

АЦП И ЦАП КОМПАНИИ MAXIM ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

МАЛОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ И ВЫСОКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Павел Чуприна chuprina_pavel@mail.ru

Новые АЦП и ЦАП компании Maxim разработаны с учетом современных тенденций совершенствования электронных компонентов: они выпускаются в миниатюрных корпусах, совместимы с низковольтными системами и могут применяться как в оборудовании с батарейным питанием (малый потребляемый ток, поддержка экономичных режимов работы), так и в больших промышленных системах. Кроме того, в новую продукцию интегрирован ряд элементов, каждый из которых выполняет несколько функций из известных альтернативных решений и, таким образом, делает экономически обоснованным отказ от использования последних.

АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

В декабре 2012 года компания Maxim Integrated Products объявила о начале поставок в I квартале 2013 года самых миниатюрных на сегодняшний день биполярных 16-разрядных АЦП – **MAX1166** и **MAX1167**. Они имеют встроенный источник опорного напряжения (ИОН) и буферную схему, выпускаются в миниатюрном (9 мм²) корпусе и обеспечивают экономию до 88% площади, занимаемой на печатной плате, по сравнению с преобразователями, предлагаемыми конкурентами.

Входные каскады MAX1166/1167 построены с использованием архитектуры Beyond-the-Rails (исключается необходимость в источнике питания отрицательной полярности), которая позволяет при однополярном питании +5 В работать с входными сигналами в диапазоне ±5 В. При такой технологии не нужен источник питания отрицательной полярности, что упрощает конечную схему.

Новые АЦП имеют малые потребляемую мощность в рабочем режиме (19,5 мВт) и ток потребления в ждущем режиме (1 мкА), высокую частоту дискретизации и идеально подходят для прецизионных измерений в системах сбора данных и управления технологическими процессами,

в медицинских приборах и автоматическом испытательном оборудовании.

MAX1166/1167 обеспечивают частоту дискретизации, соответственно, до 500 и 250 квыб./с и оснащены модулями SPI совместимого последовательного интерфейса, поддерживающими работу с логическими сигналами стандартов 2,5; 3; 3,3 или 5 В. Последовательный интерфейс можно использовать и для подключения нескольких АЦП в многоканальных системах, в которых

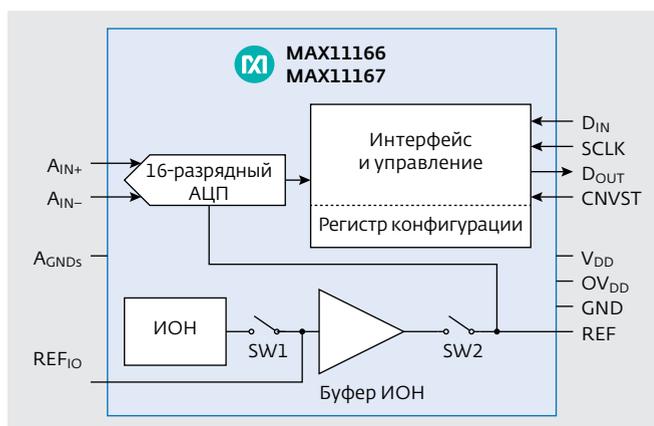


Рис.1. Блок-схема АЦП MAX1166/1167

требуется одновременное проведение измерений по всем каналам. Кроме того, модули SPI обеспечивают индикацию состояния занятости для упрощения систем синхронизации и формирования временных последовательностей. Запатентованная компанией Maxim архитектура входного преобразователя с подкачкой заряда (charge pump) позволяет подавать на вход АЦП сигналы от источников с высоким выходным импедансом непосредственно, исключая необходимость во внешних аналоговых буферах. Блок-схема АЦП приведена на рис.1.

Высокие характеристики аналоговой части – соотношение сигнал/шум (SNR) 92,6 дБ – дают возможность проводить прецизионные измерения в широком динамическом диапазоне с лучшей в своем классе линейностью. Типовые значения интегральной нелинейности (INL) – $\pm 0,5$ МЗР (LSB, least significant bit – наименьшее значение напряжения, которое может быть измерено АЦП) и дифференциальной нелинейности (DNL) – $\pm 0,2$ МЗР при потребляемой в два раза меньшей мощности по сравнению с аналогами.

Поставляются АЦП MAX1166/1167 в надежных 12-выводных корпусах TDFN размером 3x3 мм, диапазон рабочих температур от -40 до 85°C.

Прецизионные измерения, а также измерения в широком динамическом диапазоне довольно часто ассоциируются с сигма-дельта АЦП, которые сегодня демонстрируют самую высокую точность преобразования – 24 разряда. В этих аналого-цифровых преобразователях для достижения такой высокой разрешающей способности совмещены достижения аналоговой и цифровой техники.

MAX1200–MAX1213 – семейство одноканальных 16-, 18-, 20-, 24-разрядных дельта-сигма АЦП с ультранизким энергопотреблением. Микросхемы обеспечивают самое высокое соотношение разрядности к потребляемой мощности. Они предназначены для применения в устройствах, требующих сочетания широкого динамического диапазона и низкого энергопотребления, таких как датчики с током потребления 4–20 мА, и для разработки первоклассных устройств с точки зрения рассеиваемой мощности.

Встроенные буферы входного сигнала обеспечивают развязку источника сигнала

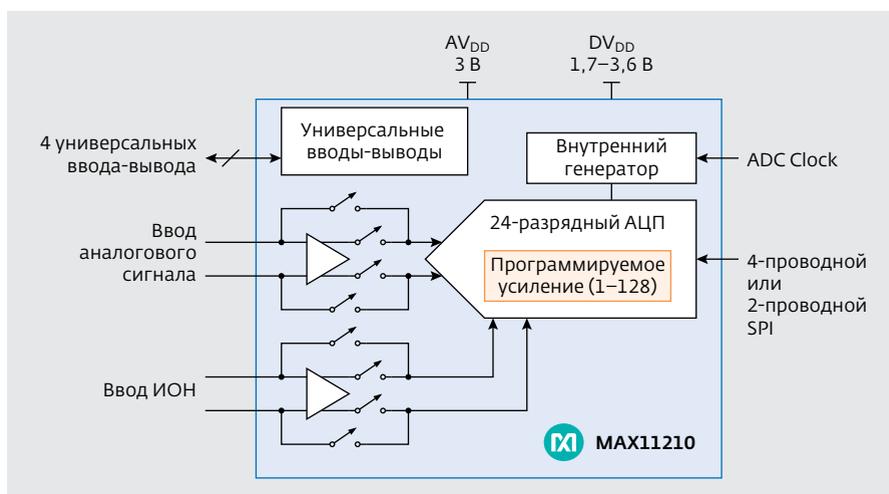


Рис.2. Блок-схема АЦП MAX11210

от коммутируемых конденсаторов устройства выборки и хранения АЦП. Это позволяет подключать данные преобразователи к источникам с высоким выходным импедансом без необходимости выбора между широким динамическим диапазоном и высокой линейностью. Микросхемы содержат высокоточный внутренний тактовый генератор, который не требует дополнительных внешних элементов. При работе на определенных скоростях преобразования внутренний цифровой фильтр обеспечивает уровень подавления сетевых помех (50 и 60 Гц) более 100 дБ. Блок-схема АЦП и схема подключения приведены на рис.2, 3.

Сигма-дельта АЦП семейства MAX11200–MAX11213 разделяются на АЦП с программируемым коэффициентом усиления (MAX11200/11203/11206/11207/11209/11210/11211/11213) и АЦП с двухпроводным последовательным интерфейсом (MAX11201/11202/11205/11208/11212) (табл.1).

Первые программируются через последовательный интерфейс SPI и содержат четыре вывода общего назначения, которые можно использовать для управления внешним мультиплексором. Коэффициент усиления MAX11213/11209/11206 может меняться от 1 до 128; для MAX11210 принимает значения 1, 2, 4, 8 или 16. Преобразователи выпускаются в 16-выводных корпусах QSOP, соответствующих нормам RoHS. Вторые имеют простой двухпроводной последовательный интерфейс и выпускаются в миниатюрных 10-выводных корпусах μ MAX. Диапазон рабочих температур для всех АЦП – от -40 до 85°C.

Такие характеристики MAX11200–MAX11213, как ультранизкое энергопотребление (<300 мкА в рабочем режиме, <0,4 мкА – в дежурном), высокая

Таблица 1. Основные характеристики АЦП семейства MAX11200–MAX11213

Обозначение	Разрядность	Разрядность без шумов (скорость, выб./с)	Программируемый коэффициент усиления	Входной буфер	Подавление помех (50 Гц), дБ	Число цифровых Вх./Вых.	Интерфейс					
MAX11200	24	20,9 (10) 19 (120)	–	Да	144	4	SPI					
MAX11201		20,6 (13,75) 19,1 (120)		–		–		80	Двухпроводной			
MAX11202		20,5 (13,75) 19 (120)	1–16		–		–			–		
MAX11210		20,9 (10) 19 (120)		1–128		Да		144	4		SPI	
MAX11206	20 (10) 19 (120)	–	–		80		–			Двухпроводной		
MAX11207	20 (10) 19 (120)			1–128		Да		144	4		SPI	
MAX11208	20 (13,75) 19 (120)											–
MAX11209	18	18 (10) 18 (120)	1–128	Да	144	4	SPI					
MAX11211		18 (10) 18 (120)						–	–	80	–	Двухпроводной
MAX11212		18 (13,75) 18 (120)	1–128	Да	144	4	SPI					
MAX11203		16 (10) 16 (120)										
MAX11205	16 (13,75) 16 (120)	1–128	Да	144	4	SPI						
MAX11213	16 (10) 16 (120)						–	–	80	–	Двухпроводной	

разрядность, среднеквадратический уровень шумов – 570 нВ (при скорости преобразования 10 выб./с и диапазоне входного сигнала $\pm 3,6$ В) и интегральная нелинейность – $3 \cdot 10^{-6}$ (см. табл.1) обуславливают их широкое применение в измерительном и медицинском оборудовании, системах контроля напряжения питания, измерителях уровня принимаемого сигнала.

АЦП со скоростью преобразования 300 квыб./с. Три семейства (MAX11618–MAX11621/11624/11625; MAX11634–MAX11637 и MAX11638–MAX11643)

представляют собой 10-, 12- и 8-разрядные, 4-, 8-, 16-канальные АЦП с внутренним источником опорного напряжения, буфером FIFO и интерфейсом SPI (табл.2).

К преимуществам этих микросхем относятся: наличие встроенного буфера типа FIFO на 16 элементов, режим сканирования, внутренняя генерация тактового сигнала, внутреннее усреднение данных и автоматический переход в режим пониженного энергопотребления. Максимальная скорость преобразования составляет 300 квыб./с при

использовании внешней тактовой частоты. АЦП работают от источника питания 3,3 или 5 В и содержат последовательный интерфейс с максимальной тактовой частотой 10 МГц, совместимый со стандартами SPI/QSPI/MICROWIRE.

Диапазон внешнего ИОН изменяется от 1 В до напряжения питания, интегральная нелинейность ±1 МЗР, дифференциальная нелинейность ±1 МЗР. Во всем диапазоне рабочих температур отсутствуют пропущенные коды.

Микросхемы выпускаются в корпусах QSOP с 14 и 24 выводами. Диапазон рабочих температур всех устройств - от -40 до 85°C.

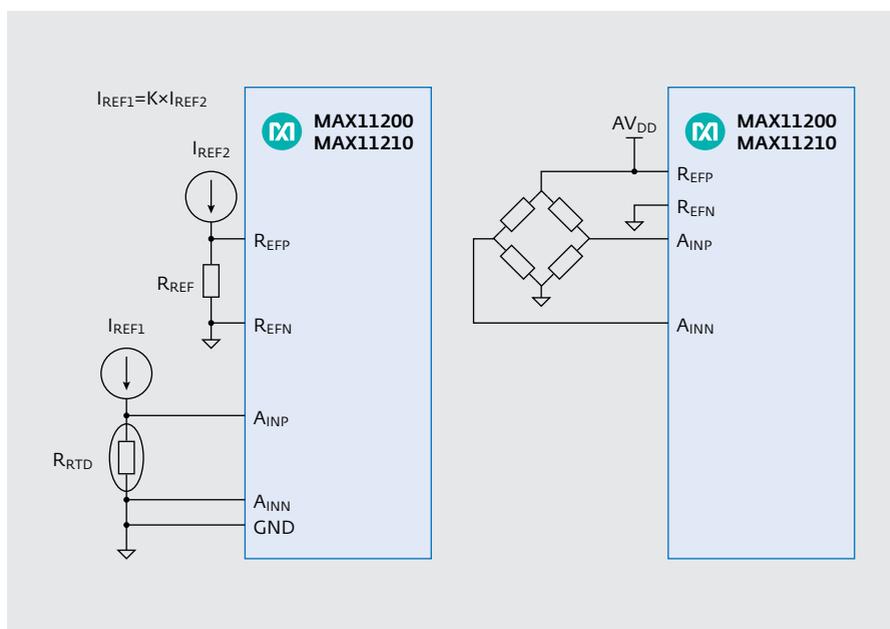


Рис.3. Схемы подключения MAX11200/11210

Таблица 2. Характеристики АЦП со скоростью преобразования 300 квыб./с

Обозначение	Разрядность	Число каналов	Напряжение питания, В	Напряжение внутреннего ИОН	Тип корпуса	
MAX11618	10	4	4,75–5,25	4,096	QSOP, 16 выводов	
MAX11619			2,7–3,6	2,5		
MAX11620		8	4,75–5,25	4,096		
MAX11621			2,7–3,6	2,5		
MAX11624		16	4,75–5,25	4,096		QSOP, 24 вывода
MAX11625			2,7–3,6	2,5		
MAX11634	12	4	4,75–5,25	–	QSOP, 16 выводов	
MAX11635			2,7–3,6	–		
MAX11636		8	4,75–5,25	–		
MAX11637			2,7–3,6	–		
MAX11638	8	8	4,75–5,25	4,096		
MAX11639			2,7–3,6	2,5		
MAX11640			4,75–5,25	4,096		
MAX11641		16	2,7–3,6	2,5		QSOP, 24 вывода
MAX11642			4,75–5,25	4,096		
MAX11643			2,7–3,6	2,5		

МАХ11644 – МАХ11647 – семейство 10-, 12-разрядных, одного и двухканальных АЦП с низким энергопотреблением и интерфейсом I²C. Имеют встроенное устройство выборки и хранения, ИОН, тактовый генератор. Работают от одного источника питания – напряжением 2,7–3,6 В (МАХ11645/11647) или 4,5–5,5 В (МАХ11644/11646). Ток потребления составляет всего 6 мкА при скорости преобразования 1 квыб./с. Микросхемы автоматически переходят в режим пониженного энергопотребления между преобразованиями, уменьшая потребляемый ток до 1 мкА при небольших скоростях преобразования. Входы программно конфигурируются на один из следующих режимов работы: однополярный или двухполярный, дифференциальный или недифференциальный.

Полный диапазон входных напряжений определяется источником опорного напряжения. Микросхемы содержат внутренний ИОН напряжением 2,048 В (МАХ11645/11647) и 4,096 В (МАХ11644/11646), однако возможно подключение внешнего ИОН от 1 В до напряжения питания.

АЦП семейства МАХ11644–МАХ11647 обеспечивают соотношение сигнал-шум на уровне 70 дБ, интегральную и дифференциальную нелинейность – ±1 LSB, температурный дрейф – 0,3·10⁶/°С.

Выпускаются в миниатюрных корпусах WLP (1,9×2,2 мм) и μМАХ (8 выводов). Диапазон рабочих температур составляет от -40 до 85°С.

Расположение выводов в виде матрицы с шагом 0,5 мм облегчает трассировку четырехслойных печатных плат, а высота корпуса 0,64 мм позволяет монтировать ИС на обеих сторонах печатной платы. АЦП дает возможность минимизировать как количество внешних компонентов, так и общие габариты разработки. Сочетание компактных размеров

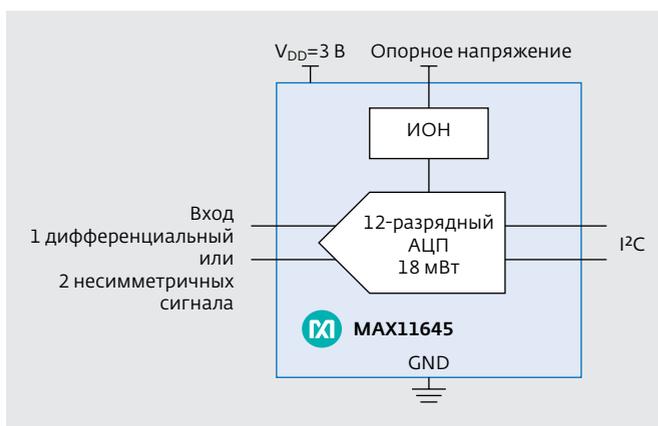


Рис.4. Блок-схема АЦП МАХ11645

с минимальной в своем классе рассеиваемой мощностью (18 мкВт при времени преобразования 1 мс) дает возможность использовать МАХ11645 в схемах электросчетчиков, портативных электронных устройств, для обработки результатов измерения параметров точек нагрузки (напряжения, тока, температуры) в сетях и компьютерах. Повышающая и программная совместимость 2-, 4-, 8- и 12-канальных, 8-, 10- и 12-разрядных АЦП позволяет разработчикам легко изменять габариты, производительность и стоимость разработки.

Основные характеристики АЦП семейства МАХ11644–МАХ11647

Разрядность:

МАХ11644/11645	12
МАХ11646/11647	10

Тактовая частота в обычном режиме 400 кГц

Тактовая частота

в высокоскоростном режиме 1,7 МГц

Низкое энергопотребление:

при скорости преобразования, квыб./с

94,4 670 мкА

40 230 мкА

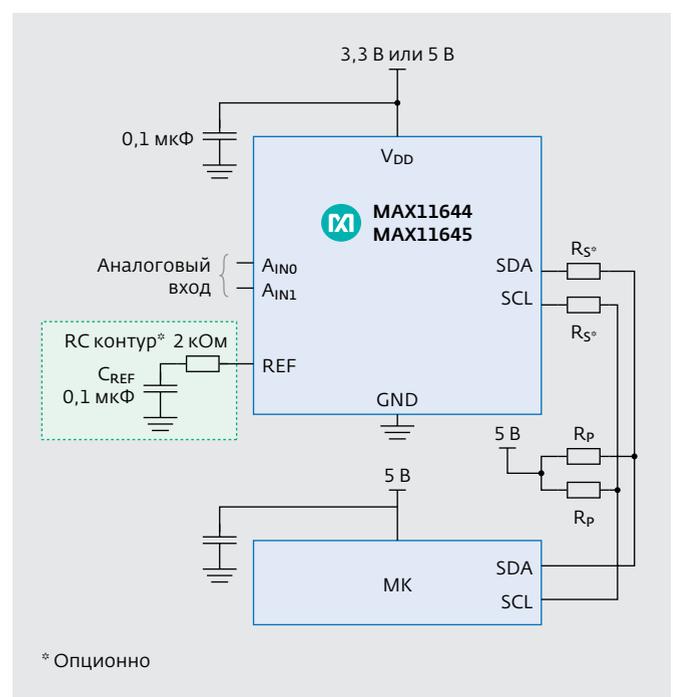
10 60 мкА

1 6 мкА

в режиме пониженного

потребления 0,5 мкА

Структурная схема АЦП и схема подключения приведены на рис.4, 5.



* Опционально

Рис.5. Схема подключения МАХ11644/11645



Рис.6. Цифроаналоговый преобразователь MAX5214/5216

ЦИФРОАНАЛОГОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Номенклатура цифроаналоговых преобразователей, выпускаемых компанией Maxim, включает как самые современные изделия, так и традиционные модели, подтвердившие свою жизнеспособность на протяжении длительного времени. Широкий диапазон различных параметров (разрядность, число каналов, тип выхода, используемые интерфейсы, быстродействие) делает продукцию компании востребованной во многих приложениях самого различного назначения. Выпускаются ЦАП с разрешением от 4 до 16 разрядов: от самых простых и дешевых до сложных высокоточных 16-разрядных многоканальных устройств для промышленных измерений.

MAX5214/5216 – 14- и 16-разрядные высокопроизводительные ЦАП позволяют снизить энергопотребление системы и уменьшить размеры печатной платы благодаря сверхнизкому току потребления (80 мкА) и 8-выводному μ MAX корпусу (3×3 мм).

Микросхемы MAX5214/5216 представляют собой совместимые по выводам, одноканальные ЦАП с буферизированным выходом по напряжению (рис.6, 7). Используется внешний прецизионный источник опорного напряжения, который подключается к входу с высоким входным сопротивлением для обеспечения режима работы rail-to-rail (выходной сигнал с размахом, равным напряжению питания) и низкого энергопотребления. MAX5214/5216 работают в широком диапазоне напряжений питания – 2,7–5,25 В. Последовательный трехпроводной интерфейс типа SPI/QSPI/MICROWIRE с максимальной тактовой частотой 50 МГц упрощает разработку различных устройств и обеспечивает экономию свободного пространства на печатной плате.

Минимизация цифрового шума, проникающего с входа на выход, в MAX5214/5216 достигается

отключением входных буферов SCLK и DIN сразу после завершения передачи каждого последовательного входного кадра. При включении питания микросхемы MAX5214/MAX5216 устанавливают на выходах низкий уровень напряжения, обеспечивая дополнительную безопасность при управлении преобразователями, которые при включении должны быть установлены в исходное состояние.

Малая величина тока потребления (80 мкА) и низкая погрешность смещения ($\pm 0,25$ мВ) достигается буферизацией выхода ЦАП. При отключении потребляемый электрический ток снижается до 0,4 мкА. Перевод вывода CLR в низкий уровень асинхронно обнуляет содержимое входного регистра и регистра ЦАП и устанавливает выход ЦАП в низкий логический уровень независимо от состояния последовательного интерфейса. Основные характеристики: интегральная нелинейность $\pm 0,25$ LSB для MAX5214 (14-разрядный) и ± 1 LSB для MAX5216 (16-разрядный).

Во всем рабочем диапазоне обеспечивается монотонность выходного сигнала. Нагрузку с номинальным сопротивлением от 10 кОм и более можно

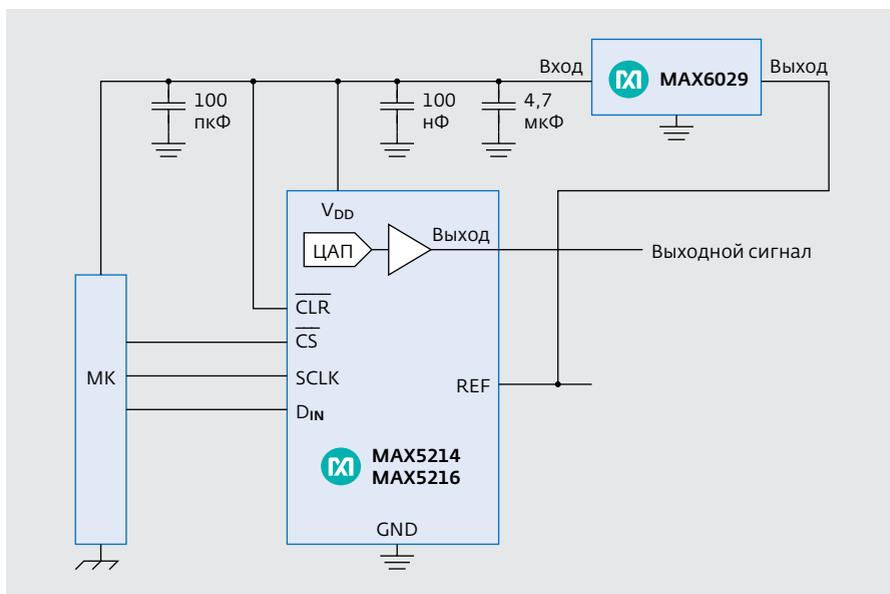


Рис.7. Схема подключения MAX5214/5216

напрямую подключать к буферизированному выходу ЦАП.

Микросхемы доступны в ультракомпактных (3x3 мм) 8-выводных µMAX корпусах, диапазон рабочих температур – от -40 до 105°C.

MAX5879 – 14-разрядный ЦАП для систем прямого цифрового синтеза сигналов (DDS) со скоростью преобразования до 2,3 Гвыб./с позволяет формировать сигналы в широком диапазоне частот (от 0 до более 2 ГГц) с конфигурируемым частотным откликом и высокими качественными характеристиками.

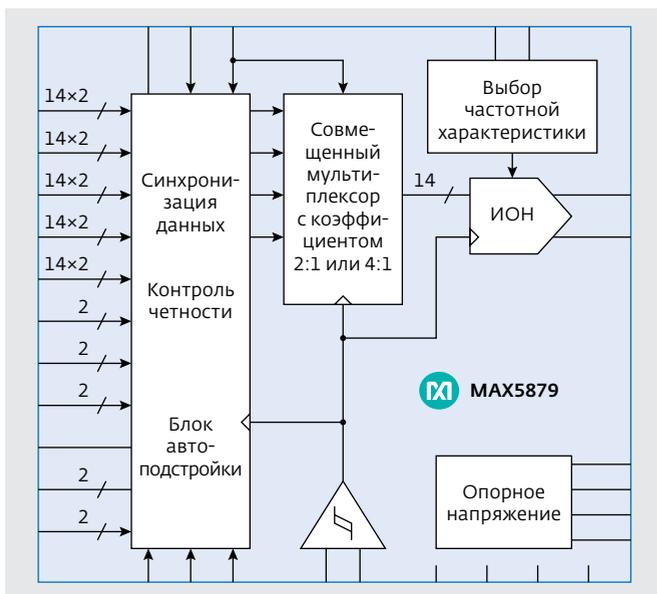


Рис.8. Блок-схема ЦАП MAX5879

Диапазон напряжения питания микросхемы – от 1,8 до 3,3 В, при этом рассеиваемая мощность равна 1,8 Вт при максимальном значении выходного тока 40 мА и 2,3 Вт – при 80 мА.

MAX5879 содержит четыре мультиплексированных 14-разрядных входных порта стандарта LVDS, каждый из которых обеспечивает прием данных со скоростью до 1150 Мвыб./с. Общая скорость преобразования достигает 2300 Мвыб./с. Схема содержит входной мультиплексор, работающий в режиме 2:1 или 4:1, который позволяет коммутировать два входных порта со скоростью до 1150 Мвыб./с или четыре входных порта со скоростью до 575 Мвыб./с, что

обеспечивает требуемую производительность. Соответственно, скорости потоков данных входных портов могут быть равными 1/2 или 1/4 общей скорости преобразования микросхемы для каждого порта (рис.8). MAX5879 содержит подсистему автоматической подстройки задержки сигналов для упрощения синхронизации с микросхемами-источниками данных (ПЛИС и т.д.). Вход контроля паритета и выход сигнала ошибки контроля паритета могут использоваться для обнаружения ошибок в данных между источником сигнала и ЦАП. MAX5879 также имеет схему сброса тактового сигнала для выравнивания и распределения тактового сигнала между несколькими микросхемами ЦАП.

Возможен выбор одного из четырех режимов выходного частотного отклика микросхемы:

- Nonreturn-to-zero (NRZ, без возврата к нулю) – обеспечивает широкий динамический диапазон/выходную мощность при работе в первой зоне Найквиста;
- Return-to-zero (RZ, с возвращением к нулю) – обеспечивает снижение соотношения сигнал/шум для улучшения неравномерности АЧХ в 1-й, 2-й и 3-й зонах Найквиста;
- Radio-frequency (RF, электрический ток в радиочастотном диапазоне) – обеспечивает высокое соотношение сигнал/шум для получения широкого динамического диапазона во 2-й и 3-й зонах Найквиста;
- Radio-frequency-return-to-zero (RFZ, электрический ток в радиочастотном диапазоне)

с возвращением к нулю) – обеспечивает широкий динамический диапазон и улучшает неравномерность АЧХ в зонах Найквиста от 3-й до 6-й при максимальной скорости преобразования.

Скорость преобразования до 2,3 Гвыб./с в сочетании с несколькими вариантами выходных частотных откликов (NRZ, RZ, RF и RFZ) позволяет синтезировать сигналы с частотами выше 2 ГГц. Уникальный режим выходной частотной характеристики RFZ обеспечивает синтез сигналов в частотном диапазоне до 6-й зоны Найквиста при скоростях преобразования до 1150 Мвыб./с. Микросхема имеет превосходные показатели по уровню шума, внеполосным излучениям и интермодуляционным искажениям, что позволяет синтезировать прямым цифровым методом сигналы с шириной полосы до 1 ГГц.

Основные характеристики ЦАП MAX5879:

- уровень искажений в соседних каналах в режиме WCDMA 70 дБ на частоте 2,14 ГГц;
- уровень сигнала в соседнем канале по стандарту DOCSIS – 70 дБс при частоте 400 МГц (в 8-канальном режиме);
- уровень шума – 165 дБс/Гц при отстройке на 200 МГц;
- высокая выходная мощность – 9 дБм (в режиме излучения несущей);
- ширина полосы выхода – 2 ГГц;
- максимальная скорость поступления данных на каждый порт – до 1150 МГц;
- возможность работы в режиме удвоенной и обычной скорости;
- наличие встроенной системы автоподстройки задержки для синхронизации с входными данными;
- наличие функции сброса для синхронизации нескольких ЦАП.

ЦАП выпускается в 256-выводном шариковом корпусе SCVGA размером 17×17 мм. Диапазон рабочих температур составляет от -40 до 85°C.

Основные области применения ЦАП MAX5879: генераторы сигналов произвольной формы, широкополосные системы связи, системы передачи цифрового видеосигнала, прямого цифрового синтеза сигналов, системы стандартов Edge, QAM и CMTS, системы радиолокации и авионики, цифрового приема/передачи сигналов, системы беспроводной связи.

*Информация взята на сайте
www.maximintegrated.com*