航顺芯片

HK32F04AxxxxA数据手册

版本号：V2.1

发布日期：2025-09-15

深圳市航顺芯片技术研发有限公司

http://www.hsxp-hk.com

前言

编写目的

本文档介绍了HK32F04AxxxxA系列芯片的结构框图、存储器映射、外设接口、电气特性、管脚封装等，旨在帮助用户快速了解该系列芯片的特点及功能。

读者对象

本文适用于以下读者：

- 开发工程师
- 芯片测试工程师
- 芯片选型工程师

版本说明

本文档对应的产品系列为HK32F04AxxxxA系列芯片。

修订记录

版本	日期	修订内容
1.0	2021/09/13	首次发布。
1.1	2021/11/15	更正了3.1结构框图中的错误及其他一些文字表述的错误。
1.2	2022/02/16	1. 管脚定义章节中增加了对Boot0引脚的说明：“默认约50k 内部下拉电阻。” 2. 更正了时钟树中MCO中的细节（PLLCLK）。
1.3	2022/09/16	更正全文描述中的小错误。
1.4	2023/07/14	1. 增加了章节“7.2 丝印信息”“8.1 订货代码”。 2. 更新了章节“6.7 各封装的管脚定义”：LQFP32和QFN32封装的1号管脚由原来的“VDD”改为“VBAT”。
1.5	2023/09/28	1. 更新了章节“3.5.1 系统复位”中的图。 2. 在“表 3-1 工作模式及功耗”中增加了“测试条件”列。 3. 更新了“表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义”引脚VSS和VDD的引脚类型。 4. 修改了全文描述中其他较小的错误。
1.6	2023/10/13	删除不支持的低功耗定时器（LPTIM）及其相关信息。
1.7	2023/11/27	1. 更新时钟树中的中的FLITFCLK的最大预分频系数为16（原为9）。 2. 更新“3.2 存储器映射”图中SRAM的结束地址。 3. 更新“3.13 独立看门狗”中的预分频器位数为8位（原为3位）。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

版本	日期	修订内容
		4. 在“6.7 各封装的管脚定义”中删除不支持的DAC信息，更新电压比较器的缩写“CMP”为“COMP”。 5. “6.7 各封装的管脚定义”和“6.8 引脚复用（AF）功能表”中补全LPUART、USART和I2C支持引脚互换功能的对应描述。 6. 更新“7.1.4 QFN32封装”中的图和表。
1.8	2024/06/18	1. 更新“图 3-3 复位信号”。 2. 更新“6.7 各封装的管脚定义”中 PC14/PC15 和 PF0/PF1 四个管脚不支持 FT, 更新PA5的复用功能为COMP3_INP1（原为COMP3_INN1）。
1.9	2024/09/30	1. 更新了“2.2 器件一览表”中的产品part number。 2. 更新了“4.2.13 IO 输出引脚特性”一节。
2.0	2025/06/16	删除了 AWD 唤醒相关的信息。
2.1	2025/09/15	1. 更新了“2.2 器件一览表”。 2. 删除了“3.12 EXTI”中的EXT31，并更新了EXTI线的数量。 3. 更新了“3.25 RTC时钟”中数字校准电路的分辨率的数值。 4. 更新了“表 4-3 极限温度特性”。 5. 更新了“7.1 封装尺寸”。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

目录

1. 简介.....1
2. 产品概述.....2
2.1. 产品特性.....3
2.2. 器件一览表.....6
3. 功能介绍.....8
3.1. 结构框图.....8
3.2. 存储器映射.....9
3.3. Flash.....9
3.4. SRAM.....9
3.5. 复位.....9
3.5.1. 系统复位.....9
3.5.2. 电源复位.....10
3.5.3. 备份域复位.....11
3.6. 时钟和时钟树.....11
3.7. 供电方案.....12
3.8. Boot模式.....12
3.9. 可编程电压监测器（PVD）.....12
3.10. 低功耗模式.....12
3.11. NVIC.....14
3.12. EXTI.....16
3.13. 独立看门狗.....17
3.14. 窗口看门狗.....17
3.15. System Tick定时器.....17
3.16. 定时器.....17
3.16.1. 高级定时器.....18
3.16.2. 通用定时器.....18
3.16.3. 基本定时器.....19
3.17. 红外遥控接口.....19
3.18. I2C.....19
3.19. USART.....20
3.20. LPUART.....21
3.21. SPI/I2S.....21
3.22. GPIO.....22
3.23. DMA.....22
3.24. ADC.....22
3.25. CAN.....23
3.26. RTC时钟.....23
3.27. 信息安全.....23

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

3.27.1. AES 24
3.27.2. HASH 24
3.27.3. TRNG 24
3.28. CRC计算单元 25
3.29. 电机加速单元 25
3.30. DVSQ计算单元 25
3.31. 可编程逻辑单元（CLU） 25
3.32. 电压比较器 26
3.33. 内部参考电压 26
3.34. 温度传感器 26
3.35. 96位UID 27
3.36. 调试接口 27
4. 电气性能指标 28
4.1. 最大绝对额定值 28
4.1.1. 极限电压特性 28
4.1.2. 极限电流特性 28
4.1.3. 极限温度特性 29
4.2. 工作参数 29
4.2.1. 推荐工作条件 29
4.2.2. 可编程电压监测器 29
4.2.3. 上/下电复位特性 30
4.2.4. 内部参考电压 30
4.2.5. 工作电流特性 30
4.2.6. 外部快速（HSE）时钟特性 32
4.2.7. 外部低速（LSE）时钟特性 33
4.2.8. 内部快速（HSI）时钟特性 34
4.2.9. 内部低速（LSI）时钟特性 35
4.2.10. PLL特性 35
4.2.11. Flash存储器特性 35
4.2.12. IO输入引脚特性 36
4.2.13. IO输出直流特性 36
4.2.14. NRST复位管脚特性 37
4.2.15. TIM计数器特性 38
4.2.16. 电机加速单元特性 38
4.2.17. ADC特性 38
4.2.18. 温度传感器特性 42
5. 典型电路 43
6. 管脚定义 44
6.1. LQFP64封装 44
6.2. LQFP48封装 45
6.3. LQFP32封装 46

6.4. TSSOP20封装 47
6.5. QFN32封装 48
6.6. QFN28封装 49
6.7. 各封装的管脚定义 49
6.8. 引脚复用（AF）功能表 61
7. 封装参数 65
7.1. 封装尺寸 65
7.1.1. LQFP64封装 65
7.1.2. LQFP48封装 66
7.1.3. LQFP32封装 68
7.1.4. TSSOP20封装 69
7.1.5. QFN32封装 71
7.1.6. QFN28封装 72
7.2. 丝印信息 73
7.2.1. LQFP64丝印 74
7.2.2. LQFP48丝印 74
7.2.3. LQFP32丝印 76
7.2.4. TSSOP20丝印 77
7.2.5. QFN32丝印 78
7.2.6. QFN28丝印 79
8. 订货信息 81
8.1. 订货代码 81
8.2. 订货包装 81
9. 缩略语 84
10. 重要提示 86

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

图目录

图 3-1 HK32F04AxxxxA功能框图.....8
图 3-2 HK32F04AxxxxA存储器映射.....9
图 3-3 复位信号.....10
图 3-4 HK32F04AxxxxA时钟树.....11
图 4-1 HSE负反馈晶体振荡电路.....33
图 4-2 LSE负反馈晶体振荡电路.....34
图 4-3 ADC精度特征.....41
图 4-4 ADC的典型连接图.....41
图 5-1 电源供电参考电路.....43
图 6-1 LQFP64封装管脚排列.....44
图 6-2 LQFP48封装管脚排列.....45
图 6-3 LQFP32封装管脚排列.....46
图 6-4 TSSOP20封装管脚排列.....47
图 6-5 QFN32封装管脚排列.....48
图 6-6 QFN28封装管脚排列.....49
图 7-1 LQFP64封装尺寸图.....65
图 7-2 LQFP48封装尺寸图.....67
图 7-3 LQFP32封装尺寸图.....68
图 7-4 TSSOP20封装尺寸图.....70
图 7-5 QFN32封装尺寸图.....71
图 7-6 QFN28封装尺寸图.....72
图 7-7 LQFP64 HK32F04ARBT6A丝印示例.....74
图 7-8 LQFP64 HK32F04AR8T6A丝印示例.....74
图 7-9 LQFP48 HK32F04ACBT6A丝印示例.....74
图 7-10 LQFP48 HK32F04AC8T6A丝印示例.....75
图 7-11 LQFP48 HK32F04AC6T6A丝印示例.....75
图 7-12 LQFP48 HK32F04AC4T6A丝印示例.....75
图 7-13 LQFP32 HK32F04AKBT6A丝印示例.....76
图 7-14 LQFP32 HK32F04AK8T6A丝印示例.....76
图 7-15 LQFP32 HK32F04AK6T6A丝印示例.....76
图 7-16 LQFP32 HK32F04AK4T6A丝印示例.....77
图 7-17 TSSOP20 HK32F04AFBP6A丝印示例.....77
图 7-18 TSSOP20 HK32F04AF8P6A丝印示例.....77
图 7-19 TSSOP20 HK32F04AF6P6A丝印示例.....77
图 7-20 TSSOP20 HK32F04AF4P6A丝印示例.....78
图 7-21 QFN32 HK32F04AKBU6A丝印示例.....78
图 7-22 QFN32 HK32F04AK8U6A丝印示例.....78

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

图 7-23 QFN32 HK32F04AK6U6A丝印示例..... 79
图 7-24 QFN32 HK32F04AK4U6A丝印示例..... 79
图 7-25 QFN28 HK32F04AGBU6A丝印示例..... 79
图 7-26 QFN28 HK32F04AG8U6A丝印示例..... 80
图 7-27 QFN28 HK32F04AG6U6A丝印示例..... 80
图 7-28 QFN28 HK32F04AG4U6A丝印示例..... 80
图 8-1 订货代码..... 81

表目录

表 3-1 工作模式及功耗.....13
表 3-2 低功耗模式的进入/唤醒条件.....14
表 3-3 NVIC表.....14
表 3-4 定时器功能定义.....18
表 3-5 可编程的模拟和数字噪声滤波器.....20
表 3-6 USART1和USART2特性.....20
表 3-7 SPI1和SPI2特性.....21
表 3-8 I2S特性.....22
表 3-9 内部电压基准测量值.....26
表 4-1 极限电压特性.....28
表 4-2 极限电流特性.....28
表 4-3 极限温度特性.....29
表 4-4 推荐工作条件.....29
表 4-5 PVD特性.....29
表 4-6 上/下电复位特性.....30
表 4-7 内部参考电压特性.....30
表 4-8 工作电流特性.....30
表 4-9 HSE时钟特性.....32
表 4-10 外部时钟输入特性.....33
表 4-11 LSE时钟特性(f_{LSE}=32.768 kHz).....33
表 4-12 外部低速时钟输入特性.....34
表 4-13 HSI时钟特性.....34
表 4-14 LSI时钟特性.....35
表 4-15 PLL特性.....35
表 4-16 Flash存储器特性.....35
表 4-17 IO输入引脚直流特性.....36
表 4-18 IO引脚输出直流特性.....36
表 4-19 IO引脚（超高驱动）输出直流特性.....37
表 4-20 IO引脚输出交流特性.....37
表 4-21 IO引脚(超高驱动)输出交流特性.....37
表 4-22 NRST引脚输入特性.....38
表 4-23 TIM特性.....38
表 4-24 电机驱动频率特性.....38
表 4-25 FOC核心算法带电机加速单元和纯软件库效率对比.....38
表 4-26 ADC特性.....38
表 4-27 输入阻抗最大值（f_{ADC} = 14 MHz）.....40
表 4-28 ADC精度.....40

表 4-29 温度传感器特性.....42
表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义.....49
表 7-1 LQFP64封装尺寸参数.....65
表 7-2 LQFP48封装尺寸参数.....67
表 7-3 LQFP32封装尺寸参数.....69
表 7-4 TSSOP20封装尺寸参数.....70
表 7-5 QFN32封装尺寸参数.....71
表 7-6 QFN28封装尺寸参数.....72
表 7-7 产品批号说明.....73
表 8-1 产品订货包装.....81

1 简介

本文档为HK32F04AxxxxA系列芯片的数据手册。HK32F04AxxxxA系列芯片是由深圳市航顺芯片技术研发有限公司研发的主流型MCU芯片，包括以下子系列：

- HK32F04ARxT6A（LQFP64封装）
  - HK32F04ARBT6A
  - HK32F04AR8T6A
- HK32F04ACxT6A（LQFP48封装）
  - HK32F04ACBT6A
  - HK32F04AC8T6A
  - HK32F04AC6T6A
  - HK32F04AC4T6A
- HK32F04AKxT6A（LQFP32封装）
  - HK32F04AKBT6A
  - HK32F04AK8T6A
  - HK32F04AK6T6A
  - HK32F04AK4T6A
- HK32F04AKxU6A（QFN32封装）
  - HK32F04AKBU6A
  - HK32F04AK8U6A
  - HK32F04AK6U6A
  - HK32F04AK4U6A
- HK32F04AGxU6A（QFN28封装）
  - HK32F04AGBU6A
  - HK32F04AG8U6A
  - HK32F04AG6U6A
  - HK32F04AG4U6A
- HK32F04AFxP6A（TSSOP20封装）
  - HK32F04AFBP6A
  - HK32F04AF8P6A
  - HK32F04AF6P6A
  - HK32F04AF4P6A

用户可以查看《HK32F04AxxxxA用户手册》，进一步了解HK32F04AxxxxA 的功能。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

2 产品概述

HK32F04AxxxxA使用ARM® Cortex®-M0内核，最高工作频率96 MHz，内置最高124 Kbyte Flash、10 Kbyte SRAM。通过配置Flash控制器寄存器，可实现中断向量在主Flash区的重映射。

HK32F04AxxxxA支持传统的Flash Level 0/1/2读写保护和Flash代码加密（航顺自研专利）。

为满足各种安全应用，HK32F04AxxxxA提供了CRC、AES、HASH、TRNG等硬件运算单元，以验证数据传输或数据存储的正确性和完整性，以及实现Flash数据的加解密。

HK32F04AxxxxA内置了多种通信接口：

- 3路串口（最高12 Mbit/s）：包括2路USART和1路LPUART

  USART支持同步及异步全双工或半双工通信、多主机通信、LIN协议、SmartCard协议、IrDA SIR编解码；可通过软件互换RX和TX引脚位置；在MCU停机（Stop）模式下，支持数据接收唤醒。

- 最多2路高速（最高18 Mbit/s）SPI/I2S

  SPI/I2S支持4 ~ 16位数据长度的全双工或半双工通信、主/从机模式、TI模式、NSS脉冲模式、自动CRC校验和I2S协议。

- 最多2路高速（最高1 MHz）I2C

  I2C支持1 MHz/400 kHz/100 kHz传输模式、主/从机模式、多主机模式、7位/10位地址寻址和SMBus协议。在MCU停机模式下，支持数据接收唤醒。

HK32F04AxxxxA内置了1个16位高级PWM定时器（共4路PWM输出，其中3路带死区互补输出）、5个16位和1个32位通用PWM定时器和1个基本定时器。

HK32F04AxxxxA内置了模拟电路：1个12位ADC（共16路模拟信号输入通道，支持差分对输入；采样率可达1 MSPS）、1个上电/下电复位（POR/PDR）电路、1个内部参考电压（通过片内ADC采样得到）和1个1/2 V_{BAT}分压电路。

HK32F04AxxxxA集成了硬件除法开方运算单元（DVSQ），能提高软件处理能力并且更快地响应外部事件。

HK32F04AxxxxA还将电机算法硬件化，能够更为快速地处理电机驱动操作。

HK32F04AxxxxA有4路可编程逻辑单元，用于用户可编程的异步和同步布尔逻辑运算。

HK32F04AxxxxA除电源、地、NRST及BOOT以外的所有引脚均可作为GPIO、外设IO或外部中断输入；在引脚数量受限应用场景中，提供尽可能多的引脚信号数量。

HK32F04AxxxxA工作于-40°C ~ +105°C的温度范围，供电电压1.8 V~ 3.6 V，可满足绝大部分应用环境的要求。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

由于拥有丰富的外设配置，HK32F04AxxxxA可适用于多种应用场景：

- 可编程控制器、打印机、扫描仪
- 电机驱动和调速控制
- 物联网终端，如水表、电表和气表
- 无人机飞控、云台控制
- 玩具产品
- 家用电器
- 智能机器人
- 智能手表、运动手环
- 电子收费（Electronic Toll Collection，ETC）

2.1 产品特性

- CPU内核
  - ARM® Cortex®-M0
  - 最高时钟频率：96 MHz
  - 24位System Tick定时器
  - 支持中断向量重映射（通过Flash控制器的寄存器配置）
- 工作电压范围
  - 单电源域（主电源V_{DD}）：1.8 V ~ 3.6 V
  - 备用电源（V_{BAT}）：1.8V ~ 3.6V
- 工作温度范围：-40°C~ +105°C
- 典型工作电流
  - 运行（Run）模式：6.1 mA@96 MHz；1.6 mA@8 MHz
  - 睡眠（Sleep）模式：4.7 mA@96 MHz
  - 停机（Stop）模式：
    - LDO全速：0.7 mA@3.3 V
    - LDO低功耗：60 μA@3.3 V
  - 待机（Standby）模式：1.6 μA@3.3 V
  - 关机（Shutdown）模式：0.4 μA@3.3 V
- 存储器

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

  - 最高124 Kbyte Flash
    - CPU主频不高于24MHz时，支持0等待总线周期访问Flash。
    - Flash具有数据安全保护功能，可分别设置读保护和写保护。
    - 支持加密Flash存储的指令和数据，可防止Flash内容受到物理攻击。
  - 10 Kbyte SRAM
- 数据安全
  - CRC校验硬件单元
  - 多种安全加密模块，包括AES、HASH和TRNG
- 时钟
  - 外部高速时钟（HSE）：支持4 ~ 32 MHz，典型值为8 MHz
  - 外部低速时钟（LSE）：32.768 kHz
  - 片内高速时钟（HSI）：8 MHz/14 MHz/56 MHz可配置
  - 片内低速时钟（LSI）：40 kHz
  - PLL时钟：最高输出频率96 MHz
  - 芯片管脚输入时钟（EXTCLK）
- 复位
  - 外部管脚复位
  - 电源复位（POR/PDR）
  - 软件复位
  - 看门狗（IWDG和WWDG）复位
  - 低功耗管理复位
  - 选项字节装载器复位
- 可编程电压监测器（PVD）
  - 8级检测电压门限可调
  - 上升沿和下降沿检测可配置
- GPIO端口
  - 最多支持55个GPIO引脚
  - 每个GPIO引脚都可配置为外部中断输入
- 数据通信接口
  - 2路USART：支持主同步 SPI和调制解调器的硬件流控，具有 ISO7816接口、LIN、IrDA功能以及自动波特率检测和停机（Stop）模式下唤醒特性。
  - 1路LPUART：支持在最小功耗下进行异步串行通讯、单线半双工通信、调制解调器的硬件流控（CTS/RTS）以及多处理器通信。
  - 最多2路高速SPI：支持 4至16位可编程数据帧，带复用的 I2S接口。

  - 最多2路I2C：支持超快速模式（1 MHz）、SMBus和PMBus。在Stop模式下，支持数据接收唤醒。
  - 1个CAN：支持CAN协议（2.0A和2.0B主动模式）
- 定时器及PWM发生器
  - 1个16位高级定时器（4路PWM输出，其中3路带死区互补输出和刹车功能）
  - 5个16位和1个32位通用定时器（TIM2/TIM3/TIM14/TIM15/TIM16/TIM17）
  - 1个16位基本定时器（TIM6）
- 片内模拟电路
  - 1个12位SAR ADC（多达16路模拟信号输入通道）
  - 最高转换器频率：1 MSPS
  - 支持自动连续转换、扫描转换功能
  - 具有3路模拟比较器
- DMA控制器（带7个通道）
  - 支持定时器、ADC、SPI、I2C、USART、AES、HASH等多种外设触发。
- 温度传感器
  - 模拟输出连接到A/D转换器独立通道
- CPU跟踪与调试
  - SWD调试接口
  - ARM® CoreSight™调试组件（ROM-Table、DWT和BPU）
  - 自定义DBGMCU调试控制器（低功耗模式仿真控制、调试外设时钟控制、调试及跟踪接口分配）
- 定点数除法/开方运算单元(DVSQ)
  - 支持32位定点数除法，可同时得到商和余数
  - 支持32位定点数高精度开方
- 4个可编程逻辑单元（CLU），处理简单的逻辑运算
- 电机加速（EMACC）硬件化算法，提高电机算法处理速度
- 日历 RTC
  - 带闹钟功能
  - 可从停机或待机状态周期唤醒
- 96位芯片UID标识
- 可靠性
  - 通过HBM6000V/CDM2000V/MM200V/LU200mA等级测试。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

2.2 器件一览表

产品特性		HK32F04ARx T6A(x=8/B)	HK32F04ACx T6A(x=4/6/8/B)	HK32F04AKx T6A(x=4/6/8/B)	HK32F04AKx U6A(x=4/6/8/B)	HK32F04AGx U6A(x=4/6/8/B)	HK32F04AFx P6A(x=4/6/8/B)
工作电压	主电源	1.8 V - 3.6 V					
	备用电源	1.8 V - 3.6 V					
工作温度		-40°C - +105°C					
存储器	Flash (KByte)	64/124	16/32/64/124	16/32/64/124	16/32/64/124	16/32/64/124	16/32/64/124
	SRAM	10 KByte					
CPU	内核	Cortex®-M0					
	工作频率	96 MHz					
DMA		7通道（支持ADC/SPI/I2C/USART/Timer/AES/HASH请求）					
定点数除法/开方运算单元（DVSQ）		支持					
时钟	内部LSI	40 kHz					
	内部HSI	可配置为8 MHz/14 MHz/56 MHz（默认56 MHz）					
	PLL时钟	最高输出频率96MHz					
	外部HSE	4 ~ 32 MHz					
	外部LSE	32.768 kHz					
定时器	高级定时器	TIM1（16位）					
	通用定时器	32位：TIM2 16位：TIM3/TIM14/TIM15/TIM16/TIM17					
	基本定时器	TIM6（16位）					
	系统嘀嗒定时器	支持					
	实时RTC	支持					
	独立看门狗(IWDG)	支持					
	窗口看门狗(WWDG)	支持					
外设	USART	2					

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

产品特性		HK32F04ARx T6A(x=8/B)	HK32F04ACx T6A(x=4/6/8/B)	HK32F04AKx T6A(x=4/6/8/B)	HK32F04AKx U6A(x=4/6/8/B)	HK32F04AGx U6A(x=4/6/8/B)	HK32F04AFx P6A(x=4/6/8/B)
通讯	LPUART	1					
	I2C	2	2	2	2	1	1
	SPI/I2S	2/2	2/2	1/1	1/1	1/1	1/1
	CAN (2.0A/2.0B)	1					
ADC	外部通道数	16	10	10	10	10	9
	基准选择	外部参考电压输入					
	ADC采样速率	1 MSPS					
	ADC精度	12位					
电机加速单元		1					
电压比较器		3					
可编程逻辑单元(CLU)		4					
信息安全	CRC	支持					
	96位UID	支持					
	AES	支持					
	HASH	支持					
	TRNG	支持					
可编程电压检测器（PVD）		支持					
GPIO		55	39	25	27	23	15
封装		LQFP64	LQFP48	LQFP32	QFN32	QFN28	TSSOP20

