

Двухканальный 16-разрядный умножающий ЦАП с токовым выходом и последовательным интерфейсом 1273HA03A4

Станислав КАЛИНИЧЕНКО
Илья СУРОВ
Юрий БОРИСОВ
sur@niiet.ru

В статье описана микросхема двухканального 16-разрядного ЦАП с токовым выходом и последовательным интерфейсом 1273HA03A4 разработки АО «НИИЭТ», г. Воронеж. Данная микросхема относится к классу прецизионных умножающих ЦАП для применения в КИПиА и высокоточных системах с цифровым управлением.

Развитие цифровой техники и цифровых методов обработки сигналов определило современные тенденции в проектировании самых разнообразных систем, устройств и приборов. Значительную роль в этих тенденциях занимает аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование.

Одно из основных направлений деятельности АО «НИИЭТ» — разработка микросхем ЦАП. Сейчас в серийном производстве находится линейка быстродействующих 14- и 16-разрядных ЦАП семейства TxDAC [1, 2]. Микросхема 1273HA03A4 — это первое изделие АО «НИИЭТ», относящееся к классу умножающих ЦАП.

Прецизионные умножающие ЦАП нашли широкое применение в системах сбора и обработки информации, автоматическом тестовом оборудовании, контрольно-измерительной аппаратуре, автоматизированных системах управления, системах калибровки с цифровым управлением, в системах синтеза сигналов, программируемых аттенуаторах.

Особенностью умножающих ЦАП является возможность работы с широким диапазоном опорных напряжений. Микросхема 1273HA03A4 способна работать с переменным опорным напряжением, что позволяет использовать ее для построения схем двух- и четырехквадрантного умножения сигналов. Качество умножения характеризуется полосой опорного сигнала (BW) и коэффициентом нелинейных искажений (THD). Низкая интегральная (INL) и дифференциальная (DNL) нелинейность обеспечивается за счет применения сегментированной резистивной архитектуры ЦАП и лазерной

коррекции нелинейности. ЦАП 1273HA03A4 может формировать как постоянные уровни, так и сигналы с частотой обновления данных до единиц мегагерц.

Функциональным аналогом микросхемы 1273HA03A4 является ЦАП AD5545 фирмы Analog Devices.

Основные технические характеристики микросхемы 1273HA03A4

Микросхема 1273HA03A4 представляет собой двухканальный 16-разрядный ЦАП с токовым выходом и последовательным интерфейсом данных. Функциональная схема микросхемы 1273HA03A4 представлена на рис. 1. Значения основных электрических параметров микросхемы приведены в таблице 1. Микросхема выполнена в 16-выводном корпусе 4112.16-3. Масса микросхемы не превышает 3 г.

Таблица 1. Значения электрических параметров микросхемы 1273HA03A4

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра	
		не менее	не более
Общие гармонические искажения, дБ, $U_{CC} = 5\text{ В}$, U_{REF} — синусоида с размахом 5 В, частотой 1 кГц, D = 0xFFFF	THD	—	–104
Полоса пропускания опорного напряжения по уровню –3дБ, МГц, U_{REF} — синусоида с размахом 5 В, D = 0xFFFF	BW	5	—
Интегральная нелинейность, МР	INL	–2	2
Дифференциальная нелинейность, МР	DNL	–1	1
Время установления (0,1%), мкс	t_s	—	0,5
Опорное напряжение на выводах V_{REF} относительно потенциала на выводе #GND, В	U_{REF}	–15	15
Частота тактового сигнала последовательного интерфейса CLK, МГц	f_{CLK}	—	50
Напряжение питания, В	U_{CC}	4,5	5,5
Входное сопротивление на выводах опорного напряжения	R	3,5	6,5

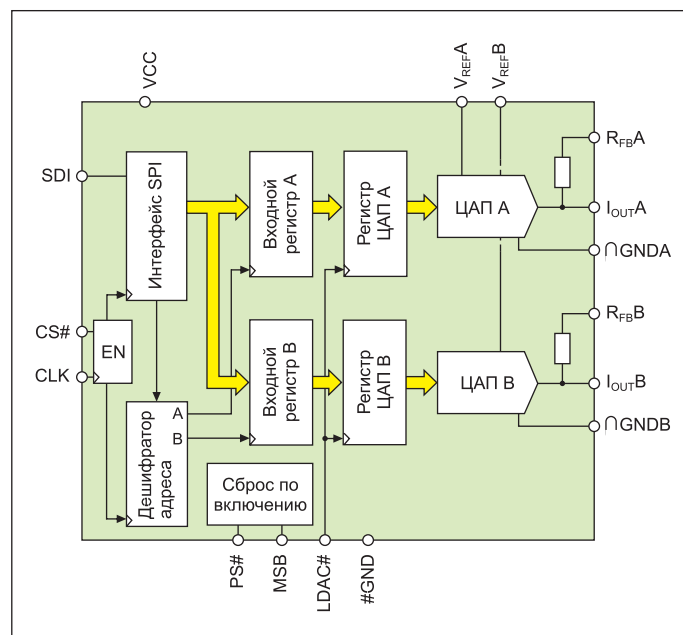


Рис. 1. Функциональная схема микросхемы 1273HA03A4

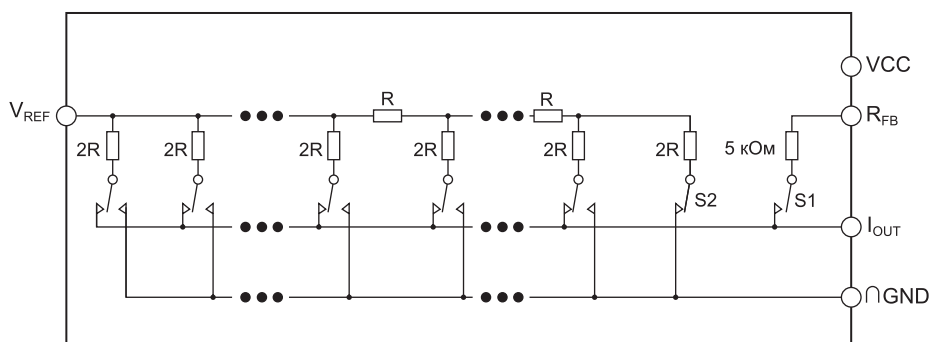


Рис. 2. Схема резистивной матрицы ЦАП

В архитектуре ЦАП используется сегментированная резистивная матрица, работающая в режиме распределения тока. Она состоит из параллельной 4-разрядной R-матрицы для формирования токов старших разрядов и 12-разрядной R-2R-матрицы для формирования токов младших разрядов. Подобное включение матрицы ЦАП обеспечивает постоянное и независимое от управляющего кода входное сопротивление, а также позволяет работать с опорным напряжением любой полярности, уровень которого может значительно превышать напряжение питания микросхемы. Выходное сопротивление матрицы ЦАП является кодовым зависимым. Схема резистивной матрицы ЦАП одного канала представлена на рис. 2.

Каждый канал ЦАП микросхемы имеет внутренний согласованный резистор обратной связи, необходимый для построения преобразователя ток-напряжение с коэффициентом усиления по напряжению $K_U = 1$. Чтобы получить другой коэффициент усиления, можно последовательно или параллельно с резистором R_{FB} подключить внешний резистор. Типовая схема преобразователя ток-напряжение представлена на рис. 3. Компенсирующий конденсатор $C1$ служит для устойчивости усилителя. Как правило, значение емкости не превышает 6 пФ. Следует использовать операционные усилители (ОУ) с низким напряжением смещения нуля и низким входным током смещения. В таблице 2 приведены рекомендуемые ОУ, с которыми проводились испытания микросхемы 1273HA03A4.

Функциональные возможности микросхемы

Микросхема имеет трехпроводной интерфейс SPI. Временная диаграмма сигналов загрузки данных по SPI представлена на рис. 4. Данные передаются в 18-битном формате: сначала идут 2 бита адреса канала, далее — 16 бит данных, начиная со старшего разряда. Дополнительный вывод #LDAC служит для загрузки данных из входных

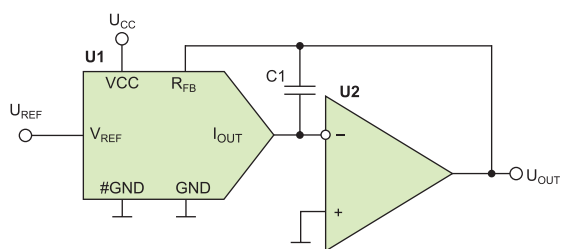


Рис. 3. Типовая схема преобразователя ток-напряжение

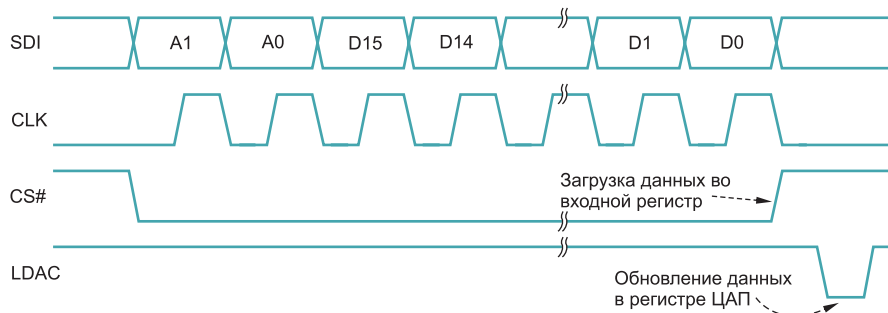


Рис. 4. Временная диаграмма сигналов загрузки данных по SPI

регистров в регистры ЦАП и одновременного обновления данных двух каналов ЦАП. Если двойная буферизация данных и одновременное обновление не требуется, то вывод #LDAC может быть подключен к «земле», а данные на выходе выбранного канала ЦАП будут обновлены сразу после окончания передачи (по нарастающему фронту сигнала #CS).

Микросхему 1273HA03A4 можно использовать совместно с микроконтроллером, последовательный интерфейс которого формирует последовательность данных с отличающейся длиной. Например, если длина последовательности SPI-микроконтроллера равна 8 бит, то на последовательный порт микросхемы 1273HA03A4 нужно подать три выровненных по правому краю байта. Микросхема проиг-

Таблица 2. Рекомендуемые ОУ для построения преобразователя ток-напряжение

Название	Производитель	Максимальное напряжение смещения нуля, мкВ	Максимальный входной ток смещения, нА	Примечание
544УД12УЗ	АО «НПП «Восток»	25	4	Прецизионный
OPA277U	Texas Instruments	20	2	Прецизионный
OPA227U	Texas Instruments	100	10	Прецизионный
OP1177	Analog Devices	100	1	Прецизионный
AD8065	Analog Devices	1500	0,01	Быстродействующий

