

# 低功耗蓝牙可编程片上射频芯片 (PRoC BLE)

## 概述

PRoC BLE 是一个 32 位、48 MHz ARM<sup>®</sup> Cortex<sup>®</sup>-M0 BLE 解决方案，它包括 CapSense<sup>®</sup>、12 位 ADC、4 个定时 / 计数 / 脉冲宽度调制器 (TCPWM)、36 个 GPIO、两个串行通信模块 (SCB)、LCD 和 I<sup>2</sup>S。PRoC BLE 包括与 Bluetooth<sup>®</sup> 4.1 兼容的免费协议 BLE 栈，可为 HID、遥控、玩具、信标和无线充电器提供可编程且灵活的完整解决方案。除了这些应用外，PRoC BLE 还提供了系统级 BLE 连接的简单且成本低的方法。

## 性能

### Bluetooth<sup>®</sup> Smart 连接

- 蓝牙 4.1 单模式器件
- 集成了 Balun 的 2.4 GHz BLE 射频和基带
- TX 输出功率：-18 dBm 至 +3 dBm
- 分辨率为 1 dB 的接收信号强度指示 (RSSI)
- RX 灵敏度：-89 dBm
- TX 电流：15.6 mA (功率为 0 dBm)
- RX 电流：16.4 mA

### ARM Cortex-M0 CPU 内核

- 32 位处理器 (0.9 DMIPS/MHz) 带有单周期 32 位乘法，工作频率可达 48 MHz
- 128 KB 闪存
- 16 KB SRAM
- 用闪存模拟的 EEPROM
- 带有专用内部低速振荡器 (ILO) 的看门狗定时器

### 超低功耗

- 在监视晶体振荡器 (WCO) 工作情况下的 1.3  $\mu$ A 深度睡眠模式电流
- 在 SRAM 数据保持情况下的 150 nA 休眠模式电流
- 在 GPIO 可唤醒情况下的 60 nA 停止模式电流

### 带有两指手势的 CapSense<sup>®</sup> 触摸感应

- 支持 36 个电容式传感器，用于按键、滑条和触控板
- 两指手势：滚动、惯性滚动、捏、延展和边缘轻扫
- 赛普拉斯的电容式 Sigma-Delta (CSD) 提供了一流的信噪比 (> 5:1) 和防水性能
- 硬件自动调试算法 (SmartSense<sup>™</sup>)

### 外设

- 带内部参考电压、采样与保持 (S/H) 和通道定序器的 12 位、1 Msps SAR ADC
- 超低功耗的 LCD 段驱动，可以在深度睡眠模式下驱动 128 段
- 支持 I<sup>2</sup>C (主设备 / 从设备)、SPI (主设备 / 从设备) 或 UART 的两个串行通信模块

- 四个专用的 16 位 TCPWM
  - 另外四个 8 位或两个 16 位 PWM
- 可编程低电压检测 (LVD) 范围为 1.8 V 到 4.5 V
- I<sup>2</sup>S 主设备接口

### 时钟、复位和电源

- 供电电压范围：1.9 V 至 5.5 V
- 3 MHz 至 48 MHz 内部主振荡器 (IMO)，准确度为 2%
- 无负载电容的 24 MHz 外部时钟振荡器 (ECO)
- 32 kHz WCO

### 可编程的 GPIO

- 36 个 GPIO 均能被配置为开漏高 / 低电平、电阻上拉 / 下拉、高阻态或者强驱动输出
- 任何 GPIO 引脚都可以作为拥有灵活引脚布线功能的 CapSense、LCD 或模拟引脚使用

### 编程与调试

- 2 引脚 SWD
- 支持在线闪存编程

### 温度与封装

- 工作温度范围：-40 °C 到 +85 °C
- 在 56 引脚 QFN (7 mm × 7 mm) 和 68 球形焊盘 WLCSP (3.52 mm × 3.91 mm) 封装中提供

### PSoC<sup>®</sup> Creator<sup>™</sup> 设计环境

- 用于配置、开发、编程和测试 BLE 应用的简单易用 IDE
- 将设计导出到 Keil、IAR 或 Eclipse 的选项

### 蓝牙低功耗协议栈

- 蓝牙低功耗协议栈支持通用访问配置文件 (GAP) 中央设备、外设、观察者或广播者的角色
  - 在工作状态下进行中心器件和外设角色之间的灵活切换
- 支持互操作性的标准蓝牙低功耗配置和服务
  - 在特殊的使用情况中，可以自定义该配置和服务

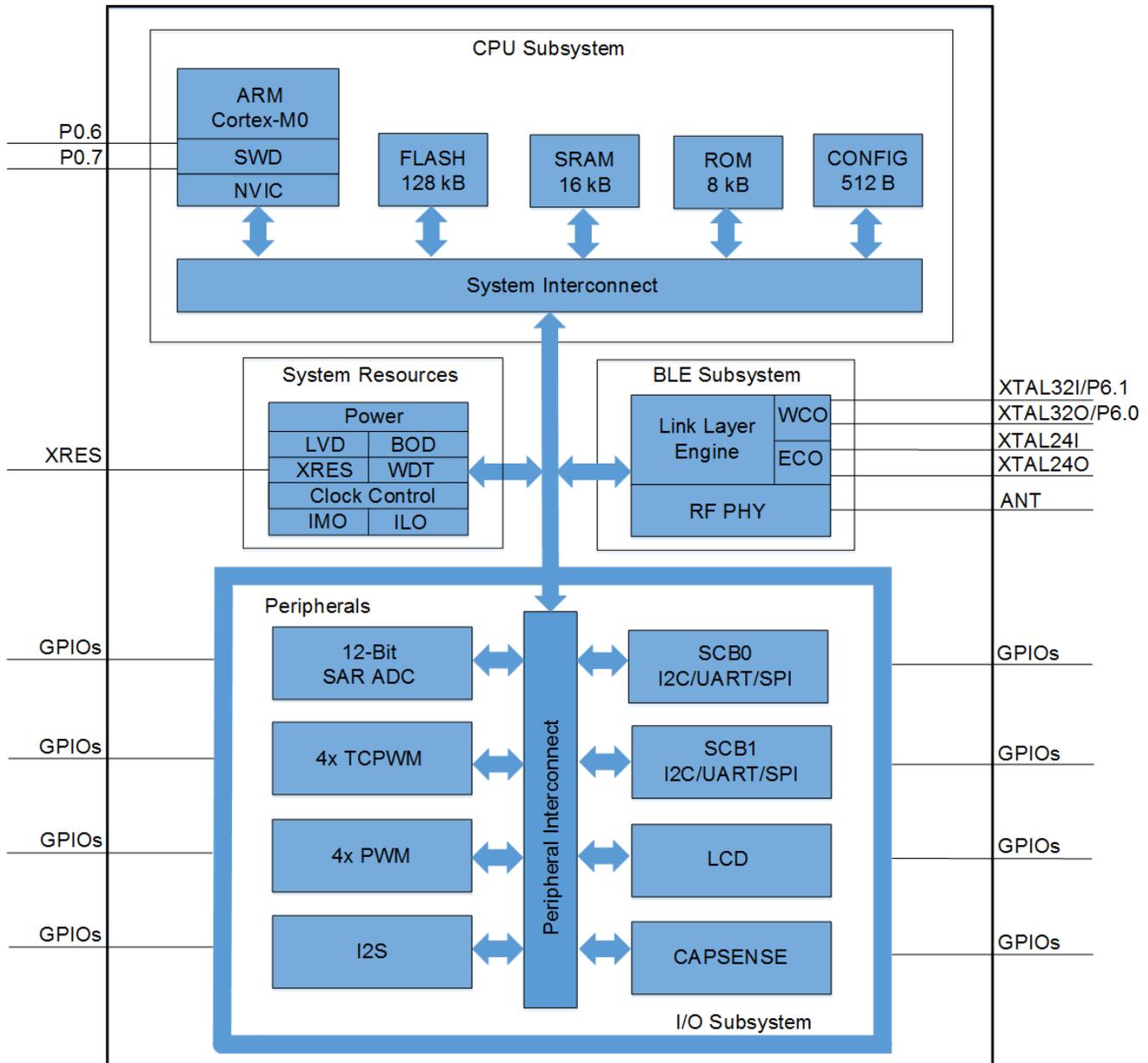
## 目录

<b>模块与功能</b> .....	<b>3</b>	数字外设.....	26
CPU 子系统.....	4	存储器.....	29
BLE 子系统.....	4	系统资源.....	29
系统资源的子系统.....	4	<b>订购信息</b> .....	<b>33</b>
外设模块.....	5	器件型号约定.....	33
<b>引脚分布</b> .....	<b>8</b>	<b>封装</b> .....	<b>35</b>
<b>功耗</b> .....	<b>13</b>	<b>缩略语</b> .....	<b>37</b>
低功耗模式.....	13	<b>文档规范</b> .....	<b>39</b>
<b>开发支持</b> .....	<b>15</b>	测量单位.....	39
文档.....	15	<b>修订记录</b> .....	<b>40</b>
在线支持.....	15	<b>销售、解决方案和法律信息</b> .....	<b>41</b>
工具.....	15	全球销售和 design 支持.....	41
套件.....	15	产品.....	41
<b>电气规范</b> .....	<b>16</b>	PSoC <sup>®</sup> 解决方案.....	41
最大绝对额定值.....	16	赛普拉斯开发者社区.....	41
BLE 子系统.....	16	技术支持.....	41
器件级规范.....	19		
模拟外设.....	24		

## 模块与功能

CYBL10X6X 框图如图 1 所示。有五个主要的子系统：CPU 子系统、BLE 子系统、系统资源、外设模块和 I/O 子系统。

图 1. 框图



PRoC BLE 器件系列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。借助完善的片上调试功能，可以使用标准的生产器件在最终系统中进行全面的器件调试。它不需要特殊的接口、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 PRoC BLE 器件提供全面集成的编程和调试支持。SWD 接口与工业标准的第三方工具完全兼容。PRoC BLE 还支持禁用 SWD 接口并拥有强大的闪存保护性能。

## CPU 子系统

### CPU

CYBL10X6X 器件是基于节能的 ARM Cortex-M0 的 32 位处理器，它提供低功耗、高性能的特性，并且通过使用 16 位 Thumb 指令降低代码大小。Cortex-M0 能够执行单周期 32 位算术和逻辑操作，包括单周期 32 位乘法，从而提高了它的性能。紧密集成的嵌套向量中断控制器 (NVIC) 包含 32 个中断线，因此 Cortex-M0 可以实现低电平延迟和确定的中断响应。

CPU 还包含一个两引脚串行连线调试 (SWD) 接口 — JTAG 的两连线模式。默认情况下，调试电路都处于使能状态，并且只能在固件中被禁用。如果被禁用，唯一的使能方法是擦除整个器件，清除闪存保护，然后用使能调试的新固件对器件进行重新编程。另外，也可以将调试引脚作为 GPIO 使用。该器件拥有四个断点 (breakpoints) 和两个观察点 (watchpoints)，用于进行有效的调试。

### 闪存

该器件包含一个 128 KB 闪存存储器，该存储器的闪存加速器与 CPU 紧密耦合，以减少闪存的平均访问时间。闪存可在工作频率为 48 MHz 的情况下提供一个等待状态 (WS) 的访问时间，并在工作频率为 24 MHz 的情况下使用零等待状态的访问时间。闪存加速器的单周期访问平均占 SRAM 的 85%。如果需要，闪存存储器的部分空间可以用于仿真 EEPROM。

在对闪存进行擦除和编程期间 (擦除和编程每一行的最多占用 20 ms)，内部主振荡器 (IMO) 被设置为 48 MHz。该设置也适用于模拟的 EEPROM。由于以不同的 IMO 频率工作的外设会受到影响，因此进行系统设计时必须考虑到该设置。如果闪存编程期间外设继续正常运行，那么始终要将 IMO 设置为 48 MHz，并通过对该频率进行分频获得外设时钟。

### SRAM

即使在休眠模式下，低功耗 16 KB SRAM 存储器也会保留它的内容。

### ROM

8 KB 监控 ROM 包含了一个可执行的函数库，用于编程闪存。通过监控调用 (SVC) 可以访问这些函数，使用这些函数能够在系统内编程闪存存储器。

## BLE 子系统

BLE 子系统包含链路层引擎和物理层。链路层引擎支持主设备和从设备模式。链路层引擎通过在硬件中实现实时要求严格的功能 (如加密功能) 来降低功耗，并提供最少的处理器干预和高性能特性。关键协议元素 (如主机控制接口 (HCI) 和链路控制) 通过固件实现。也提供了直接测试模式 (DTM)，以便能够使用标准蓝牙测试器来测试无线性能。

物理层包含一个调制解调器和一个射频收发器，该收发器以 1 Mbps 的速度通过 2.4 GHz ISM 带传输和接收 BLE 数据包。发送时，该模块将进行 GFSK 调制，并在通过天线传输 BLE 数据包之前将该数据包的数字基带信号转换为射频。进行接收时，该模块会针对天线中的射频信号执行 GFSK 解调，以获得数字比特流。

射频收发器包括集成的 Balun。该 Balun 提供了一个单端射频端口引脚，这样能够通过 pi 匹配网络驱动一个 50 Ω 的天线终端。可以将输出功率编程为 -18 dBm 至 +3 dBm，以优化不同应用程序的电流消耗。

蓝牙低功耗协议栈使用 BLE 子系统并提供了以下性能：

- 链路层 (LL)
  - 主设备和从设备模式
  - 128 位 AES 引擎
  - 加密
  - 低占空比广告 (蓝牙 4.1 性能)
  - 低功耗 Ping (蓝牙 4.1 性能)
- 蓝牙低功耗 4.1 单模协议栈，包括逻辑链接控制适配协议 (L2CAP)、属性协议 (ATT) 和安全管理器 (SM) 协议
- 主设备和从设备模式
- 可以使用 API 访问通用属性文件 (GATT)、通用访问配置文件 (GAP) 以及 L2CAP
- 面向连接的 L2CAP 通道 (蓝牙 4.1 性能)
- GAP 特性
  - 作为广播者、观察者、外设和中央角色
  - 安全模式 1: 级别 1、2 和 3
  - 安全模式 2: 级别 1 和 2
  - 用户定义的广告数据
  - 重键支持
- GATT 特性
  - GATT 客户机和服务器
  - 支持 GATT 子程序
  - 32 位通用唯一标识符 (UUID) (蓝牙 4.1 性能)
- 安全管理器 (SM)
  - Pairing (配对) 方法: Just Works、Passkey Entry 和 Out of Band
  - 认证的中间人 (MITM) 保护和数据签名
- 支持所有 SIG 采用的 BLE 配置文件

## 系统资源的子系统

### 电源

电源模块包含多个内部 LDO，这些 LDO 为不同模块提供所需电压电平。电源系统还包含 POR、BOD 和 LVD 电路。POR 电路一直保持器件的复位状态，直到电源以相应级别稳定和时钟就绪为止。当电源电压过低，以至于不可执行合适器件操作时，BOD 电路将复位该器件。如果电源电压下降到低于用户可选的电平，LVD 电路将生成中断。

可以使用外部低电平有效复位引脚 (XRES) 进行复位该器件。XRES 引脚拥有一个内部上拉电阻，因此在大多数应用设计中，不需要其他上拉电阻。有关电源系统的详细信息，请参考第 13 页上的“电源”一节中介绍的内容。

### 时钟控制

PRoC BLE 时钟控制为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不会产生毛刺。PRoC BLE 的时钟控制包括 IMO 和内部低速振荡器 (ILO)。它使用 24 MHz 外部晶体振荡器 (ECO) 和 32 kHz WCO。另外，外部时钟还可以从一个引脚供电。

该器件有 12 个分频器和 16 个分频器输出。其中两个分频器进行额外的小数分频。通过分频 HFCLK 信号（如图 2 中所述）可以生成用于不同外设的系统时钟（SYSCLK）和外设时钟（PERx\_CLK）。系统时钟（SYSCLK）驱动总线、寄存器和处理器必须高于系统中 HFCLK 的分频时钟。ECO 和 WCO 存在于 BLE 子系统内，其时钟输出布线到系统资源。

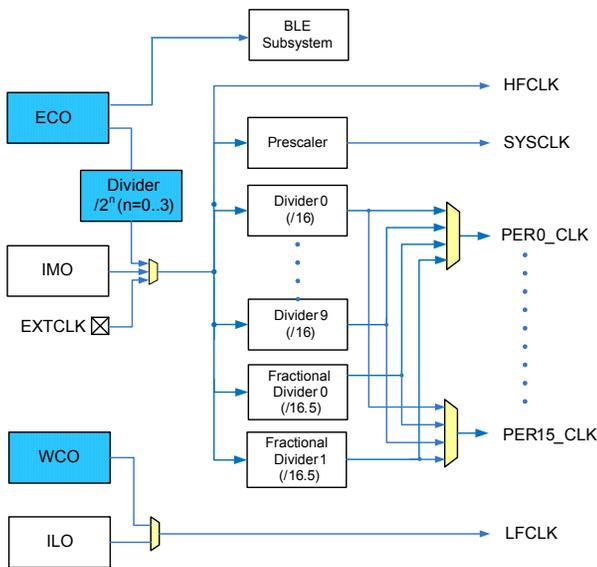
#### 内部主振荡器 (IMO)

IMO 是主系统时钟资源，可以将其频率调整为 3 MHz 至 48 MHz，步长为 1 MHz。IMO 准确度为  $\pm 2\%$ 。

#### 内部低速振荡器 (ILO)

ILO 是超低功耗的 32 KHz 振荡器，主要用于生成深度睡眠模式下工作外设的时钟。利用 IMO 校准 ILO 驱动计数器可以提高其准确度。赛普拉斯提供了一个用于校准目的的软件组件。

图 2. 时钟控制



#### 外部晶体振荡器 (ECO)

ECO 作为 BLE 子系统的活动时钟使用，以便满足蓝牙 4.1 规范中  $\pm 50$  ppm 的时钟准确度要求。该 ECO 包括可调的负载电容，以便通过测量实际时钟频率来调试晶体时钟频率。高准确度的 ECO 时钟可以作为系统时钟使用。

#### 监视晶体振荡器 (WCO)

WCO 作为 BLE 子系统的睡眠时钟使用，以便满足蓝牙 4.1 规范中  $\pm 500$  ppm 的时钟准确度要求。睡眠时钟提供了准确的睡眠时序，并在具体的报告和连接间隔期间允许唤醒。通过使用 WCO 和固件，可以实现准确的实时时钟（在 32.768 KHz 晶体准确度的范围内）。

#### 电压参考

拥有 1% 准确度的内部带隙参考电路为 12 位 SAR ADC 提供电压参考。为了获得更好的信噪比和绝对准确度，可以使用 REF 引脚旁路内部带隙参考电压或使用 SAR 的外部参考电压。

#### 看门狗定时器 (WDT)

看门狗定时器由 ILO 提供时钟，所以看门狗可以在深度睡眠模式下工作，并且在超时发生前如果仍未得到服务将生成一个看门狗复位。看门狗复位在‘复位原因’寄存器内被记录。

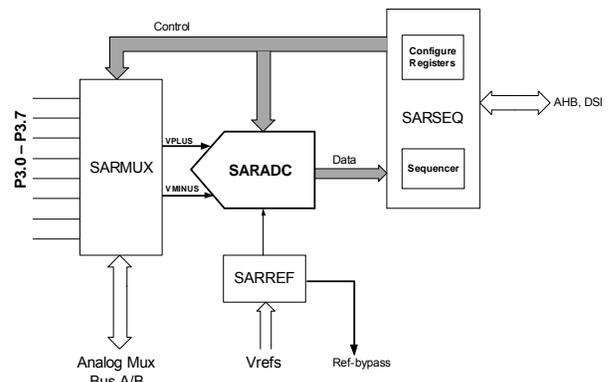
#### 外设模块

##### 12 位 SAR ADC

ADC 是一个拥有内置采样与保持 (S/H) 电路的 12 位、1 Msps SAR ADC。ADC 可以使用内部参考电压或外部参考电压运行。

SAR ADC 的上一代是 SARMUX，SARMUX 可将外部引脚和内部信号（模拟复用总线和温度传感器输出）布线到 SAR ADC 的八个内部通道。定序器控制器 (SARSEQ) 用于控制 SARMUX 和 SAR ADC，以对所有已使能的通道进行自动扫描（而无需 CPU 的干预）并进行预处理（如对输出数据求平均值）。赛普拉斯提供的软件驱动程序（组件）可用于控制 ADC 外设。

图 3. SAR ADC 系统框图



可以使用基于二极管的片上温度传感器来测量 Die 的温度。该温度传感器的输出可以连接至 ADC 做量化采样，量化结果通过赛普拉斯提供的固定算法来转换成温度值。

##### 4x 定时器 / 计数器 / PWM (TCPWM)

通过使用 16 位 TCPWM 模块可以生成 PWM 输出、捕获输入信号边沿的时序或提供定时器功能。TCPWM 也可以作为 16 位计数器使用，以支持向上、向下和向上 / 向下计数模式。

所有硬件输入信号上的上升沿、下降沿、双边沿的检测以及通过信号可用于产生计数器事件。有三种布线输出信号可用于说明下溢出、上溢出以及计数器 / 比较匹配事件。最多可以使用四个 TCPWM。

#### 4x PWM

除了 TCPWM 外，还提供这些 PWM。可以将 PWM 外配置为 8 位或 16 位分辨率。PWM 提供了比较输出，以便可以在硬件中生成单次或连续时序和控制信号。它还提供了一种在 CPU 干预最少的情况下准确生成复杂实时事件的简便方法。最多可以使用四个 8 位 PWM 或两个 16 位 PWM。

#### 串行通信模块 (SCB0/SCB1)

可以将 SCB 配置为 I<sup>2</sup>C、UART 或 SPI 接口。它支持一个用于接收和传送缓冲区的 8 字节 FIFO，从而减少 CPU 干预。最多可以使用两个 SCB (SCB0、SCB1)。

**I<sup>2</sup>C 模式:** I<sup>2</sup>C 外设与 I<sup>2</sup>C 标准模式、快速模式和增强型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。在开漏模式下，可以使用 GPIO 引脚实现 I<sup>2</sup>C 总线 I/O。

硬件 I<sup>2</sup>C 模块实现了一个完整的多主设备和从设备接口 (它具有多主设备的校准功能)。该模块的工作速度可达 1Mbps (增强型快速模块)，另外它还提供各种灵活的缓冲选项，以降低 CPU 的中断开销和延迟。I<sup>2</sup>C 功能通过赛普拉斯提供的软件组件 (EzI2C) 实现，通过该组件可以在 PRoC BLE 存储器中创建邮箱地址范围，并且对存储器中的阵列进行读写操作时可以大量降低 I<sup>2</sup>C 通信。此外，该模块提供一个深度为 8 字节的 FIFO，用于接收和传送数据。该模块延长了 CPU 读取数据的时间，从而减少了时钟延展的发生 (由于 CPU 没有及时读取数据，因此才导致时钟延展)。

使用 SCB0 时，可以将 I<sup>2</sup>C 的串行数据 (SDA) 和串行时钟 (SCL) 分别连接至 P0.4 和 P0.5、P1.4 和 P1.5 或 P3.0 和 P3.1。

使用 SCB1 时，可以将 SDA 和 SCL 分别连接至 P0.0 和 P0.1、P3.4 和 P3.5 或 P5.0 和 P5.1。

I<sup>2</sup>C 的各种配置如下:

- 当 SCB1 布线到 GPIO 引脚 P5.0 和 P5.1 时，除了它在 I2C 通信期间不满足热插拔功能，它与标准模式 (100 kHz)、快速模式 (400 kHz) 和增强快速模式 (1 MHz) I<sup>2</sup>C 信号规范完全兼容。
- 当 SCB1 未被布线到 P5.0 和 P5.1 时，它只与标准模式 (100 kHz) 兼容。
- SCB0 只与标准模式 (100 kHz) 相兼容。

**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) 的协议。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的 RX 和 TX 线的外设。UART 硬件流量控制允许慢速和快速器件通过 UART 进行通信却没有数据丢失。欲了解有关可以连接至 GPIO 的 UART，请参考第 11 页上的表 4。

**SPI 模式:** SPI 模式支持全部 Motorola® SPI、Texas Instruments® 安全简单配对 (SSP) (基本添加用于同步 SPI 编码的启动脉冲) 和 National Microwire (SPI 的半双工形式)。可通过赛普拉斯提供的软件组件 (Ez-SPI) 实现 SPI 功能，从而在对存储器阵列进行读写操作时减少数据交换。欲了解有关可以连接至 GPIO 的 SPI，请参考第 11 页上的表 4。

#### Inter-IC 音频总线 (I<sup>2</sup>S)

Inter-IC 音频总线 (I<sup>2</sup>S) 是用于将数字音频器件连接在一起的串行总线接口标准。此规范来自于 Philips® Semiconductor (I<sup>2</sup>S 总线规范; 1986 年 2 月, 修订时间为 1996 年 6 月 5 日)。

I<sup>2</sup>S 仅在主设备模式下运行，并且支持拥有独立数据字节流的发送器 (TX) 和接收器 (RX)。这些字节流从最高有效字节开始被压缩。用于每次采样的字节数 (左 / 右通道的采样) 是保持采样所需的最少字节数。

#### LCD

LCD 控制器可驱动多达 4 个 common 和 32 个 segment。该控制器使用完整的数字方法来驱动 LCD 段，从而提供超低功耗。这两种方法被称为数字相关和 PWM。

数字相关通过调制频率和通用和段信号电压，用于生成一个用于以照亮段的最高 RMS 电压，或保持 RMS 信号为零。这种方法对 STN 有用，但可能会导致降低跟 TN 显示的对比度。

PWM 属于 PWM 信号驱动板，有效地使用面板的电容来提供经过调试脉冲宽度的集成，从而生成所需的 LCD 电压。这种方法会导致更高的功耗，但驱动 TN 显示时可以产生更好的结果。

支持 LCD 在深度睡眠时刷新显示缓冲区 (4 位; 每端口一个 32 位寄存器)。

## CapSense

通过一个 CapSense Sigma-Delta (CSD) 模块, 所有 GPIO 都可支持 CapSense; 通过一个模拟复用器总线, 可将此模块连接到任何 GPIO 引脚。所有 GPIO 引脚都可以使用一个模拟开关来连接至该总线。因此, 在软件控制情况下, 系统中的任何引脚或引脚组都可以提供 CapSense 功能。另外, 还给 CapSense 模块提供了 PSoC Creator 中的软件组件, 以便于用户使用。通过将屏蔽电压驱动到另一个模拟总线可以提供防水性能。通过将屏蔽电极驱动为与感应电极相同可以避免屏蔽电容衰减感应输入。

带手势的触控板拥有以下特性:

- 支持单手指和两手指应用
- 支持高达 35 个 X/Y 传感器输入
- 包括手势检测库:
  - 单手指触摸: 跟踪、平移、点击、双击
  - 两手指触摸: 平移、点击、缩放

## I/O 子系统

包含 GPIO 模块的 I/O 子系统实现以下功能:

- 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
  - 弱上拉和弱下拉
  - 强上拉和弱下拉
  - 强上拉和强下拉
  - 开漏和强下拉
  - 开漏和强上拉
- 端口引脚: 36
- 选择输入阈值 (CMOS 或 LVTTTL)。
- 除了在驱动强度模式之外, (使能 / 禁用) 输入和输出缓冲区的单独控制。
- 用于门锁前一状态的保持模式 (用于保留 I/O 在深度睡眠模式和休眠模式的状态)。
- 可以选择 dV/dt 的转换速率, 用以提高 EMI。
- GPIO 引脚 P5.0 和 P5.1 都是过压容限引脚
- GPIO 单元 (包括 P5.0 和 P5.1) 不能热插拔或者由其它系统单独上电。

## 引脚分布

表 1 显示的是 CYBL10X6X 器件的引脚列表。

表 1. CYBL10X6X 引脚列 (QFN 封装)

