

ARM Cortex-M0+ 32-bit MCU, 64KB Flash, 16KB SRAM, 4xU(S)ART, 2xLPUART, I2C, 2xSPI, Timers, ADC, LCD, VREFBUF, AES, 1.8-5.5V  
数据手册

## 产品特性

- 48MHz Cortex-M0+ 32-bit CPU
  - 支持单周期乘法指令
- 64KB Flash, 16KB SRAM
- 1KB OTP
- 灵活的功耗管理模式
  - $V_{BAT}$  备份电源自动切换
  - $0.95\mu A$   $V_{BAT}$  模式+RTC +备份寄存器
  - $1\mu A$  Stop 模式, CPU+SRAM 保持
  - $1.25\mu A$  Stop 模式+RTC
  - $60\mu A/MHz@48MHz$  Run 模式, 外设关闭, 在 Flash 运行程序
- 电源监测: 支持 BOR 和 PVD
- 时钟源
  - 外部高速时钟: 4~32MHz, 支持停振检测
  - 外部低速时钟: 32.768KHz, 支持停振检测
  - 内部高速时钟: 16MHz, 全温度变化小于 $\pm 2\%$
  - 内部低功耗低速时钟: 32KHz
  - PLL: 6 MHz ~ 48MHz
- 多达 57 个 I/O, 防倒灌且兼容 5V 通信, 其中高驱 I/O 可达 20mA
- 2 通道 DMA 控制器, 具备灵活映射关系
- RTC 支持闹钟、周期定时器, 校准精度可达 $\pm 0.477ppm$
- 9 个定时器
  - 3 个 16-bit 4 通道通用定时器
  - 1 个 16-bit 基本定时器
  - 2 个 16-bit 低功耗定时器, 其中 1 个支持正交编码
  - 1 个 24-bit SysTick
  - 2 个看门狗: IWDG 和 WWDG
- IRTIM 支持定时器和 U(S)ART 互联用于红外控制
- 通信接口
  - 2 个 LPUART, Stop 唤醒
  - 4 个 U(S)ART, 其中 1 个支持 ISO7816 和 SPI 主模式, 3 个 UART
  - 2 个 SPI, 主模式最高速率为 20Mbps, 从模式最高速率为 16Mbps
  - 1 个 I2C, 主从模式, 1Mbps Fm+, Stop 唤醒
- 信息安全
  - AES 算法协处理器
  - TRNG, CRC
  - TAMP 防拆和备份寄存器
- LCD 最大支持 8COM x 32SEG
  - 电荷泵模式: 驱动能力强,  $V_{LCD}$  升压可高于  $V_{DD}$  且不随  $V_{DD}$  变化,  $V_{LCD}$  多档可配置, 最高可达 5.25V
  - 片内电阻分压模式: 对比度 16 级可调, 高低驱可动态切换, 免外部电容
- 12 位 1Msps 高精度 SAR ADC, 可测量高输出阻抗信号
- 2 个超低功耗比较器, 具有 6bit DAC 比较基准, 支持轨到轨输入
- 内置参考电压源 VREFBUF, 3.0V、2.5V、2.048V, 可通过 I/O 输出
- 1 个温度传感器, 最大误差 $\pm 2^{\circ}C$
- 96-bit unique ID
- 内嵌 Bootloader: 支持 UART
- SWD 调试
- 工作条件: 1.8V~5.5V,  $-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$
- 封装形式: LQFP64/48、QFN32、SSOP24

# 声 明

本手册的版权属北京中电华大电子设计有限责任公司所有。任何未经授权对本手册进行复印、印刷、出版发行的行为，都将被视为是对北京中电华大电子设计有限责任公司版权的侵害。北京中电华大电子设计有限责任公司保留对此行为诉诸法律的权利。

北京中电华大电子设计有限责任公司保留未经通知用户对本手册内容进行修改的权利。虽然我们已经核对本手册的内容，但是差错有时候难以完全避免，所以，我们会对手册的内容进行定期的审查，并在下一版的文件中作必要的修改。建议您在最终设计前从华大电子获取本文档的最新版本。

## 目录

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 产品特性.....                                             | 1  |
| 1 简介 .....                                            | 6  |
| 2 产品描述 .....                                          | 7  |
| 3 引脚分配与功能描述 .....                                     | 9  |
| 3.1 引脚分配图 .....                                       | 9  |
| 3.2 引脚功能描述 .....                                      | 13 |
| 4 典型应用电路图 .....                                       | 26 |
| 5 电气特性 .....                                          | 30 |
| 5.1 测试条件 .....                                        | 30 |
| 5.2 最小和最大数值 .....                                     | 30 |
| 5.3 典型数值 .....                                        | 30 |
| 5.4 绝对最大额定值 .....                                     | 30 |
| 5.5 工作条件 .....                                        | 31 |
| 5.5.1 通用工作条件 .....                                    | 31 |
| 5.5.2 上电/下电的工作条件 .....                                | 32 |
| 5.5.3 内嵌复位和电源控制模块特性 .....                             | 32 |
| 5.5.4 内置参考电压 .....                                    | 33 |
| 5.5.5 供电电流特性 .....                                    | 34 |
| 5.5.6 低功耗唤醒时间 .....                                   | 35 |
| 5.5.7 外部时钟源特性 .....                                   | 36 |
| 5.5.8 内部时钟源特性 .....                                   | 38 |
| 5.5.9 PLL 特性 .....                                    | 39 |
| 5.5.10 Flash 存储器特性 .....                              | 39 |
| 5.5.11 EFT 特性 .....                                   | 39 |
| 5.5.12 ESD 特性 .....                                   | 40 |
| 5.5.13 I/O 端口特性 .....                                 | 40 |
| 5.5.14 NRST 输入特性 .....                                | 42 |
| 5.5.15 ADC 特性 .....                                   | 43 |
| 5.5.16 VREFBUF 特性 .....                               | 45 |
| 5.5.17 COMP 特性 .....                                  | 45 |
| 5.5.18 温度传感器特性 .....                                  | 46 |
| 5.5.19 V <sub>BAT</sub> 和 V <sub>DDA</sub> 检测特性 ..... | 47 |
| 5.5.20 LCD 控制器特性 .....                                | 47 |
| 5.5.21 64 级分压参考源特性 .....                              | 48 |

---

|        |                   |    |
|--------|-------------------|----|
| 5.5.22 | SPI 特性.....       | 48 |
| 6      | 封装信息 .....        | 51 |
| 6.1    | LQFP64 封装信息 ..... | 51 |
| 6.2    | LQFP48 封装信息 ..... | 52 |
| 6.3    | QFN32 封装信息 .....  | 54 |
| 6.4    | SSOP24 封装信息.....  | 55 |
| 6.5    | 丝印说明.....         | 56 |
| 7      | 订购信息 .....        | 59 |
| 8      | 版本历史 .....        | 60 |
| 9      | 联系方式 .....        | 61 |

## 表目录

|        |                                        |    |
|--------|----------------------------------------|----|
| 表 2-1  | CIU32L051 特性和外设资源统计 .....              | 7  |
| 表 3-1  | 引脚分配和功能描述.....                         | 13 |
| 表 3-2  | 端口复用功能映射.....                          | 22 |
| 表 5-1  | 电压特性 <sup>(1)</sup> .....              | 30 |
| 表 5-2  | 电流特性.....                              | 31 |
| 表 5-3  | 温度特性.....                              | 31 |
| 表 5-4  | 通用工作条件.....                            | 31 |
| 表 5-5  | 上电/下电的工作条件.....                        | 32 |
| 表 5-6  | 内嵌复位和电源控制模块特性.....                     | 32 |
| 表 5-7  | 内置参考电压.....                            | 33 |
| 表 5-8  | Run 模式工作电流 .....                       | 34 |
| 表 5-9  | Sleep 模式工作电流.....                      | 35 |
| 表 5-10 | Stop 模式工作电流 .....                      | 35 |
| 表 5-11 | V <sub>BAT</sub> 模式工作电流 .....          | 35 |
| 表 5-12 | 低功耗唤醒时间 <sup>(1)</sup> .....           | 36 |
| 表 5-13 | HXTAL 旁路模式的时钟特性 <sup>(1)</sup> .....   | 36 |
| 表 5-14 | HXTAL 外部晶体模式的时钟特性 <sup>(1)</sup> ..... | 36 |
| 表 5-15 | LXTAL 外部晶体模式的时钟特性 <sup>(1)</sup> ..... | 37 |
| 表 5-16 | 内部 RCH 时钟特性 .....                      | 38 |
| 表 5-17 | 内部 RCL 时钟特性.....                       | 38 |
| 表 5-18 | PLL 时钟特性 <sup>(1)</sup> .....          | 39 |
| 表 5-19 | Flash 存储器特性 <sup>(1)</sup> .....       | 39 |
| 表 5-20 | EFT 特性 <sup>(1)</sup> .....            | 39 |
| 表 5-21 | ESD 特性 <sup>(1)</sup> .....            | 40 |
| 表 5-22 | Latch-up 特性 <sup>(1)</sup> .....       | 40 |
| 表 5-23 | 输入特性.....                              | 40 |
| 表 5-24 | 输出特性 <sup>(1)</sup> .....              | 41 |
| 表 5-25 | AC 特性 <sup>(1)</sup> .....             | 41 |
| 表 5-26 | NRST 输入特性 <sup>(1)</sup> .....         | 42 |
| 表 5-27 | ADC 特性 <sup>(1)</sup> .....            | 43 |
| 表 5-28 | 采样时间与输入信号阻抗 <sup>(1) (2)</sup> .....   | 44 |
| 表 5-29 | ADC 精度 <sup>(1)</sup> .....            | 44 |
| 表 5-30 | VREFBUF 特性 <sup>(1)</sup> .....        | 45 |
| 表 5-31 | COMP 特性 <sup>(1)</sup> .....           | 45 |
| 表 5-32 | 温度传感器特性 <sup>(1)</sup> .....           | 46 |

|        |                                                      |    |
|--------|------------------------------------------------------|----|
| 表 5-33 | $V_{BAT}$ 和 $V_{DDA}$ 检测特性 <sup>(1)</sup> .....      | 47 |
| 表 5-34 | LCD 控制器特性 <sup>(1) (2)</sup> .....                   | 47 |
| 表 5-35 | 64 级分压参考源特性 <sup>(1)</sup> .....                     | 48 |
| 表 5-36 | SPI 特性 <sup>(1)</sup> .....                          | 48 |
| 表 6-1  | LQFP64 (7 x 7 x 1.4-0.4 mm) 封装外形尺寸数据.....            | 51 |
| 表 6-2  | LQFP48 (7x 7 x 1.4-0.5 mm) 封装外形尺寸数据.....             | 52 |
| 表 6-3  | QFN32 (4 x 4 x 0.75 - 0.4mm) 封装外形尺寸数据 .....          | 54 |
| 表 6-4  | SSOP24 (8.65 x 3.90 x 1.40 - 0.635mm) 封装外形尺寸数据 ..... | 55 |
| 表 8-1  | 版本更改履历.....                                          | 60 |

## 图目录

|       |                                                 |    |
|-------|-------------------------------------------------|----|
| 图 3-1 | CIU32L051R8T6-LQFP64 引脚分配 .....                 | 9  |
| 图 3-2 | CIU32L051C8T6-LQFP48 引脚分配 .....                 | 10 |
| 图 3-3 | CIU32L051K8U6-QFN32 引脚分配 .....                  | 11 |
| 图 3-4 | CIU32L051E8M6-SSOP24 引脚分配.....                  | 12 |
| 图 5-1 | 复位引脚推荐电路.....                                   | 43 |
| 图 5-2 | SPI 从模式时序图 (CPHA=0) <sup>(1)</sup> .....        | 49 |
| 图 5-3 | SPI 从模式时序图 (CPHA=1) <sup>(1)</sup> .....        | 49 |
| 图 5-4 | SPI 主模式时序图 <sup>(1)</sup> .....                 | 50 |
| 图 6-1 | LQFP64 (7 x 7 x 1.4-0.4 mm) 封装外形 .....          | 51 |
| 图 6-2 | LQFP48 (7 x 7 x 1.4-0.5 mm) 封装外形 .....          | 52 |
| 图 6-3 | QFN32 (4 x 4 x 0.75 - 0.4mm) 封装外形 .....         | 54 |
| 图 6-4 | SSOP24 (8.65 x 3.90 x 1.40 - 0.635mm) 封装外形..... | 55 |
| 图 6-5 | LQFP64 和 LQFP48 封装丝印信息说明 .....                  | 56 |
| 图 6-6 | QFN32 封装丝印信息说明.....                             | 57 |
| 图 6-7 | SSOP24 封装丝印信息说明 .....                           | 58 |

## 1 简介

CIU32L051 系列超低功耗安全 MCU 基于 ARM Cortex-M0+ 内核，支持 LQFP64/48、QFN32、SSOP24 等多种封装，最高频率可达 48MHz，支持独立的备份电源供电，内部集成 LCD、ADC、内部参考电压源 VREFBUF、超低功耗比较器、多个 LPUART /U(S)ART/I2C/SPI、RTC、多种定时器、AES 算法协处理器等丰富的外设资源。

CIU32L051 系列超低功耗安全 MCU 应用场景：

- 便携医疗
- 智能家居
- 智慧消防
- 其他电池供电的低功耗场景



## 2 产品描述

CIU32L051 系列超低功耗安全 MCU 具有 64Kbytes Flash、16Kbytes SRAM，以及丰富的外设资源。提供 LQFP64、LQFP48、QFN32、SSOP24 多种封装类型。根据选定的型号和封装类型，包含的外设资源存在一定差异，具体参见下表。

表 2-1 CIU32L051 特性和外设资源统计

| 外设                  |         | CIU32L051               |                      |                 |                 |
|---------------------|---------|-------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
|                     |         | R8T6                    | C8T6                 | K8U6            | E8M6            |
| 封装                  |         | LQFP64                  | LQFP48               | QFN32           | SSOP24          |
| Flash(Kbytes)       |         | 64                      |                      |                 |                 |
| SRAM(Kbytes)        |         | 16                      |                      |                 |                 |
| CPU                 |         | Cortex-M0+ 内核           |                      |                 |                 |
|                     |         | 频率最高为 48MHz             |                      |                 |                 |
| V <sub>BAT</sub> 模式 |         | √                       |                      |                 |                 |
| 定时器                 | 通用定时器   | 3（16 位）                 |                      |                 |                 |
|                     | 基本定时器   | 1（16 位）                 |                      |                 |                 |
|                     | LPTIM   | 2（16 位）                 |                      |                 |                 |
|                     | SysTick | 1                       |                      |                 |                 |
|                     | IWDG    | 1                       |                      |                 |                 |
|                     | WWDG    | 1                       |                      |                 |                 |
| 通信接口                | UART    | 3                       |                      |                 |                 |
|                     | USART   | 1（支持 ISO7816 和 SPI 主模式） |                      |                 |                 |
|                     | LPUART  | 2                       |                      |                 |                 |
|                     | SPI     | 2                       |                      |                 |                 |
|                     | I2C     | 1（支持 Stop 唤醒）           |                      |                 |                 |
| RTC                 |         | √                       |                      |                 |                 |
| TAMP 引脚             |         | 1                       | 1                    | ×               | ×               |
| AES                 |         | √                       |                      |                 |                 |
| CRC                 |         | √                       |                      |                 |                 |
| TRNG                |         | √                       |                      |                 |                 |
| GPIOs               |         | 57                      | 41                   | 28              | 19              |
| LCD<br>COM x SEG    |         | 4x36<br>6x34<br>8x32    | 4x22<br>6x20<br>8x18 | ×               | ×               |
| 12 位 ADC            |         | 15 路外部<br>+3 路内部        | 14 路外部<br>+3 路内部     | 7 路外部<br>+3 路内部 | 7 路外部<br>+3 路内部 |

| 外设          | CIU32L051 |      |      |      |
|-------------|-----------|------|------|------|
|             | R8T6      | C8T6 | K8U6 | E8M6 |
| VREFBUF     | √         |      |      |      |
| Temp Sensor | √         |      |      |      |
| COMP        | 2         |      |      |      |

