

# Новые микросхемы для современных УМЗЧ класса D от Monolithic Power Systems и Texas Instruments

Игорь Безверхний (г. Киев, Украина)

К интересной и актуальной теме УМЗЧ класса D наш журнал уже обращался. За последнее время такими ведущими в этом направлении фирмами, как Monolithic Power Systems и Texas Instruments, выпущен ряд интересных микросхем, их рассмотрение и является предметом этой статьи.

## НОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ УМЗЧ КЛАССА D ОТ MONOLITHIC POWER SYSTEMS

Статья [1] была посвящена микросхемам УМЗЧ MP7720, MP7731, MP7781 класса D фирмы Monolithic Power Systems (MPS). К настоящему времени фирма разработала и начала производство ещё двух микросхем УМЗЧ класса D – это MP7722 и MP7782. Особенности и различия всех микросхем УМЗЧ класса D фирмы MPS сведены в табл. 1.

Рассмотрим подробно УМЗЧ на MP7722 и MP7782.

### Микросхема стереофонического УМЗЧ MP7722 класса D от MPS

Область применения этой микросхемы – DVD-проигрыватели, домашние стереосистемы, мультимедийные ПК, телевизоры как обычные, так и плоскочелюстные (LCD и PDP).

Микросхема выпускается в корпусе для поверхностного монтажа TSSOP20F, размеры которого вместе с выводами приблизительно равны  $6,5 \times 6,5$  мм при высоте 1,2 мм. 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. УМЗЧ имеет КПД 90% при нелинейных искажениях не более 0,1% для всего диапазона частот и выходной мощности 1 Вт. На частоте 1 кГц нелинейные искажения составляют 0,06...0,07%. Напряжение питания микросхемы – 7,5...24 В. В каждый канал усилителя встроены по два выходных ключа на МДП-транзисторах, которые включены последовательно по питанию (полумост). Назначение выводов микросхемы MP7722 приведено в табл. 2, а типовая принципиальная схема стереофонического УМЗЧ класса D

на этой микросхеме изображена на рис. 1.

Схема на рис. 1 незначительно отличается от рассмотренных [1]. Поэтому мы ограничимся описанием назначения деталей схемы, которое сведено в табл. 3, и рассмотрим наиболее важные особенности микросхемы MP7722.

Заметим, что так же, как у операционных усилителей при инверсном включении, коэффициент усиления по напряжению любого канала микросхемы MP7722 равен отношению сопротивлений резистора ООС и ограничивающего резистора на входе этого канала.  $A_{V1}$  и  $A_{V2}$  (именно так обозначены коэффициенты усиления по напряжению в документации фирмы MPS) для каждого из каналов можно рассчитать по формулам:

$$A_{V1} = -\frac{R_{FB1}}{R_{IN1}} \text{ и } A_{V2} = -\frac{R_{FB2}}{R_{IN2}}$$

Знаки «-» в этих формулах показывают, что выходные сигналы микросхемы противофазны входным.

Одной из особенностей микросхемы MP7722 является то, что частота работы ШИМ зависит от напряжения питания и уровня сигнала. Поэтому

Таблица 1. Особенности микросхем УМЗЧ класса D фирмы MPS

Особенности	Микросхемы				
	MP7720	MP7722	MP7731	MP7781	MP7782
Моно/стерео	Моно	Стерео	Моно	Моно	Моно
Номинальная мощность при $U_{пит} = 24$ В и нагрузке 4 Ом	20 Вт	$2 \times 20$ Вт	30 Вт (при $U_{пит} = 16$ В)	80 Вт	50 Вт (на нагрузке 6 Ом)
Коэффициент нелинейных искажений (ТНД+N) на частоте 1 кГц при выходной мощности 1 Вт	0,10%	0,06% на нагрузке 8 Ом, 0,16% на нагрузке 4 Ом	0,10%	0,20%	0,06%
КПД	90% при 20 Вт	93% при 20 Вт	90% при 5 Вт	95% при 80 Вт	90% при 50 Вт
Частота преобразования ШИМ	600 кГц	600...800 кГц	600 кГц	400 кГц	400...600 кГц
Напряжение питания	7,5...24 В	9,5...24 В	7,5...24 В	7,5...24 В	7,5...24 В
Эффективное напряжение входного сигнала	1 В	1 В	1 В	1 В	1 В
Выход	Полумост	Полумост	Мост	Мост	Мост
Сопротивление канала выходных МДП ключей в состоянии насыщения	0,180 Ом	0,180 Ом	0,180 Ом	0,105 Ом	0,180 Ом
Динамический диапазон	93 дБ	93 дБ	80 дБ	90 дБ	90 дБ
Корпус	SOIC8 или PDIP8	TSSOP20F	TSSOP20F	SOIC24	TSSOP20F