引脚	名称	类型	说明
1	VDDD	电源	1.71 V 至 5.5 V 的数字电源
2	XTAL32O/P6.0	时钟	32.768 kHz 晶体
3	XTAL32I/P6.1	时钟	32.768 kHz 晶体或外部时钟输入
4	XRES	RESET	复位, 低电平有效
5	P4.0	GPIO	端口 4 引脚 0, 模拟 / 数字 / lcd/csd
6	P4.1	GPIO	端口 4 引脚 1, 模拟 / 数字 / lcd/csd
7	P5.0	GPIO	端口 5 引脚 0, 模拟 / 数字 / lcd/csd
8	P5.1	GPIO	端口 5 引脚 1, 模拟 / 数字 / lcd/csd
9	VSSD	接地	数字接地
10	VDDR	电源	1.9 V 至 5.5 V 的无线模块电源
11	GANT1	GROUND	天线屏蔽地
12	ANT	天线	天线引脚
13	GANT2	GROUND	天线屏蔽地
14	VDDR	电源	1.9 V 至 5.5 V 无线模块电源
15	VDDR	电源	1.9 V 至 5.5 V 无线模块电源
16	XTAL24I	时钟	24 MHz 晶体或外部时钟输入
17	XTAL24O	时钟	24 MHz 晶体
18	VDDR	电源	1.9 V 至 5.5 V 无线模块电源
19	P0.0	GPIO	端口 0 引脚 0, 模拟 / 数字 / lcd/csd
20	P0.1	GPIO	端口 0 引脚 1, 模拟 / 数字 / lcd/csd
21	P0.2	GPIO	端口 0 引脚 2, 模拟 / 数字 / lcd/csd
22	P0.3	GPIO	端口 0 引脚 3, 模拟 / 数字 / lcd/csd
23	VDDD	电源	1.71 V 至 5.5 V 数字电源
24	P0.4	GPIO	端口 0 引脚 4, 模拟 / 数字 / lcd/csd
25	P0.5	GPIO	端口 0 引脚 5, 模拟 / 数字 / lcd/csd
26	P0.6	GPIO	端口 0 引脚 6, 模拟 / 数字 / lcd/csd
27	P0.7	GPIO	端口 0 引脚 7, 模拟 / 数字 / lcd/csd
28	P1.0	GPIO	端口 1 引脚 0, 模拟 / 数字 / lcd/csd
29	P1.1	GPIO	端口 1 引脚 1, 模拟 / 数字 / lcd/csd
30	P1.2	GPIO	端口 1 引脚 2, 模拟 / 数字 / lcd/csd
31	P1.3	GPIO	端口 1 引脚 3, 模拟 / 数字 / lcd/csd
32	P1.4	GPIO	端口 1 引脚 4, 模拟 / 数字 / lcd/csd
33	P1.5	GPIO	端口 1 引脚 5, 模拟 / 数字 / lcd/csd
34	P1.6	GPIO	端口 1 引脚 6, 模拟 / 数字 / lcd/csd
35	P1.7	GPIO	端口 1 引脚 7, 模拟 / 数字 / lcd/csd
36	VDDA	电源	1.75 V 至 5.5 V 模拟电源
37	P2.0	GPIO	端口双引脚 0, 模拟 / 数字 / lcd/csd
38	P2.1	GPIO	端口双引脚 1, 模拟 / 数字 / lcd/csd
39	P2.2	GPIO	端口双引脚 2, 模拟 / 数字 / lcd/csd
40	P2.3	GPIO	端口双引脚 3, 模拟 / 数字 / lcd/csd

表 1. CYBL10X6X 引脚列 (QFN 封装) (续)

引脚	名称	类型	说明
41	P2.4	GPIO	端口双引脚 4, 模拟 / 数字 / lcd/csd
42	P2.5	GPIO	端口双引脚 5, 模拟 / 数字 / lcd/csd
43	P2.6	GPIO	端口双引脚 6, 模拟 / 数字 / lcd/csd
44	P2.7	GPIO	端口双引脚 7, 模拟 / 数字 / lcd/csd
45	VREF	REF	1.024 V 参考电压
46	VDDA	电源	1.75 V 至 5.5 V 模拟电源
47	P3.0	GPIO	端口 3 引脚 0, 模拟 / 数字 / lcd/csd
48	P3.1	GPIO	端口 3 引脚 1, 模拟 / 数字 / lcd/csd
49	P3.2	GPIO	端口 3 引脚 2, 模拟 / 数字 / lcd/csd
50	P3.3	GPIO	端口 3 引脚 3, 模拟 / 数字 / lcd/csd
51	P3.4	GPIO	端口 3 引脚 4, 模拟 / 数字 / lcd/csd
52	P3.5	GPIO	端口 3 引脚 5, 模拟 / 数字 / lcd/csd
53	P3.6	GPIO	端口 3 引脚 6, 模拟 / 数字 / lcd/csd
54	P3.7	GPIO	端口 3 引脚 7, 模拟 / 数字 / lcd/csd
55	VSSA	接地	模拟接地
56	VCCD	电源	经调节的 1.8 V 电源; 连接至 1 $\mu$ F 电容
57	EPAD	GROUND	QFN 封装的接地焊盘

表 2 显示的是 CYBL10X6X 器件的应缴列表 (WLCSP 封装)。

表 2. CYBL10X6X 引脚列 (WLCSP 封装)

引脚	名称	类型	说明
A1	VREF	REF	1.024 V 参考电压
A2	VSSA	接地	模拟接地
A3	P3.3	GPIO	端口 3 引脚 3, 模拟 / 数字 / lcd/csd
A4	P3.7	GPIO	端口 3 引脚 7, 模拟 / 数字 / lcd/csd
A5	VSSD	接地	数字接地
A6	VSSA	接地	模拟地
A7	VCCD	电源	经调节的 1.8 V 电源, 连接至 1 $\mu$ F 电容
A8	VDDD	电源	1.71 V 至 5.5 V 数字电源
B1	P2.3	GPIO	端口双引脚 3, 模拟 / 数字 / lcd/csd
B2	VSSA	接地	模拟接地
B3	P2.7	GPIO	端口双引脚 7, 模拟 / 数字 / lcd/csd
B4	P3.4	GPIO	端口 3 引脚 4, 模拟 / 数字 / lcd/csd
B5	P3.5	GPIO	端口 3 引脚 5, 模拟 / 数字 / lcd/csd
B6	P3.6	GPIO	端口 3 引脚 6, 模拟 / 数字 / lcd/csd
B7	XTAL32I/P6.1	时钟	32.768 kHz 晶体或外部时钟输入
B8	XTAL32O/P6.0	时钟	32.768 kHz 晶振
C1	VSSA	接地	模拟接地
C2	P2.2	GPIO	端口双引脚 2, 模拟 / 数字 / lcd/csd
C3	P2.6	GPIO	端口双引脚 6, 模拟 / 数字 / lcd/csd
C4	P3.0	GPIO	端口 3 引脚 0, 模拟 / 数字 / lcd/csd

**表 2. CYBL10X6X 引脚列 (WLCSP 封装) (续)**

引脚	名称	类型	说明
C5	P3.1	GPIO	端口 3 引脚 1, 模拟 / 数字 / lcd/csd
C6	P3.2	GPIO	端口 3 引脚 2, 模拟 / 数字 / lcd/csd
C7	XRES	RESET	复位, 低电平有效
C8	P4.0	GPIO	端口 4 引脚 0, 模拟 / 数字 / lcd/csd
D1	P1.7	GPIO	端口 1 引脚 7, 模拟 / 数字 / lcd/csd
D2	VDDA	电源	1.75 V 至 5.5 V 模拟电源
D3	P2.0	GPIO	端口双引脚 0, 模拟 / 数字 / lcd/csd
D4	P2.1	GPIO	端口双引脚 1, 模拟 / 数字 / lcd/csd
D5	P2.5	GPIO	端口双引脚 5, 模拟 / 数字 / lcd/csd
D6	VSSD	接地	数字接地
D7	P4.1	GPIO	端口 4 引脚 1, 模拟 / 数字 / lcd/csd
D8	P5.0	GPIO	端口 5 引脚 0, 模拟 / 数字 / lcd/csd
E1	P1.2	GPIO	端口 1 引脚 2, 模拟 / 数字 / lcd/csd
E2	P1.3	GPIO	端口 1 引脚 3, 模拟 / 数字 / lcd/csd
E3	P1.4	GPIO	端口 1 引脚 4, 模拟 / 数字 / lcd/csd
E4	P1.5	GPIO	端口 1 引脚 5, 模拟 / 数字 / lcd/csd
E5	P1.6	GPIO	端口 1 引脚 6, 模拟 / 数字 / lcd/csd
E6	P2.4	GPIO	端口双引脚 4, 模拟 / 数字 / lcd/csd
E7	P5.1	GPIO	端口 5 引脚 1, 模拟 / 数字 / lcd/csd
E8	VSSD	接地	数字接地
F1	VSSD	接地	数字接地
F2	P0.7	GPIO	端口 0 引脚 7, 模拟 / 数字 / lcd/csd
F3	P0.3	GPIO	端口 0 引脚 3, 模拟 / 数字 / lcd/csd
F4	P1.0	GPIO	端口 1 引脚 0, 模拟 / 数字 / lcd/csd
F5	P1.1	GPIO	端口 1 引脚 1, 模拟 / 数字 / lcd/csd
F6	VSSR	接地	无线通信接地
F7	VSSR	接地	无线通信接地
F8	VDDR	电源	1.9 V 至 5.5 V 无线模块电源
G1	P0.6	GPIO	端口 0 引脚 6, 模拟 / 数字 / lcd/csd
G2	VDDD	电源	1.71 V 至 5.5 V 数字电源
G3	P0.2	GPIO	端口 0 引脚 2, 模拟 / 数字 / lcd/csd
G4	VSSD	接地	数字接地
G5	VSSR	接地	无线通信接地
G6	VSSR	接地	无线通信接地
G7	GANT	接地	天线屏蔽接地
G8	VSSR	接地	无线通信接地
H1	P0.5	GPIO	端口 0 引脚 5, 模拟 / 数字 / lcd/csd
H2	P0.1	GPIO	端口 0 引脚 1, 模拟 / 数字 / lcd/csd
H3	XTAL24O	时钟	24 MHz 晶体
H4	XTAL24I	时钟	24 MHz 晶体或外部时钟输入

表 2. CYBL10X6X 引脚列（WLCSP 封装）（续）

引脚	名称	类型	说明
H5	VSSR	接地	无线通信接地
H6	VSSR	接地	无线通信接地
H7	ANT	天线	天线引脚
J1	P0.4	GPIO	端口 0 引脚 4, 模拟 / 数字 / lcd/csd
J2	P0.0	GPIO	端口 0 引脚 0, 模拟 / 数字 / lcd/csd
J3	VDDR	电源	1.9 V 至 5.5 V 无线模块电源
J6	VDDR	电源	1.9 V 至 5.5 V 无线模块电源
J7	无连接	-	

I/O 子系统包含一个高速 I/O 矩阵（HSIOM），该矩阵是一组将 GPIO 布线到器件中的资源的高速开关。这些资源包括 CapSense、TCPWM、I<sup>2</sup>C、SPI、UART 和 LCD。HSIOM\_PORT\_SELx 是宽度为 32 位的寄存器，控制 GPIO 的路由。每个寄存器控制一个端口；端口中每个 GPIO 占用四个专用位。它提供最多 16 个不同的 GPIO 布线选项，如表 3 中所示。

表 3. HSIOM 端口设置

数值	说明
0	固件控制的 GPIO
1	保留
2	保留
3	保留
4	它是一个 CSD 检测引脚
5	它是一个 CSD 屏蔽引脚
6	将引脚连接至 AMUXA
7	将引脚连接至 AMUXB
8	专用引脚的活动功能 #0
9	专用引脚的活动功能 #1
10	专用引脚的活动功能 #2
11	预留
12	它是一个 LCD 通用引脚
13	它是一个 LCD 段的引脚。
14	专用引脚的深度睡眠功能 #0
15	专用引脚的深度睡眠功能 #1

不同 GPIO 引脚的外设功能选项被显示在表 4 中。

表 4. 端口引脚连接

名称	模拟	数字（HSIOM_PORT_SELx.SELy）（‘x’ 表示端口编号，‘y’ 表示引脚编号）					
		0	8	9	10	14	15
		GPIO	活动 #0	活动 #1	活动 #2	深度睡眠 #0	深度睡眠 #1
P0.0		GPIO	TCPWM0_P[3]	SCB1_UART_RX[1]		SCB1_I2C_SDA[1]	SCB1_SPI_MOSI[1]
P0.1		GPIO	TCPWM0_N[3]	SCB1_UART_TX[1]		SCB1_I2C_SCL[1]	SCB1_SPI_MISO[1]
P0.3		GPIO	TCPWM1_N[3]	SCB1_UART_CTS[1]			SCB1_SPI_SCLK[1]
P0.4		GPIO	TCPWM1_P[0]	SCB0_UART_RX[1]	EXT_CLK[0]/ ECO_OUT[0]	SCB0_I2C_SDA[1]	SCB0_SPI_MOSI[1]
P0.5		GPIO	TCPWM1_N[0]	SCB0_UART_TX[1]		SCB0_I2C_SCL[1]	SCB0_SPI_MISO[1]
P0.6		GPIO	TCPWM2_P[0]	SCB0_UART_RTS[1]		SWDIO[0]	SCB0_SPI_SS[0][1]

表 4. 端口引脚连接 (续)

名称	模拟	数字 (HSIOM_PORT_SELx.SELy) (‘x’ 表示端口编号, ‘y’ 表示引脚编号)					
		0	8	9	10	14	15
		GPIO	活动 #0	活动 #1	活动 #2	深度睡眠 #0	深度睡眠 #1
P0.7		GPIO	TCPWM2_N[0]	SCB0_UART_CTS[1]		SWDCLK[0]	SCB0_SPI_SCLK[1]
P1.0		GPIO	TCPWM0_P[1]				WCO_OUT[2]
P1.1		GPIO	TCPWM0_N[1]				SCB1_SPI_SS1
P1.2		GPIO	TCPWM1_P[1]				SCB1_SPI_SS2
P1.3		GPIO	TCPWM1_N[1]				SCB1_SPI_SS3
P1.4		GPIO	TCPWM2_P[1]	SCB0_UART_RX[0]		SCB0_I2C_SDA[0]	SCB0_SPI_MOSI[1]
P1.5		GPIO	TCPWM2_N[1]	SCB0_UART_TX[0]		SCB0_I2C_SCL[0]	SCB0_SPI_MISO[1]
P1.6		GPIO	TCPWM3_P[1]	SCB0_UART_RTS[0]			SCB0_SPI_SS0[1]
P1.7		GPIO	TCPWM3_N[1]	SCB0_UART_CTS[0]			SCB0_SPI_SCLK[1]
P2.0		GPIO					SCB0_SPI_SS1
P2.1		GPIO					SCB0_SPI_SS2
P2.2		GPIO				WAKEUP (唤醒)	SCB0_SPI_SS3
P2.3		GPIO					WCO_OUT[1]
P2.4		GPIO					
P2.5		GPIO					
P2.6		GPIO					
P2.7		GPIO			EXT_CLK[1]/ ECO_OUT[1]		
P3.0	SARMUX_0	GPIO	TCPWM0_P[2]	SCB0_UART_RX[2]		SCB0_I2C_SDA[2]	
P3.1	SARMUX_1	GPIO	TCPWM0_N[2]	SCB0_UART_TX[2]		SCB0_I2C_SCL[2]	
P3.2	SARMUX_2	GPIO	TCPWM1_P[2]	SCB0_UART_RTS[2]			
P3.3	SARMUX_3	GPIO	TCPWM1_N[2]	SCB0_UART_CTS[2]			
P3.4	SARMUX_4	GPIO	TCPWM2_P[2]	SCB1_UART_RX[2]		SCB1_I2C_SDA[2]	
P3.5	SARMUX_5	GPIO	TCPWM2_N[2]	SCB1_UART_TX[2]		SCB1_I2C_SCL[2]	
P3.6	SARMUX_6	GPIO	TCPWM3_P[2]	SCB1_UART_RTS[2]			
P3.7	SARMUX_7	GPIO	TCPWM3_N[2]	SCB1_UART_CTS[2]			WCO_OUT[0]
P4.0	CMOD	GPIO	TCPWM0_P[0]	SCB1_UART_RTS[0]			SCB1_SPI_MOSI[0]
P4.1	CTANK	GPIO	TCPWM0_N[0]	SCB1_UART_CTS[0]			SCB1_SPI_MISO[0]
P5.0		GPIO	TCPWM3_P[0]	SCB1_UART_RX[0]	EXTPA_EN	SCB1_I2C_SDA[0]	SCB1_SPI_SS0[0]
P5.1		GPIO	TCPWM3_N[0]	SCB1_UART_TX[0]	EXT_CLK[2]/ ECO_OUT[2]	SCB1_I2C_SCL[0]	SCB1_SPI_SCLK[0]
P6.0_XTAL32O		GPIO					
P6.1_XTAL32I		GPIO					

## 电源

通过直接连接至数字供电 ( $V_{DD3}$ )、模拟供电 ( $V_{DDA}$ ) 和无线模块供电 ( $V_{DDR}$ ) 引脚, 可以使用电压范围为 1.9 V ~ 5.5 V 的电池为 PRoC BLE 器件供电。器件中的内部 LDO 将供电电压调节为不同模块需要的电平。器件给数字电路提供了一个电压调节器, 并给无线电路提供了单独的电压调节器, 以便隔离噪声。模拟电路直接使用模拟电压 ( $V_{DDA}$ ) 输入来运行。该器件使用深度睡眠模式和休眠模式的独立电压调节器以使功耗最小。电压下降到小于 1.9 V 时无线模块会停止工作, 但直至 1.71 V 以上前, 系统的其余部分 (除射频部分) 仍会继续工作。

$V_{DDx}$  ( $x = A, D$  或  $R$ ) 必须通过旁路电容连接到地。通常选用一个 1  $\mu\text{F}$  和一个 0.1  $\mu\text{F}$  的电容。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电容寄生需要通过仿真以获得最佳的旁路。

电源	旁路电容
$V_{DD3}$	每个引脚上安装 0.1 $\mu\text{F}$ 的陶瓷电容, 加上一个 1 $\mu\text{F}$ 到 10 $\mu\text{F}$ 的大容量电容
$V_{DDA}$	每个引脚上安装 0.1 $\mu\text{F}$ 的陶瓷电容, 加上一个 1 $\mu\text{F}$ 到 10 $\mu\text{F}$ 的大容量电容
$V_{DDR}$	每个引脚上安装 0.1 $\mu\text{F}$ 的陶瓷电容, 加上一个 1 $\mu\text{F}$ 到 10 $\mu\text{F}$ 的大容量电容
$V_{CCD}$	在 $V_{CCD}$ 引脚上安装 1 $\mu\text{F}$ 的陶瓷电容。
$V_{REF}$ (可选)	可以旁路内部带隙, 其电容范围为 1 $\mu\text{F}$ 到 10 $\mu\text{F}$ 。

## 低功耗模式

PRoC BLE 支持五种功耗模式。更多有关系统状态的详细内容, 请参考表 5。在停止模式下, PRoC BLE 器件消耗的电流最低; 该器件从停止模式中唤醒以及系统复位通过 XRES 或 WAKEUP 引脚实现。在休眠模式下, 它可以保留 SRAM 数据, 在深度睡眠模式下, 它可以保持整个系统的状态。表 5 显示了不同的功耗模式以及可用的外设。

表 5. 功耗模式的系统状态

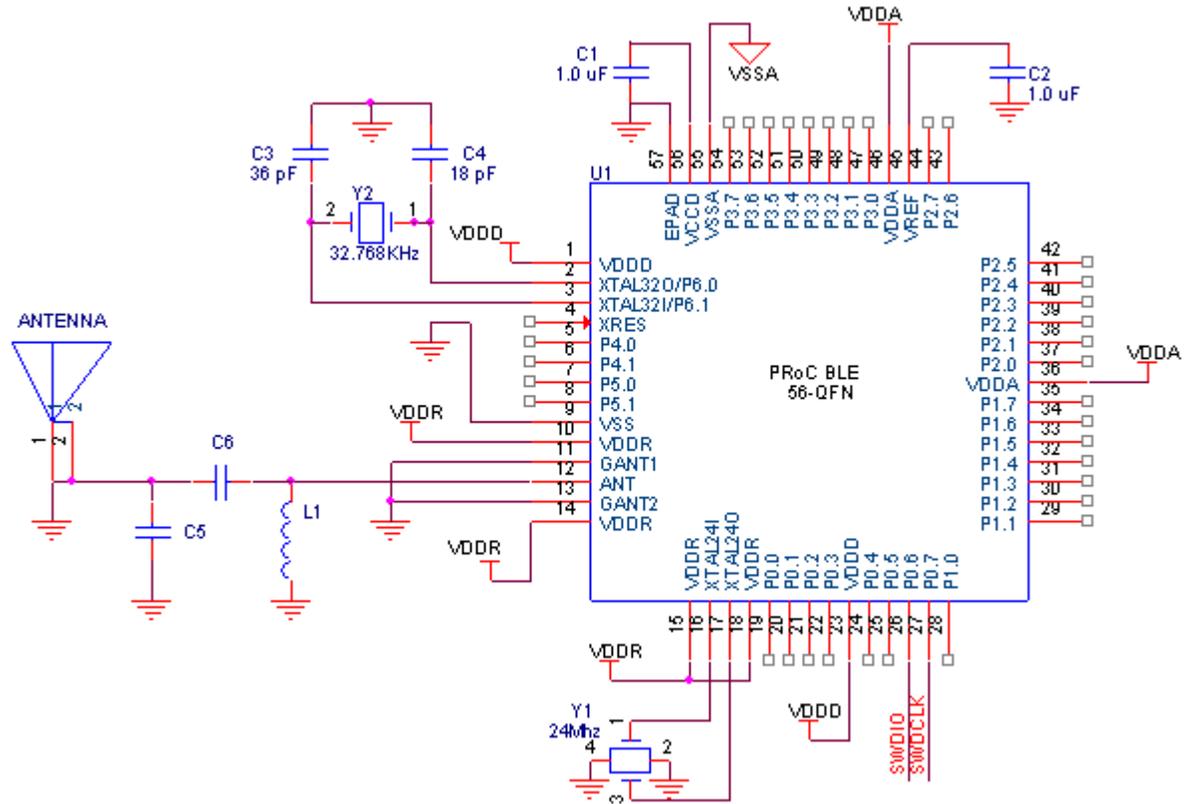
功耗模式	电流消耗	代码执行	可用数字外设	可用模拟外设	可用时钟源	唤醒源	唤醒时间
活动模式	每 MHz 所消耗的电流为 850 $\mu\text{A}$ + 260 $\mu\text{A}$ <sup>[1]</sup>	有	全部	全部	全部	—	—
睡眠模式	频率为 3 MHz 时, 电流消耗为 1.1 mA	无	全部	全部	全部	任何中断源	0
深度睡眠模式	1.3 $\mu\text{A}$	无	WDT、LCD、I <sup>2</sup> C/SPI、链路层	POR、BOD	WCO、ILO	GPIO、WDT、I <sup>2</sup> C/SPI 链路层	25 $\mu\text{s}$
休眠模式	150 nA	无	无	POR、BOD	无	GPIO	2 ms
停止模式	60 nA	无	无	无	无	唤醒引脚、XRES	2 ms

### 注释:

1. 针对 CPU 子系统。

56 QFN 封装的典型系统应用连接框图显示在图 4 中。

图 4. PRoC BLE 应用框图



## 开发支持

CYBL10X6X 系列具有一系列丰富的文档、开发工具和在线资源，能够在开发过程中为您提供帮助。更多有关信息，请访问 [www.cypress.com/procble](http://www.cypress.com/procble)。

### 文档

一套文档，为 CYBL10X6X 系列提供支持，以确保您可以快速找到问题的答案。本节列出了部分关键文档。

**组件数据手册**：PSoC Creator 组件提供了硬件摘要，表示可以使用 API 进行配置和控制外设操作。本组件数据手册包括组件功能、使用 and 操作的详细说明、API 说明以及电气规范。这是开发期间常使用的主要文档。可将这些组件配置为器件上的外设（如定时器、I<sup>2</sup>C 或 UART）或高级系统功能（如 BLE 组件）。

**应用笔记**：应用笔记可帮助您了解如何使用各种器件功能。另外，还向您提供了有关如何解决各种系统设计问题的指导。

**技术参考手册 (TRM)**：技术参考手册以寄存器级别详细说明了所有外设的功能。本文档被分为两部分：架构技术参考手册和寄存器技术参考手册。

### 在线资源

除了印刷文档之外，您还可以随时通过赛普拉斯论坛与世界各地的用户和专家进行交流。

### 工具

CYBL10X6X 系列具备业界标准的内核、编程和调试接口，是开发工具体系的一个组成部分。

有关易于使用的创新型 PSoC Creator IDE、所支持的第三方编译器、编程器和调试器的最新信息，请访问我们的网站：[www.cypress.com/go/psoccreator](http://www.cypress.com/go/psoccreator)。

### 套件

赛普拉斯提供了一系列套件可加快产品的上市时间。请访问 [www.cypress.com/procble](http://www.cypress.com/procble)。

## 电气规范

本节提供了有关电气特性的详细内容。下表列出了 CYBL10X6X 器件的最大绝对额定值。使用高于最大绝对值可能会给器件造成永久性损害。

长期使用最大绝对值可能会影响器件的可靠性。

最大存放温度是 150 °C，符合 JEDEC 标准 JESD22-A103 — 高温存放使用寿命。如果采用的值低于最大绝对值但高于正常值，则器件不能正常工作。

### 最大绝对额定值

表 6. 最大绝对额定值

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> 的模拟、数字或无线供电电压 (V <sub>SSD</sub> = V <sub>SSA</sub> )	-0.5	-	6	V	最大绝对值
SID2	V <sub>CCD_ABS</sub>	相对于 V <sub>SSD</sub> 的直接数字内核电压输入	-0.5	-	1.95	V	最大绝对值
SID3	V <sub>GPIO_ABS</sub>	GPIO 电压	-0.5	-	V <sub>DD</sub> +0.5	V	最大绝对值
SID4	I <sub>GPIO_ABS</sub>	每个 GPIO 上的最大电流	-25	-	25	mA	最大绝对值
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	mA	最大绝对值, 每个引脚的注入电流
BID57	ESD_HBM	静电放电 — 人体模型	2200 <sup>[2]</sup>	-	-	V	
BID58	ESD_CDM	静电放电 — 充电器件模型	500	-	-	V	
BID61	LU	用于锁存的引脚电流	-200	-	200	mA	

## BLE 子系统

表 7. BLE 子系统

规范 ID#	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
<b>射频接收器规范</b>							
SID340	RXS、IDLE	发送器闲置时的 RX 灵敏度	-	-89	-	dBm	
SID340A	RXS、IDLE	发送器闲置时的 RX 灵敏度 (不包含 Balun 损耗)	-	-91	-	dBm	由设计仿真决定
SID341	RXS、DIRTY	发送器繁忙时的 RX 灵敏度	-	-87	-70	dBm	RF-PHY 规范 (RCV-LE/CA/01/C)
SID342	RXS、HIGHGAIN	在高增益模式下, 发送器闲置时的 RX 灵敏度	-	-91	-	dBm	
SID343	PRXMAX	最大输入功耗	-10	-1	-	dBm	RF-PHY 规范 (RCV-LE/CA/06/C)
SID344	CI1	同通道的干扰, 所需的信号强度为 -67 dBm, F <sub>RX</sub> 频率的干扰	-	9	21	dB	RF-PHY 规范 (RCV-LE/CA/03/C)
SID345	CI2	相邻通道的干扰 所需的信号强度为 -67 dBm, F <sub>RX</sub> ±1 MHz 频率的干扰	-	3	15	dB	RF-PHY 规范 (RCV-LE/CA/03/C)
SID346	CI3	相邻通道的干扰 所需的信号强度为 -67 dBm, F <sub>RX</sub> ±2 MHz 频率的干扰	-	-29	-	dB	RF-PHY 规范 (RCV-LE/CA/03/C)

**注释:**

2. 该值不适用于 RF 引脚 (ANT、XTALI 和 XTALO)。针对 500 V 人体放电模型 (HBM)，测试了 RF 引脚 (ANT、XTALI 和 XTALO)。

表 7. BLE 子系统 (续)

规范 ID#	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID347	CI4	相邻通道的干扰 所需的信号强度为 -67 dBm, ≥ F <sub>RX</sub> ±3 MHz 频率的干扰	-	-39	-	dB	RF-PHY 规范 (RCV-LE/CA/03/C)
SID348	CI5	相邻通道的干扰 所需的信号强度为 -67 dBm, 镜像 频率 (F <sub>IMAGE</sub> ) 的干扰	-	-20	-	dB	RF-PHY 规范 (RCV-LE/CA/03/C)
SID349	CI3	相邻通道的干扰 所需的信号强度为 -67 dBm, 镜像 频率 (F <sub>IMAGE</sub> ± 1 MHz) 的干扰	-	-30	-	dB	RF-PHY 规范 (RCV-LE/CA/03/C)
SID350	OBB1	频带外封锁, 所需的信号强度为 -67 dBm, 频率 范围为 30 到 2000 MHz 的干扰	-30	-27	-	dBm	RF-PHY 规范 (RCV-LE/CA/04/C)
SID351	OBB2	频带外封锁, 所需的信号强度为 -67 dBm, 干扰 的频率范围为 2003 到 2399 MHz	-35	-27	-	dBm	RF-PHY 规范 (RCV-LE/CA/04/C)
SID352	OBB3	频带外封锁, 所需的信号强度为 -67 dBm, 干扰 的频率范围为 2484 到 2997	-35	-27	-	dBm	RF-PHY 规范 (RCV-LE/CA/04/C)
SID353	OBB4	频带外封锁, 所需的信号强度为 -67 dBm, 干扰 的频率范围为 3000 到 12750	-30	-27	-	dBm	RF-PHY 规范 (RCV-LE/CA/04/C)
SID354	IMD	互调性能 所需的信号强度为 -64 dBm, 1 Mbps BLE, 第三、第四和第五个 偏移通道	-50	-	-	dBm	RF-PHY 规范 (RCV-LE/CA/05/C)
SID355	RXSE1	接收器杂散发射的频率范围为 30 MHz 到 1.0 GHz	-	-	-57	dBm	100 kHz 测量带宽 ETSI EN300 328 V1.8.1
SID356	RXSE2	接收器杂散发射的频率范围为 1.0 GHz 到 12.75 GHz	-	-	-47	dBm	1 MHz 测量带宽 ETSI EN300 328 V1.8.1
<b>射频发送器规范</b>							
SID357	TXP、ACC	射频功率准确度	-	-	±4	dB	
SID358	TXP、RANGE	射频功率控制范围	-	20	-	dB	
SID359	TXP、0 dBm	输出功率, 0-dB 增益设置 (PA7)	-4	0	3	dBm	
SID360	TXP、MAX	输出功率, 最大功率设置 (PA10)	-1	3	6	dBm	
SID361	TXP、MIN	输出功率, 最小功率设置 (PA1)	-	-18	-	dBm	
SID362	F2AVG	10101010 格式的平均频率偏差	185	-	-	kHz	RF-PHY 规范 (TRM-LE/CA/05/C)
SID363	F1AVG	11110000 格式的平均频率偏差	225	250	275	kHz	RF-PHY 规范 (TRM-LE/CA/05/C)
SID364	EO	眼开程度 = ΔF2AVG/ΔF1AVG	0.8	-	-		RF-PHY 规范 (TRM-LE/CA/05/C)
SID365	FTX、ACC	频率准确度	-150	-	150	kHz	RF-PHY 规范 (TRM-LE/CA/06/C)

