



HT32F54231/HT32F54241 HT32F54243/HT32F54253 产品规格书

**带 Arm® Cortex®-M0+ 内核以及
1 Msps ADC、触控按键、DIV、CMP、USART、
UART、SPI、I²C、GPTM、SCTM、BFTM、MCTM、
PDMA、LED 控制器、CRC、RTC 和 WDT
高达 128 KB Flash 和 16 KB SRAM 的
32-Bit 5V 触控单片机**

版本：V1.40 日期：2025-02-24

www.holtek.com

目录

1 简介	6
2 开发工具	7
3 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 (仅 HT32F54243/HT32F54253)	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	11
实时时钟 – RTC	11
内部集成电路 – I ² C	11
串行外设接口 – SPI	11
通用同步异步收发器 – USART	12
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 (仅 HT32F54243/HT32F54253)	13
硬件除法器 – DIV	13
LED 控制器 – LEDC	13
触控按键 – TKEY	14
调试支持	14
封装和工作温度	14
4 概述	15
单片机信息	15
方框图	16
存储器映射	18
时钟结构	23

5 引脚图	24
6 电气特性	36
电源方案	36
极限参数	37
建议直流工作电压条件	37
片上 LDO 稳压器特性	37
片上超低功耗 LDO 稳压器特性	37
功耗	38
复位和电源监控特性	40
外部时钟特性	41
内部时钟特性	42
系统 PLL 特性	43
存储器特性	43
I/O 端口特性	43
A/D 转换器特性	44
内部参考电压特性	46
比较器特性	46
GPTM/MCTM/SCTM 特性	47
I ² C 特性	47
SPI 特性	48
7 封装信息	50
28-pin SSOP (150mil) 外形尺寸	51
SAW Type 32-pin QFN (4mm × 4mm × 0.75mm) 外形尺寸	52
SAW Type 46-pin QFN (6.5mm × 4.5mm × 0.75mm) 外形尺寸	53
48-pin LQFP (7mm × 7mm) 外形尺寸	54
64-pin LQFP (7mm × 7mm) 外形尺寸	55

表列表

表 1. 特性及外设列表 15

表 2. HT32F54231/HT32F54241 寄存器映射 20

表 3. HT32F54243/HT32F54253 寄存器映射 21

表 4. HT32F54231/HT32F54241 系列引脚分配 29

表 5. HT32F54243/HT32F54253 系列引脚分配 30

表 6. HT32F54231/HT32F54241 引脚描述 32

表 7. HT32F54243/HT32F54253 引脚描述 34

表 8. 极限参数 37

表 9. 建议直流工作条件 37

表 10. LDO 特性 37

表 11. ULDO 特性 37

表 12. HT32F54231/HT32F54241 功耗特性 38

表 13. HT32F54243/HT32F54253 功耗特性 39

表 14. V_{DD} 电源复位特性 40

表 15. LVD/BOD 特性 41

表 16. 外部高速时钟 (HSE) 特性 41

表 17. 外部低速时钟 (LSE) 特性 42

表 18. 内部高速时钟 (HSI) 特性 42

表 19. 内部低速时钟 (LSI) 特性 43

表 20. 系统 PLL 特性 43

表 21. Flash 存储器特性 43

表 22. I/O 端口特性 43

表 23. A/D 转换器特性 44

表 24. 内部参考电压特性 46

表 25. 比较器特性 46

表 26. GPTM/MCTM/SCTM 特性 47

表 27. I²C 特性 47

表 28. SPI 特性 48

表列表

图列表

图 1. HT32F54231/HT32F54241 方框图 16

图 2. HT32F54243/HT32F54253 方框图 17

图 3. HT32F54231/HT32F54241 存储器映射 18

图 4. HT32F54243/HT32F54253 存储器映射 19

图 5. 时钟结构 23

图 6. HT32F54231/HT32F54241 28-pin SSOP 引脚图 24

图 7. HT32F54231/HT32F54241/HT32F54243/HT32F54253 32-pin QFN 引脚图 25

图 8. HT32F5431/HT32F54241/HT32F54243/HT32F54253 46-pin QFN 引脚图 26

图 9. HT32F5431/HT32F54241/HT32F54243/HT32F54253 48-pin LQFP 引脚图 27

图 10. HT32F54243/HT32F54253 64-pin LQFP 引脚图 28

图 11. 电源方案 36

图 12. A/D 转换器采样网络模板 45

图 13. I²C 时序图 48

图 14. SPI 时序图 – SPI 主机模式 49

图 15. SPI 时序图 – SPI 从机模式，CPHA = 1 49

图
列
表

1 简介

Holtek HT32F54231/HT32F54241/HT32F54243/HT32F54253 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 存储器用于程序 / 数据存储，16 KB 的嵌入式 SRAM 存储器供系统操作和应用程序使用。此系列单片机具有多种外设，如硬件除法器 DIV、PDMA、ADC、I²C、USART、UART、SPI、GPTM、SCTM、BFTM、MCTM、CRC-16/32、RTC、WDT、触控按键、LED 控制器和 SW-DP (串行线调试端口) 等。提供了几种省电模式，多种省电模式的灵活切换可实现唤醒延迟和功耗间较大优化，此特性在低功耗应用方面尤为重要。

以上这些特性使该系列单片机可以广泛地适用于各种应用，如洗衣机、电冰箱、电高压锅、破壁机、电饭锅等。

arm CORTEX

2 开发工具

为加快产品开发并简化单片机参数设置，Holtek 提供相关开发工具，用户可通过以下链接下载：

https://www.holtek.com.cn/page/tool-detail/dev_plat/ha/washing_machine_workshop

3 特性

内核

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

Cortex®-M0+ 处理器是一款低门数、高效能的 32-bit 处理器内核，专为要求面积优化、低功耗处理器的单片机及深度嵌入式应用而设计。Cortex®-M0+ 处理器基于 ARMv6-M 架构，同时支持 Thumb® 指令集、单周期输入 / 输出端口，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 / 数据和选项字节的存储
- 高达 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 Cortex®-M0+ 系统外设所使用。更多信息请参考 Cortex®-M0+ 技术参考手册。概述章节中图 3 ~ 图 4 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

- 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，故提供一个带有预抓取缓存器的宽访问接口以减少 CPU 等待时间，从而避免 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
 - 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，在上电时复位了整个系统。系统复位会复位处理器内核和除 SW-DP 控制器以外的外设 IP 元件。这些复位可以通过外部信号、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 Hz 晶振
- 在工作电压为 5 V，工作温度为 25 °C 条件下，内部 8 MHz RC 振荡器精准度可调整为 ±2 %
- 内部 32 kHz RC 振荡器
- 集成系统时钟 PLL
- 用作外设时钟源的独立的时钟分频器与门控位

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

电源控制单元 – PWRCU

- 单一电源 V_{DD} 供电：2.5 V ~ 5.5 V
- 集成 1.5 V LDO 稳压器用作 MCU 内核、外设和存储器电源
- V_{DD} 电源供电给 RTC
- 两个电源域：V_{DD} 和 V_{CORE}
- 三种省电模式：休眠模式、深度休眠模式 1 和深度休眠模式 2

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，在此系列单片机中，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 和深度休眠模式 2。这些工作模式可以降低功耗，使得应用可在对 CPU 运行时间、速度和功耗这些相互冲突的需求中达到较佳平衡。

外部中断 / 事件控制器 – EXTI

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

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

模数转换器 – ADC

- 12-bit SAR A/D 转换器内核
- 高达 1 Msps 转换速率
- 多达 10 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 10 个外部模拟信号通道和 3 个内部通道。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。当输入电压超出设定的阈值范围，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。

比较器 – CMP (仅 HT32F54243/HT32F54253)

- 轨到轨比较器
- 可配置的负端输入，用于灵活的电压选择
 - 外部 CNn 引脚
 - 内部 8-bit CVR 输出
- 可编程迟滞
- 可编程响应速度与功耗
- 比较器输出可输出至 I/O 口、定时器或作为 A/D 转换器触发输入
- 8-bit CVR 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、深度休眠 1 或深度休眠 2 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 从休眠、深度休眠 1 或深度休眠 2 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-line EXTI 中断
- 几乎所有 I/O 引脚都具有可配置输出驱动电流

单片机有多达 54 个通用 I/O 引脚 GPIO 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) 有相关的控制和配置寄存器。

马达控制定时器 – MCTM

- 16-bit 向上、向下、向上 / 向下自动重载计数器
- 多达 4 个独立通道
- 16-bit 可编程预分频器，可以对其时钟源进行 1 ~ 65536 之间的任意数值的分频产生计数器时钟频率
- 输入捕捉功能
- 比较匹配输出
- PWM 波形产生功能支持边沿对齐和中心对齐计数模式
- 单脉冲输出模式
- 带可编程死区时间插入的互补输出
- 支持三相马达控制和霍尔传感器接口
- 刹车信号输入可强制定时器输出复位或输出固定电平

马达控制定时器 MCTM 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。可用于多种用途，包括测量输入信号脉冲宽度或产生输出波形，如比较匹配输出、PWM 输出或带死区时间插入的 PWM 互补输出。MCTM 能够为马达控制、霍尔传感器接口和刹车输入提供全功能支持。

通用功能定时器 – GPTM

- 16-bit 向上、向下、向上 / 向下自动重载计数器
- 定时器多达 4 个独立通道
- 16-bit 可编程预分频器，可以对其时钟源进行 1 ~ 65536 之间的任意数值的分频产生计数器时钟频率
- 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 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 还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

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

单通道定时器 SCTM 包括一个 16-bit 向上计数器，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 PWM 输出。

基本功能定时器 – BFTM

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

基本功能定时器 BFTM 是一个简单的 32-bit 向上计数器，可用于测量时间间隔并产生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、一个预分频器、一个 WDT 增量值寄存器、一个 WDT 操作控制电路和一个 WDT 保护机制。如果软件在看门狗定时器溢出前没有重载计数器的值，计数器溢出时将产生复位。此外，在计数器达到一个增量值前，如果软件重新加载计数器，也会产生复位。这意味着计数器必须在有限的时间窗口内用特定方法重新加载。当处理器处于调试模式，看门狗定时器计数器可停止计数。可以通过开启寄存器写保护功能来防止看门狗定时器配置被无意改变。

实时时钟 – RTC

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

实时时钟 RTC 电路包括 APB 接口、一个 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。RTC 计数器被用作唤醒定时器，当 MCU 在省电模式时，RTC 计数器可用于产生系统恢复信号。

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
- 屏蔽地址功能可支持从机多寻址模式

I²C 内部电路可与外部 I²C 接口通信，是一个符合工业标准的两线串行接口用于外部硬件连接。这两个串行线分别为串行数据线 SDA 和串行时钟线 SCL。I²C 模块提供了三种数据传输速率：100 kHz 的标准模式、400 kHz 的快速模式和 1 MHz 的高速模式。SCL 周期产生寄存器可为 SCL 脉冲设置不同的占空比。

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发送和接收。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 ($f_{\text{PCLK}}/2$) MHz，从机模式频率高达 ($f_{\text{PCLK}}/3$) MHz
- FIFO 深度：8 级
- 多主机和多从机工作模式

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

通用同步异步收发器 – USART

- 支持异步和时钟同步串行通信模式
- 可编程波特率时钟频率：异步模式高达 ($f_{PCLK}/16$) MHz，同步模式高达 ($f_{PCLK}/8$) MHz
- 全双工通信能力
- 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：奇校验、偶校验或无奇偶校验位的产生和检测
 - 停止位：1 或 2 个停止位产生
 - 位顺序：最低位优先或最高位优先传输
- 错误侦测：奇偶校验、溢出和帧错误
- 自动硬件流控模式 – 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：发送器和接收器均为 8 级

通用同步异步收发器 USART 提供了一个灵活的采用同步或异步传输的全双工数据交换。USART 用来转换并行和串行接口之间的数据，通常也被用作 RS232 标准通信。USART 外设功能支持四种类型的中断，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
- 全双工通信能力
- 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：奇校验、偶校验或无奇偶校验位的产生和检测
 - 停止位：1 或 2 个停止位产生
 - 位顺序：最低位优先或最高位优先传输
- 错误侦测：奇偶校验、溢出和帧错误

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。状态包括传输模式的类型和状况以及因奇偶校验、溢出、帧错误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、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
- HT32F54243/HT32F54253 支持 PDMA 对指定存储器区块进行 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，当数据流被发送或存储时，会带有一个 CRC 码用作校验码。在此数据被接收或重新储存时进行与之前相同的生成多项式计算。如果新的 CRC 码数据与先前计算的不匹配，说明数据流出错了。

外设直接访问内存 – PDMA (仅 HT32F54243/HT32F54253)

- 6 个通道对应不同的触发源组
- 支持 8-bit、16-bit、32-bit 宽度数据传输
- 支持线性地址、环形地址和固定地址模式
- 4 阶可编程通道优先级
- 自动重载模式
- 支持的触发源包括：
ADC、SPI、USART、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。

LED 控制器 – LEDC

- 驱动多达 N 个 8 段数码管
 - 对于 HT32F54231/HT32F54241，N = 8
 - 对于 HT32F54243/HT32F54253，N = 12
- 支持共阳极或共阴极的 8 段数码管
- 支持帧中断
- 三种频率来源：LSI、LSE、PCLK
- 可由死区时间设定控制 LED 亮 / 暗

LED 控制器用来驱动 8 段数码管，HT32F54231/HT32F54241 系列单片机最多可以驱动 8 个 8 段数码管，HT32F54243/HT32F54253 系列单片机最多可以驱动 12 个 8 段数码管。可根据数码管数量不同，弹性配置 COM 的出脚位置和序号，一个完整的帧会依序由小到大扫描所使用的 COM 口。假设使用到 4 个 8 段数码管并且始能 COM0、COM5、COM6 和 COM7，则一个完整的帧会依序扫描 COM0、COM5、COM6 和 COM7，且每一段 COM 口扫描时间均等于 1/4 Frame。每一段 COM 口扫描时间可细分成死区时间 Duty 以及 COM 口 Duty，可通过调整死区时间 Duty 来改变 LED 亮暗。

