



HT32F5828

产品规格书

带 Arm® Cortex®-M0+ 内核以及
1 MSPS ADC、DAC、CMP、DIV、USART、UART、
SPI、I²S、I²C、GPTM、PWM、SCTM、BFTM、SCI、
CRC、RTC、WDT、LCD、PDMA、AES-128 和 USB2.0 FS
高达 128 KB Flash 和 16 KB SRAM 的 Holtek 32-Bit 单片机

版本 : V1.00 日期 : 2020-12-11

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	7
时钟控制单元 – CKCU	8
电源控制单元 – PWRCU	8
外部中断 / 事件控制器 – EXTI	8
输入 / 输出端口 – GPIO	8
通用串行总线设备控制器 – USB	9
内部集成电路 – I ² C	9
串行外设接口 – SPI	9
通用同步异步收发器 – USART	9
通用异步收发器 – UART	10
智能卡接口 – SCI	10
内置音频接口 – I ² S	11
模数转换器 – ADC	11
比较器 – CMP	11
数模转换器 – DAC	11
通用功能定时器 – GPTM	12
脉冲宽度调制定时器 – PWM	12
单通道定时器 – SCTM	12
基本功能定时器 – BFTM	13
看门狗定时器 – WDT	13
实时时钟 – RTC	13
循环冗余校验 – CRC	13
外设直接访问内存 – PDMA	14
硬件除法器 – DIV	14
液晶显示控制器 – LCD	14
高级加密标准 – AES-128	15
调试支持	15
封装和工作温度	15
3 概述	16
单片机信息	16

方框图.....	17
存储器映射.....	18
时钟结构.....	21
4 引脚图	22
5 电气特性	30
极限参数.....	30
建议直流特性.....	30
片上 LDO 稳压器特性.....	30
片上超低功耗 LDO 稳压器特性.....	31
功耗.....	31
复位和电源监控特性.....	32
外部时钟特性.....	33
内部时钟特性.....	34
PLL 特性.....	35
USB PLL 特性.....	35
存储器特性.....	35
I/O 端口特性.....	36
A/D 转换器特性.....	37
内部参考电压特性.....	38
V _{DDA} 监控特性.....	38
比较器特性.....	39
DAC 特性.....	40
GPTM / PWM / SCTM 特性.....	41
I ² C 特性.....	41
SPI 特性.....	42
I ² S 特性.....	44
LCD 特性.....	45
USB 特性.....	46
6 封装信息	47
48-pin LQFP (7 mm × 7 mm) 外形尺寸.....	48
64-pin LQFP (7 mm × 7 mm) 外形尺寸.....	49
80-pin LQFP (10 mm × 10 mm) 外形尺寸.....	50

表列表

表 1. 特性及外设列表	16
表 2. 寄存器映射	19
表 3. 引脚分配	25
表 4. 引脚描述	27
表 5. 极限参数	30
表 6. 建议直流工作条件	30
表 7. LDO 特性	30
表 8. ULDO 特性	31
表 9. 功耗特性	31
表 10. V _{DD} 电源复位特性	32
表 11. LVD / BOD 特性	33
表 12. 外部高速时钟 (HSE) 特性	33
表 13. 外部低速时钟 (LSE) 特性	34
表 14. 内部高速时钟 (HSI) 特性	34
表 15. 内部低速时钟 (LSI) 特性	35
表 16. PLL 特性	35
表 17. USB PLL 特性	35
表 18. Flash 存储器特性	35
表 19. I/O 端口特性	36
表 20. A/D 转换器特性	37
表 21. 内部参考电压特性	38
表 22. V _{DDA} 监控特性	38
表 23. 比较器特性	39
表 24. DAC 特性	40
表 25. GPTM / PWM / SCTM 特性	41
表 26. I ² C 特性	41
表 27. SPI 特性	42
表 28. SPI 特性	44
表 29. LCD 特性	45
表 30. USB 直流电气特性	46
表 31. USB 交流电气特性	46

图列表

图 1. 方框图	17
图 2. 存储器映射	18
图 3. 时钟结构图	21
图 4. 48-pin LQFP 引脚图	22
图 5. 64-pin LQFP 引脚图	23
图 6. 80-pin LQFP 引脚图	24
图 7. A/D 转换器采样网络模板	37
图 8. I ² C 时序图	41
图 9. SPI 时序图 – SPI 主机模式	43
图 10. SPI 时序图 – SPI 从机模式, CPHA = 1	43
图 11. I ² S 主机模式时序图	44
图 12. I ² S 从机模式时序图	45
图 13. USB 信号上升时间、下降时间和交叉点电压 (V _{CRS}) 定义	46

1 简介

该 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。

该单片机可工作在高达 60 MHz 的频率下, 借助 Flash 加速器以获得较大的效能。它提供高达 128 KB 的嵌入式 Flash 存储器用作程序 / 数据存储, 高达 16 KB 的嵌入式 SRAM 存储器用作系统操作和应用程序运用。此单片机具有多种外设, 如 USB2.0 FS、PDMA、AES-128、硬件除法器 DIV、SPI、I²S、USART、UART、SCI、I²C、GPTM、PWM、SCTM、BFTM、CRC-16/32、RTC、WDT、ADC、CMP、DAC、LCD 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较优化的灵活性, 这是低功耗应用方面的考虑要点。

以上这些特性使该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。



2 特性

内核

- 32-bit Arm® Cortex®-M0+ 处理器内核
- 高达 60 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 128 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®-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和预抓取缓存器。由于 Flash 存储器访问速度比 CPU 慢，故提供一个带有预抓取缓存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 / 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 ~ 16 MHz 晶振
- 外部 32.768 kHz 晶振
- 在工作电压为 3.3 V，工作温度为 25 °C 下，内部 8 MHz RC 振荡器精度可调整至 ±2%
- 内部 32 kHz RC 振荡器
- 集成系统时钟 PLL 和 USB PLL
- 用作外设时钟源的独立的时钟分频器与门控位

时钟控制单元 CKCU 提供了一系列振荡器和时钟功能，包括内部高速 RC 振荡器 (HSI)、外部高速晶振 (HSE)、内部低速 RC 振荡器 (LSI)、外部低速晶振 (LSE)、锁相环 (PLL)、HSE 时钟监控、时钟预分频器、时钟倍频和 APB 时钟分频器与门电路。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、LSE 或者系统 PLL。看门狗定时器和实时时钟 (RTC) 使用 LSI 或 LSE 作为它们的时钟源。

电源控制单元 – PWRCU

- 单一电源 V_{DD} 供电：1.65 V ~ 3.6 V
- 集成 1.5 V LDO 稳压器用作 CPU 内核、外设和存储器电源
- V_{DD} 供电给 RTC
- 两个电源域：V_{DD} 和 1.5 V
- 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，在该单片机中，电源控制单元 PWRCU 提供多种省电模式如休眠模式、深度休眠模式 1、深度休眠模式 2、暂停模式。这些工作模式可以降低功耗，并允许应用在 CPU 运行时间、速度和功耗相互冲突的需求中达到较佳平衡。

外部中断 / 事件控制器 – EXTI

- 高达 16 个可配置触发源和触发类型的 EXTI 输入线
- 所有 GPIO 引脚都可选作 EXTI 触发源
- 触发源类型包括：高电平、低电平、下降沿、上升沿或者双沿
- 每个 EXTI 输入线都可独立进行中断使能、唤醒使能和状态位设置
- 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。

输入 / 输出端口 – GPIO

- 多达 67 个通用输入 / 输出口 (GPIO)
- 端口 A、B、C、D、E 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 67 个通用 I/O 引脚，GPIO，可以实现逻辑输入 / 输出功能。每个 GPIO 端口都有相关的控制和配置寄存器，提高了灵活性并满足特定的应用需求。

在封装上 GPIO 引脚与其它复用功能引脚共用，以获得较大的灵活性。通过配置相应的寄存器，GPIO 口可以被用作复用功能的引脚。对单片机 GPIO 引脚的外部中断在外部中断控制单元，EXTI，都有相关的控制和配置寄存器。

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) 可用于控制转移
- 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较大的灵活性。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。

内部集成电路 – I²C

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

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 接口是一个符合工业标准并用于连接外部硬件的两线串行接口。这两个串行线被称为串行数据线 SDA 和串行时钟线 SCL。I²C 模块提供了三种数据传输速率：即标准模式下的 100 kHz、快速模式下的 400 kHz 和高速模式下的 1 MHz。SCL 周期产生寄存器用于设置不同的占空比得到不同的 SCL 脉冲。

SDA 线是一条双向数据线，它连接整个 I²C 总线，在主机和从机之间用于数据的传输和接收。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，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 ($f_{PCLK}/16$) MHz，同步工作频率高达 ($f_{PCLK}/8$) MHz
- 全双工通信
- 完全可编程串行接口通信特性包括：
 - 字长：7, 8 或 9-bit 字符
 - 校验位：奇、偶或无奇偶校验位的产生和检测

- 停止位：1 或 2 个停止位产生
- 位顺序：最低位优先或最高位优先传输
- 错误侦测：奇偶校验、溢出和帧错误
- 自动硬件流控制模式 – RTS、CTS
- IrDA SIR 编码器和解码器
- 具有输出使能控制的 RS485 模式
- FIFO 深度：接收器和发送器均为 8 级

通用同步异步收发器 USART 提供了一个灵活的采用同步或异步传输的全双工数据交换。USART 用来转换并行和串行接口之间的数据，通常也被用作 RS232 标准通信。USART 外设功能支持四种类型的中断，包括线路状态中断、发送 FIFO 空中断、接收器阈值级别到达中断和超时中断。USART 模块包括一个发送 FIFO (TX_FIFO) 和一个接收 FIFO (RX_FIFO)。通过读取 USART 状态 & 中断标志位寄存器 USRSIFR，软件可以检测 USART 的错误状态。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 ($f_{CLK}/16$) 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 USART 状态 & 中断标志位寄存器 USRSIFR，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受缓冲器
- 11-bit ETU (基本时间单位) 计算器
- 9-bit 时间保护计数器
- 24-bit 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、内置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 对齐模式 – 左对齐和右对齐模式
- 带 32-bit 扩展通道的 8/16/24/32-bit 采样值
- 8 × 32 位 TX & RX FIFO 并支持 PDMA
- 带速率控制的 8-bit 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音频外设，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-bit 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。

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 10 个外部模拟输入通道

此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 10 个提供模拟信号的外部通道和 4 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。

内部参考电压 V_{REF} 为 AD 转换器和比较器提供了稳定的输出参考电压， V_{REF} 连接于 AD 转换器的输入通道。 V_{REF} 的精确电压由 Holtek 公司在生产测试中为每个部件单独测量。

比较器 – CMP

- 轨到轨比较器
- 可配置的负端输入，用于灵活的电压选择
 - 外部 CN 引脚
 - 内部 8-bit CVR 输出
- 可编程迟滞
- 可编程响应速度与功耗
- 比较器输出可输出至 I/O 口、定时器或作为 A/D 转换器触发输入
- 8-bit CVR 可配置在专用 I/O 口以提供参考电压
- 比较器可通过 EXTI 控制器产生中断，将 MCU 从休眠、深度休眠 1 或者深度休眠 2 模式中唤醒

该单片机具有两个通用比较器 (CMP)。模拟比较器可配置为独立的比较器或与各种不同外设 IP 结合。每个比较器都可以产生 NVIC 中断，或通过 EXTI 唤醒事件管理单元将 MCU 从休眠、深度休眠 1 或者深度休眠 2 模式中唤醒。

数模转换器 – DAC

- 两个 D/A 转换器，各自带有一个输出通道
- 12-bit 或 8-bit 分辨率
- 最大 500 ksps 转换更新速率

- 双 DAC 通道可实现同步转换
- 支持电压输出缓冲模式和旁路电压输出缓冲模式
- 参考电压来自内部参考电压 V_{REF} 或 V_{DDA}

DAC 模块有两个数模转换器，每个转换器都是 12-bit 电压输出数模转换器，并各自带有一个输出通道。DAC 可以配置为 8-bit 或 12-bit 模式。该 DAC 模块可以实现独立转换，或当两个通道组合使用同步更新时，可实现同步转换。

通用功能定时器 – 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

通用功能定时器包括一个 16-bit 向上 / 向下计数器，四个 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。

