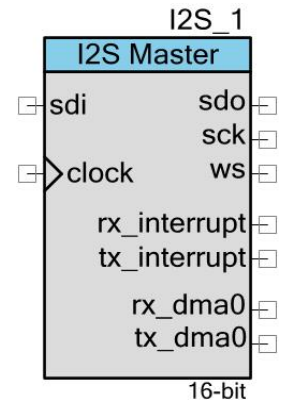


Inter-IC Sound Bus (I2S)

2.50

性能

- 仅用于主控
- 每次采样 8 到 32 数据位
- 16、32、48 或 64 位字选择周期
- 数据速率高达 96 kHz，64 位字选择周期：6.144 MHz
- Tx 和 Rx FIFO 中断
- DMA 支持
- 独立的左声道和右声道 FIFO 或交叉立体声 FIFO
- 独立启用 Rx 和 Tx



概述

集成 Inter-IC 串行数字音频总线 (I2S) 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 (I2S 总线规范；1986 年 2 月，修订时间为 1996 年 6 月 5 日)。

I2S 组件仅在主控模式下运行。它还可在两个方向上运行，作为发射器 (Tx) 和接收器 (Rx)。Tx 和 Rx 的数据是独立的字节流。字节流首先包含最高有效字节，并且第一个字的第 7 位中存放最高有效位。用于每次采样的字节数 (左/右声道的采样) 是保持样品所需的最少字节数。

何时使用 I2S

组件为立体声音频数据提供串行总线接口。此接口是音频 ADC 和 DAC 组件最常用的接口。

输入/输出连接

本节介绍 I2S 组件的各种输入和输出连接。I/O 列表中的星号 (*) 表示，在 I/O 说明部分中所列出的情况下，该 I/O 可能不可见。

sdi — 输入*

串行数据输入。如果为方向参数选择了 Rx 选项，则显示此信息。

如果此信号连接到输入引脚，则应禁用此引脚的“Input Synchronized”（同步输入）选择。此信号应已同步到 SCK，所以，用输入引脚同步器延迟信号会导致信号移入下一个时钟周期中。

时钟 (clock) — 输入

提供的时钟频率必须是输出串行时钟 (SCK) 所需时钟频率的两倍。例如，要产生 64 位字选择周期的 48 kHz 音频，时钟频率应为：

$$2 \times 48 \text{ kHz} \times 64 = 6.144 \text{ MHz}$$

sdo — 输出*

串行数据输出。如果为方向参数选择了 Tx 选项，则显示此信息。

Sck — 输出

输出串行时钟。

ws — 输出

字选择输出指示要传输的通道。

rx_interrupt — 输出*

Rx 方向中断。如果为方向参数选择了 Rx 选项，则显示此信息。

tx_interrupt — 输出*

Tx 方向中断。如果为方向参数选择了 Tx 选项，则显示此信息。

rx_DMA0 — 输出*

Rx 方向 DMA 请求 FIFO 0（左侧或交错）。如果选择了 DMA Request 参数下的 Rx DMA，则显示此信息。

rx_DMA1 — 输出*

Rx 方向 DMA 请求 FIFO 1（右侧）。如果为 Rx 选择了 **DMA Request** 参数下的 **Rx DMA** 和 **Data Interleaving**（数据交错）参数下的 **Separated L/R**（单独的 L/R），则显示此信息。

tx_DMA0 — 输出*

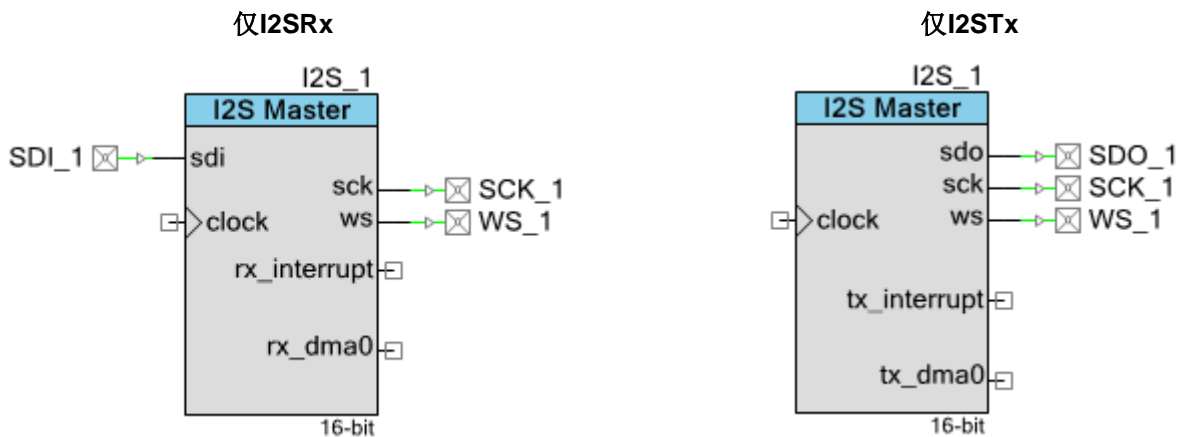
Tx 方向 DMA 请求 FIFO 0（左侧或交错）。如果选择了 **DMA Request** 参数下的 **Tx DMA**，则显示此信息。

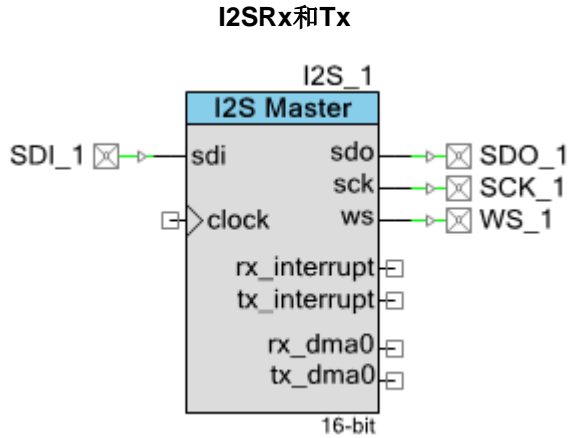
tx_DMA1 — 输出*

Tx 方向 DMA 请求 FIFO 1（右侧）。如果为 Tx 选择了 **DMA Request** 参数下的 **Tx DMA** 和 **Data Interleaving**（数据交错）参数下的 **Separated L/R**（单独的 L/R），则显示此信息。

