

Телефонные усилители и УМЗЧ для устройств беспроводной связи

Игорь Безверхний (г. Киев, Украина)

Научно-техническая революция коснулась всех сторон жизнедеятельности человека. Не прошла она мимо элементной базы устройств связи и в частности телефонных усилителей и УМЗЧ. В чём-то они стали проще, а в чём-то сложнее. О некоторых тенденциях развития микросхем телефонных усилителей и маломощных УМЗЧ пойдёт речь в настоящей статье.

Большинство устройств беспроводной связи – это малогабаритные носимые устройства с автономным (батарейным) низковольтным питанием. Отсюда вытекает первое требование к УМЗЧ и телефонным усилителям – высокая экономичность (КПД). Повышенный КПД может быть достигнут применением экономичных режимов класса АВ, В и D (см. [1, 2]). Правда, есть и другой способ, но сначала, уважаемый читатель, давайте найдём ответ на один простой вопрос: «Что является главной функцией, например, мобильного телефона?»

Ответ также прост. В большинстве случаев главная функция мобильного телефона, радиостанции и подобных устройств – это молчать и ждать. Ждать звонка или момента, когда владелец аппарата пожелает связаться с кем-либо сам, а в случае с мобильным телефоном ещё и поиграть в игру, просмотреть адресную книгу и т.п. Всё остальное время, а это большая часть суток, аппарат включен, но молчит и ждёт. В этом режиме он должен потреблять как можно меньше энергии, чтобы не разряжать источник питания. Поэтому большинство микросхем УМЗЧ и телефонных усилителей имеет вход управления режимом SHUTDOWN. Если на этот вход подать определённый логический уровень (обычно лог. 0), то её потребление сводится к минимуму. При этом в моменты включения и выключения в громкоговорителе или головных телефонах не должно быть щелчков. Включение и выключение должны быть мягкими (плавными). Для этих целей применяются специальные защиты, которые называют по-разному, но в английском названии этих схем всегда присутствуют

два слова: Click (щелчок) и Pop (выталкивание).

Для более полного использования источника питания в УМЗЧ очень часто применяется мостовой выход. Как известно, в УМЗЧ с мостовым выходом нет необходимости в разделительном конденсаторе в цепи нагрузки, что заметно улучшает частотную характеристику в области низких частот. Есть ещё два способа отказаться от разделительного конденсатора на выходе УМЗЧ с одним источником питания. Первый – это создать искусственную среднюю точку, на которой формируется постоянное напряжение, равное половине напряжения питания ($V_{DD}/2$). Второй способ – это, используя энергию основного положительного источника питания, сформировать отрицательное напряжение той же величины и питать усилитель полученным двуполярным напряжением.

Поскольку микросхемы, о которых идёт речь, могут применяться в устройствах с высоким качеством воспроизведения сигнала, многие телефонные усилители и УМЗЧ выполняются стереофоническими. Есть и другой интересный приём. Одна и та же микросхема работает в режиме МОНО на внутренний динамик, а при включении стереофонических головных телефонов автоматически этот динамик отключается и микросхема переключается в режим СТЕРЕО.

В последние годы широко применяется цифровая обработка сигнала звука. Для того чтобы не устанавливать отдельные ЦАПы (цифро-аналоговые преобразователи), их начали совмещать с телефонными усилителями и УМЗЧ.

Ну, и наконец, последнее – это уменьшение количества деталей об-

вязки, а главное, габаритов самих микросхем. Всё описанное выше рассмотрим на примерах пяти микросхем от разных производителей. Особенности этих микросхем, их внешний вид, размеры и расположение выводов показано в таблице 1.

Микросхема стереофонического телефонного усилителя MAX4410 фирмы Maxim

Микросхема MAX4410 фирмы Maxim (точнее, Dallas/Maxim Integrated Products Inc.) представляет собой телефонный стереофонический усилитель с плавным (без щелчка) включением и выключением, развивающий в каждом канале на нагрузке 16 Ом мощность 80 мВт. Микросхема изготавливается в одном из двух корпусов, TSSOP или UCSP (ultra chip-scale package). Основные параметры, внешний вид и расположение выводов этой микросхемы можно найти в таблице 1, а назначение выводов – в таблице 2. Выводы корпуса UCSP сгруппированы в ряды и столбцы в виде матрицы, и их номера состоят из буквы, которая соответствует строке (ряду), и цифры, которая соответствует столбцу (см. таблицу 1).

