

Микросхемы для современных УМЗЧ

Игорь Безверхний (г. Киев, Украина)

Номенклатура микросхем для усилителей мощности звуковой частоты (УМЗЧ), представленных на рынке России и стран СНГ, измеряется тысячами наименований. Предлагаемая статья поможет разобраться в тенденциях развития и особенностях этих микросхем на конкретных примерах.

Один из старейших производителей микросхем для УМЗЧ – фирма Sanyo Electric Co. [1]. В новых изделиях фирма рекомендует использовать около пятидесяти микросхем УМЗЧ [2]; из них только три – монолитные (интегральные), а остальные – гибридные, выполненные по тонкопленочной технологии. Рассмотрим некоторые микросхемы этой фирмы, основные параметры которых сведены в табл. 1. (см. [2]).

Микросхемы LA4625 и LA4628 фирмы Sanyo

LA4625 и LA4628 – это микросхемы УМЗЧ общего применения, имеющие

мостовой выход и дежурный режим. Их внутренняя структура и корпуса одинаковы (SIP14HZ); совместимы они и по выводам, что позволяет использовать для изделий на этих микросхемах одни и те же печатные платы. Микросхемы различаются только выходной мощностью и напряжением питания. Функциональная схема микросхем LA4625 и LA4628 с элементами внешней «обвязки» показана на рис. 1, а назначение выводов дано в табл. 2. В этой же таблице указаны режимы микросхем LA4625 и LA4628 по постоянному току.

Из рис. 1 видно, что микросхемы содержат фазоинвертор (1) и два

одинаковых канала усиления, каждый из которых состоит из двух предоконечных усилителей (2, 3 и 6, 7) и двух выходных УМ (4, 5 и 8, 9). Усилители работают в противофазе, что позволяет подключать нагрузку по мостовой схеме (между выходами этих УМ [3]). Каждый канал имеет три схемы защиты от коротких замыканий:

- в нагрузке (10, 13);
- выходных выводов на корпус (12, 14);
- выходных выводов на плюс источника питания (11, 15).

Кроме того, микросхемы LA4625 и LA4628 содержат общие для обоих каналов узлы:

- электронный фильтр напряжения питания (16);
- цепи смещения (17);
- коммутатор дежурного режима (18);
- схему предотвращения щелчков (19);
- схему защиты от перенапряжения (20);

Таблица 1. Основные параметры ряда микросхем УМЗЧ фирмы Sanyo

Тип ИС	Выходная мощность, Вт	Номинальное напряжение питания, В	Коэффициент нелинейных искажений, %	Особенности выходного каскада УМЗЧ	Количество каналов	Рекомендуемое сопротивление нагрузки, Ом	Корпус	Особенности
LA4625	13,5	12	10	Мост	2	4	SIP14HZ	Совместимы по выводам
LA4628	20	13,5						
LA4663	16 / 15	15 / 13	–			4/6		–
STK403-430	20 (20 Гц...20 кГц) / 30 (1 кГц)	±23	0,6 / 10		6	6	SIP28	6-канальные усилители класса АВ (совместимы по выводам)
STK403-440	25 (20 Гц...20 кГц) / 40 (1 кГц)	±26						
STK403-450	30 (20 Гц...20 кГц) / 45 (1 кГц)	±28						
STK404-050S	30 (20 Гц...20 кГц) / 45 (1 кГц)	±26	0,4 / 10	Полумост	1	6	SIP10	Усилители (класса АВ) для сабвуфера со встроенной схемой термозащиты
STK404-070S	40 (20 Гц...20 кГц) / 60 (1 кГц)	±30						
STK404-090S	50 (20 Гц...20 кГц) / 80 (1 кГц)	±32						
STK404-100S	60 (20 Гц...20 кГц) / 90 (1 кГц)	±35						
STK404-120S	80 (20 Гц...20 кГц) / 120 (1 кГц)	±41						
STK404-130S	100 (20 Гц...20 кГц) / 150 (1 кГц)	±45						
STK404-140S	120 (20 Гц...20 кГц) / 180 (1 кГц)	±51				SIP13		
STK412-090	50	±37 и ±27	0,7		2	8	SIP18	Двухканальные УМЗЧ класса Н (с переключаемым напряжением питания)
STK412-000	60	±39 и ±29						
STK412-010	70	±43 и ±30						
STK412-020	80	±45 и ±32						
STK412-030	100	±51 и ±34						
STK412-040	120	±54 и ±36						
STK412-150	150	±57 и ±38	0,8			6	SIP22	
STK412-170	180	±54 и ±37						

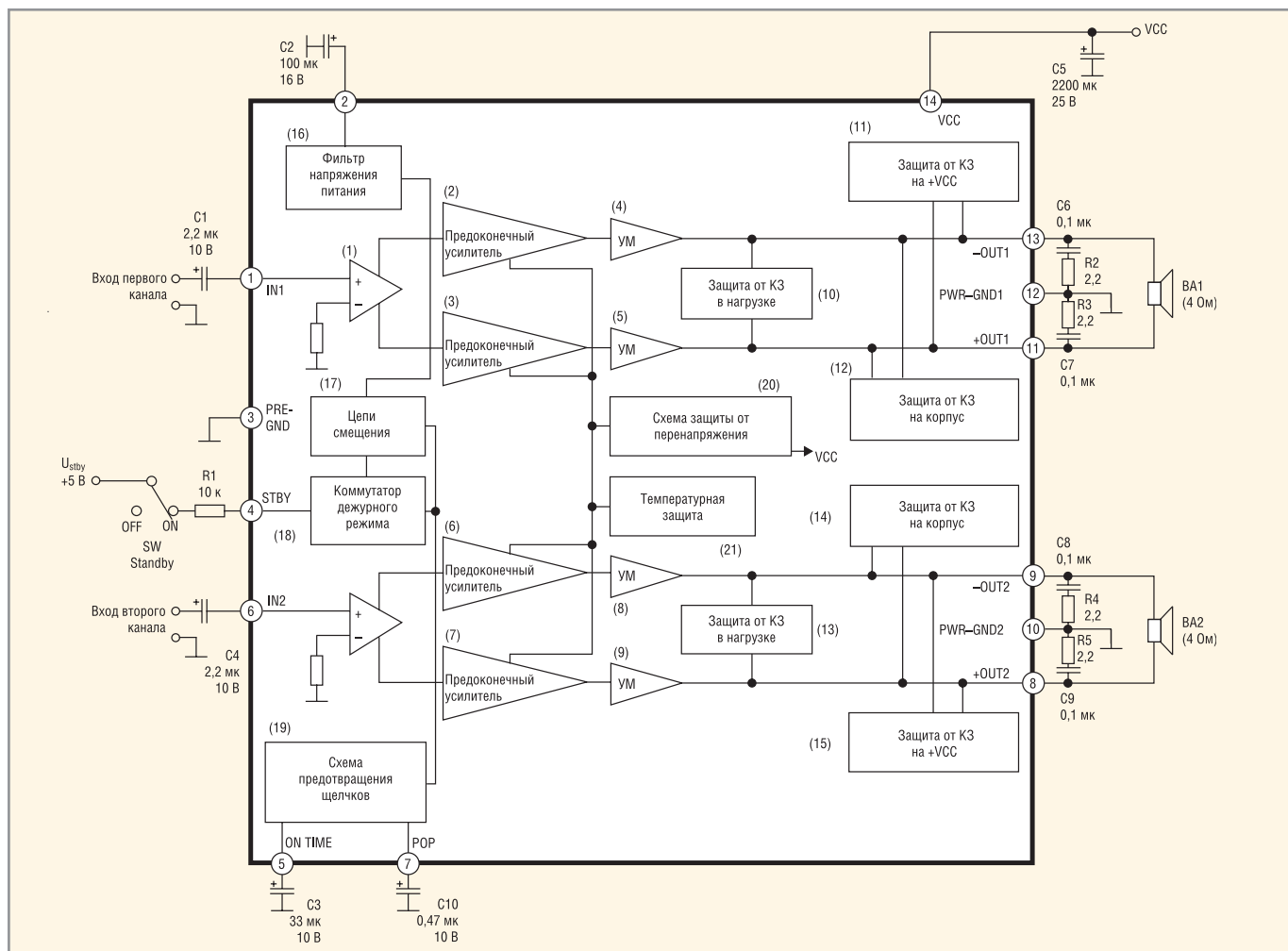


Рис. 1. Функциональная схема микросхем LA4625 и LA4628 с элементами внешней «обвязки»

- схему температурной защиты (21).

Микросхемы могут быть переведены в дежурный режим подачей высокого потенциала через разделительный резистор R1 на вывод 4. В дежурном режиме (Standby) усилитель выключен, и ток потребления уменьшается до 10 мА.

Назначение внешних деталей микросхем LA4625 и LA4628 (см. рис. 1) следующее:

C1, C4 – разделительные конденсаторы;

C2 – развязывающий конденсатор фильтра питания;

C3 – конденсатор, который задаёт задержку включения УМЗЧ при подаче напряжения питания (при C3 = 33 мкФ задержка включения составляет 0,6 с);

C5 – конденсатор блокировки источника питания по переменной составляющей тока микросхемы;

C6R2, C7R3, C8R4, C9R5 – демпфирующие цепи, в этих цепях следует использовать конденсаторы с плёночным полиэфировым диэлектриком (майларовые);

C10 – накопительный конденсатор схемы подавления щелчков при включении и выключении;

R1 – ограничивающий резистор в цепи подачи команды Standby на вывод 4.

Ток через этот вывод не должен превышать 500 мкА. Сопротивление резистора R1 (в килоомах) для максимальной величины тока, в зависимости от прикладываемого управляющего

Таблица 2. Назначение выводов и режим микросхем УМЗЧ LA4625 и LA4628

Вывод	Обозначение	Назначение	Режим, В	
			LA4625	LA4628
1	IN1	Вход первого канала	1,46	1,55
2	DC	Вывод подключения развязывающего конденсатора	5,18	6,63
3	PRE-GND	«Земля» предварительного усилителя	0	0
4	STBY	Вход включения дежурного режима	3,21	3,21
5	ON TIME	Вывод подключения времязадающего конденсатора задержки включения	2,26	2,32
6	IN2	Вход второго канала	1,46	1,55
7	POP	Вывод подключения конденсатора схемы подавления щелчков	2,05	2,07
8	+OUT2	Прямой выход второго канала	5,21	6,6
9	-OUT2	Инверсный выход второго канала	5,21	6,5
10	PWR-GND2	«Земля» выходного каскада второго канала	0	0
11	+OUT1	Прямой выход первого канала	5,21	6,5
12	PWR-GND1	«Земля» выходного каскада первого канала	0	0
13	-OUT1	Инверсный выход первого канала	5,21	6,6
14	VCC	Ввод напряжения питания	12	13,5

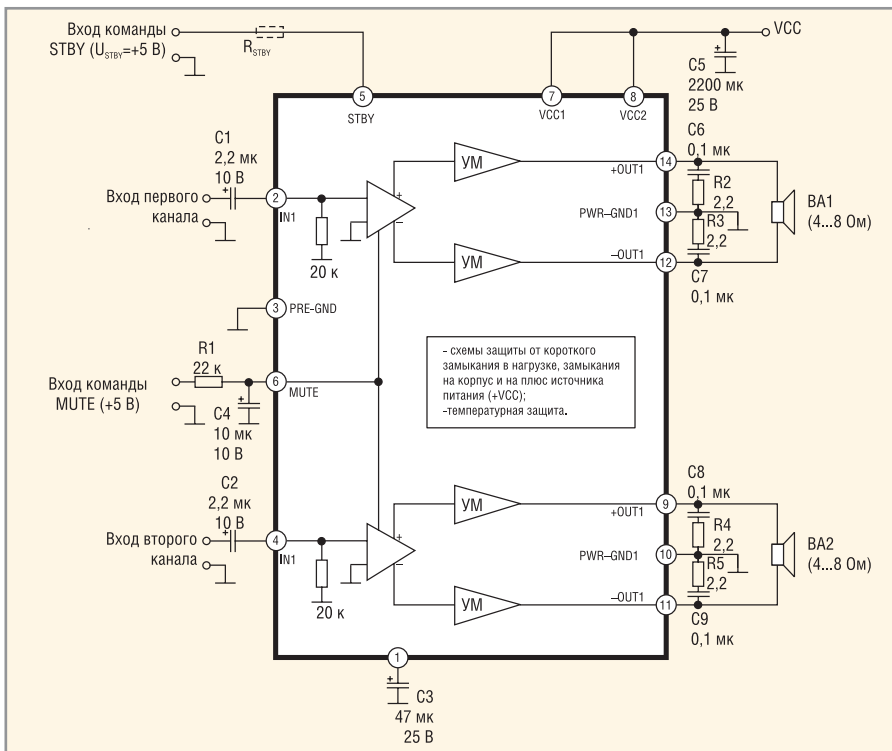


Рис. 2. Функциональная схема микросхемы LA4663 с элементами внешней «обвязки»

щего напряжения U_{STBY} , рассчитывается по формуле:

$$R1 = \frac{(U_{STBY} - 1,4) B}{0,5 \text{ mA}} - 10 \text{ кОм}.$$

При необходимости в УМЗЧ на микросхемах LA4625 и LA4628 можно организовать режим «приглушения» (MUTE). Для этого достаточно предусмотреть коммутацию вывода 5 этих микросхем на «землю». Инерционность выхода из этого режима будет определяться величиной ёмкости конденсатора C3. Более подробную

информацию об этих микросхемах можно найти в [4, 5].

МИКРОСХЕМА LA4663 ФИРМЫ SANYO

Микросхема LA4663 – также общего применения, но фирма позиционирует её как основу для создания стереофонических УМЗЧ магнитол и плееров (в частности, CD/MD), музыкальных инструментов, микрокомпонентных акустических систем и активных громкоговорителей с улучшенным соотно-

шением качества воспроизведения и цены [6].

Функциональная схема микросхемы LA4663 с элементами внешней «обвязки» изображена на рис. 2, а назначение выводов и режим по постоянному току даны в табл. 3.

Микросхема LA4663 имеет мостовой выход, дежурный режим и режим «приглушения» (MUTE). По функциональным возможностям и внутренней структуре она близка к микросхемам LA4625 и LA4628.

Рассмотрим назначение внешних деталей в типовой схеме включения микросхемы LA4663 (см. рис. 1):

C1, C2 – разделительные конденсаторы; C3 – развязывающий конденсатор фильтра питания, который одновременно задаёт задержку включения УМЗЧ при подаче напряжения питания. Если $C3 = 47 \text{ мкФ}$, то задержка включения составляет 0,6...0,7 с при подавлении пульсаций напряжения питания (SVRR) на мостовом выходе приблизительно 63 дБ, а между каждым выходным выводом и «землей» – 47 дБ;

C5 – конденсатор блокировки источника питания по переменной составляющей тока микросхемы;

C6R2, C7R3, C8R4, C9R5 – демпфирующие цепи, в которых следует использовать конденсаторы с плёночным диэлектриком (майларовые);

R1C4 – цепь, задающая время включения и выключения режима «приглушения» (MUTE). Конденсатор C4 должен быть установлен и в том случае, когда режим MUTE не используется.

Ток, протекающий через вывод 5 при подаче команды включения дежурного режима (STBY) +5 В, приблизительно равен 240 мкА. Диапазон допустимого напряжения команды включения дежурного режима на выводе 5 – в пределах 2,5...9 В. При использовании для формирования этой команды источника питания с напряжением U_{STBY} , превышающим 9 В, последовательно с выводом 5 необходимо включить ограничивающий резистор R_{STBY} , сопротивление которого (в килоомах) для тока 500 мкА рассчитывается по формуле:

$$R_{STBY} = \frac{(U_{STBY} - 1,4) B}{0,5 \text{ mA}} - 15 \text{ кОм}.$$

Подробнее о микросхеме LA4663 см. в [6].

Таблица 3. Назначение выводов и режим микросхемы УМЗЧ LA4663

Вывод	Обозначение	Назначение	Режим, В
1	RF	Вывод подключения развязывающего конденсатора	14,32
2	IN1	Вход первого канала	0,003
3	PRE-GND	«Земля» предварительного усилителя	0
4	IN2	Вход второго канала	0,003
5	STBY	Вход включения дежурного режима	5
6	MUTE	Вход команды приглушения	0,021
7	VCC1	Ввод напряжения питания канала 1	15
8	VCC2	Ввод напряжения питания канала 2	15
9	+OUT2	Прямой выход второго канала	6,84
10	PWR-GND2	«Земля» выходного каскада второго канала	0
11	-OUT2	Инверсный выход второго канала	6,84
12	-OUT1	Инверсный выход первого канала	0
13	PWR-GND1	«Земля» выходного каскада первого канала	6,84
14	+OUT1	Прямой выход первого канала	6,84

КРАТКИЙ ОБЗОР ГИБРИДНЫХ МИКРОСХЕМ УМЗЧ ФИРМЫ SANYO

Рассмотрим некоторые особенности гибридных микросхем (микросборок) УМЗЧ, перечисленных в табл. 1.

Серия STK402-000 состоит из трёх микросхем разной мощности: STK403-430, STK403-440 и STK403-450, совместимых по выводам. Каждая из этих микросхем представляет собой шестиканальный усилитель с полумостовым выходом и двуполярным питанием. Выходные каскады усилительных каналов микросхемы работают в режиме класса АВ. Они выполнены по квазикомплементарной схеме на составных биполярных транзисторах разной проводимости (по схеме Дарлингтона). Микросхемы имеют дежурный режим (Standby) и режим «приглушения» (MUTE). Они различаются только номинальным значением выходной мощности и напряжением питания (см. таблицу 1). Более подробную информацию об этих микросхемах можно найти в [7 – 9].

Для разработчиков может представлять интерес серия гибридных микросхем STK404-000, которая специально разработана для создания УНЧ сабвуфера. Микросхемы этой серии – одноканальные УМЗЧ с квазикомплементарным выходным каскадом класса АВ на составных биполярных транзисторах, питающиеся двуполярным напряжением. Кроме того, для их работы необходимо дополнительное напряжение питания +12 В для предварительного усилителя (усилителя напряжения). Параметры основных микросхем этой серии также можно найти в табл. 1, а подробную информацию – в [10 – 13].

Для автомобильных УМЗЧ и некоторых иных применений в последнее время всё чаще стали использовать УМЗЧ, в которых выходной каскад работает в так называемом режиме класса Н (с изменяемым напряжением питания). Фирма Sanyo выпускает серию гибридных микросхем УМЗЧ класса Н – STK412-000. Собственно, сам выходной каскад УМЗЧ класса Н работает обычно в режиме АВ, но напряжение питания этого каскада зависит от уровня выходного сигнала. При малых уровнях сигнала напряжение питания малое (VL), а при больших – большое (VH). Всё это зна-

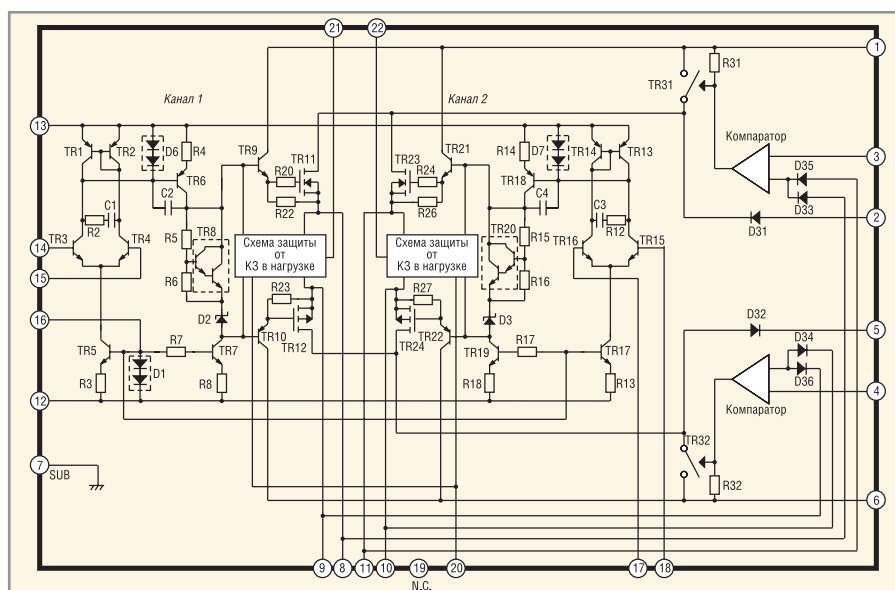


Рис. 3. Функциональная схема гибридной микросхемы УМЗЧ класса Н STK412-170

чительно повышает экономичность УМЗЧ и является признаком класса Н.

К УМЗЧ класса Н относят иногда абсолютно разные усилители. Так, усилители серии STK412-000 – это усилители с двуполярным переключаемым напряжением питания. Основные параметры микросхем этой серии сведены в табл. 1, но для полноты картины рассмотрим более подробно одну из микросхем серии: STK412-170.

ГИБРИДНАЯ МИКРОСХЕМА УМЗЧ КЛАССА Н ФИРМЫ SANYO STK412-170

Функциональная схема микросхемы STK412-170 показана на рис. 3, схема включения – на рис. 4, а назначение выводов – в табл. 4.

Рассмотрим особенности схемотехники УМЗЧ на STK412-170 и особенности работы этого усилителя. Первое, на что следует обратить внима-

Таблица 4. Назначение выводов гибридной микросхемы УМЗЧ класса Н STK412-170

Вывод	Обозначение	Назначение
1	+VH	Вход повышенного положительного напряжения питания
2	+VL	Вход низкого положительного напряжения питания
3		Вход опорного напряжения компаратора схемы переключения положительного напряжения
4		Вход опорного напряжения компаратора схемы переключения отрицательного напряжения
5	-VL	Вход низкого отрицательного напряжения питания
6	-VH	Вход повышенного отрицательного напряжения питания
7	SUB_GND	«Земля»
8		Исток верхнего МДП-транзистора выходного каскада 1-го канала
9		Исток нижнего МДП-транзистора выходного каскада 1-го канала
10		Исток нижнего МДП-транзистора выходного каскада 2-го канала
11		Исток верхнего МДП-транзистора выходного каскада 2-го канала
12		Вход отрицательного напряжения питания предварительных усилителей
13		Вход положительного напряжения питания предварительных усилителей
14	Ch1 IN	Вход (неинвертирующий) первого канала
15		Инвертирующий вход первого канала (вход ООС)
16		Вход смещения
17		Инвертирующий вход второго канала (вход ООС)
18	Ch2 IN	Вход (неинвертирующий) второго канала
19	N.C.	Свободный
20	GND	«Земля»
21		Вход схемы защиты от КЗ в нагрузке первого канала
22		Вход схемы защиты от КЗ в нагрузке второго канала

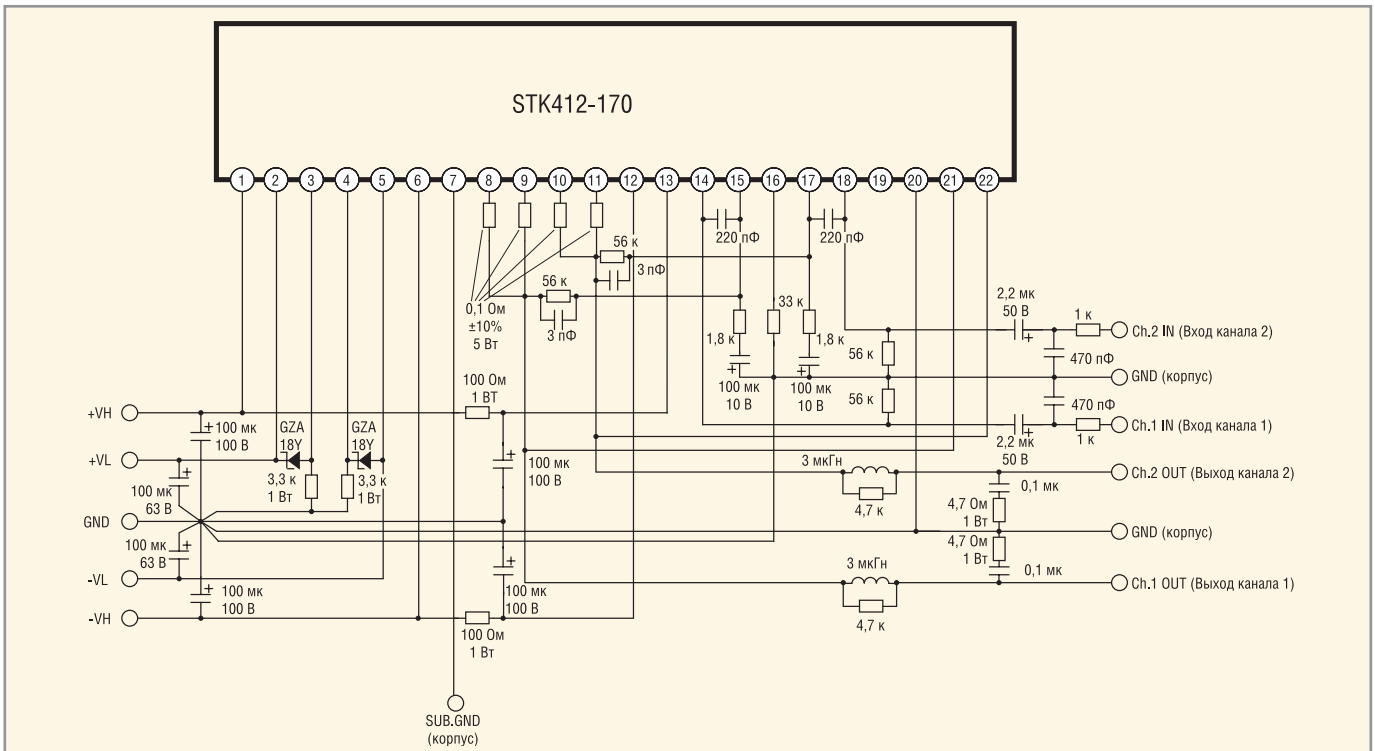


Рис. 4. Схема включения гибридной микросхемы УМЗЧ STK412-170

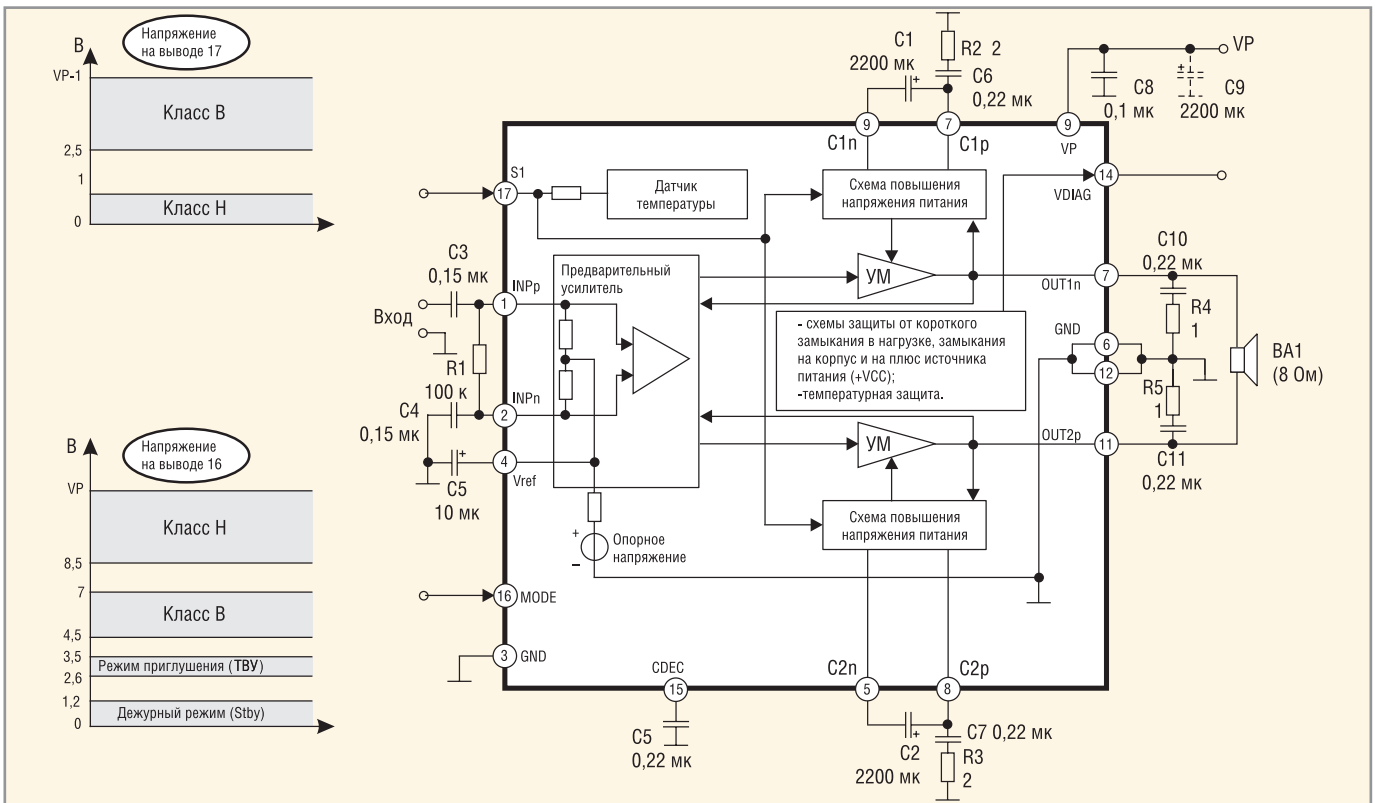


Рис. 5. Функциональная схема микросхемы TDA1560Q с элементами внешней «обвязки»

ние: истоки выходных транзисторов микросхемы (выводы 8, 9 – первый канал и 10, 11 – второй канал) подключены к выходам (нагрузкам) через ограничивающие (симметрирующие) резисторы 0,1 Ом. При нормальной работе на выходах каналов (в средних точках) постоянные напряжения равны 0 В (точнее, $-70...70$ мВ). Эти на-

пряжения прикладываются к входам схем защиты от короткого замыкания в нагрузке – выводам 21 (канал 1) и 22 (канал 2). Схема защиты срабатывает, запирая выходной каскад соответствующего канала микросхемы, когда напряжение на выходе этого канала (в средней точке) в течение 0,3 с будет значительно отличаться от 0 В.

Как переключается напряжение питания микросхемы при изменении уровня сигнала? При отсутствии сигнала или небольшом его уровне микросхема получает низкое двуполярное напряжение питания $\pm V_L$, которое поступает с выводов 2 и 5 через разделительные диоды D31 и D32 (см. рис. 3). Электронными ключами

TR31 и TR32, переключающими напряжения питания, управляют компараторы, пороги срабатывания которых (на 11 В ниже V_H) определяются внешними стабилитронами. Эти стабилитроны подключены между выводами 3 и 2, 4 и 5 микросхемы (см. рис. 4). Другие выводы компараторов внутри микросхемы через разделительные диоды D33, D34, D35 и D35 подключены к истокам выходных полевых транзисторов.

Компараторы откроют ключи, когда модуль напряжения сигнала превысит заданный порог. Это приведёт к тому, что через ключи TR31 и TR32 на выходной каскад будет поступать повышенное двуполярное питание $\pm V_H$, а $\pm V_L$ будет отключено, т.к. разделительные диоды D31 и D32 будут заперты. При уменьшении уровня сигнала ниже порога компаратор закроет ключи TR31 и TR32, и выходные каскады будут опять питаться пониженным напряжением.

При типовом включении STK412-170 предварительные усилители микросхемы запитаны двуполярным напряжением, которое поступает на выводы 13 и 12 от источника $\pm V_H$ через два фильтра, состоящих из резисторов по 100 Ом и конденсаторов по 100 мкФ (см. рис. 4).

Микросхемы УМЗЧ класса Н выпускаются и другими производителями. Рассмотрим самые распространённые из них, производимые фирмой Philips.

МИКРОСХЕМА УМЗЧ КЛАССА Н TDA1560Q ФИРМЫ PHILIPS

Микросхема TDA1560Q предназначена для создания экономичного УМЗЧ класса Н для автомобильных применений. Она представляет собой монофонический УМЗЧ с мостовым выходом, позволяющий получить выходной сигнал мощностью 40 Вт на нагрузке 8 Ом при напряжении питания 14,4 В. Особенность УМЗЧ класса Н состоит в том, что при малых сигналах (при выходной мощности до 10 Вт) микросхема работает как обычный двухтактный усилитель с мостовым выходом и однополярным питанием, а при большом уровне сигнала напряжение питания полумостов выходного каскада повышается в два раза за счёт того, что последовательно с источником включаются ранее заряженные конденсаторы C1 и C2.

Функциональная схема микросхемы TDA1560Q с элементами внешней «обвязки» показана на рис. 5. Микросхема изготавливается в корпусе с односторонним расположением выводов DBS17P (SOT243-1), назначение которых приведено в табл. 5

Рассмотрим подробнее подключения к некоторым выводам микросхемы. К выводам 5, 8 и 10, 13 подключены конденсаторы вольтодобавки выходных полумостов – неотъемлемая часть УМЗЧ класса Н. Если эти конден-

саторы не устанавливать, то микросхема будет работать в режиме класса АВ. Внешними установками напряжений на выводах 16 и 17 можно задать любой из четырёх режимов работы микросхемы (см. диаграммы на рис. 5):

- дежурный режим (STBY);
- режим приглушения (MUTE);
- режим работы класса Н;
- режим работы класса В.

Подачей на вывод 17 внешнего напряжения определённой величины (см. верхнюю диаграмму на рис. 5)

Таблица 5. Назначение выводов микросхемы УМЗЧ класса Н TDA1560Q

Вывод	Обозначение	Назначение
1	INPp	Неинвертирующий вход
2	INPn	Инвертирующий вход
3	GND	«Земля»
4	Vref	Опорное напряжение
5	C2n	Отрицательный вывод конденсатора вольтодобавки 2
6	GND	«Земля»
7	OUT1n	Инверсный выход
8	C2p	Положительный вывод конденсатора вольтодобавки 2
9	VP	Вход напряжения питания
10	C1p	Положительный вывод конденсатора вольтодобавки 1
11	OUT2p	Прямой выход
12	GND	«Земля»
13	C1n	Отрицательный вывод конденсатора вольтодобавки 1
14	VDIAG	Выход схемы диагностики (открытый коллектор)
15	CDEC	Конденсатор развязки
16	MODE	Вход выбора режима
17	S1	Вход переключения «Класс В/Класс Н»

Таблица 6. Назначение выводов микросхемы УМЗЧ класса Н TDA1562Q

Вывод	Обозначение	Назначение
1	IN+	Неинвертирующий вход
2	IN-	Инвертирующий вход
3	C1-	Отрицательный вывод конденсатора вольтодобавки 1
4	MODE	Вход выбора режима
5	C1+	Положительный вывод конденсатора вольтодобавки 1
6	PGND1	«Земля» цепей питания (вход 1)
7	OUT+	Прямой выход
8	DIAG	Выход схемы диагностики (открытый коллектор)
9	VP1	Вход 1 напряжения питания
10	VP2	Вход 2 напряжения питания
11	OUT-	Инверсный выход
12	PGND2	«Земля» цепей питания (вход 2)
13	C2+	Положительный вывод конденсатора вольтодобавки 2
14	Vref	Внутреннее опорное напряжение
15	C2-	Отрицательный вывод конденсатора вольтодобавки 2
16	STAT	Вход установки состояния
17	SGND	«Земля» сигнальных цепей

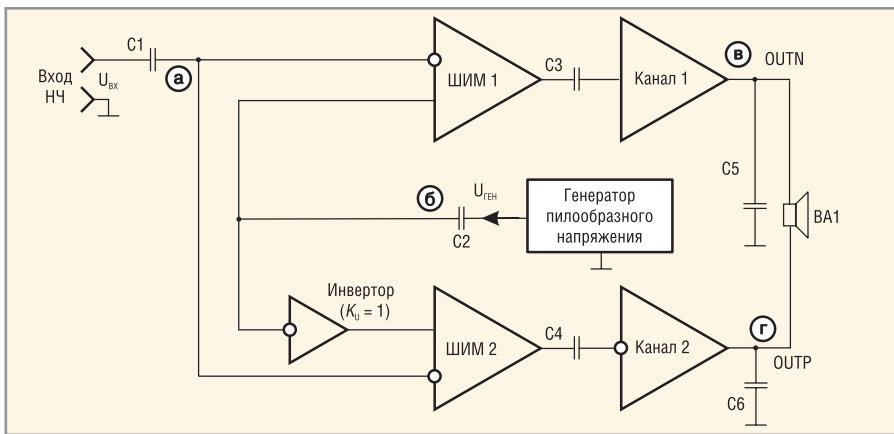


Рис. 6. Упрощённая схема УМЗЧ класса D с мостовым выходом без ФНЧ

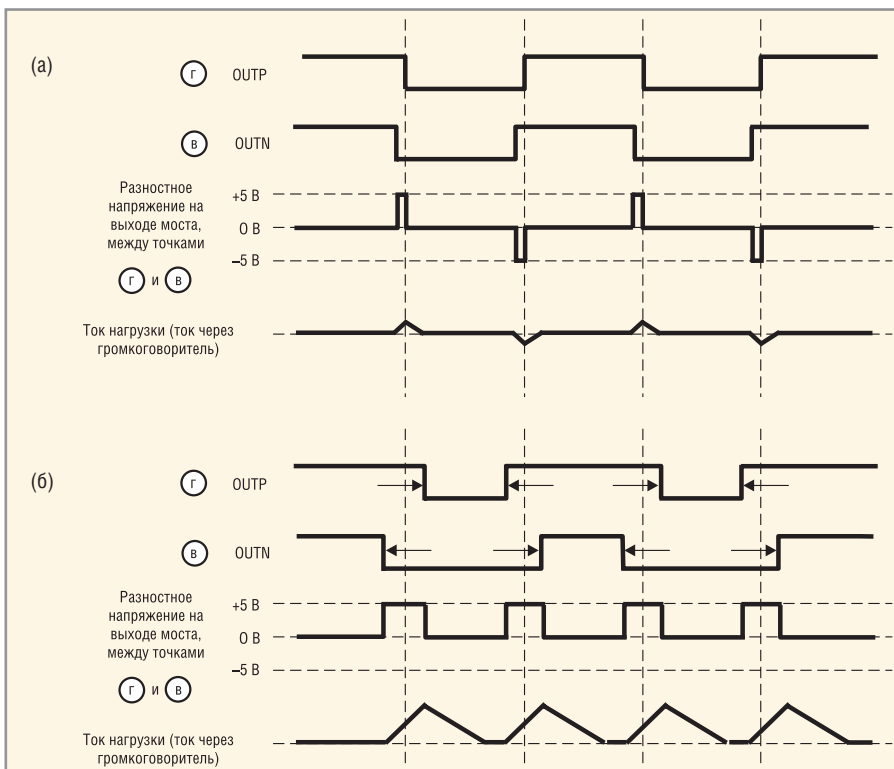


Рис. 7. Эпюры напряжений и выходного тока УМЗЧ класса D с мостовым выходом без фильтра в режиме покоя (а) и при положительном мгновенном значении НЧ-сигнала (б)

можно принудительно включить режим класса Н или В. При этом внутренняя температурная защита будет отключена.

При обычной музыкальной программе микросхема работает в режи-

Таблица 7. Зависимость коэффициента усиления и входного сопротивления микросхемы TRA2000D1 от логических уровней на входах GAIN0 и GAIN1

Выходы		Коэффициент усиления, дБ	Входное сопротивление, кОм
GAIN1	GAIN0		
0	0	6	104
0	1	12	74
1	0	18	44
1	1	23,5	24

ме класса Н при повышенном напряжении питания около 10% времени. Если музыкальное произведение содержит по времени более 10% пиковых сигналов, микросхема будет перегреваться. Чтобы избежать этого, в неё встроен датчик температуры. Если не используется принудительное включение режима класса Н или В, датчик температуры при нагреве до 120°C повысит напряжение на выводе 17, что переведёт микросхему (точнее, её выходной каскад) из режима класса Н в усилительный режим класса В.

Встроенная в микросхему защита имеет схему диагностики, выход которой подключен к выводу 14. При нормальной работе напряжение на этом выводе приблизительно равно

напряжению источника питания VP. При коротких замыканиях, увеличении напряжения питания свыше 20 В или нагреве кристалла более чем на 150°C, т.е. при условиях срабатывания защиты, напряжение на выводе 14 микросхемы понижается до половины напряжения питания (1/2 VP). Это свойство может использоваться для диагностики УМЗЧ.

Более подробная информация о микросхеме УМЗЧ TDA1560Q содержится в спецификации [15], которую можно найти на сайте фирмы-производителя [16]. Там же можно найти спецификацию [17] ещё на один УМЗЧ класса Н – микросхему TDA1562Q, которая является усовершенствованным вариантом TDA1560Q. Она выпускается в таком же корпусе, но имеет другую разводку выводов, нежели TDA1560Q. Микросхема УМЗЧ TDA1562Q – это экономичный монофонический УМЗЧ класса Н с мостовым выходом. Она позволяет получить выходной сигнал мощностью 70 Вт на нагрузке 4 Ом при напряжении питания 14,4 В. Поскольку она очень похожа на TDA1560Q, ограничимся указанием назначения выводов этой микросхемы (см. табл. 6).

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ УМЗЧ КЛАССА D

Рассматривая экономичные УМЗЧ, нельзя обойти вниманием усилители класса D. Автору уже приходилось писать о микросхемах для классических УМЗЧ класса D [3]. Главным недостатком таких усилителей является необходимость подключения на выходе между громкоговорителем и выходным каскадом LC-фильтра низких частот (ФНЧ), который содержит громоздкий и дорогой дроссель. Этот фильтр сглаживает импульсную составляющую ШИМ-сигнала тока нагрузки. Даже в мостовой схеме такого УМЗЧ на выходах, между которыми через ФНЧ подключен громкоговоритель, полезный сигнал и импульсы ШИМ будут в противофазе. Это значит, что, складываясь, импульсы ШИМ между выходами будут иметь большую амплитуду и длительность. Американская фирма Texas Instruments в УМЗЧ класса D третьего поколения использует технологию, позволяющую значительно уменьшить амплитуду и длительность импульсов ШИМ между выходами и, значит, су-

щественно уменьшить габариты дросселя ФНЧ, а в большинстве случаев вовсе отказаться от него. В чём суть этого ноу-хау?

Для ответа на этот вопрос рассмотрим основные принципы построения и работы УМЗЧ класса D третьего поколения. Первое: такой усилитель должен иметь мостовой выход (т.е. иметь два выхода – прямой и инверсный). Второе: звуковые сигналы на выходах (прямом и инверсном) должны быть противофазны. Третье (главное): импульсные сигналы ШИМ на этих выходах должны быть синфазны. Последнее достигается практически только в режиме покоя (без сигнала).

Упрощённая схема УМЗЧ класса D с мостовым выходом без ФНЧ показана на рис. 6. Она содержит два выходных усилителя (канала), НЧ-сигналы на выходах которых имеют одинаковый размах, но противоположные фазы.

В каждом канале имеется свой ШИМ, причём прямоугольные сигналы на выходе схемы в режиме покоя синфазны или имеют небольшой фазовый сдвиг (см. рис. 7). Синфазность импульсов ШИМ на выходах достигается с помощью инвертора с коэффициентом усиления по напряжению, равным 1 ($K_U = 1$). В результате на громкоговоритель в режиме покоя в худшем случае поступают симметричные противофазные импульсы малой длительности. Для их сглаживания достаточно небольшой собственной ёмкости и индуктивности громкоговорителя.

Ток нагрузки в режиме покоя в схеме на рис. 6 заметно ниже, чем в обычном мостовом УМЗЧ класса D. В режиме усиления входного НЧ-сигнала звука ШИМ работают в противофазе: если длительность импульсов на выходе одного ШИМ увеличивается, то на выходе другого – уменьшается, и наоборот. Это приводит к несимметрии импульсов, прикладываемых к нагрузке, а значит – к появлению в токе громкоговорителя составляющей, величина которой зависит от разности длительности импульсов ШИМ-1 и ШИМ-2. Эта составляющая меняется по закону входного НЧ-сигнала звука и будет преобразовываться громкоговорителем в акустические колебания. Импульсная составляющая сглаживается индуктивностью громкоговорителя. Только в некоторых случаях для очень мощных уси-

