



带 ARM® Cortex™-M3 内核以及
1 MSPS ADC、USART、UART、SPI、I²C、I²S、MCTM、
GPTM、BFTM、PDMA、SCI、CRC、EBI 和 USB 2.0 FS
高达 64KB Flash 和 16KB SRAM 的 Holtek 32 位单片机

HT32F1653/HT32F1654

系列产品规格书

版本 : V1.00 日期 : 2015-05-11

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	8
时钟控制单元 – CKCU	8
电源管理 – PWRCU	8
外部中断 / 事件控制器 – EXTI	9
模数转换器 – ADC	9
模拟比较器 – CMP	9
输入 / 输出 – GPIO	10
PWM 产生和捕捉定时器 – GPTM	10
马达控制定时器 – MCTM	11
基本功能定时器 – BFTM	11
看门狗定时器 – WDT	11
实时时钟 – RTC	12
内部集成电路 – I ² C	12
串行外设接口 – SPI	12
通用同步异步收发器 – USART	13
通用异步收发器 – UART	13
智能卡接口 – SCI	14
内置音频接口 – I ^S	14
循环冗余校验 – CRC	15
外设直接存储器访问 – PDMA	15
外部总线接口 – EBI	16
通用串行总线设备控制器 – USB	16
调试支持	16
封装和工作温度	16
3 概述	17
单片机信息	17
方框图	18
存储器映射	19
时钟结构	20
4 引脚图	21

5 电气特性	27
极限参数	27
建议直流工作条件	27
片上 LDO 稳压器特性	27
功耗	28
复位和电源监控特性	29
外部时钟特性	29
内部时钟特性	30
PLL 特性	31
存储器特性	31
I/O 口特性	32
ADC 特性	33
比较器特性	35
GPTM/MCTM 特性	35
I ² C 特性	36
SPI 特性	37
I ² S 特性	39
USB 特性	40
6 封装信息	42
48-pin LQFP (7mm×7mm) 外形尺寸	43
64-pin LQFP (7mm×7mm) 外形尺寸	44

表列表

表 1. HT32F1653/1654 系列的特性及外设列表.....	17
表 2. HT32F1653/54 系列 LQFP 64/48 封装引脚图.....	23
表 3. HT32F1653/54 引脚描述.....	25
表 4. 极限参数	27
表 5. 建议直流工作条件	27
表 6. LDO 特性.....	27
表 7. 功耗特性	28
表 8. LVD/BOD 特性.....	29
表 9. 外部高速时钟 (HSE) 特性	29
表 10. 外部低速时钟 (LSE) 特性	30
表 11. 内部高速时钟 (HSI) 特性	30
表 12. 内部低速时钟 (LSI) 特性.....	31
表 13. PLL 特性	31
表 14. Flash 存储器特性.....	31
表 15. I/O 口特性	32
表 16. ADC 特性	33
表 17. 比较器特性	35
表 18. GPTM/MCTM 特性.....	35
表 19. I ² C 特性	36
表 20. SPI 特性	37
表 21. I ² S 特性	39
表 22. USB 直流电气特性	40
表 23. USB 交流电气特性	41

图列表

图 1. HT32F1653/1654 方框图..... 18

图 2. HT32F1653/1654 存储器映射..... 19

图 3. HT32F1653/1654 时钟结构图..... 20

图 4. HT32F1653/1654 LQFP-48 引脚图 21

图 5. HT32F1653/1654 LQFP-64 引脚图 22

图 6. ADC 采样网络模板 34

图 7. I²C 时序图 36

图 8. SPI 时序图 – SPI 主机模式..... 38

图 9. SPI 时序图 – SPI 从机模式，CPHA=1..... 38

图 10. I²S 主机模式时序图 39

图 11. I²S 从机模式时序图..... 40

图 12. USB 信号上升时间、下降时间和交叉点电压 (V_{CRS}) 定义 41

图
列
表

1 简介

HT32F1653/1654 系列的 Holtek 单片机是一款基于 ARM® Cortex™-M3 处理器内核的 32 位高性能低功耗单片机。Cortex™-M3 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。

该系列单片机可借助 Flash 加速器工作在高达 72MHz 的频率下, 以获得较大的效率。它提供 64KB 的嵌入式 Flash 存储器用作程序 / 数据存储, 16KB 的嵌入式 SRAM 存储器用作系统操作和应用程序运用。此系列单片机具有多种外设, 如 ADC、I²C、USART、UART、SPI、I²S、PDMA、GPTM、MCTM、SCI、EBI、CRC-16/32、USB2.0 FS、SW-DP(串行线调试端口) 等。在唤醒延迟和功耗方面, 几种省电模式提供了具有灵活性的较大优化方案, 这是在低功耗应用方面的重要考量。

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, 如大型家用电器应用控制, 电源监控和报警系统, 消费领域和手持式设备, 数据记录应用, 电动车控制和指纹识别等。



2 特性

内核

- 32 位 ARM® Cortex™-M3 处理器内核
- 高达 72MHz 的工作频率
- 1.25 DMIPS/MHz–Dhrystone 2.1
- 单周期乘法和硬件除法
- 内建嵌套向量中断控制器 – NVIC
- 24 位 SysTick 定时器

Cortex™-M3 处理器是一种通用的 32 位处理器内核, 特别适合要求高性能和低功耗单片机的产品。它提供了许多新功能如 Thumb-2 指令集、硬件除法、低延迟中断响应时间、原子位带访问和多个同时访问的总线。Cortex™-M3 处理器基于 ARMv7 架构, 同时支持 Thumb 和 Thumb-2 指令集。

片上存储器

- 高达 64 KB 片上 Flash 存储器用于指令 / 数据和选项的存储
- 16 KB 片上 SRAM
- 支持多种启动模式

ARM® Cortex™-M3 处理器的结构是哈佛架构, 可以使用不同的总线获得指令和加载 / 存储数据。指令代码和数据都位于相同的存储器地址空间, 但位于不同的地址范围。Cortex™-M3 的最大地址范围是 4GB, 因为它具有 32 位总线地址宽度。此外, 预先定义的存储器映射由 Cortex™-M3 处理器提供, 以减少不同的单片机供应商之间的软件差异。其中, 一些区域被 ARM® 的 Cortex™-M3 系统外设所使用。更多信息请参考 ARM® Cortex™-M3 技术参考手册。图 2 显示了 HT32F1653/54 系列单片机的存储器映射, 包括代码、SRAM、外设和其它预先定义的区域。

Flash 存储器控制器 – FMC

- Flash 加速器可获得较大效率
- 具有在系统烧录 (ISP) 和在应用烧录 (IAP) 的 32 位字烧录功能
- Flash 保护功能, 防止非法访问

Flash 存储器控制器 FMC 为嵌入式片上 Flash 存储器提供所有必要的功能和预抓取缓冲器。由于 Flash 存储器访问速度比 CPU 慢, 故提供一个带有预抓取缓冲器的宽访问接口来减少 CPU 指令执行延迟的等待时间。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 – POR
 - 欠压检测器 – BOD
 - 可编程低压检测 – LVD

复位控制单元 RSTCU 有三种复位方式，分别是上电复位、系统复位和 APB 单元复位。上电复位，被称为冷复位，在上电时复位了整个系统。系统复位复位了处理器内核和除 SW-DP 控制器以外的外设 IP 元件。这些复位可以通过外部信号、内部事件和复位发生器触发。

时钟控制单元 – CKCU

- 外部 4~16MHz 晶振
- 外部 32.768kHz 晶振
- 在工作电压为 3.3V，工作温度为 25℃ 下，内部 8MHz RC 振荡器精度可调整至 $\pm 2\%$
- 内部 32kHz RC 振荡器
- 内建系统时钟 PLL
- 用作外设时钟源的独立的时钟分频器和门控位

时钟控制单元 CKCU 提供了一系列振荡器和时钟功能，包括内部高速 RC 振荡器 (HSI)、外部高速晶振 (HSE)、内部低速 RC 振荡器 (LSI)、外部低速晶振 (LSE)、锁相环 (PLL)、HSE 时钟监控、时钟预分频器、时钟多路复用器、APB 时钟分频器和时钟门电路。AHB、APB 和 Cortex™-M3 的时钟来源于系统时钟 (CK_SYS)，而系统时钟可以来自 HSI、HSE 或者 PLL。看门狗定时器和实时时钟 (RTC) 使用 LSI 或者 LSE 作为它们的时钟源。系统内核时钟 (CK_AHB) 的最大工作频率高达 72MHz。

电源管理 – PWRCU

- 采用 3.3V 单电源：2.7 V 到 3.6 V
- 内建 1.8V LDO 稳压器用作内核和外设电源
- V_{BAT} 电池供电给 RTC 和备份寄存器
- 三个电源域：3.3V、1.8V 和备份域
- 四种省电模式：休眠模式、深度休眠模式 1、深度休眠模式 2、暂停模式

功耗被视为许多嵌入式系统应用中最重要的问题之一。因此，在这些单片机中，电源控制单元 PWRCU 提供多种省电模式如休眠模式、深度休眠模式 1、深度休眠模式 2、暂停模式。这些工作模式可以降低功耗，并允许应用程序在 CPU 运行时间、速度和功耗相互冲突的需求中达到较佳平衡。

外部中断 / 事件控制器 – EXTI

- 高达 16 个可配置触发源和触发类型的 EXTI 端口
- 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 端口都可独立进行中断使能、唤醒和状态位设置
- 每个 EXTI 端口都有软件中断触发模式
- 集成抗杂讯滤波器

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 端口也可被单独屏蔽。

模数转换器 – ADC

- 12 位 SAR ADC
- 高达 1 Msps 转换速率 – 56MHz 下 1 μ s, 72MHz 下 1.17 μ s
- 高达 12 个外部模拟输入通道
- 电源电压范围：2.7V~3.6V
- 转换范围：V_{REF+} ~ V_{REF-}

此系列单片机包含一个多通道 12 位 A/D 转换器, 总共有 12 个多路复用通道, 包括提供模拟信号的外部通道和 2 个内部通道。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。该 ADC 可工作在单次转换、连续和非连续转换模式。

模拟比较器 – CMP

- 2 个 rail-to-rail 比较器
- 每个比较器带有可配置的负端输入, 可灵活的选择电压
- 由内部 6-bit 计数器提供的专用 I/O 口或内部电压参考
- 可编程迟滞
- 烧录速率和功耗
- 比较器可输出至 I/O 引脚、定时器或 ADC 触发输入端
- 6-bit 计数器可配置在专用 I/O 引脚用于电压参考
- 比较器有产生中断的能力, 通过 EXTI 控制器, 有从休眠或深度休眠模式中唤醒的功能
- 电源电压范围：2.7V~3.6V

该系列单片机具有两个通用比较器 – CMP。这些比较器可独立使用或与不同的外围功能联合使用。每个比较器都有产生 NVIC 中断的能力, 并通过 EXTI 唤醒时间管理单元把 MCU 从深度休眠模式中唤醒。

输入 / 输出口 – GPIO

- 高达 51 个通用输入 / 输出口 (GPIO)
- 端口 A、B、C、D 映射为 16 个外部中断 – EXTI
- 除了与模拟输入共用的引脚外，几乎所有的 I/O 引脚都是 5V 容差

