

TMS320VC5509A 在数字对讲机基带系统中的应用

闫瑞军, 高航

(桂林电子科技大学信息与通信学院, 广西 桂林 541004)

【摘要】TMS320VC5509A 是 TI 公司的一款高性能 DSP 芯片, 广泛应用于通信、语音处理、图像处理等领域。文章基于该芯片设计了一套数字对讲机基带系统, 给出了硬件结构及软件工作流程, 对 ITU-T G.723.1 语音压缩编码及 Viterbi 译码等关键模块给出了详细说明。经程序优化, 在实际电路板上, 本基带系统可正常工作。

【关键词】TMS320VC5509A; 数字对讲机; 基带; ITU-T G.723.1; Viterbi 译码

【中图分类号】TN911.72

【文献标识码】B

【文章编号】1008-1151(2008)05-0063-02

对讲机是最早被人类使用的无线通信设备, 它可以实现一点对多点的通信, 早在二十世纪三十年代就开始得到应用, 经过长期的发展, 对讲机的应用已十分普遍。目前, 应用了语音压缩编码、信道编码、数字调制等数字信号处理技术的数字对讲机具有频谱利用率高、抗干扰能力强、易于加密等优点, 且可提供短信息、组网等业务, 数字对讲机全面取代传统模拟对讲机时机已经成熟。近年来随着半导体工艺和计算机技术的发展, DSP (Digital Signal Processor) 数字信号处理器的运算能力越来越强, 每 MIPS 的功耗也越来越低。本文设计了一套基于 TI 公司的通用定点 DSP (TMS320VC5509A) 的数字对讲机基带系统, 并进行了验证。

(一) TMS320VC5509A 的简单介绍

TMS320VC5509A, 以下简称 C5509A, 是 TI 公司推出的 TMS320C55x 系列 DSP 中的一款, 与 C54x 相比, C55x 通过增加并行操作及改进功率管理技术, 其综合性能提高了 5 倍, 而功耗仅为 C54x 的 1/6。C55x 广泛应用在无线手机和个人通信系统、通信基站、数字音频播放器、数码相机等产品中。

C55x 系列 DSP 具有两个 17-bit×17-bit 的 MAC 单元, 可在单周期内执行两次 MAC 操作, 还具有一个 40-bit 的主 ALU 及一个 16-bit 的从 ALU, 可在指令集的控制下, 得到优化的并行操作及功率控制。C5509A 最高可工作在 200MHz, 它具有 1 个 6 通道的 DMA 接口, 1 个 USB2.0 全速接口, 3 个 McBSP 串口, 1 个 I²C 接口, 64K Bytes 的 DARAM 和 192K Bytes 的 SARAM, 此外还 1 个 16-bit 的 EMIF 接口, 可提供 4 个 CE 空间。目前 C5509A 的单片价格仅为 18.2 美元。综合考虑性能、功耗及价格, 我们选择了 C5509A 该芯片来实现本数字对讲机基带系统。

(二) 基带系统的硬件架构及工作流程

本文所设计的数字对讲机基带系统的硬件框图如图 1 所示。在设计上, 我们部分借鉴了 2G、3G 手机中的处理方式, 本系统可传送语音、数据, 为数据传输或基于数据传输的高层应用预留了空间。

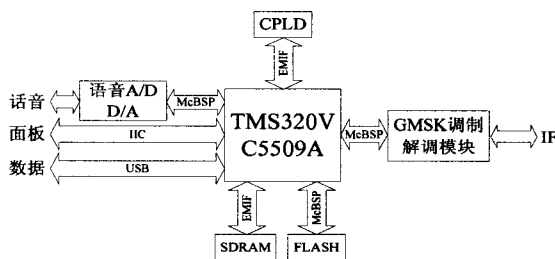


图 1 硬件结构框图

从图 1 可知, 本系统为一典型的 DSP 应用系统, C5509A 的主要任务如图 2 所示。



图 2 发端与收端处理流程

语音编译码采用 ITU-T G.723.1 中的低码率代数码本激励线性预测 (ACELP) 算法, 速率为 5.3Kbps, 每帧 30ms, 数据为 160bits/帧。FEC 编码采用 (2, 1, 9) 删除卷积编码, 码率为 3/4, 相应的译码为 Viterbi 译码, 该 FEC 编解码方案既保证了一定的纠错能力又减小了数据速率。由于译码时移位寄存器的状态由全 0 开始, 且于全 0 结束, 故编码时输入数据后面需添加 8 个 0 以清空移位寄存器。这样在发端, 每一帧经 FEC 编码后的数据为 224bits, 经过 16×14 的块交织及加扰,

【收稿日期】2008-03-07

【作者简介】闫瑞军, 男, 山东阳谷人, 桂林电子科技大学信息与通信学院硕士研究生, 研究方向为移动通信与个人通信; 高航, 男, 山东临沂人, 桂林电子科技大学信息与通信学院硕士研究生, 研究方向为移动通信与个人通信。

加扰数据由截断 m 序列产生。然后数据进行 HDLC 组帧, 格式为帧头+信令+地址+数据+CRC 校验+零插入+帧尾, 封装成 288bits/帧, 即数据速率为 9.6Kbps, 然后送往调制器调制。

(三) 基带系统关键模块的处理实现

1. 语音压缩算法

ITU-T G. 723.1 采用 MP-MLQ/ACELP 算法, 速率 6.3/5.3Kbps 可选, 该标准为 VoIP 的语音压缩标准, 语音质量较高, 其 MOS 值达到 3.8/3.6, 接近长话质量(MOS=4), 综合考虑速率、算法复杂度及语音质量, 我们选择了 ITU-T G. 723.1 用于本数字对讲机基带系统。

