



# AC7840x 数据手册

适用于以下产品：

AC78406YGLA, AC78406LGLA, AC78406HGLA,  
AC78405YGLA, AC78405LGLA, AC78405HGLA,  
AC78403YGLA, AC78403LGLA, AC78403HGLA

文档版本： 1.1

发布日期： 2023-03-16

© 2013 - 2022 杰发科技

本文档包含杰发科技的专有信息。未经授权，严禁复制或披露本文档包含的任何信息。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。

## 修订记录

| 版本  | 日期         | 作者        | 描述                                       |
|-----|------------|-----------|------------------------------------------|
| 0.5 | 2022-06-08 | AutoChips | 初版（使用设计参数/部分预估参数）                        |
| 1.0 | 2022-12-28 | AutoChips | 正式版（使用实际测试参数）                            |
| 1.1 | 2023-03-16 | AutoChips | 增加了DFlash寿命参数(7.3节)；增加了PFlash双Bank信息(1节) |

## 版权声明

本数据手册包含杰发科技的机密信息。禁止未经授权使用或披露本手册包含的信息。对因未经杰发科技授权而全部或部分披露此文档内容而给杰发科技带来的任何损失或损害，杰发科技将追究责任。

杰发科技保留对此处任何信息进行更改的权利，此处的信息如有变更，恕不另行通知。杰发科技对使用或依赖此处包含的信息不承担任何责任。

本数据手册的所有信息均“按原样”提供，不提供任何形式的明示、暗示、法定或其他形式的保证。杰发科技明确拒绝对适销性，非侵权性和针对特定用途的适用性方面的所有暗示保证。杰发科技对本手册可能使用、包含或提供的任何第三方软件不提供任何担保，并且用户同意仅向该等第三方寻求与此相关的任何担保索赔。杰发科技对于根据用户规格或为符合特定标准或公开论坛而产生的任何交付物，也不承担任何责任。

# 文档目录

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| 修订记录.....                           | 2         |
| 版权声明.....                           | 3         |
| 文档目录.....                           | 4         |
| 插图目录.....                           | 6         |
| 表格目录.....                           | 7         |
| <b>1 主要特性.....</b>                  | <b>8</b>  |
| <b>2 整体框图.....</b>                  | <b>10</b> |
| <b>3 器件标识.....</b>                  | <b>11</b> |
| 3.1 说明.....                         | 11        |
| 3.2 格式.....                         | 11        |
| 3.3 字段.....                         | 11        |
| 3.4 示例.....                         | 12        |
| <b>4 参数分类.....</b>                  | <b>13</b> |
| <b>5 额定值.....</b>                   | <b>14</b> |
| 5.1 热学操作额定值.....                    | 14        |
| 5.2 湿度操作额定值.....                    | 14        |
| 5.3 ESD 操作额定值.....                  | 14        |
| 5.4 电压和电流操作额定值.....                 | 15        |
| <b>6 通用.....</b>                    | <b>16</b> |
| 6.1 静态电气规格.....                     | 16        |
| 6.1.1 电源和地引脚.....                   | 16        |
| 6.1.2 DC 特性.....                    | 16        |
| 6.1.3 功耗模式.....                     | 18        |
| 6.1.4 电源电流特性.....                   | 18        |
| 6.1.5 功耗模式转换的行为特性.....              | 27        |
| 6.2 动态规格.....                       | 27        |
| 6.2.1 控制时序.....                     | 27        |
| 6.2.2 PWM 模块时序.....                 | 28        |
| 6.3 热规格.....                        | 29        |
| 6.3.1 热特性.....                      | 29        |
| <b>7 外设工作要求和行为.....</b>             | <b>31</b> |
| 7.1 内核模块.....                       | 31        |
| 7.1.1 SWD 电气规格.....                 | 31        |
| 7.2 外部振荡器 (OSC) 和内部时钟源(ICS) 特性..... | 31        |
| 7.2.1 外部振荡器(OSC) 特性.....            | 31        |
| 7.2.2 内部 RC 特性.....                 | 32        |
| 7.2.3 PLL 特性.....                   | 32        |
| 7.3 片内 Flash 规格.....                | 33        |
| 7.4 模拟.....                         | 34        |
| 7.4.1 ADC 特性.....                   | 34        |
| 7.4.2 模拟比较器 (ACMP) 电气规格.....        | 35        |
| 7.5 通信接口.....                       | 35        |
| 7.5.1 SPI 规格.....                   | 35        |
| 7.5.2 CAN 规格.....                   | 38        |
| 7.5.3 UART 规格.....                  | 38        |

|     |                    |                      |    |
|-----|--------------------|----------------------|----|
|     | 7.5.4              | I2C 规格 .....         | 38 |
|     | 7.5.5              | EIO 规格 .....         | 39 |
| 8   | 尺寸 .....           |                      | 41 |
| 8.1 | LQFP144 封装信息 ..... |                      | 41 |
|     | 8.1.1              | LQFP144 封装尺寸信息 ..... | 41 |
|     | 8.1.2              | LQFP144 产品正印 .....   | 42 |
| 8.2 | LQFP100 封装信息 ..... |                      | 43 |
|     | 8.2.1              | LQFP100 封装尺寸信息 ..... | 43 |
|     | 8.2.2              | LQFP100 产品正印 .....   | 44 |
| 8.3 | LQFP64 封装信息 .....  |                      | 45 |
|     | 8.3.1              | LQFP64 封装尺寸信息 .....  | 45 |
|     | 8.3.2              | LQFP64 产品正印 .....    | 46 |
| 9   | 引脚分配 .....         |                      | 48 |
| 9.1 | 信号多路复用和引脚分配 .....  |                      | 48 |
| 9.2 | 器件引脚分配 .....       |                      | 53 |
|     | 9.2.1              | LQFP144 封装 .....     | 53 |
|     | 9.2.2              | LQFP100 封装 .....     | 54 |
|     | 9.2.3              | LQFP64 封装 .....      | 55 |

## 插图目录

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 图 2-1 AC7840x 整体框图 .....                                           | 10 |
| 图 6-1 电压引脚去耦 .....                                                 | 16 |
| 图 7-1 典型晶振或振荡器电路 .....                                             | 32 |
| 图 7-2 ADC 输入等效图 .....                                              | 35 |
| 图 7-3 SPI 时序图 —主机 .....                                            | 36 |
| 图 7-4 SPI 时序图 —从机(cpha=0) .....                                    | 37 |
| 图 7-5 SPI 时序图 —从机(cpha=1) .....                                    | 37 |
| 图 7-6 标准与快速模式下 I2C 总线时序图 .....                                     | 39 |
| 图 8-1 LQFP144 – 144 引脚，20*20 毫米低轮廓四方引脚扁平式封装外形 <sup>[1]</sup> ..... | 41 |
| 图 8-2 LQFP144 正印示例（封装顶视图） .....                                    | 42 |
| 图 8-3 LQFP100 – 100 引脚，14x14 毫米低轮廓四方引脚扁平式封装外形 <sup>[1]</sup> ..... | 43 |
| 图 8-4 LQFP100 正印示例（封装顶视图） .....                                    | 44 |
| 图 8-5 LQFP64 – 64 引脚，10 x10 毫米低轮廓四方引脚扁平式封装外形 <sup>[1]</sup> .....  | 45 |
| 图 8-6 LQFP64 正印示例图（封装顶视图） .....                                    | 46 |
| 图 9-1 LQFP144 封装 .....                                             | 53 |
| 图 9-2 LQFP100 封装 .....                                             | 54 |
| 图 9-3 LQFP64 封装 .....                                              | 55 |

## 表格目录

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 表 3-1 器件编号字段说明.....                                                     | 11 |
| 表 4-1 参数分类 .....                                                        | 13 |
| 表 5-1 热学操作额定值 .....                                                     | 14 |
| 表 5-2 湿度操作额定值 .....                                                     | 14 |
| 表 5-3 ESD 操作额定值.....                                                    | 14 |
| 表 5-4 电压和电流操作额定值.....                                                   | 15 |
| 表 6-1 DC 特性.....                                                        | 16 |
| 表 6-2 LVD/POR/AVDD 电压告警规格 .....                                         | 17 |
| 表 6-3 供电电流特性 .....                                                      | 18 |
| 表 6-4 测试场景细节描述.....                                                     | 19 |
| 表 6-5 功耗模式转换的行为特性 .....                                                 | 27 |
| 表 6-6 控制时序 .....                                                        | 27 |
| 表 6-7 PWM 输入时序.....                                                     | 28 |
| 表 6-8 热学属性 .....                                                        | 29 |
| 表 7-1 SWD 全电压范围电气规格 .....                                               | 31 |
| 表 7-2 OSC 规格 (环境温度范围 = -40 至 125 °C) .....                              | 31 |
| 表 7-3 OSC 和 ICS 规格 (环境温度范围 = -40 至 125 °C).....                         | 32 |
| 表 7-4 PLL 特性 .....                                                      | 32 |
| 表 7-5 片内 Flash 特性.....                                                  | 33 |
| 表 7-6 12 位 ADC 和温度传感器工作条件和特性 .....                                      | 34 |
| 表 7-7 12 位 ADC 和温度传感器工作条件和特性 (续) .....                                  | 34 |
| 表 7-8 比较器电气规格 .....                                                     | 35 |
| 表 7-9 SPI 特性 – 主机.....                                                  | 36 |
| 表 7-10 SPI 特性- 从机.....                                                  | 37 |
| 表 7-11 CAN 唤醒脉冲特性.....                                                  | 38 |
| 表 7-12 不同模式 <sup>[1]</sup> 下 I2C 总线特性 .....                             | 38 |
| 表 8-1 LQFP144 – 144 引脚, 20*20 毫米低轮廓四方引脚扁平式封装外形机械数据 <sup>[1]</sup> ..... | 41 |
| 表 8-2 LQFP100 – 100 引脚, 14*14 毫米低轮廓四方引脚扁平式封装外形机械数据 <sup>[1]</sup> ..... | 43 |
| 表 8-3 LQFP64 – 64 引脚, 10x10 毫米低轮廓四方引脚扁平式封装机械数据 <sup>[1]</sup> .....     | 45 |
| 表 9-1 信号多路复用和引脚分配表 .....                                                | 48 |

# 1 主要特性

- 车规标准
  - 支持 AEC-Q100 Grade 1
  - 支持 ISO26262 ASIL-B
- 性能
  - 高达 120MHz 的 ARM® Cortex-M4F 内核
  - 集成数字信号处理器(DSP)
  - 支持浮点单元(FPU)
  - 快速 I/O 访问接口
- 存储器和存储器接口
  - 片内 Flash，包含最大 1MB 的 PFlash( 包括 2 个 Bank，512KB+512KB) 和 128KB 的 DFlash，PFlash 和 DFlash 都支持 ECC
  - 最大 124KB 的系统 SRAM，支持 ECC
  - 4KB 的 FlexRAM
- CSE(Cryptographic Services Engine)
  - 支持 AES-128，支持 ECB、CBC、CMAC
  - 支持 secure boot 模式
  - 符合 SHE 协议
  - 支持真随机数(TRNG)、伪随机数(PRNG)
  - 支持密钥管理，支持最多 17 个用户密钥
- 时钟
  - 外部振荡器(OSC)—支持 4MHz 到 30MHz 石英晶体振荡器（晶振模式），或从 XIN 端直接输入最大 50MHz 外部时钟（外灌模式）
  - 系统锁相环(PLL)—支持内部或外部基准时钟源，最大频率 120MHz
  - 内部 128KHz 低功耗振荡器 (LSI)
  - 高速内部时钟(HSI)—内部 RC 振荡器提供 8MHz 时钟源
  - 超高速内部时钟(VHSI)—内部 RC 振荡器提供 48MHz 时钟源
- 电源管理
  - 电源管理模块(PMC)有 5 个功耗模式：正常运行、低速运行模式、停止模式 1、停止模式 2、低功耗停止模式
  - 低压检测复位电路(LVD/LVR)
- 系统外设
  - 带独立时钟源的看门狗(内部/外部看门狗，WDG/EWDG)
  - 可编程循环冗余校验(CRC)模块
  - JTAG/SWD 调试接口
  - 1 个 16 通道 DMA
- 人机接口



- 最多 128 个通用输入输出接口 (GPIO)
- 外部中断 (IRQ)模块
- **模拟模块**
  - 2 个 ADC，每个 ADC 多达 28 通道（外部 24 通道，内部 4 通道）、1Msps@12 位 /1.33Msps@10 位 /1.46Msps@8 位的 SAR ADC，可选硬件触发器(ADC)
  - 1 个包含 8 位 DAC 和可编程参考输入的模拟比较器(ACMP)
- **封装选项**
  - 144 引脚 LQFP
  - 100 引脚 LQFP
  - 64 引脚 LQFP
- **定时器**
  - 最多 6 个 8 通道互补脉宽调制 (PWM) 单元
  - 1 个 4 通道周期性中断定时器 (TIMER)
  - 1 个 16bit 的脉冲计数器 (PCT)
  - 1 个实时时钟计数器 (RTC)
  - 2 个可编程延时计数器(PDT)
- **通信接口**
  - 最大 4 个 CAN-FD 模块，兼容 CAN 2.0B
  - 4 个 UART 模块（支持 4 路 Software LIN）
  - 3 个 SPI 模块
  - 1 个 I2C 模块
  - 1 个 EIO 模块，支持最多 4 个定时器和 4 个移位器
- **操作特性**
  - 电压范围：2.7 到 5.5 V
  - 温度范围 (环境)：-40 到 125°C

## 2 整体框图

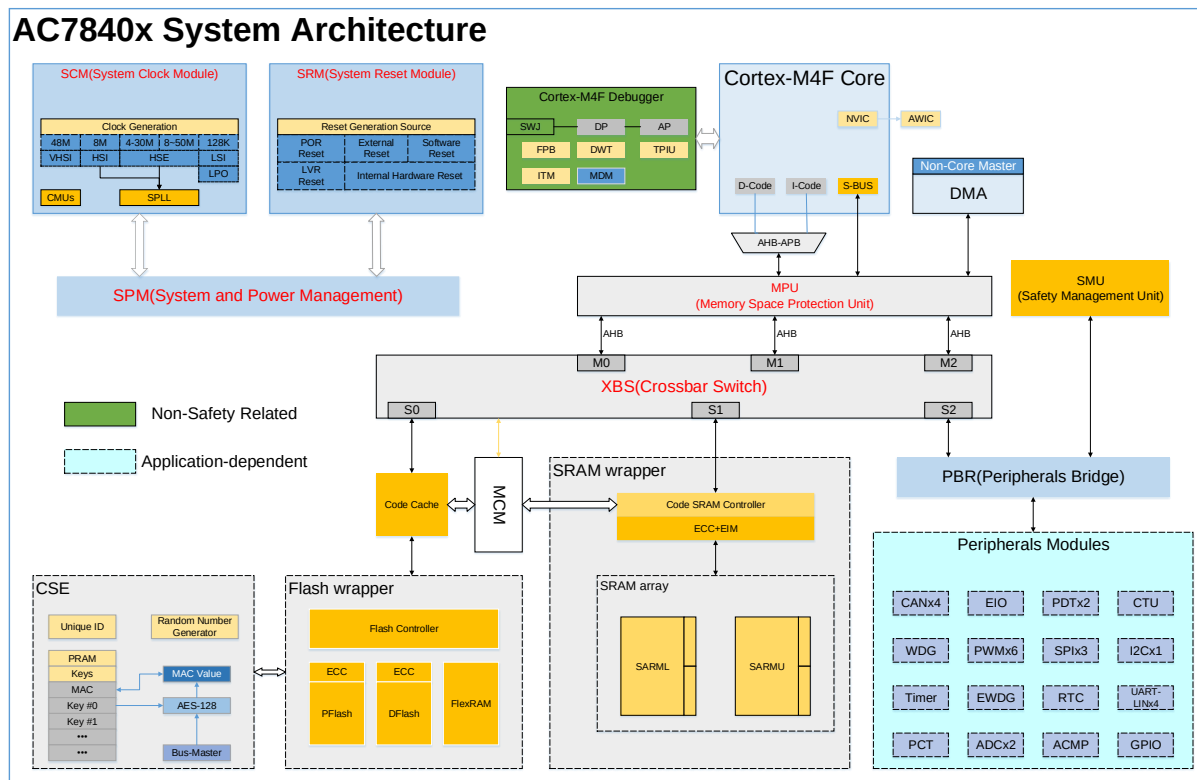


图 2-1 AC7840x 整体框图

## 3 器件标识

### 3.1 说明

芯片器件型号包含可识别具体器件的字段。您可以使用这些字段的值来区分收到的具体器件。

### 3.2 格式

此设备的器件编号采用如下格式：

AC## GTUFPN

### 3.3 字段

下表列出器件编号中每个字段的可能值（并非所有组合都有效）。

表 3-1 器件编号字段说明

| 字段 | 说明               | 值                                                                                                                                                                                           |
|----|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AC | AutoChips        | • AC                                                                                                                                                                                        |
| 7  | AutoChips MCU 系列 | • 7                                                                                                                                                                                         |
| 8  | 汽车通用型            | • 8                                                                                                                                                                                         |
| 4  | Core Platform    | • 4 = Cortex-M4F                                                                                                                                                                            |
| 0  | 特定功能位            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 = 性能/版本区分</li> <li>• 6 = 产品子系列</li> <li>6: 4 路 CAN-FD, 支持 Crypto</li> <li>5: 3 路 CAN-FD, 支持 Crypto</li> <li>3: 3 路 CAN-FD, 不支持 Crypto</li> </ul> |
| 6  |                  |                                                                                                                                                                                             |
| Y  | 引脚数目             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• H = 64</li> <li>• L = 100</li> <li>• Y = 144</li> </ul>                                                                                            |
| G  | Flash 存储器大小      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• F = 512KB</li> <li>• G = 1024KB</li> </ul>                                                                                                         |
| L  | 封装类型             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• L = LQFP</li> <li>• Q = QFN</li> <li>• T = TSSOP</li> </ul>                                                                                        |
| A  | 温度范围(°C)         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A = AEC-Q100 Grade 1(-40~125°C)</li> <li>• I = -40~105°C    C= -40~85°C</li> </ul>                                                                 |

### 3.4 示例

器件编号示例为：AC78406YGLA。

## 4 参数分类

下表中显示的电气参数通过不同的方法来保证达到要求。为了便于客户更好地理解，将使用如下的分类，并在表中适当的位置相应标记参数。

表 4-1 参数分类

|   |                                                           |
|---|-----------------------------------------------------------|
| P | 在对每个设备进行生产测试时确保达到这些参数要求。                                  |
| C | 通过不同制程的、具有统计意义的相关样本数量的测量结果来保证这些参数要求。                      |
| T | 除非另有说明，否则通过统计典型条件下典型器件的小规模样本测量值来保证这些参数要求。此类别包含典型列中所示的所有值。 |
| D | 这些参数主要来自于仿真。                                              |

## 5 额定值

### 5.1 热学操作额定值

表 5-1 热学操作额定值

| 符号   | 说明       | 最小值 | 最大值 | 单位 | 附注 |
|------|----------|-----|-----|----|----|
| TSTG | 存储温度     | -55 | 150 | °C | 1  |
| TSDR | 焊接温度, 无铅 | —   | 260 | °C | 2  |

- 根据 JEDEC JESD22-A103 标准中“高温存储寿命”来确定;
- 根据 IPC/JEDEC J-STD-020 标准中“非密封固态表面贴装设备湿度/再流焊灵敏度分类”确定。

### 5.2 湿度操作额定值

表 5-2 湿度操作额定值

| 符号  | 说明      | 最小值 | 最大值 | 单位 | 附注 |
|-----|---------|-----|-----|----|----|
| MSL | 湿度灵敏度级别 | —   | 3   | —  | 1  |

- 根据 IPC/JEDEC J-STD-020 标准中“非密封固态表面贴装设备湿度/再流焊灵敏度分类”确定。

### 5.3 ESD 操作额定值

表 5-3 ESD 操作额定值

| 符号               | 说明               | 最小值   | 最大值  | 单位 | 附注 |
|------------------|------------------|-------|------|----|----|
| V <sub>HBM</sub> | 静电放电电压, 人体放电模型   | -4000 | 4000 | V  | 1  |
| V <sub>CDM</sub> | 静电放电电压, 设备充电模型   | -750  | 750  | V  | 2  |
| I <sub>LAT</sub> | 125°C 温度环境下的门锁电流 | -100  | 100  | mA | 3  |

- 根据 AEC-Q100-002-D, HUMAN BODY MODEL ELECTROSTATIC DISCHARGE TEST 来确定。
- 根据 AEC-Q100-011-C1, CHARGED DEVICE MODEL (CDM) ELECTROSTATIC DISCHARGE TEST 确定。
- 根据 AEC-Q100-004-D, IC LATCH-UP TEST 确定。
  - 在 125 °C 环境温度下进行测试 (II 类);
  - 电源组 1.5 V<sub>ccmax</sub>

## 5.4 电压和电流操作额定值

绝对最大额定值仅为应力额定值，并不保证最大值时的功能操作。超过下表中指定的应力可能影响器件的可靠性或对器件造成永久性损坏。有关功能操作条件的更多信息，请参考此文档中的其他表格。

该器件包含防止高静态电压或电场造成损坏的电路，但建议采取预防措施，以避免实际应用中高于额定电压的输入造成这部分电路的损坏。未用输入引脚连接到适当的逻辑电压电平（例如， $V_{SS}$  或  $V_{DD}$ ）或使能相关引脚的内部上拉电阻，可增强操作的可靠性。

表 5-4 电压和电流操作额定值

| 符号        | 说明                     | 最小值            | 最大值                           | 单位 |
|-----------|------------------------|----------------|-------------------------------|----|
| $V_{DD1}$ | 数字电源电压                 | -0.3           | 5.5                           | V  |
| $V_{DD2}$ | 数字电源电压                 | -0.3           | 5.5                           | V  |
| $V_{DD3}$ | 数字电源电压                 | -0.3           | 5.5                           | V  |
| $V_{DD4}$ | 数字电源电压                 | -0.3           | 5.5                           | V  |
| $V_{DD5}$ | 数字电源电压                 | -0.3           | 5.5                           | V  |
| $V_{DD6}$ | 数字电源电压                 | -0.3           | 5.5                           | V  |
| $I_{DD}$  | 流入 $V_{DD}$ 的最大电流      | —              | 120                           | mA |
| $V_{IN}$  | 除开漏引脚之外的输入电压           | -0.3           | $V_{DD} + 0.1$ <sup>[1]</sup> | V  |
|           | 开漏引脚的输入电压              | -0.3           | $V_{DD} + 0.1$ <sup>[1]</sup> | V  |
| $I_D$     | 单引脚瞬态最大电流限值(适用于所有端口引脚) | -20            | 20                            | mA |
| $V_{DDA}$ | 模拟电源电压                 | $V_{DD} - 0.1$ | $V_{DD} + 0.1$                | V  |

<sup>[1]</sup> 最大额定  $V_{DD}$  也适用于  $V_{IN}$ 。

## 6 通用

### 6.1 静态电气规格

#### 6.1.1 电源和地引脚

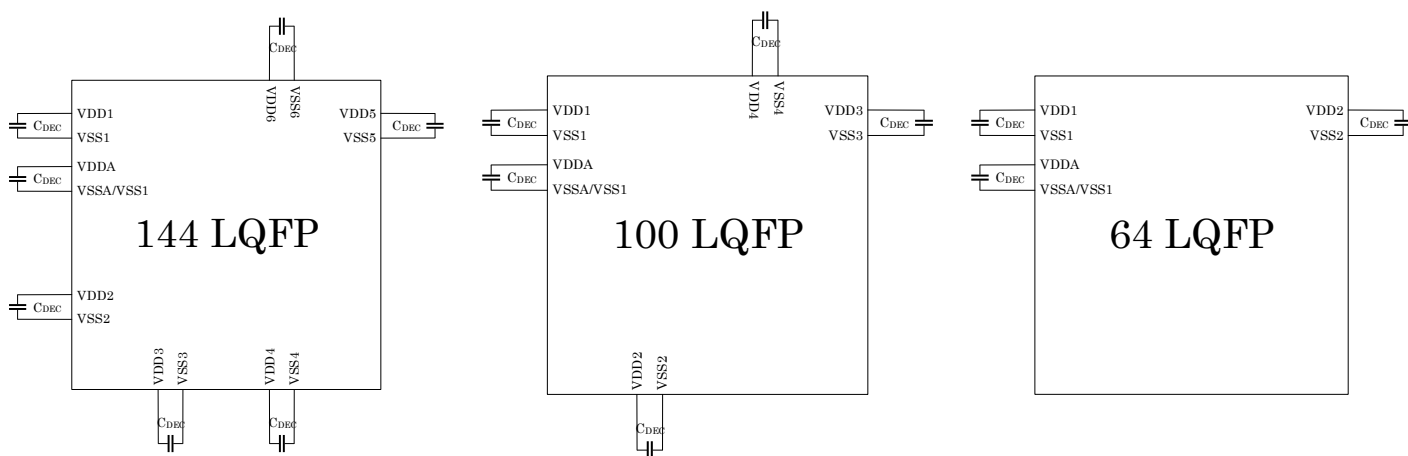


图 6-1 电压引脚去耦

1. VDDx 和 VDDA 在板上需连接到同一个供电电源。
2. 所有的退耦电容都需要使用 X7R 类型的低 ESR 值陶瓷电容，电容值建议是 0.1  $\mu\text{F}$ 。
3. 为了使电源引脚有更好的性能，建议使用 10  $\mu\text{F}$ 、0.1  $\mu\text{F}$  和 1 nF 电容并联形成退耦网络。
4. 所有的退耦电容都必须尽可能地靠近相应的电源和地引脚放置。

#### 6.1.2 DC 特性

本节包括有关电源要求和 I/O 引脚特性的信息。

表 6-1 DC 特性

| 符号              | C | 说明    |                                |                               | 最小值     | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|---|-------|--------------------------------|-------------------------------|---------|-----|-----|----|
| VDD             | P | 工作电压  |                                |                               | —       | —   | —   | —  |
| V <sub>OH</sub> | P | 输出高电压 | 驱动强度                           | I <sub>load</sub> = -5, -20mA | VDD-0.8 | —   | —   | V  |
| I <sub>OH</sub> | D | 输出高电压 | 单个 IO 的最大输出高电流 I <sub>OH</sub> | 5 V                           | 20      | —   | —   | mA |
|                 |   |       | 高驱动设置                          | 3.3 V                         | 14      | —   | —   |    |
|                 |   |       | 单个 IO 的最大输出高电流 I <sub>OH</sub> | 5 V                           | 5       | —   | —   | mA |
|                 |   |       | 低驱动设置                          | 3.3 V                         | 3.5     | —   | —   |    |



|            |   |            |                               |                                          |                      |                      |                      |            |
|------------|---|------------|-------------------------------|------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------|
| $I_{OHT}$  | D | 输出高电压      | 所有 IO 的最大输出高电流之和              | —                                        | —                    | —                    | 100                  | mA         |
| $V_{OL}$   | P | 输出低电压      | 驱动强度                          | $I_{load}=5, 20mA$                       | —                    | —                    | 0.8                  | V          |
| $I_{OL}$   | D | 输出低电压      | 单个 IO 的最大输出低电流 $I_{OL}$ 高驱动设置 | 5 V                                      | 20                   | —                    | —                    | mA         |
|            |   |            |                               | 3.3 V                                    | 12                   | —                    | —                    |            |
|            |   |            | 单个 IO 的最大输出低电流 $I_{OL}$ 低驱动设置 | 5 V                                      | 5                    | —                    | —                    | mA         |
|            |   |            |                               | 3.3 V                                    | 3                    | —                    | —                    |            |
| $V_{IH}$   | P | 输入高电压      | 全部数字输入                        | $4.0 \leq V_{DD} < 5.5 V$                | $0.65 \times V_{DD}$ | —                    | $V_{DD} + 0.3$       | V          |
|            |   |            |                               | $2.7 \leq V_{DD} < 4.0 V$                | $0.70 \times V_{DD}$ | —                    | $V_{DD} + 0.3$       |            |
| $V_{IL}$   | P | 输入低电压      | 全部数字输入                        | $4.0 \leq V_{DD} < 5.5 V$                | -0.3                 | —                    | $0.35 \times V_{DD}$ | V          |
|            |   |            |                               | $2.7 \leq V_{DD} < 4.0 V$                | -0.3                 | —                    | $0.30 \times V_{DD}$ |            |
| $V_{hys}$  | C | 输入迟滞       | 全部数字输入                        | —                                        | —                    | $0.03 \times V_{DD}$ | —                    | V          |
| $ I_{In} $ | P | 输入漏电流      | 每个引脚 (高阻抗输入模式下的引脚)            | $V_{IN}=V_{DD}$ 或 $V_{SS}$               | -1                   | 0.1                  | 1                    | $\mu A$    |
| $R_{PU}$   | P | 上拉电阻       | 所有数字输入并使能内部上拉                 | $4.0 \leq V_{DD} < 5.5 V$                | 20                   | —                    | 70                   | k $\Omega$ |
|            |   |            |                               | $2.7 \leq V_{DD} < 4.0 V$                | 20                   | —                    | 70                   |            |
| $R_{PD}$   | P | 下拉电阻       | 所有数字输入并使能内部下拉                 | $4.0 \leq V_{DD} < 5.5 V$                | 20                   | —                    | 70                   | k $\Omega$ |
|            |   |            |                               | $2.7 \leq V_{DD} < 4.0 V$                | 20                   | —                    | 70                   |            |
| $I_{IC}$   | D | DC 注入电流    | 单引脚限值                         | $V_{IN} < V_{SS}$ ,<br>$V_{IN} > V_{DD}$ | -3                   | —                    | 3                    | mA         |
|            |   |            | 总 MCU 限值, 包括所有应力引脚的总和         |                                          | —                    | —                    | 30                   |            |
| $C_{In}$   | C | 输入电容, 所有引脚 |                               | —                                        | —                    | 5                    | 7                    | pF         |

表 6-2 LVD/POR/AVDD 电压告警规格

| 符号         | C | 说明                      | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------|---|-------------------------|-----|-----|-----|----|
| $V_{POR}$  | D | POR 重置电压 <sup>[1]</sup> | 1.6 | 1.8 | 2   | V  |
| $V_{LVDL}$ | C | 下降沿低压告警阈值—低压档位          | 2.8 | 2.9 | 3.0 | V  |

|                     |   |                               |      |      |      |    |
|---------------------|---|-------------------------------|------|------|------|----|
| V <sub>LVDH</sub>   | C | 下降沿低压告警阈值—高压档位 <sup>[2]</sup> | 4.4  | 4.5  | 4.65 | V  |
| V <sub>HYSLVD</sub> | C | 低压告警检测迟滞                      | —    | 50   | —    | mV |
| V <sub>LVRH</sub>   | C | 下降沿低压复位阈值(RUN/STOP/VLPR)      | 2.5  | 2.6  | 2.7  | V  |
| V <sub>LVRH</sub>   | C | 下降沿低压复位阈值(VLPS)               | 1.97 | 2.22 | 2.44 | V  |
| V <sub>HYSLVR</sub> | C | 低压复位检测迟滞                      | —    | 50   | —    | mV |
| V <sub>BG</sub>     | P | 经过缓冲的带隙输出 <sup>[3]</sup>      | 1.18 | 1.2  | 1.22 | V  |

<sup>[1]</sup> 最大值是 POR 可以保证的最高电压值；

<sup>[2]</sup> 上升沿阈值=下降沿阈值+ 迟滞电压；

<sup>[3]</sup> 电压已在 V<sub>DD</sub> = 5.0 V，T<sub>emp</sub> = 25 °C 下进行出厂调整。

### 6.1.3 功耗模式

支持运行 RUN、STOP1、STOP2、VLPR、VLPS 五种功耗模式。

- 运行模式（RUN）- CPU 可在全速状态下运行，MCU 复位后，默认工作模式为 RUN 模式，使用 VHSE 作为系统时钟（System Clock）。
- 停止模式 1（STOP1）- CPU 进入深度休眠模式，内核时钟（Core Clock）、系统时钟和总线时钟（Bus Clock）均关闭。
- 停止模式 2（STOP2）- CPU 进入深度休眠模式，内核时钟、系统时钟关闭，总线时钟开启。
- 低速运行模式（VLPR）- CPU 可在低速状态下运行，此模式下 PLL 和 VHSE 及外部 HSE 被关闭，只能使用 HSI 作为系统时钟。
- 低功耗停止模式（VLPS）- CPU 进入深度休眠模式，此模式为芯片的最低功耗模式。

### 6.1.4 电源电流特性

表 6-3 供电电流特性

| 功耗模式       | 使用情景 | VDD (V) | -40℃   | 25℃    | 125℃   | 单位 |
|------------|------|---------|--------|--------|--------|----|
| RUN@120MHz | 外设关闭 | 5       | 11.625 | 12.428 | 73.156 | mA |
|            |      | 3.3     | 11.265 | 12.074 | 67.731 |    |
|            | 外设打开 | 5       | 32.288 | 31.778 | 95.944 |    |
|            |      | 3.3     | 30.350 | 30.737 | 88.369 |    |
| RUN@80MHz  | 外设关闭 | 5       | 11.625 | 12.429 | 73.156 |    |
|            |      | 3.3     | 11.264 | 12.075 | 67.725 |    |
|            | 外设打开 | 5       | 26.059 | 25.381 | 89.056 |    |
|            |      | 3.3     | 24.103 | 24.457 | 81.825 |    |

|                        |          |     |         |         |         |        |
|------------------------|----------|-----|---------|---------|---------|--------|
| RUN@64MHz              | 外设关闭     | 5   | 11.624  | 12.429  | 73.150  |        |
|                        |          | 3.3 | 11.264  | 12.074  | 67.750  |        |
|                        | 外设打开     | 5   | 23.470  | 22.798  | 86.200  |        |
|                        |          | 3.3 | 21.532  | 21.917  | 79.113  |        |
| RUN@48MHz              | 外设关闭     | 5   | 11.624  | 12.429  | 73.125  |        |
|                        |          | 3.3 | 11.264  | 12.075  | 67.725  |        |
|                        | 外设打开     | 5   | 20.213  | 19.480  | 82.294  |        |
|                        |          | 3.3 | 18.310  | 18.661  | 75.419  |        |
| STOP1                  | —        | 5   | 4.171   | 4.953   | 65.606  | mA     |
|                        |          | 3.3 | 4.015   | 4.856   | 60.875  |        |
| STOP2                  | —        | 5   | 4.482   | 5.264   | 65.913  | mA     |
|                        |          | 3.3 | 4.323   | 5.164   | 61.175  |        |
| VLPR                   | 外设打开情景 1 | 5   | 2.888   | 2.625   | 62.050  | mA     |
|                        |          | 3.3 | 2.223   | 2.539   | 57.506  |        |
|                        | 外设打开情景 2 | 5   | 4.158   | 3.005   | 63.431  | mA     |
|                        |          | 3.3 | 3.034   | 2.909   | 58.138  |        |
|                        | 外设关闭     | 5   | 2.217   | 2.612   | 62.000  | mA     |
|                        |          | 3.3 | 2.065   | 2.526   | 57.475  |        |
| VLPS                   | 外设关闭     | 5   | —       | —       | —       | —      |
|                        |          | 3.3 | —       | —       | —       |        |
|                        | 定时器打开    | 5   | —       | —       | —       | —      |
|                        |          | 3.3 | —       | —       | —       |        |
| IDD/MHz <sup>[1]</sup> | —        | 5   | 145.313 | 155.363 | 914.450 | uA/MHz |
|                        | —        | 3.3 | 140.800 | 150.938 | 846.563 |        |

[1] 该值在 RUN@80MHz，外设关闭情况下计算得到  
表格中量测场景细节描述如下表所示。

表 6-4 测试场景细节描述

| 模块          | VLPS(<br>外设关<br>闭) | VLPS(<br>定时器<br>关闭) | VLPR(<br>外设关<br>闭) | VLPR(<br>外设打<br>开情景<br>1) | VLPR(<br>外设打<br>开情景<br>2) | STOP1 | STOP2 | RUN(48<br>/64/80/1<br>20MHz)<br>(外设关<br>闭) | RUN(48<br>/64/80/1<br>20MHz)<br>(外设打<br>开) |
|-------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|-------|-------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 内核模块        |                    |                     |                    |                           |                           |       |       |                                            |                                            |
| NVIC        | OFF                | OFF                 | ON                 | ON                        | ON                        | OFF   | OFF   | ON                                         | ON                                         |
| 系统模块        |                    |                     |                    |                           |                           |       |       |                                            |                                            |
| SPM/P<br>MC | ON                 | ON                  | ON                 | ON                        | ON                        | ON    | ON    | ON                                         | ON                                         |
| 稳压器         | Stop               | Stop                | Stop               | Stop                      | Stop                      | Run   | Run   | Run                                        | Run                                        |

| LVD/L<br>VR   | LVD 关<br>闭/LVR<br>打开 | LVD 关<br>闭/LVR<br>打开            | LVD 关<br>闭/LVR<br>打开 | LVD 关<br>闭/LVR<br>打开 | LVD 关<br>闭/LVR<br>打开                                          | LVD/L<br>VR 都打<br>开 | LVD/L<br>VR 都打<br>开 | LVD/L<br>VR 都打<br>开                 | LVD/L<br>VR 都打<br>开                                           |
|---------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 掉电检<br>测      | ON                   | ON                              | ON                   | ON                   | ON                                                            | ON                  | ON                  | ON                                  | ON                                                            |
| DMA           | OFF                  | OFF                             | OFF                  | OFF                  | DMA:O<br>N,<br>DMA 每<br>8ms 从<br>SRAML<br>传输到<br>SRAM<br>U 一次 | OFF                 | OFF                 | OFF                                 | DMA:O<br>N,<br>DMA 每<br>8ms 从<br>Flash<br>传输到<br>SRAM<br>U 一次 |
| WDG           | OFF                  | ON                              | OFF                  | OFF                  | OFF                                                           | OFF                 | OFF                 | OFF                                 | OFF                                                           |
| EWDG          | OFF                  | OFF                             | OFF                  | OFF                  | OFF                                                           | OFF                 | OFF                 | OFF                                 | OFF                                                           |
| 时钟模块          |                      |                                 |                      |                      |                                                               |                     |                     |                                     |                                                               |
| 128kHz<br>LSI | OFF                  | ON                              | ON                   | ON                   | ON                                                            | ON                  | ON                  | ON                                  | ON                                                            |
| PLL           | OFF                  | OFF                             | OFF                  | OFF                  | OFF                                                           | OFF                 | OFF                 | ON<br>在<br>48MHz<br>使用情<br>景下关<br>闭 | ON<br>在<br>48MHz<br>使用情<br>景下关<br>闭                           |
| HSI           | OFF                  | OFF                             | ON(8M<br>Hz)         | ON(8M<br>Hz)         | ON(8M<br>Hz)                                                  | ON(8M<br>Hz)        | ON(8M<br>Hz)        | OFF                                 | OFF                                                           |
| VHSI          | OFF                  | OFF                             | OFF                  | OFF                  | OFF                                                           | ON(48<br>MHz)       | ON(48<br>MHz)       | ON(48<br>MHz)                       | ON(48<br>MHz)                                                 |
| HSE           | OFF                  | OFF                             | OFF                  | OFF                  | OFF                                                           | OFF                 | OFF                 | ON                                  | ON                                                            |
| SCG           | LSI 作<br>为时钟<br>源    | LSI 作<br>为<br>TIMER<br>的时钟<br>源 | HSI 作<br>为时钟<br>源    | HSI 作<br>为时钟<br>源    | HSI 作<br>为时钟<br>源                                             | 所有时<br>钟源可<br>用     | 所有时<br>钟源可<br>用     | 所有时<br>钟源可<br>用,且<br>HSI 关<br>闭     | 所有时<br>钟源可<br>用,且<br>HSI 关<br>闭                               |