### 3 引脚分配与功能描述

#### 3.1 引脚分配图

本芯片包含 LQFP64、LQFP48、QFN32、SSOP24 多种封装类型，引脚分配见下图所示。

图 3-1 CIU32L051R8T6-LQFP64 引脚分配

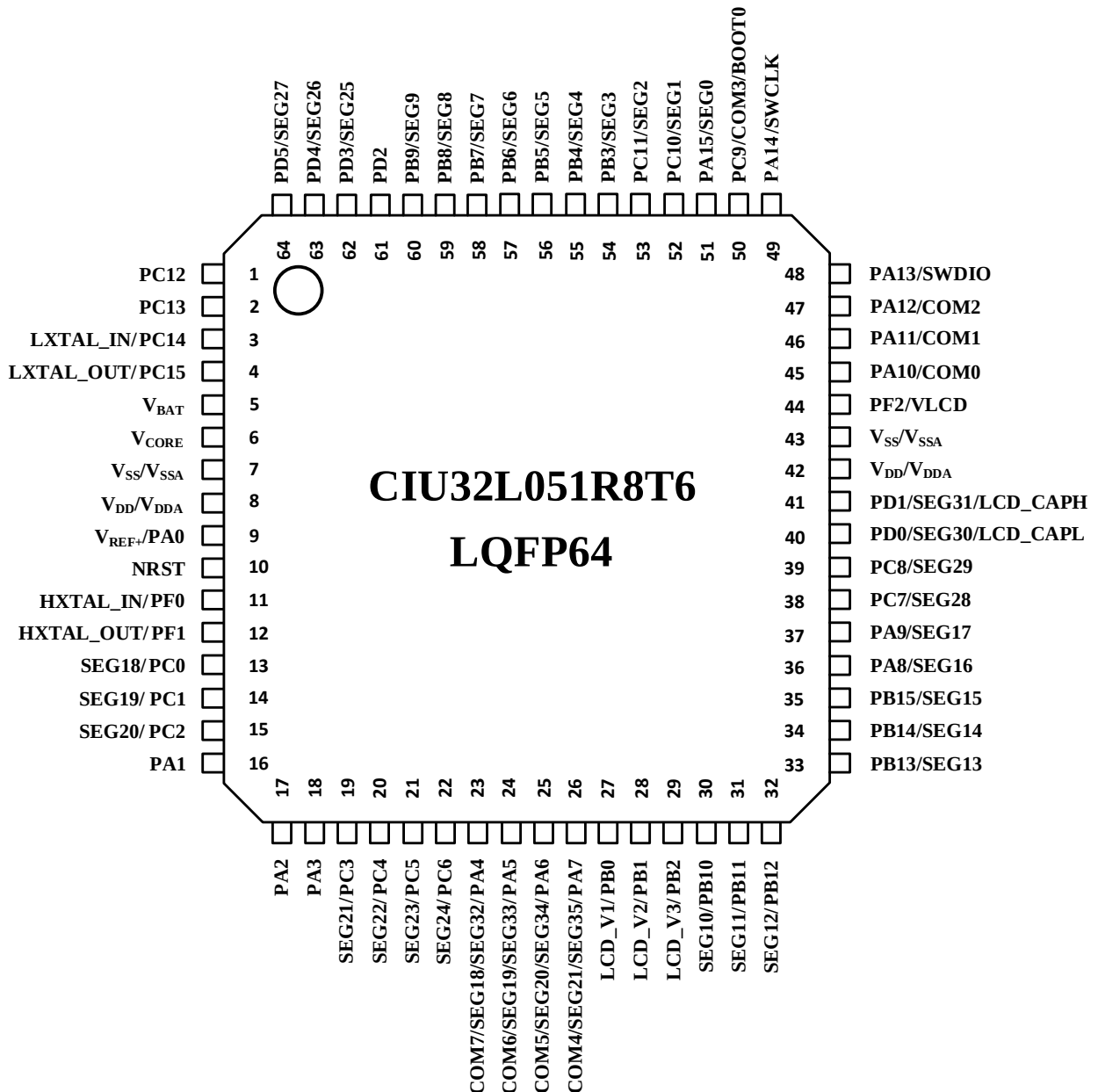


图 3-2 CIU32L051C8T6-LQFP48 引脚分配

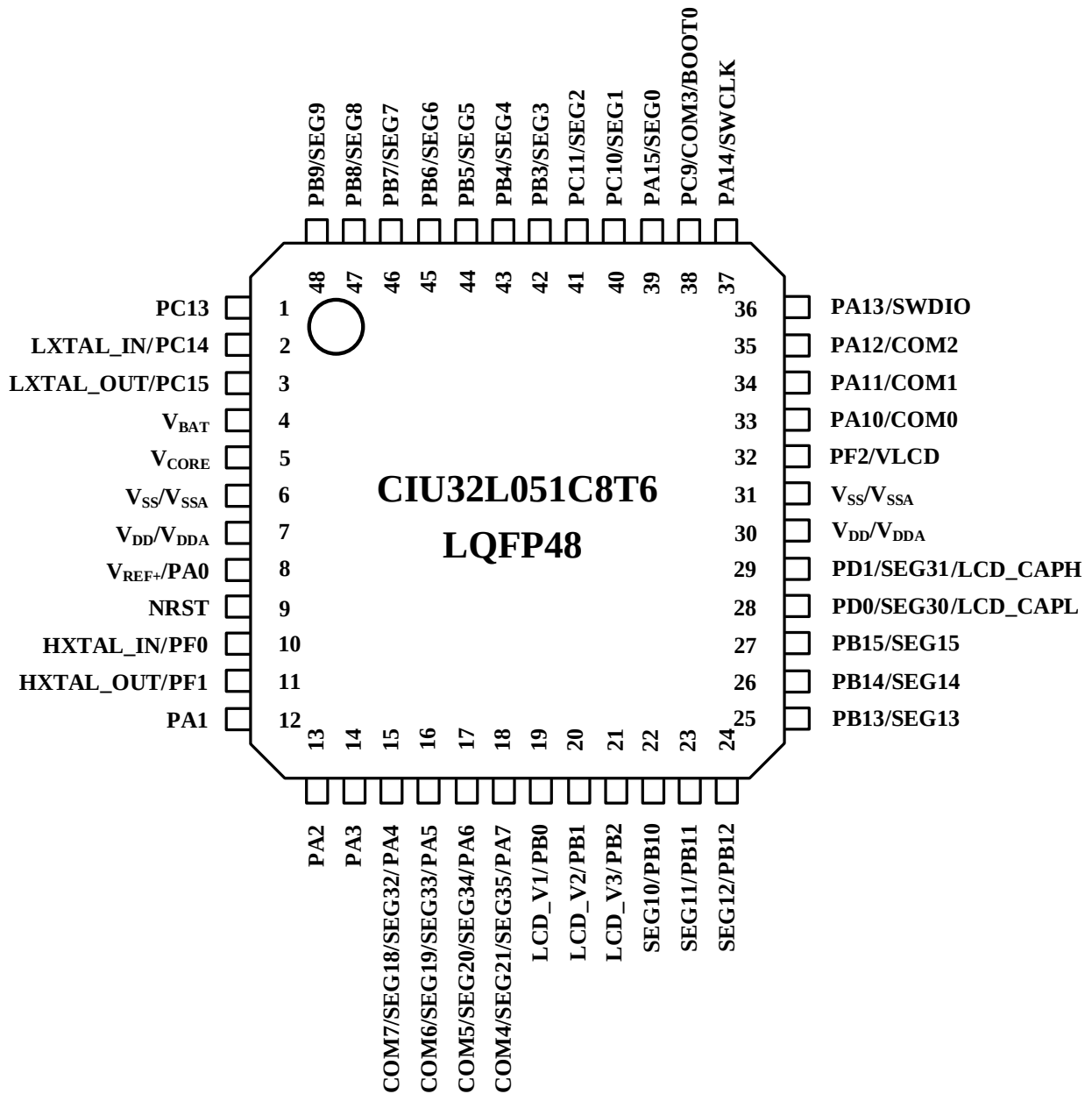
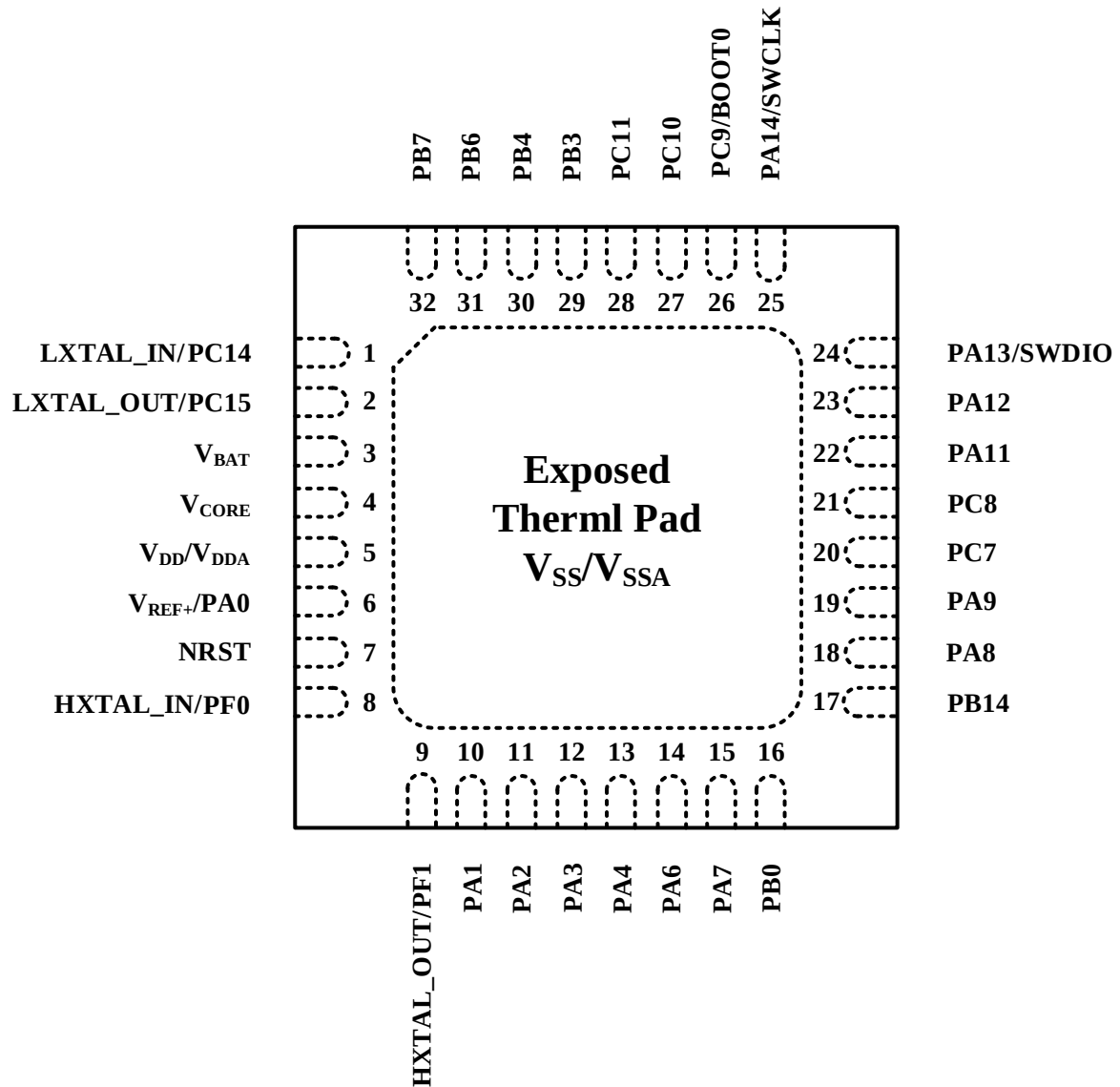
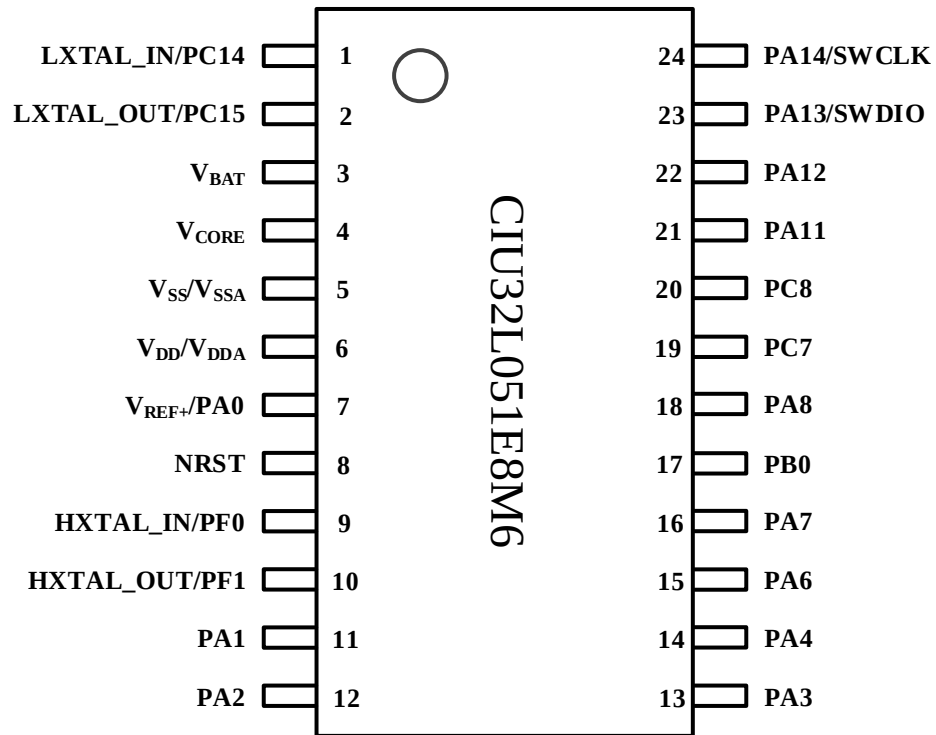


图 3-3 CIU32L051K8U6-QFN32 引脚分配



注意：对于 QFN32 封装，Exposed Thermal Pad 为 V<sub>SS</sub>/V<sub>SSA</sub>，必须连接到 PCB 的 GND。

图 3-4 CIU32L051E8M6-SSOP24 引脚分配



### 3.2 引脚功能描述

表 3-1 引脚分配和功能描述

| 引脚编号   |        |       |        | 引脚名称                              | 引脚类型 | 驱动能力 | 附加功能               | 复用功能                                                                        |
|--------|--------|-------|--------|-----------------------------------|------|------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| LQFP64 | LQFP48 | QFN32 | SSOP24 |                                   |      |      |                    |                                                                             |
| 1      | -      | -     | -      | PC12                              | I/O  | 中驱   | ADC_IN19           | UART3_TX<br>TIM5_CH3<br>TIM4_CH2<br>IR_OUT                                  |
| 2      | 1      | -     | -      | PC13                              | I/O  | 低驱   | TAMP_IN<br>RTC_OUT | -                                                                           |
| 3      | 2      | 1     | 1      | PC14                              | I/O  | 低驱   | LXTAL_IN           | -                                                                           |
| 4      | 3      | 2     | 2      | PC15                              | I/O  | 低驱   | LXTAL_OUT          | -                                                                           |
| 5      | 4      | 3     | 3      | V <sub>BAT</sub>                  | P    | -    | -                  | -                                                                           |
| 6      | 5      | 4     | 4      | V <sub>CORE</sub>                 | P    | -    | -                  | -                                                                           |
| 7      | 6      | -     | 5      | V <sub>SS</sub> /V <sub>SSA</sub> | G    | -    | -                  | -                                                                           |
| 8      | 7      | 5     | 6      | V <sub>DD</sub> /V <sub>DDA</sub> | P    | -    | -                  | -                                                                           |
| 9      | 8      | 6     | 7      | V <sub>REF</sub> +/PA0            | I/O  | 中驱   | -                  | SPI2_SCK<br>USART1_CTS<br>UART4_TX<br>LPTIM1_OUT<br>COMP1_OUT               |
| 10     | 9      | 7     | 8      | NRST                              | I    | 中驱   | NRST               | -                                                                           |
| 11     | 10     | 8     | 9      | PF0                               | I/O  | 中驱   | HXTAL_IN           | TIM5_CH3<br>UART2_TX<br>UART4_RTS<br>LPUART2_CTS<br>LPUART1_CTS<br>I2C1_SCL |
| 12     | 11     | 9     | 10     | PF1                               | I/O  | 中驱   | HXTAL_OUT          | TIM5_CH4<br>UART2_RX<br>UART4_CTS<br>LPUART2_RTS<br>LPUART1_RTS<br>I2C1_SDA |
| 13     | -      | -     | -      | PC0                               | I/O  | 中驱   | -                  | SPI2_SCK<br>TIM4_CH1<br>LCD_SEG18                                           |

| 引脚编号   |        |       |        | 引脚名称 | 引脚类型 | 驱动能力     | 附加功能                 | 复用功能                                                                       |
|--------|--------|-------|--------|------|------|----------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| LQFP64 | LQFP48 | QFN32 | SSOP24 |      |      |          |                      |                                                                            |
|        |        |       |        |      |      |          |                      | LPTIM1_OUT<br>LPUART1_TX                                                   |
| 14     | -      | -     | -      | PC1  | I/O  | 中驱       | -                    | SPI2_MISO<br>TIM4_CH2<br>LCD_SEG19<br>LPTIM1_IN2<br>LPUART1_RX<br>I2C1_SDA |
| 15     | -      | -     | -      | PC2  | I/O  | 中驱       | -                    | SPI2_MOSI<br>TIM4_CH3<br>LCD_SEG20<br>LPTIM1_IN1<br>I2C1_SCL               |
| 16     | 12     | 10    | 11     | PA1  | I/O  | 中驱       | COMP2_INP<br>ADC_IN0 | SPI1_SCK<br>USART1_RX<br>TIM4_CH4<br>UART4_RX<br>LPUART2_CTS               |
| 17     | 13     | 11    | 12     | PA2  | I/O  | 高驱<br>可配 | COMP2_INM<br>ADC_IN1 | SPI1_MOSI<br>USART1_TX<br>TIM4_CH1<br>MCO<br>LPUART1_TX<br>COMP2_OUT       |
| 18     | 14     | 12    | 13     | PA3  | I/O  | 中驱       | ADC_IN2              | SPI2_MISO<br>USART1_RTS_DE_CK<br>TIM4_CH2<br>UART4_TX<br>MCO<br>LPUART1_RX |
| 19     | -      | -     | -      | PC3  | I/O  | 中驱       | COMP1_INM            | USART1_TX<br>LCD_SEG21<br>UART3_CTS<br>LPTIM1_ETR                          |
| 20     | -      | -     | -      | PC4  | I/O  | 中驱       | COMP1_INP            | USART1_RX<br>LCD_SEG22                                                     |



| 引脚编号   |        |       |        | 引脚名称 | 引脚类型 | 驱动能力 | 附加功能                 | 复用功能                                                                                                   |
|--------|--------|-------|--------|------|------|------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LQFP64 | LQFP48 | QFN32 | SSOP24 |      |      |      |                      |                                                                                                        |
|        |        |       |        |      |      |      |                      | UART3_RTS<br>UART3_RX                                                                                  |
| 21     | -      | -     | -      | PC5  | I/O  | 中驱   | -                    | TIM3_CH1<br>USART1_RTS_DE_CK<br>LCD_SEG23<br>UART3_TX<br>LPUART1_TX                                    |
| 22     | -      | -     | -      | PC6  | I/O  | 中驱   | -                    | TIM3_CH2<br>USART1_CTS<br>LCD_SEG24<br>UART3_RX<br>LPUART1_RX                                          |
| 23     | 15     | 13    | 14     | PA4  | I/O  | 中驱   | ADC_IN3<br>COMP1_INM | SPI1_NSS<br>SPI2_MOSI<br>TIM4_CH3<br>SEG32/SEG18/COM7<br>LPUART2_TX<br>I2C1_SDA                        |
| 24     | 16     | -     | -      | PA5  | I/O  | 中驱   | ADC_IN4<br>COMP1_INP | SPI1_SCK<br>IR_OUT<br>TIM4_CH4<br>SEG33/SEG19/COM6<br>UART3_RTS<br>LPUART2_RX<br>I2C1_SCL<br>COMP1_OUT |
| 25     | 17     | 14    | 15     | PA6  | I/O  | 中驱   | ADC_IN5              | SPI1_MISO<br>TIM3_CH1<br>SEG34/SEG20/COM5<br>UART3_CTS<br>TIM5_CH1<br>LPUART1_CTS<br>LPTIM1_IN1        |
| 26     | 18     | 15    | 16     | PA7  | I/O  | 中驱   | ADC_IN6              | SPI1_MOSI<br>TIM3_CH2<br>SEG35/SEG21/COM4<br>TIM4_CH1                                                  |

| 引脚编号   |        |       |        | 引脚名称 | 引脚类型 | 驱动能力 | 附加功能                           | 复用功能                                                           |
|--------|--------|-------|--------|------|------|------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| LQFP64 | LQFP48 | QFN32 | SSOP24 |      |      |      |                                |                                                                |
|        |        |       |        |      |      |      |                                | LPTIM1_IN2<br>COMP2_OUT                                        |
| 27     | 19     | 16    | 17     | PB0  | I/O  | 中驱   | ADC_IN7<br>LCD_V1              | SPI1_NSS<br>TIM3_CH3<br>UART3_RX<br>LPTIM1_OUT<br>COMP1_OUT    |
| 28     | 20     | -     | -      | PB1  | I/O  | 中驱   | COMP1_INM<br>ADC_IN8<br>LCD_V2 | TIM3_CH4<br>UART3_RTS<br>LPUART1_RTS                           |
| 29     | 21     | -     | -      | PB2  | I/O  | 中驱   | COMP1_INP<br>ADC_IN9<br>LCD_V3 | SPI2_MISO<br>UART3_TX<br>LPTIM1_OUT                            |
| 30     | 22     | -     | -      | PB10 | I/O  | 中驱   | ADC_IN10                       | SPI2_MOSI<br>LCD_SEG10<br>UART3_TX<br>LPUART1_RX<br>COMP1_OUT  |
| 31     | 23     | -     | -      | PB11 | I/O  | 中驱   | ADC_IN11                       | SPI2_SCK<br>LCD_SEG11<br>UART3_RX<br>LPUART1_TX<br>COMP2_OUT   |
| 32     | 24     | -     | -      | PB12 | I/O  | 中驱   | ADC_IN15                       | SPI2_NSS<br>LCD_SEG12<br>LPUART1_RTS                           |
| 33     | 25     | -     | -      | PB13 | I/O  | 中驱   | ADC_IN16                       | SPI2_SCK<br>TIM4_ETR<br>LCD_SEG13<br>UART3_CTS<br>LPUART1_CTS  |
| 34     | 26     | 17    | -      | PB14 | I/O  | 中驱   | -                              | SPI2_MISO<br>LCD_SEG14<br>UART3_RTS<br>TIM4_CH1<br>LPUART2_CTS |

