DOI: 10.17117/na.2016.11.02.293

<http://ucom.ru/doc/na.2016.11.02.293.pdf>

Поступила (Received): 03.11.2016

Вирясова А.Ю., Ишин И.А.
Проектирование, создание и проверка на
прочность усилителя громкости с возможностью
регулирования отдельно каждого канала

Viryasova A.Yu., Ishin I.A.
Design, development and test of the strength of the volume of the
amplifier with the ability to control each channel separately

В статье рассматривается создание конкретного усилителя, показаны проблемы, возникающие при его проектировании и методы их решения. Подробно исследована проверка корпуса на прочность. В заключении представлены рекомендации по созданию усилителя с регулированием громкости

The article deals with the creation of a specific amplifier, shows problems in its design and methods of their solutions. Studied in detail the housing test of strength. In conclusion, recommendations on the creation of an amplifier with volume control

Вирясова Анастасия Юрьевна

Магистрант

Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5

Viryasova Anastasia Yurievna

Master

Moscow technical university named N.E. Bauman
Moscow, Baumanskaya 2-ya st., 5

Ишин Иван Александрович

Магистрант

Московский технологический университет
г. Москва, пр. Вернадского, 78

Ishin Ivan Aleksandrovich

Master

Moscow technological university
Moscow, Vernadskiy ave., 78

Введение

Все любят слушать музыку, но качественный звук гораздо приятнее нашему уху. Поэтому в рамках данной работы был собран хороший усилитель. Основной которого стал PASS ZEN4. Используемая схема является высококлассным усилителем класса А. По звучанию, чистота получаемого звука может легко конкурировать с ламповыми усилителями, но в отличии от них он проще конструкцией и гораздо надежнее.

Хорошим дополнением к этому устройству стал регулятор, который может регулировать каждый канал отдельно и выводить уровень громкости на дисплей.

Для удобства эксплуатации и просто для придания респектабельного вида устройству так же был сконструирован прочный корпус, удовлетворяющий всем поставленным требованиям.

В результате при небольших доработках (добавления еще одного усилителя на второй канал регулятора), должно получиться отличное полезное устройство, которое будет долго радовать своего пользователя.

Для данной работы были поставлены следующие задачи:

1. Пользовательские требования
 - 1.1. Уровень громкости должен отображаться на дисплее;
 - 1.2. Должно обеспечиваться стабильное управление кнопками;
 - 1.3. Должен воспроизводиться звук, удовлетворяющий требованиям, усилителей класса А;
 2. Технические требования
 - 2.1. Напряжение питания: 220В;
 - 2.2. Микросхема должна иметь возможность перепрограммирования;
 - 2.3. Максимальная нагрузка в 8 Ом;
 - 2.4. Должно обеспечиваться питание 5В для регулятора громкости;
 - 2.5. Монтаж аудио контактов должен производиться акустическими проводами;
 3. Требования к конструкции
 - 3.1. Конструкция должна иметь разъемы под вход miniJack 3.5мм RCA;
 - 3.2. Должна обеспечиваться система охлаждения для мощности 300Вт;
 - 3.3. Изготовление корпуса производится методом лазерной резки из полиметакрилат (оргстекло);
 - 3.3.1. Толщина стенок не менее 5 мм;
 - 3.3.2. Фиксация стенок производится методом паз-в-паз;
 - 3.4. Должны присутствовать 3 отверстия по 11 мм для установки кнопок регулирования;
 - 3.5. Должны быть отверстия для установки радиатора, дисплея и отверстие под вентилятор;
 - 3.6. Необходимо отверстие диаметром 7 мм для провода питания;
 4. Условия эксплуатации
 - 4.1. Температура окружающей среды – от -10° С до +30° С.
 - 4.2. Относительная влажность: при +30° С – от 30% до 80%;
 - 4.3. Отсутствие вибраций и ударов;
 - 4.4. Требования по вибростойкости не предъявляются;
 - 4.5. Требования по устойчивости к излучению не предъявляются;
 - 4.6. Требования к влаго- и пылезащите не предъявляются;
- Для проектирования изготовления должно использоваться:
1. Для проектирования печатной платы – Altium Designer;
 2. Для моделирования работы схемы – OrCAD Cadence, proteus;
 3. Для проектирования корпуса – Inventor Professional;

1. СОЗДАНИЕ КОРПУСА

1.1. Крепление стенок корпуса.

Крепление стенок корпуса между собой производится методом паз-в-паз, а также для дополнительной прочности применяются Т-образные отверстия рис. 1.1 которые крепятся винтом М3 и квадратной гайкой М3.

Рис. 1.1. Крепление стенок корпуса

1.2. Обеспечение системы охлаждения.

В связи с тем что на 3-х транзисторах выходная мощность равна 300 Вт, необходима хорошая система охлаждения. Необходимая температура была достигнута при помощи вентилятора DP200A и радиатора на 100Вт.

Так как высота радиатора превышала толщину стенок, для стойкости конструкции были использованы ножки, высотой 9мм, рис 1.2 и в дне сделано отверстие рис 1.3.

Рис. 1.2. Ножки корпуса

Рис. 1.3. Отверстие под радиатор

Для крепления вентилятора так же было сделано отверстие рис. 1.4

Рис. 1.4. Крепление вентилятора

1.3. Обеспечение взаимодействия с пользователем и подключения.

Для обеспечения взаимодействия с пользователем на передней стенке имеются отверстия для дисплея (поз. 2), 3-х кнопок регулирования (поз. 4), разъема RCA (поз.1), и входа miniJack (поз. 3). Общий вид представлен на рисунке 1.5.

Рис. 1.5. Стенка передняя

1.4. Перевод из компьютера в жизнь

Чтобы создать данный корпус было решено использовать лазерный гравер Trotec Speedy 300 конструкция которого представлена на рисунке 1.6

Рис. 1.6. Лазерный станок Trotec Speedy 300

В силу того, что «внутренности» корпуса выглядят не очень презентабельно, было решено затонировать корпус с внутренней белой алкидной автоэмалью. В результате было получено устройство, представленное на рисунке 1.7

Рис. 1.7. Готовый усилитель

2. ПРИНЦИП РАБОТЫ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ УСИЛИТЕЛЯ PASS ZEN

2.1. Поднятие входного импеданса

Главной проблемой этого устройства является поднятие входного импеданса. На рисунке 2.1 показано как эта проблема была решена.

Рис. 2.1. Входной повторитель

В этой схеме использован р-канальный полевой транзистор со Стоком соединенным с земляным проводом и с Истоком смещенным источником тока, в данном случае эту роль выполняет простой резистор. Эта схема имеет ряд преимуществ, которые подробно описаны на сайте [1], который указан в использованных источниках.

3. ПРИНЦИП РАБОТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ РЕГУЛЯТОРА

3.1. Выбор элементной базы и принцип работы схемы

Для удовлетворения пунктов 1.1 и 1.2 постановки задач был использован регулятор громкости, структурная схема которого представлена на рисунке 3.1. В данной схеме был применен двухканальный цифровой (монокристаллический) потенциометр DS1868, он и исполняет роль регулятора громкости, управляет им микроконтроллер PIC18F2550. Чип DS1267 выпускается в трех "сопротивлениях": 10, 50, и 100 K версиях. В проекте использован DS1267-010, это версия 10K.

Рис. 3.1. Блок схема регулятора громкости

Связь потенциометра с контроллером осуществляется через 3х проводной последовательный интерфейс.

Рис. 4.2. Передняя панель усилителя

На плате регулятора имеются 3 кнопки: вверх, вниз, выбор, Кнопка "вверх" переключает режим или увеличивает значение параметра, кнопка "вниз" так же переключает режим и уменьшает параметры режима, а кнопка "выбор" предназначена для выбора режима и подтверждения. При помощи кнопки "выбор" Можно переключаться между параметрами (например регулировки правого или левого канала, т.е. баланса, рисунок 3.3).

Рис. 3.3. Регулирование громкости

Так как регулирование громкости происходит за счет деления напряжения, чтобы звук сильно не ослаблялся на выходах потенциометра установлено 2 усилителя LM386. Уровень громкости выводится на LCD дисплей. LCD дисплей должен отображать 2 строки по 16 символов. Блок управления LCD по ТЗ должен быть основан на МК STM32F407VG. По техническим характеристикам питание LCD 5В/1мА, до 30 В / 1 мА. Данным характеристикам удовлетворяет жидкокристаллический модуль MT-16S2D

Для удобства, вместо простого микроконтроллера была взята отладочная плата SturtUSB for PIC поз. 10 на сборочном чертеже регулятора (ИУ4.2205.13-02.01.12). Она питается от стандартного блока питания телефона, и на выходе выдает 5 В, не обходимых для питания всей схемы регулятора. Программа для контроллера написана в С, программатор можно использовать любой доступный.

4. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИИ

4.1. Расчет надежности корпуса

Расчет надежности корпуса устройства проводится посредством пакета Autodesk Inventor.

Так как корпус состоит из полиметиметракрилата (оргстекла), а этого материала в стандартном пакете нет, пришлось создавать свой материал рис. 4.1. Необходимая информация была взята с сайта

Рис. 4.1. Характеристики материала «оргстекло»

При статическом анализе фиксируются ножки корпуса. Первая часть статического анализа проведена при приложении силы 2000Н на крышку корпуса.

Рис. 4.2. Статический анализ. Коэффициент запаса

Рисунок 4.2 показывает, что коэффициент запаса прочности в тонком месте при такой нагрузке равен 3. Т.е. крышка корпуса выдержит нагрузку в 3 раза больше приложенной

4.2. Расчет надежности стенки

Так как экспериментально при разборке корпуса боковая стенка раскололась, была промоделирована данная ситуация. Для этого закрепил пазы одной стороны стенки (отмечены красным) приложили к стенке силу равную 200Н. Результат моделирования представлен на рисунке 4.3.

Рис. 4.3. Статический анализ напряжений стенки

Как видно из рисунка 4.3, получено значение давления, при котором напряжения в плате превышают предел текучести материала – 58,67МПа

Рис. 4.4. Смещение

На рисунке 4.4 показано, что до разлома стенки, максимально можно сместить вторую сторону стенки на 1,928мм

Рис. 4.5. Коэффициент запаса прочности

Из рисунка 4.5 видно, что возле закрепленных пазов произошел разлом, что подтверждено экспериментально рис. 4.6.

Рис. 4.6. Эксперимент

Так как никаких требований по температурной устойчивости, виброзащите, защите от воздействия ударов, излучений и прочих дестабилизирующих факторов заказчик не предъявляет, анализ на устойчивость по этим параметрам не проводится.

5. ПРОБЛЕМЫ ПРИ СОЗДАНИИ КОНСТРУКЦИИ

5.1. Большая выходная мощность

Схема усилителя PASS ZEN работает в некоторых местах на очень высокой мощности (порядка 300Вт) при создании первого образца платы, дорожки быстро перегорали, поэтому в последствии пришлось переразводить плату.

Вторая проблема, которую понесла за собой высокая мощность, это сильный перегрев силовых транзисторов. Даже после выставления рабочего напряжения, без радиатора схема не работала и минуты. Так как ставить огромный радиатор было очень проблематично, было решено посадить транзисторы на небольшой радиатор (порядка 100Вт) и сверху в корпус вмонтировать вентилятор. Это решило проблему.

5.2. Подбор источника питания

Так как изначально схема питания была рассчитана на питание от Американских розеток (120В) для адаптирования ее под российскую понадобился трансформатор на 36В и 3А. Найти его тяжело, да и стоит он больших денег, поэтому этот трансформатор был заменен на 24В и 3А. После прохода схемы выпрямления, на питание основного устройства вместо необходимых 50В подавалось около 40В. Для нормальной работы устройства пришлось корректировать схему (убирать стабилитрон и менять некоторые резисторы)

5.3. Несовместимость устройств

Изначально сборка задумывалась следующим образом: питание для усилителя и регулятора общее, сигнал поступает на усилитель, а с него на регулятор, где сигнал регулируется и выводится на колонки. Но проблема в том, что при подаче на регулятор моно-сигнала, его МК выбивало. Поменять их местами тоже не представляется возможным, так как смысла подавать отдельно отрегулированный стерео-сигнал на моно вход нет. Для корректной работы, усилитель ставится на каждый выходной сигнал регулятора.

Заключение

В рамках данной работы составлена документация на усилитель, выполнены необходимые и достаточные анализы конструкции устройства, описана элементная база устройства и его принцип работы.

Так же в данной работе описаны ошибки и подводные камни которые я нашла и которые для были исправлены.

В результате получено готовое, функционирующее устройство, которой исправно работает.

Список используемых источников:

1. Усилитель Pass Zen4. URL: <https://www.passdiy.com/pdf/zen-v4.pdf>
2. Цифровой регулятор громкости. URL: <http://cxem.net/sound/tembrs/tembr9.php>
3. Конспект лекции Леонидова В.В. «Проектирование микропроцессоров» 2015г.
4. Справка по автодеск инвентор. URL: <http://help.autodesk.com/>