触控按键 – TKEY

- 四种按键振荡器频率：1 MHz / 3 MHz / 7 MHz / 11 MHz
- 1024 级参考振荡器内部电容用于频率匹配
- 单个 16-bit C/F 计数器
- 三种扫描模式：手动模式、自动扫描模式和周期性自动扫描模式
- 支持在省电模式下进行侦测，包括 Sleep、Deep-Sleep1 和 Deep-Sleep2
- 硬件上限或下限比较器
- 按键分为多个组，每个组称为一个模块
 - HT32F54231/HT32F54241 系列单片机的模块编号为 M0 ~ M5
 - HT32F54243/HT32F54253 系列单片机的模块编号为 M0 ~ M6
- 每个模块都包含四个触控按键且每个按键有各自的振荡器

所有的触控按键共享一组寄存器阵列，用来储存参考振荡器的设置及触摸键侦测的结果，此外每个 KEY 对应一组专用的上限 / 下限比较缓冲器，用来存放每个 KEY 的上限 / 下限阈值，硬件则依照此数值来判断触摸键为按键或松键状态。

可以在省电模式下使能触控按键侦测功能，若侦测结果符合按键或松键条件时，将唤醒系统回到正常模式。

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

- 28-pin SSOP, 32 / 46-pin QFN 和 48 / 64-pin LQFP 封装
- 工作温度：-40 °C ~ 85 °C

4 概述

单片机信息

表 1. 特性及外设列表

外设		HT32F54231	HT32F54241	HT32F54243	HT32F54253
主 Flash (KB)		32	63	64	127
选项字节 Flash (KB)		1	1	1	1
SRAM (KB)		4	8	8	16
定时器	MCTM	1		1	
	GPTM	1		1	
	SCTM	2		4	
	BFTM	2		2	
	WDT	1		1	
	RTC	1		1	
通信	SPI	2		2	
	USART	1		2	
	UART	2		4	
	I ² C	2		3	
	硬件除法器		1		
CRC-16/32		1			
PDMA		—		6 通道	
EXTI		16			
12-bit ADC 通道数		1			
		多达 10 外部通道			
比较器		—		2	
GPIO		多达 40		多达 54	
LED 控制器		多达 8 × 8-segment		多达 12 × 8-segment	
触控按键		24		28	
CPU 频率		高达 60 MHz			
工作电压		2.5 V ~ 5.5 V			
工作温度		-40 °C ~ 85 °C			
封装		28-pin SSOP 32 / 46-pin QFN 和 48-pin LQFP		32 / 46-pin QFN 和 48 / 64-pin LQFP	

