

32 位 MCU  
ES32F3656  
ES32F3655  
ES32F3654  
ES32F3653  
ES32F3651

# 数据手册

- ☐ 产品简介
- ☒ 数据手册
- ☐ 参考手册

上海东软载波微电子有限公司

2023-02-21

## 基于 ARM Cortex-M3 的 ES32F365x 系列 MCU

### 内核

- ARM 32 位 Cortex-M3 CPU
  - 最高频率可达 72MHz
  - 支持 MPU

### 存储

- 最大 512K Byte FLASH 存储器
- 最大 64K Byte SRAM 数据存储
- EBI 接口可扩展外部存储

### 电源、复位

- 芯片工作电压范围:
  - $2.6V \leq VDD \leq 5.5V$
- POR, BOR (支持 16 个阈值选择), LVD

### 时钟

- 外部高速晶体振荡器: 1~24MHz
- 内部高速 RC 振荡器: 24 MHz 输出
- 外部低速晶体振荡器: 32.768KHz
- 内部低速 RC 振荡器: 32.768KHz
- 内部超低速 RC 振荡器: 10KHz
- PLL 最高可倍频至 72MHz

### 低功耗模式

- 支持以下低功耗模式
  - SLEEP
  - STOP1
  - STOP2
  - STANDBY

### 系统外设

- 调试: SWD 串口调试协议
- 调试配置控制模块 (DBGMC)
- DMA: 支持 12 个多路复用通道
- PIS: 支持 16 个外设互联通道
- 看门狗定时器: IWDG 和 WWDG
- 系统节拍定时器

### 接口资源

- 通用 I/O: 多达 90 个通用 I/O

### 安全及运算加速单元

- CRC
- 运算加速器

### 模拟

- 2 路 12 位 ADC: 1MSPS, 支持 16 个外部模拟通道

- 2 路 12 位 DAC: 最大采样速率达 500KHz
- 3 路模拟比较器
- 温度传感器

### 定时器

- 2 路 16 位高级定时器: 支持 4 个输入捕捉和输出比较通道, 支持 3 个死区可编程 PWM 互补输出通道, 支持刹车功能
- 2 路 16 位通用定时器: 支持 4 路独立的输入捕捉和输出比较通道
- 2 路 32 位通用定时器: 支持 4 路独立的输入捕捉和输出比较通道
- 2 路基本定时器
- RTC: 支持日历, 闹钟等功能

### 通信接口

- 2 路 I2C 接口: 支持多主模式和总线仲裁; 支持 16 级深度 FIFO
- 3 路 SPI/I2S 接口: 支持 16 级深度 FIFO, I2S 支持主机使用
- 5 路 UART: 带 4 级深度 FIFO, 可支持自动波特率检测, 红外调制功能; 其中 UART4 可支持 ISO7816
- 1 路 CAN: 支持 CAN2.0B

| 产品系列代码    | 产品代号        |
|-----------|-------------|
| ES32F365x | ES32F3656LX |
|           | ES32F3655LX |
|           | ES32F3654LX |
|           | ES32F3653LX |
|           | ES32F3651LX |
|           | ES32F3656LT |
|           | ES32F3655LT |
|           | ES32F3654LT |
|           | ES32F3653LT |
|           | ES32F3651LT |
|           | ES32F3653LQ |
|           | ES32F3651LQ |

## 目录

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 基于 ARM Cortex-M3 的 ES32F365x 系列 MCU ..... | 2  |
| 第 1 章 简介 .....                            | 8  |
| 第 2 章 概述 .....                            | 9  |
| 2.1 器件资源 .....                            | 10 |
| 2.2 器件资源概述 .....                          | 13 |
| 2.2.1 ES32F365x 系列 MCU 内核 .....           | 13 |
| 2.2.1.1 ARM Cortex-M3 内核 .....            | 13 |
| 2.2.1.2 嵌套向量中断控制器 (NVIC) .....            | 13 |
| 2.2.1.3 存储保护单元 (MPU) .....                | 13 |
| 2.2.1.4 系统节拍定时器 (SysTick) .....           | 13 |
| 2.2.1.5 串行线调试 (SWD) .....                 | 13 |
| 2.2.2 存储器 .....                           | 13 |
| 2.2.2.1 闪存 (FLASH) .....                  | 13 |
| 2.2.2.2 静态随机存取存储器 (SRAM) .....            | 13 |
| 2.2.2.3 扩展总线接口 (EBI) .....                | 13 |
| 2.2.3 系统管理 .....                          | 14 |
| 2.2.3.1 电源 .....                          | 14 |
| 2.2.3.2 电源监视 .....                        | 14 |
| 2.2.3.3 稳压器 .....                         | 14 |
| 2.2.3.4 低功耗模式 .....                       | 14 |
| 2.2.3.5 时钟管理 .....                        | 15 |
| 2.2.3.6 直接存储器访问 (DMA) .....               | 15 |
| 2.2.3.7 外设互联 (PIS) .....                  | 16 |
| 2.2.3.8 看门狗定时器 (WDT) .....                | 16 |
| 2.2.4 外部接口 .....                          | 16 |
| 2.2.4.1 通用端口 (GPIO) .....                 | 16 |
| 2.2.5 安全管理及运算加速 .....                     | 16 |
| 2.2.5.1 循环冗余校验 (CRC) .....                | 16 |
| 2.2.5.2 运算加速器 (CALC) .....                | 16 |
| 2.2.6 定时器 .....                           | 17 |
| 2.2.6.1 高级定时器 (AD16C4T) .....             | 17 |
| 2.2.6.2 通用 32 位定时器 (GP32C4T) .....        | 17 |
| 2.2.6.3 通用 16 位定时器 (GP16C4T) .....        | 18 |
| 2.2.6.4 基本定时器 (BS16T) .....               | 18 |
| 2.2.6.5 实时时钟计数器 (RTC) .....               | 18 |
| 2.2.7 通信 .....                            | 19 |
| 2.2.7.1 内部集成电路总线 (I2C) .....              | 19 |
| 2.2.7.2 串行外设接口 (SPI/I2S) .....            | 19 |
| 2.2.7.3 通用异步收发器 (UART) .....              | 19 |
| 2.2.7.4 基本扩展控制器局域网络 (BxCAN) .....         | 19 |
| 2.2.8 模拟 .....                            | 20 |
| 2.2.8.1 模数转换 (ADC) .....                  | 20 |

|              |                              |           |
|--------------|------------------------------|-----------|
|              | 2.2.8.2 数模转换 (DAC) .....     | 20        |
|              | 2.2.8.3 模拟比较器 (ACMP) .....   | 20        |
|              | 2.2.8.4 温度传感器 (TSENSE) ..... | 20        |
| <b>第 3 章</b> | <b>管脚说明 .....</b>            | <b>21</b> |
| 3.1          | 管脚图 .....                    | 21        |
| 3.1.1        | LQFP100 .....                | 21        |
| 3.1.2        | LQFP64 .....                 | 22        |
| 3.1.3        | LQFP48 .....                 | 23        |
| 3.2          | 管脚功能定义 .....                 | 24        |
| <b>第 4 章</b> | <b>存储器映射图 .....</b>          | <b>30</b> |
| <b>第 5 章</b> | <b>电气特性 .....</b>            | <b>31</b> |
| 5.1          | 最小值和最大值、典型值 .....            | 31        |
| 5.2          | 芯片电源 .....                   | 32        |
| 5.3          | 电流测量 .....                   | 33        |
| 5.4          | 芯片极限参数 .....                 | 34        |
| 5.4.1        | 电压参数 .....                   | 34        |
| 5.4.2        | 电流参数 .....                   | 34        |
| 5.4.3        | 热参数 .....                    | 34        |
| 5.5          | 运行条件 .....                   | 35        |
| 5.5.1        | 运行条件 .....                   | 35        |
| 5.5.2        | 上电和掉电参数条件 .....              | 35        |
| 5.5.3        | 复位和电源管理模块电气参数 .....          | 36        |
| 5.5.4        | 电流特性 .....                   | 39        |
| 5.5.5        | 外部时钟源电气参数 .....              | 44        |
| 5.5.6        | 内部时钟源电气参数 .....              | 47        |
| 5.5.7        | 锁相环电气参数 .....                | 48        |
| 5.5.8        | FLASH 存储电气参数 .....           | 48        |
| 5.5.9        | 电磁兼容性 .....                  | 49        |
| 5.5.9.1      | 电磁敏感性 .....                  | 49        |
| 5.5.10       | 电气最大额定值 .....                | 49        |
| 5.5.10.1     | 静电释放 .....                   | 49        |
| 5.5.10.2     | 静态门锁 .....                   | 49        |
| 5.5.11       | I/O 端口电气特性 .....             | 50        |
| 5.5.11.1     | 芯片 I/O 端口输出特性 (驱动 0) .....   | 52        |
| 5.5.11.2     | 芯片 I/O 端口输出特性 (驱动 1) .....   | 56        |
| 5.5.11.3     | 芯片 I/O 端口输出特性 (驱动 2) .....   | 60        |
| 5.5.11.4     | 芯片 I/O 端口输出特性 (驱动 3) .....   | 64        |
| 5.5.12       | MRST 电气特性 .....              | 69        |
| 5.5.13       | 定时器特性参数 .....                | 70        |
| 5.5.14       | 通信特性参数 .....                 | 71        |
| 5.5.14.1     | 内部集成电路总线 (I2C) 特性参数 .....    | 71        |
| 5.5.14.2     | 串行外设接口 (SPI) 特性参数 .....      | 73        |
| 5.5.15       | 低功耗模式转换特性参数 .....            | 74        |
| 5.5.16       | 模数转换器 (ADC) 特性参数 .....       | 75        |

|              |                      |           |
|--------------|----------------------|-----------|
| 5. 5. 17     | 数模转换器（DAC）特性参数 ..... | 77        |
| 5. 5. 18     | 模拟比较器（ACMP）特性参数..... | 78        |
| 5. 5. 19     | 温度传感器特性参数 .....      | 79        |
| <b>第 6 章</b> | <b>封装信息 .....</b>    | <b>80</b> |
| 6. 1         | LQFP100 封装尺寸图.....   | 80        |
| 6. 2         | LQFP64 封装尺寸图.....    | 81        |
| 6. 3         | LQFP48 封装尺寸图.....    | 82        |
| <b>第 7 章</b> | <b>产品信息 .....</b>    | <b>83</b> |
| <b>第 8 章</b> | <b>修订历史 .....</b>    | <b>84</b> |

## 图目录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 图 2-1 ES32F365x 系列系统框图 .....     | 11 |
| 图 2-2 时钟树 .....                  | 12 |
| 图 3-1 ES32F365x LQFP100 顶视图..... | 21 |
| 图 3-2 ES32F365x LQFP64 顶视图.....  | 22 |
| 图 3-3 ES32F365x LQFP48 顶视图.....  | 23 |
| 图 4-1 存储器映射 .....                | 30 |
| 图 5-1 芯片电源.....                  | 32 |
| 图 5-2 电流测量.....                  | 33 |
| 图 5-3 外部高速振荡器连接图.....            | 45 |
| 图 5-4 外部低速振荡器连接图.....            | 46 |
| 图 5-5 MRST 应用电路 1 .....          | 69 |
| 图 5-6 MRST 应用电路 2 .....          | 70 |
| 图 5-7 I2C 测试电路和波形 .....          | 72 |

## 表目录

|        |                           |    |
|--------|---------------------------|----|
| 表 2-1  | 器件资源列表 .....              | 10 |
| 表 2-2  | 定时器功能 .....               | 17 |
| 表 3-1  | ES32F365x 的管脚功能定义 .....   | 29 |
| 表 5-1  | 极限电压参数 .....              | 34 |
| 表 5-2  | 极限电流参数 .....              | 34 |
| 表 5-3  | 极限热参数 .....               | 34 |
| 表 5-4  | 芯片通常运行条件 .....            | 35 |
| 表 5-5  | 芯片在上电和掉电时的参数条件 .....      | 35 |
| 表 5-6  | 复位和电源管理模块电气参数 .....       | 38 |
| 表 5-7  | 程序在 FLASH 上运行时的电流特性 ..... | 39 |
| 表 5-8  | 程序在 SRAM 上运行时的电流特性 .....  | 40 |
| 表 5-9  | SLEEP 模式电流特性 .....        | 42 |
| 表 5-10 | STOP1 模式下电流特性 .....       | 42 |
| 表 5-11 | STOP2 模式下电流特性 .....       | 42 |
| 表 5-12 | STANDBY 模式下电流特性 .....     | 43 |
| 表 5-13 | 模块在典型应用场合下的电流特性 .....     | 43 |
| 表 5-14 | 外部输入高速时钟特性参数 .....        | 44 |
| 表 5-15 | 外部输入低速时钟特性参数 .....        | 44 |
| 表 5-16 | 外部高速振荡时钟特性参数 .....        | 45 |
| 表 5-17 | 外部低速振荡时钟特性 .....          | 46 |
| 表 5-18 | 内部高速 RC 振荡器特性 .....       | 47 |
| 表 5-19 | 内部低速 RC 振荡器特性 .....       | 47 |
| 表 5-20 | 内部超低速 RC 振荡器特性 .....      | 47 |
| 表 5-21 | PLL 电气参数 .....            | 48 |
| 表 5-22 | 存储器特性 .....               | 48 |
| 表 5-23 | EMS 参数 .....              | 49 |
| 表 5-24 | ESD 最大额定值 .....           | 49 |
| 表 5-25 | LU 最大额定值 .....            | 49 |
| 表 5-26 | I/O 端口电气特性 1 .....        | 51 |
| 表 5-27 | I/O 端口电气特性 2 .....        | 68 |
| 表 5-28 | MRST 电气特性 .....           | 69 |
| 表 5-29 | 定时器特性参数 .....             | 70 |
| 表 5-30 | 内部集成电路总线 (I2C) 特性参数 ..... | 71 |
| 表 5-31 | SPI 特性参数 .....            | 73 |
| 表 5-32 | 低功耗模式唤醒特性 .....           | 74 |
| 表 5-33 | ADC 特性 .....              | 75 |
| 表 5-34 | ADC 精度特性 1 .....          | 76 |
| 表 5-35 | ADC 精度特性 2 .....          | 76 |
| 表 5-36 | DAC 特性 .....              | 77 |
| 表 5-37 | ACMP 特性参数 .....           | 79 |
| 表 5-38 | 温度传感器特性 .....             | 79 |

## 第1章 简介

该数据手册为 ES32F365x 系列 MCU 提供订单信息以及器件物理特性。阅读数据手册时请配合用户手册（ES32F36xx 用户手册）一起使用。

关于 Cortex - M3 可参考《Cortex - M3 技术参考手册》，可从 ARM 官网(<http://infocenter.arm.com>) 获得。

## 第2章 概述

ES32F365x 系列 MCU 最大支持 512KB FLASH 和 64KB SRAM，且可通过 EBI 接口进行外部存储扩展。支持多达 90 个 I/O，支持 2 路 12 位 ADC，2 路 12 位 DAC，3 路模拟比较器，支持 RTC 日历、闹钟等功能。带丰富的定时器资源，支持 2 路高级定时器（AD16C4T），2 路通用定时器（GP16C4T），2 路基本定时器（BS16T），2 路 32 位通用定时器（GP32C4T）。支持丰富的通信资源，包括 2 路 I2C，3 路 SPI/I2S，5 路 UART，且支持 CAN 通信。

ES32F365x 系列 MCU 支持最高 72MHz 系统时钟频率。工作温度范围-40℃~85℃。

主要用于电动车控制器、平衡车、扭扭车、电机控制、充电桩、汽车故障分析调试仪表，工业集中器等。

## 2.1 器件资源

|           |                        | ES32F3656LX | ES32F3655LX | ES32F3654LX | ES32F3653LX | ES32F3651LX | ES32F3656LT | ES32F3655LT | ES32F3654LT | ES32F3653LT | ES32F3651LT | ES32F3653LQ | ES32F3651LQ |
|-----------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Flash（KB） |                        | 512         | 384         | 256         | 128         | 64          | 512         | 384         | 256         | 128         | 64          | 128         | 64          |
| SRAM（KB）  |                        | 64          | 64          | 48          | 32          | 16          | 64          | 64          | 48          | 32          | 16          | 32          | 16          |
| EBI       |                        | 支持          |             |             |             |             | -           |             |             |             |             |             |             |
| GPIO      |                        | 90          |             |             |             |             | 56          |             |             |             |             | 40          |             |
| 模拟        | 12 位<br>ADC/<br>ADC 通道 | 2/16        |             |             |             |             | 2/16        |             |             |             |             | 2/10        |             |
|           | 12 位<br>DAC            | 2           |             |             |             |             | 2           |             |             | 0           |             | 0           |             |
|           | 模拟比较<br>器 ACMP         | 3           |             |             |             |             | 3           |             |             | 0           |             | 0           |             |
|           | 温感<br>TSENSE           | 1           |             |             |             |             | 1           |             |             |             |             | 1           |             |
| 定时器       | 高级<br>AD16C4T          | 2           |             |             |             |             | 2           |             |             | 1           |             | 1           |             |
|           | 通用 16 位<br>GP16C4T     | 2           |             |             |             |             | 2           |             |             |             |             | 2           |             |
|           | 通用 32 位<br>GP32C4T     | 2           |             |             |             |             | 2           |             |             | 0           |             | 0           |             |
|           | 基本<br>BS16T            | 2           |             |             |             |             | 2           |             |             |             |             | 2           |             |
| 通信        | I2C                    | 2           |             |             |             |             | 2           |             |             |             |             | 2           |             |
|           | SPI/I2S                | 3           |             |             |             |             | 3           |             |             | 2           |             | 2           |             |
|           | UART                   | 5           |             |             |             |             | 5           |             |             | 3           |             | 3           |             |
|           | CAN                    | 1           |             |             |             |             | 1           |             |             |             |             | 1           |             |
| 内核运行频率    |                        | ≤72MHz      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 工作电压范围    |                        | 2.6V--5.5V  |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 封装        |                        | LQFP100     |             |             |             |             | LQFP64      |             |             |             |             | LQFP48      |             |

表 2-1 器件资源列表

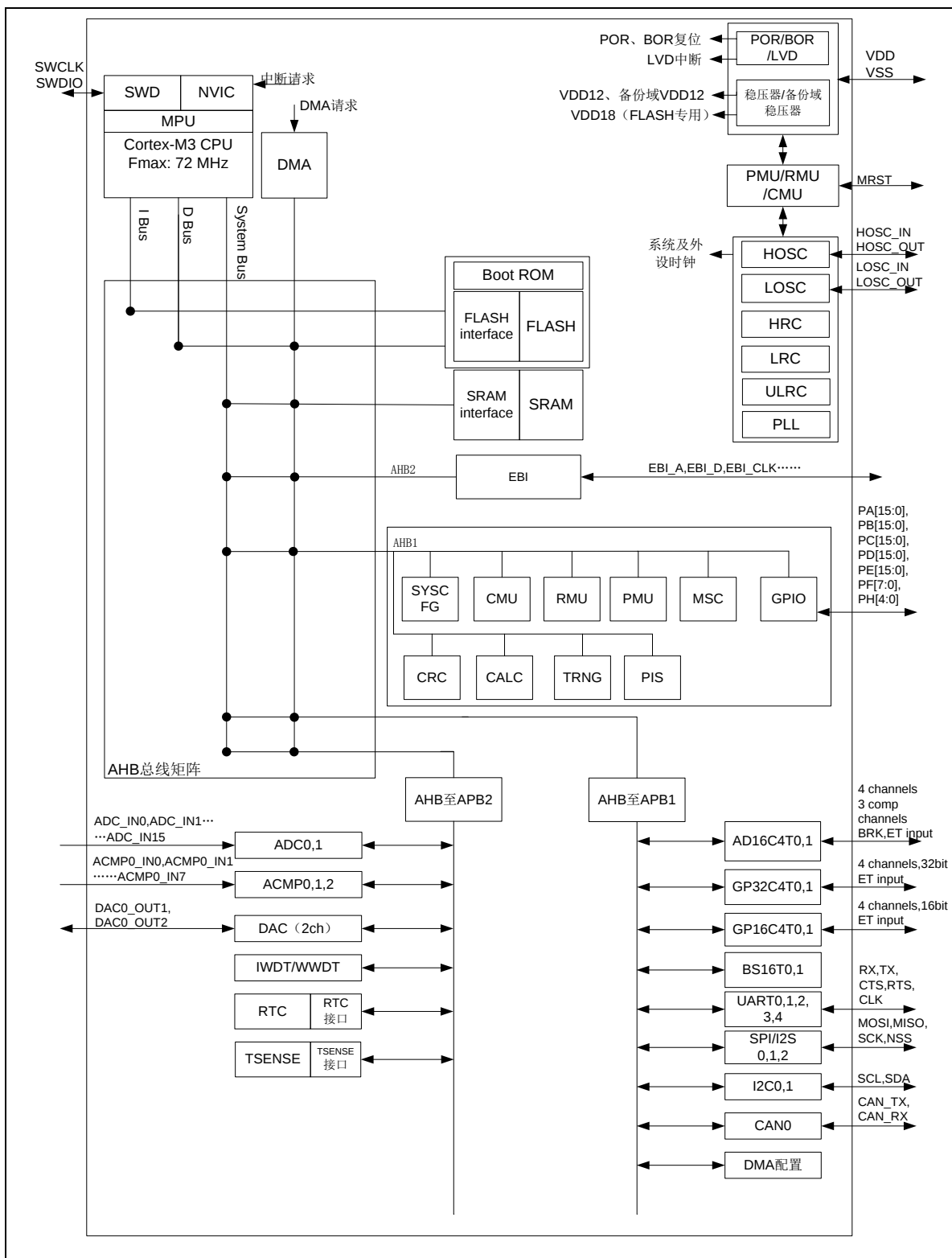


图 2-1ES32F365x 系列系统框图

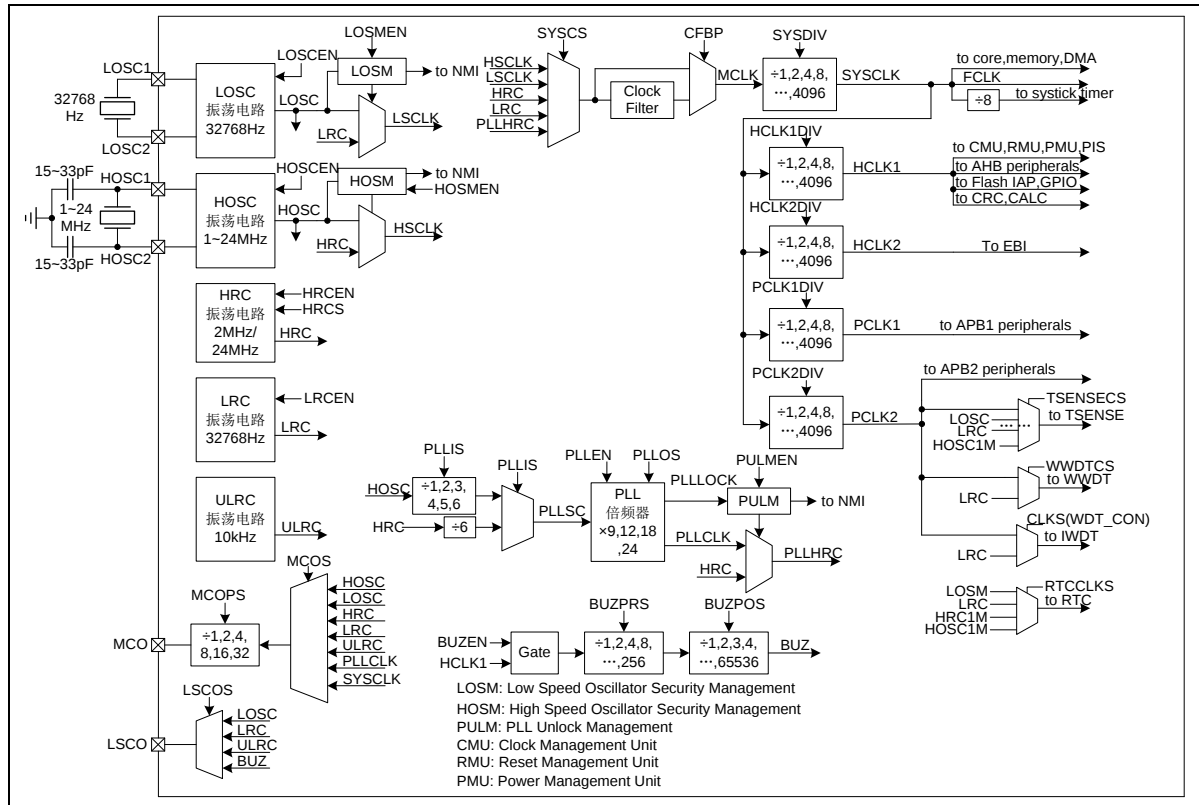


图 2-2 时钟树

## 2.2 器件资源概述

### 2.2.1 ES32F365x 系列 MCU 内核

#### 2.2.1.1 ARMCortex-M3 内核

ARM Cortex-M3 提供了高性能，低功耗，低成本的平台来满足微控制器的实现要求。具备出色的计算性能，并能够快速响应中断。

#### 2.2.1.2 嵌套向量中断控制器（NVIC）

ES32F365x 系列微控制器的嵌套向量中断控制器 NVIC（Nested Vector Interrupt Controller）可支持 16 个优先级设定。并具备以下特性：

- ◇ NVIC 与内核紧密配合支持快速中断响应时间
- ◇ 中断向量表直接传递至内核
- ◇ 支持中断嵌套，咬尾和迟来

#### 2.2.1.3 存储保护单元（MPU）

存储保护单元 MPU（Memory Protection Unit），用于检查访问权限和内存属性，可增强用户程序的健壮性。

#### 2.2.1.4 系统节拍定时器（SysTick）

SysTick 定时器被捆绑在 NVIC 中，用于产生 SysTick 中断（向量号：15）

#### 2.2.1.5 串行线调试（SWD）

支持标准 SWD（Serial Wire Debug）协议的调试接口。

调试通信口为 SWDIO 和 SWCLK。SWCLK 和 SWDIO 默认为上拉。

### 2.2.2 存储器

#### 2.2.2.1 闪存（FLASH）

最大 512KByte FLASH 存储空间用于存放程序和数据。支持用户可通过配置读保护配置字选择相应的读保护或写保护模式。FLASH 不支持 IAP 系统升级。

#### 2.2.2.2 静态随机存取存储器（SRAM）

最大 64KByte SRAM，支持内核单周期访问。

#### 2.2.2.3 扩展总线接口（EBI）

扩展总线接口 EBI（Extended Bus Interface）可扩展外部 SRAM,PSRAM,NOR 和 NAND FLASH 等。

## 2.2.3 系统管理

### 2.2.3.1 电源

VDD: 2.6V~5.5V 电源, 通过管脚 VDD 为 I/O 及内部稳压器供电。

### 2.2.3.2 电源监视

- ◇ 上电复位 (POR): 当 VDD 低于  $V_{POR}$  时, 器件处于复位状态。
- ◇ 欠压复位 (BOR): 上电期间, 欠压复位 (BOR) 将使器件保持复位状态, 直到电源电压达到 1.8V 以上。芯片默认 BOR 为开启状态, 复位完成后, 可通过软件选择 BOR 复位电压阈值  $V_{BOR}$ , 或可将 BOR 禁止。芯片支持 16 个  $V_{BOR}$  阈值选择。当电源电压 (VDD) 降至所选  $V_{BOR}$  阈值以下时, 将使器件复位。
- ◇ 低电压监测 (LVD): LVD 可用于监视 VDD 电源, 通过设置 LVDEN 使能 LVD, 将 VDD 电压和 LVDS 所选择的电压阈值 ( $V_{LVD}$ ) 进行比较, 可产生 LVD 中断。也可通过 LVDS 选择为外部 LVDIN 端口与内部固定 1.2V 电压比较, 此时可监视外部电压工作情况。

### 2.2.3.3 稳压器

主电源域稳压器:

包括 1.2V 稳压器和 1.8V 稳压器, 1.2V 稳压器用于主电源数字逻辑和存储, 1.8V 稳压器专门用于 Flash 编程和擦除。注意 1.8V 稳压器作为 Flash 专用, 在芯片电源框图中不再体现。

在 STANBY 模式下, 主电源域稳压器被关闭。内部逻辑掉电, 没有能量损耗。

在 STOP2 模式下, 如需追求更低的功耗, 可配置主电源域 1.2V 稳压器在进入 STOP2 模式后工作在维持模式。注意此时处于主电源域的 HRC, HOSC 关闭, 备份域的 LOSC, LRC, RTC, TSENSE 可工作, 少数主电源域的外设 (ACMP, LVD, IWDG 等) 可工作。其余模式下, 主电源域 1.2V 稳压器处于正常工作模式。

在 SLEEP 或者 STOPx 模式下, 可配置 1.8V 稳压器进入 SLEEP/STOPx 模式后工作在普通模式、低功耗模式、维持模式或关断模式, 以节省功耗。

备份电源域稳压器:

1.2V 稳压器用于备份电源域数字逻辑和存储。

在芯片所有功耗模式下可工作, 并且消耗极小电流。

### 2.2.3.4 低功耗模式

ES32F365x 系列 MCU 支持以下低功耗模式来实现低功耗, 快速唤醒时间以及可支持唤醒源的组合选择。

- ◇ SLEEP 模式:

在 SLEEP 模式下, CPU 时钟被关闭。所有外设可以继续工作并通过中断或事件唤醒 CPU。Flash 可以配置成空闲模式或者待机模式。主域 1.8V 稳压器可以配置成普通模式、低功耗模式、维持模式或关断模式。用户可根据功耗和唤醒时间需求来决定如何配置。

#### ◇ STOP1 模式:

在 STOP1 模式下, CPU 和大部分外设时钟被关闭, HOSC 和 HRC 时钟可通过软件配置为使能。DMA 可以继续动作, 配合一些低功耗外设, 在局部小系统内完成较简单的工作。可根据不同应用场景需求, 来配置主电源域 1.8V 稳压器在进入 STOP1 模式后处于何种低功耗模式。

#### ◇ STOP2 模式

在 STOP2 模式下, CPU 和大部分外设时钟被关闭, HOSC 和 HRC 可通过软件配置为使能。DMA 被关闭。只有一些低功耗外设还能继续工作, 并通过中断唤醒芯片。可根据需求, 来配置主电源域 1.2V 和 1.8V 稳压器在进入 STOP2 模式后处于何种低功耗模式。

#### ◇ STANDBY 模式

STANDBY 模式消费最少的功耗。主电源域稳压器被关闭, 内核大部分逻辑掉电。备份域 LDO 开启, LOSC, RTC 等可工作。备份 RAM 维持保存数据。

