

# Новинки компании Texas Instruments — усилители и преобразователи данных

Александр КАЗАКЕВИЧ  
kaz@efo.ru

Каждый год компания Texas Instruments выпускает сотни новых компонентов. Среди новинок, вышедших в наиболее популярных сегментах полупроводниковых устройств, — усилители и преобразователи данных, чему и будет посвящена настоящая статья.

## Введение

Наиболее востребованными среди разработчиков полупроводниковых усилительных устройств являются операционные, а также инструментальные усилители. Прошедший год нельзя назвать особенно урожайным на усилители Texas Instruments (TI), тем не менее, вышедшие новинки являются с нашей точки зрения вполне достойными внимания, и, надеемся, будут интересны нашим читателям. Обзор новых усилителей будем по возможности сопровождать сравнением с продуктами основного конкурента — компании Analog Devices (ADI).

Аналогичный подход будет использоваться при рассмотрении выпущенных в 2013 г. преобразователей данных. Основное внимание будет уделено аналого-цифровым преобразователям (АЦП) с архитектурой последовательного приближения, а также дельта-сигма АЦП.

## Операционные усилители с напряжением питания до 5 В

В прошедшем году завершен выпуск новой серии ОУ313: вышли одно- и четырехканальные версии после выпущенного ранее двухканального ОРА2313 («у» в маркировке TI означает число каналов, в одноканальной версии отсутствует). Выпуск этого семейства можно рассматривать как усовершенствование популярного операционного усилителя (ОУ) общего назначения ОУ348. В таблице 1 представлены характеристики нового усилителя в сравнении с конкурентом от Analog Devices AD8542. По существу, AD8542 является полным аналогом ОРА2348, поэтому предшественника серии ОУ313 можно считать также участвующим в сравнении. Видно, что у ОУ313 заметно улучшена точность, уменьшен входной ток и шумы, а также значительно увеличен коэффициент ослабления синфазной помехи (КОСП). Расширен диапазон рабочих напря-

жений, традиционно для новых операционных усилителей TI верхний диапазон рабочих температур поднят до +150 °С.

Основная идея нового ОУ ОРАу317 — недорогой сверхэкономичный усилитель, выполненный по топологии с нулевым температурным дрейфом. Его можно рассматривать как бюджетную версию известного усилителя ОРА333. Ближайший конкурент от ADI потребляет почти на порядок больше, при этом имеет существенно меньшее напряжение смещения, сходный дрейф, несколько большее быстродействие и тот же уровень шумов. Ситуация с диапазоном напряжений питания и рабочих температур аналогична предыдущему сравнению.

## Усилители с размахом напряжения питания 30 В и выше

В 2013 г. компания TI продолжила развитие линейки ОУ с промышленным диапазоном напряжения питания, имеющих вход на полевых транзисторах с изоляцией *p-n*-переходом. Вышел одноканальный усилитель ОРА172, отличительной чертой которого является, прежде всего, низкий температурный дрейф напряжения смещения наряду с невысокой стоимостью. Те же качества выделяют вышедшие ранее ОРА170 и ОРА171. Основное отличие ОРА172 — повышенное быстродействие и низкие шумы (и, соответственно, возросшее энергопотребление). Конкурентом выступает ОУ ADA4610-2A, для сравнения приведены также параметры ОРА2170. В предыдущей статье, посвященной усилителям TI, ADA4610-2A неплохо конкурировал с ОРА2141 [3], опережая его в точности и несколько проигрывая по шумам. Сравнение усилителя ADI с ОРА172 показывает несколько иную картину: усилитель TI значительно превосходит его в точности, уступая в уровне низкочастотного шума (табл. 2). Новый усилитель не пози-

Таблица 1. Параметры ОУ со входом на полевых транзисторах ( $V_s = 5$  В,  $V_c = V_s/2$ ,  $T = +25$  °С)

Параметр	ОРА2313	AD8542	ОРА2317	AD8539
Производитель	TI	ADI	TI	ADI
Напряжение смещения (макс.), мкВ	2500	6000	90	13
Температурный дрейф напряжения смещения (тип.), мкВ/°С	2	4	0,05	0,03
Ток смещения (тип.), пА	0,2	4	155	15
Полоса пропускания (тип.), МГц	1	1	0,3	0,43
Скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс	0,5	0,9	0,15	0,4
КОСС (мин.), дБ	104	60	95	100
Плотность шумов ( $f = 1$ кГц), нВ/√Гц	25	40	55	52
Размах шумов в полосе 0,1–10 Гц, нВ	–	–	1,1	1,2
Вход/Выход				
Rail to Rail вход/выход				
Напряжение питания $V_s$ , В	1,8–5,5	2,7–5,5	1,8–5,5	2,7–5,5
Ток потребления покоя (макс.), мкА/канал	60	65	21	190
Диапазон рабочих температур, °С	–40...+150*	–40...+125	–40...+150*	–40...+125
Корпус	8MSOP, 8SOIC, 8SON	8MSOP, 8SOIC, 8TSSOP	8MSOP, 8SOIC	8MSOP, 8SOIC
Цена (в партии 1000 шт.)**, \$	0,38	0,38	0,75	0,72

Примечания. \* — диапазон температур, в котором гарантируются заявленные параметры, составляет –40...+125 °С.  
\*\* — здесь и далее приводится стандартная цена, указанная на сайте производителя [1, 2].

Таблица 2. Параметры ОУ с размахом напряжения питания 30 В и выше ( $V_s = \pm 15$  В,  $V_c = 0$ ,  $T = +25$  °С)

Параметр	OPA172	ADA4610-2A	OPA2170	OPA192	ADA4610-2B
Производитель	TI	ADI	TI	TI	ADI
Число каналов	1	2	2	1	2
Напряжение смещения (макс.), мВ	1	1	1,8	0,025	0,4
Температурный дрейф напряжения смещения (макс.), мкВ/°С	1,5	8	1,5	0,5	4
Ток смещения (макс.), пА	15	25	15	20	25
Полоса пропускания, МГц	10	10	1,2	10	10
Скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс	10	25	0,4	20	25
КОСС (мин.), дБ	110	106	104	120	106
Плотность шумов ( $f = 1$ кГц), нВ/√Гц	6	7,3	19	5,5	7,3
Размах шумов в полосе 0,1–10 Гц, нВ	1200	450	2000	1300	450
Rail to Rail вход/выход	Выход	Выход	Выход	Вход/Выход	Выход
Однополярное питание	Да	Нет	Да	Да	Нет
Напряжение питания $V_s$ , В	4,5...36	$\pm 4,5... \pm 15$	2,7...36	4,5...36	$\pm 4,5... \pm 15$
Ток потребления покоя (макс.), мА/канал	1,8	1,85	0,145	1,2	1,85
Диапазон рабочих температур, °С	-55...+150*	-40...+125	-55...+150*	-55...+150*	-40...+125
Корпус	8SOIC, SOT23-5, 5SC70	8MSOP, 8SOIC, 8LFCSP	8SOIC, 8MSOP, 8VSSOP	8SOIC, 8MSOP, SOT23-5	8SOIC, 8MSOP
Цена (в партии 1000 шт.), \$	0,65	1,43	0,6	1,35	3,47

Примечание. \* — Диапазон температур, в котором гарантируются заявленные параметры, составляет -40...+125 °С.

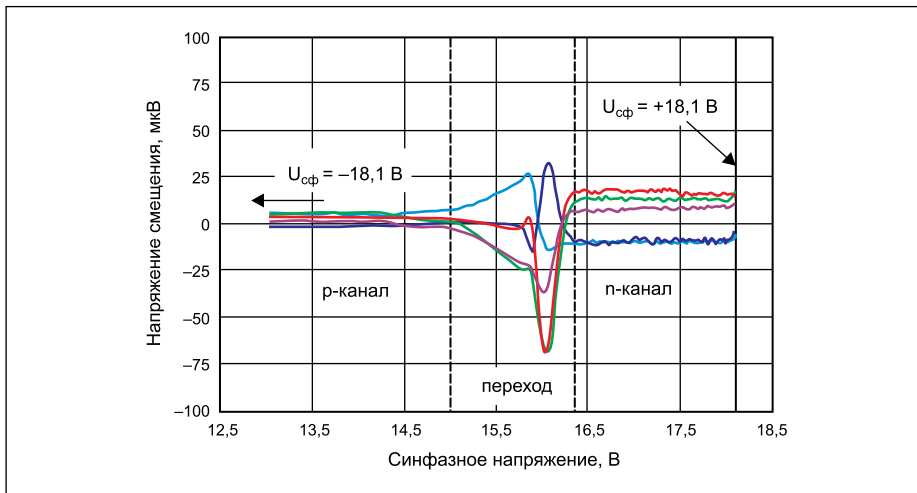


Рис. 1. Зависимость напряжения смещения от синфазного входного напряжения (напряжение питания  $\pm 18$  В)

ционируется производителем как rail-to-rail по входу. Однако строение входного каскада допускает входное синфазное напряжение до шин питания, при этом характеристики не гарантируются вблизи верхней шины питания. Многоканальные версии OPA172 ожидаются до конца 2014 г.

Другой усилитель с промышленным диапазоном рабочего напряжения — OPA192 — позиционируется производителем как представитель нового поколения. Сочетание характеристик действительно внушает уважение, например типичное напряжение смещения для усилителя с полевым входом составляет всего 5 мкВ. При этом следует учесть, что тут не идет речь о технологии Zero Drift. OPA192 является продуктом усовершенствованной технологии e-trim, основу которой составляет программируемая балансировка токов плечей входного каскада. Ближайший конкурент от ADI ADA4610-2B при заметно большей цене имеет на порядок меньшую точность. Входной каскад OPA192 обеспечивает как синфазное, так и дифференциальное (!) напряжение от шины

до шины. Особенности строения входного каскада хорошо иллюстрируются зависимостью напряжения смещения от синфазного напряжения (рис. 1). Видно, что передача управления от r-канальных транзисторов к n-канальным происходит при напряжении 2–3 В от верхней шины питания, при этом имеет место увеличение напряжения смеще-

ния до 50–70 мкВ. Кроме того, заметно, что r-канальная пара сбалансирована гораздо лучше. Это следует учитывать при разработке прецизионных систем, тем более что поведение температурного дрейфа напряжения смещения совершенно аналогично.

OPA192 характеризуется также отличным сочетанием быстродействия и потребления: при скорости нарастания выходного сигнала 20 В/мкс ток покоя составляет около 1 мА. Традиционно оба новых усилителя имеют преимущество перед конкурентами в диапазоне напряжений питания и рабочих температур.

### АЦП последовательного приближения

За прошедший год компания TI полностью обновила семейство 16-битных одноканальных АЦП с однополярным питанием. Выпущены ADS8860/2/4/6 (АЦП с однополярным входом) и ADS8861/3/5/7 (с дифференциальным входом). Скорости преобразования составляют соответственно 1000, 680, 400 и 100 тыс. выборок в секунду. Новое семейство пришло на замену АЦП ADS831x/2x и отличается большей точностью и гораздо меньшим энергопотреблением. Кроме того, выпущена серия экономичных 18-битных преобразователей ADS8881/3/5/7 с тем же набором скоростей преобразования и дифференциальным входом. Полезной особенностью всех новых АЦП является их совместимость по выводам. Аналогом новых АЦП выступает известное семейство PulSAR от компании Analog Devices. Результаты сравнения представлены в таблице 3. Представлены самые быстрые версии преобразователей, более медленные версии отличаются исключительно скоростью преобразования, остальные характеристики идентичны. Заметим, что не удалось найти конкурента для ADS8861, ADI в данном случае предлагает лишь версию с однополярным входом.

Сравнение характеристик показывает, что преобразователи TI чуть превосходят конкурента по точности, заметно экономичнее

Таблица 3. Параметры одноканальных АЦП последовательного приближения ( $V_{ион} = 5$  В,  $T = 25$  °С)

Параметр	ADS8860	AD7980B	ADS8861	ADS8881	AD7982
Производитель	TI	ADI	TI	TI	ADI
Разрядов	16	16	16	18	18
Скорость преобразования (макс.), выб./с	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>
Напряжение питания, В (цифровое)	2,7–3,6	1,8–5,5	2,7–3,6	2,7–3,6	1,8–5,5
Напряжение питания, В (аналоговое)	2,7–3,6	2,35–2,65	2,7–3,6	2,7–3,6	2,35–2,65
Напряжение ИОН $V_{ион}$ , В	2,5–5				
Тип входа	Однополярный		Дифференциальный		
Диапазон входных напряжений	0– $V_{ион}$		$\pm V_{ион}$		
Отношение сигнал/шум (тип.) $F_{ш}$ = 1 кГц, дБ	93	92	96,5	100	99
Дифференциальная нелинейность (макс.), МЗР	-0,99...+1	-0,9...+0,9	-0,99...+1	-0,99...1,5	-0,85...1,5
Потребляемая мощность (10 <sup>6</sup> выб./с), мВт	5,5	7	5,5	5,5	7
Интерфейс	SPI				
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+85	-40...+125	-40...+85	-40...+85	-40...+85
Корпус	MSOP-10 SON-10	MSOP-10 QFN-10	MSOP-10 SON-10	MSOP-10 SON-10	MSOP-10 QFN-10
Цена (в партии 1000 шт.), \$	10	16,14	11	19,95	23,28

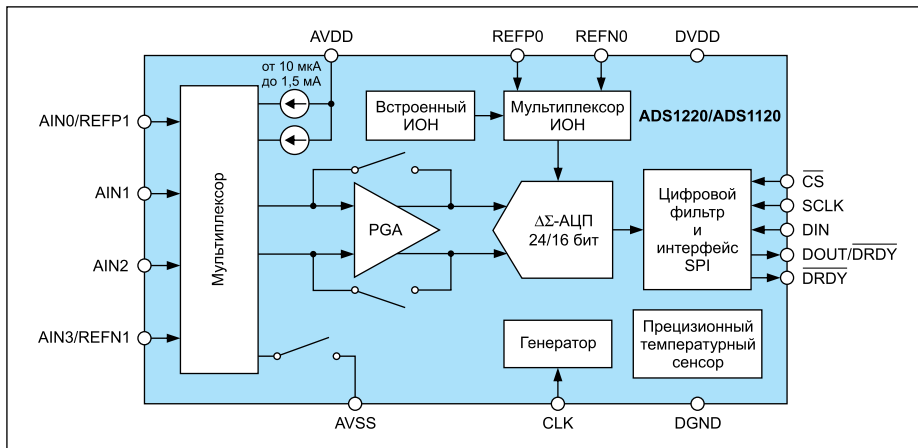


Рис. 2. Блок-схема АЦП ADS1220/ADS1120

Таблица 4. Параметры  $\Delta\Sigma$ -АЦП ( $T = +25^\circ\text{C}$ )

Параметр	ADS1120	ADS1220	AD7782
Производитель	TI	TI	ADI
Разрядов	16	24	24
Скорость преобразования выб./с	5–2000		19,76 (фиксированная)
Напряжение питания, В (цифровое)	2,3–5		2,7–5,25
Напряжение питания, В (аналоговое)	2,3–5		2,7–5,25
Встроенный ИОН, В	2,048		Нет
Тип входа	2 дифференциальных/4 однополярных		2 дифференциальных
Диапазон входных напряжений, В	$\pm V_{\text{ИОН}}/G^*$		$\pm 2,56; \pm 0,16$
Интегральная нелинейность, % (макс.)	0,002	0,0015	0,001
Температурный сенсор	Есть		Нет
Встроенные источники тока	2		Нет
Ток потребления ( $G = 32$ ), мкА	425		1300
Интерфейс	SPI		
Диапазон рабочих температур, $^\circ\text{C}$	–40...+125		
Корпус	TSSOP-16 QFN-16	TSSOP-16 QFN-16	TSSOP-16
Цена (в партии 1000 шт.), \$	3,15	3,95	4,3

Примечание. \* G — коэффициент усиления входного усилителя.

ADS1147/1247, упрощена схема коммутаций входов/выходов, при этом добавлен прецизионный температурный сенсор. Результаты сравнения с  $\Delta\Sigma$ -преобразователем ADI AD7782 представлены в таблице 4. При сопоставимой цене 24-битный АЦП TI отличается гораздо большей функциональностью, предлагая дополнительно встроенный источник опорного напряжения, источники тока, усилитель с программируемым коэффициентом усиления и датчик температуры.

Погрешность температурного сенсора не превышает  $0,5^\circ\text{C}$ . При помощи программируемых источников тока можно питать внешние сенсоры, будь то мост или резистивный датчик температуры. Интересной особенностью является возможность коммутации аналоговой земли — например для отключения питания моста. Встроенный источник опорного напряжения (ИОН) имеет температурный максимальный дрейф  $40 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ , при необходимости возможно подключение внешнего ИОН.

## Заключение

Несмотря на небольшое количество новинок, компания TI выпустила ряд интересных усилителей, сочетание характеристик которых зачастую затрудняет поиск конкурирующего решения. Полностью обновлена линейка одноканальных 16-битных и 18-битных АЦП последовательного приближения, предлагается широкий выбор скоростей преобразования. Выпущены новые бюджетные  $\Delta\Sigma$ -АЦП с расширенной функциональностью, оптимизированные для использования с датчиками температуры и мостовыми преобразователями.

## Литература

1. [www.ti.com](http://www.ti.com)
2. [www.analog.com](http://www.analog.com)
3. Казакевич А. Обзор новых операционных усилителей компании Texas Instruments // Компоненты и технологии. 2012. № 6.

и дешевле. Интересно отметить, что отношение сигнал/шум ADS8861 (96,5 дБ) достигло значения, очень близкого к теоретическому пределу (97,2 дБ). Новые АЦП отлично масштабируются по соотношению «энергопотребление–скорость». Так, при скорости преобразования 10 000 выб./с потребление составит всего 55 мкВт.

## Преобразователи с дельта-сигма архитектурой

Семейство  $\Delta\Sigma$ -АЦП пополнилось двумя новыми преобразователями ADS1120/1220 (рис. 2) с разрядностью 16/24 бита. Новые АЦП функционально близки к хорошо рекомендовавшим себя преобразователям