| 引脚编号   |        |       |        | 引脚名称 | 引脚类型 | 驱动能力 | 附加功能      | 复用功能                                                                                               |
|--------|--------|-------|--------|------|------|------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LQFP64 | LQFP48 | QFN32 | SSOP24 |      |      |      |           |                                                                                                    |
| 35     | 27     | -     | -      | PB15 | I/O  | 中驱   | -         | SPI2_MOSI<br>TIM4_CH2<br>LCD_SEG15<br>LPUART2_RTS<br>COMP1_OUT                                     |
| 36     | -      | 18    | 18     | PA8  | I/O  | 中驱   | COMP1_INP | MCO<br>SPI2_NSS<br>UART3_TX<br>LCD_SEG16<br>TIM4_CH3<br>LPTIM1_IN1<br>LPUART2_TX                   |
| 37     | -      | 19    | -      | PA9  | I/O  | 中驱   | COMP1_INM | MCO<br>USART1_CTS<br>UART3_RX<br>LCD_SEG17<br>SPI2_MISO<br>TIM4_CH4<br>LPUART2_RX<br>LPTIM1_IN2    |
| 38     | -      | 20    | 19     | PC7  | I/O  | 中驱   | -         | SPI1_NSS<br>TIM3_CH3<br>TIM4_CH3<br>LCD_SEG28<br>LPUART2_RX<br>UART3_RTS<br>I2C1_SCL               |
| 39     | -      | 21    | 20     | PC8  | I/O  | 中驱   | -         | SPI1_SCK<br>TIM3_CH4<br>TIM4_CH4<br>LCD_SEG29<br>LPUART2_TX<br>LPTIM1_OUT<br>UART3_CTS<br>I2C1_SDA |
| 40     | 28     | -     | -      | PD0  | I/O  | 中驱   | LCD_CAPL  | SPI1_MOSI<br>SPI2_NSS                                                                              |

| 引脚编号   |        |       |        | 引脚名称                              | 引脚类型 | 驱动能力 | 附加功能     | 复用功能                                                                                      |
|--------|--------|-------|--------|-----------------------------------|------|------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| LQFP64 | LQFP48 | QFN32 | SSOP24 |                                   |      |      |          |                                                                                           |
|        |        |       |        |                                   |      |      |          | TIM5_CH1<br>LCD_SEG30<br>LPTIM1_IN1<br>UART3_RX                                           |
| 41     | 29     | -     | -      | PD1                               | I/O  | 中驱   | LCD_CAPH | SPI1_MISO<br>SPI2_SCK<br>TIM5_ETR<br>LCD_SEG31<br>LPTIM1_IN2<br>UART3_TX                  |
| 42     | 30     | -     | -      | V <sub>DD</sub> /V <sub>DDA</sub> | P    | -    | -        | -                                                                                         |
| 43     | 31     | -     | -      | V <sub>SS</sub> /V <sub>SSA</sub> | G    | -    | -        | -                                                                                         |
| 44     | 32     | -     | -      | PF2                               | I/O  | 中驱   | VLCD     | SPI2_MISO<br>USART1_CTS<br>TIM4_ETR<br>TIM5_CH1<br>LPTIM1_ETR                             |
| 45     | 33     | -     | -      | PA10                              | I/O  | 中驱   | -        | SPI2_MOSI<br>USART1_RTS_DE_CK<br>TIM4_CH4<br>LCD_COM0<br>TIM5_CH2<br>TIM5_CH1<br>TIM5_CH3 |
| 46     | 34     | 22    | 21     | PA11                              | I/O  | 中驱   | -        | SPI1_MISO<br>USART1_TX<br>LCD_COM1<br>TIM5_CH3<br>TIM5_CH4<br>COMP1_OUT                   |
| 47     | 35     | 23    | 22     | PA12                              | I/O  | 中驱   | -        | SPI1_MOSI<br>USART1_RX<br>TIM4_ETR<br>LCD_COM2<br>TIM5_CH4<br>COMP2_OUT                   |

| 引脚编号   |        |       |        | 引脚名称 | 引脚类型 | 驱动能力 | 附加功能  | 复用功能                                                         |
|--------|--------|-------|--------|------|------|------|-------|--------------------------------------------------------------|
| LQFP64 | LQFP48 | QFN32 | SSOP24 |      |      |      |       |                                                              |
| 48     | 36     | 24    | 23     | PA13 | I/O  | 中驱   | -     | SWDIO<br>USART1_TX<br>IR_OUT<br>LPUART2_TX                   |
| 49     | 37     | 25    | 24     | PA14 | I/O  | 中驱   | -     | SWCLK<br>USART1_RX<br>LPUART2_RX                             |
| 50     | 38     | 26    | -      | PC9  | I/O  | 中驱   | BOOT0 | LCD_COM3                                                     |
| 51     | 39     | -     | -      | PA15 | I/O  | 中驱   | -     | SPI1_NSS<br>LCD_SEG0<br>UART4_RTS<br>UART3_RTS               |
| 52     | 40     | 27    | -      | PC10 | I/O  | 中驱   | -     | SPI2_MOSI<br>UART3_RTS<br>LCD_SEG1<br>TIM3_ETR               |
| 53     | 41     | 28    | -      | PC11 | I/O  | 中驱   | -     | SPI2_MISO<br>UART2_CTS<br>LCD_SEG2<br>LPUART2_CTS            |
| 54     | 42     | 29    | -      | PB3  | I/O  | 中驱   | -     | SPI1_SCK<br>UART2_RTS<br>TIM4_CH4<br>LCD_SEG3<br>LPUART2_RTS |
| 55     | 43     | 30    | -      | PB4  | I/O  | 中驱   | -     | SPI1_MISO<br>UART2_CTS<br>TIM3_CH1<br>LCD_SEG4<br>TIM5_ETR   |
| 56     | 44     | -     | -      | PB5  | I/O  | 中驱   | -     | SPI1_MOSI<br>TIM3_CH2<br>LCD_SEG5<br>LPTIM1_IN1<br>COMP2_OUT |
| 57     | 45     | 31    | -      | PB6  | I/O  | 中驱   | -     | UART2_TX                                                     |

| 引脚编号   |        |       |        | 引脚<br>名称 | 引脚<br>类型 | 驱动<br>能力 | 附加功能      | 复用功能                                                                                  |
|--------|--------|-------|--------|----------|----------|----------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| LQFP64 | LQFP48 | QFN32 | SSOP24 |          |          |          |           |                                                                                       |
|        |        |       |        |          |          |          |           | TIM5_CH3<br>LCD_SEG6<br>TIM5_CH2<br>LPTIM1_ETR                                        |
| 58     | 46     | 32    | -      | PB7      | I/O      | 中驱       | -         | UART2_RX<br>LCD_SEG7<br>UART4_CTS<br>LPTIM1_IN2                                       |
| 59     | 47     | -     | -      | PB8      | I/O      | 中驱       | -         | MCO<br>TIM4_ETR<br>LCD_SEG8<br>TIM5_CH1<br>I2C1_SCL                                   |
| 60     | 48     | -     | -      | PB9      | I/O      | 中驱       | -         | IR_OUT<br>LCD_SEG9<br>TIM5_CH2<br>I2C1_SDA                                            |
| 61     | -      | -     | -      | PD2      | I/O      | 高驱<br>可配 | -         | MCO<br>USART1_RTS_DE_CK<br>SPI1_NSS<br>UART2_RTS<br>LPTIM1_IN1<br>IR_OUT              |
| 62     | -      | -     | -      | PD3      | I/O      | 中驱       | -         | SPI1_SCK<br>USART1_TX<br>LCD_SEG25<br>UART2_TX<br>LPTIM1_IN2<br>TIM4_ETR<br>TIM5_ETR  |
| 63     | -      | -     | -      | PD4      | I/O      | 中驱       | COMP2_INM | SPI1_MOSI<br>UART4_TX<br>TIM5_CH4<br>LCD_SEG26<br>UART2_RX<br>LPTIM1_ETR<br>USART1_RX |

| 引脚编号   |        |       |        | 引脚<br>名称 | 引脚<br>类型 | 驱动<br>能力 | 附加功能      | 复用功能                                                                                                 |
|--------|--------|-------|--------|----------|----------|----------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LQFP64 | LQFP48 | QFN32 | SSOP24 |          |          |          |           |                                                                                                      |
|        |        |       |        |          |          |          |           | TIM4_CH3                                                                                             |
| 64     | -      | -     | -      | PD5      | I/O      | 中驱       | COMP2_INP | SPI1_MISO<br>UART4_RX<br>COMP2_OUT<br>LCD_SEG27<br>UART2_RTS<br>LPTIM1_OUT<br>USART1_CTS<br>TIM5_CH4 |

表 3-2 端口复用功能映射

| PORT | AF0       | AF1                  | AF2      | AF3                  | AF4       | AF5        | AF6         | AF7        |
|------|-----------|----------------------|----------|----------------------|-----------|------------|-------------|------------|
| PA0  | SPI2_SCK  | USART1_CTS           | -        | -                    | UART4_TX  | LPTIM1_OUT | -           | COMP1_OUT  |
| PA1  | SPI1_SCK  | USART1_RX            | TIM4_CH4 | -                    | UART4_RX  | -          | LPUART2_CTS | -          |
| PA2  | SPI1_MOSI | USART1_TX            | TIM4_CH1 | -                    | -         | MCO        | LPUART1_TX  | COMP2_OUT  |
| PA3  | SPI2_MISO | USART1_RTS_<br>DE_CK | TIM4_CH2 | -                    | UART4_TX  | MCO        | LPUART1_RX  | -          |
| PA4  | SPI1_NSS  | SPI2_MOSI            | TIM4_CH3 | SEG32/SEG18/<br>COM7 | -         | LPUART2_TX | I2C1_SDA    | -          |
| PA5  | SPI1_SCK  | IR_OUT               | TIM4_CH4 | SEG33/SEG19/<br>COM6 | UART3_RTS | LPUART2_RX | I2C1_SCL    | COMP1_OUT  |
| PA6  | SPI1_MISO | TIM3_CH1             | -        | SEG34/SEG20/<br>COM5 | UART3_CTS | TIM5_CH1   | LPUART1_CTS | LPTIM1_IN1 |
| PA7  | SPI1_MOSI | TIM3_CH2             | -        | SEG35/SEG21/<br>COM4 | TIM4_CH1  | -          | LPTIM1_IN2  | COMP2_OUT  |
| PA8  | MCO       | SPI2_NSS             | UART3_TX | LCD_SEG16            | TIM4_CH3  | LPTIM1_IN1 | LPUART2_TX  | -          |
| PA9  | MCO       | USART1_CTS           | UART3_RX | LCD_SEG17            | SPI2_MISO | TIM4_CH4   | LPUART2_RX  | LPTIM1_IN2 |
| PA10 | SPI2_MOSI | USART1_RTS_<br>DE_CK | TIM4_CH4 | LCD_COM0             | TIM5_CH2  | TIM5_CH1   | TIM5_CH3    | -          |
| PA11 | SPI1_MISO | USART1_TX            | -        | LCD_COM1             | TIM5_CH3  | -          | TIM5_CH4    | COMP1_OUT  |
| PA12 | SPI1_MOSI | USART1_RX            | TIM4_ETR | LCD_COM2             | TIM5_CH4  | -          | -           | COMP2_OUT  |
| PA13 | SWDIO     | USART1_TX            | IR_OUT   | -                    | -         | -          | -           | LPUART2_TX |
| PA14 | SWCLK     | USART1_RX            | -        | -                    | -         | -          | -           | LPUART2_RX |



| PORT | AF0       | AF1       | AF2      | AF3       | AF4       | AF5        | AF6         | AF7       |
|------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| PA15 | SPI1_NSS  | -         | -        | LCD_SEG0  | UART4_RTS | UART3_RTS  | -           | -         |
| PB0  | SPI1_NSS  | TIM3_CH3  | -        | -         | UART3_RX  | LPTIM1_OUT | -           | COMP1_OUT |
| PB1  | -         | TIM3_CH4  | -        | -         | UART3_RTS | -          | LPUART1_RTS | -         |
| PB2  | SPI2_MISO | -         | -        | -         | UART3_TX  | LPTIM1_OUT | -           | -         |
| PB3  | SPI1_SCK  | UART2_RTS | TIM4_CH4 | LCD_SEG3  | -         | -          | LPUART2_RTS | -         |
| PB4  | SPI1_MISO | UART2_CTS | TIM3_CH1 | LCD_SEG4  | -         | TIM5_ETR   | -           | -         |
| PB5  | SPI1_MOSI | -         | TIM3_CH2 | LCD_SEG5  | -         | LPTIM1_IN1 | -           | COMP2_OUT |
| PB6  | -         | UART2_TX  | TIM5_CH3 | LCD_SEG6  | TIM5_CH2  | LPTIM1_ETR | -           | -         |
| PB7  | -         | UART2_RX  | -        | LCD_SEG7  | UART4_CTS | LPTIM1_IN2 | -           | -         |
| PB8  | MCO       | -         | TIM4_ETR | LCD_SEG8  | -         | TIM5_CH1   | I2C1_SCL    | -         |
| PB9  | -         | IR_OUT    | -        | LCD_SEG9  | -         | TIM5_CH2   | I2C1_SDA    | -         |
| PB10 | SPI2_MOSI | -         | -        | LCD_SEG10 | UART3_TX  | -          | LPUART1_RX  | COMP1_OUT |
| PB11 | SPI2_SCK  | -         | -        | LCD_SEG11 | UART3_RX  | -          | LPUART1_TX  | COMP2_OUT |
| PB12 | SPI2_NSS  | -         | -        | LCD_SEG12 | -         | -          | LPUART1_RTS | -         |
| PB13 | SPI2_SCK  | TIM4_ETR  | -        | LCD_SEG13 | UART3_CTS | -          | LPUART1_CTS | -         |
| PB14 | SPI2_MISO | -         | -        | LCD_SEG14 | UART3_RTS | TIM4_CH1   | LPUART2_CTS | -         |
| PB15 | SPI2_MOSI | TIM4_CH2  | -        | LCD_SEG15 | -         | -          | LPUART2_RTS | COMP1_OUT |
| PC0  | -         | SPI2_SCK  | TIM4_CH1 | LCD_SEG18 | -         | LPTIM1_OUT | LPUART1_TX  | -         |
| PC1  | -         | SPI2_MISO | TIM4_CH2 | LCD_SEG19 | -         | LPTIM1_IN2 | LPUART1_RX  | I2C1_SDA  |
| PC2  | -         | SPI2_MOSI | TIM4_CH3 | LCD_SEG20 | -         | LPTIM1_IN1 | -           | I2C1_SCL  |
| PC3  | -         | USART1_TX | -        | LCD_SEG21 | UART3_CTS | -          | LPTIM1_ETR  | -         |

| PORT | AF0       | AF1                  | AF2                  | AF3       | AF4         | AF5        | AF6         | AF7      |
|------|-----------|----------------------|----------------------|-----------|-------------|------------|-------------|----------|
| PC4  | -         | USART1_RX            | -                    | LCD_SEG22 | UART3_RTS   | UART3_RX   | -           | -        |
| PC5  | -         | TIM3_CH1             | USART1_RTS_<br>DE_CK | LCD_SEG23 | UART3_TX    | -          | LPUART1_TX  | -        |
| PC6  | -         | TIM3_CH2             | USART1_CTS           | LCD_SEG24 | UART3_RX    | -          | LPUART1_RX  | -        |
| PC7  | SPI1_NSS  | TIM3_CH3             | TIM4_CH3             | LCD_SEG28 | LPUART2_RX  | -          | UART3_RTS   | I2C1_SCL |
| PC8  | SPI1_SCK  | TIM3_CH4             | TIM4_CH4             | LCD_SEG29 | LPUART2_TX  | LPTIM1_OUT | UART3_CTS   | I2C1_SDA |
| PC9  | -         | -                    | -                    | LCD_COM3  | -           | -          | -           | -        |
| PC10 | SPI2_MOSI | UART3_RTS            | -                    | LCD_SEG1  | TIM3_ETR    | -          | -           | -        |
| PC11 | SPI2_MISO | UART2_CTS            | -                    | LCD_SEG2  | -           | -          | LPUART2_CTS |          |
| PC12 | -         | UART3_TX             | TIM5_CH3             | -         | TIM4_CH2    | IR_OUT     | -           | -        |
| PC13 | -         | -                    | -                    | -         | -           | -          | -           | -        |
| PC14 | -         | -                    | -                    | -         | -           | -          | -           | -        |
| PC15 | -         | -                    | -                    | -         | -           | -          | -           | -        |
| PD0  | SPI1_MOSI | SPI2_NSS             | TIM5_CH1             | LCD_SEG30 | -           | LPTIM1_IN1 | -           | UART3_RX |
| PD1  | SPI1_MISO | SPI2_SCK             | TIM5_ETR             | LCD_SEG31 | -           | LPTIM1_IN2 | -           | UART3_TX |
| PD2  | MCO       | USART1_RTS_<br>DE_CK | SPI1_NSS             | -         | UART2_RTS   | LPTIM1_IN1 | -           | IR_OUT   |
| PD3  | SPI1_SCK  | USART1_TX            | -                    | LCD_SEG25 | UART2_TX    | LPTIM1_IN2 | TIM4_ETR    | TIM5_ETR |
| PD4  | SPI1_MOSI | UART4_TX             | TIM5_CH4             | LCD_SEG26 | UART2_RX    | LPTIM1_ETR | USART1_RX   | TIM4_CH3 |
| PD5  | SPI1_MISO | UART4_RX             | COMP2_OUT            | LCD_SEG27 | UART2_RTS   | LPTIM1_OUT | USART1_CTS  | TIM5_CH4 |
| PF0  | TIM5_CH3  | UART2_TX             | UART4_RTS            | -         | LPUART2_CTS | -          | LPUART1_CTS | I2C1_SCL |

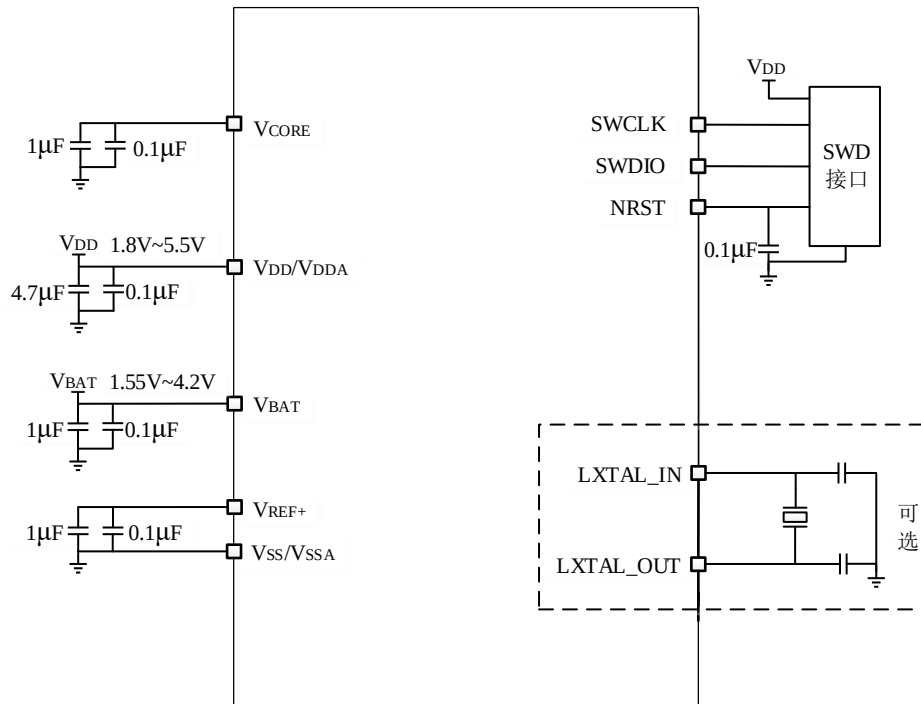


| PORT | AF0       | AF1        | AF2       | AF3 | AF4         | AF5        | AF6         | AF7      |
|------|-----------|------------|-----------|-----|-------------|------------|-------------|----------|
| PF1  | TIM5_CH4  | UART2_RX   | UART4_CTS | -   | LPUART2_RTS | -          | LPUART1_RTS | I2C1_SDA |
| PF2  | SPI2_MISO | USART1_CTS | TIM4_ETR  | -   | TIM5_CH1    | LPTIM1_ETR | -           | -        |