脉冲宽度调制定时器 – 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

脉冲宽度调制定时器包括一个 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。

单通道定时器 – SCTM

- 16-bit 向上自动重载计数器
- 每个定时器高达 1 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，具有边沿对齐计数模式

单通道定时器包括一个 16-bit 向上计数器，一个 16-bit 捕捉 / 比较寄存器 (CCR)，一个 16-bit 计数器重载寄存器 (CRR) 和多个控制 / 状态寄存器。它们可用于多种用途，包括通用计时、输入信号脉冲宽度测量、输出波形产生，如 PWM 输出。

基本功能定时器 – BFTM

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

基本功能定时器是一个简单的 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、一个预分频器、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。除了 APB 接口外, RTC 电路大多位于 V_{DD} 电源域。APB 接口位于 V_{DDI5} 备份域。因此, 当 V_{DDI5} 域电源关闭, 即单片机进入暂停模式时, 有必要使用电源控制单元里的 ISO 信号来进行 V_{DD} 域与 V_{DDI5} 域间的隔离。RTC 计数器被用作唤醒定时器, 当 MCU 在省电模式时, RTC 计数器可用于产生系统恢复或中断信号。

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、字节取反和位取反操作
- 支持字节、半字和字数据大小
- 可编程 CRC 初始种子值
- 对 8-bit 数据执行 CRC 计算需要 1 个 AHB 时钟周期, 32-bit 数据需要 4 个 AHB 时钟周期
- 支持 PDMA 对一个存储器区块进行 CRC 计算

循环冗余校验 (CRC) 计算单元是一种错误检测技术测试算法, 用于验证数据传输或存储数据的正确性。CRC 计算将数据流或数据块作为输入, 并生成一个 16-bit 或 32-bit 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。

外设直接访问内存 – PDMA

- 带触发源分组的 6 个通道
- 8/16/32-bit 宽度数据发送
- 支持线性、环形和固定地址模式
- 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、SCI、I²C、I²S、GPTM、PWM、AES-128 和软件请求

外设直接访问内存控制器 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、存储块长度和发送数量。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。

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。

液晶显示控制器 – LCD

- 占空比类型: 静态、1/2、1/3、1/4、1/6 或 1/8
- 偏压电平: 静态、1/2、1/3 或 1/4
- 支持 R 型偏压
- 时钟源可以选择来自 LSI (32 kHz)、LSE (32.768 kHz), 或来自 HSI、HSE 的时钟分频
- 内置 3 个 LCD 偏压参考电阻
- 双缓冲存储器
- 可通过软件选择充电泵电压
- 帧之间可编程的死区时间 – 高达 7/2 相位周期 (A 型波) 和 7 相位周期 (B 型波)
- 可通过软件选择波形类型: A 型或 B 型
- LCD 帧中断
- 闪烁能力: 可通过编程设置多达 1、2、3、4、6、8 或所有像素点闪烁

LCD 控制器是一种用于单色无源液晶显示的数字控制器 / 驱动器。其具有多达 8 个 COM 和 37 个 SEG, 可驱动 148 (COM × SEG : 4 × 37) 或 264 (COM × SEG : 8 × 33) 个 LCD 像素。COM 和 SEG 的确切数量取决于设备的封装引脚。使其内置的充电泵可为 LCD 提供高于系统电压的电压。

高级加密标准 – AES-128

- 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 4 字初始向量用于 CBC 和 CTR 模式
- 4 × 32 位 AES 数据缓冲器
- 支持 PDMA 接口
- 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。硬件无需为输入数据填补任意位。软件需在起始填补。

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

- 48/64/80-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		HT32F5828
主 Flash (KB)		127
选项字节 Flash (KB)		1
SRAM (KB)		16
定时器	GPTM	1
	PWM	2
	SCTM	2
	BFTM	2
	WDT	1
	RTC	1
通信	USB	1
	SPI	2
	USART	1
	UART	2
	I ² C	2
	I ² S	1
	SCI (ISO7816-3)	2
PDMA		6 通道
AES-128		1
硬件除法器		1
LCD (COM × SEG)		8 × 33, 6 × 35, 4 × 37 (Max.)
CRC-16/32		1
EXTI		16
12-bit ADC		1
通道数		10 通道
比较器		2
DAC		2
GPIO		67 (Max.)
CPU 频率		60 MHz (Max.)
工作电压		1.65 V ~ 3.6 V
工作温度		-40 °C ~ 85 °C
封装		48/64/80-pin LQFP

方框图

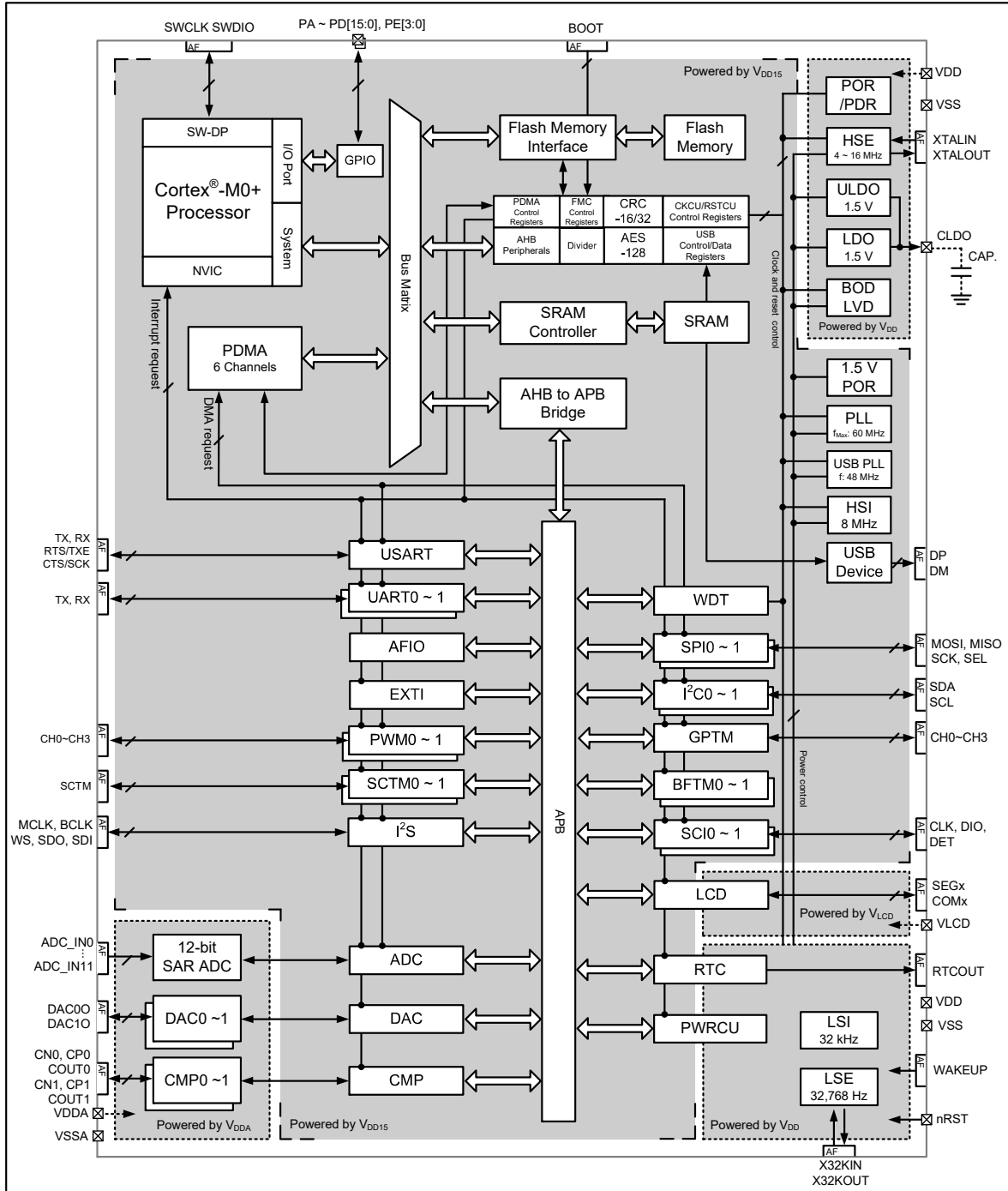


图 1. 方框图

概述

存储器映射

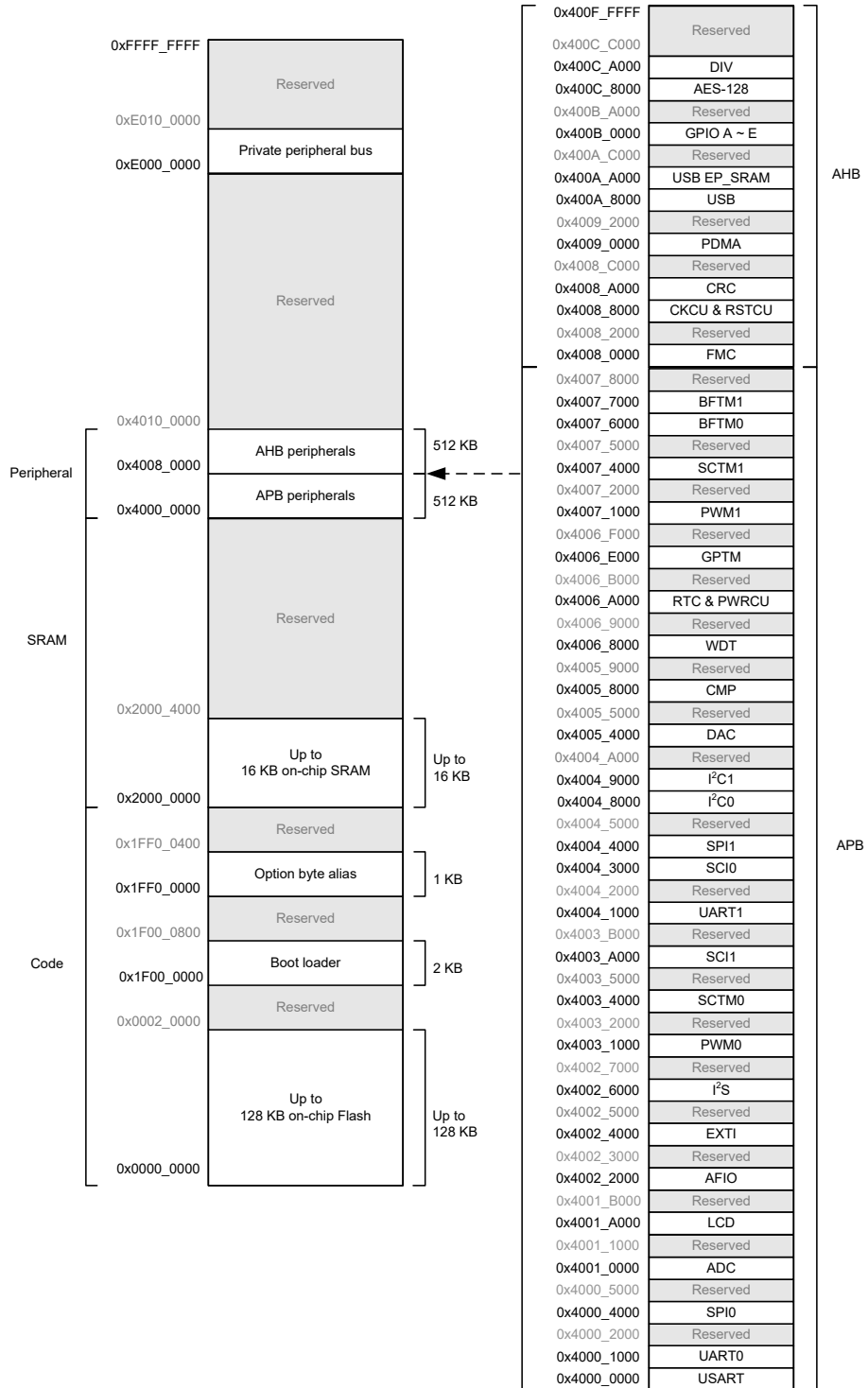


图 2. 存储器映射

表 2. 寄存器映射

起始地址	终止地址	外设	总线
0x4000_0000	0x4000_0FFF	USART	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	0x4001_9FFF	保留	
0x4001_A000	0x4001_AFFF	LCD	
0x4001_B000	0x4002_1FFF	保留	
0x4002_2000	0x4002_2FFF	AFIO	
0x4002_3000	0x4002_3FFF	保留	
0x4002_4000	0x4002_4FFF	EXTI	
0x4002_5000	0x4002_5FFF	保留	
0x4002_6000	0x4002_6FFF	I ² S	
0x4002_7000	0x4003_0FFF	保留	
0x4003_1000	0x4003_1FFF	PWM0	
0x4003_2000	0x4003_3FFF	保留	
0x4003_4000	0x4003_4FFF	SCTM0	
0x4003_5000	0x4003_9FFF	保留	
0x4003_A000	0x4003_AFFF	SCI1	
0x4003_B000	0x4004_0FFF	保留	
0x4004_1000	0x4004_1FFF	UART1	
0x4004_2000	0x4004_2FFF	保留	
0x4004_3000	0x4004_3FFF	SCI0	
0x4004_4000	0x4004_4FFF	SPI1	
0x4004_5000	0x4004_7FFF	保留	
0x4004_8000	0x4004_8FFF	I ² C0	
0x4004_9000	0x4004_9FFF	I ² C1	
0x4004_A000	0x4005_3FFF	保留	
0x4005_4000	0x4005_4FFF	DAC	
0x4005_5000	0x4005_7FFF	保留	
0x4005_8000	0x4005_8FFF	CMP	
0x4005_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	

