



HT32F50020/HT32F50030 产品规格书

带 Arm® Cortex®-M0+ 内核以及 500 ksps ADC、
UART、SPI、I²C、SCTM、BFTM、LEDC、RTC 和 WDT
高达 32 KB Flash 和 2 KB SRAM 的 32-Bit 5V 单片机

版本: V1.10 日期: 2023-04-20

www.holtek.com

目录

1 简介	6
2 特性	7
内核	7
片上存储器	7
Flash 存储器控制器 – FMC	7
复位控制单元 – RSTCU	7
时钟控制单元 – CKCU	8
电源控制单元 – PWRCU	8
外部中断 / 事件控制器 – EXTI	8
模数转换器 – ADC	8
输入 / 输出端口 – GPIO	9
单通道定时器 – SCTM	9
基本功能定时器 – BFTM	9
看门狗定时器 – WDT	10
实时时钟 – RTC	10
内部集成电路 – IC	10
串行外设接口 – SPI	10
通用异步收发器 – UART	11
LED 控制器 – LEDC	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	27
极限参数	27
建议直流工作电压条件	27
片上 LDO 稳压器特性	27
功耗	28
复位和电源监控特性	28
外部时钟特性	29
内部时钟特性	30

存储器特性	31
I/O 端口特性	32
A/D 转换器特性	33
内部参考电压特性	34
SCTM 特性	34
I ² C 特性	35
SPI 特性	36
6 封装信息	38
24-pin SSOP (150mil) 外形尺寸	39
28-pin SSOP (150mil) 外形尺寸	40
SAW Type 24-pin QFN (3mm × 3mm × 0.55mm) 外形尺寸	41
SAW Type 32-pin QFN (4mm × 4mm × 0.75mm) 外形尺寸	42
SAW Type 46-pin QFN (6.5mm × 4.5mm × 0.75mm) 外形尺寸	43
48-pin LQFP (7mm × 7mm) 外形尺寸	44

表列表

表 1. 特性及外设列表	12
表 2. 寄存器映射	15
表 3. 引脚分配	23
表 4. 引脚描述	25
表 5. 极限参数	27
表 6. 建议直流工作条件	27
表 7. LDO 特性	27
表 8. 功耗特性	28
表 9. V _{DD} 电源复位特性	28
表 10. LVD / BOD 特性	29
表 11. 外部高速时钟 (HSE) 特性	29
表 12. 外部低速时钟 (LSE) 特性	30
表 13. 内部高速时钟 (HSI) 特性	30
表 14. 内部低速时钟 (LSI) 特性	31
表 15. Flash 存储器特性	31
表 16. I/O 端口特性	32
表 17. A/D 转换器特性	33
表 18. 内部参考电压特性	34
表 19. SCTM 特性	34
表 20. I ² C 特性	35
表 21. SPI 特性	36

图列表

图 1. 方框图	13
图 2. 存储器映射	14
图 3. 时钟结构	16
图 4. 24-pin SSOP 引脚图	17
图 5. 28-pin SSOP 引脚图	18
图 6. 24-pin QFN 引脚图	19
图 7. 32-pin QFN 引脚图	20
图 8. 46-pin QFN 引脚图	21
图 9. 48-pin LQFP 引脚图	22
图 10. A/D 转换器采样网络模板	33
图 11. I ² C 时序图	35
图 12. SPI 时序图 – SPI 主机模式	37
图 13. SPI 时序图 – SPI 从机模式, CPHA = 1	37

1 简介

Holtek HT32F50020/HT32F50030 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 16 MHz 的频率下以获得较大的效能。它提供高达 32 KB 的嵌入式 Flash 存储器用于程序 / 数据存储, 2 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 ADC、I²C、UART、SPI、SCTM、BFTM、LEDC、RTC、WDT 和 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更大的灵活性, 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、电机控制等。

arm CORTEX

2 特性

内核

- 32-bit Arm® Cortex®-M0+ 处理器内核
- 高达 16 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。该处理器还提供了许多功能，如单周期输入 / 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 32 KB 片上 Flash 存储器用于指令 / 数据和选项的存储
- 2 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 2 显示了该系列单片机的存储器映射，包括代码、SRAM、外设和其它预先定义的区域。

Flash 存储器控制器 – FMC

- 32-bit 字编程功能，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。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
- 在工作温度为 25 °C 条件下，内部 16 MHz RC 振荡器精度可调整为 $\pm 1\%$
- 内部 32 kHz RC 振荡器
- 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)、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 或者 LSE。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
- 两个电源域： V_{DD} 和 V_{CORE} 电源域
- 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很重要的问题之一。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 8 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 8 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 500 ksps 转换速率
- 多达 12 个外部模拟输入通道

此系列单片机包含一个多通道 12-bit A/D 转换器，其具有多路复用通道，包括 12 个外部模拟信号通道和 2 个内部通道。有二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和连续转换模式。

内部参考电压产生器 V_{REF} 为 A/D 转换器提供了稳定的输出参考电压 (ADCREFP) 且其 Bandgap 连接于 A/D 转换器的输入通道。 V_{REF} 的精确电压由 Holtek 公司在生产测试中为每个部件单独测量。

输入 / 输出端口 – GPIO

- 多达 42 个通用输入 / 输出口 (GPIO)
- 端口 A、B、C、F 映射为 8-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 42 个通用 I/O 引脚, GPIO, 即 PA0 ~ PA15 端口、PB0 ~ PB15 端口、PC0 ~ PC7 端口以及 PF0 ~ PF1 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, 有相关的控制和配置寄存器。

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
- 8-bit 可编程预分频器, 可以对其时钟源进行 1 ~ 256 之间的任意数值的分频产生计数器时钟频率
- 一个输入捕捉功能
- 两个比较匹配输出
- PWM 波形产生功能, 具有边沿对齐计数模式
- 单脉冲模式输出

单通道定时器包括一个 16-bit 向上计数器, 一个 16-bit 捕捉 / 比较寄存器 (CCR), 一个 16-bit 计数器重载寄存器 (CRR) 和多个控制 / 状态寄存器。它们可用于多种用途, 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

- 16-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 16-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，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。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 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
- 支持 7-bit 寻址模式和广播呼叫寻址
- 支持两个 7-bit 从机地址

I²C 模块是一个允许与外部 I²C 接口通信的内部电路，此外部 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 模块提供三种数据传输速率：即标准模式下的 100 kHz、快速模式下的 400 kHz 和高速模式下的 1 MHz。SCL 周期产生寄存器用于设置不同的占空比得到不同的 SCL 脉冲。

SDA 线是一条双向数据线，它连接整个 I²C 总线，在主机和从机之间用于数据的发送和接收。

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
- 可编程数据帧长度多达 8-bit
- FIFO 深度：4 级

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。

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。

LED 控制器 – LEDC

- 支持多达 8 个 8 段数码管
- 支持共阳极或共阴极的 8 段数码管
- 支持帧中断
- 三种时钟源：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，该系列单片机最多可驱动 8 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能的 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。

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、24/32/46-pin QFN 和 48-pin LQFP 封装
- 工作温度：-40 °C ~ 85 °C

3 概述

单片机信息

表 1. 特性及外设列表

外设		HT32F50020	HT32F50030
主 Flash (KB)		16	31
选项字节 Flash (KB)		1	1
SRAM (KB)		2	
定时器	SCTM	3	
	BFTM	1	
	WDT	1	
	RTC	1	
通信	SPI	1	
	UART	2	
	I ² C	1	
EXTI		8	
12-bit ADC 通道数		1 多达 12 个外部通道	
GPIO		多达 42	
LEDC		多达 8 × 8-segment	
CPU 频率		高达 16 MHz	
工作电压		2.5 V ~ 5.5 V	
工作温度		-40 °C ~ 85 °C	
封装		24/28-pin SSOP、24/32/46-pin QFN 和 48-pin LQFP	

