

通过 McBSP 连接 TI 的触摸屏控制器

Wendy X. Fang, Ph. D.

数据采集

摘要

本应用报告开发并提供了通过 SPI 和 I2S 总线连接 TI 的触摸屏控制器产品和多通道缓冲串行端口 (McBSP) 的方法。接口软件代码是使用 TMS320VC5416 DSK 和 TSC2100 EVM 设计和测试的。

1 介绍

TI 的许多触摸屏控制器 (TSC) 器件内置了音频编解码器, 广泛应用于手持和移动数字应用领域, 如个人数字助理设备、个人媒体播放器、智能蜂窝式电话、MP3 播放器等。有关 TI 的 TSC 产品的其它信息, 请浏览下面 TI 网站上的模拟产品结构树, 网址为:

<http://focus.ti.com/analog/docs/analogprohome.tsp?templated=4&familyid=82>

控制和访问 TSC 器件要求主机处理器具有相应的数字接口。TI OMAP™ 处理器可用作这样的主机。接口包括串行数字端口和相应的软件驱动程序。有关 TI OMAP 处理器的信息, 请访问下面的网站:

www.omap.com

TI 的许多 TSC 器件对控制/数据端口使用 SPI 协议, 对音频数据端口使用 I2S 协议。为实现与 TSC 的连接, 主机处理器需要支持相应的总线。使用 TI 的多通道缓冲串行端口 (McBSP) 可以设计和修改 SPI 和 I2S 总线。McBSP 基于 TI TMS320C2000、TMS320C5000 和 TMS320C6000 数字信号处理器 (DSP) 上的标准串行端口接口。许多 TI OMAP 处理器内具有一个 TMS320C5400 或 TMS320C5500 DSP 内核。因此, 在许多情况下, TSC 和 OMAP 接口成为 TSC 和 McBSP 接口。

本应用报告在 SPI 和 I2S 两种总线上开发 TSC 和 McBSP 接口。代码是使用 TMS320VC5416 DSK 和 TSC2100 EVM 系统设计和开发的。有关 EVM 和 DSK 电路板的详细信息, 请分别参阅参考资料 [2] 和 [5]。

2 硬件连接

在开发本应用报告的接口时, 'C5416 DSP 与 TSC2100 之间的硬件连接方法如表 1 与表 2。第一个 McBSP 端口名称为 McBSP0, 用于 SPI 接口; 第二个端口名称为 McBSP1, 用于 I2S 接口。在 McBSP0 内, 因为对于 SPI 功能, McBSP0 将以停止模式运行, 所以线路 BCLKX 和 BCLKR 以及线路 BFSX 和 BFSR 将短路。因此, 不需要在外部连接它们。在 McBSP1 上, 在外部将线路 BCLKR 和 BCLKX 以及线路 BFSR 和 BFSX 分别短路。

表 1. 'C5416 和 TSC2100 SPI 硬件接口

	主机处理器引脚名称	TSC2100 引脚名称
SPI 时钟	BCLKX0 (BGA N5 或 PGE 引脚 48)	SCLK (QFN 引脚 4 或 TSSOP 引脚 8)
SPI 从属选择	BFSX0 (BGA M7 或 PGE 引脚 53)	SS (QFN 引脚 7 或 TSSOP 引脚 11)
SPI MOSI 数据	BDX0 (BGA L8 或 PGE 引脚 59)	MOSI (QFN 引脚 6 或 TSSOP 引脚 10)
SPI MISO 数据	BDRO (BGA K5 或 PGE 引脚 45)	MISO (QFN 引脚 5 或 TSSOP 引脚 9)

表 2. 'C5416 和 TSC2100 I2S 硬件接口

	主机处理器引脚名称	TSC2100 引脚名称
I2S 位时钟	BCLKX1 (BGA N12 或 PGE 引脚 71) BCLKR1 (BGA N2 或 PGE 引脚 38)	BCLK (QFN 引脚 31 或 TSSOP 引脚 3)
I2S 左/右字时钟	BFSX1 (BGA N13 或 PGE 引脚 73) BFSR1 (BGA M2 或 PGE 引脚 36)	LRCK (QFN 引脚 27 或 TSSOP 引脚 31)
至 DAC 的 I2S 数据	BDX1 (BGA M13 或 PGE 引脚 74)	DIN (QFN 引脚 29 或 TSSOP 引脚 1)

表 2. 'C5416 和 TSC2100 I2S 硬件接口(接上表)

	主机处理器引脚名称	TSC2100 引脚名称
来自 ADC 的 I2S 数据	BDR1 (BGA M1 或 PGE 引脚 35)	DOUT (QFN 引脚 30 或 TSSOP 引脚 2)

在开发此接口时, 'VC5416 DSK 电路板上的硬件配置保留为默认设置。但是, 在 TSC2100 EVM 电路板上, 关闭了 SW1-3(SPI) 和 SW1-1 (I2S) 以便为 McBSP 的外部连接打开两个端口。

TSC 与 DSP 之间的这些连接如表 1 与表 2 所示, 在物理上是通过 DSK/TSC 适配卡建立的, 连接到 'C5416 DSK 电路板上的 80 针外部接口头 (P2), 并连接到 TSC2100 EVM 电路板上的两个外部 SPI (J12) 和 I2S (J11) 接口头。有关 DSK/TSC 适配卡的详细信息, 请通过下列电子邮件地址与 TI 联系:

dataconvapps@list.ti.com

3 SPI 接口

TSC2100 完全受寄存器控制。这些寄存器的读写由 SPI 主控制器 (本应用报告中称作 McBSP0) 通过 SPI 接口完成。注意 TSC 始终是 SPI 从控制器。

3.1 TSC2100 上的 SPI

图 1 显示了 TSC SPI 时序图, 图中数据在 \overline{SS} 信号变化 (变为低电平) 之后 SCLK 信号的第一个上升沿有效; MOSI 和 MISO 总线上的数据在 SCLK 的上升沿变化并在下降沿被读取和采样。因此, 数据在 SCLK 的下降沿附近必须保持稳定以确保 SPI 接口的可靠性。

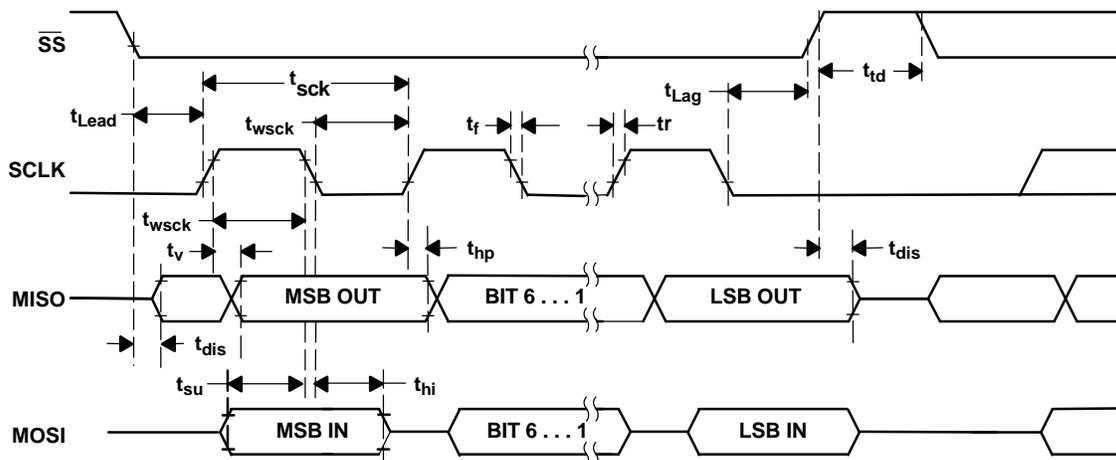


图 1. SPI 时序图

TSC2100 SPI 操作顺序如图 2 与图 3。图 2 阐述了写入 TSC 操作, 图中一个 16 位控制字后面跟随一个或多个 16 位数据块, 它们从主机处理器发送到 TSC (通过 MOSI 线路) 以便控制、设置和配置 TSC。图 3 显示了读取 TSC 操作, 图中一个 16 位命令字被写入 TSC (通过 MOSI 线路), 请求读取; TSC 的数据从帧内的第二个 16 位字开始输出并出现在 MISO 线路上。

