



HT32F52220/HT32F52230

产品规格书

带 Arm® Cortex®-M0+ 内核以及
1 Msp/s ADC、USART、UART、SPI、
I²C、GPTM、SCTM、BFTM 和 WDT
高达 32 KB Flash 和 4 KB SRAM 的 Holtek 32-Bit 单片机

版本: V1.50 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
电源管理 – PWRCU	8
外部中断 / 事件控制器 – EXTI	8
模数转换器 – ADC	8
I/O 端口 – GPIO	9
通用功能定时器 – GPTM	9
单通道定时器 – SCTM	9
基本功能定时器 – BFTM	10
看门狗定时器 – WDT	10
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	11
通用异步收发器 – UART	11
调试支持	11
封装和工作温度	11
3 概述	12
单片机信息	12
方框图	13
存储器映射	14
时钟结构	16
4 引脚图	17
5 电气特性	22
极限参数	22
建议直流特性	22
片上 LDO 稳压器特性	22
功耗	23
复位和电源监控特性	23
外部时钟特性	24
内部时钟特性	25

PLL 特性	25
存储器特性	25
I/O 端口特性	26
A/D 转换器特性	27
SCTM / GPTM 特性	28
I ² C 特性	28
SPI 特性	29
6 封装信息	31
24-pin SSOP (150mil) 外形尺寸	32
28-pin SSOP (150mil) 外形尺寸	33
SAW Type 33-pin QFN (4 mm × 4 mm × 0.75 mm) 外形尺寸	34

表列表

表 1. 特性及外设列表	12
表 2. 寄存器映射	15
表 3. 33-pin QFN, 24/28-pin SSOP 封装	20
表 4. 引脚描述	21
表 5. 极限参数	22
表 6. 建议直流工作条件	22
表 7. LDO 特性	22
表 8. 功耗特性	23
表 9. V _{DD} 电源复位特性	23
表 10. LVD/BOD 特性	24
表 11. 外部高速时钟 (HSE) 特性	24
表 12. 内部高速时钟 (HSI) 特性	25
表 13. 内部低速时钟 (LSI) 特性	25
表 14. PLL 特性	25
表 15. Flash 存储器特性	25
表 16. I/O 端口特性	26
表 17. A/D 转换器特性	27
表 18. SCTM/GPTM 特性	28
表 19. I ² C 特性	28
表 20. SPI 特性	29

图列表

图 1. 方框图	13
图 2. 存储器映射	14
图 3. 时钟结构图	16
图 4. 24-pin SSOP 引脚图	17
图 5. 28-pin SSOP 引脚图	18
图 6. 33-pin QFN 引脚图	19
图 7. A/D 转换器采样网络模板	27
图 8. I ² C 时序图	29
图 9. SPI 时序图 – SPI 主机模式	30
图 10. SPI 时序图 – SPI 从机模式, CPHA = 1	30

1 简介

该系列的Holtek单片机是一款基于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 40 MHz 的频率下, 借助 Flash 加速器以获得较大的效能。它提供高达 32 KB 的嵌入式 Flash 存储器用作程序 / 数据存储, 高达 4 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 ADC、I²C、USART、UART、SPI、GPTM、SCTM、BFTM、WDT、SW-DP (串行线调试端口) 等。提供了几种省电模式, 在唤醒延迟和功耗方面具有较优化的灵活性, 这是低功耗应用方面的考虑要点。

以上这些特性使该系列单片机可以广泛地适用于各种应用, 如白色家电应用控制、电源监控、报警系统、消费类产品、手持式设备、数据记录应用、马达控制等。

arm CORTEX

2 特性

内核

- 32-bit Arm® Cortex®-M0+ 处理器内核
- 高达 40 MHz 的工作频率
- 单周期乘法
- 集成嵌套向量中断控制器 (NVIC)
- 24-bit SysTick 定时器

Cortex®-M0+ 处理器是一种低门数, 高效能的 32-bit 处理器内核, 专为要求面积优化、低功耗处理器的单片机及深度嵌入式应用而设计。Cortex®-M0+ 处理器基于 ARMv6-M 架构, 支持 Thumb® 指令集。该处理器还提供了许多功能, 如单周期 I/O 端口, 硬件乘法器和低延迟中断响应时间。

片上存储器

- 高达 32 KB 片上 Flash 存储器用于指令 / 数据和选项字节的存储
- 4 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 4GB, 因为它具有 32-bit 总线地址宽度。此外, 预先定义的内存映射由 Cortex®-M0+ 处理器提供, 以减少软件被不同的单片机供应商重复实施的复杂性。但有一些区域为 Arm® Cortex®-M0+ 系统外设所使用。更多信息请参考 Arm® Cortex®-M0+ 技术参考手册。图 2 显示了该系列单片机的内存映射, 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, 带有在线系统编程 (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 – 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。系统复位复位了处理器内核和除 SW-DP 控制器以外的外设 IP 元件。这些复位可以通过外部信号、内部事件和复位发生器触发。

时钟控制单元 – CKCU

- 外部 4 ~ 16 MHz 晶振
- 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
- 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)、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 LSI、HSI、HSE 或者 PLL。看门狗定时器使用 LSI 作为它的时钟源。

电源管理 – PWRCU

- 单电源 V_{DD} 供电：2.0 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
- 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、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、唤醒和状态位设置
- 每个 EXTI 输入线都有软件中断触发模式
- 内建去干扰滤波器，用于封锁短脉冲

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

模数转换器 – ADC

- 12-bit SAR A/D 转换器内核
- 高达 1 Msps 转换速率
- 高达 8 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 8 个提供模拟信号的外部通道和 2 个可测量的内部通道。如果输入电压必须保持在一个特定的阈值窗口，模拟看门狗功能将监控和检测这些信号。当输入电压高于或低于设定的阈值，将产生中断。有三种转换模式用来把模拟信号转换成数字数据。A/D 转换器可工作在单次转换、连续和非连续转换模式。

I/O 端口 – GPIO

- 多达 23 个通用输入 / 输出口 (GPIO)
- 端口 A、B 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 23 个通用 I/O 引脚, GPIO, 即 PA 端口和 PB 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, 扩大了灵活性并满足特定的应用需求。

在封装上 GPIO 引脚与其它替代功能引脚共用, 以获得较大的灵活性。通过配置相应的寄存器, GPIO 口可以被用作替代功能的引脚。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

- 16-bit 向上、向下、向上 / 向下自动重载计数器
- 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, 4 个 16-bit 捕捉 / 比较寄存器 (CCR), 一个 16-bit 计数器重载寄存器 (CRR) 和多个控制 / 状态寄存器。它们可用于多种用途, 包括通用计时、输入信号脉冲宽度测量、输出波形产生, 如单脉冲波形产生或 PWM 输出。GPTM 内建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
- 每个定时器具有一个独立通道
- 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, 如单脉冲波形产生或 PWM 输出。

基本功能定时器 – BFTM

- 32-bit 比较 / 匹配向上计数器 – 无输入 / 输出控制
- 单次模式 – 比较匹配发生后停止计数
- 重复模式 – 比较匹配发生后重新开始计数

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, 可用于检测因软件故障导致的系统故障。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。

