

多通道音频串行端口在音频输出方案中的应用

周冬梅¹, 王建勤²

(1. 成都理工大学信息工程学院, 成都 610059; 2. 德加拉成都数码科技有限公司, 成都 610051)

摘要: 介绍了一种基于 TMS320DM642 的多通道音频串行端口 (McASP) 和 EDMA 高效实现多通道音频输出的设计方案, 并给出了软硬件接口的具体实现。

关键词: DM642; 多通道音频串行端口; EDMA; PCM1725

Application of Multi-channel Audio Serial Port
in Audio Output SchemeZHOU Dongmei¹, WANG Jianqin²

(1. Information Engineering Institute, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059;

2. Thakral(Chengdu) Digital Technology Development Co., Ltd, Chengdu 610051)

【Abstract】The paper presents an audio output design scheme which utilizes those features of McASP and EDMA of TMS320DM642 effectively. It presents the detail implementation of hardware/software interface.

【Key words】 DM642; McASP; EDMA; PCM1725

随着数字信号处理器 (DSP) 处理能力的不断增强, DSP 在多媒体产品中的应用也越来越广泛, 美国 TI 公司作为世界最大的 DSP 供应商, 最新推出了功能强大的 TMS320DM64x 系列 DSP 处理器, 其中 DM642 以其优异的性价比和成熟的软件开发平台成为了众多多媒体设计方案的首选。本文介绍以 DM642 DSP 为核心的多通道音视频码流解码后音频数据输出的应用方案, 重点讨论如何设计软硬件接口, 并介绍如何利用 DM642 DSP 的硬件资源 (EDMA), 结合合理的数据组织, 来实现低 CPU 占用率的音频数据流畅高效输出。

1 MS320DM642 简介

TMS320DM642 是 TI 一款专门面向多媒体应用的专用定点 DSP, 其时钟高达 600MHz, 有 8 个并行运算单元, 处理能力高达 4 800MIPS。它采用了基于 CACHE 的两层存储架构, 内部有 64 个独立的增强 DMA (EDMA), 还具有一批功能强大而可动态配置的外设, 为了面向多媒体应用, 它集成了 3 个可配置的 Video Port、1 个面向音频应用的 McASP、1 个 10/100Mb/s 的 Ethernet MAC 等外设。

2 McASP 特点

McASP 是 TI TMS320C6000 较 TI 的 C5000 系列 DSP 处理器新增加的一个专门用来实现多通道音频应用的通用串行端口, 它包括收/发两个功能部件, 收/发部件二者间即可完全同步, 也可各自采用完全独立的主时钟、位时钟和帧同步时钟, 以及不同的数据传输模式和位码流格式。

DM642 的 McASP 有 8 个可独立配置的串行器, 每个可单独配置成收或发引脚, 此外, 每个 McASP 的引脚都还可独立配置成通用输入输出引脚 (GPIO)。

McASP 可支持多种数据协议: 各种 I2S 以及和 I2S 相似的位流格式; 各种时分复用 (TDM) 码流; 以及 S/PDIF、IEC60958-1、AES-3 格式的码流。

DSP 通过向 XBUF 寄存器写入数据来实现发送码流操作, 通过读 RBUF 寄存器的内容来实现接收码流的操作。访问 XBUF 和 RBUF 寄存器的方法有两种: (1)通过访问数据端口 (DAT) 来实现; (2)通过配置总线 (CFG) 来实现。因此, DSP 或 EDMA 可通过这两种途径的任意一种来和 McASP 通信以发送或接收数据。

如果采用 DSP 和 McASP 直接通信, 则即可通过查询 XSTAT 或 RSTAT 寄存器内传输准备就绪事件位来判断是否要读 RBUF 或写 XBU; 也可通过在 XINTCTL 或 RINTCTL 寄存器内设置发送/接收数据准备就绪中断位, 令 DSP 在中断响应函数内实现读 RBUF 或写 XBUF。其缺点是每次 McASP 的数据读写操作都要 DSP 的 CPU 参与, 导致 CPU 利用率低。

采用 EDMA 通过 DAT 数据端口和 McASP 通讯是效率最高的典型应用方式, 一旦 McASP 的发送事件 (AXEVT) 或接收事件 (AREVT) 产生, EDMA 将自动发送或读取 McASP 的数据, 而只占用极少 DSP 的 CPU。

3 音频输出接口设计

本方案设计为两路音频同时输出, 分别使用 McASP 的 AXR0[0] 和 AXR0[1] 串行器来输出两路不同的音频数字信号。其接口图如图 1 所示, 其中 Main Clock 是系统提供的外部时钟, 用以保持 DM642 的 McASP 和 PCM1725 间的同步, 默认值为 8.192MHz, 由于 AFSX0 为主时钟 1/256, 因此 AFSX0 频率默认为 32kHz。

