

УДК 621.375.026

**УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ НА ТРАНЗИСТОРАХ  
И ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ  
POWER AMPLIFIERS ON TRANSISTORS AND INTEGRATED CIRCUITS**

П.С. Радиминович, В.А. Блоцкий, А.В. Гончарова  
Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический Университет, г. Минск  
P. Radiminovich, V. Blotski, A. Goncharova  
Supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer  
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** В данной статье рассматриваются усилители мощности на транзисторах и интегральных микросхемах. Описываются принципы работы таких устройств, их основные характеристики и применение в различных областях электроники. Рассматриваются типы усилителей мощности, такие как класс А, В, АВ, D, G, H, а также их особенности и достоинства. Описывается процесс выбора усилителя мощности в зависимости от требуемой мощности и нагрузки. В статье также рассматриваются основные параметры усилителей мощности, такие как коэффициент усиления, выходная мощность, КПД и др. В заключение описываются современные технологии производства интегральных микросхем для усилителей мощности и их перспективы в будущем.*

***Abstract:** This article discusses power amplifiers based on transistors and integrated circuits. The principles of operation of such devices, their main characteristics and applications in various fields of electronics are described. The types of power amplifiers, such as class A, B, AB, D, G, H, as well as their features and advantages are considered. The process of selecting a power amplifier depending on the required power and load is described. The article also discusses the main parameters of power amplifiers, such as gain, output power, efficiency, etc. In conclusion, modern technologies for the production of integrated circuits for power amplifiers and their prospects in the future are described.*

***Ключевые слова:** принципы работы, классы усилителей мощности, характеристики, применение, выбор усилителя мощности, параметры усилителей мощности, технологии производства, перспективы.*

***Key words:** principles of operation, classes of power amplifiers, characteristics, application, choice of power amplifier, parameters of power amplifiers, production technologies, prospects.*

### **Введение**

Усилители мощности представляют собой критически важные компоненты, которые находят свое применение в широком спектре электронных устройств. Основная цель этих устройств заключается в увеличении мощности электрического сигнала. С течением времени и с развитием технологии интегральных микросхем, усилители мощности стали более компактными,

надежными и эффективными, что значительно расширило их область применения.

**Основная часть**

В начале работы речь пойдет о принципе работы усилителей мощности на транзисторах и интегральных микросхемах. Основным элементом усилителя мощности является транзистор, который может быть биполярным или полевым. Управление транзистором осуществляется с помощью входного сигнала, который может быть постоянным или переменным. При поступлении входного сигнала на управляющий электрод транзистора, происходит изменение его проводимости и, следовательно, изменение тока, протекающего через него. Это приводит к усилению входного сигнала и формированию выходного сигнала с необходимым уровнем мощности. Управление транзистором может осуществляться как аналоговым, так и цифровым способом. В случае аналогового управления, входной сигнал является непрерывным и изменяется в зависимости от входного сигнала. В случае цифрового управления, входной сигнал имеет дискретные значения и изменяется только при поступлении новой команды.

После принципа работы усилителя мощности следует узнать о их разновидностях. Существует несколько классов усилителей мощности на транзисторах и интегральных микросхемах:

- Класс А – в этом классе транзистор находится включенным всегда, даже при отсутствии входного сигнала. Это позволяет получить высокое качество звука, но низкую эффективность и большое количество выделяемого тепла.

