

Современные микросхемы УМЗЧ класса D фирмы MPS

Игорь Безверхний (г. Киев, Украина)

Современные интегральные УМЗЧ класса D совмещают, казалось бы, несовместимое: высокий КПД и низкий коэффициент нелинейных искажений. В настоящей статье описаны основные принципы работы усилителей класса D и приведено описание линейки микросхем УМЗЧ американской фирмы MPS (Monolithic Power Systems).

В последнее десятилетие в схемотехнике усилителей мощности (УМЗЧ) получили развитие два взаимоисключающих направления:

- ✓ улучшение субъективного качества воспроизведения звука, как правило, за счёт уменьшения экономичности (КПД) усилителя;
- ✓ повышение экономичности усилителя и уменьшение его размеров при сохранении высоких качественных показателей.

Первое направление характерно использованием в выходных каскадах УМЗЧ мощных полевых транзисторов и радиоламп (Hi-End), работающих очень часто в режимах класса А.

Второе направление характерно для носимой и автомобильной звуковоспроизводящей аппаратуры. Именно в реализации этого направления широко используются усилители класса D, а в высококачественной звуковоспроизводящей стационарной аппаратуре класс D используется чаще всего в усилителях для сабвуфера.

Всего существует пять основных классов режимов работы активных элементов (транзисторов или ламп). Это режимы работы класса А, В, АВ, С и D. Вспомним их особенности.

РЕЖИМ РАБОТЫ КЛАССА А

Активный элемент (транзистор или лампа) открыт весь период сигнала. Усилители мощности класса А вносят минимальные искажения в усиливаемый сигнал, но имеют очень низкий КПД. Они используются в одноконтурных и двухтактных УМЗЧ для среднечастотных динамиков и твитеров, где особенно важно, чтобы уровень нелинейных искажений был низким. Усилители класса А – самые дорогие.

РЕЖИМ РАБОТЫ КЛАССА В

Активный элемент (транзистор или лампа) открыт только один полупериод входного сигнала. Усилители класса В имеют высокий КПД, но и коэффициент нелинейных искажений у них заметно выше. Обычно используются в двухтактных УМЗЧ для среднечастотных динамиков и динамиков mid-bass.

РЕЖИМ РАБОТЫ КЛАССА АВ

Активный элемент (транзистор или лампа) в этом режиме открыт один полупериод полностью и часть другого полупериода входного сигнала. Режим класса АВ – это нечто среднее между классами А и В. Усилители класса

АВ имеют более высокий КПД, чем усилители класса А, но вносят в сигнал меньшие нелинейные искажения, чем усилители класса В. Это наиболее распространенный класс массовых УМЗЧ.

РЕЖИМ РАБОТЫ КЛАССА D

В режиме работы класса D происходит преобразование входного сигнала в

импульсы прямоугольной формы одинаковой амплитуды, длительность которых пропорциональна значению сигнала в каждый заданный момент времени (т.н. ШИМ – широтно-импульсная модуляция). Активные элементы выходного каскада при этом работают в ключевом режиме и имеют два состояния: транзистор или заперт, или полностью открыт. Усилители класса D имеют максимальный КПД, т.к. основные потери энергии на выходных мощных ключах происходят только в момент переключения, в открытом состоянии потери энергии минимальны и будут тем меньше, чем меньше сопротивление открытого ключа. Обычные усилители класса D имеют КПД более 90% и достаточно большой коэффициент нелинейных искажений (около 10%), но применение новых технологий (ноу-хау производителей) позволяет снизить коэффициент нелинейных искажений до долей процента. Это заметно расширило область применения класса D в современных УМЗЧ.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ УМЗЧ КЛАССА D

Принципиальная схема простейшего УМЗЧ класса D показана на рис. 1.

Он состоит из широтно-импульсного модулятора (ШИМ) на транзисторе Q1, двухтактного мощного транзисторного ключа Q2, Q3 и фильтра нижних частот (ФНЧ), который отфильтровывает импульсные высокочастотные составляющие тока через громкоговоритель. Делитель на резисторах R1 и R2 задаёт напряжение смещения Q1 и симметрию всей схемы. R3 – резистор нагрузки транзистора Q1. R4, C4 – цепь эмиттерной термостабилизации этого транзистора. C1 – конденсатор фильтра питающего напряжения. C5, R5, L1, C6 – фильтр нижних частот (ФНЧ). C7 – разделительный конденсатор. В состав усилителя класса D входит также генератор треугольного или пилообразного напряжения. Частота работы этого генератора

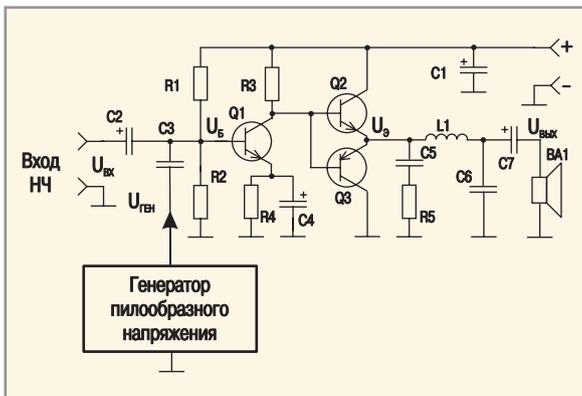


Рис. 1. Принципиальная схема простейшего УМЗЧ класса D

лежит, как правило, в пределах 200...600 кГц. Размах «пилы» от генератора и коэффициент усиления каскада на Q1 выбраны так, чтобы выходные транзисторные ключи Q2 и Q3 открывались попеременно до насыщения при переходе напряжения «пилы» через ноль. Эпоны напряжений, поясняющие работу этой схемы, показаны на рис. 2. До момента времени A (см. рис. 2) звуковой сигнал на входе отсутствует. «Пила» абсолютно симметрична, и на эмиттерах транзисторов Q2 и Q3 образуются симметричные прямоугольные импульсы – меандр. При подаче на вход усилителя сигнала НЧ «пила» будет смещаться вверх или вниз. Изменяется моменты отпирания транзисторов и, как следствие, длительность выходных импульсов и пауза между ними (см. рис. 2). Эти параметры будут изменяться по закону входного низкочастотного (звукового) сигнала. Полученный импульсный сигнал с переменной скважностью называют широтно-импульсным, или ШИМ-сигналом, а процесс его получения – широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). ШИМ-сигнал содержит НЧ-составляющую, по форме повторяющую модулирующий сигнал. Если ШИМ-сигнал с выхода транзисторных ключей пропустить через ФНЧ, то он пропустит эту составляющую на громкоговоритель и подавит ВЧ-составляющие ШИМ-сигнала. За счёт неполного подавления ВЧ-составляющей переменное напряжение на громкоговорителе будет несколько изрезанным, что можно увидеть на увеличенном фрагменте к нижнему графику рис. 2. Изрезанность уменьшается с увеличением частоты генератора ШИМ, улучшением качества ФНЧ и применением некоторых ноу-хау, которые тщательно оберегают фирмы – производители микросхем усилителей класса D.

Усилители класса D на биполярных транзисторах ушли в прошлое. Основой современного УМЗЧ класса D являются мощные ключи на МДП-транзисторах, отличающиеся высоким быстродействием и низким сопротивлением канала в открытом состоянии. При использовании таких транзисторов в ключевом режиме достигается высокий КПД. Две практические схемы УМЗЧ класса D на МДП-транзисторах и операционном усилителе приведены в статье [1].

Настоящий бум в использовании режима работы класса D в УМЗЧ начался с появления таких специализированных микросхем, как ZXCD1000 фирмы Zetex [2], и ряда других. Эти микросхемы называют драйверами усилителей класса D. Они содержат ШИМ с генератором «пилы» частотой ≥ 200 кГц и обеспечивают управление внешними ключами на МДП-транзисторах. Многие из этих драйверов могут управлять четырьмя внешними выходными ключами на МДП-транзисторах, включённых мостом.

Следующим этапом в развитии УМЗЧ класса D стало создание микросхем, в которые интегрирован не только драйвер, но и выходные ключи на МДП-транзисторах. Именно к таким микросхемам относятся MP7720, MP7731 и MP7781 фирмы MPS (Monolithic Power Systems). Все они монофонические. О номинальной выходной мощности говорит предпоследняя цифра в наименовании: MP7720 – 20 Вт, MP7731 – 30 Вт, MP7781 – 80 Вт. Пиковая выходная мощность этих микросхем вдвое больше. Рассмотрим особенности и схемы включения каждой из них.

МИКРОСХЕМА УМЗЧ MP7720

Микросхема MP7720 выпускается в корпусах SOIC8 (для поверхностного монтажа) и PDIP8, которые имеют по 8 выводов и одинаковую цоколёвку, или, как сейчас принято говорить, распиновку. УМЗЧ на этой микросхеме имеет номинальную мощность 20 Вт при сопротивлении нагрузки 4 Ом и напряжении питания 24 В. Диапазон воспроизводимых частот – 20 Гц...20 кГц. Он имеет КПД 90% при нелинейных искажениях не более 0,1% для всего диапазона частот и выходной

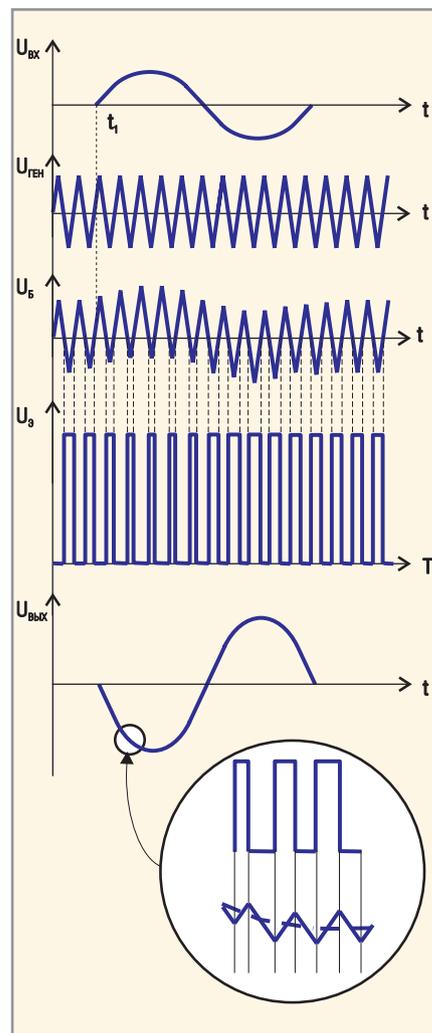


Рис. 2. Эпоны напряжений простейшего УМЗЧ класса D

мощности 1 Вт (0,06...0,07% для частоты 1 кГц). Напряжение питания 7,5...24 В. В микросхему встроены два выходных ключа на МДП-транзисторах, которые включены последовательно по питанию (полумост). Типовая принципиальная схема УМЗЧ класса D на микросхеме MP7720 изображена на рис. 3, а назначение выводов этой микросхемы приведено в таблице 1.

