



HT32F0008

产品规格书

带 Arm® Cortex®-M0+ 内核以及
AES-128、PDMA、DIV、USART、UART、SPI、I²C、
GPTM、BFTM、PWM、CRC、RTC、WDT 和 USB2.0 FS
高达 64 KB Flash 和 16 KB SRAM 的 Holtek 32-Bit 单片机

版本: V1.40 日期: 2023-02-20

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
输入 / 输出端口 – GPIO	8
通用功能定时器 – GPTM	9
脉冲宽度调制定时器 – PWM	9
基本功能定时器 – BFTM	9
看门狗定时器 – WDT	9
实时时钟 – RTC	10
内部集成电路 – IC	10
串行外设接口 – SPI	10
通用同步异步收发器 – USART	10
通用异步收发器 – UART	11
循环冗余校验 – CRC	11
外设直接访问内存 – PDMA	12
硬件除法器 – DIV	12
通用串行总线设备控制器 – USB	12
高级加密标准 – AES-128	12
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	30
外部时钟特性	31
内部时钟特性	32
PLL 特性	32
USB PLL 特性	32
存储器特性	33
I/O 端口特性	33
PWM / GPTM 特性	34
I ² C 特性	34
SPI 特性	35
USB 特性	37
6 封装信息	38
SAW Type 24-pin QFN (3mm × 3mm × 0.55mm) 外形尺寸	39
SAW Type 33-pin QFN (4mm × 4mm) 外形尺寸	40
SAW Type 46-pin QFN (6.5mm × 4.5mm × 0.75mm) 外形尺寸	41
48-pin LQFP (7mm × 7mm) 外形尺寸	42

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	30
表 10. LVD / BOD 特性	30
表 11. 外部高速时钟 (HSE) 特性	31
表 12. 外部低速时钟 (LSE) 特性	31
表 13. 内部高速时钟 (HSI) 特性	32
表 14. 内部低速时钟 (LSI) 特性	32
表 15. PLL 特性	32
表 16. USB PLL 特性	32
表 17. Flash 存储器特性	33
表 18. I/O 端口特性	33
表 19. GPTM 特性	34
表 20. I ² C 特性	34
表 21. SPI 特性	35
表 22. USB 直流电气特性	37
表 23. USB 交流电气特性	37

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. 24-pin QFN 引脚图	20
图 5. 33-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. I ² C 时序图	34
图 9. SPI 时序图 – SPI 主机模式	36
图 10. SPI 时序图 – SPI 从机模式, CPHA = 1	36
图 11. USB 信号上升时间、下降时间和交叉点电压 (V _{CRS}) 定义	37

1 简介

该 Holtek 单片机 HT32F0008 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 64 KB 的嵌入式 Flash 存储器用作程序 / 数据存储,高达 16 KB 的嵌入式 SRAM 存储器用作系统操作和应用程序运用。此单片机具有多种外设,如 PDMA、AES-128、DIV、I²C、USART、UART、SPI、GPTM、PWM、CRC-16/32、RTC、WDT、USB 2.0 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。

以上这些特性使该单片机可以广泛地适用于各种应用,如数据桥、传感器中枢等。

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

- 64 KB 片上 Flash 存储器用于指令 / 数据和选项字节的存储
- 16 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, 预先定义的存储器映射由 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
- 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, 故提供一个带有预取缓存器的宽访问接口减少 CPU 等待时间, 以避免 CPU 指令执行延迟。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 3.3 V，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
- 集成系统时钟 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 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 MCU 内核、外设和存储器电源
- V_{DD} 供电给 RTC
- 两个电源域： V_{DD} ， 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 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。

输入 / 输出端口 – GPIO

- 多达 42 个通用输入 / 输出口 (GPIO)
- 端口 A、B、C、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功能

单片机有多达 42 个通用 I/O 引脚，GPIO，即 PA0 ~ PA15、PB0 ~ PB15、PC0 ~ PC7 和 PF0 ~ PF1，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。

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
- 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。

脉冲宽度调制定时器 – PWM

- 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
- 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。

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
- 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 电路大多位于备份域。APB 接口位于 V_{DDI5} 电源域。因此, 当 V_{DDI5} 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

- 支持主机和从机模式
- 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。

通用同步异步收发器 – USART

- 同时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: 异步模式高达 (f_{PCLK}/16) MHz, 同步模式高达 (f_{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, 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
- 接收器 FIFO 和发送器 FIFO 深度均为 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，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
- 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 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 对一个存储器区块进行 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。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

- 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：
SPI、USART、UART、I²C、GPTM、PWM、AES 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。

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 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。

高级加密标准 – AES-128

- 支持 AES 加密 / 解密功能
- 支持 AES ECB / CBC / CTR 模式
- 支持 128 位密钥长度
- 支持 4 字初始向量用于 CBC 和 CTR 模式
- 4×32 位 AES 数据缓冲器
- 支持 DMA 接口
- 支持字数据交换功能

AES 的核心是支持加密和解密功能。AES 只对 128 位输入数据进行加密或解密。硬件无需为输入数据填补任意位。软件需在起始填补。

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

- 24/33/46-pin QFN, 48-pin LQFP 封装
- 工作温度范围: -40 °C ~ 85 °C

3 概述

单片机信息

表 1. 特性及外设列表

外设		HT32F0008
主 Flash (KB)		63
选择字节 Flash (KB)		1
SRAM (KB)		16
定时器	GPTM	1
	PWM	2
	BFTM	2
	RTC	1
	WDT	1
通信	USB	1
	SPI	1
	USART	1
	UART	1
	I ² C	1
CRC-16/32		1
DIV		1
PDMA		6 通道
AES-128		1
EXTI		16
GPIO		42 (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		24/33/46-pin QFN, 48-pin LQFP

方框图

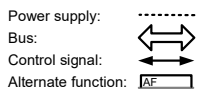
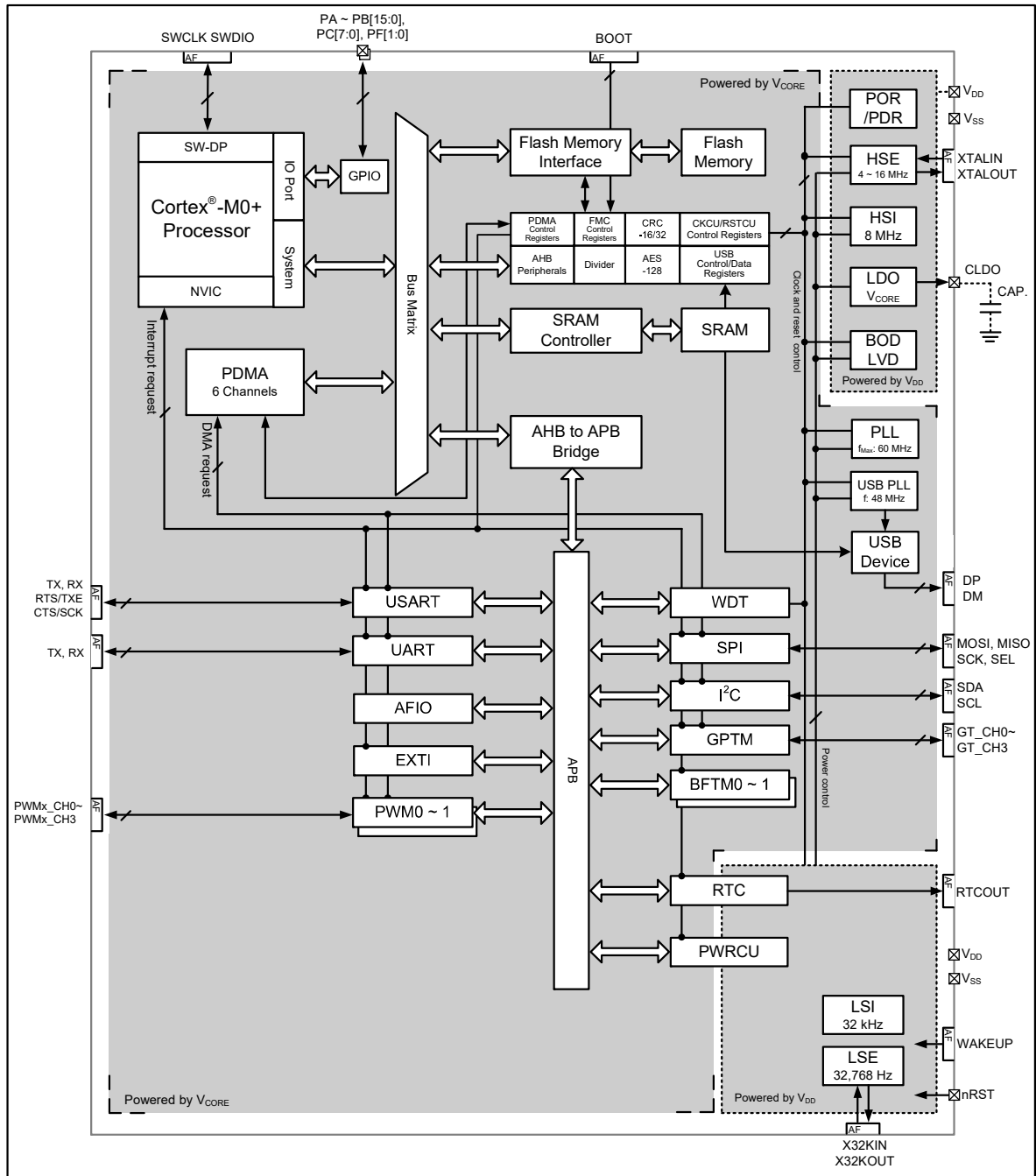