Микросхема MAX4410 имеет запатентованную фирмой MAXIM архитектуру DirectDrive. Главной особенностью этой архитектуры является то, что она имеет однополярное положительное напряжение питания и содержит схему CHARGE PUMP, которая обеспечивает автономное получение второго, но уже отрицательного, напряжения питания для выходных каскадов микросхемы. Схему CHARGE PUMP в отечественной технической документации и литературе принято называть схемой вольтодобавки. Архитектура DirectDrive, обеспечивающая двуполярное питание выходных каскадов, позволяет отказаться от разделительных конденсаторов на выходах.

Функциональная схема и схема включения микросхемы MAX4410 показана на рис. 1. Номера, указанные непосредственно на выводах, соответствуют номерам выводов мик-

Таблица 1. Особенности и расположение выводов микросхем УМЗЧ и телефонных усилителей

Микросхемы	MAX4410		SSM2250		LM4910			MAX4295	CS44L11
	MAX4410EUD	MAX4410EBE-T	SSM2250RM	SSM2250RU	LM4910MM	LM4910MA	LM4910LQ		
Корпус	TSSOP	UCSB	MSOP	TSSOP	MSOP	SO	LQ	QSOP	TSSOP
Размеры, мм	5 × 4,5 × 1	2 × 2 × 0,6	3 × 3 × 0,8	5 × 4,5 × 1	3 × 3 × 1	5 × 4 × 1,7	2 × 2 × 0,8	4,9 × 3,9 × 1,5	6,4 × 4,4 × 0,9
Внешний вид и расположение выводов									
Особенности	Телефонный стереоусилитель DirectDrive с одним источником питания без разделительных конденсаторов на выходах		Мостовой монофонический УМЗЧ со стереофоническим телефонным усилителем		Телефонный стереоусилитель класса АВ с одним источником питания без разделительных конденсаторов на выходах			Монофонический УМЗЧ класса D	Телефонный усилитель класса D с цифровым аудиовходом (стерео)
Напряжение питания, В	1,8...3,6		2,7...5,5		2,5...5,5			2,7...5,5	1,8...2,4
Выходная мощность, мВт	80		Моно – 1500 / стерео – 2 × 90 (макс. 2 × 125)		35			2000	23
Сопrotивление нагрузки, Ом	16		Моно – 4 / стерео – 32		32			4	16

росхемы MAX4410EUD в корпусе TSSOP. Номера выводов микросхемы MAX4410EBE-T в корпусе UCSB указаны в скобках рядом с выводами.

Назначение деталей:

- C1 – конденсатор вольтодобавки;
- C2 – блокирует источник положительного напряжения по переменному напряжению;
- C4 – блокирует источник отрицательного напряжения по переменному напряжению;
- C3, C5 – разделительные конденсаторы;
- R1, R3 – ограничивающие резисторы;
- R2, R4 – резисторы ООС.

Напряжение питания 1,8...3,6 В поступает на выводы 2 и 9 микросхемы (номера выводов здесь и далее указаны для MAX4410EUD). Схема вольтодобавки (CHARGE PUMP) с помощью внешнего конденсатора C1 обеспечивает получение отрицательного напряжения той же величины. Полученное таким образом отрицательное напряжение выводится из микросхемы через вывод 6, фильтруется конденсатором C2 и поступает внутрь микросхемы через вывод 7 (SVSS) для питания выходных усилителей. Всё остальное понятно из схемы на рис. 1.

Микросхема УМЗЧ SSM2250 фирмы Analog Devices

Микросхема SSM2250 фирмы Analog Devices объединяет в себе монофонический УМЗЧ с мостовым выходом и стереофонический телефонный усилитель. Этим обусловлено наличие двух режимов работы: СТЕРЕО (при работе на головные телефо-

ны) и МОНО (при работе на внутренний громкоговоритель устройства). В режиме МОНО микросхема развивает мощность до 1,5 Вт на нагрузке 4 Ом, в режиме СТЕРЕО – до 250 мВт на головные телефоны с сопротивлением 32...600 Ом (оптимальное сопротивление 80 Ом). Диапазон рабочих температур –40...+85°С.

Функциональная схема микросхемы SSM2250 показана на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что мост с последовательным управлением каналами составляют два верхних усилителя. Оба они инвертирующие. Микросхема SSM2250 имеет два входа – LEFT IN и RIGHT IN (выводы 2 и 6), которые в режиме МОНО замкнуты, и мостовой вы-

ход (выводы 13 и 11). К выводу 10 подключается внешний конденсатор, которым заземляются по переменной составляющей неинвертирующие входы каналов мостового усилителя. Два внутренних резистора микросхемы – это цепь ООС, определяющая коэффициент усиления второго канала мостового усилителя. Коэффициент усиления таков, что выходные сигналы на выводах 11 и 13 равны. При подаче низкого потенциала (до 1 В) на вывод 3 (SHUTDOWN) выходные каскады всех трёх усилителей микросхемы плавно запираются, и потребление микросхемы значительно снижается. При высоком уровне управляющего напряжения (более 1,7 В) на этом выводе схема

Таблица 2. Назначение выводов микросхем MAX4410 фирмы Maxim в разных корпусах

Корпуса		Обозначение	Назначение
TSSOP	UCSP		
1	B2	SHDNL	Вход сигнала выключения левого канала (активный уровень – низкий)
2	A3	PV _{DD}	Вход напряжения питания схемы вольтодобавки
3	A4	C1P	Положительный вывод конденсатора вольтодобавки
4	B4	PGND	Корпус цепей питания микросхемы
5	C4	C1N	Отрицательный вывод конденсатора вольтодобавки
6	D4	PV _{SS}	Выход отрицательного напряжения со схемы вольтодобавки
7	D3	SV _{SS}	Вход отрицательного напряжения питания выходных усилителей
8	D2	OUTL	Выход левого канала
9	D1	SVDD	Вход положительного напряжения питания выходных усилителей
10	C1	INL	Вход левого канала
11	C2	OUTR	Выход правого канала
12	B1	SHDNR	Вход сигнала выключения правого канала (активный уровень – низкий)
13	A1	INR	Вход правого канала
14	A2	SGND	Корпус сигнальных цепей микросхемы

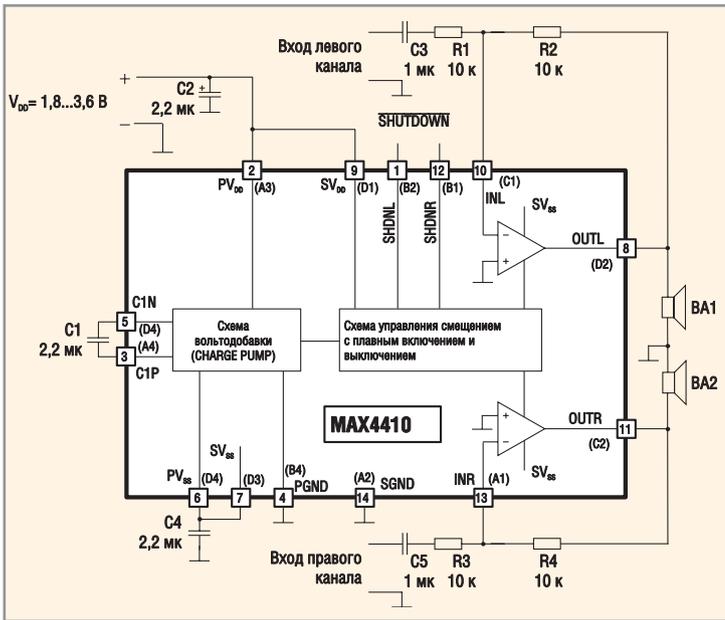


Рис. 1. Функциональная схема и схема включения микросхемы MAX4410 фирмы Maxim в корпусах TSSOP и UCSB (номера выводов указаны в скобках)

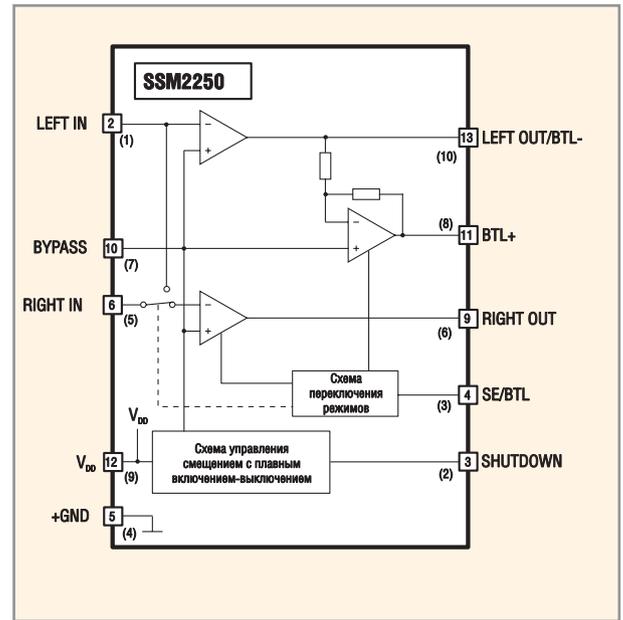


Рис. 2. Функциональная схема микросхемы SSM2250 фирмы Analog Devices

управления напряжением смещения на работу микросхемы не влияет.

Микросхема содержит схему переключения режимов МОНО/СТЕРЕО (тлф.) и ещё один усилитель (нижний по схеме на рис. 2), который используется в качестве усилителя правого канала для головных телефонов. В режиме СТЕРЕО (тлф.) низкий потенциал, поданный на вывод 4 через схему переключения режимов, размыкает внутренний ключ микросхемы и запирает усилитель с выходом BTL+. При этом в качестве стереоусилителя для головных телефонов использу-

ются верхний и нижний (по функциональной схеме) усилители.

Микросхема изготавливается в корпусе: MSOP, который имеет 10 выводов (SSM2250RM), или TSSOP с 14 выводами (SSM2250RU). Расположение выводов и особенности этих микросхем сведены в таблицу 1, а назначение выводов – в таблицу 3.

Типовое включение микросхемы SSM2250RU изображено на схеме рис. 3. На этой схеме так же, как и на функциональной схеме (рис. 2), в скобках указаны номера выводов микросхемы SSM2250RM.

Таблица 3. Назначение выводов микросхем SSM2250RM в корпусе MSOP (10 выводов) и SSM2250RU в корпусе TSSOP (14 выводов)

Выводы		Обозначение	Назначение
SSM2250RM	SSM2250RU		
–	1	NC	Свободный
1	2	LEFT IN	Вход левого канала
2	3	SHUTDOWN	Вход плавного выключения (активный уровень низкий)
3	4	SE/BTL	Вход переключения моно (мост)/стерео тлф.
4	5	GND	Корпус
5	6	RIGHT IN	Вход правого канала
–	7	NC	Свободный
–	8	NC	Свободный
6	9	LEFT OUT/BTL–	Выход левого канала на тлф./инверсный выход моста
7	10	V _{DD}	Напряжение питания выходного каскада
8	11	BTL+	Прямой выход моста
9	12	BYPASS	Вывод подключения внешнего развязывающего конденсатора
10	13	RIGHT OUT	Выход правого канала на тлф.
–	14	NC	Свободный

Назначение деталей схемы рис. 3:

- C1, C2, C4, C5 – разделительные конденсаторы;
- C3 – блокирует неинвертирующие входы усилителей;
- R1, R2 – ограничивающие резисторы;
- R3, R4 – резисторы ООС;
- R5, R6 – эквиваленты нагрузки при отключенных головных телефонах в режиме МОНО;
- R7 – подтягивающий резистор, задаёт высокий уровень на выводе SE/BTL.

Переключение режимов МОНО/СТЕРЕО (тлф.) осуществляется выключателем, который совмещён с гнездом подключения головных телефонов X1. В режиме МОНО контакты этого выключателя разомкнуты, и через резистор R7 на вывод SE/BTL подаётся высокий потенциал. При этом схема переключения режимов обеспечивает включение среднего усилителя (по функциональной схеме рис. 2), и если на выводе SHUTDOWN будет высокий потенциал, усилитель работает на громкоговоритель, как усилитель с мостовым выходом. В режиме СТЕРЕО в гнездо X1 (см. рис. 3) вставлен штекер головных телефонов, и телефон левого канала шунтирует малым сопротивлением вывод SHUTDOWN на корпус, уменьшая напряжение на этом выводе. При этом включится режим СТЕРЕО, и средний усилитель (по функциональной схеме) запирается, а верхний и нижний будут работать на головные телефоны.

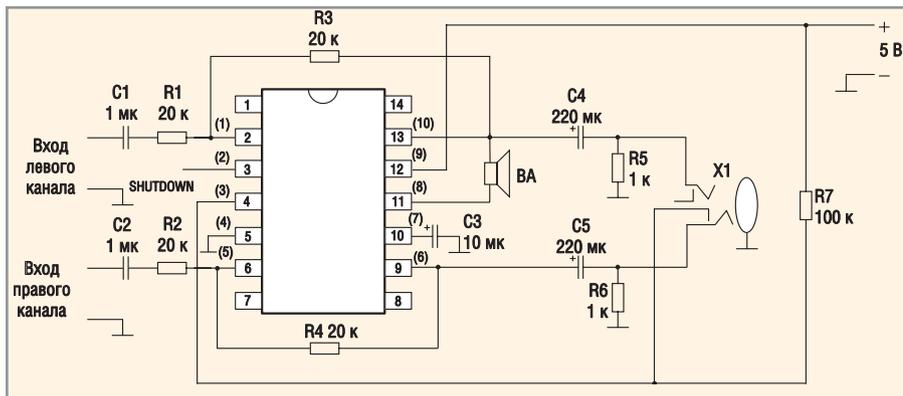


Рис. 3. Типовое включение микросхемы SSM2250RU(RM)

Таблица 4. Назначение выводов микросхемы LM4910 фирмы National Semiconductor в корпусах MSOP, SO и LQ

Выводы		Обозначение	Назначение
MSOP, SO	LQ		
1	8	IN1	Вход канала 1
2	1	IN2	Вход канала 2
3	2	SHUTDOWN	Вход сигнала выключения (активный уровень низкий)
4	3	GND	Корпус
5	4	VDD	Напряжение питания 2,5...5,5 В
6	5	Vo3	Вывод средней точки для каналов 1 и 2
7	6	Vo2	Выход канала 2
8	7	Vo1	Выход канала 1

Микросхема стереофонического телефонного усилителя LM4910 фирмы National Semiconductor

Главной особенностью этой микросхемы является способ получения средней точки, т.е. точки, в которой создаётся и поддерживается постоянное напряжение, равное половине напряжения питания ($V_{DD}/2$).

Функциональная схема и схема включения микросхемы LM4910 фир-

мы National Semiconductor показана на рис. 4. Номера, указанные непосредственно на выводах, соответствуют номерам выводов микросхем LM4910MM и LM4910MA в корпусах MSOP и SO. Номера выводов микросхемы LM4910LQ в корпусе LQ указаны в скобках. Основные параметры, внешний вид и расположение выводов этих микросхем можно найти в таблице 1, а назначение выводов в таблице 4.

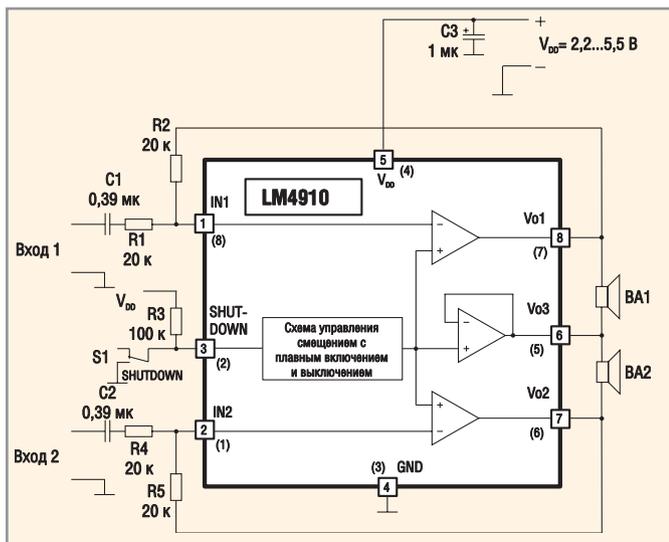


Рис. 4. Функциональная схема и схема включения микросхемы LM4910 фирмы National Semiconductor в корпусах MSOP, SO и LQ

Для получения средней точки и её стабилизации используется средний усилитель микросхемы, а средняя точка выведена через вывод 6 (5) и обозначена как Vo3.

Микросхема УМЗЧ класса D MAX4295 фирмы Maxim

Микросхема MAX4295 фирмы Maxim – это высокоэкономичный монофонический УМЗЧ класса D с мостовым выходом и плавным включением и выключением. О принципах работы усилителей класса D можно прочесть в статьях [1, 2]. Микросхема имеет режим малого потребления. Она способна развивать мощность до 2 Вт на нагрузке сопротивлением 4 Ом при напряжении питания 5 В или 0,7 Вт при напряжении питания 3 В. Диапазон рабочих температур $-40...+85^{\circ}\text{C}$. Микросхема питается от одиночного источника питания 2,7...5,5 В. При выходной мощности 2 Вт и сопротивлении нагрузки (громкоговорителя) 4 Ом КПД составляет 87%. Одна из особенностей этой микросхемы – возможность программно устанавливать частоту генератора пилообразного напряжения (125, 250, 500 или 1000 кГц). Коэффициент нелинейных искажений (THD + N) не превышает 0,4% при нагрузке 4 Ом и частоте ШИМ 125 кГц. Полоса рабочих частот составляет 1,5 МГц. Микросхема изготавливается в корпусе QSOP, который имеет 16 выводов. Функциональная схема микросхемы MAX4295 показана на рис. 5. Основные параметры и расположение выводов этой микросхемы сведены в

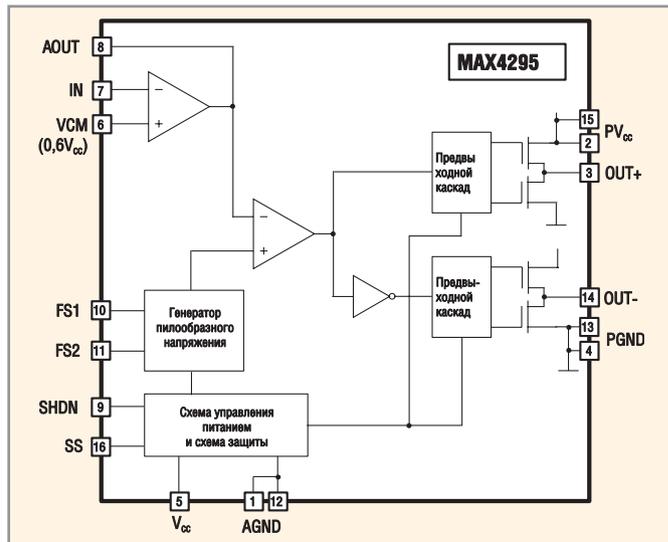


Рис. 5. Функциональная схема микросхемы MAX4295 фирмы Maxim

таблицу 1, а их назначение – в таблицу 5.

В состав микросхемы MAX4295 входят:

- предварительный усилитель (верхний слева, см. рис. 5);
- схема управления питанием;
- схема защиты;
- генератор импульсного напряжения;
- схема сравнения (компаратор) ШИМ;
- два канала усиления, каждый из которых состоит из предвыходного каскада и выходного двухтактного ключевого каскада на комплементарных МДП-транзисторах. Кроме того, на входе одного из этих каналов установлен инвертор.

Напряжение питания на выходные каскады микросхемы поступает отдельно от напряжения питания остальной схемы. Частота ШИМ, которая определяется частотой работы генератора импульсного напряжения, программируется логическими уровнями на выводах FS1 и FS2 (см. таблицу 6).

При подаче низкого уровня напряжения на вход SHDN микросхема плавно запирается, ток потребления снижается до 1,5 мкА и менее.

Типовое включение микросхемы MAX4295 показано на схеме рис. 6.

Таблица 5. Назначение выводов микросхемы MAX4295 фирмы Maxim

Выводы	Обозначение	Назначение
1, 12	AGND	Корпус аналоговой части
2, 15	PV _{CC}	Напряжение питания выходного каскада
3	OUT+	Прямой выход
4, 13	PGND	Корпус выходного каскада
5	V _{CC}	Напряжение питания аналоговой части
6	VCM	Контрольный вывод напряжения смещения (0,3V _{CC})
7	IN	Вход
8	AOUT	Выход предварительного усилителя
9	SHDN	Вход плавного выключения (без щелчка)
10	FS1	Входы выбора частоты ШИМ
11	FS2	
14	OUT-	Инверсный выход
16	SS	Конденсатор мягкого включения

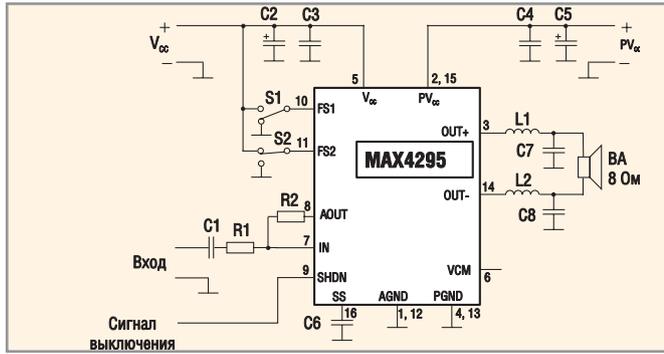


Рис. 6. Типовое включение микросхемы MAX4295

Назначение деталей этой схемы следующее:

- C1 – разделительный конденсатор;
- C2, C3 – конденсаторы фильтра питания;
- C4, C5 – конденсаторы фильтра питания выходных каскадов;
- C6 – конденсатор схемы плавного включения;
- R1 – ограничивающий резистор;
- R2 – резистор ООС;
- L1, C7 и L2, C8 – фильтры нижних частот.

Следует отметить, что фирма Maxim производит ещё одну микросхему схожей структуры – MAX4297, которая представляет собой высокоэкономичный стереофонический УМЗЧ класса D с мостовыми выходами и плавным включением/выключением. Эта микросхема отличается от MAX4295 наличием второго мостового канала усиления класса D, включая компаратор ШИМ, но имеет общие каскады – генератор «пилы», схему управления питанием и схему защиты. Микросхема изготавливается в корпусе SSOP, который имеет 24 вывода. Более подробную информацию о микросхеме MAX4297 можно найти в статье [1].

Микросхема телефонного стереофонического усилителя класса D с цифровым аудиовходом SC44L11 фирмы Cirrus Logic

Эта микросхема предназначена для применения в цифровых уст-

ройствах, таких как мобильный телефон и ему подобные, т.к. имеет цифровые аудиовходы и может преобразовывать без дополнительных ЦАП цифровые потоки звуковых данных нескольких стандартов в аналоговый стереосигнал, мощность которого на выходах микросхемы составляет 2 × 23 мВт (на нагрузке 16 Ом). Кроме этого в микросхеме CS44L11 в цифровой форме обеспечивается регулировка громкости, тембра (ВЧ и НЧ), переключение в любой канал сигнала правого, левого каналов или их суммы. Микросхема имеет КПД до 90%. Она изготавливается в корпусе TSSP с 16 выводами (см. таблицу 1). Назначение её выводов и основные параметры показаны в таблице 7, а функциональная схема – на рис. 7.

Микросхема SC44L11 содержит (см. рис. 7):

- последовательный порт цифрового аудиосигнала;
- схему установки частоты дискретизации LRCLK/MCLK;
- интерфейс управления портом;
- цифровой узел управления громкостью, тембром ВЧ и НЧ, ограничением компрессии и коррекцией;
- узел интерполяции;
- два канала обработки и усиления сигналов (А и В), каждый из которых имеет в своём составе сигма-дельта-модулятор с коррекцией предскажений, конвертор ШИМ и преобразователь уровней (level shifter).

Типовая схема включения микросхемы CS44L11 довольно проста, она показана на рис. 8.

Цифровой последовательный поток аудиоданных от источника сигнала поступает на вывод 1 (SDIN) микросхемы. Логический уровень сигнала, поступающего на вывод 2 (LRCLK), говорит об интервале времени передачи сигнала левого (лог. 1) или правого (лог. 0) канала. На вывод 3 (SCLK) поступают тактовые импульсы аудиосигнала, а на вывод 4 (MCLK) – тактовые импульсы для конверторов ШИМ и цифровых фильтров. Управляющая шина I²C используется для регулировок и задания опций работы микросхемы. Резисторы R1 и R2 – подтягивающие. В режимах Stand Alone Definitions шина I²C не применяется. В этом случае вывод 8 используется для задания формата цифрового интерфейса ау-

Таблица 6. Программирование частоты ШИМ

Логические уровни на входах		Частота, кГц
FS1	FS2	
0	0	125
0	1	250
1	0	500
1	1	1000

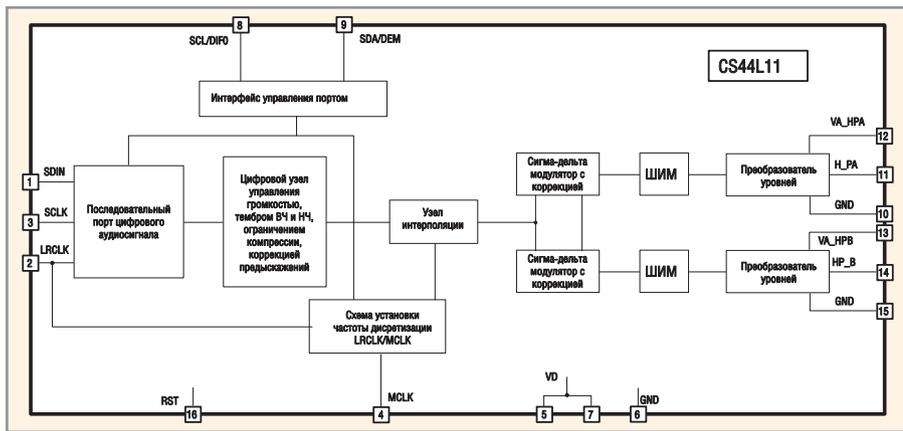


Рис. 7. Функциональная схема микросхемы CS44L11 фирмы Cirrus Logic

диосигнала (DIF – Digital Interface Format) путём подачи на него логических уровней:

- лог. 0 – формат шины I²S (24-битные данные);
- лог. 1 – формат 16-битных данных (Right Justified).

При этом вывод 9 используется для управления коррекцией; если его подключить на корпус, коррекция будет отключена.

Назначение остальных деталей схемы рис. 8 следующее:

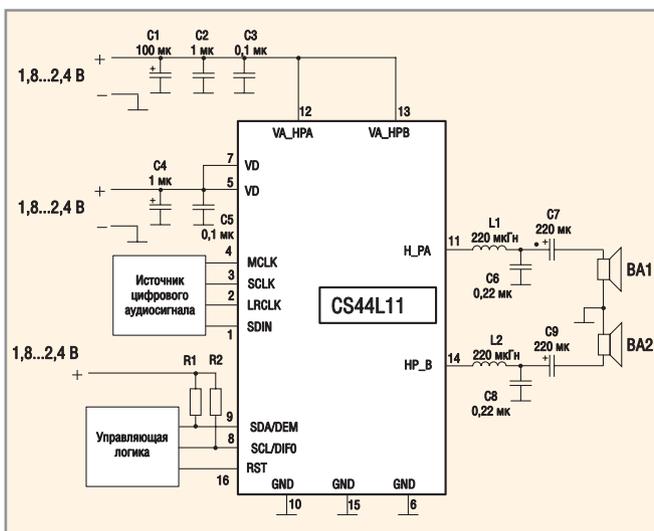


Рис. 8. Типовое включение микросхемы CS44L11

- L1, C6 и L2, C9 – фильтры нижних частот;

Таблица 7. Назначение выводов микросхемы SC44L11 фирмы Cirrus Logic

Выводы	Обозначение	Назначение
1	SDIN	Вход аудиоданных (последовательный дополнительный код)
2	LRCLK	Вход определения активного канала (левый/правый) и тактовых импульсов для схемы дискретизации
3	SCLK	Вход тактовых импульсов для последовательного аудиоинтерфейса
4	MCLK	Вход тактовых импульсов для ШИМ и цифровых фильтров
5	VD	Напряжение питания цифровой части
6	GND	Корпус цифровой части
7	VD	Напряжение питания цифровой части
8	SCL/DIFO	Линия тактовых импульсов шины I ² C или вход установки режимов DIF. 0 – включен интерфейс I ² S, 1 – на оба канала поступает сигнал правого канала
9	SDA/DEM	Линия данных шины I ² C или вход управления вкл./выкл.-коррекции
10	GND	Корпус
11	H_PA	Выход канала А
12	VA_HPA	Напряжение питания канала А
13	VA_HPВ	Напряжение питания канала В
14	HP_B	Выход канала В
15	GND	Корпус
16	RST	Вход сигнала сброса (активный уровень низкий)

- C7, C9 – разделительные конденсаторы;
- C1, C2, C3 – конденсаторы фильтра питания выходных каскадов;
- C4, C5 – конденсаторы фильтра питания.

Более подробную информацию о представленных в этой статье и подобных им микросхемах можно найти на сайтах производителей [3...6].

В заключение хочу представить читателю небольшой глоссарий, который был составлен автором при написании этой статьи.

Глоссарий

- Bias* – смещение
- BTL (Bridge Tied Load)* – мостовое подключение нагрузки (громкоговорителя)
- CFB (Current Feedback)* – обратная связь по току
- ESD (Electrostatic Discharge)* – электростатический разряд
- GBW (Gain Bandwidth)* – ширина полосы усиления
- Integrated Click-and-Pop Suppression* – встроенная схема подавления щелчков при включении и выключении
- LDO (Lowdropout) Regulator* – стабилизатор с малым падением напряжения на регулирующем элементе
- PSRR (Power-Supply Rejection Ratio)* – коэффициент подавления пульсаций напряжения питания
- PWM (Pulse-Width Modulator)* – широтно-импульсный модулятор (ШИМ)
- SE (Single-Ended)* – однопроводное включение громкоговорителя
- SNR (Signal-to-Noise Ratio)* – отношение сигнал/шум
- SPL (Sound Pressure Level)* – уровень звукового давления
- THD (Total Harmonic Distortion)* – суммарное значение коэффициента нелинейных искажений
- UVLO (Under Voltage Lockout)* – блокировка по напряжению

ЛИТЕРАТУРА

1. *Безверхний И.* Микросхемы УМЗЧ для переносных компьютеров и игрушек. Компоненты и технологии. 2004. № 9.
2. *Безверхний И.* Современные микросхемы для УМЗЧ класса D фирмы MPS. Современная электроника. 2004. № 1.
3. www.maxim-ic.com (сайт фирмы Maxim).
4. www.analog.com (сайт фирмы Analog Devices).
5. www.national.com (сайт фирмы National Semiconductor).
6. www.cirrus.com (сайт фирмы Cirrus Logic).