## 4 典型应用电路图

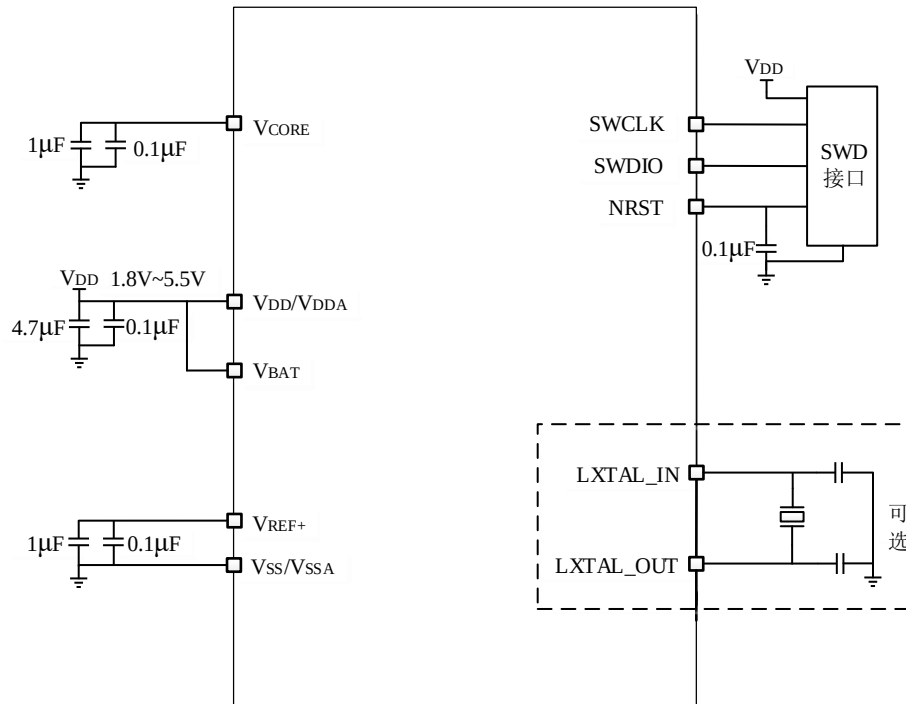
**注意：** 电路设计时，存在多个 I/O 中断的情况下，应选择在不同 EXTI 通道上的 I/O。见参考手册 EXTI 章节 EXTI I/O 选择寄存器。如：PA0,PB0,PC0... 在同一个 EXTI 通道上，PA1,PB1,PC1... 在同一个 EXTI 通道上。

### 典型应用电路示例 1：V<sub>BAT</sub> 模式，使用备份电源自动切换



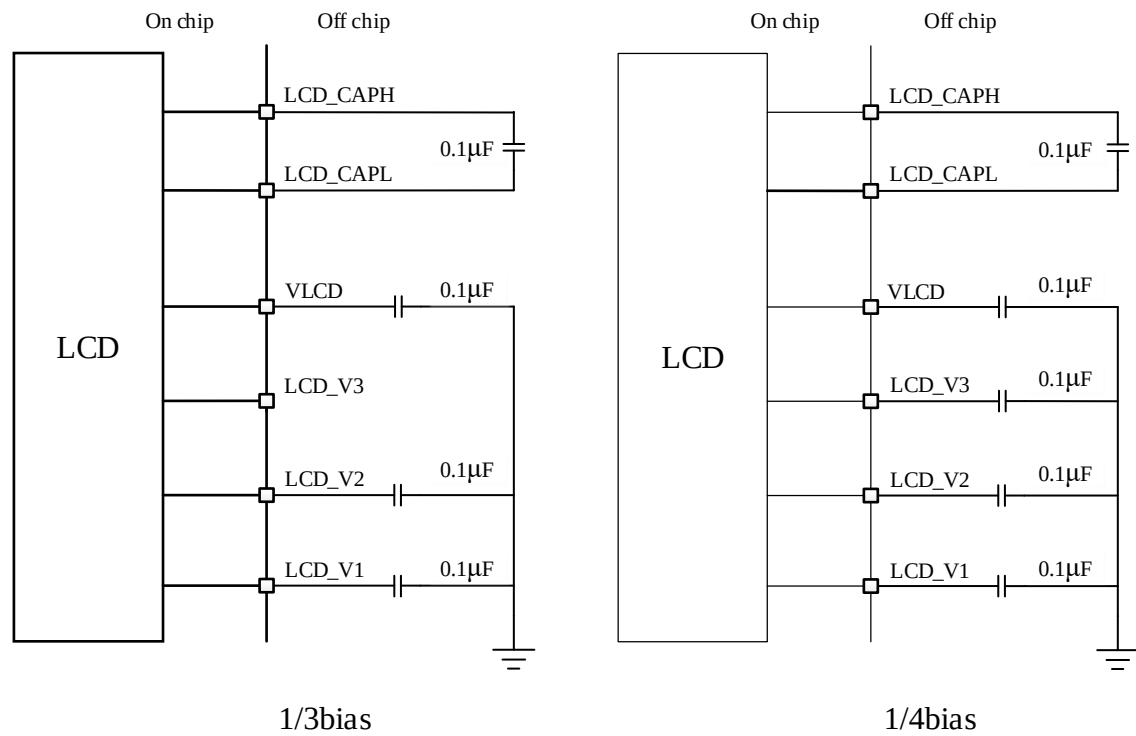
- V<sub>DD</sub> 电压范围 1.8V~5.5V;
- V<sub>BAT</sub> 由备份电源或电池供电，电压范围 1.55V~4.2V，连接 1μF+0.1μF 电容（Flash 选项字节寄存器 FLASH\_OPTR2 中 VBAT\_MODE\_EN 位需配置为 1，使能 VBAT 模式）;
- VREFBUF 使能，V<sub>REF+</sub> 引脚连接 1μF+0.1μF 电容。

## 典型应用电路示例 2：非 V<sub>BAT</sub> 模式，不使用备用电源



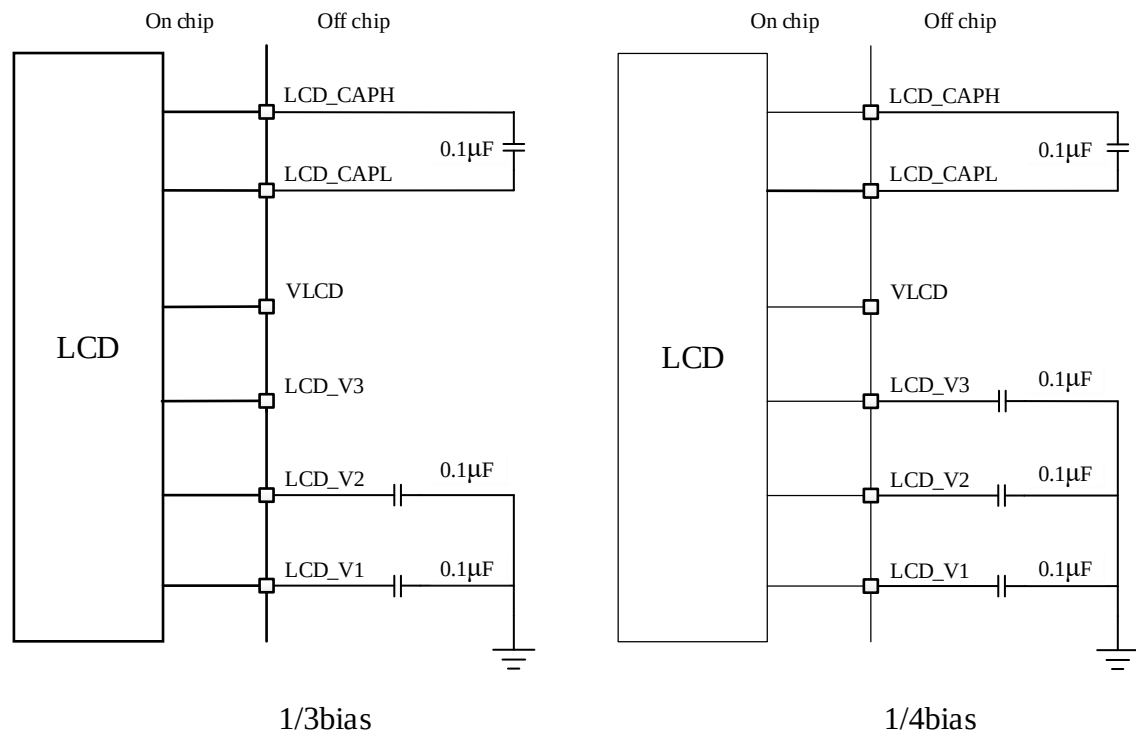
- V<sub>DD</sub> 电压范围 1.8V~5.5V；
- V<sub>BAT</sub> 与 V<sub>DD</sub>/V<sub>DDA</sub> 引脚连接，即非 V<sub>BAT</sub> 模式（Flash 选项字节寄存器 FLASH\_OPTR2 中 VBAT\_MODE\_EN 位需配置为 0，禁止 VBAT 模式）；
- VREFBUF 使能，V<sub>REF+</sub> 引脚连接 1μF+0.1μF 电容。

### 典型应用电路示例 3： LCD 电荷泵模式



- LCD 电荷泵模式：
  - 1/3bias 时 LCD\_V3 复用为 GPIO。

### 典型应用电路示例 4：LCD 片外电容分压模式



- LCD 片外电容分压模式：
  - VLCD 复用为 GPIO；
  - 1/3bias 时 LCD\_V3 复用为 GPIO。

## 5 电气特性

### 5.1 测试条件

除特别说明，所有电压均以  $V_{SS}$  为基准。

TBD 表示要定义的数据。

### 5.2 最小和最大数值

除特别说明，通过在生产线上对 100% 的产品在环境温度  $T_A=25^{\circ}\text{C}$  和  $T_A=T_{Amax}$  下执行测试（ $T_{Amax}$  与选定的温度范围匹配），所有最小和最大值可在最坏的环境温度、供电电压和时钟条件下得到保证。

在每个表格下方的注解中，说明为通过综合评估、设计模拟和/或工艺特性得到的数据，不会在生产线上进行测试；在综合评估的基础上，最小和最大数值是通过样本测试后，取其平均值再加减三倍的标准分布（平均 $\pm 3\sigma$ ）得到。

### 5.3 典型数值

除特别说明，典型数据是基于  $T_A=25^{\circ}\text{C}$  和  $V_{DD}=3.3\text{V}$ （ $1.8\text{V}\leq V_{DD}\leq 5.5\text{V}$ ）环境测试。

### 5.4 绝对最大额定值

加在器件上的载荷如果超过下表（电压、电流、温度）所给出的值，可能会导致器件永久性地损坏。这里只是给出可承受的最大载荷，并不意味在此条件下器件的功能性操作无误。器件长期工作在最大值条件下会影响器件的可靠性。

表 5-1 电压特性<sup>(1)</sup>

| 符号               | 描述                    | Min          | Max | Unit |
|------------------|-----------------------|--------------|-----|------|
| $V_{DD}-V_{SS}$  | 外部供电电压                | -0.3         | 6.5 | V    |
| $V_{DDA}-V_{SS}$ | 外部模拟供电电压              | -0.3         | 6.5 | V    |
| $V_{BAT}-V_{SS}$ | $V_{BAT}$ 供电电压        | -0.3         | 6.5 | V    |
| $V_{IN}$         | 引脚输入电压 <sup>(2)</sup> | $V_{SS}-0.3$ | 6.5 | V    |

1. 所有的电源（ $V_{DD}$ 、 $V_{DDA}$ ）和地（ $V_{SS}$ 、 $V_{SSA}$ ）引脚，必须连接到允许电压范围的外部电源。
2. 须始终遵循  $V_{IN}$  的最大值。有关允许的最大注入电流值信息，参见表：电流特性。



表 5-2 电流特性

| 符号                           | 描述                                         |                | Max  | Unit |
|------------------------------|--------------------------------------------|----------------|------|------|
| $I_{VDD/VDDA}$               | 流入 $V_{DD}/V_{DDA}$ 电源线的总电流 <sup>(1)</sup> |                | 200  | mA   |
| $I_{VSS/VSSA}$               | 流出 $V_{SS}/V_{SSA}$ 地线的总电流 <sup>(1)</sup>  |                | 200  |      |
| $I_{IO(PIN)}^{(2)}$          | I/O 和控制引脚输出灌电流                             | PC13/PC14/PC15 | 3    |      |
|                              |                                            | PA2/PD2        | 20   |      |
|                              |                                            | 其他             | 10   |      |
|                              | I/O 和控制引脚输出拉电流                             | PC13/PC14/PC15 | 3    |      |
|                              |                                            | PA2/PD2        | 20   |      |
|                              |                                            | 其他             | 10   |      |
| $I_{INJ(PIN)}^{(3)}$         | I/O 注入电流                                   |                | -5/0 |      |
| $\Sigma I_{INJ(PIN)} ^{(4)}$ | 所有I/O引脚上的总注入电流                             |                | 25   |      |

1. 所有的电源（ $V_{DD}$ 、 $V_{DDA}$ ）和地（ $V_{SS}$ 、 $V_{SSA}$ ）引脚，必须连接到允许电压范围的外部电源。
2. I/O 和控制引脚输出灌电流和拉电流分别是基于  $T_A=25^{\circ}\text{C}$  和  $V_{DD}=3.3\text{V}$ ， $V_{OL}=V_{SS}+0.5\text{V}$  和  $V_{OH}=V_{DD}-0.5\text{V}$  时的最大电流。
3. 所有 I/O 具有防倒灌功能，当  $V_{IN} > V_{DD}$  时，不会产生正向注入电流；当  $V_{IN} < V_{SS}$  时，产生的反向注入电流应限制在 5mA 以内。
4. 当多个输入同时存在注入电流时， $\Sigma|I_{INJ(PIN)}|$  的最大值等于正向注入电流和反向注入电流（瞬时值）的绝对值之和。

表 5-3 温度特性

| 符号        | 描述     | Value       | Unit               |
|-----------|--------|-------------|--------------------|
| $T_{STG}$ | 储存温度范围 | -60 ~ + 150 | $^{\circ}\text{C}$ |
| $T_J$     | 最大结温度  | 105         | $^{\circ}\text{C}$ |

## 5.5 工作条件

### 5.5.1 通用工作条件

表 5-4 通用工作条件

| 符号          | 描述           | 条件 | Min | Max | Unit |
|-------------|--------------|----|-----|-----|------|
| $f_{HCLK}$  | 内部 AHB 时钟频率  | -  | 0   | 48  | MHz  |
| $f_{PCLK1}$ | 内部 APB1 时钟频率 | -  | 0   | 48  |      |
| $f_{PCLK2}$ | 内部 APB2 时钟频率 | -  | 0   | 48  |      |

| 符号               | 描述                    | 条件                                                                               | Min  | Max | Unit |
|------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------|-----|------|
| V <sub>DD</sub>  | 数字部分工作电压              | -                                                                                | 1.8  | 5.5 | V    |
| V <sub>DDA</sub> | 模拟部分工作电压              | ADC/COMP 工作电压                                                                    | 1.8  | 5.5 |      |
|                  |                       | VREFBUF 工作电压                                                                     | 2.4  | 5.5 |      |
| V <sub>BAT</sub> | V <sub>BAT</sub> 工作电压 | 非 V <sub>BAT</sub> 模式, V <sub>BAT</sub> 与 V <sub>DD</sub> /V <sub>DDA</sub> 引脚连接 | 1.8  | 5.5 | V    |
|                  |                       | V <sub>BAT</sub> 模式, V <sub>BAT</sub> 由备份电源供电                                    | 1.55 | 4.2 | V    |
| T <sub>A</sub>   | 环境温度范围                | -                                                                                | -40  | 85  | °C   |
| T <sub>J</sub>   | 结温度范围                 | -                                                                                | -40  | 105 | °C   |

### 5.5.2 上电/下电的工作条件

表 5-5 上电/下电的工作条件

| 符号               | 描述                      | 条件                             | Min | Max | Unit |
|------------------|-------------------------|--------------------------------|-----|-----|------|
| t <sub>VDD</sub> | V <sub>DD</sub> 上电/下电速率 | V <sub>DD</sub> 上升             | 0   | ∞   | μs/V |
|                  |                         | V <sub>DD</sub> 下降: ULP_EN = 0 | 30  | ∞   |      |
|                  |                         | V <sub>DD</sub> 下降: ULP_EN = 1 | 100 | ∞   | ms/V |

### 5.5.3 内嵌复位和电源控制模块特性

表 5-6 内嵌复位和电源控制模块特性

| 符号                    | 描述                                                | 条件                 | Min <sup>(1)</sup> | Typ <sup>(2)</sup> | Max <sup>(1)</sup> | Unit |
|-----------------------|---------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
| t <sub>RSTTEMPO</sub> | V <sub>DD</sub> 上升超过 V <sub>POR</sub> 阈值后, 复位持续时间 | V <sub>DD</sub> 上升 | -                  | 110                | 260                | μs   |
| V <sub>POR</sub>      | 上电复位阈值                                            | -                  | -                  | 1.70               | -                  | V    |
| V <sub>PDR</sub>      | 掉电复位阈值                                            | -                  | -                  | 1.64               | -                  |      |
| V <sub>BOR0</sub>     | 欠压复位阈值 0                                          | V <sub>DD</sub> 上升 | 1.96               | 2.11               | 2.18               |      |
|                       |                                                   | V <sub>DD</sub> 下降 | 1.86               | 2.00               | 2.06               |      |
| V <sub>BOR1</sub>     | 欠压复位阈值 1                                          | V <sub>DD</sub> 上升 | 2.14               | 2.30               | 2.37               |      |
|                       |                                                   | V <sub>DD</sub> 下降 | 2.05               | 2.20               | 2.27               |      |
| V <sub>BOR2</sub>     | 欠压复位阈值 2                                          | V <sub>DD</sub> 上升 | 2.43               | 2.61               | 2.69               |      |
|                       |                                                   | V <sub>DD</sub> 下降 | 2.33               | 2.51               | 2.59               |      |
| V <sub>BOR3</sub>     | 欠压复位阈值 3                                          | V <sub>DD</sub> 上升 | 2.71               | 2.91               | 3.00               |      |
|                       |                                                   | V <sub>DD</sub> 下降 | 2.59               | 2.79               | 2.88               |      |

| 符号                        | 描述                                          | 条件     | Min <sup>(1)</sup> | Typ <sup>(2)</sup> | Max <sup>(1)</sup> | Unit |
|---------------------------|---------------------------------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
| V <sub>PVD0</sub>         | PVD 阈值 0                                    | 监测电压上升 | 1.96               | 2.11               | 2.18               |      |
|                           |                                             | 监测电压下降 | 1.86               | 2.00               | 2.06               |      |
| V <sub>PVD1</sub>         | PVD 阈值 1                                    | 监测电压上升 | 2.14               | 2.30               | 2.37               |      |
|                           |                                             | 监测电压下降 | 2.05               | 2.20               | 2.27               |      |
| V <sub>PVD2</sub>         | PVD 阈值 2                                    | 监测电压上升 | 2.33               | 2.51               | 2.59               |      |
|                           |                                             | 监测电压下降 | 2.22               | 2.39               | 2.47               |      |
| V <sub>PVD3</sub>         | PVD 阈值 3                                    | 监测电压上升 | 2.43               | 2.61               | 2.69               |      |
|                           |                                             | 监测电压下降 | 2.33               | 2.51               | 2.59               |      |
| V <sub>PVD4</sub>         | PVD 阈值 4                                    | 监测电压上升 | 2.52               | 2.71               | 2.80               |      |
|                           |                                             | 监测电压下降 | 2.43               | 2.61               | 2.69               |      |
| V <sub>PVD5</sub>         | PVD 阈值 5                                    | 监测电压上升 | 2.71               | 2.91               | 3.00               |      |
|                           |                                             | 监测电压下降 | 2.59               | 2.79               | 2.88               |      |
| V <sub>PVD6</sub>         | PVD 阈值 6                                    | 监测电压上升 | 2.79               | 3.00               | 3.09               |      |
|                           |                                             | 监测电压下降 | 2.71               | 2.91               | 3.00               |      |
| V <sub>PVD7</sub>         | PVD 阈值 7                                    | 监测电压上升 | 2.87               | 3.09               | 3.19               |      |
|                           |                                             | 监测电压下降 | 2.79               | 3.00               | 3.09               |      |
| V <sub>hyst_POR_PDR</sub> | V <sub>POR</sub> 和 V <sub>PDR</sub> 的迟滞电压   |        | -                  | 60                 | -                  | mV   |
| V <sub>hyst_BOR_PVD</sub> | V <sub>BORx</sub> 和 V <sub>PVDx</sub> 的迟滞电压 |        | -                  | 100                | -                  | mV   |
| I <sub>DD(BOR)</sub>      | BOR 功耗                                      |        | -                  | 0.4                | 0.6                | μA   |
| I <sub>DD(PVD)</sub>      | PVD 功耗                                      |        | -                  | 0.4                | 0.6                | μA   |

1. 设计保证，不在生产中测试。
2. 由综合评估得出。

#### 5.5.4 内置参考电压

表 5-7 内置参考电压

| 符号                                     | 描述                                     | 条件         | Min   | Typ   | Max   | Unit |
|----------------------------------------|----------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------|
| V <sub>BGR</sub>                       | 内置参考电压                                 | -40°C~85°C | 1.181 | 1.200 | 1.213 | V    |
| t <sub>START</sub> <sup>(1)</sup>      | BGR 启动时间                               | -          | -     | 10.3  | 30.2  | μs   |
| t <sub>SAMP</sub> <sup>(1)(2)</sup>    | ADC 测量内部通道 V <sub>BGR</sub> 的采样时间      | -          | 5     | -     | -     | μs   |
| t <sub>ADC_BUF</sub> <sup>(1)(2)</sup> | ADC 内部通道 V <sub>BGR</sub> Buffer 的启动时间 | -          | -     | -     | 15    | μs   |

| 符号                  | 描述     | 条件              | Min | Typ  | Max  | Unit    |
|---------------------|--------|-----------------|-----|------|------|---------|
| $I_{DD(BGR)}^{(1)}$ | BGR 功耗 | $V_{DD} = 3.3V$ | -   | 24.1 | 41.1 | $\mu A$ |

1. 设计保证，不在生产中测试。
2. 使能 ADC 内部通道  $V_{BGR}$  需等待启动稳定时间  $t_{ADC\_BUF}$ ，ADC 测量内部通道  $V_{BGR}$  的采样时间至少为  $t_{SAMP}$ 。

### 5.5.5 供电电流特性

供电电流特性是多种参数和因素的综合指标，包括工作电压、环境温度、I/O 引脚的负载、产品的软件配置、工作频率、I/O 引脚的翻转速度、程序在存储器中的位置以及执行的代码等。

微控制器处于下列条件：

- 所有的 I/O 引脚均处于模拟模式。
- 所有的外设均处于关闭状态，除特别说明。
- Flash 的读访问时间，根据  $f_{HCLK}$  的频率做相应调整（0~16MHz 时为 0 个等待周期，16~32MHz 时为 1 个等待周期，32MHz 以上时为 2 个等待周期）。
- 当开启外设时： $f_{PCLK} = f_{HCLK}$ 。

表 5-8 Run 模式工作电流

| 符号            | 描述         | 条件 <sup>(1)</sup>                   |                 |            |       | Typ  | Unit |
|---------------|------------|-------------------------------------|-----------------|------------|-------|------|------|
|               |            | 模式                                  | 时钟源             | $f_{HCLK}$ | 运行区域  |      |      |
| $I_{DD(Run)}$ | Run 模式工作电流 | 所有外设时钟 OFF，CPU 从 Flash 取指，Coremark  | RCH 时钟源，PLL off | 16MHz      | Flash | 1.65 | mA   |
|               |            |                                     | RCH 时钟源，PLL on  | 32MHz      |       | 2.4  |      |
|               |            |                                     |                 | 48MHz      |       | 2.95 |      |
|               |            | 所有外设时钟 OFF，CPU 从 Flash 取指，While (1) | RCH 时钟源，PLL off | 16MHz      | Flash | 0.95 |      |
|               |            |                                     | RCH 时钟源，PLL on  | 32MHz      |       | 1.44 |      |
|               |            |                                     |                 | 48MHz      |       | 1.8  |      |
|               |            | 所有外设时钟 ON，CPU 从 Flash 取指，While (1)  | RCH 时钟源，PLL off | 16MHz      | Flash | 1.73 |      |
|               |            |                                     | RCH 时钟源，PLL on  | 32MHz      |       | 3.05 |      |
|               |            |                                     |                 | 48MHz      |       | 4.15 |      |

1. 测试条件： $V_{DD} = 3.3V$ ， $T_A = 25^\circ C$ 。

表 5-9 Sleep 模式工作电流

| 符号                     | 描述           | 条件 <sup>(1)</sup> |                  |                   |       | Typ | Unit |
|------------------------|--------------|-------------------|------------------|-------------------|-------|-----|------|
|                        |              | 模式                | 时钟源              | f <sub>HCLK</sub> | 运行区域  |     |      |
| I <sub>DD(Sleep)</sub> | Sleep 模式工作电流 | 所有外设时钟 OFF        | RCH 时钟源, PLL off | 16MHz             | Flash | 343 | μA   |
|                        |              |                   | RCH 时钟源, PLL on  | 32MHz             |       | 594 |      |
|                        |              |                   |                  | 48MHz             |       | 788 |      |

1. 测试条件: V<sub>DD</sub> = 3.3V, T<sub>A</sub> = 25°C。

表 5-10 Stop 模式工作电流

| 符号                    | 描述          | 条件 <sup>(1)</sup>                                                           |                 | Typ  | Unit |
|-----------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------|------|------|
|                       |             | 模式                                                                          | V <sub>DD</sub> |      |      |
| I <sub>DD(Stop)</sub> | Stop 模式工作电流 | 所有外设时钟 OFF,<br>开启超低功耗 (ULP_EN=1)                                            | 1.8V            | 0.99 | μA   |
|                       |             |                                                                             | 3.3V            | 1.02 |      |
|                       |             |                                                                             | 5.5V            | 1.1  |      |
|                       |             | 使能 RTC: 时钟源 LXTAL,<br>LXTAL_DRV[1:0]=00<br>其它外设全部 OFF,<br>开启超低功耗 (ULP_EN=1) | 1.8V            | 1.2  |      |
|                       |             |                                                                             | 3.3V            | 1.25 |      |
|                       |             |                                                                             | 5.5V            | 1.48 |      |

1. 测试条件: T<sub>A</sub> = 25°C。

表 5-11 V<sub>BAT</sub> 模式工作电流

| 符号                    | 描述                      | 条件 <sup>(1)</sup>                                              |                  | Typ  | Unit |
|-----------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------|------|------|
|                       |                         | 模式                                                             | V <sub>BAT</sub> |      |      |
| I <sub>DD(VBAT)</sub> | V <sub>BAT</sub> 模式工作电流 | V <sub>BAT</sub> 模式:<br>使能 RTC, 时钟源 LXTAL<br>LXTAL_DRV[1:0]=00 | 1.8V             | 0.92 | μA   |
|                       |                         |                                                                | 3.3V             | 0.95 |      |
|                       |                         |                                                                | 4.2V             | 0.98 |      |
|                       |                         | 库存模式: 仅 V <sub>BAT</sub> 上电且 V <sub>DD</sub> 从未上过电             | 3.3V             | 10   | nA   |

1. 测试条件: T<sub>A</sub> = 25°C。

### 5.5.6 低功耗唤醒时间

唤醒时间是事件与执行用户程序的第一条指令之间的延迟时间。

表 5-12 低功耗唤醒时间<sup>(1)</sup>

| 符号            | 描述                 | 条件                                    | Typ  | Unit          |
|---------------|--------------------|---------------------------------------|------|---------------|
| $t_{WUSLEEP}$ | Sleep 模式唤醒时间       | 程序运行在 Flash 区域;<br>HCLK = RCH = 16MHz | 12   | CPU<br>cycles |
| $t_{WUSTOP}$  | Stop 模式的事件唤醒<br>时间 | 程序运行在 Flash 区域;<br>HCLK = RCH = 16MHz | 17.3 | $\mu s$       |

1. 由综合评估得出。

### 5.5.7 外部时钟源特性

#### HXTAL 旁路模式

表 5-13 HXTAL 旁路模式的时钟特性<sup>(1)</sup>

| 符号           | 描述                | Min      | Typ | Max      | Unit |
|--------------|-------------------|----------|-----|----------|------|
| $f_{HXTAL}$  | 外部高速时钟（HXTAL）频率   | -        | -   | 48       | MHz  |
| $V_{HXTALH}$ | HXTAL_IN 输入引脚的高电压 | 1.05     | -   | $V_{DD}$ | V    |
| $V_{HXTALL}$ | HXTAL_IN 输入引脚的低电压 | $V_{SS}$ | -   | 0.45     |      |

1. 由综合评估得出。

#### HXTAL 外部晶体模式

外部高速时钟（HXTAL）可以使用一个 4~32MHz 的晶体/陶瓷谐振器构成的振荡器产生。本节中所给出的信息是基于使用下表中列出的典型外部元器件，通过综合特性评估得到的结果。在应用中，谐振器和负载电容必须尽可能地靠近振荡器的引脚，以减小输出失真和启动稳定时间。有关晶体谐振器的详细参数（频率、封装、精度等），请咨询相应的生产厂商。

表 5-14 HXTAL 外部晶体模式的时钟特性<sup>(1)</sup>

| 符号                    | 描述         | 条件 | Min | Typ  | Max  | Unit       |
|-----------------------|------------|----|-----|------|------|------------|
| $f_{HXTAL}$           | 晶体频率       | -  | 4   | -    | 32   | MHz        |
| $I_{DD\_HXTAL}^{(2)}$ | HXTAL 电流功耗 | 低驱 | -   | 0.28 | -    | mA         |
|                       |            | 中低 | -   | 0.68 | -    |            |
|                       |            | 中高 | -   | 1.18 | -    |            |
|                       |            | 高驱 | -   | 1.55 | -    |            |
| $R_F$                 | 反馈电阻       | -  | -   | 600  | -    | k $\Omega$ |
| $G_{mcrit}^{(3)}$     | 最大起振跨导     | 低驱 | -   | -    | 0.55 | mA/V       |
|                       |            | 中低 | -   | -    | 1.53 |            |

| 符号                      | 描述     | 条件                       | Min | Typ | Max  | Unit    |
|-------------------------|--------|--------------------------|-----|-----|------|---------|
|                         |        | 中高                       | -   | -   | 3.07 |         |
|                         |        | 高驱                       | -   | -   | 3.43 |         |
| $t_{SU}+t_{STAB}^{(4)}$ | 启动稳定时间 | 高驱<br>CL = 10pF<br>@8MHz | -   | 600 | -    | $\mu s$ |

1. 设计保证，不在生产中测试。
2. 测试晶体条件：VDD = 3.3V，CL = 10pF@8MHz。
3. 芯片所支持外部晶体谐振器的最大起振跨导。
4.  $t_{SU}+t_{STAB}$  是从 HXTAL 软件使能开始，直至晶体谐振器振荡稳定的持续时间。这个数值是在一个 8MHz 标准的晶体谐振器上测量得到，它可能因晶体制造商和型号的不同而发生显著变化。

### LXTAL 外部晶体模式

外部低速时钟（LXTAL）可以使用一个 32.768KHz 的晶体/陶瓷谐振器构成的振荡器产生。本节中所给出的信息是基于使用下表中列出的典型外部元器件，通过综合特性评估得到的结果。在应用中，谐振器和负载电容必须尽可能地靠近振荡器引脚，以减小输出失真和启动稳定时间。有关晶体谐振器的详细参数（频率、封装、精度等），请咨询相应的生产厂商。

表 5-15 LXTAL 外部晶体模式的时钟特性<sup>(1)</sup>

| 符号                | 描述       | 条件 | Min | Typ    | Max  | Unit       |
|-------------------|----------|----|-----|--------|------|------------|
| $f_{LXTAL}$       | 晶体频率     | -  | -   | 32.768 | -    | KHz        |
| $I_{DD\_LXTAL}$   | 普通模式电流功耗 | 低驱 | -   | 170    | -    | nA         |
|                   |          | 中低 | -   | 200    | -    |            |
|                   |          | 中高 | -   | 230    | -    |            |
|                   |          | 高驱 | -   | 260    | -    |            |
|                   | 增强模式电流功耗 | 低驱 | -   | 240    | -    |            |
|                   |          | 中低 | -   | 275    | -    |            |
|                   |          | 中高 | -   | 315    | -    |            |
|                   |          | 高驱 | -   | 370    | -    |            |
| $R_F$             | 反馈电阻     | -  | -   | 10.8   | -    | M $\Omega$ |
| $G_{mcrit}^{(2)}$ | 最大起振跨导   | 低驱 | -   | -      | 1.18 | $\mu A/V$  |
|                   |          | 中低 | -   | -      | 3.04 |            |
|                   |          | 中高 | -   | -      | 4.73 |            |
|                   |          | 高驱 | -   | -      | 7.60 |            |

| 符号                        | 描述     | 条件                                  | Min | Typ | Max | Unit |
|---------------------------|--------|-------------------------------------|-----|-----|-----|------|
| $t_{SU} + t_{STAB}^{(3)}$ | 启动稳定时间 | 高驱<br>$CL = 12.5pF$<br>$@32.768KHz$ | -   | 300 | -   | ms   |

1. 设计保证，不在生产中测试。
2. 芯片所支持外部晶体谐振器的最大起振跨导。
3.  $t_{SU} + t_{STAB}$  是从 LXTAL 软件使能开始，到晶体谐振器振荡稳定的持续时间。这个数值是在一个 32.768KHz 标准的晶体谐振器上测量得到，它可能因晶体制造商和型号的不同而发生显著变化。

### 5.5.8 内部时钟源特性

#### RCH (16MHz)

表 5-16 内部 RCH 时钟特性

| 符号                    | 描述         | 条件                                                               | Min | Typ  | Max | Unit    |
|-----------------------|------------|------------------------------------------------------------------|-----|------|-----|---------|
| $f_{RCH}$             | 振荡频率       | -                                                                | -   | 16   | -   | MHz     |
| $I_{DD\_RCH}^{(1)}$   | RCH 电流功耗   | -                                                                | -   | 96   | 106 | $\mu A$ |
| $\Delta Temp_{(RCH)}$ | RCH 频率温度漂移 | $V_{DD}=1.8V \sim 5.5V$<br>$T_A = -40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$ | -2  | -    | 2   | %       |
| $Duty_{(RCH)}^{(2)}$  | 占空比        | -                                                                | 45  | -    | 55  | %       |
| $t_{SU(RCH)}^{(2)}$   | 启动时间       | -                                                                | -   | 0.97 | -   | $\mu s$ |
| $t_{STAB(RCH)}^{(2)}$ | 稳定时间       | -                                                                | -   | 0.31 | -   | $\mu s$ |

1. 由综合评估得出。
2. 设计保证，不在生产中测试。

#### RCL (32KHz)

表 5-17 内部 RCL 时钟特性

| 符号                                  | 描述       | 条件                                                               | Min  | Typ | Max  | Unit    |
|-------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------|------|-----|------|---------|
| $f_{RCL}$                           | 振荡频率     | $V_{DD}=1.8V \sim 5.5V$<br>$T_A = -40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$ | 28.2 | 32  | 35.1 | KHz     |
| $I_{DD\_RCL}^{(1)}$                 | RCL 电流功耗 | -                                                                | -    | 135 | -    | nA      |
| $Duty^{(2)}$                        | 占空比      | -                                                                | 47   | -   | 53   | %       |
| $t_{SU(RCL)} + t_{STAB(RCL)}^{(2)}$ | 启动稳定时间   | -                                                                | -    | 134 | -    | $\mu s$ |

1. 由综合评估得出。
2. 设计保证，不在生产中测试。



### 5.5.9 PLL 特性

表 5-18 PLL 时钟特性<sup>(1)</sup>

| 符号                 | 描述          | 条件 | Min | Typ | Max | Unit    |
|--------------------|-------------|----|-----|-----|-----|---------|
| $f_{PLL\_IN}$      | PLL 输入时钟    | -  | 4   | -   | 32  | MHz     |
| $Duty_{(PLL\_IN)}$ | PLL 输入时钟占空比 | -  | 45  | -   | 55  | %       |
| $f_{PLL\_OUT}$     | PLL 输出时钟    | -  | 6   | -   | 48  | MHz     |
| $Duty_{PLL\_OUT}$  | PLL 输出时钟占空比 | -  | 45  | -   | 55  | %       |
| $t_{LOCK}$         | 锁定时间        | -  | -   | 34  | 50  | $\mu s$ |

1. 设计保证，不在生产中测试。

### 5.5.10 Flash 存储器特性

表 5-19 Flash 存储器特性<sup>(1)</sup>

| 符号            | 描述          | 条件                                    | Min    | Typ  | Max | Unit    |
|---------------|-------------|---------------------------------------|--------|------|-----|---------|
| $t_{PROG}$    | 编程时间（字）     | -                                     | -      | 50   | -   | $\mu s$ |
|               | 快速编程（64 个字） | -                                     | -      | 1.97 | -   | ms      |
| $t_{ERASE}$   | 擦除时间        | 页擦除                                   | -      | 2.5  | -   | ms      |
|               |             | 批量擦除                                  | -      | 35   | -   | ms      |
| $EC_{Flash}$  | 擦写次数        | $T_A = -40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$ | 50000  | -    | -   | cycles  |
|               |             | $T_A = 25^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$  | 100000 | -    | -   |         |
| $RET_{Flash}$ | 数据保存期限      | $T_A = 85^{\circ}C$                   | 25     | -    | -   | years   |

1. 由综合评估得出。

### 5.5.11 EFT 特性

表 5-20 EFT 特性<sup>(1)</sup>

| 符号         | 描述                                           | 条件                                      | 级别/类型 |
|------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|-------|
| $V_{EFTB}$ | 在 $V_{DD}$ 和 $V_{SS}$ 上施加的，导致功能错误的瞬变脉冲群电压极限。 | $T_A = 25^{\circ}C$<br>符合 IEC 61000-4-4 | 5A    |

1. 由综合评估得出。

### 5.5.12 ESD 特性

表 5-21 ESD 特性<sup>(1)</sup>

| 符号             | 描述     | 条件                                                             | Min | Typ        | Max | Unit |
|----------------|--------|----------------------------------------------------------------|-----|------------|-----|------|
| $V_{ESD(HBM)}$ | 人体模型   | $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$<br>符合ESDA/JEDEC JS-001-2017 | -   | $\pm 6000$ | -   | V    |
| $V_{ESD(CDM)}$ | 带电设备模型 | $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$<br>符合ESDA/JEDEC JS-002-2018 | -   | $\pm 2000$ | -   |      |
| $V_{ESD(MM)}$  | 机械模型   | $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$<br>符合 JESD22-A115C          | -   | $\pm 300$  | -   |      |

1. 由综合评估得出。

表 5-22 Latch-up 特性<sup>(1)</sup>

| 符号             | 描述          | 条件                                                | Min | Typ       | Max | Unit |
|----------------|-------------|---------------------------------------------------|-----|-----------|-----|------|
| $I_{Latch-up}$ | Latch-up 电流 | $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$<br>符合 JEDEC78E | -   | $\pm 400$ | -   | mA   |

