

基于单片机的 8×4 数字语音混音矩阵模块设计

罗纯哲, 李探元

(91245 部队, 辽宁 葫芦岛 125001)

摘要: 提出了一种 8×4 数字语音混音矩阵模块方案。模块基于 STC12C5A60S2 单片机和 4 通道并行 D/A 转换芯片。给出了模块软硬件设计方案, 讨论了模块实现中的设计难点。实际验证结果表明达到了预期设计目标。

关键词: 数字混音; 音频电平; 阈值

中图分类号: TB553

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)11-0097-03

Design of double-channel volume adjustment and level indication based on STC12C5A60S2

Luo Chunzhe, Li Tanyuan

(91245 Troops, Huludao 125001, China)

Abstract: A double-channel volume adjustment and level indication module is introduced in this paper. The peak of audio signal is sampled, calculated, and displayed, through the rich resource in STC12C5A60S2, to achieve a function of double-channel volume adjustment and level indication. The system has advantages of small size, low cost, simple construction, with better engineering application.

Key words: peak demodulation; volume adjustment; level indication

在有线语音指挥调度系统中根据需要对下级用户送来的多路语音信号进行混音处理, 传统方法采用矩阵和集成运放求和电路实现, 存在硬件组成复杂、占用安装空间大、抗干扰能力和可靠性差等不足。本方案以宏晶公司生产的新型 1T 高速单片机 STC12C5A60S2 为核心, 利用片内丰富的 A/D 资源和辅助的 4 通道并行 D/A 转换器构成了一个 8×4 数字语音混音矩阵硬件, 通过软件实现了 8 路语音信号的 4 路混音输出和动态静噪功能, 具有混音功能设置灵活、调试方便等优点。

1 总体设计方案

总体设计框图如图 1 所示, 单片机 STC12C5A60S2 为控制核心, 通过串口接受混音状态设置, 通过 A/D 转换口对 8 路输入缓冲器输出的语音信号进行采样, 计算每路输入语音信号平均电压, 并与静噪阈值进行比较后, 实时改写混音开关状态字实现混音输出动态静噪功能, 并根据改写后的实际混音开关状态字进行数字混音

计算后, 通过并行总线控制的 D/A 转换器输出 4 路混音信号。

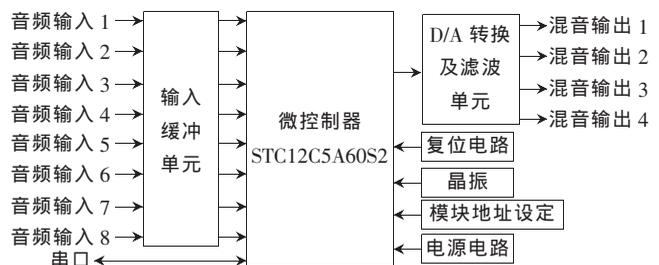


图 1 总体设计框图

2 硬件设计

模块硬件组成主要包括: 电源、输入缓冲单元、微控制器、D/A 转换及滤波单元、模块地址设置单元等。

2.1 电源转换单元

电源转换单元电路原理图如图 2 所示。外部输入的 12 V 直流电源, 通过 AMS 公司高性能、低功耗 AMS1117

线性稳压电源模块转换为+5 V 直流电源, 做为单片机 A/D 转换器和外加 D/A 转换器的参考电压, 并增加输入输出高频滤波电路, 使输出纹波电压进一步减小, 电压输出幅度稳定, 满足模块供电要求。

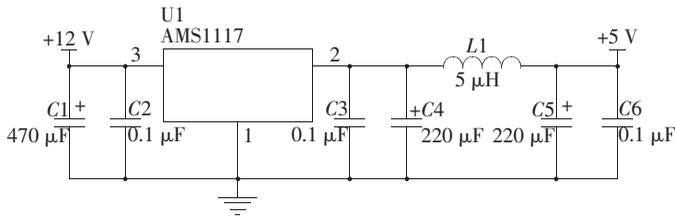


图2 电源转换单元原理图

2.2 输入缓冲单元

为了满足单片机 A/D 口要求, 需要对输入的语音信号进行隔离和电平转换。图3为输入缓冲单元电路原理图。电路采用 NE5532 低噪声运放辅以阻容等元件构成单电源射级跟随器, 图中 C1 为隔直电容, R1、R2 为运放 IC1A 的偏置电阻, 使运放正输入端偏置于 2.5 V, 保证运放在单电源下正常工作, 同时将输入的交流语音信号基准参考电平平移到 2.5 V, 满足单片机 A/D 的需要。

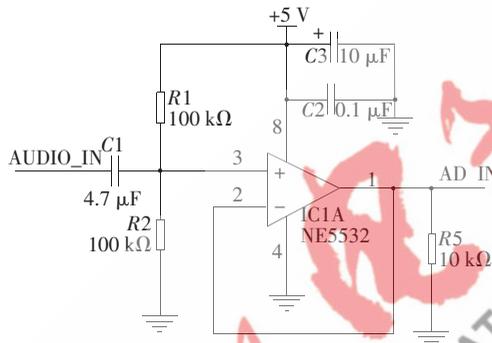


图3 输入缓冲单元电路原理图

2.3 微控制器单元

微控制器采用宏晶科技生产的单时钟/机器周期(1T)的单片机 STC12C5A60S2, 该单片机是高速、低功耗、超强抗干扰的新一代 8051 单片机, 指令代码完全兼容传统 8051 单片机, 但速度提高 8~12 倍^[4]。最高工作频率可达 35 MHz, 具有 44 个 I/O 口, 每个 I/O 口驱动能力均可达 20 mA, 内部还集成有 MAX810 专用复位电路, 512B EEPROM, 1 280 B RAM, 60 KB 程序存储器, 2 路 PWM, 8 路 10 位高速 A/D(250 kS/s), 主要针对电机控制等强干扰应用^[5]。另外还具有 ISP(在系统可编程)/IPA(在应用可编程)功能, 无需专用编程器和仿真器, 可通过串口(P3.0/P3.1)直接下载用户程序, 方便软件下载和调试。

本方案中, STC12C5A60S2 单片机采用外部晶体振荡器, 频率为 24 MHz, 通过单片机串口 2 接受混音状态设置, 8 路语音信号通过 P1.0~P1.7 口输入到单片机进行 A/D 转换; 混音处理后的数字量通过并行总线送给 TLC7226 D/A 转换器, 经 D/A 转换后输出 4 路混音信号。

2.4 D/A 转换单元

D/A 转换单元采用 TI 公司生产的 TLC7226CDW 电压输出型 D/A 转换器, TLC7226 采用 CMOS 工艺, 内部设有控制逻辑单元、4 个并行 D/A 转换器和输出缓冲器^[2]。本方案中, 单片机与 TLC7226 连接如图 4 所示。

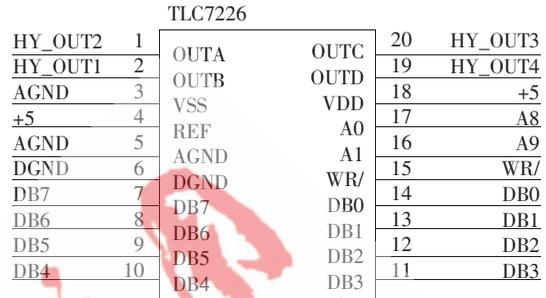


图4 D/A 转换单元电路原理图

3 软件设计

STC12C5A60S2 单片机软件在 Keil 集成开发环境下, 采用汇编语言对其编程, 目标代码利用 STC 提供的 ISP 下载工具 STC-ISP.EXE 通过串口下载到单片机, 下载和调试非常方便。

3.1 主程序模块

主程序模块主要完成单片机和模块的初始化, 程序流程如图 5 所示。

3.2 T0 中断服务程序模块

中断周期为 125 μs, 主要完成 8 路语音信号采样(频率为 8 kHz)、每路参与混音的语音信号的动态静噪及 4 路数字混音计算和输出功能, 程序流程图如图 6 所示。

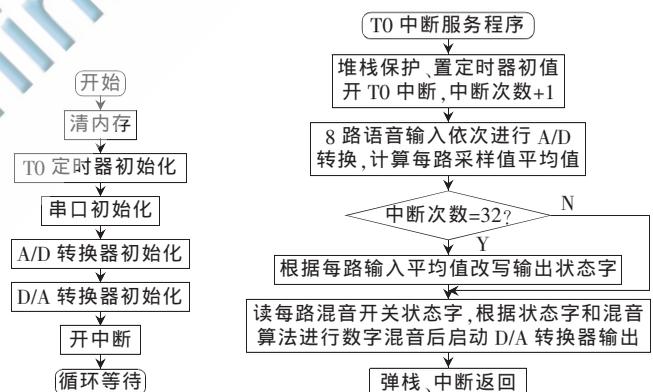


图5 主程序流程图

图6 T0 中断服务程序流程图

3.2.1 动态静噪原理

计算在极短时间内采样值的平均值与静噪门限进行比较, 在门限值之下的信号认为是噪声, 不参与混音计算, 在门限值之上的信号则认为是语音信号, 参与混音计算, 这时虽然噪声和语音一起混音后输出, 但由于声音的屏蔽效应, 噪声可以忽略^[3], 从而实现混音动态静噪功能。

3.2.2 采样值处理

语音信号电压采样频率为 8 kHz, 为了实现混音动态静噪功能, 通过计算在极短时间内语音信号电压所有

采样值的平均值来表征语音信号的强弱。由于采样时间极短,人耳感觉不到时间差异。如将采样时间 t 取为4 ms,采样点数 $N=0.004 \times 8\,000=32$ 。

3.2.3 数字混音算法

在权重系数混音算法思想基础上采用如下混音模型公式:

$$Y_i(t) = \sum_{i=1}^n \left[X_i(t) \cdot \frac{\sum_{k=1, k \neq i}^n X_k(t)}{\overline{\text{Vol}}} \right] \cdot f(t)$$

$$\left(\overline{\text{Vol}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Vol}_k(t); f(0) = \frac{1}{n} \right)$$

其中: $\text{Vol}_k(t)$ 为 t 时刻第 k 路输入语音的音量大小, $\overline{\text{Vol}}$ 为所有路输入语音的音量大小的平均值, f 为控制声音不失真的平滑衰减因子,是动态改变的值,其初始值为 $1/n$, n 为输入语音的总路数^[2]。随着时间 t 的变化,在混音过程中会出现溢出现象,为了减少溢出引入的噪声,将衰减因子平滑地减小,使音频数据衰减后处于值域以内,当没有溢出时,衰减因子随步长慢慢增大,为了在尽量保持数据的平滑变化和混音效率中间达到平衡,通常将步长取为 $(1/n-f)/16$,既能使整体声强不至于衰减太快,又能保证较小的失真度^[4]。

3.2.4 软件时间开销估算

A/D 转换时间开销:STC12C5A60S2 单片机内部 A/D 转换器模块使用内部 RC 振荡器时钟,5 V 单片机内部 RC 振荡器时钟频率常温下为 11~17 MHz,A/D 转换器最快转换速度为 90 个时钟周期,所以每路 A/D 转换所需时间为:5.3~8.2 μs ,8 路 A/D 转换所需时间为:42.4~65.6 μs 。

其他时间开销:STC12C5A60S2 单片机采用 24 MHz 外部石英晶体时,执行 1 条单周期指令所需时间为 0.042 μs ,采样值处理、动态静噪控制、数字混音计算及 D/A 输出控制总计约 1 000 条单周期指令,其他时间开销总计约:0.042 $\mu\text{s} \times 1\,000=42 \mu\text{s}$ 。

