

# PSoC™ 4 MCU: PSoC™ 4100S Plus

## 基于 Arm® Cortex®-M0+ CPU

### 概述

PSoC™ 4 是一个可扩展和可重配置的平台架构，是一个包含 Arm® Cortex®-M0+ CPU 的可编程嵌入式系统控制器。它集成了可编程和可重新配置的模拟和数字模块，并且能够灵活自动地路由这些资源。PSoC™ 4100S Plus 产品系列是 PSoC 4 平台架构的一个成员。该产品系列集成了下列四项：拥有标准通信和时序外设的微控制器，具有一流性能的电容式触摸感应 (CAPSENSE™) 系统，可编程的通用、连续开关电容的模拟模块以及可编程接口。针对新应用和设计的要求，PSoC™ 4100S Plus 产品与 PSoC™ 4 平台系列产品向上兼容。

### 性能

- 32 位 MCU 子系统
  - 48 MHz Arm® Cortex®-M0+ CPU，配置单周期乘法
  - 包含读取加速器的闪存可达 128 KB
  - SRAM 容量高达 16 KB
  - 8 通道 DMA 引擎
- 可编程模拟模块
  - 两个运算放大器支持可重新配置的外部强驱动、高带宽内部驱动、比较器模式和 ADC 输入缓冲功能。运算放大器能够在深度睡眠低功耗模式下运行。
  - 12 位分辨率、1 Msps 采样率的 SAR ADC 包括差分、单端模式和具有信号求平均功能的通道序列发生器。
  - 由电容式感应模块提供的单斜 10 位 ADC 功能
  - 可用在任何引脚上的两个电流 DAC (IDAC)，用于通用目的或电容式感应应用场合
  - 可在深度睡眠模式下工作的两个低功耗比较器
- 可编程数字资源
  - 可编程逻辑模块支持在输入和输出端口上执行 Boolean (布尔) 操作
- 低功耗操作的电压范围：1.71 V ~ 5.5 V
  - 深度睡眠模式可支持模拟系统正常工作，并为数字系统提供 2.5 μA 的电流
- 电容式感应
  - Capacitive Sigma-Delta (CSD) 模块提供了一流的信噪比 (SNR) (> 5:1) 和防水性能
  - 通过英飞凌提供的软件组件可以更容易地实现电容式感应设计
  - 自动硬件调节 (SmartSense)
- LCD 驱动能力
  - GPIO 上的 LCD segment 驱动能力
- 串行通信
  - 五个运行时可重新配置的独立串行通信模块 (SCB)，可配置为 I<sup>2</sup>C、SPI 或 UART 功能
- 定时和脉冲宽度调制器
  - 八个 16 位定时器 / 计数器 / 脉冲宽度调制器 (TCPWM) 模块
  - 支持中心对齐、边沿对齐和伪随机模式
  - 基于比较器触发的“Kill”信号，适用于电机驱动和其它高可靠性数字逻辑的应用
  - 正交解码器
- 时钟源
  - 4 至 33 MHz 外部晶振 (ECO)
  - 生成 48 MHz 频率的 PLL
  - 32 kHz 监视晶振 (WCO)
  - ±2% 精度内部主振荡器 (IMO)

## 性能

- 32 kHz 内部低速振荡器 (ILO)
- 真随机数生成器 (TRNG)
  - TRNG 为加密应用生成用于安全密钥生成的真随机数
- CAN 模块
  - 支持时间触发 CAN (TTCAN) 的 CAN 2.0B 模块
- 多达 54 个可编程的 GPIO 引脚
  - 44 pin TQFP (间距为 0.8 mm)、48 pin TQFP (间距为 0.5 mm)、64 pin TQFP 标准 (间距为 0.8 mm) 以及小间距 (0.5 mm) 封装
  - 任何 GPIO 引脚可用作 CAPSENSE™、模拟或数字引脚
  - 可编程驱动模式、强度和转换速率
- ModusToolbox™ 软件
  - 多平台工具和软件库的总集合。
  - 包括电路板支持包 (BSP)、外设驱动库 (PDL) 和 CAPSENSE™ 等中间件。
- PSoC™ Creator 设计环境
  - 集成开发环境 (IDE) 提供了原理图设计输入和编译 (包括模拟和数字自动布线)
  - 所有固定功能和可编程的外设都提供应用编程接口 (API)
- 工业标准工具的兼容性
  - 输入原理图后，可以使用基于 Arm® 的标准软件开发工具进行开发

## 目录

<b>概述</b> .....	<b>1</b>
<b>性能</b> .....	<b>1</b>
<b>目录</b> .....	<b>3</b>
<b>1 开发生态系统</b> .....	<b>4</b>
1.1 PSoC™ 4 MCU 资源 .....	4
1.2 ModusToolbox™ 软件 .....	5
1.3 PSoC™ Creator .....	6
<b>框图</b> .....	<b>7</b>
<b>2 功能定义</b> .....	<b>8</b>
2.1 CPU 和存储器子系统.....	8
2.2 系统资源.....	8
2.3 模拟模块.....	10
2.4 可编程数字模块 .....	11
2.5 固定功能数字模块 .....	11
2.6 GPIO.....	12
2.7 特殊功能外设 .....	12
<b>3 引脚布局</b> .....	<b>13</b>
3.1 另外的引脚功能 .....	16
<b>4 电源</b> .....	<b>19</b>
4.1 模式 1: 1.8 V 到 5.5 V 外部电源 .....	19
4.2 模式 2: 1.8 V ± 5% 外部电源 .....	19
<b>5 电气规范</b> .....	<b>21</b>
5.1 最大绝对额定值 .....	21
5.2 器件级规范 .....	21
5.3 模拟外设 .....	25
5.4 数字外设 .....	34
5.5 存储器 .....	36
5.6 系统资源 .....	37
<b>6 订购信息</b> .....	<b>41</b>
<b>7 封装</b> .....	<b>44</b>
7.1 封装图 .....	45
<b>8 缩略语</b> .....	<b>48</b>
<b>9 文档规范</b> .....	<b>52</b>
9.1 测量单位 .....	52
<b>文档修订记录</b> .....	<b>53</b>

# 1 开发生态系统

## 1.1 PSoC™ 4 MCU 资源

- 英飞凌的网站 [www.infineon.com](http://www.infineon.com) 上提供了大量资料，有助于正确选择您设计的 PSoC™ 器件，并使您能够快速和有效地将器件集成到设计中。下面是 PSoC™ 4 MCU 的简要链接列表：
- 概况：[PSoC™ 产品系列](#)、[PSoC™ 路线图](#)
  - 产品选型器：[PSoC™ 4 MCU](#)
  - **应用笔记**：英飞凌提供了大量 PSoC™ 应用笔记，涵盖从基本到高级的广泛主题，包括以下应用笔记：
    - [AN79953](#): PSoC™ 4 入门。本应用说明中有一个方便的流程图，可以帮助决定使用哪个 IDE: [ModusToolbox™ 软件](#) 或 [PSoC™ Creator](#)。
    - [AN91184](#): PSoC™ 4 Bluetooth® LE - 设计 Bluetooth® LE 应用
    - [AN88619](#): PSoC™ 4 硬件设计注意事项
    - [AN73854](#): Bootloaders 简介
    - [AN89610](#): Arm® Cortex® 代码优化
    - [AN86233](#): PSoC™ 4 MCU 低功耗模式和功耗技术
    - [AN57821](#): PSoC™ 3、PSoC™ 4、和 PSoC™ 5LP 混合信号电路板布局注意事项
    - [AN85951](#): PSoC™ 4 和 PSoC™ 6 CAPSENSE™ 设计指南
  - **代码示例** 展示了产品功能和使用方法，也可在[英飞凌 GitHub](#) 存储库中找到。
  - **技术参考手册 (TRM)** 提供了 PSoC™ 4 MCU 架构和寄存器的详细说明。
  - **PSoC™ 4 MCU 编程规范** 提供了对 PSoC™ 4 MCU 非易失性存储器进行编程的必要信息。
  - **开发工具**
    - [ModusToolbox™ 软件](#) 通过一套强大的工具和软件库实现了跨平台代码开发。
    - [PSoC™ Creator](#) 是一款基于 Windows 的免费 IDE。它可以同时进行基于 PSoC™ 3、PSoC™ 4、PSoC™ 5LP 和 PSoC™ 6 MCU 系统的硬件和固件设计。使用原理图捕获和超过 150 个预先验证的、可用于生产的外设组件创建应用程序。
    - [CY8CKIT-149](#) PSoC™ 4100S Plus 原型开发套件是一个低成本、易于使用的评估平台。该套件以面包板兼容的格式提供对所有器件 I/O 的轻松访问。
    - [MiniProg4](#) 和 [MiniProg3](#) 多合一开发编程器和调试器。
    - [PSoC™ 4 MCU CAD](#) 库为常用工具提供了封装和原理图支持。还提供 [IBIS 模型](#)。
  - **培训视频** 涉及广泛的主题，包括 [PSoC™ 4 MCU 101 系列](#)。
  - **英飞凌开发者社区** 可随时与世界各地的 PSoC™ 开发者建立联系，每周 7 天，每天 24 小时，并设有专门的 [PSoC™ 4 MCU Community](#) 社区。

## 1.2 ModusToolbox™ 软件

**ModusToolbox™** 软件是英飞凌的多平台工具和软件库的综合集合，可以为创建融合的 MCU 和无线系统提供沉浸式的开发体验。它具有如下特性：

- 全面 -- 它拥有你所需要的资源
- 灵活 -- 您可以在您自己的工作流程中使用资源
- 原子 -- 你可以得到你想要的资源。

英飞凌在 [GitHub](#) 上提供了大量的代码库，包括：

- 与英飞凌套件一致的板卡支持包 (BSP)
- 低级资源，包括外设驱动库 (PDL)
- 中间件实现了 CAPSENSE™ 等行业领先的功能。
- 一套广泛的经过全面测试的 [代码示例应用程序](#)

ModusToolbox™ 软件是理想的 IDE，很容易适应你的工作流程和首选开发环境。它包括一个项目创建器、外设和库配置器、一个库管理器，以及 ModusToolbox™ 的可选 Eclipse IDE，如 [Figure 1](#) 所示。有关使用英飞凌工具的信息，请参考随 ModusToolbox™ 软件交付的文档以及 [AN79953](#):

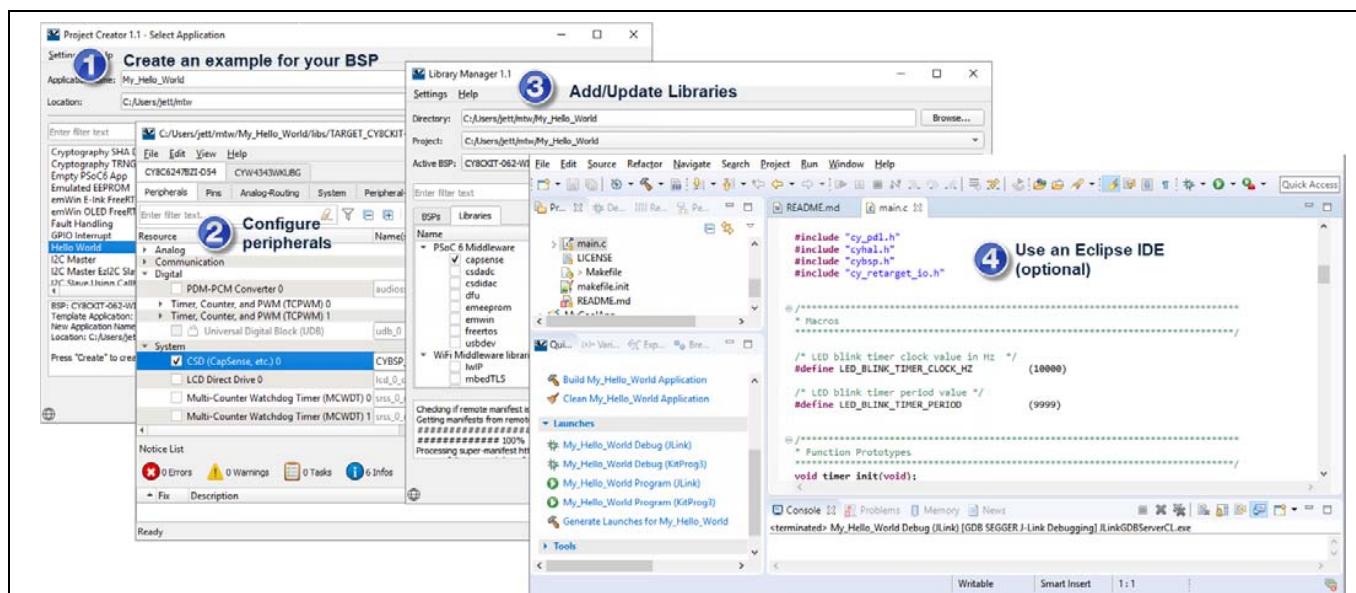


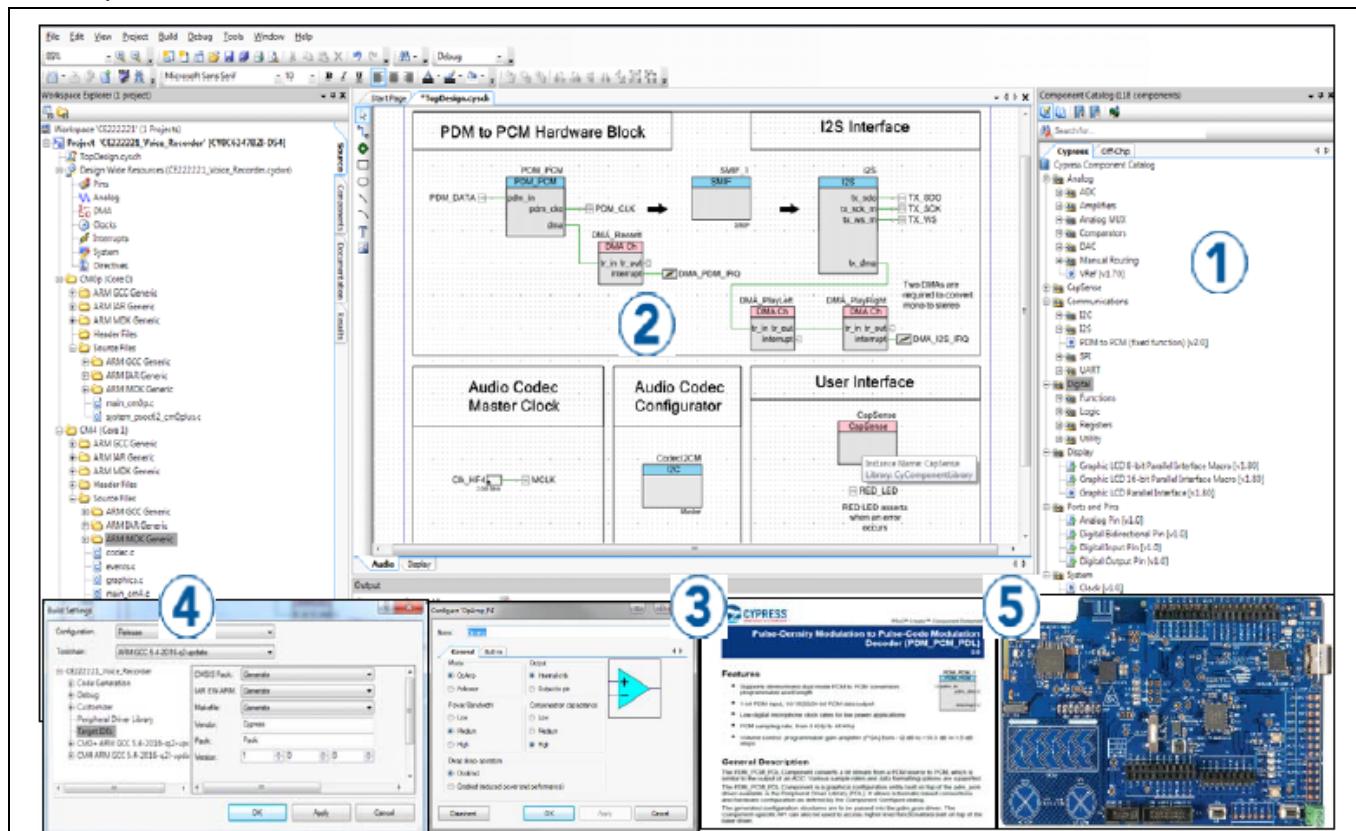
Figure 1 ModusToolbox™ 软件工具 Software Tools

开发生态系统

### 1.3 PSoC™ Creator

**PSoC™ Creator** 是免费的基于 Windows 的集成开发环境 (IDE)。通过它可以基于 PSoC™ 4 MCU 同时设计硬件和固件系统。如 **Figure 2** 所示，使用 PSoC™ Creator，可以执行以下操作：