### 2.2.3.5 时钟管理

时钟控制器可对内核和外设分配不同的时钟源, 同时管理外设总时钟门控以及低功耗模式的时钟门控。

#### ◇ 时钟分频

通过权衡系统的运行速度和功耗, 可以调整内核和外设的时钟分频比, 选择合适的时钟频率。

#### ◇ 时钟安全控制

HOSM (HOSC Security Management) 可以实时监测 HOSC 时钟的工作情况, 当发生时钟停止时, 可自动为其切换为 HRC 时钟。PULM (PLL Unlock Management) 可以实时监测 PLL 时钟的工作情况, 当发生时钟失锁时, 可自动为其切换为 HRC 时钟。

#### ◇ 时钟门控

内核、部分外设和存储器时钟都可被单独门控, 可减少功耗消耗。

#### ◇ 时钟源

- 1~24MHz 外部高速晶体振荡器 (HOSC)
- 内部高速 RC 振荡器 (HRC)
- 32768Hz 外部低速晶体振荡器 (LOSC)
- 32768Hz 内部低速 RC 振荡器 (LRC)
- 10KHz 内部超低速 RC 振荡器 (ULRC)
- 最高 72MHz 内部锁相环倍频时钟 (PLL)

### 2.2.3.6 直接存储器访问 (DMA)

DMA (Direct Memory Access) 控制器能够独立于内核进行内存操作, 以降低功耗和内核的工作负载。DMA 控制器包含 12 个 DMA 通道, 每个 DMA 通道分别对应一个 DMA 多路复用器。多路复用器可选择片上所有的 DMA 请求源。DMA 控制器可支持存储到存储, 存储到外设以及外设到存储之间的数据传输。

DMA 可以在 STOP1 模式下进行存储器到存储器的数据传输。

### 2.2.3.7 外设互联 (PIS)

PIS (Peripheral Interaction System) 在微控制器中作为外设互联的桥接口使用, 利用 PIS 可实现外设之间的相互触发, 控制及自动化工作, 提高系统的实时性和快速响应能力, 可避免占用过多的内核工作负载并简化软件工作, 为各种应用扩展提供便捷。送出信号的外设模块被称为生产端, PIS 把这些信号传递到被称为消费端的外设进行使用。PIS 信号可以是电平或脉冲的形式, 并支持异步触发信号。

### 2.2.3.8 看门狗定时器 (WDT)

#### ◇ 独立看门狗定时器 (IWDT)

IWDT (Independent Watchdog), 当使用芯片配置字使能 IWDT 时, 时钟强制为 32768Hz LRC 时钟, 可用于检测软件和硬件异常, 如主时钟停振, 程序跑飞等。

在调试模式下, 定时器可被冻结。

#### ◇ 窗口看门狗定时器 (WWDT)

WWDT (Window Watchdog), 使用系统时钟 PCLK 作为计数时钟, 对于过早或过晚喂狗都将产生 WWDT 复位, 可用于检测软件没有喂狗或过早的喂狗行为, 防止程序跑至不可控状态。

在调试模式下, 定时器可被冻结。

## 2.2.4 外部接口

### 2.2.4.1 通用端口 (GPIO)

每组通用端口包含 16 个独立的引脚。这些引脚可单独配置为输入或输出。每个引脚有独立的开漏或开源输出控制, 驱动能力选择控制, 上拉或下拉选择, CMOS/TTL 输入选择以及模拟滤波输入使能控制。大部分端口可以与模拟功能及其他数字外设功能复用。每个端口可分别支持中断, 映射到 16 个中断向量中。另外每个端口还可支持触发 DMA 数据传输的功能。

## 2.2.5 安全管理及运算加速

### 2.2.5.1 循环冗余校验 (CRC)

CRC (Cyclic Redundancy Check) 发生器可以执行带可编程多项式设定的 CRC 计算。

支持四个常用的多项式: CRC-CCITT, CRC-8, CRC-16 和 CRC-32

◇ CRC-CCITT:  $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$

◇ CRC-8:  $X^8 + X^2 + X + 1$

◇ CRC-16:  $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$

◇ CRC-32:  $X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$

### 2.2.5.2 运算加速器 (CALC)

运算加速器 (CALC) 可以执行平方根的运算加速。

## 2.2.6 定时器

ES32F365x 系列 MCU 包含了 2 个高级定时器，4 个通用定时器和 2 个基本定时器。功能比较如下表所示：

|                    | 定时器计数位宽度 | 计数类型           | 预分频比    | DMA 请求 | 输入捕捉/输出比较通道 | 互补输出 |
|--------------------|----------|----------------|---------|--------|-------------|------|
| 高级定时器<br>(AD16C4T) | 16 位     | 向上<br>向下<br>上下 | 1~65536 | 支持     | 4           | 支持   |
| 通用定时器<br>(GP32C4T) | 32 位     | 向上<br>向下<br>上下 | 1~65536 | 支持     | 4           | 不支持  |
| 通用定时器<br>(GP16C4T) | 16 位     | 向上<br>向下<br>上下 | 1~65536 | 支持     | 4           | 不支持  |
| 基本定时器<br>(BS16T)   | 16 位     | 向上             | 1~65536 | 支持     | 0           | 不支持  |

表 2-2 定时器功能

### 2.2.6.1 高级定时器 (AD16C4T)

支持 2 路高级定时器 (AD16C4T0,AD16C4T1)。高级定时器可被视为复用在 6 个通道上的 3 相 PWM。PWM 互补输出的死区时间可配。另外高级定时器兼具通用定时器的所有功能。

在调试模式下，高级定时器可被冻结，并禁止 PWM 输出。

高级定时器可与其他定时器连接，一起配合使用，以达到同步或事件串联的目的。

### 2.2.6.2 通用 32 位定时器 (GP32C4T)

ES32F365x 系列 MCU 带 2 个通用定时器 (GP32C4T0,GP32C4T1)，该定时器包含 4 个独立通道，具备以下功能：

- ◇ 输入捕捉
- ◇ 输出比较
- ◇ PWM 生成（边缘或中间对齐模式）
- ◇ 单脉冲输出

通用定时器可与其他定时器连接，一起配合使用，以达到同步或事件串联的目的。

在调试模式下，定时器可被冻结。

### 2.2.6.3 通用 16 位定时器 (GP16C4T)

ES32F365x 系列 MCU 带 2 个通用定时器 (GP16C4T0,GP16C4T1)，该定时器包含 4 个独立通道，具备以下功能：

- ◇ 输入捕捉
- ◇ 输出比较
- ◇ PWM 生成（边缘或中间对齐模式）
- ◇ 单脉冲输出

通用定时器可与其他定时器连接，一起配合使用，以达到同步或事件串联的目的。

在调试模式下，定时器可被冻结。

### 2.2.6.4 基本定时器 (BS16T)

支持 2 路基本定时器 (BS16T0,BS16T1)。用于 16 位时基计数器或者产生事件触发其他外设工作。

在调试模式下，定时器可被冻结。

### 2.2.6.5 实时时钟计数器 (RTC)

RTC (Real Time Clock) 备份电源域在芯片 STANBY 模式下仍可通过独立的备份电源域稳压器获取电源。支持备份域 SRAM 空间为 128Byte，可在 STANDBY 模式下保存数据。

系统复位（除备份域上电复位外）不会对 RTC 及备份域的内容或寄存器产生影响。

RTC 采用外部 32.768KHz 晶体振荡器时钟源，支持日历功能，并支持产生定时中断，闹钟中断等。

## 2.2.7 通信

### 2.2.7.1 内部集成电路总线 (I2C)

支持 2 路 I2C (I2C0, I2C1)。I2C (Inter-Integrated Circuit) 总线接口用作微控制器和 I2C 串行总线之间的接口。它提供多主模式功能, 可以控制所有 I2C 总线特定的序列、协议、仲裁和时序。它支持标准和快速模式。它还与 SMBus 2.0 兼容。它可以用于多种用途, 包括 CRC 生成和验证、SMBus (系统管理总线) 以及 PMBus (电源管理总线)。

I2C 支持 DMA 对所发送和接收数据进行传输。

### 2.2.7.2 串行外设接口 (SPI/I2S)

支持 3 路 SPI 接口 (SPI0, SPI1, SPI2)。SPI (Serial Peripheral Interface) 可与外部器件进行半双工/全双工的同步串行通信。该接口可配置为主模式, 在这种情况下, 它可为外部从器件提供通信时钟 (SCK)。该接口还能够的多主模式配置下工作。它可用于多种用途, 包括基于双线的单工同步传输, 其中一条可作为双向数据线, 或使用 CRC 校验实现可靠通信。SPI 支持 DMA 对所发送和接收数据进行传输。

每路 SPI 同时支持 I2S 主机模式通信功能, 可通过软件选择。

I2S 接口支持四种音频标准: I2S 飞利浦标准, MSB 对齐标准, LSB 对齐标准, PCM 标准。音频采样频率可以是 192kHz, 96kHz, 48kHz, 44.1kHz, 32kHz, 22.05kHz, 16kHz, 11.025kHz 或 8kHz (或该范围内的任何其他值)。有四个数据和通道帧可供使用。数据可以采用以下格式发送:

- ◇ 16 位数据帧装在一个 16 位通道帧
- ◇ 16 位数据帧装在一个 32 位通道帧
- ◇ 24 位数据帧装在一个 32 位通道帧
- ◇ 32 位数据帧装在一个 32 位通道帧

### 2.2.7.3 通用异步收发器 (UART)

支持 5 路 UART 接口 (UART0, UART1, UART2, UART3, UART4)。UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) 支持与外部设备进行全双工数据通信和单线半双工通信。UART 支持波特率自动测量功能。并且提供了 4 级深度 FIFO 可提高发送或接收的效率, 减少打断 CPU 的次数。UART 还支持多点通信 (RS-485), LIN (局域互连网络)、红外通信协议 (IrDA SIR), 以及硬件自动流控制 (CTS/RTS)。其中 UART4 可支持智能卡模式。

### 2.2.7.4 基本扩展控制器局域网络 (BxCAN)

支持 1 路 BxCAN 接口 (BxCAN0)。BxCAN (Basic Extended Controller Area Network) 可与 CAN 网络进行交互。该外设支持 2.0A 和 2.0B 版本的 CAN 协议, 旨在以最少的 CPU 负载高效管理大量的传入消息, 并可按需要的优先级实现消息发送。在攸关安全性的应用中, CAN 控制器提供所有必要的硬件功能来支持 CAN 时间触发通信方案。

## 2.2.8 模拟

### 2.2.8.1 模数转换 (ADC)

支持 2 路模数转换器 (ADC0,ADC1)。ADC (Analog to Digital Convertor) 是 12 位分辨率的逐次逼近型模数转换器。它具有多达 19 个复用通道,可测量自管脚输入的 16 个外部信号、3 个内部信号。这些通道的 A/D 转换可在单次、连续、扫描或不连续采样模式下进行。ADC 的结果存储在一个左对齐或右对齐的 16 位数据寄存器中。

ADC 模块具有模拟看门狗特性,允许应用检测输入电压是否超过了用户自定义的阈值上限或下限。

ADC 支持触发 DMA 数据传输的功能。

### 2.2.8.2 数模转换 (DAC)

DAC (Digital to Analog Convertor) 模块支持 12 位分辨率。最大采样率可支持 500ksps。参考源选择可配置。支持两路 DAC 转换通道,也可配置为差分输出。转换时钟分频可配置,分频比可选范围为 1~128。支持正弦波产生模式。支持 PIS 触发转换功能和通过 DMA 传输数字量。

### 2.2.8.3 模拟比较器 (ACMP)

支持 3 路模拟比较器 (ACMP0,ACMP1,ACMP2)。ACMP (Analog Comparator) 用于比较两个模拟信号电压的大小。当正极输入大于负极输入时比较器输出逻辑 1, 否则输出 0。当比较器输出值有变化时, 3 个比较器都可以配置产生中断。

ACMP 带迟滞功能。

ACMP 可在 STOP 模式下工作。

### 2.2.8.4 温度传感器 (TSENSE)

TSENSE (Temperature Sensor) 可生成与温度成线性变化的电压, 并将电压转换为实际温度值输出。

## 第3章 管脚说明

### 3.1 管脚图

#### 3.1.1 LQFP100

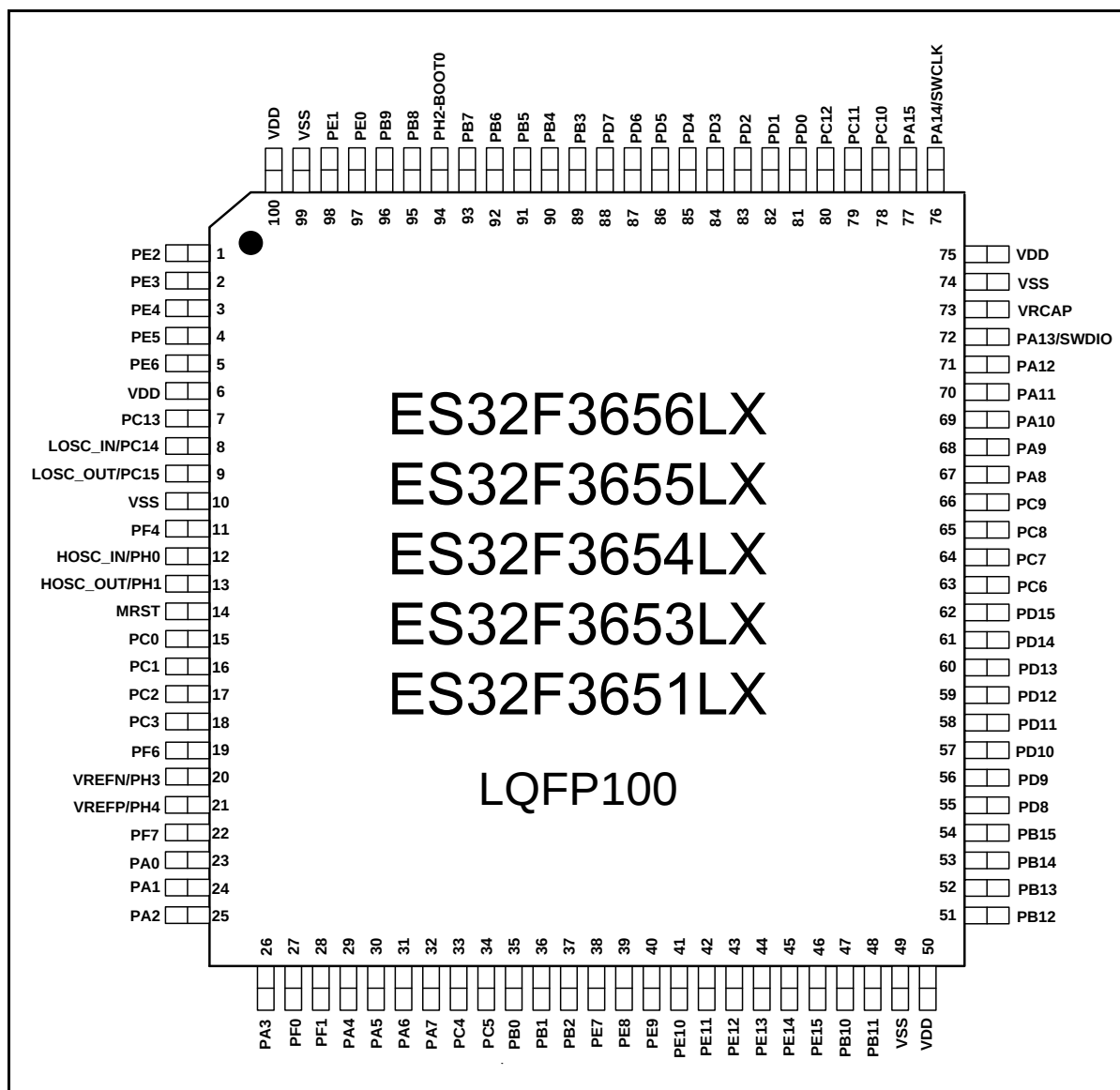


图 3-1ES32F365xLQFP100 顶视图

### 3.1.2 LQFP64

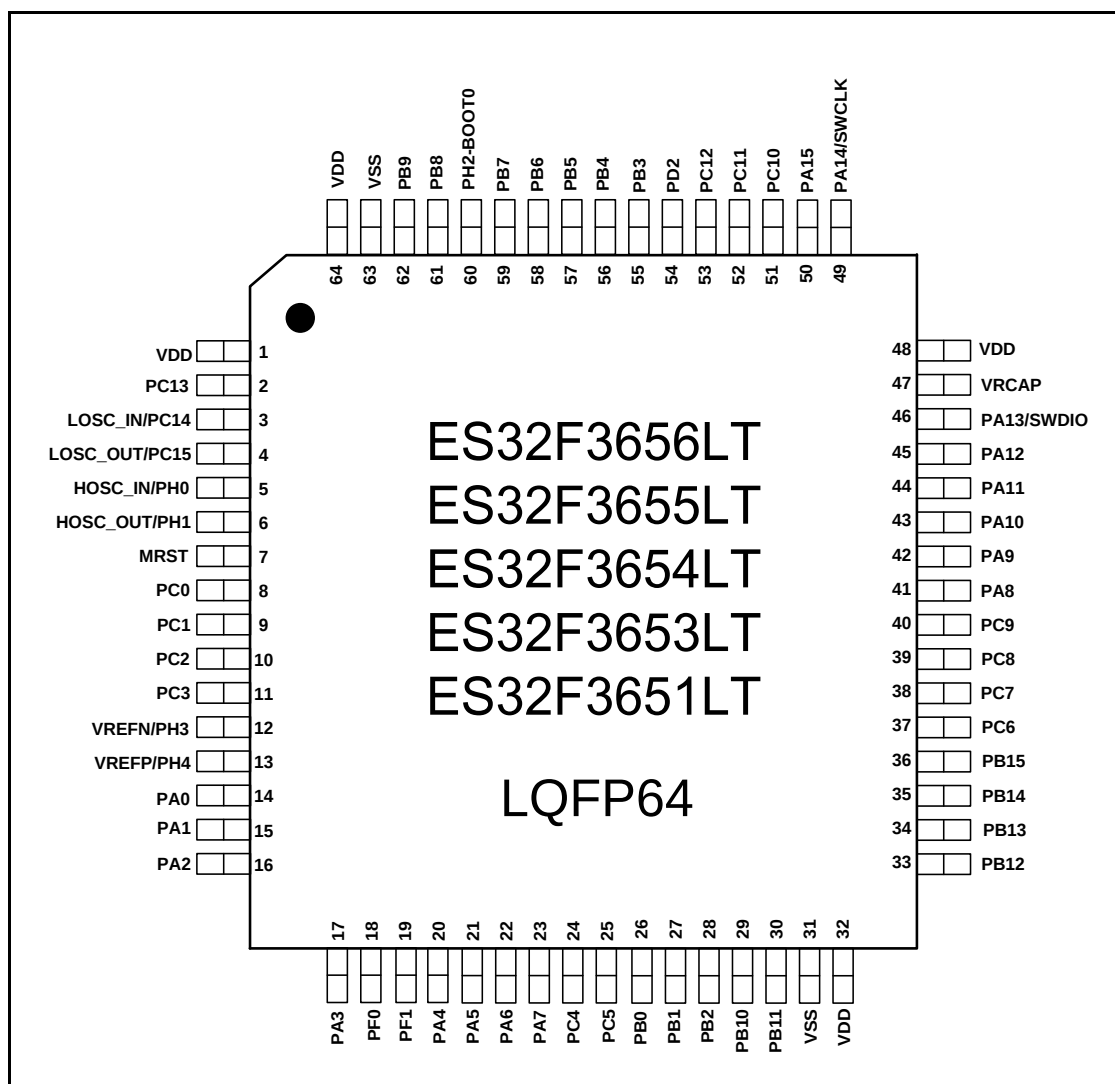


图 3-2ES32F365x LQFP64 顶视图

### 3.1.3 LQFP48

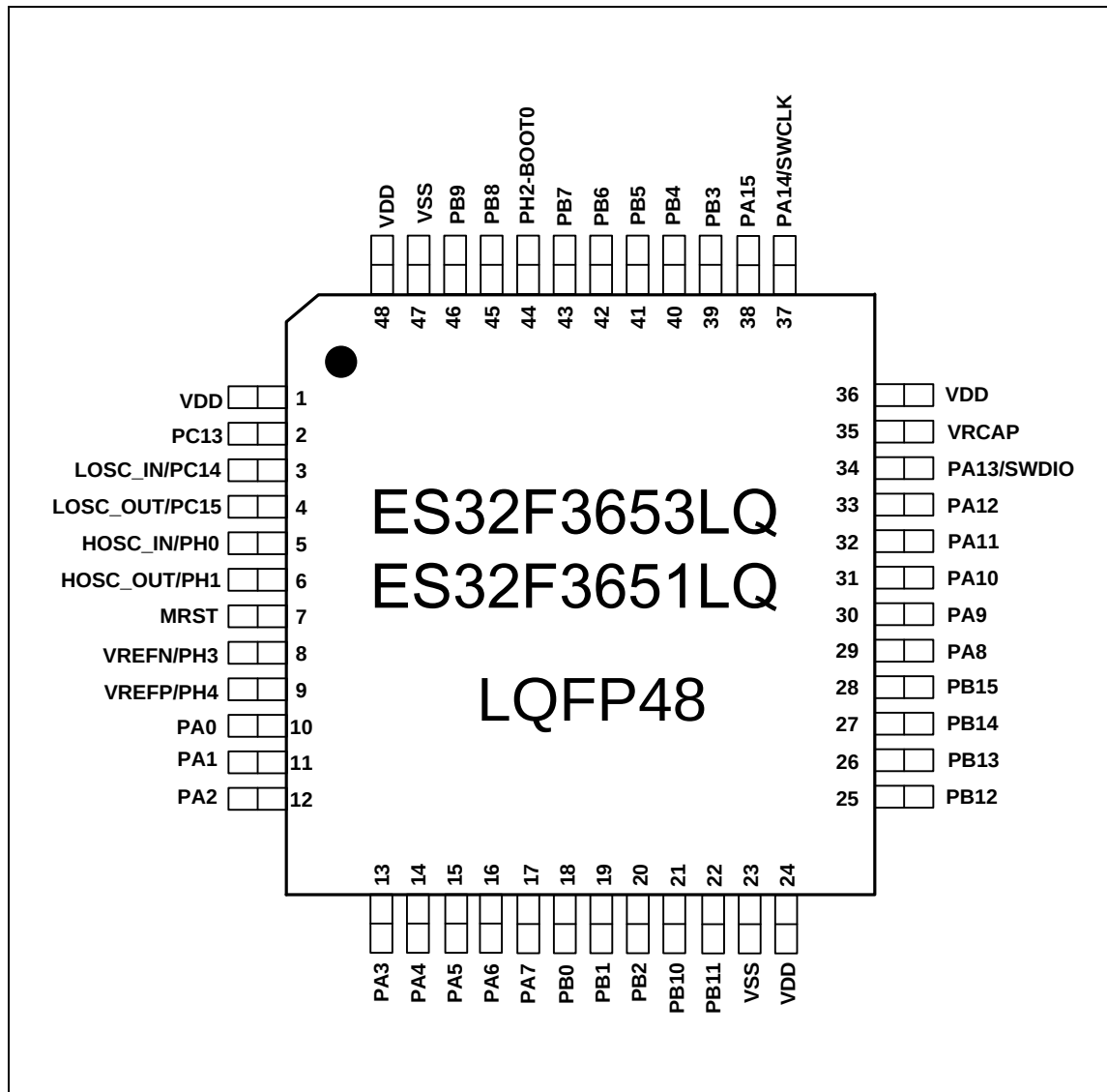


图 3-3ES32F365x LQFP48 顶视图

## 3.2 管脚功能定义

| Pin Number |        |         | Pin Name             | ALT0<br>(复位后功能) | ALT1                 | ALT2 | ALT3      | ALT4      | ALT5     | ALT6      | ALT7    |
|------------|--------|---------|----------------------|-----------------|----------------------|------|-----------|-----------|----------|-----------|---------|
| LQFP48     | LQFP64 | LQFP100 |                      |                 |                      |      |           |           |          |           |         |
| /          | /      | 1       | PE2                  | —               | PE2                  | —    | UART2_TX  | ACMP0_OUT | —        | TRACECLK  | EBI_A23 |
| /          | /      | 2       | PE3                  | —               | PE3                  | —    | UART2_RX  | ACMP1_OUT | —        | TRACED0   | EBI_A19 |
| /          | /      | 3       | PE4                  | —               | PE4                  | —    | UART2_CTS | ACMP2_OUT | —        | TRACED1   | EBI_A20 |
| /          | /      | 4       | PE5                  | —               | PE5                  | —    | UART2_RTS | —         | —        | TRACED2   | EBI_A21 |
| /          | /      | 5       | PE6                  | —               | PE6                  | —    | UART4_CK  | —         | —        | TRACED3   | EBI_A22 |
| 1          | 1      | 6       | VDD                  | —               | —                    | —    | —         | —         | —        | —         | —       |
| 2          | 2      | 7       | PC13-TAMPER0_R<br>TC | —               | PC13-TAMPER0_<br>RTC | —    | —         | —         | —        | —         | —       |
| 3          | 3      | 8       | PC14/<br>LOSC_IN     | LOSC_IN         | PC14                 | —    | —         | —         | —        | —         | —       |
| 4          | 4      | 9       | PC15/<br>LOSC_OUT    | LOSC_OUT        | PC15                 | —    | —         | —         | —        | —         | —       |
| /          | /      | 10      | VSS                  | —               | —                    | —    | —         | —         | —        | —         | —       |
| /          | /      | 11      | PF4                  | —               | PF4                  | —    | —         | —         | —        | —         | EBI_A4  |
| 5          | 5      | 12      | PH0/<br>HOSC_IN      | HOSC_IN         | PH0                  | —    | UART0_TX  | —         | I2C1_SCL | ACMP0_OUT | —       |
| 6          | 6      | 13      | PH1/<br>HOSC_OUT     | HOSC_OUT        | PH1                  | —    | UART0_RX  | —         | I2C1_SDA | ACMP1_OUT | —       |
| 7          | 7      | 14      | MRST                 | MRST            | —                    | —    | —         | —         | —        | —         | —       |

| Pin Number |        |         | Pin Name  | ALT0<br>(复位后功能)     | ALT1                     | ALT2         | ALT3      | ALT4        | ALT5             | ALT6        | ALT7   |
|------------|--------|---------|-----------|---------------------|--------------------------|--------------|-----------|-------------|------------------|-------------|--------|
| LQFP48     | LQFP64 | LQFP100 |           |                     |                          |              |           |             |                  |             |        |
| /          | 8      | 15      | PC0       | ADC_IN0<br>ACMP_IN0 | PC0                      | —            | UART1_TX  | SPI1_NSS    | —                | —           | EBI_A0 |
| /          | 9      | 16      | PC1       | ADC_IN1<br>ACMP_IN1 | PC1                      | —            | UART1_RX  | SPI1_SCK    | —                | RTCO        | EBI_A1 |
| /          | 10     | 17      | PC2       | ADC_IN2<br>ACMP_IN2 | PC2                      | —            | UART1_CTS | SPI1_MISO   | —                | —           | EBI_A2 |
| /          | 11     | 18      | PC3       | ADC_IN3<br>ACMP_IN3 | PC3                      | —            | UART1_RTS | SPI1_MOSI   | —                | —           | EBI_A3 |
| /          | /      | 19      | PF6       | —                   | PF6                      | —            | —         | —           | —                | —           | —      |
| 8          | 12     | 20      | VREFN/PH3 | VREFN               | PH3                      | —            | —         | —           | —                | —           | —      |
| 9          | 13     | 21      | VREFP/PH4 | VREFP               | PH4                      | —            | —         | —           | —                | —           | —      |
| /          | /      | 22      | PF7       | —                   | PF7                      | —            | —         | —           | —                | —           | —      |
| 10         | 14     | 23      | PA0-WKUP  | ADC_IN4<br>ACMP_IN4 | PA0-WKUP-TAM<br>PER1_RTC | GP32C4T0_CH1 | —         | AD16C4T1_ET | GP16C4T1_C<br>H1 | GP32C4T0_ET | —      |
| 11         | 15     | 24      | PA1       | ADC_IN5<br>ACMP_IN5 | PA1                      | GP32C4T0_CH2 | —         | —           | GP16C4T1_C<br>H2 | —           | —      |
| 12         | 16     | 25      | PA2       | ADC_IN6<br>ACMP_IN6 | PA2                      | GP32C4T0_CH3 | —         | —           | GP16C4T1_C<br>H3 | —           | —      |
| 13         | 17     | 26      | PA3       | ADC_IN7<br>ACMP_IN7 | PA3                      | GP32C4T0_CH4 | —         | —           | GP16C4T1_C<br>H4 | —           | —      |
| /          | 18     | 27      | PF0       | —                   | PF0                      | —            | —         | —           | —                | —           | —      |
| /          | 19     | 28      | PF1       | —                   | PF1                      | —            | —         | —           | —                | —           | —      |

| Pin Number |        |         | Pin Name | ALT0<br>(复位后功能)     | ALT1 | ALT2          | ALT3              | ALT4              | ALT5      | ALT6          | ALT7    |
|------------|--------|---------|----------|---------------------|------|---------------|-------------------|-------------------|-----------|---------------|---------|
| LQFP48     | LQFP64 | LQFP100 |          |                     |      |               |                   |                   |           |               |         |
| 14         | 20     | 29      | PA4      | ADC_IN8<br>DAC_OUT0 | PA4  | —             | —                 | —                 | —         | SPI0_NSS      | EBI_A4  |
| 15         | 21     | 30      | PA5      | ADC_IN9<br>DAC_OUT1 | PA5  | —             | —                 | —                 | I2C1_SCL  | SPI0_SCK      | EBI_A5  |
| 16         | 22     | 31      | PA6      | ADC_IN10            | PA6  | AD16C4T1_BRK  | GP32C4T1_CH1      | AD16C4T0_BRK      | I2C1_SDA  | SPI0_MISO     | EBI_A6  |
| 17         | 23     | 32      | PA7      | ADC_IN11            | PA7  | AD16C4T1_CH1N | GP32C4T1_CH2      | AD16C4T0_CH1<br>N | I2C1_SMBA | SPI0_MOSI     | EBI_A7  |
| /          | 24     | 33      | PC4      | ADC_IN12            | PC4  | —             | —                 | UART3_TX          | SPI2_NSS  | —             | EBI_A8  |
| /          | 25     | 34      | PC5      | ADC_IN13            | PC5  | —             | —                 | UART3_RX          | SPI2_SCK  | —             | EBI_A9  |
| 18         | 26     | 35      | PB0      | ADC_IN14            | PB0  | GP32C4T1_CH3  | AD16C4T1_CH2<br>N | UART3_CTS         | SPI2_MISO | AD16C4T0_CH2N | VSYNC1  |
| 19         | 27     | 36      | PB1      | ADC_IN15            | PB1  | GP32C4T1_CH4  | AD16C4T1_CH3<br>N | UART3_RTS         | SPI2_MOSI | AD16C4T0_CH3N | VSYNC2  |
| 20         | 28     | 37      | PB2      | —                   | PB2  | —             | —                 | —                 | —         | —             | VSYNC3  |
| /          | /      | 38      | PE7      | —                   | PE7  | AD16C4T0_ET   | —                 | UART4_CK          | —         | —             | EBI_D4  |
| /          | /      | 39      | PE8      | —                   | PE8  | AD16C4T0_CH1N | —                 | —                 | —         | —             | EBI_D5  |
| /          | /      | 40      | PE9      | —                   | PE9  | AD16C4T0_CH1  | —                 | —                 | —         | —             | EBI_D6  |
| /          | /      | 41      | PE10     | —                   | PE10 | AD16C4T0_CH2N | —                 | UART4_TX          | UART3_TX  | PIS_CH0P      | EBI_D7  |
| /          | /      | 42      | PE11     | —                   | PE11 | AD16C4T0_CH2  | —                 | UART4_RX          | UART3_RX  | PIS_CH1P      | EBI_D8  |
| /          | /      | 43      | PE12     | —                   | PE12 | AD16C4T0_CH3N | —                 | UART4_CTS         | UART3_CTS | PIS_CH2P      | EBI_D9  |
| /          | /      | 44      | PE13     | —                   | PE13 | AD16C4T0_CH3  | —                 | UART4_RTS         | UART3_RTS | PIS_CH3P      | EBI_D10 |
| /          | /      | 45      | PE14     | —                   | PE14 | AD16C4T0_CH4  | —                 | —                 | —         | —             | EBI_D11 |