PCM1725 是 TI 的一款低成本立体声 DAC 转换器, 它可

作者简介: 周冬梅(1973—), 女, 讲师、硕士生, 主研方向: 计算机通信, 电子信息; 王建勤, 硕士生

收稿日期: 2005-06-23 **E-mail:** zhoudm@cdu.edu.cn

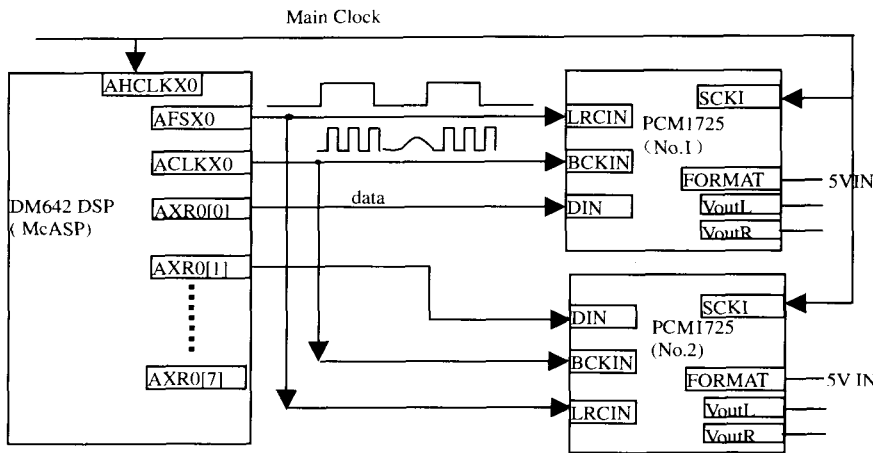


图 1 McASP 音频输出接口原理

工作在 256 或 384 倍采样频率下, 它包括 1 个三阶 $\Delta\Sigma$ 调制器, 1 个数字插补滤波器和一个模拟输出放大器, 它可以普通(Normal)或 I2S 方式接收 16 位的输入数据。PCM1725 可接收从 16kHz~96kHz 范围的数字音频采样频率, 是低成本、CD 级音频消费产品的理想选择。

PCM1725 的 FORMAT 引脚决定其接收数据的方式, 如 FORMAT 引脚为高, 则 PCM1725 工作在 I2S 方式; 如 FORMAT 为低, 则 PCM1725 工作在普通方式。

本方案采用 I2S 数据传输方式, PCM1725 的 FORMAT 引脚为高。McASP 每帧信号包括两个时间片 (Time Slot), 此外, 它的位时钟 BCLK 比 LRCLK 固定延迟 1bit, 并且遵循高位为有效位的原则 (MSB)。

4 软件设计

4.1 McASP 初始化设计

本方案设计的时钟源为混合时钟, 即 McASP 的主时钟设计为外部提供, 用来保证 McASP 和 PCM1725 间保持同步; 再以此外部主时钟为基准, 通过 DSP 内部分频器倍频产生位时钟, 所以 McASP 初始化设计主要包括:

- (1) 设置 PFUNC 寄存器内所有位 McASP。
- (2) 在 PDIR 寄存器内设置 ACLKX、AFSX、ACLKR、AFSR 以及 AXR0、AXR1 为输出, 其它为输入。
- (3) 在 AFSXCTL 寄存器内配置 16 位、I2S 数据格式、DAT 端口访问方式, 以及主时钟的外部源和位时钟的内部源及倍频值。
- (4) 在 XFMT 寄存器内设置高 16 位为有效掩码。
- (5) 在 XTDM 寄存器内 XTDM0、XTDM1 为有效, 其它保持无效状态。
- (6) 在 SRCTL 寄存器内设置串行器 0 和 1 为传输模式, 其它保持三态模式。

其它寄存器保持默认不变。

4.2 EDMA 设计及数据缓存区设计

EDMA 是 TI TMS320C621X/C671X/C64X 系列 DSP 内引入的增强 DMA, 其原理和特性本文不详细介绍, 具体可参考文献[3]和文献[5]。

采用 EDMA 通过 DAT 端口访问 XBUF, 实现两路音频信号的同时输出, 需遵循如下原则:

- (1) EDMA 须通过同一个 XBUF 地址写入所有配置为输出的串行器要输出的音频数据, McASP 会自动在这些串行器间循环;
- (2) EDMA 必须以增量顺序连续向同一 XBUF 地址写入所有配置为输出的串行器要输出的数据。