最大时间开销总计:65.6 $\mu\text{s}+42 \mu\text{s}=107.6 \mu\text{s}<125 \mu\text{s}$ 。

3.3 串口通信模块

串口 2 设置为工作模式 3,模块作为从机与控制主机进行通信,模块地址通过 4 位拨码开关进行设置,模块主要完成接收和保存 4 路混音状态设置字,程序流程图如图 7 所示。

4 实验结果与结论

为了验证设计方案,设计制作了模块 PCB 板,并编制相关软件进行了调试和实验。通过电脑模拟控制主机与模块进行主从通信,发送 4 字节混音设置状态字,实验结果表明,按照预定协议能够进行可靠通信,可以正确地完成 4 路混音输入状态设置。

在动态静噪控制时,在每路语音信号平均电压(RMS 值)与静噪门限进行比较后,改变混音开关状态时需要一定的时间延迟。当语音信号在超过门限电平到混音开关闭合要有一定的延时 T_b 。 T_b 太长会造成语音的

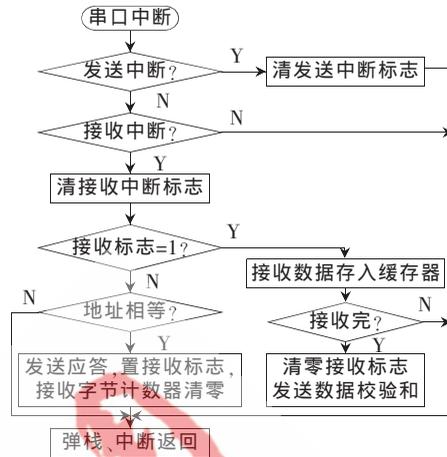


图 7 串口中断服务程序流程图

起始音素被切除,但 T_b 太短,任何幅度超过静噪门限值的突发短暂干扰都会立刻打开混音开关并将这一干扰混音后输出,破坏静音效果,为了尽可能地吸收这类干扰又不至于造成起始音素丢失, T_b 可在 0.5~4 ms 之间选择。当语音信号在低于门限电平到混音开关断开也要有一定的延时 T_b 。由于语音信号动态范围大,讲话时又随着语气的变化而起伏停顿,因此 T_b 太短会造成语音的断续,影响语音混音质量。 T_b 太长,则语音停顿噪声拖尾,同样影响混音质量。为了兼顾这两方面, T_b 值可在 0.5~2 s 之间选取。

通过调试和实验,4 路混音输出每路均能够正确地按照预设状态字从 8 路语音输入中选择指定语音信号进行混音后输出,取得了满意的混音效果,而且每路混音输入在混音过程中均能实现动态静噪功能,验证了混音算法和动态静噪控制的正确性。

本文根据某有线语音指挥调度系统研制需要,设计了一种基于 STC12C5A60S2 单片机的 8×4 数字语音混音矩阵方案,并制作实物进行了调试和验证。验证结果表明:方案设计合理可行,研制的模块实物体积小、成本低,具有硬件电路简单、抗干扰能力强、混音功能设置灵活、调试方便等优点,具有较高的性价比和实用价值。

参考文献

- [1] STC12C5A60S2 中文手册完全版,STC 官方网站:WWW.STCMCU.COM.
- [2] TEXAS INSTRUMENTS.TLC7226C Quadruple 8-bit Digital-TO-Analog Converters Data Sheet.SLAS060F-January 1995-Revised April,2007.
- [3] 丁光亮,楚纪正,王琦.数字信号音频电平的算法研究[J].通信技术 2010(7):150-153.
- [4] 黄梅,宏玫,卢扬,等.数字混音模型的设计与实现[J].计算机工程与设计 2010,31(16):3625-3626.

(收稿日期:2013-01-03)

作者简介:

罗纯哲,男,1969 年生,工程师,硕士,主要研究方向:试验时统技术,嵌入式系统,单片机应用。