起始地址	终止地址	外设	总线
0x4006_F000	0x4007_0FFF	保留	APB
0x4007_1000	0x4007_1FFF	PWM1	
0x4007_2000	0x4007_3FFF	保留	
0x4007_4000	0x4007_4FFF	SCTM1	
0x4007_5000	0x4007_5FFF	保留	
0x4007_6000	0x4007_6FFF	BFTM0	
0x4007_7000	0x4007_7FFF	BFTM1	
0x4007_8000	0x4007_FFFF	保留	
0x4008_0000	0x4008_1FFF	FMC	AHB
0x4008_2000	0x4008_7FFF	保留	
0x4008_8000	0x4008_9FFF	CKCU & RSTCU	
0x4008_A000	0x4008_BFFF	CRC	
0x4008_C000	0x4008_FFFF	保留	
0x4009_0000	0x4009_1FFF	PDMA	
0x4009_2000	0x400A_7FFF	保留	
0x400A_8000	0x400A_9FFF	USB	
0x400A_A000	0x400A_BFFF	USB EP_SRAM	
0x400A_C000	0x400A_FFFF	保留	
0x400B_0000	0x400B_1FFF	GPIOA	
0x400B_2000	0x400B_3FFF	GPIOB	
0x400B_4000	0x400B_5FFF	GPIOC	
0x400B_6000	0x400B_7FFF	GIPOD	
0x400B_8000	0x400B_9FFF	GPIOE	
0x400B_A000	0x400C_7FFF	保留	
0x400C_8000	0x400C_9FFF	AES-128	
0x400C_A000	0x400C_BFFF	DIV	
0x400C_C000	0x400F_FFFF	保留	

时钟结构

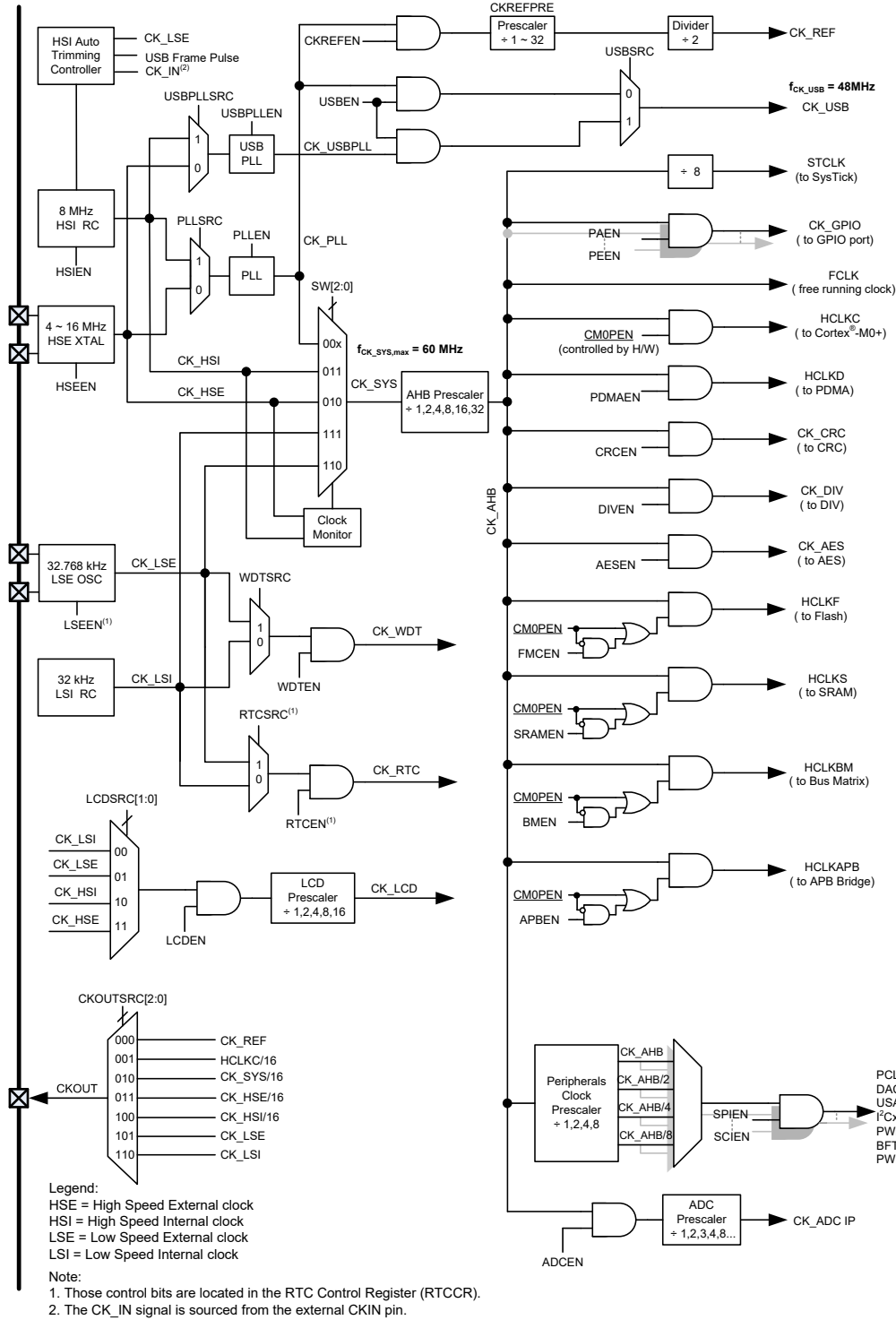


图 3. 时钟结构图

4 引脚图

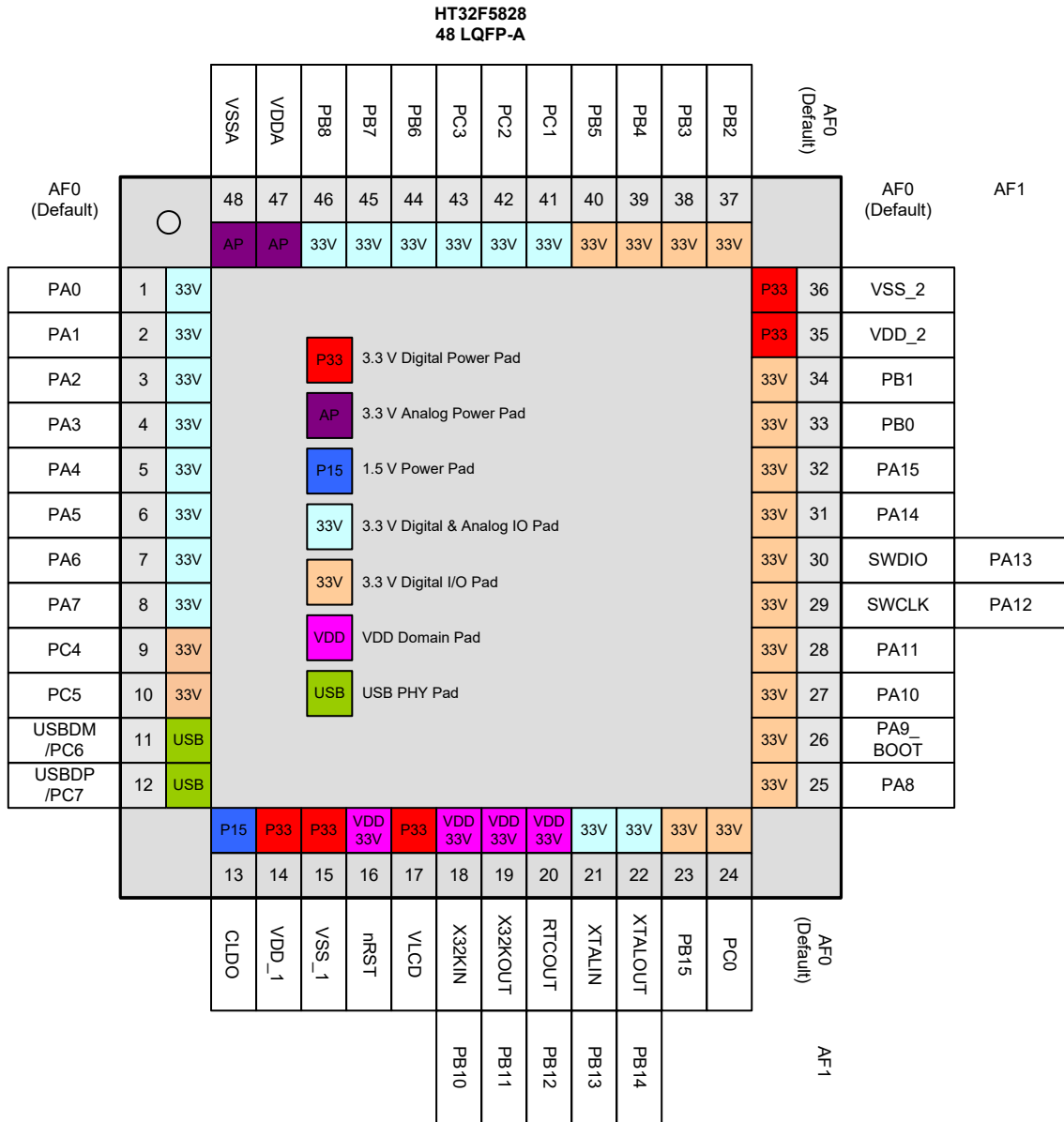
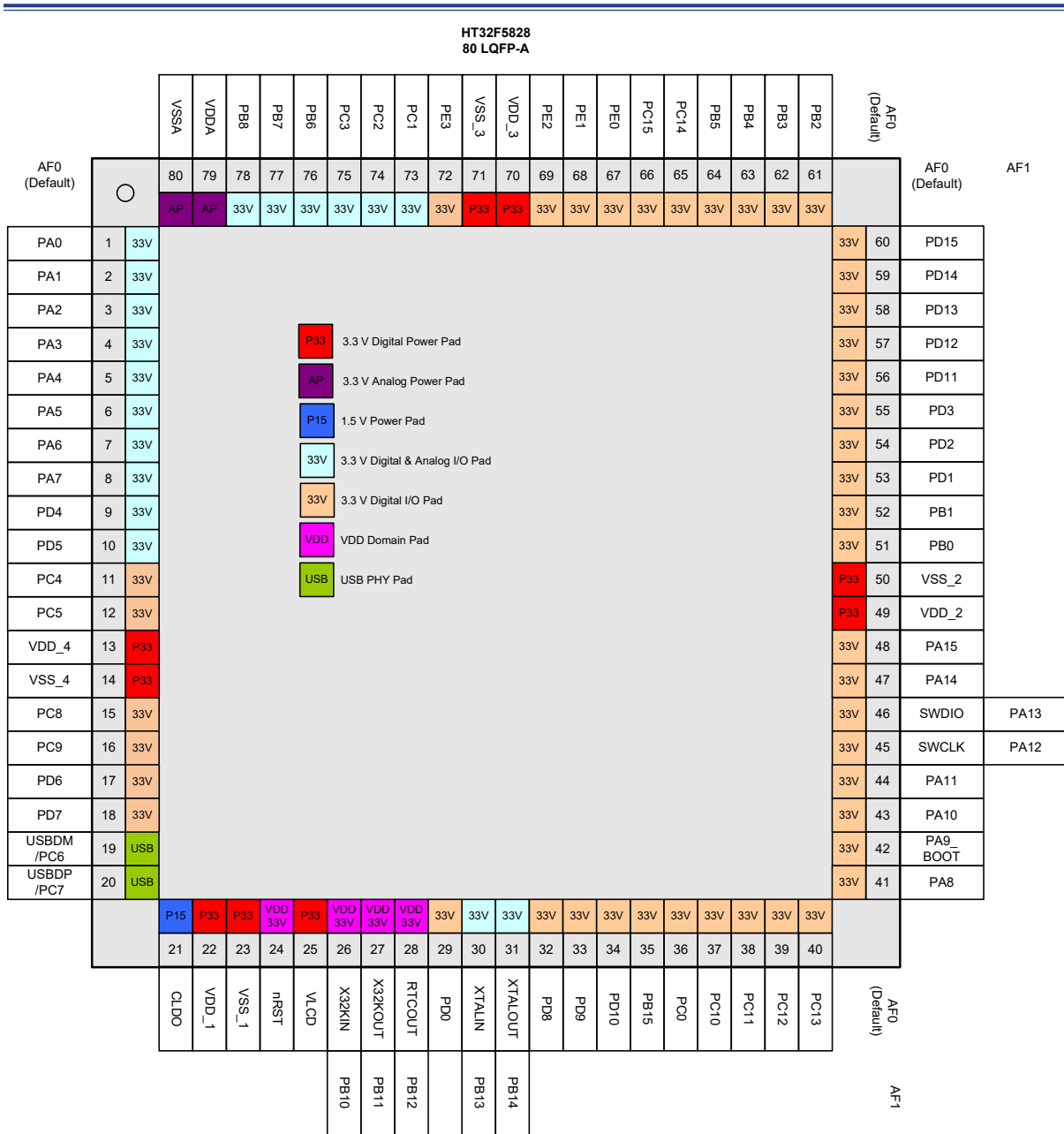


图 4. 48-pin LQFP 引脚图



引脚图

图 6. 80-pin LQFP 引脚图

表 3. 引脚分配

封装			复用功能映射															
			AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15
80 LQFP	64 LQFP	48 LQFP	系统默认	GPIO	ADC/DAC	CMP	GPTM	SPI	USART/UART	PC	SCI	N/A	I ² S	N/A	N/A	SCTM/PWM	LCD	系统其他
1	1	1	PA0		ADC_IN0		GT_CH0	SPI1_SCK	USR_RTS	I2C1_SCL	SCI0_CLK		I2S_WS					VREF
2	2	2	PA1		ADC_IN1		GT_CH1	SPI1_MOSI	USR_CTS	I2C1_SDA	SCI0_DIO		I2S_BCLK					
3	3	3	PA2		ADC_IN2		GT_CH2	SPI1_MISO	USR_TX				I2S_SDO					
4	4	4	PA3		ADC_IN3		GT_CH3	SPI1_SEL	USR_RX				I2S_SDI					
5	5	5	PA4		ADC_IN4		GT_CH0	SPI0_SCK	USR_TX	I2C0_SCL	SCI1_CLK							
6	6	6	PA5		ADC_IN5		GT_CH1	SPI0_MOSI	USR_RX	I2C0_SDA	SCI1_DIO							
7	7	7	PA6		ADC_IN6		GT_CH2	SPI0_MISO	USR_RTS		SCI1_DET							
8	8	8	PA7		ADC_IN7		GT_CH3	SPI0_SEL	USR_CTS				I2S_MCLK					
9	9		PD4		ADC_IN8				UR1_TX								PWM1_CH0	
10	10		PD5		ADC_IN9				UR1_RX								PWM1_CH1	
11	11	9	PC4				GT_CH0	SPI1_SEL	USR_TX	I2C1_SCL								SEG11
12	12	10	PC5				GT_CH1	SPI1_SCK	USR_RX	I2C1_SDA								SEG12
13			VDD_4															
14			VSS_4															
15	13		PC8				GT_CH2	SPI1_MOSI	UR1_TX								SCTM0	SEG13
16	14		PC9				GT_CH3	SPI1_MISO	UR1_RX								SCTM1	SEG14
17			PD6														PWM1_CH2	SEG28
18			PD7														PWM1_CH3	SEG29
19	15	11	PC6						UR0_TX	I2C0_SCL								
19	15	11	USBDM															
20	16	12	USBDP															
20	16	12	PC7						UR0_RX	I2C0_SDA								
21	17	13	CLDO															
22	18	14	VDD_1															
23	19	15	VSS_1															
24	20	16	nRST															
25	21	17	VLCD															
26	22	18	X32KIN	PB10					USR_TX									
27	23	19	X32KOUT	PB11					USR_RX									
28	24	20	RTCOUT	PB12														WAKEUP
29	25		PD0							I2C0_SDA			I2S_SDI			SCTM0	SEG15	
30	26	21	XTALIN	PB13														
31	27	22	XTALOUT	PB14														
32			PD8							I2C0_SCL			I2S_BCLK					SEG30
33			PD9							I2C0_SDA			I2S_SDO			PWM0_CH0	SEG31	
34			PD10										I2S_SDI			PWM0_CH1	SEG32	
35	28	23	PB15					SPI0_SEL	USR_TX	I2C1_SCL	SCI1_CLK		I2S_MCLK			PWM0_CH2	COM0	
36	29	24	PC0					SPI0_SCK	USR_RX	I2C1_SDA	SCI1_DIO					PWM0_CH3	COM1	
37	30		PC10				GT_CH0	SPI1_SEL					I2S_WS					SEG33/COM4

封装			复用功能映射															
80 LQFP	64 LQFP	48 LQFP	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15
			系统默认	GPIO	ADC/DAC	CMP	GPTM	SPI	USART/UART	PC	SCI	N/A	I ² S	N/A	N/A	SCTM/PWM	LCD	系统其他
38	31		PC11				GT_CH1	SPI1_SCK					I2S_BCLK				SEG34/COM5	
39	32		PC12				GT_CH2	SPI1_MOSI	UR1_TX	I2C0_SCL			I2S_SDO			SCTM0	SEG35/COM6	
40	33		PC13				GT_CH3	SPI1_MISO	UR1_RX	I2C0_SDA	SCI1_DET		I2S_SDI			SCTM1	SEG36/COM7	
41	34	25	PA8						USR_TX		SCI1_CLK		I2S_MCLK			PWM1_CH3	COM2	
42	35	26	PA9_BOOT					SPI0_MOSI			SCI1_DIO		I2S_WS			PWM1_CH2		CKOUT
43	36	27	PA10						USR_RX		SCI0_DET					PWM0_CH1	COM3	
44	37	28	PA11					SPI0_MISO			SCI1_DET		I2S_MCLK			SCTM0	SEG0	
45	38	29	SWCLK	PA12														
46	39	30	SWDIO	PA13														
47	40	31	PA14					SPI1_SEL	USR_RTS	I2C1_SCL	SCI0_CLK					PWM0_CH0	SEG1	
48	41	32	PA15					SPI1_SCK	USR_CTS	I2C1_SDA	SCI0_DIO					SCTM1	SEG2	
49	42		VDD_2															
50	43		VSS_2															
51	44	33	PB0					SPI1_MOSI	USR_TX	I2C0_SCL						PWM0_CH1	SEG3	
52	45	34	PB1					SPI1_MISO	USR_RX	I2C0_SDA						PWM1_CH1	SEG4	
53	46		PD1						USR_RTS		SCI0_CLK						SEG16	
54	47		PD2						USR_CTS		SCI0_DIO						SEG17	
55	48		PD3								SCI0_DET						SEG18	
56			PD11					SPI0_SCK								PWM0_CH2	SEG19	
57			PD12					SPI0_MOSI								PWM1_CH0	SEG20	
58			PD13					SPI0_MISO									SEG21	
59			PD14					SPI1_SEL								SCTM0	SEG22	
60			PD15					SPI1_SCK								SCTM1	SEG23	
		35	VDD_2															
		36	VSS_2															
61	49	37	PB2			COUT0		SPI0_SEL	UR0_TX							PWM0_CH2	SEG5	CKIN
62	50	38	PB3			COUT1		SPI0_SCK	UR0_RX							SCTM1	SEG6	
63	51	39	PB4					SPI0_MOSI	UR1_TX							SCTM0	SEG7	
64	52	40	PB5					SPI0_MISO	UR1_RX								SEG8	
65	53		PC14			COUT0				I2C0_SCL							SEG9	
66	54		PC15			COUT1				I2C0_SDA						SCTM1	SEG10	
67			PE0					SPI0_SEL			SCI0_CLK					PWM1_CH1	SEG24	
68			PE1					SPI0_SCK			SCI0_DIO					PWM0_CH3	SEG25	
69			PE2			COUT0		SPI0_MOSI									SEG26	
70	55		VDD_3															
71	56		VSS_3															
72			PE3			COUT1		SPI0_MISO					I2S_MCLK				SEG27	
73	57	41	PC1			CN0		SPI1_SEL	UR1_TX				I2S_MCLK			PWM0_CH0		

封装			复用功能映射															
			AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15
80 LQFP	64 LQFP	48 LQFP	系统默认	GPIO	ADC/DAC	CMP	GPTM	SPI	USART/UART	PC	SCI	N/A	I ² S	N/A	N/A	SCTM/PWM	LCD	系统其他
74	58	42	PC2			CP0		SPI_SCK								PWM1_CH0		
75	59	43	PC3		DAC0_OUT	COUT0		SPI_MOSI	UR1_RX							PWM1_CH2		
76	60	44	PB6			CN1		SPI_MISO	UR0_TX		SCI_CLK		I2S_BCLK					
77	61	45	PB7			CP1				I2C1_SCL	SCI_DET		I2S_SDO			PWM0_CH3		
78	62	46	PB8		DAC1_OUT	COUT1			UR0_RX	I2C1_SDA	SCI_DIO		I2S_SDI			PWM1_CH3		
79	63	47	VDDA															
80	64	48	VSSA															

表 4. 引脚描述

引脚编号			引脚名称	类型 (1)	I/O 结构 (2)	输出驱动	描述
80 LQFP	64 LQFP	48 LQFP					默认功能 (AF0)
1	1	1	PA0	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA0
2	2	2	PA1	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA1
3	3	3	PA2	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA2
4	4	4	PA3	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA3
5	5	5	PA4	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA4
6	6	6	PA5	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA5
7	7	7	PA6	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA6
8	8	8	PA7	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PA7
9	9		PD4	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PD4
10	10		PD5	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PD5
11	11	9	PC4	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC4
12	12	10	PC5	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC5
13			VDD_4	P	—	—	数字 I/O 口电压
14			VSS_4	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
15	13		PC8	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC8
16	14		PC9	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC9
17			PD6	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD6
18			PD7	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD7
19	15	11	PC6	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC6
19	15	11	USBDM ⁽⁴⁾	AI/O	—	—	符合通用串行总线标准的 USB 微分数据总线
20	16	12	USBDP ⁽⁴⁾	AI/O	—	—	符合通用串行总线标准的 USB 微分数据总线
20	16	12	PC7	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC7
21	17	13	CLDO	P	—	—	内核 1.5 V 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
22	18	14	VDD_1	P	—	—	数字 I/O 口电压
23	19	15	VSS_1	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压

引脚编号			引脚名称	类型 (1)	I/O 结构 (2)	输出驱动	描述
80 LQFP	64 LQFP	48 LQFP					默认功能 (AF0)
24	20	16	nRST ⁽³⁾	I (V _{DD})	33V_PU	—	外部复位引脚和在暂停模式下外部唤醒引脚
25	21	17	VLCD	P	—	—	LCD 电源电压 选择内部充电泵提供 LCD 电源电压时，必须连接一个 2.2μF 电容，且尽量靠近 VLCD 引脚与 VSS_1 引脚；选择外部 LCD 供电时，则需连接一个普通旁路电容。
26	22	18	PB10 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	X32KIN
27	23	19	PB11 ⁽³⁾	AI/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	X32KOUT
28	24	20	PB12 ⁽³⁾	I/O (V _{DD})	33V	4/8/12/16 mA	RTCOUT
29	25		PD0	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD0
30	26	21	PB13	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	XTALIN
31	27	22	PB14	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	XTALOUT
32			PD8	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD8
33			PD9	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD9
34			PD10	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD10
35	28	23	PB15	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB15
36	29	24	PC0	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC0
37	30		PC10	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC10
38	31		PC11	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC11
39	32		PC12	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC12
40	33		PC13	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC13
41	34	25	PA8	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA8
42	35	26	PA9	I/O	33V_PU	4/8/12/16 mA	PA9_BOOT
43	36	27	PA10	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA10
44	37	28	PA11	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA11
45	38	29	PA12	I/O	33V_PU	4/8/12/16 mA	SWCLK
46	39	30	PA13	I/O	33V_PU	4/8/12/16 mA	SWDIO
47	40	31	PA14	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA14
48	41	32	PA15	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PA15
49	42	35	VDD_2	P	—	—	数字 I/O 口电压
50	43	36	VSS_2	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
51	44	33	PB0	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB0
52	45	34	PB1	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB1
53	46		PD1	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD1
54	47		PD2	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD2
55	48		PD3	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD3
56			PD11	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD11
57			PD12	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD12

引脚编号			引脚名称	类型 (1)	I/O 结构 (2)	输出驱动	描述
80 LQFP	64 LQFP	48 LQFP					默认功能 (AF0)
58			PD13	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD13
59			PD14	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD14
60			PD15	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PD15
61	49	37	PB2	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB2
62	50	38	PB3	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB3
63	51	39	PB4	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB4
64	52	40	PB5	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PB5
65	53		PC14	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC14
66	54		PC15	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PC15
67			PE0	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PE0
68			PE1	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PE1
69			PE2	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PE2
70	55		VDD_3	P	—	—	数字 I/O 口电压
71	56		VSS_3	P	—	—	数字 I/O 口接地参考电压
72			PE3	I/O	33V	4/8/12/16 mA	PE3
73	57	41	PC1	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PC1
74	58	42	PC2	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PC2
75	59	43	PC3	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PC3
76	60	44	PB6	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB6
77	61	45	PB7	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB7
78	62	46	PB8	AI/O	33V	4/8/12/16 mA	PB8
79	63	47	VDDA	P	—	—	ADC 和比较器模拟电压
80	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，V_{DD} = V_{DD} 电源。
 2. 33V = 3.3 V 工作 I/O 型，PU = 上拉。
 3. 这些引脚位于 V_{DD} 电源域。
 4. 在 Boot loader 模式下，只能使用 USB 连接通信。

5 电气特性

极限参数

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

表 5. 极限参数

符号	参数	最小值	最大值	单位
V _{DD}	外部主电源供应电压	V _{SS} - 0.3	V _{SS} + 3.6	V
V _{DDA}	外部模拟电源供应电压	V _{SSA} - 0.3	V _{SSA} + 3.6	V
V _{LCD}	LCD 电源电压	V _{SSA} - 0.3	V _{SSA} + 3.6	V
V _{IN}	I/O 口输入电压	V _{SS} - 0.3	V _{DD} + 0.3	V
T _A	工作温度的范围	-40	+85	°C
T _{STG}	储存温度的范围	-55	+150	°C
T _J	最大结温	—	125	°C
P _D	总功耗	—	500	mW
V _{ESD}	静电放电电压 – 人体模式	-4000	+4000	V

建议直流特性

表 6. 建议直流工作条件

T_A = 25 °C，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DD}	工作电压	—	1.65	3.3	3.6	V
V _{DDA}	模拟工作电压	—	2.5	3.3	3.6	V
V _{LCD}	LCD 工作电压	—	2.2	3.3	3.6	V

片上 LDO 稳压器特性

表 7. LDO 特性

T_A = 25 °C，除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{LDO}	内部稳压器输出电压	调整后，V _{DD} ≥ 1.65 V 稳压器输入 @ I _{LDO} = 10 mA 且电压变化为 ±5 %	1.425	1.5	1.57	V
I _{LDO}	输出电流	V _{DD} = 2.0 V ~ 3.6 V 稳压器输入 @ V _{LDO} = 1.5 V	—	30	35	mA
		V _{DD} = 1.65 V ~ 2.0 V 稳压器输入 @ V _{LDO} = 1.5 V	—	20	25	
C _{LDO}	内核供电的外部滤波电容值	电容值取决于内核电源的功耗	1	2.2	—	μF

片上超低功耗 LDO 稳压器特性

表 8. ULDO 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 _{ULDO}	内部稳压器输出电压	调整后, V _{DD} ≥ 1.65 V 稳压器输入 @ I _{LDO} = 2 mA 且电压变化为 ±5 %	1.425	1.5	1.57	V
I _{ULDO}	输出电流	V _{DD} = 1.65 V ~ 3.6 V 稳压器输入 @ V _{LDO} = 1.5 V	—	2	5	mA
C _{LDO}	内核供电的外部滤波电容值	电容值取决于内核电源的功耗	1	2.2	—	μF

功耗

表 9. 功耗特性

T_A = 25 °C, 除非另有规定

符号	参数	f _{HCLK}	条件	典型值	最大值 @ T _A		单位		
					25 °C	85 °C			
I _{DD}	运行模式	60 MHz	V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz	所有外设使能	20.0	22.8	—	mA	
				所有外设除能	8.6	9.8	—		
		40 MHz	V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz	所有外设使能	15.8	18.0	—		
				所有外设除能	7.9	9.1	—		
		20 MHz	V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz	所有外设使能	8.3	9.5	—		
				所有外设除能	3.9	4.4	—		
		8 MHz	V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = off	所有外设使能	4.2	4.8	—		
				所有外设除能	1.6	1.9	—		
		32 kHz	V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, HSI = 32 kHz, LDO off, ULDO on	所有外设使能	17.3	22.9	—		μA
				所有外设除能	11.1	14.7	—		
I _{DD}	休眠模式	60 MHz	V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 60 MHz, MCU core sleep	所有外设使能	14.7	16.9	—	mA	
				所有外设除能	2.1	2.4	—		
		40 MHz	V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, MCU core sleep	所有外设使能	10.2	11.6	—		
				所有外设除能	1.6	1.8	—		
		20 MHz	V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = 40 MHz, MCU core sleep	所有外设使能	5.9	6.7	—		
				所有外设除能	1.1	1.3	—		
		8 MHz	V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, HSI = 8 MHz, PLL = off, MCU core sleep	所有外设使能	3.2	3.6	—		
				所有外设除能	0.5	0.6	—		

符号	参数	f _{HCLK}	条件	典型值	最大值 @ T _A		单位
					25 °C	85 °C	
I _{DD}	深度休眠模式 1	—	V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, 所有时钟关闭 (HSE/HSI/LSE), LDO off, ULDO off, LSE off, LSI on, RTC on	5.7	8.7	—	μA
	深度休眠模式 2	—	V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, 所有时钟关闭 (HSE/HSI/LSE), LDO off, ULDO on, LSE off, LSI on, RTC on, LCD off	5.7	8.7	—	μA
			V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, 所有时钟关闭 (HSE/HSI/LSE), LDO off, ULDO on, LSE off, LSI on, RTC on, LCD on ⁽⁵⁾ , 外部 V _{LCD} = V _{DD}	8.2	—	—	
			V _{DD} = 2.7 V, V _{LCD} = 3.25V, 所有时钟关闭 (HSE/HSI/LSE), LDO off, ULDO on, LSE off, LSI on, RTC off, LCD on ⁽⁶⁾ , 内部充电泵提供 V _{LCD}	56.0	—	—	
暂停模式	—	V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, LDO 和 ULDO off, LSE off, LSI on, RTC on	1.35	2.05	—	μA	
		V _{DD} = V _{LCD} = 3.3 V, LDO 和 ULDO off, LSE off, LSI on, RTC off	1.30	2.00	—		

- 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. LCD 使能, 外部 VLCD, 1/4 占空比, 1/3 偏压, 分频比 = 64, 高驱动功能除能, 所有像素点激活, 无 LCD 连接。
 6. LCD 使能, 内部 VLCD, 1/4 占空比, 1/3 偏压, 分频比 = 64, 高驱动功能除能, 所有像素点激活, 无 LCD 连接。

复位和电源监控特性

表 10. V_{DD} 电源复位特性

T_A = 25 °C, 除非另有规定

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DD}	工作电压	T _A = -40 °C ~ 85 °C	0.6	—	3.6	V
V _{POR}	上电复位阈值 (V _{DD} 电压上升)		1.4	1.55	1.65	V
V _{PDR}	掉电复位阈值 (V _{DD} 电压下降)		1.27	1.45	1.57	V
V _{PORHYST}	POR 迟滞	—	—	100	—	mV
t _{POR}	复位延迟时间	V _{DD} = 3.3 V	—	0.1	0.2	ms

- 注: 1. 数据仅为特性描述结果, 未在生产中测试。
 2. 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_{DD} POR 处于无效状态。当 V_{DD} POR 处于有效状态时, LDO 将被关闭。

表 11. LVD / BOD 特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
V_{BOD}	掉电检测电压	工厂调整后	V_{DD} 下降沿	1.62	1.68	1.74	V
			V_{DD} 下降沿	1.68	1.74	1.8	
$V_{BODHYST}$	BOD 迟滞	$V_{DD} = 2.0\text{ V}$	—	—	60	mV	
V_{LVD}	低压检测电压	V_{DD} 下降沿	LVDS = 000	1.67	1.75	1.83	V
			LVDS = 001	1.87	1.95	2.03	V
			LVDS = 010	2.07	2.15	2.23	V
			LVDS = 011	2.27	2.35	2.43	V
			LVDS = 100	2.47	2.55	2.63	V
			LVDS = 101	2.67	2.75	2.83	V
			LVDS = 110	2.87	2.95	3.03	V
V_{LVDHST}	LVD 迟滞	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	—	100	mV	
t_{suLVD}	LVD 建立时间	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	—	—	5 μs	
t_{atLVD}	LVD 有效延迟时间	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	—	—	ms	
I_{DDLVD}	工作电流 ⁽³⁾	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	—	5	15 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 12. 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	—	1.65	—	3.6	V
f_{CK_HSE}	外部高速振荡器频率 (HSE)	—	4	—	16	MHz
C_L	负载电容	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $R_{ESR} = 100\ \Omega$ @ 16 MHz	—	—	22	pF
R_{FHSE}	XTALIN 和 XTALOUT 引脚间的内部反馈电阻	—	—	1	—	M Ω
R_{ESR}	等效串联电阻	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $C_L = 12\text{ pF}$ @ 16 MHz, HSEDR = 0	—	—	160	Ω
		$V_{DD} = 2.5\text{ V}$, $C_L = 12\text{ pF}$ @ 16 MHz, HSEDR = 1				
D_{HSE}	HSE 振荡器占空比	—	40	—	60	%
I_{DDHSE}	HSE 振荡器工作电流	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$ @ 16 MHz	—	TBD	—	mA
I_{PWDHSE}	HSE 振荡器暂停电流	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	—	0.01	μA
t_{SUHSE}	HSE 振荡器启动时间	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	—	4	ms

表 13. 外部低速时钟 (LSE) 特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	工作电压范围	—	1.65	—	3.6	V
f_{CK_LSE}	外部低速振荡器频率 (LSE)	$V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$	—	32.768	—	MHz
R_F	内部反馈电阻	—	—	10	—	$M\Omega$
R_{ESR}	等效串联电阻	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	30	—	TBD	$K\Omega$
C_L	负载电容	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	6	—	TBD	pF
I_{DDLSE}	振荡器工作电流 (大电流模式)	$f_{CK_LSE} = 32.768\text{ kHz}$, $R_{ESR} = 50\text{ k}\Omega$, $C_L \geq 7\text{ pF}$ $V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 2.7\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	—	3.3	6.3	μA
	振荡器工作电流 (小电流模式)	$f_{CK_LSE} = 32.768\text{ kHz}$, $R_{ESR} = 50\text{ k}\Omega$, $C_L < 7\text{ pF}$ $V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$ $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	—	1.8	3.3	
	暂停电流	—	—	—	0.01	
t_{SULSE}	LSE 振荡器启动时间 (小电流模式)	$f_{CK_LSE} = 32.768\text{ kHz}$, $V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$	500	—	—	ms

注: PCB 布局时建议参考以下几点以提高 HSE / LSE 时钟晶体电路的稳定性:

1. 晶体振荡器应当尽可能的靠近单片机来缩短走线长度, 进而减少寄生电容。
2. 晶体电路部分采用铺地做保护来减少噪音干扰的影响。
3. 高频信号走线时远离晶体振荡器区域, 可防止串扰。

内部时钟特性

表 14. 内部高速时钟 (HSI) 特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	工作电压范围	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	1.65	—	3.6	V
f_{HSI}	HSI 频率	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	8	—	MHz
ACC_{HSI}	工厂调整 HSI 振荡器频率精度	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$	-1	—	1	%
		$V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $T_A = -20\text{ }^\circ\text{C} \sim 60\text{ }^\circ\text{C}$	-2.5	—	2.5	%
		$V_{DD} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	-3	—	3	%
Duty	HSI 振荡器占空比	$f_{CK_HSI} = 8\text{ MHz}$	35	—	65	%
I_{DDHSI}	HSI 振荡器工作电流	$f_{HSI} = 8\text{ MHz}$	—	300	500	μA
	暂停电流		—	—	0.05	μA
t_{SUHSI}	HSI 振荡器启动时间	$f_{HSI} = 8\text{ MHz}$	—	—	10	μs

表 15. 内部低速时钟 (LSI) 特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	工作电压范围	—	1.65	—	3.6	V
f_{CK_LSI}	内部低速振荡器频率 (LSI)	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	21	32	43	kHz
ACC_{LSI}	LSI 振荡器频率精度	工厂调整后, $V_{DD} = 3.3\text{ V}$	-10	—	+10	%
I_{DDLSI}	LSI 振荡器工作电流	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	0.4	0.8	μA
t_{SULSI}	LSI 振荡器启动时间	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	—	100	μs

PLL 特性

表 16. PLL 特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{PLLIN}	系统 PLL 输入时钟	—	4	—	16	MHz
f_{CK_PLL}	系统 PLL 输出时钟	—	16	—	60	MHz
t_{LOCK}	系统 PLL 锁相时间	—	—	200	—	μs

USB PLL 特性

表 17. USB PLL 特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{PLLIN}	USB PLL 输入时钟	—	4	—	16	MHz
f_{CK_PLL}	USB PLL 输出时钟	—	64	—	96	MHz
t_{LOCK}	USB PLL 锁相时间	—	—	200	—	μs

存储器特性

表 18. Flash 存储器特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
N_{ENDU}	失败前可擦写次数 (寿命)	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	10	—	—	K cycles
t_{RET}	数据保存时间	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	10	—	—	Years
t_{PROG}	字编程时间	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	20	—	—	μs
t_{ERASE}	页擦除时间	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	2	—	—	ms
t_{MERASE}	整片擦除时间	$T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	10	—	—	ms

I/O 端口特性

表 19. I/O 端口特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
I_{IL}	低电平输入电流	3.3 V I/O 复位引脚	$V_I = V_{SS}$, 片内上拉电阻除能	—	—	3	μA
				—	—	3	μA
I_{IH}	高电平输入电流	3.3 V I/O 复位引脚	$V_I = V_{DD}$, 片内下拉电阻除能	—	—	3	μA
				—	—	3	μA
V_{IL}	低电平输入电压	3.3 V I/O 复位引脚	-0.4	—	$0.35 V_{DD}$	V	
			-0.4	—	$0.35 V_{DD}$	V	
V_{IH}	高电平输入电压	3.3 V I/O 复位引脚	$0.65 V_{DD}$	—	$V_{DD} + 0.4$	V	
			$0.65 V_{DD}$	—	$V_{DD} + 0.4$	V	
V_{HYS}	施密特触发器 输入电压迟滞	3.3 V I/O 复位引脚	—	$0.12 V_{DD}$	—	mV	
			—	$0.12 V_{DD}$	—	mV	
I_{OL}	低电平输出电流 (GPIO 灌电流)	3.3 V I/O 4 mA 驱动, $V_{OL} = 0.4\text{ V}$	4	—	—	mA	
		3.3 V I/O 8 mA 驱动, $V_{OL} = 0.4\text{ V}$	8	—	—	mA	
		3.3 V I/O 12 mA 驱动, $V_{OL} = 0.4\text{ V}$	12	—	—	mA	
		3.3 V I/O 16 mA 驱动, $V_{OL} = 0.4\text{ V}$	16	—	—	mA	
I_{OH}	高电平输出电流 (GPIO 源电流)	3.3 V I/O 4 mA 驱动, $V_{OH} = V_{DD} - 0.4\text{ V}$	4	—	—	mA	
		3.3 V I/O 8 mA 驱动, $V_{OH} = V_{DD} - 0.4\text{ V}$	8	—	—	mA	
		3.3 V I/O 12 mA 驱动, $V_{OH} = V_{DD} - 0.4\text{ V}$	12	—	—	mA	
		3.3 V I/O 16 mA 驱动, $V_{OH} = V_{DD} - 0.4\text{ V}$	16	—	—	mA	
V_{OL}	低电平输出电压	3.3 V 4 mA 驱动 I/O, $I_{OL} = 4\text{ mA}$	—	—	0.4	V	
		3.3 V 8 mA 驱动 I/O, $I_{OL} = 8\text{ mA}$	—	—	0.4	V	
		3.3 V 12 mA 驱动 I/O, $I_{OL} = 12\text{ mA}$	—	—	0.4	V	
		3.3 V 16 mA 驱动 I/O, $I_{OL} = 16\text{ mA}$	—	—	0.4	V	
V_{OH}	高电平输出电压	3.3 V 4 mA 驱动 I/O, $I_{OH} = 4\text{ mA}$	$V_{DD} - 0.4$	—	—	V	
		3.3 V 8 mA 驱动 I/O, $I_{OH} = 8\text{ mA}$	$V_{DD} - 0.4$	—	—	V	
		3.3 V 12 mA 驱动 I/O, $I_{OH} = 12\text{ mA}$	$V_{DD} - 0.4$	—	—	V	
		3.3 V 16 mA 驱动 I/O, $I_{OH} = 16\text{ mA}$	$V_{DD} - 0.4$	—	—	V	
R_{PU}	内部上拉电阻	3.3 V I/O, $V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	60	—	k Ω	
R_{PD}	内部下拉电阻	3.3 V I/O, $V_{DD} = 3.3\text{ V}$	—	60	—	k Ω	

A/D 转换器特性

表 20. A/D 转换器特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DDA}	A/D 转换器工作电压	—	2.5	3.3	3.6	V
V_{ADCIN}	A/D 转换器输入电压范围	—	0	—	V_{REF+}	V
V_{REF+}	A/D 转换器参考电压	—	—	V_{DDA}	V_{DDA}	V
I_{ADC}	A/D 转换器工作电流	$V_{DDA} = 3.3\text{ V}$	—	1	TBD	mA
I_{ADC_DN}	A/D 转换器暂停电流	$V_{DDA} = 3.3\text{ V}$	—	—	0.1	μA
f_{ADC}	A/D 转换器时钟	—	0.7	—	16	MHz
f_s	采样率	—	0.05	—	1	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 Ω
C_I	输入采样电容	不包括引脚 / 焊盘电容	—	4	—	pF
t_{SU}	启动时间	—	—	—	1	μs
N	A/D 转换器分辨率	—	—	12	—	bits
INL	积分非线性误差	$f_s = 750\text{ kHz}$, $V_{DDA} = 3.3\text{ V}$	—	± 2	± 5	LSB
DNL	微分非线性误差	$f_s = 750\text{ kHz}$, $V_{DDA} = 3.3\text{ V}$	—	± 1	—	LSB
E_O	失调误差	—	—	—	± 10	LSB
E_G	增益误差	—	—	—	± 10	LSB

注：1. 表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。

2. 下图显示了 A/D 转换器采样和保持输入级的等效电路，图中 C_I 为内部存储电容， R_I 为内部采样转换的电阻， R_S 是信号源 V_S 的输出阻抗。在正常情况下，采样阶段的持续时间大约是 $3.5/f_{ADC}$ 。在此阶段，对 C_I 充电以确保在其两端的电压变得足够接近 V_S 。为了保证这一点， R_S 取值会有一定的限制。

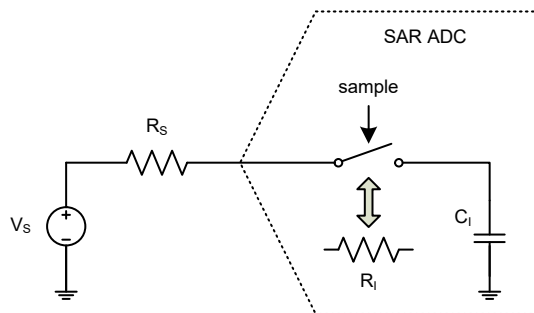


图 7. A/D 转换器采样网络模板

最差的情况是，当在输入电压范围的极限 (0 V 和 V_{REF}) 进行连续采样，可采用下面公式来确保采样误差低于 1/4 LSB:

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

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。

内部参考电压特性

表 21. 内部参考电压特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DDA}	工作电压	—	1.65	—	3.6	V
V_{REF}	工厂调整后内部参考电压 @ 25 °C	$V_{DDA} \geq 1.65\text{ V}$ VREFSEL [1:0] = 00	1.190	1.215	1.240	V
		$V_{DDA} \geq 2.30\text{ V}$ VREFSEL [1:0] = 01	1.96	2.00	2.04	
		$V_{DDA} \geq 2.80\text{ V}$ VREFSEL [1:0] = 10	2.45	2.50	2.55	
		$V_{DDA} \geq 3.00\text{ V}$ VREFSEL [1:0] = 11	2.65	2.70	2.75	
V_{REFACC}	调整后的参考电压精度	$V_{DDA} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $V_{REF} = 1.215\text{ V}$, $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 85\text{ }^\circ\text{C}$	-3.0	—	+3.0	%
t_{STABLE}	稳定时间	—	—	—	100	ms
t_{SREFV}	读取参考电压时的 A/D 转换器采样时间	—	10	—	—	μs
I_{DD}	工作电流	—	—	45	55	μA
I_{DDPWD}	暂停电流	—	—	—	0.01	μA

V_{DDA} 监控特性

表 22. V_{DDA} 监控特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
R	V_{DDA} 电阻桥	—	—	50	—	$\text{k}\Omega$
Q	V_{DDA} 测量比率	—	—	2	—	—
E_R	错误比	—	-1	—	+1	%
t_{SVDDA}	读取 V_{DDA} 时的 A/D 转换器采样时间	—	5	—	—	μs

注：表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。

比较器特性

表 23. 比较器特性

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	比较器模式	2.0	3.3	3.6	V
V _{IN}	输入共模电压范围	CP 或 CN	V _{SSA}	—	V _{DDA}	V
V _{IOS}	输入失调电压 ⁽¹⁾	T _A = 25 °C	-15	—	15	mV
V _{HYS}	输入迟滞 V _{DDA} = 3.3 V	无迟滞, CMPHM [1:0] = 00	—	0	—	mV
		低迟滞, CMPHM [1:0] = 01	—	30	—	mV
		中迟滞, CMPHM [1:0] = 10	—	70	—	mV
		高迟滞, CMPHM [1:0] = 11	—	100	—	mV
t _{RT}	响应时间 输入过载 = ±100 mV	高速模式				
			V _{DDA} ≥ 2.7 V	—	50	100
		V _{DDA} < 2.7 V	—	100	250	
		低速模式	—	2	5	μs
I _{CMP}	电流损耗 V _{DDA} = 3.3 V	高速模式	—	180	—	μA
		低速模式	—	30	—	μA
t _{CMPST}	比较器启动时间	比较器使能到输出有效	—	—	50	μs
I _{CMP_DN}	暂停电流	CMPEN = 0 CVREFEN = 0 CVREFOE = 0	—	—	0.1	μA
比较器参考电压 (CVR)						
V _{CVR}	输出范围	—	V _{SSA}	—	V _{DDA}	V
N _{Bits}	CVR 定标器分辨率	—	—	8	—	bits
t _{CVRST}	设定时间	CVR 定标器设定时间 CVREF = “00000000” ~ “11111111”	—	—	100	μs
I _{CVR}	电流损耗 V _{DDA} = 3.3 V	CVREFEN = 1, CMPREFOE = 0	—	65	—	μA
		CVREFEN = 1, CVREFOE = 1	—	80	110	μA

注：表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。

DAC 特性

表 24. DAC 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}	模拟电源电压	T _A = -40 °C ~ 85 °C	2.5	—	3.6	V
V _{DD15}	数字电源电压	T _A = -40 °C ~ 85 °C	1.35	1.5	1.65	V
V _{DACREF}	参考电源电压	V _{DACREF} 必须始终低于 V _{DDA}	2.0	—	3.6	V
V _{SSA}	地	—	0	—	0	V
R _L	带缓冲器的电阻性负载	—	5	—	—	kΩ
C _L	电容性负载	—	—	—	50	pF
DACOUT _{MIN}	带缓冲器的最低 DACOUT 电压	—	0.2	—	—	V
DACOUT _{MAX}	带缓冲器的最高 DACOUT 电压	—	—	—	V _{REF} - 0.2	V
I _{DD}	静态模式下 DAC 直流电流损耗 (V _{DDA} + V _{REF})	无负载, 最高码 (0xFFF) 输入 @ V _{DDA} = 3.6 V	—	—	1	mA
I _{DDPWD}	暂停模式下 DAC 直流电流损耗 (V _{DDA} + V _{REF})	无负载	—	—	1	nA
DNL	微分非线性误差 (两个连续码之差 - 1 LSB)	DAC 设置为 10-bit (B1, B0 始终为 0)	—	—	±1	LSB
INL	积分非线性误差 (i 对应的实际测量值与由 0 和 1023 两点之间确定的直线上得到的 i 的值之差)	DAC 设置为 10-bit (B1, B0 始终为 0)	—	—	±2	LSB
EO	失调误差 (0x800 对应的实际测量值与理想值 V _{REF} /2 之差)	DAC 设置为 10-bit (B1, B0 始终为 0) @ V _{REF} = 3.6 V	—	±10	—	mV
E _G	增益误差	—	—	±0.5	—	mV
t _{SETTLE}	稳定时间 (满量程: 10-bit 输入码从最低值改到最高值时, DAC 开始转换至 DACOUT 输出达到最终值 (±1 LSB) 之间的时间间隔)	CLOAD ≤ 50 pF, RLOAD ≥ 5 kΩ	—	—	5	μs
SR _{DAC}	当输入码发生微小变化时 (从 i 到 i + 1 LSB), 可产生正确的 DACOUT 更新的最大频率	CLOAD ≤ 50 pF, RLOAD ≥ 5 kΩ	—	TBD	—	MS/s
f _{DAC}	DAC 时钟频率	—	—	TBD	—	MHz

注: 表格中数据设计时可保证, 未在生产中测试。

GPTM / PWM / SCTM 特性

表 25. GPTM / PWM / SCTM 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{TM}	GPTM, PWM 和 SCTM 定时器时钟源	—	—	—	f_{PCLK}	MHz
t_{RES}	定时器分辨率时间	—	1	—	—	$1/f_{TM}$
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

I²C 特性

表 26. I²C 特性

符号	参数	标准模式		快速模式		高速模式		单位
		最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	
f_{SCL}	SCL 时钟频率	—	100	—	400	—	1000	kHz
$t_{SCL(H)}$	SCL 时钟高电平时间	4.5	—	1.125	—	0.45	—	μ s
$t_{SCL(L)}$	SCL 时钟低电平时间	4.5	—	1.125	—	0.45	—	μ s
t_{FALL}	SCL 和 SDA 下降沿时间	—	1.3	—	0.34	—	0.135	μ s
t_{RISE}	SCL 和 SDA 上升沿时间	—	1.3	—	0.34	—	0.135	μ s
$t_{SU(SDA)}$	SDA 数据建立时间	500	—	125	—	50	—	ns
$t_{H(SDA)}$	SDA 数据保持时间	0	—	0	—	0	—	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. 以上 I²C 总线时序图的特性参数是基于：SEQFILTER = 01 且 COMBFILTEREn 除能的情况。

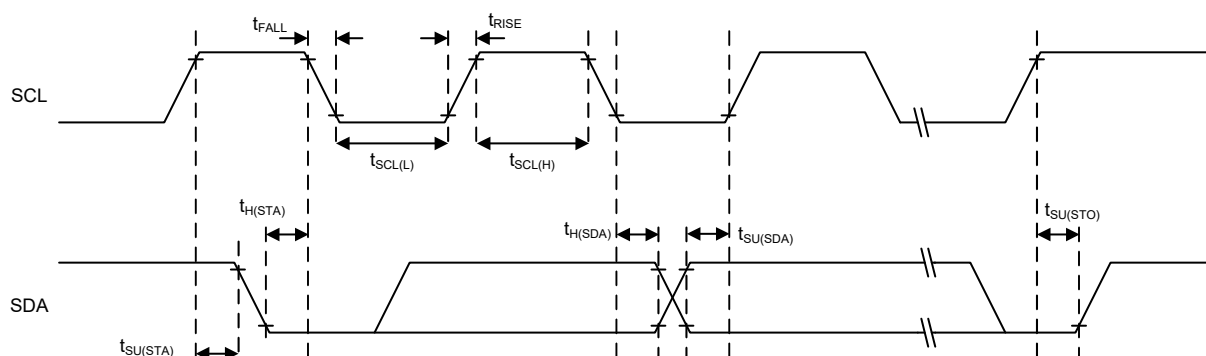


图 8. I²C 时序图

SPI 特性

表 27. SPI 特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
SPI 主机模式						
f_{SCK}	SPI 主机输出 SCK 时钟频率	SPI 外设时钟频率 f_{PCLK}	—	—	$f_{PCLK}/2$	MHz
$t_{SCK(H)}$ $t_{SCK(L)}$	SCK 时钟高电平和低电平时间	—	$t_{SCK}/2$ -2	—	$t_{SCK}/2$ +1	ns
$t_{V(MO)}$	数据输出有效时间	—	—	—	5	ns
$t_{H(MO)}$	数据输出保持时间	—	2	—	—	ns
$t_{SU(MI)}$	数据输入建立时间	—	5	—	—	ns
$t_{H(MI)}$	数据输入保持时间	—	5	—	—	ns
SPI 从机模式						
f_{SCK}	SPI 从机输入 SCK 时钟频率	SPI 外设时钟频率 f_{PCLK}	—	—	$f_{PCLK}/3$	MHz
$Duty_{SCK}$	SPI 从机输入 SCK 时钟占空比周期	—	30	—	70	%
$t_{SU(SEL)}$	SEL 使能建立时间	—	$3 t_{PCLK}$	—	—	ns
$t_{H(SEL)}$	SEL 使能保持时间	—	$2 t_{PCLK}$	—	—	ns
$t_{A(SO)}$	数据输出访问时间	—	—	—	$3 t_{PCLK}$	ns
$t_{DIS(SO)}$	数据输出禁止时间	—	—	—	10	ns
$t_{V(SO)}$	数据输出有效时间	—	—	—	25	ns
$t_{H(SO)}$	数据输出保持时间	—	15	—	—	ns
$t_{SU(SI)}$	数据输入建立时间	—	5	—	—	ns
$t_{H(SI)}$	数据输入保持时间	—	4	—	—	ns

注：1. f_{SCK} 为 SPI 输出 / 输入时钟频率， $t_{SCK} = 1/f_{SCK}$ 。
2. f_{PCLK} 为 SPI 外设时钟频率， $t_{PCLK} = 1/f_{PCLK}$ 。

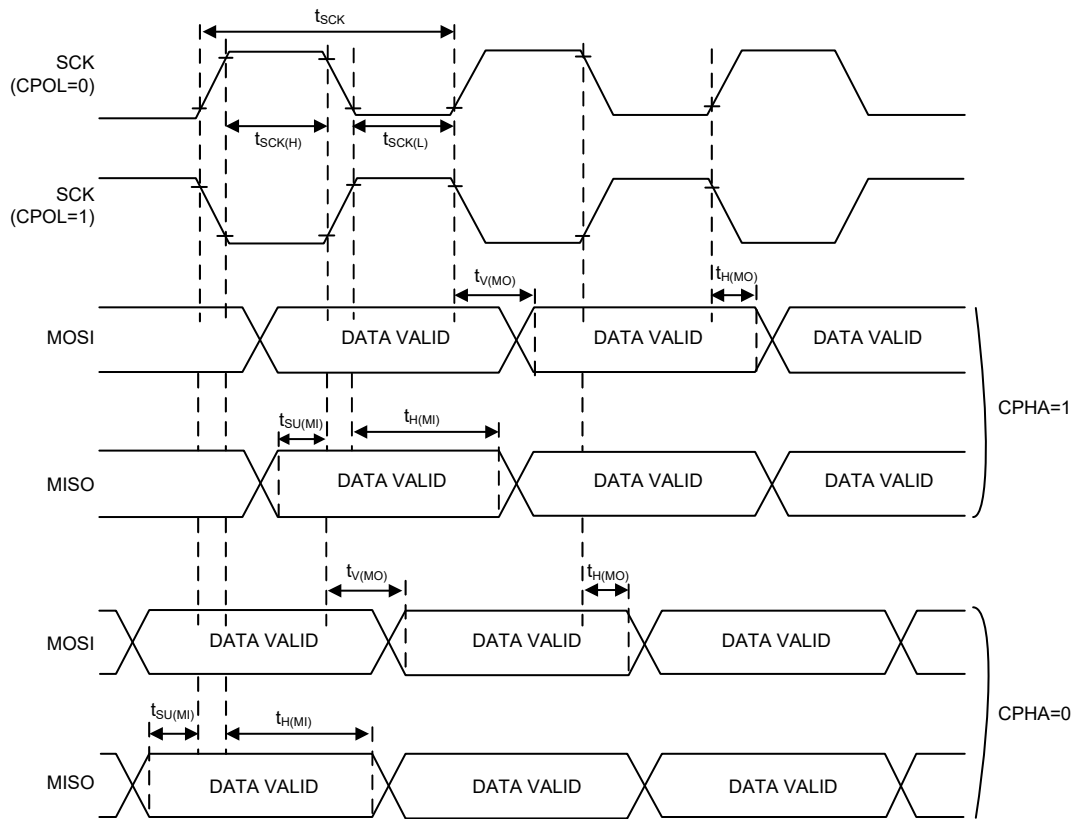


图 9. SPI 时序图 – SPI 主机模式

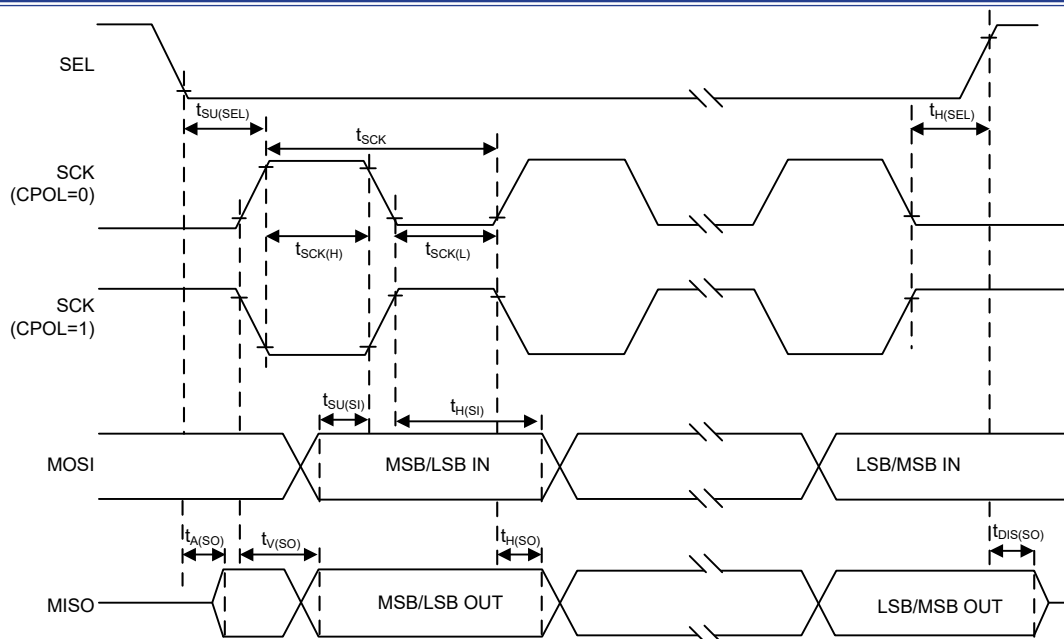


图 10. SPI 时序图 – SPI 从机模式, CPHA = 1

I²S 特性

表 28. SPI 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
$t_{DIS(MI)}$	数据输入建立时间	—	—	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 输入建立时间	—	—	TBD	—	ns
$t_{DOD(SO)}$	数据输出到 BCLK 延迟	—	—	TBD	—	ns
$t_{DIS(SI)}$	数据输入建立时间	—	—	TBD	—	ns
$t_{DIH(SI)}$	数据输入保持时间	—	—	TBD	—	ns

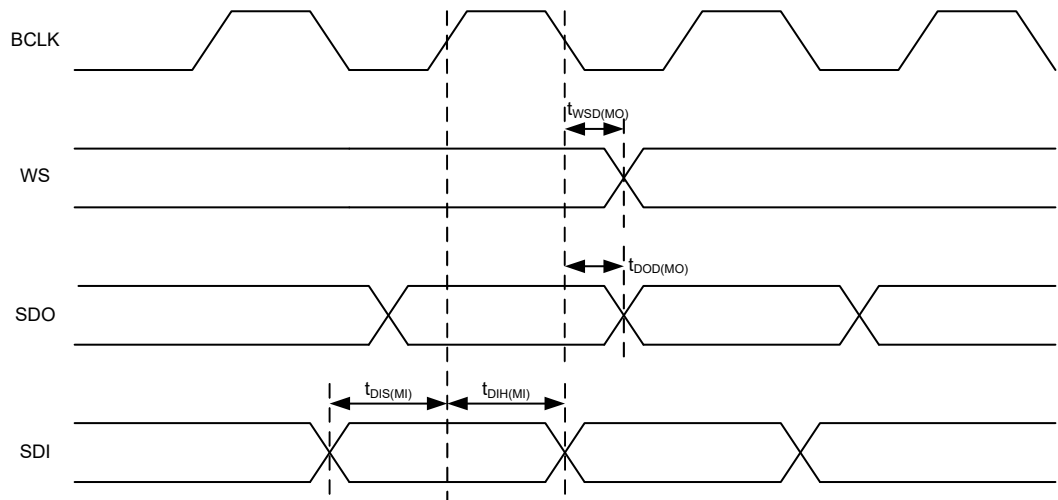


图 11. I²S 主机模式时序图

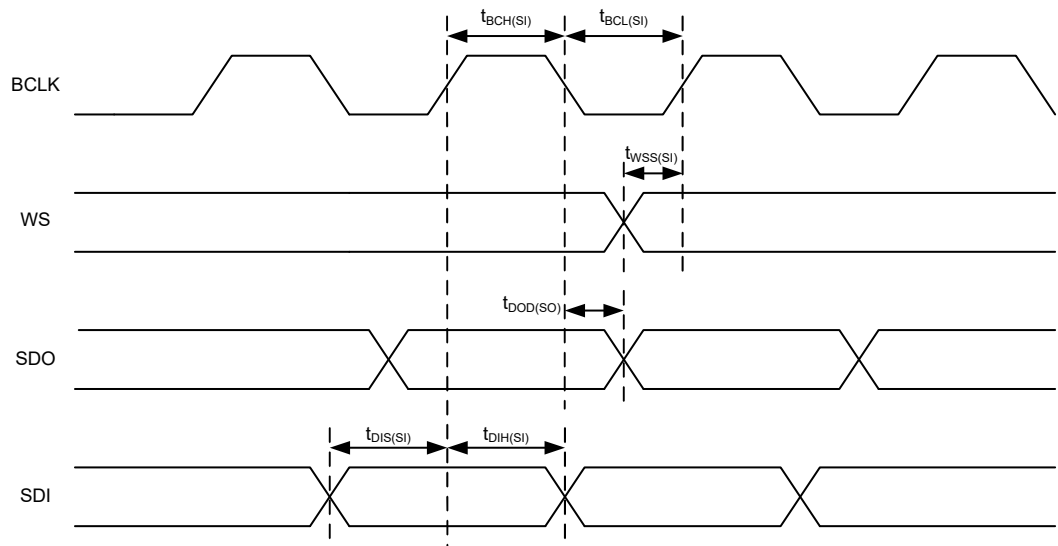


图 12. I²S 从机模式时序图

LCD 特性

表 29. LCD 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_{LCD}	LCD 外部电压	—	—	—	3.6	V	
	LCD 内部充电泵电压	CPVS = 000	—	—	2.65	—	V
		CPVS = 001	—	—	2.75	—	V
		CPVS = 010	—	—	2.85	—	V
		CPVS = 011	—	—	2.95	—	V
		CPVS = 100	—	—	3.1	—	V
		CPVS = 101	—	—	3.25	—	V
		CPVS = 110	—	—	3.4	—	V
CPVS = 111	—	—	—	3.55	3.6	V	
C_{LCD}	V_{LCD} 外部电容	—	0.22	—	2.2	μF	
I_{LCD}	电源电流 @ $V_{DD} = 3.3\text{ V}$	外部 V_{LCD} ⁽¹⁾	—	2.4	—	μA	
	电源电流 @ $V_{DD} = 2.7\text{ V}$	内部充电泵 ⁽²⁾	—	50	—		
R_H	内部低驱动电阻网络总阻值	—	—	3	—	$\text{M}\Omega$	
R_L	内部高驱动电阻网络总阻值	—	—	120	—	$\text{k}\Omega$	
V_{44}	SEG/COM 最高电平电压	—	—	—	V_{LCD}	V	
V_{34}	SEG/COM 3/4 电平电压	—	—	$3/4 V_{LCD}$	—	V	
V_{23}	SEG/COM 2/3 电平电压	—	—	$2/3 V_{LCD}$	—	V	
V_{12}	SEG/COM 1/2 电平电压	—	—	$1/2 V_{LCD}$	—	V	
V_{13}	SEG/COM 1/3 电平电压	—	—	$1/3 V_{LCD}$	—	V	
V_{14}	SEG/COM 1/4 电平电压	—	—	$1/4 V_{LCD}$	—	V	

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_0	SEG/COM 最低电平电压	—	0	—	—	V

- 注：1. LCD 使能，外部 $V_{LCD} = V_{DD} = 3.3\text{ V}$ ，1/4 占空比，1/3 偏压，分频比 = 64，高驱动功能除能，所有像素点激活，无 LCD 连接。
2. LCD 使能，内部充电泵 $V_{LCD} = 3.25\text{ V}$ ， $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ ，1/4 占空比，1/3 偏压，分频比 = 64，高驱动功能除能，所有像素点激活，无 LCD 连接。
3. 表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。

USB 特性

USB 接口符合 USB-IF 认证 – 全速。

表 30. 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_{DD}	USB 工作电压	—	3.0	—	3.6	V
V_{DI}	微分输入灵敏度	$ \text{USBDP} - \text{USBDM} $	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	1.5 k Ω R_L 连接到 V_{DD33}	0	—	0.3	V
V_{OH}	Pad 输出高低压		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. 表格中数据设计时可保证，未在生产中测试。
2. 当电压降低至 2.7 V 时，都可确保 USB 功能的正常使用，但当 V_{DD} 电压范围在 2.7 V ~ 3.0 V 时，部分 USB 电气特性值会有所下降。
3. R_L 是连接到 USB 驱动器 USBDP 的负载电阻。

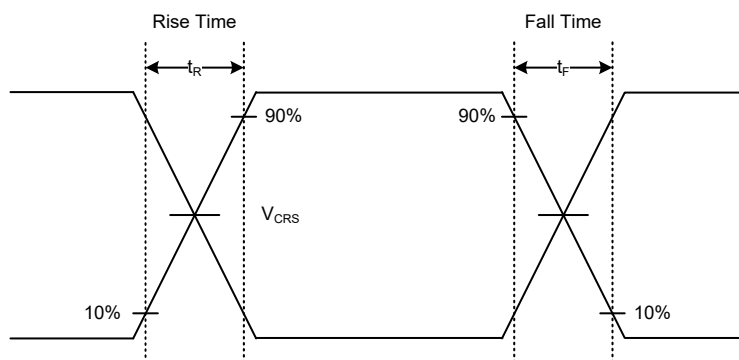


图 13. USB 信号上升时间、下降时间和交叉点电压 (V_{CRS}) 定义

表 31. 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	$C_L = 50\text{ pF}$	4	—	20	ns
t_F	下降时间	$C_L = 50\text{ pF}$	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	%

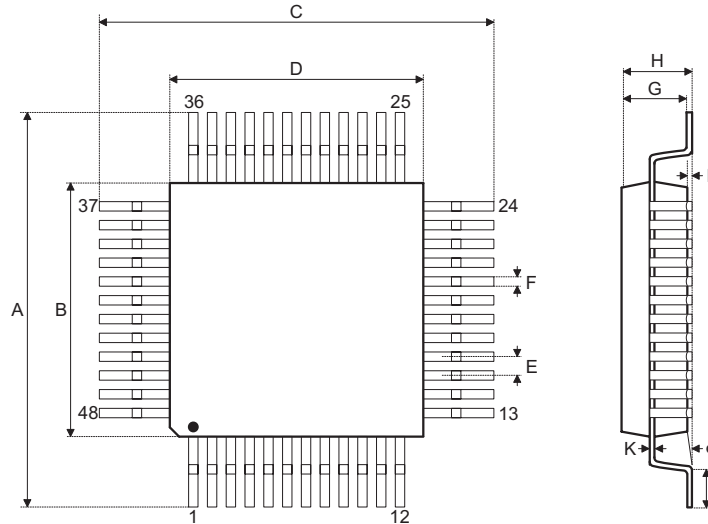
6 封装信息

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

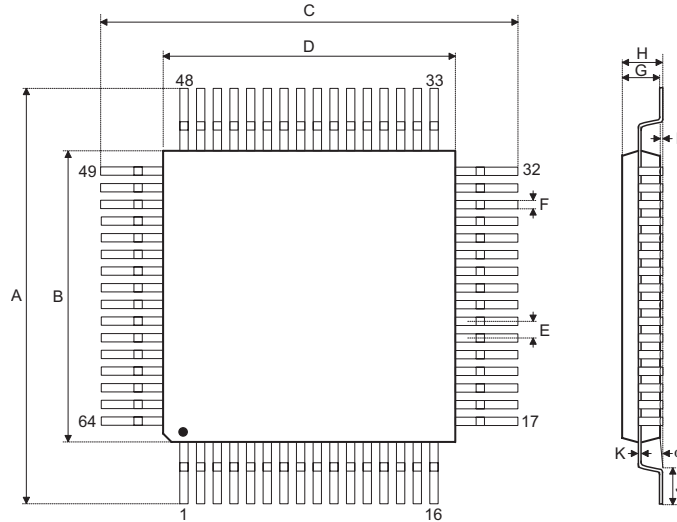
48-pin LQFP (7 mm × 7 mm) 外形尺寸



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

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

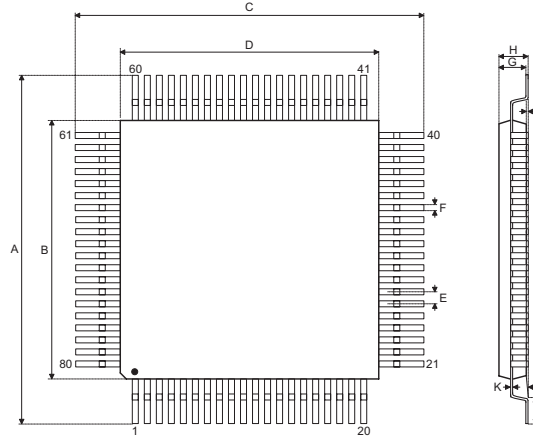
64-pin LQFP (7 mm × 7 mm) 外形尺寸



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	—	0.016 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	—	0.40 BSC	—
F	0.13	0.18	0.23
G	1.35	1.40	1.45
H	—	—	1.60
I	0.05	—	0.15
J	0.45	0.60	0.75
K	0.09	—	0.20
α	0°	—	7°

80-pin LQFP (10 mm × 10 mm) 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	—	0.016 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	—	0.40 BSC	—
F	0.13	0.18	0.23
G	1.35	1.40	1.45
H	—	—	1.60
I	0.05	—	0.15
J	0.45	0.60	0.75
K	0.09	—	0.20
α	0°	—	7°

Copyright© 2020 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/>。