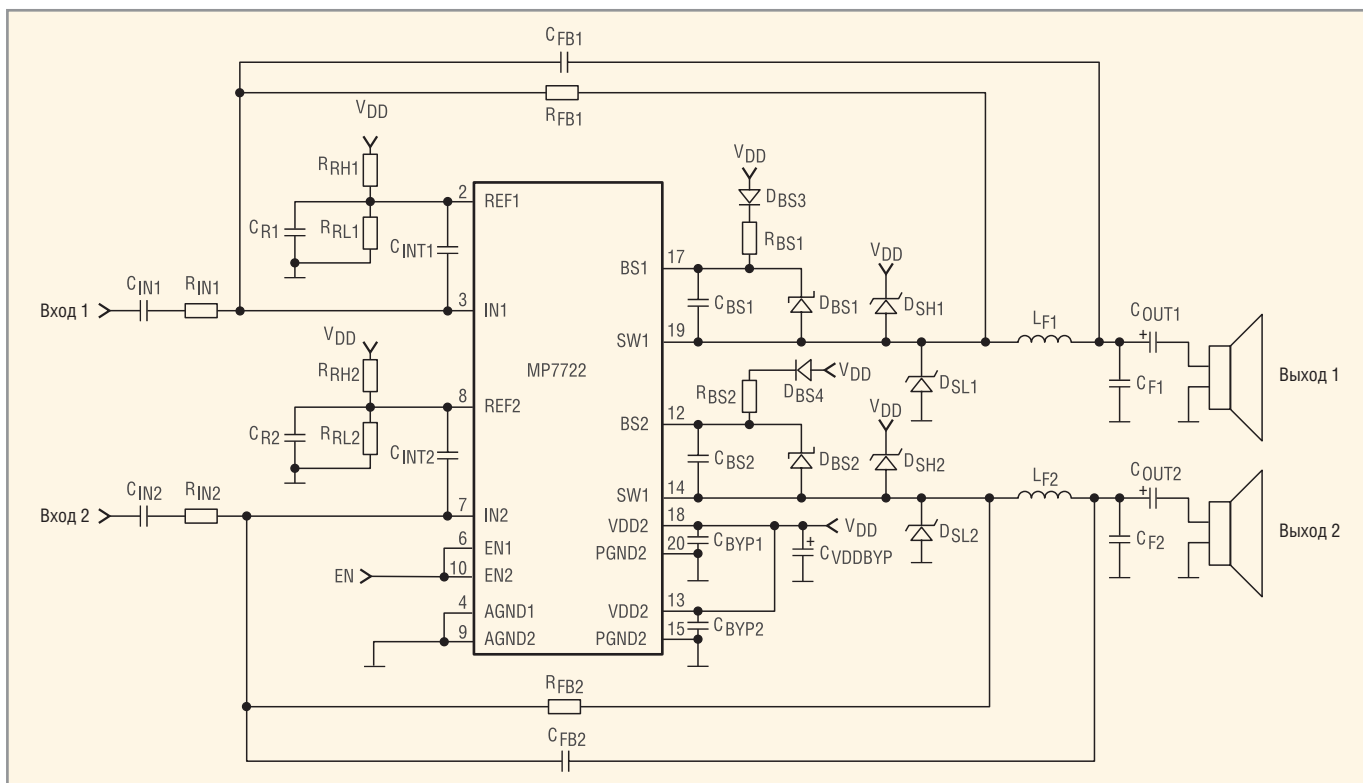


Рис. 1. Типовая принципиальная схема стереофонического УМЗЧ класса D на микросхеме MP7722

определяющей при расчётах является частота ШИМ без входного сигнала (так называемая idle frequency). Она задаётся отдельно для каждого из каналов времязадающими конденсаторами ( $C_{INT1}$ ,  $C_{INT2}$ ) и резисторами ООС ( $R_{FB1}$ ,  $R_{FB2}$ ).

Зависимость частоты ШИМ от напряжения питания микросхемы и номиналов ряда элементов схемы приведена в табл. 4. Номера каналов при

обозначении деталей в этой таблице не указаны.

Наличие у микросхемы MP7722 входов разрешения позволяет легко организовать дежурный режим и режим приглушения (MUTE). Для этого достаточно на выводы 6 и 10 MP7722 подать низкий потенциал, равный или менее 0,4 В. В нормальном режиме на этих выводах должно быть напряжение 2 В или более.

#### Микросхема УМЗЧ MP7782 класса D от MPS

Область применения этой микросхемы несколько шире, чем у MP7722. Кроме DVD-проигрывателей, домашних стереосистем, мультимедийных ПК, телевизоров и т.п., микросхема MP7782 может использоваться в сабвуферах. Она так же, как MP7722, выпускается в корпусе для поверхностного монтажа

Таблица 2. Назначение выводов микросхемы MP7722

№ вывода	Обозначение	Назначение
1	NC	Свободный
2	REF1	Вход опорного напряжения VDD/2 канала 1 от внешнего делителя
3	IN1	Инвертирующий вход канала 1
4	AGND1	Корпус аналоговой части канала 1
5	NC	Свободный
6	EN1	Вход разрешения канала 1 (высокий уровень – канал включен, низкий уровень – выключен)
7	IN2	Инвертирующий вход канала 2
8	REF2	Вход опорного напряжения VDD/2 канала 2 от внешнего делителя
9	AGND2	Корпус аналоговой части канала 2
10	EN2	Вход разрешения канала 2 (высокий уровень – канал включен, низкий уровень – выключен)
11	NC	Свободный
12	BS2	Вход цепи вольтодобавки канала 2
13	VDD2	Вход напряжения питания канала 2 (VDD = 9,5...24 В)
14	SW2	Полумостовой выход ключевых МДП транзисторов канала 2 (через НЧ LC-фильтр на громкоговоритель)
15	PGND2	Корпус цепей питания канала 2
16	NC	Свободный
17	BS1	Вход цепи вольтодобавки канала 1
18	VDD1	Вход напряжения питания канала 1 (VDD = 9,5...24 В)
19	SW1	Полумостовой выход ключевых МДП транзисторов канала 1 (через НЧ LC-фильтр на громкоговоритель)
20	PGND1	Корпус цепей питания канала 1

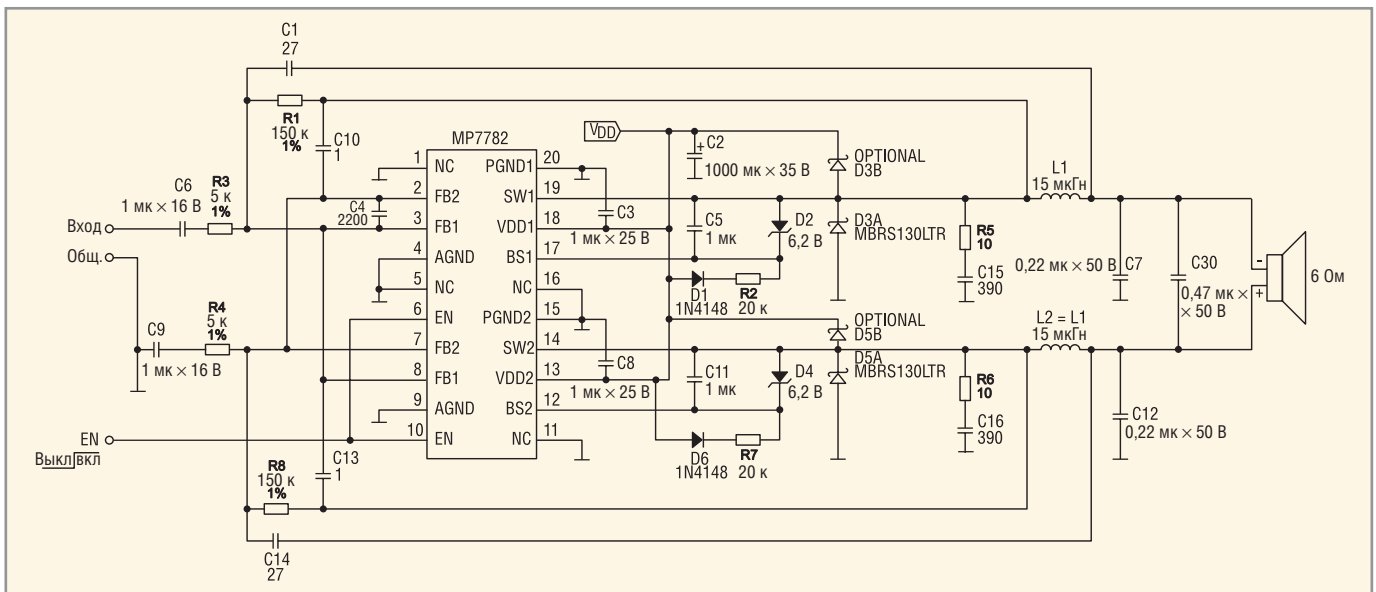


Рис. 2. Типовая принципиальная схема монофонического УМЗЧ класса D на микросхеме MP7782

TSSOP20F и имеет с MP7722 много общего, несмотря на то, что MP7782 – это монофонический УМЗЧ класса D с мостовым выходом. На нагрузке 6 Ом УМЗЧ на MP7782 спосо-

бен развивать выходную мощность 50 Вт.

Учитывая тот факт, что микросхема MP7782 имеет мостовой выход, можно говорить, что она имеет два кана-

ла усиления (УМЗЧ), которые работают в противофазе [1]. Назначение выводов микросхемы MP7782 приведено в табл. 5.

Типовая принципиальная схема монофонического УМЗЧ класса D на этой микросхеме показана на рис. 2.

Сравнивая эту схему со схемой УМЗЧ на микросхеме MP7722 (см. рис. 1), легко разобраться в назначении деталей. Дополнительно необходимо заметить, что частота ШИМ без входного сигнала зависит от напряжения питания (VDD), емкостей конденсаторов C4, C10, C13 и сопротивлений резисторов R1, R3, R4, R8. Причём времязадающим конденсатором считается C4. Ёмкостью этого кон-

Таблица 3. Назначение деталей «обвязки» микросхемы MP7722

Обозначение		Назначение
1-й канал	2-й канал	
CIN1	CIN2	Разделительный конденсатор на входе канала
RIN1	RIN2	Ограничивающий резистор на входе канала
RRH1	RRH2	Делитель опорного напряжения
RRL1	RRL2	
CR1	CR2	
CINT1	CINT2	Времязадающий конденсатор
RFB1	RFB2	Резистор ООС по постоянному и переменному напряжению
CFB1	CFB2	Конденсатор ООС по переменному напряжению
CBS1	CBS2	Конденсатор «вольтодобавки»
RBS1	RBS2	Внешние цепи схемы «вольтодобавки»
DBS1	DBS1	
DBS3	DBS3	
DSH1	DSH2	Двухсторонний диодный ограничитель пиков ЭДС в дросселе ФНЧ
DSL1	DSL2	
LF1	LF2	Дроссель ФНЧ
CF1	CF2	Конденсатор ФНЧ
COU1	COU2	Разделительный конденсатор на выходе канала

Таблица 4. Зависимость частоты ШИМ микросхемы MP7722 от напряжения питания микросхемы и номиналов R<sub>FB</sub>, R<sub>IN</sub> и C<sub>INT</sub>

VDD, В	Усиление, дБ	R <sub>FB</sub> , кОм	R <sub>IN</sub> , кОм	C <sub>INT</sub> , пФ	F <sub>SW</sub> , кГц
12	15	39	10	6800	660
12	18,3	82	10	3300	660
12	21,5	39	4,7	6800	660
12	24,8	82	4,7	3300	660
24	15	56	10	8200	670
24	18,3	82	10	5600	720
24	21,5	56	4,7	8200	670
24	24,8	82	4,7	5600	720
24	30,4	330	10	1800	700

Таблица 5. Назначение выводов микросхемы MP7782

№ вывода	Обозначение	Назначение
1, 5, 11, 16	NC	Свободные
3, 8	FB1	Неинвертирующий вход (вход первой цепи ООС)
2, 7	FB 2	Инвертирующий вход (вход второй цепи ООС)
4, 9	AGND	Корпус аналоговой части
6, 10	EN	Вход разрешения (высокий уровень – УМЗЧ включен, низкий уровень – выключен)
12	BS2	Вход цепи вольтодобавки канала 2
13	VDD2	Вход напряжения питания канала 2 (VDD = 7,5...24 В)
14	SW2	Полумостовой выход канала 2 (через НЧ LC-фильтр на один из выводов громкоговорителя)
15	PGND2	Корпус цепей питания канала 2
17	BS1	Вход цепи вольтодобавки канала 1
18	VDD1	Вход напряжения питания канала 1 (VDD = 7,5...24 В)
19	SW1	Полумостовой выход канала 1 (через НЧ LC-фильтр на один из выводов громкоговорителя)
20	PGND1	Корпус цепей питания канала 1

денсатора задаётся оптимальное значение частоты ШИМ без входного сигнала 400...600 кГц при номинальных емкостях конденсаторов C10, C13 в пределах 1...2,2 пФ.

## НОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ УМЗЧ КЛАССА D ОТ TEXAS INSTRUMENTS

В статье [2] были рассмотрены две микросхемы для УМЗЧ класса D –

ТРА2000D1 и ТРА2012D2 фирмы Texas Instruments (ТИ), схемы включения которых не имели дросселей ФНЧ.