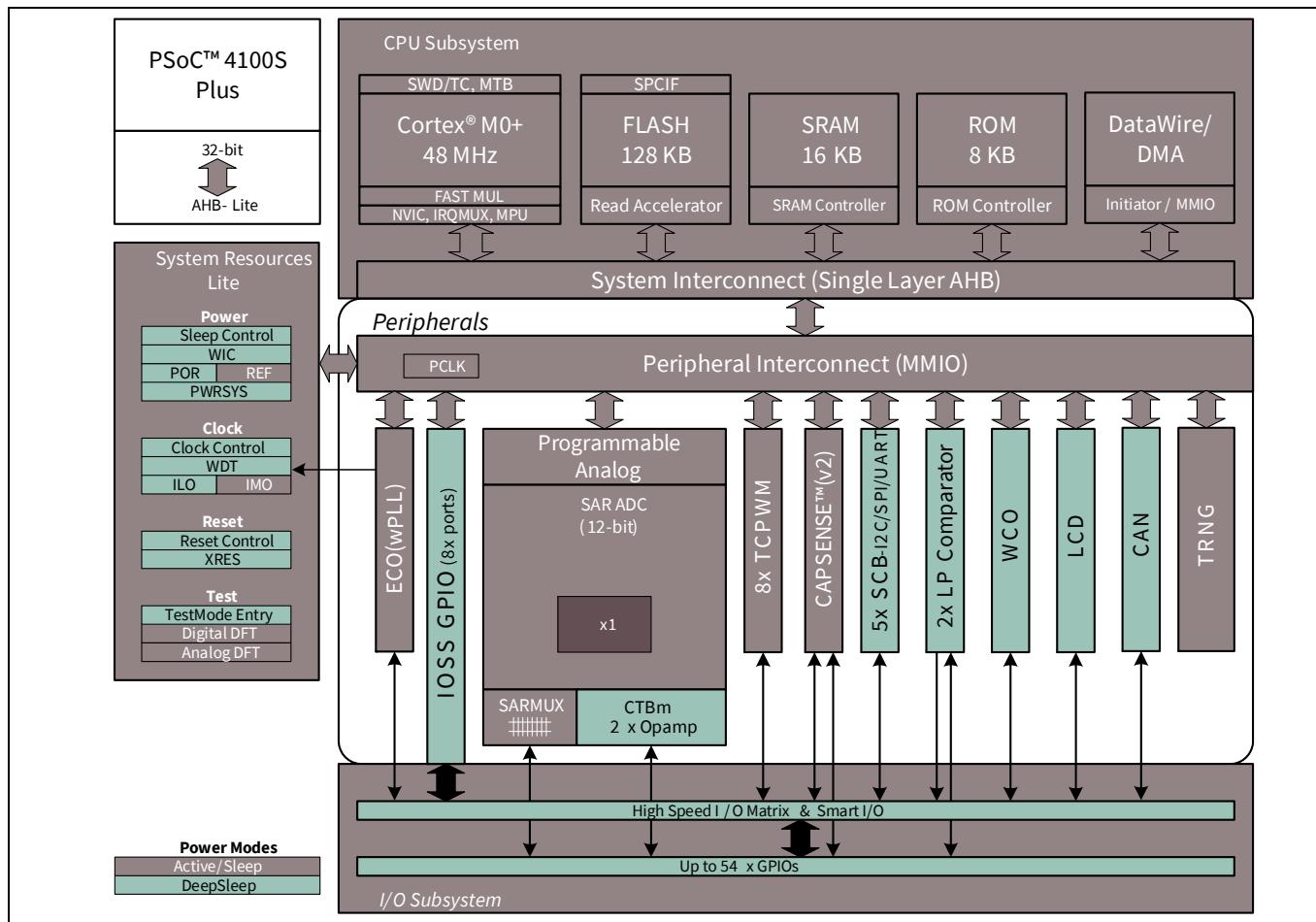
1. 探索 200 多个组件库
2. 在主设计工作区拖放组件图标来完成您的硬件系统设计
3. 使用组件配置工具和组件数据表配置组件
4. 在 PSoC™ Creator IDE 中共同设计您的应用固件和硬件，或为第三方 IDE 构建项目
5. 使用 PSoC™ 4 Pioneer 套件对您的解决方案进行原型设计。如果需要更改设计，PSoC™ Creator 和 Components 可以让您在不需要修改硬件的情况下进行即时更改。



**Figure 2** PSoC™ Creator 原理图项目和组件

框图

## 框图



PSoC™ 4100S Plus 器件能够为硬件和固件的编程、测试、调试和跟踪提供广泛的支持。

Arm® 串行线调试 (SWD) 接口支持器件的所有编程和调试功能。

借助完善的片上调试 (DoC) 功能，可以使用标准的生产用器件在最终系统中进行全面的器件调试。它不需要特殊接口、调试转接板、模拟器或仿真器，只需要标准的编程连接，即可全面支持调试。

PSoC™ Creator 集成开发环境 (IDE) 软件能够为 PSoC™ 4100S Plus 器件提供全面集成的编程和调试支持。SWD 接口全面兼容符合工业标准的第三方工具。PSoC™ 4100S Plus 系列提供了一个多芯片应用解决方案或微控制器都不能达到的安全级别。它拥有下面优点：

- 允许禁用调试特性
- 增强闪存保护功能
- 允许在片上可编程模块上执行客户专用功能

调试电路默认处于使能状态，并且可以通过固件禁用它。如果它未被使能，使能它的唯一方法是擦除整个器件，清除闪存保护，然后通过使能调试的新固件对器件重新进行编程。因此，只有擦除固件后才能覆盖调试固件的使能，从而提高安全性。

此外，如某些应用担心网络钓鱼会通过对器件恶意重新编程来进行欺诈性攻击或试图启动和中断闪存编程序列来击败安全设定的应用，所有器件接口都可以被永久禁用。当器件的最高安全级别有效时，所有编程、调试和测试接口都被禁用。因此，已使能器件安全性的 PSoC™ 4100S Plus 将不能退回来做故障分析。这是 PSoC™ 4100S Plus 客户要考虑使不使能器件安全的地方。

功能定义

## 2 功能定义

### 2.1 CPU 和存储器子系统

#### 2.1.1 CPU

PSoC™ 4100S Plus 中的 Cortex®-M0+ CPU 是 32 位 MCU 子系统的一部分，通过广泛的时钟门控来优化成低功耗操作。此外，几乎所有指令的长度都为 16 位，并且 CPU 执行 Thumb-2 指令子集。它包括一个带有 8 个中断输入的嵌套向量中断控制器 (NVIC) 模块和一个唤醒中断控制器 (WIC)。通过 WIC 可以将处理器从深度睡眠模式唤醒，这样，当芯片处于深度睡眠模式时，可以关闭主处理器的电源。

CPU 子系统包含一个 8 通道 DMA 引擎和一个串行线调试 (SWD) 接口 — JTAG 的 2 线格式。PSoC™ 4100S Plus 的调试配置拥有四个断点 (地址) 比较器和两个观察点 (数据) 比较器。

#### 2.1.2 Flash

PSoC™ 4100S Plus 器件包含一个 Flash 模块，该模块的 Flash 加速器与 CPU 紧密耦合，以缩短闪存模块的平均访问时间。此低功耗 Flash 模块可在工作频率为 48MHz 的情况下实现两个等待状态 (WS) 的访问时间。通过 Flash 加速器，Flash 的单周期访问时间平均为 SRAM 访问时间的 85%。

#### 2.1.3 SRAM

16 KB 的 SRAM 能够在工作频率为 48 MHz 的情况下进行零等待状态的访问。

#### 2.1.4 SROM

一个 8 KB 监控 ROM 包含引导和配置子程序。

## 2.2 系统资源

### 2.2.1 电源系统

有关电源系统的详细信息，请参考 [电源](#) 一节。它能够维持相应模式或延迟模式进入（例如，上电复位 (POR)）所需的电压电平，直到器件正常操作为止；或者生成复位事件（例如，掉电检测）。PSoC™ 4100S Plus 可通过一个外部电源供电，其电压范围为 1.8 V ±5%（外部调节）或 1.8 V 至 5.5 V（内部调节）。它拥有三种不同的功耗模式，这些模式间的转换由电源系统管理。PSoC™ 4100S Plus 提供了主动模式以及低功耗的睡眠模式和深度睡眠模式。

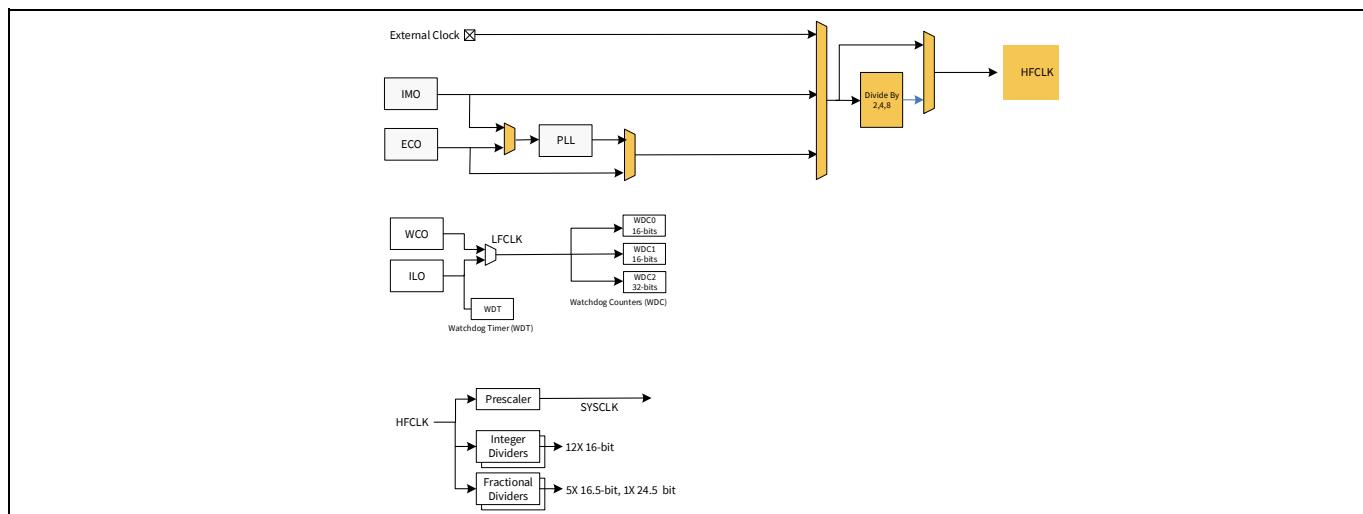
所有子系统都在活动模式下运行。CPU 子系统 (CPU、闪存和 SRAM) 在睡眠模式下被关闭，但所有外设和中断在发生唤醒事件时会立即被激活。在深度睡眠模式下，高速时钟和相关电路都被关闭，从该模式唤醒会需要 35 μs。运算放大器能够在深度睡眠模式下保持操作。

### 2.2.2 时钟系统

PSoC™ 4100S Plus 时钟系统为需要时钟的所有子系统提供时钟，并且通过该时钟系统可以在各种时钟源之间进行切换而没有毛刺脉冲。此外，该时钟系统可确保不会出现亚稳态情况。

PSoC™ 4000S Plus 的时钟系统包括内部主振荡器 (IMO)、内部低频振荡器 (ILO)、一个 32 kHz 时钟晶体振荡器 (WCO)、MHz ECO 和 PLL，并能够接入一个外部时钟。WCO 模块允许将 IMO 连接到 32 kHz 振荡器。

功能定义



**Figure 3 PSoC™ 4100S Plus MCU 时钟架构**

通过分频 HFCLK ( 如上图所示 ) 可以生成用于模拟和数字外设的同步时钟。PSoC™ 4100S Plus 具有 18 个时钟分频器 ( 包括六个小数分频器和 12 个整数分频器 )。12 个 16 位整数分频功能允许很大程度的灵活来生成精细 (fine-grained) 的频率。另外，还有五个 16 位小数分频器和一个 24 位小数分频器。

### 2.2.3 IMO 时钟源

在 PSoC™ 4100S Plus 中，IMO 是主要内部时钟源。在出厂测试过程中，该时钟源会被调整以达到指定的精度。IMO 的默认频率为 24 MHz 并且能以步径为 4 MHz 从 24 MHz 递增到 48 MHz。根据英飞凌所提供的校准设置，IMO 容差将为全电压的 ±2%。

### 2.2.4 ILO 时钟源

ILO 是一个极低功耗的 40 kHz 振荡器，主要用于生成在深度睡眠模式下看门狗定时器 (WDT) 和外设的时钟。利用 IMO 校准 ILO 驱动计数器可以提高精度。英飞凌提供了一个用于校准目的的软件组件。

### 2.2.5 监视晶体振荡器 (WCO)

PSoC™ 4100S Plus 时钟子系统还能够提供一个用于精确时序应用的低频率振荡器 (32 kHz 时钟晶振)。

### 2.2.6 外部晶体振荡器 (ECO)

PSoC™ 4100S Plus 还能够实现一个 4 到 33 MHz 的晶体振荡器。

### 2.2.7 看门狗定时器和计数器

来自 ILO 的时钟模块为看门狗定时器提供时钟；这样允许看门狗在深度睡眠模式下仍能工作。另外，如果超时还未服务该看门狗，则将生成看门狗复位。看门狗复位在固件可读的一个复位原因寄存器内记录。看门狗计数器可用于通过 32 kHz WCO 实现实时时钟。

### 2.2.8 复位

可以从各种源 ( 包括软件复位 ) 复位 PSoC™ 4100S Plus。复位事件是异步的，用于确保将器件恢复到一个已知状态。复位原因被记录在寄存器内，该寄存器的内容在复位过程中保持不变，允许用户通过软件确定复位原因。将 XRES 引脚设置为低电平有效，可以保留该引脚，以供外部复位使用。XRES 引脚有一个内部上拉电阻 ( 永远使能 )。

功能定义

## 2.3 模拟模块

### 2.3.1 12 位 SAR ADC

12 位分辨率和 1 Msps 采样率的 SAR ADC 可在最大为 18 MHz 的时钟速率下运行，在该频率下进行 12 位数据转换至少需要 18 个时钟周期。

采样和保持 (S/H) 时间是可编程，能够降低对驱动 SAR 输入的放大器 ( 它决定了 SAR 的建立时间 ) 的增益带宽的要求。可以通过一个固定的引脚位置为内部参考电压放大器提供一个外部旁路电容。

SAR 通过一个 8 线输入的定序器与一些固定引脚相连。定序器对选中的通道进行自动扫描 ( 定序器扫描 )，开关开销为零 ( 即总采样带宽等于 1 Msps，无论是单个通道还是分布在多个通道上 )。定序器的切换是通过状态机或通过固件驱动切换来实现的。定序器提供的一个功能是对每个通道进行缓冲，以减少 CPU 的中断服务需求。为了适应不同源阻抗和频率的信号，可以对每个通道的不同采样时间进行编程。同时，通过一对量程寄存器 ( 低量程值和高量程值 ) 来实现信号量程规范，如果数字化值超过编程范围，就会有相应的量程外中断；这样就可以快速检测出量程外的值，而不需要等待定序器扫描完成，而 CPU 在软件中读取值和检查量程外的值。

因为 SAR 需要使用高速时钟 ( 高达 18 MHz)，所以不可在深度睡眠模式下运行。SAR 的工作电压范围为 1.71 V 到 5.5 V。

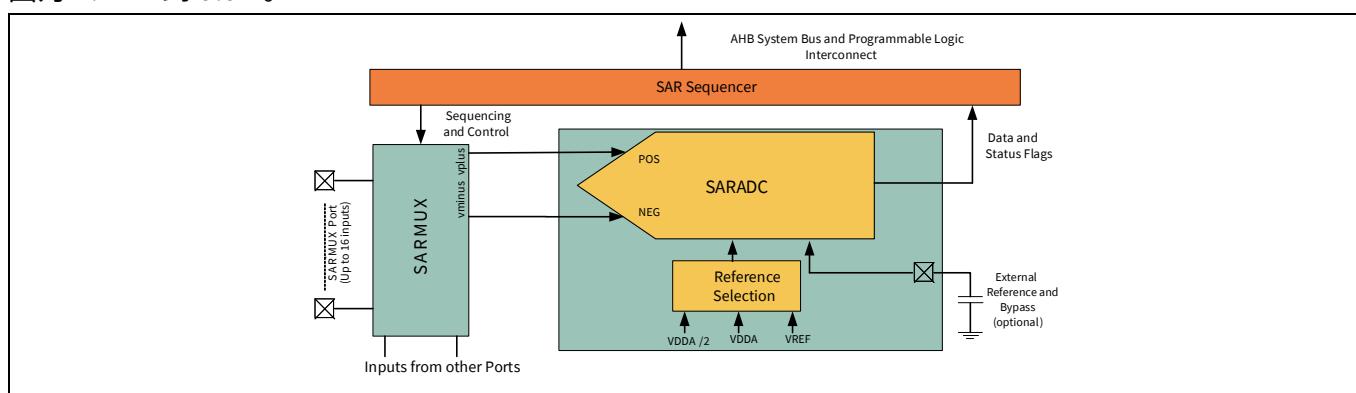


Figure 4 SAR ADC

### 2.3.2 两个运算放大器 ( 连续时间模块；CTB)

PSoC™ 4100S Plus 有两个可作为比较器使用的运算放大器，这样能够在片上执行最常见的模拟功能，而无需外部组件；PGA、电压缓冲区、滤波器、互阻放大器和其他功能 ( 有时候需要使用外部无源器件 )，从而节省电源、成本和空间。片上运算放大器有足够的带宽来驱动 ADC 的采样和保持电路，而不必使用外部缓冲。

### 2.3.3 低功耗电压比较器 (LPC)

PSoC™ 4100S Plus 有一对能在深度睡眠模式下工作的低功耗比较器。这样，当模拟系统模块被禁用时，仍可以在低功耗模式下监控外部电压电平。比较器输出通常需要进行同步化，以避免亚稳态，除非它在一个异步功耗模式下操作 ( 在此模式下，比较器电压变动事件可以激活系统唤醒电路 )。可将 LPC 输出路由到各个引脚上。

### 2.3.4 电流 DAC

PSoC™ 4100S Plus 拥有两个 IDAC，可以驱动芯片上的任何引脚。这些 IDAC 具有可编程的电流范围。

### 2.3.5 模拟复用器总线

PSoC™ 4100S Plus 具有两个围绕芯片周边的同心独立总线。它们 ( 称为 AMUX 总线 ) 与固件可编程的模拟开关相连，通过这些开关，芯片的内部资源 (IDAC、比较器 ) 可连接至 I/O 端口上的任何引脚。

功能定义

## 2.4 可编程数字模块

### 2.4.1 Smart I/O 模块

Smart I/O 由各开关和 LUT 构成，该模块允许路由到 GPIO 端口引脚上的信号实现布尔 (Boolean) 功能。Smart I/O 可在连接到芯片的输入引脚上或输出信号上进行逻辑操作。

## 2.5 固定功能数字模块

### 2.5.1 定时器 / 计数器 / 脉宽调制器 (TCPWM) 模块

TCPWM 模块包含一个用户可编程周期长度的 16 位计数器。另外，还有一个捕获寄存器，用于记录发生事件 (可能是 I/O 事件) 时的计数值；一个周期寄存器，用于停止或自动重新加载计数器 (如果它的计数值等于周期寄存器的值) 和多个比较寄存器，用于生成可作为 PWM 占空比输出的比较值信号。该模块还提供了正向输出和反向输出以及它们间的可编程失调；这样，这些输出可以作为可编程死区的互补 PWM 输出使用。它还有一个停止 (Kill) 输入，用于强制输出预定状态。例如，在用于电机驱动系统中，当出现过流状态时，需要立即关闭驱动 FET 的 PWM，而不能等待软件干预。每个模块还包含一个正交解码器。PSoC™ 4100S Plus 具有八个 TCPWM 模块。

