

**ЭЛЕКТРОННЫЕ  
КОМПОНЕНТЫ  
И СИСТЕМЫ**

2001 октябрь № 10 (50)

МАССОВЫЙ  
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ**Учредитель и издатель:**  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ  
ФИРМА **VD MAIS**Зарегистрирован  
Министерством информации  
Украины 24.07.96 г.  
Свидетельство о регистрации  
серия КВ № 2081Б  
Издается с мая 1996 г.  
Подписной индекс 40633**Главный редактор:**  
В.А. Романов**Зам. главного редактора:**  
А.В. Ермолович**Редакционная коллегия:**В.В. Гирич  
В.А. Давиденко  
Н.Б. Малиновский  
Г.Д. Местечкина  
В.А. Тодосийчук  
С.Б. Яковлев**Набор:**

А.В. Ходищенко

**Верстка:**

М.С. Заславская

**Дизайн:**

А.А. Чабан, М.С. Заславская

**Адрес редакции:**Украина, Киев,  
ул. Жилянская, 29**Тел.:** (044) 227-2262, 227-1356**Факс:** (044) 227-3668**E-mail:** info@vdm.kiev.ua**Интернет:** www.vdm.kiev.ua**Адрес для переписки:**

Украина, 01033, Киев, а/я 942

Цветоделение и печать

ДП "Такі справи"  
т./ф.: 446-2420

Подписано к печати 30.10.2001

Формат 60x84/8

Тираж 1000 экз.

Зак. № 1.10-153-1379

**ОТ РЕДАКЦИИ**

Журналу ЭКиС пять лет ..... 3

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

О пьезокерамике и перспективах ее применения ..... 4

**СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

Стандарт IEEE 1451.2 и микроконвертеры ..... 7

Гальваническая развязка в измерительных системах ..... 13

Измеритель артериального давления

на базе микроконтроллера MSP430F149 ..... 14

Измерительные преобразователи SITRANS P ..... 16

Регистратор температуры DS1615 ..... 18

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ ФИРМЫ ANALOG DEVICES**

Цифро-аналоговые преобразователи ..... 19

**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И СВЯЗЬ**

Новая серия микросхем AD987X ..... 31

Современные телекоммуникации и системы на кристалле ..... 36

**КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ**

Системы идентификации MOBY ..... 42

**ВЫСТАВКИ И СЕМИНАРЫ**

Электроника и энергетика 2001 ..... 47

Электроника, информатика, связь ..... 47

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИЗДЕЛИЯ**

Новый сигнальный процессор ADSP-21535 ..... 48

Перепечатка опубликованных в журнале материалов допускается с разрешения редакции.  
За рекламную информацию ответственность несет рекламодатель.

## EDITORIAL

5-years Anniversary of Journal

*"Electronic Components and Systems"* ..... 3

## NEW TECHNOLOGIES

*Piezoceramics — Perspectives of Applications* ..... 4

## INSTRUMENTATION AND MEASUREMENTS

*Standard IEEE 1451.2 and Microconverters* ..... 7*LV TTL Compatible 3.3 Volt Optocouplers* ..... 13*Blood Pressure Meter Based on MSP430F149* ..... 14*Measuring Converter SITRANS P* ..... 16*DS1615 Temperature Recorder* ..... 18

## THE ANALOG DEVICES SOLUTIONS BULLETIN

*Digital-to-Analog Converters* ..... 19

## TELECOMMUNICATIONS

*New ICs Family AD987X* ..... 31*Modern Communications and Systems-on-Chip* ..... 36

## CONTROL AND AUTOMATION

*MOBY Identification Systems* ..... 42

## EXHIBITIONS AND SEMINARS

*Electronics and Energy 2001* ..... 46*Electronics and Telecommunications* ..... 46

## PERSPECTIVE PRODUCTS

*New DSP ADSP-21535* ..... 48

Reproduction of text and illustrations  
is not allowed without written permission.

ELECTRONIC  
COMPONENTS  
AND SYSTEMS

October 2001 No 10 (50)

Monthly  
Scientific and Technical  
Journal

**Founder and Publisher:**  
Scientific-Production Firm  
**VD MAIS**

**Director**  
V.A. Davidenko

**Head Editor**  
V.A. Romanov

**Managing Editor**  
A.V. Yermolovich

**Editorial Board**  
V.V. Girich  
V.A. Davidenko  
N.B. Malynovskyy  
G.D. Mestechkina  
V.A. Todosiychuk  
S.B. Yakovlev

**Type and setting**  
A.V. Hodischenko

**Layout**  
M.S. Zaslavskaya

**Design**  
A.A. Chaban, M.S. Zaslavskaya

**Address:**  
Zhilyanska St. 29, P.O. Box 942,  
01033, Kyiv, Ukraine

**Tel.:**  
(380-44) 227-2262  
(380-44) 227-1356

**Fax:**  
(380-44) 227-3668

**E-mail:**  
info@vdmals.kiev.ua

**Web address:**  
www.vdmals.kiev.ua

Printed in Ukraine



## ЖУРНАЛУ ЭКиС ПЯТЬ ЛЕТ!

Дорогие наши постоянные читатели, мы рады напомнить Вам, что прошло уже пять лет с тех пор, как НПФ VD MAIS начала издание журнала «ЭКиС», а сейчас Вы держите в руках его пятидесятый номер. Мы называем Вас дорогими потому, что действительно дорожим Вашим вниманием и интересом к нашему журналу. А постоянными потому, что, как мы убеждены, все, кого заинтересовали наши первые выпуски, остались верны журналу «ЭКиС». В то же время, чтобы расширить круг читательской аудитории, редколлегия постоянно старается идти в ногу с перспективными направлениями в электронной технике, телекоммуникациях, системах и средствах автоматизации. Конечно, мы поддерживаем связь с отечественными предприятиями, успешно применяющими в новых разработках элементную базу лучших мировых производителей, что также находит отражение в нашем издании. Увеличилось число публикаций, авторами которых являются создатели новой отечественной техники, по своим техническим характеристикам не уступающей зарубежным аналогам.

Редколлегия не может обойти вниманием наших авторов: А. Архипова, А. Бритова, В. Глухенького, В. Голуба, С. Грибачева, А. Дегтярева, В. Козаченко, Э. Комухаева, В. Макаренко, А. Макеенка, А. Мельниченко, В. Охрименко, Д. Панфилова, В. Петренко, Т. Ремизович, К. Seeling (AIM), D. Suraski (AIM), О. Стефаняка, С. Хлебникова, А. Шевченко, А. Цубина, N. Gray (National Semiconductor), G. Kupris и M. Kreidi (Motorola) и др., которые вносят весомый вклад в сохранение популярности журнала среди читателей.

Нельзя не сказать и о том вкладе, который вносят в создание нашего журнала, повышение его информативности партнеры VD MAIS, продукцию которых фирма представляет на рынках Украины и стран СНГ. Это, прежде всего, специалисты фирм AIM, Agilent Technologies, Analog Devices, ASTEC, Harting, Microtips, Motorola, ON Semiconductor, PACE, Portwell, RECOM, ROHM, Schroff, Siemens, Texas Instruments, Tусо Electronics AMP и др. Предоставляемая ими эксклюзивная информация стала основой многих наших публикаций.

Постоянное увеличение числа подписчиков журнала — очевидное свидетельство того, что по содержанию он удовлетворяет требованиям наших взыскательных читателей. А стоимость годовой подписки — 41 грн. — делает его доступным даже для индивидуальных подписчиков. Для популяризации новых достижений в создании современных электронных компонентов и систем, технологий и оборудования практикуется распространение журнала на профильных выставках и семинарах, причем бесплатно, что не имеет прецедентов среди отечественных изданий.

В журнале публикуется информация о предстоящих технических выставках и семинарах, даются обзоры выставочных мероприятий в Украине и за рубежом.

Одной из форм привлечения внимания читателей к нашему журналу была выбрана лотерея среди его подписчиков, проводившаяся в 1999 и 2000 гг. Мы и дальше будем проводить такие лотереи и просим всех наших подписчиков присылать в редакцию копии квитанций о подписке на 2002 г. для участия в очередном розыгрыше призов.

Подводя итоги пяти лет издания журнала, мы видим как достижения, так и недоработки, которые стремимся устранить. И будем признательны всем читателям за направленные в адрес редакции замечания и предложения по повышению информативности журнала. Редколлегия готова к сотрудничеству со всеми СМИ, расширению связей с отечественными производителями изделий электронной техники, размещению рекламы их продукции. Мы приглашаем новых авторов для участия в выпуске журнала.

***Всем Вам, наши уважаемые читатели и авторы, мы приносим благодарность за участие в создании журнала, его совершенствовании и обновлении и желаем успехов во всех сферах Вашей творческой деятельности, здоровья и благополучия!***

Руководство НПФ VD MAIS,  
редколлегия журнала ЭКиС

## О ПЬЕЗОКЕРАМИКЕ И ПЕРСПЕКТИВАХ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Пьезоэлектрическая керамика (пьезокерамика) по физическим свойствам представляет собой поликристаллический сегнетоэлектрик. По химическому составу — это сложный оксид, включающий ионы двухвалентного свинца или бария, а также ионы четырехвалентного титана или циркония. Путем изменения соотношения исходных материалов и введения добавок синтезируют разные составы пьезокерамики, обладающие определенными электрофизическими и пьезоэлектрическими характеристиками. Наибольшее распространение получила группа пьезокерамических материалов типа ЦТС (цирконата-титаната свинца). Вместе с тем находят применение керамика на основе титаната бария (ТБ) и титаната свинца (ТС).

В последние годы уделяется большое внимание разработке новых пьезокерамических материалов. В частности, разработана и производится группа материалов на основе ниобата свинца, которая уже нашла практическое применение, благодаря возможности ее использования в диапазоне частот до 30 и более мегагерц. Проводятся работы по созданию пьезокерамических композитных материалов, а также более широкому использованию многослойной керамики.

С. Жуков,  
генеральный представитель APC International Ltd.

Все изделия, изготовленные на базе пьезокерамики, подразделяют на следующие основные группы: генераторы, датчики (сенсоры), актюаторы (пьезоприводы) и преобразователи.

Пьезокерамические генераторы основаны на преобразовании механического воздействия в электрический потенциал с использованием прямого пьезоэффекта. Примерами могут служить искровые воспламенители нажимного и ударного типов для изготовления разного рода зажигалок и систем поджига, а также перспективные твердотельные батареи на основе многослойной пьезокерамики, предназначенные для питания электронных схем.

Пьезокерамические датчики преобразуют механическую силу или движение в пропорциональный электрический сигнал, т. е. также основаны на явлении прямого пьезоэффекта. В условиях активного внедрения компьютерной техники датчики являются незаменимыми устройствами, позволяющими согласовывать механические и электронные системы контроля и управления. Выделяются два основных типа пьезокерамических датчиков: осевые (механическая сила действует вдоль оси поляризации) и гибкие, когда сила действует перпендикулярно оси поляризации.

В осевых датчиках в качестве пьезоэлементов используют диски, кольца, цилиндры и пластины. В качестве примеров можно привести датчики ускорения (акселерометры), датчики давления, датчики детонации, датчики разрушения и т. п.

Гибкие датчики строятся на основе последователь-

ных (слои керамики имеют противоположную направленность поляризации) и параллельных (направленность поляризации слоев совпадает) пьезокерамических биморфов. Наиболее распространены датчики силы и ускорения.

Пьезокерамические актюаторы строятся на принципе обратного пьезоэффекта и поэтому предназначены для преобразования электрических величин (напряжения или заряда) в механическое перемещение (сдвиг) рабочего тела.

Актюаторы подразделяются на три основные группы: осевые, поперечные и гибкие. Осевые и поперечные актюаторы имеют общее название — многослойные пакетные, так как набираются из нескольких пьезоэлементов

(дисков, стержней, пластин или брусков) в пакет. Они могут развивать значительное усилие (блокирующую силу) до 10 кН при управляющем напряжении 1 кВ, но при очень малых отклонениях рабочей части (от единиц нанометров до сотен микрон). Такие актюаторы также называют мощными.

Гибкие актюаторы (биморфы) развивают незначительную блокирующую силу при малых (сотни микрон) отклонениях рабочей части. Однако, американской компании APC International Inc. удалось создать и выйти на рынок с новым типом пластинчатого биморфа - «ленточным актюатором» (зарегистрированная торговая марка). Ленточный актюатор может обеспечивать блокирующую силу 0.4 Н и величину отклонения 1.2 мм или отклонение до 3 мм при блокирующей силе 0.25 Н.

Гибкие актюаторы относятся к группе маломощных. К этой же группе будут относиться и перспективные осевые актюаторы, представляющие собой моноблок, изготовленный по технологии многослойной пьезокерамики.

Пьезокерамические преобразователи предназначены для преобразования электрической энергии в механическую и так же, как и актюаторы, основываются на принципе обратного пьезоэффекта.

Преобразователи в зависимости от диапазона частот подразделяются на три вида:

- звуковые (ниже 20 кГц) — зуммеры, телефонные микрофоны, высокочастотные громкоговорители, сирены и т. п.
- ультразвуковые — высокоинтенсивные излучатели для сварки и резки, мойки и очистки материалов, датчики уровня жидкостей, дисперсионные распылители,



генераторы тумана, ингаляторы, увлажнители воздуха. В значительную группу выделяются так называемые ультразвуковые измерители расстояния в воздушной среде (Air Transducers), являющиеся пьезокерамическими компонентами. Они используются в качестве измерителей расстояния для автотракторной техники, сенсоров положения и движения в охранных системах, в уровнемерах, для дистанционного контроля и управления, в устройствах отпугивания птиц, зверей и сельскохозяйственных вредителей и т. д. Производятся в трех вариантах: передающие, приемные и приемно-передающие.

- высокочастотные ультразвуковые — оборудование для испытания материалов и неразрушающего контроля, диагностика в медицине и промышленности, линии задержки и т. д.

**О некоторых перспективах использования пьезокерамики.** Несмотря на то, что пьезоэффект был открыт еще в девятнадцатом веке, а со второй половины двадцатого активно развивалась теория и технология создания пьезокерамических материалов и их применения, считается, что пьезокерамика станет одним из перспективных материалов XXI века. Причиной этого является то, что замечательные свойства, присущие пьезокерамике, будут в полной мере востребованы наукой, техникой и технологиями наступившего века.

В настоящее время хорошо известно использование пьезокерамики для ультразвуковой диагностики в медицине, авиационном и железнодорожном транспорте, энергетике, нефтегазовом комплексе; силовой пьезокерамики для ультразвуковой сварки, чистки поверхностей, нанесения покрытий, сверления и т. д. Вместе с тем, современные требования по энергосбережению, миниатюризации, адаптивности к компьютерным системам управления и контроля все чаще заставляют изготовителей техники и оборудования обращаться к производителям пьезокерамики с целью объединения усилий по совместному поиску тех или иных технологических решений с использованием пьезокерамики. В результате появляются новые типы пьезокерамики, создаются новые и совершенствуются известные пьезокерамические элементы и компоненты. Особое внимание стало уделяться совершенствованию пьезокерамических трансформаторов и актюаторов.

Хотя пьезотрансформаторы находят в настоящее время ограниченное применение, потенциал их использования в инновационных изделиях, по нашему мнению, огромен. Одним из перспективных направлений является их использование в бытовых и производственных газонаполненных осветительных приборах в качестве резонансных DC/AC конвертеров. Сейчас для этих целей применяются самые разные компоненты. В основу перспективных осветительных приборов уже заложены принципы, позволяющие экономить до 80 % электроэнергии по сравнению с ныне используемыми приборами. Поэтому определяющим параметром,

которому должны отвечать перспективные конвертеры, является их размер. Изучение рынка подтверждает, что разработчиков осветительной техники интересуют не столько сравнительные характеристики по напряжению или по потребляемой мощности конвертеров, сколько размеры, позволяющие их устанавливать в цоколе лампы. Последние исследования показали целесообразность использования многослойных пьезокерамических трансформаторов в новой осветительной технике. Были разработаны прототипы таких конвертеров, удовлетворяющие практически всем требованиям, кроме цены. Поэтому производители пьезокерамики активно работают над технологией, которая позволила бы добиться снижения ее себестоимости.

Другим перспективным направлением использования пьезотрансформаторов является их применение в силовых устройствах. На рынке появились современные устройства, которые используют не традиционные однослойные (Rosen Type) пьезотрансформаторы, а многослойные. Примерами этого могут послужить ЖК дисплеи с подсветкой и системы управления флуоресцентными лампами с холодным катодом. Среди достоинств многослойных пьезотрансформаторов по сравнению с традиционными можно отметить их малый размер (особенно толщину) и меньшее потребление энергии. Однако для появившихся на рынке современных многослойных трансформаторов, определяющим фактором их широкого применения по-прежнему являются цена и размеры, над снижением которых активно работают производители.

Перспективным направлением является использование пьезотрансформаторов в телевизионных и компьютерных дисплеях. Уже отработаны прототипы таких дисплеев, которые получили название ПЭД — Полевые Эмиссионные Дисплеи (FED — Field Emission Display). Это плоские панельные дисплеи, имеющие более высокую разрешающую способность и четкость изображения по сравнению с современными.

Пакетные актюаторы (Stack Actuators) уже сейчас применяются в космической, лазерной технике и оптических инструментах для настройки антенн и зеркал с точностью до нанометров. Считается, что они найдут более широкое использование там, где важно развить движущее усилие, обеспечивающее самый минимальный угол перемещения.

Одним из перспективных направлений является их применение в точной настройке станков. Благодаря жесткой структуре, пьезоприводы являются идеальным инструментом для быстрой и точной настройки станка. Прилагая фиксированное напряжение к шаблону в фазе с вращением шпинделя, можно обеспечить высокую точность обработки детали. В станкостроении планируется их использование также и для подавления (компенсации) вибрации. Нежелательную вибрацию станков можно компенсировать с помощью многослойных актюаторов, работающих в противофазе с

вибрационными колебаниями. Это, в свою очередь, будет способствовать повышению качества конечного изделия, а также снизит износ инструмента и уменьшит уровень шумов станка. Пьезокерамические компенсаторы вибрации могут найти применение не только в станкостроении, но и в других сферах.

Еще одним перспективным направлением использования пакетных актюаторов является управление гидравлическими клапанами. Примером этого могут послужить последние разработки пьезокерамических высокоскоростных клапанов как для топливной аппаратуры дизельных двигателей легковых и грузовых автомобилей, так и для газораспределительных систем дизелей и двигателей внутреннего сгорания.

Гибкие актюаторы используются в пьезоэлектрических датчиках изгибающего момента, электронных читающих по методу Брайля системах для слепых, в качестве электронных переключателей. Создание ленточных актюаторов существенно расширило их использование. Изначально ленточный актюатор был разработан по запросу текстильной промышленности для компьютерных систем подачи нитей в жаккардовых машинах. Благодаря высокой чувствительности, относительно большой блокирующей силе и величине отклонения новые пьезоэлементы позволяют использовать их в качестве сенсорных выключателей и контакторов, пьезоприводов, бесшумных успокоителей в электронном оборудовании, элементов микрокомпрессоров, закрывающих и открывающих клапанов различного назначения, в том числе для программируемой дозированной подачи лекарств, и т. п.

Весьма перспективным считается использование в микроэлектронике осевых актюаторов, разработанных на основе последних достижений в технологии многослойной композитной пьезокерамики. Размеры актюаторов составляют от единиц до десятых долей миллиметра.

Ярким примером комплексного использования пьезокерамических элементов, узлов и деталей на их основе могут послужить совместные разработки американской компании APC International, Ltd. с производителями комплектующих для автомобильной промышленности. В современных технически сложных автомобилях для повышения надежности, безопасности и комфорта постоянно требуется внедрение дополнительной электроники.

В настоящее время американские производители автомобильной техники активно используют или внедряют устройства и узлы на базе пьезоэлектрической керамики. Примерами таких устройств могут служить:

- актюаторы-клапаны впрыска топлива
- актюаторы-клапаны для газораспределительной системы двигателя
- датчики поворота — для определения угла положения дроссельной заслонки
- датчики детонации
- датчики уровня заправочных жидкостей
- датчики измерения давления в топливном баке с целью определения утечки топлива
- пьезоприводы регулировки фар, зеркал и сидений
- передние ультразвуковые дистанционные датчики (предотвращения столкновений), боковые и задние (парковочные) дистанционные датчики
- датчики системы сигнализации и зуммеры оповещения
- скоростные сенсоры в передней панели для подушек безопасности, боковые ударные и аварийные датчики-сенсоры подушек безопасности
- актюаторы системы антиблокировки тормозов
- пьезоприводы системы подвески
- датчики угловой скорости и линейные акселерометры малых перегрузок, ориентированные по трем осям автомобиля и предназначенные для автоматизированного управления маршрутом
- датчики и актюаторы положения фар — для обеспечения динамического регулирования луча света передних фар в зависимости от профиля дороги и изменения величины полезной нагрузки автомобиля
- пьезоакустические системы адаптивного регулирования скорости автомобиля.

Таким образом, пьезокерамика, благодаря своим уникальным свойствам, находит все большее применение в разных областях техники и технологии. Иностранные производители пьезокерамики, элементов и компонентов на ее базе, пытаются более полно удовлетворить требования современного рынка, проводят исследования и конструкторские работы с целью улучшения параметров керамики, разрабатывают ее новые типы, на что выделяются значительные средства.

Более подробную информацию можно получить по адресу: [www.americanpiezo.com](http://www.americanpiezo.com) или у Представителя APC International Ltd. в Украине Темнюк Н. Г. по адресу: [nata517@svitonline.com](mailto:nata517@svitonline.com) или м.т. (044) 491-5832.

## Приглашаем к сотрудничеству рекламодателей!



## СТАНДАРТ IEEE 1451.2 И МИКРОКОНВЕРТЕРЫ

*Фирма Analog Devices является признанным мировым лидером в производстве широкого спектра высокоточных и быстродействующих преобразователей сигналов, в том числе АЦП и ЦАП. В настоящее время фирма Analog Devices выпускает семейство прецизионных интеллектуальных АЦП, получивших название микроконвертеров, которые сочетают в себе возможности высокоточного аналогового ввода/вывода, предварительной обработки данных и организации сетей сбора информации датчиков согласно требованиям стандарта IEEE 1451.2. Статья знакомит с особенностями построения сетей сбора данных датчиков в этом стандарте, а также с архитектурой микроконвертеров, которые могут найти широкое применение при реализации интеллектуальных датчиков и создании высокоточных измерительных приборов.*

*В. Охрименко*

Все преобразователи физических величин (термопары, пьезоэлементы, фотодиоды, терморезисторы и т. п.), в дальнейшем датчики, имеют следующие недостатки: абсолютное значение выходного сигнала датчика и диапазон изменения выходного сигнала имеют небольшую величину, передаточная характеристика датчиков нелинейная. Поэтому, если требуется обеспечить высокую точность измерений, необходимо усилить сигнал датчика, выполнить линейризацию передаточной характеристики, компенсацию начального смещения и погрешностей, возникающих вследствие изменения температуры окружающей среды и временного дрейфа [1-11]. Все датчики можно условно разделить на активные и пассивные [11]. Для активных датчиков необходим внешний источник возбуждения. К активным датчикам относятся, к примеру, терморезисторы и датчики типа RTD (Resistance Temperature Detectors). Изменение сопротивления таких датчиков определяют по изменению падения напряжения на нем, а в качестве источника возбуждения используют стабильный ток. Обычно датчики такого типа включают в мостовую схему. Пассивные датчики генерируют электрический сигнал без какого-либо внешнего возбуждения. Примером пассивных датчиков могут служить термопары и фотодиоды, генерирующие термоЭДС или фототок независимо от возбуждающего воздействия. Однако активные и пассивные датчики формируют выходной сигнал низкого уровня. Например, максимальный выходной сигнал типичного датчика давления составляет всего 15 мВ, поэтому для точного определения изменений выходного сигнала требуется многозарядный АЦП. Эффективно осуществить линейризацию передаточной характеристики, компенсировать возникающие ошибки и т. п. можно

только с применением средств цифровой обработки данных. Интеллектуальный датчик содержит следующие основные компоненты: прецизионный усилитель с регулируемым коэффициентом усиления, высокоточный АЦП и микроконтроллер. Чтобы подключить интеллектуальный датчик к сети сбора информации, в датчике необходимо предусмотреть средства, поддерживающие протокол обмена данными согласно какому-либо сетевому стандарту. Для того, чтобы обеспечить малое энергопотребление, низкую стоимость, высокую надежность и физическую реализуемость интеллектуаль-

ного датчика, все его компоненты должны быть интегрированы на одном кристалле. В настоящее время для реализации сетей сбора информации датчиков используются следующие сетевые стандарты: Ethernet, Foundation Fieldbus, LonWork, Profibus, Interbus-S, Universal Serial Bus (USB), CAN-bus, DeviceNet, WorldDFIP, P-NET, HART, ASI. В некоторых перечисленных стандартах предполагается интерфейс (непосредственный или косвенный) с интеллектуальными датчиками. К примеру, это CAN-bus, ASI-bus, HART и другие, в которых предусмотрены отдельные цепи питания датчиков. Каждый из перечисленных стандартов имеет свои достоинства и недостатки, а также специфические аппаратные решения, которые приводят к несовместимости интеллектуальных датчиков при подключении к сетям с различными протоколами. Изготовление же интеллектуальных датчиков, которые бы удовлетворяли требованиям разных сетевых протоколов, оказывается нецелесообразным вследствие их высокой стоимости. Поэтому в 1993 г. впервые был предложен проект стандартов IEEE 1451, основная цель которых — устранить несовместимость интеллектуальных датчиков при подключении к различным сетям и реализовать технологию Plug&Play. В результате работы рабочих комитетов IEEE в 1995 г. появился пакет из четырех стандартов: IEEE 1451.1/1451.2/P1451.3/P1451.4. На рис. 1 приведены основные элементы сети, реализованной в стандарте IEEE 1451.2.