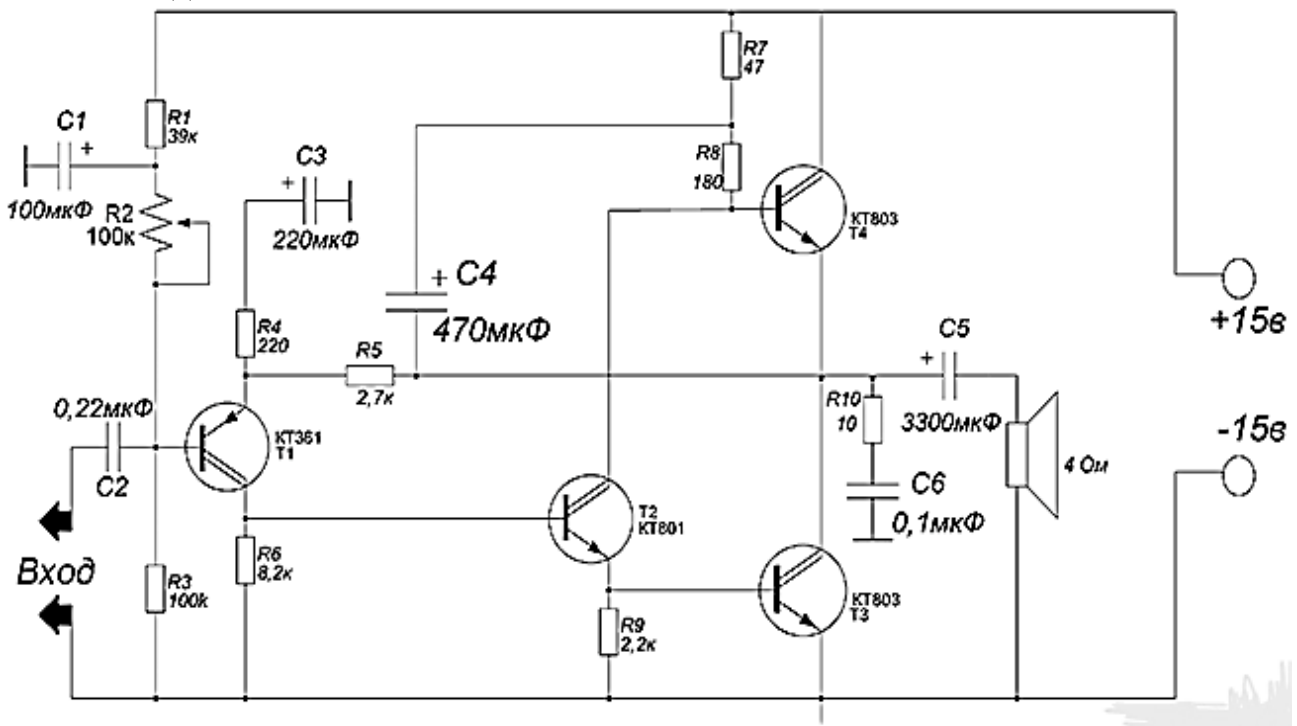


Рисунок 1 – Усилитель мощности класса А

- Класс В – в этом классе транзисторы работают поочередно, что позволяет уменьшить потребляемую мощность и выделяемое тепло, но может привести к искажениям в выходном сигнале.

