

基于 TMS320VC5509A 的 G. 726 语音编解码算法的实现

时永鹏^{1,2}, 裘雪红¹

- (1. 西安电子科技大学 计算机学院, 陕西 西安 710071;
2. 洛阳师范学院 物理与电子信息学院, 河南 洛阳 471022)

摘要 文中介绍了 G. 726 语音编解码算法的原理, 详细论述了 ADPCM 编解码算法在 DSP TMS320VC5509A 上实现的硬件结构及软件算法, 并给出了在实现过程中的程序优化方法。

关键词 G. 726 编解码算法; DSP; 语音编解码

中图分类号 TN 912.32 **文献标识码** A **文章编号**: 1007-7820(2008)01-053-03

Realization of the G. 726 Algorithm Based on TMS320VC5509A

Shi Yongpeng^{1,2}, Qiu Xuehong¹

- (1. School of Computer Science and Technology, Xidian University, Xi'an 710071, China;
2. Institute of Physics and Electronic Information, Luoyang Normal College, Luoyang 471022, China)

Abstract This article introduces the principles of the G. 726 algorithm, discusses the hardware and the software realization of the ADPCM algorithm on DSP TMS320VC5509A, and presents the optimization of the realization process.

Keywords algorithm of G. 726; DSP; speech encode and decode

语音编码技术是目前移动通信和个人通信的支撑技术。如何在中低速率上获得高质量的语音, 一直是语音编码技术的主要内容。G. 726 是 ITU 前身 CCITT 于 1990 年在 G. 721 和 G. 723 标准的基础上提出的关于把 $64 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$ 非线性 PCM 信号转换为 $40 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $32 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $24 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $16 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$ 的 ADPCM 信号的标准^[1]。G. 726 标准算法简单, 语音质量高, 多次转换后语音质量有保证, 能够在低比特率上达到网络等级的语音质量, 从而在语音存储和语音传输领域得到广泛应用。

1 G. 726 语音编解码算法原理

G. 726 编码器框图如图 1^[2]所示。由于 ADPCM 编码器主要用来对现有的 PCM 信道进行扩充, 因此

输入采用标准 A 律或 μ 律 PCM 编码。首先将 8 位 PCM 码 $s(k)$ 转换成 14 位线性码 $s_l(k)$ 。然后同预测信号 $s_e(k)$ 相减产生差值信号 $d(k)$, 再对 $d(k)$ 进行自适应量化, 产生 2~5 比特 ADPCM 编码 $I(k)$ 。一方面要把 $I(k)$ 送给解码器, 另一方面利用 $I(k)$ 进行本地解码得到量化后的差值信号 $d_q(k)$, 再同 $s_e(k)$ 相加得到本地重建信号 $s_r(k)$ 。自适应预测器是由二阶极点和六阶零点组成的混合预测器, 他利用 $s_r(k)$ 、 $d_q(k)$ 以及前几个时刻的值, 对下一刻将要输入的信号 $s_l(k+1)$ 进行预测, 计算出 $s_e(k+1)$ 量化器比例因子自适应单元根据输入信号的特性计算量化其比例因子 $y(k)$, 用来控制量化器和逆自适应量化器, 以获得自适应功能。量化器比例因子由快速因子 $y_u(k)$ 和慢速因子 $y_l(k)$ 两部分, 以及速度控制因子 $a_1(k)$ 对这两部分的加权组成。 $a_1(k)$ 的计算由自适应速度控制单元与音调和传送检测器单元完成^[3]。