Сейчас номенклатура УМЗЧ класса D от Texas Instruments несколько рас-

Таблица 6. Основные параметры и особенности микросхем УМЗЧ класса D от Texas Instruments

Тип микросхемы	Количество каналов УМЗЧ	Телефонный усилитель	Выходная мощность, Вт	Минимальное сопротивление нагрузки, Ом	Напряжение питания, В	Кэфф. нелинейных искажений (THD + N) на частоте 1 кГц и половинной мощности, %	Iq per channel (typ), мА	ISD, мкА	PSRR, дБ	Количество выводов, корпус	Особенности
TAS5414	4	Нет	45	2	8...22	0,04	20	2	70	36SSOP	4-канальный автомобильный цифровой усилитель
TAS5424	4	Нет	45	2	8...22	0,04	20	2	70	44SSOP	4-канальный автомобильный цифровой усилитель
TRA032D01	Моно	Нет	10	4	8...14	0,5	35	20	40	48HTSSOP	Монофонический УМЗЧ класса D
TRA032D02	Стерео	Нет	10	4	8...14	0,5	12,5	20	40	48HTSSOP	Стерефонический УМЗЧ класса D средней мощности
TRA032D03	Моно	Стерео	10	4	8...14	0,5	12,5	20	40	48HTSSOP	Монофонический УМЗЧ класса D средней мощности со стерефоническим телефонным усилителем
TRA032D04	Стерео	Стерео	10	4	8...14	0,5	12,5	20	40	48HTSSOP	Стерефонический УМЗЧ класса D средней мощности со стерефоническим телефонным усилителем
TRA2000D1	Моно	Нет	2	4	2,7...5,5	0,08	4	0,05	77	16TSSOP 48BGA MICROSTAR JUNIOR	Монофонический УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ
TRA2000D1-Q1			2		2,7...5,5	0,2	4	0,05	77	16TSSOP	Монофонический автомобильный УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ
TRA2000D2	Стерео	Нет	2	3	4,5...5,5	0,05	4	1	77	24HTSSOP 24TSSOP	Стерефонический УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ
TRA2000D4	Стерео	Стерео	2	4	3,7...5,5	0,1	4,5	0,05	70	32HTSSOP	Стерефонический УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ со стерефоническим телефонным усилителем класса AB
TRA2001D1	Моно	Нет	1	8	2,7...5,5	0,2	4	0,05	72	16TSSOP	Монофонический УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ
TRA2001D2	Стерео	Нет	1	8	4,5...5,5	0,08	4	1	77	24HTSSOP	Стерефонический УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ
TRA2005D1	Моно	Нет	1,4	8	2,5...5,5	0,2	2,8	0,5	75	15BGA MICROSTAR JUNIOR 8MSOP-PowerPAD 8SON	Монофонический дифференциальный УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ мощностью 1,4 Вт
TRA2005D1-Q1	Моно	Нет	1,18	8	2,5...5,5	0,2	2,8	0,5	75	8SON	Монофонический автомобильный УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ мощностью 1,4 Вт
TRA2006D1	Моно	Нет	1,45	8	2,5...5,5	0,2	2,8	0,5	75	8SON	Монофонический дифференциальный УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ мощностью 1,45 Вт
TRA2008D2	Стерео	Нет	3	3	4,5...5,5	0,05	7	0,05	70	24HTSSOP	Стерефонический УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ с напряжением питания 5 В и регулировкой громкости
TRA2010D1	Моно	Нет	2,5	4	2,5...5,5	0,2	2,8	0,5	75	9DSBGA 9XCEPT	Монофонический дифференциальный УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ мощностью 2,5 Вт
TRA2012D2	Стерео	Нет	2,1	4	2,5...5,5	0,1	3	1,5	71	16DSBGA 20QFN	Стерефонический УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ мощностью 2,1 Вт
TRA2032D1	Моно	Нет	2,75	4	2,5...5,5	0,2	3	0,5	75	9DSBGA	Монофонический дифференциальный УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ мощностью 2,75 Вт с фиксированным коэффициентом усиления 2
TRA2033D1	Моно	Нет	2,75	4	2,5...5,5	0,2	3	0,5	75	9DSBGA	Монофонический дифференциальный УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ мощностью 2,75 Вт с фиксированным коэффициентом усиления 3
TRA2034D1	Моно	Нет	2,75	4	2,5...5,5	0,2	3	0,5	75	9DSBGA	Монофонический дифференциальный УМЗЧ класса D без дросселя ФНЧ мощностью 2,75 Вт с фиксированным коэффициентом усиления 4
TRA3001D1	Моно	Нет	20	4	8...18	0,06	8	1	73	24HTSSOP	Монофонический УМЗЧ класса D большой мощности без дросселя ФНЧ
TRA3002D2	Стерео	Нет	9	8	8,5...14	0,06	8	1	80	48HTQFP	Стерефонический УМЗЧ класса D средней мощности без дросселя ФНЧ с регулировкой громкости
TRA3003D2	Стерео	Нет	3	8	8,5...14	0,2	8	1	80	48TQFP	Стерефонический УМЗЧ класса D малой мощности без дросселя ФНЧ
TRA3004D2	Стерео	Нет	12	4	8,5...18	0,1	8	1	80	48HTQFP	Стерефонический УМЗЧ класса D большой мощности без дросселя ФНЧ с регулировкой громкости
TRA3005D2	Стерео	Нет	6	8	8,5...18	0,1	11	1,6	80	48HTQFP	Стерефонический УМЗЧ класса D средней мощности без дросселя ФНЧ
TRA3007D1	Моно	Нет	6,5	7	8...18	0,3	8	1	73	24TSSOP	Монофонический УМЗЧ класса D средней мощности без дросселя ФНЧ
TRA3008D2	Стерео	Нет	10	8	8,5...18	0,1	11	1,6	80	48HTQFP	Стерефонический УМЗЧ класса D мощностью 10 Вт
TRA3100D2	Стерео	Нет	20	4	10...26	0,11	18	80	70	48HTQFP 48QFN	Стерефонический УМЗЧ класса D мощностью 20 Вт
TRA3101D2	Стерео	Нет	10	4	10...26	0,09	22	180	70	48HTQFP 48QFN	Стерефонический УМЗЧ класса D мощностью 10 Вт
TRA3107D2	Стерео	Нет	15	6	10...26	0,08	18	180	70	64HTQFP	Стерефонический УМЗЧ класса D мощностью 15 Вт
TRA3200D1	Моно	Нет	20	4	8...18	0,2	8	1	73	44HTSSOP	Монофонический УМЗЧ класса D большой мощности с цифровым входом

ширилась. В настоящее время TI предлагает потребителю 32 микросхемы класса D для УМЗЧ, основные параметры и особенности которых приведены в табл. 6.