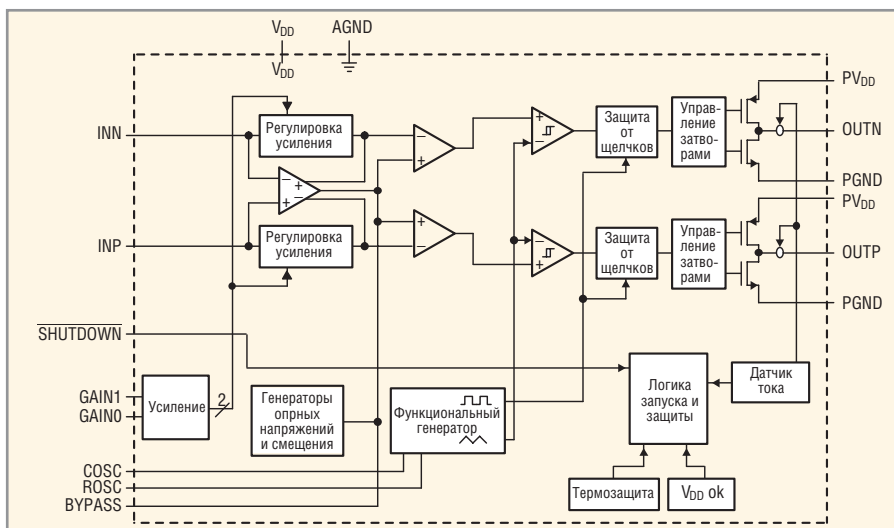


Рис. 8. Функциональная схема микросхемы TPA2000D1

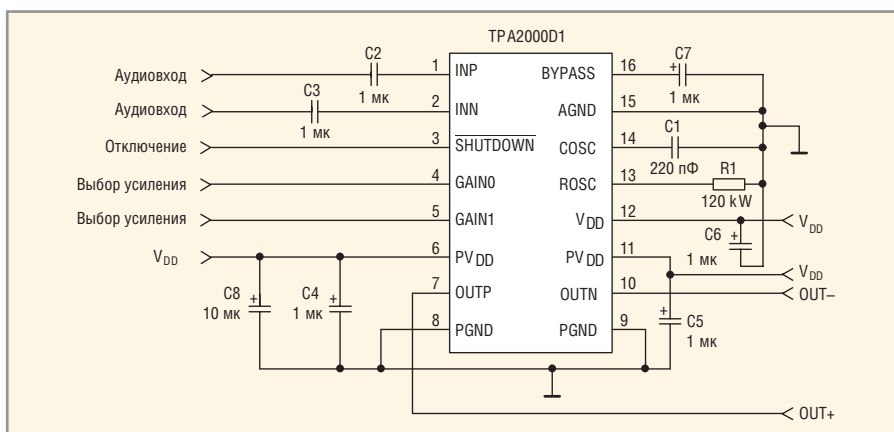


Рис. 9. Типовое включение микросхемы TPA2000D1

лителей может возникнуть необходимость в дополнительном ФНЧ на дросселе относительно небольшой индуктивности.

Микросхемы TPA2000D1 и TPA2012D2 фирмы Texas Instruments, о которых пойдёт речь ниже, хотя и не очень мощные, но зато имеют ма-

Таблица 8. Назначение выводов микросхемы TPA2000D1 фирмы Texas Instruments в разных корпусах

Выводы TPA2000D1		Обозначение	Назначение
PW	GQC		
1	A2	INP	Неинвертирующий вход
2	A1	INN	Инвертирующий вход
3	B1	SHUTDOWN	Вход плавного выключения (активный уровень низкий)
4	C1	GAIN0	Вход Bit 0 установки усиления (логические уровни TTL)
5	D1	GAIN1	Вход Bit 1 установки усиления (логические уровни TTL)
6, 11	E1, E7, F1, F7	PVDD	Напряжение питания выходного каскада
7	G1	OUTP	Прямой выход моста (Positive BTL)
8, 9	D5, D6, E2 – E6, F2 – F6, G2 – G6	PGND	«Земля» выходного каскада
10	G7	OUTN	Инверсный выход моста (Negative BTL)
12	D7	VDD	Напряжение питания аналоговой части
13	C7	ROSC	Резистор времязадающей цепи внутреннего генератора
14	B7	COSC	Конденсатор времязадающей цепи внутреннего генератора
15	A3 – A5, B2 – B6, C2 – C6, D2 – D4	AGND	«Земля»
16	A6	BYPASS	Вывод подключения внешнего развязывающего конденсатора

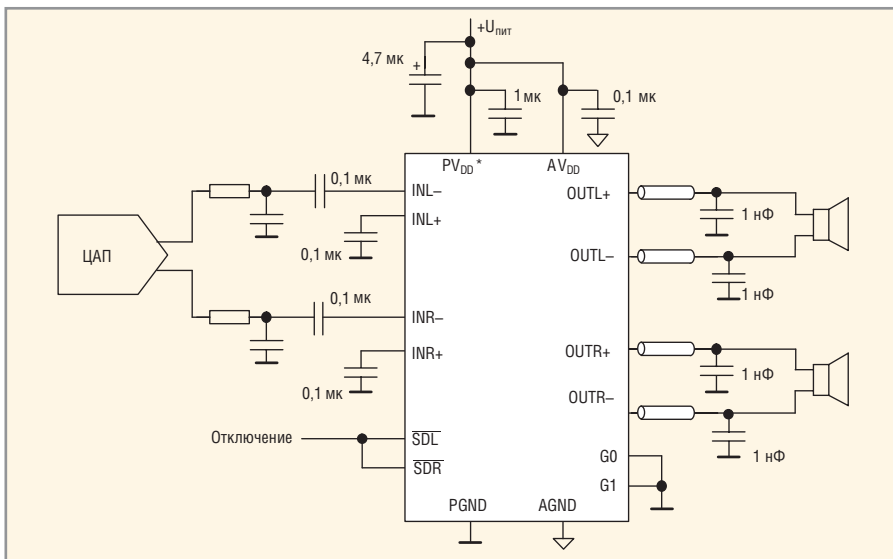


Рис. 10. Типовое включение микросхемы TPA2012D2

лые габариты и большой КПД. Они лучше всего подходят для переносной аппаратуры, оргтехники, электронных игр и подобных малогабаритных устройств с автономным питанием.

Микросхема TPA2000D1 фирмы Texas Instruments

Микросхема TPA2000D1 фирмы Texas Instruments представляет собой монофонический УМЗЧ класса D с мостовым выходом без ФНЧ и плавным

(без щелчка) включением и выключением. Микросхема способна развивать мощность 2 Вт на нагрузке сопротивлением 4 Ом при нелинейных искажениях менее 1%. Она питается от одиночного источника питания 2,7...5,5 В. Диапазон рабочих температур -40...+85°C. Коэффициент усиления микросхемы можно устанавливать равным 6 дБ (2 раза), 12 дБ (4 раза), 18 дБ (8 раз) и 23,5 дБ (15 раз), задавая логические уровни на входах установки усиления GAIN0 и GAIN1 (см.

Таблица 9. Назначение выводов микросхемы TPA2012D2 фирмы Texas Instruments в корпусах QFN и WCSP

Выводы		Обозначение	Назначение
QFN	WCSP		
16	D1	INR+	Неинвертирующий вход правого канала
17	C1	INR-	Инвертирующий вход правого канала
20	A1	INL+	Неинвертирующий вход левого канала
19	B1	INL-	Инвертирующий вход левого канала
8	B3	SDR	Вход плавного выключения правого канала (активный уровень низкий)
7	B4	SDL	Вход плавного выключения левого канала (активный уровень низкий)
15	C2	G0	Вход Bit 0 установки усиления (логические уровни TTL)
1	B2	G1	Вход Bit 1 установки усиления (логические уровни TTL)
3, 13	A2	PVDD	Напряжение питания выходного каскада
9	D2	AVDD	Напряжение питания аналоговой части
4, 12	C4	PGND	«Земля» выходного каскада
18	C3	AGND	«Земля»
14	D3	OUTR+	Прямой выход правого канала
11	D4	OUTR-	Инверсный выход правого канала
2	A3	OUTL+	Прямой выход левого канала
5	A4	OUTL-	Инверсный выход левого канала
6, 10	N/A	NC	Свободен
Thermal Pad			Для QFN подсоединён на «землю»

табл. 7). Этими же уровнями задаётся входное сопротивление микросхемы.

Микросхема выпускается в одном из двух корпусов для поверхностного монтажа: 16-выводном TSSOP размером 5 × 4,5 мм или 48-выводном MicroStar Junior™ BGA размером 4 × 4 мм (вывод C3 отсутствует). Эти корпуса в фирменной документации могут быть обозначены по-разному: первый из них может называться 16TSSOP, PW или R-PDSO-G16, а второй – 48VFBGA, GQC или S-PBGA-N48.

Функциональная схема TPA2000D1 показана на рис. 8, а назначение выводов этой микросхемы сведено в табл. 8.

Из рис. 8 и табл. 8 видно, что микросхема TPA2000D1 имеет дифференциальный вход и мостовой выход. При подаче низкого потенциала на вывод Shutdown выходные каскады обоих каналов плавно запираются, и потребление микросхемы значительно снижается. При высоком уровне управляющего напряжения на этом выводе схема логики запуска и защиты (Start-Up Protection Logic) влияет на работу микросхемы только при перегрузке. Типовая схема включения микросхемы TPA2000D1 показана на рис. 9.

Конденсаторы C4, C5, C6, C8 блокируют источник питания по переменной составляющей тока микросхемы. Конденсаторы C4, C4 – разделительные, а C7 блокирует неинвертирующие входы обоих каналов усиления напряжения, создавая заземлённую среднюю точку. R1C1 – времязадающая цепь генератора пилообразного напряжения (Ramp Generator).

Для обеспечения устойчивой работы ШИМ и всей схемы частота этого генератора должна быть в пределах 200...300 кГц. Её можно посчитать по формуле: $f_s = 6,6/R1 \times C1$.

Указанные на рис. 9 номиналы R1 и C1 обеспечивают рабочую частоту 250 кГц. Резистор времязадающей цепи должен иметь допуск не более 10%, а конденсатор – 5%. Подробное описание этой микросхемы можно найти в [19].

Особенности микросхемы УМЗЧ TPA2012D2 фирмы Texas Instruments

Микросхема TPA2012D2 фирмы Texas Instruments представляет собой стереофонический УМЗЧ класса D с

мостовым выходом без ФНЧ и плавным (без щелчка) включением и выключением (рис. 10). Она имеет дифференциальные входы и отдельные входы плавного выключения (Shutdown) для каждого из стереоканалов, а также общий генератор пилообразного напряжения без внешних времязадающих цепей. Условно можно считать, что УМЗЧ ТРА2012D2 – это два усовершенствованных УМЗЧ ТРА2000D1 в одном корпусе. Напряжение питания микросхемы – 2,5...5,5 В. При напряжении питания 5 В на нагрузке 4 Ом она обеспечивает выходную мощность до 2,1 Вт, на нагрузке 8 Ом – 1,4 Вт в каждом канале, а при питании от источника 3,6 В на нагрузке 8 Ом – 720 мВт в каждом канале.

Микросхема выпускается в 20-выводном корпусе QFN размером 4×4 мм. Кроме того, планируется выпуск микросхем ТРА2012D2 в корпусе WCSP ещё меньших размеров (2×2 мм) с 16 шариковыми выводами. Назначение выводов микросхемы ТРА2012D2 в обоих корпусах сведено в табл. 9. Подробное описание этой микросхемы можно найти в [20].

ЛИТЕРАТУРА

1. www.semic.sanyo.co.jp.
2. www.semic.sanyo.co.jp/eng/product/solution/audio/home_stereo.htm.
3. *Безверхний И.* Современные микросхемы для УМЗЧ класса D фирмы MPS. Современная электроника. 2004. № 1.
4. SANYO. Monolithic Linear IC. LA4625. Two-Channel 13.5 W BTL Audio Power Amplifier (Ordering number: ENN6631).
5. SANYO. Monolithic Linear IC. LA4628. Two-Channel 20 W BTL Audio Power Amplifier (Ordering number: ENN6632).
6. SANYO. Monolithic Linear IC. LA4663. Two-Channel 16 W BTL General-Purpose Audio Power Amplifier (Ordering number: ENN5905A).
7. SANYO. Thick-Film Hybrid IC. STK403-430. Six-Channel Class AB Audio Power Amplifier IC 20 W × 6 Channels (Ordering number: ENN7374).
8. SANYO. Thick-Film Hybrid IC. STK403-440. Six-Channel Class AB Audio Power Amplifier IC 25 W × 6 Channels (Preliminary).
9. SANYO. Thick-Film Hybrid IC. STK403-450. Six-Channel Class AB Audio Power Amplifier IC 30 W × 6 Channels (Preliminary).
10. SANYO Semiconductors. DATA SHEET. Thick-Film Hybrid IC. STK404-050S. One-Channel Class AB Audio Power Amplifier IC 30 W (Ordering number: ENN7727).
11. SANYO Semiconductors. DATA SHEET. Thick-Film Hybrid IC. STK404-090S. One-Channel Class AB Audio Power Amplifier IC 50 W (Ordering number: ENN7728).
12. SANYO Semiconductors. DATA SHEET. Thick-Film Hybrid IC. STK404-130S. One-Channel Class AB Audio Power Amplifier IC 100 W (Ordering number: ENN7730).
13. SANYO Semiconductors. DATA SHEET. Thick-Film Hybrid IC. STK404-140S. One-Channel Class AB Audio Power Amplifier IC 120 W (Ordering number: ENN7731).
14. SANYO. Thick-Film Hybrid IC. STK412-170. Two-Channel Shift Power Supply Audio Power Amplifier ICs 180 W + 180 W (Ordering number: ENN7251).
15. Philips Semiconductors. Integrated Circuits. Data Sheet. TDA1560Q 40 W car radio high power amplifier.
16. www.semiconductors.philips.com.
17. Philips Semiconductors. Integrated Circuits. Data Sheet. TDA1562Q 70 W high efficiency power amplifier with diagnostic facility.
18. www.ti.com.
19. Texas Instruments. 2-W filterless mono class-D audio power amplifier.
20. Texas Instruments. 2.1 W/ch stereo filter-free class-D audio power amplifier. ©

Яркая идея для вашего бизнеса

Готовые источники света на основе твердотельных ламп

ЛИКСЛАЙТ
XLight

CREE
LIGHTING

Области применения

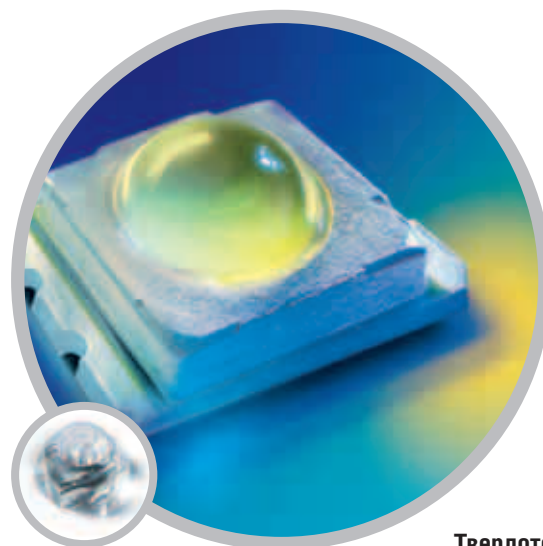
- Автономные источники света
- Взрывобезопасное осветительное оборудование
- Уличные и бытовые светильники
- Ландшафтная подсветка
- Светофоры и сигнальные устройства
- Автомобильное осветительное оборудование



XLD-C-008-1



XLD-L-003-1



Твердотельная
лампа XLight™ 7090

PROSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Телефон: (495) 234-0636 • E-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru