



HT32F52344/HT32F52354

产品规格书

带 Arm® Cortex®-M0+ 内核以及
1 MSPS ADC、CMP、DIV、UART、SPI、I²C、
MCTM、GPTM、SCTM、BFTM、CRC、RTC、
WDT、PDMA、EBI 和 USB2.0 FS
高达 128 KB Flash 和 8 KB SRAM 的
Holtek 32-Bit 单片机

版本 : V1.10 日期 : 2020-08-05

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
电源控制单元 – PWRCU	8
外部中断 / 事件控制器 – EXTI	8
模数转换器 – ADC	8
比较器 – CMP	9
输入 / 输出端口 – GPIO	9
马达控制定时器 – MCTM	9
通用功能定时器 – GPTM	10
单通道定时器 – SCTM	10
基本功能定时器 – BFTM	10
看门狗定时器 – WDT	10
实时时钟 – RTC	11
内部集成电路 – I ² C	11
串行外设接口 – SPI	11
通用异步收发器 – UART	12
循环冗余校验 – CRC	12
外设直接访问内存 – PDMA	12
硬件除法器 – DIV	13
外部总线接口 – EBI	13
通用串行总线设备控制器 – USB	13
调试支持	13
封装和工作温度	13
3 概述	14
单片机信息	14
方框图	15
存储器映射	16
时钟结构	19
4 引脚图	20

5 电气特性	28
极限参数	28
建议直流特性	28
片上 LDO 稳压器特性	28
功耗	29
复位和电源监控特性	31
外部时钟特性	32
内部时钟特性	33
系统 PLL 特性	33
USB PLL 特性	33
存储器特性	34
I/O 端口特性	34
A/D 转换器特性	35
内部参考电压特性	36
比较器特性	36
MCTM / GPTM / SCTM 特性	37
I ² C 特性	37
SPI 特性	38
USB 特性	40
6 封装信息	42
SAW Type 33-pin QFN (4mm×4mm) 外形尺寸	43
SAW Type 46-pin QFN (6.5mm×4.5mm) 外形尺寸	44
48-pin LQFP (7mm×7mm) 外形尺寸	45
64-pin LQFP (7mm×7mm) 外形尺寸	46

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	26
表 5. 极限参数	28
表 6. 建议直流工作条件	28
表 7. LDO 特性	28
表 8. 功耗特性	29
表 9. V _{DD} 电源复位特性	31
表 10. LVD / BOD 特性	31
表 11. 外部高速时钟 (HSE) 特性	32
表 12. 外部低速时钟 (LSE) 特性	32
表 13. 内部高速时钟 (HSI) 特性	33
表 14. 内部低速时钟 (LSI) 特性	33
表 15. 系统 PLL 特性	33
表 16. USB PLL 特性	33
表 17. Flash 存储器特性	34
表 18. I/O 端口特性	34
表 19. A/D 转换器特性	35
表 20. 内部参考电压特性	36
表 21. 比较器特性	36
表 22. MCTM / GPTM / SCTM 特性	37
表 23. I ² C 特性	37
表 24. SPI 特性	38
表 25. USB 直流电气特性	40
表 26. USB 交流电气特性	41

图列表

图 1. 方框图 15

图 2. 存储器映射 16

图 3. 时钟结构图 19

图 4. 33-pin QFN 引脚图 20

图 5. 46-pin QFN 引脚图 21

图 6. 48-pin LQFP 引脚图 22

图 7. 64-pin LQFP 引脚图 23

图 8. A/D 转换器采样网络模板 35

图 9. I²C 时序图 38

图 10. SPI 时序图 – SPI 主机模式 39

图 11. SPI 时序图 – SPI 从机模式，CPHA = 1 40

图 12. 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

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 加速器以获得较大的效能。它提供高达 128 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、ADC、CMP、I²C、UART、SPI、MCTM、GPTM、SCTM、BFTM、CRC-16/32、RTC、WDT、PDMA、EBI、USB2.0 FS、SW-DP (串行线调试端口) 等。提供了几种省电模式, 在唤醒延迟和功耗方面具有较优化的灵活性, 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、马达控制器等。

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+ 处理器是一种低门数，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。该处理器还提供了许多功能，如单周期 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 128 KB 片上 Flash 存储器用于指令 / 数据和选项的存储
- 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 显示了该系列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

- 32-bit 字编程，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
 - 掉电检测器 – BOD
 - 可编程低压检测 – 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，在上电时复位了整个系统。系统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 3.3V，工作温度为 25 °C 下，内部 8 MHz RC 振荡器精度可调整为 ±2%
- 内部 32 kHz RC 振荡器
- 集成时钟 PLL 和 USB 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 时钟分频器与门控电路。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

- 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} 供电给 RTC
- 两个电源域：V_{DD}，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
- 每个 EXTI 输入线都可独立进行中断使能、唤醒使能和状态位设置
- 每个 EXTI 输入线都有软件中断触发模式
- 内建去干扰滤波器，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 个提供模拟信号的外部通道和 2 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。

内部参考电压 V_{REF} 为 A/D 转换器和比较器提供了稳定的输出参考电压。 V_{REF} 内接于 A/D 转换器的 ADC_IN15 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。

比较器 – CMP

- 两个轨到轨比较器
- 每个比较器都具有可配置的负端输入，用于灵活的电压选择
 - 专用 I/O 引脚
 - 8-bit 定标器用于提供内部参考电压
- 可编程迟滞
- 可编程速度与功耗
- 比较器输出可输出至 I/O 口或定时器，也可作为 A/D 转换器触发输入
- 8-bit 定标器可配置在专用 I/O 口以提供参考电压
- 比较器可通过 EXTI 控制器产生中断，将 MCU 从休眠或深度休眠模式中唤醒

该系列单片机具有两个通用比较器 (CMP)。模拟比较器可配置为独立的比较器或与各种不同外设 IP 结合。每个比较器都可以产生 NVIC 中断，或通过 EXTI 唤醒事件管理单元将 MCU 从深度休眠模式中唤醒。

输入 / 输出端口 – GPIO

- 多达 54 个通用输入 / 输出口 (GPIO)
- 端口 A、B、C、D 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功能

单片机有多达 54 个通用 I/O 引脚，GPIO，即 PA0 ~ PA15 端口、PB0 ~ PB15 端口、PC0 ~ PC15 端口和 PD0 ~ PD5 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。

马达控制定时器 – MCTM

- 1 个 16-bit 向上、向下、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
- 带可编程死区时间插入的互补输出
- 煞车信号输入将强制定时器输出复位或输出固定电平

马达控制定时器包括一个 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)、一个 8-bit 重复计数器和几个控制 / 状态寄存器。它可用于多种用途，包括测量输入信号的脉冲宽度或产生输出波形，如比较器匹配输出、PWM 输出或带死区时间插入的互补 PWM 输出。MCTM 能够为马达控制、霍尔传感器接口和煞车信号输入提供全功能支持。

通用功能定时器 – GPTM

- 1 个 16-bit 向上、向下、向上 / 向下自动重载计数器
- 每个定时器高达 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
- 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

通用功能定时器包括一个 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 输出产生。GPTM 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。

单通道定时器 – SCTM

- 1 个 16-bit 向上自动重载计数器
- 每个定时器具有单个通道
- 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。它可用于多种用途，包括通用计时、输入信号脉冲宽度调制、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

- 1 个 32-bit 比较 / 匹配向上计数器 – 无输入 / 输出控制特性
- 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一个单次或者重复中断。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，可用于检测因软件陷入死锁导致的系统故障。它包括一个 12-bit 向下计数器、预分频器、一个 WDT 增量值寄存器、WDT 操作控制电路和 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，当计数器值大于 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。该寄存器写保护功能被使能，来防止看门狗定时器配置的突然改变。

实时时钟 – RTC

- 带可编程预分频器的 24-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 接口外，RTC 电路大多位于 V_{DD} 电源域。APB 接口位于 V_{DD15} 备份域。因此，当 V_{DD15} 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当 MCU 在省电模式时，产生系统恢复或中断信号。

内部集成电路 – I²C

- 支持高达 1 MHz 频率的主从模式
- 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
- 可屏蔽地址功能支持多种从机寻址模式

I²C 模块是一个允许与外部 I²C 接口通信的内部电路，而外部 I²C 接口是一个符合工业标准并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：即标准模式下的 100 kHz、快速模式下的 400 kHz 和高速模式下的 1 MHz。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

- 支持主从模式
- 主机模式频率高达 ($f_{PCLK}/2$) MHz，从机模式频率高达 ($f_{PCLK}/3$) 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 提供了一个 SPI 协议：主从模式下数据发送和接收功能。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。

通用异步收发器 – UART

- 异步串行通信工作频率高达 ($f_{\text{CLK}}/16$) MHz
- 全双工通信
- 完全可编程串行接口通信特性包括：
 - 字长：7、8 或 9-bit 字符
 - 校验位：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。通过读取线路状态寄存器 LSR，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， $X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$
- 支持对数据和校验码进行 1 的补码、字节取反和位取反操作
- 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 对一个存储器区块进行 CRC 计算

循环冗余校验 (CRC) 计算单元是一种错误检测技术测试算法，用于验证数据传输或存储数据的正确性。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用作校验码。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。

外设直接访问内存 – PDMA

- 带触发源分组的 6 个通道
- 8/16/32-bit 宽度数据发送
- 支持地址递增、递减或固定模式
- 4 层可编程通道优先级
- 自动重载模式
- 支持的触发源包括：
 - ADC、SPI、UART、I2C、MCTM、GPTM 和软件请求

外设直接访问内存控制器 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。

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
 - 高达 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，数据线与地址线可以复用。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 (12Mbps) 规范
- 片上 USB 全速收发器
- 1 个控制端点 (EP0) 可用于控制转移
- 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、中断和同步传输
- 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。有一个被称为端点 0 的控制端点和七个可配置端点。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，这将为不同的应用提供了较大的灵活性。内置 USB 全速收发器有助于减少总的系统复杂度和成本。USB 功能块也包含恢复和暂停特性以满足低功耗的需求。

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

- 33/46-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		HT32F52344	HT32F52354
主 Flash (KB)		64	127
选项字节 Flash (KB)		1	1
SRAM (KB)		8	8
定时器	MCTM	1	
	GPTM	1	
	SCTM	2	
	BFTM	2	
	WDT	1	
	RTC	1	
通信	USB	1	
	SPI	2	
	UART	2	
	I ² C	1	
PDMA		6 通道	
硬件除法器		1	
EBI		1	
CRC-16/32		1	
EXTI		16	
12-bit ADC 通道数		1	
		12 通道	
比较器		2	
GPIO		54 (Max.)	
CPU 频率		60 MHz (Max.)	
工作电压		1.65 V ~ 3.6 V	
工作温度		-40 °C ~ 85 °C	
封装		33/46-pin QFN 和 48/64-pin LQFP	

方框图

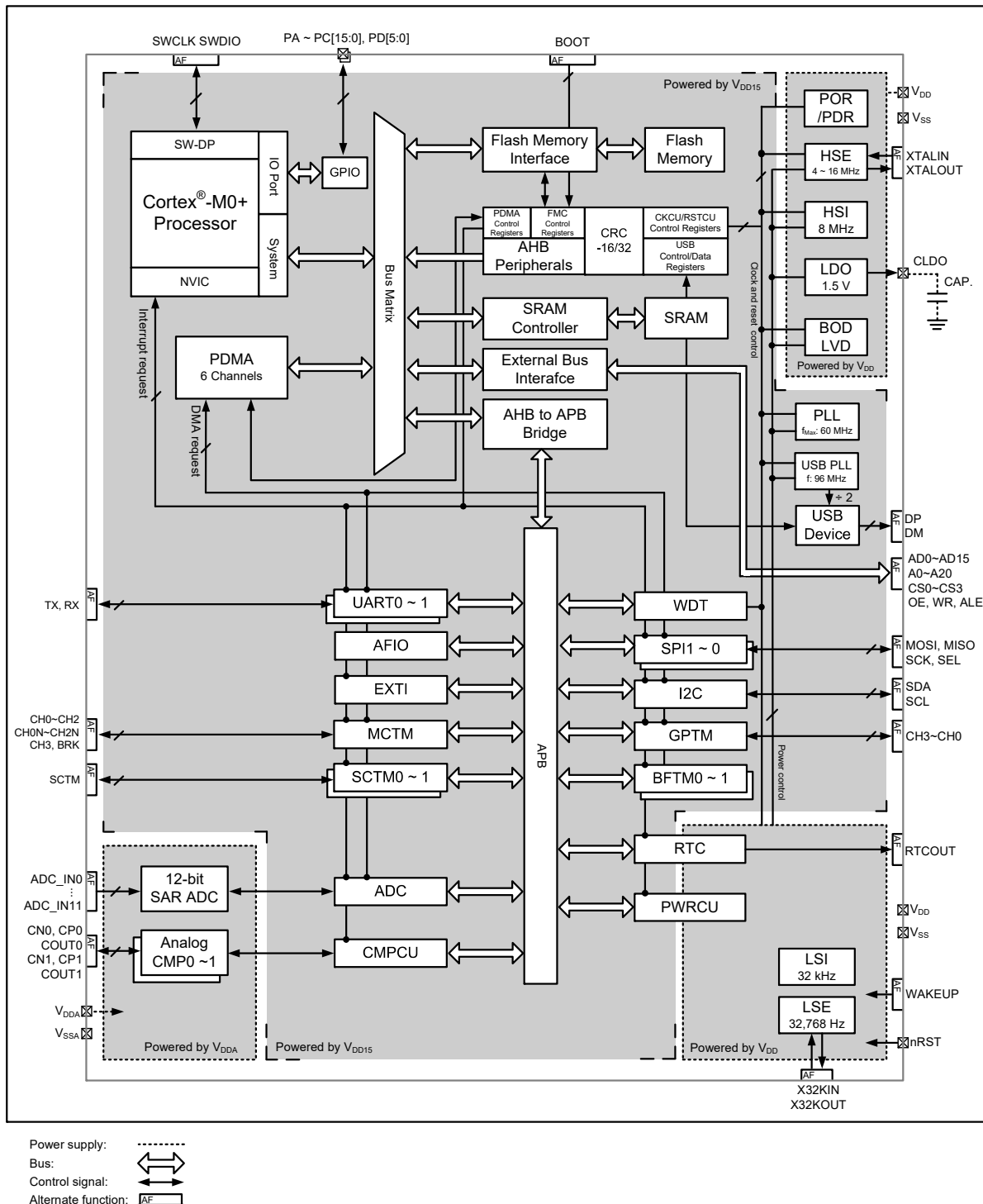


图 1. 方框图

存储器映射

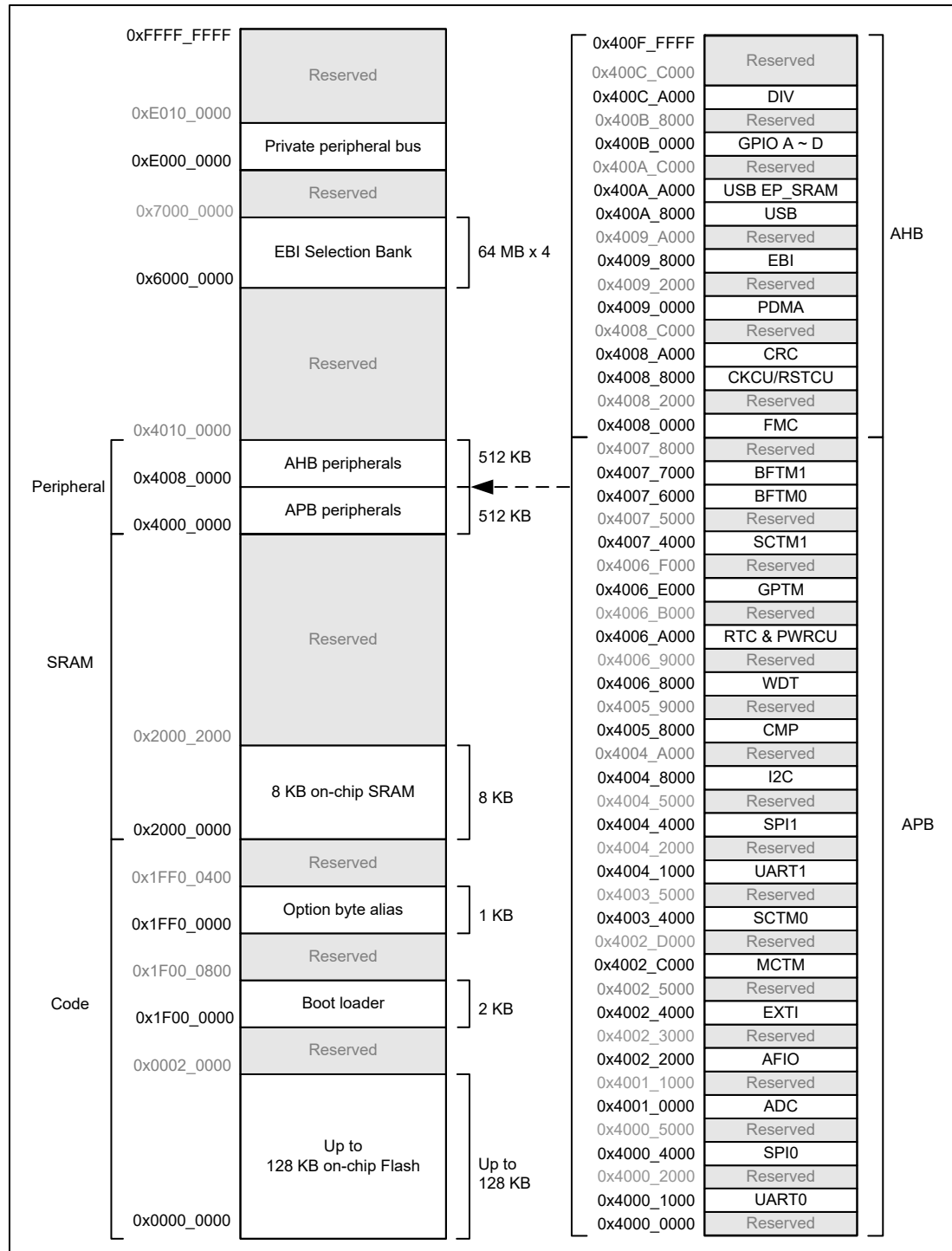


图 2. 存储器映射

表 2. 寄存器映射

起始地址	结束地址	外设	总线
0x4000_0000	0x4000_0FFF	保留	APB
0x4000_1000	0x4000_1FFF	UART0	
0x4000_2000	0x4000_3FFF	保留	
0x4000_4000	0x4000_4FFF	SPI0	
0x4000_5000	0x4000_FFFF	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	0x4002_BFFF	保留	
0x4002_C000	0x4002_CFFF	MCTM	
0x4002_D000	0x4003_3FFF	保留	
0x4003_4000	0x4003_4FFF	SCTM0	
0x4003_5000	0x4004_0FFF	保留	
0x4004_1000	0x4004_1FFF	UART1	
0x4004_2000	0x4004_3FFF	保留	
0x4004_4000	0x4004_4FFF	SPI1	
0x4004_5000	0x4004_7FFF	保留	
0x4004_8000	0x4004_8FFF	I ² C	
0x4004_9000	0x4005_7FFF	保留	
0x4005_8000	0x4005_8FFF	CMP	
0x4005_9000	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_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 控制寄存器	
0x4009_2000	0x4009_7FFF	保留	
0x4009_8000	0x4009_9FFF	EBI 控制寄存器	
0x4009_A000	0x400A_7FFF	保留	
0x400A_8000	0x400A_9FFF	USB 控制寄存器	
0x400A_A000	0x400A_BFFF	USB 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	
0x400C_A000	0x400C_BFFF	DIV	
0x400C_C000	0x400F_FFFF	保留	

ω 概述



4 引脚图

HT32F52344/HT32F52354
33 QFN-A

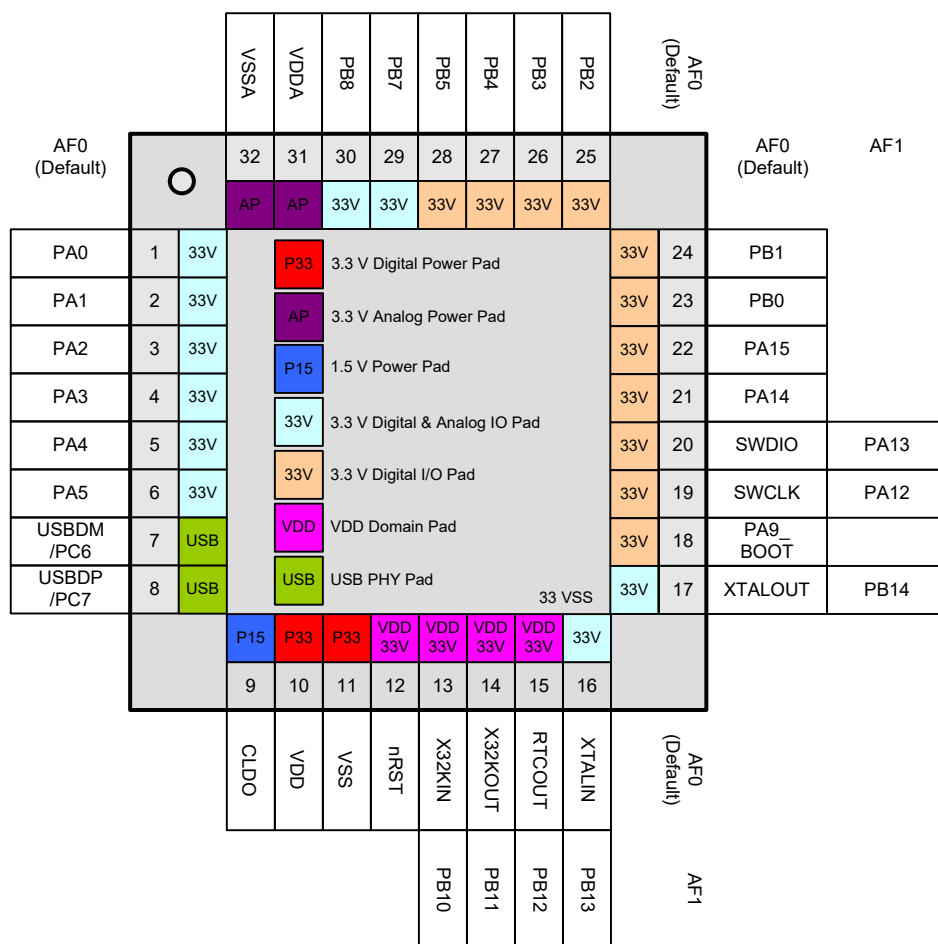


图 4. 33-pin QFN 引脚图

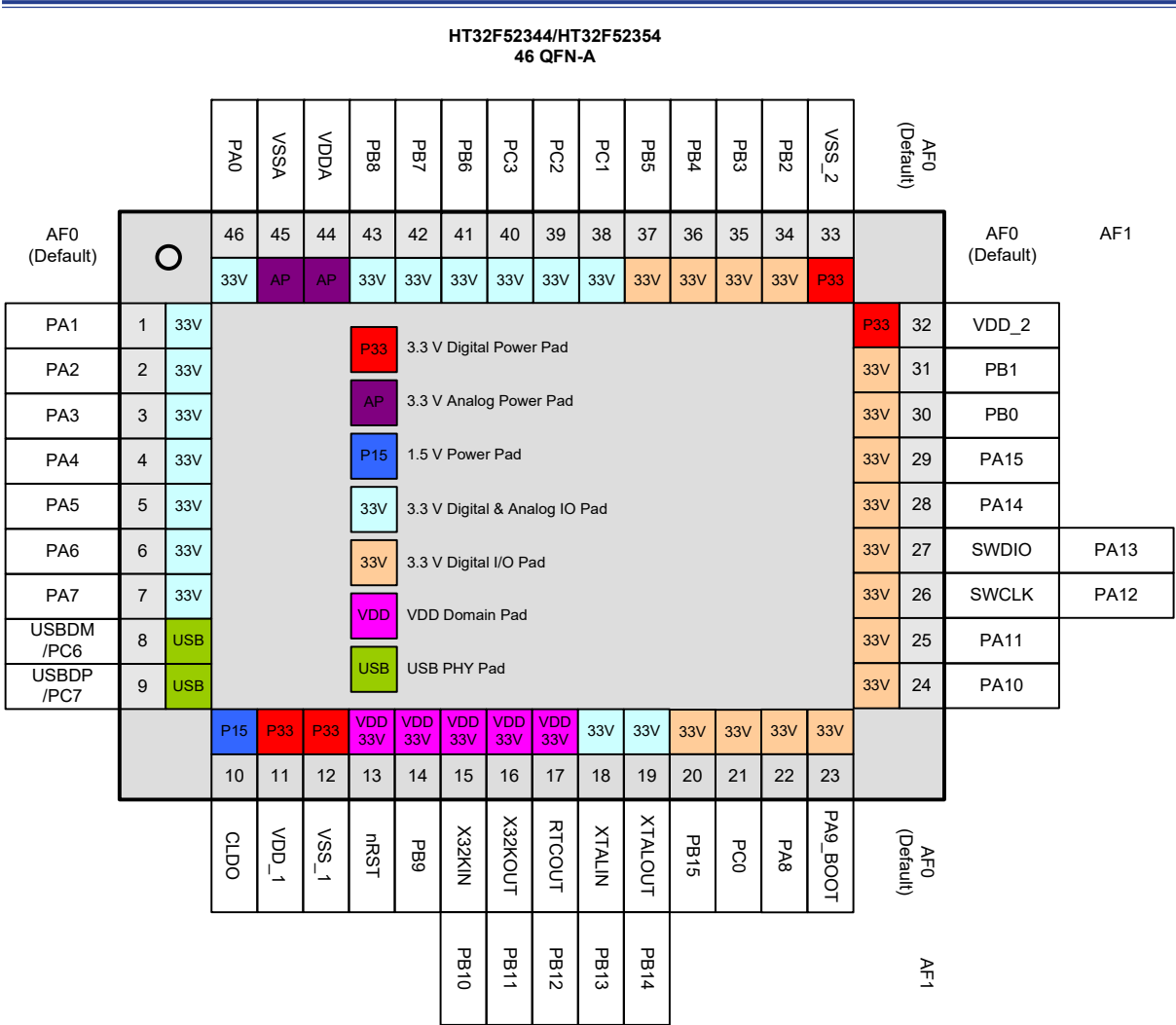


图 5. 46-pin QFN 引脚图

HT32F52344/HT32F52354
48 LQFP-A

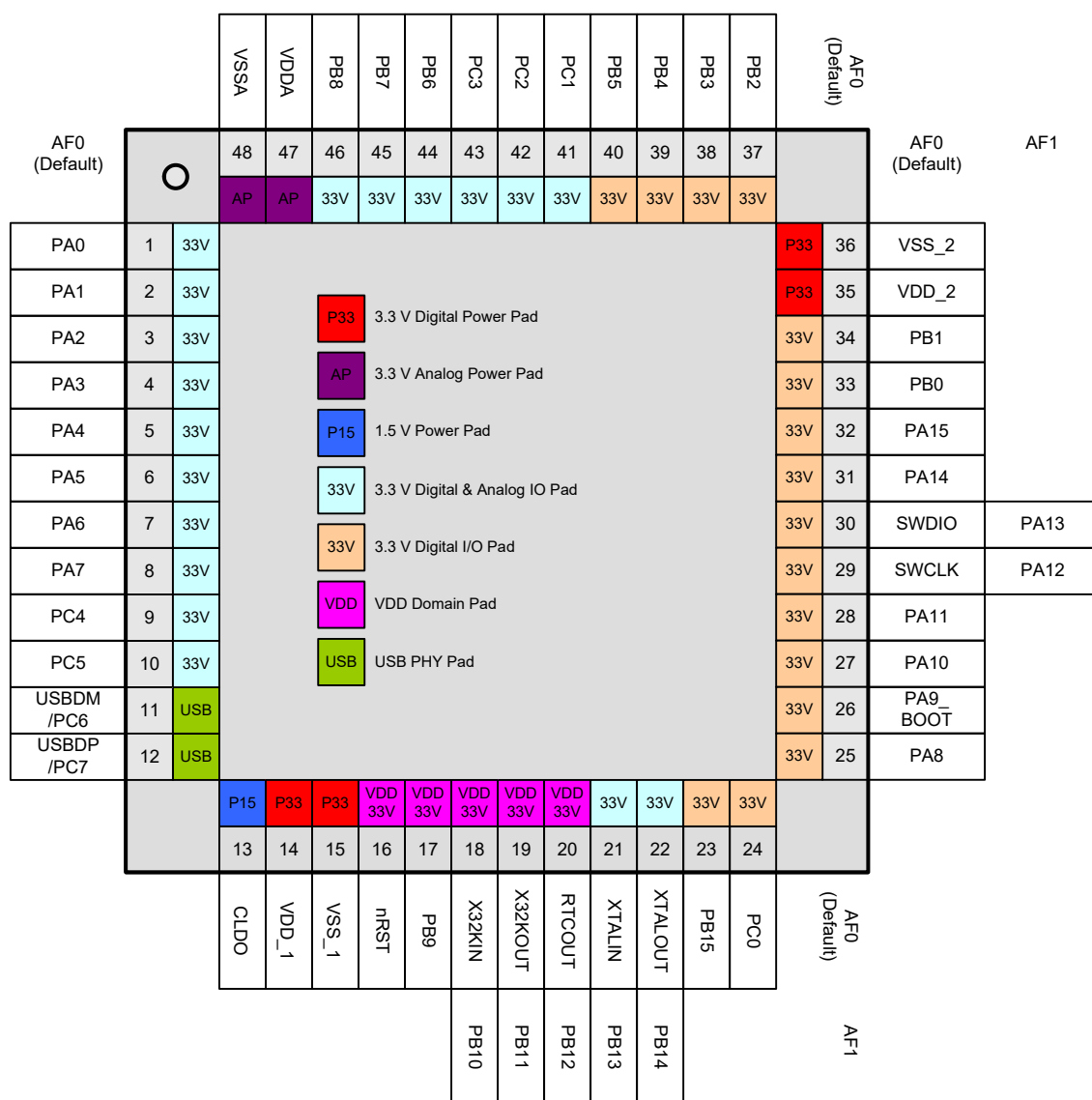


图 6. 48-pin LQFP 引脚图

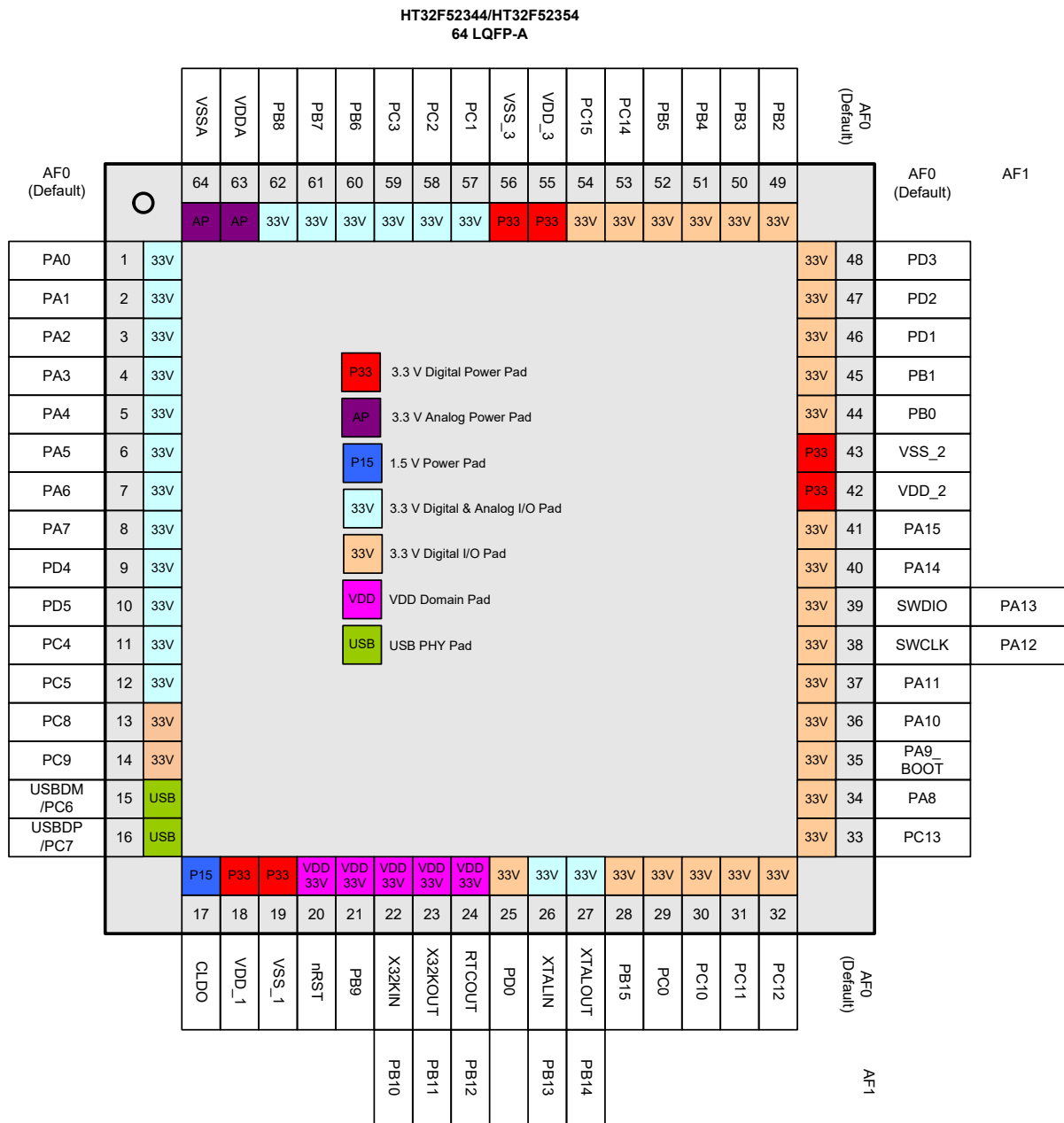


图 7. 64-pin LQFP 引脚图

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	46 QFN	33 QFN	系统默认	GPIO	ADC	CMP	GPTM/MCTM	SPI	UART	I ² C	N/A	EBI	N/A	N/A	N/A	SCTM	N/A	系统其它
1	1	46	1	PA0		ADC_IN0		GT_CH0	SPI1_SCK	UR1_TX	I2C_SCL								VREF
2	2	1	2	PA1		ADC_IN1		GT_CH1	SPI1_MOSI	UR1_RX	I2C_SDA								
3	3	2	3	PA2		ADC_IN2		GT_CH2	SPI1_MISO	UR0_TX									
4	4	3	4	PA3		ADC_IN3		GT_CH3	SPI1_SEL	UR0_RX									
5	5	4	5	PA4		ADC_IN4		GT_CH0	SPI0_SCK	UR1_TX	I2C_SCL								
6	6	5	6	PA5		ADC_IN5		GT_CH1	SPI0_MOSI	UR1_RX	I2C_SDA								
7	7	6		PA6		ADC_IN6		GT_CH2	SPI0_MISO										
8	8	7		PA7		ADC_IN7		GT_CH3	SPI0_SEL										
9				PD4		ADC_IN8				UR1_TX							SCTM0		
10				PD5		ADC_IN9				UR1_RX							SCTM1		
11	9			PC4		ADC_IN10		GT_CH0	SPI1_SEL	UR0_TX	I2C_SCL		EBI_A19				SCTM0		
12	10			PC5		ADC_IN11		GT_CH1	SPI1_SCK	UR0_RX	I2C_SDA		EBI_A20				SCTM1		
13				PC8				GT_CH2	SPI1_MOSI				EBI_A0						
14				PC9				GT_CH3	SPI1_MISO				EBI_A1						
15	11	8	7	PC6				MT_CH2		UR0_TX	I2C_SCL								
15	11	8	7	USBDM															
16	12	9	8	USBDP															
16	12	9	8	PC7				MT_CH2N		UR0_RX	I2C_SDA								
17	13	10	9	CLDO															
18	14	11	10	VDD_1															
19	15	12	11	VSS_1															
20	16	13	12	nRST															
21	17	14		PB9				MT_CH3											
22	18	15	13	X32KIN	PB10			GT_CH0	SPI1_SEL	UR1_TX							SCTM0		
23	19	16	14	X32KOUT	PB11			GT_CH1	SPI1_SCK	UR1_RX							SCTM1		
24	20	17	15	RTCOUT	PB12				SPI0_MISO	UR0_RX							SCTM0		WAKEUP
25				PD0									EBI_A18						
26	21	18	16	XTALIN	PB13					UR0_TX	I2C_SCL								
27	22	19	17	XTALOUT	PB14					UR0_RX	I2C_SDA								
28	23	20		PB15				MT_CH0	SPI0_SEL		I2C_SCL		EBI_A16						
29	24	21		PC0				MT_CH0N	SPI0_SCK		I2C_SDA		EBI_A17				SCTM1		
30				PC10				GT_CH0	SPI1_SEL				EBI_AD13						
31				PC11				GT_CH1	SPI1_SCK				EBI_AD14						
32				PC12				GT_CH2	SPI1_MOSI	UR1_TX	I2C_SCL		EBI_AD15						
33				PC13				GT_CH3	SPI1_MISO	UR1_RX	I2C_SDA		EBI_CS3						
34	25	22		PA8						UR1_TX							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	46 QFN	33 QFN	系统默认	GPIO	ADC	CMP	GPTM/MCTM	SPI	UART	I ² C	N/A	EBI	N/A	N/A	N/A	SCTM	N/A	系统其它
35	26	23	18	PA9_BOOT					SPI0_MOSI				EBI_A1				SCTM1		CKOUT
36	27	24		PA10				MT_CH1	SPI0_MOSI	UR1_RX									
37	28	25		PA11				MT_CH1N	SPI0_MISO				EBI_A0				SCTM0		
38	29	26	19	SWCLK	PA12														
39	30	27	20	SWDIO	PA13														
40	31	28	21	PA14				MT_CH0	SPI1_SEL		I2C_SCL		EBI_AD0						
41	32	29	22	PA15				MT_CH0N	SPI1_SCK		I2C_SDA		EBI_AD1				SCTM1		
42				VDD_2															
43				VSS_2															
44	33	30	23	PB0				MT_CH1	SPI1_MOSI	UR0_TX	I2C_SCL		EBI_AD2						
45	34	31	24	PB1				MT_CH1N	SPI1_MISO	UR0_RX	I2C_SDA		EBI_AD3				SCTM0		
46				PD1				MT_CH2					EBI_AD10						
47				PD2				MT_CH2N					EBI_AD11						
48				PD3				MT_CH3					EBI_AD12						
	35	32		VDD_2															
	36	33	33	VSS_2															
49	37	34	25	PB2				MT_CH2	SPI0_SEL	UR1_TX			EBI_AD4						CKIN
50	38	35	26	PB3				MT_CH2N	SPI0_SCK	UR1_RX			EBI_AD5				SCTM1		
51	39	36	27	PB4				MT_BRK	SPI0_MOSI	UR1_TX			EBI_AD6				SCTM0		
52	40	37	28	PB5				GT_CH2	SPI0_MISO	UR1_RX			EBI_AD7						
53				PC14				MT_CH3			I2C_SCL		EBI_AD8						
54				PC15							I2C_SDA		EBI_AD9				SCTM1		
55				VDD_3															
56				VSS_3															
57	41	38		PC1			CN0	MT_CH0	SPI1_SEL	UR1_TX			EBI_OE						
58	42	39		PC2			CP0	MT_CH0N	SPI1_SCK				EBI_CS0						
59	43	40		PC3			COUT0	MT_BRK	SPI1_MOSI	UR1_RX			EBI_WE						
60	44	41		PB6			CN1	GT_CH3	SPI1_MISO	UR0_TX			EBI_ALE						
61	45	42	29	PB7			CP1	MT_CH1	SPI0_MISO	UR0_TX	I2C_SCL		EBI_CS1						
62	46	43	30	PB8			COUT1	MT_CH1N	SPI0_SEL	UR0_RX	I2C_SDA		EBI_CS2						
63	47	44	31	VDDA															
64	48	45	32	VSSA															

注：33-pin QFN 封装的引脚 33 位于 QFN 封装的 Exposed Pad 上。

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	46 QFN	33 QFN					默认功能 (AF0)
1v	1	46	1	PA0	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA0
2	2	1	2	PA1	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA1
3	3	2	3	PA2	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA2
4	4	3	4	PA3	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA3
5	5	4	5	PA4	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA4
6	6	5	6	PA5	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA5
7	7	6		PA6	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA6
8	8	7		PA7	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA7
9				PD4	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PD4
10				PD5	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PD5
11	9			PC4	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PC4
12	10			PC5	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PC5
13				PC8	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC8
14				PC9	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC9
15	11	8	7	PC6	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC6
15	11	8	7	USBDM	I/O	—	—	符合通用串行总线标准的 USB 微分数据总线
16	12	9	8	USBDP	I/O	—	—	符合通用串行总线标准的 USB 微分数据总线
16	12	9	8	PC7	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC7
17	13	10	9	CLDO	P	—	—	内核 LDO 1.5 V 输出电源 必须连接一个外部电容，尽量靠近 CLDO 与 VSS_1 引脚
18	14	11	10	VDD_1	P	—	—	数字 I/O 口电压
19	15	12	11	VSS_1	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
20	16	13	12	nRST ⁽³⁾	I	33V_PU	—	暂停模式下外部复位引脚和外部唤醒引脚
21	17	14		PB9 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	PB9
22	18	15	13	PB10 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	X32KIN
23	19	16	14	PB11 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	X32KOUT
24	20	17	15	PB12 ⁽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	18	16	PB13	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	XTALIN
27	22	19	17	PB14	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	XTALOUT
28	23	20		PB15	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB15
29	24	21		PC0	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC0
30				PC10	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC10
31				PC11	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC11
32				PC12	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC12
33				PC13	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC13
34	25	22		PA8	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA8
35	26	23	18	PA9	I/O	33V_PU	4/8/12/16 mA	PA9_BOOT

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	46 QFN	33 QFN					默认功能 (AF0)
36	27	24		PA10	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA10
37	28	25		PA11	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA11
38	29	26	19	PA12	I/O	33V_PU	4/8/12/16 mA	SWCLK
39	30	27	20	PA13	I/O	33V_PU	4/8/12/16 mA	SWDIO
40	31	28	21	PA14	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA14
41	32	29	22	PA15	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA15
42	35	32		VDD_2	P	—	—	数字 I/O 口电压
43	36	33	33	VSS_2	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
44	33	30	23	PB0	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB0
45	34	31	24	PB1	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB1
46				PD1	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD1
47				PD2	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD2
48				PD3	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD3
49	37	34	25	PB2	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB2
50	38	35	26	PB3	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB3
51	39	36	27	PB4	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB4
52	40	37	28	PB5	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB5
53				PC14	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC14
54				PC15	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC15
55				VDD_3	P	—	—	数字 I/O 口电压
56				VSS_3	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
57	41	38		PC1	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PC1
58	42	39		PC2	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PC2
59	43	40		PC3	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PC3
60	44	41		PB6	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB6
61	45	42	29	PB7	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB7
62	46	43	30	PB8	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB8
63	47	44	31	VDDA	P	—	—	ADC 和比较器模拟电压
64	48	45	32	VSSA	P	—	—	ADC 和比较器参考地

注：1. I = 输入，O = 输出，A = 模拟端口，P = 电源，V_{DD} = V_{DD} 电源。

2. 33 V = 3.3 V 容差，PU = 上拉。

3. 这些引脚位于 V_{DD} 电源域。

4. 在 Boot loader 模式下，只能使用 USB 连接通信。

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_{DD}	外部主电源供应电压	$V_{SS} - 0.3$	$V_{SS} + 3.6$	V
V_{DDA}	外部模拟电源供应电压	$V_{SSA} - 0.3$	$V_{SSA} + 3.6$	V
V_{IN}	I/O 口输入电压	$V_{SS} - 0.3$	$V_{DD} + 0.3$	V
T_A	工作温度的范围	-40	+85	°C
T_{STG}	储存温度的范围	-55	+150	°C
T_J	最大结温	—	+125	°C
P_D	总功耗	—	500	mW
V_{ESD}	静电放电电压 – 人体模式	-4000	+4000	V

建议直流特性

表 6. 建议直流工作条件

$T_A = 25\text{ °C}$ ，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	—	1.65	3.3	3.6	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

$T_A = 25\text{ °C}$ ，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{LDO}	内部稳压器输出电压	调整后， $V_{DD} \geq 1.65\text{ V}$ 稳压器输入 @ $I_{LDO} = 10\text{ mA}$ 且电压变化为 $\pm 5\%$	1.425	1.5	1.57	V
I_{LDO}	输出电流	$V_{DD} = 2.0 \sim 3.6\text{ V}$ 稳压器输入 @ $V_{LDO} = 1.5\text{ V}$	—	30	35	mA
		$V_{DD} = 1.65 \sim 2.0\text{ V}$ 稳压器输入 @ $V_{LDO} = 1.5\text{ V}$	—	20	25	
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	2.2	—	μF

功耗

表 8. 功耗特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{DD}	工作电流 (运行模式)	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, $f_{HCLK} = 60\text{ MHz}$, $f_{PCLK} = 60\text{ MHz}$, 所有外设使能	—	16.7	—	mA
		$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, $f_{HCLK} = 60\text{ MHz}$, $f_{PCLK} = 60\text{ MHz}$, 所有外设除能	—	7.9	—	mA
		$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, $f_{HCLK} = 40\text{ MHz}$, $f_{PCLK} = 40\text{ MHz}$, 所有外设使能	—	13.7	—	mA
		$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, $f_{HCLK} = 40\text{ MHz}$, $f_{PCLK} = 40\text{ MHz}$, 所有外设除能	—	7.7	—	mA
		$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, $f_{HCLK} = 20\text{ MHz}$, $f_{PCLK} = 20\text{ MHz}$, 所有外设使能	—	6.7	—	mA
		$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, $f_{HCLK} = 20\text{ MHz}$, $f_{PCLK} = 20\text{ MHz}$, 所有外设除能	—	3.4	—	mA
		$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL off, $f_{HCLK} = 8\text{ MHz}$, $f_{PCLK} = 8\text{ MHz}$, 所有外设使能	—	2.7	—	mA
		$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL off, $f_{HCLK} = 8\text{ MHz}$, $f_{PCLK} = 8\text{ MHz}$, 所有外设除能	—	1.48	—	mA
		$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, HSI off, PLL off, LSI on, $f_{HCLK} = 32\text{ kHz}$, $f_{PCLK} = 32\text{ kHz}$, 所有外设使能	—	25	—	μA
		$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, HSI off, PLL off, LSI on, $f_{HCLK} = 32\text{ kHz}$, $f_{PCLK} = 32\text{ kHz}$, 所有外设除能	—	20	—	μA

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{DD}	工作电流 (休眠模式)	V _{DD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 60 MHz, 所有外设使能	—	11	—	mA
		V _{DD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 60 MHz, 所有外设除能	—	1.3	—	mA
		V _{DD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 40 MHz, 所有外设使能	—	7.5	—	mA
		V _{DD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 40 MHz, 所有外设除能	—	1.1	—	mA
		V _{DD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 20 MHz, 所有外设使能	—	4.4	—	mA
		V _{DD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 20 MHz, 所有外设除能	—	0.85	—	mA
		V _{DD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL off, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 8 MHz, 所有外设使能	—	1.7	—	mA
		V _{DD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL off, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 8 MHz, 所有外设除能	—	0.45	—	mA
	工作电流 (深度休眠 1 模式)	V _{DD} = 3.3 V, 所有时钟 off (HSE / HSI / LSE), LDO 处于低功耗模式, LSI on, RTC on	—	15.5	—	μA
	工作电流 (深度休眠 2 模式)	V _{DD} = 3.3 V, 所有时钟 off (HSE / HSI / LSE), LDO off, DMOS on, LSI on, RTC on	—	3.7	—	μA
	工作电流 (暂停模式)	V _{DD} = 3.3 V, LDO off, DMOS off, LSE on, RTC on, LSI on	—	2.7	—	μA
		V _{DD} = 3.3 V, LDO off, DMOS off, LSE off, RTC off, LSI on	—	1.3	—	

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

复位和电源监控特性

表 9. 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 将被关闭。

表 10. 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	工厂调整后	V _{DD} 下降沿	1.62	1.68	1.74
			V _{DD} 上升沿	1.68	1.74	1.8
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	15 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 位于 PWRCU LVDCSR 寄存器中。

外部时钟特性

表 11. 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	—	3.6	V
f_{HSE}	外部高速振荡器频率 (HSE)	—	4	—	16	MHz
C_{LHSE}	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 $V_{DD} = 2.5\text{ V}$, $C_L = 12\text{ pF}$ @ 16 MHz, HSEDR = 1	—	—	160	Ω
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_{PWHSE}	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 12. 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	—	3.6	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}	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
	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
	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 13. 内部高速时钟 (HSI) 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	$T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	1.65	—	3.6	V
f_{HSI}	HSI 频率	$V_{DD} = 3.3\text{ V} @ 25^\circ\text{C}$	—	8	—	MHz
ACC_{HSI}	工厂调整 HSI 振荡器频率精度	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$	-2	—	2	%
		$V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$ $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	-3	—	3	%
		$V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$ $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	-6	—	6	%
Duty	占空比	$f_{HSI} = 8\text{ MHz}$	35	—	65	%
I_{DDHSI}	振荡器工作电流	$f_{HSI} = 8\text{ MHz}$	—	300	500	μA
	暂停电流		—	—	0.05	μA
t_{SUHSI}	HIS 振荡器启动时间	$f_{HSI} = 8\text{ MHz}$	—	—	10	μs

表 14. 内部低速时钟 (LSI) 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	—	3.6	V
f_{LSI}	LSI 频率	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	21	32	43	kHz
ACC_{LSI}	LSI 频率精度	工厂调整后, $V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-10	—	+10	%
$I_{DDL SI}$	LSI 振荡器工作电流	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	—	0.4	0.8	μA
t_{SULSI}	LSI 振荡器启动时间	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	100	μs

系统 PLL 特性

表 15. 系统 PLL 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
f_{PLLIN}	系统 PLL 输入时钟	—	4	—	16	MHz
f_{CK_PLL}	系统 PLL 输出时钟	—	16	—	60	MHz
t_{LOCK}	系统 PLL 锁相时间	—	—	200	—	μs

USB PLL 特性

表 16. USB PLL 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
f_{PLLIN}	USB PLL 输入时钟	—	4	—	16	MHz
f_{CK_PLL}	USB PLL 输出时钟	—	64	—	96	MHz
t_{LOCK}	USB PLL 锁相时间	—	—	200	—	μs

存储器特性

表 17. 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 18. 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	—	—	3	µA
		复位引脚	—	—	3	
I _{IH}	高电平输入电流	3.3 V I/O	—	—	3	µA
		复位引脚	—	—	3	
V _{IL}	低电平输入电压	3.3 V I/O	-0.4	—	0.35 V _{DD}	V
		复位引脚	-0.4	—	0.35 V _{DD}	
V _{IH}	高电平输入电压	3.3 V I/O	0.65 V _{DD}	—	V _{DD} + 0.4	V
		复位引脚	0.65 V _{DD}	—	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	—	—	mA
		3.3 V I/O 12 mA 驱动, V _{OL} = 0.4 V	12	—	—	mA
		3.3 V I/O 16 mA 驱动, V _{OL} = 0.4 V	16	—	—	mA
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	—	—	mA
		3.3 V I/O 12 mA 驱动, V _{OH} = V _{DD} - 0.4 V	12	—	—	mA
		3.3 V I/O 16 mA 驱动, V _{OH} = V _{DD} - 0.4 V	16	—	—	mA
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 19. A/D 转换器特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DDA}	A/D 转换器工作电压	—	2.5	3.3	3.6	V
V_{ADCIN}	A/D 转换器输入电压范围	—	0	—	V_{REF+}	V
V_{REF+}	A/D 转换器参考电压	—	—	V_{DDA}	V_{DDA}	V
I_{ADC}	电流损耗	$V_{DDA} = 3.3\text{ V}$	—	1	TBD	mA
I_{ADC_DN}	暂停模式电流损耗	$V_{DDA} = 3.3\text{ V}$	—	—	0.1	μA
f_{ADC}	A/D 转换器时钟频率	—	0.7	—	16	MHz
f_s	采样率	—	0.05	—	1	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_{ADCONV}	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	k Ω
C_I	输入采样电容	不包括引脚 / 焊盘电容	—	16	—	pF
t_{SU}	启动时间	—	—	—	1	μs
N	分辨率	—	—	12	—	bits
INL	积分非线性误差	$f_s = 750\text{ kHz}$, $V_{DDA} = 3.3\text{ V}$	—	± 2	± 5	LSB
DNL	微分非线性误差	$f_s = 750\text{ kHz}$, $V_{DDA} = 3.3\text{ V}$	—	± 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. 由于 A/D 转换器输入通道和 GPIO 引脚共用功能设计的限制，在应用电路中 A/D 转换器的供电电源 V_{DDA} 必须等于单片机的供电电源 V_{DD} 。

3. 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。

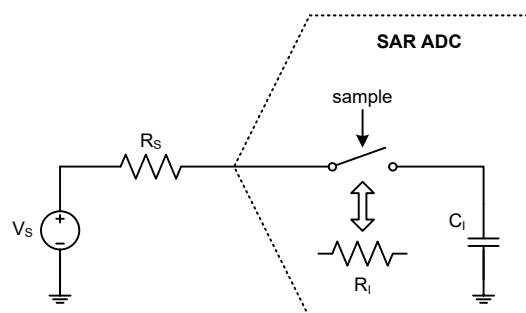


图 8. A/D 转换器采样网络模板

最差的情况是，当在输入电压范围的极限 (0V 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 20. 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	—	1.65	—	3.6	V
V_{REF}	工厂调整后内部参考电压 @ 25°C	$V_{DDA} \geq 1.65\text{ V}$ $V_{REFSEL}[1:0] = 00$	1.19	1.215	1.24	V
		$V_{DDA} \geq 2.3\text{ V}$ $V_{REFSEL}[1:0] = 01$	1.96	2.0	2.04	
		$V_{DDA} \geq 2.8\text{ V}$ $V_{REFSEL}[1:0] = 10$	2.45	2.5	2.55	
		$V_{DDA} \geq 3.0\text{ V}$ $V_{REFSEL}[1:0] = 11$	2.65	2.7	2.75	
V_{REFACC}	调整后的参考电压精度	$V_{DDA} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $V_{REF} = 1.215\text{ V}$, $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	-3.0	—	+3.0	%
t_{STABLE}	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	—	—	30	50	μA
I_{DDPVD}	暂停电流	—	—	—	0.01	μA

比较器特性

表 21. 比较器特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$ ，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	比较器模式	2.0	3.3	3.6	V
V_{IN}	输入共模电压范围	CP 或 CN	V_{SSA}	—	V_{DDA}	V
V_{IOS}	输入失调电压 ⁽¹⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-15	—	15	mV
V_{HYS}	输入迟滞 $V_{DDA} = 3.3\text{ V}$	无迟滞, CMPHM [1:0] = 00	—	0	—	mV
		低迟滞, CMPHM [1:0] = 01	—	30	—	mV
		中迟滞, CMPHM [1:0] = 10	—	70	—	mV
		高迟滞, CMPHM [1:0] = 11	—	100	—	mV
t_{RT}	响应时间 输入过载 = $\pm 100\text{ mV}$	高速模式	$V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$	50	100	ns
			$V_{DDA} < 2.7\text{ V}$	100	250	
		低速模式	—	2	5	μs

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{CMP}	电流损耗 V _{DDA} = 3.3 V	高速模式	—	180	—	μA
		低速模式	—	30	—	μA
t _{CMPST}	比较器启动时间	比较器使能到输出有效	—	—	50	μs
I _{CMP_DN}	暂停电流	CMPEFEN = 0, CVREFEN = 0, CVREFOE = 0	—	—	0.1	μA
比较器参考电压 (CVR)						
V _{CVR}	输出范围	—	V _{SSA}	—	V _{DDA}	V
N _{Bits}	CVR 定标器分辨率	—	—	8	—	bits
t _{CVRST}	设定时间	CVR 定标器设定时间 CVREF = “00000000” ~ “11111111”	—	—	100	μs
I _{CVR}	电流损耗 V _{DDA} = 3.3 V	CVREFEN = 1, CMPREFOE = 0	—	65	—	μA
		CVREFEN = 1, CVREFOE = 1	—	80	110	μA

注：表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。

MCTM / GPTM / SCTM 特性

表 22. MCTM / GPTM / SCTM 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{TM}	MCTM, GPTM 和 PWM 定时器时钟源	—	—	—	f _{PCLK}	MHz
t _{RES}	定时器分辨率时间	—	1	—	—	f _{TM}
f _{EXT}	通道 1 ~ 4 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	4.5	—	1.125	—	0.45	—	μs
t _{SCL(L)}	SCL 时钟低电平时间	4.5	—	1.125	—	0.45	—	μs
t _{FALL}	SCL 和 SDA 下降沿时间	—	1.3	—	0.34	—	0.135	μs
t _{RISE}	SCL 和 SDA 上升沿时间	—	1.3	—	0.34	—	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	—	1.6	—	0.475	—	0.25	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。

5. 此项 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。
6. 此项 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。

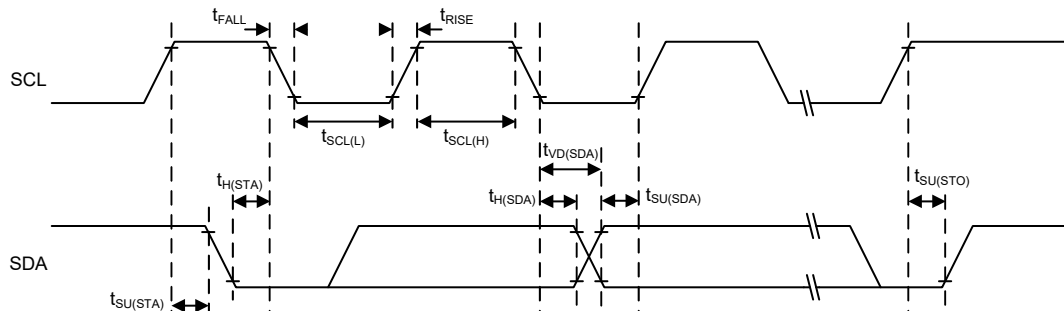


图 9. I²C 时序图

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}	SPI 主机输出 SCK 时钟频率	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}	SPI 从机输入 SCK 时钟频率	SPI 外设时钟频率 f_{PCLK}	—	—	$f_{PCLK}/3$	MHz
Duty _{SCK}	SPI 从机输入 SCK 时钟占空比周期	—	30	—	70	%
$t_{SU(SEL)}$	SEL 使能建立时间	—	$3 t_{PCLK}$	—	—	ns
$t_{H(SEL)}$	SEL 使能保持时间	—	$2 t_{PCLK}$	—	—	ns
$t_{A(SO)}$	数据输出访问时间	—	—	—	$3 t_{PCLK}$	ns
$t_{DIS(SO)}$	数据输出禁止时间	—	—	—	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， $t_{PCLK} = 1/f_{PCLK}$ 。

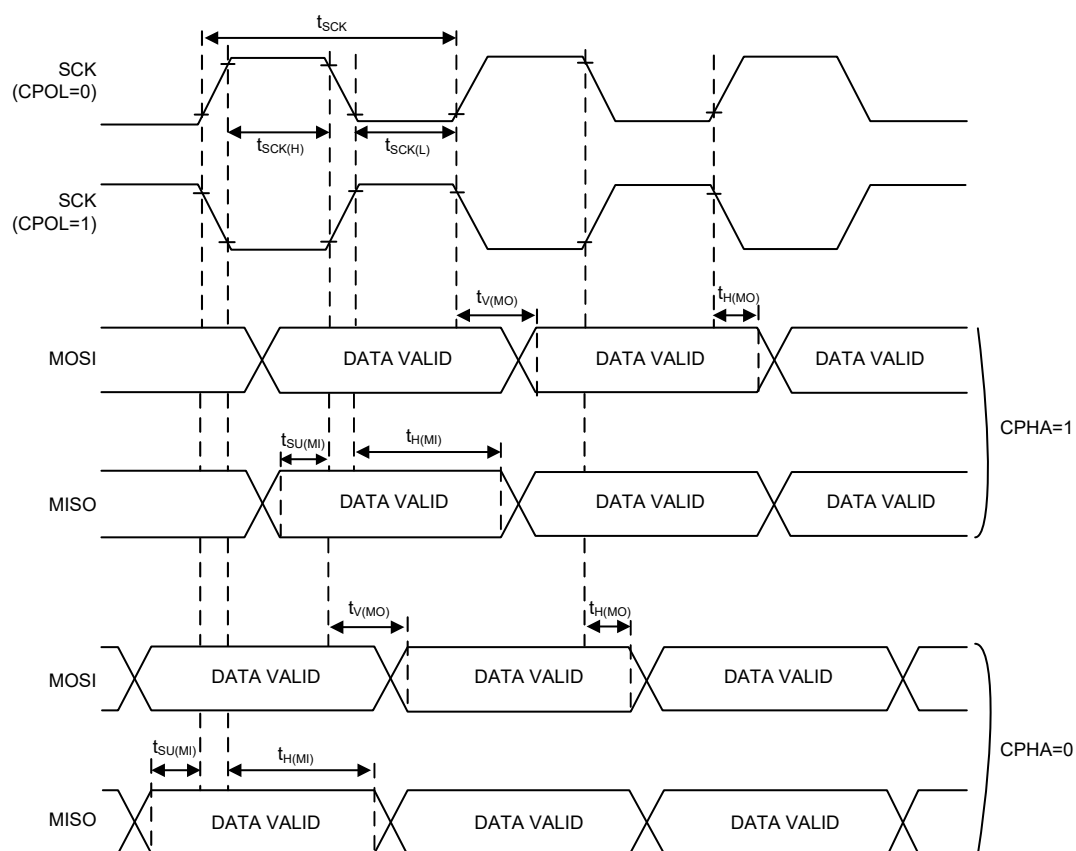


图 10. SPI 时序图 – SPI 主机模式

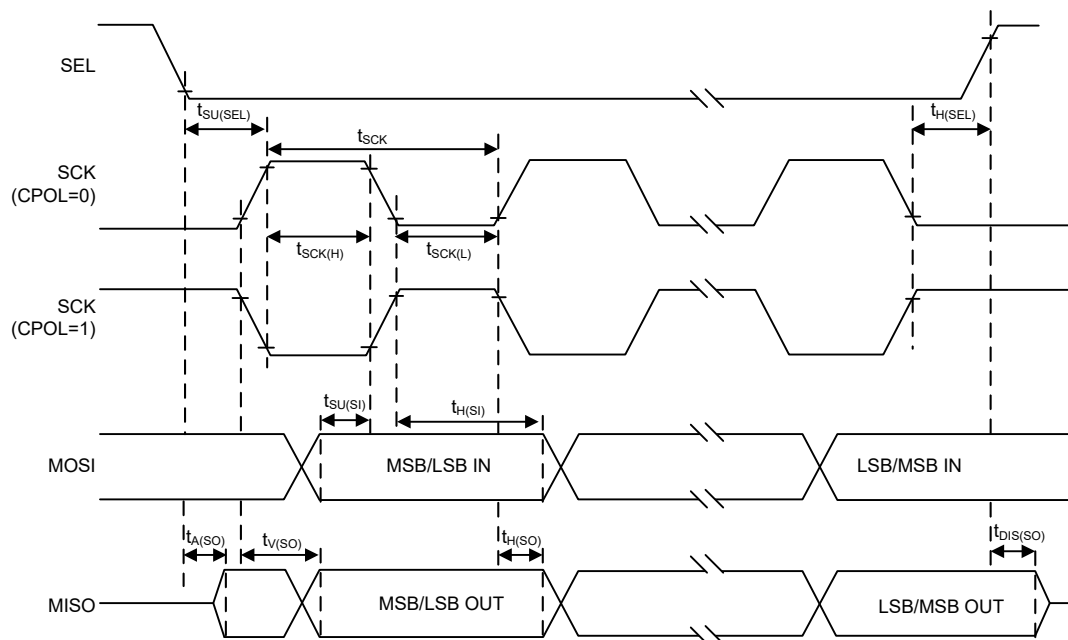


图 11. SPI 时序图 – SPI 从机模式，CPHA = 1

USB 特性

USB 接口符合 USB-IF 认证 – 全速。

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}	微分输入灵敏度	$ USB_{DP} - USB_{DM} $	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 k Ω R_L 连接到 V_{DD33}	0	—	0.3	V
V_{OH}	Pad 输出高低压		2.8	—	3.6	V
V_{CRS}	微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 USB_{DP} 的负载电阻。

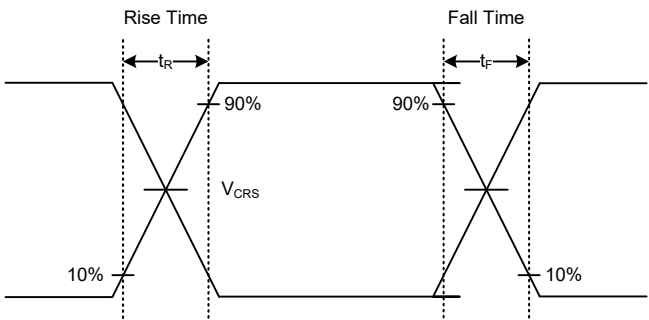


图 12. USB 信号上升时间、下降时间和交叉点电压 (V_{CRS}) 定义

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	$C_L = 50 \text{ pF}$	4	—	20	ns
t_F	下降时间	$C_L = 50 \text{ pF}$	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	%

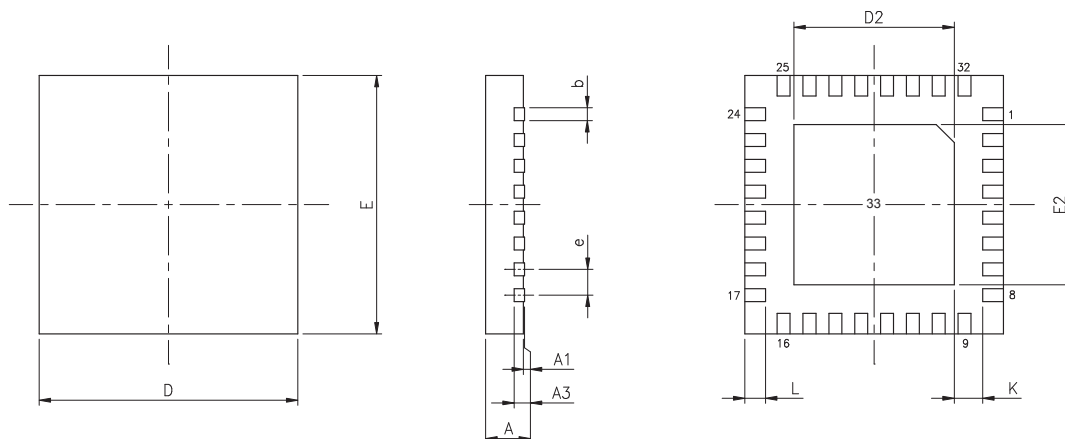
6 封装信息

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

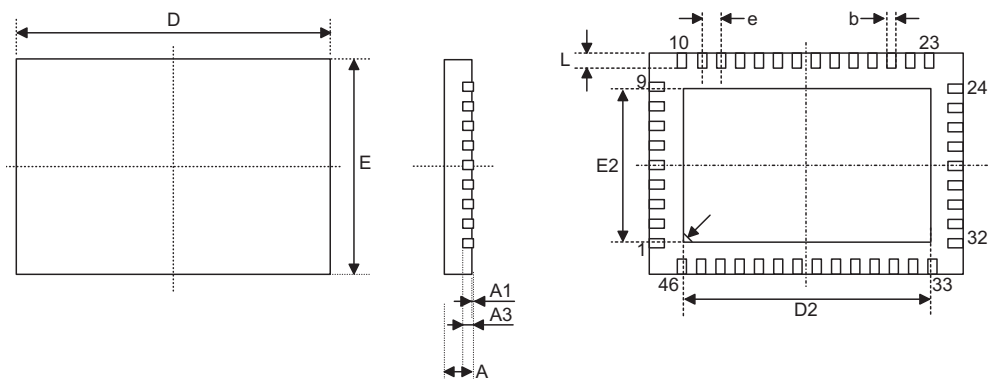
SAW Type 33-pin QFN (4mm×4mm) 外形尺寸



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	—	0.157 BSC	—
E	—	0.157 BSC	—
e	—	0.016 BSC	—
D2	0.104	0.106	0.108
E2	0.104	0.106	0.108
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 BSC	—
b	0.15	0.20	0.25
D	—	4.00 BSC	—
E	—	4.00 BSC	—
e	—	0.40 BSC	—
D2	2.65	2.70	2.75
E2	2.65	2.70	2.75
L	0.35	0.40	0.45
K	0.20	—	—

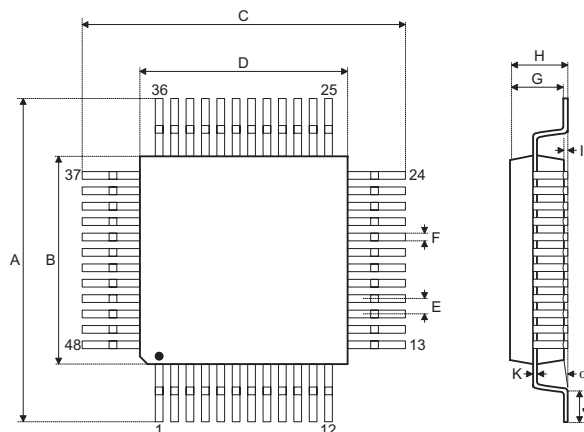
SAW Type 46-pin QFN (6.5mm×4.5mm) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.031	0.033	0.035
A1	0.000	0.001	0.002
A3	—	0.008 BSC	—
b	0.006	0.008	0.010
D	0.254	0.256	0.258
E	0.175	0.177	0.179
e	—	0.016 BSC	—
D2	0.197	0.201	0.205
E2	0.118	0.122	0.126
L	0.012	0.016	0.020

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.80	0.85	0.90
A1	0.00	0.02	0.04
A3	—	0.20 BSC	—
b	0.15	0.20	0.25
D	6.45	6.50	6.55
E	4.45	4.50	4.55
e	—	0.40 BSC	—
D2	5.00	5.10	5.20
E2	3.00	3.10	3.20
L	0.30	0.40	0.50

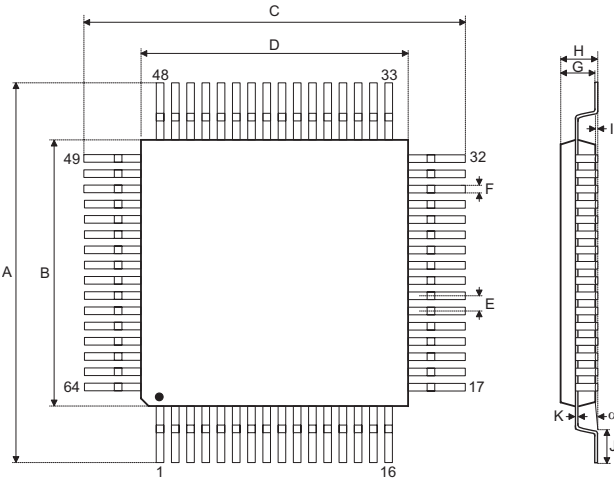
48-pin LQFP (7mm×7mm) 外形尺寸



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	—	9.00 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°

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® 2020 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/>。