



HT32F67595

产品规格书

内置 BLEC、2P4GC、DMAC、STIM、GPTM、WDT、
RTC、SPI、DSPI、QSPI、UART、I²C、SCI、IrDA、
I²S、PCM、AES128、TRNG、QEI、ADC 和 TSEN
高达 1024 KB Flash、256 KB SRAM 和 256 KB ROM 的
32-Bit Arm[®] Cortex[®]-M33/M0+ 双核 BLE 单片机

版本: V1.00 日期: 2024-12-09

www.holtek.com

目录

1 简介	6
2 特性	7
主处理器 – MP	7
协处理器 – CP	7
片上存储器	7
调试支持	8
蓝牙低功耗控制器 – BLEC	8
2.4G RF 专用协议控制器 – 2P4GC	8
复位控制单元 – RSTCU	8
时钟控制单元 – CKCU	9
电源管理控制单元 – PMU	9
DMA 控制器 – DMAC	10
输入 / 输出端口 – GPIO	10
系统节拍定时器 – STIM	10
通用功能定时器 – GPTM	11
看门狗定时器 – WDT	11
实时时钟 – RTC	11
串行外设接口 – SPI	12
通用异步收发器 – UART	12
内部集成电路 – I ² C	12
智能卡接口 – SCI	13
内置音频接口 – I ² S	13
密码技术	13
安全性	14
正交编码器接口 – QEI	14
模数转换器 – ADC	14
温度传感器 – TSEN	14
封装和工作温度	14
3 概述	15
单片机信息	15
方框图	16
4 引脚图	17

5 电气特性21

 极限参数 21

 建议直流工作电压条件 21

 功耗 21

 复位特性 22

 外部时钟特性 22

 内部时钟特性 23

 RF 特性 23

 I/O 端口特性 24

 ADC 特性 25

 I²C 特性 25

 SPI 特性 26

 TSEN 特性 27

6 封装信息28

 28-pin LGA (3mm×3mm×0.75mm) 外形尺寸 29

表列表

表 1. 特性及外设列表 15

表 2. 引脚分配 18

表 3. 复用功能映射 19

表 4. 引脚描述 20

表 5. 极限参数 21

表 6. 建议直流工作电压条件 21

表 7. 功耗特性 21

表 8. VCC 电源复位特性 22

表 9. 16 MHz 外部晶振特性 22

表 10. 32.768 kHz 外部晶振特性 23

表 11. 32 kHz 内部 RC 振荡器特性 23

表 12. 16 MHz 内部 RC 振荡器特性 23

表 13. 48 MHz 内部 RC 振荡器特性 23

表 14. 表 14. 无线电 RX 特性 23

表 15. 无线电 TX 特性 24

表 16. I/O 端口特性 24

表 17. ADC 特性 25

表 18. I²C 特性 25

表 19. SPI 特性 26

表 20. TSEN 特性 27

表列表

图列表

图 1. 方框图 16

图 2. 28-pin LGA 引脚图..... 17

图 3. nRST 引脚方框图 22

图 4. I²C 时序图 26

图 5. SPI 时序图 26

图 6. TSEN 操作图 27

图
列
表

1 简介

Holtek HT32F67595 单片机是基于 Arm® Cortex®-M33 处理器内核同时还带有 Arm® Cortex®-M0+ 协处理器内核的 32-bit 高性能低功耗单片机。Cortex®-M0+ 运行 BLE 和 2.4G 协议栈的下层。Cortex®-M33 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。

该单片机可工作在高达 64 MHz 的频率下，借助 Flash 加速器以获得较大的效能。它们提供带 16 KB 缓存控制器的高达 1024 KB 的可加密系统内 Flash 存储器用于程序 / 数据存储，高达 256 KB 的嵌入式 SRAM 存储器供系统操作和应用程序使用，高达 256 KB 的嵌入式 ROM 存储器供预编程的嵌入式 RTX-RTOS 内核、驱动程序库和 BLE 下层协议栈软件使用。此单片机具有多种外设，如 BLEC、2P4GC、DMAC、STIM、GPTM、WDT、RTC、SPI、DSPI、QSPI、UART、I²C、SCI、IrDA、I²S、PCM、AES128、TRNG、QEI、ADC、TSEN 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。

以上特性使该单片机可广泛应用于蓝牙低功耗产品，如健康医疗产品、家电产品、智能设备信息探测、智能玩具、数据采集纪录、人机接口装置服务等等。

arm CORTEX

2 特性

主处理器 – MP

- 32-bit Arm® Cortex®-M33 主处理器内核
- 高达 64 MHz 的工作频率
- 1.5 DMIPS/MHz
- 为占用空间小的嵌入式应用程序优化的架构
- 出色的处理性能与快速的中断处理相结合
- 快速代码执行允许较慢的处理器时钟或增加睡眠模式时间
- 高效的处理器内核、系统和存储器
- 低功耗，具有多种睡眠模式
- 串行线跟踪减少了调试和跟踪所需的引脚数

Cortex®-M33 处理器提供 1.5 DMIPS/MHz 的高性能和低功耗，同时提供出色的计算性能和卓越的系统中断响应。

CPU 使用一个 16 KB 的缓存控制器执行来自 Flash 存储器的代码。Flash 存储器中的代码可能是加密的，因此，解密将在进行过程中发生，而不需要额外的等待状态。

协处理器 – CP

- 32-bit Arm® Cortex®-M0+ 处理器内核
- 16 MHz 的工作频率
- 0.93 DMIPS/MHz

Cortex®-M0+ 处理器执行来自 64K 字节 SRAM 存储器的代码。代码和数据可以加密存储在其他非易失性存储器中，如 Flash 存储器，并在单片机上电时由软件动态上传，运行 BLE 和 2.4G 协议栈的下层。

片上存储器

- 高达 1024 KB 系统内 Flash 存储器，带 16 KB 缓存控制器，用于指令 / 数据和选项的存储
- 高达 256 KB 的嵌入式 SRAM 存储器，供系统操作和应用程序使用
- 高达 256 KB 的嵌入式 ROM 存储器，供预编程的嵌入式 RTX-RTOS 内核、驱动程序库和 BLE 下层协议栈软件使用

系统内 Flash 存储器为代码和数据提供非易失性存储。

该 ROM 提供预编程的嵌入式 RTX-RTOS 内核、驱动程序库和 BLEC 下层协议栈软件。它还包含一个启动加载器 (Bootloader)，可通过 SPI 或 UART 对设备进行重新编程。由于 ROM 包含 BLE 主机和控制器软件库，因此可以为客户应用程序提供了更多的 Flash 存储器。