单片机有多达 51 个通用 I/O 引脚，GPIO，即从 PA0~PA15 到 PD0~PD2，可以实现逻辑输入 / 输出功能。每个 GPIO 端口都有相关的控制和配置寄存器，扩大了灵活性并满足特定的应用需求。

在封装上 GPIO 引脚与其它可选功能引脚共用，以获得较大的灵活性。通过配置相应的寄存器，GPIO 口可以被用作可选功能的输入或输出脚。

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

- 2 个 16 位向上、向下、向上 / 向下自动重载计数器
- 16-bit 可编程预分频器，允许 1~65536 之间的任何数值的计数器时钟分频
- 捕捉输入功能
- 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
- 单脉冲模式输出
- 编码器接口控制器带有使用一个正交解码器的两个输入口

通用定时器包括一个 16 位向上 / 向下计数器，4 个 16 位捕捉 / 比较寄存器 (CCRs)，一个 16 位计数器重载寄存器 (CRR) 和多个控制 / 状态寄存器。它们可用于多种用途，包括通用时间测量、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 支持的编码器接口是带有两个输入端口的解码器。

马达控制定时器 – MCTM

- 2 个 16 位向上、向下、向上 / 向下自动重载计数器
- 16-bit 可编程预分频器，允许 1~65536 之间的任何数值的计数器时钟分频
- 捕捉输入功能
- 比较匹配输出
- PWM 波形产生功能，具有边沿对齐和中心对齐两种计数模式
- 单脉冲输出模式
- 带可编程死区时间插入的互补输出
- 编码器接口控制器带有使用一个正交解码器的两个输入口
- 支持三相马达控制和霍尔传感器接口
- 暂停输入迫使定时器的输出信号进入复位或固定状态

马达控制定时器包括一个 16 位向上 / 向下计数器、四个 16 位 CCRs(捕捉 / 比较寄存器)、一个 16 位计数器重载寄存器 (CRR)、一个 8 位重复计数器和几个控制 / 状态寄存器。它可用于多种用途，包括测量输入信号的脉冲宽度或产生输出波形，如比较器匹配输出、PWM 输出或带死区时间插入的互补 PWM 输出。MCTM 支持的编码器接口是带有两个输入端口的增量编码器。MCTM 能够为马达控制、霍尔传感器接口和制动输入提供全功能支持。

基本功能定时器 – BFTM

- 2 个 32 位比较 / 匹配向上计数器 – 无 I/O 控制功能
- 单次模式 – 一个匹配条件产生后停止计数
- 重复模式 – 一个匹配条件产生后重启计数器

基本功能定时器是一个简单的 32 位向上计数器，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，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 重启计数器。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

- 12 位带有 3 位预分频器的向下计数器
- 用于系统的中断或复位事件
- 可编程看门狗定时器窗口功能
- 寄存器写保护功能

看门狗定时器是一个硬件定时电路，可用于检测因软件故障导致的系统故障。它包括一个 12 位向下计数器、预分频器、一个 WDT 计数值寄存器、WDT 增量值寄存器、中断相关电路、WDT 操作控制电路和 WDT 保护机制。看门狗定时器可工作中断模式或复位模式。当计数器递减到零时，它产生一个中断或复位。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中断或者复位。此外，当计数器值大于或等于 WDT 增量值时，如果软件重新加载计数器，也会产生中断或复位。这意味着计数器必须在有限的定时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 32 位向上计数器
- 报警功能
- 中断和唤醒事件

实时时钟, RTC 电路包括 APB 接口、32 位向上计数器、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。除了 APB 接口位于 V_{DD18} 域外, RTC 电路大多位于备份域。因此, 需隔离来自电源控制单元的 ISO 信号直到 V_{DD18} 掉电即单片机进入暂停模式, 是很有必要的。RTC 计数器被用作唤醒定时器使系统从暂停模式中恢复。

内部集成电路 – I²C

- 支持高达 1MHz 频率下的主从模式
- 提供仲裁功能和时钟同步功能
- 支持 7 位和 10 位寻址模式和一般呼叫寻址
- 支持带可屏蔽地址的多种从机寻址模式

I²C 模块是一个允许与外部 I²C 接口通信的内部电路, 而外部 I²C 接口是一个工业标准的用于连接外部硬件的两线串行接口。这两个串行线被称为串行数据线 SDA 和串行时钟线 SCL。I²C 模块提供了三种数据传输速率: 标准模式下 1.100kHz, 快速模式下 2.400kHz 和快速 + 模式下 3.1MHz。SCL 周期产生寄存器用于设置不同的占空比得到不同的 SCL 脉冲。

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

串行外设接口 – SPI

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

串行外设接口 SPI 提供了一个 SPI 协议: 主从模式下数据传输和接收功能。SPI 接口使用 4 个引脚, 其中有串行数据输入线 MOSI 和输出线 MISO, 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。为了接收数据字节, 数据流在特定的时钟边沿时被锁存且存储在数据寄存器或 RX FIFO。数据传输也是通过类似的方式, 但以相反的顺序。模式故障检测功能使其适用于多主机应用。

通用同步异步收发器 – USART

- 同时支持异步和时钟同步串行通信模式
- 异步工作频率高达 $f_{PCLK}/16\text{MHz}$ ，同步工作频率高达 $f_{PCLK}/8\text{MHz}$
- 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 位字符
 - 校验位：奇、偶或无奇偶校验位的产生和检测
 - 停止位：1 或 2 个停止位产生
 - 位顺序：低位优先或高位优先传输
- 错误侦测：奇偶校验、溢出和帧错误
- 自动硬件流控制模式 –RTS、CTS
- IrDA SIR 编码器和解码器
- 具有输出使能控制的 RS485 模式
- FIFO 深度：16×9 位接收器和发送器

通用同步异步收发器 USART 提供了一个灵活的采用同步或异步传输的全双工数据交换。USART 用来转换并行和串行接口之间的数据，通常也被用作 RS232 标准通信。USART 外设功能支持四种类型的中断，包括线路状态中断、发送器 FIFO 空中断、接收器阈值级别到达中断和超时中断。USART 模块包括一个 16 字节的发送 FIFO、(TX_FIFO) 和一个 16 字节的接收 FIFO(RX_FIFO)。通过读取线路状态寄存器 LSR，软件可以检测 USART 的错误状态。状态包括传输模式下的类型和状况以及因奇偶、溢出、帧和暂停事件造成的错误状况。

通用异步收发器 – UART

- 异步串行通信工作频率高达 $f_{PCLK}/16\text{MHz}$
- 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 位字符
 - 校验位：奇、偶或无奇偶校验位的产生和检测
 - 停止位：1 或 2 个停止位产生
 - 位顺序：低位优先或高位优先传输
- 错误侦测：奇偶校验、溢出和帧错误
- FIFO 深度：16×9 位接收器和发送器

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 外设功能支持四种类型的中断，包括线路状态中断、发送 FIFO 空中断、阈值级别接收到达中断和超时中断。UART 模块包括一个 16 字节的发送 FIFO(TX_FIFO) 和一个 16 字节的接收 FIFO(RX_FIFO)。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。

智能卡接口 – SCI

- 支持 ISO 7816-3 标准
- 字符模式
- 一个发送缓冲器和一个接收缓冲器
- 11 位 ETU(基本时间单元)计数器
- 9 位时间保护计数器
- 24 位通用等待时间计数器
- 奇偶产生和检测
- 发送和接收模式下检测到奇偶错误时自动进行字符重发

智能卡接口与 ISO 7816-3 标准兼容。该接口包括卡插入 / 移除检测、SCI 数据发送控制逻辑和数据缓冲器、内部定时器计数器和相关的控制逻辑电路来完成所有与智能卡有关的操作。智能卡接口作为一个智能卡读卡器,便于与外部智能卡通信。所有智能卡接口功能由一系列寄存器控制,包括控制和状态寄存器以及几个相关中断,这些中断使得单片机对 SCI 发送状态进行关注。

内置音频接口 – I²S

- 主机模式或从机模式
- 单声道和立体声
- I²S 对齐、左对齐和右对齐模式
- 带 32 位扩展通道的 8/16/24/32 位采样值
- 8×32 位 Tx&Rx FIFO 并支持 PDMA
- 带速率控制的 8 位小数时钟分频器

I²S 是一个同步通信接口,用于主机或从机与其它外设,如 ADC 或 DAC,之间交换数据。I²S 支持多种数据格式。除了立体声 I²S 对齐、左对齐和右对齐模式,还有带 8/16/24/32 位采样值的单声道 PCM 模式。当 I²S 工作在主机模式下并使用小数分频器,它可以提供一个准确的采样频率输出,且支持速率控制功能和输出频率微调,以避免由于不同单片机之间的累积频率误差造成的系统问题。

循环冗余校验 – CRC

- 支持 CRC16 多项式：0x8005，
 $X^{16}+X^{15}+X^2+1$
- 支持 CCITT CRC16 多项式：0x1021，
 $X^{16}+X^{12}+X^5+1$
- 支持 IEEE-802.3 CRC32 多项式：0x04C11DB7，
 $X^{32}+X^{26}+X^{23}+X^{22}+X^{16}+X^{12}+X^{11}+X^{10}+X^8+X^7+X^5+X^4+X^2+X+1$
- 支持对数据和校验码进行 1 的补码、字节反序 & 位反序操作
- 支持字节、半字和字数据大小
- 可编程 CRC 初始种子值
- 对 8 位数据在 1 AHB 时钟周期下和 32 位数据在 4 AHB 时钟周期下执行 CRC 计算
- 支持 PDMA 对一个存储器区块进行 CRC 计算

CRC 计算单元是用于验证数据传输或存储的数据正确性的错误检测技术测试算法。CRC 计算将数据流或数据块作为输入，并生成一个 16 位或 32 位输出余数。通常情况下，数据流带 CRC 后缀码，且当被发送或存储时用作校验码。因此，被接收或重新储存的数据流是通过上述相同的生成多项式计算的。如果新的 CRC 码结果与先前计算的不匹配，这意味着数据流出错了。

外设直接存储器访问 – PDMA

- 带触发源组的 8 个通道
- 8/16/32 位数据传输宽度
- 支持地址递增、递减或固定模式
- 4 层可编程通道优先级
- 自动重载模式
- 支持的触发源包括：ADC、SPI、USART、UART、I²C、I²S、EBI、GPTM、MCTM、SCI 和软件请求

外设直接存储器访问控制器，PDMA，对 AHB 总线上的数据在外设与系统存储器之间进行转移。每一个 PDMA 通道都有一个源地址、目的地址、存储块长度和传输数量。PDMA 可以排除 CPU 干扰，避免执行中断服务程序。由于软件无需参与每个数据的转移操作，此举提高了系统性能。

外部总线接口 – EBI

- 用于多种存储器类型的可编程接口
- 将 AHB 事务转换成相应的外部设备协议
- 为每一个存储区提供存储区区域和独立的片选控制
- 支持一系列单片机的可编程时序
- 包括页读取模式
- 当 AHB 事务宽度和外部存储器接口宽度不同时，可自动转换
- 写缓存器可减少因 AHB 写突发事件而停滞的状况
- 复用地址和数据线配置
- 高达 21 条地址线
- 高达 16 位数据总线宽度