### 2.5.2 串行通信模块 (SCB)

PSoC™ 4100S Plus 共有五个串行通信模块，可配置为 SPI、I<sup>2</sup>C 或 UART 功能。

**I<sup>2</sup>C 模式：**硬件 I<sup>2</sup>C 模块可执行整个多主设备和从设备接口 (具有多主设备仲裁功能)。该模块的工作速率可达 1 Mbps (快速模式 Plus)，另外它还提供了各种灵活的缓冲选项，从而能够降低 CPU 的中断开销和延迟。该模块还具有一个 EZI2C，通过它可以在 PSoC™ 4100S Plus 存储器中创建邮箱的地址范围，并且对存储器中的阵列进行读写操作时可以大量减少 I<sup>2</sup>C 通信。此外，该模块提供了一个深度为 8 字节的 FIFO，用于接收和传送。通过延长 CPU 读取数据的时间，可以大量减少时钟延展的发生 (由于 CPU 没有及时读取数据，才导致时钟延展)。

I<sup>2</sup>C 外设与 I<sup>2</sup>C 标准模式和快速模式器件相兼容，如 NXP I<sup>2</sup>C 总线规范和用户手册 (UM10204) 中所定义。GPIO 可以在开漏模式下实现 I<sup>2</sup>C 总线 I/O。

在以下几方面，PSoC™ 4100S Plus 不完全符合 I<sup>2</sup>C 规范：

GPIO 单元不具有过压容差功能，因此不能热插拔，或者不能与 I<sup>2</sup>C 系统的其余部分独立供电。

**UART 模式：**这是一个运行速度高达 1 Mbps 的全功能 UART。它支持汽车单线接口 (LIN)、红外接口 (IrDA) 和智能卡 (ISO7816) 协议，这些全部都是基本 UART 协议的衍生协议。此外，它还支持 9 位多处理器模式，此模式允许寻址连接到通用 RX 和 TX 线的外设。支持通用 UART 功能，如奇偶校验错误、中断检测以及帧错误。一个 8 字节深度的 FIFO 容许更长的 CPU 服务延迟。

**SPI 模式：**SPI 模式完全支持 Motorola SPI、TI SSP (添加了一个用于同步 SPI 编解码的启动脉冲) 和 National Microwire (SPI 的半双工形式)。该 SPI 模块可以使用 FIFO。

### 2.5.3 CAN

一个支持 TT-CAN 的 CAN 2.0B 模块。

功能定义

## 2.6 GPIO

PSoC™ 4100S Plus 有多达 54 个 GPIO。GPIO 模块实现下列功能：

- 八种驱动模式：
  - 模拟输入模式 (禁用了输入和输出缓冲区)
  - 只输入
  - 弱上拉和强下拉
  - 强上拉和弱下拉
  - 开漏和强下拉
  - 开漏和强上拉
  - 强上拉和强下拉
  - 弱上拉和弱下拉
- 输入阈值选择 (CMOS 或 LVTTL)。
- 除了各种驱动强度模式外，可独立控制输入和输出缓冲区的使能 / 禁用状态
- 可选的转换速率，用于控制 dV/dt 相关噪声，有助于降低 EMI

各个引脚被分为逻辑实体并称为端口，每个端口的宽度为 8 位 (端口 5 和 6 会少一些)。在上电和复位期间，各模块被强制为禁用状态，从而防止给任何输入供电和 / 或在引脚启用时发生过流。一个高速 I/O 矩阵的复用网络用于复用连接多个信号至一个 I/O 引脚。

数据输出寄存器和引脚状态寄存器分别用于保存引脚输出的值和引脚的状态。当使能中断时，每一个 I/O 引脚均可以生成一个中断，并且每个 I/O 端口都有一个相关的中断请求 (IRQ) 和中断服务子程序 (ISR) 向量。

## 2.7 特殊功能外设

### 2.7.1 CAPSENSE™

PSoC™ 4100S Plus 中的 Capacitive Sigma-Delta (CSD) 模块为用户提供 CAPSENSE™ 功能 通过模拟开关连接一个模拟复用总线，能连接到任何引脚。因此，由软件控制下，系统中的任何可用引脚或引脚组都可以提供 CAPSENSE™ 功能。为了便于用户使用 CAPSENSE™ 模块，还提供了 PSoC™ Creator 组件。

通过将屏蔽电压驱动到另一个模拟复用总线可以提供防水功能。通过对屏蔽电极和感应电极进行同步的驱动，可以提供防水功能，从而避免屏蔽电容衰减感应输入。另外可以实现接近感应。

CAPSENSE™ 模块有两个 IDAC。可以将它作为通用 IDAC，如果不用 CAPSENSE™ (两个 IDAC 都可用) 或 CAPSENSE™ 没有防水功能 (一个 IDAC 可用)。

CAPSENSE™ 模块还提供 10 位斜率 ADC 功能，该功能可与 CAPSENSE™ 功能配合使用。CAPSENSE™ 模块是一个高级、低噪声的可编程模块，它提供了可编程的参考电压和电流源范围，有助于提升系统的灵敏和灵活性。它也可以使用外部参考电压。它支持全波 CSD 模式，交换检测 VDDA 和接地电压，以消除电源相关的噪声。

### 2.7.2 LCD Segment 驱动

PSoC™ 4100S Plus 有一个 LCD 控制器，可驱动多达 8 个 common 和 30 个 segment。该控制器使用全数字方法驱动 LCD segment，不需要生成内部 LCD 电压。这两种方法被称为数字关联和 PWM。数字关联通过调制 common 和 segment 信号的频率和驱动电平来生成最高 RMS 电压跨过一个 segment，用于点亮或保持 RMS 信号为零。这种方法对 STN 显示屏很有用，但可能会降低 TN (较便宜) 显示屏的对比度。PWM 方法是使用 PWM 信号来驱动屏幕，有效地利用屏幕的电容来提供经过调制的脉冲宽度，从而生成所需 LCD 电压。这种方法要求更高的功耗，但驱动 TN 显示屏时可以带来更好的效果。

引脚布局

### 3 引脚布局

下表介绍的是 PSoC™ 4100S Plus 的 44 pin TQFP、48 pin TQFP、64 pin TQFP 标准和小间距封装的引脚名单。

**Table 1 引脚布局 (1/2)**

64-TQFP		44-TQFP		48-TQFP	
引脚	名称	引脚	名称	引脚	名称
39	P0.0	24	P0.0	28	P0.0
40	P0.1	25	P0.1	29	P0.1
41	P0.2	26	P0.2	30	P0.2
42	P0.3	27	P0.3	31	P0.3
43	P0.4	28	P0.4	32	P0.4
44	P0.5	29	P0.5	33	P0.5
45	P0.6	30	P0.6	34	P0.6
46	P0.7	31	P0.7	35	P0.7
47	XRES	32	XRES	36	XRES
48	VCCD	33	VCCD	37	VCCD
		34	VDDD		
49	VSSD			38	VSSD
50	VDDD			39	VDDD
51	P5.0				
52	P5.1				
53	P5.2				
54	P5.3				
55	P5.5				
56	VDDA	35	VDDA	40	VDDA
57	VSSA	36	VSSA	41	VSSA
58	P1.0	37	P1.0	42	P1.0
59	P1.1	38	P1.1	43	P1.1
60	P1.2	39	P1.2	44	P1.2
61	P1.3	40	P1.3	45	P1.3
62	P1.4	41	P1.4	46	P1.4
63	P1.5	42	P1.5	47	P1.5
64	P1.6	43	P1.6	48	P1.6
1	P1.7	44	P1.7	1	P1.7
		1	VSSD		
2	P2.0	2	P2.0	2	P2.0
3	P2.1	3	P2.1	3	P2.1
4	P2.2	4	P2.2	4	P2.2
5	P2.3	5	P2.3	5	P2.3
6	P2.4	6	P2.4	6	P2.4
7	P2.5	7	P2.5	7	P2.5

## 引脚布局

**Table 1 引脚布局 (2/2)**

64-TQFP		44-TQFP		48-TQFP	
引脚	名称	引脚	名称	引脚	名称
8	P2.6	8	P2.6	8	P2.6
9	P2.7	9	P2.7	9	P2.7
10	VSSD				
11	NC				
12	P6.0	10	P6.0		
13	P6.1				
14	P6.2				
15	P6.4				
16	P6.5				
17	VSSD			10	VSSD
				11	NC
18	P3.0	11	P3.0	12	P3.0
19	P3.1	12	P3.1	13	P3.1
20	P3.2	13	P3.2	14	P3.2
				15	NC
21	P3.3	14	P3.3	16	P3.3
22	P3.4	15	P3.4	17	P3.4
23	P3.5	16	P3.5	18	P3.5
24	P3.6	17	P3.6	19	P3.6
25	P3.7	18	P3.7	20	P3.7
26	VDDD	19	VDDD	21	VDDD
27	P4.0	20	P4.0	22	P4.0
28	P4.1	21	P4.1	23	P4.1
29	P4.2	22	P4.2	24	P4.2
30	P4.3	23	P4.3	25	P4.3
31	P4.4				
32	P4.5				
33	P4.6				
34	P4.7				
35	P5.6				
36	P5.7				
37	P7.0			26	P7.0
38	P7.1			27	P7.1

### 各种电源引脚的功能如下说明：

VDDD：数字部分的电源

VDDA：模拟部分的电源

VSSD、VSSA：分别为数字和模拟部分的接地。

VCCD：调节数字电源 (1.8 V ± 5%)

引脚布局

VDD: 芯片各部分的电源

VSS: 芯片各部分的接地电源

**GPIO 封装:**

	<b>64 TQFP</b>	<b>44 TQFP</b>	<b>48 TQFP</b>
<b>Number</b>	54	37	38

### 3.1 另外的引脚功能

每个端口引脚可用于实现多个功能，例如：作为模拟 I/O、数字外设功能、LCD 引脚或 CAPSENSE™ 引脚。引脚分配如下表所示。

**Table 2 另外的引脚功能 (1/3)**

端口 / 引脚	模拟模块	智能 I/O	ACT #0	ACT #1	ACT #3	DS #2	DS #3
P0.0	lpcomp.in_p[0]			tcpwm.tr_in[0]	scb[2].uart_cts:0	scb[2].i2c_scl:0	scb[0].spi_select1:0
P0.1	lpcomp.in_n[0]			tcpwm.tr_in[1]	scb[2].uart_rts:0	scb[2].i2c_sda:0	scb[0].spi_select2:0
P0.2	lpcomp.in_p[1]						scb[0].spi_select3:0
P0.3	lpcomp.in_n[1]						scb[2].spi_select0:1
P0.4	wco.wco_in			scb[1].uart_rx:0	scb[2].uart_rx:0	scb[1].i2c_scl:0	scb[1].spi_mosi:1
P0.5	wco.wco_out			scb[1].uart_tx:0	scb[2].uart_tx:0	scb[1].i2c_sda:0	scb[1].spi_miso:1
P0.6	exco.eco_in		srss.ext_clk:0	scb[1].uart_cts:0	scb[2].uart_tx:1		scb[1].spi_clk:1
P0.7	exco.eco_out		tcpwm.line[0]:3	scb[1].uart_rts:0			scb[1].spi_select0:1
P5.0			tcpwm.line[4]:2		scb[2].uart_rx:1	scb[2].i2c_scl:1	scb[2].spi_mosi:0
P5.1			tcpwm.line_compl[4]:2		scb[2].uart_tx:2	scb[2].i2c_sda:1	scb[2].spi_miso:0
P5.2			tcpwm.line[5]:2		scb[2].uart_cts:1	lpcomp.comp[0]:2	scb[2].spi_clk:0
P5.3			tcpwm.line_compl[5]:2		scb[2].uart_rts:1	lpcomp.comp[1]:0	scb[2].spi_select0:0
P5.4			tcpwm.line[6]:2				scb[2].spi_select1:0
P5.5			tcpwm.line_compl[6]:2				scb[2].spi_select2:0
P1.0	ctb0_oa0+	SmartIo[2].io[0]	tcpwm.line[2]:1	scb[0].uart_rx:1		scb[0].i2c_scl:0	scb[0].spi_mosi:1
P1.1	ctb0_oa0-	SmartIo[2].io[1]	tcpwm.line_compl[2]:1	scb[0].uart_tx:1		scb[0].i2c_sda:0	scb[0].spi_miso:1
P1.2	ctb0_oa0_out	SmartIo[2].io[2]	tcpwm.line[3]:1	scb[0].uart_cts:1	tcpwm.tr_in[2]	scb[2].i2c_scl:2	scb[0].spi_clk:1
P1.3	ctb0_oa1_out	SmartIo[2].io[3]	tcpwm.line_compl[3]:1	scb[0].uart_rts:1	tcpwm.tr_in[3]	scb[2].i2c_sda:2	scb[0].spi_select0:1
P1.4	ctb0_oa1-	SmartIo[2].io[4]	tcpwm.line[6]:1			scb[3].i2c_scl:0	scb[0].spi_select1:1

**Table 2 另外的引脚功能 (2/3)**

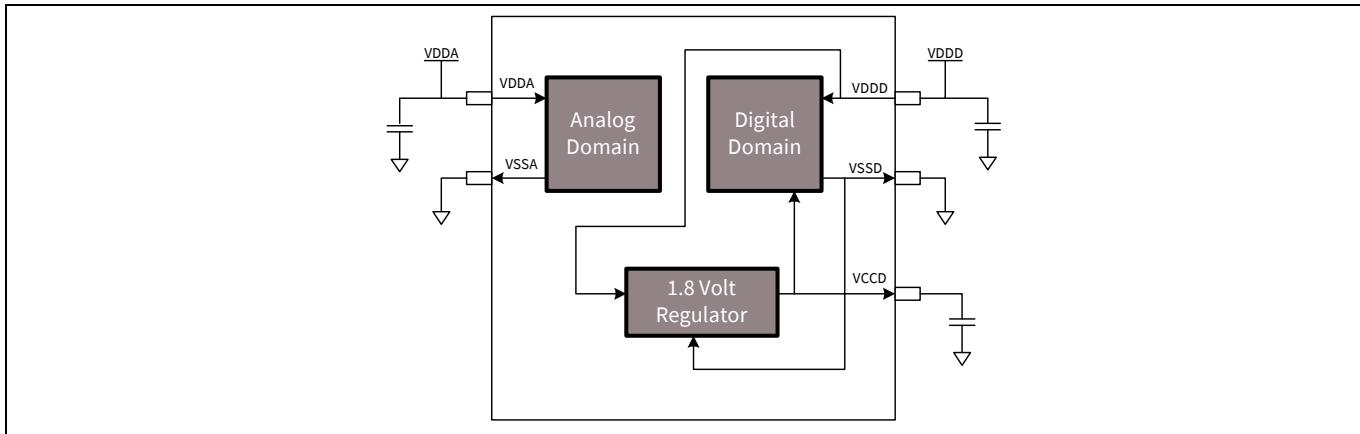
端口 / 引脚	模拟模块	智能 I/O	ACT #0	ACT #1	ACT #3	DS #2	DS #3
P1.5	ctb0_oa1+	SmartIo[2].io[5]	tcpwm.line_compl[6]:1			scb[3].i2c_sda:0	scb[0].spi_select2:1
P1.6	ctb0_oa0+	SmartIo[2].io[6]	tcpwm.line[7]:1				scb[0].spi_select3:1
P1.7	ctb0_oa1+ sar_ext_vref0 sar_ext_vref1	SmartIo[2].io[7]	tcpwm.line_compl[7]:1				scb[2].spi_clk:1
P2.0	sarmux[0]	SmartIo[0].io[0]	tcpwm.line[4]:0	csd.comp	tcpwm.tr_in[4]	scb[1].i2c_scl:1	scb[1].spi_mosi:2
P2.1	sarmux[1]	SmartIo[0].io[1]	tcpwm.line_compl[4]:0		tcpwm.tr_in[5]	scb[1].i2c_sda:1	scb[1].spi_miso:2
P2.2	sarmux[2]	SmartIo[0].io[2]	tcpwm.line[5]:1				scb[1].spi_clk:2
P2.3	sarmux[3]	SmartIo[0].io[3]	tcpwm.line_compl[5]:1				scb[1].spi_select0:2
P2.4	sarmux[4]	SmartIo[0].io[4]	tcpwm.line[0]:1	scb[3].uart_rx:1			scb[1].spi_select1:1
P2.5	sarmux[5]	SmartIo[0].io[5]	tcpwm.line_compl[0]:1	scb[3].uart_tx:1			scb[1].spi_select2:1
P2.6	sarmux[6]	SmartIo[0].io[6]	tcpwm.line[1]:1	scb[3].uart_cts:1			scb[1].spi_select3:1
P2.7	sarmux[7]	SmartIo[0].io[7]	tcpwm.line_compl[1]:1	scb[3].uart_rts:1		lpcomp.comp[0]:0	scb[2].spi_mosi:1
P6.0			tcpwm.line[4]:1	scb[3].uart_rx:0	can.can_tx_enb_n:0	scb[3].i2c_scl:1	scb[3].spi_mosi:0
P6.1			tcpwm.line_compl[4]:1	scb[3].uart_tx:0	can.can_rx:0	scb[3].i2c_sda:1	scb[3].spi_miso:0
P6.2			tcpwm.line[5]:0	scb[3].uart_cts:0	can.can_tx:0		scb[3].spi_clk:0
P6.3			tcpwm.line_compl[5]:0	scb[3].uart_rts:0			scb[3].spi_select0:0
P6.4			tcpwm.line[6]:0			scb[4].i2c_scl	scb[3].spi_select1:0
P6.5			tcpwm.line_compl[6]:0			scb[4].i2c_sda	scb[3].spi_select2:0
P3.0		SmartIo[1].io[0]	tcpwm.line[0]:0	scb[1].uart_rx:1		scb[1].i2c_scl:2	scb[1].spi_mosi:0