原理图宏信息

默认情况下，PSoC Creator 组件目录为 I2S 组件提供了三个原理图宏实现。这些宏包含已连接到数字引脚组件的 I2S 组件。取消选择了 SDI 引脚上的“Input Synchronized”（输入同步）选项，并关闭了所有引脚的 API 生成。原理图宏使用为仅 Rx、仅 Tx，以及 Rx 和 Tx 方向配置的 I2S 组件，如下图中所示。

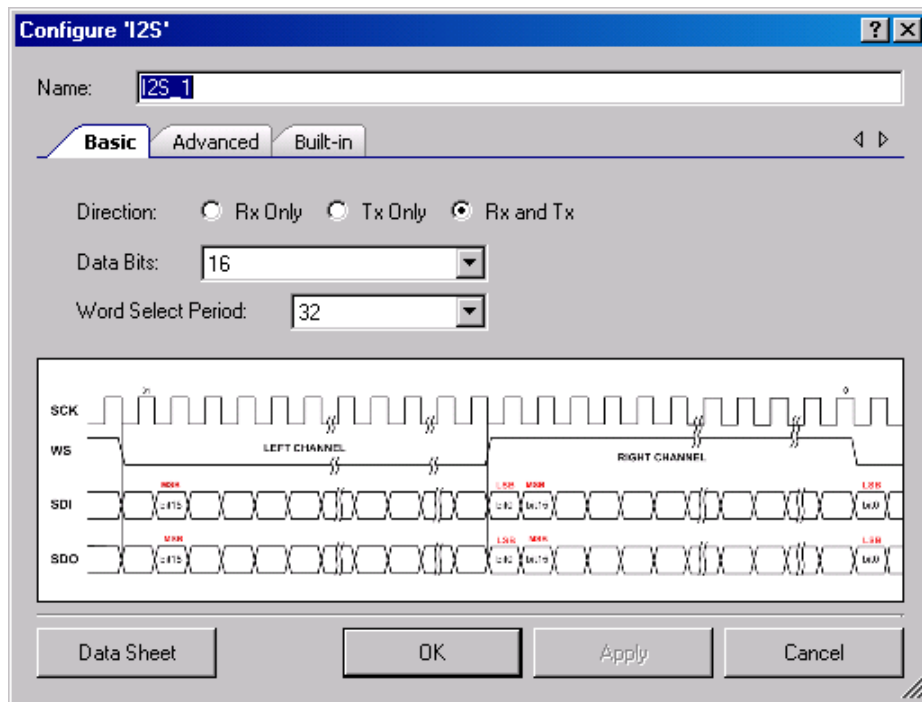




组件参数

将 I2C 组件拖放到您的设计上，双击它以打开 **Configure**（配置）对话框。该对话框有两个可用于设置 I2S 组件的选项卡。

图 1. **Basic**（基本）选项卡



Direction（传输方向）

确定组件运行的方向。此值可设为 **Rx Only**（仅 Rx）、**TxOnly**（仅 Tx）或 **Rx and Tx**（Rx 和 Tx）（默认值）。

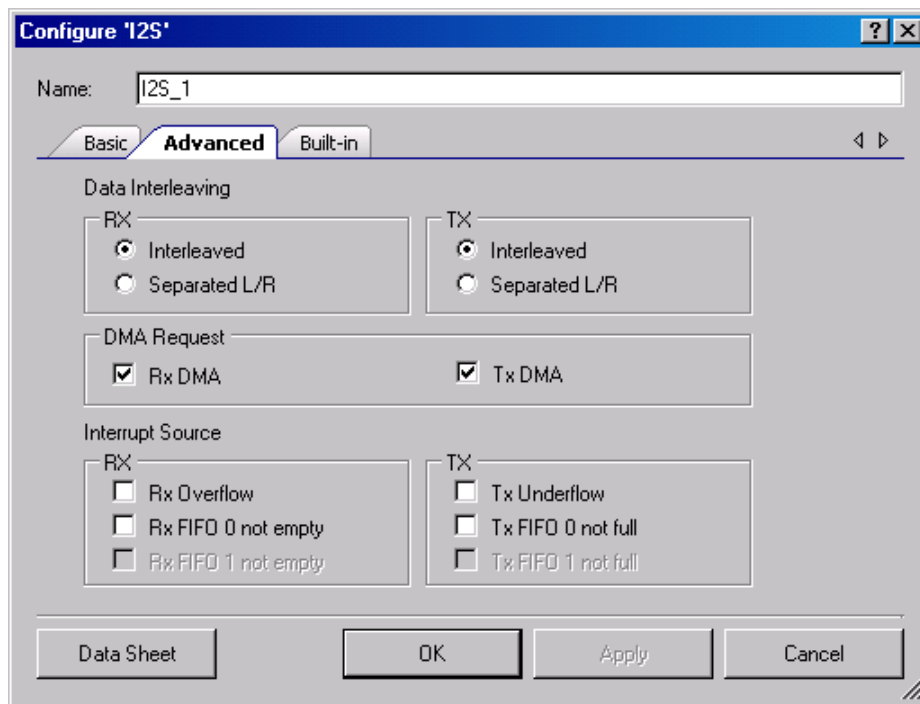
Data Bits（数据位）

确定为各个采样配置的数据位数（编译的硬件）。该值可以设置为 8 到 32。默认设置为 **16**。

Word Select Period（字选择周期）

定义左右声道的完整采样的周期。该值可设置为 **16**、**32**（默认）、**48** 或 **64**。

图 2. **Advanced**（高级）选项卡



Data Interleaving（数据交错）

用于选择数据为 **Interleaved**（交错）（默认值）还是 **Separate L/R**（单独 L/R）。可单独选择 Rx 和 Tx。

DMA Request（DMA 请求）

用于启用和禁用组件的 DMA 请求信号。可单独选择 Rx 和 Tx。这些选项默认为启用。

Interrupt Source（中断源）

用于配置 Rx 和 Tx 方向的中断源。Rx 和 Tx 方向具有单独的中断输出。各个方向的多个源共同进行“或”运算。此软件可随时重新配置这些源；这些参数只定义了初始配置。中断设置包括：