外部总线接口能够访问外部并行总线设备，如 SRAM、Flash 和 LCD 模块。该接口存储映射于 CPU 内部地址。为了减少外接单片机所需的引脚数，数据线 with 地址线可以复用。总线的读 / 写时序可以被调整来符合外部设备的时序规格。注意，该接口仅支持异步 8 或 16 位总线接口。

通用串行总线设备控制器 – USB

- 符合 USB 2.0 全速 (12Mbps) 规范
- 片上 USB 全速收发器
- 1 个控制端点 (EP0) 可用于控制传输
- 3 个单独的缓冲端点可用于批量和中断传输
- 4 对缓冲端点可用于批量、中断和同步传输
- 1024 字节 EP-SRAM 用于端点数据缓冲器

USB 设备控制器符合 USB 2.0 全速规范。有一个被称为端点 0 的控制端点和七个可配置端点。一个 1024 字节的 SRAM 被用作端点缓冲器。每个端点缓冲器大小可通过相应的寄存器编程来设置，这将为不同的应用提供了最大的灵活性。内置 USB 全速收发器有助于减少总的系统复杂度和成本。USB 功能块也包含恢复和暂停特性以满足低功耗的需求。

调试支持

- 串行线调试端口 – SW-DP
- 6 个指令比较器和 2 个用于硬件断点或代码 / 文字修补的文字比较器
- 4 个用于硬件观察点的比较器
- 1 位异步跟踪 (TRACESWO)

封装和工作温度

- 48/64-pin LQFP 封装
- 工作温度：-40°C ~ +85°C

3 概述

单片机信息

表 1. HT32F1653/1654 系列的特性及外设列表

外设		HT32F1654	HT32F1653
主 Flash(KB)		63	32
选项字节 Flash		1	1
SRAM(KB)		16	8
定时器	MCTM	2	
	GPTM	2	
	BFTM	2	
	RTC	1	
	WDT	1	
通信	USB	1	
	SPI	2	
	USART	2	
	UART	2	
	I²C	2	
	I²S	1	
	SCI	1	
EBI		1	
CRC-16/32		1	
EXTI		16	
12 位 ADC 通道总数		1	
		12 通道	
比较器		2	
GPIO		高达 51	
CPU 频率		高达 72MHz	
工作电压		2.7V ~ 3.6V	
工作温度		-40℃ ~ 85℃	
封装		48/64-pin LQFP	

概述

方框图

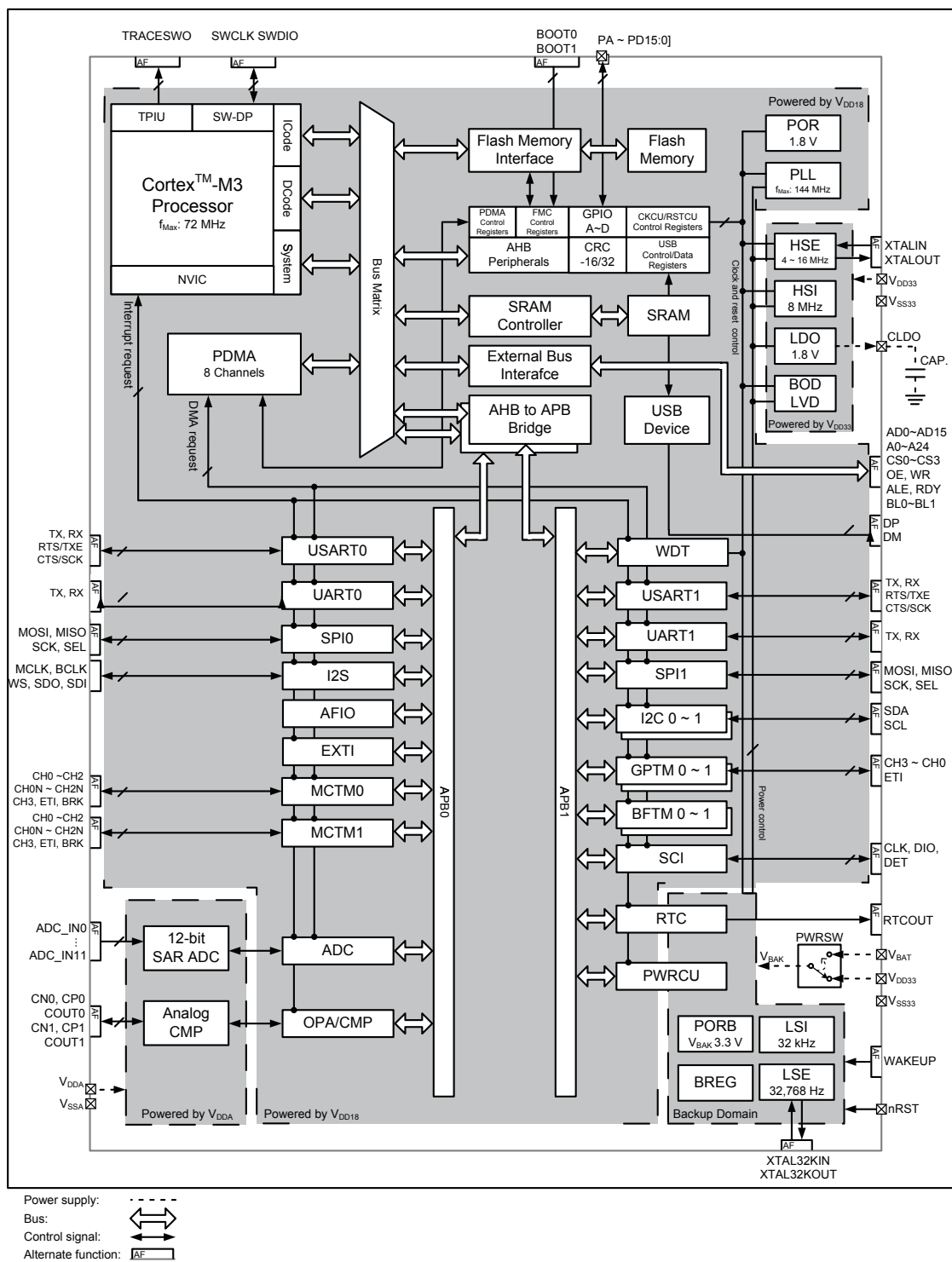


图 1. HT32F1653/1654 方框图

存储器映射

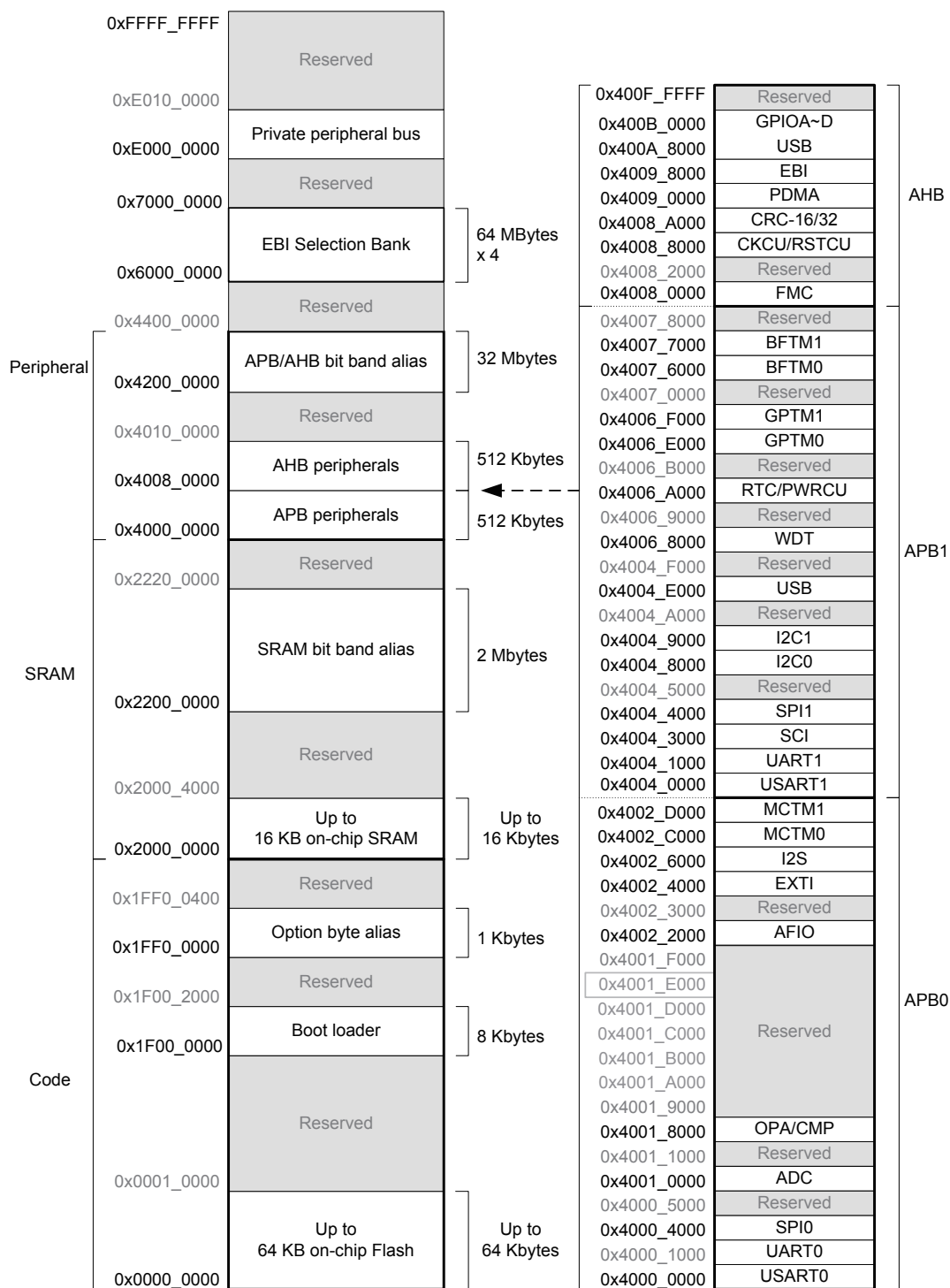


图 2. HT32F1653/1654 存储器映射

时钟结构

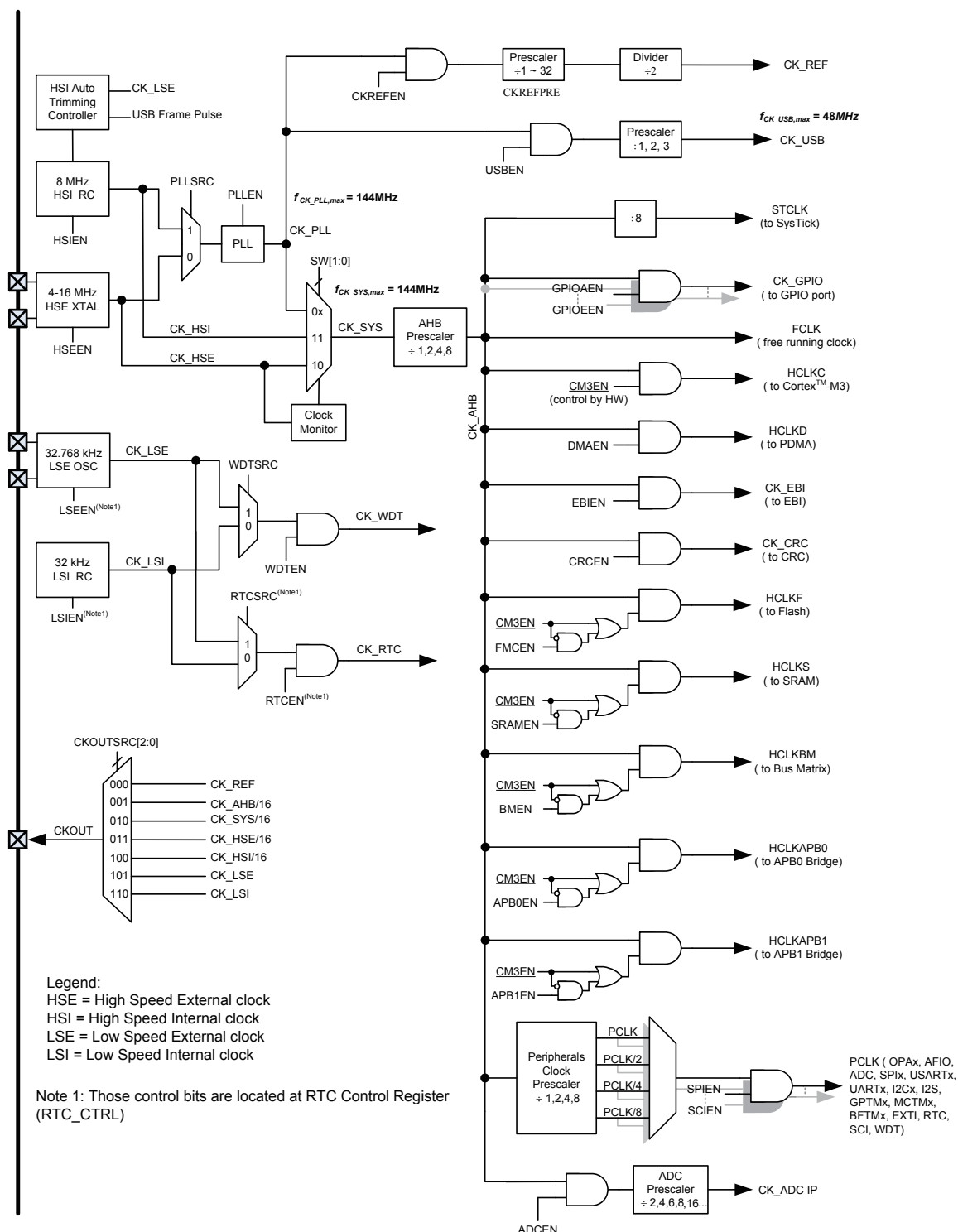


图 3. HT32F1653/1654 时钟结构图

4 引脚图

Holtek HT32F1653/1654
LQFP-48

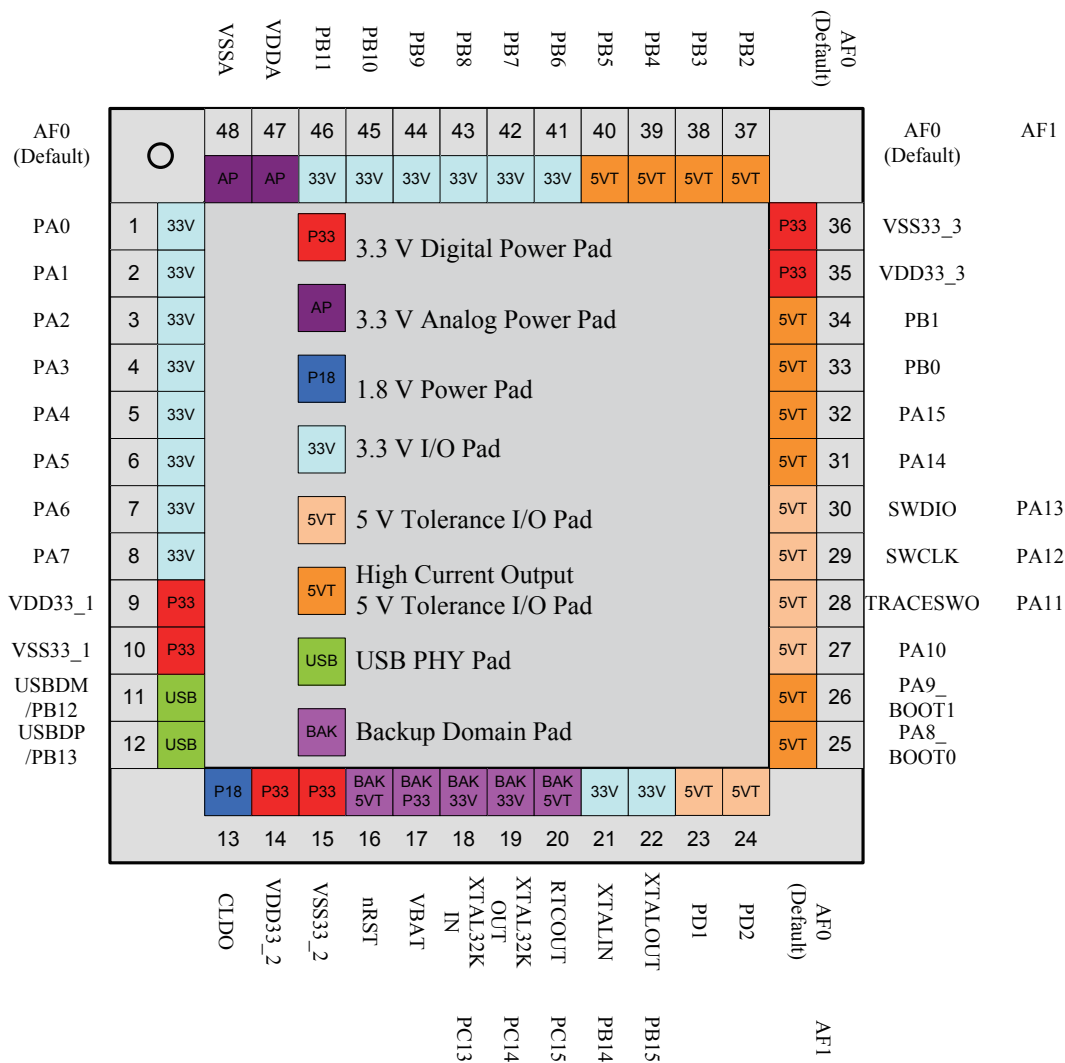


图 4. HT32F1653/1654 LQFP-48 引脚图

引脚图



表 2. HT32F1653/54 系列 LQFP 64/48 封装引脚图

封装		复用功能序号															
		AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15
LQFP-64	LQFP-48	系统默认	GPIO	ADC	CMP	MCTM/GPTM	SPI	USART/UART	I ² C	SCI	EBI	I ² S	N/A	N/A	N/A	N/A	系统其它
1	1	PA0		ADC_IN0		GT1_CH0		USR0_RTS	I2C1_SCL	SCI_CLK		I2S_WS					
2	2	PA1		ADC_IN1		GT1_CH1		USR0_CTS	I2C1_SDA	SCI_DIO		I2S_BCLK					
3	3	PA2		ADC_IN2		GT1_CH2		USR0_TX				I2S_SDO					
4	4	PA3		ADC_IN3		GT1_CH3		USR0_RX				I2S_SDI					
5	5	PA4		ADC_IN4		GT0_CH0	SPI0_SCK	USR1_TX	I2C0_SCL								
6	6	PA5		ADC_IN5		GT0_CH1	SPI0_MOSI	USR1_RX	I2C0_SDA								
7	7	PA6		ADC_IN6		GT0_CH2	SPI0_MISO	USR1_RTS									
8	8	PA7		ADC_IN7		GT0_CH3	SPI0_SEL	USR1_CTS				I2S_MCLK					
9	9	VDD33_1															
10	10	VSS33_1															
11		PC9		ADC_IN8		GT0_CH0	SPI1_SEL	UR0_TX	I2C1_SCL		EBI_A19						
12		PC10		ADC_IN9		GT0_CH1	SPI1_SCK	UR0_RX	I2C1_SDA		EBI_A20						
13		PC11		ADC_IN10		GT0_CH2	SPI1_MOSI				EBI_A0						
14		PC12		ADC_IN11		GT0_CH3	SPI1_MISO				EBI_A1						
15	11	PB12				MT1_CH2			I2C0_SCL								
15	11	USBDM															
16	12	USBDP															
16	12	PB13				MT1_CH2N			I2C0_SDA								
17	13	CLDO															
18	14	VDD33_2															
19	15	VSS33_2															
20	16	nRST															
21	17	VBAT															
22	18	XTAL32KIN	PC13														
23	19	XTAL32KOUT	PC14														
24	20	RTCOUT	PC15_WAKEUP														
25		PD0				MT1_ETI			I2C0_SDA		EBI_A18	I2S_SDI					
26	21	XTALIN	PB14														
27	22	XTALOUT	PB15														
28	23	PD1				MT1_CH0	SPI0_SEL		I2C1_SCL		EBI_A16	I2S_MCLK					
29	24	PD2				MT1_CH0N	SPI0_SCK		I2C1_SDA		EBI_A17						
30		PC0				GT1_CH0	SPI1_SEL				EBI_AD13	I2S_WS					
31		PC1				GT1_CH1	SPI1_SCK				EBI_AD14	I2S_BCLK					
32		PC2				GT1_CH2	SPI1_MOSI	UR1_TX	I2C0_SCL		EBI_AD15	I2S_SDO					
33		PC3				GT1_CH3	SPI1_MISO	UR1_RX	I2C0_SDA		EBI_CS3	I2S_SDI					
34	25	PA8_BOOT0				GT0_ETI		USR0_TX				I2S_MCLK					CKOUT

封装		复用功能序号															
		AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15
LQFP-64	LQFP-48	系统默认	GPIO	ADC	CMP	MCTM/GPTM	SPI	USART/UART	I ² C	SCI	EBI	I ² S	N/A	N/A	N/A	N/A	系统其它
35	26	PA9_BOOT1					SPI0_MOSI				EBI_A1	I2S_WS					
36	27	PA10				MT1_CH1		USR0_RX		SCI_DET							
37	28	TRACESWO	PA11			MT1_CH1N	SPI0_MISO				EBI_A0	I2S_MCLK					TRACESWO
38	29	SWCLK	PA12														
39	30	SWDIO	PA13														
40	31	PA14				MT0_CH0	SPI1_SEL	USR1_TX		SCI_CLK	EBI_AD0						
41	32	PA15				MT0_CH0N	SPI1_SCK	USR1_RX		SCI_DIO	EBI_AD1						
42		VDD33_3															
43		VSS33_3															
44	33	PB0				MT0_CH1	SPI1_MOSI	USR0_TX	I2C0_SCL		EBI_AD2						
45	34	PB1				MT0_CH1N	SPI1_MISO	USR0_RX	I2C0_SDA		EBI_AD3						
46		PC4				MT1_CH2		USR1_RTS		SCI_CLK	EBI_AD10						
47		PC5				MT1_CH2N		USR1_CTS		SCI_DIO	EBI_AD11						
48		PC6				MT1_CH3				SCI_DET	EBI_AD12						
	35	VDD33_3															
	36	VSS33_3															
49	37	PB2				MT0_CH2	SPI0_SEL	UR0_TX			EBI_AD4						
50	38	PB3				MT0_CH2N	SPI0_SCK	UR0_RX			EBI_AD5						
51	39	PB4				MT0_BRK	SPI0_MOSI	UR1_TX			EBI_AD6						
52	40	PB5				MT1_BRK	SPI0_MISO	UR1_RX			EBI_AD7						
53		PC7				MT0_CH3			I2C0_SCL		EBI_AD8						
54		PC8				MT0_ETI			I2C0_SDA		EBI_AD9						
55		VDD33_4															
56		VSS33_4															
57	41	PB6			CN0	MT1_CH0	SPI1_SEL	UR1_TX			EBI_OE	I2S_MCLK					
58	42	PB7			CP0	MT1_CH0N	SPI1_SCK				EBI_CS0						
59	43	PB8			COUT0	GT1_ETI	SPI1_MOSI	UR1_RX			EBI_WE						
60	44	PB9			CN1	MT1_CH2	SPI1_MISO	UR0_TX			EBI_ALE	I2S_BCLK					
61	45	PB10			CP1	MT1_CH2N			I2C1_SCL		EBI_CS1	I2S_SDO					
62	46	PB11			COUT1	MT1_CH3		UR0_RX	I2C1_SDA		EBI_CS2	I2S_SDI					
63	47	VDDA															
64	48	VSSA															

表 3. HT32F1653/54 引脚描述

引脚编号		引脚名称	类型 (注 1)	I/O 结构 (注 2)	输出 驱动	描述
LQFP- 64	LQFP- 48					默认功能 (AF0)
1	1	PA0	AI/O	33V	4/8mA	PA0
2	2	PA1	AI/O	33V	4/8mA	PA1
3	3	PA2	AI/O	33V	4/8mA	PA2
4	4	PA3	AI/O	33V	4/8mA	PA3
5	5	PA4	AI/O	33V	4/8mA	PA4
6	6	PA5	AI/O	33V	4/8mA	PA5
7	7	PA6	AI/O	33V	4/8mA	PA6
8	8	PA7	AI/O	33V	4/8mA	PA7
9	9	VDD33_1	P	—	—	数字 I/O 口 3.3V 电压
10	10	VSS33_1	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
11		PC9	AI/O	33V	4/8mA	PC9
12		PC10	AI/O	33V	4/8mA	PC10
13		PC11	AI/O	33V	4/8mA	PC11
14		PC12	AI/O	33V	4/8mA	PC12
15	11	PB12	I/O	5VT	8mA	PB12
15	11	USBDM	AI/O	—	—	USB 微分数据总线符合通用串行总线标准
16	12	USBDP	AI/O	—	—	USB 微分数据总线符合通用串行总线标准
16	12	PB13	I/O	5VT	8mA	PB13
17	13	CLDO	P	—	—	LDO 电源 1.8V 输出 建议连接一个 4.7μF 电容器, 尽量靠近该引脚与 VSS33_2 引脚
18	14	VDD33_2	P	—	—	数字 I/O 口 3.3V 电压
19	15	VSS33_2	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
20	16	nRST	I(BK)	5VT_PU	—	暂停模式下外部复位引脚和外部唤醒引脚
21	17	VBAT	P	—	—	备份域电池电源输入
22	18	PC13 ^(注 4)	AI/O(BK)	33V	1mA	XTAL32KIN
23	19	PC14 ^(注 4)	AI/O(BK)	33V	1mA	XTAL32KOUT
24	20	PC15 ^(注 4)	I/O(BK)	5VT	1mA	RTCOUT
25		PD0	I/O	5VT	8mA	PD0
26	21	PB14	AI/O	33V	4/8mA	XTALIN
27	22	PB15	AI/O	33V	4/8mA	XTALOUT
28	23	PD1	I/O	5VT	8mA	PD1
29	24	PD2	I/O	5VT	8mA	PD2
30		PC0	I/O	5VT	12mA	PC0
31		PC1	I/O	5VT	12mA	PC1
32		PC2	I/O	5VT	12mA	PC2
33		PC3	I/O	5VT	12mA	PC3
34	25	PA8	I/O	5VT_PU	12mA	PA8_BOOT0
35	26	PA9	I/O	5VT_PU	12mA	PA9_BOOT1

引脚编号		引脚名称	类型 (注 1)	I/O 结构 (注 2)	输出 驱动	描述
LQFP-64	LQFP-48					默认功能 (AF0)
36	27	PA10	I/O	5VT	8mA	PA10
37	28	PA11	I/O	5VT	8mA	TRACESWO
38	29	PA12	I/O	5VT_PU	8mA	SWCLK
39	30	PA13	I/O	5VT_PU	8mA	SWDIO
40	31	PA14	I/O	5VT	12mA	PA14
41	32	PA15	I/O	5VT	12mA	PA15
42		VDD33_3	P	—	—	数字 I/O 口 3.3V 电压
43		VSS33_3	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
44	33	PB0	I/O	5VT	12mA	PB0
45	34	PB1	I/O	5VT	12mA	PB1
46		PC4	I/O	5VT	8mA	PC4
47		PC5	I/O	5VT	8mA	PC5
48		PC6	I/O	5VT	8mA	PC6
	35	VDD33_3	P	—	—	数字 I/O 口 3.3V 电压
	36	VSS33_3	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
49	37	PB2	I/O	5VT	12mA	PB2
50	38	PB3	I/O	5VT	12mA	PB3
51	39	PB4	I/O	5VT	12mA	PB4
52	40	PB5	I/O	5VT	12mA	PB5
53		PC7	I/O	5VT	8mA	PC7
54		PC8	I/O	5VT	8mA	PC8
55		VDD33_4	P	—	—	数字 I/O 口 3.3V 电压
56		VSS33_4	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
57	41	PB6	AI/O	33V	4/8mA	PB6
58	42	PB7	AI/O	33V	4/8mA	PB7
59	43	PB8	AI/O	33V	4/8mA	PB8
60	44	PB9	AI/O	33V	4/8mA	PB9
61	45	PB10	AI/O	33V	4/8mA	PB10
62	46	PB11	AI/O	33V	4/8mA	PB11
63	47	VDDA	P	—	—	ADC 和比较器 3.3V 模拟电压
64	48	VSSA	P	—	—	ADC 和比较器接地参考电压

注：1. I = 输入，O = 输出，A = 模拟端口，P = 电源，PU = 上拉，BK = 备份域。

2. 5VT=5V 容差；33V=3.3V 容差。

3. V_{DD18} 上电复位 (POR) 后除了备份域 I/O 的 RTCOUT 引脚外，GPIO 都是 AF0 的状态。通过备份域上电复位 (PORB) 或软件复位 (BAK_CR 寄存器的 BAK_RST 位)，RTCOUT 脚会被复位。

4. I/O 引脚的备份域的源电流 < 1mA @V_{BAT}=3.3 V，灌电流的典型值是 4mA@V_{BAT}=3.3V。

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 4. 极限参数

符号	参数	最小值	最大值	单位
V _{DD33}	外部主电源供应电压	V _{SS} -0.3	V _{SS} +3.6	V
V _{DDA}	外部模拟电源供应电压	V _{SSA} -0.3	V _{SSA} +3.6	V
V _{BAT}	外部电池供应电压	V _{SS} -0.3	V _{SS} +3.6	V
V _{LDOIN}	外部 LDO 供应电压	V _{SS} -0.3	V _{SS} +3.6	V
V _{IN}	5V 容差 I/O 口输入电压	V _{SS} -0.3	V _{SS} +5.5	V
	其它 I/O 口输入电压	V _{SS} -0.3	V _{DD33} +0.3	V
T _A	工作温度的范围	-40	+85	°C
T _{STG}	储存温度的范围	-55	+150	°C
T _J	最大结点温度	—	125	°C
P _D	总功耗	—	500	mW
V _{ESD}	静电放电电压 (人体模式)	-4000	+4000	V

建议直流工作条件

表 5. 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 _{DD33}	I/O 的工作电压	—	2.7	3.3	3.6	V
V _{DDA}	模拟工作电压	—	2.7	3.3	3.6	V
V _{BAT}	电池供电的工作电压	—	2.7	3.3	3.6	V
V _{LDOIN}	LDO 工作电压	—	2.7	3.3	3.6	V

片上 LDO 稳压器特性

表 6. 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 _{LDOOUT}	内部稳压器输出电压	V _{DD33} = 3.3V 稳压器输入	1.71	1.8	1.89	V
I _{LDOOUT}	输出电流	V _{DD33} = 2.7V 稳压器输入	—	—	200	mA
C _{LDO}	内核供电的外部滤波电容值	电容值取决于内核电源的电流消耗	2.2	—	10	μF

功耗

表 7. 功耗特性

T_A=25°C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{DD}	工作电流 (运行模式)	V _{DD33} =V _{BAT} =3.3V, HSE=8MHz, PLL=144MHz, f _{HCLK} =72MHz, f _{PCLK} =72MHz, 所有外设使能	—	76	—	mA
		V _{DD33} =V _{BAT} =3.3V, HSE=8MHz, PLL=144MHz, f _{HCLK} =72MHz, f _{PCLK} =72MHz, 所有外设除能	—	33	—	mA
	工作电流 (休眠模式)	V _{DD} =V _{BAT} =3.3V, HSE=8MHz, PLL=144MHz, f _{HCLK} =0MHz, f _{PCLK} =72MHz, 所有外设使能	—	55	—	mA
		V _{DD33} =V _{BAT} =3.3V, HSE=8MHz, PLL=144MHz, f _{HCLK} =0MHz, f _{PCLK} =72MHz, 所有外设除能	—	10	—	mA
	工作电流 (深度休眠 1 模式)	V _{DD33} =V _{BAT} =3.3V, 所有时钟关闭 (HSE/PLL/f _{HCLK}), LDO 在低功耗模式, LSI 打开, RTC 打开	—	63	—	μA
	工作电流 (深度休眠 2 模式)	V _{DD33} =V _{BAT} =3.3V, 所有时钟关闭 (HSE/PLL/f _{HCLK}), LDO 关掉 (DMOS 打开), LSI 打开, RTC 打开	—	22	—	μA
	工作电流 (暂停模式)	V _{DD33} =V _{BAT} =3.3V, LDO 关闭, LSE 打开, LSI 关闭, RTC 打开	—	—	—	μA
		V _{DD33} =V _{BAT} =3.3 V, LDO 关闭, LSE 打开, LSI 关闭, RTC 关闭	—	—	—	μA
		V _{DD33} =V _{BAT} =3.3 V, LDO 关闭, LSE 关闭, LSI 打开, RTC 打开	—	—	—	μA
		V _{DD33} =V _{BAT} =3.3 V, LDO 关闭, LSE 关闭, LSI 打开, RTC 关闭	—	5	—	μA
I _{BAT}	电池工作电流 (暂停模式)	V _{DD33} 不存在, V _{BAT} =3.3V, LDO 关闭, LSE 关闭, LSI 打开, RTC 打开	—	4	—	μA
		V _{DD33} 不存在, V _{BAT} =3.3V, LDO 关闭, LSE 关闭, LSI 打开, RTC 关闭	—	3.9	—	μA

- 注: 1. HSE 是外部高速振荡器, 而 HSI 是内部 8MHz 高速振荡器。
 2. LSE 是外部低速振荡器, 而 LSI 是内部 32.768KHz 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。

复位和电源监控特性

表 8. LVD/BOD 特性

T_A=25°C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{BOD}	欠压检测电压	—	—	2.6	—	V
V _{LVD}	低压检测电压	LVDS ^(注) = '000'	—	2.7	—	V
		LVDS ^(注) = '001'	—	2.8	—	V
		LVDS ^(注) = '010'	—	2.9	—	V
		LVDS ^(注) = '011'	—	3.0	—	V
		LVDS ^(注) = '100'	—	3.1	—	V
		LVDS ^(注) = '101'	—	3.2	—	V
		LVDS ^(注) = '110'	—	3.4	—	V
		LVDS ^(注) = '111'	—	3.5	—	V
V _{POR}	上电复位电压	—	—	1.36	—	V

注: LVDS 位于 PWRCU 的 LVDCSR 寄存器中。

外部时钟特性

表 9. 外部高速时钟 (HSE) 特性

T_A=25°C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{HSE}	外部高速振荡器频率 (HSE)	V _{DD33} =3.3V	4	—	16	MHz
C _{HSE}	XTALIN 和 XTALOUT 引脚上的建议负载电容	—	—	TBD	—	pF
R _{FHSE}	XTALIN 和 XTALOUT 引脚间的建议外部反馈电阻	—	—	1.0	—	MΩ
D _{HSE}	HSE 振荡器占空比	—	40	—	60	%
I _{DDHSE}	HSE 振荡器工作电流	V _{DD33} =3.3V, T _A =25°C	—	0.96	—	mA
I _{STBHSE}	HSE 振荡器待机电流	V _{DD33} =3.3V, T _A =25°C	—	—	0.1	μA
t _{SUHSE}	HSE 振荡器启动时间	V _{DD33} =3.3V, T _A =25°C	—	—	4	ms

表 10. 外部低速时钟 (LSE) 特性

T_A=25°C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{LSE}	外部低速振荡器频率 (LSE)	V _{DD33} =V _{BAT} =3.3V	—	32.768	—	kHz
C _{LSE}	XTAL32KIN 和 XTAL32KOUT 引脚上的建议负载电容	—	—	TBD	—	pF
R _{FLSE}	XTAL32KIN 和 XTAL32KOUT 引脚间的建议外部反馈电阻	—	—	10	—	MΩ
D _{LSE}	LSE 振荡器占空比	—	40	—	60	%
I _{DDLSE}	LSE 振荡器工作电流	V _{DD33} =V _{BAT} =3.3V, LSESM=0(正常启动模式)	—	1.7	—	μA
I _{STBLSE}	LSE 振荡器待机电流	V _{DD33} =V _{BAT} =3.3V, LSESM=1(快速启动模式)	—	3	8	μA
t _{SULSE}	LSE 振荡器启动时间	V _{DD33} =V _{BAT} =3.3V, LSESM=1(快速启动模式)	—	200	—	ms

注：下面的 PCB 布局指南建议增加 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 11. 内部高速时钟 (HSI) 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
f _{HSI}	内部高速振荡器频率 (HSI)	V _{DD33} =3.3V, T _A =-40°C~+85°C	—	8	—	MHz
ACC _{HSI}	HSI 振荡器频率精度	工厂调整, V _{DD33} =3.3V, T _A =-40°C~+85°C	-5	—	+5	%
D _{HSI}	HSI 振荡器占空比	V _{DD33} =3.3V, f _{HSI} =8MHz	35	—	65	%
I _{DDHSI}	HSI 振荡器工作电流	V _{DD33} =3.3V, f _{HSI} =8MHz	—	0.92	—	mA
t _{SUHSI}	HSI 振荡器启动时间	V _{DD33} =3.3V, f _{HSI} =8MHz, HSIRCB=0(HSI 准备计数器位长度为 7 位)	—	17	—	μs

注：HSIRCB 位于 PWRCU 的 HSIRCR 寄存器中。

表 12. 内部低速时钟 (LSI) 特性

$T_A=25^{\circ}\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{LSI}	内部低速振荡器频率 (LSI)	$V_{\text{DD33}}=V_{\text{BAT}}=3.3\text{V}$ $T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$	25	32	43	kHz
$I_{\text{DDL SI}}$	LSI 振荡器工作电流	$V_{\text{DD33}}=V_{\text{BAT}}=3.3\text{V}$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$	—	1.0	2	μA
$t_{\text{SUL SI}}$	LSI 振荡器启动时间	$V_{\text{DD33}}=V_{\text{BAT}}=3.3\text{V}$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$	—	35	—	ms

PLL 特性

表 13. PLL 特性

$T_A=25^{\circ}\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{\text{PLL IN}}$	PLL 输入时钟频率	—	4	—	16	MHz
$f_{\text{CK_PLL}}$	PLL 输出时钟频率	—	8	—	144	MHz
t_{LOCK}	PLL 锁相时间	—	—	TBD	—	ms

存储器特性

表 14. Flash 存储器特性

$T_A=25^{\circ}\text{C}$, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
N_{ENDU}	失败前可擦写次数 (寿命)	$T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$	20	—	—	K cycles
T_{RET}	数据保存时间	$T_A=25^{\circ}\text{C}$	100	—	—	Years
t_{PROG}	字编程时间	$T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$	20	—	40	μs
t_{ERASE}	页擦除时间	$T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$	20	—	40	ms
t_{MERASE}	整片擦除时间	$T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$	20	—	40	ms

I/O 口特性

表 15. I/O 口特性

T_A=25°C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{IL}	低电平输入电流	3.3V I/O	—	—	3	μA
		5V 容差 I/O	—	—	3	μA
		复位引脚	—	—	3	μA
I _{IH}	高电平输入电流	3.3V I/O	—	—	3	μA
		5V 容差 I/O	—	—	3	μA
		复位引脚	—	—	3	μA
V _{IL}	低电平输入电压	3.3V I/O	-0.3	—	0.8	V
		5V 容差 I/O	-0.3	—	0.8	V
		复位引脚	-0.3	—	0.8	V
V _{IH}	高电平输入电压	3.3V I/O	2	—	3.6	V
		5V 容差 I/O	2	—	5.5	V
		复位引脚	2	—	5.5	V
V _{HYS}	施密特触发器 输入电压迟滞	3.3V I/O	—	400	—	mV
		5V 容差 I/O	—	400	—	mV
		复位引脚	—	400	—	mV
I _{OL}	低电平输出电流 (GPIO 灌电流)	3.3V 4 mA 驱动 I/O, V _{OL} =0.4V	4	—	—	mA
		3.3V 8 mA 驱动 I/O, V _{OL} =0.4V	8	—	—	mA
		5V 容差 8 mA 驱动 I/O, V _{OL} =0.4V	8	—	—	mA
		5V 容差 12 mA 驱动 I/O, V _{OL} =0.4V	12	—	—	mA
		备份域 I/O 驱动 @V _{BAT} =3.3V, V _{OL} =0.4V、PC13、PC14、 PC15	—	4	—	mA
I _{OH}	高电平输出电流 (GPIO 源电流)	3.3V I/O 4 mA 驱动, V _{OH} =V _{DD33} -0.4V	4	—	—	mA
		3.3V I/O 8 mA 驱动, V _{OH} =V _{DD33} -0.4V	8	—	—	mA
		5V 容差 I/O 8 mA 驱动, V _{OH} =V _{DD33} -0.4 V	8	—	—	mA
		5V 容差 I/O 12 mA 驱动 , V _{OH} =V _{DD33} -0.4 V	12	—	—	mA
		备份域 I/O 驱动 @V _{BAT} =3.3V, V _{OH} =V _{DD33} -0.4V、PC13、 PC14、PC15.	—	—	1	mA

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{OL}	低电平输出电压	3.3V 4mA 驱动 I/O, I _{OL} =4mA	—	—	0.4	V
		3.3V 8mA 驱动 I/O, I _{OL} =8mA	—	—	0.4	V
		5V 容差 8mA 驱动 I/O, I _{OL} =8mA	—	—	0.4	V
		5V 容差 12mA 驱动 I/O, I _{OL} =12mA	—	—	0.4	V
V _{OH}	高电平输出电压	3.3V 4mA 驱动 I/O, I _{OH} =4mA	V _{DD33} -0.4V	—	—	V
		3.3V 8mA 驱动 I/O, I _{OH} =8mA	V _{DD33} -0.4V	—	—	V
		5V 容差 8mA 驱动 I/O, I _{OH} =8mA	V _{DD33} -0.4V	—	—	V
		5V 容差 12mA 驱动 I/O, I _{OH} =12mA	V _{DD33} -0.4V	—	—	V
R _{PU}	内部上拉电阻	3.3V I/O	34	—	74	kΩ
		5V 容差 I/O	38	—	89	kΩ
R _{PD}	内部下拉电阻	3.3V I/O	29	—	86	kΩ
		5V 容差 I/O	35	—	107	kΩ

ADC 特性

表 16. ADC 特性

T_A=25°C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DDA}	工作电压	—	2.7	3.3	3.6	V
V _{ADCIN}	A/D 转换器输入电压范围	—	0	—	V _{REF+}	V
V _{REF+}	A/D 转换器参考电压	—	—	V _{DDA}	V _{DDA}	V
I _{ADC}	电流损耗	V _{DDA} =3.3V	—	1	TBD	mA
I _{ADC_DN}	暂停模式电流损耗	V _{DDA} =3.3V	—	1	10	μA
f _{ADC}	A/D 转换器时钟	—	0.7	—	14	MHz
f _S	采样率	—	0.05	—	1	MHz
f _{ADCONV}	A/D 转换器转换时间	—	—	14	—	1/f _{ADC} Cycles
R _I	输入采样开关电阻	—	—	—	1	kΩ
C _I	输入采样电容	不包括 pin/pad 电容	—	—	5	pF
t _{SU}	启动时间	—	—	—	1	μs
N	分辨率	—	—	12	—	bits
INL	积分非线性误差	f _S =1MHz, V _{DDA} =3.3V	—	±2	±5	LSB
DNL	微分非线性误差	f _S =1MHz, V _{DDA} =3.3V	—	—	±1	LSB

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

注：1. 由设计保证，不在生产中测试。

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 1.5/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。

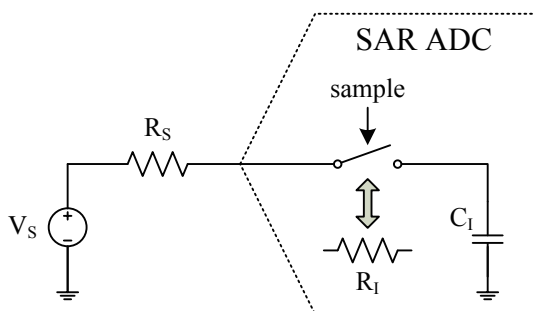


图 6. ADC 采样网络模板

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:

$$R_S < \frac{1.5}{f_{ADC} C_I \ln(2^{N+2})} - R_I$$

在此公式中，f_{ADC} 是 ADC 时钟频率，N 是 ADC 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 rail-to-rail 的输入电压变化，R_S 可能大于上述公式表示值。