方框图

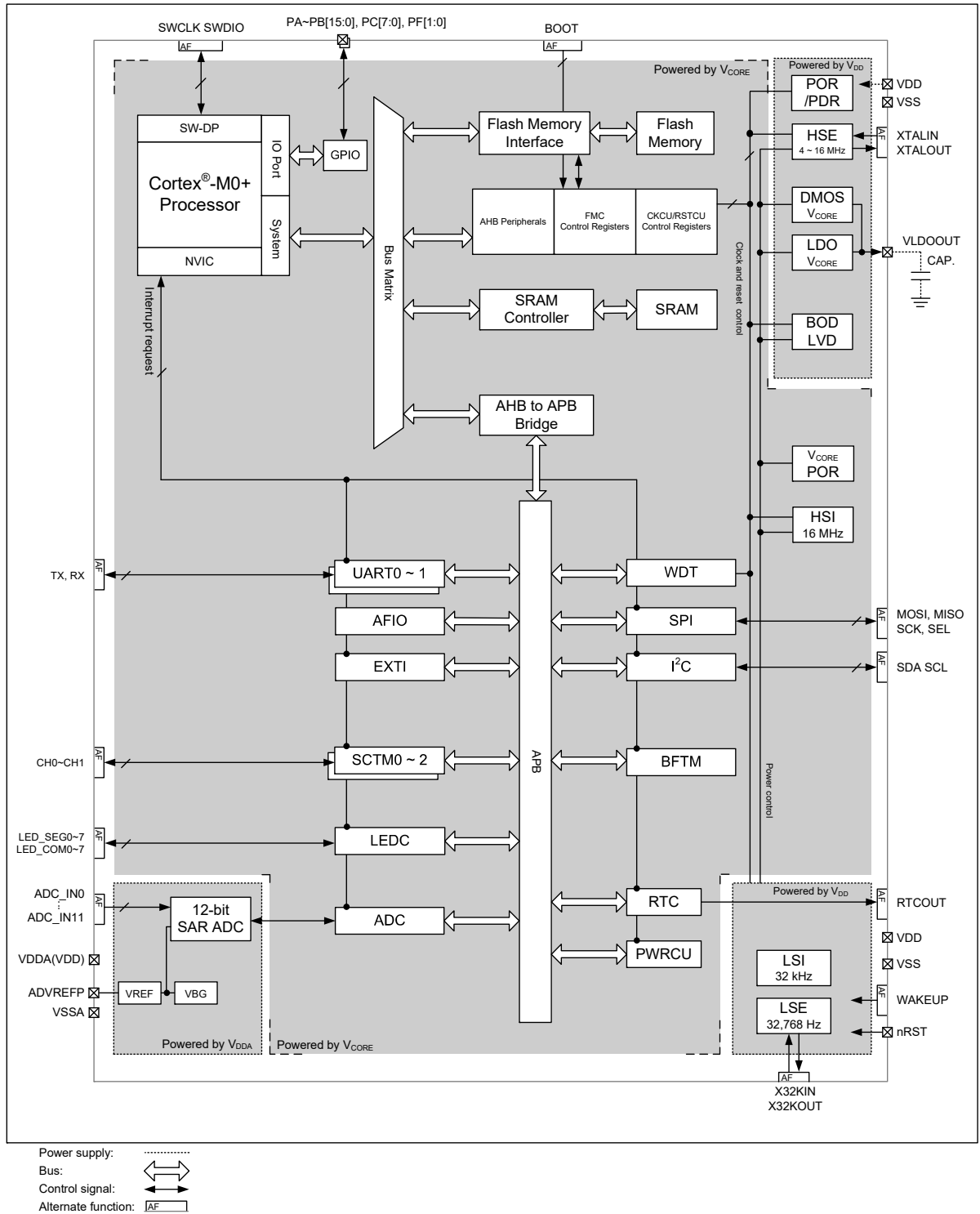


图 1. 方框图

概述

存储器映射

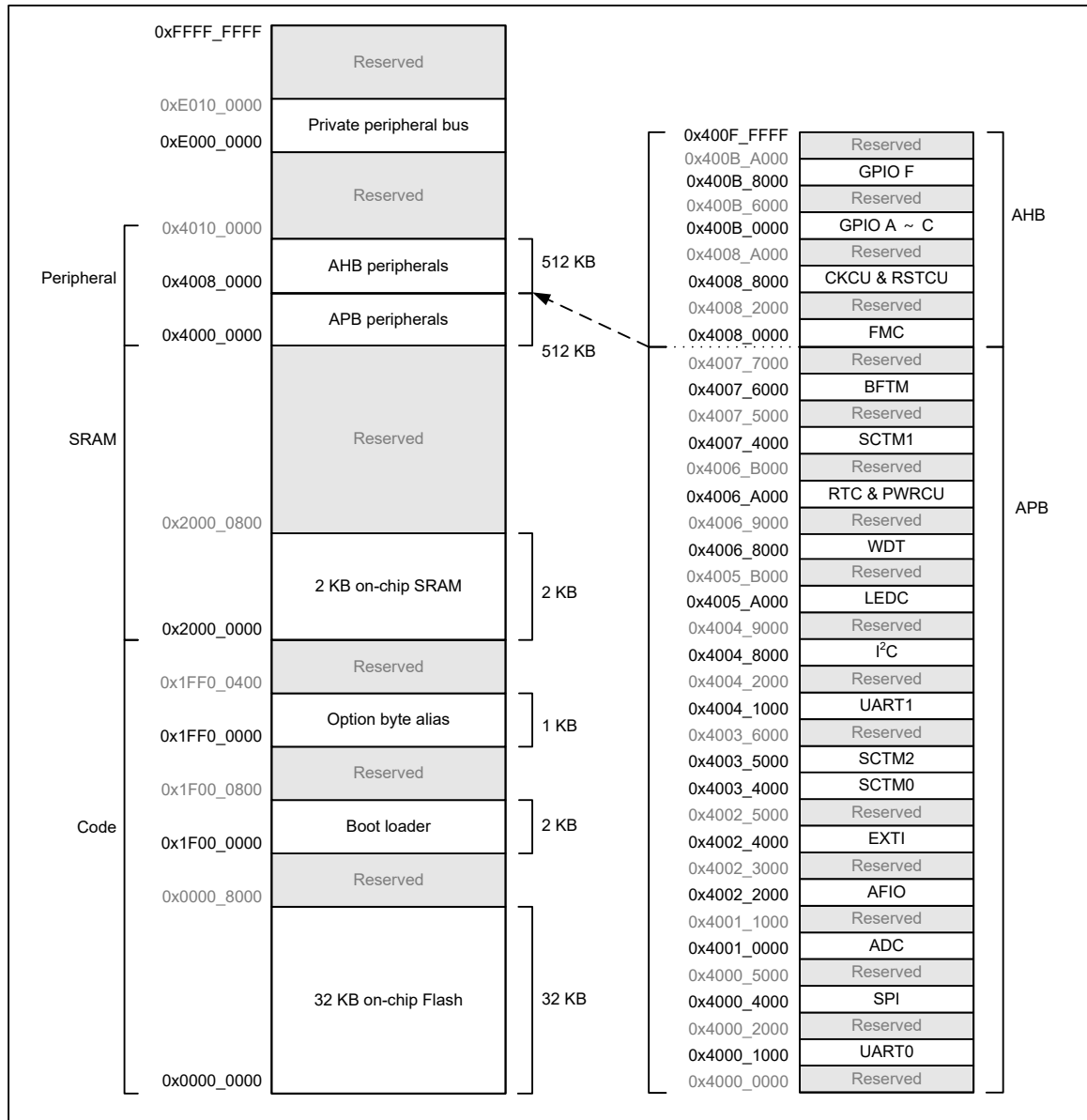
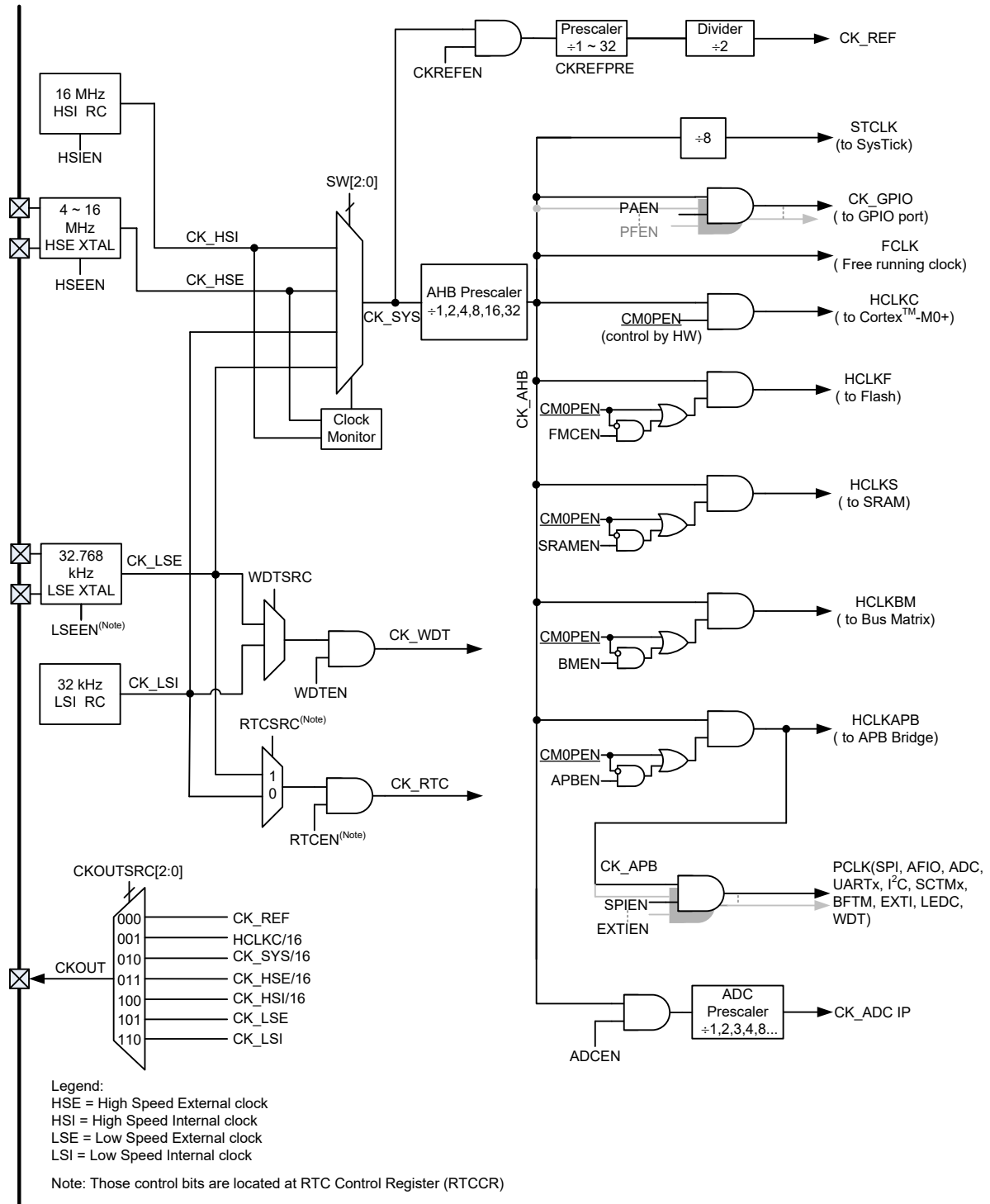


