

**Министерство образования, науки и молодежной политики  
Нижегородской области  
Государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение  
«Нижегородский радиотехнический колледж»**

**Проектная работа  
«Разработка усилителя звуковой частоты с использованием  
источника тока, управляемого напряжением (ИТУН)»**

**Выполнили: обучающиеся гр. 2КСК-18-1 Коробова Даниил Сергеевич,  
Коробова Дарья Сергеевна**

**Руководитель: преподаватель Дмитриева Лариса Ивановна**

**г. Нижний Новгород  
2020 г.**

## Содержание

Введение .....	3
Разработка усилителя звуковой частоты с использованием ИТУН.....	4
Заключение.....	10
Литература.....	11

## Введение

За последние годы мы наблюдаем быстрое моральное устаревание техники с одной стороны, и бурный рост научно-технического прогресса с другой стороны. Этим тенденциям подвержена и бытовая радиоприемная аппаратура. Разработчики современных приборов стремятся максимально упростить системы управления сложной техникой, сделать ее удобной в обращении для каждого человека. Но в погоне за прибылью низкобюджетные импортные устройства, которые представлены на рынке, не могут обеспечить качественный звук.

**Целью данной работы** является создание оригинального усилителя звуковой частоты с эффектом лампового звучания.

Не секрет, что усилители на электронных лампах – это шумящие приборы. Почему же нам так приятно слушать музыку лампового приемника? Если человеку предложить пищу несоленую, неперченую, без специй и трав, то наши вкусовые рецепторы от этой пресной пищи удовольствия не получают. Если же пища в меру приправлена специями, мы едим ее с большим удовольствием.

Аналогично, человеческому уху приятно слышать звучание ламповых усилителей, хотя назвать это звучание абсолютно чистым нельзя. Так уж устроено человеческое ухо.

**Задачами данной работы** являются: получение недорогого, устойчивого к самовозбуждению усилителя с хорошим качеством звучания.

В предлагаемом усилителе с использованием источника тока, управляемого напряжением (ИТУН) лампы отсутствуют, а эффект лампового звучания имеется. Это достигается наличием комбинированной обратной связи по току и напряжению, регулировать которые можно с помощью одного потенциометра. Обратная связь – это передача части мощности сигнала с выхода усилителя на его вход. Добившись «золотой середины» в уровне обратной связи, т.е. обеспечив оптимальное согласование усилителя с акустической системой, можно получить звук «прозрачным», басы напористыми, но, в тоже время, достаточно мягкими. Таким образом, исключаются недостатки ламповых усилителей – малый срок службы, большие габариты, высокая цена, большое потребление энергии, немного легковесные, затянутые и расплывчатые басы, а их достоинства – «теплое» и «мягкое» звучание с натуральным воспроизведением средних и высоких частот - обеспечиваются выбранной электрической схемой.

## Разработка усилителя звуковой частоты с использованием ИТУН

На рисунке 1 представлена схема электрическая принципиальная усилителя (журнал «Радио-конструктор» №6, 2008г.) Построена она на микросхеме TDA 7294. Данная микросхема зарекомендовала себя как очень надежный и качественный операционный усилитель.

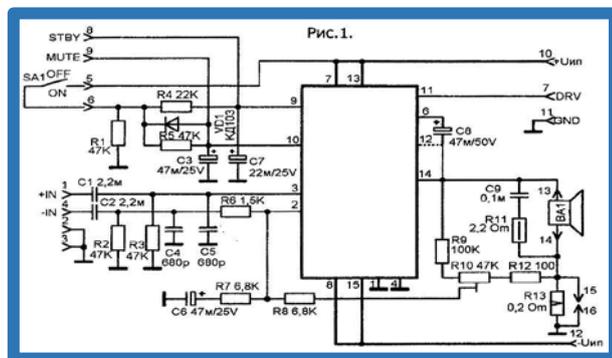


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная УЗЧ с ИТУН

Операционный усилитель состоит из 3-х каскадов: дифференциальный усилитель, усилитель напряжения и усилитель мощности.

Дифференциальный усилитель работает как преобразователь напряжения в ток (ИТУН – источник тока, управляемый напряжением).

Второй каскад работает как преобразователь тока в напряжение (ИНУТ).

Третий каскад построен на транзисторах общий коллектор (эмиттерный повторитель). Его функция – согласование выходного сопротивления усилителя с низкоомной нагрузкой.

Сигнал поступает на инвертирующий вход микросхемы (ножка 2). Инвертирующее включение более линейно, устойчиво и лучше звучит.

Резисторы R2, R6 и конденсатор C4 образуют фильтр нижних частот (ФНЧ), который препятствует проникновению в звуковой тракт наводок и высокочастотных шумов.

Резисторы R8, R10, R9 образуют отрицательную обратную связь по напряжению. Резистор R13 – это токовый датчик. Падение напряжения на этом резисторе пропорционально протекающему через динамик току. Резисторы R13, R12, R10 и R8 являются элементами обратной связи по току.

С помощью потенциометра R10 можно регулировать обратную связь по току и по напряжению одновременно, добиваясь оптимального согласования усилителя с акустической системой. При этом обеспечивается необходимый уровень искажений. Если найти «золотую середину» - звучание становится красивым и эффектным.

В схеме усилителя предусмотрено 2 режима работы: режим тишины и «спящий» режим. Они позволяют отключать звук и переводить микросхему в «спящий» режим с пониженным энергопотреблением. На рисунке 2 представлена часть схемы, отвечающая за режимы работы усилителя.

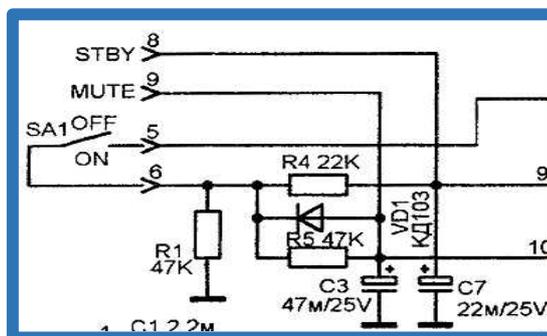


Рисунок 2 – Часть схемы, отвечающая за режимы работы усилителя

Если включен режим Mute (режим тишины) сигнал на выход практически не поступает. Этот режим применяется для временного глушения звука (например, чтобы ответить на телефонный звонок). Кроме того, этот режим используется для устранения переходных процессов (щелчков) при включении-выключении.

Если включен режим StandBy, микросхема переходит в спящий режим с пониженным энергопотреблением. При этом выходные транзисторы микросхемы запираются и практически перестают потреблять ток от источника питания.

Чтобы добиться бесшумного включения используется схема с конденсаторами C3, C7 и диодом VD1. При подаче напряжения сначала микросхема включается с некоторой задержкой (выходит из режима StandBy), но звука нет. После этого отключается режим Mute, и звук появляется. Выключение идет в обратной последовательности – сначала Mute, после StandBy.

Это происходит потому, что при включении питания конденсатор C3 заряжается медленнее, чем конденсатор C7. Поясним этот момент. Емкость конденсатора C3 и сопротивление R5, через которое этот конденсатор заряжается, имеют номиналы в 2 раза больше номиналов конденсатора C7 и резистора R4, поэтому время заряда конденсатора C3 будет в 4 раза больше времени заряда конденсатора C7. (Постоянная времени заряда конденсатора равна произведению емкости на сопротивление).

Разряд же конденсатора C3 происходит быстрее, так как он разряжается через малое сопротивление открытого диода VD1.

Не очень большое количество радиоэлементов позволило выбрать одностороннюю печатную плату. На рисунках 3 и 4 представлена плата печатная со стороны дорожек и со стороны элементов.