**NCAP** (Network Capable Application Processor) — процессор связи, осуществляющий преобразование сетевого протокола в протокол II.

**III** (Transducer Independent Interface) — 10-проводной последовательный интерфейс синхронного обмена данными между NCAP и интеллектуальным датчиком (STIM). Протокол последовательной передачи данных основан на порядке обмена данными, приня-

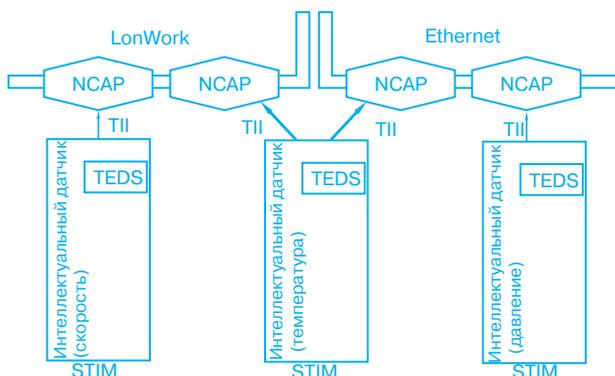


Рис. 1. Сеть сбора данных в стандарте IEEE 1451.2

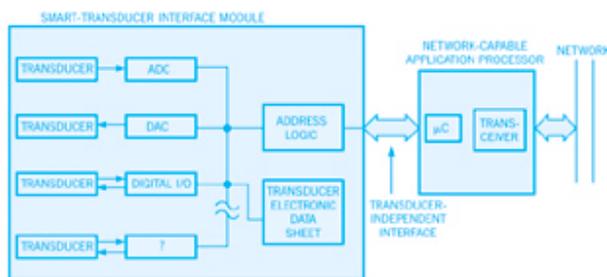


Рис. 2. Структурная схема интеллектуального датчика в интерфейсе SPI. Кроме того, в TII введены дополнительные сигналы специального назначения и отдельные цепи питания.

**STIM** (Smart Transducer Interface Module) — собственно интеллектуальный датчик (рис. 2), который может содержать до 255 каналов преобразования. Передача данных и команд управления между модулем STIM и процессором NCAP выполняется в цифровом виде.

**TEDS** (Transducer Electronic Data Sheet) — это по сути память, в которой хранятся данные, описывающие модуль STIM и параметры каналов преобразования. Формат представления данных оговаривается в стандарте IEEE 1451.2.

В табл. 1 приведен перечень сигналов интерфейса TII.

Ниже приведено назначение отдельных стандартов IEEE 1451.

IEEE 1451.1 описывает модель процессора связи NCAP, которая может быть адаптирована для подключения к сетям с разными протоколами. NCAP служит для интеллектуального датчика мостом, реализующим подключение к сети с любым протоколом.

IEEE 1451.2, полное название которого "IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators — Transducer to Microprocessor Communications Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats", регламентирует спецификации TEDS интеллектуального датчика и протокол обмена данными между STIM и NCAP.

IEEE 1451.3 определяет спецификации специального интерфейса, к которому можно подключать несколько интеллектуальных датчиков в многоточечной конфигурации в случае, если нет возможности использовать для каждого датчика отдельный процессор связи NCAP.

IEEE 1451.4 регламентирует требования к интерфейсу, обеспечивающему передачу данных в цифровом и аналоговом виде. В этом случае после включения питания выполняется обмен данными между TEDS и NCAP в цифровом виде, а затем возможна передача данных от интеллектуального датчика в аналоговом виде.

На базе стандартов IEEE 1451 можно создавать открытые распределенные системы сбора данных, в которых просто осуществляется идентификация подключенных датчиков, изменение параметров для калибровки датчиков и конфигурации системы, выполнение технического обслуживания, наращивание количества датчиков, реализация технологии Plug&Play. Появление стандартов IEEE 1451 способствовало тому, что многие ведущие производители освоили выпуск устройств, совместимых со стандартом IEEE 1451.2. К числу таких фирм-производителей относятся: Boeing Commercial Airplane Group, Bruel&Kjaer, Grayhill Inc., Electronics Development Corp., Agilent

Таблица 1. Сигналы интерфейса TII

Название	Обозначение	Назначение
DATA OUT	DOUT	передача данных от STIM к NCAP
DATA IN	DIN	передача адреса и данных от NCAP к STIM
DATA CLOCK	DCLK	тактовый сигнал. По нарастающему фронту DCLK осуществляется запись данных DOUT и DIN
N IO ENABLE	NIOE	сигнализирует об активном состоянии линии передачи данных
N TRIGGER	NTRIG	используется STIM для опроса состояния NCAP
POWER	POWER	+5 В
COMMON	COMMON	общий провод питания и сигналов
N ACKNOWLEDGE	NACK	используется NCAP для опроса состояния STIM
N STIM DETECT	NSDET	используется NCAP в качестве сигнала, подтверждающего наличие STIM
N IO INTERRUPT	NINT	сигнал прерывания от STIM к NCAP

Technologies, MicroSmith Inc., The Modal Shop, Moore Products Co., Object Automation, PCB Piezotronics, Seagull Technology Inc. и другие. К числу фирм-производителей устройств, совместимых со стандартом IEEE 1451.2, относится также и фирма Analog Devices, которая разработала и выпускает микроконвертеры ADuC812, ADuC816 и ADuC824, представляющие по сути дела готовые STIM изделия. В то же время сфера применения микроконвертеров, благодаря их уникальным характеристикам, не ограничивается только устройствами, совместимыми со стандартом IEEE 1451.2. Более того, в технической документации на микроконвертеры не используются даже термины, принятые в спецификациях стандарта IEEE 1451.2. Для интеграции микроконвертеров в системы интеллектуальных датчиков, совместимых со стандартом IEEE 1451.2, необходимо глубоко понимать требования стандарта IEEE 1451.2, чтобы правильно использовать логические возможности микроконвертеров и их встроенную память.

Интересно также отметить, что подавляющее большинство производителей аналогичных устройств относят их к классу микроконтроллеров, в составе которых интегрированы АЦП. Однако, справедливости ради, следует подчеркнуть, что микроконтроллеры многих производителей не имеют в своем составе АЦП, точность которых была бы сравнима с точностью, которую обеспечивают АЦП, интегрированные в ADuC824 и ADuC816 (ADuC824 имеет два сигма-дельта АЦП, один из которых 24-разрядный; ADuC816 имеет два 16-разрядных сигма-дельта АЦП). Как поясняют специалисты фирмы Analog Devices (семинар фирмы Analog Devices в Киеве, октябрь 2000 г.), основным отличием микроконвертеров от микроконтроллеров является то, что параметры встроенных АЦП не ухудшаются при работе процессорного ядра микроконвертеров. В каталог фирмы Analog Devices [10] микроконвертеры введены как интеллектуальные АЦП для систем сбора данных (DAS).

Что же скрывается за названием "микроконвертеры".

Микроконвертеры (ADuC812, ADuC816, ADuC824) представляют собой миниатюрную систему сбора и обработки данных, выполненную в виде одной микросхемы. На кристалле микроконвертеров интегрированы: высокоточные (в отдельных случаях многоканальные) АЦП, а также ЦАП; контроллер с процессорным ядром на базе ядра популярных 8051/8052, в состав которого включены периферийные устройства, позволяющие реализовать гибкие связи с "внешним миром"; память типа флэш и RAM; температурный датчик; источник эталонного напряжения; источник стабильного тока для питания внешнего датчика и другие устройства. Уникальные возможности высокоточного аналогового ввода/вывода, встроенный контроллер для предварительной обработки

данных, реализующий обмен данными через последовательные порты (интерфейс SPI, UART, I<sup>2</sup>C), большой объем флэш-памяти, низкая потребляемая мощность определяют основные области применения микроконвертеров: сети сбора информации датчиков; устройства с автономным питанием, предназначенные для управления/контроля параметров технологических процессов; портативное медицинское и другое измерительное оборудование.

С октября 2000 г. фирма Analog Devices серийно выпускает микроконвертер ADuC824, а недавно начала выпуск построенного на его базе недорогого микроконвертера ADuC816, в котором вместо 24- и 16-разрядных сигма-дельта АЦП реализованы два 16-разрядных сигма-дельта АЦП. По остальным параметрам ADuC816 во многом аналогичны ADuC824, возможности и характеристики которого описаны ниже. В табл. 2 приведены основные параметры микроконвертеров.

Два независимых одноканальных сигма-дельта АЦП (на базе АЦП AD7705) со встроенными цифровыми фильтрами обеспечивают точные измерения в широком динамическом диапазоне низкочастотных сигналов датчиков (тензодатчики, датчики давления, скорости, температуры и т. п.). Частота преобразования каждого АЦП находится в диапазоне от 5.4 до 105 Гц. В одном из АЦП используется усилитель (PGA) с программируемым коэффициентом усиления (восемь программируемых значений), что позволяет непосредственно преобразовывать сигналы с низким напряжением (к примеру, термодатчики и т. п.) Уровни входных напряжений АЦП с усилителем PGA (основной АЦП) составляют  $\pm 20$ ,  $\pm 40$ ,  $\pm 80$ ,  $\pm 160$ ,  $\pm 320$ ,  $\pm 640$ ,  $\pm 1280$  и  $\pm 2560$  мВ. При работе АЦП используется встроенный прецизионный источник эталонного напряжения (1.25 В) или внешний источник. Через входной мультиплексор на вход одного из АЦП возможно подключение сигнала от встроенного температурного датчика. При производстве оба АЦП калибруются (при температуре окружающей среды 25 °С и напряжении питания 5 В), а коэффициенты, корректирующие передаточную характеристику, записываются во встроенную флэш-память. После включения питания значения этих коэффициентов автоматически загружаются в специальные регистры управления. Кроме того, пользователь может изменять значения этих коэффициентов, минимизируя таким образом ошибки, возникающие в процессе работы реальной системы.

ЦАП в составе ADuC824 — 12-разрядный с выходом по напряжению. Выходное сопротивление буферного усилителя составляет 0.5 Ом. Высокоточный ЦАП и низкий ток потребления ADuC824 позволяют использовать его в системах, в которых передача данных осуществляется по интерфейсу "токовая петля 4-20 мА".

Таблица 2. Основные параметры микроконвертеров

Наименование параметра		Значение параметра			
		ADuC824	ADuC816	ADuC812	
<b>Микросхема в целом</b>					
Напряжение питания, В		2.7 ... 3.6/4.75 .. 5.25			
Диапазон рабочих температур, °С		-40 ... 85			
Количество выводов, тип корпуса и размеры		52, MQFP, 14×14 мм			
Ток потребления, мА, при напряжении питания 5/3 В в режимах:	рабочем	$f_{\text{ТАКТ}} = 12.58 \text{ МГц}$ $f_{\text{ТАКТ}} = 1.57 \text{ МГц}$	15/8 4/2.1	15/8 4/2.1	26/12 8/3
	пониженного энергопотребления	$f_{\text{ТАКТ}} = 12.58 \text{ МГц}$ $f_{\text{ТАКТ}} = 1.57 \text{ МГц}$	2/1 1.2/0.75	2/1 1.2/0.75	15/6 7/2
	"спящем"		0.05/0.02	0.05/0.02	0.05/0.05
Встроенный температурный датчик и источник тока 200 мкА		+			
Погрешность температурного датчика, °С		±2	±2	-	
<b>АЦП</b>					
Количество АЦП/входных каналов АЦП		2 ( $\Sigma-\Delta$ )/2	2 ( $\Sigma-\Delta$ )/2	1/8	
Разрядность АЦП:	основного	24	16	12	
	вспомогательного	16	16	-	
Максимальная частота преобразования		105 Гц	105 Гц	200 кГц	
Напряжение встроенного эталонного источника, В		1.25	1.25	2.5	
Ослабление синфазного сигнала, дБ		90	90	-	
Напряжение входного сигнала АЦП:	основного	от 0.02 до 2.56 В 2.56 В	от 0.02 до 2.56 В 2.56 В	0 ... $V_{\text{REF}}$	
	вспомогательного				
Напряж. шумов на выходе, мкВ, при $U_{\text{ВХ}} = \pm 2.5 \text{ В}$ :	частота преобразования 20 Гц	2.30	2.30	-	
	частота преобразования 105 Гц	11.75	11.75	-	
<b>ЦАП</b>					
Количество ЦАП		1	1	2	
Разрядность ЦАП		12/8			
Погрешность, ЕМР		± 3	± 3	± 2	
Дифференциальная нелинейность, ЕМР		± 1			
Выходное сопротивление, Ом		0.5			
Сопротивление нагрузки, кОм		10			
Емкость нагрузки, пФ		100			
Напряжение встроенного эталонного источника, В		2.5			
Выходное напряжение, В		0 ... $U_{\text{REF}}/0$ ... $E_{\text{ПИТ}}$			
Время установления выходного напряжения, мкс		15	15	4	
<b>Контроллер</b>					
Максимальная производительность, MIPS		1	1	1.33	
Тактовая частота, МГц:	максимальная	12.58	12.58	16	
	минимальная	0.098	0.098	1	
Частота внешнего кварцевого резонатора		32 768 Гц	32 768 Гц	1 ... 16 МГц	
Схема ФАПЧ		+	+	-	
Время старта после включения питания, мс		300	300	-	
Контроллер DMA		-	-	+	
Объем флэш-памяти программ, кбайт		8			
Объем флэш/РАМ памяти данных, байт		640/256			
Параметры флэш-памяти:	время хранения данных, лет	100			
	число циклов стирания, тыс.	100			
Объем внешней памяти данных/программ, кбайт		16 000/64			

Контроллер состоит из 8-разрядного процессорного ядра, совместимого по набору команд с популярными микроконтроллерами семейств 8051/8052. Кроме процессорного ядра в состав контроллера входят: три 16-разрядных таймера/счетчика, "сторожевой" таймер, таймер реального времени, монитор источника питания, периферийные устройства, реализующие внешний интерфейс. Максимальная тактовая частота контроллера составляет 12.58 МГц, минимальная — 98.3 кГц. Длительность выполнения инструкций, как и в классическом 8051 (Intel), в 12 раз больше длительности периода тактовой частоты. Таким образом, максимальная производительность ADuC824 составляет примерно 1 MIPS (миллион инструкций в секунду). Значение тактовой частоты устанавливается программно (восемь значений). Схема ФАПЧ позволяет использовать в качестве внешнего кварцевого резонатора "часовой кварц" (32 768 Гц). После включения питания контроллер работает на тактовой частоте 1.572864 МГц. Для обмена данными с внешней памятью контроллер имеет также 26 программируемых входов/выходов, на базе которых реализованы параллельные порты. Встроенный контроллер прерываний обрабатывает прерывания от 11 источников (два уровня приоритета).

Встроенная память: программ — флэш (8 кбайт), данных — RAM (256 байт) и флэш (640 байт). Флэш-память программируется пользователем. Предусмотрено два режима передачи данных при программировании: последовательный и параллельный. В первом программирование выполняется с помощью начального загрузчика через UART-порт (выводы RxD и TxD) непосредственно с персонального компьютера. В случае необходимости программирование ADuC824 инициализируется автоматически после включения питания. Во втором режиме программирование выполняется с помощью стандартного программатора. Минимальное число циклов программирования составляет 100 тыс. График зависимости времени хранения данных, записанных во флэш-память, от температуры, приведен на рис. 3. Время стирания флэш-памяти данных (640 байт) составляет 2 мс.

Объем адресуемой внешней памяти составляет 16 Мбайт (память данных) и 64 кбайта (память программ). Обмен с внешней памятью выполняется по 8-разрядной шине данных (порт P0). В качестве 24-разрядной адресной шины используются порты P0 и P2. Шины данных и адреса — мультиплексируемые. Запоминание адреса осуществляется во внешних буферных регистрах.

Монитор источника питания формирует сигнал прерывания, если напряжение питания аналоговых или цифровых схем снижается ниже заданных пользователем значений (4.63, 3.08, 2.93, 2.63 В). Прерыва-

ние от монитора источника питания позволяет сохранить содержимое рабочих регистров и тем самым избежать потерь важной информации.

Последовательные порты ADuC824 реализуют три типа внешних интерфейсов (UART, SPI, I<sup>2</sup>C). UART-порт обеспечивает полнодуплексный асинхронный прием/передачу данных и полностью совместим со стандартным протоколом интерфейса UART. Скорость передачи данных устанавливается программно в диапазоне значений от 1.2 до 19.2 Кбит/с.

Микроконвертеры ADuC812, ADuC816, ADuC824 выпускаются в корпусах типа 52-MQFP и предназначены для работы в диапазоне температур от -40 до 85 °С.

К неоспоримым достоинствам микроконвертеров, выпускаемых фирмой Analog Devices, относятся: высокоточные с возможностью калибровки АЦП; встроенная флэш-память; контроллер, который хотя и не отличается большим быстродействием, но имеет преимущество в том, что набор его команд совместим с командами популярных 8051/8052, для которых программное обеспечение создается уже на протяжении десятков лет, и программистам нет необходимости затрачивать усилия на освоение нового набора команд и изучение архитектуры какого-либо сверхнового микроконтроллера.

Подводя итоги, следует отметить, что, благодаря уникальным возможностям аналогового ввода/вывода, встроенного интеллектуального контроллера и флэш-памяти микроконвертеров, на их базе сравнительно просто создавать интеллектуальные датчики (STIM изделия), предназначенные для систем сбора данных в стандарте IEEE 1451.2. На рис. 4 приведена структурная схема микроконвертера ADuC824 и принцип подключения к внешним датчикам и сети сбора данных в стандарте IEEE 1451.2.

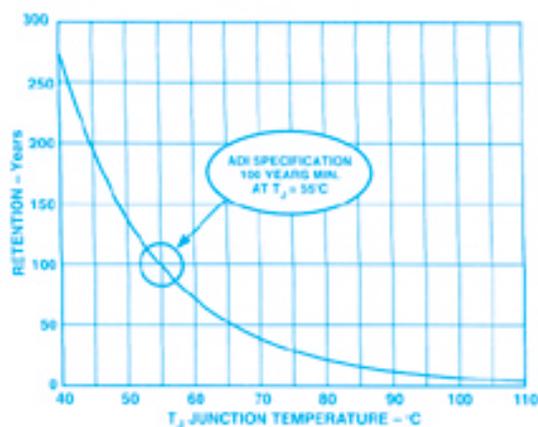


Рис. 3. График зависимости времени сохранения данных во флэш-памяти от температуры

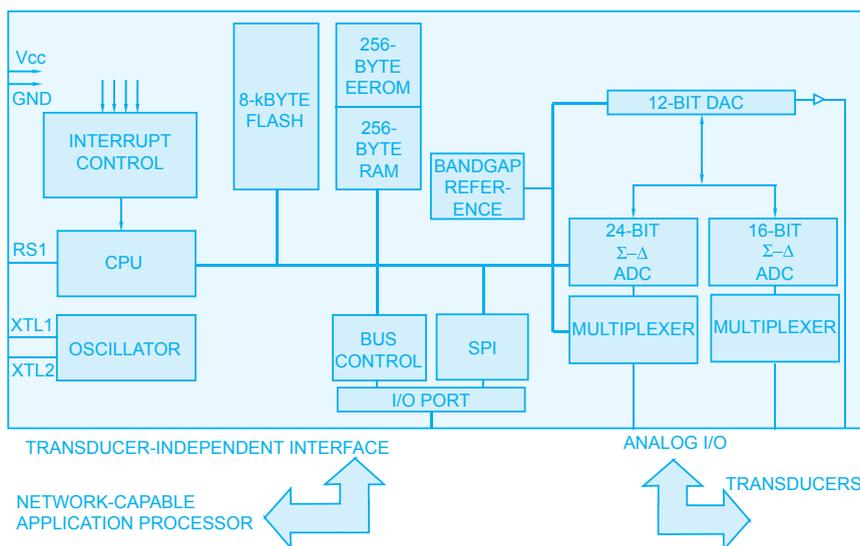


Рис. 4. Структурная схема ADuC824

На рис. 5 приведена схема соединения ADuC824 с NCAP и названия сигналов интерфейса TII [1].

Хотелось бы еще раз подчеркнуть, что применение стандарта IEEE 1451.2 позволяет существенно упростить процедуру подключения интеллектуальных датчиков к информационным сетям и устранить проблемы несовместимости между интеллектуальными датчиками разных производителей. Многие фирмы-производители должным образом оценили потенциальные возможности и те преимущества, которые можно получить в результате объединения двух стандартов (имеется ввиду IEEE 1451.2 и, к примеру, Ethernet или любой другой сетевой стандарт), и выпускают целый ряд NCAP-подобных устройств. Фирма Agilent Technologies предлагает модуль Bfoot-66501, в котором на базе заказных микросхем (ASIC), процессора серии 68000 и флэш-памяти объемом 500 кбит реализованы два интерфейса — TII (IEEE 1451.2) и Ethernet. Применение последнего обеспечивает подключение к сети Интернет, что дает возможность управлять системой сбора данных через эту сеть.

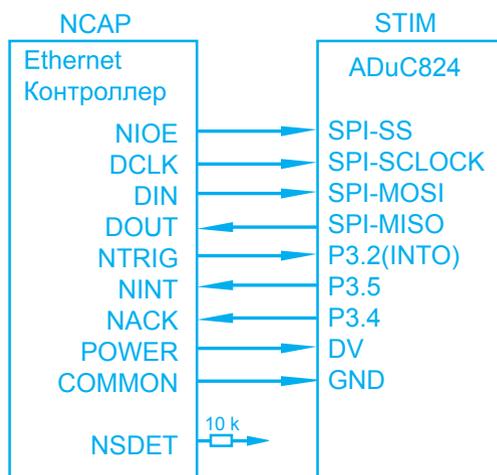


Рис. 5. Схема соединения ADuC824 и NCAP

Фирма Microsmith Inc. также разрабатывает модули NCAP для сетей с протоколами LonWorks, SDS, DeviceNet. Модули и интеллектуальные датчики, подключенные к ним, можно будет программировать также с переносного пульта управления, подключаемого к NCAP. На рис. 6 приведен пример структурной схемы, в которой реализована сеть сбора данных, подключенная к сети Интернет [5].

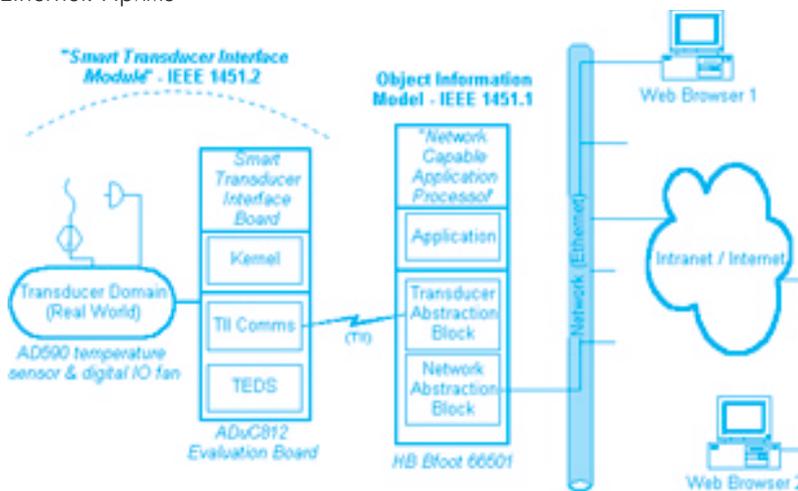


Рис. 6. Глобальная сеть сбора информации датчиков

В качестве средств отладки микроконвертеров фирма Analog Devices предлагает систему QuickStart, которая включает оценочную плату для каждого типа микроконвертера и программное обеспечение. В состав программного обеспечения входят: ассемблер, С компилятор, отладчик, программа загрузки флэш-памяти и др. Все программное обеспечение работает в среде Windows. Кроме этого поставляется кабель для подключения к персональному компьютеру, источник питания и документация на CD-ROM.

*Детально познакомиться со всеми возможностями и параметрами микроконвертеров, а также со средствами их отладки, предлагаемыми фирмой Analog Devices, можно в сети Интернет по адресу: <http://www.analog.com/microconverter>*

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Designing an IEEE 1451.2 — Compliant Transducer//Sensors, August, 2001 (<http://www.sensorsmag.com/articles/0800/46/index.htm>).
2. Sensors Smarten Up//EDN, 4 March, 99 (<http://209.67.241.58/reg/1999/030499/05cs.htm>).
3. One Chip, Many Function//Sensors, May 10, 2001 (<http://www.sensorsmag.com/articles/0501/59/index.htm>).
4. Microcontrollers are Common Components in Sensor Measurement Signal Paths//ECN, April 2001 (<http://www.ecnmag.com/ecnmag/issues/2001/04012001/ec14sr02.asp>).
5. PEI Technologies. (<http://136.201.145.39/index.html>).
6. The ADuC812 MicroConverter as an IEEE 1451.2 Compatible Smart Transducer Interface. — Analog Devices (<http://www.analog.com>).
7. MicroConverter, Dual-Channel 16-Bit ADCs with Embedded FLASH MCU. ADuC816. — Analog Devices, 2001 (<http://www.analog.com/microconverter>).
8. MicroConverter, Dual-Channel 16-/24-Bit ADCs with Embedded FLASH MCU. ADuC824. — Analog Devices, 2000 (<http://www.analog.com/microconverter>).
9. Practical Design Techniques for Sensor Signal Conditioning. — Analog Devices, 1999.
10. Short Form 2000 Designer's Guide. — Analog Devices, 2000.
11. From Sensors to Networks//ECN, 04/01/2001.

## ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ РАЗВЯЗКА В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ \*

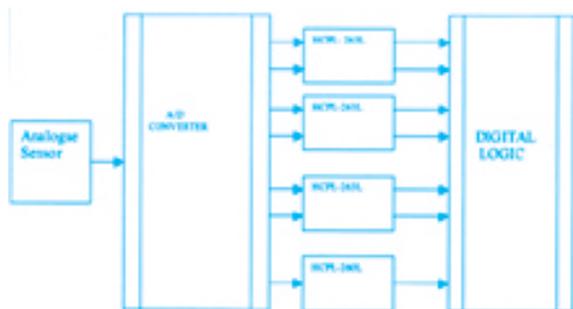
*Рассмотрены новые низковольтные оптопары для развязки периферийных устройств и центрального процессора.*

Оптопары, как правило, выпускаются для развязки логических ИМС с напряжением питания 5 В. Фирма Agilent Technologies освоила производство оптопар для развязки LVTTTL/LVCMOS ИМС с напряжением питания 3.3 В. Оптопары поддерживают скорость обмена данными до 15 Мбайт/с. Низковольтные оптопары выпускаются в одно- и двухканальном вариантах, в корпусах типа DIP и 8-SO и могут работать в диапазоне температур от -40 до 85 °С. Основное

назначение этих оптопар —

развязка периферийных устройств и центрального процессора, цифровых и аналоговых узлов АЦП и ЦАП и т. п. Типовая схема гальванической развязки датчика с АЦП и центрального блока системы с помощью двухканальных низковольтных оптопар типа HCPL-263L приведена на рисунке. Одноканальная оптопара HCPL-260L используется для передачи синхроимпульсов.

Таким образом, применение новых оптопар фирмы Agilent Technologies позволяет повысить помехоустойчивость низковольтных систем при обеспечении высокой скорости передачи данных.



**Организация гальванической развязки с помощью оптопар типа HCPL-263/HCPL-260L**

\* LVTTTL Compatible 3.3 Volt Optocouplers/EPN, August, 2001.



## ИЗМЕРИТЕЛЬ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА MSP430F149

В настоящей статье описан портативный электронный тонометр с батарейным питанием, созданный на базе микроконтроллера MSP430F149 фирмы Texas Instruments.

А. Бритов, В. Захарченко, В. Ломаковский,  
А. Макеенок, С. Хлебников

Широкое распространение сердечно-сосудистых заболеваний делает все более актуальной проблему измерения артериального давления у большого количества пациентов. Специфика некоторых заболеваний требует многократного измерения давления в течение суток. Для подобных задач лучше всего подходят автономные измерители (тонометры), которые позволяют пациентам измерять давление самостоятельно, без посещения медицинского учреждения и привлечения специально подготовленного медицинского персонала. Такие тонометры производятся многими зарубежными фирмами и поставляются на отечественный рынок. Недавно среди этих изделий появился тонометр ВАТ31-1, разработанный и серийно выпускаемый отечественным предприятием «Ребус». Этот прибор был построен на микроконтроллере MSP430P325 фирмы Texas Instruments (TI) и выгодно отличался от зарубежных аналогов как техническими характеристиками, так и стоимостью, что особенно важно для отечественных потребителей. Сравнение медицинских характеристик ВАТ31-1 с зарубежными аналогами можно найти в работе [1]. Авторами разработан усовершенствованный вариант этого тонометра, построенный на базе более современного микроконтроллера MSP430F149 фирмы Texas Instruments. Основные технические характеристики тонометра:

- диапазон измерения давления от 20 до 280 мм. рт. ст.
- метод измерения давления — осциллометрический
- диапазон измерения пульса от 30 до 180 ударов в минуту
- диапазон рабочих температур от 10 до 40 °С
- электропитание от четырех батарей LR6 (AA), один комплект батарей обеспечивает выполнение не менее 1000 измерений
- габаритные размеры электронного блока 122×76×48 мм
- масса электронного блока 220 г.

По точности измерения артериального давления тонометр отвечает высшему классу точности «А» в соответствии с критерием British Hypertension Society.

Погрешность измерения давления в манжете в диапазоне от 0 до 300 мм рт. ст. составляет  $\pm 3$  мм рт. ст. Погрешность измерения частоты пульса — не более  $\pm 5$  % от измеряемого значения. Однако, следует учитывать, что существует небольшое количество пациентов со специфическими сердечно-сосудистыми заболеваниями, у которых измерение давления неинвазивными методами крайне затруднено.

Конструктивно тонометр выполнен в виде электронного блока в пластиковом корпусе размерами 122×76×48 мм и внешней эластичной плечевой манжеты, надеваемой на плечо пациента (выше локтевого сустава) и подсоединяемой к электронному блоку при помощи гибкого шланга. Внешний вид тонометра показан на рис. 1, а его электронный блок — на рис. 2.



Рис. 1. Внешний вид тонометра

Основными элементами электронного блока тонометра являются:

- микроконтроллер MSP430F149 фирмы TI
- частотный датчик давления емкостного типа, разработанный НПП «Ребус» (после изготовления тонометра выполняется калибровка датчика при помощи эталонного автоматического задатчика давления, результаты калибровки сохраняются во flash-памяти микроконтроллера)
- миниатюрный электродвигатель постоянного тока
- компрессор с кулачковым приводом
- неуправляемый клапан рабочего стравливания воздуха
- управляемый клапан ускоренного стравливания воздуха
- заказной ЖК индикатор
- драйвер ЖК индикатора.

Выбор MSP430F149 в качестве основного процессора тонометра обусловлен следующими причинами: исключительно низким энергопотреблением (не более



дит в режим измерения, что упрощает работу с ним. Для входа в режим просмотра архива необходимо после включения тонометра нажать и удерживать одну из кнопок управления.

Управление работой тонометра осуществляется с помощью двух кнопок, находящихся на его передней панели, и не представляет сложности даже для неподготовленного пользователя. Назначение кнопок и соответствующие изображения ЖК индикатора подробно описаны в инструкции по эксплуатации.

Описанный тонометр предназначен для использования как в медицинских учреждениях, так и в домашних условиях.

Тонометр прошел медицинские испытания в Институте кардиологии им. Стражеско АМН Украины, Институте сердечно-сосудистой хирургии АМН Украины, зарегистрирован в Государственном реестре средств измерительной техники, допущенных к применению в Украине, под номером У 1238-99 и сертифицирован в системе УкрСЕПРО. Тонометр рекомендован Комитетом по новой медицинской технике МЗ Украины для внедрения в медицинскую практику и внесен в Государственный реестр изделий медицинского назначе-

ния, регистрационное свидетельство № 799/99.

Семейство MSP430 активно развивается, регулярно появляются новые версии МК. Одна из последних новинок — контроллеры MSP430F4xx с flash-памятью и интерфейсом ЖКИ. Их использование позволит сократить количество необходимых микросхем и размеры электронного блока. В настоящее время авторами на основе этих МК ведется разработка версии тонометра, выполненного как одно целое с манжетой, надеваемой не на плечо, а на кисть пациента. Такой тонометр будет значительно удобнее для пользователей, особенно пожилых. Авторы надеются опубликовать этот материал дополнительно.

Более подробную информацию о тонометре можно получить в МКНПП "РЕБУС", тел.: (044) 298-43-815, (044) 298-42-837 или в сети Интернет по адресу <http://cad.ntu-kpi.kiev.ua/~dsplab>

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Е.П. Свищенко. Измерение артериального давления в клинике и дома: преимущества и недостатки. — «Медицинский рынок», № 3/2000.

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ SITRANS P \*

Измерительные преобразователи *Sitrans P* применяются для измерения давления, абсолютного давления, дифференциального давления, скорости потока, а также степени наполнения резервуаров. Они пригодны для использования как в нейтральных, так и в агрессивных средах. Выходным сигналом является ток, изменяющийся в диапазоне от 4 до 20 мА пропорционально измеряемому давлению или корню квадратному из него. Преобразователи имеют прочный корпус, устойчивый к наружному давлению и предназначенный для применения во взрывоопасной зоне 2. Они соответствуют требованиям совместимости, установленным Европейским комитетом по стандартизации CENELEC. Для параметризации используются три кнопки и встроенный цифровой индикатор. Возможна также параметризация с применением компьютера или HART-коммуникатора. Питание преобразователя осуществляется постоянным напряжением от 10.5 до 45 В. В настоящей публикации рассмотрен преобразователь *Sitrans P* серии *DS III* для измерения давления.

А. Мельниченко

Входное давление через разделительную мембрану и специальную жидкость воздействует на измерительную мембрану. Находя-

щиеся на ней четыре пьезоэлектрических резистора, соединённых по мостовой схеме, изменяют своё сопротивление. При прикладывании напряжения к диагонали моста напряжение, снимаемое с другой диа-

гонали, пропорционально приложенному давлению. Полученный электрический сигнал усиливается, а затем оцифровывается с помощью АЦП. Цифровая информация воспринимается микроконтроллером, корректируется для улучшения линейности и уменьшения зависимости от температуры и посредством ЦАП преобразуется в выходной ток в диапазоне от 4 до 20 мА. Результаты измерений, параметры настройки и другие данные запоминаются в двух ЗУ, сохраняющих информацию при выключении питания. С помощью трёх кнопок настройку параметров преобразователя можно произвести непосредственно на месте его использования. Измеряемая величина, а также вспомогательная информация (сообщения об ошибках и др.) отображается на цифровом индикаторе. Предусмотрена защита от измене-

\* Интернет, интерактивный каталог фирмы Siemens,

адрес: <http://mail.ad.siemens.com/de/guest/index.asp?nodeID=3000152&lang=de>



ния полярности напряжения питания с помощью диодов. Преобразователи, имеющие предел измерения менее 63 бар, измеряют давление относительно атмосферного. Преобразователи с пределом измерения более 160 бар измеряют давление относительно вакуума. В зависимости от исполнения преобразователи имеют различные возможности параметризации. Возможна как запись, так и считывание параметров. Основные параметры можно установить вручную, используя кнопки, имеющиеся на преобразователе. Кроме того, параметризацию можно выполнить с помощью HART-коммуникатора, подключаемого к преобразователю двухпроводной линией. При параметризации с использованием компьютера между ним и преобразователем включают HART-коммуникатор. Преобразователь имеет корпус из литого алюминия или нержавеющей стали. Спереди и сзади он закрыт круглыми крышками с резьбой. Через стекло передней крышки виден цифровой индикатор, на котором отображается результат измерения. Сбоку находится отсек для присоединения внешних цепей. Заземляющий провод подключается сзади. Под нижней



крышкой находится отсек для вспомогательного источника питания и подключения экранирующего провода. На верхней части прибора под крышкой находятся кнопки управления.

Основные технические параметры преобразователя:

- чувствительный элемент — пьезорезистор
- диапазон измерения (ступенчатая регулировка) от 0.01 до 400 бар
- нижняя граница измерения 30 мбар (абсолютное давление)
- выходной сигнал — ток в диапазоне от 4 до 20 мА
- пределы изменения выходного сигнала от 3.55 до 23.0 мА (установка изготовителя — от 3.84 до 20.5 мА)
- нелинейность характеристики не более 0.5 % максимального значения параметра

- постоянная времени демпфирования от 0 до 100 с (регулировка — ступенчатая, шаг 0.1 с)
- характеристика — линейно возрастающая или линейно падающая
- погрешность измерения ( $r$  — макс. диапазон измерения):
  - при  $r < 10$  — не более 0.1 %
  - при  $10 < r < 30$  — не более 0.2 %
  - при  $30 < r < 100$  —  $(0.005 \cdot r + 0.05)$  %
- время установления показаний (без демпфирования) около 0.2 с
- долговременная погрешность не более  $(0.1 \cdot r)$  % в год
- температурная погрешность:
  - в диапазоне температур от  $-10$  до  $60$  °C не более  $(0.1 \cdot r + 0.2)$  %
  - в диапазонах температур от  $-40$  до  $-10$  °C и от  $60$  до  $85$  °C не более  $(0.1 \cdot r + 0.15)$  % /  $10$  °C
- класс механической защиты (согласно нормам EN 60 529) IP65
- вес около 1.5 кг
- напряжение питания от 10.5 до 45 В, пульсация не более 0.2 В (частотой от 47 до 125 Гц)
- соединение — двухпроводной экранированный провод длиной не более 3 км
- протокол обмена — HART, версия 5.x.

Во всех отделениях связи Украины и Российской Федерации

началась подписка на 2002 год

на журнал «**Электронные компоненты и системы**»

Подписной индекс 40633 в каталоге периодических изданий Украины

и каталоге "Подписка 2002" России.

Среди подписчиков, приславших в редакцию журнала копию квитанции о подписке, будет проведена лотерея. Призы — мониторы, CD-ROM, каталоги продукции всемирно известных фирм-производителей электронных компонентов и систем и мн. др.

Стоимость годовой подписки в Украине 41.04 грн.

## РЕГИСТРАТОР ТЕМПЕРАТУРЫ DS1615

Фирма Dallas Semiconductor (в настоящее время дочерняя компания фирмы Maxim Integrated Products) образована в 1984 году. Выпускает микросхемы, предназначенные для портативных приборов, медицинско-го оборудования, тестирующей аппаратуры, коммерческих изделий, сетевых приложений. За 16 лет фирмой разработано 390 базовых изделий и 2000 модификаций, которые внедрены более чем на 15 000 предприятий.



Новая микросхема фирмы Dallas Semiconductor DS1615 представляет собой первый в мире регистратор температуры, содержащий в одном кристалле часы реального времени, цифровой термометр, энергонезависимую память, управляющие цепи и последова-

тельный интерфейс. Структурная схема регистратора приведена на рис. 1.

Основные параметры регистратора температуры:

- диапазон измеряемых температур -40 ... 85 °С
- разрешение  $\pm 0.5$  °С

- точность  $\pm 2$  °С
- часы реального времени регистрируют секунды, минуты, часы, дни, недели, месяцы и годы
- объем памяти рассчитан на 2048 измерений температуры
- интервал между измерениями программируется в диапазоне от 1 до 255 минут
- имеется линия прерывания по сигналу, регистрирующему выход температуры за диапазон заданных значений
- тип интерфейса: UART-порт для подключения к интерфейсу RS-232 и трехпроводной интерфейс для сопряжения с микроконтроллером
- напряжение питания 5 В.

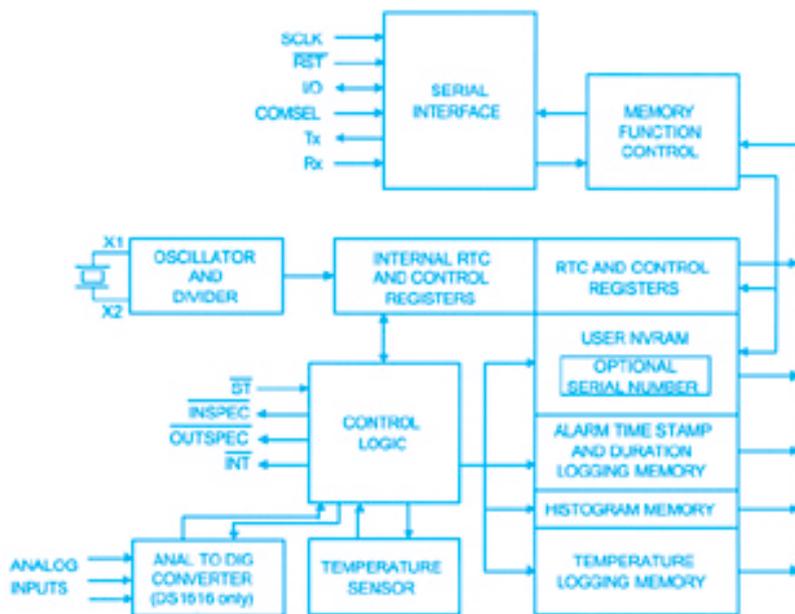


Рис. 1. Структурная схема регистратора DS1615

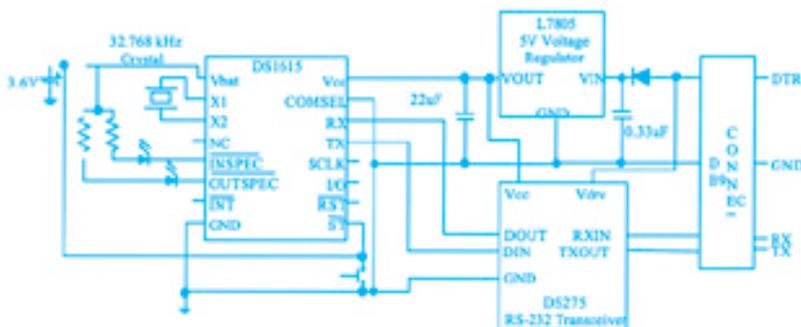


Рис. 2. Схема портативного регистратора температуры

Регистратор позволяет строить диаграмму в диапазоне измеряемых температур через каждые 2 °С. Схема портативного регистратора температуры на базе DS1615 представлена на рис. 2. Обмен данными с хост-компьютером осуществляется через приемопередатчик RS-232 (ИМС DS275). Питание регистратора — от стабилизатора с минимальным падением напряжения на регулирующем транзисторе (ИМС L7805). Кроме этого, ИМС DS1615 может работать в составе автоматизированной системы мониторинга параметров окружающей среды: температуры, влажности, давления.



## ЦИФРО-АНАЛОГОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Январь 2001

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ ФИРМЫ ANALOG DEVICES

**ВЫГОДНОЕ ДЕЛО!**  
Подробности в тексте

### В ЭТОМ ВЫПУСКЕ ...

	Стр.
Одноканальные ЦАП высокой точности .....	20
Миниатюрные многоканальные ЦАП .....	20
Семейство счетверенных ЦАП с rail-to-rail выходом по напряжению .....	21
Одноканальные 12- и 14-разрядные ЦАП с двухполярным выходным напряжением .....	21
Цифровой потенциометр с высоким разрешением .....	22
Цифровые потенциометры с ТКС 30 ppm/°C .....	22
Миниатюрные цифровые потенциометры .....	23
Сдвоенный энергонезависимый цифровой потенциометр .....	23
Таблица параметров ЦАП .....	24
Совместимые по выводам ЦАП обеспечивают простоту модернизации систем на их основе .....	26
ЦАП для передатчиков систем связи третьего поколения .....	27
Формирователь тактовых импульсов с минимальным дрожанием для аудиосистем .....	28
Повышающий преобразователь для генерации сигналов радиочастотного диапазона .....	29
Семейство ЦАП с низким потреблением .....	30

### Высокоточные ЦАП в системах управления оптических каналов связи

Оптические каналы связи обладают высокой пропускной способностью и широко используются в современных системах телекоммуникаций. Как по архитектуре, так и по составу системы управления оптических сетей должны отвечать все возрастающим требованиям, предъявляемым к скорости передачи данных и емкости этих сетей. Снижение стоимости, уменьшение объема оборудования, а также снижение рассеиваемой мощности относятся к определяющим тенденциям развития сетевого оптического оборудования нового поколения. Прецизионные ЦАП фирмы Analog Devices отвечают всем требованиям, предъявляемым к этому оборудованию. Так, например, оптические ключи строятся на основе микрозеркал. Каждое такое зеркало необходимо позиционировать относительно двух осей. В оптических системах в зависимости от числа используемых длин волн может применяться до 128 микрозеркал, положением которых необходимо управлять с высокой степенью точности. Количество возможных положений каждого микрозеркала достигает 256. Это значит, что в каждом приводе имеется один 8-разрядный ЦАП в пересчете на ось или на 128 микрозеркал — 256 ЦАП. Определяющими параметрами таких систем управления являются высокая точность, плотность компоновки и низкая стоимость.



**Решение** → Фирма Analog Devices разработала большой набор высокоточных ЦАП, которые предназначены для использования в коммутируемых оптических каналах связи. Эти преобразователи имеют разрешение 14 и 16 разрядов. В одном корпусе содержится до 32 ЦАП, что позволяет минимизировать потребляемую мощность и габариты системы в целом.

#### Основные параметры прецизионных ЦАП

Тип ЦАП	Количество каналов	Разрешение, бит	Тип вых. сигнала	Потребл. мощность, мВт	Тип корпуса	Стоимость, \$*
AD5532	32	14	U	280	74-LFBGA	49.95
AD7841	8	14	U	303	44-MQPP	28.65
AD5554	4	14	I	1	28-SSOP	18.03
AD5544	4	16	I	1	28-SSOP	28.00
AD5541	1	16	U	6	8-SO	9.95
AD5542	1	16	U	6	14-SO	9.95
AD5551	1	14	U	6	8-SO	7.72
AD5552	1	14	U	6	14-SO	7.72

\* Цена FOB USA в партии 1000 шт.

## Уменьшение дисперсии и повышение эффективности оптических сетей

Новое семейство 14- и 16-разрядных ЦАП разработано специально для оптических сетей с целью минимизации дисперсии и повышения эффективности управления лазерным лучом.

Эти преобразователи выполнены в одноканальном и двухканальном вариантах для обеспечения различных функций управления. В частности, они позволяют управлять лучом полупроводникового лазера в коммутируемых оптических каналах с использованием микрозеркал, обеспечивая требования к плотности компоновки систем управления в целом.

### Одноканальные ЦАП, оптимальные по точности преобразования



Преобразователи AD5541/AD5542/AD5551/AD5552 имеют точность 16/14 разрядов и выполнены в миниатюрных корпусах 8-SO и 14-SO. Преобразователи AD5541/AD5551 имеют однополярный выход. Интегральная и дифференциальная нелинейность этих ЦАП не превышает единицы младшего разряда, напряжение питания 5 В. Преобразователи AD5542/AD5552 имеют двухполярный выход при напряжении питания 5 В. Размах выходного напряжения составляет  $\pm 4$  В при использовании внешнего усилителя. Наличие сброса по включению питания, а также входных цепей на базе триггера Шмитта упрощает применение оптоэлектронной развязки. При этом типовое потребление ЦАП не превышает 300 мкА. Частота загрузки входных данных в ЦАП по последовательному интерфейсу составляет 25 МГц, время установления выходного напряжения — 1 мкс, что позволяет успешно использовать эти преобразователи в сетевом и тестовом оборудовании, а также в системах управления.



Отличительные особенности ЦАП:

- низкий выходной шум позволяет минимизировать дисперсию
- частота загрузки данных по последовательному интерфейсу 25 МГц
- миниатюрный корпус
- униполярное или двухполярное выходное напряжение

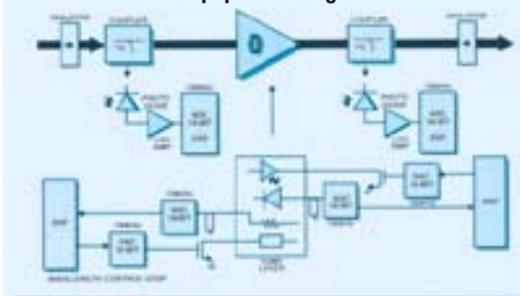
AD5541  
AD5542  
AD5551  
AD5552

#### ПРИМЕНЕНИЕ

- средства телекоммуникаций
- оптические каналы в DWDM системах
- управление позиционированием микрозеркал в оптических сетях
- измерительное и тестовое оборудование
- промышленные контроллеры

\$ 9.95  
\$ 9.95  
\$ 7.72  
\$ 7.72

#### Цепи управления в оптических каналах на основе прецизионных ЦАП семейства AD55xx фирмы Analog Devices



### Миниатюрные многоканальные ЦАП



Фирма Analog Devices разработала широкий ряд прецизионных многоканальных ЦАП, предназначенных для применения в устройствах и системах с высокой плотностью компоновки. Прецизионные преобразователи AD5532 (32-канальный 14-разрядный ЦАП) и AD7841 (8-канальный 14-разрядный ЦАП) отличаются высокой степенью интеграции. Одним из определяющих параметров таких ЦАП является рассеиваемая мощность. Фирма Analog Devices предлагает преобразователи AD5544/AD5554, которые содержат по четыре независимых 16/14-разрядных ЦАП с выходом по току и выполнены в миниатюрном корпусе 28-SSOP. Напряжение питания этих преобразователей составляет 5 В, потребляемая мощность в активном режиме не более 10 мкА. Это позволяет свести к минимуму выделяемое при работе ЦАП тепло. Если использовать внешний источник эталонного напряжения и внешний усилитель, можно обеспечить выход этих преобразователей по напряжению в однополярном режиме от 5 до 10 В и двухполярном — от  $\pm 2$  до  $\pm 10$  В от пика к пику. При использовании этих ЦАП в качестве программируемых аттенуаторов переменных сигналов обеспечивается полоса частот до 1 МГц в двухквадрантном умножающем режиме.

В преобразователях использован трехпроводной последовательный интерфейс, который позволяет реализовывать соединение типа "звезда" со многими микросхемами.

Основные особенности преобразователей:

- низкий выходной шум позволяет минимизировать дисперсию
- корпус минимальных размеров типа 28-TSSOP
- частота загрузки данных по последовательному интерфейсу 25 МГц
- ток потребления по цепи питания 10 мкА

#### ПРИМЕНЕНИЕ

- системы управления для оптических сетей
- точные измерительные приборы
- оборудование для регулирования непрерывных процессов

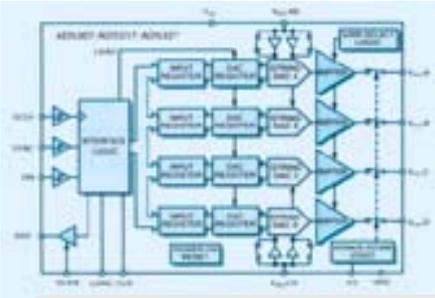
AD5544  
AD5554

\$ 28.00  
\$ 18.03



## Семейство счетверенных ЦАП с rail-to-rail выходом по напряжению

**Решение** → AD53х6/AD53х7 — семейство счетверенных ЦАП с однополярным напряжением питания, отличающееся низкой мощностью потребления и разрешением от 8 до 12 бит. В составе преобразователей — один из двух последовательных интерфейсов: трехпроводной SPI или двухпроводной I<sup>2</sup>C. Совместимость по выводам преобразователей этого семейства позволяет легко модернизировать системы на их основе в зависимости от требований к точности преобразования. Ток потребления этих преобразователей в рабочем режиме составляет 125 мкА, в режиме покоя — 20 нА в пересчете на один ЦАП. Преобразователи работают при напряжении питания от 2.5 до 5.5 В и имеют rail-to-rail выход по напряжению. Преобразователи устанавливаются в ноль по включению питания, имеют режим с пониженным потреблением, позволяют асинхронно устанавливать в ноль один из ЦАП в составе преобразователя и одновременно загружать данными все регистры ЦАП. В этих преобразователях программируется диапазон выходных напряжений, а также величина опорного напряжения. Максимальная частота передачи данных по SPI интерфейсу составляют 30 МГц. Имеется возможность чтения данных в управляющих регистрах ЦАП. С помощью I<sup>2</sup>C интерфейса можно подключать к одной шине до 16 ЦАП.



### ПРИМЕНЕНИЕ

- портативные устройства с батарейным питанием
- многоканальные карты
- цифровая регулировка коэффициента усиления и смещения нуля
- программируемые аттенюаторы
- управления промышленными процессами

Основные особенности преобразователей:

- четыре ЦАП в корпусе
- напряжение питания от 2.5 до 5.5 В
- rail-to-rail по выходу
- ток потребления в рабочем режиме 125 мкА
- ток потребления в режиме покоя 20 нА
- разрешение составляет 8, 10 и 12 бит
- тип интерфейсов — SPI или I<sup>2</sup>C
- диапазон рабочих температур от -40 до 105 °С
- программируемый диапазон выходного напряжения
- программируемый диапазон опорного напряжения
- начальная установка по включению питания
- выполнение функций типа LDAC и CLR

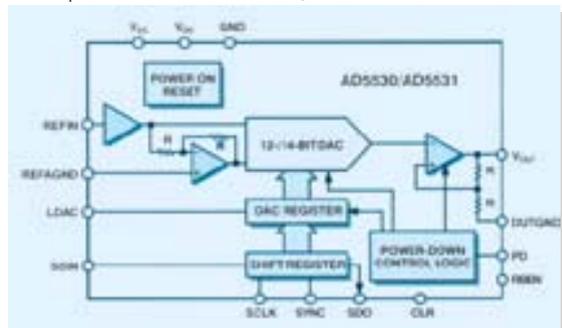
### Основные параметры ЦАП

Наименование параметра	AD5306BR4	AD5307BR4	AD5316BR4	AD5317BR4	AD5326BR4	AD537BR4
Разрешение, бит	8	8	10	10	12	12
Число ЦАП в корпусе	4	4	4	4	4	4
SPI интерфейс		+		+		+
I <sup>2</sup> C интерфейс	+		+		+	
Время установления, мкс	6	6	7	7	8	8
Тип корпуса	16-TSSOP	16-TSSOP	16-TSSOP	16-TSSOP	16-TSSOP	16-TSSOP
Стоимость, \$	3.26	3.26	3.88	3.88	7.51	7.51

## 12- и 14-разрядные ЦАП с выходом по напряжению ±10 В

**Решение** → Преобразователи AD5530 и AD5531 — одноканальные ЦАП с биполярным выходным напряжением ±10 В и последовательным интерфейсом. Преобразователи потребляют в рабочем режиме не более 2 мА и могут быть переведены в режим с пониженным потреблением по команде, подаваемой на вход PD.

В этом режиме ток потребления не более 2 мкА. Совместимые по выводам 12- и 14-разрядные ЦАП позволяют легко модифицировать системы, выполненные на их основе, исходя из требований к точности преобразователя. В преобразователях по включению питания происходит установка кода, соответствующего нулевому выходному напряжению. В составе преобразователей — трехпроводной SPI интерфейс, обеспечивающий чтение данных в регистре ЦАП. По сигналу CLR на выходе формируется напряжение, поданное на вывод DUNGND. Загрузка данных может производиться синхронно или асинхронно через вход LDAC. Напряжение питания преобразователей двухполярное от ±12 до ±15 В, тип корпуса 16-TSSOP.



AD5530  
AD5531

\$ 4.25  
\$ 6.95

Основные особенности преобразователей:

- разрешение 12/14 бит
- совместимы по выводам
- выходное напряжение ±10 В
- последовательный SPI интерфейс
- потребление в рабочем режиме 2 мА
- потребление в режиме с пониженным потреблением 2 мкА
- начальная установка по

- включению питания
- имеется возможность чтения данных в регистре ЦАП
- тип корпуса 16-TSSOP

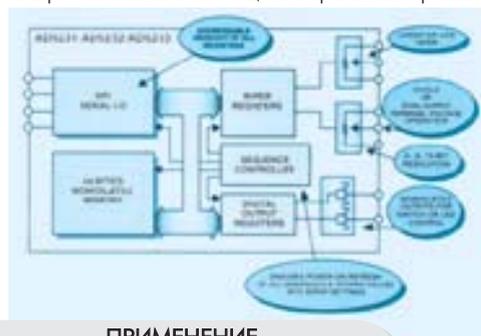
## Как можно преодолеть недостатки электромеханических потенциометров?

Электронное оборудование, которое производится для массового потребления, должно иметь невысокую стоимость и минимальную длительность цикла изготовления. Механические регулировки, выполняемые при помощи электромеханических потенциометров, являются наиболее дорогостоящими операциями и, кроме того, увеличивают временные затраты при производстве электронного оборудования. В дополнение к сказанному следует отметить, что электромеханические цепи электронной аппаратуры являются главным источником отказов. Неустойчивость электромеханических потенциометров к вибрациям, изменению температуры, подверженность их процессам старения, необходимость в периодической регулировке этих потенциометров — все это говорит о том, что электромеханические цепи относятся к наиболее слабому звену электронной аппаратуры.

## Потенциометры с надежностью и габаритами твердотельных микросхем



Новые цифровые потенциометры выполняют те же функции, что и традиционные электромеханические потенциометры или переменные резисторы, и в то же время имеют надежность и габариты интегральных микросхем. В составе семейства потенциометры на 1024 положения, превышающие по разрешению в четыре раза потенциометры предыдущего семейства. В настоящее время производятся одно-, двух- и четырехканальные потенциометры на 64, 256 и 1024 положения. Эти потенциометры работают в реостатном и потенциометрическом режимах. Семейство твердотельных потенциометров обладает широким набором функций: может программироваться через микроконтроллер и непосредственно от электромеханической кнопки, имеет инкрементный/декрементный режим управления и режим сдвига вправо/влево с шагом 6 дБ. Энергонезависимый буфер для хранения данных упрощает управление внешними устройствами, такими как реле и индикаторные светодиоды. Микроэлектронные потенциометры выпускаются в миниатюрных корпусах, что позволяет сэкономить пространство на печатной плате при проектировании систем на их основе. Энергонезависимая память в составе таких потенциометров может быть использована для хранения системных констант, которые записываются в нее через последовательный интерфейс. Потенциометры выполнены в корпусе типа 16-TSSOP.



Особенности цифровых потенциометров:

- наличие энергонезависимой памяти
- разрешение 64, 256 и 1024 бита
- свободное пространство энергонезависимой памяти может быть использовано для хранения констант

AD5231  
AD5232  
AD5233

### ПРИМЕНЕНИЕ

- калибровка датчиков
- регулировка уровня мощности излучения полупроводниковых лазеров
- регулировка гироскопов
- регулировка напряжения источников питания

\$ 1.99  
\$ 2.67  
\$ 3.57

### Основные параметры потенциометров

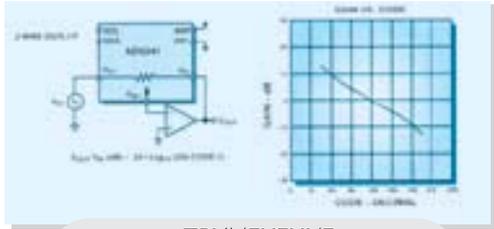
Наименование параметра	AD5231	AD5232	AD5233
Разрешение (число положений)	1024	256	64
Число потенциометров в корпусе	1	2	4
Число цифровых выходов	2	-	2
Объем дополнительной энергонезависимой памяти, байт	30	14	11
Ток потребления, мкА:			
- в режиме установки	10	10	10
- в режиме чтения	650	650	650
- в режиме программирования	15 000	15 000	15 000
Тип корпуса	16-TSSOP	24-TSSOP	24-TSSOP

## Цифровые потенциометры с ТКС 30 ppm/°C



AD5241/AD5242 — одно- и двухканальные цифровые потенциометры на 256 положений. Эти ИМС выполняют те же функции, что и обычные электромеханические потенциометры, триммеры и переменные резисторы. Потенциометры работают при напряжении питания от 2.7 до 5.5 В или ±2.7 В и являются наиболее перспективными для использования в средствах телекоммуникаций, мультимедийной, аудио- и видеоаппаратуры. В цифровых потенциометрах использованы тонкопленочные SiCr резисторы, что обеспечивает минимальный ТКС (не более 30 ppm/°C) и низкий уровень шумов. Установка по включению питания в средней точке шкалы упрощает регулировку.





## ПРИМЕНЕНИЕ

AD5241  
AD5242

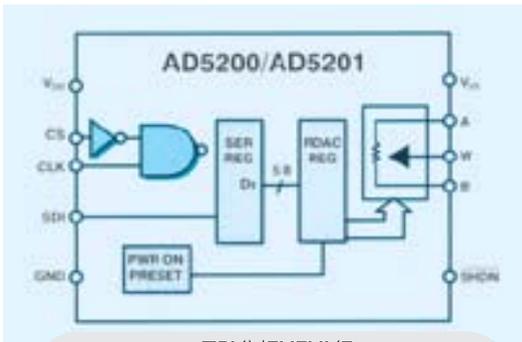
- управление уровнем громкости
- регулировка усиления в видеоаппаратуре
- регулировка компьютерной периферии

\$ 0.99  
\$ 1.75

## Миниатюрные цифровые потенциометры занимают площадь 3 мм<sup>2</sup>



Одноканальные программноуправляемые потенциометры AD5200 и AD5201 на 256 и 33 положения соответственно отличаются невысокой стоимостью. Эти устройства позволяют производить регулировку электронных цепей так же, как и переменные резисторы. Они выполнены в корпусе микроSOIC с десятью выводами. Сверхминиатюрные потенциометры применяются для окончательной регулировки в новых разработках, в которых каждый элемент, например, сенсор или выходной усилитель требует индивидуальной калибровки. Возможность автоматической компьютеризированной регулировки в процессе производства и высокая надежность, характерная для твердотельных ИМС, позволяют использовать эти устройства вместо электромеханических потенциометров.

AD5200  
AD5201

## ПРИМЕНЕНИЕ

- программируемые фильтры, линии задержки, формирователи постоянных констант в средствах телекоммуникаций и измерительных приборах
- управление громкостью и панорамирование в аудиосистемах
- регулировка импеданса телекоммуникационного кабеля
- регулировка усиления и смещения нуля в базовых станциях, цифровых видеосистемах и измерительном оборудовании

\$ 0.90  
\$ 0.68

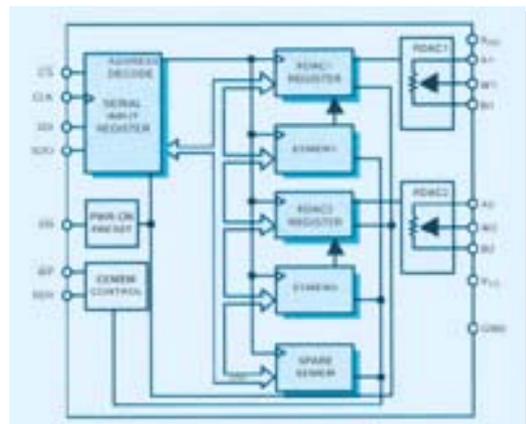
## Сдвоенный энергонезависимый цифровой потенциометр на 1024 положения



Новый цифровой потенциометр AD5235, благодаря невысокой стоимости, минимальным габаритам и простоте регулировки, является идеальным устройством для использования в перспективных разработках. Кроме того, в новом потенциометре имеется внутренняя энергонезависимая память, которая может быть использована для хранения системных констант. С помощью этих потенциометров решаются задачи проектирования и создания высокоточных приборов, в которых необходима индивидуальная автоматизированная тарировка датчиков, регулировка приводов и других устройств как на этапе производства, так и на этапе эксплуатации. Температурная калибровка датчиков давления, регулировка оптических каналов — это всего лишь несколько примеров использования новых цифровых потенциометров.

Особенности цифровых потенциометров:

- энергонезависимая память
- 1024 положения регулировки
- объем памяти для хранения тарировочных коэффициентов сенсоров составляет 30 бит
- максимальная величина сопротивления переменных резисторов 25 и 250 кОм
- сверхтонкий корпус типа 16-TSSOP



AD5235

\$ 3.95

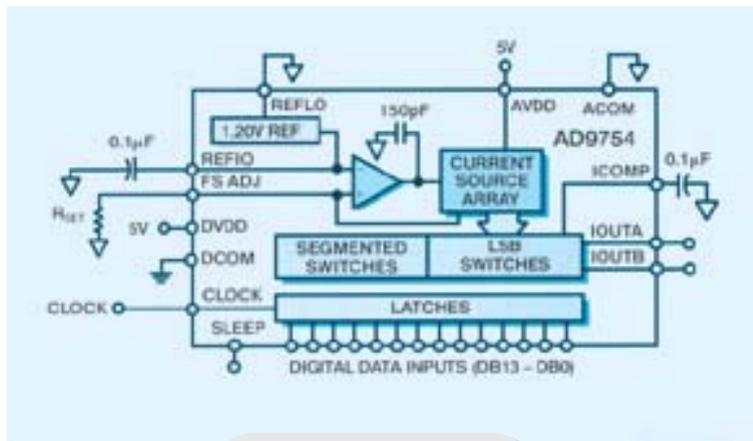
Быстродействующие ЦАП (частота выборки 30 МГц) с высоким разрешением и параллельным интерфейсом									
Тип АЦП	Кол-во ЦАП в корпусе	Разрешение, бит	Частота выборки, МГц	Динамич. диапазон неискаж. сигн. при заданной $f_{\text{вых}}^*$ , ДБ/МГц	Напряжение питания, В	Мощность рассеивания в пересчете на ЦАП, мВт	Основные особенности		
AD9708	1	8	100	68/1	2.7 ... 5	180	Недорогой передающий ЦАП		
AD9731	1	10	170	55/40	-5.2, 5	439	Широкополосный ЦАП		
AD9732	1	10	200	55/40	5	325	Широкополосный ЦАП		
AD9750	1	10	125	70/1	2.7 ... 5	220	Недорогой передающий ЦАП		
AD9760	1	10	125/50	68/1	2.7 ... 5	180	Недорогой передающий ЦАП		
AD9752	1	12	125	73/1	2.7 ... 5	220	Передающий ЦАП с высокими характеристиками		
AD9762	1	12	125	70/1	2.7 ... 5	180	Передающий ЦАП с высокими характеристиками		
AD9754	1	14	125	76/1	2.7 ... 5	220	Передающий ЦАП		
AD9764	1	14	100	73/1	2.7 ... 5	180	Сверхбыстродействующий передающий ЦАП		
AD9709	2	8	125	69/1	3 ... 5	365	Двухканальный передающий ЦАП		
AD9751	1	10	150/300	74/1	3.3 (±6%)	330	Сверхбыстродействующий передающий ЦАП		
AD9763	2	10	125	70/1	2.7 ... 5	365	Двухканальный передающий ЦАП		
AD9753	1	12	150/300	78/1	3.3 (±6%)	330	Сверхбыстродействующий передающий ЦАП		
AD9765	2	12	125	73/1	2.7 ... 5	365	Двухканальный передающий ЦАП		
AD9755	1	14	150/300	80/1	3.3 (±6%)	330	Сверхбыстродействующий передающий ЦАП		
AD9767	2	14	125	76/1	2.7 ... 5	365	Двухканальный передающий ЦАП		
Быстродействующие интерполирующие ЦАП (частота выборки 40 МГц) с параллельным интерфейсом									
AD9772	1	14	150	80/5	3 или 3.3	205	Широкополосный ЦАП с коэффициентом интерполяции 2 <sup>×</sup>		
AD9772A	1	14	160	85/5	3.3 (±6%)	215	Широкополосный ЦАП с коэффициентом интерполяции 2 <sup>×</sup>		
AD9774	1	14	128	76/5	3 или 3.3 или 5	945	ЦАП с коэффициентом интерполяции 4 <sup>×</sup>		
AD9761	2	10	40	65/5	3 или 3.3 или 5	125	Недорогой ЦАП с коэффициентом интерполяции 2 <sup>×</sup>		
Прямые цифровые синтезаторы									
Тип синтезатора	Базовая тактовая частота, МГц	Напряжение питания, В	Мощность рассеивания, мВт	Основные особенности					
AD9831	25	3.3 или 5	120	Функционально полный, недорогой, с низким потреблением					
AD9832	25	3.3 или 5	12	Функционально полный, миниатюрный, с входным последовательным интерфейсом					
AD9830	50	5	300	Функционально полный, недорогой, с входным параллельным интерфейсом					
AD9835	50	5	200	Функционально полный, недорогой, миниатюрный с входным последовательным интерфейсом					
AD9850	125	5	480	Функционально полный с тактовой частотой 125 МГц					
AD9853	165	3.3 или 5	1150	Программируемый QPSK/16-QAM модулятор					
AD9851	180	3 или 3.3 или 5	650	Функционально полный с тактовой частотой 180 МГц					
AD9856	200	3	1590	Квадратурный повышающий преобразователь частоты					
AD9852	300	3.3	1200	Функционально полный синтезатор включает 12-разрядный ЦАП, компаратор и умножитель					
AD9854	300	3.3	1200	Функционально полный синтезатор включает 12-разрядный квадратурный ЦАП, компаратор и умножитель					

Планирующие rail-to-rail ЦАП с обновлением питания от 2.5 до 5 В и диапазоном выходной температуры от -40 до 105 °C

Тип ЦАП	Кол-во ЦАП в корпусе	Разрешение, бит	Основные особенности	Тип корпуса	Входной интерфейс
AD5300	1	8	8-разрядный, питание 3/5 В, экономичный	6-SOT-23, 8-SOIC, 16-TSSOP	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5301	1	8	8-разрядный, питание 3/5 В, экономичный	6-SOT-23, 8-SOIC, 16-TSSOP	Последовательный, 2-проводной (I <sup>2</sup> C)
AD5330	1	8	8-разрядный, питание 3/5 В, экономичный	20/24/28-TSSOP	Параллельный
AD5310	1	10	10-разрядный, питание 3/5 В, экономичный	6-SOT-23, 8-SOIC, 16-TSSOP	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5311	1	10	10-разрядный, питание 3/5 В, экономичный	6-SOT-23, 8-SOIC, 16-TSSOP	Последовательный, 2-проводной (I <sup>2</sup> C)
AD5331	1	10	10-разрядный, питание 3/5 В, экономичный	20/24/28-TSSOP	Параллельный
AD5320	1	12	12-разрядный, питание 3/5 В, экономичный	6-SOT-23, 8-SOIC, 16-TSSOP	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5321	1	12	12-разрядный, питание 3/5 В, экономичный	6-SOT-23, 8-SOIC, 16-TSSOP	Последовательный, 2-проводной (I <sup>2</sup> C)
AD5340	1	12	12-разрядный, питание 3/5 В, экономичный	20/24/28-TSSOP	Параллельный
AD5341	1	12	12-разрядный, питание 3/5 В, экономичный	20/24/28-TSSOP	Параллельный
AD7846	1	16	Высокоточный 16-разрядный ЦАП	28-PLCC	Параллельный
AD7849	1	16	14/16-разрядный интерфейс, умножающий ЦАП	20-DIP, 20-SOIC	Последовательный, 3-проводной
AD5302	2	8	Сдвоенный 8-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	6-SOT-23, 8-SOIC, 16-TSSOP	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5303	2	8	Сдвоенный 8-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	6-SOT-23, 8-SOIC, 16-TSSOP	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5332	2	8	Сдвоенный 8-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	20/24/28-TSSOP	Параллельный
AD5312	2	10	Сдвоенный 10-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	6-SOT-23, 8-SOIC, 16-TSSOP	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5313	2	10	Сдвоенный 10-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	6-SOT-23, 8-SOIC, 16-TSSOP	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5333	2	10	Сдвоенный 10-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	20/24/28-TSSOP	Параллельный
AD5322	2	12	Сдвоенный 12-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	6-SOT-23, 8-SOIC, 16-TSSOP	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5323	2	12	Сдвоенный 12-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	6-SOT-23, 8-SOIC, 16-TSSOP	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5342	2	12	Сдвоенный 12-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	20/24/28-TSSOP	Параллельный
AD5343	2	12	Сдвоенный 12-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	20/24/28-TSSOP	Параллельный
AD5304	4	8	Счетверенный 8-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	10-SOIC	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5305	4	8	Счетверенный 8-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	10-SOIC	Последовательный, 2-проводной (I <sup>2</sup> C)
AD5334	4	8	Счетверенный 8-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	20/24/28-TSSOP	Параллельный
AD5306	4	8	Счетверенный 8-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	16-TSSOP	Последовательный, 2-проводной (I <sup>2</sup> C)
AD5307	4	8	Счетверенный 8-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	16-TSSOP	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5314	4	10	Счетверенный 10-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	10-SOIC	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5315	4	10	Счетверенный 10-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	10-SOIC	Последовательный, 2-проводной (I <sup>2</sup> C)
AD5335	4	10	Счетверенный 10-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	20/24/28-TSSOP	Параллельный
AD5336	4	10	Счетверенный 10-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	20/24/28-TSSOP	Параллельный
AD5316	4	10	Счетверенный 10-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	16-TSSOP	Последовательный, 2-проводной (I <sup>2</sup> C)
AD5317	4	10	Счетверенный 10-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	16-TSSOP	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5324	4	12	Счетверенный 12-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	10-SOIC	Последовательный, 3-проводной (SPI)
AD5325	4	12	Счетверенный 12-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	10-SOIC	Последовательный, 2-проводной (I <sup>2</sup> C)
AD5344	4	12	Счетверенный 12-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	20/24/28-TSSOP	Параллельный
AD5326	4	12	Счетверенный 12-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	16-TSSOP	Последовательный, 2-проводной (I <sup>2</sup> C)
AD5327	4	12	Счетверенный 12-разрядный интерфейс, питание 3/5 В	16-TSSOP	Последовательный, 3-проводной (SPI)

## Модернизация систем связи максимизирует их параметры

В области телекоммуникаций параметры систем должны совершенствоваться от года к году. В первую очередь это касается увеличения числа каналов и повышения эффективности использования частотного диапазона. Улучшение системных параметров может быть связано, кроме того, с увеличением разрядности цифровых сигналов. Модернизация ЦАП, как правило, приводит к необходимости переработки платы из-за отсутствия совместимых по выводам преобразователей, отличий в организации интерфейсов, уровнях выходных сигналов "старых" и "новых" ЦАП и т. п. Новое семейство ЦАП, разработанное фирмой Analog Devices, позволяет упростить решение проблемы модернизации систем связи.



### ПРИМЕНЕНИЕ

AD9750  
AD9752  
AD9754

- широкополосные передатчики
- базовые станции
- беспроводные сети
- каналы цифровой радиосвязи
- прямые цифровые синтезаторы
- измерительные приборы

\$ 5.45  
\$ 7.95  
\$ 10.85

## Совместимые по выводам 10-, 12- и 14-разрядные ЦАП обеспечивают простоту модернизации систем на их основе



Семейство преобразователей AD9750/AD9752/AD9754 относится к передающим (TxDAC) ЦАП. Все преобразователи этого семейства совместимы по выводам, что позволяет создавать на их основе системы с оптимальными параметрами. Преобразователи предназначены для систем передачи данных. Их применение упрощает модернизацию таких систем.

Фирма Analog Devices обеспечивает высокое качество TxDAC и систем на их основе.

Основные особенности передающих ЦАП:

- невысокая стоимость, высокие параметры
- соответствие требованиям промышленных стандартов по выводам
- частота выборки до 125 МГц
- однополярное питание напряжением 5 В
- динамический диапазон неискаженного сигнала 83 дБн на частоте выходного сигнала 5 МГц (для AD9754)
- мощность рассеивания в режиме с пониженным потреблением 20 мВт

## Проблемы шума в системах передачи данных

В передатчиках третьего (3 G) поколения требуется одновременно обеспечить высокую скорость и большой объем передаваемых данных, что приводит к повышению уровня шумов в канале передачи. Обработка сигналов в широкополосных каналах, преобразование ВЧ сигналов в сигналы промежуточной частоты, фильтрация и усиление приводят к увеличению уровня шумов на выходе передатчика. Каждая ступень смешения или преобразования сигналов вносит дополнительный шум и увеличивает потери информации. Для компенсации этих потерь прежде всего должны быть использованы усилители с таким коэффициентом усиления, который позволяет свести к минимуму уровень шумов. Исключение ступени преобразования в промежуточную частоту также приводит к снижению уровня шумов за счет уменьшения числа активных компонентов в канале передачи данных. Однако даже принятие всех этих мер не позволяет в полной степени обеспечить требуемые характеристики канала передачи данных, т. к. они, кроме того, определяются параметрами ЦАП, используемых в канале передатчика на основе метода Frequency Hopping (FH).

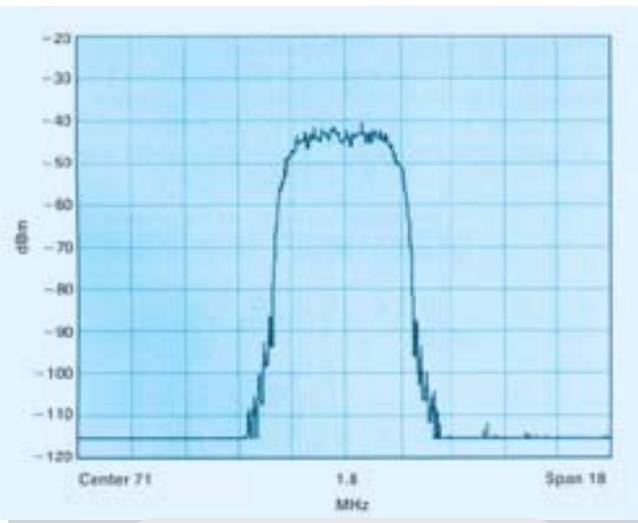


Рис. 1. Схема классического супергетеродинного передатчика



Рис. 2. Схема FH передатчика, в котором используется прямой преобразователь промежуточной частоты

## ЦАП для передатчиков систем связи третьего поколения



### ПРИМЕНЕНИЕ

- базовые станции с мультинесущими второго и третьего поколения
- базовые станции с одной несущей
- беспроводные широкополосные системы связи
- кабельные и оптоволоконные сети



Преобразователь AD9772A представляет собой улучшенный вариант интерполирующего ЦАП AD9772 с коэффициентом интерполяции 2x. Новый ЦАП имеет лучшие показатели по уровню шумов и интерполяционным искажениям. Разрешение ЦАП составляет 14 разрядов, частота смены кодов 160 МГц при коэффициенте интерполяции 2x. Уровень шума -155 дБн/Гц, уровень интермодуляционных искажений -75 дБн в GMSK-системах с четырьмя несущими и -70 дБн в TDMA-системах с 24 несущими. Ядро ЦАП обеспечивает частоту выборки до 400 МГц, что достаточно для преобразования сигналов промежуточной частоты в диапазоне от 50 до 120 МГц. Мощность потребления 215 мВт, тип корпуса 48-LQFP.

## Особенности ЦАП для цифровых аудиосистем

Работа выходных каскадов DVD-плееров, адаптеров кабельного и беспроводного телевидения зависит от качества тактирования этих каскадов. MPEG-декодеры формируют тактовые импульсы низкого качества. Высокий уровень дрожания этих импульсов не позволяет обеспечить требуемое качество характеристик аудиосистем. Отметим, что современные DVD-плееры содержат от шести до восьми аудиоЦАП. Фирма Analog Devices разработала преобразователи и формирователи тактовых импульсов сверхстабильной частоты, позволяющие существенно упростить проектирование современных аудиосистем, плееров и т. п.



## Преобразователь с фазовой автоподстройкой частоты AD1959 обеспечивает формирование тактовых импульсов сверхстабильной частоты



Преобразователь AD1959 формирует тактовые импульсы, которые по своим характеристикам отвечают требованиям современных аудиосистем.

AD1959 — первый ЦАП с фазовой автоподстройкой частоты (PLL DAC). Динамический диапазон преобразователя составляет 105 дБ, дрожание тактовых импульсов — не более 100 пс. Преобразователь имеет три выхода тактовых импульсных последовательностей. Первые две — с постоянной частотой 27 и 33.868 МГц соответственно и третья — с программируемой частотой 256/384/512/768 Fs. Тактовые импульсы используются для управления видеокодерами, CD-DSP системами и аудиопреобразователями. Кроме DVD-плееров преобразователи AD1959 могут быть использованы в любых других системах с MPEG декодированием. Они выпускаются в корпусе 28-SSOP.

## Преобразователь для многоканальных DVD плееров



Преобразователь AD1833 является лучшим среди многоканальных ЦАП фирмы Analog Devices и предназначен для

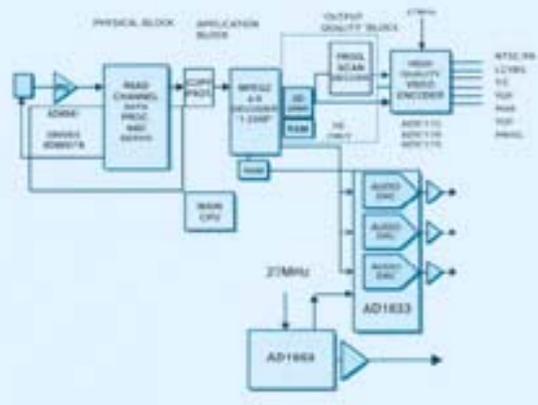
высококачественных аудиосистем, таких как домашний театр, DVD плееры, аудио-, видеоприемники. Динамический диапазон этого ЦАП составляет 110 дБ, нелинейные искажения -94 дБ.

Преобразователь имеет разрешение 24 разряда при частоте выборки 192 кГц и частоте выходного сигнала 96 кГц для всех шести выходных каналов, что полностью соответствует требованиям к современным DVD и аудиоплеерам. Тип корпуса преобразователя 28-SSOP.

Особенности преобразователя AD1833:

- разрешение 24 разряда
- максимальная частота выборки 192 кГц
- максимальная частота выходного сигнала 96 кГц
- уровень нелинейных искажений -94 дБ

Типовая схема цифровой аудиосистемы



AD1833  
AD1959

### ПРИМЕНЕНИЕ

- адаптеры для кабельного и беспроводного телевидения
- видеокодеры
- DVD плееры
- аудио-, видеоприемники

\$ 6.80  
\$ 5.50

## Разработчики ВЧ систем поставлены перед необходимостью расширения частотного диапазона таких систем

Одним из требований к генераторам ВЧ сигналов является расширение их частотного диапазона. Это связано с применением новых методов модуляции. Традиционная частота, которую они могут обеспечить, составляет 1 ГГц. Для расширения частотного диапазона за пределы 1 ГГц и одновременного обеспечения высокого динамического диапазона при низком уровне шумов необходимо использовать новые технические решения.

Более подробную информацию о новых технических решениях можно получить по адресу: [www.analog.com/ddc-upconversion](http://www.analog.com/ddc-upconversion)

## Повышающий преобразователь на основе прямого цифрового синтезатора и аналогового квадратурного модулятора



Синтезаторы сигналов сверхвысокой частоты могут быть построены на основе прямого цифрового синтезатора AD9854 и аналогового квадратурного модулятора AD8346.

Типовые методы получения ВЧ сигналов в диапазоне до 1 ГГц основаны на использовании аналоговых синтезаторов с ФАПЧ. В последнее время для синтеза ВЧ сигналов все шире применяются прямые цифровые синтезаторы, однако частотный диапазон современных микроселектронных цифровых синтезаторов еще далек от частоты 1 ГГц. Лучшие на сегодняшний день прямые цифровые синтезаторы AD9852/AD9854 могут работать в диапазоне частот до 120 МГц. Умножение частоты с помощью ФАПЧ на выходе прямого цифрового синтезатора легко выполнимо, однако это приводит к увеличению уровня шумов, потере разрешающей способности, изменению времени выборки и уменьшению динамического диапазона неискаженного сигнала.

Метод повышения частоты путем смешения частот известен давно. Для реализации этого метода необходим высококачественный гетеродин, работающий на высокой частоте, кроме того, после смешения частот следует осуществить фильтрацию. Это необходимо, потому что в результате смешения частот появляются сигналы в полосе суммарных и разностных частот.

Альтернативные повышающие преобразователи могут быть построены на основе квадратурного цифрового синтезатора AD9854 и аналогового квадратурного модулятора AD8346. Это связано с тем, что при использовании квадратурного выхода AD9854 образуется одна боковая полоса в области высоких частот, а в области низких частот сигналы отсутствуют. Этот метод повышения частоты, получивший название метода фазирования (phasing method), приводит к уменьшению амплитуды, однако динамический диапазон неискаженного сигнала, уровень фазовых шумов, время выборки и разрешение по частоте практически не претерпевают изменений.

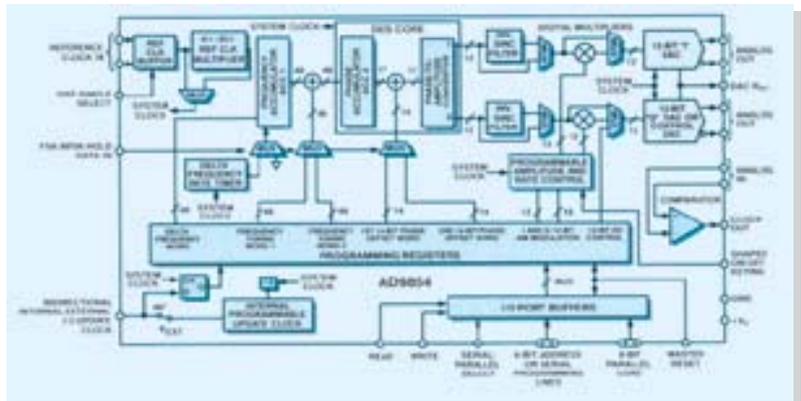
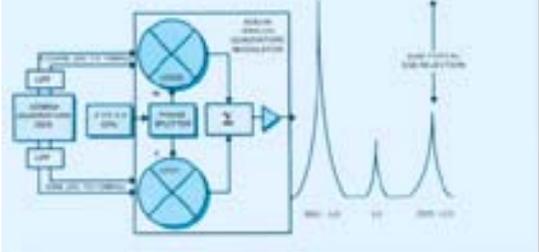
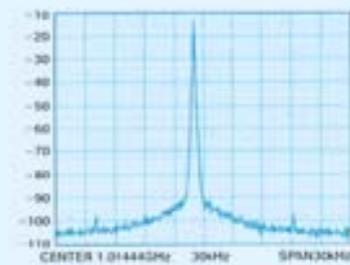


Схема повышающего преобразователя на основе AD9854 и AD8346 (на диаграмме показано уменьшение амплитуды в области высоких частот)



АЧХ на выходе повышающего преобразователя



**Центральный офис**

One Technology Way  
P.O. Box 9106  
Norwood,  
MA 02062-9106  
U.S.A.  
Тел.: +1 781 329 4700  
(1 800 262 5643,  
только для США)  
Факс: +1 781 326 8703  
Интернет:  
<http://www.analog.com>

**Офис в Германии**

Am Westpark 1 - 3  
D-81373 München  
Germany  
Тел.: +89 76903-0  
Факс: +89 76903-157  
Интернет:  
<http://www.analog.com>

**Офис в Австрии**

Breitenfurter Strabe 415  
1230 Wien  
Austria  
Тел.: +43-1-8885504-76  
Факс: +43-1-8885504-85  
Интернет:  
<http://www.analog.com>

**Дистрибьютор  
в Украине VD MAIS**

а/я 942, Киев, 01033  
Украина  
Тел.: +380 44-227-2262  
Факс: +380 44-227-3668  
E-mail:  
[info@vdm.kiev.ua](mailto:info@vdm.kiev.ua)  
Интернет:  
<http://www.vdm.kiev.ua>

**Семейство ЦАП с низким потреблением**



AD7398/AD7399 — четырехканальные совместимые по выводам 10- и 12-разрядные ЦАП с выходом по напряжению. Преобразователи обладают минимальным потреблением при однополярном напряжении питания 3 или 5 В, а также при двухполярном напряжении питания  $\pm 5$  В. Эти rail-to-rail преобразователи с выходом по напряжению  $\pm 5$  В заменяют более дорогие ЦАП с выходным напряжением  $\pm 15$  В в новых разработках, в которых используются не только однополярные, но и двухполярные аналоговые сигналы. В сверхкомпактных РСМСІА картах применяются оба типа преобразователей, т. к. они могут быть выполнены в сверхтонких корпусах 16-TSSOP толщиной 1.1 мм. Оба ЦАП могут быть использованы в новых разработках вместо 8-разрядного преобразователя AD7304.



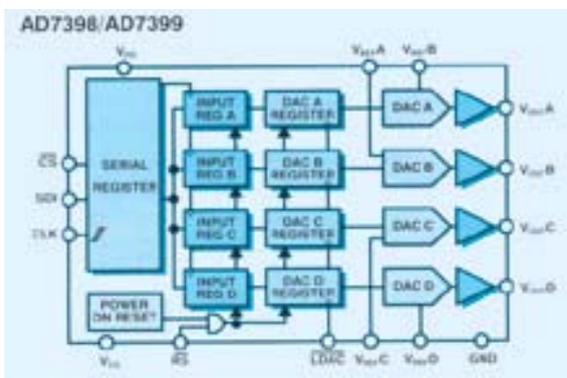
**ПРИМЕНЕНИЕ**  
Программноуправляемый источник напряжения постоянного тока для:

- портативных средств связи и измерительных приборов
- средств управления
- автомобильных сенсоров

AD7389 \$ 9.72  
AD7399 \$ 4.97

Особенности преобразователей AD7398/AD7399:

- малая дифференциальная нелинейность (1 ЕМР)
- обеспечивает монотонность передаточной характеристики в сервомеханизмах
- незначительный ток потребления от источника опорного напряжения
- программный переход в режим с пониженным потреблением
- время установления выходного напряжения 6 мкс



**Информационные бюллетени фирмы Analog Devices**

- АЦП • ЦАП • Усилители • ИМС для телекоммуникаций • Маломощные и низковольтные ИМС • Быстродействующие аналоговые ИМС •

## НОВАЯ СЕРИЯ МИКРОСХЕМ AD987X

Фирма Analog Devices приступила к выпуску микросхем AD987x, предназначенных для обработки сигналов радиосвязи (приема и передачи) на стыке аналоговых и цифровых систем.

В. Голуб

В составе серии: AD9870 — подсистема приемного канала, содержащая цепи преобразования частоты и цифровой квадратурной демодуляции; AD9873 — цифровой модулятор с ЦАП на выходе и AD9875/6 — интерполирующие ЦАП для передающего и АЦП для приемного каналов, предназначенные для модемов кабельных и других линий передачи.

Микросхема AD9870 [1-3] предназначена для супергетеродинного приемника с двойным преобразованием частоты [3]. Ее структурная схема приведена на рис. 1. В микросхеме осуществляется второе преобразование частоты (ПЧ2), затем аналого-цифровое преобразование сигнала ПЧ2 и цифровая квадратурная демодуляция (понижающее преобразование частоты). Вход микросхемы — аналоговый, выход — цифровой, квадратурный. Режим цифрового преобразования узкополосного сигнала промежуточной частоты уже рассматривался на страницах журнала (ЭКиС № 12/1999) применительно к микросхеме AD6140. Новая микросхема AD9870, как и AD6140, является примером того, как цифровые методы, обладающие повышенной точностью, используются в более высокочастотных цепях приемных и передающих каналов приемопередатчика [4].

Особенностью AD9870 является также и то, каким образом осуществляются аналого-цифровое преобразование, квадратурная демодуляция и фильтрация. На рис. 2 показаны более подробные структурные схемы сигма-дельта АЦП (а) и его составной части — децимирующего фильтра с демодулятором на входе (б). В "Σ-Δ АЦП" (рис. 2, а), который по сути является многоразрядным сигма-дельта модулятором [3, 5], управляемым тактовой частотой  $f_{CLK}$ , осуществляется цифровое преобразование узкополосного сигнала ПЧ2, несущая которого равна  $f_{IF2} = f_{CLK}/8$ . Многоразрядная последовательность данных с выхода "Σ-Δ АЦП" подается на цифровой квадратурный демодулятор. Его опорное колебание прямоугольной формы с частотой, равной  $f_{IF2}$  ( $f_{CLK}/8$ ), подается в виде двух ква-

дратурных составляющих (со сдвигом 90°). Квадратурные составляющие I и Q с выхода демодулятора фильтруются в трехкаскадном децимирующем фильтре (рис. 2, б), в задачу которого входит еще и децимация, т. е. снижение частоты отсчетов выходных низкочастотных данных. Коэффициент децимации программируется в пределах 60 ... 9600. Частота децимируемых отсчетов на выходе фильтра (частота дискретизации) — в пределах от 18.45 до 300 кГц (при тактовой  $f_{CLK} = 18$  МГц).

Исходной частотой, предназначенной для синхронизации процессов преобразования в AD9870, является опорная частота  $f_{Ref} = (0.1 ... 25)$  МГц. В составе микросхемы имеется два синтезатора частот типа "Integer-N" [6], управляемых  $f_{Ref}$  (рис. 1). Один из них используется в качестве гетеродина — источника опорного колебания "LO Synth" для входного аналогового

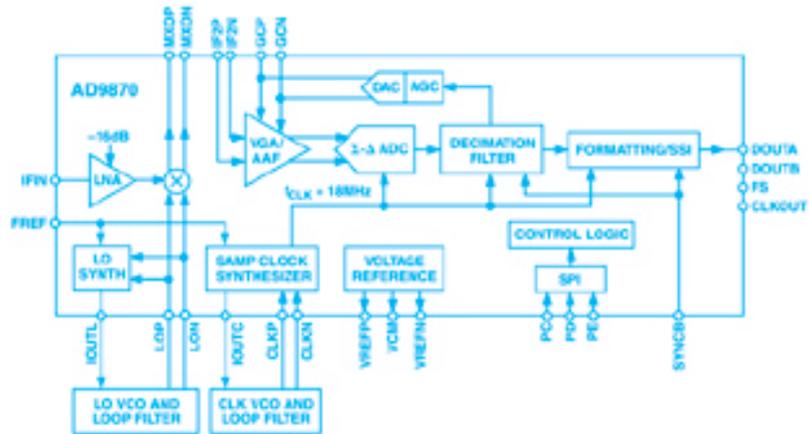


Рис. 1. Структурная схема AD9870

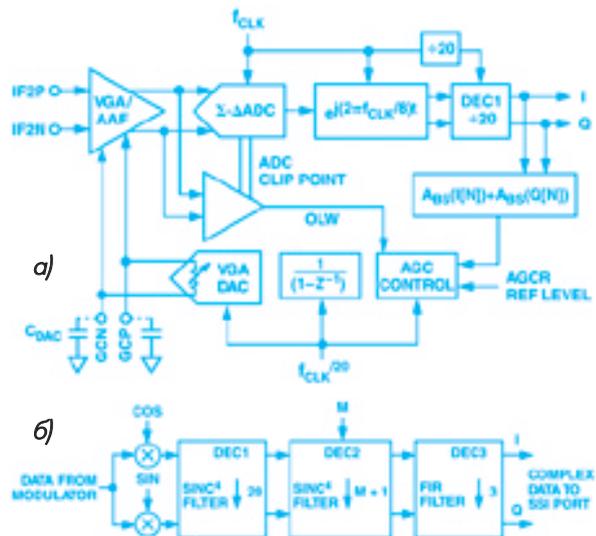


Рис. 2. Структурные схемы AD9870: а — сигма-дельта АЦП, б — демодулятора с децимирующим фильтром

преобразователя частоты, синтезирующего частоты  $f_{LO} = (7.75 \dots 300)$  МГц. Другой, "Samp Clock Synthesizer", формирует тактовые импульсы с частотой  $f_{CLK} = (13 \dots 18)$  МГц, предназначенные для синхронизации микросхемы. Программирование гетеродина осуществляется таким образом, чтобы выходная (разностная) частота преобразователя ПЧ2 была равна  $f_{IF2} = f_{CLK}/8$ . Между преобразователем и входом усилителя "VGA/AAF" включают внешний полосовой фильтр, настроенный на частоту ПЧ2. Частота входного сигнала микросхемы —  $10 \dots 300$  МГц, полоса — до 150 кГц.

Усилитель "VGA/AAF" (на входе канала цифрового преобразования) имеет регулируемый коэффициент усиления (VGA) и содержит, кроме того, фильтр (AAF), исключающий появление паразитных комбинационных составляющих на выходе АЦП. Канал цифрового преобразования охвачен отрицательной обратной связью, повышающей точность преобразования (рис. 2, а).

Демодулированный 16-разрядный поток данных форматируется и в последовательном (SSI) формате поступает на выход микросхемы с частотой отсчетов, программируемой в пределах  $f_{CLKOut} = (1 \dots 18)$  МГц.

Основные параметры AD9870 приведены в табл. 1. Режим измерения параметров: напряжение

Таблица 1. Параметры микросхемы AD9870

Наименование параметра		Величина
Частота, МГц:	первая ПЧ $f_{IF1}$ (вход)	10 ... 300
	полоса частот $\Delta f$	до 0.15
	опорная $f_{Ref}$	0.1 ... 25
	гетеродина $f_{LO}$	7.75 ... 300
	тактовая $f_{CLK}$	13 ... 18
	вторая ПЧ $f_{IF2}$	$f_{CLK}/8$
	дискретизации $f_S$ ( $f_S > 2\Delta f$ )	0.01875 ... 0.3
	тактовая $f_{CLKOut}$	1 ... 18
Разрядность АЦП		16
Коэффициент децимации		60 ... 960
Динамический диапазон, дБ		70
Уровень шума, дБ		12
Точка пересеч. IP3 (по входу), дБм		-1
Питание:	напряжение, В	2.7 ... 3.6
	ток (тип/макс), мА	42/50.6
Диапазон температур, °С:	рабочих	-40 ... 85
	хранения	-65 ... 150
Тип корпуса (фирменное обозначение)		48 LQFP (ST-48)
Оценочная плата		AD9870EB

питания 3.3 В (для источника тока синтезатора тактовых импульсов 5 В),  $f_{IF1} = 73.35$  МГц,  $f_{LO} = 71.1$  МГц,  $f_{CLK} = 18$  МГц. Номинальным (типичным) значением напряжения питания для микросхемы является 3.0 В.

Микросхема AD9873 [1, 2, 7] предназначена для работы в составе модемов для широкополосных (беспроводных) и кабельных линий передачи. В AD9873 осуществляются цифро-аналоговое (в передающем канале) и аналого-цифровое (в приемном канале) преобразования. Кроме того, в составе передающего канала содержится цифровой квадратурный модулятор, а модуляции и цифро-аналоговому преобразованию предшествует интерполяция. Преобразуемые в обоих каналах, передающем и приемном, сигналы — квадратурные. Модулятор обеспечивает модуляцию различных видов (в частности, QAM-16, QAM-64 и QAM-256), определяемых модулирующей цифровой последовательностью импульсов. Последовательность формируется в цифровом процессоре (DSP) в формате дополнительного кода и подается на вход микросхемы с чередованием как квадратурных составляющих (I, Q), так и двух групп разрядов в следующем формате: разряды [11:6], затем разряды [5:0] синфазной составляющей I; разряды [11:6], затем разряды [5:0] квадратурной составляющей Q. Благодаря чередованию используется меньшее количество входных выводов микросхемы: 6 вместо 24.

Структурная схема AD9873 приведена на рис. 3. Передающий канал AD9873 аналогичен каналу в AD9857 (ЭКиС № 7/2001), но имеет некоторые отличия. Например, AD9873 не используется в качестве интерполирующего ЦАП (без модулятора). Основное отличие микросхемы — это наличие в AD9873 приемного канала. В AD9873, как и в AD9857, в режиме модуляции источником опорного колебания является DDS синтезатор. Последний, имеющий высокое разрешение при перестройке, используется также для формирования немодулированных колебаний в режиме синтезатора частот. Помимо модулятора и DDS синтезатора передающий канал AD9873 содержит преобразователь входной цифровой последовательности импульсов, интерполирующие фильтры и выходной ЦАП с корректирующим фильтром на входе.

6-разрядная входная последовательность чередующихся данных с частотой следования  $f_{MCLK} = 4f_{QCLK}$  во входной цепи (Data Assembler) преобразуется в две квадратурные (I и Q) 12-разрядные последовательности, частота которых  $f_{I/QCLK}$  является частотой дискретизации (по Котельникову). Каждая из 12-разрядных последовательностей интерполируется до значения частоты дискретизации, равной  $f_{SysClk}$ , при которой работают модулятор и выходной ЦАП. Частота  $f_{SysClk} = K_{Int}f_{I/QClk}$ , где  $K_{Int} = K_{Int1}K_{Int2}$  — коэффициент интерполяции, определяемый коэффициентами интерполирующих фильтров:  $K_{Int1} = 4$  — двухкаскадного Half-Band фильтра и  $K_{Int2} = N$  — CIC фильтра. Half-

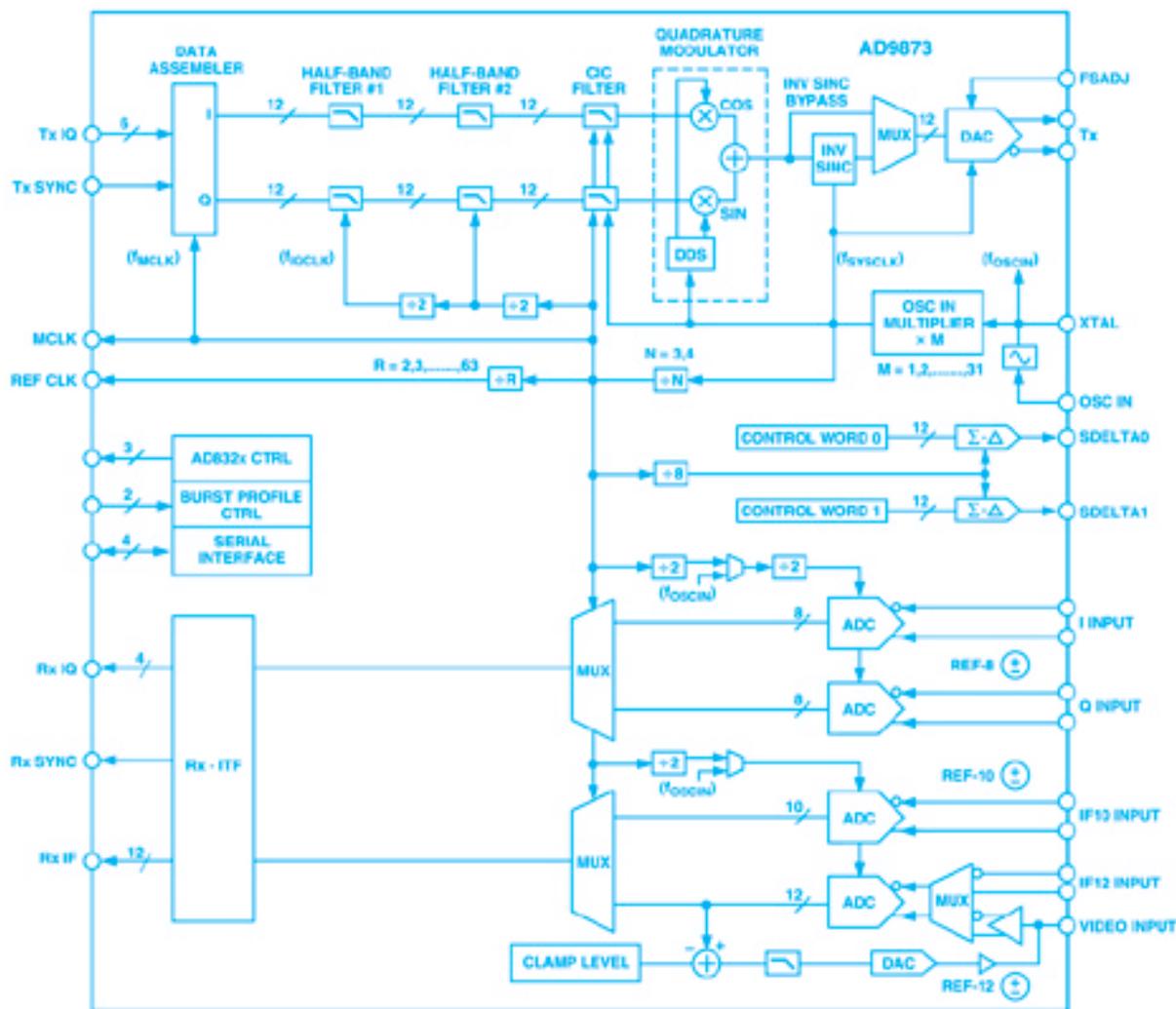


Рис. 3. Структурная схема AD9873

Band и CIC фильтры кратко рассмотрены в ЭКиС № 7/2001 и подробно в [8]. Величина  $N$  программируется и может быть равной 3 или 4 при результирующем значении  $K_{int}$ , равном 12 или 16.

Квадратурный модулятор называют также повышающим преобразователем частоты. Частоту  $f_{SysClk}$ , превышающую  $f_{QClk}$ , в интерполирующих ЦАП можно рассматривать как частоту передискретизации, при которой облегчается цифро-аналоговое преобразование. В интерполирующих ЦАП, дополнительно содержащих цифровой модулятор, частота  $f_{SysClk}$  обеспечивает дискретизацию его модулированного сигнала. Поскольку модулятор квадратурный, тракт, предшествующий ему и содержащий, в частности, интерполаторы, также квадратурный.

В модуляторе осуществляется квадратурная модуляция с суммированием обеих, I и Q, составляющих в один 12-разрядный модулированный квадратурный поток данных с несущей частотой, определяемой DDS

синтезатором и равной  $f_{DDS} \leq 0.3f_{SysClk}$ . При значении  $f_{SysClk} = 216$  МГц и выше (до 232 МГц) несущая частота, определяемая  $f_{DDS}$ , может быть равна 65 МГц (рекомендуемое максимальное значение). Частота  $f_{DDS}$  программируется с разрешением  $\Delta f = 12.9$  Гц, определяемым, во-первых, количеством отсчетов синусоиды, хранящихся в памяти синтезатора ( $2^{24}$ ), и, во-вторых, частотой их считывания, равной в данном случае  $f_{SysClk} = 216$  МГц.

Выходным элементом канала передачи в AD9873 является 12-разрядный ЦАП, на входе которого может быть включен фильтр "Inv SINC" для коррекции его АЧХ. Тактовой частотой ЦАП является та же частота  $f_{SysClk}$ , что и для интерполатора (для считывания его выходных данных) и модулятора. Используемый в AD9873 ЦАП — типа TxDAC+ (ЭКиС № 10/1999) с дифференциальным выходом и регулируемым от 2 до 20 мА выходным током (выставляется внешним регулирующим резистором). Максимальное падение на-

Таблица 2. Параметры микросхем AD9873/5/6

Режимы и параметры		AD9873	AD9875	AD9876
Режим	ЦАП с интерполяцией	-	*	
	Цифровой квадратурный модулятор (с интерполяцией и ЦАП)	*	-	
	Цифровой синтезатор частот (DDS с ЦАП)	*	-	
Входная цифровая последовательность	Чередование	квадратурное	*	-
		разрядное	*	
К-во разрядов (параллельно × последовательно)		12 (6×2)	10 (5×2)	12 (6×2)
Коэффициент интерполяции		12; 16	1; 2; 4	
Частота отсчетов, макс., МГц [при $K_{Int}$ ]	$f_{MClk}$ (вход микросхемы)	77.3; 58 [12; 16]	64; 128 [4; 2]	
	$f_{IQClk}$ (вход интерполятора)	19.3; 14.5 [12; 16]	32; 64 [4; 2]	
	$f_{SysClk}$ (вход ЦАП)	232	128 (мин. 10)	
Частота сигнала (ЦАП) [при $K_{Int}$ ], макс., МГц		-	13; 26 [4; 2]	
Частота в режиме модуляции, макс., МГц	модулирующего сигнала	$f_{IQClk}/4$	-	
	несущей (DDS)	65	-	
Частота опорного сигнала $f_{OscIn}$ , МГц		3 ... 33	10 ... 64	
АЦП приемного канала: разрешение/скорость преобразования, бит/МГц	АЦП1	8/16.5	10/(7.5 ... 55)	12/(7.5 ... 64)
	АЦП2	10/33	-	
	АЦП3	12/33		
АЧХ приемного видеоканала, МГц		0.6		
Питание (аналог/цифра)	Напряжение, В	3.3/3.3		
	Ток, мА	91/250	185/77	
Диапазон температур, °С	рабочий	0 ... 70	-40 ... 85	
	хранения	-65 ... 150		
Тип корпуса/суффикс в обозначении микросхемы		100 MQFP/JS	48 LQFP/BST	
Оценочная плата		AD9873-EB	AD9875-EB	AD9876-EB

пряжения — 1.5 В на нагрузку 75 Ом.

Общими для обоих каналов AD9873, передающего и приемного, являются генератор (с  $f_{OscIn}$ ) и PLL умножитель частоты (Osc In Multiplier). Генератор состоит из усилителя (в составе микросхемы) и внешнего кварцевого резонатора. В умножителе частота  $f_{OscIn}$  умножается в целое число раз, равное  $M = 1, 2, \dots, 31$ , до значения  $f_{SysClk} = Mf_{OscIn}$  на выходе, где  $f_{OscIn}$  может быть в пределах от 3 до 33 МГц. Максимальное значение  $f_{SysClk}$  — 232 МГц.

Помимо тактовых импульсов, используемых в микросхеме, на ее выход подаются тактовые импульсы с частотами  $f_{MClk}$  (для синхронизации входной последовательности данных) и  $f_{RefClk} = f_{MClk}/R$ , где  $R$  программируется в целых числах от 2 до 63 (рис. 3).

В приемной части AD9873 с аналоговыми входами содержатся два 8-разрядных АЦП низкочастотного квадратурного канала, 10- и 12-разрядные АЦП каналов промежуточной частоты (ПЧ). 12-разрядный АЦП используется также для преобразования видеосигнала.

АЦП — быстродействующие, типа "pipeline". Входы АЦП, кроме входа для преобразования видеосигнала, — дифференциальные. Приемная часть микросхемы имеет два выхода цифровых данных: 4-разрядный с чередованием, в котором используются данные двух квадратурных 8-разрядных АЦП, и 12-разрядный выход данных каналов ПЧ и видео. Синхронизация АЦП и других устройств приемной части микросхемы осуществляется тактовыми импульсами с частотами  $f_{MClk}$  или  $f_{OscIn}$  (рис. 3).

В AD9873 имеются два вспомогательных однотипных канала, содержащих 12-разрядные сигма-дельта ЦАП. На их входы поступают данные (Control Word 0, Control Word 1), которые после преобразования могут быть использованы для регулировки коэффициента усиления и настройки на частоту несущей выходного сигнала. Последовательность посылок "0" и "1" на выходе указанных ЦАП аналогична выходной последовательности сигма-дельта модулятора [5] и содержит аналоговый сигнал, который выделяется внешним

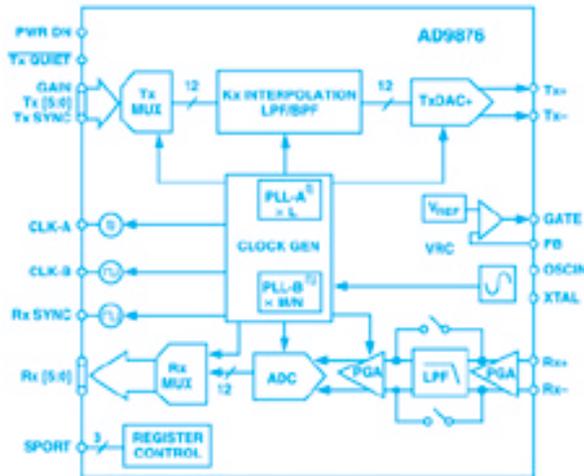


Рис. 4. Структурная схема AD9876

ФНЧ, подключаемым к микросхеме. Частота следования посылок равна  $f_{\text{MClk}}/8$  и составляет 6.75 МГц при  $f_{\text{SysClk}} = 216$  МГц и  $N = 4$  ( $N$  — коэффициент деления соответствующего делителя на рис. 3). Это та частота, которая должна быть в полосе подавления ФНЧ. В [2] приводится пример простейших ФНЧ, подключаемых к выходу ЦАП, — RC-цепей с частотой среза 318 Гц.

Нагрузкой передающего канала AD9873 может быть драйвер из семейства AD832x (AD8320/1/2/3/5/6). Драйверы предназначены, прежде всего, для усиления сигналов, подаваемых в кабель линии передачи (с волновым сопротивлением 75 Ом). Микросхемы AD8325/6 являются новыми. AD8325 работает при низком напряжении питания 5 В и имеет расширенный (до 59.5 дБ) диапазон регулировки усиления при выходной мощности до 18.5 дБм, а AD8326 обладает повышенной выходной мощностью — до 26.5 дБм. Управление драйверами (в частности, коэффициентом усиления) осуществляется от AD9873 через цифровую трехпроводную цепь (рис. 3).

Основные параметры AD9873 приведены в табл. 2. Режим измерения параметров: напряжения питания  $3.3 \text{ В} \pm 5\%$  (для аналоговой части),  $3.3 \text{ В} \pm 10\%$  (для цифровой части),  $f_{\text{OscIn}} = 27$  МГц,  $f_{\text{SysClk}} = 216$  МГц,  $f_{\text{MClk}} = 54$  МГц ( $M = 8$ ,  $N = 4$ ), нагрузка ЦАП 75 Ом,  $R_{\text{Set}} = 10$  кОм. Приведенное в таблице значение верхней частоты модулирующего сигнала для AD9873, равное  $f_{\text{QClk}}/4$ , соответствует АЧХ интерполирующего фильтра в пределах неравномерности  $\pm 0.5$  дБ. Частота  $f_{\text{QClk}}/4 = 3.375$  МГц при  $f_{\text{SysClk}} = 216$  МГц и  $N = 4$ .

Микросхемы AD9875/6 [1, 2], выпускаемые фирмой Analog Devices под торговой маркой MxFE™ (Mixed-Signal Front End), предназначены для широкополосных (Broadband) модемов и содержат, как и AD9873, передающий и приемный каналы, в которых осуществляются цифро-аналоговое и аналого-цифровое преобразования. В микросхемах AD9875/6, в от-

личие от AD9873, отсутствует модулятор, и его передающая часть является интерполирующим ЦАП. Поскольку модулятор отсутствует, каналы преобразования в AD9875/6 не являются квадратурными. Между собой AD9875 и AD9876 отличаются разрядностью — 10 и 12 разрядов соответственно. Схемы AD9875/6 идентичны, на рис. 4 приведена схема AD9876. Отличительным свойством AD9875/6 является то, что их интерполирующий фильтр может программироваться не только в качестве ФНЧ, но и ФВЧ, а также полосового фильтра. Применение полосовой фильтрации для узкополосного сигнала обеспечивает более эффективное подавление шумов за пределами его спектра.

Входной для AD9875/6 является 10-/12-разрядная цифровая последовательность, поступающая с чередованием двух групп разрядов аналогично AD9873. Частота следования данных при чередовании равна  $2f_{\text{SysClk}}/K_{\text{Int}}$ , где  $K_{\text{Int}} = 1, 2, 4$  — программируемые значения коэффициента интерполяции (здесь и ниже используются обозначения, принятые для AD9873).

На рис. 5 показаны примеры АЧХ интерполирующих фильтров — для низкочастотной (рис. 5, а) и полосовой (рис. 5, б) фильтрации. Полоса пропускания ин-

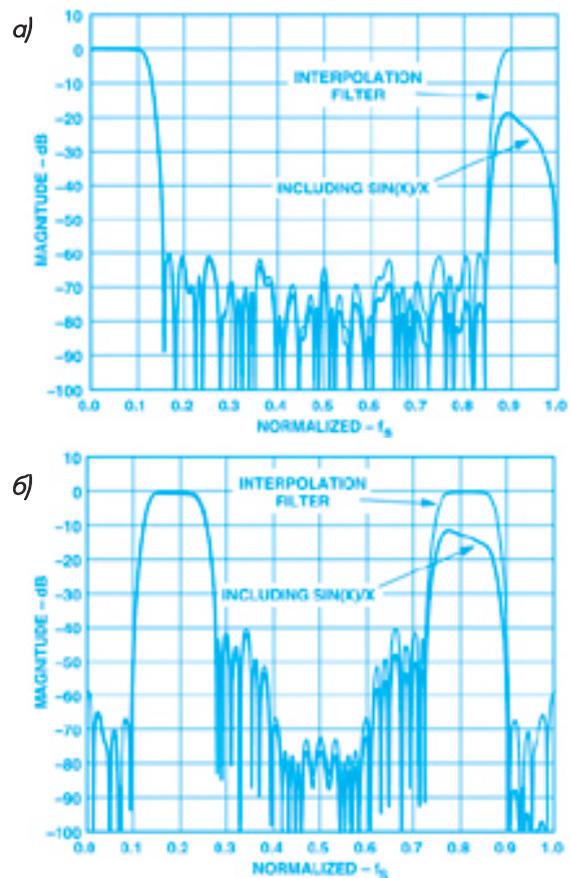


Рис. 5. Частотные характеристики AD9875/6 с низкочастотной (а) и полосовой (б) интерполирующей фильтрацией

терполирующего ФНЧ при неравномерности  $-0.1$  дБ составляет 13 МГц (при  $K_{\text{int}} = 4$ ) и 26 МГц (при  $K_{\text{int}} = 2$ ). На тех же рисунках показаны также АЧХ всего передающего канала, учитывающие АЧХ типа  $\sin x/x$  выходного ЦАП.

Используемый в AD9875/6 ЦАП, как и в AD9873, — типа TxDAC+ с программируемым выходным током в пределах от 2 до 20 мА при выходном напряжении не более 1.5 В.

Формирование тактовых импульсов осуществляется генератором и двумя умножителями частоты, из которых "PLL-A  $\times$  L" предназначен для передающего канала, а "PLL-B  $\times$  M/N" — для приемного. Генератор может быть автогенератором (если к его выводам подключить кварцевый резонатор) или буферным усилителем (если на его вход подать внешний сигнал стабильной частоты). Частота генератора  $f_{\text{OscIn}} = (10 \dots 64)$  МГц. Частота тактовых импульсов для интерполирующего фильтра и ЦАП  $f_{\text{SysClk}} = L f_{\text{OscIn}} = (10 \dots 128)$  МГц, где  $L$  — программируемый коэффициент, равный 1, 2, 4, 8.

Приемная часть микросхем AD9875/6 (рис. 4) содержит два каскада усиления (PGA) с фильтром нижних частот (LPF), АЦП, выходной мультиплексор (Rx MUX) и источник тактовых импульсов "PLL-B  $\times$  M/N". Коэффициент усиления программируется от  $-6$  до 36 дБ при включенном фильтре нижних частот (LPF) и от  $-6$  до 30 дБ при выключенном фильтре. Полоса пропускания усилителя с фильтром — до 12 МГц, без фильтра — до 26 МГц. АЦП — типа "pipeline", 10-разрядный, со скоростью преобразования от 7.5 до 55/64 МГц (для AD9875/6 соответственно).

Основные параметры AD9875/6, как и AD9873, приведены в табл. 2. Режим измерения параметров:

напряжение питания  $3.3 \text{ В} \pm 10\%$ ,  $f_{\text{OscIn}} = 32$  МГц,  $f_{\text{SysClk}} = 128$  МГц, нагрузка ЦАП 100 Ом,  $R_{\text{Set}} = 4.02$  кОм.

Управление и программирование режимов и параметров всех рассмотренных микросхем AD9870/3/5/6 осуществляется через трехпроводной последовательный интерфейс типа SPI.

Подробнее с данными микросхем и литературой [1 - 3, 7, 8] можно ознакомиться на сайте фирмы Analog Devices по адресу: [www.analog.com](http://www.analog.com)

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. The Analog Devices Solutions Bulletins: Communications, Vol. I, November 2000; High-Speed Signal Processing, March/April 2001; Analog-to-Digital Converters, April 2001 (ЭКиС, №№ 3, 5, 8, 2001).
2. Analog Devices' Data Sheets: AD9870, Rev. 0, 2001; AD9873, Rev. 0, 2001; AD9875, Rev. 0, 2001; AD9876, Rev. 0, 2001.
3. Hendriks P., Schreier R., DiPilato J., High Performance Narrowband Receiver Design Simplified by IF Digitizing Subsystem in LQFP // Analog Dialogue, Vol. 35, No. 3, 2001.
4. Шлеев С. Е. Элементная база и архитектура цифровых радиоприемных устройств // Цифровая обработка сигналов, № 1, 1999.
5. Голуб В. Цифровая обработка сигналов: сигма-дельта АЦП // Электроника: НТБ, № 4, 2001.
6. Голуб В. С. Синтезаторы частот для аппаратуры радиосвязи // Радиоаматор, № 5, 2000.
7. AD9873 Mixed Signal Front End for Cable Set Top Box and Broadband Modems. — Analog Devices, June 2000.
8. A Technical Tutorial on Digital Signal Synthesis. — Analog Devices, 1999.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ

*Микроконтроллеры и сигнальные процессоры, которые содержат аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, модуляторы, компараторы, различные интерфейсы и другие устройства, выпускаются многими фирмами. Однако в последнее время такие интегральные схемы все больше авторов относят к классу System-On-A-Chip (SoC) — система на кристалле. Т. е. происходит постепенное выделение многофункциональных интегральных схем в новый класс. В статье рассмотрены некоторые причины появления таких ИС и области их применения.*

*В. Макаренко*

Наиболее бурно развивающимися во всем мире являются раз-

личные системы телекоммуникаций, в том числе и мобильной связи. Ожидается, что к концу этого года количество абонентов мобильной

связи достигнет 690 миллионов, а к концу 2002 года оно увеличится до 1 млрд. [1]. Сегодня на рынке телекоммуникаций происходят революционные изменения. Крупнейший оператор мобильной связи Японии — компания NTT DoCoMo — в октябре 2001 года ввел в эксплуатацию первую в мире систему мобильной связи нового поколения UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), более известную как 3G [2]. Цифра три в аббревиатуре 3G означает именно третье поколение. Используемая сейчас



во всем мире GSM — система второго поколения. Система 3G — большой шаг вперед и те, кто делает этот шаг, имеют возможность с помощью своего телефона получить доступ к широкому перечню услуг: использовать все преимущества видеоконференций, смотреть фильмы, слушать музыку и пользоваться сетью Интернет в полном объеме (причем, речь идет не о пресловутом WAP). Этот формат обеспечивает совершенно новую концепцию передачи информации, скорость которой по сравнению с используемой в стандарте GSM увеличится в 6...40 раз. Более того, ко всему этому могут добавиться и следующие полезные возможности: прямые трансляции из театров, концертных залов, со спортивных мероприятий, "живые" новости, мгновенный доступ к оперативной информации во всех областях жизни, аудио- и видеозапись, цифровое радио с возможностью заказа песен в интерактивном режиме и т. д.

Компания DoCoMo начала распространение своих телефонов под маркой FOMA (Freedom of Mobile Multimedia Access — Свобода Мобильного Доступа к Мультимедиа). Новая сеть покрывает Токио в радиусе 30 км от центра. Планируется до декабря ввести аналогичные сети в городах Осака, Киото и Нагои, а полностью Япония будет охвачена такими сетями через полгода. Работы по внедрению мобильных сетей 3G ведутся и в Европе. По прогнозам к 2004 году количество пользователей 3G по всему миру достигнет 10 миллионов человек и будет стремительно увеличиваться и далее.

Для обработки и передачи мультимедийной информации необходимо осуществить ряд преобразований. Рассмотрим на примере обработки видеосигналов, какие требуются ресурсы каналов связи и систем обработки изображений, чтобы передача изображе-

ний с высоким качеством по существующим каналам связи была возможной.

В эпоху мультимедиа появилась возможность оцифровки видеoinформации и ее обработки в реальном масштабе времени. Однако решение подобных задач требует огромных ресурсов. Например, одна минута цифрового видеосигнала с разрешением, сопоставимым с VHS и цветопередачей true color 24 бита (16 777 216 цветов), займет (288×358) пикселов×24 бита×25 кадров/с×60 с = 442 Мбайта. Таким образом, на носителях, применяемых в современных ПК, т. е. на CD-ROM или жестком диске, сохранить полноценное по времени видео не удастся. Передать такой объем информации по каналу мобильной связи также невозможно.

Чтобы сохранить или передать по каналам связи такие огромные объемы информации, ее необходимо сжать. На сегодняшний день для сжатия видео- и аудиосигналов используются алгоритмы сжатия, разработанные MPEG [3]. MPEG (Moving Picture Expert Group) — экспертная группа ISO, осуществляющая разработку стандартов кодирования и сжатия видео- и аудиоданных. Официальное название группы — ISO/IEC JTC1 SC29 WG11. Аббревиатурой MPEG часто обозначают и стандарты, разработанные этой группой. На сегодняшний день используются два из них — MPEG-2 и MPEG-4.

MPEG-2 предназначен для обработки видеоизображения, сопоставимого по качеству с телевизионным при пропускной способности системы передачи данных в пределах от 3 до 15 Мбит/с (в профессиональной аппаратуре до 50 Мбит/с). На технологии, основанные на MPEG-2, переходят многие телеканалы. Сигнал, сжатый в соответствии с этим стандартом, транслируется через телевизионные спутники, используется для архивации больших объемов видео-

материала.

MPEG-4 задает принципы работы с изображением и звуком для трех областей: интерактивного мультимедиа (включая продукты, распространяемые на оптических дисках и через сеть), графических приложений (синтезированных изображений) и цифрового телевидения.

При преобразованиях видеосигналов в соответствии со стандартом MPEG-2 осуществляется аналого-цифровое преобразование, запоминание, цифровая обработка в соответствии с заданным алгоритмом сжатия и обратное преобразование в аналоговую форму после прохождения через канал передачи информации. Стандартом MPEG-2 предусматривается три формата кодирования звука: Layer I, Layer II и Layer III [3]. Последний позволяет обеспечить наибольшее сжатие, однако требует больше вычислительных ресурсов на кодирование. Звуковые сигналы подвергаются преобразованиям, аналогичным тем, которые выполняются при обработке видеосигналов. Таким образом, для реализации кодирования или декодирования требуется выполнить целый ряд преобразований и большой объем вычислительных операций с хранением промежуточных результатов вычислений. Использование для этих целей систем на кристалле (СНК — SoC) позволяет уменьшить количество требуемых ИС, габариты и энергопотребление. Это особенно важно для систем, встраиваемых в мобильные телефоны. Рассмотрим несколько примеров таких систем.

Существует несколько чипсетов, предназначенных для кодирования и декодирования звука, в частности, декодер STA015 корпорации STMicroelectronics [3].

Как видно из рис. 1 ИС содержит АЦП, несколько интерфейсов, блок памяти, генератор тактовой частоты и собственно декодер, по-

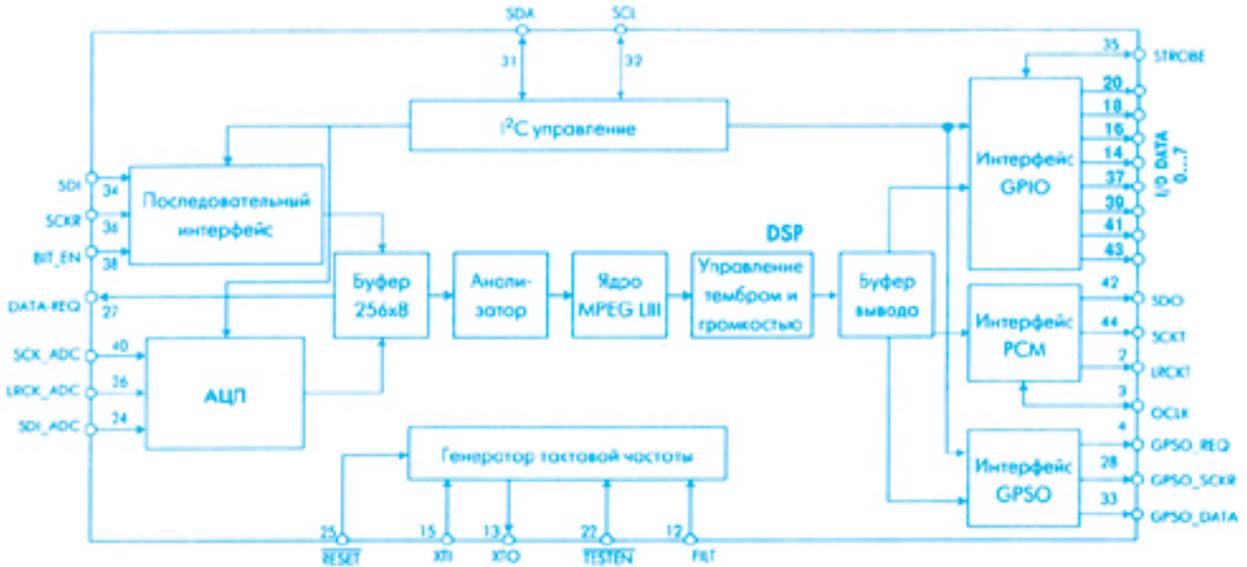


Рис. 1. Функциональная схема аудиодекодера STA015

строенный на основе специализированного сигнального процессора. Т. е. эту ИС можно отнести к классу систем на кристалле.

Однако после появления стандарта MPEG-4 его предшественники превратились лишь в частные случаи кодирования одного из многочисленных типов данных [3]. Важность стандарта MPEG-4 невозможно переоценить — по существу он представляет собой единый концептуальный способ описания, представления и обработки мультимедийных данных. Фактически он задает правила организации объектно-ориентированной среды и имеет дело не просто с потоками и массивами данных, а с медиаобъектами. Возможны аудио-, видеообъекты, аудиовизуальные, графические (плоские и трехмерные) и текстовые. Они могут быть как естественными (записанными, снятыми, отсканированными), так и синтетическими (искусственно сгенерированными). Примерами объектов могут служить неподвижный фон, видеоперсонажи отдельно от фона, синтезированная на основе текста речь, музыкальные фрагменты, трехмерная модель, которую можно двигать и вращать в кадре, и многое другое. Медиа-

объекты могут быть потоковыми. Каждый из них имеет свой набор параметров, определяющих его положение в пространстве, и операций, необходимых для декодирования потоковых данных. Пространство имеет свою систему координат, в соответствии с которой размещаются объекты. Звуковые объекты также имеют свои координаты в пространстве, которые могут меняться для создания стереофонического и объемного звука. Все происходящее в пространстве описывается с помощью иерархической структуры, узлами которой являются объекты. Она динамически перестраивается по мере того, как узлы-объекты добавляются, удаляются или заменяются. Для описания объектов, классов объектов и сцен в MPEG-4 определен язык BIFS, являющийся расширением C++. С помощью BIFS можно анимировать объекты, менять их координаты, размеры, свойства, задавать поведение, реакции на воздействие пользователя, выполнять двухмерные построения и т. д. Кроме того, MPEG-4 разрабатывался как способ передачи медиаданных по каналам с низкой пропускной способностью (4.8...64 Кбит/с).

Важнейшая особенность MPEG-4 в том, что окончательное формирование композиции (с возможностью добавления разного рода геометрических преобразований, аудио- и видеоэффектов реального времени) происходит на приемном конце — в компьютере, телевизоре или телевизионной приставке пользователя. Таким образом, пользователь сам может формировать получаемое изображение, играя роль телережиссера. Более того, среди допустимых пользовательских команд — изменение точки наблюдения, удаление, добавление и перемещение объектов внутри композиции и многое другое. Конечно, такое воздействие должно быть разрешено создателем аудиовизуального потока информации. Команды пользователя могут быть обработаны в декодере или пересланы на передающую сторону.

Однако, чтобы реализовать это на практике, необходимо создание аппаратных средств, которые могут в реальном масштабе времени осуществлять все эти преобразования. И без СНК это становится практически невозможным или экономически нецелесообразным.

Корпорация Toshiba первой

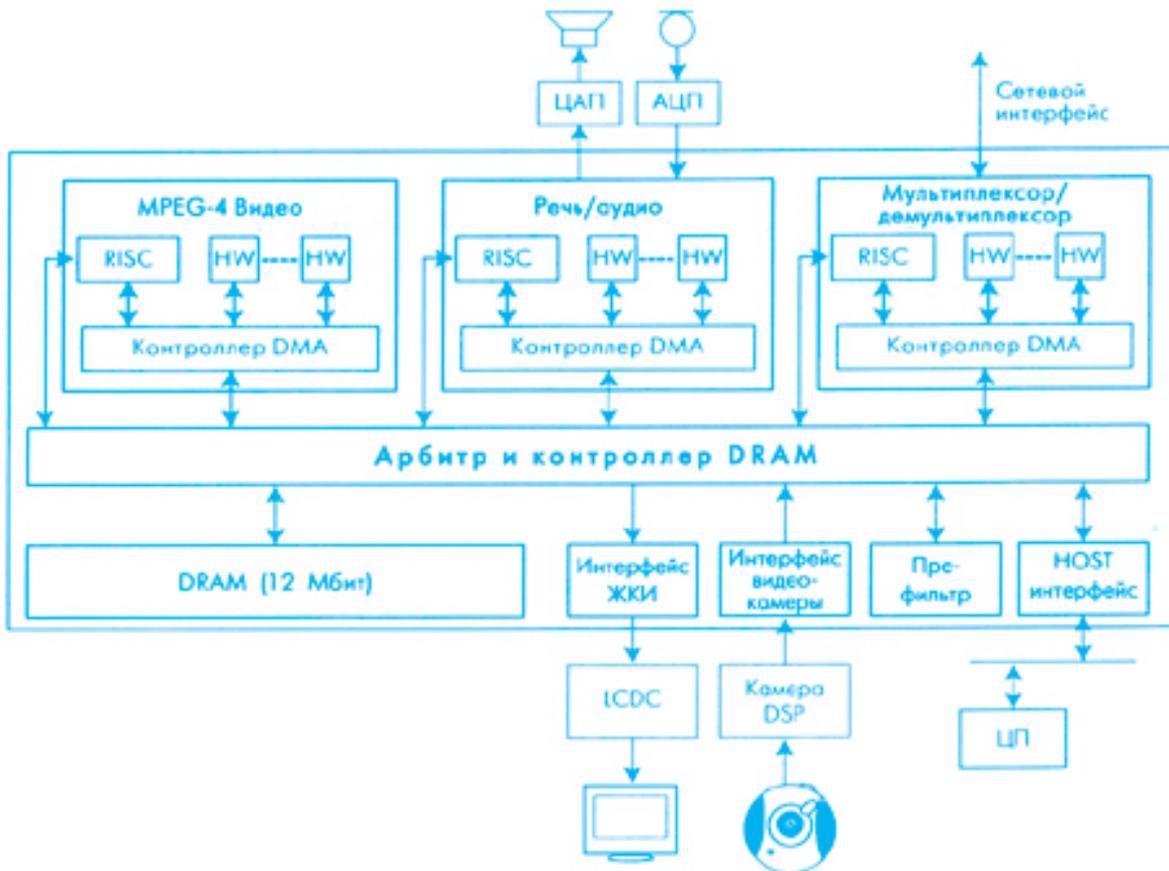


Рис. 2. Функциональная схема кодека MPEG-4 TC35273

представила свой кодек MPEG-4 — однокристалльную микросхему TC35273, созданную по технологии 0.18 мкм. В ее состав входят три устройства обработки сигналов: видеокодек, аудиокодек и мультиплексор/демультиплексор. Функциональная схема микросхемы представлена на рис. 2. В каждом из блоков обработки сигналов содержится 16-разрядный RISC процессор и специализированный аппаратный акселератор для обеспечения высокой производительности и низкого энергопотребления. ИС содержит практически все узлы, кроме АЦП и ЦАП звуковых сигналов.

Подобные ИС представляют собой первую ступень СНК. Более высокая ступень развития СНК — это реконфигурируемые или перепрограммируемые системы на кристаллах. Такие СНК позволяют строить тестовые системы для испы-

тания разного оборудования, ускорять процессы разработки и тестирования новых устройств, особенно таких, в которых требуется выполнять настройку при работе с различными протоколами связи [4, 5], и могут найти применение во многих других случаях.

Компания Cypress Microsystems Inc. первой начала разработки ИС, которые сразу получили название перепрограммируемых СНК (PSoC), а с 1999 года освоила их выпуск. Эти ИС отличаются от обычных СНК тем, что в них возможна реконфигурация входов/выходов и периферийных аналоговых устройств в процессе работы (так называемое, программирование "на лету"). Управление осуществляется с помощью специального программного обеспечения с удобным пользовательским графическим интерфейсом. Большинство функций можно перепрограммировать пу-

тем перетаскивания манипулятором типа «мышь» указателей в нужное положение. После завершения изменений конфигурации все измененные параметры записываются во встроенную flash-память. Функциональная схема перепрограммируемого СНК (ПСНК) компании Cypress Microsystems Inc. приведена на рис. 3 [4]. На сегодняшний день это СНК на базе 8-разрядного микроконтроллера с максимальной тактовой частотой 24 МГц [6].

На кристалле находятся микроконтроллер, встроенный генератор, статическая и flash-память, синтезатор частоты, источник опорного напряжения, таймеры, температурный датчик и несколько аналоговых и цифровых блоков. Первые модели ПСНК содержат 12 блоков аналоговой и 8 блоков цифровой обработки. Каждый аналоговый блок состоит из четырех модулей аналоговой обработки СТ

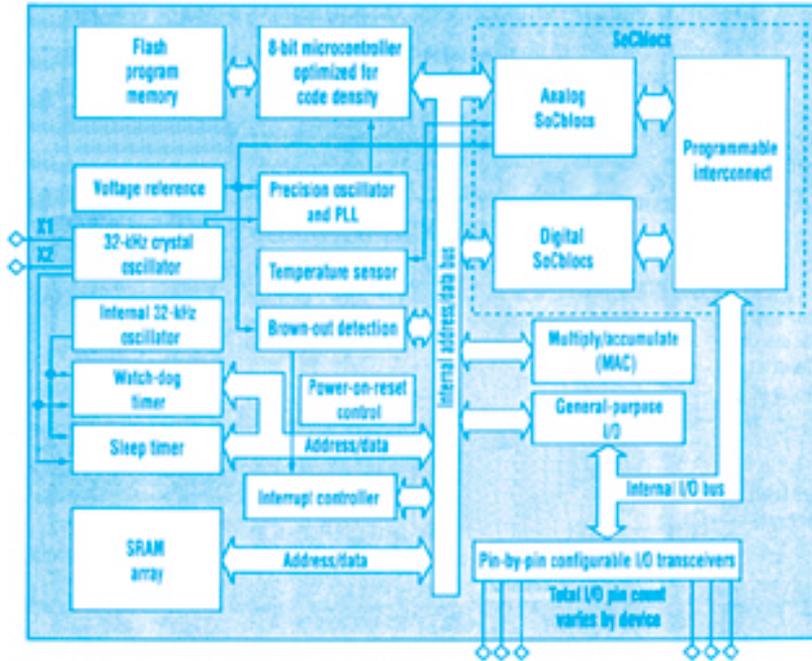


Рис. 3. Функциональная схема перепрограммируемой в процессе работы ИС СНК компании Cypress Microsystems Inc.

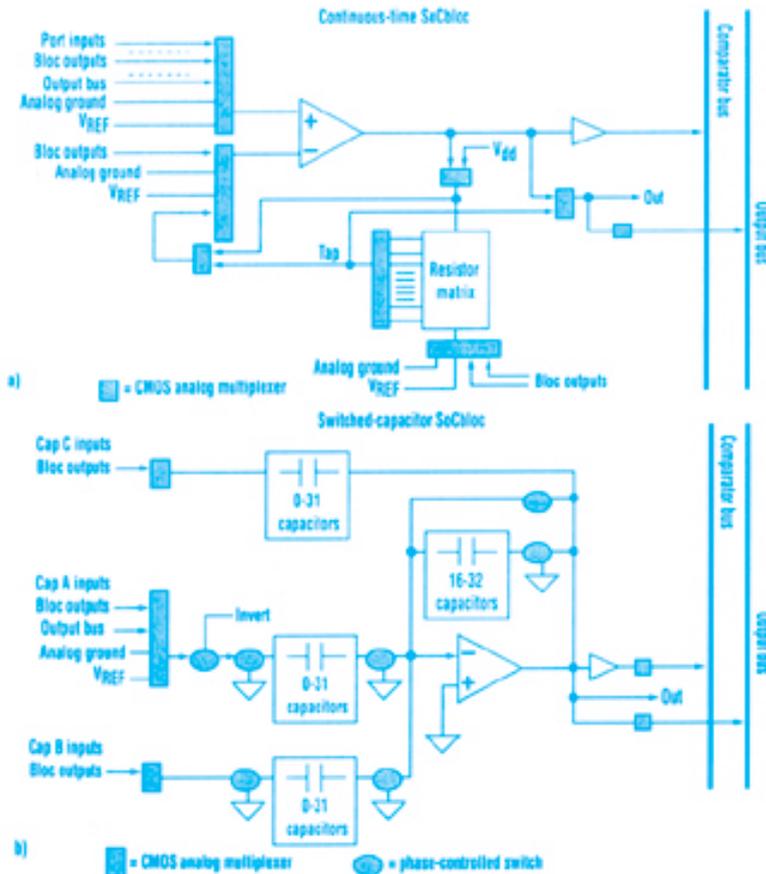


Рис. 4. Функциональная схема аналогового блока:  
 а) модуль аналоговой обработки СТ,  
 б) модуль на переключаемых конденсаторах SC

(continuous-time SoCblocc) и восьми модулей на переключаемых конденсаторах SC (switched-capacitor SoCblock). Это позволяет строить различные узлы для дискретной обработки аналоговых сигналов (например, фильтры на переключаемых конденсаторах), используя модули SC. Каждый модуль СТ содержит все необходимое для построения аналого-цифрового или цифро-аналогового преобразователя. Функциональная схема аналогового блока приведена на рис. 4.

Каждый модуль СТ содержит восемь аналоговых мультиплексов (на схеме обозначены темными прямоугольниками), которые позволяют подключать входы и выходы операционных усилителей (ОУ) к выходной шине и к шине компараторов. Входы ОУ можно подключать к источнику опорного напряжения, к портам СНК, к выходу модуля, к выходу матрицы резисторов, которая в свою очередь может подключаться к различным точкам схемы. Такая гибкая организация модуля позволяет построить на его базе множество разных функциональных узлов. Например, усилитель с коэффициентом усиления, управляемым кодом. Такой же гибкостью отличается и модуль SC. На его основе можно строить звенья фильтров нижних и верхних частот, полосовых и режекторных.

Цифровые блоки позволяют строить счетчики, таймеры, широтно-импульсные модуляторы, интерфейсы и много других функциональных узлов. Cypress Microsystems Inc. разрабатывает и предоставляет пользователям библиотеки для программирования цифровых и аналоговых модулей. Только аналоговых модулей предлагается более сорока, в том числе несколько видов АЦП, дельта-сигма АЦП, ЦАП, высокоскоростной компаратор, все виды фильтров, устройство выборки-хранения, функциональный генератор, детектор, модуляторы и демодуляторы и др. Для циф-

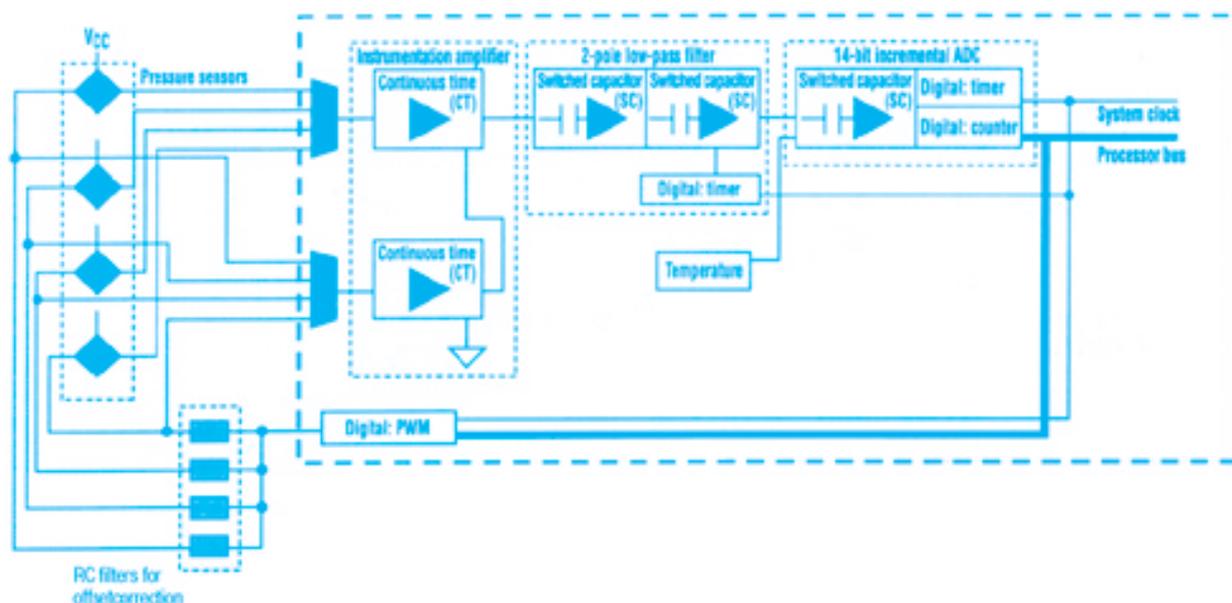


Рис. 5. Функциональная схема четырехканальной системы контроля давления

ровых модулей предлагается около тридцати вариантов различных функциональных блоков, некоторые из которых были перечислены выше [4].

Цифровые и аналоговые модули могут объединяться в различных сочетаниях, что позволяет строить сложные системы обработки сигналов. В качестве примера рассмотрим функциональную схему четырехканальной системы обработки сигналов датчиков давления (рис. 5).

Датчики давления поочередно опрашиваются с помощью аналогового мультиплексора, входящего в модуль СТ. С выхода мультиплексора сигнал поступает через инструментальный усилитель и ФНЧ на вход 14-разрядного АЦП. Для коррекции напряжения смещения используется напряжение, формируемое внутренним датчиком температуры. Напряжение смещения через второй аналоговый мультиплексор (нижний на схеме) подается на второй вход инструментального усилителя. Управление фильтром, АЦП, мультиплексорами осуществляется с помощью цифровых таймеров и счетчика, построенных

на базе цифровых блоков.

В заключение приведем краткую информацию о программируемых СНК компании Cypress. Первое семейство CY8C25/26xxx создано на основе 8-разрядного ядра микропроцессора M8C. Оно содержит умножитель/аккумулятор и от шести до сорока четырех входов/выходов с программируемыми параметрами. Объем flash-памяти программ от 4 до 10 кбайт. Объем оперативной статической памяти программ от 128 до 256 байт. Конечно, из-за ограниченной производительности СНК серии CY8C25/26xxx не могут обеспечить обработку видеосигналов по стандарту MPEG-4 или MPEG-2 в реальном масштабе времени. И поэтому круг их применения несколько иной.

Однако тенденция создания программируемых СНК прослеживается и у других ведущих производителей электронных компонентов. Высокопроизводительные сигнальные процессоры Analog Devices и Texas Instruments позволяют варьировать параметры цифровой части. Аналоговая часть таких процессоров пока не может модифициро-

ваться так, как в СНК компании Cypress.

Применение программируемых СНК позволяет сократить сроки разработки и тестирования сложных устройств, в которых необходимо не только менять алгоритм обработки сигналов, но и изменять конфигурацию устройств для получения максимальной производительности или оптимизации других характеристик.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://www.sotovik.ru>
2. <http://www.plcomputers.ru/news-article.cfm?id=2200>
3. М. Мейтин. MPEG как предвестник эры интерактивного телевидения. — ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. № 4/2001.
4. Ashoc Bindra. Programmable SoC Delivers of System Flexibility//Electronic Design, November 6, 2000.
5. William Wong. SoC Co-Design is Pushing the Limits of Software and Hardware Simulation//Electronic Design, October 30, 2000.
6. <http://www.cypressmicro.com>

## СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ MOBY

Системы идентификации MOBY фирмы Siemens используются для оптимизации потоков материалов и производственных процессов. Они применяются везде, где необходима быстрая бесконтактная идентификация объектов, например, контейнеров с обрабатываемыми деталями, а также дополнительная информация о них (параметры обработки, производитель и др.). Типичными областями применения систем MOBY могут быть сборочные линии, склады, системы логистики и транспорта.

А. Мельниченко

Система идентификации MOBY состоит, главным образом, из следующих компонентов: мобильного накопителя данных (MDS), устройства записи/считывания (SLG) и интерфейсного модуля (ASM). В условиях автоматизированного производства мобильные накопители данных, устанавливаемые на изделиях или контейнерах с деталями, хранят текущие производственные параметры. С помощью устройств записи/считывания, связанных с накопителями по радиоканалу, эти параметры могут быть считаны, а затем переданы по кабелю в ин-

терфейсные модули для использования в системах более высокого уровня. На транспорте и в логистике система может применяться для идентификации грузовых автомобилей на автопредприятиях или в транспортных агентствах, а также для идентификации контейнеров, боксов и тягачей.

Мобильные накопители данных применяются там, где необходимо бесконтактным способом быстро и надёжно идентифицировать различные объекты. Они не требуют источника питания, т. к. для их работы используется энергия электромагнитного поля, излучаемого устройством записи/считывания.

В прочном корпусе накопителя находится специализированная интегральная схема и антенна. Каждый из накопителей хранит в ПЗУ нестираемый идентификационный номер. Выпускается широкая номенклатура накопителей, что позволяет потребителям выбрать вариант, оптимальным образом удовлетворяющий их требования. В частности, выпускаются накопители, выдерживающие циклический нагрев до 220 °С и используемые для идентификации изделий, подвергаемых после лакировки нагреву в сушильных печах. Устройства записи/считывания предназначены для обмена данными с накопителями и передачи считанных данных в системы более высокого уровня. Они воспринимают команды, поступающие по последовательному каналу от интерфейсного модуля, и генерируют в антенне переменное магнитное поле для бесконтактного обмена данными с накопителями. Применение сигнального процессора позволяет подавить мешающие частоты и тем самым повысить надёжность функционирования. Использование помехоустойчивых протоколов обмена и механизмов доступа достигается высокая скорость и надёжность обмена данными. Интерфейсные модули предназначены для интеграции систем идентификации в семейство SIMATIC, SINUMERIK и PROFIBUS-DP. Прилагаемые программные пакеты (FB и FC библиотеки) гарантируют простую и быструю интеграцию. Выпускается широкая гамма интерфейсных модулей. Некоторые из них выполнены в виде блоков, устанавливаемых в промышленные контроллеры SIMATIC S7-300, S7-400, устройства децентрализованной периферии ET 200M или устройства управления обрабатывающим оборудованием SINUMERIK. К одному модулю можно подключить до четырёх устройств записи/считывания, при



этом длина соединительного кабеля может достигать 1000 м. Портативный пульт управления (STG) со встроенной антенной используется в качестве вспомогательного устройства при вводе в эксплуатацию и проверке систем идентификации. Пульт оснащается съёмной головкой записи/считывания. Он имеет ЖКИ на 240×100 точек, клавиатуру и различные интерфейсы. Прилагается программное обеспечение, содержащее сервисные функции, а также тесты для проверки мобильного накопителя. Поставляемая отдельно С библиотека даёт возможность пользователю самостоятельно создавать специализированные программы. Для решения различных задач идентификации фирма Siemens выпускает пять разновидностей системы: MOBY F, MOBY E, MOBY I, MOBY U и MOBY V. Ниже представлены их краткие характеристики.

**MOBY F** — система идентификации нижнего уровня производительности с недорогими накопителями данных двух видов: для считывания или для записи/считывания. Основные области применения: идентификация деталей, складирование и логистика, замена устройств для штрих-кодовой маркировки товаров. Технические параметры системы:

- ёмкость памяти пользователя для записи/считывания 240 байт
- тип памяти для записи/считывания ЭСППЗУ
- организация данных побайтовая
- класс защиты от механических воздействий до IP67
- диапазон рабочих температур от -25 до 55 /70 /85 /200 °С (по требованию)
- скорость обмена данными 4 кбит/с
- макс. расстояние при обмене данными до 70 см.

**Мобильные накопители данных** выпускаются двух видов: только для считывания и для записи/считывания. Накопители, предназначенные только для считывания, содержат ПЗУ, в которое лазером записыва-



ется нестираемый идентификационный номер. На интегральной схеме накопителей, предназначенных для записи/считывания, этот номер заносится в имеющееся там ЭСППЗУ. Для повышения надёжности при обмене данными используются распространённые способы, такие, как избыточный код, многократное считывание и др. Краткие характеристики накопителей (их параметры см. в табл. 1): MDS F124, MDS F125 — универсальные накопители данных (для считывания); MDS F160 — накопитель, предназначенный, главным образом, для идентификации рабочей одежды, гостиничного и больничного белья с возможностью работы в

жёстких условиях эксплуатации (стирка и чистка изделий); MDS F415 — универсальный накопитель на ЭСППЗУ для записи и считывания. Накопители данных и антенны могут быть также разработаны с учётом конкретных условий применения.

**Устройства записи/считывания** предназначены для обмена данными с накопителями и передачи считанных данных системам более высокого уровня. Объём данных, которыми обмениваются устройство и накопитель, зависит от скорости движения накопителя относительно устройства и протяжённости магнитного поля, через которое движется накопитель. Модуль SIM объединяет в одном корпусе устройство записи/считывания и интерфейсный модуль. Он имеет интерфейс RS-232 и может быть подключен к любому из устройств более высокого уровня (контроллер, компьютер и др.). Ниже приведены краткие характеристики устройств записи/считывания (параметры см.

Таблица 1. Основные параметры мобильных накопителей данных

Тип накопителя	Размеры, мм	Расстояние считывания, мм	Ёмкость памяти, байт	Макс. рабочая t, °С	Класс защиты
MDS F124*	∅ 30 × 1	280	-	100	IP67
MDS F125*	∅ 50 × 1	420	-	100	IP67
MDS F160*	∅ 16 × 3	160	-	160	IP68
MDS F415	∅ 50 × 1	340	224	100	IP67
MDS E600	85 × 54 × 0.8	70	752	60	IP68
MDS E611	85 × 54 × 2.5	100	752	85	IP67
MDS E623	∅ 10 × 4.5	6	752	125	IP67
MDS E624	∅ 27 × 4	40	752	125	IP67
MDS 401	∅ 27 × 9	10	8 к	85	IP67
MDS 402	47.5 × 25 × 15	10	8 к	70	IP68
MDS 403	47.5 × 25 × 15	70	8 к	85	IP68
MDS 404	50 × 50 × 20	90	8 к	70	IP68
MDS 439 E	∅ 114 × 83	125	8 к	220 **	IP68
MDS 506	75 × 75 × 40	150	32 к	70	IP68
MDS 514	50 × 50 × 20	90	32 к	85	IP68
MDS U313	111 × 67 × 23.5	3000	2 к	70	IP67
MDS U524	111 × 67 × 23.5	3000	2 к	85	IP68
MDS U589	∅ 114 × 83	3000	32 к	220 **	IP68
MDS V507	178 × 138 × 50	700	32 к	70	IP65

\* только для считывания, \*\* циклическое воздействие

Таблица 2. Основные параметры устройств записи-считывания

Тип устройства	Расстояние записи/считывания, мм	Макс. раб. t, °C	Класс защиты	Интерфейс
SLG 80 с ANT F5	340 / 420	60	IP 65	RS-422
SIM 80 с ANT F5	340 / 420	60	IP 65	RS-232
SLG 82	140 / 140	55	IP 40	совместим с ASM
SIM 82	140 / 140	55	IP 40	RS-232
SLA 81	140 / 140	70	IP 65	RS-422
SLG 70 с ANT 0	15 / 15	70	IP 65	RS-422
SIM 70 с ANT 0	15 / 15	70	IP 65	RS-232/422
SLG 70 с ANT 1	100 / 100	70	IP 65	RS-422
SIM 70 с ANT 1	100 / 100	70	IP 65	RS-232/422
SLA 71	100 / 100	70	IP 65	совместим с ASM
SLG 72	100 / 100	70	IP 65	RS-422
SIM 72	100 / 100	70	IP 65	RS-232/422
SLG 75 с ANT 12	5 / 5	70	IP 65	RS-422
SLG 75 с ANT 30	24 / 24	70	IP 65	RS-422
SLG 40	8 / 8	70	IP 65	RS-422
SLG 40 S	10 / 10	70	IP 65	RS-422
SLG 41/41 S	25 / 25	70	IP 65	RS-422
SLG 41C / 41CC	25 / 25	70	IP 67	RS-422
SIM 41/42/43	40 / 40	60	IP 54	RS-422, TTY, V-24
SLG U92	3000 / 3000	70	IP 65	RS-232/422
SLG 65	700 / 700	70	IP 65	RS-422

в табл. 2): SLG 80 (SIM 80) с ANT F5 — универсальные устройства записи/считывания со съёмной рамочной антенной размерами 35x35x2 см; SLG 82, SIM 82 — недорогие универсальные устройства записи/считывания со съёмной антенной SLA 81 (поставляются с антенной и соединительным кабелем длиной 5 м); SLA 81 — съёмная антенна для записи/считывания.

**MOBY E** — бесконтактная система идентификации, разработанная специально для применения в логистике, дистрибуции и промышленном производстве. Она используется там, где необходима быстрая и надёжная идентификация различных предметов: инструмента, контейнеров, боксов и др. В зависимости от конкретных условий могут применяться различные разновидности мобильных накопителей данных и устройств записи/считывания. В частности, недорогие накопители можно использовать как электронный аналог штрих-кода или товарной наклад-

ной. Основные области применения системы MOBY E:

- логистика (идентификация поддонов, грузоносителей, контейнеров и т. д.)
- распределение товаров (электронный аналог штрих-кода или товарной накладной)
- идентификация отдельных частей (установка накопителей на изделиях)
- сборочные линии (установка накопителей на носителях деталей)
- снабжение (установка накопителей на каретках подвешенного конвейера).



Стандартные компоненты системы MOBY E открывают широкие возможности для построения сис-

тем идентификации применительно к конкретным условиям эксплуатации. Основные характеристики системы MOBY E:

- частота 13.56 МГц, расстояние записи/считывания до 100 мм
- наличие широкого набора накопителей данных, не требующих источника питания (ЭСППЗУ ёмкостью 752 байта, рабочая температура до 150 °C)
- высокая надёжность в условиях загрязнений, колебаний температуры и электромагнитных помех
- простая интеграция в автоматизированную среду SIMATIC
- возможность связи с компьютером по последовательному каналу.

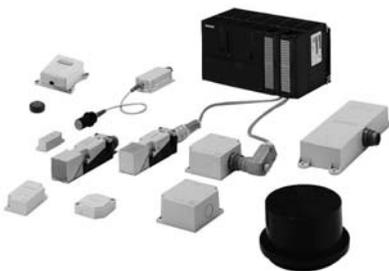
**Мобильные накопители данных** содержат логику, запоминающее устройство на ЭСППЗУ и антенну. Находясь в магнитном поле устройства записи/считывания, накопитель получает энергию, необходимую для его функционирования. Информация передаётся импульсно-кодовым способом в виде готовых для дальнейшей обработки цифровых сигналов. Выпускаются следующие типы накопителей (параметры см. в табл.1): универсальные накопители MDS E600, MDS E611 и MDS E624; малогабаритный накопитель MDS E623, предназначенный для кодирования инструмента согласно нормам DIN 69873.

**Устройства записи/считывания** обеспечивают индуктивную связь с накопителями и обмен данными по последовательному каналу с устройствами более высокого уровня. Выпускается широкий набор устройств для малой, средней и большой дальности связи с накопителями. Их прочный корпус рассчитан на эксплуатацию в неблагоприятных условиях промышленного производства, устойчив к воздействию различных химических веществ. Ниже приведены основные характеристики устройств записи/считывания (их параметры см. в табл. 2): SLG 70 (SIM 70) с ANT 0 — устройства записи/считывания со съёмной антенной, предназначенные

для применения на небольших сборочных линиях; SLG 70 (SIM 70) с ANT 1 — универсальные устройства записи/считывания со съёмной антенной; SLA 71 — универсальная, компактная и недорогая антенна для записи/считывания, подключаемая к модулю ASM 724/754; размеры 75×75×20 мм; SLG 72, SIM 72 — универсальные устройства записи/считывания со встроенной антенной; SLG 75 с ANT 12 — устройство записи/считывания с небольшой антенной, предназначенное для идентификации инструмента; SLG 75 с ANT 30 — универсальное устройство записи/считывания.

Система идентификации **MOBY I** успешно эксплуатируется в течение ряда лет. Она разработана специально для применения в промышленном производстве, в котором необходима высокая надёжность, высокая степень механической защиты, динамическая запись/считывание и т. д. С её помощью можно быстро и надёжно идентифицировать носители деталей, каретки подвешенного конвейера и т. д. Основные области применения системы **MOBY I**:

- сборка (накопители устанавливаются на носителях деталей)
- обработка (накопители устанавливаются на носителях изделий)
- снабжение (накопители устанавливаются на подвешенном конвейере)
- линии сборки автомобилей (применение накопителей с высокой рабочей температурой).



Стандартные компоненты системы **MOBY I** открывают широкие возможности для построения систем идентификации применительно

к конкретным условиям эксплуатации. Для связи с устройствами SIMATIC используются высокопроизводительные интерфейсные модули. Основные характеристики системы **MOBY I**:

- частота 1.81 МГц, дальность записи/считывания до 150 мм
- широкий набор накопителей данных, не требующих источников питания (ЭСППЗУ)
- наличие накопителей, выдерживающих циклический нагрев до 220 °С, для применения в автомобилестроении
- высокая надёжность в условиях загрязнений, колебаний температуры окружающей среды и электромагнитных полей.

Ниже даны основные характеристики накопителей данных (их параметры приведены в табл. 2):

MDS 401 — компактный накопитель для идентификации небольших носителей деталей; MDS 402, MDS 403 — компактные накопители; MDS 404, MDS 506, MDS 514 — универсальные накопители; MDS 439 E — накопитель, предназначенный для работы в условиях циклического нагрева до 220 °С.

**Устройства записи/считывания** обеспечивают индуктивную связь с накопителями, а также последовательный обмен данными с интерфейсными модулями. Ниже приведены характеристики устройств записи/считывания (см. также табл.2): SLG 40 S — устройство диаметром 18 мм, длиной 30 мм, со съёмной антенной, предназначенное, в частности, для использования на линиях сборки с небольшими носителями деталей; SLG 40 — устройство, аналогичное SLG 40 S, диаметром 30 мм и длиной 54 мм; SLG 41 — универсальное компактное устройство размерами 120×40×40 мм с поворотной антенной головкой (корпус датчика Bero); SLG 41 S — устройство, аналогичное SLG 41, с антенной головкой, повернутой на 90°; SLG 41 C — универсальное компактное устройство размерами 55×75×30 мм с кабелем длиной

3 м; SLG 41 CC — устройство, аналогичное SLG 41 C, с кабелем длиной 2 м и штекером; SIM 41/42/43 — универсальное устройство размерами 75×75×40 мм с последовательным интерфейсом для подключения к компьютеру.

Система идентификации **MOBY U** предназначена для применения в промышленности и логистике, т. е. там, где необходимы устойчивость к внешним воздействиям, большое расстояние записи/считывания движущегося накопителя, быстрый и надёжный обмен данными и простой ввод в эксплуатацию. В ней использована разрешённая повсеместно частота 2.4 ГГц, а мощность излучения не превышает значений, разрешённых организациями здравоохранения. Дальность связи системы **MOBY U** может устанавливаться от нескольких сантиметров до 3 м. Основные области применения системы **MOBY U**:

- главные сборочные линии на автомобилестроительных предприятиях
- идентификация грузовых автомобилей в автохозяйствах
- идентификация контейнеров и грузоносителей в транспортной логистике и распределении товаров
- системы управления транспортом.



Система **MOBY U** является совершенно новой системой идентификации. В ней использованы достижения современных технологий радиосвязи, что позволяет исключить влияние таких известных в УКВ связи помех, как интерференция, отражение и сверхдальнее распространение радиоволн. Одновременно обеспечивается совместимость с хорошо зарекомендо-

вавшей себя системой MOBY I. Устойчивый к внешним воздействиям корпус и надёжная электроника гарантируют её долговечную эксплуатацию в неблагоприятных условиях производства. Конструкция антенн обеспечивает равномерность распределения электромагнитного поля, и, как следствие, уверенную связь с накопителем при размещении его в самых неблагоприятных местах. Использование специальных способов кодирования обеспечивает безошибочную передачу данных и их целостность. Для этой цели служат методы и алгоритмы, применяемые в технике мобильной связи.

Основные характеристики системы MOBY U:

- частота 2.4 ГГц, дальность связи до 3 м
- активное подавление сверхдальнего излучения
- автоматическое скачкообразное изменение частоты
- равномерно распределённое электромагнитное поле с круговой поляризацией
- возможность одновременной работы с несколькими накопителями (до 12)
- автоматическая синхронизация до трёх устройств записи/считывания
- развитые сервисные функции, обеспечивающие быстрый анализ ошибок
- совместимость в части вызова с системой MOBY I
- широкий выбор накопителей, наличие накопителей, работающих при высокой температуре окружающей среды
- наличие последовательного интерфейса для подключения к другим системам
- портативный пульт (разрабатывается).

**Мобильные накопители данных** служат для хранения данных об основных параметрах изделия, его условиях изготовления и др. В системе MOBY U используются следующие типы накопителей: MDS U313 — универсальный накопитель

для применения на транспорте и в логистике; MDS U524 — универсальный накопитель; MDS U589 — накопитель для изделий, подвергаемых циклическому нагреву до 220 °С, или для других случаев с подобными температурными режимами.

Компактное и недорогое универсальное **устройство записи/считывания SLG U92** со встроенной антенной предназначено для связи с накопителями на расстоянии до 3 м. Благодаря наличию режима автоматической синхронизации, в непосредственной близости друг от друга могут одновременно работать до трёх устройств записи/считывания. Связь между накопителями и устройствами записи/считывания осуществляется в полосе частот от 2.4 до 2.48 ГГц. Это позволяет проводить обмен данными на расстоянии от нескольких сантиметров до трёх метров при мощности излучения менее 10 мВт и обеспечивает скорость передачи до 16 кбайт/с. Путём выбора соответствующей полосы частот, способа модуляции, а также методов контроля достоверности передаваемой информации удалось достичь высокой помехозащищённости связи. Включение электромагнитного поля может осуществляться только на время связи по радиосигналу или от датчика «Vero».

Система идентификации **MOBY V** разработана для использования в замкнутых транспортных системах, таких, как метро или трамвай, где предъявляются высокие требования к надёжности, помехоустойчивости, динамической записи/считыванию, механической защите и др. Основные характеристики системы MOBY V:

- частота 433 МГц, дальность записи/считывания до 700 мм
- диапазон рабочих температур от -25 до 70 °С
- высокая надёжность при работе в условиях загрязнений, колебаний температуры и электромагнитных помех

- простая интеграция в семейство SIMATIC
- возможность подключения к любой из систем (компьютер и др.).



В системе MOBY V применён накопитель MDS V507. Его конструкция позволяет монтировать накопитель непосредственно на транспортном средстве. Основные параметры накопителя:

- ёмкость ОЗУ 32 кбайт
- среднее время наработки на отказ 10<sup>6</sup> часов
- срок службы сменной батареи около 5 лет
- возможность отключения батареи для продления её срока службы
- количество циклов чтения — не ограничено.

Устройство записи/считывания типа SLG 65 обеспечивает считывание данных с накопителя и их передачу (через интерфейсный модуль) в другие системы. Оно имеет прочный корпус, позволяющий монтировать его на подушке железнодорожного полотна. Основные параметры устройства SLG 65:

- скорость считывания данных накопителя около 1 кбайт/с
- излучаемая мощность менее 10 мВт, частота 433 МГц
- напряжение питания от 20 до 30 В, потребляемый ток менее 50 мА
- габариты 315×144×56 мм
- длина линии связи с интерфейсным модулем до 1000 м
- интерфейс RS-422.

*Дополнительная информация о системах идентификации MOBY содер- жится в сети Интернет по адресу: <http://www.ad.siemens.de/moby>*

## ОСЕННИЕ ВЫСТАВКИ В ОДЕССЕ И ХАРЬКОВЕ

Нынешняя осень порадовала нас не только ясными днями и золотым листопадом, но и обилием выставок, тематически связанных с электроникой, электротехникой, энергетикой, информатикой, связью.

Характерно, что проходили эти выставки почти одновременно во многих регионах Украины. И если раньше VD MAIS принимала непосредственное участие, в основном, в киевских выставках, а в региональных — заочное, то в 2001 г. был сделан акцент на участие и в региональных и даже зарубежных выставках. Это, в первую очередь, связано с тем, что в 2001 г. отмечается подъем промышленного производства именно в регионах. В этом выпуске мы остановимся на двух выставках, проходивших в Одессе и Харькове.



Одесса, 19-22 сентября 2001 г.

С 19 по 22 сентября в Одессе проходила выставка-симпозиум «Электроника и энергетика 2001», продемонстрировавшая достижения южного региона Украины в базовых отраслях промышленности — электронике и энергетике. Состав 45 участников выставки очень показателен: 42 — из Украины, 2 — из России, 1 — из Молдовы. Такое превалирующее положение украинских предприятий, представивших на выставке свою продукцию, технический уровень которой соответствует мировым стандартам — свидетельство возрождения промышленности и Украины в целом. Участие в этой специализированной выставке фирмы VD MAIS, представившей широкий спектр компонентов, систем, оборудования и услуг для применения в энергетике, связано именно с тем, что все это может быть востребовано и уже находит применение в новых отечественных разработках. Отрадно отметить, что хотя выставка была региональной по рангу, ее участниками стали предприятия со всей Украины.

Можно сказать, что выставка позволила оценить потенциал южного региона Украины, провести деловые переговоры, а на проведенном в ее рамках симпозиуме намечены пути повышения эффективности энергосистемы Украины.

С 9 по 12 октября в Харьковском спорткомплексе «Политехник» проходили одновременно три специализированные выставки: «Контрольно-измерительные приборы», «Электроника. Информатика. Связь» и «Энергетика. Электротехника. Энергосбережение», по тематике во многом совпадавшие с выставкой в Одессе. Конечно, при всей общности, нельзя не отметить существенные отличия. Харьков — один из самых больших промышленных центров Украины, поэтому естественно, что эти выставки, проводимые уже третий год подряд, привлекли больше участников. Общим же является то, что среди семидесяти участников было только четыре зарубежных. Харьков на выставке был представлен 25-ю предприятиями, Киев — 20-ю.

Участие в выставке приняли также предприятия из Днепропетровска, Донецка, Винницы, Луцка, Мариуполя, Кременчуга, Ивано-Франковска, Запорожья, Кривого Рога и Хмельницкого.

VD MAIS уже во второй раз принимала участие в выставке «Электроника. Информатика. Связь». Вызвано это интересом, проявляемым к представляемой фирмой на украинском рынке продукции, а также ожиданием встреч с новыми деловыми партнерами и постоянными клиентами из Харьковского региона. Особо хочется акцентировать внимание на проведенном VD MAIS в рамках выставки семинаре на тему «Новые интегральные схемы фирмы Analog Devices и особенности их применения», участие в котором приняли 140 специалистов со всей Украины.



Харьков, 9-12 октября 2001 г.

В целом, обе выставки показали, что достигнута цель их проведения: они содействовали продвижению на рынок продукции предприятий-участников, расширению торговых связей, обмену опытом, определению перспективных путей развития и объединению усилий по подъему отечественной промышленности.

**До встреч на новых выставках, уважаемые читатели!**

# НОВЫЙ СИГНАЛЬНЫЙ ПРОЦЕССОР ADSP-21535

ADSP-21535 — первый сигнальный процессор в семействе Blackfin DSPs Analog Devices. В основу процессоров этого семейства положена новая архитектура (Micro Signal Architecture), разработанная совместно фирмами Intel и Analog Devices.

Целью разработки нового сигнального процессора является создание единого устройства для мультимедийных приложений, средств управления и обработки сигналов, а также для средств телекоммуникаций. Структура ядра (рис. 1) ADSP-21535 сочетает особенности SIMD процессора и RISC контроллера. Ядро содержит два 16-разрядных умножителя-аккумулятора, два 32-разрядных АЛУ и одно сдвигающее устройство. Каждый умножитель выполняет умножение 16x16 за один машинный цикл. АЛУ выполняет операции как с 16-разрядными, так и 32-разрядными числами.

ADSP-21535, как и все семейство процессоров Blackfin DSPs, отличается сверхнизким энергопотреблением. Блок управления электропитанием (Dynamic Power Management) задает оптимальную тактовую частоту и напряжение питания ядра с целью минимизации потребляемой мощности. Так, например, в процессе работы тактовая частота может быть снижена до 50 МГц (при номинальной — 300 МГц), а напряжение питания ядра уменьшено до 1.2 В (при номинальном — 1.5 В). Это позволяет увеличить ресурс батарейного питания при использовании процессора в портативных приборах и устройствах не менее, чем на 90%. Сравнительная диаграмма мощности потребления при динамическом управлении электропитанием и без него приведена на рис. 2.

В ADSP-21535, кроме того, предусмотрено четыре режима с пониженным энергопотреблением. В первом режиме тактовый

генератор ядра работает без умножения частоты, во втором — используется только генератор системной тактовой частоты и для ядра, и для периферии, в третьем — отключается ядро процессора, в четвертом — периферийные устройства.

В составе ADSP-21535 широкий набор интерфейсов. Это 32-разрядный PCI-интерфейс с тактовой частотой 33 МГц, USB порт, два последовательных порта SPORT0 и SPORT1, два SPI интерфейса, два UART порта.

Сигнальный процессор ADSP-21535 обеспечен полным комплектом аппаратных и программных отладочных средств, в составе которых эмуляторы фирмы Analog Devices и отладочная среда VisualDSP++, включающая ассемблер,

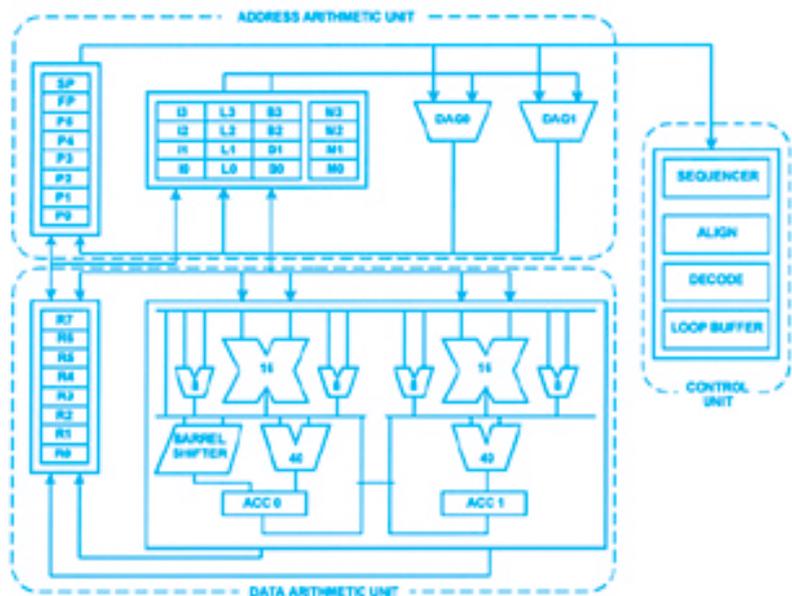


Рис. 1. Структурная схема ядра процессора ADSP-21535

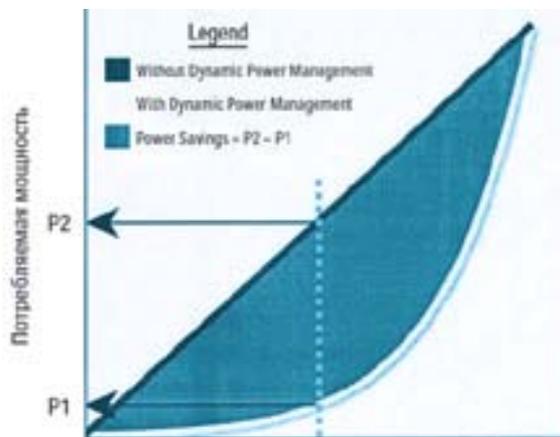


Рис. 2. Сравнительная диаграмма мощности потребления с оптимизацией и без оптимизации режимов работы ADSP-21535

линкер, загрузчик, симулятор и C/C++ компилятор. В составе аппаратных средств, кроме того, имеется оценочная плата ADSP-21535 EZ-Kit.

Основное назначение сигнального процессора ADSP-21535:

- автомобильная электроника
- офисные и домашние сети
- цифровая обработка изображений
- навигационные системы
- персональные цифровые ассистенты
- видеоконференции
- интернет-телефония.