**Table 2 另外的引脚功能 (3/3)**

端口 / 引脚	模拟模块	智能 I/O	ACT #0	ACT #1	ACT #3	DS #2	DS #3
P3.1		SmartIo[1].io[1]	tcpwm.line_compl[0]:0	scb[1].uart_tx:1		scb[1].i2c_sda:2	scb[1].spi_miso:0
P3.2		SmartIo[1].io[2]	tcpwm.line[1]:0	scb[1].uart_cts:1		cpuss.swd_data	scb[1].spi_clk:0
P3.3		SmartIo[1].io[3]	tcpwm.line_compl[1]:0	scb[1].uart_rts:1		cpuss.swd_clk	scb[1].spi_select0:0
P3.4		SmartIo[1].io[4]	tcpwm.line[2]:0		tcpwm.tr_in[6]		scb[1].spi_select1:0
P3.5		SmartIo[1].io[5]	tcpwm.line_compl[2]:0				scb[1].spi_select2:0
P3.6		SmartIo[1].io[6]	tcpwm.line[3]:0			scb[4].spi_select3	scb[1].spi_select3:0
P3.7		SmartIo[1].io[7]	tcpwm.line_compl[3]:0			lpcomp.comp[1]:1	scb[2].spi_miso:1
P4.0	csd.vref_ext			scb[0].uart_rx:0	can.can_rx:1	scb[0].i2c_scl:1	scb[0].spi_mosi:0
P4.1	csd.cshield			scb[0].uart_tx:0	can.can_tx:1	scb[0].i2c_sda:1	scb[0].spi_miso:0
P4.2	csd.cmod			scb[0].uart_cts:0	can.can_tx_enb_n:1	lpcomp.comp[0]:1	scb[0].spi_clk:0
P4.3	csd.csh_tank			scb[0].uart_rts:0		lpcomp.comp[1]:2	scb[0].spi_select0:0
P4.4				scb[4].uart_rx		scb[4].spi_mosi	scb[0].spi_select1:2
P4.5				scb[4].uart_tx		scb[4].spi_miso	scb[0].spi_select2:2
P4.6				scb[4].uart_cts		scb[4].spi_clk	scb[0].spi_select3:2
P4.7				scb[4].uart_rts		scb[4].spi_select0	
P5.6			tcpwm.line[7]:0			scb[4].spi_select1	scb[2].spi_select3:0
P5.7			tcpwm.line_compl[7]:0			scb[4].spi_select2	
P7.0			tcpwm.line[0]:2	scb[3].uart_rx:2		scb[3].i2c_scl:2	scb[3].spi_mosi:1
P7.1			tcpwm.line_compl[0]:2	scb[3].uart_tx:2		scb[3].i2c_sda:2	scb[3].spi_miso:1
P7.2			tcpwm.line[1]:2	scb[3].uart_cts:2			scb[3].spi_clk:1

## 4 电源

下面的电源系统框图显示了 PSoC™ 4100S Plus 中电源引脚的设置情况。该系统具有一个处于活动模式的电压调节器，提供给数字电路使用。系统中没有模拟电压调节器。模拟电路直接由 V<sub>DDA</sub> 输入供电。



**Figure 5 电源连接**

共有两种操作模式。在模式 1 中，电压范围为 1.8 V ~ 5.5 V (未经外部调节，使用内部电压调节器)。在模式 2 中，电压范围为 1.8 V ±5% (使用外部调节，电压范围为 1.71 ~ 1.89 V，不使用内部电压调节器)。

### 4.1 模式 1：1.8 V 到 5.5 V 外部电源

在该模式下，PSoC™ 4100S Plus 由外部电源供电，它的范围为 1.8 到 5.5 V。该范围也适用于电池供电的操作。例如，芯片可由一个开始为 3.5 V，然后下降到 1.8 V 的电池系统供电。在此模式下，PSoC™ 4100S Plus 的内部调节器为内部逻辑供电，并且它的输出与 V<sub>CCD</sub> 引脚连接。V<sub>CCD</sub> 引脚需要通过外部电容 (0.1 μF；X5R 陶瓷或性能更好的电容) 旁路接地，并且不可连接到其他部分。

### 4.2 模式 2：1.8 V ± 5% 外部电源

在该模式下，PSoC™ 4100S Plus 由一个电压范围为 1.71 V 到 1.89 V 的外部电源供电；请注意，此范围必须包括了电源纹波。在该模式下，VDD 和 VCCD 引脚短接相连并被旁路。内部电压调节器可通过固件被禁用。

VDDD 需要通过旁路电容接地。通常并行选用一个 1 μF 和一个 0.1 μF 的电容组。请注意，这只是简单的经验法则。对于重要的应用，PCB 布局、走线间的电感和旁路寄生电容需要通过仿真设计以获得最佳的旁路。

旁路方案示例如下图所示。

电源

Power supply bypass connections example

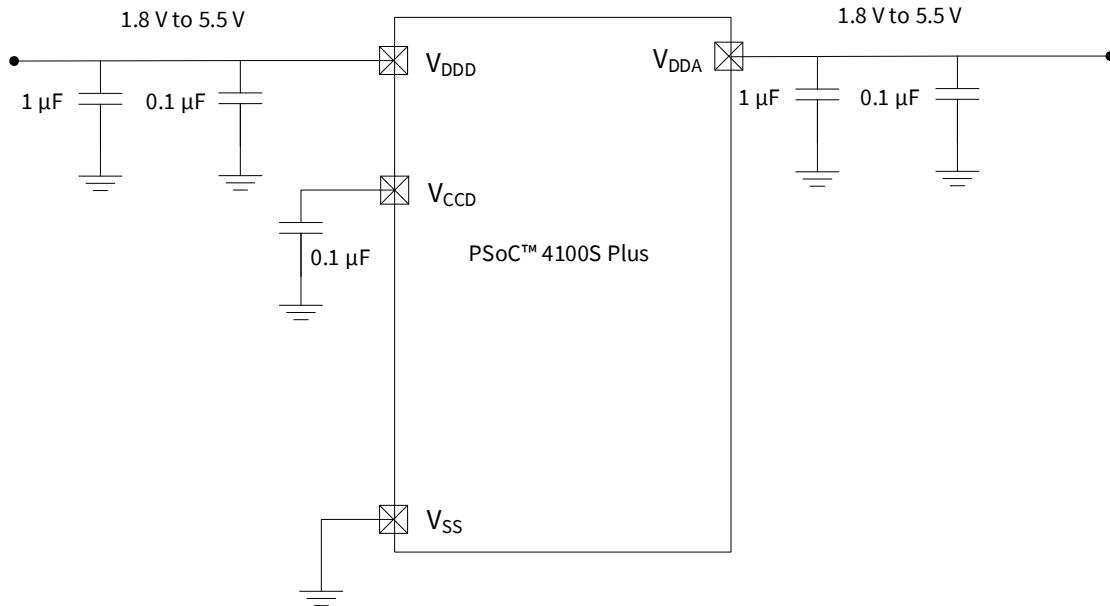


Figure 6 外部电源 (电压范围从 1.8 V 到 5.5 V, 使能内部电压调节器)

电气规范

## 5 电气规范

### 5.1 最大绝对额定值

Table 3 最大绝对额定值<sup>[1]</sup>

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID1	V <sub>DDD_ABS</sub>	相对于 V <sub>SS</sub> 的数字供电电压	-0.5	-	6	V	-
SID2	V <sub>CCD_ABS</sub>	相对于 V <sub>SS</sub> 的直接数字内核输入电压	-0.5	-	1.95		-
SID3	V <sub>GPIO_ABS</sub>	GPIO 电压	-0.5	-	V <sub>DD</sub> +0.5		-
SID4	I <sub>GPIO_ABS</sub>	每个 GPIO 上的最大电流	-25	-	25	mA	-
SID5	I <sub>GPIO_injection</sub>	GPIO 注入电流。V <sub>IH</sub> > V <sub>DDD</sub> 时，该值最大；V <sub>IL</sub> < V <sub>SS</sub> 时，该值最小	-0.5	-	0.5		每个引脚的注入电流
BID44	ESD_HBM	静电放电 - 人体模型	2200	-	-	V	-
BID45	ESD_CDM	静电放电 - 充电器件模型	500	-	-		-
BID46	LU	引脚闩锁电流	-140	-	140	mA	-

### 5.2 器件级规范

除非另有说明，否则规范的适用条件是  $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 105^{\circ}\text{C}$  和  $T_J \leq 125^{\circ}\text{C}$ ，除非另有说明，否则这些规范的适用范围为 1.71 V ~ 5.5 V。

Table 4 直流规范 (1/2)

典型值的测量条件为：V<sub>DD</sub> = 3.3 V 和 25 °C

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID53	V <sub>DD</sub>	电源输入电压	1.8	-	5.5	V	启用内部调节器
SID255	V <sub>DD</sub>	电源输入电压 (V <sub>CCD</sub> = V <sub>DDD</sub> = V <sub>DDA</sub> )	1.71	-	1.89		禁用内部调节器
SID54	V <sub>CCD</sub>	输出电压 (供给内核逻辑)	-	1.8	-		-
SID55	C <sub>EFC</sub>	外部调节器电压 (V <sub>CCD</sub> ) 旁路	-	0.1	-	μF	X5R 陶瓷电容或性能更好的电容
SID56	C <sub>EXC</sub>	电源旁路电容	-	1	-		X5R 陶瓷电容或性能更好的电容

在活动模式下，V<sub>DD</sub> = 1.8 V ~ 5.5 V。典型值的测试条件为：V<sub>DD</sub> = 3.3 V；温度 = 25 °C。

SID10	I <sub>DD5</sub>	从闪存执行，CPU 的运行速率为 6 MHz	-	1.8	2.4	mA	
SID16	I <sub>DD8</sub>	从闪存执行，CPU 的运行速率为 24 MHz	-	3.0	4.6		
SID19	I <sub>DD11</sub>	从闪存执行，CPU 的运行速率为 48 MHz	-	5.4	7.1		

#### 注释

- 器件在高于 Table 3 中所列出的最大绝对值条件下工作可能会造成永久性损害。器件长期运行于最大绝对值条件下，可能会影响它的可靠性。最大存储温度是 150 °C，并符合 JEDEC 标准 JESD22-A103 — 高温度存储寿命。如果采用的值低于最大绝对值但高于正常值，则器件可能不正常工作。

## 电气规范

**Table 4 直流规范 (2/2)**

典型值的测量条件为:  $V_{DD} = 3.3\text{ V}$  和  $25^\circ\text{C}$

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
<b>在睡眠模式下, <math>V_{DDD} = 1.8\text{ V} \sim 5.5\text{ V}</math> (使能内部调节器)</b>							
SID22	$I_{DD17}$	$I^2\text{C}$ 唤醒、WDT 和比较器都被使能。	-	1.1	1.8	mA	6 MHZ
SID25	$I_{DD20}$	$I^2\text{C}$ 唤醒、WDT 和比较器都被使能	-	1.5	2.1		12 MHZ
<b>在睡眠模式下, <math>V_{DDD} = 1.71\text{ V} \sim 1.89\text{ V}</math> (旁路内部调节器)</b>							
SID28	$I_{DD23}$	$I^2\text{C}$ 唤醒、WDT 和比较器都被使能	-	1.1	1.8	mA	6 MHZ
SID28A	$I_{DD23A}$	$I^2\text{C}$ 唤醒、WDT 和比较器都被使能	-	1.5	2.1	mA	12 MHZ
<b>在深度睡眠模式下, <math>V_{DD} = 1.8\text{ V} \sim 3.6\text{ V}</math> (使能内部调节器)</b>							
SID30	$I_{DD25}$	$I^2\text{C}$ 唤醒, WDT 使能; $T = -40^\circ\text{C} \text{ 到 } 60^\circ\text{C}$	-	2.5	40	$\mu\text{A}$	$T = -40^\circ\text{C} \text{ 到 } 60^\circ\text{C}$
SID31	$I_{DD26}$	$I^2\text{C}$ 唤醒, WDT 使能	-	2.5	125	$\mu\text{A}$	最大值在 $3.6\text{ V}$ 和 $85^\circ\text{C}$
<b>在深度睡眠模式下, <math>V_{DD} = 3.6\text{ V} \sim 5.5\text{ V}</math> (使能内部调节器)</b>							
SID33	$I_{DD28}$	$I^2\text{C}$ 唤醒, WDT 使能; $T = -40^\circ\text{C} \text{ 到 } 60^\circ\text{C}$	-	2.5	40	$\mu\text{A}$	$T = -40^\circ\text{C} \text{ 到 } 60^\circ\text{C}$
SID34	$I_{DD29}$	$I^2\text{C}$ 唤醒, WDT 使能	-	2.5	125	$\mu\text{A}$	最大值在 $5.5\text{ V}$ 和 $85^\circ\text{C}$
<b>在深度睡眠模式下, <math>V_{DD} = V_{CCD} = 1.71\text{ V} \sim 1.89\text{ V}</math> (旁路内部调节器)</b>							
SID36	$I_{DD31}$	$I^2\text{C}$ 唤醒, WDT 使能; $T = -40^\circ\text{C} \text{ 到 } 60^\circ\text{C}$	-	2.5	60	$\mu\text{A}$	$T = -40^\circ\text{C} \text{ 到 } 60^\circ\text{C}$
SID37	$I_{DD32}$	$I^2\text{C}$ 唤醒, WDT 使能	-	2.5	180	$\mu\text{A}$	最大值在 $1.89\text{ V}$ 和 $85^\circ\text{C}$
<b>XRES 电流</b>							
SID307	$I_{DD\_XR}$	触发 XRES 时的供电电流	-	2	5	mA	-

**Table 5 交流规范**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID48	$F_{CPU}$	CPU 频率	DC	-	48	MHz	$1.71 \leq V_{DD} \leq 5.5$
SID49 <sup>[2]</sup>	$T_{SLEEP}$	从睡眠模式唤醒的时间	-	0	-	$\mu\text{s}$	
SID50 <sup>[2]</sup>	$T_{DEEPSLEEP}$	从深度睡眠模式唤醒的时间	-	35	-		

### 注释

2. 由表征保证。

电气规范

## 5.2.1 GPIO

Table 6 GPIO 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID57	$V_{IH}^{[3]}$	输入高电平阈值	$0.7 \times V_{DDD}$	-	-	V	CMOS 输入
SID58	$V_{IL}$	输入低电平阈值	-	-	$0.3 \times V_{DDD}$		CMOS 输入
SID241	$V_{IH}^{[3]}$	LV TTL 输入, $V_{DDD} < 2.7$ V	$0.7 \times V_{DDD}$	-	-		-
SID242	$V_{IL}$	LV TTL 输入, $V_{DDD} < 2.7$ V	-	-	$0.3 \times V_{DDD}$		-
SID243	$V_{IH}^{[3]}$	LV TTL 输入, $V_{DDD} \geq 2.7$ V	2.0	-	-		-
SID244	$V_{IL}$	LV TTL 输入, $V_{DDD} \geq 2.7$ V	-	-	0.8		-
SID59	$V_{OH}$	输出高电平	$V_{DDD} - 0.6$	-	-		$V_{DDD} = 3$ V 时, $I_{OH} = 4$ mA
SID60	$V_{OH}$	输出高电平	$V_{DDD} - 0.5$	-	-		$V_{DDD} = 1.8$ V 时, $I_{OH} = 1$ mA
SID61	$V_{OL}$	输出低电平	-	-	0.6		$V_{DDD} = 1.8$ V 时, $I_{OL} = 4$ mA
SID62	$V_{OL}$	输出低电平	-	-	0.6		$V_{DDD} = 3$ V 时, $I_{OL} = 10$ mA
SID62A	$V_{OL}$	输出低电平	-	-	0.4		$V_{DDD} = 3$ V 时, $I_{OL} = 3$ mA
SID63	$R_{PULLUP}$	上拉电阻	3.5	5.6	8.5	kΩ	-
SID64	$R_{PULLDOWN}$	下拉电阻	3.5	5.6	8.5		-
SID65	$I_{IL}$	输入漏电流 ( 绝对值 )	-	-	2	nA	$25$ °C, $V_{DDD} = 3.0$ V
SID66	$C_{IN}$	输入电容	-	-	7	pF	-
SID67 <sup>[4]</sup>	$V_{HYSTTL}$	输入迟滞 LV TTL	25	40	-	mV	$V_{DDD} \geq 2.7$ V
SID68 <sup>[4]</sup>	$V_{HYSMOS}$	输入迟滞 CMOS	$0.05 \times V_{DDD}$	-	-		$V_{DD} < 4.5$ V
SID68A <sup>[4]</sup>	$V_{HYSMOS5V5}$	输入迟滞 CMOS	200	-	-		$V_{DD} < 4.5$ V
SID69 <sup>[4]</sup>	$I_{DIODE}$	通过保护二极管到达 $V_{DD}/V_{SS}$ 的电流	-	-	100	μA	-
SID69A <sup>[4]</sup>	$I_{TOT\_GPIO}$	芯片的最大源电流或灌电流总值	-	-	200	mA	-

### 注释

3.  $V_{IH}$  不能超过  $V_{DDD} + 0.2$  V。  
4. 由表征保证。

**Table 7** GPIO 交流规范  
(由表征保证)

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID70	$T_{RISEF}$	快速强驱动模式下的上升时间	2	-	12	ns	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$ , $C_{load} = 25\text{ pF}$
SID71	$T_{FALLF}$	快速强驱动模式下的下降时间	2	-	12		$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$ , $C_{load} = 25\text{ pF}$
SID72	$T_{RISES}$	慢速强驱动模式下的上升时间	10	-	60	-	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$ , $C_{load} = 25\text{ pF}$
SID73	$T_{FALLS}$	慢速强驱动模式下的下降时间	10	-	60	-	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$ , $C_{load} = 25\text{ pF}$
SID74	$F_{GPIOOUT1}$	GPIO 的输出频率 ( $F_{OUT}$ ) ; $3.3\text{ V} \leq V_{DDD} \leq 5.5\text{ V}$ 快速强驱动模式	-	-	33	MHz	90/10%, $C_{load} = 25\text{ pF}$ , 60/40 占空比
SID75	$F_{GPIOOUT2}$	GPIO $F_{OUT}$ ; $1.71\text{ V} \leq V_{DDD} \leq 3.3\text{ V}$ 快速强驱动模式	-	-	16.7		90/10%, $C_{load} = 25\text{ pF}$ , 60/40 占空比
SID76	$F_{GPIOOUT3}$	GPIO $F_{OUT}$ ; $3.3\text{ V} \leq V_{DDD} \leq 5.5\text{ V}$ 慢速强驱动模式	-	-	7		90/10%, $C_{load} = 25\text{ pF}$ , 60/40 占空比
SID245	$F_{GPIOOUT4}$	GPIO $F_{OUT}$ ; $1.71\text{ V} \leq V_{DDD} \leq 3.3\text{ V}$ 慢速强驱动模式。	-	-	3.5		90/10%, $C_{load} = 25\text{ pF}$ , 60/40 占空比
SID246	$F_{GPIOIN}$	GPIO 输入工作频率; $1.71\text{ V} \leq V_{DDD} \leq 5.5\text{ V}$	-	-	48		90/10% $V_{IO}$