收稿日期: 2007-07-13

作者简介: 时永鹏(1978-), 男, 讲师, 硕士研究生。研究方向: 嵌入式系统, 多媒体信息处理。

G. 726 语音解码器的解码过程实际上已经包含在编码器中, 只是多了一个线性码到 PCM 码转换以及同步编码调整单元。输出 PCM 格式转换是

线性 PCM 转换为 A 律或 μ 律; 同步编码调整的作用是防止多级同步级联编解码工作时产生误差累积, 以保持较高的转换质量。

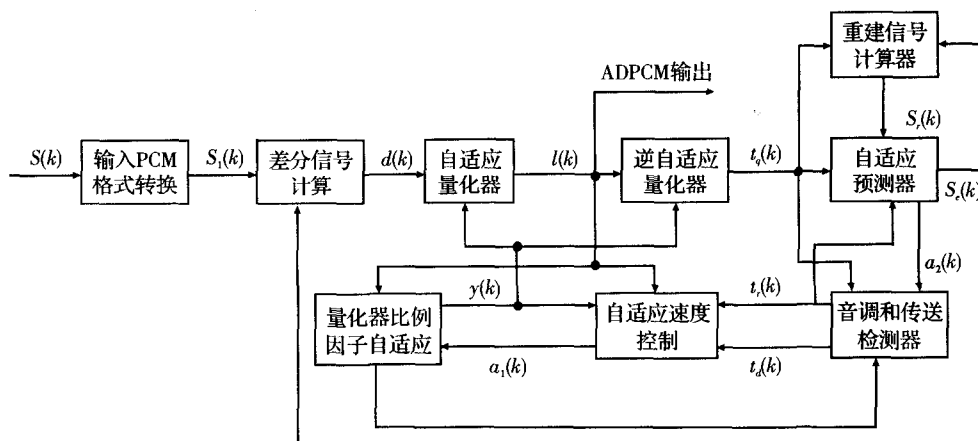


图1 G. 726 语音编码器框图

2 G. 726 语音编解码在 TMS320VC5509A 上的实现

2.1 硬件结构

实际的硬件实现方案如图 2 所示。

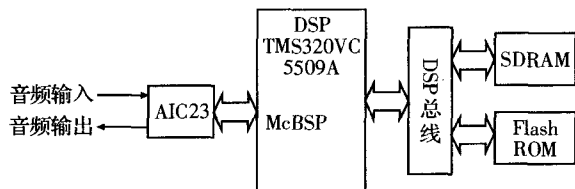


图2 G. 726 算法实现硬件框图

文中采用的是 TI 公司的 TMS320VC5509A DSK 作为实验平台。TMS320VC5509A 一款基于 TMS320VC55X DSP 核的定点 DSP, 是 TMS320VC5509 的改进版本, 其主要特点^[4]有: 速率最高达 $400 \text{ MI} \cdot \text{s}^{-1}$; 具有两个 ALU (其中一个 40 位, 一个 16 位) 和两个 MAC (单周期内能同时完成两个 $17 \text{ bit} \times 17 \text{ bit}$ 乘法); 内部 3 条数据读总线, 两条数据写总线, 一条程序总线; 最大可寻址 16 M 字节的外部数据/程序空间, 大大扩展了数据空间, 具有 $128 \times 10^3 \times 16 \text{ bit}$ 的片上 RAM, 并可通过 EMIF 实现多种存储的无缝连接; 3 路多通道缓冲串口 (McBSP)。该平台的特殊之处是: 有语音处理模块 PCM 3002, 可对语音进行 A/D、D/A 转换, 并且带有 USB 在线调试器, 可以方便地对

程序进行修改、调试。

2.2 软件实现

2.2.1 G. 726 标准算法的优化

文中设计的编解码器是在 TMS320VC5509A 实现 G. 726 建议的速率为 $32 \text{ k} \cdot \text{s}^{-1}$ 的 ADPCM 算法, 由于编码解码程序相对简单, 在对算法和程序优化时采用如下方法:

(1) 将所有的乘法算法通过移位来实现, 可以缩短程序执行的时间, 提高执行效率;

(2) 对量化器比例因子 $y(k)$ 的计算进行简化。 $y(k)$ 的计算公式为^[5]

$$y(k) = a_1(k)y_u(k-1) + (1 - a_1(k))y_l(k-1) \quad (1)$$

因为这个算法是用在单纯的语音编码中, 可以不进行单音/过渡检测, 而且一般情况下, 只有语音信号时, $a_1(k)$ 是趋于 1 的, 当输入平稳信号时, $a_1(k)$ 的值在 0 ~ 1 之间。因此可以粗略地认为 $a_1(k)$ 的值近似为 1, 从而计算快速比例因子 $y_u(k)$ 直接作为新的比例因子 $y(k)$, 即式(1)简化为

$$y(k) = y_u(k-1) \quad (2)$$

这样不仅简化了比例因子的计算, 还省略了 $a_1(k)$ 的计算, 降低了算法的复杂度;

