2018 Synopsys ARC杯电子设计竞赛技术论文

论文题目：

**iRhythm网络收音机**

参赛单位：华中科技大学

队伍名称：华智参赛队

指导老师：何顶新老师

参赛队员：李锐戈 吴曦 马志朋

完成时间：2018年 2月28日

# 基本情况表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 队伍名称 | 华智 | | | 单位名称 | | 华中科技大学 | |
| 项目名称 | iRhythm网络收音机 | | | | | | |
| 项目负责人 | 李锐戈 | | | 联系方式 | | | 18707169086 |
| 指导老师 | 何顶新 | | | 职务 | | | 副教授 |
| 参赛  队员  信息 | 姓名 | 学历 | 证件号码 | | 专业 | | 分工情况 |
| 李锐戈 | 硕士 | 441402199408250459 | | 自动化 | |  |
| 吴曦 | 硕士 | 652122199505040110 | | 自动化 | |  |
| 马志朋 | 本科 | 411527199503292531 | | 船舶与海洋工程 | |  |
| 项目时间 | 2018 年 2 月 1 日 - 2018 年 6 月 日 | | | | | | |
| 队伍简介 | 我们拥有熟悉算法、  软硬件设计与应用的队员们，丰富的想法，无限的创意 | | | | | | |
| 参与项目 | iRhythm网络收音机 | | | | | | |
| 获奖情况  （校级及  以上） | 无 | | | | | | |
| 研究专长 | 电路设计，嵌入式，物联网，EDA | | | | | | |
| 其他 | 无 | | | | | | |

# 目 录

基本情况表 ii

目 录 IV

第一章 方案论证 1

1.1项目概述 1

1.2资源评估 2

1.3预期结果 2

1.4项目实施评估 3

1.5补充说明 3

第二章 作品难点与创新 4

2.1作品难点分析 4

2.2创新性分析 4

2.3小结 4

第三章 系统结构与硬件实现 5

3.1系统原理分析 5

3.2 系统结构 5

3.3硬件实现 6

3.4 小结 6

# 第一章 方案论证

## 1.1项目概述

随着物联网，无线网络的快速发展，昔日接收无线电波，只能在一定地域范围内使用的调频收音机，逐步被随处可用，频道众多的无线网络收音机所取代。

iRhythm网络收音机，则是基于EMSK开发板的无线网络收音机的设计原型。能够完整地实现网络收音机包括抓取、下载网络在线音乐；解码以MP3格式压缩的音乐；播放解压缩后的音乐文件；用户控制在内的功能。

iRhythm网络收音机，使用github上针对Cortex-M4的MP3软件解码开源的库（walkgeek），对MP3音乐文件进行软件解码。使用DSP指令加速，代码优化，合理分配内存使用，规划任务调度等方法，弥补EMSK开发板主频不高的劣势，从而满足解码播放实时性的要求。

iRhythm网络收音机，使用“GET”、“POST”两种HTTP方法，通过模拟浏览器访问百度FM，蜻蜓FM，喜马拉雅等在线音乐试听网站，获取音乐信息，下载音乐提供本地解码播放，通过增加对在线音频网站的访问接口，iRhythm网络收音机可以获得越来越多的在线音频资源，拥有更多的频道。

用户控制是电子设备不可缺少的一环，在iRhythm网络收音机中，这一环也没有缺失，用户可以通过按键和OLED显示屏，查看性能数据和选择控制音乐的播放。

## 1.2资源评估

软件需求：

1. 网络环境

网络收音机需要从网络上获取音频资源，因此需要连接网络，通过将自身模拟成为一个浏览器，请求网络在线音频提供商的数据，获取音频数据和信息。

1. 音频解码

为了减小文件体积，从网络上获取的音频文件都是高度压缩的，不能直接送至音频输出接口播放。需要通过音频解码，解压缩为可以供音频数字-模拟转换器识别的PCM数据才能进行播放。

