



HT32F65230/HT32F65240

产品规格书

带 Arm® Cortex®-M0+ 内核以及
1 MSPS ADC、CMP、OPA、USART、
UART、SPI、I²C、MCTM、GPTM、SCTM、
BFTM、CRC、RTC、WDT、DIV 和 PDMA
高达 64 KB Flash 和 8 KB SRAM 的 32-Bit BLDC 单片机

版本: V1.31 日期: 2025-02-19

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	8
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	9
运算放大器 – OPA	9
比较器 – CMP	9
输入 / 输出端口 – GPIO	9
马达控制定时器 – MCTM	10
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	11
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	12
通用异步收发器 – UART	12
通用同步异步收发器 – USART	12
循环冗余校验 – CRC	13
外设直接存储器访问 – PDMA	13
硬件除法器 – DIV	13
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	17
时钟结构	20

5 引脚图	21
6 电气特性	26
极限参数	26
建议直流工作条件	26
片上 LDO 稳压器特性	26
功耗	27
复位和电源监控特性	28
外部时钟特性	29
内部时钟特性	30
系统 PLL 特性	30
存储器特性	31
I/O 端口特性	31
A/D 转换器特性	32
比较器特性	33
运算放大器特性	34
MCTM/GPTM/SCTM 特性	34
I ² C 特性	35
SPI 特性	36
7 封装信息	38
48-pin LQFP (7mm×7mm) 外形尺寸	39

表列表

表 1. 特性及外设列表 15

表 2. 寄存器映射 18

表 3. 引脚复用功能分配 22

表 4. 引脚描述 24

表 5. 极限参数 26

表 6. 建议直流工作条件 26

表 7. LDO 特性 26

表 8. 功耗特性 27

表 9. V_{DD} 电源复位特性 28

表 10. LVD/BOD 特性 28

表 11. 外部高速时钟 (HSE) 特性 29

表 12. 外部低速时钟 (LSE) 特性 29

表 13. 内部高速时钟 (HSI) 特性 30

表 14. 内部低速时钟 (LSI) 特性 30

表 15. 系统 PLL 特性 30

表 16. Flash 存储器特性 31

表 17. I/O 端口特性 31

表 18. A/D 转换器特性 32

表 19. 比较器特性 33

表 20. 运算放大器特性 34

表 21. MCTM/GPTM/SCTM 特性 34

表 22. I²C 特性 35

表 23. SPI 特性 36

表列表

图列表

图 1. 方框图 16

图 2. 存储器映射 17

图 3. 时钟结构图 20

图 4. 48-pin LQFP 引脚图..... 21

图 5. A/D 转换器采样网络模板..... 33

图 6. I²C 时序图 35

图 7. SPI 时序图 – SPI 主机模式..... 37

图 8. SPI 时序图 – SPI 从机模式 (CPHA = 1)..... 37

图
列
表

1 简介

Holtek 单片机 HT32F65230/HT32F65240 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 64 KB 的嵌入式 Flash 存储器用作程序 / 数据存储, 高达 8 KB 的嵌入式 SRAM 存储器用作系统操作和应用程序运用。此系列单片机具有多种外设, 如硬件除法器 DIV、ADC、OPA、CMP、I²C、USART、UART、SPI、MCTM、GPTM、SCTM、BFTM、CRC-16/32、RTC、WDT、PDMA、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, 如电动滑板车、抽油烟机、吊扇、无尘室风扇过滤组、各式扇类等。

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/ecm/HT32_BLDC_Motor_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，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 64 KB 片上 Flash 存储器用于指令 / 数据和选项字节的存储
- 8 KB 片上 SRAM
- 支持多种启动模式

Arm® Cortex®-M0+ 通过同一条外部接口对外部 AHB 外设进行处理器访问及调试访问。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，Cortex®-M0+ 处理器提供预先定义的内存映射，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

- 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，预抓取缓存器以及分支缓存。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
 - 欠压检测器 – BOD
 - 可编程低压检测 – LVD

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

时钟控制单元 – CKCU

- 外部 4 ~ 16 MHz 晶振
- 外部 32.768 kHz 晶振
- 在工作电压为 5.0 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
- 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)，而系统时钟可以选择来自 HSI、HSE、LSI、LSE 或者系统 PLL。看门狗定时器 (WDT) 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

- 单电源 V_{DD} 供电：2.5 V ~ 5.5 V
- 内置 1.5 V LDO 稳压器用作 MCU 内核、外设和存储器电源
- 两个电源域：V_{DD} 和 V_{CORE} 电源域
- 两种省电模式：休眠模式和深度休眠模式

功耗被视为许多嵌入式系统应用中最重要问题之一。在此系列单片机中，电源控制单元 PWRCU 提供了两种省电模式即休眠模式和深度休眠模式。这些工作模式可以降低功耗，并允许应用在 CPU 运行时间、速度和功耗相互冲突的需求中达到较佳平衡。

外部中断 / 事件控制器 – EXTI

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

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

模数转换器 – ADC

- 12-bit SAR A/D 转换器内核
- 高达 1 Msps 转换速率
- 高达 8 个外部模拟输入通道

此系列单片机包含两个 12-bit 多通道 A/D 转换器，其具有多路复用通道，包括 8 个外部模拟信号测量通道和 4 个内部信号通道。如果输入电压必须保持在一个特定的阈值窗口，模拟看门狗功能将监控和检测这些信号。当输入电压高于或低于设定的阈值，将产生中断。有三种转换模式用来把模拟信号转换成数字数据。A/D 转换器可工作在单次转换、连续和非连续转换模式。

运算放大器 – OPA

- 轨到轨运算放大器
- 固定专用的输入 / 输出引脚
- 内置输出路径到 A/D 转换器或比较器

该系列单片机内置两个运算放大器 (OPA0 ~ OPA1) 电路。

比较器 – CMP

- 轨到轨比较器
- 每个比较器都具有可配置的反相端输入，用于灵活的电压选择
 - 专用输入 / 输出引脚
 - 6-bit Scaler 可用于提供内部参考电压
- 可编程迟滞
- 可编程响应速度和功耗模式
- 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
- 6-bit Scaler 可通过专用 I/O 口产生参考电压
- 比较器 n 反相端输入可选择来自 CMP0N、CMPnN 或 CVREF
- 可产生中断并可通过 EXTI 控制器，将 MCU 从休眠或深度休眠模式中唤醒

该系列单片机具有三个通用比较器 (CMP)。该模拟比较器可配置为独立的比较器或与其它外设 IP 搭配使用。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 从休眠或深度休眠模式中唤醒。

输入 / 输出端口 – GPIO

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

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

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
- 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
- 带可编程死区时间插入的互补输出
- 刹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 能够为电机控制、霍尔传感器接口和刹车信号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
- 每个定时器有高达 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，支持脉冲 / 方向模式
- 主机 / 从机模式控制器

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 内置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，支持脉冲 / 方向模式。

单通道定时器 – SCTM

- 16-bit 向上自动重载计数器
- 每个定时器具有 1 个通道
- 16-bit 可编程预分频器，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, 当比较匹配事件发生时, BFTM 重新开始计数。BFTM 也包含一个单次模式, 在单次模式下, 当一个比较匹配事件发生时, 计数器停止计数。