在实际应用中, 若直接使用 ITU 所提供的 C 源代码, C5509A 完成一帧的编码需 45401454 个周期, 假设 C5509A 工作在最高频率即 200MHz, 也需 227ms, 而 G. 723.1 的单帧时长为 30ms, 故代码必须要经过优化。

具体优化步骤如下:

(1) 由于本系统只采用 5.3Kbps 算法, 故将 6.3Kbps 算法的相关程序去掉以减小代码尺寸。

(2) 使用合适的编译器优化选项: `-o2`。o2 是函数级优化, 它除了进行寄存器级别及局部级别优化外, 还执行循环优化及排除全局不用的赋值等操作。

(3) 使用内联(intrinsic)函数。C55x 编译器提供了许多内联函数, 可高效优化 C 代码。

(4) 根据数字语音处理原理对程序进行简化。比如在开环基音估测函数 `Estim_Pitch` 中, 基音周期范围为 18 到 139。在基音周期较短时, 基音频率较大, 对语音信号编码质量影响较大, 但在基音周期较长时, 基音频率较小, 对语音信号编码质量影响较小。所以基音周期从 18 到 58 之间采用逐点计算搜索, 从 59 到 139 之间采用隔点计算, 可以减少运算量。

(5) 其他优化。比如用条件运算符替代 `if...else...` 语句, 将计算语句置于循环体外等。

优化后, 对一帧数据编码所用时钟周期数为 1064812, 解码为 95139, 若 C5509A 工作在 150MHz, 则对一帧数据编码只需 7.1ms, 解码只需 0.63ms, 足以完成语音的实时处理。主要函数优化结果如表 1 所示。

表 1 G. 723.1 算法主要函数优化结果

源代码函数名称	函数描述	优化前的执行周期	优化后的执行周期	优化效率
Comp_Lpc	LPC 分析	1919910	55653	97.1%
Lsp_Qnt	LSP 矢量量化	1244010	63776	94.9%
Error_Wght	感知加权滤波	762873	24789	96.8%
Estim_Pitch	开环基音估测	2064133	22550	98.9%
Find_Acbk	计算自适应码本激励	4888052	116376	97.6%
Find_Fcbk	计算固定码本激励	1150376	87613	92.4%

2. Viterbi 译码

Viterbi 算法是一种最大似然译码算法, 它是通过计算累积码距, 在卷积码网格图上寻找一条与接收序列具有最小码距的最大似然路径, 然后通过路径回溯重构接收数据。

本系统采用定长帧, 待 Viterbi 译码的数据为 168 组, 每组 2bits, 由于采用 (2, 1, 9) 编码, 故移位寄存器的状态数为 2^9 , 即 256 个。算法的流程如下:

(1) 对一新输入的定长帧, 从时间单位 $j=0$ 开始, 对于状态 $0-2^j$, 计算进入每个状态的路径并存贮其部分量度;

(2) j 加 1, 若 $j < 8$, 重复步骤①, 否则, 进入步骤③;

(3) 对于所有状态, 计算进入每一状态的所有路径的部分量度, 选择具有最小量度的路径, 更新该状态的路径并存贮其部分量度;

(4) j 加 1, 若 $j < 168$, 重复步骤③, 否则就停止, 进行路径回溯, 取出最大似然估值序列并输出。

对于删除后的数据首先进行补 0 操作, 然后再进行 Viterbi 译码, 在计算量度时, 补 0 数据不参与计算。量度值采用欧式距离计算, 对于 (2, 1, 9) 编码, 相应的分支量度值为

$$Ms = RS_1 \cdot G_1(J) + RS_0 \cdot G_0(J)$$

其中 $G_n(J)$ 为网格图上每个状态节点的期望编码输出码元, 通过查表取出, RS_n 为接收码元。为计算方便, 二者都采用双极性表示。这样分支量度值的计算可以简化为数据的加和减。

C55009A 一些指令如 `ADDSUB`, `SUBADD` 和 `MINDIFF` 等, 它们可方便, 高效的完成各个状态路径量度值的累加、比较和选择, 故本模块采用全汇编编写。最终, 本模块对一帧数据进行删除卷积编码需 17137 个周期, Viterbi 译码需 2178015 个周期, 若 C5509A 工作在 150MHz, 则对一帧数据删除卷积编码只需 0.11ms, 译码需 14.5ms, 满足实际要求。

(四) 结束语

本系统程序采用 C 与汇编混合编写, 最终, 对每一帧数据, 发端程序平均所需周期数为 1.5×10^6 , 收端为 2.5×10^6 , C5509A 采用 150MHz 系统时钟时, 在实际的电路板上, 本数字对讲机基带系统可正常工作, 收端可实时收到发端传来的连续、清晰的话音。若想进一步降低工作频率, 可将程序采用全汇编实现。

【参考文献】

- [1] SPRS205J TMS320VC5509A Fixed-Point Digital Signal Processor Data Manual[M].Texas Instruments,2007.
- [2] Texas Instruments. TMS320VC5509A. <http://focus.ti.com.cn/cn/docs/prod/folders/print/tms320vc5509a.html>
- [3] 王洪,唐凯.低速率语音编码[M].北京:国防工业出版社,2006.
- [4] SPRU281F TMS320C55x Optimizing C/C++ Compiler User's Guide.Texas Instruments.2003.
- [5] 王新梅,肖国镇.纠错码原理与方法(修订版)[M].西安:西安电子科技大学出版社,2001.