



---

# HT32F50220/HT32F50230 产品规格书

带 Arm<sup>®</sup> Cortex<sup>®</sup>-M0+ 内核以及  
1 MSPS ADC、DIV、UART、SPI、  
I<sup>2</sup>C、GPTM、PWM、BFTM、WDT 和 RTC  
高达 32 KB Flash 和 4 KB SRAM 的 Holtek 32-Bit 单片机

版本 : V1.30 日期 : 2019-09-19

[www.holtek.com](http://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
硬件除法器 – DIV .....	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
输入 / 输出端口 – GPIO .....	9
PWM 产生和捕捉定时器 – GPTM .....	9
脉冲宽度调制 – PWM .....	9
基本功能定时器 – BFTM .....	10
看门狗定时器 – WDT .....	10
实时时钟 – RTC .....	10
内部集成电路 – I <sup>2</sup> C .....	10
串行外设接口 – SPI .....	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 .....	29
极限参数 .....	29
建议直流特性 .....	29
片上 LDO 稳压器特性 .....	29
功耗 .....	30
复位和电源监控特性 .....	31
外部时钟特性 .....	32

内部时钟特性 .....	33
存储器特性 .....	33
I/O 端口特性 .....	34
A/D 转换器特性 .....	35
GPTM/PWM 特性 .....	36
I <sup>2</sup> C 特性 .....	36
SPI 特性 .....	37
<b>6 封装信息 .....</b>	<b>39</b>
24-pin SSOP (150mil) 外形尺寸 .....	40
28-pin SSOP (150mil) 外形尺寸 .....	41
28-pin SOP (300mil) 外形尺寸 .....	42
SAW Type 24-pin QFN (3mm×3mm×0.55mm) 外形尺寸 .....	43
SAW Type 33-pin QFN (4mm×4mm) 外形尺寸 .....	44
SAW Type 46-pin QFN (6.5mm×4.5mm×0.75mm) 外形尺寸 .....	45
44-pin LQFP (10mm×10mm) (FP2.0mm) 外形尺寸 .....	46
48-pin LQFP (7mm×7mm) 外形尺寸 .....	47

## 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 .....	25
表 4. 引脚描述 .....	27
表 5. 极限参数 .....	29
表 6. 建议直流工作条件 .....	29
表 7. LDO 特性 .....	29
表 8. 功耗特性 .....	30
表 9. V <sub>DD</sub> 电源复位特性 .....	31
表 10. LVD / BOD 特性 .....	31
表 11. 外部高速时钟 (HSE) 特性 .....	32
表 12. 外部低速时钟 (LSE) 特性 .....	32
表 13. 内部高速时钟 (HSI) 特性 .....	33
表 14. 内部低速时钟 (LSI) 特性 .....	33
表 15. Flash 存储器特性 .....	33
表 16. I/O 端口特性 .....	34
表 17. A/D 转换器特性 .....	35
表 18. GPTM / PWM 特性 .....	36
表 19. I <sup>2</sup> C 特性 .....	36
表 20. SPI 特性 .....	37

## 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. 28-pin SOP 引脚图 .....	19
图 7. 24-pin QFN 引脚图 .....	20
图 8. 33-pin QFN 引脚图 .....	21
图 9. 46-pin QFN 引脚图 .....	22
图 10. 44-pin LQFP 引脚图 .....	23
图 11. 48-pin LQFP 引脚图 .....	24
图 12. A/D 转换器采样网络模板 .....	35
图 13. I <sup>2</sup> C 时序图 .....	37
图 14. SPI 时序图 – SPI 主机模式 .....	38
图 15. SPI 时序图 – SPI 从机模式, CPHA = 1 .....	38

# 1 简介

该系列的 Holtek 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 20 MHz 的频率下, 借助 Flash 加速器以获得最大的效能。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, 如硬件除法器 DIV、ADC、I<sup>2</sup>C、UART、SPI、GPTM、PWM、BFTM、RTC、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最优化的灵活性, 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、马达控制器等。

**arm** CORTEX

## 2 特性

### 内核

- 32-bit Arm® Cortex®-M0+ 处理器内核
- 高达 20 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 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 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

- 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。Flash 存储器还提供字编程 / 页擦除功能。

### 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。

## 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 ~ 20 MHz 晶振
- 外部 32.768 kHz 晶振
- 在工作温度为 25 °C 下，内部 20 MHz RC 振荡器精度可调整为 ±2%
- 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、时钟倍频和 APB 时钟分频器与门控电路。AHB、APB 和 Cortex®-M0+ 的时钟来源于系统时钟 (CK\_SYS)，而系统时钟可以来自 HSI、HSE、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

- 灵活供电：V<sub>DD</sub> 供电 (2.5 V ~ 5.5 V)，V<sub>DDIO</sub> 用作 I/O 口供电 (1.8 V ~ 5.5 V)
- 集成 1.5 V LDO 稳压器用作 CPU 内核、外设和存储器电源
- 三个电源域：V<sub>DD</sub>、V<sub>DDIO</sub> 和 1.5 V
- 三种省电模式：休眠模式、深度休眠模式 1、深度休眠模式 2

功耗被视为许多嵌入式系统应用中最重要的问题之一。因此，在这些单片机中，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。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最佳平衡。

## 外部中断 / 事件控制器 – EXTI

- 高达 16 个可配置触发源和触发类型的 EXTI 输入线
- 所有 GPIO 引脚都可选作 EXTI 触发源
- 触发源类型包括：高电平、低电平、下降沿、上升沿或者双沿
- 每个 EXTI 输入线都可独立进行中断使能、唤醒使能和状态位设置
- 每个 EXTI 输入线都有软件中断触发模式
- 内建去干扰滤波器，用于封锁短脉冲

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

## 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 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。

## 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 端口和 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，以获得最大的灵活性。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。

## PWM 产生和捕捉定时器 – GPTM

- 16-bit 向上 / 向下自动重载计数器
- 每个定时器高达 4 个独立通道
- 16-bit 可编程预分频器对计数器时钟频率进行分频，分频率为 1 ~ 65536
- 输入捕捉功能
- 比较匹配输出
- PWM 波形产生功能，具有边沿对齐和中心对齐两种计数模式
- 单脉冲输出模式
- 内建可处理编码器接口信号的带两个输入口的正交解码器

通用定时器包括一个 16-bit 向上 / 向下计数器，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。

## 脉冲宽度调制 – PWM

- 16-bit 向上 / 向下自动重载计数器
- 每个定时器高达 4 个独立通道
- 16-bit 可编程预分频器对计数器时钟频率进行分频，分频率为 1 ~ 65536
- 比较匹配输出
- PWM 波形产生功能，具有边沿对齐和中心对齐两种计数模式
- 单脉冲输出模式

脉冲宽度调制包括一个 16-bit 向上 / 向下计数器，四个 16-bit 比较寄存器 (CR)，一个 16-bit 计数

器重装载寄存器 (CRR) 和多个控制 / 状态寄存器。它可用于多种用途, 包括通用计时、输出波形产生, 如单脉冲波形产生或 PWM 输出。

## 基本功能定时器 – BFTM

- 32-bit 比较 / 匹配向上计数器 – 无输入 / 输出控制特性
- 单次模式 – 匹配条件产生后停止计数
- 重复模式 – 匹配条件产生后重新开始计数

基本功能定时器是一个简单的 32-bit 向上计数器, 可用于测量时间间隔并产生一个单次或者重复中断。BFTM 工作在两种功能模式下, 即重复模式或单次模式。在重复模式下, 当一个比较匹配事件发生时, BFTM 重新开始计数。BFTM 也包含一个单次模式, 在此模式下, 当一个比较匹配事件发生时, 计数器停止计数。

## 看门狗定时器 – WDT

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

看门狗定时器是一个硬件定时电路, 可用于检测因软件陷入死锁导致的系统故障。它包括一个 12-bit 向下计数器、预分频器、一个 WDT 增量值寄存器、WDT 操作控制电路和 WDT 保护机制。如果软件在看门狗定时器溢出前没有重载计数器的值, 计数器溢出时将产生复位。此外, 当计数器值大于 WDT 增量值时, 如果软件重新加载计数器, 也会产生复位。这意味着计数器必须在有限的时间窗口内用特定方法重新加载。当处理器处于调试模式, 看门狗定时器计数器可停止计数。该寄存器写保护功能被使能, 来防止看门狗定时器配置的突然改变。

## 实时时钟 – RTC

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

实时时钟, RTC 电路包括 APB 接口、24-bit 向上计数器、一个控制寄存器、一个预分频器、一个比较寄存器和一个状态寄存器。RTC 电路位于 V<sub>DD15</sub> 电源域。RTC 计数器被用作唤醒定时器当 MCU 在省电模式时, 产生系统恢复或中断信号。

## 内部集成电路 – I<sup>2</sup>C

- 支持高达 1 MHz 频率的主从模式
- 提供仲裁功能和时钟同步功能
- 支持 7-bit 和 10-bit 寻址模式和广播呼叫寻址
- 可屏蔽地址功能支持多种从机寻址模式

I<sup>2</sup>C 模块是一个允许与外部 I<sup>2</sup>C 接口通信的内部电路, 而外部 I<sup>2</sup>C 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。I<sup>2</sup>C 模块提供了三种数据传输速率: 即标准模式下的 100 kHz、快速模式下的 400 kHz 和高速模式下的 1 MHz。SCL 周期产生寄存器用于设置不同的占空比得到不同的 SCL 脉冲。

SDA 线是一条双向数据线, 它连接整个 I<sup>2</sup>C 总线, 在主机和从机之间用于数据的传输和接收。I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 总线的情况。

## 串行外设接口 – SPI

- 支持主从模式
- 主机模式频率高达 ( $f_{PCLK}/2$ ) MHz，从机模式频率高达 ( $f_{PCLK}/3$ ) MHz
- FIFO 深度：8 级
- 多个主机和多个从机工作模式