看门狗定时器 – WDT

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

看门狗定时器是一个硬件定时电路, 可用于检测因软件陷入死锁导致的系统故障。它包括一个 12-bit 向下计数器、一个预分频器、一个 WDT 增量值寄存器、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限定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。可通过使能寄存器写保护功能, 来防止看门狗定时器配置被无意改变。

实时时钟 – RTC

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

实时时钟 RTC 电路包括 APB 接口、24-bit 向上计数器、一个控制寄存器、一个预分频器、一个比较寄存器和一个状态寄存器。RTC 电路位于 V_{CORE} 电源域。当 MCU 在省电模式时, RTC 计数器可被用作唤醒定时器将 MCU 从省电模式下唤醒。

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从机多寻址模式

I²C 模块是一个允许与外部 I²C 接口通信的内部电路, 此外 I²C 接口是一个符合工业标准的用于连接外部硬件的两线串行接口。这两条串行线被称为串行数据线 SDA 和串行时钟线 SCL。I²C 模块提供了三种数据传输速率: 即 100 kHz 的标准模式、400 kHz 的快速模式和 1 MHz 的高速模式。SCL 周期产生寄存器用于设置不同的占空比得到不同的 SCL 脉冲。

SDA 线是一条双向数据线, 它连接整个 I²C 总线, 在主机和从机之间用于数据的发送和接收。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 ($f_{PCLK}/2$) 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 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
- 完全可编程串行通信特性包括：
 - 字长：7、8 或 9-bit 字符
 - 校验：奇、偶或无奇偶校验位的产生和检测
 - 停止位：1 或 2 个停止位
 - 位顺序：最低位优先或最高位优先传输
- 错误侦测：奇偶校验、溢出和帧错误

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

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
- 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，即线路状态中断、发送 FIFO 空中断、接收器阈值级别到达中断和超时中断。USART 模块包括一个 8 级深度的发送器 FIFO (TX_FIFO) 和一个 8 级深度的接收器 FIFO

(RX_FIFO)。通过读取 USART 状态 & 中断标志位寄存器 USRSIFR，软件可以检测 USART 的错误状态。这些状态包括传输运行类型和状况以及因奇偶校验、溢出、帧错误和线中止事件造成的错误状况。

循环冗余校验 – CRC

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

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

外设直接存储器访问 – PDMA

- 6 个通道对应不同的触发源组
- 支持 8-bit、16-bit、32-bit 宽度数据传输
- 支持线性地址、环形地址和固定地址模式
- 4 阶可编程通道优先级
- 自动重载模式
- 支持的触发源包括：
ADC、SPI、USART、UART、I²C、MCTM、GPTM、SCTM 和软件请求

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

硬件除法器 – DIV

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

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

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

- 48-pin LQFP 封装
- 工作温度：-40°C ~ 105 °C

4 概述

单片机信息

表 1. 特性及外设列表

外设		HT32F65230	HT32F65240
主 Flash (KB)		31	63
选项字节 Flash (KB)		1	
SRAM (KB)		4	8
定时器	MCTM	1	
	GPTM	1	
	SCTM	4	
	BFTM	2	
	WDT	1	
	RTC	1	
通信	USART	1	
	UART	1	
	SPI	1	
	I ² C	1	
PDMA		6 通道	
硬件除法器		1	
CRC-16/32		1	
EXTI		16	
12-bit ADC 通道数		2	
		8 外部通道	
比较器		3	
运算放大器		2	
GPIO		40	
CPU 频率		60 MHz (Max.)	
工作电压		2.5 V ~ 5.5 V	
工作温度		-40 °C ~ 105 °C	
封装		48-pin LQFP	

方框图

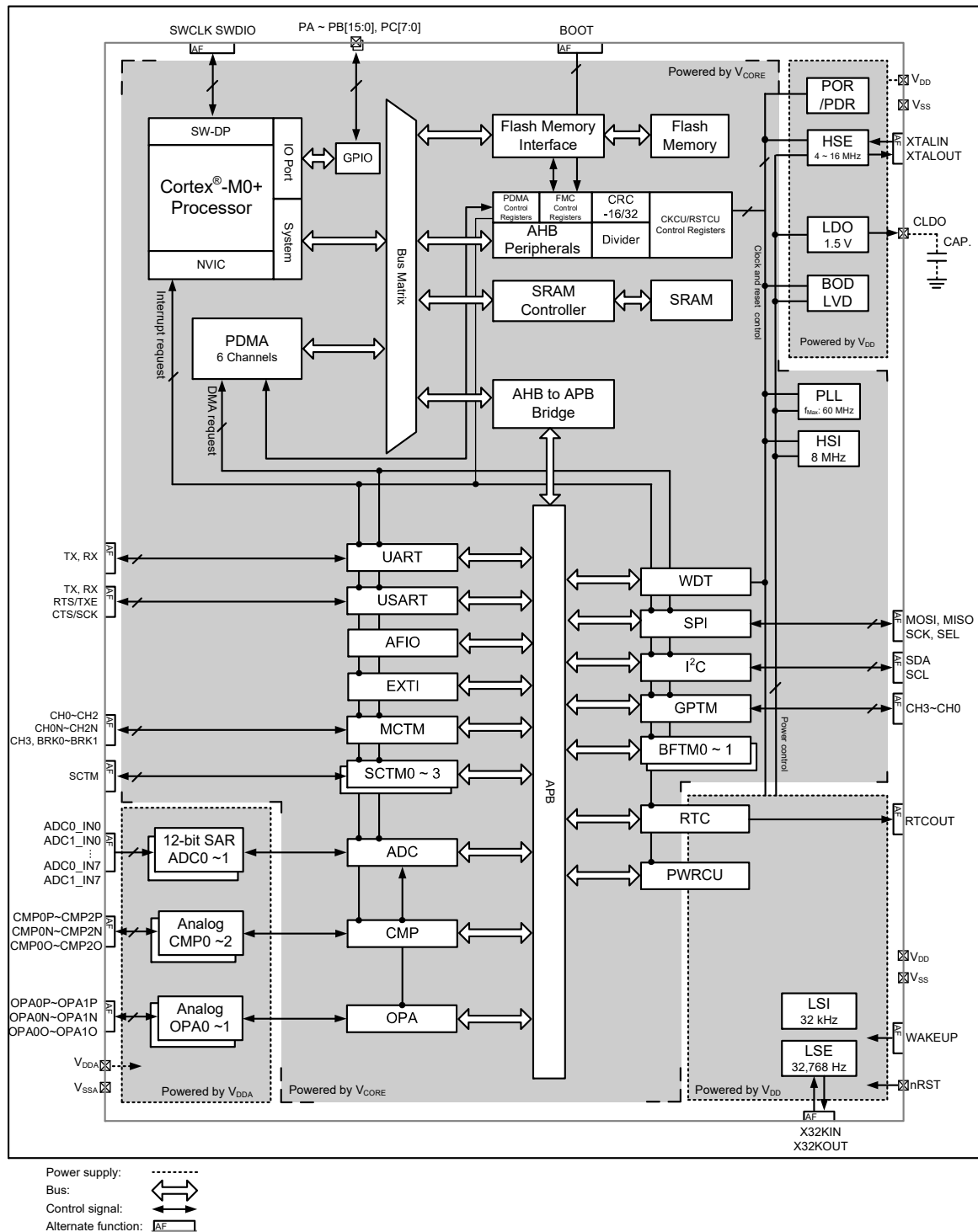


图 1. 方框图

存储器映射

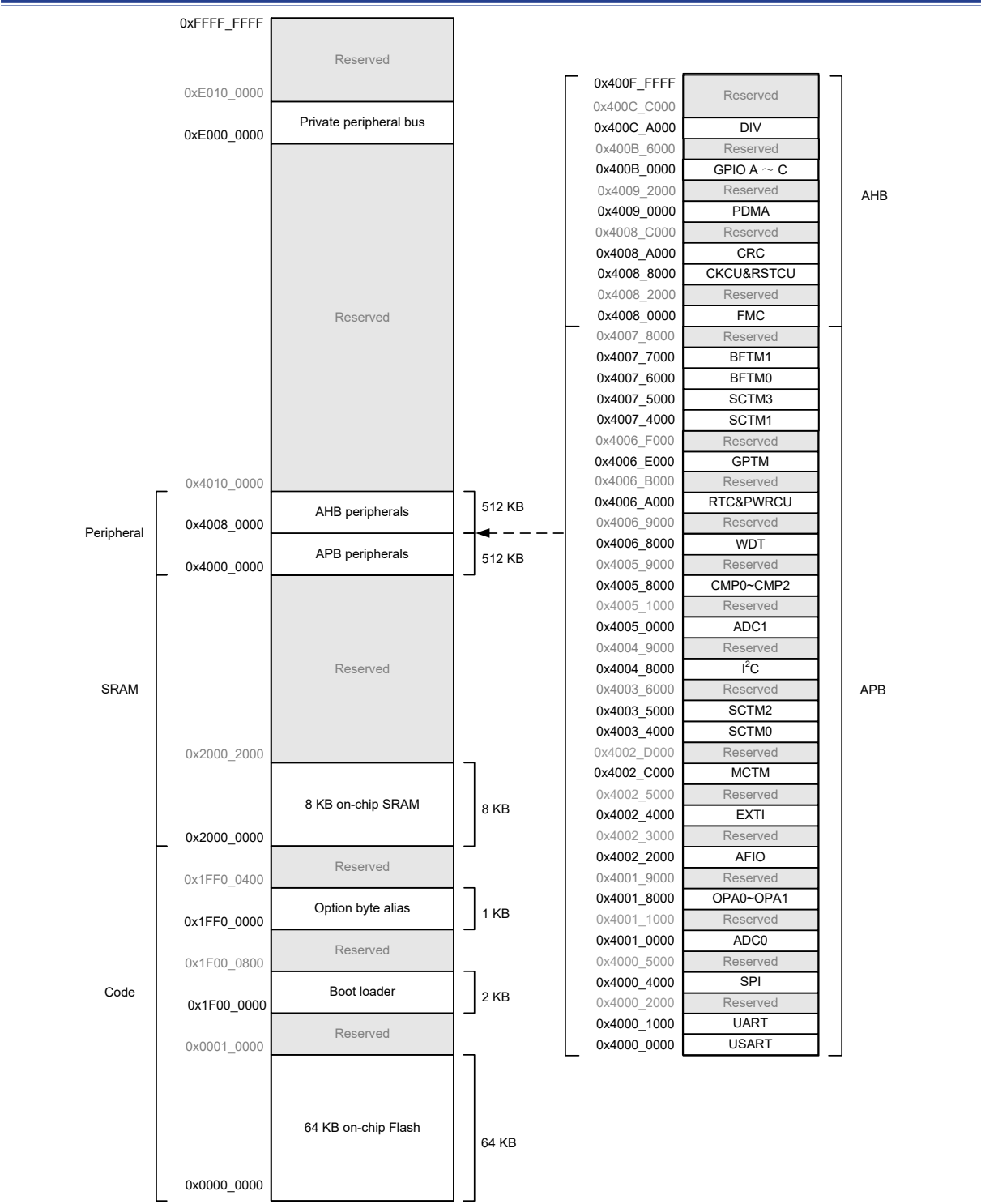


图 2. 存储器映射

表 2. 寄存器映射

起始地址	结束地址	外设	总线
0x4000_0000	0x4000_0FFF	USART	APB
0x4000_1000	0x4000_1FFF	UART	
0x4000_2000	0x4000_3FFF	保留	
0x4000_4000	0x4000_4FFF	SPI	
0x4000_5000	0x4000_5FFF	保留	
0x4001_0000	0x4001_0FFF	ADC0	
0x4001_1000	0x4001_7FFF	保留	
0x4001_8000	0x4001_8FFF	OPA0 ~ OPA1	
0x4001_9000	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	0x4004_7FFF	保留	
0x4004_8000	0x4004_8FFF	I²C	
0x4004_9000	0x4004_FFFF	保留	
0x4005_0000	0x4005_0FFF	ADC1	
0x4005_1000	0x4005_7FFF	保留	
0x4005_8000	0x4005_8FFF	CMP0 ~ CMP2	
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	SCTM3	
0x4007_6000	0x4007_6FFF	BFTM0	
0x4007_7000	0x4007_7FFF	BFTM1	
0x4007_8000	0x4007_FFFF	保留	

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

时钟结构

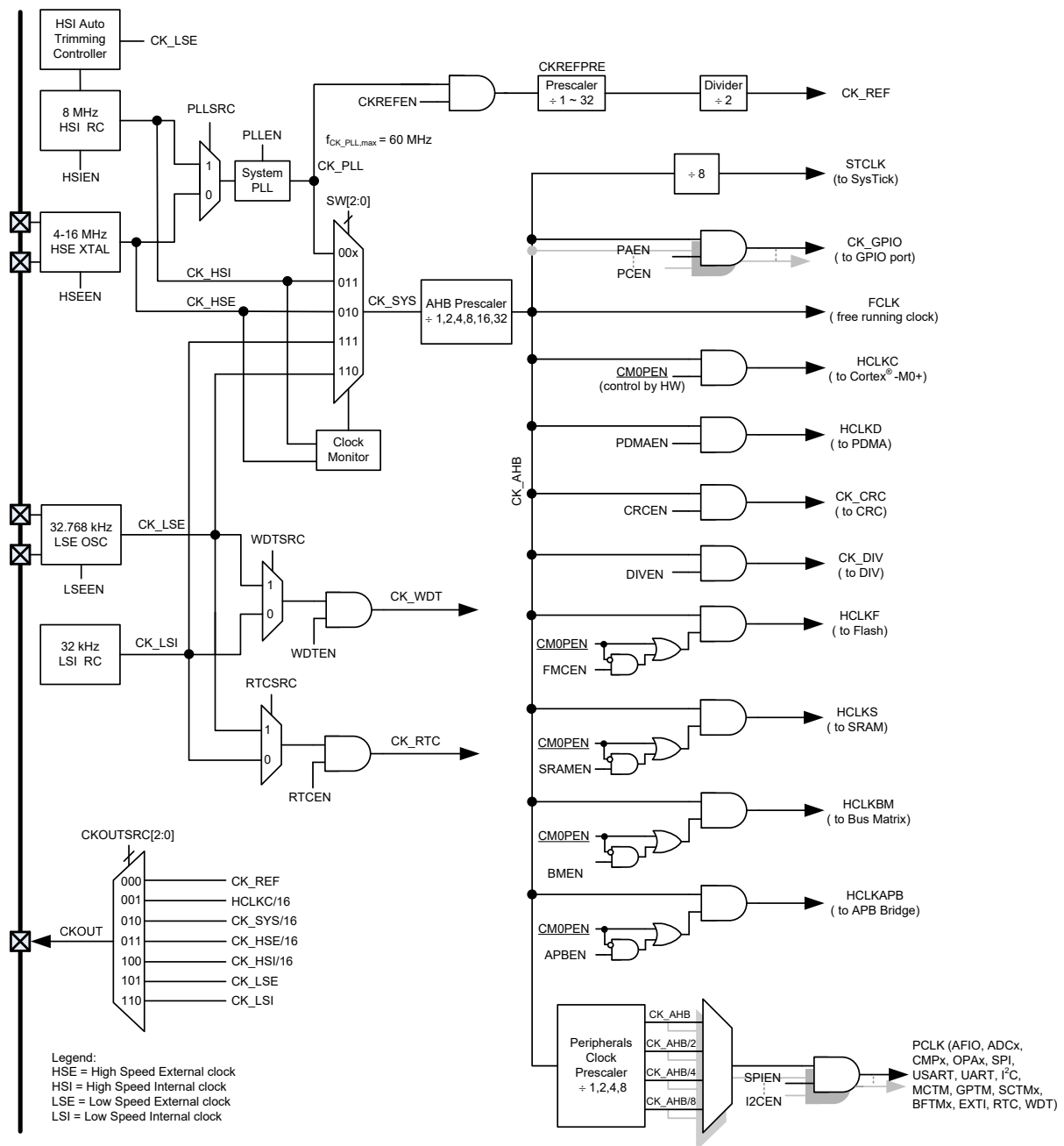


图 3. 时钟结构图

5 引脚图

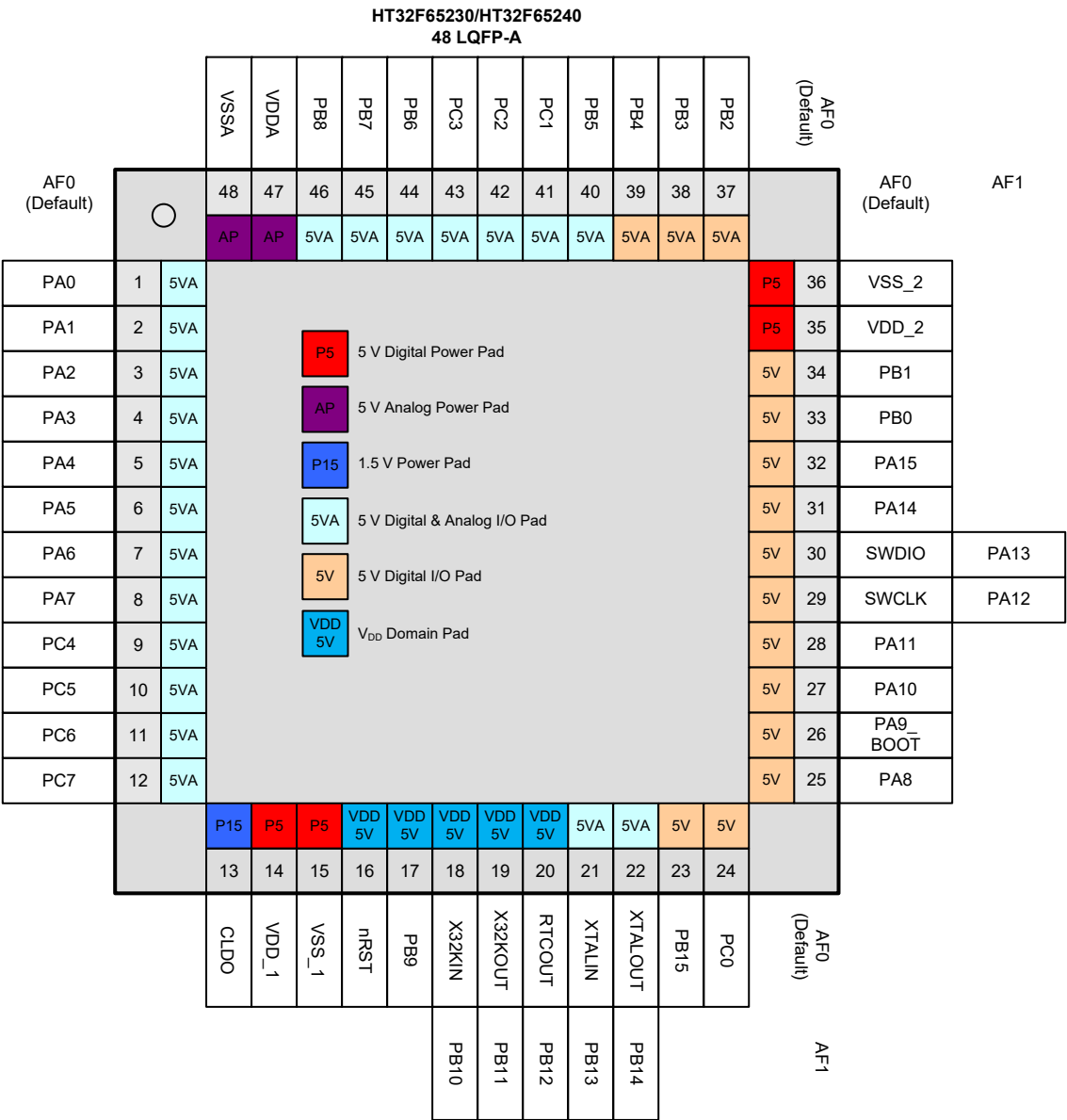


图 4. 48-pin LQFP 引脚图

表 3. 引脚复用功能分配

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	系统默认	GPIO	ADC0	ADC1	GPTM/MCTM	SPI	USART/UART	I ² C	CMP/OPA	N/A	N/A	N/A	N/A	SCTM	N/A	系统其它
1	PA0		ADC0_IN5	ADC1_IN1										SCTM0		
2	PA1		ADC0_IN6	ADC1_IN2			USR_RX							SCTM1		
3	PA2		ADC0_IN7	ADC1_IN3	MT_BRK0	SPI_SCK										
4	PA3			ADC1_IN4	MT_BRK1	SPI_SEL	USR_TX		CMP0O							
5	PA4			ADC1_IN5		SPI_MISO	UR_TX	I2C_SCL	CMP1O					SCTM2		
6	PA5			ADC1_IN6		SPI_MOSI	UR_RX	I2C_SDA	CMP2O					SCTM3		
7	PA6			ADC1_IN7					CMP0P							
8	PA7				GT_CH0	SPI_SEL			CMP0N							
9	PC4				GT_CH1		USR_RTS		CMP1P							
10	PC5				GT_CH2	SPI_SCK	USR_CTS		CMP1N					SCTM0		
11	PC6				GT_CH3	SPI_MOSI	UR_TX		CMP2P							
12	PC7					SPI_MISO	UR_RX		CMP2N					SCTM3		
13	CLDO															
14	VDD_1															
15	VSS_1															
16	nRST															
17	PB9					SPI_SCK	USR_RTS	I2C_SCL						SCTM1		
18	X32KIN	PB10					UR_RX	I2C_SCL								
19	X32KOUT	PB11					UR_TX	I2C_SDA								
20	RTCOUT	PB12				SPI_SEL	USR_TX							SCTM0		WAKEUP
21	XTALIN	PB13														
22	XTALOUT	PB14														
23	PB15				MT_BRK0	SPI_MOSI	USR_CTS	I2C_SDA						SCTM2		
24	PC0					SPI_MISO	USR_RX							SCTM3		
25	PA8				GT_CH0		USR_RX									
26	PA9_BOOT				GT_CH3		USR_TX									CKOUT
27	PA10				GT_CH1		USR_RTS	I2C_SCL						SCTM1		
28	PA11				GT_CH2		USR_CTS	I2C_SDA						SCTM2		
29	SWCLK	PA12														
30	SWDIO	PA13														
31	PA14				MT_CH2N											

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	系统默认	GPIO	ADC0	ADC1	GPTM/MCTM	SPI	USART/UART	I ² C	CMP/OPA	N/A	N/A	N/A	N/A	SCTM	N/A	系统其它
32	PA15				MT_CH2											
33	PB0				MT_CH1N											
34	PB1				MT_CH1											
35	VDD_2															
36	VSS_2															
37	PB2				MT_CH0N											
38	PB3				MT_CH0											
39	PB4				MT_BRK1		UR_RX							SCTM3		
40	PB5					SPI_SEL			OPA0O							
41	PC1					SPI_SCK			OPA0N					SCTM0		
42	PC2		ADC0_IN0			SPI_MOSI			OPA0P					SCTM1		
43	PC3		ADC0_IN1			SPI_MISO			OPA1O							
44	PB6		ADC0_IN2		MT_BRK0			I2C_SCL	OPA1N					SCTM2		
45	PB7		ADC0_IN3		MT_BRK1			I2C_SDA	OPA1P							
46	PB8		ADC0_IN4	ADC1_IN0	MT_CH3		UR_TX									
47	VDDA															
48	VSSA															

表 4. 引脚描述

引脚编号 48LQFP	引脚名称	类型 ⁽¹⁾	I/O 结构 ⁽²⁾	输出驱动	描述
					默认功能 (AF0)
1	PA0	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA0
2	PA1	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA1
3	PA2	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA2
4	PA3	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA3
5	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	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	PC4	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC4
10	PC5	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC5
11	PC6	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC6
12	PC7	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC7
13	CLDO	P	—	—	1.5 V LDO 内核电源输出 必须连接一个 2.2 μ F 电容, 尽量靠近 CLDO 与 VSS_1 引脚
14	VDD_1	P	—	—	数字 I/O 口电压
15	VSS_1	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
16	nRST ⁽³⁾	I	5V_PU	—	外部复位引脚
17	PB9 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	PB9
18	PB10 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	X32KIN
19	PB11 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	X32KOUT
20	PB12 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	RTCOUT
21	PB13	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	XTALIN
22	PB14	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	XTALOUT
23	PB15	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB15
24	PC0	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PC0
25	PA8	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PA8
26	PA9	I/O	5V_PU	4/8/12/16 mA	PA9_BOOT
27	PA10	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PA10
28	PA11	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PA11
29	PA12	I/O	5V_PU	4/8/12/16 mA	SWCLK
30	PA13	I/O	5V_PU	4/8/12/16 mA	SWDIO
31	PA14	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PA14
32	PA15	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PA15
33	PB0	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB0

引脚编号 48LQFP	引脚名称	类型 ⁽¹⁾	I/O 结构 ⁽²⁾	输出驱动	描述
					默认功能 (AF0)
34	PB1	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB1
35	VDD_2	P	—	—	数字 I/O 口电压
36	VSS_2	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
37	PB2	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB2
38	PB3	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB3
39	PB4	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB4
40	PB5	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB5
41	PC1	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC1
42	PC2	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC2
43	PC3	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC3
44	PB6	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB6
45	PB7	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB7
46	PB8	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB8
47	VDDA	P	—	—	ADC 和比较器模拟电压
48	VSSA	P	—	—	ADC 和比较器接地参考电压

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 工作 I/O 类型，PU = 上拉

3. 这些引脚位于 V_{DD} 电源域

6 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}	外部主电源供电电压	V _{SS} - 0.3	V _{SS} + 5.5	V
V _{DDA}	外部模拟电源供电电压	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	工作温度范围	-40	105	°C
T _{STG}	储存温度范围	-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

建议直流工作条件

表 6. 建议直流工作条件

T_A = 25 °C，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DD}	工作电压	—	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 7. LDO 特性

T_A = 25 °C，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{LDO}	内部稳压器输出电压	调整后，V _{DD} ≥ 2.5 V 稳压器输入 @ I _{LDO} = 35 mA 且电压变化为 ±5%	1.425	1.5	1.57	V
I _{LDO}	输出电流	V _{DD} = 2.5 V 稳压器输入 @ V _{LDO} = 1.5V	—	30	35	mA
C _{LDO}	用于内核供电的外部滤波电容值	电容值取决于内核电源的消耗电流	1	2.2	—	μF

功耗

表 8. 功耗特性

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 _{DD}	工作电流 (运行模式)	V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, f _{HCLK} = 60 MHz, f _{PCLK} = 60 MHz, 所有外设使能	—	16.76	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, f _{HCLK} = 60 MHz, f _{PCLK} = 60 MHz, 所有外设除能	—	7.54	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, f _{HCLK} = 40 MHz, f _{PCLK} = 40 MHz, 所有外设使能	—	13.9	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, f _{HCLK} = 40 MHz, f _{PCLK} = 40 MHz, 所有外设除能	—	7.69	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, f _{HCLK} = 20 MHz, f _{PCLK} = 20 MHz, 所有外设使能	—	6.56	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, f _{HCLK} = 20 MHz, f _{PCLK} = 20 MHz, 所有外设除能	—	3.44	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL off, f _{HCLK} = 8 MHz, f _{PCLK} = 8 MHz, 所有外设使能	—	2.69	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL off, f _{HCLK} = 8 MHz, f _{PCLK} = 8 MHz, 所有外设除能	—	1.43	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI off, PLL off, LSI on, f _{HCLK} = 32 kHz, f _{PCLK} = 32 kHz, 所有外设使能	—	34.6	—	μA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI off, PLL off, LSI on, f _{HCLK} = 32 kHz, f _{PCLK} = 32 kHz, 所有外设除能	—	29.6	—	μA
	工作电流 (休眠模式)	V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 60 MHz, 所有外设使能	—	11.22	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 60 MHz, 所有外设除能	—	1.19	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 40 MHz, 所有外设使能	—	7.63	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 40 MHz, 所有外设除能	—	0.94	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 20 MHz, 所有外设使能	—	4.16	—	mA

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} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL = 20 MHz, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 20 MHz, 所有外设除能	—	0.73	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL off, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 8 MHz, 所有外设使能	—	1.72	—	mA
		V _{DD} = 5.0 V, HSI = 8 MHz, PLL off, f _{HCLK} = 0 MHz, f _{PCLK} = 8 MHz, 所有外设除能	—	0.35	—	mA
	工作电流 (深度休眠模式)	V _{DD} = 5.0 V, 所有时钟 off (HSE/HSI/ LSE), LDO 处于低功耗模式, LSI on, RTC on	—	25	—	μA

注：1. HSE 表示外部高速振荡器；HSI 表示 8MHz 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 _{POR}	上电复位阈值 (V _{DD} 电压上升)	T _A = -40 °C ~ 105 °C	2.22	2.35	2.48	V
V _{PDR}	掉电复位阈值 (V _{DD} 电压下降)		2.09	2.2	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. 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)	2.37	2.45	2.53	V
V _{LVD}	低压检测电压	V _{DD} 下降沿	LVDS = 000	2.57	2.65	2.73
			LVDS = 001	2.77	2.85	2.93
			LVDS = 010	2.97	3.05	3.13
			LVDS = 011	3.17	3.25	3.33
			LVDS = 100	3.37	3.45	3.53
			LVDS = 101	4.15	4.25	4.35
			LVDS = 110	4.35	4.45	4.55
			LVDS = 111	4.55	4.65	4.75
V _{LVDHST}	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 _{stLVD}	LVD 有效延迟时间	V _{DD} = 5.0 V	—	—	—	μs

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{DDLVD}	工作电流 ⁽³⁾	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. 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 位域位于 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 °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	—	2.5	—	5.5	V
f _{HSE}	外部高速振荡器频率 (HSE)	—	4	—	16	MHz
C _L	负载电容值	V _{DD} = 5.0 V, R _{ESR} = 100 Ω @ 16 MHz	—	—	22	pF
R _{FHSE}	XTALIN 和 XTALOUT 引脚间的内部反馈电阻	—	—	0.5	—	MΩ
R _{ESR}	等效串联电阻	V _{DD} = 5.0 V, C _L = 12 pF @ 16 MHz, HSEDR = 0 V _{DD} = 2.5 V, C _L = 12 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} = 5.0 V @ 16 MHz	—	TBD	—	mA
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 12. 外部低速时钟 (LSE) 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}	工作电压范围	—	2.5	—	5.5	V
f _{CK_LSE}	LSE 频率	V _{DD} = 2.5 V ~ 5.5 V	—	32.768	—	kHz
R _F	内部反馈电阻	—	—	10	—	MΩ
R _{ESR}	等效串联电阻	V _{DD} = 5.0 V	30	—	TBD	kΩ
C _L	建议负载电容值	V _{DD} = 5.0 V	6	—	TBD	pF
I _{DDLSE}	LSE 振荡器工作电流 (高电流模式)	f _{CK_LSE} = 32.768 kHz R _{ESR} = 50 kΩ, C _L ≥ 7 pF V _{DD} = 2.5 V ~ 5.5 V T _A = -40 °C ~ 105 °C	—	5.0	6.3	μA
	LSE 振荡器工作电流 (低电流模式)	f _{CK_LSE} = 32.768 kHz R _{ESR} = 50 kΩ, C _L < 7 pF V _{DD} = 2.5 V ~ 5.5 V T _A = -40 °C ~ 105 °C	—	1.8	5.0	μA
	暂停时电流	—	—	—	0.01	μA
t _{SULSE}	LSE 振荡器启动时间 (低电流模式)	f _{CK_LSE} = 32.768 kHz V _{DD} = 2.5 V ~ 5.5 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	$T_A = -40^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$	2.5	—	5.5	V
f_{HSI}	HSI 频率	$V_{DD} = 5.0\text{ V} @ 25^\circ\text{C}$	—	8	—	MHz
ACC_{HSI}	出厂校准后 HSI 振荡器频率精度	$V_{DD} = 5.0\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	-2	—	+2	%
		$V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ $T_A = -20^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	-3	—	+3	%
		$V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ $T_A = 85^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$	-3.5	—	+3.5	%
		$V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ $T_A = -40^\circ\text{C} \sim -20^\circ\text{C}$	-5	—	+3.5	%
Duty	HSI 振荡器占空比	$f_{HSI} = 8\text{ MHz}$	35	—	65	%
I_{DDHSI}	HSI 振荡器工作电流	$f_{HSI} = 8\text{ MHz}$	—	300	500	μA
	暂停电流		—	—	0.05	
t_{SUHSI}	HSI 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	—	2.5	—	5.5	V
f_{LSI}	内部低速振荡器频率 (LSI)	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$ $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$	21	32	43	kHz
ACC_{LSI}	LSI 振荡器频率精度	经出厂校准, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-10	—	+10	%
$I_{DDL SI}$	LSI 振荡器工作电流	$V_{DD} = 5.0\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	0.4	0.8	μA
t_{SULSI}	LSI 振荡器启动时间	$V_{DD} = 5.0\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	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

存储器特性

表 16. Flash 存储器特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
N_{ENDU}	可擦写次数 (耐久性)	$T_A = -40^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$	10	—	—	K cycles
t_{RET}	数据保存时间	$T_A = -40^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$	10	—	—	Years
t_{PROG}	字编程时间	$T_A = -40^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$	20	—	—	μs
t_{ERASE}	页擦除时间	$T_A = -40^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$	2	—	—	ms
t_{MERASE}	整片擦除时间	$T_A = -40^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$	10	—	—	ms

I/O 端口特性

表 17. I/O 端口特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{IL}	低电平输入电流	5.0 V I/O 复位引脚	$V_I = V_{\text{SS}}$, 片内上拉 电阻除能	—	—	μA
				—	3	
I_{IH}	高电平输入电流	5.0 V I/O 复位引脚	$V_I = V_{\text{DD}}$, 片内下拉 电阻除能	—	—	μA
				—	3	
V_{IL}	低电平输入电压	5.0 V I/O 复位引脚	—	—	$0.35V_{\text{DD}}$	V
			—	—	$0.35V_{\text{DD}}$	
V_{IH}	高电平输入电压	5.0 V I/O 复位引脚	$0.65V_{\text{DD}}$	—	$V_{\text{DD}}+0.5$	V
			$0.65V_{\text{DD}}$	—	$V_{\text{DD}}+0.5$	
V_{HYS}	施密特触发输入电压迟滞	5.0 V I/O 复位引脚	—	$0.12V_{\text{DD}}$	—	mV
			—	$0.12V_{\text{DD}}$	—	
I_{OL}	低电平输出电流 (GPIO 灌电流)	5.0 V I/O 4 mA 驱动, $V_{\text{OL}} = 0.4\text{V}$	4	—	—	mA
		5.0 V I/O 8 mA 驱动, $V_{\text{OL}} = 0.4\text{V}$	8	—	—	
		5.0 V I/O 12 mA 驱动, $V_{\text{OL}} = 0.4\text{V}$	12	—	—	
		5.0 V I/O 16 mA 驱动, $V_{\text{OL}} = 0.4\text{V}$	16	—	—	
		V_{DD} 域 I/O 驱动 @ $V_{\text{DD}} = 5.0\text{V}$, $V_{\text{OL}} = 0.4\text{V}$, PB9、PB10、 PB11、PB12	4	—	—	
I_{OH}	高电平输出电流 (GPIO 源电流)	5.0 V I/O 4 mA 驱动, $V_{\text{OH}} = V_{\text{DD}} - 0.4\text{V}$	4	—	—	mA
		5.0 V I/O 8 mA 驱动, $V_{\text{OH}} = V_{\text{DD}} - 0.4\text{V}$	8	—	—	
		5.0 V I/O 12 mA 驱动, $V_{\text{OH}} = V_{\text{DD}} - 0.4\text{V}$	12	—	—	
		5.0 V I/O 16 mA 驱动, $V_{\text{OH}} = V_{\text{DD}} - 0.4\text{V}$	16	—	—	
		V_{DD} 域 I/O 驱动 @ $V_{\text{DD}} = 5.0\text{V}$, $V_{\text{OH}} = V_{\text{DD}} - 0.4\text{V}$, PB9、 PB10、PB11、PB12	—	—	2	

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{OL}	低电平输出电压	5.0 V 4 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 4 mA	—	—	0.4	V
		5.0 V 8 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 8 mA	—	—	0.4	
		5.0 V 12 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 12 mA	—	—	0.4	
		5.0 V 16 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 16 mA	—	—	0.4	
V _{OH}	高电平输出电压	5.0 V 4 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 4 mA	V _{DD} -0.4	—	—	V
		5.0 V 8 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 8 mA	V _{DD} -0.4	—	—	
		5.0 V 12 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 12 mA	V _{DD} -0.4	—	—	
		5.0 V 16 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 16 mA	V _{DD} -0.4	—	—	
R _{PU}	内部上拉电阻	5.0 V I/O, V _{DD} = 5.0 V	—	60	—	kΩ
R _{PD}	内部下拉电阻	5.0 V I/O, V _{DD} = 5.0 V	—	60	—	kΩ

A/D 转换器特性

表 18. A/D 转换器特性

T_A = 25 °C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DDA}	A/D 转换器工作电压	—	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 转换器使能电流消耗	V _{DDA} = 5.0 V	—	0.85	1	mA
I _{ADC_DN}	A/D 转换器暂停电流消耗	V _{DDA} = 5.0 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	输入采样开关电阻	—	—	—	1	kΩ
C _I	输入采样电容	不包括 pin/pad 电容	—	16	—	pF
t _{SU}	启动时间	—	—	—	1	μs
N	A/D 转换器分辨率	—	—	12	—	bit
INL	积分非线性误差	f _S = 750 kHz, V _{DDA} = 5.0 V	—	±2	±5	LSB
DNL	微分非线性误差	f _S = 750 kHz, V _{DDA} = 5.0 V	—	±1	—	LSB
E _O	失调误差	—	—	—	±10	LSB

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
E _G	增益误差	—	—	—	±10	LSB

注：1. 表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。
2. 下图显示了 A/D 转换器采样 - 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。

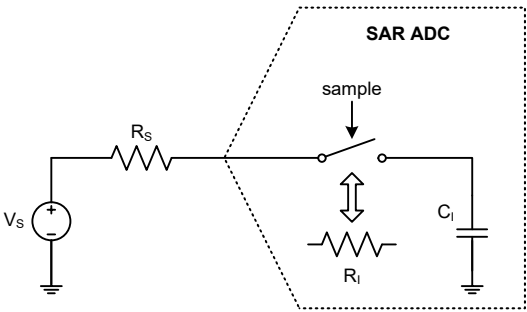


图 5. A/D 转换器采样网络模板

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:

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

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

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

比较器特性

表 19. 比较器特性

T_A = 25 °C，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DDA}	比较器工作电压	比较器模式	2.5	5.0	5.5	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⁾	—	-15	—	15	mV
V _{HYS}	输入迟滞 V _{DDA} = 5.0 V	无迟滞, CMPHM[1:0] = 00	—	0	—	mV
		低迟滞, CMPHM[1:0] = 01	—	50	—	
		中迟滞, CMPHM [1:0] = 10	—	100	—	
		高迟滞, CMPHM[1:0] = 11	—	150	—	
t _{RT}	响应时间 输入过驱动 = ±100 mV	高速模式 V _{DDA} ≥ 3.6 V	—	50	100	ns
		V _{DDA} < 3.6 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}	电流消耗 $V_{DDA} = 5.0\text{ V}$	高速模式	—	180	—	μA
		低速模式	—	50	—	
t_{CMPST}	比较器启动时间	从比较器使能到输出有效	—	—	50	μs
I_{CMP_DN}	比较器暂停电流消耗	$CMPEN = 0$ $CVREN = 0$ $CVROE = 0$	—	—	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 Scaler 分辨率	—	—	6	—	bit
t_{CVRST}	稳定时间	CVR Scaler 稳定时间 “000000” → “111111”	—	—	100	μs
I_{CVR}	电流消耗 $V_{DDA} = 5.0\text{ V}$	$CVREN = 1, CVROE = 0$	—	100	—	μA
		$CVREN = 1, CVROE = 1$	—	125	150	μA

注：表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。

运算放大器特性

表 20. 运算放大器特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DDA}	工作电压	OPA 模式	2.5	5.0	5.5	V
I_{OPA_DN}	OPA 暂停电流	—	—	—	0.1	μA
V_{OPOS}	输入失调电压	未校准	-15	—	15	mV
V_{CM}	共模电压范围	—	$V_{SS}+0.2$	—	$V_{DD}-0.2$	V
V_{OR}	最大输出电压范围	—	$V_{SS}+0.2$	—	$V_{DD}-0.2$	V
I_{DD}	电流耗散	—	—	800	—	μA
PSRR	电源电压抑制比	—	—	80	—	dB
CMRR	共模抑制比	$V_{CM} = 0 \sim V_{DD}$	—	80	—	dB
SR	转换速率 +, 转换速率 -	$R_L = 100\text{k}\Omega, C_L = 100\text{pF}$	6	—	—	V/ μs
GBW	增益带宽	$R_L = 100\text{k}\Omega, C_L = 100\text{pF}$	—	6	—	MHz
A_{OL}	开环电压增益	$R_L = 100\text{k}\Omega, C_L = 100\text{pF}$	60	80	—	dB
PM	相位裕度	$R_L = 100\text{k}\Omega, C_L = 100\text{pF}$	50	60	—	

MCTM/GPTM/SCTM 特性

表 21. 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 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	bit

I²C 特性

表 22. 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	0	—	0	—	0	—	ns
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。
2. 为达到标准模式 100 kHz，外设时钟频率必须高于 2 MHz。
3. 为达到快速模式 400 kHz，外设时钟频率必须高于 8 MHz。
4. 为达到高速模式 1 MHz，外设时钟频率必须高于 20 MHz。
5. 以上 I²C 总线时序图的特性参数是基于：SEQFILTER = 01 且 COMBFILTEREN = 0 组合滤波器除能的情况。

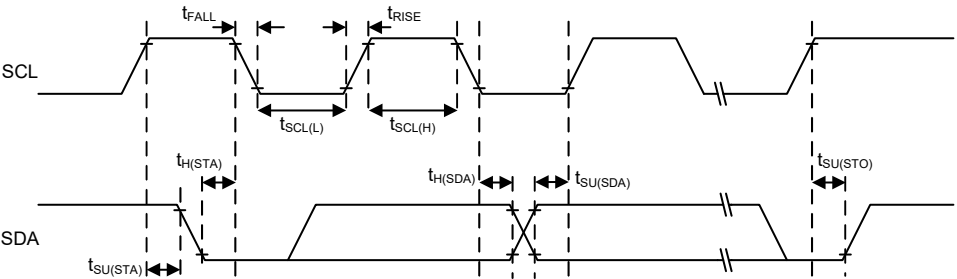


图 6. I²C 时序图

SPI 特性

表 23. 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	从机模式 SPI 外设时钟频率 f_{PCLK}	—	—	$f_{PCLK}/3$	MHz
$Duty_{SCK}$	SPI 从机输入 SCK 时钟占空比	—	30	—	70	%
$t_{SU(SEL)}$	SEL 使能建立时间	—	$3 \times t_{PCLK}$	—	—	ns
$t_{H(SEL)}$	SEL 使能保持时间	—	$2 \times t_{PCLK}$	—	—	ns
$t_{A(SO)}$	数据输出存取时间	—	—	—	$3 \times t_{PCLK}$	ns
$t_{DIS(SO)}$	数据输出除能时间	—	—	—	10	ns
$t_{V(SO)}$	数据输出有效时间	—	—	—	25	ns
$t_{H(SO)}$	数据输出保持时间	—	15	—	—	ns
$t_{SU(SI)}$	数据输入建立时间	—	5	—	—	ns
$t_{H(SI)}$	数据输入保持时间	—	4	—	—	ns

注: $t_{SCK} = 1/f_{SCK}$; $t_{PCLK} = 1/f_{PCLK}$; f_{SCK} 为 SPI 输出 (输入) 时钟频率; f_{PCLK} 为 SPI 外设时钟频率。

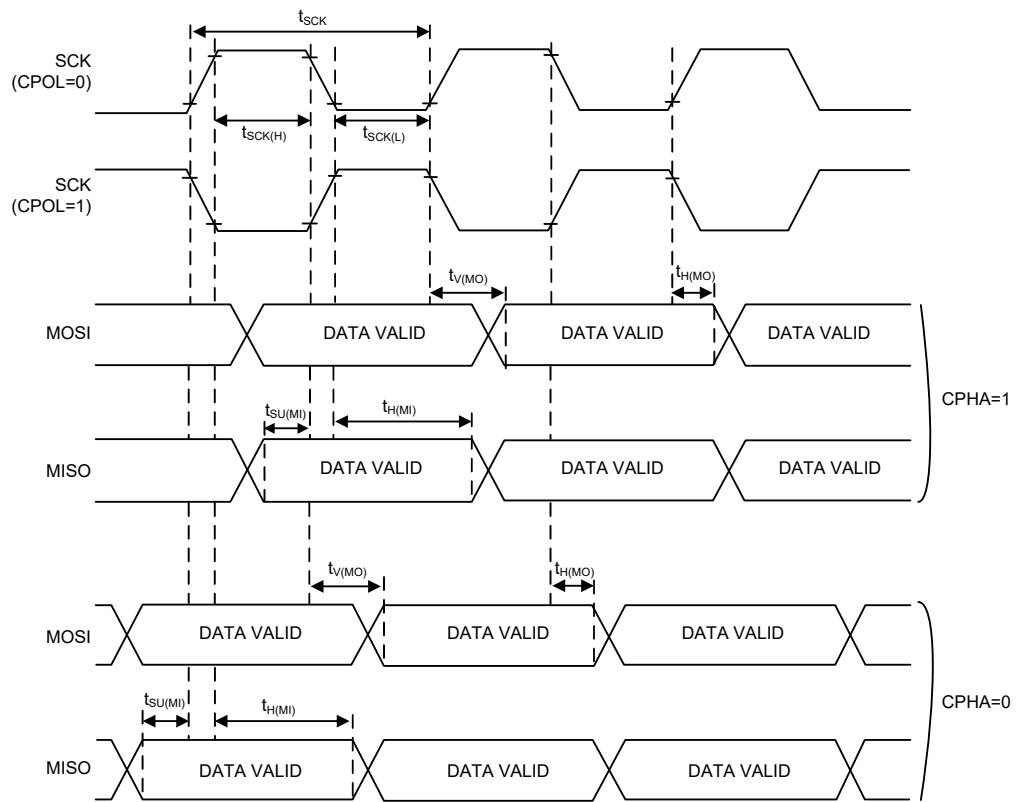


图 7. SPI 时序图 – SPI 主机模式

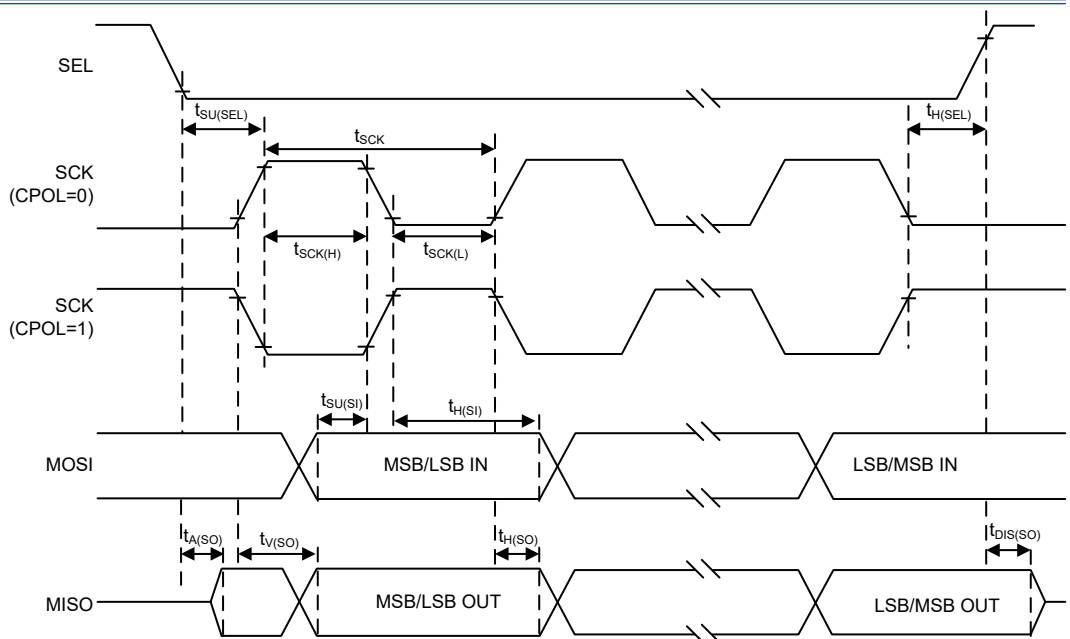


图 8. SPI 时序图 – SPI 从机模式 (CPHA = 1)

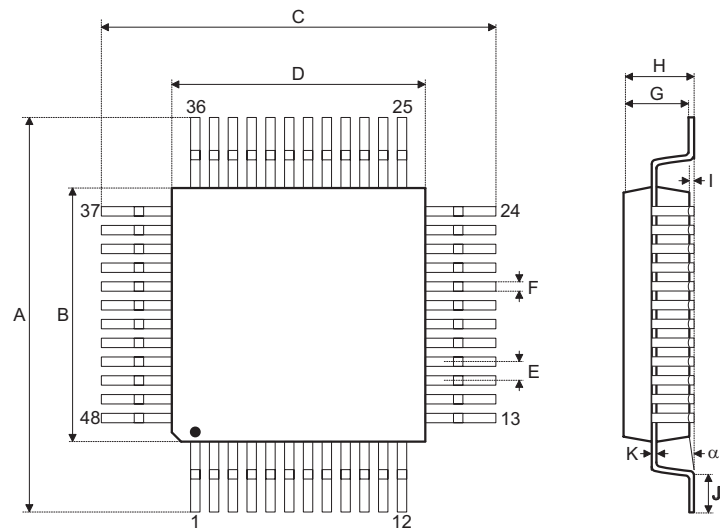
7 封装信息

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

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© 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。