1. 音频播放

为了在数字音频信号输出时减小处理器的负担，需要采用具有DMA的外设进行输出，在EMSK开发板中，可以选择SPI输出数字音频信号。但是音频DA是无法识别SPI格式的音频数据的，因此需要外部格式转换，把SPI格式转换为I2S格式提供给DA识别。

1. 人机交互

为了让iRhythm网络收音机能够被用户所操作，GUI界面和按键操作也是不可缺少的一环。

硬件需求：

1. 数字部分

|  |  |
| --- | --- |
| 模块名称或功能 | 选型 |
| Wifi模块 | SP8266 |
| SD卡 | Kingston SD HC 16GB |
| 显示屏 | 12864OLED |
| 音频输出协议转换（SPI转I2S） | 小型的FPGA |

1. 模拟部分

|  |  |
| --- | --- |
| 模块名称或功能 | 选型 |
| DA模块 | Pmod I2S （DIGILENT） |
| 功率放大 | TPA3137 （TI） |
| 扬声器 | 4欧姆，5瓦喇叭 |
| 电源 | LM2596（TI） |

## 1.3预期结果

预期实现的功能主要有：

1. 本地音频播放：对本地SD卡中的MP3音乐文件音频信号，iRhythm智能网络音箱能够实现解码及播放。
2. 在线音频播放：通过抓取网络FM平台的数据，在联网状态下iRhythm智能网络音箱能够实现播放海量的网上音频。
3. 人机交互：用户可以通过EMSK板载按键，来实现对网络收音机的手动控制。

## 1.4项目实施评估

项目按照规划是分为两期来实现：

第一期开发周期是3月1号至5月1号，包括实现基本的用户界面，屏幕显示，按键功能，网络资源的获取，音频数据解码。主要目的是测试各模块底层驱动的稳定性，测试联网工作模式下音频的播放效果，完成FPGA上的SPI转I2S协议转换电路，为二期的改进工作提供宝贵的经验。

第二期的开发时间是5月1号至6月初。二期开发主要是在一期开发的基础上，完善各功能模块，对解码代码进行优化，对多个任务进行联调，推出一款效果更好的功能实现版本。

2018.05

2018.06

2018．03

增强功能

基础功能

## 1.5补充说明

指导老师的主要研究方向是嵌入式开发，智能机器人和智能系统仿真，所以对嵌入式开发这一块具有较丰富的经验，以往对加速度传感器，硬件电路，实时操作系统等也有过一定的使用经验和开发经验。组员具有丰富的嵌入式开发实践经历。

# 第二章 作品难点与创新

## 2.1作品难点分析

1. 网络音频的获取

由于版权等原因，音乐及其它音频从网络上获取下载资源有一定的难度，需要对各大网络音频提供商的在线播放的数据进行分析，提取音频资源。

1. 音频数据解析

从网络上获取的音频主要为m4a（aac）格式或者mp3格式，是高度压缩的数据。对其进行解析需要耗费大量的处理器运算资源。而EMSK2.3的主频最高为25MHz，需要对运算进行优化才能满足要求。

1. 自制音频输出数字-模拟转换模块

EMSK2.3没有专用I2S音频输出模块。需要在开发板外进行扩展音频输出模块。

## 2.2创新性分析

1. 软件解码，硬件成本低

当前市场上的网络收音机，部分都是使用Cortex-A7或者更高版本的处理器，甚至配置各种硬件加速芯片，而我们使用的EMSK2.3的主频最高只有25MHz，通过对算法的深度优化和加速来实现功能。验证了使用低成本硬件实现功能的可能性。

1. 使用ARC的DSP指令集

为了满足运算的需求，在本设计中，我们使用DSP指令对解码算法进行了加速。在GNU工具链下，使用内联汇编封装了解码的核心代码，深度优化了算法，使得运算速度得到大幅度提升。

1. 海量网络音频库

本设计可以连接网络，抓取网络上的音频文件，当前很多网络电台都可以为iRhythm网络收音机提供音频源，相当于拥有了海量的播放资源。

1. 功放放大输出音频，听觉效果好

最终的音频通过音频功率放大电路，输出于两个5W的大扬声器，可以通过调整功放的放大倍率，可以调整输出音量大小，获得更佳的听觉感受。

## 2.3小结

运用ARC的DSP指令，使用低成本，低主频处理器完成音频数据的解码运算是本作品的难点与创新。赛程的大部分时间都将使用在这里。同时，获得在线音频网站的接口，将使得iRhythm成为真正的网络收音机。音频功放的使用将使听觉效果得到提升。

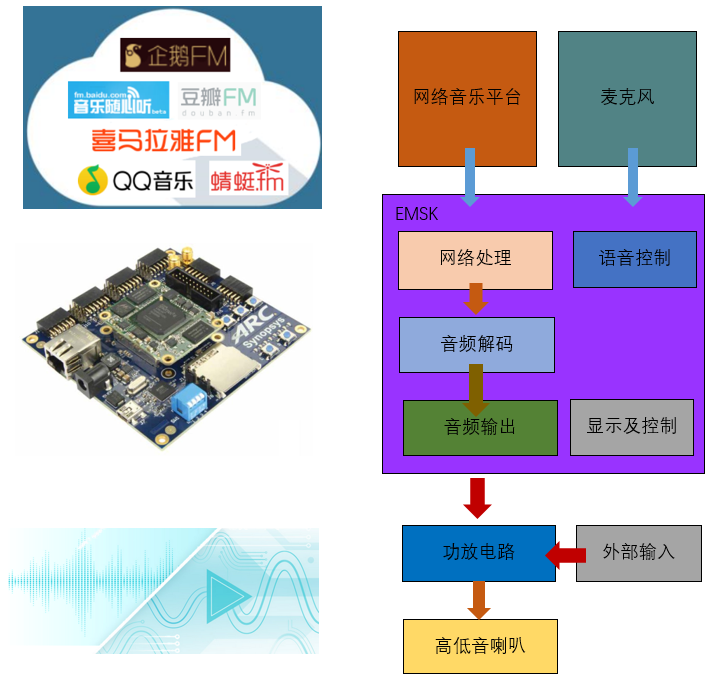
# 第三章 系统结构与硬件实现

## 3.1系统原理分析

iRhythm网络收音机系统主要由网络音频抓取下载，文件系统，音频数据解码，音频数据输出这几个部分组成。虽然EMSK2.3只有25MHz的主频，但通过软件的合理分配和调度依然可以完美地实现网络收音机的功能。其中，最消耗资源的是音频数据解码部分，需要进行合理的算法优化和DSP加速。网络音频抓取下载部分虽然也要耗费大量时间，但其主要原因是网络延迟，而且主要由ESP8266模块负责，因此可以使用操作系统进行合理调度。文件的写入和读出速度也是一个瓶颈，但EMSK2.3开发板板载有128MB的DDR2内存块，可以通过合理的存储策略进行协调配合。音频输出的大数据量搬运则可以交给DMA来完成。利用处理器，DMA外设，ESP8266的合理配合，使任务尽量并行化，流水线化，使得任务效率最大化。

## 3.2 系统结构

整个系统的结构图如下：



## 3.3硬件实现

在本项目中，需要通过硬件实现的内容主要包括：

1. 音频输出数字格式转换电路。
2. 音频的数字-模拟转换电路。
3. 音频功率放大电路输出电路。
4. 液晶屏显示，按键操作等接口电路。
5. 电源电路。

其中音频输出部分首先使用一块外置的FPGA将使用SPI输出的音频格式转换成为音频DA能够识别的I2S格式，再由使用I2S协议的音频DA转换芯片将数字音频信号转换为模拟信号。最后通过搭建功率放大电路，将音频使用扬声器播放出来。

## 3.4 小结

本作品的硬件工作量主要集中在模拟音频信号处理和协议转换电路方面。其中协议转换电路的输入来自于EMSK的SPI输出，其数据格式很大程度上决定于软件的配置，需要软件和硬件的密切配合才能完成。而协议转换电路的输出是音频DA的输入，其协议格式决定于DA芯片的参数。