

Продолжение. Начало в № 1–2'2004.

# Микросхемы с низким энергопотреблением от компании Analog Devices

## Часть 3. Малопотребляющие ЦАП и синтезаторы прямого цифрового синтеза

Олег Романов

oleg.rom@eltech.spb.ru

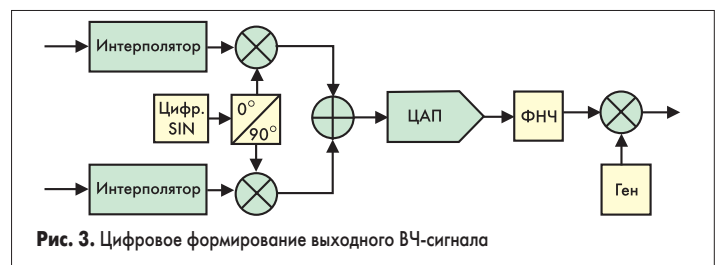
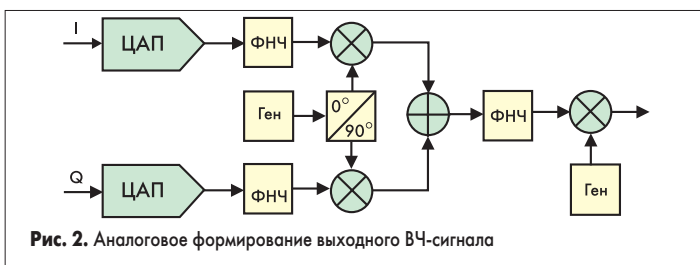
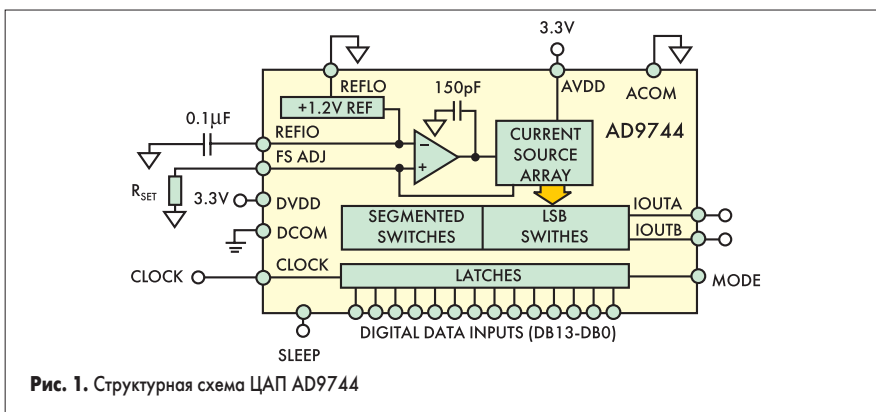
### Новые ЦАП семейства TxDAC компании Analog Devices

Современное оборудование становится все более миниатюрным и малопотребляющим. Медицинское диагностическое оборудование, такое, как ультразвуковой сканер, имеет размеры ноутбука. Выпускаются анализаторы спектра и генераторы сигналов с батарейным питанием. Телекоммуникационное оборудование третьего поколения предъявляет высокие требования по потреблению электроэнергии и размерам. Компания Analog Devices выпускает для таких разработок новые высокоэффективные ЦАП AD974x. Третье поколение ЦАП TxDAC состоит из совместимых по выводам 8-, 10-, 12- и 14-разрядных ЦАП AD9748/AD9740/AD9742/AD9744 с производительностью до 165 млн преобразований в секунду (рис. 1). В семействе AD974x использована технология КМОП, обеспечивающая напряже-

ние питания 2,7–3,6 В. ЦАП TxDAC имеют широкий динамический диапазон неискаженного выходного сигнала и низкую мощность рассеивания (не более 135 мВт), выпускаются в микрокорпусах CSP.

Наиболее широко ЦАП этого класса применяются в аппаратуре связи. Рассмотрим две основные структурные схемы передачи данных (рис. 2 и 3). В квадратурных схемах модуляции, таких, как фазовая и квадратурная амплитудная, смесители используются для объединения синфазной и квадратурной составляющей в сигнал с одной боковой полосой. Рис. 5 показывает аналоговое решение. В этом примере требуется два ЦАП на канал передачи. Выбор TxDAC ЦАП для формирования сигнала основывается на преимуществах этого семейства: широкий динамический диапазон неискаженного сигнала (SFDR) и низкий уровень шума на всем рабочем диапазоне частот; малая рассеиваемая мощность; однополярное напряжение питания 3 В; благодаря высокой скорости преобразований меньшие требования к выходному фильтру низких частот; возможность редизайна продукции благодаря совместимости по выводам всех ЦАП семейства.

Структурная схема на рис. 3 показывает реализацию цифрового формирования сигнала. После смешивания синфазной и квадратурной составляющих сигнала модулированный сигнал передается в ЦАП. В этом случае требования к полосе пропускания ЦАП более строги. Как известно, в спектре сигнала с выхода ЦАП присутствует не только первая гармоника (полезный сигнал), но и гармоники более высокого порядка, а также комбинационные составляющие тактовой частоты (скорости преобразования ЦАП) и частоты полезного сигнала. Час-



тоты спектральных составляющих определяются следующей формулой:

$$f_n = if_T \pm nf_{\text{сигн.}}$$

где  $f_T$  — тактовая частота,  $n$  — номер гармоники,  $i = 0, 1, 2 \dots$ ,  $f_{\text{сигн.}}$  — частота полезного сигнала.

Наиболее высокий уровень имеют вторая гармоника и первые комбинационные составляющие ( $f_T \pm f_{\text{сигн.}}$ ). Чтобы была возможность отфильтровать их с помощью ФНЧ, желательно ограничить частоту полезного сигнала величиной  $f_T/3$ , это позволит снизить требования по крутизне АЧХ ФНЧ. Используя ЦАП устройств AD974x, обеспечивающих скорость преобразования до 165 MSPS (тактовая частота 165 МГц), можно получить сигнал с промежуточной частотой 50 МГц. При реализации схемы цифрового формирования сигнала также важны технические параметры, рассмотренные при анализе схемы аналогового формирования сигнала. При использовании цифрового метода используется одна микросхема ЦАП, что еще более уменьшает стоимость изделия. Во многих случаях, где не требуется получения частот сигнала более 80 МГц, удастся избежать применения блока переноса сигнала на высокую частоту.

### Новые многоканальные ЦАП компании Analog Devices

Во многих случаях требуется получить несколько уровней напряжений с возможностью прецизионного его регулирования. Типичными областями применения, где требуются различные уровни напряжений, являются контрольно-измерительная аппаратура, драйверы лазерных диодов, регулируемые усилители мощности. Увеличение количества ЦАП в одном корпусе позволяет уменьшить размеры и стоимость оборудования. Новые 4- и 8-канальные ЦАП имеют сверхнизкое энергопотребление (не более 1 мА на канал), напряжение питания 2,5–5 В, разрешение 8, 10 и 12 разрядов, последовательный трехпроводной или параллельный интерфейс и расширенный температурный диапазон  $-40 \dots +105$  °C.

Еще большей интеграции компании Analog Devices удалось достичь в новых 40- и 32-канальных 14-разрядных ЦАП с однополярным питанием 5 В — AD5380 и AD5382. Кроме того, выпускаются 12-разрядные совместимые по выводам версии этих ЦАП, AD5381 и AD5383. Для биполярных решений выпускается 40-канальный 14-разрядный ЦАП AD5379. Все микросхемы содержат высокоточный источник опорного напряжения на кристалле, что позволяет избежать использования дополнительной микросхемы и еще более снижает стоимость разработки и занимаемую площадь. Рассматриваемые ЦАП имеют параллельный и последовательные интерфейсы SPI и I<sup>2</sup>C. ЦАП выпускаются в корпусах LQFP100.

С помощью многоканальных ЦАП компании Analog Devices удается получить различ-

Таблица 1. Новые многоканальные ЦАП компании Analog Devices

ЦАП	Разрядность, бит	Число ЦАП	Напряжение питания, В	Интерфейс	Корпус
AD5304	8	4	2,5–5,5	SPI	mSOIC10
AD5308	8	8	2,5–5,5	SPI	TSSOP16
AD5346	8	8	2,5–5,5	параллельный	TSSOP38, CSP40
AD5314	10	4	2,5–5,5	SPI	mSOIC10
AD5318	10	8	2,5–5,5	SPI	TSSOP16
AD5347	10	8	2,5–5,5	параллельный	TSSOP38, CSP40
AD5324	12	4	2,5–5,5	SPI	mSOIC10
AD5328	12	8	2,5–5,5	SPI	TSSOP16
AD5348	12	8	2,5–5,5	параллельный	TSSOP38, CSP40
AD5381	12	32	4,5–5,5	паралл., SPI, I2C	LQFP100
AD5383	12	40	4,5–5,5	паралл., SPI, I2C	LQFP100
AD5380	14	32	4,5–5,5	паралл., SPI, I2C	LQFP100
AD5382	14	40	4,5–5,5	паралл., SPI, I2C	LQFP100
AD5379	14	40	5, ±15	паралл., SPI, I2C	CSPBGA108

ные значения напряжений, не увеличивая размеров печатной платы. У микроконвертеров ADuC (микроконтроллеры с 8051-совместимым ядром) компании Analog Devices есть встроенные ЦАП, но во многих случаях их количества бывает не достаточно. Эта проблема легко решается подключением внешнего многоканального ЦАП. Для этих целей идеально подходят ЦАП компании Analog Devices серии AD53xx с SPI-интерфейсом.

На рис. 4 показана структурная схема подключения ЦАП AD53xx к микроконвертеру ADuC814 по SPI-интерфейсу. Трехпроводной интерфейс SPI обеспечивает передачу данных с тактовой частотой до 30 МГц. ADuC814 выполняет функцию ведущего и обеспечивает тактовой частотой ЦАП. Вывод MOSI используется для передачи данных во входные регистры ЦАП. Для связи вывода SYNC используется любой свободный вывод порта микроконвертера. На рис. 4 показан вывод P 3.4.

При организации SPI-интерфейса сигнал SYNC выполняет функцию кадровой синхронизации и сигнала выбора микросхемы. Длительность сигнала SYNC должна быть равна 16 тактовым импульсам SCLK, активный уровень — низкий. Из этого следует, что размер слов данных или управления составляют 16 бит, если размер слова будет больше или меньше 16 бит, то есть длительность кадра

будет не равна 16 тактовым импульсам, то переданное слово игнорируется. Передача ведется старшим битом вперед. Для более подробного описания интерфейса обращайтесь к data sheet AD5308/AD5318/AD5328.

ADuC814 может обеспечить ЦАП необходимым ему опорным напряжением 2,5 В. Расположенный на кристалле ADuC814 источник опорного напряжения имеет заводскую калибровку с точностью 2,5%.

### Новые синтезаторы прямого цифрового синтеза компании Analog Devices

Синтезаторы прямого цифрового синтеза находят широкое применение благодаря своим высокоточным параметрам. Такие преимущества синтезаторов прямого цифрового синтеза, как перестройка фазы и частоты, качание частоты, низкий уровень фазовых шумов и цифровое управление, позволяют широко использовать их в телекоммуникации и приборостроении. Однако при скоростях преобразования более 100 MSPS они имеют высокое энергопотребление. Новое семейство синтезаторов компании Analog Devices имеет напряжение питания 1,8 В и при частоте преобразования 400 MSPS потребляет не более 200 мВт. AD9951/AD9952/AD9953/AD9954 выпускаются в миниатюрных корпусах TQFP 7×7 мм. Цифровые синтезаторы

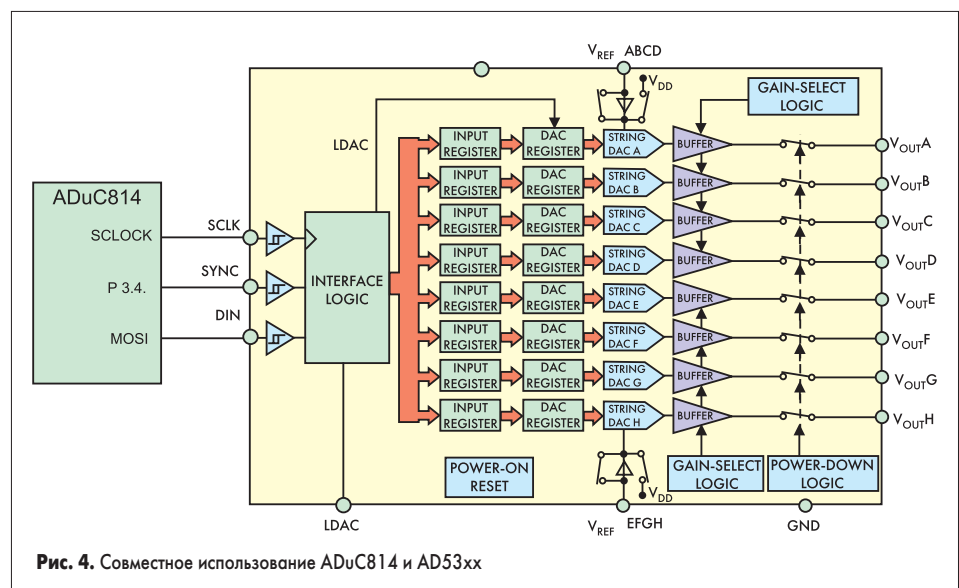


Рис. 4. Совместное использование ADuC814 и AD53xx

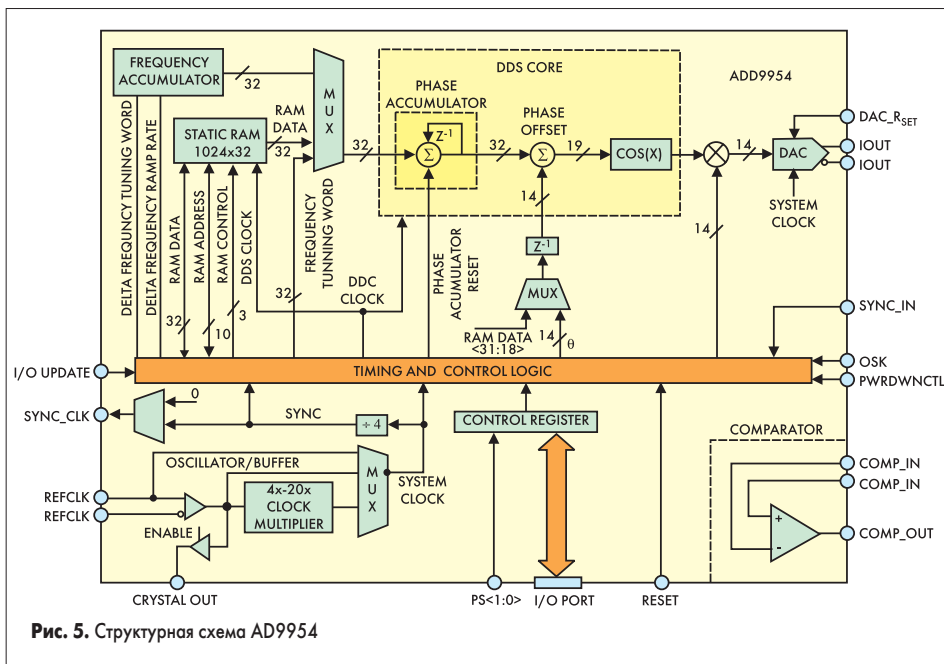


Рис. 5. Структурная схема AD9954

Таблица 2. Синтезаторы прямого цифрового синтеза

DDS	Макс. тактовая частота, МГц	Разрядность ЦАП, бит	Длина упр. слова, бит	Интерфейс	Потребл. мощность, мВт	Напряжение питания, В	Корпус	Дополнения
AD9830	50	10	32	паралл.	300	4,75–5,25	TQFP48	
AD9831	25	10	32	паралл.	45	2,97–5,5	TQFP48	
AD9832	25	10	32	SPI	45	2,97–5,5	TSSOP16	
AD9833	25	10	28	SPI	20	2,3–5,5	mSOIC10	
AD9834	50	10	28	SPI	20	2,3–5,5	TSSOP20	Встроенный компаратор
AD9835	50	10	32	SPI	200	4,75–5,25	TSSOP16	
AD9850	125	10	32	паралл. (байт)/SPI	380	3,3–5	SSOP28	Встроенный компаратор
AD9851	180	10	32	паралл. (байт)/SPI	555	2,7–5,5	SSOP28	Встроенный компаратор
AD9852	300	12	48	паралл. (байт)/SPI	2700	3,135–3,465	LQFP80	Доп. контр. ЦАП, встроенный компаратор
AD9854	300	12	48	паралл. (байт)/SPI	3475	3,135–3,465	LQFP80	Синф. и квадратурные вых., встроенный компаратор
AD9858	1000	10	32	паралл. (байт)/SPI	2000	3,135–3,465 и 4,75–5,25	TQFP100	Встроенный аналог. смеситель
AD9859	400	10	32	SPI	200	1,71–1,89	TQFP48	
AD9951	400	14	32	SPI	200	1,71–1,89	TQFP48	
AD9952	400	14	32	SPI	200	1,71–1,89	TQFP48	Встроенный компаратор
AD9953	400	14	32	SPI	200	1,71–1,89	TQFP48	Встроенное 1024x32 ОЗУ
AD9954	400	14	32	SPI	200	1,71–1,89	TQFP48	Встроенный компаратор, 1024x32 ОЗУ

предназначены для построения перестраиваемых генераторов, программируемых тактовых генераторов, источников частотно и фа-

зомодулированных сигналов и других устройств, где требуется прецизионная перестройка частоты с цифровым управлением.

Рассмотрим AD9954, который обладает наиболее широкими функциональными возможностями из всего семейства AD995x (рис. 5). Максимальная тактовая частота у AD9954 достигает 400 МГц, при этом синтезатор потребляет менее 200 мВт. Он обеспечивает качание частоты, изменение амплитуды выходного сигнала, произвольную выборку из памяти 1024x32 бит управляющей функции. AD9954 содержит на кристалле 14-разрядный ЦАП, генератор, умножитель тактовой частоты и быстройдействующий компаратор, который расширяет функциональное назначение синтезатора как источника тактовой частоты.

Синтезаторы прямого цифрового синтеза, за исключением ЦАП, являются полностью цифровыми микросхемами, поэтому они практически лишены таких недостатков аналоговых микросхем, как зависимость параметров от температуры и старения. Разрешение по выходной частоте достигает тысяч долей герца, что недосяжимо при синтезе частоты с помощью синтезаторов с ФАПЧ. Другим преимуществом является быстрая перестройка частоты синтезаторов. Скорость перестройки частоты ограничивается только цифровым интерфейсом и цифровыми элементами управления синтезатора (у AD9954 задержка составляет всего 24 периода тактовой частоты). Одним из самых главных преимуществ является возможность формирования модулированных сигналов непосредственно в процессе синтеза.

Однако цифровой синтез накладывает и некоторые ограничения. Так, максимальная выходная частота, согласно теореме Котельникова, не может быть больше половины тактовой частоты. Такое ограничение, как низкая частота синтезируемого сигнала, постепенно снимается — тактовые частоты синтезаторов прямого цифрового синтеза постоянно увеличиваются, достигая на сегодняшний день 1 ГГц. Сравнить параметры синтезаторов от самых первых моделей до вышедших в серийное производство совсем недавно можно в таблице 2.

Более подробную информацию по компонентам компании Analog Devices можно найти на сайте компании [www.analog.com](http://www.analog.com).

*Продолжение следует*