## 5.2.2 XRES

**Table 8** XRES 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID77	$V_{IH}$	输入高电平阈值	$0.7 \times V_{DDD}$	-	-	V	CMOS 输入
SID78	$V_{IL}$	输入低电平阈值	-	-	$0.3 \times V_{DDD}$		
SID79	$R_{PULLUP}$	上拉电阻	-	60	-	kΩ	-
SID80	$C_{IN}$	输入电容	-	-	7	pF	-
SID81 <sup>[5]</sup>	$V_{HYSXRES}$	输入电压迟滞	-	100	-	mV	$V_{DD} > 4.5\text{ V}$ 时, 典型迟滞为 200 mV
SID82	$I_{DIODE}$	通过保护二极管到达 $V_{DD}/V_{SS}$ 的电流	-	-	100	μA	

### 注释

5. 由表征保证。

**Table 9 XRES 交流规范**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID83 <sup>[5]</sup>	T <sub>RESETWIDTH</sub>	复位脉冲宽度	1	-	-	μs	-
BID194 <sup>[5]</sup>	T <sub>RESETWAKE</sub>	从复位释放到唤醒的时间	-	-	2.7	ms	-

## 5.3 模拟外设

### 5.3.1 CTBm 运算放大器

**Table 10 CTBm 运算放大器规范 (1/5)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
	I <sub>DD</sub>	运算放大器模块电流，外部负载					
SID269	I <sub>DD_HI</sub>	功耗 = 高	-	1100	1850	μA	-
SID270	I <sub>DD_MED</sub>	功耗 = 中	-	550	950		-
SID271	I <sub>DD_LOW</sub>	功耗 = 低	-	150	350		-
	G <sub>BW</sub>	负载 = 20 pF, 0.1 mA V <sub>DDA</sub> = 2.7 V					
SID272	G <sub>BW_HI</sub>	功耗 = 高	6	-	-	MHz	输入和输出电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID273	G <sub>BW_MED</sub>	功耗 = 中	3	-	-		输入和输出电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID274	G <sub>BW_LO</sub>	功耗 = 低	-	1	-		输入和输出电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
	I <sub>OUT_MAX</sub>	V <sub>DDA</sub> = 2.7 V, 电源电压 = 500 mV					
SID275	I <sub>OUT_MAX_HI</sub>	功耗 = 高	10	-	-	mA	输出电压范围为 0.5 V 到 V <sub>DDA</sub> -0.5 V
SID276	I <sub>OUT_MAX_MID</sub>	功耗 = 中	10	-	-		输出电压范围为 0.5 V 到 V <sub>DDA</sub> -0.5 V
SID277	I <sub>OUT_MAX_LO</sub>	功耗 = 低	-	5	-		输出电压范围为 0.5 V 到 V <sub>DDA</sub> -0.5 V
	I <sub>OUT</sub>	V <sub>DDA</sub> = 1.71 V, 距电源轨 500 mV					
SID278	I <sub>OUT_MAX_HI</sub>	功耗 = 高	4	-	-	mA	输出电压范围为 0.5 V 到 V <sub>DDA</sub> -0.5 V
SID279	I <sub>OUT_MAX_MID</sub>	功耗 = 中	4	-	-		输出电压范围为 0.5 V 到 V <sub>DDA</sub> -0.5 V
SID280	I <sub>OUT_MAX_LO</sub>	功耗 = 低	-	2	-		输出电压范围为 0.5 V 到 V <sub>DDA</sub> -0.5 V

电气规范

Table 10 CTBm 运算放大器规范 (2/5)

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
	$I_{DD\_Int}$	运算放大器模块电流，内部负载					
SID269_I	$I_{DD\_HI\_Int}$	功耗 = 高	-	1500	1700	$\mu A$	-
SID270_I	$I_{DD\_MED\_Int}$	功耗 = 中	-	700	900		
SID271_I	$I_{DD\_LOW\_Int}$	功耗 = 低	-	-	-		
	$G_{BW}$	$V_{DDA} = 2.7 V$	-	-	-		-
SID272_I	$G_{BW\_HI\_Int}$	功耗 = 高	8	-	-	MHz	输出电压范围为 0.25 V 到 $V_{DDA}-0.25 V$
		适用于内部和外部模式的通用运算放大器规范					
SID281	$V_{IN}$	电荷泵打开, $V_{DDA} = 2.7 V$	-0.05	-	$V_{DDA}-0.2$	V	-
SID282	$V_{CM}$	电荷泵打开, $V_{DDA} = 2.7 V$	-0.05	-	$V_{DDA}-0.2$		
	$V_{OUT}$	$V_{DDA} = 2.7 V$					
SID283	$V_{OUT\_1}$	功耗 = 高, $I_{load} = 10 mA$	0.5	-	$V_{DDA}-0.5$	V	-
SID284	$V_{OUT\_2}$	功耗 = 高, $I_{load} = 1 mA$	0.2	-	$V_{DDA}-0.2$		
SID285	$V_{OUT\_3}$	功耗 = 中, $I_{load} = 1 mA$	0.2	-	$V_{DDA}-0.2$		
SID286	$V_{OUT\_4}$	功耗 = 低, $I_{load} = 0.1 mA$	0.2	-	$V_{DDA}-0.2$		
SID288	$V_{OS\_TR}$	失调电压, 校准后	-1.0	$\pm 0.5$	1.0	mV	高功耗模式, 输入电压范围为 0 V ~ $V_{DDA}-0.2 V$
SID288A	$V_{OS\_TR}$	失调电压, 校准后	-	$\pm 1$	-		中等功耗模式, 输入电压范围为 0 V ~ $V_{DDA}-0.2 V$
SID288B	$V_{OS\_TR}$	失调电压, 校准后	-	$\pm 2$	-		低功耗模式, 输入电压范围为 0 V ~ $V_{DDA}-0.2 V$
SID290	$V_{OS\_DR\_TR}$	失调电压漂移, 校准后	-10	$\pm 3$	10	$\mu V/^{\circ}C$	高功耗模式
SID290A	$V_{OS\_DR\_TR}$	失调电压漂移, 校准后	-	$\pm 10$	-	$\mu V/^{\circ}C$	中等功耗模式
SID290B	$V_{OS\_DR\_TR}$	失调电压漂移, 校准后	-	$\pm 10$	-		低功耗模式
SID291	CMRR	DC	70	80	-	dB	输入电压范围为 0 V ~ $V_{DDA}-0.2 V$ , 输出电压范围为 0.2 V ~ $V_{DDA}-0.2 V$
SID292	PSRR	工作频率为 1 kHz, 纹波电压为 10 mV	70	85	-		$V_{DDP} = 3.6 V$ , 高功耗模式, 输入电压范围为 0.2 V ~ $V_{DDA}-0.2 V$

电气规范

**Table 10 CTBm 运算放大器规范 (3/5)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
	噪声						
SID294	VN2	输入相关噪声, 频率 = 1 kHz, 功耗 = 高	-	72	-	nV/rtHz	输入和输出电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID295	VN3	输入相关噪声, 频率 = 10 kHz, 功耗 = 高	-	28	-		
SID296	VN4	输入相关噪声, 频率 = 100 kHz, 功耗 = 高	-	15	-		
SID297	C <sub>LOAD</sub>	稳定状态下之最大负载。但性能指标定义在 50 pF 时。	-	-	125	pF	-
SID298	SLEW_RATE	Cload = 50 pF, 功耗 = 高, V <sub>DDA</sub> = 2.7 V	6	-	-	V/μs	-
SID299	T_OP_WAKE	从禁用到使能的时间, 无外部 RC 电路支配	-	-	25	μs	-
SID299A	OL_GAIN	开环增益	-	90	-	dB	
	COMP_MODE	比较器模式; 50 mV 驱动, T <sub>rise</sub> = T <sub>fall</sub> (近似值)					
SID300	TPD1	响应时间; 功耗 = 高	-	150	-	ns	输入电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID301	TPD2	响应时间; 功耗 = 中	-	500	-		输入电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID302	TPD3	响应时间; 功耗 = 低	-	2500	-		输入电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID303	VHYST_OP	迟滞	-	10	-	mV	-
SID304	WUP_CTB	从使能到可用的唤醒时间	-	-	25	μs	-
	深度睡眠模式	模式 2 有最低的电流范围。模式 1 有更高的 GBW。					
SID_DS_1	I <sub>DD_HI_M1</sub>	模式 1, 高电流	-	1400	-	μA	25°C
SID_DS_2	I <sub>DD_MED_M1</sub>	模式 1, 中电流	-	700	-		25°C
SID_DS_3	I <sub>DD_LOW_M1</sub>	模式 1, 低电流	-	200	-		25°C
SID_DS_4	I <sub>DD_HI_M2</sub>	模式 2, 高电流	-	120	-		25°C
SID_DS_5	I <sub>DD_MED_M2</sub>	模式 2, 中电流	-	60	-		25°C
SID_DS_6	I <sub>DD_LOW_M2</sub>	模式 2, 低电流	-	15	-		25°C

电气规范

Table 10 CTBm 运算放大器规范 (4/5)

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID_DS_7	G <sub>BW_HI_M1</sub>	模式 1, 高电流	-	4	-	MHz	20 pF 负载, 无直流负载, 电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID_DS_8	G <sub>BW_MED_M1</sub>	模式 1, 中电流	-	2	-		20 pF 负载, 无直流负载, 电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID_DS_9	G <sub>BW_LOW_M1</sub>	模式 1, 低电流	-	0.5	-		20 pF 负载, 无直流负载, 电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID_DS_10	G <sub>BW_HI_M2</sub>	模式 2, 高电流	-	0.5	-		20 pF 负载, 无直流负载, 电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID_DS_11	G <sub>BW_MED_M2</sub>	模式 2, 中电流	-	0.2	-		20 pF 负载, 无直流负载, 电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID_DS_12	G <sub>BW_Low_M2</sub>	模式 2, 低电流	-	0.1	-		20 pF 负载, 无直流负载, 电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID_DS_13	V <sub>OS_HI_M1</sub>	模式 1, 高电流	-	5	-		在 25°C 下校准, 电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID_DS_14	V <sub>OS_MED_M1</sub>	模式 1, 中电流	-	5	-		在 25°C 下校准, 电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID_DS_15	V <sub>OS_LOW_M1</sub>	模式 1, 低电流	-	5	-		在 25°C 下校准, 电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID_DS_16	V <sub>OS_HI_M2</sub>	模式 2, 高电流	-	5	-		在 25°C 下校准, 电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID_DS_17	V <sub>OS_MED_M2</sub>	模式 2, 中电流	-	5	-		在 25°C 下校准, 电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V
SID_DS_18	V <sub>OS_LOW_M2</sub>	模式 2, 低电流	-	5	-		在 25°C 下校准, 电压范围为 0.2 V ~ V <sub>DDA</sub> -0.2 V

**Table 10 CTBm 运算放大器规范 (5/5)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID_DS_19	I <sub>OUT_HI_M1</sub>	模式 1, 高电流	-	10	-	mA	输出电压范围为 0.5 V 到 V <sub>DDA</sub> -0.5 V
SID_DS_20	I <sub>OUT_MED_M1</sub>	模式 1, 中电流	-	10	-		输出电压范围为 0.5 V 到 V <sub>DDA</sub> -0.5 V
SID_DS_21	I <sub>OUT_LOW_M1</sub>	模式 1, 低电流	-	4	-		输出电压范围为 0.5 V 到 V <sub>DDA</sub> -0.5 V
SID_DS_22	I <sub>OUT_HI_M2</sub>	模式 2, 高电流	-	1	-		
SID_DS_23	I <sub>OUT_MED_M2</sub>	模式 2, 中电流	-	1	-		
SID_DS_24	I <sub>OUT_LOW_M2</sub>	模式 2, 低电流	-	0.5	-		

### 5.3.2 比较器

**Table 11 比较器直流规范**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID84	V <sub>OFFSET1</sub>	输入失调电压, 出厂校准值	-	-	±10	mV	
SID85	V <sub>OFFSET2</sub>	输入失调电压, 自定义校准	-	-	±4		
SID86	V <sub>HYST</sub>	迟滞 (使能时)	-	10	35		
SID87	V <sub>ICM1</sub>	正常模式下的共模输入电压	0	-	V <sub>DDD</sub> -0.1	V	模式 1 和 2
SID247	V <sub>ICM2</sub>	低功耗电压模式下的共模输入电压	0	-	V <sub>DDD</sub>		
SID247A	V <sub>ICM3</sub>	超低功耗模式下的共模输入电压	0	-	V <sub>DDD</sub> -1.15		V <sub>DDD</sub> ≥ 2.2 V (在 -40 °C 下)
SID88	C <sub>MRR</sub>	共模抑制比	50	-	-	dB	V <sub>DDD</sub> ≥ 2.7 V
SID88A	C <sub>MRR</sub>	共模抑制比	42	-	-		V <sub>DDD</sub> ≤ 2.7 V
SID89	I <sub>CMP1</sub>	模块电流, 正常模式	-	-	400		
SID248	I <sub>CMP2</sub>	模块电流, 低功耗模式	-	-	100	μA	
SID259	I <sub>CMP3</sub>	超低功耗模式下的模块电流	-	-	6		V <sub>DDD</sub> ≥ 2.2 V (在 -40 °C 下)
SID90	Z <sub>CMP</sub>	比较器的直流输入阻抗	35	-	-	MΩ	

**Table 12 比较器交流规范**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID91	TRESP1	响应时间, 正常运行模式, 50 mV 超压	-	38	110	ns	
SID258	TRESP2	响应时间, 低功耗模式, 50 mV 超压	-	70	200		
SID92	TRESP3	响应时间, 超低功耗模式, 200 mV 超压	-	2.3	15	μs	V <sub>DDD</sub> ≥ 2.2 V (在 -40 °C 下)

### 注释

6. 由表征保证。

电气规范

### 5.3.3 温度传感器

**Table 13 温度传感器规范**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID93	TSENSACC	温度传感器精度	-5	±1	5	°C	-40 ~ +85 °C

### 5.3.4 SAR ADC

**Table 14 SAR ADC 规范 (1/2)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
<b>SAR ADC 直流规范</b>							
SID94	A_RES	分辨率	-	-	12	位	
SID95	A_CHNLS_S	单端通道数量	-	-	16		
SID96	A_CHNKS_D	差分通道数量	-	-	4		差分输入需要使用相邻的 I/O
SID97	A-MONO	单调性	-	-	-		有
SID98	A_GAINERR	增益误差	-	-	±0.1	%	使用外部参考电压
SID99	A_OFFSET	输入失调电压	-	-	2	mV	在 1 V 的参考电压测量得到。
SID100	A_ISAR	电流消耗	-	-	1	mA	
SID101	A_VINS	单端输入电压范围	V <sub>SS</sub>	-	V <sub>DDA</sub>	V	
SID102	A_VIND	差分输入电压范围	V <sub>SS</sub>	-	V <sub>DDA</sub>	V	
SID103	A_INRES	输入电阻	-	-	2.2	KΩ	
SID104	A_INCAP	输入电容	-	-	10	pF	
SID260	VREFSAR	校准后的 SAR 内部参考电压	1.188	1.2	1.212	V	

### SAR ADC 交流规范

SID106	A_PSRR	电源抑制比	70	-	-	dB	
SID107	A_CMRR	共模抑制比	66	-	-	dB	在 1 V 电压下测量
SID108	A_SAMP	采样率	-	-	1	Msps	
SID109	A_SNR	信噪比和失真比 (SINAD)	65	-	-	dB	F <sub>IN</sub> = 10 kHz
SID110	A_BW	无混叠输入带宽	-	-	A_samp/2	kHz	
SID111	A_INL	积分非线性。V <sub>DD</sub> = 1.71 V ~ 5.5 V, 比特率为 1 Msps	-1.7	-	2	LSB	V <sub>REF</sub> = 1 V ~ V <sub>DD</sub>
SID111A	A_INL	积分非线性。V <sub>DDD</sub> = 1.71 V ~ 3.6 V, 比特率为 1 Msps	-1.5	-	1.7	LSB	V <sub>REF</sub> = 1.71 V ~ V <sub>DD</sub>
SID111B	A_INL	积分非线性。V <sub>DD</sub> = 1.71 V ~ 5.5 V, 比特率为 500 ksps	-1.5	-	1.7	LSB	V <sub>REF</sub> = 1 V ~ V <sub>DD</sub>
SID112	A_DNL	微分非线性。V <sub>DD</sub> = 1.71 V ~ 5.5 V, 比特率为 1 Msps	-1	-	2.2	LSB	V <sub>REF</sub> = 1 V ~ V <sub>DD</sub>
SID112A	A_DNL	微分非线性。V <sub>DD</sub> = 1.71 V ~ 3.6 V, 比特率为 1 Msps	-1	-	2	LSB	V <sub>REF</sub> = 1.71 V ~ V <sub>DD</sub>
SID112B	A_DNL	微分非线性。V <sub>DD</sub> = 1.71 V ~ 5.5 V, 比特率为 500 ksps	-1	-	2.2	LSB	V <sub>REF</sub> = 1 V ~ V <sub>DD</sub>

电气规范

**Table 14 SAR ADC 规范 (2/2)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID113	A_THD	总谐波失真	-	-	-65	dB	$F_{in} = 10 \text{ kHz}$
SID261	FSARINTREF	SAR 运行速度 (没有旁路外部参考电压)	-	-	100	kspS	12 位分辨率

### 5.3.5 CSD 和 IDAC

**Table 15 CSD 和 IDAC 规范 (1/3)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SYS.PER#3	VDD_RIPPLE	电源的最大允许纹波, DC ~ 10 MHz	-	-	±50	mV	$V_{DD} > 2 \text{ V}$ (包括纹波), $T_A = 25^\circ\text{C}$ , 灵敏度 = 0.1 pF
SYS.PER#16	VDD_RIPPLE_1.8	电源的最大允许纹波, DC ~ 10 MHz	-	-	±25	mV	$V_{DD} > 1.75 \text{ V}$ (包括纹波), $T_A = 25^\circ\text{C}$ , 寄生电容 ( $C_P$ ) < 20 pF, 灵敏度 $\geq 0.4 \text{ pF}$
SID.CSD.BLK	ICSD	最大模块电流	-	-	4000	μA	动态 (切换) 模式下两个 IDAC 的最大模块电流, 包括比较器、缓冲器和参考电压发生器的电流
SID.CSD#15	V <sub>REF</sub>	CSD 和比较器的参考电源	0.6	1.2	$V_{DDA} - 0.6$	V	$V_{DDA} - 0.6$ 或 4.4 (选择较低的值)
SID.CSD#15A	VREF_EXT	CSD 和比较器的外部参考电源	0.6		$V_{DDA} - 0.6$	V	$V_{DDA} - 0.6$ 或 4.4 (选择较低的值)
SID.CSD#16	IDAC1IDD	IDAC1 (7 位) 模块电流	-	-	1750	μA	
SID.CSD#17	IDAC2IDD	IDAC2 (7 位) 模块电流	-	-	1750	μA	
SID308	VCSD	工作电压范围	1.71	-	5.5	V	$1.8 \text{ V} \pm 5\%$ 或 $1.8 \text{ V}$ 到 $5.5 \text{ V}$
SID308A	VCOMPIDAC	IDAC 的合规电压范围	0.6	-	$V_{DDA} - 0.6$	V	$V_{DDA} - 0.6$ 或 4.4 (选择较低的值)
SID309	IDAC1DNL	DNL	-1	-	1	LSB	
SID310	IDAC1INL	INL	-2	-	2	LSB	$V_{DDA} < 2 \text{ V}$ 时, INL 为 ±5.5 LSB
SID311	IDAC2DNL	DNL	-1	-	1	LSB	
SID312	IDAC2INL	INL	-2	-	2	LSB	$V_{DDA} < 2 \text{ V}$ 时, INL 为 ±5.5 LSB
SID313	SNR	手指信号与噪声的比例。由表征保证	5	-	-	比率	电容值范围 = 5 pF ~ 35 pF, 灵敏度 = 0.1 pF。所有使用场合。 $V_{DDA} > 2 \text{ V}$ 。
SID314	IDAC1CRT1	在低范围内的 IDAC1 (7 位) 输出电流	4.2	-	5.4	μA	LSB = 37.5 nA (典型值)
SID314A	IDAC1CRT2	在中等范围内的 IDAC1 (7 位) 输出电流	34	-	41	μA	LSB = 300 nA (典型值)

电气规范

**Table 15 CSD 和 IDAC 规范 (2/3)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID314B	IDAC1CRT3	在高范围内的 IDAC1 (7 位) 输出电流	275	-	330	μA	LSB = 2.4 μA (典型值)
SID314C	IDAC1CRT12	在低范围内的 IDAC1 (7 位) 输出电流, 2X 模式	8	-	10.5	μA	LSB = 75 nA (典型值)
SID314D	IDAC1CRT22	在高范围内的 IDAC1 (7 位) 输出电流, 2X 模式	69	-	82	μA	LSB = 600 nA (典型值)
SID314E	IDAC1CRT32	在高范围内的 IDAC1 (7 位) 输出电流, 2X 模式	540	-	660	μA	LSB = 4.8 μA (典型值)
SID315	IDAC2CRT1	在低范围内的 IDAC2 (7 位) 输出电流	4.2	-	5.4	μA	LSB = 37.5 nA (典型值)
SID315A	IDAC2CRT2	在中等范围内的 IDAC2 (7 位) 输出电流	34	-	41	μA	LSB = 300 nA (典型值)
SID315B	IDAC2CRT3	在高范围内的 IDAC2 (7 位) 输出电流	275	-	330	μA	LSB = 2.4 μA (典型值)
SID315C	IDAC2CRT12	在低范围内的 IDAC2 (7 位) 输出电流, 2X 模式	8	-	10.5	μA	LSB = 75 nA (典型值)
SID315D	IDAC2CRT22	在高范围内的 IDAC2 (7 位) 输出电流, 2X 模式	69	-	82	μA	LSB = 600 nA (典型值)
SID315E	IDAC2CRT32	在高范围内的 IDAC2 (7 位) 输出电流, 2X 模式	540	-	660	μA	LSB = 4.8 μA (典型值)
SID315F	IDAC3CRT13	在低范围内的 IDAC (8 位) 输出电流	8	-	10.5	μA	LSB = 37.5 nA (典型值)
SID315G	IDAC3CRT23	在中等范围内的 IDAC (8 位) 输出电流	69	-	82	μA	LSB = 300 nA (典型值)
SID315H	IDAC3CRT33	在高范围内的 IDAC (8 位) 输出电流	540	-	660	μA	LSB = 2.4 μA (典型值)
SID320	IDACOFFSET	所有输入为零	-	-	1	LSB	由源电流或灌电流设置的极性。在 37.5 nA/LSB 模式下，失调为 2 LSB
SID321	IDACGAIN	满量程误差减去失调	-	-	±10	%	
SID322	IDACMISMATC H1	IDAC1 和 IDAC2 在低功耗模式下的差异	-	-	9.2	LSB	LSB = 37.5 nA (典型值)
SID322A	IDACMISMATC H2	IDAC1 和 IDAC2 在中等功耗模式下的差异	-	-	5.6	LSB	LSB = 300 nA (典型值)
SID322B	IDACMISMATC H3	IDAC1 和 IDAC2 在高功耗模式下的差异	-	-	6.8	LSB	LSB = 2.4 μA (典型值)
SID323	IDACSET8	8 位 IDAC 的 0.5 LSB 的建立时间	-	-	5	μs	满量程跃变。无外部负载

**Table 15 CSD 和 IDAC 规范 (3/3)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID324	IDACSET7	7 位 IDAC 的 0.5 LSB 的建立时间	-	-	5	μs	满量程跃变。无外部负载
SID325	CMOD	外部调制器电容。	-	2.2	-	nF	5 V 的额定电压, X7R 或 NPO 电容

### 5.3.6 10 位 CAPSENSE™ ADC

**Table 16 10 位 CAPSENSE™ ADC 规范**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SIDA94	A_RES	分辨率	-	-	10	位	每毫秒需要自动清零
SIDA95	A_CHNLS_S	单端通道数量	-	-	16		由 AMUX 总线定义
SIDA97	A-MONO	单调性	-	-	-	有	
SIDA98	A_GAINERR	增益误差	-	-	±3	%	在 $V_{REF}$ (2.4 V) 模式下: $V_{DDA}$ 旁路电容为 10 μF
SIDA99	A_OFFSET	输入失调电压	-	-	±18	mV	在 $V_{REF}$ (2.4 V) 模式下: $V_{DDA}$ 旁路电容为 10 μF
SIDA100	A_ISAR	电流消耗	-	-	0.25	mA	
SIDA101	A_VINS	单端输入电压范围	$V_{SSA}$	-	$V_{DDA}$	V	
SIDA103	A_INRES	输入电阻	-	2.2	-	KΩ	
SIDA104	A_INCAP	输入电容	-	20	-	pF	
SIDA106	A_PSRR	电源抑制比	-	60	-	dB	在 $V_{REF}$ (2.4 V) 模式下: $V_{DDA}$ 旁路电容为 10 μF
SIDA107	A_TACQ	样本采集时间	-	1	-	μs	
SIDA108	A_CONV8	转换速率 为 $F_{clk}/(2^{(N+2)})$ 时 8 位分辨率的 转换时间时钟频率 为 48 MHz。	-	-	21.3	μs	不包括采集时间。等于 44.8 ksps ( 包括采集 时间 )。
SIDA108A	A_CONV10	转换速率 为 $F_{clk}/(2^{(N+2)})$ 时 1 0 位分辨率的 转换时间时钟频率 为 48 MHz。	-	-	85.3	μs	不包括采集时间。等于 11.6 ksps ( 包括采集 时间 )。
SIDA109	A SND	信噪比和失真比 (SINAD)	-	61	-	dB	10 Hz 输入正弦波、2.4 V 的外部参考电压、 $V_{REF}$ (2.4 V) 模式
SIDA110	A_BW	无混叠输入带宽	-	-	22.4	KHz	8 位分辨率
SIDA111	A_INL	积分非线性。1 ksps	-	-	2	LSB	$V_{REF} = 2.4$ V 或更高值
SIDA112	A_DNL	微分非线性。1 ksps	-	-	1	LSB	

电气规范

## 5.4 数字外设

### 5.4.1 定时器 / 计数器 / 脉宽调制器 (TCPWM)

Table 17 TCPWM 规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID.TCPWM.1	ITCPWM1	频率为 3 MHz 时模块消耗的电流	-	-	45	$\mu\text{A}$	所有模式 (TCPWM)
SID.TCPWM.2	ITCPWM2	频率为 12 MHz 时模块消耗的电流	-	-	155		所有模式 (TCPWM)
SID.TCPWM.2A	ITCPWM3	频率为 48 MHz 时模块消耗的电流	-	-	650		所有模式 (TCPWM)
SID.TCPWM.3	TCPWM <sub>FREQ</sub>	工作频率	-	-	$\text{Fc}$	MHz	$\text{Fc}_{\text{max}} = \text{CLK\_SYS}$ 最大值 = 48 MHz
SID.TCPWM.4	TPWM <sub>ENEXT</sub>	输入触发脉冲宽度	2/ $\text{Fc}$	-	-		对于所有触发事件 [7]
SID.TCPWM.5	TPWM <sub>EXT</sub>	输出触发脉冲宽度	2/ $\text{Fc}$	-	-		上溢、下溢和 CC (计数值等于比较值) 输出的最小宽度
SID.TCPWM.5A	$\text{TC}_{\text{RES}}$	计数器的分辨率	1/ $\text{Fc}$	-	-		连续计数间的最短时间
SID.TCPWM.5B	$\text{PWM}_{\text{RES}}$	脉冲宽度调制器分辨率	1/ $\text{Fc}$	-	-		PWM 输出的最小脉宽
SID.TCPWM.5C	$\text{Q}_{\text{RES}}$	正交输入分辨率	1/ $\text{Fc}$	-	-		正交相位输入间的最小脉冲宽度

### 5.4.2 I<sup>2</sup>C

Table 18 固定的 I<sup>2</sup>C 直流规范 [7]

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID149	$I_{\text{I}^2\text{C}1}$	频率为 100 kHz 时模块消耗的电流	-	-	50	$\mu\text{A}$	-
SID150	$I_{\text{I}^2\text{C}2}$	频率为 400 kHz 时模块消耗的电流	-	-	135		-
SID151	$I_{\text{I}^2\text{C}3}$	比特率为 1 Mbps 时的模块电流消耗	-	-	310		-
SID152	$I_{\text{I}^2\text{C}4}$	$\text{I}^2\text{C}$ 在深度睡眠模式下使能	-	1	-		-

Table 19 固定的 I<sup>2</sup>C 交流规范 [7]

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID153	$F_{\text{I}^2\text{C}1}$	比特率	-	-	1	Msps	-

#### 注释

7. 由表征保证。

电气规范

### 5.4.3 SPI

Table 20 SPI 直流规范 [8]

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID163	ISPI1	速度为 1 Mbps 时模块消耗的电流	-	-	360	μA	-
SID164	ISPI2	速度为 4 Mbps 时模块消耗的电流	-	-	560		-
SID165	ISPI3	速度为 8 Mbps 时模块消耗的电流	-	-	600		-

Table 21 SPI 交流规范 [8]

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID166	FSPI	SPI 工作频率 (主设备; 6X 过采样)	-	-	8	MHz	

#### SPI 主设备模式下的固定交流规范

SID167	TDMO	SClock 驱动沿后 MOSI 有效的时间	-	-	15	ns	-
SID168	TDSI	SClock 捕获沿前的 MISO 有效时间。	20	-	-		全时钟、MISO 推迟采样
SID169	THMO	先前的 MOSI 数据保持时间	0	-	-		表示从设备捕获边沿

#### SPI 从设备模式的固定交流规范

SID170	TDMI	SClock 捕获沿前的 MOSI 有效时间。	40	-	-	ns	-
SID171	TDSO	SClock 驱动沿后 MISO 有效的时间	-	-	42 + 3*Tcpu		$T_{CPU} = 1/F_{CPU}$
SID171A	TDSO_EXT	Sclock 驱动沿到 MISO 有效的时间 (在外部时钟模式下)	-	-	48		-
SID172	THSO	先前的 MISO 数据保持时间	0	-	-		-
SID172A	TSSELSSCK	从 SSEL 有效到第一个 SCK 有效沿的时间	100	-	-	ns	-

### 5.4.4 UART

Table 22 UART 直流规范 [8]

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID160	I_UART1	速度为 100 Kbps 时，模块消耗的电流	-	-	55	μA	-
SID161	I_UART2	速度为 1000 Kbps 时，模块消耗的电流	-	-	312	μA	-

Table 23 UART 交流规范 [8]

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID162	F_UART	比特率	-	-	1	Mbps	-

#### 注释

8. 由表征保证。

电气规范

### 5.4.5 LCD 直接驱动

**Table 24 LCD 直接驱动器直流规范 [9]**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID154	$I_{LCDLOW}$	低功耗模式下的工作电流	-	5	-	$\mu A$	$16 \times 4$ segment 显示屏, 频率 = 50 Hz
SID155	$C_{LCDCAP}$	每个 Segment/Common 驱动器上的 LCD 电容	-	500	5000	pF	-
SID156	$LCD_{OFFSET}$	长期 segment 失调	-	20	-	mV	-
SID157	$I_{LCDOP1}$	LCD 系统工作电流 $V_{bias} = 5 V$	-	2	-	$mA$	$32 \times 4$ segment, 频率为 50 Hz, 温度为 25 °C
SID158	$I_{LCDOP2}$	LCD 系统工作电流 $V_{bias} = 3.3 V$	-	2	-		$32 \times 4$ segment, 频率为 50 Hz, 温度为 25 °C

**Table 25 LCD 直接驱动器交流规范 [9]**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID159	$F_{LCD}$	LCD 帧率	10	50	150	Hz	-

### 5.5 存储器

**Table 26 闪存直流规范**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID173	$V_{PE}$	擦除和编程电压	1.71	-	5.5	V	-

**Table 27 闪存交流规范 (1/2)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID174	$T_{ROWWRITE}^{[10]}$	行(块)编写的时间(擦除和编程)	-	-	20	ms	行(模块)=256个字节
SID175	$T_{ROWERASE}^{[10]}$	行擦除时间	-	-	16		-
SID176	$T_{ROWPROGRAM}^{[10]}$	擦除后的行编程时间	-	-	4		-
SID178	$T_{BULKERASE}^{[10]}$	批量擦除时间(64 KB)	-	-	35		-
SID180 <sup>[9]</sup>	$T_{DEVPROG}^{[10]}$	器件总编程时间	-	-	7	秒	-
SID181 <sup>[9]</sup>	$F_{END}$	闪存擦写次数	100K	-	-	周期	-
SID182 <sup>[9]</sup>	$F_{RET}$	闪存数据保留时间。 $T_A \leq 55^\circ C$ , 10 万个编程/擦除周期	20	-	-	年	-
SID182A <sup>[9]</sup>	-	闪存数据保留时间。 $T_A \leq 85^\circ C$ , 一万次编程/擦除周期	10	-	-		-

#### 注释

9. 由表征保证。

10. 可能需要 20 毫秒来写入闪存。在这段时间内请勿复位器件，否则会中断闪存操作并且不能保证该操作的完成。复位源包括 XRES 引脚、软件复位、CPU 锁存状态和特权冲突、不合适的电源电平以及看门狗。需要确保这些复位源不会无意被触发。

**Table 27 闪存交流规范 (2/2)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID182B	-	闪存数据保留时间。 $T_A \leq 105^\circ\text{C}$ , 一万次编程 / 擦除周期, $T_A \geq 85^\circ\text{C}$ 时小于等于 3 年	10	-	20	年	-
SID256	TWS48	频率为 48 MHz 时的等待状态数	2	-	-		CPU 从闪存执行
SID257	TWS24	频率为 24 MHz 时的等待状态数	1	-	-		CPU 从闪存执行

## 5.6 系统资源

### 5.6.1 上电复位 (POR)

**Table 28 上电复位 (PRES)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID.CLK#6	SR_POWER_UP	电源转换速率	1	-	67	V/ms	上电与断电
SID185 <sup>[11]</sup>	$V_{RISEIPOR}$	上升触发电压	0.80	-	1.5	V	-
SID186 <sup>[11]</sup>	$V_{FALLIPOR}$	下降触发电压	0.70	-	1.4		-

**Table 29  $V_{CCD}$  欠压检测 (BOD)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID190 <sup>[11]</sup>	$V_{FALLPPOR}$	主动模式和睡眠模式下的 BOD 触发电压	1.48	-	1.62	V	-
SID192 <sup>[11]</sup>	$V_{FALLDPSLP}$	深度睡眠模式下的 BOD 触发电压	1.11	-	1.5		-

### 5.6.2 SWD 接口

**Table 30 SWD 接口规范**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID213	F_SWDCLK1	$3.3\text{ V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$	-	-	14	MHz	$\text{SWDCLK} \leq \text{CPU 时钟频率的 } 1/3$
SID214	F_SWDCLK2	$1.71\text{ V} \leq V_{DD} \leq 3.3\text{ V}$	-	-	7		$\text{SWDCLK} \leq \text{CPU 时钟频率的 } 1/3$
SID215 <sup>[12]</sup>	T_SWDI_SETUP	$T = 1/f \text{ SWDCLK}$	$0.25^*T$	-	-	ns	-
SID216 <sup>[12]</sup>	T_SWDI_HOLD	$T = 1/f \text{ SWDCLK}$	$0.25^*T$	-	-		-
SID217 <sup>[12]</sup>	T_SWDO_VALID	$T = 1/f \text{ SWDCLK}$	-	-	$0.5^*T$		-
SID217A <sup>[12]</sup>	T_SWDO_HOLD	$T = 1/f \text{ SWDCLK}$	1	-	-		-

#### 注释

11.由表征保证。

12.由设计保证

电气规范

### 5.6.3 内部主振荡器

Table 31 IMO 直流规范  
(由设计保证)

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID218	$I_{IMO1}$	频率为 48 MHz 时的 IMO 工作电流	-	-	250	$\mu A$	-
SID219	$I_{IMO2}$	频率为 24 MHz 时的 IMO 工作电流	-	-	180	$\mu A$	-

Table 32 IMO 交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID223 <sup>[14]</sup>	$F_{IMOTOL1}$	频率改为 24、32 和 48 MHz ( 经过校准后 )	-	-	$\pm 2.0$	%	在 -40°C 至 85°C, 用于工业温度范围和原始扩展工业范围的零件
SID223A <sup>[13?14]</sup>			-	-	$\pm 2.5$	%	在 -40°C 至 105°C, 适用于所有扩展的工业温度范围的零件
SID223B <sup>[13?14]</sup>			-	-	$\pm 2.0$	%	在 -30°C 至 105°C, 用于增强 IMO 扩展工业温度范围的零件
SID223C <sup>[13?14]</sup>			-	-	$\pm 1.5$	%	在 -20°C 至 105°C, 用于增强 IMO 扩展工业温度范围的零件
SID223D <sup>[13?14]</sup>			-	-	$\pm 1.25$	%	在 0°C 至 85°C, 用于增强 IMO 扩展工业温度范围的零件
SID226	$T_{STARTIMO}$	IMO 启动时间	-	-	7	$\mu s$	-
SID228	$T_{JITRMSIMO2}$	在 24 MHz 时的均方根抖动时间	-	145	-	$ps$	-

### 5.6.4 内部低速振荡器

Table 33 ILO 直流规范  
(由设计保证)

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID231	$I_{ILO1}$	ILO 工作电流	-	0.3	1.05	$\mu A$	-

Table 34 ILO 交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID234 <sup>[15]</sup>	$T_{STARTILO1}$	ILO 启动时间	-	-	2	ms	-
SID236 <sup>[15]</sup>	$T_{ILODUTY}$	ILO 占空比	40	50	60	%	-
SID237	$F_{ILOTRIM1}$	ILO 频率范围	20	40	80	kHz	-

#### 注释

13. 增强型 IMO 扩展温度范围零件取代了原来的扩展工业温度范围零件。关于如何识别增强型 IMO 扩展温度范围零件的细节, 请参考 [KBA235887](#)。

14. 通过表征来评估。没有考虑到焊接或板级效应。

15. 由设计保证

电气规范

## 5.6.5 监视晶体振荡器 (WCO)

**Table 35 WCO 规范**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID398	FWCO	晶振频率	-	32.768	-	kHz	
SID399	FTOL	频率容限	-	50	250	ppm	晶振的精度为 20 ppm。
SID400	ESR	等效串联电阻	-	50	-	kΩ	
SID401	PD	驱动电平	-	-	1	μW	
SID402	TSTART	启动时间	-	-	500	ms	
SID403	CL	晶振负载电容	6	-	12.5	pF	
SID404	C0	晶振并联电容	-	1.35	-	pF	
SID405	IWCO1	工作电流 (高功耗模式)	-	-	8	μA	

## 5.6.6 外部时钟

**Table 36 外部时钟规范**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID305 <sup>[15]</sup>	ExtClkFreq	外部时钟输入频率	0	-	48	MHz	-
SID306 <sup>[15]</sup>	ExtClkDuty	占空比; 在 V <sub>DD/2</sub> 电压下测量	45	-	55	%	-

## 5.6.7 外部晶体振荡器和 PLL

**Table 37 外部晶体振荡器 (ECO) 规范**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID316 <sup>[16]</sup>	IECO1	外部时钟输入频率	-	-	1.5	mA	-
SID317 <sup>[16]</sup>	FECO	晶振的频率范围	4	-	33	MHz	-

**Table 38 PLL 规范 (1/2)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID410	IDD_PLL_48	输入频率 = 3 MHz, 输出频率 = 48 MHz	-	530	610	μA	-
SID411	IDD_PLL_24	输入频率 = 3 MHz, 输出频率 = 24 MHz	-	300	405	μA	-
SID412	Fpllin	PLL 输入频率	1	-	48	MHz	-
SID413	Fpllint	PLL 中频; 预分频器	1	-	3	MHz	-
SID414	Fpllvco	进行后分频前的 VCO 输出频率	22.5	-	104	MHz	-
SID415	Divvco	VCO 输出后分频范围; PLL 输出频率为 Fpllvco/Divvco	1	-	8		-
SID416	Pllocktime	启动时的锁定时间	-	-	250	μs	-

### 注释

16.由表征保证。

电气规范

**Table 38 PLL 规范 (2/2)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID417	Jperiod_1	VCO $\geq 67$ MHz 时的周期抖动值	-	-	150	ps	由设计保证
SID416A	Jperiod_2	VCO $\leq 67$ MHz 时的周期抖动值	-	-	200	ps	由设计保证

## 5.6.8 系统时钟

**Table 39 系统时钟规范**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID262 <sup>[16]</sup>	T <sub>CLKSWITCH</sub>	系统时钟源的切换时间	3	-	4	周期	-

## 5.6.9 智能 I/O

**Table 40 智能 I/O 接通时间 (旁路模式下会有延迟)**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID252	PRG_BYPASS	旁路模式下由智能 I/O 引起的最长延迟时间	-	-	1.6	ns	-

## 5.6.10 CAN

**Table 41 CAN 规范**

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID420	IDD_CAN	模块的电流消耗	-	-	200	μA	-
SID421	CAN_bits	CAN 比特率	-	-	1	Mbps	时钟最小频率为 8 MHz

订购信息

## 6 订购信息

下表显示了 PSoC™ 4100S Plus 系列的器件型号。

**Table 42 订购信息 (1/2)**

类别	MPN	特性													封装	温度范围 (°C)		
		CPU 的最大速度 (MHz)	闪存 (KB)	SRAM (KB)	运算放大器 (CTBm)	CSD	10 位 CSD ADC	12 位 SAR ADC	SAR ADC 的采样率	LP 比较器	TCPWM 模块	SCB 模块	ECO	CAN 控制器	智能 I/O	GPIO		
4126	CY8C4126AXI-S443	24	64	8	2	0	1	1	806 ksps	2	8	4	✓	0	24	37	✓	-40 to 85
	CY8C4126AZI-S445	24	64	8	2	0	1	1	806 ksps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4126AXI-S445	24	64	8	2	0	1	1	806 ksps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4126AZI-S455	24	64	8	2	1	1	1	806 ksps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4126AXI-S455	24	64	8	2	1	1	1	806 ksps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
4146	CY8C4146AXI-S443	48	64	8	2	0	1	1	1 Msps	2	8	4	✓	0	24	37	✓	-40 to 85
	CY8C4146AZI-S443	48	64	8	2	0	1	1	1 Msps	2	8	4	✓	0	24	38	-	-40 to 85
	CY8C4146AZI-S445	48	64	8	2	0	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4146AZQ-S445	48	64	8	2	0	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 105
	CY8C4146AXI-S445	48	64	8	2	0	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4146AXI-S453	48	64	8	2	1	1	1	1 Msps	2	8	4	✓	0	24	37	✓	-40 to 85
	CY8C4146AZI-S453	48	64	8	2	1	1	1	1 Msps	2	8	4	✓	0	24	38	-	-40 to 85
	CY8C4146AZI-S455	48	64	8	2	1	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4146AZQ-S455	48	64	8	2	1	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 105
	CY8C4146AXI-S455	48	64	8	2	1	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
4127	CY8C4127AXI-S443	24	128	16	2	0	1	1	806 ksps	2	8	4	✓	0	24	37	✓	-40 to 85
	CY8C4127AZI-S443	24	128	16	2	0	1	1	806 ksps	2	8	4	✓	0	24	38	-	-40 to 85
	CY8C4127AZI-S445	24	128	16	2	0	1	1	806 ksps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4127AZQ-S445	24	128	16	2	0	1	1	806 ksps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 105
	CY8C4127AXI-S445	24	128	16	2	0	1	1	806 ksps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4127AXI-S453	24	128	16	2	1	1	1	806 ksps	2	8	4	✓	0	24	37	✓	-40 to 85
	CY8C4127AZI-S453	24	128	16	2	1	1	1	806 ksps	2	8	4	✓	0	24	38	-	-40 to 85
	CY8C4127AZI-S455	24	128	16	2	1	1	1	806 ksps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4127AZQ-S455	24	128	16	2	1	1	1	806 ksps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 105
	CY8C4127AXI-S455	24	128	16	2	1	1	1	806 ksps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
4147	CY8C4147AXI-S443	48	128	16	2	0	1	1	1 Msps	2	8	4	✓	0	24	37	✓	-40 to 85
	CY8C4147AZI-S443	48	128	16	2	0	1	1	1 Msps	2	8	4	✓	0	24	38	-	-40 to 85
	CY8C4147AZI-S445	48	128	16	2	0	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4147AZQ-S445	48	128	16	2	0	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 105
	CY8C4147AXI-S445	48	128	16	2	0	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4147AXI-S453	48	128	16	2	1	1	1	1 Msps	2	8	4	✓	0	24	37	✓	-40 to 85
	CY8C4147AZI-S453	48	128	16	2	1	1	1	1 Msps	2	8	4	✓	0	24	38	-	-40 to 85
	CY8C4147AZI-S455	48	128	16	2	1	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4147AZQ-S453	48	128	16	2	1	1	1	1 Msps	2	8	4	✓	0	24	38	-	-40 to 105
	CY8C4147AZI-S455	48	128	16	2	1	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4147AZQ-S455	48	128	16	2	1	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 105
	CY8C4147AXI-S455	48	128	16	2	1	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	0	24	54	-	-40 to 85
	CY8C4147AZI-S463	48	128	16	2	0	1	1	1 Msps	2	8	4	✓	1	24	38	-	-40 to 85

订购信息

**Table 42 订购信息 (2/2)**

类别	MPN	特性															温度范围 (°C)				
		CPU 的最大速度 (MHz)	闪存 (KB)	SRAM (KB)	运算放大器 (CTBm)	CSD	10 位 CSD ADC	12 位 SAR ADC	SAR ADC 的采样率	LP 比较器	TCPWM 模块	SCB 模块	ECO	CAN 控制器	智能 I/O	GPIO	44-TQFP (0.8-mm 间距)	48-TQFP (0.5-mm 间距)	封装	64-TQFP (0.8-mm 间距)	
4147	CY8C4147AZI-S465	48	128	16	2	0	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	1	24	54	-	-	✓	-	-40 to 85
	CY8C4147AZQ-S465	48	128	16	2	0	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	1	24	54	-	-	✓	-	-40 to 105
	CY8C4147AXI-S465	48	128	16	2	0	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	1	24	54	-	-	-	✓	-40 to 85
	CY8C4147AZI-S475	48	128	16	2	1	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	1	24	54	-	-	✓	-	-40 to 85
	CY8C4147AZQ-S475	48	128	16	2	1	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	1	24	54	-	-	✓	-	-40 to 105
	CY8C4147AXI-S475	48	128	16	2	1	1	1	1 Msps	2	8	5	✓	1	24	54	-	-	✓	-	-40 to 85

## 订购信息

上表中所用的名称是基于以下的器件编号常规：

字段	说明	值	含义
CY8C	英飞凌前缀		
4	架构	4	PSoC™ 4 MCU
A	产品系列	1	4100 系列
B	CPU 速度	2	24 MHz
		4	48 MHz
C	闪存容量	4	16 KB
		5	32 KB
		6	64 KB
		7	128 KB
DE	封装代码	AX	TQFP (间距为 0.8 mm)
		AZ	TQFP (间距为 0.5 mm)
		LQ	QFN
		PV	SSOP
		FN	CSP
F	温度范围	I	工业级
		Q	扩展工业级
S	系列代号	S	PSoC™ 4 S 系列
		M	PSoC™ 4 M 系列
		L	PSoC™ 4 L 系列
		BL	PSoC™ 4 Bluetooth® LE 系列
XYZ	属性代码	000-999	在特定系列中的功能集代码

下面是一个器件型号示例：

### Example

4 : PSoC™ 4 MCU

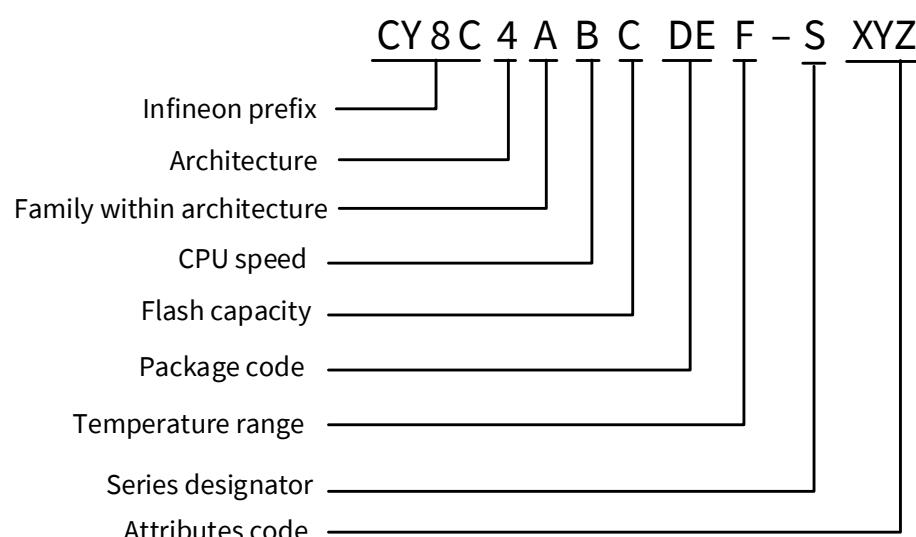
1 : 4100 family

4 : 48 MHz

5 : 32 KB

AZ/AZ : TQFP

I : Industrial



## 7 封装

PSoC™ 4100S Plus 将提供 44 TQFP、48 TQFP、64 TQFP 标准间距和 64 TQFP 微间距封装。

封装尺寸和英飞凌的型号如下表 **Table 43** 所示。

**Table 43 封装列表**

规范 ID	封装	说明	封装 DWG 编号
BID20	64 pin TQFP	14 × 14 × 1.4 mm 高度 (引脚间距为 0.8 mm)	51-85046
BID27	64 pin TQFP	10 × 10 × 1.6 mm 高度 (引脚间距为 0.5 mm)	51-85051
BID34A	44 pin TQFP	10 × 10 × 1.4 mm 高度 (引脚间距为 0.8 mm)	51-85064
BID70	48 pin TQFP	7 × 7 × 1.4 mm 高度 (引脚间距为 0.5 mm)	51-85135

**Table 44 封装的热特性**

参数	说明	封装	最小值	典型值	最大值	单位
T <sub>A</sub>	工作环境温度	-	-40	25	105	°C
T <sub>J</sub>	工作结温	-	-40	-	125	°C
T <sub>JA</sub>	封装 θ <sub>JA</sub>	44 pin TQFP	-	55.6	-	°C/Watt
T <sub>JC</sub>	封装 θ <sub>JC</sub>	44 pin TQFP	-	14.4	-	°C/Watt
T <sub>JA</sub>	封装 θ <sub>JA</sub>	64 pin TQFP (间距为 0.5 mm)	-	46	-	°C/Watt
T <sub>JC</sub>	封装 θ <sub>JC</sub>	64 pin TQFP (间距为 0.5 mm)	-	10	-	°C/Watt
T <sub>JA</sub>	封装 θ <sub>JA</sub>	64 pin TQFP (间距为 0.8 mm)	-	36.8	-	°C/Watt
T <sub>JC</sub>	封装 θ <sub>JC</sub>	64 pin TQFP (间距为 0.8 mm)	-	9.4	-	°C/Watt
T <sub>JA</sub>	封装 θ <sub>JA</sub>	48 pin TQFP (间距为 0.5 mm)	-	39.4	-	°C/Watt
T <sub>JC</sub>	封装 θ <sub>JC</sub>	48 pin TQFP (间距为 0.5 mm)	-	9.3	-	°C/Watt

**Table 45 回流焊峰值温度**

封装	最高峰值温度	峰值温度下的最长时间
全部	260°C	30 秒

**Table 46 封装潮敏等级 (MSL) , IPC/JEDEC J-STD-020**

封装	MSL
全部	MSL 3

封装

## 7.1 封装图

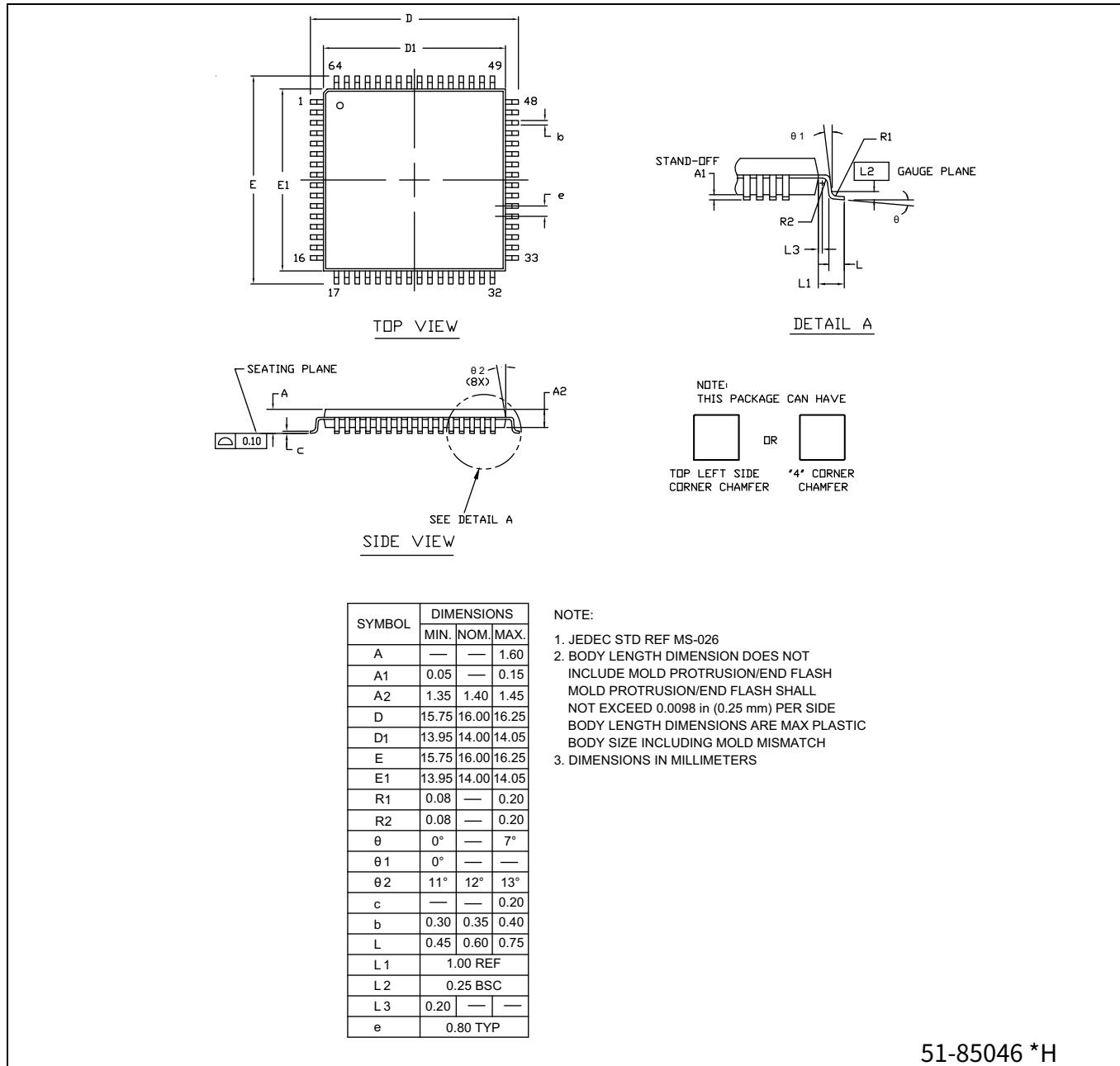


Figure 7 64 pin TQFP 封装 (间距为 0.8 mm) 外形 (PG-TQFP-64-801)

封装

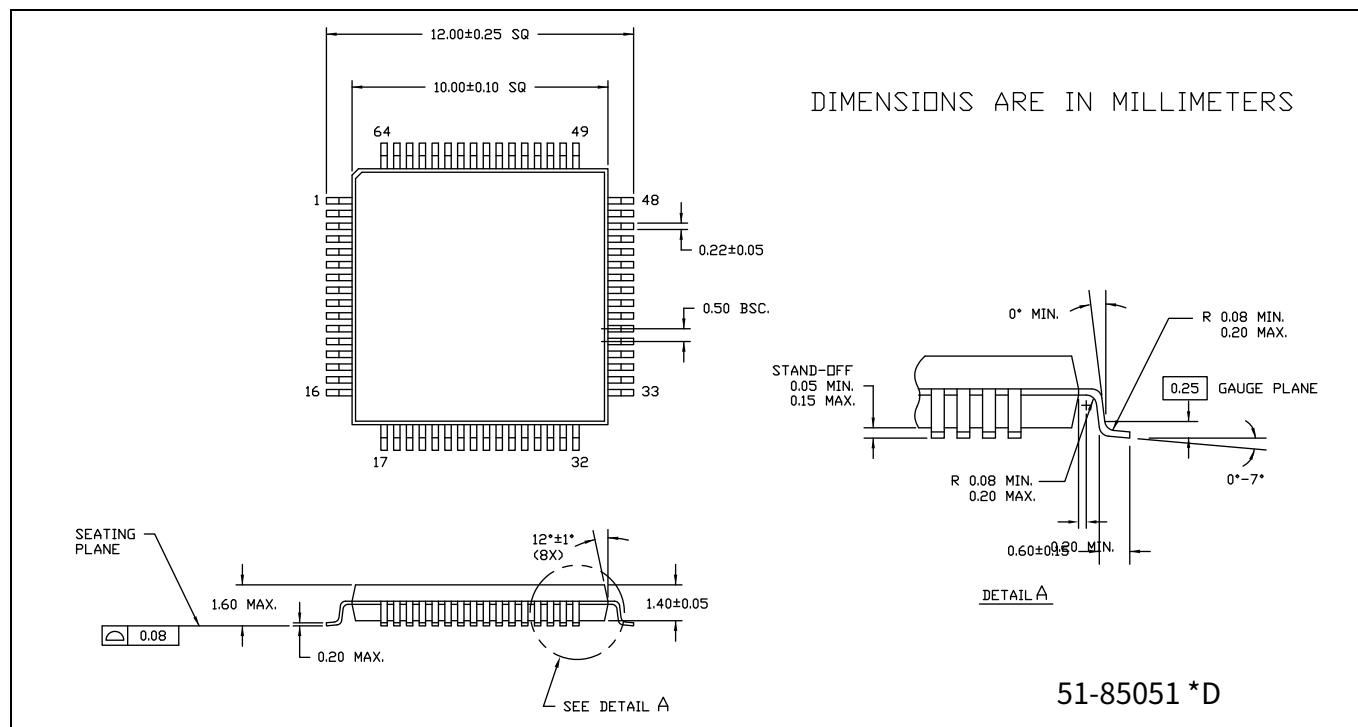


Figure 8 64 pin TQFP 封装 (间距为 0.5 mm) 外形 (PG-TQFP-64-802)

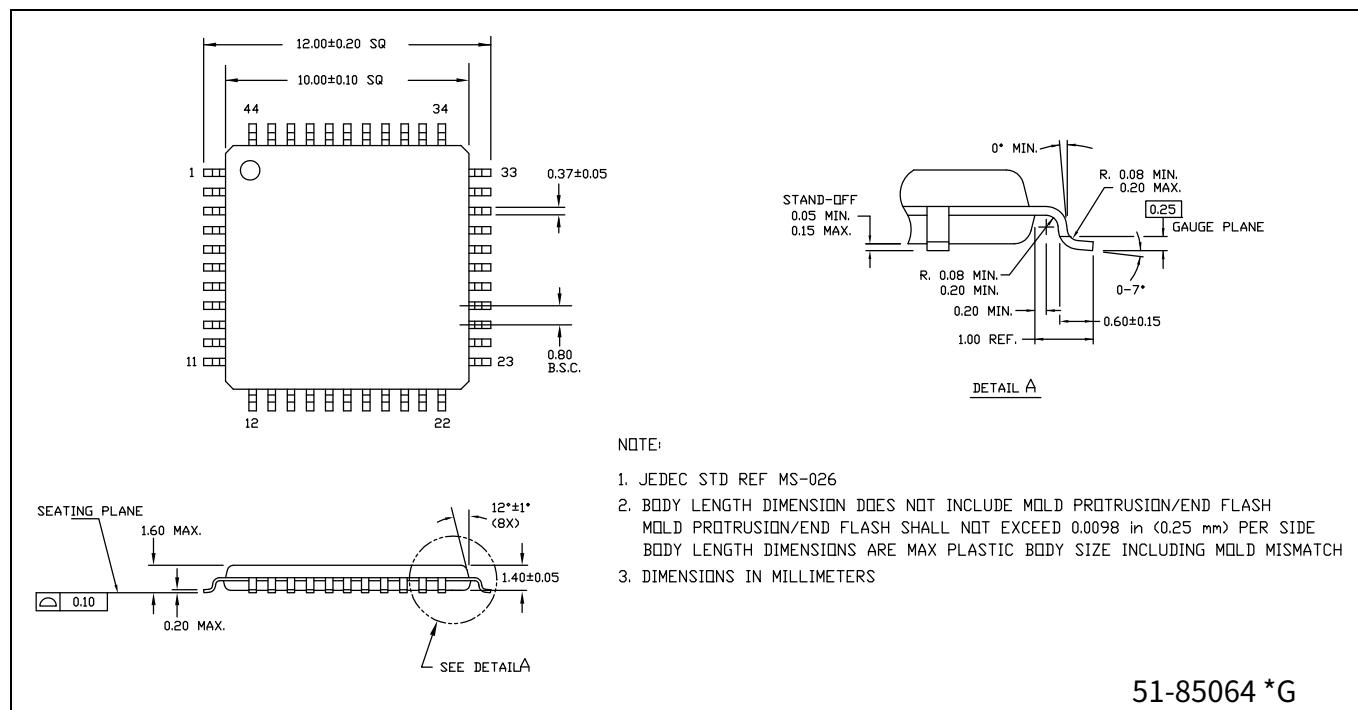
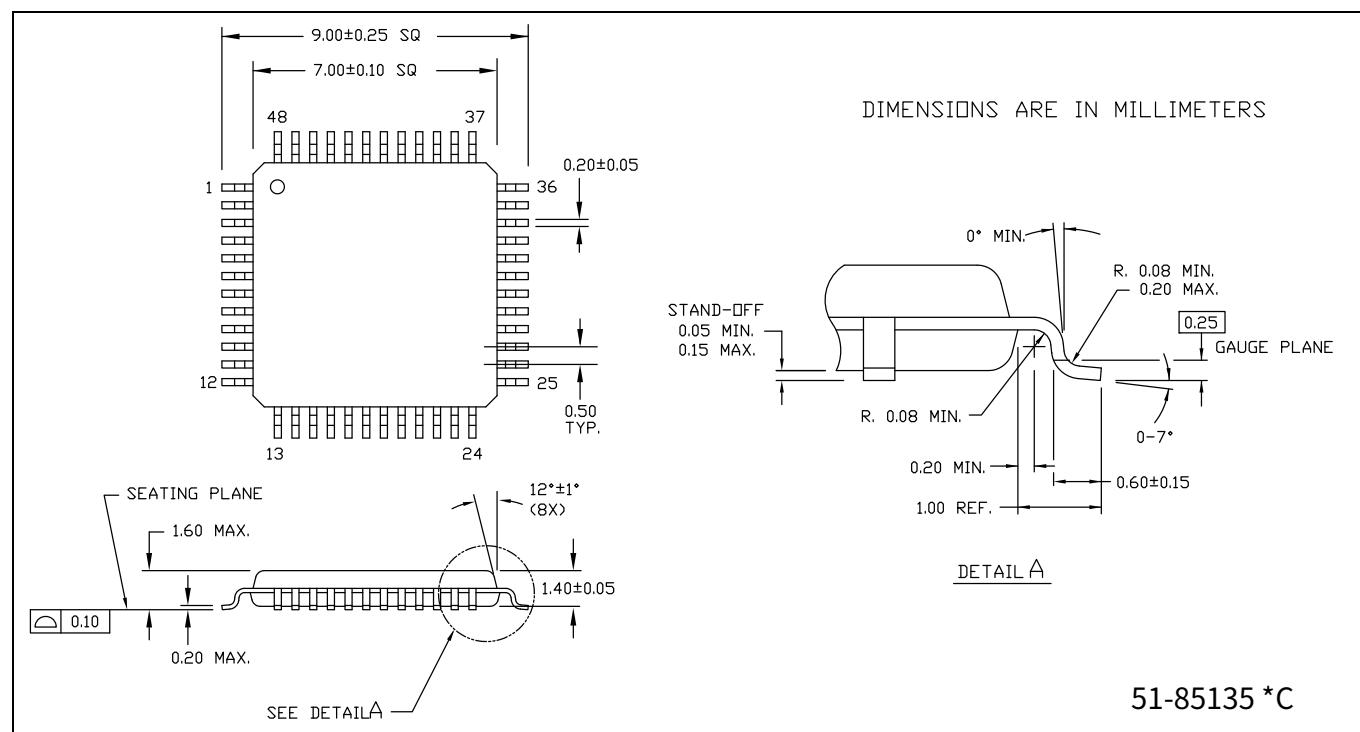


Figure 9 44 pin TQFP 封装外形 (PG-TQFP-44-801)



**Figure 10 48 Pin 7 × 7 × 1.4 mm TQFP 封装外形 (PG-TQFP-48-800)**

缩略语

## 8 缩略语

**Table 47 本文档中使用的缩略语 (1/4)**

缩略语	说明
abus	模拟局部总线
ADC	模数转换器
AG	模拟全局总线
AHB	AMBA (先进微控制器总线结构) 高性能总线, 即为一种 Arm 数据传输总线
ALU	算术逻辑单元
AMUXBUS	模拟复用器总线
API	应用编程接口
APSR	应用程序状态寄存器
Arm®	高级 RISC 机器, 它是一种 CPU 架构
ATM	自动 Thump 模式
BW	带宽
CAN	控制器区域网络, 即为一种通信协议
CMRR	共模抑制比
CPU	中央处理器
CRC	循环冗余校验, 即为一种错误校验协议
DAC	数模转换器, 另请参见 IDAC、VDAC
DFB	数字滤波器模块
DIO	数字输入 / 输出 GPIO, 只具有数字功能, 无模拟功能。请参见 GPIO。
DMIPS	Dhrystone 每秒百万条指令
DMA	直接存储器访问, 另请参见 TD
DNL	微分非线性, 另请参见 INL
DNU	请勿使用
DR	端口写入数据寄存器
DSI	数字系统互连
DWT	数据观察点 (watchpoint) 和跟踪 (trace)
ECC	纠错码
ECO	外部晶体振荡器
EEPROM	电可擦除可编程只读存储器
EMI	电磁干扰
EMIF	外部存储器接口
EOC	转换结束
EOF	帧结束
EPSR	执行程序状态寄存器
ESD	静电释放
ETM	嵌入式跟踪宏单元
FIR	有限脉冲响应, 另请参见 IIR
FPB	闪存修补和断点

缩略语

**Table 47 本文档中使用的缩略语 (2/4)**

缩略语	说明
FS	全速
GPIO	通用输入 / 输出，与 PSoC™ 引脚相连
HVI	高电压中断，另请参见 LVI、LVD
IC	集成电路
IDAC	电流 DAC，另请参见 DAC、VDAC
IDE	集成开发环境
I <sup>2</sup> C 或 IIC	内部集成电路，即为一种通信协议
IIR	无限脉冲响应，另请参见 FIR
ILO	内部低速振荡器，另请参见 IMO
IMO	内部主振荡器，另请参见 ILO
INL	积分非线性，另请参见 DNL
I/O	输入 / 输出，另请参见 GPIO、DIO、SIO、USBIO
IPOR	初次上电复位
IPSR	中断编程状态寄存器
IRQ	中断请求
ITM	仪表跟踪宏单元
LCD	液晶显示屏
LIN	局部互联网络，它是一种通信协议
LR	链接寄存器
LUT	查找表
LVD	低电压检测，另请参见 LVI
LVI	低电压中断，另请参见 HVI
LVTTL	低压晶体管 – 晶体管逻辑
MAC	乘法累加器
MCU	微控制器单元
MISO	主入从出
NC	无连接
NMI	不可屏蔽中断
NRZ	非归零
NVIC	嵌套向量中断控制器
NVL	非易失性锁存器，另请参考 WOL
opamp	运算放大器
PAL	可编程阵列逻辑，另请参见 PLD
PC	程序计数器
PCB	印刷电路板
PGA	可编程增益放大器
PHUB	外设集线器
PHY	物理层
PICU	端口中断控制单元
PLA	可编程逻辑阵列

## 缩略语

**Table 47 本文档中使用的缩略语 (3/4)**

缩略语	说明
PLD	可编程逻辑器件，另请参见 PAL
PLL	锁相环
PMDD	封装材料声明数据手册
POR	上电复位
PRES	精密上电复位
PRS	伪随机序列
PS	端口读取数据寄存器
PSoC™	可编程片上系统
PSRR	电源抑制比
PWM	脉冲宽度调制器
RAM	随机存取存储器
RISC	精简指令集计算
RMS	均方根
RTC	实时时钟
RTL	寄存器传输语言
RTR	远程发送请求
RX	接收
SAR	逐次逼近寄存器
SC/CT	开关电容 / 连续时间
SCL	I <sup>2</sup> C 串行时钟
SDA	I <sup>2</sup> C 串行数据
S/H	采样和保持
SINAD	信噪比和失真比
SIO	特殊输入 / 输出，带高级功能的 GPIO。请参见 GPIO。
SOC	开始转换
SOF	帧的起始
SPI	串行外设接口，即为一种通信协议
SR	斜率
SRAM	静态随机存取存储器
SRES	软件复位
SWD	串行线调试，即为一种测试协议
SWV	单线浏览器
TD	传输描述符，另请参见 DMA
THD	总谐波失真
TIA	互阻放大器
TRM	技术参考手册
TTL	晶体管 – 晶体管逻辑
TX	发送
UART	通用异步发射器接收器，它是一种通信协议
UDB	通用数字模块

缩略语

**Table 47 本文档中使用的缩略语 (4/4)**

缩略语	说明
USB	通用串行总线
USBIO	USB 输入 / 输出，用于连接至 USB 端口的 PSoC™ 引脚
VDAC	电压数模转换器，另请参见 DAC、IDAC
WDT	看门狗定时器
WOL	一次性写锁存器，另请参见 NVL
WRES	看门狗定时器复位
XRES	外部复位 I/O 引脚
XTAL	晶体

## 9 文档规范

### 9.1 测量单位

Table 48 测量单位

符号	测量单位
°C	摄氏度
dB	分贝
fF	飞法
Hz	赫兹
KB	1024 个字节
kbps	千比特每秒
Khr	千小时
kHz	千赫兹
kΩ	千欧
ksps	千次采样每秒
LSB	最低有效位
Mbps	兆比特每秒
MHz	兆赫兹
MΩ	兆欧姆
Msps	兆次采样每秒
μA	微安
μF	微法
μH	微亨
μs	微秒
μV	微伏
μW	微瓦
mA	毫安
ms	毫秒
mV	毫伏
nA	纳安
ns	纳秒
nV	纳伏
Ω	欧姆
pF	皮法
ppm	百万分比
ps	皮秒
s	秒
sps	采样数每秒
sqrtHz	赫兹平方根
V	伏特

文档修订记录

## 文档修订记录

文档版本	提交日期	变更说明
**	2017-11-15	本文档版本号为 Rev. **，译自英文版 002-19966 Rev. *D。
*A	2019-12-24	本文档版本号为 Rev. *A，译自英文版 002-19966 Rev. *H。
*B	2020-12-28	本文档版本号为 Rev. *B，译自英文版 002-19966 Rev. *J。
*C	2023-06-07	本文档版本号为 Rev. *C，译自英文版 002-19966 Rev. *K。

## Trademarks

All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

**Edition 2023-06-07**

**Published by**

**Infineon Technologies AG  
81726 Munich, Germany**

**© 2023 Infineon Technologies AG.  
All Rights Reserved.**

**Do you have a question about this  
document?**

**Email:**  
[erratum@infineon.com](mailto:erratum@infineon.com)

**Document reference  
002-21673 Rev. \*C**

### 重要提示

本文档所提供的任何信息绝不应当被视为针对任何条件或者品质而做出的保证（质量保证）。英飞凌对于本文档中所提及的任何事例、提示或者任何特定数值及 / 或任何关于产品应用方面的信息均在此明确声明其不承担任何保证或者责任，包括但不限于其不侵犯任何第三方知识产权的保证均在此排除。

此外，本文档所提供的任何信息均取决于客户履行本文档所载明的义务和客户遵守适用于客户产品以及与客户对于英飞凌产品的应用所相关的任何法律要求、规范和标准。

本文档所含的数据仅供经过专业技术培训的人员使用。客户自身的技术部门有义务对于产品是否适宜于其预期的应用和针对该等应用而言本文档中所提供的信息是否充分自行予以评估。

### 警告事项

由于技术所需产品可能含有危险物质。如需了解该等物质的类型，请向离您最近的英飞凌科技办公室接洽。

除非由经英飞凌科技授权代表签署的书面文件中做出另行明确批准的情况下，英飞凌科技的产品不应当被用于任何一项一旦产品失效或者产品使用的后果可被合理地预料到可能导致人身伤害的任何应用领域。