方框图

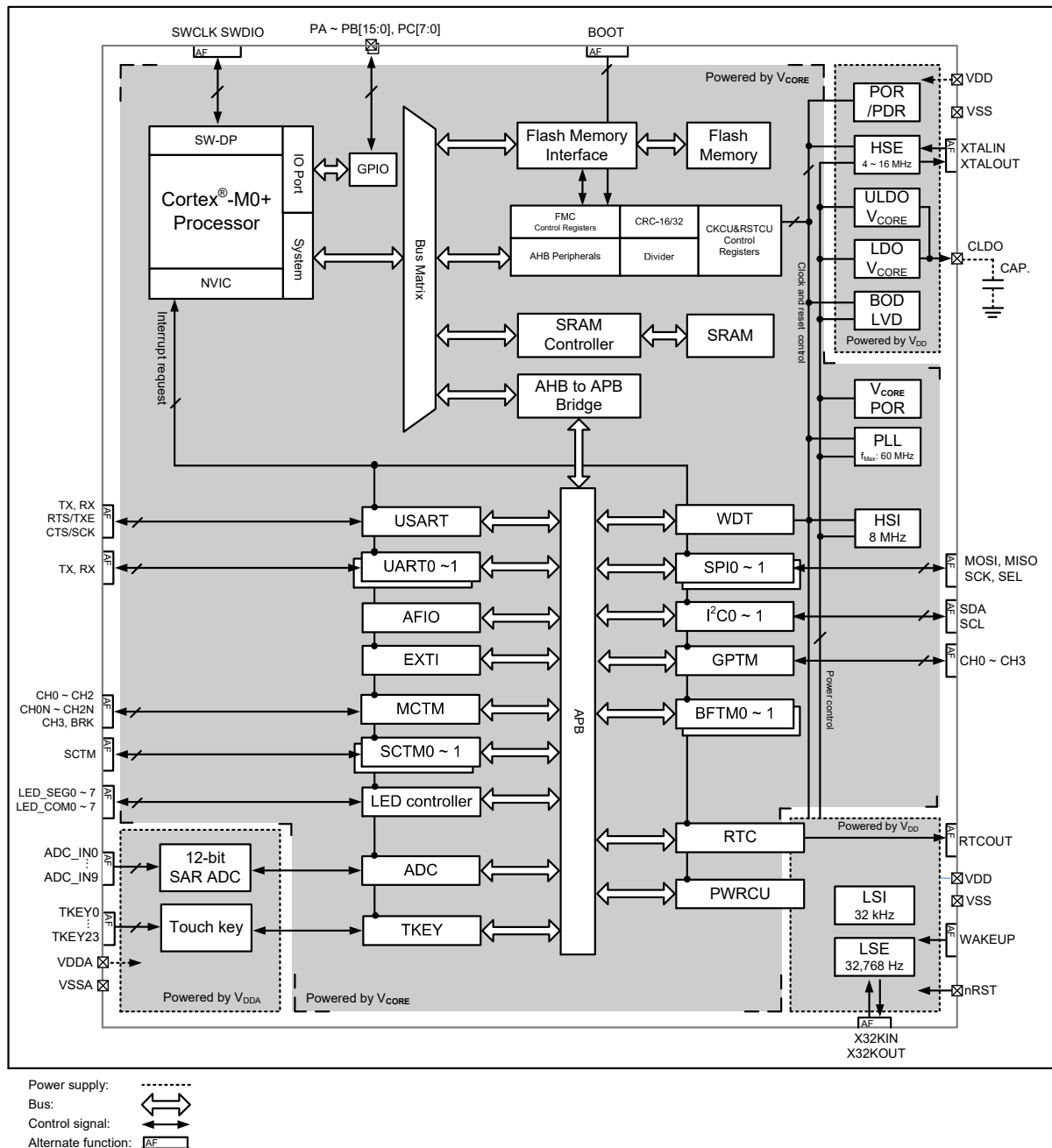


图 1. HT32F54231/HT32F54241 方框图

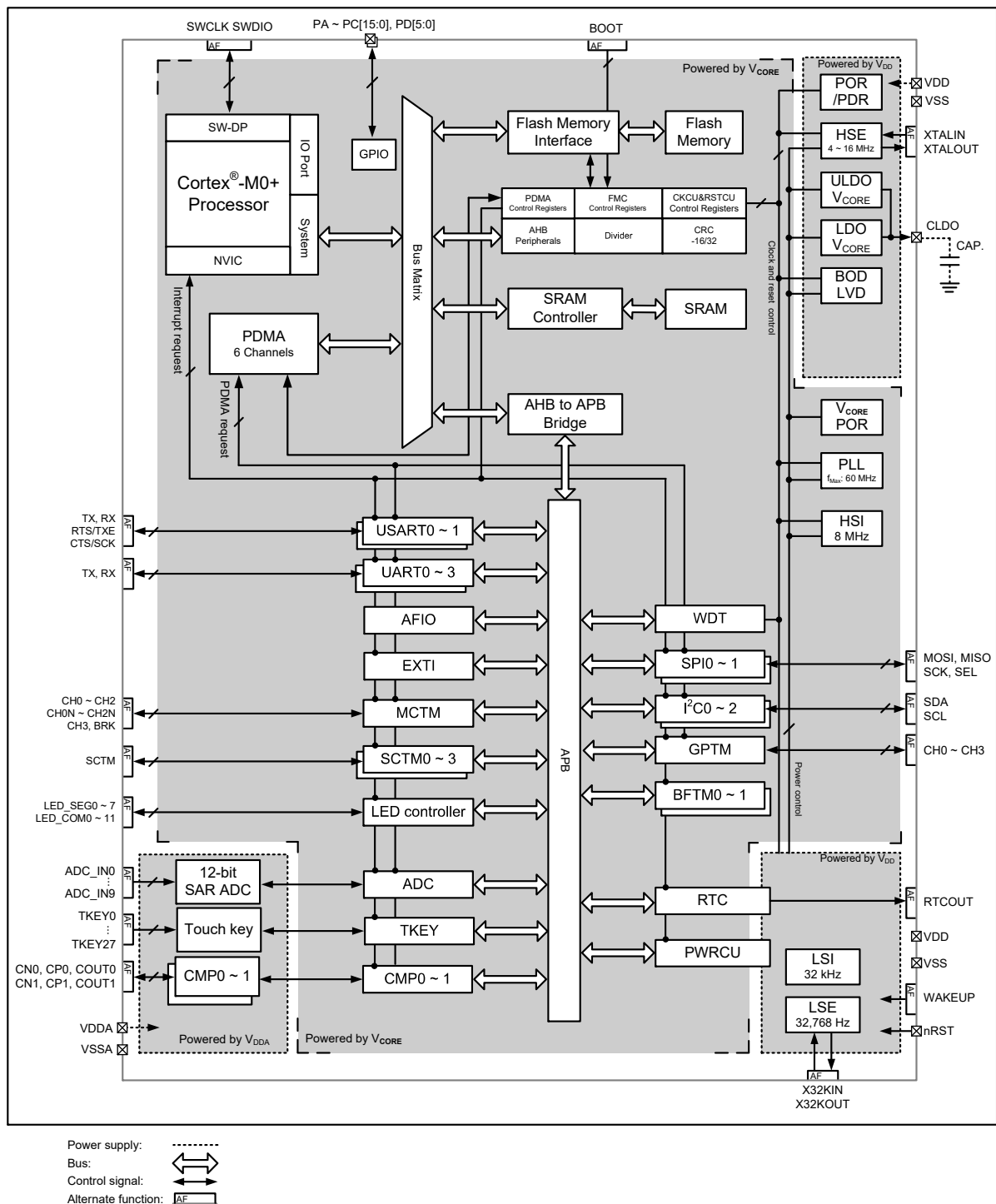


图 2. HT32F5423/HT32F54253 方框图

存储器映射

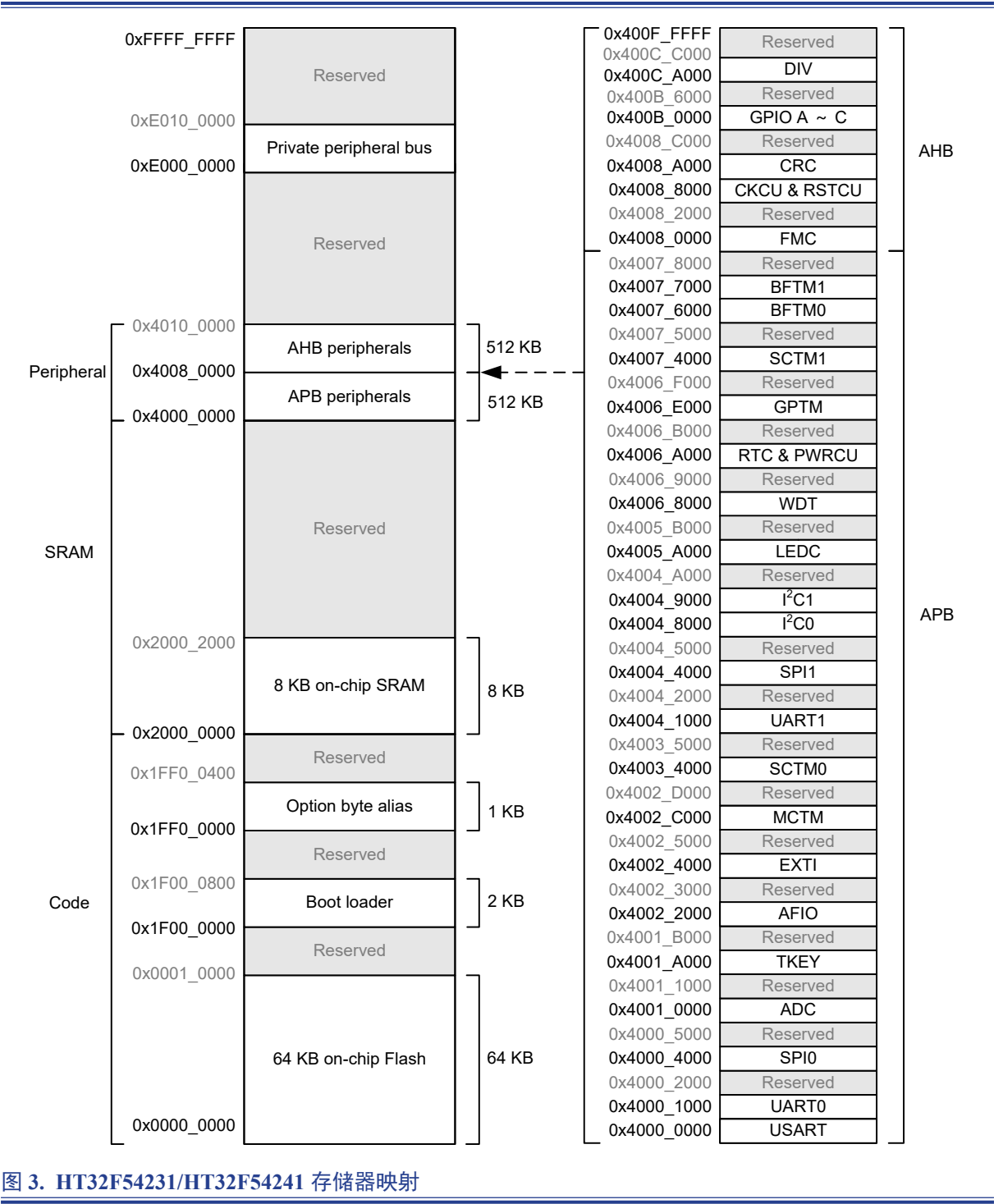


图 3. HT32F54231/HT32F54241 存储器映射

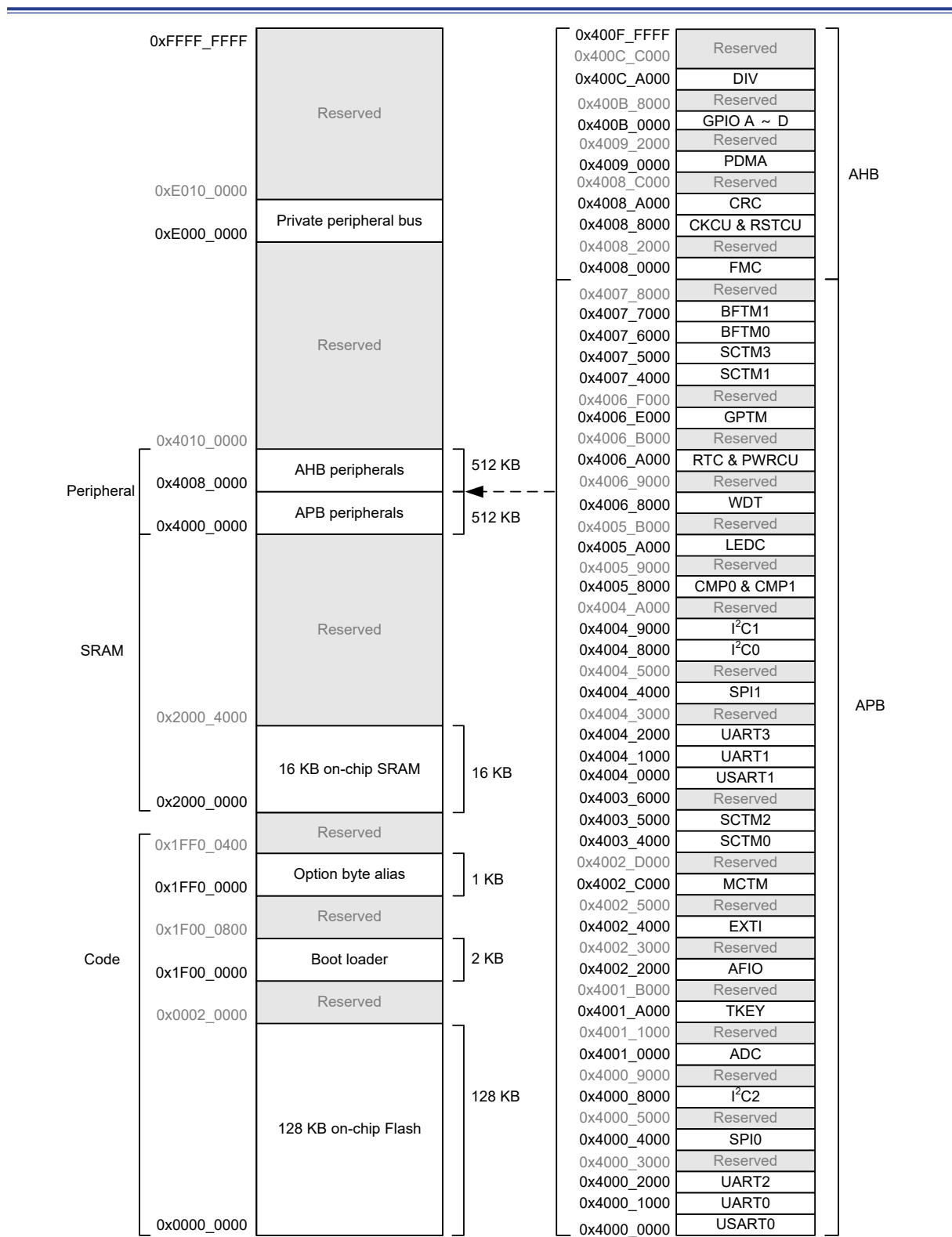


图 4. HT32F54243/HT32F54253 存储器映射

表 2. HT32F54231/HT32F54241 寄存器映射

起始地址	结束地址	外设	总线
0x4000_0000	0x4000_0FFF	USART	APB
0x4000_1000	0x4000_1FFF	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	0x4001_9FFF	保留	
0x4001_A000	0x4001_AFFF	TKEY	
0x4001_B000	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 C0	
0x4004_9000	0x4004_9FFF	I ² C1	
0x4004_A000	0x4005_9FFF	保留	
0x4005_A000	0x4005_AFFF	LEDC	
0x4005_B000	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	0x400A_FFFF	保留	
0x400B_0000	0x400B_1FFF	GPIO A	
0x400B_2000	0x400B_3FFF	GPIO B	
0x400B_4000	0x400B_5FFF	GPIO C	
0x400B_6000	0x400C_9FFF	保留	
0x400C_A000	0x400C_BFFF	DIV	
0x400C_C000	0x400F_FFFF	保留	

表 3. HT32F54243/HT32F54253 寄存器映射

起始地址	结束地址	外设	总线
0x4000_0000	0x4000_0FFF	USART0	APB
0x4000_1000	0x4000_1FFF	UART0	
0x4000_2000	0x4000_2FFF	UART2	
0x4000_3000	0x4000_3FFF	保留	
0x4000_4000	0x4000_4FFF	SPI0	
0x4000_5000	0x4000_7FFF	保留	
0x4000_8000	0x4000_8FFF	I ² C2	
0x4000_9000	0x4000_FFFF	保留	
0x4001_0000	0x4001_0FFF	ADC	
0x4001_1000	0x4001_9FFF	保留	
0x4001_A000	0x4001_AFFF	TKEY	
0x4001_B000	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	0x4003_5FFF	SCTM2	
0x4003_6000	0x4003_FFFF	保留	
0x4004_0000	0x4004_0FFF	USART1	
0x4004_1000	0x4004_1FFF	UART1	
0x4004_2000	0x4004_2FFF	UART3	
0x4004_3000	0x4004_3FFF	保留	
0x4004_4000	0x4004_4FFF	SPI1	
0x4004_5000	0x4004_7FFF	保留	

起始地址	结束地址	外设	总线
0x4004_8000	0x4004_8FFF	I ² C0	APB
0x4004_9000	0x4004_9FFF	I ² C1	
0x4004_A000	0x4005_7FFF	保留	
0x4005_8000	0x4005_8FFF	CMP0 & CMP1	
0x4005_9000	0x4005_9FFF	保留	
0x4005_A000	0x4005_AFFF	LEDC	
0x4005_B000	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	SCTM3	
0x4007_6000	0x4007_6FFF	BFTM0	
0x4007_7000	0x4007_7FFF	BFTM1	
0x4007_8000	0x4007_FFFF	保留	
0x4008_0000	0x4008_1FFF	FMC	AHB
0x4008_2000	0x4008_7FFF	保留	
0x4008_8000	0x4008_9FFF	CKCU & RSTCU	
0x4008_A000	0x4008_BFFF	CRC	
0x4008_C000	0x4008_FFFF	保留	
0x4009_0000	0x4009_1FFF	PDMA	
0x4009_2000	0x400A_FFFF	保留	
0x400B_0000	0x400B_1FFF	GPIO A	
0x400B_2000	0x400B_3FFF	GPIO B	
0x400B_4000	0x400B_5FFF	GPIO C	
0x400B_6000	0x400B_7FFF	GPIO D	
0x400B_8000	0x400C_9FFF	保留	
0x400C_A000	0x400C_BFFF	DIV	
0x400C_C000	0x400F_FFFF	保留	

时钟结构

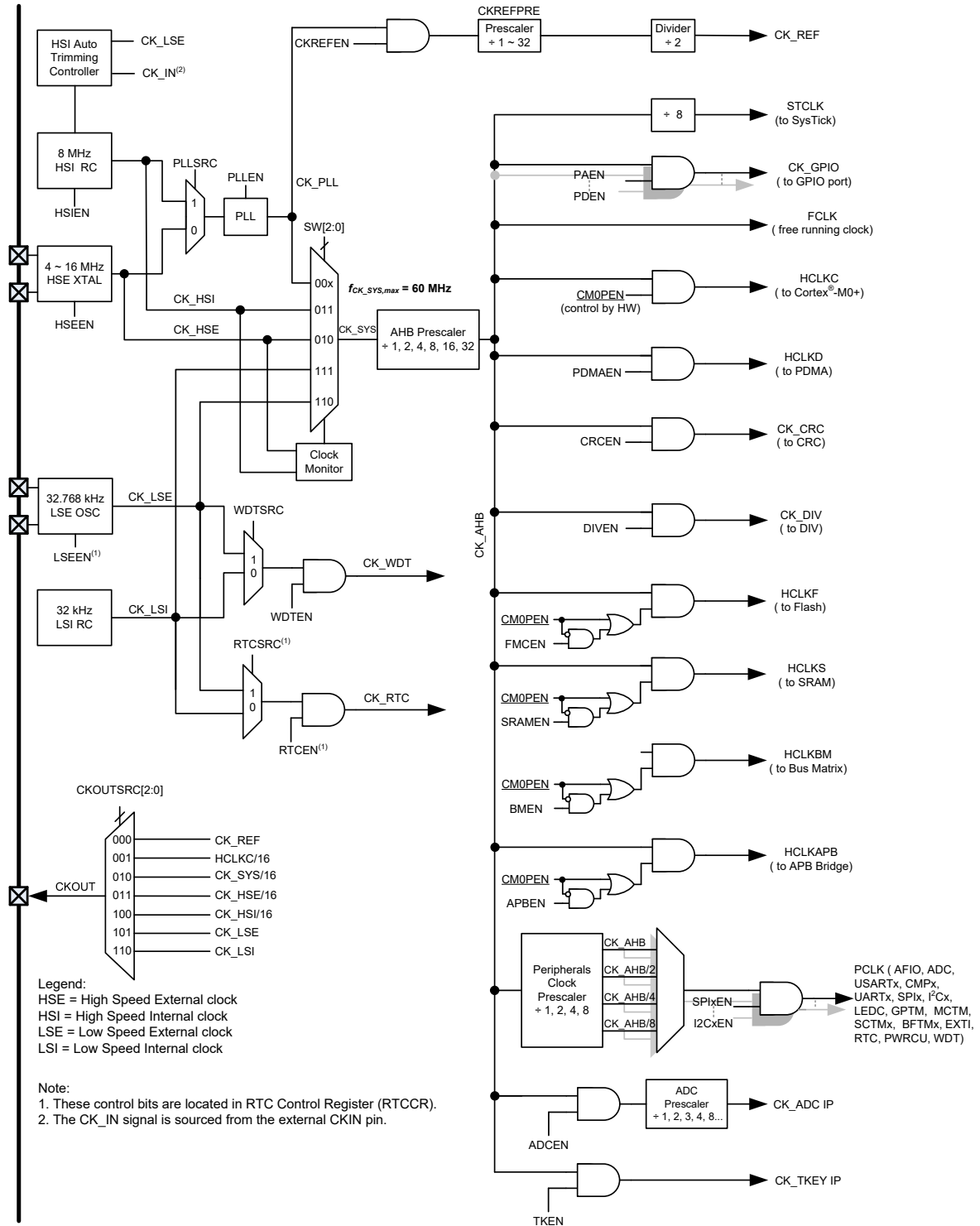


图 5. 时钟结构

5 引脚图

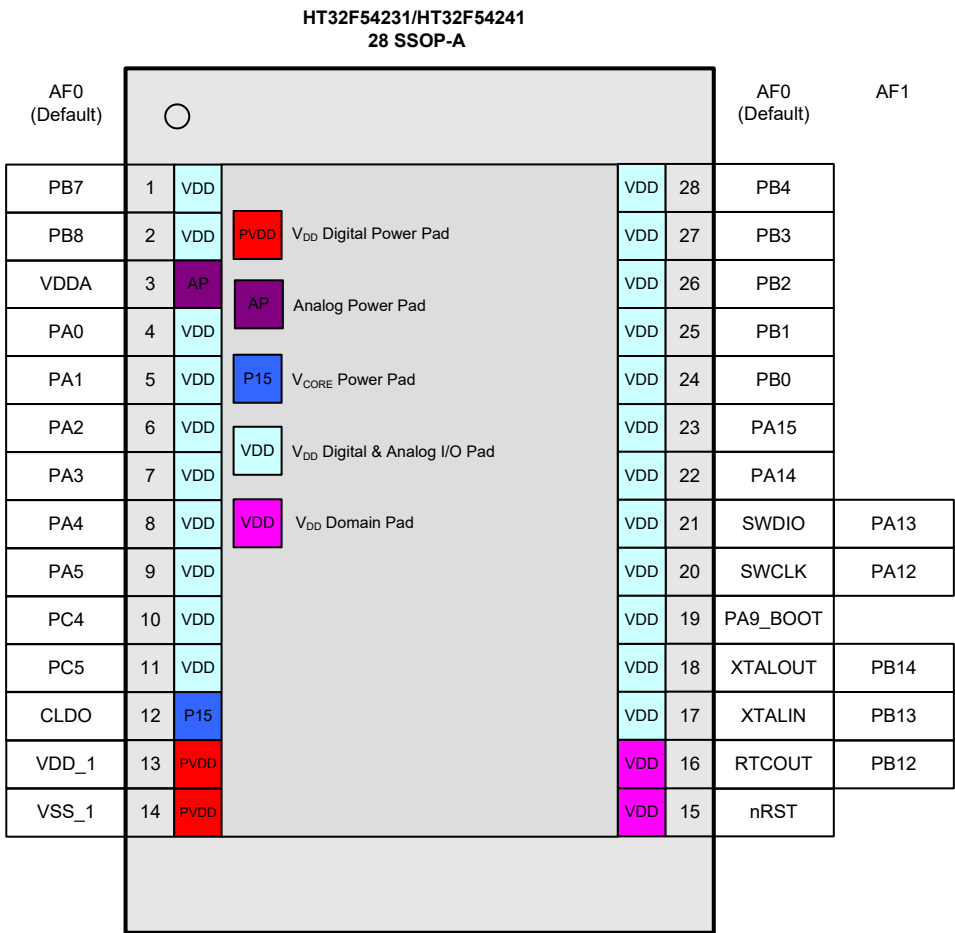
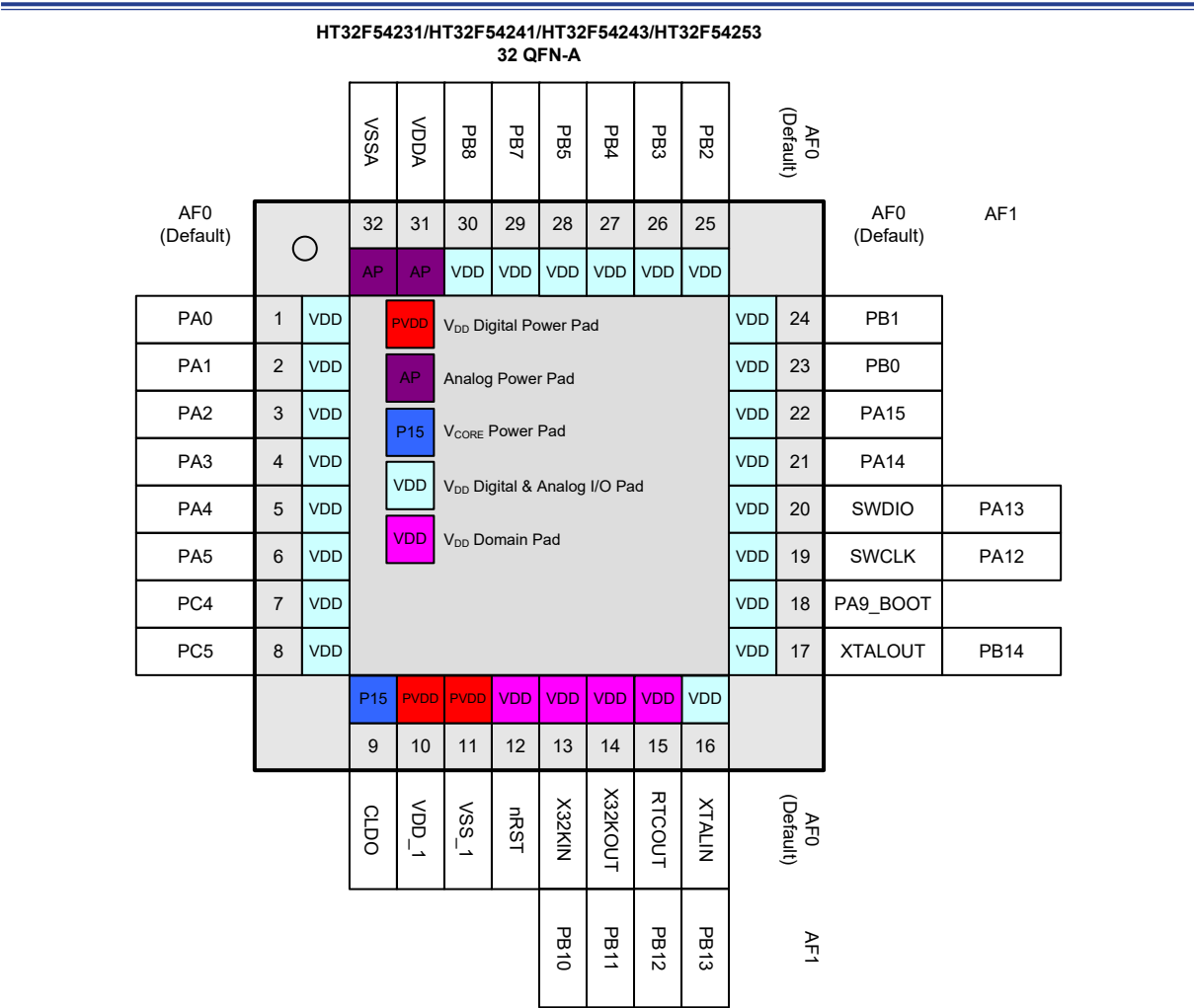
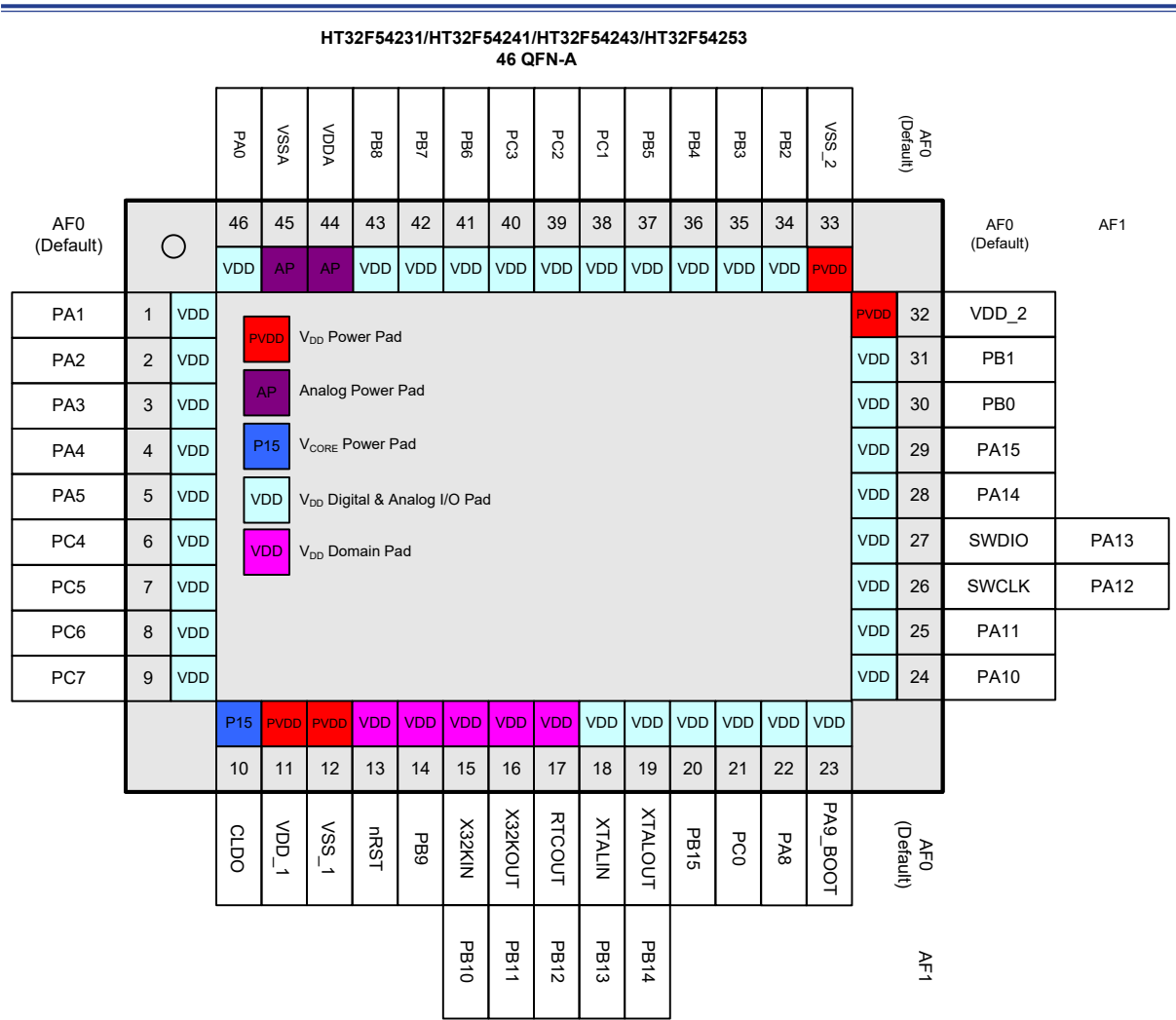


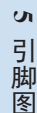
图 6. HT32F54231/HT32F54241 28-pin SSOP 引脚图



注：基底内部连接到 VSS。

图 7. HT32F54231/HT32F54241/HT32F54243/HT32F54253 32-pin QFN 引脚图





2025-02-24

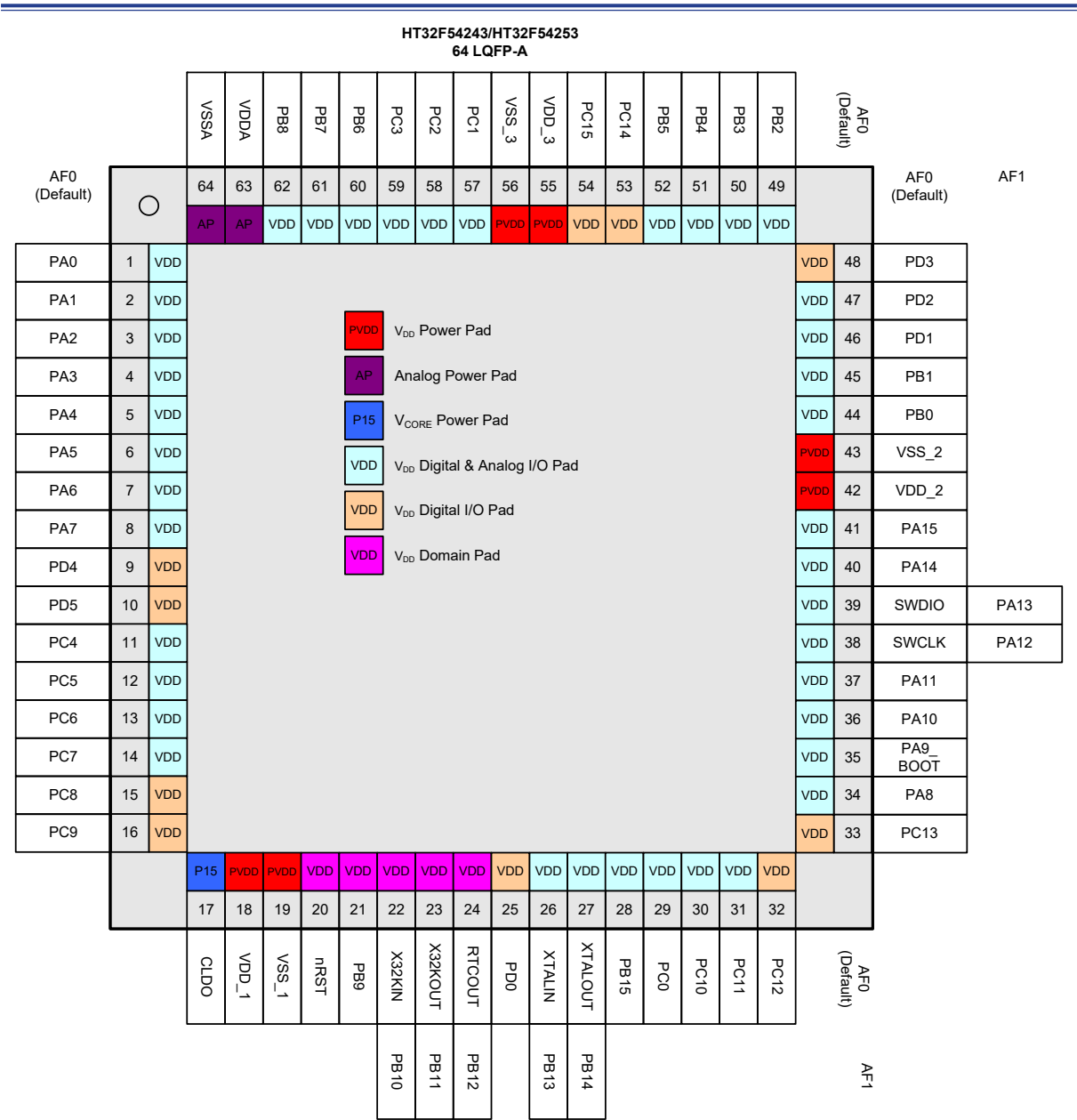


图 10. HT32F54243/HT32F54253 64-pin LQFP 引脚图

表 4. HT32F54231/HT32F54241 系列引脚分配

封装				复用功能映射															
				AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15
48 LQFP	46 QFN	32 QFN	28 SSOP	系统默认	GPIO	ADC	N/A	MCTM/GPTM	SPI	USART/UART	PC	N/A	N/A	N/A	N/A	TKEY	SCTM	LEDC	系统其它
1	46	1	4	PA0		ADC_IN2		GT_CH0	SPI1_SCK	USR_RTS	I2C1_SCL							LED_SEG0	VREF
2	1	2	5	PA1		ADC_IN3		GT_CH1	SPI1_MOSI	USR_CTS	I2C1_SDA							LED_SEG1	
3	2	3	6	PA2		ADC_IN4		GT_CH2	SPI1_MISO	USR_TX								LED_SEG2	
4	3	4	7	PA3		ADC_IN5		GT_CH3	SPI1_SEL	USR_RX								LED_SEG3	
5	4	5	8	PA4		ADC_IN6		GT_CH0	SPI0_SCK	UR1_TX	I2C0_SCL							LED_SEG4	
6	5	6	9	PA5		ADC_IN7		GT_CH1	SPI0_MOSI	UR1_RX	I2C0_SDA							LED_SEG5	
7				PA6		ADC_IN8		GT_CH2	SPI0_MISO									LED_SEG6	
8				PA7		ADC_IN9		GT_CH3	SPI0_SEL									LED_SEG7	
9	6	7	10	PC4						USR_TX						TKEY0	SCTM0	LED_COM4	
10	7	8	11	PC5						USR_RX						TKEY1	SCTM1	LED_COM5	
11	8			PC6				MT_CH2		UR0_TX	I2C0_SCL					TKEY2		LED_COM6	
12	9			PC7				MT_CH2N		UR0_RX	I2C0_SDA					TKEY3		LED_COM7	
13	10	9	12	CLDO															
14	11	10	13	VDD_1															
15	12	11	14	VSS_1															
16	13	12	15	nRST															
17	14			PB9				MT_CH3											WAKEUP1
18	15	13		X32KIN	PB10			GT_CH0	SPI1_SEL	USR_TX							SCTM0	LED_SEG4	
19	16	14		X32KOUT	PB11			GT_CH1	SPI1_SCK	USR_RX							SCTM1	LED_SEG5	
20	17	15	16	RTCOUT	PB12				SPI0_MISO	UR0_RX							SCTM0		WAKEUP0
21	18	16	17	XTALIN	PB13					UR0_TX	I2C0_SCL							LED_SEG6	
22	19	17	18	XTALOUT	PB14					UR0_RX	I2C0_SDA							LED_SEG7	
23	20			PB15				MT_CH0	SPI0_SEL		I2C1_SCL					TKEY4			
24	21			PC0				MT_CH0N	SPI0_SCK		I2C1_SDA					TKEY5	SCTM1	LED_COM0	
25	22			PA8						USR_TX						TKEY6	SCTM0	LED_COM1	
26	23	18	19	PA9_BOOT					SPI0_MOSI							TKEY7	SCTM1		CKOUT
27	24			PA10				MT_CH1	SPI0_MOSI	USR_RX						TKEY8		LED_COM2	
28	25			PA11				MT_CH1N	SPI0_MISO							TKEY9	SCTM0	LED_COM3	
29	26	19	20	SWCLK	PA12											TKEY10			
30	27	20	21	SWDIO	PA13											TKEY11			
31	28	21	22	PA14				MT_CH0	SPI1_SEL	UR1_TX	I2C1_SCL					TKEY12		LED_COM0	
32	29	22	23	PA15				MT_CH0N	SPI1_SCK	UR1_RX	I2C1_SDA					TKEY13	SCTM1	LED_COM1	
33	30	23	24	PB0				MT_CH1	SPI1_MOSI	USR_TX	I2C0_SCL					TKEY14		LED_SEG0	
34	31	24	25	PB1				MT_CH1N	SPI1_MISO	USR_RX	I2C0_SDA					TKEY15	SCTM0	LED_SEG1	
35	32			VDD_2															
36	33	SUB ^(注)		VSS_2															

封装				复用功能映射															
				AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15
48 LQFP	46 QFN	32 QFN	28 SSOP	系统默认	GPIO	ADC	N/A	MCTM/GPTM	SPI	USART/UART	PC	N/A	N/A	N/A	N/A	TKEY	SCTM	LEDC	系统其它
37	34	25	26	PB2				MT_CH2	SPI0_SEL	UR1_TX						TKEY16		LED_SEG2	CKIN
38	35	26	27	PB3				MT_CH2N	SPI0_SCK	UR1_RX						TKEY17	SCTM1	LED_SEG3	
39	36	27	28	PB4				MT_BRK	SPI0_MOSI	UR1_TX						TKEY18	SCTM0	LED_COM2	
40	37	28		PB5				GT_CH2	SPI0_MISO	UR1_RX						TKEY19		LED_COM3	
41	38			PC1				MT_CH0	SPI1_SEL	UR1_TX						TKEY20		LED_COM4	
42	39			PC2				MT_CH0N	SPI1_SCK							TKEY21		LED_COM5	
43	40			PC3				MT_BRK	SPI1_MOSI	UR1_RX						TKEY22		LED_COM6	
44	41			PB6				GT_CH3	SPI1_MISO	UR0_TX						TKEY23		LED_COM7	
45	42	29	1	PB7		ADC_IN0		MT_CH1	SPI0_MISO	UR0_TX	I2C1_SCL							LED_SEG4	
46	43	30	2	PB8		ADC_IN1		MT_CH1N	SPI0_SEL	UR0_RX	I2C1_SDA							LED_SEG5	
47	44	31	3	VDDA															
48	45	32		VSSA															

注：SUB 是基底，其被连接到 VSS。

表 5. HT32F54243/HT32F54253 系列引脚分配

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	32 QFN	系统默认	GPIO	ADC	CMP	MCTM/GPTM	SPI	USART/UART	PC	N/A	N/A	N/A	N/A	TKEY	SCTM	LEDC	系统其它
1	1	46	1	PA0		ADC_IN2		GT_CH0	SPI1_SCK	USR0_RTS	I2C1_SCL							LED_SEG0	VREF
2	2	1	2	PA1		ADC_IN3		GT_CH1	SPI1_MOSI	USR0_CTS	I2C1_SDA							LED_SEG1	
3	3	2	3	PA2		ADC_IN4		GT_CH2	SPI1_MISO	USR0_TX								LED_SEG2	
4	4	3	4	PA3		ADC_IN5		GT_CH3	SPI1_SEL	USR0_RX							SCTM2	LED_SEG3	
5	5	4	5	PA4		ADC_IN6		GT_CH0	SPI0_SCK	USR1_TX	I2C0_SCL							LED_SEG4	
6	6	5	6	PA5		ADC_IN7		GT_CH1	SPI0_MOSI	USR1_RX	I2C0_SDA							LED_SEG5	
7	7			PA6		ADC_IN8		GT_CH2	SPI0_MISO	USR1_RTS								LED_SEG6	
8	8			PA7		ADC_IN9		GT_CH3	SPI0_SEL	USR1_CTS							SCTM3	LED_SEG7	
9				PD4						USR1_TX							SCTM0	LED_SEG4	
10				PD5						USR1_RX							SCTM1	LED_SEG5	
11	9	6	7	PC4				GT_CH0	SPI1_SEL	USR0_TX	I2C1_SCL					TKEY0	SCTM0	LED_COM4	
12	10	7	8	PC5				GT_CH1	SPI1_SCK	USR0_RX	I2C1_SDA					TKEY1	SCTM1	LED_COM5	
13	11	8		PC6				MT_CH2	SPI1_MOSI	UR0_TX	I2C0_SCL					TKEY2	SCTM2	LED_COM6	
14	12	9		PC7				MT_CH2N	SPI1_MISO	UR0_RX	I2C0_SDA					TKEY3	SCTM3	LED_COM7	
15				PC8				GT_CH2	SPI1_MOSI	UR1_TX	I2C0_SCL							LED_COM10	
16				PC9				GT_CH3	SPI1_MISO	UR1_RX	I2C0_SDA							LED_COM11	
17	13	10	9	CLDO															

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	32 QFN	系统默认	GPIO	ADC	CMP	MCTM/GPTM	SPI	USART/UART	I ² C	N/A	N/A	N/A	N/A	TKEY	SCTM	LEDC	系统其它
18	14	11	10	VDD_1															
19	15	12	11	VSS_1															
20	16	13	12	nRST															
21	17	14		PB9				MT_CH3		UR0_TX							SCTM1		WAKEUP1
22	18	15	13	X32KIN	PB10			GT_CH0	SPI1_SEL	USR1_TX	I2C2_SCL						SCTM2	LED_SEG4	
23	19	16	14	X32KOUT	PB11			GT_CH1	SPI1_SCK	USR1_RX	I2C2_SDA						SCTM3	LED_SEG5	
24	20	17	15	RTCOUT	PB12				SPI0_MISO	UR0_RX							SCTM0		WAKEUP0
25				PD0							I2C2_SDA						SCTM2		
26	21	18	16	XTALIN	PB13					UR3_TX	I2C0_SCL							LED_SEG6	
27	22	19	17	XTALOUT	PB14					UR3_RX	I2C0_SDA							LED_SEG7	
28	23	20		PB15				MT_CH0	SPI0_SEL	USR1_TX	I2C1_SCL					TKEY4			
29	24	21		PC0				MT_CH0N	SPI0_SCK	USR1_RX	I2C1_SDA					TKEY5	SCTM3	LED_COM0	
30				PC10				GT_CH0	SPI1_SEL	UR2_TX						TKEY6		LED_SEG0	
31				PC11				GT_CH1	SPI1_SCK	UR2_RX						TKEY7		LED_SEG1	
32				PC12				GT_CH2	SPI1_MOSI	UR1_TX	I2C2_SCL							LED_SEG2	
33				PC13				GT_CH3	SPI1_MISO	UR1_RX	I2C2_SDA							LED_SEG3	
34	25	22		PA8						USR0_TX						TKEY8	SCTM2	LED_COM1	
35	26	23	18	PA9_BOOT					SPI0_MOSI	UR3_TX						TKEY9	SCTM3		CKOUT
36	27	24		PA10				MT_CH1	SPI0_MOSI	USR0_RX	I2C2_SCL					TKEY10		LED_COM2	
37	28	25		PA11				MT_CH1N	SPI0_MISO	UR3_RX	I2C2_SDA					TKEY11	SCTM0	LED_COM3	
38	29	26	19	SWCLK	PA12											TKEY12			
39	30	27	20	SWDIO	PA13											TKEY13			
40	31	28	21	PA14				MT_CH0	SPI1_SEL	USR0_RTS	I2C1_SCL					TKEY14		LED_COM0	
41	32	29	22	PA15				MT_CH0N	SPI1_SCK	USR0_CTS	I2C1_SDA					TKEY15	SCTM1	LED_COM1	
42	35	32		VDD_2															
43	36	33	SUB ^(注)	VSS_2															
44	33	30	23	PB0				MT_CH1	SPI1_MOSI	USR0_TX	I2C0_SCL					TKEY16		LED_SEG0	
45	34	31	24	PB1				MT_CH1N	SPI1_MISO	USR0_RX	I2C0_SDA					TKEY17	SCTM2	LED_SEG1	
46				PD1				MT_CH2		USR1_RTS						TKEY18			
47				PD2				MT_CH2N		USR1_CTS						TKEY19		LED_SEG6	
48				PD3				MT_CH3										LED_SEG7	
49	37	34	25	PB2			COUT0	MT_CH2	SPI0_SEL	UR2_TX						TKEY20		LED_SEG2	CKIN
50	38	35	26	PB3			COUT1	MT_CH2N	SPI0_SCK	UR2_RX						TKEY21	SCTM1	LED_SEG3	
51	39	36	27	PB4				MT_BRK	SPI0_MOSI	UR1_TX						TKEY22	SCTM0	LED_COM2	
52	40	37	28	PB5				GT_CH2	SPI0_MISO	UR1_RX						TKEY23		LED_COM3	
53				PC14			COUT0	MT_CH3		UR3_TX	I2C2_SCL						SCTM2	LED_COM8	

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	32 QFN	系统默认	GPIO	ADC	CMP	MCTM/GPTM	SPI	USART/UART	I ² C	N/A	N/A	N/A	N/A	TKEY	SCTM	LEDC	系统其它
54				PC15			COUT1			UR3_RX	I2C2_SDA						SCTM3	LED_COM9	
55				VDD_3															
56				VSS_3															
57	41	38		PC1			CN0	MT_CH0	SPI1_SEL	UR1_TX						TKEY24		LED_COM4	
58	42	39		PC2			CP0	MT_CH0N	SPI1_SCK	UR2_RX						TKEY25		LED_COM5	
59	43	40		PC3			COUT0	MT_BRK	SPI1_MOSI	UR1_RX	I2C2_SCL					TKEY26		LED_COM6	
60	44	41		PB6			CN1	GT_CH3	SPI1_MISO	UR2_TX	I2C2_SDA					TKEY27		LED_COM7	
61	45	42	29	PB7		ADC_IN0	CP1	MT_CH1	SPI0_MISO	UR0_TX	I2C1_SCL							LED_SEG4	
62	46	43	30	PB8		ADC_IN1	COUT1	MT_CH1N	SPI0_SEL	UR0_RX	I2C1_SDA							LED_SEG5	
63	47	44	31	VDDA															
64	48	45	32	VSSA															

注：SUB 是基底，其被连接到 VSS。

表 6. HT32F54231/HT32F54241 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	32 QFN	28 SSOP					默认功能 (AF0)
1	46	1	4	PA0	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA0
2	1	2	5	PA1	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA1
3	2	3	6	PA2	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA2
4	3	4	7	PA3	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA3
5	4	5	8	PA4	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA4, 在 Boot loader 模式下, 此引脚提供 UART_TX 功能。
6	5	6	9	PA5	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA5, 在 Boot loader 模式下, 此引脚提供 UART_RX 功能。
7				PA6	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA6
8				PA7	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA7
9	6	7	10	PC4	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC4
10	7	8	11	PC5	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC5
11	8			PC6	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC6
12	9			PC7	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC7
13	10	9	12	CLDO	P	—	—	V _{CORE} 内核电源 LDO 输出。 必须在 CLDO 引脚与 VSS 间连一个 2.2 μF 电容并尽量靠近这两个引脚。
14	11	10	13	VDD_1	P	—	—	数字 I/O 口电压
15	12	11	14	VSS_1	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
16	13	12	15	nRST ⁽³⁾	I	5V_PU	—	外部复位引脚
17	14			PB9 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	PB9
18	15	13		PB10 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	X32KIN
19	16	14		PB11 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	X32KOUT
20	17	15	16	PB12 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	RTCOUT
21	18	16	17	PB13	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	XTALIN

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	32 QFN	28 SSOP					默认功能 (AF0)
22	19	17	18	PB14	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	XTALOUT
23	20			PB15	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB15
24	21			PC0	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC0
25	22			PA8	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA8
26	23	18	19	PA9	AI/O	5V_PU	4/8/12/16 mA	PA9_BOOT
27	24			PA10	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA10
28	25			PA11	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA11
29	26	19	20	PA12	AI/O	5V_PU	4/8/12/16 mA	SWCLK
30	27	20	21	PA13	AI/O	5V_PU	4/8/12/16 mA	SWDIO
31	28	21	22	PA14	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA14
32	29	22	23	PA15	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA15
33	30	23	24	PB0	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB0
34	31	24	25	PB1	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB1
35	32			VDD_2	P	—	—	数字 I/O 口电压
36	33			VSS_2	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
37	34	25	26	PB2	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB2
38	35	26	27	PB3	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB3
39	36	27	28	PB4	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB4
40	37	28		PB5	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB5
41	38			PC1	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC1
42	39			PC2	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC2
43	40			PC3	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC3
44	41			PB6	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB6
45	42	29	1	PB7	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB7
46	43	30	2	PB8	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB8
47	44	31	3	VDDA	P	—	—	A/D 转换器模拟电压
48	45	32		VSSA	P	—	—	A/D 转换器模拟接地参考电压

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

2. 5V = 5 V 耐受，PU = 上拉。

3. 这些引脚位于 V_{DD} 电源域。

4. 在 Boot loader 模式下，可使用 UART 连接通信。

表 7. HT32F54243/HT32F54253 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	32 QFN					默认功能 (AF0)
1	1	46	1	PA0	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA0
2	2	1	2	PA1	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA1
3	3	2	3	PA2	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA2
4	4	3	4	PA3	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA3
5	5	4	5	PA4	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA4, 在 Boot loader 模式下, 此引脚提供 USART_TX 功能。
6	6	5	6	PA5	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA5, 在 Boot loader 模式下, 此引脚提供 USART_RX 功能。
7	7			PA6	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA6
8	8			PA7	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA7
9				PD4	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PD4
10				PD5	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PD5
11	9	6	7	PC4	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC4
12	10	7	8	PC5	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC5
13	11	8		PC6	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC6
14	12	9		PC7	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC7
15				PC8	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PC8
16				PC9	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PC9
17	13	10	9	CLDO	P	—	—	V _{CORE} 内核电源 LDO 输出。 必须在 CLDO 引脚与 VSS 间连一个 2.2 μF 电容并尽量靠近这两个引脚。
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	5V_PU	—	外部复位引脚
21	17	14		PB9 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	PB9
22	18	15	13	PB10 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	X32KIN
23	19	16	14	PB11 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	X32KOUT
24	20	17	15	PB12 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	RTCOUT
25				PD0	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PD0
26	21	18	16	PB13	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	XTALIN
27	22	19	17	PB14	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	XTALOUT
28	23	20		PB15	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB15
29	24	21		PC0	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC0
30				PC10	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC10
31				PC11	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC11
32				PC12	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PC12
33				PC13	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PC13
34	25	22		PA8	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA8
35	26	23	18	PA9	AI/O	5V_PU	4/8/12/16 mA	PA9_BOOT
36	27	24		PA10	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA10
37	28	25		PA11	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA11
38	29	26	19	PA12	AI/O	5V_PU	4/8/12/16 mA	SWCLK
39	30	27	20	PA13	AI/O	5V_PU	4/8/12/16 mA	SWDIO
40	31	28	21	PA14	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA14

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	32 QFN					默认功能 (AF0)
41	32	29	22	PA15	AI/O	5V	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	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB0
45	34	31	24	PB1	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB1
46				PD1	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PD1
47				PD2	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PD2
48				PD3	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PD3
49	37	34	25	PB2	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB2
50	38	35	26	PB3	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB3
51	39	36	27	PB4	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB4
52	40	37	28	PB5	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB5
53				PC14	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PC14
54				PC15	I/O	5V	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	5V	4/8/12/16 mA	PC1
58	42	39		PC2	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC2
59	43	40		PC3	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC3
60	44	41		PB6	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB6
61	45	42	29	PB7	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB7
62	46	43	30	PB8	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB8
63	47	44	31	VDDA	P	—	—	ADC 模拟电压
64	48	45	32	VSSA	P	—	—	ADC 模拟接地参考电压

注：1. I = 输入，O = 输出，A = 模拟端口，P = 电源，V_{DD} = V_{DD} 电源。
2. 5V = 5 V 耐受，PU = 上拉。
3. 这些引脚位于 V_{DD} 电源域。
4. 在 Boot loader 模式下，可使用 USART 连接通信。

6 电气特性

电源方案

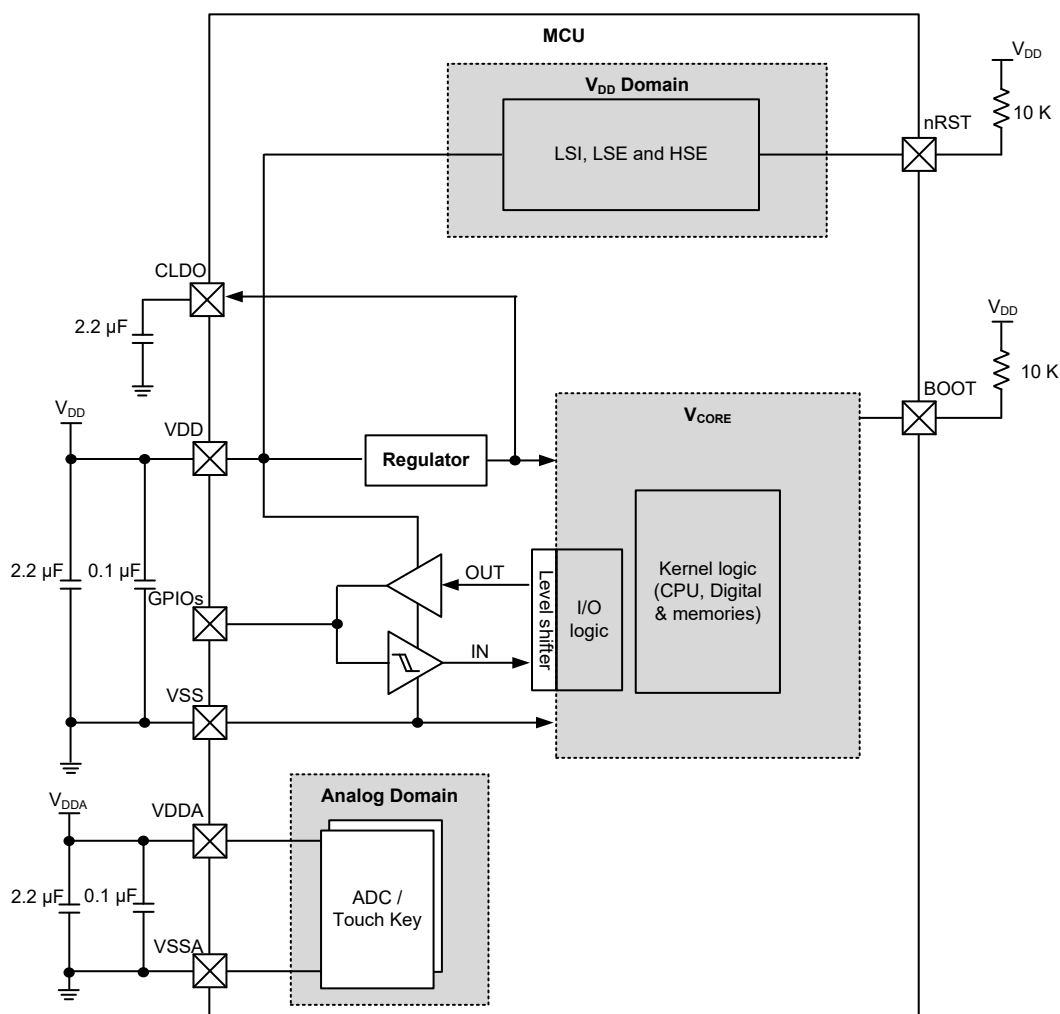


图 11. 电源方案

注：1. 所有稳压电容都需尽量靠近 MCU。

2. BOOT 引脚上拉电阻建议为 10 kΩ。

3. nRST 引脚上拉电阻建议为 10 kΩ。

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 8. 极限参数

符号	参数	最小值	最大值	单位
V _{DD}	外部主电源电压	V _{SS} - 0.3	V _{SS} + 5.5	V
V _{DDA}	外部模拟电源电压	V _{SSA} - 0.3	V _{SSA} + 5.5	V
V _{IN}	I/O 口输入电压	V _{SS} - 0.3	V _{DD} + 0.3	V
T _A	环境工作温度范围	-40	85	°C
T _{STG}	存储温度范围	-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

建议直流工作电压条件

表 9. 建议直流工作条件

T_A = 25 °C，除非另有规定

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	符号
V _{DD}	工作电压	—	2.5	5.0	5.5	V
V _{DDA}	模拟工作电压	—	2.5	5.0	5.5	V

片上 LDO 稳压器特性

表 10. 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} ≥ 2.5 V 稳压器输入 @ I _{LDO} = 35 mA 且电压变化 = ±5 %	1.425	1.500	1.570	V
I _{LDO}	输出电流	V _{DD} = 2.5 V 稳压器输入 @ V _{LDO} = 1.5 V	—	30	35	mA
C _{LDO}	内核电源的外部滤波电容值	电容值取决于内核电源的功耗	1.0	2.2	—	μF

片上超低功耗 LDO 稳压器特性

表 11. ULDO 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 _{IN}	工作电压	—	2.5	—	5.5	V
V _{ULDO}	内部稳压器输出电压	调整后，V _{DD} ≥ 2.5 V 稳压器输入 @ I _{ULDO} = 35 mA 且电压变化 = ±10 %	1.35	1.50	1.65	V
I _{ULDO}	输出电流	V _{DD} = 2.5 V 稳压器输入 @ V _{ULDO} = 1.5 V	—	2	5	mA
C _{LDO}	内核电源的外部滤波电容值	V _{IN} = 2.5 V 稳压器输入 @ V _{ULDO} = 1.5 V； I _{ULDO} = 5 mA	1.0	2.2	—	μF

功耗

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

单片机配置为以下条件以测量电流消耗：

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

表 12. HT32F54231/HT32F54241 功耗特性

$T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，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 $^{\circ}\text{C}$	85 $^{\circ}\text{C}$	
I_{DD}	工作电流 (运行模式)	60 MHz	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, 所有外设使能	14.8	17.8	—	mA
			$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, 所有外设除能	6.7	8.0	—	
		40 MHz	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, 所有外设使能	11.8	14.2	—	
			$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, 所有外设除能	6.4	7.7	—	
		20 MHz	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, 所有外设使能	5.9	7.0	—	
			$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, 所有外设除能	3.1	3.7	—	
		8 MHz	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = off, 所有外设使能	2.5	3.0	—	
			$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = off, 所有外设除能	1.3	1.65	—	
		32 kHz	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, LSI = 32 kHz, LDO off, ULDO on, 所有外设使能	16.3	21.6	—	μA
			$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, LSI = 32 kHz, LDO off, ULDO on, 所有外设除能	11.8	16.4	—	
	工作电流 (休眠模式)	60 MHz	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, 所有外设使能	9.9	11.9	—	mA
			$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, 所有外设除能	1.1	1.32	—	
		40 MHz	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, 所有外设使能	6.8	8.1	—	
			$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, 所有外设除能	0.81	1.0	—	
		20 MHz	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, 所有外设使能	3.8	4.5	—	
			$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, 所有外设除能	0.67	0.85	—	
		8 MHz	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = off, 所有外设使能	1.6	1.9	—	
			$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, HSI = 8 MHz, PLL = off, 所有外设除能	0.32	0.43	—	

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 (深度休眠1模式)	—	V _{DD} = 5.0 V, HSI/HSE/PLL 时钟 off, LDO off, ULDO on, LSE off, LSI on, RTC on	7.66	11.3	—	μA
	工作电流 (深度休眠2模式)	—	V _{DD} = 5.0 V, HSI/HSE/PLL 时钟 off, LDO off, ULDO on, LSE off, LSI on, RTC on	7.63	11.3	—	μA

- 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. 在 Flash 执行代码：while (1) {208 NOP}。

表 13. HT32F54243/HT32F54253 功耗特性

T_A = 25 °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	V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, 所有外设使能	18.4	23.1	—	mA
			V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, 所有外设除能	7.4	8.9	—	
		40 MHz	V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, 所有外设使能	14.7	18.2	—	
			V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, 所有外设除能	7.2	8.6	—	
		20 MHz	V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, 所有外设使能	7.4	8.9	—	
			V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, 所有外设除能	3.5	4.2	—	
		8 MHz	V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = off, 所有外设使能	3.1	3.6	—	
			V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = off, 所有外设除能	1.5	1.76	—	
		32 kHz	V _{DD} = 5.0 V, LSI = 32 kHz, LDO off, ULDO on, 所有外设使能	19.2	26.2	—	μA
			V _{DD} = 5.0 V, LSI = 32 kHz, LDO off, ULDO on, 所有外设除能	12.9	18.9	—	

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)	60 MHz	V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, 所有外设使能	13.2	16.2	—	mA
			V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, 所有外设除能	1.1	1.43	—	
		40 MHz	V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, 所有外设使能	9.1	11	—	
			V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, 所有外设除能	0.86	1.1	—	
		20 MHz	V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, 所有外设使能	5.0	5.9	—	
			V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, 所有外设除能	0.72	0.94	—	
		8 MHz	V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = off, 所有外设使能	2.1	2.4	—	
			V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = off, 所有外设除能	0.33	0.5	—	
	工作电流 (深度休眠1模式)	—	V _{DD} = 5.0 V, HSI/HSE/PLL 时钟 off, LDO off, ULDO on, LSE off, LSI on, RTC on	8.15	13.5	—	μA
	工作电流 (深度休眠2模式)	—	V _{DD} = 5.0 V, HSI/HSE/PLL 时钟 off, LDO off, ULDO on, LSE off, LSI on, RTC on	8.13	13.5	—	μA

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. 在 Flash 执行代码：while (1) {208 NOP}。

复位和电源监控特性

表 14. 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 _{POR}	上电复位阈值 (V _{DD} 电压上升)	T _A = -40 °C ~ 85 °C	2.22	2.35	2.48	V
V _{PDR}	掉电复位阈值 (V _{DD} 电压下降)	T _A = -40 °C ~ 85 °C	2.12	2.20	2.33	V
V _{PORHYST}	POR 迟滞	—	—	150	—	mV
t _{POR}	复位延迟时间	V _{DD} = 5.0 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。

电气特性

表 15. 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} 电压下降沿	2.37	2.45	2.53	V
V _{LVD}	低电压检测电压	V _{DD} 电压下降沿	LVDS = 000	2.57	2.65	2.73 V
			LVDS = 001	2.77	2.85	2.93 V
			LVDS = 010	2.97	3.05	3.13 V
			LVDS = 011	3.17	3.25	3.33 V
			LVDS = 100	3.37	3.45	3.53 V
			LVDS = 101	4.15	4.25	4.35 V
			LVDS = 110	4.35	4.45	4.55 V
			LVDS = 111	4.55	4.65	4.75 V
V _{LVDHTST}	LVD 迟滞	V _{DD} = 5.0 V	—	—	100	mV
t _{suLVD}	LVD 建立时间	V _{DD} = 5.0 V	—	—	—	5 μs
t _{atLVD}	LVD 有效延迟时间	V _{DD} = 5.0 V	—	—	—	ms
I _{DDLVD}	工作电流 ⁽²⁾	V _{DD} = 5.0 V	—	—	10	20 μA

注: 1. 数据仅为特性描述结果, 未在生产中测试。

2. 不包括 Bandgap 电流。

3. LVDS 位域位于 PWRCU LVDCSR 寄存器中。

外部时钟特性

表 16. 外部高速时钟 (HSE) 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	2.5	—	5.5	V
f _{CK_HSE}	HSE 振荡器频率	V _{DD} = 2.5 V ~ 5.0 V	4	—	16	MHz
C _L	负载电容	V _{DD} = 5.0 V, R _{ESR} = 100 Ω @ 16 MHz	—	—	12	pF
R _{FHSE}	XTALIN 和 XTALOUT 引脚间的内部反馈电阻	V _{DD} = 5.0 V	—	0.5	—	MΩ
R _{ESR}	等效串联电阻	V _{DD} = 5.0 V, C _L = 12 pF @ 16 MHz, HSEGAIN = 0	—	—	110	Ω
		V _{DD} = 2.5 V, C _L = 12 pF @ 16 MHz, HSEGAIN = 1				
D _{HSE}	HSE 振荡器占空比	—	40	—	60	%
I _{DDHSE}	HSE 振荡器工作电流	V _{DD} = 5.0 V, R _{ESR} = 100 Ω, C _L = 12 pF @ 8 MHz, HSEGAIN = 0	—	0.85	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, R _{ESR} = 25 Ω, C _L = 12 pF @ 16 MHz, HSEGAIN = 1	—	3.0	—	
I _{PWDHSE}	HSE 振荡器暂停电流	V _{DD} = 5.0 V	—	—	0.01	μA
t _{SUHSE}	HSE 振荡器启动时间	V _{DD} = 5.0 V	—	—	4	ms

表 17. 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	$T_A = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	2.5	—	5.5	V
f_{CK_LSE}	LSE 振荡器频率	$V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$	—	32.768	—	kHz
R_F	内部反馈电阻	—	—	10	—	$M\Omega$
R_{ESR}	等效串联电阻	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	30	—	TBD	$k\Omega$
C_L	建议负载电容	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	6	—	TBD	pF
I_{DDLSE}	振荡器工作电流 (大电流模式)	$f_{CK_LSE} = 32.768\text{ kHz}$, $R_{ESR} = 50\text{ k}\Omega$, $C_L \geq 7\text{ pF}$ $V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	—	3.3	6.3	μA
	振荡器工作电流 (小电流模式)	$f_{CK_LSE} = 32.768\text{ kHz}$, $R_{ESR} = 50\text{ k}\Omega$, $C_L < 7\text{ pF}$ $V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	—	1.8	3.3	μA
	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)	$f_{CK_LSE} = 32.768\text{ kHz}$, $V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$	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 18. 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	$T_A = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	2.5	—	5.5	V
f_{HSI}	HSI 振荡器频率	$V_{DD} = 5\text{ V} @ 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	—	8	—	MHz
ACC_{HSI}	工厂调整 HSI 振荡器频率精准度	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$ $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	-2	—	2	%
		$V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	-3	—	3	%
Duty	占空比	$f_{HSI} = 8\text{ MHz}$	35	—	65	%
I_{DDHSI}	HSI 振荡器工作电流	$f_{HSI} = 8\text{ MHz}$	—	—	140	μA
	HSI 振荡器暂停电流	@ $V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$	—	—	0.01	μA
T_{SUHSI}	HSI 振荡器启动时间	$f_{HSI} = 8\text{ MHz}$	—	—	20	μs

表 19. 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	$T_A = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	2.5	—	5.5	V
f_{LSI}	LSI 振荡器频率	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, $T_A = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	21	32	43	kHz
ACC_{LSI}	LSI 振荡器频率精准度	工厂调整后, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$	-10	—	+10	%
$I_{DDL SI}$	LSI 振荡器工作电流	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	0.5	0.8	μA
$t_{SUL SI}$	LSI 振荡器启动时间	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	—	100	μs

系统 PLL 特性

表 20. 系统 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
$f_{PLL IN}$	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

存储器特性

表 21. 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}	可擦写次数 (耐久性)	$T_A = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	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 22. I/O 端口特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	符号
I_{IL}	低电平输入电流	5.0 V I/O	—	—	3	μA
		复位引脚	—	—	3	μA
I_{IH}	高电平输入电流	5.0 V I/O	—	—	3	μA
		复位引脚	—	—	3	μA
V_{IL}	低电平输入电压	5.0 V I/O	-0.5	—	$V_{DD} \times 0.35$	V
		复位引脚	-0.5	—	$V_{DD} \times 0.35$	V
V_{IH}	高电平输入电压	5.0 V I/O	$V_{DD} \times 0.65$	—	$V_{DD} + 0.5$	V
		复位引脚	$V_{DD} \times 0.65$	—	$V_{DD} + 0.5$	V
V_{HYS}	施密特触发器输入电压迟滞	5.0 V I/O	—	$0.12 \times V_{DD}$	—	mV
		复位引脚	—	$0.12 \times V_{DD}$	—	mV

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	符号
I_{OL}	低电平输出电流 (GPIO 灌电流)	5.0 V I/O 4 mA 驱动, $V_{OL} = 0.6\text{ V}$	4	—	—	mA
		5.0 V I/O 8 mA 驱动, $V_{OL} = 0.6\text{ V}$	8	—	—	mA
		5.0 V I/O 12 mA 驱动, $V_{OL} = 0.6\text{ V}$	12	—	—	mA
		5.0 V I/O 16 mA 驱动, $V_{OL} = 0.6\text{ V}$	16	—	—	mA
I_{OH}	高电平输出电流 (GPIO 源电流)	5.0 V I/O 4 mA 驱动, $V_{OH} = V_{DD} - 0.6\text{ V}$	—	4	—	mA
		5.0 V I/O 8 mA 驱动, $V_{OH} = V_{DD} - 0.6\text{ V}$	—	8	—	mA
		5.0 V I/O 12 mA 驱动, $V_{OH} = V_{DD} - 0.6\text{ V}$	—	12	—	mA
		5.0 V I/O 16 mA 驱动, $V_{OH} = V_{DD} - 0.6\text{ V}$	—	16	—	mA
V_{OL}	低电平输出电压	5.0 V 4 mA 驱动 I/O, $I_{OL} = 4\text{ mA}$	—	—	0.6	V
		5.0 V 8 mA 驱动 I/O, $I_{OL} = 8\text{ mA}$	—	—	0.6	V
		5.0 V 12 mA 驱动 I/O, $I_{OL} = 12\text{ mA}$	—	—	0.6	V
		5.0 V 16 mA 驱动 I/O, $I_{OL} = 16\text{ mA}$	—	—	0.6	V
V_{OH}	高电平输出电压	5.0 V 4 mA 驱动 I/O, $I_{OH} = 4\text{ mA}$	$V_{DD} - 0.6$	—	—	V
		5.0 V 8 mA 驱动 I/O, $I_{OH} = 8\text{ mA}$	$V_{DD} - 0.6$	—	—	V
		5.0 V 12 mA 驱动 I/O, $I_{OH} = 12\text{ mA}$	$V_{DD} - 0.6$	—	—	V
		5.0 V 16 mA 驱动 I/O, $I_{OH} = 16\text{ mA}$	$V_{DD} - 0.6$	—	—	V
R_{PU}	内部上拉电阻	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	50	—	k Ω
		$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	76	—	
R_{PD}	高电平输出电压	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	50	—	k Ω
		$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	76	—	

A/D 转换器特性

表 23. 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}	工作电压	—	2.5	5.0	5.5	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}	A/D 转换器工作电流	$V_{DDA} = 5.0\text{ V}$, 1 Msps	—	1.4	1.5	mA
I_{ADC_DN}	A/D 转换器暂停电流	$V_{DDA} = 5.0\text{ V}$	—	—	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	—	1.00	Msps
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	ADST[7:0]=2	—	16	—	$1/f_{ADC}$ Cycles
R_I	输入采样开关电阻	—	—	—	1	k Ω
C_I	输入采样电容	不包括引脚 / 焊盘电容	—	4	—	pF
t_{SU}	启动时间	—	—	—	1	μs
N	分辨率	—	—	12	—	Bits

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
INL	积分非线性误差	$f_s = 750 \text{ ksp/s}, V_{DDA} = 5.0 \text{ V}$	—	± 2	± 5	LSB
DNL	微分非线性误差	$f_s = 750 \text{ ksp/s}, V_{DDA} = 5.0 \text{ V}$	—	± 1	—	LSB
E_O	失调误差	—	—	—	± 10	LSB
E_G	增益误差	—	—	—	± 10	LSB

- 注：1. 数据仅为特性描述结果，未在生产中测试。
2. 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 为内部采样开关电阻， 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。

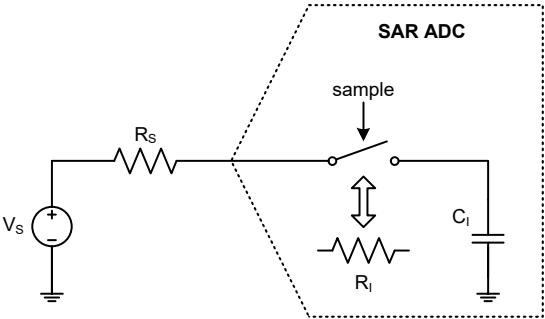


图 12. A/D 转换器采样网络模板

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 $N = 12$)。另外需考虑引脚 / 焊盘寄生电容。在这个简单的例子中尚未考虑此因素。

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 24. 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	—	2.5	—	5.5	V
V_{REF}	工厂调整后内部参考电压 @ $T_A = 25^\circ\text{C}$	$V_{DDA} \geq 2.8\text{ V}$ VREFSEL[1:0] = 00	2.44	2.50	2.56	V
		$V_{DDA} \geq 3.3\text{ V}$ VREFSEL[1:0] = 01	2.92	3.00	3.08	
		$V_{DDA} \geq 4.3\text{ V}$ VREFSEL[1:0] = 10	3.90	4.00	4.10	
		$V_{DDA} \geq 4.8\text{ V}$ VREFSEL[1:0] = 11	4.39	4.50	4.61	
ACC_{VREF}	调整后的参考电压精度	$V_{DDA} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$, $V_{REF} = 0.809\text{ V}$, $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	-2	—	+2	%
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	—	—	50	70	μA
I_{DDPWD}	暂停电流	—	—	—	0.01	μA

注：1. 数据仅为特性描述结果，未在生产中测试。

2. 6-bit 的参考电压精度调整

比较器特性

表 25. 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	2.5	—	5.5	V
V_{IN}	输入共模电压范围	CPn 或 CNn	V_{SSA}	—	V_{DDA}	V
V_{IOS}	输入失调电压 (注)	—	-5	—	5	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	—	50	—	mV
		中迟滞, CMPHM [1:0] = 10	—	100	—	mV
		高迟滞, CMPHM [1:0] = 11	—	150	—	mV
t_{RT}	响应时间输入过载 = $\pm 100\text{ mV}$	高速模式 $V_{DDA} \geq 3.6\text{ V}$	—	50	100	ns
		高速模式 $V_{DDA} < 3.6\text{ V}$	—	100	250	
I_{CMP}	电流损耗 $V_{DDA} = 5.0\text{ V}$	低速模式	—	2	5	μs
		高速模式	—	150	—	μA
I_{CMP_DN}	暂停电流	高速模式	—	10	—	μA
		低速模式	—	—	—	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	CMPEN = 0, CVREN = 0, CVROE = 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	—	—	8	—	bits

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{CVRST}	设置时间	$V_{DDA} = 3.3\text{ V}$, $CVROE = 1$, $C_{LOAD} \leq 100\text{ pF}$, $R_{LOAD} \geq 50\text{ k}\Omega$, CVR 定标器设置时间 $CVRVAL = \text{“00000000”} \sim \text{“11111111”}$	—	—	250	μs
I_{CVR}	电流损耗 $V_{DDA} = 5.0\text{ V}$	$CVREN=1$, $CVROE = 0$	—	100	—	μA
		$CVREN=1$, $CVROE=1$	—	125	150	μA

注：数据仅为特性描述结果，未在生产中测试。

GPTM/MCTM/SCTM 特性

表 26. GPTM/MCTM/SCTM 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{TM}	GPTM/MCTM/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 0~3 的外部信号频率	—	—	—	1/2	f_{TM}
RES	定时器分辨率	—	—	—	16	Bits

I²C 特性

表 27. 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 下降沿时间	—	1.300	—	0.340	—	0.135	μs
t_{RISE}	SCL 和 SDA 上升沿时间	—	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⁾	—	1.600	—	0.475	—	0.250	μs
$t_{VD(SDA)}$	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. 数据仅为特性描述结果，未在生产中测试。

2. 为达到标准模式 100 kHz，外设时钟频率必须高于 2 MHz。

3. 为达到快速模式 400 kHz，外设时钟频率必须高于 8 MHz。

4. 为达到高速模式 1 MHz，外设时钟频率必须高于 20 MHz。

5. 该 I²C 总线时序特性参数是基于 COMBFILTEREN = 0 且 SEQFILTER = 00 的情况。

6. 该 I²C 总线时序特性参数是基于 COMBFILTEREN = 1 且 SEQFILTER = 00 的情况。

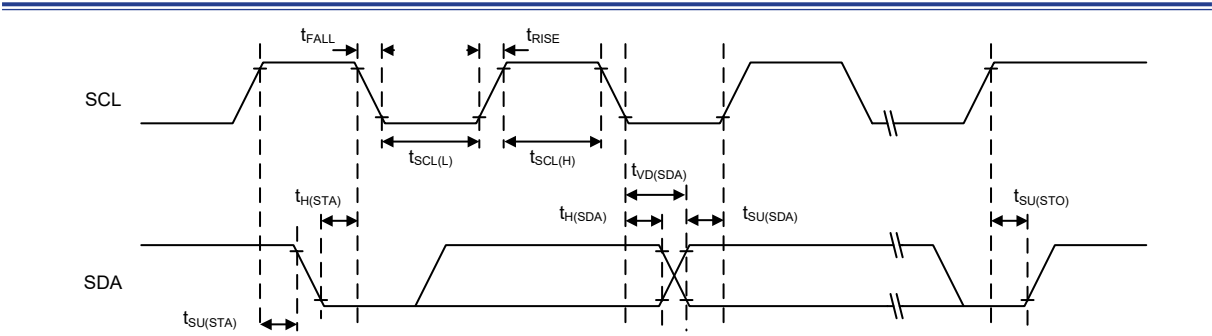


图 13. I²C 时序图

SPI 特性

表 28. 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	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 / 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	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 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}。

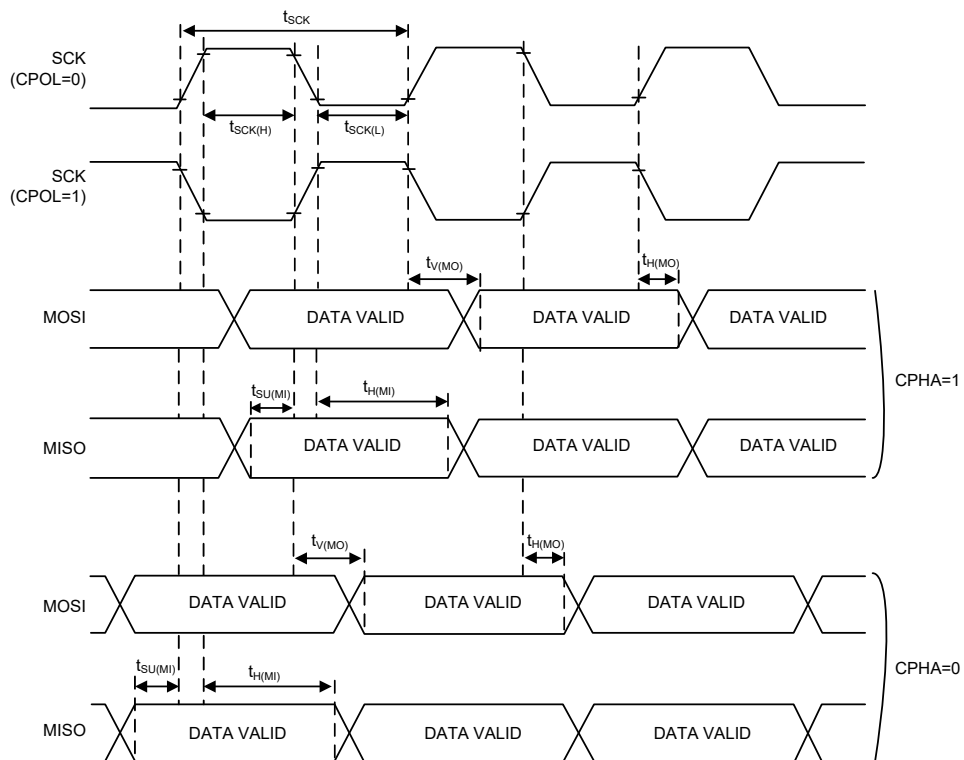


图 14. SPI 时序图 – SPI 主机模式

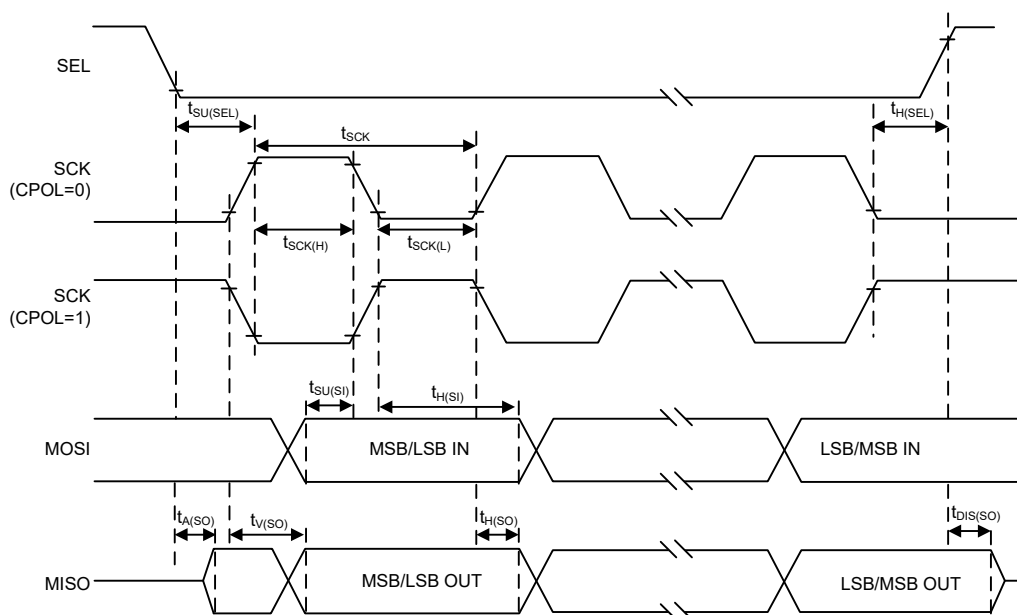


图 15. SPI 时序图 – SPI 从机模式, CPHA = 1

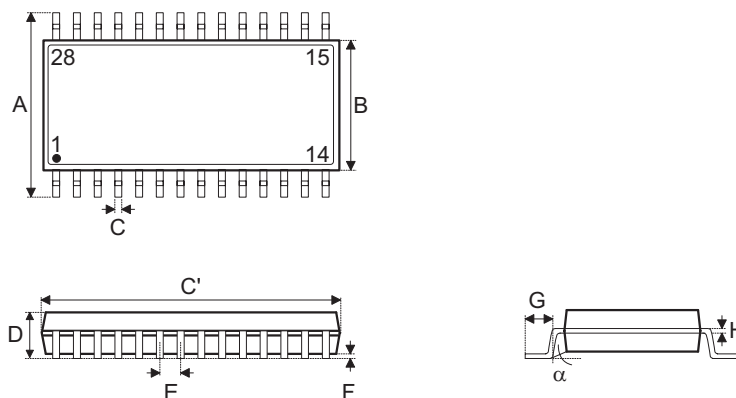
7 封装信息

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

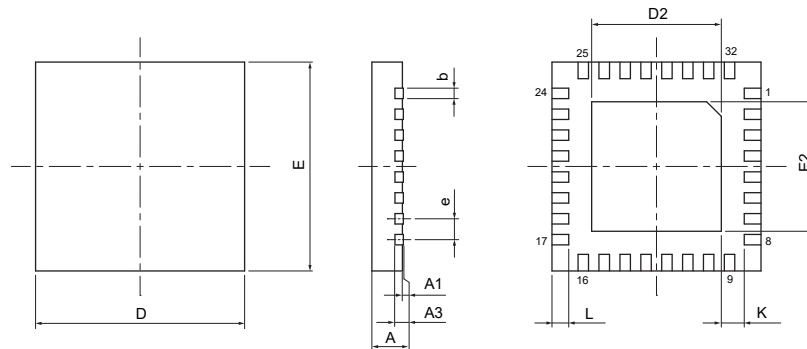
28-pin SSOP (150mil) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.236 BSC		
B	0.154 BSC		
C	0.008	—	0.012
C'	0.390 BSC		
D	—	—	0.069
E	0.025 BSC		
F	0.004	—	0.010
G	0.016	—	0.050
H	0.004	—	0.010
α	0°	—	8°

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	6.00 BSC		
B	3.90 BSC		
C	0.20	—	0.30
C'	9.90 BSC		
D	—	—	1.75
E	0.635 BSC		
F	0.10	—	0.25
G	0.41	—	1.27
H	0.10	—	0.25
α	0°	—	8°

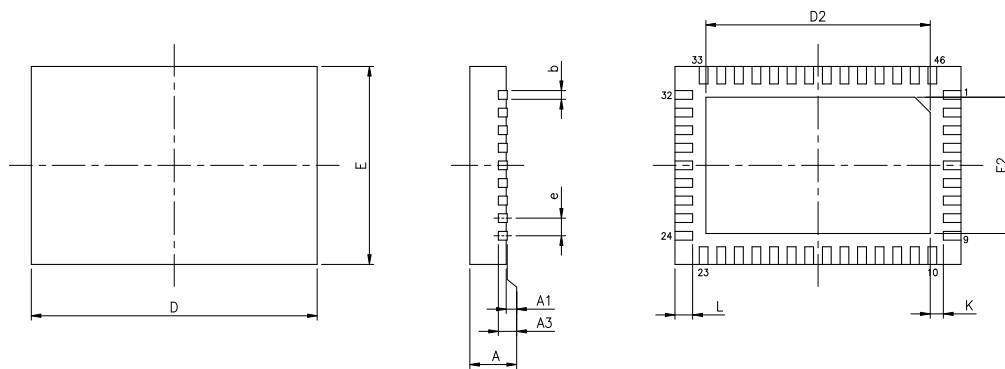
SAW Type 32-pin QFN (4mm × 4mm × 0.75mm) 外形尺寸



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	0.157 BSC		
E	0.157 BSC		
e	0.016 BSC		
D2	0.100	—	0.108
E2	0.100	—	0.108
L	0.010	—	0.018
K	0.008	—	—

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

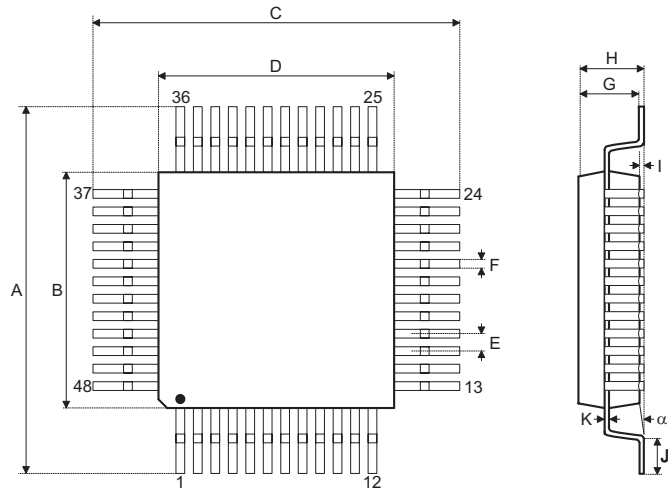
SAW Type 46-pin QFN (6.5mm × 4.5mm × 0.75mm) 外形尺寸



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	—	—

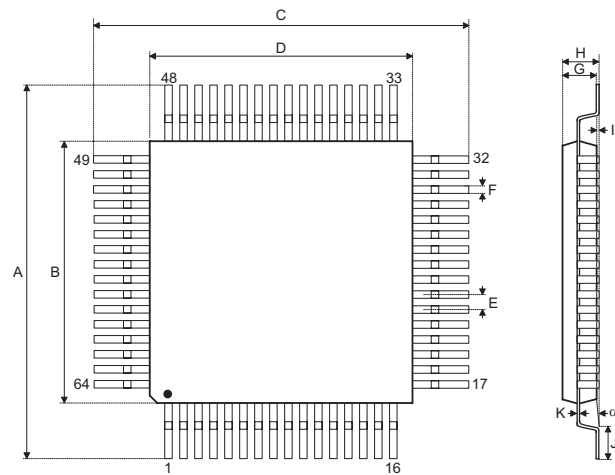
48-pin LQFP (7mm × 7mm) 外形尺寸



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°

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© 2025 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。