| Pin Number |        |         | Pin Name | ALT0<br>(复位后功能) | ALT1 | ALT2          | ALT3         | ALT4      | ALT5      | ALT6     | ALT7    |
|------------|--------|---------|----------|-----------------|------|---------------|--------------|-----------|-----------|----------|---------|
| LQFP48     | LQFP64 | LQFP100 |          |                 |      |               |              |           |           |          |         |
| /          | /      | 46      | PE15     | —               | PE15 | AD16C4T0_BRK  | —            | —         | —         | —        | EBI_D12 |
| 21         | 29     | 47      | PB10     | —               | PB10 | GP32C4T0_CH3  | UART0_TX     | —         | I2C1_SCL  | —        | EBI_A10 |
| 22         | 30     | 48      | PB11     | —               | PB11 | GP32C4T0_CH4  | UART0_RX     | —         | I2C1_SDA  | —        | EBI_A11 |
| 23         | 31     | 49      | VSS      | —               | —    | —             | —            | —         | —         | —        | —       |
| 24         | 32     | 50      | VDD      | —               | —    | —             | —            | —         | —         | —        | —       |
| 25         | 33     | 51      | PB12     | —               | PB12 | AD16C4T0_BRK  | —            | SPI1_NSS  | I2C1_SMBA | —        | EBI_A12 |
| 26         | 34     | 52      | PB13     | —               | PB13 | AD16C4T0_CH1N | UART0_CTS    | SPI1_SCK  | —         | —        | EBI_A13 |
| 27         | 35     | 53      | PB14     | —               | PB14 | AD16C4T0_CH2N | UART0_RTS    | SPI1_MISO | —         | —        | EBI_A14 |
| 28         | 36     | 54      | PB15     | —               | PB15 | AD16C4T0_CH3N | —            | SPI1_MOSI | —         | —        | EBI_A15 |
| /          | /      | 55      | PD8      | —               | PD8  | —             | —            | —         | UART0_TX  | —        | EBI_D13 |
| /          | /      | 56      | PD9      | —               | PD9  | —             | —            | —         | UART0_RX  | —        | EBI_D14 |
| /          | /      | 57      | PD10     | —               | PD10 | —             | —            | —         | —         | —        | EBI_D15 |
| /          | /      | 58      | PD11     | —               | PD11 | —             | —            | —         | UART0_CTS | —        | EBI_A16 |
| /          | /      | 59      | PD12     | —               | PD12 | GP16C4T0_CH1  | —            | —         | UART0_RTS | —        | EBI_A17 |
| /          | /      | 60      | PD13     | —               | PD13 | GP16C4T0_CH2  | —            | UART3_RX  | —         | —        | EBI_A18 |
| /          | /      | 61      | PD14     | —               | PD14 | GP16C4T0_CH3  | —            | UART3_TX  | —         | —        | EBI_D0  |
| /          | /      | 62      | PD15     | —               | PD15 | GP16C4T0_CH4  | —            | —         | —         | —        | EBI_D1  |
| /          | 37     | 63      | PC6      | —               | PC6  | AD16C4T1_CH1  | GP32C4T1_CH1 | —         | —         | —        | —       |
| /          | 38     | 64      | PC7      | —               | PC7  | AD16C4T1_CH2  | GP32C4T1_CH2 | —         | —         | —        | —       |
| /          | 39     | 65      | PC8      | —               | PC8  | AD16C4T1_CH3  | GP32C4T1_CH3 | —         | —         | PIS_CH2P | —       |
| /          | 40     | 66      | PC9      | —               | PC9  | AD16C4T1_CH4  | GP32C4T1_CH4 | —         | —         | PIS_CH3P | —       |

| Pin Number |        |         | Pin Name       | ALT0<br>(复位后功能) | ALT1 | ALT2         | ALT3      | ALT4      | ALT5        | ALT6 | ALT7                 |
|------------|--------|---------|----------------|-----------------|------|--------------|-----------|-----------|-------------|------|----------------------|
| LQFP48     | LQFP64 | LQFP100 |                |                 |      |              |           |           |             |      |                      |
| 29         | 41     | 67      | PA8            | —               | PA8  | AD16C4T0_CH1 | —         | ACMP0_OUT | UART4_CK    | RTCO | —                    |
| 30         | 42     | 68      | PA9            | —               | PA9  | AD16C4T0_CH2 | —         | ACMP1_OUT | UART0_TX    | LSCO | EBI_INT2             |
| 31         | 43     | 69      | PA10           | —               | PA10 | AD16C4T0_CH3 | —         | —         | UART0_RX    | HSCO | EBI_INT3             |
| 32         | 44     | 70      | PA11           | —               | PA11 | AD16C4T0_CH4 | —         | CAN0_RX   | UART0_CTS   | —    | —                    |
| 33         | 45     | 71      | PA12           | —               | PA12 | AD16C4T0_ET  | —         | CAN0_TX   | UART0_RTS   | —    | —                    |
| 34         | 46     | 72      | PA13-<br>SWDIO | SWDIO           | PA13 | UART1_TX     | —         | —         | —           | —    | —                    |
| 35         | 47     | 73      | VRCAP          | —               | —    | —            | —         | —         | —           | —    | —                    |
| /          | /      | 74      | VSS            | —               | —    | —            | —         | —         | —           | —    | —                    |
| 36         | 48     | 75      | VDD            | —               | —    | —            | —         | —         | —           | —    | —                    |
| 37         | 49     | 76      | PA14-<br>SWCLK | SWCLK           | PA14 | UART1_RX     | —         | —         | —           | —    | —                    |
| 38         | 50     | 77      | PA15           | —               | PA15 | GP32C4T0_CH1 | SPI2_NSS  | SPI0_NSS  | GP32C4T0_ET | HSCO | —                    |
| /          | 51     | 78      | PC10           | —               | PC10 | —            | UART1_TX  | —         | UART2_RTS   | —    | EBI_NE2/EBI_NC<br>E3 |
| /          | 52     | 79      | PC11           | —               | PC11 | —            | UART1_RX  | —         | UART2_CTS   | —    | EBI_NE3              |
| /          | 53     | 80      | PC12           | —               | PC12 | —            | UART1_RTS | —         | UART2_TX    | —    | EBI_NE4              |
| /          |        | 81      | PD0            | —               | PD0  | —            | —         | —         | —           | —    | EBI_D2               |
| /          |        | 82      | PD1            | —               | PD1  | —            | —         | —         | —           | —    | EBI_D3               |
| /          | 54     | 83      | PD2            | LVDIN           | PD2  | GP32C4T1_ET  | UART1_CTS | —         | UART2_RX    | —    | DCLK                 |
| /          |        | 84      | PD3            | —               | PD3  | GP16C4T1_ET  | —         | SPI0_SCK  | —           | —    | EBI_CLK              |

| Pin Number |        |         | Pin Name  | ALT0<br>(复位后功能) | ALT1          | ALT2         | ALT3      | ALT4      | ALT5      | ALT6     | ALT7                 |
|------------|--------|---------|-----------|-----------------|---------------|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------------|
| LQFP48     | LQFP64 | LQFP100 |           |                 |               |              |           |           |           |          |                      |
| /          | /      | 85      | PD4       | —               | PD4           | —            | —         | SPI0_MISO | —         | —        | EBI_NOE              |
| /          | /      | 86      | PD5       | —               | PD5           | —            | UART1_TX  | —         | —         | —        | EBI_NWE              |
| /          | /      | 87      | PD6       | —               | PD6           | —            | UART1_RX  | —         | —         | —        | EBI_NWAIT            |
| /          | /      | 88      | PD7       | —               | PD7           | —            | —         | SPI0_MOSI | —         | —        | EBI_NE1/EBI_NC<br>E2 |
| 39         | 55     | 89      | PB3       | —               | PB3           | GP32C4T0_CH2 | SPI2_SCK  | SPI0_SCK  | UART2_TX  | TRACESWO | —                    |
| 40         | 56     | 90      | PB4       | —               | PB4           | GP32C4T1_CH1 | SPI2_MISO | SPI0_MISO | UART2_RX  | PIS_CH0P | HSYNC1               |
| 41         | 57     | 91      | PB5       | —               | PB5           | GP32C4T1_CH2 | SPI2_MOSI | SPI0_MOSI | I2C0_SMBA | PIS_CH1P | EBI_A24              |
| 42         | 58     | 92      | PB6       | —               | PB6           | GP16C4T0_CH1 | UART4_TX  | —         | I2C0_SCL  | PIS_CH2P | EBI_A25              |
| 43         | 59     | 93      | PB7       | —               | PB7           | GP16C4T0_CH2 | UART4_RX  | —         | I2C0_SDA  | PIS_CH3P | EBI_NADV             |
| 44         | 60     | 94      | PH2-BOOT0 | —               | BOOT0/<br>PH2 | —            | —         | —         | —         | —        | —                    |
| 45         | 61     | 95      | PB8       | —               | PB8           | GP16C4T0_CH3 | CAN0_RX   | —         | I2C0_SCL  | —        | HSYNC2               |
| 46         | 62     | 96      | PB9       | —               | PB9           | GP16C4T0_CH4 | CAN0_TX   | —         | I2C0_SDA  | —        | HSYNC3               |
| /          | /      | 97      | PE0       | —               | PE0           | GP16C4T0_ET  | UART4_CTS | —         | I2C0_SMBA | —        | EBI_NBL0             |
| /          | /      | 98      | PE1       | —               | PE1           | —            | UART4_RTS | —         | —         | —        | EBI_NBL1             |
| 47         | 63     | 99      | VSS       | —               | —             | —            | —         | —         | —         | —        | —                    |
| 48         | 64     | 100     | VDD       | —               | —             | —            | —         | —         | —         | —        | —                    |

表 3-1ES32F365x 的管脚功能定义

## 第4章 存储器映射图

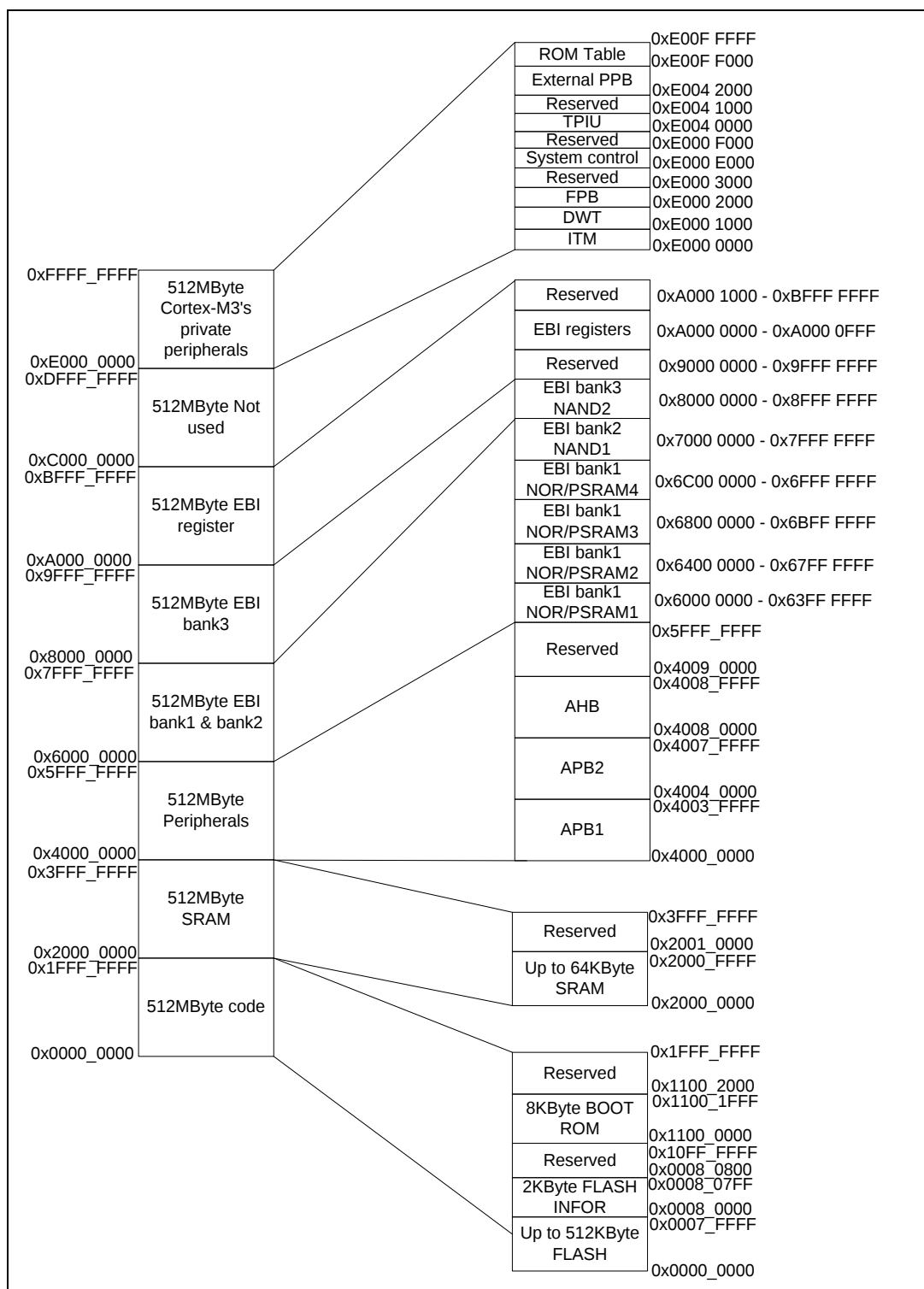


图 4-1 存储器映射

## 第5章 电气特性

### 5.1 最小值和最大值、典型值

最大值和最小值是在指定温度范围内测试所有元器件后，在最差条件下（包括环境温度，电源电压以及测试频率等）应能够保证的数据。

典型值为温度 25℃，电源电压  $V_{DD}=5V$ （电压范围  $2.6V \leq V_{DD} \leq 5.5V$ ）条件下的电气值。

## 5.2 芯片电源

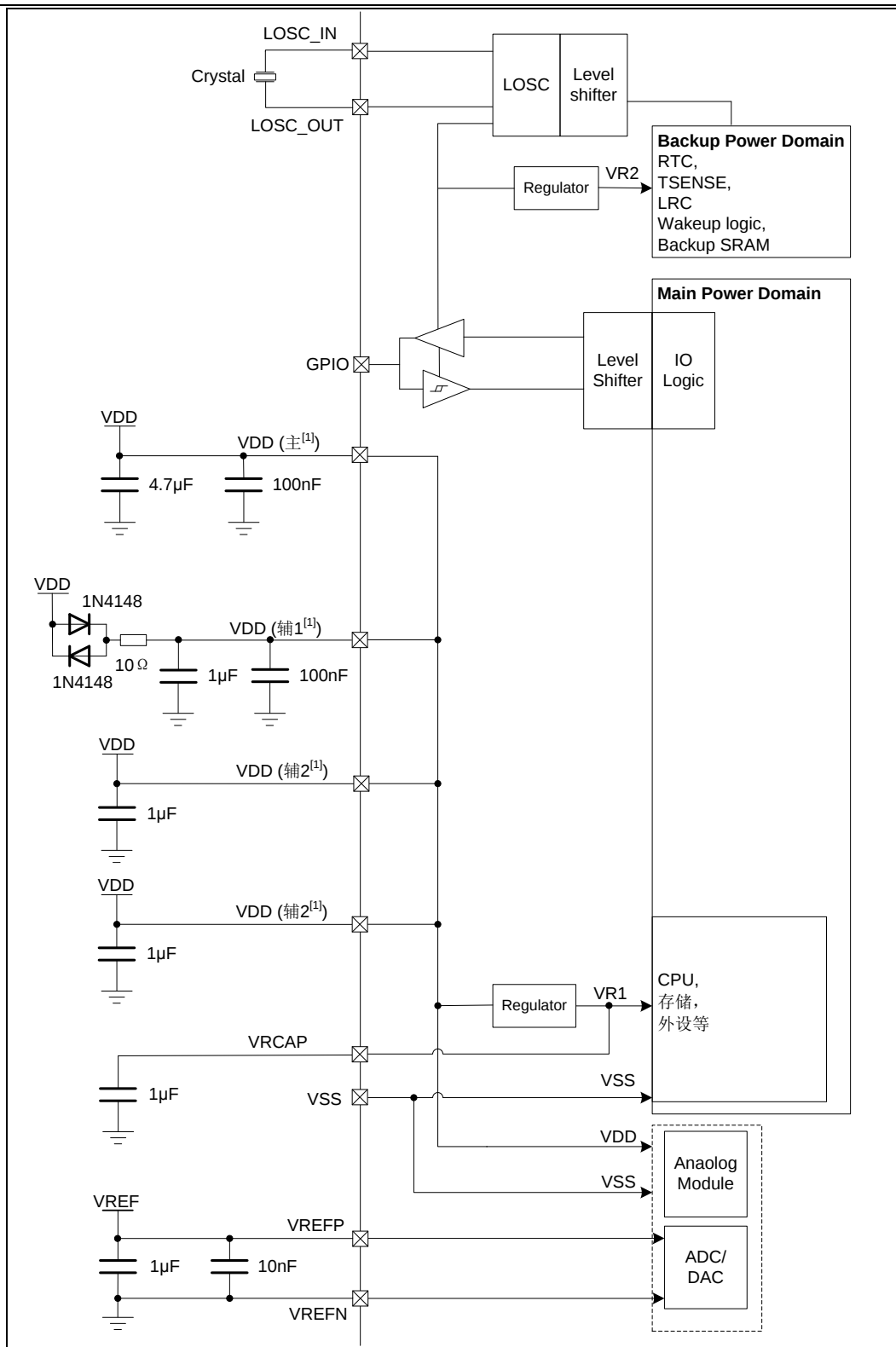


图 5-1 芯片电源

注 1: 产品有多个 VDD 管脚, 分为 VDD (主)、VDD (辅 1) 和 VDD (辅 2) 对应的具体电源管脚请参见相关产品的应用笔记说明。

### 5.3 电流测量

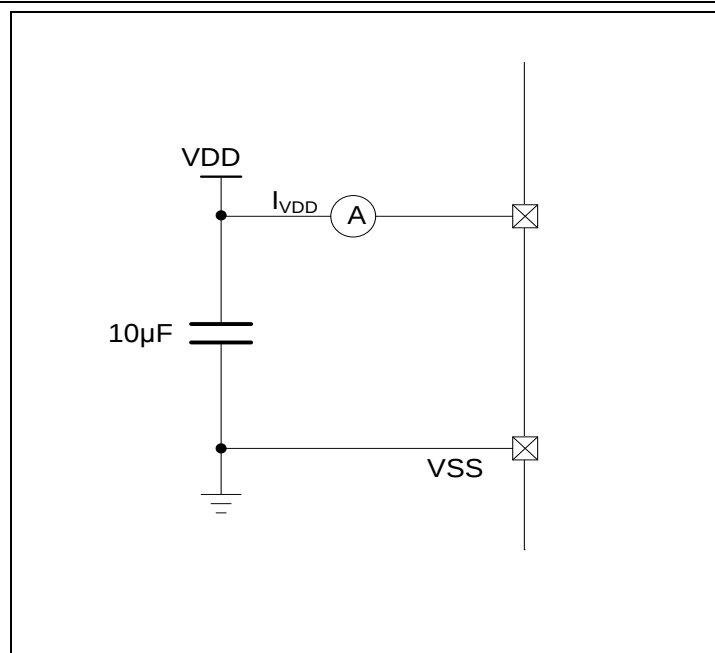


图 5-2 电流测量

## 5.4 芯片极限参数

以下表格为芯片耐受的极限电气参数值，超过范围可能导致芯片永久性破坏。

### 5.4.1 电压参数

| 标号               | 参数            | 条件 | 最小值              | 最大值     | 单位 |
|------------------|---------------|----|------------------|---------|----|
| VDD              | 芯片主电源         | -  | - 0.3            | 7.5     | V  |
| VIN              | 端口输入电压        | -  | - 0.3            | VDD+0.3 | V  |
| $\Delta$ VDDx    | 各 VDD 电源端口的差值 | -  | -                | 50      | mV |
| VSSx - VSS       | 各 VSS 端口之间的差值 | -  | -                | 50      | mV |
| V <sub>ESD</sub> | 静电释放电压        | -  | 请参考表格“ESD 最大额定值” |         | V  |

表 5-1 极限电压参数

### 5.4.2 电流参数

| 标号                 | 参数          | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|--------------------|-------------|----|-----|-----|----|
| I <sub>VDD</sub>   | 流经 VDD 的总电流 | -  | -   | 100 | mA |
| I <sub>VSS</sub>   | 流经 VSS 的总电流 | -  | -   | 100 | mA |
| I <sub>IO</sub>    | 拉电流（输出高）    | -  | -   | 20  | mA |
|                    | 灌电流（输出低）    | -  | -   | 20  | mA |
| I <sub>LATCH</sub> | I/O 闩锁电流    | -  | 100 | 300 | mA |

表 5-2 极限电流参数

### 5.4.3 热参数

| 标号               | 参数   | 条件 | 最小值  | 最大值 | 单位 |
|------------------|------|----|------|-----|----|
| T <sub>STG</sub> | 储存温度 | -  | - 65 | 150 | ℃  |
| T <sub>J</sub>   | 结温   | -  | -    | 125 | ℃  |

表 5-3 极限热参数

## 5.5 运行条件

### 5.5.1 运行条件

| 标号                | 参数             | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位  |
|-------------------|----------------|----|-----|-----|-----|
| $f_{HCLK1}^{[1]}$ | 内部 AHB1 总线时钟频率 | -  | -   | 72  | MHz |
| $f_{HCLK2}^{[1]}$ | 内部 AHB2 总线时钟频率 | -  | -   | 72  | MHz |
| $f_{PCLK1}$       | 内部 APB1 总线时钟频率 | -  | -   | 72  | MHz |
| $f_{PCLK2}$       | 内部 APB2 总线时钟频率 | -  | -   | 24  | MHz |
| VDD               | 电源电压           | -  | 2.6 | 5.5 | V   |
| $T_A$             | 环境温度           | -  | -40 | 85  | °C  |
| $T_J$             | 结温             | -  | -40 | 125 | °C  |

表 5-4 芯片通常运行条件

注 1: 系统内核以 48~72MHz 运行时, 要求 FLASH 访问等待时间至少为 2 个系统时钟周期 (FLASH\_W >=2); 系统内核以 24~48MHz 运行时, 要求 FLASH 访问等待时间至少为 1 个系统时钟周期 (FLASH\_W >=1)。

### 5.5.2 上电和掉电参数条件

| 标号        | 参数         | 条件        | 最小值 | 最大值 | 单位   |
|-----------|------------|-----------|-----|-----|------|
| Vstart    | VDD 上电初始电压 | -         | 0   | 200 | mV   |
| $t_{VDD}$ | VDD 上升速率   | 参考 5.2 章节 | -   | 25  | ms/V |
|           | VDD 下降速率   | 参考 5.2 章节 | 100 | -   | us/V |

表 5-5 芯片在上电和掉电时的参数条件

### 5.5.3 复位和电源管理模块电气参数

| 标号                  | 参数               | 条件                           | 最小值  | 典型值  | 最大值  | 单位 |
|---------------------|------------------|------------------------------|------|------|------|----|
| $V_{POR}$           | 上电复位和掉电复位的阈值     | 上电, $T_A=25^{\circ}\text{C}$ | -    | 1.85 | -    | V  |
|                     |                  | 掉电, $T_A=25^{\circ}\text{C}$ | -    | 1.75 | -    |    |
| $V_{PORHYST}^{[1]}$ | $V_{POR}$ 电压迟滞   | -                            | -    | 100  | -    | mV |
| $V_{BOR}$           | $V_{BOR}$ 电压档位选择 | BORVS=0011<br>(上升沿)          | 2.15 | 2.45 | 2.70 | V  |
|                     |                  | BORVS=0011<br>(下降沿)          | 2.14 | 2.44 | 2.49 |    |
|                     |                  | BORVS=0100<br>(上升沿)          | 2.35 | 2.64 | 2.91 |    |
|                     |                  | BORVS=0100<br>(下降沿)          | 2.33 | 2.63 | 2.84 |    |
|                     |                  | BORVS=0101<br>(上升沿)          | 2.55 | 2.84 | 3.11 |    |
|                     |                  | BORVS=0101<br>(下降沿)          | 2.53 | 2.83 | 3.10 |    |
|                     |                  | BORVS=0110<br>(上升沿)          | 2.74 | 3.04 | 3.31 |    |
|                     |                  | BORVS=0110<br>(下降沿)          | 2.72 | 3.03 | 3.30 |    |
|                     |                  | BORVS=0111<br>(上升沿)          | 2.94 | 3.23 | 3.50 |    |
|                     |                  | BORVS=0111<br>(下降沿)          | 2.92 | 3.22 | 3.43 |    |
|                     |                  | BORVS=1000<br>(上升沿)          | 3.14 | 3.42 | 3.71 |    |
|                     |                  | BORVS=1000<br>(下降沿)          | 3.11 | 3.41 | 3.69 |    |
|                     |                  | BORVS=1001<br>(上升沿)          | 3.33 | 3.62 | 3.91 |    |
|                     |                  | BORVS=1001<br>(下降沿)          | 3.33 | 3.61 | 3.89 |    |
|                     |                  | BORVS=1010<br>(上升沿)          | 3.53 | 3.81 | 4.10 |    |
|                     |                  | BORVS=1010<br>(下降沿)          | 3.50 | 3.80 | 4.09 |    |
|                     |                  | BORVS=1011<br>(上升沿)          | 3.72 | 4.00 | 4.29 |    |
|                     |                  | BORVS=1011<br>(下降沿)          | 3.71 | 3.99 | 4.28 |    |

| 标号                  | 参数             | 条件                  | 最小值  | 典型值  | 最大值  | 单位 |
|---------------------|----------------|---------------------|------|------|------|----|
|                     |                | (下降沿)               |      |      |      |    |
|                     |                | BORVS=1100<br>(上升沿) | 3.91 | 4.20 | 4.48 |    |
|                     |                | BORVS=1100<br>(下降沿) | 3.90 | 4.19 | 4.47 |    |
|                     |                | BORVS=1101<br>(上升沿) | 4.10 | 4.39 | 4.67 |    |
|                     |                | BORVS=1101<br>(下降沿) | 4.09 | 4.38 | 4.66 |    |
|                     |                | BORVS=1110<br>(上升沿) | 4.29 | 4.58 | 4.90 |    |
|                     |                | BORVS=1110<br>(下降沿) | 4.27 | 4.57 | 4.89 |    |
|                     |                | BORVS=1111<br>(上升沿) | 4.43 | 4.78 | 5.07 |    |
|                     |                | BORVS=1111<br>(下降沿) | 4.45 | 4.77 | 5.06 |    |
| $V_{BORHYST}^{[1]}$ | $V_{BOR}$ 电压迟滞 | -                   | -    | 10   | -    | mV |
| $V_{LVD}$           | LVD 电压阈值选择     | LVDS=0010<br>(上升沿)  | 2.27 | 2.68 | 2.95 | V  |
|                     |                | LVDS=0010<br>(下降沿)  | 2.33 | 2.65 | 2.91 |    |
|                     |                | LVDS=0011<br>(上升沿)  | 2.57 | 2.86 | 3.15 |    |
|                     |                | LVDS=0011<br>(下降沿)  | 2.53 | 2.83 | 3.11 |    |
|                     |                | LVDS=0100<br>(上升沿)  | 2.75 | 3.06 | 3.34 |    |
|                     |                | LVDS=0100<br>(下降沿)  | 2.72 | 3.03 | 3.31 |    |
|                     |                | LVDS=0101<br>(上升沿)  | 2.97 | 3.25 | 3.5  |    |
|                     |                | LVDS=0101<br>(下降沿)  | 2.92 | 3.23 | 3.5  |    |
|                     |                | LVDS=0110<br>(上升沿)  | 3.16 | 3.42 | 3.73 |    |
|                     |                | LVDS=0110<br>(下降沿)  | 3.11 | 3.39 | 3.71 |    |
|                     |                | LVDS=0111<br>(上升沿)  | 3.36 | 3.64 | 3.93 |    |

| 标号                   | 参数             | 条件                 | 最小值  | 典型值  | 最大值  | 单位 |
|----------------------|----------------|--------------------|------|------|------|----|
|                      |                | LVDS=0111<br>(下降沿) | 3.34 | 3.61 | 3.90 |    |
|                      |                | LVDS=1000<br>(上升沿) | 3.54 | 3.83 | 4.13 |    |
|                      |                | LVDS=1000<br>(下降沿) | 3.51 | 3.80 | 4.09 |    |
|                      |                | LVDS=1001<br>(上升沿) | 3.72 | 4.02 | 4.32 |    |
|                      |                | LVDS=1001<br>(下降沿) | 3.72 | 3.99 | 4.30 |    |
|                      |                | LVDS=1010<br>(上升沿) | 3.80 | 4.20 | 4.50 |    |
|                      |                | LVDS=1010<br>(下降沿) | 3.80 | 4.18 | 4.48 |    |
|                      |                | LVDS=1011<br>(上升沿) | 4.09 | 4.4  | 4.70 |    |
|                      |                | LVDS=1011<br>(下降沿) | 4.08 | 4.37 | 4.67 |    |
|                      |                | LVDS=1100<br>(上升沿) | 4.28 | 4.60 | 4.91 |    |
|                      |                | LVDS=1100<br>(下降沿) | 4.27 | 4.57 | 4.87 |    |
|                      |                | LVDS=1101<br>(上升沿) | 4.46 | 4.80 | 5.09 |    |
|                      |                | LVDS=1101<br>(下降沿) | 4.45 | 4.77 | 5.06 |    |
| $V_{LVDHYST}^{[1]}$  | $V_{LVD}$ 电压迟滞 | -                  | -    | 30   | -    | mV |
| $V_{RSTTEMPO}^{[1]}$ | POR 复位输出延迟     | -                  | -    | 200  | -    | us |

表 5-6 复位和电源管理模块电气参数

注 1: 基于芯片设计值得到的电气参数。

### 5.5.4 电流特性

芯片消耗的电流涉及到电源电压，环境温度，端口负载，器件软件配置，运行频率和模式等。

典型电流值在以下条件测得：

- ◇ 所有 I/O 处于关闭状态或者输入状态（固定电平输入），无负载
- ◇ 无特别说明情况下所有外设关闭
- ◇ FLASH 的访问等待时间为 3 个时钟周期
- ◇ FLASH 预取指开启
- ◇ 当外设使能时， $f_{PCLK1}=f_{HCLK}/2, f_{PCLK2}=f_{HCLK}/4$

| 标号        | 参数       | 条件                 | $f_{HCLK}$ | 典型值                          | 单位 |
|-----------|----------|--------------------|------------|------------------------------|----|
|           |          |                    |            | $T_A=25^{\circ}C, V_{DD}=5V$ |    |
| $I_{VDD}$ | RUN 模式电流 | HOSC 时钟源<br>所有外设使能 | 72MHz      | 19.8                         | mA |
|           |          |                    | 48MHz      | 14.0                         |    |
|           |          |                    | 36MHz      | 11.0                         |    |
|           |          |                    | 24MHz      | 7.6                          |    |
|           |          |                    | 20MHz      | 5.3                          |    |
|           |          |                    | 8MHz       | 2.7                          |    |
|           |          |                    | 4MHz       | 1.9                          |    |
|           |          | HOSC 时钟源<br>所有外设禁止 | 72MHz      | 6.3                          |    |
|           |          |                    | 48MHz      | 4.6                          |    |
|           |          |                    | 36MHz      | 3.8                          |    |
|           |          |                    | 24MHz      | 3.0                          |    |
|           |          |                    | 20MHz      | 2.6                          |    |
|           |          |                    | 8MHz       | 1.6                          |    |
|           |          |                    | 4MHz       | 1.3                          |    |

表 5-7 程序在 FLASH 上运行时的电流特性

注：以上测试值基于 FLASH 访问的等待时间为 3 个时钟周期。

| 标号        | 参数           | 条件                 | $f_{HCLK}$ | 典型值                       | 单位 |
|-----------|--------------|--------------------|------------|---------------------------|----|
|           |              |                    |            | $T_A=25^{\circ}C, VDD=5V$ |    |
| $I_{VDD}$ | RUN 模式<br>电流 | HOSC 时钟源<br>所有外设使能 | 72MHz      | 16.0                      | mA |
|           |              |                    | 48MHz      | 11.2                      |    |
|           |              |                    | 36MHz      | 8.9                       |    |
|           |              |                    | 24MHz      | 6.3                       |    |
|           |              |                    | 20MHz      | 5.4                       |    |
|           |              |                    | 8MHz       | 2.8                       |    |
|           |              |                    | 4MHz       | 2.0                       |    |
|           |              | HOSC 时钟源<br>所有外设禁止 | 72MHz      | 6.8                       |    |
|           |              |                    | 48MHz      | 4.9                       |    |
|           |              |                    | 36MHz      | 4.2                       |    |
|           |              |                    | 24MHz      | 3.2                       |    |
|           |              |                    | 20MHz      | 2.9                       |    |
|           |              |                    | 8MHz       | 1.7                       |    |
|           |              |                    | 4MHz       | 1.3                       |    |

表 5-8 程序在 SRAM 上运行时的电流特性

注：以上测试值基于 SRAM 访问的等待时间为 0 个时钟周期。

| 标号               | 参数         | 条件                                | f <sub>HCLK</sub> | 典型值                         | 单位 |
|------------------|------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------|----|
|                  |            |                                   |                   | T <sub>A</sub> =25℃, VDD=5V |    |
| I <sub>VDD</sub> | SLEEP 模式电流 | HOSC 时钟源<br>所有外设使能<br>FLASH 为空闲模式 | 72MHz             | 13.1                        | mA |
|                  |            |                                   | 48MHz             | 9.1                         |    |
|                  |            |                                   | 36MHz             | 7.1                         |    |
|                  |            |                                   | 24MHz             | 5.2                         |    |
|                  |            |                                   | 12MHz             | 3.4                         |    |
|                  |            |                                   | 6MHz              | 2.3                         |    |
|                  |            |                                   | 2 MHz             | 1.5                         |    |
|                  |            |                                   | 1 MHz             | 1.3                         |    |
|                  |            |                                   | 500KHz            | 1.2                         |    |
|                  |            |                                   | 125KHz            | 1.2                         |    |
|                  |            | HOSC 时钟源<br>所有外设禁止<br>FLASH 为空闲模式 | 72MHz             | 3.8                         |    |
|                  |            |                                   | 48MHz             | 2.9                         |    |
|                  |            |                                   | 32MHz             | 2.5                         |    |
|                  |            |                                   | 24MHz             | 2.1                         |    |
|                  |            |                                   | 12MHz             | 1.7                         |    |
|                  |            |                                   | 6MHz              | 1.5                         |    |
|                  |            |                                   | 2 MHz             | 1.1                         |    |
|                  |            |                                   | 1 MHz             | 1.0                         |    |
|                  |            |                                   | 500KHz            | 1.0                         |    |
|                  |            |                                   | 125KHz            | 1.0                         |    |
|                  |            | HOSC 时钟源<br>所有外设使能<br>FLASH 为待机模式 | 72MHz             | 12.8                        | mA |
|                  |            |                                   | 48MHz             | 9.0                         |    |
|                  |            |                                   | 32MHz             | 7.0                         |    |
|                  |            |                                   | 24MHz             | 5.2                         |    |
|                  |            |                                   | 12MHz             | 3.3                         |    |
|                  |            |                                   | 6MHz              | 2.2                         |    |
|                  |            |                                   | 2 MHz             | 1.4                         |    |
|                  |            |                                   | 1 MHz             | 1.2                         |    |
|                  |            |                                   | 500KHz            | 1.2                         |    |
|                  |            |                                   | 125KHz            | 1.0                         |    |
|                  |            | HOSC 时钟源<br>所有外设禁止<br>FLASH 为待机模式 | 72MHz             | 3.6                         |    |
|                  |            |                                   | 48MHz             | 2.8                         |    |
|                  |            |                                   | 32MHz             | 2.3                         |    |
|                  |            |                                   | 24MHz             | 2.0                         |    |
|                  |            |                                   | 12MHz             | 1.5                         |    |
|                  |            |                                   | 6MHz              | 1.4                         |    |
|                  |            |                                   | 2 MHz             | 0.9                         |    |
|                  |            |                                   | 1 MHz             | 0.9                         |    |
|                  |            |                                   | 500KHz            | 0.9                         |    |

| 标号 | 参数 | 条件 | $f_{HCLK}$ | 典型值                       | 单位 |
|----|----|----|------------|---------------------------|----|
|    |    |    |            | $T_A=25^{\circ}C, VDD=5V$ |    |
|    |    |    | 125KHz     | 0.9                       |    |

表 5-9SLEEP 模式电流特性

注：以上测试值基于 FLASH 访问的等待时间为 3 个时钟周期，或基于 SRAM 访问的等待时间为 0 个时钟周期

| 标号        | 参数         | 条件                                            | 典型值                           |                               |                               | 单位      |
|-----------|------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|
|           |            |                                               | VDD=3.3V<br>$T_A=25^{\circ}C$ | VDD=5.0V<br>$T_A=25^{\circ}C$ | VDD=5.0V<br>$T_A=85^{\circ}C$ |         |
| $I_{VDD}$ | STOP1 模式电流 | 主域 1.2V LDO 普通模式<br>主域 1.8V LDO LP 模式<br>外设开启 | 133                           | 142                           | 262                           | $\mu A$ |
|           |            | 主域 1.2V LDO 普通模式<br>主域 1.8V LDO LP 模式<br>外设关闭 | 65                            | 67                            | 137                           | $\mu A$ |

表 5-10 STOP1 模式下电流特性

| 标号        | 参数         | 条件                                    | 典型值                           |                               |                               | 单位      |
|-----------|------------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|
|           |            |                                       | VDD=3.3V<br>$T_A=25^{\circ}C$ | VDD=5.0V<br>$T_A=25^{\circ}C$ | VDD=5.0V<br>$T_A=85^{\circ}C$ |         |
| $I_{VDD}$ | STOP2 模式电流 | 主域 1.2V LDO 普通模式<br>主域 1.8V LDO LP 模式 | 54                            | 54                            | 300                           | $\mu A$ |
|           |            | 主域 1.2V LDO 维持模式<br>主域 1.8V LDO 维持模式  | 35                            | 35                            | 200                           | $\mu A$ |
|           |            | 主域 1.2V LDO 维持模式<br>主域 1.8V LDO 关断模式  | 30                            | 30                            | 180                           | $\mu A$ |

表 5-11 STOP2 模式下电流特性

| 标号        | 参数      | 条件          | 典型值                           |                             |                             | 单位      |
|-----------|---------|-------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------|
|           |         |             | VDD=3.3V<br>$T_A=25^{\circ}C$ | VDD=5V<br>$T_A=25^{\circ}C$ | VDD=5V<br>$T_A=85^{\circ}C$ |         |
| $I_{VDD}$ | STANDBY | RTC,LOSC 工作 | 2.6                           | 3.2                         | 8                           | $\mu A$ |

| 标号 | 参数   | 条件              | 典型值                             |                               |                               | 单位 |
|----|------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----|
|    |      |                 | VDD=3.3V<br>T <sub>A</sub> =25℃ | VDD=5V<br>T <sub>A</sub> =25℃ | VDD=5V<br>T <sub>A</sub> =85℃ |    |
|    | 模式电流 | RTC,LOSC<br>不工作 | 1.4                             | 2                             | 7                             | uA |

表 5-12 STANDBY 模式下电流特性

注：STANDBY 模式下的电流特性值，是基于 PIN1 与其他 VDD 保持约 0.3V 压差的测试条件下得到的。

| 标号                              | 参数             | 电流<br>T <sub>A</sub> =25℃, VDD=5V | 单位     |
|---------------------------------|----------------|-----------------------------------|--------|
| I <sub>HOSC</sub>               | HOSC 电流 4MHz   | 190                               | uA     |
| I <sub>HRC</sub>                | HRC 电流 24MHz   | 160                               |        |
|                                 | HRC 电流 2MHz    | 28                                |        |
| I <sub>LOSC</sub>               | LOSC 电流        | 2                                 |        |
| I <sub>LRC</sub>                | LRC 电流         | 1                                 |        |
| I <sub>PLL</sub>                | PLL (48MHz) 电流 | 600                               |        |
| I <sub>ADC</sub> <sup>[1]</sup> | ADC 电流         | 80                                |        |
| I <sub>DAC</sub>                | DAC 电流         | 100                               |        |
| I <sub>TEMP</sub>               | TEMP 温感电流      | 90                                |        |
| I <sub>TRNG</sub>               | TRNG 电流        | 150                               |        |
| I <sub>BOR</sub>                | BOR 电流         | 0.5                               |        |
| I <sub>LVD</sub>                | LVD 电流         | 0.5                               | uA/MHz |
| I <sub>AD16C4T</sub>            | AD16C4T 电流     | 6                                 |        |
| I <sub>GP16C4T</sub>            | GP16C4T 电流     | 5                                 |        |
| I <sub>GP32C4T</sub>            | GP32C4T 电流     | 7                                 |        |
| I <sub>BS16T</sub>              | BS16T 电流       | 2                                 |        |
| I <sub>CRC</sub>                | CRC 电流         | 1                                 |        |
| I <sub>I2C</sub>                | I2C 电流         | 4                                 |        |
| I <sub>SPI</sub>                | SPI 电流         | 5                                 |        |
| I <sub>UART</sub>               | UART 电流        | 4                                 |        |
| I <sub>CAN</sub>                | CAN 电流         | 8                                 |        |

表 5-13 模块在典型应用场合下的电流特性

注 1：ADC 功耗测试条件为：VDD=5V, F<sub>ADCCLK</sub>=24MHz, 使用内部 2V 参考。

### 5.5.5 外部时钟源电气参数

◆ 外部输入高速时钟特性如下表所示：

| 标号                  | 参数                     | 条件                           | 最小值              | 典型值 | 最大值              | 单位  |
|---------------------|------------------------|------------------------------|------------------|-----|------------------|-----|
| $f_{HOSC\_EXT}$     | 外部输入高速时钟频率             | -                            | 1                | -   | 24               | MHz |
| $V_{HOSC\_HIGH}$    | HOSC_IN 输入时钟的高电平电压     | -                            | $0.7 \times VDD$ | -   | VDD              | V   |
| $V_{HOSC\_LOW}$     | HOSC_IN 输入时钟的低电平电压     | -                            | VSS              | -   | $0.3 \times VDD$ | V   |
| $t_{WIDTH\_HOSC}$   | HOSC_IN 的输入时钟高电平或低电平时间 | -                            | 20               | -   | -                | ns  |
| $I_{LEAKAGE\_HOSC}$ | HOSC_IN 输入漏电           | $VSS \leq HOSC\_IN \leq VDD$ | -                | -   | 1                | uA  |

表 5-14 外部输入高速时钟特性参数

◆ 外部输入低速时钟特性如下表所示：

| 标号                  | 参数                 | 条件                           | 最小值              | 典型值    | 最大值              | 单位  |
|---------------------|--------------------|------------------------------|------------------|--------|------------------|-----|
| $f_{LOSC\_EXT}$     | 外部输入低速时钟频率         | -                            | -                | 32.768 | -                | KHz |
| $V_{LOSC\_HIGH}$    | LOSC_IN 输入的高电平电压   | -                            | $0.7 \times VDD$ | -      | VDD              | V   |
| $V_{LOSC\_LOW}$     | LOSC_IN 输入的低电平电压   | -                            | VSS              | -      | $0.3 \times VDD$ | V   |
| $t_{WIDTH\_HOSC}$   | LOSC_IN 的高电平或低电平时间 | -                            | 100              | -      | -                | ns  |
| $I_{LEAKAGE\_LOSC}$ | LOSC_IN 输入漏电       | $VSS \leq LOSC\_IN \leq VDD$ | -                | -      | 1                | uA  |

表 5-15 外部输入低速时钟特性参数

## ◆ 外部高速振荡时钟（晶体或陶瓷振荡）

外部高速振荡时钟可由 1MHz 到 24MHz 范围的晶体或陶瓷振荡器提供。在应用中，振荡器与负载电容的距离必须放置得尽可能近，以使输出信号失真和发振稳定时间最小。

| 标号                       | 参数                     | 条件                                                                 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位   |
|--------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|
| $f_{\text{HOSC\_IN}}$    | 外部高速振荡时钟频率             | -                                                                  | 1   | 16  | 24  | MHz  |
| $R_F$                    | 反馈电阻                   | -                                                                  | -   | 1   | -   | MΩ   |
| $C_{L1}, C_{L2}$         | 建议根据晶体规格的电阻值，采用相应的电容负载 | $R_S=25\Omega$                                                     | -   | 15  | -   | pF   |
| $I$                      | 外部高速振荡器的驱动电流           | $V_{DD}=3.3\text{ V}$ ,<br>$\text{HOSC\_IN}=\text{VSS}$<br>30pF 负载 | -   | -   | 500 | uA   |
| $g_m$                    | 振荡器跨导                  | 启动                                                                 | -   | 3.5 | -   | mA/V |
| $t_{\text{START\_HOSC}}$ | 振荡器启动时间                | $V_{DD}$ 稳定<br>4MHz 晶振 $T_A=25^\circ\text{C}$                      | -   | 8   | -   | ms   |

表 5-16 外部高速振荡时钟特性参数

注 1：在潮湿环境下使用晶体或陶瓷振荡器的注意要点，比如建议如何配置电阻等参数。

注 2： $t_{\text{START\_HOSC}}$  是振荡器的发振稳定时间，指的是从软件使能振荡器到稳定输出某一频率时钟这段期间。该值会因晶体或陶瓷的制造商不同而显著改变。

注 3：外接振荡器参数请参考晶体或陶瓷振荡器制造商。

注 4： $g_m$  是基于芯片设计值得到的电气参数。

下图为外部高速振荡器的典型应用连接：

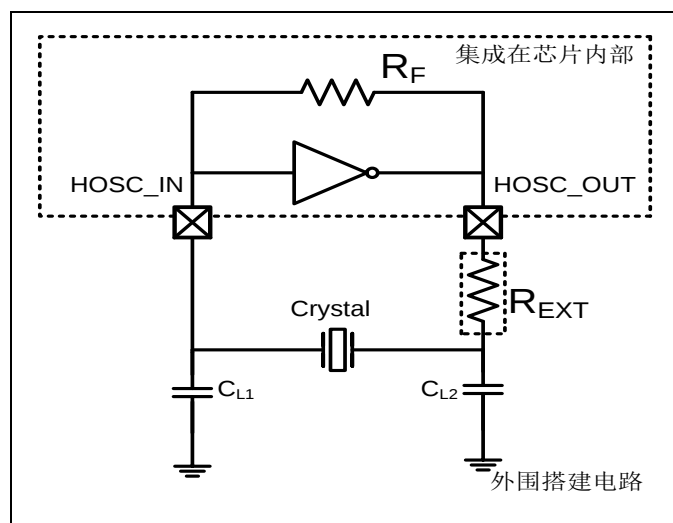


图 5-3 外部高速振荡器连接图

注 1： $R_{\text{EXT}}$  阻值取决于晶振规格特性。

注 2：当晶振频率不低于 16MHz 时，推荐选用 ESR 不高于 30 Ω 的晶振，且选用 C<sub>L1</sub>,C<sub>L2</sub> 容值小于 5pF；

◆ 外部低速振荡时钟（晶体或陶瓷振荡）

外部低速振荡时钟由 32.768KHz 的晶体或陶瓷振荡器提供。在应用中，振荡器与负载电容的距离必须放置得尽可能近，以使输出信号失真和发振稳定时间最小。

| 标号                               | 参数           | 条件                           | 最小值 | 典型值    | 最大值 | 单位   |
|----------------------------------|--------------|------------------------------|-----|--------|-----|------|
| f <sub>LOSC_IN</sub>             | 外部低速振荡时钟频率   | -                            | -   | 32.768 | -   | KHz  |
| R <sub>F</sub>                   | 反馈电阻         | -                            | -   | 12     | -   | MΩ   |
| C <sub>L1</sub> ,C <sub>L2</sub> | 电容负载         | -                            | -   | 12     | -   | pF   |
| I                                | 外部低速振荡器的驱动电流 | VDD= 3.3V,<br>LOSC_IN= VSS   | -   | -      | 3   | uA   |
| g <sub>m</sub>                   | 振荡器跨导        | -                            | -   | 5      | -   | uA/V |
| t <sub>START_LOSC</sub>          | 振荡器启动时间      | VDD 稳定, T <sub>A</sub> =25℃  | -   | 1      | -   | s    |
|                                  |              | VDD 稳定, T <sub>A</sub> =-40℃ | -   | 3      | -   | s    |

表 5-17 外部低速振荡时钟特性

注 1：t<sub>START\_LOSC</sub> 是振荡器的发振稳定时间，指的是从软件使能振荡器到稳定输出某一频率时钟这段期间。该值会因晶体或陶瓷的制造商不同而显著改变。

注 2：外接振荡器参数请参考晶体或陶瓷振荡器制造商。

注 3：g<sub>m</sub> 是基于芯片设计值得到的电气参数。

下图为外部低速振荡器的典型应用连接：

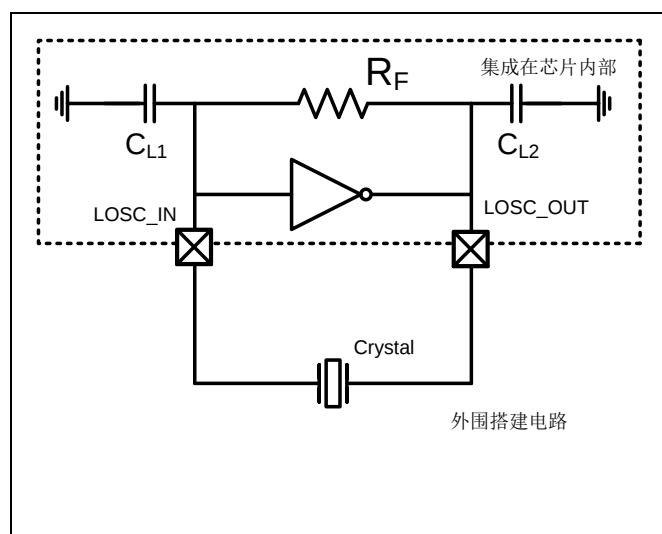


图 5-4 外部低速振荡器连接图

## 5.5.6 内部时钟源电气参数

## ◆ 内部高速 RC 振荡器

| 标号                     | 参数           | 条件                                          | 最小值 | 典型值  | 最大值  | 单位  |
|------------------------|--------------|---------------------------------------------|-----|------|------|-----|
| $f_{HRC}$              | 频率           | 24MHz                                       | -   | 24   | -    | MHz |
|                        | 频率           | 2MHz                                        | -   | 2    | -    | MHz |
| Duty                   | 占空比          | -                                           | 45  | 50   | 55   | %   |
| $ACC_{HRC24M}$         | HRC 24MHz 精度 | $T_A = -40 \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ | -   | -    | 3    | %   |
|                        |              | $T_A = 25^{\circ}\text{C}$                  | -   | -    | 1    | %   |
| $ACC_{HRC2M}$          | HRC 2MHz 精度  | $T_A = -40 \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ | -   | -    | 3    | %   |
|                        |              | $T_A = 25^{\circ}\text{C}$                  | -   | -    | 1    | %   |
| $t_{START\_HRC}^{[1]}$ | 起振稳定时间       | 24MHz                                       | -   | 20   | 200  | us  |
|                        |              | 2MHz                                        | -   | 0.05 | 2.00 | ms  |
| $I_{DD}^{[1]}$         | HRC 电流       | 24MHz                                       | -   | 160  | -    | uA  |
|                        | HRC 电流       | 2MHz                                        | -   | 25   | -    | uA  |

表 5-18 内部高速 RC 振荡器特性

注 1: 基于芯片设计值得到的电气参数。

## ◆ 内部低速 RC 振荡器 (32.768KHz)

| 标号                     | 参数     | 条件                                          | 最小值 | 典型值    | 最大值 | 单位  |
|------------------------|--------|---------------------------------------------|-----|--------|-----|-----|
| $f_{LRC}$              | 频率     | -                                           | -   | 32.768 | -   | KHz |
| $ACC_{LRC}$            | LRC 精度 | $T_A = -40 \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ | -   | -      | 10  | %   |
|                        |        | $T_A = 25^{\circ}\text{C}$                  | -   | -      | 2   | %   |
| $t_{START\_LRC}^{[1]}$ | 起振稳定时间 | -                                           | -   | 60     | -   | us  |
| $I_{DD}^{[1]}$         | LRC 电流 | -                                           | -   | 0.8    | -   | uA  |

表 5-19 内部低速 RC 振荡器特性

注 1: 基于芯片设计值得到的电气参数。

## ◆ 内部超低速 RC 振荡器 (10KHz)

| 标号                      | 参数      | 条件                                          | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位  |
|-------------------------|---------|---------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| $f_{ULRC}$              | 频率      | -                                           | -   | 10  | -   | KHz |
| $ACC_{ULRC}$            | ULRC 精度 | $T_A = -40 \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ | -   | -   | 30  | %   |
|                         |         | $T_A = 25^{\circ}\text{C}$                  | -   | -   | 10  | %   |
| $t_{START\_ULRC}^{[1]}$ | 起振稳定时间  | -                                           | -   | 200 | -   | us  |
| $I_{DD}^{[1]}$          | ULRC 电流 | -                                           | -   | 90  | -   | nA  |

表 5-20 内部超低速 RC 振荡器特性

注 1: 基于芯片设计值得到的电气参数。

### 5.5.7 锁相环电气参数

| 标号                   | 参数          | 条件                   | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位  |
|----------------------|-------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|
| $f_{PLL\_IN}$        | PLL 输入时钟    | $T_A=25^{\circ}C$    | 3.6 | 4   | 4.4 | MHz |
|                      | PLL 输入时钟占空比 | $T_A=25^{\circ}C$    | 45  | 50  | 55  | %   |
| $f_{PLL\_OUT}^{[1]}$ | PLL 倍频输出时钟  | 倍频 $T_A=25^{\circ}C$ | 36  | —   | 72  | MHz |
| $t_{LOCK}$           | PLL 锁定时间    | $T_A=25^{\circ}C$    | —   | 15  | —   | us  |

表 5-21PLL 电气参数

注 1: 请基于范围内的  $f_{PLL\_IN}$  选择合适的倍频系数, 得到合理的 PLL 输出频率。

### 5.5.8 FLASH 存储电气参数

| 标号                 | 参数      | 条件                                  | 最小值  | 典型值 | 最大值 | 单位     |
|--------------------|---------|-------------------------------------|------|-----|-----|--------|
| $t_{PROG}^{[1]}$   | 字编程时间   | $T_A=-40 \sim 85^{\circ}C$          | —    | 30  | —   | us     |
| $t_{ERASE}^{[1]}$  | 页擦除时间   | $T_A=-40 \sim 85^{\circ}C$          | —    | 2   | —   | ms     |
| $t_{ME}^{[1]}$     | 程序区全擦除  | $T_A=-40 \sim 85^{\circ}C$          | —    | 10  | —   | ms     |
| $I_{DD}^{[1]}$     | 消耗电流    | 读取模式<br>$T_A=-40 \sim 85^{\circ}C$  | —    | —   | 120 | uA/MHz |
|                    |         | 编程模式<br>$T_A=-40 \sim 85^{\circ}C$  | —    | —   | 3.8 | mA     |
|                    |         | 页擦除模式<br>$T_A=-40 \sim 85^{\circ}C$ | —    | —   | 2   | mA     |
|                    |         | 块擦除模式<br>$T_A=-40 \sim 85^{\circ}C$ | —    | —   | 2   | mA     |
|                    |         | 空闲模式<br>$T_A=-40 \sim 85^{\circ}C$  | —    | 200 | —   | uA     |
|                    |         | 待机模式<br>$T_A=-40 \sim 85^{\circ}C$  | —    | 2.5 | —   | uA     |
| $N_{END}^{[2][3]}$ | 擦除/编程次数 | $T_A=25^{\circ}C$                   | 100K | —   | —   | Cycles |
| $t_{RET}^{[2]}$    | 数据保持时间  | $T_A=-40 \sim 85^{\circ}C$          | 10   | —   | —   | Years  |

表 5-22 存储器特性

注 1: 基于芯片设计值得到的电气参数。

注 2: 基于特征化测试得到的电气参数。

注 3: FLASH 不支持 IAP 系统升级。

## 5.5.9 电磁兼容性

### 5.5.9.1 电磁敏感性

| 标号         | 参数                | 条件                                                                                            | 等级 |
|------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| $V_{FESD}$ | 导致系统紊乱的 IO 施加极限电压 | $VDD=5V$ , $T_A=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $f_{HCLK}=24\text{MHz}$ ,<br>遵循标准 IEC 61000-4-2 | 2A |
| $V_{EFT}$  | 电快速瞬变脉冲群          | $VDD=5V$ , $T_A=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $f_{HCLK}=24\text{MHz}$ ,<br>遵循标准 IEC 61000-4-4 | 4A |

表 5-23EMS 参数

## 5.5.10 电气最大额定值

### 5.5.10.1 静电释放

| 标号            | 参数             | 条件                                                                   | 等级       | 最大值  | 单位 |
|---------------|----------------|----------------------------------------------------------------------|----------|------|----|
| $V_{ESDHB M}$ | 静电释放电压(人体模型)   | $T_A=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 遵循标准<br>Mil-Std-883J Method 3015.9  | CLASS 2  | 3000 | V  |
| $V_{ESDCDM}$  | 静电释放电压(充电器件模型) | $T_A=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 遵循标准<br>ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2018 | CLASS C3 | 2000 | V  |

表 5-24ESD 最大额定值

### 5.5.10.2 静态闩锁

| 标号 | 参数     | 条件                                                                             | 等级        |
|----|--------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| LU | 静态闩锁等级 | $T_A=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 遵循标准 JEDEC STANDARD<br>NO.78E NOVEMBER 2016 | Class I A |

