 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i7.6717

Design of Home Audio System Based on ADI DSP

Kang Zhou

Shenzhen Zhouzhoukang Audio Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 530022, China

Abstract

With the continuous growth of the demand for home audio entertainment, the design of high - performance home audio systems has become a research hotspot. Focusing on this issue, this paper conducts the design work of a 4 - channel home audio system based on the ADI DSP chip. The system is equipped with a visual display screen, which constructs an intuitive and convenient human - machine interaction interface, effectively enhancing the user operation experience. In terms of system architecture design, the STM32 MCU is selected as the main control chip to be responsible for the overall coordination and control of the system. Meanwhile, the ADAU1701 model DSP of ADI Company is used as a professional audio signal processing platform, which can process audio signals efficiently and accurately. In terms of audio source input, this audio system shows excellent compatibility, supporting multiple input modes such as Bluetooth wireless, USB, optical fiber, coaxial, digital audio, and analog audio sources, which can meet the diverse needs of different users. Through testing and evaluation, this audio system can effectively meet the basic needs of home audio entertainment and has important application value and promotion significance.

Keywords

ADAU1701, SigmaStudio, DSP, Audio

基于 ADI DSP 家用音响系统设计

周康

深圳市周周康音频科技有限公司，中国 · 广东 深圳 530022

摘　要

随着家庭音频娱乐需求的不断增长，设计高性能家用音响系统成为研究热点。本文聚焦于此，基于ADI DSP芯片开展了一款4声道家用音响系统的设计工作。该系统具备可视化显示屏，构建了直观且便捷的人机交互接口，有效提升了用户操作体验。在系统架构设计上，选用STM32 MCU作为主控制芯片，负责系统整体的协调与控制；同时采用ADI公司的ADAU1701型号DSP作为专业的音频信号处理平台，能够对音频信号进行高效、精准的处理。在音源输入方面，本音响系统展现出出色的兼容性，支持蓝牙无线、USB、光纤、同轴、数字音频以及模拟音源等多种输入方式，可适应不同用户的多样化需求。经测试与评估，该音响系统能有效满足家庭音频娱乐的基本需要，具有重要的应用价值和推广意义。

关键词

ADAU1701；SigmaStudio；DSP；stm32；音响

1 引言

如今，随着生活水平提升，家庭对高品质影音娱乐的需求显著增长。在家庭音频设备发展中，有线音响曾长期主导市场，但当前多数有线音响存在局限。传统音响多只有 3.5mm 输入接口，适用于简单音频连接；桌面 USB 音响虽有连接方式创新，本质仍是单一接口产品。

近年来，蓝牙音响随无线通信技术发展而出现，其无线连接摆脱了音频线束缚，带来自由使用体验。然而，市场上多数蓝牙音响仅具单一蓝牙功能。在家庭使用场景中，传统单一接口有线音响和新兴单一功能蓝牙音响，都难以满足家庭和个人对多种音源输入的需求。

【作者简介】周康（1992–），硕士，高级工程师，从事机器学习，图像分类，音频信号处理，多媒体技术研究。

用户希望同时连接电视、影碟机、手机等多种音频设备。传统音响接口单一，无法适配不同设备输出；蓝牙音响对无蓝牙功能的电视或影碟机无能为力，限制了音频设备的通用性和实用性。

为解决上述问题，本设计围绕家庭音频消费市场需求，开发具备多种音频输入方式的音响系统。该系统支持无线蓝牙连接，方便手机、平板等设备传输音频，还支持 USB、光纤同轴等有线输入，能兼容多种音频设备，提供灵活连接方案。

在实际应用上，此音响系统适用性广泛。可作电视外接音响提升播放效果，也可作影碟机外接音响带来环绕声体验，还能通过手机蓝牙传输音乐。在输出部分，该音响系统连接 4 个扬声器，包括 L 左声道、R 右声道扬声器和两个低音音箱。这种配置可实现丰富音频表现，营造逼真环绕声。左、右声道扬声器负责还原主要音频信息，低音音箱增强低

频音效，提升听觉享受。

综上所述，本设计针对家庭音频市场问题提出创新方案，通过支持多种音源输入和合理扬声器配置，有望满足高品质、多样化音频消费需求，为家庭影音娱乐带来新机遇。

2 系统架构

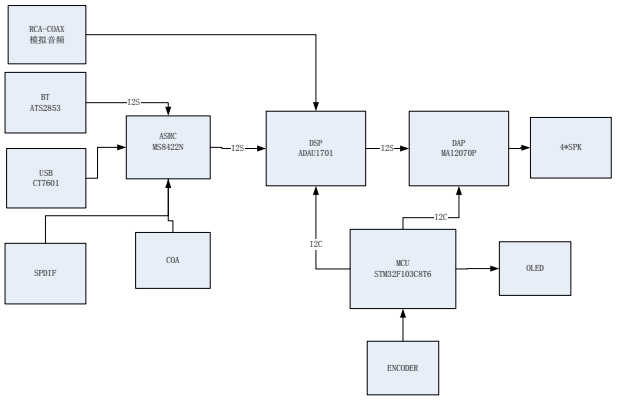


图 1 系统框图

2.1 ADAU1701 DSP 模块

ADAU1701 DSP 模块是本音频系统的核心，负责数字音频信号处理，提升音频质量与用户听觉体验。它能实现底噪消除。音频信号传输与处理中，底噪影响纯净度和清晰度，该模块凭借先进算法和技术识别并去除底噪，保证输出音频纯净。在音量控制上，模块可根据用户需求或系统预设，精确且平滑地调节音量。EQ 均衡处理是其重要功能。通过调整音频信号不同频率段的增益，优化频率响应，满足不同音频内容和用户偏好，让音色更丰富饱满。

数字音频矩阵功能可灵活配置和切换多个音频输入、输出通道，实现信号交叉路由，满足多样化处理需求。此外，模块支持内部音源切换。用户能按需在不同内部音频源间方便切换，增强了系统灵活性和实用性。

2.2 STM32F103C8T6 微控制器模块

STM32F103C8T6 微控制器模块是本系统的主控制器，功能丰富，保障音频系统稳定运行与功能达成。一方面，它借助 I2C 总线和 ADAU1701 DSP 通信，可把预编程序参数下载到 DSP，使其按特定算法处理音频信号，还能实时控制 DSP 内部音频模块参数，如音量、音频均衡等，精确调控音频处理。另一方面，该模块能处理外部输入设备。它接收旋转编码器按键输入信号，用于音量调节、模式切换等，实时监测处理这些信号，转化为事件消息并按系统规则逻辑处理。此外，它负责驱动 OLED 显示屏，将处理后的音量、音频模式、输入源等信息直观显示，为用户提供操作反馈与系统状态，提升人机交互友好度与便利性。

2.3 ATS2853 蓝牙模块

ATS2853 蓝牙输入模块采用了炬芯平台的蓝牙片上系统（SOC）模块。其主要功能是实现无线音频信号的转换与传输，具体而言，该模块能够接收来自手机等蓝牙主设备发射的无线音频信号，并将其转换为 I2S 格式的数字音频信号。转换后的 I2S 数字音频信号会被输入到 MS8422N ASRC(异步采样率转换器）模块中。通过这一系列操作，该音响系统获得了播放蓝牙音频的能力，极大地拓展了系统的音频输入方式，使用户可以方便地通过蓝牙连接将手机等设备中的音频内容传输至音响系统进行播放，提升了音响系统的适用性和用户的使用体验。

