

# Микросхемы для построения импульсных усилителей звуковых частот в современной звуковой и видеоаппаратуре

Юрий Петропавловский (Ростовская обл.)

В статье рассмотрены основные характеристики серийных микросхем импульсных усилителей звуковых частот и особенности их применения.

В последнее время сфера применения импульсных усилителей звуковых частот (ИУ) существенно расширилась. Они применяются в телевизорах, мобильных телефонах и «гаджетах», CD/DVD-ресиверах и домашних кинотеатрах, автомобильной аппаратуре и профессиональных концертных усилителях большой мощности. Это обусловлено тем, что ИУ существенно превосходят линейные УМЗЧ по КПД и в ряде случаев не требуют громоздких теплоотводов. Высокая эффективность усилителей особенно важна для мобильных устройств, питающихся от аккумуляторов.

Основой большинства современных ИУ являются специализированные

микросхемы. С целью выявления наиболее широко используемых типов микросхем для ИУ и их производителей автором был выполнен анализ схемотехнических решений десятков моделей ресиверов, мини- и микросистем и систем домашних кинотеатров, выпущенных в 2002–2007 гг. В результате выяснилось, что импульсные усилители средней и большой мощности в звуковых трактах аппаратуры перечисленных категорий, наряду с традиционными усилителями, применяют фирмы JVC, LG, Philips, Samsung, Sony и некоторые другие. Реализованы ИУ в основном на специализированных интегральных микросхемах ведущих фирм (NSC, NXP, STM, TI и ONS), а так-

же «полупроводникового» отделения фирмы Sony. Микросхемы для ИУ, особенно для мобильных применений, представлены в каталогах 2008 г. и других фирм.

Схемотехника ИУ весьма разнообразна. Кроме усилителей в классе D существуют и другие, в том числе с патентованными технологиями DDX, UcD, Digital Power Processing, PurePath™ и т.д. Нередко для подобных устройств используется термин Digital Amplifiers, хотя реально звуковые сигналы в них преобразуются не в цифровую, а в импульсную форму, т.е. являются дискретно-аналоговыми. Тем не менее, отнесение некоторых ИУ к классу цифровых возможно, поскольку в ресиверах CD/DVD с ИУ, выполненных по технологии DDX, не используются ЦАП, а при воспроизведении дисков цифровые звуковые сигналы подаются на преобразователи кода во временной

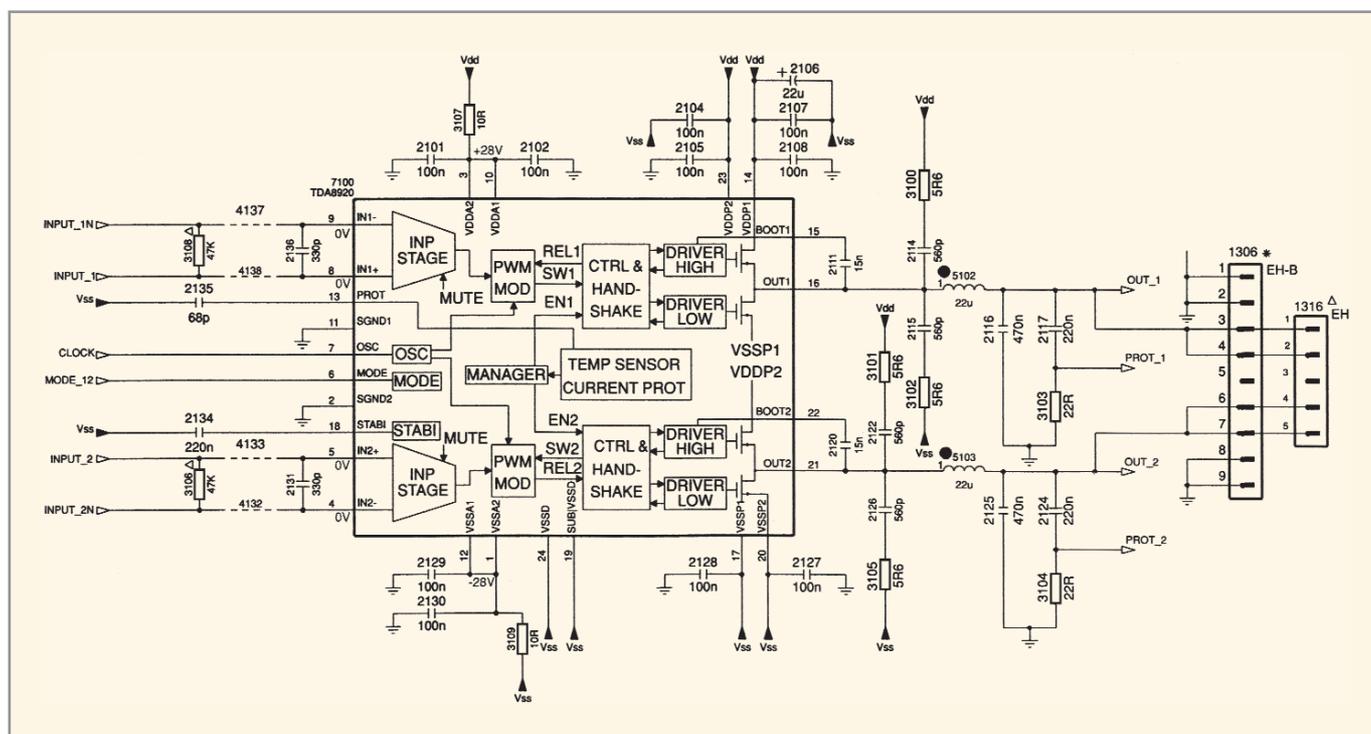


Рис. 1. Принципиальная схема звукового тракта DVD ресивера PHILIPS-LX-3600D

OSC – задающий генератор; PWM MOD – ШИМ-модулятор; INP STAGE – входной каскад; TEMP SENSOR – датчик температуры

## Основные параметры микросхем для ИУ звуковых частот

Тип	Тип усилителя*	$P_{\text{вых SE}}$ , Вт	$P_{\text{вых BTL}}$ , Вт	$U_{\text{пит}}$ , В	$I_{\text{потр}}$ , мА	КПД, %	КНИ, %	$K_{\text{у}}$ , дБ	$U_{\text{ш}}$ , мкВ**	SVRR, дБ	$R_{\text{вх}}$ , кОм	Тип корпуса	Производитель
STA500	PS	2 × 30	60	30	1с 3,5 А							PowerSO36	STM
STA505	PS	2 × 50	80	40	1с 3,5 А							PowerSO36	STM
STA506	PS	2 × 60	80	S	4							PowerSO36	STM
STA506A	PS	2 × 60	80	45	4							PowerSO36	STM
STA508	PS	2 × 80	160	40	4,5							PowerSO36	STM
STA515	PS	4 × 20	60	40	3							PSSO36 slug up	STM
STA516B	PS	2 × 160	320	60	6							PSSO36 slug up	STM
STA517B	PS	2 × 175	350	60	6							PSSO36 slug up	STM
STA518	PS	4 × 24	80	40	3,5							PSSO36 slug up	STM
TDA7480	PA	1 × 10		±10...16	25	85	0,1	30	12	60	30	DIP20	STM
TDA7481	PA	1 × 18		±10...25	55	85	0,1	30	12	60	30	Multiwatt15	STM
TDA7482	PA	1 × 25		±10...25	40	87	0,1	30	12	60	30	Multiwatt15	STM
TDA7490	PA	2 × 25	50	±10...25	70	89	0,1	30	12	60	30	Flexiwatt25	STM
TDA7491	PA	2 × 20		5...18	26	90	0,1	20, 26, 32	25	50	60	PowerSSO-36	STM
TDA7491LP S	PA	2 × 5		5...14	26	90	0,1	20, 26, 32	25	50	60	PowerSSO-36	STM
TDA7491MV S	PA	1 × 25		5...18	26	90	0,1	20, 26, 32	25	50	60	PowerSSO-36	STM
TDA7491P	PA	2 × 10		5...18	26	90	0,1	20, 26, 32	25	50	60	PowerSSO-36	STM
TDA8920	PA	2 × 80	140	±15...30	75	90	0,02	30	230	55	68	HSOP24	NXP
TDA8920B	PA	2 × 100	210	±12,5...30	50		0,02	30	210	50	68	HSOP24	NXP
TDA8920C	PA	2 × 110	210	±12,5...30	50	88	0,05	30	160	70	63	HSOP24	NXP
TDA8922	PA	2 × 25	50	±12,5...30	55	90	0,02	30	230	50	68	HSOP24	NXP
TDA8922B	PA	2 × 50	88	±12,5...30	50		0,02	30		50		HSOP24	NXP
TDA8924	PA	2 × 120	240	±12,5...30	100	83	0,05	28	230	50	68	HSOP24	NXP
TDA8925	PS	2 × 15...25		±7,5...30	25	94	0,05					DBS17P	NXP
TDA8926	PS	2 × 50	100	±15...30	35	94	0,01	30				DBS17P	NXP
TDA8927	PS	2 × 80	150	±15...30	35	94	0,01	30				HSOP24	NXP
TDA8928J	PS	2 × 10	20	±7,5...30	25	90	0,05					DBS17P	NXP
TDA8931	PC	1 × 20		±6...17,5	20	91	0,02	20	128	48		SO20	NXP
TDA8932	PA	2 × 15	30	±5...18	40	93	0,015	30	100	50	100	SO32	NXP
TDA8933	PA	2 × 10	20	±5...18	40	90	0,01	30	100	50	100	SO32	NXP
TFA9810	BA	2 × 12		8...20	35	89	0,04	19,7	150	45		SO32	NXP

Источниками информации для таблицы послужили официальные листы данных производителей (data sheets) на каждый тип микросхемы. Значения ряда параметров в них нередко измерены при различных внешних факторах (сопротивления нагрузки, уровень искажений, частота и т.п.), поэтому для более корректного сравнения микросхем между собой следует использовать их листы данных.

Типы усилителей: PA (Power Amplifier) – полный усилитель мощности; PS (Power Stage) – оконечный каскад усилителя мощности; PC (Power Comparator) – мощный одиночный компаратор SE; BA (Stereo full-bridge audio amplifier) – стереофонический мостовой усилитель. Сокращениями в таблице обозначены: S – то же значение, что и выше; N – параметр не нормирован; D – параметр можно определить по графикам в листах данных.

Свойства цифровых усилителей фирмы STM (STA...) описываются набором параметров, существенно отличающимся от приведённого в таблице, поэтому для них приведены только некоторые основные параметры. Параметр  $U_{\text{ш}}$  соответствует выходному уровню шума у усилителей NXP и приведённому ко входу у усилителей STM (параметр eN - total input noise).

интервал. Технология DDX запатентована фирмой Arogee; микросхемы DDX на основе лицензионного соглашения выпускает фирма STM и, возможно, другие производители. В частности, фирма Sony в 2004-2007 гг. выпустила ряд моделей CD/DVD/SACD-ресиверов, в которых отсутствует ЦАП перед ИУ, однако ссылки на патенты фирмы Arogee в документации отсутствуют, а структура микросхем не раскрывается.

Схемотехника усилителей в классе D базируется в основном на широтно-импульсной модуляции, реже используется одноразрядная дельта-сигма-модуляция. В рассмотренной автором аппаратуре с ИУ в основном использованы микросхемы фирм NXP (TDA8920/

8924/8926/8927), STM (STA501/502/505/506) и TI (SAT5110/5112/5142/5508); фирма Sony, как правило, использует ИС собственного производства (CXD9702/9750/9774/9775/9883). Некоторые модели микросистем Philips базируются на ИУ, построенных на дискретных элементах.

В каталоге фирмы NXP на 2008 г. представлены следующие микросхемы для импульсных усилителей: TDA8920/B/C – усилители мощности в классе D с выходной мощностью 2 × 80/100/110 Вт (2002–2008 гг.); TDA8922/B – 2×25/50 Вт (2003–2004 гг.); TDA8924 – 2×120 Вт (2006 г.); TDA8925 – 2 × 15 Вт или 2 × 25 Вт (2004 г.); TDA8926/TH – 2 × 50 Вт (2002 г.);

TDA8927/TH – 2 × 80 Вт (2002 г.); TDA8928 – 2 × 10 Вт или 2 × 20 Вт (2004 г.); TDA8929T – контроллер ИУ в классе D (2001 г.); TDA8931 – компаратор с выходной мощностью 20 Вт (2005 г.); TDA8932/B – усилитель мощности в классе D (2006 г.); TDA8933 – усилитель мощности в классе D (2007 г.); TFA9810 – компаратор с выходной мощностью 2 × 12 Вт (2008 г.).

Микросхема TDA8920 впервые выпущена в 1998 г. в корпусах DBS17P и HSOP20 (под маркой Philips Semiconductor). В 2002 г. она была модернизирована – увеличена выходная мощность до 2×80 Вт, улучшены некоторые параметры, корпус заменён на HSOP24 (версия SOT566-3). Основные парамет-

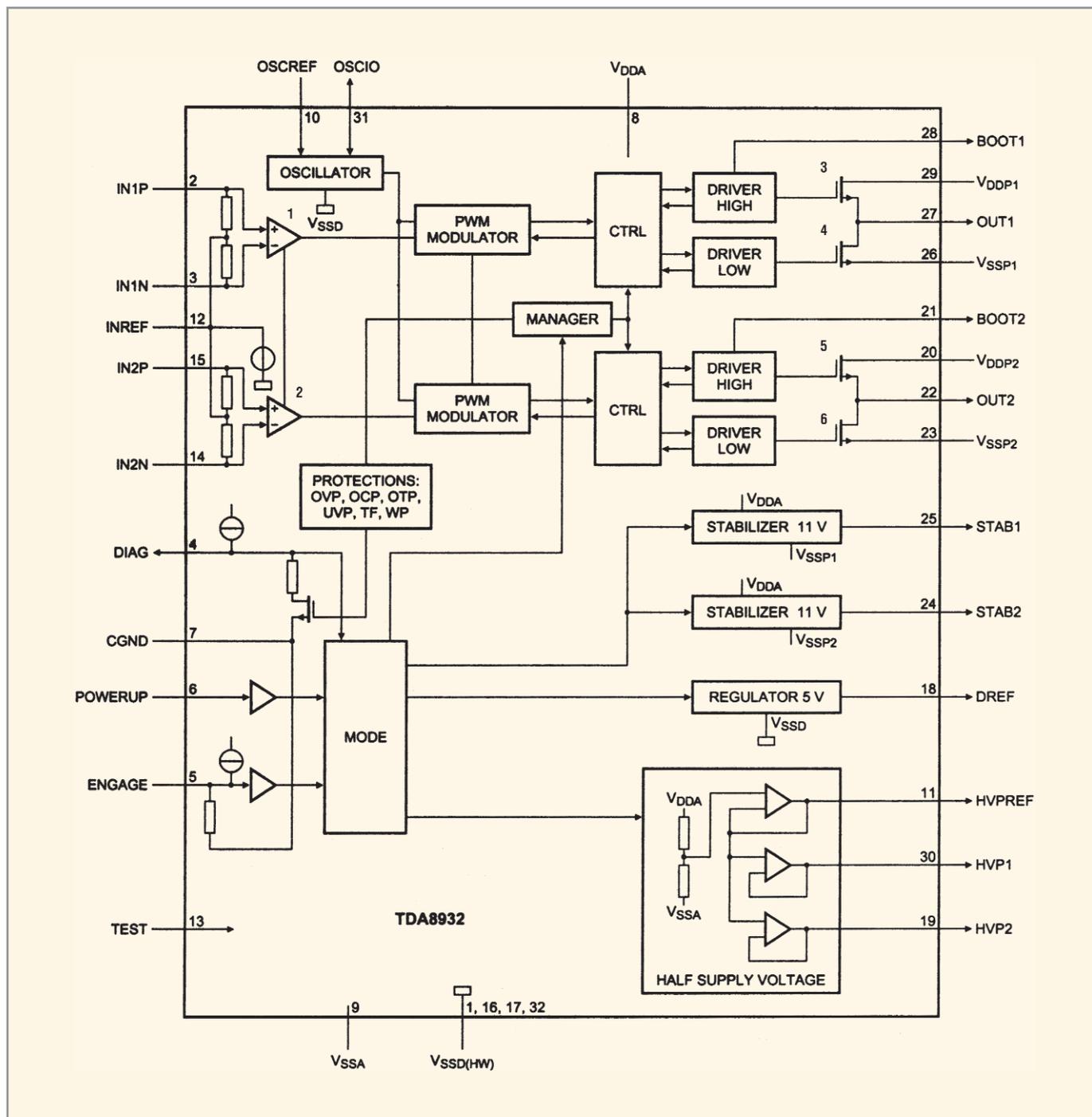


Рис. 2. Структура и нумерация выводов микросхемы TDA8932

ры микросхемы TDA8920 представлены в таблице.

На рисунке 1 приведена схема одного из ИУ (усилители фронтальных каналов) DVD-ресивера PHILIPS-LX-3600D (2003 г.). Микросхема TDA8920 состоит из двух одинаковых каналов, в состав которых входят: входные каскады (INP STAGE), широтно-импульсные модуляторы (PWM), схемы управления (CTRL & HAND-SHAKE), выходные ключи (DRIVER HIGH/LOW). Общими узлами являются: генератор треугольного напряжения (OSC), схема защиты от перегрузок и перегрева (TEMP SENSOR/CURRENT PROT) и схе-

мы управления (MODE, STABI, MANAGER). Генератор треугольного напряжения может работать в режиме автоколебаний, в этом случае вывод 7 микросхемы должен быть соединён с выводами 1, 12 (Vssa) через резистор  $R_{osc}$  и конденсатор  $C_{osc}$ . Фирмой рекомендованы номиналы  $R_{osc} = 30 \text{ кОм}$ ,  $C_{osc} = 220 \text{ пФ}$ ; при этом частота генерации составляет порядка 350 кГц. В режиме внешней синхронизации резистор и конденсатор отключают, а на вывод 7 микросхемы подают тактовый сигнал размахом 3...5 В. В рассматриваемом ресивере используется внешний тактовый генератор 301,35 кГц (или 350 кГц).

Входные парафазные сигналы подаются на выводы 9, 8 и 5, 4 микросхемы, где преобразовываются в импульсные. Выходные ШИМ-сигналы ИУ с выводов 16, 21 через ФНЧ 2-го порядка с частотой среза около 50 кГц поступают на акустические системы. Напряжения питания  $V_{dd}$ ,  $V_{ss} \pm 28 \text{ В}$  подаются на соответствующие выводы микросхемы через высокочастотные дроссели (BEAD). Весь ИУ с целью снижения высокочастотных излучений полностью экранирован.

Микросхема TDA8924 (TH) по структуре и назначению выводов не отличается от TDA8920; их корпуса также

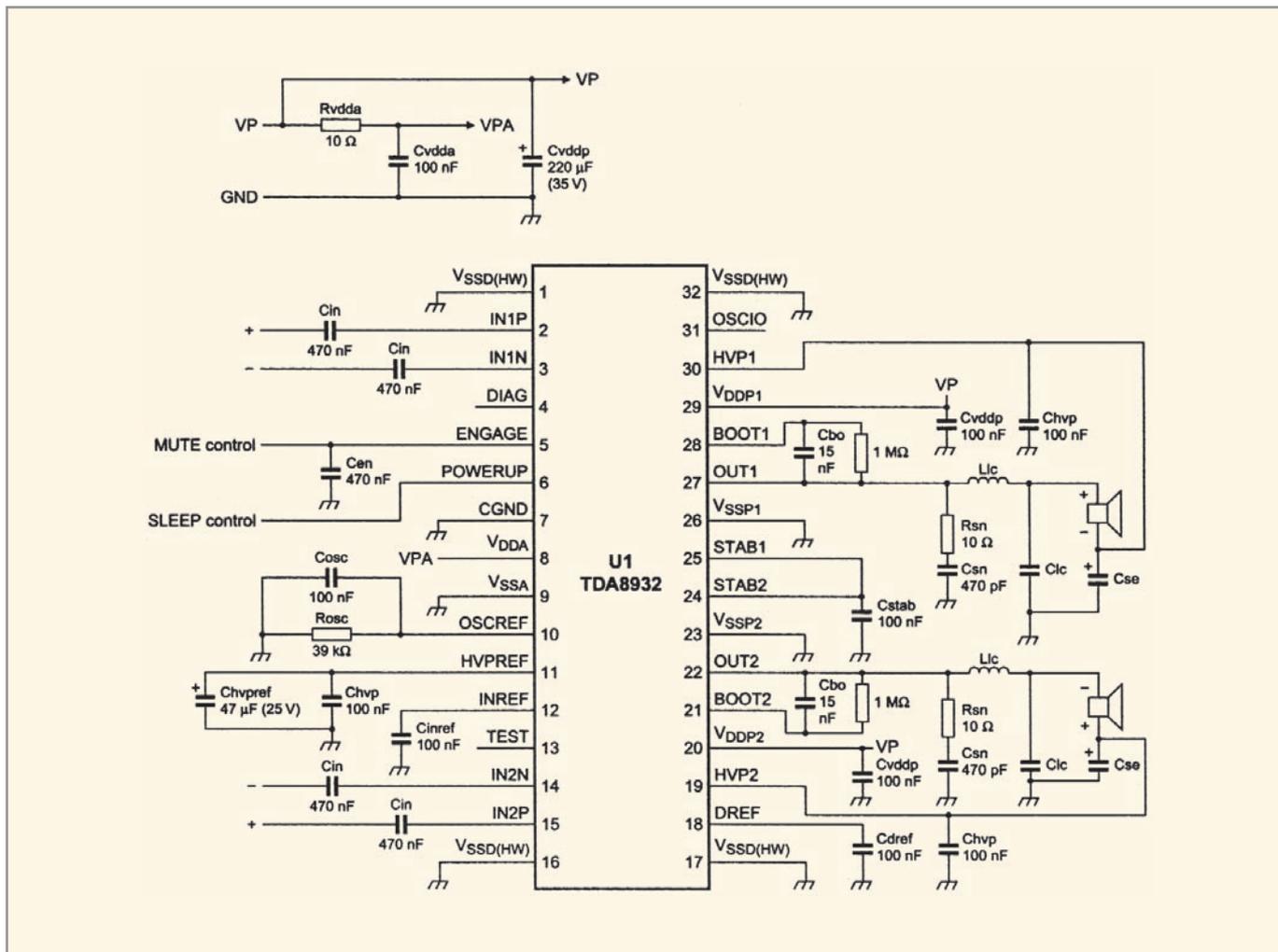


Рис. 3. Типовое включение микросхемы TDA8932

одинаковы. Параметры микросхемы TDA8924 приведены в таблице.

Микросхема TDA8932 является высокоэффективным ИУ в классе D. В качестве выходных ключей применены диффузионные МОП-транзисторы (Diffusion Metal Oxide Semiconductor). В стереофоническом режиме возможно получение выходной мощности  $2 \times 15$  Вт на нагрузке 4 Ом без использования теплоотвода (в мостовом включении BTL мощность составляет 30 Вт). Однополярное напряжение питания составляет 10...36 В, двухполярное  $\pm(5...18)$  В. Возможна работа с внутренним и внешним задающими генераторами. Микросхема предназначена для использования в телевизорах и мониторах, в системах мультимедиа, беспроводных акустических системах, мини- и микросистемах и т.п. Основные параметры ИС приведены в таблице.

Структура и нумерация выводов микросхемы TDA8932 приведены на рисунке 2. В состав ИС входят: задающий генератор (OSCILLATOR); входные дифференциальные усилители 1, 2;

широко-импульсные модуляторы (PWM MODULATOR); узлы управления (CTRL); предварительные импульсные усилители (DRIVER HIGH/LOW); силовые ключи 3 – 6; блок защиты (PROTECTIONS: OVP, OCP, OTP, UVP, TF, WP); устройство управления режимами (MODE, MENAGER); стабилизаторы на напряжение 11 В, 5 В (Regulator

11В/5В), источник образцового напряжения Vdd/2.

Типовое включение микросхемы в стереофоническом режиме с однополярным питанием (выводы Vssa, Vssd, Vssp1, Vssp2 соединены с корпусом) показано на рисунке 3. Входные парафазные звуковые сигналы левого и правого каналов подаются на выводы 2 и 3 и

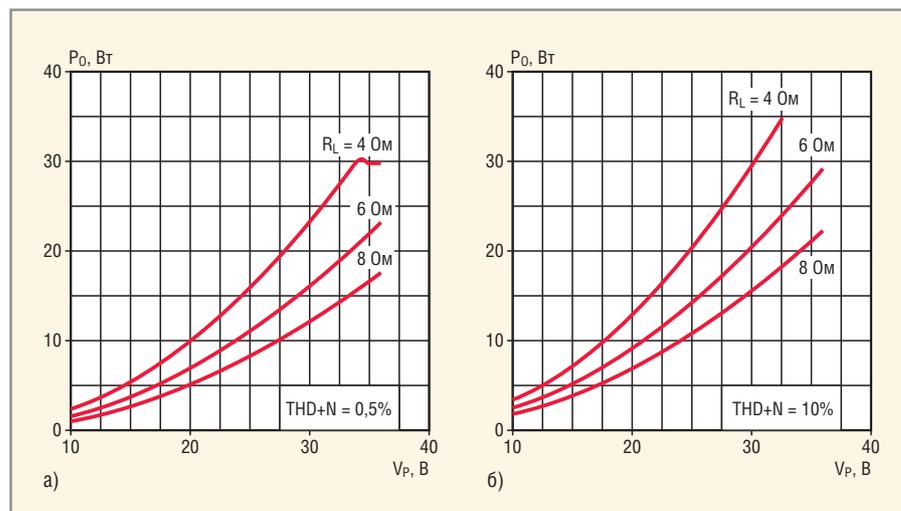


Рис. 4. Зависимости выходной мощности от напряжения питания микросхемы TDA8932

THD+N = КНИ + шум

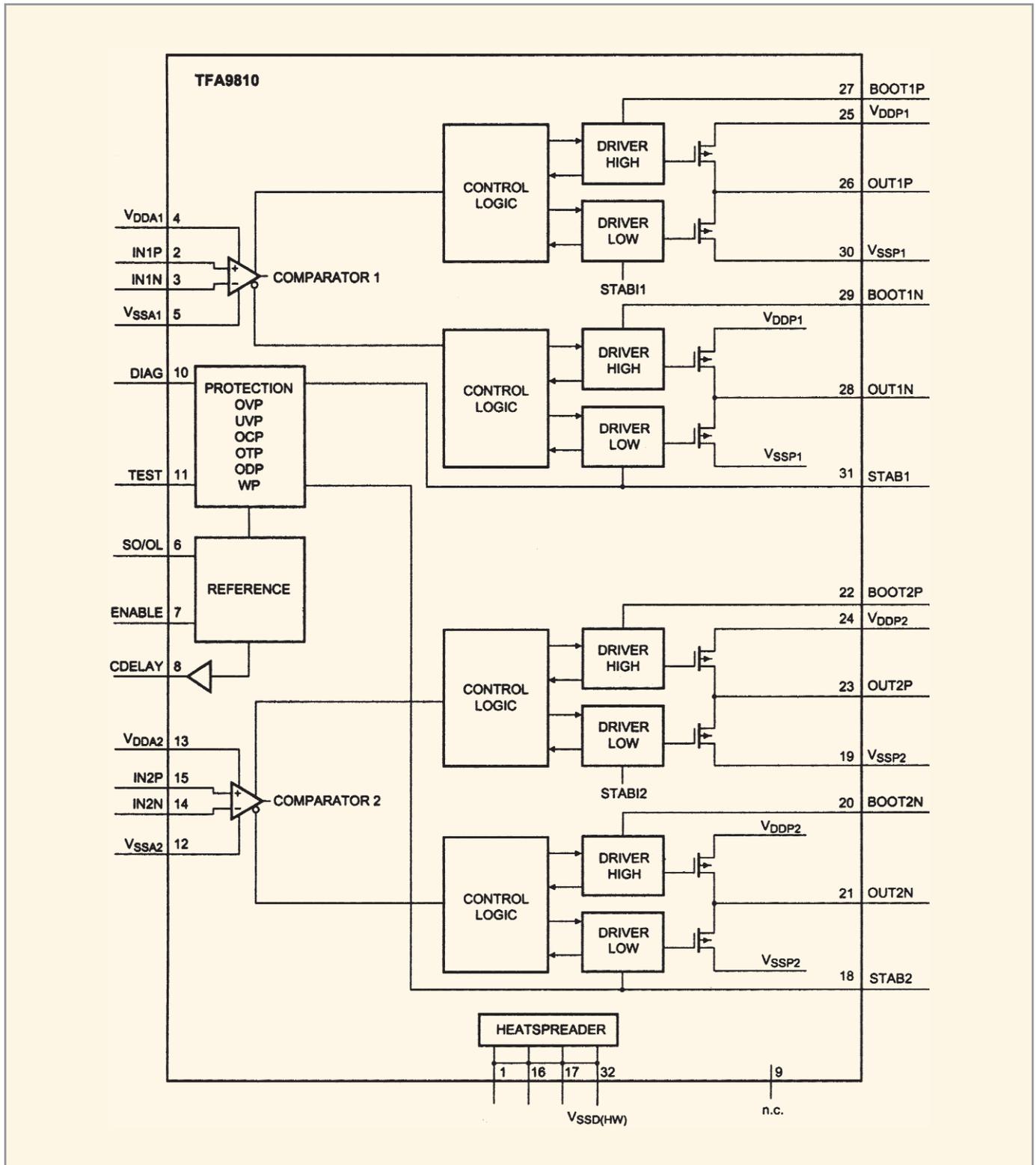


Рис. 5. Структура и нумерация выводов микросхемы TFA9810

14, 15 соответственно. Внутренний генератор треугольного напряжения работает в режиме автоколебаний, времязадающая цепь  $R_{osc}$ ,  $C_{osc}$ , подключённая к выводу 10, обеспечивает частоту генерации порядка 320 кГц. При использовании в одном устройстве нескольких микросхем рекомендуется одну из них использовать в качестве ведущей (Master mode), остальные – в ведомом режиме (Slave mode).

При этом выводы 31 (OSCIO) всех микросхем соединяют между собой; у ведомых микросхем выводы 10 соединяют с выводами 16 (VSSD).

Режимы работы ИС определяются уровнями управляющих напряжений на выводах 6 (POWERUP) и 5 (ENGAGE). В дежурном режиме (Sleep) в обеих цепях напряжение должно быть менее 0,8 В, в режиме приглушения (Mute) на выводе 6 – от 2 до 6 В, на выводе 5 – ме-

нее 0,8 В; в рабочем режиме на обоих выводах должно быть напряжение от 3 до 6 В. Получение минимальных искажений при заданной выходной мощности ИУ возможно при правильном выборе напряжения источника питания. На рисунке 4 приведены зависимости выходной мощности микросхемы в стереорежиме от напряжения питания при различных сопротивлениях нагрузки и общих гармонических ис-

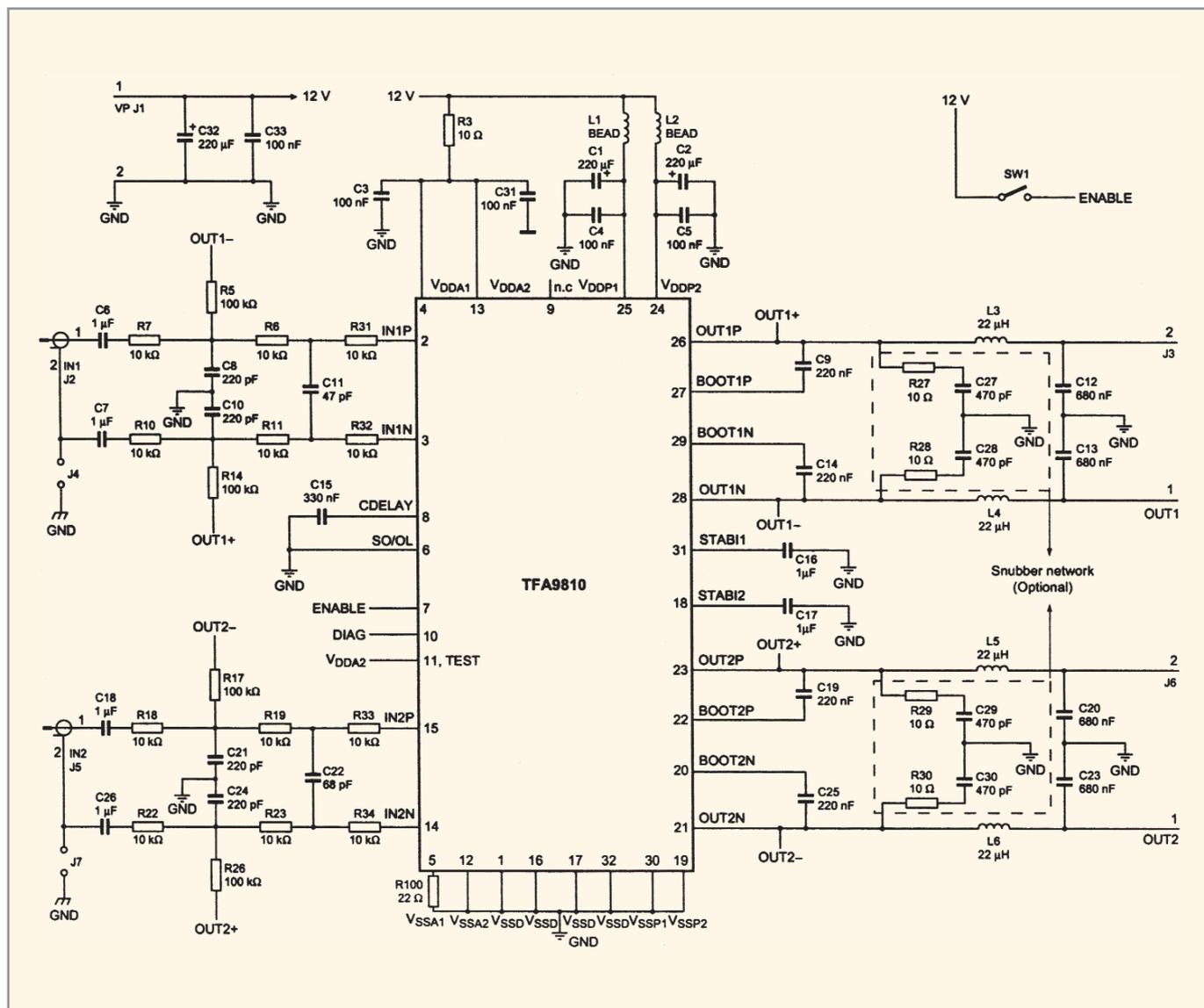


Рис. 6. Типовое включение микросхемы TFA9810

кажениях (рис. 4а – THD + N = 0,5%, рис. 4б – 10%).

Для получения плоской АЧХ ИУ на выходе устанавливают ФНЧ Батерворта 2-го порядка; параметры элементов фильтра определяются сопротивлением нагрузки. Изготовителем ИС рекомендованы следующие номиналы пассивных компонентов  $L_{ic}$ ,  $C_{ic}$ : при  $R_H = 4 \text{ Ом}$  – 22 мкГн, 680 пФ; при  $R_H = 6 \text{ Ом}$  – 33 мкГн, 470 пФ;  $R_H = 8 \text{ Ом}$  – 47 мкГн, 330 пФ (стереорежим). При указанных значениях верхняя граничная частота ИУ по уровню –3 дБ составляет 50 кГц. Нижняя граничная частота определяется значением ёмкости конденсаторов  $C_{sc}$ ; 20 Пф по уровню –3 дБ при работе в стереорежиме обеспечивается при  $C_{sc} = 2200 \text{ мкФ}$  ( $R_H = 4 \text{ Ом}$ ), 1500 мкФ ( $R_H = 6 \text{ Ом}$ ), 1000 мкФ ( $R_H = 8 \text{ Ом}$ ).

Микросхема TDA8933 отличается от TDA8932 меньшей выходной мощностью, 2 × 10 Вт в однофазном режиме и 1 × 20 Вт в мостовом режиме;

структура, назначение и нумерация выводов совпадают. Основные параметры микросхемы TDA8933 приведены в таблице.

Микросхема TFA9810 является мощным двоянным компаратором, предназначенным для использования в усилителях, работающих в классе D, и «цифровых» усилителях (DDX и т.п.). В отличие от рассмотренных выше микросхем (см. рис. 2), в структуру TFA9810 не включены генератор треугольного сигнала, ШИМ и входные аналоговые усилители. На входы микросхемы можно подавать как ШИМ-сигналы, так и аналоговые звуковые сигналы. Структура и нумерация выводов микросхемы приведены на рисунке 5. В состав микросхемы входят: компараторы (COMPARATOR 1, 2) входных импульсных сигналов, устройство управления (REFERENCE) и «теплоотводящая структура» (HEAT SPREADER), назначение остальных узлов – аналогичное.

Режимы работы ИС, определяемые уровнем напряжения на выводе 6 (SO/OL), задаёт устройство управления (REFERENCE). При соединении вывода 6 с цепью  $V_{ssd} \text{ HW}$  (корпус) микросхема работает в режиме автоколебаний (SO), а на входы компараторов следует подавать аналоговые звуковые сигналы. При работе с отключённым выводом 6 микросхема переходит в режим с разомкнутой обратной связью, а на входы следует подавать ШИМ-сигналы. Напряжение на выводе 7 (ENABLE) задаёт рабочий (более 3 В) или дежурный (менее 0,8 В) режимы. При работе ИС в режиме автоколебаний к выводу 8 (CDELAY) подключается времязадающий конденсатор. Выводы 1, 16, 17, 32 ( $V_{ssd} \text{ HW}$ ) ИС должны быть соединены с фольгированными участками печатных, при этом необходимость в специальном теплоотводе отпадает. Основные параметры микросхемы TFA9810 приведены в таблице.

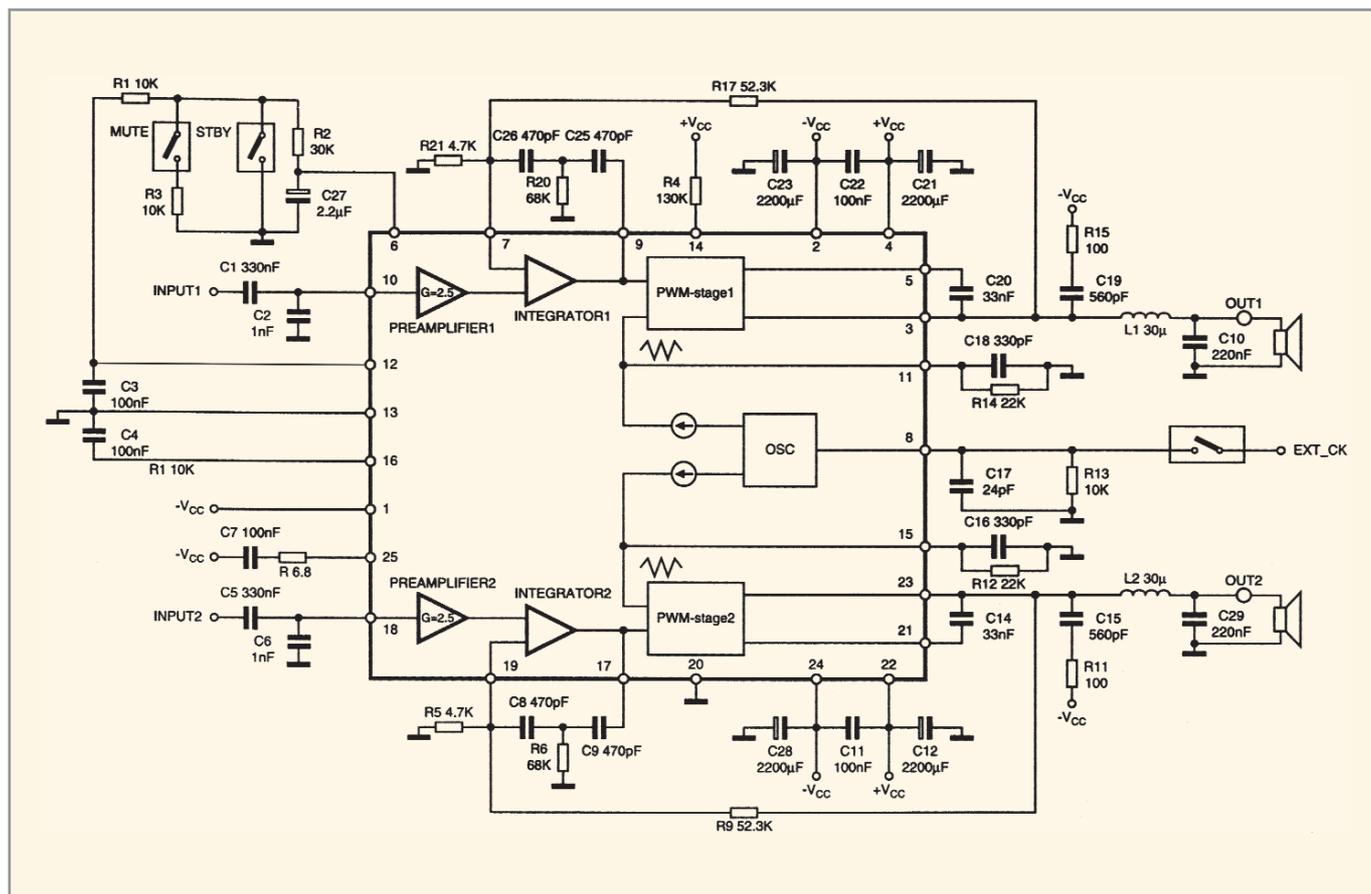


Рис. 7. Типовое включение микросхем STA505, STA506, STA508 с однополярным питанием

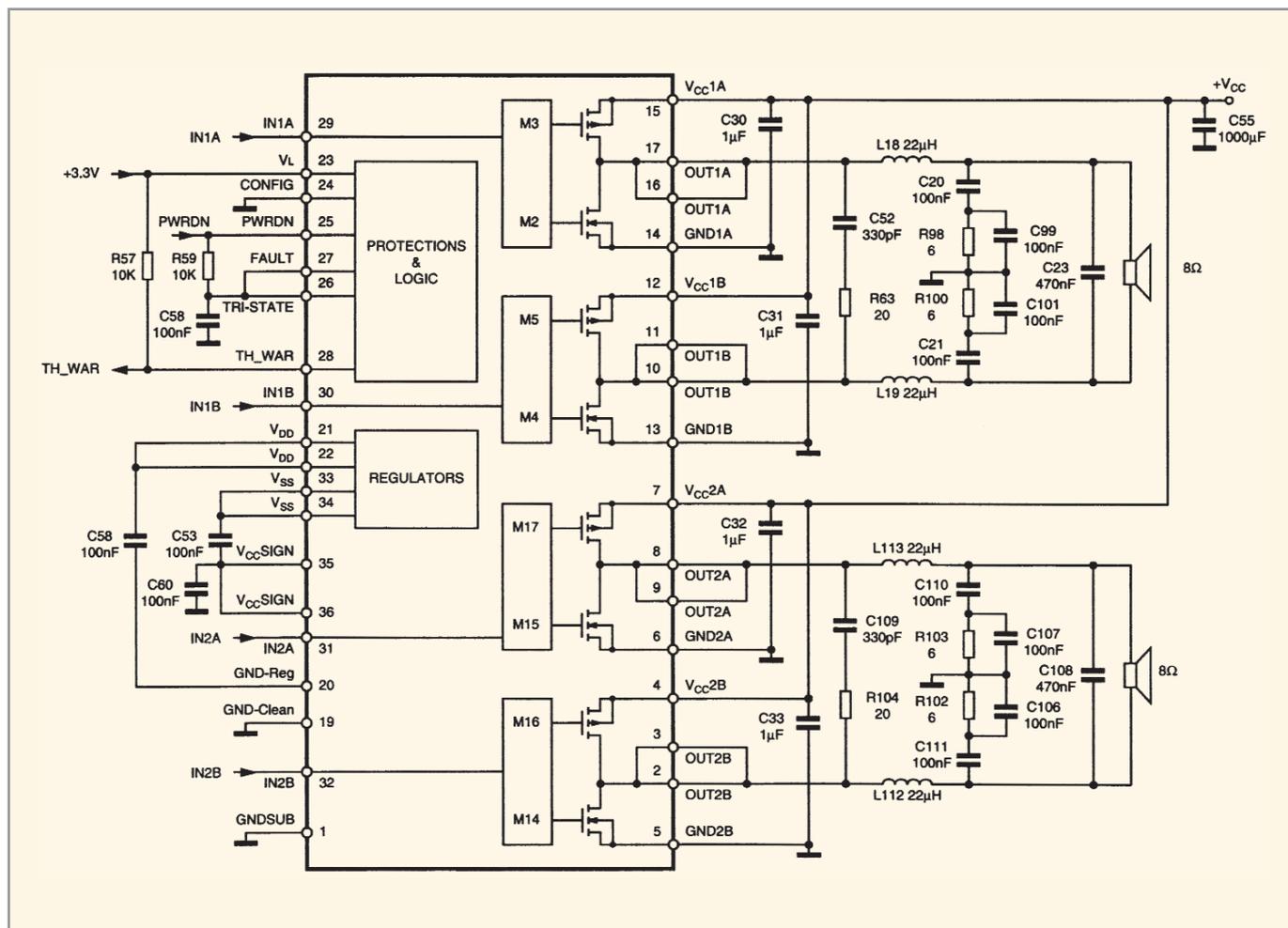


Рис. 8. Типовое включение микросхем STA505/506/508

Типовое включение микросхемы TFA9810 с однополярным источником питания показано на рисунке 6. Параметры выходных ФНЧ даны для сопротивления нагрузки 4 Ом (сопадают с параметрами ФНЧ для микросхем TDA8932/8933). Рекомендованные катушки индуктивности L3 – L6: 8RDY ТОКО А7040HN-220M, 11RHBP ТОКО А7503CY-220M фирмы Токо или 7311NA-220M фирмы Sagami. Параметры помехоподавляющих дросселей L1, L2: сопротивление на постоянном токе менее 0,5 Ом и более 80 Ом на частоте 10 МГц (например, SMD1206 фирмы Würth Elektronik).

В каталоге фирмы STM на 2008 г. представлены микросхемы для ИУ двух групп: усилители в классе D и цифровые усилители, выполненные по технологии DDX. К усилителям в классе D относятся TDA7480-7482, TDA7490 и TDA7491. В группу цифровых усилителей входят STA500/505/506/508/515-518.

Микросхема TDA7490 (2005 г.) является сдвоенным ИУ в классе D, выполнена в корпусе Flexiwatt 25 и предназначена для использования в телевизорах и малогабаритной звуковой

аппаратуре. Структура и типовая схема включения в стереорежиме приведены на рисунке 7. В состав микросхемы входят предварительные аналоговые усилители (PREAMPLIFIER1/2), генераторы треугольного напряжения (INTEGRATOR1/2), ШИМ-модуляторы (PWM-stage1/2) и задающий генератор (OSC). Основные параметры микросхемы приведены в таблице.

Микросхемы STA505 (2003 г.), STA506 (2004 г.) и STA508 (2006 г.) являются счетверёнными мостовыми усилителями (QUAD POWER HALF BRIDGE), выполненными по технологии Multipower BCD Technology в корпусах PowerSO36. На базе микросхем возможно построение высокоэффективных двухканальных ИУ по технологии DDX. Структура и схема включения в двойном мостовом режиме одинаковы для всех трёх микросхем и показаны на рисунке 8. В состав микросхем входят четыре оконечных ключевых каскада на комплементарных МОП-транзисторах (Complementary DMOS), формирователи импульсов с дифференциальными выходами (M2 – M5, M14 – M17), стабилизаторы напряжения (REGULATORS), блок защиты

и логические схемы (PROTECTIONS & LOGIC).

На входы IN1A, IN1B, IN2A, IN2B подаются парафазные ШИМ-сигналы размахом около 0,6 В. Назначение логических функциональных выводов микросхемы: вывод 27 (FAULT), лог. 0 – включена защита от коротких замыканий и перегрева, лог. 1 – защита выключена; вывод 26 (TRI-STATE), лог. 0 – все выходы находятся в состоянии высокого выходного сопротивления, лог. 1 – штатный режим; вывод 25 (PWRDN), лог. 0 – состояние пониженного потребления тока, лог. 1 – штатный режим; вывод 28 (THWAR), лог. 0 – допустимая температура микросхемы до 130°C, лог. 1 – штатный режим; вывод 24 (CONFIG), лог. 0 – штатный режим, лог. 1 – OUT1A/2A=OUT1B/2B, если IN1A/IN2A=IN1B/IN2B. Во всех случаях уровню лог. 1 соответствует 3,3 В. Основные параметры микросхем STA505/506/508 приведены в таблице.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.nxp.com>.
2. <http://www.st.com>.
3. Direct Digital Amplification, <http://www.apogeebio.com/ddx>.