表 5-25LU 最大额定值

### 5.5.11 I/O 端口电气特性

| 标号       | 参数                 | 条件                                                                   | 最小值                 | 典型值  | 最大值                 | 单位 |
|----------|--------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------|------|---------------------|----|
| $V_{IL}$ | I/O 输入低电平电压 (CMOS) | $T_A = -40 \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$<br>$V_{DD}=5\text{V}$   | -                   | -    | $0.2 \times V_{DD}$ | V  |
|          | I/O 输入低电平电压 (TTL)  | $T_A = -40 \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$<br>$V_{DD}=5\text{V}$   | -                   | -    | 0.8                 | V  |
|          |                    | $T_A = -40 \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$<br>$V_{DD}=3.3\text{V}$ | -                   | -    | 0.6                 | V  |
| $V_{IH}$ | I/O 输入高电平电压 (CMOS) | $T_A = -40 \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$<br>$V_{DD}=5\text{V}$   | $0.7 \times V_{DD}$ | -    | -                   | V  |
|          | I/O 输入高电平电压 (TTL)  | $T_A = -40 \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$<br>$V_{DD}=5\text{V}$   | 2.0                 | -    | -                   | V  |
|          |                    | $T_A = -40 \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$<br>$V_{DD}=3.3\text{V}$ | 1.8                 | -    | -                   | V  |
| $I_{OL}$ | I/O 输出低电平 (驱动模式 0) | $V_{DD}=2.5\text{V}$ VOL=0.2 V<br>驱动 0                               | 0.6                 | 0.8  | 1.0                 | mA |
|          |                    | $V_{DD}=5\text{V}$ VOL=0.4V<br>驱动 0                                  | 0.8                 | 1.0  | 1.2                 | mA |
|          | I/O 输出低电平 (驱动模式 1) | $V_{DD}=2.5\text{V}$ VOL=0.2 V<br>驱动 1                               | 2.4                 | 3.3  | 3.8                 | mA |
|          |                    | $V_{DD}=5\text{V}$ VOL=0.4V<br>驱动 1                                  | 7.2                 | 10.1 | 11.1                | mA |
|          | I/O 输出低电平 (驱动模式 2) | $V_{DD}=2.5\text{V}$ VOL=0.2 V<br>驱动 2                               | 7.0                 | 9.9  | 13.8                | mA |
|          |                    | $V_{DD}=5\text{V}$ VOL=0.4V<br>驱动 2                                  | 21.4                | 30.2 | 44.0                | mA |
|          | I/O 输出低电平 (驱动模式 3) | $V_{DD}=2.5\text{V}$ VOL=0.2 V<br>驱动 3                               | 18.2                | 25.6 | 30.9                | mA |
|          |                    | $V_{DD}=5\text{V}$ VOL=0.4V<br>驱动 3                                  | 38.2                | 53.2 | 86.0                | mA |
|          | I/O 输出高电平 (驱动模式 0) | $V_{DD}=2.5\text{V}$ VOH=2.3 V<br>驱动 0                               | 0.0                 | 0.1  | 0.2                 | mA |
|          |                    | $V_{DD}=5\text{V}$ VOH=4.6 V<br>驱动 0                                 | 0.2                 | 0.3  | 0.4                 | mA |
|          | I/O 输出高电平 (驱动模式 1) | $V_{DD}=2.5\text{V}$ VOH=2.3 V<br>驱动 1                               | 0.7                 | 1.0  | 1.5                 | mA |
|          |                    | $V_{DD}=5\text{V}$ VOH=4.6 V<br>驱动 1                                 | 3.0                 | 4.0  | 5.5                 | mA |
| $I_{OH}$ | I/O 输出高电平 (驱动模式 2) | $V_{DD}=2.5\text{V}$ VOH=2.3 V<br>驱动 2                               | 2.5                 | 3.5  | 5.2                 | mA |
|          |                    | $V_{DD}=5\text{V}$ VOH=4.6 V<br>驱动 2                                 | 6.7                 | 12.9 | 19.5                | mA |
|          | I/O 输出高电平          | $V_{DD}=2.5\text{V}$ VOH=2.3 V                                       | 4.9                 | 8.6  | 10.5                | mA |

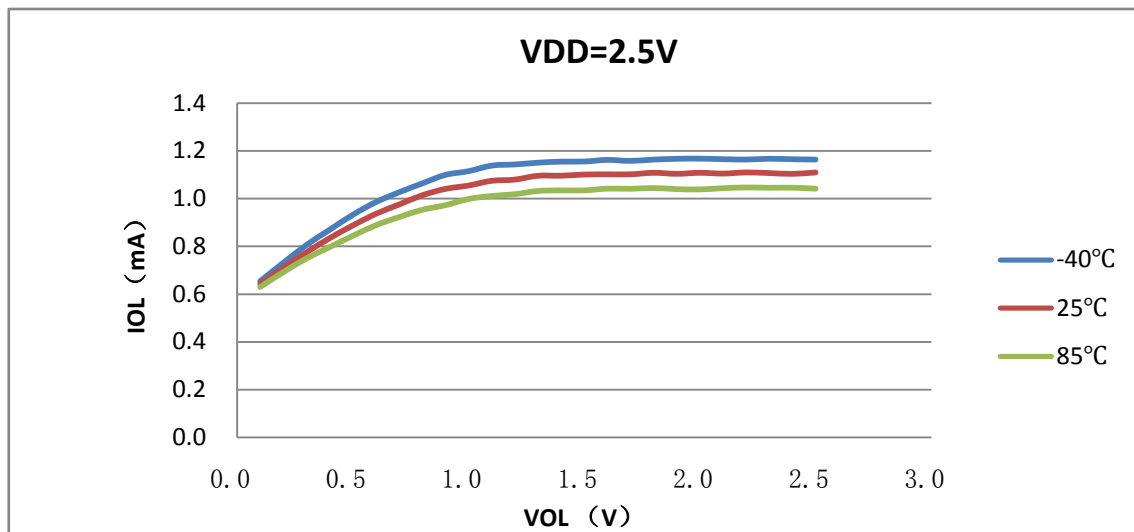
| 标号                                   | 参数       | 条件                        | 最小值  | 典型值  | 最大值  | 单位 |
|--------------------------------------|----------|---------------------------|------|------|------|----|
|                                      | (驱动模式 3) | 驱动 3                      |      |      |      |    |
|                                      |          | VDD=5V VOH=4.6 V<br>驱动 3  | 11.6 | 23.8 | 36.4 | mA |
| I <sub>IOLEAK</sub>                  | 端口漏电流    | I/O 处于高阻态, 接 VDD<br>或 VSS | -    | 10   | -    | nA |
| R <sub>PU</sub>                      | I/O 上拉电阻 | -                         | 34   | 35   | 36   | kΩ |
| R <sub>PD</sub>                      | I/O 下拉电阻 | -                         | 34   | 35   | 36   | kΩ |
| t <sub>IOGLITCH</sub> <sup>[1]</sup> | I/O 滤波脉宽 | -                         | -    | 20   | -    | ns |

表 5-26 I/O 端口电气特性 1

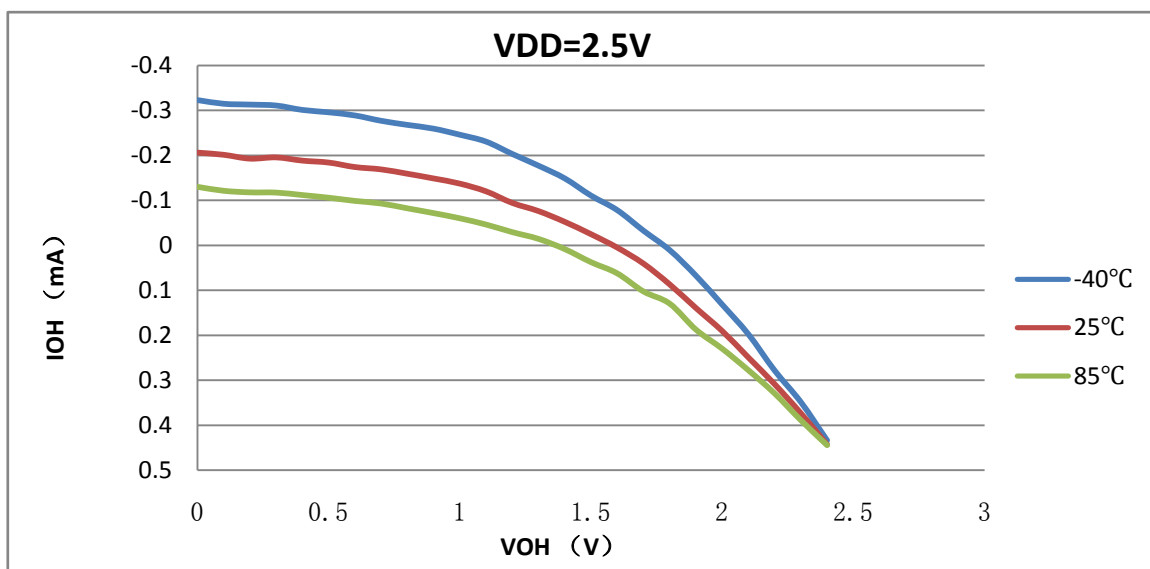
注 1: 基于芯片设计值得到的电气参数。

### 5.5.11.1 芯片 I/O 端口输出特性 (驱动 0)

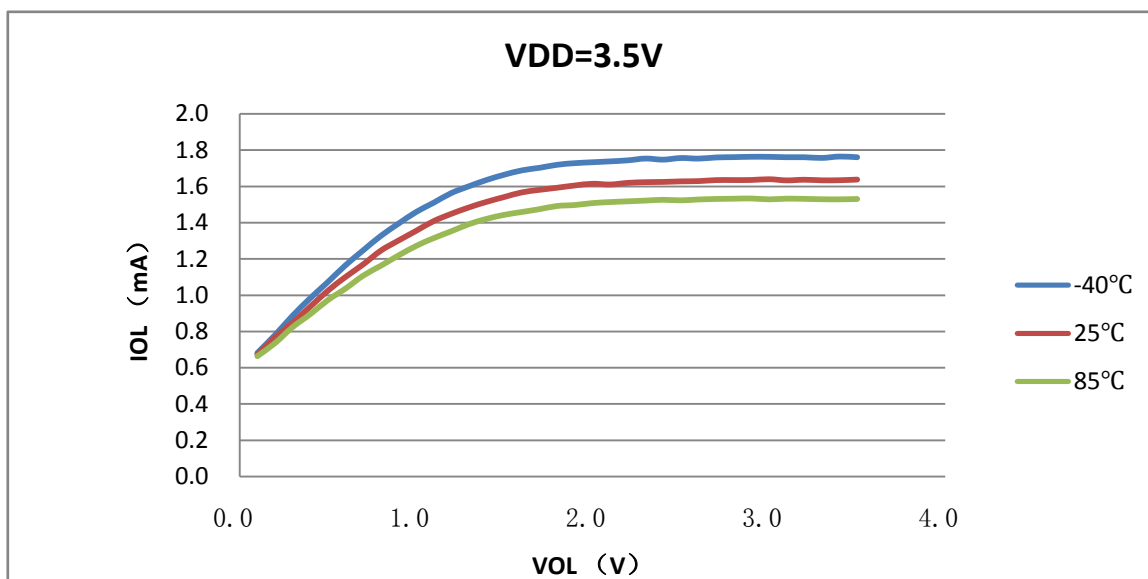
◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @  $V_{DD}=2.5V$  (驱动 0)



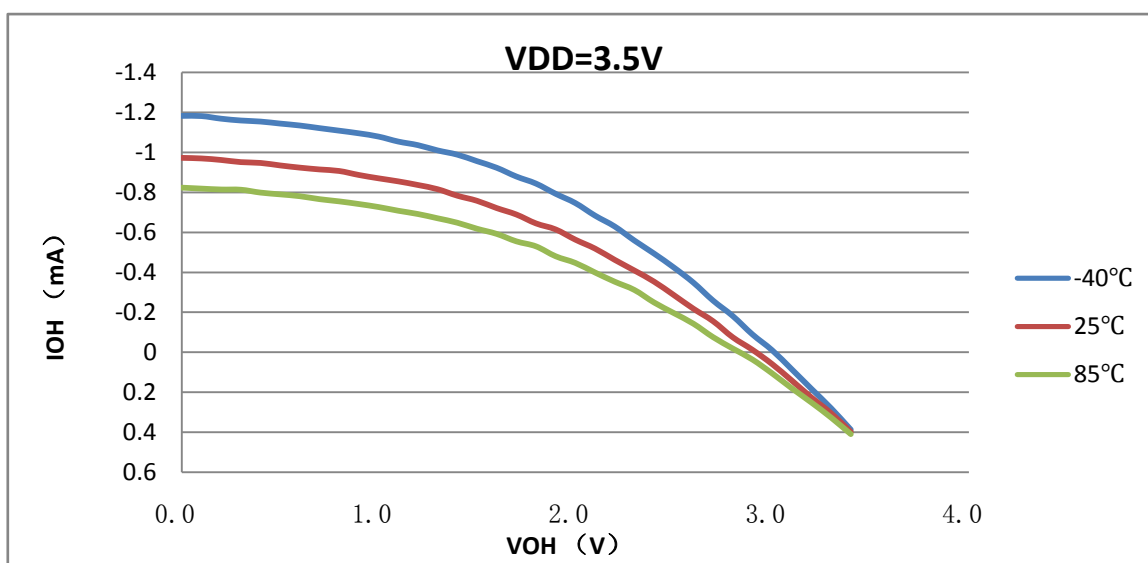
◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @  $V_{DD}=2.5V$  (驱动 0)



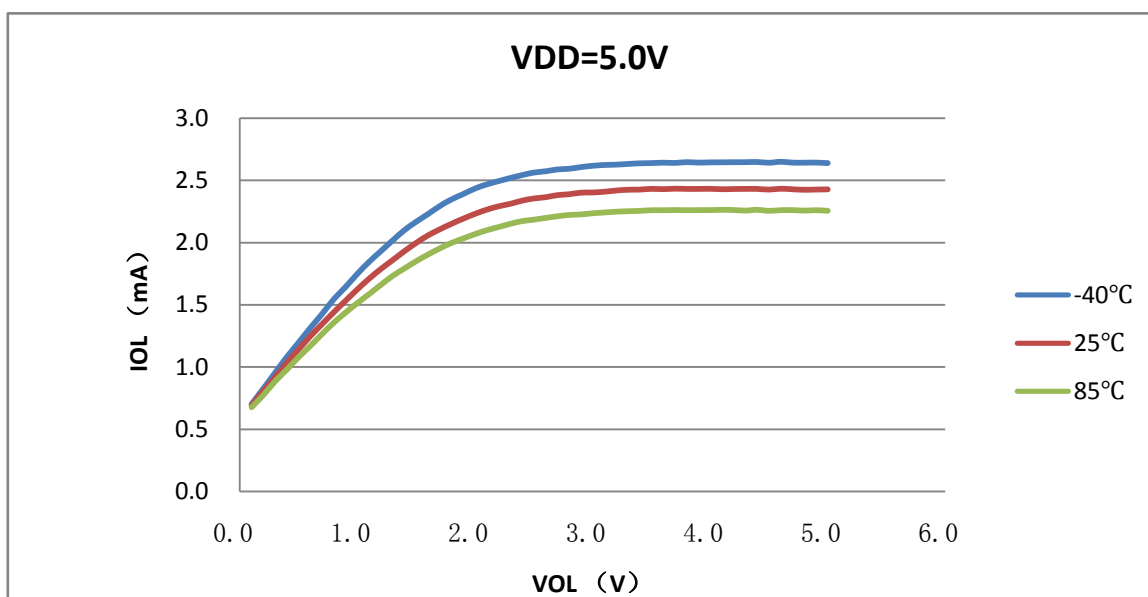
◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @  $V_{DD}=3.5V$  (驱动 0)



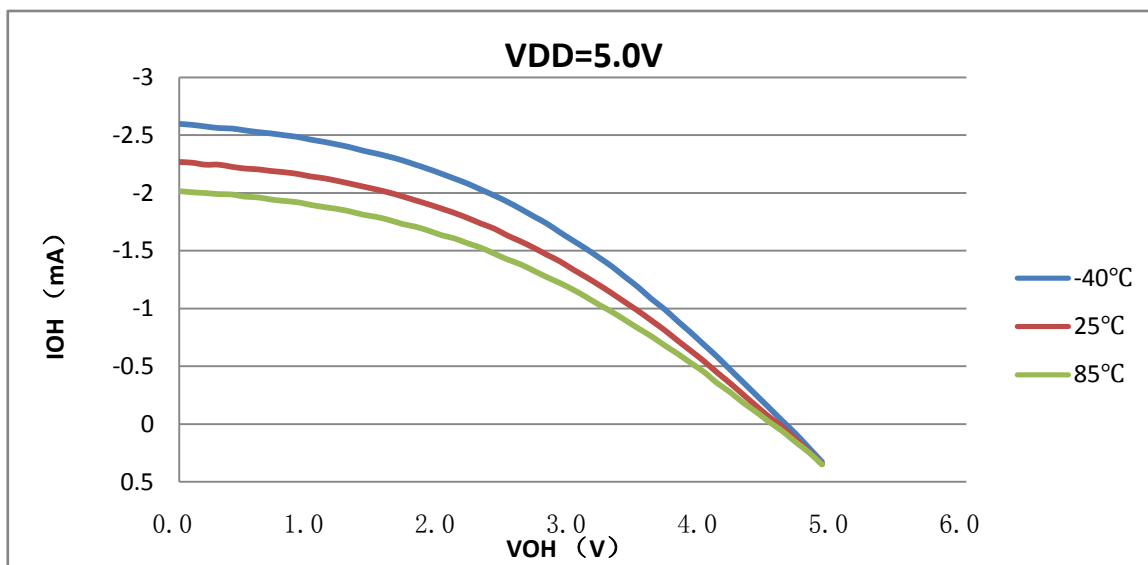
◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @  $V_{DD}=3.5V$  (驱动 0)



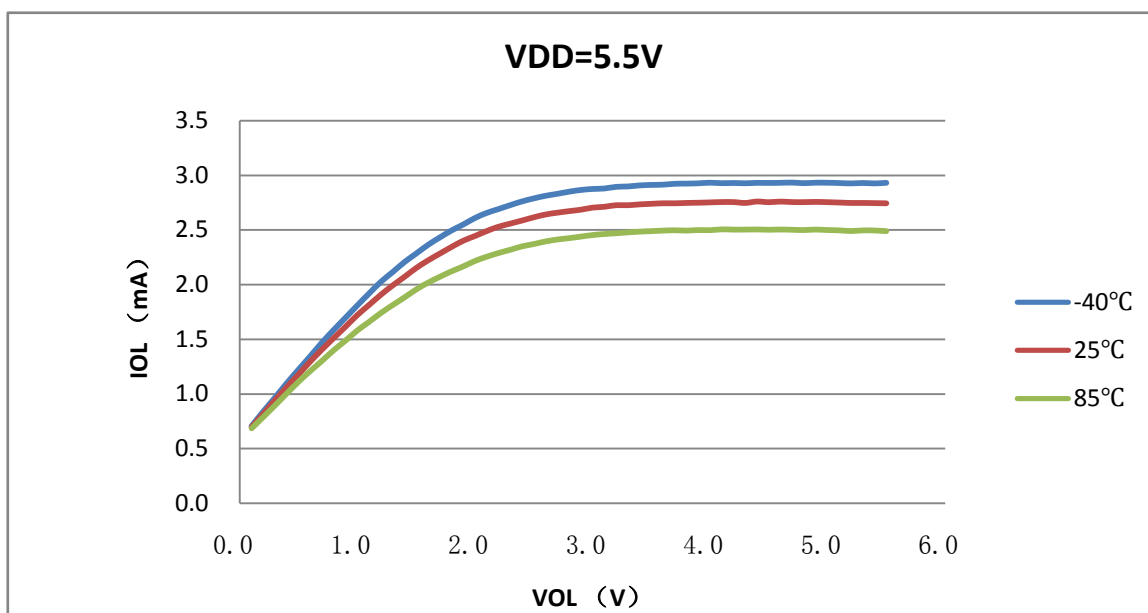
◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @VDD=5.0V (驱动 0)



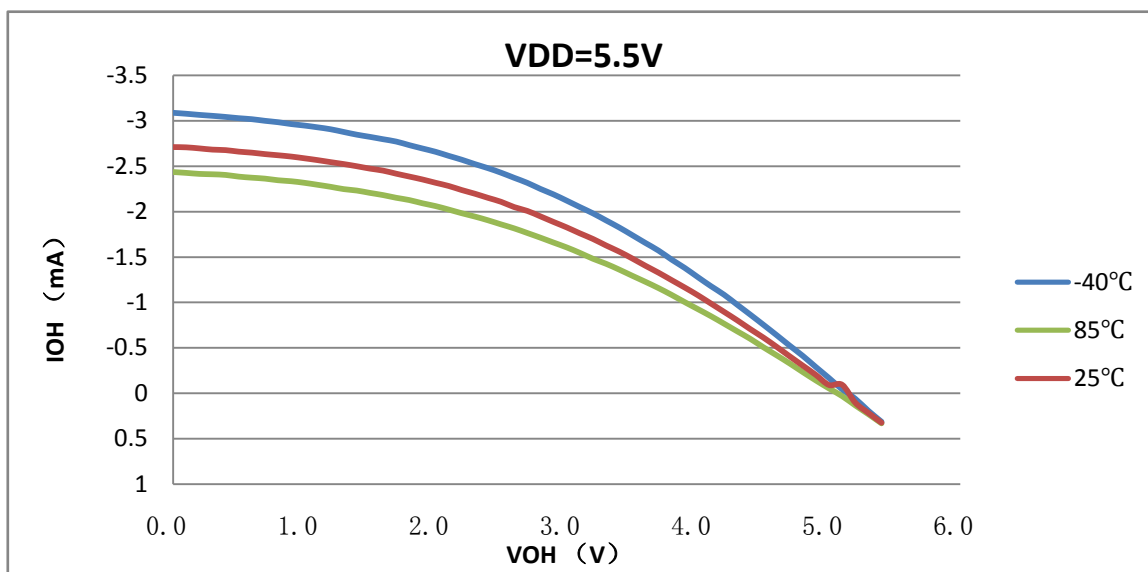
◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @VDD=5.0V (驱动 0)



◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @VDD=5.5V (驱动 0)

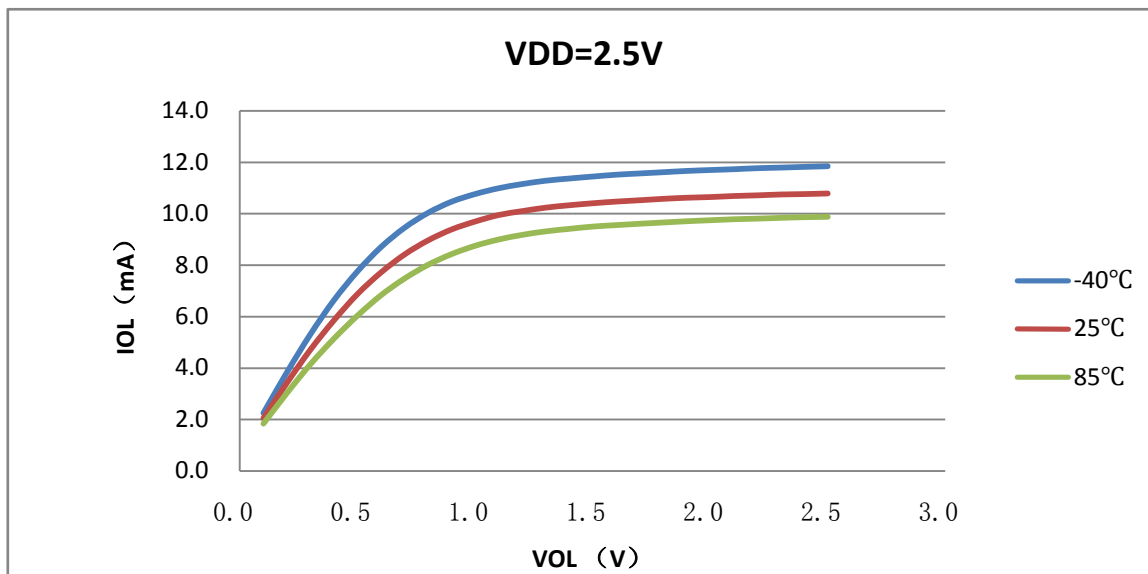


◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @VDD=5.5V (驱动 0)

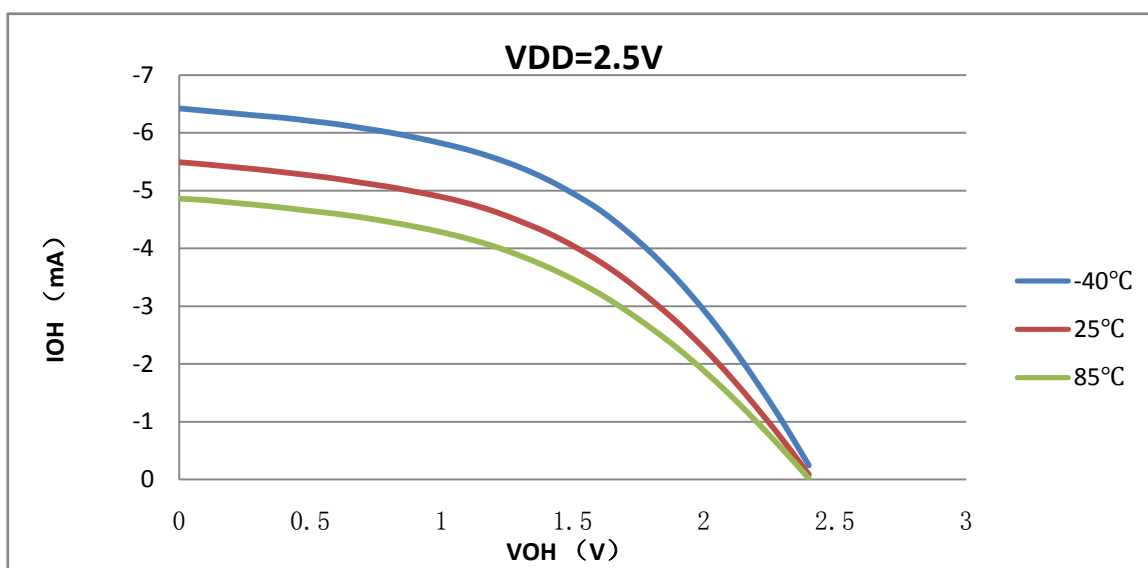


### 5.5.11.2 芯片 I/O 端口输出特性 (驱动 1)

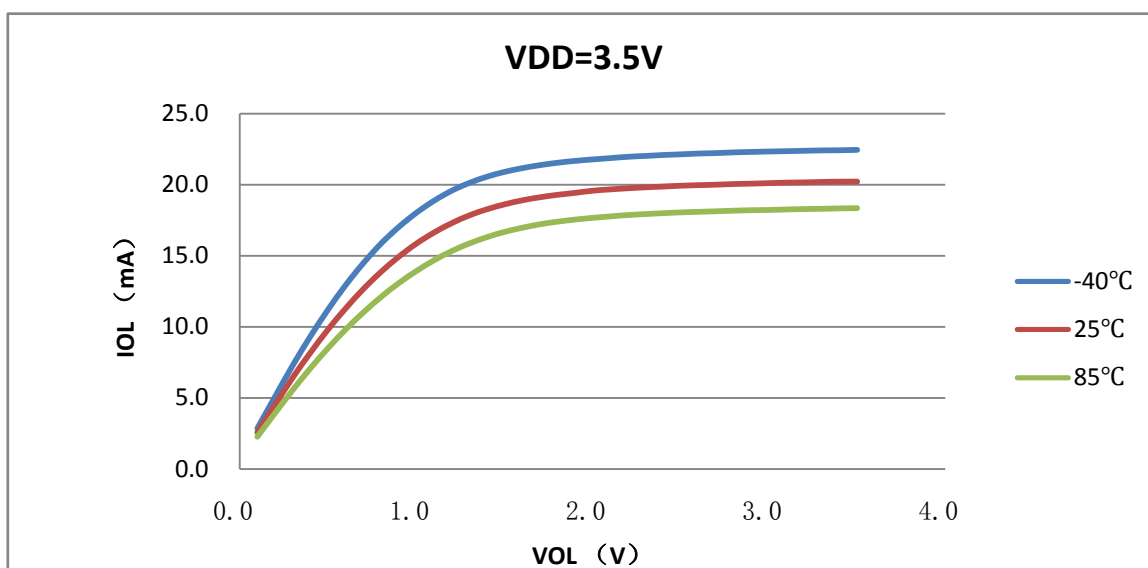
◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @VDD=2.5V (普通端口驱动 1)



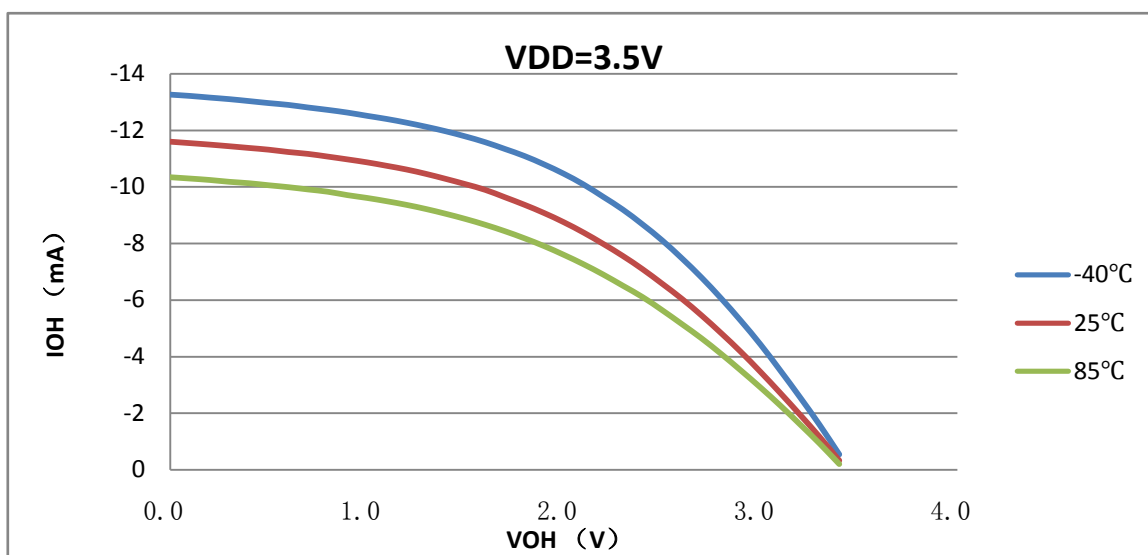
◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @VDD=2.5V (普通端口驱动 1)



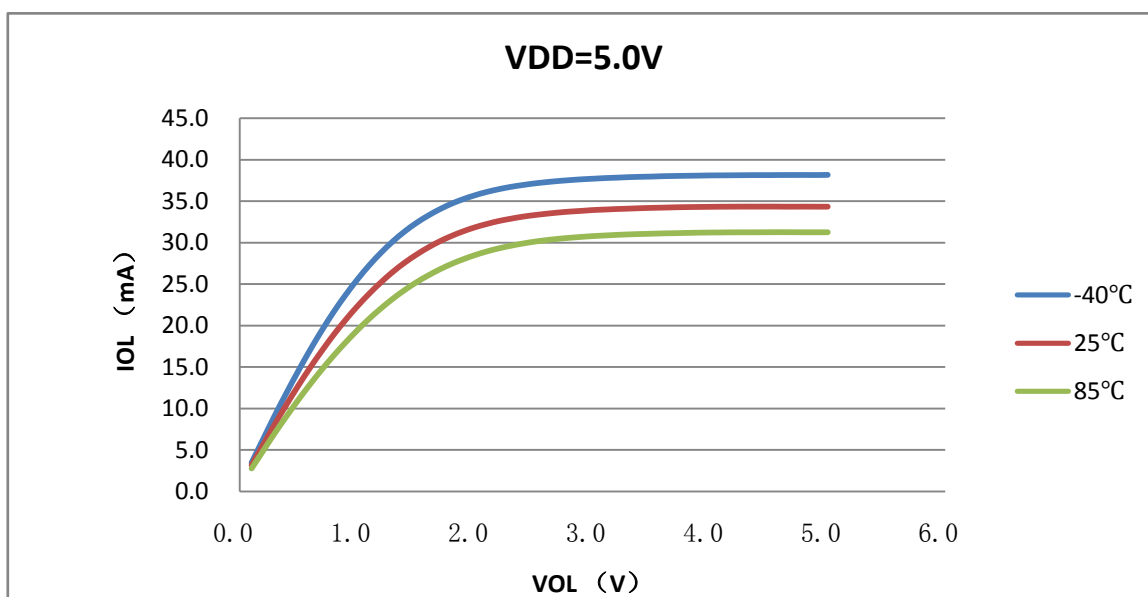
◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @VDD=3.5V (普通端口驱动 1)



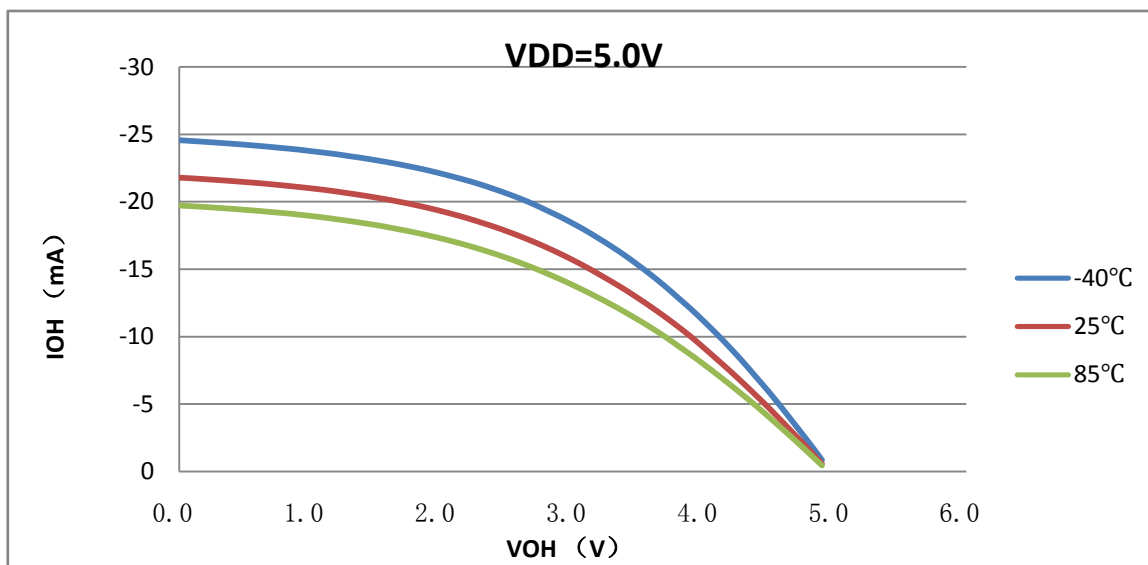
◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @VDD=3.5V (普通端口驱动 1)



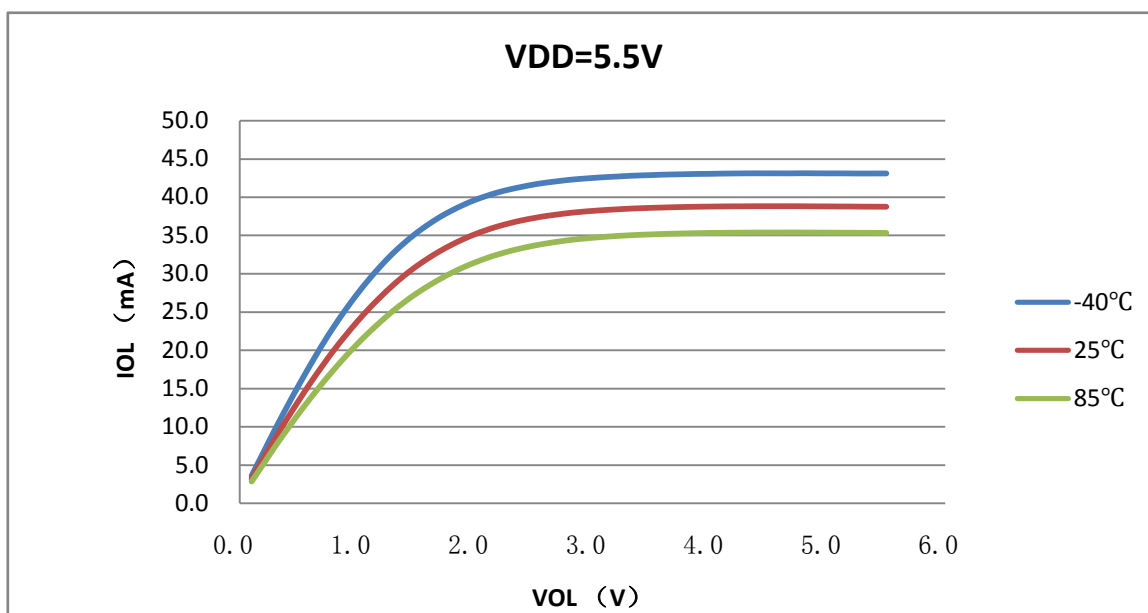
◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @VDD=5.0V (普通端口驱动 1)



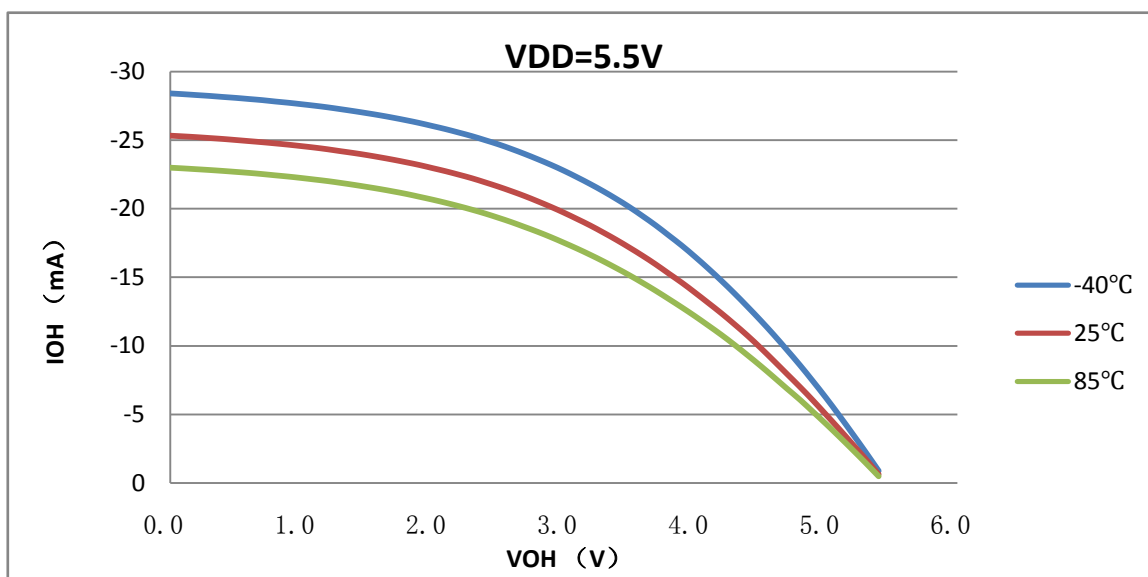
◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @VDD=5.0V (普通端口驱动 1)



◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @VDD=5.5V (普通端口驱动 1)

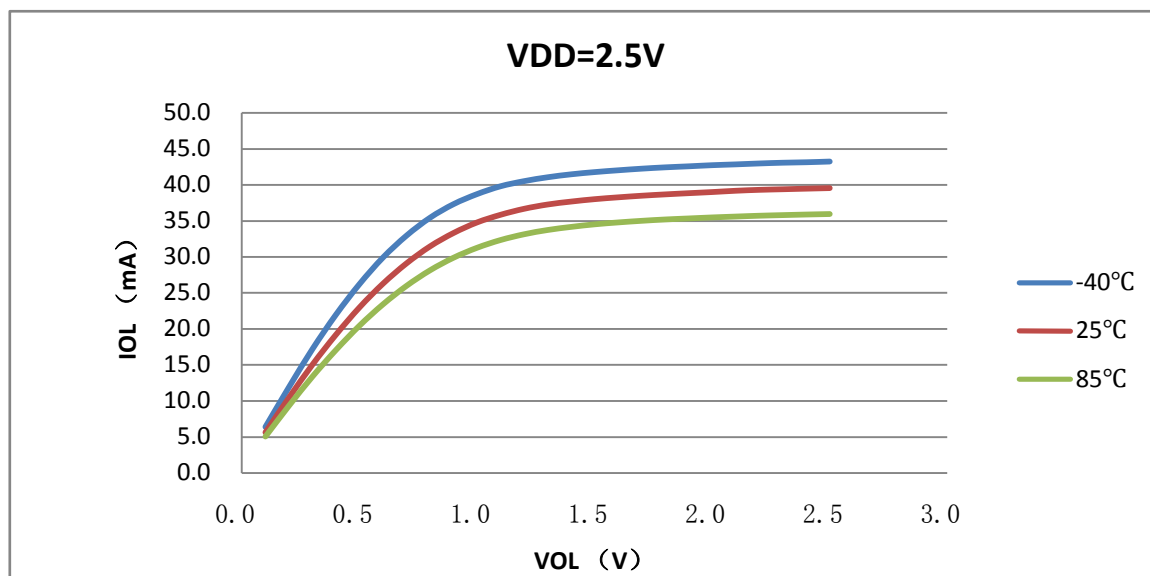


◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @VDD=5.5V (普通端口驱动 1)

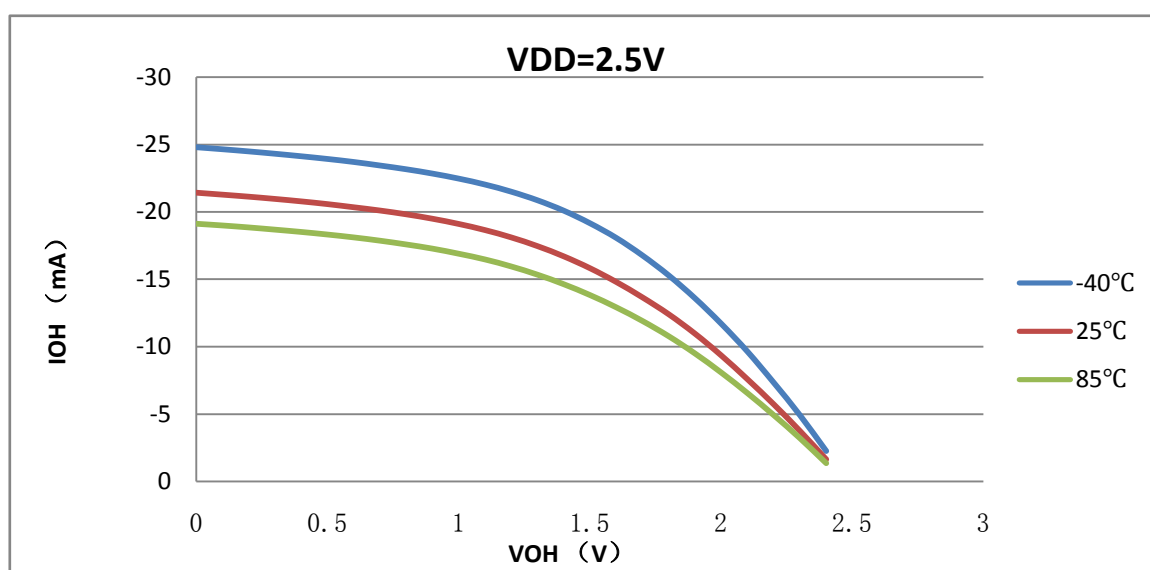


### 5.5.11.3 芯片 I/O 端口输出特性 (驱动 2)

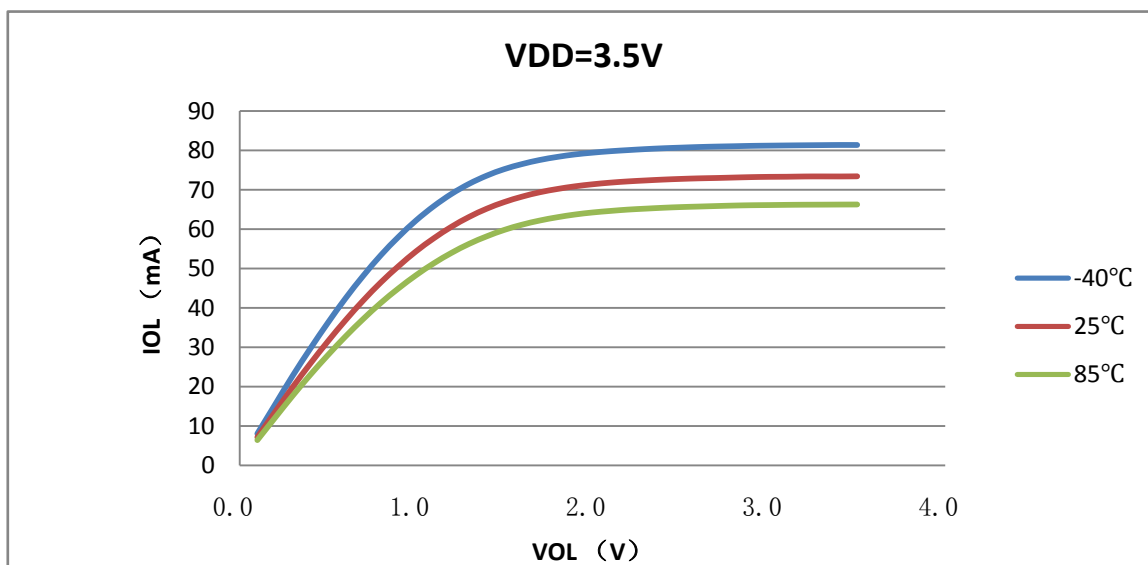
◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @VDD=2.5V (驱动 2)



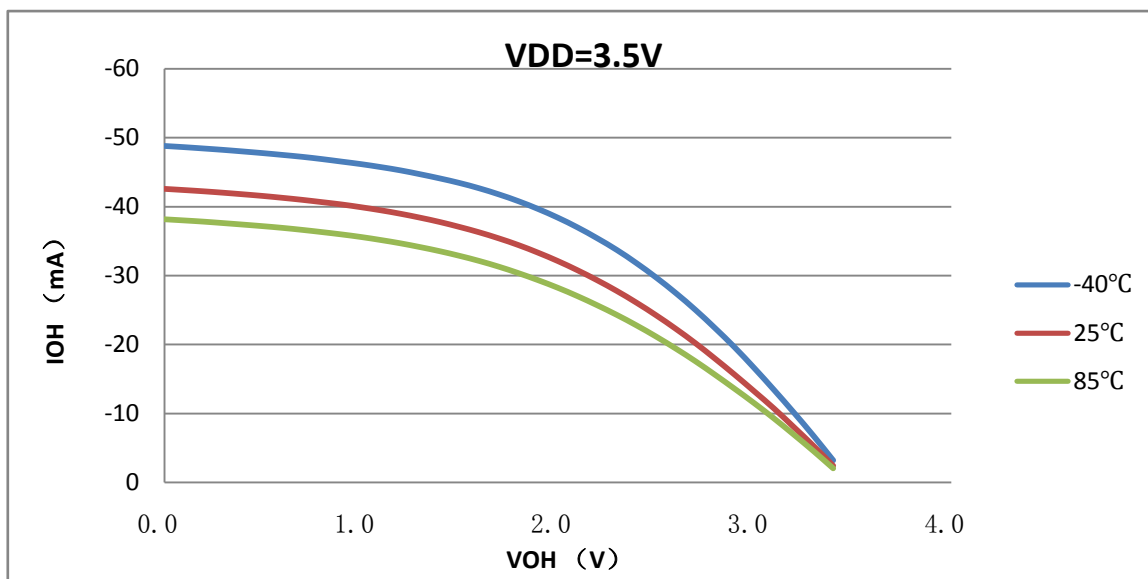
◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @VDD=2.5V (驱动 2)



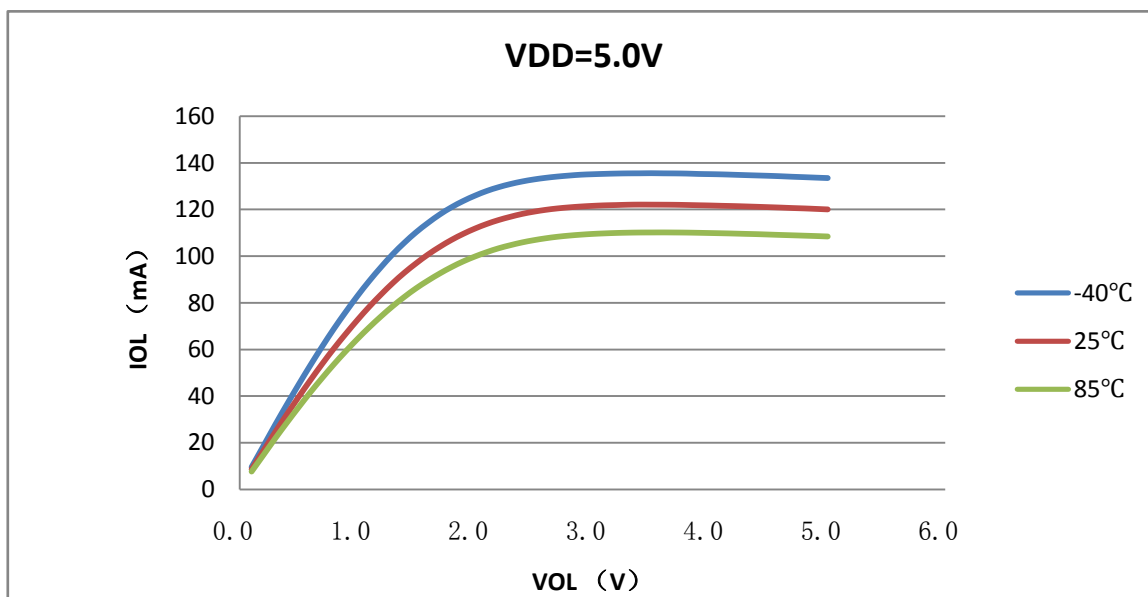
◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @VDD=3.5V (驱动 2)



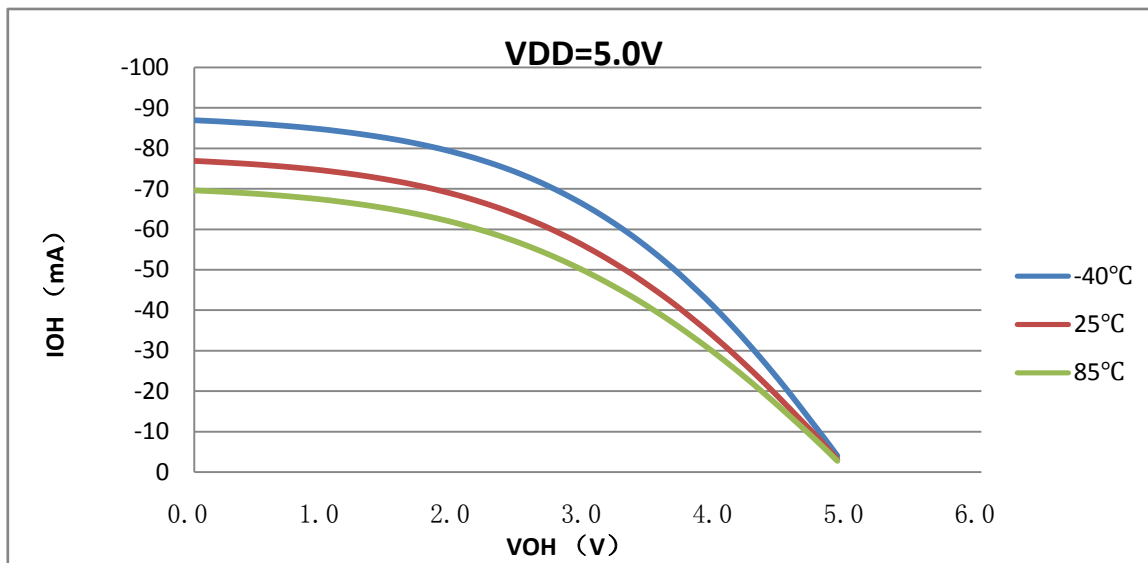
◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @VDD=3.5V (驱动 2)



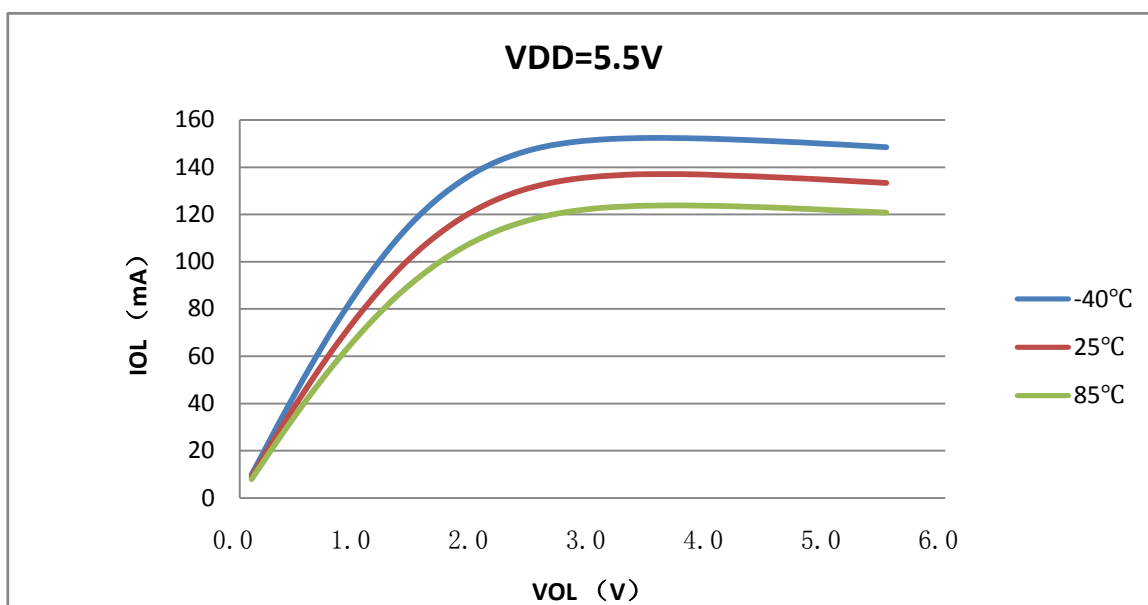
◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @  $V_{DD}=5.0V$  (驱动 2)



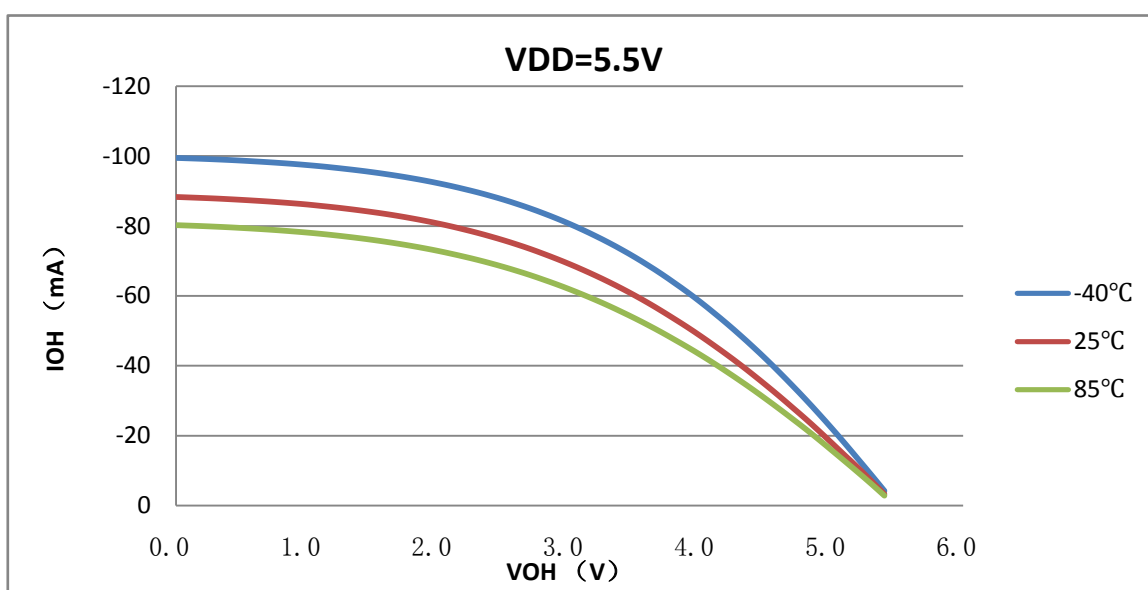
◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @  $V_{DD}=5.0V$  (驱动 2)



◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @  $V_{DD}=5.5V$  (驱动 2)

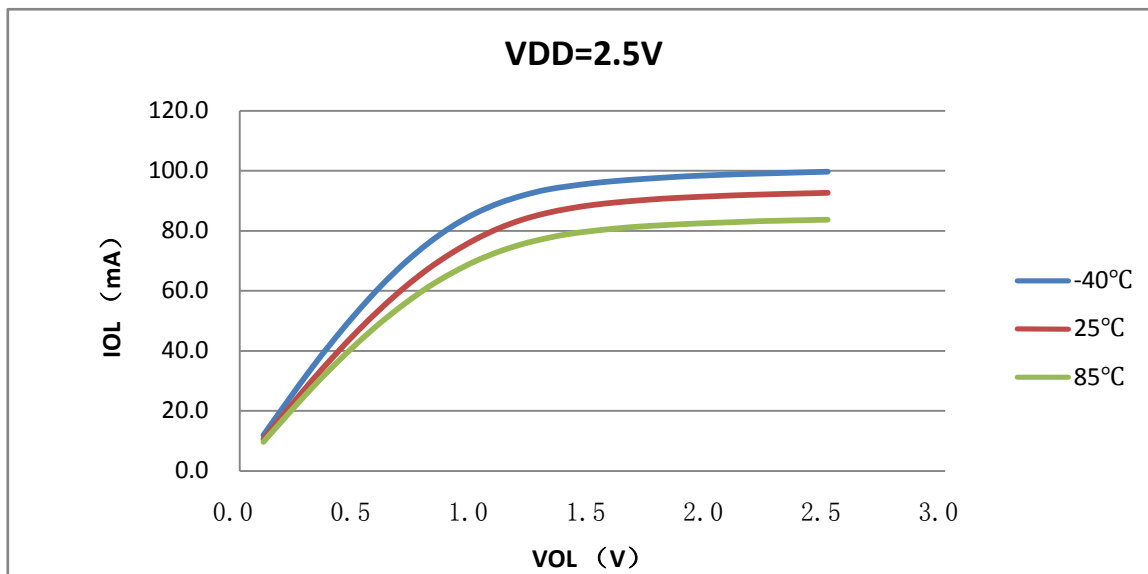


◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @  $V_{DD}=5.5V$  (驱动 2)

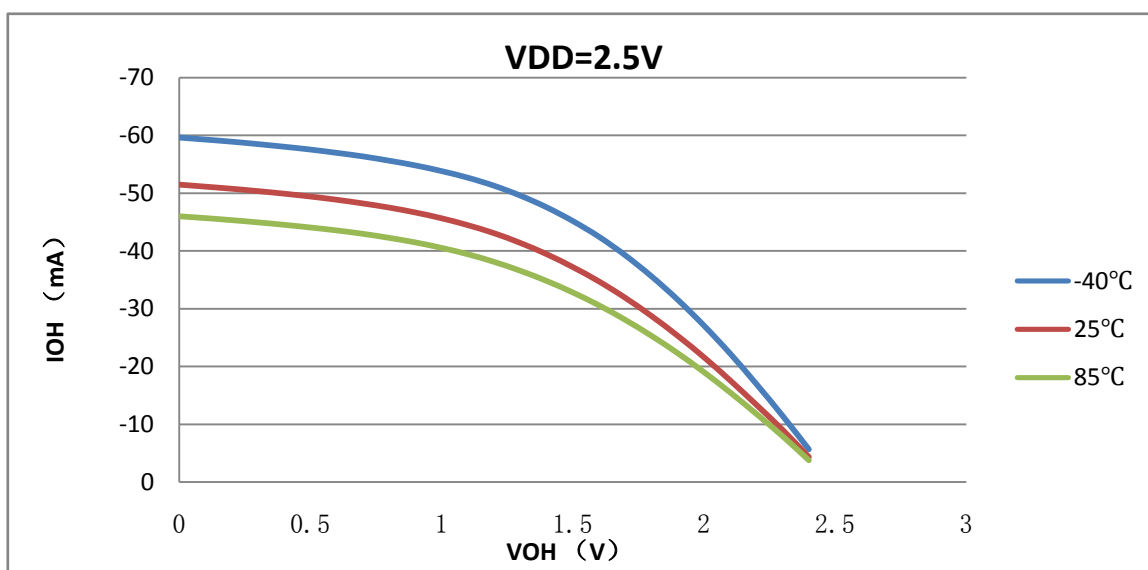


#### 5.5.11.4 芯片 I/O 端口输出特性 (驱动 3)

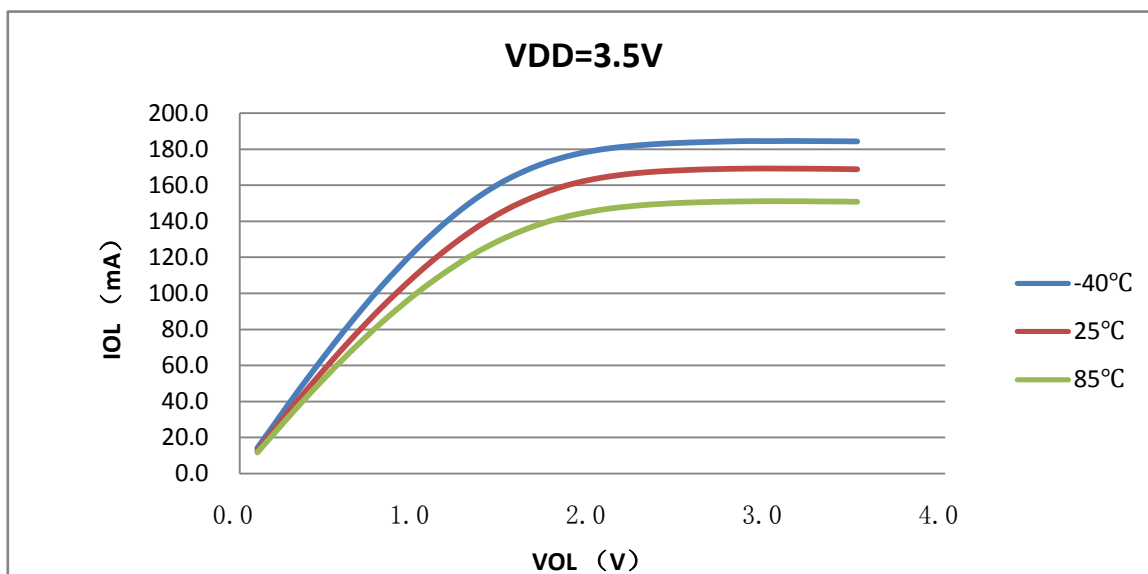
◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @VDD=2.5V (驱动 3)



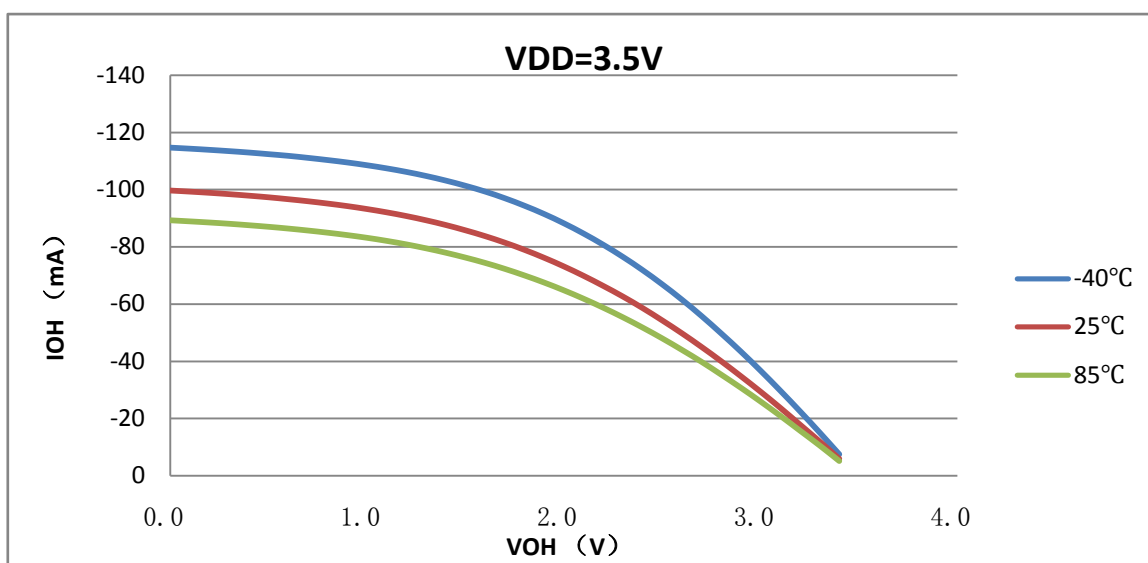
◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @VDD=2.5V (驱动 3)



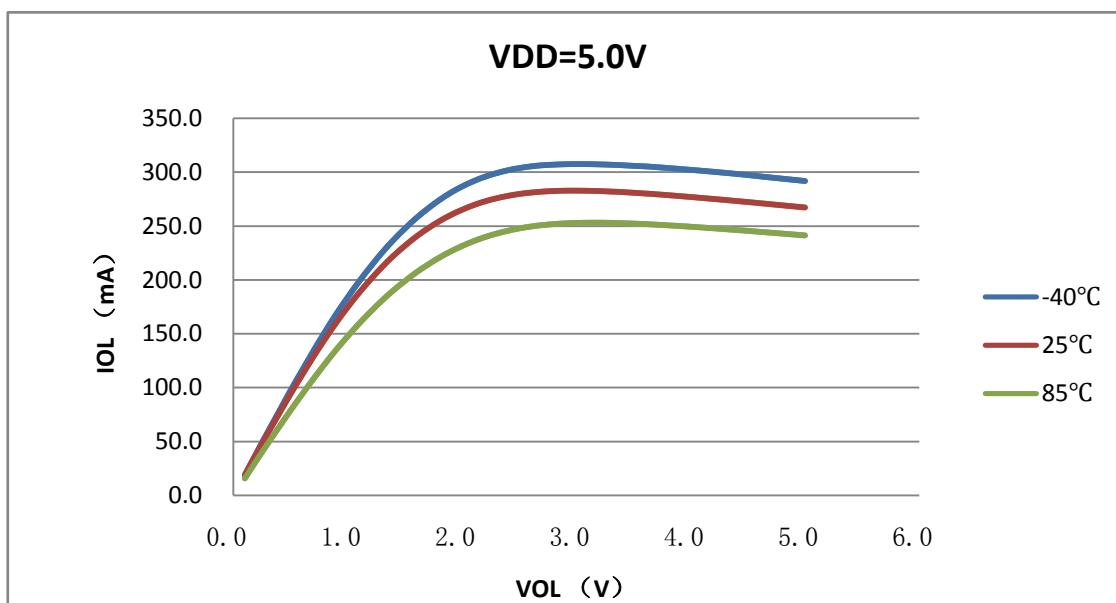
◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @VDD=3.5V (驱动 3)



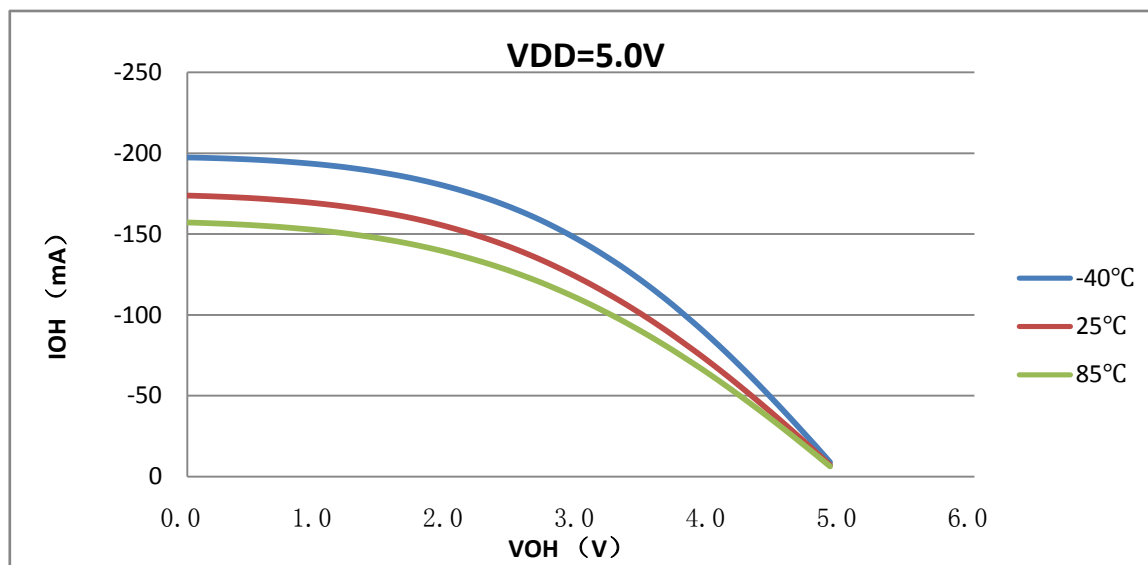
◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @VDD=3.5V (驱动 3)



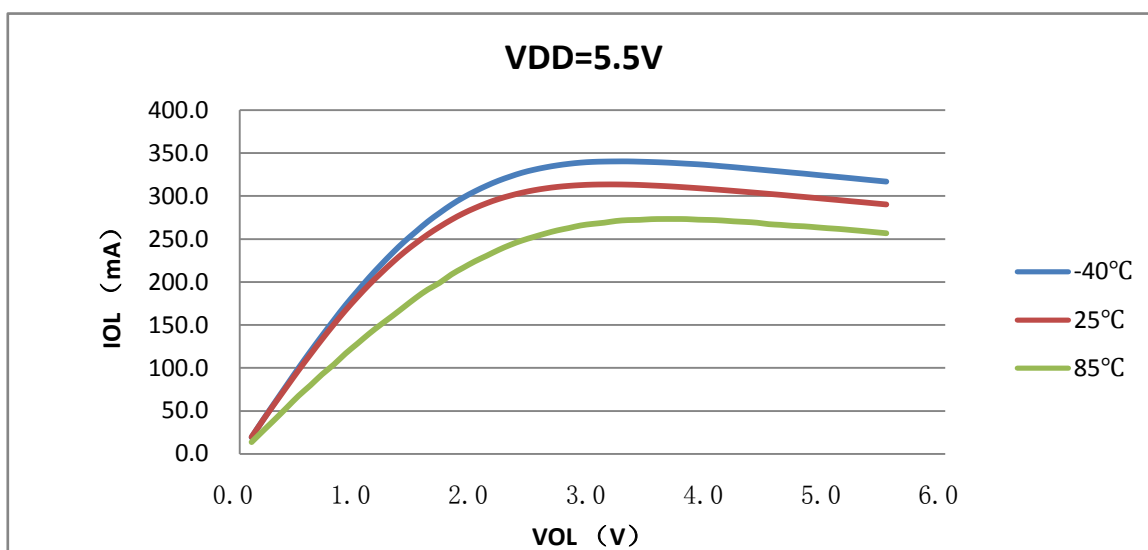
◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @VDD=5.0V (驱动 3)



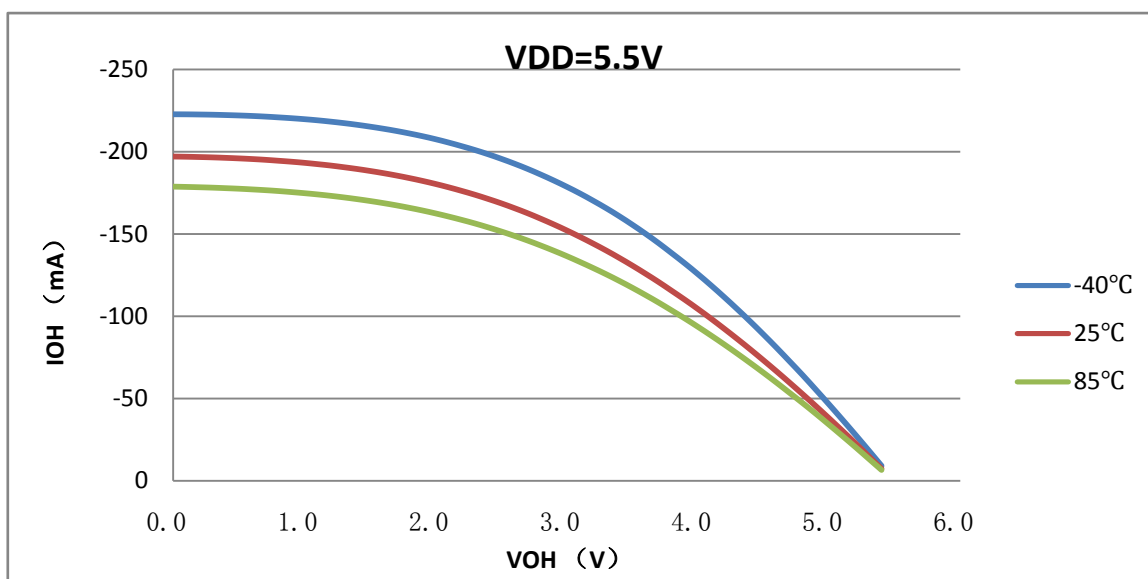
◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @VDD=5.0V (驱动 3)



◇  $I_{OL}$  vs  $V_{OL}$  @VDD=5.5V (驱动 3)



◇  $I_{OH}$  vs  $V_{OH}$  @VDD=5.5V (驱动 3)



| 标号                                  | 参数                    | 条件                                             | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位  |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| f <sub>IOOUT_MAX</sub>              | 最大输出频率                | 驱动 0 (0.1mA),<br>C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V | -   | -   | 1   | MHz |
| t <sub>IOFALL</sub>                 | 输出电平<br>从高变低的<br>下降时间 | 驱动 0 (0.1mA),<br>C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V | -   | -   | 650 | ns  |
| t <sub>IORISE</sub>                 | 输出电平<br>从低变高的<br>上升时间 | 驱动 0 (0.1mA),<br>C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V | -   | -   | 600 | ns  |
| f <sub>IOOUT_MAX</sub>              | 最大输出频率                | 驱动 1 (1mA),<br>C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V   | -   | -   | 25  | MHz |
| t <sub>IOFALL</sub>                 | 输出电平<br>从高变低的<br>下降时间 | 驱动 1 (1mA),<br>C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V   | -   | -   | 25  | ns  |
| t <sub>IORISE</sub>                 | 输出电平<br>从低变高的<br>上升时间 | 驱动 1 (1mA),<br>C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V   | -   | -   | 35  | ns  |
| f <sub>IOOUT_MAX</sub>              | 最大输出频率                | 驱动 2 (6mA),<br>C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V   | -   | -   | 25  | MHz |
| t <sub>IOFALL</sub>                 | 输出电平<br>从高变低的<br>下降时间 | 驱动 2 (6mA),<br>C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V   | -   | -   | 25  | ns  |
| t <sub>IORISE</sub>                 | 输出电平<br>从低变高的<br>上升时间 | 驱动 2 (6mA),<br>C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V   | -   | -   | 14  | ns  |
| f <sub>IOOUT_MAX</sub>              | 最大输出频率                | 驱动 3 (20mA),<br>C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V  | -   | -   | 25  | MHz |
| t <sub>IOFALL</sub>                 | 输出电平<br>从高变低的<br>下降时间 | 驱动 3 (20mA),<br>C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V  | -   | -   | 25  | ns  |
| t <sub>IORISE</sub>                 | 输出电平<br>从低变高的<br>上升时间 | 驱动 3 (20mA),<br>C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V  | -   | -   | 14  | ns  |
| t <sub>IOPULSE</sub> <sup>[1]</sup> | I/O 输入检测<br>脉宽        | -                                              | -   | 20  | -   | ns  |
| t <sub>EXTI</sub>                   | GPIO 中断检<br>测宽度       | -                                              | -   | 2.5 | -   | ms  |

表 5-27 I/O 端口电气特性 2

注 1: 基于芯片设计值得到的电气参数。

### 5.5.12 MRST 电气特性

| 标号              | 参数                                     | 条件 | 最小值                 | 典型值 | 最大值                 | 单位 |
|-----------------|----------------------------------------|----|---------------------|-----|---------------------|----|
| $V_{ILMRST}$    | MRST 输入低电平电压, $T_A=25^{\circ}\text{C}$ | -  | 0                   | -   | $0.3 \times V_{DD}$ | V  |
| $V_{IHMRST}$    | MRST 输入高电平电压, $T_A=25^{\circ}\text{C}$ | -  | $0.7 \times V_{DD}$ | -   | $V_{DD}$            | V  |
| $V_{HSTMRS}$    | MRST 迟滞电压                              | -  | -                   | 200 | -                   | mV |
| $t_{PULSEMRST}$ | MRST 有效宽度                              | -  | -                   | 1   | -                   | ms |

表 5-28MRST 电气特性

注：基于电路设计值得到的电气参数。

以下为 MRST 参考应用电路：

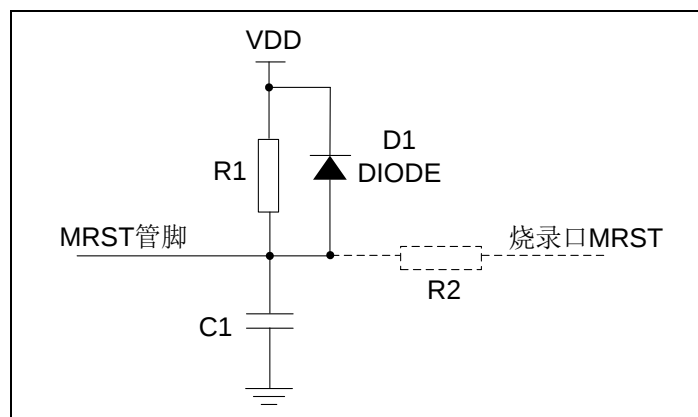


图 5-5MRST 应用电路 1

注：采用 RC 复位，其中  $47\text{K}\Omega \leq R1 \leq 100\text{K}\Omega$ ，电容  $C1 = (0.1\mu\text{F})$ ，在有外部烧录口的应用系统中，需要串接 R2 作为限流电阻， $0.1\text{K}\Omega \leq R2 \leq 1\text{K}\Omega$ 。

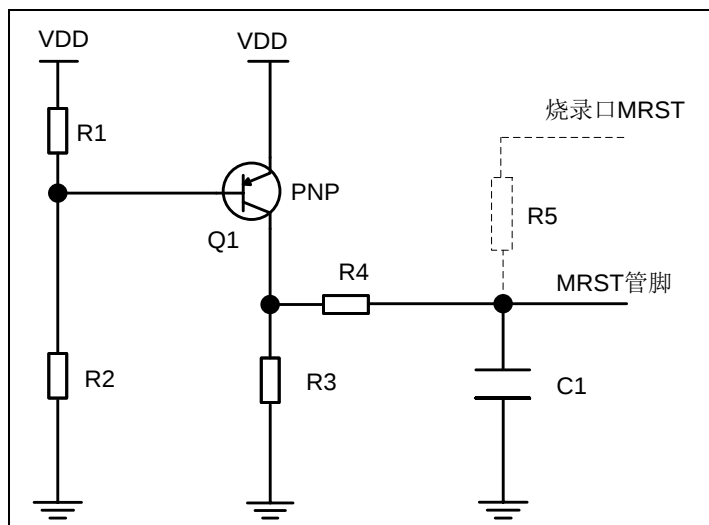


图 5-6MRST 应用电路 2

注：采用 PNP 三极管复位，通过 R1 和 R2 分压作为基极输入，发射极接 VDD，集电极一路通过 R3（20K $\Omega$ ）接地，另一路通过 R4（47K $\Omega$ ≤R4≤100K $\Omega$ ）和 C1（0.1 $\mu$ F）接地，C1 另一端作为 MRSTN 输入，当 VDD 为 3.3v 时，建议 R1 为 4.7K $\Omega$ ，R2 为 8K $\Omega$ ；VDD 为 5v 时，建议 R1 为 1.5K $\Omega$ ，R2 为 5.1K $\Omega$ ；在有外部烧录口的应用系统中，需要串接 R5 作为限流电阻，0.1K $\Omega$ ≤R5≤1K $\Omega$ 。

### 5.5.13 定时器特性参数

| 标号        | 参数          | 条件                                  | 最小值  | 典型值                | 最大值                | 单位               |
|-----------|-------------|-------------------------------------|------|--------------------|--------------------|------------------|
| $f_{EXT}$ | 定时器外部输入时钟频率 | $f_{TIMER\_CLK} < 72\text{ MHz}$    | 0    | $f_{TIMER\_CLK}/3$ | $f_{TIMER\_CLK}/3$ | MHz              |
|           |             | $f_{TIMER\_CLK} \geq 72\text{ MHz}$ | 0    | $f_{TIMER\_CLK}/3$ | 30                 | MHz              |
| $t_{res}$ | 定时器时间精度     | $f_{TIMER\_CLK} < 72\text{ MHz}$    | 1    | -                  | -                  | $t_{TIMER\_CLK}$ |
|           |             | $f_{TIMER\_CLK} = 72\text{ MHz}$    | 13.9 | -                  | -                  | ns               |

表 5-29 定时器特性参数

## 5.5.14 通信特性参数

### 5.5.14.1 内部集成电路总线（I2C）特性参数

| 标号                       | 参数                                           | 条件                                                                | 标准模式（100k） |     | 快速模式（400k） |     | 单位 |
|--------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------|-----|------------|-----|----|
|                          |                                              |                                                                   | 最小值        | 最大值 | 最小值        | 最大值 |    |
| $t_{WSCLL}$              | SCL 时钟<br>低电平时间                              | -                                                                 | 4.7        | -   | 1.2        | -   | us |
| $t_{WSCLH}$              | SCL 时钟<br>高电平时间                              | -                                                                 | 4.5        | -   | 1.0        | -   | us |
| $t_{SUSDA}$              | SDA 建立时间                                     | -                                                                 | 250        | -   | 100        | -   | ns |
| $t_{HSDA}$               | SDA 保持时间                                     | -                                                                 | -          | 3.5 | -          | 0.9 | us |
| $t_{RSDA}$<br>$t_{RSCL}$ | SDA 和 SCL<br>上升时间                            | VDD=5V, 主模式<br>4.7k 上拉电阻,<br>400pf 电容<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$ | -          | 5.5 | -          | 3   | us |
| $t_{FSDA}$<br>$t_{FSCL}$ | SDA 和 SCL<br>的下降时间                           | VDD=5V, 主模式<br>4.7k 上拉电阻,<br>400pf 电容<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$ | -          | 0.2 | -          | 0.1 | us |
| $t_{HSTA}$               | START 条件<br>的保持时间                            | VDD=5V, 主模式<br>4.7k 上拉电阻,<br>400pf 电容<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$ | 4          | -   | 0.54       | -   | us |
| $t_{SUSTA}$              | 重复 START<br>条件的建立时间                          | VDD=5V, 主模式<br>4.7k 上拉电阻,<br>400pf 电容<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$ | 6.3        | -   | 2.4        | -   | us |
| $t_{SUSTO}$              | STOP 条件<br>的建立时间                             | VDD=5V, 主模式<br>4.7k 上拉电阻,<br>400pf 电容<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$ | 5.3        | -   | 1.7        | -   | us |
| $t_{WSTOSTA}$            | STOP 至 START<br>条件的<br>总线空闲时间                | VDD=5V, 主模式<br>4.7k 上拉电阻,<br>400pf 电容<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$ | 4          | -   | 3.5        | -   | us |
| $C_{BUS}$                | 总线电容负载<br>(注意: SCL 和<br>SDA 电容负载应<br>尽量保持一致) | 外接电容 400pf<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$                            | -          | 400 | -          | 400 | pF |

表 5-30 内部集成电路总线（I2C）特性参数

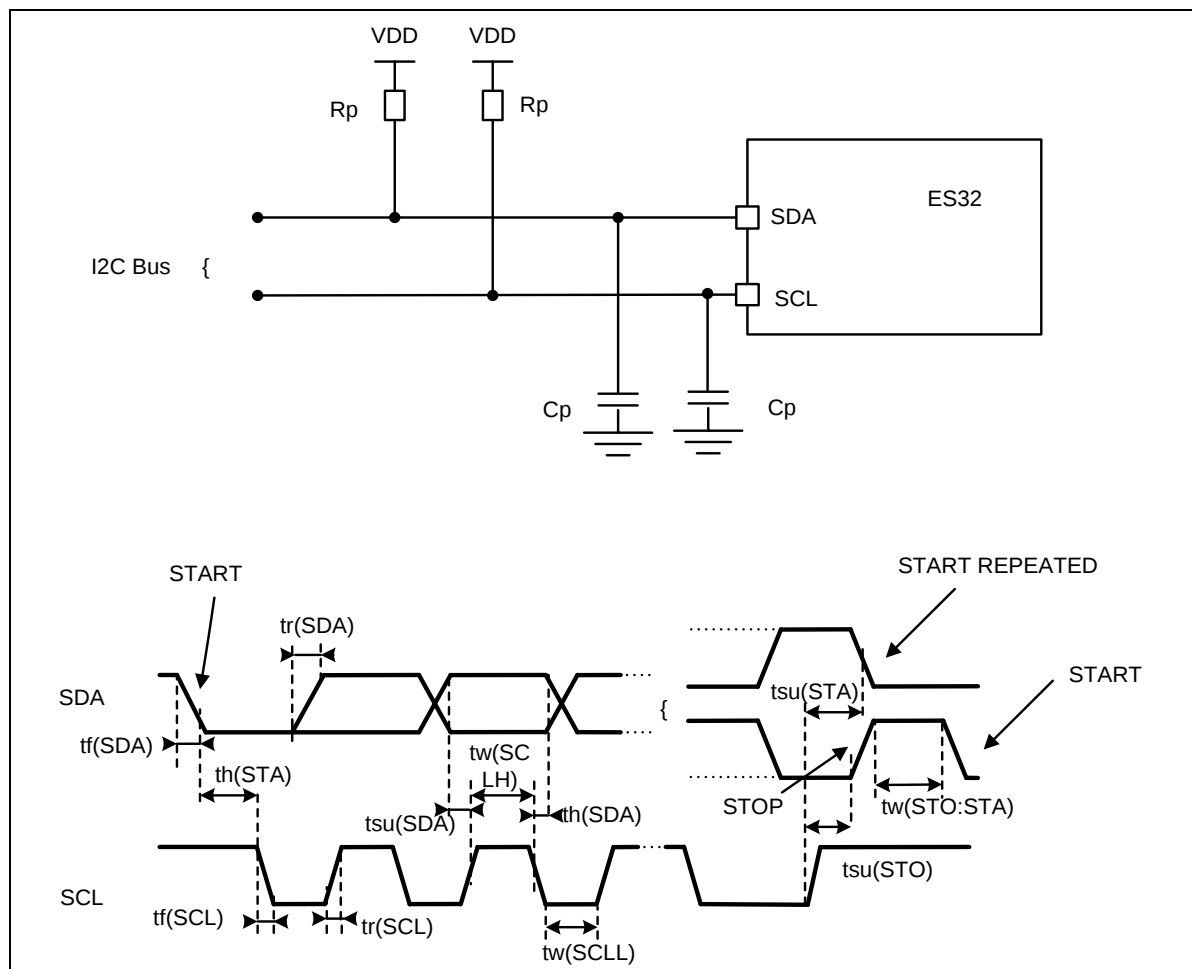


图 5-7 I2C 测试电路和波形

#### 5.5.14.2 串行外设接口（SPI）特性参数

| 标号                         | 参数                | 条件                                          | 最小值            | 最大值            | 单位  |
|----------------------------|-------------------|---------------------------------------------|----------------|----------------|-----|
| $f_{SCK}$                  | SPI 通信时钟频率        | 主模式，发送<br>$f_{PCLK1} \leq 72\text{MHz}$     | -              | $f_{PCLK1}/2$  | MHz |
|                            |                   | 主模式，接收<br>$f_{PCLK1} \leq 72\text{MHz}$     | -              | $f_{PCLK1}/8$  | MHz |
|                            |                   | 从模式，发送<br>$f_{PCLK1} \leq 72\text{MHz}$     | -              | $f_{PCLK1}/16$ | MHz |
|                            |                   | 从模式，接收<br>$f_{PCLK1} \leq 72\text{MHz}$     | -              | $f_{PCLK1}/8$  | MHz |
| $t_{RSCK}$<br>$t_{FSCK}$   | SPI 时钟<br>上升和下降时间 | 电容负载 33pF                                   | -              | 37             | ns  |
| DUTY <sub>SCK</sub>        | SPI 输入<br>时钟占空比   | 从模式                                         | 30             | 70             | %   |
| $t_{SUNSS}$                | NSS 建立时间          | 从模式                                         | $28t_{PCLK1}$  | -              | ns  |
| $t_{HNSS}$                 | NSS 保持时间          | 从模式                                         | $32t_{PCLK1}$  | -              | ns  |
| $t_{WSCKH}$<br>$t_{WSCKL}$ | SCK 高电平和<br>低电平时间 | 主模式，发送<br>( $f_{PCLK1}=24\text{MHz}, 4$ 分频) | 83.5           | 85             | ns  |
| $t_{SUMI}$                 | 输入数据建立时间          | 主模式                                         | 45             | -              | ns  |
| $t_{SUSI}$                 | 输入数据建立时间          | 从模式                                         | 140            | -              | ns  |
| $t_{HMI}$                  | 输入数据保持时间          | 主模式                                         | 68             | -              | ns  |
| $t_{HSI}$                  | 输入数据保持时间          | 从模式                                         | 132            | -              | ns  |
| $t_{ASO}$                  | 输出数据访问时间          | 从模式                                         | $4.5t_{PCLK1}$ | -              | ns  |
| $t_{DISSO}$                | 输出数据禁止时间          | 从模式                                         | 0              | -              | ns  |
| $t_{VSO}$                  | 输出数据有效时间          | 从模式                                         | -              | 80             | ns  |
| $t_{VMO}$                  | 输出数据有效时间          | 主模式                                         | -              | 50             | ns  |
| $t_{HSO}$                  | 输出数据保持时间          | 从模式                                         | 100            | -              | ns  |
| $t_{HMO}$                  | 输出数据保持时间          | 主模式                                         | 2              | -              | ns  |

表 5-31 SPI 特性参数

## 5.5.15 低功耗模式转换特性参数

◆ 从低功耗模式恢复的时间

| 标号              | 参数                 | 条件                                                                      | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|----|
| $t_{WUSLEEP1}$  | SLEEP 模式<br>唤醒时间   | $f_{HCLK}=24MHz$ , $T_A=25^{\circ}C$<br>FLASH 为空闲状态                     | -   | 290 | -   | us |
| $t_{WUSLEEP2}$  | SLEEP 模式<br>唤醒时间   | $f_{HCLK}=24MHz$ , $T_A=25^{\circ}C$<br>FLASH 为待机状态且 1.8V<br>LDO 为低功耗模式 | -   | 830 | -   | us |
| $t_{WUSTOP1}$   | STOP1 模式<br>唤醒时间   | $f_{HCLK}=24MHz$ , $T_A=25^{\circ}C$                                    | -   | 630 | -   | us |
| $t_{WUSTOP2}$   | STOP2 模式<br>唤醒时间   | $f_{HCLK}=24MHz$ , $T_A=25^{\circ}C$                                    | -   | 1.6 | -   | ms |
| $t_{WUSTANDBY}$ | STANDBY 模式<br>唤醒时间 | $f_{HCLK}=24MHz$ , $T_A=25^{\circ}C$                                    | -   | 3.6 | -   | ms |