表 7. BLE 子系统 (续)

规范 ID#	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID366	FTX、MAXDR	最大频率漂移	-50	-	50	kHz	RF-PHY 规范 (TRM-LE/CA/06/C)
SID367	FTX、INITDR	初始频率漂移	-20	-	20	kHz	RF-PHY 规范 (TRM-LE/CA/06/C)
SID368	FTX、DR	最大漂移率	-20	-	20	kHz/ 50 $\mu$ s	RF-PHY 规范 (TRM-LE/CA/06/C)
SID369	IBSE1	带内发散发射 (偏移为 2 MHz)	-	-	-20	dBm	RF-PHY 规范 (TRM-LE/CA/03/C)
SID370	IBSE2	带内发散发射 (偏移 $\geq$ 3 MHz)	-	-	-30	dBm	RF-PHY 规范 (TRM-LE/CA/03/C)
SID371	TXSE1	发送器发散发射 (平均), < 1.0 GHz	-	-	-55.5	dBm	FCC-15.247
SID372	TXSE2	发送器发散发射 (平均), > 1.0 GHz	-	-	-41.5	dBm	FCC-15.247
<b>射频电流规范</b>							
SID373	IRX	正常模式下的接收电流	-	18.7	-	mA	
SID373A	IRX_RF	正常模式下的接收电流	-	16.4	-	mA	在 $V_{DDR}$ 时测量
SID374	IRX、HIGHGAIN	高增益模式下的接收电流	-	21.5	-	mA	
SID375	ITX、3 dBm	功率被设置为 3 dBm (PA10) 时的 TX 电流	-	20	-	mA	
SID376	ITX、0 dBm	功率被设置为 0 dBm (PA7) 时的 TX 电流	-	16.5	-	mA	
SID376A	ITX_RF、0 dBm	功率被设置为 0 dBm (PA7) 时的 TX 电流	-	15.6	-	mA	在 $V_{DDR}$ 时测量
SID376B	ITX_RF、0 dBm	功率为 0 dBm 且不包含 Balun 消耗时的 TX 电流	-	14.2	-	mA	由设计仿真决定
SID377	ITX、-3 dBm	功率被设置为 -3 dBm (PA4) 时的 TX 电流	-	15.5	-	mA	
SID378	ITX、-6 dBm	功率被设置为 -6 dBm (PA3) 时的 TX 电流	-	14.5	-	mA	
SID379	ITX、-12 dBm	功率被设置为 -12 dBm (PA2) 时的 TX 电流	-	13.2	-	mA	
SID380	ITX、-18 dBm	功率被设置为 -18 dBm (PA1) 时的 TX 电流	-	12.5	-	mA	
SID380A	lavg_1sec、0dBm	BLE 连接间隔为 1 秒钟的平均电流	-	18.9	-	$\mu$ A	TXP 为 0 dBm; 主设备和从设备时钟的精度为 $\pm 20$ ppm。针对空 PDU 的交换
SID380B	lavg_4sec、0dBm	BLE 连接间隔为 1 秒钟的平均电流	-	6.25	-	$\mu$ A	TXP: 0 dBm; 主设备和从设备时钟的精度为 $\pm 20$ ppm。针对空 PDU 的交换
<b>通用射频规范</b>							
SID381	FREQ	射频工作频率	2400	-	2482	MHz	
SID382	CHBW	通道间距	-	2	-	MHz	
SID383	DR	无线传输数据速率	-	1000	-	kbps	

表 7. BLE 子系统 (续)

规范 ID#	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID384	IDLE2TX	从 BLE 无线闲置到 BLE 无线 TX 转换的时间	-	120	140	μs	
SID385	IDLE2RX	从 BLE 无线闲置到 BLE 无线 RX 转换的时间	-	75	120	μs	
<b>RSSI 规范</b>							
SID386	RSSI、ACC	RSSI 准确度	-	±5	-	dB	
SID387	RSSI、RES	RSSI 分辨率	-	1	-	dB	
SID388	RSSI、PER	RSSI 采样周期	-	6	-	μs	

器件级规范

除非另有说明，否则规范的适用温度是  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 85\text{ }^{\circ}\text{C}$  且  $T_J \leq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。另外规范的适用电压是 1.71 V 至 5.5 V。

表 8. 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
SID6	$V_{DD}$	电源输入电压 ( $V_{DDA} = V_{DDD} = V_{DD}$ )	1.8	-	5.5	V	使能内部电压调节器
SID7	$V_{DD}$	电源输入电压未经调节 ( $V_{DDA} = V_{DDD} = V_{DD}$ )	1.71	1.8	1.89	V	内部非稳压电源
SID8	$V_{DDR}$	无线模块供电电压 (无线模块打开)	1.9	-	5.5	V	
SID8A	$V_{DDR}$	无线模块供电电压 (无线模块关闭)	1.71	-	5.5	V	
SID9	$V_{CCD}$	数字电压调节器的输出电压 (供给内核逻辑)	-	1.8	-	V	
SID10	$C_{VCCD}$	数字电压调节器的输出旁路电容	1	1.3	1.6	μF	绝缘介质为 X5R 的陶瓷或性能更好的电容

活动模式,  $V_{DD} = 1.71\text{ V}$  至  $5.5\text{ V}$

SID13	$I_{DD3}$	从闪存执行, CPU 的运行速度为 3 MHz	-	1.7	-	mA	$T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 3.3\text{ V}$
SID14	$I_{DD4}$	从闪存执行, CPU 的运行速度为 3 MHz	-	-	-	mA	$T = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$
SID15	$I_{DD5}$	从闪存执行, CPU 的运行速率为 6 MHz	-	2.5	-	mA	$T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 3.3\text{ V}$
SID16	$I_{DD6}$	从闪存内执行, CPU 的运行速率为 6 MHz	-	-	-	mA	$T = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$
SID17	$I_{DD7}$	从闪存执行; CPU 的运行速度为 12 MHz	-	4	-	mA	$T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 3.3\text{ V}$
SID18	$I_{DD8}$	从闪存执行; CPU 的运行速率为 12 MHz	-	-	-	mA	$T = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$
SID19	$I_{DD9}$	从闪存执行; CPU 的运行速度为 24 MHz	-	7.1	-	mA	$T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 3.3\text{ V}$
SID20	$I_{DD10}$	从闪存执行; CPU 的运行速度为 24 MHz	-	-	-	mA	$T = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$
SID21	$I_{DD11}$	从闪存执行, CPU 的运行速度为 48 MHz	-	13.4	-	mA	$T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 3.3\text{ V}$
SID22	$I_{DD12}$	从闪存执行, CPU 的运行速度为 48 MHz	-	-	-	mA	$T = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$

表 8. 直流规范 (续)

规范 ID#	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
<b>睡眠模式, <math>V_{DD} = 1.8</math> 至 <math>5.5</math> V</b>							
SID23	$I_{DD13}$	IMO 打开	-	-	-	mA	$T = 25^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 3.3$ V, SYSCLK = 3 MHz
<b>睡眠模式, <math>V_{DD}</math> 和 <math>V_{DDR} = 1.9</math> 至 <math>5.5</math> V</b>							
SID24	$I_{DD14}$	ECO 打开	-	-	-	mA	$T = 25^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 3.3$ V, SYSCLK = 3 MHz
<b>深度睡眠模式, <math>V_{DD} = 1.8</math> 至 <math>3.6</math> V</b>							
SID25	$I_{DD15}$	WDT 和 WCO 都打开	-	1.3	-	$\mu\text{A}$	$T = 25^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 3.3$ V
SID26	$I_{DD16}$	WDT 和 WCO 都打开	-	-	-	$\mu\text{A}$	$T = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$
<b>深度睡眠模式, <math>V_{DD} = 3.6</math> 至 <math>5.5</math> V</b>							
SID27	$I_{DD17}$	WDT 和 WCO 都打开	-	-	-	$\mu\text{A}$	$T = 25^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 5$ V
SID28	$I_{DD18}$	WDT 和 WCO 都打开	-	-	-	$\mu\text{A}$	$T = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$
<b>深度睡眠模式, <math>V_{DD} = 1.71</math> 至 <math>1.89</math> V (旁路电压调节器)</b>							
SID29	$I_{DD19}$	WDT 和 WCO 都打开	-	-	-	$\mu\text{A}$	$T = 25^{\circ}\text{C}$
SID30	$I_{DD20}$	WDT 和 WCO 都打开	-	-	-	$\mu\text{A}$	$T = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$
<b>休眠模式, <math>V_{DD} = 1.8</math> 至 <math>3.6</math> V</b>							
SID37	$I_{DD27}$	GPIO 和复位有效	-	150	-	nA	$T = 25^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 3.3$ V
SID38	$I_{DD28}$	GPIO 和复位有效	-	-	-	nA	$T = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$
<b>休眠模式, <math>V_{DD} = 3.6</math> 至 <math>5.5</math> V</b>							
SID39	$I_{DD29}$	GPIO 和复位有效	-	-	-	nA	$T = 25^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 5$ V
SID40	$I_{DD30}$	GPIO 和复位有效	-	-	-	nA	$T = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$
<b>休眠模式, <math>V_{DD} = 1.71</math> 至 <math>1.89</math> V (旁路电压调节器)</b>							
SID41	$I_{DD31}$	GPIO 和复位有效	-	-	-	nA	$T = 25^{\circ}\text{C}$
SID42	$I_{DD32}$	GPIO 和复位有效	-	-	-	nA	$T = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$
<b>停止模式, <math>V_{DD} = 1.8</math> 至 <math>3.6</math> V</b>							
SID43	$I_{DD33}$	停止模式电流 ( $V_{DD}$ )	-	20	-	nA	$T = 25^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 3.3$ V
SID44	$I_{DD34}$	停止模式电流 ( $V_{DDR}$ )	-	40	-	nA	$T = 25^{\circ}\text{C}$ , $V_{DDR} = 3.3$ V
SID45	$I_{DD35}$	停止模式电流 ( $V_{DD}$ )	-	-	-	nA	$T = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$
SID46	$I_{DD36}$	停止模式电流 ( $V_{DDR}$ )	-	-	-	nA	$T = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$ , $V_{DDR} = 1.9$ V 至 $3.6$ V
<b>停止模式, <math>V_{DD} = 3.6</math> 至 <math>5.5</math> V</b>							
SID47	$I_{DD37}$	停止模式电流 ( $V_{DD}$ )	-	-	-	nA	$T = 25^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD} = 5$ V
SID48	$I_{DD38}$	停止模式电流 ( $V_{DDR}$ )	-	-	-	nA	$T = 25^{\circ}\text{C}$ , $V_{DDR} = 5$ V
SID49	$I_{DD39}$	停止模式电流 ( $V_{DD}$ )	-	-	-	nA	$T = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$
SID50	$I_{DD40}$	停止模式电流 ( $V_{DDR}$ )	-	-	-	nA	$T = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$

表 8. 直流规范 (续)

规范 ID#	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
停止模式, $V_{DD} = 1.71$ 至 $1.89$ V (电压调节器)							
SID51	$I_{DD41}$	停止模式电流 ( $V_{DD}$ )	-	-	-	nA	$T = 25^\circ\text{C}$
SID52	$I_{DD42}$	停止模式电流 ( $V_{DD}$ )	-	-	-	nA	$T = -40^\circ\text{C}$ 至 $85^\circ\text{C}$

表 9. 交流规范

规范 ID 编号	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID53	$F_{CPU}$	CPU 频率	DC	-	48	MHz	$1.71\text{ V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$
SID54	$T_{SLEEP}$	从睡眠模式唤醒的时间	-	0	-	$\mu\text{s}$	由特性决定
SID55	$T_{DEEPSLEEP}$	从深睡眠模式唤醒	-	-	25	$\mu\text{s}$	24 MHz IMO。由特性决定
SID56	$T_{HIBERNATE}$	从休眠模式唤醒	-	-	2	ms	由特性决定
SID57	$T_{STOP}$	从停止模式唤醒	-	-	2	ms	由特性决定

GPIO

表 10. 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
SID58	$V_{IH}$	输入电压的上限阈值	$0.7 \times V_{DD}$	-	-	V	CMOS 输入
SID59	$V_{IL}$	输入电压的下限阈值	-	-	$0.3 \times V_{DD}$	V	CMOS 输入
SID60	$V_{IH}$	LVTTL 输入, $V_{DD} < 2.7$ V	$0.7 \times V_{DD}$	-	-	V	
SID61	$V_{IL}$	LVTTL 输入, $V_{DD} < 2.7$ V	-	-	$0.3 \times V_{DD}$	V	
SID62	$V_{IH}$	LVTTL 输入, $V_{DD} \geq 2.7$ V	2.0	-	-	V	
SID63	$V_{IL}$	LVTTL 输入, $V_{DD} \geq 2.7$ V	-	-	0.8	V	
SID64	$V_{OH}$	输出高电平电压	$V_{DD} - 0.6$	-	-	V	$V_{DD}$ 为 3.3 V 时, $I_{OH} = 4$ mA
SID65	$V_{OH}$	输出高电平电压	$V_{DD} - 0.5$	-	-	V	$V_{DD}$ 为 1.8 V 时, $I_{OH} = 1$ mA
SID66	$V_{OL}$	输出低电平电压	-	-	0.6	V	$V_{DD}$ 为 3.3 V 时, $I_{OL} = 8$ mA
SID67	$V_{OL}$	输出低电平电压	-	-	0.6	V	$V_{DD}$ 为 1.8 V 时, $I_{OL} = 4$ mA
SID68	$V_{OL}$	输出低电平电压	-	-	0.4	V	$I_{OL} = 3$ mA ; $V_{DD} = 3.3$ V
SID69	$R_{PULLUP}$	上拉电阻	3.5	5.6	8.5	k $\Omega$	
SID70	$R_{PULLDOWN}$	下拉电阻	3.5	5.6	8.5	k $\Omega$	
SID71	$I_{IL}$	输入漏电流 (绝对值)	-	-	2	nA	$25^\circ\text{C}$ , $V_{DD} = 3.3$ V
SID72	$I_{IL\_CTBM}$	CTBm 输入引脚上的输入漏电流	-	-	4	nA	
SID73	$C_{IN}$	输入电容	-	-	7	pF	
SID74	$V_{HYSTTL}$	输入迟滞 LVTTL	25	40	-	mV	$V_{DD} > 2.7$ V
SID75	$V_{HYSCMOS}$	输入迟滞 CMOS	$0.05 \times V_{DD}$	-	-	mV	

注释:

3.  $V_{IH}$  不能超过  $V_{DD} + 0.2$  V。

表 10. GPIO 直流规范 (续)

规范 ID#	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID76	I <sub>DIODE</sub>	通过保护二极管到达 V <sub>DD</sub> /V <sub>SS</sub> 的导通电流	-	-	100	μA	
SID77	I <sub>TOT_GPIO</sub>	芯片的最大总数拉电流或灌电流	-	-	200	mA	

表 11. GPIO 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
SID78	T <sub>RISEF</sub>	快速强驱动模式下的上升时间	2	-	12	ns	3.3 V V <sub>DD</sub> , C <sub>LOAD</sub> = 25 pF
SID79	T <sub>FALLF</sub>	快速强驱动模式下的下降时间	2	-	12	ns	3.3 V V <sub>DD</sub> , C <sub>LOAD</sub> = 25 pF
SID80	T <sub>RISES</sub>	慢速强驱动模式下的上升时间	10	-	60	ns	3.3 V V <sub>DD</sub> , C <sub>LOAD</sub> = 25 pF
SID81	T <sub>FALLS</sub>	慢速强驱动模式下的下降时间	10	-	60	ns	3.3 V V <sub>DD</sub> , C <sub>LOAD</sub> = 25 pF
SID82	F <sub>GPIOOUT1</sub>	GPIO 输出工作频率; 3.3 V ≤ V <sub>DD</sub> ≤ 5.5 V。 快速强驱动模式	-	-	33	MHz	90/10%, Cload = 25 pF, 占空比 = 60/40
SID83	F <sub>GPIOOUT2</sub>	GPIO 输出工作频率; 1.7 V ≤ V <sub>DD</sub> ≤ 3.3 V。 快速强驱动模式	-	-	16.7	MHz	90/10%, Cload = 25 pF, 占空比 = 60/40
SID84	F <sub>GPIOOUT3</sub>	GPIO 输出工作频率; 3.3 V ≤ V <sub>DD</sub> ≤ 5.5 V。 慢速强驱动模式	-	-	7	MHz	90/10%, Cload = 25 pF, 占空比 = 60/40
SID85	F <sub>GPIOOUT4</sub>	GPIO 输出工作频率; 1.7 V ≤ V <sub>DD</sub> ≤ 3.3 V。 慢速强驱动模式	-	-	3.5	MHz	90/10%, 25 pF 负载, 占空比 = 60/40
SID86	F <sub>GPIOIN</sub>	GPIO 输入工作频率; 1.71 V ≤ V <sub>DD</sub> ≤ 5.5 V	-	-	48	MHz	90/10% V <sub>IO</sub>

表 12. OVT GPIO 直流规范 (仅 P5\_0 和 P5\_1)

规范 ID 编号	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID71A	I <sub>IL</sub>	输入漏电流 (绝对值)。 V <sub>IH</sub> > V <sub>DD</sub>			10	μA	25°C, V <sub>DD</sub> = 0 V, V <sub>IH</sub> = 3.0 V
SID66A	V <sub>OL</sub>	输出低电平电压	-	-	0.4	V	I <sub>OL</sub> = 20 mA, V <sub>DD</sub> > 2.9 V

表 13. OVT GPIO 交流规范 (仅 P5\_0 和 P5\_1)

规范 ID 编号	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID78A	T <sub>RISE_OVFS</sub>	快速强驱动模式下的输出上升时间	1.5	–	12	ns	电容负载 = 25 pF, 10%–90%, V <sub>DD</sub> = 3.3 V
SID79A	T <sub>FALL_OVFS</sub>	快速强驱动模式下的输出下降时间	1.5	–	12	ns	电容负载 = 25 pF, 10%–90%, V <sub>DD</sub> = 3.3 V
SID80A	T <sub>RISESS</sub>	慢速强驱动模式的输出上升时间	10	–	60	ns	电容负载 = 25 pF, 10%–90%, V <sub>DD</sub> = 3.3 V
SID81A	T <sub>FALLSS</sub>	慢速强驱动模式的输出下降时间	10	–	60	ns	电容负载 = 25 pF, 10%–90%, V <sub>DD</sub> = 3.3 V
SID82A	F <sub>GPIOUT1</sub>	GPIO F <sub>OUT</sub> : 3.3 V ≤ V <sub>DD</sub> ≤ 5.5 V 快速强驱动模式	–	–	24	MHz	90/10%、25 pF 负载、60/40 占空比
SID83A	F <sub>GPIOUT2</sub>	GPIO F <sub>OUT</sub> : 1.71 V ≤ V <sub>DD</sub> ≤ 3.3 V 快速强驱动模式	–	–	16	MHz	90/10%、25 pF 负载、60/40 占空比

XRES

表 14. XRES 直流规范

规范 ID 编号	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID87	V <sub>IH</sub>	输入电压的上限阈值	0.7 × V <sub>DDD</sub>	–	–	V	CMOS 输入
SID88	V <sub>IL</sub>	输入电压的下限阈值	–	–	0.3 × V <sub>DDD</sub>	V	CMOS 输入
SID89	R <sub>PULLUP</sub>	上拉电阻	3.5	5.6	8.5	kΩ	
SID90	C <sub>IN</sub>	输入电容	–	3	–	pF	
SID91	V <sub>HYSXRES</sub>	输入电压迟滞	–	100	–	mV	
SID92	I <sub>DIODE</sub>	通过保护二极管到达 V <sub>DD</sub> /V <sub>SS</sub> 的导通电流	–	–	100	μA	

表 15. XRES 交流规范

规范 ID 编号	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID93	T <sub>RESETWIDTH</sub>	复位脉冲宽度	1	–	–	μs	

模拟外设

温度传感器

表 16. 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
SID155	T <sub>SENSACC</sub>	温度传感器精度	-5	±1	5	°C	-40 至 +85 °C

SAR ADC

表 17. SAR ADC 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
SID156	A_RES	分辨率	-	-	12	位	
SID157	A_CHNIS_S	通道数量 — 单端	-	-	8		8 全速
SID158	A-CHNKS_D	通道数量 — 差分	-	-	4		差分输入使用相邻 I/O
SID159	A-MONO	单调性	-	-	-		有
SID160	A_GAINERR	增益误差	-	-	±0.1	%	使用外部参考
SID161	A_OFFSET	输入偏移电压	-	-	2	mV	使用 1 V V <sub>REF</sub> 测量
SID162	A_ISAR	电流消耗	-	-	1	mA	
SID163	A_VINS	输入电压范围 — 单端	V <sub>SS</sub>	-	V <sub>DDA</sub>	V	
SID164	A_VIND	输入电压范围 — 差分	V <sub>SS</sub>	-	V <sub>DDA</sub>	V	
SID165	A_INRES	输入电阻	-	-	2.2	kΩ	
SID166	A_INCAP	输入电容	-	-	10	pF	
SID312	VREFSAR	校准的 SAR 的内部参考	-1	-	1	%	V <sub>bg</sub> 的百分比 (1.024 V)。

表 18. SAR ADC 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
SID167	A_PSR	电源抑制比	70	-	-	dB	在 1 V 电压下进行测量
SID168	A_CMRR	共模抑制比	66	-	-	dB	
SID169	A_SAMP	采样率	-	-	1	Msp	
SID313	Fsarintref	SAR 运行速度 (没有旁路外部参考电压)	-	-	100	Ksp	12 位分辨率
SID170	A_snr	信噪比 (SNR)	65	-	-	dB	F <sub>IN</sub> = 10 kHz
SID171	A_bw	无别名的输入带宽	-	-	A_SAMP/2	kHz	
SID172	A_INL	积分非线性 (INL)。 V <sub>DD</sub> = 1.71 至 5.5 V, 1 Msp	-1.7	-	2	LSB	V <sub>REF</sub> = 1 V 至 V <sub>DD</sub>
SID173	A_INL	积分非线性。V <sub>DD</sub> = 1.71 至 3.6 V, 1 Msp	-1.5	-	1.7	LSB	V <sub>REF</sub> = 1.71 V 至 V <sub>DD</sub>
SID174	A_INL	积分非线性。V <sub>DD</sub> = 1.71 至 5.5 V, 500 Ksp	-1.5	-	1.7	LSB	V <sub>REF</sub> = 1 V 至 V <sub>DD</sub>
SID175	A_DNL	微分非线性 (DNL)。 V <sub>DD</sub> = 1.71 至 5.5 V, 1 Msp	-1	-	2.2	LSB	V <sub>REF</sub> = 1 V 至 V <sub>DD</sub>
SID176	A_DNL	微分非线性。V <sub>DD</sub> = 1.71 至 3.6 V, 1 Msp	-1	-	2	LSB	V <sub>REF</sub> = 1.71 至 V <sub>DD</sub>

表 18. SAR ADC 交流规范 (续)

规范 ID#	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID177	A_DNL	微分非线性。V <sub>DD</sub> = 1.71 至 5.5 V, 500 Ksps	-1	-	2.2	LSB	V <sub>REF</sub> = 1 V 至 V <sub>DD</sub>
SID178	A_THD	总谐波失真	-	-	-65	dB	F <sub>IN</sub> = 10 kHz

CSD

表 19. CSD 模块规范

规范 ID#	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID179	VCSD	工作电压范围	1.71	-	5.5	V	
SID180	IDAC1	8 位分辨率的差分非线性 (DNL)	-1	-	1	LSB	
SID181	IDAC1	8 位分辨率的积分非线性 (INL)	-3	-	3	LSB	
SID182	IDAC2	7 位分辨率的差分非线性 (DNL)	-1	-	1	LSB	
SID183	IDAC2	7 位分辨率的积分非线性 (INL)	-3	-	3	LSB	
SID184	SNR	手指计数与噪声比率	5	-	-	比率	电容值范围 = 9 pF 至 35 pF; 灵敏度 = 0.1 pF。在扫描期间, 无线通信不运行
SID185	IDAC1_CRT1	在“高”(HIGH)范围时的 IDAC1 (8 位) 输出电流	-	612	-	μA	
SID186	IDAC1_CRT2	在“低”(LOW)范围时的 IDAC1 (8 位) 输出电流	-	306	-	μA	
SID187	IDAC2_CRT1	在“高”(HIGH)范围时的 IDAC2 (7 位) 输出电流	-	305	-	μA	
SID188	IDAC2_CRT2	在“低”(LOW)范围时的 IDAC2 (7 位) 输出电流	-	153	-	μA	

数字外设

4x TCPWM

表 20. 定时器直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID189	I <sub>TIM1</sub>	频率为 3 MHz 时的模块电流消耗	-	-	42	μA	16 位定时器
SID190	I <sub>TIM2</sub>	频率为 12 MHz 时的模块电流消耗	-	-	130	μA	16 位定时器
SID191	I <sub>TIM3</sub>	频率为 48 MHz 时的模块电流消耗	-	-	535	μA	16 位定时器

表 21. 定时器交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID192	T <sub>TIMFREQ</sub>	工作频率	F <sub>CLK</sub>	-	48	MHz	
SID193	T <sub>CAPWINT</sub>	捕获脉冲宽度 (内部)	2 × T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	
SID194	T <sub>CAPWEXT</sub>	捕获脉冲宽度 (外部)	2 × T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	
SID195	T <sub>TIMRES</sub>	定时器分辨率	T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	
SID196	T <sub>TENWIDINT</sub>	使能脉冲宽度 (内部)	2 × T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	
SID197	T <sub>TENWIDEXT</sub>	使能脉冲宽度 (外部)	2 × T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	
SID198	T <sub>TIMRESWINT</sub>	复位脉冲宽度 (内部)	2 × T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	
SID199	T <sub>TIMRESEXT</sub>	复位脉冲宽度 (外部)	2 × T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	

计数器

表 22. 计数器直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID200	I <sub>CTR1</sub>	频率为 3 MHz 时的模块电流消耗	-	-	42	μA	16 位计数器
SID201	I <sub>CTR2</sub>	频率为 12 MHz 时的模块电流消耗	-	-	130	μA	16 位计数器
SID202	I <sub>CTR3</sub>	频率为 48 MHz 时的模块电流消耗	-	-	535	μA	16 位计数器

表 23. 计数器交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID203	T <sub>CTRFREQ</sub>	工作频率	F <sub>CLK</sub>	-	48	MHz	
SID204	T <sub>CTRPWINT</sub>	捕获脉冲宽度 (内部)	2 × T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	
SID205	T <sub>CTRPWEXT</sub>	捕获脉冲宽度 (外部)	2 × T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	
SID206	T <sub>CTRES</sub>	计数器分辨率	T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	
SID207	T <sub>CENWIDINT</sub>	使能脉冲宽度 (内部)	2 × T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	
SID208	T <sub>CENWIDEXT</sub>	使能脉冲宽度 (外部)	2 × T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	
SID209	T <sub>CTRRESWINT</sub>	复位脉冲宽度 (内部)	2 × T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	
SID210	T <sub>CTRRESWEXT</sub>	复位脉冲宽度 (外部)	2 × T <sub>CLK</sub>	-	-	ns	

脉冲宽度调制 (PWM)

表 24. PWM 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
SID211	I <sub>PWM1</sub>	频率为 3 MHz 时的模块电流消耗	-	-	42	μA	16 位 PWM
SID212	I <sub>PWM2</sub>	频率为 12 MHz 时的模块电流消耗	-	-	130	μA	16 位 PWM
SID213	I <sub>PWM3</sub>	频率为 48 MHz 时的模块电流消耗	-	-	535	μA	16 位 PWM

表 25. PWM 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
SID214	TPWMFREQ	工作频率	F <sub>CLK</sub>	–	48	MHz	
SID215	TPWMPWINT	脉冲宽度 (内部)	2 × T <sub>CLK</sub>	–	–	ns	
SID216	TPWMEXT	脉冲宽度 (外部)	2 × T <sub>CLK</sub>	–	–	ns	
SID217	TPWMKILLINT	停止 (Kill) 信号脉冲宽度 (内部)	2 × T <sub>CLK</sub>	–	–	ns	
SID218	TPWMKILLEXT	停止 (kill) 信号脉冲宽度 (外部)	2 × T <sub>CLK</sub>	–	–	ns	
SID219	TPWMEINT	使能脉冲宽度 (内部)	2 × T <sub>CLK</sub>	–	–	ns	
SID220	TPWMENEXT	使能脉冲宽度 (外部)	2 × T <sub>CLK</sub>	–	–	ns	
SID221	TPWMRESWINT	复位脉冲宽度 (内部)	2 × T <sub>CLK</sub>	–	–	ns	
SID222	TPWMRESWEXT	复位脉冲宽度 (外部)	2 × T <sub>CLK</sub>	–	–	ns	