本方案用 AXR0[0]和 AXR0[1]实现两路音频输出, 故此,

每次 AXEVT 事件一触发, EDMA 就需连续向 XBUF 地址写入两个串行器各自要输出的 16 位长数据。

为了实现此目标, DSP 将解码后音频数据按图 2 组织, 即第一路音频和第二路音频的数据分别按固定偏移量 (OFFSET) 连续存放, EDMA 的源地址采用索引 (IDX) 方式更新地址, 令 ELEIDX 等于该偏移量 OFFSET, 令 FRMIDX 等于 2 个字节即 16 位长度, 令 EDMA 的目的地址固定为 XBUF 的地址, 令 EDMA 的 ELECNT 和 ELERLD 都等于 2 (对应两路输出), 启动帧同步 (FS = 1) 和传输完成中断 (TCCINT=YES) 以及链接

(LINK=YES)。

采用 TI CSL 库内 EDMA 的配置数据结构, 设计 EDMA 的控制参数内容为:

```
EDMA_Config edmaCfg = {
    EDMA_FMKS(OPT. PRI, HIGH) |
    EDMA_FMKS(OPT. ESIZE, 16BIT) |
    EDMA_FMKS(OPT. 2DS, NO) |
    EDMA_FMKS(OPT. SUM, IDX) |
    EDMA_FMKS(OPT. 2DD, NO) |
    EDMA_FMKS(OPT. DUM, NONE) |
    EDMA_FMKS(OPT. TCINT, YES) |
    EDMA_FMK (OPT, TCC, NULL) |
    EDMA_FMKS(OPT, LINK, YES) |
    EDMA_FMKS(OPT, FS, YES),

    EDMA_FMK(SRC, SRC, NULL),

    EDMA_FMKS(CNT, FRMCNT, DEFAULT) |
    EDMA_FMKS(CNT, ELECNT, 2),

    EDMA_FMK(DST, DST, NULL),

    EDMA_FMKS(IDX, FRMIDX, 2) |
    EDMA_FMKS(IDX, ELEIDX, OFFSET),

    EDMA_FMKS(RLD, ELERLD, 2) |
    EDMA_FMK(RLD, LINK, NULL)
};
```

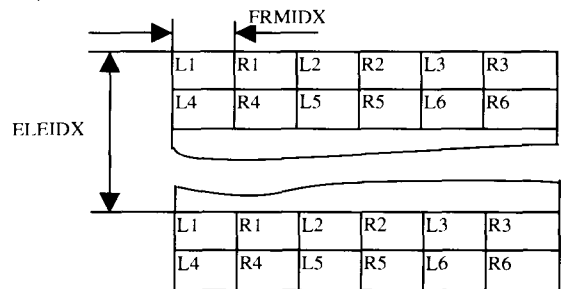


图 2 McASP 两通道输出 EDMA 数据组织

4.3 其它需注意细节

在完整的软件系统内, 有几点细节必须注意:

- (1) 尽可能把 McASP 输出的 EDMA 优先级设为最高, 把系统内

(下转第 199 页)

粗糙集理论中采用以下方法来决定权重因子：从属性集中去掉某个属性，再来考察去掉这个属性后分类会怎样变化，若去掉该属性相应分类变化较大，则说明该属性的强度大，即重要性高；反之，说明该属性的强度小，即重要性低。

属性 a_i ($a_i \in C$) 的重要性可表示为

$$\text{Sig}(a_i) = \gamma_C(D) - \gamma_{C-\{a_i\}}(D) \quad (2)$$

3.3 权重因子的确定

对决策表中的每一个属性按式 (1) 计算重要性，将求得条件属性集 C 的一个约简 C' 。再对这些属性的重要性进行归一化处理，可得权重因子

$$\omega_i = \frac{\text{Sig}(a_i)}{\sum_{i=1}^n \text{Sig}(a_i)} \quad (3)$$

3.4 应用实例

以表 1 所示的决策信息系统为例，可计算

- U/C1={ {E1,E3,E7,E8,E12}, {E2,E10,E11}, {E4,E5,E6,E9} }
- U/C2={ {E1,E2,E3,E6,E9,E10}, {E4,E5,E7,E8,E11,E12} }
- U/C3={ {E1,E3,E4,E6,E7,E9,E10,E11,E12}, {E2,E5,E8} }
- U/C4={ {E1,E4,E6,E9,E10,E11,E12}, {E2,E7}, {E3,E5,E8} }
- U/{C1,C2}={ {E1,E3}, {E2,E10}, {E4,E5}, {E6,E9}, {E7,E8,E12}, {E11} }
- U/{C3,C4}={ {E1,E4,E6,E9,E10,E11,E12}, {E2}, {E3}, {E5,E8}, {E7} }
- U/{C1,C2,C3}={ {E1,E3}, {E2}, {E4}, {E5}, {E6,E9}, {E7,E12}, {E8}, {E10}, {E11} }
- U/{C1,C2,C4}={ {E1}, {E2}, {E3}, {E4}, {E5}, {E6,E9}, {E7}, {E8}, {E10}, {E11}, {E12} }
- U/{C1,C3,C4}={ {E1,E12}, {E2}, {E3}, {E4,E6,E9}, {E5}, {E7}, {E8}, {E10,E11} }
- U/{C2,C3,C4}={ {E1,E6,E9,E10}, {E2}, {E3}, {E4,E11,E12}, {E5,E8}, {E7} }
- U/C={ {E1,E3}, {E2}, {E4}, {E5}, {E6,E9}, {E7,E12}, {E8}, {E10}, {E11} }
- U/D={ {E1,E6,E10,E12}, {E2,E4,E7,E11}, {E3,E5,E8,E9} }

由式(1)可算出

$$\gamma_C(D) = \frac{10}{12}, \quad \gamma_{C-\{C1\}}(D) = \frac{5}{12}$$

$$\gamma_{C-\{C2\}}(D) = \frac{7}{12}, \quad \gamma_{C-\{C3\}}(D) = \frac{10}{12}$$

$$\gamma_{C-\{C4\}}(D) = \frac{6}{12}$$

由(2)得各属性重要性

$$\text{Sig}(C1) = \frac{5}{12}, \quad \text{Sig}(C2) = \frac{3}{12}$$

$$\text{Sig}(C3) = 0, \quad \text{Sig}(C4) = \frac{4}{12}$$

可见，机械加工精度对设备优选没有影响，可以去除此属性，得约简 {C1, C2, C4}，经归一化处理，它们的权重因子分别为：{0.417, 0.25, 0.333}。

4 结束语

本文根据成、德、绵区域网络化制造系统的开发实践，以区域网络化制造中资源优化配置工作为背景，尝试在 CIMS 体系结构指导下将实用的粗糙集理论与区域网络化制造工作有机地结合在一起，提出一种基于粗糙集理论的设备资源优化评价指标体系形成及权重因子的确定算法，自动完成设备资源优化配置。对比传统的资源共享方式，具有以下优越性：

- (1) 共享资源具有透明性：用户可以检索资源提供企业上载的各种设备数据，直观地了解设备的性能、价格、时间等。
- (2) 评价合理且客观：由于评价指标的选择和权重因子的确定是基于决策表的，因而更客观合理。
- (3) 工作效率高，成本低：由于设备资源是动态更新的，用户可以通过网络自动化地检索所需资源，实现基于 Web 的公开竞标，在很大程度上提高了工作效率，降低了协商成本。

参考文献

- 1 罗亚波, 肖田元, 陈定方. 基于多智能体的数控机床资源共享技术研究[J]. 计算机集成制造系统—CIMS, 2003, 9(9): 750-754
- 2 单洵源, 彭 忆, 高 阳. 一种协同生产管理实现模式[J]. 中国机械工程, 2000, 11(7): 773-776
- 3 王红军, 何汉武, 陈洪军等. 面向异地资源配置的企业合作伙伴选择方法[J]. 机械科学与技术, 2003, 22(1): 138-140
- 4 张文修, 吴伟志. 粗糙集理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 1-39
- 5 程钧谟, 徐福缘. 浅谈粗糙集理论与知识管理决策[J]. 华东经济管理, 2003, 17(2): 88-90
- 6 唐建国, 谭明术. 粗糙集理论中的求核与约简[J]. 控制与决策, 2003, 18(4): 449-452

(上接第 196 页)

其它 EDMA 的优先级设为低于 McASP 的 EDMA 的优先级，否则很容易使 McASP 的输出时序无法满足，导致 McASP 发生 UNDRN 错误，致使音频输出变哑；

(2)为了平稳输出音频，必须增加辅助 EDMA，用以在由于 DSP 未能及时组织好音频数据时能通过 EDMA 的 LINK 功能保持 McASP 的继续平稳运行。

5 结束语

本文介绍的基于 McASP 和 EDMA 实现多通道音频串行输出的方案是一种通用的音频输出实现方法，它不仅占有 DSP 的 CPU 少，而且输出稳定可靠，具有良好的可扩展性。只要把 EDMA 的设置稍修改，增加音频 DAC 外设，即可兼

容更多通道的音频输出应用。

参考文献

- 1 TI. TMS320C6000 Multi-channel Audio Seriel Port(McASP) Reference Guide[M/CD]. 2003
- 2 TI. TMS320DM642 Video/Imaging Fixed-point Digital Signal Processor Data Manual[M/CD]. 2003
- 3 TI.TMS320C6000 DSP Enhanced Direct Memory Access (EDMA) Controller Reference Guide.[M/CD]. 2003
- 4 TI. PCM1725[M/CD]. 2000
- 5 TI. TMS320C6000 Peripherals Reference Guide[M/CD]. 2001