

24-разрядные АЦП от ANALOG DEVICES —

законченные системы аналого-цифрового преобразования для низкочастотных измерений

Появление специализированных интегральных микросхем и снижение энергопотребления традиционных — таких как операционные усилители, микроконтроллеры, аналого-цифровые преобразователи и т. д. — привело к лавинообразному росту радиоэлектронных устройств, имеющих автономное питание.

Владимир Осипчук

compitech@mtu-net.ru

В немалой степени этому также способствовали широкое внедрение так называемых «трехвольтовых» микросхем (то есть таких, параметры которых нормированы для питающих напряжений в диапазоне 2,7...3,6 В), и DC-DC преобразователей, позволяющих получить стабилизированное 3- или 5-вольтовое питающее напряжение из нестабильного, снимаемого с 1–2 батареек.

Особую группу из вышеупомянутых радиоэлектронных устройств составляют измерительные приборы. От чисто цифровых, таких как калькулятор, их отличает наличие датчика, преобразующего измеряемый параметр в электрический сигнал, и АЦП, а также усилителя. Редкий измерительный прибор может обойтись без последнего, поскольку в большинстве случаев амплитуда преобразованного сигнала составляет милли-, микро- или нановольты. Да и датчики с токовым выходом требуют преобразователь ток-напряжение, который чаще всего выполняется на основе все того же усилителя.

Современные операционные усилители по своим точностным параметрам далеко ушли от своих предшественников, незабвенных $\mu A709$ и LM102, известных нам как 140УД1 и 153УД2. Однако изжить зависимость сигнала на выходе ОУ от питающего напряжения и от разбаланса «плюсового» и «минусового» питания создателям современных ОУ так до сих пор и не удалось. В связи с этим во многих приборах узел питания является чуть ли не самым сложным. Особенно ярко это проявляется в изделиях, созданных на основе микроконтроллеров с интегрированными ЦАП, АЦП, источником опорного напряжения и т. п. — весь прибор может быть выполнен на основе всего 5–6 микросхем, две-три из которых формируют требуемые питающие напряжения. Да и тепловые потери на каком-нибудь последовательном ста-

биллизаторе напряжения могут составлять чуть ли не половину от всей потребляемой устройством энергии.

В свете сказанного очевидна необходимость в решениях, позволяющих оптимизировать схемотехнику подобных устройств. Одним из них может являться использование микросхем AD7711-AD7714, а также AD7730 и AD7731, производимых фирмой Analog Devices.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОСХЕМ

По своему функциональному назначению эти микросхемы принадлежат к аналого-цифровым преобразователям, хотя правильнее их считать даже не чипами, а практически законченными системами аналого-цифрового преобразования для низкочастотных измерений. Они принимают низкоуровневые сигналы непосредственно от датчиков и выдают в последовательном формате цифровое слово — результат преобразования. Используемый сигма-дельта метод преобразования позволяет достичь разрешения до 24(!) разрядов. Точность преобразования достигает 0,0015 %, среднеквадратическое значение приведенного ко входу шума в лучшем случае может быть не выше 140 нВ. Ошибки на концах шкалы и эффекты температурного дрейфа устраняются внутренней автокалибровкой, корректирующей «ноль» и коэффициент усиления внутреннего усилителя. Сигнал от источника поступает на входной каскад с программируемым усилением, построенный на основе аналогового модулятора. Выходной сигнал модулятора обрабатывается внутренним цифровым фильтром. Первая частота режекции последнего программируется путем занесения кодов в соответствующие внутренние управляющие регистры микросхемы, что позволяет программным путем регулировать граничную частоту фильтра и время установления.

РАБОТА AD7714

Краткое описание выводов

Из ранних микросхем (AD7711-AD7714) наиболее сложной внутренней структурой (и, как следствие этого, более развитыми функциональными возможностями) отличается AD7714, в связи с чем мы рассмотрим ее чуть более подробно. Она имеет три независимых дифференциальных входа. Однако если все измеряемые сигналы изменяются относительно общего провода, то она может вести измерения по пяти каналам (один из входов, AIN6, соединен с общим проводом, а пять остальных, AIN1-AIN5 — с незаземленными концами соответствующих источников сигнала). AD7714 не содержит внутреннего источника опорного напряжения — оно должно вырабатываться в вашем устройстве. Микросхема имеет отдельные цепи питания внутренних аналоговой и цифровой частей, но на практике чаще всего объединяют не только аналоговую и цифровую «земли», но и оба питания (см. рис. 1).

Для связи с микроконтроллером (МК) AD7714 имеет входы SCLK, DIN и выход DOUT — по первому контроллер передает сигнал, фронт или спад которого записывает в микросхему бит, установленный им на DIN, или выводит при чтении очередной бит на DOUT. Вход CS служит, как

дает хорошие шансы стать конкурентоспособным с лучшими аналогами, в том числе и импортного происхождения.

Все АЦП выполнены по КМОП-технологии, вследствие чего их энергопотребление чрезвычайно мало (например, для AD7714 это 500 мкА при тактовой частоте 1 МГц или 1 мА на 2,5 МГц. В дежурном режиме ее потребление может быть снижено до 15 мкВт, рекомендуемое питающее напряжение — 5 В, есть и 3-вольтовая версия этой микросхемы). Выпускаются эти микросхемы в 24-выводных корпусах типов SOIC и DIP (последние — 0,3-дюймовые пластмассовые или керамические) и 28-выводных SSOP. Они идеально подходят для применения в интеллектуальных системах, управляемых микроконтроллерами или цифровыми сигнальными процессорами, поскольку установка коэффициента усиления, полярности сигнала, выбор канала, конфигурация входов, и частота фильтра осуществляются программно. В них реализованы

функции автокалибровки, системной калибровки и фоновой калибровки; допускаются считывание и модификация внутренних

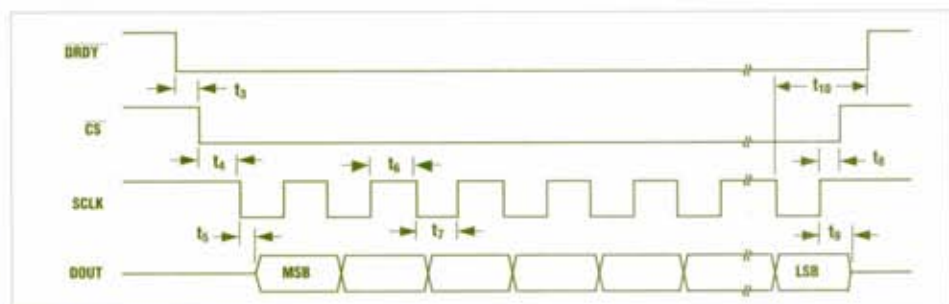


Рис. 2

обычно, для активирования микросхемы, выход DRDY сообщает контроллеру о завершении цикла преобразования (при отсутствии свободных входов у МК использование DRDY необязательно — информацию о готовности данных можно получить и путем считывания старшего бита регистра обмена). AD7714 содержит встроенный тактовый генератор, для запуска которого достаточно соединить с выводами MCLKIN и MCLKOUT кварцевый или керамический резонатор. Наиболее употребимыми являются резонаторы с частотами 2,4576 и 1 МГц. Допустимо тактирование микросхемы внешним тактовым сигналом, подаваемым на вход MCLKIN.

Регистры

AD7714 содержит 8 внутренних регистров — обмена, режима, верхний и нижний регистры фильтра, тестовый, данных, калибровочный нуля шкалы и калибровочный полной шкалы. Доступ к регистрам осуществляется по последовательному каналу. Последние 3 регистра — 24-разрядные, остальные — 8-разрядные.

Основным из них является регистр обмена, который МК может

Некоторые из перечисленных АЦП имеют до трех дифференциальных входов, которые

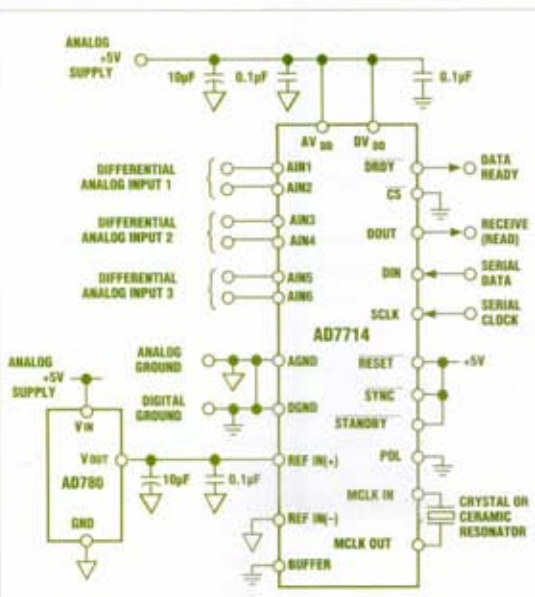


Рис. 1

по желанию разработчика могут быть программно переконфигурированы в большее количество (до пяти) псевдодифференциальных. Некоторые из микросхем снабжены встроенным источником опорного напряжения, а также генератором стабильного тока, необходимым для работы с резистивными датчиками. Таким образом, использование AD7711-AD7714, AD7730, AD7731 может позволить обойтись без громоздких схем предварительного усиления сигнала и формирователей питания для них. В итоге упрощается конструкция изделия, снижается себестоимость комплектующих, сокращается время настройки электронной схемы (что опять-таки удешевляет изделие), повышается его надежность — словом ваше изделие приобре-

Таблица 1

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0/DRDY	RS2	RS1	RS0	R/W	CH2	CH1	CH0

Примечания.

1. При записи бит 7 должен быть установлен в 0, при чтении он дает состояние вывода DRDY.
2. R/W установлен в 0 — будет операция записи в регистр, в 1 — чтения из регистра.

Таблица 2

RS2	RS1	RS0	Регистр (разрядность, бит)
0	0	0	Регистр обмена (8)
0	0	1	Регистр режима (8)
0	1	0	Верхний регистр фильтра (8)
0	1	1	Нижний регистр фильтра (8)
1	0	0	Тестовый регистр (8)
1	0	1	Регистр данных (16 или 24)
1	1	0	Регистр калибровки нуля шкалы (16)
1	1	1	Регистр калибровки полной шкалы (16)

Таблица 3

CH2	CH1	CH0	AIN(+)	AIN(-)	Тип	Пара калибровочных регистров
0	0	0	AIN1	AIN6	Псевдодифференциальный	Регистровая пара 0
0	0	1	AIN2	AIN6	Псевдодифференциальный	Регистровая пара 1
0	1	0	AIN3	AIN6	Псевдодифференциальный	Регистровая пара 2
0	1	1	AIN4	AIN6	Псевдодифференциальный	Регистровая пара 2
1	0	0	AIN1	AIN2	Полностью дифференциальный	Регистровая пара 0
1	0	1	AIN3	AIN4	Полностью дифференциальный	Регистровая пара 1
1	1	0	AIN5	AIN6	Полностью дифференциальный	Регистровая пара 2
1	1	1	AIN6	AIN6	Тестовый режим	Регистровая пара 2

как читать, так и обновлять. Этот регистр определяет, будет ли следующая операция чтения

если это допустимо) такова. Вначале нужно записать в AD7714 8-битное слово, которое содер-

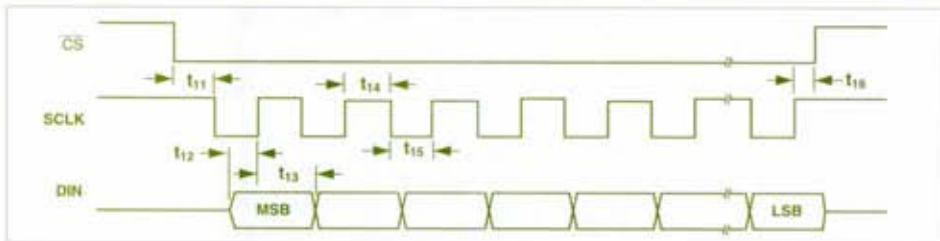


Рис. 3

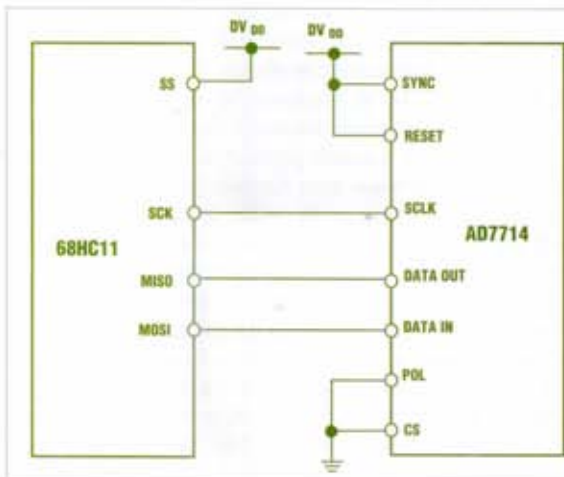


Рис. 4

нием или записью и какой из регистров при этом будет читаться (записываться). После включения, сброса или по завершении любой операции чтения/записи AD7714 ожидает запись в регистр обмена. Другими словами, записываемый в микросхему байт автоматически оказывается в этом регистре.

Последовательность записи информации в какой-либо регистр (или считывания ее оттуда,

жит сведения о том, с каким из регистров мы будем работать (и будем ли мы писать туда что-то или читать оттуда). Как уже сказано, слово это автоматически попадет в регистр обмена. Прочитав его, AD7714 осуществит требуемые контроллером чтение или запись в соответствующий регистр, после чего вновь будет ожидать записи в регистр обмена с новыми предписаниями.

Мы не случайно так подробно описали идеологию обмена МК и AD7714 — она сильно отличается от той, которая принята в наиболее распространенных последовательных АЦП, в том числе и производимых самой Analog Devices.

Отметим, что при записи в регистр обмена первый из записываемых бит должен быть нулевым. Если же первые несколько бит, пересылаемых в AD7714 в то время, как она ожидает запись в регистр обмена, будут единичными, она их просто проигнорирует и начнет запись лишь с того момента, когда найдет нулевой бит.

Структура регистра обмена приведена в табл. 1, соответствие битов RS2-RS0 регистрам AD7714 — в табл. 2, битов CH2-CH0 каналам

Таблица 4

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
MD2	MD1	MD0	G2	G1	G0	0	0

Примечание.

Биты G2-G0 определяют коэф. усиления внутреннего усилителя — от 128 (1;1;1) до 0(0;0;0).

Возможности двух младших битов подробно описаны в фирменном руководстве по использованию микросхем.

Таблица 5

MD2	MD1	MD0	Режим работы
0	0	0	Обычный (оцифровка)
0	0	1	Автокалибровка
0	1	0	Системная калибровка нуля шкалы
0	1	1	Системная калибровка полной шкалы
1	0	0	Системная калибровка смещения
1	0	1	Фоновая калибровка
1	1	0	Автокалибровка нуля шкалы
1	1	1	Автокалибровка полной шкалы

Таблица 6

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
V#/U	WL	1	0	FS11	FS10	FS9	FS8

Примечание.

Возможности битов Bit5 и Bit4 подробно описаны в фирменном руководстве по использованию микросхем.

Таблица 7

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
FS7	FS6	FS5	FS4	FS3	FS2	FS1	FS0

усилителя выбранного канала (1, 2, 4, 8, ..., 128) и режим работы — оцифровка сигнала или какая-либо калибровка АЦП. При этом возможны следующие режимы калибровки:

- автокалибровка нуля шкалы — оба входа входного усилителя «заземляются», и производится его балансировка до получения нулевого выходного сигнала;
- автокалибровка полной шкалы — на вход усилителя подается максимально допустимый сигнал, равный $V_{DD}/K_{ус}$, и его усиление подстраивается до получения на выходе сигнала, равного опорному;
- автокалибровка — последовательно выполняемые автокалибровки нуля шкалы и полной шкалы;
- системная калибровка нуля шкалы — датчик измеряемой физической величины должен подать на вход AD7714 сигнал, вырабатываемый в состоянии, соответствующем принятому за нулевое. AD7714 подстроится таким образом, что до следующей такой операции при измерении напряжения, равного вышеупомянутому, вырабатываемый им код будет «нулевым»;
- системная калибровка полной шкалы — датчик должен подать на вход AD7714 сигнал, вырабатываемый в состоянии максимального отклонения измеряемой величины от нулевого. AD7714 сформирует код, соответствующий максимальному результату измерения;
- системная калибровка смещения — последовательно выполняемые системные калибровки нуля шкалы и полной шкалы;
- фоновая калибровка — перед каждым измерением автоматически производится автокалибровка нуля шкалы.

Структура регистра режима приведена в табл. 4, режимов работы — в табл. 5.

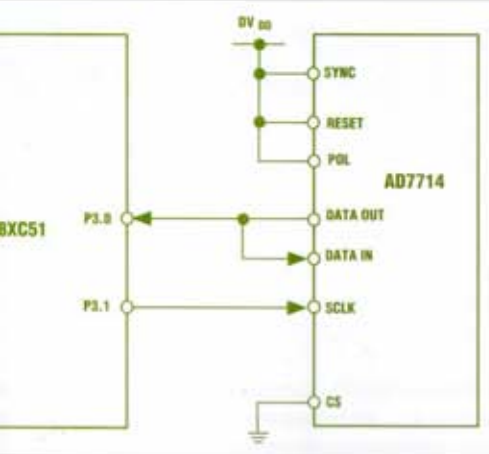
Таким образом, приняв соответствующую команду, AD7714 подстраивается таким образом, что компенсируются дрейфовые смещения как внутри самой микросхемы, так и датчиков-преобразователей (если, разумеется, система может быть установлена перед соответствующей калибровкой в нулевое состояние и в состоянии максимального отклонения от него). И это весьма ценно, в отличие от большинства доступных пользователю АЦП, AD7714 для реализации этих подстроек не нуждается в каких-либо дополнительных аппаратных средствах — свойство чрезвычайно полезное при создании аппаратуры, выпускаемой крупными сериями.

Структура верхнего и нижнего регистров фильтра приведена в табл. 6 и 7. Заносимая в них информация определяет, является ли сигнал в измеряемом канале биполярным или униполярным (V/U равно 0 или 1 соответственно), а также разрядность результата измерения, передаваемого от AD7714 в микроконтроллер (WL равно 0 или 1 — соответственно 16 или 24 бита), и первую частоту режекции внутреннего цифрового фильтра. Записанное в биты FS0-FS11 число (code) должно лежать в пределах от 013H до FA0H (в десятичном эквиваленте от 19 до 4000), что при тактовой частоте AD7714, равной $f(\text{clkIn})=2,4576 \text{ МГц}$, обеспечивает первую частоту режекции $f(\text{notch})$ в диапазоне от 1,01 кГц до 4,8 Гц; $f(\text{notch}) =$

AD7714 — в табл. 3.

Следующим важным регистром является регистр режима. Заносимая в него информация определяет коэф. усиления внутреннего усилителя

in)/code/128. При изменении code форма и ФЧХ фильтра не меняется, меняются



5

частоты режекции и полосу пропускания. Аналоговые входы AD7714 могут работать с униполярными, так и с биполярными входными сигналами. Но последняя возможность не означает, что на аналоговом входе подаются полноценные отрицательные сигналы большой амплитуды — для правильного функционирования микросхемы напряжение на аналоговом входе, который должен иметь высокий потенциал, не должно опускаться относительно другого входа ниже чем на 1 мВ. Поясним сказанное примерами.

Как отмечалось, входные каналы могут быть сгруппированы или как полностью дифференциальные, или как псевдодифференциальные (AIN1-AIN5 относительно AIN6). В любом случае входные каналы образуют пары (+) — AIN(-). Как следствие этого, напряжение на любом из входов AIN(+) исчисляется относительно напряжения на соответствующем AIN(-). Например, если $AIN(-) = +2,5$ В, $U_{ref} = 5$ В, $K_{ус} = 2$ и установлен униполярный режим, то диапазон допустимых напряжений для входа AIN(+) будет $+2,5...3,75$ В. Для биполярного режима и тех же AIN(-) и U_{ref} диапазон напряжений для входа AIN(+) будет $-2,5...3,75$ В. Если AIN(-) заземлен, то на AIN(+) сигнал в биполярном режиме должен находиться в пределах от -30 мВ до $+30$ мВ.

Обратим внимание, что при изменении с биполярного на униполярный режимы, и наоборот, в схеме усилителя ничего не меняется — меняется лишь кодирование выходных данных и логика передаточной функции, в которых происходит калибровка.

Цифровой интерфейс

Цифровой последовательный интерфейс AD7714 состоит из 5 линий: DIN, DOUT, SCLK, DRDY и CS. Линия DIN используется для записи данных во внутренние регистры AD7714, а DOUT — для вывода данных из них. SCLK — это входной последовательный тактовый сигнал — все изменения на DIN или DOUT привязаны к фронтам (или спадам) этого сигнала. DRDY используется как сигнал статуса. Он сбрасывается в 0, когда в выходной регистр помещается новый результат преобразования, и устанавливается в 1 после завершения чтения из регистра данных. Кроме

того, он также устанавливается в 1 во время обновления выходного регистра, что дает возможность исключить считывание в момент, когда данные недостоверны.

CS, как и везде в микропроцессорной технике, — сигнал выбора микросхемы, необходимый для организации работы более чем одного чипа, обменивающегося с микроконтроллером.

Минимальное количество физических линий, необходимых для организации обмена информацией между AD7714 и контроллером — три. При этом вход CS AD7714 должен быть заземлен, а статус DRDY можно получить путем опроса старшего бита регистра обмена.

На рис. 2 и 3 приведены временные диаграммы операций чтения и записи с использованием сигнала CS для адресации AD7714. Первый из рисунков соответствует чтению из выходного сдвигового регистра, второй — записи во входной сдвиговый регистр. Диаграммы соответствуют случаю, когда на вход POL подан единичный потенциал. При этом чтение данных со входа DIN (на рис. 2) и вывод их на выход DOUT (на рис. 3) происходит во время перепада из 0 в 1 на входе CLK. Если же $POL=0$, то чтение и вывод данных происходят во время перепада на входе CLK из 1 в 0, все же остальное — без изменений.

На рис. 4 приведена схема сопряжения AD7714 с микроконтроллером 68HC11. Используется трехпроводный интерфейс, вход CS AD7714 соединен с общим проводом. Сигнал DRDY отслеживается программным путем. 68HC11 конфигурирован в режим «ведущий», его бит CPOL установлен в 0, а бит CPHA установлен в 1. При этом SCLK

68HC11 устанавливается в 0 на то время, когда он неактивен между операциями обмена. Следовательно, на вход POL AD7714 должен быть подан 0.

В случае когда необходимо управление AD7714 по ее входу CS, он должен быть соединен с одним из битов порта 68HC11 (например, с PC1, сконфигурированным как выход). Возможно также и аппаратное определение статуса DRDY. В одном случае выход DRDY AD7714 должен быть соединен с одним из битов порта (например, PC0 в режиме входа). Во втором варианте DRDY AD7714 соединяется со входом IRQ 68HC11, и сигнал готовности АЦП вызывает прерывание МК.

На рис. 5 приведена схема сопряжения AD7714 с МК семейства x51. Здесь используется стандартный последовательный порт микроконтроллера. Поскольку у x51 и входные, и выходные данные передаются через один и тот же вывод RxD (он же P3.0), то DIN и DOUT у AD7714 объединены и соединены с RxD. Это допустимо, поскольку AD7714 не работает в полностью дуплексном режиме — данные, подаваемые на ее вход при выводе информации из нее, игнорируются. Тактовый сигнал x51 в промежутках между обменами данными устанавливается в 1, поэтому вход POL AD7714 должен быть установлен в 1.

При обмене по последовательному каналу x51 первым передает (или принимает) младший бит, в то время как AD7714 ждет старший. Поэтому перед операцией обмена микроконтроллер должен осуществить перестановку порядка битов в словах, для чего разработчик должен предусмотреть соответствующую подпрограмму.

Продолжение следует

АРГУССОФТ Компани

официальный дистрибутор фирм



AD77xx

недорогие прецизионные
сигма-дельта АЦП



ANALOG DEVICES предлагает семейство прецизионных, экономичных, недорогих сигма-дельта АЦП с встроенными цифровыми фильтрами. Каждый из них содержит входной усилитель с программируемым коэффициентом передачи, программируемые цифровые фильтры с надежным подавлением частоты 50 Гц, гибкий последовательный интерфейс, работает от источника питания 2,7 - 5,5 В, потребляя не более 10 мВт в рабочем режиме и имеет возможность переключения в экономичный режим.

Название	Разрядность	Число входов	Линейность (%)	Цена (USD)
AD7705	16	2 дифф.	0,003	6,00
AD7706	16	3 сигнала-дифф.	0,003	6,00
AD7707	16	2 дифф. (биполярный)	0,003	6,50
AD7710	24	1 дифф. (для термистора)	0,0015	23,00
AD7711	24	2 дифф. (для термистора - 4 провода)	0,0015	24,40
AD7712	24	1 дифф. (для мВ - неточности)	0,0015	21,00
AD7713	24	2 дифф. + 1 (биполярный)	0,0015	25,76
AD7714	24	5 сигнала-дифф.	0,0015	12,00
AD7715	16	1 дифф.	0,0015	8,20
AD7720	24	2 дифф. (для весов)	0,0015	14,30
AD7720L	24	2 дифф. (для весов)	0,0015	11,75
AD7721	24	3 дифф.	0,0015	14,30

Все микросхемы специфицированы в рабочем диапазоне температур $-40^{\circ}\text{C} - +85^{\circ}\text{C}$, а некоторые - в расширенном (до $+125^{\circ}\text{C}$).

Цены приведены для количеств от 100 шт. и включают все налоги.

Для постоянных заказчиков возможны специальные цены.

■ Наш адрес : 129085, Москва, Проспект Мира, 95
 ■ Тел.: (095) 217-2487, 217-2519, 217-2505 ; Факс: (095) 216-66-42 ;
 ■ Интернет : <http://www.argussoft.ru> ; e-mail : components@argussoft.ru