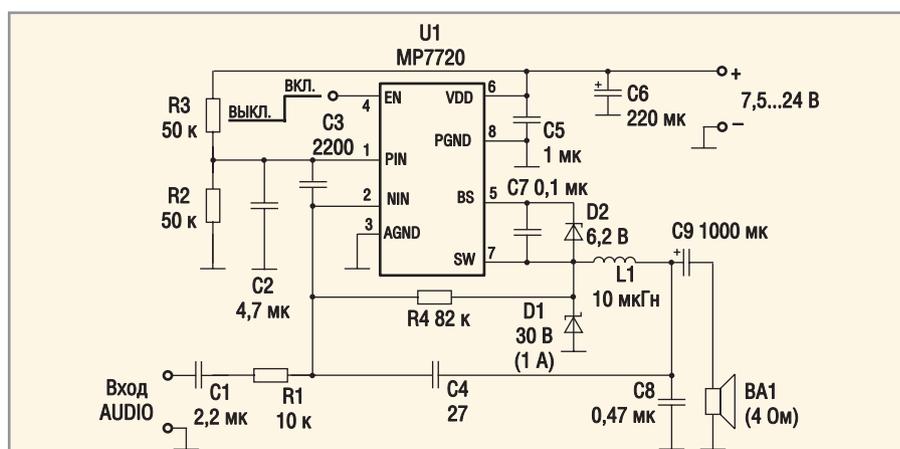


Рис. 3. Принципиальная схема УМЗЧ класса D на микросхеме MP7720

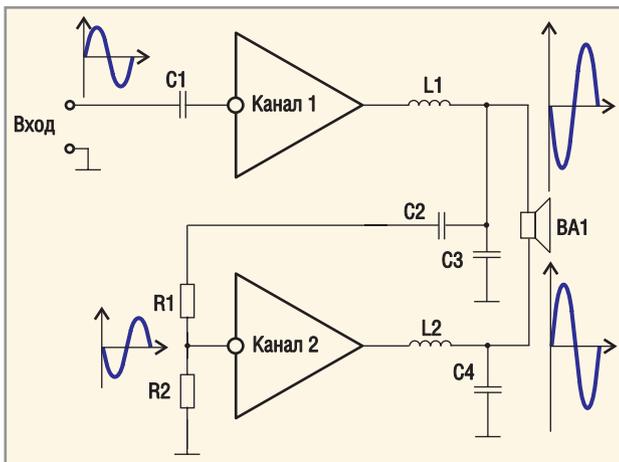


Рис. 4. Упрощённая схема УМЗЧ с мостовым выходом (метод Master – Slave)

C1, C2 – разделительные конденсаторы,
R1, R2 – делитель напряжения сигналов,
L1, C3 и L2, C4 – ФНЧ

Схема включения этой микросхемы очень напоминает ОУ или УМЗЧ на микросхемах, которые работают в привычных режимах классов А, В или АВ. Микросхема U1 MP7720 имеет дифференциальный вход (выводы 1 и 2), его положительный (неинвертирующий) вывод в данной схеме используется как вход напряжения смещения, который задаёт режим микросхемы, а главное – симметрию схемы. Напряжение смещения на неинвертирующем входе (вывод 1) должно быть равно половине напряжения питания, оно формируется делителем R3, R2. Конденсатор C2 блокирует этот вывод по переменному напряжению. Следует заметить, что асимметрия схемы может привести к увеличению нелинейных искажений и даже к перегреву одного из выходных ключей и выходу микросхемы из строя. Входной сигнал поступает на инвертирующий вход микросхемы (вывод 2) через разделительный конденсатор C1 и ограничивающий резистор R1. В позиции

C1 фирма – разработчик микросхемы рекомендует использовать керамический конденсатор типов NPO, X7R, X5R или эквивалентных им типов. Коэффициент усиления по напряжению микросхемы определяется соотношением номиналов резисторов цепи ООС R1 и R4 и может быть рассчитан по формуле:

$$KU = R4/R1.$$

Для повышения размаха выходных импульсов микросхемы используется известная по обычным двухтактным бестрансформаторным усилителям схема повышения КПД с конденсатором вольтодобавки C7, который включён между выходом (выводом 7) и входом цепи вольтодобавки (вывод 5). Ёмкость конденсатора C7 выбирается в пределах 0,1...1 мкФ. Для защиты внутренних цепей микросхемы от перегрузки параллельно C7 подключён стабилитрон D2 с напряжением стабилизации 6,2 В. Для выделения усиленного сигнала и подавления высокочастотных импульсных составляющих в нагрузку к выходу (вывод 7) подключён ФНЧ, состоящий из дросселя L1 и конденсатора C8. Конденсатор C9 – разделительный. Диод Шоттки D1 гасит индукционные токи и выбросы ЭДС, возникающие в L1 в моменты переключения выходных ключей, когда оба ключа заперты. Частота ШИМ-преобразования задаётся цепью обратной связи R4, C3, и при указанных на схеме номиналах она составляет 600 кГц. При большей частоте увели-

чиваются потери мощности, а при меньшей – нелинейные искажения. C4 – конденсатор ООС по высокой частоте. Конденсаторы C6, C5 – развязывающие фильтра питания. Для устранения прохождения импульсной помехи по цепям питания конденсатор C5 должен быть расположен между выводами 6 и 8 микросхемы, причём как можно ближе к этим выводам. Упрощённо работу этого УМЗЧ можно объяснить следующим образом. Входной сигнал через C1, R1 поступает на инвертирующий вход микросхемы (вывод 2). Это приводит к изменению длительности и скважности импульсов частотой 600 кГц на выходе микросхемы (вывод 7) по закону изменения моментального значения входного сигнала и к появлению в выходном сигнале усиленной НЧ-составляющей, повторяющей по форме входной сигнал, которая через ФНЧ L1, C8 и разделительный конденсатор C9 поступает на громкоговоритель. Добавить к этому можно только то, что входной и выходной сигналы противофазны.

МИКРОСХЕМА УМЗЧ MP7731

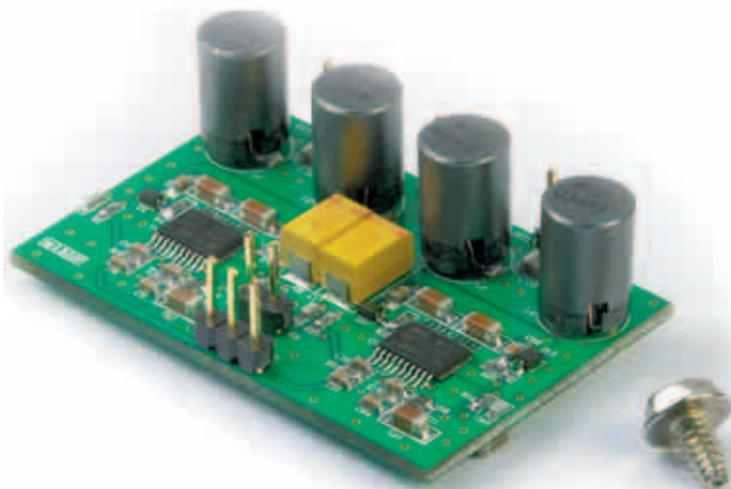
Микросхема MP7731 выпускается в корпусе TSSOP20F для поверхностного монтажа, который имеет 20 выводов и металлическую контактную площадку сверху для теплового контакта с радиатором. Номинальная мощность УМЗЧ на микросхеме MP7731 составляет 30 Вт при сопротивлении нагрузки 4 Ом и напряжении питания 16 В. Диапазон воспроизводимых частот 20 Гц...20 кГц, КПД 90% при выходной мощности 5 Вт. Нелинейные искажения не более 0,1% для всего диапазона частот при выходной мощности 1 Вт. Напряжение питания 7,5...24 В. В микросхему встроены четыре выходных ключа на МДП-транзисторах, которые включены мостом. Особенностью монофонических мостовых УМЗЧ является то, что они имеют два, как правило, равноценных усилительных канала с выходными ключами, которые включены полумостом. То есть микросхема MP7731 содержит два канала, близких по структуре к микросхеме MP7720. Соль в том, что эти каналы работают в противофазе, а нагрузка (громкоговоритель) подключена без разделительных конденсаторов между выходами этих каналов, т.к. посто-

Таблица 1. Назначение выводов микросхемы MP7720

Номер вывода	Обозначение	Назначение
1	PIN	Неинвертирующий вход. Может использоваться как положительный вывод дифференциального входа
2	NIN	Инвертирующий вход. Может использоваться как отрицательный вывод дифференциального входа
3	AGND	Корпус аналоговой части
4	EN	Вход разрешения. Высокий уровень – МС включена, низкий уровень – выключена (дежурный режим)
5	BS	Вход цепи вольтодобавки
6	VDD	Вход напряжения питания 7,5...24 В
7	SW	Выход ключевых МДП-транзисторов
8	PGND	Корпус цепей питания

Готовые решения для качественного звука

MPS
Monolithic Power Systems



Стереоусилитель класса D мощностью 2×30Вт на основе двух микросхем MP7731

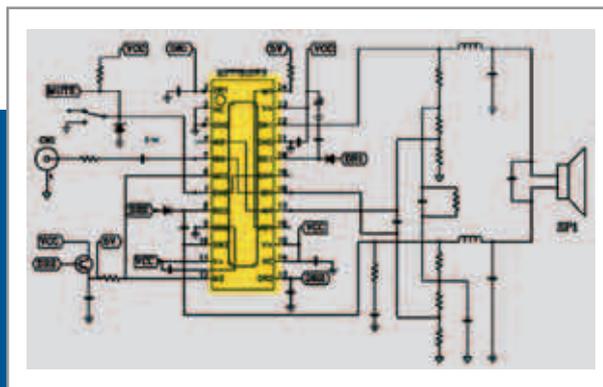
ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА

- Аудиоусилители от MPS с выходной мощностью до 80 Вт в корпусе SOIC24 не требуют внешнего теплоотвода
- Глубокая обратная связь, а также интегрированные мощные полевые транзисторы позволяют достичь качества звука на уровне усилителей класса AB
- Стабильная выходная мощность в широком диапазоне питающих напряжений
- Однополярное питание
- Минимальная внешняя обвязка
- Коэффициент нелинейных искажений менее 0,1%
- Расширенный диапазон температур $-40...+85^{\circ}\text{C}$

АУДИОУСИЛИТЕЛИ КЛАССА D ОТ MONOLITHIC POWER SYSTEMS

Наименование	Диапазон напряжений питания, В	Пиковая мощность, Вт	КПД, %	Козф-т нелинейных искажений, %, при 1 Вт	Глубина подавления пульсаций источника питания, дБ	Корпус	Особенности
MP7720	7,5...24	20	90	0,04	60	SOIC8 PDIP8	Полумостовая схема подключения
MP7731	7,5...18	30	90	0,1	80	TSSOP20	Мостовая схема подключения
MP7781	7,5...24	80	85	0,1	60	SOIC24	Мостовая схема подключения

Схема аудиоусилителя класса D мощностью 80 Вт на основе MP7781



ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ:

- Любые аудиосистемы потребительской электроники, начиная от ноутбуков и кончая системами домашних кинотеатров
- Расширенный температурный диапазон позволяет использовать эти микросхемы в автомобильных аудиосистемах

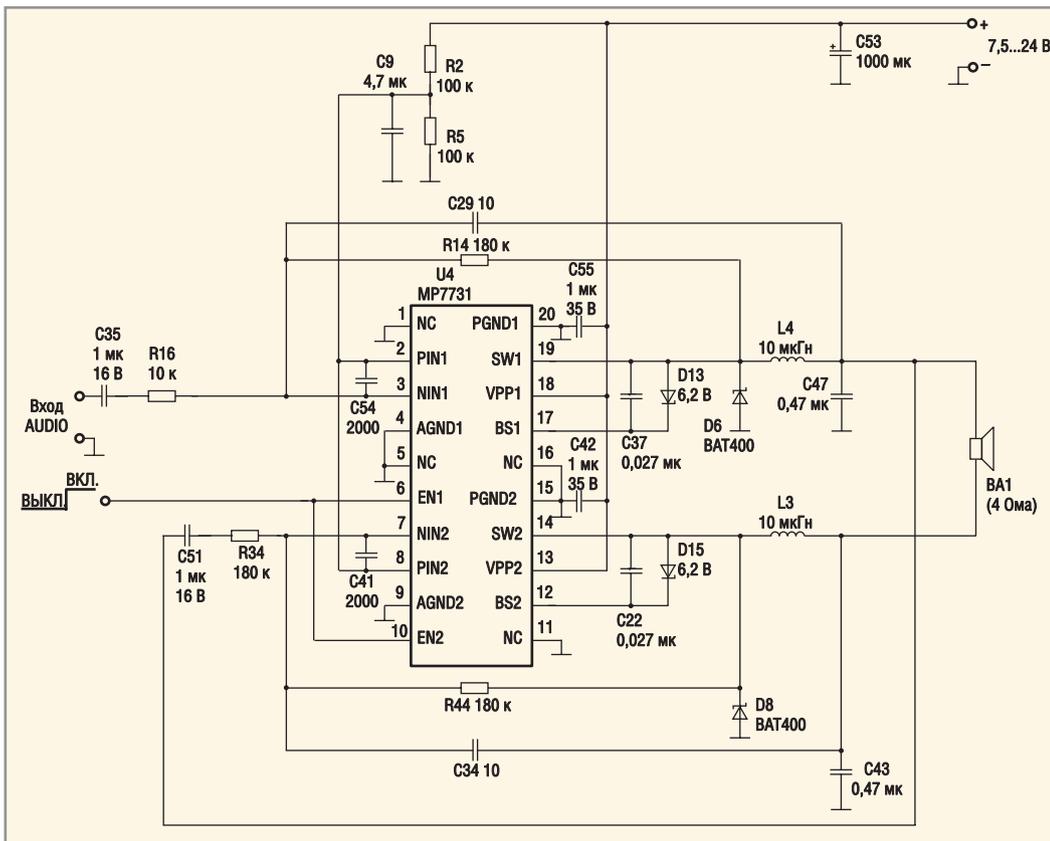


Рис. 5. Принципиальная схема УМЗЧ класса D на микросхеме MP7731

янное напряжение на каждом из выводов выхода равно половине напряжения питания. Для противофазного управления обычно используется включение каналов методом «ведущий – ведомый» (Master – Slave), т.е. оба усилителя включены по входному сигналу последовательно (см. рис. 4). Для такого

включения оба канала должны быть инвертирующими усилителями. Сигнал на второй канал поступает с выхода первого через делитель R1, R2 (см. рис. 4) или ограничивающий резистор.

Типовая принципиальная схема УМЗЧ класса D на микросхеме

Таблица 2. Назначение выводов микросхемы MP7731

Номер вывода	Обозначение	Назначение
1	NC	Не используется
2	PIN1	Неинвертирующий вход канала 1. Используется как вход напряжения смещения (опорного напряжения)
3	NIN1	Инвертирующий вход канала 1
4	AGND1	Корпус аналоговой части 1
5	NC	Не используется
6	EN1	Вход разрешения канала 1. Высокий уровень – MC включена. Низкий уровень – выключена
7	NIN2	Инвертирующий вход канала 2
8	PIN2	Неинвертирующий вход канала 2. Используется как вход напряжения смещения (опорного напряжения)
9	AGND2	Корпус аналоговой части 2
10	EN2	Вход разрешения канала 2. Высокий уровень – MC включена. Низкий уровень – выключена
11	NC	Не используется
12	BS2	Вход цепи вольтодобавки канала 2
13	VPP2	Вход напряжения питания канала 2 (7,5...24 В)
14	SW2	Выход канала 2
15	PGND2	Корпус цепей питания 2
16	NC	Не используется
17	BS1	Вход цепи вольтодобавки канала 1
18	VPP1	Вход напряжения питания канала 1 (7,5...24 В)
19	SW1	Выход канала 1
20	PGND1	Корпус цепей питания 1

MP7731 изображена на рис. 5, а назначение выводов этой микросхемы приведено в таблице 2.

Разберёмся в назначении деталей УМЗЧ на микросхеме MP7731 по схеме (рис. 5). Напряжение смещения на неинвертирующих входах обоих каналов (выводы 2 и 8), равное половине напряжения питания, формируется делителем R2, R5. Конденсатор C9 шунтирует эти выводы по переменному напряжению, а конденсаторы C54 и C41 задают частоты ШИМ-преобразования 1-го и 2-го каналов соответственно. Эти конденсаторы должны быть расположены как можно ближе к выводам, возле которых они нарисованы на схеме. C53 – конденсатор фильтра питания, а C55 и C42 – развязывающие конден-

саторы, которые также надо располагать как можно ближе к выводам, возле которых они нарисованы. Входной сигнал поступает на инвертирующий вход канала 1 (вывод 3) через разделительный конденсатор C35 и ограничивающий резистор R16. Коэффициент усиления по напряжению канала 1 микросхемы определяется соотношением сопротивлений резисторов цепи ООС R14 и R16, а канала 2 – соотношением R44 и R34. ООС по ВЧ в канале 1 осуществляется через конденсатор C29, а в канале 2 – через C34. Конденсатор C37 – это конденсатор вольтодобавки канала 1, а C22 – конденсатор вольтодобавки канала 2. Они повышают КПД усилителя. Параллельно этим конденсаторам подключены стабилитроны D13 и D15 с напряжением стабилизации 6,2 В. Усиленный выходной сигнал звука выделяется в ФНЧ на выходах каналов 1 (L4, C47) и 2 (L3, C43) и поступает на громкоговоритель. ФНЧ подавляют высокочастотные импульсные составляющие ШИМ-сигнала на выходах микросхемы и не пропускают их в нагрузку. Диоды Шоттки D6, D8 гасят индукционные токи и выбросы ЭДС, возникающие в катушках L4 и L3 в моменты переключения выходных ключей, когда все

они запираются. Эти катушки должны быть рассчитаны на номинальный ток 2,6 А. Каждый из каналов имеет свой вход разрешения EN1 (вывод 6) и EN2 (вывод 10). При низком уровне напряжения на этих выводах микросхема будет находиться в дежурном режиме, а при высоком – в рабочем.

МИКРОСХЕМА УМЗЧ MP7781

Микросхема MP7781 выпускается в корпусе SOIC24 для поверхностного монтажа, который имеет 24 вывода и металлическую площадку сверху для теплового контакта с радиатором. Номинальная мощность монофонического УМЗЧ на микросхеме MP7781 80 Вт при сопротивлении нагрузки 4 Ом и напряжении питания 24 В. Диапазон воспроизводимых частот 20 Гц...20 кГц, КПД 95% при выходной мощности 80 Вт. Нелинейные искажения не более 0,1% для всего диапазона частот при выходной мощности 1 Вт. Напряжение питания 7,5...24 В. В микросхему встроены четыре выходных ключа на МДП-транзисторах, которые включены мостом. Микросхема MP7781 имеет два равноценных усилительных канала с дифференциальными входами и выходными МДП-ключами, которые включены полумостом. Микросхема содержит два канала усиления, каждый из которых заканчивается полумостом на МДП-транзисторах. Все это напоминает MP7731, но в отличие от этой микросхемы, в типовом включении MP7781 используется схема, которую можно назвать параллельно-последовательным включением каналов усиления (см. рис. 6). В этой схеме входной сигнал поступает сразу на входы обоих каналов усиления. Причём в одном канале он поступает на неинвертирующий вход, а в другом – на инвертирующий. Поэтому к верхнему и нижнему выводам громкоговорителя прикладываются одинаковые по амплитуде, но противофазные напряжения сигналов, что видно из графиков, показанных на схеме (рис. 6). Соотношения сопротивлений ограничивающего резистора R1 и резисторов делителей цепей ООС R2, R3, R4, R5 определяют коэффициент усиления схемы. Через делители R2, R3 и R4, R5 задаются также напряжения смещения на входах и осуществляются отрицательные обратные связи

(ООС) по постоянному напряжению, которые стабилизируют режим каналов усиления, т.е. эти делители задают постоянные напряжения на выходах каналов, равные половине напряжения питания, и за счёт ООС поддерживают их неизменными.

Микросхема MP7781 имеет более сложную внутреннюю организацию, чем рассмотренные выше микросхемы. Это косвенно подтверждается количеством и назначением выводов микросхемы, что отражено в таблице 3.

Типовая принципиальная схема УМЗЧ на микросхеме MP7781 показана на рис. 7. Входной сигнал подаётся на выводы 5 и 18 микросхемы через ограничивающий резистор R20 и разделительный конденсатор C25. Резисторы R3, R5, R7, R17, R19, R21, R12, R8 и конденсаторы C6, C24, C9, C15 входят в цепи ООС по постоянному и переменному напряжению. Эти цепи задают коэффициент уси-

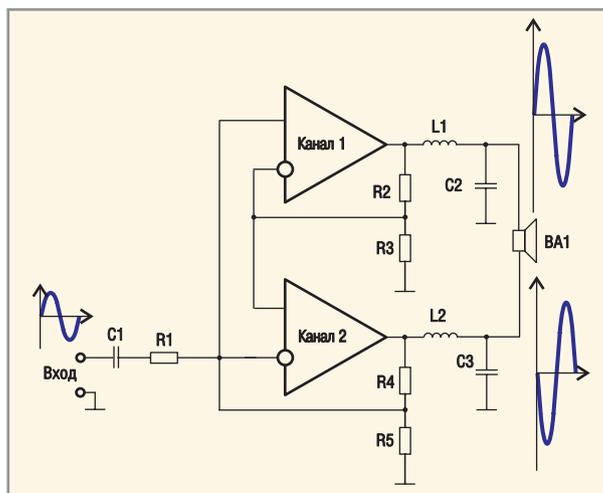


Рис. 6. Упрощенная схема УМЗЧ с мостовым выходом (с параллельно-последовательным управлением)

- C1 – разделительный конденсатор,
- R1 – ограничивающий резистор,
- R2, R3 и R4, R5 – делители цепей ООС по постоянному и переменному напряжению,
- L1, C2 и L2, C3 – ФНЧ

ления микросхемы и постоянные напряжения, равные половине напряжения питания, в средних точках, т.е. на выходах каналов мостового УМЗЧ (выводы 10 и 22 микросхемы). Конденсатор C10 в канале 1 и C18a в канале 2 – конденсаторы вольтодобавки, которые необходимы для повышения КПД усилителя.

Таблица 3. Назначение выводов микросхемы MP7781

Номер вывода	Обозначение	Назначение
1	DR1	Выход управления стабилизатором напряжения питания низковольтной части канала 1
2	NC	Не используется (рекомендуется подключать к выводу 1 или 3)
3	GND	Корпус внутреннего модулятора
4	AI2	Неинвертирующий вход канала 2
5	BI2	Инвертирующий вход канала 2 (вход AUDIO и ООС)
6	MO2	Выход внутреннего ШИМ-канала 2 (с открытым стоком)
7	SHDN2	Вход разрешения канала 2. Активный уровень – низкий
8	BS2	Вход цепи вольтодобавки канала 2
9	GND	Корпус цепей питания канала 2
10	SW2	Выход канала 2
11	V+	Вход напряжения питания ШИМ (7,5...24 В)
12	M2	Вход сигнала ШИМ на предоконечный каскад канала 2
13	DR2	Выход управления стабилизатором напряжения питания низковольтной части канала 2
14	NC	Не используется
15	V+	Вход напряжения питания канала 2 (7,5...24 В)
16	MO1	Выход внутреннего ШИМ-канала 1 (с открытым стоком)
17	AI1	Инвертирующий вход канала 1 (вход ООС)
18	BI1	Неинвертирующий вход канала 1 (вход AUDIO)
19	SHDN1	Вход разрешения канала 1. Активный уровень - низкий
20	BS1	Вход цепи вольтодобавки канала 1
21	GND	Корпус цепей питания
22	SW1	Выход канала 1
23	V+	Вход напряжения питания канала 1 (7,5...24 В)
24	M1	Вход сигнала ШИМ на предоконечный каскад канала 1