图 1. 方框图

存储器映射

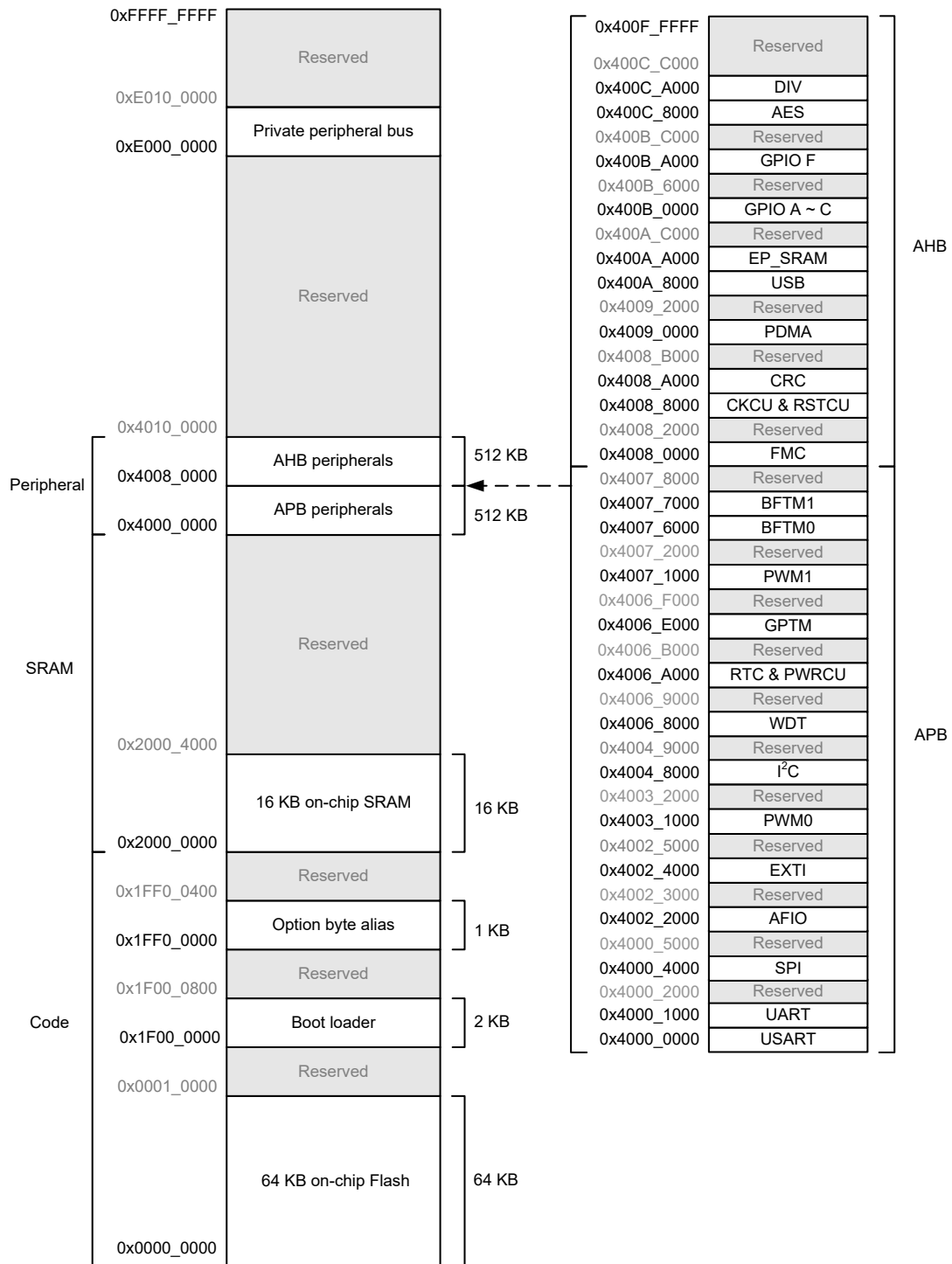


图 2. 存储器映射

表 2. 寄存器映射

起始地址	终止地址	外设	总线
0x4000_0000	0x4000_0FFF	USART	APB
0x4000_1000	0x4000_1FFF	UART	
0x4000_2000	0x4000_3FFF	保留	
0x4000_4000	0x4000_4FFF	SPI	
0x4000_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	PWM0	
0x4003_2000	0x4004_7FFF	保留	
0x4004_8000	0x4004_8FFF	I ² C	
0x4004_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_0FFF	保留	
0x4007_1000	0x4007_1FFF	PWM1	
0x4007_2000	0x4007_5FFF	保留	
0x4007_6000	0x4007_6FFF	BFTM0	
0x4007_7000	0x4007_7FFF	BFTM1	
0x4007_8000	0x4007_FFFF	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_AFFF	CRC	
0x4008_B000	0x4008_FFFF	保留	
0x4009_0000	0x4009_1FFF	PDMA	
0x4009_2000	0x400A_7FFF	保留	
0x400A_8000	0x400A_BFFF	USB	
0x400A_C000	0x400A_FFFF	保留	
0x400B_0000	0x400B_1FFF	GPIO A	
0x400B_2000	0x400B_3FFF	GPIO B	
0x400B_4000	0x400B_5FFF	GPIO C	
0x400B_6000	0x400B_9FFF	保留	
0x400B_A000	0x400B_BFFF	GPIO F	
0x400B_C000	0x400C_7FFF	保留	
0x400C_8000	0x400C_9FFF	AES	
0x400C_A000	0x400C_BFFF	DIV	
0x400C_C000	0x400F_FFFF	保留	