1. 由综合评估得出。

### 5.5.13 I/O 端口特性

表 5-23 输入特性

| 符号              | 描述             | 条件                | Min         | Typ | Max         | Unit       |
|-----------------|----------------|-------------------|-------------|-----|-------------|------------|
| $V_{IL}^{(1)}$  | 输入低电压          | PC13/PC14/PC15    | -           | -   | $0.3V_{DD}$ | V          |
|                 |                | PA2/PD2           | -           | -   | $0.3V_{DD}$ |            |
|                 |                | 其他                | -           | -   | $0.3V_{DD}$ |            |
| $V_{IH}^{(1)}$  | 输入高电压          | PC13/PC14/PC15    | $0.7V_{DD}$ | -   | -           | V          |
|                 |                | PA2/PD2           | $0.7V_{DD}$ | -   | -           |            |
|                 |                | 其他                | $0.7V_{DD}$ | -   | -           |            |
| $V_{hys}^{(1)}$ | 施密特触发器<br>电压迟滞 | PC13/PC14/PC15    | -           | 200 | -           | mV         |
|                 |                | PA2/PD2           | -           |     | -           |            |
|                 |                | 其他                | -           |     | -           |            |
| $I_{lk}^{(1)}$  | 输入漏电流          | PC13/PC14/PC15    | -           | 2   | -           | nA         |
|                 |                | PA2/PD2           | -           |     | -           |            |
|                 |                | 其他                | -           |     | -           |            |
| $R_{PU}^{(2)}$  | 弱上拉等效电阻        | $V_{IN} = V_{SS}$ | 20          | 37  | 60          | k $\Omega$ |
| $R_{PD}^{(2)}$  | 弱下拉等效电阻        | $V_{IN} = V_{DD}$ | 20          | 37  | 60          | k $\Omega$ |

| 符号             | 描述       | 条件             | Min | Typ  | Max | Unit |
|----------------|----------|----------------|-----|------|-----|------|
| $C_{IO}^{(2)}$ | I/O 引脚电容 | PC13/PC14/PC15 | -   | 1.22 | -   | pF   |
|                |          | PA2/PD2        | -   | 1.85 | -   |      |
|                |          | 其他             | -   | 1.30 | -   |      |

1. 由综合评估得出。
2. 设计保证，不在生产中测试。

**表 5-24 输出特性<sup>(1)</sup>**

| 符号             | 描述    | 条件                                                      | Min | Typ  | Max | Unit |
|----------------|-------|---------------------------------------------------------|-----|------|-----|------|
| $V_{OL}^{(1)}$ | 输出低电压 | PC13/PC14/PC15<br>$ I_{IO}  = 1.5mA$<br>$V_{DD} = 3.3V$ | -   | 0.18 | -   | V    |
|                |       | PA2/PD2<br>$ I_{IO}  = 10mA$<br>$V_{DD} = 3.3V$         | -   | 0.26 | -   |      |
|                |       | 其他<br>$ I_{IO}  = 5mA$<br>$V_{DD} = 3.3V$               | -   | 0.25 | -   |      |
| $V_{OH}^{(2)}$ | 输出高电压 | PC13/PC14/PC15<br>$ I_{IO}  = 1.5mA$<br>$V_{DD} = 3.3V$ | -   | 3.08 | -   |      |
|                |       | PA2/PD2<br>$ I_{IO}  = 10mA$<br>$V_{DD} = 3.3V$         | -   | 3.04 | -   |      |
|                |       | 其他<br>$ I_{IO}  = 5mA$<br>$V_{DD} = 3.3V$               | -   | 3.05 | -   |      |

1. 由综合评估得出。
2.  $I_{IO}$  灌电流必须始终遵循 [表：电流特性](#)，所列的绝对最大额定值， $I_{IO}$ （I/O 端口和控制引脚）的总和不得超过  $I_{VSS/VSSA}$ 。
3.  $I_{IO}$  拉电流必须始终遵循 [表：电流特性](#)，所列的绝对最大额定值， $I_{IO}$ （I/O 端口和控制引脚）的总和不得超过  $I_{VDD/VDDA}$ 。

**表 5-25 AC 特性<sup>(1)</sup>**

| 符号        | 描述     | 条件                                      | Min | Max   | Unit |
|-----------|--------|-----------------------------------------|-----|-------|------|
| $f_{MAX}$ | 最大输出频率 | $C=50pF$ , $1.8V \leq V_{DD} < 2.7V$    | -   | 10    |      |
|           |        | $C=50pF$ , $2.7V \leq V_{DD} \leq 5.5V$ | -   | 20    |      |
|           |        | $C=30pF$ , $1.8V \leq V_{DD} < 2.7V$    | -   | 16    |      |
|           |        | $C=30pF$ , $2.7V \leq V_{DD} \leq 5.5V$ | -   | 32    |      |
| $T_r$     | 上升时间   | $C=50pF$ , $1.8V \leq V_{DD} < 2.7V$    | -   | 24.71 | ns   |

| 符号    | 描述   | 条件                                                                  | Min | Max   | Unit |
|-------|------|---------------------------------------------------------------------|-----|-------|------|
|       |      | $C=50\text{pF}$ , $2.7\text{V} \leq V_{\text{DD}} \leq 5.5\text{V}$ | -   | 14.81 |      |
|       |      | $C=30\text{pF}$ , $1.8\text{V} \leq V_{\text{DD}} < 2.7\text{V}$    |     | 16.72 |      |
|       |      | $C=30\text{pF}$ , $2.7\text{V} \leq V_{\text{DD}} \leq 5.5\text{V}$ | -   | 10.07 |      |
| $T_f$ | 下降时间 | $C=50\text{pF}$ , $1.8\text{V} \leq V_{\text{DD}} < 2.7\text{V}$    | -   | 27.82 | ns   |
|       |      | $C=50\text{pF}$ , $2.7\text{V} \leq V_{\text{DD}} \leq 5.5\text{V}$ | -   | 17.15 |      |
|       |      | $C=30\text{pF}$ , $1.8\text{V} \leq V_{\text{DD}} < 2.7\text{V}$    | -   | 18.37 |      |
|       |      | $C=30\text{pF}$ , $2.7\text{V} \leq V_{\text{DD}} \leq 5.5\text{V}$ | -   | 11.25 |      |

1. 设计保证，不在生产中测试。

#### 5.5.14 NRST 输入特性

NRST 引脚内部连接了一个不可断开的内部上拉电阻，无需外接上拉电阻。

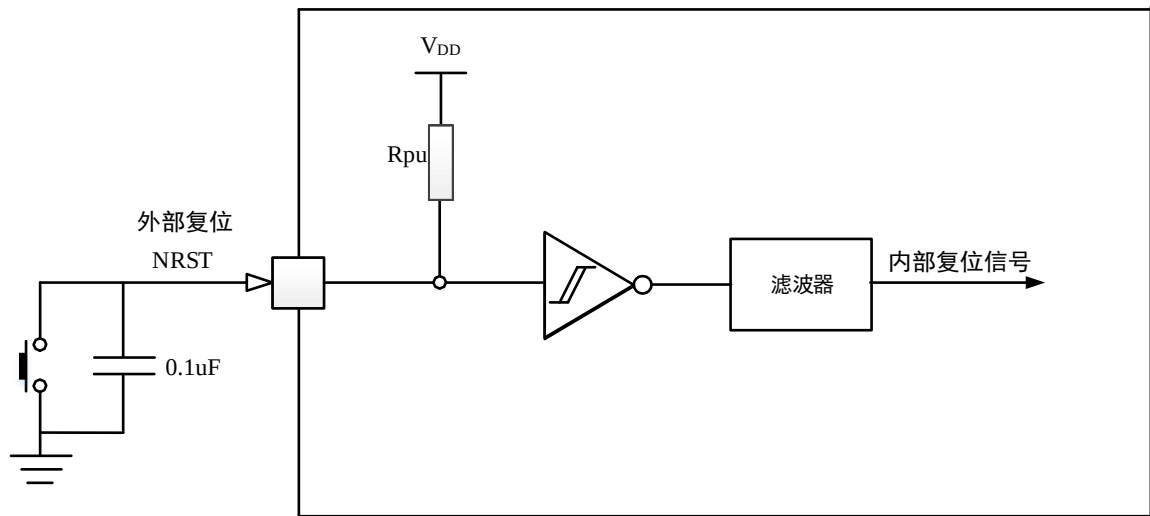
表 5-26 NRST 输入特性<sup>(1)</sup>

| 符号                            | 描述         | 条件                                                | Min                | Typ | Max                | Unit          |
|-------------------------------|------------|---------------------------------------------------|--------------------|-----|--------------------|---------------|
| $V_{\text{IL}}(\text{NRST})$  | 输入低电平电压    | -                                                 | -                  | -   | $0.3V_{\text{DD}}$ | V             |
| $V_{\text{IH}}(\text{NRST})$  | 输入高电平电压    | -                                                 | $0.7V_{\text{DD}}$ | -   | -                  |               |
| $V_{\text{hys}}(\text{NRST})$ | 施密特触发器电压迟滞 | -                                                 | -                  | 300 | -                  | mV            |
| $R_{\text{PU}}$               | 上拉等效电阻     | $V_{\text{IN}}=V_{\text{SS}}$                     | 6                  | 10  | 18                 | k $\Omega$    |
| $T_{(\text{NRST})}^{(2)}$     | 滤波时间       | $1.8\text{V} \leq V_{\text{DD}} \leq 5.5\text{V}$ | 500                |     |                    | $\mu\text{s}$ |

1. 设计保证，不在生产中测试。

2. NRST 引脚上的低电平信号必须大于 500  $\mu\text{s}$ ，才能使芯片复位。

图 5-1 复位引脚推荐电路



1. 该复位电路可保护 MCU，以避免噪声干扰引起的复位。
2. 用户必须确保 NRST 引脚上的电平可降至 I/O 输入特性表中指定的  $V_{IL}$  最大电平以下，否则不会执行复位。
3. 外部电容应尽可能接近复位引脚。

### 5.5.15 ADC 特性

表 5-27 ADC 特性<sup>(1)</sup>

| 符号             | 描述             | 条件                            | Min       | Typ   | Max        | Unit            |
|----------------|----------------|-------------------------------|-----------|-------|------------|-----------------|
| $V_{DDA}$      | ADC 供电电压       | -                             | 1.8       | -     | 5.5        | V               |
| $V_{REF\_ADC}$ | 参考电压           | -                             | 1.8       | -     | $V_{DDA}$  | V               |
| $f_{ADC\_CK}$  | ADC 时钟频率       | $2.4V < V_{DDA} \leq 5.5V$    | 0.6       | -     | 16         | MHz             |
|                |                | $1.8V \leq V_{DDA} \leq 2.4V$ | 0.6       | -     | 8          |                 |
| $f_s$          | 采样速率           | 12 bits                       | -         | -     | 1          | Msp/s           |
| $V_{AIN}$      | 转换电压范围         | -                             | $V_{SSA}$ | -     | $V_{REF+}$ | V               |
| $R_s$          | 输入开关等效阻抗       | -                             | -         | 0.44  | 15         | k $\Omega$      |
| $C_{ADC}$      | 内部采样和保持电容      | -                             | -         | 8     | -          | pF              |
| $t_{STAB}$     | 启动时间           | $f_{ADC\_CK} \geq 6MHz$       | -         | -     | 2.5        | $\mu s$         |
|                |                | $f_{ADC\_CK} < 6MHz$          | -         | -     | 17         | $1/f_{ADC\_CK}$ |
| $t_{CAL}$      | 校准时间           | -                             | -         | 112   | -          | $1/f_{ADC\_CK}$ |
| $t_{LATR}$     | 触发事件与启动转换之间的延迟 | $CKSRC = 00$                  | -         | 4.5   | -          | $1/f_{ADC\_CK}$ |
|                |                | $CKSRC = 01$                  | -         | 4.25  | -          |                 |
|                |                | $CKSRC = 10$                  | -         | 4.125 | -          |                 |
| $t_{SAMP}$     | 采样时间           | -                             | 3         | -     | 1919       | $1/f_{ADC\_CK}$ |

| 符号                    | 描述                   | 条件                   | Min                    | Typ | Max | Unit                   |
|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|-----|-----|------------------------|
| $t_{\text{CONV}}$     | 总的转换时间<br>(包括采样时间)   | -                    | $t_{\text{SAMP}} + 13$ |     |     | $1/f_{\text{ADC\_CK}}$ |
| $I_{\text{DDA(ADC)}}$ | $V_{\text{DDA}}$ 功耗  | $f_s = 1\text{Msps}$ | -                      | 390 | -   | $\mu\text{A}$          |
| $I_{\text{DDV(ADC)}}$ | $V_{\text{REF+}}$ 功耗 | $f_s = 1\text{Msps}$ | -                      | 40  | -   | $\mu\text{A}$          |
| $t_{\text{IDLE}}$     | 两次采样间隔时间             | -                    | -                      | -   | 440 | $\mu\text{s}$          |

1. 设计保证，不在生产中测试。

表 5-28 采样时间与输入信号阻抗<sup>(1)(2)</sup>

| 分辨率    | 采样周期 (16MHz) | 采样时间 (16MHz) ( $\mu\text{s}$ ) | 最大输入阻抗 $R_{\text{AIN}}$ (k $\Omega$ ) |
|--------|--------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| 12bits | 3            | 0.188                          | 2.6                                   |
|        | 7            | 0.438                          | 3.1                                   |
|        | 12           | 0.75                           | 3.6                                   |
|        | 19           | 1.188                          | 8.8                                   |
|        | 39           | 2.438                          | 14.2                                  |
|        | 79           | 4.938                          | 30                                    |
|        | 119          | 7.438                          | 50                                    |
|        | 159          | 9.938                          | 67                                    |
|        | 239          | 14.938                         | 84                                    |
|        | 319          | 19.938                         | 124                                   |
|        | 479          | 29.938                         | 182                                   |
|        | 639          | 39.938                         | 223                                   |
|        | 959          | 59.938                         | 320                                   |
|        | 1279         | 79.938                         | 645                                   |
|        | 1919         | 119.938                        | 850                                   |

- 由综合评估得出。
- 表中为采样误差小于 10LSB 时的输入阻抗。

表 5-29 ADC 精度<sup>(1)</sup>

| 符号  | 描述    | 条件                                                                                                    | Min | Typ | Max | Unit |
|-----|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|
| EO  | 偏移误差  | $V_{\text{DDA}} = V_{\text{REF\_ADC}} = 3.3\text{V};$<br>$f_s = 1\text{Msps}; T_A = 25^\circ\text{C}$ | -   | -3  | -   | LSB  |
| EG  | 增益误差  |                                                                                                       | -   | 6   | -   | LSB  |
| DNL | 微分非线性 |                                                                                                       | -   | 2   | -   | LSB  |
| INL | 积分非线性 |                                                                                                       | -   | 3   | -   | LSB  |

| 符号    | 描述      | 条件                                                                                                                    | Min | Typ | Max | Unit |
|-------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|
| SNR   | 信噪比     | $V_{DDA} = V_{REF\_ADC} = 3.3\text{ V};$<br>$f_s = 1\text{ Msps}; T_A = 25^\circ\text{C};$<br>$f_{IN} = 1\text{ KHz}$ | -   | 63  | -   | dB   |
| SINAD | 信号噪声失真比 |                                                                                                                       | -   | 62  | -   | dB   |
| THD   | 总谐波失真   |                                                                                                                       | -   | -70 | -   | dB   |
| ENOB  | 有效位数    |                                                                                                                       | -   | 10  | -   | bit  |

1. 由综合评估得出。

### 5.5.16 VREFBUF 特性

表 5-30 VREFBUF 特性<sup>(1)</sup>

| 符号                              | 描述     | 条件                         |                       | Min   | Typ   | Max                 | Unit |
|---------------------------------|--------|----------------------------|-----------------------|-------|-------|---------------------|------|
| V <sub>DDA</sub>                | 供电电压   | VRS = 00                   |                       | 2.4   | -     | 5.5                 | V    |
|                                 |        | VRS = 01                   |                       | 2.8   | -     | 5.5                 |      |
|                                 |        | VRS = 10                   |                       | 3.3   | -     | 5.5                 |      |
| V <sub>OUT</sub> <sup>(2)</sup> | 输出电压   | VRS = 00                   | 2.4V≤VDDA≤5V          | 2.043 | 2.048 | 2.053               | V    |
|                                 |        | VRS = 01                   | 2.8V≤VDDA≤5V          | 2.495 | 2.5   | 2.505               |      |
|                                 |        | VRS = 10                   | 3.3V≤VDDA≤5V          | 2.99  | 3.0   | 3.01                |      |
| V <sub>trim</sub>               | 校准微调电压 | -                          |                       | -     | ±0.1  | -                   | %    |
| C <sub>L</sub>                  | 负载电容   | -                          |                       | 0.5   | 1.1   | 1.5                 | μF   |
| t <sub>STAB</sub>               | 启动稳定时间 | VRS = 00                   | C <sub>L</sub> =1.1μF | -     | 340   | 640 <sup>(3)</sup>  | μs   |
|                                 |        | VRS = 01                   |                       | -     | 400   | 760 <sup>(3)</sup>  |      |
|                                 |        | VRS = 10                   |                       | -     | 460   | 900 <sup>(3)</sup>  |      |
| I <sub>LOAD</sub>               | 静态负载电流 | -                          |                       | -     | -     | 2                   | mA   |
| I <sub>DD</sub>                 | 功耗     | I <sub>LOAD</sub> =0μA~2mA |                       | -     | 13.7  | 18.9 <sup>(3)</sup> | μA   |

- 由综合评估得出。
- 生产测试保证  $T_A = 25^\circ\text{C}$  条件下的典型值、最大值和最小值。
- 设计保证，不在生产中测试。

### 5.5.17 COMP 特性

表 5-31 COMP 特性<sup>(1)</sup>

| 符号              | 描述   | 条件 | Min | Typ | Max | Unit |
|-----------------|------|----|-----|-----|-----|------|
| $V_{DDA(Comp)}$ | 供电电压 | -  | 1.8 | -   | 5.5 | V    |

| 符号                 | 描述        | 条件  | Min   | Typ   | Max       | Unit    |
|--------------------|-----------|-----|-------|-------|-----------|---------|
| $V_{IN}$           | COMP 输入电压 | -   | 0     | -     | $V_{DDA}$ | V       |
| $t_{START}$        | 启动时间      | 高速  | -     | 4.0   | -         | $\mu s$ |
|                    |           | 中速  | -     | 4.5   | -         |         |
|                    |           | 低速  | -     | 7.0   | -         |         |
|                    |           | 超低速 | -     | 8.4   | -         |         |
| $V_{offset}^{(2)}$ | 失调电压      | -   | -10.8 | -     | 8.4       | mV      |
| $V_{hys}$          | 迟滞        | 无迟滞 | -     | 0     | -         | mV      |
|                    |           | 低迟滞 | -     | 10    | -         |         |
|                    |           | 中迟滞 | -     | 20    | -         |         |
|                    |           | 高迟滞 | -     | 30    | -         |         |
| $t_D$              | 传输延迟      | 高速  | -     | 0.08  | -         | $\mu s$ |
|                    |           | 中速  | -     | 0.15  | -         |         |
|                    |           | 低速  | -     | 0.98  | -         |         |
|                    |           | 超低速 | -     | 3.46  | -         |         |
| $I_{COMP}$         | 静态功耗      | 高速  | -     | 22.63 | -         | $\mu A$ |
|                    |           | 中速  | -     | 12.34 | -         |         |
|                    |           | 低速  | -     | 1.59  | -         |         |
|                    |           | 超低速 | -     | 0.53  | -         |         |

1. 由综合评估得出。
2. 设计保证，不在生产中测试。

### 5.5.18 温度传感器特性

表 5-32 温度传感器特性<sup>(1)</sup>

| 符号                   | 描述                                        | Min | Typ     | Max     | Unit            |
|----------------------|-------------------------------------------|-----|---------|---------|-----------------|
| $T_L$                | $V_{TS}$ 与温度的线性关系                         | -   | $\pm 1$ | $\pm 2$ | $^{\circ}C$     |
| Avg_Slope            | 斜率                                        | -   | 3.02    | -       | mV/ $^{\circ}C$ |
| $V_{25}$             | 在 $25^{\circ}C$ ( $\pm 5^{\circ}C$ ) 时的电压 | -   | 898     | -       | mV              |
| $I_{DDA(TS)}$        | 功耗                                        | -   | 14.5    | -       | $\mu A$         |
| $t_{ADC\_BUF}^{(2)}$ | 温度传感器 $V_{TS}$ Buffer 的启动时间               | -   | -       | 17.3    | $\mu s$         |
| $t_{SAMP}^{(2)}$     | ADC 测量温度传感器的采样时间                          | 5   | -       | -       | $\mu s$         |