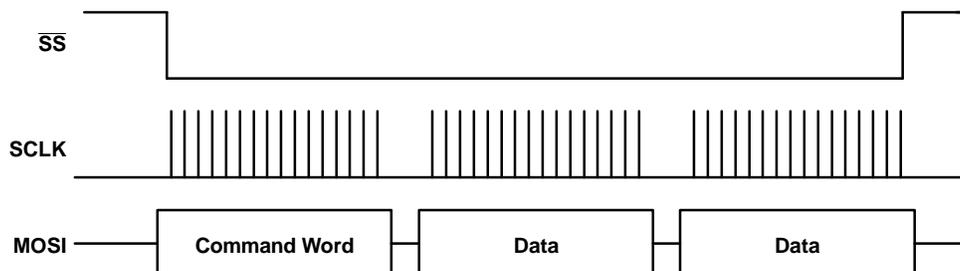


图 2. TSC2100 SPI 接口的写入操作

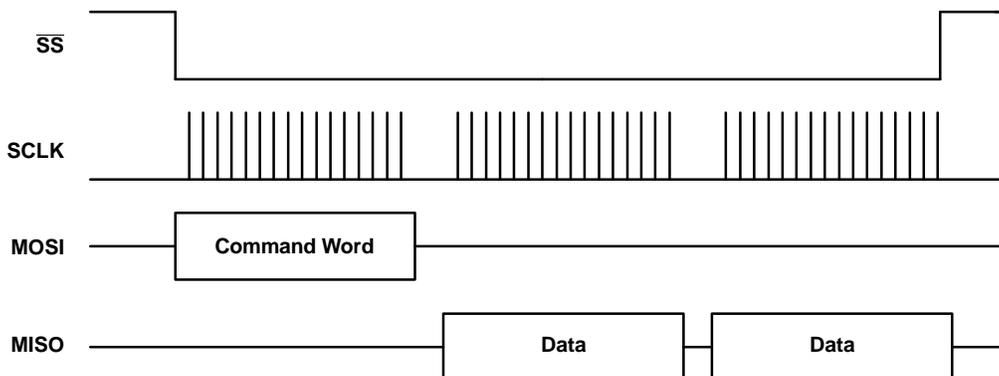


图 3. TSC2100 读取操作的操作顺序

有关 TSC2100 SPI 时序和操作的详细信息，请参阅参考资料 [1]。

3.2 McBSP 上的 SPI

通过对帧和时钟编程，有许多不同的方法配置 McBSP0，以便 McBSP0 可实现与 TSC2100 上的 SPI 的连接。本应用报告只讨论了一种方法，表 3 至表 5 进行了说明。表 3 列出了 McBSP0 初始化顺序和示例值；表 4 概述了 SPI 数据接收 (RX) 和发送 (TX) 顺序；表 5 提供了几个读取和写入操作的示例。

表 3. McBSP0 初始化

程序步骤	编程值	说明
1	SPCR1 = 0x0000 SPCR2 = 0x0000	停止并重置接收、发送、帧同步和采样频率发生器： • RRST = XRST = FRST = GRST = 0b
2	SPCR1 = 0x1000 SPCR2 = 0x0000	在时钟停止模式下设置采样频率发生器： • CLKSTP = 10b
3	PCR = 0x0A0C	将 McBSP 设置为主控制器以生成 \overline{SS} (FSX) 和 SCLK (CLKX)；并设置在 SCLK 的上升沿更改数据和在下降沿读取数据： • FSXM = CLKXM = FSXP = 1b • CLKXP = 0b
4	XCR1 = 0x00A0 XCR2 = 0x0001 RCR1 = 0x00A0 RCR2 = 0x0001	将接口设置为单相帧；以及具有 1 个 SCLK 延迟的 32 位长数据长度： • RFRLEN = XFRLEN = 000000b • RWDLEN = XWDLEN = 101b • RDATDLY = WDATDLY = 01b
5	SRGR2 = 0x2000 SRGR1 = 0x00C7	使用 CPU 时钟/200 设置采样频率发生器 • CLKSM = 1b, FSGM = 0b, CLKGDV=199
6	SPCR2 = SPCR2 0x0040	启用采样频率发生器 ($\overline{GRST} = 1$)
7	等待 (400 个 CPU 时钟)	至少等待 2 个 SCLK 以便采样频率发生器稳定

表 4. SPI 写入/读取顺序

程序步骤	编程值	说明
1	SPCR1 = SPCR1 0x0001 SPCR2 = SPCR2 0x0001	启用接收和发送
2	等待 (400 个 CPU 时钟)	至少等待 2 个 SCLK 以使之稳定
3	写入或读取操作 (表 5)	写入或读取帧。
4	继续写入或读取多个帧
5	等待 TX 寄存器为空 SPCR1 = SPCR1 & 0xFFFF SPCR2 = SPCR2 & 0xFFFF	禁用接收和发送 (如有需要)。

表 5. TSC 16 位数据写入/读取 SPI 操作

	编程值	说明
单个写入帧	<pre>While (! (SPCR2&0x0002)); DXR2 = (TSC command) DXR1 = (Data to Write)</pre>	<ul style="list-style-type: none"> 等待发送器就绪 (空) 将 16 位命令写入 McBSP0_DXR2 将 16 位数据写入 McBSP0_DXR1
单个读取帧	<pre>While (! (SPCR2&0x0002)); DXR2 = (TSC command) DXR1 = 0x0000 (dummy) While (! (SPCR1&0x0002)); Read_Data = DRR1</pre>	<ul style="list-style-type: none"> 等待发送器就绪 (空) 将 16 位命令写入 McBSP0_DXR2 将 16 位虚设数据写入 McBSP0_DXR1 等待接收器就绪 (满) 从 McBSP0_DRR1 读取 TSC 数据
写入多个帧 ⁽¹⁾	<pre>While (! (SPCR2&0x0002)); DXR1 = (TSC command) While (! (SPCR2&0x0002)); DXR1 = (Data to Write)</pre>	<ul style="list-style-type: none"> 等待发送器就绪 (空) 将 16 位命令写入 McBSP0_DXR1 等待发送器就绪 (空) 将 16 位数据写入 McBSP0_DXR1
	<pre>While (! (SPCR2&0x0002)); DXR1 = (Data to next addr)</pre>	<ul style="list-style-type: none"> 等待发送器就绪 (空) 将数据写入下一个地址
	...	<ul style="list-style-type: none"> 重复前面两行直到传输完所有数据。
读取多个帧 ⁽¹⁾	<pre>While (! (SPCR2&0x0002)); DXR1 = (TSC command)</pre>	<ul style="list-style-type: none"> 等待发送器就绪 (空) 将 16 位命令写入 McBSP0_DXR1
	<pre>While (! (SPCR2&0x0002)); DXR1 = 0x0000 (dummy) While (! (SPCR1&0x0002)); Read_Data = DRR1</pre>	<ul style="list-style-type: none"> 等待发送器就绪 (空) 将 16 位虚设数据写入 McBSP0_DXR1 等待接收器就绪 (满) 从 McBSP0_DRR1 读取 TSC 数据
	<pre>While (! (SPCR2&0x0002)); DXR1 = 0x0000 (dummy) While (! (SPCR1&0x0002)); Read_Data = DRR1</pre>	<ul style="list-style-type: none"> 等待发送器就绪 (空) 将 16 位虚设数据写入 McBSP0_DXR1 等待接收器就绪 (满) 读取下一个寻址数据
	...	<ul style="list-style-type: none"> 重复前面四行直到传输完所有数据。

⁽¹⁾ 对于多个 SPI 读取/写入, 可以通过向 dataconvapps@list.ti.com 发送电子邮件以获取 McBSP0 控制寄存器的设置。

图 4 显示测量的单个写入帧的 SPI 时序图。通道 1 是 SPI /SS 信号；通道 2 为 SCLK；通道 3 为 MOSI（其中命令为 1000h，数据为 0200h）；通道 4 为 MISO（对于写入 TSC，应忽略它）。