图 2. 存储器映射

表 2. 寄存器映射

起始地址	结束地址	外设	总线	
0x4000_0000	0x4000_0FFF	保留	APB	
0x4000_1000	0x4000_1FFF	UART0		
0x4000_2000	0x4000_3FFF	保留		
0x4000_4000	0x4000_4FFF	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	0x4003_5FFF	SCTM2		
0x4003_6000	0x4004_0FFF	保留		
0x4004_1000	0x4004_1FFF	UART1		
0x4004_2000	0x4004_7FFF	保留		
0x4004_8000	0x4004_8FFF	I ² C		
0x4004_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	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	GPIO A		
0x400B_2000	0x400B_3FFF	GPIO B		
0x400B_4000	0x400B_5FFF	GPIO C		
0x400B_6000	0x400B_7FFF	保留		
0x400B_8000	0x400B_9FFF	GPIO F		
0x400B_A000	0x400F_FFFF	保留		

时钟结构



概述

图 3. 时钟结构

4 引脚图

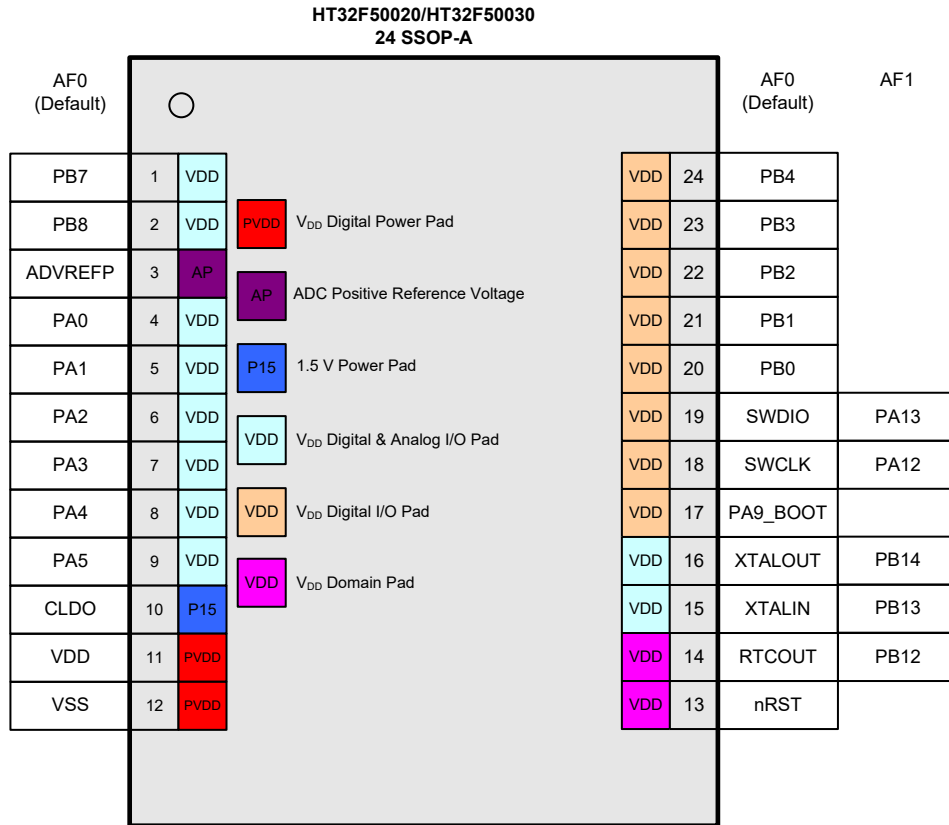


图 4. 24-pin SSOP 引脚图

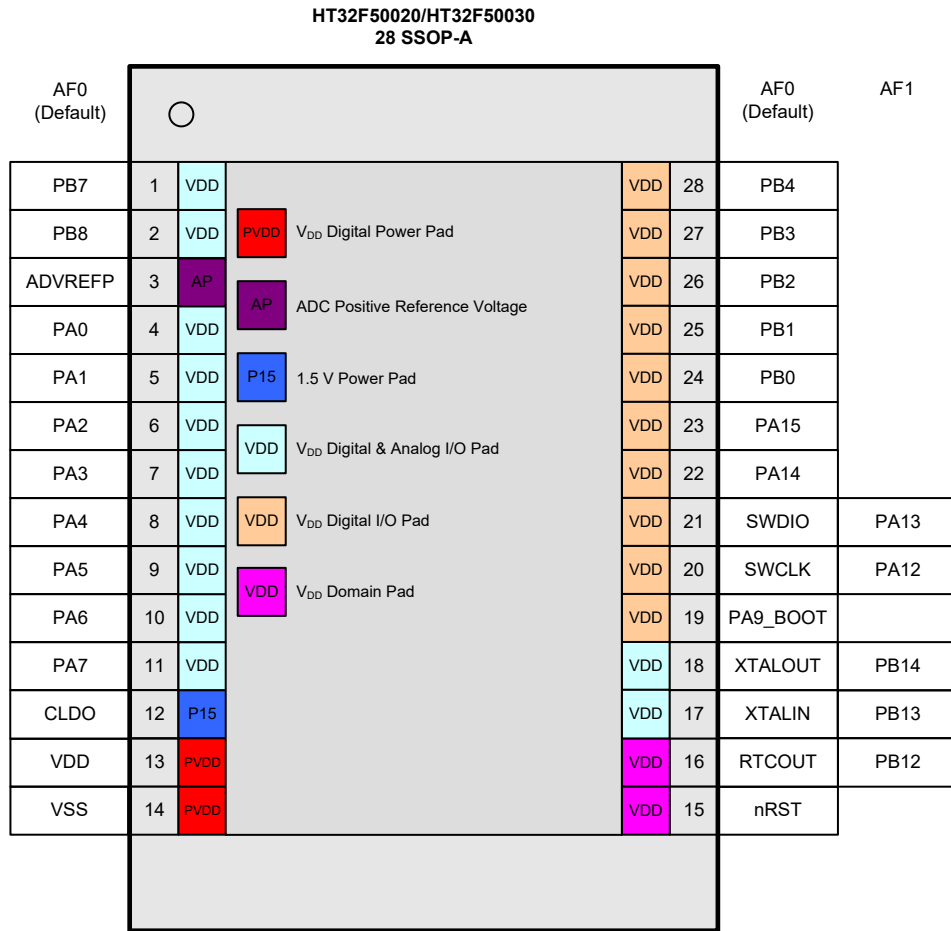
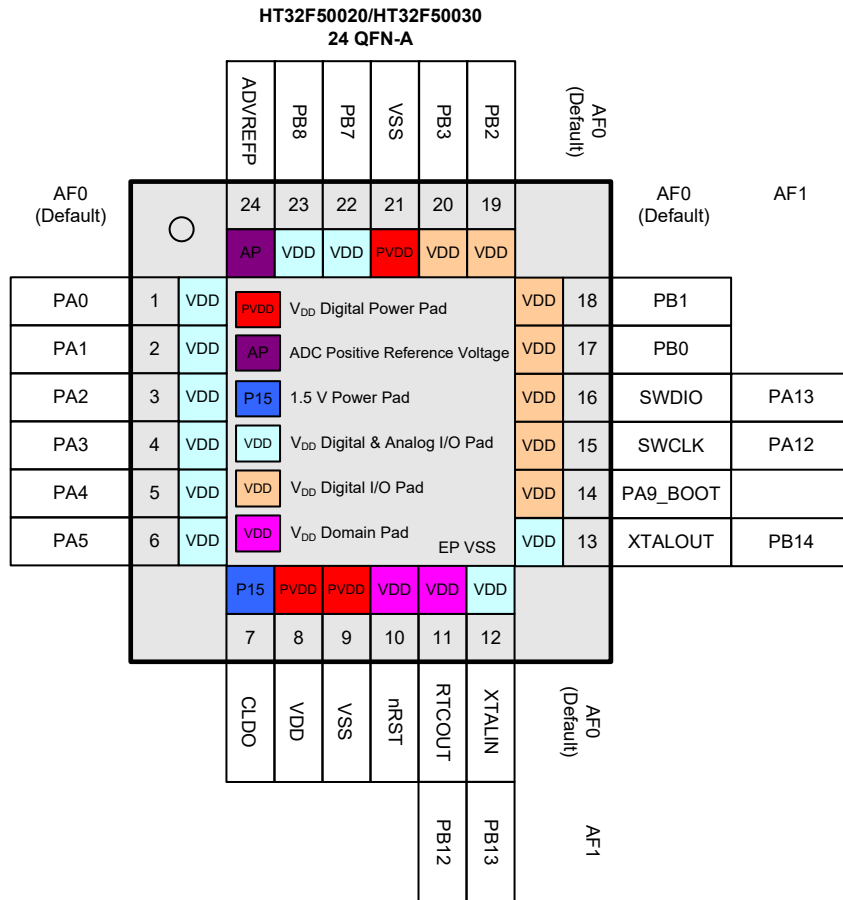
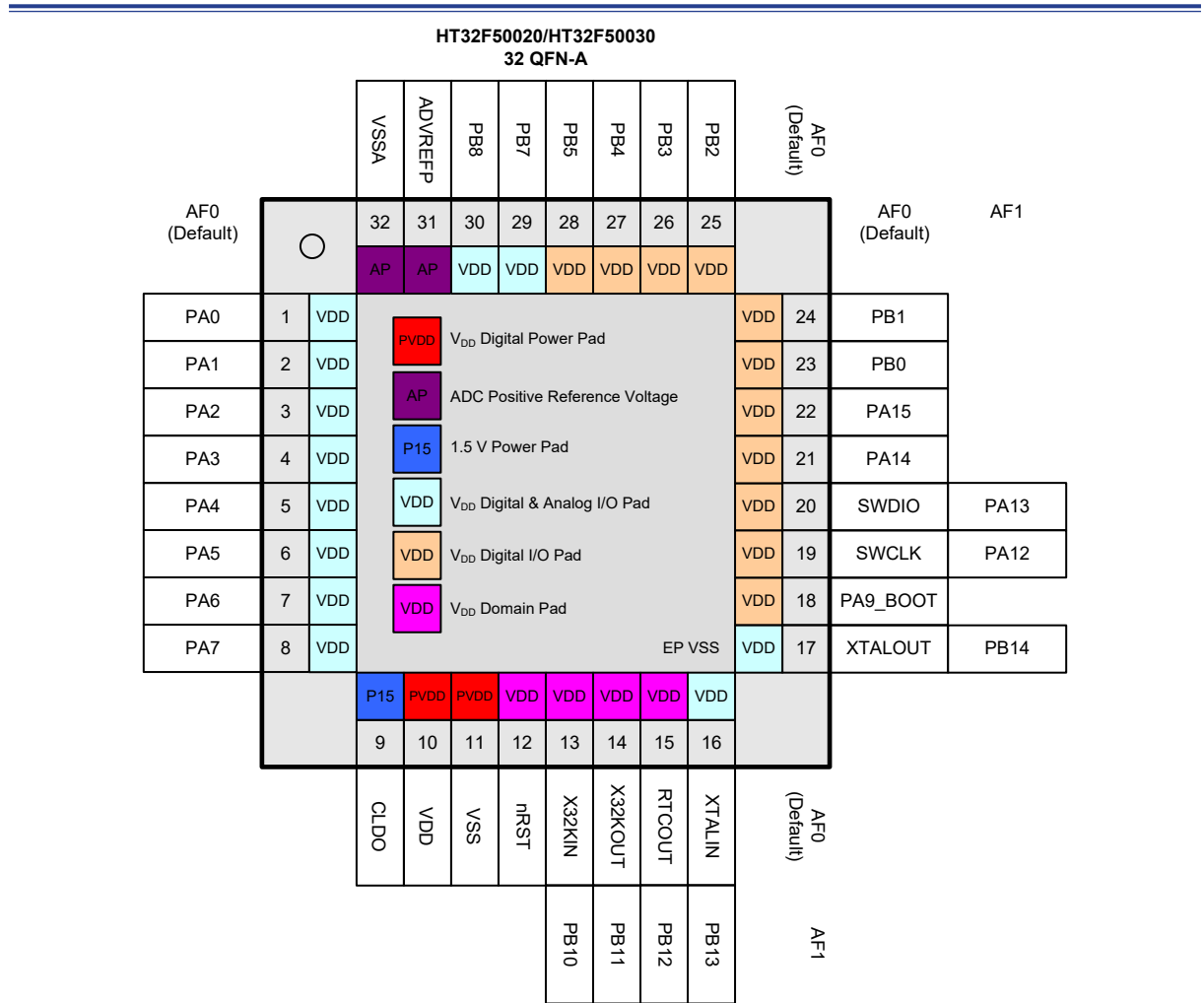


图 5. 28-pin SSOP 引脚图



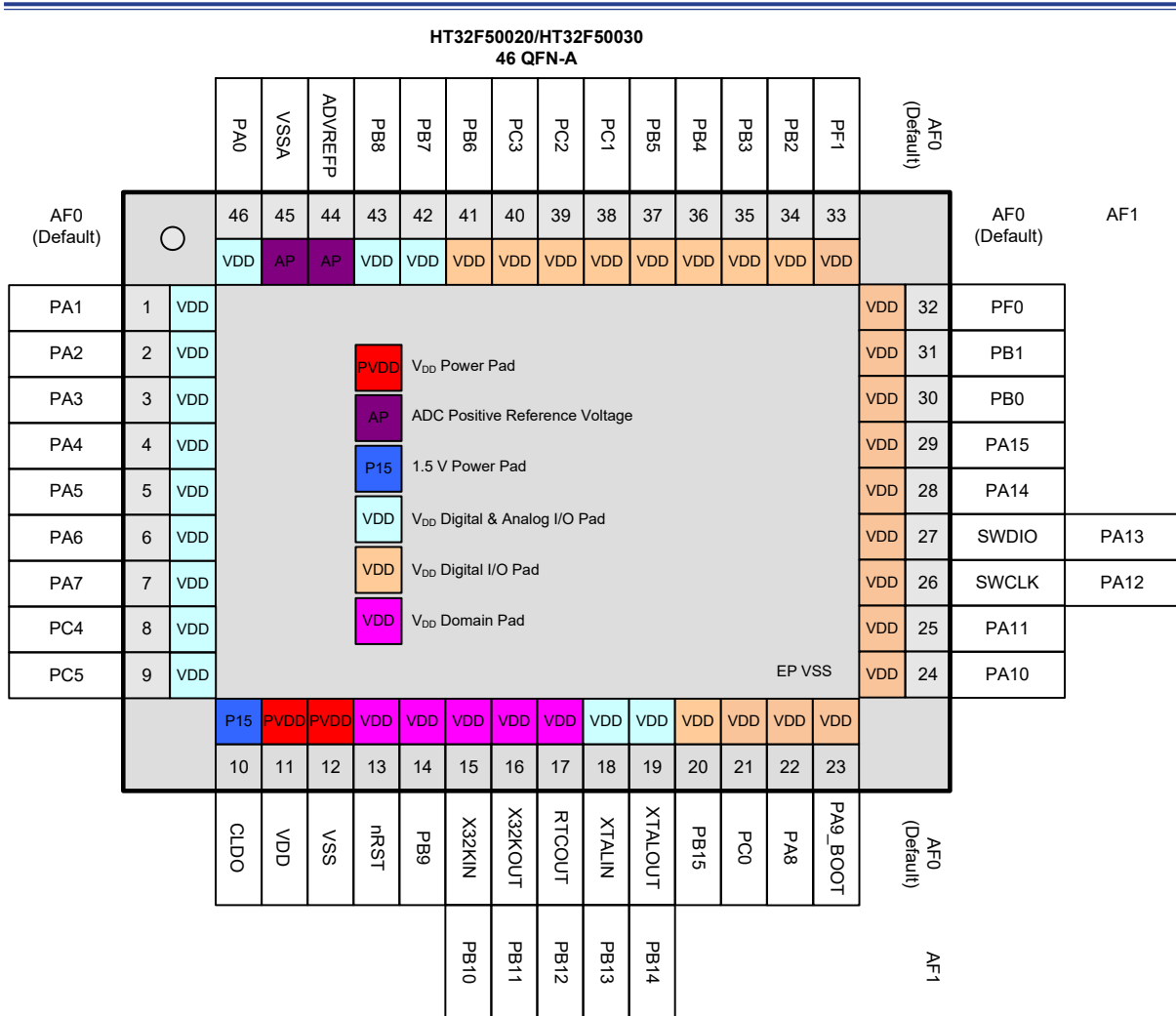
引脚图

图 6. 24-pin QFN 引脚图



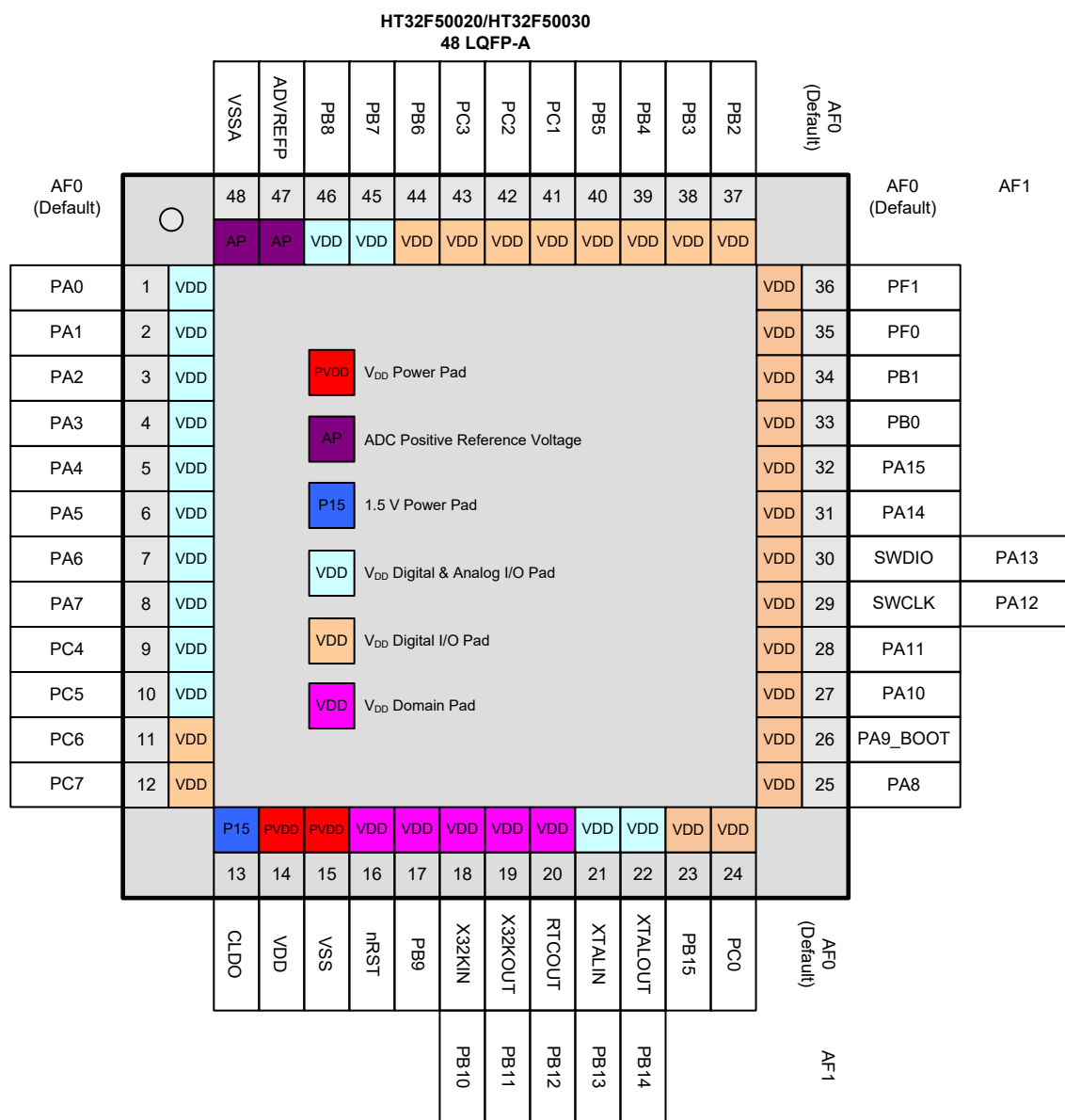
引脚图

图 7. 32-pin QFN 引脚图



引脚图

图 8. 46-pin QFN 引脚图



引脚图

图 9. 48-pin LQFP 引脚图

表 3. 引脚分配

封装						复用功能映射							
						AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7
48 LQFP	46 QFN	32 QFN	28 SSOP	24 SSOP	24 QFN	系统默认	系统其它	ADC	LEDC	SCTM	SPI	UART	I ² C
1	46	1	4	4	1	PA0	VBG	ADC_IN2	LED_SEG0	SCTM1_CH0	SPI_SCK		I2C_SCL
2	1	2	5	5	2	PA1		ADC_IN3	LED_SEG1	SCTM1_CH1	SPI_MOSI		I2C_SDA
3	2	3	6	6	3	PA2		ADC_IN4	LED_SEG2		SPI_MISO	UR0_TX	
4	3	4	7	7	4	PA3		ADC_IN5	LED_SEG3		SPI_SEL	UR0_RX	
5	4	5	8	8	5	PA4		ADC_IN6	LED_SEG4		SPI_SCK	UR1_TX	I2C_SCL
6	5	6	9	9	6	PA5		ADC_IN7	LED_SEG5		SPI_MOSI	UR1_RX	I2C_SDA
7	6	7	10			PA6		ADC_IN8	LED_SEG6		SPI_MISO		
8	7	8	11			PA7		ADC_IN9	LED_SEG7		SPI_SEL		
9	8					PC4		ADC_IN10	LED_COM4	SCTM2_CH0		UR1_TX	
10	9					PC5		ADC_IN11	LED_COM5	SCTM2_CH1		UR1_RX	
11						PC6			LED_COM6			UR0_TX	I2C_SCL
12						PC7			LED_COM7			UR0_RX	I2C_SDA
13	10	9	12	10	7	CLDO							
14	11	10	13	11	8	VDD							
15	12, EP*	11, EP*	14	12	9, 21, EP*	VSS							
16	13	12	15	13	10	nRST							
17	14					PB9	PB9 / WAKEUP1			SCTM0_CH0			
18	15	13				X32KIN	PB10		LED_SEG4	SCTM1_CH1	SPI_SEL	UR1_TX	
19	16	14				X32KOUT	PB11		LED_SEG5	SCTM1_CH0	SPI_SCK	UR1_RX	
20	17	15	16	14	11	RTCCOUT	PB12 / WAKEUP0			SCTM0_CH1	SPI_MISO		
21	18	16	17	15	12	XTALIN	PB13		LED_SEG6	SCTM2_CH0		UR0_TX	I2C_SCL
22	19	17	18	16	13	XTALOUT	PB14		LED_SEG7	SCTM2_CH1		UR0_RX	I2C_SDA
23	20					PB15					SPI_SEL		I2C_SCL
24	21					PC0			LED_COM0	SCTM1_CH1	SPI_SCK		I2C_SDA
25	22					PA8			LED_COM1	SCTM2_CH1		UR0_TX	

封装						复用功能映射							
						AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7
48 LQFP	46 QFN	32 QFN	28 SSOP	24 SSOP	24 QFN	系统默认	系统其它	ADC	LEDC	SCTM	SPI	UART	I ² C
26	23	18	19	17	14	PA9_BOOT	CKOUT			SCTM1_CH0	SPI_MOSI		
27	24					PA10			LED_COM2	SCTM0_CH0	SPI_MOSI	UR0_RX	
28	25					PA11			LED_COM3	SCTM0_CH1	SPI_MISO		
29	26	19	20	18	15	SWCLK	PA12						
30	27	20	21	19	16	SWDIO	PA13						
31	28	21	22			PA14			LED_COM0		SPI_SEL	UR1_TX	I2C_SCL
32	29	22	23			PA15			LED_COM1	SCTM2_CH0	SPI_SCK	UR1_RX	I2C_SDA
33	30	23	24	20	17	PB0			LED_SEG0	SCTM2_CH0	SPI_MOSI	UR0_TX	I2C_SCL
34	31	24	25	21	18	PB1			LED_SEG1	SCTM2_CH1	SPI_MISO	UR0_RX	I2C_SDA
35	32					PF0				SCTM1_CH0		UR0_TX	I2C_SCL
36	33					PF1				SCTM1_CH1		UR0_RX	I2C_SDA
37	34	25	26	22	19	PB2			LED_SEG2	SCTM0_CH1	SPI_SEL	UR1_TX	