- Rx:
 - Rx Overflow（Rx 溢出）
 - Rx FIFO 0 not empty（Rx FIFO 0 非空）（左侧或交错）
 - Rx FIFO 1 not empty（Rx FIFO 1 非空）（右侧）— 如果不是交错，则仅有一个选项
- Tx:
 - Tx Underflow（Tx 下溢）
 - Tx FIFO 0 not full（Tx FIFO 0 未滿）
 - Tx FIFO 1 not full（Tx FIFO 1 未滿）（右侧）ORed 如果不是交错，则仅有一个选项

时钟选择

该器件中没有内部时钟。您必须添加一个时钟源。提供的时钟频率必须是输出串行时钟（SCK）所需时钟频率的两倍。

应用编程接口（API）

应用编程接口（API）子程序允许您使用软件配置组件。下表列出了每个函数的接口，并进行了说明。在后面的内容中，将更加详细地介绍每个函数。

默认情况下，PSoC Creator 将实例名称“I2S_1”分配给指定设计中组件的第一个实例。可将该实例重命名为符合标识符语法规则的任意唯一值。实例名称会成为每个全局函数名称、变量和常量符号的前缀。出于可读性考虑，下表中使用的实例名称为“I2S”。

函数	说明
I2S_Start()	启动I2S接口
I2S_Stop()	禁用I2S接口
I2S_EnableTx()	启用I2S接口的Tx方向
I2S_DisableTx()	禁用I2S接口的Tx方向
I2S_EnableRx()	启用I2S接口的Rx方向
I2S_DisableRx()	禁用I2S接口的Rx方向
I2S_SetRxInterruptMode()	设置I2S Rx方向中断的中断源

函数	说明
I2S_SetTxInterruptMode()	设置I2S Tx方向中断的中断源
I2S_ReadRxStatus()	返回I2S Rx状态寄存器中的状态
I2S_ReadTxStatus()	返回I2S Tx状态寄存器中的状态
I2S_ReadByte()	返回RxFIFO中的一个字节
I2S_WriteByte()	将一个字节写入Tx FIFO
I2S_ClearRxFIFO()	清除Rx FIFO
I2S_ClearTxFIFO()	清除Tx FIFO
I2S_Sleep()	保存配置和禁用I2S接口
I2S_Wakeup()	恢复配置和启用I2S接口
I2S_Init()	启用I2S接口
I2S_Enable()	初始化或恢复默认I2S配置
I2S_SaveConfig()	保存I2S接口配置
I2S_RestoreConfig()	恢复I2S接口配置

全局变量

变量	说明
I2S_initVar	表示是否已初始化I2S。变量将初始化为0，并在第一次调用I2S_Start()时设置为1。这使得组件无需在第一次调用I2S_Start()子程序后重新初始化便可重新启动。如果需要重新对组件进行初始化，在调用I2S_Start()之前先调用I2S_Init()。或可调用I2S_Init()和I2S_Enable()函数重新对I2S进行初始化。

void I2S_Start(void)

- 说明:** 启动I2S接口。根据需要，启用活动模式电源模板位或时钟关断。启动生成sck和ws输出。Tx和Rx方向保持禁用状态。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 无

void I2S_Stop(void)

- 说明:** 禁用I2S接口。根据需要，禁用活动模式电源模板位或门控时钟。设置sck和ws输出为0。禁用Tx和Rx方向，并清除其FIFO。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 无

void I2S_EnableTx(void)

- 说明:** 启用I2S接口的Tx方向。在下一个字选择下降沿开始传输。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 无

void I2S_DisableTx(void)

- 说明:** 禁用I2S接口的Tx方向。数据传输停止，在下一个字选择下降沿传输常量0值。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 无

void I2S_EnableRx(void)

- 说明:** 启用I2S接口的Rx方向。在下一个字选择下降沿开始接收数据。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 无

void I2S_DisableRx(void)

- 说明:** 禁用I2S接口的Rx方向。在下一个字选择下降沿，不再将数据接收信息发送到接收FIFO。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 无

void I2S_SetRxInterruptMode(uint8 interruptSource)

- 说明:** 设置I2S Rx方向中断的中断源。多个源可能均是“或”运算。
- 参数:** 包含所选中断源常量的uint8字节。

I2S Rx中断源	值	类型
RX_FIFO_OVERFLOW	0x01	读取时清除
RX_FIFO_0_NOT_EMPTY	0x02	透明
RX_FIFO_1_NOT_EMPTY	0x04	透明

- 返回值:** 无
- 其他影响:** 如果将读取后清除位作为中断生成的源，则rx_interrupt输出将保持设置，直至读取I2S Rx状态寄存器。

void I2S_SetTxInterruptMode(uint8 interruptSource)

- 说明:** 设置I2S Tx方向中断的中断源。多个源可能均是“或”运算。
- 参数:** 包含所选中断源常量的uint8字节。

I2S Tx中断源	值	类型
TX_FIFO_UNDERFLOW	0x01	读取时清除
TX_FIFO_0_NOT_FULL	0x02	透明
TX_FIFO_1_NOT_FULL	0x04	透明

- 返回值:** 无
- 其他影响:** 如果将读取后清除位作为中断生成的源，则tx_interrupt输出将保持设置，直至读取 I2S Tx状态寄存器。



uint8 I2S_ReadRxStatus(void)

说明: 返回I2S Rx状态寄存器的状态。

参数: 无

返回值: uint8: I2S Rx状态寄存器的状态

I2S RX状态掩码	值	类型
RX_FIFO_OVERFLOW	0x01	读取时清除
RX_FIFO_0_NOT_EMPTY	0x02	透明
RX_FIFO_1_NOT_EMPTY	0x04	透明

其他影响: 清除处于清除读取状态的I2S Rx状态寄存器位。

uint8 I2S_ReadTxStatus(void)

说明: 返回I2S Tx状态寄存器的状态。

参数: 无

返回值: I2S Tx 状态寄存器的状态

I2S Tx 状态掩码	值	类型
TX_FIFO_UNDERFLOW	0x01	读取时清除
TX_FIFO_0_NOT_FULL	0x02	透明
TX_FIFO_1_NOT_FULL	0x04	透明

其他影响: 清除处于清除读取状态的I2S Rx状态寄存器位。

uint8 I2S_ReadByte(uint8 wordSelect)

说明: 返回Rx FIFO中的单字节。在进行此调用之前检查Rx状态，以确认Rx FIFO非空。

参数: uint8: 指示从左(0)或右(1)通道读取。在交错模式中，忽略此参数。

返回值: uint8: 包含已接收数据的字节

其他影响: 无

void I2S_WriteByte(uint8 wrData、 uint8 wordSelect)

- 说明:** 将单字节写入Tx FIFO。在进行此调用之前检查Tx状态，以确认Tx FIFO未滿。
- 参数:** uint8 wrData: 包含要传输数据的字节
uint8 wordSelect: 指示写入到左(0)或右(1)通道。在交错模式中，忽略此参数
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 无

void I2S_ClearRxFIFO(void)

- 说明:** 清除Rx FIFO。FIFO中的任何数据都将丢失。仅在禁用了Rx方向时才可调用此函数。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 无

void I2S_ClearTxFIFO(void)

- 说明:** 清除Tx FIFO。FIFO中的任何数据都将丢失。仅在禁用了Tx方向时才可调用此函数。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 无

void I2S_Sleep(void)

- 说明:** 这是组件准备进入睡眠模式的首选子程序。I2S_Sleep()子程序保存当前组件的状态。然后，它调用 I2S_Stop()函数，并调用I2S_SaveConfig()以保存硬件配置。根据需要，禁用活动模式电源模板位或门控时钟。设置sck和ws输出为0。禁用Tx和Rx方向。
- 在调用 CyPmSleep() 或 CyPmHibernate() 函数之前调用 I2S_Sleep() 函数。有关功耗管理函数的详细信息，请参考PSoC Creator 《系统参考指南》。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 无

void I2S_Wakeup(void)

- 说明:** 恢复I2S配置和非保留寄存器值。根据需要，启用活动模式电源模板位或门控时钟。启动生成sck和ws输出。根据Rx和Tx方向在睡眠之前的状态，启用Rx和/或Tx方向。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 调用I2S_Wakeup()函数前未调用I2S_Sleep()或I2S_SaveConfig()函数可能会产生意外行为。

void I2S_Init(void)

- 说明:** 初始化或恢复随定制器提供的默认I2S配置，该配置定义组件的中断源。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 仅恢复中断生成的掩码寄存器。它不从FIFO中清除数据，也不复位组件硬件状态机制。

void I2S_Enable(void)

- 说明:** 激活硬件并开始执行组件操作。无需调用I2S_Enable()，因为I2S_Start()子程序会调用该函数，这是开始组件操作的首选方法。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 无

void I2S_SaveConfig(void)

- 说明:** 该函数会保存组件配置和非保留寄存器。它还保存Configure（配置）对话框中定义的或通过相应API修改的当前器件参数值。该函数由I2S_Sleep()函数调用。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 无

void I2S_RestoreConfig(void)

- 说明:** 此函数会恢复组件配置和非保留寄存器。它还将组件参数值恢复到调用I2S_Sleep()函数之前的值。此子程序由I2S_Wakeup()调用，用于在组件退出睡眠状态时恢复组件。
- 参数:** 无
- 返回值:** 无
- 其他影响:** 必须仅在I2S_SaveConfig()子程序之后才可调用。否则，将用组件的初始配置覆盖组件配置。

MISRA 符合性（compliance）

本节介绍了 MISRA-C:2004 符合性和本组件的偏差情况。定义了两种类型的偏差：

- 项目偏差 — 适用于所有 PSoC Creator 组件的偏差
- 特定偏差 — 仅适用于该组件的偏差

本节介绍了有关组件特定偏差的信息。《系统参考指南》的“MISRA 符合性”章节中介绍了项目偏差以及有关 MISRA 合规性验证环境的信息。

I2S 组件没有任何特定偏差。

固件源代码示例

在“Find Example Project”（查找示例项目）对话框中，PSoC Creator 提供了大量示例项目，包括原理图和示例代码。要获取组件特定的示例，请打开组件目录中的对话框或原理图中的组件实例。要查看通用示例，请打开“Start Page”或 **File** 菜单中的对话框。根据要求，可以通过使用对话框中的 **Filter Options** 选项来限定可选的项目列表。

更多有关信息，请参考《PSoC Creator 帮助》部分中主题为 Find Example Project（查找示例项目）中的内容。



功能描述

左/右和 Rx/Tx 配置

左右通道的配置（Rx 和 Tx 方向、位数和字选择周期）是相同的。如果应用程序必须有不同的 Rx 和 Tx 配置，则使用两个单向组件实例。

数据流格式

Tx 和 Rx 的数据是独立的字节流。字节流首先包含最高有效字节，并且第一个字的第 7 位中存放最高有效位。用于各次采样的字节数（用于左/右声道）是保持采样所需的最少字节数。任何未使用的位在 Tx 上将被忽略，在 Rx 上为 0。

一个方向的数据流可以是单字节流，或是双字节流。在一个字节流的情况下，左通道和右通道与采样互相交错，左通道后面紧接右通道。对于双字节流，左右通道字节流使用单独的 FIFO。

DMA

I2S 接口是连续接口，需要不中断的数据流。对于大部分应用，这需要使用 DMA 传输，以避免 Tx 方向的下溢或 Rx 方向的溢出。

I2S 在各个方向最多可驱动两个 DMA 组件。使用 DMA 向导按如下所示配置 DMA 操作：

DMA 向导中 DMA 源/目标的名 称	方向	DMA 请求信号	DMA 请求类 型	说明
I2S_RX_FIFO_0_PTR	源	rx_dma0	电平	接收左通道或交错通道的FIFO
I2S_RX_FIFO_1_PTR	源	rx_dma1	电平	接收右通道的FIFO
I2S_TX_FIFO_0_PTR	目标	tx_dma0	电平	传输左通道或交错通道的FIFO
I2S_TX_FIFO_1_PTR	目标	tx_dma1	电平	传输右通道的FIFO

