

Быстродействующий двухканальный 16-разрядный ЦАП серии 1273ПА10Т

Виктор МИТРОФАНОВ
sur@niiet.ru

В статье описана микросхема двухканального широкополосного 16-разрядного ЦАП серии 1273ПА10Т разработки ОАО «НИИЭТ», г. Воронеж. Этот ЦАП является представителем семейства TxDAC и оптимизирован для применения в системах беспроводной широкополосной связи, системах со множеством несущих GSM, TDMA, CDMA, системах микроволнового радио, в архитектурах с квадратурной модуляцией, а также в измерительных системах.

Микросхемы ЦАП и АЦП относятся к числу компонентов, широко распространенных на мировом рынке электроники, поскольку они обеспечивают взаимодействие цифровых и аналоговых блоков многих систем РЭА. Среди приборов этого класса важное место занимает быстродействующий двуканальный ЦАП высокой разрядности, ориентированный на многоканальные беспроводные системы широкополосной связи с квадратурной модуляцией, требующие точного соответствия параметров обоих каналов, а также различные инструменталь-

ные системы. Помимо параметров, определяющих свойства стандартных ЦАП, таких как частота выборки, время установления, интегральная (INL) и дифференциальная (DNL) нелинейности, для быстродействующих ЦАП вводятся параметры в частотной области — частота обновления выходных данных, SFDR (динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих), IMD (коэффициент интермодуляционных искажений), SNR (отношение сигнал/шум на частоте несущей) и другие. Для реализации требований современной РЭА к таким ЦАП необходимо

увеличение их динамического диапазона, статической точности и скорости установления выходного сигнала. ЦАП 1273ПА10 выполнен на коммутлируемых источниках тока с использованием сегментированной архитектуры (segmented current source architecture). Данная схемотехника обеспечивает высокую скорость установления сигнала и позволяет сочетать разумные размеры кристалла с высокой разрядностью (динамическим диапазоном) и высокой статической точностью, а также наименьшим уровнем собственных шумов, так называемых кодозависимых глитчей.

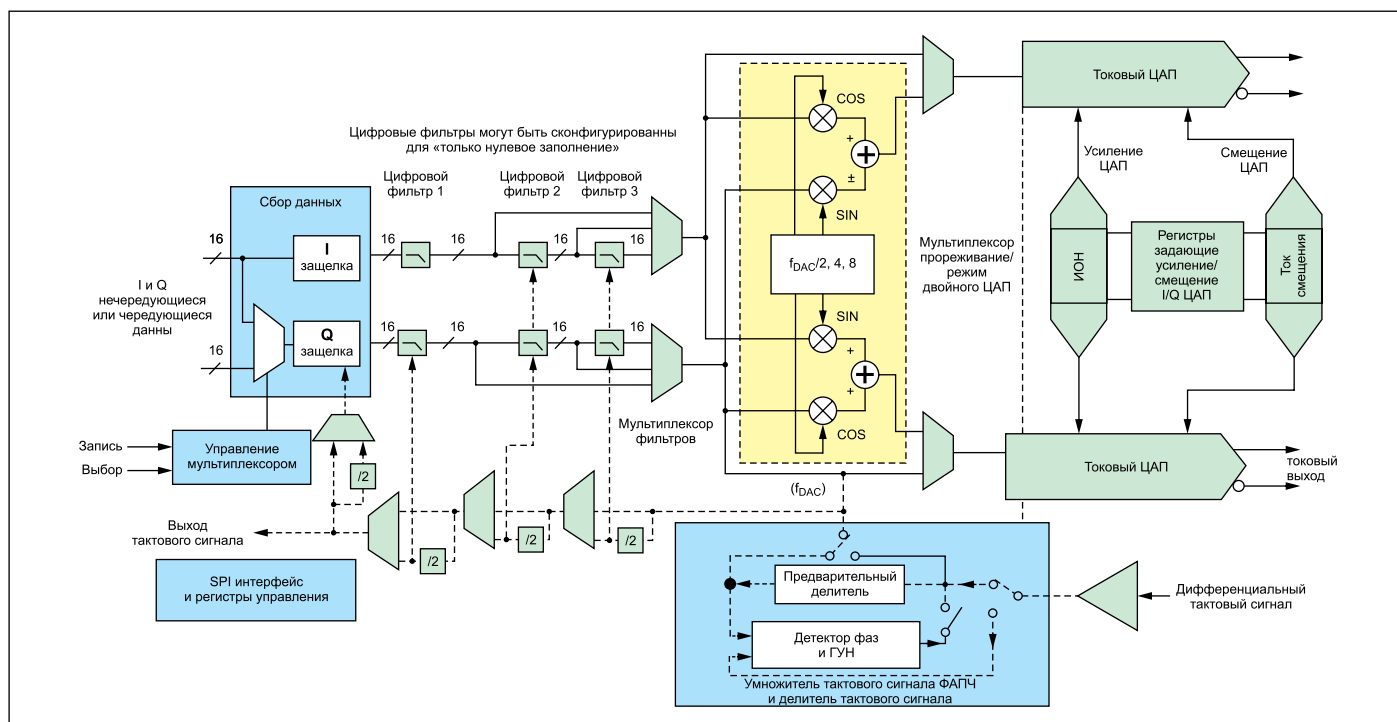


Рис. 1. Структурная схема ЦАП 1273ПА10Т

Разработка первого отечественного широкополосного 16-разрядного ЦАП с коммутируемыми источниками тока и сегментированной архитектурой 1273ПА10Т была выполнена НИИЭТ в 2011 году. Прототипом микросхемы является ИС AD9777 фирмы Analog Devices.

Основные технические характеристики ЦАП 1273ПА10Т

Микросхема 1273ПА10Т представляет собой двухканальный 16-разрядный ЦАП с токовым выходом. Его структурная схема показана на рис. 1. Значения основных электрических параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1. Значения электрических параметров микросхем К1273ПА10Т

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Температура среды, °С
		не менее	не более	
Общие гармонические искажения, дБ	THD	—	-71	-60 ±3 +25 ±10 +125 ±3
Динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих, дБ	SFDR	75	—	
Отношение сигнал/шум, дБ	SNR	75	—	
Максимальная частота обновления входных данных, МГц	f_D	160	—	
Максимальная частота обновления выходных данных, МГц	f_{DAC}	400	—	
Выходной ток полной шкалы, мА	I_{OUTFS}	2	20	
Выходное опорное напряжение на выходе REF10, В	U_{REF10}	1,14	1,26	
Напряжение питания микросхемы, В	U_{VCC}	3,1	3,5	
Общее потребление в номинальном режиме, Вт	P	—	1,2	
Общее потребление в режиме низкого потребления, мВт	P_{PWRDN}	—	6	

Микросхема имеет порт последовательно-параллельного интерфейса, встроенный источник опорного напряжения, умножитель тактовой частоты и два канала цифро-аналогового преобразования.

Каждый канал содержит параллельный интерфейс входных данных, три программно выбираемых цифровых интерполирующих фильтра, цифровой квадратурный модулятор и аналоговый выход в форме пары комплементарных токовых выходов. Амплитуда выходного тока для обоих каналов может быть установлена единственным внешним

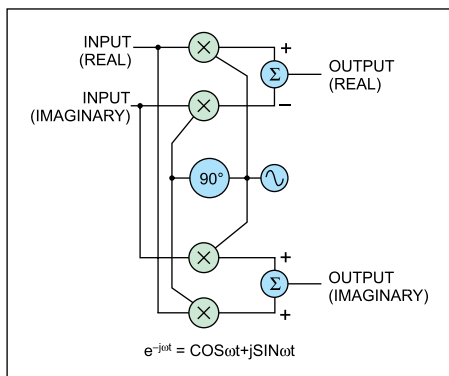


Рис. 2. Реализация комплексного модулятора

резистором или для каждого канала от двух отдельных резисторов. Каналы ЦАП работают полностью независимо или соединенными в форме сложного модулятора в архитектуре с подавлением зеркальной боковой полосы.

Микросхема питается от трех источников напряжением 3,3 В и имеет два режима пониженного потребления мощности.

Микросхема выполнена в 88-выводном металлокерамическом корпусе 4235.88-1, ее масса не превышает 4,5 г.

Интерполяция

ЦАП способен увеличить частоту обновления выходных данных f_{DAC} (частоту дискретизации выходного сигнала по отношению к частоте дискретизации входного f_{DATA}) в 2, 4 или 8 раз. Коэффициент увеличения, называемый коэффициентом интерполяции, устанавливается через SPI.

Цифровые интерполирующие фильтры вычисляют дополнительные отсчеты сигнала. Увеличение частоты дискретизации выходного сигнала позволяет значительно упростить реализацию восстанавливающего аналогового фильтра.

Скорости передачи входных и выходных данных могут быть достигнуты в пределах ограничений, приведенных в таблице 2.

Таблица 2. Скорости передачи входных и выходных данных в пределах ограничений

Коэффициент интерполяции	Предельная частота выборки входных данных f_{DATA} (MSPS)	Предельная частота выборки выходных данных f_{DAC} (MSPS)
1x	160	160
2x	160	320
4x	100	400
8x	50	400

Амплитудная модуляция

Цифровой модулятор, содержащийся в каждом канале ЦАП, способен смешивать сигнал данных с сигналом гетеродина частоты $f_{DAC}/2$, $f_{DAC}/4$, или $f_{DAC}/8$, где f_{DAC} — частота обновления выходных данных ЦАП.

Быстродействие К1273ПА10Т вместе с возможностью цифровой модуляции позволяет реализовать архитектуру прямого преобразования промежуточной частоты от 70 МГц и выше.

Дополнение нулями

Для улучшения равномерности АЧХ в полосе пропускания или компенсации затухания, вносимого выходной характеристикой $\sin(x)/x$ ЦАП, может быть включена функция дополнения нулями. Эта опция увеличивает соотношение f_{DAC}/f_{DATA} в два раза,

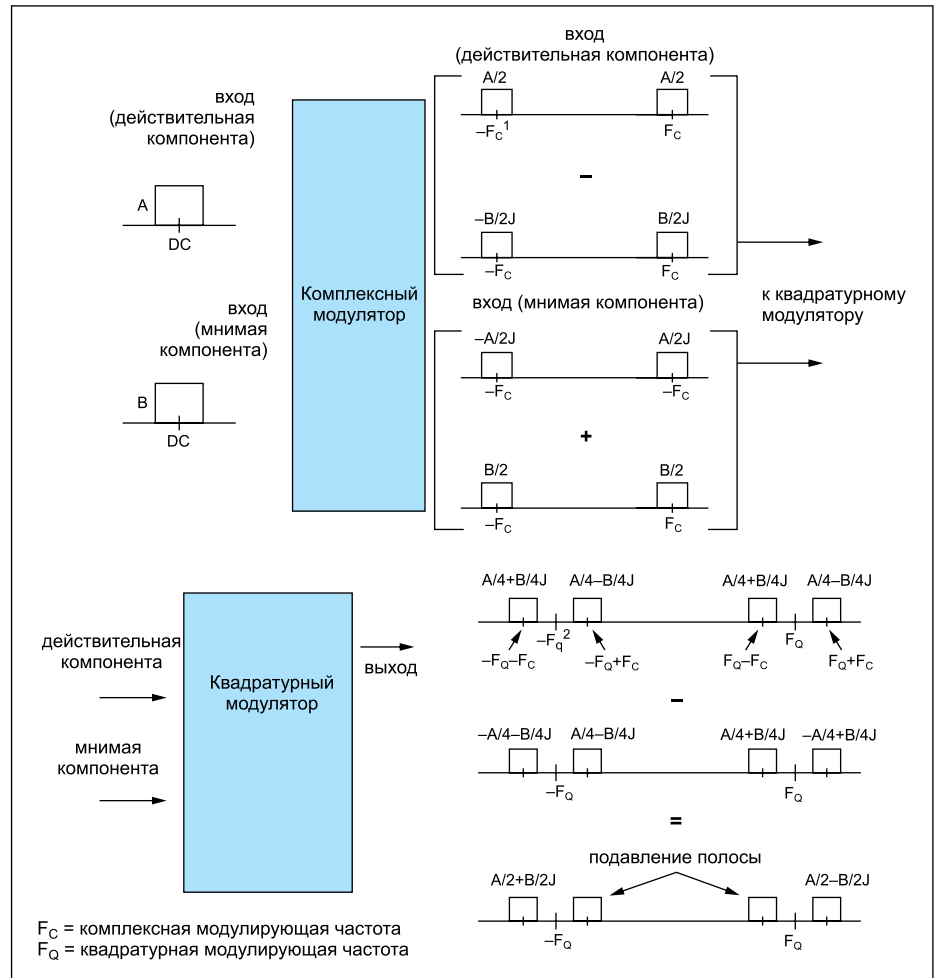


Рис. 3. Двухступенчатое преобразование с повышением частоты и подавлением одной боковой полосы

удваивая частоту выборки ЦАП и вставляя выборку, равную середине шкалы (то есть 1000 0000 0000 0000, что эквивалентно выборке нулевого значения сигнала) после каждой выборки данных, исходящей от интерполирующего фильтра.