|      |     |     |                        |                        |                        |     |     |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                            |
|------|-----|-----|------------------------|------------------------|------------------------|-----|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 内核时钟 | OFF | OFF | 4MHz(<br>HSI 作<br>时钟源) | 4MHz(<br>HSI 作<br>时钟源) | 1MHz(<br>HSI 作<br>时钟源) | OFF | OFF | Run@80<br>MHz:80<br>MHz(P<br>LL 作时<br>钟<br>源,HSE:<br>8MHz)<br>Run@64<br>MHz:64<br>MHz(P<br>LL 作时<br>钟<br>源,HSE:<br>8MHz)<br>Run@48<br>MHz:48<br>MHz<br>(48MHz<br>作时钟<br>源) | Run@80<br>MHz:80<br>MHz(P<br>LL 作时<br>钟<br>源,HSE:<br>8MHz)<br>Run@64<br>MHz:64<br>MHz(P<br>LL 作时<br>钟<br>源,HSE:<br>8MHz)<br>Run@48<br>MHz:48<br>MHz<br>(48MHz<br>作时钟<br>源) |
| 系统时钟 | OFF | OFF | 4MHz(<br>HSI 作<br>时钟源) | 4MHz(<br>HSI 作<br>时钟源) | 1MHz(<br>HSI 作<br>时钟源) | OFF | OFF | Run@80<br>MHz:80<br>MHz(P<br>LL 作时<br>钟<br>源,HSE:<br>8MHz)<br>Run@64<br>MHz:64<br>MHz(P<br>LL 作时<br>钟<br>源,HSE:<br>8MHz)<br>Run@48<br>MHz:48<br>MHz<br>(48MHz<br>作时钟<br>源) | Run@80<br>MHz:80<br>MHz(P<br>LL 作时<br>钟<br>源,HSE:<br>8MHz)<br>Run@64<br>MHz:64<br>MHz(P<br>LL 作时<br>钟<br>源,HSE:<br>8MHz)<br>Run@48<br>MHz:48<br>MHz<br>(48MHz<br>作时钟<br>源) |

|             |     |     |                        |                        |                        |     |                             |                                                                               |                                                                               |
|-------------|-----|-----|------------------------|------------------------|------------------------|-----|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|             |     |     |                        |                        |                        |     |                             | Run@48<br>MHz:48<br>MHz<br>(48MHz<br>作时钟<br>源)                                | Run@48<br>MHz:48<br>MHz<br>(48MHz<br>作时钟<br>源)                                |
| 总线时<br>钟    | OFF | OFF | 2MHz(<br>HSI 作<br>时钟源) | 2MHz(<br>HSI 作<br>时钟源) | 1MHz(<br>HSI 作<br>时钟源) | OFF | 48MHz(<br>VHSI<br>作时钟<br>源) | Run@80<br>MHz:40<br>MHz<br>Run@64<br>MHz:32<br>MHz<br>Run@48<br>MHz:48<br>MHz | Run@80<br>MHz:40<br>MHz<br>Run@64<br>MHz:32<br>MHz<br>Run@48<br>MHz:48<br>MHz |
| Flash<br>时钟 | OFF | OFF | 1MHz(<br>HSI 作<br>时钟源) | 1MHz(<br>HSI 作<br>时钟源) | 1MHz(<br>HSI 作<br>时钟源) | OFF | 24MHz(<br>VHSI<br>作时钟<br>源) | Run@80<br>MHz:20<br>MHz<br>Run@64<br>MHz:16<br>MHz<br>Run@48<br>MHz:24<br>MHz | Run@80<br>MHz:20<br>MHz<br>Run@64<br>MHz:16<br>MHz<br>Run@48<br>MHz:24<br>MHz |
| 存储器及存储器接口   |     |     |                        |                        |                        |     |                             |                                                                               |                                                                               |

|                                        |                             |                             |                             |                             |                                                  |                             |                             |     |                                                |
|----------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----|------------------------------------------------|
| Flash<br>存储器                           | 低功耗<br>(无读/无<br>编程/无<br>擦除) | 低功耗<br>(无读/无<br>编程/无<br>擦除) | 低功耗<br>(无读/无<br>编程/无<br>擦除) | 低功耗<br>(无读/无<br>编程/无<br>擦除) | ON(可<br>在最大<br>1MHz<br>时钟下<br>读,无编<br>程/无擦<br>除) | 低功耗<br>(无读/无<br>编程/无<br>擦除) | 低功耗<br>(无读/无<br>编程/无<br>擦除) | ON  | ON                                             |
| Flash<br>预取                            | N/A                         | N/A                         | OFF                         | OFF                         | OFF                                              | ON                          | ON                          | ON  | ON                                             |
| 系统<br>RAM(S<br>RAMU<br>和<br>SRAML<br>) | 低功耗<br>(无读/无<br>写)          | 低功耗<br>(无读/无<br>写)          | 低功耗<br>(可读/可<br>写)          | 低功耗<br>(可读/可<br>写)          | 低功耗<br>(可读/可<br>写)                               | 低功耗<br>(可读/可<br>写)          | 低功耗<br>(可读/可<br>写)          | ON  | ON                                             |
| Cache                                  | OFF                         | OFF                         | OFF                         | OFF                         | OFF                                              | 低功耗<br>(无读/无<br>写)          | 低功耗<br>(无读/无<br>写)          | ON  | ON                                             |
| Flex 存<br>储器                           | 低功耗<br>(无读/无<br>写)          | 低功耗<br>(无读/无<br>写)          | 低功耗<br>(可读/可<br>写)          | 低功耗<br>(可读/可<br>写)          | 低功耗<br>(可读/可<br>写)                               | 低功耗<br>(无读/无<br>写)          | 低功耗<br>(无读/无<br>写)          | ON  | ON                                             |
| 通信模块                                   |                             |                             |                             |                             |                                                  |                             |                             |     |                                                |
| UART                                   | OFF                         | OFF                         | OFF                         | OFF                         | 3xUAR<br>T@1920<br>0<br>每<br>100ms<br>传输一<br>次   | OFF                         | OFF                         | OFF | 3xUAR<br>T@1920<br>0<br>每<br>100ms<br>传输一<br>次 |

|       |     |     |     |     |                              |     |     |     |                                                                                                |
|-------|-----|-----|-----|-----|------------------------------|-----|-----|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SPI   | OFF | OFF | OFF | OFF | SPI0/1/2@500k bps 每 5ms 传输一次 | OFF | OFF | OFF | SPI0@Run@80 MHz:20 Mbps RUN@64 和 48MHz 使用情景:16M bps 每 5ms 传输一次<br><br>SPI1/2 @1Mbps 每 5ms 传输一次 |
| I2C   | OFF | OFF | OFF | OFF | 1xLPI2C 每 100ms 传输一次         | OFF | OFF | OFF | 1xLPI2C 每 100ms 传输一次                                                                           |
| EIO   | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF                          | OFF | OFF | OFF | OFF                                                                                            |
| CAN   | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF                          | OFF | OFF | OFF | 3xFlex CAN@500Kbps                                                                             |
| 安全模块  |     |     |     |     |                              |     |     |     |                                                                                                |
| CRC   | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF                          | OFF | OFF | OFF | OFF                                                                                            |
| 定时器模块 |     |     |     |     |                              |     |     |     |                                                                                                |



|       |     |     |     |     |                                                                                                                                |     |     |     |                                                                                                                                |
|-------|-----|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PWM   | OFF | OFF | OFF | OFF | PWM0<br>CH0-7<br>400Hz<br>PWM<br>PWM1<br>CH0-7<br>200Hz<br>PWM<br>FMT2<br>CH5<br>20KHz<br>PWM<br>PWM3<br>CH0-7<br>200Hz<br>PWM | OFF | OFF | OFF | PWM0<br>CH0-7<br>400Hz<br>PWM<br>PWM1<br>CH0-7<br>200Hz<br>PWM<br>FMT2<br>CH5<br>20KHz<br>PWM<br>PWM3<br>CH0-7<br>200Hz<br>PWM |
| Timer | OFF | OFF | OFF | OFF | LPIT:O<br>N,每<br>1ms 产<br>生一次<br>中断                                                                                            | OFF | OFF | OFF | LPIT:O<br>N,每<br>1ms 产<br>生一次<br>中断                                                                                            |
| PDT   | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF                                                                                                                            | OFF | OFF | OFF | OFF                                                                                                                            |
| PCT   | OFF | ON  | OFF | OFF | ON                                                                                                                             | OFF | OFF | OFF | OFF                                                                                                                            |
| RTC   | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF                                                                                                                            | OFF | OFF | OFF | OFF                                                                                                                            |
| 模拟模块  |     |     |     |     |                                                                                                                                |     |     |     |                                                                                                                                |

|               |     |     |     |                                                         |                                                                                   |     |     |     |                                                                                                                |
|---------------|-----|-----|-----|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12-bit<br>ADC | OFF | OFF | OFF | OFF                                                     | OFF                                                                               | OFF | OFF | OFF | ADC0<br>7CH 打<br>开<br>@48MH<br>z<br>每 3ms<br>转换一<br>次<br>ADC1<br>7CH 打<br>开<br>@48MH<br>z<br>每 3ms<br>转换一<br>次 |
| ACMP          | OFF | OFF | OFF | OFF                                                     | ACMP<br>2 Ch 打<br>开                                                               | OFF | OFF | OFF | ACMP<br>2 Ch 打<br>开<br>@48MH<br>z                                                                              |
| PAD interface |     |     |     |                                                         |                                                                                   |     |     |     |                                                                                                                |
| IOs 使<br>能    | OFF | OFF | OFF | PC6,PC<br>7,PC8,P<br>C9,PC1<br>0,PC11,<br>PC12,P<br>C13 | PC6,PC<br>7,PC8,P<br>C9,PC1<br>0,PC11,<br>PC12,P<br>C13,对<br>应外设<br>的 IO 使<br>能打开 | OFF | OFF | OFF | 对应外<br>设的 IO<br>使能打<br>开                                                                                       |

## 6.1.5 功耗模式转换的行为特性

表 6-5 中的所有规格均采用此时钟配置：

- RUN
  - 时钟源: VHSI
  - SYS\_CLK/CORE\_CLK = 48 MHz
  - BUS\_CLK = 48 MHz
- VLPR
  - 时钟源: HSI
  - SYS\_CLK/CORE\_CLK = 8 MHz
  - BUS\_CLK = 8 MHz
- STOP1/STOP2
  - 时钟源: VHSI
  - SYS\_CLK/CORE\_CLK = OFF
  - BUS\_CLK = 48 MHz
- VLPS: 所有时钟源关闭。

表 6-5 功耗模式转换的行为特性

| 符号        | 描述                                                         | 最小值 | 典型值 | 最大值  | 单位      |
|-----------|------------------------------------------------------------|-----|-----|------|---------|
| $t_{POR}$ | 在 POR 事件之后，从 VDD 达到 2.7 V 开始，到在芯片的工作温度范围内执行第一条指令时，这之间的时间长度 | —   | 325 | —    | $\mu s$ |
| —         | VLPS $\rightarrow$ RUN                                     | 14  | —   | 21   | $\mu s$ |
| —         | STOP1 $\rightarrow$ RUN                                    | 0.5 | —   | 1.46 | $\mu s$ |
| —         | STOP2 $\rightarrow$ RUN                                    | 0.5 | —   | 1.46 | $\mu s$ |
| —         | VLPR $\rightarrow$ RUN                                     | —   | 1.5 | —    | $\mu s$ |
| —         | VLPS $\rightarrow$ VLPR                                    | —   | 20  | —    | $\mu s$ |
| —         | RUN $\rightarrow$ STOP1                                    | —   | 0.4 | —    | $\mu s$ |
| —         | RUN $\rightarrow$ STOP2                                    | —   | 0.4 | —    | $\mu s$ |
| —         | RUN $\rightarrow$ VLPS                                     | —   | 35  | —    | $\mu s$ |
| —         | RUN $\rightarrow$ VLPR                                     | —   | 0.9 | —    | $\mu s$ |
| —         | Pin 复位 $\rightarrow$ 代码执行                                  | —   | 214 | —    | $\mu s$ |

## 6.2 动态规格

### 6.2.1 控制时序

表 6-6 控制时序

| 编号 | 符号        | C | 额定值                              | 最小值 | 典型值 <sup>[1]</sup> | 最大  | 单位  |
|----|-----------|---|----------------------------------|-----|--------------------|-----|-----|
| 1  | $f_{Sys}$ | D | 系统和内核时钟( $t_{sys} = 1/f_{Sys}$ ) | DC  | —                  | 120 | MHz |

|   |                                      |   |                                              |                      |                      |      |     |
|---|--------------------------------------|---|----------------------------------------------|----------------------|----------------------|------|-----|
| 2 | f <sub>Bus</sub>                     | P | 总线频率( $t_{cyc} = 1/f_{sys}$ )                | DC                   | —                    | 60   | MHz |
| 3 | f <sub>LSI</sub>                     | P | 内部低功耗振荡器频率                                   | —                    | 128                  | —    | KHz |
| 4 | t <sub>extrst</sub>                  | D | 外部复位脉冲宽度 <sup>[2]</sup>                      | $1.5 \times t_{sys}$ | —                    | —    | ns  |
| 5 | t <sub>ILIH</sub> /t <sub>IHIL</sub> | D | IRQ 脉冲宽度                                     | RUN <sup>[3]</sup>   | $1.5 \times t_{sys}$ | —    | ns  |
|   | t <sub>ILIH</sub> /t <sub>IHIL</sub> | D |                                              | VLPR                 | $1.5 \times t_{sys}$ | —    | ns  |
|   | t <sub>ILIH</sub> /t <sub>IHIL</sub> | D |                                              | STOP1                | $1.5 \times t_{sys}$ | —    | ns  |
|   | t <sub>ILIH</sub> /t <sub>IHIL</sub> | D |                                              | STOP2                | $1.5 \times t_{sys}$ | —    | ns  |
|   | t <sub>ILIH</sub> /t <sub>IHIL</sub> | D |                                              | VLPS                 | $1.5 \times t_{sys}$ | —    | ns  |
| 6 | t <sub>Rise</sub>                    | C | 端口上升和下降时间- 标准驱动强度(负载 = 50 pF) <sup>[4]</sup> | —                    | —                    | 10.2 | ns  |
|   | t <sub>Fall</sub>                    | C |                                              | —                    | —                    | 9.5  | ns  |
|   | t <sub>Rise</sub>                    | C | 端口上升和下降时间- 高驱动强度(负载 = 50 pF) <sup>[4]</sup>  | —                    | —                    | 3    | ns  |
|   | t <sub>Fall</sub>                    | C |                                              | —                    | —                    | 3    | ns  |

<sup>[1]</sup> 除非另有说明，否则典型值是指 V<sub>DD</sub>=5.0 V、25 °C 时的特性数据；

<sup>[2]</sup> 这里保证可识别为 RESET\_B 引脚请求的最短脉冲；

<sup>[3]</sup> 这里保证可通过引脚同步电路的最短脉冲宽度。低于该宽度的脉冲有可能不被识别；

<sup>[4]</sup> 时序按 20%的 V<sub>DD</sub> 电平和 80%的 V<sub>DD</sub> 电平显示，温度范围-40 至 125 °C。

## 6.2.2 PWM 模块时序

同步电路决定可识别的最短输入脉冲。这些同步电路的工作时钟被称作 PWM 时钟。

表 6-7 PWM 输入时序

| 编号 | 符号                | C | 描述        | 最小值 | 最大值                 | 单位                              |
|----|-------------------|---|-----------|-----|---------------------|---------------------------------|
| 1  | f <sub>PWM</sub>  | D | 定时器时钟频率   | —   | 120M                | Hz                              |
| 2  | f <sub>Tclk</sub> | D | 外部时钟频率    | 0   | f <sub>PWM</sub> /4 | Hz                              |
| 3  | t <sub>Tclk</sub> | D | 外部时钟周期    | 4   | —                   | t <sub>PWM</sub> <sup>[1]</sup> |
| 4  | t <sub>clkh</sub> | D | 外部时钟高电平时间 | 1.5 | —                   | t <sub>PWM</sub>                |
| 5  | t <sub>clkl</sub> | D | 外部时钟低电平时间 | 1.5 | —                   | t <sub>PWM</sub>                |
| 6  | t <sub>ICPW</sub> | D | 外部输入脉冲宽度  | 1.5 | —                   | t <sub>PWM</sub>                |

<sup>[1]</sup> t<sub>PWM</sub>=1/ f<sub>PWM</sub>.

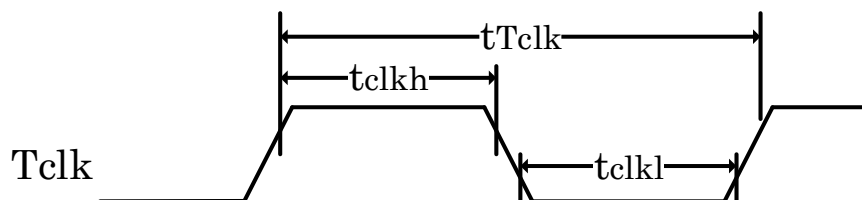


图 6-2 定时器外部时钟

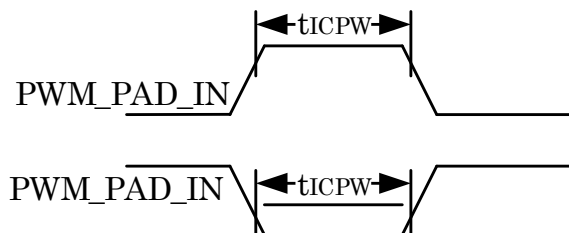


图 6-3 定时器外部输入脉冲

注意：PWM\_PAD\_IN 表示 PWM 对应的芯片引脚输入。

## 6.3 热规格

### 6.3.1 热特性

本节介绍有关工作温度范围、功耗和封装热阻的信息。I/O 引脚上的功耗通常比片上逻辑和电压调节器电路中的功耗少，且它由用户决定而非由 MCU 设计控制。要在功率计算中考虑  $P_{I/O}$ ，请确定实际引脚电压和  $V_{SS}$  或  $V_{DD}$  之间的电压差并乘以每个 I/O 引脚的引脚电流。

表 6-8 热学属性

| 电路板类型        | 符号             | 描述                        | 144   | 100   | 64    | 单位   | 附注   |
|--------------|----------------|---------------------------|-------|-------|-------|------|------|
|              |                |                           | LQFP  | LQFP  | LQFP  |      |      |
| 双层<br>(1s1p) | $\theta_{JA}$  | 热阻，结到外部环境(自然对流)           | 46.0  | 64.59 | 64.83 | °C/W | 1, 2 |
| 四层<br>(2s2p) | $\theta_{JA}$  | 热阻，结到外部环境(自然对流)           | 38.13 | 48.22 | 45.41 | °C/W | 1, 3 |
| —            | $\theta_{JB}$  | 热阻，结到板                    | 26.13 | 28.74 | 23.46 | °C/W | 4    |
| —            | $\theta_{JC}$  | 热阻，结到管壳                   | 11.6  | 16.3  | 13.2  | °C/W | 5    |
| 双层<br>(1s1p) | $\psi_{JT}$    | 热特性参数，结到外封装顶部中心（自然对流）     | 24.66 | 27.26 | 19.5  | °C/W | 6    |
| 四层<br>(2s2p) | $\psi_{JT}$    | 热特性参数，结到外封装顶部中心（自然对流）     | 24.46 | 27.04 | 19.33 | °C/W | 6    |
| 双层<br>(1s1p) | $\psi_{JB}$    | 热特性参数，结到外封装底部中心（自然对流）     | 25.06 | 27.78 | 20.75 | °C/W | 7    |
| 四层<br>(2s2p) | $\psi_{JB}$    | 热特性参数，结到外封装底部中心（自然对流）     | 25.03 | 27.93 | 21.33 | °C/W | 7    |
| 双层<br>(1s1p) | $\theta_{JMA}$ | 热阻，结到外部环境（空气速率为200 英尺/分钟） | 37.73 | 46.81 | 49.0  | °C/W | 1, 3 |
| 四层<br>(2s2p) | $\theta_{JMA}$ | 热阻，结到外部环境（空气速率为200 英尺/分钟） | 31.93 | 40.14 | 37.5  | °C/W | 1, 3 |

1. 结温是裸片大小、片上功耗、封装热阻、安装环境（板）温度、环境温度、气流、板上其他组件的功耗和板热阻的函数。

2. 基于 JEDEC JESD51-2 标准，在单层板(JESD51-3)水平方向。

3. 基于JEDEC JESD51-6, 在电路板(JESD51-7)水平方向。
4. 裸片和印刷电路板上的热阻, 基于JEDEC JESD51-8 标准, 板温度在封装附近的板上表面测量。
5. 裸片和封装底部焊盘之间的热阻, 忽略接触热阻。
6. 基于JEDEC JESD51-2 标准, 热特性参数表示封装顶部和结温度之间的温差。未提供希腊字母时的热特性。
7. 基于JEDEC JESD51-2 标准, 热特性参数表示封装底部和结温度之间的温差。未提供希腊字母时的热特性。

可通过以下公式计算平均芯片结温 ( $T_J$ ) (以  $^{\circ}\text{C}$  为单位) :

$$T_J = T_A + (P_D \times \theta_{JA})$$

其中:  $T_A$  = 环境温度, 以 $^{\circ}\text{C}$  为单位;

$\theta_{JA}$ 是 封装热阻, 结环境, 以 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$  为单位;

$$P_D = P_{\text{int}} + P_{\text{I/O}}$$

以瓦特为单位的芯片内部功率:

$$P_{\text{int}} = I_{\text{DD}} \times V_{\text{DD}}$$

$P_{\text{I/O}}$  是输入和输出引脚上的功耗 — 由用户决定;

对于大多数应用,  $P_{\text{I/O}} \ll P_{\text{int}}$ , 且可以忽略。

$P_D$  和  $T_J$  (如果忽略  $P_{\text{I/O}}$ ) 之间的近似 关系是:

$$P_D = K \div (T_J + 273^{\circ}\text{C})$$

求解以上等式中的  $K$ :

$$K = P_D \times (T_A + 273^{\circ}\text{C}) + \theta_{JA} \times (P_D)^2$$

其中  $K$  是特定部分的常数。

通过测量已知  $T_A$  的  $P_D$  (处于均衡状态) 来确定  $K$ 。使用此  $K$  值, 可通过以上公式迭代求解任何  $T_A$  值来获得  $P_D$  和  $T_J$  值。

## 7 外设工作要求和行为

### 7.1 内核模块

#### 7.1.1 SWD 电气规格

表 7-1 SWD 全电压范围电气规格

| 符号  | 描述                            | 最小值  | 最大值 | 单位  |
|-----|-------------------------------|------|-----|-----|
|     | 工作电压                          | 2.7  | 5.5 | V   |
| J1  | SWD_CLK 工作频率<br>• 串行线调试       | 0    | 12  | MHz |
| J2  | SWD_CLK 周期                    | 1/J1 | —   | ns  |
| J3  | SWD_CLK 时钟脉宽<br>• 串行线调试       | 20   | —   | ns  |
| J4  | SWD_CLK 上升和下降时间               | —    | 3   | ns  |
| J9  | SWD_CLK 上升沿的 SWD_DIO 输入数据建立时间 | 5    | —   | ns  |
| J10 | SWD_CLK 上升沿的 SWD_DIO 输入数据保持时间 | 5    | —   | ns  |
| J11 | SWD_CLK 高电平到 SWD_DIO 数据有效     | —    | 41  | ns  |

### 7.2 外部振荡器 (OSC) 和内部时钟源(ICS) 特性

#### 7.2.1 外部振荡器(OSC) 特性

表 7-2 OSC 规格 (环境温度范围 = -40 至 125 °C)

| 编号 | 符号               | C | 特性     | 最小值                 | 典型值 | 最大值 | 单位  |
|----|------------------|---|--------|---------------------|-----|-----|-----|
| 1  | f <sub>hi</sub>  | C | 振荡器频率  | 4                   | —   | 30  | MHz |
| 2  | CL1,CL2          | D | 负载电容   | 参见注释 <sup>[1]</sup> |     |     |     |
| 3  | R <sub>s</sub>   | D | 串联电阻   | —                   | 0   | —   | KΩ  |
| 4  | t <sub>cst</sub> | C | 晶振启动时间 | —                   | 3   | —   | ms  |

<sup>[1]</sup> CL1 和 CL2 推荐使用为高频率应用设计、满足晶振需求的高质量外部陶瓷电容。CL1 和 CL2 通常大小相等。在确定 CL1 和 CL2 的尺寸时，必须包含 PCB 和 MCU 引脚电容（10 pF 可作为引脚和电路板电容的粗略估计）。

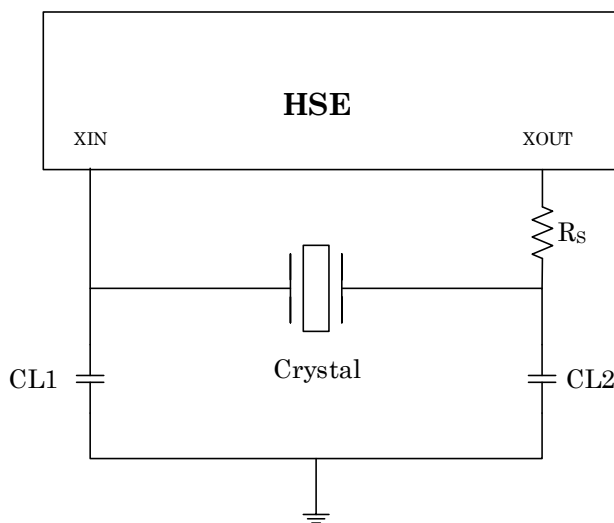


图 7-1 典型晶振或振荡器电路

## 7.2.2 内部 RC 特性

表 7-3 OSC 和 ICS 规格（环境温度范围 = -40 至 125 °C）

| 编号 | 符号                | C | 特性          |                         | 最小值   | 典型值 | 最大值   | 单位  |
|----|-------------------|---|-------------|-------------------------|-------|-----|-------|-----|
| 1  | $f_{\text{HSI}}$  | P | HSI 输出频率范围  | 温度范围：<br>-40 °C 至 125°C | 7.9   | 8   | 8.1   | MHz |
| 2  | $f_{\text{VHSI}}$ | P | VHSI 输出频率范围 | 温度范围：<br>-40 °C 至 125°C | 47.28 | 48  | 48.72 | MHz |
| 3  | $f_{\text{LSI}}$  | P | LSI 输出频率范围  | 温度范围：<br>-40 °C 至 125°C | 108   | 128 | 147   | KHz |

## 7.2.3 PLL 特性

表 7-4 PLL 特性

| 编号                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 符号                    | C | 参数         | 最小值 | 典型值 | 最大值  | 单位  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---|------------|-----|-----|------|-----|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                             | $f_{\text{PLL\_IN}}$  | D | PLL 输入时钟频率 | 4   | —   | 48   | MHz |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                             | $f_{\text{PLL\_REF}}$ | D | PLL 参考时钟频率 | —   | —   | 12   | MHz |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                             | $f_{\text{PLL\_OUT}}$ | D | PLL 输出时钟频率 | 9   | —   | 120  | MHz |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                             | $f_{\text{VCO\_OUT}}$ | D | VCO 输出频率   | 500 | —   | 1500 | MHz |
| 工作环境温度：-40~125°C<br>$f_{\text{PLL\_REF}} = f_{\text{PLL\_IN}} / \text{Prediv}$ , Prediv 可以为 1,2,4<br>$f_{\text{VCO\_OUT}} = f_{\text{PLL\_REF}} * \text{Fbkdiv}$ , Fbkdiv 可以为 5,6,7,...,254,255<br>$f_{\text{PLL\_OUT}} = f_{\text{VCO\_OUT}} / \text{Postdiv}$ , Postdiv 可以为 2,4,6,...,60,62 |                       |   |            |     |     |      |     |



## 7.3 片内 Flash 规格

本节详细介绍了片内 Flash 存储器的编程/擦除时间和编程/擦除次数。

表 7-5 片内 Flash 特性

| 符号                  | C   | 描述                                                               | 最小值    | 典型值         | 最大值    | 单位                   |
|---------------------|-----|------------------------------------------------------------------|--------|-------------|--------|----------------------|
| V <sub>Read</sub>   | D   | -40°C 到 125 °C 温度环境下编程/擦除工作电压                                    | 2.7    | —           | 5.5    | V                    |
| f <sub>SYS</sub>    | D   | 片内 Flash 总线频率                                                    | 8      | 48          | 120    | MHz                  |
| t <sub>RDONCE</sub> | D   | 片内 Flash 读取一次时间                                                  | 4      | 4           | 6      | t <sub>cyc</sub> [1] |
| t <sub>MER</sub>    | D   | 批量擦除(所有主块页)                                                      | —      | 32          | —      | ms                   |
| t <sub>MERPF</sub>  | D   | 批量擦除 PFlash                                                      | —      | 28          | —      | ms                   |
| t <sub>MERDF</sub>  | D   | 批量擦除 DFlash                                                      | —      | 26          | —      | ms                   |
| t <sub>PER</sub>    | D   | 页擦除(一页)                                                          | —      | 820         | —      | us                   |
| t <sub>MERV</sub>   | D   | 批量擦除校验(所有主块页)                                                    | 295000 | —           | 590000 | t <sub>cyc</sub> [1] |
| t <sub>MERVPF</sub> | D   | 批量擦除校验 PFlash                                                    | 262200 | —           | 524400 | t <sub>cyc</sub> [1] |
| t <sub>MERVDF</sub> | D   | 批量擦除校验 DFlash                                                    | 32800  | —           | 65600  | t <sub>cyc</sub> [1] |
| t <sub>PERV</sub>   | D   | 连续校验 (n 个 64bit)                                                 | 2 × n  | —           | 4 × n  | t <sub>cyc</sub> [1] |
| t <sub>PRG1</sub>   | D   | 片内单次编程 Flash (64bit)                                             | —      | 95          | —      | us                   |
| t <sub>PRGn</sub>   | n≤8 | 片内连续编程 Flash(n 个 64bit)                                          | —      | 200         | —      | us                   |
| t <sub>PRGn</sub>   | n>8 |                                                                  | —      | (n/8+1)×200 | —      | us                   |
| nEDR                | C   | 片内 PFlash 寿命 (擦除-编程循环次数) Ta= -40 °C 至 125 °C                     | 10 k   | —           | —      | 次                    |
|                     | C   | 片内 DFlash 寿命 (擦除-编程循环次数) Ta= -40 °C 至 125 °C                     | 100 k  | —           | —      | 次                    |
| t <sub>RET</sub>    | C   | 平均结温为 T <sub>Javg</sub> =85°C 下高达 10,000 编程/擦除周期后 PFlash 数据保持时间  | 10     | —           | —      | 年                    |
|                     | C   | 平均结温为 T <sub>Javg</sub> =85°C 下高达 100,000 编程/擦除周期后 DFlash 数据保持时间 | 10     | —           | —      | 年                    |

[1] t<sub>cyc</sub> = 1/ f<sub>SYS</sub>.

## 7.4 模拟

### 7.4.1 ADC 特性

表 7-6 12 位 ADC 和温度传感器工作条件和特性

| 符号                  | C | 描述               | 条件                                                              | 最小值                     | 典型值                              | 最大值                                  | 单位    |
|---------------------|---|------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------|
| V <sub>AVDD</sub>   | D | 供电电压             | 绝对值                                                             | 2.7                     | —                                | 5.5                                  | V     |
| V <sub>REFH</sub>   | D | 正参考输入            | 绝对值                                                             | 2.7                     | —                                | V <sub>AVDD</sub>                    | V     |
| V <sub>REFL</sub>   | D | 负参考输入            | 绝对值                                                             | —                       | 0                                | —                                    | V     |
| V <sub>IN</sub>     | D | 输入电压范围           | —                                                               | 0                       | —                                | V <sub>AVDD</sub> /V <sub>REFH</sub> | V     |
| R <sub>IN</sub>     | D | 输入源阻抗            | 参考公式 <sup>[1]</sup>                                             | —                       | —                                | —                                    | Ω     |
| C <sub>ADC</sub>    | D | 内部采样电容           | —                                                               | —                       | 2.4                              | —                                    | pF    |
| R <sub>ADC</sub>    | D | 采样开关电阻           | —                                                               | —                       | —                                | 3.1                                  | KΩ    |
| f <sub>ADC</sub>    | D | ADC 时钟频率         | —                                                               | —                       | —                                | 30                                   | MHz   |
| T <sub>s</sub>      | D | ADC 采样周期         | —                                                               | 5/10/15/23/35/45/85/185 |                                  |                                      | cycle |
| f <sub>sample</sub> | D | 采样时间             | —                                                               | —                       | T <sub>s</sub> /f <sub>ADC</sub> | —                                    | s     |
| f <sub>trig</sub>   | D | 转换速率<br>(包含采样时间) | 12bit:<br>f <sub>ADC</sub> =30MHz;<br>T <sub>s</sub> =15 cycles | —                       | —                                | 1                                    | MHz   |
|                     |   |                  | 10bit:<br>f <sub>ADC</sub> =30MHz;<br>T <sub>s</sub> =10 cycles | —                       | —                                | 1.33                                 | MHz   |
|                     |   |                  | 8bit:<br>f <sub>ADC</sub> =30MHz;<br>T <sub>s</sub> =10 cycles  | —                       | —                                | 1.46                                 | MHz   |
| INL                 | C | 积分非线性            | 12bit <sup>[2]</sup>                                            | -3                      | 1.5                              | 3                                    | LSB   |
| DNL                 | C | 差分非线性            | 12bit <sup>[2]</sup>                                            | -1                      | 1.5                              | 3                                    | LSB   |
| TUE                 | C | 总不可调误差           | 12bit <sup>[2]</sup>                                            | -8                      | —                                | 8                                    | LSB   |
| CH                  | D | 外部通道             | —                                                               | —                       | —                                | 24                                   | —     |

<sup>[1]</sup> 输入源阻抗与采样时间关系需满足下式:  $R_{IN} < \frac{T_s}{f_{ADC} \cdot C_{ADC} \cdot \ln(2^{N+2})} - R_{ADC}$ , 式中 N 为 ADC 的位数, ADC 采样时长需满足 0.25LSB 的建立精度, 式中未考虑 PAD 端的寄生电容。

<sup>[2]</sup> INL、DNL、TUE 测试条件均为 12bit, 转换速率为 1MSPS, 电源以及参考电压均大于 3V。

表 7-7 12 位 ADC 和温度传感器工作条件和特性 (续)

| 符号 | C | 特性 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----|---|----|----|-----|-----|-----|----|
|----|---|----|----|-----|-----|-----|----|

|                     |   |         |               |   |       |   |       |
|---------------------|---|---------|---------------|---|-------|---|-------|
| Slope               | D | 温度传感器斜率 | -40 °C–125 °C | — | 1.788 | — | mV/°C |
| V <sub>TEMP25</sub> | D | 温度传感器电压 | 25 °C         | — | 0.673 | — | V     |

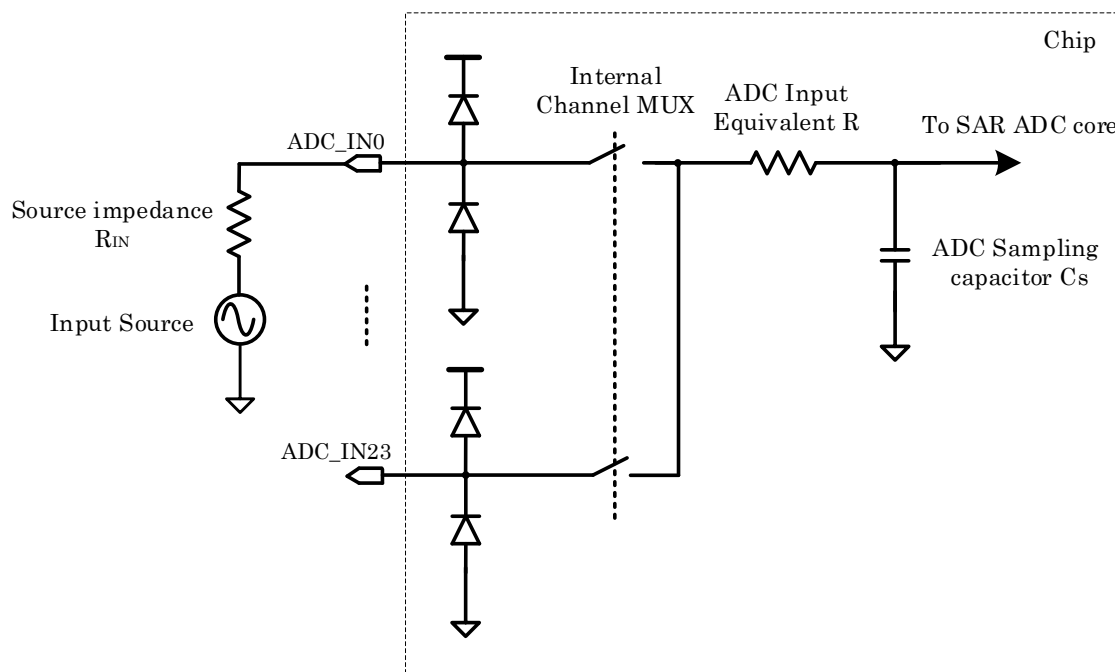


图 7-2 ADC 输入等效图

## 7.4.2 模拟比较器（ACMP）电气规格

表 7-8 比较器电气规格

| 符号                  | C | 特性                | 最小值 | 典型值        | 最大值               | 单位 |
|---------------------|---|-------------------|-----|------------|-------------------|----|
| V <sub>AVDD</sub>   | D | 供电电压              | 2.7 | —          | 5.5               | V  |
| I <sub>DDA</sub>    | T | 供电电流（工作模式）        | —   | —          | 20                | μA |
| V <sub>AIN</sub>    | D | 模拟输入电压            | 0   | —          | V <sub>AVDD</sub> | V  |
| V <sub>AIO</sub>    | P | 输入参考失调电压          | -30 | —          | 30                | mV |
| V <sub>HYS</sub>    | C | 模拟比较器迟滞电压（HYST=0） | —   | 0/10/20/40 | —                 | mV |
| I <sub>DDAOFF</sub> | D | 供电电流（关闭模式）        | —   | —          | 100               | nA |
| t <sub>D</sub>      | C | 传播延迟              | —   | 0.4        | 1                 | μs |

## 7.5 通信接口

### 7.5.1 SPI 规格

串行外设接口(SPI)可为主从操作提供同步串行总线。用户可以自由配置多项传输参数。下面各表将介绍典型 SPI 时序模式的时序特性。有关修正传输格式的信息，请参见本芯片“参考手册”中的 SPI 一章。这些格式主要用于和速度较慢的外围设备通信。如无特殊说明，表中所有时序采用的电压阈值均为杰发科技机密文件

20%的  $V_{DD}$  和 80%的  $V_{DD}$ 。所有时序均假定已针对所有 SPI 输出引脚 禁用压摆率控制并启用高驱动强度。

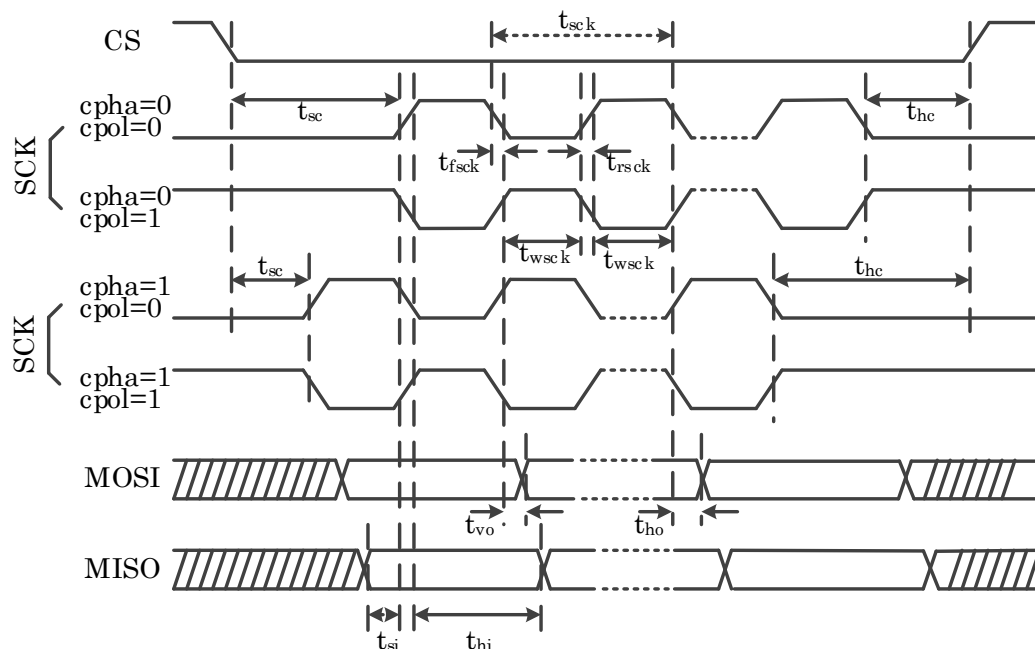


图 7-3 SPI 时序图 — 主机

表 7-9 SPI 特性 – 主机

| 符号          | 描述                 | 最小值                | 最大值                  | 单位  | 注解                                               |
|-------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----|--------------------------------------------------|
| $f_{op}$    | 操作频率               | $f_{clk}/512$      | 15                   | MHz | $f_{clk}$ 是 SPI 功能时钟                             |
| $t_{sc}$    | CS 建立时间            | $1 \times t_{clk}$ | $256 \times t_{clk}$ | ns  | 从 CS 下降沿到第一个 SCK 边沿的时间 ( $t_{clk}$ 为 SPI 功能时钟周期) |
| $t_{hc}$    | CS 保持时间            | $1 \times t_{clk}$ | $256 \times t_{clk}$ | ns  | 从最后一个 SCK 边沿到 CS 上升沿的时间                          |
| $t_{wsc k}$ | 时钟 (SCK) 高电平或低电平时间 | $1 \times t_{clk}$ | $256 \times t_{clk}$ | ns  | 未考虑 $t_{rsc k}$ 和 $t_{fsc k}$                    |
| $t_{si}$    | 数据输入建立时间           | 15                 | —                    | ns  | —                                                |
| $t_{hi}$    | 数据输入保持时间           | 5                  | —                    | ns  | —                                                |
| $t_{vo}$    | 数据输出有效时间           | —                  | 5                    | ns  | —                                                |
| $t_{ho}$    | 数据输出保持时间           | -5                 | —                    | ns  | —                                                |



## 7.5.2 CAN 规格

表 7-11 CAN 唤醒脉冲特性

| 符号        | 描述                 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位      |
|-----------|--------------------|-----|-----|-----|---------|
| $t_{WUP}$ | 过滤掉的 CAN“显性”唤醒脉冲参数 | —   | —   | 0.9 | $\mu s$ |
| $t_{WUP}$ | 有效的 CAN“显性”唤醒脉冲参数  | 4.7 | —   | —   | $\mu s$ |

## 7.5.3 UART 规格

通用的异步收发器(UART)的基本功能是按单 bit 传输和接收串行数据。在 AC7840x 芯片中，额外加入了软件 LIN 功能，用来实现间断区域，同步区域以及数据的传输。下面将介绍 UART 主要的参数特性：

1. 最多支持 4 路 UART，这 4 路均支持软 LIN 功能(同一路 UART 的 uart 功能和软 LIN 功能不能同时使用)；
2. UART 支持产生或接收波特率范围在 600bps~7.5Mbps 的数据，实际波特率和理想波特率误差不超过 1%；
3. GPIO 管脚脉冲宽度最小应超过 133ns。由于管脚对输入信号没有经过无源滤波处理，因此至少要保证超过此脉冲宽度，才能保证输入信号可以被识别；
4. 使用软件 LIN 功能时可支持的最高波特率为 20Kbps；
5. 使用软件 LIN 功能时，可选择开启自动波特率检测。此时接收波特率可容忍的误差范围是-14%~+14%。
6. 4 路 UART 只有 0~2 路支持硬件流控功能。

## 7.5.4 I2C 规格

表 7-12 不同模式<sup>[1]</sup>下 I2C 总线特性

| 符号           | 描述          | 标准模式 |     | 快速模式 |     | 快速+模式 |      | 单位      |
|--------------|-------------|------|-----|------|-----|-------|------|---------|
|              |             | 最小值  | 最大值 | 最小值  | 最大值 | 最小值   | 最大值  |         |
| $f_{SCL}$    | SCL 时钟频率    | 0    | 100 | 0    | 400 | 0     | 1000 | KHz     |
| $t_{HD;STA}$ | 开始状态保持时间    | 4    | —   | 0.6  | —   | 0.26  | —    | $\mu s$ |
| $t_{LOW}$    | SCL 时钟低电平长度 | 4.7  | —   | 1.3  | —   | 0.5   | —    | $\mu s$ |
| $t_{HIGH}$   | SCL 时钟高电平长度 | 4    | —   | 0.6  | —   | 0.26  | —    | $\mu s$ |
| $t_{SU;STA}$ | 重复开始状态建立时间  | 4.7  | —   | 0.6  | —   | 0.26  | —    | $\mu s$ |

|              |                   |             |      |                           |     |                           |      |         |
|--------------|-------------------|-------------|------|---------------------------|-----|---------------------------|------|---------|
| $t_{HD:DAT}$ | 数据保持时间            | 0           | —    | 0                         | —   | 0                         | —    | $\mu s$ |
| $t_{SU:DAT}$ | 数据建立时间            | 250         | —    | 100                       | —   | 50                        | —    | ns      |
| $t_r$        | SDA 和 SCL 信号的上升时间 | —           | 1000 | 20                        | 300 | —                         | 120  | ns      |
| $t_f$        | SDA 和 SCL 信号的下降时间 | —           | 300  | $20 \times (V_{DD}/5.5V)$ | 300 | $20 \times (V_{DD}/5.5V)$ | 120  | ns      |
| $t_{SU:STO}$ | 结束状态的建立时间         | 4           | —    | 0.6                       | —   | 0.26                      | —    | $\mu s$ |
| $t_{BUF}$    | 结束和开始状态之间的总线空闲时间  | 4.7         | —    | 1.3                       | —   | 0.5                       | —    | $\mu s$ |
| $C_b$        | 总线负载电容            | —           | 400  | —                         | 400 | —                         | 550  | pF      |
| $t_{VD:DAT}$ | 数据有效时间            | —           | 3.45 | —                         | 0.9 | —                         | 0.45 | $\mu s$ |
| $t_{VD:ACK}$ | 应答数据有效时间          | —           | 3.45 | —                         | 0.9 | —                         | 0.45 | $\mu s$ |
| $V_{nL}$     | 低电平期间的噪声          | $0.1V_{DD}$ | —    | $0.1V_{DD}$               | —   | $0.1V_{DD}$               | —    | V       |
| $V_{nH}$     | 高电平期间的噪声          | $0.2V_{DD}$ | —    | $0.2V_{DD}$               | —   | $0.2V_{DD}$               | —    | V       |

[1] I2C 支持三种模式：标准模式、快速模式、快速+模式。

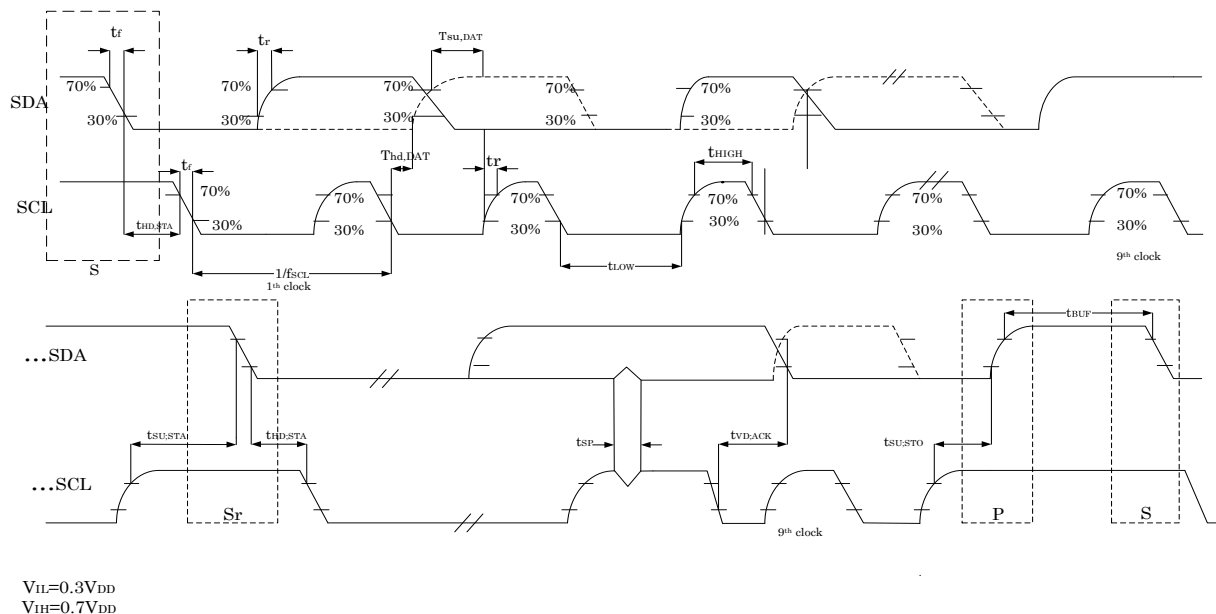


图 7-6 标准与快速模式下 I2C 总线时序图

## 7.5.5 EIO 规格

EIO (Enhanced IO) 是一个高度可配置的模块，提供了广泛的功能，包括：

- 模拟各种串行通信协议

- 4 个灵活的 16 位定时器，支持各种触发、复位、启用和禁用条件
- 4 个可配置的 32 位移位器，支持发送、接收和匹配存储功能

凭借 4 个定时器和 4 个移位器，EIO 模块能够支持广泛的协议，包括但不限于：

- UART 发送和接收
- I2C 主机
- SPI 主机和从机
- I2S 主机和从机
- PWM 波形生成



## 8 尺寸

### 8.1 LQFP144 封装信息

#### 8.1.1 LQFP144 封装尺寸信息

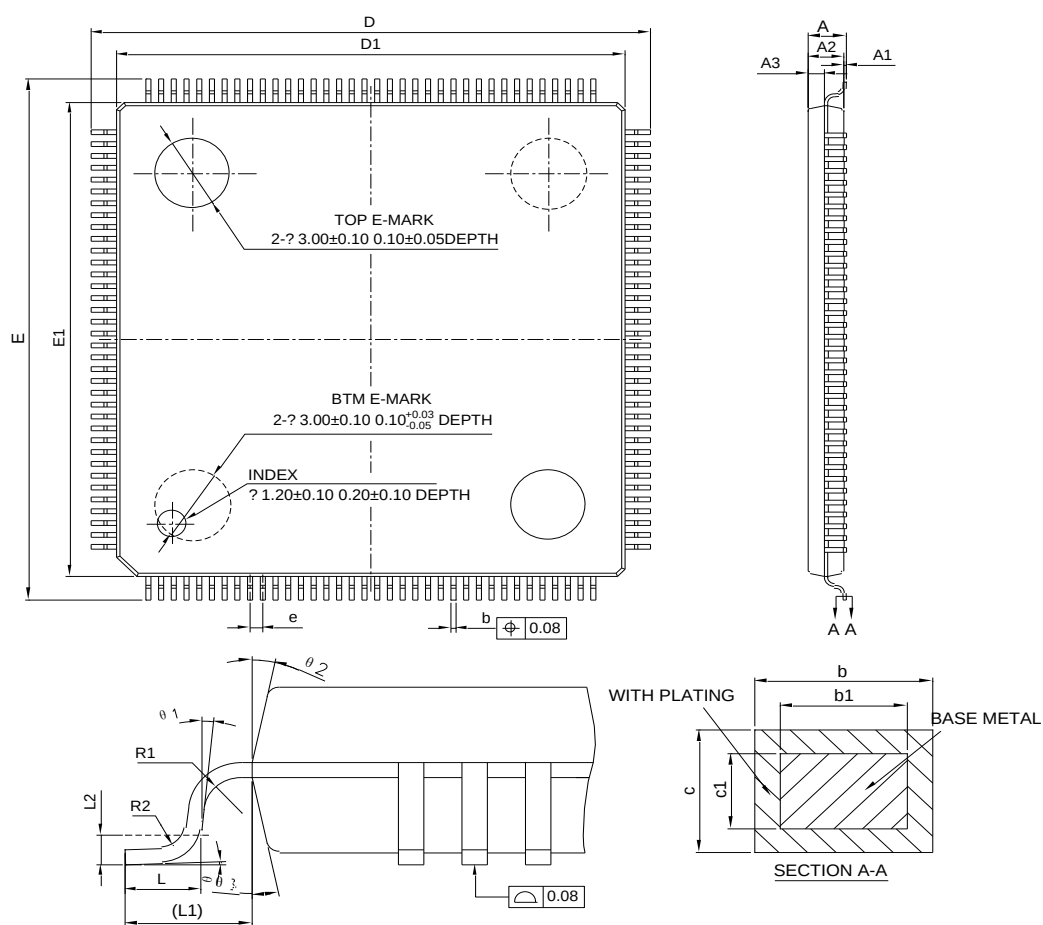


图 8-1 LQFP144 – 144 引脚，20\*20 毫米低轮廓四方引脚扁平式封装外形<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup> 该图绘制比例和实物比例有差别。

表 8-1 LQFP144 – 144 引脚，20\*20 毫米低轮廓四方引脚扁平式封装外形机械数据<sup>[1]</sup>

| 数据项     | 符号 | 最小值  | 标准值  | 最大值  |
|---------|----|------|------|------|
| 总高度     | A  | —    | —    | 1.60 |
| 站立高度    | A1 | 0.05 | —    | 0.15 |
| 模塑厚度    | A2 | 1.35 | 1.40 | 1.45 |
| 框架到模塑高度 | A3 | 0.59 | 0.64 | 0.69 |
| 引脚宽度    | b  | 0.17 | —    | 0.27 |

| 数据项         | 符号 | 最小值      | 标准值   | 最大值   |
|-------------|----|----------|-------|-------|
| 不含镀层的引脚宽度   | b1 | 0.17     | 0.20  | 0.23  |
| 引线框架厚度      | c  | 0.127    | —     | 0.18  |
| 不含镀层的引线框架厚度 | c1 | 0.119    | 0.127 | 0.135 |
| 外引脚间距       | X  | D        | 21.80 | 22.00 |
|             | Y  | E        | 21.80 | 22.00 |
| 封装体尺寸       | X  | D1       | 19.90 | 20.00 |
|             | Y  | E1       | 19.90 | 20.00 |
| 引脚间距        | e  | 0.40     | 0.50  | 0.60  |
| L           | L  | 0.45     | 0.60  | 0.75  |
| 引脚长度        | L1 | 1.00 REF |       |       |
| L2          | L2 | 0.25 BSC |       |       |
| 引脚成型圆弧半径 R1 | R1 | 0.08     | —     | —     |
| 引脚成型圆弧半径 R2 | R2 | 0.08     | —     | —     |
| 角度 1        | Θ  | 0°       | —     | 7°    |
| 角度 2        | Θ1 | 0°       | —     | —     |
| 角度 3        | Θ2 | 11°      | 12°   | 13°   |
| 角度 4        | Θ3 | 11°      | 12°   | 13°   |

[1] 尺寸以毫米表示和度量。

### 8.1.2 LQFP144 产品正印

下图给出了顶部正印方向与引脚 1 标识符位置的示例。

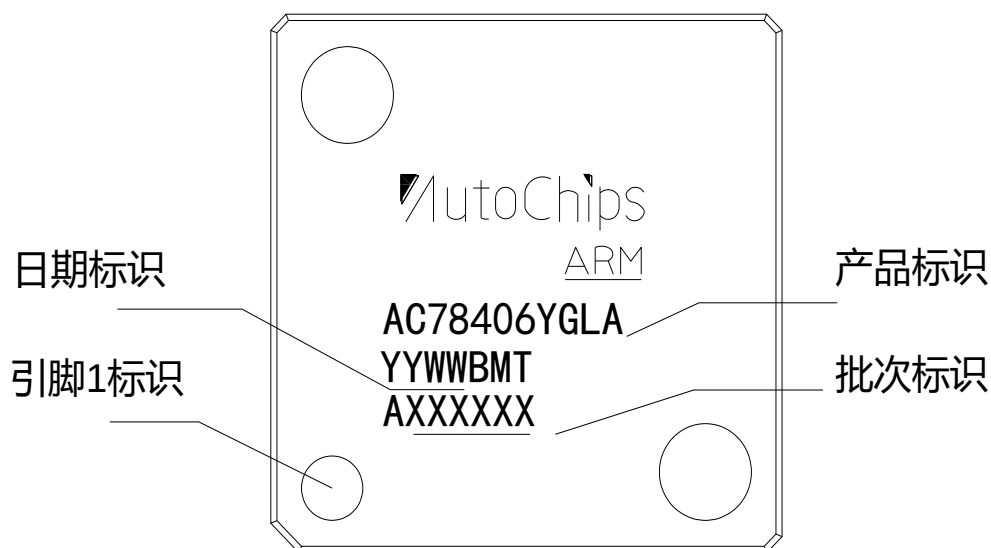


图 8-2 LQFP144 正印示例（封装顶视图）

## 8.2 LQFP100 封装信息

### 8.2.1 LQFP100 封装尺寸信息

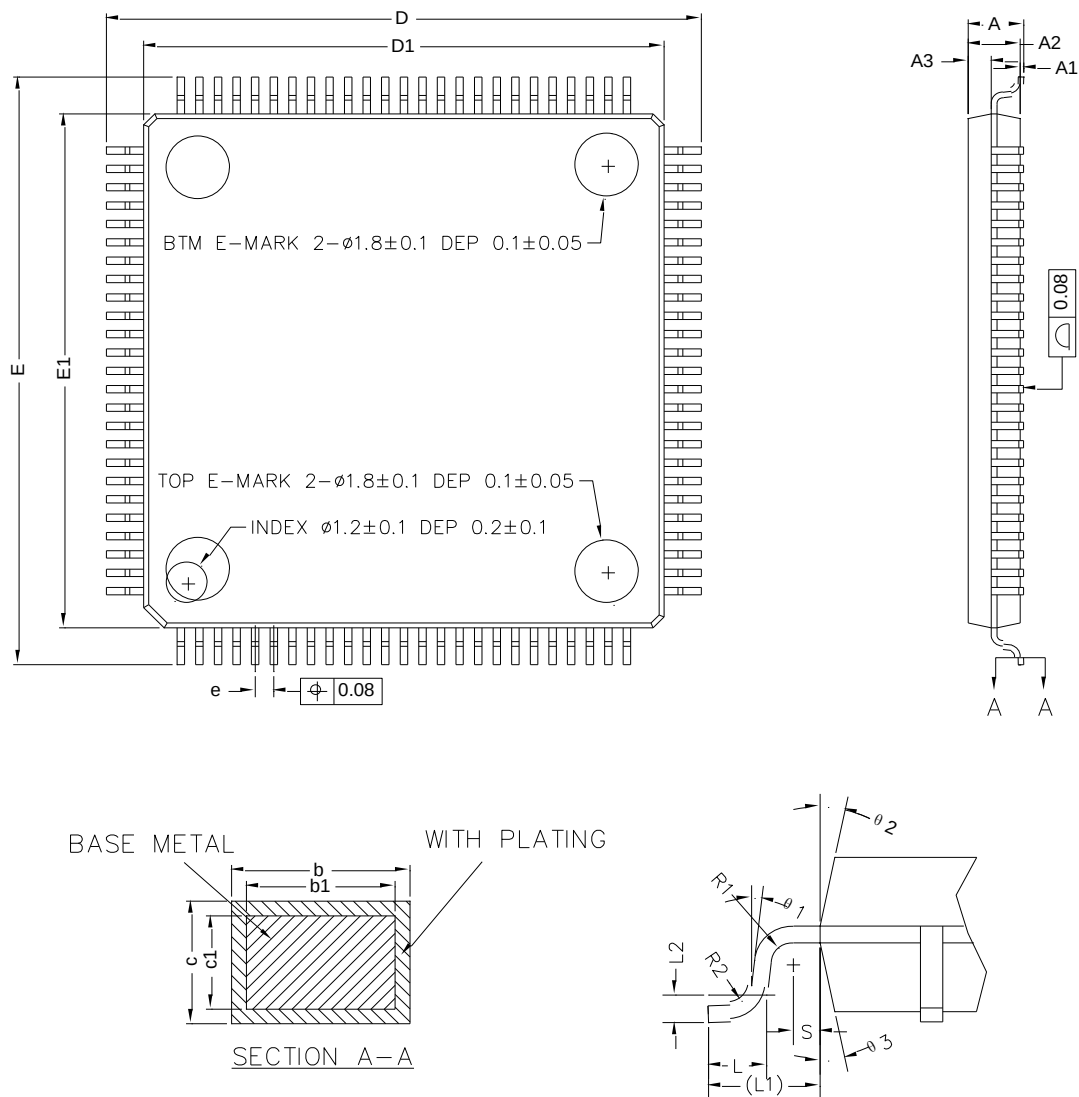


图 8-3 LQFP100 – 100 引脚，14x14 毫米低轮廓四方引脚扁平式封装外形<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup> 该图绘制比例和实物比例有差别。

表 8-2 LQFP100 – 100 引脚，14\*14 毫米低轮廓四方引脚扁平式封装外形机械数据<sup>[1]</sup>

| 数据项     | 符号 | 最小值  | 标准值  | 最大值  |
|---------|----|------|------|------|
| 总高度     | A  | —    | —    | 1.60 |
| 站立高度    | A1 | 0.05 | —    | 0.15 |
| 模塑厚度    | A2 | 1.35 | 1.40 | 1.45 |
| 框架到模塑高度 | A3 | 0.59 | 0.64 | 0.69 |

| 数据项         | 符号 | 最小值      | 标准值   | 最大值   |
|-------------|----|----------|-------|-------|
| 引脚宽度        | b  | 0.17     | —     | 0.27  |
| 不含镀层的引脚宽度   | b1 | 0.17     | 0.20  | 0.23  |
| 引线框架厚度      | c  | 0.13     | —     | 0.18  |
| 不含镀层的引线框架厚度 | c1 | 0.12     | 0.127 | 0.134 |
| 外引脚间距       | X  | D        | 15.80 | 16.00 |
|             | Y  | E        | 15.80 | 16.00 |
| 封装体尺寸       | X  | D1       | 13.90 | 14.00 |
|             | Y  | E1       | 13.90 | 14.00 |
| 引脚间距        | e  | 0.40     | 0.50  | 0.60  |
| L           | L  | 0.45     | 0.60  | 0.75  |
| 引脚长度        | L1 | 1.00 REF |       |       |
| L2          | L2 | 0.25 BSC |       |       |
| 引脚成型圆弧半径 R1 | R1 | 0.08     | —     | —     |
| 引脚成型圆弧半径 R2 | R2 | 0.08     | —     | 0.20  |
| 角度 1        | Θ  | 0°       | 3.5°  | 7°    |
| 角度 2        | Θ1 | 0°       | —     | —     |
| 角度 3        | Θ2 | 11°      | 12°   | 13°   |
| 角度 4        | Θ3 | 11°      | 12°   | 13°   |

[1] 尺寸以毫米表示和度量。

## 8.2.2 LQFP100 产品正印

下图给出了顶部正印方向与引脚 1 标识符位置的示例。

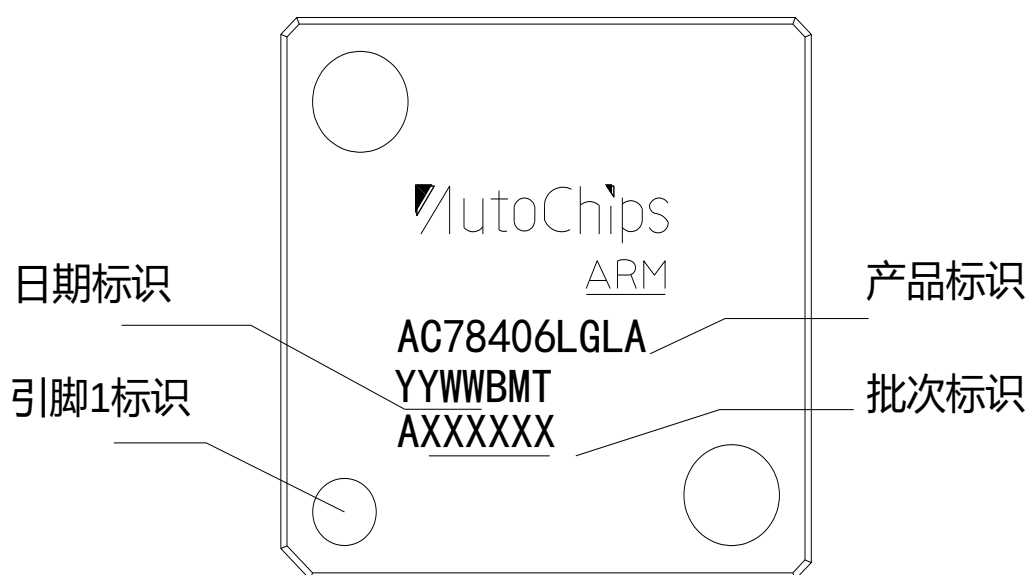


图 8-4 LQFP100 正印示例（封装顶视图）

## 8.3 LQFP64 封装信息

### 8.3.1 LQFP64 封装尺寸信息

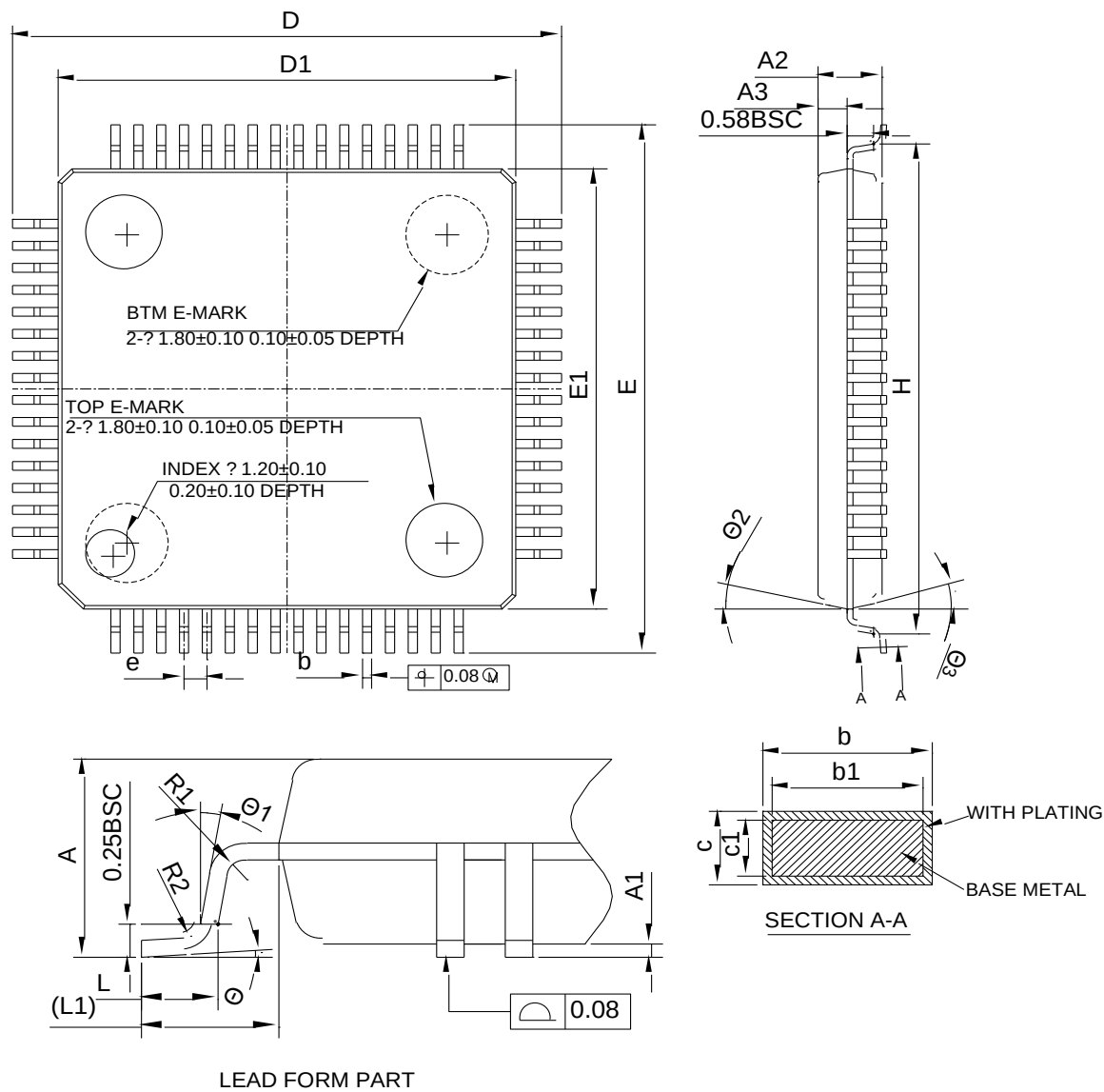


图 8-5 LQFP64 – 64 引脚，10 x10 毫米低轮廓四方引脚扁平式封装外形<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup> 该图绘制比例和实物比例有差别。

表 8-3 LQFP64 – 64 引脚，10x10 毫米低轮廓四方引脚扁平式封装机械数据<sup>[1]</sup>

| 数据项  | 符号 | 最小值  | 标准值  | 最大值  |
|------|----|------|------|------|
| 总高度  | A  | —    | —    | 1.60 |
| 站立高度 | A1 | 0.05 | —    | 0.15 |
| 模塑厚度 | A2 | 1.35 | 1.40 | 1.45 |

| 数据项         |   | 符号 | 最小值      | 标准值   | 最大值   |
|-------------|---|----|----------|-------|-------|
| 框架到模塑高度     |   | A3 | 0.59     | 0.64  | 0.69  |
| 引脚宽度        |   | b  | 0.18     | —     | 0.27  |
| 不含镀层的引脚宽度   |   | b1 | 0.17     | 0.20  | 0.23  |
| 引线框架厚度      |   | c  | 0.13     | —     | 0.18  |
| 不含镀层的引线框架厚度 |   | c1 | 0.117    | 0.127 | 0.137 |
| 外引脚间距       | X | D  | 11.95    | 12.00 | 12.05 |
|             | Y | E  | 11.95    | 12.00 | 12.05 |
| 封装体尺寸       | X | D1 | 9.90     | 10.00 | 10.10 |
|             | Y | E1 | 9.90     | 10.00 | 10.10 |
| 引脚间距        |   | e  | 0.40     | 0.50  | 0.60  |
| H           |   | H  | 11.09    | 11.13 | 11.17 |
| L           |   | L  | 0.53     | —     | 0.70  |
| 引脚长度        |   | L1 | 1.00 REF |       |       |
| 引脚成型圆弧半径 R1 |   | R1 | 0.15REF  |       |       |
| 引脚成型圆弧半径 R2 |   | R2 | 0.13REF  |       |       |
| 角度 1        |   | Θ  | 0°       | 3.5°  | 7°    |
| 角度 2        |   | Θ1 | 0°       | —     | —     |
| 角度 3        |   | Θ2 | 11°      | 12°   | 13°   |
| 角度 4        |   | Θ3 | 11°      | 12°   | 13°   |

[1] 尺寸以毫米表示和度量。

### 8.3.2 LQFP64 产品正印

下图给出了顶部正印方向与引脚 1 标识符位置的示例。

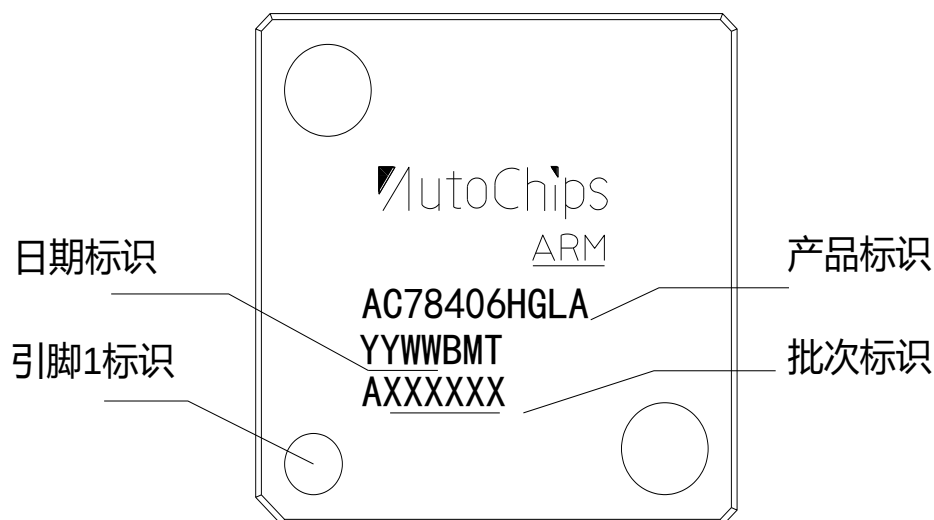


图 8-6 LQFP64 正印示例图（封装顶视图）



## 9 引脚分配

### 9.1 信号多路复用和引脚分配

下表显示的是各引脚上的信号以及这些引脚在本文档支持的器件上的位置。“端口控制模块”负责选择每个引脚上的可选功能。

表 9-1 信号多路复用和引脚分配表

| 144<br>PIN<br>LQFP | 100<br>PIN<br>LQFP | 64<br>PIN<br>LQFP | Pin<br>Name | Function 0             | Function 1 | Function 2 | Function 3 | Function 4 | Function 5 | Function 6 | Function 7  | GPIO |
|--------------------|--------------------|-------------------|-------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------|
| 1                  | 1                  | —                 | PE16        | HIGH_Z                 | GPIO       | UART1_RTS  | SPI2_SIN   | PWM2_CH7   | PWM4_FLT0  | EIO_D3     | TRGMUX_OUT7 | 144  |
| 2                  | 2                  | —                 | PE15        | HIGH_Z                 | GPIO       | UART1_CTS  | SPI2_SCK   | PWM2_CH6   | PWM4_FLT1  | EIO_D2     | TRGMUX_OUT6 | 143  |
| 3                  | 3                  | 1                 | PD1         | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM0_CH3   | SPI1_SIN   | PWM2_CH1   | HIGH_Z     | EIO_D1     | TRGMUX_OUT2 | 97   |
| 4                  | 4                  | 2                 | PD0         | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM0_CH2   | SPI1_SCK   | PWM2_CH0   | HIGH_Z     | EIO_D0     | TRGMUX_OUT1 | 96   |
| 5                  | 5                  | 3                 | PE11        | HIGH_Z                 | GPIO       | SPI2_CS0   | PCT0_ALT1  | PWM2_CH5   | HIGH_Z     | EIO_D5     | TRGMUX_OUT5 | 139  |
| 6                  | 6                  | 4                 | PE10        | HIGH_Z                 | GPIO       | CLKOUT     | SPI2_CS1   | PWM2_CH4   | CAN0_STB   | EIO_D4     | TRGMUX_OUT4 | 138  |
| 7                  | 7                  | —                 | PE13        | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM4_CH5   | SPI2_CS2   | PWM2_FLT0  | HIGH_Z     | HIGH_Z     | HIGH_Z      | 141  |
| 8                  | 8                  | 5                 | PE5         | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM_CLK2   | PWM2_CH0   | PWM2_CH3   | CAN0_TX    | EIO_D7     | EWDG_IN     | 133  |
| 9                  | 9                  | 6                 | PE4         | HIGH_Z                 | GPIO       | HIGH_Z     | PWM2_CH1   | PWM2_CH2   | CAN0_RX    | EIO_D6     | EWDG_OUTb   | 132  |
| 10                 | —                  | —                 | PA25        | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM5_CH0   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | HIGH_Z     | HIGH_Z     | HIGH_Z      | 25   |
| 11                 | 10                 | 7                 | VDD         | —                      | —          | —          | —          | —          | —          | —          | —           | —    |
| 12                 | —                  | —                 | VSS         | —                      | —          | —          | —          | —          | —          | —          | —           | —    |
| 13                 | 11                 | 8                 | VDDA        | —                      | —          | —          | —          | —          | —          | —          | —           | —    |
| 14                 | 12                 | 9                 | VREFH       | —                      | —          | —          | —          | —          | —          | —          | —           | —    |
| 15                 | 13                 | —                 | VREFL       | —                      | —          | —          | —          | —          | —          | —          | —           | —    |
| 16                 | 14                 | 10                | VSS         | —                      | —          | —          | —          | —          | —          | —          | —           | —    |
| 17                 | 15                 | 11                | PB7         | HSE_IN <sup>[1]</sup>  | GPIO       | I2C0_SCL   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | HIGH_Z     | HIGH_Z     | HIGH_Z      | 39   |
| 18                 | 16                 | 12                | PB6         | HSE_OUT <sup>[2]</sup> | GPIO       | I2C0_SDA   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | HIGH_Z     | HIGH_Z     | HIGH_Z      | 38   |
| 19                 | —                  | —                 | PA26        | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM5_CH1   | SPI1_CS0   | SPI0_CS0   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | HIGH_Z      | 26   |
| 20                 | 17                 | —                 | PE14        | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM0_FLT1  | HIGH_Z     | PWM2_FLT1  | HIGH_Z     | HIGH_Z     | HIGH_Z      | 142  |
| 21                 | 18                 | 13                | PE3         | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM0_FLT0  | UART2_RTS  | PWM2_FLT0  | CAN3_TX    | TRGMUX_IN6 | ACMP0_OUT   | 131  |
| 22                 | —                  | —                 | PA27        | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM5_CH2   | SPI1_SOUT  | UART0_TX   | CAN0_TX    | HIGH_Z     | HIGH_Z      | 27   |
| 23                 | 19                 | —                 | PE12        | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM0_FLT3  | UART2_TX   | PWM5_FLT0  | CAN3_RX    | HIGH_Z     | HIGH_Z      | 140  |
| 24                 | —                  | —                 | PA28        | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM5_CH3   | SPI1_SCK   | UART0_RX   | CAN0_RX    | HIGH_Z     | HIGH_Z      | 28   |
| 25                 | 20                 | —                 | PD17        | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM0_FLT2  | UART2_RX   | PWM5_FLT1  | CAN3_STB   | HIGH_Z     | HIGH_Z      | 113  |
| 26                 | —                  | —                 | PA29        | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM5_CH4   | HIGH_Z     | UART2_TX   | SPI1_SIN   | HIGH_Z     | HIGH_Z      | 29   |
| 27                 | —                  | —                 | PA30        | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM5_CH5   | UART2_RX   | SPI0_SOUT  | CAN0_STB   | HIGH_Z     | HIGH_Z      | 30   |
| 28                 | 21                 | 14                | PD16        | HIGH_Z                 | GPIO       | PWM0_CH1   | HIGH_Z     | SPI0_SIN   | ACMP0_RRT  | HIGH_Z     | HIGH_Z      | 112  |



|    |    |    |      |                         |      |           |           |           |          |            |            |     |
|----|----|----|------|-------------------------|------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|------------|-----|
| 29 | 22 | 15 | PD15 | HIGH_Z                  | GPIO | PWM0_CH0  | HIGH_Z    | SPI0_SCK  | HIGH_Z   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 111 |
| 30 | 23 | 16 | PE9  | HIGH_Z                  | GPIO | PWM0_CH7  | UART2_CTS | HIGH_Z    | HIGH_Z   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 137 |
| 31 | —  | —  | VSS  | —                       | —    | —         | —         | —         | —        | —          | —          | —   |
| 32 | —  | —  | VDD  | —                       | —    | —         | —         | —         | —        | —          | —          | —   |
| 33 | —  | —  | PA31 | HIGH_Z                  | GPIO | PWM5_CH6  | HIGH_Z    | SPI0_CS1  | HIGH_Z   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 31  |
| 34 | 24 | —  | PD14 | HIGH_Z                  | GPIO | PWM2_CH5  | UART1_TX  | HIGH_Z    | HIGH_Z   | HIGH_Z     | CLKOUT     | 110 |
| 35 | 25 | —  | PD13 | HIGH_Z                  | GPIO | PWM2_CH4  | UART1_RX  | HIGH_Z    | HIGH_Z   | HIGH_Z     | RTC_CLKOUT | 109 |
| 36 | —  | —  | PB18 | ADC0_IN16               | GPIO | PWM5_CH7  | HIGH_Z    | SPI1_CS1  | HIGH_Z   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 50  |
| 37 | —  | —  | PB20 | ADC0_IN17               | GPIO | HIGH_Z    | HIGH_Z    | UART3_TX  | HIGH_Z   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 52  |
| 38 | —  | —  | PB21 | ADC0_IN18               | GPIO | HIGH_Z    | HIGH_Z    | UART3_RX  | HIGH_Z   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 53  |
| 39 | 26 | 17 | PE8  | ACMP0_IN3               | GPIO | PWM0_CH6  | CAN0_STB  | HIGH_Z    | HIGH_Z   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 136 |
| 40 | 27 | 18 | PB5  | HIGH_Z                  | GPIO | PWM0_CH5  | SPI0_CS1  | SPI0_CS0  | CLKOUT   | TRGMUX_IN0 | HIGH_Z     | 37  |
| 41 | 28 | 19 | PB4  | HIGH_Z                  | GPIO | PWM0_CH4  | SPI0_SOUT | HIGH_Z    | HIGH_Z   | TRGMUX_IN1 | HIGH_Z     | 36  |
| 42 | 29 | 20 | PC3  | ADC0_IN11/<br>ACMP0_IN4 | GPIO | PWM0_CH3  | CAN0_TX   | UART0_TX  | HIGH_Z   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 67  |
| 43 | 30 | 21 | PC2  | ADC0_IN10<br>/ACMP0_IN5 | GPIO | PWM0_CH2  | CAN0_RX   | UART0_RX  | HIGH_Z   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 66  |
| 44 | 31 | 22 | PD7  | ACMP0_IN6               | GPIO | UART2_TX  | HIGH_Z    | PWM2_FLT3 | HIGH_Z   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 103 |
| 45 | 32 | 23 | PD6  | ACMP0_IN7               | GPIO | UART2_RX  | HIGH_Z    | PWM2_FLT2 | HIGH_Z   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 102 |
| 46 | 33 | 24 | PD5  | HIGH_Z                  | GPIO | PWM2_CH3  | PCT0_ALT2 | PWM2_FLT1 | HIGH_Z   | TRGMUX_IN7 | HIGH_Z     | 101 |
| 47 | 34 | —  | PD12 | HIGH_Z                  | GPIO | PWM2_CH2  | HIGH_Z    | HIGH_Z    | HIGH_Z   | UART2_RTS  | HIGH_Z     | 108 |
| 48 | 35 | —  | PD11 | HIGH_Z                  | GPIO | PWM2_CH1  | PWM2_CH0  | HIGH_Z    | HIGH_Z   | UART2_CTS  | HIGH_Z     | 107 |
| 49 | 36 | —  | PD10 | HIGH_Z                  | GPIO | PWM2_CH0  | PWM2_CH1  | HIGH_Z    | HIGH_Z   | CLKOUT     | HIGH_Z     | 106 |
| 50 | 37 | —  | VSS  | —                       | —    | —         | —         | —         | —        | —          | —          | —   |
| 51 | 38 | —  | VDD  | —                       | —    | —         | —         | —         | —        | —          | —          | —   |
| 52 | 39 | 25 | PC1  | ADC0_IN9                | GPIO | PWM0_CH1  | SPI2_SOUT | HIGH_Z    | HIGH_Z   | PWM1_CH7   | HIGH_Z     | 65  |
| 53 | 40 | 26 | PC0  | ADC0_IN8                | GPIO | PWM0_CH0  | SPI2_SIN  | HIGH_Z    | HIGH_Z   | PWM1_CH6   | HIGH_Z     | 64  |
| 54 | 41 | —  | PD9  | HIGH_Z                  | GPIO | HIGH_Z    | EIO_D0    | PWM2_FLT3 | HIGH_Z   | PWM1_CH5   | HIGH_Z     | 105 |
| 55 | 42 | —  | PD8  | HIGH_Z                  | GPIO | HIGH_Z    | HIGH_Z    | PWM2_FLT2 | EIO_D1   | PWM1_CH4   | HIGH_Z     | 104 |
| 56 | 43 | 27 | PC17 | ADC0_IN15               | GPIO | PWM1_FLT3 | CAN2_TX   | HIGH_Z    | HIGH_Z   | UART3_TX   | HIGH_Z     | 81  |
| 57 | 44 | 28 | PC16 | ADC0_IN14               | GPIO | PWM1_FLT2 | CAN2_RX   | HIGH_Z    | HIGH_Z   | UART3_RX   | HIGH_Z     | 80  |
| 58 | —  | —  | PB22 | ADC0_IN19               | GPIO | HIGH_Z    | HIGH_Z    | HIGH_Z    | UART1_TX | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 54  |
| 59 | 45 | 29 | PC15 | ADC0_IN13               | GPIO | PWM1_CH3  | SPI2_SCK  | HIGH_Z    | CAN2_STB | TRGMUX_IN8 | HIGH_Z     | 79  |
| 60 | —  | —  | PB23 | ADC0_IN20               | GPIO | HIGH_Z    | UART1_RX  | HIGH_Z    | HIGH_Z   | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 55  |
| 61 | 46 | 30 | PC14 | ADC0_IN12               | GPIO | PWM1_CH2  | SPI2_CS0  | HIGH_Z    | HIGH_Z   | TRGMUX_IN9 | HIGH_Z     | 78  |
| 62 | —  | —  | PB25 | ADC0_IN21               | GPIO | HIGH_Z    | HIGH_Z    | HIGH_Z    | SPI2_CS0 | HIGH_Z     | HIGH_Z     | 57  |

|    |    |    |      |                                                  |      |               |               |                |               |                 |        |     |
|----|----|----|------|--------------------------------------------------|------|---------------|---------------|----------------|---------------|-----------------|--------|-----|
| 63 | 47 | 31 | PB3  | ADC0_IN7                                         | GPIO | PWM1_CH1      | SPI0_SIN      | PWM1_CH0       | PWM2_CH2      | TRGMUX_I<br>N2  | HIGH_Z | 35  |
| 64 | —  | —  | PB27 | ADC0_IN22                                        | GPIO | HIGH_Z        | HIGH_Z        | HIGH_Z         | SPI2_SOUT     | HIGH_Z          | HIGH_Z | 59  |
| 65 | —  | —  | PB28 | ADC0_IN23                                        | GPIO | HIGH_Z        | HIGH_Z        | HIGH_Z         | SPI2_SIN      | HIGH_Z          | HIGH_Z | 60  |
| 66 | —  | —  | VSS  | —                                                | —    | —             | —             | —              | —             | —               | —      | —   |
| 67 | —  | —  | VDD  | —                                                | —    | —             | —             | —              | —             | —               | —      | —   |
| 68 | 48 | 32 | PB2  | ADC0_IN6                                         | GPIO | PWM1_CH0      | SPI0_SCK      | PWM1_CH1       | HIGH_Z        | TRGMUX_I<br>N3  | HIGH_Z | 34  |
| 69 | —  | —  | PB29 | HIGH_Z                                           | GPIO | HIGH_Z        | HIGH_Z        | HIGH_Z         | SPI2_SCK      | HIGH_Z          | HIGH_Z | 61  |
| 70 | 49 | —  | PC13 | HIGH_Z                                           | GPIO | PWM3_CH7      | PWM2_CH7      | UART2_RT<br>S  | CAN3_TX       | HIGH_Z          | HIGH_Z | 77  |
| 71 | 50 | —  | PC12 | HIGH_Z                                           | GPIO | PWM3_CH6      | PWM2_CH6      | UART2_CT<br>S  | CAN3_RX       | HIGH_Z          | HIGH_Z | 76  |
| 72 | —  | —  | PC19 | HIGH_Z                                           | GPIO | HIGH_Z        | HIGH_Z        | HIGH_Z         | SPI2_CS1      | HIGH_Z          | HIGH_Z | 83  |
| 73 | —  | —  | PC23 | HIGH_Z                                           | GPIO | SPI0_SCK      | HIGH_Z        | HIGH_Z         | HIGH_Z        | HIGH_Z          | HIGH_Z | 87  |
| 74 | 51 | —  | PC11 | HIGH_Z                                           | GPIO | PWM3_CH5      | PWM4_CH2      | HIGH_Z         | CAN3_STB      | TRGMUX_I<br>N10 | HIGH_Z | 75  |
| 75 | 52 | —  | PC10 | HIGH_Z                                           | GPIO | PWM3_CH4      | HIGH_Z        | HIGH_Z         | HIGH_Z        | TRGMUX_I<br>N11 | HIGH_Z | 74  |
| 76 | —  | —  | PC27 | HIGH_Z                                           | GPIO | PWM4_CH4      | HIGH_Z        | HIGH_Z         | HIGH_Z        | HIGH_Z          | HIGH_Z | 91  |
| 77 | 53 | 33 | PB1  | ADC0_IN5/A<br>DC1_INTERL<br>EAVE1 <sup>[3]</sup> | GPIO | UART0_TX      | SPI0_SOUT     | PWM_CLK0       | CAN0_TX       | PWM4_CH5        | HIGH_Z | 33  |
| 78 | 54 | 34 | PB0  | ADC0_IN4/<br>ADC1_INTER<br>LEAVE0 <sup>[3]</sup> | GPIO | UART0_RX      | SPI0_CS0      | PCT0_ALT3      | CAN0_RX       | PWM4_CH6        | HIGH_Z | 32  |
| 79 | —  | —  | PC28 | HIGH_Z                                           | GPIO | PWM4_CH7      | HIGH_Z        | HIGH_Z         | HIGH_Z        | HIGH_Z          | HIGH_Z | 92  |
| 80 | 55 | 35 | PC9  | HIGH_Z                                           | GPIO | UART1_TX      | PWM1_FLT<br>1 | PWM5_CH0       | CAN0_STB      | UART0_RT<br>S   | HIGH_Z | 73  |
| 81 | 56 | 36 | PC8  | HIGH_Z                                           | GPIO | UART1_RX      | PWM1_FLT<br>0 | PWM5_CH1       | HIGH_Z        | UART0_CT<br>S   | HIGH_Z | 72  |
| 82 | —  | —  | PC29 | HIGH_Z                                           | GPIO | PWM5_CH2      | HIGH_Z        | HIGH_Z         | HIGH_Z        | HIGH_Z          | HIGH_Z | 93  |
| 83 | 57 | 37 | PA7  | ADC0_IN3                                         | GPIO | PWM0_FLT<br>2 | PWM5_CH3      | RTC_CLKI<br>N  | HIGH_Z        | UART1_RT<br>S   | HIGH_Z | 7   |
| 84 | —  | —  | PC30 | HIGH_Z                                           | GPIO | PWM5_CH4      | EIO_D0        | HIGH_Z         | HIGH_Z        | HIGH_Z          | HIGH_Z | 94  |
| 85 | 58 | 38 | PA6  | ADC0_IN2                                         | GPIO | PWM0_FLT<br>1 | SPI1_CS1      | PWM5_CH5       | HIGH_Z        | UART1_CT<br>S   | HIGH_Z | 6   |
| 86 | —  | —  | PC31 | HIGH_Z                                           | GPIO | PWM5_CH6      | EIO_D1        | HIGH_Z         | HIGH_Z        | HIGH_Z          | HIGH_Z | 95  |
| 87 | 59 | 39 | PE7  | HIGH_Z                                           | GPIO | PWM0_CH7      | PWM3_FLT<br>0 | HIGH_Z         | HIGH_Z        | HIGH_Z          | HIGH_Z | 135 |
| 88 | —  | —  | PD18 | ADC1_IN16                                        | GPIO | PWM5_CH7      | EIO_D2        | HIGH_Z         | HIGH_Z        | HIGH_Z          | HIGH_Z | 114 |
| 89 | —  | —  | PD19 | ADC1_IN17                                        | GPIO | HIGH_Z        | EIO_D3        | HIGH_Z         | HIGH_Z        | HIGH_Z          | HIGH_Z | 115 |
| 90 | 60 | 40 | VSS  | —                                                | —    | —             | —             | —              | —             | —               | —      | —   |
| 91 | 61 | 41 | VDD  | —                                                | —    | —             | —             | —              | —             | —               | —      | —   |
| 92 | 62 | —  | PA17 | HIGH_Z                                           | GPIO | PWM0_CH6      | PWM3_FLT<br>0 | EWDG_OU<br>T_b | PWM5_FLT<br>0 | HIGH_Z          | HIGH_Z | 17  |
| 93 | 63 | —  | PB17 | HIGH_Z                                           | GPIO | PWM0_CH5      | SPI1_CS3      | PWM5_FLT<br>1  | HIGH_Z        | HIGH_Z          | HIGH_Z | 49  |
| 94 | 64 | —  | PB16 | ADC1_IN15                                        | GPIO | PWM0_CH4      | SPI1_SOUT     | UART3_TX       | HIGH_Z        | HIGH_Z          | HIGH_Z | 48  |
| 95 | 65 | —  | PB15 | ADC1_IN14                                        | GPIO | PWM0_CH3      | SPI1_SIN      | UART3_RX       | HIGH_Z        | HIGH_Z          | HIGH_Z | 47  |

|     |    |    |      |                                                   |      |               |               |            |          |                |             |     |
|-----|----|----|------|---------------------------------------------------|------|---------------|---------------|------------|----------|----------------|-------------|-----|
| 96  | 66 | —  | PB14 | ADC1_IN9 /<br>ADC0_INTER<br>LEAVE1 <sup>[3]</sup> | GPIO | PWM0_CH2      | SPI1_SCK      | HIGH_Z     | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 46  |
| 97  | 67 | 42 | PB13 | ADC1_IN8 /<br>ADC0_INTER<br>LEAVE0 <sup>[3]</sup> | GPIO | PWM0_CH1      | PWM3_FLT<br>1 | CAN2_TX    | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 45  |
| 98  | 68 | 43 | PB12 | ADC1_IN7                                          | GPIO | PWM0_CH0      | PWM3_FLT<br>2 | CAN2_RX    | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 44  |
| 99  | —  | —  | PD22 | ADC1_IN18                                         | GPIO | HIGH_Z        | HIGH_Z        | CAN3_TX    | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 118 |
| 100 | 69 | 44 | PD4  | ADC1_IN6                                          | GPIO | PWM0_FLT<br>3 | PWM3_FLT<br>3 | HIGH_Z     | CAN2_STB | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 100 |
| 101 | 70 | 45 | PD3  | ADC1_IN3                                          | GPIO | PWM3_CH5      | SPI1_CS0      | EIO_D5     | EIO_D7   | TRGMUX_I<br>N4 | NMI_b       | 99  |
| 102 | 71 | 46 | PD2  | ADC1_IN2                                          | GPIO | PWM3_CH4      | SPI1_SOUT     | EIO_D4     | EIO_D6   | TRGMUX_I<br>N5 | HIGH_Z      | 98  |
| 103 | —  | —  | PD23 | ADC1_IN19                                         | GPIO | HIGH_Z        | HIGH_Z        | CAN3_RX    | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 119 |
| 104 | 72 | 47 | PA3  | ADC1_IN1                                          | GPIO | PWM3_CH1      | I2C0_SCL      | EWDG_IN    | EIO_D5   | UART0_TX       | HIGH_Z      | 3   |
| 105 | 73 | 48 | PA2  | ADC1_IN0                                          | GPIO | PWM3_CH0      | I2C0_SDA      | EWDG_OUT_b | EIO_D4   | UART0_RX       | HIGH_Z      | 2   |
| 106 | —  | —  | PD24 | ADC1_IN20                                         | GPIO | HIGH_Z        | HIGH_Z        | CAN3_STB   | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 120 |
| 107 | 74 | —  | PB11 | HIGH_Z                                            | GPIO | PWM3_CH3      | HIGH_Z        | HIGH_Z     | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 43  |
| 108 | 75 | —  | PB10 | HIGH_Z                                            | GPIO | PWM3_CH2      | I2C0_SDA      | HIGH_Z     | UART3_TX | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 42  |
| 109 | 76 | —  | PB9  | HIGH_Z                                            | GPIO | PWM3_CH1      | I2C0_SCL      | HIGH_Z     | UART3_RX | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 41  |
| 110 | —  | —  | PD27 | ADC1_IN21                                         | GPIO | HIGH_Z        | HIGH_Z        | HIGH_Z     | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 123 |
| 111 | 77 | —  | PB8  | HIGH_Z                                            | GPIO | PWM3_CH0      | HIGH_Z        | HIGH_Z     | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 40  |
| 112 | —  | —  | PD28 | ADC1_IN22                                         | GPIO | HIGH_Z        | HIGH_Z        | HIGH_Z     | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 124 |
| 113 | 78 | 49 | PA1  | ADC0_IN1 /<br>ACMP0_IN1                           | GPIO | PWM1_CH1      | PWM2_CH2      | EIO_D3     | PWM1_CH0 | UART0_RTS      | TRGMUX_OUT0 | 1   |
| 114 | —  | —  | PD29 | ADC1_IN23                                         | GPIO | HIGH_Z        | HIGH_Z        | HIGH_Z     | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 125 |
| 115 | 79 | 50 | PA0  | ADC0_IN0 /<br>ACMP0_IN0                           | GPIO | PWM2_CH1      | HIGH_Z        | EIO_D2     | PWM2_CH0 | UART0_CTS      | TRGMUX_OUT3 | 0   |
| 116 | —  | —  | PD30 | HIGH_Z                                            | GPIO | HIGH_Z        | HIGH_Z        | HIGH_Z     | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 126 |
| 117 | 80 | 51 | PC7  | ADC1_IN5                                          | GPIO | UART1_TX      | CAN1_TX       | PWM3_CH3   | HIGH_Z   | PWM1_CH0       | HIGH_Z      | 71  |
| 118 | 81 | 52 | PC6  | ADC1_IN4                                          | GPIO | UART1_RX      | CAN1_RX       | PWM3_CH2   | HIGH_Z   | PWM1_CH1       | HIGH_Z      | 70  |
| 119 | 82 | —  | PA16 | ADC1_IN13                                         | GPIO | PWM1_CH3      | SPI1_CS2      | HIGH_Z     | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 16  |
| 120 | 83 | —  | PA15 | ADC1_IN12                                         | GPIO | PWM1_CH2      | SPI0_CS3      | SPI2_CS3   | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 15  |
| 121 | 84 | 53 | PE6  | ADC1_IN11                                         | GPIO | SPI0_CS2      | HIGH_Z        | PWM3_CH7   | CAN1_STB | UART1_RTS      | HIGH_Z      | 134 |
| 122 | 85 | 54 | PE2  | ADC1_IN10                                         | GPIO | SPI0_SOUT     | PCT0_ALT3     | PWM3_CH6   | HIGH_Z   | UART1_CTS      | HIGH_Z      | 130 |
| 123 | 86 | —  | VSS  | —                                                 | —    | —             | —             | —          | —        | —              | —           | —   |
| 124 | 87 | —  | VDD  | —                                                 | —    | —             | —             | —          | —        | —              | —           | —   |
| 125 | —  | —  | PE19 | HIGH_Z                                            | GPIO | HIGH_Z        | HIGH_Z        | HIGH_Z     | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 147 |
| 126 | —  | —  | PE20 | HIGH_Z                                            | GPIO | PWM4_CH0      | HIGH_Z        | HIGH_Z     | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 148 |
| 127 | 88 | —  | PA14 | HIGH_Z                                            | GPIO | PWM0_FLT<br>0 | PWM3_FLT<br>1 | EWDG_IN    | HIGH_Z   | PWM1_FLT<br>0  | HIGH_Z      | 14  |
| 128 | —  | —  | PE21 | HIGH_Z                                            | GPIO | PWM4_CH1      | HIGH_Z        | HIGH_Z     | HIGH_Z   | HIGH_Z         | HIGH_Z      | 149 |

|     |     |    |      |           |      |          |            |           |            |           |                          |     |
|-----|-----|----|------|-----------|------|----------|------------|-----------|------------|-----------|--------------------------|-----|
| 129 | —   | —  | PE22 | HIGH_Z    | GPIO | PWM4_CH2 | HIGH_Z     | HIGH_Z    | HIGH_Z     | HIGH_Z    | HIGH_Z                   | 150 |
| 130 | 89  | 55 | PA13 | HIGH_Z    | GPIO | PWM1_CH7 | CAN1_TX    | HIGH_Z    | HIGH_Z     | PWM2_CH0  | HIGH_Z                   | 13  |
| 131 | —   | —  | PE23 | HIGH_Z    | GPIO | PWM4_CH3 | CAN2_STB   | HIGH_Z    | HIGH_Z     | HIGH_Z    | HIGH_Z                   | 151 |
| 132 | —   | —  | PE24 | HIGH_Z    | GPIO | PWM4_CH4 | CAN2_TX    | HIGH_Z    | HIGH_Z     | HIGH_Z    | HIGH_Z                   | 152 |
| 133 | —   | —  | PE25 | HIGH_Z    | GPIO | PWM4_CH5 | CAN2_RX    | HIGH_Z    | HIGH_Z     | HIGH_Z    | HIGH_Z                   | 153 |
| 134 | 90  | 56 | PA12 | HIGH_Z    | GPIO | PWM1_CH6 | CAN1_RX    | HIGH_Z    | HIGH_Z     | PWM2_CH1  | HIGH_Z                   | 12  |
| 135 | 91  | 57 | PA11 | HIGH_Z    | GPIO | PWM1_CH5 | CAN1_STB   | EIO_D1    | ACMP0_RRT  | HIGH_Z    | HIGH_Z                   | 11  |
| 136 | 92  | 58 | PA10 | HIGH_Z    | GPIO | PWM1_CH4 | HIGH_Z     | EIO_D0    | HIGH_Z     | HIGH_Z    | JTAG_TDO <sup>[1]</sup>  | 10  |
| 137 | 93  | 59 | PE1  | HIGH_Z    | GPIO | SPI0_SIN | HIGH_Z     | HIGH_Z    | SPI1_CS0   | PWM1_FLT1 | HIGH_Z                   | 129 |
| 138 | 94  | 60 | PE0  | HIGH_Z    | GPIO | SPI0_SCK | PWM_CLK1   | HIGH_Z    | SPI1_SOUT  | PWM1_FLT2 | HIGH_Z                   | 128 |
| 139 | 95  | 61 | PC5  | HIGH_Z    | GPIO | PWM2_CH0 | RTC_CLKOUT | HIGH_Z    | HIGH_Z     | PWM2_CH1  | JTAG_TDI <sup>[1]</sup>  | 69  |
| 140 | 96  | 62 | PC4  | ACMP0_IN2 | GPIO | PWM1_CH0 | RTC_CLKOUT | HIGH_Z    | EWDG_IN    | PWM1_CH1  | JTAG_TCLK <sup>[1]</sup> | 68  |
| 141 | 97  | 63 | PA5  | HIGH_Z    | GPIO | HIGH_Z   | PWM_CLK1   | HIGH_Z    | HIGH_Z     | HIGH_Z    | RESET_b <sup>[1]</sup>   | 5   |
| 142 | 98  | 64 | PA4  | HIGH_Z    | GPIO | HIGH_Z   | HIGH_Z     | ACMP0_OUT | EWDG_OUT_b | HIGH_Z    | JTAG_TMS <sup>[1]</sup>  | 4   |
| 143 | 99  | —  | PA9  | HIGH_Z    | GPIO | UART2_TX | SPI2_CS0   | EIO_D7    | PWM3_FLT2  | PWM1_FLT3 | PWM4_FLT0                | 9   |
| 144 | 100 | —  | PA8  | HIGH_Z    | GPIO | UART2_RX | SPI2_SOUT  | EIO_D6    | PWM3_FLT3  | PWM4_FLT1 | HIGH_Z                   | 8   |

<sup>[1]</sup>:该功能为默认功能

<sup>[2]</sup>:除了一些专用引脚外，所有引脚在第一次上电时默认为 Function 0

<sup>[3]</sup>: ADC0\_INTERLEAVE0、ADC0\_INTERLEAVE1、ADC1\_INTERLEAVE0、ADC1\_INTERLEAVE1 是 ADC0 和 ADC1 部分通道复用，实现 ADC0 输入通道和 ADC1 输入通道相关功能安全检测以及时钟交织等功能。

## 9.2 器件引脚分配

### 9.2.1 LQFP144 封装

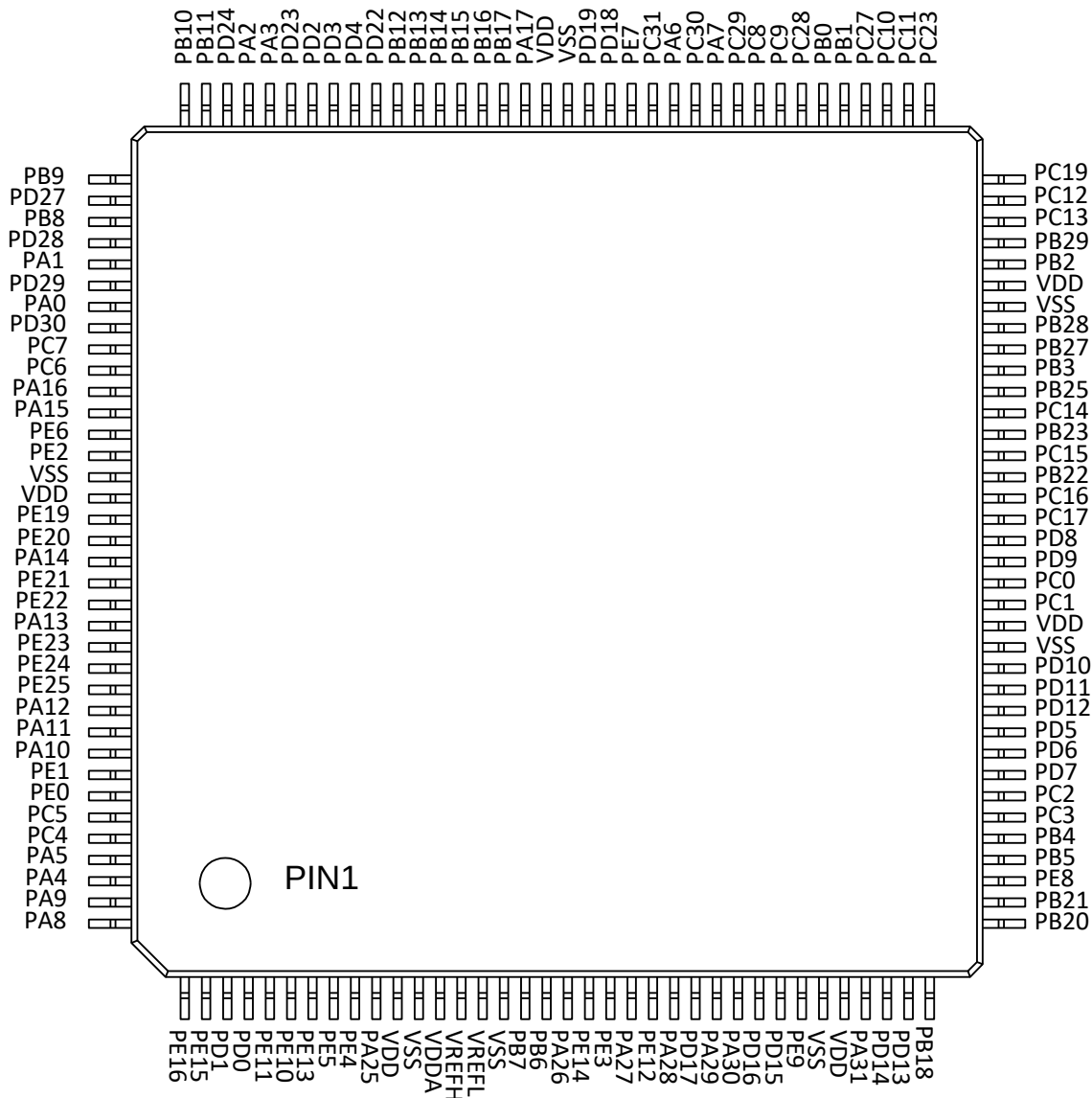


图 9-1 LQFP144 封装

### 9.2.2 LQFP100 封装

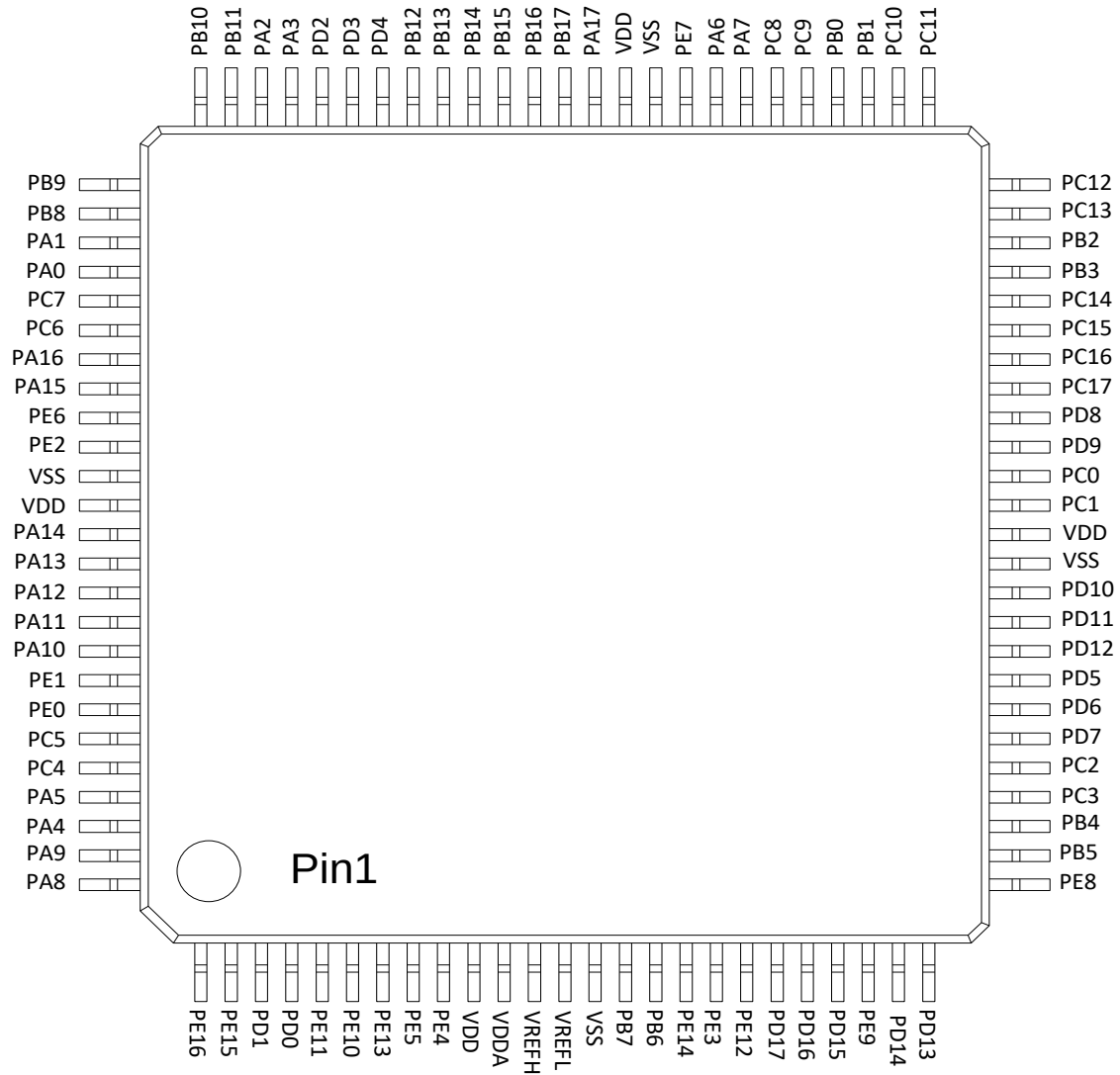


图 9-2 LQFP100 封装

### 9.2.3 LQFP64 封装

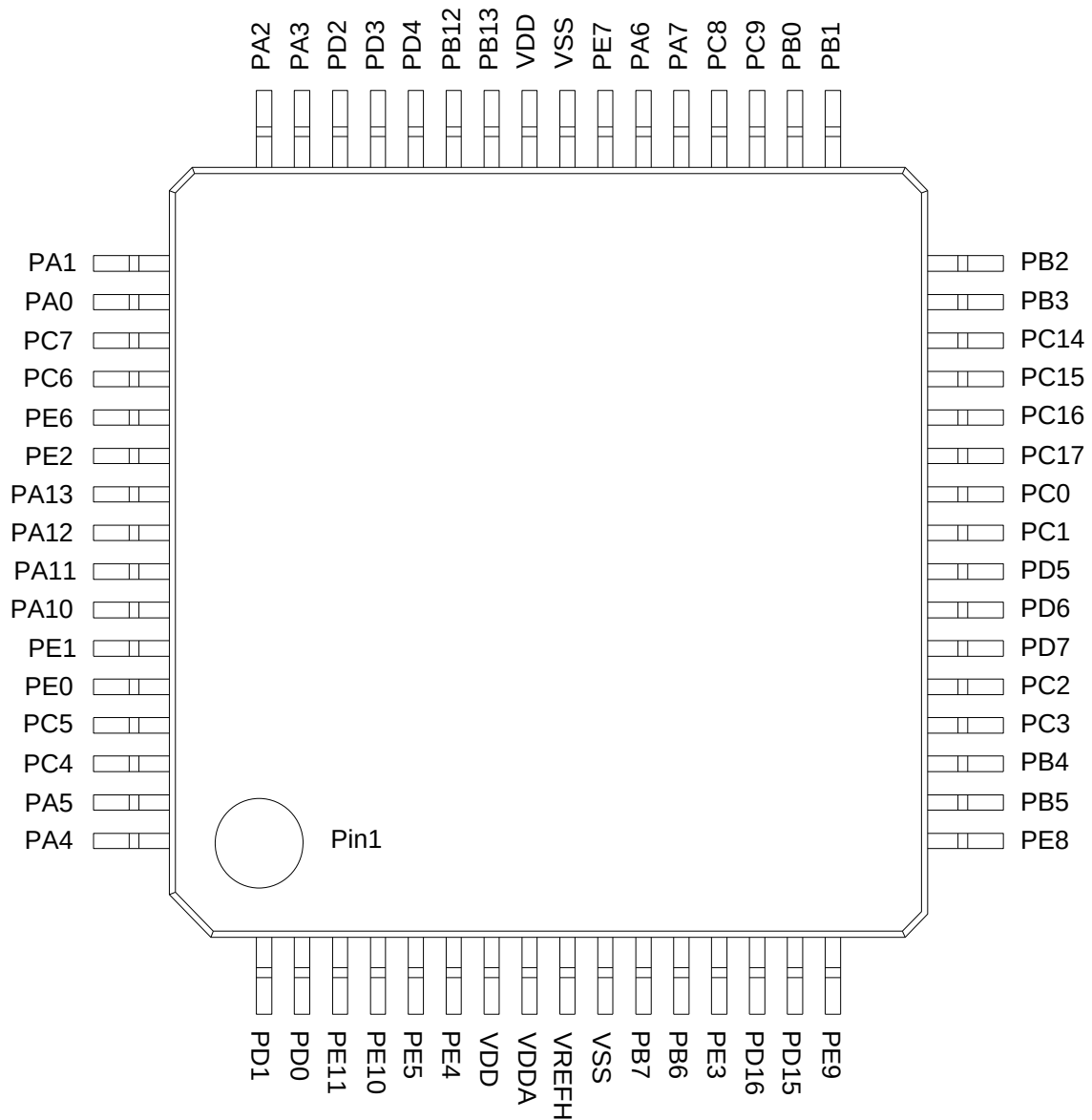


图 9-3 LQFP64 封装