时钟结构

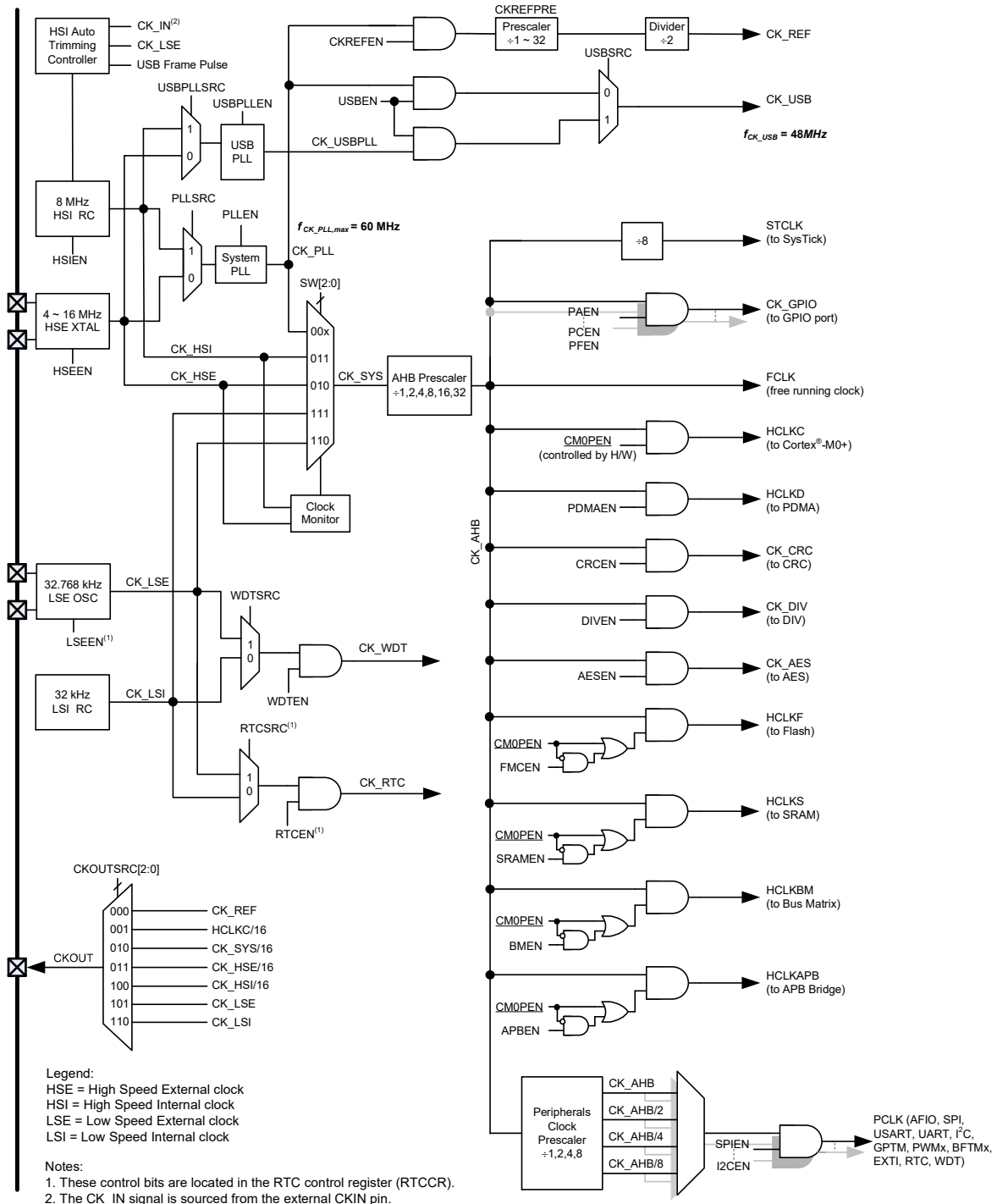


图 3. 时钟结构图

4 引脚图

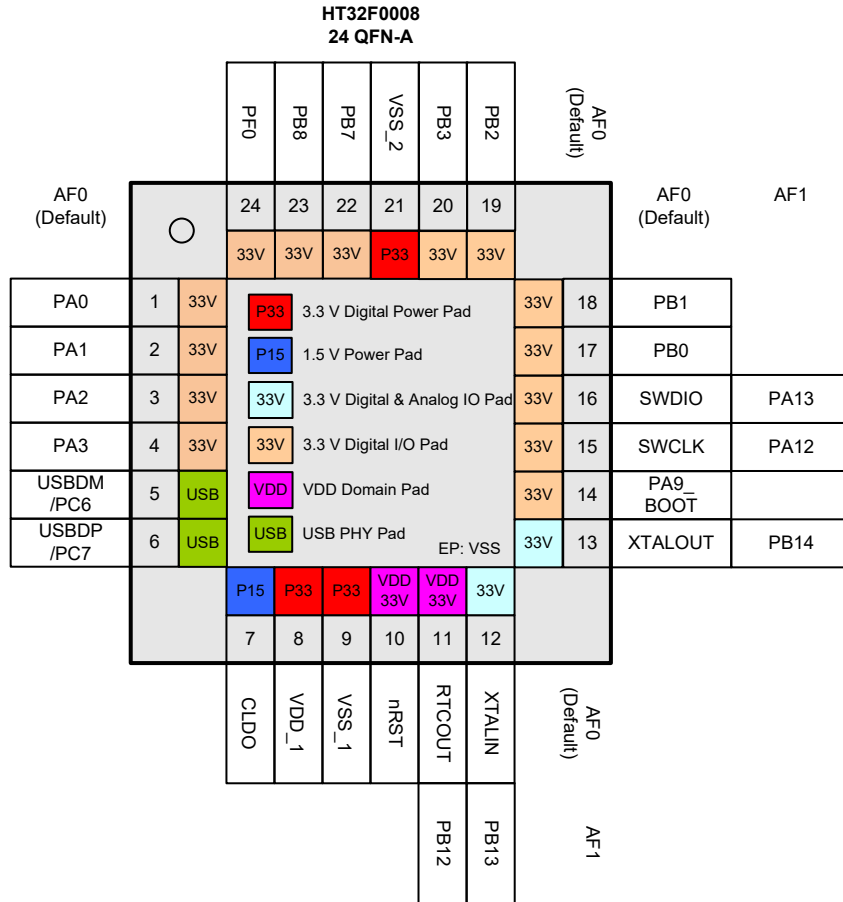


图 4. 24-pin QFN 引脚图

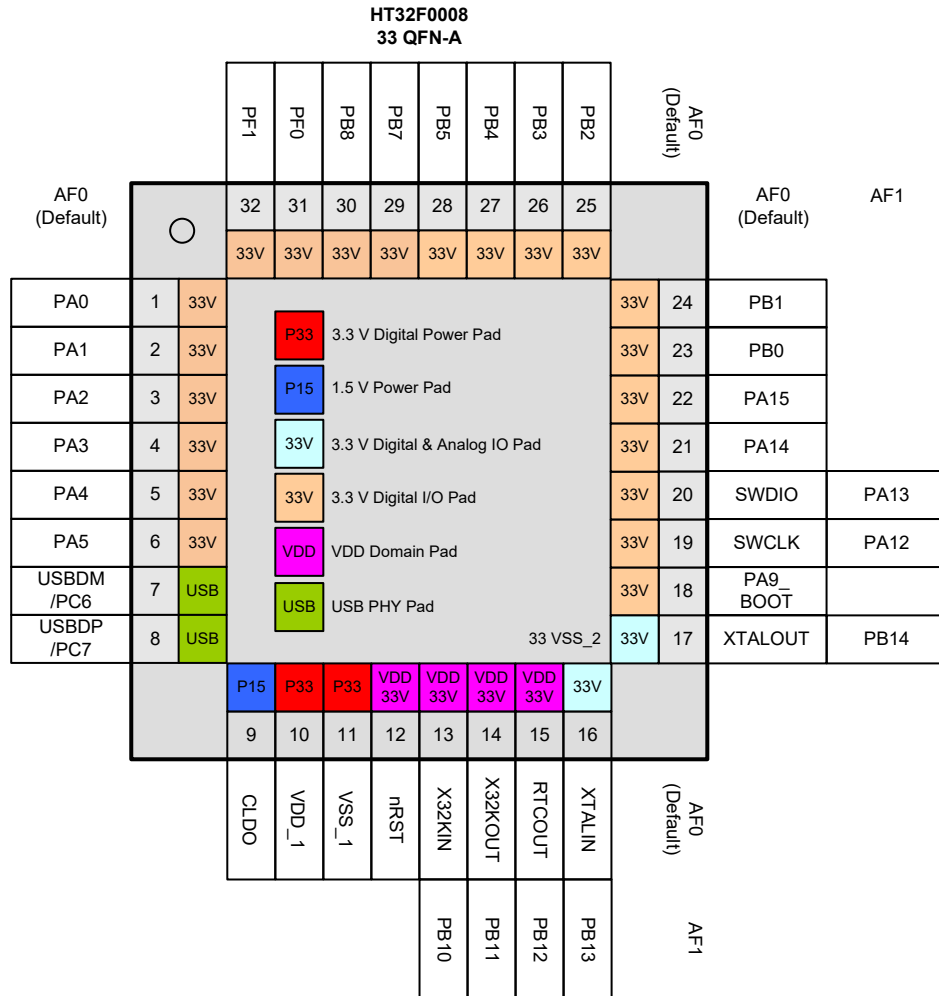
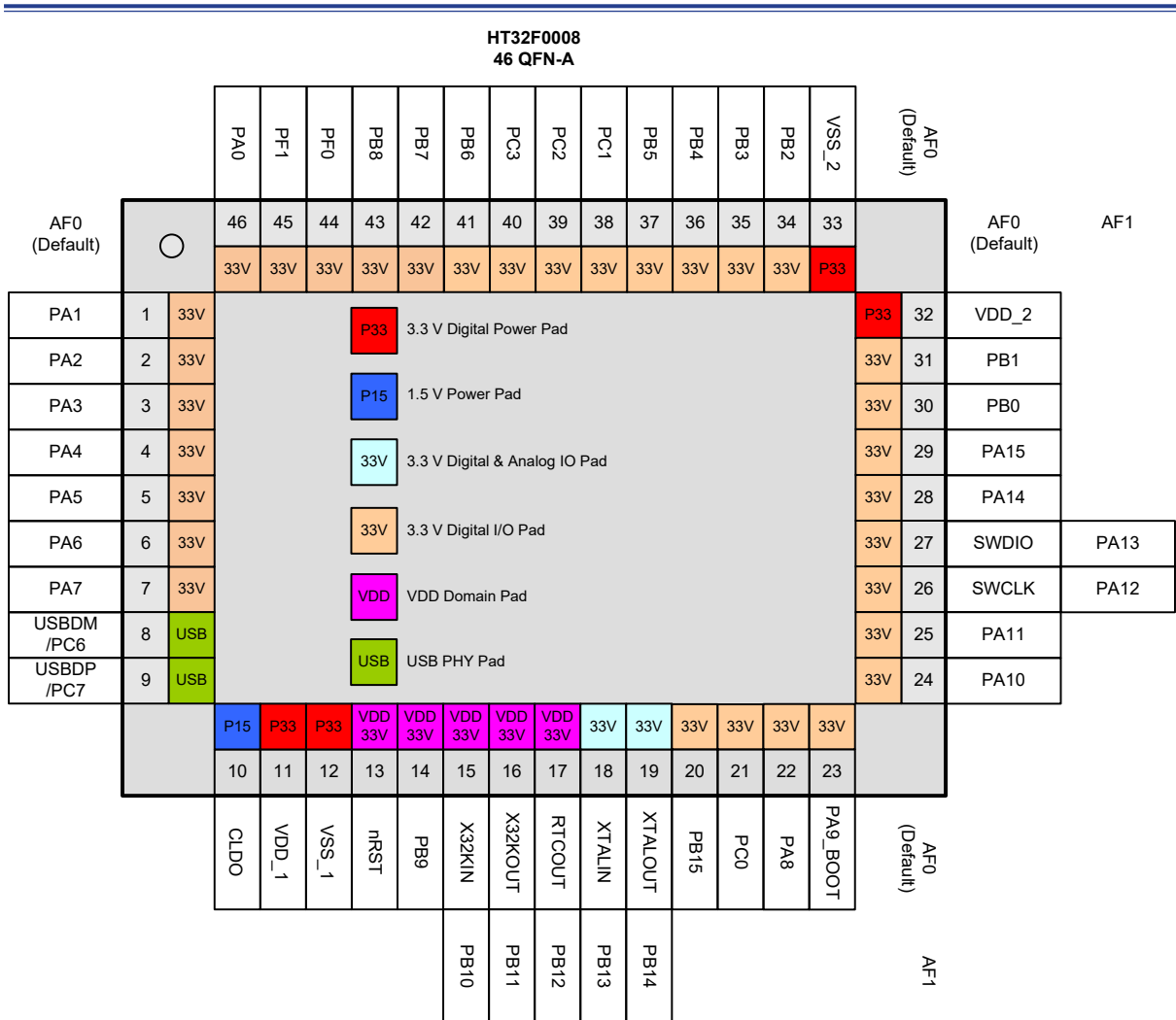
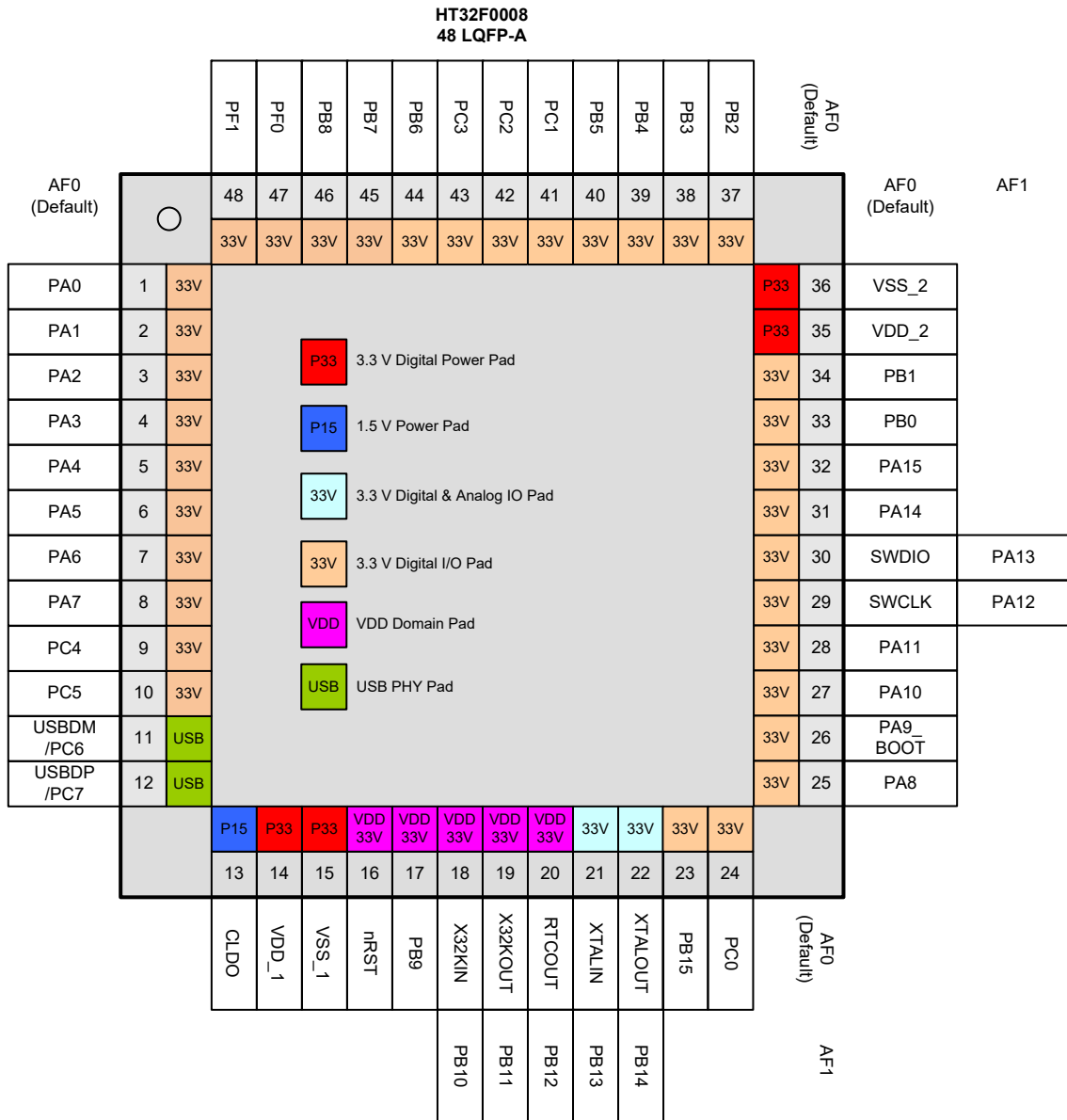