表 5-32 低功耗模式唤醒特性

### 5.5.16 模数转换器（ADC）特性参数

| 标号                                   | 参数                        | 条件                                    | 最小值                     | 典型值                       | 最大值                    | 单位        |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|-----------|
| VDD                                  | 模拟电源                      | -                                     | 2.6                     | 5                         | 5.5                    | V         |
| V <sub>REFP_EXT</sub>                | 外部正端参考电压                  | -                                     | 2                       | -                         | VDD                    | V         |
| V <sub>REFN_EXT</sub>                | 外部负端参考电压                  | -                                     | 0                       |                           |                        | V         |
| I <sub>VREF_EXT</sub>                | V <sub>REF_EXP</sub> 端口电流 | -                                     | -                       | 6                         | -                      | uA        |
| V <sub>REFP_INT</sub>                | 内部正端参考电压                  | VDD=5V, T <sub>A</sub> =25℃           | 1.992                   | 2                         | 2.008                  | V         |
|                                      |                           | VDD=3.3V~5V, T <sub>A</sub> =-40℃~85℃ | 1.950                   | 2                         | 2.10                   | V         |
| f <sub>ADC</sub>                     | ADC 时钟频率                  | VDD 作为参考源                             | -                       | 16                        | 24                     | MHz       |
|                                      |                           | 内部参考作为参考源                             | -                       | 8                         | 12                     | MHz       |
| f <sub>SAMPLING</sub> <sup>[3]</sup> | 采样率                       | -                                     | -                       | 1                         | -                      | MSPS      |
| f <sub>TRIG</sub> <sup>[3]</sup>     | 外部触发频率                    | -                                     | -                       | -                         | 1                      | MHz       |
| V <sub>AIN</sub> <sup>[3]</sup>      | 转换电压范围                    | -                                     | V <sub>REFN</sub> +0.03 | -                         | V <sub>REFP</sub> -0.1 | V         |
| R <sub>AIN</sub> <sup>[3]</sup>      | 外部输入阻抗                    | t <sub>SAMPLING</sub> =1us            | -                       | -                         | 10                     | kΩ        |
|                                      |                           | t <sub>SAMPLING</sub> =2us            | -                       | -                         | 15                     |           |
|                                      |                           | t <sub>SAMPLING</sub> =4us            | -                       | -                         | 30                     |           |
|                                      |                           | t <sub>SAMPLING</sub> =15us           | -                       | -                         | 100                    |           |
| R <sub>ADC</sub> <sup>[3]</sup>      | 采样开关电阻                    | -                                     | -                       | 0.7                       | -                      | kΩ        |
| C <sub>ADC</sub> <sup>[3]</sup>      | 内部采样保持电容                  | -                                     | -                       | 13.7                      | -                      | pF        |
| t <sub>SAMPLING</sub> <sup>[3]</sup> | 采样时间                      | -                                     | 1                       | -                         | 15                     | ADC 时钟周期数 |
| t <sub>PWRUP</sub> <sup>[3]</sup>    | ADC 上电稳定时间                | 参考电压稳定时间                              | -                       | 18                        | -                      | us        |
| t <sub>CONV</sub> <sup>[3]</sup>     | 总体转换时间（包括采样时间）            | -                                     | -                       | t <sub>SAMPLING</sub> +12 | -                      | ADC 时钟周期数 |

表 5-33ADC 特性

注 1: R<sub>AIN</sub> 的计算公式:  $R_{AIN} < t_{SAMPLING} / (C_{ADC} \times \ln(2^{N+2})) - R_{ADC}$

注 2: 上述公式用于计算外部输入阻抗的最大值使误差低于 1/4 LSB, 其中 N=12。

注 3: 基于电路设计值得到的电气参数。

| 标号                    | 参数     | 条件                                                                                                                                              | 典型值 | 最大值 | 单位  |
|-----------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| ERR <sub>OFFSET</sub> | 失调误差   | $f_{\text{ADC}}=16\text{MHz}, R_{\text{AIN}}<10\text{k}\Omega$<br>$T_{\text{A}}=25^{\circ}\text{C}$<br>$V_{\text{REF}}=V_{\text{DD}}=5\text{V}$ | 2   | 17  | LSB |
| ERR <sub>GAIN</sub>   | 增益误差   |                                                                                                                                                 | 2   | 8   | LSB |
| ERR <sub>DNL</sub>    | 差分线性误差 |                                                                                                                                                 | 1   | 5   | LSB |
| ERR <sub>INL</sub>    | 积分线性误差 |                                                                                                                                                 | 3   | 14  | LSB |

表 5-34 ADC 精度特性 1

注 1: 建议对可能有负电流注入的模拟端口增加对地的肖特基二极管。因为负电流注入模拟端口会明显降低 ADC 的转换精度。

注 2: 上述 DC 参数是基于 ADC 实测值。

| 标号                    | 参数     | 条件                                                                                                                                          | 典型值 | 最大值 | 单位  |
|-----------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| ERR <sub>OFFSET</sub> | 失调误差   | $f_{\text{ADC}}=16\text{MHz}, R_{\text{AIN}}<10\text{k}\Omega$<br>$T_{\text{A}}=25^{\circ}\text{C}$<br>$V_{\text{REF}}=V_{\text{REF\_EXT}}$ | 2   | 17  | LSB |
| ERR <sub>GAIN</sub>   | 增益误差   |                                                                                                                                             | 2   | 8   | LSB |
| ERR <sub>DNL</sub>    | 差分线性误差 |                                                                                                                                             | 1   | 8   | LSB |
| ERR <sub>INL</sub>    | 积分线性误差 |                                                                                                                                             | 3   | 18  | LSB |

表 5-35 ADC 精度特性 2

注 1: 建议对可能有负电流注入的模拟端口增加对地的肖特基二极管。因为负电流注入模拟端口会明显降低 ADC 的转换精度。

注 2: 上述 DC 参数是基于 ADC 实测值。

### 5.5.17 数模转换器（DAC）特性参数

| 标号                    | 参数       | 条件                                              | 最小值  | 典型值 | 最大值        | 单位          |
|-----------------------|----------|-------------------------------------------------|------|-----|------------|-------------|
| $V_{DD}$              | 模拟电源     | $T_A=25^{\circ}\text{C}$                        | 2.6  | 5   | 5.5        | V           |
| $V_{REFP\_EXT}$       | 外部参考电压源  | -                                               | 2    | -   | VDD        | V           |
| $V_{DACO}$            | 输出电压     | 单端                                              | 0    | -   | $V_{REFP}$ | V           |
|                       |          | 差分                                              | 0    | -   | $V_{REFP}$ | V           |
| $I_{DAC}$             | 动态电流     | 500K<br>Samples/s<br>$f_{DAC\_CLK}=1\text{MHz}$ | -    | 90  | -          | uA          |
| $SR_{DAC}^{[1]}$      | 采样速率     | -                                               | -    | 0.5 | 1          | M Samples/s |
| $f_{DAC}$             | DAC 时钟频率 | 单端                                              | 0.32 | 16  | 24         | MHz         |
|                       |          | 差分                                              | 0.32 | 16  | 24         | MHz         |
| $t_{CONV}^{[1]}$      | 转换时间     | $T_A=25^{\circ}\text{C}$                        | -    | 1   | -          | us          |
| $t_{DACSETTLE}^{[1]}$ | DAC 稳定时间 | $T_A=25^{\circ}\text{C}$                        | 2    | -   | 10         | us          |
| $V_{DACOFFSET}^{[1]}$ | DAC 失调电压 | 单端                                              | -    | 1   | -          | LSB         |
|                       |          | 差分                                              | -    | 1   | -          | LSB         |
| $ERR_{DNL}$           | 差分非线性误差  | $T_A=25^{\circ}\text{C}$                        | -    | 3   | 7          | LSB         |
| $ERR_{INL}$           | 积分非线性误差  | $T_A=25^{\circ}\text{C}$                        | -    | 25  | 40         | LSB         |

表 5-36DAC 特性

注 1：基于芯片设计值得到的电气参数。

注 2：DAC 可与 ADC 共用内部参考电压。

### 5.5.18 模拟比较器（ACMP）特性参数

| 标号                    | 参数              | 条件                                                             | 最小值 | 典型值 | 最大值  | 单位 |
|-----------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------|-----|-----|------|----|
| $V_{ACMP}$            | 工作电压范围          | -                                                              | 2.6 | 5.0 | 5.5  | V  |
| $V_{ACMPIN}$          | 输入电压范围          | -                                                              | 0   | -   | VDD  | V  |
| $I_{ACMP}$            | 动态电流            | 超低功耗模式<br>(ACMP_CON 的<br>MODSEL=0)                             | 0.8 | 1   | 2    | uA |
|                       |                 | 低功耗模式<br>(ACMP_CON 的<br>MODSEL=1)                              | 1   | 3   | 5    | uA |
|                       |                 | 普通模式<br>(ACMP_CON 的<br>MODSEL=2)                               | 8   | 11  | 14   | uA |
|                       |                 | 高速模式<br>(ACMP_CON 的<br>MODSEL=3)                               | 14  | 25  | 26   | uA |
| $V_{ACMPOFFSET}$      | 失调电压            | -                                                              | 2.0 | 3.0 | 4.0  | mV |
| $V_{ACMPHYST}$        | 迟滞              | 内部可调                                                           | -   | 20  | -    | mV |
| $t_{ACMPSTART}^{[1]}$ | 模拟比较器的启动时间（初始化） | 超低功耗模式<br>(ACMP_CON 的<br>MODSEL=0)<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$ | 7.6 | 9.6 | 32.0 | us |
|                       |                 | 低功耗模式<br>(ACMP_CON 的<br>MODSEL=1)<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$  | 2.6 | 7.0 | 12.0 | us |
|                       |                 | 普通模式<br>(ACMP_CON 的<br>MODSEL=2)<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$   | 2.0 | 6.0 | 9.0  | us |
|                       |                 | 高速模式<br>(ACMP_CON 的<br>MODSEL=3)<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$   | 1.7 | 4.0 | 5.0  | us |
| $t_{DELAY}$           | 比较转换时间          | 超低功耗模式<br>(ACMP_CON 的<br>MODSEL=0)<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$ | 4.0 | 7.7 | 14.0 | us |
|                       |                 | 低功耗模式<br>(ACMP_CON 的<br>MODSEL=1)<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$  | 1.6 | 2.7 | 5.5  | us |
|                       |                 | 普通模式                                                           | 0.7 | 0.8 | 1.8  | us |

| 标号 | 参数 | 条件                                                           | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----|----|--------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|----|
|    |    | (ACMP_CON 的<br>MODSEL=2)<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$         |     |     |     |    |
|    |    | 高速模式<br>(ACMP_CON 的<br>MODSEL=3)<br>$T_A=25^{\circ}\text{C}$ | 0.4 | 0.6 | 1.2 | us |

表 5-37ACMP 特性参数

注 1: 基于芯片设计值得到的电气参数。

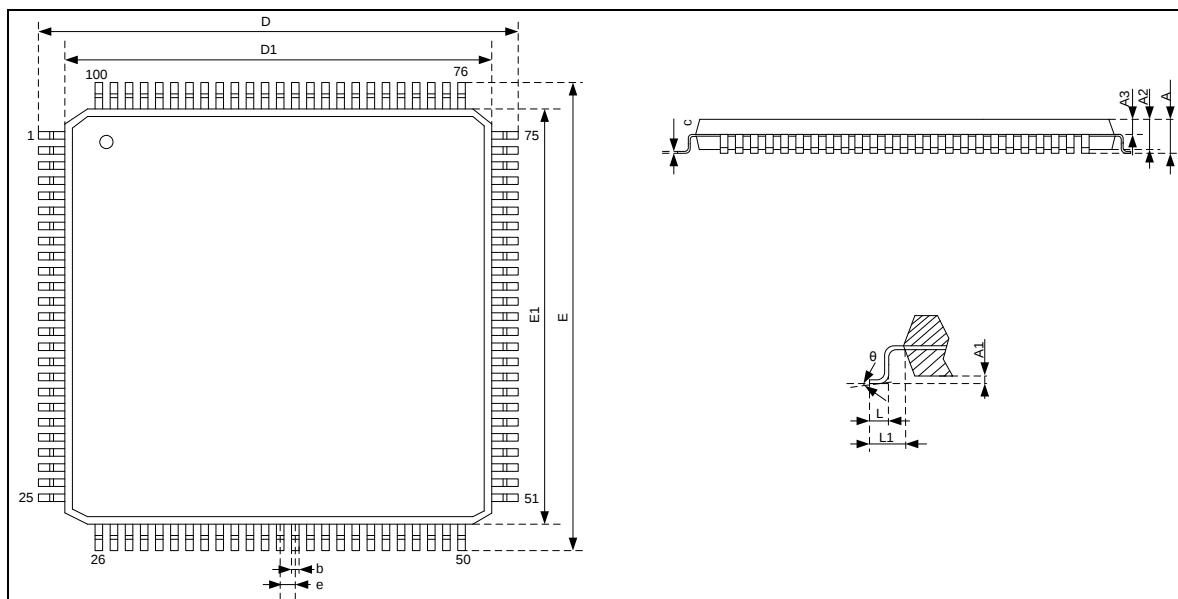
### 5.5.19 温度传感器特性参数

| 标号                    | 参数   | 条件                                               | 最小值 | 典型值     | 最大值     | 单位                 |
|-----------------------|------|--------------------------------------------------|-----|---------|---------|--------------------|
| ACC <sub>TSENSE</sub> | 温度精度 | $T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ | -   | $\pm 1$ | $\pm 2$ | $^{\circ}\text{C}$ |
| I <sub>TSENSE</sub>   | 动态电流 | -                                                | -   | 95      | -       | uA                 |

表 5-38 温度传感器特性

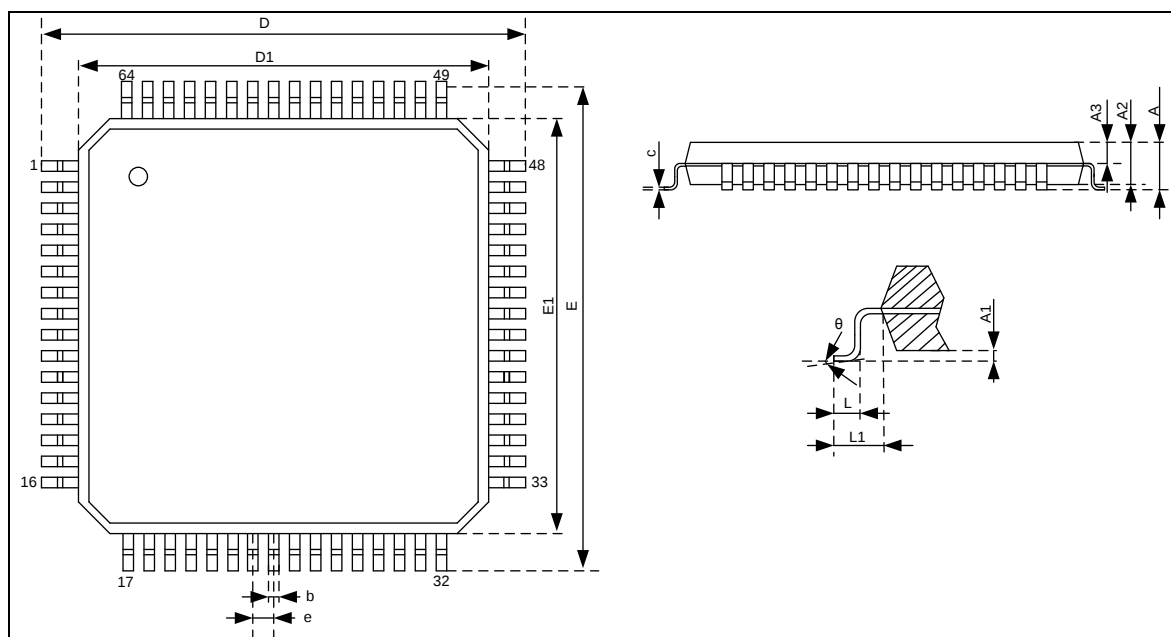
## 第6章 封装信息

## 6.1 LQFP100 封装尺寸图



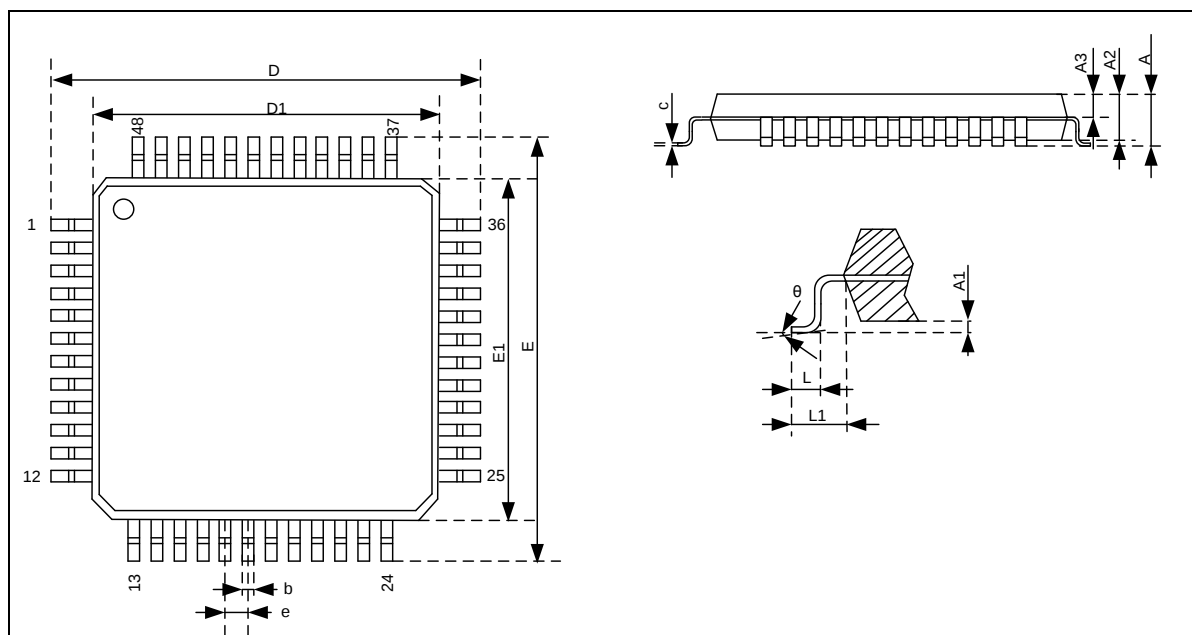
| 标号 | 公制 (mm) |      |      | 英制 (inch) |      |       |
|----|---------|------|------|-----------|------|-------|
|    | MIN     | NOM  | MAX  | MIN       | NOM  | MAX   |
| A  | —       | —    | 1.6  | —         | —    | 0.063 |
| A1 | 0.05    | —    | 0.15 | 0.002     | —    | 0.006 |
| A2 | 1.35    | 1.4  | 1.45 | 0.053     | 0.06 | 0.057 |
| A3 | 0.59    | 0.64 | 0.69 | 0.023     | 0.03 | 0.027 |
| b  | 0.18    | —    | 0.26 | 0.007     | —    | 0.010 |
| c  | 0.13    | —    | 0.17 | 0.005     | —    | 0.007 |
| D  | 15.8    | 16   | 16.2 | 0.622     | 0.63 | 0.638 |
| D1 | 13.9    | 14   | 14.1 | 0.547     | 0.55 | 0.555 |
| E  | 15.8    | 16   | 16.2 | 0.622     | 0.63 | 0.638 |
| E1 | 13.9    | 14   | 14.1 | 0.547     | 0.55 | 0.555 |
| e  | 0.50BSC |      |      | 0.020BSC  |      |       |
| L  | 0.45    | --   | 0.75 | 0.018     | -    | 0.030 |
| L1 | 1.00REF |      |      | 0.039REF  |      |       |
| θ  | 0       | —    | 7°   | 0         | —    | 7°    |

## 6.2 LQFP64 封装尺寸图



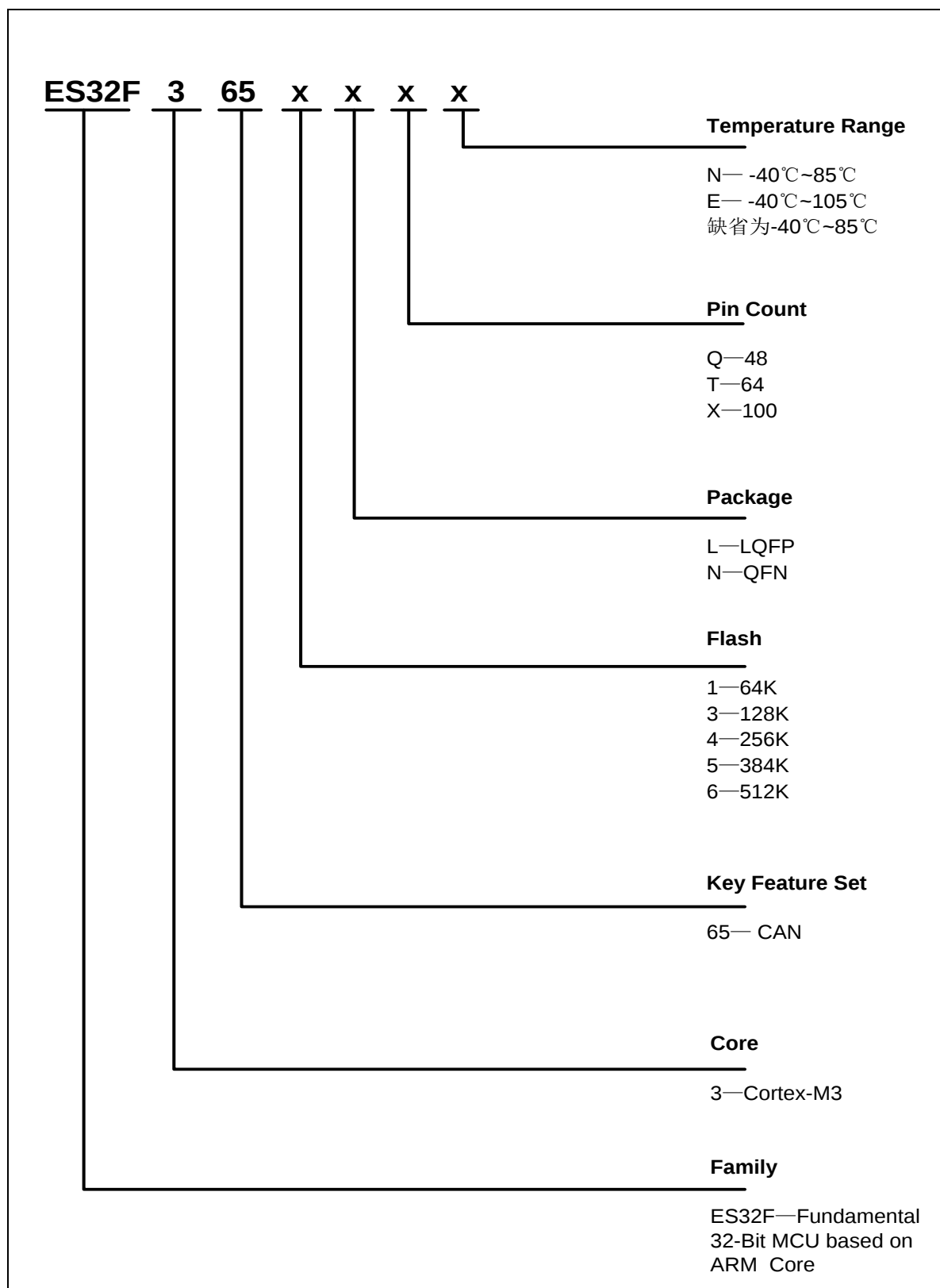
| 标号 | 公制 (mm) |       |       | 英制 (inch) |       |       |
|----|---------|-------|-------|-----------|-------|-------|
|    | MIN     | NOM   | MAX   | MIN       | NOM   | MAX   |
| A  | —       | —     | 1.60  | —         | —     | 0.063 |
| A1 | 0.05    | —     | 0.20  | 0.002     | —     | 0.008 |
| A2 | 1.35    | 1.40  | 1.45  | 0.053     | 0.055 | 0.057 |
| A3 | 0.59    | 0.64  | 0.69  | 0.023     | 0.025 | 0.027 |
| b  | 0.19    | —     | 0.27  | 0.007     | —     | 0.011 |
| c  | 0.13    | —     | 0.18  | 0.005     | —     | 0.007 |
| D  | 11.80   | 12.00 | 12.20 | 0.465     | 0.472 | 0.480 |
| D1 | 9.90    | 10.00 | 10.10 | 0.390     | 0.394 | 0.398 |
| E  | 11.80   | 12.00 | 12.20 | 0.465     | 0.472 | 0.480 |
| E1 | 9.90    | 10.00 | 10.10 | 0.390     | 0.394 | 0.398 |
| e  | 0.50BSC |       |       | 0.020BSC  |       |       |
| L  | 0.45    | —     | 0.75  | 0.018     | —     | 0.030 |
| L1 | 1.00BSC |       |       | 0.039BSC  |       |       |
| θ  | 0       | —     | 7°    | 0         | —     | 7°    |

## 6.3 LQFP48 封装尺寸图



| 标号 | 公制 (mm) |      |      | 英制 (inch) |       |       |
|----|---------|------|------|-----------|-------|-------|
|    | MIN     | NOM  | MAX  | MIN       | NOM   | MAX   |
| A  | —       | —    | 1.60 | —         | —     | 0.063 |
| A1 | 0.05    | —    | 0.15 | 0.002     | —     | 0.006 |
| A2 | 1.35    | 1.40 | 1.45 | 0.054     | 0.056 | 0.058 |
| A3 | 0.59    | 0.64 | 0.69 | 0.024     | 0.026 | 0.028 |
| b  | 0.18    | —    | 0.26 | 0.007     | —     | 0.010 |
| b1 | 0.17    | 0.20 | 0.23 | 0.007     | 0.008 | 0.009 |
| c  | 0.13    | —    | 0.17 | 0.005     | —     | 0.007 |
| c1 | 0.12    | 0.13 | 0.14 | 0.005     | 0.005 | 0.006 |
| D  | 8.80    | 9.00 | 9.20 | 0.352     | 0.360 | 0.368 |
| D1 | 6.90    | 7.00 | 7.10 | 0.276     | 0.280 | 0.284 |
| E  | 8.80    | 9.00 | 9.20 | 0.352     | 0.360 | 0.368 |
| E1 | 6.90    | 7.00 | 7.10 | 0.276     | 0.280 | 0.284 |
| eB | 8.10    | —    | 8.25 | 0.324     | —     | 0.330 |
| e  | 0.50BSC |      |      | 0.020BSC  |       |       |
| L  | 0.40    | —    | 0.65 | 0.016     | —     | 0.026 |
| L1 | 1.00REF |      |      | 0.039REF  |       |       |
| θ  | 0       | —    | 7°   | 0         | —     | 7°    |

## 第7章 产品信息



## 第8章 修订历史

| 版本   | 修订日期       | 修订内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| V1.0 | 2020.03.30 | 初版发布                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| V1.1 | 2020.12.08 | 根据测试结果更新电气特性部分                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| V1.2 | 2021.01.12 | 1.删除 LCD 相关内容<br>2.修正图 5-1 中 VRCAP 的外围电路                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| V1.3 | 2021.04.21 | 根据内部 review 结果及 FAE 反馈更新电气特性章节                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| V1.4 | 2022.04.19 | <p>1. 表 5-4 中, <math>f_{HCLK1}</math>, <math>f_{HCLK1}</math>, <math>f_{PCLK1}</math>, 修订为 96MHz</p> <p>2. 表 5-5 中, 增加 Vstart, VDD 上电初始电压最大值 200mV</p> <p>3. 表 5-6 中, 根据最新实测值, 修订 <math>V_{BOR}</math> 最小值, 典型值和最大值; <math>V_{BOR}</math> 电压迟滞修订为 10mV</p> <p>4. 表 5-7,5-8,5-9 中, 最大值, <math>T_A=85</math> 修订为典型值, <math>T_A=25</math>; 表 5-7 中, HOSC 时钟源, 所有外设使能条件下, IVDD 修订为 96MHz 24.6mA<br/>72MHz 19.8 mA<br/>48MHz 14.0 mA<br/>36MHz 11.0 mA<br/>24Mhz 7.6 mA</p> <p>5. 表 5-10 中, 最大值 (<math>V_{DD}=5V, T_A=85</math>) 修订为典型值, 外设关闭条件下的参数由 134 修订为 137</p> <p>6.表 5-11 中, 最大值 (<math>V_{DD}=5V, T_A=85</math>) 修订为典型值, 且修正所有参数值。</p> <p>7. 表 5-12 中, 修订 standby 模式下的电流特性, 且增加备注: STANDBY 模式下的电流特性值, 是基于 PIN1 与其他 VDD 保持约 0.3V 压差的测试条件下得到的。</p> <p>8. 表 5-16 中, <math>C_{L1}</math>, <math>C_{L2}</math> 的典型值修订为 15</p> <p>9. 表 5-18, <math>ACC_{HRC24M}</math>, 最大值修订为 3, <math>I_{DD}</math>, HRC 电流, 24MHz, 典型值修订为 160</p> <p>10. 表 5-19, <math>ACC_{LRC}</math> 精度在全温度范围内修订为 10%</p> <p>11. 表 5-20, <math>ACC_{ULRC}</math>, <math>T_A=25</math>, 最大值修订为 10, <math>T_A=-40 \sim 85</math> °C,最大值修订为 30</p> <p>12. 表 5-26 中, <math>V_{IL}</math> 增加 <math>T_A=-40 \sim +85</math> °C<br/><math>V_{DD}=3.3V</math> 条件下的特性值; <math>V_{IL}</math> (CMOS)条件下的最大值修订为 0.2xVDD; <math>V_{IL}</math>(TTL)条件下, <math>V_{DD}=5V</math> 时, 最大值修订为 0.8V, <math>V_{DD}=3.3V</math> 时, 最大值修订为 0.6V;<br/><math>V_{IH}</math> 增加 <math>T_A=-40 \sim +85</math> °C<br/><math>V_{DD}=3.3V</math> 条件下的特性值; <math>I_{OL}</math> 在 <math>V_{DD}=2.5V</math> <math>V_{OL}=0.2</math> V 的条件下, 最小值, 典型值, 最大值修订为 0.6,0.8 和 1.0; I/O 上下拉电阻 <math>R_{PU}</math> 和 <math>R_{PD}</math> 最小, 典型和最大值修订为 34, 35, 36 kΩ。</p> <p>13. 更新 5.5.11 章节的电流驱动曲线图</p> <p>14. 表 5-33 中, 修订 VREFP_INT, <math>V_{DD}=3.3V \sim 5V</math>, 最</p> |

| 版本   | 修订日期       | 修订内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |            | <p>小值为 1.95，最大值为 2.10</p> <p>15. 表 5-34, <math>ERR_{INL}</math> 最大值修订为 14LSB</p> <p>16. 表 5-35, <math>ERR_{DNL}</math> 最大值修订为 8LSB; <math>ERR_{INL}</math> 最大值修订为 18LSB</p> <p>17. 表 5-36 中, 修订 <math>ERR_{DNL}</math> 最大值为 7;修订 <math>ERR_{INL}</math>, 典型值为 25, 最大值为 40</p> <p>18. 修订图 5-1</p> <p>19. 章节 3.2 管脚功能定义中, <math>ACMP0</math> 修订为 <math>ACMP</math></p> <p>20. 更新图 5-5 和图 5-6 的 MRST 应用电路</p> |
| V1.5 | 2023.02.09 | <p>1. 更新图 5-5 和图 5-6 的 MRST 应用电路</p> <p>2. UART 16 级 FIFO 修改为 4 级 FIFO</p> <p>3. 最高频率 96MHz 修订为 72MHz</p> <p>4. 表格 5-5 中, <math>VDD</math> 上升速率删除最小值, 最大值修订为 25ms/V</p>                                                                                                                                                                                                                                    |
| V1.6 | 2023.02.21 | 1.2.2.2.1小节中增加FLASH不支持IAP系统升级                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |