

VS1003-MP3/WMA 音频解码器

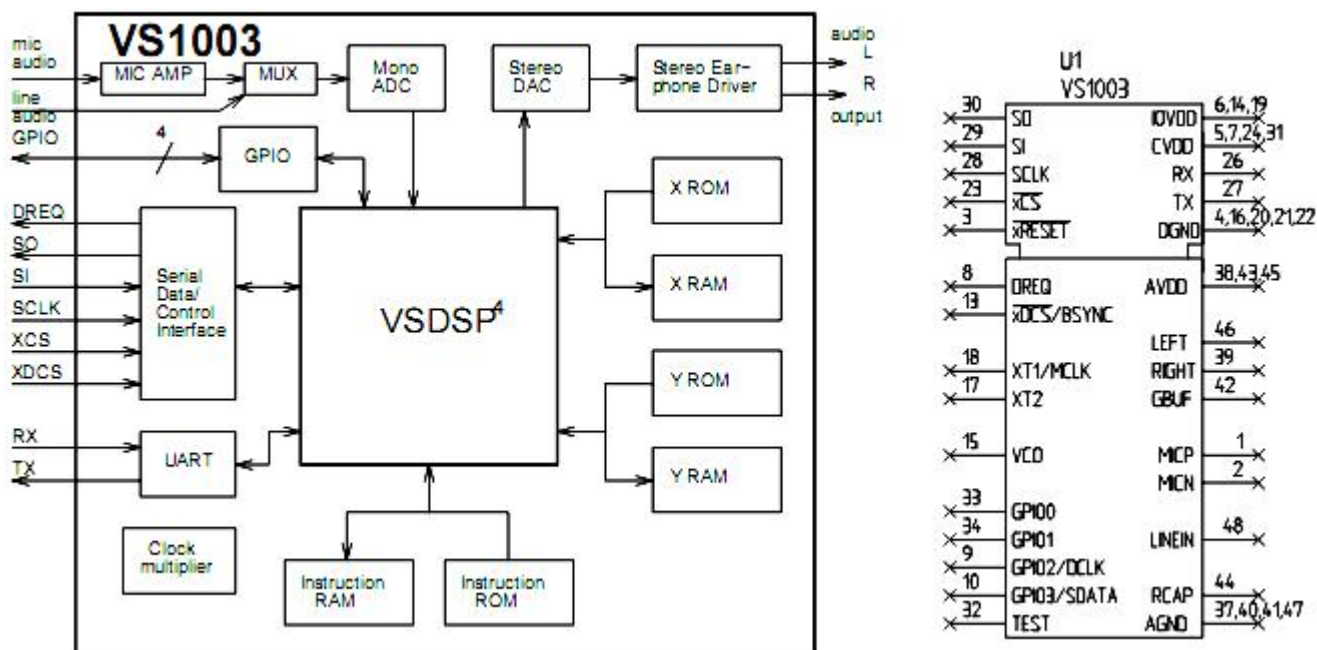
VS1003 DataSheet 翻译版

VS1003 特性:

- 能解码 MPEG 1 和 MPEG2 音频 层 III (CBR+VBR+ABR); WMA 4.0/4.1/7/8/9 5-384kbps 所有流文件; WAV(PCM+IMA AD-PCM);产生 MIDI/SP-MIDI 文件。
- 对话筒输入或线路输入的音频信号进行 IMA ADPCM 编码
- 支持 MP3 和 WAV 流
- 高低音控制
- 单时钟操作 12..13MHz
- 内部 PLL 锁相环时钟倍频器
- 低功耗
- 内含高性能片上立体声数模转换器, 两声道间无相位差
- 内含能驱动 30 欧负载的耳机驱动器
- 模拟, 数字, I/O 单独供电
- 为用户代码和数据准备的 5.5KB 片上 RAM
- 串行的控制, 数据接口
- 可被用作微处理器的从机
- 特殊应用的 SPI Flash 引导
- 供调试用途的 UART 接口
- 新功能可以通过软件和 4 GPIO 添加

VS1003 概述:

- VS1003 是一个单片 MP3/WMA/MIDI 音频解码器和 ADPCM 编码器。它包含一个高性能, 自主知识产权的低功耗 DSP 处理器核 VS_DSP⁴, 工作数据存储器, 为用户应用提供 5KB 的指令 RAM 和 0.5KB 的数据 RAM。串行的控制和数据接口, 4 个常规用途的 I/O 口, 一个 UART, 也有一个高品质可变采样率的 ADC 和立体声 DAC, 还有一个耳机放大器和地线缓冲器。
- VS1003 通过一个串行接口来接收输入的比特流, 它可以作为一个系统的从机。输入的比特流被解码, 然后通过一个数字音量控制器到达一个 18 位过采样多位 $\epsilon - \Delta$ DAC。通过串行总线控制解码器。除了基本的解码, 在用户 RAM 中它还可以做其他特殊应用, 例如 DSP 音效处理。



4. 1 参数容许最大范围

| 参数 | 符号 | 最小 | 最大 | 单位 |
|-----------|-------|------|------------------------|----|
| 模拟正电源 | AVDD | -0.3 | 3.6 | V |
| 数字正电源 | CVDD | -0.3 | 2.7 | V |
| I/O 正电源 | IOVDD | -0.3 | 3.6 | V |
| 所有数字口输出电流 | | | ±50 | mA |
| 所有数字口输入电压 | | -0.3 | IOVDD+0.3 ¹ | V |
| 操作温度 | | -40 | +85 | °C |
| 存储温度 | | -60 | +150 | °C |

¹ 不能超过 3.6

4. 2 建议操作环境

| 参数 | 符号 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------|-----------|-----------|--------|-------------------|-----|
| 环境温度 | | -25 | | +70 | °C |
| 模拟和数字地 ¹ | AGND DGND | | 0.0 | | V |
| 模拟正电源 | AVDD | 2.6 | 2.8 | 3.6 | V |
| 数字正电源 | CVDD | 2.4 | 2.5 | 2.7 | V |
| I/O 正电源 | IOVDD | CVDD-0.6V | 2.8 | 3.6 | V |
| 输入时钟频率 ² | XTAL1 | 12 | 12.288 | 13 | MHz |
| 内部时钟频率 | CLKI | 12 | 36.864 | 50.0 ⁴ | MHz |
| 内部时钟倍频数 ³ | | 1.0x | 3.0x | 4.0x | |
| 主机时钟占空比 | | 40 | 50 | 60 | % |

¹ 必须相互连接并尽量靠近 VS1003 以避免锁存上拉

² 最大的采样率 XTAL1/256,决定了能以正确的速度播放的音频采样率。因此,为了能播放 48KHz 采样率的音频, XTAL1 至少为 12.288MHz 才能获得正确的播放速度。

³ 复位值为 1.0x, 复位后设置为 3.0x 和允许在 WMA 回放的过程中 1.0x 增加。

⁴ 在容许的 CVDD 电压范围内, 最大的时钟频率是 50.0MHz(4x12.288MHz 或 3.5x13.0MHz)。

4. 3 模拟指标

测试条件: AVDD=2.5..3.6V, CVDD=2.4..2.7V, IOVDD=CVDD-0.6V..3.6V, TA=-40..+85°C, XTAL1=12. .13MHz 内部时钟倍频数 3.5x, DAC 尝试输出 1307.894Hz 完整的正弦波, 测量带宽 20Hz. .20KHz, 模拟输出负载: 左声道到地 30 欧, 右声道到地 30 欧。麦克风测试幅度 50mVpp, 频率 1KHz。线路输入测试幅度 1.1V, 频率 1KHz

| 参数 | 符号 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------|------|------|------------------|------------------|---------|
| DAC 位宽 | | | 18 | | bits |
| 总谐波失真 | THD | | 0.1 | 0.3 | % |
| 动态范围 (DAC 非静音) | IDR | | 90 | | dB |
| 信噪比 (完整信号) | SNR | 70 | | | dB |
| 通道隔离度 (串音) | | 50 | 75 | | dB |
| 通道隔离度 (共地串音) | | | 40 | | dB |
| 通道失配增益 | | -0.5 | | 0.5 | dB |
| 频率响应 | | -0.1 | | 0.1 | dB |
| 完整信号输出电压幅度 峰峰值 | | 1.3 | 1.5 ¹ | 1.7 | Vpp |
| 线性相位偏离度 | | | | 5 | Deg 度 |
| 模拟输出负载电阻 | AOLR | 16 | 30 ² | | 欧 |
| 模拟输出负载电容 | | | | 100 | pF |
| 麦克风输入放大器增益 | MICG | | 26 | | dB |
| 麦克风输入幅度 | | | 50 | 140 ³ | mVpp AC |

| | | | | | |
|------------|------|----|------|-------------------|---------|
| 麦克风总谐波失真 | MTHD | | 0.02 | 0.10 | % |
| 麦克风信噪比 | MSNR | 50 | 62 | | dB |
| 线路输入幅度 | | | 2200 | 2800 ³ | mVpp AC |
| 线路输入总谐波失真 | LTHD | | 0.06 | 0.10 | % |
| 线路输入信噪比 | LSNR | 60 | 68 | | dB |
| 线路和麦克风输入阻抗 | | | 100 | | 千欧 |

典型值是从 5000 个器件测试中获取的

¹ +到+间的电压音声音不同会达到 3.0 V

² 模拟输出负载可以变低，但低于典型值时，失真度将会增大

³ 超过典型值的幅度将会引起谐波失真增大

4. 4 功耗

采用 MPEG 1.0 Layer-3 128Kbps 采样率产生正弦波来测试，满度输出音量，XTALI 为 12.288MHz。内部时钟倍频为 3.0x，CVCC=2.5V,AVDD=2.8V.

| 参数 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------------|-----|------|------|----|
| 电源消耗 AVDD,复位状态 | | 0.6 | 5.0 | uA |
| 电源消耗 CVDD,复位状态 | | 3.7 | 50.0 | uA |
| 电源消耗 AVDD,正弦波测试, 30 欧到地负载 | | 36.9 | | mA |
| 电源消耗 CVDD, 正弦波测试 | | 12.4 | | mA |
| 电源消耗 AVDD, 空载 | | 7.0 | | mA |
| 电源消耗 AVDD, 输出负载 30 欧 | | 10.9 | | mA |
| 电源消耗 AVDD, 30 欧到地负载 | | 16.1 | | mA |
| 电源消耗 CVDD | | 17.5 | | mA |

4. 5 数字指标

| 参数 | 符号 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------|----|-----------|-----|------------------------|-----|
| 高电平输入电压 | | 0.7xIOVDD | | IOVDD+0.3 ¹ | V |
| 低电平输入电压 | | -0.2 | | 0.3xIOVDD | V |
| 高电平输出电压 在 Io=-2.0mA | | 0.7xIDVDD | | | V |
| 低电平输出电压 在 Io= 2.0mA | | | | 0.3xIOVDD | |
| 输入漏电流 | | -1.0 | | 1.0 | uA |
| SPI 接口输入时钟频率 | | | | CLKI/6 | MHz |
| 所有输出管脚上升时间 负载电容=50pF | | | | 50 | nS |

¹ 必须不能超过 3.6V

² 是在 SCI 读操作时，在 SCI 和 SDI 写操作时允许至 CLKI/4

4. 6 转换指标—引导初始化

| 参数 | 符号 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|--------------------|----|-------|--------------------|-------|
| XRESET 外部复位有效时间 | | 2 | | XTALI |
| XRESET 外部复位无效到软件就绪 | | 16600 | 50000 ¹ | XTALI |
| 上电复位，上升至 CVDD 时间 | | 10 | | V/s |

¹ 当初始化完成后 DREQ 电平上升，在此之前不能发送任何数据或命令

5 封装

5. 1. 1 LQFP-48

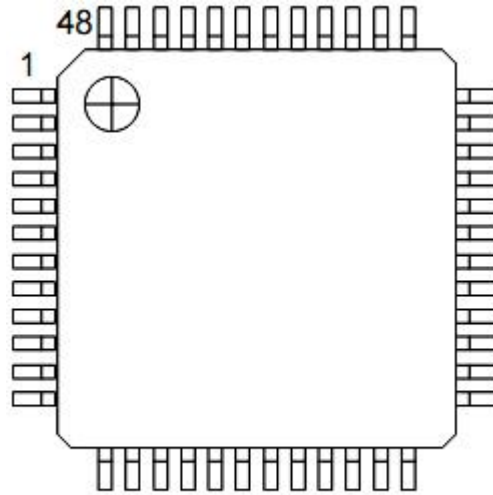


Figure 1: Pin Configuration, LQFP-48.

5. 1. 2 BGA-49

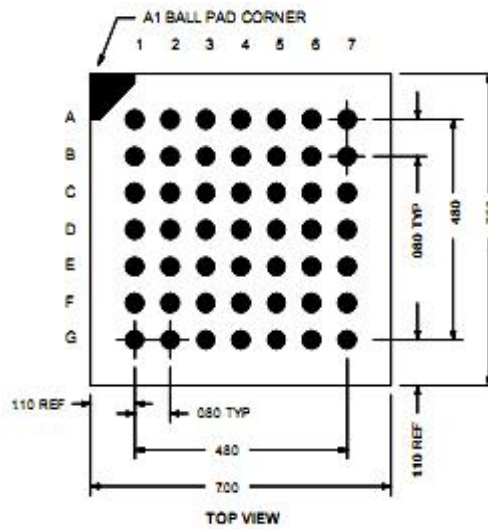


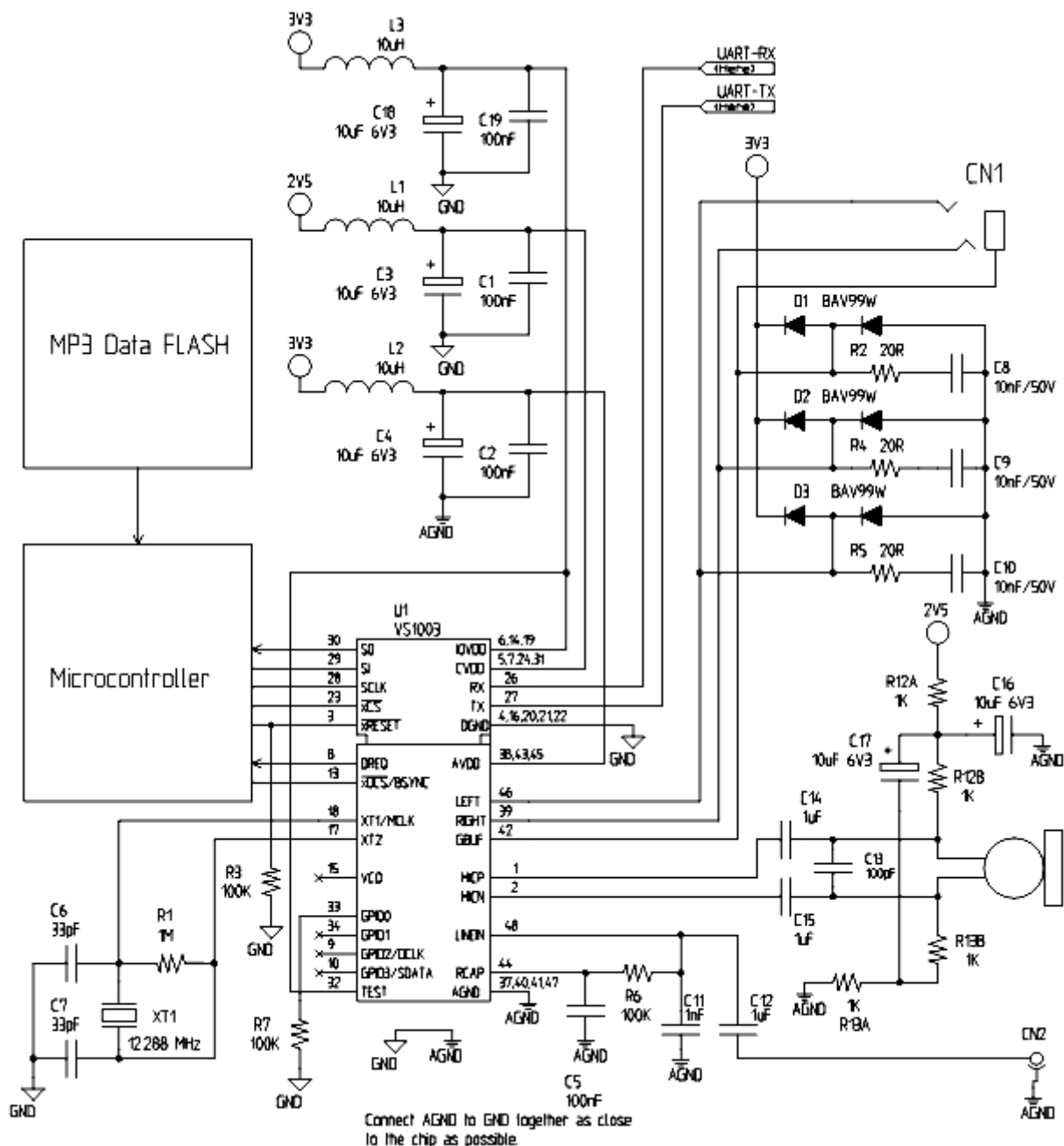
Figure 2: Pin Configuration, BGA-49.

5. 2 LQFP-48 和 BGA-49 封装的管脚分配

| 管脚名称 | LQFP-48 | BGA-49Ball | 管脚类型 | 管脚功能 |
|--------------------------|---------|------------|-------|--|
| MICP | 1 | C3 | AI | 同相差分话筒输入，自偏压 |
| MICN | 2 | C2 | AI | 反相差分话筒输入，自偏压 |
| XRESET | 3 | B1 | DI | 低电平有效，异步复位端 |
| DGND0 | 4 | D2 | DGND | 处理器核与 I/O 地 |
| CVDD0 | 5 | C1 | CPWR | 处理器核 电源 |
| IOVDD0 | 6 | D3 | IOPWR | I/O 电源 |
| CVDD1 | 7 | D1 | CPEW | 处理器核 电源 |
| DREQ | 8 | E2 | DO | 数据请求，输入总线 |
| GPIO2/DCLK ¹ | 9 | E1 | DIO | 通用 I/O2 / 串行数据总线时钟 |
| GPIO3/SDATA ¹ | 10 | F2 | DIO | 通用 I/O3 / 串行数据总线数据 |
| XDCS/BSYNC ¹ | 13 | E3 | DI | 数据片选端/字节同步 |
| IOVDD1 | 14 | F3 | IOPWR | I/O 电源 |
| VCO | 15 | G2 | DO | 时钟压控振荡器 VCO 输出 |
| DGND1 | 16 | F4 | DGND | 处理器核与 I/O 的地 |
| XTALO | 17 | G3 | AO | 晶振输出 |
| XTALI | 18 | E4 | AI | 晶振输入 |
| IOVDD2 | 19 | G4 | IOPWR | I/O 电源 |
| IOVDD3 | | F5 | IOPWR | I/O 电源 |
| DGND2 | 20 | | DGND | 处理器核与 I/O 地 |
| DGND3 | 21 | G5 | DGND | 处理器核与 I/O 地 |
| DGND4 | 22 | F6 | DGND | 处理器核与 I/O 地 |
| XCS | 23 | G6 | DI | 片选输入，低电平有效 |
| CVDD2 | 24 | G7 | CPWR | 处理器核电源 |
| RX | 26 | E6 | DI | UART 接收口，不用时接 IOVDD |
| TX | 27 | F7 | DO | UART 发送口 |
| SCLK | 28 | D6 | DI | 串行总线的时钟 |
| SI | 29 | E7 | DI | 串行输入 |
| SO | 30 | D5 | DO3 | 串行输出 |
| CVDD3 | 31 | D7 | CPWR | 处理器核电源 |
| TEST | 32 | C6 | DI | 保留做测试，连接至 IOVDD |
| GPIO0/SPIBOOT | 33 | C7 | DIO | 通用 I/O0 /SPIBOOT,使用 100K 下拉电阻 ² |
| GPIO1 | 34 | B6 | DIO | 通用 I/O1 |
| AGND0 | 37 | C5 | APWR | 模拟地，低噪声参考地 |
| AVDD0 | 38 | B5 | APWR | 模拟电源 |
| RIGHT | 39 | A6 | AO | 右声道输出 |
| AGND1 | 40 | B4 | APWR | 模拟地 |
| AGND2 | 41 | A5 | APWR | 模拟地 |
| GBUF | 42 | C4 | AO | 公共地缓冲器 |
| AVDD1 | 43 | A4 | APWR | 模拟电源 |
| RCAP | 44 | B3 | AIO | 基准滤波电容 |
| AVDD2 | 45 | A3 | APWR | 模拟电源 |
| LEFT | 46 | B2 | AO | 左声道输出 |
| AGND3 | 47 | A2 | APWR | 模拟地 |
| LINE IN | 48 | A1 | AI | 线路输入 |

¹ 管脚第一功能在新模式有效，后面的功能在兼容模式有效。

² 除非下拉电阻被使用，SPIBOOT 是可靠的



使用 LQFP-48 封装时的典型连接电路

地缓冲器 GBUF 可以用做耳机的公共电压 (1.24V)，这样，音频输出就不需要大容量的隔离电容，而是直接从 VS1003 连接至耳机连接器。

如果不使用 GBUF，左右声道输出必须增加 100uF 的隔直电容。

如果不使用 UART，RX 必须接 IOVDD，TX 必须悬空。

不允许在 XTALO 端挂接任何负载

注意：这种连接是假定 SM_SDINNEW 有效情况下，如果 SM_SDISHARE 也被使用的话 xDCS 不需要被连接

7 SPI 总线

7.1 概要

SPI 总线，最初被用在一些 Motorola 器件上-也被应用于 VS1003 的串行数据接口 SDI 和串行控制接口 SCI

7.2 SPI 管脚定义

7. 2. 1 VS1002 Native Modes (New Mode)

VS1002 有效模式（新模式）对于 VS1003,当 SM_SDINEW 被置 1 时，该模式被有效（启动时默认）GPIO2,GPIO3,XDCS 分别替换 DCLK,SDATA 和 BSYNC。

| SDI 管脚 | SCI 管脚 | 描述 |
|--------|--------|---|
| XDCS | XCS | 低电平有效片选输入，高电平强制使串行接口进入 standby 模式，结束当前操作。高电平也强制使串行输出 SO 变成高阻态。如果 SM_SDISHARE 为 1，不使用 XDCS，但是此信号在 XCS 中产生。 |
| SCK | | 串行时钟输入。串行时钟也使用内部的寄存器接口主时钟。SCK 可以被门控或是连续的。对任一情况，在 XCS 变为低电平后，SCK 上的第一个上升沿标志着第一位数据被写入。 |
| SI | | 串行输入，如果片选有效，SI 就在 SCK 的上升沿处采样。 |
| - | SO | 串行输出，在读操作时，数据在 SCK 的下降沿处从此脚移出，在写操作时为高阻态。 |

7. 2 VS1001 兼容模式

当 SM_SDINEW 被置 0 时，该模式有效。在此模式中，DCLK,SDATA.BSYNC 有效

| SDI 管脚 | SCI 管脚 | 描述 |
|--------|--------|--|
| - | XCS | 低电平有效片选输入，高电平强制使串行接口进入 standby 模式，结束当前操作。高电平也强制使串行输出 SO 变成高阻态。 |
| BSYNC | - | SDI 数据与 BSYNC 的上升沿同步 |
| DCLK | SCK | 串行时钟输入。串行时钟也使用内部的寄存器接口主时钟。SCK 可以被门控或是连续的。对任一情况，在 XCS 变为低电平后，SCK 上的第一个上升沿标志着第一位数据被写入。 |
| SDATA | SI | 串行输入。如果 XCS 为 0，SI 在 SCK 的上升沿上采样。 |
| - | SO | 串行输出，在读操作时，数据在 SCK 的下降沿处从此脚移出，在写操作时为高阻态。 |

7. 3 数据请求脚 DREQ

DREQ 脚，在 VS1003 的 FIFO 在能够接受数据的时候输出高电平。此时，VS1003 可获取至少 32Byte 的 SDI 数据或一个 SCI 命令。遵循这个标准，当 DREQ 变低时，发送器必须停止发送新的数据。

因为有 32Byte 的保险区域（数据缓冲区），当检测到 DREQ 信号时，发送器（MCU）须发送 32Byte 的 SDI 数据。

易于和慢速的微控制器接口。

注意：VS10xx 系列产品直到 VS1002，DREQ 信号仅在 SDI 传送中使用。在 VS1003 中，DREQ 信号也被使用于告知 SCI 的状态。

7. 4 SDI 串行数据协议

7. 4. 1 概述

该串行接口作为从机模式操作，所以 DCLK 信号必须由外部电路产生。数据（SDATA 信号）被 DCLK 的上沿或下沿时钟化。

假设 VS1003 输入的字节数据是同步的。SDI 传送可由 SCI_MODE 的内容决定是高位在前或低位在前。

7. 4. 2 VS1002 SM_NEWMODE 自身模式（新模式）中的 SDI

在 VS1002 自身模式中（SM_NEWMODE 被置 1），通过 XDCS 完成字节同步。在一字节数据的传送过程中，XDCS 的状态不会改变。即使在 VS1003 的板上可能有干扰，也需要保持数据的同步，。

如果 SM_SDISHARE 为 1，XDCS 信号将在内部由 XCS 输入转化（共享同一端口）在新设计中，推荐使用 VS1002 自身模式

7. 4. 3 VS1001 兼容模式下 SDI 传送

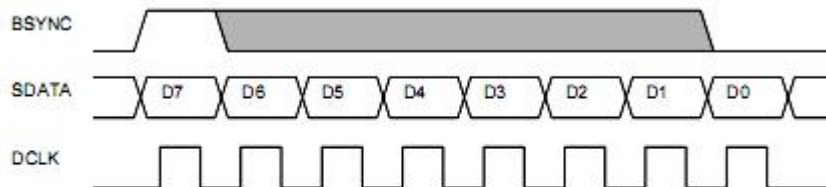


Figure 4: BSYNC Signal - one byte transfer.

BSYNC 字节同步信号-单字节传送

当 VS1003 运行在 VS1001 兼容模式下，BSYNC 信号用于保证输入比特流的字节对齐，在 BSYNC 高电平期，当 DCLK 第一个采样沿（上升沿或下降沿，取决于极性的选择）到来时，标志着一字节的第一位（LSB,当使用低位在前顺序时；MSB，当使用高位在前顺序时）。若 BSYNC 为 1，当接收完最后一位，接收器仍然保持有效并继续接收后续的 8bit 数据。

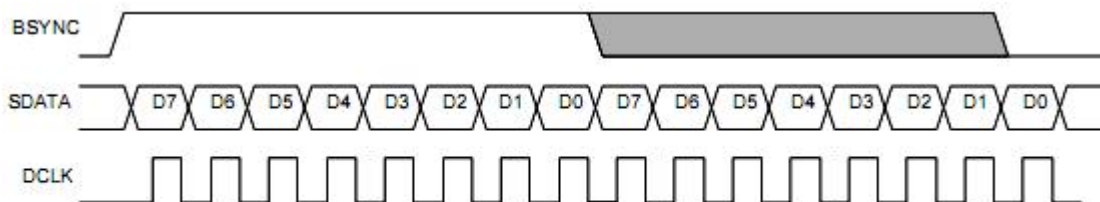


Figure 5: BSYNC Signal - two byte transfer.

7. 4. 4 被动 SDI 模式

如果 SM_NEWMODE 被置 0 且 SM_SDISHARE 被置 1，操作与 VS1001 兼容模式相似，但仅在 BSYNC 信号为 1 的时候接受数据。BSYNC 的上升沿仍然作为同步信号。

7. 5 SCI 串行命令接口协议

7. 5. 1 概述

SCI 串行总线命令接口协议包含了一个指令字节，一个地址字节和一个 16 位的数据字。读写操作可以读写单个寄存器。在上升沿读出数据位。所以拥护必须在下降沿刷新数据。字节数据总是以高位在前发送。

操作被一个 8 位的指令字节（Instruction opcode）所确定。支持的读写指令如下：

| Instruction | | |
|-------------|-------------|------------|
| Name | Opcode | Operation |
| READ | 0b0000 0011 | Read data |
| WRITE | 0b0000 0010 | Write data |

注意：在每次 SCI 操作后，DREQ 线被置 0。VS1003 靠此期间操作。不允许在 DREQ 变为 1 之前开始新的 SCI/SDI 操作。

7. 5. 2 SCI 读

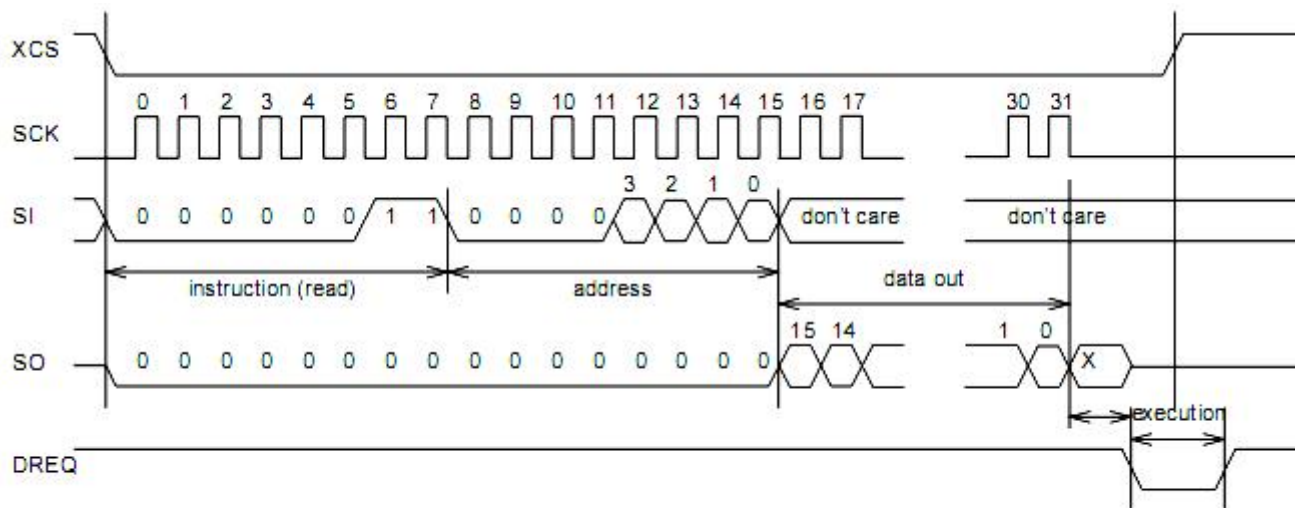


Figure 6: SCI Word Read

VS1003 的寄存器用下列顺序读出，如上图 Figure 6。首先将 XCS 片选拉低以选择芯片，再通过 SI 线发送 8 位的读操作码（READ opcode 0x03）和 8 位的地址。在地址被 VS1003 芯片读入后，SI 上的数据将被忽略。相应地址的 16 位数据将从 SO 线移出。

当数据全被移出后 XCS 需拉高

芯片在读操作时，DREQ 将被拉低一个短暂的时间。此时间及其短暂，不会引起用户的注意。

7. 5. 3 SCI 写

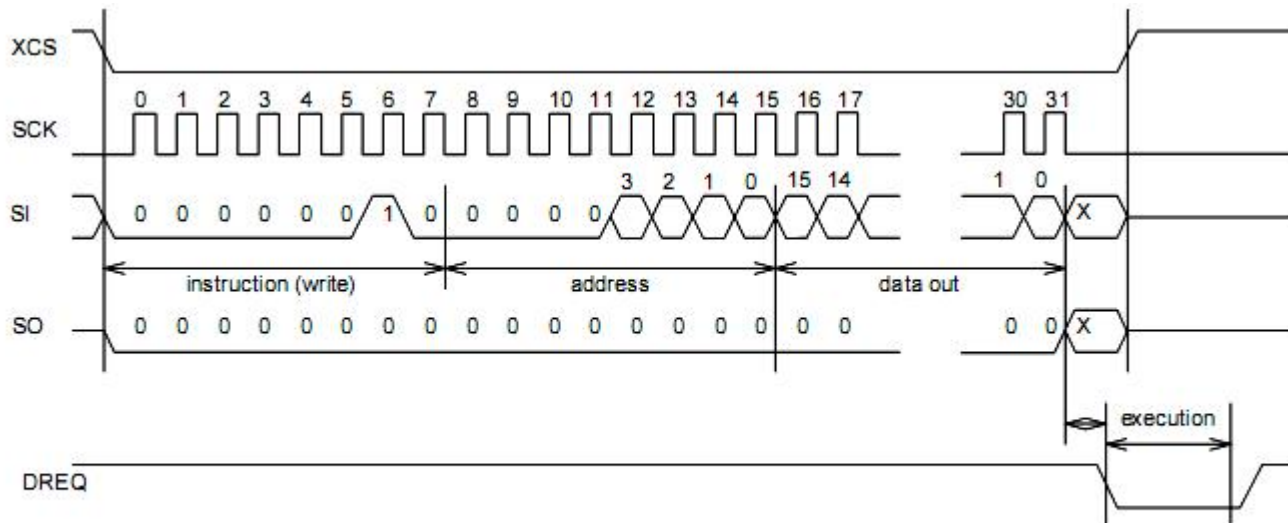


Figure 7: SCI Word Write

VS1003 的寄存器须按以下的顺序写入，见图 Figure 7。首先将 XCS 片选拉低以选择芯片，再通过 SI 线发送 8 位的读操作码（WRITE opcode 0x02）和 8 位的地址。随即发送 16 位的数据字。

当最后一位被移入且最后的时钟已发送，必须将 XCS 拉高以完成写操作。

当发送完最后一位，DREQ 被拉低，再此期间完成寄存器的刷新，用 execution（执行）标记。这个时间是可变的，取决于寄存器及寄存器的内容（详见 8.6），如果这个时间的最大值比微控制器发送下一个 SCI 命令或 SDI 数据的时间长，就不允许在 DREQ 再次变高之前完成一次新的 SCI/SDI 操作。

7.6 SPI 时序

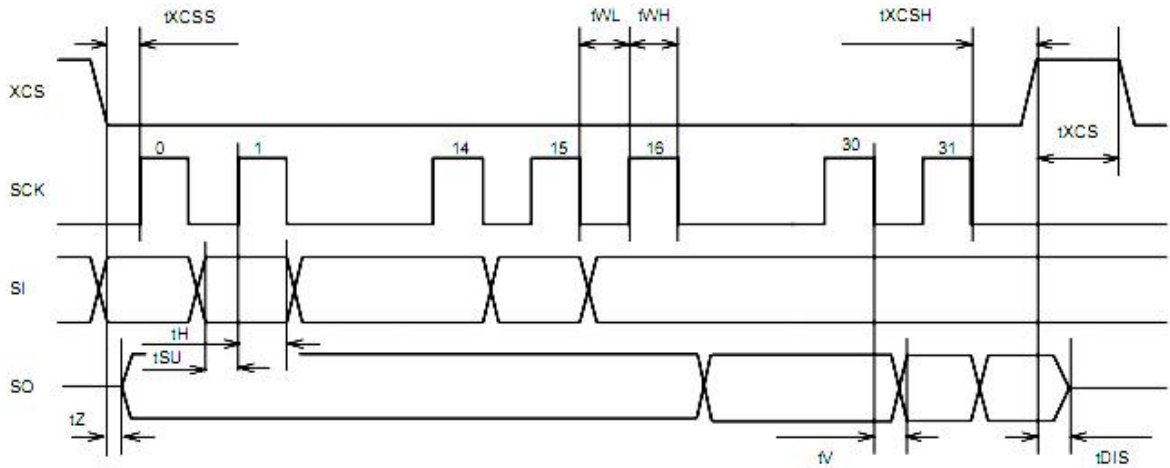


Figure 8: SPI Timing Diagram.

| Symbol | Min | Max | Unit |
|--------|-----|--------------------------|-------------|
| tXCSS | 5 | | ns |
| tSU | -26 | | ns |
| tH | 2 | | CLKI cycles |
| tZ | 0 | | ns |
| tWL | 2 | | CLKI cycles |
| tWH | 2 | | CLKI cycles |
| tV | | 2 (+ 25ns ¹) | CLKI cycles |
| tXCSH | -26 | | ns |
| tXCS | 2 | | CLKI cycles |
| tDIS | | 10 | ns |

¹ 25ns 是在负载电容 100pF 情况下，若电容减小，则此时间变短

注意：对于 tWL 和 tWH，tH 也需要至少 2 时钟周期，SPI 总线的速度可轻松的达到 VS1003 CLKI 内部时钟频率的 1/6。稍高的速度需要细致地调整时序，详见 VS10xx 应用笔记。

注意：负数表示此信号在图中的顺序可以改变

7.7 两个 SCI 写操作

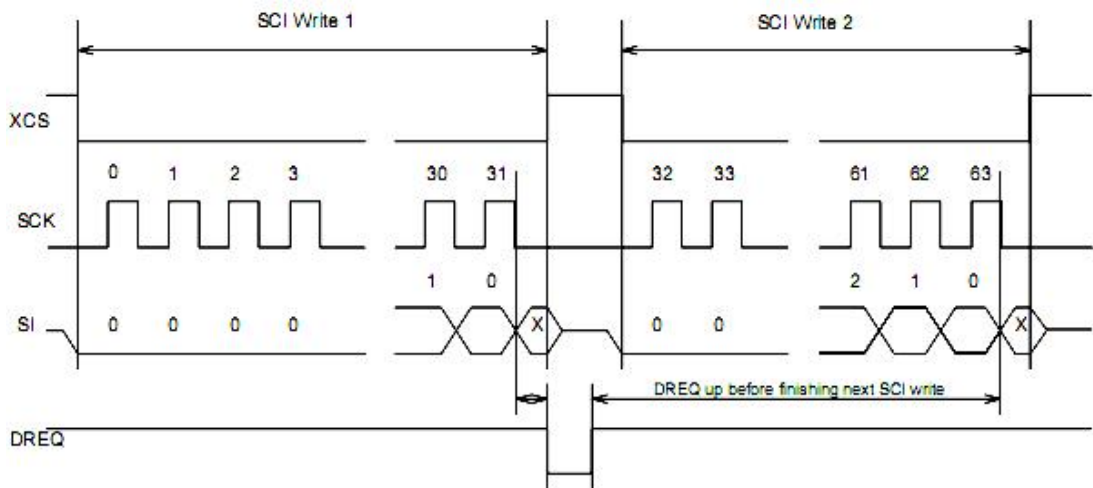


Figure 9: Two SCI Operations.

Figure9 图示了两个连续的 SCI 操作，注意在两个写操作间的无效状态，xCS 线必须拉高。DREQ 线也须注意！

7. 7. 2 两个 SDI 字节

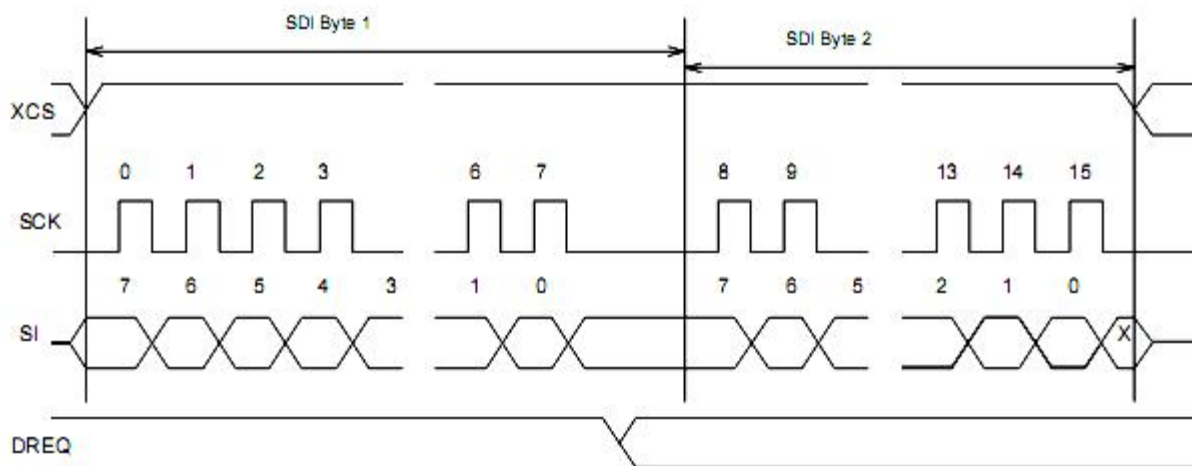


Figure 10: Two SDI Bytes.

如图 Figure 10 示，是用 xCS 线上的上升沿来使 SDI 数据同步。即便如此，不是每个字节都需要分开来同步。

7. 7. 3 两个 SDI 字节间的 SCI 操作

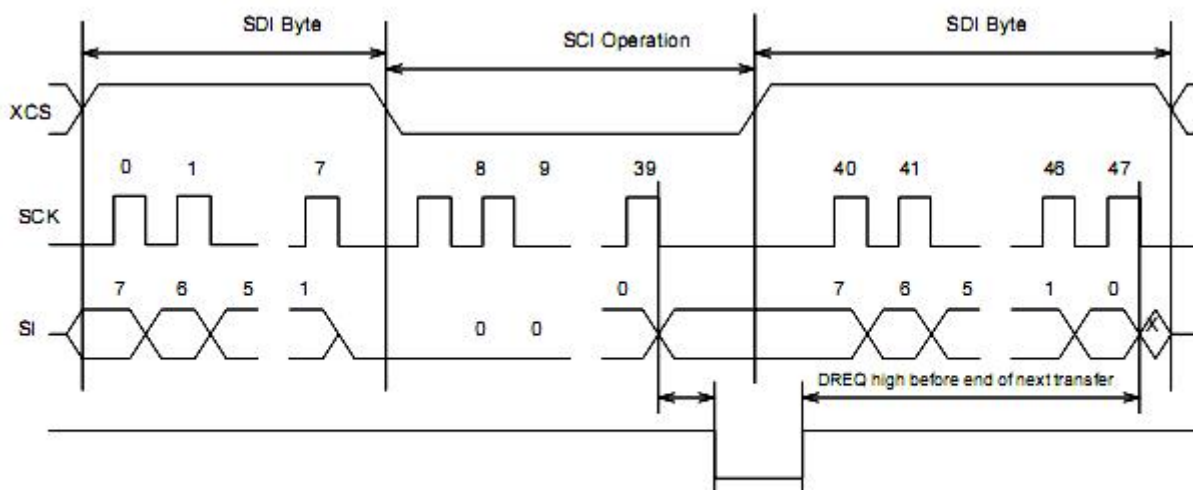


Figure 11: Two SDI Bytes Separated By an SCI Operation.

图 Figure11 描述了如何将一个 SCI 操作嵌入到两个 SDI 操作之间。xCS 的沿被同时用做 SDI 和 SCI 的同步。记得注意 DREQ 线。

8 功能描述

8. 1 主要特性

VS1003 是基于自主的数字信号处理器 VS_DSP。它包含了针对 MP3, WMA 和 WAV PCM+ADPCM 音频解码所必须的全部代码和数据, MIDI 合成器, 共享串行接口, 多速立体声 DAC 和模拟输出放大器及滤波器。同时有麦克风放大器和 ADC 及 ADPCM 音频编码。为调试准备了一个 UART。

8. 2 VS1003 所支持的音频编码

| 协定 | |
|----|-----------|
| 标记 | 描述 |
| + | 支持的格式 |
| - | 存在但不支持的格式 |
| | 不存在的格式 |

8. 2. 1 支持的 MP3 (MPEG layerIII) 格式

MPEG 1.0¹:

| Samplerate / Hz | Bitrate / kbit/s | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 80 | 96 | 112 | 128 | 160 | 192 | 224 | 256 | 320 |
| 48000 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 44100 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 32000 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

MPEG 2.0¹:

| Samplerate / Hz | Bitrate / kbit/s | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 80 | 96 | 112 | 128 | 144 | 160 |
| 24000 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 22050 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 16000 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

MPEG 2.5^{1 2}:

| Samplerate / Hz | Bitrate / kbit/s | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 80 | 96 | 112 | 128 | 144 | 160 |
| 12000 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 11025 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 8000 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

¹ 也支持所有的可变比特率 (VBR) 格式

² 可能出现不兼容, 因为 MPEG 2.5 并非标准格式

8. 2. 2 支持的 WMA 格式

支持 2, 7, 8, 9 版本的 WMA (Windows Media Audio) 编码。所有的 WMA profile(L1,L2,L3)都支持。之前的流被分为几类 1, 2a,2b,3。该解码器通过微软的一致测试程序。

WMA 4.0 / 4.1:

| Samplerate / Hz | Bitrate / kbit/s | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 22 | 32 | 40 | 48 | 64 | 80 | 96 | 128 | 160 | 192 |
| 8000 | + | + | + | | + | | | | | | | | | | | | |
| 11025 | | | + | + | | | | | | | | | | | | | |
| 16000 | | | | + | + | + | + | | | | | | | | | | |
| 22050 | | | | | + | + | + | + | | | | | | | | | |
| 32000 | | | | | | + | + | + | + | + | + | | | | | | |
| 44100 | | | | | | | | + | | + | + | + | + | + | + | + | |
| 48000 | | | | | | | | | | | | | | | + | + | |

WMA 7:

| Samplerate / Hz | Bitrate / kbit/s | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 22 | 32 | 40 | 48 | 64 | 80 | 96 | 128 | 160 | 192 |
| 8000 | + | + | + | | + | | | | | | | | | | | | |
| 11025 | | | + | + | | | | | | | | | | | | | |
| 16000 | | | | + | + | + | + | | | | | | | | | | |
| 22050 | | | | | + | + | + | + | | | | | | | | | |
| 32000 | | | | | | + | | + | + | + | | | | | | | |
| 44100 | | | | | | | | + | | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 48000 | | | | | | | | | | | | | | | + | + | |

WMA 8:

| Samplerate / Hz | Bitrate / kbit/s | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 22 | 32 | 40 | 48 | 64 | 80 | 96 | 128 | 160 | 192 |
| 8000 | + | + | + | | + | | | | | | | | | | | | |
| 11025 | | | + | + | | | | | | | | | | | | | |
| 16000 | | | | + | + | + | + | | | | | | | | | | |
| 22050 | | | | | | + | + | + | + | | | | | | | | |
| 32000 | | | | | | | + | | + | + | + | | | | | | |
| 44100 | | | | | | | | | + | | + | + | + | + | + | + | + |
| 48000 | | | | | | | | | | | | | | | + | + | + |

WMA 9:

| Samplerate / Hz | Bitrate / kbit/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 22 | 32 | 40 | 48 | 64 | 80 | 96 | 128 | 160 | 192 | 256 | 320 |
| 8000 | + | + | + | | + | | | | | | | | | | | | | | |
| 11025 | | | + | + | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16000 | | | | + | + | + | + | | | | | | | | | | | | |
| 22050 | | | | | | + | + | + | + | | | | | | | | | | |
| 32000 | | | | | | | + | | + | + | + | | | | | | | | |
| 44100 | | | | | | | + | | + | | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 48000 | | | | | | | | | | | + | | + | + | + | + | + | | |

除 WMA 解码之外，所有的比特率和采样率都支持，包括可变比特率 WMA 流。注意 WMA 消耗比特流不像 MP3 那样平坦，所以，在相同的比特率下，为了干净地回放，你需要一个较高的传送容量峰值。

8. 2. 3 RIFF WAV 格式支持

支持大多数 RIFF WAV 子格式

| Format | Name | Supported | Comments |
|--------|-------------------|-----------|---|
| 0x01 | PCM | + | 16 and 8 bits, any sample rate \leq 48kHz |
| 0x02 | ADPCM | - | |
| 0x03 | IEEE_FLOAT | - | |
| 0x06 | ALAW | - | |
| 0x07 | MULAW | - | |
| 0x10 | OKI_ADPCM | - | |
| 0x11 | IMA_ADPCM | + | Any sample rate \leq 48kHz |
| 0x15 | DIGISTD | - | |
| 0x16 | DIGIFIX | - | |
| 0x30 | DOLBY_AC2 | - | |
| 0x31 | GSM610 | - | |
| 0x3b | ROCKWELL_ADPCM | - | |
| 0x3c | ROCKWELL_DIGITALK | - | |
| 0x40 | G721_ADPCM | - | |
| 0x41 | G728_CELP | - | |
| 0x50 | MPEG | - | |
| 0x55 | MPEGLAYER3 | + | For supported MP3 modes, see Chapter 8.2.1 |
| 0x64 | G726_ADPCM | - | |
| 0x65 | G722_ADPCM | - | |

8. 2. 4 MIDI 格式支持

普通的 MIDI 和 SP-MIDI 格式 0 文件可以播放。格式 1 和格式 2 文件必须由用户转换成格式 0 文件。最大的同时发声数为 40。实际上，发声数取决于内部时钟率（用户可选）。使用这个手段，可能后处理效果被禁用，例如低音，高音增强。利用 SP-MIDI MIP 表实现多音约束算法。

36. 86MHz(3 倍频时钟)可达到 16-26 个同时持续的记录。

8. 3 VS1003 数据的流程

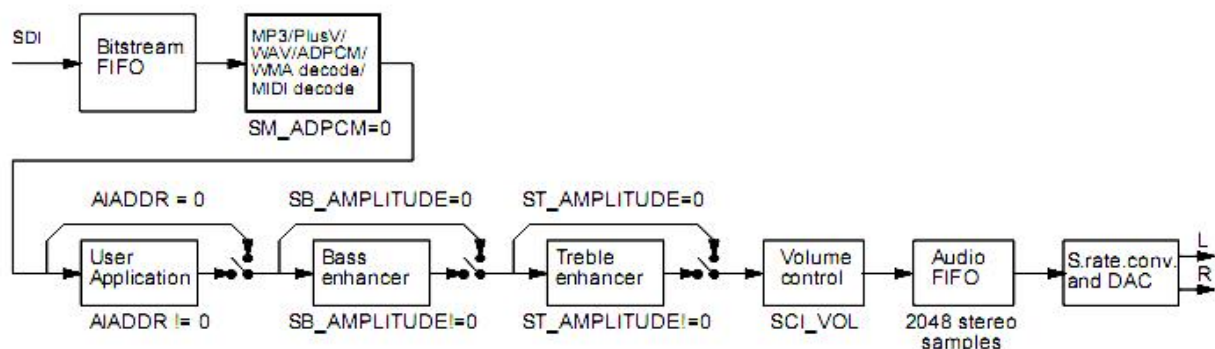


Figure 12: Data Flow of VS1003.

首先，依赖于音频数据，且非设置为 ADPCM 编码模式，MP3,WMA,PCMWAV,IMA ADPPCM WAV 或 MIDI 的数据流从 SDI 总线接收并解码。

解码之后，如果 SCI_AIADDR 非零，则应用代码从寄存器所指向的地址开始执行。详见 VS10xx 应用笔记。

然后数据流是否经过低音，高音增强器，取决于 SCI_BASS 寄存器。

之后，数据流向音量控制单元，同时拷贝数据进音频 FIFO。

音频 FIFO 锁存住数据，通过音频中断 (10.13.1) 将数据送进采样率变换器和 DAC。音频 FIFO 的大小是 2048 立体声 (2x16bit) 采样，即 8KB。

采样率变换器把所有不同的采样率变为 XTALI/2,或 128 次最高可用采样率。这个变换用一个固定的输入时钟频率，经过复杂的 PLL 时钟配置后，几乎允许无限制的采样率精确度。对于 12.288MHz 的时钟，DAC 工作在 128x48KHz 也就是 6.144MHz 上，并建立一个立体声同相位模拟信号。过采样的输出被片上的模拟滤波器进行低通滤波。滤波后的信号前往耳机放大器。

8. 4 串行数据接口 (SDI)

这个串行数据接口被用于传送压缩的 MP3 或 WMA 数据，WAV PCM，ADPCM 和 MIDI 数据。

如果解码器的输入有故障或是不能够快地接收，模拟输出会自动静音。

同样，也可以通过 SDI 激活几个不同的测试，详见 9 章。

8. 5 串行控制接口 (SCI)

SCI 兼容 SPI 规范。数据传送总是 16 位。通过 SCI 读写寄存器来控制 VS1003。

此接口上主要的几个控制

- 控制操作模式，时钟，处理效果
- 访问状态信息和头数据
- 访问编码数字数据
- 上传用户程序

8. 6 SCI 寄存器

| SCI 寄存器，前缀 SCI_ | | | | | |
|-----------------|----|-------------------|-------------------------|-------------|------------|
| 寄存器 | 类型 | 复位值 | 时间 ¹ | 缩写[bits] | 描述 |
| 0x0 | RW | 0x800 | 70CLKI ⁴ | MODE | 模式控制 |
| 0x1 | RW | 0x3C ³ | 40 CLKI | STATUS | VS1003 状态 |
| 0x2 | RW | 0 | 2100 CLKI | BASS | 内置低音/高音增强器 |
| 0x3 | RW | 0 | 11000XTALI ⁵ | CLOCKF | 时钟频率+倍频数 |
| 0x4 | RW | 0 | 40 CLKI | DECODE_TIME | 每秒解码次数 |
| 0x5 | RW | 0 | 3200 CLKI | AUDATA | Misc. 音频数据 |
| 0x6 | RW | 0 | 80 CLKI | WRAM | RAM 写/读 |
| 0x7 | RW | 0 | 80 CLKI | WRAMADDR | RAM 写/读基址 |
| 0x8 | R | 0 | - | HDATA0 | 流头数据 0 |

| | | | | | |
|-----|----|---|------------------------|---------|-----------|
| 0x9 | R | 0 | - | HDATA1 | 流头数据 1 |
| 0xA | RW | 0 | 3200 CLKI ² | AIADDR | 用户代码起始地址 |
| 0xB | RW | 0 | 2100 CLKI | VOL | 音量控制 |
| 0xC | RW | 0 | 50 CLKI ² | AICTRL0 | 应用控制寄存器 0 |
| 0xD | RW | 0 | 50 CLKI ² | AICTRL1 | 应用控制寄存器 1 |
| 0xE | RW | 0 | 50 CLKI ² | AICTRL2 | 应用控制寄存器 2 |
| 0xF | RW | 0 | 50 CLKI ² | AICTRL3 | 应用控制寄存器 3 |

¹ 在最坏的情况下，当写寄存器之后 DREQ 线仍然为低电平，若用户选择跳过检测 DREQ 线来对寄存器写的话，需要间隔一段时间（低于 100 时钟周期）来执行。

² 另外，时钟的消耗必须在用户程序中被计数。

³ 硬件直接改变此寄存器的值到 0x38，100ms 后又变为 0x30。

⁴ 当模式寄存器写入特殊的软件复位，最坏的情况 16600 XTALI 周期

⁵ 写这个寄存器将强制使内部时钟暂时运行在 1.0x XTALI。所以，在刷新这个寄存器的进程中，最好不要发送 SCI 或 SDI 位。

注意：执行 SCI 写时如果 DREQ 为低，在 SCI 写过程之后，DREQ 仍然保持低电平。

8. 6. 1 SCI_MODE (RW)

SCI_MODE 用于控制 VS1003 的操作，其缺省值为 0x0800(SM_SDINEW set)。

| 位 | 名称 | 功能 | 值 | 描述 |
|----|-------------------|------------------|---|--------|
| 0 | SM_DIFF | 微分 | 0 | 正常同相音频 |
| | | | 1 | 左声道反相 |
| 1 | SM_SETTOZERO | 设置为 0 | 0 | 对 |
| | | | 1 | 错 |
| 2 | SM_RESET | 软件复位 | 0 | 不复位 |
| | | | 1 | 复位 |
| 3 | SM_OUTOFWAV | 跳出 WAV 解码 | 0 | 不 |
| | | | 1 | 是 |
| 4 | SMPDOWN | 掉电 | 0 | 电源开 |
| | | | 1 | 掉电模式 |
| 5 | SM_TESTS | 允许 SDI 测试 | 0 | 不允许 |
| | | | 1 | 允许 |
| 6 | SM_STREAM | 流模式 | 0 | 不 |
| | | | 1 | 是 |
| 7 | SM_SETTOZERO 2 | 设置为 0 | 0 | 对 |
| | | | 1 | 错 |
| 8 | SM_DACT | DCLK 有效沿 | 0 | 上升沿 |
| | | | 1 | 下降沿 |
| 9 | SM_SDIORD | SDI 位顺序 | 0 | 高位在前 |
| | | | 1 | 低位在前 |
| 10 | SM_SDISHARE | 共享 SPI 片选 | 0 | 不 |
| | | | 1 | 是 |
| 11 | SM_SDINEW | VS1002 自身 SPI 模式 | 0 | 不 |
| | | | 1 | 是 |
| 12 | SM_ADPCM | ADPCM 录音允许 | 0 | 不 |
| | | | 1 | 是 |
| 13 | SM_ADPCM_HP | ADPCM 高通滤波允许 | 0 | 不 |
| | | | 1 | 是 |
| 14 | SM_LINE_IN | ADPCM 录音源选择 | 0 | 麦克风 |
| | | | 1 | 线路输入 |

当 SM_DIFF 被置位, 播放器反相左声道的输出, 对于一个立体声输入, 将得到一个虚拟的环绕声。若是单声道输入, 将得到一个差分的左/右声道信号。

当 SM_RESET 被置位, 软件复位将被初始化。此位会自动清零。

如果你想在 WAV, WMA 或是 MIDI 文件的解码过程中停止, 需要置位 SM_OUTOFWAV, 直到 SM_OUTOFWAV 被清零且遵照 DREQ 的情况下才能发送数据。SCI_HDAT1 也将被清零。对于 WMA 和 MIDI, 最可靠的继续传送数据流, 是发送 0。

SM_PDOWM 位设置 VS1003 为软件掉电模式。注意, 软件掉电效果不及 XRESET 上的硬件掉电。

若 SM_TESTS 被置位, 将允许 SDI 测试。关于 SDI 测试, 详见 9.7 章节

SM_STREAM 允许 VS1003 的流模式, 在这个模式下, 数据必须尽可能保持间隔的平滑(最好数据块小于 512 字节), VS1003 总是尝试让输入缓冲区保持半满, 改变回放速度上升到 5%。为了获得优质的声音, 平均速度误差必须在 0.5% 之内, 比特率不能超过 160kbit/s 且你能使用可变比特率 VBR。详见 VS10xx 应用笔记, WMA 文件不能工作于此模式。

SM_DACT 定义了 SDI 有效的时钟沿, 当为 0 时, 在上升沿读数据, 当为 1 时, 在下降沿读数据。

当 SM_SDIORD 被清零, SDI 默认按高位在前传送字节数据。若 SM_SDIORD 被置位, 则按相反的位顺序传送, 即位 0 在前, 位 7 在后。对于字节, 仍然按默认的顺序传送。这个寄存器位对 SCI 总线无效。

置位 SM_SDISHARE 使 SCI 和 SDI 共用享用的片选信号, 在 7.2 章详细说明, 如果 SM_SDINEW 也是 1 的话。

置位 SM_SDINEW 将使能 VS1002 自身串行模式(在 7.2.1 和 7.4.2 中有叙述)。注意, 在 VS1003 启动的时候此位默认为 1。

当同时使能 SM_ADPCM 和 SM_RESET, 用户将使能 IMA ADPCM 录音模式。更多的信息参阅 VS10xx 应用笔记。

如果 SM_ADPCM_HP 和 SM_ADPCM 和 SM_RESET 一起被置位, ADPCM 模式将从一个高通滤波器开始。话音在这里将大部分背景噪音滤除, 见 ADPCM 的频响曲线。

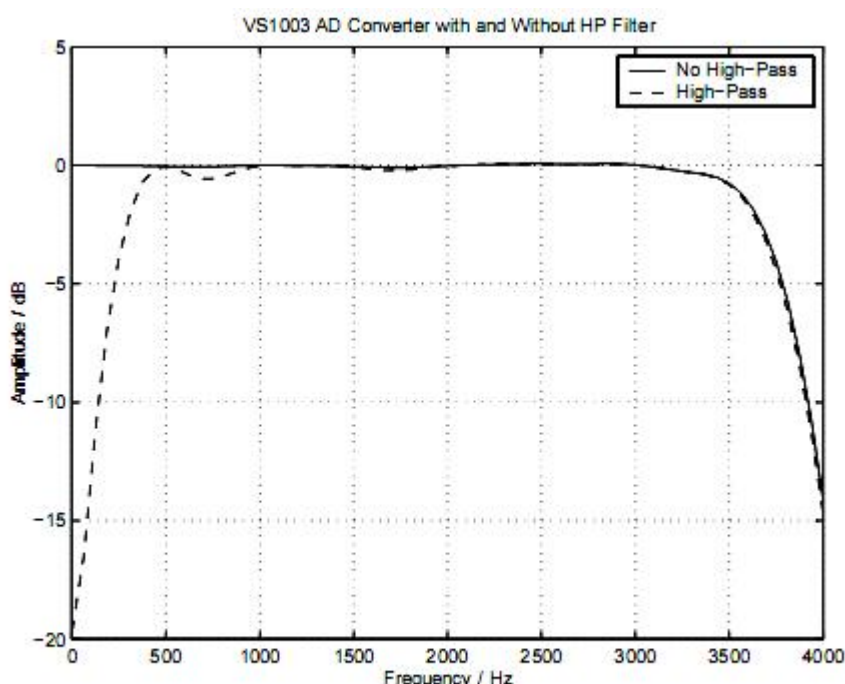


Figure 13: ADPCM Frequency Responses with 8kHz sample rate.

SM_LINE_IN 用来选择 ADPCM 录音的音源,如果是 0,则麦克风输入脚 MICP 和 MICN 被使用,如果 1,LINEIN 被使用。

SCI_STATUS 包含了 VS1003 的当前信息,用户可以在受到音频干扰的时候让 VS1003 关闭。

| 名称 | 位 | 描述 |
|------------|------|---------|
| SS_VER | 6: 4 | 版本 |
| SS_APDOWN2 | 3 | 模拟驱动器掉电 |
| SS_APDOWN1 | 2 | 模拟内部掉电 |
| SS_AVOL | 1: 0 | 模拟音量控制 |

SS_VER 为 0, VS1001;为 1,VS1011;为 2,VS1002;为 3, VS1003.

SS_APDOWN2 控制模拟驱动器掉电。正常情况下,这个位是受系统硬件控制。尽管如此,若用户想让 VS1003 进入掉电短暂的时间,则把此为变为 1。

SS_APDOWN1 控制内部模拟部分掉电,此位仅被系统硬件使用。

SS_AVOL 为模拟音量控制: 0=-0dB, 1=-6dB, 3=-12dB。这个寄存器仅对系统硬件自动使用有意义。

8. 6. 2 SCI_BASS (RW)

| 名称 | 位 | 描述 |
|--------------|--------|---------------------------------|
| ST_AMPLITUDE | 15: 12 | 高音控制, 1.5dB 步进 (-8.7 ,为 0 表示关闭) |
| ST_FREQLIMIT | 11: 8 | 最低频限 1000Hz 步进 (0..15) |
| SB_AMPLITUDE | 7: 4 | 低音加重, 1dB 步进 (0..15 ,为 0 表示关闭) |
| SB_FREQLIMIT | 3: 0 | 最低频限 10Hz 步进 (2..15) |

是一个强劲的 DSP 算法,他能尽量保证送耳机的信号不被削波。

当 SB_AMPLITUDE 不为零时, VSBE 低音提升有效。用户优先设置 SB_AMPLITUDE, 大约在音频系统还原的最低频率 1.5 倍时间设置 SB_FREQLIMIT。例如, 设置 SCI_BASS 为 0x00f6, 将在 60Hz 以下获得 15dB 提升。

因为 VSBE 尽量避免音频削波, 它为动态音乐素材提供了一个最合适的低音提升, 或者说, 当回放音量不是开到最大, 也就不能产生低音: 所以源素材中一开始就必须含有一些低频成分。

高音控制 VSTC 在 ST_AMPLITUDE 非零时有效。例如设置 SCI_BASS 为 0x7A00 将在 10KHz 以上获得 10.5dB 的高音提升。

低音提升使用大约 3.0MIPS 和高音控制 1.2MIPS 在 44100Hz 采样率的时候。两者可同时实现。

8. 6. 3 SCLCLOCKF (RW)

对 VS1003 的 SCLCLOCKF 寄存器的操作与 VS10x1 和 VS1002 不同

| SCI_CLOCKF 位 | | |
|--------------|--------|-------|
| 名称 | 位 | 描述 |
| SC_MULT | 15: 13 | 时钟倍频数 |
| SC_ADD | 12: 11 | 允许倍频 |
| SC_FREQ | 10: 0 | 时钟频率 |

SC_MULT 使内部倍频器有效，通过 XTALI 的倍乘，得到一个较高的频率的 CLKI，对应的值如下：

| SC_MULT 域的值 | 掩码 | CLKI |
|----------------|--------|-------------|
| 0 | 0x0000 | XTALI |
| 1 | 0x2000 | XTALI × 1.5 |
| 2 | 0x4000 | XTALI × 2.0 |
| 3 | 0x6000 | XTALI × 2.5 |
| 4 | 0x8000 | XTALI × 3.0 |
| 5 | 0xA000 | XTALI × 3.5 |
| 6 | 0xC000 | XTALI × 4.0 |
| 7 | 0xE000 | XTALI × 4.5 |

SC_ADD 告诉解码器硬件允许 SC_MULT 以什么数值增加倍频数。如果较多的周期是临时的需要解码 WMA 流。对应值如下：

| SC_ADD 域值 | 掩码 | 倍频增量 |
|--------------|--------|------|
| 0 | 0x0000 | 禁止修改 |
| 1 | 0x0800 | 0.5x |
| 2 | 0x1000 | 1.0x |
| 3 | 0x1800 | 1.5x |

SC_FREQ 用于当输入时钟是比 12.288MHz 高的其它频率时。XTALI 被设置为 4KHz 步进。寄存器中这个值正确的计算公式是 $(XTALI-8000000)/4000$,XTALI 的单位是 Hz。

注意：默认值为 0，是假设 XTALI 的频率是 12.288MHz。

注意：因为最大的采样率是 XTALI/256，所以当 XTALI<12.288MHz 时，不是所有的采样率都可用。

注意：自动时钟变换仅发生在 WMA 文件解码的时候。自动时钟变换每次改变 0.5x。这不会引起下降到 1.0x 时钟且你可以使用相同的 SCI 和 SDI 时钟贯穿整个 WMA 文件。当解码结束，恢复到默认的倍频数且立刻引起 1.0x 时钟。

例子：如果 SCI_CLOCKF 为 0x9BE8，SC_MULT=4，SC_ADD=3，SC_FREQ=0x3E8=1000。这意味着：
 $XTALI=1000 \times 4000 + 8000000 = 12\text{MHz}$. 时钟倍频器被设置为 $3.0 \times XTALI = 36\text{MHz}$ ，且允许的最大合成频率为 $(3.5+1.5) \times XTALI = 54\text{MHz}$ ，倍频数由硬件自动选择。

8. 6. 5 SCI_DECODE_TIME (RW)

当在解码正确的数据时，当前一秒之内的解码次数显示于此寄存器中。用户可以改变此寄存器的值，这种情况下，新的值又将第二次写入。

在每次软件复位或是 WAV(PCM 或 IMA ADPCM)，WMA,MIDI 解码的开始或结束时，SCI_DECODE_TIME 被复位。

8. 6. 6 SCI_AUDATA (RW)

当解码正确的数据时，当前的采样率和通道数可以从 SCI_AUDATA 的 15: 1 位和 0 位中读取。15: 1 位域包含了采样率除二后的值，位 0 为 0 表示单声道，为 1 表示立体声。写 SCI_AUDATA 将直接改变采样率。

例如：44100Hz 立体声数据，读出来即为 0xAC45(44101)。

8. 6. 7 SCI_WRAM (RW)

SCI_WRAM 用做上载应用程序和数据到指令和数据 RAMs。其开始地址必须在首次读写 SCI_WRAM 前，通过写 SCI_WRAMADDR 来进行初始化。

同样，一次 SCI_WRAM 的读写操作能传送 16 位数据，一个指令字是 32 位长，所以每个指令字的读写需要两个连续的读写操作。其字节顺序是大端模式 (Big-Endian)。在每个的全字被读写后，内部指针会自动增加。

8. 6. 8 SCI_WRAMADDR (W)

SCI_WRAMADDR 被用作设置编程地址供 SCI_WARM 读写，如下：

| SM_WRAMADDR 开始……结束 | Dest.addr. 开始……结束 | 位/每字 Bits/Word | 描述 |
|-----------------------|----------------------|-------------------|------------|
| 0x1800...0x187F | 0x1800...0x187F | 16 | X data RAM |
| 0x5800...0x587F | 0x1800...0x187F | 16 | Y data RAM |
| 0x8030...0x84FF | 0x0030...0x04FF | 32 | 指令 RAM |
| 0xC000...0xFFFF | 0xC000...0xFFFF | 16 | I/O |

8. 6. 9 SCI_HDAT0 和 SCI_HDAT1 (R)

对于 WAV 文件，SCI_HDAT0 和 SCI_HDAT1 读出值分别是 0x7761 和 0x7665。

对于 WMA 文件，SCI_HDAT1 的值为 0x574D，SCI_HDAT0 包含了用字节每/秒描述的数据速度。若要获取文件的比特率，将 SCI_HDAT0 的值除 8。

对于 MIDI 文件，SCI_HDAT1 的值为 0x4D54，SCI_HDAT0 包含的值遵照下表。

| HDAT0[15: 8] | HDAT0[7: 0] | 值 | 说明 |
|--------------|-------------|---|-------|
| 0 | 多音数 | | 当前多音数 |
| 1..255 | 保留 | | |

对于 MP3 文件，SCI_HDAT[0...1]有以下的内容

| 位 | 功能 | 值 | 说明 |
|--------------|---------|------|--------------------------------|
| HDAT1[15:5] | 同步字 | 2047 | 有效流 |
| HDAT1[4:3] | ID | 3 | ISO 11172-3 MPG 1.0 |
| | | 2 | ISO 13818-3 MPG 2.0 (1/2-rate) |
| | | 1 | MPG 2.5(1/4-rate) |
| | | 0 | MPG 2.5(1/4-rate) |
| HDAT1[2:1] | Layer 层 | 3 | I |
| | | 2 | II |
| | | 1 | III |
| | | 0 | 保留 |
| HDAT1[0] | 保护位 | 1 | 无 CRC 校验 |
| | | 0 | CRC 校验保护 |
| HDAT0[15:12] | 比特率 | | ISO 11172-3 |
| HDAT0[11:10] | 采样率 | 3 | 保留 |
| | | 2 | 32/16/8 KHz |
| | | 1 | 48/24/12 KHz |
| | | 0 | 44/22/11 KHz |
| HDAT0[9] | Pad 位 | 1 | 另外位置 |
| | | 0 | 常规结构 |
| HDAT0[8] | 私有位 | | 未定义 |
| HDAT0[7: 6] | 模式 | 3 | 单声道 |
| | | 2 | 双通道 |
| | | 1 | 联合立体声 |

| | | | |
|--------------|-----|---|-------------|
| | | 0 | 立体声 |
| HDATA0[5: 4] | 扩展 | | ISO 11172-3 |
| HDATA0[3] | 版权 | 1 | 有版权 |
| | | 0 | 自由 |
| HDATA0[2] | 原创否 | 1 | 原创 |
| | | 0 | 拷贝 |
| HDATA0[1: 0] | 重点 | 3 | CCITT J.17 |
| | | 2 | 保留 |
| | | 1 | 50/15 微秒 |
| | | 0 | 无 |

当读的时候，SCI_HDATA0 和 SCI_HDATA1 包含的头信息是从 MP3 流开始解码时提取的。复位之后两个寄存器都清零，指示没有数据被找到。

SCI_HDATA0 中的“采样率”域通过下表解释：

| “采样率” | ID=3/Hz | ID=2/Hz | ID=0,1/Hz |
|-------|---------|---------|-----------|
| 3 | - | - | - |
| 2 | 32000 | 16000 | 8000 |
| 1 | 48000 | 24000 | 12000 |
| 0 | 44100 | 22050 | 11025 |

HDATA0 中的“比特率”域通过下表解释：

| “比特率”域 | ID=3 / kbit/3 | ID=0,1,2 / kbit/s |
|--------|---------------|-------------------|
| 15 | 禁止 | 禁止 |
| 14 | 320 | 160 |
| 13 | 256 | 144 |
| 12 | 224 | 128 |
| 11 | 192 | 112 |
| 10 | 160 | 96 |
| 9 | 128 | 80 |
| 8 | 112 | 64 |
| 7 | 96 | 56 |
| 6 | 80 | 48 |
| 5 | 64 | 40 |
| 4 | 56 | 32 |
| 3 | 48 | 24 |
| 2 | 40 | 16 |
| 1 | 32 | 8 |
| 0 | - | - |

8. 6. 10 SCI_AIADDR (RW)

SCI_AIADDR 指出了应用代码的开始地址，要在 SCI_WRAMADDR 和 SCI_WARM 之前写入。如果不使用应用代码，此寄存器可以不初始化，也可初始化为 0。详见 VS10xx 应用笔记。

8. 6. 11 SCI_VOL (RW)

SCI_VOL 可以控制播放器硬件音量。对每个声道，一个 0 到 254 间的数被定义为从最大音量级别以 0.5dB 衰减。左声道值乘 256。因而，最大的音量是 0，而静音为 0xFEFE。

例如：若左声道为-2.0dB，右声道为-3.5dB： $(4 \times 256) + 7 = 0x407$ 。注意，在启动的时候被设置为满音量。软件复位不会改变音量设定。

注意：设置 SCI_VOL 为 0xFFFF 将使芯片进入模拟掉电模式。

8. 6. 12 SCI_AICTRL[x] (RW)

SCI_AICTRL[x]寄存器 (x=[0..3]) 可用作访问用户应用程序。

9 操作

9. 1 时钟

VS1003 操作于单时钟，12.288MHz 作为主时钟。此时钟可以由外部电路产生（连接至 XTALI）或使用内部晶体振荡器接口（XTALI 和 XTALO 脚）

9. 2 硬件复位

当 XRESET 线被拉低，VS1003 被复位，所有的控制寄存器和内部状态都被设置为初始值。XRESET 由任何外部时钟异步产生。复位模式同时也是全掉电模式，VS1003 的数字和模拟部分仅消耗很小的功率，而且时钟停止，XTALO 被接地。

在硬件复位或上电之后，DREQ 仍然保持低电平至少 16600 时钟周期，意味着在 12.288MHz 的时钟下，有大约 1.35ms 的延时。在此之后，解码之前用户可以设置基本的硬件寄存器例如 SCI_MODE,SCI_BASS,SCI_CLOCKF 和 SCI_VOL。详见 8.6。

内部时钟能被 PLL 倍频，支持 1.0x...4.5x 倍频（SCI_CLOCKF 寄存器）。复位值为 1.0x。若想设置为典型值，复位之后，内部时钟倍频数须设置为 3.0x。等待 DREQ 变高后，将 0x9800 写入 SCI_CLOCKF（寄存器 3）。详见 8.6.4

9. 3 软件复位

在一些情况下解码器软件被复位，就是 SCI_MODE 的 bit2 引起（8.6.1）。然后等待至少 2us，DREQ 线仍然保持低电平至少 16600 个时钟周期，意味着在 12.288MHz 工作的 VS1003 有约 1.35ms 的延时。在 DREQ 变高之后，你可以照常进行回放。

如果你不想 VS1003 截掉低比特率数据流的尾部，而你又想进行软件复位。建议在文件之后，复位之前遵照 DREQ 的协定，向 SDI 送入 2048 个零。这对 MIDI 文件尤其重要，尽管你可以通过 SCI_HDAT1 选取。

如果你打算中断 WAV,WMA,MIDI 文件的播放，置位模式寄存器中的 SM_OUTOFWAV，并等待直到 SCI_HDAT1 被清空（2 秒超时）在继续操作之前需要软件复位。MP3 通常不允许 SM_OUTOFWAV 因为它是一种流格式，所以需要超时处理。

9. 4 SPI 引导

如果在引导时间里，GPIO0 被上拉电阻拉到高电平，VS1003 尝试从外部 SPI 存储器中引导，SPI 引导重定义的管脚如下：

| 正常模式 | SPI 引导模式 |
|-------|----------|
| GPIO0 | xCS |
| GPIO0 | CLK |
| DREQ | MOSI |
| GPIO0 | MISO |

必须是有 16 位地址（即至少 1KB）的 SPI 串行 EEPROM。SPI 时钟速度在 VS1003 工作在 12.288MHz 时为 245KHz。此存储器中的前三字节必须是 0x50,0x26,0x48。准确的记录格式见 VS10xx 应用笔记。

9. 5 播放/解码

这是 VS1003 的一个常规操作模式。SDI 数据被解码，解码的采样率变换到内部模拟 DAC 允许的范围。如果找不到能被解码的数据，SCI_HDAT0 和 SCI_HDAT1 被设置为 0 并且模拟输出静音。

所有的不同格式的文件可以接着播放，且在两文件之间不需要软件复位。在每个流末尾发送至少 4 个零。尽管如此，在两个流之间使用软件复位不失为一个好主意，同样要警戒紧挨着的损坏的文件。在这种情况下你可以在发送软件复位之前，等待解码完成（SCI_HDAT0 和 SCI_HDAT1 变为零）。

9. 6 传送 PCM 数据

VS1003 可以通过发送一个 WAV 文件头，用作 PCM 解码器。如果发送的 WAV 文件长度是 0 或 0xFFFFFFFF，VS1003 将停留在 PCM 模式不确定的时间（或是直到 SM_OUTOFWAV 被置位）。支持单声道或立体声 8 位和 16 位的线性音频。

9. 7 SDI 测试

VS1003 有几个测试模式，如用户存储器测试，SCI 总线测试和几个不同的正弦波测试。

所有的测试都有一个相似的启动途径：VS1003 被硬件复位，SM_TEST 置位，然后发送一个测试命令到 SDI 总线。每个测试的开始都是发送一个 4 字节的特殊命令顺序和紧接着的 4 个零。这些顺序将在下面章节阐述。

9. 7. 1 正弦测试

正弦测试通过有序的 8 字节初始化，0x53 0xEF 0x6E n 0 0 0 0，这里的 n 被定义为正弦测试使用，定义如下：

| n bits | | |
|--------------------|------|--------|
| 名称 | 位 | 描述 |
| F _s Idx | 7: 5 | 采样率索引 |
| S | 4: 0 | 正弦跳过速度 |

正弦输出频率可通过这个公式计算： $F = F_s \times (S/128)$ 。

例如：正弦测试值为 126 时被激活，二进制为 0b01111110。则 F_sIdx=0b011=3，所以 F_s=22050Hz。

S=0b11110=30，所以最终的正弦输出频率为 $F = 22050\text{Hz} \times 30/128 = 5168\text{Hz}$ 。

| F _s Idx | F _s (Hz) |
|--------------------|---------------------|
| 0 | 44100 |
| 1 | 48000 |
| 2 | 32000 |
| 3 | 22050 |
| 4 | 24000 |
| 5 | 16000 |
| 6 | 11025 |
| 7 | 12000 |

想要退出正弦测试模式的话，发送如下序列 0x45 0x78 0x69 0x74 0 0 0 0。

注意：正弦测试信号通过数字音量控制器，所以可以单独测试某个声道。

9. 7. 2 管脚测试

管脚测试通过发送 8 字节序列激活，即 0x50 0xED 0x6E 0x54 0 0 0 0。这个测试仅对芯片产品有意义。

9. 7. 3 存储器测试

存储器测试模式通过发送 8 字节的序列 0x4D 0xEA 0x6D 0x54 0 0 0 0 来初始化。在此序列之后，等待 500000 个时钟周期，就可以从 SCI 寄存器 SCI_HDAT0 中读取结果。读出数据的每位解释如下：

| 位 | 掩码 | 含义 |
|-------|--------|----------|
| 15 | 0x8000 | 测试结束 |
| 14: 7 | | 未使用 |
| 6 | 0x0040 | 所有测试成功 |
| 5 | 0x0020 | I RAM 完好 |
| 4 | 0x0010 | Y RAM 完好 |
| 3 | 0x0008 | X RAM 完好 |
| 2 | 0x0004 | I ROM 完好 |
| 1 | 0x0002 | Y ROM 完好 |
| 0 | 0x0001 | X ROM 完好 |
| | 0x807F | 所有都完好 |

存储器测试是在当前 RAM 上覆盖写入。

9. 7. 4 SCI 测试

SCI 测试通过发送 8 字节的序列初始化，0x53 0x70 0xEE n 0 0 0 0，这里的 n 减去 48 为测试的寄存器编号。给定的被测试寄存器的内容被复制到 SCI_HDAT0，若被测试的寄存器为 SCI_HDAT0，则其结果被复制到 SCI_HDAT1。

例如：若 n 等于 48，则寄存器 0（SCI_MODE）的内容被复制到 SCI_HDAT0。

在春节即将来临之际
祝全国广大电子 DIY 爱好者
身体健康!

万事如意!

事业有成!

学业有成!

夫妻和睦!

官运亨通!

财源广进!

五谷丰登!

小弟在此给您拜年了!!!

为方便爱好者打造自己的个性 MP3，特将此器件手册翻译。
水平有限，错漏难免，欢迎斧正！
此翻译稿仅供读者对照参考，如有偏差或冲突请以原文为准！

由于时间紧迫，只翻译了第 4 到 9 章，前面的版权部分及后面的扩展功能部份未做翻译，若有需要，请读者阅读原英文版 DataSheet。

再次感谢亲爱钰铃的大力支持！^-^

本人联系方式

QQ: 275303901

Mail: weiguangyin@163.com

贵州大学 2004 级电子科学与技术专业
贵阳永青仪电科技 开发部 魏广寅