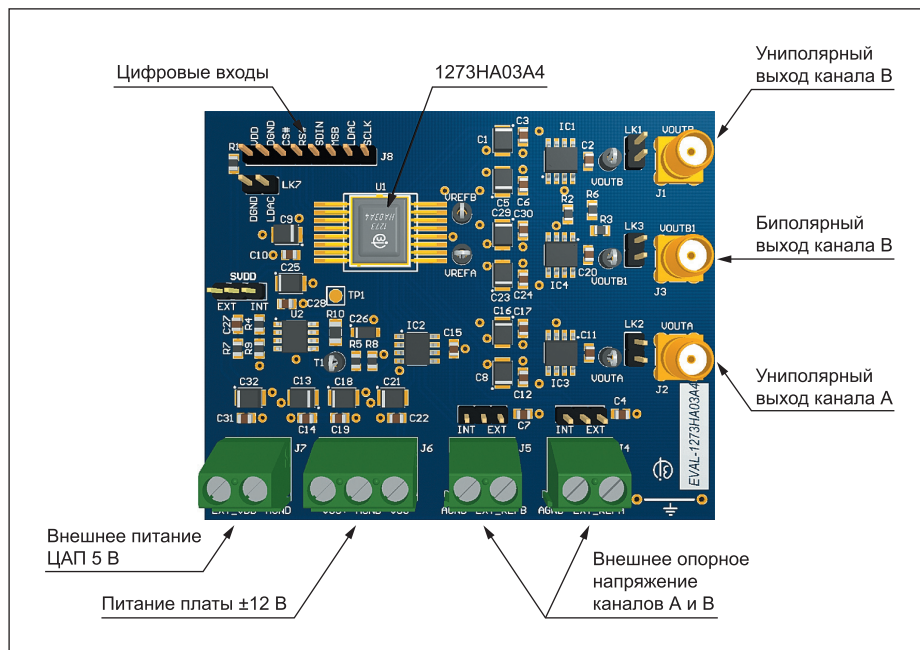


Рис. 5. Внешний вид демонстрационной платы

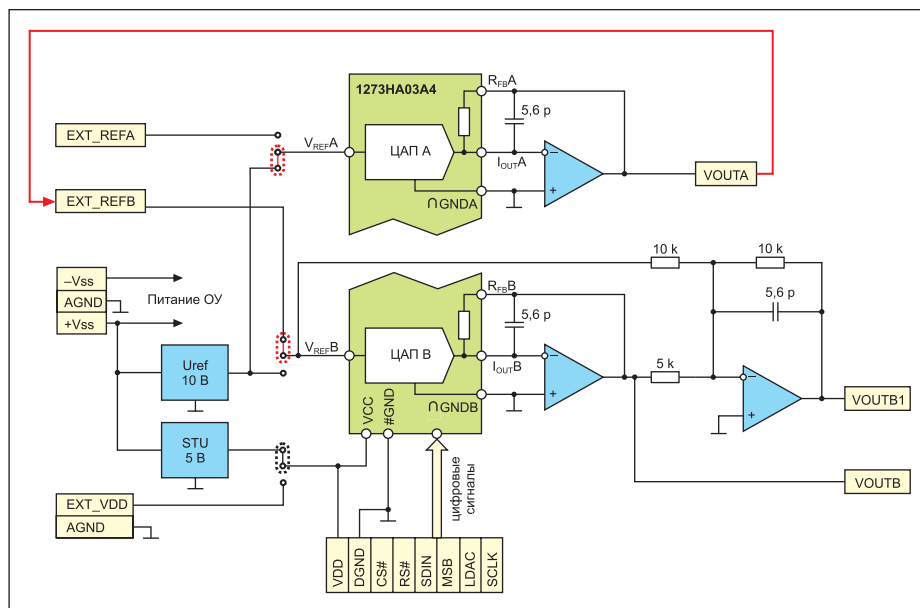


Рис. 6. Структурная схема демонстрационной платы

норирует 6 старших бит и распознает 18 младших бит как правильные данные.

Микросхема 1273HA03A4 может работать как одноканальный ЦАП с улучшенной шумовой характеристикой. Для этого надо соединить выходы I_{OUTA} и I_{OUTB} , а также выводы RF_{BA} и RF_{BB} . Для одноканального режима в микросхеме предусмотрена возможность загрузки одинаковых данных в регистры каналов А и В, принятых за одну пересылку по SPI.

Выход MSB позволяет установить уровень середины шкалы на выходе каналов ЦАП после запуска схемы или сброса. При построении биполярной схемы включения ЦАП эта функция обеспечит установление нулевого напряжения на выходе схемы.

Демонстрационная плата

Демонстрационная плата предназначена для ознакомления с работой микросхемы 1273HA03A4. На плате реализована униполярная схема включения ЦАП (двухквадрантное умножение) для каждого канала и биполярная схема (четырёхквадрантное умножение) для канала В. Питание платы осуществляется от внешнего двухполярного источника с напряжением ± 12 В. На плате есть стабилизатор напряжения для питания микросхемы 1273HA03A4, а также предусмотрена возможность подключения внешнего источника с напряжением 5 В. Опорное

напряжение на каналы ЦАП можно подать от установленного на плате стабилизатора опорного напряжения или от внешнего источника, подключив его к выводам платы EXT_REFA и EXT_REFB. Демонстрационная плата изображена на рис. 5.

Структурная схема демонстрационной платы представлена на рис. 6. Если установить перемычки так, как показано на рис. 6, и соединить выход канала А платы (V_{OUTA}) с входом опорного напряжения канала В (EXT_REFB), то можно проверить функцию умножения сигналов. В такой конфигурации канал В служит для синтеза биполярного сигнала на выходе V_{OUTB1} , а канал А является attenuатором биполярного сигнала. Функция выходного сигнала имеет вид:

$$U_{V_{OUTB1}} = 2U_{REFA} \times A \times (B - 0,5),$$

где U_{REFA} — опорное напряжение канала А; A и B — относительные значения цифрового кода соответствующих каналов ЦАП. Интервал значений находится в пределах $[0, 1]$ и определяет полную шкалу кодов 0–65535.

Рис. 7. Осциллограммы сигналов на выходах V_{OUTB1} (вверху) и V_{OUTA} (внизу)

Осциллограмма сигналов на выходах V_{OUTB1} и V_{OUTA} в режиме умножения представлена на рис. 7.

Развитие серии умножающих ЦАП

Планируется расширение линейки прецизионных ЦАП с выходом по току путем добавления микросхем с параллельным интерфейсом данных и микросхем со встроенными резисторами для построения схем четырехквадрантного умножения (функциональные аналоги: AD5547 фирмы Analog Devices, DAC8822 фирмы Texas Instruments).

Литература

1. Скляр В., Горохов В., Борисов Ю., Горбунов Д., Битюк С. Быстродействующие 14-разрядные ЦАП с токовым выходом серии 1273 // Электронные компоненты. 2009. № 2.
2. Митрофанов В. Быстродействующий двухканальный 16-разрядный ЦАП серии 1273ПА10Т // Компоненты и технологии. 2015. № 11.