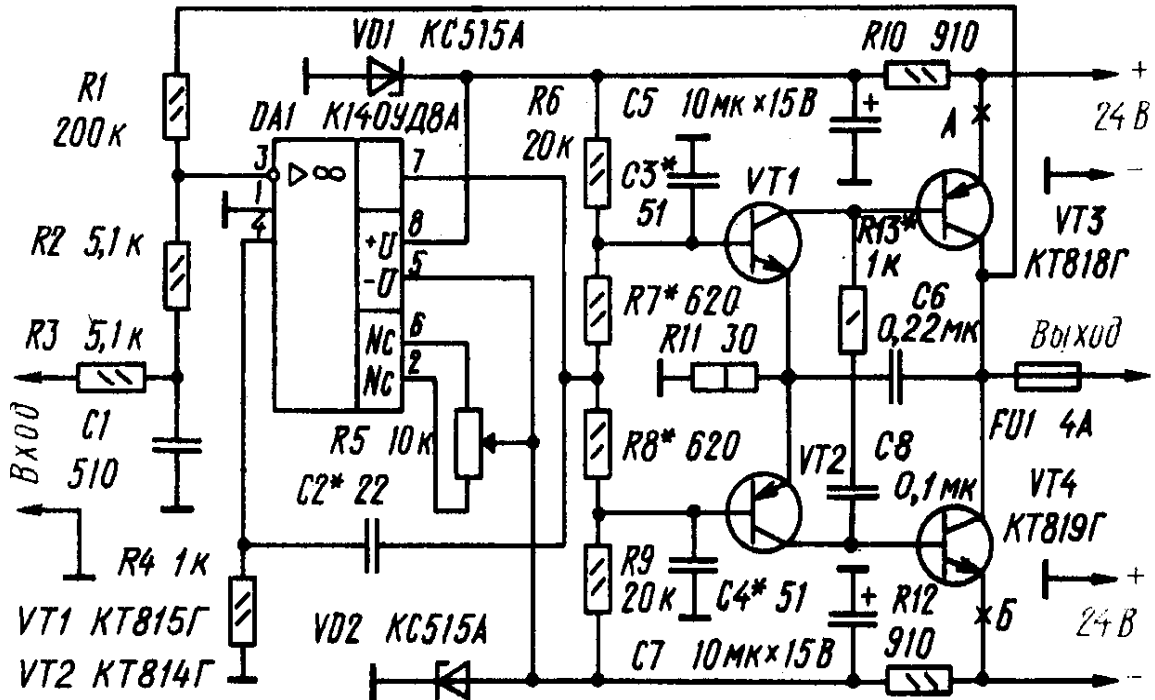


Рисунок 2 – Усилитель мощности класса В

- Класс АВ – это компромиссный вариант между классами А и В. В этом классе транзисторы работают почти всегда, но могут переключаться при больших амплитудах входного сигнала.

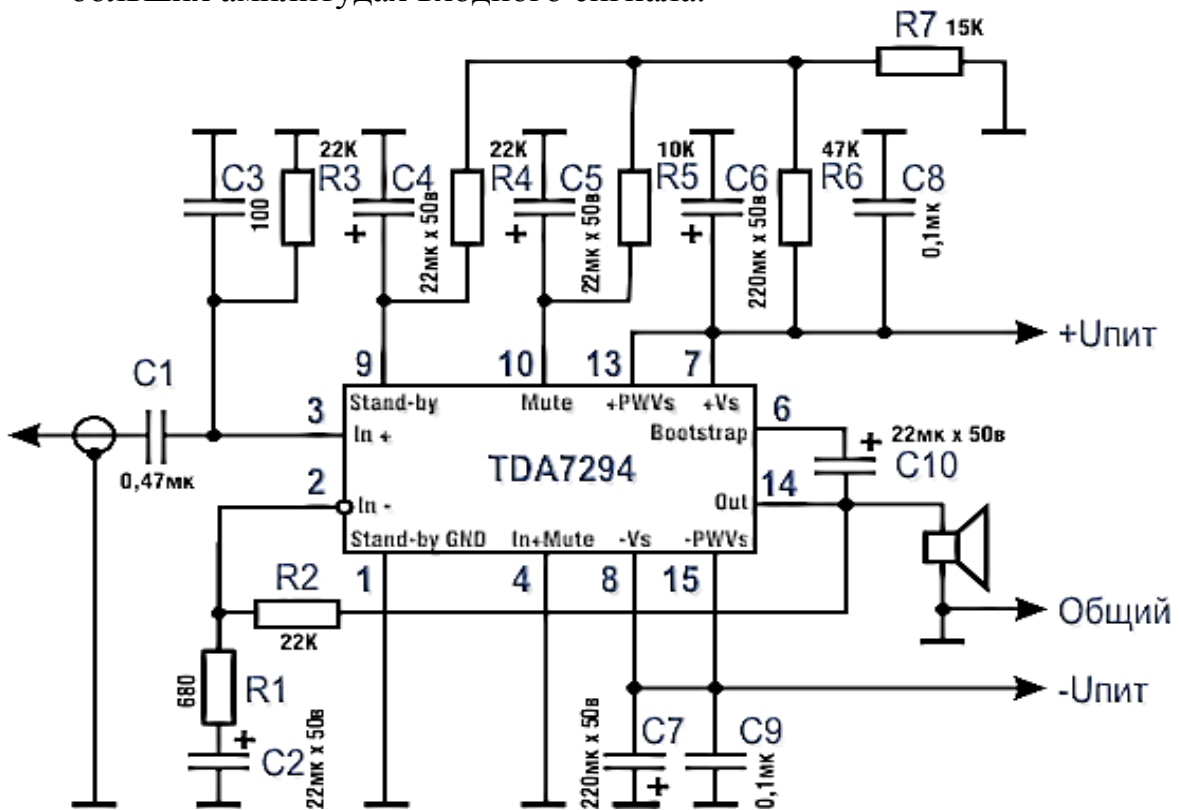


Рисунок 3 – Усилитель мощности класса АВ

- Класс D – в этом классе используется модуляция ширины импульсов, что позволяет получить высокую эффективность и низкое выделение тепла, но может привести к искажениям в выходном сигнале.
- Класс G – в этом классе используется переключение между двумя различными уровнями напряжения питания, что позволяет получить высокую эффективность и низкое выделение тепла, но может привести к искажениям в выходном сигнале.
- Класс H – это модификация класса G, в которой используется несколько уровней напряжения питания, что позволяет получить более точный выходной сигнал.

Кроме класса управления транзистором, усилители мощности на интегральных микросхемах могут иметь различные характеристики выходного сигнала:

- Мощность – это максимальная мощность, которую может выдавать усилитель. Она измеряется в ваттах.
- Коэффициент усиления – это отношение выходного сигнала к входному. Он измеряется в децибелах.
- сопротивление нагрузки – это сопротивление, на которое подключается выход усилителя. Оно должно соответствовать сопротивлению нагрузки источника сигнала.
- Частотный диапазон – это диапазон частот, на которых усилитель может работать без искажений. Он измеряется в герцах.
- Коэффициент гармонических искажений – это отношение суммарной мощности искажений к мощности выходного сигнала. Он измеряется в процентах.
- Демпфирующий фактор – это отношение сопротивления нагрузки к внутреннему сопротивлению усилителя. Чем выше демпфирующий фактор, тем лучше контроль над колонками и меньше искажений в звуке.

Применение усилителей мощности широко используются в аудио системах, таких как домашние кинотеатры, автомобильные аудио системы и профессиональные звуковые установки. Они также могут использоваться в промышленных приложениях, таких как системы контроля и автоматизации, световые инсталляции и другие.

При выборе усилителя мощности на интегральных микросхемах следует учитывать следующие факторы:

- Мощность: выберите усилитель мощности, который обеспечивает достаточную мощность для вашей акустической системы. Убедитесь, что усилитель имеет достаточную мощность для обеспечения качественного звука при разных уровнях громкости.
- Количество каналов: убедитесь, что усилитель имеет нужное количество каналов для вашей системы. Некоторые системы требуют одноканальный усилитель, а другие – многоканальный.
- Импеданс: проверьте, соответствует ли импеданс усилителя и акустической системы. Несовпадение может привести к искажению

звука и повреждению оборудования.

- Качество звука: выберите усилитель мощности, который обеспечивает высокое качество звука. Проверьте отзывы и рейтинги устройства перед покупкой.
- Дополнительные функции: некоторые усилители мощности имеют дополнительные функции, такие как встроенный процессор эффектов, возможность подключения к сети интернет и другие. Решите, какие функции вам нужны, и выберите усилитель, который их имеет.

Дополнительно к указанным выше факторам, при выборе усилителя мощности на интегральных микросхемах следует обратить внимание на следующие параметры:

- Частотный диапазон: убедитесь, что частотный диапазон усилителя соответствует частотному диапазону вашей акустической системы. Это позволит получить более чистый и точный звук.
- Коэффициент усиления: выберите усилитель мощности с оптимальным коэффициентом усиления, который обеспечивает достаточную громкость звука без искажений.
- Соотношение сигнал/шум: убедитесь, что усилитель имеет высокое соотношение сигнал/шум, что позволит получить более чистый звук.
- Искажения: проверьте уровень искажений усилителя мощности. Чем меньше искажений, тем более точный и чистый звук вы получите.
- Входные и выходные разъемы: убедитесь, что усилитель имеет нужные входные и выходные разъемы для вашей акустической системы и других устройств, которые вы планируете подключать к усилителю.
- Размеры и вес: учтите размеры и вес усилителя, чтобы он соответствовал вашим потребностям и возможностям монтажа.

Технологии производства усилителей мощности на интегральных микросхемах включают несколько этапов. Первым этапом является проектирование схемы усилителя мощности. Здесь важно определить требования к усилителю, выбрать подходящую топологию и компоненты. После проектирования следует этап разработки макета. В этом процессе создается физическая модель усилителя на основе заданной схемы. Здесь важно правильно разместить компоненты и проводники на микросхеме. Затем происходит изготовление микросхемы. Этот процесс включает в себя нанесение слоев диэлектрика, металла и полупроводниковых материалов на подложку. Затем проводятся процессы фотолитографии, электрохимического осаждения и эц. После изготовления микросхемы проводится ее тестирование и испытание. Это позволяет оценить качество и работоспособность усилителя мощности. В конечном итоге, после успешного прохождения всех этапов, производятся серийные производства усилителей мощности на интегральных микросхемах.

Перспективы усилителей мощности на интегральных микросхемах связаны с постоянным развитием технологий производства и улучшением качества звука. Одной из главных тенденций является увеличение эффективности и уменьшение размеров устройств, что позволяет создавать компактные и мощные усилители

для различных целей. Также важным направлением является разработка усилителей с поддержкой новых форматов аудио, таких как высококачественное звучание Hi-Res Audio или многоканальное звучание для домашнего кинотеатра. В целом, усилители мощности на интегральных микросхемах остаются востребованными в сфере аудио, благодаря своей компактности, эффективности и высокому качеству звука.

### **Заключение**

Усилители мощности на интегральных микросхемах имеют большой потенциал для развития в будущем. Новые технологии производства и улучшение качества звука позволяют создавать компактные и мощные устройства с поддержкой новых форматов аудио. В целом, усилители мощности на интегральных микросхемах остаются важным элементом в сфере аудио и будут продолжать развиваться в будущем. Они позволят создавать более эффективные и надежные устройства, которые найдут широкое применение в различных областях, включая энергетику, телекоммуникации и автомобильную промышленность.

### **Литература**

1. Wikipedia [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.wikipedia.org/>. – Дата доступа: 28.09.2023.
2. Studfile [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://studfile.net/>. – Дата доступа: 28.09.2023.
3. Idsound [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://idsound.info/>. – Дата доступа: 28.09.2023.
4. Radiostorage [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://radiostorage.net/>. – Дата доступа: 28.09.2023.
5. Schem [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://schem.net/>. – Дата доступа: 28.09.2023.
6. Яночкин, М.Н. Усилители мощности низкой частоты в режиме работы классов D и T / М.Н. Яночкин // Актуальные проблемы энергетики: материалы 63-й научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов (апрель 2007 года) / редкол.: С.М. Силюк [и др.]. – Минск: БНТУ, 2008. – С. 325-329.
7. Колоша, И.С. Ультранийный звуковой усилитель низкой частоты большой мощности на высокочастотных транзисторах и микросхемах / И.С. Колоша // Актуальные проблемы энергетики: материалы 69-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет. Секция 6: Электротехника и электроника. – Минск: БНТУ, 2014. – С. 292-295.