串行外设接口 SPI 提供了一个 SPI 协议：主从模式下数据发送和接收功能。SPI 接口使用 4 个引脚，其中有串行数据输入和输出线 MISO 和 MOSI，时钟线 SCK 和从机选择线 SEL。SPI 作为主机使用，用 SEL 和 SCK 信号控制数据流来说明数据通信启动和数据采样率。要接收数据字节，数据流在特定的时钟边沿时被锁存且存储在数据寄存器或 RX FIFO。数据发送也是通过类似的方式，但以相反的顺序。模式故障检测功能使其适用于多主机应用。

## 通用异步收发器 – UART

- 异步串行通信工作频率高达 ( $f_{PCLK}/16$ ) 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。通过读取线路状态寄存器 LSR，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，28-pin SOP，24/33/46-pin QFN 和 44/48-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		HT32F50220	HT32F50230
主 Flash (KB)		16	31
选项字节 Flash (KB)		1	1
SRAM (KB)		4	4
定时器	GPTM	1	
	PWM	2	
	BFTM	1	
	WDT	1	
	RTC	1	
通信	SPI	2	
	UART	2	
	I <sup>2</sup> C	1	
硬件除法器		1	
EXTI		16	
12-bit ADC 通道数		1	
		12	
GPIO		40 (Max.)	
CPU 频率		20 MHz (Max.)	
工作电压		2.5 V ~ 5.5 V	
工作温度		-40 °C ~ +85 °C	
封装		24/28-pin SSOP, 28-pin SOP, 24/33/46-pin QFN 和 44/48-pin LQFP	

方框图

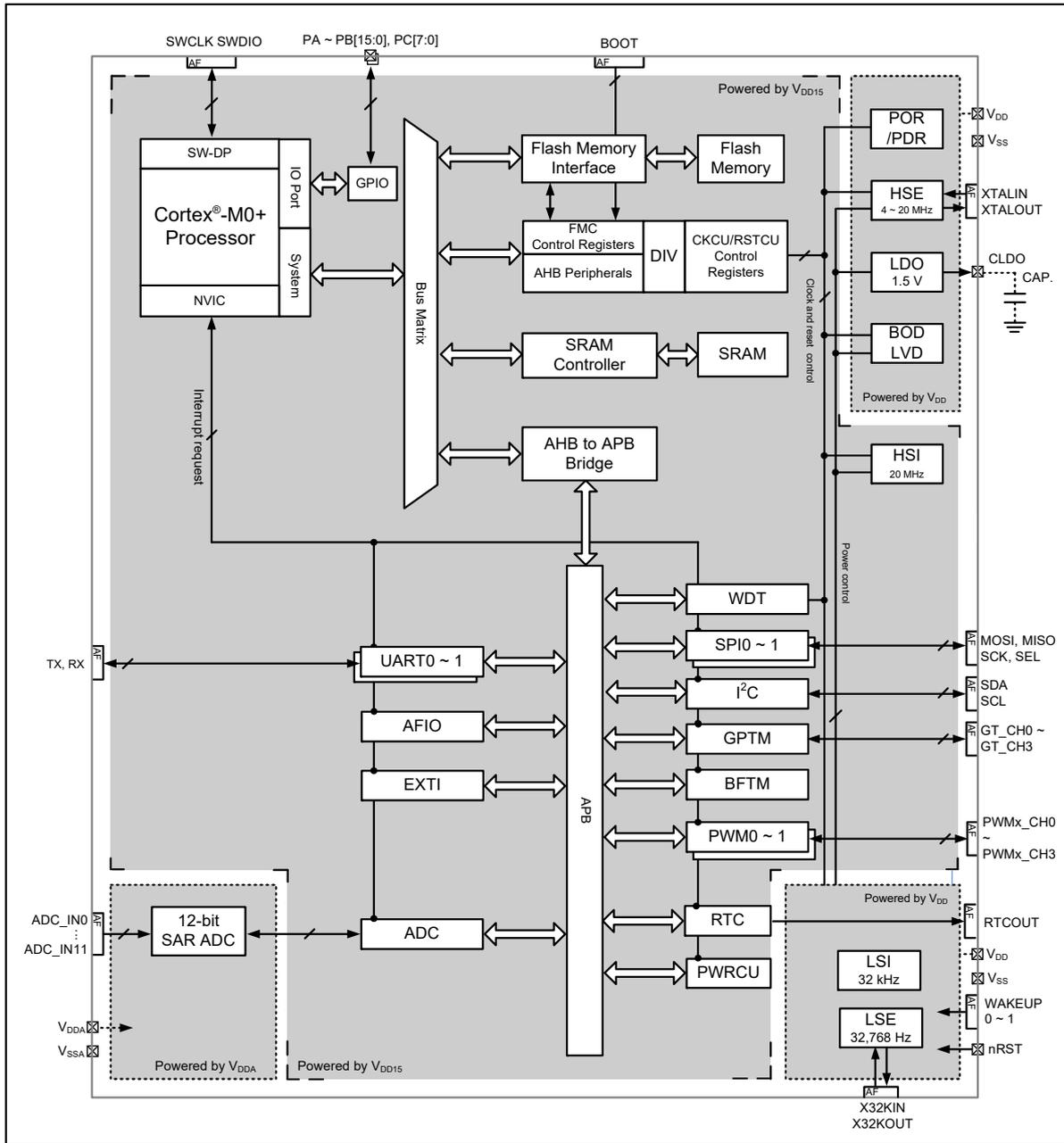


图 1. 方框图

概述

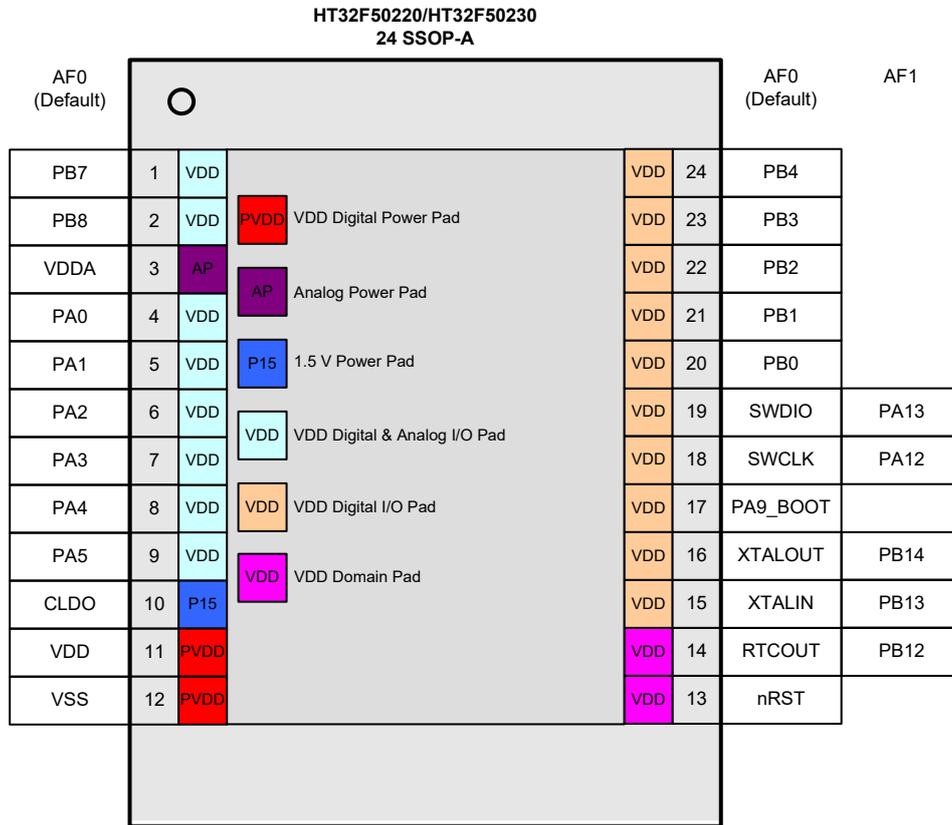


表 2. 寄存器映射

起始地址	终止地址	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	SPI0	
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_0FFF	保留	
0x4003_1000	0x4003_1FFF	PWM0	
0x4003_2000	0x4004_0FFF	保留	
0x4004_1000	0x4004_1FFF	UART1	
0x4004_2000	0x4004_3FFF	保留	
0x4004_4000	0x4004_4FFF	SPI1	
0x4004_5000	0x4004_7FFF	保留	
0x4004_8000	0x4004_8FFF	I <sup>2</sup> C	
0x4004_9000	0x4006_7FFF	保留	
0x4006_8000	0x4006_8FFF	WDT	
0x4006_9000	0x4006_9FFF	保留	
0x4006_A000	0x4006_AFFF	RTC & PWRCU	
0x4006_B000	0x4006_DFFF	保留	
0x4006_E000	0x4006_EFFF	GPTM	
0x4006_F000	0x4007_0FFF	保留	
0x4007_1000	0x4007_1FFF	PWM1	
0x4007_2000	0x4007_5FFF	保留	
0x4007_6000	0x4007_6FFF	BFTM	
0x4007_7000	0x4007_FFFF	保留	
0x4008_0000	0x4008_1FFF	FMC	
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	0x400B_5FFF	GPIOC	
0x400B_6000	0x400C_9FFF	保留	
0x400C_A000	0x400C_BFFF	DIV	
0x400C_C000	0x400F_FFFF	保留	