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

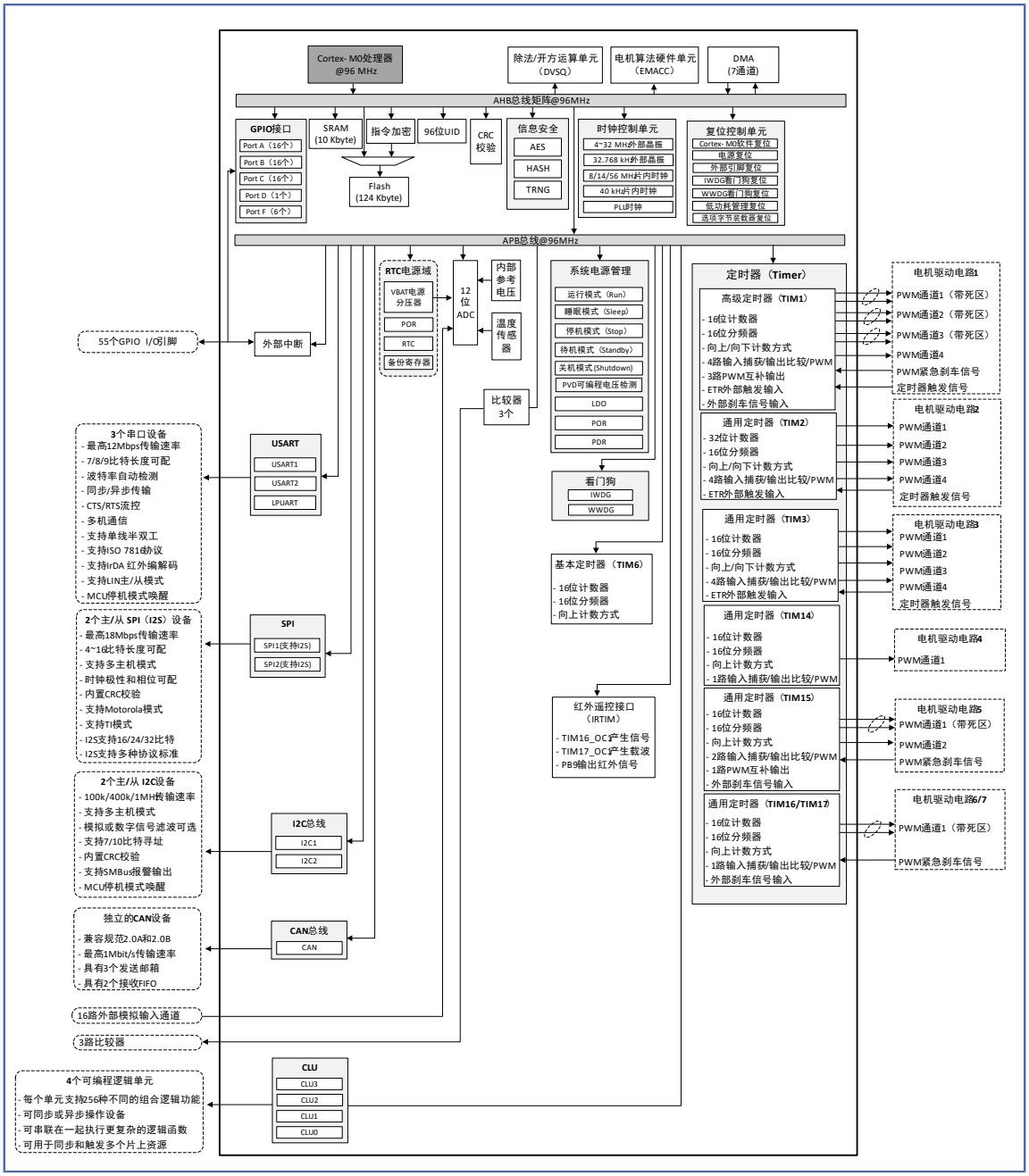
3 功能介绍

3.1 结构框图

ARM® Cortex®-M0处理器是嵌入式32位RISC处理器。它是一个低成本、低功耗的MCU平台，提供优秀的计算性能和先进的中断系统响应。HK32F04AxxxxA拥有内置的Cortex®-M0内核，与ARM工具和软件兼容。

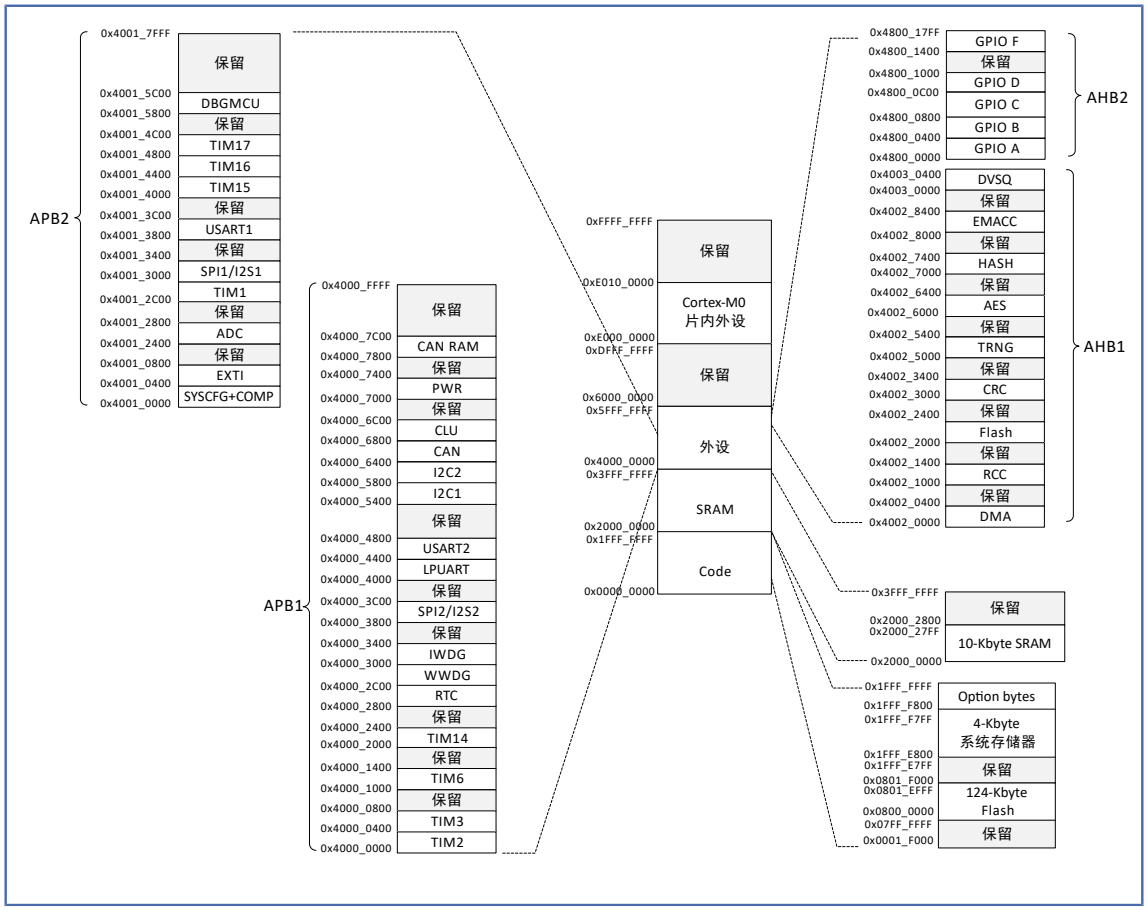
以HK32F04ARBT6A为例，HK32F04AxxxxA的功能框图如下图：

图 3-1 HK32F04AxxxxA功能框图



3.2 存储器映射

图 3-2 HK32F04AxxxxA存储器映射



3.3 Flash

HK32F04AxxxxA内部集成最高124 Kbyte 的Flash存储器，用于存放程序和数据。

3.4 SRAM

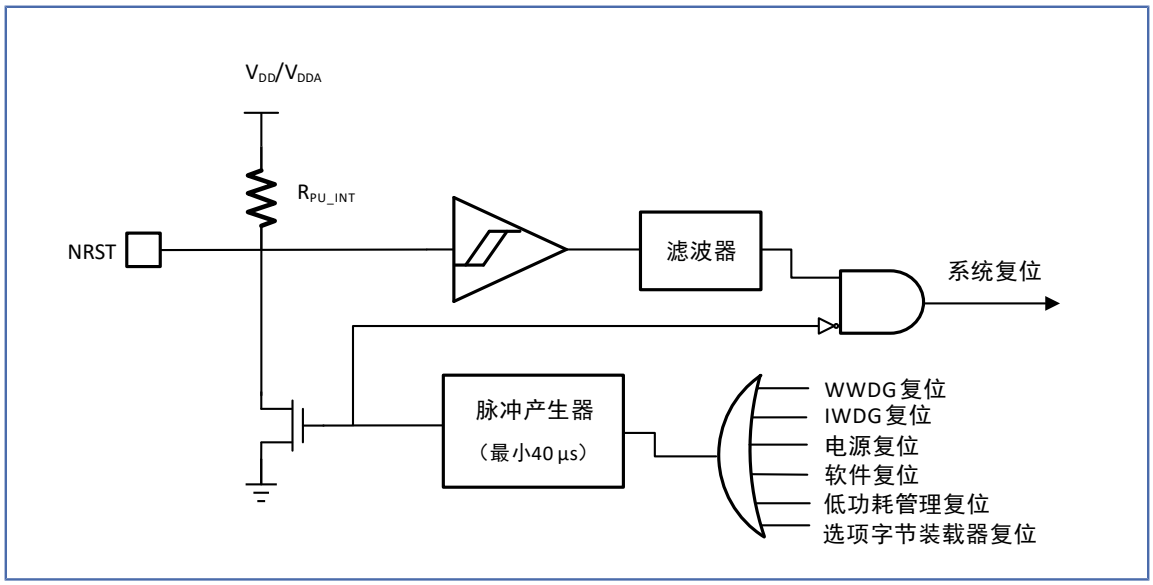
HK32F04AxxxxA内部集成10 Kbyte SRAM，支持字、半字和字节读写访问。CPU能以零等待周期对SRAM进行快速读写访问，可满足大多数应用的需求。

3.5 复位

3.5.1 系统复位

除了时钟控制器的RCC_CSR寄存器中的复位标志位和备份寄存器以外，系统复位将复位所有寄存器至它们的复位状态。用户可通过查看RCC_CSR控制状态寄存器中的复位状态标志位识别复位事件来源。

图 3-3 复位信号



当发生以下任一事件时，将产生一个系统复位：

- NRST引脚上的低电平（外部复位）
- 窗口看门狗计数终止（WWDG复位）
- 独立看门狗计数终止（IWDG复位）
- 电源复位（上电复位/掉电复位）
- 软件复位（SW复位）：通过将Cortex®-M0中断使能和复位控制寄存器中的SYSRESETREQ位置’1’，可实现软件复位。
- 低功耗管理复位
- 选项字节装载器复位

复位源将最终作用于NRST引脚，并在复位过程中保持低电平。复位入口矢量被固定在地址0x0000 0004。

芯片内部的复位信号会在NRST引脚上输出。脉冲发生器保证每一个内部复位源都能有至少40 μs的脉冲延时。当NRST引脚被拉低产生外部复位时，它将产生复位脉冲。

3.5.2 电源复位

当以下任一事件发生时，会产生电源复位：

- 上电/掉电复位（POR/PDR）
- 从待机模式中返回

电源复位将复位除了备份区域外的所有寄存器。

HK32F04AxxxxA内部集成了上电复位（POR）/掉电复位（PDR）电路。该电路始终处于工作状态，以保证系统在供电超过1.8 V时正常工作。当V_{DD}小于POR/PDR阈值时，MCU将被复位，无需使用外部复位电路。

3.5.3 备份域复位

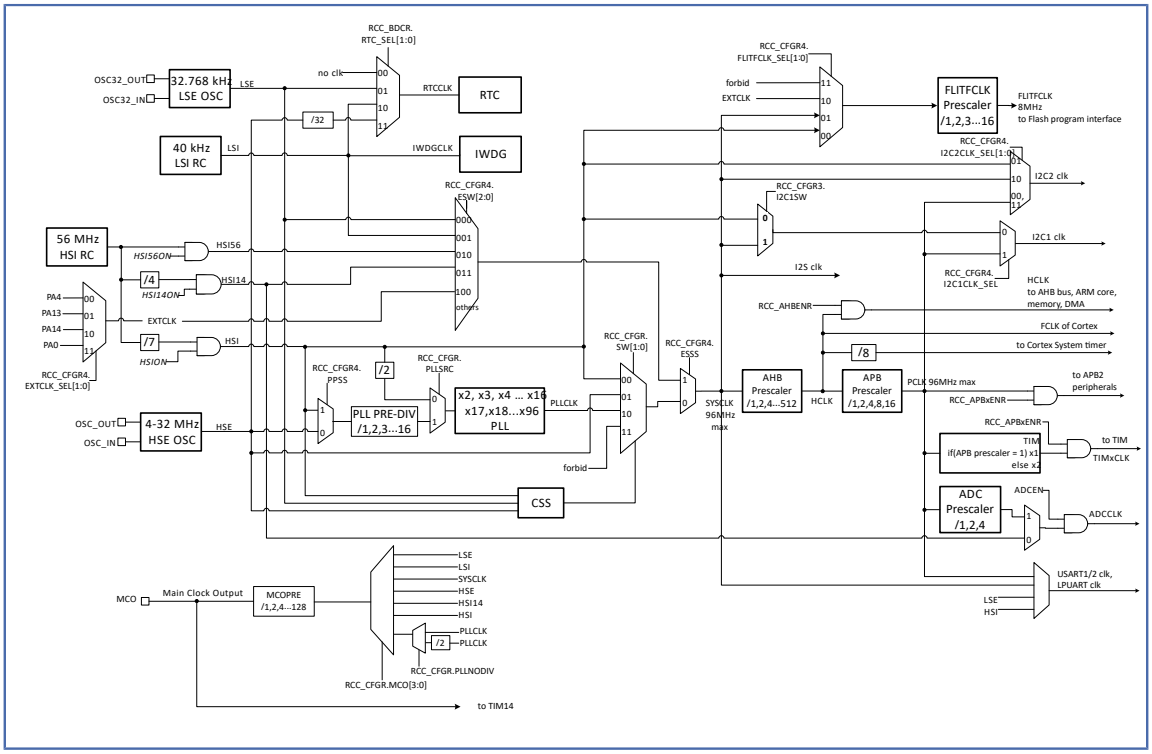
备份域拥有两个专门的复位，它们只影响备份域。

当以下任一事件发生时，将产生备份域复位：

- 软件复位，由备份域控制寄存器（RCC_BDCR）的BDRST位触发。
- 在V_{DD}和V_{BAT}两者掉电后，V_{DD}和（或）V_{BAT}再上电时将触发备份域复位。

3.6 时钟和时钟树

图 3-4 HK32F04AxxxxA时钟树



如图 3-4：HK32F04AxxxxA时钟树所示，HSI和HSI14来源于同一个输出频率为56 MHz的内部振荡器。因此，使用HSI或HSI14时钟时，不能将另外一个时钟源关闭以降低功耗。HSI/HSE可作为PLL前置分频的输入，因此通过配合使用HSI和PLL，能配置出更丰富的系统时钟频率。

HK32F04AxxxxA在启动时选择系统时钟（SYSCLK）作为CPU工作时钟。内部振荡器输出的56MHz时钟、分频后的HSI或HSI14均可以作为SYSCLK。

丰富的系统时钟源，为产品提供了轻便、灵活、多样的工作模式。以下时钟均可作为系统时钟：

- 内部高速（HSI）56 MHz RC振荡器时钟
- 外部高速（HSE）振荡器时钟

- PLL时钟
- 14 MHz高速内部RC振荡器（HSI14）
- 8 MHz高速内部RC振荡器（HSI）
- 40 kHz低速内部RC（LSI RC）：驱动独立的看门狗，且可作为RTC时钟，从停机/待机模式自动唤醒。
- 32.768 kHz低速外部晶体（LSE晶体），可选驱动实时时钟（RTCCLK）。

另外，可选择PCLK作为I2C的时钟源。

3.7 供电方案

- V_{DD} = 1.8~3.6V：V_{DD}管脚为I/O管脚和内部LDO供电。
- V_{DDA} = 1.8~3.6V：V_{DDA}管脚为ADC、温度传感器等模拟电路供电。
- V_{BAT} = 1.8~3.6V：当关闭V_{DD}时，内部电源切换电路由V_{BAT}为RTC、外部32.768 kHz振荡器和备份寄存器供电。

3.8 Boot模式

BOOT0引脚和配置位用于选择系统启动的方式：

- 从用户Flash自举
- 从系统存储器自举
- 从内部SRAM自举

引导加载程序位于系统存储器中，可以通过USART1（PA9/PA10引脚）或USART2（PA14/PA15引脚）对Flash重新编程。

3.9 可编程电压监测器（PVD）

HK32F04AxxxxA带一个可编程电压监测器（PVD）。它监测V_{DD}供电并将其与阈值V_{PVD}比较，当V_{DD}低于或高于阈值V_{PVD}时将产生中断，中断处理程序可以发出警告信息或将MCU转入安全模式。PVD功能需要通过程序使能开启。

3.10 低功耗模式

HK32F04AxxxxA支持多种功耗模式。

- 运行（Run）模式

  在运行模式下，CPU全速工作。

- 睡眠（Sleep）模式

  在睡眠模式下，仅有CPU停止工作，所有外设处于工作状态并可在发生中断/事件时唤醒CPU。

- 停机（Stop）模式

  在保持SRAM和寄存器内容不丢失的情况下，停机模式可以达到最低的电能消耗。在停机模式下，内核域的所有时钟关闭，HSI振荡器和HSE振荡器关闭。通过任一配置成EXTI的信号，可把MCU从停机模式中唤醒。支持任何一个EXTI外部中断线唤醒（比如，PVD的输出或RTC闹钟等）。

- 待机（Standby）模式

  在待机模式下，MCU可以达到非常低的电能消耗。此模式下，内部LDO被关闭，因此所有内部1.2V的供电域断电；PLL、HSI和HSE的振荡器也被关闭；进入待机模式后，SRAM和寄存器的内容将丢失，但备份寄存器的内容仍然保留，待机电路仍工作。

  从待机模式退出的条件是：NRST上的外部复位信号、IWDG复位、WKUP管脚上的一个上升沿或RTC的闹钟到来。

- 关机（Shutdown）模式

  关机模式和待机模式类似，MCU可以达到极低的电能消耗。此模式下，内部所有LDO供电关闭（包括备份域的供电），并且所有时钟源关闭。仅关机的唤醒电路可以工作。从关机模式退出的条件是：NRST上的外部复位信号、IWDG复位或WKUP管脚上的一个上升沿。由于备份域停止供电，无法通过RTC唤醒。

表 3-1 工作模式及功耗

工作模式	测试条件	功耗指标[1]	唤醒时间
运行（Run）模式	HCLK=8MHz且APB时钟关闭	功耗1.6mA/8MHz@3.3V	-
睡眠（Sleep）模式	HCLK=8MHz且APB时钟关闭	功耗1.3mA/8MHz@3.3V	4.7 μs
停机（Stop）模式	LDO低功耗状态，HSE/HSI/LSE关闭，IWDG关闭	静态功耗60μA@3.3V	最快132 μs
待机（Standby）模式	所有振荡器都关闭	静态功耗1.6μA@3.3V	152 μs
关机（Shutdown）模式	LSE和RTC都关闭	静态功耗可低至0.4 μA@3.3V	364 μs

低功耗模式进入和唤醒条件如下表所示。

(1) 各功耗指标的具体测试条件，参见表 4-8：工作电流特性。

表 3-2 低功耗模式的进入/唤醒条件

工作模式	进入条件（操作步骤）	唤醒条件
睡眠模式	1. PWR_CR:LPDS = 0; 2. 软件执行WFI/WFE指令进入。	由任何一个普通IRQ中断事件唤醒，包括System Tick定时器。
停机模式	1. PWR_CR:LPDS = 0; 2. CM0系统控制寄存器的SLEEPDEEP位，软件执行WFI/WFE指令进入。	支持任何一个EXTI外部中断线唤醒。
待机模式	1. PWR_CR:LPDS =0; 2. PWR_CR:PDDS =1; 3. 设置Cortex-M0系统控制寄存器的SLEEPDEEP位，软件执行WFI/WFE 指令进入。	NRST上的外部复位信号、IWDG复位、WKUP管脚上的一个上升沿或RTC的闹钟事件。
关机模式	1. PWR_CR:LPDS =0; 2. PWR_CR:PDDS =1; 3. PWR_CSR2:SHDS = 1; 4. 设置Cortex-M0系统控制寄存器的SLEEPDEEP位，软件执行WFI/WFE 指令进入。	3个可配置极性的外部唤醒引脚唤醒。

3.11 NVIC

HK32F04AxxxxA内置嵌套向量中断控制器（NVIC），能够处理多达32个可屏蔽中断通道（不包括16个Cortex®-M0的中断线）和4个中断优先级。该模块以最小的中断延迟提供灵活的中断管理功能。

- 紧耦合的NVIC能够实现低延迟的中断响应处理。
- 中断向量入口地址直接进入内核。
- 允许中断的早期处理。
- 处理晚到的较高优先级中断。
- 支持中断尾部链接功能。
- 自动保存处理器状态。
- 中断返回时自动恢复，无需额外指令开销。

表 3-3 NVIC表

位置	优先级		名称	描述	地址
-	-	-	-	保留	0x0000_0000
-	-3	固定	Reset	复位	0x0000_0004
-	-2	固定	NMI	非屏蔽中断 RCC时钟安全系统连接到NMI向量。	0x0000_0008

表 3-3 NVIC表 (续)

位置	优先级		名称	描述	地址
-	-1	固定	HardFault	所有类型错误	0x0000_000C
-	3	可配置	SVCall	通过SWI指令进行的系统服务调度。	0x0000_002C
-	5	可配置	PendSV	可挂起的系统服务请求	0x0000_0038
-	6	可配置	SysTick	系统滴答定时器	0x0000_003C
0	7	可配置	WWDG	窗口看门狗中断	0x0000_0040
1	8	可配置	PVD	PVD中断（和EXTI线16共用）	0x0000_0044
2	9	可配置	RTC	RTC中断（和EXTI线17、19和20共用）	0x0000_0048
3	10	可配置	Flash	Flash全局中断	0x0000_004C
4	11	可配置	RCC	RCC全局中断	0x0000_0050
5	12	可配置	EXTI0_1	EXTI线[1:0]中断	0x0000_0054
6	13	可配置	EXTI2_3	EXTI线[3:2]中断	0x0000_0058
7	14	可配置	EXTI4_15	EXTI线[15:4]中断	0x0000_005C
8	15	可配置	LPUART_IRQ	LPUART中断（和EXTI线28共用）	0x0000_0060
9	16	可配置	DMA_CH1	DMA通道1全局中断	0x0000_0064
10	17	可配置	DMA_CH2_3	DMA通道2/3中断	0x0000_0068
11	18	可配置	DMA_CH4_7	DMA通道4/5/6/7中断	0x0000_006C
12	19	可配置	ADC	ADC中断（和EXTI线21、22和30共用）	0x0000_0070
13	20	可配置	TIM1_BRK_UP_TRG_COM	TIM1刹车、更新、触发和COM中断	0x0000_0074
14	21	可配置	TIM1_CC	TIM1捕获/比较中断	0x0000_0078
15	22	可配置	TIM2	TIM2全局中断	0x0000_007C
16	23	可配置	TIM3	TIM3全局中断	0x0000_0080
17	24	可配置	TIM6	TIM6全局中断	0x0000_0084
18	25	保留	-	-	0x0000_0088
19	26	可配置	TIM14	TIM14全局中断（和EXTI线32、CLU0共用）	0x0000_008C
20	27	可配置	TIM15	TIM15全局中断	0x0000_0090
21	28	可配置	TIM16	TIM16全局中断（和EXTI线33、CLU1共用）	0x0000_0094
22	29	可配置	TIM17	TIM17全局中断	0x0000_0098

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

表 3-3 NVIC表 (续)

位置	优先级		名称	描述	地址
23	30	可配置	I2C1	I2C1全局中断（和EXTI线23共用）	0x0000_009C
24	31	可配置	I2C2	I2C2全局中断（和EXTI线24共用）	0x0000_00A0
25	32	可配置	SPI1	SPI1全局中断（和EXTI线34、CLU2共用）	0x0000_00A4
26	33	可配置	SPI2	SPI2全局中断（和EXTI线35、CLU3共用）	0x0000_00A8
27	34	可配置	USART1	USART1全局中断（和EXTI线25共用）	0x0000_00AC
28	35	可配置	USART2	USART2全局中断（和EXTI线26共用）	0x0000_00B0
29	36	保留	AES_TRNG_HASH_EMACC	AES、TRNG、HASH和EMACC全局中断	0x0000_00B4
30	37	保留	CAN	CAN全局中断	0x0000_00B8
31	38	可配置	DVSQ	DVSQ全局中断	0x0000_00BC

3.12 EXTI

扩展的中断 /事件控制器包含32根用于产生中断/事件请求和唤醒系统的边沿检测中断线。每根中断线都可以独立配置以选择触发事件 （上升沿触发、下降沿触发或双边沿触发） ，并且可以单独屏蔽。挂起寄存器用于保持中断请求的状态。EXTI可检测脉冲宽度小于内部时钟周期的外部中断线信号。外部中断线最多有 16根，可从最多55 GPIO中选择。

EXTI 0 ~ EXTI 15连接IO，其余的EXTI口连接以下事件：

- EXTI 16连接PVD输出。
- EXTI 17连接RTC的报警事件。
- EXTI 19连接RTC的侵入检测和时间戳事件。
- EXTI 20连接RTC的唤醒事件。
- EXTI 21连接COMP1输出。
- EXTI 22连接COMP2输出。
- EXTI 23连接I2C1的唤醒事件。
- EXTI 24连接I2C2的唤醒事件。
- EXTI 25连接USART1的唤醒事件。
- EXTI 26连接USART2的唤醒事件。
- EXTI 28连接LPUART的唤醒事件。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

- EXTI 30连接COMP3输出。
- EXTI 32连接CLU0输出。
- EXTI 33连接CLU1输出。
- EXTI 34连接CLU2输出。
- EXTI 35连接CLU3输出。

EXTI 23~26和EXTI 28作为内部事件，不带RTSR、FTSR、SWIER和PR寄存器，仅能在Stop模式下采集事件的上升沿以产生ERQ和IRQ信号唤醒系统。相应的中断控制和状态位都存储于产生事件源的外设模块内。

3.13 独立看门狗

独立看门狗由一个内部独立的40 kHz的RC振荡器提供时钟，带一个12位的递减计数器和一个8位的预分频器。由于该RC振荡器独立于主时钟，所以它可在停机和待机模式下运行。IWDG用于在发生问题时复位整个系统，或作为自由定时器为应用程序提供超时管理。通过选项字节，可将其配置为软件或硬件启动看门狗。在调试模式，该计数器可以被冻结。

通过配置IWDG_WINR寄存器，IWDG可工作在窗口模式。

3.14 窗口看门狗

窗口看门狗内部带一个7位的递减计数器。该计数器可设置成自由运行模式，或作为看门狗用于系统崩溃时复位整个系统。窗口看门狗由主时钟驱动，具有提前预警中断功能。在调试模式，该计数器可以被冻结。

3.15 System Tick定时器

System Tick定时器专用于操作系统，可作为一个标准的递减计数器。它具有以下特性：

- 24位的递减计数器
- 重加载功能
- 当计数器为0时，能产生一个可屏蔽中断。
- 可编程时钟源

3.16 定时器

HK32F04AxxxxA器件包括一个高级定时器，六个通用定时器和一个基本定时器。定时器功能定义如下表所示。

表 3-4 定时器功能定义

类型	定时器名称	计数器分辨率	计数器类型	预分频系数	DMA请求	紧急刹车输入	捕获/比较通道	互补输出
高级定时器	TIM1	16位	递增、递减、递增/递减	0~0xFFFF	有	有	4	3
通用定时器	TIM2	32位	递增、递减、递增/递减	0~0xFFFF	有	无	4	无
	TIM3	16位	递增、递减、递增/递减	0~0xFFFF	有	无	4	无
	TIM14	16位	递增	0~0xFFFF	无	无	1	无
	TIM15	16位	递增	0~0xFFFF	有	有	2	1
	TIM16	16位	递增	0~0xFFFF	有	有	1	1
	TIM17	16位	递增	0~0xFFFF	有	有	1	1
基本定时器	TIM6	16位	递增	0~0xFFFF	有	无	无	无

3.16.1 高级定时器

HK32F04AxxxxA集成一个高级定时器TIM1。

TIM1高级定时器可以当作分配到6个通道的三相PWM发生器，还可以当作完整的通用定时器。四个独立的通道可以用于：

- 输入捕获
- 输出比较
- 产生PWM（边沿或中央对齐模式）
- 单脉冲输出

其中三个通道支持互补PWM输出（带程序可控的死区插入功能）。

高级定时器配置为16位基本定时器时，它与基本定时器具有相同的功能。配置为16位PWM发生器时，高级定时器具有全调制能力（0 ~ 100%）。由于与通用定时器的内部结构和大部分功能相同，因此高级定时器可以通过定时器链接功能与通用定时器协同操作，提供同步或事件链接功能。

在调试模式下，计数器可以被冻结。

3.16.2 通用定时器

HK32F04AxxxxA集成了以下6个通用定时器。

- TIM2和TIM3

  TIM2通用定时器基于一个32位自动重载递增/递减计数器和一个16位预分频器。TIM3通用定时器均基于一个16位自动重载递增/递减计数器和一个16位预分频器。TIM2和TIM3均带4个独立通道。这些通道用于输入捕获/输出比较、PWM或单脉冲模式输出。

在LQFP64封装中，可提供多达12个输入捕获/输出比较/PWM通道。

TIM2和TIM3通用定时器可通过定时器链接功能与TIM1高级控制定时器协同工作，提供同步或事件链接功能。TIM2/TIM3可产生独立的DMA请求。TIM2和TIM3能够处理正交（增量）编码器信号，也能处理1到3个霍尔效应传感器的数字输出。在调试模式下，其计数器可被冻结。

- TIM14和TIM15

  TIM14和TIM15通用定时器均基于一个16位自动重载递增计数器和一个16位预分频器。TIM14带一个单通道，用于输入捕获/输出比较、PWM或单脉冲模式输出。而TIM15带2个通道，其中一个通道为互补输出。在调试模式下，其计数器可被冻结。TIM14不能产生DMA请求，而TIM15能产生DMA请求。

- TIM16和TIM17

  TIM16和TIM17通用定时器均基于一个16位自动重载递增计数器和一个16位预分频器。TIM16和TIM17均带一个单通道，用于输入捕获/输出比较、PWM或单脉冲模式输出。TIM16和TIM17均带互补输出、死区生成和独立DMA请求生成功能。在调试模式下，其计数器可被冻结。

3.16.3 基本定时器

HK32F04AxxxxA集成一个基本定时器TIM6。

基本定时器内置16位计数器和16位预分频器，支持向上计数方式。

3.17 红外遥控接口

HK32F04AxxxxA集成了一个红外遥控接口（IRTIM）。IRTIM需配合红外LED使用，可实现远程遥控功能。通过使能IRTIM接口（PB9）并配置TIM16通道1（TIM16_OC1）及TIM17通道1（TIM17_OC1），以产生红外遥控信号。

通过配置基本的输入捕获模式，可以很容易地实现红外接收器功能。

3.18 I2C

HK32F04AxxxxA有最多2个I2C总线接口，能够工作于主和从模式，支持以下工作模式：

- 标准模式（最高100 kHz）
- 快速模式（最高400 kHz）
- 超快速模式（最高1 MHz）

I2C接口支持7位或10位寻址，工作于7位从模式时支持双从地址寻址。I2C接口内置了硬件CRC发生器/校验器。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

I2C支持SMBus 2.0和 PMBus 1.1总线协议，支持ARP能力、主机通知协议、硬件CRC（Packet error checking，PEC）生成/验证、超时验证、ALERT协议管理等功能。

I2C具有一个独立于CPU时钟域的时钟，以便在地址匹配时从停机模式中唤醒MCU。

I2C具有模拟滤波器和数字滤波器，其特性如下表所示：

表 3-5 可编程的模拟和数字噪声滤波器

	模拟滤波器	数字滤波器
抑制的脉冲宽度	≥ 50 ns	1到15个I2C外设时钟的可编程长度
优点	停机模式中仍可使用	• 额外的滤波能力、标准需求 • 稳定的可编程长度
缺点	性能随温度、电压、工艺变化	当使能数字滤波器后，无法在地址匹配时从停机模式唤醒

3.19 USART

HK32F04AxxxxA内置了2个通用同步/异步收发器（USART1和USART2），其通信速率高达12 Mbit/s。

USART接口带CTS、RTS、RS485 DE硬件管理功能，支持多处理器通信、主机同步通信以及单线半双工通信模式。USART接口还支持智能卡通信（ISO 7816）协议，IrDA SIR ENDEC规范，LIN主/从功能模式以及自动波特率检测特性。USART接口可以使用DMA控制器。

USART具有一个独立于CPU时钟的时钟域，能将MCU从Stop模式下唤醒。

表 3-6 USART1和USART2特性

USART模式/特征	USART1/USART2
调制解调器的硬件流控	支持
DMA连续传输	支持
多处理器通信	支持
同步模式	支持
Smart Card模式	支持
单线半双工通信	支持
IrDA SIR ENDEC模块	支持
LIN模式	支持
双时钟域及从停机模式下唤醒	支持
接收超时中断	支持
ModBus通信	支持
自动波特率检测	支持

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

表 3-6 USART1和USART2特性 (续)

USART模式/特征	USART1/USART2
驱动使能	支持

3.20 LPUART

HK32F04AxxxxA内置了1个低功耗UART（Low power universal asynchronous receiver transmitter，LPUART），数据传输速率可达10 Mbit/s。LPUART支持在低功耗下进行异步串行通讯、单线半双工通信和调制解调器硬件流控（CTS/RTS）。LPUART允许多处理器通信。

LPUART具有独立于CPU时钟的时钟域。它可以使用高达4.8 kbit/s的波特率将系统从停机模式唤醒。LPUART在停机模式下的唤醒事件包括：

- 起始位检测事件
- 接收任何的数据帧中断
- 特定的编程数据帧

使用32.768kHz的时钟（LSE）即可实现高达9600波特的LPUART通信。

在停机模式下，LPUART可以保持在功耗极低的情况下工作（等待接收传入的帧）。使用更高速的时钟，LPUART通信可达到更高的波特率。

LPUART接口可以使用DMA控制器。

3.21 SPI/I2S

HK32F04AxxxxA拥有最多2个SPI接口，通信速率高达18 Mbit/s，支持从和主模式、全双工和半双工通信模式。SPI可使用3位预分频器以产生8种主模式频率，每帧可配置为4位至16位数据。

表 3-7 SPI1和SPI2特性

SPI特性	SPI1/SPI2
硬件CRC计算	支持
RX/TX FIFO	支持
NSS脉冲模式	支持
I2S模式	支持
TI模式	支持

标准I2S接口（与SPI复用）支持四种不同的音频标准，支持主或从半双工通信模式。I2S接口由专用信号同步，可配置为16、24或32位传输，提供16位或32位数据分辨率。I2S接口可由8位可编程线性预分频器设置为8~192 kHz的音频采样频率。当工作于主模式时，I2S接口可输出采样频率256倍的时钟至外部音频元件。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

表 3-8 I2S特性

I2S特性	I2S1/I2S2
半双工模式	支持
主从模式可配置	支持
8位可编程线性预分频器	支持
数据格式可编程	支持
时钟极性可编程	支持
I2S协议	支持
DMA传输	支持
驱动外部音频元件	支持

3.22 GPIO

每个GPIO管脚都可以由软件配置成输出（推挽或开漏）、输入（浮空输入、上拉输入或下拉输入）或其它的外设功能端口。多数GPIO管脚都与数字或模拟的外设共用。所有的GPIO管脚都具有大电流通过能力。I/O管脚的外设功能可以按需锁定，以避免意外写入I/O寄存器。

3.23 DMA

一个7通道的通用DMA可以管理存储器到存储器、设备到存储器和存储器到设备的数据传输。

DMA控制器支持环形缓冲区的管理，避免了控制器传输到达缓冲区结尾时所产生的中断。

每个通道都带有专门的硬件DMA请求逻辑，同时可以由软件触发每个通道；传输的长度、传输的源地址和目标地址都可以通过软件单独设置。DMA可用于主要的外设：SPI、I2C、USART、TIMx和ADC等。

3.24 ADC

12位模拟数字转换器（ADC）有以下功能：

- 多达16个外部通道和3个内部通道（温度传感器、参考电压等）。
- 在单通道或多通道扫描模式下进行A/D转换。在扫描模式下，对选定的一组模拟输入进行自动转换。
- 支持DMA控制器服务。
- 支持1/2的VBAT电压采样。
- ADC支持外部触发源触发。

模拟看门狗功能允许非常精确地监测一个、多个或所有选定通道的转换电压。当转换电压超出程序设定的阈值时，就会产生中断。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

3.25 CAN

CAN接口兼容规范2.0A和2.0B（主动），位速率高达1 Mbit/s。CAN接口可以接收和发送11位标识符的标准帧和29位标识符的扩展帧。CAN具有3个发送邮箱和2个接收FIFO，14个可调节的滤波器。

3.26 RTC时钟

HK32F04AxxxxA所有工作模式（包括待机模式）都提供了实时时钟（RTC）和5个备份寄存器。备份寄存器是32位寄存器，用于存储20字节的用户应用程序数据。系统复位或从待机模式唤醒不会复位备份寄存器。

只要MCU的电源电压保持在工作范围内，不管MCU处于何种工作模式，RTC将一直工作。RTC域复位后，所有RTC寄存器都会受到保护，以防止非正常写访问。

RTC包含具有中断功能的周期性可编程唤醒标志。

数字校准功能可以对晶振精度的偏差进行补偿。

RTC是一个独立的BCD定时器/计数器。其主要特性如下：

- 日历具有亚秒、秒、分、小时（12或24小时制）、星期几、日、月、年，格式为BCD（二进码十进数）。
- 自动调整每月为28、29（闰年）、30或31天，并且支持夏令时补偿。
- 两个可编程闹钟，能够从停机模式或待机模式功能唤醒。
- 具有可编程分辨率和周期地从停机和待机模式中唤醒。
- 运行时纠正1到32767个RTC时钟脉冲，用于将RTC与主时钟同步。
- 参考时钟检测：可以使用更精确的第二个时钟源（50或60 Hz）来提高日历的精度。
- 数字校准电路具有0.9537 ppm的分辨率，以补偿石英晶振的准确性。
- 两个防篡改检测引脚具有可编程的滤波器。当检测到篡改事件时，MCU可从停机或待机模式唤醒。
- 时间戳特性可用于保存日历内容。此功能可由时间戳引脚上的事件触发或由篡改事件触发。当检测到时间戳事件时，MCU可从停机或待机模式唤醒。

RTC时钟源包括：

- 32.768 kHz的外部晶振LSE
- 内部低功耗RC振荡器（典型频率为40 kHz）LSI
- 高速外部时钟的32分频HSE/32

3.27 信息安全

3.27.1 AES

HK32F04AxxxxA集成了一个高级加解密单元（AES），遵循FIPS 197标准（Federal Information Processing Standards，FIPS）。

- 支持ECB模式
  - 支持128位、192位和256位密钥加密
  - 加密计算时间
    - 128位密钥：57个时钟周期
    - 192位密钥：67个时钟周期
    - 256位密钥：77个时钟周期
  - 解密计算时间
    - 128位密钥：57个时钟周期
    - 192位密钥：67个时钟周期
    - 256位密钥：77个时钟周期
  - 在每次调用单次解密运算后，用户需要重新输入密钥到AES_KEYRx寄存器。
- 支持AES时钟随机化，配合TRNG模块使用可随机化AES时钟。
- 提供更方便的中断现场保护和中断现场恢复。
- AES支持对输入和传出数据进行DMA传输（需要2个DMA通道）。

3.27.2 HASH

HASH适用于数据验证的应用，遵循以下协议：

- 联邦信息处理标准出版物（FIPS PUB 180-2）
- 安全哈希标准规范（SHA-256）

SHA-256快速运算处理模块作为从设备挂在AHB总线上接收32位数据输入。输入数据长度的单位包括字、半字、字节和位，只支持小端排列格式的数据。

自动转换小端排列格式的输入数据以适应采用大端排列格式的SHA-256运算标准。自动将最后一段输入数据补齐到512位（16x32位）的摘要长度。整个数据的摘要是通过连续的信息块所计算的中间摘要不断更新计算出来的。支持DMA的自动数据流控制。

3.27.3 TRNG

TRNG模块是随机数发生器，提供一个32位的随机数。TRNG基于连续模拟噪声产生随机数。TRNG具有以下特性：

- 提供由模拟发生器产生的32位随机数。
- 两个连续随机数的产生间隔为40个TRNG_CLK时钟信号周期。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

- 通过监视TRNG熵来标识异常行为（产生稳定值，或产生稳定的值序列）。
- 可禁用TRNG以降低系统功耗。

3.28 CRC计算单元

循环冗余校验（Cyclic Redundancy Check，CRC）用于验证数据传输或数据存储的完整性。HK32F04AxxxxA内部集成了一个独立的CRC硬件计算单元。它使用一个固定的多项式发生器从一个8位/16位/32位的数据字中产生 CRC码。

CRC计算单元在运行期间计算出软件的签名，并将其和链接时所产生并存储于指定存储地址的参考签名进行比较。

3.29 电机加速单元

电机加速单元（Electric Motor Acceleration，EMACC）可用于基于FOC算法控制的直流无刷电机。EMACC可以加速电机驱动的数学运算，运算速度比纯软件计算更快，并且占用CPU更少。在相同的CPU工作频率下，带EMACC的MCU能支持更高的电机转速。

HK32F04AxxxxA支持对整个FOC算法的cordic运算、clarke变换、park变换、反park变换、PID算法单元进行硬件化，能够减轻CPU的运算时间。用户输入Ia、Ib、Ic三相电流，通过EMACC运算之后，得到空间矢量脉宽调制（Space Vector Pulse Width Modulation，SVPWM）的输入U_α、U_β，从而节约FOC算法时间。

经过EMACC单元处理的算法，运算效率可大幅提升。

3.30 DVSQ计算单元

除法和开方（Division and square root，DVSQ）计算单元支持以下特性：

- 支持32位带符号数（SDIV）和无符号数除法（UDIV），支持32位开方运算。
  - 在同一时刻，DVSQ计算单元不能同时支持除法和开方运算，只能两者选其一执行。
  - 32位有符号/无符号整数除法运算结束后，可同时获取商和余数并更新到相应的寄存器。
  - 除法运算支持MOD操作。
- 无符号开方运算，可以通过软件选择高精度开方运算。
- 流水线设计，每个时钟完成2位运算。
- 运算时间根据运算数据不同而改变。
- 支持除零中断和溢出中断。

3.31 可编程逻辑单元（CLU）

HK32F04AxxxxA内置了一个可配置逻辑模块（Configurable Logic Module，CLM）。 CLM提供了多个用户编程的数字逻辑块。这些数字逻辑块在无CPU干预下也能运行。CLM由4个专用的独

立可编程逻辑单元（Configurable Logic Unit，CLU）组成。CLU支持可编程异步和同步布尔逻辑运算。每个CLU的输入可以是内部或外部信号，输出可连接到I/O引脚或指定外设的输入。

CLU包含以下主要特征：

- 每个CLU支持65536个不同的组合逻辑功能（AND、OR、XOR和多路复用等），并带一个用于同步操作的时钟触发器。
- 支持同步或异步操作。
- 支持CLU级联，以实现更复杂的逻辑功能。
- 支持与UART和SPI等串行外设或定时器等外设配合使用。
- 可用于同步和触发多个片上资源（ADC、定时器等）。
- 异步输出可用于从低功耗状态唤醒。

3.32 电压比较器

HK32F04AxxxxA内置三个低功耗比较器COMP1、COMP2和COMP3。这三个比较器可作为窗口比较器，可独立或联合使用。

3.33 内部参考电压

内部参考电压（V_{REFINT}）为ADC提供了一个稳定的电压输出。V_{REFINT}内部连接到ADC_IN17输入通道。V_{REFINT}存储地址访问仅支持读方式。

表 3-9 内部电压基准测量值

校准值名称	描述	存储器地址
V_{REFINT_CAL}	在25°C温度下获得的原始数据，V_{DDA} = 3.3 V（± 10 mV）	0x1FFF F7BA-0x1FFF F7BB

3.34 温度传感器

温度传感器产生一个随温度线性变化的电压。温度传感器在内部被连接到ADC1_IN16的输入通道上，用于将传感器的输出转换为数字数值。

温度传感器有良好的线性度，但它必须进行校准，以获得良好的整体温度测量的准确性。由于温度传感器的偏移量随工艺在不同芯片间变化，未校准的内部温度传感器仅适用于检测温度变化的应用。为了提高温度传感器的测量精度，每个芯片都进行了出厂校准。温度传感器出厂校准数据存储在系统内存区，仅支持读访问。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

3.35 96位UID

96位的产品唯一身份标识（UID）所提供的参考号码对于任意一颗HK32F04AxxxxA芯片，在任何情况下都是唯一的。用户不能修改这个身份标识。按照不同的用法，该96位UID以字节（8位）、半字（16位）或者全字（32位）为单位进行读取。96位UID适用于：

- 作为序列号（例如USB字符序列号或者其他的终端应用）。
- 作为密码。在编写Flash时，将此UID与软件加解密算法结合使用，提高代码在Flash存储器内的安全性。
- 激活带安全机制的自举过程。

3.36 调试接口

内嵌ARM的SWJ-DP接口，可以实现串行线SWDIO/SWCLK调试接口。

4 电气性能指标

4.1 最大绝对额定值

最大额定值只是短时间的压力值。

说明：

- 请勿将芯片在该值或者其他任何超出该推荐值的条件下使用。
- 芯片的最大额定值请参考表 4-1：极限电压特性至表 4-3：极限温度特性，超出最大额定值可能导致芯片永久性的损坏。
- 长时间工作在最大额定值下可能影响芯片的可靠性。

4.1.1 极限电压特性

表 4-1 极限电压特性

符号	描述	最小值	最大值	单位
V_{DD}-V_{SS}	外部主供电电压（包含V_{DDA}和V_{DD}）	-0.3	3.75	V
V_{IN}	引脚上的输入电压	V_{SS}-0.3	V_{DD}	
$\|\Delta V_{DDx}\|$	不同供电引脚之间的电压差	-	50	mV
$\|V_{SSX} - V_{SS}\|$	不同接地引脚之间的电压差	-	50	

4.1.2 极限电流特性

表 4-2 极限电流特性

符号	描述	最大值	单位
I_{VDD}	经过V_{DD}/V_{DDA}电源线的总电流（供应电流）(2)	100	mA
I_{VSS}	经过V_{SS}地线的总电流（流出电流）(2)	-100	
I_{IO}	任意I/O和控制引脚上的输出灌电流	20	
	任意I/O和控制引脚上的输出拉电流	-40	
$I_{INJ(PIN)}$ (3)	引脚上的注入电流 (4)	±5	
$\Sigma I_{INJ(PIN)}$	所有I/O和控制引脚上的总注入电流 (5)	±25	

(2) 所有的电源（V_{DD}，V_{DDA}）和地（V_{SS}，V_{SSA}）引脚必须始终连接到外部允许范围内的供电系统上。

(3) 反向注入电流会干扰器件的模拟性能。

(4) 当$V_{IN} > V_{DD}$时，有一个正向注入电流；当$V_{IN} < V_{SS}$时，有一个反向注入电流，注入电流绝对不能超过规定范围。

(5) 当几个I/O口同时有注入电流时，$\sum I_{INJ(PIN)}$的最大值为正向注入电流与反向注入电流的即时绝对值之和。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

4.1.3 极限温度特性

表 4-3 极限温度特性

符号	描述	最小值	最大值	单位
T_{STG}	储存温度范围	–65	150	°C
T_J	最大结温度	–40	125	

4.2 工作参数

4.2.1 推荐工作条件

表 4-4 推荐工作条件

符号	描述	最小值	最大值	单位
f_{HCLK}	内部AHB时钟频率	0	96	MHz
f_{PCLK1}	内部APB1时钟频率	0	96	
f_{PCLK2}	内部APB2时钟频率	0	96	
V_{DD}	标准工作电压	1.8	3.6	V
V_{DDA} (6)	模拟工作电压	1.8	3.6	V
T	工作温度	-40	105	°C

4.2.2 可编程电压监测器

表 4-5 PVD特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{PVD}	可编程电压检测器的检测电平选择（V_{DD}上升沿）	PLS[2:0]=000	2.10	2.23	2.36	V
		PLS[2:0]=001	2.19	2.33	2.47	
		PLS[2:0]=010	2.31	2.43	2.55	
		PLS[2:0]=011	2.40	2.53	2.66	
		PLS[2:0]=100	2.49	2.63	2.77	
		PLS[2:0]=101	2.60	2.74	2.88	
		PLS[2:0]=110	2.68	2.84	3.00	
		PLS[2:0]=111	2.80	2.94	3.08	
	可编程电压检测器的检测电平选择（V_{DD}下降沿）	PLS[2:0]=000	2.11	2.21	2.31	
		PLS[2:0]=001	2.21	2.31	2.41	

(6) V_{DDA}可以低于V_{DD}，例如：V_{DD}=3.3V，V_{DDA}=2.5V。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

表 4-5 PVD特性 (续)

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
		PLS[2:0]=010	2.31	2.41	2.51	
		PLS[2:0]=011	2.40	2.51	2.62	
		PLS[2:0]=100	2.50	2.61	2.72	
		PLS[2:0]=101	2.59	2.71	2.83	
		PLS[2:0]=110	2.69	2.81	2.93	
		PLS[2:0]=111	2.78	2.91	3.04	

4.2.3 上/下电复位特性

表 4-6 上/下电复位特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{POR/PDR}$ (7)	上下电复位阈值	下降沿 (8)	-	1.70	-	V
		上升沿	-	1.64	-	V
$V_{PDRhyst}$	PDR滞回	-	-	60	-	mV
$t_{RSTTEMPO}$ (9)	复位时间	-	3.0	3.50	4.50	ms

4.2.4 内部参考电压

表 4-7 内部参考电压特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{REFINT}	内部参考电压	-40 ~ 105°C	1.15	1.2	1.23	V

4.2.5 工作电流特性

表 4-8 工作电流特性

模式	条件	参数	V_{DD}=3.3V				单位
			-40°C	25°C	85°C	105°C	
运行模式（Run）	HCLK=96MHz,	工作电流	10.636	9.777	10.301	10.743	mA

(7) PDR监控V_{DD}和V_{DDA}，POR仅监控V_{DD}。

(8) 产品实测值可保证低于$V_{POR/PDR}$最小值。

(9) 数据为理论设计值，不是实际测试值。

表 4-8 工作电流特性 (续)

模式	条件	参数	V_{DD}=3.3V				单位
			-40°C	25°C	85°C	105°C	
	FLASH_LATENCY设置7个等待周期，APB时钟使能。						
	HCLK=96MHz， FLASH_LATENCY设置7个等待周期，APB时钟禁能。		6.933	6.062	6.578	7.008	mA
	HCLK=HSE（8MHz）， FLASH_LATENCY设置0等待周期，APB时钟使能。		2.857	1.950	2.433	2.844	mA
	HCLK=HSE（8MHz）， FLASH_LATENCY设置0等待周期，APB时钟禁能。		2.543	1.641	2.122	2.533	mA
	HCLK= LSE（32.768kHz）， FLASH_LATENCY设置0等待周期，APB时钟使能。		0.995	1.080	1.567	1.912	mA
	HCLK= LSE（32.768kHz）， FLASH_LATENCY设置0等待周期，APB时钟禁能。		0.994	1.078	1.565	1.908	mA
	HCLK= LSI（40kHz）， FLASH_LATENCY设置0等待周期，APB时钟使能。		0.996	1.080	1.517	1.914	mA
	HCLK= LSI（40kHz）， FLASH_LATENCY设置0等待周期，APB时钟禁能。		0.994	1.079	1.514	1.909	mA
睡眠模式（Sleep）	HCLK= HSE（96MHz）， APB时钟禁能。	工作电流	5.676	4.786	5.286	5.710	mA
	HCLK= HSI（8MHz）， APB时钟禁能。	工作电流	1.275	1.363	1.796	2.191	mA
		唤醒时间	-	4.7	-	-	μs
	HCLK= LSE（32.768kHz）， APB时钟禁能。	工作电流	0.993	1.077	1.561	1.905	mA
	HCLK= LSI（40kHz）， APB时钟禁能。	工作电流	0.993	1.077	1.510	1.905	mA

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

表 4-8 工作电流特性 (续)

模式	条件	参数	V_{DD}=3.3V				单位
			-40°C	25°C	85°C	105°C	
停机模式（Stop）	LDO全速工作状态，HSE/HSI/LSE关闭，IWDG关闭。	工作电流	0.628	0.688	1.099	1.487	mA
		唤醒时间	-	20	-	-	μs
	LDO低功耗状态，HSE/HSI/LSE关闭，IWDG关闭。	工作电流	18.227	60.026	393.768	708.269	μA
		唤醒时间	-	132	-	-	μs
待机模式（Standby）	LSI和IWDG都开启	工作电流	1.834	2.254	6.004	10.898	μA
		唤醒时间	-	152	-	-	μs
	LSI开启和IWDG关闭	工作电流	1.829	2.253	5.993	10.883	μA
		唤醒时间	-	152	-	-	μs
	所有振荡器关闭	工作电流	1.154	1.642	5.393	10.285	μA
		唤醒时间	-	152	-	-	μs
关机模式（Shutdown）	LSE开启且RTC运行 (BKPPDS = 0)	工作电流	1.465	2.002	165.692	10.606	μA
		唤醒时间	-	96	-	-	μs
	LSE关闭且RTC停止 (BKPPDS = 0)	工作电流	1.152	1.633	5.306	10.112	μA
		唤醒时间	-	96	-	-	μs
	LSE和RTC都关闭(BKPPDS = 1)	工作电流	0.319	0.406	1.027	2.446	μA
		唤醒时间	-	364	-	-	μs

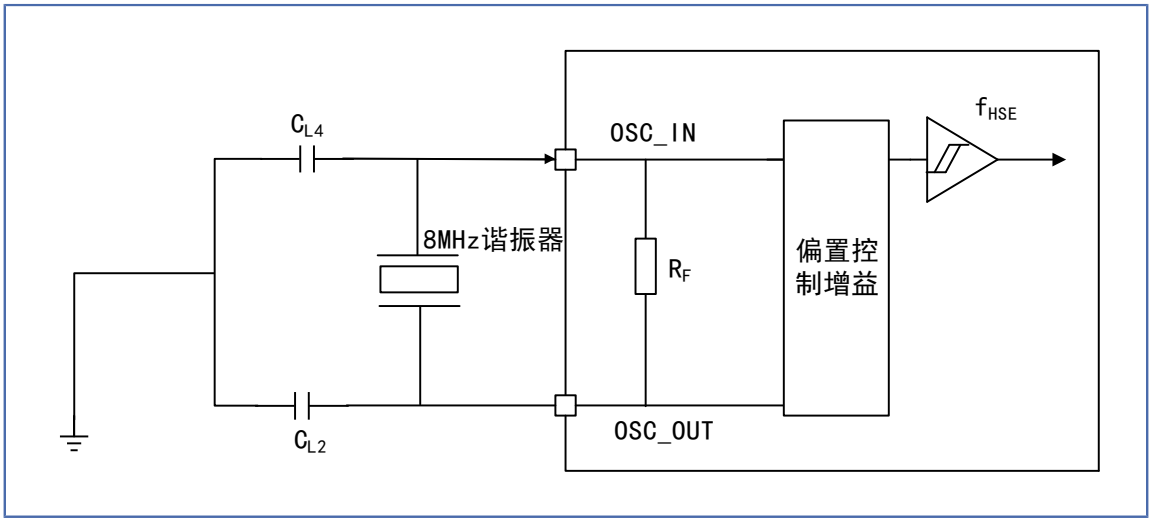
4.2.6 外部快速（HSE）时钟特性

表 4-9 HSE时钟特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{OSC_IN}	振荡器时钟频率	-	4	8	32	MHz
R_F	反馈电阻	-	-	2	-	MΩ
$T_{su\ (HSE)}$	振荡器启动时间	$V_{SS} \leqslant V_{IN} \leqslant V_{DD}$	3	-	4	μs
C	推荐负载容抗减去晶振（R_S）的等效串联电容	-	-	12.5	-	pF
$I_{DD\ (HSE)}$	HSE振荡器功耗	正常工作：V_{DD}=3.3V，C_L=12.5pF@8MHz	60	100	300	μA

HK32F04AxxxxA MCU集成了一个HSE负反馈晶体振荡电路，芯片外的起振推荐电路如下图：

图 4-1 HSE负反馈晶体振荡电路



HK32F04AxxxxA也支持通过OSC_IN直接输入一个时钟信号，时钟信号要求如下。

表 4-10 外部时钟输入特性

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
f_{HSE_ext}	用户外部时钟源频率	1	8	25	MHz
V_{HSEH}	OSC_IN输入引脚高电平	$0.7*V_{DD}$	-	V_{DD}	V
V_{HSEL}	OSC_IN输入引脚低电平	V_{SS}	-	$0.3*V_{DD}$	V
$t_{H(HSE)}/t_{L(HSE)}$	OSC_IN高电平或低电平时间	5	-	-	ns
$t_{r(HSE)}/t_{f(HSE)}$	OSC_IN上升或下降时间	-	-	20	ns
$C_{in(HSE)}$	OSC_IN输入容抗	-	5	-	pF
$DuCy_{(HSE)}$	占空比	45	-	55	%

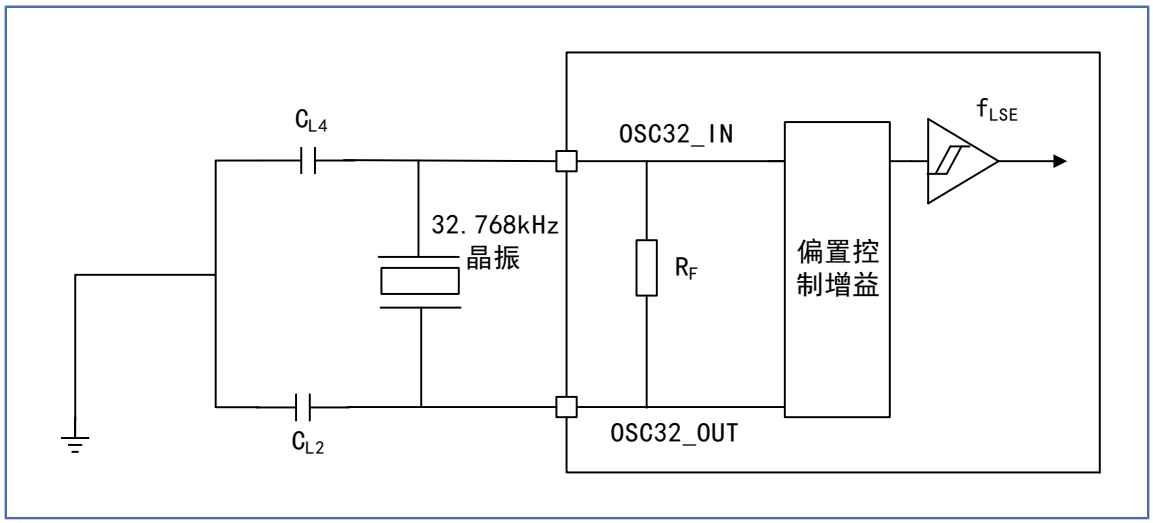
4.2.7 外部低速（LSE）时钟特性

表 4-11 LSE时钟特性(f_{LSE}=32.768 kHz)

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
R_F	反馈电阻	-	-	2	-	MΩ
$T_{su(LSE)}$	振荡器启动时间	$V_{SS} \leqslant V_{IN} \leqslant V_{DD}$	-	-	2000	ms
C	推荐负载容抗减去晶振的等效串联电容	-	-	12.5	-	pF
I_2	LSE驱动电流	-	-	400	-	nA
$I_{DD(LSE)}$	LSE振荡器功耗	正常工作： V_{DD}=3.3V，CL=12.5pF@8MHz	-	80	100	μA

HK32F04AxxxxA MCU集成了一个LSE负反馈晶体振荡电路，芯片外的起振推荐电路如下图：

图 4-2 LSE负反馈晶体振荡电路



HK32F04AxxxxA也支持通过OSC32_IN直接输入一个时钟信号，时钟信号要求如下。

表 4-12 外部低速时钟输入特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{LSE_ext}	外部时钟源频率	-	-	32.768	1000	kHz
V_{LSEH}	OSC_IN输入引脚高电平	-	$0.7*V_{DD}$	-	V_{DD}	V
V_{LSEL}	OSC_IN输入引脚低电平	-	V_{SS}	-	$0.3*V_{DD}$	V
$t_{H(LSE)}/t_{L(LSE)}$	OSC_IN为高或为低的时间	-	450	-	-	ns
$t_{r(LSE)}/t_{f(LSE)}$	OSC_IN上升或下降时间	-	-	-	50	ns
$C_{in(LSE)}$	OSC_IN输入容抗	-	-	5	-	pF
$DuCy_{(LSE)}$	占空比	-	30	-	70	%

4.2.8 内部快速（HSI）时钟特性

表 4-13 HSI时钟特性

符号	参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
f_{HSI}	时钟频率	-		-	8	-	MHz
$DuCy_{(HSI)}$	占空比	-		45	-	55	%
$ACC_{(HSI)}$	振荡器精度	用户对RCC_CR寄存器校准后		-	-	1	%
		工厂校准	T_A= −40 ~ +105°C	-1.5	-	1.5	
			T_A= −40 ~ +85°C	-1.0	-	1.0	
			T_A= 0 ~ +70°C	-1.0	-	1.0	
$T_{su(HSI)}$	振荡器启动时间	$V_{SS} \leqslant V_{IN} \leqslant V_{DD}$		3	-	4	μs
$I_{DD(HSI)}$	振荡器功耗	-		-	80	100	μA

4.2.9 内部低速（LSI）时钟特性

表 4-14 LSI时钟特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{LSI}	时钟频率	-	34	40	46	kHz
$T_{su\ (LSI)}$	振荡器启动时间	$V_{SS} \leqslant V_{IN} \leqslant V_{DD}$	-	150	-	μs
$I_{DD\ (LSI)}$	振荡器功耗	-	-	0.5	-	μA

4.2.10 PLL特性

表 4-15 PLL特性

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
f_{PLL_IN}	输入时钟频率	2	8.0	80	MHz
	输入时钟占空比	40	-	60	%
f_{PLL_OUT}	输出时钟频率	16	-	120	MHz
t_{LOCK}	锁相时间	-	80	120	μs
Jitter	循环抖动	-	5	13	ps

4.2.11 Flash存储器特性

表 4-16 Flash存储器特性

符号	参数	最小值	典型值 (10)	最大值	单位
T_{PROG}	半字写入时间	-	42	-	μs
	字写入时间	-	42	-	μs
T_{ERASE}	半页擦除时间	-	3.7	-	ms
	页擦除时间	-	7.45	-	ms
	整片擦除时间	-	190	-	ms
IDD_{PROG}	编程电流	-	1.5	5	mA
IDD_{ERASE}	页/片擦除电流	-	0.9	2	mA
IDD_{READ}	读电流@24MHz	-	2.5	-	mA
N_{END}	擦写寿命	10	-	-	万次
t_{RET}	数据保存时间	10	-	-	年

(10) 典型值是在1.5V TT工艺和温度25°C的条件下测得。

4.2.12 IO输入引脚特性

表 4-17 IO输入引脚直流特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IH}	输入高电平	V_{DD}=3.3V	1.82	-	-	V
V_{IL}	输入低电平	V_{DD}=3.3V	-	-	1.3	V
V_{IHhys}	输入高电平	V_{DD}=3.3V	1.64	-	-	V
V_{ILhys}	输入低电平	V_{DD}=3.3V	-	-	1.44	V
V_{hys}	施密特触发器电压迟滞	V_{DD}=3.3V	-	160	-	mV
I_{Ikg}	输入漏电流	V_{DD}=3.3V; 0<V_{IN}<3.3V	-	-	0.01	μA
		V_{DD}=3.3V; V_{IN}=5V	-	-	1.65	μA
R_{PU}	上拉电阻	V_{IN}=V_{SS}	-	33	-	kΩ
R_{PD}	下拉电阻	V_{IN}=V_{DD}	-	34	-	kΩ
C_{IO}	I/O引脚电容	-	-	5	-	pF

4.2.13 IO输出直流特性

表 4-18 IO引脚输出直流特性

符号	参数	驱动档位 OSPEEDy[1:0]	V_{DD}（V）	V_{OH}（min）/ V_{OL}（max）（V）	最小值（mA）	典型值（mA）	最大值（mA）
V_{OH} (11)	拉电流	2'b00/2'b10	1.80	1.44	-	1.2	-
			3.30	2.4	-	5	-
		2'b01	1.80	1.44	-	4	-
			3.30	2.4	-	15	-
		2'b11	1.80	1.44	-	4.8	-
			3.30	2.4	-	20	-
V_{OL} (11)	灌电流	2'b00/2'b10	1.80	0.36	1.2	3.11	-
			3.30	0.6	5	9	-
		2'b01	1.80	0.36	4	6.1	-
			3.30	0.6	15	17.6	-
		2'b11	1.80	0.36	4.8	9.08	-
			3.30	0.6	20	26	-

(11) 设计保证。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

表 4-19 IO引脚（超高驱动）输出直流特性

符号	参数	驱动档位 UHD[x]	V_{DD}（V）	V_{OH}（min）/ V_{OL}（max）（V）	最小值（mA）	典型值（mA）	最大值（mA）
V_{OH} (11)	拉电流	1	1.80	1.44	-	10	-
			3.30	2.4	-	41	-
V_{OL} (11)	灌电流	1	1.80	0.36	10	17.64	-
			3.30	0.6	41	50	-

表 4-20 IO引脚输出交流特性

符号	参数	条件	驱动档位 OSPEEDy[1:0]	V_{DD}（V）	最小值（ns）	典型值（ns）	最大值（ns）
t_R (11)	输出低到高电平的上升时间	C_L=50pF	2'b00/2'b10	1.80	-	75.00	-
				3.30	-	33.00	-
			2'b01	1.80	-	22.50	-
				3.30	-	11.00	-
			2'b11	1.80	-	18.75	-
				3.30	-	8.25	-
t_F (11)	输出高到低电平的下降时间时间	C_L=50pF	2'b00/2'b10	1.80	-	28.94	75.00
				3.30	-	18.33	33.00
			2'b01	1.80	-	14.75	22.50
				3.30	-	9.38	11.00
			2'b11	1.80	-	9.91	18.75
				3.30	-	6.35	8.25

表 4-21 IO引脚(超高驱动)输出交流特性

符号	参数	条件	驱动档位 UHD[x]	V_{DD}（V）	最小值（ns）	典型值（ns）	最大值（ns）
t_R (11)	输出低到高电平的上升时间	C_L=50pF	1	1.80	-	9.00	-
				3.30	-	4.02	-
t_F (11)	输出高到低电平的下降时间	C_L=50pF	1	1.80	-	5.10	9.00
				3.30	-	3.30	4.02

4.2.14 NRST复位管脚特性

NRST管脚内部集成了一个上拉电阻，外围应用电路可以不接任何电路，也可以外接RC电路。

表 4-22 NRST引脚输入特性

符号	参数	最小值	最大值	单位
T_{Noise}	低电平被忽略	-	50	ns

4.2.15 TIM计数器特性

表 4-23 TIM特性

符号	条件	最小值	最大值	单位
F_{EXT}	CH1至CH4的定时器外部时钟频率	0	$f_{TIMxCLK}/2$ (12)	MHz

4.2.16 电机加速单元特性

表 4-24 电机驱动频率特性

系统时钟	ADC时钟	最小值	典型值	最大值	单位
48 MHz	$f_{PCLK} = f_{APB}$；$f_{ADC} = f_{PCLK}/4$	-	20	21±0.3	kHz
72MHz	$f_{PCLK} = f_{APB}$；$f_{ADC} = f_{PCLK}/4$	-	24	25±0.3	kHz
96MHz	$f_{PCLK} = f_{APB}/2$；$f_{ADC} = f_{PCLK}/4$	-	28	29±0.3	kHz

表 4-25 FOC核心算法带电机加速单元和纯软件库效率对比

测试条件	电角度	坐标系变换	纯软件SVPWM	总耗时	单位
系统时钟：48 MHz（纯软件电机库）	12	13	7	32	μs
系统时钟：48 MHz（带EMACC的电机库）	12	2.8	7	21.8	μs

4.2.17 ADC特性

表 4-26 ADC特性

项目	描述	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DDA}	ADC开启时的模拟电源电压	-	2.4	-	3.6	V
INL	积分非线性（过程实际转换点与实际转换线的差的最大值）	f_{ADC} = 14 MHz R_{AIN} < 10 kΩ 校准后测试 V_{DDA} = 2.4 ~ 3.6V	-	±1	-2~3	LSB
DNL	微分非线性（过程中转换误差最大值点）	f_{ADC} = 14 MHz R_{AIN} <10 kΩ 校准后测试	-	±1	-2~3	LSB

(12) $f_{TIMxCLK}$ = 96 MHz

表 4-26 ADC特性 (续)

项目	描述	条件	最小值	典型值	最大值	单位
		V_{DDA}=2.4~3.6V				
f_{ADC}	ADC时钟频率	-	0.6	-	14	MHz
f_S (13)	采样频率	-	0.05		1	MHz
f_{TRIG} (13)	外部触发频率	f_{ADC} = 14 MHz	-	-	823	kHz
		-	-		17	$1/f_{ADC}$
V_{AIN}	转换电压范围	-	0	-	V_{DDA}	V
R_{AIN} (13)	外部输入阻抗	具体请参考表 4-27：输入阻抗最大值（fADC = 14 MHz）	-	-	60	kΩ
R_{ADC} (13)	采样开关电阻	-	-	-	1	kΩ
C_{ADC} (13)	采样保持电容	-	-	-	5	pF
t_{CAL} (14)	ADC校验时间	f_{ADC} = 14 MHz	5.9			μs
		-	8.3			$1/f_{ADC}$
t_{latr}	触发转换延迟	$f_{ADC} = f_{PCLK}/2$ = 14 MHz	0.196			μs
		$f_{ADC} = f_{PCLK}/2$	5.5			$1/f_{PCLK}$
		$f_{ADC} = f_{PCLK}/4$ =12 MHz	0.219			μs
		$f_{ADC} = f_{PCLK}/4$	10.5			$1/f_{PCLK}$
		$f_{ADC} = f_{HSI14}$ = 14 MHz	0.188	-	0.259	μs
$Jitter_{ADC}$	ADC触发转换抖动	$f_{ADC} = f_{HSI14}$	-	1	-	$1/f_{HSI14}$
t_S (13)	采样时间	f_{ADC} = 14 MHz	0.107	-	17.1	μs
		-	1.5	-	239.5	$1/f_{ADC}$
t_{STAB} (13)	采样稳定时间	-	14			μs
t_{CONV} (13)	总转换时间（包括采样时间）	f_{ADC} = 14 MHz 12位分辨率	1	-	18	μs
		12位分辨率	14~252（t_{CONV}=采样时间ts+转换时间12.5）			$1/f_{ADC}$

最大的输入阻抗R_{AIN}的计算公式需满足：

$$R_{AIN} < \frac{Ts}{f_{ADC} \times C_{ADC} \times \ln(2^{N+2})} - R_{ADC}$$

(13) 由设计保证，并非是生产测试得出。

(14) 指定值仅包括ADC定时。它不包括寄存器访问的延迟。

其中，N（分辨率）取值为12。

允许误差低于1/4LSB（Least Significant Bit，LSB）。

表 4-27 输入阻抗最大值（f_{ADC} = 14 MHz）

采样周期（Cycles）	采样时间t_S（μs）	输入阻抗最大值（kΩ）
1.5	0.11	1.21
7.5	0.54	10.05
13.5	0.96	18.88
28.5	2.04	40.97
41.5	2.96	60.12
55.5	3.96	80.74
71.5	5.11	-
239.5	17.1	-

表 4-28 ADC精度

符号	参数	测试条件	典型值	最大值	单位
ET	总不可调整误差[15]	SystemCLK = 56 MHz,	-1 ~ 1	-2 ~ 3	LSB
EO	偏移误差[16]	ADCCLK = 14 MHz,	1	0~2	
EG	增益误差[17]	输入阻抗<10 kΩ,	3	1~3	
ED	微分线性误差[18]	V_{DD}=V_{DDA}=3.305V,	-1~1	-2~3	
EL	积分线性误差[19]	ADC校准后测试	-1~1	-2~3	

说明：

- ADC直流精度值在内部校准后测量。
- ADC精度与负注入电流：应避免在任何标准（非鲁棒）模拟输入引脚上注入负电流，因为这会显著降低在另一个模拟输入引脚上执行转换的精度。建议在可能注入负电流的标准模拟引脚上加一个肖特基二极管（引脚对地）。
- 在有限的V_{DDA}、频率和温度范围内可以获得更好的ADC性能。
- 数据基于表征结果，未在生产中测试。

(15) 总不可调整误差：实际传递曲线与理想传递曲线之间的最大偏差。

(16) 偏移误差：第一次实际转换与第一次理想转换之间的偏差。

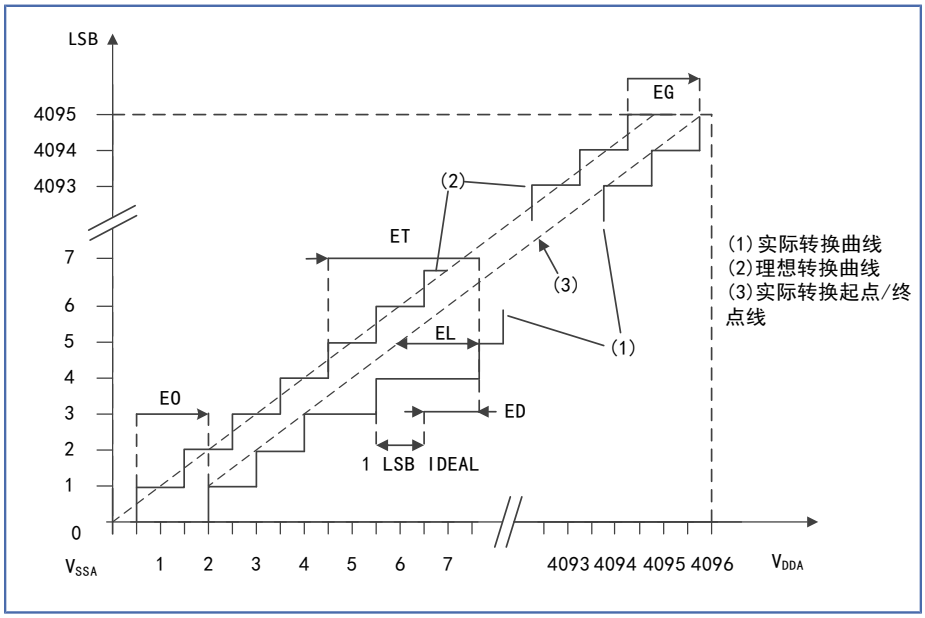
(17) 增益误差：最后一次理想转变与最后一次实际转变之间的偏差。

(18) 微分线性误差：实际步距与理想步距之间的最大偏差。

(19) 积分线性误差：任何实际过渡与终点相关线之间的最大偏差。

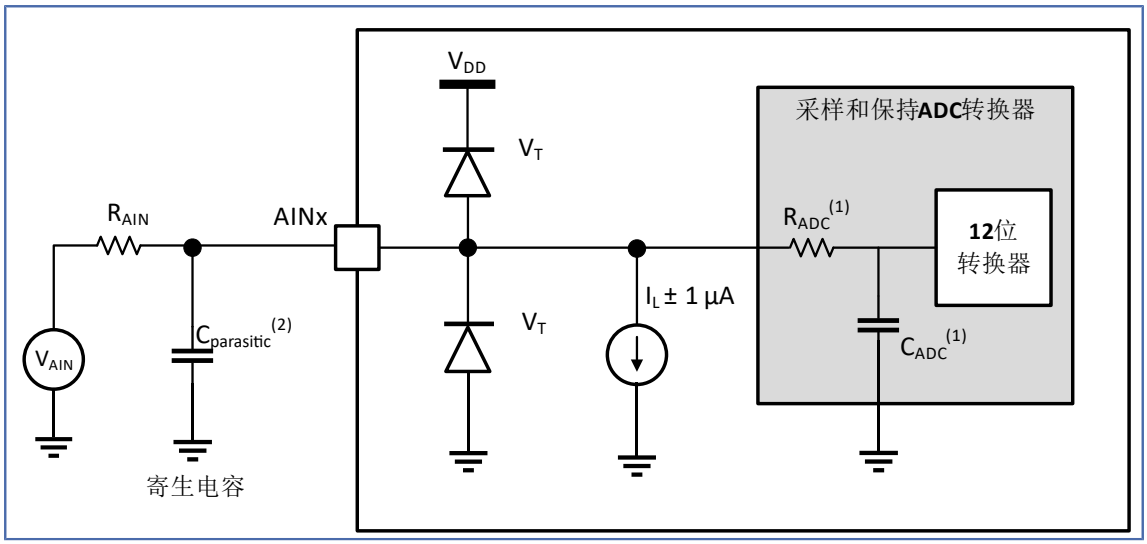
版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

图 4-3 ADC精度特征



说明： EO、ET、EG、EL、ED所表示的参数描述，请参见表 4-28：ADC精度。

图 4-4 ADC的典型连接图



1. R_{ADC}和C_{ADC}值的ADC特征见ADC特性。
2. $C_{parasitic}$等于PCB电容（取决于焊接和PCB布局质量）加上pad电容（大约7 pF）。切向值过高会降低转换精度。为了弥补这一点，应尽量减少f_{ADC}。

ADC采样的PCB设计推荐：电源解耦应按图 5-1：电源供电参考电路进行。为了保证ADC转换精度，10 nF电容器推荐使用陶瓷电容，并尽可能靠近芯片放置。

4.2.18 温度传感器特性

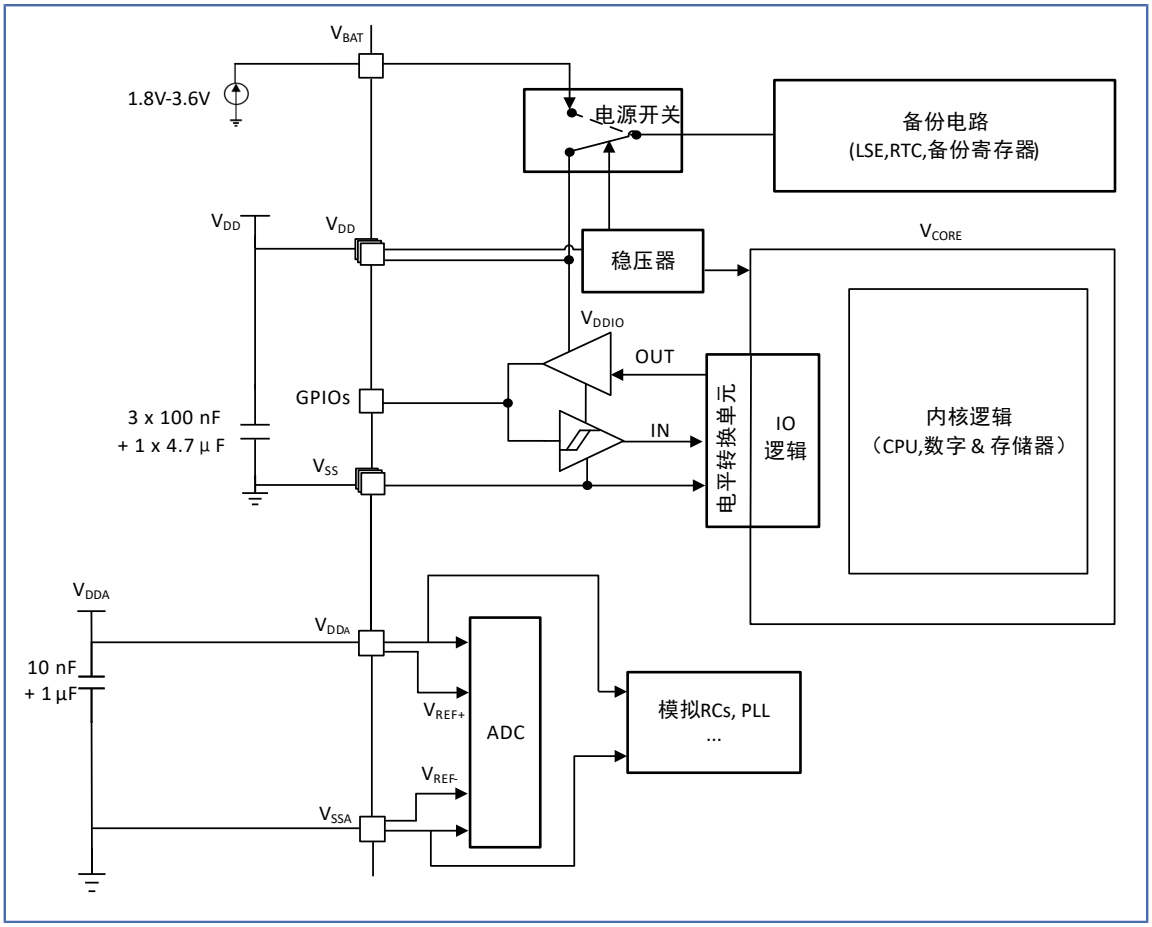
表 4-29 温度传感器特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
T_L	温度传感器线性误差	-	-	±1	±3	°C
V_{25}	输出电压	25°C	0.85	0.89	0.93	V
Avg_Slope	温度传感器斜率	-	-	3	-	mV/°C

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

5 典型电路

图 5-1 电源供电参考电路



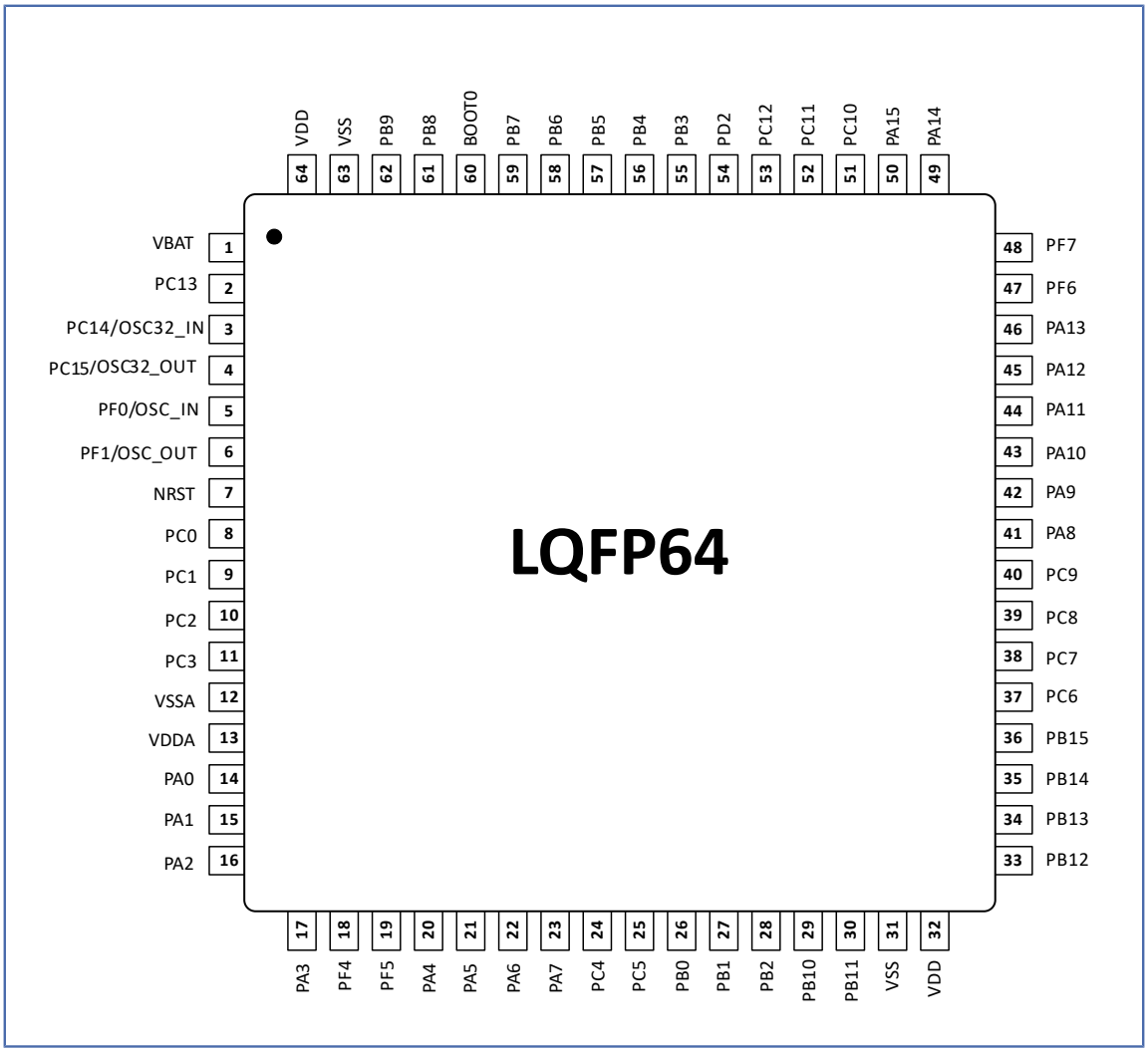
6 管脚定义

本章介绍了各封装的管脚定义。HK32F04AxxxxA支持以下封装：

- LQFP64
- LQFP48
- LQFP32
- TSSOP20
- QFN32
- QFN28

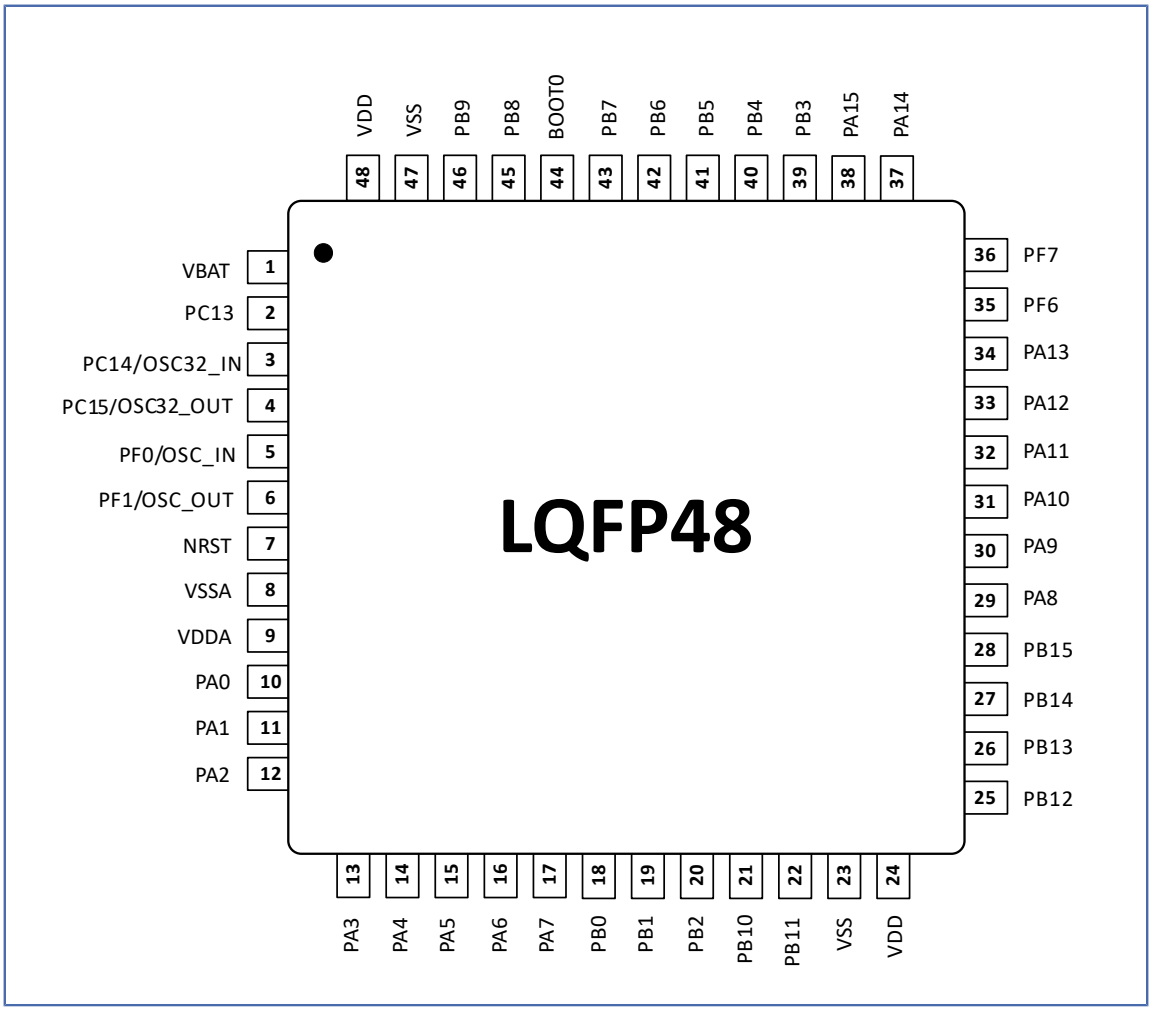
6.1 LQFP64封装

图 6-1 LQFP64封装管脚排列



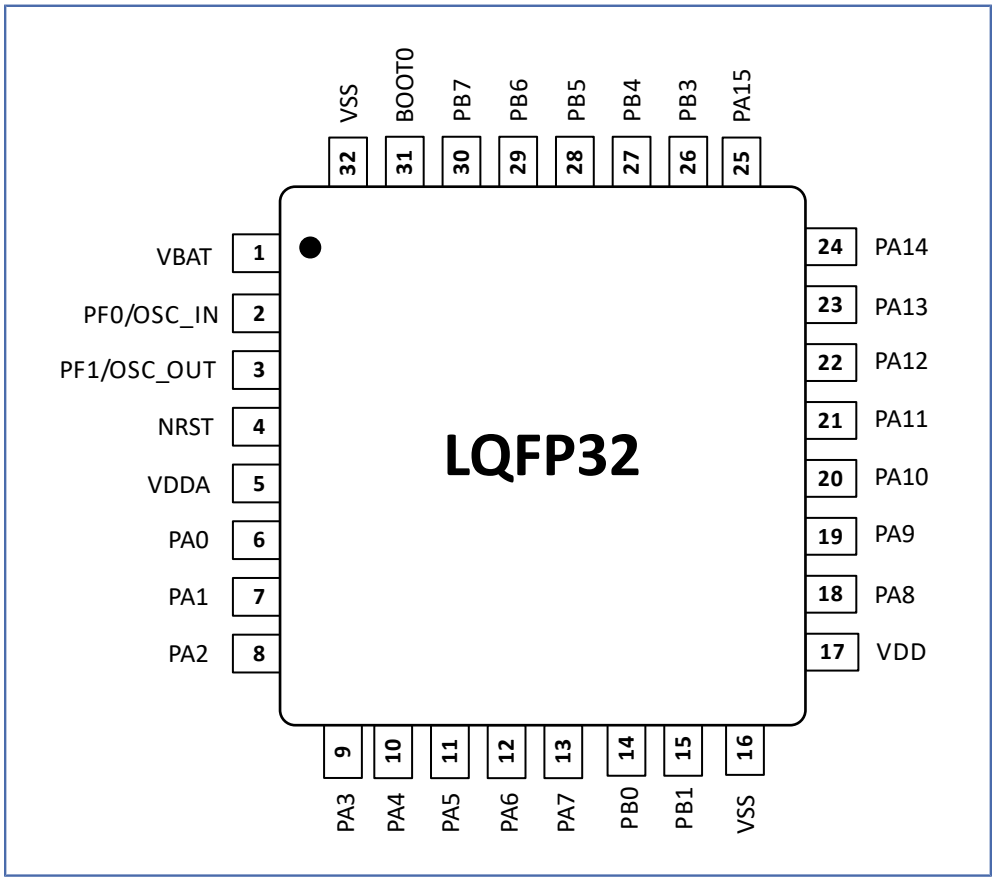
6.2 LQFP48封装

图 6-2 LQFP48封装管脚排列



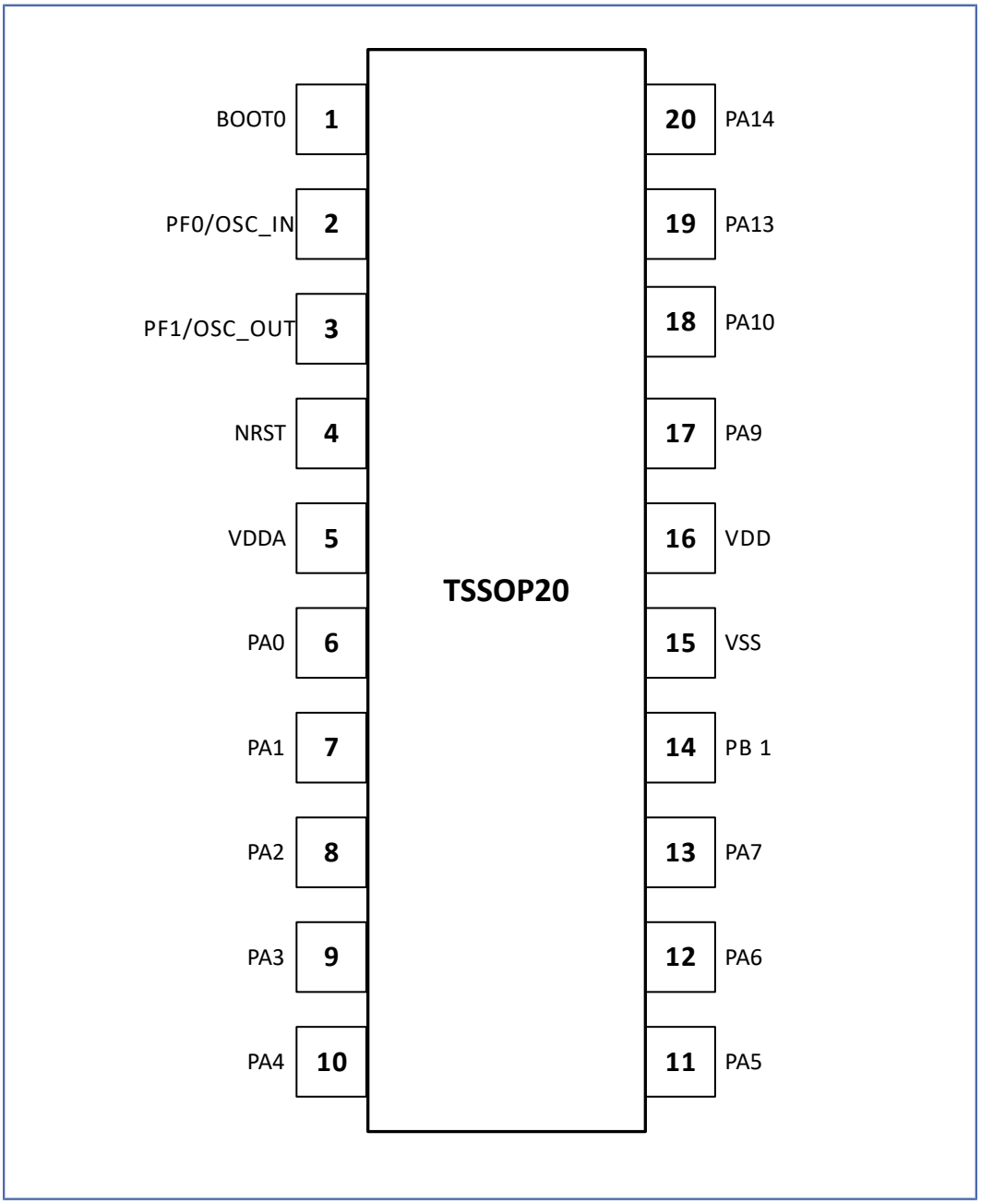
6.3 LQFP32封装

图 6-3 LQFP32封装管脚排列



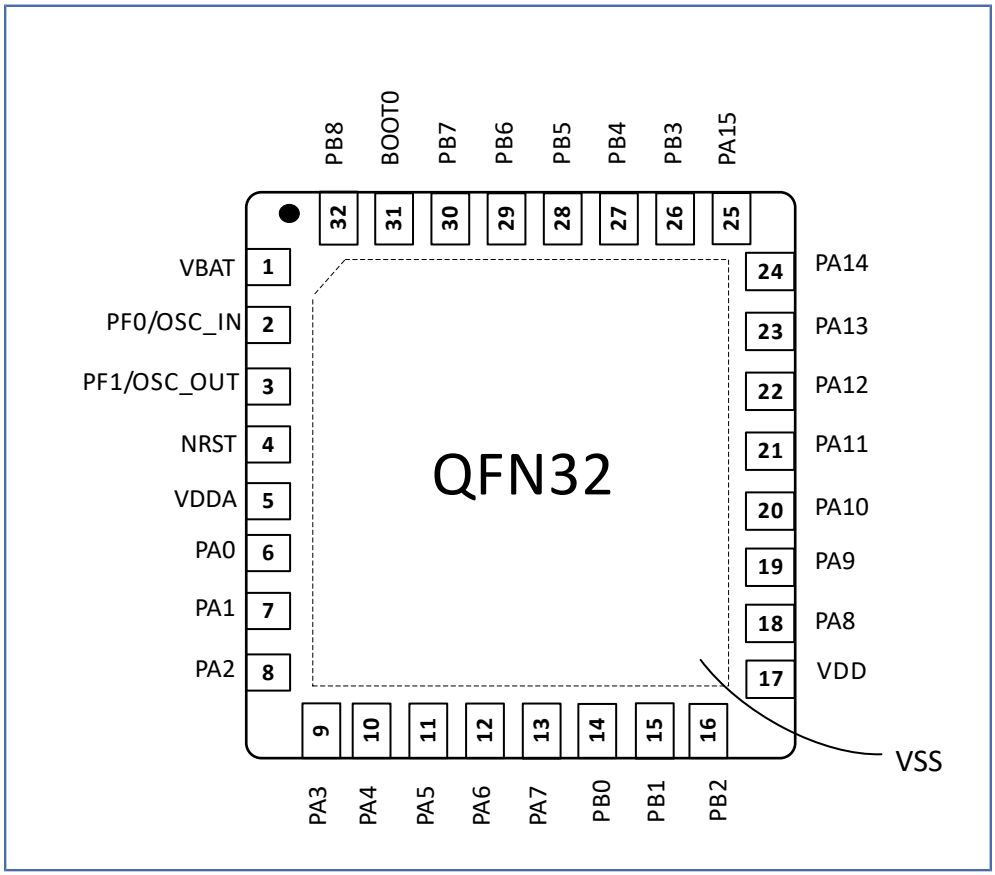
6.4 TSSOP20封装

图 6-4 TSSOP20封装管脚排列



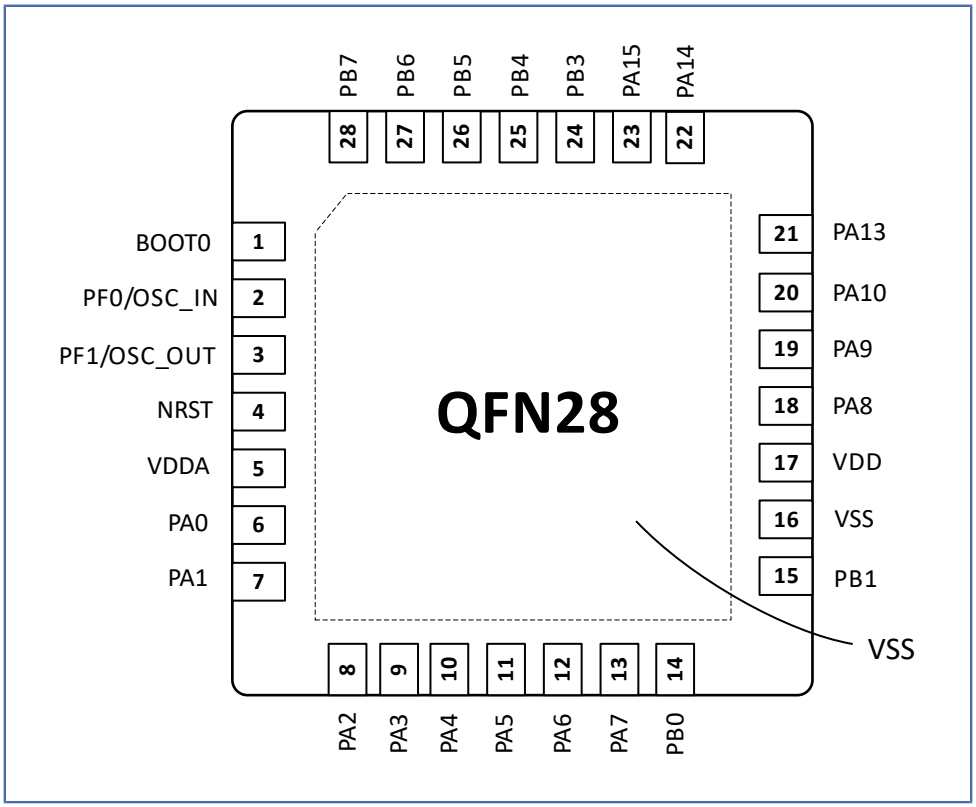
6.5 QFN32封装

图 6-5 QFN32封装管脚排列



6.6 QFN28封装

图 6-6 QFN28封装管脚排列



6.7 各封装的管脚定义

表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义

LQFP64	LQFP48	LQFP32	QFN32	QFN28	TSSOP20	引脚名称	引脚类型[20]	是否支持FT	引脚复用功能	引脚附加功能
1	1	1	1	-	-	VBAT	S	-	数字电源供电	
2	2	-	-	-	-	PC13	I/O	FT[21]	-	RTC_TAMP1 RTC_TS RTC_OUT WKUP2 EXTI13
3	3	-	-	-	-	PC14	I/O	-	-	OSC32_IN EXTI14
4	4	-	-	-	-	PC15	I/O	-	-	OSC32_OUT EXTI15
5	5	2	2	2	2	PF0	I/O	-	I2C1_SDA/ I2C1_SCL[22]	OSC_IN

表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义 (续)