Комплексная модуляция

Цифровые модуляторы на ИС К1273ПА10Т могут быть объединены в форму комплексного модулятора (рис. 2).

Используя это свойство с внешним аналоговым квадратурным модулятором, таким как AD8345, можно создать архитектуру с подавлением зеркальной боковой полосы (рис. 3).

Для улучшения баланса квадратурной амплитудной модуляции (QAM), улучшения подавления зеркальной боковой полосы и снижения проникновения сигнала гетеродина К1273ПА10Т имеет возможность управления (через порт SPI) коэффициентом передачи и смещением по каждому каналу ЦАП.

Тактовый вход

Тактовые входы К1273ПА10Т могут возбуждаться дифференциально или несимметрично. Для преобразования однопроводного тактового сигнала в дифференциальный может использоваться трансформатор. ИС допускает применение дифференциального сигнала синусоидальной формы с размахом не менее 0,5 В.

Источник опорного напряжения

Микросхема К1273ПА10Т имеет встроенный опорный источник напряжением 1,2 В, который может быть заменен внешним источником.

Внешний источник используется для принудительного задания уровня внутреннего источника простой подачей выхода внешнего источника на вывод REFIO.

Внешний источник опорного напряжения способен обеспечить большую точность, а изменяя его напряжение, можно регулировать ток полной шкалы ЦАП.

Режимы сна и низкого потребления мощности

ИС К1273ПА10Т обеспечивает два метода для программирования сокращения потребляемой мощности.

Режим сна — когда отключен только выходной ток ЦАП, или режим низкого потребления мощности — когда отключены все цифровые и аналоговые части микросхемы за исключением SPI.

Последовательный порт SPI

Адаптивный, синхронный, последовательный порт, который создает интерфейс со многими промышленными микроконтроллерами и микропроцессорами. Последовательный вход/выход совместим с большинством синхронных форматов передачи данных, включая оба протокола Motorola SPI и Intel SSR. Интерфейс позволяет осуществлять чтение/запись содержащихся в К1273ПА10Т регистров, управляющих всеми режимами его работы. Поддерживается однобайтовая или многобайтовая передача, так же как и форматы первым MSB или LSB. Порт последовательного интерфейса может быть сконфигурирован с одним (двунаправленным) pin' ввода/вывода (SDIO) или с двумя (однонаправленными) pin' для ввода и вывода (SDI/SDO).

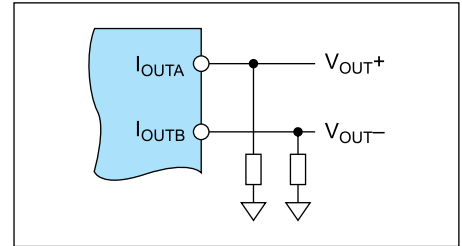


Рис. 4. Простой дифференциальный выход

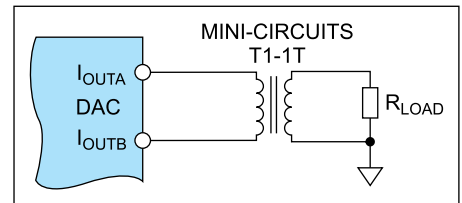


Рис. 5. Схема с трансформаторным выходом

Виды подключения выходных цепей

Простой дифференциальный выход может быть создан преобразованием токов I_{OUTA} и I_{OUTB} в выходные напряжения замыканием их на GND через одинаковые резисторы (рис. 4).

Трансформатор, подключенный к дифференциальному выходу, обеспечивает оптимальную характеристику искажений для выходных сигналов, спектр которых находится в полосе пропускания трансформатора (рис. 5).

Аппаратные средства поддержки

В качестве аппаратных средств поддержки для ИМС К1273ПА10Т полностью применимы средства фирмы Analog Devices. Как пример можно привести отладочную плату, описанную в Data Sheet аналога. ■