



GA815 系列数据手册

版本：1.1

发布日期：2024-06-17

目录

| | |
|--|-----------|
| 1 概述 | 1 |
| 1.1 产品特性 | 1 |
| 1.2 典型应用 | 3 |
| 1.3 产品型号总览 | 3 |
| 1.4 芯片系统框图 | 4 |
| 1.5 存储器映射 | 5 |
| 1.6 基本功能描述 | 6 |
| 1.6.1 内核 (Core) | 6 |
| 1.6.2 内存 (Memory) | 6 |
| 1.6.3 电源管理 (PMU) | 7 |
| 1.6.4 时钟 (Clock) | 7 |
| 1.6.5 系统配置 (SYSCFG) | 8 |
| 1.6.6 中断 (Interrupt) | 8 |
| 1.6.7 控制器局域网 (CAN) | 8 |
| 1.6.8 局域互联网络 (LIN) | 9 |
| 1.6.9 直接存储访问 (DMA) | 9 |
| 1.6.10 通用输入输出 (GPIO) | 9 |
| 1.6.11 定时器 (TIMER) | 10 |
| 1.6.12 脉冲宽度调制 (PWM) | 11 |
| 1.6.13 看门狗定时器 (WDG) | 11 |
| 1.6.14 内部集成电路总线 (I ² C) | 11 |
| 1.6.15 串行外设总线 (SPI) | 12 |
| 1.6.16 通用异步收发器 (UART) | 12 |
| 1.6.17 触摸感应控制器 (TSC) | 13 |
| 1.6.18 压力感应控制器 (FSC) | 13 |
| 1.6.19 调试接口 (JTAG) | 13 |
| 2 引脚排列及描述 | 14 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| 2.1 各封装下引脚排列 | 14 |
| 2.2 引脚功能描述 | 15 |
| 3 电气特性..... | 20 |
| 3.1 测试条件说明 | 20 |
| 3.1.1 数据范围说明 | 20 |
| 3.1.2 典型值 | 20 |
| 3.1.3 典型特性曲线 | 20 |
| 3.2 I/O 测试条件说明 | 20 |
| 3.2.1 引脚负载电容 | 20 |
| 3.2.2 引脚输入电压 | 20 |
| 3.2.3 芯片供电框图 | 21 |
| 3.2.4 功耗测量 | 22 |
| 3.3 绝对最大额定值 | 22 |
| 3.3.1 电压特性 | 23 |
| 3.3.2 电流特性 | 23 |
| 3.3.3 温度特性 | 23 |
| 3.4 工作条件 | 24 |
| 3.4.1 通用工作条件 | 24 |
| 3.4.2 片内复位及电源管理模块特性 | 24 |
| 3.4.3 内部参考电压 | 24 |
| 3.4.4 功耗特性 | 25 |
| 3.4.5 从低功耗模式唤醒的时间 | 25 |
| 3.4.6 外部时钟源 | 26 |
| 3.4.7 内部高速时钟(RC64M) | 27 |
| 3.4.8 内部低速时钟(RC32K) | 27 |
| 3.4.9 PLL 特性 | 27 |
| 3.4.10 Flash 存储器特性 | 28 |
| 3.4.11 ESD 敏感度 | 28 |
| 3.4.12 I/O 静态特性 | 29 |
| 3.4.13 外部复位引脚特性 | 31 |

| | |
|--------------------------|-----------|
| 3.4.14 内部温度传感器特性 | 31 |
| 3.4.15 定时器特性 | 32 |
| 3.4.16 触摸感应控制器特性 | 32 |
| 3.4.17 通信接口 | 33 |
| 4 典型应用场景及参数 | 35 |
| 4.1.1 按键应用场景 | 35 |
| 4.1.2 Pad 应用场景 | 36 |
| 4.1.3 压阻检测应用场景 | 36 |
| 4.1.4 压容检测应用场景 | 37 |
| 5 封装信息..... | 39 |
| 5.1 LQFP64 封装 | 39 |
| 6 缩略语约定 | 40 |
| 7 法律及联系信息..... | 42 |
| 8 修订记录..... | 43 |

1 概述

GA815 系列汽车电容式触摸按键微控制器（以下简称“GA815 系列 MCU”或“GA815 系列”）是基于 RISC-V 内核的高性能、超低功耗 MCU 产品，集成压力检测功能和温度检测功能。

GA815 系列 MCU 内嵌 24 KBytes 的 SRAM 和 128 KBytes 的 Flash；支持高达 64 MHz 的系统工作频率；内部集成高精度 RC 时钟，可支持免晶振的应用场景；提供丰富的外设接口，如：支持推挽/开漏模式的 GPIO、标准的通信接口 SPI 主机模式、支持主从模式的 I²C、异步串行收发器 UART、5 个定时器，其中 ACTimer 支持比较与捕获功能、可校准工作时钟的高精度 RTC、21 路的电容触控按键、汽车总线 LIN 和 CAN，支持 5V 供电和 IO、支持 AEC-Q100 Grade2 标准。

本文主要介绍 GA815 系列 MCU 的基本功能特性、芯片封装、电气特性和订货信息等。关于芯片的更多详细信息，请参考《GA815 系列用户手册》。

1.1 产品特性

- 电容式触摸感应器 TSC
 - 最高支持 21 通道自容按键
 - 最高支持 9*12 通道互容矩阵，支持手势识别
 - 自容按键支持 5mm 塑料盖板
- 压力感应控制器（FSC）
 - 支持 2 种感应模式，压阻和压容
 - 支持 4 通道压力检测
- 内核
 - 32-bit RISC-V CPU
 - 系统时钟最高可达 64MHz
- 内存
 - 128KBytes Flash
 - 24KBytes SRAM
- 电源
 - $3.0V \leq VDD \leq 5.5V$
- 低功耗模式
 - Light Sleep 模式
 - Sleep 模式

- Deep Sleep 模式
- 时钟源
 - 内部高速时钟 64MHz
 - 内部低速时钟 32KHz
 - 内部低速时钟 1MHz
 - 内部锁相环时钟 PLL
 - 外部高速晶体时钟 16/32MHz
- 高达 45 个 GPIOs
 - I/O 支持 5 V 耐压
 - 所有 I/O 都可以配置为中断源
- 8 通道 DMA 控制器
- 5 个定时器
 - 1 个 16-bit 高级定时器
 - 3 个 16-bit 通用定时器
 - 1 个 16-bit 基础定时器
- 2 个看门狗定时器
 - 1 个独立看门狗定时器 (IWDG)
 - 1 个窗口看门狗定时器 (WWDG)
- 8 通道 PWM 模块
- 外部通信接口
 - 1 个 I2C 通信接口
 - 1 个 SPI 通信接口
 - 1 个 UART 通信接口
 - 1 个 CAN 通信接口
 - 2 个 LIN 通信接口
 - 1 个 JTAG 调试接口
- 质量
 - AEC-Q100 Grade2 (-40°C to +105°C)
- 封装形式
 - LQFP64 7*7mm

1.2 典型应用

- 汽车空调面板按键和滑条
- 汽车带压力检测的方向盘按钮
- 汽车门把手感应锁
- 汽车顶灯面板控制
- 智能交通、智慧城市、智能家居
- 电子烟、带触摸按键的消费类行业
- 入门级直流有刷马达控制器

1.3 产品型号总览

GA815 系列 MCU 为用户提供多种产品类型，以满足不同应用场景的需求。用户可根据按键数量、外设资源、封装形式等特性进行产品选型。

表格 1-1 GA815 系列 MCU 产品列表

| 产品型号 | PID | CPU 频率 MHz | Flash 容量 KBytes | SRAM 容量 KBytes | Timer | TSC(Key) | FSC | TEMP5 | GPIO | PWM | SPI | I ² C | UART | CAN | LIN | 封装形式 |
|-------|---------|------------|-----------------|----------------|-------|----------|-----|-------|------|-----|-----|------------------|------|-----|-----|--------|
| GA815 | 8150000 | 64 | 128 | 24 | 5 | 21 | 4 | 1 | 45 | 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | LQFP64 |
| | 8150001 | 64 | 128 | 24 | 5 | 21 | - | 1 | 45 | 8 | 1 | 1 | 1 | - | 2 | LQFP64 |

说明：

PID 为 8150001 的芯片不支持压力检测和 CAN 功能。

1.4 芯片系统框图

GA815 系列 MCU 的芯片系统框图，如图 1-1 所示。

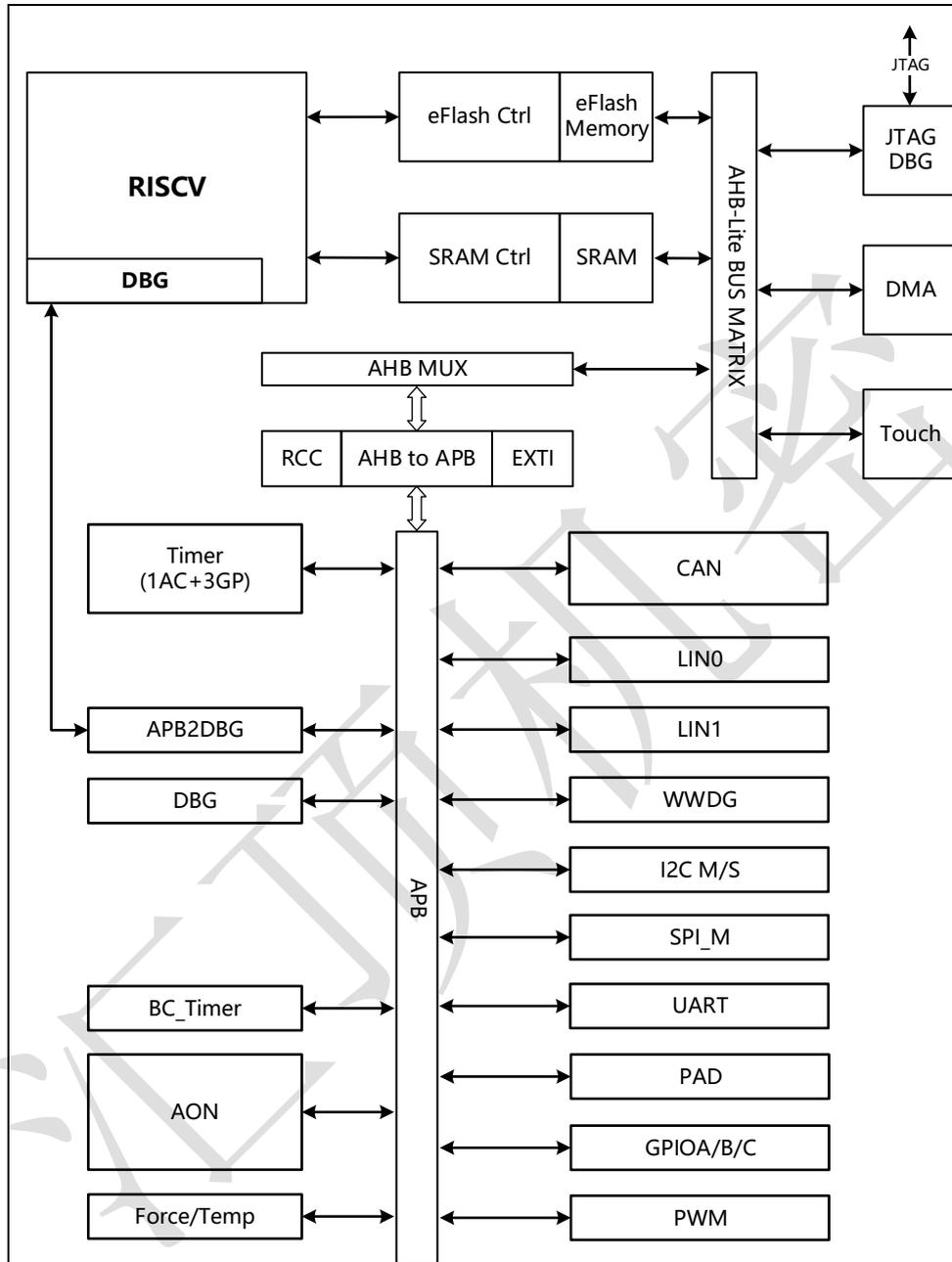


图 1-1 GA815 系列 MCU 的系统框图

1.5 存储器映射

GA815 系列 MCU 的存储器映射，如图 1-2 所示。

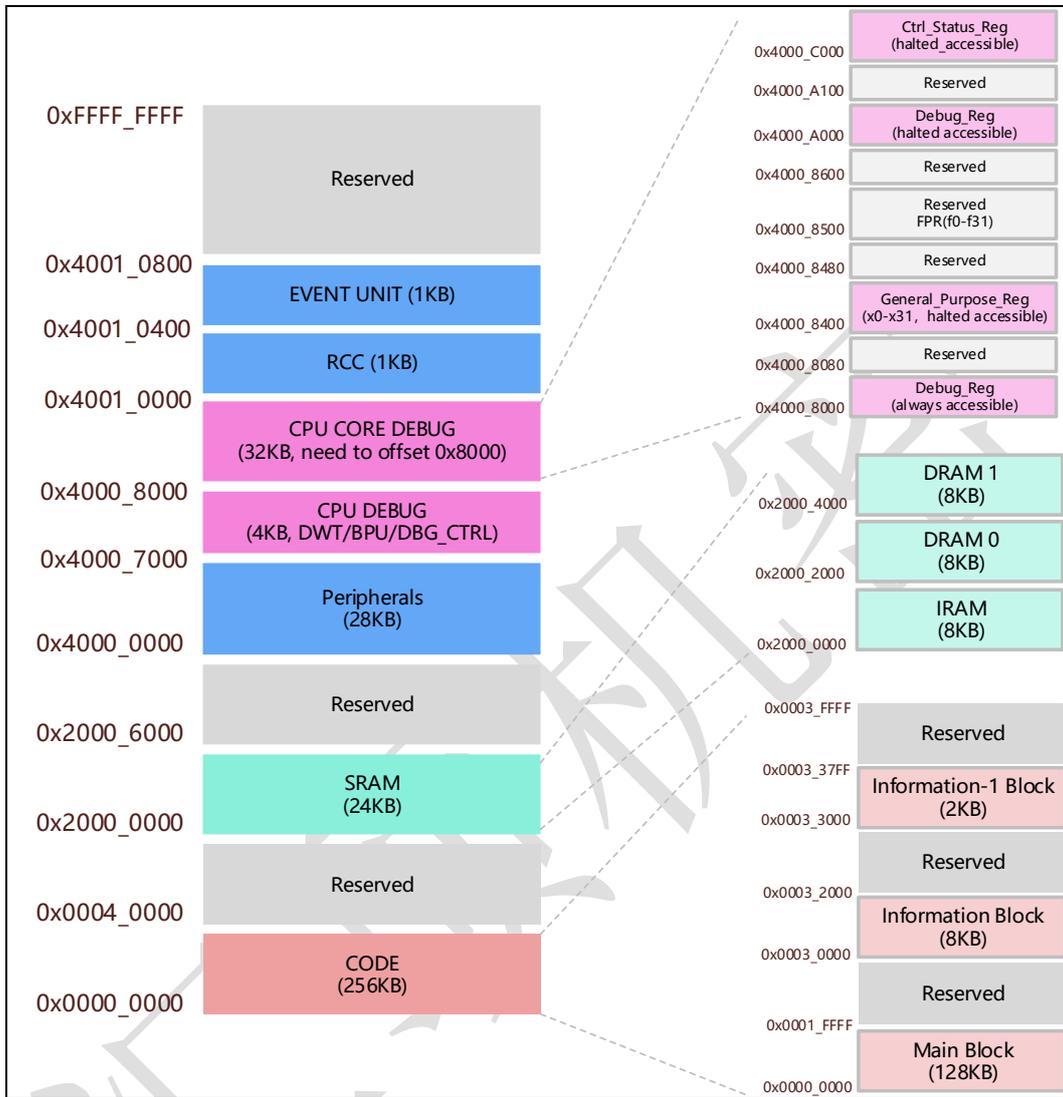


图 1-2 GA815 系列 MCU 存储器映射

GA815 系列 MCU 各外设的地址范围如表格 1-2 所示。

表格 1-2 外设地址范围

| 外设 | 地址范围 | | 总线 |
|---------|-------------|-------------|-----|
| WWDG | 0x4000_0000 | 0x4000_03FF | APB |
| GP_TIM0 | 0x4000_0400 | 0x4000_047F | |
| GP_TIM1 | 0x4000_0480 | 0x4000_04FF | |
| GP_TIM2 | 0x4000_0500 | 0x4000_057F | |
| AC_TIM | 0x4000_0600 | 0x4000_067F | |
| BC_TIM | 0x4000_0800 | 0x4000_0BFF | |

| 外设 | 地址范围 | | 总线 |
|------------------|-------------|-------------|----|
| Touch | 0x4000_0C00 | 0x4000_1FFF | |
| FORCE | 0x4000_2000 | 0x4000_20FF | |
| TEMP | 0x4000_2100 | 0x4000_21FF | |
| eFlash Ctrl | 0x4000_2400 | 0x4000_27FF | |
| DMA | 0x4000_2800 | 0x4000_2BFF | |
| CAN FD | 0x4000_2C00 | 0x4000_2FFF | |
| LIN0 | 0x4000_3000 | 0x4000_33FF | |
| LIN1 | 0x4000_3400 | 0x4000_37FF | |
| I ² C | 0x4000_3800 | 0x4000_3BFF | |
| SPIM | 0x4000_4000 | 0x4000_43FF | |
| UART | 0x4000_4400 | 0x4000_47FF | |
| PWM | 0x4000_4C00 | 0x4000_4FFF | |
| GPIOA_CTRL | 0x4000_5000 | 0x4000_50FF | |
| GPIOB_CTRL | 0x4000_5100 | 0x4000_51FF | |
| GPIOC_CTRL | 0x4000_5200 | 0x4000_52FF | |

1.6 基本功能描述

1.6.1 内核（Core）

GA815 系列 MCU 内部集成了 32-bit 的 RISC-V 微处理器，专为低成本、低功耗的嵌入式系统设计，具有运算性能高、中断响应速度快等特性。

1.6.2 内存（Memory）

GA815 系列 MCU 片内集成了高速嵌入式存储器 SRAM 和非易失性内存 Flash，它们的主要特性如下：

- **SRAM:**
 - 24 KBytes
 - 支持 0 等待的读周期
 - 支持字节（8 bits）、半字（16 bits）、字（32 bits）方式进行访问
- **Flash:**
 - 128 Kbytes
 - 支持 Flash 的读、写、擦
 - 支持配置和装载用户选项字节
- 支持读保护：

- Level 0: 无保护。
- Level 1: 当处于调试状态, 或者不是从 Flash 启动时, Flash 主存储区不允许读/写。
- 支持写保护:
 - 以 2 KBytes 大小的扇区 (Sector) 为单位进行写保护。使能时, 相应的扇区不允许擦/写。

1.6.3 电源管理 (PMU)

- 供电电源
 - IO 及供电电源 VDD, 电压范围: 3.0 V ~ 5.5 V。
- 电源监控
 - GA815 系列 MCU 内部集成 POR 模块, 可实时监控电源电压, 以适应灵活的供电电路设计。
 - 针对不同的低功耗场景, 电源管理模块提供 3 种低功耗模式: Light Sleep 模式、Sleep 模式以及 Deep Sleep 模式。

1.6.4 时钟 (Clock)

系统时钟最高可达 64 MHz, 其时钟源有多种选择, 包括:

- 内部高速时钟 RC 64MHz
- 内部低速时钟 RC 32KHz
- 内部低速时钟 RING 1MHz
- 内部锁相环时钟 PLL
- 外部高速时钟 OSC (无源晶振)

当芯片上电/复位时, 默认使用 RC64MHz 时钟源。芯片启动后, 可通过软件配置将系统时钟切换到其他时钟源。

GA815 系列 MCU 的系统时钟框图如图 1-3 所示。

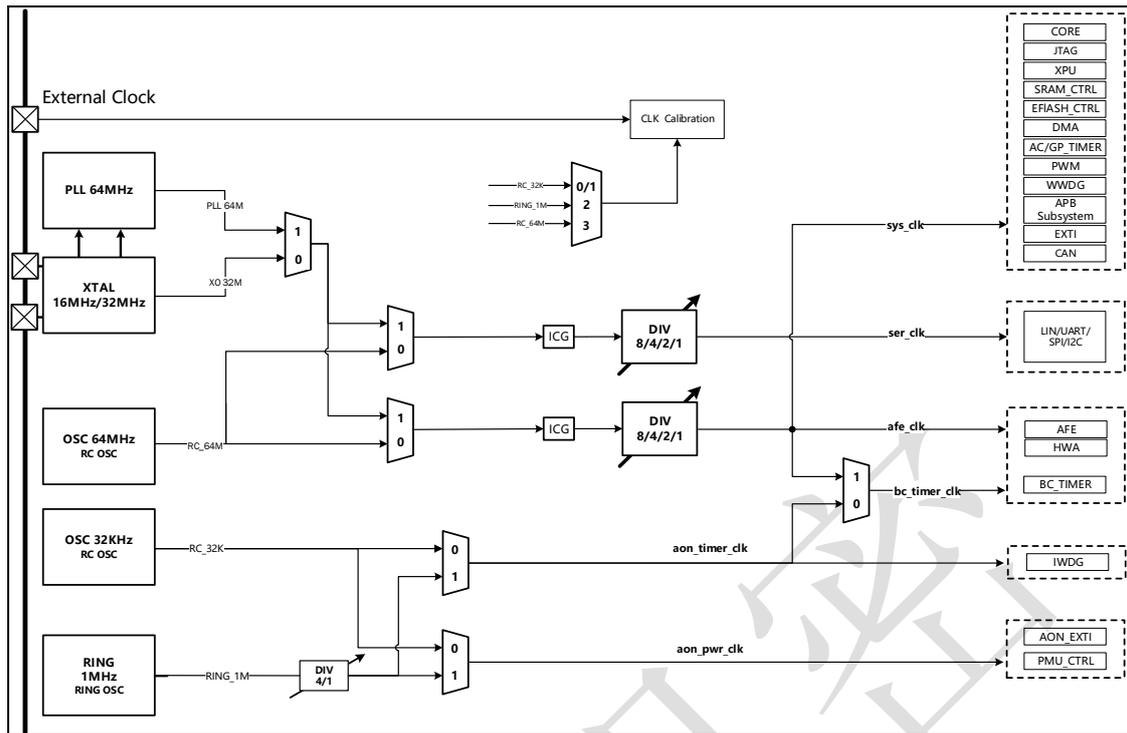


图 1-3 GA815 系列系统时钟框图

1.6.5 系统配置 (SYSCFG)

GA815 系列 MCU 支持 3 种启动方式：Flash 启动、SRAM 启动以及自举程序启动。

用户可通过配置 BOOT0 引脚和用户选项字节中的 nBOOT1 来选择启动方式，具体配置参见表格 1-3。

表格 1-3 启动方式

| nBOOT1 Bit | BOOT0 Pin | 启动方式 |
|------------|-----------|------------------------|
| x | 0 | Flash 启动 |
| 0 | 1 | SRAM 启动 |
| 1 | 1 | 自举程序启动 (System Memory) |

1.6.6 中断 (Interrupt)

GA815 系列 MCU 内置了一个与内核紧耦合的中断事件控制器 (EXTI)，同时支持支持最多 32 个事件/中断请求，支持 2 级中断嵌套。所有外部中断/事件均可独立触发，并可选择上升沿、下降沿或上升下降沿检测。

1.6.7 控制器局域网 (CAN)

CAN (Controller Area Network) 是一种汽车微处理器或者设备之间相互通信的总线标准，遵循 CAN2.0 和 CAN FD 协议。CAN 总线控制器能够用于总线的数据收发，最多支持 4 个过滤器，发送 FIFO 最大 128Bytes，接收 FIFO 最大 256Bytes，其主要特性如下：

- CAN 总线协议 2.0B, CAN FD
- 通信波特率最大 1Mbps
- 支持中断使能和清除
- 发送 FIFO 最大 128Bytes, 可配置为 2 个 FIFO
- 接收 FIFO 最大 256Bytes, 1 个 FIFO

1.6.8 局域互联网络 (LIN)

LIN (Local Interconnect Network) 是针对汽车分布式电子系统而定义的一种低成本串行通讯总线协议, 是对控制器局域网 (CAN) 的一种补充, 适用于对网络带宽、通信速率或容错率高的应用场景。

- LIN 总线协议 V2.1, V2.0, V1.3
- 支持 2 路 LIN 接口, 可配置主从模式
- 通信波特率最大 20Kbps
- 支持中断使能和清除
- 支持独立使用, 不占用 UART 接口

1.6.9 直接存储访问 (DMA)

直接存储访问 (DMA) 用于控制内存与外设之间或者内存之间的高速数据传输, 其主要特性如下:

- 8 个独立的可配置通道
 - 通道优先级可配置 5 级, 支持软件优先级 (低、中、高、极高) 和硬件优先级 (通道号越低, 优先级越高)
 - 单个通道单次最多可传输长度 65536Bytes
 - 每个通道均支持软件请求
 - 每个通道可映射到具体的硬件请求
- 两种传输模式: 单次模式和循环模式
- 支持源和目的数据宽度独立可配置
- 3 种传输方向: 外设到内存、内存到外设以及内存到内存
- 支持中断使能和清除

1.6.10 通用输入输出 (GPIO)

通用输入输出 (GPIO) 的主要特性如下:

- 3 种工作模式: 通用输出模式、功能复用模式、模拟模式

- 2 种输出模式：推挽输出、开漏输出
- 4 种输入模式：浮空输入、下拉输入、上拉输入、模拟输入
 - 可实时获取当前引脚状态
- 锁存功能：芯片进入低功耗模式，所有引脚可锁存输出状态
- 所有引脚可独立配置为中断触发源，中断触发方式可配置为高低电平、上下沿触发方式
- 所有引脚可独立配置为上、下拉电阻

1.6.11 定时器 (TIMER)

GA815 系列 MCU 内置 5 个定时器，包括：1 个高级定时器，3 个通用定时器和 1 个基础定时器，定时器与 PWM 是独立模块，定时器所有功能可与 PWM 模块同时工作。

1.6.11.1 高级定时器 AC_TIMER

- 3 种计数方式：Up、Down、UpDown
- 两种计数模式：单次计数、循环计数
- 在线可编程周期、预分频
- 多种输入计数源：内部工作时钟、外部输入源
- 具有独立的输入输出功能：4 通道输入捕获、4 通道输出比较
- 中断可由以下事件触发：
 - Update 事件
 - 通道输入模式边沿有效
 - 通道输出模式比较结果有效

1.6.11.2 通用定时器 GP_TIMER

- 3 种计数方式：Up、Down、UpDown
- 两种计数模式：单次计数、循环计数
- 在线可编程占空比、周期、预分频
- 多种输入计数源：内部工作时钟、外部输入源
- 中断可由以下事件触发：Update 事件

1.6.11.3 基础定时器 BC_TIMER

- 1 种计数方式：Up
- 两种计数模式：单次计数、循环计数
- 在线可编程占空比、周期、预分频
 - 输入计数源：内部工作时钟

- 中断可由以下事件触发：Update 事件

1.6.12 脉冲宽度调制（PWM）

内置 8 路独立的 PWM 通道，8 路 PWM 可分别配置频率或使用同一频率，支持死区互补模式。

- 支持循环计数模式
- 支持在线可编程占空比、周期、预分频
- 支持互补模式
- 支持中断使能和清除
- 支持 8 通道输出
- 8 通道同频或不同频输出
- 8 通道极性可配置

1.6.13 看门狗定时器（WDG）

看门狗定时器（WDG）用于监管系统是否运行正常。当系统运行异常时，WDG 会触发复位。

GA815 系列有两个看门狗：独立运行看门狗（IWDG）和窗口看门狗（WWDG）。它们的主要特性如下：

- IWDG:
 - 可编程的递减计数器
 - 工作时钟为低速时钟 RC32k，不依赖于系统时钟，可在低功耗模式下运行
 - 复位条件：计数器减至 0
 - 支持中断
- WWDG:
 - 可编程的递减计数器
 - 工作时钟源为 APB 分频输出时钟
 - 支持中断：当计数器减至 0x40 时可产生中断
 - 复位条件：计数器减至 0x3F，或者在窗口时间外喂狗

1.6.14 内部集成电路总线（I²C）

内部集成电路总线（I²C）模块用于微处理器和串行 I²C 总线的通信，其主要特性如下：

- 支持同一接口主机和从机模式切换
- 三种传输模式：

- 标准模式，最高数据传输速率可达 100 Kbps
- 快速模式，最高数据传输速率可达 400 Kbps
- 超速模式，最高数据传输速率可达 1 Mbps
- 支持 7 bits 寻址模式和广播寻址
- 支持 2 个 7 bits 从地址
- 支持 DMA 模式
- 支持中断使能和清除

1.6.15 串行外设总线（SPI）

串行外设总线(SPI)用于 MCU 与外部设备的同步串行通信,传输速率最高可达 16 Mbps,其主要特性如下:

- 支持主机模式
- 支持全双工、半双工、单工通信模式
- 波特率最高可达 16Mbps
- 帧格式可配置 (4 bits ~ 32 bits)
- 支持大小端可配置
- 时钟极性与相位可配置
- 支持 2 个硬件片选信号
- 支持 SPI Motorola 协议、TI 协议、Microwire 协议
- 支持 DMA 模式

1.6.16 通用异步收发器（UART）

通用异步收发器(UART)用于 MCU 与外部设备的数据通信,传输速率最高可达 1 Mbps,其主要特性如下:

- 停止位可配置 (1 bit 或 2 bits)
- 8 倍或 16 倍数据过采样
- 数据位宽可配置 (7bits、8 bits 或 9 bits)
- 奇偶校验可配置
- 支持大小端可配置
- 支持 DMA 模式
- 接收超时中断
- 自动波特率检测

1.6.17 触摸感应控制器（TSC）

触摸感应控制器（TSC）通过采集电容变化量来检测手指的按压，TSC 支持自容和互容两种电容感应模式。在自容模式下，每个按键只需要占用 1 个感应 PIN，最高支持 21 通道按键。在互容模式下，感应节点是一种二维矩阵的形式，每个感应节点占用 1 个驱动 PIN 和 1 个感应 PIN。

每个触摸按键通道支持的最大自容电容为 100 pF。针对低功耗应用场景，提供从 Sleep 模式通过手指触摸唤醒芯片的功能，支持任意通道可配置为唤醒按键。

- 最高支持 21 通道自容按键
- 最高支持 9*12 通道互容矩阵，支持手势识别
- 自容支持 5mm 塑料盖板
- 支持 Shielding 防水功能，自互容一体防水功能
- 支持接近感应 10mm
- 低功耗，抗干扰能力强，EMI 满足 Class5 标准
- 支持噪声检测和自动跳频

1.6.18 压力感应控制器（FSC）

压力感应控制器支持 2 种压力感应模式，分别是压阻和压容。在压阻模式下，将前端连接成全桥方式的压力传感器直接和 FSC 功能 PIN 互连。FSC 最多支持 4 通道压力感应，每通道压力传感器占用 2 个感应 PIN 和 1 个供电 PIN。在压容模式下，FSC 复用 TSC 互容功能实现压力检测。

- 支持 2 种感应模式：压阻和压容
 - 压阻模式支持 4 通道压力传感器
 - 压容模式支持 108 通道压力传感器
- 压阻最小分辨率 8uV
- 压容最小分辨率 1fF

1.6.19 调试接口（JTAG）

支持标准调试接口 JTAG，便于用户开发调试。

2 引脚排列及描述

本章主要描述 GA815 系列 MCU 各种封装下的引脚排列。

2.1 各封装下引脚排列

目前 GA815 系列 MCU 支持 1 种封装形式，即：LQFP64，引脚排列如图 2-1 所示。

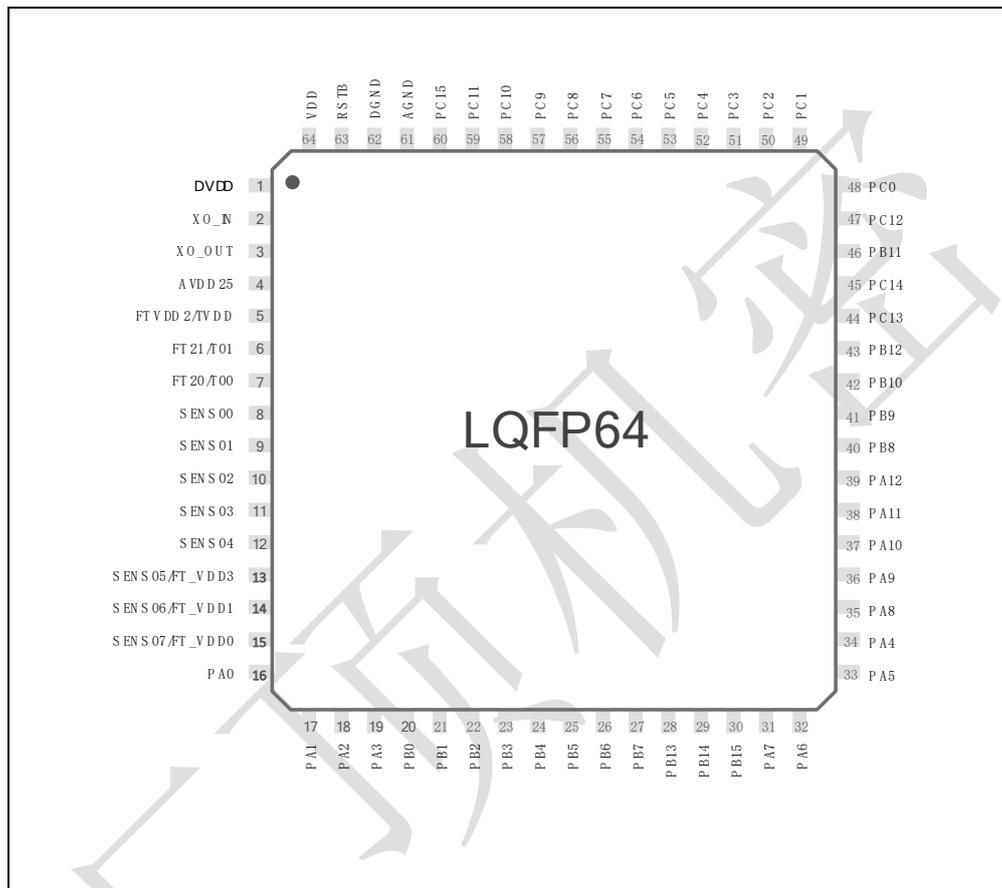


图 2-1 LQFP64 引脚排列示意图

2.2 引脚功能描述

表 2-1 引脚功能描述

| 名称 | 缩写 | 定义 |
|------|------|---------------|
| 引脚类型 | S | 电源 |
| | I | 输入 |
| | I/O | 输入/输出 |
| 引脚结构 | 5T | 耐压 5V I/O |
| | 3S | 标准 3.3V I/O |
| | BOOT | 启动方式配置引脚 |
| | RST | 内部带弱上拉的双向复位引脚 |

说明:

引脚名称与芯片复位后的引脚默认功能一致；如无特别说明，所有 I/O 复位后的状态为浮空输入。

表 2-2 引脚名称和状态

| 引脚编号 | 引脚名称 | 引脚类型 | 引脚结构 | 引脚功能 | |
|------|---------------|------|------|-------|---------------|
| | | | | 数字功能 | 模拟功能 |
| 1 | DVDD | S | - | 数字域供电 | D09 |
| 2 | XO_IN | I | - | 时钟输入 | XO0 |
| 3 | XO_OUT | S | - | 时钟输出 | XO1 |
| 4 | AVDD25 | S | - | 模拟域电源 | A25 |
| 5 | FT_VDD2/T_VDD | S | - | 外设电源 | FT-VDD2/T-VDD |
| 6 | FT21/T01 | I | 3S | | FT21/T01 |
| 7 | FT20/T00 | I | 3S | - | FT20/T00 |
| 8 | SENSO0 | I | 3S | - | RX0 |
| 9 | SENSO1 | I | 3S | - | RX1 |
| 10 | SENSO2 | I | 3S | - | RX2 |
| 11 | SENSO3 | I | 3S | - | RX3 |

| 引脚编号 | 引脚名称 | 引脚类型 | 引脚结构 | 引脚功能 | | | | | | | | 模拟功能 | |
|------|----------------|------|------|-------------|---------|---------|---------|-----------|-------------------|----------------|--|------|-------------|
| | | | | 数字功能 | | | | | | | | | |
| 12 | SENSO4 | I | 3S | | | | | | | | | | RX4 |
| 13 | SENSO5/FT_VDD3 | I | 3S | | | | | | | | | | RX5/FT-VDD3 |
| 14 | SENSO6/FT_VDD1 | I | 3S | | | | | | | | | | RX6/FT-VDD1 |
| 15 | SENSO7/FT_VDD0 | I | 3S | | | | | | | | | | RX7/FT-VDD0 |
| 16 | PA0 | I/O | 5T | GPI00(LED) | UART_TX | CAN_TX | LIN1_TX | I2C_SCL | pwm_a | ext_clk_debug | | | RX8/FT-00 |
| 17 | PA1 | I/O | 5T | GPI01(LED) | UART_RX | CAN_RX | LIN1_RX | I2C_SDA | pwm_b | addr_sel | | | RX9/FT-01 |
| 18 | PA2 | I/O | 5T | GPI02(LED) | UART_TX | CAN_TX | I2C_SCL | LIN0_RX | pwm_c | addr_sel | | | RX10/FT11 |
| 19 | PA3 | I/O | 5T | GPI03(LED) | UART_RX | CAN_RX | I2C_SDA | LIN0_TX | pwm_d | | | | RX11/FT-10 |
| 20 | PB0 | I/O | 5T | GPI013(LED) | I2C_SDA | pwm_b | UART_TX | LIN1_TX | AC_TIMER_CAPTURE1 | pad_testbus[0] | | | / |
| 21 | PB1 | I/O | 5T | GPI014(LED) | I2C_SCL | pwm_c | UART_RX | LIN1_RX | AC_TIMER_CAPTURE2 | pad_testbus[1] | | | FT30 |
| 22 | PB2 | I/O | 5T | GPI015(LED) | I2C_SDA | pwm_d | UART_TX | LIN1_TX | AC_TIMER_CAPTURE3 | pad_testbus[2] | | | FT31 |
| 23 | PB3 | I/O | 5T | GPI016(LED) | pwm_a | LIN0_TX | CAN_TX | UART_RX | AC_TIMER_CAPTURE4 | pad_testbus[3] | | | |
| 24 | PB4 | I/O | 5T | GPI017(LED) | pwm_b | LIN0_RX | CAN_RX | SPIM_CS_0 | AC_TIMER_COMPAR1 | pad_testbus[4] | | | |
| 25 | PB5 | I/O | 5T | GPI018(LED) | pwm_c | LIN0_TX | CAN_TX | SPIM_CS_1 | AC_TIMER_COMPAR2 | pad_testbus[5] | | | |

| 引脚编号 | 引脚名称 | 引脚类型 | 引脚结构 | 引脚功能 | | | | | | | |
|------|------|------|------|-------------|-------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------------|------|
| | | | | 数字功能 | | | | | | | 模拟功能 |
| 26 | PB6 | I/O | 5T | GPIO19(LED) | pwm_d | LIN0_RX | CAN_RX | SPIM_CLK | AC_TIMER_COMPAR E3 | pad_testbus[6] | |
| 27 | PB7 | I/O | 5T | GPIO20(LED) | I2C_SCL | pwm_c | pwm_a | SPIM_MISO | AC_TIMER_COMPAR E4 | pad_testbus[7] | |
| 28 | PB13 | I/O | 5T | GPIO26(LED) | LIN1_RX | CAN_TX | AC_TIMER_CAPTUR E4 | SPIM_MOSI | LIN0_TX | pad_testbus[13] | |
| 29 | PB14 | I/O | 5T | GPIO27(LED) | LIN0_RX | pwm_a | AC_TIMER_COMPAR E1 | I2C_SCL | UART_TX | pad_testbus[14] | |
| 30 | PB15 | I/O | 5T | GPIO28(LED) | LIN0_TX | pwm_b | AC_TIMER_COMPAR E2 | I2C_SDA | UART_RX | pad_testbus[15] | |
| 31 | PA7 | I/O | 5T | GPIO7(LED) | pwm_d | I2C_SCL | LIN1_RX | pwm_a | LIN0_RX | addr_sel | TX3 |
| 32 | PA6 | I/O | 5T | GPIO6(LED) | pwm_c | I2C_SDA | LIN1_TX | UART_TX | LIN0_TX | | TX2 |
| 33 | PA5 | I/O | 5T | GPIO5(LED) | pwm_b | I2C_SCL | LIN1_RX | UART_RX | LIN0_RX | ext_clk_debug | TX1 |
| 34 | PA4 | I/O | 5T | GPIO4(LED) | pwm_a | I2C_SDA | LIN1_TX | LIN0_RX | LIN0_TX | addr_sel | TX0 |
| 35 | PA8 | I/O | 5T | GPIO8(LED) | LIN0_TX | CAN_TX | LIN1_TX | pwm_b | LIN0_TX | addr_sel | TX4 |
| 36 | PA9 | I/O | 5T | GPIO9(LED) | LIN0_RX | CAN_RX | LIN1_RX | pwm_c | pwm_e | addr_sel | TX5 |
| 37 | PA10 | I/O | 5T | GPIO10(LED) | LIN0_TX | ext_clk | I2C_SCL | pwm_d | pwm_f | LIN1_TX | TX6 |
| 38 | PA11 | I/O | 5T | GPIO11(LED) | LIN0_RX | pwm_a | I2C_SDA | ext_clk | pwm_g | LIN1_RX | TX7 |
| 39 | PA12 | I/O | 5T | GPIO12(LED) | I2C_SCL | pwm_b | UART_RX | LIN1_RX | pwm_h | addr_sel | TX8 |
| 40 | PB8 | I/O | 5T | JTAG_TMS | GPIO21(LED) | SPIM_MOSI | I2C_SDA | pwm_b | LIN1_RX | pad_testbus[8] | |
| 41 | PB9 | I/O | 5T | JTAG_TDI | GPIO22(LED) | SPIM_CLK | I2C_SCL | pwm_c | LIN1_TX | pad_testbus[9] | |

| 引脚编号 | 引脚名称 | 引脚类型 | 引脚结构 | 引脚功能 | | | | | | | |
|------|------|------|------|-------------|-------------|-----------|-------------------|---------|-----------|-----------------|------|
| | | | | 数字功能 | | | | | | | 模拟功能 |
| 42 | PB10 | - | 5T | JTAG_TDO | GPIO23(LED) | SPIM_CS_0 | AC_TIMER_CAPTURE1 | I2C_SDA | LIN0_TX | pad_testbus[10] | |
| 43 | PB12 | I/O | 5T | JTAG_TCK | GPIO25(LED) | SPIM_MISO | AC_TIMER_CAPTURE3 | I2C_SCL | LIN0_RX | pad_testbus[12] | |
| 44 | PC13 | I/O | 5T | GPIO42(LED) | I2C_SCL | SPIM_CS_1 | AC_TIMER_COMPARE3 | LIN0_RX | UART_RX | pad_testbus[29] | |
| 45 | PC14 | I/O | 5T | boot_io | GPIO43(LED) | I2C_SDA | pwm_a | pwm_d | ext_clk | pad_testbus[30] | BOOT |
| 46 | PB11 | I/O | 5T | GPIO24(LED) | LIN1_TX | CAN_RX | AC_TIMER_CAPTURE2 | I2C_SDA | LIN0_RX | pad_testbus[11] | |
| 47 | PC12 | I/O | 5T | GPIO41(LED) | pwm_c | ext_clk | AC_TIMER_COMPARE1 | LIN0_TX | UART_TX | pad_testbus[28] | |
| 48 | PC0 | I/O | 5T | GPIO29(LED) | pwm_c | pwm_a | AC_TIMER_COMPARE3 | LIN1_RX | UART_TX | pad_testbus[16] | |
| 49 | PC1 | I/O | 5T | GPIO30(LED) | pwm_d | pwm_b | AC_TIMER_COMPARE4 | LIN1_TX | UART_RX | pad_testbus[17] | |
| 50 | PC2 | I/O | 5T | GPIO31(LED) | LIN1_TX | pwm_c | SPIM_CS_0 | CAN_TX | I2C_SCL | pad_testbus[18] | |
| 51 | PC3 | I/O | 5T | GPIO32(LED) | LIN1_RX | pwm_d | SPIM_CS_1 | CAN_RX | I2C_SDA | pad_testbus[19] | |
| 52 | PC4 | I/O | 5T | GPIO33(LED) | LIN0_RX | pwm_e | SPIM_CLK | UART_TX | I2C_SCL | pad_testbus[20] | |
| 53 | PC5 | I/O | 5T | GPIO34(LED) | LIN0_TX | pwm_f | SPIM_MISO | UART_RX | I2C_SDA | pad_testbus[21] | |
| 54 | PC6 | I/O | 5T | GPIO35(LED) | CAN_TX | pwm_g | SPIM_MOSI | LIN0_TX | I2C_SCL | pad_testbus[22] | |
| 55 | PC7 | I/O | 5T | GPIO36(LED) | CAN_RX | pwm_h | ext_clk | LIN0_RX | SPIM_CS_0 | pad_testbus[23] | |
| 56 | PC8 | I/O | 5T | GPIO37(LED) | CAN_TX | LIN1_TX | AC_TIMER_CAPTURE2 | LIN0_TX | SPIM_CS_1 | pad_testbus[24] | |

| 引脚编号 | 引脚名称 | 引脚类型 | 引脚结构 | 引脚功能 | | | | | | | |
|------|------|------|------|-------------|--------|---------|--------------------|---------|-----------|-----------------|------------|
| | | | | 数字功能 | | | | | | | 模拟功能 |
| 57 | PC9 | I/O | 5T | GPIO38(LED) | CAN_RX | LIN1_RX | AC_TIMER_COMPAR_E3 | LINO_RX | SPIM_CLK | pad_testbus[25] | |
| 58 | PC10 | I/O | 5T | GPIO39(LED) | pwm_a | LIN1_TX | AC_TIMER_COMPAR_E4 | I2C_SCL | SPIM_MISO | pad_testbus[26] | |
| 59 | PC11 | I/O | 5T | GPIO40(LED) | pwm_b | LIN1_RX | pwm_d | I2C_SDA | SPIM_MOSI | pad_testbus[27] | |
| 60 | PC15 | I/O | 5T | GPIO44(LED) | pwm_d | I2C_SCL | pwm_b | pwm_c | ext_clk | pad_testbus[31] | |
| 61 | AGND | S | - | | | | | | | | 模拟域 GND |
| 62 | DGND | S | - | | | | 数字域 GND | | | | - |
| 63 | RSTB | I/O | 5T | | | | | | | | RSTB |
| 64 | VDD | S | - | | | | | | | | VDD |

3 电气特性

本章主要描述 GA815 系列 MCU 的各种电气特性信息。

3.1 测试条件说明

如无特殊说明，本章所有的电压参考地均为 V_{SS} 。

3.1.1 数据范围说明

数据最小值与最大值的测量环境温度为 $-40^{\circ}\text{C} \sim +105^{\circ}\text{C}$ 。

基于设计仿真或技术特性获得的数据将作特殊说明，以表明此数据非生产测试所得。

3.1.2 典型值

如无特殊说明，本章的典型值均是在 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD} = 3.3\text{V}$ 条件下测试所得，并可用于设计指导。

3.1.3 典型特性曲线

本章给出的特性曲线均为设计的典型特性曲线，非实际生产测试所得。

3.2 I/O 测试条件说明

3.2.1 引脚负载电容

测量引脚参数时的负载电容条件如下：

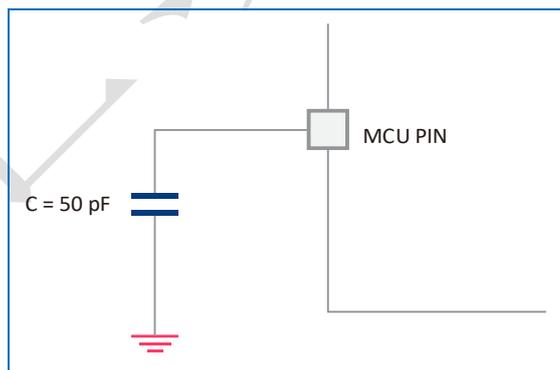


图 3-1 引脚负载电容条件

3.2.2 引脚输入电压

引脚输入电压连接方法如下：

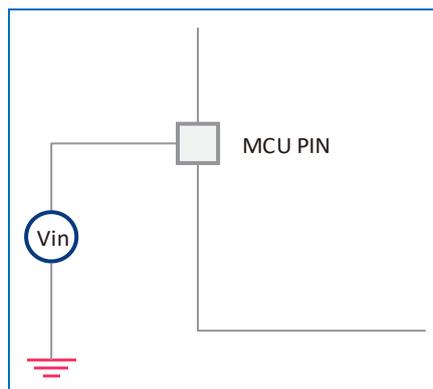


图 3-2 引脚输入电压连接方法

3.2.3 芯片供电框图

GA815 系列的供电框图如下：

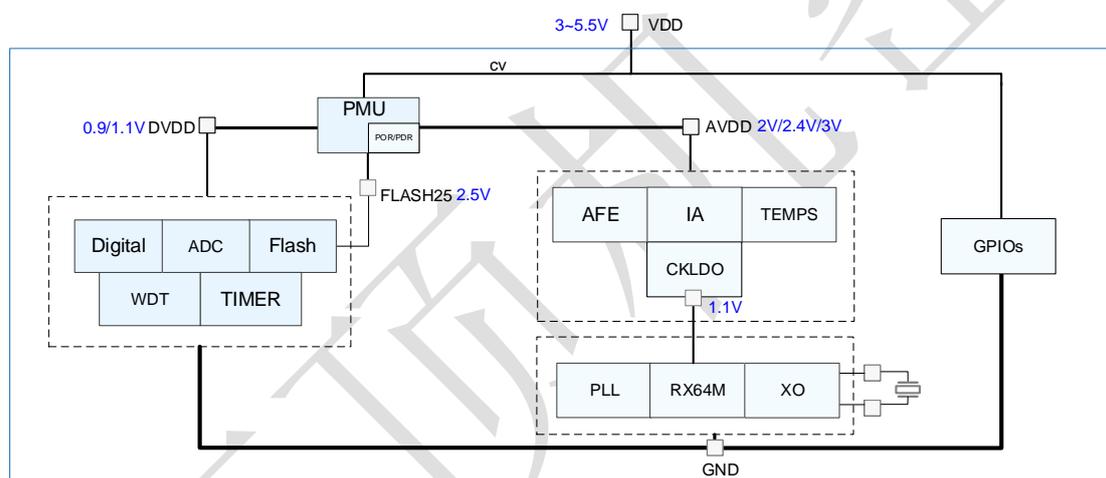


图 3-3 芯片供电框图

每一对电源之间必须连接滤波电容，如图 3-4 所示。

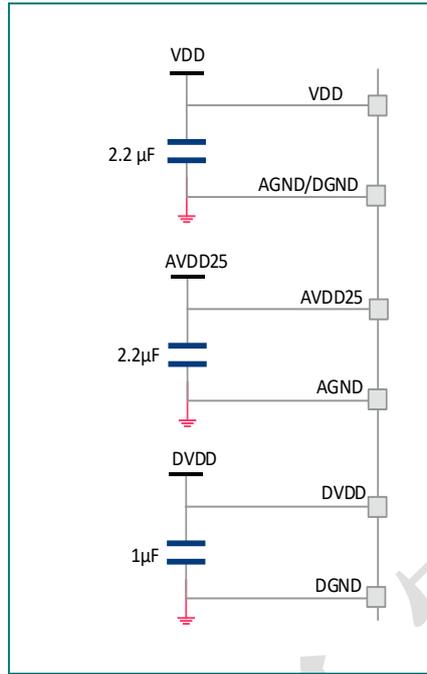


图 3-4 电源引脚连接示意图

提示:

PCB 布局时，芯片供电电路（参见图 3-4）中的两个滤波电容应尽可能地靠近各自连接的芯片引脚，或者放置在引脚对应的 PCB 板背面，从而保证芯片的稳定工作。

3.2.4 功耗测量

电流功耗测量方法如下：

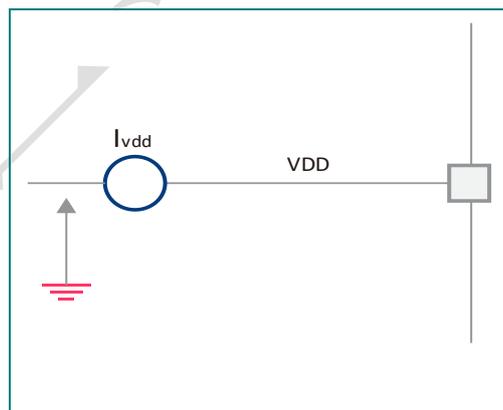


图 3-5 功耗测量方法

3.3 绝对最大额定值

超过最大电压、电流或者温度限定值上限后，将可能导致芯片永久性损坏。

3.3.1 电压特性

表 3-1 电压特性

| 参数 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------------------|---------------|-----|----|
| 电源 VDD | 0 | 5.5 | V |
| 数字 I/O 可承受电压 | 0 | 5.5 | V |
| 模拟 I/O 可承受电压 | 0 | 3.6 | V |
| ESD ¹ 保护电压 (HBM) | +/- 2 | | kV |
| ESD ² 保护电压 (CDM) | +/- 1 | | kV |
| Latch Up ³ | ClassII+/-200 | | mA |

3.3.2 电流特性

表 3-2 电流特性

| 符号 | 描述 | 最大值 | 单位 |
|----------------------|-----------------|------|----|
| I_{VDD} | V_{DD} 引脚上的电流 | 200 | mA |
| I_{VSS} | V_{SS} 地线上的电流 | 200 | |
| $I_{IO(PIN)}$ | 任意 I/O 上的上拉电流 | 0.05 | mA |
| | 任意 I/O 上的下拉电流 | 0.05 | |
| $\Sigma I_{IO(PIN)}$ | 所有 I/O 上拉电流的总和 | 2.15 | |
| | 所有 I/O 下拉电流的总和 | 2.15 | |

3.3.3 温度特性

表 3-3 温度特性

| 符号 | 描述 | 典型值 | 单位 |
|--------------|----------|---------|----|
| T_{STG} | 极限存储温度范围 | -40~125 | °C |
| 焊接温度 (10 秒钟) | - | 260 | °C |

¹ ESD HB Model 测试参考标准: ESDA/JEDEC JS-001-2017。

² ESD CDM Model 测试参考标准: ESDA/JEDEC JS-002-2014。

³ Latch Up 测试参考标准: JESD78E。

3.4 工作条件

3.4.1 通用工作条件

表 3-4 通用环境温度及电压限定条件

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------|----------------------------------|------|-----|------|-----|
| V _{DD} | 标准的运行电压 | - | 3 | 5.5 | V |
| f _{AHBCLK} | 内部 AHB 频率 | - | - | 64 | MHz |
| V _I | I/O 输入电压 | BOOT | 0 | 5.5 | V |
| | | 5T | 0 | 5.5 | |
| | | 3S | 0 | 3.3 | |
| P _D | 在 T _A = +105°C 条件下的功耗 | - | - | 100 | mW |
| T _A | 环境温度 | - | -40 | +105 | °C |

3.4.2 片内复位及电源管理模块特性

表 3-5 中的数据是在表 3-4 中的环境温度以及电压条件下测试所得。

表 3-5 复位&电源控制特性

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------------------|-------------|-----|------|-----|------|----|
| V _{POR/PDR} | 上电/掉电复位阈值电压 | 上升沿 | 2.65 | - | 2.95 | V |
| | | 下降沿 | 2.6 | - | 2.9 | V |
| V _{PDRHyst} | 电压迟滞 | - | - | 50 | - | mV |
| t _{Rst_Tempo} | 上电复位时间 | - | - | 8 | - | ms |

[1] 数据基于设计参考值，非生产测试所得。

3.4.3 内部参考电压

表 3-6 中的数据是在表 3-4 中的环境温度以及电压条件下测试所得。

表 3-6 内部参考电压

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--------------------|-----------------|---------------------------------|------|-----|------|--------|
| V _{AVDD} | 模拟电源电压 | -40°C ≤ T _A ≤ +105°C | 2 | 2.4 | 3.6 | V |
| ΔV _{AVDD} | 模拟电源电压随温度的变化 | V _{DD} = 3.3 V | - | - | 15 | mV |
| V _{DVDD} | 数字电源电压 | -40°C ≤ T _A ≤ +105°C | 0.81 | 1.1 | 1.21 | V |
| ΔV _{DVDD} | 数字电源电压随温度的变化 | V _{DD} = 3.3 V | - | - | 10 | mV |
| T _{Coeff} | 温度系数 | - | - | - | 30 | ppm/°C |
| t _{START} | ADC buffer 建立时间 | - | - | - | 200 | μs |

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------------------|-------------------|----|------|-----|-----|---------------|
| $t_{\text{smp_vref}}$ | ADC 读取内部参考电压的采样时间 | - | 0.25 | - | - | μs |

说明:

上表中数据均基于设计参考值，非生产测试所得。

3.4.4 功耗特性

根据应用场景分别对按键、pad、压阻、压容 4 个典型场景下的功耗进行测试，测试条件和功耗数据详见表 3-7，表 3-8。

3.4.4.1 应用功耗

表 3-7 典型应用功耗

| 应用场景 | 测试条件 | active 功耗/mA (刷新率 100HZ) | idle 功耗/mA (刷新率 10HZ) |
|------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 按键检测 | 1 Key, VDD=3.3V, Cloding=50pF | 2.5 | 0.055 |
| | 21 Key, VDD=3.3V, Cloding=50pF | 4 | - |
| pad | 9TX*12RX, VDD=3.3V, Cloding=50pF | 5 | - |
| 压阻检测 | 4 通道, VDD=3.3V, R=1K Ω | 6.5 | - |
| 压容检测 | 1TX*4RX, VDD=3.3V, Cloding=50pF | 3 | - |

3.4.4.2 sleep 功耗

表 3-8 sleep 功耗

| 模式 | 测试条件 | 功耗/uA |
|-----------|----------|-------|
| deepsleep | VDD=3.3V | 5 |

3.4.5 从低功耗模式唤醒的时间

芯片根据不同应用场景分为 active/light-sleep/sleep/deep-sleep 四种模式。在不同的工作模式下可进行相应的低功耗操作。模式间的转换关系下图所示。

- Active，即正常工作状态，该状态下数字电路保持上电状态。
- LightSleep，即 WFI 状态，等待中断即唤醒源的唤醒，该状态下数字电路不掉电，可通过软件配置使 SRAM 和 eFlash 进入低功耗状态（retention/sleep）。
- Sleep-WOK，即 without key detection 的睡眠状态，此时触控打码解调模块不掉电但处于 CLK Gated 的低功耗状态。
- Sleep-WIK，即 with key detection 的睡眠状态，此时触控打码模块开始工作完成打码解调和触摸检测。
- DeepSleep，即休眠状态，该状态下，仅 AON domain 保持上电。

如无特殊说明表 3-9 中的数据均是在表 3-4 中的环境温度及供电电压下测试所得，并且 $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ 。

表 3-9 唤醒时间

| 符号 | 描述 | 条件 | 典型值 | 单位 |
|------------------|-------------------|----------|-------|---------------|
| $T_{lightsleep}$ | 从 LightSleep 模式唤醒 | 32M 系统时钟 | 0.064 | μs |
| $T_{sleep-1wok}$ | 从 Sleep-WOK 模式唤醒 | 32K 系统时钟 | 480 | |
| $T_{sleep-wik}$ | 从 Sleep-WIK 模式唤醒 | | 224 | |
| $T_{deepsleep}$ | 从 DeepSleep 模式唤醒 | | 544 | |

说明:

上表中的数据基于设计参考值，非生产测试所得。

3.4.6 外部时钟源

外部高速时钟（OSC）可通过 16/32MHz 的晶体振荡器产生。本节列出的所有结果均基于设计结果以及指定的典型外部器件。在实际应用中，谐振器与负载电容应尽量靠近 XIN 引脚，以减少起振稳定时间并避免输出失真。

表 3-8 OSC 外部高速晶振时钟特性

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------------|----------|---|------|-----|-----|------|
| f_{osc} | 晶体的频率 | - | 16 | - | 32 | MHz |
| I_{VDD} | OSC 功耗 | $V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $R_m = 45\ \Omega$, $C_L = 10\ \text{pF}@16\ \text{MHz}$ | 0.48 | - | 1.2 | mA |
| | | $V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $R_m = 30\ \Omega$, $C_L = 20\ \text{pF}@32\ \text{MHz}$ | 0.69 | - | 1.7 | |
| g_m | 振荡器跨导 | 起振 | - | 6.1 | - | mA/V |
| $t_{start(OSC)}$ | OSC 启动时间 | V_{DD} 波形稳定 | 0.5 | - | 3 | ms |

说明:

上表中的数据基于设计参考值，非生产测试所得。

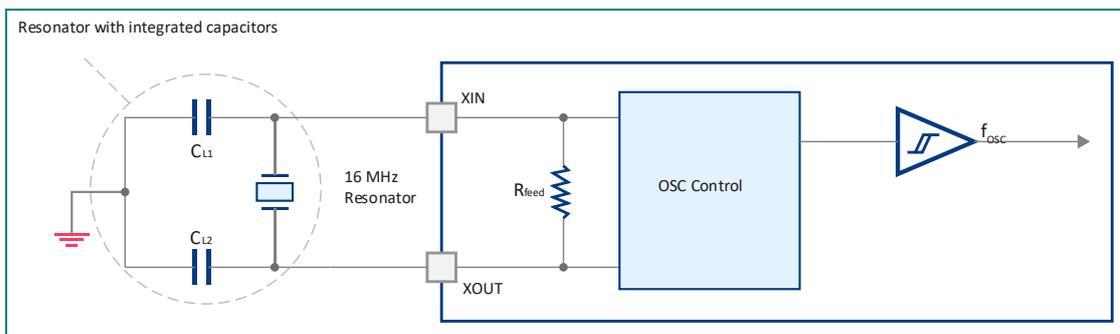


图 3-6 16MHz 晶振电路示意图

3.4.7 内部高速时钟(RC64M)

如无特殊说明表 3-10 中的数据均是在表 3-4 中的环境温度以及电压条件下测试所得。

表 3-10 内部 RC64M 特性

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------------|---------------|-------------------------|-------|-----|-------|---------|
| $f_{RC64M}^{(1)}$ | 内部 RC64M 时钟频率 | - | 62.08 | 64 | 65.92 | MHz |
| TRIM | RC64M 用户校准值 | - | -40 | - | 40 | % |
| DutyCycle _{RC64M} | 占空比 | - | 45 | 50 | 55 | % |
| $RC64M_{CalAcc}$ | RC64M 出厂校准值 | $T_A = +25^{\circ}C$ | - | 64 | - | % |
| | | $-40^{\circ}C \leq T_A$ | - | 64 | - | |
| | | $\leq +105^{\circ}C$ | - | 64 | - | |
| $t_{start(RC64M)}$ | RC64M 时钟起振时间 | - | - | - | 20 | μs |
| I_{VDDA} | RC64M 时钟功耗 | - | - | 150 | - | μA |

[1] 除 f_{RC64M} 经生产测试所得外，其余数据均为基于设计参考值，非生产测试所得。

说明：

上表中的参数测试时，供电电压 $V_{DD} = 3.3 V$ 。

3.4.8 内部低速时钟(RC32K)

如无特殊说明表 3-11 中的数据均是在表 3-4 中的环境温度以及电压条件下测试所得。

表 3-11 内部 RC32K 特性

| 符号 | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--------------------|---------------|------|------|------|---------|
| f_{RC32k} | 内部 RC32K 时钟频率 | 30.4 | 32 | 33.6 | kHz |
| $T_{start(RC32k)}$ | RC32K 时钟起振时间 | - | - | 100 | μs |
| I_{VDDA} | RC32K 功耗 | - | 0.25 | - | μA |

说明：

上表中的数据基于设计参考值，非生产测试所得。

3.4.9 PLL 特性

如无特殊说明表 3-12 中的数据均是在表 3-4 中的环境温度以及电压条件下测试所得。

表 3-12 内部 PLL 特性

| 符号 | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------|----------------|-----|-----|------|---------|
| f_{PLL_SRC} | PLL 输入时钟源频率 | 16 | 16 | 32 | MHz |
| | PLL 输入时钟源占空比 | - | 50 | - | % |
| f_{PLL} | PLL 输出时钟频率 | - | 64 | - | MHz |
| t_{PLLrdy} | PLL 就绪时间 | - | - | 80 | μs |
| Jitter | Cycle-to-Cycle | - | 700 | 1200 | ps |

| 符号 | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--------------|----------------|-----|-----|------|---------------|
| t_{PLLrdy} | PLL 就绪时间 | - | - | 80 | μs |
| Jitter | Cycle-to-Cycle | - | - | 1200 | ps |

说明:

上表中的数据基于设计参考值，非生产测试所得。

3.4.10 Flash 存储器特性

表 3-13 列出了内嵌 Flash 的特性， $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +105^{\circ}\text{C}$ 。

表 3-13 内嵌 Flash 内存特性

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------|----------------|---|-----|-----|------|---------------|
| t_{WR} | 写入 32-bit 数据时间 | $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +105^{\circ}\text{C}$ | - | - | 15 | μs |
| t_{ER} | 按页擦除时间 | $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +105^{\circ}\text{C}$, Erase time for 10K endurance | - | - | 20 | ms |
| t_{ME} | 全局擦除时间 | $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +105^{\circ}\text{C}$ | - | - | 100 | ms |
| I_{VDD} | 供电电流 | 读电流 | - | - | 2.79 | mA |
| | | 写电流 | - | - | 6.7 | |
| | | 擦除电流 | - | - | 4.7 | |

说明:

上表中的数据基于设计参考值，非生产测试所得。

表 3-14 Flash 数据保持及耐久性

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 单位 |
|-----------|--------|--|-----|--------|
| t_{RTT} | 数据保持时间 | 1 kcycle @+105 $^{\circ}\text{C}$ | 10 | Year |
| t_{END} | 耐久性 | $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +105^{\circ}\text{C}$ | 10 | kcycle |

说明:

上表中的数据基于设计参考值，非生产测试所得。

3.4.11 ESD 敏感度

ESD (Electro-Static discharge) 敏感度测试包括 ESD 等级和静态闪烁等级, 均基于样品进行测试。

3.4.11.1 ESD 等级

ESD 测试:

- 人体模型 (Human Body Model, HBM)
- 芯片放电模型 (Charged Device Model, CDM)

表 3-15 ESD 最大额定值

| 符号 | 描述 | 条件 | 等级 | 单位 |
|------------------------|------------|--|----|----|
| V _{ESD} (HBM) | 人体模型放电电压 | T _A = +25 °C, 参考标准: ESDA/JEDEC JS-001-2017 | 2 | kV |
| V _{ESD} (CDM) | 芯片放电模型放电电压 | T _A = +25 °C, 参考标准: ESDA/JEDEC JS-002-2014 | 1 | |

说明:

上表中的数据基于样片测试的结果, 非生产测试所得。

3.4.11.2 静态门锁等级

表 3-16 静态门锁特性

| 符号 | 描述 | 条件 | 等级 |
|----|------|--|-----------------|
| LU | 静态门锁 | T _A = +105 °C, 参考标准 JESD78E | Class II ±200mA |

说明:

上表中的数据基于样片测试的结果, 非生产测试所得。

3.4.12 I/O 静态特性

表 3-17 I/O 静态特性

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------------------------|----------|--------|-----------|------|-----------|----|
| V _{In_Low} | 低电平输入电压 | BOOT | 0 | - | 0.3*VDDIO | V |
| | | 5T I/O | 0 | - | 0.3*VDDIO | |
| V _{In_High} | 高电平输入电压 | BOOT | 0.7*VDDIO | - | VDDIO | V |
| | | 5T I/O | 0.7*VDDIO | - | VDDIO | |
| V _{Sch_hys} ⁴ | 施密特触发器迟滞 | BOOT | 60 | - | 120 | mV |
| | | 5T I/O | 60 | - | 120 | |
| R _{pp} | 弱上拉等效电阻 | - | 11 | 40 | 61.5 | kΩ |
| RPD | 弱下拉等效电阻 | - | 7.3 | 26.3 | 38.5 | kΩ |
| CPIN | I/O 引脚 | - | - | 15 | - | pF |

⁴ 至少为 100 mV。

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----|----|----|-----|-----|-----|----|
| | 电容 | | | | | |

施密特触发器开关电平的迟滞电压。由综合评估得出，非生产测试所得。

3.4.12.1 输出电压

GPIO 的拉电流或灌电流能力可设置为 2mA、4mA、8mA、12mA，默认设置 4mA。

如无特殊说明表 3-18 中的数据均是在表 3-4 的条件下测试所得。

表 3-18 输出电压特征⁽¹⁾

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|------------------|------------------------|-----------------------|------|----|
| V _{OL} | 单个 I/O 引脚输出低电平电压 | I _{IO} =12mA | - | 0.15 | V |
| V _{OH} | 单个 I/O 引脚输出高电平电压 | | V _{DD} -0.15 | - | |

[1] 芯片的吸收电流 I_{IO} 必须始终遵循表 3-2 中的绝对最大额定值，同时 I_{IO} 的总和（所有 I/O 脚及控制脚上的电流之和）不能超过 ΣI_{VSS} 。

[2] 芯片的输出电流 I_{IO} 必须始终遵循表 3-2 中的绝对最大额定值，同时 I_{IO} 的总和（所有 I/O 脚及控制脚上的电流之和）不能超过 ΣI_{VDD} 。

说明：

上表中的数据由综合评估得出，非生产测试所得。

3.4.12.2 I/O 交流特性

如无特殊说明表 3-19 中的数据均是在表 3-4 中所给的环境温度及电压条件下测试所得。

表 3-19 输入/输出交流特性

| 速度配置值 [1:0] | 名称 | 描述 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|----------------|---------------------|---------|--|-----|-----|-----|
| 00 | f _{maxout} | 最大输出频率 | C _{Load} = 50 pF, V _{DDIOx} ≥ 2.7 V | - | 10 | MHz |
| | t _{Rout} | 输出上升时间 | | 12 | 45 | ns |
| | t _{Fout} | 输出下降时间 | | 14 | 45 | |
| 01 | f _{maxout} | 最大输出频率 | C _{Load} = 50 pF, V _{DDIOx} ≥ 2.7 V | | 15 | MHz |
| | t _{Rout} | 输出上升时间 | | 7 | 30 | ns |
| | t _{Fout} | 输出下降时间 | | -9 | 35 | |
| 10 | f _{maxout} | 最大输出频率 | C _{Load} = 50 pF, V _{DDIOx} ≥ 2.7 V | - | 20 | MHz |
| | t _{Rout} | 输出上升沿时间 | | 4.2 | 18 | ns |
| | t _{Fout} | 输出下降沿时间 | | 6 | 22 | |
| 11 | f _{maxout} | 最大输出频率 | C _{Load} = 30 pF, V _{DDIOx} ≥ 2.4 V | - | 25 | MHz |
| | t _{Rout} | 输出上升沿时间 | | 3.2 | 15 | ns |
| | t _{Fout} | 输出下降沿时间 | | 5.5 | 17 | |

说明：

上表中的数据由综合评估得出，非生产测试所得。

3.4.13 外部复位引脚特性

外部复位引脚（RSTB）在内部连接了一个固定大小的上拉电阻 R_{PP} 。

表 3-20 外部复位引脚 (RSTB) 特性

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------|-----------------|---------------|----------------------|-----|----------------------|------------|
| $V_{L(RSTB)}$ | RSTB 输入低电平电压 | - | 0 | - | $0.3 \cdot V_{DDIO}$ | V |
| $V_{H(RSTB)}$ | RSTB 输入高电平电压 | - | $0.7 \cdot V_{DDIO}$ | - | V_{DDIO} | |
| $V_{sch(hys)}$ | RSTB 施密特触发器转换电压 | - | 700 | - | 940 | mV |
| R_{PP} | 弱上拉等效电阻 | $V_{DD}=3.3V$ | - | 20 | - | k Ω |
| T_{reset} | 外部复位时间 | - | 1 | - | - | ms |

说明:

上表中的数据由综合评估得出，非生产测试所得。

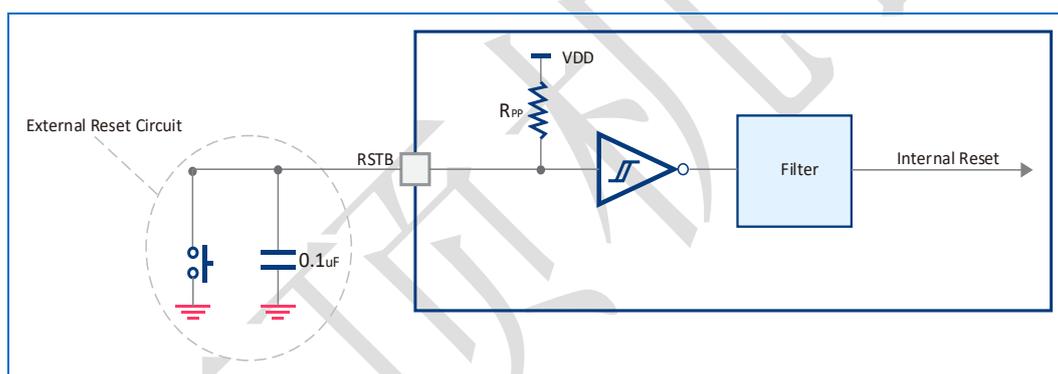


图 3-7 RSTB 引脚保护

3.4.14 内部温度传感器特性

表 3-21 内部温度传感器 (Temperature Sensor) 特性

| 符号 | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|---|-----|------|-----|-----------------|
| T_{Lin1} | V_{TEMP} 线性度误差 ($-10^{\circ}C \leq T_A \leq +105^{\circ}C$) | - | - | 6 | $^{\circ}C$ |
| T_{Lin2} | V_{TEMP} 线性度误差 ($-40^{\circ}C \leq T_A < -10^{\circ}C$) | - | - | 6 | $^{\circ}C$ |
| 线性度 | - | - | - | 3 | mV/ $^{\circ}C$ |
| V_{T30} | 输出电压@+30 $^{\circ}C$ ($\pm 5^{\circ}C$) | - | 0.85 | - | V |
| t_{START} | ADC_IN16 buffer 建立时间 | - | - | 200 | μs |
| t_{Smp_Temp} | ADC 采样温度时间 | 0.5 | - | - | μs |

说明:

上表中的数据基于样片测试的结果，非生产测试所得。

3.4.15 定时器特性

表 3-22 WWDG 时间宽度@48MHz (f_{APBCLK})

| 分频系数 | WDGTB | 最小超时时间 | 最大超时时间 | 单位 |
|-------|-------|--------|--------|----|
| Div 1 | 0 | 0.085 | 11 | ms |
| Div 2 | 1 | 0.171 | 22 | |
| Div 4 | 2 | 0.341 | 44 | |
| Div 8 | 3 | 0.683 | 87100 | |

表 3-23 FWDG 时间宽度@40KHz ($RC32K$)

| 最小超时时间 | 最大超时时间 | 单位 |
|--------|-----------|----|
| 0.031 | 134217728 | ms |

说明:

上表中的数据基于设计参考值，非生产测试所得。

3.4.16 触摸感应控制器特性

芯片使能 TSC 模块时的典型功耗测试条件如下:

- 芯片工作在模式 Sleep-WIK 下，使用 TSC 作为唤醒源。
- 芯片供电电压： $V_{DD} = 3.3V$ $V_{DDA} = 2.5V$ 。
- 按键的扫描频率： T_f 。
- 单个按键的 ADC 采样次数： T_{ADCSMP} 。
- 单个按键的积分次数： T_{INTG} 。

表 3-24 触摸感应控制器特性

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|--------------|------------------|-----|---------------------|--------------------|-----|
| C_{sensor} | 外部按键的电容大小 | - | - | - | 100 ⁽¹⁾ | pF |
| $C_{shielding}$ | 防水通道电容 | - | - | - | 400 | pF |
| ΔC | 按键电容的最小变化量 | - | - | 0.2 | - | pF |
| f_{TSC_WORK} | TSC 模块工作时钟频率 | - | - | 0.1 | - | MHz |
| f_{Smp} | ADC 的采样率 | - | - | 2 | - | MHz |
| f_{ADC} | ADC 的工作时钟频率 | - | - | - | 64 | MHz |
| $f_{Refresh}$ | 刷新频率 | - | - | - | 200 | Hz |
| V_{tx} | 打码电压 | $V_{DDA} = 2.4V$ | 2 | 2.4 | 3.3 | V |
| C_{Cancel} | 内部 cancel 电容 | - | - | 24.2 ⁽¹⁾ | - | pF |

说明:

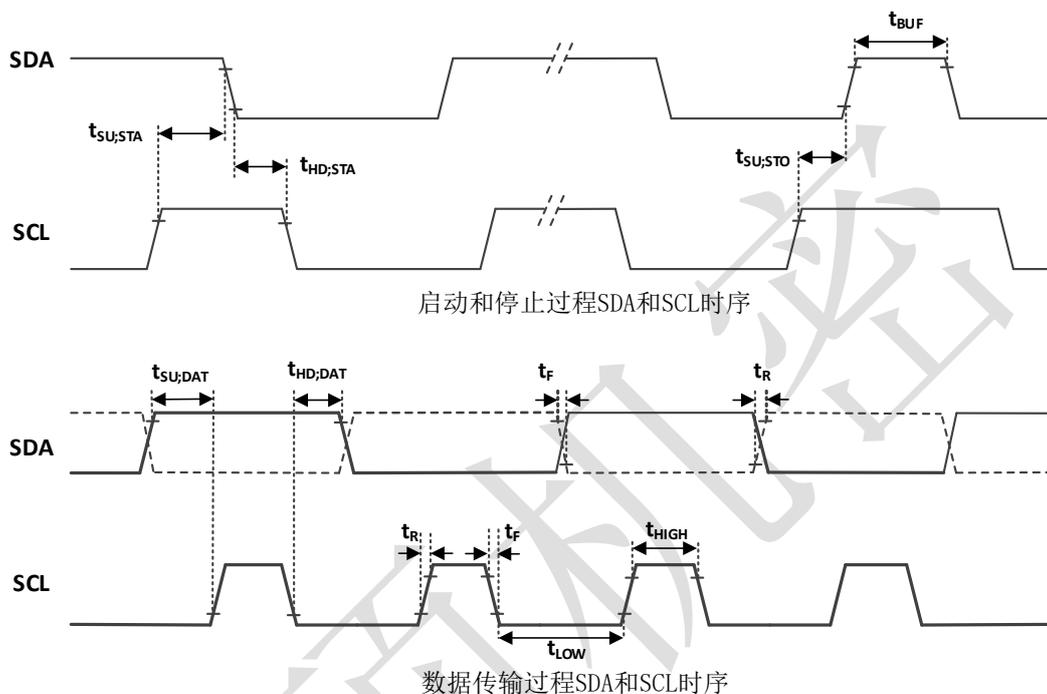
1. 数据基于设计参考值，非生产测试所得。

2. 数据基于样片测试的结果，非生产测试所得。

3.4.17 通信接口

通信接口包括 I²C 接口和 SPI 接口。

3.4.17.1 I²C 接口特性



注：高低电平按照30%~70%测量

图 3-8 I²C 硬件电路时序

表 3-25 I²C Parameters

| Parameter | Symbol | Min. | Max. | Unit |
|---|--------------|-------|------|------|
| SCL clock frequency | f_{SCL} | - | 1000 | kHz |
| SCL hold time for START condition | $t_{HD,STA}$ | 0.4 | - | us |
| SCL low period | t_{LOW} | 0.3 | - | us |
| SCL high period | t_{HIGH} | 0.3 | - | us |
| SCL setup time for START condition | $t_{SU,STA}$ | 0.3 | - | us |
| Data hold time:for CBUS compatible masters (see NOTESection 10.1.3)for 12C-bus devices | $t_{HD,DAT}$ | 0.156 | - | us |
| Data set-up time | $t_{SU,DAT}$ | 0.25 | - | us |
| SCL,SDA rise time | t_R | - | 0.3 | us |
| SCL,SDA fall time | t_F | - | 0.1 | us |

测试条件： 3.3V 通讯接口， 1Mbps 通讯速度， 上拉电阻 2K（外置）。

3.4.17.2 SPI 接口特性

表 3-26 SPI 在 64MHz 系统时钟下的特性^[1]

| 符号 | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 条件 |
|---------------|-------------|-----|------|-----|-----|--------|
| 1/tc(CK) | SPI 时钟频率 | - | 16 | 16 | MHz | |
| DuCy(SPI_CLK) | SPI 时钟占空比 | - | 50 | - | % | |
| tsu(CS) | SPI_CS 建立时间 | - | 47 | - | ns | |
| th(CS) | SPI_CS 保持时间 | - | 15.6 | - | ns | |
| tw(CS) | SPI_CS 空闲时间 | - | 78 | - | ns | |
| tsu(MISO) | 数据输入建立时间 | 16 | 22 | - | ns | - |
| th(MISO) | 数据输入保持时间 | 1 | - | - | ns | |
| td(MOSI) | 数据输出延迟时间 | 7.7 | - | - | ns | C=25pF |
| tv(MOSI) | 数据输出有效时间 | 9.3 | - | - | ns | C=25pF |

[1] 上表红色数据为设计估算所得，非生产测试所得

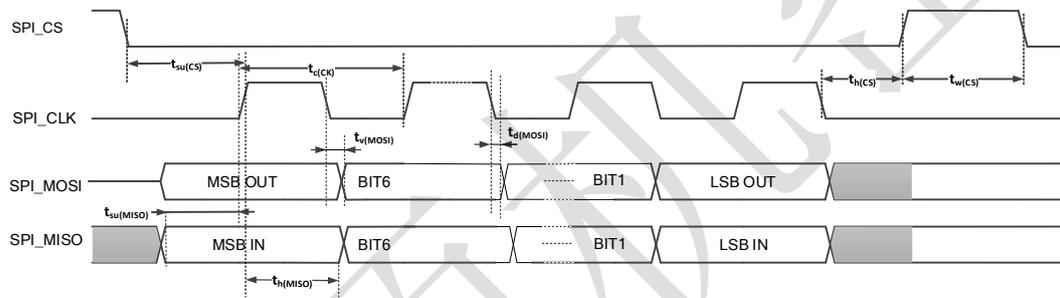


图 3-9 SPI 时序图

说明：在 CMOS 的测量点电压为：0.3*VDD 和 0.7*VDD。

4 典型应用场景及参数

根据芯片 TSC 和 FSC 的功能可分为四个典型应用场景：按键应用、Pad 应用、压阻式压力感应和压容式压力感应。图 4-1 为芯片在典型应用场景下的连接示意图。其中 LIN/CAN/SPI/I²C/UART 为通信外设，用于和外部设备进行数据交互。PWM/GPIO 为普通外设，用于控制电机、声音控制器、LED 等设备。FSC 为压力感应模块，用于压阻式压力检测，可检测惠斯通电桥产生的差分信号。TSC 为触控感应模块，包含自容式和互容式两种触控感应方式，其中互容式感应也可用于压容压力检测。

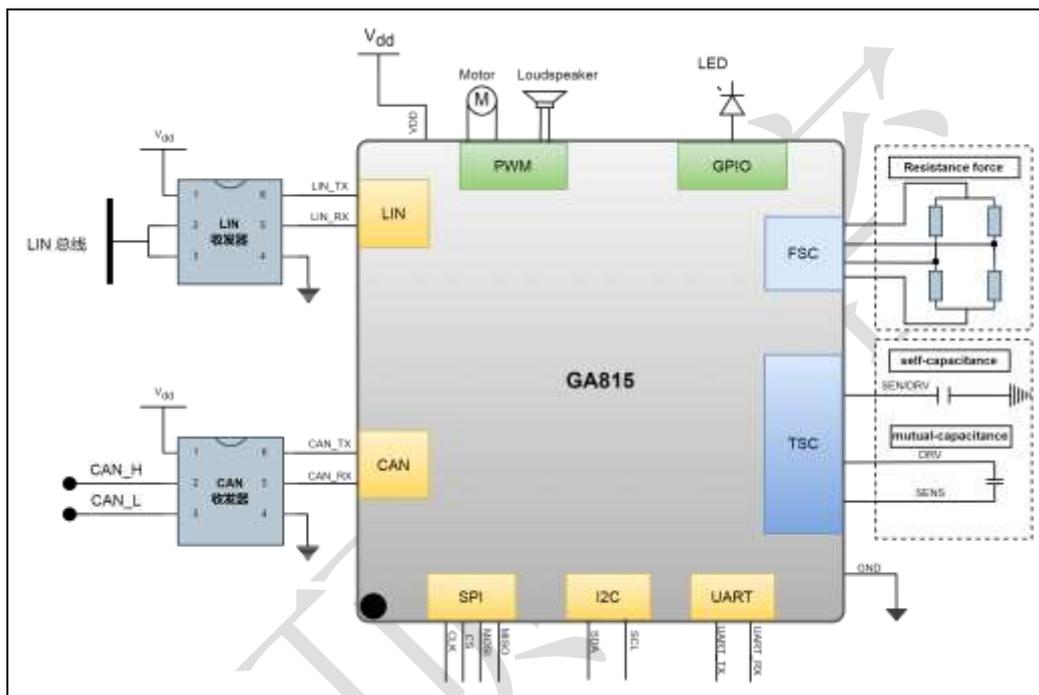


图 4-1 芯片典型应用框图

4.1.1 按键应用场景

按键应用基于自容感应原理，通过检测自电容信号的变化，能够感知用户手指或其他导体物体的触碰，从而实现对独立按键和滑条操作的响应。在实际应用中，独立按键和滑条操作分为不同模式，包括单点点击、长按点击、双击等按键模式，以及直线型和圆形连续滑动点击等滑条模式。

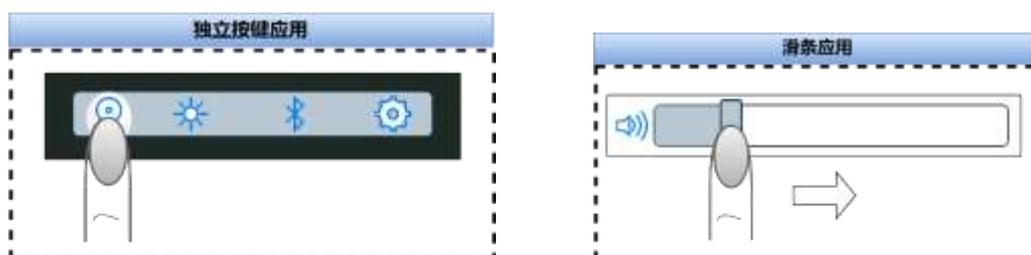


图 4-2 独立按键和滑条典型应用场景

在自容按键典型应用场景中，GA815 系列芯片支持的参数特性如表 4-1 所示。

表 4-1 按键应用场景参数

| 参数 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 备注 |
|-------------------------|-----|-----|--------|---|
| 按键数量 (个) | 1 | 10 | 21 | |
| 滑条尺寸 (mm ²) | - | - | 151*20 | 矩形图案, 19 个感应通道+2 个 shielding 通道, 图案边缘间距 1mm |
| 刷新率 (Hz) | 10 | 100 | 200 | |
| loading (pF) | 5 | 50 | 100 | |
| 盖板厚度 (mm) | - | 2 | 5 | 盖板材质 PMMA, 不带手套 |
| 手套厚度 (mm) | - | 2 | 5 | 盖板材质 PMMA, 厚度 1mm |
| 接近感应距离 (mm) | - | - | 10 | |

4.1.2 Pad 应用场景

Pad 应用基于互电容感应原理, 通过检测并利用电容变化来感知用户手指或其他导体物体的接近和触摸, 从而实现对 2 维滑动轨迹的准确跟踪和识别。Pad 的典型应用场景主要集中在触摸显示屏领域。GA815 系列最高支持 9*12 通道互容矩阵, 同时支持手势识别。



图 4-3 Pad 典型触控应用场景

在互容 Pad 典型应用场景下, 芯片支持配置及对应性能参数如表 4-2 所示。

表 4-2 Pad 应用场景参数

| 参数 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 备注 |
|--------------|-----|-----|------|-------------------|
| 矩阵通道数 (个) | 1*1 | - | 9*12 | |
| 刷新率 (Hz) | 10 | 100 | 200 | |
| loading (pF) | 5 | 50 | 100 | |
| 盖板厚度 (mm) | - | 1 | 2 | 盖板材质 Glass, 不支持手套 |

4.1.3 压阻检测应用场景

压阻式压力感应基于电桥原理, 采用电阻器全桥连接, 压阻 sensor 受力后电阻产生拉伸或收缩, 电阻发生变化, 利用输出端的差分电压的变化来进行压力检测。GA815 系列支持

压力感应典型应用场景如图 4-4 所示。

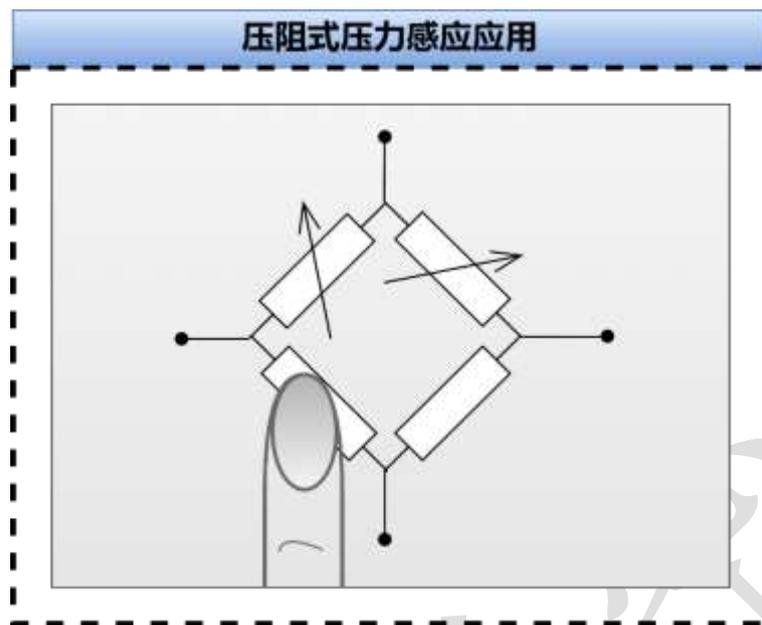


图 4-4 压力检测典型应用场景

在压阻式感应典型应用场景下，芯片支持配置及对应性能参数如表 4-3 所示。

表 4-3 压阻式感应应用场景参数

| 参数 | 最小值 | 典型值 | 最大值 |
|----------|------|-----|-------|
| 压力通道 (个) | 1 | - | 4 |
| 分辨率 (uV) | - | 8 | 12.3 |
| 刷新率 (Hz) | 10 | 100 | 200 |
| 全桥电阻 (Ω) | 1000 | - | 20000 |

4.1.4 压容检测应用场景

压容式压力感应基于压电效应，压力作用在电容器上时会引起电容间隙的变化，从而导致电容值的改变。典型应用场景如图 4-5 所示。压容式检测电路复用互容触控感应模块，当压力作用于检测通道上方，通过测量电容值的变化来推断压力的大小。

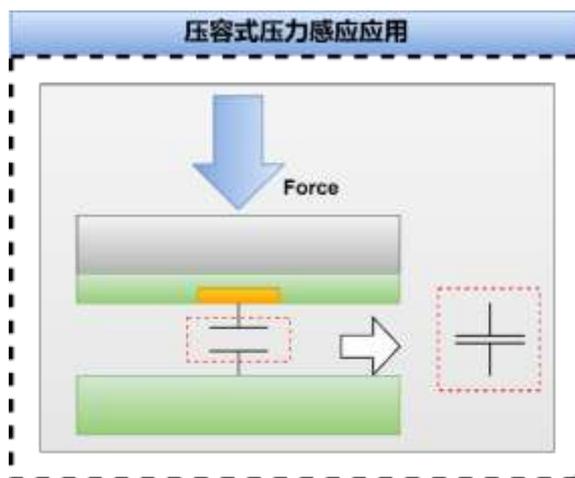


图 4-5 压力检测典型应用场景

在压容式感应典型应用场景下，芯片支持配置及对应性能参数如表 4-4 所示。

表 4-4 压容式感应应用场景参数

| 参数 | 最小值 | 典型值 | 最大值 |
|--------------|-----|-----|-----|
| 压力通道 (个) | 1 | 4 | 108 |
| 分辨率 (fF) | - | 1 | - |
| 刷新率 (Hz) | 10 | 100 | 200 |
| loading (pF) | 5 | 50 | 100 |

5 封装信息

GA815 系列 MCU 提供 1 种封装形式，即 LQFP64。

5.1 LQFP64 封装

LQFP64 为 7*7 mm，64 脚低剖面方形扁平封装。

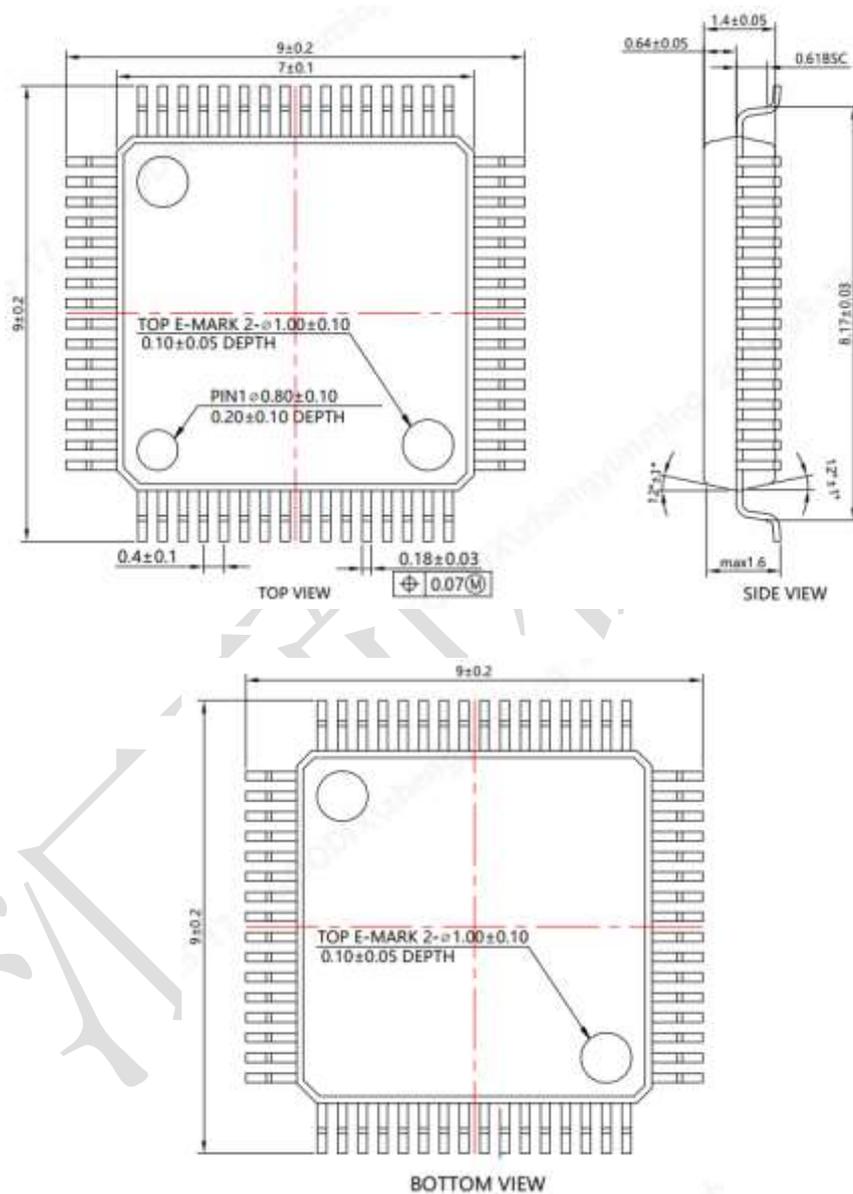


图 5-1 LQFP64 封装尺寸图

6 缩略语约定

表格 6-1 缩略语约定

| 缩写 | 全称 | 中文描述 |
|------------------|---|---------------------|
| 3S | Standard 3.3V | 标准 3.3V |
| 5T | 5V Tolerant | 支持 5V 输入 |
| ACK | Acknowledge | 应答信号 |
| ADC | Analog-to-Digital Converter | 模数转换器 |
| Addr_sel | Address Selection | 地址选择 |
| AF | Alternate Function | 复用功能 |
| AHB | Advanced High-Performance Bus | 高级高性能总线 |
| AON | Always On | 设备始终开启状态 |
| APB | Advanced Peripheral Bus | 外围总线 |
| ARP | Address Resolution Protocol | 地址解析协议 |
| BOOT | Bootstrap Loader | 引导加载程序 |
| C | Capacitor | 电容 |
| CAN | Controller Area Network | CAN 协议 |
| CFG | Configuration | 配置 |
| CLK | Clock | 时钟 |
| CS | Chip Select | 片选 |
| DBG | Debug | 调试 |
| DMA | Direct Memory Access | 直接存储器访问 |
| DRV | Driver | 驱动传感器 |
| DIV | Division | 分频 |
| EFC | Embedded Flash Controller | 嵌入式内存控制器 |
| Ext_clk | External Clock | 外部时钟 |
| EXTI | Extended Interrupts And Events Controller | 中断和事件控制器 |
| FSC | Force Sensor Controller | 压力感应控制器 |
| FT | Force and Temp | 压阻和温度检测 |
| GPIO | General Purpose Input Output | 通用输入输出 |
| IA | | |
| I ² C | Inter-Integrated Circuit | I ² C 总线 |
| INT | Interrupt | 中断 |
| IWDG | Independent Watchdog Timer | 独立运行看门狗定时器 |
| LIN | Local Interconnect Network | LIN 协议 |
| LSB | Least Significant Bit | 最低有效位 |
| MISO | Master Input Slave Output | 主输入从输出 |
| MOSI | Master Output Slave Input | 主输出从输入 |
| MSB | Most Significant Bit | 最高有效位 |

| 缩写 | 全称 | 中文描述 |
|-------------|---|-----------|
| MSPS | Million Samples Per Second | 每秒百万次采样 |
| OSC | External High Speed Oscillator | 外部高速振荡器 |
| PMU | Power Management Unit | 电源管理单元 |
| POR | Power-on Reset | 上电复位 |
| ppm | Parts Per Million | 百万分率 |
| PWM | Pulse Width Modulation | 脉冲宽度调制 |
| P_D | Power Dissipation | 功率损耗 |
| PLL | Phase-Locked Loop | 锁相环控制器 |
| RCC | Reset and Clock Control | 复位时钟控制 |
| RC | Resonator Crystal | 晶体振荡器 |
| RST | Reset | 复位 |
| RTS | Request to Send | 请求发送 |
| RX | Receiver | 接收器 |
| RTC | Real Time Clock | 实时时钟 |
| SEN | Sensor | 感应传感器 |
| SPI | Serial Peripheral Interface | 串行外设接口 |
| SRAM | Static Random-Access Memory | 静态随机存取存储器 |
| SYSCFG | System Configuration | 系统配置 |
| T_A | Ambient Temperature | 环境温度 |
| TEMPS | Temperature Sensor | 温度传感器 |
| TRIG | Trigger | 触发信号 |
| TSC | Touch Sensing Controller | 触摸感应控制器 |
| TX | Transmitter | 发送器 |
| UART | Universal Asynchronous Receiver Transmitter | 通用异步收发器 |
| V_{INREF} | Internal Reference Voltage | 内部参考电压 |
| WWDG | Window Watchdog Timer | 窗口看门狗定时器 |
| XIN | Crystal Input | 晶振输入 |
| XOUT | Crystal Output | 晶振输出 |

7 法律及联系信息

版权所有 © 2024 深圳市汇顶科技股份有限公司。保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得对本手册内的任何部分擅自摘抄、复制、修改、翻译、传播，或将其全部或部分用于商业用途。

商标声明

GOODIX 和其他汇顶商标均为深圳市汇顶科技股份有限公司的商标。本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人持有。

免责声明

本文档中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。

深圳市汇顶科技股份有限公司（以下简称“GOODIX”）对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。GOODIX 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。

未经 GOODIX 书面批准，不得将 GOODIX 的产品用作生命维持系统中的关键组件。在 GOODIX 知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

深圳市汇顶科技股份有限公司

总部地址：深圳市福田区腾飞工业大厦 B 座 13 层

电话：+86-755-33338828 传真：+86-755-33338830

网址：<http://www.goodix.com>

8 修订记录

表 6-8-1 修订记录

| 版本 | 日期 | 修订内容 |
|-----|------------|--------------------|
| 0.1 | 2023-02-25 | 预发布。 |
| 0.2 | 2023-06-08 | 增加芯片引脚功能描述和电气特性 |
| 1.0 | 2024-05-23 | 更新芯片引脚及相关参数 |
| 1.1 | 2024-06-17 | 更新部分参数，增加 PID 区分型号 |