

# НОВЫЕ АЦП И ЦАП КОМПАНИИ NXP SEMICONDUCTORS ДЛЯ РАДИОЧАСТОТНЫХ УСТРОЙСТВ

А.Макарова

Компания NXP Semiconductors – крупнейший производитель полупроводниковых микросхем и дискретных элементов для широкого спектра применений: от бытовой техники до авиационных приборов. Продукция компании – микросхемы логики и источников питания, микроконтроллеры, АЦП и ЦАП, MOSFET, биполярные и полевые транзисторы, ZigBee-модули, диоды, тиристоры, микросхемы цифровых интерфейсов и аналоговых усилителей, а также решения для СВЧ на основе GaAs, – пользуются неизменной популярностью благодаря высокому качеству и минимальной стоимости. Потребителями продукции NXP являются известные мировые производители электроники – Philips, Sharp, Sony, Huawei, Panasonic, Delta electronics, ZTE, Hundai и многие другие.

NXP была основана как самостоятельная компания в 2006 году, но до этого свыше 50 лет была одним из ведущих подразделений компании Philips. За время своего существования компания NXP добилась внушительных успехов на мировом рынке полупроводниковых электронных компонентов. В последние годы развитие компании неразрывно связано с увеличением номенклатуры выпускаемой продукции, освоением новых рынков и внедрением перспективных технологий.

## АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Компания NXP Semiconductors выпускает многочисленные семейства АЦП с производительностью от 40 до 125 млн. выб./с (табл.1). Например, **ADC1410S** – одноканальный 10-14-разрядный АЦП – имеет четыре версии: с частотой преобразования

65 МГц (ADC1410S065), 80 МГц (ADC1410S080), 105 МГц (ADC1410S105) и 125 МГц (ADC1410S125). Благодаря превосходным динамическим характеристикам и низкому энергопотреблению он очень эффективен в телекоммуникационном и промышленном оборудовании. Конвейерная архитектура и система коррекции выходных ошибок АЦП обеспечивают высокую точность и гарантируют отсутствие пропуска кода во всем рабочем диапазоне.

АЦП ADC1410S работает от источника питания 3 В и имеет уровень выходного логического сигнала от 1,8 до 3,3 В; поддерживает выходной сигнал в форматах LVDS (Low Voltage Differential Signaling) и DDR (Double Data Rate). Последовательный интерфейс SPI (Serial Peripheral Interface) позволяет пользователю легко настроить АЦП. Устройство также включает в себя усилитель с программируемым

коэффициентом усиления и широким диапазоном входного напряжения. Выпускается в 40-выводном корпусе типа HVQFN.

Особенности ADC1410S:

- отношение сигнал/шум (SNR) – 71,4 дБ;
- свободный от помех динамический диапазон (SFDR) – 87 дБ;
- полоса пропускания – 650 МГц;
- последовательный SPI-интерфейс контроля/статуса;
- рабочий диапазон температур – от -40 до 85°С.

Развитие аналого-цифровых (и цифроаналоговых) семейств связано с разработкой компанией NXP нового высокоскоростного последовательного интерфейса – CGV (Convertisseur Grande Vitesse,

высокоскоростной преобразователь), который представляет собой расширенную реализацию последовательного интерфейса стандарта JEDEC JESD204A. Он имеет повышенную скорость (до 4 Гбит/с по сравнению со стандартной 3,125 Гбит/с) и увеличенную дальность передачи данных (до 100 см по сравнению со стандартным расстоянием 20 см), а также расширенный набор функций (множественная синхронизация).

Новый интерфейс имеет ряд преимуществ перед традиционными параллельными методами передачи: простая топология печатной платы, меньшее число линий ввода/вывода, возможность сокращения слоев платы и, соответственно, меньшая стоимость, снижение излучаемых помех,

Таблица 1. Основные характеристики аналого-цифровых преобразователей

Марка	Разрядность	Быстродействие, Мвыб./с	Напряжение питания, В	Мощность рассеяния, мВт	SFDR, дБ	SNR, дБ	Интерфейс	Корпус
ADC 0808S250	8	250	3,3/1,8	215	56	48	Парал. CMOS/LVDS	HTQFN48
ADC 1003S040*	10	40	5,0/3,3	235	70	58	Парал. CMOS/ TTL	SSOP28
ADC 1003S050*	10	50	5,0/3,3	235	70	58	Парал. CMOS/ TTL	SSOP28
ADC 1006S070**	10	70	5,0/3,3	550	71	59	Парал. CMOS/ TTL	QFP44
ADC 1206S040**	12	40	5,0/3,3	550	72	64	Парал. CMOS/ TTL	QFP44
ADC 1206S050**	12	50	5,0/3,3	550	72	64	Парал. CMOS/ TTL	QFP44
ADC 1206S070**	12	70	5,0/3,3	550	70	64	Парал. CMOS/ TTL	QFP44
ADC 1207S080*	12	80	5,0/3,3	840	90	71	Парал. LVCMOS	HTQFN48
ADC 1410S065***	14	65	3,3/1,8	430	87	72	CMOS/LVDS DDR	HTQFN40
ADC 1410S080***	14	80	3,3/1,8	430	87	72	CMOS/LVDS DDR	HTQFN40
ADC 1410S105***	14	105	3,3/1,8	430	87	72	CMOS/LVDS DDR	HTQFN40
ADC 1410S125***	14	125	3,3/1,8	430	87	72	CMOS/LVDS DDR	HTQFN40

\* Внутренний ИОН; \*\* входной буфер; \*\*\* ИОН внутренний или внешний; SNR – отношение сигнал/шум, SFDR – динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих.

самосинхронизация задержек на длину проводника, компенсация искажений сигнала.

С интерфейсами CGV компания NXP выпустила АЦП семейств ADC1413D и ADC1613D.

**ADC1413D** – это двухканальный 14-разрядный АЦП с частотой дискретизации 65, 80, 105 или 125 МГц. Так же, как и ADC1410S, АЦП ADC1413D оптимизирован для применений, где требуются высокие динамические характеристики, малая потребляемая мощность и дискретизация на частоте до 125 МГц, например, в коммуникационной, видео- и медицинской аппаратуре. ADC1413D выполнен по конвейерной архитектуре и имеет систему коррекции ошибок, что гарантирует отсутствие пропущенных кодов в пределах всего рабочего диапазона.

Вывод данных осуществляется в последовательном режиме через два дифференциальных порта, совместимых со стандартом JESD204A. Для облегчения конфигурации АЦП в него интегрирован интерфейс SPI. Кроме того, ряд настроек микросхемы, которые вступают в силу после подачи питания, можно задать с помощью специальных выводов. Выпускается в 56-выводном корпусе типа HVQFN.

Характеристики ADC1413D:

- соотношение сигнал-шум (SNR) – 73 дБ;
- полоса пропускания – 600 МГц;
- SFDR – 90 дБ;
- мощность рассеяния – 995 мВт при 80 млн. выб./с;
- максимальная частота дискретизации – 125 МГц;
- интерфейс SPI;
- напряжение питания – 3,3 В (аналоговая часть), 1,8 В (выходной драйвер);
- дифференциальная нелинейность (DNL) –  $\pm 0,5$  LSB;
- интегральная нелинейность (INL) –  $\pm 1$  LSB;
- диапазон рабочих температур – от -40 до 85°C.

**ADC1613D** – двухканальный АЦП (разрешение 11, 12, 14 и 16 бит) – оптимизирован для высокоскоростных применений, имеет две линии последовательного интерфейса CGV стандарта JEDEC JESD204A. Частота преобразования – 65 МГц (ADC1613D065), 80 МГц (ADC1613D080), 105 МГц (ADC1613D105) или 125 МГц (ADC1613D125).

АЦП имеет превосходные динамические характеристики в широкой полосе пропускания (до 600 МГц), что позволяет с успехом использовать его в телекоммуникационном оборудовании, системах промышленного зрения и медицинской технике. Дополнительный SPI-интерфейс обеспечивает несложную настройку и мониторинг режимов работы преобразователя. Все представители данного семейства совместимы по выводам, что позволяет легко модернизировать законченное

изделие без изменения топологии печатной платы. Для работы АЦП требуется два источника питания с однополярным напряжением – 3 В (для питания аналоговых цепей) и 1,8 В (для питания выходных цифровых драйверов).

Характеристики ADC1613D:

- SNR – 71,6 дБ;
- SFDR – 89 дБ;
- мощность рассеяния – 995 мВт при 80 млн. выб./с;
- DNL –  $\pm 0,5$  LSB;
- INL –  $\pm 1$  LSB;
- диапазон рабочих температур – от -40 до 85°C.

АЦП выпускается в 56-выводном корпусе типа HVQFN.

## ЦИФРОАНАЛОГОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Наиболее популярные серии ЦАП компании NXP приведены в табл.2. Более подробно рассмотрим один из них.

**DAC1203D160** – двухканальный 12-разрядный ЦАП с быстродействием до 160 МГц и интерполяцией второго порядка.

DAC1203D160 позволяет значительно уменьшить сложность и общую стоимость системы. Устройство обладает превосходными динамическими характеристиками для работы с несколькими несущими частотами благодаря возможности прямого преобразования промежуточной частоты. Производительность DAC1203D160 достигает 160 млн. выб./с. Благодаря прямому преобразованию промежуточной частоты DAC1203D160 обеспечивает лучшие в своем классе характеристики для работы с несколькими несущими. Высокая производительность при малом потреблении делает его незаменимым в беспроводных системах связи с высокой пропускной способностью, таких как WLL, LMDS и BWA. Выпускается в 80-выводном корпусе типа HTQFP.

Характеристики DAC1203D160:

- SFDR – 80 дБ при 2,5 МГц;
- входная частота до 80 МГц;
- выходная частота до 160 МГц;
- малая мощность рассеяния;
- рабочий диапазон температур – от -40 до 85°C.

Новый двухканальный 14-разрядный ЦАП **DAC1408D** компании NXP совместим со стандартом JESD204A и предназначен для применения в устройствах широкополосной связи и измерительной аппаратуре. Частота дискретизации – 650 или 750 млн. выб./с. Расширенные возможности интерфейса CGV включают функцию мультисинхронизации устройств (MDS, Multi Device Synchronization). Эта функция предназначена для синхронизации

Таблица 2. Основные характеристики цифроаналоговых преобразователей

Марка	Число каналов	Разрядность	Быстродействие, Мвыб./с	Напряжение питания, В	Мощность рассеяния, мВт	SFDR, дБ	Интерфейс	Корпус
DAC 1001D125	2	10	125	3,3	185	78	Внутренний/парал. CMOS	LQFP48
DAC 1003D160	2	10	160	3,3	420	79	Парал. CMOS	HTQFN80
DAC 1005D650	2	10	650	3,3/1,8	950	81	Внутренний/парал. CMOS	HTQFN100
DAC 1201D125	2	12	125	3,3	185	79	Внутренний/парал. CMOS	LQFP48
DAC 1203D160	2	12	160	3,3	420	80	Парал. CMOS	HTQFN80
DAC 1205D650	2	12	650	3,3/1,8	950	83	Внутренний/парал. CMOS	HTQFN100
DAC 1401D125	2	14	125	3,3	185	81	Внутренний/парал. CMOS	LQFP48
DAC 1403D160	2	14	160	3,3	420	80	Парал. CMOS	HTQFN80
DAC 1405D650	2	14	650	3,3/1,8	950	84	Внутренний/парал. CMOS	HTQFN100
DAC 1408D650	2	14	650	3,3/1,8	1280	80	CGV, совместим с JESD204A	HTQFN68
DAC 1408D750	2	14	750	3,3/1,8	1280	80	CGV, совместим с JESD204A	HTQFN68

выборки в потоках данных нескольких ЦАП и поддержания фазовой когерентности сигналов, что облегчает применение ЦАП серии DAC1408D в современных мультисканальных приложениях.

В число других отличительных особенностей входят возможность ввода данных в дополнительном коде или формате с двоичным смещением, а также значение интермодуляционных искажений по 3-й гармонике 76 дБ при частоте выборок 640 млн. выб./с и частоте выходного сигнала 140 МГц. Микросхемы серии DAC1408D также имеют возможность внешнего тактирования, совместимого с LVDS-уровнями, и возможность внутреннего увеличения тактовой частоты в 2, 4 и 8 раз. Имеется встроенная система масштабирования полного тока выходной шкалы до 20 мА. Цифровая коррекция смещения может быть использована для задания постоянного

уровня выходного сигнала ЦАП при применении в устройствах с непосредственной связью. Два

вспомогательных внутренних цифроаналоговых источника постоянного тока служат для компенсации смещения между ЦАП и последующим блоком передающего тракта. Преобразователь выпускается в 64-выводном корпусе типа HVQFN.

Во второй половине 2013 года на рынке ЦАП и АЦП появились новые высокопроизводительные преобразователи с интерфейсом CGV, разработанные компанией NXP. Представлены они были компанией Integrated Device Technology (IDT), одним из ведущих производителей микросхем для систем связи и телекоммуникаций.

**ADC1443D** – двухканальный 14-битный АЦП с частотой преобразования до 200 млн. выб./с и малым энергопотреблением.

Оптимизированный для применения в инфраструктуре систем беспроводной связи, новый аналого-цифровой преобразователь, отвечающий требованиям стандарта JEDEC JESD204B, обеспечивает высокую линейность и минимальный уровень шумов на частоте преобразования до 200 млн. выб./с.

Работающий от однополярного источника питания напряжением 1,8 В, ADC1443D200 оснащен последовательными выходами стандарта JESD204B, конфигурируемыми в один или два канала; пропускная способность выходных каналов 5 Гбит/с. Схема синхронизации нескольких устройств (MDS) позволяет с высокой точностью (сдвиг фазы не более одного такта) синхронизировать до 16 каналов и 8 АЦП ADC1443D200. Интегрированный последовательный периферийный интерфейс SPI обеспечивает легкость конфигурирования и мониторинга работы АЦП. Полоса частот входного аналогового сигнала до 1 ГГц делает ADC1443D идеальным выбором для применения в мультистандартных, с несколькими несущими, коммуникационных приложениях. Выполненная по конвейерной архитектуре, схема коррекции ошибок на выходе гарантирует нулевые потери кода во всем рабочем диапазоне. ADC1443D200 выпускается в 56-выводном корпусе HLQFN размером 8×8 мм и поддерживается различными демонстрационными комплектами. Также доступна 12-разрядная версия АЦП с быстродействием 125, 160 или 200 млн. выб./с.

Характеристики ADC1443D200:

- мощность потребления 1 Вт при частоте 200 млн. выб./с;
- наличие режима пониженного энергопотребления и режима сна;
- рабочий диапазон температур – от -40 до 85°C;
- SNR – 73 дБ при частоте дискретизации 185 млн. выб./с и входной частоте 190 МГц;

- SFDR – 86 дБ при частоте дискретизации 185 млн. выб./с и входной частоте 190 МГц;
- интермодуляционные искажения третьего порядка (IMD3) – 88 дБ при частоте дискретизации 185 млн. выб./с, входной частоте  $F_{11}=188,5$  МГц и  $F_{12}=191,5$  МГц.

**DAC1653D, DAC1658D** – новые цифроаналоговые преобразователи с высокоскоростным последовательным интерфейсом стандарта JESD204B – предназначены для применения в быстродействующих схемах генерации высокочастотных сигналов таких приложений, как инфраструктура беспроводных сетей поколения 3/4G, телевизионные системы видео высокой четкости и высокотехнологичная контрольно-измерительная аппаратура.

Отличием новой серии являются масштабируемые с коэффициентом ×2, ×4 и ×8 интерполирующие фильтры и возможность синхронизации до восьми последовательных линий интерфейса JESD204B благодаря функции MDS.

Частота преобразования DAC1653D, DAC1658D – до 2 млрд. выб./с, типовое значение SFDR – 85 дБ (в полосе пропускания 250 МГц). Последовательные входные линии стандарта JESD204B имеют максимальную пропускную способность до 10 Гбит/с. Спектральная плотность мощности шума (NSD) у DAC1658D1G5 составляет 164 дБм/Гц, что в полной мере соответствует требованиям для GSM-сигнала с несколькими несущими (Multi-Carrier), обеспечивая большую гибкость при проектировании приложений. Приемник интерфейса JESD204B содержит схему компенсации, повышающей надежность соединения.

ЦАП DAC1653D и DAC1658D имеют встроенные тактовый генератор, датчик температуры, источник опорного напряжения на 0,7 В, встроенную схему сброса питания, схему контроля напряжения смещения (дополнительный 10-битный ЦАП) и схему управления режимом пониженного энергопотребления. Рабочий диапазон температур – от -40 до 85°C. ЦАП выпускаются в 56-выводных корпусах VFQFP-N размером 8×8 мм.

Еще раз можно отметить важные преимущества нового интерфейса по сравнению с традиционными параллельными цифровыми интерфейсами: упрощается трассировка печатной платы, снижается уровень радиоизлучения, уменьшается число выводов, появляется возможность автоматической синхронизации соединений и компенсации сдвига фазы.

*По материалам компаний NXP Semiconductors  
и Integrated Device Technology*