



HT32F12364

产品规格书

**1 MSPS ADC、USART、UART、SPI、I²C、
GPTM、PWM、SCTM、BFTM、PDMA、CRC、
SCI、RTC、WDT、AES、EBI 和 USB 2.0 FS
高达 256 KB Flash 和 128 KB SRAM 的 32-Bit 单片机**

版本：V1.20 日期：2021-02-26

www.holtek.com

目录

1 简介	6
2 特性	7
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
电源管理单元 – PWRCU	8
外部中断 / 事件控制器 – EXTI	8
模数转换器 – ADC	8
I/O 端口 – GPIO	9
通用定时器 – GPTM	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 ² C	10
串行外设接口 – SPI	11
通用同步异步收发器 – USART	11
通用异步收发器 – UART	11
智能卡接口 – SCI	12
循环冗余校验 – CRC	12
外设直接存储器访问 – PDMA	13
外部总线接口 – EBI	13
通用串行总线设备控制器 – USB	13
高级加密标准 – AES	13
调试支持	14
封装和工作温度	14
3 概述	15
单片机信息	15
方框图	16
存储器映射	17
时钟结构	20
4 引脚图	21

5 电气特性	29
极限参数	29
建议直流工作条件	29
片上 LDO 稳压器特性	29
片上超低功耗 LDO 稳压器特性	30
功耗	30
复位和电源监控特性	32
外部时钟特性	33
内部时钟特性	34
PLL 特性	34
USB PLL 特性	34
存储器特性	35
I/O 端口特性	35
A/D 转换器特性	36
内部参考电压特性	37
V _{DDA} 监测特性	38
GPTM/PWM/SCTM 特性	38
I ² C 特性	38
SPI 特性	39
USB 特性	41
6 封装信息	42
SAW Type 40-pin QFN (5mm × 5mm) 外形尺寸	43
48-pin LQFP (7mm × 7mm) 外形尺寸	44
64-pin LQFP (7mm × 7mm) 外形尺寸	45

表列表

表 1. 特性及外设列表 15

表 2. 寄存器映射 18

表 3. 引脚分配 24

表 4. 引脚描述 26

表 5. 极限参数 29

表 6. 建议直流工作条件 29

表 7. LDO 特性 29

表 8. ULDO 特性 30

表 9. 功耗特性 30

表 10. V_{DD} 电源复位特性 32

表 11. LVD/BOD 特性 32

表 12. 外部高速时钟 (HSE) 特性 33

表 13. 外部低速时钟 (LSE) 特性 33

表 14. 内部高速时钟 (HSI) 特性 34

表 15. 内部低速时钟 (LSI) 特性 34

表 16. PLL 特性 34

表 17. USB PLL 特性 34

表 18. Flash 存储器特性 35

表 19. I/O 端口特性 35

表 20. A/D 转换器特性 36

表 21. 内部参考电压特性 37

表 22. GPTM/PWM/SCTM 特性 38

表 23. I²C 特性 38

表 24. SPI 特性 39

表 25. USB 直流电气特性 41

表 26. USB 交流电气特性 41

表列表

图列表

图 1. 方框图 16

图 2. 存储器映射 17

图 3. 时钟结构图 20

图 4. 40-pin QFN 引脚图 21

图 5. 48-pin LQFP 引脚图 22

图 6. 64-pin LQFP 引脚图 23

图 7. A/D 转换器采样网络模板 37

图 8. I²C 时序图 39

图 9. SPI 时序图 – SPI 主机模式 40

图 10. SPI 时序图 – SPI 从机模式，CPHA = 1 40

图 11. USB 信号上升时间、下降时间和交叉点电压 (V_{CRS}) 定义 41

图
列
表

1 简介

HT32F12364 Holtek 单片机是一款基于 Arm® Cortex®-M3 处理器内核的 32-bit 高性能低功耗单片机。Cortex®-M3 是把嵌套向量中断控制器 (NVIC)、SysTick 定时器和先进的调试支持紧紧结合在一起的新一代处理器内核。

该单片机可工作在高达 72 MHz 的频率下, 通过借助 Flash 加速器以获得最大的效能。它提供 256 KB 的嵌入式 Flash 存储器用作代码 / 数据存储, 128 KB 的嵌入式 SRAM 存储器用作系统操作和应用程序运用。该单片机具有多种外设, 如 ADC、I²C、USART、UART、SPI、SCI、PDMA、GPTM、PWM、SCTM、EBI、CRC-16/32、AES-128/256、USB2.0 FS 和 SW-DP (串行线调试端口) 等。单片机提供了几种省电模式, 在唤醒延迟和功耗方面具有最优化的灵活性, 这是低功耗应用方面的考虑要点。

以上这些特性使该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, 马达控制, 指纹识别, 智能门锁等。

arm CORTEX

2 特性

内核

- 32-bit Arm® Cortex®-M3 处理器内核
- 高达 72 MHz 的工作频率
- 单周期乘法和硬件除法
- 集成嵌套向量中断控制器 (NVIC)
- 24-bit SysTick 定时器

Cortex®-M3 处理器是一种高效能的 32-bit 处理器内核，特别适合要求面积优化和低功耗的单片机及深度嵌入式应用。它提供了许多新功能如 Thumb-2 指令集、硬件除法、低延迟中断响应时间、原子位带访问和多个同时访问的总线。Cortex®-M3 处理器基于 ARMv7 架构，同时支持 Thumb 和 Thumb-2 指令集。

片上存储器

- 256 KB 片上 Flash 存储器用于指令 / 数据和选项存储
- 高达 128 KB 片上 SRAM
- 支持多种启动模式

Arm® Cortex®-M3 处理器的结构是哈佛架构，可以使用不同的总线获得指令和加载 / 存储数据。指令代码和数据都位于相同的存储器地址空间，但位于不同的地址范围。Cortex®-M3 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，Cortex®-M3 处理器提供的预先定义的存储器映射，可减少不同单片机供应商重复执行的软件复杂性。但有一些区域为 Arm® Cortex®-M3 系统外设所使用。更多信息请参考 Arm® Cortex®-M3 技术参考手册。图 2 为 HT32F12364 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
- 32-bit 字编程功能，支持在线系统编程 (ISP) 和在线应用编程 (IAP)
- 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，故提供一个带有预取缓冲器和缓存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 有三种复位方式，分别是上电复位、系统复位和 APB 单元复位。上电复位，被称为冷复位，在上电时复位整个系统。系统复位复位了处理器内核和除 SW-DP 控制器以外的外设 IP 元件。这些复位可以通过外部信号、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 振荡器精度可调整至 $\pm 1.5\%$
- 内部 32 kHz RC 振荡器
- 集成系统时钟 PLL 与 USB PLL
- 用作外设时钟源的独立的时钟分频器与控制位

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 时钟分频器和门控电路。AHB、APB 和 Cortex®-M3 的时钟来源于系统时钟 (CK_SYS)，而系统时钟可以来自 LSI、LSE、HSI、HSE 或者 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。

电源管理单元 – PWRCU

- 单一电源 V_{DD} 供电：1.65 V~3.6 V
- 集成 1.5 V LDO 稳压器用作 CPU 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 1.5 V
- 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最重要的问题之一。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、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最佳平衡。

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 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
- 每个 EXTI 线都可独立进行中断使能、唤醒使能和状态位设置
- 每个 EXTI 线都有软件中断触发模式
- 集成去干扰滤波器，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或中断请求的边沿检测器组成。每个 EXTI 端口也可被单独屏蔽。

模数转换器 – ADC

- 12-bit SAR A/D 转换器启动装置
- 高达 1 Msps 转换速率
- 高达 8 个外部模拟输入通道

此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 8 个提供模拟信号的外部通道和 3 个可测量的内部通道。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。

内部参考电压 V_{REF} 为 A/D 转换器提供了稳定的参考电压。 V_{REF} 内接于 A/D 转换器的 ADC_BUILT-IN 输入通道。 V_{REF} 的精确电压由 Holtek 公司在生产测试中对每个部件进行单独测量。

I/O 端口 – GPIO

- 多达 52 个通用输入 / 输出口 (GPIO)
- 端口 A、B、C、D、F 映射为 16 个外部中断 – EXTI
- 几乎所有 I/O 引脚都具有可编程输出驱动电流

单片机有多达 52 个通用 I/O 引脚, GPIO, 即 PA0 ~ PA15 到 PD0 ~ PD2 和 PF0, 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, 扩大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, 以获得最大的灵活性。通过配置相应的寄存器, GPIO 口可以被用作复用功能的引脚。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。

通用定时器 – GPTM

- 16-bit 向上 / 向下自动重载计数器
- 16-bit 可编程预分频器对计数器时钟频率进行分频, 分频率为 1 ~ 65536
- 输入捕捉功能
- 比较匹配输出
- PWM 波形产生功能, 具有边沿对齐和中心对齐两种计数模式
- 单脉冲输出模式
- 内建可处理编码器接口信号的带两个输入口的正交解码器

通用定时器 GPTM 包括一个 16-bit 向上 / 向下计数器, 四个 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, 如单脉冲波形产生或 PWM 输出。GPTM 内建了可处理编码器接口信号的带两个输入口的正交解码器。

脉冲宽度调制定时器 – PWM

- 16-bit 向上 / 向下自动重载计数器
- 每个定时器具有多达 4 个独立通道
- 16-bit 可编程预分频器对计数器时钟频率进行分频, 分频率为 1 ~ 65536
- 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
- 单脉冲输出模式

脉冲宽度调制定时器包括一个 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。它们可用于多种用途, 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
- 每个定时器具有 1 个通道
- 16-bit 可编程预分频器对计数器时钟频率进行分频, 分频率为 1~65536
- 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
- 单脉冲输出模式

单通道定时器包括一个 16-bit 向上计数器，一个 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，如单脉冲波形产生或 PWM 输出。

基本功能定时器 – BFTM

- 32-bit 比较 / 匹配向上计数器 – 无 I/O 控制功能
- 单次模式 – 比较匹配条件产生后停止计数
- 重复模式 – 比较匹配条件产生后重新开始计数

基本功能定时器是一个简单的 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 也包含单次模式，在此模式下，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，可用于检测因软件故障导致的系统故障。看门狗定时器包含 12 位向下计数器、预分频器、WDT 计数值寄存器、WDT 增量值寄存器、WDT 操作控制电路和 WDT 保护机制。看门狗定时器可工作在复位模式。当计数器递减到零时，看门狗定时器将产生复位。如果软件在看门狗定时器下溢前没有重载计数器的值，计数器溢出时将产生复位。此外，当计数器值大于或等于 WDT 增量值时，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限定的定时窗口内用特定方法重新加载。当处理器处于调试模式或三种休眠模式时，看门狗定时器计数器可停止计数。该寄存器写保护功能被使能，来防止看门狗定时器配置的意外改变。

实时时钟 – RTC

- 带可编程预分频器的 32-bit 向上计数器
- 报警功能
- 中断和唤醒事件

实时时钟 RTC 电路包含 APB 接口、一个 32-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 接口外，RTC 电路大多位于 V_{DD} 电源域。APB 接口位于 V_{DD15} 电源域，因此，当 V_{DD15} 电源域掉电，即单片机进入暂停模式时，有必要通过电源控制单元里的 ISO 信号将 V_{DD15} 电源域与 V_{DD} 电源域隔离。RTC 计数器被用作唤醒定时器使系统从省电模式中恢复。

内部集成电路 – I²C

- 支持高达 1 MHz 频率的主机 / 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
- 地址屏蔽功能支持从机多寻址模式

I²C 模块是一个允许与外部 I²C 接口通讯的内部电路，而外部 I²C 接口是一个工业标准的用于连接外部硬件的两线串行接口。这两个串行线被称为串行数据线 SDA 和串行时钟线 SCL。I²C 模块

提供了三种数据传输速率：即 100 kHz 的标准模式、400 kHz 的快速模式和 1 MHz 的高速模式。SCL 周期产生寄存器用于设置不同的占空比得到不同的 SCL 脉冲。

SDA 线是一条双向数据线，它连接整个 I²C 总线，在主机和从机之间用于数据的传输和接收。I²C 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 I²C 总线的情况。

串行外设接口 – SPI

- 支持主机 / 从机模式
- 主机模式频率高达 ($f_{\text{PCLK}}/2$) MHz，从机模式频率高达 ($f_{\text{PCLK}}/3$) MHz
- FIFO 深度：8 级
- 多个主机和多个从机工作模式

串行外设接口 SPI 在主从模式下均提供了一个符合 SPI 通信协议的数据传输和接收功能。SPI 接口使用 4 个引脚，其中有串行数据输入输出线 MISO 和 MOSI，时钟线 SCK 和从机选择线 SEL。SPI 作为主机使用时，用 SEL 和 SCK 信号控制数据流来显示数据通信启动和数据采样率。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。数据传输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
- 异步工作频率高达 ($f_{\text{PCLK}}/16$) MHz，同步工作频率高达 ($f_{\text{PCLK}}/8$) MHz
- 全双工通信
- 完全可编程串行接口通信特性包括：
 - 字长：7-bit、8-bit 或 9-bit 字符
 - 校验位：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：低位优先或高位优先传输
- 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：接收器和发送器皆为 8 级

通用同步异步收发器 USART 提供了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，包括线路状态中断、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 级发送 FIFO (TX FIFO) 和一个 8 级接收 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。这些状态包括传输操作类型与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。

通用异步收发器 – UART

- 异步串行通信工作频率高达 ($f_{\text{PCLK}}/16$) MHz
- 全双工通信
- 完全可编程串行接口通信特性包括：
 - 字长：7-bit、8-bit 或 9-bit 字符
 - 校验位：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：低位优先或高位优先传输
- 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。这些状态包括传输操作类型与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。

智能卡接口 – SCI

- 支持 ISO 7816-3 标准
- 字符模式
- 一个发送缓冲器和一个接收缓冲器
- 11-bit ETU (基本时间单位) 计数器
- 9-bit 时间保护计数器
- 24-bit 通用等待时间计数器
- 奇偶校验产生和检测
- 发送和接收模式下检测到奇偶错误时自动进行字符重发

智能卡接口与 ISO 7816-3 标准兼容。该接口包括卡插入 / 移除检测、SCI 数据发送控制逻辑和数据缓冲器、内置定时器计数器和相关的控制逻辑电路来完成所有与智能卡有关的操作。智能卡接口作为一个智能卡读卡器，便于与外部智能卡通信。所有智能卡接口功能由一系列寄存器控制，包括控制和状态寄存器以及几个相关中断，这些中断可使单片机及时关注到 SCI 的传输状态。

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，
 $X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$
- 支持对数据与校验和进行反码、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，而 32-bit 数据需要 4 个 AHB 时钟周期
- 支持 PDMA 对一个存储器区块进行 CRC 计算

CRC 计算单元是用于验证数据传输或存储的数据正确性的错误检测技术测试算法。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，数据流带 CRC 后缀码，且当被发送或存储时该 CRC 后缀码可用作数据流的校验和。因此，被接收或重新储存的数据流是通过上述相同的生成多项式计算的。如果新的 CRC 码结果与先前计算的不匹配，这意味着数据流出错了。

外设直接存储器访问 – PDMA

- 带触发源分组的 6 个通道
- 8/16/32-bit 宽度数据传输
- 支持线性、环形和固定地址模式
- 4 级可编程通道优先级
- 自动重载模式
- 支持的触发源包括：
 - ADC、SPI、USART、UART、I²C、SCI、GPTM、PWM、AES 和软件请求

外设直接存储器访问控制器 PDMA 对 AHB 总线上的数据在外设与系统存储器之间进行转移。每一个 PDMA 通道都有一个源地址、目的地址、存储块长度和传输数量。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。

外部总线接口 – EBI

- 用于多种存储器类型的可编程接口
- 将 AHB 事务转换成相应的外部设备协议
- 为每一个存储区提供独立的片选控制
- 支持一系列单片机的可编程时序
- 当 AHB 事务宽度和外部存储器接口宽度不同时，可自动转换
- 写缓存器可减少因 AHB 写突发事件而停滞的状况
- 支持复用和非复用地址和数据线配置
 - 多达 21 条地址线
 - 高达 16-bit 数据总线宽度

外部总线接口能够访问外部并行总线设备，如 SRAM、Flash 和 LCD 模块。该接口存储映射于 CPU 内部地址。为了减少外接单片机所需的引脚数，数据线 with 地址线可以复用。总线的读 / 写时序可以被调整以符合外部设备的时序规格。注意，该接口仅支持异步 8-bit 或 16-bit 总线接口。

通用串行总线设备控制器 – USB

- 符合 USB 2.0 全速 (12 Mbps) 规范
- 片上 USB 全速收发器
- 1 个控制端点 (EP0) 可用于控制传输
- 3 个单缓冲端点可用于批量和中断传输
- 4 个双缓冲端点可用于批量、中断和等时传输
- 1024 字节 EP_SRAM 用于端点数据缓冲器

USB 设备控制器符合 USB 2.0 全速规范。其具有一个控制端点 (即端点 0) 和 7 个可配置的端点。一个 1024 字节的 EP_SRAM 被用作端点缓冲器。每个端点缓冲器大小可通过相应的寄存器编程来设置，为不同的应用提供了最大的灵活性。内置 USB 全速收发器有助于减少总的系统复杂度和成本。USB 也包含挂起和恢复功能，以满足低功耗的需求。

高级加密标准 – AES

- 支持 AES 加密 / 解密功能
- 支持 AES ECB/CBC/CTR 模式
- 支持密钥长度 128/192/256 位

- 支持 4 字初始向量，用于 CBC 和 CTR 模式
- 8 × 32 位 (每个 IN 和 OUT FIFO 容量) 用于 2 个 AES 数据块
- 支持 PDMA 接口
- 支持字数据交换功能

AES 内核支持加密和解密功能，且支持 128-bit 输入数据。需注意的是若输入数据长度不足，硬件不会对输入数据进行补位，因此用户需首先通过软件执行填充补位动作。

调试支持

- 串行线调试端口 – SW-DP
- 6 个指令比较器和 2 个文字比较器用于硬件断点或代码 / 文字补丁
- 4 个比较器用于硬件观察点
- 1-bit 异步追踪用于串行线调试模式 – TRACESWO

封装和工作温度

- 40-pin QFN 和 48/64-pin LQFP 封装
- 工作温度：-40 °C ~ 85 °C

3 概述

单片机信息

表 1. 特性及外设列表

外设		HT32F12364
主 Flash (KB)		255
选项字节 Flash (KB)		1
SRAM (KB)		128
定时器	GPTM	1
	PWM	1
	SCTM	2
	BFTM	2
	RTC	1
	WDT	1
通信	USB	1
	USART	1
	UART	2
	SPI	2
	I ² C	2
	SCI	1
PDMA		6 通道
AES		1
EBI		1
CRC		1
GPIO		52 (Max.)
EXTI		16
12-bit ADC 通道数		1
		8 通道 (Max.)
CPU 频率		72 MHz (Max.)
工作电压		1.65 V ~ 3.6 V
工作温度		-40 °C ~ 85 °C
封装		40-pin QFN 和 48 / 64-pin LQFP

方框图

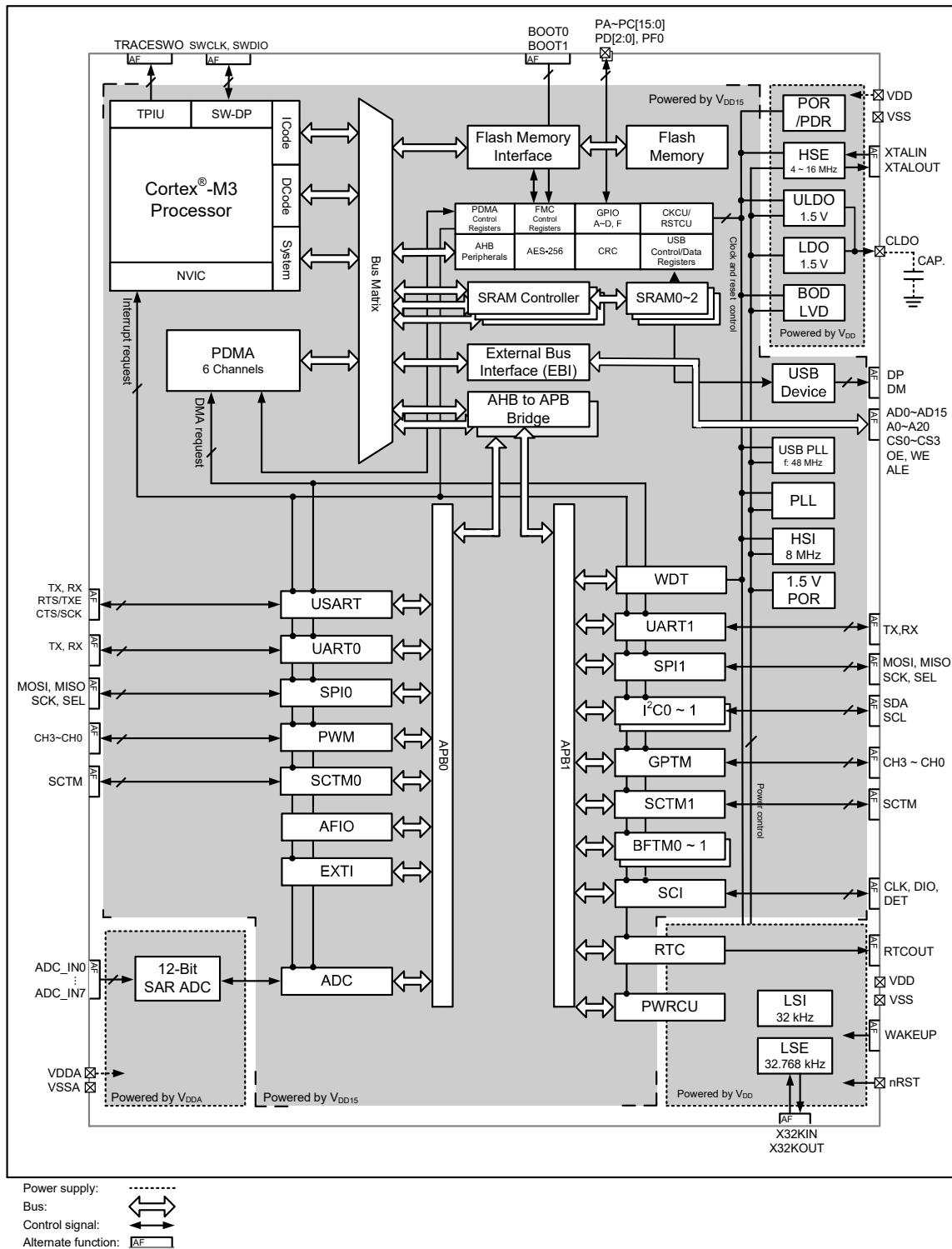


图 1. 方框图

存储器映射

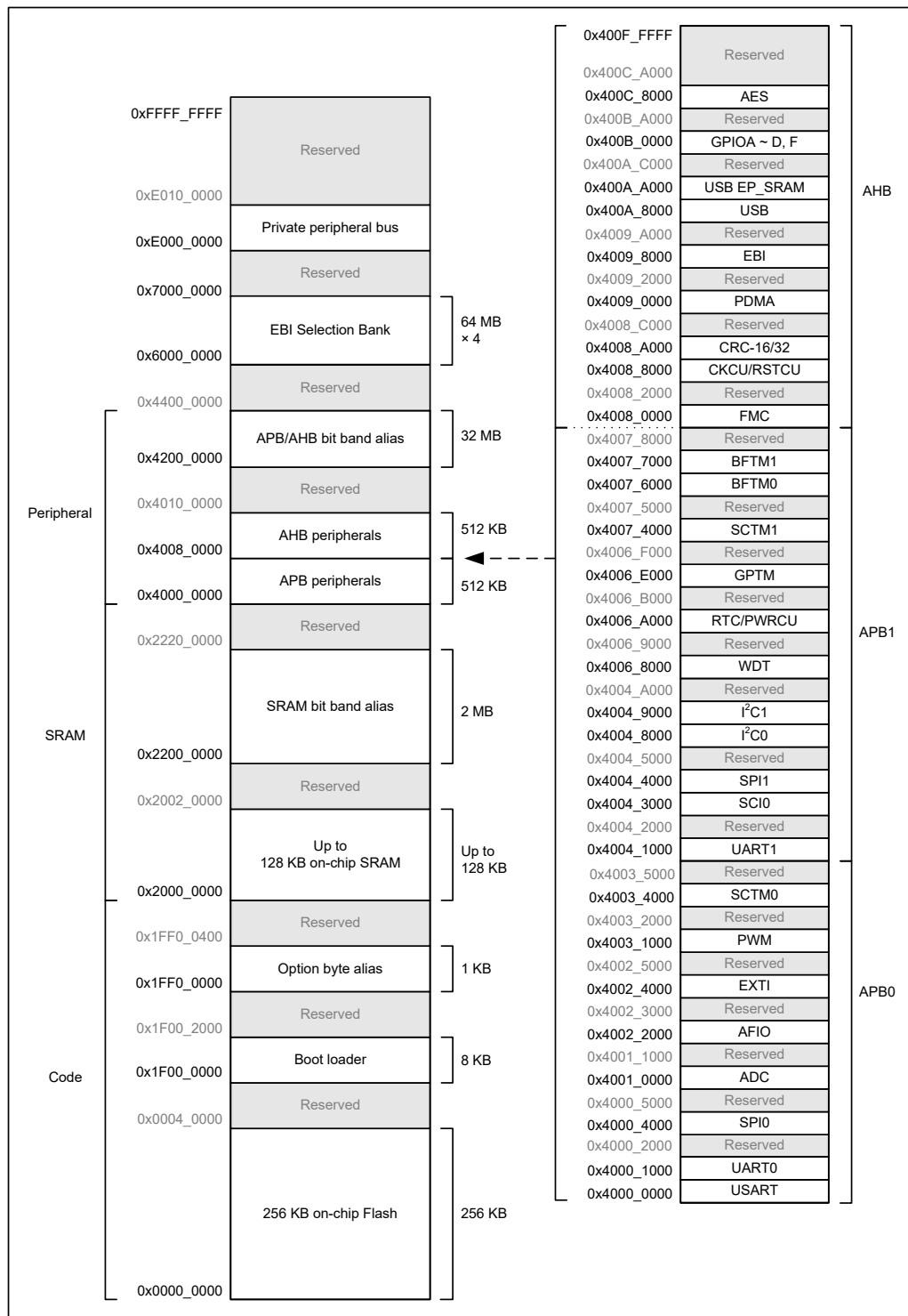


图 2. 存储器映射

表 2. 寄存器映射

起始地址	终止地址	外设	总线
0x4000_0000	0x4000_0FFF	USART	APB0
0x4000_1000	0x4000_1FFF	UART0	
0x4000_2000	0x4000_3FFF	保留	
0x4000_4000	0x4000_4FFF	SPI0	
0x4000_5000	0x4000_5FFF	保留	
0x4001_0000	0x4001_0FFF	ADC	
0x4001_1000	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	0x4003_5FFF	保留	
0x4004_0000	0x4004_0FFF	保留	APB1
0x4004_1000	0x4004_1FFF	UART1	
0x4004_2000	0x4004_2FFF	保留	
0x4004_3000	0x4004_3FFF	SCI0	
0x4004_4000	0x4004_4FFF	SPI1	
0x4004_5000	0x4004_7FFF	保留	
0x4004_8000	0x4004_8FFF	I ² C0	
0x4004_9000	0x4004_9FFF	I ² C1	
0x4004_A000	0x4006_7FFF	保留	
0x4006_8000	0x4006_8FFF	WDT	
0x4006_9000	0x4006_9FFF	保留	
0x4006_A000	0x4006_AFFF	RTC/PWRCU	
0x4006_B000	0x4006_DFFF	保留	
0x4006_E000	0x4006_EFFF	GPTM	
0x4006_F000	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_7FFF	保留	

起始地址	终止地址	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-16/32	
0x4008_C000	0x4008_FFFF	保留	
0x4009_0000	0x4009_1FFF	PDMA	
0x4009_2000	0x4009_7FFF	保留	
0x4009_8000	0x4009_9FFF	EBI	
0x4009_A000	0x400A_7FFF	保留	
0x400A_8000	0x400A_9FFF	USB	
0x400A_A000	0x400A_BFFF	USB EP_SRAM	
0x400A_C000	0x400A_FFFF	保留	
0x400B_0000	0x400B_1FFF	GPIOA	
0x400B_2000	0x400B_3FFF	GPIOB	
0x400B_4000	0x400B_5FFF	GPIOC	
0x400B_6000	0x400B_7FFF	GPIOD	
0x400B_8000	0x400C_9FFF	保留	
0x400B_A000	0x400B_BFFF	GPIOF	
0x400B_A000	0x400C_7FFF	保留	
0x400C_8000	0x400C_9FFF	AES	
0x400C_A000	0x400F_FFFF	保留	

时钟结构

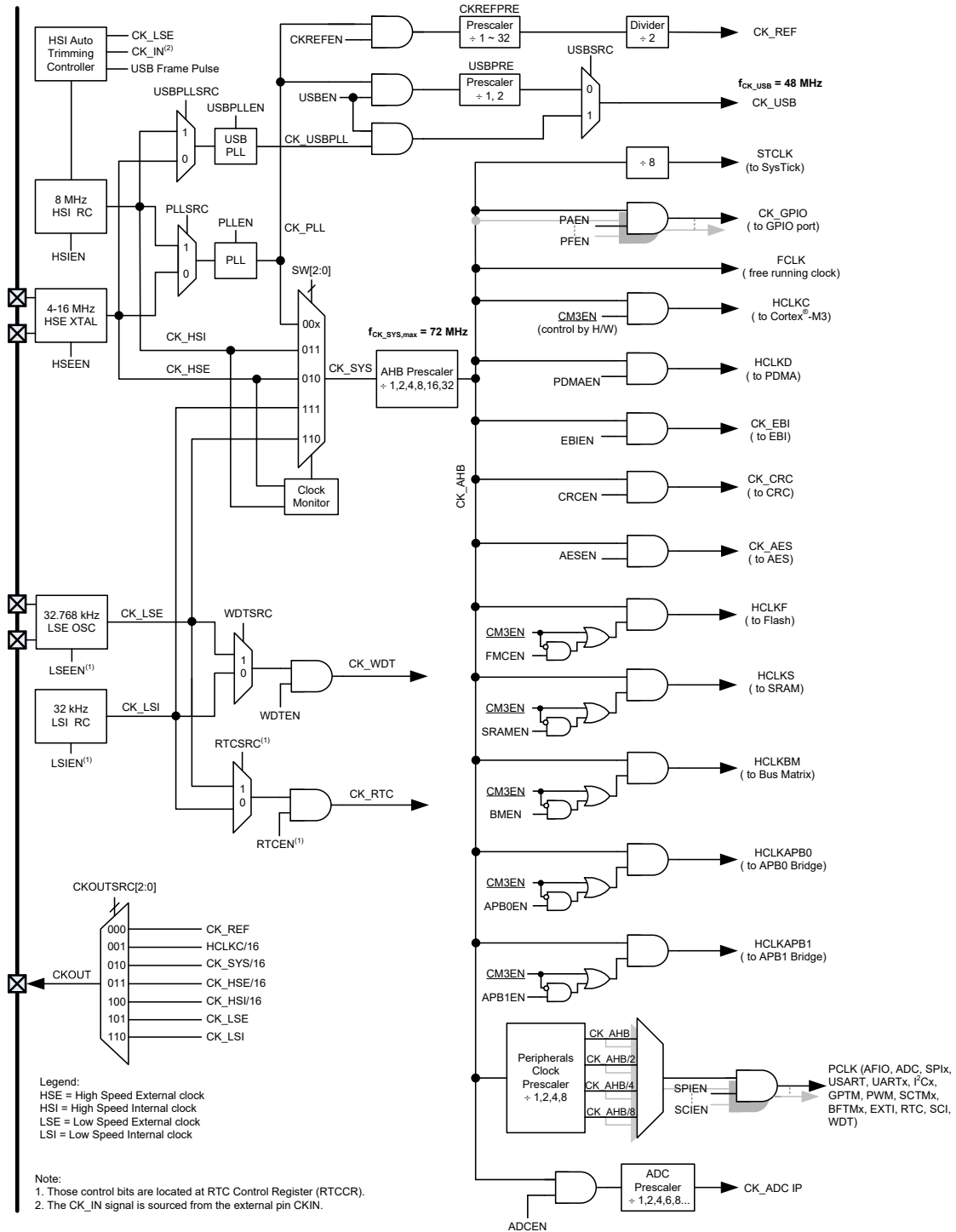


图 3. 时钟结构图

引脚图



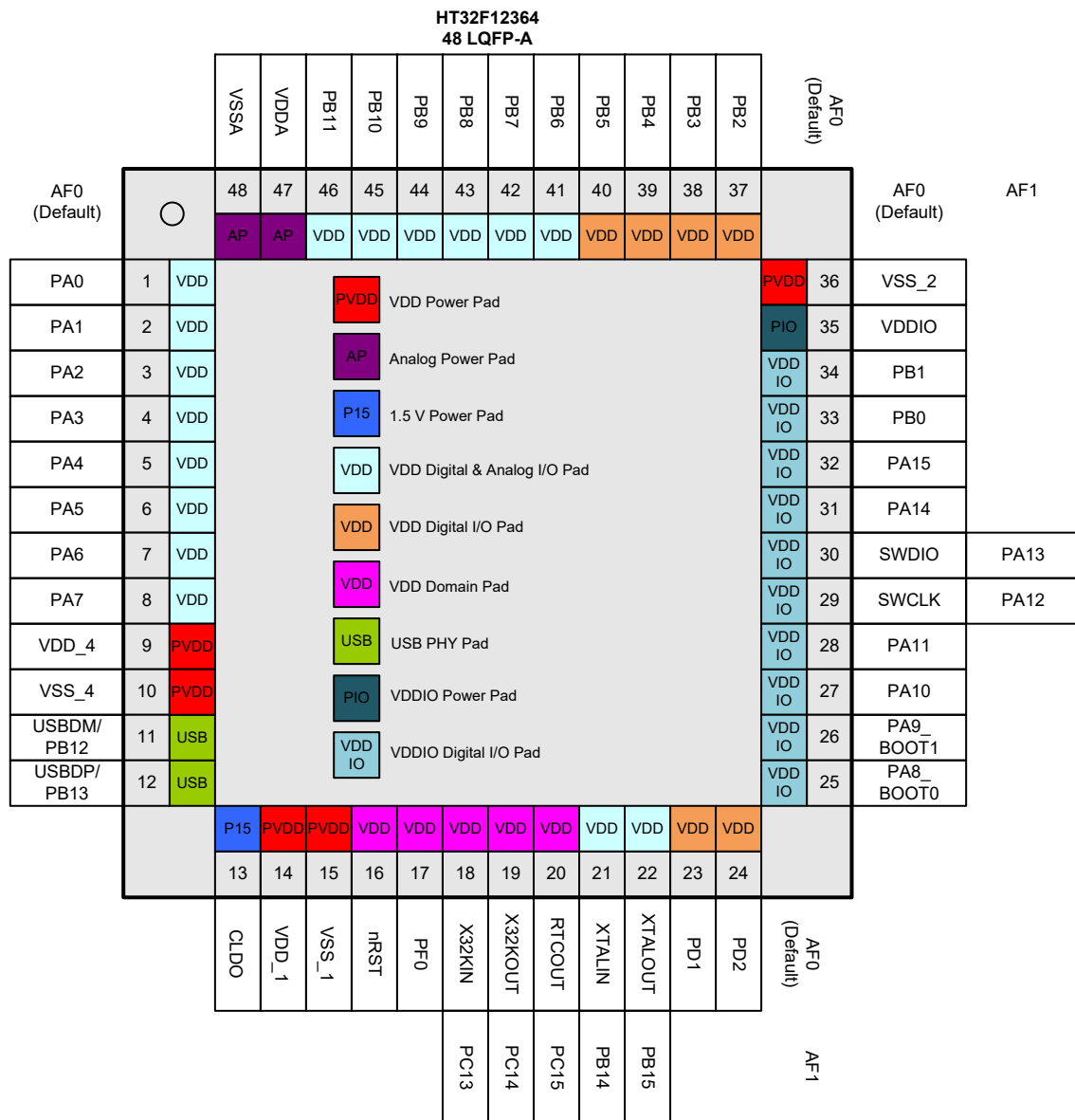


图 5. 48-pin LQFP 引脚图

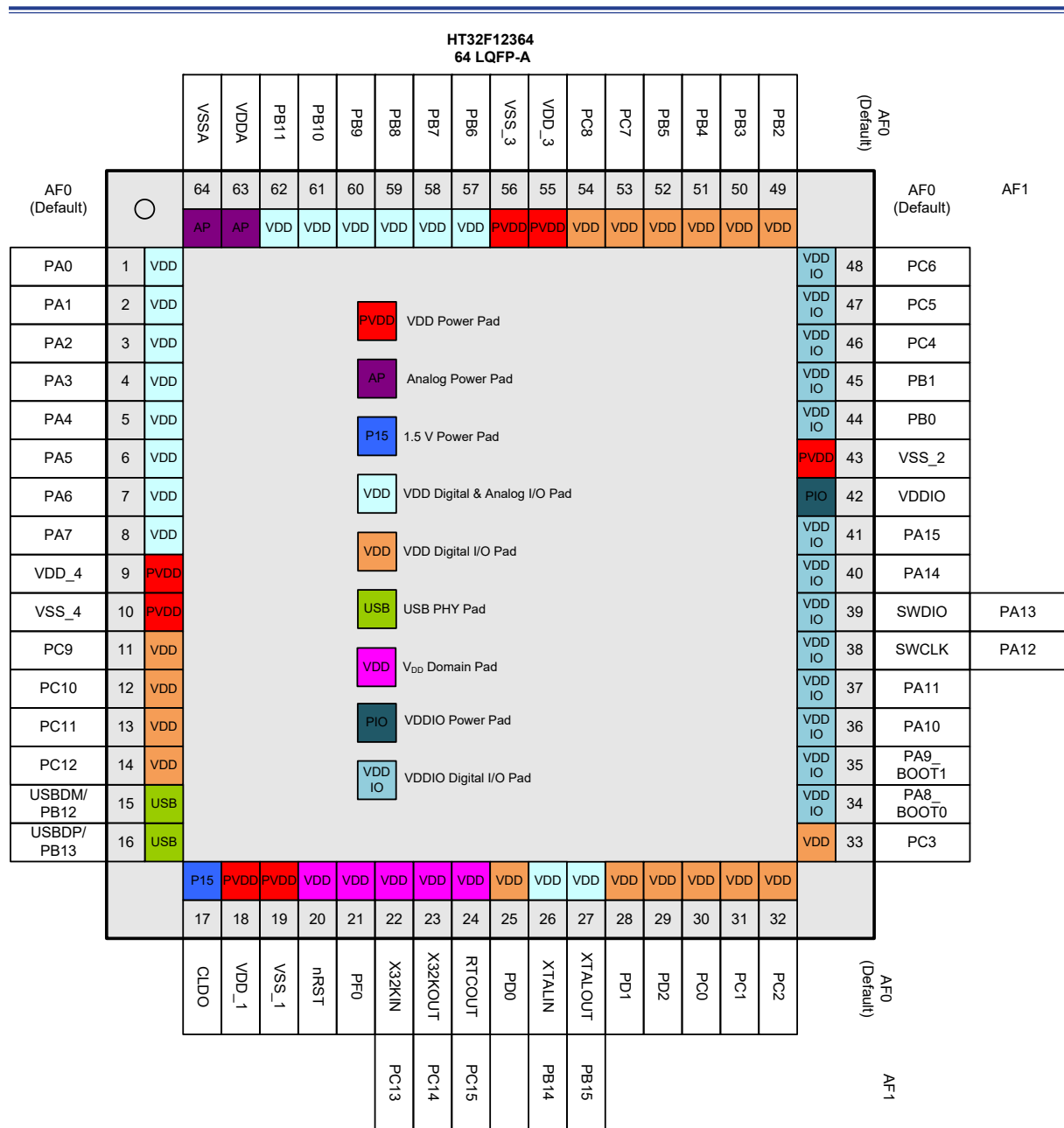


图 6. 64-pin LQFP 引脚图

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
64 LQFP	48 LQFP	40 QFN	系统 默认	GPIO	ADC	N/A	GPTM	SPI	USART /UART	I ² C	SCI	EBI	N/A	N/A	N/A	SCTM /PWM	N/A	系统 其它
1	1	1	PA0		ADC_IN0		GT_CH0	SPI1_SCK	USR_RTS	I2C1_SCL	SCI_CLK							VREF
2	2	2	PA1		ADC_IN1		GT_CH1	SPI1_MOSI	USR_CTS	I2C1_SDA	SCI_DIO							
3	3	3	PA2		ADC_IN2		GT_CH2	SPI1_MISO	USR_TX									
4	4	4	PA3		ADC_IN3		GT_CH3	SPI1_SEL	USR_RX									
5	5	5	PA4		ADC_IN4		GT_CH0	SPI0_SCK	USR_TX	I2C0_SCL	SCI_CLK							
6	6	6	PA5		ADC_IN5		GT_CH1	SPI0_MOSI	USR_RX	I2C0_SDA	SCI_DIO							
7	7	7	PA6		ADC_IN6		GT_CH2	SPI0_MISO	USR_RTS		SCI_DET							
8	8	8	PA7		ADC_IN7		GT_CH3	SPI0_SEL	USR_CTS									
9	9		VDD_4															
10	10		VSS_4															
11			PC9				GT_CH0	SPI1_SEL	UR0_TX	I2C1_SCL		EBI_A19						
12			PC10				GT_CH1	SPI1_SCK	UR0_RX	I2C1_SDA		EBI_A20						
13			PC11				GT_CH2	SPI1_MOSI				EBI_A0				SCTM0		
14			PC12				GT_CH3	SPI1_MISO				EBI_A1				SCTM1		
15	11	9	PB12						USR_TX	I2C0_SCL								
15	11	9	USBDM															
16	12	10	USBDP															
16	12	10	PB13						USR_RX	I2C0_SDA								
17	13	11	CLDO															
18	14	12	VDD_1															
19	15	13	VSS_1															
20	16	14	nRST															
21	17	15	PF0														PWM_CH1	
22	18		X32KIN	PC13			GT_CH0		USR_TX								SCTM0	
23	19		X32KOUT	PC14			GT_CH1		USR_RX								SCTM1	
24	20	16	RTCOUT	PC15					UR0_RX								PWM_CH0	WAKEUP
25			PD0							I2C0_SDA		EBI_A18					SCTM0	
26	21	17	XTALIN	PB14														
27	22	18	XTALOUT	PB15														
28	23	19	PD1					SPI0_SEL		I2C1_SCL	SCI_CLK	EBI_A16					PWM_CH2	
29	24	20	PD2					SPI0_SCK		I2C1_SDA	SCI_DIO	EBI_A17					PWM_CH3	
30			PC0				GT_CH0	SPI1_SEL				EBI_AD13						
31			PC1				GT_CH1	SPI1_SCK				EBI_AD14						
32			PC2				GT_CH2	SPI1_MOSI	UR1_TX	I2C0_SCL		EBI_AD15					SCTM0	

封装			复用功能映射															
			AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15
64 LQFP	48 LQFP	40 QFN	系统 默认	GPIO	ADC	N/A	GPTM	SPI	USART /UART	I ² C	SCI	EBI	N/A	N/A	N/A	SCTM /PWM	N/A	系统 其它
33			PC3				GT_CH3	SPI1_MISO	UR1_RX	I2C0_SDA	SCI_DET	EBI_CS3				SCTM1		
34	25	21	PA8_BOOT0				GT_ETI		USR_TX		SCI_CLK					PWM_CH3		CKOUT
35	26	22	PA9_BOOT1					SPI0_MOSI			SCI_DIO	EBI_A1				PWM_CH2		
36	27		PA10						USR_RX		SCI_DET					PWM_CH1		
37	28	23	PA11					SPI0_MISO			SCI_DET	EBI_A0				SCTM0		TRACESWO
38	29	24	SWCLK	PA12														
39	30	25	SWDIO	PA13														
40	31	26	PA14					SPI1_SEL	USR_TX		SCI_CLK	EBI_AD0				PWM_CH0		
41	32	27	PA15					SPI1_SCK	USR_RX		SCI_DIO	EBI_AD1				SCTM1		
44	33	28	PB0					SPI1_MOSI	USR_TX	I2C0_SCL		EBI_AD2				PWM_CH1		
45	34	29	PB1					SPI1_MISO	USR_RX	I2C0_SDA		EBI_AD3				PWM_CH3		
46			PC4						USR_RTS		SCI_CLK	EBI_AD10						
47			PC5						USR_CTS		SCI_DIO	EBI_AD11						
48			PC6								SCI_DET	EBI_AD12						
42	35	30	VDDIO															
43	36	31	VSS2															
49	37	32	PB2					SPI0_SEL	UR0_TX			EBI_AD4				PWM_CH2		CKIN
50	38	33	PB3					SPI0_SCK	UR0_RX			EBI_AD5				SCTM1		
51	39	34	PB4					SPI0_MOSI	UR1_TX			EBI_AD6				SCTM0		
52	40	35	PB5				GT_CH2	SPI0_MISO	UR1_RX			EBI_AD7						
53			PC7							I2C0_SCL		EBI_AD8						
54			PC8							I2C0_SDA		EBI_AD9				SCTM1		
55			VDD_3															
56			VSS_3															
57	41	36	PB6					SPI1_SEL	UR1_TX			EBI_OE				PWM_CH0		
58	42	37	PB7					SPI1_SCK				EBI_CS0				PWM_CH0		
59	43	38	PB8				GT_ETI	SPI1_MOSI	UR1_RX			EBI_WE				PWM_CH2		
60	44		PB9				GT_CH3	SPI1_MISO	UR0_TX		SCI_CLK	EBI_ALE						
61	45		PB10						UR0_TX	I2C1_SCL	SCI_DET	EBI_CS1				PWM_CH3		
62	46		PB11						UR0_RX	I2C1_SDA	SCI_DIO	EBI_CS2				PWM_CH1		
63	47	39	VDDA															
64	48	40	VSSA															

表 4. 引脚描述

引脚编号			引脚名称	类型 ⁽¹⁾	I/O 结构 ⁽²⁾	输出驱动	描述
64 LQFP	48 LQFP	40 QFN					默认功能 (AF0)
1	1	1	PA0	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA0
2	2	2	PA1	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA1
3	3	3	PA2	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA2, 在 Boot loader 模式下, 此引脚提供 UART_TX 功能。
4	4	4	PA3	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA3, 在 Boot loader 模式下, 此引脚提供 UART_RX 功能。
5	5	5	PA4	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA4
6	6	6	PA5	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA5
7	7	7	PA6	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA6
8	8	8	PA7	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA7
9	9		VDD_4	P	—	—	数字 I/O 口电压 V _{DD}
10	10		VSS_4	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
11			PC9	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC9
12			PC10	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC10
13			PC11	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC11
14			PC12	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC12
15	11	9	PB12	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB12
15	11	9	USBDM	AI/O	—	—	符合通用串行总线标准的 USB 差分数据总线
16	12	10	USBDP	AI/O	—	—	符合通用串行总线标准的 USB 差分数据总线
16	12	10	PB13	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC7
17	13	11	CLDO	P	—	—	内核 LDO 1.5 V 输出电源 必须连接一个 4.7 μF 电容, 且该电容需尽可能靠近 CLDO 与 VSS_1 引脚。
18	14	12	VDD_1	P	—	—	数字 I/O 口电压 V _{DD}
19	15	13	VSS_1	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
20	16	14	nRST ⁽³⁾	I (V _{DD})	33V_PU	—	暂停模式下外部复位引脚与外部唤醒引脚
21	17	15	PF0 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	PF0
22	18		PC13 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	X32KIN
23	19		PC14 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	X32KOUT
24	20	16	PC15 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	RTCOUT
25			PD0	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD0
26	21	17	PB14	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	XTALIN
27	22	18	PB15	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	XTALOUT
28	23	19	PD1	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD1
29	24	20	PD2	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD2
30			PC0	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC0

引脚编号			引脚名称	类型 ⁽¹⁾	I/O结构 ⁽²⁾	输出驱动	描述
64 LQFP	48 LQFP	40 QFN					默认功能 (AF0)
31			PC1	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC1
32			PC2	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC2
33			PC3	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC3
34	25	21	PA8	I/O (V _{DDIO})	33V_PU	4/8/12/16 mA	PA8_BOOT0
35	26	22	PA9	I/O (V _{DDIO})	33V_PU	4/8/12/16 mA	PA9_BOOT1
36	27		PA10	I/O (V _{DDIO})	33V	4/8/12/16 mA	PA10
37	28	23	PA11	I/O (V _{DDIO})	33V	4/8/12/16 mA	PA11
38	29	24	PA12	I/O (V _{DDIO})	33V_PU	4/8/12/16 mA	SWCLK
39	30	25	PA13	I/O (V _{DDIO})	33V_PU	4/8/12/16 mA	SWDIO
40	31	26	PA14	I/O (V _{DDIO})	33V_PU	4/8/12/16 mA	PA14
41	32	27	PA15	I/O (V _{DDIO})	33V_PU	4/8/12/16 mA	PA15
42	35	30	VDDIO	P	—	—	数字 I/O 口电压 V _{DDIO}
43	36	31	VSS_2	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
44	33	28	PB0	I/O (V _{DDIO})	33V	4/8/12/16 mA	PB0
45	34	29	PB1	I/O (V _{DDIO})	33V	4/8/12/16 mA	PB1
46			PC4	I/O (V _{DDIO})	33V	4/8/12/16 mA	PC4
47			PC5	I/O (V _{DDIO})	33V	4/8/12/16 mA	PC5
48			PC6	I/O (V _{DDIO})	33V	4/8/12/16 mA	PC6
49	37	32	PB2	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB2
50	38	33	PB3	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB3
51	39	34	PB4	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB4
52	40	35	PB5	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB5
53			PC7	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC7
54			PC8	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC8
55			VDD_4	P	—	—	数字 I/O 口电压 V _{DD}
56			VSS_4	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
57	41	36	PB6	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB6
58	42	37	PB7	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB7
59	43	38	PB8	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB8
60	44		PB9	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB9

引脚编号			引脚名称	类型 ⁽¹⁾	I/O结构 ⁽²⁾	输出驱动	描述
64 LQFP	48 LQFP	40 QFN					默认功能 (AF0)
61	45		PB10	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB10
62	46		PB11	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB11
63	47	39	VDDA	P	—	—	ADC 模拟电压
64	48	40	VSSA	P	—	—	ADC 接地参考电压

注：1. I = 输入，O = 输出，A = 模拟端口，P = 电源，PU = 上拉，V_{DD} = V_{DD} 电源。
2. 33V = 3.3 V 工作 I/O 类型。
3. 这些引脚都位于 V_{DD} 电源域。
4. 在 Boot loader 模式下，可使用 UART 和 USB 连接通信。

5 电气特性

极限参数

下面的表格呈现了单片机的极限参数。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 _{DD}	外部主电源供应电压	V _{SS} - 0.3	V _{SS} + 3.6	V
V _{DDIO}	外部 I/O 口电源供应电压	V _{SS} - 0.3	V _{SS} + 3.6	V
V _{DDA}	外部模拟电源供应电压	V _{SSA} - 0.3	V _{SSA} + 3.6	V
V _{IN}	其它 I/O 口输入电压	V _{SS} - 0.3	V _{DD} + 0.3	V
T _A	工作温度范围	-40	85	°C
T _{STG}	存储温度范围	-55	150	°C
T _J	最高结温	—	125	°C
P _D	总功耗	—	500	mW
V _{ESD}	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_A = 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 _{DD}	工作电压	—	1.65	3.30	3.60	V
V _{DDIO}	I/O 工作电压	—	1.65	3.30	3.60	V
V _{DDA}	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_A = 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 _{LDO}	内部稳压器输出电压	调整后，V _{DD} ≥ 1.65 V 稳压器输入 @ I _{LDO} = 30 mA 且电压变化为 ±5 %	1.425	1.500	1.570	V
I _{LDO}	输出电流	V _{DD} = 1.65 V ~ 3.6 V 稳压器输入 @ V _{LDO} = 1.5 V	—	50	75	mA
C _{LDO}	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	2.2	4.7	—	μF

片上超低功耗 LDO 稳压器特性

表 8. ULDO 特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{ULDO}	内部稳压器输出电压	调整后, $V_{DD} \geq 1.65\text{ V}$ 稳压器输入 @ $I_{ULDO} = 2\text{ mA}$ 且电压变化为 $\pm 5\%$	1.425	1.500	1.570	V
I_{ULDO}	输出电流	$V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$ 稳压器输入 @ $V_{ULDO} = 1.5\text{ V}$	—	2	5	mA
C_{LDO}	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	1.0	2.2	—	μF

功耗

表 9. 功耗特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	f_{HCLK}	条件	典型值	最大值 @ T_A		单位
					25 °C	85 °C	
I_{DD}	工作电流 (运行模式)	72 MHz	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ HSI = 8 MHz PLL = 72 MHz 所有外设使能	27.4	31.3	—	mA
			所有外设除能	16.5	18.9	—	
		60 MHz	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ HSI = 8 MHz PLL = 60 MHz 所有外设使能	24.2	27.7	—	
			所有外设除能	15.0	17.1	—	
		40 MHz	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ HSI = 8 MHz PLL = 40 MHz 所有外设使能	20.0	22.8	—	
			所有外设除能	13.7	15.7	—	
		8 MHz	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ HSI = 8 MHz PLL = 48 MHz 所有外设使能	5.3	6.0	—	μA
			所有外设除能	3.2	3.7	—	
		32 kHz	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ LSI = 32 kHz LDO off, ULDO on 所有外设使能	29.2	38.6	—	
			所有外设除能	23.7	31.4	—	

符号	参数	f_{HCLK}	条件	典型值	最大值 @ T_A		单位
					25 °C	85 °C	
I_{DD}	工作电流 (休眠模式)	72 MHz	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ HSI = 8 MHz PLL = 72 MHz 所有外设使能	15.4	17.6	—	mA
			所有外设除能	1.9	2.1	—	
		60 MHz	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ HSI = 8 MHz PLL = 60 MHz 所有外设使能	13.0	14.9	—	
			所有外设除能	1.6	1.9	—	
		40 MHz	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ HSI = 8 MHz PLL = 40 MHz 所有外设使能	9.0	10.2	—	
			所有外设除能	1.3	1.4	—	
	工作电流 (深度休眠模式 1)	8 MHz	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ HSI = 8 MHz PLL = 48 MHz 所有外设使能	2.7	3.1	—	μA
			所有外设除能	0.4	0.5	—	
		—	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, 所有时钟关闭 (HSI/ PLL/ f_{HCLK}), LDO off, ULDO on, LSE off, LSI on, RTC on	11.6	17.8	—	
			$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, 所有时钟关闭 (HSI/ PLL/ f_{HCLK}), LDO off, ULDO on, LSE off, LSI on, RTC on	11.6	17.8	—	
	工作电流 (暂停模式)	—	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, LDO 和 ULDO off, LSE off, LSI on, RTC on	1.30	1.99	—	μA
			$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, LDO 和 ULDO off, LSE off, LSI on, RTC off	1.18	1.81	—	

- 注：1. HSE 是外部高速振荡器，而 HSI 是内部 8 MHz 高速振荡器。
 2. LSE 是 32.768 kHz 外部低速振荡器，而 LSI 是内部 32 kHz 低速振荡器。
 3. RTC 表示实时时钟。
 4. 代码 = while (1) {208 NOP} 在 Flash 中执行。

复位和电源监控特性

表 10. V_{DD} 电源复位特性

T_A = 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 _{DD}	工作电压	T _A = -40 °C ~ 85 °C	0.6	—	3.6	V
V _{POR}	上电复位阈值 (V _{DD} 电压上升)	T _A = -40 °C ~ 85 °C	1.40	1.55	1.65	V
V _{PDR}	掉电复位阈值 (V _{DD} 电压下降)	T _A = -40 °C ~ 85 °C	1.27	1.45	1.57	V
V _{PORHYS}	POR 迟滞	—	—	100	—	mV
t _{POR}	复位延迟时间	V _{DD} = 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. 表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。
3. 若 LDO 开启，则 V_{DD} POR 处于无效状态。当 V_{DD} POR 处于有效状态时，LDO 和 ULDO 将被关闭。

表 11. LVD/BOD 特性

T_A = 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 _{BOD}	欠压检测电压	工厂已调整	V _{DD} 下降沿	1.62	1.68	1.74
			V _{DD} 上升沿	1.68	1.74	1.80
V _{BODHYS}	BOD 迟滞	V _{DD} = 2.0 V	—	—	60	mV
V _{LVD}	低压检测电压	V _{DD} 下降沿	LVDS = 000	1.67	1.75	1.83
			LVDS = 001	1.87	1.95	2.03
			LVDS = 010	2.07	2.15	2.23
			LVDS = 011	2.27	2.35	2.43
			LVDS = 100	2.47	2.55	2.63
			LVDS = 101	2.67	2.75	2.83
			LVDS = 110	2.87	2.95	3.03
			LVDS = 111	3.07	3.15	3.23
V _{LVDHYS}	LVD 迟滞	V _{DD} = 3.3 V	—	—	100	mV
t _{suLVD}	LVD 建立时间	V _{DD} = 3.3 V	—	—	5	μs
t _{atLVD}	LVD 有效延迟时间	V _{DD} = 3.3 V	—	—	—	ms
I _{DDLVD}	工作电流 ⁽³⁾	V _{DD} = 3.3 V	—	—	5	μA

- 注：1. 数据仅为特性描述结果，未在生产中测试。
2. 表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。
3. 不包括 Bandgap 电流。
4. LVDS 字段位于 PWRCU LVDCSR 寄存器中。

外部时钟特性

表 12. 外部高速时钟 (HSE) 特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	工作电压范围	—	1.65	—	3.60	V
f_{CK_HSE}	HSE 频率	—	4	—	16	MHz
C_L	负载电容	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $R_{ESR} = 100\ \Omega$ @ 16 MHz	—	—	22	pF
R_{FHSE}	XTALIN 和 XTALOUT 引脚间的内部反馈电阻	—	—	1	—	M Ω
R_{ESR}	等效串联电阻	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $C_L = 12\text{ pF}$ @ 16 MHz, HSEDR = 0	—	—	160	Ω
		$V_{DD} = 2.5\text{ V}$, $C_L = 12\text{ pF}$ @ 16 MHz, HSEDR = 1				
D_{HSE}	HSE 振荡器占空比	—	40	—	60	%
I_{DDHSE}	HSE 振荡器工作电流	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ @ 16 MHz	—	TBD	—	mA
I_{PWDHSE}	HSE 振荡器暂停电流	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	—	0.01	μA
t_{SUHSE}	HSE 振荡器启动时间	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	—	4	ms

表 13. 外部低速时钟 (LSE) 特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	工作电压范围	—	1.65	—	3.60	V
f_{CK_LSE}	LSE 频率	$V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$	—	32.768	—	kHz
R_F	内部反馈电阻	—	—	10	—	M Ω
R_{ESR}	等效串联电阻	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	30	—	TBD	k Ω
C_L	建议负载电容	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	6	—	TBD	pF
I_{DDLSE}	LSE 振荡器工作电流 (大电流模式)	$f_{CK_LSE} = 32.768\text{ kHz}$, $R_{ESR} = 50\text{ k}\Omega$, $C_L \geq 7\text{ pF}$ $V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 2.7\text{ V}$ $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	—	3.3	6.3	μA
	LSE 振荡器工作电流 (小电流模式)	$f_{CK_LSE} = 32.768\text{ kHz}$, $R_{ESR} = 50\text{ k}\Omega$, $C_L < 7\text{ pF}$ $V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$ $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	—	1.8	3.3	μA
	LSE 振荡器暂停电流	—	—	—	0.01	μA
t_{SULSE}	LSE 振荡器启动时间 (小电流模式)	$f_{CK_LSE} = 32.768\text{ kHz}$, $V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$	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

$T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	工作电压范围	$T_A = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	1.65	—	3.60	V
f_{CK_HSI}	HSI 频率	$V_{DD} = 3.3\text{ V} @ 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	—	8	—	MHz
ACC_{HSI}	工厂调整 HSI 振荡器频率精度	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	-1.5	—	1.5	%
		$V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$ $T_A = -20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	-2.5	—	2.5	%
		$V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	-3	—	3	%
Duty	占空比	$f_{CK_HSI} = 8\text{ MHz}$	35	—	65	%
I_{DDHSI}	HSI 振荡器工作电流	$f_{CK_HSI} = 8\text{ MHz}$	—	300	500	μA
	HSI 振荡器暂停电流		—	—	0.05	μA
t_{SUHSI}	HSI 振荡器启动时间	$f_{CK_HSI} = 8\text{ MHz}$	—	—	10	μs

表 15. 内部低速时钟 (LSI) 特性

$T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	工作电压范围	—	1.65	—	3.60	V
f_{CK_LSI}	LSI 频率	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	21	32	43	kHz
ACC_{LSI}	LSI 频率精度	工厂调整, $V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	-10	—	+10	%
$I_{DDL SI}$	LSI 振荡器工作电流	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	—	0.4	0.8	μA
t_{SULSI}	LSI 振荡器启动时间	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	—	—	100	μs

PLL 特性

表 16. PLL 特性

$T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{PLLIN}	PLL 输入时钟频率	—	4	—	16	MHz
f_{CK_PLL}	PLL 输出时钟频率	—	8	—	80	MHz
t_{LOCK}	PLL 锁相时间	—	—	200	—	μs

USB PLL 特性

表 17. USB PLL 特性

$T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{PLLIN}	PLL 输入时钟频率	—	4	—	16	MHz
f_{CK_PLL}	PLL 输出时钟频率	—	16	—	48	MHz
t_{LOCK}	PLL 锁相时间	—	—	200	—	μs

存储器特性

表 18. Flash 存储器特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
N _{ENDU}	失败前可擦写次数 (寿命)	T _A = -40 °C ~ 85 °C	10	—	—	K cycles
T _{RET}	数据保存时间	T _A = -40 °C ~ 85 °C	10	—	—	Years
t _{PROG}	字编程时间	T _A = -40 °C ~ 85 °C	20	—	—	µs
t _{ERASE}	页擦除时间	T _A = -40 °C ~ 85 °C	2	—	—	ms
t _{MERASE}	整片擦除时间	T _A = -40 °C ~ 85 °C	10	—	—	ms

I/O 端口特性

表 19. I/O 端口特性

T_A = 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 _{IL}	低电平输入电流	3.3 V I/O V _I = V _{SS} , 片内上拉电 复位引脚 阻除能	—	—	3	µA
			—	—	3	
I _{IH}	高电平输入电流	3.3 V I/O V _I = V _{DD} , 片内下拉电 复位引脚 阻除能	—	—	3	µA
			—	—	3	
V _{IL}	低电平输入电压	3.3 V I/O	-0.4	—	V _{DD} × 0.35	V
		复位引脚	-0.4	—	V _{DD} × 0.35	
V _{IH}	高电平输入电压	3.3 V I/O	V _{DD} × 0.65	—	V _{DD} + 0.4	V
		复位引脚	V _{DD} × 0.65	—	V _{DD} + 0.4	
V _{HYS}	施密特触发器输入电 压迟滞	3.3 V I/O	—	0.12 × V _{DD}	—	mV
		复位引脚	—	0.12 × V _{DD}	—	
I _{OL}	低电平输出电流 (GPIO 灌电流)	3.3 V I/O 4 mA 驱动, V _{OL} = 0.4 V	4	—	—	mA
		3.3 V I/O 8 mA 驱动, V _{OL} = 0.4 V	8	—	—	
		3.3 V I/O 12 mA 驱动, V _{OL} = 0.4 V	12	—	—	
		3.3 V I/O 16 mA 驱动, V _{OL} = 0.4 V	16	—	—	
I _{OH}	高电平输出电流 (GPIO 源电流)	3.3 V I/O 4 mA 驱动, V _{OH} = V _{DD} - 0.4 V	4	—	—	mA
		3.3 V I/O 8 mA 驱动, V _{OH} = V _{DD} - 0.4 V	8	—	—	
		3.3 V I/O 12 mA 驱动, V _{OH} = V _{DD} - 0.4 V	12	—	—	
		3.3 V I/O 16 mA 驱动, V _{OH} = V _{DD} - 0.4 V	16	—	—	

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{OL}	低电平输出电压	3.3 V 4 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 4 mA	—	—	0.4	V
		3.3 V 8 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 8 mA	—	—	0.4	
		3.3 V 12 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 12 mA	—	—	0.4	
		3.3 V 16 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 16 mA	—	—	0.4	
V _{OH}	高电平输出电压	3.3 V 4 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 4 mA	V _{DD} - 0.4	—	—	V
		3.3 V 8 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 8 mA	V _{DD} - 0.4	—	—	
		3.3 V 12 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 12 mA	V _{DD} - 0.4	—	—	
		3.3 V 16 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 16 mA	V _{DD} - 0.4	—	—	
R _{PU}	内部上拉电阻	3.3 V I/O, V _{DD} = 3.3 V	—	60	—	kΩ
R _{PD}	内部下拉电阻	3.3 V I/O, V _{DD} = 3.3 V	—	60	—	kΩ

A/D 转换器特性

表 20. A/D 转换器特性

T_A = 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 _{DDA}	工作电压	—	2.5	3.3	3.6	V
V _{ADCIN}	A/D 转换器输入电压范围	—	0	—	V _{DDA}	V
V _{REF+}	A/D 转换器参考电压	—	—	V _{DDA}	V _{DDA}	V
I _{ADC}	电流损耗	V _{DDA} = 3.3 V	—	0.85	1.00	mA
I _{ADC_DN}	暂停状态下电流损耗	V _{DDA} = 3.3 V	—	—	0.1	μA
f _{ADC}	A/D 转换器时钟	—	0.7	—	16.0	MHz
f _S	采样率	—	0.05	—	1.00	MHz
T _{DL}	数据延迟	—	—	12.5	—	1/f _{ADC} Cycles
T _{S&H}	采样 & 保持时间	—	—	3.5	—	1/f _{ADC} Cycles
T _{ADCCONV}	A/D 转换器转换时间	—	—	16	—	1/f _{ADC} Cycles
R _I	输入采样转换电阻	—	—	—	1	kΩ
C _I	输入采样电容	不包括 pin/pad 电容	—	4	—	pF
t _{SU}	启动时间	—	—	—	1	μs
N	分辨率	—	—	12	—	bits
INL	积分非线性误差	f _S = 750 kHz, V _{DDA} = 3.3 V	—	±2	±5	LSB
DNL	微分非线性误差	f _S = 750 kHz, V _{DDA} = 3.3 V	—	±1	—	LSB
E _O	失调误差	—	—	—	±10	LSB
E _G	增益误差	—	—	—	±10	LSB

注：1. 表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。

2. 下图显示了 A/D 转换器采样和保持输入级的等效电路，图中 C_I 为内部存储电容，R_I 为内部采样转换的电阻，R_S 是信号源 V_S 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_{ADC}。在此阶段，对 C_I 充电以确保在其两端的电压变得足够接近 V_S。为了保证这一点，R_S 取值会有一定的限制。

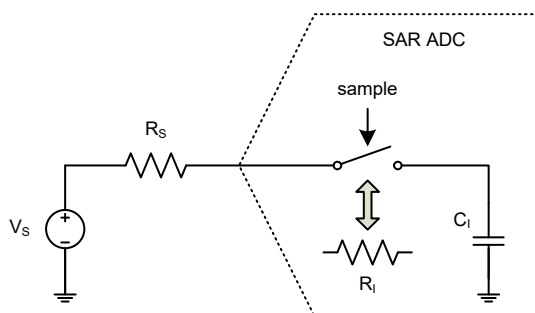


图 7. A/D 转换器采样网络模板

最差的情况是，当在输入电压范围的极限 (0 V 和 V_{REF}) 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:

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

在此公式中， f_{ADC} 是 A/D 转换器时钟频率，N 是 A/D 转换器分辨率 (此时 $N = 12$)。安全程度由引脚 / 焊盘寄生电容决定，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_S 可能大于上述公式表示值。

内部参考电压特性

表 21. 内部参考电压特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$ ，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DDA}	工作电压	—	1.8	—	3.6	V
V_{REF}	工厂调整后内部参考电压 @ 25°C	$V_{DDA} \geq 1.8\text{ V}$ $V_{REFSEL}[1:0] = 00$	1.190	1.215	1.240	V
		$V_{DDA} \geq 2.3\text{ V}$ $V_{REFSEL}[1:0] = 01$	1.96	2.00	2.04	
		$V_{DDA} \geq 2.8\text{ V}$ $V_{REFSEL}[1:0] = 10$	2.45	2.50	2.55	
		$V_{DDA} \geq 3.0\text{ V}$ $V_{REFSEL}[1:0] = 11$	2.65	2.70	2.75	
ACC_{VREF}	调整后的参考电压精度	$V_{DDA} = 1.8\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $V_{REF} = 1.215\text{ V}$, $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	-3.0	—	+3.0	%
t_{STABLE}	参考电压稳定时间	—	—	—	100	ms
t_{SREFV}	读取参考电压时的 A/D 转换器采样时间	—	10	—	—	μs
I_{DD}	工作电流	$V_{DDA} = 3.3\text{ V}$, $V_{REF} = 2.0\text{ V}$, $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	—	45	55	μA
I_{DDPWD}	参考电压暂停电流	—	—	—	0.01	μA

V_{DDA} 监测特性

T_A = 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 _{DDA} 桥式电阻	—	—	50	—	kΩ
Q	V _{DDA} 测量比例	—	—	2	—	—
E _R	误差比率	—	-1	—	+1	%
t _{SVDDA}	读取 V _{DDA} 时的 A/D 转换器采样时间	—	5	—	—	μs

注：表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。

GPTM/PWM/SCTM 特性

表 22. GPTM/PWM/SCTM 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{TM}	GPTM, PWM 和 SCTM 定时器时钟源	—	—	—	f _{PCLK}	MHz
t _{RES}	定时器分辨率时间	—	1	—	—	1/f _{TM}
f _{EXT}	通道 1~4 上的外部信号频率	—	—	—	1/2	f _{TM}
RES	定时器分辨率	—	—	—	16	bits

I²C 特性

表 23. I²C 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 _{SCL}	SCL 时钟频率	—	100	—	400	—	1000	kHz
t _{SCL(H)}	SCL 时钟高电平时间	4.500	—	1.125	—	0.450	—	μs
t _{SCL(L)}	SCL 时钟低电平时间	4.500	—	1.125	—	0.450	—	μs
t _{FALL}	SCL 和 SDA 下降时间	—	1.300	—	0.340	—	0.135	μs
t _{RISE}	SCL 和 SDA 上升时间	—	1.300	—	0.340	—	0.135	μs
t _{SU(SDA)}	SDA 数据建立时间	500	—	125	—	50	—	ns
t _{H(SDA)}	SDA 数据保持时间 ⁽⁵⁾	0	—	0	—	0	—	ns
	SDA 数据保持时间 ⁽⁶⁾	100	—	100	—	100	—	ns
t _{VD(SDA)}	SDA 数据有效时间	—	1.600	—	0.475	—	0.250	μs
t _{SU(STA)}	START 条件建立时间	500	—	125	—	50	—	ns
t _{H(STA)}	START 条件保持时间	0	—	0	—	0	—	ns
t _{SU(STO)}	STOP 条件建立时间	500	—	125	—	50	—	ns

注：1. 表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。

- 为达到标准模式 100 kHz，外设时钟频率必须高于 2 MHz。
- 为达到快速模式 400 kHz，外设时钟频率必须高于 8 MHz。
- 为达到高速模式 1 MHz，外设时钟频率必须高于 20 MHz。
- 以上 I²C 总线时序图的特性参数是基于 COMB_FILTER_EN 除能且 SEQ_FILTER = 00 的情况。
- 以上 I²C 总线时序图的特性参数是基于 COMB_FILTER_EN 使能且 SEQ_FILTER = 00 的情况。

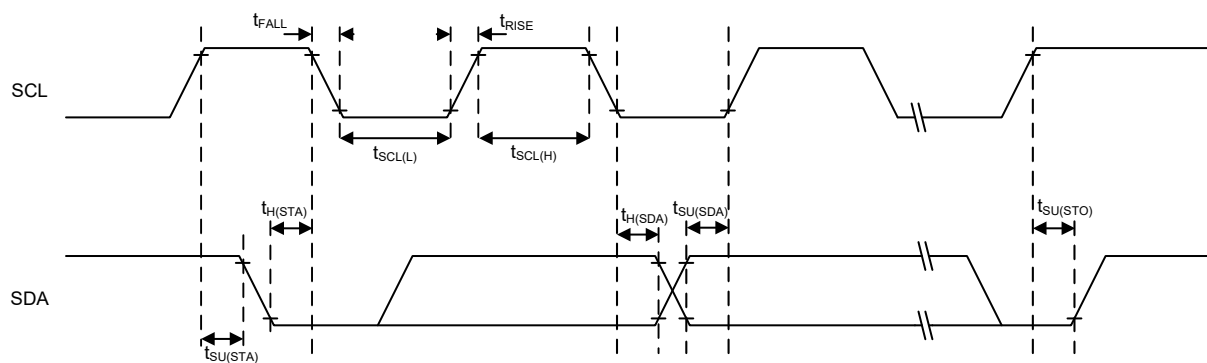


图 8. I²C 时序图

SPI 特性

表 24. 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_{SCK} ($1/t_{SCK}$)	SPI 主机输出 SCK 时钟频率	主机模式 SPI 外设时钟频率 f_{PCLK}	—	—	$f_{PCLK}/2$	MHz
$t_{SCK(H)}$ $t_{SCK(L)}$	SCK 时钟高电平和低电平时间	—	$t_{SCK}/2 - 2$	—	$t_{SCK}/2 + 1$	ns
$t_{V(MO)}$	数据输出有效时间	—	—	—	5	ns
$t_{H(MO)}$	数据输出保持时间	—	2	—	—	ns
$t_{SU(MI)}$	数据输入建立时间	—	5	—	—	ns
$t_{H(MI)}$	数据输入保持时间	—	5	—	—	ns
SPI 从机模式						
f_{SCK} ($1/t_{SCK}$)	SPI 从机输入 SCK 时钟频率	从机模式 SPI 外设时钟频率 f_{PCLK}	—	—	$f_{PCLK}/3$	MHz
$Duty_{SCK}$	SPI 从机输入 SCK 时钟占空比	—	30	—	70	%
$t_{SU(SEL)}$	SEL 使能建立时间	—	$3 \times t_{PCLK}$	—	—	ns
$t_{H(SEL)}$	SEL 使能保持时间	—	$2 \times t_{PCLK}$	—	—	ns
$t_{A(SO)}$	数据输出访问时间	—	—	—	$3 \times t_{PCLK}$	ns
$t_{DIS(SO)}$	数据输出除能时间	—	—	—	10	ns
$t_{V(SO)}$	数据输出有效时间	—	—	—	25	ns
$t_{H(SO)}$	数据输出保持时间	—	15	—	—	ns
$t_{SU(SI)}$	数据输入建立时间	—	5	—	—	ns
$t_{H(SI)}$	数据输入保持时间	—	4	—	—	ns