比较器特性

表 17. 比较器特性

$T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$, 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	比较器模式	2.7	3.3	3.6	V
V_{IN}	输入共模电压范围	CP 或 CN	V_{SSA}	—	V_{DDA}	μA
V_{IOS}	输入失调电压 (注)	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-5	—	5	μA
V_{HYS}	输入迟滞	无迟滞 (CMPnHM[1:0]=00)	—	0	—	mV
		低迟滞 (CMPnHM[1:0]=01)	—	30	—	mV
		中迟滞 (CMPnHM[1:0]=10)	—	70	—	mV
		高迟滞 (CMPnHM[1:0]=11)	—	100	—	mV
t_{RT}	响应时间 输入过载 $= \pm 100\text{mV}$	高速模式	—	50	100	ns
		低速模式	—	2	5	μs
I_{CMP}	电流功耗 $V_{DDA} = 3.3\text{V}$	高速模式	—	100	—	μA
		低速模式	—	10	—	
t_{CMPST}	比较器启动时间	比较器使能到输出有效	—	—	50	μs
I_{CMP_DN}	暂停模式电源电流	CMPEN=0 CVREFEN=0 CVREFOE=0	—	—	0.1	μA

比较器电压参考 (CVR)

V_{CVR}	输出范围	—	V_{SSA}	—	V_{DDA}	V
N_{Bits}	CVR 计数器分辨率	—	—	6	—	bits
t_{CVRST}	设置时间	CVR 计数器设置时间: CVREF=“000000”~“111111”	—	—	100	μs
I_{CVR}	电流损耗 $V_{DDA} = 3.3\text{V}$	CVREFEN=1, CMPREFOE=0	—	10	—	μA
		CVREFEN=1, CVREFOE=1	—	20	40	μA

注：由设计保证，不在生产中测试。

GPTM/MCTM 特性

表 18. GPTM/MCTM 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{TM}	GPTM 和 MCTM 定时器时钟源	—	—	—	72	MHz
t_{RES}	定时器分辨率时间	—	1	—	—	f_{TM}
f_{EXT}	通道 1~4 的外部单频率	—	—	—	1/2	f_{TM}
RES	定时器分辨率	—	—	—	16	bits

I²C 特性

表 19. I²C 特性

符号	参数	标准模式		快速模式		快速 + 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
f _{SCL(L)}	SCL 时钟低电平时间	4.5	—	1.125	—	0.45	—	μs
t _{FALL}	SCL 和 SDA 下降时间	—	1.3	—	0.34	—	0.135	μs
t _{RISE}	SCL 和 SDA 上升时间	—	1.3	—	0.34	—	0.135	μs
t _{SU(SDA)}	SDA 数据设定时间	500	—	125	—	50	—	ns
t _{H(SDA)}	SDA 数据保持时间	0	—	0	—	0	—	ns
t _{SU(STA)}	START 条件设定时间	500	—	125	—	50	—	ns
t _{H(STA)}	START 条件保持时间	0	—	0	—	0	—	ns
t _{SU(STO)}	STOP 条件设定时间	500	—	125	—	50	—	ns

注：1. 由设计保证，不在生产中测试。
2. 为达到标准模式 100kHz，外设时钟频率必须高于 2MHz。
3. 为达到快速模式 400kHz，外设时钟频率必须高于 8MHz。
4. 为达到快速 + 模式 1MHz，外设时钟频率必须高于 20MHz。
5. 以上 I²C 总线时序图的特性参数是基于：SEQ_FILTER=01 且 COMB_FILTER_En 除能的情况。

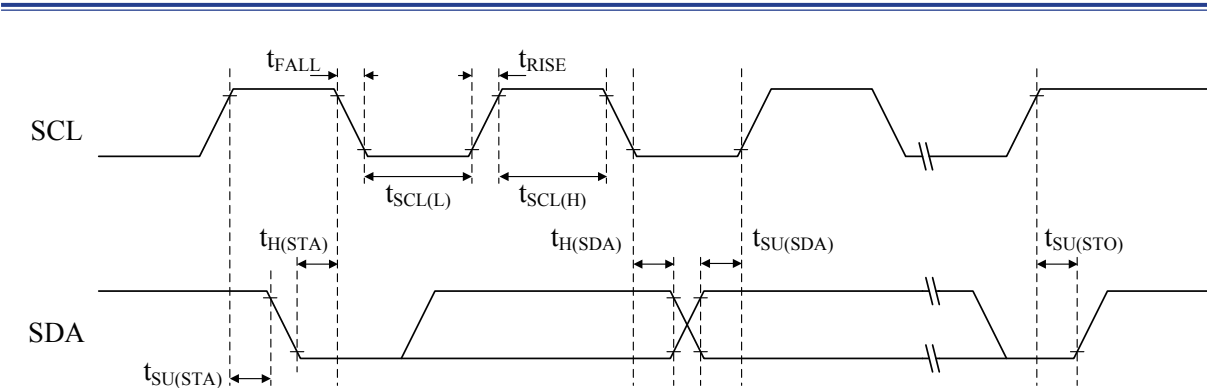


图 7. I²C 时序图

SPI 特性

表 20. SPI 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{SCK}	SCK 时钟频率	—	—	—	$f_{PCLK}/4$	MHz
$t_{SCK(H)}$	SCK 时钟高电平时间	—	$f_{PCLK}/8$	—	—	ns
$t_{SCK(L)}$	SCK 时钟低电平时间	—	$f_{PCLK}/8$	—	—	ns
SPI 主机模式						
$t_{V(MO)}$	数据输出有效时间	—	—	—	5	ns
$t_{H(MO)}$	数据输出保持时间	—	2	—	—	ns
$t_{SU(MI)}$	数据输入设定时间	—	5	—	—	ns
$t_{H(MI)}$	数据输入保持时间	—	5	—	—	ns
SPI 从机模式						
$t_{SU(SEL)}$	SEL 使能设定时间	—	$4 t_{PCLK}$	—	—	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
$t_{DIS(SO)}$	数据输出除能时间	—	—	—	10	ns
$t_{V(SO)}$	数据输出有效时间	—	—	—	25	ns
$t_{H(SO)}$	数据输出保持时间	—	15	—	—	ns
$t_{SU(SI)}$	数据输入设定时间	—	5	—	—	ns
$t_{H(SI)}$	数据输入保持时间	—	4	—	—	ns

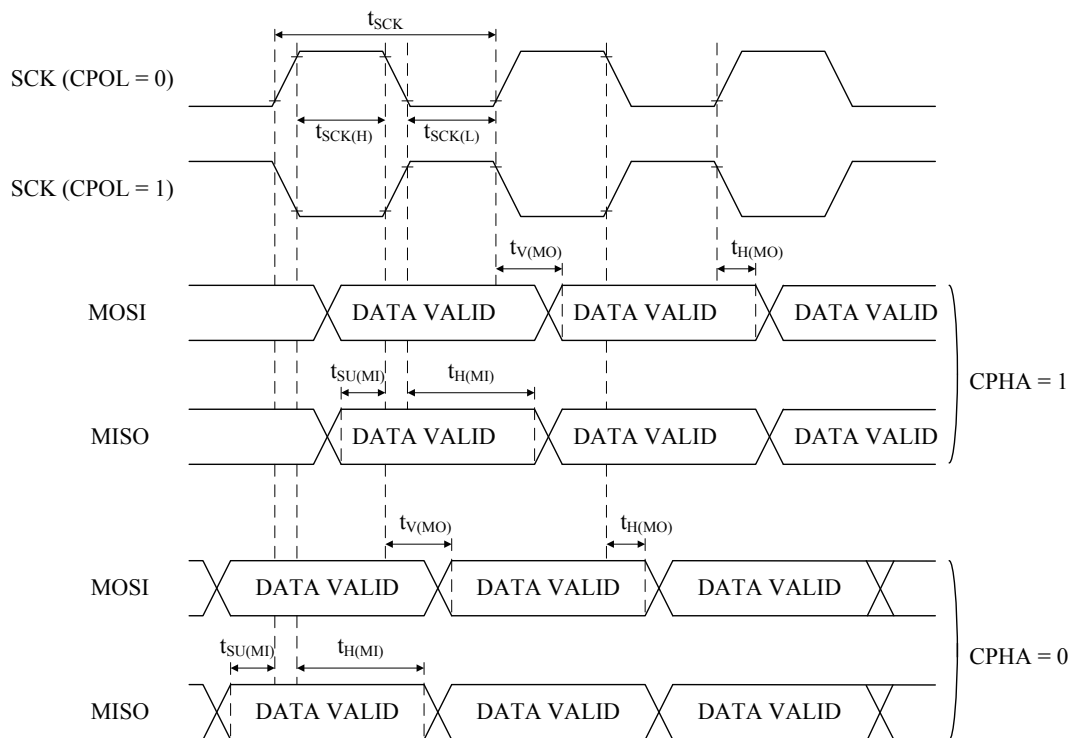


图 8. SPI 时序图 – SPI 主机模式

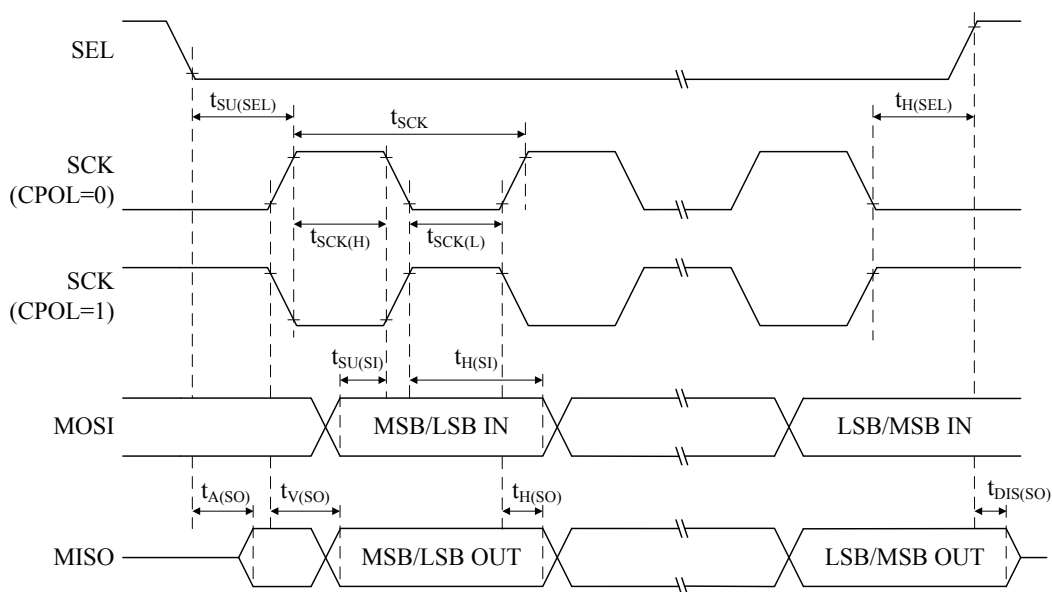


图 9. SPI 时序图 – SPI 从机模式, CPHA=1

I²S 特性

表 21. I²S 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I²S 主机模式						
t _{WSD(MO)}	WS 输出到 BCLK 延迟	—	—	TBD	—	ns
t _{DOD(MO)}	数据输出到 BCLK 延迟	—	—	TBD	—	ns
t _{DIS(MI)}	数据输入设定时间	—	—	TBD	—	ns
t _{DIH(MI)}	数据输入保持时间	—	—	TBD	—	ns
I²S 从机模式						
t _{BCH(SI)}	BCLK 高脉冲宽度	—	—	TBD	—	ns
t _{BCL(SI)}	BCLK 低脉冲宽度	—	—	TBD	—	ns
t _{WSS(SI)}	WS 输入设定时间	—	—	TBD	—	ns
t _{DOD(SO)}	数据输出到 BCLK 延迟	—	—	TBD	—	ns
t _{DIS(SI)}	数据输入设定时间	—	—	TBD	—	ns
t _{DIH(SI)}	数据输入保持时间	—	—	TBD	—	ns