38	35	26	27	23	20	PB3			LED_SEG3	SCTM0_CH0	SPI_SCK	UR1_RX	
39	36	27	28	24		PB4			LED_COM2		SPI_MOSI	UR1_TX	
40	37	28				PB5			LED_COM3		SPI_MISO	UR1_RX	
41	38					PC1			LED_COM4		SPI_SEL	UR1_TX	
42	39					PC2			LED_COM5		SPI_SCK		
43	40					PC3			LED_COM6		SPI_MOSI	UR1_RX	I2C_SCL
44	41					PB6			LED_COM7		SPI_MISO		I2C_SDA
45	42	29	1	1	22	PB7		ADC_IN0	LED_SEG4	SCTM0_CH0	SPI_MISO	UR0_TX	I2C_SCL
46	43	30	2	2	23	PB8		ADC_IN1	LED_SEG5	SCTM0_CH1	SPI_SEL	UR0_RX	I2C_SDA
47	44	31	3	3	24	ADVREFP							
48	45	32				VSSA							

注：EP 表示的是 QFN 封装的裸露焊盘。

表 4. 引脚描述

引脚编号						引脚名称	类型 ⁽¹⁾	I/O结构 ⁽²⁾	输出驱动	描述
48 LQFP	46 QFN	32 QFN	28 SSOP	24 SSOP	24 QFN					默认功能 (AF0)
1	46	1	4	4	1	PA0	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA0
2	1	2	5	5	2	PA1	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA1
3	2	3	6	6	3	PA2	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA2
4	3	4	7	7	4	PA3	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA3
5	4	5	8	8	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	5	6	9	9	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	6	7	10			PA6	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA6
8	7	8	11			PA7	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA7
9	8					PC4	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC4
10	9					PC5	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC5
11						PC6	AI/O	—	—	PC6
12						PC7	AI/O	—	—	PC7
13	10	9	12	10	7	CLDO	P	—	—	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	11	8	VDD	P	—	—	数字 I/O 口电压
15	12, EP	11, EP	14	12	9, 21, EP	VSS	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
16	13	12	15	13	10	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	14	11	PB12 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	RTCOUT
21	18	16	17	15	12	PB13	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	XTALIN
22	19	17	18	16	13	PB14	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	XTALOUT
23	20					PB15	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB15
24	21					PC0	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	PC0
25	22					PA8	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	PA8
26	23	18	19	17	14	PA9	I/O (V _{DD})	5V_PU	4/8/12/16 mA	PA9_BOOT
27	24					PA10	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	PA10
28	25					PA11	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	PA11
29	26	19	20	18	15	PA12	I/O (V _{DD})	5V_PU	4/8/12/16 mA	SWCLK
30	27	20	21	19	16	PA13	I/O (V _{DD})	5V_PU	4/8/12/16 mA	SWDIO

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	24 SSOP	24 QFN					默认功能 (AF0)
31	28	21	22			PA14	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	PA14
32	29	22	23			PA15	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	PA15
33	30	23	24	20	17	PB0	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	PB0
34	31	24	25	21	18	PB1	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	PB1
35	32					PF0	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	PF0
36	33					PF1	I/O (V _{DD})	5V	4/8/12/16 mA	PF1
37	34	25	26	22	19	PB2	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB2
38	35	26	27	23	20	PB3	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB3
39	36	27	28	24		PB4	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB4
40	37	28				PB5	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB5
41	38					PC1	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PC1
42	39					PC2	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PC2
43	40					PC3	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PC3
44	41					PB6	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB6
45	42	29	1	1	22	PB7	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB7
46	43	30	2	2	23	PB8	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB8
47	44	31	3	3	24	ADVREFP	P	—	—	A/D 转换器参考电压
48	45	32				VSSA	P	—	—	A/D 转换器接地参考电压

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

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 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 _{ADVREFP}	A/D 转换器正参考电压	—	2.5	5.0	5.5	V

注：V_{ADVREFP} 电源电压须低于或等于 V_{DD} 电源电压。

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} = 12 mA 且电压变化 = ±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} = 1.5 V	—	12	15	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	2.2	—	μF

功耗

表 8. 功耗特性

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

符号	参数	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)	16 MHz	$V_{\text{DD}} = 5\text{ V}$ HSI = 16 MHz 所有外设使能	3.35	3.60	—	mA	
			所有外设除能	2.75	2.95	—		
		8 MHz	$V_{\text{DD}} = 5\text{ V}$ HSI = 16 MHz 所有外设使能	1.88	2.02	—		
			所有外设除能	1.57	1.69	—		
	32 kHz	$V_{\text{DD}} = 5\text{ V}$ LSI = 32 kHz LDO 处于 LCM 模式	所有外设使能	26.39	32.72	—	μA	
			所有外设除能	25.13	31.42	—		
	工作电流 (休眠模式)	16 MHz	$V_{\text{DD}} = 5\text{ V}$ HSI = 16 MHz	所有外设使能	1.16	1.24	—	mA
				所有外设除能	0.44	0.48	—	
8 MHz		$V_{\text{DD}} = 5\text{ V}$ HSI = 16 MHz	所有外设使能	0.77	0.83	—		
			所有外设除能	0.41	0.45	—		
工作电流 (深度休眠 1 模式)	—	$V_{\text{DD}} = 5\text{ V}$, HSI / HSE 时钟 off, LDO 处于 LCM 模式, LSE off, LSI on, RTC on	20.27	26.39	—	μA		
工作电流 (深度休眠 2 模式)	—	$V_{\text{DD}} = 5\text{ V}$, HSI / HSE 时钟 off, LDO off, DMOS on, LSE off, LSI on, RTC on	3.45	5.14	—	μA		

- 注: 1. HSE 是外部高速振荡器, 而 HSI 是内部 16 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 9. V_{DD} 电源复位特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{POR}	上电复位阈值 (V_{DD} 电压上升)	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	2.22	2.35	2.48	V
V_{PDR}	掉电复位阈值 (V_{DD} 电压下降)	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	2.12	2.2	2.33	V
V_{PORHYST}	POR 迟滞	—	—	150	—	mV
t_{POR}	复位延迟时间	$V_{\text{DD}} = 5.0\text{ V}$	—	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

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
V_{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
$V_{LVDHTST}$	LVD 迟滞	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	—	100	mV	
t_{suLVD}	LVD 建立时间	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	—	5	μs	
t_{atLVD}	LVD 有效延迟时间	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	—	—	ms	
I_{DDLVD}	工作电流 ⁽²⁾	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	—	10	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

$T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$, 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_HSE}	HSE 振荡器频率	$V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.0\text{ V}$	4	—	16	MHz
C_L	负载电容	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, $R_{ESR} = 100\ \Omega$ @ 16 MHz	—	—	12	pF
R_{FHSE}	XTALIN 和 XTALOUT 引脚间的内部反馈电阻	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	0.5	—	M Ω
R_{ESR}	等效串联电阻	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, $C_L = 12\text{ pF}$ @ 16 MHz, HSEDR = 0	—	—	110	Ω
		$V_{DD} = 2.5\text{ V}$, $C_L = 12\text{ pF}$ @ 16 MHz, HSEDR = 1	—	—	—	—
D_{HSE}	HSE 振荡器占空比	—	40	—	60	%
I_{DDHSE}	HSE 振荡器工作电流	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, $R_{ESR} = 100\ \Omega$, $C_L = 12\text{ pF}$ @ 8 MHz, HSEDR = 0	—	0.85	—	mA
		$V_{DD} = 5.0\text{ V}$, $R_{ESR} = 25\ \Omega$, $C_L = 12\text{ pF}$ @ 16 MHz, HSEDR = 1	—	3.0	—	—
I_{PWDHSE}	HSE 振荡器暂停电流	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	—	0.01	μA
t_{SUHSE}	HSE 振荡器启动时间	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	—	4	ms

表 12. 外部低速时钟 (LSE) 特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	工作电压	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	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 Ω
R_{ESR}	等效串联电阻	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	30	—	TBD	k Ω
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 13. 内部高速时钟 (HSI) 特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	工作电压	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	2.5	—	5.5	V
f_{HSI}	HSI 振荡器频率	$V_{DD} = 5\text{ V} @ 25\text{ }^\circ\text{C}$	—	16	—	MHz
ACC_{HSI}	工厂调整 HIS 振荡器 频率精准度	$V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$	-1	—	1	%
		$V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ $T_A = -25\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	-2.5	—	2	%
		$V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	-4	—	3	%
Duty	占空比	$f_{HSI} = 16\text{ MHz}$	35	—	65	%
I_{DDHSI}	HSI 振荡器工作电流	$f_{HSI} = 16\text{ MHz}$	—	—	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	$f_{HSI} = 16\text{ MHz}$	—	—	20	μs

表 14. 内部低速时钟 (LSI) 特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	工作电压	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	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 振荡器频率精度	工厂调整后, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$	-10	—	+10	%
I_{DDLSI}	LSI 振荡器工作电流	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	0.5	0.8	μA
t_{SULSI}	LSI 振荡器启动时间	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	—	100	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	符号
I _{IL}	低电平输入电流	5.0 V I/O	—	—	3	μA
		复位引脚			3	
I _{IH}	高电平输入电流	5.0 V I/O	—	—	3	μA
		复位引脚			3	
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
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 V	4	—	—	mA
		5.0 V I/O 8 mA 驱动, V _{OL} = 0.6 V	8	—	—	mA
		5.0 V I/O 12 mA 驱动, V _{OL} = 0.6 V	12	—	—	mA
		5.0 V I/O 16 mA 驱动, V _{OL} = 0.6 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 V	—	4	—	mA
		5.0 V I/O 8 mA 驱动, V _{OH} = V _{DD} - 0.6 V	—	8	—	mA
		5.0 V I/O 12 mA 驱动, V _{OH} = V _{DD} - 0.6 V	—	12	—	mA
		5.0 V I/O 16 mA 驱动, V _{OH} = V _{DD} - 0.6 V	—	16	—	mA
V _{OL}	低电平输出电压	5.0 V 4 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 4 mA	—	—	0.6	V
		5.0 V 8 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 8 mA	—	—	0.6	V
		5.0 V 12 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 12 mA	—	—	0.6	V
		5.0 V 16 mA 驱动 I/O, I _{OL} = 16 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 mA	$V_{DD} - 0.6$	—	—	V
		5.0 V 8 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 8 mA	$V_{DD} - 0.6$	—	—	V
		5.0 V 12 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 12 mA	$V_{DD} - 0.6$	—	—	V
		5.0 V 16 mA 驱动 I/O, I _{OH} = 16 mA	$V_{DD} - 0.6$	—	—	V
R _{PU}	内部上拉电阻	V _{DD} = 5.0 V	—	50	—	kΩ
R _{PD}	高电平输出电压	V _{DD} = 5.0 V	—	50	—	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}	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
I_{ADC}	A/D 转换器工作电流	$V_{DDA} = 5.0\text{ V}$, 500 ksps	—	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	—	8	MHz
f_S	采样率	—	50	—	500	ksps
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	A/D 转换器分辨率	—	—	12	—	Bits
INL	积分非线性误差	$f_S = 500\text{ ksps}$, $V_{DDA} = 5.0\text{ V}$	—	± 2	± 5	LSB
DNL	微分非线性误差	$f_S = 500\text{ ksps}$, $V_{DDA} = 5.0\text{ V}$	—	± 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. 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 取值会有一些限制。

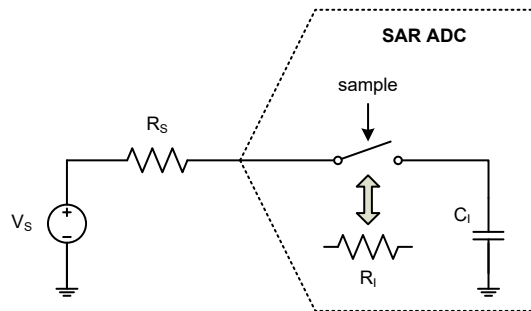


图 10. A/D 转换器采样网络模板

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:

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

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 $N = 12$)。因引脚 / 焊盘寄生电容的存在，应考虑一个安全裕量；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 18. 内部参考电压特性

$T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ，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	—	2.8	—	5.5	V
V_{REF}	工厂调整后内部参考电压 @ $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$	$V_{DDA} \geq 2.8\text{ V}$ 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	$V_{DDA} = 2.8\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$, $V_{REF} = 2.5\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	-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. 7-bit 的参考电压精度调整

SCTM 特性

表 19. SCTM 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{TM}	SCTM 定时器时钟源	—	—	—	f_{CLK}	MHz
t_{RES}	定时器分辨率时间	—	1	—	—	$1/f_{TM}$
f_{EXT}	通道的外部信号频率	—	—	—	1/2	f_{TM}
RES	定时器分辨率	—	—	—	16	Bits

I²C 特性

表 20. I²C 特性

符号	参数	标准模式		快速模式		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
$t_{SCL(L)}$	SCL 时钟低电平时间	4.5	—	1.125	—	0.45	—	μ s
t_{FALL}	SCL 和 SDA 下降沿时间	—	1.3	—	0.34	—	0.135	μ s
t_{RISE}	SCL 和 SDA 上升沿时间	—	1.3	—	0.34	—	0.135	μ s
$t_{SU(SDA)}$	SDA 数据建立时间	500	—	125	—	50	—	ns
$t_{H(SDA)}$	SDA 数据保持时间 ⁽⁵⁾	0	—	0	—	0	—	ns
	SDA 数据保持时间 ⁽⁶⁾	—	1.6	—	0.475	—	0.25	μ s
$t_{VD(SDA)}$	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 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 16 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。

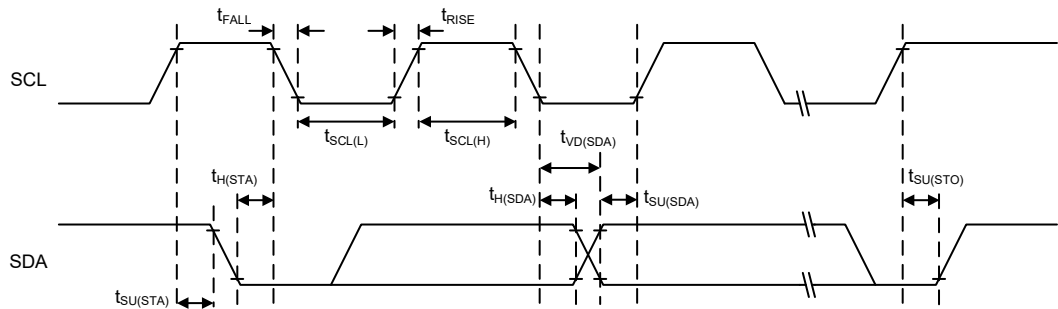


图 11. I²C 时序图

SPI 特性

表 21. SPI 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
SPI 主机模式						
f_{SCK}	SPI 主机输出 SCK 时钟频率	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， $t_{PCLK} = 1/f_{PCLK}$ 。

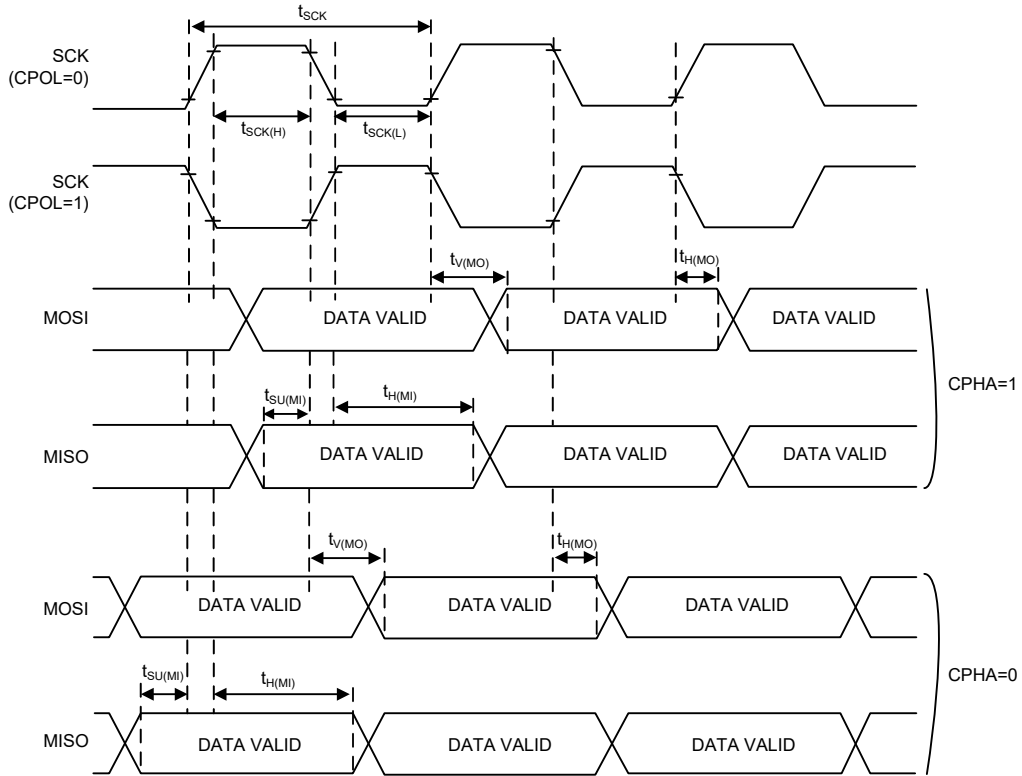


图 12. SPI 时序图 – SPI 主机模式

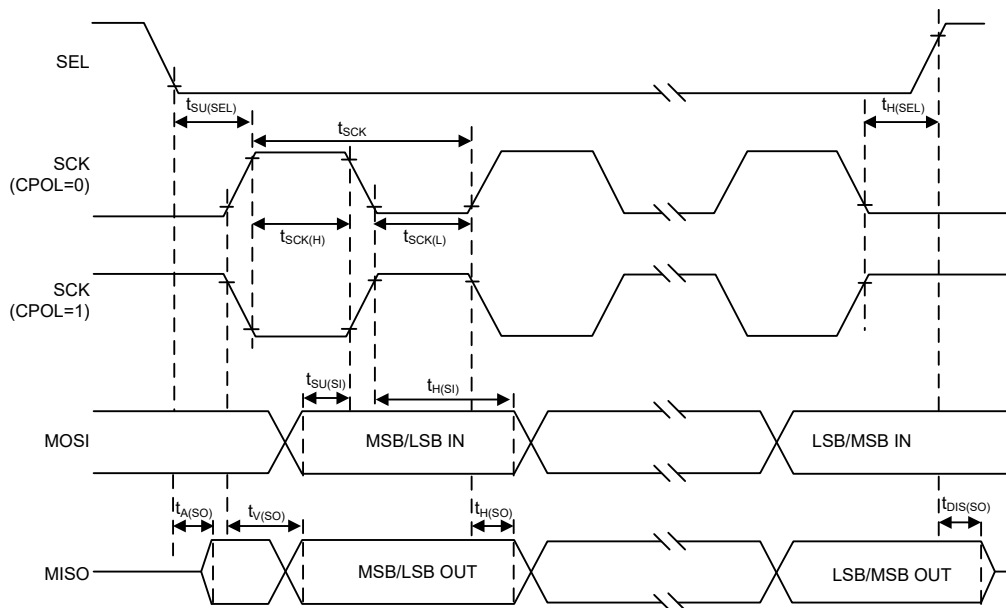


图 13. SPI 时序图 – SPI 从机模式, CPHA = 1

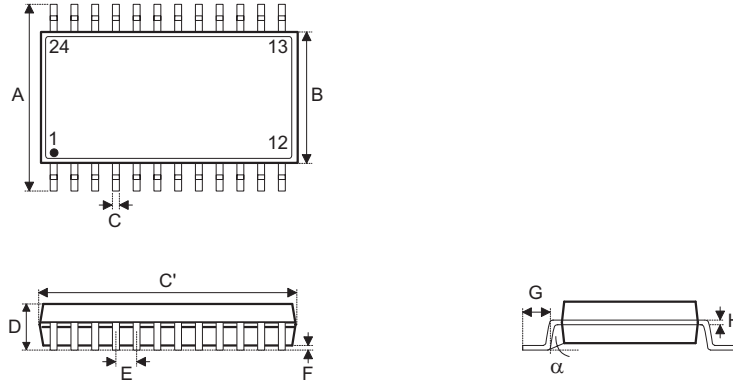
6 封装信息

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 [Holtek 网站](#) 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

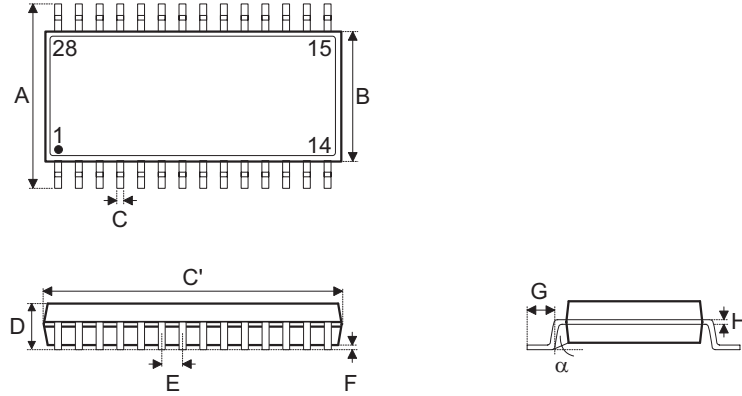
24-pin SSOP (150mil) 外形尺寸



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	—	6.00 BSC	—
B	—	3.90 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°

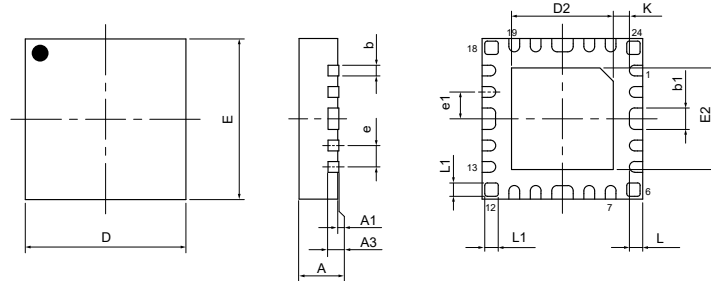
28-pin SSOP (150mil) 外形尺寸



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	—	6.00 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°

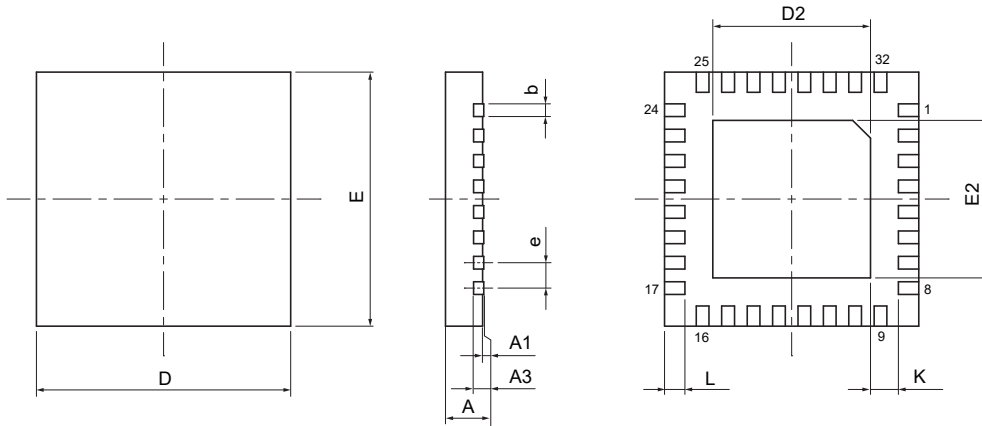
SAW Type 24-pin QFN (3mm × 3mm × 0.55mm) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.020	0.022	0.024
A1	0.000	0.001	0.002
A3	—	0.006 REF	—
b	0.006	0.008	0.010
b1	0.014	0.016	0.018
D	—	0.118 BSC	—
E	—	0.118 BSC	—
e	—	0.016 BSC	—
e1	—	0.020 BSC	—
D2	0.073	—	0.077
E2	0.073	—	0.077
L	0.006	0.010	0.014
L1	0.008	0.010	0.012
K	0.008	—	—

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.50	0.55	0.60
A1	0.00	0.02	0.05
A3	—	0.15 REF	—
b	0.15	0.20	0.25
b1	0.35	0.40	0.45
D	—	3.00 BSC	—
E	—	3.00 BSC	—
e	—	0.40 BSC	—
e1	—	0.50 BSC	—
D2	1.85	—	1.95
E2	1.85	—	1.95
L	0.15	0.25	0.35
L1	0.20	0.25	0.30
K	0.20	—	—

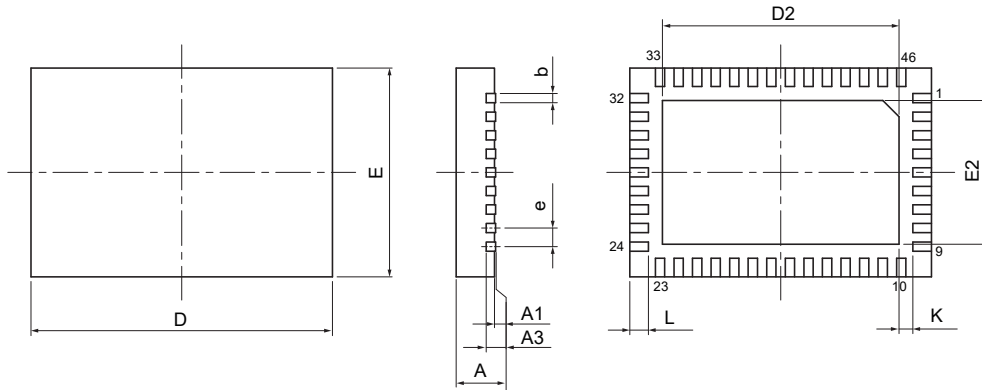
SAW Type 32-pin QFN (4mm × 4mm × 0.75mm) 外形尺寸



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	0.014	0.016	0.018
K	0.008	—	—

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
A3	—	0.203 REF	—
b	0.15	0.20	0.25
D	—	4.00 BSC	—
E	—	4.00 BSC	—
e	—	0.40 BSC	—
D2	2.55	—	2.75
E2	2.55	—	2.75
L	0.35	0.40	0.45
K	0.20	—	—

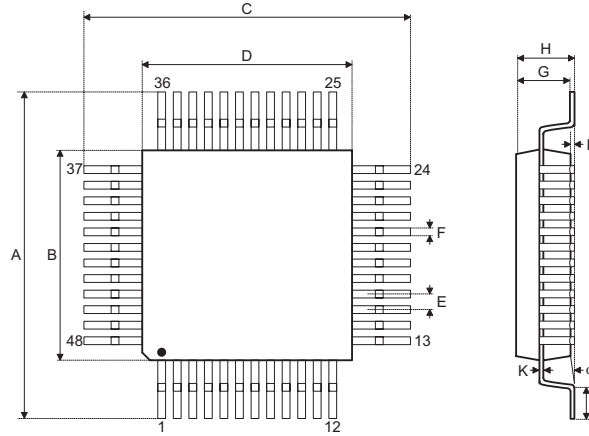
SAW Type 46-pin QFN (6.5mm × 4.5mm × 0.75mm) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.028	0.030	0.031
A1	0.000	0.001	0.002
A3	—	0.008 REF	—
b	0.006	0.008	0.010
D	—	0.256 BSC	—
E	—	0.177 BSC	—
e	—	0.016 BSC	—
D2	0.197	—	0.205
E2	0.118	—	0.126
L	0.014	0.016	0.018
K	0.008	—	—

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
A3	—	0.203 REF	—
b	0.15	0.20	0.25
D	—	6.50 BSC	—
E	—	4.50 BSC	—
e	—	0.40 BSC	—
D2	5.00	—	5.20
E2	3.00	—	3.20
L	0.35	0.40	0.45
K	0.20	—	—

48-pin LQFP (7mm × 7mm) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	典型值	最大值
A	—	0.354 BSC	—
B	—	0.276 BSC	—
C	—	0.354 BSC	—
D	—	0.276 BSC	—
E	—	0.020 BSC	—
F	0.007	0.009	0.011
G	0.053	0.055	0.057
H	—	—	0.063
I	0.002	—	0.006
J	0.018	0.024	0.030
K	0.004	—	0.008
α	0°	—	7°

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	—	9.00 BSC	—
B	—	7.00 BSC	—
C	—	9.00 BSC	—
D	—	7.00 BSC	—
E	—	0.50 BSC	—
F	0.17	0.22	0.27
G	1.35	1.40	1.45
H	—	—	1.60
I	0.05	—	0.15
J	0.45	0.60	0.75
K	0.09	—	0.20
α	0°	—	7°

Copyright© 2023 by HOLTEK SEMICONDUCTOR INC. All Rights Reserved.

本文件出版时 HOLTEK 已针对所载信息为合理注意，但不保证信息准确无误。文中提到的信息仅是提供作为参考，且可能被更新取代。HOLTEK 不担保任何明示、默示或法定的，包括但不限于适合商品化、令人满意的质量、规格、特性、功能与特定用途、不侵害第三方权利等保证责任。HOLTEK 就文中提到的信息及该信息之应用，不承担任何法律责任。此外，HOLTEK 并不推荐将 HOLTEK 的产品使用在会由于故障或其他原因而可能会对人身安全造成危害的地方。HOLTEK 特此声明，不授权将产品使用于救生、维生或安全关键零部件。在救生 / 维生或安全应用中使用 HOLTEK 产品的风险完全由买方承担，如因该等使用导致 HOLTEK 遭受损害、索赔、诉讼或产生费用，买方同意出面进行辩护、赔偿并使 HOLTEK 免受损害。HOLTEK (及其授权方，如适用) 拥有本文件所提供信息 (包括但不限于内容、数据、示例、材料、图形、商标) 的知识产权，且该信息受著作权法和其他知识产权法的保护。HOLTEK 在此并未明示或暗示授予任何知识产权。HOLTEK 拥有不事先通知而修改本文件所载信息的权利。如欲取得最新的信息，请与我们联系。