

СОВРЕМЕННЫЕ ЦАП И АЦП С НИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ КОМПАНИИ МАХИМ – ОТЛИЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МИНИАТЮРНЫХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Павел Чуприна pavel@rtcs.ru, chuprina_pavel@mail.ru

Компания Maxim Integrated Products была основана в 1983 году в местечке Саннивэйл (Солнечная долина), штат Калифорния. Сегодня она – признанный мировой лидер на рынке аналоговых и аналого-цифровых полупроводниковых компонентов, выпускает 29 основных видов продукции и выполняет 160 технологических процессов (в компании освоена также 180-нм технология на 300-мм полупроводниковых пластинах). Продуктовая линейка компании включает в себя микроконтроллеры, ЦАП и АЦП и десятки микросхем для волоконно-оптической, проводной и беспроводной связи, множество специализированных микросхем для автомобильной промышленности, аудио- и видеоприменений и т.п. Более 500 специализированных заказных ИС разработано компанией совместно с заказчиками.

Ежегодно компания выпускает более 300 новых микросхем (т.е. фактически ежедневно предлагает миру новое изделие) и 23,8% оборотных средств расходует на научные разработки. При этом, обслуживая более 40 тыс. потребителей, 70% продаж она осуществляет вне США. Компания поддерживает 24 собственных офиса, 40 технических центров разработки и 11 полупроводниковых фабрик и центров тестирования по всему миру.

Фирмой Maxim с 1993 года выпущено свыше 2100 аналоговых ИС – больше, чем любой другой фирмой отрасли. Свыше 1800 приборов разработано непосредственно сотрудниками фирмы. В России продукция Maxim доступна через официального дистрибьютора – ЗАО "Рэйнбоу Электроникс".

Далее дан краткий обзор новой продукции компании Maxim.

Аналого-цифровой преобразователь MAX11645 (рис.1) был представлен компанией в декабре 2010 года. Компактный двухканальный АЦП применяется в современных миниатюрных устройствах, где требуется низкое энергопотребление.

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. Конструкция АЦП дает возможность минимизировать как количество внешних компонентов, так и общие габариты разработки, при этом требуется лишь один развязывающий конденсатор (0,1 мкФ) в блоке питания. Благодаря сочетанию компактных размеров

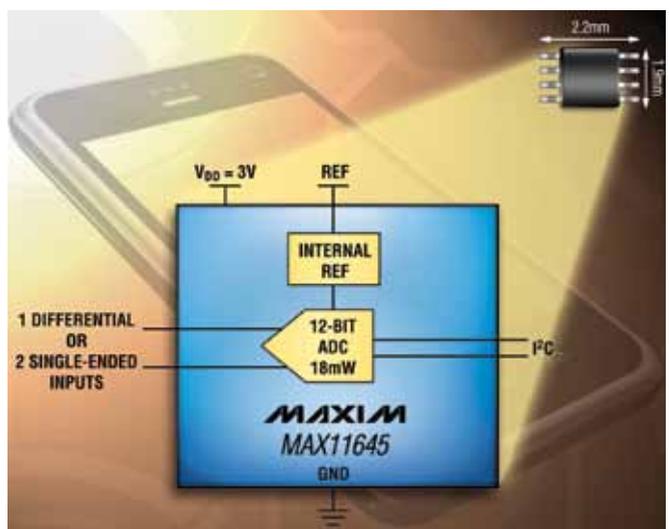


Рис.1. Аналого-цифровой преобразователь MAX11645

с минимальной в своем классе рассеиваемой мощностью (18 мкВт при времени преобразования 1 мс) MAX11645 отлично подходят для схем электросчетчиков, портативных электронных устройств и для обработки результатов измерения параметров (напряжения, тока, температуры) в сетях и компьютерах.

MAX11645 может работать со скоростью преобразования до 94 квыб./с, т.е. в 28 раз быстрее существующих преобразователей в сравнимых по габаритам корпусах. Потребляемая мощность уменьшена за счет того, что большую часть времени ЦАП пребывает в дежурном режиме. MAX11645 работает от источника питания, напряжение которого может варьироваться в диапазоне от 2,7 до 3,6 В, и имеет источник опорного напряжения 2,048 В. Представленный 12-разрядный АЦП обеспечивает соотношение сигнал-шум на уровне 70 дБ, интегральную и дифференциальную нелинейность – на уровне ± 1 LSB (Least significant bit), температурный дрейф – $0,3 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. При 12-разрядной точности ИС работает с входными сигналами двух диапазонов от 0 до опорного напряжения

VREF (однополярный режим) или $\pm VREF/2$ (двухполярный режим).

Повыводная и программная совместимость 2-, 4-, 8- и 12-канальных, 8-, 10- и 12-разрядных АЦП позволяет разработчикам легко изменять габариты, производительность и стоимость разработки. MAX11645 имеет интегрированное запоминающее устройство FIFO (First input – first output) и режим сканирования. Полностью оценить возможности и выбрать АЦП семейства MAX116xx можно по реферативным таблицам.

Для приложений, в которых не требуется 12-разрядная точность, доступны комплекты разработчика для 4-, 8- и 12-канальных версий (MAX11613/MAX11615/MAX11617) этих ИС. Диапазон рабочих температур от -40 до 85°C . АЦП выпускается в корпусе типа WLP с 12 выводами и в μMAX с восьмью выводами.

MAX11645 – двухканальный, двунаправленный 12-разрядный АЦП, имеет встроенную схему фиксации сигнала Т/Н (track hold – предотвращение искажения сигнала шумами на короткий отрезок времени), встроенный источник опорного

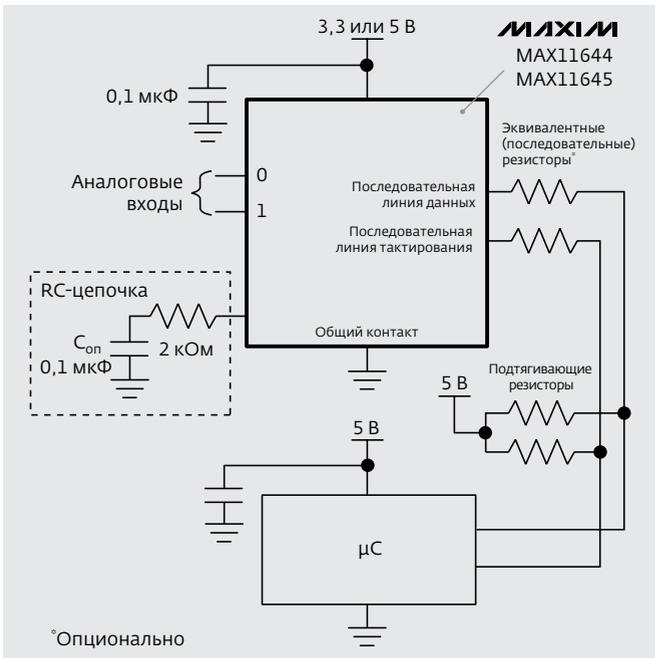


Рис.2. Типовая схема подключения MAX11645

напряжения, встроенный тактовый генератор и двухпроводной интерфейс I²C. Устройство оптимизировано для шины I²C и для управления данными ввода-вывода, где часто требуется высокая скорость и выход без нагрузки. Величина тока потребления 0,9 мА. Типовая схема подключения АЦП представлена на рис.2.

Области применения: измерительное оборудование с питанием от аккумуляторов, переносное портативное оборудование, медицинский инструментарий, системы мониторинга источников питания, системы с питанием от солнечных батарей, системы управления.

Цифроаналоговые преобразователи **MAX5214** (14-битный) и **MAX5216** (16-битный) со сверхнизким энергопотреблением (рис.3) представлены компанией Maxim в январе 2011 года.



Рис.3. Цифроаналоговые преобразователи MAX5214 и MAX5216

При токе потребления 80 мкА эти ЦАП существенно увеличивают время работы портативных устройств от аккумуляторов. Максимальная в своем классе точность преобразования, небольшие габариты корпуса и низкий ток потребления делают их одинаково подходящими как для подключения датчиков по двухпроводному интерфейсу с целью измерения слаботочных сигналов, так и для систем, критичных с точки зрения потребляемой мощности.

Возможность программирования ЦАП MAX5214 и MAX5216 обеспечивает их гибкость и эффективность, что позволяет применять данные ИС в таких системах с ограниченным энергетическим бюджетом, как, например, глюкометры. В этих устройствах ИС имеет в рабочем режиме ток потребления 80 мкА, а при отключении потребляемый электрический ток снижается до 0,4 мкА, что позволяет существенно увеличить время работы. Кроме того, при включении MAX5214 и MAX5216 происходит сброс выхода ЦАП к уровню нуля, что повышает надежность работы приложений, в которых вентили и датчики должны находиться в пассивном состоянии при включении питания.

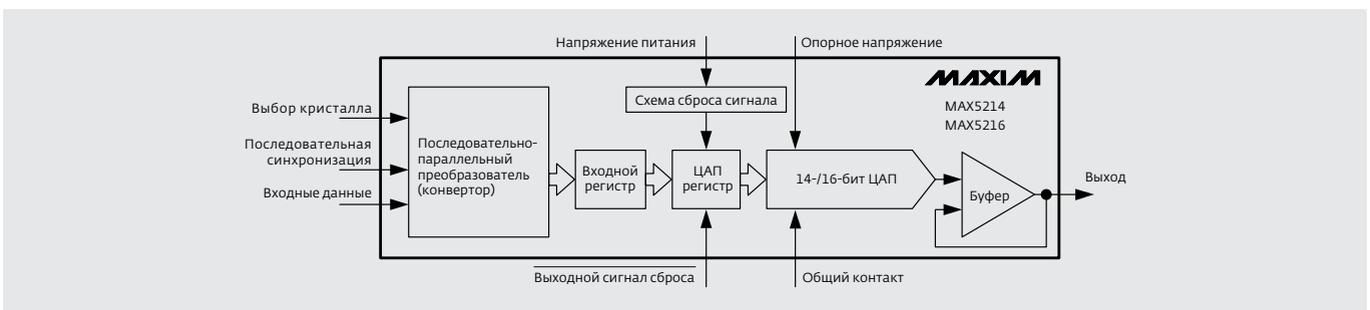


Рис.4. Типовая схема подключения MAX5214 и MAX5216

Представленные ЦАП МАХ5214 и МАХ5216 имеют лучшую в своем классе точность – интегральная нелинейность во всем рабочем диапазоне составляет $\pm 0,25\text{LSB}$ и $\pm 1\text{LSB}$, соответственно. Они отлично подходят для применения в высокопроизводительных системах, выполняющих повторяющиеся рабочие циклы в течение длительного времени с высокой заданной точностью (например, в двигателях и роботизированных механизмах).

В ЦАП МАХ5214 и МАХ5216 встроен буфер, который позволяет снизить как количество внешних компонентов в разрабатываемом устройстве, так и его габариты. Встроенный буфер упрощает и разработку устройств. МАХ5214 и МАХ5216 работают в расширенном температурном диапазоне – от -40 до 105°C . Обе ИС выпускаются в компактном 8-выводном корпусе μMAX (3×3 мм).

Отличительные особенности ЦАП МАХ5214 и МАХ5216:

- широкий диапазон напряжения источника питания – от 2,7 до 5,25 В;
- буфер работает с выходным сигналом, имеющим размах, равный напряжению питания;
- высокоскоростной 50-МГц, трехпроводной последовательный интерфейс, совместим с SPI/QSPI/MICROWIRE/DSP;
- для непосредственного подключения оптоэлектронной пары используются входы с гистерезисом (триггер Шмита на входе);
- активный низкий логический уровень сигнала CLR сбрасывает выходной код в состояние "0";

- высокое входное сопротивление для снижения потребляемой мощности;
- буферизация входа позволяет непосредственно управлять нагрузкой 10 кОм;
- ток потребления – 0,07 мА.

Схема подключения ЦАП приведена на рис.4.

Области применения: датчики с двухпроводным интерфейсом, оборудование для автоматизированного тестирования, системы автоматической регулировки; коммуникационные системы, устройства регулировки усиления и задания напряжения смещения, портативная измерительная техника, управление усилителями мощности, управление промышленными процессами, программируемые источники напряжения и тока, переносное портативное измерительное и медицинское оборудование (глюкометры и т.д.).

В октябре 2011 года компания Maxim представила первый в отрасли **высокоинтегрированный преобразователь энергии для интеллектуальных измерений – МАХ17497**. Это однокристальное решение для коммуникационных и измерительных плат в приложениях интеллектуального учета электроэнергии. Высокий уровень интеграции упрощает разработку, добавляет гибкости, увеличивает точность и надежность, а также уменьшает конечную стоимость продукта и экономит место на печатной плате. Представленная микросхема идеально подходит как для систем интеллектуальных измерений и "умных" сетей, так и для автоматизации производства.

Таблица 1. Основные характеристики АЦП 11хх

Наименование	Разрешающая способность, бит	Число входных каналов	Максимальная скорость преобразования, квыб./с	Корпус, число выводов
МАХ11102	12	2	2000	$\mu\text{MAX-EP}$, 10 выводов TDFN-EP, 10 выводов
МАХ11103	12	2	3000	$\mu\text{MAX-EP}$, 10 выводов TDFN-EP, 10 выводов
МАХ11105	12	1	2000	SOT, 6 выводов
МАХ11106	10	2	3000	TDFN-EP, 10 выводов
МАХ11110	10	1	2000	SOT, 6 выводов
МАХ11111	8	2	3000	TDFN-EP, 10 выводов
МАХ11115	8	1	2000	SOT, 6 выводов
МАХ11116	8	1	3000	SOT, 6 выводов
МАХ11117	10	1	3000	SOT, 6 выводов

MAX17497 объединяет в себе управляющую схему, требуемую для универсального входа (от 85 до 265 В), и неизолированный обратноходовой преобразователь. Также во вторичной цепи добавлен синхронный понижающий DC/DC-преобразователь с интегрированными MOSFET-транзисторами. Это дает возможность обеспечить питание драйверов систем связи по линиям электропередачи (PLC) или RF-передатчиков, PLC/Rf модемов (2,5/3,3 В), автоматических выключателей и жестко регулируемых источников питания чувствительных метрологических устройств и приложений, выполненных в виде систем-на-кристалле.

Спроектированный для работы на частотах 250/500 кГц обратноходовой преобразователь не работает на частотах, используемых в коммуникационных схемах приложений интеллектуальных измерений, и, таким образом, уменьшает частотную интерференцию и улучшает характеристики устройства. Частота обратноходового стабилизатора и вторичного DC/DC-преобразователя может быть оптимизирована с учетом магнитных компонентов и компонентов фильтра приложений интеллектуального учета.

MAX17497 увеличивает надежность и точность всей системы посредством различных, устанавливаемых пользователем, порогов и настроек защиты. Входы для установки порогов блокировки при пониженном напряжении и перенапряжении могут программироваться. Защита от превышения температуры и короткого замыкания, а также сигнал "Питание в норме" значительно повышают уровень безопасности системы. MAX17497 выпускается в миниатюрном корпусе TQFN размером 3×3 мм. Может работать в температурном диапазоне от -40 до 125°C.

В сентябре 2010 года компания Maxim представила семейство 12-, 10- и 8-разрядных АЦП со скоростью выборки 2–3 Мвыб./с – MAX111хх.

Семейство включает восемь устройств (табл.1), имеющих разную разрядность (12-/10-/8 бит), скорость преобразования (2–3 Мвыб./с) и количество каналов (2/1). Основное назначение ИС – увеличение времени работы устройств от аккумулятора, при этом потребляемая мощность ИС составляет всего 9,9 мВт, что на 32% меньше по сравнению с конкурирующими решениями. В дополнение надо сказать, что АЦП этого класса могут работать непосредственно от линии питания 2,2 В. Короткий временной интервал включения и отключения дает возможность использовать АЦП в пакетном режиме, что позволяет минимизировать время ИС в режиме активного

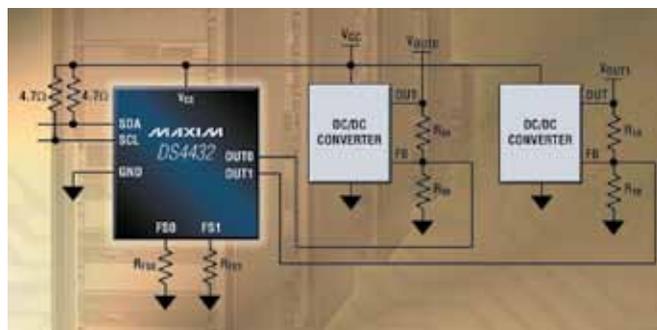


Рис.5. Цифроаналоговый преобразователь DS4432

потребления энергии. АЦП отлично подходят для применения в устройствах с питанием от аккумуляторов, автомобильной электроники, в системах с питанием от солнечных батарей и систем мониторинга.

Низкое потребление без ущерба производительности позволяет применять новое семейство АЦП в жестких промышленных условиях: с точки зрения соотношения сигнал-шум 70,5 дБ и отношения полного сигнала к полному уровню помех 70 дБ. Цифровой интерфейс ИС работает при напряжении в диапазоне от 1,5 до 3,6 В, что позволяет без использования преобразователя уровней подключать к нему различные устройства с последовательным SPI-подобным интерфейсом.

Повыводная совместимость устройств предоставляет разработчикам широкие возможности выбора с точки зрения разрешения ИС для разработки своих плат и программного обеспечения. Все ИС семейства работают в расширенном температурном диапазоне от -40 до 125°C.

Анонсированное еще в сентябре 2009 года компанией Maxim семейство АЦП MAX116хх и сегодня пользуется большим спросом. Эти экономичные 8-битные многоканальные АЦП MAX11600-MAX11617 имеют встроенный track/hold (Т/Н), источник

опорного напряжения, тактовый генератор и интерфейс I²C. Работают от однополярного источника питания и потребляют всего 350 мкА при максимальной скорости преобразования 188 квыб./с. Режим auto-shutdown (режим автоматического перехода в режим пониженного энергопотребления – режим сна) в перерывах между преобразованиями автоматически переводит АЦП в спящий режим, снижая потребление ИС до 1 мкА.

Семейство АЦП MAX116xx с последовательным интерфейсом I²C уникально с точки зрения широты выбора исполнений АЦП: разрешающая способность 8 бит (частота дискретизации 188 кГц), 10 бит или 12 бит (94,4 кГц); число входных каналов 4, 8 или 12; напряжение питания составляет 2,7–3,6 В или 4,5–5,5 В и встроенный ИОН напряжением 2,048 или 4,096 В (табл. 2).

Кроме того, все АЦП поддерживают возможность заданий одно/двуполярной и несимметричной/дифференциальной конфигурации входов. Исполнения в одинаковых корпусах дают дополнительное преимущество совместимости по расположению и назначению выводов. Это означает, что в рамках одной и той же печатной платы простой заменой микросхемы без корректировки программного обеспечения можно

добиться изменения разрешающей способности и числа каналов. Данные АЦП имеют низкое энергопотребление. При выполнении преобразований с частотой 188 кГц потребляемый ток составляет всего лишь 350 мкА, а при уменьшении частоты дискретизации до 10 кГц величина тока снижается до 10 мкА. Микросхемы автоматически переходят в режим отключения по окончании преобразования. Таким образом, потребляемый ток при очень малых частотах дискретизации будет стремиться к величине в режиме отключения (1 мкА). Микросхемы рассчитаны на работу в температурном диапазоне от -40 до 85°C и идеальны для использования в портативном оборудовании с батарейным питанием для выполнения функций мониторинга системы.

Большим спросом сегодня пользуются и АЦП MAX19505, MAX19506, MAX19507, представленные компанией Maxim в 2009 году. Это ряд совместимых по выводам двухканальных 8-битных АЦП с быстродействием 65/100/130 Мвыб./с. Микросхемы потребляют 43 мВт (MAX19505), 57 мВт (MAX19506) и 74 мВт (MAX19507). Кроме того, АЦП имеют близкий к идеальному 8-битный динамический диапазон с величиной SNR (отношение сигнал-шум), равной 49,8 дБ, и SFDR (диапазон,

Таблица 2. Основные характеристики АЦП MAX116xx

Наименование	Разрешающая способность, бит	Число входных каналов	Напряжение питания, В	INL (макс.)	Внутренний ИОН, В	Адрес I ² C	Корпус
MAX11600 MAX11606 MAX11612	8, 10, 12	4	4,5–5,5	±1	4,096	1100100 0110100 0110100	SOT23, 8 выводов
MAX11601 MAX11607 MAX11613	8, 10, 12		2,7–3,6	±1	2,048	1100100 0110100 0110100	
MAX11602 MAX11608 MAX11614	8, 10, 12	8	4,5–5,5	±1	4,096	1101101 0110011 0110011	QSOP, 16 выводов
MAX11603 MAX11609 MAX11615	8, 10, 12		2,7–3,6	±1	2,048	1101101 0110011 0110011	
MAX11604 MAX11610 MAX11616	8, 10, 12	12	4,5–5,5	±1	4,096	1100101 0110101 0110101	
MAX11605 MAX11611 MAX11617	8, 10, 12		2,7–3,6	±1	2,048	1100101 0110101 0110101	

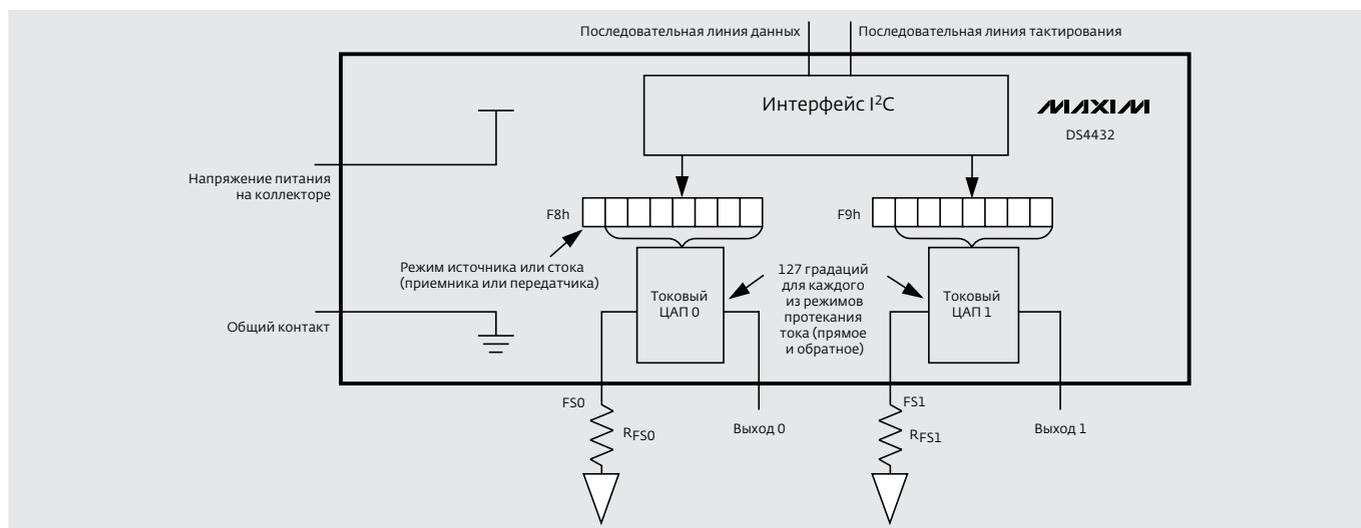


Рис.6. Типовая схема подключения DS4432

свободный от паразитных выбросов), равным 69 дБс на частоте 70 МГц.

АЦП MAX19505, MAX19506, MAX19507 используются в экономичных, портативных приложениях, таких как ультразвуковое и медицинское оборудование, портативные измерительные приборы и экономичные системы сбора данных. Они содержат саморегулируемый стабилизатор напряжения, который дает возможность запитать микросхему от аналоговых источников 1,8; 2,5 или 3,3 В без использования внешнего стабилизатора.

Микросхемы имеют входы дифференциального или несимметричного тактового сигнала (нет необходимости в преобразовании тактового сигнала), входы аналогового сигнала с диапазоном

входных сигналов 0,4–1,4 В (связь входов по переменному и постоянному току поддерживается без использования внешнего развязывающего конденсатора) и встроенный делитель тактовой частоты для исключения применения внешнего делителя. Встроенные КМОП выходные согласующие резисторы дают возможность пользователям программировать КМОП выходное сопротивление, что исключает использование внешнего демпфирующего резистора. Микросхемы выпускаются в 48-выводном корпусе типа TQFN размером 7×7 мм и работоспособны в расширенном температурном диапазоне от -40 до 85°C.

Цифроаналоговые преобразователи DS4432, выпущенные в июле 2009 года, и сегодня остаются

одними из лучших в своем классе (рис.5). Этот 7-разрядный ЦАП с управлением по интерфейсу I²C имеет два выходных канала и предназначен для тестирования и настройки рабочих параметров источников питания. Управление вторичным источником питания постоянного тока обеспечивается регулировкой тока в цепи обратной связи источника (ток в зависимости от номинала может протекать в каждом канале ЦАП в обоих направлениях). Это делает DS4432 незаменимым компонентом для применения в серверах, маршрутизаторах, платах обработки видеосигналов и других проектах, использующих источники питания постоянного тока, для которых необходимо на системном уровне обеспечивать контроль напряжения, калибровку и измерение номиналов.

С целью снижения требований к схеме запуска при включении питания выходной ток DS4432 устанавливается равным нулю. Для повышения простоты и надежности максимальный выходной ток для каждого канала задается в диапазоне от 50 до 200 мкА при помощи внешнего резистора. Посредством интерфейса I²C выходной ток может впоследствии в пределах полной шкалы усиливаться или ослабляться на 127 градаций.

ИС DS4432 выполнена в 8-выводном корпусе μ SOP и работает в температурном диапазоне от -40 до 85°C.

Отличительные особенности:

- полный ток – от 50 до 200 мкА;
- полный диапазон для каждого канала задается внешними резисторами;
- 127 градаций для каждого из режимов протекания тока (прямое и обратное);
- I²C совместимый последовательный интерфейс;
- низкая стоимость;
- компактность (8-выводной корпус типа μ SOP);
- температурный диапазон – от -40 до 85°C;
- рабочее напряжение – от 2,7 до 5,5 В.

Схема подключения DS4432 приведена на рис.6.

Области применения: регулировка прямого и обратного тока; подстройка источника питания; измерение параметров источника питания.

Широкой известностью пользуется и **цифро-аналоговый преобразователь DS3911**, анонсированный в 2008 году. Четырехканальный ЦАП со встроенным контролем температуры представляет собою недорогое решение для систем контроля потребления тока и модуляции многоканальных драйверов лазерных диодов.

Микросхема DS3911 представляет собой четырехканальный 10-разрядный дельта-сигма ЦАП

со встроенными энергонезависимой памятью, датчиком температуры и АЦП для преобразования показаний датчика в цифровую форму. При помощи встроенного датчика температуры (шаг 2°C) производится индексная адресация в виде таблиц соответствия LUT (look up tables) для компенсации температурной зависимости характеристики преобразования ЦАП. Компенсация производится в диапазоне от -40 до 100°C. Выходное значение, взятое из таблицы, является входным значением для дельта-сигма ЦАП. Гибкая архитектура, основанная на таблицах LUT, позволяет получить термокомпенсированный выход ЦАП с произвольной нелинейностью характеристики. Программирование микросхемы осуществляется по последовательному интерфейсу, совместимому с I²C с максимальной тактовой частотой до 400 кГц.

Основные характеристики DS3911:

- встроенный датчик температуры микросхемы и АЦП;
- четыре таблицы LUT для хранения значений с шагом 2°C для компенсации зависимости выходного значения ЦАП от температуры;
- последовательный I²C совместимый интерфейс для программирования;
- адресные входы позволяют подключать до четырех микросхем к одной шине I²C;
- диапазон напряжений питания от 2,8 до 5,5 В;
- диапазон рабочих температур от -40 до 100°C.

ЦАП DS3911 выпускаются в миниатюрном корпусе типа TFDN с 14 выводами размером 3x5 мм.

Области применения: активные оптические кабельные системы, системы инструментального и промышленного контроля и управления, системы линейной и нелинейной компенсации характеристик, оптические приемопередатчики.

В заключение можно сказать, что новые АЦП и ЦАП компании Maxim разработаны с учетом всех современных тенденций совершенствования электронных компонентов: они выпускаются в миниатюрных корпусах, совместимы с низковольтными системами и отвечают условиям применения в оборудовании с батарейным питанием (малый потребляемый ток, поддержка экономичных режимов работы). Кроме того, компания Maxim придает большое значение интеграции в новую продукцию ряда функций, которые заменяют несколько элементов из известных альтернативных решений и таким образом делают отказ от их использования экономически обоснованным.

Информация взята на сайте <http://www.maxim-ic.com/> ●