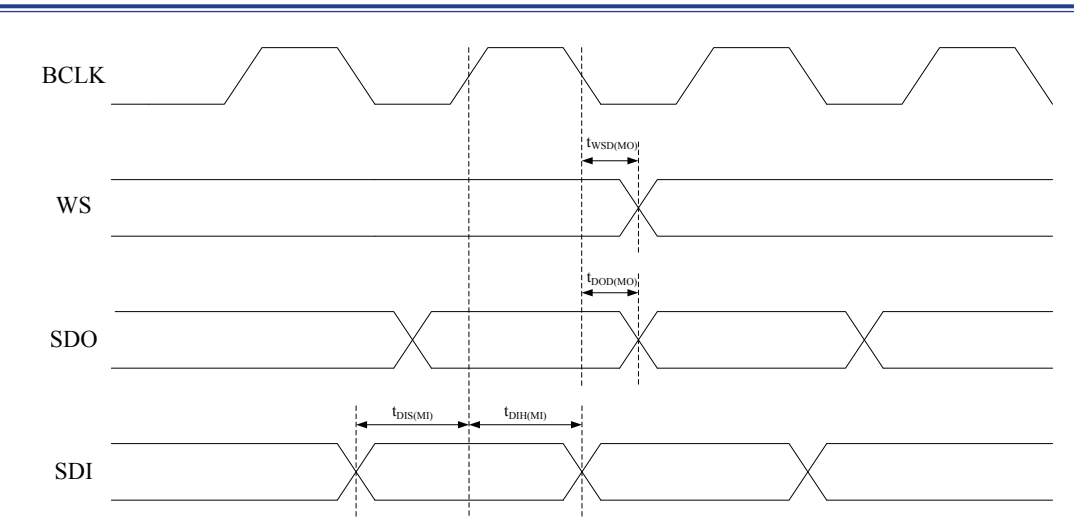


图 10. I²S 主机模式时序图

电气特性

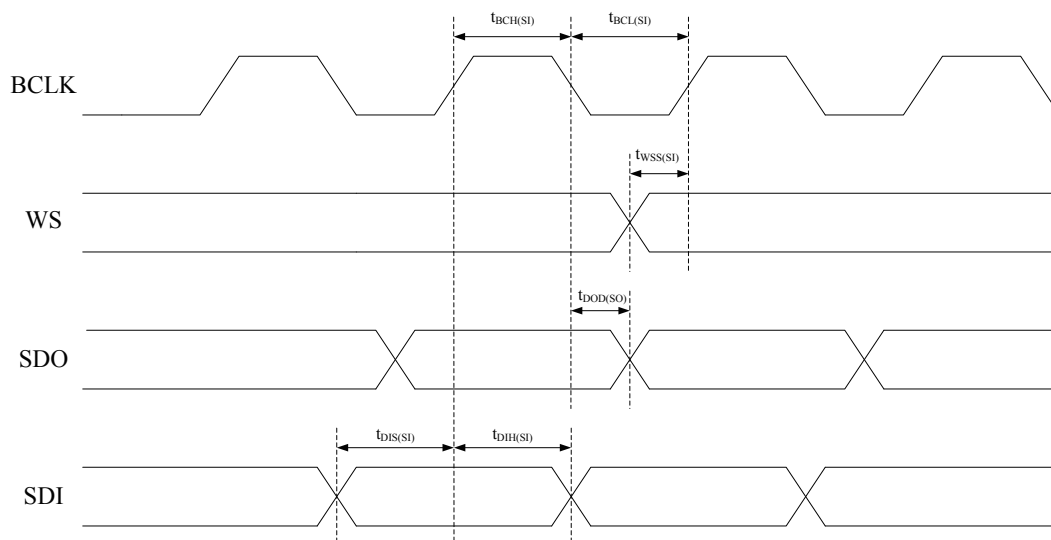


图 11. I²S 从机模式时序图

USB 特性

USB 接口符合 USB-IF 认证 - 全速。

表 22. USB 直流电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD33}	USB 工作电压	—	3.0	—	3.6	V
V_{DI}	微分输入灵敏度	$ USB_{DP} - USB_{DM} $	0.2	—	—	V
V_{CM}	共模电压范围	—	0.8	—	2.5	V
V_{SE}	单端接收器阈值	—	0.8	—	2.0	V
V_{OL}	Pad 输出低电压	1.5k Ω 电阻 R_L 连接到 V_{DD33}	0	—	0.3	V
V_{OH}	Pad 输出高电压		2.8	—	3.6	V
V_{CRS}	微分输出信号交叉点电压		1.3	—	2.0	V
Z_{DRV}	驱动器输出电阻值	—	—	10	—	Ω
C_{IN}	收发器 Pad 电容值	—	—	—	20	pF

注：1. 由设计保证，不在生产中测试。

2. 为符合 USB 2.0 全速电气规格，USB_{DP} 脚应当外接一个 1.5k Ω 的上拉电阻到 3.0~3.6 电源电压。

3. 该 USB 功能可确保降低到 2.7V，但并非全部 USB 电气特性会有一个 3.0V 降低至 2.7V V_{DD33} 电压范围的变化。

4. R_L 是连接到 USB 驱动器 USB_{DP} 的负载电阻。

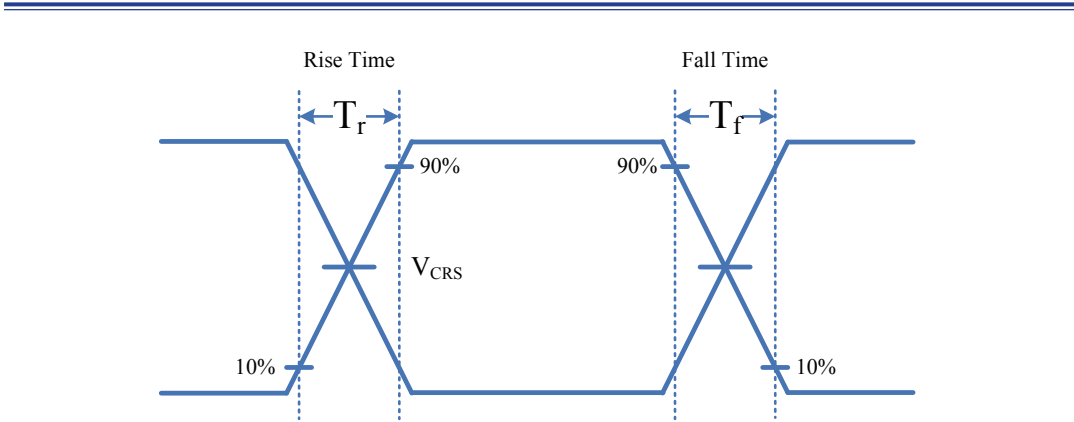


图 12. USB 信号上升时间、下降时间和交叉点电压 (V_{CRS}) 定义

表 23. USB 交流电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
T _r	上升时间	C _L =50 pF	4	—	20	ns
T _f	下降时间	C _L =50 pF	4	—	20	ns
T _{r/f}	上升时间 / 下降时间匹配度	T _{r/f} = T _r /T _f	90	—	110	%

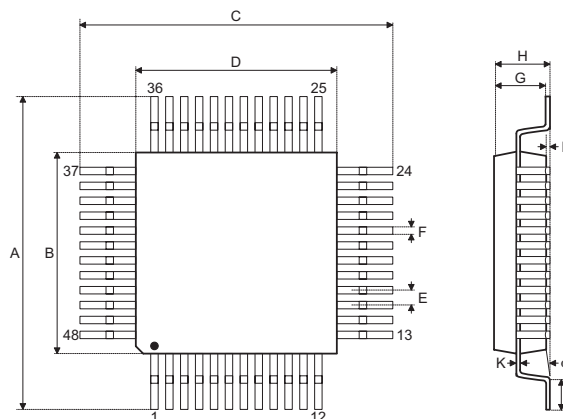
6 封装信息

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](#)

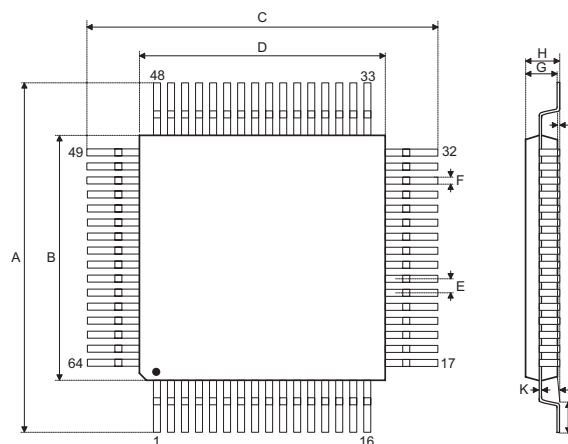
48-pin LQFP (7mm×7mm) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小	正常	最大
A	—	0.354 BSC	—
B	—	0.276 BSC	—
C	—	0.354 BSC	—
D	—	0.276 BSC	—
E	—	0.0197 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	正常	最大
A	—	9.0 BSC	—
B	—	7.0 BSC	—
C	—	9.0 BSC	—
D	—	7.0 BSC	—
E	—	0.5 BSC	—
F	0.17	0.22	0.27
G	1.35	1.4	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°

64-pin LQFP (7mm×7mm) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小	正常	最大
A	—	0.354 BSC	—
B	—	0.276 BSC	—
C	—	0.354 BSC	—
D	—	0.276 BSC	—
E	—	0.016 BSC	—
F	0.005	0.007	0.009
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	正常	最大
A	—	9.0 BSC	—
B	—	7.0 BSC	—
C	—	9.0 BSC	—
D	—	7.0 BSC	—
E	—	0.4 BSC	—
F	0.13	0.18	0.23
G	1.35	1.4	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® 2015 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，然而盛群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，盛群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。盛群产品不授权使用于救生、维生从机或系统中做为关键从机。盛群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.tw>.