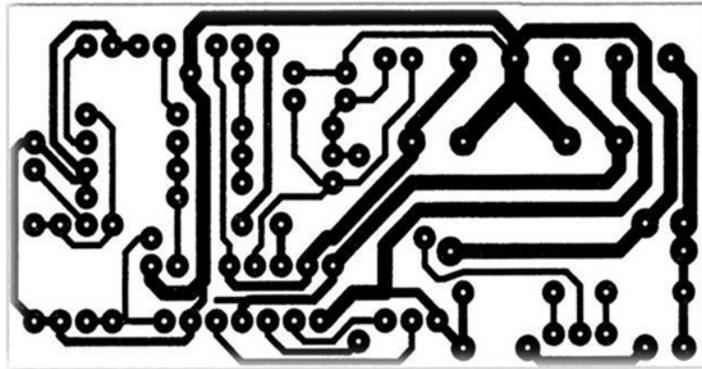


Рисунок 3 – Плата печатная со стороны дорожек

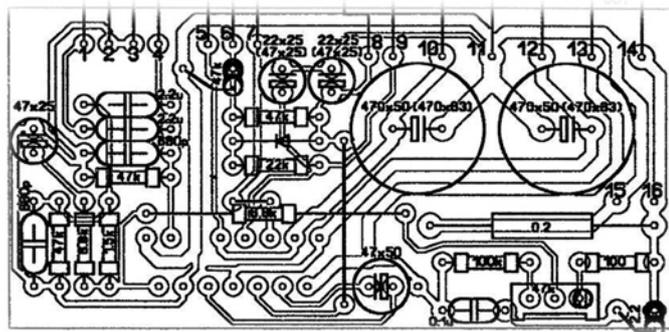


Рисунок 4 – Плата печатная со стороны элементов

Необходимо отметить, что выбранная схема является универсальной, с помощью дополнительных перемычек на одной плате можно собрать несколько схем (рисунок 5).

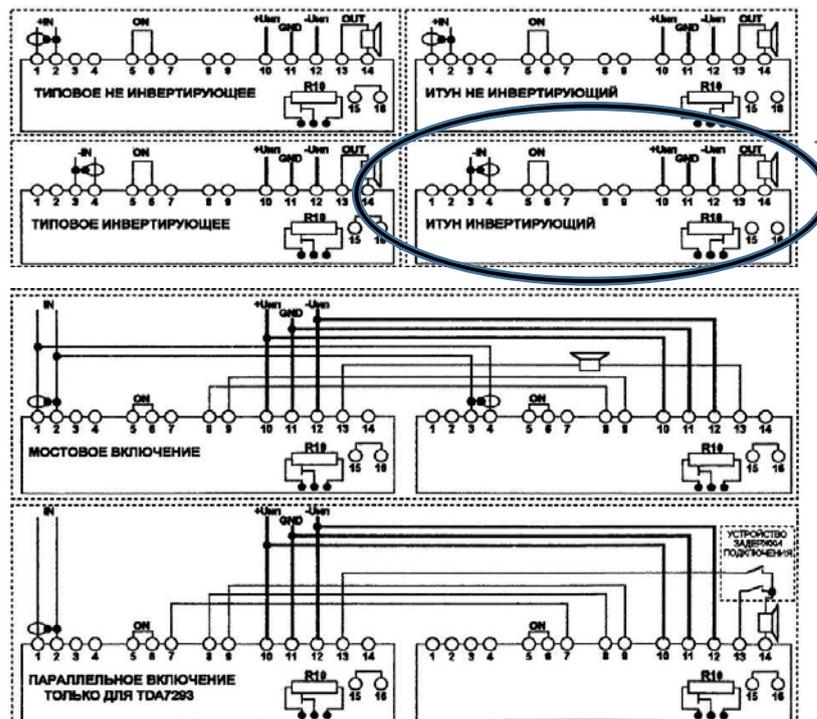


Рисунок 5 – Варианты схем, собираемые на плате

Как отмечалось выше, была выбрана схема инвертирующего ИТУН.

В качестве материала платы выбран стеклотекстолит, который обладает высокой термостойкостью, достаточной прочностью, хорошо сверлится и режется.

Этапы изготовления платы печатной приведены ниже:

- печать на глянцевой бумаге рисунка платы на лазерном принтере;
- зашкуривание и обезжиривание стеклотекстолита ацетоном;
- проглаживание горячим утюгом бумаги с рисунком, помещенной на стеклотекстолит тонером вниз;
- зачистка бумаги щеткой под сильной струей воды, скатывание бумаги от центра к краю платы;
- сушка платы, проверка качества дорожек, прорисовка маркером некачественных дорожек;
- подготовка раствора хлорного железа (250 г на 1 литр воды), выдержка платы в растворе (примерно 20 минут);
- промывка платы под струей воды;
- смыв тонера ацетоном, сверление отверстий под радиоэлементы.

Изготовление платы печатной и монтаж радиоэлементов был произведен как в мастерской, оснащенной вентиляционной вытяжкой, так и в лаборатории радиомонтажа Корпоративного учебного центра предприятия «70 лет Победы».

Большая часть элементов корпуса усилителя была заимствована со старых приборов. Пришлось приобрести только мультимедийный модуль за 600 руб. В таблице 1 представлен расчет стоимости корпуса.

Таблица 1 – Расчет стоимости корпуса

Элемент	Заимствование	Стоимость (руб.)
Мультимедийный модуль		600
Стенки	Обрезки фанеры, брусков, пластика	-
Ручки	Старый приемник, дверная ручка	-
Переключатели	Старые приборы	-
Ножки	Старый прибор	-
Радиаторы	Старый телевизор	-
Трансформатор	Подарен	-
Гнезда	Старые приборы	-
<b>ИТОГО</b>		<b>600</b>

В таблице 2 представлен расчет стоимости радиоэлементов.

Таблица 2 – Расчет стоимости радиоэлементов

Радиоэлемент	Обозначение	Количество	Стоимость (руб.)
Микросхема TDA 7294	DA1	1	200
Конденсаторы К73-17 (2,2 мкФ)	C1, C2	2	6x2=12
Конденсаторы К10-17Б (680пФ)	C4, C9	2	5x2=10
Конденсаторы К50-35 (47 мкФ)	C3, C6, C8	3	6x3=18
Конденсатор К50-35 (22 мкФ)	C7	1	7
Диод KD103A	VD1	1	19
Резисторы C1-4 (47кОм)	R2, R3, R5	3	2x3=6
Резистор C1-4 (22кОм)	R4	1	2
Резистор C1-4 (1,5кОм)	R6	1	2
Резисторы C1-4 (6,8кОм)	R7, R8	2	2x2=4
Резистор C1-4 (100кОм)	R9	1	2
Резистор C1-4 (100 Ом)	R12	1	2
Резистор C1-4 (2,2 Ом)	R11	1	3
Резистор SQP	R13	1	11
Потенциометр СПЗ-4АМ	R10	1	130
<b>ИТОГО на 1 канал</b>			<b>428</b>

В результате экономического расчета стоимость радиоэлементов на 1 канал составила 428 рублей. Для стереозвучания используем 2 канала, поэтому общая стоимость усилителя с учетом стоимости стеклотекстолита составила примерно 1000 рублей. Всего на усилитель было потрачено 1600 рублей.

## Заключение

Задачи, поставленные перед нами, выполнены в полном объеме. Создан недорогой стереофонический усилитель звуковой частоты без паразитных призвуков, мощный, устойчивый к самовозбуждению. Звучит мягко и комфортно по сравнению с транзисторным усилителем, собранным по классической схеме. Звучание похоже на ламповый усилитель, но имеет большую динамичность. Может работать с любым носителем аудиосигнала (мобильный телефон, компьютер, аудиопроигрыватель, магнитофон и т.д.). Главное достоинство разработанного и изготовленного усилителя состоит в том, что показатель цена/качество соответствует требованиям современной бытовой техники.

Технические характеристики усилителя:

- полоса пропускания 20Гц – 20кГц;
- напряжение питания  $\pm 27\text{В}$ ;
- выходная мощность 70 Вт;
- сопротивление нагрузки 4 Ом.

Усилитель может обеспечить проведение дискотек, музыкальных занятий, его сопровождение можно использовать при спортивных и других мероприятиях. Так как это устройство довольно мощное, оно может обеспечить красивое, объемное звучание на достаточно большом расстоянии.

## Литература

1. Иванов Ю.В., Мардаре И.А., Мирошников С.И., Сорокин Г.Ф. Радиоаппаратура в вашем доме.- Ростов-на-Дону: Феникс -1997г.
2. Иванов Б.С. Самodelки юного радиолюбителя. - М.: АСТ-2000г.
3. Журнал «Радио» Юнилайн №7 1998, №9 1999, №5 2005, №8 2007г.
4. Журнал «Радио-конструктор» №6, 2008г. стр.19-20
5. Журнал «Сделай сам» КАМРОСК №3 2007, №5 2008, №7 2009г.
6. <https://www.radiokot.ru/circuit/> - сайт для радиолюбителей
7. <https://www.radiolub.ru> - сайт для радиолюбителей