	—	bits
INL	积分非线性误差	f <sub>S</sub> = 750 ksp/s, V <sub>DDA</sub> = 3.3 V	—	±2	±5	LSB
DNL	微分非线性误差	f <sub>S</sub> = 750 ksp/s, V <sub>DDA</sub> = 3.3 V	—	±1	—	LSB

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
E <sub>o</sub>	失调误差	—	—	—	±10	LSB
E <sub>G</sub>	增益误差	—	—	—	±10	LSB

注：1. 数据仅为特性描述结果，未在生产中测试。

2. 下图显示了 A/D 转换器采样 - 保持输入级的等效电路，图中 C<sub>I</sub> 为内部存储电容，R<sub>I</sub> 为内部采样开关电阻，R<sub>S</sub> 是信号源 V<sub>S</sub> 的输出阻抗。在正常情况下，采样阶段的持续时间大约是 3.5 / f<sub>ADC</sub>。在此阶段，对 C<sub>I</sub> 充电以确保在其两端的电压变得足够接近 V<sub>S</sub>。为了保证这一点，R<sub>S</sub> 取值会有一定的限制。

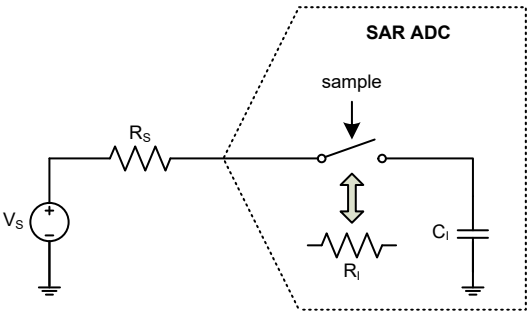


图 8. ADC 转换器采样网络模板

最差的情况是，当在输入电压范围的极限 (0 V 和 V<sub>REF</sub>) 进行连续采样，可采用下面公式来确保采样误差低于 1/4 LSB：

$$R_S < \frac{3.5}{f_{ADC} C_I \ln(2^{N+2})} - R_I$$

其中，f<sub>ADC</sub> 是 A/D 转换器时钟频率，N 是 A/D 转换器分辨率 (此处 N = 12)。另外需考虑引脚 / 焊盘寄生电容。在这个简单的例子中未作说明。

如果系统使用 A/D 转换器，在连续采样阶段没有轨到轨的输入电压变化，R<sub>S</sub> 可能大于上述公式表示值。

内部参考电压特性

表 20. 内部参考电压特性

V<sub>DDA</sub> = 1.8 V ~ 3.6 V, T<sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>DDA</sub>	工作电压	—	1.8	—	3.6	V
V <sub>REF</sub>	工厂调整后内部参 考电压 @ 25 °C	V <sub>DDA</sub> ≥ 1.8 V    VREFSEL[1:0] = 00	0.776	0.8	0.824	V
		V <sub>DDA</sub> ≥ 2.3 V    VREFSEL[1:0] = 01	1.96	2.0	2.04	
		V <sub>DDA</sub> ≥ 2.8 V    VREFSEL[1:0] = 10	2.45	2.5	2.55	
		V <sub>DDA</sub> ≥ 3.0 V    VREFSEL[1:0] = 11	2.65	2.7	2.75	
ACC <sub>VREF</sub>	调整后的参考电压精度	—	-3	—	+3	%
t <sub>STABLE</sub>	参考电压稳定时间	—	—	—	100	ms
t <sub>SREFV</sub>	读取参考电压时的 A/D 转换器采样时间	—	10	—	—	μs
I <sub>DD</sub>	工作电流	—	—	50	70	μA
I <sub>DDPWD</sub>	参考电压暂停电流	—	—	—	0.01	μA

V<sub>DDA</sub> 监控特性

表 21. V<sub>DDA</sub> 监控特性

T<sub>A</sub> = 25 °C，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
R	V <sub>DDA</sub> 电阻桥	—	—	50	—	kΩ
Q	V <sub>DDA</sub> 测量比	—	—	2	—	—
E <sub>R</sub>	误差比	—	-1	—	+1	%
t <sub>SVDDA</sub>	读取 V <sub>DDA</sub> 时的 A/D 转换器采样时间	—	5	—	—	μs

注：数据仅为特性描述结果，未在生产中测试。

DAC 特性

表 22. DAC 特性

T<sub>A</sub> = 25 °C，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>DDA</sub>	模拟电源电压	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	2.5	—	3.6	V
V <sub>DD15</sub>	数字电源电压	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 105 °C	1.35	1.5	1.65	V
V <sub>DACREF</sub>	参考电源电压	—	2.0	—	V <sub>DDA</sub>	V
V <sub>SSA</sub>	地	—	0	—	0	V
R <sub>L</sub>	带缓冲器的电阻性负载	—	50	—	—	kΩ
C <sub>L</sub>	电容性负载	—	—	—	50	pF
DACOUT <sub>MIN</sub>	带缓冲器的最低 DACOUT 电压	—	0.2	—	—	V
DACOUT <sub>MAX</sub>	带缓冲器的最高 DACOUT 电压	V <sub>DACREF</sub> = V <sub>DDA</sub>	—	—	V <sub>DACREF</sub> - 0.2	V
		V <sub>DACREF</sub> = V <sub>REF</sub>	—	—	V <sub>DACREF</sub>	V
I <sub>DD</sub>	静态模式下 DAC 直流电流损耗 (V <sub>DDA</sub> + V <sub>REF</sub> )	无负载，最高码 (0xFF) 输入 @ V <sub>DDA</sub> = 3.6V	—	—	1	mA
I <sub>DDPWD</sub>	暂停模式下 DAC 直流电流损耗 (V <sub>DDA</sub> + V <sub>REF</sub> )	无负载	—	—	1	nA
DNL	微分非线性误差 (两个连续码之差 - 1 LSB)	DAC 设置为 10-bit (B1, B0 始终为 0)	—	—	±1	LSB
INL	积分非线性误差 (i 对应的实际测量值与由 0 和 1023 两点之间确定的直线上得到的 i 的值之差)	DAC 设置为 10-bit (B1, B0 始终为 0)	—	—	±2	LSB
E <sub>O</sub>	失调误差 (0x800 对应的实际测量值与理想值 V <sub>REF</sub> /2 之差)	DAC 设置为 10-bit (B1, B0 始终为 0) @ V <sub>REF</sub> = 3.6V	—	±10	—	mV
E <sub>G</sub>	增益误差	—	—	±0.5	—	%
t <sub>SETTLE</sub>	稳定时间 (满量程: 10-bit 输入码从最低值改到最高值时, DAC 开始转换至 DACOUT 输出达到最终值 (±1 LSB) 之间的时间间隔)	C <sub>LOAD</sub> ≤ 50 pF, R <sub>LOAD</sub> ≥ 50 kΩ	—	—	5	μs

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
SR <sub>DAC</sub>	当输入码发生微小变化时 (从 i 到 i + 1 LSB), 可产生正确的 DACOUT 更新的最大频率	C <sub>LOAD</sub> ≤ 50 pF, R <sub>LOAD</sub> ≥ 50 kΩ	—	TBD	—	MS/s
f <sub>DAC</sub>	DAC 时钟频率	—	—	TBD	—	MHz

注：数据仅为特性描述结果，未在生产中测试。

**PWM / SCTM 特性**

表 23. PWM / SCTM 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f <sub>TM</sub>	PWM, SCTM 定时器时钟源	—	—	—	f <sub>PCLK</sub>	MHz
t <sub>RES</sub>	定时器分辨率	—	1	—	—	1/f <sub>TM</sub>
f <sub>EXT</sub>	通道 0 ~ 3 的外部信号频率	—	—	—	1/2	f <sub>TM</sub>
RES	定时器分辨率	—	—	—	16	bits

**I<sup>2</sup>C 特性**

表 24. I<sup>2</sup>C 特性

符号	参数	标准模式		快速模式		高速模式		单位
		最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	
f <sub>SCL</sub>	SCL 时钟频率	—	100	—	400	—	1000	kHz
t <sub>SCL(H)</sub>	SCL 时钟高电平时间	4.5	—	1.125	—	0.45	—	μs
t <sub>SCL(L)</sub>	SCL 时钟低电平时间	4.5	—	1.125	—	0.45	—	μs
t <sub>FALL</sub>	SCL 和 SDA 下降沿时间	—	1.3	—	0.34	—	0.135	μs
t <sub>RISE</sub>	SCL 和 SDA 上升沿时间	—	1.3	—	0.34	—	0.135	μs
t <sub>SU(SDA)</sub>	SDA 数据建立时间	500	—	125	—	50	—	ns
t <sub>H(SDA)</sub>	SDA 数据保持时间 <sup>(5)</sup>	0	—	0	—	0	—	ns
	SDA 数据保持时间 <sup>(6)</sup>	—	1.6	—	0.475	—	0.25	μs
t <sub>VD(SDA)</sub>	SDA 数据有效时间	—	1.6	—	0.475	—	0.25	μs
t <sub>SU(STA)</sub>	START 条件建立时间	500	—	125	—	50	—	ns
t <sub>H(STA)</sub>	START 条件保持时间	0	—	0	—	0	—	ns
t <sub>SU(STO)</sub>	STOP 条件建立时间	500	—	125	—	50	—	ns

注：1. 数据仅为特性描述结果，未在生产中测试。  
2. 为达到标准模式 100 kHz，外设时钟频率必须高于 2 MHz。  
3. 为达到快速模式 400 kHz，外设时钟频率必须高于 8 MHz。  
4. 为达到高速模式 1 MHz，外设时钟频率必须高于 20 MHz。  
5. 以上 I<sup>2</sup>C 总线时序图的特性参数是基于：COMBFILTEREN = 0 且 SEQFILTER = 00 的情况。  
6. 以上 I<sup>2</sup>C 总线时序图的特性参数是基于：COMBFILTEREN = 1 且 SEQFILTER = 00 的情况。

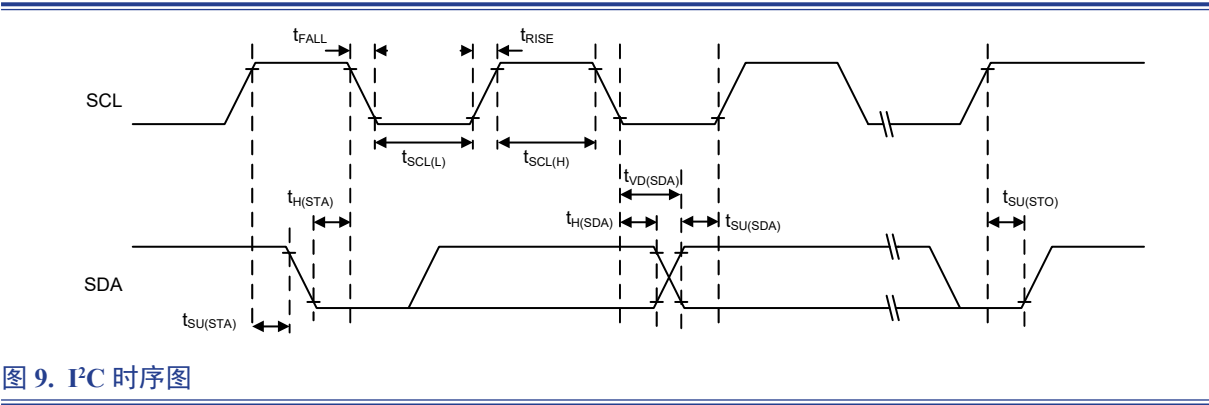


图 9. I²C 时序图

SPI 特性

表 25. SPI 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
SPI 主机模式						
f <sub>SCK</sub>	SPI 主机输出 SCK 时钟频率	主机模式 SPI 外设时钟频率 f <sub>PCLK</sub>	—	—	f <sub>PCLK</sub> /2	MHz
t <sub>SCK(H)</sub> t <sub>SCK(L)</sub>	SCK 时钟高电平和低电平时间	—	t <sub>SCK</sub> /2 - 2	—	t <sub>SCK</sub> /2 + 1	ns
t <sub>V(MO)</sub>	数据输出有效时间	—	—	—	5	ns
t <sub>H(MO)</sub>	数据输出保持时间	—	2	—	—	ns
t <sub>SU(MI)</sub>	数据输入建立时间	—	5	—	—	ns
t <sub>H(MI)</sub>	数据输入保持时间	—	5	—	—	ns
SPI 从机模式						
f <sub>SCK</sub>	SPI 从机输入 SCK 时钟频率	从机模式 SPI 外设时钟频率 f <sub>PCLK</sub>	—	—	f <sub>PCLK</sub> /3	MHz
Duty <sub>SCK</sub>	SPI 从机输入 SCK 时钟占空比	—	30	—	70	%
t <sub>SU(SEL)</sub>	SEL 使能建立时间	—	3 × t <sub>PCLK</sub>	—	—	ns
t <sub>H(SEL)</sub>	SEL 使能保持时间	—	2 × t <sub>PCLK</sub>	—	—	ns
t <sub>A(SO)</sub>	数据输出存取时间	—	—	—	3 × t <sub>PCLK</sub>	ns
t <sub>DIS(SO)</sub>	数据输出除能时间	—	—	—	10	ns
t <sub>V(SO)</sub>	数据输出有效时间	—	—	—	25	ns
t <sub>H(SO)</sub>	数据输出保持时间	—	15	—	—	ns
t <sub>SU(SI)</sub>	数据输入建立时间	—	5	—	—	ns
t <sub>H(SI)</sub>	数据输入保持时间	—	4	—	—	ns

注：1. f<sub>SCK</sub> 为 SPI 输出 / 输入时钟频率，t<sub>SCK</sub> = 1/f<sub>SCK</sub>。  
2. f<sub>PCLK</sub> 为 SPI 外设时钟频率，t<sub>PCLK</sub> = 1/f<sub>PCLK</sub>。

电气特性

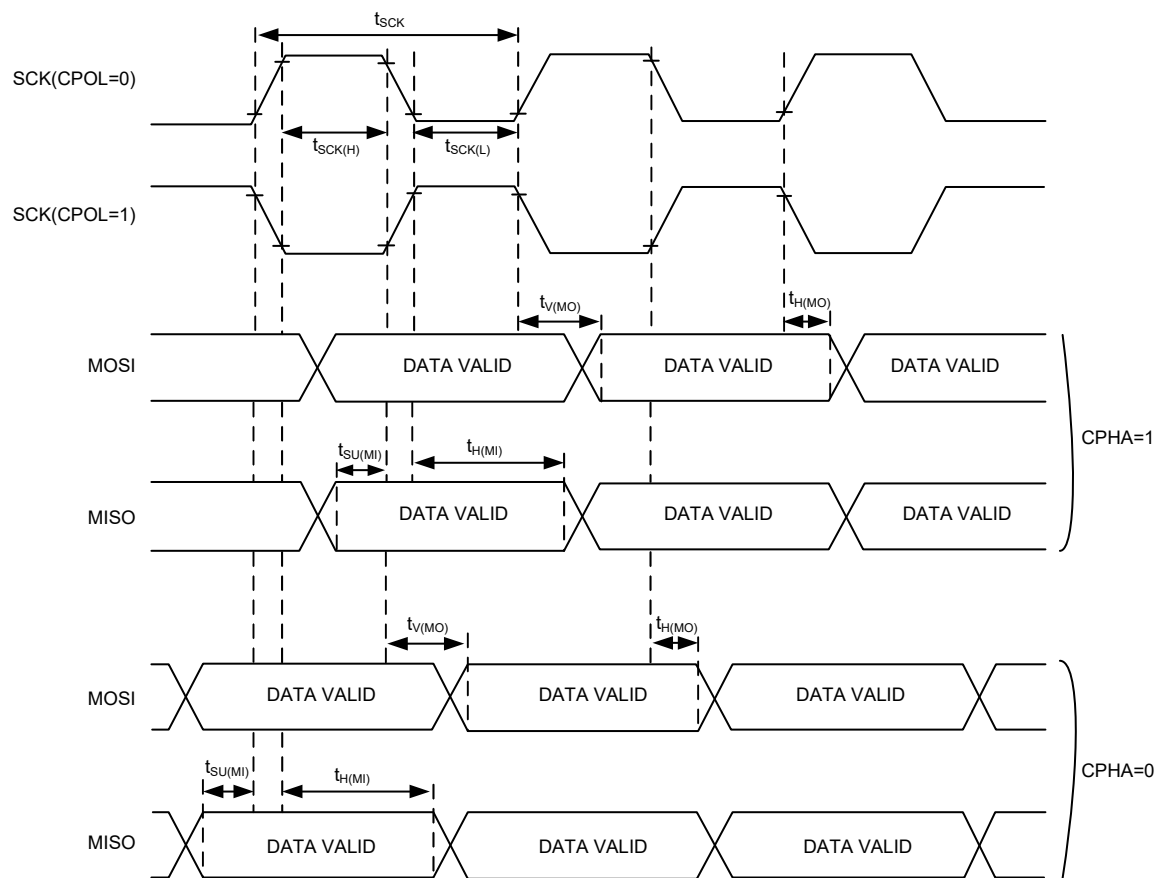


图 10. SPI 时序图 – SPI 主机模式