2.4 CT7601 USB 转 SPDIF 数字模块

CT7601 USB 转 SPDIF 数字模块在音响系统中扮演着数据接收与格式转换的重要角色。该模块具备接收外部 USB 主设备所传输音频数据的能力，通过对这些音频数据的处理，使得整个音响系统具备播放 USB audio 音频的功能。具体工作过程为，CT7601 USB 转 SPDIF 数字模块将接收到的来自 USB 主设备的音频数据进行相应处理后，作为一个独立的音频输入通道，将数据输送至 ASRC（异步采样率转换器)内部。在 ASRC 中，这些音频数据会得到进一步的处理，以确保其能在音响系统中实现高质量的播放，从而为用户提供多样化的音频播放选择。

2.5 SPDIF 光纤模块

SPDIF 光纤模块在该音响系统中作为一种重要的音频输入途径。该模块通过 SPDIF 光纤端子接收外部信号，此信号会作为一个独立的输入信号源接入到 ASRC（异步采样率转换器）模块中。

借助 SPDIF 光纤模块的这一功能，音响系统具备了支持光纤音频输入的能力，进一步丰富了系统的音频输入方式，为用户提供了更多样化的音频播放选择，有助于提升音响系统的兼容性和实用性，以满足不同用户和不同音频设备的连接与使用需求。

2.6 COAX 同轴模块

COAX 同轴模块在系统音频信号传输与处理过程中发挥着特定作用。该模块利用 RCA*3 接口中的一个端子接收外部音频信号。在接收到信号后，为保证信号能够稳定、有效地传输至后续处理模块，会将信号通过 74 系列芯片增强信号的电流强度。经过电流增强处理后的音频信号，会作为一个独立的输入源，进入 ASRC（异步采样率转换器）模块的一个接收通道，以便后续进行进一步的采样率转换及其他音频处理操作，确保音频信号能够在音响系统中实现高质量的播放。

2.7 RCA 模拟音频输入模块

RCA 模拟音频输入模块为系统提供了额外的模拟音频信号接入途径。该模块利用 RCA*3 接口中剩余的两个端子，接收来自外部设备的模拟音频信号，从而丰富了系统的音频输入方式。

2.8 MS8422N 异步采样率转换模块

MS8422N 异步采样率转换模块（ASRC）在音频处理系统中至关重要。它处理四路音频信号，来源分别为

ATS2853 蓝牙输入模块（BT）、CT7601 USB 转 SPDIF 数字模块（USB - SPDIF）、SPDIF 光纤模块（光纤 SPDIF）和 COAX 同轴模块（COAX 同轴）。该模块核心功能有二：一是将不同采样率的音频源转换为系统统一采样率，保证后续处理准确一致；二是根据系统指令或用户需求，从四路音源中选一路为当前有效信号。处理后，MS8422N 模块输出 L、R 两路数字音频信号，传至 ADAU1701 DSP 优化处理，保障音响输出高质量音频。

2.9 MA12070P 数字功放模块

MA12070P 数字功放模块在音频系统中承担着功率放大的重要任务。该模块接收来自 DSP（数字信号处理器）输出的 4 路数字音频信号。鉴于 DSP 输出的音频信号功率通常较小，难以直接驱动扬声器发声，MA12070P 数字功放模块会对这 4 路数字音频信号进行放大处理。经过放大的音频信号获得了足够的功率，能够有效地推动扬声器工作。

最终，放大后的音频信号被分别输出至 L1、R1、L2、R2 四个扬声器，促使扬声器振动发声，将电信号转换为声音信号，从而为用户呈现出清晰、响亮的音频内容。

2.10 OLED 显示模块

OLED 显示模块在系统中负责信息可视化展示。它能清晰显示系统当前菜单页面，使用户直观了解操作选项和功能布局。该模块可准确显示输入通道的字符信息，这些信息明确标识了蓝牙、USB、光纤等音频输入源，让用户知晓系统处理的音频信号路径。此外，OLED 显示模块还会呈现当前功放的增益信息。功放增益是影响音频输出音量和音质的关键参数，其信息显示使用户实时掌握功放工作状态，便于按需调整，以实现理想的音频播放效果。

2.11 ENCODER 模块

ENCODER 模块是旋转编码器，作为 STM32 的按键输入接口，实现重要的用户交互功能。它支持左右旋转和按下两种操作。左右旋转可手动切换音频输入音源。在有蓝牙、USB、光纤、同轴等多音频输入通道的音响系统中，用户能依需求通过旋转在不同音源间灵活选择，便捷切换音频播放来源。按下操作主要用于设置音响输出音量。用户按下旋转编码器即可调整音量，满足不同环境和个人喜好的音量需求。这种设计让用户能简单直观地与音响系统交互，提升了用户体验和操作便捷性。

3 音频链路设计

在本音频系统的设计中，采用 ADI SigmaStudio 图形化编程工具开展数字信号处理器（DSP）的开发工作。SigmaStudio 为 DSP 的开发提供了直观且高效的操作环境，利用该工具能够对 DSP 寄存器的相关硬件参数进行精准设置。在音频链路搭建方面，将 DSP 接收到的左声道（L）和右声道（R）立体声音频信号作为输入源。这些输入的立体声信号在 DSP 内部通过分频器进行分频处理，它依据音频信号的频率特性将原有的 L 和 R 两路立体声信号进一步细分为四路音频输出，分别为 L 中高音、L 低音、R 中高音以及 R 低音，后级再经过 EQ 均衡器，设计不同的音效，为用户带来更为丰富和优质的听觉体验。

4 音响频响效果评估

为评估音响系统实际频响效果，采用 1kHz 正弦波作信号源，对其进行频率扫描测试。测试频率范围为 20Hz - 20kHz，覆盖人耳主要可听音频频段。分析测试所得曲线，发现在 20Hz - 20kHz 频率区间，曲线各频点的增益一致性良好。增益一致性是衡量音响频响性能的关键指标，良好的增益一致性意味着音响在不同频率下对音频信号放大能力均衡，可准确还原输入信号频率特性，减少音色失真。综合测试结果，该音响系统实际频响满足预先设计的技术指标要求，表明其在音频处理和放大等环节的设计与实现达到预期性能标准，频率响应特性出色，能为用户提供高质量音频播放效果。

5 结语

本音响系统设计整体成功。硬件实现上，对印刷电路板组件（PCBA）完成程序编写与烧录，系统正常运行，表明硬件设计与软件程序初步适配达预期，验证了整体设计方案基础功能的可行性。不过，设计存在待改进之处。技术阐述上，因篇幅或研究重点，未对 STM32 程序编写深入全面论述，影响对系统软件实现细节的完整理解。用户体验方面，用户界面（UI）功能优化不足。良好的 UI 设计对提升交互体验至关重要，当前系统 UI 在易用性、美观性上有改进空间，需精细化设计。系统性能上，实时性是关键问题。音频均衡器（EQ）处理速度欠佳，通过 I2C 总线写入大量数据时有较大延迟，影响实时响应和音频处理效果。后续研究将聚焦系统实时性优化，提高 EQ 处理速度、降低 I2C 数据写入延迟，提升系统性能与用户体验。

参考文献

[1] 晁松杰,娄艺.高端音响系统硬件创新设计[J].家庭影院技术,2024,(16):19-22.

[2] ADI公司的下一代数字信号处理器为汽车音频应用提供更大的内部程序存储器和数据存储器[J].电子技术应用,2017,43(06):59.

[3] 马俊.基于TAS3204的专业数字音频系统[D].华南理工大学,2016.

[4] 周朝坤.车载音响音频处理系统的研究与DSP实现[D].武汉理工大学,2016.

[5] 曹方宇.广播剧场及其音响系统设计研究[D].北京工业大学,2016.

[6] 王锦,陈博敏.基于SigmaDSP的无线Sound Bar系统设计[J].物联网技术,2015,5(01):57-58+60.DOI:10.16667/j.issn.2095-1302.2015.01.014.