在所有情况下，DMA 请求信号上的高电平信号表示可以传输一个附加字节。

启用系统

Rx 和 Tx 方向是单独启用的。未启用时，Tx 方向传输所有 0 值，而 Rx 方向忽略所有接收数据。启用状态的进入和退出发生在字选择边界时，从而始终发送或接收左/右采样对。

错误处理

组件的两种错误情况发生条件：1) 发送 FIFO 为空，且发生后续读取（发送下溢）；2) 接收 FIFO 已满，且发生后续写入（接收溢出）。

启用了传输时，如果发送 FIFO 变为空，且数据不可用于传输（发送下溢），组件会强制进行 0 的常量传输。再次启动传输前，必须禁用传输，并不应清除 FIFO，必须缓冲传输数据，然后重新启

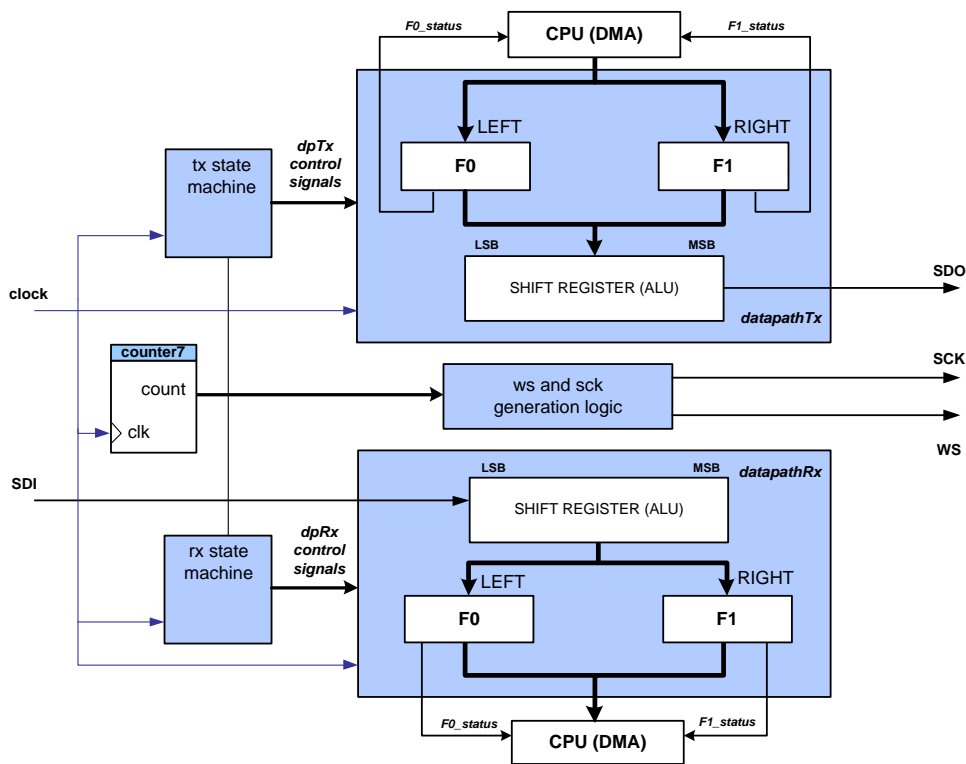
用传输。CPU 可使用发送状态位 I2S_TX_FIFO_UNDERFLOW 监控此下溢情况。此外，还可以针对此错误条件配置中断。

启用接收之后，如果接收 FIFO 变为满，且收到其他数据（接收溢出），组件会停止捕获数据。在此开始接收之前，必须禁用接收，再清除 FIFO，然后重新启用接收。CPU 可使用接收状态位 I2S_RX_FIFO_OVERFLOW 监控此溢出情况。此外，还可以针对此错误条件配置中断。

框图和配置

I2S 作为一组已配置 UDB 进行实施。在以下框图中显示该实现。

图 3. I2S 实现



寄存器

I2S_CONTROL_REG

位	7	6	5	4	3	2	1	0
值	保留					使能	rxenable (rx启用)	Txenable

- 启用：启用/禁用 I2S 组件
- rxenable, txenable：分别启用/禁用 Rx 和 Tx 方向

I2S_TX_STATUS_REG

位	7	6	5	4	3	2	1	0
值	保留					F1_not_full	F0_not_full	下溢出

- F1_not_full：如果设置了此参数，Tx FIFO 1 未滿
- F0_not_full：如果设置了此参数，Tx FIFO 0 未滿
- 下溢：如果设置了此参数，Tx FIFO 下溢事件已发生

可用 I2S_ReadTxStatus() API 函数读取寄存器值。

I2S_RX_STATUS_REG

位	7	6	5	4	3	2	1	0
值	保留					F1_not_empty	F0_not_empty	上溢出

- F1_not_empty：如果设置了此参数，Rx FIFO 1 非空
- F0_not_empty：如果设置了此参数，Rx FIFO 0 非空
- 上溢出：如果设置了此参数，Rx FIFO 溢出事件已发生

可用 I2S_ReadRxStatus() API 函数读取寄存器值。

注意：Tx 状态寄存器的位 0（下溢）和 Rx 状态寄存器的位 0（溢出）均配置为读取后清除位。在此模式下，在状态寄存器时钟的每个周期完成后，会对输入状态进行采样。当输入为高电平时，设置寄存器位，并保持设置，而无需考虑输入的后续状态。在后续读取时，通过 CPU 清除寄存器位。

资源

I2S 组件放置在整个 UDB 阵列中。该器件利用以下资源。

配置	资源类型					
	数据路径单元	宏单元	状态单元	控制单元	DMA通道	中断
仅Rx	1	7	1	2	–	–
仅Tx	1	8	1	2	–	–
Rx和Tx	2	13	2	4	–	–

API 存储器使用情况

组件存储器使用的大小显著不同，它取决于编译器、设备、所使用的 API 数量以及组件配置。下表提供了在某一器件配置中的所有 API 使用的存储器大小。

下表中的存储器大小是在将相应编译器设置为 **Release** 模式并且优化选项为 **Size** 的情况下测得的。有关特定的设计，可分析编译器生成的映射文件以确定内存使用情况。