LQFP64	LQFP48	LQFP32	QFN32	QFN28	TSSOP20	引脚名称	引脚类型[20]	是否支持FT	引脚复用功能	引脚附加功能
6	6	3	3	3	3	PF1	I/O	-	I2C1_SCL/ I2C1_SDA	OSC_OUT
7	7	4	4	4	4	NRST	I/O	-	复位输入/内部复位输出，低电平有效。	
8	-	-	-	-	-	PC0	I/O	-	-	ADC_IN10 EXTI0
9	-	-	-	-	-	PC1	I/O	-	-	ADC_IN11 EXTI1
10	-	-	-	-	-	PC2	I/O	-	SPI2_MISO/ I2S2_MCK	ADC_IN12 EXTI2
11	-	-	-	-	-	PC3	I/O	-	SPI2_MOSI/ I2S2_SD	ADC_IN13 EXTI3
12	8	-	-	-	-	VSSA	S	-	模拟地	
13	9	5	5	5	5	VDDA	S	-	模拟电源供电	
14	10	6	6	6	6	PA0	I/O	-	USART1_CTS USART2_CTS TIM2_CH1 TIM2_ETR COMP1_ININ1/ COMP1_OUT LPUART_RX/ LPUART_TX CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	ADC_IN0 WKUP1 RTC_TAMP2 EXTCLK4 EXTI0
15	11	7	7	7	7	PA1	I/O	-	USART1_RTS/ USART1_DE USART2_RTS/ USART2_DE TIM15_CH1N TIM2_CH2	ADC_IN1 EXTI1

表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义 (续)

LQFP64	LQFP48	LQFP32	QFN32	QFN28	TSSOP20	引脚名称	引脚类型[20]	是否支持FT	引脚复用功能	引脚附加功能
									COMP1_INP1 CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	
16	12	8	8	8	8	PA2	I/O	-	USART1_TX/ USART1_RX[22] USART2_TX/ USART2_RX TIM15_CH1 TIM2_CH3 COMP2_INN1 COMP2_OUT CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	ADC_IN2 EXTI2
17	13	9	9	9	9	PA3	I/O	-	USART1_RX/ USART1_TX USART2_RX/ USART2_TX TIM15_CH2 TIM2_CH4 COMP2_INP1 CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	ADC_IN3 EXTI3
18	-	-	-	-	-	PF4	I/O	-	-	ADC_AIN17 EXTI4
19	-	-	-	-	-	PF5	I/O	FT	-	EXTI5

表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义 (续)

LQFP64	LQFP48	LQFP32	QFN32	QFN28	TSSOP20	引脚名称	引脚类型(20)	是否支持FT	引脚复用功能	引脚附加功能
20	14	10	10	10	10	PA4	I/O	-	SPI1_NSS/ I2S1_WS USART1_CK USART2_CK TIM14_CH1 COMP1_INN2 COMP2_INN2 COMP3_INN2 CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	ADC_IN4 EXTCLK1 EXTI4
21	15	11	11	11	11	PA5	I/O	-	SPI1_SCK/ I2S1_CK TIM2_CH1 TIM2_ETR COMP1_INN3 COMP2_INN3 COMP3_INP1 CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	ADC_IN5 EXTI5
22	16	12	12	12	12	PA6	I/O	-	SPI1_MISO/ I2S1_MCK TIM3_CH1 TIM1_BKIN TIM16_CH1 COMP1_OUT LPUART_CTS CAN_RX CLU0_O	ADC_IN6 EXTI6

表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义 (续)

LQFP64	LQFP48	LQFP32	QFN32	QFN28	TSSOP20	引脚名称	引脚类型(20)	是否支持FT	引脚复用功能	引脚附加功能
									CLU1_O CLU2_O CLU3_O	
23	17	13	13	13	13	PA7	I/O	-	SPI1_MOSI/ I2S1_SD TIM3_CH2 TIM14_CH1 TIM1_CH1N TIM17_CH1 RCC_MCO CAN_TX COMP2_OUT CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	ADC_IN7 EXTI7
24	-	-	-	-	-	PC4	I/O	-	LPUART_TX/ LPUART_RX	ADC_IN14 EXTI4
25	-	-	-	-	-	PC5	I/O	-	LPUART_RX/ LPUART_TX	ADC_IN15 EXTI5
26	18	14	14	14	-	PB0	I/O	-	TIM3_CH3 TIM1_CH2N COMP3_INN3	ADC_IN8 EXTI0
27	19	15	15	15	14	PB1	I/O		TIM3_CH4 TIM14_CH1 TIM1_CH3N LPUART_RTS/ LPUART_DE COMP3_INN1/ COMP3_OUT CLU0_O CLU1_O	ADC_IN9 EXTI1

表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义 (续)

LQFP64	LQFP48	LQFP32	QFN32	QFN28	TSSOP20	引脚名称	引脚类型(20)	是否支持FT	引脚复用功能	引脚附加功能
									CLU2_O CLU3_O	
28	20	-	16	-	-	PB2	I/O	FT	I2C1_SMBA I2C2_SMBA	EXTI2
29	21	-	-	-	-	PB10	I/O	FT	I2C1_SCL/ I2C1_SDA I2C2_SCL/ I2C2_SDA SPI2_SCK/ I2S2_CK TIM2_CH3 LPUART_TX/ LPUART_RX	EXTI10
30	22	-	-	-	-	PB11	I/O	FT	I2C1_SDA/ I2C1_SCL I2C2_SDA/ I2C2_SCL TIM2_CH4 LPUART_RX/ LPUART_TX	EXTI11
31	23	16	-	16	15	VSS	S	-	地	
32	24	17	17	17	16	VDD	S	-	数字电源供电	
33	25	-	-	-	-	PB12	I/O	FT	SPI1_NSS/ I2S1_WS SPI2_NSS/ I2S2_WS TIM1_BKIN TIM15_BKIN I2C2_SMBA LPUART_RTS/ LPUART_DE	EXTI12
34	26	-	-	-	-	PB13	I/O	FT	SPI1_SCK/ I2S1_CK	EXTI13

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义 (续)

LQFP64	LQFP48	LQFP32	QFN32	QFN28	TSSOP20	引脚名称	引脚类型(20)	是否支持FT	引脚复用功能	引脚附加功能
									SPI2_SCK/ I2S2_CK TIM1_CH1N I2C2_SCL/ I2C2_SDA LPUART_CTS	
35	27	-	-	-	-	PB14	I/O	FT	SPI1_MISO/ I2S1_MCK SPI2_MISO/ I2S2_MCK TIM1_CH2N TIM15_CH1 I2C2_SDA/ I2C2_SCL LPUART_RTS/ LPUART_DE	EXTI14
36	28	-	-	-	-	PB15	I/O	FT	SPI1_MOSI/ I2S1_SD SPI2_MOSI/ I2S2_SD TIM1_CH3N TIM15_CH1N TIM15_CH2	EXTI15 RTC_REFIN
37	-	-	-	-	-	PC6	I/O	FT	TIM3_CH1	EXTI6
38	-	-	-	-	-	PC7	I/O	FT	TIM3_CH2	EXTI7
39	-	-	-	-	-	PC8	I/O	FT	TIM3_CH3	EXTI8
40	-	-	-	-	-	PC9	I/O	FT	TIM3_CH4	EXTI9
41	29	18	18	18	-	PA8	I/O	FT	USART1_CK TIM1_CH1 RCC_MCO LPUART_RX/ LPUART_TX	WKUP3 EXTI8

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义 (续)

LQFP64	LQFP48	LQFP32	QFN32	QFN28	TSSOP20	引脚名称	引脚类型(20)	是否支持FT	引脚复用功能	引脚附加功能
42	30	19	19	19	17	PA9	I/O	FT	USART1_TX/ USART1_RX TIM1_CH2 TIM15_BKIN I2C1_SCL/ I2C1_SDA RCC_MCO LPUART_TX/ LPUART_RX CAN_RX	EXTI9
43	31	20	20	20	18	PA10	I/O	FT	USART1_RX/ USART1_TX TIM1_CH3 TIM17_BKIN I2C1_SDA/ I2C1_SCL LPUART_RX/ LPUART_TX CAN_TX	EXTI10
44	32	21	21	-	-	PA11	I/O	-	USART1_CTS TIM1_CH4 I2C2_SCL/ I2C2_SDA CAN_RX COMP1_OUT CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	EXTI11
45	33	22	22	-	-	PA12	I/O	-	USART1_RTS/ USART1_DE TIM1_ETR	EXTI12

表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义 (续)

LQFP64	LQFP48	LQFP32	QFN32	QFN28	TSSOP20	引脚名称	引脚类型(20)	是否支持FT	引脚复用功能	引脚附加功能
									I2C2_SDA/ I2C2_SCL CAN_TX COMP2_OUT CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	
46	34	23	23	21	19	PA13	I/O	FT	IRTIM_IROUT SWDIO CAN_RX LPUART_RX/ LPUART_TX COMP3_OUT CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	EXTCLK2 EXTI13
47	35	-	-	-	-	PF6	I/O	FT	I2C1_SCL/ I2C1_SDA I2C2_SCL/ I2C2_SDA	EXTI6
48	36	-	-	-	-	PF7	I/O	FT	I2C1_SDA/ I2C1_SCL I2C2_SDA/ I2C2_SCL	EXTI7
49	37	24	24	22	20	PA14	I/O	FT	USART1_TX/ USART1_RX USART2_TX/ USART2_RX SWCLK CAN_TX	EXTCLK3 EXTI14

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义 (续)

LQFP64	LQFP48	LQFP32	QFN32	QFN28	TSSOP20	引脚名称	引脚类型(20)	是否支持FT	引脚复用功能	引脚附加功能
									LPUART_TX/ LPUART_RX CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	
50	38	25	25	23	-	PA15	I/O	FT	SPI1_NSS/ I2S1_WS USART1_RX/ USART1_TX USART2_RX/ USART2_TX TIM2_CH1 TIM2_ETR	EXTI15
51	-	-	-	-	-	PC10	I/O	FT	LPUART_TX CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	EXTI10
52	-	-	-	-	-	PC11	I/O	FT	CAN_RX LPUART_RX/ LPUART_TX CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	EXTI11
53	-	-	-	-	-	PC12	I/O	FT	CAN_TX CLU0_O CLU1_O CLU2_O CLU3_O	EXTI12
54	-	-	-	-	-	PD2	I/O	FT	TIM3_ETR	EXTI2

表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义 (续)

LQFP64	LQFP48	LQFP32	QFN32	QFN28	TSSOP20	引脚名称	引脚类型[20]	是否支持FT	引脚复用功能	引脚附加功能
									LPUART_DE/ LPUART_RTS	
55	39	26	26	24	-	PB3	I/O	FT	SPI1_SCK/ I2S1_CK TIM2_CH2 COMP3_OUT	EXTI3
56	40	27	27	25	-	PB4	I/O	FT	SPI1_MISO/ I2S1_MCK TIM3_CH1 TIM17_BKIN	EXTI4
57	41	28	28	26	-	PB5	I/O	FT	SPI1_MOSI/ I2S1_SD I2C1_SMBA TIM16_BKIN TIM3_CH2	EXTI5
58	42	29	29	27	-	PB6	I/O	FT	I2C1_SCL/ I2C1_SDA USART1_TX/ USART1_RX TIM16_CH1N LPUART_TX/ LPUART_RX	EXTI6
59	43	30	30	28	-	PB7	I/O	FT	I2C1_SDA/ I2C1_SCL USART1_RX/ USART1_TX TIM17_CH1N LPUART_RX/ LPUART_TX	EXTI7
60	44	31	31	1	1	BOOT0[23]	I		启动方式配置	
61	45	-	32	-	-	PB8	I/O	FT	I2C1_SCL/ I2C1_SDA TIM16_CH1	EXTI8

表 6-1 HK32F04AxxxxA各封装的管脚定义 (续)

LQFP64	LQFP48	LQFP32	QFN32	QFN28	TSSOP20	引脚名称	引脚类型[20]	是否支持FT	引脚复用功能	引脚附加功能
									CAN_RX	
62	46	-	-	-	-	PB9	I/O	FT	I2C1_SDA/ I2C1_SCL IRTIM_IROUT TIM17_CH1 SPI2_NSS/ I2S2_WS CAN_TX	EXTI9
63	47	32	0[24]	0[24]	-	VSS	S		地	
64	48	1	-	-	-	VDD	S		数字电源供电	

说明：

- 除非特别说明，否则复位期间和复位后，所有I/O都设为浮空输入。
- 引脚复用功能，请参考“引脚复用（AF）功能表”。

(20) I表示输入，O表示输出，I/O表示输入/输出，S表示电源供电。

(21) FT= 5V tolerant，5V耐压。

(22) 通过软件配置，LPUART、USART1/2均可实现RX和TX引脚功能互换，I2C1/2也均可实现SDA和SCL引脚功能互换。

(23) 默认约50 kΩ内部下拉电阻。

(24) QFN封装中的引脚0为底部的散热焊盘。

6.8 引脚复用（AF）功能表

引脚	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9~AF13	AF14	AF15
PA0/ AIN0	-	USART1_CTS	TIM2_CH1/ TIM2_ETRIN	USART2_CTS	-	LPUART_RX/ LPUART_TX	-	-	-		-	-
PA1/ AIN1	-	USART1_RTS/ USART1_DE	TIM2_CH2	USART2_RTS/ USART2_DE	-	TIM15_CH1N	-		-		-	-
PA2/ AIN2	TIM15_CH1	USART1_TX/ USART1_RX	TIM2_CH3	USART2_TX/ USART2_RX	-	-	-	-	-		-	-
PA3/ AIN3	TIM15_CH2	USART1_RX/ USART1_TX	TIM2_CH4	USART2_RX/ USART2_TX	-	-	-		-		-	-
PA4/ AIN4	SPI1_NSS/ I2S1_WS	USART1_CK	-	USART2_CK	TIM14_CH1	-	-		-		-	-
PA5/ AIN5	SPI1_SCK/ I2S1_CK	-	TIM2_CH1/ TIM2_ETRIN	-	-	-	-		-		-	-
PA6/ AIN6	SPI1_MISO/ I2S1_MCK	TIM3_CH1	TIM1_BKIN	LPUART_CTS	-	TIM16_CH1	-	-	-		CAN_RX	-
PA7/ AIN7	SPI1_MOSI/ I2S1_SD	TIM3_CH2	TIM1_CH1N	-	TIM14_CH1	TIM17_CH1		-	-		CAN_TX	RCC_MCO
PA8	RCC_MCO	USART1_CK	TIM1_CH1		-	LPUART_RX/ LPUART_TX	-		-		-	-
PA9	TIM15_BKIN	USART1_TX/ USART1_RX	TIM1_CH2	LPUART_TX/ LPUART_RX	I2C1_SCL/ I2C1_SDA	RCC_MCO	-		-		CAN_RX	-
PA10	TIM17_BKIN	USART1_RX/ USART1_TX	TIM1_CH3	LPUART_RX/ LPUART_TX	I2C1_SDA/ I2C1_SCL	-	-		-		CAN_TX	-
PA11	-	USART1_CTS	TIM1_CH4	-	-	I2C2_SCL/ I2C2_SDA	-	-	-		CAN_RX	-

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

引脚	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9~AF13	AF14	AF15
PA12	-	USART1_RTS/ USART1_DE	TIM1_ETR	-	-	I2C2_SDA/ I2C2_SCL	-	-	-		CAN_TX	-
PA13	CM0_SWD	IRTIM_IROUT	-	LPUART_RX/ LPUART_TX	-	-	-	-	-		CAN_RX	-
PA14	CM0_SWCLK	USART1_TX/ USART1_RX	-	LPUART_TX/ LPUART_RX	-	USART2_TX/ USART2_RX	-	-	-		CAN_TX	-
PA15	SPI1_NSS/ I2S1_WS	USART1_RX/ USART1_TX	TIM2_CH1/ TIM2_ETRIN		-	USART2_RX/ USART2_TX	-	-	-		-	-
PB0/ AIN8		TIM3_CH3	TIM1_CH2N	-	-	-	-	-	-		-	-
PB1/ AIN9	TIM14_CH1	TIM3_CH4	TIM1_CH3N	LPUART_RTS/ LPUART_DE	-	-	-	-	-		-	-
PB2	-	-	-	-	I2C2_SMBA	-	-		-	-	-	I2C1_SMBA
PB3	SPI1_SCK/ I2S1_CK	-	TIM2_CH2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PB4	SPI1_MISO/ I2S1_MCK	TIM3_CH1	-	-	-	TIM17_BKIN	-	-	-	-	-	-
PB5	SPI1_MOSI/ I2S1_SD	TIM3_CH2	TIM16_BKIN	I2C1_SMBA	-	-	-	-	-	-	-	-
PB6	USART1_TX/ USART1_RX	I2C1_SCL/ I2C1_SDA	TIM16_CH1N	LPUART_TX/ LPUART_RX	-	-	-	-	-	-	-	-
PB7	USART1_RX/ USART1_TX	I2C1_SDA/ I2C1_SCL	TIM17_CH1N	LPUART_RX/ LPUART_TX	-	-	-	-	-	-	-	-
PB8	-	I2C1_SCL/ I2C1_SDA	TIM16_CH1	-	-	-	-	-	-	-	CAN_RX	-

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

引脚	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9~AF13	AF14	AF15
PB9	IRTIM_IROUT	I2C1_SDA/ I2C1_SCL	TIM17_CH1		-	SPI2_NSS/ I2S2_WS	-	-	-	-	CAN_TX	-
PB10	-	I2C1_SCL/ I2C1_SDA	TIM2_CH3	LPUART_TX/ LPUART_RX	-	SPI2_SCK/ I2S2_CK	I2C2_SCL/ I2C2_SDA	-	-	-	-	-
PB11	-	I2C1_SDA/ I2C1_SCL	TIM2_CH4	LPUART_RX/ LPUART_TX	-	-	I2C2_SDA/ I2C2_SCL	-	-	-	-	-
PB12	SPI1_NSS/ I2S1_WS		TIM1_BKIN	LPUART_RTS/ LPUART_DE	-	TIM15_BKIN	-	-	SPI2_NSS/ I2S2_WS	-	-	I2C2_SMBA
PB13	SPI1_SCK/ I2S1_CK	-	TIM1_CH1N	LPUART_CTS	-	I2C2_SCL/ I2C2_SDA	-	-	SPI2_SCK/ I2S2_CK	-	-	-
PB14	SPI1_MISO/ I2C1_MCK	TIM15_CH1	TIM1_CH2N	LPUART_RTS/ LPUART_DE	-	I2C2_SDA/ I2C2_SCL	-	-	SPI2_MISO/ I2S2_MCK	-	-	-
PB15	SPI1_MOSI/ I2S1_SD	TIM15_CH2	TIM1_CH3N	TIM15_CH1N	-	-	-	-	SPI2_MOSI/ I2S2_SD	-	-	-
PC0/ AIN10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC1/ AIN11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC2/ AIN12	-	SPI2_MISO/ I2S_MCK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC3/ AIN13	-	SPI2_MOSI/ I2S2_SD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC4/ AIN14		-	-	LPUART_T/ LPUART_RX	-	-	-	-	-	-	-	-

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

引脚	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9~AF13	AF14	AF15
PC5/ AIN15	-	-	-	LPUART_RX/ LPUART_TX	-	-	-	-	-	-	-	-
PC6	TIM3_CH1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC7	TIM3_CH2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC8	TIM3_CH3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC9	TIM3_CH4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC10	-	-	-	LPUART_TX/ LPUART_RX	-	-	-	-	-		-	-
PC11	-	-	-	LPUART_RX/ LPUART_TX	-	-	-	-	-		CAN_RX	-
PC12	-	-	-	-	-	-	-	-	-		CAN_TX	-
PD2	TIM3_ETR	-	-	LPUART_RTS/ LPUART_DE	-	-	-	-	-	-	-	-
PF0	-	I2C1_SDA/ I2C1_SCL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PF1	-	I2C1_SCL/ I2C1_SDA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PF4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PF5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PF6	-	I2C1_SCL/ I2C1_SDA	-	-	-	-	I2C2_SCL/ I2C2_SDA	-	-	-	-	-
PF7	-	I2C1_SDA/ I2C1_SCL	-	-	-	-	I2C2_SDA/ I2C2_SCL	-	-	-	-	-

说明： 通过软件配置，LPUART、USART1/2均可实现RX 和TX 引脚功能互换，I2C1/2也均可实现SDA和SCL引脚功能互换。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

7 封装参数

7.1 封装尺寸

7.1.1 LQFP64封装

LQFP64为10 mm x 10 mm，0.5 mm间距的封装。

图 7-1 LQFP64封装尺寸图

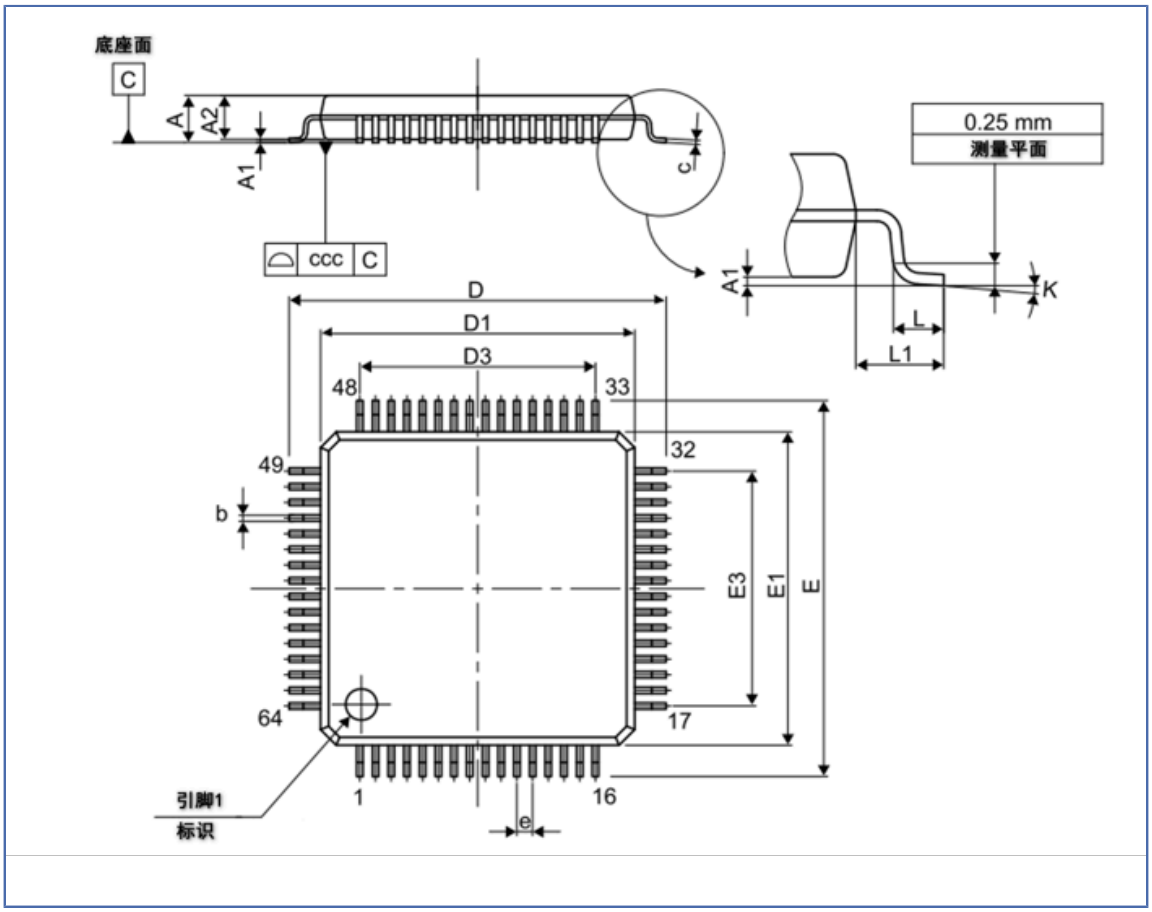


表 7-1 LQFP64封装尺寸参数

符号	单位：mm			单位：inches[25]		
	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
A	-	-	1.600	-	-	0.0630
A1	0.050	-	0.150	0.0020	-	0.0059
A2	1.350	1.400	1.450	0.0531	0.0551	0.0571
b	0.170	0.220	0.270	0.0067	0.0087	0.0106

表 7-1 LQFP64封装尺寸参数 (续)

符号	单位：mm			单位：inches[25]		
	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
c	0.090	-	0.200	0.0035	-	0.0079
D	-	12.000	-	-	0.4724	-
D1	-	10.000	-	-	0.3937	-
D3	-	7.500	-	-	0.2953	-
E	-	12.000	-	-	0.4724	-
E1	-	10.000	-	-	0.3937	-
E3	-	7.500	-	-	0.2953	-
e	-	0.500	-	-	0.0197	-
K	0°	3.5°	7°	0°	3.5°	7°
L	0.450	0.600	0.750	0.0177	0.0236	0.0295
L1	-	1.000	-	-	0.0394	-
ccc	-	-	0.080	-	-	0.0031

7.1.2 LQFP48封装

LQFP48为7 mm x 7 mm，0.5 mm间距的封装。

(25) 英寸为单位的数值是从对应的毫米数值转化得到，并保留至小数点后4位。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

图 7-2 LQFP48封装尺寸图

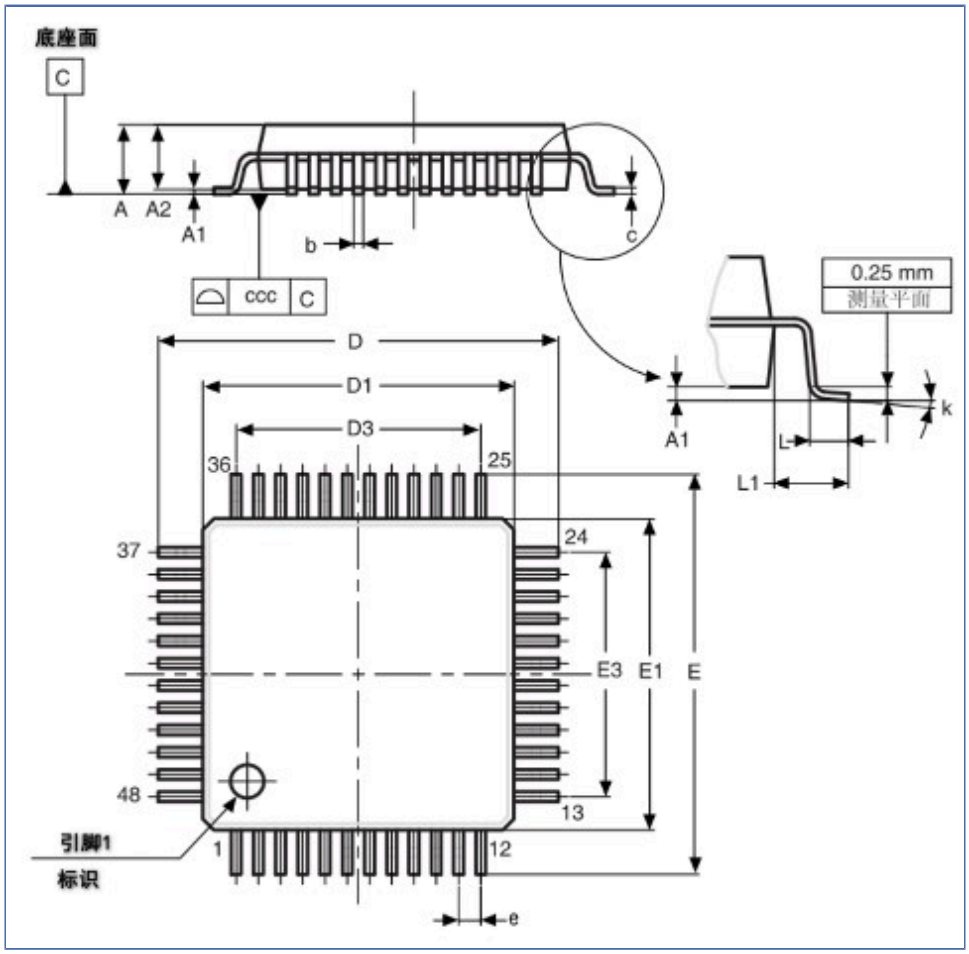


表 7-2 LQFP48封装尺寸参数

符号	单位：mm			单位：inches[26]		
	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
A	-	-	1.600	-	-	0.0630
A1	0.050	-	0.150	0.0020	-	0.0059
A2	1.350	1.400	1.450	0.0531	0.0551	0.0571
b	0.170	0.220	0.270	0.0067	0.0087	0.0106
c	0.090	-	0.200	0.0035	-	0.0079
D	8.800	9.000	9.200	0.3465	0.3543	0.3622
D1	6.800	7.000	7.200	0.2677	0.2756	0.2835
D3	-	5.500	-	-	0.2165	-
E	8.800	9.000	9.200	0.3465	0.3543	0.3622
E1	6.800	7.000	7.200	0.2677	0.2756	0.2835
E3	-	5.500	-	-	0.2165	-

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

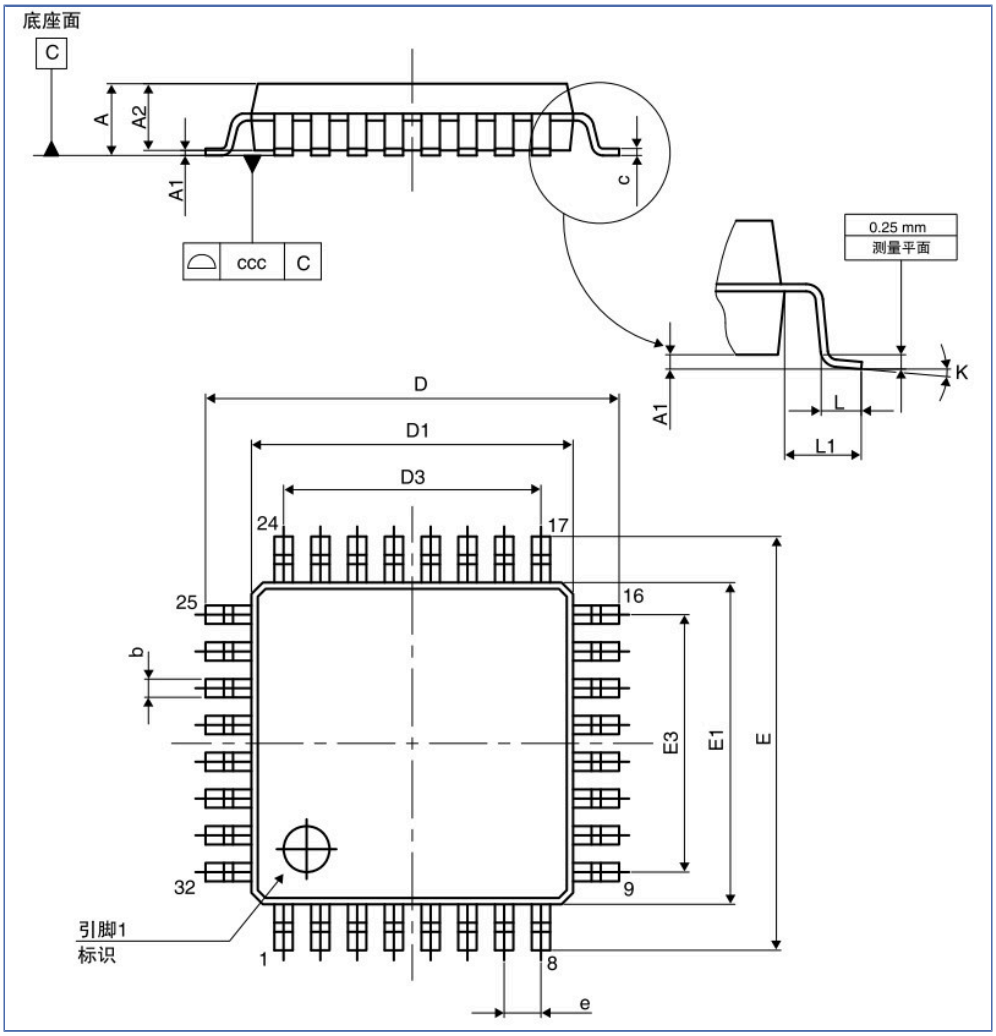
表 7-2 LQFP48封装尺寸参数 (续)

符号	单位：mm			单位：inches[26]		
	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
e	-	0.500	-	-	0.0197	-
L	0.450	0.600	0.750	0.0177	0.0236	0.0295
L1	-	1.000	-	-	0.0394	-
k	0°	3.5°	7°	0°	3.5°	7°
ccc	0.080			0.0031		

7.1.3 LQFP32封装

LQFP32为7 mm x 7 mm，0.8 mm间距的封装。

图 7-3 LQFP32封装尺寸图



(26) 英寸为单位的数值是从对应的毫米数值转化得到，并保留至小数点后4位。

表 7-3 LQFP32封装尺寸参数

符号	单位：mm			单位：inches[27]		
	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
A	-	-	1.600	-	-	0.0630
A1	0.050	-	0.150	0.0020	-	0.0059
A2	1.350	1.400	1.450	0.0531	0.0551	0.0571
b	0.300	0.370	0.450	0.0118	0.0146	0.0177
c	0.090	-	0.200	0.0035	-	0.0079
D	8.800	9.000	9.200	0.3465	0.3543	0.3622
D1	6.800	7.000	7.200	0.2677	0.2756	0.2835
D3	-	5.600	-	-	0.2205	-
E	8.800	9.000	9.200	0.3465	0.3543	0.3622
E1	6.800	7.000	7.200	0.2677	0.2756	0.2835
E3	-	5.600	-	-	0.2205	-
e	-	0.800	-	-	0.0315	-
K	0°	3.5°	7°	0°	3.5°	7°
L	0.450	0.600	0.750	0.0177	0.0236	0.0295
L1	-	1.000	-	-	0.0394	-
ccc	-	-	0.100	-	-	0.0039

7.1.4 TSSOP20封装

TSSOP20为6.5 mm x 6.5 mm，0.65 mm间距的封装。

(27) 英寸为单位的数值是从对应的毫米数值转化得到，并保留至小数点后4位。

图 7-4 TSSOP20封装尺寸图

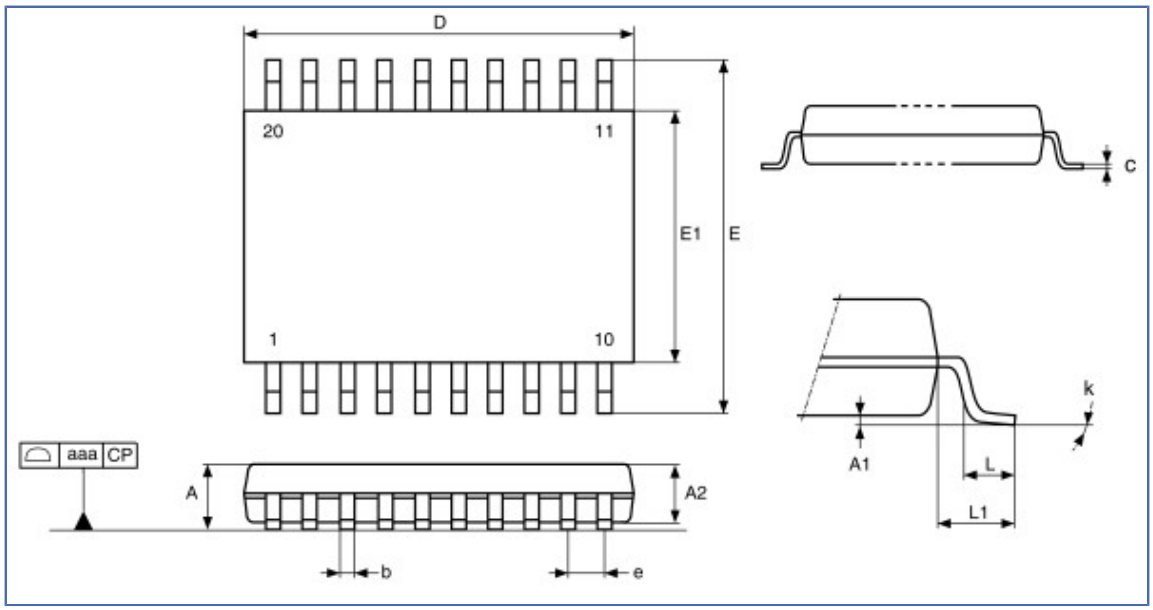


表 7-4 TSSOP20封装尺寸参数

符号	单位：mm			单位：inches[28]		
	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
A	-	-	1.200	-	-	0.0472
A1	0.050	-	0.150	0.0020	-	0.0059
A2	0.800	1.000	1.050	0.0315	0.0394	0.0413
b	0.190	-	0.300	0.0075	-	0.0118
c	0.090	-	0.200	0.0035	-	0.0079
D	6.400	6.500	6.600	0.2520	0.2559	0.2598
E	6.200	6.400	6.600	0.2441	0.2520	0.2598
E1	4.300	4.400	4.500	0.1693	0.1732	0.1772
e	-	0.650	-	-	0.0256	-
L	0.450	0.600	0.750	0.0177	0.0236	0.0295
L1	-	1.000	-	-	0.0394	-
k	0°	-	8.0°	0°	-	8.0°
aaa	-	-	0.1000	-	-	0.0039

(28) 英寸为单位的数值是从对应的毫米数值转化得到，并保留至小数点后4位。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

7.1.5 QFN32封装

QFN32为5 mm x 5 mm，0.5 mm间距的封装。

图 7-5 QFN32封装尺寸图

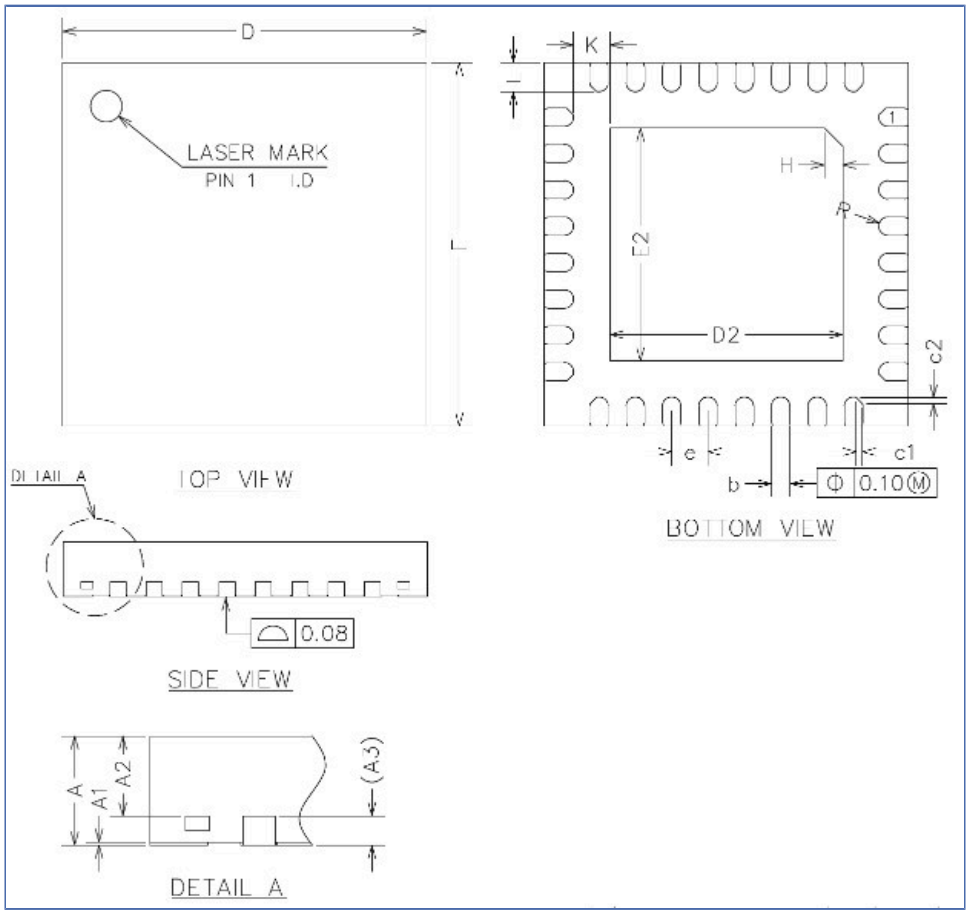


表 7-5 QFN32封装尺寸参数

符号	最小值（mm）	典型值（mm）	最大值（mm）
A	0.70	0.75	0.80
A1	0	0.02	0.05
A2	0.50	0.55	0.60
A3	0.20REF[29]		
b	0.20	0.25	0.30
D	4.90	5.00	5.10
E	4.90	5.00	5.10
D2	3.10	3.20	3.30
E2	3.10	3.20	3.30
e	0.40	0.50	0.60
H	0.25REF		
K	0.50REF		

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

表 7-5 QFN32封装尺寸参数 (续)

符号	最小值（mm）	典型值（mm）	最大值（mm）
L	0.35	0.40	0.45
R	0.11	-	-
c1	-	0.08	-
c2	-	0.08	-

7.1.6 QFN28封装

QFN28为4 mm x 4 mm，0.4 mm间距的封装。

图 7-6 QFN28封装尺寸图

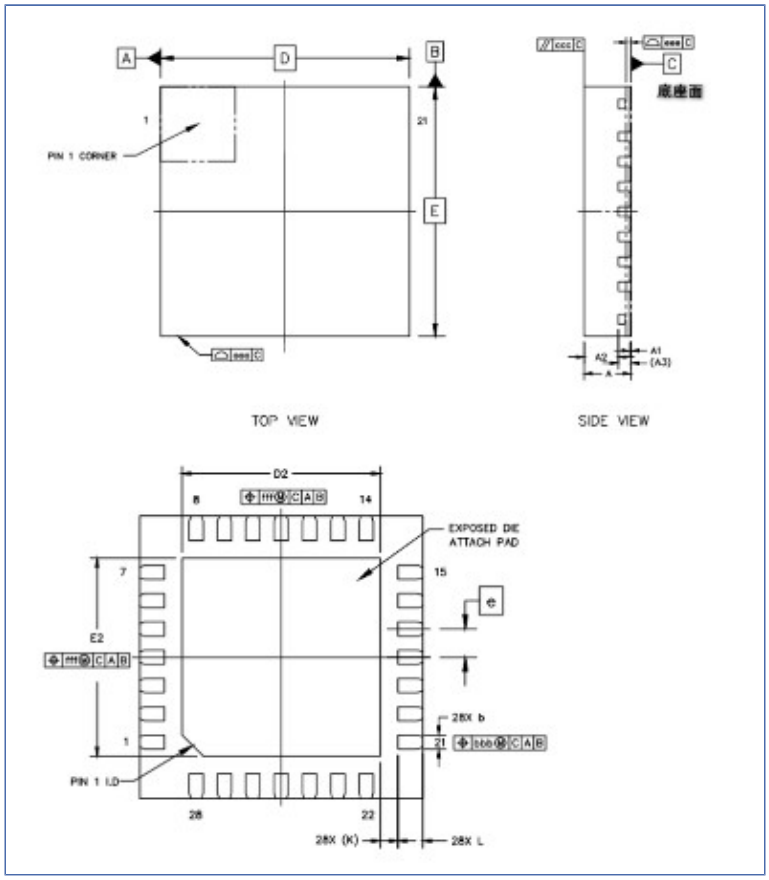


表 7-6 QFN28封装尺寸参数

符号	最小值（mm）	典型值(mm)	最大值(mm)
A	0.7	0.75	0.8
A1	0	0.02	0.05
A2	-	0.55	-

(29) REF：Reference，表示参考值。

表 7-6 QFN28封装尺寸参数 (续)

符号	最小值（mm）	典型值(mm)	最大值(mm)
A3	0.203		
b	0.15	0.20	0.25
D	4 BSC[30]	-	-
E	4 BSC	-	-
e	0.4 BSC	-	-
D2	2.7	2.9	2.9
E2	2.7	2.9	2.9
L	0.3	0.35	0.4
K	0.25 REF		
aaa	0.1		
ccc	0.1		
eee	0.08		
bbb	0.1		
fff	0.1		

7.2 丝印信息

丝印信息包括了航顺LOGO+ARM LOGO、产品型号和产品批号。其中，产品批号的说明如下表所示。

表 7-7 产品批号说明

产品批号	说明
第1位字符	代表年份，例如1是代表21年
第2和3位字符	代表封装厂
第4和5位字符	代表周期，例如18代表周期
第6、7和8位字符	代表晶圆批号的后三位

(30) BSC：Basic spacing between centers，即中心基本距离。

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

7.2.1 LQFP64丝印

图 7-7 LQFP64 HK32F04ARBT6A丝印示例

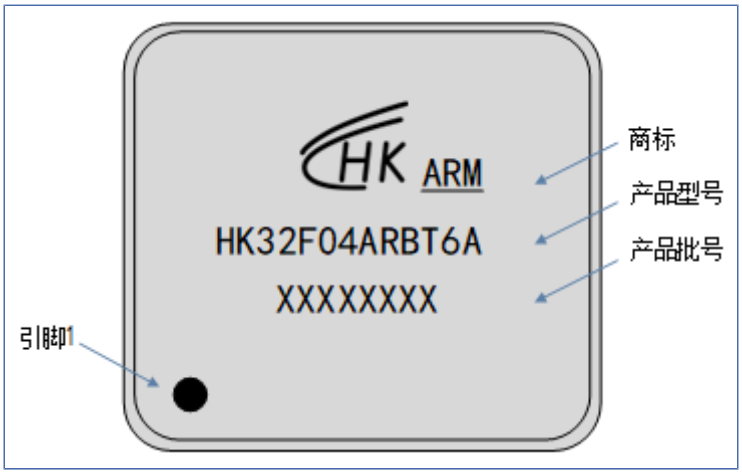
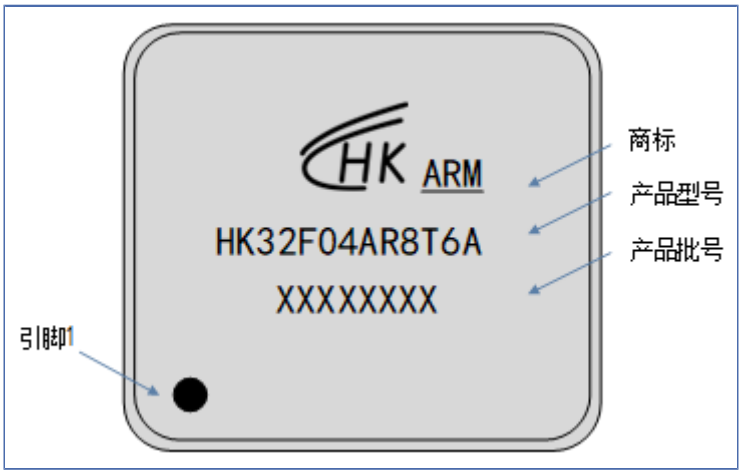


图 7-8 LQFP64 HK32F04AR8T6A丝印示例



7.2.2 LQFP48丝印

图 7-9 LQFP48 HK32F04ACBT6A丝印示例

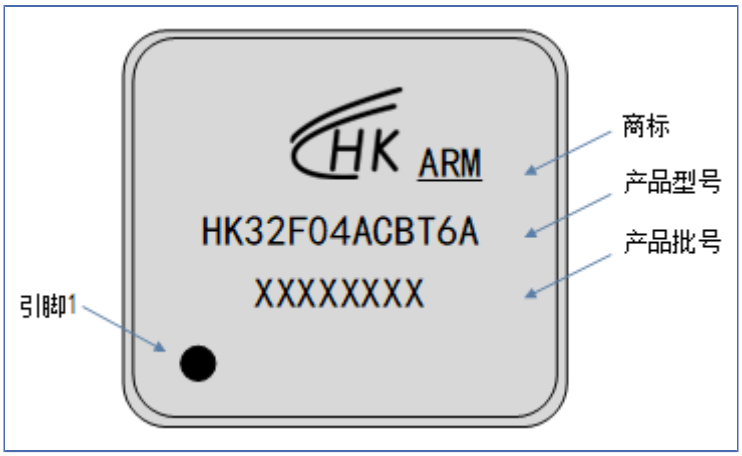


图 7-10 LQFP48 HK32F04AC8T6A丝印示例

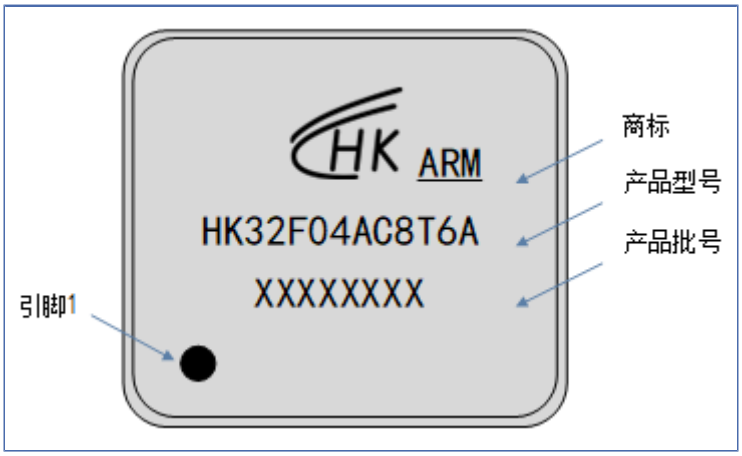


图 7-11 LQFP48 HK32F04AC6T6A丝印示例

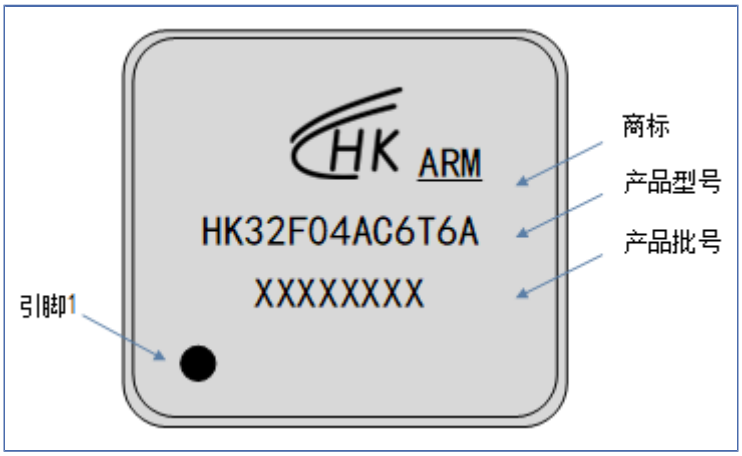
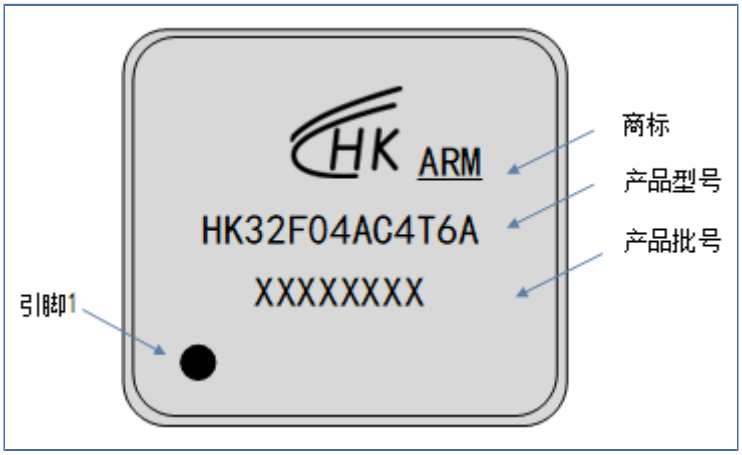


图 7-12 LQFP48 HK32F04AC4T6A丝印示例



7.2.3 LQFP32丝印

图 7-13 LQFP32 HK32F04AKBT6A丝印示例

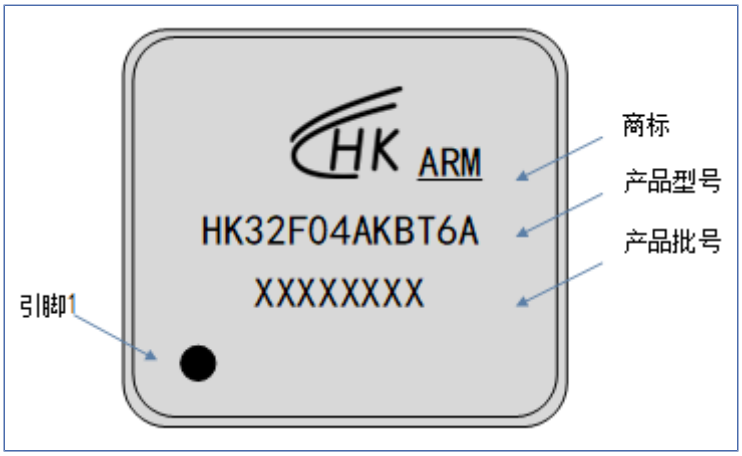


图 7-14 LQFP32 HK32F04AK8T6A丝印示例

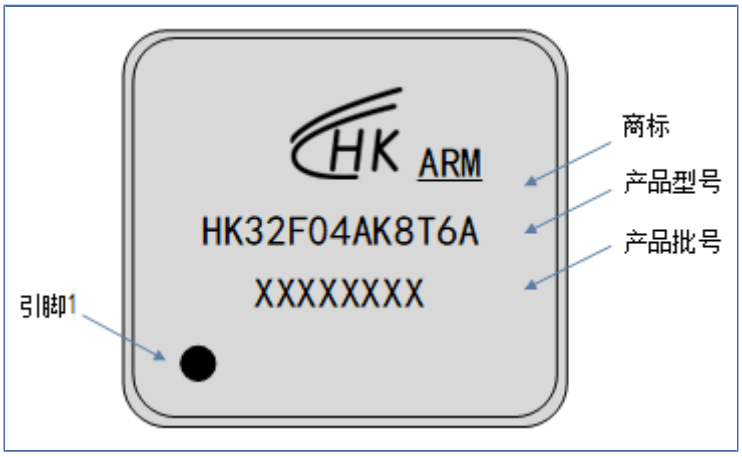


图 7-15 LQFP32 HK32F04AK6T6A丝印示例

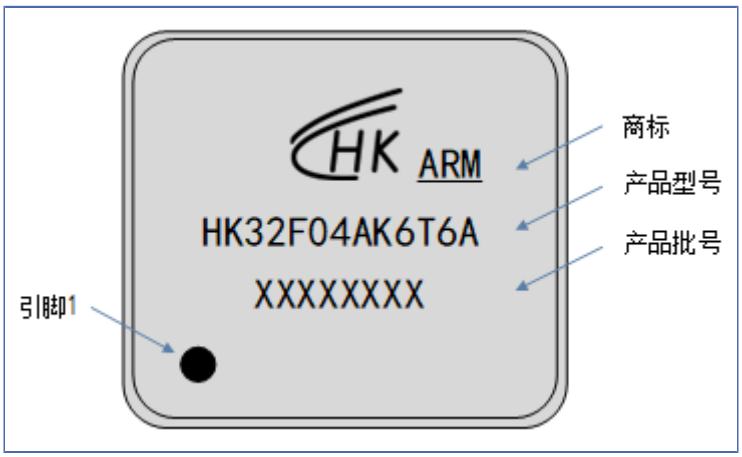
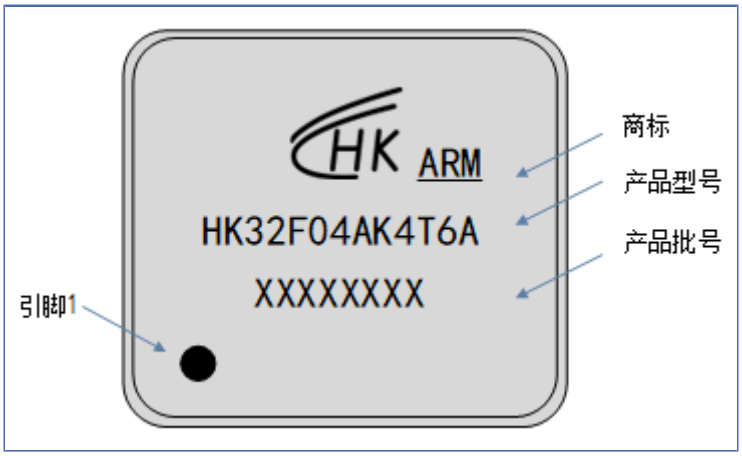


图 7-16 LQFP32 HK32F04AK4T6A丝印示例



7.2.4 TSSOP20丝印

图 7-17 TSSOP20 HK32F04AFBP6A丝印示例

图 7-18 TSSOP20 HK32F04AF8P6A丝印示例

图 7-19 TSSOP20 HK32F04AF6P6A丝印示例

图 7-20 TSSOP20 HK32F04AF4P6A丝印示例

7.2.5 QFN32丝印

图 7-21 QFN32 HK32F04AKBU6A丝印示例

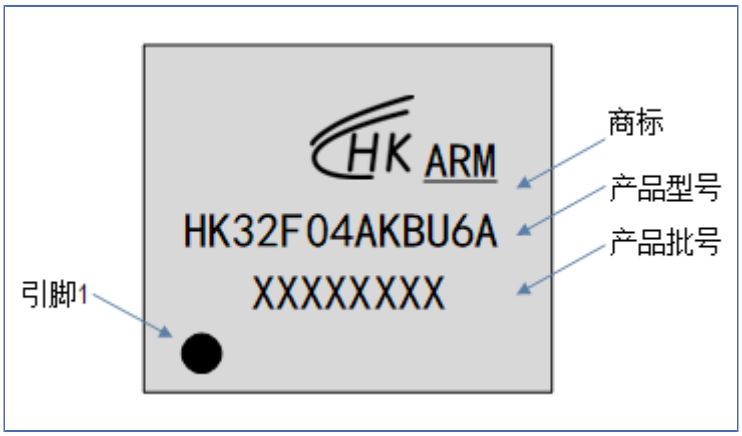


图 7-22 QFN32 HK32F04AK8U6A丝印示例

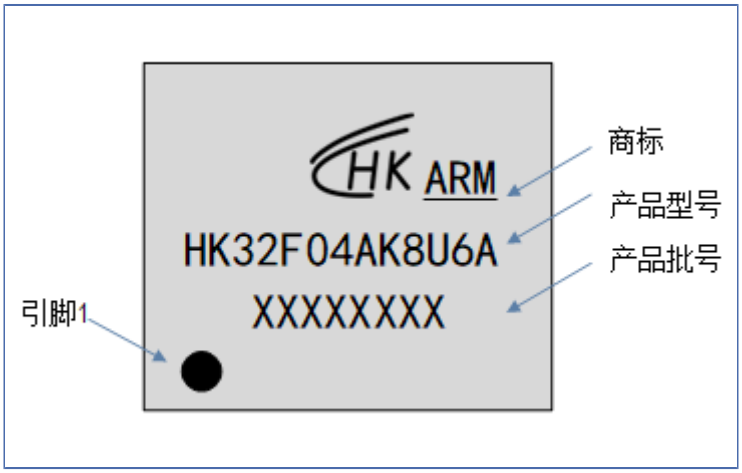


图 7-23 QFN32 HK32F04AK6U6A丝印示例

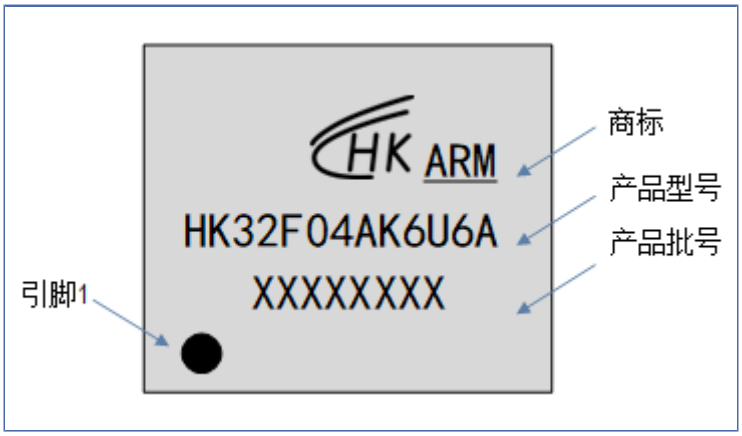
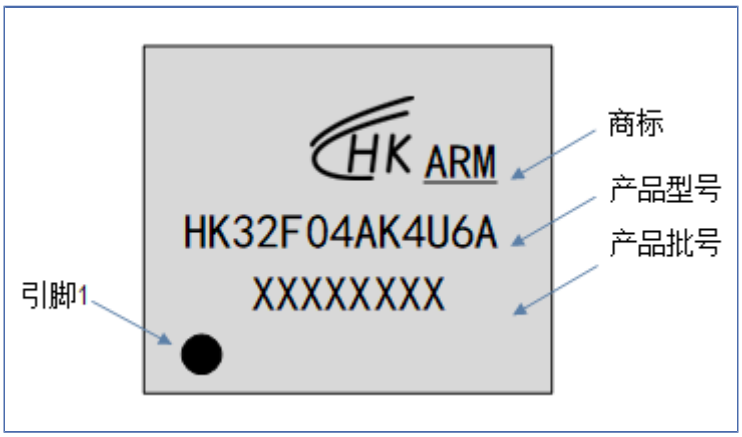


图 7-24 QFN32 HK32F04AK4U6A丝印示例



7.2.6 QFN28丝印

图 7-25 QFN28 HK32F04AGBU6A丝印示例

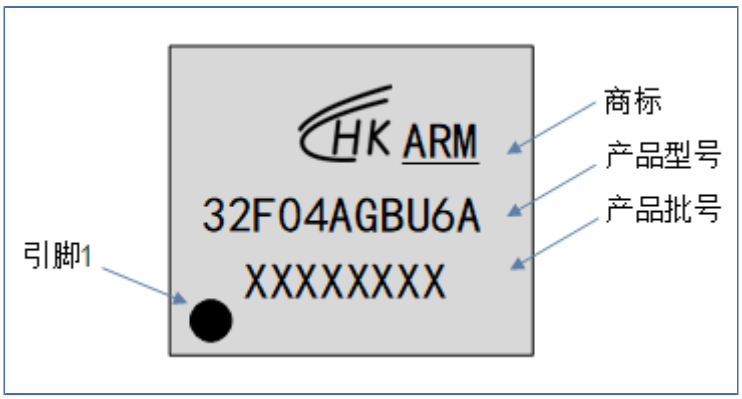


图 7-26 QFN28 HK32F04AG8U6A丝印示例

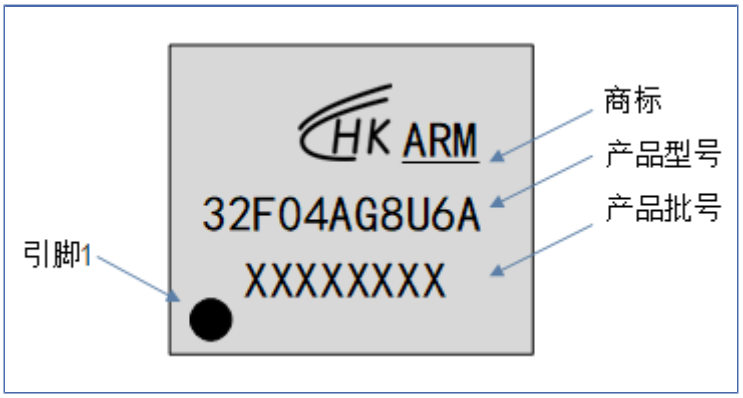


图 7-27 QFN28 HK32F04AG6U6A丝印示例

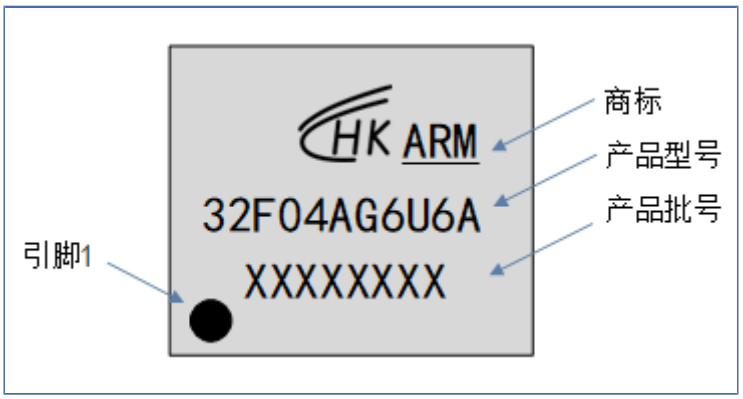
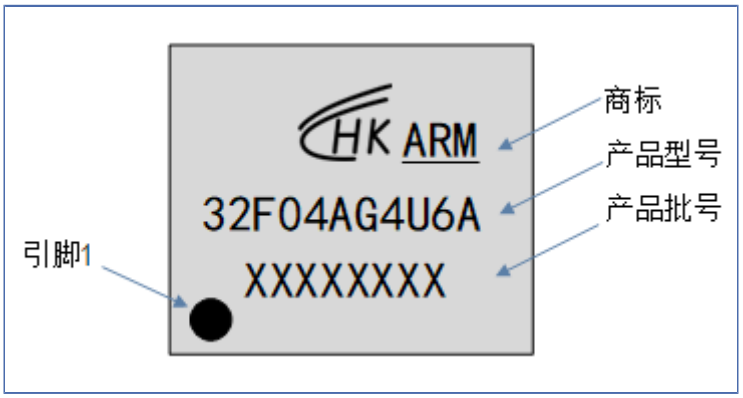


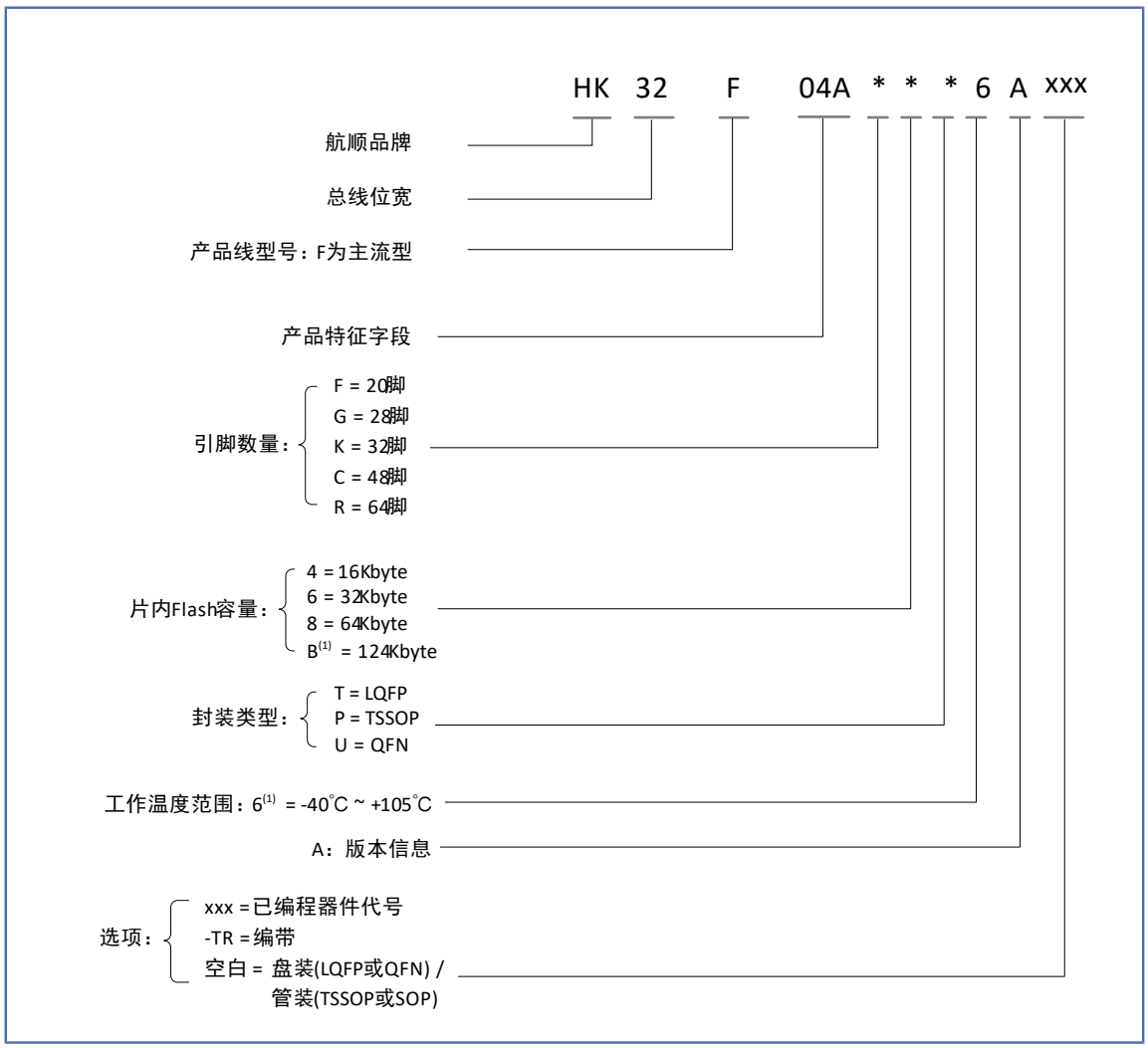
图 7-28 QFN28 HK32F04AG4U6A丝印示例



8 订货信息

8.1 订货代码

图 8-1 订货代码



说明： HK32F04AxxxxA系列芯片的订货代码根据《航顺产品命名规则V0.9》定义，与航顺最新命名规则定义有区别。

8.2 订货包装

表 8-1 产品订货包装

封装	具体型号	包装	备注
LQFP64	HK32F04ARBT6A	盘装	-
LQFP64	HK32F04ARBT6A-TR	编带	-
LQFP64	HK32F04AR8T6A	盘装	-
LQFP64	HK32F04AR8T6A-TR	编带	-

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

表 8-1 产品订货包装 (续)

封装	具体型号	包装	备注
LQFP48	HK32F04ACBT6A	盘装	-
LQFP48	HK32F04ACBT6A-TR	编带	-
LQFP48	HK32F04AC8T6A	盘装	-
LQFP48	HK32F04AC8T6A-TR	编带	-
LQFP48	HK32F04AC6T6A	盘装	-
LQFP48	HK32F04AC6T6A-TR	编带	-
LQFP48	HK32F04AC4T6A	盘装	-
LQFP48	HK32F04AC4T6A-TR	编带	-
LQFP32	HK32F04AKBT6A	盘装	-
LQFP32	HK32F04AKBT6A-TR	编带	-
LQFP32	HK32F04AK8T6A	盘装	-
LQFP32	HK32F04AK8T6A-TR	编带	-
LQFP32	HK32F04AK6T6A	盘装	-
LQFP32	HK32F04AK6T6A-TR	编带	-
LQFP32	HK32F04AK4T6A	盘装	-
LQFP32	HK32F04AK4T6A-TR	编带	-
QFN32	HK32F04AKBU6A	盘装	-
QFN32	HK32F04AKBU6A-TR	编带	-
QFN32	HK32F04AK8U6A	盘装	-
QFN32	HK32F04AK8U6A-TR	编带	-
QFN32	HK32F04AK6U6A	盘装	-
QFN32	HK32F04AK6U6A-TR	编带	-
QFN32	HK32F04AK4U6A	盘装	-
QFN32	HK32F04AK4U6A-TR	编带	-
QFN28	HK32F04AGBU6A	盘装	-
QFN28	HK32F04AGBU6A-TR	编带	-
QFN28	HK32F04AG8U6A	盘装	-
QFN28	HK32F04AG8U6A-TR	编带	-
QFN28	HK32F04AG6U6A	盘装	-
QFN28	HK32F04AG6U6A-TR	编带	-
QFN28	HK32F04AG4U6A	盘装	-

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

表 8-1 产品订货包装 (续)

封装	具体型号	包装	备注
QFN28	HK32F04AG4U6A-TR	编带	-
TSSOP20	HK32F04AFBP6A	管装	-
TSSOP20	HK32F04AFBP6A-TR	编带	-
TSSOP20	HK32F04AF8P6A	管装	-
TSSOP20	HK32F04AF8P6A-TR	编带	-
TSSOP20	HK32F04AF6P6A	管装	-
TSSOP20	HK32F04AF6P6A-TR	编带	-
TSSOP20	HK32F04AF4P6A	管装	-
TSSOP20	HK32F04AF4P6A-TR	编带	-

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

9 缩略语

缩写	全称	中文描述
ADC	Analog-to-Digital Converter	模拟数字转换器
AHB	Advanced High-Performance Bus	高级高性能总线
APB	Advanced Peripheral Bus	外围总线
AWU	Auto-Wakeup	自动唤醒
CRC	Cyclic Redundancy Check	循环冗余校验码
CSS	Clock Security System	时钟安全系统
CTS	Clear to Send	清除发送
DMA	Direct Memory Access	直接存储器访问
EXTI	Extended Interrupts and Events Controller	中断和事件控制器
FT	5V Tolerant	5V耐压
GPIO	General Purpose Input Output	通用输入输出
HSE	High Speed External（Clock Signal）	高速外部（时钟信号）
I2C	Inter-Integrated Circuit	I2C总线
I2S	Inter-IC Sound	I2S总线
IWDG	Independent Watchdog	独立看门狗
LSI	Low-Speed Internal（Clock Signal）	低速内部（时钟信号）
MCU	Microcontroller Unit	微控制单元
MSPS	Million Samples Per Second	每秒百万次采样
NVIC	Nested Vectored Interrupt Controller	嵌套矢量中断控制器
PDR	Power-Down Reset	掉电复位
PLL	Phase Locked Loop	锁相环
POR	Power-On Reset	上电复位
PPM	Parts per Million	百万分之一
PWM	Pulse Width Modulation	脉宽调制
RCC	Reset and Clock Control	复位时钟控制
RISC	Reduced Instruction Set Computing	精简指令集计算机
RTS	Request to Send	请求发送
SPI	Serial Peripheral Interface	串行外设接口
SRAM	Static Random Access Memory	静态随机存储器

版权所有@2025深圳市航顺芯片技术有限公司

缩写	全称	中文描述
SWD	Serial Wire Debug	串行线调试
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter	通用同步/异步收发器
WWDG	Window Watchdog	窗口看门狗

10 重要提示

航顺芯片和其他航顺商标均为深圳市航顺芯片技术研发有限公司的商标。本文档提及的其他商标或注册商标，由各自的所有人持有。

在未经深圳市航顺芯片技术研发有限公司同意下，不得以任何形式或途径修改本公司产品规格和数据表中的任何部分以及子部分。深圳市航顺芯片技术研发有限公司在以下方面保留权利：修改数据单和/或产品、停产任一产品或者终止服务不做通知；建议顾客获取最新版本的相关信息，在下定订单前进行核实以确保信息的及时性和完整性。所有的产品都依据订单确认时所提供的销售合同条款出售，条款内容包括保修范围、知识产权和责任范围。

深圳市航顺芯片技术研发有限公司保证在销售期间，产品的性能按照本公司的标准保修。公司认为有必要维持此项保修，会使用测试和其他质量控制技术。除了政府强制规定外，其他仪器的测量表没有必要进行特殊测试。

顾客认可本公司的产品的设计、生产的目的不涉及与生命保障相关或者用于其他危险的活动或者环境的其他系统或产品中。出现故障的产品会导致人身伤亡、财产或环境的损伤（统称高危活动）。人为在高危活动中使用本公司产品，本公司据此不作保修，并且不对顾客或者第三方负有责任。

深圳市航顺芯片技术研发有限公司将会提供与现在一样的技术支持、帮助、建议和信息，（全部包括关于购买的电路板或其他应用程序的设计，开发或调试）。特此声明，对于所有的技术支持、可销性或针对特定用途，及在支持技术无误下，电路板和其他应用程序可以操作或运行的，本公司将不作任何有关此类支持技术的担保，并对您在使用这项支持服务不负任何法律责任。

版权所有©深圳市航顺芯片技术研发有限公司2015-2025

深圳市航顺芯片技术研发有限公司

网址：http://www.hsxp-hk.com