

Юрий Петропавловский (г. Таганрог)

# Цифро-аналоговые преобразователи РСМ66/67/69 фирмы TI/BURR-BROWN для высококачественной звуковой аппаратуры

ЦАП разработки американской фирмы BURR-BROWN применяют в Hi-Fi, Hi-End аппаратуре многие известные мировые производители, в частности, фирмы HITACHI, DENON, SONY, KRELL, EAD (Enlightened Audio Designs), SHERWOOD и др. В статье рассматриваются наиболее распространенные АЦП производства TI/BURR-BROWN.

## Двухканальный 16-разрядный ЦАП бюджетного класса (LOW COST) — РСМ66Р

Микросхема выполнена в 20-выводных корпусах типа SOIC с планарными выводами. ЦАП питается от однополярного источника напряжением +5 В и отличается низкой потребляемой мощностью (не более 50 мВт), отсутствием паразитных помех «цифрового» происхождения на выходах (GLITCH-FREE VOLTAGE OUTPUTS), малыми нелинейными искажениями, наличием встроенного источника образцового напряжения. Цоколевка и основная схема включения микросхемы приведены на рис. 1, упрощенная структурная схема ЦАП — на рис. 2. В состав микросхемы входят: схема управления режимами и временного разделения каналов (Control Logic), регистр сдвига и преобразователь последовательного кода в параллельный (Serial-to-Parallel Shift Register), 16-раз-

рядный параллельный ЦАП (16-Bit Vout DAC), источники образцового напряжения (Reference) и выходные усилители/интеграторы (Integrate & Hold Amp).

В табл. 1 приведено назначение выводов микросхемы РСМ66Р.

Основные параметры ЦАП РСМ66Р:

- динамический диапазон — 96 дБ (типовое значение);
- напряжения входных логических сигналов высокого уровня

(V<sub>IH</sub>) — +(2,4...5,25) В (обеспечивается ТТЛ/КМОП совместимость);

- напряжения входных логических сигналов низкого уровня (V<sub>IL</sub>) — +(0...0,8) В;
- формат входных данных — последовательный код BTC (Serial Binary Two's Complement), широко используется в аппаратуре CD-AUDIO;
- максимальная тактовая частота — не менее 8,5 МГц;

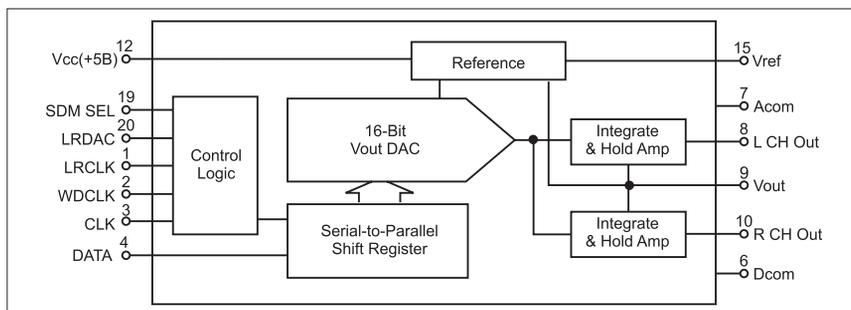


Рис. 2

Таблица 1. Назначение выводов микросхемы РСМ66Р

Номер вывода	Обозначение	Описание
1	LRCLK	Left/Right Clock — вход управления P1
2	WDCLK	Word Clock — вход управления P2
3	CLK	Clock input — вход тактовых импульсов
4	DATA	Data input — вход последовательных данных
5	NC	No connection — не используется
6	DCOM	Digital Common — корпус цифровых устройств
7	Acom	Analog Common — корпус аналоговых устройств
8	L CH Out	Left Channel Vout — выход левого канала
9	Vcom (Vout)	Output common — общий вывод выходных усилителей
10	R CH Out	Right Channel Vout — выход правого канала
11, 12, 16-18	+Vcc	Analog/Digital Supply — напряжение питания +5 В
13	Cref	Reference Decouple — вывод для подключения конденсатора фильтра Cref
14	Vref SENSE	Reference Sense — вспомогательный вывод источника образцового напряжения
15	Vref	Reference Output — выход источника образцового напряжения
19	SDM SEL (mode 1)	Single DAC Mode — вход управления режимами 1
20	LRDAC (mode 2)	Left/Right DAC Select — вход управления режимами 2

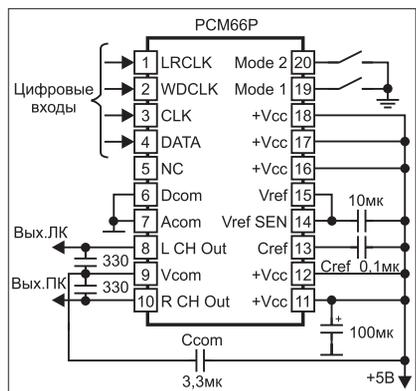


Рис. 1

- суммарный уровень нелинейных искажений и шумов (THD+N) относительно максимального уровня выходного сигнала (0 дБ) равен -88 дБ (PCM66P) и -92 дБ (PCM66P-J) на частоте выходного сигнала 991 Гц при частоте дискретизации  $FS = 176,4$  кГц ( $44,1$  кГц  $\times 4$ ). При уменьшении уровня выходного сигнала пропорционально увеличивается THD+N, например, при уровне выходного сигнала -60 дБ THD+N равен -28 дБ;
- разделение каналов — 85 дБ;
- ошибка установки выходных уровней сигналов (Gain Error) —  $\pm 2\%$  (типичное значение при размахе выходного сигнала 2,6 В);
- ошибка установки уровней выходных сигналов левого и правого каналов (Gain Mismatch) —  $\pm 1\%$ ;
- ошибка установки нулевого уровня выходного сигнала (Bipolar Zero Error) —  $\pm 30$  мВ;
- максимальный размах выходного сигнала — 2,6 В;
- выходное сопротивление — 2 Ом;
- напряжение источника питания — 4,75...5,25 В;
- ток потребления — не более 9,5 мА (при напряжении питания +5 В).

ЦАП PCM66P может работать в одно- или двухканальном режиме, основной режим одноканальный (ONE DAC TWO-CHANNEL OPERATION — один ЦАП, два канала). Работа ЦАП в этом режиме основана на временном разделении каналов и использовании двух различных режимов работы выходных усилителей — рабочего (Hold) и интегрирующего (Integrate). Обычно рассматриваемые ЦАП используются в одноканальном режиме с постоянной подачей тактовых импульсов CLK (P3) на выв. 3. Этот режим реализуется при подаче на вход SDM SEL (выв. 19) напряжения с уровнем лог. «0». Для справки, в табл. 2 приведены зависимости режимов работы выходных усилителей от уровней логических сигналов на входах управления SDM SEL, LRDAC, LRCLK (P1), WDCLK (P2), DATA(P4) (см. временные диаграммы на рис. 3). При временном разделении каналов цифровые данные левого и пра-

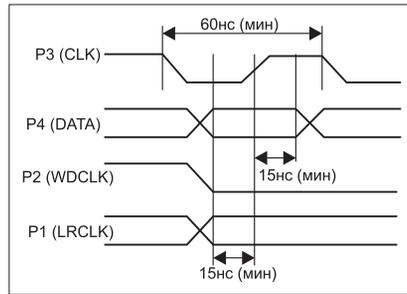


Рис. 3

вого каналов обрабатываются в ЦАП попеременно, аналоговый выход ЦАП подключен к обоим выходным усилителям, режимы работы которых синхронно и попеременно переключаются с рабочего на интегрирующий и наоборот. Для переключения режимов используются сигналы управления LRCLK, WDCLK в соответствии с данными табл. 2 (строки 1-4 в графе 1), например, при обработке цифровых данных правого канала (Right) в цепи LRCLK должно быть напряжение с уровнем лог. «0», а цепи WDCLK — лог. «1». В этом случае выходной усилитель правого канала находится в рабочем режиме, а левого — в интегрирующем.

В двухканальном режиме используются две микросхемы PCM66P (TWO DAC TWO-CHANNEL OPERATION — два ЦАП, два канала), каждая из микросхем переводится в этот режим подачей напряжения лог. «1» на выв. 19 (цепи SDM SEL). Любая из микросхем может использоваться для работы

в правом или в левом каналах путем подачи напряжений лог. «0» или «1» на выв. 20 (цепи LRDAC). В рассматриваемом режиме левый усилитель каждой микросхемы отключается (на их выходах устанавливается постоянное напряжение +Vcom). Цепи DATA, CLK, WDCLK, LRCLK общие (соединяются между собой соответствующие выводы микросхем). Состояния выводов микросхем в двухканальном режиме приведены в графах 2, 3 табл. 2.

Архитектура микросхемы PCM66P позволяет подключить быстроедействующий ЦАП одновременно к двум выходным усилителям, что упрощает схему реализации, а также обеспечивает отсутствие каких-либо помех в интервалах работы усилителей в интегрирующем режиме. Данное построение выходных устройств ЦАП получило наименование «glitch-free» — работа без паразитных помех в неработающих каналах (в интегрирующем режиме). Поскольку для питания микросхем используется однополярный источник, выходные напряжения асимметрично колеблются относительно постоянного напряжения  $V_{com} = +V_{cc} = 2,33$  В с максимальным размахом 2,6 В. В табл. 3 приведены характерные значения выходных напряжений при напряжении питания +5 В: +Fs (Full scale — полная шкала), -Fs, BPZ (Bipolar zero — биполярные ноль), Vcom (входной код BTC в виде шестнадцатеричного числа), временные со-

Таблица 2. Логика управления ЦАП PCM66P

	Цепь				Входные данные	Режим левого канала	Режим правого канала
	SDM SEL	LRDAC	LRCLK	WDCLK			
1	0	X	0	0	ПК	Hold	Hold
	0	X	0	1	ПК	Integrate	Hold
	0	X	1	0	ЛК	Hold	Hold
	0	X	1	1	ЛК	Hold	Integrate
2	1	0	0	0	ВЫКЛ	$V_{com}$	Hold
	1	0	0	1	ВЫКЛ	$V_{com}$	Hold
	1	0	1	0	ЛК	$V_{com}$	Integrate
	1	0	1	1	ЛК	$V_{com}$	Integrate
3	1	1	0	0	ПК	$V_{com}$	Hold
	1	1	0	1	ПК	$V_{com}$	Hold
	1	1	1	0	ВЫКЛ	$V_{com}$	Integrate
	1	1	1	1	ВЫКЛ	$V_{com}$	Integrate

Таблица 3. Выходные параметры ЦАП РСМ66Р

Цифровой вход	Аналоговый выход	
Код ВТС (16-ричный)	Выход ЦАП	Напряжение, В
7FFF	+Fs	+3,5629443
0000	BPZ	+2,1629871
8000	-Fs	+0,7630299
2E5B	Vcom	+2,6700000

отношения входных цифровых сигналов показаны на рис. 3.

Наибольшее применение микросхемы РСМ66Р нашли в автомобильной CD-аппаратуре высокого класса, что объясняется небольшой ценой и достаточно высоким качеством получаемого звучания.

### Усовершенствованные (advanced) двухканальные 18-разрядные ЦАП РСМ67Р/У, РСМ69АР/АУ

ЦАП выполнены по технологии BiCMOS в 16-выводных (РСМ67Р/69АР) или 20-выводных (РСМ67У/69АУ) корпусах типа DIP. Они отличаются низким коэффициентом нелинейных искажений (0,0025%) и высоким отношением сигнал/шум (не менее 110 дБ). Микросхемы питаются от однополярного источника напряжения +5 В, мощность потребления не превышает 75 мВт. Алгоритм цифро-аналогового преобразования этих микросхем основан на 16-разрядной передискретизации.

Упрощенная структурная схема обоих типов рассматриваемых ЦАП приведена на рис. 4, в ее состав входят следующие узлы: входной интерфейс ((Input Interface), 10-разрядные ЦАП с аналоговой кор-

рекцией левого и правого каналов (10-Bit DAC plus Analog Correction), усовершенствованные одноразрядные ЦАП левого и правого каналов (Advanced 1-Bit DAC), формирователь образцовых напряжений (Reference Servo) и формирователи постоянных напряжений левого и правого каналов Vcom

Таблица 4. Назначение выводов микросхем АЦП РСМ67Р/У и РСМ69АР/АУ

Номер вывода (корпус DIP)	Номер вывода (корпус SOIC)	Обозначение	Описание
1	1	+Va	+5V Analog Supply Voltage — напряжения питания +5 В аналоговых устройств
2	2	LVcom	Left Voltage Common — общий вывод усилителя левого канала
3	4	LIOUT	Left Current Output — токовый выход левого канала
4	5	SRVCAP	Servo Decoupling Capacitor — вспомогательный вывод
5	6	REFCAP	Reference Decoupling Capacitor — вспомогательный вывод
6	7	RIout	Right Current Output — токовый выход правого канала
7	9	RVcom	Right Voltage Common — общий вывод усилителя правого канала
8	10	ACOM	Analog Common — корпус аналоговых устройств
9	11	DCOM	Digital Common — корпус цифровых устройств
—	12	MC2	Mode control 2 — вход управления 2
10	13	RDATA	Right Data Input — вход данных правого канала
11	14	BTCK	Bit Clock — вход тактовых импульсов
12	15	SYSCK	System Clock — вход системных тактовых импульсов
13	16	WDCK	Word Clock — вход импульсов считывания
14	17	LDATA	Left Data Input — вход данных левого канала
—	18	MC3	Mode Control 3 — вход управления 3
15	19	MC1	Mode Control 1 — вход управления 1
16	20	+Vd	+5V Digital Supply Voltage — напряжение питания +5 В цифровых устройств

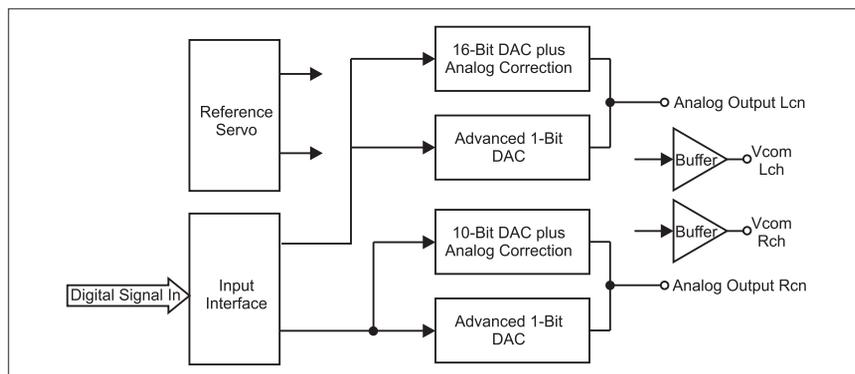


Рис. 4

рекцией левого и правого каналов (10-Bit DAC plus Analog Correction), усовершенствованные одноразрядные ЦАП левого и правого каналов (Advanced 1-Bit DAC), формирователь образцовых напряжений (Reference Servo) и формирователи постоянных напряжений левого и правого каналов Vcom

Основными параметрами АЦП РСМ67Р/У и РСМ69АР/АУ:

- эквивалентное разрешение — 18 разрядов (основное значение);
- динамический диапазон — 106 дБ (типичное значение);
- уровни входных логических сигналов и формат входных данных — такие же, как у РСМ66Р;
- частота системных тактовых импульсов — 16,9344 МГц (типичное значение);

- суммарный уровень нелинейных искажений и шумов относительно максимального уровня выходного сигнала (0 дБ) равен: –86 дБ (PCM67P/69AP, 67U/69AU); –91 дБ (PCM67P-J/69AP-J, 67U-J/69AU-J); –95 дБ (PCM67P-K/69AP-K, 67U-K/69AU-K) при частоте дискретизации 352,8 кГц (44,1 кГц ×8) на частоте выходного сигнала 991 Гц. При уменьшении уровня выходного сигнала пропорционально увеличивается THD+N, например, при уровне сигнала –60 дБ он лежит в пределах –(34...46) дБ;
- разделение каналов на частоте 1 кГц — 106 дБ (типовое значение);
- ошибка установки выходных уровней сигналов — ±3% (типовое значение);
- разность установки выходных уровней сигналов левого и правого каналов — ±1%;
- максимальный размах выходных токов — 1,2 мА±3%;
- выходное сопротивление — 1,8 кОм±30%;
- напряжение питания — 4,75...5,25 В;
- потребляемая мощность — не более 105 мВт.

Перед рассмотрением особенностей функционирования ЦАП данного типа коротко остановимся на некоторых общих вопросах аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования звуковых сигналов. Одними из основных понятий при таких преобразованиях являются дискретизация (sampling) и квантование (quantization). Выпускаемые различными фирмами АЦП и ЦАП в той или иной степени могут только приблизиться к «идеальным» преобразователям. Важной задачей при проектировании реальных микросхем является оптимальный выбор частоты дискретизации. Понятно, что чем чаще делаются выборки, тем точнее будет передаваться характер изменения преобразуемого сигнала, но увеличивать частоту дискретизации до бесконечности невозможно. Критерий при решении данной задачи определяется теоремой отсчетов, известной как теорема Найквиста (в отечественной терминологии это

теорема Котельникова). Согласно этой теореме, частота дискретизации должна как минимум вдвое превышать максимальную частоту в спектре преобразуемого сигнала. Интервалы времени между отсчетами при этом составляют  $Dt=1/2FN$ , величину  $Dt$  называют шагом или интервалом дискретизации, а  $FN$  — частотой Найквиста.

Цифровым представлением аналогового сигнала по вертикальной оси является квантование и обычно представляется в виде  $N$ -разрядного двоичного числа. Количество разрядов практически однозначно определяет динамический диапазон входных сигналов, при 16-разрядном квантовании эта величина порядка 96 дБ, при 20-разрядном — 120 дБ (каждый новый разряд добавляет 6 дБ динамического диапазона).

Преобразованный сигнал имеет ступенчатую форму и представляет собой сумму двух сигналов — исходного аналогового и дополнительного (зигзагообразного), называемого «шумом квантования». Последний и служит источником искажений при аналого-цифровых преобразованиях. Борьбу с этим шумом в большинстве схемных реализаций АЦП и ЦАП ведут путем добавления к преобразованному сигналу «белого шума». Таким образом, нарушается заметная для уха регулярность «шума квантования». В английской терминологии такой процесс получил наименование dithering (dither — дрожь). Dithering применяют практически в любом АЦП и ЦАП, что приводит к увеличению общего уровня шума.

Не менее серьезной проблемой при преобразованиях является эффект, получивший наименование aliasing (помеха дискретизации). Это явление возникает при наличии в спектре преобразуемого сигнала составляющих с частотой выше частоты Найквиста. При наличии таких составляющих при преобразовании они попадут в область слышимых частот, что совершенно неприемлемо для высококачественного воспроизведения звука. Для устранения эффекта aliasing перед АЦП обязательно устанавливается ФНЧ.

Еще одной проблемой при преобразованиях является многолепестковость спектра ступенчатого сигнала на выходе ЦАП. При их проектировании одной из важнейших задач является выделение только центрального «лепестка» спектра преобразованного сигнала, для этого необходим ФНЧ высокого порядка, не ниже 12-го. Создание таких фильтров вызывает значительные технические сложности, а сами фильтры вносят собственные фазовые искажения, влияющие на качество звучания цифровой аппаратуры. Не исключено, что из-за неудач в реализации фильтров с необходимыми характеристиками, у многих требовательных пользователей звуковой аппаратуры сложилось негативное отношение к цифровому звуку.

Разработчики элементной базы для цифровой звуковой аппаратуры на протяжении многих лет совершенствовали характеристики АЦП и ЦАП. Наибольших успехов в создании микросхем для цифровой аппаратуры классов Hi-Fi, Hi-End и профессиональной добились американские фирмы. Одна из наиболее успешных в этом сегменте рынка фирма BURR-BROWN. В последние годы она является подразделением концерна TEXAS INSTRUMENTS.

Один из путей улучшения качества цифрового звука состоит в увеличении частоты дискретизации в несколько раз, этот метод получил название oversampling (передискретизация). При цифро-аналоговом преобразовании используется цифровая передискретизация — искусственное увеличение частоты дискретизации в целое число раз, при котором между соседними реальными отсчетами вставляются несколько «фиктивных» нулевых отсчетов. Результат затем обрабатывается специальным цифровым фильтром, что позволяет интерполировать эти новые значения так, как если бы они были реальными. На практике применение передискретизации улучшает качество звучания цифровой аппаратуры и упрощает технические решения, в частности возможно применение на выходе ЦАП аналоговых фильтров невысокого порядка.

Одним из ключевых элементов ЦАП является резистивная матрица, через транзисторные ключи подключаемая к суммирующему ОУ в инвертирующем включении. Наиболее качественными параметрами обладают ЦАП на основе так называемой резистивной матрицы «R-2R», применяемой и в ряде ЦАП фирмы BURR-BROWN, в том числе и РСМ67/69. Особое место в цифровой схемотехнике занимают так называемые одноразрядные ЦАП, работающие с частотами дискретизации, превышающими частоту Найквиста в десятки раз. Для квантования при таком методе дискретизации достаточно всего одного разряда, в котором хранится не амплитуда сигнала, а признак ее изменения: возрастание уровня сигнала кодируется лог. «1», уменьшение — лог. «0», а отсутствие изменений — чередованием нулей и единиц. ЦАП, построенные на этом методе, получили различные собственные наименования — «Bitsream» (PHILIPS), «MASH» (PANASONIC) или 1-Bit DAC. Квантование такого рода сопровождается довольно высоким уровнем шумов, для уменьшения которых применяются специальное преобразование спектра шумов, получившее название «noise shaping» (формирование шума). В результате этого преобразования понижается уровень шумов в слышимой области частот. Одноразрядные ЦАП обеспечивают более эффективную эквивалентную разрядность по сравнению с исходным 16-разрядным сигналом CD-AUDIO, звучание при этом становится более комфортным.

Разработчики ЦАП РСМ67/69 фирмы BURR-BROWN (по данным оригинальных каталогов фирмы) исходили из следующих предположений. Одноразрядные ЦАП различной архитектуры (Bitsream, MASH, 1-Bit DAC) с использованием алгоритма «noise shaping» не лишены некоторых недостатков. В частности, такие ЦАП обеспечивают худшее отношение сигнал/шум, чем традиционные ЦАП (Conventional DAC). Введение процесса преобразования спектра шумов дискретизации «dithering» в одноразрядных ЦАП неизбежно

приводит к необходимости существенного увеличения тактовой частоты, что делает более высокой чувствительность аппаратуры с такими ЦАП к «джиттеру». На выходе одноразрядных ЦАП необходима установка ФНЧ высокого порядка.

РСМ67/69 — нечто среднее между традиционными и одноразрядными ЦАП (см. рис. 4). В их состав входят два традиционных ЦАП с «лазерной подгонкой элементов» и встроенным источником тока (conventional laser-trimmed, current-source DAC) и два усовершенствованных одноразрядных ЦАП (advanced one-bit DAC). Традиционные ЦАП — 10-разрядные, однако, каждый их разряд обеспечивает квантование, соответствующее 18-разрядной дискретизации. Одноразрядные ЦАП оперируют с 10-ым разрядом и формируют одноразрядный «цифровой поток» («Bitstream»). Такое построение ЦАП РСМ67/69 не устраняет перечисленные выше проблемы полностью, но сводит их к минимуму.

На рис. 5 приведена зависимость выходного тока  $I_{вых}$  рассматриваемых ЦАП от значений входного кода при напряжении питания +5 В. На рисунке отмечены характерные точки этой зависимости:

- +FSR = -1,2 мА (Full Scale Range — на всю шкалу — максимальное значение сигнала);
- BPZ = -0,6 мА (Bipolar Zero — биполярный или виртуальный ноль);
- BPZ — 1LSB = -0,59995 мА (LSB — Least Significant Bit — наименее значимый разряд);
- FSR = 0 (минимальное значение сигнала).

Термины LSB, MSB (Most Significant Bit — наиболее значимый разряд) используются при различных модификациях двоичных кодов, например, используемый для работы с рассматриваемыми ЦАП код ВТС имеет структуру MSB, Bit2...Bit17, LSB, MSB...

На рис. 6 показана схема выходного преобразователя ток/напряжения для рассматриваемых ЦАП на основе инвертирующего ОУ. Напряжение  $V_{com}$  равно 3,5 В (при напряжении питания +5 В) и снимается с выводов  $LV_{com}$ ,  $Lr_{com}$  ЦАП. Максимальный размах на-

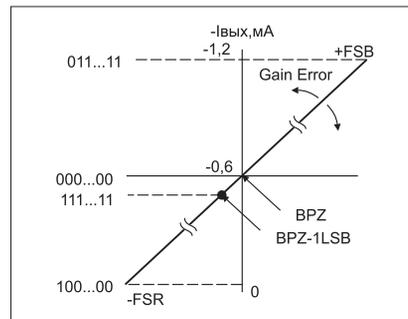


Рис. 5

пряжения на выходе ОУ определяется формулой  $V_{out} = 1,2 \text{ мА} \times R_{nf}$ .

Микросхемы РСМ67 и РСМ69 отличаются только возможными значениями системных тактовых частот в цепи SYSCK (выв. 12/15 для исполнений в DIP/SOIS корпусах). Для РСМ67 тактовые частоты SYSCK могут быть только кратными частоте  $F_s = 44,1 \text{ кГц}$ , базовое значение  $384F_s = 16,9344 \text{ МГц}$ , дополнительные значения  $192F_s$ ,  $96F_s$ ... Для РСМ69 системные тактовые частоты могут быть любыми в диапазоне (48-384) $F_s$ . Это весьма существенное отличие ориентирует применение РСМ67 в высококачественных CD-AUDIO-проигрывателях и другой цифровой ап-

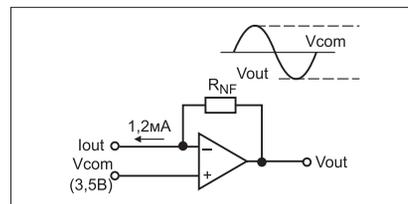


Рис. 6

паратуры, работающей с частотой дискретизации 44,1 кГц. РСМ69 ориентирован на применение в цифровых музыкальных инструментах и звуковых процессорах DSP (естественно возможна работа этого ЦАП и в CD-AUDIO-аппаратуре).

В рассматриваемых ЦАП предусмотрена возможность переключения формата используемых входных данных: для SOIC-исполнений предусмотрено 6 режимов работы, для DIP-исполнений — 2. Логика управления микросхем для всех режимов приведены в табл. 5 и 6. Микросхемы в корпусах SOIC могут работать с после-

довательными входными 16-, 18- и 20-разрядными кодами (L/R serial) в режиме временного разделения каналов при подаче сигналов данных на вход данных левого канала (выв. 17). При этом на входы данных правого канала (выв. 13) могут быть поданы как лог. «0», так и лог. «1», от этого зависит необходимая фазировка сигнала WDCK (показана в таблице). При работе в параллельном режиме (L/R parallel) возможно использование 18-, 20-разрядных кодов, сигналы данных обоих каналов при этом должны подаваться на оба входа данных микросхемы (выв. 13, 17). Микросхемы в DIP корпусах могут работать в последовательном или параллельном режимах с 18-разрядными входными кодами.

На рис. 7 приведены схемы подключения ЦАП PCM67/69 к цифровым интерполирующим фильтрам фирм SONY (CXD2551) и BURR-BROWN (DF1700), обеспечивающих работу в 16-разрядном последовательном и 20-разрядном параллельном режимах.

На рис. 8 приведена схема включения рассматриваемых

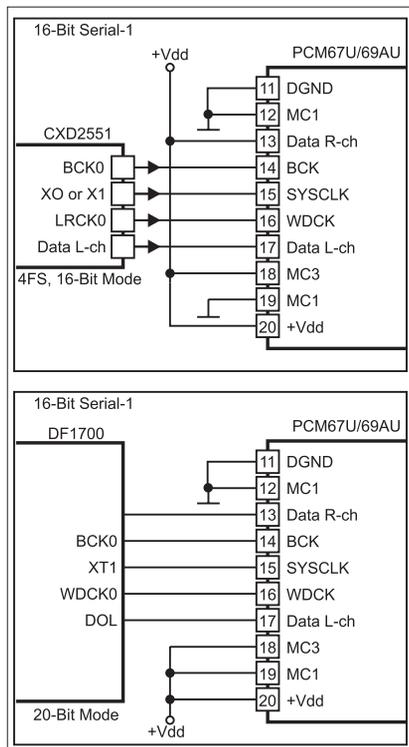


Рис. 7

Таблица 5. Логика управления ЦАП PCM67/69

Корпус SOIC					
MC1	MC2	MC3	DATA-R	Формат входных данных	
0	0	1	0	16-Bit L/R Serial	WDCK
0	0	1	1	16-Bit L/R Serial	WDCK
0	1	1	0	18-Bit L/R Serial	WDCK
0	1	1	1	18-Bit L/R Serial	WDCK
1	0	1	X	20-Bit L/R Parallel	
1	0	0	X	20-Bit L/R Parallel	
1	1	1	X	18-Bit L/R Parallel	
1	1	0	X	18-Bit L/R Parallel	

Таблица 6. Логика управления ЦАП PCM67/69

Корпус DIP				
MC1	DATA-R	Формат входных данных		
0	0	18-Bit L/R Serial	WDCK	
0	1	18-Bit L/R Serial	WDCK	
1	X	18-Bit L/R Parallel		

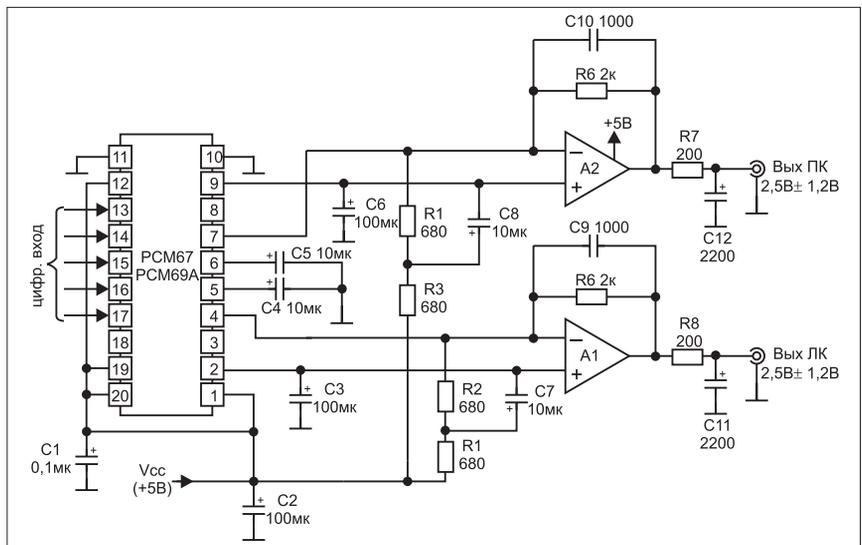


Рис. 8

ЦАП, рекомендуемая для использования в портативной цифровой звуковой аппаратуре. В схеме используется однополярный источник напряжения +5 В, фильтры нижних частот и преобразователи тока/напряжения на микросхемах A1, A2 (NJM2100 фирмы JRC или LM833 фирмы NATIONAL SEMI-

CONDUCTOR). Можно использовать другие подходящие ОУ, способные работать с низковольтным однополярным питанием без внешних элементов коррекции. На выходах схемы присутствует постоянное напряжение +2,5 В, максимальный размах выходных сигналов 2,4 В.