注：1. f_{SCK} 为 SPI 输出 / 输入时钟频率， $t_{SCK} = 1/f_{SCK}$ 。

2. f_{PCLK} 为 SPI 外设时钟频率， $t_{PCLK} = 1/f_{PCLK}$ 。

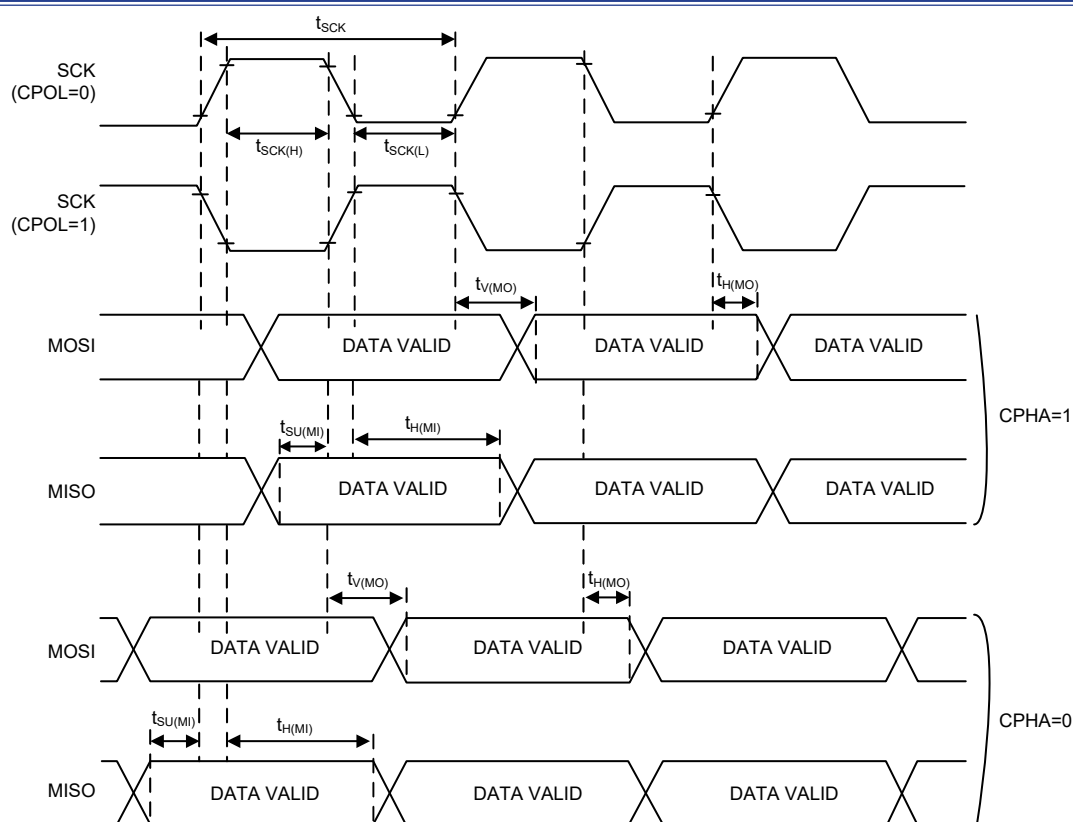


图 9. SPI 时序图 - SPI 主机模式

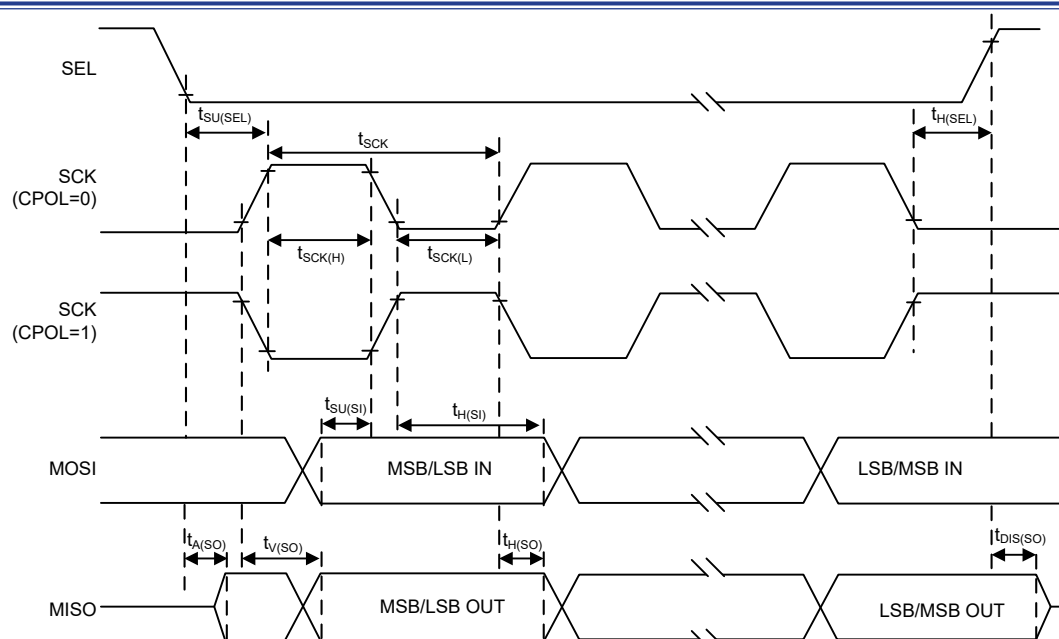


图 10. SPI 时序图—SPI 从机模式, CPHA = 1

USB 特性

USB 全速接口符合 USB-IF 认证。

表 25. USB 直流电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DD}	USB 工作电压	—	3.0	—	3.6	V
V _{DI}	差分输入灵敏度	USBDP-USBDM	0.2	—	—	V
V _{CM}	共模电压范围	—	0.8	—	2.5	V
V _{SE}	单端接收器阈值	—	0.8	—	2.0	V
V _{OL}	Pad 输出低电压	1.5 kΩ R _L 连接到 V _{DD}	0	—	0.3	V
V _{OH}	Pad 输出高电压		2.8	—	3.6	V
V _{CRS}	差分输出信号交叉点电压		1.3	—	2.0	V
Z _{DRV}	驱动器输出电阻值	—	—	10	—	Ω
C _{IN}	收发器 Pad 电容值	—	—	—	20	pF

注：1. 表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。
2. 当电压降低至 2.7 V 时，都可确保 USB 功能的正常使用，但当 V_{DD} 电压范围在 2.7 V ~ 3.0 V 时，部分 USB 电气特性值会有所下降。
3. R_L 是连接到 USB 驱动器 USBDP 的负载电阻。

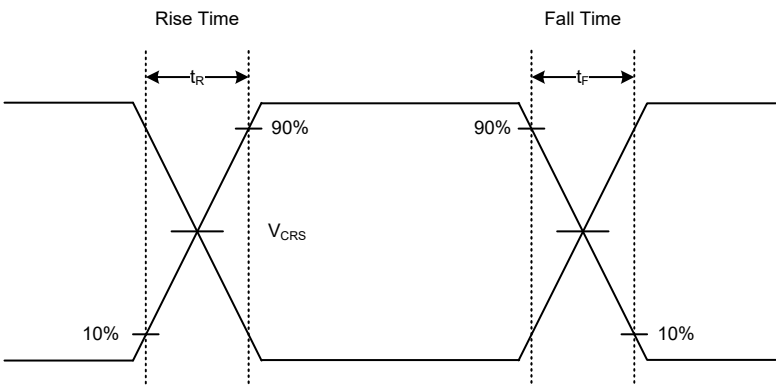


图 11. USB 信号上升时间、下降时间和交叉点电压 (V_{CRS}) 定义

表 26. USB 交流电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
T _r	上升时间	C _L = 50 pF	4	—	20	ns
T _f	下降时间	C _L = 50 pF	4	—	20	ns
T _{r/f}	上升时间 / 下降时间匹配度	T _{r/f} = T _r / T _f	90	—	110	%

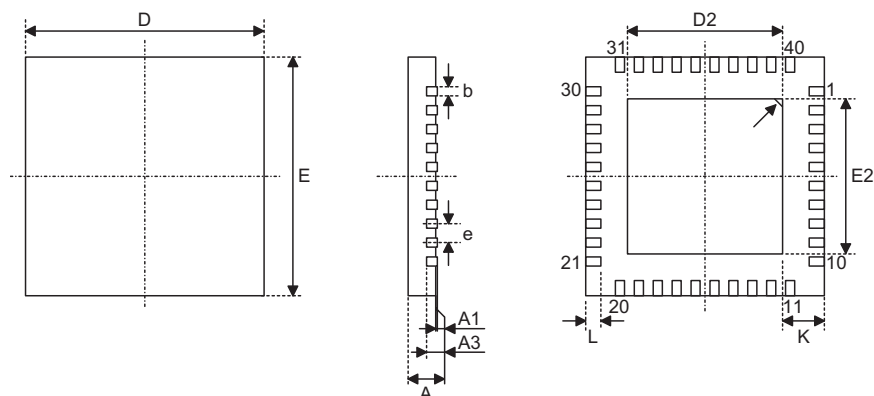
6 封装信息

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

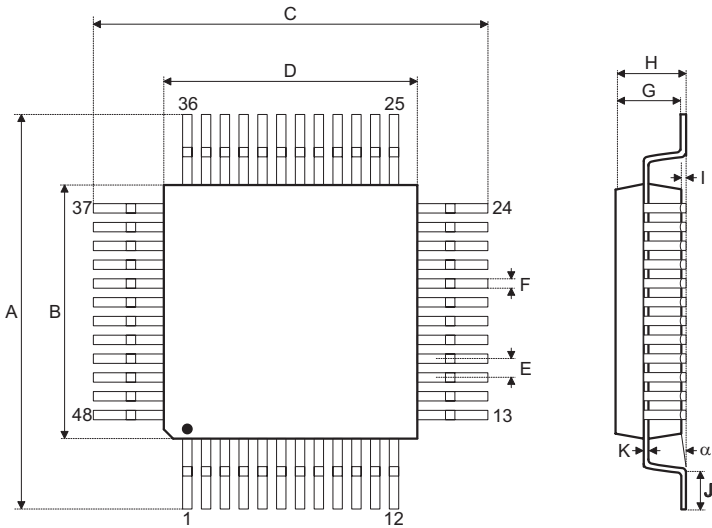
SAW Type 40-pin QFN (5mm × 5mm) 外形尺寸



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 BSC	—
b	0.006	0.008	0.010
D	—	0.197 BSC	—
E	—	0.197 BSC	—
e	—	0.016 BSC	—
D2	0.126	0.130	0.132
E2	0.126	0.130	0.132
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	0.700	0.750	0.800
A1	0.000	0.020	0.050
A3	—	0.200 BSC	—
b	0.150	0.200	0.250
D	—	5.000 BSC	—
E	—	5.000 BSC	—
e	—	0.40 BSC	—
D2	3.20	3.30	3.35
E2	3.20	3.30	3.30
L	0.35	0.40	0.45
K	0.20	—	—

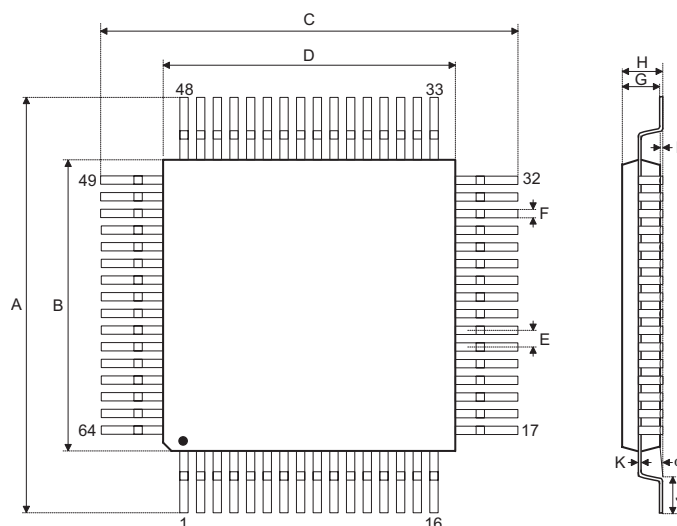
48-pin LQFP (7mm × 7mm) 外形尺寸



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	—	9.0 BSC	—
B	—	7.0 BSC	—
C	—	9.0 BSC	—
D	—	7.0 BSC	—
E	—	0.5 BSC	—
F	0.17	0.22	0.27
G	1.35	1.4	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°

64-pin LQFP (7mm × 7mm) 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	—	0.016 BSC	—
F	0.005	0.007	0.009
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	—	0.40 BSC	—
F	0.13	0.18	0.23
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® 2021 by HOLTEK SEMICONDUCTOR INC.

使用指南中所出现的信息在出版当时相信是正确的，然而 **Holtek** 对于说明书的使用不负任何责任。文中提到的应用目的仅是用来做说明，**Holtek** 不保证或表示这些没有进一步修改的应用将是适当的，也不推荐它的产品使用在会由于故障或其它原因可能会对人身造成危害的地方。**Holtek** 产品不授权使用于救生、维生从机或系统中做为关键从机。**Holtek** 拥有不事先通知而修改产品的权利，对于最新的信息，请参考我们的网址 <http://www.holtek.com/zh/>。