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
- 支持带可屏蔽地址的多种从机寻址模式

I²C 模块是一个允许与外部 I²C 接口通讯的内部电路, 而外部 I²C 接口是一个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 100 kHz 的标准模式、400 kHz 的快速模式和 1 MHz 的高速模式。SCL 周期产生寄存器用于设置不同的占空比得到不同的 SCL 脉冲。

SDA 线是一条双向数据线, 它连接整个 I²C 总线, 在主机和从机之间用于数据的传输和接收。I²C 模块还具有仲裁检测功能和时钟同步, 可防止多个主机试图同时传送数据到 I²C 总线的情况。

串行外设接口 – SPI

- 支持主机和从机模式
- 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: 主从模式下数据传输和接收功能。SPI 接口使用 4 个引脚, 其中有串行数据输入和输出线 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。数据传输也是通过类似的方式, 但以相反的顺序。模式故障检测功能使其适用于多主机应用。

通用同步异步收发器 – USART

- 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
 - 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
- FIFO 深度：接收器和发送器均为 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
- 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。

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

- 24/28-pin SSOP，33-pin QFN 封装
- 工作温度：-40 °C ~ 85 °C

3 概述

单片机信息

表 1. 特性及外设列表

外设		HT32F52220	HT32F52230
主 Flash (KB)		16	31
选项字节 Flash (KB)		1	1
SRAM (KB)		4	4
定时器	GPTM	1	
	SCTM	2	
	BFTM	1	
	WDT	1	
通信	SPI	1	
	USART	1	
	UART	1	
	I ² C	1	
EXTI		16	
12-bit ADC 通道数		1 8 外部通道	
GPIO		23 (Max.)	
CPU 频率		40 MHz (Max.)	
工作电压		2.0 V ~ 3.6 V	
工作温度		-40 °C ~ 85 °C	
封装		24/28-pin SSOP, 33-pin QFN	

方框图

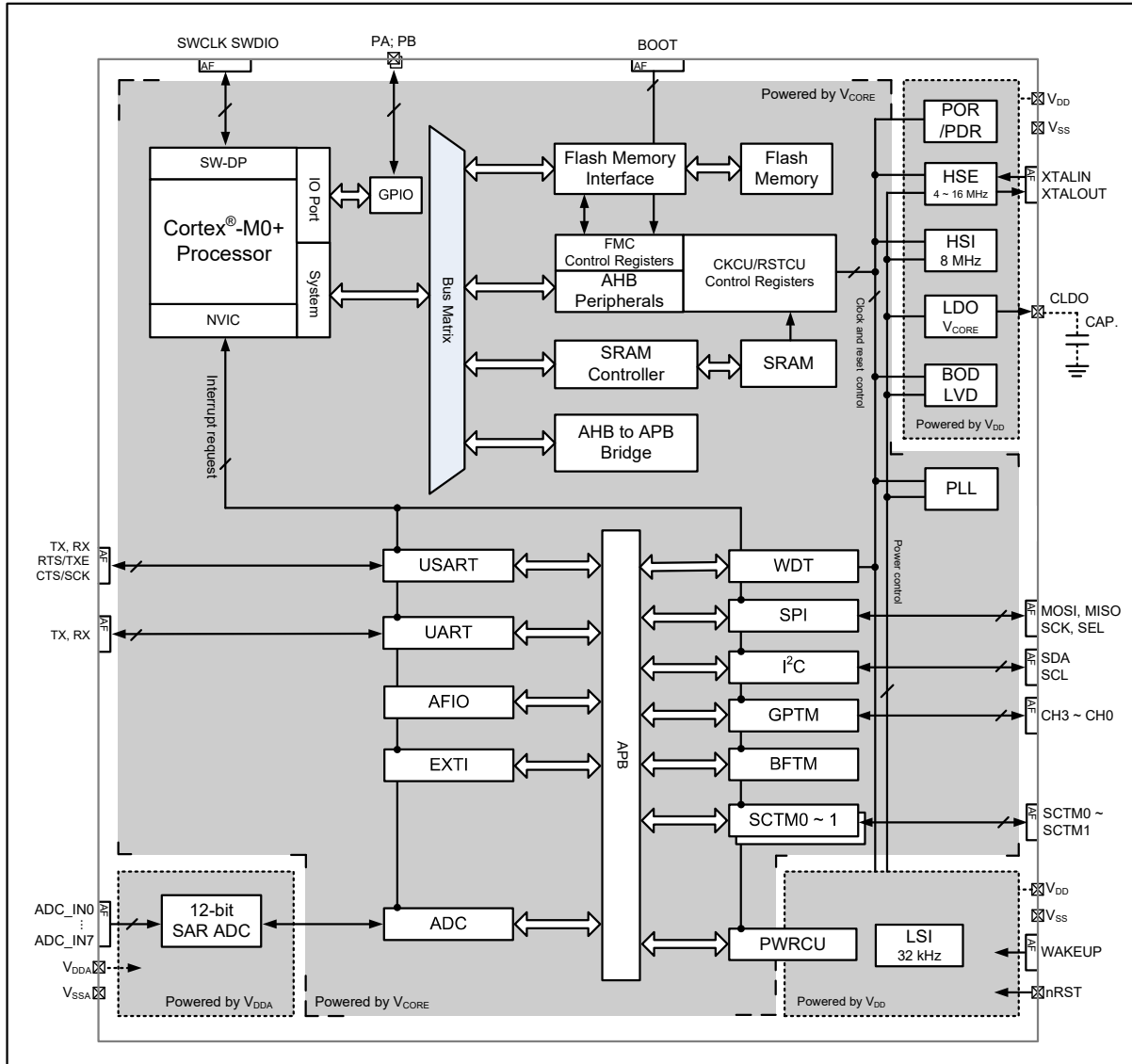


图 1. 方框图

概述

存储器映射

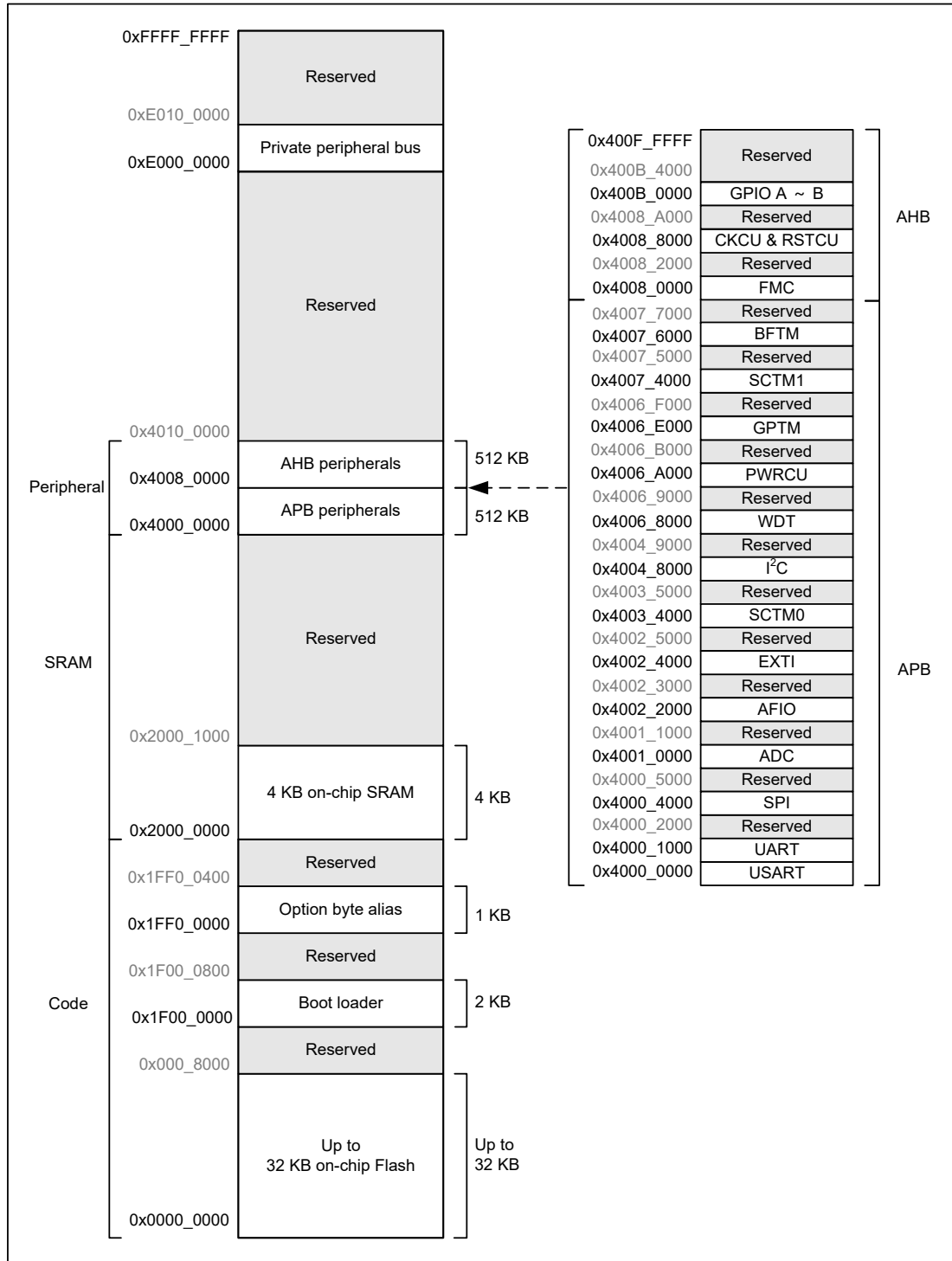


图 2. 存储器映射

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	0x4000_FFFF	保留		
0x4001_0000	0x4001_0FFF	ADC		
0x4001_1000	0x4002_1FFF	保留		
0x4002_2000	0x4002_2FFF	AFIO		
0x4002_3000	0x4002_3FFF	保留		
0x4002_4000	0x4002_4FFF	EXTI		
0x4002_5000	0x4003_3FFF	保留		
0x4003_4000	0x4003_4FFF	SCTM0		
0x4003_5000	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	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	BFTM		
0x4007_7000	0x4007_FFFF	保留		
0x4008_0000	0x4008_1FFF	FMC		AHB
0x4008_2000	0x4008_7FFF	保留		
0x4008_8000	0x4008_9FFF	CKCU & RSTCU		
0x4008_A000	0x400A_FFFF	保留		
0x400B_0000	0x400B_1FFF	GPIOA		
0x400B_2000	0x400B_3FFF	GPIOB		
0x400B_4000	0x400F_FFFF	保留		