# 4 引脚图



引脚图

图 4. 24-pin SSOP 引脚图

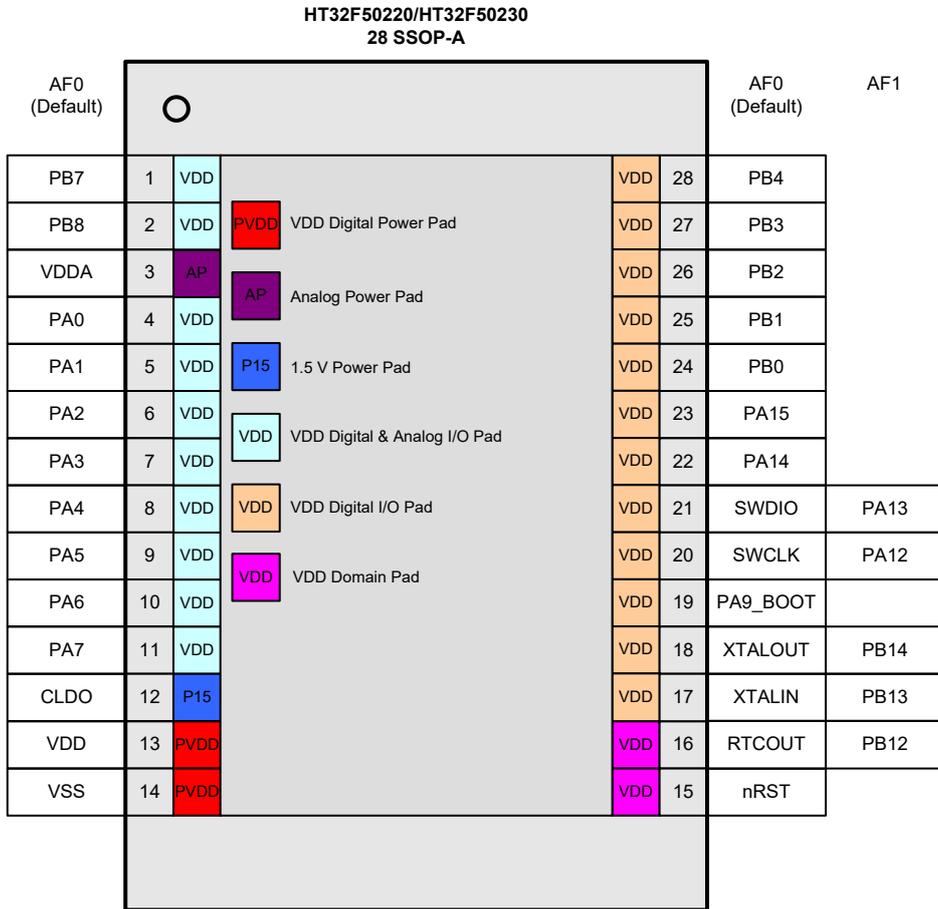
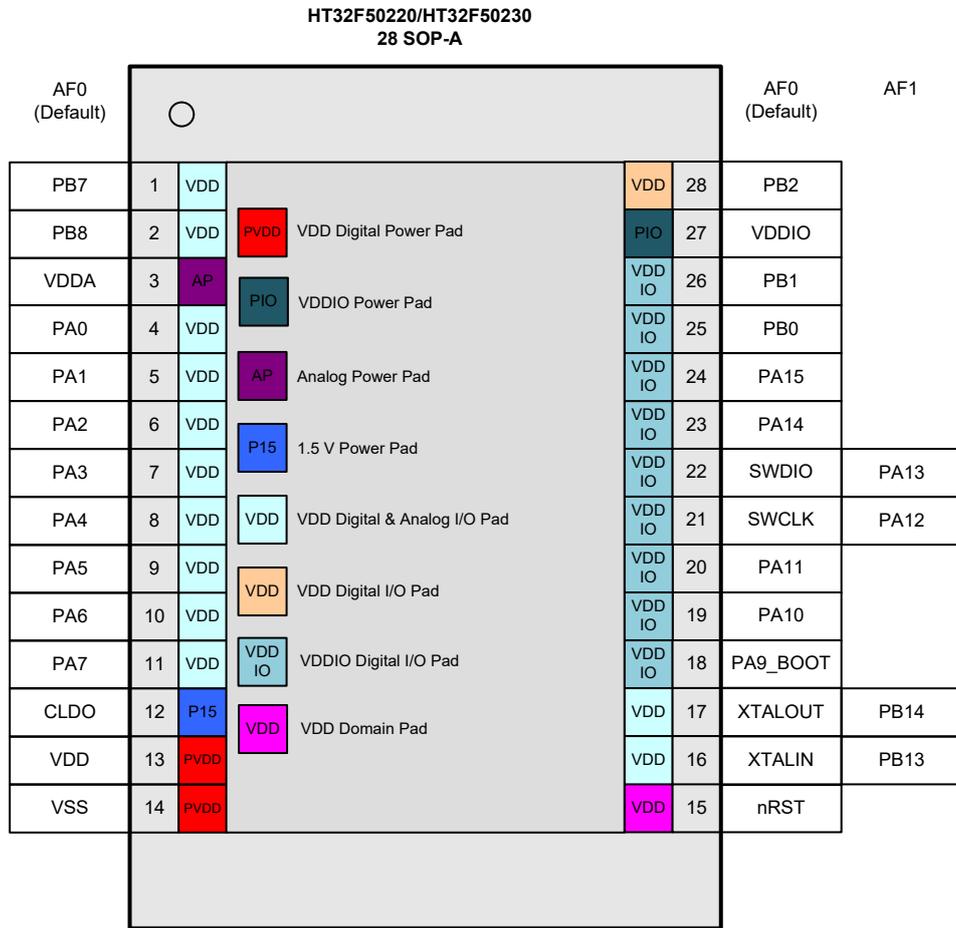
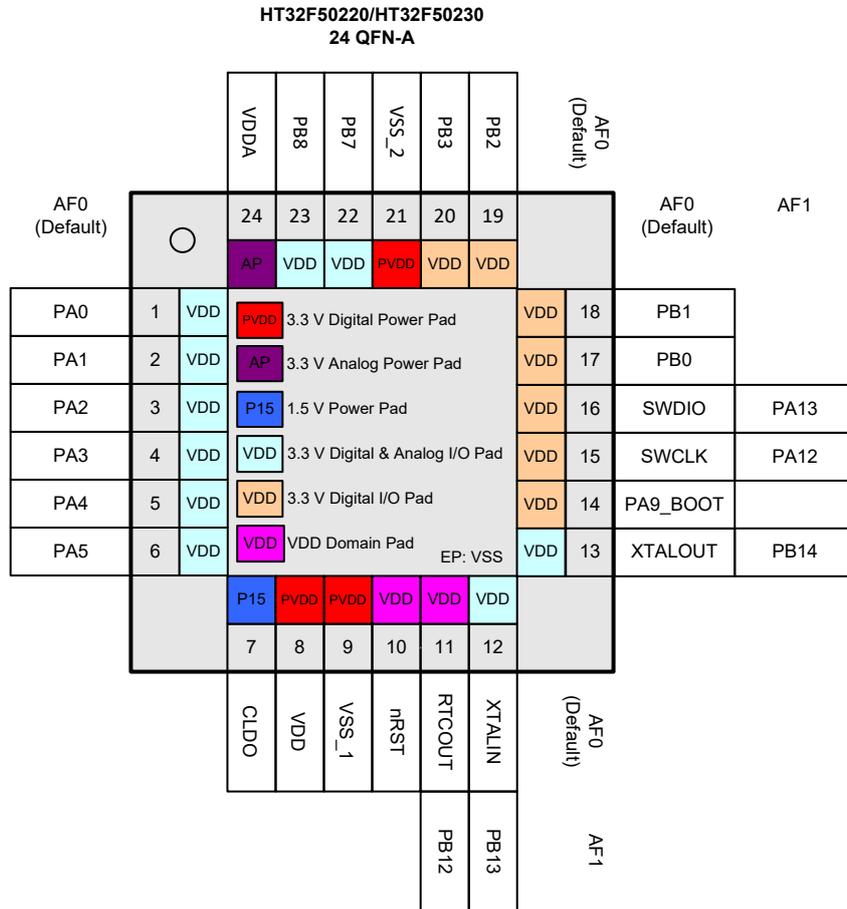