1. 设计保证，不在生产中测试。
2. 使能 ADC 内部温度传感器需等待启动稳定时间  $t_{ADC\_BUF}$ ，ADC 测量温度传感器的采样时间至少



为  $t_{SAMP}$ 。

### 5.5.19 $V_{BAT}$ 和 $V_{DDA}$ 检测特性

表 5-33  $V_{BAT}$  和  $V_{DDA}$  检测特性<sup>(1)</sup>

| 符号                   | 描述                                       | Min | Typ  | Max | Unit       |
|----------------------|------------------------------------------|-----|------|-----|------------|
| R                    | ADC 内部 $V_{BAT}$ 和 $V_{DDA}$ 输入通道桥接电阻    | -   | 34   | -   | k $\Omega$ |
| Q                    | 输入电压检测分压系数                               | -   | 3    | -   | -          |
| Er                   | 输入电压检测分压系数精度                             | -1  | 0.26 | 1   | %          |
| $t_{ADC\_BUF}^{(2)}$ | $V_{BAT}$ 和 $V_{DDA}$ 输入通道 Buffer 的启动时间  | -   | -    | 15  | $\mu s$    |
| $t_{SAMP}^{(2)}$     | ADC 测量 $V_{BAT}$ 和 $V_{DDA}$ 输入通道电压的采样时间 | 5   | -    | -   | $\mu s$    |

1. 设计保证，不在生产中测试。
2. 使能 ADC 内部  $V_{BAT}$  和  $V_{DDA}$  输入通道需等待启动稳定时间  $t_{ADC\_BUF}$ ，ADC 测量  $V_{BAT}$  和  $V_{DDA}$  输入通道电压的采样时间至少为  $t_{SAMP}$ 。

### 5.5.20 LCD 控制器特性

表 5-34 LCD 控制器特性<sup>(1) (2)</sup>

| 符号              | 描述              |                                                   |                   | Min              | Typ   | Max      | Unit    |
|-----------------|-----------------|---------------------------------------------------|-------------------|------------------|-------|----------|---------|
| $V_{DD}$        | LCD 供电电压        |                                                   |                   | 1.8              | -     | 5.5      | V       |
| $V_{LCD\_PUMP}$ | 电荷泵模式 LCD 电压    | 1/3bias                                           |                   | 2.55             | -     | 5.25     |         |
|                 |                 | 1/4bias                                           |                   | 2.60             | -     | 5.20     |         |
| $V_{LCD\_RES}$  | 片内电阻分压模式 LCD 电压 |                                                   |                   | $0.548 * V_{DD}$ | -     | $V_{DD}$ |         |
| $V_{LCD\_CAP}$  | 片外电容分压模式 LCD 电压 |                                                   |                   | -                | -     | $V_{DD}$ | $\mu A$ |
| $I_{LCD}$       | 电荷泵模式           | 1/3bias                                           | $V_{LCD} = 5.25V$ | -                | 2.35  | -        |         |
|                 |                 | $V_{DD} = 3.3V$                                   | $V_{LCD} = 2.55V$ | -                | 2.14  | -        |         |
|                 |                 | 1/4bias                                           | $V_{LCD} = 5.20V$ | -                | 2.49  | -        |         |
|                 |                 | $V_{DD} = 3.3V$                                   | $V_{LCD} = 2.60V$ | -                | 2.15  | -        |         |
|                 | 片内电阻分压模式        | $V_{LCD} = V_{DD} = 3.3V$                         | HD = 0            | -                | 3.51  | -        |         |
|                 |                 |                                                   | HD = 1            | -                | 12.48 | -        |         |
|                 |                 | $V_{LCD} = 0.548 * V_{DD}$<br>( $V_{DD} = 3.3V$ ) | HD = 1            | -                | 6.84  | -        |         |

| 符号               | 描述           |                                   | Min | Typ  | Max | Unit |
|------------------|--------------|-----------------------------------|-----|------|-----|------|
|                  | 片外电容<br>分压模式 | $V_{LCD} = V_{DD} = 3.3V$         | -   | 0.57 | -   |      |
| $t_{STAB}^{(3)}$ | 驱动电压<br>稳定时间 | $V_{LCD} = 5.2V$ ，片外电容 $0.1\mu F$ | -   | 82   | 100 | ms   |

1. 由综合评估得出。
2. 除特别说明,LCD 控制器配置为: 1/8Duty、1/4bias、32Hz 帧速率, 电荷泵时钟 16 分频,LCD\_RAM 为全显, 空载不连接 LCD 屏。
3. 配置为电荷泵模式时, LCD 使能位 LCDEN 置 1 后, 需等待驱动电压稳定时间  $t_{STAB}$ , 然后再将输出控制位 SCOC 置 1, 输出稳定的显示驱动波形。

### 5.5.21 64 级分压参考源特性

表 5-35 64 级分压参考源特性<sup>(1)</sup>

| 符号         | 描述   | 条件                           | Min  | Typ  | Max   | Unit    |
|------------|------|------------------------------|------|------|-------|---------|
| $I_{DAC}$  | 功耗   | 输入参考电压源<br>$V_{REFBUF} 3.0V$ | 0.32 | 0.84 | 2.47  | $\mu A$ |
| $t_{STAB}$ | 启动时间 | -                            | -    | 12   | 15.63 | $\mu s$ |

1. 设计保证, 不在生产中测试。

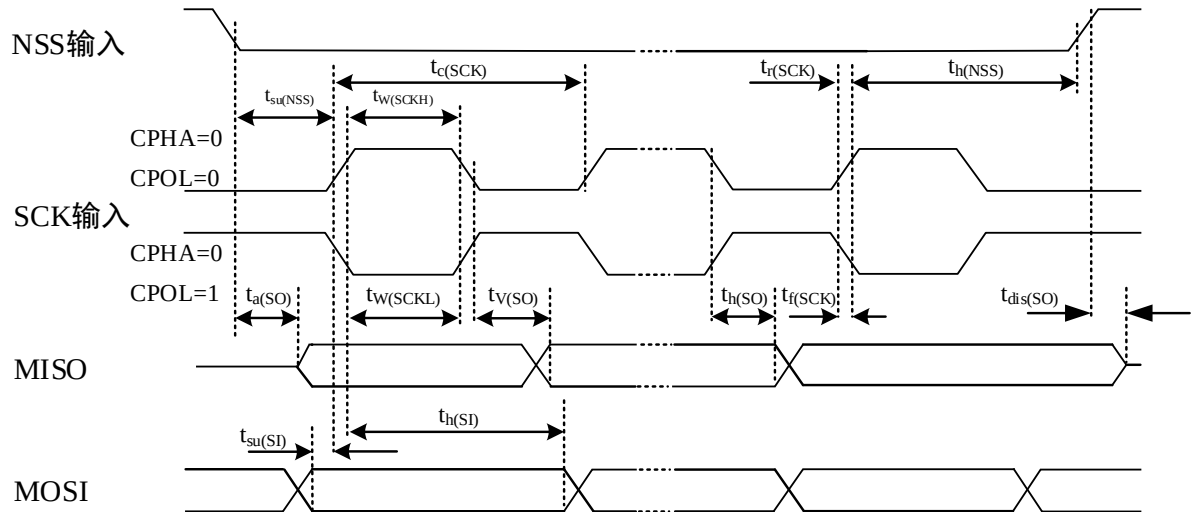
### 5.5.22 SPI 特性

表 5-36 SPI 特性<sup>(1)</sup>

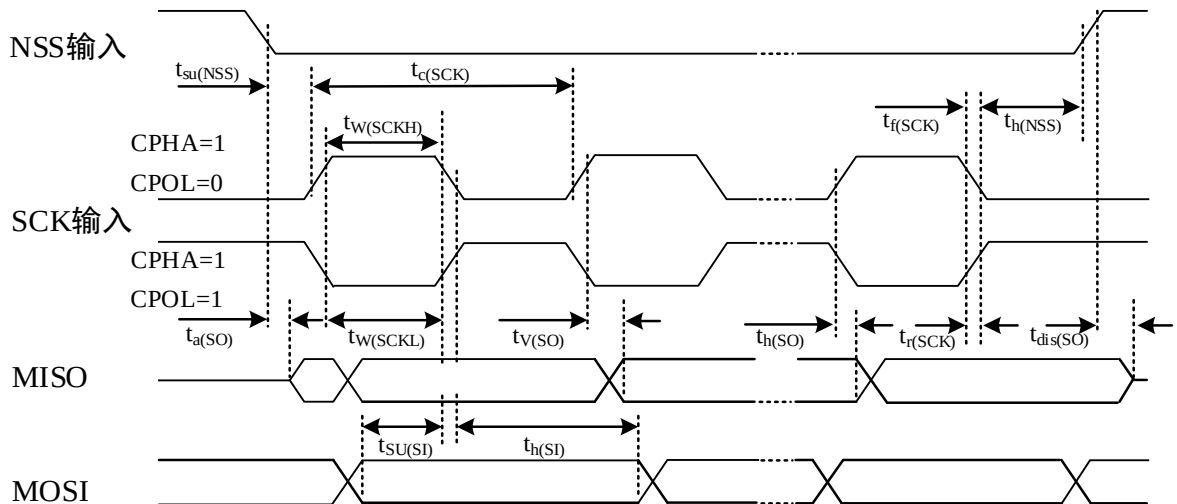
| 符号            | 描述        | 条件  | Min           | Typ         | Max           | Unit |
|---------------|-----------|-----|---------------|-------------|---------------|------|
| $f_{SCK}$     | SPI 时钟频率  | 主模式 | -             | -           | 20            | MHz  |
|               |           | 从模式 | -             | -           | 16            | MHz  |
| $t_{SU(NSS)}$ | NSS 建立时间  | 从模式 | 4.35          | -           | -             | ns   |
| $t_{h(NSS)}$  | NSS 保持时间  | 从模式 | 3.02          | -           | -             | ns   |
| $t_{W(SCKH)}$ | SCK 高电平时间 | 主模式 | $T_{SCK}/2-1$ | $T_{SCK}/2$ | $T_{SCK}/2+1$ | ns   |
| $t_{W(SCKL)}$ | SCK 低电平时间 | 主模式 | $T_{SCK}/2-1$ | $T_{SCK}/2$ | $T_{SCK}/2+1$ | ns   |
| $t_{SU(MI)}$  | 输入数据的建立时间 | 主模式 | -             | -           | 3.18          | ns   |
| $t_{SU(SI)}$  |           | 从模式 | 1.98          | -           | -             | ns   |
| $t_{h(MI)}$   | 输入数据的保持时间 | 主模式 | 0             | -           | -             | ns   |
| $t_{h(SI)}$   |           | 从模式 | 9.7           | -           | -             | ns   |
| $t_{V(MO)}$   | 输出数据的有效时间 | 主模式 | -             | -           | 2.94          | ns   |

| 符号          | 描述        | 条件  | Min   | Typ | Max   | Unit |
|-------------|-----------|-----|-------|-----|-------|------|
| $t_{V(SO)}$ |           | 从模式 | -     | -   | 29.30 | ns   |
| $t_{h(MO)}$ | 输出数据的保持时间 | 主模式 | 2.42  | -   | -     | ns   |
| $t_{h(SO)}$ |           | 从模式 | 22.38 | -   | -     | ns   |

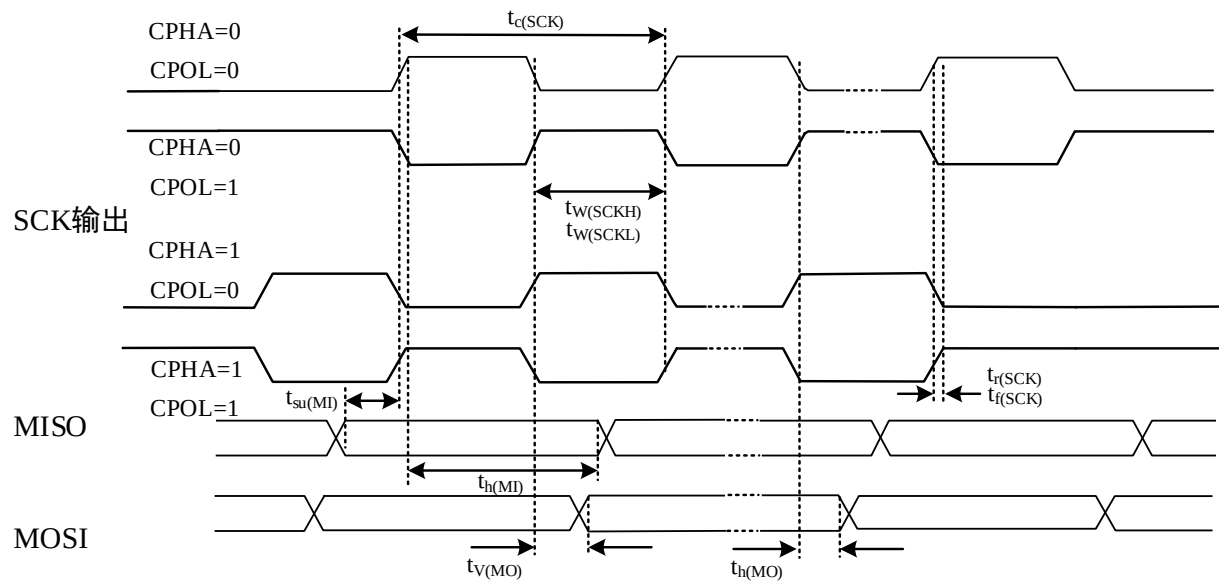
1. 设计保证，不在生产中测试。

图 5-2 SPI 从模式时序图 (CPHA=0) <sup>(1)</sup>

1. 在  $0.3V_{DD}$  和  $0.7V_{DD}$  电平处测试。

图 5-3 SPI 从模式时序图 (CPHA=1) <sup>(1)</sup>

1. 在  $0.3V_{DD}$  和  $0.7V_{DD}$  电平处测试。

图 5-4 SPI 主模式时序图<sup>(1)</sup>


1. 在  $0.3V_{DD}$  和  $0.7V_{DD}$  电平处测试。

## 6 封装信息

CIU32L051 系列提供 LQFP64(7 x 7 x 1.4 - 0.4mm)、LQFP48(7 x 7 x 1.4 - 0.5mm)、QFN32 (4 x 4 x 0.75 - 0.4mm)、SSOP24 (8.65 x 3.90 x 1.40-0.635mm) 等多种封装, 且符合 JEDEC 标准, 封装外形及尺寸信息见本章描述。

### 6.1 LQFP64 封装信息

图 6-1 LQFP64 (7 x 7 x 1.4-0.4 mm) 封装外形

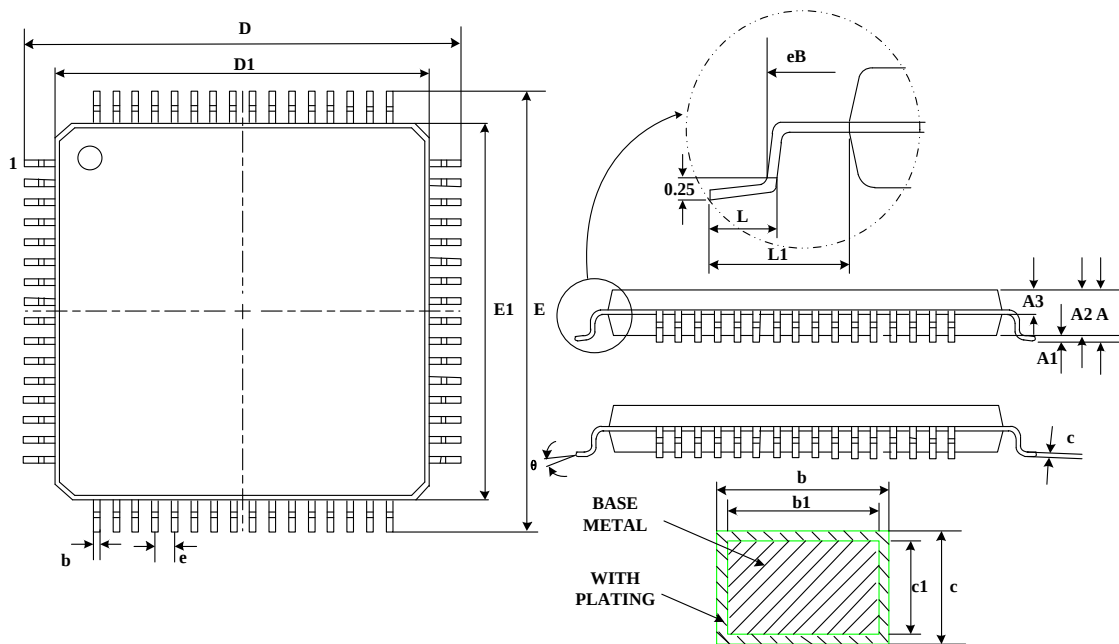


表 6-1 LQFP64 (7 x 7 x 1.4-0.4 mm) 封装外形尺寸数据

| 符号 | Min  | Typ  | Max  |
|----|------|------|------|
| A  | -    | -    | 1.60 |
| A1 | 0.05 | -    | 0.15 |
| A2 | 1.35 | 1.40 | 1.45 |
| A3 | 0.59 | 0.64 | 0.69 |
| b  | 0.16 | -    | 0.24 |
| b1 | 0.15 | 0.18 | 0.21 |
| c  | 0.13 | -    | 0.17 |
| c1 | 0.12 | 0.13 | 0.14 |
| D  | 8.80 | 9.00 | 9.20 |
| D1 | 6.90 | 7.00 | 7.10 |
| E  | 8.80 | 9.00 | 9.20 |

| 符号       | Min     | Typ  | Max  |
|----------|---------|------|------|
| E1       | 6.90    | 7.00 | 7.10 |
| eB       | 8.10    | -    | 8.25 |
| e        | 0.40BSC |      |      |
| L        | 0.45    | -    | 0.75 |
| L1       | 1.00REF |      |      |
| $\theta$ | 0       | -    | 7°   |

## 6.2 LQFP48 封装信息

图 6-2 LQFP48 (7 x 7 x 1.4-0.5 mm) 封装外形

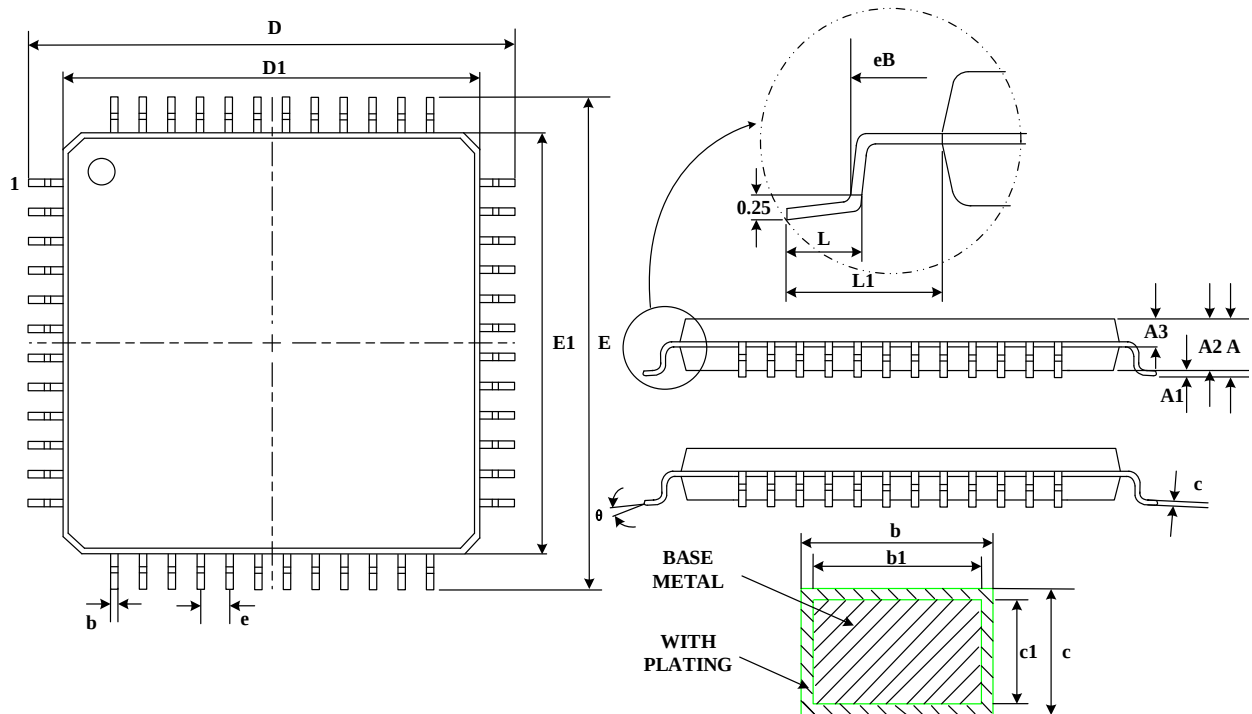


表 6-2 LQFP48 (7x 7 x 1.4-0.5 mm) 封装外形尺寸数据

| 符号 | Min  | Typ  | Max  |
|----|------|------|------|
| A  | -    | -    | 1.60 |
| A1 | 0.05 | -    | 0.15 |
| A2 | 1.35 | 1.40 | 1.45 |
| A3 | 0.59 | 0.64 | 0.69 |
| b  | 0.18 | -    | 0.26 |
| b1 | 0.17 | 0.20 | 0.23 |
| c  | 0.13 | -    | 0.17 |

| 符号       | Min     | Typ  | Max  |
|----------|---------|------|------|
| c1       | 0.12    | 0.13 | 0.14 |
| D        | 8.80    | 9.00 | 9.20 |
| D1       | 6.90    | 7.00 | 7.10 |
| E        | 8.80    | 9.00 | 9.20 |
| E1       | 6.90    | 7.00 | 7.10 |
| eB       | 8.10    | -    | 8.25 |
| e        | 0.50BSC |      |      |
| L        | 0.45    | -    | 0.75 |
| L1       | 1.00REF |      |      |
| $\theta$ | 0       | -    | 7°   |

## 6.3 QFN32 封装信息

图 6-3 QFN32 (4 x 4 x 0.75 - 0.4mm) 封装外形

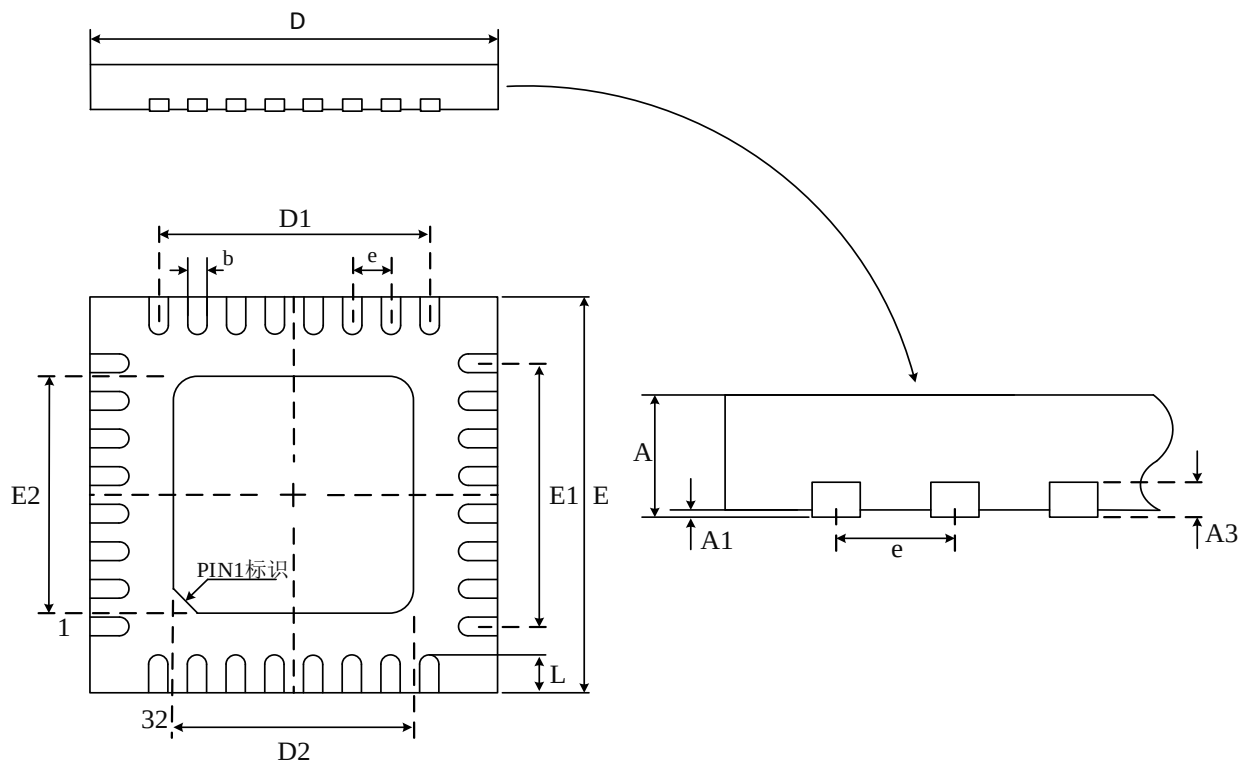


表 6-3 QFN32 (4 x 4 x 0.75 - 0.4mm) 封装外形尺寸数据

| Symbol | Min      | Typ  | Max  |
|--------|----------|------|------|
| A      | 0.70     | 0.75 | 0.80 |
| A1     | -        | 0.02 | 0.05 |
| A3     | 0.203REF |      |      |
| b      | 0.15     | 0.20 | 0.25 |
| D      | 3.90     | 4.00 | 4.10 |
| D1     | 2.70     | 2.80 | 2.90 |
| D2     | 2.55     | 2.65 | 2.80 |
| E      | 3.90     | 4.00 | 4.10 |
| E1     | 2.70     | 2.80 | 2.90 |
| E2     | 2.55     | 2.65 | 2.80 |
| e      | 0.40BSC  |      |      |
| L      | 0.35     | 0.40 | 0.45 |



## 6.4 SSOP24 封装信息

图 6-4 SSOP24 (8.65 x 3.90 x 1.40 - 0.635mm) 封装外形

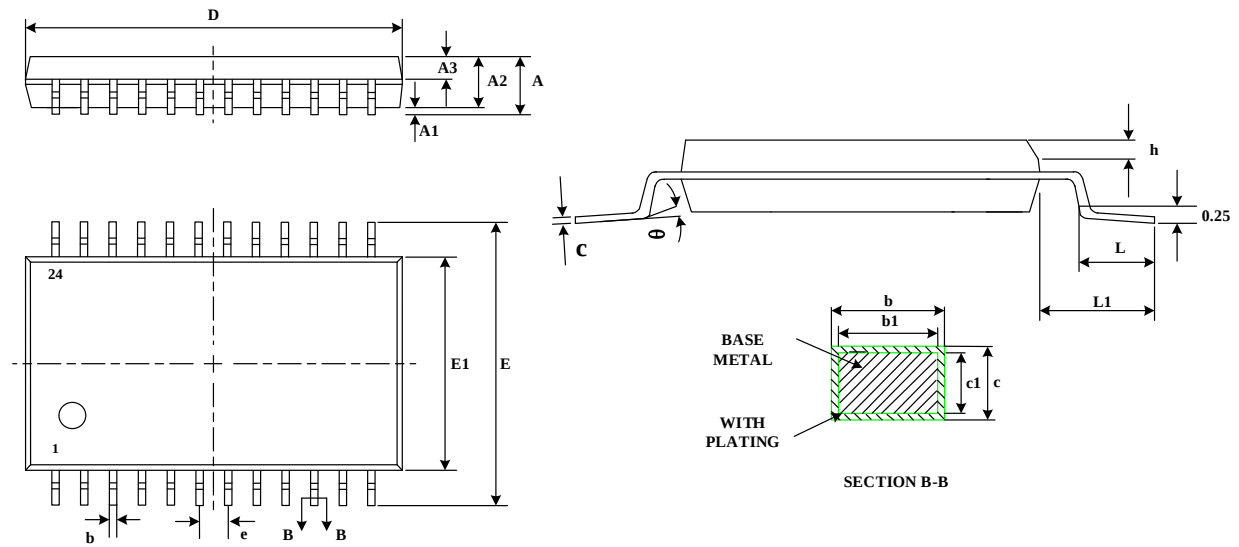


表 6-4 SSOP24 (8.65 x 3.90 x 1.40 - 0.635mm) 封装外形尺寸数据

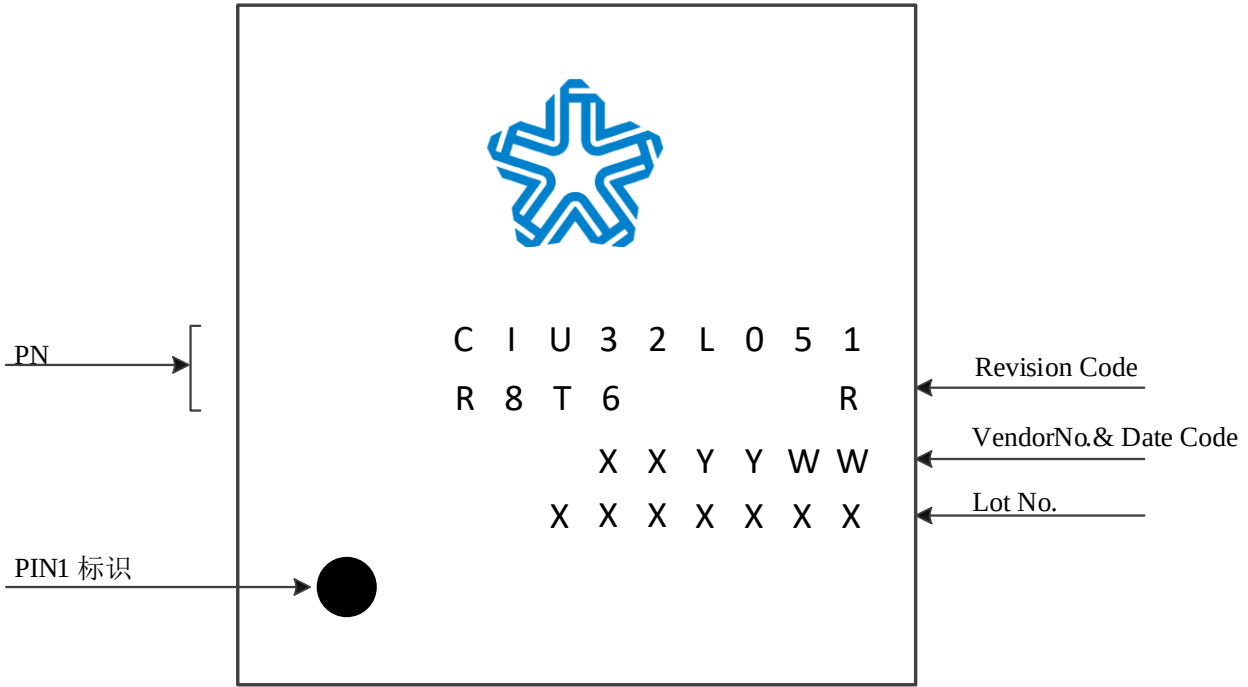
| Symbol | Min      | Typ  | Max  |
|--------|----------|------|------|
| A      | -        | -    | 1.75 |
| A1     | 0.10     | 0.15 | 0.25 |
| A2     | 1.30     | 1.40 | 1.50 |
| A3     | 0.60     | 0.65 | 0.70 |
| b      | 0.23     | -    | 0.31 |
| b1     | 0.22     | 0.25 | 0.28 |
| c      | 0.20     | -    | 0.24 |
| c1     | 0.19     | 0.20 | 0.21 |
| D      | 8.55     | 8.65 | 8.75 |
| E      | 5.80     | 6.00 | 6.20 |
| E1     | 3.80     | 3.90 | 4.00 |
| e      | 0.635BSC |      |      |
| h      | 0.30     | -    | 0.50 |
| L      | 0.50     | -    | 0.80 |
| L1     | 1.05REF  |      |      |
| θ      | 0        | -    | 8°   |

### 6.5 丝印说明

CIU32L051 系列超低功耗安全 MCU，各封装正面丝印的 PIN1 引脚位置和信息说明如下：

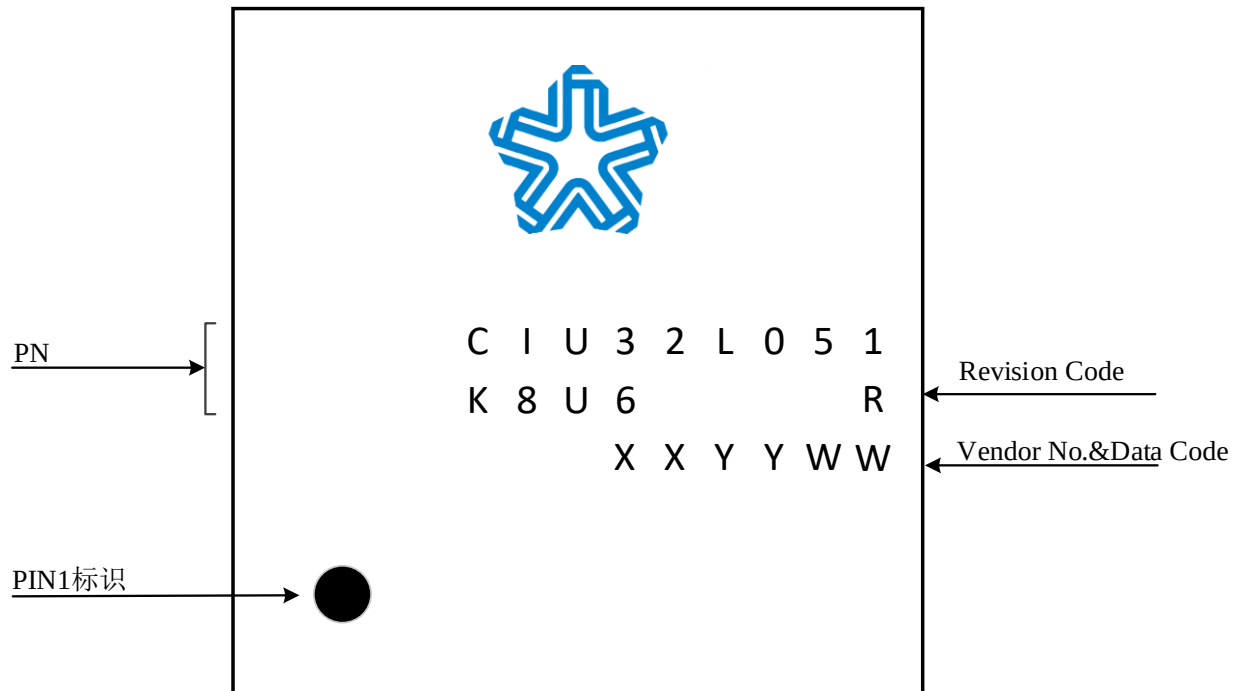
LQFP64 和 LQFP48 封装丝印形式

图 6-5 LQFP64 和 LQFP48 封装丝印信息说明



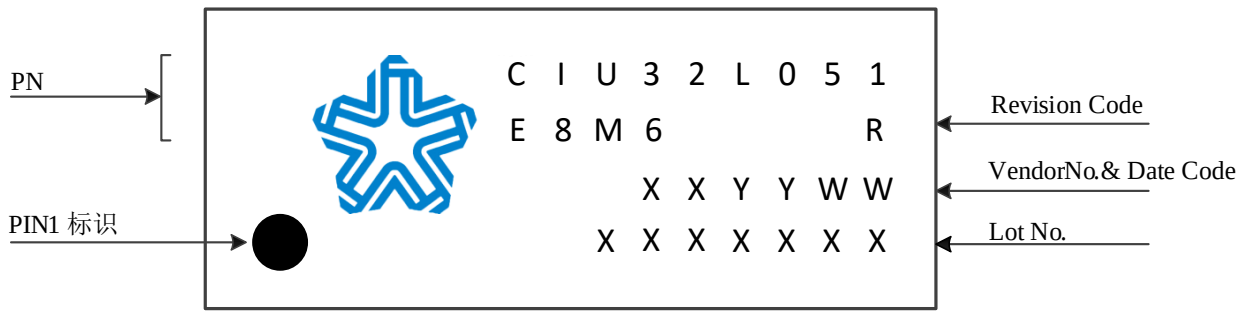
# QFN32 封装丝印形式

图 6-6 QFN32 封装丝印信息说明



SSOP24 封装丝印形式

图 6-7 SSOP24 封装丝印信息说明



## 7

## 订购信息

|                | CIU | 32 | L | 0 | 51 | R | 8 | T | 6 | xx |
|----------------|-----|----|---|---|----|---|---|---|---|----|
| <b>CPU位宽</b>   |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| 32: 32bit      |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| <b>产品类型</b>    |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| L: 超低功耗        |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| <b>内核</b>      |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| 0: Cortex-M0+  |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| <b>产品子系列</b>   |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| 51: CIU32L051  |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| <b>引脚数</b>     |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| E: 24Pin       |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| K: 32Pin       |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| C: 48Pin       |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| R: 64Pin       |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| <b>Flash容量</b> |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| 8: 64K         |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| <b>封装类型</b>    |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| T: LQFP        |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| U: QFN         |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| M: SSOP        |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| <b>温度范围</b>    |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| 6: -40 ~ 85℃   |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| <b>包装形式</b>    |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| TR: 卷带         |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| TY: 盘装         |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |
| TU: 料管         |     |    |   |   |    |   |   |   |   |    |

## 8 版本历史

表 8-1 版本更改履历

| 日期         | 版本号  | 修改范围                                                                               |
|------------|------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 2023-11-15 | V1.0 | 初版                                                                                 |
| 2024-4-7   | V1.1 | 1、增加 SSOP24 封装相关内容<br>2、更改电气特性章节相关内容                                               |
| 2024-4-28  | V1.2 | 更正 5.5.5 供电电流特性相关内容                                                                |
| 2024-5-16  | V1.3 | 更正 5.5.10 Flash 存储器特性相关内容                                                          |
| 2024-11-5  | V1.4 | 增加典型应用电路示例，注意事项：VBAT 模式应用，VBAT_MODE_EN 位需配置为 1；非 VBAT 模式应用，VBAT_MODE_EN 位需配置为 0。   |
| 2024-12-3  | V1.5 | 1、更正 5.5.10 Flash 存储器特性相关内容<br>2、更正 5.5.20 LCD 控制器特性相关内容                           |
| 2024-12-30 | V1.6 | 更正 6.3 QFN32 封装相关内容                                                                |
| 2025-1-13  | V1.7 | 1、更正 5.5.4 内置参考电压相关内容<br>2、完善 5.5.10 Flash 存储器特性相关内容<br>3、更正 5.5.16 VREFBUF 特性相关内容 |

## 9      联系方式

网址: [www.hed.com.cn](http://www.hed.com.cn)

地址: 北京市昌平区北七家未来科技城南区中国电子网络安全和信息化产业基地 C 栋

邮编: 102209

如果您在购买与使用过程中有任何意见或建议, 请随时与我们联系。