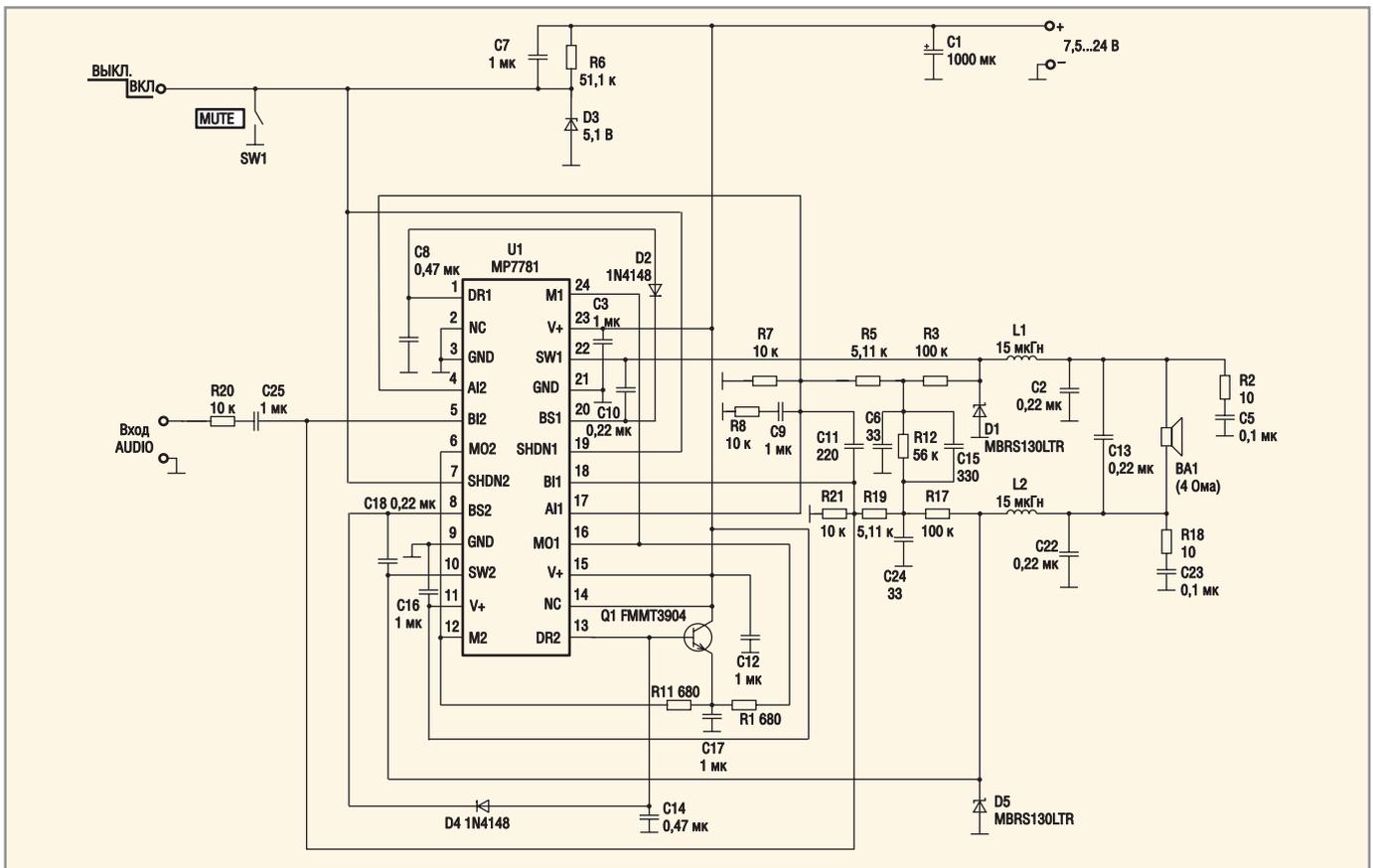


Рис. 7. Принципиальная схема УМЗЧ класса D на микросхеме MP7781

L1, C2, L2, C2, C13, R2, C5, R18, C23 – это детали ФНЧ, которые пропускают на громкоговоритель сигнал звука и подавляют импульсные ВЧ-составляющие сигнала ШИМ. Катушки ФНЧ L1 и L2 должны быть рассчитаны на номинальный ток 5 А. Оптимальная частота ШИМ-преобразования для микросхемы MP7781 составляет 400 кГц. Она определяется ёмкостью конденсатора C11, который включён между выводами дифференциальных входов этой микросхемы (между соединёнными по два выводами 5, 18 и 4, 17). Гашение выбросов ЭДС и индукционных токов, возникающих в

катушках ФНЧ L1 и L2 в моменты переключения выходных ключей, когда все они заперты, осуществляется диодами Шоттки D1 и D5.

Каждый из каналов имеет вход разрешения (активный уровень низкий). Вывод 19 (SHDN1) – это вход разрешения канала 1, а вывод 7 (SHDN2) – вход разрешения канала 2. Эти выводы соединены вместе. Высокий уровень (сигнал запрета) формируется с помощью параметрического стабилизатора R6, D3. При этом уровень усилитель отключён и находится в режиме MUTE, который характерен малым током потребления (≤ 10 мА). Включе-

ние усилителя в рабочий режим осуществляется замыканием выводов разрешения микросхемы на корпус, например, выключателем SW1.

Чтобы получить столь малый ток потребления в режиме MUTE, в микросхему встроены стабилизаторы питания низковольтной части и схема их коммутации. Сигналы управления этой схемы выводятся из микросхемы через выводы 1 (DR1) и 13 (DR2), а затем через коммутирующие диоды D2 и D4 поступают соответственно на выводы 20 (BS1) и 8 (BS2). Кроме того, в рабочем режиме высокий уровень управляющего сиг-

Таблица 4. Особенности микросхем УМЗЧ класса D фирмы MPS

Особенности	Микросхемы		
	MP7720	MP7731	MP7781
Номинальная мощность при $U_{пит} = 24$ В и нагрузке 4 Ом, Вт	20	30 (при $U_{пит} = 16$ В)	80
Коэффициент нелинейных искажений (THD+N) на частоте 1 кГц при выходной мощности 1 Вт, %	0,1	0,1	0,2
КПД, %	90 (при 20 Вт)	90 (при 5 Вт)	95 (при 80 Вт)
Частота преобразования ШИМ, кГц	600	600	400
Напряжение питания, В	7,5...24	7,5...24	7,5...24
Эффективное напряжение входного сигнала, В	1	1	1
Выход	Полумост	Мост	Мост
Сопrotивление канала выходных МДП-ключей в состоянии насыщения, Ом	0,180	0,180	0,105
Динамический диапазон, дБ	93	80	90
Корпус	SOIC8 или PDIP8	TSSOP20F	SOIC24

нала с вывода 13 (DR2) открывает ключ на биполярном транзисторе Q1. Через этот транзистор напряжение питания поступает в точку соединения резисторов R1 и R11. У микросхемы MP7781 есть ещё четыре интересных вывода. Это выводы 16 (МО1), 24 (М1), 6 (МО2) и 12 (М2). МО1 и МО2 – это выходы широтно-импульсных модуляторов соответствующих каналов, а М1 и М2 – это входы выходных ключей микросхемы. Выводы МО и М с одинаковыми номерами соединены между собой. Кроме того, выходы МО1 и МО2 имеют открытый сток. Подтягивающие резисторы (резисторы внешней нагрузки), подключённые между этими выводами и напряжением питания на эмиттере транзистора Q1, – это известные уже резисторы R1 и R11. С1 – конденсатор фильтра питания, а конденсаторы С3, С12, С16, С8, С10, С14 и С18 – развязывающие. Для улучшения развязки и уменьшения наводок их рекомендуется устанавливать как можно ближе к соответствующим выводам микросхемы. Для устранения характерного для УМЗЧ щелчка при включении в схему установлены конденсаторы С7 и С9.

Для обеспечения стабильности работы и повторяемости схемы резисторы R3, R5, R7, R17, R19, R21 и R12 должны иметь допуск 1%. Такой же допуск должен иметь и резистор R6.

Следует заметить, что все три микросхемы, представленные в этой статье, имеют встроенную температурную защиту и защиту от коротких замыканий по выходу. Основные особенности и параметры этих микросхем сведены в таблицу 4.

Коэффициент нелинейных искажений, указанный в таблице, дости-

жим и гарантируется только на частоте 1 кГц при выходной мощности 1 Вт. С ростом частоты и мощности он повышается. Зависимость коэффициента нелинейных искажений микросхемы MP7720 от мощности (при частоте сигнала 1 кГц, напряжении питания 24 В и сопротивлении нагрузки 4 Ом) изображена на рис. 8а, а от частоты сигнала (при напряжении питания 24 В, сопротивлении нагрузки 4 Ом и мощности 19,6 Вт) – на рис. 8б.

В заключение хочу заметить, что существует ещё несколько разновидностей усилителей с ШИМ. Во-первых, это усилитель «класса Т», широтно-импульсный модулятор которого меняет не только скважность, но и частоту выходного ШИМ-сигнала. Во-вторых, это так называемый усилитель «класса N», информация о котором можно найти в статье [3]. Это также усилитель, работающий в ключевом режиме, но совмещённый с сетевым блоком питания.

Дополнительную информацию о микросхемах производства Monoli-

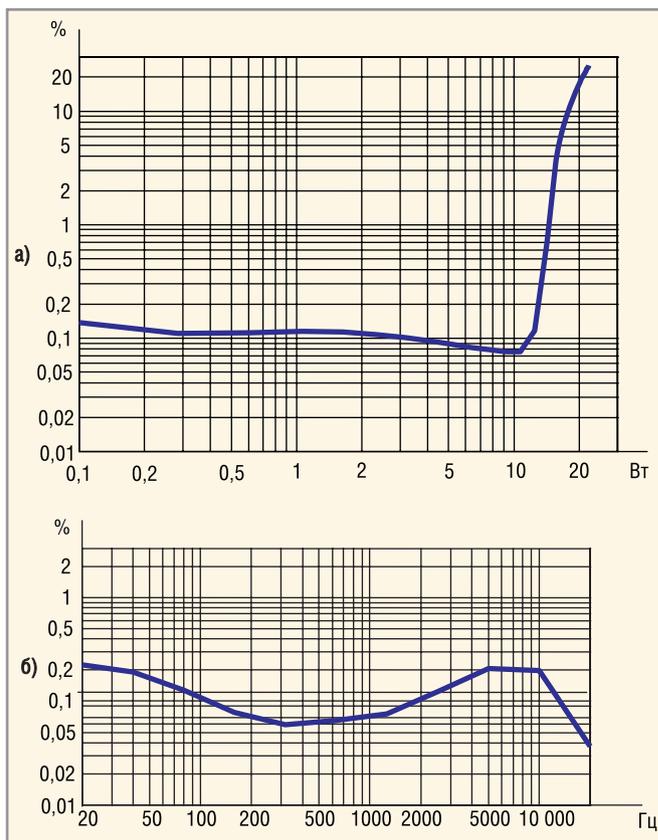


Рис. 8. Зависимость коэффициента нелинейных искажений микросхемы MP7720:

- а) от мощности при частоте сигнала 1 кГц, напряжении питания 24 В и сопротивлении нагрузки 4 Ом;
б) от частоты при напряжении питания 24 В, сопротивлении нагрузки 4 Ом и мощности 19,6 Вт

thic Power Systems можно найти на сайте фирмы [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев Е. Усилитель класса D для сабвуфера. Радио. 2003. № 5.
2. Дайджест «Новая техника и технология». Радиохобби. 2001. № 2. С. 9.
3. Колганов А. Автомобильный УМЗЧ с блоком питания. Радио. 2002. № 7. С. 20...22.
4. www.monolithicpower.com.



Новости российских дистрибьюторов

Усилитель класса D без выходного фильтра

Усилитель класса D с фиксированным коэффициентом усиления LM4667 фирмы National Semiconductor выполнен в корпусе micro SMD с 9 выводами. Обходясь минимумом дополнительных деталей, этот усилитель благодаря уникальному дельта-сигма-модулятору не требует даже выходного фильтра, характерного для усилителей этого класса. Усилитель питается от однополярного источника напряжением 2,7...5,5 В и

отдает в 8-омную нагрузку мощность 450 мВт при коэффициенте искажений менее 1%.

Скоростные усилители для видео- и коммуникационной аппаратуры

Операционные усилители с токовой обратной связью LMN6723 (одиночный), LMN6724 (сдвоенный) и LMN6725 (четверный) разработаны фирмой National Semiconductor для применения

в видео- и коммуникационной технике и имеют высокое быстродействие при малом потреблении. Их полоса пропускания до 370 МГц, ток покоя 1 мА, выходной ток ± 110 мА. Неравномерность АЧХ в полосе до 100 МГц не более 0,1 дБ, дифференциальное усиление и фаза нормируются. Напряжение питания 4,5...12 В. Выпускаются в различных корпусах.

www.prochip.ru
тел. (095) 234-0636