图 5. 28-pin SSOP 引脚图



引脚图

图 6. 28-pin SOP 引脚图



引脚图

图 7. 24-pin QFN 引脚图



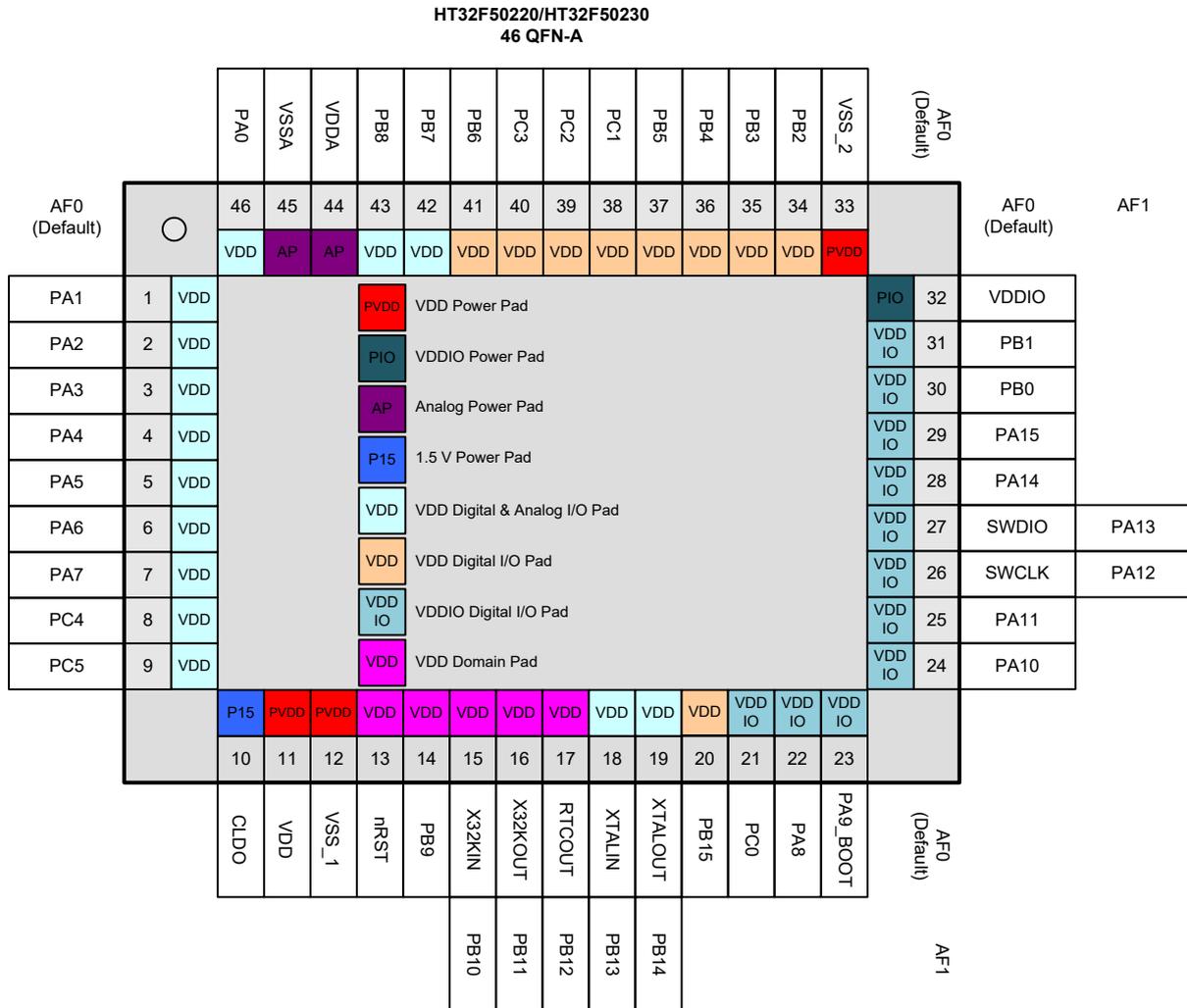


图 9. 46-pin QFN 引脚图





表 3. 引脚分配

封装								复用功能映射																
								AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15	
48 LQFP	46 QFN	44 LQFP	33 QFN	28 SOP	28 SSOP	24 SSOP	24 QFN	系统默认	GPIO	ADC	N/A	GPTM	SPI	UART	I <sup>2</sup> C	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	PWM	N/A	系统其它
1	46	1	1	4	4	4	1	PA0		ADC_IN2		GT_CH0	SPI1_SCK		I2C_SCL									
2	1	2	2	5	5	5	2	PA1		ADC_IN3		GT_CH1	SPI1_MOSI		I2C_SDA									
3	2	3	3	6	6	6	3	PA2		ADC_IN4		GT_CH2	SPI1_MISO	UR0_TX										
4	3	4	4	7	7	7	4	PA3		ADC_IN5		GT_CH3	SPI1_SEL	UR0_RX										
5	4	5	5	8	8	8	5	PA4		ADC_IN6		GT_CH0	SPI0_SCK	UR1_TX	I2C_SCL									
6	5	6	6	9	9	9	6	PA5		ADC_IN7		GT_CH1	SPI0_MOSI	UR1_RX	I2C_SDA									
7	6	7	7	10	10			PA6		ADC_IN8		GT_CH2	SPI0_MISO											
8	7	8	8	11	11			PA7		ADC_IN9		GT_CH3	SPI0_SEL											
9	8	9						PC4		ADC_IN10				UR1_TX								PWM1_CH0		
10	9	10						PC5		ADC_IN11				UR1_RX								PWM1_CH1		
11		11						PC6				GT_CH0		UR0_TX	I2C_SCL									
12								PC7				GT_CH1		UR0_RX	I2C_SDA									
13	10	12	9	12	12	10	7	CLDO																
14	11	13	10	13	13	11	8	VDD																
15	12	14	11	14	14	12	9	VSS_1																
16	13	15	12	15	15	13	10	nRST																
17	14	16						PB9				GT_CH3										PWM1_CH2		WAKEUP1
18	15	17	13					X32KIN	PB10			GT_CH0	SPI1_SEL	UR1_TX								PWM1_CH3		
19	16	18	14					X32KOUT	PB11			GT_CH1	SPI1_SCK	UR1_RX								PWM0_CH3		
20	17	19	15		16	14	11	RTCOUT	PB12				SPI0_MISO	UR0_RX								PWM0_CH0		WAKEUP0
21	18	20	16	16	17	15	12	XTALIN	PB13					UR0_TX	I2C_SCL									
22	19	21	17	17	18	16	13	XTALOUT	PB14					UR0_RX	I2C_SDA									
23	20	22						PB15				GT_CH0	SPI0_SEL		I2C_SCL							PWM0_CH1		
24	21							PC0				GT_CH1	SPI0_SCK		I2C_SDA							PWM0_CH2		
25	22							PA8						UR1_TX								PWM1_CH3		
26	23	23	18	18	19	17	14	PA9_BOOT					SPI0_MOSI									PWM1_CH0		CKOUT
27	24	24		19				PA10				GT_CH2	SPI0_MOSI	UR1_RX								PWM0_CH1		
28	25	25		20				PA11				GT_CH3	SPI0_MISO									PWM0_CH2		
29	26	26	19	21	20	18	15	SWCLK	PA12															
30	27	27	20	22	21	19	16	SWDIO	PA13															
31	28	28	21	23	22			PA14				GT_CH0	SPI1_SEL	UR1_TX	I2C_SCL							PWM0_CH0		
32	29	29	22	24	23			PA15				GT_CH0	SPI1_SCK	UR1_RX	I2C_SDA							PWM1_CH2		
33	30	30	23	25	24	20	17	PB0				GT_CH1	SPI1_MOSI	UR0_TX	I2C_SCL							PWM0_CH1		
34	31	31	24	26	25	21	18	PB1				GT_CH1	SPI1_MISO	UR0_RX	I2C_SDA							PWM1_CH1		
35	32	32		27				VDDIO																
36	33	33	33				21	VSS_2																
37	34	34	25	28	26	22	19	PB2				GT_CH2	SPI0_SEL	UR1_TX								PWM0_CH2		CKIN
38	35	35	26		27	23	20	PB3				GT_CH2	SPI0_SCK	UR1_RX								PWM1_CH2		

封装								复用功能映射																	
								AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15		
48 LQFP	46 QFN	44 LQFP	33 QFN	28 SOP	28 SSOP	24 SSOP	24 QFN	系统默认	GPIO	ADC	N/A	GPTM	SPI	UART	I <sup>2</sup> C	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	PWM	N/A	系统其它	
39	36	36	27		28	24		PB4					SPI0_MOSI	UR1_TX									PWM0_CH3		
40	37	37	28					PB5				GT_CH2	SPI0_MISO	UR1_RX											
41	38	38						PC1				GT_CH0	SPI1_SEL	UR1_TX									PWM0_CH0		
42	39	39						PC2				GT_CH1	SPI1_SCK										PWM1_CH0		
43	40	40						PC3					SPI1_MOSI	UR1_RX									PWM1_CH1		
44	41							PB6				GT_CH3	SPI1_MISO	UR0_TX											
45	42	41	29	1	1	1	22	PB7		ADC_IN0		GT_CH3	SPI0_MISO	UR0_TX	I2C_SCL								PWM0_CH3		
46	43	42	30	2	2	2	23	PB8		ADC_IN1		GT_CH3	SPI0_SEL	UR0_RX	I2C_SDA								PWM1_CH3		
47	44	43	31	3	3	3	24	VDDA																	
48	45	44	32					VSSA																	

注：1. 在 24QFN 封装中，EP VSS 与引脚 21 内接在一起。EP 表示 QFN 封装的 Exposed Pad。  
2. 33-pin QFN 封装的引脚 33 位于 QFN 封装的 Exposed Pad 上。

表 4. 引脚描述

引脚编号								引脚名称	类型 <sup>(1)</sup>	I/O 结构 <sup>(2)</sup>	输出驱动	描述
48 LQFP	46 QFN	44 LQFP	33 QFN	28 SOP	28 SSOP	24 SSOP	24 QFN					默认功能 (AF0)
1	46	1	1	4	4	4	1	PA0	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA0
2	1	2	2	5	5	5	2	PA1	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA1
3	2	3	3	6	6	6	3	PA2	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA2
4	3	4	4	7	7	7	4	PA3	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA3
5	4	5	5	8	8	8	5	PA4	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA4
6	5	6	6	9	9	9	6	PA5	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA5
7	6	7	7	10	10			PA6	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA6
8	7	8	8	11	11			PA7	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PA7
9	8	9						PC4	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC4
10	9	10						PC5	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PC5
11		11						PC6	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PC6
12								PC7	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PC7
13	10	12	9	12	12	10	7	CLDO	P	—	—	内核 1.5V LDO 电源输出必须连接一个 2.2 μF 电容, 尽量靠近 CLDO 与 VSS_1 引脚
14	11	13	10	13	13	11	8	VDD	P	—	—	数字 I/O 口电压
15	12	14	11	14	14	12	9	VSS_1	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
16	13	15	12	15	15	13	10	nRST <sup>(3)</sup>	I	5V_PU	—	外部复位引脚
17	14	16						PB9 <sup>(3)</sup>	I/O (VDD)	5V	4/8/12/16 mA	PB9
18	15	17	13					PB10 <sup>(3)</sup>	AI/O (VDD)	5V	4/8/12/16 mA	X32KIN
19	16	18	14					PB11 <sup>(3)</sup>	AI/O (VDD)	5V	4/8/12/16 mA	X32KOUT
20	17	19	15		16	14	11	PB12 <sup>(3)</sup>	I/O (VDD)	5V	4/8/12/16 mA	RTCOUT
21	18	20	16	16	17	15	12	PB13	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	XTALIN
22	19	21	17	17	18	16	13	PB14	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	XTALOUT
23	20	22						PB15	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB15
24	21							PC0	I/O (VDDIO)	5V	4/8/12/16 mA	PC0
25	22							PA8	I/O (VDDIO)	5V	4/8/12/16 mA	PA8
26	23	23	18	18	19	17	14	PA9	I/O (VDDIO)	5V_PU	4/8/12/16 mA	PA9_BOOT
27	24	24		19				PA10	I/O (VDDIO)	5V	4/8/12/16 mA	PA10
28	25	25		20				PA11	I/O (VDDIO)	5V	4/8/12/16 mA	PA11
29	26	26	19	21	20	18	15	PA12	I/O (VDDIO)	5V_PU	4/8/12/16 mA	SWCLK
30	27	27	20	22	21	19	16	PA13	I/O (VDDIO)	5V_PU	4/8/12/16 mA	SWDIO
31	28	28	21	23	22			PA14	I/O (VDDIO)	5V	4/8/12/16 mA	PA14
32	29	29	22	24	23			PA15	I/O (VDDIO)	5V	4/8/12/16 mA	PA15
33	30	30	23	25	24	20	17	PB0	I/O (VDDIO)	5V	4/8/12/16 mA	PB0

引脚编号								引脚名称	类型 <sup>(1)</sup>	I/O 结构 <sup>(2)</sup>	输出驱动	描述
48 LQFP	46 QFN	44 LQFP	33 QFN	28 SOP	28 SSOP	24 SSOP	24 QFN					默认功能 (AF0)
34	31	31	24	26	25	21	18	PB1	I/O (VDDIO)	5V	4/8/12/16 mA	PB1
35	32	32		27				VDDIO	P	—	—	数字 I/O 口电压
36	33	33	33				21	VSS_2	P	—	—	数字 I/O 接地参考电压
37	34	34	25	28	26	22	19	PB2	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB2
38	35	35	26		27	23	20	PB3	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB3
39	36	36	27		28	24		PB4	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB4
40	37	37	28					PB5	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PB5
41	38	38						PC1	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PC1
42	39	39						PC2	I/O	5V	4/8/12/16 mA	PC2
43	40	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	41	29	1	1	1	22	PB7	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB7
46	43	42	30	2	2	2	23	PB8	AI/O	5V	4/8/12/16 mA	PB8
47	44	43	31	3	3	3	24	VDDA	P	—	—	ADC 模拟电压
48	45	44	32					VSSA	P	—	—	ADC 接地参考电压

注：1. I = 输入，O = 输出，A = 模拟端口，P = 电源，V<sub>DD</sub> = V<sub>DD</sub> 电源。

2. 5V = 5 V 工作 I/O 型，PU = 上拉。

3. 这些引脚位于 V<sub>DD</sub> 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 <sub>DD</sub>	外部主电源供应电压	V <sub>SS</sub> - 0.3	V <sub>SS</sub> + 5.5	V
V <sub>DDIO</sub>	外部 I/O 口电源供应电压	V <sub>SS</sub> - 0.3	V <sub>SS</sub> + 5.5	V
V <sub>IN</sub>	I/O 口输入电压	V <sub>SS</sub> - 0.3	V <sub>DD</sub> + 0.3	V
T <sub>A</sub>	工作温度的范围	-40	+85	°C
T <sub>STG</sub>	储存温度的范围	-55	+150	°C
T <sub>J</sub>	最大结温	—	125	°C
P <sub>D</sub>	总功耗	—	500	mW
V <sub>ESD</sub>	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<sub>A</sub> = 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 <sub>DD</sub>	工作电压	—	2.5	5.0	5.5	V
V <sub>DDIO</sub>	I/O 的工作电压	—	1.8	5.0	5.5	V
V <sub>DDA</sub>	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<sub>A</sub> = 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 <sub>LDO</sub>	内部稳压器输出电压	调整后，V <sub>DD</sub> ≥ 2.5 V 稳压器输入 @ I <sub>LDO</sub> = 35 mA 且电压变化为 ±5 %	1.425	1.5	1.57	V
I <sub>LDO</sub>	输出电流	V <sub>DD</sub> = 2.5 V 稳压器输入 @ V <sub>LDO</sub> = 1.5 V	—	30	35	mA
C <sub>LDO</sub>	内核供电的外部滤波电容值	电容值取决于内核电源的功耗	1	2.2	—	μF

## 功耗

表 8. 功耗特性

符号	参数	条件	典型值		最大值		单位
			T <sub>A</sub> = 25 °C	T <sub>A</sub> = 25 °C	T <sub>A</sub> = 25 °C	T <sub>A</sub> = 85 °C	
I <sub>DD</sub>	工作电流 (运行模式)	V <sub>DD</sub> = 5.0 V, HSI = 20 MHz, f <sub>CPU</sub> = 20 MHz, f <sub>BUS</sub> = 20 MHz, 所有外设使能	5.7	6.5	—	mA	
		V <sub>DD</sub> = 5.0 V, HSI = 20 MHz, f <sub>CPU</sub> = 20 MHz, f <sub>BUS</sub> = 20 MHz, 所有外设除能	4.0	4.5	—		
		V <sub>DD</sub> = 5.0 V, HSI = 20 MHz, f <sub>CPU</sub> = 10 MHz, f <sub>BUS</sub> = 10 MHz, 所有外设使能	3.1	3.5	—		
		V <sub>DD</sub> = 5.0 V, HSI = 20 MHz, f <sub>CPU</sub> = 10 MHz, f <sub>BUS</sub> = 10 MHz, 所有外设除能	2.2	2.5	—		
		V <sub>DD</sub> = 5.0 V, HSI off, LSI on, f <sub>CPU</sub> = 32 kHz, f <sub>BUS</sub> = 32 kHz, 所有外设使能	30	39	—		μA
		V <sub>DD</sub> = 5.0 V, HSI off, LSI on, f <sub>CPU</sub> = 32 kHz, f <sub>BUS</sub> = 32 kHz, 所有外设除能	27	36	—		
	工作电流 (休眠模式)	V <sub>DD</sub> = 5.0 V, HSI = 20 MHz, f <sub>CPU</sub> = 0 MHz, f <sub>BUS</sub> = 20 MHz, 所有外设使能	2.7	3.1	—	mA	
		V <sub>DD</sub> = 5.0 V, HSI = 20 MHz, f <sub>CPU</sub> = 0 MHz, f <sub>BUS</sub> = 20 MHz, 所有外设除能	0.8	0.92	—		
		V <sub>DD</sub> = 5.0 V, HSI = 20 MHz, f <sub>CPU</sub> = 0 MHz, f <sub>BUS</sub> = 10 MHz, 所有外设使能	1.6	1.85	—		
		V <sub>DD</sub> = 5.0 V, HSI = 20 MHz, f <sub>CPU</sub> = 0 MHz, f <sub>BUS</sub> = 10 MHz, 所有外设除能	0.65	0.75	—		
工作电流 (深度休眠 1 模式)	V <sub>DD</sub> = 5.0 V, 所有时钟关闭 (HSE/HSI/LSE), LDO 在低功耗 模式, LSI on, RTC on	22	28	—	μA		
工作电流 (深度休眠 2 模式)	V <sub>DD</sub> = 5.0 V, 所有时钟关闭 (HSE/HSI/LSE), LDO off, DMOS on, LSI on, RTC on	6.4	9.5	—			

- 注: 1. HSE 是外部高速振荡器, 而 HSI 是内部 8 MHz 高速振荡器。  
 2. LSE 是 32.768 kHz 外部低速振荡器, 而 LSI 是内部 32 kHz 低速振荡器。  
 3. RTC 表示实时时钟。  
 4. 代码 = while (1) {208 NOP} 在 Flash 中执行。  
 5. f<sub>BUS</sub> 表示 f<sub>HCLK</sub> 和 f<sub>PCLK</sub>。

## 复位和电源监控特性

表 9. V<sub>DD</sub> 电源复位特性

T<sub>A</sub> = 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 <sub>POR</sub>	上电复位阈值 (V <sub>DD</sub> 电压上升)	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ +85 °C	2.22	2.35	2.48	V
V <sub>PDR</sub>	掉电复位阈值 (V <sub>DD</sub> 电压下降)		2.12	2.2	2.33	V
V <sub>PORHYST</sub>	POR 迟滞	—	—	150	—	mV
t <sub>POR</sub>	复位延迟时间	V <sub>DD</sub> = 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<sub>DD</sub> POR 处于无效状态。当 V<sub>DD</sub> POR 处于有效状态时，LDO 将被关闭。

表 10. LVD / BOD 特性

T<sub>A</sub> = 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 <sub>BOD</sub>	掉电检测电压	工厂调整后 T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 85 °C, (V <sub>DD</sub> 下降沿)	2.37	2.45	2.53	V	
V <sub>LVD</sub>	低压检测电压	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 85 °C, (V <sub>DD</sub> 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 <sub>LVDHST</sub>	LVD 迟滞	V <sub>DD</sub> = 5.0 V	—	—	100	mV	
t <sub>suLVD</sub>	LVD 建立时间	V <sub>DD</sub> = 5.0 V	—	—	5	μs	
t <sub>alLVD</sub>	LVD 有效延迟时间	V <sub>DD</sub> = 5.0 V	—	—	—	ms	
I <sub>DDLVD</sub>	工作电流 <sup>(3)</sup>	V <sub>DD</sub> = 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
$V_{DD}$	工作电压范围	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	2.5	—	5.5	V
$f_{HSE}$	外部高速振荡器频率 (HSE)	$V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.0\text{ V}$	4	—	20	MHz
$C_{LHSE}$	负载电容	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$ , $R_{ESR} = 100\ \Omega @ 20\text{ MHz}$	—	—	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 $\Omega$
$R_{ESR}$	等效串联电阻	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$ , $C_L = 12\text{ pF}$ @ 20 MHz, HSEDR = 0 $V_{DD} = 2.5\text{ V}$ , $C_L = 12\text{ pF}$ @ 20 MHz, HSEDR = 1	—	—	110	$\Omega$
$D_{HSE}$	HSE 振荡器占空比	—	40	—	60	%
$I_{DDHSE}$	HSE 振荡器工作电流	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$ , $R_{ESR} = 100\ \Omega$ , $C_L = 12\text{ pF} @ 8\text{ MHz}$ , HSEDR = 0 $V_{DD} = 5.0\text{ V}$ , $R_{ESR} = 25\ \Omega$ , $C_L = 12\text{ pF} @ 20\text{ MHz}$ , HSEDR = 1	—	0.85	—	mA
$I_{PWDHSE}$	HSE 振荡器暂停电流	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	—	0.01	$\mu\text{A}$
$t_{SUHSE}$	HSE 振荡器启动时间	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	—	—	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。