I<sup>2</sup>C

表 26. I<sup>2</sup>C 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
SID223	I <sub>I2C1</sub>	频率为 100 KHz 时的模块电流消耗	–	–	50	μA	
SID224	I <sub>I2C2</sub>	频率为 400 KHz 时的模块电流消耗	–	–	155	μA	
SID225	I <sub>I2C3</sub>	比特率为 1 Mbps 时的模块电流消耗	–	–	390	μA	
SID226	I <sub>I2C4</sub>	I <sup>2</sup> C 在深度睡眠模式下被使能	–	–	1.4	μA	

表 27. 固定功能 I<sup>2</sup>C 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
SID227	F <sub>I2C1</sub>	比特率	–	–	1	Mbps	

LCD 直接驱动器

表 28. LCD 直接驱动直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID228	I <sub>LCDLOW</sub>	低功耗模式下的工作电流	–	17.5	–	μA	16 × 4 小型段式显示屏, 频率为 50 Hz
SID229	C <sub>LDCAP</sub>	每个段 / 共模驱动器上的 LCD 电容	–	500	5000	pF	
SID230	LCD <sub>OFFSET</sub>	长期段偏移	–	20	–	mV	
SID231	I <sub>LCDOP1</sub>	LCD 系统工作电流。 V <sub>bias</sub> = 5 V	–	2	–	mA	32 × 4 段; 频率为 50 Hz, 温度为 25 °C
SID232	I <sub>LCDOP2</sub>	LCD 系统工作电流。 V <sub>bias</sub> = 3.3 V	–	2	–	mA	32 × 4 段; 频率为 50 Hz, 温度为 25 °C

表 29. LCD 直接驱动交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID233	F <sub>LCD</sub>	LCD 帧率	10	50	150	Hz	

表 30. 固定 UART 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
SID234	I <sub>UART1</sub>	比特率为 100 Kbps 时的模块电流消耗	–	–	55	μA	
SID235	I <sub>UART2</sub>	速度为 1000 kbps 时的模块电流消耗	–	–	312	μA	

表 31. 固定 UART 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
SID236	F <sub>UART</sub>	比特率	-	-	1	Mbps	

SPI 规范

表 32. 固定 SPI 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
SID237	I <sub>SPI1</sub>	比特率为 1 Mbp 时的模块电流消耗	-	-	360	μA	
SID238	I <sub>SPI2</sub>	比特率为 4 Mbps 时的模块电流消耗	-	-	560	μA	
SID239	I <sub>SPI3</sub>	比特率为 8 Mbps 时的模块电流消耗	-	-	600	μA	

表 33. 固定的 SPI 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
SID240	F <sub>SPI</sub>	SPI 工作频率 (主设备; 6x 过采样)	-	-	8	MHz	

表 34. SPI 主设备模式的固定交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID241	T <sub>DMO</sub>	SCLK 驱动沿后的 MOSI 有效时间	-	-	18	ns	
SID242	T <sub>DSI</sub>	SCLK 捕获沿前的 MISO 有效时间。 全时钟、MISO 推迟采样	20	-	-	ns	全时钟、MISO 推迟采样
SID243	T <sub>HMO</sub>	先前的 MOSI 数据保持时间	0	-	-	ns	表示从设备捕获边缘

表 35. SPI 从设备模式的固定交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
SID244	T <sub>DMI</sub>	SCLK 捕获沿前的 MOSI 有效时间	40	-	-	ns
SID245	T <sub>D<sub>SO</sub></sub>	SCLK 驱动沿后的 MISO 有效时间	-	-	42 + 3 × T <sub>SCB</sub>	ns
SID246	T <sub>D<sub>SO</sub>_ext</sub>	在外部时钟模式下 SCLK 驱动沿后的 MISO 有效时间。V <sub>DD</sub> < 3.0 V	-	-	50	ns
SID247	T <sub>H<sub>SO</sub></sub>	先前的 MISO 数据保持时间	0	-	-	ns
SID248	T <sub>SSEL<sub>SCK</sub></sub>	从 SSEL 有效到第一个 SCK 沿有效的 时间	100	-	-	ns

存储器

表 36. 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
SID249	V <sub>PE</sub>	擦除和编程电压	1.71	–	5.5	V	
SID309	T <sub>WS48</sub>	频率为 32–48 MHz 的等待状态数	2	–	–		CPU 从闪存执行
SID310	T <sub>WS32</sub>	频率为 16–32 MHz 的等待状态数	1	–	–		CPU 从闪存执行
SID311	T <sub>WS16</sub>	频率为 0–16 MHz 的等待状态数	0	–	–		CPU 从闪存执行

表 37. 闪存交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID250	T <sub>ROWWRITE</sub> <sup>[4]</sup>	行（模块）编写的时间（擦除和编程）	–	–	20	ms	行（块）= 128 字节
SID251	T <sub>ROWERASE</sub> <sup>[4]</sup>	行擦除的时间	–	–	13	ms	
SID252	T <sub>ROWPROGRAM</sub> <sup>[4]</sup>	擦除后的行编程时间	–	–	7	ms	
SID253	T <sub>BULKERASE</sub> <sup>[4]</sup>	批量擦除时间（128 KB）	–	–	35	ms	
SID254	T <sub>DEVPROG</sub> <sup>[4]</sup>	器件总编程时间	–	–	25	秒	
SID255	F <sub>END</sub>	闪存耐久性	100 K	–	–	周期	
SID256	F <sub>RET</sub>	闪存数据保留时间。T <sub>A</sub> ≤ 55 °C、100 K 个编程 / 擦除周期	20	–	–	年	
SID257	F <sub>RET2</sub>	闪存数据保存。T <sub>A</sub> ≤ 85 °C、10 K 个编程 / 擦除周期	10	–	–	年	

系统资源

上电复位（POR）

表 38. POR 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
SID258	V <sub>RISEIPOR</sub>	上升触发电压	0.80	–	1.45	V	
SID259	V <sub>FALLIPOR</sub>	下降触发电压	0.75	–	1.40	V	
SID260	V <sub>IPORHYST</sub>	迟滞	15	–	2000	mV	

表 39. POR 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
SID264	T <sub>PPOR_TR</sub>	活动模式和睡眠模式下的精密上电复位（PPOR）响应时间	–	–	1	µs	

注释：

- 它可能需要最多 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被无意激活。

表 40. 欠压检测

规范 ID#	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID261	V <sub>FALLPPOR</sub>	活动和睡眠模式下的 BOD 触发电压	1.64	-	-	V	
SID262	V <sub>FALLDPSLP</sub>	睡眠模式下的 BOD 触发电压	1.4	-	-	V	

表 41. 休眠复位

规范 ID 编号	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID263	V <sub>HBRTRIP</sub>	休眠模式下的 BOD 触发电压	1.1	-	-	V	

电压监控器 (LVD)

表 42. 电压监控器直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID265	V <sub>LVI1</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 0000b	1.71	1.75	1.79	V	
SID266	V <sub>LVI2</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 0001b	1.76	1.80	1.85	V	
SID267	V <sub>LVI3</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 0010b	1.85	1.90	1.95	V	
SID268	V <sub>LVI4</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 0011b	1.95	2.00	2.05	V	
SID269	V <sub>LVI5</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 0100b	2.05	2.10	2.15	V	
SID270	V <sub>LVI6</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 0101b	2.15	2.20	2.26	V	
SID271	V <sub>LVI7</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 0110b	2.24	2.30	2.36	V	
SID272	V <sub>LVI8</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 0111b	2.34	2.40	2.46	V	
SID273	V <sub>LVI9</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 1000b	2.44	2.50	2.56	V	
SID274	V <sub>LVI10</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 1001b	2.54	2.60	2.67	V	
SID275	V <sub>LVI11</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 1010b	2.63	2.70	2.77	V	
SID276	V <sub>LVI12</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 1011b	2.73	2.80	2.87	V	
SID277	V <sub>LVI13</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 1100b	2.83	2.90	2.97	V	
SID278	V <sub>LVI14</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 1101b	2.93	3.00	3.08	V	
SID279	V <sub>LVI15</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 1110b	3.12	3.20	3.28	V	
SID280	V <sub>LVI16</sub>	LVI_A/D_SEL[3:0] = 1111b	4.39	4.50	4.61	V	
SID281	LVI_IDD	模块电流	-	-	100	μA	

表 43. 电压监控器交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情 / 条件
SID282	T <sub>MONTRIP</sub>	电压监控器触发时间	-	-	1	μs	

SWD 接口

表 44. 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
SID283	F_SWCLK1	$3.3\text{ V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$	-	-	14	MHz	SWDCLK ≤ CPU 时钟频率的 1/3
SID284	F_SWCLK2	$1.71\text{ V} \leq V_{DD} \leq 3.3\text{ V}$	-	-	7	MHz	SWDCLK ≤ CPU 时钟频率的 1/3
SID285	T_SWDI_SETUP	$T = 1/f\text{ SWDCLK}$	$0.25 \times T$	-	-	ns	
SID286	T_SWDI_HOLD	$T = 1/f\text{ SWDCLK}$	$0.25 \times T$	-	-	ns	
SID287	T_SWDO_VALID	$T = 1/f\text{ SWDCLK}$	-	-	$0.5 \times T$	ns	
SID288	T_SWDO_HOLD	$T = 1/f\text{ SWDCLK}$	1	-	-	ns	

内部主振荡器

表 45. IMO 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
SID289	I <sub>IMO1</sub>	频率为 48 MHz 时的 IMO 工作电流	-	-	1000	μA	
SID290	I <sub>IMO2</sub>	频率为 24 MHz 时的 IMO 工作电流	-	-	325	μA	
SID291	I <sub>IMO3</sub>	频率为 12 MHz 时的 IMO 工作电流	-	-	225	μA	
SID292	I <sub>IMO4</sub>	频率为 6 MHz 时的 IMO 工作电流	-	-	180	μA	
SID293	I <sub>IMO5</sub>	频率为 3 MHz 时的 IMO 工作电流	-	-	150	μA	

表 46. 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
SID296	F <sub>IMOTOL3</sub>	频率在 3 到 48 MHz 范围内变化	-	-	±2	%	调用 API 进行校准
SID297	F <sub>IMOTOL3</sub>	IMO 启动时间	-	12	-	μs	

内部低速振荡器

表 47. ILO 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
SID298	I <sub>ILO2</sub>	频率为 32 kHz 时的 ILO 工作电流	-	0.3	1.05	μA	

表 48. 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
SID299	T <sub>STARTILO1</sub>	ILO 启动时间	-	-	2	ms	
SID300	F <sub>ILOTRIM1</sub>	调整后的频率为 32 kHz	15	32	50	kHz	

表 49. 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
SID301	ExtCikFreq	外部时钟输入频率	0	-	48	MHz	仅适用于 CMOS 输入电平。TTL 输入不受支持
SID302	ExtCikDuty	占空比；在 $V_{DD/2}$ 电压下测量	45	-	55	%	仅适用于 CMOS 输入电平。TTL 输入不受支持

表 50. 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
SID389	$F_{ECO}$	晶体频率	-	24	-	MHz	
SID390	$F_{TOL}$	频率容限	-50	-	50	ppm	
SID391	ESR	等效串联电阻	-	-	60	$\Omega$	
SID392	PD	驱动电平	-	-	100	$\mu W$	
SID393	$T_{START1}$	启动时间（快速充电器打开）	-	-	850	$\mu s$	
SID394	$T_{START2}$	启动时间（快速充电器关闭）	-	-	3	ms	
SID395	$C_L$	负载电容	-	8	-	pF	
SID396	$C_0$	并联电容	-	1.1	-	pF	
SID397	$I_{ECO}$	工作电流	-	1400	-	$\mu A$	包括 LDO+BG 电流

表 51. 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	$F_{WCO}$	晶体频率	-	32.768	-	kHz	
SID399	$F_{TOL}$	频率容限	-	50	-	ppm	
SID400	ESR	等效串联电阻	-	50	-	k $\Omega$	
SID401	PD	驱动电平	-	-	1	$\mu W$	
SID402	$T_{START}$	启动时间	-	-	500	ms	
SID403	$C_L$	晶体负载电容	6	-	12.5	pF	
SID404	$C_0$	晶体并联电容	-	1.35	-	pF	
SID405	$I_{WCO1}$	工作电流（高功耗模式）	-	-	8	$\mu A$	
SID406	$I_{WCO2}$	工作电流（低功耗模式）	-	-	1	$\mu A$	

## 订购信息

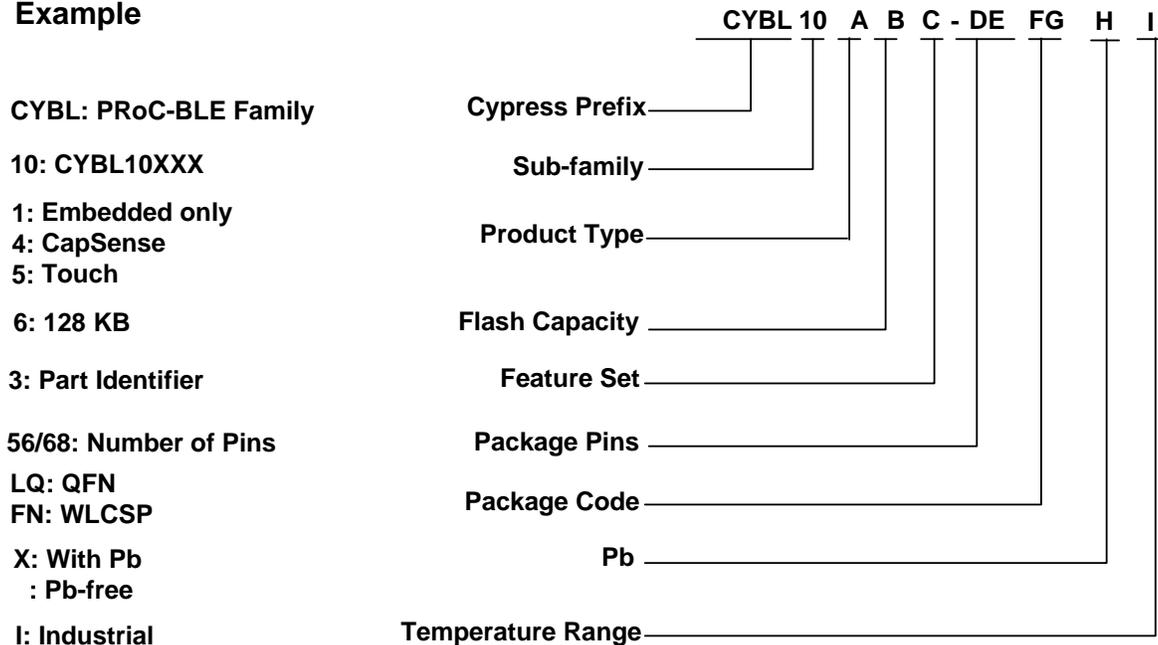
下表显示的是 CYBL10X6X 器件的编号和各种特性。

器件型号	CPU 速度 (MHz)	闪存大小 (KB)	CapSense	SCB	TCPWM	12 位 SAR ADC	I <sup>2</sup> S	PWM	LCD	封装
CYBL10161-56LQXI	48	128	无	1	2	1 Msps	无	无	无	56-QFN
CYBL10162-56LQXI	48	128	无	2	4	1 Msps	无	4	无	56-QFN
CYBL10163-56LQXI	48	128	无	2	4	1 Msps	有	不支持	无	56-QFN
CYBL10461-56LQXI	48	128	有	2	4	1 Msps	无	无	无	56-QFN
CYBL10462-56LQXI	48	128	有	2	4	1 Msps	有	不支持	无	56-QFN
CYBL10463-56LQXI	48	128	有	2	4	1 Msps	无	不支持	有	56-QFN
CYBL10561-56LQXI	48	128	有 (支持姿态)	2	4	1 Msps	无	无	无	56-QFN
CYBL10562-56LQXI	48	128	有 (支持姿态)	2	4	1 Msps	有	1	无	56-QFN
CYBL10563-56LQXI	48	128	有	2	4	1 Msps	有	1	支持	56-QFN
CYBL10563-68FNXI	48	128	有	2	4	1 Msps	有	1	支持	68-WLCSP

### 器件编号约定

器件编号的格式为 CYBL10ABC-DEFGHI，其中各域的定义如下所示。

#### Example



下表列出了各域值：

字段	说明	值	含义
CYBL	赛普拉斯 PRoC BLE 产品系列	CYBL	
10	子系列	10	CYBL10X6X
A	产品类型	1	仅嵌入式
		4	CapSense
		5	有触摸
B	闪存容量	6	128 KB
C	功能集		
DE	封装引脚	56	
		70	
FG	封装代码	LQ	QFN
		FN	WLCSP
		LT	盘带封装
H	Pb	X	无铅
			X 不存在（含铅）
I	温度范围	C	商业温度范围：0 °C 至 70 °C
		I	工业温度范围：-40 °C 至 85 °C

## 封装

表 52. 封装特性

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
T <sub>A</sub>	工作环境温度		-40	25	85	°C
T <sub>J</sub>	工作结温		-40	-	100	°C
T <sub>JA</sub>	封装 θ <sub>JA</sub> (56 引脚 QFN)		-	16.9	-	°C/watt
T <sub>JC</sub>	封装 θ <sub>JC</sub> (56 引脚 QFN)		-	9.7	-	°C/watt
T <sub>JA</sub>	封装 θ <sub>JA</sub> (68 球形焊盘 WLCSP)		-	16.6	-	°C/watt
T <sub>JC</sub>	封装 θ <sub>JC</sub> (68 球形焊盘 WLCSP)		-	0.19	-	°C/watt

表 53. 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
56 引脚 QFN	260 °C	30 秒
68 球形焊盘 WLCSP	260 °C	30 秒

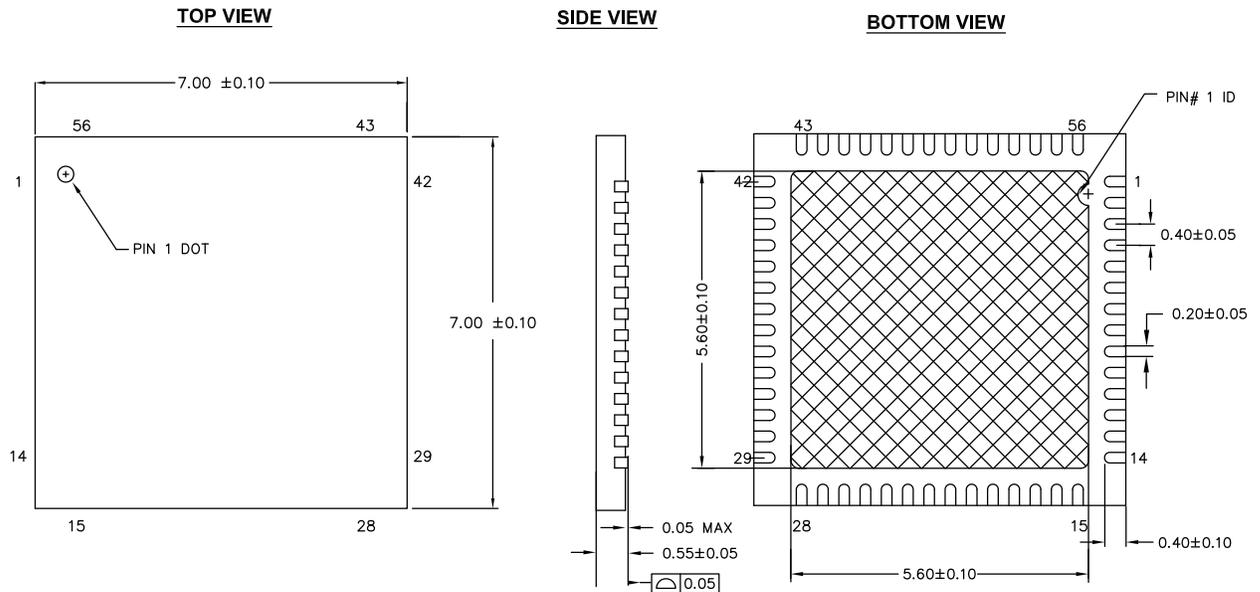
表 54. 封装潮敏等级 (MSL), IPC/JEDEC J-STD-2

封装	MSL
56 引脚 QFN	MSL 3
68 球形焊盘 WLCSP	MSL 1

表 55. 封装的详细信息

规范 ID	封装	说明
001-58740 版本 *A	56 引脚 QFN	7 mm × 7 mm × 0.6 mm
001-92343 版本 **	68 球形焊盘 WLCSP	3.52 mm × 3.91 mm × 0.55 mm

图 5. 56 引脚 QFN 7 mm × 7 mm × 0.6 mm



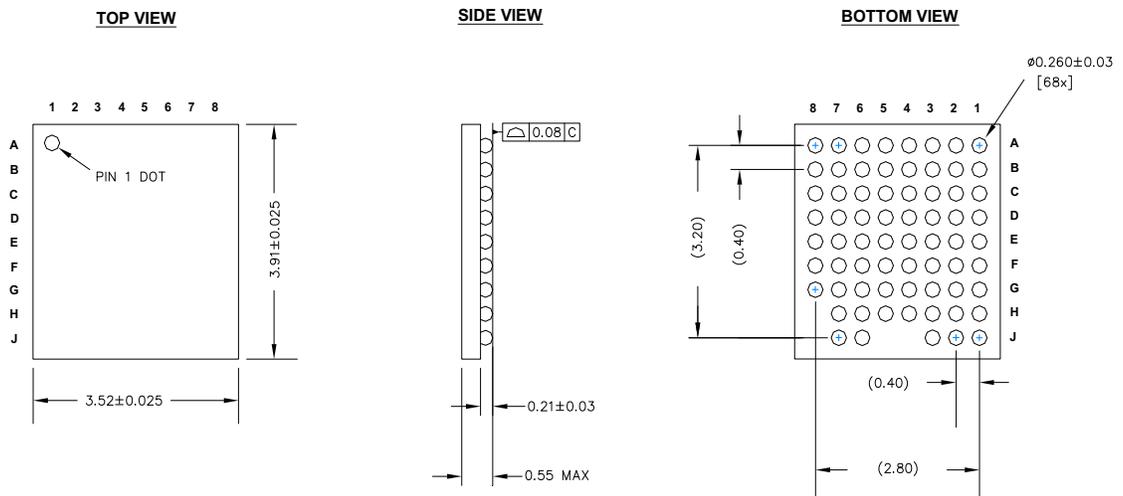
**NOTES:**

1.  HATCH AREA IS SOLDERABLE EXPOSED PAD
2. BASED ON REF JEDEC # MO-248
3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

001-58740 版本 \*A

QFN 封装上的中心焊盘必须接地（VSS），以便器件能够正常运行。

图 6. 68 球形焊盘 WLCSP 封装外形



**NOTES:**

1. REFERENCE JEDEC PUBLICATION 95, DESIGN GUIDE 4.18
2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

001-92343 版本 \*\*

缩略语

表 56. 本文中使用的缩略语

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，即为一种 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	中央处理单元
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 仅具有数字功能，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	静电放电
ETM	嵌入式跟踪宏单元
FET	场效应晶体管

表 56. 本文中使用的缩略语（续）

缩略语	说明
FIR	有限脉冲响应，另请参见 IIR
FPB	闪存修补和断点
FS	全速
GPIO	通用输入 / 输出，适用于 PSoC 引脚
HCI	主机控制器接口
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
I <sup>2</sup> S	Inter-IC 串行数字音频
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	初始上电复位
IPSR	中断程序状态寄存器
IRQ	中断请求
ITM	仪器化跟踪宏单元
LCD	液晶显示器
LIN	本地互连网络，即一种通信协议
LR	链接寄存器
LUT	查询表
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	不可屏蔽的中断
NRZ	非归零
NVIC	嵌套矢量中断控制器
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

表 56. 本文中使用的缩略语 (续)

缩略语	说明
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
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	加电复位
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 (Programmable System-on-Chip™)
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	寄存器转换语言
RTR	远程传输请求
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	特别输入 / 输出, 具有高级功能的通用 I/O。 请参见 GPIO。
SOC	开始转换
SOF	帧起始
SPI	串行外设接口, 即为一种通信协议
SR	转换速率
SRAM	静态随机存取存储器
SRES	软件复位
STN	超级扭曲向列
SWD	串行线调试, 即为一种测试协议

表 56. 本文中使用的缩略语 (续)

缩略语	说明
SWV	单线查看器
TD	传输描述符, 另请参见 DMA
THD	总谐波失真
TIA	互阻放大器
TN	扭曲向列
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, 一种通信协议
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

文档规范

测量单位

表 57. 测量单位

符号	测量单位
°C	摄氏度
dB	分贝
dBm	分贝毫瓦
fF	飞法
Hz	赫兹
KB	1024 个字节
kbps	每秒千位数
Khr	千小时
kHz	千赫兹
kΩ	千欧
ksps	每秒千次采样
LSB	最低有效位
Mbps	兆位 / 秒
MHz	兆赫
MΩ	兆欧姆
Msps	每秒兆次采样
μA	微安
μF	微法

表 57. 测量单位 (续)

符号	测量单位
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	百万分率
ps	皮秒
s	秒
sps	每秒样本数
sqrtHz	赫兹平方根
V	伏特
W	瓦特

### 修订记录

说明标题: CYBL10X6X 低功耗蓝牙可编程片上射频芯片 (PRoC BLE) 产品系列数据手册				
文档编号: 001-90478				
版本	ECN	变更者	提交日期	变更说明
**	4471873	YLIU	08/20/2014	本文档版本号为 Rev**, 译自英文版 001-90478 Rev*C。
*A	4641526	RWEI	01/28/2015	本文档版本号为 Rev*A, 译自英文版 001-90478 Rev*G。

## 销售、解决方案和法律信息

### 全球销售和 design 支持

赛普拉斯公司拥有一个由办事处、解决方案中心、厂商代表和经销商组成的全球性网络。要寻找离您最近的办事处，请访问赛普拉斯所在地。

#### 产品

汽车用产品	<a href="http://cypress.com/go/automotive">cypress.com/go/automotive</a>
时钟与缓冲器	<a href="http://cypress.com/go/clocks">cypress.com/go/clocks</a>
接口	<a href="http://cypress.com/go/interface">cypress.com/go/interface</a>
照明与电源控制	<a href="http://cypress.com/go/powerpsoc">cypress.com/go/powerpsoc</a>
存储器	<a href="http://cypress.com/go/memory">cypress.com/go/memory</a>
PSoC	<a href="http://cypress.com/go/psoc">cypress.com/go/psoc</a>
触摸感应产品	<a href="http://cypress.com/go/touch">cypress.com/go/touch</a>
USB 控制器	<a href="http://cypress.com/go/USB">cypress.com/go/USB</a>
无线 / 射频	<a href="http://cypress.com/go/wireless">cypress.com/go/wireless</a>

#### PSoC<sup>®</sup> 解决方案

[psoc.cypress.com/solutions](http://psoc.cypress.com/solutions)  
PSoC 1 | PSoC 3 | PSoC 4 | PSoC 5LP

#### 赛普拉斯开发者社区

社区 | 论坛 | 博客 | 视频 | 训练

#### 技术支持

[cypress.com/go/support](http://cypress.com/go/support)

© 赛普拉斯半导体公司，2013-2015。此处，所包含的信息可能会随时更改，恕不另行通知。除赛普拉斯产品内嵌的电路外，赛普拉斯半导体公司不对任何其他电路的使用承担任何责任。也不根据专利或其他权利以明示或暗示的方式授予任何许可。除非与赛普拉斯签订明确的书面协议，否则赛普拉斯不保证产品能够用于或适用于医疗、生命支持、救生、关键控制或安全应用领域。此外，对于可能发生运转异常和故障并对用户造成严重伤害的生命支持系统，赛普拉斯不授权将其产品用作此类系统的关键组件。若将赛普拉斯产品用于生命支持系统，则表示制造商将承担因此类使用而招致的所有风险，并确保赛普拉斯免于因此而受到任何指控。

所有源代码（软件和/或固件）均归赛普拉斯半导体公司（赛普拉斯）所有，并受全球专利法规（美国和美国以外的专利法规）、美国版权法以及国际条约规定的保护和约束。赛普拉斯据此向获许可者授予适用于个人的、非独占性、不可转让的许可，用以复制、使用、修改、创建赛普拉斯源代码的派生作品、编译赛普拉斯源代码和派生作品，并且其目的只能是创建自定义软件和/或固件，以支持获许可者仅将其获得的产品依照适用协议规定的方式与赛普拉斯集成电路配合使用。除上述指定的用途外，未经赛普拉斯明确的书面许可，不得对此类源代码进行任何复制、修改、转换、编译或演示。

免责声明：赛普拉斯不针对此材料提供任何类型的明示或暗示保证，包括（但不限于）针对特定用途的适销性和适用性的暗示保证。赛普拉斯保留在不做出通知的情况下对此处所述材料进行更改的权利。赛普拉斯不对此处所述之任何产品或电路的应用或使用承担任何责任。对于合理预计可能发生运转异常和故障，并对用户造成严重伤害的生命支持系统，赛普拉斯不授权将其产品用作此类系统的关键组件。若将赛普拉斯产品用于生命支持系统中，则表示制造商将承担因此类使用而招致的所有风险，并确保赛普拉斯免于因此而受到任何指控。

产品使用可能受适用于赛普拉斯软件许可协议的限制。