Configuration (配置)	PSoC 3 (Keil_PK51)		PSoC 4 (GCC)		PSoC 5LP (GCC)	
	闪存 字节	SRAM 字节	闪存 字节	SRAM 字节	闪存 字节	SRAM 字节
仅Rx	220	3	384	5	392	5
仅Tx	220	3	384	5	392	5
Rx和Tx	326	3	570	5	592	5

直流和交流电气特性

除非另有说明，否则这些规范的适用条件是： $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 85^{\circ}\text{C}$ 和 $T_J \leq 100^{\circ}\text{C}$ 。除非另有说明，否则这些规范的适用范围为 1.71 V 到 5.5 V。

直流电特性

参数	说明	最小值	典型值 ^[1]	最大值	单位 ^[2]
I _{DD(RX)}	组件电流消耗（仅 Rx）				
	闲置电流 ^[3]	–	15	–	μA/MHz
	工作电流 ^[4]	–	21	–	μA/MHz
I _{DD(TX)}	组件电流消耗（仅 Tx）				
	无功电流 ^[3]	–	15	–	μA/MHz
	工作电流 ^[4]	–	20	–	μA/MHz
I _{DD(RX_TX)}	组件电流消耗（Rx和Tx）				
	无功电流 ^[3]	–	16	–	μA/MHz
	工作电流 ^[4]	–	26	–	μA/MHz

交流电特性

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
f _{SCK}	串行时钟（输出）频率	–	–	6.144	MHz
f _{CLOCK} ^[5]	组件时钟频率	–	2 × f _{SCK}	–	MHz
t _{SCKH}	SCK高电平时间	–	0.5	–	1/f _{SCLK}
t _{SCKL}	SCK低电平时间	–	0.5	–	1/f _{SCLK}

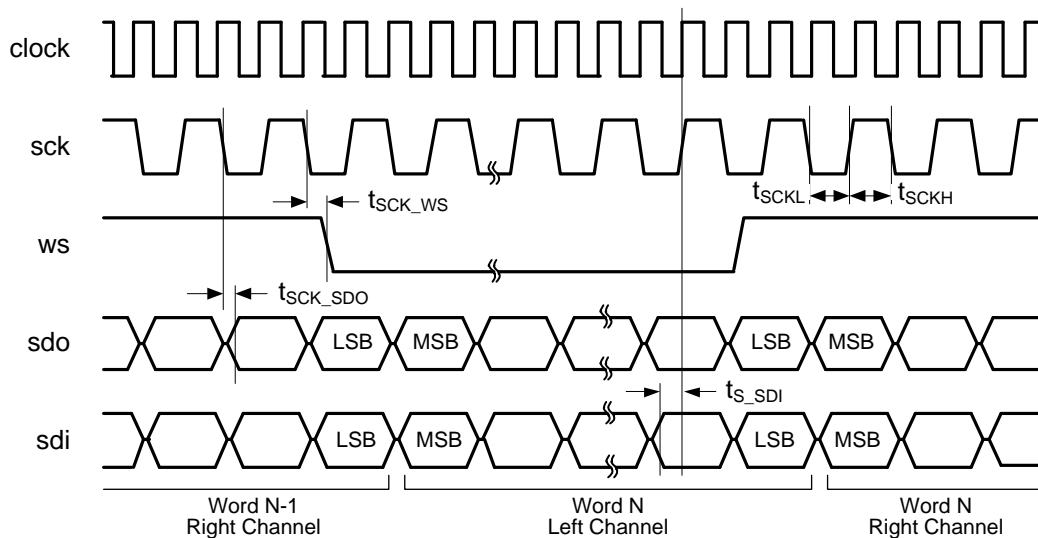
1. 未包括设备 IO 和时钟分配的电流。这些值是在温度为 25 °C 时的值。
2. 电流消耗与组件的输入时钟相关。
3. 组件启用但不传输/接收数据时消耗电流。
4. 组件启用且传输/接收数据时消耗电流。
5. 组件的最大组件时钟频率派生自 t_{CLK_SCK} 与 SCK 输出和 SDI 输入的路由路径延迟的组合（本文中稍后将描述）。典型值提供了此组件的最大安全工作频率。可以在更高的时钟频率运行此组件，在该频率将需要使用 STA 结果验证时序要求。

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
t _{SCK_WS}	延迟时间、SCK下降沿到WS有效的时间	-20	-	20	ns
t _{SCK_SDO}	延迟时间、SCK下降沿到SDO有效的时间	-20	-	20	ns
t _{s_SDI} ^[6]	SDI设置时间	25	-	-	ns

常见音频采样频率的组件时钟频率

采样频率	组件时钟频率 (f _{clock}) MHz			
	t _{WS} = 16 bits	t _{WS} = 32 bits	t _{WS} = 48 bits	t _{WS} = 64 bits
8 kHz	0.2560	0.5120	0.7680	1.0240
16 kHz	0.5120	1.0240	1.5360	2.0480
32 kHz	1.0240	2.0480	3.0720	4.0960
44.1 kHz	1.4112	2.8224	4.2336	5.6448
48 kHz	1.5360	3.0720	4.6080	6.1440
88.2 kHz	2.8224	5.6448	8.4672	11.2896
96 kHz	3.0720	6.1440	9.2160	12.2880
192 kHz	6.1440	12.2880	不可用	不可用

图 4. 数据转换时序图



6. VDDIO 供电电压从 3.0 V 到 5.5 V。电压值可针对 PSoc 5 变化，因此必须和 STA 结果进行验证。

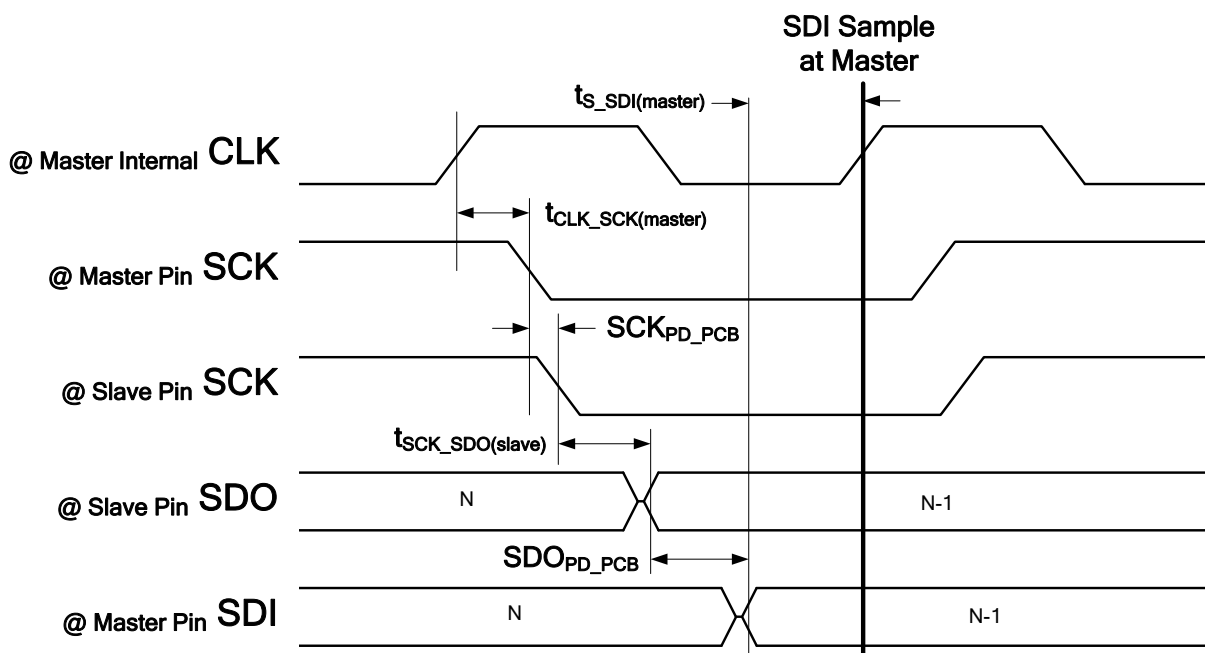


注意：所有组件内部逻辑完全从输入 2 倍时钟运行。这导致对于此内部时钟，需要参考一些时序限制，例如 t_{S_SDI} 和 t_{CLK_SCK} （本文中稍后将描述）。

如何将 STA 结果用于特性数据

f_{SCK} STA 中不直接提供 SCK 的最大频率（或最大比特率）。不过，STA 结果中提供的数据指示了某些内部逻辑时序限制。要计算最大比特率，必须考虑若干因素。需要根据板卡 PCB 布局 and 从设备通信器件规范，才能完全了解最大值。此参数的限制因素是主控引脚的 SCK 下降沿到从器件的往复路径延迟，以及从器件的 SDO 输出返回到主控的 SDI 输入的路径延迟。在此情况下，组件必须使用下列等式满足主控的 SDI 设置时间。

图 5. 计算最大 f_{SCK} 频率



在此情况下，请使用下列等式计算 F_{SCK} 频率：

$$f_{SCK} < 1 \div [2 \times [t_{RT_PD} + t_{CLK_SCK}(master) + t_{S_SDI}(master)]]$$

其中：

$$t_{RT_PD} = [SCK_{PD_PCB} + t_{SCK_SDO}(slave) + SDO_{PD_PCB}]$$

并且，

SCK_{PD_PCB} 是主控组件引脚到从器件引脚的 SCK 的 PCB 路径延迟。

$t_{SCK_SDO}(slave)$ 必须源自从器件数据表

tCLK_SCK(master)是主控组件的内部 CLK 到 SCK 引脚的路径延迟。这是在 STA 结果时钟输出部分中提供的，如下所示：

- Clock To Output Section

- CLK

Source	Destination	Delay (ns)
\I2S:BitCounter\count_0	SCK(0)_PAD	24.484
Net_5/g	SDO(0)_PAD	23.808
Net_4/g	WS(0)_PAD	22.958

tS_SDI(master)是主控组件的 SDI 引脚到内部逻辑的路径延迟。这是在 STA 结果输入时钟部分中提供的，如下所示：

- Input To Clock Section

- CLK

Source	Destination	Delay (ns)
SDI(0)_PAD	\I2S:Rx:dpRx:u0\route_si	19.977

提供 SCK 的最大频率的最后等式如下；最大比特率为：

$$f_{SCK} (Max.) = 1 \div [2 \times [t_{CLK_SCK(master)} + SCK_{PD_PCB} + t_{SCK_SDO(slave)} + SDO_{PD_PCB} + t_{S_SDI(master)}]]$$

f_{clock} 在时序结果的时钟汇总表里,名称为外部时钟（此例中的 CLK）一栏中提供了最大组件时钟频率。下面是 STA 报告中的内部时钟限制示例：

+ Clock Summary Section

Clock	Type	Nominal Frequency (MHz)	Required Frequency (MHz)	Maximum Frequency (MHz)	Violation
BUS_CLK	Sync	24.000	24.000	N/A	
CLK	Sync	6.000	6.000	65.398	
ClockBlock/clk_bus	Async	24.000	24.000	N/A	
ClockBlock/dclk_0	Async	6.000	6.000	N/A	
ILO	Async	0.001	0.001	N/A	
IMO	Async	3.000	3.000	N/A	
MASTER_CLK	Sync	24.000	24.000	N/A	
PLL_OUT	Async	24.000	24.000	N/A	

t_{sckH} I2S 组件生成 50%占空比 SCK

t_{sckL} I2S 组件生成 50%占空比 SCK

t_{sck_ws} SCK 下降沿与 WS 有效之间的延迟。可将此值作为 WS 引脚和 SCK 引脚的时钟输出时间之间的差异进行计算。从 STA 报告中提取的数据示例如下：

- Clock To Output Section

- CLK

Source	Destination	Delay (ns)
\I2S:BitCounter\count_0	SCK(0)_PAD	24.484
Net_5/g	SDO(0)_PAD	23.808
Net_4/g	WS(0)_PAD	22.958



t_{sck_sdo} SCK 下降沿与 WS 有效之间的延迟。可将此值作为 SDO 引脚和 SCK 引脚的时钟输出时间之间的差异进行计算。这些值是在 STA 结果时钟输出时间中提供的，如下所示：