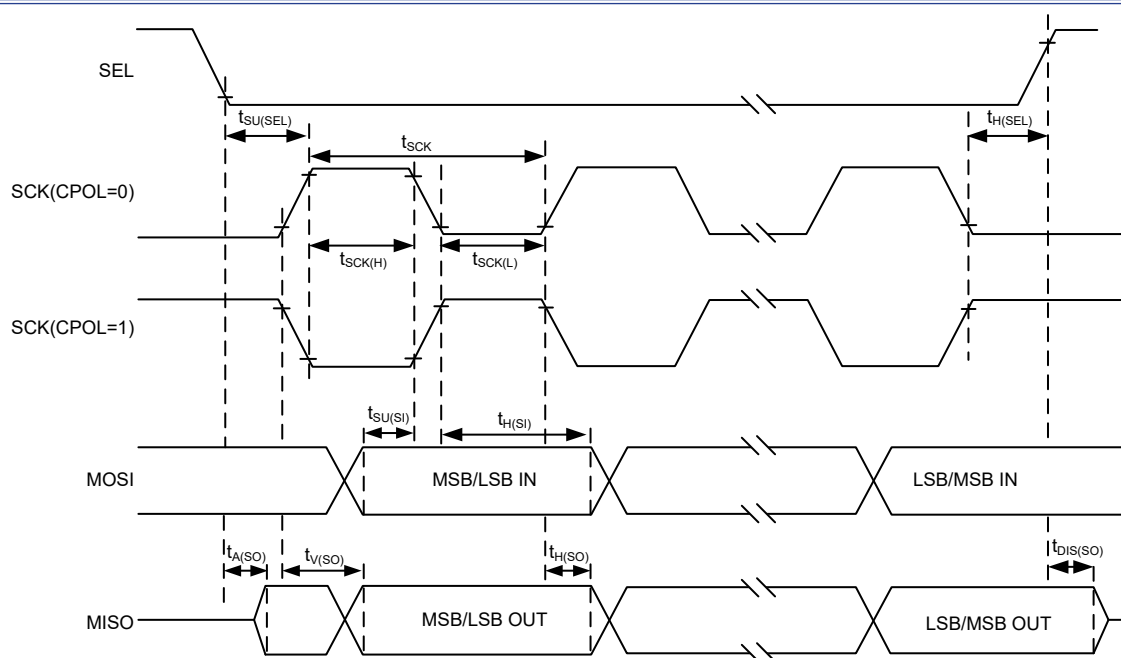


图 11. SPI 时序图 – SPI 从机模式，CPHA = 1

## 6 封装信息

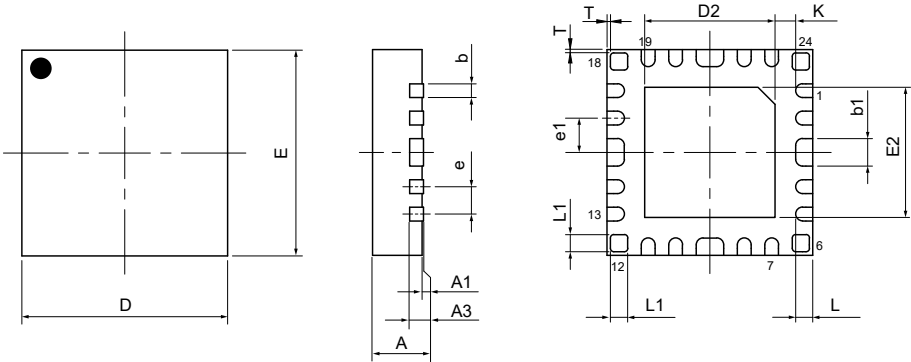
请注意，这里提供的封装信息仅作为参考。由于这个信息经常更新，提醒用户咨询 [Holtek网站](http://www.holtek.com) 以获取最新版本的[封装信息](#)。

封装信息的相关内容如下所示，点击可链接至 Holtek 网站相关信息页面。

- 封装信息 (包括外形尺寸、包装带和卷轴规格)
- 封装材料信息
- 纸箱信息



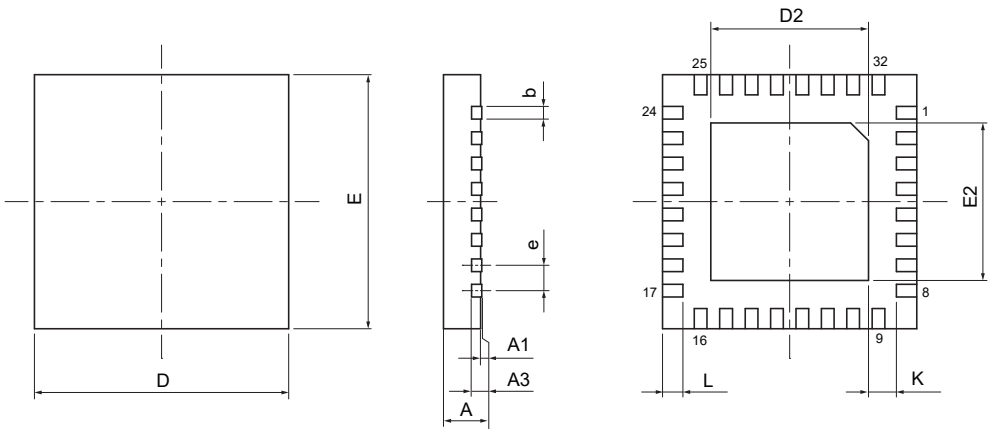
SAW Type 24-pin QFN (3 mm × 3 mm × 0.55 mm) 外形尺寸



符号	尺寸 ( 单位: inch )		
	最小值	典型值	最大值
A	0.020	0.022	0.024
A1	0.000	0.001	0.002
A3	0.006 REF		
b	0.006	0.008	0.010
b1	0.014	0.016	0.018
D	0.118 BSC		
E	0.118 BSC		
e	0.016 BSC		
e1	0.020 BSC		
D2	0.073	—	0.077
E2	0.073	—	0.077
L	0.006	0.010	0.014
L1	0.008	0.010	0.012
K	0.008	—	—
T	0.000	0.002	0.004

符号	尺寸 ( 单位: mm )		
	最小值	典型值	最大值
A	0.50	0.55	0.60
A1	0.00	0.02	0.05
A3	0.15 REF		
b	0.15	0.20	0.25
b1	0.35	0.40	0.45
D	3.00 BSC		
E	3.00 BSC		
e	0.40 BSC		
e1	0.50 BSC		
D2	1.85	—	1.95
E2	1.85	—	1.95
L	0.15	0.25	0.35
L1	0.20	0.25	0.30
K	0.20	—	—
T	0.00	0.05	0.10

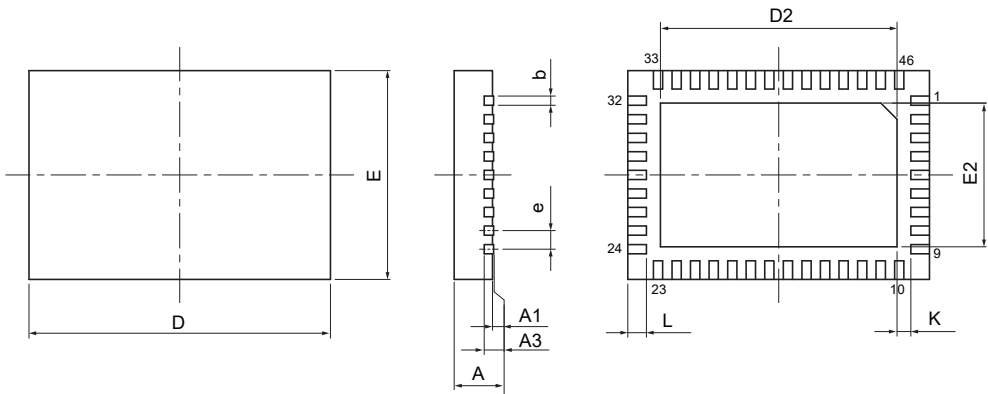
SAW Type 32-pin QFN (4 mm × 4 mm × 0.75 mm) 外形尺寸



符号	尺寸 ( 单位: inch )		
	最小值	典型值	最大值
A	0.028	0.030	0.031
A1	0.000	0.001	0.002
A3	0.008 REF		
b	0.006	0.008	0.010
D	0.157 BSC		
E	0.157 BSC		
e	0.016 BSC		
D2	0.100	—	0.108
E2	0.100	—	0.108
L	0.010	—	0.018
K	0.008	—	—