(3) 将需要经常调用的函数进行 static inline 静态内联;

(4) 对于简单的过程减少函数调用, 则是直接

书写。

2.2.2 系统软件设计

由 AIC23 采样后得到的是 16 位 PCM 线性码，右移两位就可以得到 14 位的线性码。在 G. 726 压缩编码中，需要保存一组压缩过程中的参数，如预测系数 $a_i(k)$ 和 $b_i(k)$ 、差值量化值 $d_q(k-i)$ 以及量化器速度因子 $y_l(k)$ 和 $y_u(k)$ 等，在这里使用一个全局的数据结构来保存这些数据^[6]。

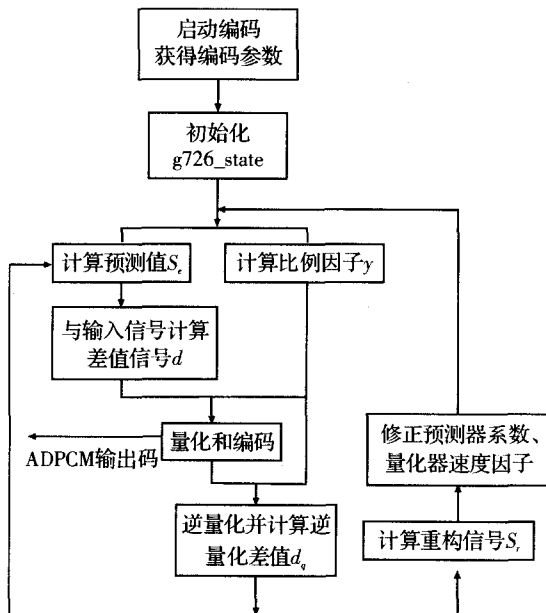


图3 G. 726 编码程序流程

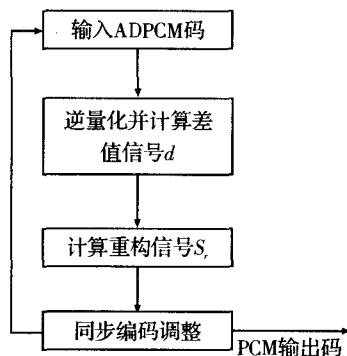


图4 G. 726 解码程序流程

```
struct g726_state {
```

```
    long yl; //y_l(k)
    int yu; //y_u(k)
    int a [2]; //a_i(k)
    int b [6]; //b_i(k)
    int dq [6]; //d_q(k-i)前面六个查分量的值
    int sr [2]; //s_r(k-i)前面两个重构信号
};
```

G. 726 编、解码器的流程图分别如图 3，图 4 所示。算法对内存的需求为：程序 1.8 kB，数据 230 B。

3 结束语

介绍了 G. 726 建议的 ADPCM 语音编解码的算法原理以及在 DSP TMS320VC5509A 上的实时实现。通过改进和优化算法，减少了算法的乘法运算量，提高了程序的执行效率。程序通过全部测试数据，各项指标均达到要求，音质良好，并在项目中得到应用。

参考文献

- [1] Lee Cheng - Chieh. An Enhanced ADPCM Coder for Voice Over Packet Networks [J]. International Journal of Speech Technology, 1999, 2(4), 343 - 357.
- [2] 王炳锡. 语音编码[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002.
- [3] 石博雅, 苗长云, 李鸿强, 等. G. 726 语音编解码器在 SoPC 中的实现[J]. 电子技术应用, 2005, 31(8): 5 - 8.
- [4] Texas Instruments Incorporated. TMS320VC5509 Fixed - Point Digital Signal Processor Data Manual [Z]. USA: Texas Instruments Incorporated, 2004.
- [5] 张刚, 张雪英. 语音处理与编码[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2000.
- [6] 王六顺. DSP 在数据通信及语音编码中的应用[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2001.

欢迎投稿

来稿请寄: dzkj@ mail. xidian. edu. cn