时钟结构

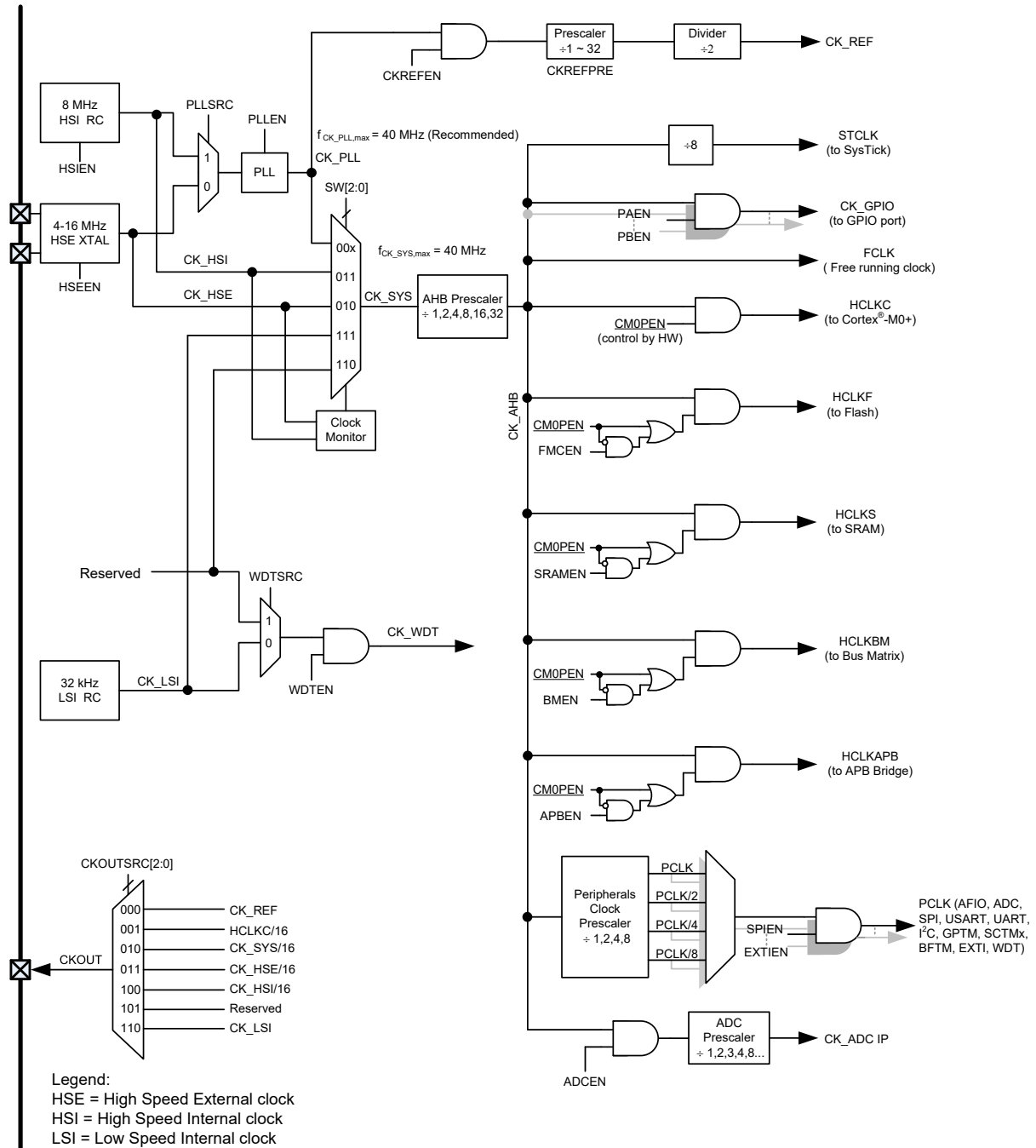


图 3. 时钟结构图

4 引脚图

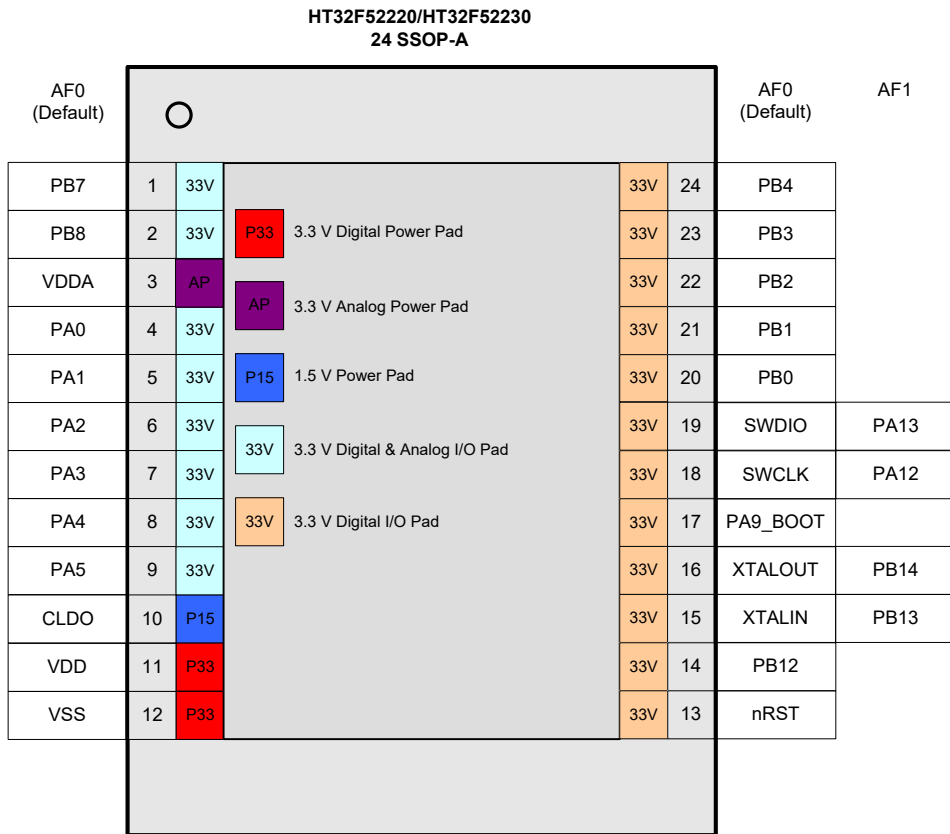


图 4. 24-pin SSOP 引脚图

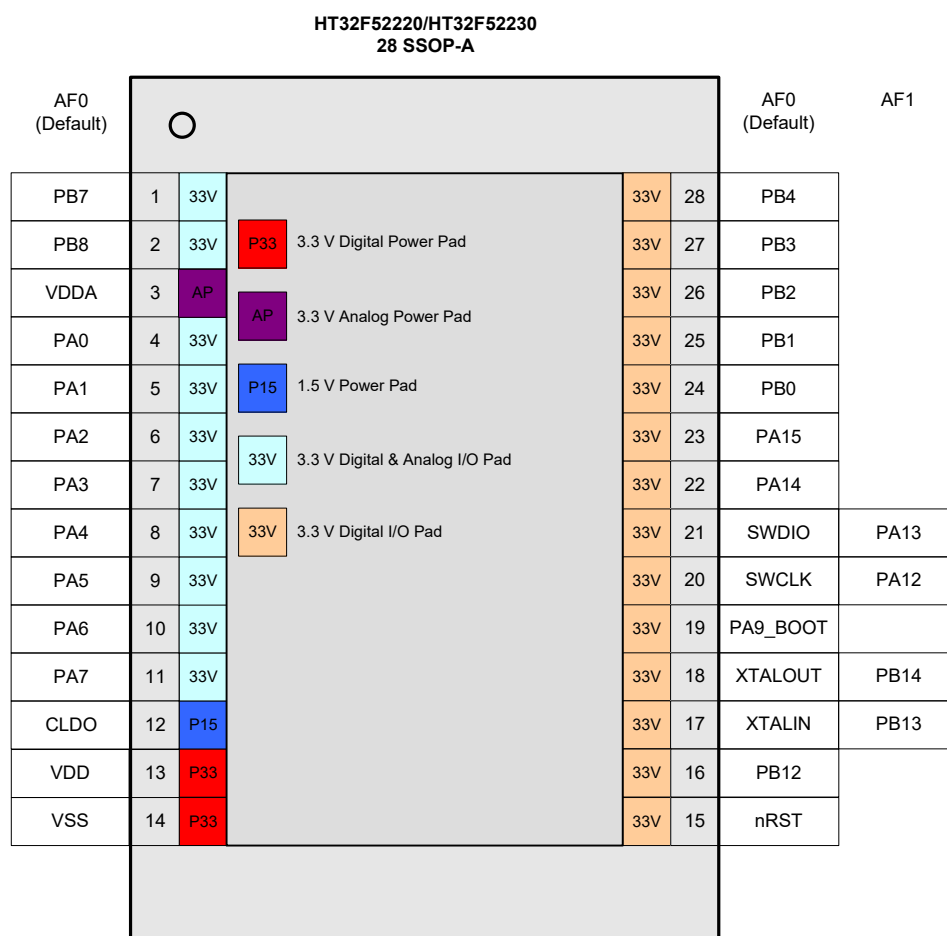


图 5. 28-pin SSOP 引脚图

引脚图

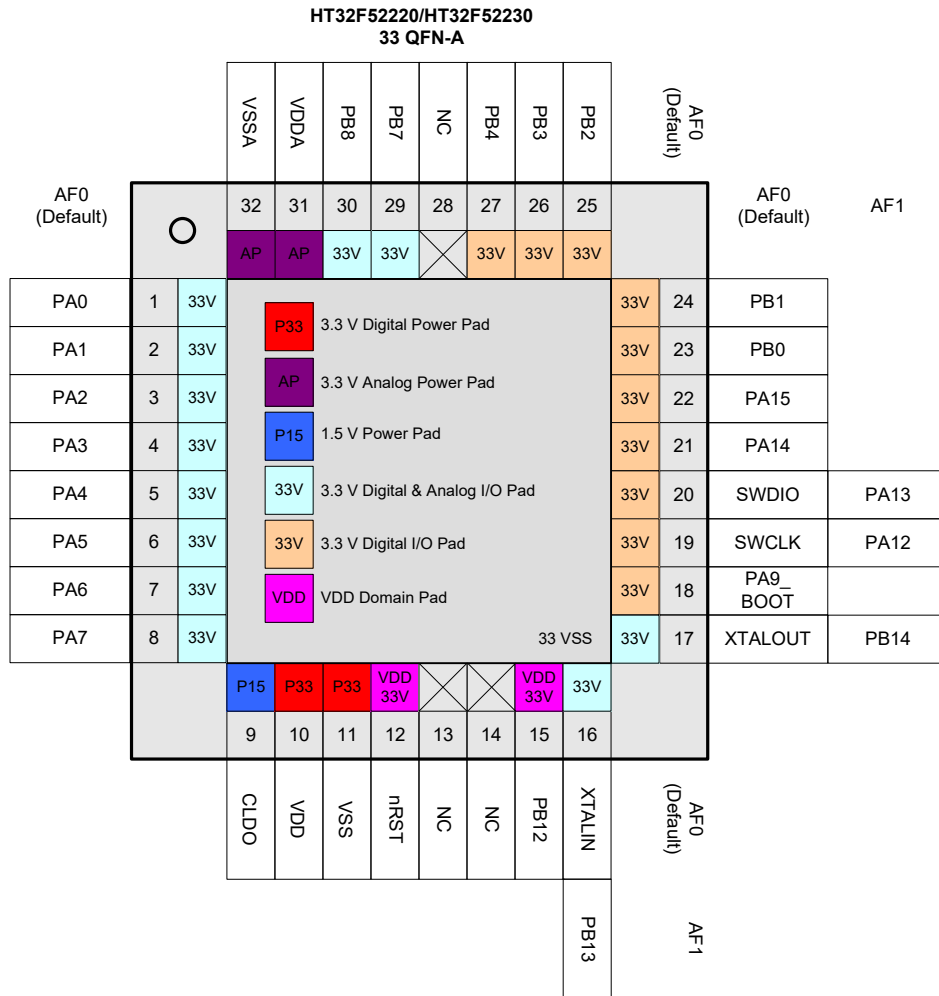


图 6. 33-pin QFN 引脚图

表 3. 33-pin QFN, 24/28-pin SSOP 封装

封装			复用功能映射															
33QFN	28SSOP	24SSOP	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15
			系统默认	GPIO	ADC	N/A	GPTM	SPI	USART/UART	I ² C	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	SCTM	N/A	系统其它
1	4	4	PA0		ADC_IN0		GT_CH0	SPI_SCK	USRTS	I2C_SCL								
2	5	5	PA1		ADC_IN1		GT_CH1	SPI_MOSI	USRTS	I2C_SDA								
3	6	6	PA2		ADC_IN2		GT_CH2	SPI_MISO	USR_TX									
4	7	7	PA3		ADC_IN3		GT_CH3	SPI_SEL	USR_RX									
5	8	8	PA4		ADC_IN4		GT_CH0	SPI_SCK	UR_TX	I2C_SCL								
6	9	9	PA5		ADC_IN5		GT_CH1	SPI_MOSI	UR_RX	I2C_SDA								
7	10		PA6		ADC_IN6		GT_CH2	SPI_MISO										
8	11		PA7		ADC_IN7		GT_CH3	SPI_SEL										
9	12	10	CLDO															
10	13	11	VDD															
11	14	12	VSS															
12	15	13	nRST															
13			NC															
14			NC															
15	16	14	PB12					SPI_MISO	UR_RX							SCTM0		WAKEUP
16	17	15	XTALIN	PB13					UR_TX	I2C_SCL								
17	18	16	XTALOUT	PB14					UR_RX	I2C_SDA								
18	19	17	PA9_BOOT					SPI_MOSI								SCTM1		CKOUT
19	20	18	SWCLK	PA12														
20	21	19	SWDIO	PA13														
21	22		PA14				GT_CH0	SPI_SEL	USRTS	I2C_SCL								
22	23		PA15				GT_CH0	SPI_SCK	USRTS	I2C_SDA						SCTM1		
23	24	20	PB0				GT_CH1	SPI_MOSI	USR_TX	I2C_SCL								
24	25	21	PB1				GT_CH1	SPI_MISO	USR_RX	I2C_SDA						SCTM0		
25	26	22	PB2				GT_CH2	SPI_SEL	UR_TX									
26	27	23	PB3				GT_CH2	SPI_SCK	UR_RX							SCTM1		
27	28	24	PB4					SPI_MOSI	UR_TX							SCTM0		
28			NC															
29	1	1	PB7				GT_CH3	SPI_MISO	UR_TX	I2C_SCL								
30	2	2	PB8				GT_CH3	SPI_SEL	UR_RX	I2C_SDA								
31	3	3	VDDA															
32			VSSA															
33			VSS															

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
33QFN	28SSOP	24SSOP					默认功能 (AF0)
29	1	1	PB7	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB7
30	2	2	PB8	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB8
31	3	3	VDDA	P	—	—	ADC 模拟电压
32			VSSA	P	—	—	ADC 模拟地
33			VSS	P	—	—	数字 I/O 接地参考电压
1	4	4	PA0	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA0
2	5	5	PA1	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA1
3	6	6	PA2	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA2
4	7	7	PA3	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA3
5	8	8	PA4	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA4, 在 Boot loader 模式下, 此引脚提供 UART_TX 功能
6	9	9	PA5	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA5, 在 Boot loader 模式下, 此引脚提供 UART_RX 功能
7	10		PA6	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA6
8	11		PA7	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA7
9	12	10	CLDO	P	—	—	V _{CORE} LDO 内核电源输出 必须连接一个 1 μF 电容, 尽量靠近 CLDO 与 VSS 引脚
10	13	11	VDD	P	—	—	数字 I/O 口电压
11	14	12	VSS	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
12	15	13	nRST ⁽³⁾	I (V _{DD})	33V_PU	—	暂停模式下外部复位引脚和外部唤醒引脚
13			NC	—	—	—	—
14			NC	—	—	—	—
15	16	14	PB12 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	PB12
16	17	15	PB13	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	XTALIN
17	18	16	PB14	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	XTALOUT
18	19	17	PA9	I/O	33V_PU	4/8/12/16 mA	PA9_BOOT
19	20	18	PA12	I/O	33V_PU	4/8/12/16 mA	SWCLK
20	21	19	PA13	I/O	33V_PU	4/8/12/16 mA	SWDIO
21	22		PA14	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA14
22	23		PA15	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA15
23	24	20	PB0	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB0
24	25	21	PB1	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB1
25	26	22	PB2	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB2
26	27	23	PB3	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB3
27	28	24	PB4	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB4
28			NC	—	—	—	—

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

5 电气特性

极限参数

下面的表格说明单片机的极限参数。这里只强调额定功率，超过极限参数所规定的范围将对芯片造成损害，无法预期芯片在上述标示范围外的工作状态，而且若长期在标示范围外的条件下工作，可能影响芯片的可靠性。

表 5. 极限参数

符号	参数	最小值	最大值	单位
V _{DD}	外部主电源供应电压	V _{SS} -0.3	V _{SS} +3.6	V
V _{DDA}	外部模拟电源供应电压	V _{SSA} -0.3	V _{SSA} +3.6	V
V _{IN}	I/O 口输入电压	V _{SS} -0.3	V _{DD} +0.3	V
T _A	工作温度的范围	-40	85	°C
T _{STG}	储存温度的范围	-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 °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}	I/O 的工作电压	—	2.0	3.3	3.6	V
V _{DDA}	模拟工作电压	—	2.5	3.3	3.6	V

片上 LDO 稳压器特性

表 7. LDO 特性

T_A = 25 °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} ≥ 2.0 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} = 2.0V 稳压器输入 @ V _{LDO} = 1.5V	—	30	35	mA
C _{LDO}	内核供电的外部滤波电容值	电容值取决于内核电源的功耗	—	1	—	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	典型值	最大值 @ T _A		单位
				25 °C	85 °C	
I _{DD}	工作电流 (运行模式)	V _{DD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, f _{CPU} = 40 MHz, f _{BUS} = 40 MHz, 所有外设使能	9.3	10.6	—	mA
		V _{DD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, f _{CPU} = 40 MHz, f _{BUS} = 40 MHz, 所有外设除能	6.0	6.8	—	
		V _{DD} = 3.3 V, HSI off, PLL off, LSI on, f _{CPU} = 32 kHz, f _{BUS} = 32 kHz, 所有外设使能	39	52	—	μA
		V _{DD} = 3.3 V, HSI off, PLL off, LSI on, f _{CPU} = 32 kHz, f _{BUS} = 32 kHz, 所有外设除能	36	48	—	
	工作电流 (休眠模式)	V _{DD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, f _{CPU} = 0 MHz, f _{BUS} = 40 MHz, 所有外设使能	4.9	5.6	—	mA
		V _{DD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, f _{CPU} = 0 MHz, f _{BUS} = 40 MHz, 所有外设除能	1.0	1.15	—	
	工作电流 (深度休眠 1 模式)	V _{DD} = 3.3 V, 所有时钟关闭, (HSE/HSI/PLL), LDO 在低功耗模式, LSI on	32.0	49.0	—	μA
	工作电流 (深度休眠 2 模式)	V _{DD} = 3.3 V, 所有时钟关闭, (HSE/HSI/PLL), LDO off, DMOS on, LSI on	3.67	7.50	—	
	工作电流 (暂停模式)	V _{DD} = 3.3 V, LDO off, DMOS off, LSI on	1.3	2.0	—	

- 注: 1. HSE 是外部高速振荡器, 而 HSI 是内部 8MHz 高速振荡器。
2. LSI 是内部 32kHz 低速振荡器。
3. 代码 = while (1) {208 NOP} 在 Flash 中执行。
4. f_{BUS} 表示 f_{HCLK} 和 f_{PCLK}。

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 ~ 85 °C	1.66	1.79	1.90	V
V _{PDR}	掉电复位阈值 (V _{DD} 电压下降)		1.49	1.64	1.78	V
V _{PORHYST}	POR 迟滞	—	—	150	—	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}	掉电检测电压	工厂调整后 (V _{DD} 下降沿)	2.02	2.1	2.18	V	
V _{LVD}	低压检测电压	(V _{DD} 下降沿)	LVDS = 000	2.17	2.25	2.33	V
			LVDS = 001	2.32	2.4	2.48	V
			LVDS = 010	2.47	2.55	2.63	V
			LVDS = 011	2.62	2.7	2.78	V
			LVDS = 100	2.77	2.85	2.93	V
			LVDS = 101	2.92	3.0	3.08	V
			LVDS = 110	3.07	3.15	3.23	V
	LVDS = 111	3.22	3.3	3.38	V		
V _{LVDHTST}	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	—	—	—	μs	
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 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	—	2.0	—	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 V, R _{ESR} = 100Ω @ 16 MHz	—	—	22	pF
R _{FHSE}	XTALIN 和 XTALOUT 引脚间的内部反馈电阻	—	—	1	—	MΩ
R _{ESR}	等效串联电阻	V _{DD} = 3.3 V, C _L = 12pF @ 16 MHz HSEDR = 0	—	—	160	Ω
		V _{DD} = 2.4V, C _L = 12pF @ 16 MHz HSEDR = 1	—	—	—	—
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 V @ 16 MHz	—	TBD	—	mA
I _{PWDHSE}	HSE 振荡器暂停电流	V _{DD} = 3.3 V	—	—	0.01	μA
t _{SUHSE}	HSE 振荡器启动时间	V _{DD} = 3.3 V	—	—	4	ms

注：PCB 布局时建议参考以下几点以提高 HSE 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 12. 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	—	2.0	—	3.6	V
f_{HSI}	HSI 频率	$V_{DD} = 3.3\text{ V @ } 25\text{ }^\circ\text{C}$	—	8	—	MHz
ACC_{HSI}	工厂调整 HSI 振荡器频率精度	$V_{DD} = 3.3\text{ V}, T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$	-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	%
		$V_{DD} = 2.0\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	-4	—	4	%
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	μA
t_{SUHSI}	HSI 振荡器启动时间	$f_{HSI} = 8\text{ MHz}$	—	—	10	μs

表 13. 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
f_{LSI}	内部低速振荡器频率 (LSI)	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	21	32	43	KHz
ACC_{LSI}	LSI 振荡器频率精度	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 14. PLL 特性

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

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

存储器特性

表 15. 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 16. 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	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	—	0.35V _{DD}	V
		复位引脚	-0.5	—	0.35V _{DD}	V
V _{IH}	高电平输入电压	3.3 V I/O	0.65V _{DD}	—	V _{DD} +0.5	V
		复位引脚	0.65V _{DD}	—	V _{DD} +0.5	V
V _{HYS}	施密特触发器 输入电压迟滞	3.3 V I/O	—	0.12V _{DD}	—	mV
		复位引脚	—	0.12V _{DD}	—	mV
I _{OL}	低电平输出电流 (GPIO 灌电流)	3.3 V I/O 4 mA 驱动, V _{OL} = 0.4V	4	—	—	mA
		3.3 V I/O 8 mA 驱动, V _{OL} = 0.4V	8	—	—	mA
		3.3 V I/O 12 mA 驱动, V _{OL} = 0.4V	12	—	—	mA
		3.3 V I/O 16 mA 驱动, V _{OL} = 0.4V	16	—	—	mA
I _{OH}	高电平输出电流 (GPIO 源电流)	3.3 V I/O 4 mA 驱动, V _{OH} = V _{DD} -0.4V	4	—	—	mA
		3.3 V I/O 8 mA 驱动, V _{OH} = V _{DD} -0.4V	8	—	—	mA
		3.3 V I/O 12 mA 驱动, V _{OH} = V _{DD} -0.4 V	12	—	—	mA
		3.3 V I/O 16 mA 驱动, V _{OH} = V _{DD} -0.4 V	16	—	—	mA
V _{OL}	低电平输出电压	3.3 V 4 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 4 mA	—	—	0.4	V
		3.3 V 8 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 8 mA	—	—	0.4	V
		3.3 V 12 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 12 mA	—	—	0.4	V
		3.3 V 16 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 16 mA	—	—	0.4	V
V _{OH}	高电平输出电压	3.3 V 4 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 4 mA	V _{DD} -0.4	—	—	V
		3.3 V 8 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 8 mA	V _{DD} -0.4	—	—	V
		3.3 V 12 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 12 mA	V _{DD} -0.4	—	—	V
		3.3 V 16 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 16 mA	V _{DD} -0.4	—	—	V
R _{PU}	内部上拉电阻	3.3 V I/O	—	46	—	kΩ
R _{PD}	内部下拉电阻	3.3 V I/O	—	46	—	kΩ

A/D 转换器特性

表 17. A/D 转换器特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DDA}	A/D 转换器工作电压	—	2.5	3.3	3.6	V
V_{ADCIN}	A/D 转换器输入电压范围	—	0	—	V_{REF+}	V
V_{REF+}	A/D 转换器参考电压	—	—	V_{DDA}	V_{DDA}	V
I_{ADC}	A/D 转换器工作电流	$V_{DDA} = 3.3\text{ V}$	—	1	TBD	mA
I_{ADC_DN}	A/D 转换器暂停电流	$V_{DDA} = 3.3\text{ V}$	—	—	0.1	μA
f_{ADC}	A/D 转换器时钟	—	0.7	—	16	MHz
f_S	采样率	—	0.05	—	1	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] = 0x02	—	16	—	$1/f_{ADC}$ Cycles
R_I	输入采样转换电阻	—	—	—	1	k Ω
C_I	输入采样电容	不包括引脚 / 焊盘电容	—	16	—	pF
t_{SU}	启动时间	—	—	—	1	μs
N	A/D 转换器分辨率	—	—	12	—	bits
INL	积分非线性误差	$f_S = 750\text{ kspS}$, $V_{DDA} = 3.3\text{ V}$	—	± 2	± 5	LSB
DNL	微分非线性误差	$f_S = 750\text{ kspS}$, $V_{DDA} = 3.3\text{ V}$	—	± 1	—	LSB
E_O	失调误差	—	—	—	± 10	LSB
E_G	增益误差	—	—	—	± 10	LSB

注：1. 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 为内部采样转换的电阻， R_S 是信号源 V_S 的输出阻抗。在正常情况下，采样阶段的持续时间大约是 $3.5/f_{ADC}$ 。在此阶段，对 C_I 充电以确保在其两端的电压变得足够接近 V_S 。为了保证这一点， R_S 取值会有一定的限制。

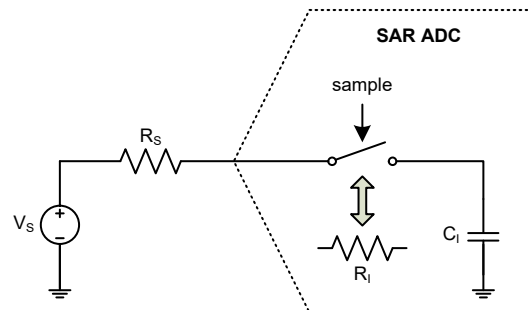


图 7. A/D 转换器采样网络模板

最差的情况是，当在输入电压范围的极限 (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:

$$R_S < \frac{3.5}{f_{ADC} C_1 \ln(2^{N+2})} - R_I$$

在此公式中， f_{ADC} 是 A/D 转换器时钟频率，N 是 A/D 转换器分辨率 (此时 $N = 12$)。安全程度由引脚 / 焊盘寄生电容决定，在这个简单的例子中未作说明。

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

SCTM / GPTM 特性

表 18. SCTM / GPTM 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{TM}	SCTM / GPTM 定时器时钟源	—	—	—	48	MHz
t_{RES}	定时器分辨率时间	—	—	—	—	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 19. 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	—	μ s
$f_{SCL(L)}$	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. 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 100KHz，外设时钟频率必须高于 2 MHz。

3. 为达到快速模式 400KHz，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 的情况。

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

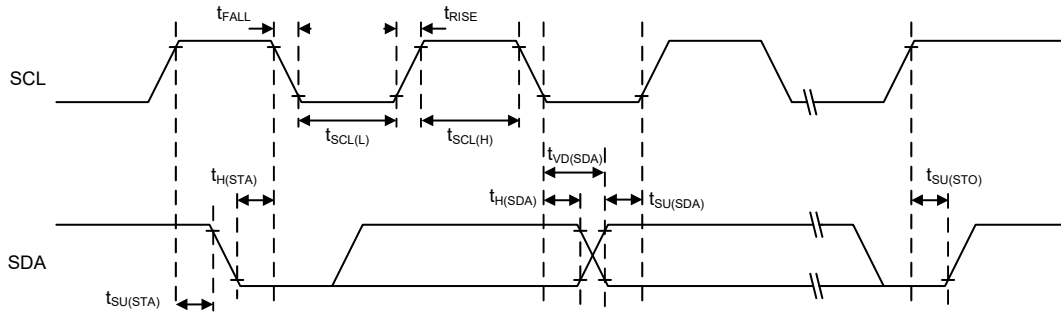


图 8. I²C 时序图

SPI 特性

表 20. 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， $t_{PCLK} = 1/f_{PCLK}$ 。

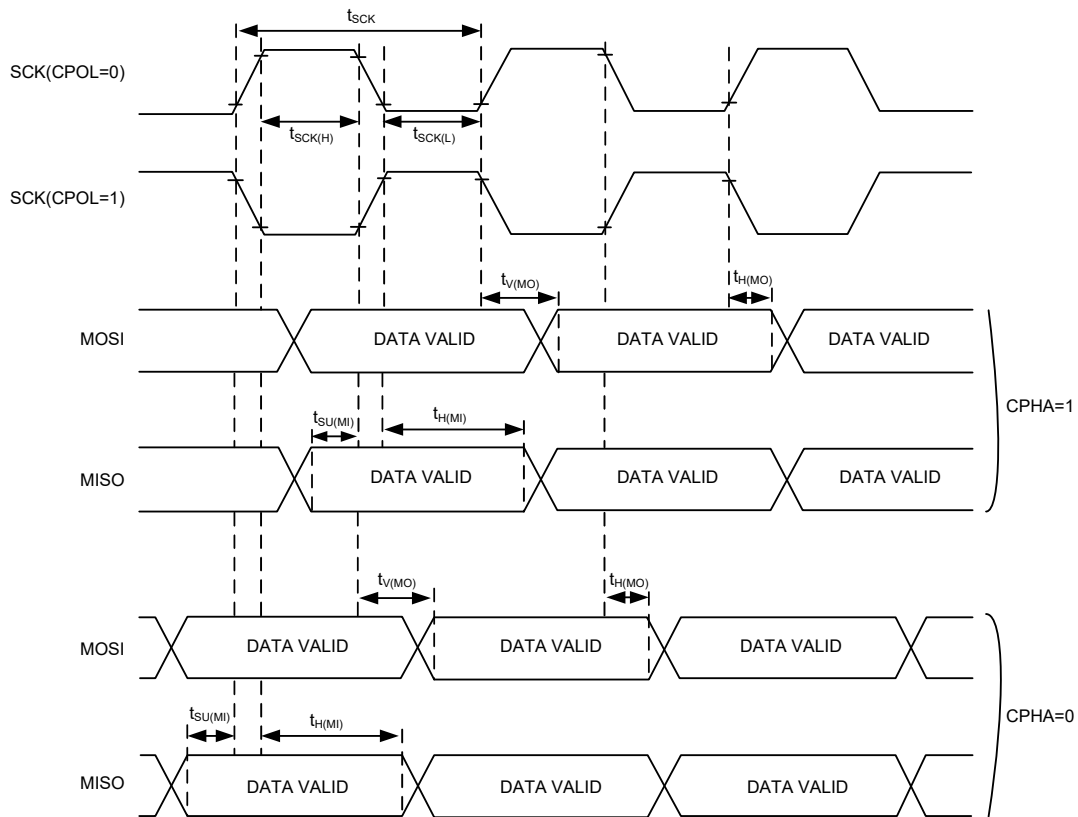


图 9. SPI 时序图 – SPI 主机模式

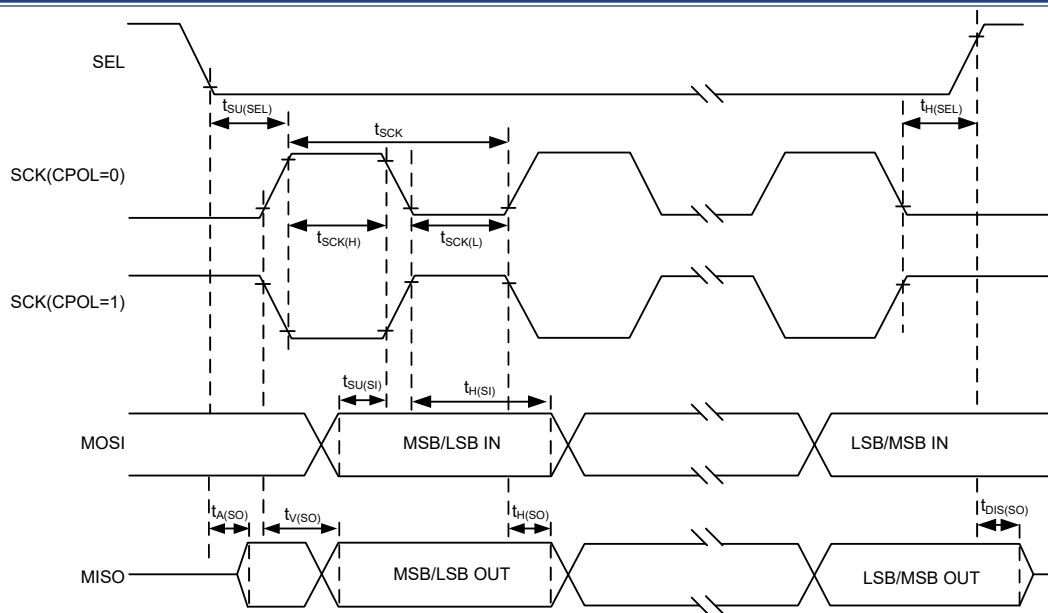


图 10. SPI 时序图 – SPI 从机模式，CPHA = 1

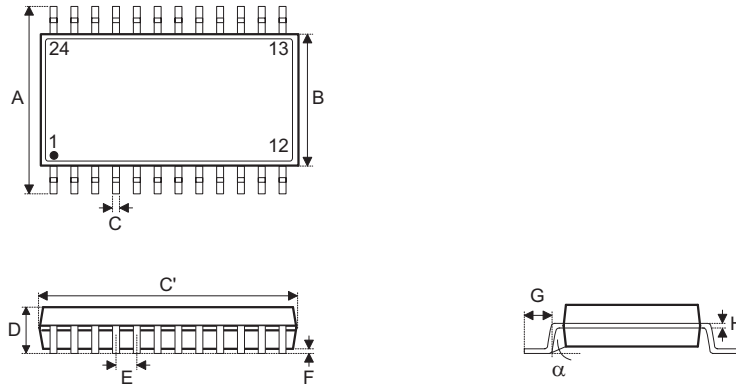
6 封装信息

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 [Holttek 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 Holttek 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

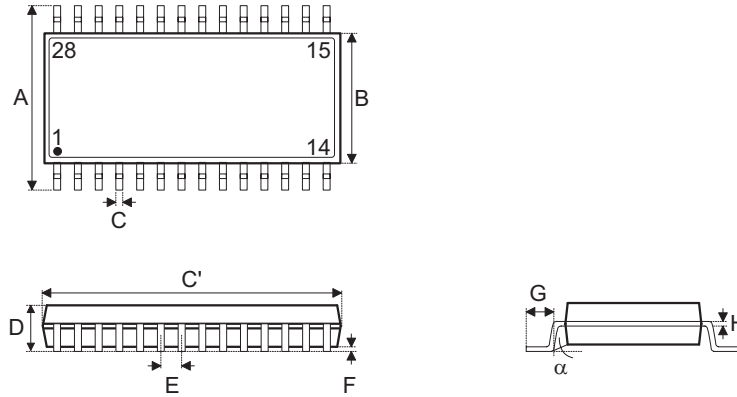
24-pin SSOP (150mil) 外形尺寸



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'	—	0.341 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	—	6.0 BSC	—
B	—	3.9 BSC	—
C	0.20	—	0.30
C'	—	8.66 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°

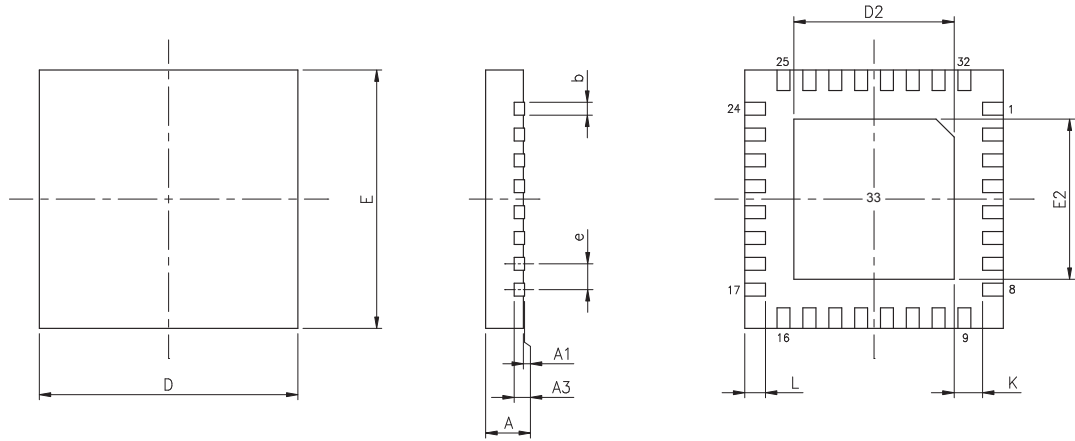
28-pin SSOP (150mil) 外形尺寸



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	—	6.0 BSC	—
B	—	3.9 BSC	—
C	0.20	—	0.30
C'	—	9.9 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 33-pin QFN (4 mm × 4 mm × 0.75 mm) 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	—	—

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。