符号	尺寸 ( 单位: mm )		
	最小值	典型值	最大值
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
A3	0.203 REF		
b	0.15	0.20	0.25
D	4.00 BSC		
E	4.00 BSC		
e	0.40 BSC		
D2	2.55	—	2.75
E2	2.55	—	2.75
L	0.25	—	0.45
K	0.20	—	—

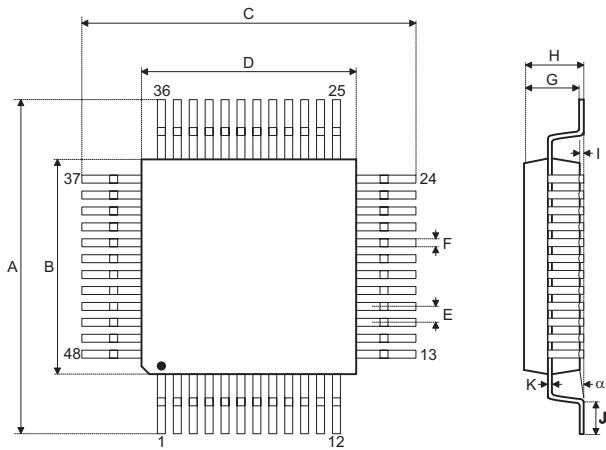
SAW Type 46-pin QFN (6.5 mm × 4.5 mm × 0.75 mm) 外形尺寸



符号	尺寸 ( 单位: inch )		
	最小值	典型值	最大值
A	0.028	0.030	0.031
A1	0.000	0.001	0.002
A3	0.008 REF		
b	0.006	0.008	0.010
D	0.256 BSC		
E	0.177 BSC		
e	0.016 BSC		
D2	0.197	—	0.205
E2	0.118	—	0.126
L	0.014	0.016	0.018
K	0.008	—	—

符号	尺寸 ( 单位: mm )		
	最小值	典型值	最大值
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
A3	0.203 REF		
b	0.15	0.20	0.25
D	6.50 BSC		
E	4.50 BSC		
e	0.40 BSC		
D2	5.00	—	5.20
E2	3.00	—	3.20
L	0.35	0.40	0.45
K	0.20	—	—

48-pin LQFP (7 mm × 7 mm) 外形尺寸



符号	尺寸 ( 单位: inch )		
	最小值	典型值	最大值
A	0.354 BSC		
B	0.276 BSC		
C	0.354 BSC		
D	0.276 BSC		
E	0.020 BSC		
F	0.007	0.009	0.011
G	0.053	0.055	0.057
H	—	—	0.063
I	0.002	—	0.006
J	0.018	0.024	0.030
K	0.004	—	0.008
α	0°	—	7°

符号	尺寸 ( 单位: mm )		
	最小值	典型值	最大值
A	9.00 BSC		
B	7.00 BSC		
C	9.00 BSC		
D	7.00 BSC		
E	0.50 BSC		
F	0.17	0.22	0.27
G	1.35	1.40	1.45
H	—	—	1.60
I	0.05	—	0.15
J	0.45	0.60	0.75
K	0.09	—	0.20
α	0°	—	7°

Copyright© 2024 by HOLTEK SEMICONDUCTOR INC. All Rights Reserved.

本文件出版时 HOLTEK 已针对所载信息为合理注意，但不保证信息准确无误。文中提到的信息仅是提供作为参考，且可能被更新取代。HOLTEK 不担保任何明示、默示或法定的，包括但不限于适合商品化、令人满意的质量、规格、特性、功能与特定用途、不侵害第三方权利等保证责任。HOLTEK 就文中提到的信息及该信息之应用，不承担任何法律责任。此外，HOLTEK 并不推荐将 HOLTEK 的产品使用在会由于故障或其他原因而可能会对人身安全造成危害的地方。HOLTEK 特此声明，不授权将产品使用于救生、维生或安全关键零部件。在救生 / 维生或安全应用中使用 HOLTEK 产品的风险完全由买方承担，如因该等使用导致 HOLTEK 遭受损害、索赔、诉讼或产生费用，买方同意出面进行辩护、赔偿并使 HOLTEK 免受损害。HOLTEK ( 及其授权方，如适用 ) 拥有本文件所提供信息 ( 包括但不限于内容、数据、示例、材料、图形、商标 ) 的知识产权，且该信息受著作权法和其他知识产权法的保护。HOLTEK 在此并未明示或暗示授予任何知识产权。HOLTEK 拥有不事先通知而修改本文件所载信息的权利。如欲取得最新的信息，请与我们联系。