表 12. 外部低速时钟 (LSE) 特性

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	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	2.5	—	5.5	V
$f_{CK\_LSE}$	外部低速振荡器频率 (LSE)	$V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$	—	32.768	—	kHz
$R_F$	内部反馈电阻	—	—	10	—	M $\Omega$
$R_{ESR}$	等效串联电阻	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	30	—	TBD	k $\Omega$
$C_L$	建议负载电容	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	6	—	TBD	pF
$I_{DDLSE}$	振荡器工作电流 (大电流模式)	$f_{CK\_LSE} = 32.768\text{ kHz}$ , $R_{ESR} = 50\text{ k}\Omega$ , $C_L \geq 7\text{ pF}$ $V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim +85\text{ }^\circ\text{C}$	—	4.0	5.6	$\mu\text{A}$
$I_{DDLSE}$	振荡器工作电流 (小电流模式)	$f_{CK\_LSE} = 32.768\text{ kHz}$ , $R_{ESR} = 50\text{ k}\Omega$ , $C_L < 7\text{ pF}$ $V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim +85\text{ }^\circ\text{C}$	—	3.6	4.5	$\mu\text{A}$
$I_{DDLSE}$	暂停电流	—	—	—	0.01	$\mu\text{A}$
$t_{suLSE}$	启动时间 (小电流模式)	$f_{CK\_LSI} = 32.768\text{ kHz}$ , $V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$	500	—	—	ms

## 内部时钟特性

表 13. 内部高速时钟 (HSI) 特性

T<sub>A</sub> = 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 <sub>DD</sub>	工作电压范围	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 85 °C	2.5	—	5.5	V
f <sub>HSI</sub>	HSI 频率	V <sub>DD</sub> = 5 V @ 25 °C	—	20	—	MHz
ACC <sub>HSI</sub>	工厂调整 HSI 振荡器频率精度	V <sub>DD</sub> = 5.0 V T <sub>A</sub> = 25 °C	-2	—	2	%
		V <sub>DD</sub> = 2.5 V ~ 5.5 V T <sub>A</sub> = -40 °C ~ +85 °C	-3	—	3	%
Duty	HSI 振荡器占空比	f <sub>HSI</sub> = 20 MHz	35	—	65	%
I <sub>DDHSI</sub>	HSI 振荡器工作电流	f <sub>HSI</sub> = 20 MHz	—	—	140	μA
	暂停电流	@ V <sub>DD</sub> = 2.5 V ~ 5.5 V	—	—	0.01	μA
t <sub>SUHSI</sub>	HSI 振荡器启动时间	f <sub>HSI</sub> = 20 MHz	—	—	20	μs

表 14. 内部低速时钟 (LSI) 特性

T<sub>A</sub> = 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 <sub>DD</sub>	工作电压范围	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ 85 °C	2.5	—	5.5	V
f <sub>LSI</sub>	内部低速振荡器频率 (LSI)	V <sub>DD</sub> = 5.0 V, T <sub>A</sub> = -40 °C ~ +85 °C	21	32	43	kHz
ACC <sub>LSI</sub>	LSI 振荡器频率精度	工厂调整后, V <sub>DD</sub> = 5.0 V	-10	—	+10	%
I <sub>DDL</sub>	LSI 振荡器工作电流	V <sub>DD</sub> = 5.0 V	—	0.5	0.8	μA
t <sub>SULSI</sub>	LSI 振荡器启动时间	V <sub>DD</sub> = 5.0 V	—	—	100	μs

## 存储器特性

表 15. Flash 存储器特性

T<sub>A</sub> = 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
N <sub>ENDU</sub>	失败前可擦写次数 (寿命)	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ +85 °C	10	—	—	K cycles
t <sub>RET</sub>	数据保存时间	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ +85 °C	10	—	—	Years
t <sub>PROG</sub>	字编程时间	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ +85 °C	20	—	—	μs
t <sub>ERASE</sub>	页擦除时间	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ +85 °C	2	—	—	ms
t <sub>MERASE</sub>	整片擦除时间	T <sub>A</sub> = -40 °C ~ +85 °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	5.0 V I/O	—	—	3	$\mu\text{A}$
		复位引脚			3	
$I_{IH}$	高电平输入电流	5.0 V I/O	—	—	3	$\mu\text{A}$
		复位引脚			3	
$V_{IL}$	低电平输入电压	5.0 V I/O	-0.5	—	$0.35 V_{DD}$	V
		复位引脚	-0.5	—	$0.35 V_{DD}$	V
$V_{IH}$	高电平输入电压	5.0 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	5.0 V I/O	—	$0.12 V_{DD}$	—	mV
		复位引脚	—	$0.12 V_{DD}$	—	mV
$I_{OL}$	低电平输出电流 (GPIO 灌电流)	5.0 V I/O 4 mA 驱动, $V_{OL} = 0.6\text{ V}$	4	—	—	mA
		5.0 V I/O 8 mA 驱动, $V_{OL} = 0.6\text{ V}$	8	—	—	mA
		5.0 V I/O 12 mA 驱动, $V_{OL} = 0.6\text{ V}$	12	—	—	mA
		5.0 V I/O 16 mA 驱动, $V_{OL} = 0.6\text{ V}$	16	—	—	mA
$I_{OH}$	高电平输出电流 (GPIO 源电流)	5.0 V I/O 4 mA 驱动, $V_{OH} = V_{DD} - 0.6\text{ V}$	—	4	—	mA
		5.0 V I/O 8 mA 驱动, $V_{OH} = V_{DD} - 0.6\text{ V}$	—	8	—	mA
		5.0 V I/O 12 mA 驱动, $V_{OH} = V_{DD} - 0.6\text{ V}$	—	12	—	mA
		5.0 V I/O 16 mA 驱动, $V_{OH} = V_{DD} - 0.6\text{ V}$	—	16	—	mA
$V_{OL}$	低电平输出电压	5.0 V 4 mA 驱动 I/O, $I_{OL} = 4\text{ mA}$	—	—	0.6	V
		5.0 V 8 mA 驱动 I/O, $I_{OL} = 8\text{ mA}$	—	—	0.6	V
		5.0 V 12 mA 驱动 I/O, $I_{OL} = 12\text{ mA}$	—	—	0.6	V
		5.0 V 16 mA 驱动 I/O, $I_{OL} = 16\text{ mA}$	—	—	0.6	V
$V_{OH}$	高电平输出电压	5.0 V 4 mA 驱动 I/O, $I_{OH} = 4\text{ mA}$	$V_{DD} - 0.6$	—	—	V
		5.0 V 8 mA 驱动 I/O, $I_{OH} = 8\text{ mA}$	$V_{DD} - 0.6$	—	—	V
		5.0 V 12 mA 驱动 I/O, $I_{OH} = 12\text{ mA}$	$V_{DD} - 0.6$	—	—	V
		5.0 V 16 mA 驱动 I/O, $I_{OH} = 16\text{ mA}$	$V_{DD} - 0.6$	—	—	V
$R_{PU}$	内部上拉电阻	$V_{DD} = 5\text{ V}$	—	50	—	k $\Omega$
		$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	76	—	
$R_{PD}$	内部下拉电阻	$V_{DD} = 5\text{ V}$	—	50	—	k $\Omega$
		$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	76	—	

## 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	5.0	5.5	V
$V_{ADCIN}$	A/D 转换器输入电压范围	—	0	—	$V_{REF+}$	V
$V_{REF+}$	A/D 转换器参考电压	—	—	$V_{DDA}$	$V_{DDA}$	V
$I_{ADC}$	A/D 转换器工作电流	$V_{DDA} = 5.0\text{ V}$ , 1 Msps	—	1.4	1.5	mA
$I_{ADC\_DN}$	A/D 转换器暂停电流	$V_{DDA} = 5.0\text{ V}$	—	—	0.1	$\mu\text{A}$
$f_{ADC}$	A/D 转换器时钟	—	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
$R_i$	输入采样转换电阻	—	—	—	1	k $\Omega$
$C_i$	输入采样电容	不包括引脚 / 焊盘电容	—	4	—	pF
$t_{SU}$	启动时间	—	—	—	1	$\mu\text{s}$
$N$	A/D 转换器分辨率	—	—	12	—	bits
INL	积分非线性误差	$f_s = 750\text{ kHz}$ , $V_{DDA} = 5.0\text{ V}$	—	$\pm 2$	$\pm 5$	LSB
DNL	微分非线性误差	$f_s = 750\text{ kHz}$ , $V_{DDA} = 5.0\text{ V}$	—	$\pm 1$	—	LSB
$E_o$	失调误差	—	—	—	$\pm 10$	LSB
$E_G$	增益误差	—	—	—	$\pm 10$	LSB

注：1. 表格中数据设计时可保证，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。

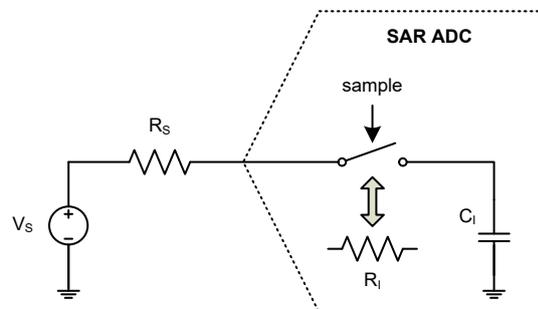


图 12. A/D 转换器采样网络模板

最差的情况是，当在输入电压范围的极限 (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:

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

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。

## GPTM/PWM 特性

表 18. GPTM / PWM 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{TM}$	GPTM 和 PWM 定时器时钟源	—	—	—	$f_{PCLK}$	MHz
$t_{RES}$	定时器分辨率时间	—	1	—	—	$f_{TM}$
$f_{EXT}$	通道 1~4 的外部信号频率	—	—	—	1/2	$f_{TM}$
RES	定时器分辨率	—	—	—	16	bits

## I<sup>2</sup>C 特性

表 19. I<sup>2</sup>C 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 <sup>(5)</sup>	0	—	0	—	0	—	ns
	SDA 数据保持时间 <sup>(6)</sup>	100	—	100	—	100	—	ns
$t_{VD(SDA)}$	SDA 数据有效时间	—	1.6	—	0.475	—	0.25	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. 此项 I<sup>2</sup>C 总线时序图的特性参数是基于：COMB\_FILTER\_En 除能且 SEQ\_FILTER=00 的情况。  
 6. 此项 I<sup>2</sup>C 总线时序图的特性参数是基于：COMB\_FILTER\_En 使能且 SEQ\_FILTER=00 的情况。