Рассмотрим подробнее две новинки – микросхемы ТРА3107D2 и ТРА3200D1.

**Микросхема УМЗЧ ТРА3107D2 класса D от TI**

Микросхема ТРА3107D2 фирмы Texas Instruments представляет собой стереофонический УМЗЧ класса D с мостовым выходом с дросселями ФНЧ с небольшой индуктивностью и плавным (без щелчка)

включением и выключением. Микросхема способна развивать мощность 15 Вт в каждом канале на нагрузке сопротивлением 8 Ом, при напряжении питания 16 В и КПД 87%. Микросхема питается от односточного источника питания 10...16 В. Диапазон рабочих температур микросхемы составляет -40...+85°C. Коэффициент усиления можно устанавливать равным 20, 26, 32 или 36 дБ. Микросхема ТРА3107D2 выпускается в корпусе НТQFP для поверхностного монтажа с 64 выводами и контактной площадкой для радиатора в верхней части. Линейные размеры этого корпуса с учётом выводов – 12 × 12 × 1 мм. Назначение выводов микросхемы ТРА3107D2 приведено в табл. 7.

Микросхема ТРА3107D2, как и многие другие от фирмы Texas Instruments, имеет входы GAIN0 и GAIN1, изменением логических уровней на которых можно менять её коэффициент усиления и входное сопротивление (см. табл. 8)

Типовая принципиальная схема стереофонического УМЗЧ класса D на микросхеме ТРА3107D2 изображена на рис. 3.

В назначении деталей этой схемы несложно разобраться, используя вышеизложенное и в первую очередь таблицу 7.

Дополнительно следует заметить, что микросхема ТРА3107D2 фирмы Texas Instruments относится к третьему поколению УМЗЧ класса D. В таких УМЗЧ фирма-производитель использует собственную технологию, которая позволяет значительно уменьшить амплитуду и длительность импульсов ШИМ между выходами моста, а значит, значительно уменьшить габариты дросселя ФНЧ и в ряде случаев отказаться от него совсем [2]. При использовании в качестве нагрузки УМЗЧ на микросхеме ТРА3107D2 громкоговорителей с импедансом 8 Ом, индуктивность дросселей ФНЧ составляет всего 33 мкГн (см. рис. 4а), а при импедансе громкоговорителей 4 Ом – 15 мкГн (см. рис. 4б). В большинстве случаев вместо дросселей ФНЧ можно использовать ферритовые трубки, надетые на провода (см. рис. 4в), – так называемые «бусинки» (Ferrite Chip Bead), например Fair-Rite 2518121217Y3.

**Таблица 7. Назначение выводов микросхемы ТРА3107D2**

№ вывода	Обозначение	Назначение
61	SHUTDOWN	Вход плавного выключения (активный уровень низкий)
5	RINN	Инвертирующий вход правого канала (смещение VREG/2)
6	RINP	Неинвертирующий вход правого канала (смещение VREG/2)
9	LINN	Инвертирующий вход левого канала (смещение VREG/2)
8	LINP	Неинвертирующий вход левого канала (смещение VREG/2)
10	GAIN0	Вход Bit 0 установки усиления (логические уровни TTL)
11	GAIN1	Вход Bit 1 установки усиления (логические уровни TTL)
62	MUTE	Вход сигнала приглушения (MUTE). Активный уровень высокий
63	FAULT	TTL-совместимый выход сигнала FAULT. При КЗ имеет высокий уровень, при нормальной работе – низкий
26	BSLP	Вывод подключения конденсатора «вольтодобавки» (Bootstrap) по прямому выходу левого канала
35, 36	PVCCL	Напряжение питания выходного каскада левого канала
27, 28	LOUTP	Прямой выход моста (Positive BTL) левого канала
37, 38	PGNDL	Корпус выходного каскада левого канала
29, 30	LOUTN	Инверсный выход моста (Negative BTL) левого канала
31	BSLN	Вывод подключения конденсатора «вольтодобавки» (Bootstrap) по инверсному выходу левого канала
40	VCLAMPL	Накопительный конденсатор цепи питания «вольтодобавки» левого канала
41	VCLAMP R	Накопительный конденсатор цепи питания «вольтодобавки» правого канала
50	BSRN	Вывод подключения конденсатора «вольтодобавки» (Bootstrap) по инверсному выходу правого канала
51, 52	ROUTN	Инверсный выход моста (Positive BTL) правого канала
43, 44	PGNDR	Корпус выходного каскада правого канала
53, 54	ROUTP	Прямой выход моста (Positive BTL) правого канала
45, 46	PVCCR	Напряжение питания выходного каскада правого канала
55	BSRP	Вывод подключения конденсатора «вольтодобавки» (Bootstrap) по прямому выходу правого канала
7, 21	AGND	Корпус цифровых и предварительных аналоговых каскадов микросхемы
18	ROSC	Вывод подключения внешнего резистора стабилизатора тока генератора «пилы ШИМ»
12	MSTR/SLV	Вход сигнала выбора режима Master/Slave для вывода SYNC. Высокий уровень – режим Master (вывод SYNC – выход), низкий уровень – режим Slave (вывод SYNC – вход)
17	SYNC	Вход/выход тактовых (синхронизирующих) импульсов. Задаётся лог. уровнями на выводе MSTR/SLV
20	VBYP	Вывод подключения накопительного конденсатора опорного напряжения 1,25 В для предварительных усилителей и схемы запуска
19	VREG	Вывод подключения накопительного конденсатора стабильного напряжения 4 В для внутренних каскадов
64	AVCC	Ввод аналогового напряжения питания 10...26 В
1-4, 13-16, 22-25, 32-34, 39, 42, 47-49, 56-60	NC	Свободные

**Таблица 8. Зависимость коэффициента усиления и входного сопротивления микросхемы ТРА3107D2 от логических уровней на входах GAIN0 и GAIN1**

Выводы		Коэффициент усиления, дБ	Входное сопротивление, кОм
GAIN1	GAIN0		
0	0	20	32
0	1	26	16
1	0	32	16
1	1	36	16

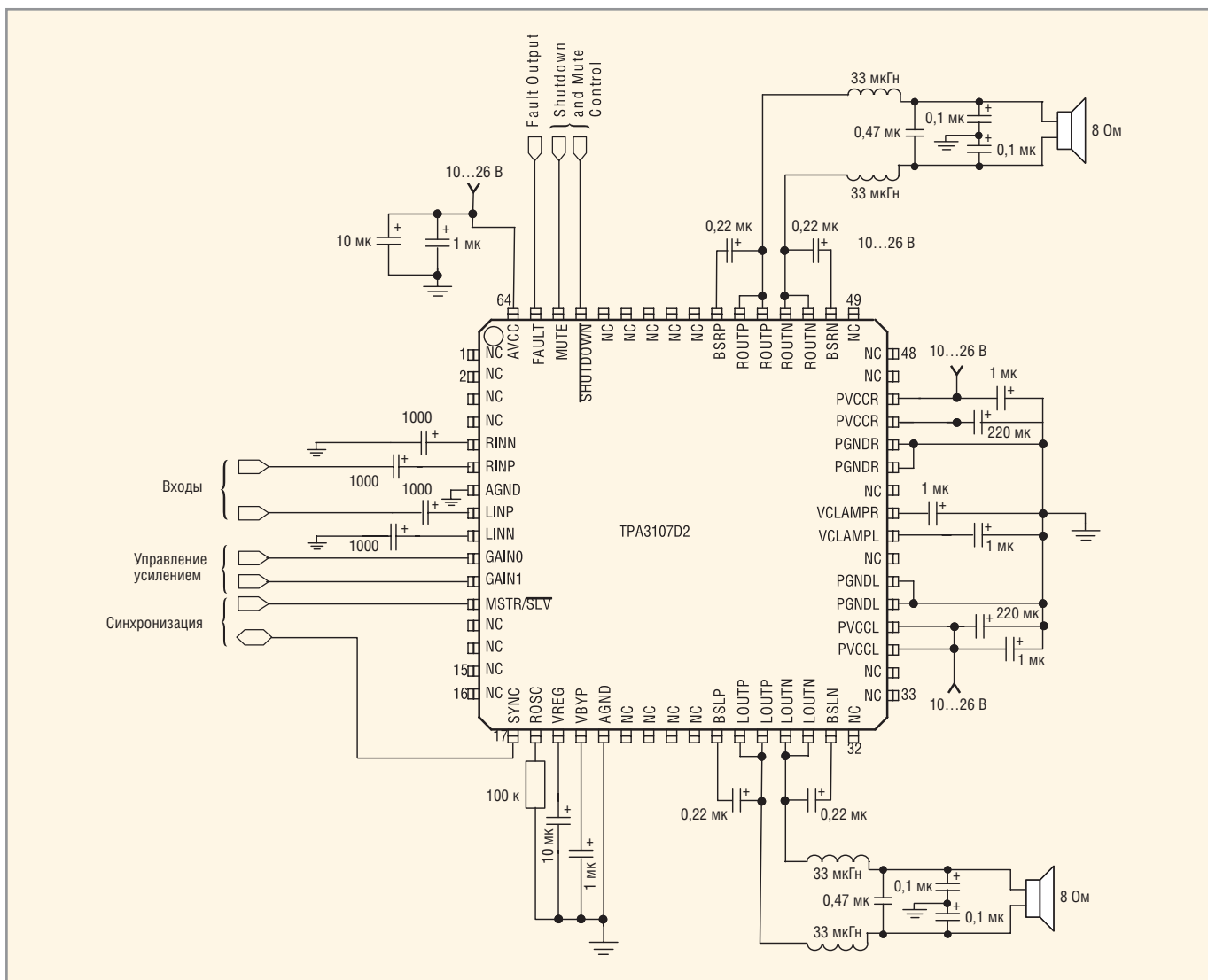


Рис. 3. Типовая принципиальная схема стереофонического УМЗЧ класса D на микросхеме TPA3107D2

**Микросхема УМЗЧ TPA3200D1 класса D от TI с цифровыми входами**

В последние годы широкое распространение получили цифровые аудио-устройства, для которых специально изготавливаются микросхемы УМЗЧ, имеющие входной цифровой порт. Такие микросхемы перед усилением аудиосигнала по мощности обеспечивают цифро-аналоговое преобразование этого сигнала. Одной из таких микросхем является TPA3200D1 фирмы Texas Instruments. Эта микросхема одноканального (монофонического) УМЗЧ класса D с мостовым выходом, ферритовыми трубками вместо дросселей ФНЧ и плавным (без щелчка) включением и выключением. Она имеет входной последовательный цифровой порт (выводы 1 – 4 и 44), через который может поступать 16-разрядный сигнал формата RJ или сигнал формата шины I<sup>2</sup>S (16...24-разрядный).

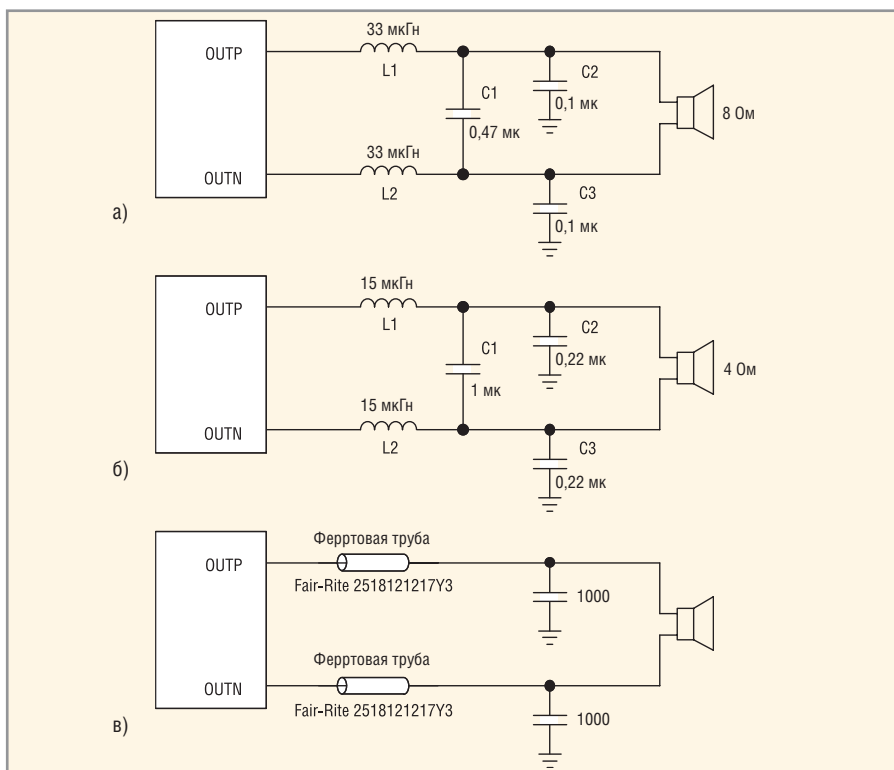


Рис. 4. Разные ФНЧ на выходе микросхемы TPA3107D2

Микросхема способна развивать мощность 25 Вт на нагрузке сопротивлением 8 Ом при напряжении питания 18 В и эффективности 85%. Микросхема питается от двух источников PVCC (VCC) = 18 В (8...18 В) и VDD = 5 В (4,5...5,5 В). Диапазон рабочих температур составляет -40...+85°C. Коэффициент усиления микросхемы можно устанавливать равным 12, 18 или 23,6 дБ (см. ниже). Микросхема ТРА3200D1

выпускается в корпусе типа HTSSOP для поверхностного монтажа с 44 выводами и контактной площадкой для радиатора в верхней части. Линейные размеры этого корпуса (с учётом выводов) – 11,3×6,3×1,2 мм. Назначение выводов микросхемы ТРА3200D1 приведено в табл. 9.

Типовая принципиальная схема УМЗЧ класса D на микросхеме ТРА3200D1 показана на рис. 5.

Входной цифровой интерфейс (порт) микросхемы ТРА3200D1 содержит четыре вывода:

- вывод 44 (SCLK) – вход системных тактовых импульсов SCLK, которые необходимы для работы цифровых интерполяционных фильтров и многоуровневого дельта-сигма-модулятора. Кроме того, частота выборки ЦАП микросхемы определяется частотой систем-

Таблица 9. Назначение выводов микросхемы ТРА3200D1

№ вывода	Обозначение	Назначение
1	BCK	Вход тактовых импульсов входных цифровых аудиосигналов
3	DATA	Вход данных цифровых аудиосигналов
4	LRCK	Вход разрешения обработки цифровых аудиосигналов (левого и правого канала)
7	LR_SEL	Выбор данных правого или левого канала. HIGH – левый канал активен, LOW – правый канал активен
11	GAIN0	Вход Bit 0 установки усиления (логические уровни TTL)
12	GAIN1	Вход Bit 1 установки усиления (логические уровни TTL)
13	SHUTDOWN	Вход плавного выключения (активный уровень низкий)
5, 9, 38, 40	DGND	Корпус цифровой части
6, 8	VDD	Напряжение питания цифровой части (4,5...5,5 В)
15	VCLAMP	Накопительный конденсатор цепи питания «вольтодобавки»
17	BSN	Вывод подключения конденсатора «вольтодобавки» (Bootstrap) по инверсному выводу
28	BSP	Вывод подключения конденсатора «вольтодобавки» (Bootstrap) по прямому выводу
2, 16	NC	Свободные
31	ROSC	Вывод подключения внешнего резистора стабилизатора тока генератора «пилы ШИМ»
32	COSC	Вывод подключения формирующего конденсатора генератора «пилы ШИМ»
33	BYPASS	Вывод подключения накопительного конденсатора опорного напряжения
34	VREF	Вывод подключения накопительного конденсатора стабильного напряжения для внутренних каскадов
35	VCC	Напряжение питания аналоговой части микросхемы (8...18 В)
19, 20	OUTN	Инверсный выход моста
39	ZERO	Выход флага Zero. Показывает наличие или отсутствие данных входных аудиосигналов. HIGH – данных нет. LOW – данные есть
41	DEMP	Управление преобразованиями. HIGH – преобразования 44,1 кГц включены. LOW – преобразования 44,1 кГц выключены
42	MUTE	Вход сигнала приглушения (MUTE). Активный уровень высокий (HIGH)
43	FORMAT	Вход управляющего сигнала выбора формата аудиосигнала. HIGH – входной сигнал 16-разрядный формата RJ. LOW – входной сигнал формата шины I <sup>2</sup> S (16...24 разрядный)
44	SCLK	Вход системных тактовых импульсов
18, 27	PVCC	Напряжение питания выходных каскадов микросхемы (8...18 В)
25, 26	OUTP	Прямой выход моста
29, 30	AGND	Корпус аналоговой части
14, 21, ..., 24	PGND	Корпус цифровой части
10	VCOM	Вывод подключения накопительного конденсатора опорного напряжения
36	FLT2	Выводы подключения внешнего конденсатора фильтра шумов
37	FLT1	

Таблица 10. Зависимость частоты выборки ЦАП микросхемы от частоты системных тактовых импульсов SCLK на выводе 44

Частота выборки, кГц	Частота системных тактовых импульсов SCLK (вывод 44), МГц						
	128f <sub>s</sub>	192f <sub>s</sub>	256f <sub>s</sub>	384f <sub>s</sub>	512f <sub>s</sub>	768f <sub>s</sub>	1152f <sub>s</sub>
8	1,024	1,536	2,048	3,072	4,096	6,144	9,216
16	2,048	3,072	4,096	6,144	5,6448	12,288	18,432
32	4,096	6,144	5,6448	8,4672	6,144	24,576	36,864
44,1	5,6448	8,4672	6,144	9,216	11,2896	33,8688	Не поддерживается
48	6,144	9,216	11,2896	16,9344	12,288	36,864	
88,2	11,2896	16,9344	12,288	18,432	24,576	Не поддерживается	
96	12,288	18,432	24,576	36,864	49,152	Не поддерживается	
192	24,576	36,864	49,152	Не поддерживается			

Таблица 11. Зависимость коэффициента усиления и выходного напряжения микросхемы ТРА3200D1 от логических уровней на входах GAIN0 и GAIN1

Выводы		Коэффициент усиления, дБ	Выходное напряжение при VDD = 5 В (VRMS)
GAIN1	GAIN0		
0	0	12	5,63
0	1	18	11,23
1	0	23,6	21,4
1	1	Зарезервировано	

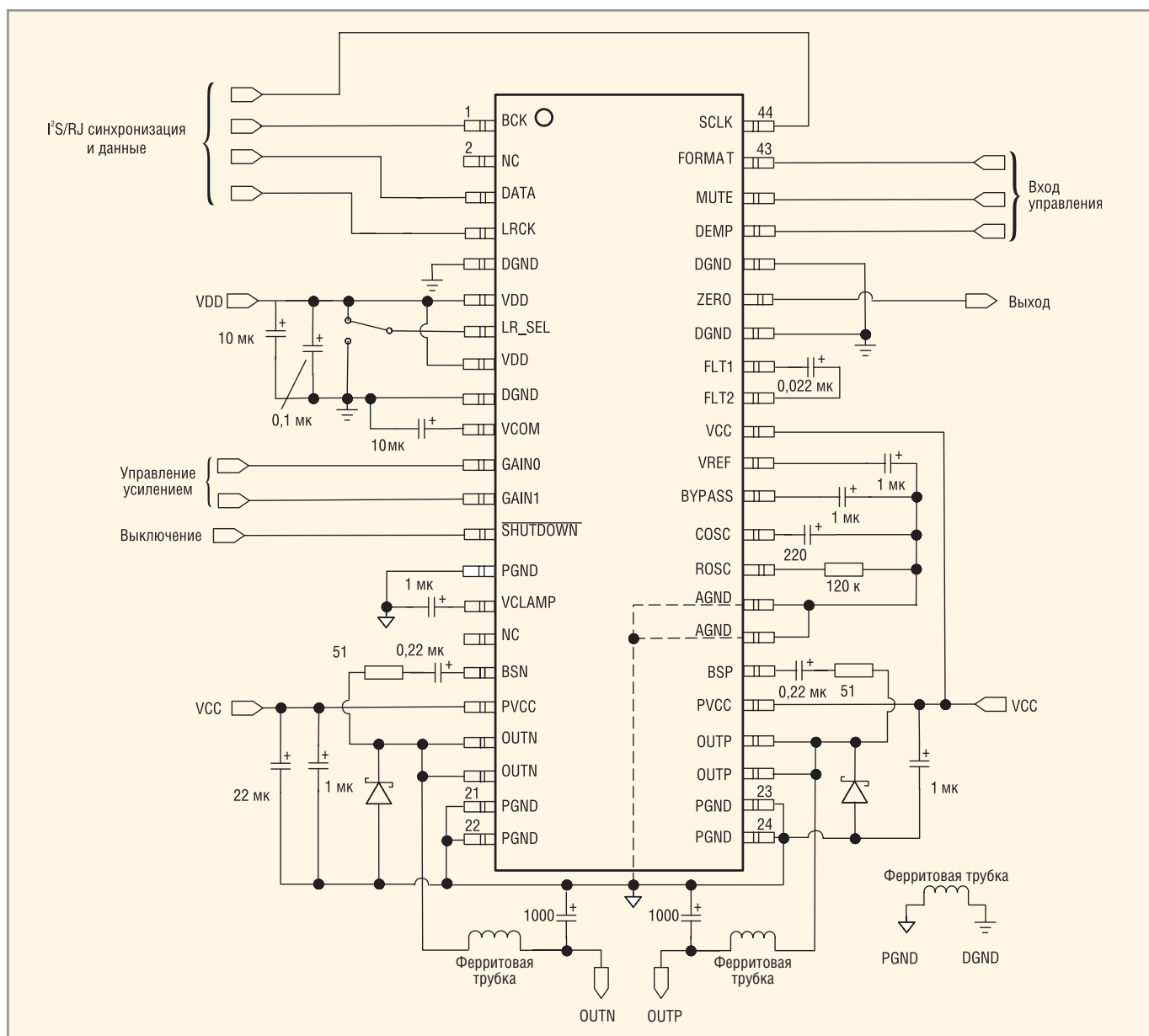


Рис. 5. Типовая принципиальная схема УМЗЧ класса D на микросхеме TPA3200D1

ных тактовых импульсов SCLK (см. табл. 10);

- вывод 1 (BCK) – вход тактовых импульсов (вход импульсов синхронизации) цифровых аудиосигналов;
- вывод 3 (DATA) – вход данных;
- вывод 4 (LRCK) – вход разрешения обработки цифровых аудиосигналов левого и правого каналов.

Между выводами 36 (FLT2) и 37 (FLT1) подключен внешний фильтрующий конденсатор, который улучшает шумовые эксплуатационные показатели.

Кроме того, микросхема имеет три входа управления: 41 (DEMP), 42 (MUTE), 43 (FORMAT), выход флага ZERO (вывод 39), который показывает наличие или отсутствие на входе микросхемы цифровых аудиосигналов.

Назначение остальных выводов микросхемы TPA3200D1 и деталей «обвязки» аналогично соответствующим выводам и деталям «обвязки» TPA3107D2. Например, логические уровни на выводах 11 (GAIN0) и 12 (GAIN1) задают коэффициент усиления микросхемы по напряжению (см. табл. 11)

Более подробную информацию о рассмотренных в статье микросхемах можно найти в документах [4 – 7], которые размещены на сайтах фирм MPS и Texas Instruments [8 – 10].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безверхний И. Современные микросхемы для УМЗЧ класса D фирмы MPS. Современная электроника. 2004. № 1.
2. Безверхний И. Микросхемы для современных УМЗЧ. Современная электроника. 2006. № 2.

3. Безверхний И. Телефонные усилители и УМЗЧ для устройств беспроводной связи. Современная электроника. 2005. № 2.
4. MPS. 2 x 20W Class D Stereo Single Ended Audio Amplifier. MP7722 Rev. 1.3. 9/25/2006.
5. MPS. 50W Class D Mono Bridged Audio Amplifier. MP7782 Rev. 1.2. 8/3/2005.
6. Texas Instruments Incorporated. TPA3107D2. 15-W STEREO CLASS-D AUDIO POWER AMPLIFIER. Rev. A. 2006, 2007.
7. Texas Instruments Incorporated. TPA3200D1. 20-W MONO DIGITAL INPUT AUDIO AMPLIFIER. Rev. A. 2005.
8. www.ti.com – сайт фирмы Texas Instruments.
9. www.ti.com/ru – русскоязычный сайт фирмы Texas Instruments.
10. www.monolithicpower.com – сайт фирмы MPS.