图 5. 33-pin QFN 引脚图



引脚图

图 6. 46-pin QFN 引脚图



引脚图

图 7. 48-pin LQFP 引脚图

表 3. 引脚分配

封装				复用功能映射																		
48 LQFP	46 QFN	33 QFN	24 QFN	系统默认	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15	系统其它	
					GPIO	N/A	N/A		GPTM /PWM	SPI	USART /UART	I ² C	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
1	46	1	1	PA0					GT_CH0	SPI_SCK	USR_RTS	I2C_SCL										
2	1	2	2	PA1					GT_CH1	SPI_MOSI	USR_CTS	I2C_SDA										
3	2	3	3	PA2					GT_CH2	SPI_MISO	USR_TX											
4	3	4	4	PA3					GT_CH3	SPI_SEL	USR_RX											
5	4	5		PA4					GT_CH0	SPI_SCK	UR_TX	I2C_SCL										
6	5	6		PA5					GT_CH1	SPI_MOSI	UR_RX	I2C_SDA										
7	6			PA6					GT_CH2	SPI_MISO												
8	7			PA7					GT_CH3	SPI_SEL												
9				PC4					PWM1_CH0		USR_TX											
10				PC5					PWM1_CH1		USR_RX											
11	8	7	5	PC6					GT_CH0		USR_TX	I2C_SCL										
11	8	7	5	USBDM																		
12	9	8	6	USBDP																		
12	9	8	6	PC7					GT_CH1		USR_RX	I2C_SDA										
13	10	9	7	CLDO																		
14	11	10	8	VDD_1																		
15	12	11	9	VSS_1																		
16	13	12	10	nRST																		
17	14			PB9					PWM1_CH2													
18	15	13		X32KIN	PB10				GT_CH0	SPI_SEL	USR_TX											
19	16	14		X32KOUT	PB11				GT_CH1	SPI_SCK	USR_RX											
20	17	15	11	RTCOUT	PB12				PWM0_CH0	SPI_MISO	UR_RX											WAKEUP
21	18	16	12	XTALIN	PB13						UR_TX	I2C_SCL										
22	19	17	13	XTALOUT	PB14						UR_RX	I2C_SDA										
23	20			PB15					PWM0_CH1	SPI_SEL		I2C_SCL										
24	21			PC0					PWM0_CH2	SPI_SCK		I2C_SDA										
25	22			PA8					PWM1_CH3		USR_TX											
26	23	18	14	PA9_BOOT					PWM1_CH0	SPI_MOSI												CKOUT
27	24			PA10					PWM0_CH1	SPI_MOSI	USR_RX											
28	25			PA11					PWM0_CH2	SPI_MISO												
29	26	19	15	SWCLK	PA12																	
30	27	20	16	SWDIO	PA13																	
31	28	21		PA14					PWM0_CH0	SPI_SEL	USR_RTS	I2C_SCL										
32	29	22		PA15					PWM1_CH2	SPI_SCK	USR_CTS	I2C_SDA										

封装				复用功能映射																	
48 LQFP	46 QFN	33 QFN	24 QFN	系统默认	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15	
					GPIO	N/A	N/A		GPTM/PWM	SPI	USART/UART	I ² C	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	系统其它	
33	30	23	17	PB0					PWM0_CH1	SPI_MOSI	USR_TX	I2C_SCL									
34	31	24	18	PB1					PWM1_CH1	SPI_MISO	USR_RX	I2C_SDA									
35	32			VDD_2																	
36	33	33	21	VSS_2																	
37	34	25	19	PB2					PWM0_CH2	SPI_SEL	UR_TX										CKIN
38	35	26	20	PB3					PWM1_CH2	SPI_SCK	UR_RX										
39	36	27		PB4					PWM0_CH3	SPI_MOSI	UR_TX										
40	37	28		PB5					GT_CH2	SPI_MISO	UR_RX										
41	38			PC1					PWM0_CH0	SPI_SEL	UR_TX										
42	39			PC2					PWM1_CH0	SPI_SCK											
43	40			PC3					PWM1_CH1	SPI_MOSI	UR_RX										
44	41			PB6					GT_CH3	SPI_MISO	UR_TX										
45	42	29	22	PB7					PWM0_CH3	SPI_MISO	UR_TX	I2C_SCL									
46	43	30	23	PB8					PWM1_CH3	SPI_SEL	UR_RX	I2C_SDA									
47	44	31	24	PF0					GT_CH2												
48	45	32		PF1					GT_CH3												

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	
48 LQFP	46 QFN	33 QFN	24 QFN					默认功能 (AF0)	
1	46	1	1	PA0	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA0	
2	1	2	2	PA1	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA1	
3	2	3	3	PA2	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA2	
4	3	4	4	PA3	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA3	
5	4	5		PA4	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA4	
6	5	6		PA5	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA5	
7	6			PA6	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA6	
8	7			PA7	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA7	
9				PC4	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC4	
10				PC5	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC5	
11	8		5	PC6	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC6	
11	8	7	5	USBDM	AI/O	—	—	符合通用串行总线标准的 USB 微分数据总线	
12	9	8	6	USBDP	AI/O	—	—	符合通用串行总线标准的 USB 微分数据总线	
12	9		6	PC7	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC7	
13	10	9	7	CLDO	P	—	—	V _{CORE} LDO 内核电源输出必须连接一个 2.2 μF 电容，尽量靠近 CLDO 与 VSS_1 引脚。	
14	11	10	8	VDD_1	P	—	—	数字 I/O 口电压	
15	12	11	9	VSS_1	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压	
16	13	12	10	nRST ⁽³⁾	I	33V_PU	—	暂停模式下外部复位引脚和外部唤醒引脚	
17	14			PB9 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	PB9	
18	15	13		PB10 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	X32KIN	
19	16	14		PB11 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	X32KOUT	
20	17	15	11	PB12 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	33V	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	33V	4/8/12/16 mA	PB15	
24	21			PC0	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC0	
25	22			PA8	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA8	
26	23	18	14	PA9	I/O	33V_PU	4/8/12/16 mA	PA9_BOOT	
27	24			PA10	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA10	
28	25			PA11	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA11	
29	26	19	15	PA12	I/O	33V_PU	4/8/12/16 mA	SWCLK	
30	27	20	16	PA13	I/O	33V_PU	4/8/12/16 mA	SWDIO	
31	28	21		PA14	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA14	
32	29	22		PA15	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA15	
33	30	23	17	PB0	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB0	

引脚编号				引脚名称	类型 ⁽¹⁾	I/O结构 ⁽²⁾	输出驱动	描述
48 LQFP	46 QFN	33 QFN	24 QFN					默认功能 (AF0)
34	31	24	18	PB1	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB1
35	32			VDD_2	P	—	—	数字 I/O 口电压
36	33	33	21	VSS_2	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
37	34	25	19	PB2	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB2
38	35	26	20	PB3	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB3
39	36	27		PB4	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB4
40	37	28		PB5	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB5
41	38			PC1	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC1
42	39			PC2	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC2
43	40			PC3	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC3
44	41			PB6	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB6
45	42	29	22	PB7	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB7
46	43	30	23	PB8	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB8
47	44	31	24	PF0	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PF0
48	45	32		PF1	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PF1

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. 33 V = 3.3 V 容差。

3. 这些引脚位于 V_{DD} 电源域。

4. 在 Boot loader 模式下只能使用 USB 接口进行通讯。

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_{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	-60	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

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

$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$, 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)	60 MHz	HSI = 8 MHz PLL = 60 MHz	所有外设使能	13.6	15	—	mA	
				所有外设除能	6.64	7.2	—		
		40 MHz	HSI = 8 MHz PLL = 40 MHz	所有外设使能	11.2	12.25	—		
				所有外设除能	6.47	7.04	—		
		20 MHz	HSI = 8 MHz PLL = 40 MHz	所有外设使能	5.72	6.21	—		
				所有外设除能	3.09	3.31	—		
		8 MHz	HSI = 8 MHz PLL = 48 MHz	所有外设使能	3.7	4.1	—		
				所有外设除能	1.34	1.43	—		
		32 kHz	LSI = 32 kHz LDO 处于低电流模式	所有外设使能	23.8	35.7	—		μA
				所有外设除能	20.5	28.6	—		
	工作电流 (休眠模式)	60 MHz	HSI = 8 MHz PLL = 60 MHz MCU 内核休眠	所有外设使能	8.9	9.7	—	mA	
				所有外设除能	1.16	1.25	—		
		40 MHz	HSI = 8 MHz PLL = 40 MHz MCU 内核休眠	所有外设使能	6.13	6.68	—		
				所有外设除能	0.94	1.02	—		
		20 MHz	HSI = 8 MHz PLL = 40 MHz MCU 内核休眠	所有外设使能	3.68	4	—		
				所有外设除能	0.79	0.86	—		
8 MHz		HSI = 8 MHz PLL = 48 MHz MCU 内核休眠	所有外设使能	2.89	3.2	—			
			所有外设除能	0.42	0.46	—			
工作电流 (深度休眠模式 1)	—	HSI/HSE/PLL 时钟 off, LDO off, DMOS on, LSE off, LSI on, RTC on		16.3	21.8	—	μA		
工作电流 (深度休眠模式 2)	—	HSI/HSE/PLL 时钟 off, LDO off, DMOS on, LSE off, LSI on, RTC on		4.6	9.7	—	μA		
工作电流 (暂停模式)	—	LDO off, DMOS off, LSE off, LSI on, RTC on		1.19	1.54	—	μA		
		LDO off, DMOS off, LSE off, LSI on, RTC off		1.15	1.49	—	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 外部低速振荡器；LSI 表示 32 kHz 内部低速振荡器。
3. 在 Flash 执行代码：while (1) { 208 NOP }。

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 _{PORHYST}	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. 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
			V _{DD} 上升沿	1.68	1.74	1.8	
V _{BODHST}	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	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 _{LVDHST}	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 ⁽²⁾	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. 不包括 Bandgap 电流。

3. LVDS 位于 PWRUCU LVDCSR 寄存器中。

外部时钟特性

表 11. 外部高速时钟 (HSE) 特性

$T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$, 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	—	3.6	V
f_{HSE}	外部高速振荡器频率 (HSE)	—	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 $V_{DD} = 2.4\text{ V}$, $C_L = 12\text{ pF}$ @ 16 MHz, HSEDR = 1	—	—	160	Ω
D_{HSE}	HSE 振荡器占空比	—	40	—	60	%
I_{DDHSE}	HSE 振荡器电流消耗	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ @ 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

$T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$, 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	—	3.6	V
f_{CK_LSE}	LSE 频率	$V_{BAK} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$	—	32.768	—	kHz
R_F	内部反馈电阻	—	—	10	—	M Ω
R_{ESR}	等效串联电阻	$V_{BAK} = 3.3\text{ V}$	30	—	TBD	k Ω
C_L	建议负载电容	$V_{BAK} = 3.3\text{ V}$	6	—	TBD	pF
I_{DDLSE}	振荡器工作电流 (大电流模式)	$f_{CK_LSE} = 32.768\text{ kHz}$, $R_{ESR} = 50\text{ k}\Omega$, $C_L \geq 7\text{ pF}$ $V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 2.7\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	—	3.3	6.3	μA
	振荡器工作电流 (小电流模式)	$f_{CK_LSE} = 32.768\text{ kHz}$, $R_{ESR} = 50\text{ k}\Omega$, $C_L < 7\text{ pF}$ $V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	—	1.8	3.3	μA
	暂停电流	—	—	—	0.01	μA
t_{SULSE}	启动时间 (小电流模式)	$f_{CK_LSI} = 32.768\text{ kHz}$, $V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$	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

$T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$, 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	—	3.6	V
f_{HSI}	HSI 频率	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$	—	8	—	MHz
ACC_{HSI}	工厂调整 HSI 振荡器频率精度	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$	-2	—	2	%
		$V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	-3	—	3	%
		$V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	-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}	启动时间	$f_{HSI} = 8\text{ MHz}$	—	—	10	μs

表 14. 内部低速时钟 (LSI) 特性

$T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$, 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	—	3.6	V
f_{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	工厂调整后, $V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$	-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 15. 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	—	4	—	16	MHz
f_{CK_PLL}	PLL 输出时钟	—	16	—	60	MHz
t_{LOCK}	PLL 锁相时间	—	—	200	—	μs

USB PLL 特性

表 16. 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	—	4	—	16	MHz
f_{CK_PLL}	PLL 输出时钟	—	16	—	48	MHz
t_{LOCK}	PLL 锁相时间	—	—	200	—	μs

存储器特性

表 17. Flash 存储器特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
N_{ENDU}	失败前可擦写次数 (寿命)	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	20	—	—	K cycles
t_{RET}	数据保存时间	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	10	—	—	Years
t_{PROG}	字编程时间	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	20	—	—	μs
t_{ERASE}	页擦除时间	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	2	—	—	ms
t_{MERASE}	整片擦除时间	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	10	—	—	ms

I/O 端口特性

表 18. I/O 端口特性

$V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}$, $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{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	-0.5	—	$0.35 V_{\text{DD}}$	V
		复位引脚	-0.5	—	$0.35 V_{\text{DD}}$	
V_{IH}	高电平输入电压	3.3 V I/O	$0.65 V_{\text{DD}}$	—	$V_{\text{DD}} + 0.5$	V
		复位引脚	$0.65 V_{\text{DD}}$	—	$V_{\text{DD}} + 0.5$	
V_{HYS}	施密特触发器输入电压迟滞	3.3 V I/O	—	$0.12 V_{\text{DD}}$	—	mV
		复位引脚	—	$0.12 V_{\text{DD}}$	—	
I_{OL}	低电平输出电流 (GPIO 灌电流)	3.3 V I/O 4 mA 驱动, $V_{\text{OL}} = 0.4\text{ V}$	4	—	—	mA
		3.3 V I/O 8 mA 驱动, $V_{\text{OL}} = 0.4\text{ V}$	8	—	—	mA
		3.3 V I/O 12 mA 驱动, $V_{\text{OL}} = 0.4\text{ V}$	12	—	—	mA
		3.3 V I/O 16 mA 驱动, $V_{\text{OL}} = 0.4\text{ V}$	16	—	—	mA
I_{OH}	高电平输出电流 (GPIO 源电流)	3.3 V I/O 4 mA 驱动, $V_{\text{OH}} = V_{\text{DD}} - 0.4\text{ V}$	4	—	—	mA
		3.3 V I/O 8 mA 驱动, $V_{\text{OH}} = V_{\text{DD}} - 0.4\text{ V}$	8	—	—	mA
		3.3 V I/O 12 mA 驱动, $V_{\text{OH}} = V_{\text{DD}} - 0.4\text{ V}$	12	—	—	mA
		3.3 V I/O 16 mA 驱动, $V_{\text{OH}} = V_{\text{DD}} - 0.4\text{ V}$	16	—	—	mA
V_{OL}	低电平输出电压	3.3 V 4 mA 驱动 I/O, $I_{\text{OL}} = 4\text{ mA}$	—	—	0.4	V
		3.3 V 8 mA 驱动 I/O, $I_{\text{OL}} = 8\text{ mA}$	—	—	0.4	
		3.3 V 12 mA 驱动 I/O, $I_{\text{OL}} = 12\text{ mA}$	—	—	0.4	
		3.3 V 16 mA 驱动 I/O, $I_{\text{OL}} = 16\text{ mA}$	—	—	0.4	
V_{OH}	高电平输出电压	3.3 V 4 mA 驱动 I/O, $I_{\text{OH}} = 4\text{ mA}$	$V_{\text{DD}} - 0.4$	—	—	V
		3.3 V 8 mA 驱动 I/O, $I_{\text{OH}} = 8\text{ mA}$	$V_{\text{DD}} - 0.4$	—	—	
		3.3 V 12 mA 驱动 I/O, $I_{\text{OH}} = 12\text{ mA}$	$V_{\text{DD}} - 0.4$	—	—	
		3.3 V 16 mA 驱动 I/O, $I_{\text{OH}} = 16\text{ mA}$	$V_{\text{DD}} - 0.4$	—	—	
R_{PU}	内部上拉电阻	3.3 V I/O, $V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}$	—	60	—	k Ω
R_{PD}	内部下拉电阻	3.3 V I/O, $V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}$	—	60	—	k Ω

PWM / GPTM 特性

表 19. GPTM 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{TM}	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 20. I²C 特性

符号	参数	标准模式		快速模式		快速 + 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	—	μ s
$t_{SCL(L)}$	SCL 时钟低电平时间	4.5	—	1.125	—	0.45	—	μ s
t_{FALL}	SCL 和 SDA 下降沿时间	—	1.3	—	0.34	—	0.135	μ s
t_{RISE}	SCL 和 SDA 上升沿时间	—	1.3	—	0.34	—	0.135	μ s
$t_{SU(SDA)}$	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	μ s
$t_{SU(STA)}$	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. 表格中数据源自于物理特性，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. 此项 I²C 总线时序图的特性参数是基于：COMBFILTEREN = 0 且 SEQFILTER = 00。

6. 此项 I²C 总线时序图的特性参数是基于：COMBFILTEREN = 1 且 SEQFILTER = 00。

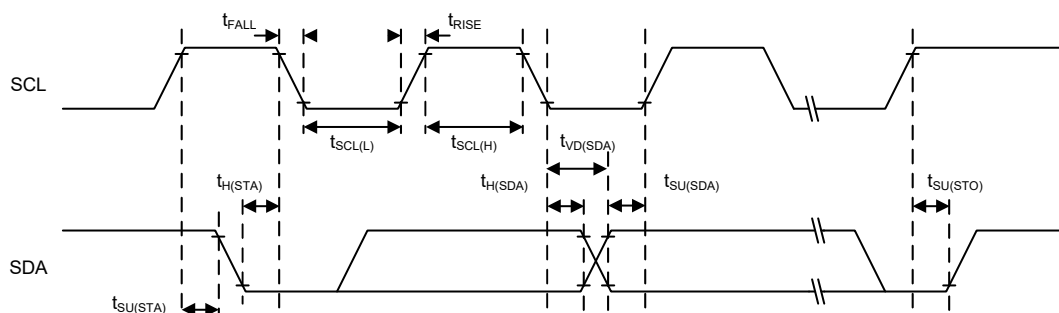


图 8. I²C 时序图

SPI 特性

表 21. 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， $t_{PCLK} = 1/f_{PCLK}$ 。

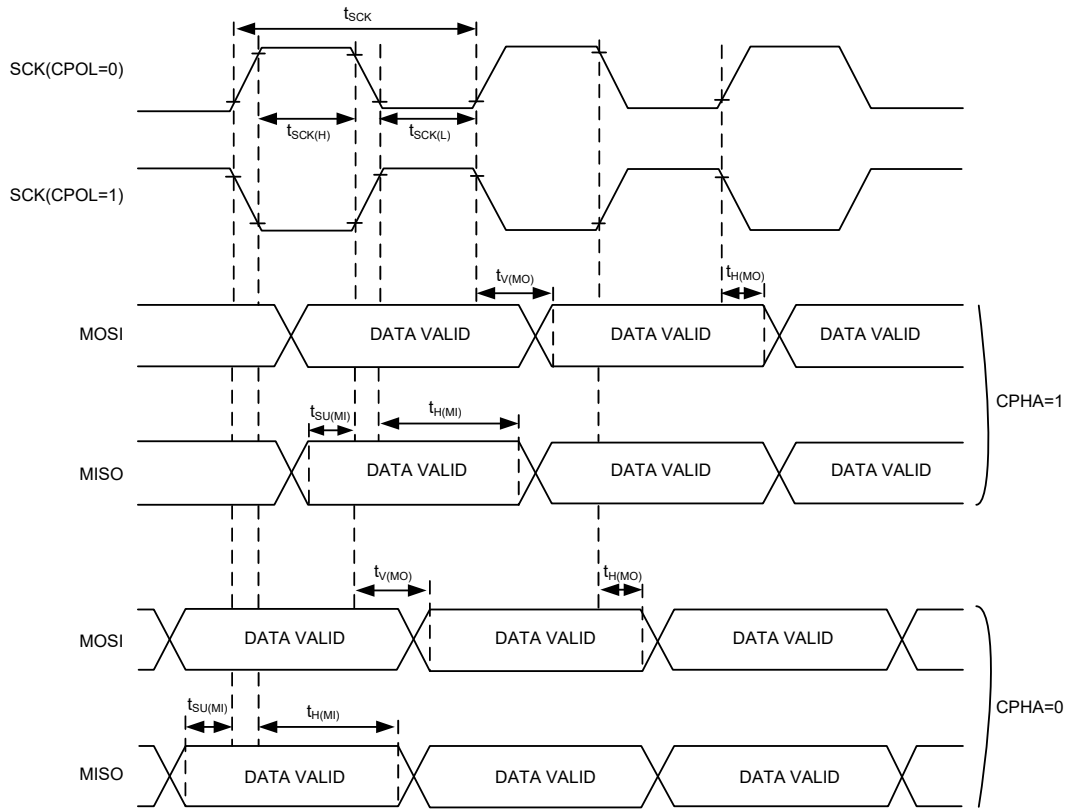


图 9. SPI 时序图 – SPI 主机模式

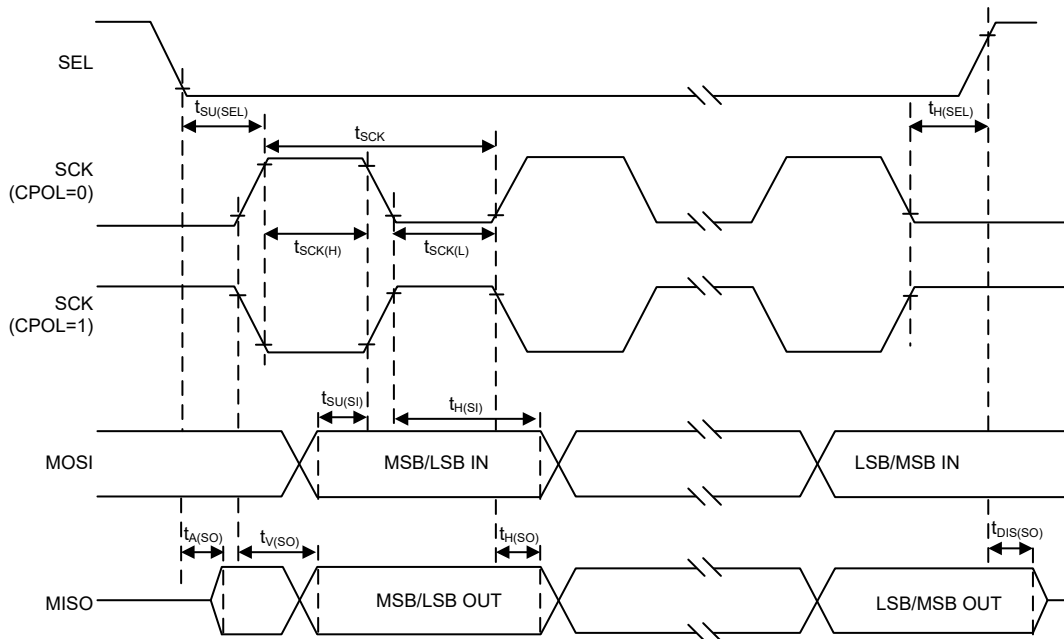


图 10. SPI 时序图 – SPI 从机模式, CPHA = 1

USB 特性

USB 接口符合 USB-IF 认证 – 全速。

表 22. 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	$ \text{USBDP} - \text{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 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. 数据仅为特性描述结果，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。

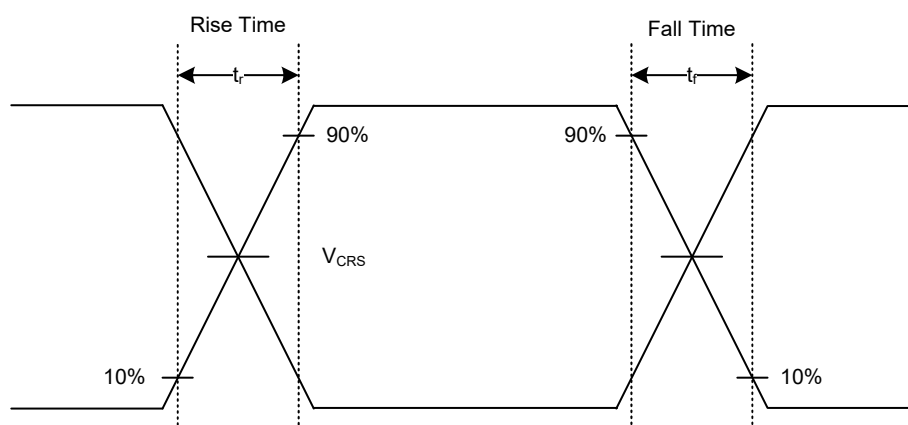


图 11. USB 信号上升时间、下降时间和交叉点电压 (V_{CRS}) 定义

表 23. 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	%

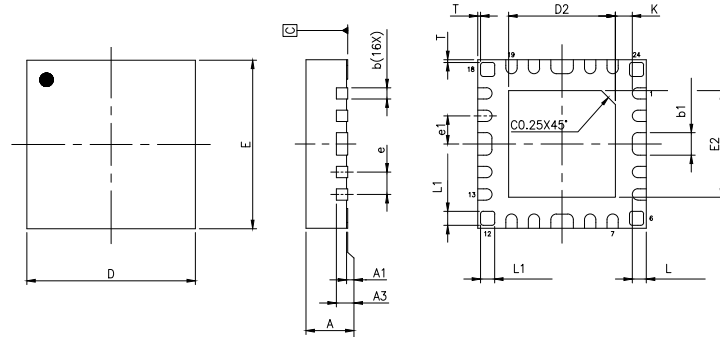
6 封装信息

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

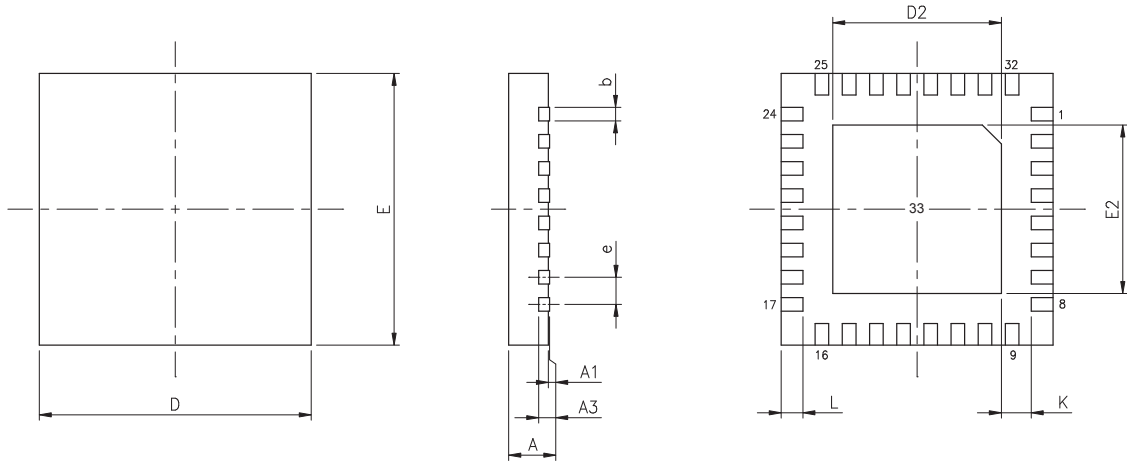
SAW Type 24-pin QFN (3mm × 3mm × 0.55mm) 外形尺寸



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	—	—

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	—	—

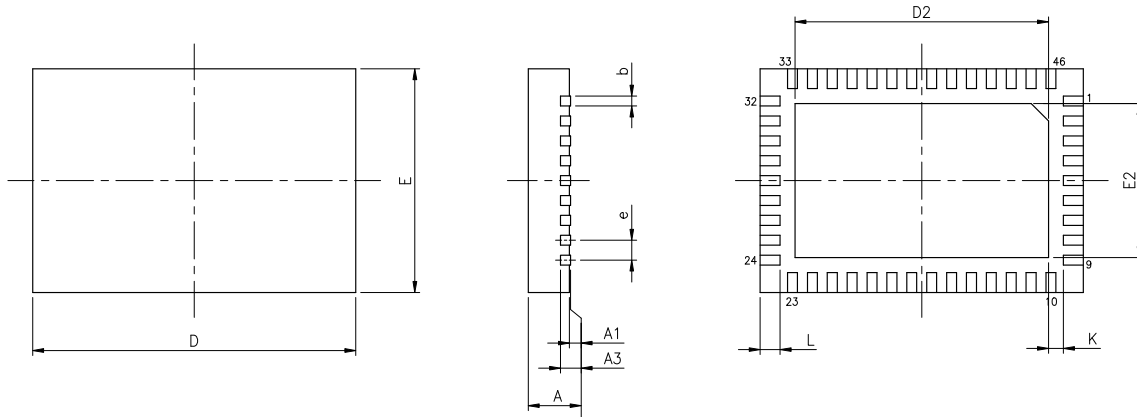
SAW Type 33-pin QFN (4mm × 4mm) 外形尺寸



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 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	0.014	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	—	4.00 BSC	—
E	—	4.00 BSC	—
e	—	0.40 BSC	—
D2	2.55	—	2.75
E2	2.55	—	2.75
L	0.35	0.40	0.45
K	0.20	—	—

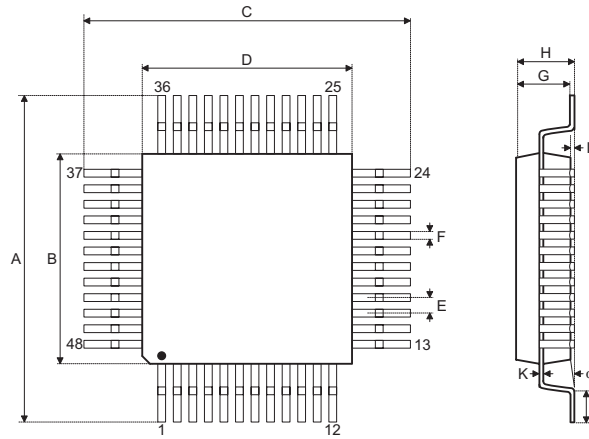
SAW Type 46-pin QFN (6.5mm × 4.5mm × 0.75mm) 外形尺寸



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 (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°

Copyright© 2023 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。

X-ON Electronics

Largest Supplier of Electrical and Electronic Components

Click to view similar products for [32-bit Microcontrollers - MCU category](#):

Click to view products by [Holtek manufacturer](#):

Other Similar products are found below :

[MCF51AC256AVFUE](#) [MCF51AC256BCFUE](#) [MCF51AC256BVFUE](#) [MB91F464AAPMC-GSE2](#) [R5S726B0D216FP#V0](#) [MB91F248PFV-GE1](#) [MB91243PFV-GS-136E1](#) [SAK-TC1782F-320F180HR BA](#) [TC364DP64F300WAAKXUMA1](#) [R5F566NNDDFP#30](#)
[R5F566NNDDFC#30](#) [R5F566NNDDBD#20](#) [MC96F8216ADBN](#) [A96G181HDN](#) [A96G140KNN](#) [A96G174FDN](#) [A31G213CL2N](#)
[A96G148KNN](#) [A96G174AEN](#) [AC33M3064TLBN-01](#) [V3s](#) [T3](#) [A40i-H](#) [V526](#) [A83T](#) [R11](#) [V851s](#) [A133](#) [F1C100S](#) [T3L](#) [T507](#) [A33](#) [A63](#)
[T113-i](#) [H616](#) [V853](#) [V533](#) [R16-J](#) [V536-H](#) [A64-H](#) [V831](#) [V3LP](#) [F133-A](#) [R128-S2](#) [D1-H](#) [ADUCM360BCPZ128-TR](#) [AT32F435VMT7](#)
[AT32F437ZMT7](#) [AT32F421G8U7](#) [AT32F421K8T7](#)