- Clock To Output Section

- CLK

Source	Destination	Delay (ns)
\I2S:BitCounter\count_0	SCK(0)_PAD	24.484
Net_5/q	SDO(0)_PAD	23.808
Net_4/q	WS(0)_PAD	22.958

t_{sdi} SDI 设置时间是主控组件的 SDI 引脚到内部逻辑的路径延迟。这是在 STA 结果输入时钟部分中提供的，如下所示：

- Input To Clock Section

- CLK

Source	Destination	Delay (ns)
SDI(0)_PAD	\I2S:Rx:dpRx:u0\route_si	19.977

组件更改

本节列出了各版本的主要组件更改内容。

版本	更改内容	更改原因/影响
2.50	删除PSoC 5支持	PSoC Creator 3.0发布不再支持PSoC 5
2.40.a	通过PSoC 4所用存储器更新了数据手册。	
2.40	已添加了MISRA符合性章节。	该组件没有任何特定偏差。
2.30	向“.cyre”文件中包括的所有组件API添加了CYREentrant关键词。	并非所有API都是真正可重入的函数。组件API源文件中的注释指出了适用的函数。 对于采用了安全方式并且是不可重入的函数，则需要该项变更，这样可以消除编译器警告：通过标志或关键字防止同时调用。
	添加了PSoC 5LP支持	
	向数据手册中添加了特性部分	
2.20	已添加组件的内部FIFO错误检测。	在出现溢出/下溢错误时，提高组件的错误处理功能。
2.10	将FIFO模块状态信号重新采样到DP时钟中。	允许组件针对所有PSoC 3和PSoC 5芯片使用相同的时序结果。
	向数据手册中添加了特性数据	
	对数据表进行了少量编辑和更新	
2.0	已更改此组件的硬件实现，在时钟输入上要求2倍频率信号。将通过输入时钟除以2产生SCK输出信号。	提高对SCK、WS、SDO和SDI信号之间的时序关系的控制。
	更新I2S_Start()函数以匹配实施中的更改。未更改功能。	需要对初始化过程进行更改以简化实施。
	添加了睡眠模式API。	用于支持低功耗模式。
	已将状态位 tx_not_full 和 rx_not_empty 从读取清除模式更改为透明模式。	FIFO中任何“满”或“空”状态的状态位都需为透明，以仅表示FIFO的当前实时状态。
	向组件中添加了DMA功能文件。	此文件允许PSoC Creator中的DMA向导工具支持I2S。
	已更改I2S_Stop() API，以在禁用组件之后清除rx和txFIFO。	将Tx和Rx FIFO状态复位为初始值。防止重新启用组件后出现意外操作。
	添加了Keil功能重新进入支持。	添加此功能，以便使客户能够指定各个生成函数可重入。

赛普拉斯半导体公司，2013-2016年。本文件是赛普拉斯半导体公司及其子公司，包括 Spansion LLC（“赛普拉斯”）的财产。本文件，包括其包含或引用的任何软件或固件（“软件”），根据全球范围内的知识产权法律以及美国与其他国家签署条约由赛普拉斯所有。除非在本款中另有明确规定，赛普拉斯保留在该等法律和条约下的所有权利，且未就其专利、版权、商标或其他知识产权授予任何许可。如果软件并不附随有一份许可协议且贵方未以其他方式与赛普拉斯签署关于使用软件的书面协议，赛普拉斯特此授予贵方属人性质的、非独家且不可转让的如下许可（无再许可）（1）在赛普拉斯特软件著作权项下的下列许可权（一）对以源代码形式提供的软件，仅出于在赛普拉斯硬件产品上使用之目的且仅在贵方集团内部修改和复制软件，和（二）仅限于在有关赛普拉斯硬件产品上使用之目的将软件以二进制代码形式的向外部最终用户提供（无论直接提供或通过经销商和分销商间接提供），和（2）在被软件（由赛普拉斯公司提供，且未经修改）侵犯的赛普拉斯专利的权利主张项下，仅出于在赛普拉斯硬件产品上使用之目的制造、使用、提供和进口软件的许可。禁止对软件的任何其他使用、复制、修改、翻译或汇编。

在适用法律允许的限度内，赛普拉斯未对本文件或任何软件作出任何明示或暗示的担保，包括但不限于关于适销性和特定用途的默示保证。赛普拉斯保留更改本文件的权利，届时将不另行通知。在适用法律允许的限度内，赛普拉斯不对因应用或使用本文件所述任何产品或电路引起的任何后果负责。本文件，包括任何样本设计信息或程序代码信息，仅为供参考之目的提供。文件使用人应负责正确设计、计划和测试信息应用和由此生产的任何产品的功能和安全性。赛普拉斯产品不应被设计为、设定为或授权用作武器操作、武器系统、核设施、生命支持设备或系统、其他医疗设备或系统（包括急救设备和手术植入物）、污染控制或有害物质管理系统中的关键部件，或产品植入之设备或系统故障可能导致人身伤害、死亡或财产损失其他用途（“非预期用途”）。关键部件指，若该部件发生故障，经合理预期会导致设备或系统故障或会影响设备或系统安全性和有效性的部件。针对由赛普拉斯产品非预期用途产生或相关的任何主张、费用、损失和其他责任，赛普拉斯不承担全部或部分责任且贵方不应追究赛普拉斯之责任。贵方应赔偿赛普拉斯因赛普拉斯产品任何非预期用途产生或相关的所有索赔、费用、损失和其他责任，包括因人身伤害或死亡引起的主张，并使之免受损失。

赛普拉斯、赛普拉斯徽标、Spansion、Spansion 徽标，及上述项目的组合，WICED，及 PSoC、CapSense、EZ-USB、F-RAM 和 Traveo 应视为赛普拉斯在美国和其他国家的商标或注册商标。请访问 cypress.com 获取赛普拉斯商标的完整列表。其他名称和品牌可能由其各自所有者主张为该方财产。

