

Александр Калачев (г. Барнаул) СДЕЛАЙ ГРОМЧЕ, ДИДЖЕЙ! – КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ IR ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АУДИОСИСТЕМ



Для построения **аудиоусилителя D-класса с выходной мощностью от десятков ватт до 1,5 кВт на канал достаточно использовать только компоненты, выпускаемые компанией International Rectifier. Это аудиодрайверы различной степени интеграции и специальные MOSFETs, оптимизированные для аудиоприложений (для тех драйверов, в составе которых нет встроенных выходных ключей).**

Сложно найти область деятельности, где бы в той или иной мере не использовались звуковоспроизводящие устройства. Где-то они играют центральную роль, где-то используются только для подачи предупреждающих сигналов. Для таких устройств, как портативные компьютеры, автомагнитолы, домашние кинотеатры и аналогичные, важно не только хорошее качество звука, но и высокая выходная мощность. Желательно также, чтобы потери мощности были на приемлемом уровне. На данный момент всем этим требованиям удовлетворяют усилители класса D (усилители, работающие в ключевом режиме). Возможно, они несколько более сложны по схемотехнике, чем линейные усилители, и требуют серьезного подхода к фильтрации выходного напряжения, но на данный момент в выходных каскадах подавляющего большинства аудиоусилителей применяются именно усилители класса D.

Решения International Rectifier для аудиоприложений

International Rectifier предлагает широкий спектр микросхем различной степени интеграции для построения выходных каскадов аудиосистем мощностью до 500 Вт на канал (рисунок 1) [1].

Аудиодрайверы семейства PowIRaudio могут содержать ШИМ-контроллер и работать с аналоговым входным сигналом или (IRS20957) использовать входной ШИМ-сигнал, что может быть удобно при воспроизведении звука, синтезируемого с помощью микроконтроллера. Самые продвинутые драйверы содержат в своем составе встроенные выходные ключи, что позволяет добиться минимальных габаритных размеров усилителя.

Аудиодрайверы с внешними MOSFET

Микросхема **IRS2092** представляет собой высоковольтный аудиодрайвер со встроенным ШИМ-генератором и схемами защиты. В совокупности с двумя внешними MOSFET транзисторами и небольшим количеством пассивных элементов получается полноценный усилитель класса D, устойчивый к внешним шумам и наводкам и обладающий малым уровнем искажения входного сигнала.

Драйвер **IRS2052** практически является двухканальной версией аудиодрайвера IRS2092 с рядом дополнительных усовершенствований, таких как встроенный тактовый генератор и защита от перегрева. В данном драйвере также присутствуют выходы обнаружения обрыва нагрузки, вход внешнего датчика температуры (перегрев), а также выходы сигнализации о нештатной ситуации. Выпускается микросхема в компактном корпусе для поверхностного монтажа MLPQ48.

Драйвер **IRS2052M** предназначен для работы с плавающим уровнем входного аналогового сигнала. Внешние

верхние и нижние транзисторы защищены от превышения допустимого тока: ток транзисторов отслеживается датчиком тока и при превышении заданного порога срабатывает защита.

Микросхема **IRS2053** поддерживает работу трех каналов, для каждого из которых выделен собственный ШИМ-генератор и схема защиты. Внешние MOSFET позволяют выбрать оптимальный диапазон выходной мощности. Драйвер также работает с плавающим уровнем входного аналогового сигнала и позволяет строить усилители D-класса по полумостовой топологии.

Функциональные особенности и возможности микросхемы:

- вход определения смещения по постоянному току;
- обнаружение обрыва по выходу;
- вход температурного датчика;
- выход сигнализации ошибки;
- программируемый порог срабатывания защиты по току;
- защита от проседания напряжения;
- уменьшение громкости щелчка при включении;
- высокая устойчивость к шуму.

Микросхема **IRS2093** аналогична вышеописанным драйверам и при том же наборе функций имеет четыре независимых канала.

Структура входных каскадов микросхемы допускает работу в режиме самотактирования ШИМ, работу с внешним

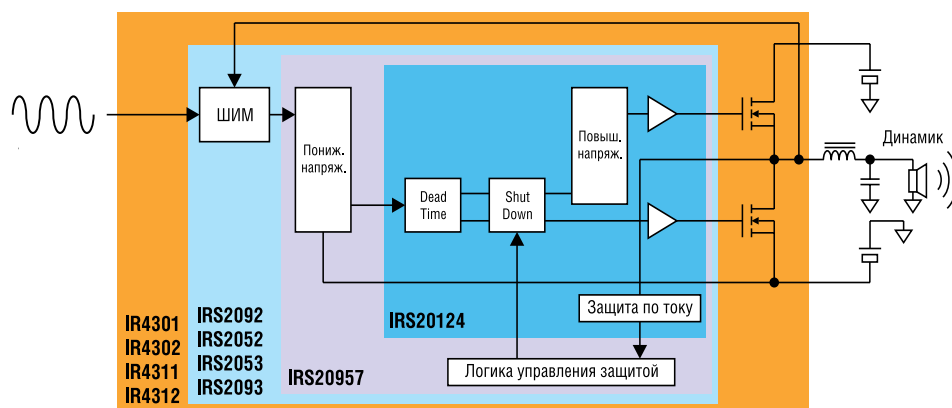


Рис. 1. Ассортимент микросхем для выходного аудиотракта от International Rectifier

Таблица 1. Основные параметры микросхем семейства PowlRadio

Наименование	Кол-во каналов	Корпус	Напряжение питания (макс), В	Входной/выходной ток I _{o+} /I _{o-} , А	Встроенные MOSFET	ШИМ
<u>IR4301M</u>	1	PQFN 5x6	80	6,5	+	+
<u>IR4302M</u>	2	PQFN 7x7	80	6,5	+	+
<u>IR4311M</u>	1	PQFN 5x6	40	3,6	+	+
<u>IR4312M</u>	2	PQFN 7x7	40	3,6	+	+
<u>IR4322M</u>	2	PQFN 7x7	60	7	+	+
<u>IRS20124S</u>	1	SO-14	200	1,0/1,2	—	—
<u>IRS2052M</u>	2	MLPQ-48	200	0,5/0,6	—	+
<u>IRS2053M</u>	3	MLPQ-48	200	0,5/0,6	—	+
<u>IRS2092S</u>	1	SO-16	200	1,0/1,2	—	+
<u>IRS2093M</u>	4	MLPQ-48	200	0,5/0,6	—	+
<u>IRS20957S</u>	1	SO-16	200	1,0/1,2	—	—

Таблица 2. Характеристики демонстрационных плат драйверов семейства PowlRadio

Наименование платы	Базовый драйвер	Выходной транзистор	Количество каналов	Выходная мощность (на канал), Вт	ШИМ
<u>IRAUDAMP10</u>	IRS2052M	IRF6775	2	300	+
<u>IRAUDAMP11</u>	IRS2053M	IRF6665	3	120	+
<u>IRAUDAMP12</u>	IR4301M	встроенные	2	130	+
<u>IRAUDAMP15</u>	IR4311M	встроенные	2	35	+
<u>IRAUDAMP16</u>	IR4302M	встроенные	2	70	+
<u>IRAUDAMP17</u>	IR4302M	встроенные	2	100	+
<u>IRAUDAMP18</u>	IR4312M	встроенные	2	35	+
<u>IRAUDAMP19</u>	IR4301M	встроенные	2	75	+
<u>IRAUDAMP4A</u>	IRS20957S	IRF6645	2	120	—
<u>IRAUDAMP5</u>	IRS2092S	IRF6645	2	120	+
<u>IRAUDAMP6</u>	IRS20957S	IRF6785	2	250	—
<u>IRAUDAMP7D-xx</u>	IRS2092S	опр-ся мощностью	1	100...500	+
<u>IRAUDAMP7D-xx</u>	IRS2092S	опр-ся мощностью	2	25...250	+
<u>IRAUDAMP7S-xx</u>	IRS2092S	опр-ся мощностью	1	100...500	+
<u>IRAUDAMP7S-xx</u>	IRS2092S	опр-ся мощностью	2	25...250	+
<u>IRAUDAMP8</u>	IRS2093M	IRF6665	4	120	+
<u>IRAUDAMP9</u>	IRS2092S	IRFB4227	1	1700	+

синхросигналом или ШИМ с естественной несущей.

Аудиодрайверы со встроенными MOSFET – IR43x1/2

Микросхемы серий **IR43xx** включают в себя полноценный аудиодрайвер и выходные транзисторы и по сути представляют собой законченный аудиоусилитель класса D, требующий для работы лишь небольшого количества внешних элементов.

Микросхемы серии IR43xx способны работать в конфигурациях с одно- или двухполярным питанием в режиме инвертирующего или дифференциального усилителя.

Среди защитных функций реализованы защита от перегрузки по току, защита

от перегрева, защита от падения напряжения питания с автоматическим сбросом системы логического управления.

Микросхемы серии IR43x2 содержат в себе два независимых канала [2].

Аудиодрайверы со встроенными ключами выпускаются в компактных PQFN-корпусах размерами 5x6 мм для серий IR43x1 и 7x7 мм для двухканального решения (серия IR43x2). Благодаря специальной форме контактных площадок в большинстве случаев для работы усилителей серии IR43xx не требуется внешнего радиатора [1-3]. В этом случае возможна организация дополнительного теплоотвода за счет металлизированной области на противоположной от IR43xx стороне печатной платы, соединенной с по-

сачочным местом рядом металлизированных переходов.

Диапазон выходных мощностей, обеспечиваемых серией IR43xx, представлен на рисунке 2.

Благодаря компактным размерам, малому тепловыделению и простой схеме включения, приборы серий IR43x1, IR43x2 идеально подходят для построения портативных систем, настольных и носимых приборов, а также многоканальных систем воспроизведения звука.

Основные области применения усилителей серии IR43xx:

- домашние кинотеатры;
- аудиодоки (для планшетных компьютеров или смартфонов);
- аудиотракт персональных компьютеров;

Таблица 3. Транзисторы International Rectifier для аудиоприложений

Наименование	Корпус	Макс. напряжение (V _{dss}), В	R _{ds(on)} @10 В, мОм	Макс. ток при T _c = 25°C, А	Заряд затвора Q _g тип., нКл
IRFI4024H-117P	5-pin TO-220	55	48	11	8,9
IRFI4212H-117P	5-pin TO-220	100	58	11	12
IRFI4019H-117P	5-pin TO-220	150	80	8,7	13
IRFI4020H-117P	5-pin TO-220	200	80	9,1	19
IRF6665TRPBF	DirectFET SH	100	53	19	8,7
IRF6645TRPBF	DirectFET SJ	100	28	25	14
IRF6644TRPBF	DirectFET MN	100	10	60	35
IRF6775MTRPBF	DirectFET MZ	150	56	28	25
IRF6785MTRPBF	DirectFET MZ	200	85	15	26
IRF6648TRPBF	DirectFET MN	60	5,5	86	36
IRF6668TRPBF	DirectFET MZ	80	12	55	22
IRF6646TRPBF	DirectFET MN	80	7,6	68	36
IRFB4212PBF	TO-220	100	72	18	15
IRFB4019PBF	TO-220	150	80	17	13
IRFB5615PBF	TO-220	150	32	35	26
IRFB4228PBF	TO-220	150	12	83	72
IRFB4020PBF	TO-220	200	80	18	18
IRFB4227PBF	TO-220	200	20	65	70
IRFB5620PBF	TO-220	200	60	25	25
IRFP4668PBF	TO-247	200	8	130	161
IRFB4229PBF	TO-220	250	38	46	72
IRFP4768PBF	TO-247	250	15	93	180

- электронные музыкальные инструменты;
- игровые консоли;
- активные колонки;
- аудиоусилители общего назначения.

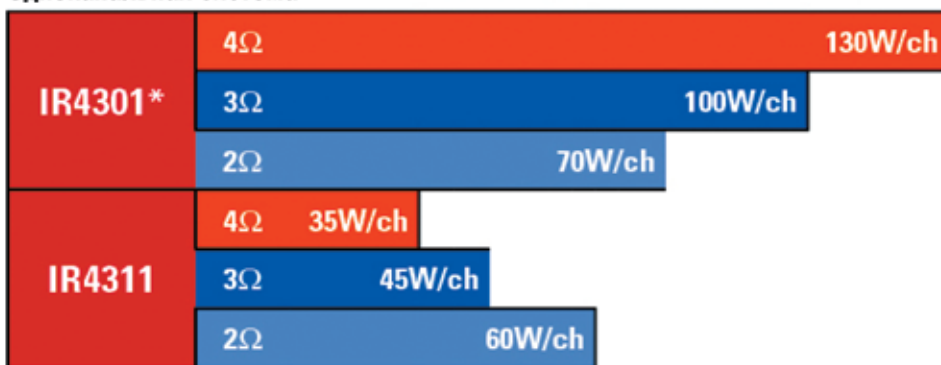
Возможности усилителей семейства PowIRaudio можно оценить при помощи демонстрационных плат [4]. Кроме того, платы служат примером построения систем на базе аудиодрайверов International Rectifier. Основные характеристики демонстрационных плат представлены в таблице 2.

Транзисторы для аудиоприложений

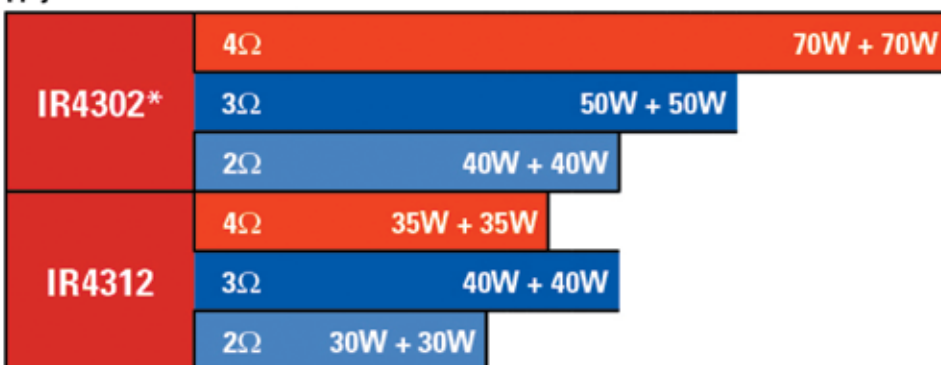
Для аудиодрайверов с внешними транзисторами International Rectifier предлагает серию транзисторов **IRFI4xxxH-117P**, оптимизированную для аудиоприложений. Транзисторы данной серии интегрированы попарно в одном корпусе по схеме полумоста, имеют малую емкость «затвор-исток», низкое сопротивление канала в открытом состоянии, а также встроенный диод с малым временем обратного восстановления.

Малое сопротивление снижает потери проводимости и повышает общую

Одноканальная система



Двухканальная система



* - может потребоваться радиатор.

Рис. 2. Диапазон выходных мощностей, обеспечиваемых сериями IR43xx

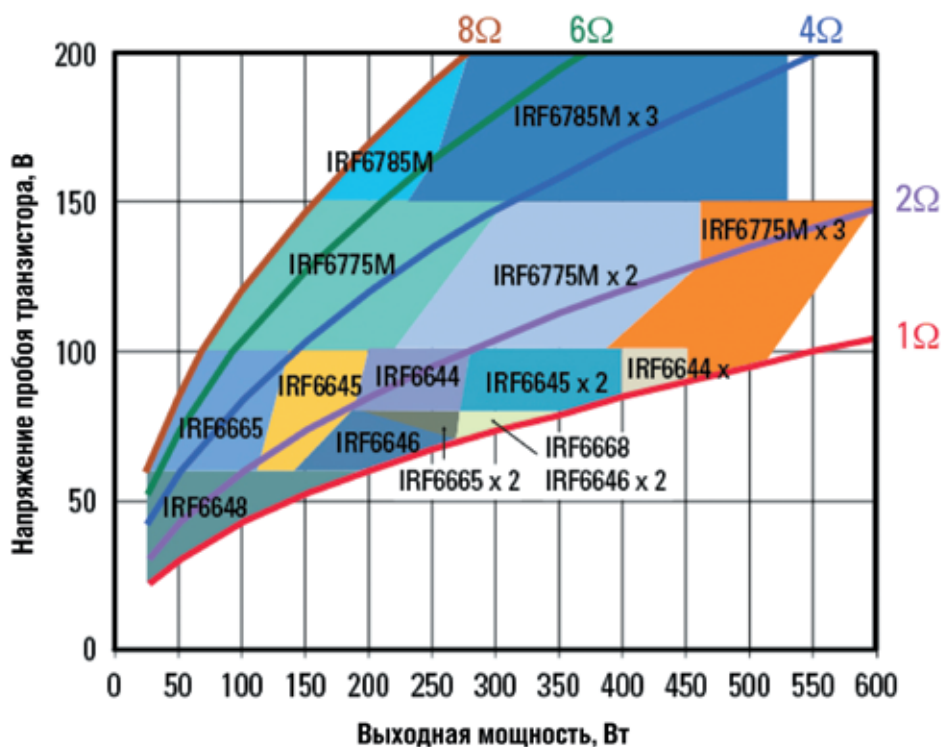


Рис. 3. Допустимые рабочие области транзисторов DirectFET

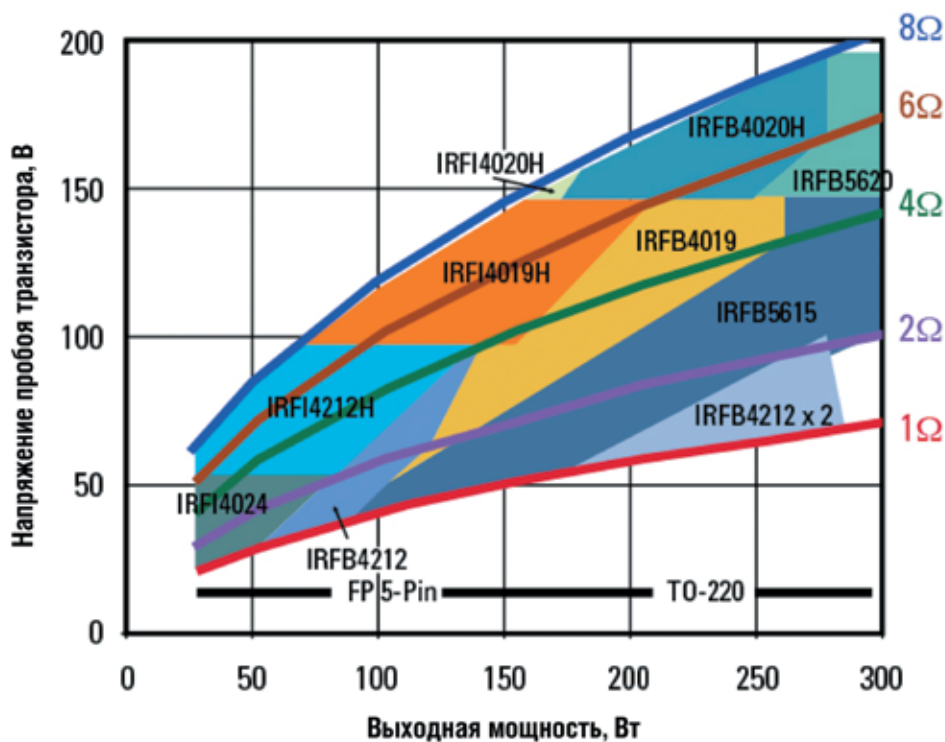


Рис. 4. Допустимые рабочие области транзисторов в корпусах TO-220 и FP 5-pin

эффективность схемы, малая емкость затвора позволяет транзистору работать на более высоких частотах, а также снижает потери на переключение и общий уровень импульсных помех.

Основные характеристики «аудио-MOSFET» International Rectifier представлены в таблице 3.

Эксплуатационные характеристики транзисторов при работе в составе усилителей с полумостовой топологией представлены на рисунках 3 и 4.

Применение транзисторов в специальном низкопрофильном корпусе DirectFET позволяет значительно уменьшить габаритные размеры конеч-

ного усилителя. Кроме того, данные корпуса обладают очень низким тепловым сопротивлением (менее 1,5°C/Вт) и позволяют эффективно отводить тепло как на поверхность печатной платы, так и на внешний радиатор, помещаемый на металлическую крышку корпуса транзистора.

Для аудиоусилителей большой мощности компания IR предлагает несколько транзисторов в силовом корпусе TO-247. Их применение (естественно, при креплении на соответствующий радиатор) позволяет достичь выходных мощностей до 1,5 кВт на канал.

Новые серии транзисторов IRF14xxxH в различном корпусном исполнении перекрывают диапазоны средней и большой выходной мощности, обеспечивая при этом меньшие размеры печатных плат и необходимых радиаторов охлаждения по сравнению с дискретными транзисторами.

Заключение

Компания International Rectifier предлагает полный спектр продукции для построения аудиоканалов для широкого круга задач. Используя различные типы предлагаемых аудиодрайверов и транзисторов, можно получить законченный звуковой усилитель D-класса мощностью от десятков ватт до 1,5 кВт на канал. Используя микросхемы со встроенными ключами – семейство IR43xx – можно реализовать усилитель с минимальными габаритными размерами и отличными звуковыми характеристиками.

Литература

1. Class D Audio Product Selection Guide//<http://www.irf.com/product-info/selection-guide/sg-audio.pdf>
2. PowIRaudio IR43x2//<http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/ir4302.pdf>
3. PowIRaudio IR43x1//<http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/ir4301.pdf>
4. International Rectifier – Audio Reference Design Kits//<http://www.irf.com/technical-info/refdesigns/audiokits.html>
5. 35W/4Ω x 2 Channel Class D Audio Power Amplifier Using the IR4312//<http://www.irf.com/technical-info/refdesigns/iraudamp18.pdf>.

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка –
e-mail: power.vesti@compel.ru