高达 256K 字节的 SRAM 用于存储 Cortex®-M33 的代码和数据以及 Cortex®-M0+ 的代码。它被分成 4 个 64K 字节块，每个块应由软件单独使能或除能，以尽量减少系统在低功耗模式下的功耗。此外，它还包含一个 16K 字节的 Flash 缓存。当不使用时，该缓存可以用作通用 SRAM。

调试支持

- 2 线 SWD 调试
- 支持空中下载 (OTA) 升级

蓝牙低功耗控制器 – BLEC

- 2.4 GHz RF 收发器兼容蓝牙低功耗 (BLE) 5.3 规范
- 工作时钟：16 MHz
- 支持 32.768 kHz 的低功耗模式
- 四种工作模式：活动、睡眠、深度睡眠和休眠
- GFSK 调制，跳频扩频技术 (FHSS)
- 支持低功耗 1 Mbps、2 Mbps 和编码 500 Kbps、125 Kbps 用于远距离
- 支持 AoA/AoD 测向
- 接收器支持超过 70 dB 的可编程增益
- 出色的接收器灵敏度：-96 dBm @ 1 Mbps
- 可编程发送器输出功率高达 +10 dBm
- 所有设备类支持：广播设备、中央设备、观察设备、外设
- 主从同时操作
- 跳频
- 所有数据包类型：广播、数据、控制
- 加密：AES、CCM
- 位流处理：CRC、白化

BLE 核心是符合蓝牙智能规范的合格蓝牙基带控制器，负责数据包编码 / 解码和帧调度，执行链路层控制管理，支持主要的 BLE 状态，包括广播和连接。

2.4G RF 专用协议控制器 – 2P4GC

- 2.4 GHz RF 收发器
- FSK/GFSK 调制
- 可编程 8/16/80-bit 前导码
- 无线电唤醒
- 自动 CRC-16

复位控制单元 – RSTCU

- 系统复位
 - 上电复位 – POR
 - 欠压检测器 – BOD
 - 低压检测器 – LVD
- 看门狗超时复位

■ 数字外设的软件启动复位

单片机有多种复位来源，一些是由于错误或意外行为触发的，而另一些是用户发起的。

时钟控制单元 – CKCU

- 外部 16 MHz 晶振 (± 20 ppm)
- 外部 32,768 Hz 晶振 (± 50 ppm)
- 内部 16 MHz / 48 MHz RC 振荡器
- 内部 32 kHz RC 振荡器
- 内置系统时钟 PLL
- 独立的时钟分频器与门控位，用于外设时钟源

CKCU 支持两个外部时钟源和两个内部时钟源。无线电的频率需要 16 MHz 晶振。该信号在内部加倍，通过 PLL 产生 64 MHz 时钟。如果单片机要在保持连接的同时进入任意低功耗模式，低功耗蓝牙需要一个精准度优于 ± 50 ppm 的低速时钟。在某些使用情况中，可以对内部 32 kHz RC 振荡器进行补偿以满足要求。低速晶体振荡器设计用于搭配 32.768 kHz 晶体使用。内部高速 PLL (64 MHz) 可用作主处理器 Arm® Cortex®-M33 子系统的时钟源。32 kHz 时钟源可通过 GPIO 用作外部时钟参考。

电源管理控制单元 – PMU

- 单一电源 VDD 供电：1.8 V ~ 3.6 V
- 片上内部 SISO DC/DC
- 为了较大幅度地降低功耗，PMU 支持多种软件可配置的电模式源和电源管理功能

功能块 \ 电源模式	活动模式 (ACT)	睡眠模式 (SLP)	深度睡眠模式 (DSL P)	休眠模式 (HIB)
CPU	活动	Off	Off	Off
FLASH	On	可用	Off	Off
SRAM	On	On	Off	Off
RADIO	On	Off	Off	Off
SRAM 保存	全部	部分	No	No
16M RC/ 晶振	On	Off	Off	Off
32K RC/ 晶振	On	On	On	Off
外设	可用	可用	Off	Off
从 RTC 唤醒	可用	可用	可用	Off
从 GPIO 唤醒	可用	可用	可用	可用

在活动模式下，应用程序 Cortex®-M33 或 Cortex®-M0+ CPU 正在主动执行代码。活动模式提供处理器和当前启用的所有外设的正常操作。系统时钟可以是任意可用的时钟源。

在睡眠模式下，可以对所有活动的外设进行时钟设置。但是应用程序的 CPU 核心和存储器没有时钟，也不执行任何代码。任何中断事件都会使处理器回到活动模式。

在深度睡眠模式下，只有始终开启的域处于活动状态。需要外部唤醒事件 RTC 事件才能将单片机恢复到活动模式。

在休眠模式下，单片机完全关闭，包括始终开启的域。I/O 与进入休眠模式之前的值一起锁存。任何 I/O 引脚上的状态变化 (定义为从休眠引脚唤醒) 都会唤醒单片机并用作复位触发器。

DMA 控制器 – DMAC

- 支持存储器到存储器、存储器到外设、外设到存储器、外设到外设的传输
- 支持 UART、SPI、I²C、SCI、I²S、ADC 接口
- 4 个独立的 DMA 通道
- 可配置 2 阶优先级
- 独立源和目标传输大小 (8-bit、16-bit、32-bit)
- 支持循环模式
- 多达 65535 个可编程的待传输数据数量
- 源地址和目标地址递增或无递增

DMA 控制器提供了一种从 CPU 卸载数据传输任务的方法，从而可以更有效地使用处理器和可用的总线带宽。DMA 控制器可以执行存储器和外设之间的传输。该控制器为每个支持的片上模块提供专用通道，并且可以进行编程，使其在外设准备传输更多数据时自动执行外设和存储器之间的传输。

输入 / 输出端口 – GPIO

- 多达 16 个通用输入 / 输出 (GPIO)
- 可编程驱动强度高达 10 mA
- 完全灵活的数字引脚复用功能，可以用作 GPIO 或任意一个外设功能
- 在所有睡眠模式下均可保持引脚状态
- 配置为数字输入的引脚为施密特触发
- GPIO 引脚配置的可编程控制
 - 弱上拉或下拉电阻
 - 数字输入使能
- 中断的可编程控制
 - 每个引脚的 POR 中断产生屏蔽
 - 上升沿或下降沿触发

单片机有多达 16 个通用 I/O 引脚 GPIO 可以实现逻辑输入 / 输出功能。每个 GPIO 端口都可以通过配置 I/O 控制器复用到任意数字外设，该 I/O 控制器有一系列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。

系统节拍定时器 – STIM

- 32-bit 比较匹配向上计数器 – 无输入 / 输出控制
- 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

单片机有两个系统节拍定时器 STIM，提供了一个 48-bit 递增的零点环绕计数器，具有灵活的控制机制。系统节拍定时器有多种不同的使用方式。

通用功能定时器 – GPTM

- 16-bit 或 32-bit 工作模式
 - 16-bit 或 32-bit 可编程单次定时器
 - 16-bit 或 32-bit 可编程周期定时器
 - 16-bit 通用定时器，带 4-bit 预分频器
 - 16-bit 输入边沿计数或时间捕获模式，带 4-bit 预分频器
 - 16-bit PWM 模式，带 4-bit 预分频器和软件可配置输出反转
- 计数模式
 - 上电复位 – POR
 - 向上计数模式
 - 继续向上计数模式
 - 向上 / 向下计数模式
 - 继续向上 / 向下计数模式
- 4 个 32-bit 计数器或多达 8 个 16-bit 计数器
- 多达 8 个 PWM 引脚
- 使用 DMA 控制器进行高效传输
- 2 个 32-bit 定时器支持 IR 输出到特定引脚
- 捕捉模式
- 具有捕获模式的 IR 解码功能

通用定时器可用于对驱动定时器输入引脚的外部事件进行计数或计时。每个 16-bit 或 32-bit GPTM 提供两个 16-bit 定时器或计数器，可以将其配置为定时器或事件计数器独立运行，也可以配置为 32-bit 定时器运行。

看门狗定时器 – WDT

- 两个 32-bit 向上计数器，步长为 30.52 μ s，最大超时时间为 36.41 小时
- 不可屏蔽中断 (NMI) 或 WDT 复位
- 在 WDT 复位前可提前 $16 \times 30.52 \mu$ s 选择屏蔽 NMI 中断

看门狗定时器用于当系统因软件错误或外部设备无法正确响应而出现故障时重新获得控制权。

单片机有两个看门狗定时器，当达到预先定义的超时值时，可产生复位。两个内部 32K RC 振荡器为两个看门狗定时器提供时钟源。

实时时钟 – RTC

- 48-bit 递增计数器，支持可编程增量进行 ppm 调整
- 四个匹配寄存器，支持事件生成
- 事件的软件和硬件复位

实时时钟实现了一个秒级和亚秒级计数器，支持对 ppm 偏移进行软补偿，具有四个匹配寄存器。

串行外设接口 – SPI

- 主机模式 SPI 时钟频率高达 16 MHz 且支持可编程输出频率
- 8 字节发送和接收 FIFO
- SPI 模式 0、1、2、3 支持 (时钟边沿和相位)
- 支持主机和从机模式
- 支持多主机和多从机操作
- 支持 RX 超时中断
- 可编程仅 TX / 仅 RX / TRX 模式
- 可编程 SPI_DO 空闲字节

该接口支持串行外设接口 SPI 的一个子集。串行接口可以发送和接收 8、16、32 位或主机 / 从机模式下的任何数据。数据通过 APB 总线从主机 (CPU/DMA) 写入到 SPI。

通用异步收发器 – UART

- 可编程串行数据波特率
- 硬件流控制支持 (CTS/RTS)
- 基于 16550 工业标准的功能
- 可编程字符属性, 如每个字符的数据位数 (5~8) 可选
- 奇偶校验位 (奇 / 偶 / 粘性 / 不选择) 和停止位数 (1、1.5 或 2)
- 8 字节发送和接收 FIFO
- 支持线中止错误生成和检测
- 支持 RX 超时中断

UART 符合 16550 工业标准, 用于与外设数据集进行串行通信。数据通过 APB 总线从主机 (CPU/DMA) 写入到 UART, 然后转换为串行形式并传输到目标设备。串行数据也由 UART 接收并存储, 供主机 (CPU/DMA) 回读。两种 UART 都支持硬件流控制信号 (RTS 和 CTS)。

内部集成电路 – I²C

- 两线 I²C 串行接口由串行数据线 SDA 和串行时钟线 SCL 组成
- 支持三种速度模式:
 - 标准模式: 0 ~ 100K bit/s
 - 快速模式: ≤ 400K bit/s
 - 高速模式: ≤ 3M bit/s
- 支持 8 字节发送 / 接收 FIFO
- 可配置的主机或从机、发送 / 接收操作
- 支持 7-bit 和 10-bit 寻址模式
- 支持可配置的从机地址和目标地址
- 中断操作

I²C 接口是一种可编程控制总线，为系统中集成电路之间的通信链路提供支持。它是一种简单的双线总线，具有用于系统控制的软件定义协议，用于温度传感器和电压电平转换器到 EEPROM、通用 I/O、A/D 和 D/A 转换器。

智能卡接口 – SCI

- 支持异步协议 T=0，符合 ISO 7816-3 标准
- 灵活的输出时钟：1/2/4 MHz
- T=0 的字符级的错误管理，即接收模式和自动重复的发送模式下的奇偶校验错误计数器
- 超时计数器由 ETU 时钟进行 32 位计数
- 暂停模式，可在无活动时降低电流消耗

智能卡接口兼容 ISO 7816-3 和 EMV 4.2 相关标准。作为主控设备，它可以将 CPU/DMA 控制的数据传输到目标卡，也可以接收存储在 SRAM 中的数据。

内置音频接口 – I²S

- 主机模式和从机模式
- I²S 对齐模式 – 左对齐和 DSP (PCM A&B) 格式
- 16-bit、20-bit、24-bit 操作
- 可编程 MCLK 输出：16/8/4/2 MHz
- 可编程采样率 f_s：8/16/32 kHz

I²S 是一个同步通信接口，用于主机或从机与其它音频外设，如 ADC 或 DAC，之间交换数据。

密码技术

进阶加密标准 – AES128

- 支持 AES 加密 / 解密功能
- 支持 AES ECB/CBC/CTR 模式
- 支持 128 位密钥长度
- 支持 CBC 和 CTR 模式的 4 字初始向量
- 4 × 32 位 AES 数据缓冲器
- DMA 支持
- 支持字数据交换功能

AES 的核心是支持加密和解密功能。AES 只对 128 位输入数据进行加密或解密。但需注意的是，若输入数据不足 128 位，硬件不会对数据位进行填补，因此用户需在最开始通过软件进行补足。

真随机数发生器 – TRNG

- TRNG 用于为加密过程提供种子，其输出可以用作加密引擎的熵输入
- 加密引擎可以在旁路模式下工作，旨在加速实现 AES 和 CBC 加密所需的算法计算。

安全性

- 每个芯片支持 32-bit 唯一 ID
- 支持自动硬件解码

安全模块用于保护保存在 Flash 存储器中的代码，支持对每个芯片的代码进行加密存储。使用 32-bit 唯一 ID 作为加密密钥，每个芯片可以执行相同的功能，但存储不同的代码。用户还可以使用安全模块对 BOOT 程序进行加密。

正交编码器接口 – QEI

- 支持 2 通道增量编码

正交编码器，也称为 2 通道增量编码器，将线性位移转换为脉冲信号。通过监测脉冲的数量和两个信号的相对相位，可以追踪位置、旋转方向和速度。此外，第三通道，或称索引信号，可以用来复位位置计数器。正交编码器接口 (QEI) 解释由正交编码器轮产生的代码，以随时间对位置进行积分并确定旋转方向。此外，它还可以捕获编码器轮速度的运行估计。

模数转换器 – ADC

- 高达 14-bit 动态 SAR ADC 内核
- 转换时间和动态范围可更改
 - 14-bit 动态，125 ksps，适用于音频应用
 - 12-bit 动态，500 ksps，适用于一般应用
- 多达 5 个单端通道
- 一个电池监测通道
- DMA 支持

低功耗通用 14-bit ADC 具有多达 5 个通道，在单端模式下工作。

温度传感器 – TSEN

- 检测范围：-40 °C ~ 125 °C
- 精准度：±8 °C
- 分辨率：0.3 °C

单片机内置一个基于 BJT 的温度传感器，可用于温度性能调整。通过通用 ADC 将检测电压转换为 12 位数字代码。如有需要，用户可对其进行精准度补偿。

封装和工作温度

- 28-pin LGA 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		HT32F67595
系统内 Flash (KB)		1024
ROM (KB)		256
SRAM (KB)		256
定时器	STIM (系统节拍定时器)	2
	GPTM	4
	WDT	2
	RTC	1
通信	QSPI (SPI/DPI/QPI)	2
	UART	3
	I ² C	2
	SCI (ISO7816-3)	1
	IrDA	1
	I ² S/LJF/PCM	1
AES-128		1
TRNG		1
QEI (正交编码器接口)		1
14-bit ADC	ADC 数	2
	通道数	5
TSEN (温度传感器)		1
GPIO		多达 16
CPU 频率		高达 64 MHz
工作电压		1.8 V ~ 3.6 V
工作温度		-40 °C ~ 85 °C
封装		28-pin LGA

方框图

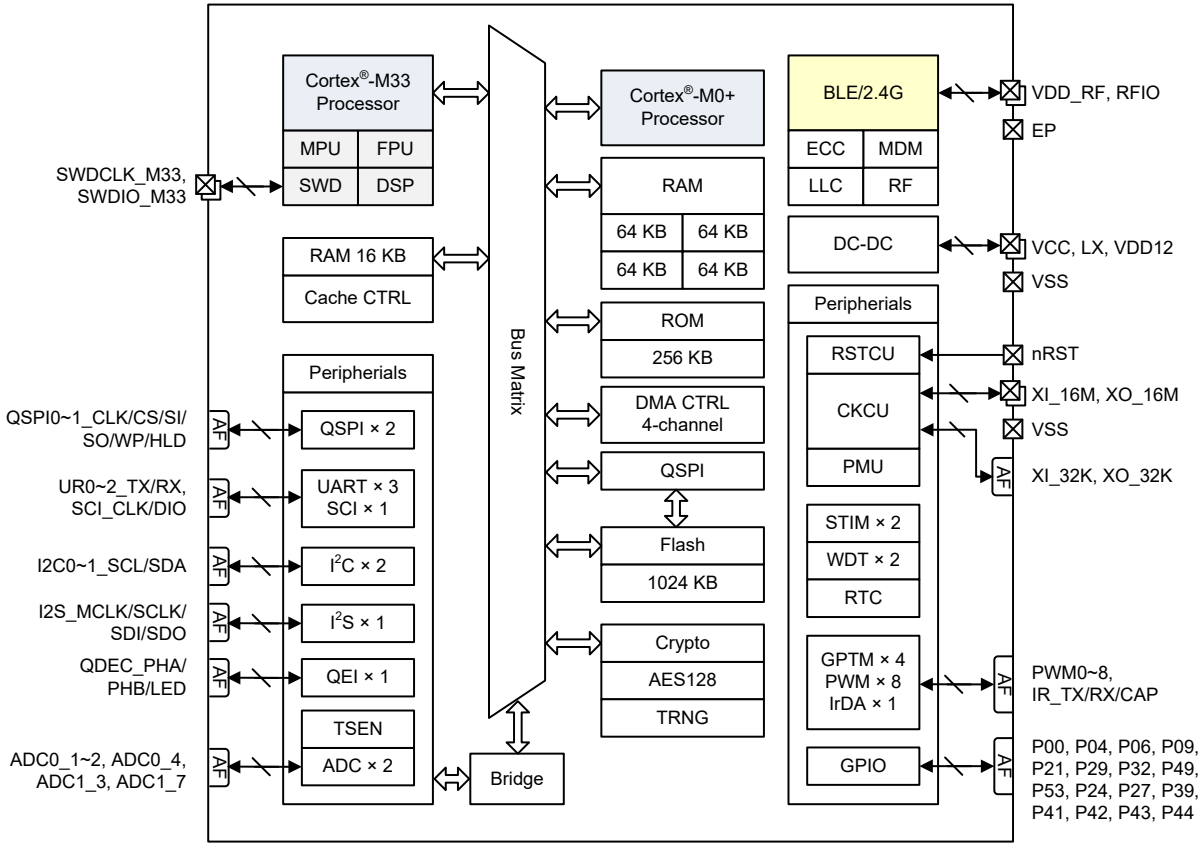


图 1. 方框图

4 引脚图

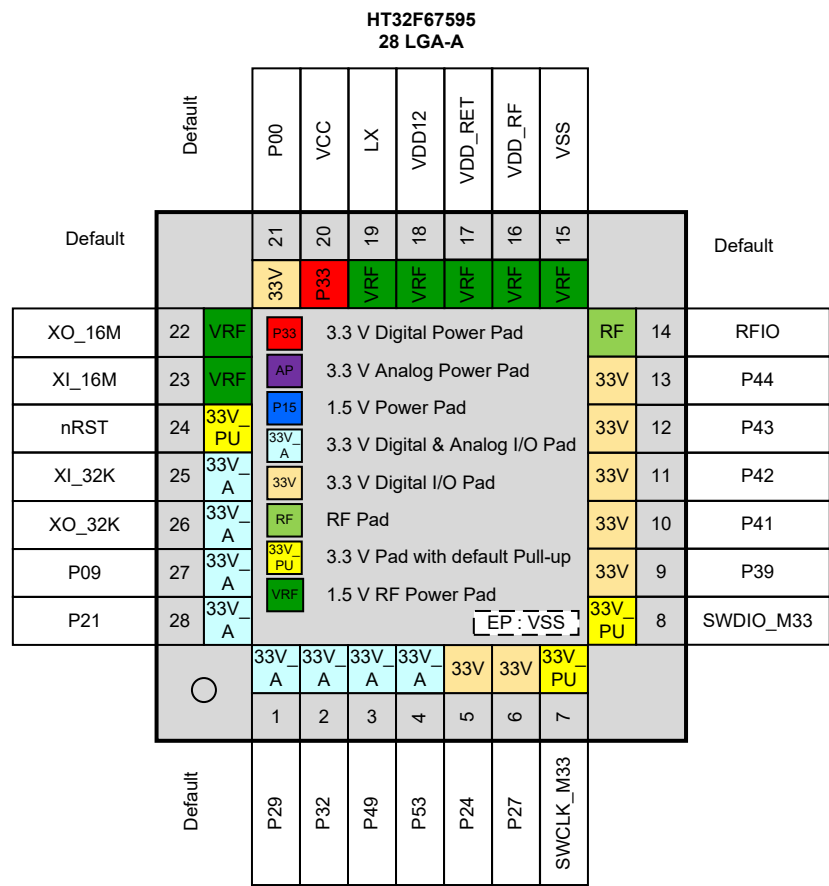


图 2. 28-pin LGA 引脚图

表 2. 引脚分配

封装	HT32F67595 复用功能映射										
28 LGA	默认	GPIO	ADC×2	IrDA×1	CLKOUT	SPI/DPI/ QPI×2	I ² C ×3	UART ×3	PWM ×8	QEI ×1	I ² S/ PCM×1
28	P21		ADC0_2			V	V	V	V	V	V
1	P29				16MOUT	V	V	V	V	V	V
2	P32		ADC0_4			V	V	V	V	V	V
3	P49		ADC1_3			V	V	V	V	V	V
4	P53		ADC1_7			V	V	V	V	V	V
5	P24					V	V	V	V	V	V
6	P27					V	V	V	V	V	V
7	SWCLK_M33										
8	SWDIO_M33										
9	P39				32KOUT	V	V	V	V	V	V
10	P41					V	V	V	V	V	V
11	P42				32KOUT	V	V	V	V	V	V
12	P43					V	V	V	V	V	V
13	P44					V	V	V	V	V	V
14	RFIO										
15	VSS										
16	VDD_RF										
17	VDD_RET										
18	VDD12										
19	LX										
20	VCC										
22	XO_16M										
23	XI_16M										
24	nRST										
21	P00			IR_TX		V	V	V	V	V	V
25	XI_32K	P04									
26	XO_32K	P06									
27	P09		ADC0_1			V	V	V	V	V	V

注：复用功能 “V”：可编程

表 3. 复用功能映射

PID	功能	PID	功能	PID	功能	PID	功能	PID	功能
0	GPIO	16	SPI1_CLK	32	I2S0_ODATA	48	GPTM1_CAP1	64	GPTM3_B_DECODE
1	UART0_CTS	17	SPI1_MISO	33	I2S0_BCLK	49	GPTM1_A_PWM	109	CLKOUT
2	UART0_RXD	18	SPI1_CS	34	I2S0_WCLK	50	GPTM1_B_PWM	113	ADC0_TRIG
3	UART0_RTS	19	SPI1_MOSI	35	I2S0_SDATA	51	GPTM1_A_DECODE	117	ADC1_TRIG
4	UART0_TXD	20	SPI0_CLK	36	I2S0_MCLK	52	GPTM1_B_DECODE		
5	UART1_CTS	21	SPI0_MISO	37	QDEC_PHA	53	GPTM2_CAP0		
6	UART1_RXD	22	SPI0_CS	38	QDEC_PHB	54	GPTM2_CAP1		
7	UART1_RTS	23	SPI0_MOSI	39	QDEC_LED	55	GPTM2_A_PWM		
8	UART1_TXD	24	—	40	GPTM0_CAP0	56	GPTM2_B_PWM		
9	UART2_CTS	25	—	41	GPTM0_CAP1	57	GPTM2_A_DECODE		
10	UART2_RXD	26	I2C0_SCL	42	GPTM0_A_PWM	58	GPTM2_B_DECODE		
11	UART2_RTS	27	I2C0_SDA	43	GPTM0_B_PWM	59	GPTM3_CAP0		
12	UART2_TXD	28	I2C1_SCL	44	GPTM0_A_DECODE	60	GPTM3_CAP1		
13	7816_UAM_CLK	29	I2C1_SDA	45	GPTM0_B_DECODE	61	GPTM3_A_PWM		
14	7816_UAM_DAT	30	I2C2_SCL	46	GPTM_IR_OUT	62	GPTM3_B_PWM		
15	7816_UAM_RST_N	31	I2C2_SDA	47	GPTM1_CAP0	63	GPTM3_A_DECODE		

表 4. 引脚描述

引脚编号 28 LGA	引脚名称	类型 ⁽¹⁾	I/O 结构 ⁽²⁾	输出驱动	描述	
					默认功能	常用功能
28	P21	AI/O	33V	2/4/8/10 mA	P21	ADC0_2
1	P29	AI/O	33V	2/4/8/10 mA	P29	—
2	P32	AI/O	33V	2/4/8/10 mA	P32	ADC0_4
3	P49	AI/O	33V	2/4/8/10 mA	P49	ADC1_3
4	P53	AI/O	33V	2/4/8/10 mA	P53	ADC1_7
5	P24	I/O	33V	2/4/8/10 mA	P24	QSPI1_CS
6	P27	I/O	33V	2/4/8/10 mA	P27	QSPI1_HLD
7	SWCLK_M33	I	33V_PU	—	SWCLK_M33	—
8	SWDIO_M33	I/O	33V_PU	—	SWDIO_M33	—
9	P39	I/O	33V	2/4/8/10 mA	P39	32KOUT
10	P41	I/O	33V	2/4/8/10 mA	P41	—
11	P42	I/O	33V	2/4/8/10 mA	P42	32KOUT
12	P43	I/O	33V	2/4/8/10 mA	P43	—
13	P44	I/O	33V	2/4/8/10 mA	P44	16MOUT
14	RFIO	AI/O	12V	—	RF I/O	—
15	VSS	P	—	—	RF 接地参考电压	—
17	VDD_RF	P	—	—	RF VDD	—
16	VDD_RET	P	—	—	用于保存 VDD	—
18	VDD12	P	—	—	DC-DC 输出 (1.2 V)	—
19	LX	AO	12V	—	DC-DC 开关输出	—
20	VCC	P	33V	—	电源 (1.8 ~ 3.6 V)	—
22	XO_16M	AO	12V	—	外部 16 MHz DCXO XO	—
23	XI_16M	AI	12V	—	外部 16 MHz DCXO XI	—
24	nRST	I	33V_PU	—	外部复位引脚	—
21	P00	I/O	33V	2/4/8/10 mA	P00	IR_TX
25	XI_32K	I/O	33V	2/4/8/10 mA	XI_32K	P04
26	XO_32K	I/O	33V	2/4/8/10 mA	XO_32K	P06
27	P09	AI/O	33V	2/4/8/10 mA	P09	ADC0_1

注：1. I = 输入，O = 输出，A = 模拟端口，P = 电源
2. 33V = 3.3 V 耐受，PU = 上拉，12V = 1.2 V，50V = 5.0 V 耐受
3. 引脚图中的 EP 表示封装上的裸露焊盘，必须将其接地。

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 _{CC}	外部主电源电压	V _{SS} - 0.3	V _{SS} + 3.6	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}	储存温度范围	-65	150	°C
T _J	最大结温	—	125	°C
V _{ESD}	静电放电电压 – 人体模式	-2500	2500	V

建议直流工作电压条件

表 6. 建议直流工作电压条件

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 _{CC}	主工作电压	—	1.8	3.3	3.6	V
V _{ADC}	ADC 输入电压	—	0.0	—	1.1	V
V _{OSC}	晶振输入电压	—	0.5	—	1.2	V

功耗

表 7. 功耗特性

T_A = 25 °C，V_{CC} = 3.0 V，V_{DD_RET} = 1.1 V，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
LDO 模式						
I _{ACT}	Cortex®-M33 / MHz	内部 RC	59	62	65	μA
		外部 16 MHz 晶振	70	75	80	μA
	无线电 RX	@ 1 Mbps PHY	—	10.3	11.1	mA
		@ 2 Mbps PHY	—	10.4	11.1	mA
	无线电 TX	@ 0 dBm	—	10.4	11.1	mA
		@ 10 dBm	—	32.1	35.3	mA
I _{SLP}	睡眠模式	256K SRAM 保存	4.9	5.4	5.9	μA
		64K SRAM 保存	3.0	3.2	3.8	μA
I _{DSL}	深度睡眠模式	RTC On，外部 32K 晶振	—	2.5	2.6	μA
I _{HIB}	休眠模式	RTC Off	—	1.9	2.4	μA

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
DC/DC 模式 (注)						
I _{ACT}	Cortex®-M33 / MHz	内部 RC	—	53.5	—	μA
		外部 16 MHz 晶振	—	55.1	—	μA
	无线电 RX	@ 1 Mbps PHY	—	4.0	4.4	mA
		@ 2 Mbps PHY	—	3.8	4.4	mA
	无线电 TX	@ 0 dBm	—	3.8	4.5	mA
		@ 10 dBm	—	18	24	mA
I _{SLP}	睡眠模式	256K SRAM 保存	2.6	2.9	3.1	μA
		64K SRAM 保存	2.3	2.5	2.75	μA
I _{D_{SLP}}	深度睡眠模式	RTC On, 外部 32K 晶振	—	2.65	2.9	μA
I _{HIB}	休眠模式	RTC Off	—	1.85	2.05	μA

注：请注意 DC/DC 模式下的实际电流取决于电感元件的选择。

复位特性

表 8. VCC 电源复位特性

T_A = 25 °C & V_{CC} = 3.0 V, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
R _{PU}	弱内部上拉等效电阻	V _{CC} = 3.3 V	100	110	120	kΩ
		V _{CC} = 3.0 V	110	125	140	
		V _{CC} = 2.5 V	130	160	190	
		V _{CC} = 1.8 V	260	290	320	
t _{PUS}	复位输入脉宽	1.8 V < V _{CC} < 3.6 V	—	—	100	ns

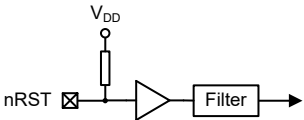


图 3. nRST 引脚方框图

外部时钟特性

表 9. 16 MHz 外部晶振特性

T_A = 25 °C & V_{CC} = 3.0V, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
ESR	等效串联电阻	6 pF < C _L < 9 pF	—	20	120	Ω
C _L	晶振负载电容	—	3	—	27	pF
f _{HSE}	晶振频率	—	—	16	—	MHz
FT _{HSE}	晶振频率容差	—	-20	—	20	ppm
t _{HSESU}	启动时间	—	1.3	1.5	2.3	ms
TOL _{HSE}	晶振容差	T _A = 25 ± 3 °C	—	—	±10	ppm
		T _A = -20 ~ 75 °C	—	—	±10	ppm

表 10. 32.768 kHz 外部晶振特性

T_A = 25 °C & V_{CC} = 3.0V, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
ESR	等效串联电阻	6 pF < C _L < 9 pF	—	30	100	Ω
C _L	晶振负载电容	—	3	—	27	pF
f _{LSE}	晶振频率	—	—	32.768	—	kHz
FT _{LSE}	晶振频率容差	—	-50	—	50	ppm
t _{LSU}	启动时间	—	—	3	—	ms

内部时钟特性

表 11. 32 kHz 内部 RC 振荡器特性

T_A = 25 °C & V_{CC} = 3.0V, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{IRC32K}	内部 32 kHz RC 振荡频率	校准频率	32.62	32.81	32.90	kHz
TC _{IRC32K}	温度系数	—	—	80	—	ppm/°C

表 12. 16 MHz 内部 RC 振荡器特性

T_A = 25 °C & V_{CC} = 3.0V, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{IRC16M}	内部 16 MHz RC 振荡频率	校准频率	15.68	16.0	16.32	MHz
TC _{IRC16M}	温度系数	—	70	80	90	ppm/°C

表 13. 48 MHz 内部 RC 振荡器特性

T_A = 25 °C & V_{CC} = 3.0V, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{IRC48M}	内部 48 MHz RC 振荡频率	校准频率	45.68	48.0	48.30	MHz
TC _{IRC48M}	温度系数	—	70	80	90	ppm/°C
t _{IRC48MSU}	启动时间	—	—	8	10	μs

RF 特性

表 14. 表 14. 无线电 RX 特性

T_A = 25 °C, V_{CC} = 3.0V & LDO Mode, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值
P _{MIN}	灵敏度	-94.5	-96	-97	dBm
带内阻塞					
C _{I0}	同频道干扰	—	-3	—	dB
C _{I1}	在 f _{OFFS} = +1/-1 MHz 处干扰	—	9/5	—	dB
C _{I2}	在 f _{OFFS} = +2/-2 MHz 处干扰	—	43/42	—	dB
C _{I3}	在 f _{OFFS} = +3/-3 MHz 处干扰	—	47/42	—	dB
C _{I4}	在图像通道 f _{IMAGE} 处干扰	—	32	—	dB
C _{I5}	在图像通道 f _{IMAGE} +1/-1 MHz 处干扰	—	5/12	—	dB
带外阻塞					
	f = 30 ~ 2,000 MHz	—	-40	—	dBm
	f = 2,000 ~ 2,399 MHz	—	-19	—	dBm
	f = 2,484 ~ 3,000 MHz	—	-22	—	dBm
	f = 3,000 ~ 12,750 MHz	—	-42	—	dBm

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值
所需信号的相互调制性能					
	@ -64 dBm, 1 Mbps BLE, 3 rd 、4 th 和 5 th 偏移通道	—	-37	—	dBm
P _{ISSI}	单调范围的上限	—	-94	—	dBm

表 15. 无线电 TX 特性

T_A = 25 °C, V_{CC} = 3.0V & LDO 模式, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值
P _{TX}	输出功率	-45	0	10	dBm
	输出功率步长	—	3	—	dBm
ΔF _{2AVG}	10101010 序列的平均频率偏差	185	249	—	kHz
ΔF _{1AVG}	11110000 序列的平均频率偏差	225	247	275	kHz
	ΔF _{2AVG} / ΔF _{1AVG}	0.8	1	—	—
Carrier	频率精准度	-150	0	150	kHz
	最大频率漂移	-20	0	20	kHz
	初始频率漂移	-23	0	23	kHz
	最大漂移率 (每 50 μs)	-20	0	20	kHz
杂散发射					
	f < 1 GHz	—	-21	—	dBm
	f > 1 GHz 包括谐波	—	-43	—	dBm
带内发射 (@ 0 dBm, f = 2400 ~ 2483.5 MHz)					
	< f ± 2 MHz	-48	-44	-40	dBm

I/O 端口特性

表 16. I/O 端口特性

T_A = 25 °C & V_{CC} = 3.0V, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
R _{PU}	上拉等效电阻	V _{CC} = 3.3 V	105	115	125	kΩ
		V _{CC} = 3.0 V	110	125	135	kΩ
		V _{CC} = 2.5 V	150	160	170	kΩ
		V _{CC} = 1.8 V	270	290	310	kΩ
R _{PD}	下拉等效电阻	V _{CC} = 3.3 V	65	85	95	kΩ
		V _{CC} = 3.0 V	80	90	100	kΩ
		V _{CC} = 2.5 V	105	115	125	kΩ
		V _{CC} = 1.8 V	185	205	220	kΩ
I _{DRV0}	Level-0	V _{CC} = 3.3 V	4.8	5.0	5.2	mA
		V _{CC} = 3.0 V	3.8	4.0	4.2	mA
		V _{CC} = 2.5 V	3.0	3.2	3.4	mA
		V _{CC} = 1.8 V	1.8	2.0	2.2	mA
I _{DRV1}	Level-1	V _{CC} = 3.3 V	7.3	7.5	7.7	mA
		V _{CC} = 3.0 V	6.6	6.8	7.0	mA
		V _{CC} = 2.5 V	4.8	5.0	5.2	mA
		V _{CC} = 1.8 V	3.1	3.3	3.5	mA

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{DRV2}	Level-2	V _{CC} = 3.3 V	9.6	9.8	10	mA
		V _{CC} = 3.0 V	8.8	9.0	9.2	mA
		V _{CC} = 2.5 V	6.6	6.8	7.0	mA
		V _{CC} = 1.8 V	4.0	4.2	4.4	mA
I _{DRV3}	Level-3	V _{CC} = 3.3 V	10.8	11.0	11.2	mA
		V _{CC} = 3.0 V	9.6	9.8	10.0	mA
		V _{CC} = 2.5 V	7.5	7.7	7.9	mA
		V _{CC} = 1.8 V	5.2	5.4	5.6	mA

ADC 特性

表 17. ADC 特性

T_A = 25 °C & V_{CC} = 3.0V, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{REF}	参考电压 ⁽¹⁾	—	—	1.1	—	V
f _{ADC}	时钟频率	—	—	4	8	MHz
f _S	采样率	14-bit	—	125	—	ksps
		12-bit	—	500	—	ksps
t _{TRIG}	外部触发周期	—	—	—	10	1/f _{ADC}
V _{AIN}	转换电压范围	—	0	—	V _{REF+}	V
R _{AIN}	外部输入阻抗	—	—	—	10	MΩ
C _{ADC}	内部采样 / 保持容抗	—	—	5	—	pF
t _{PU}	上电时间	—	—	1	—	CC ⁽²⁾
t _S	采样时间	—	1.5	—	1000	1/f _{ADC}
t _{CONV}	总转换时间 (分辨率 = N bits)	—	t _S +0.5+N/2	—	—	1/f _{ADC}
ACC	精度	V _{AIN} < 50 mV	—	±10	—	LSB
		50 mV < V _{AIN} < 50 mV	—	±2	±3	LSB
ENOB	有效位数	单端	—	11.8	—	Bits
		差分	—	13.2	—	Bits

注：1. 当 V_{AIN} > V_{REF+} 时，ADC 转换结果为 0xFFF。

2. CC：转换周期。

I²C 特性

表 18. I²C 特性

T_A = 25 °C, V_{CC} = 3.0 V & SCL = 1 MHz, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{SCL}	SCL 时钟频率	—	—	—	1	MHz
t _{LOW}	SCL 低电平时间	—	0.6	—	—	μs
t _{HIGH}	SCL 高电平时间	—	0.3	—	—	μs
t _{RISE}	SCL 和 SDA 上升沿时间	—	—	—	0.2	μs
t _{FALL}	SCL 和 SDA 下降沿时间	—	—	—	0.2	μs
t _{SU:DAT}	SDA 建立时间	—	0.1	—	—	μs
t _{HD:DAT}	SDA 保持时间	—	10	—	—	μs

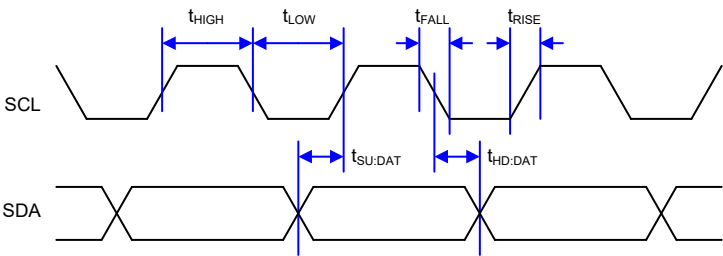


图 4. I²C 时序图

SPI 特性

表 19. SPI 特性

$T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ & $V_{CC} = 3.0\text{ V}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$1/t_{CK}$	时钟频率	$2.5\text{ V} < V_{CC} < 3.6\text{ V}$	—	—	32	MHz
		$1.8\text{ V} < V_{CC} < 2.5\text{ V}$	—	—	20	MHz
$t_{W(CKH)}$	时钟高电平时间	—	$t_{CK}/2-0.5$	—	$t_{CK}/2$	ns
$t_{W(CKL)}$	时钟低电平时间	—	$t_{CK}/2$	—	$t_{CK}/2+0.5$	ns
$t_{S(IN)}$	数据输入建立时间	—	1	—	—	ns
$t_{H(IN)}$	数据输入保持时间	—	3.5	—	—	ns
$t_{V(OUT)}$	数据输出有效时间	—	—	1	2	ns
$t_{H(OUT)}$	数据输出保持时间	—	0	—	—	ns

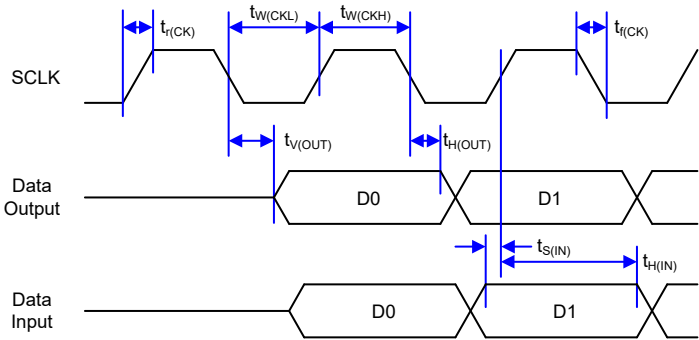


图 5. SPI 时序图

TSEN 特性

表 20. TSEN 特性

T_A = 25 °C & V_{CC} = 3.0V，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
TC	传感器温度系数	—	—	2	—	mV/°C
T _{RNG}	温度传感器范围	—	-40	—	125	°C
T _{ACC}	温度传感器精准度	—	-8	—	8	°C
T _{RES}	温度传感器分辨率	—	—	0.3	—	°C
t _{v(OUT)}	数据输出有效时间	—	—	0.3	—	ns
I _{TSEN}	温度传感器电流	—	—	20	—	μA

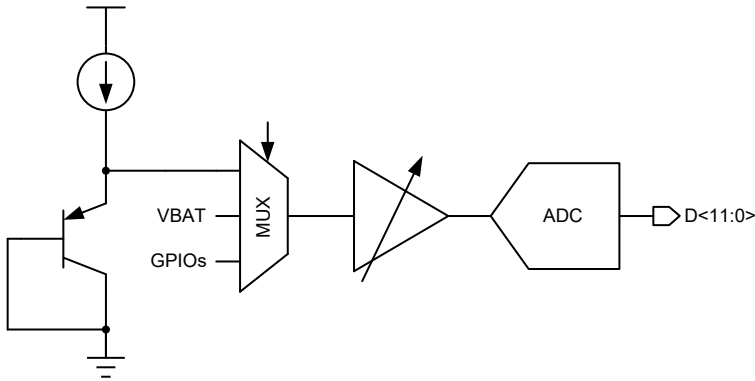


图 6. TSEN 操作图

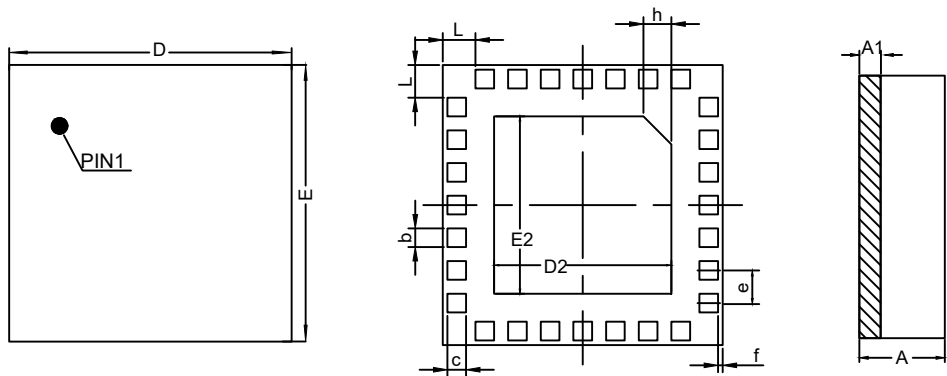
6 封装信息

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

28-pin LGA (3mm×3mm×0.75mm) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.024	0.026	0.028
A1	0.006	0.007	0.008
b	0.007	0.008	0.009
c	0.007	0.008	0.009
D	0.114	0.118	0.122
D2	0.071	0.075	0.079
e	0.013	0.014	0.015
E	0.114	0.118	0.122
E2	0.071	0.075	0.079
L	0.013	0.014	0.015
f	0.002	0.002	0.002
h	0.011	0.012	0.013

符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.62	0.67	0.72
A1	0.14	0.17	0.20
b	0.17	0.20	0.23
c	0.17	0.20	0.23
D	2.90	3.00	3.10
D2	1.80	1.90	2.00
e	0.33	0.35	0.37
E	2.90	3.00	3.10
E2	1.80	1.90	2.00
L	0.33	0.35	0.37
f	0.045	0.05	0.055
h	0.28	0.30	0.32

封装信息

Copyright© 2024 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。