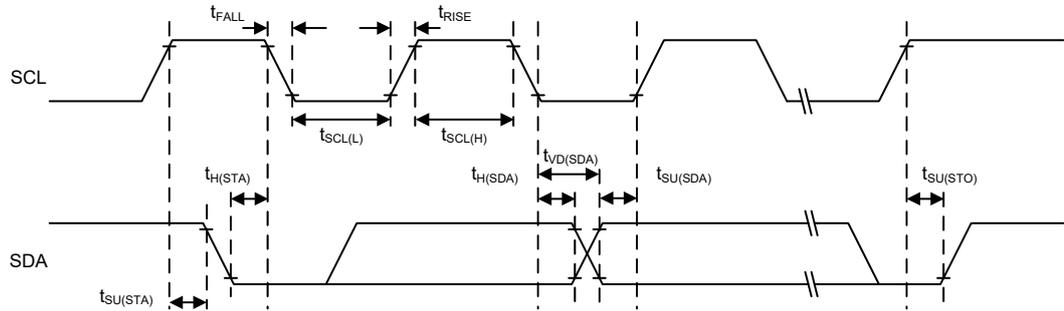


图 13. I<sup>2</sup>C 时序图

## 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
<b>SPI 主机模式</b>						
$f_{SCK}$	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
<b>SPI 从机模式</b>						
$f_{SCK}$	SPI 从机输入 SCK 时钟频率	SPI 外设时钟频率 $f_{PCLK}$	—	—	$f_{PCLK}/3$	MHz
Duty <sub>SCK</sub>	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， $t_{PCLK} = 1/f_{PCLK}$ 。

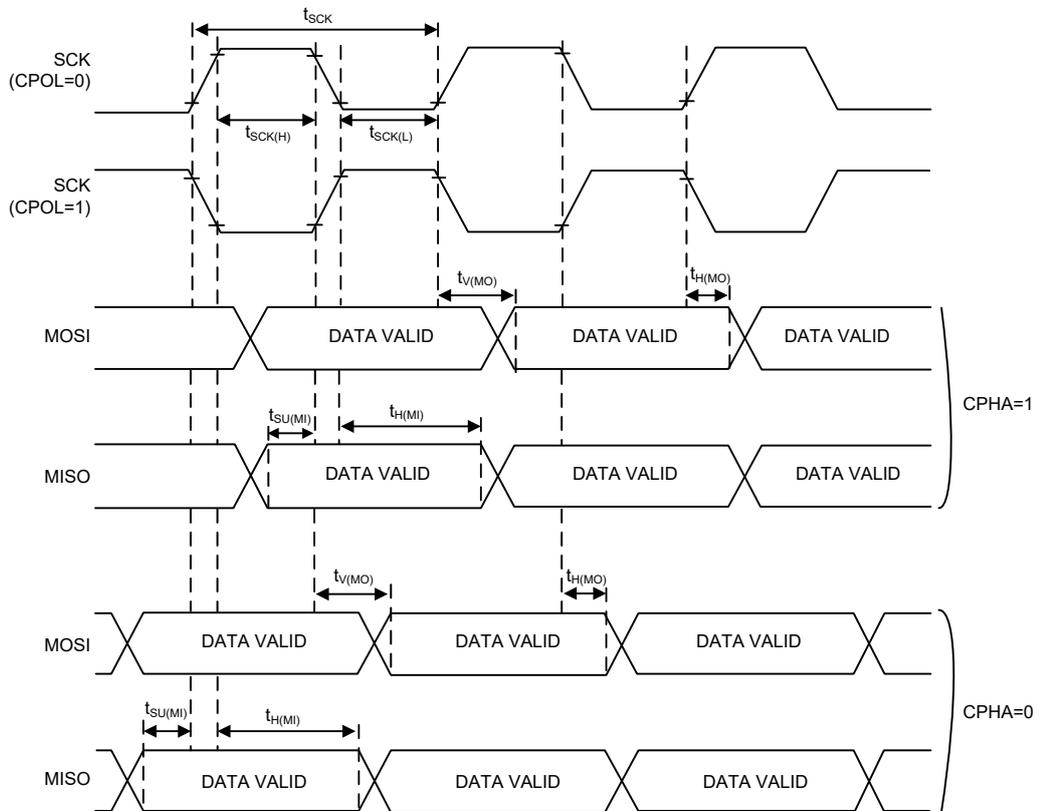


图 14. SPI 时序图 – SPI 主机模式

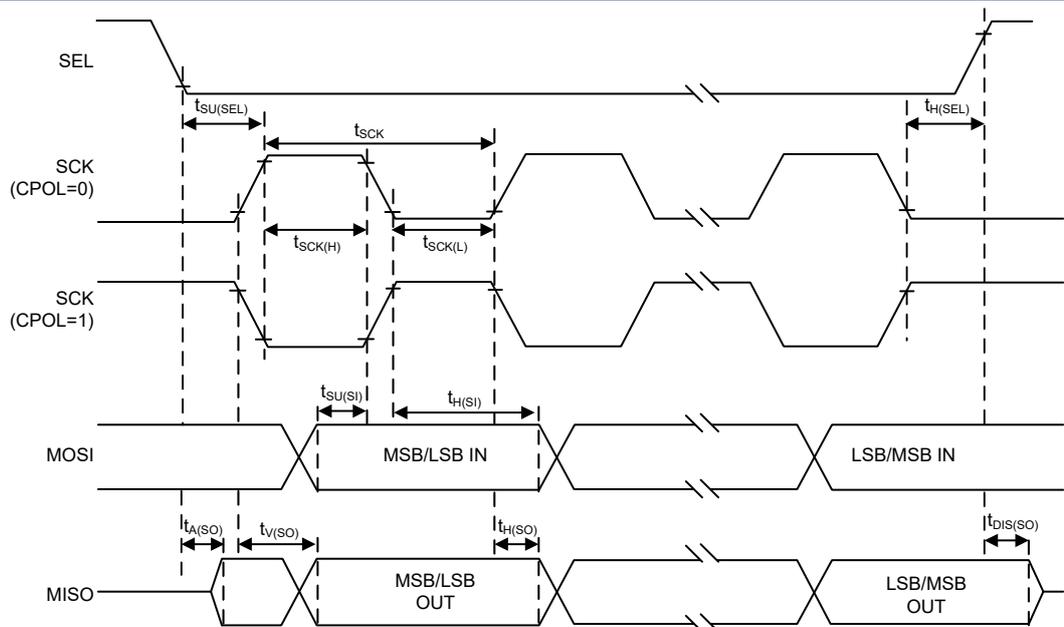


图 15. SPI 时序图 – SPI 从机模式, CPHA = 1

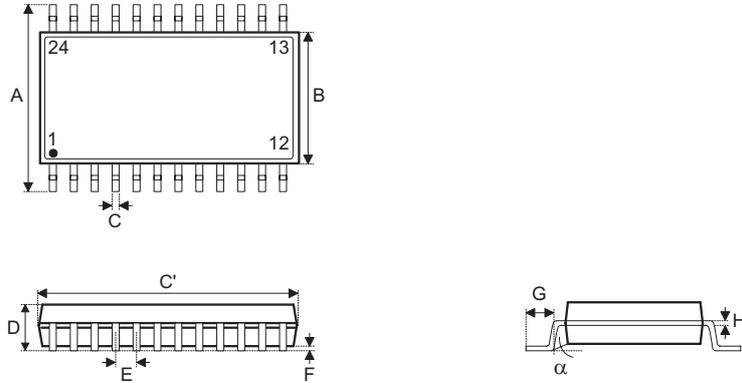
## 6 封装信息

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](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

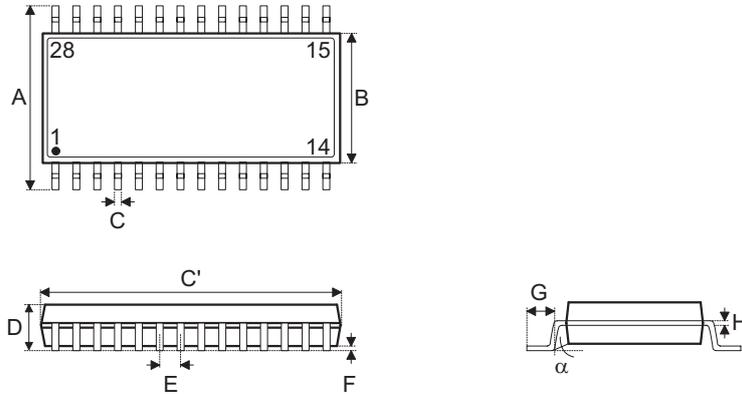
## 24-pin SSOP (150mil) 外形尺寸



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
$\alpha$	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
$\alpha$	0°	—	8°

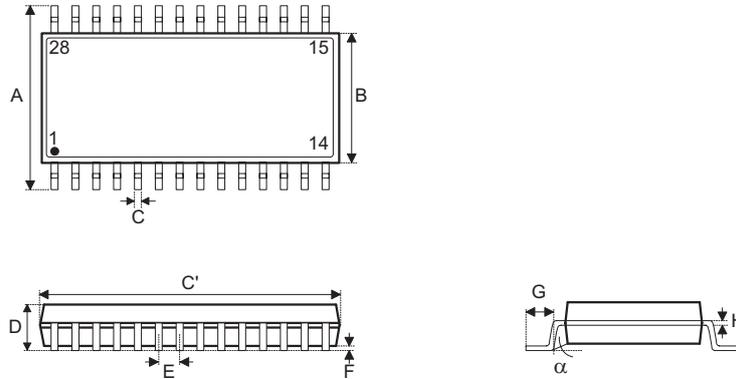
## 28-pin SSOP (150mil) 外形尺寸



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
$\alpha$	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
$\alpha$	0°	—	8°

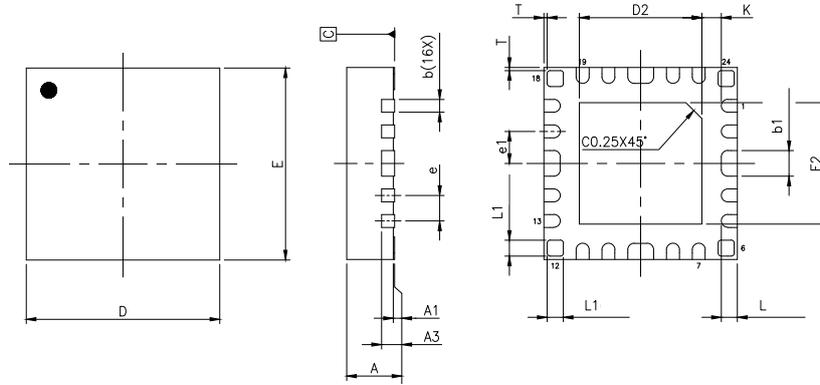
## 28-pin SOP (300mil) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	典型值	最大值
A	—	0.406 BSC	—
B	—	0.295 BSC	—
C	0.012	—	0.020
C'	—	0.705 BSC	—
D	—	—	0.104
E	—	0.050 BSC	—
F	0.004	—	0.012
G	0.016	—	0.050
H	0.008	—	0.013
$\alpha$	0°	—	8°

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	—	10.30 BSC	—
B	—	7.50 BSC	—
C	0.31	—	0.51
C'	—	17.90 BSC	—
D	—	—	2.65
E	—	1.27 BSC	—
F	0.10	—	0.30
G	0.40	—	1.27
H	0.20	—	0.33
$\alpha$	0°	—	8°

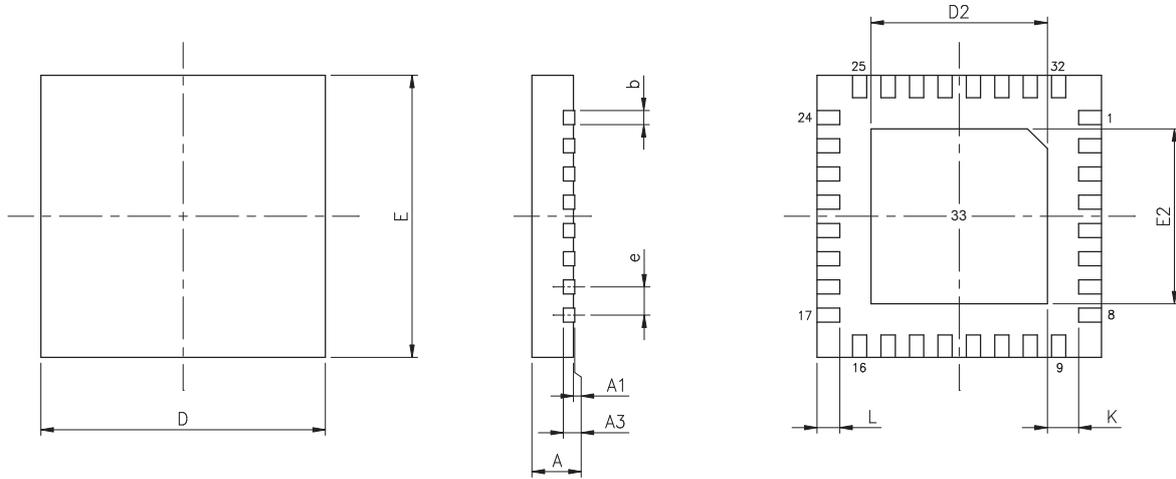
### SAW Type 24-pin QFN (3mm×3mm×0.55mm) 外形尺寸



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 BSC	—
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	0.075	0.077
E2	0.073	0.075	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	—	0.150 BSC	—
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	1.90	1.95
E2	1.85	1.90	1.95
L	0.15	0.25	0.35
L1	0.20	0.25	0.30
K	0.20	—	—

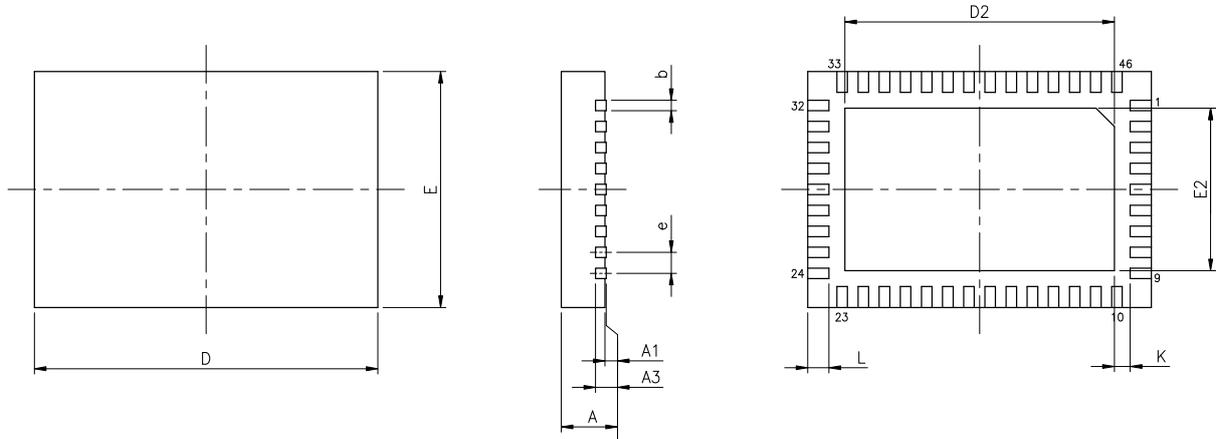
## SAW Type 33-pin QFN (4mm×4mm) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.028	0.030	0.031
A1	0.000	0.001	0.002
A3	—	0.008 BSC	—
b	0.006	0.008	0.010
D	—	0.157 BSC	—
E	—	0.157 BSC	—
e	—	0.016 BSC	—
D2	0.104	0.106	0.108
E2	0.104	0.106	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 BSC	—
b	0.15	0.20	0.25
D	—	4.00 BSC	—
E	—	4.00 BSC	—
e	—	0.40 BSC	—
D2	2.65	2.70	2.75
E2	2.65	2.70	2.75
L	0.35	0.40	0.45
K	0.20	—	—

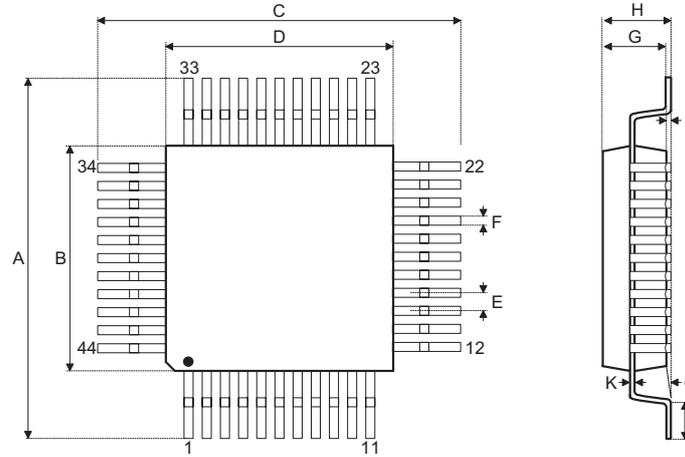
### SAW Type 46-pin QFN (6.5mm×4.5mm×0.75mm) 外形尺寸



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 BSC	—
b	0.006	0.008	0.010
D	—	0.256 BSC	—
E	—	0.177 BSC	—
e	—	0.016 BSC	—
D2	0.199	0.201	0.203
E2	0.120	0.122	0.124
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 BSC	—
b	0.15	0.20	0.25
D	—	6.50 BSC	—
E	—	4.50 BSC	—
e	—	0.40 BSC	—
D2	5.05	5.10	5.15
E2	3.05	3.10	3.15
L	0.35	0.40	0.45
K	0.20	—	—

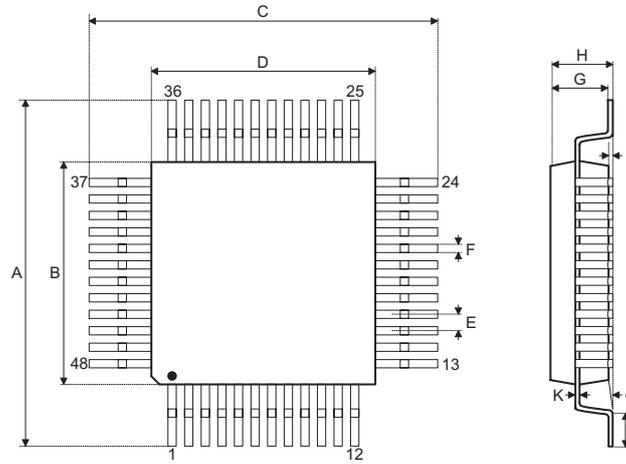
### 44-pin LQFP (10mm×10mm) (FP2.0mm) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	典型值	最大值
A	—	0.472 BSC	—
B	—	0.394 BSC	—
C	—	0.472 BSC	—
D	—	0.394 BSC	—
E	—	0.032 BSC	—
F	0.012	0.015	0.018
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
$\alpha$	0°	—	7°

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	—	12.00 BSC	—
B	—	10.00 BSC	—
C	—	12.00 BSC	—
D	—	10.00 BSC	—
E	—	0.80 BSC	—
F	0.30	0.37	0.45
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
$\alpha$	0°	—	7°

## 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
$\alpha$	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
$\alpha$	0°	—	7°

Copyright© 2019 by HOLTEK SEMICONDUCTOR INC.

使用指南中所出现的信息在出版当时相信是正确的，然而 **Holtek** 对于说明书的使用不负任何责任。文中提到的应用目的仅仅是用来做说明，**Holtek** 不保证或表示这些没有进一步修改的应用将是适当的，也不推荐它的产品使用在会由于故障或其它原因可能会对人身造成危害的地方。**Holtek** 产品不授权使用于救生、维生从机或系统中做为关键从机。**Holtek** 拥有不事先通知而修改产品的权利，对于最新的信息，请参考我们的网址 <http://www.holtek.com/zh/>.