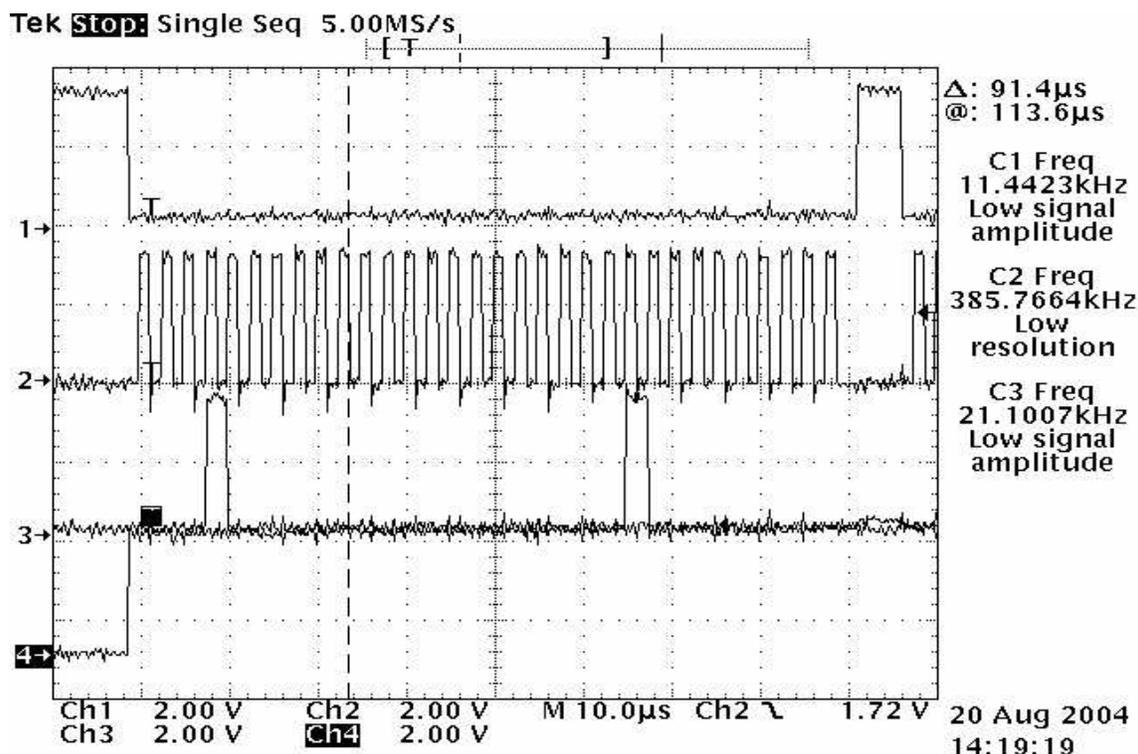


图 4. McBSP 和 TSC SPI 接口（写入）

4 I2S 接口

I2S 专为在处理器与数字设备之间传输数字音频数据而设计。大多数 TI 音频编解码器器件支持 I2S 接口。

4.1 TSC2100 上的 I2S

TSC2100 支持各种 4 线数字音频接口，包括 I2S、左调整、右调整和 DSP 模式。有关详细信息，请参阅参考资料 [1]。TSC2100 音频接口可以充当主控制器或从控制器。由于这些音频接口非常相似，本应用报告仅集中讨论 I2S 接口。

图 5 显示了 TSC2100 上的 I2S 时序图。注意 I2S 左/右通道选择 LRCK 在 I2S 位时钟 BCLK 的下降沿变化，编解码器的 ADC 数据 DOUT 和 DAC 数据 DIN 也在 BCLK 的下降沿更改且在上升沿被读取。因此，DOUT 和 DIN 必须在 BCLK 上升沿附近保持稳定。

图 6 显示了 I2S 数据接收和发送操作时序。I2S 数据在 LRCK 变化之后有一点延迟；图 6 中的数据长度 n 可以为 16、20、24 或 32 位

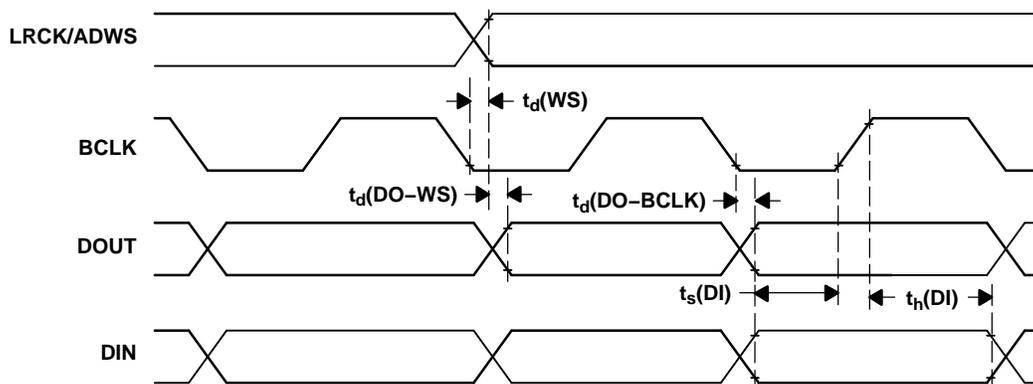


图 5. TSC2100 I2S 时序图

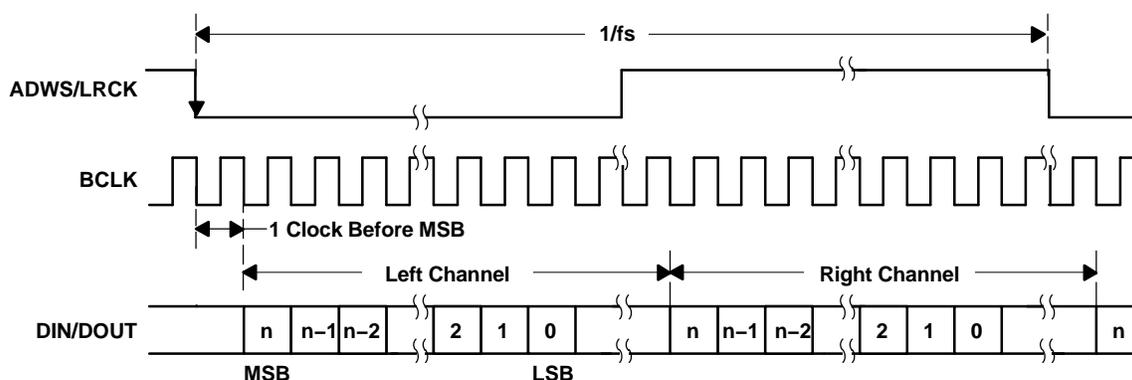


图 6. I2S 接口的操作

要使 TSC 以 I2S 模式运行并与 McBSP 协作，必须如前所述通过 SPI 接口设置 TSC 寄存器。TSC 寄存器设置特别基于操作模式和应用领域。在表 6 中提供了 TSC2100 设置的示例，表中 TSC2100 音频控制寄存器设置为以连续 I2S 模式运行的主控制器，使用 16 位字长和 44.1 kHz。有关使用 SPI 的详细信息，请参阅表 4 与表 5 所示的技术方面的更改。

表 6. 使用 SPI 编写 TSC2100 音频功能

程序步骤	编程值	说明
1	SPCR1 = SPCR1 0x0001 SPCR2 = SPCR2 0x0001	启用接收和发送
2	等待 (400 个 CPU 时钟)	至少等待 2 个 SCLK 以使之稳定
3	While (! (SPCR2&0x0002)); DXR2 = 0x10C0 DXR1=0x2800	编写 TSC2100 第 2 页 0x06 寄存器
4	While (! (SPCR2&0x0002)); DXR2 = 0x1360 DXR1 = 0x1120	编写 TSC2100 第 2 页 0x1B 寄存器
5	While (! (SPCR2&0x0002)); DXR2 = 0x10A0 DXR1 = 0x3800	编写 TSC2100 第 2 页 0x05 寄存器
6	While (! (SPCR2&0x0002)); DXR2 = 0x1020 DXR1 = 0x0000	编写 TSC2100 第 2 页 0x01 寄存器
7	While (! (SPCR2&0x0002)); DXR2 = 0x1040 DXR1 = 0x0000	编写 TSC2100 第 2 页 0x02 寄存器

表 6. 使用 SPI 编写 TSC2100 音频功能(接上表)

程序步骤	编程值	说明
8	While (!(SPCR2 & 0x0002)); DXR2 = 0x0000 DXR1 = 0x0000	写入伪帧以推迟来自 McBSP' 的 TX 缓冲器的所有数据
9	等待 TX 寄存器为空 SPCR1 = SPCR1 & 0xFFFE SPCR2 = SPCR2 & 0xFFFE	禁用接收和发送 (如有需要)。

4.2 McBSP 上的 I2S

表 7 与表 8 描述了如何使用 McBSP1 控制寄存器的设置, 对 McBSP1 编程以便实现与 I2S 器件 (本示例中为 TSC2100) 的连接。表 7 列出了 McBSP1 初始化顺序和示例值; 表 8 概述了在执行 ISR 或其它正常例程时, I2S 数据接收 (RX) 和发送 (TX) 顺序。与 I2S 总线交换音频流数据的最常用的方法是使用 DMA 控制器, 这需要在主机处理器上配置和设置 DMAC 寄存器。本应用报告未讨论 DMAC 设置和操作。

表 7. 用于 16 位音频流的 McBSP1 初始化

程序步骤	编程值		说明
	McBSP1 作为主控制器 ⁽¹⁾	McBSP1 作为从控制器 ⁽¹⁾	
1	SPCR1 = 0x0000 SPCR2 = 0x0000	SPCR1 = 0x0000 SPCR2 = 0x0000	停止并禁用接收、发送和采样频率发生器
2	SPCR1 = 0x4000 SPCR2 = 0x0020	SPCR1 = 0x4000 SPCR2 = 0x0020	设置为左调整和 RINT/XINT 中断触发模式
3	PCR = 0x0A03	PCR = 0x0003	使用正确的极性将 McBSP 设置为主或从控制器
4	XCR1 = 0x00A0 XCR2 = 0x0001 RCR1 = 0x00A0 RCR2 = 0x0001	XCR1 = 0x00A0 XCR2 = 0x0001 RCR1 = 0x00A0 RCR2 = 0x0001	将接口设置为单相帧; 以及具有 1 个 SCLK 延迟的 32 位长数据长度。
5	SRGR2 = 0x101F SRGR1 = 0x0F07	无	设置采样频率发生器 时钟源: CLKS (MCLK) CLKGDV = 7 (0x07) FWID = 15 (0x0F) FPER = 31 (0x01F)
6	SPCR2 = SPCR2 0x0040	无	启用采样频率发生器 (GRST = 1)
7	等待 (400 个 CPU 时钟)	无	至少等待 2 个 SCLK 使采样频率发生器稳定
8	SPCR1 = SPCR1 0x0001 SPCR2 = SPCR2 0x0001	SPCR1 = SPCR1 0x0001 SPCR2 = SPCR2 0x0001	启用接收和发送
9	等待 (400 个 CPU 时钟)	等待 (400 个 CPU 时钟)	至少等待 2 个 SCLK 以使之稳定

⁽¹⁾ 当 TSC2100 为 I2S 主控制器时, McBSP1 应作为从控制器运行, 如表 6 中所示。

为了通过使用 ISR 从 TSC2100 读取音频数据或将音频数据写入 TSC2100, 需设置并启用 McBSP1 发送中断向量 (XINT), 且在发生 XINT 事件时调用 ISR (即, 当发生新的帧同步时, 发生 XINT 事件)。表 8 提供 ISR 编程顺序, 图 7 显示实施的结果, 其中通道 1 至 4 分别为 BCLK、LRCK、DIN 和 DOUT。

表 8. XINT ISR 处的 SPI 写入/读取顺序

程序步骤	编程值	说明
1	While (!(SPCR2 & 0x0002));	等待发送器就绪 (空)
2	DXR2 = Left Audio Data DXR1 = Right Audio Data While (!(SPCR1 & 0x0002)); AudioData = DRR1	通过 I2S 写入/读取立体声/2 通道数据
3	IFR = 0x0800	重置 BXINT1 中断

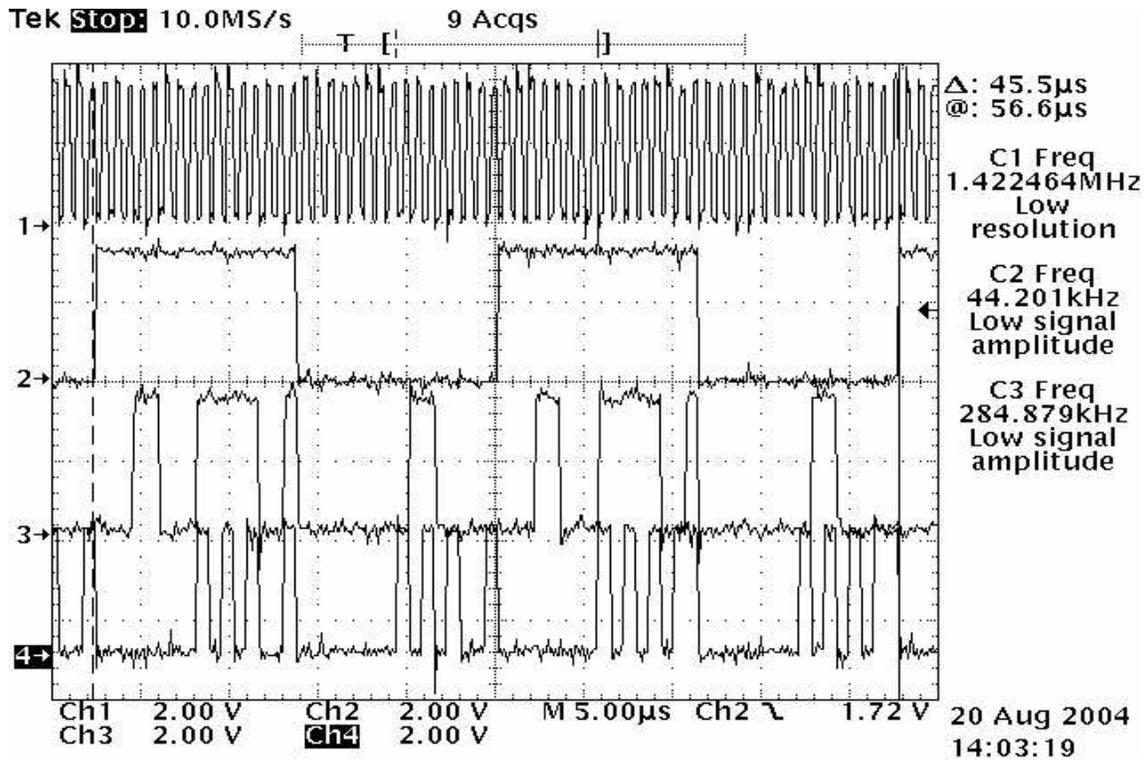


图 7. McBSP 和 TSC I2S 接口

5 总结

本应用报告讨论了用于 McBSP 与 TSC2100 控制和数据寄存器通信的 SPI 接口的设计和开发，以及用于 McBSP/TSC2100 音频数据流的 I2S 接口。要获得相应的代码，请发送电子邮件至：

dataconvapps@list.ti.com

6 参考书籍

1. TSC2100, 集成了立体声音频编解码器和耳机/扬声器放大器的可编程触摸屏控制器数据表 ([SLAS378](#))
2. TSC2100 EVM, 触摸屏控制器仿真模块用户指南 ([SLAU100](#))
3. TMS320VC5416 定点数字信号处理器产品手册 ([SPRS095](#))
4. TMS320C54x DSP 参考丛书, 第 5 卷: 增强外设 ([SPRU302](#))
5. TMS320VC5416 DSK, 技术参考, 数字频谱

重要声明

德州仪器 (TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合 TI 标准保修的适用规范。仅在 TI 保修的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的数据手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售 TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关 TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

可访问以下 URL 地址以获取有关其它 TI 产品和应用解决方案的信息:

产品

放大器	http://www.ti.com.cn/amplifiers
数据转换器	http://www.ti.com.cn/dataconverters
DSP	http://www.ti.com.cn/dsp
接口	http://www.ti.com.cn/interface
逻辑	http://www.ti.com.cn/logic
电源管理	http://www.ti.com.cn/power
微控制器	http://www.ti.com.cn/microcontrollers

应用

音频	http://www.ti.com.cn/audio
汽车	http://www.ti.com.cn/automotive
宽带	http://www.ti.com.cn/broadband
数字控制	http://www.ti.com.cn/control
光纤网络	http://www.ti.com.cn/optical network
安全	http://www.ti.com.cn/security
电话	http://www.ti.com.cn/telecom
视频与成像	http://www.ti.com.cn/video
无线	http://www.ti.com.cn/wireless

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated