

**ЭЛЕКТРОННЫЕ  
КОМПОНЕНТЫ  
И СИСТЕМЫ**

2001 август № 8 (48)

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 KB № 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 22.08.2001

Формат 60×84/8

Тираж 1000 экз.

Зак. № 108-153-1005

**СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ**

Особенности архитектуры сигнальных процессоров .....	3
Элементная база портативных устройств .....	12

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ ФИРМЫ ANALOG DEVICES**

Аналого-цифровые преобразователи .....	15
--	----

**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И СВЯЗЬ**

Распознавание речи в портативных устройствах .....	35
--	----

**КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ**

Гальваническая развязка в измерительных системах .....	36
Источник опорного напряжения синусоидальной формы с синхронизацией от сети .....	38
Конденсаторный уровнемер с однопроводной линией связи .....	39
Простая схема усилителя с программируемым коэффициентом усиления .....	39
Внимание разработчиков авиационной, ракетно-космической и военной техники! .....	40

**СЕМИНАРЫ И ВЫСТАВКИ** ..... 41**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

Датчики температуры с цифровым выходом .....	42
DC/DC преобразователи фирмы Texas Instruments .....	42
КМОП АЦП гигагерцового диапазона .....	43
Сигма-дельта АЦП с высоким разрешением .....	44
Быстродействующий 14-разрядный АЦП с низким потреблением .....	44
Сигнальный процессор с микропотреблением .....	44
АЦП с одновременной выборкой .....	45
Микроконтроллеры с ядром 8051 в корпусе минимальных размеров .....	46
Микроконтроллер с ядром 8051 производительностью 50 MIPS .....	46
Новый микропроцессор фирмы Intel для карманных компьютеров .....	46
ITANIUM — новый 64-разрядный микропроцессор фирмы Intel .....	47
Быстродействующий компаратор .....	47

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИЗДЕЛИЯ**

32-канальный 14-разрядный ЦАП .....	48
-------------------------------------	----

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

**DSPs AND MICROCONTROLLERS**

DSPs Architecture Features .....	3
Integrated Circuits for Portable Devices .....	12

**THE ANALOG DEVICES SOLUTIONS BULLETIN**

Analog-to-Digital Converters .....	15
------------------------------------	----

**COMMUNICATIONS**

Speech Recognition in Portable Devices .....	35
--	----

**CONTROL AND AUTOMATION**

Isolation Techniques for Data-Acquisition Systems .....	36
Sine Reference Is Synchronous with AC Line .....	38
One-Wire Bus Powers Water Level Sensor .....	39
Simple Low Cost PGA .....	39
For Designers of Aviation, Missile, Space and Military Equipment .....	40

**SEMINARS AND EXHIBITIONS** ..... 41**NEWS BRIEFS**

Temperature Sensors with Digital Output .....	42
Texas Instruments' DC/DC Converters .....	42
CMOS ADCs Surge Past 1 GHz .....	43
High-Resolution $\Sigma$ - $\Delta$ ADC .....	44
High-Speed 14-Bit ADC with Low Consumption .....	44
DSP with Lowest Consumption .....	44
ADCs with Simultaneous Sampling .....	45
8051-Based 8-Bit Micromicrocontrollers Provide a Small Footprint .....	46
8051-Based Microcontroller Achieves 50 MIPS at 50 MHz .....	46
Intel Has New Chip Design for Pocket PCs .....	46
The ITANIUM Platform Lands Its First Computing Systems .....	47
High-Speed Comparator .....	47

**PERSPECTIVE PRODUCTS**

The First 32-Channel, 14-Bit Resolution DAC .....	48
---	----

**ELECTRONIC COMPONENTS AND SYSTEMS**

August 2001 No 8 (48)

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

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

## ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ

*Сигнальные процессоры — ключевое звено систем цифровой обработки сигналов, предназначенных для применения в средствах телекоммуникаций, медицинской и измерительной аппаратуре и многих других устройствах. Сигнальные процессоры по сравнению с микроконтроллерами и универсальными микропроцессорами обладают рядом существенных преимуществ, которые делают их незаменимыми при реализации систем, предназначенных для обработки сигналов в реальном времени. Статья знакомит с особенностями архитектуры сигнальных процессоров и ее отличиями от архитектуры универсальных микропроцессоров и микроконтроллеров.*

**В. Охрименко**

Цифровые сигнальные процессоры, как уже определено в самом названии, предназначены, прежде всего, для высокоэффективной обработки сигналов, представленных в цифровом виде. При этом обработка сигналов во многих случаях выполняется в реальном масштабе времени. В настоящее время существует большое количество типов вычислительных устройств, предназначенных для цифровой обработки сигналов. Это и универсальные микропроцессоры, и специализированные устройства на базе программируемой логики (FPGA), и заказные интегральные микросхемы (ASICs), и программируемые сигнальные процессоры. Последние представляют особый класс вычислительных устройств с оптимизированной для цифровой обработки сигналов архитектурой, обладающих рядом неоспоримых достоинств по сравнению с другими перечисленными устройствами. В первую очередь, это возможность простой модификации законченных изделий, а также низкая стоимость по сравнению с непомерно высокой стоимостью заказных микросхем (что особенно ощутимо при малых сериях). В большинстве случаев сигнальные процессоры имеют наиболее оптимальное соотношение быстродействия, стоимости и энергопотребления. Немаловажным фактором является снижение риска и сокращение сроков разработки устройств на их базе по сравнению, к примеру, с заказными микросхемами. Развитие архитектуры сигнальных процессоров происходило эволюционным путем, но главной целью всех усовершенствований и модификаций архитектуры было уменьшение времени обработки, что и позволило, в конечном счете, появиться современным средствам телекоммуникаций.

В 1982 г. был создан первый однокристалльный программируемый сигнальный процессор TMS32010 (Texas Instruments). Появление специализированного процессора для обработки сигналов было вызвано, с одной стороны, низкой эффективностью традиционных универсальных микропроцессоров, а с другой — их

большой избыточностью для решения задач обработки сигналов. Вскоре о производстве сигнальных процессоров заявили и другие фирмы — Motorola, Analog Devices, AT&T (Lucent Technologies), которым в настоящее время (включая и Texas Instruments) принадлежит примерно 95 % мирового рынка сигнальных процессоров. Первые сигнальные процессоры были реализованы на базе 1.2 мкм технологии и в большинстве случаев создавались для специализированных применений.

Бурное развитие телекоммуникационных сетей, которые немыслимы без цифровой обработки сигналов, послужило мощным стимулом для увеличения выпуска сигнальных процессоров. По мере развития технологии, усовершенствования архитектуры и сокращения стоимости расширялся спектр применения сигнальных процессоров и сегодня их можно встретить во всех сферах человеческой деятельности, в которых необходима высокопроизводительная цифровая обработка сигналов.

Уже в первом TMS32010 были реализованы архитектурные решения, которые и по настоящее время свойственны только сигнальным процессорам, что и отличает их от универсальных микропроцессоров и микроконтроллеров. В последние годы произошло существенное усовершенствование архитектуры микроконтроллеров и универсальных микропроцессоров, в результате чего исчезли первоначально четко обозначенные различия между архитектурой сигнальных процессоров и микропроцессоров. При этом необходимо отметить, что некоторые особенности сигнальных процессоров реализованы в архитектуре современных микропроцессоров и микроконтроллеров (гарвардская архитектура, аппаратный умножитель, способы адресации, организация памяти), но не наоборот. Но, тем не менее, и в настоящее время архитектура сигнальных процессоров имеет ярко выраженные отличия от архитектуры микропроцессоров и микроконтроллеров [1-10].

Наиболее часто повторяющиеся операции при реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов — вычисление суммы произведений. Подобные операции лежат в основе алгоритмов вычисления свертки, дискретного преобразования Фурье (ДПФ-ДПТ), реализации цифровых фильтров (рис. 1), а также при решении других приложений цифровой обработки сигналов. В обычных же задачах, решаемых с помощью универсальных микропроцессоров, доля подобного рода вычислений занимает примерно 1 % общего времени вычислений [1, 2]. По этой причине, а так-

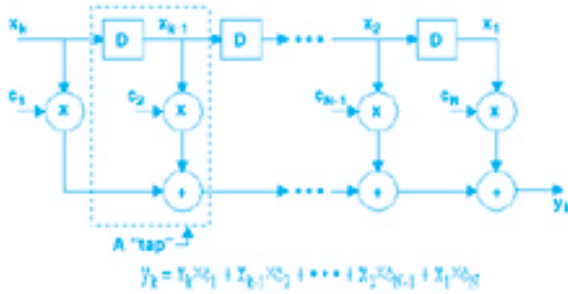


Рис. 1. Структурная схема КИХ-фильтра

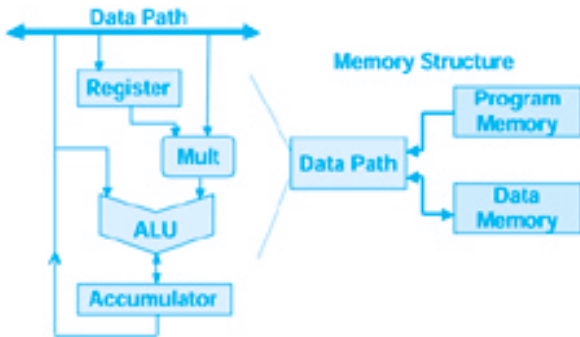


Рис. 2. Архитектура TMS32010

же для того, чтобы не увеличивать стоимость, в ранних моделях микропроцессоров в их архитектуру не включался аппаратный умножитель (сложное самостоятельное устройство), а операции умножения выполнялись на программном уровне (с помощью последовательных операций сдвига и сложения). Однако уже в первом программируемом сигнальном процессоре TMS32010 был реализован аппаратный умножитель, выполняющий операции умножения в течение одного машинного цикла (рис. 2).

Поскольку быстрый аппаратный умножитель — залог высокой производительности сигнальных процессоров при выполнении алгоритмов цифровой обработки сигналов, архитектура всех сигнальных процессоров содержит, по крайней мере, один умножитель или комбинированный умножитель/аккумулятор (MAC), который позволяет выполнять операции умножения с накоплением в течение одного машинного цикла. Чтобы ускорить процесс вычислений, ядро сигнальных процессоров содержит несколько арифметических устройств, выполняющих операции одновременно. Кроме MAC, это арифметико-логическое устройство (ALU) и устройство сдвига. В DSP16xxx и в новых TMS320C55x реализовано два умножителя.

Для выполнения в блоке MAC операций умножения в течение одного цикла необходимо также иметь возможность в течение одного цикла выбирать инструкцию и, по крайней мере, два операнда или один операнд и коэффициент (см. рис. 1). Поэтому для дальней-

шего повышения быстродействия необходимо обеспечить большую скорость обмена данными с памятью. Универсальные микропроцессоры для массовых применений реализованы на базе классической фон-неймановской архитектуры с общим адресным пространством для хранения данных и инструкций (и соответственно одной шиной адреса и одной шиной данных). Поэтому вначале требуется выбрать инструкцию, декодировать ее, затем выбрать данные (операнды) и лишь после всего этого выполнить требуемые вычисления (кроме того, предполагается, что один операнд расположен в памяти, а другой — во внутреннем регистре). Подобный порядок действий, естественно, занимает много времени. Уже в первом TMS32010 была реализована гарвардская архитектура (как и во всех современных сигнальных процессорах) с независимыми шинами для доступа к данным и инструкциям. В этом случае выборка инструкций и данных выполняется одновременно из разных блоков (банков) памяти, что повышает общую скорость вычислений. Общий подход, заключающийся в использовании нескольких блоков памяти, каждый из которых имеет отдельную шину адреса и данных, нашел применение в последующих модификациях сигнальных процессоров. Большинство современных сигнальных процессоров построено на базе модифицированной гарвардской архитектуры (одна шина программ и две шины данных), что позволяет одновременно выбирать инструкцию и два операнда из памяти. В новых TMS320C55x реализованы три шины выборки данных, две шины записи данных, а кроме того, 32-разрядная шина для выборки инструкций и 24-разрядная программная адресная шина.

Хотя для реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов требуются огромные объемы вычислений, как правило, отдельные фрагменты вычислений относительно просты, а программы сравнительно коротки и часто повторяются. Эти обстоятельства дают возможность, во-первых, разместить программу непосредственно во встроенной памяти типа RAM или ROM, что соответственно уменьшает время, затрачиваемое на обмен данными с внешней памятью, а, во-вторых, для размещения повторяющихся подпрограмм использовать кэш-память программ, что позволяет использовать шину программ для пересылки данных. Кроме памяти программ в сигнальных процессорах обязательно имеется память данных (RAM). Память типа RAM и ROM обычно также реализована в однокристальных микро-ЭВМ, но это сделано скорее для снижения стоимости системы, чем для повышения производительности. В современных высокопроизводительных универсальных микропроцессорах в качестве буфера между основной внешней памятью и процессорным ядром обязательно реализована развитая система кэш-памяти (например, семейство Pentium), но от-



существует память программ типа ROM или RAM. Во многих современных сигнальных процессорах (ADSP-21060/21160, TMS320C6000 и других) реализована встроенная кэш-память.

При цифровой обработке сигналов приходится обрабатывать большие массивы данных. В таких случаях на вычисление адреса может затрачиваться больше времени, чем на непосредственные операции с выбранными операндами. К примеру, в хорошо известном микропроцессоре 8086 вычисление адреса может выполняться за 5-12 тактов, хотя непосредственно операции занимают в среднем 3 такта [1]. В сигнальных процессорах высокая скорость обмена с памятью достигается не только за счет нескольких шин данных и блоков встроенной памяти, но и благодаря развитой системе формирования адреса для обращения к памяти. Как правило, в сигнальных процессорах реализована аппаратная поддержка для вычисления адреса — специализированные ALU, которые служат в качестве генератора адреса, что позволяет сократить время, затрачиваемое на вычисление адреса. Процесс доступа к памяти при реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов, в отличие от доступа к памяти при реализации, к примеру, алгоритмов, используемых при обработке баз данных, имеет намного более ярко выраженную (предсказуемую) структуру, что позволяет реализовать адресные генераторы, оптимизированные для доступа к памяти при вычислениях алгоритмов цифровой обработки сигналов. Наиболее часто используемые способы адресации: косвенно-регистровая адресация с пост-инкрементом (широко применяется при реализации КИХ-фильтров) и циклическая адресация (реализация программных буферов FIFO, линий задержек, КИХ-фильтров). В современных микропроцессорах, как правило, также имеется адресный генератор, который в большинстве случаев позволяет инкрементировать или декрементировать адресный указатель на единицу. Адресные генераторы сигнальных процессоров могут оперировать с любым шагом приращения. Естественно, гарвардская архитектура подразумевает существование более чем одного адресного генератора.

Хотя сигнальные процессоры с фиксированной точкой не обеспечивают такую точность, как сигнальные процессоры с плавающей точкой, и обладают определенными недостатками при обработке сигналов с большим динамическим диапазоном, в настоящее время, как бы это на первый взгляд ни казалось странным, в большинстве выпускаемых сигнальных процессоров используется арифметика с фиксированной точкой. Вследствие упрощенной архитектуры по сравнению с процессорами с плавающей точкой сигнальные процессоры с фиксированной точкой имеют меньшее энергопотребление, габариты и, что самое суще-

ственное для большинства применений, меньшую стоимость. По этой причине выпускается сравнительно небольшое количество типов сигнальных процессоров с плавающей точкой.

Стоимость и энергопотребление также в значительной мере зависят от разрядности сигнальных процессоров. Разрядность выпускаемых сигнальных процессоров с фиксированной точкой, как правило, составляет 16 бит, что оказывается вполне достаточным для большинства применений. Чтобы обеспечить большую точность при обработке сигналов (например, высококачественные аудиосистемы) выпускаются 20-, 24- и даже 32-разрядные сигнальные процессоры с фиксированной точкой. Для поддержания большей точности вычислений во многих сигнальных процессорах с фиксированной точкой имеется один или два многоразрядных регистра (аккумулятора), а также программно-аппаратные средства для выполнения сдвигов, округления и контроля за переполнением разрядной сетки.

Кроме особенностей архитектуры собственно процессорного ядра все сигнальные процессоры отличаются от других микропроцессоров развитыми средствами ввода/вывода, поскольку для высокого быстродействия необходимо обеспечить не только высокую производительность процессорного ядра, но и скоростной обмен данными с внешними устройствами (АЦП, модемами, памятью и т. д.). Во всех сигнальных процессорах реализованы скоростные параллельные и последовательные (SPI, MVIP, T1/E1, AC-97 и другие) порты ввода/вывода, через которые с помощью контроллера прямого доступа к памяти осуществляется обмен данными с периферийными устройствами. Кроме того, для придания сигнальным процессорам большей универсальности на их кристалле могут быть интегрированы мощные средства параллельного ввода/вывода, реализующие интерфейсы PCI (Peripheral Component Interconnect) или ISA (Industry Standard Architecture) шин, которые широко применяются в персональных компьютерах. В TMS320C6205 реализован интерфейс шины PCI, в ADSP-2192 — интерфейс шин PCI и ISA, что предоставляет широкие возможности для простой и недорогой реализации встраиваемых в персональные компьютеры систем цифровой обработки сигналов и виртуальных измерительных приборов на базе этих сигнальных процессоров.

Высокая производительность сигнальных процессоров достигается не только за счет специализированной архитектуры процессорного ядра, но и за счет структуры выполняемых инструкций. Традиционно набор инструкций для сигнальных процессоров разрабатывался так, чтобы обеспечить, во-первых, максимальное использование особенностей архитектуры (несколько шин данных, устройство сдвига, несколько



генераторов адреса и т. п.), а, во-вторых, чтобы минимизировать объем памяти, необходимой для хранения DSP-программ, поскольку меньший объем памяти — это, в конечном итоге, сокращение стоимости процессора и системы обработки. Чтобы обеспечить максимальное использование архитектуры, в инструкциях сигнальных процессоров реализуют возможность параллельного выполнения нескольких операций. В сигнальных процессорах с традиционной архитектурой это обычно одна или две выборки операндов из встроенной памяти данных, модификация адресного указателя и собственно выполнение арифметической операции. Уменьшение объема памяти для хранения программ достигается за счет сокращения длины инструкций, а, следовательно, ограничивается набор регистров, с которыми оперируют инструкции, и собственно набор операций (поскольку уменьшается количество разрядов для кодирования операций). В результате сигнальные процессоры с традиционной архитектурой имеют специализированные, сложные и с нерегулярной структурой инструкции, что является недостатком сигнальных процессоров, поскольку это значительно усложняет создание высокоэффективных компиляторов и в большинстве случаев оптимизация прикладного программного обеспечения ложится на плечи программиста. Программистов, создающих программное обеспечение на языках высокого уровня (к примеру, С или С++) для персональных компьютеров на базе Pentium или Power PC, обычно не беспокоят проблемы использования внутренних ресурсов процессора. Программисты, проектирующие программное обеспечение для сигнальных процессоров, зачастую вынуждены пользоваться языком ассемблера. Существуют две основные причины, вследствие которых многие DSP-приложения не создаются на языках высокого уровня. Во-первых, используя большинство популярных языков высокого уровня (таких как С, к примеру), нельзя эффективно описать алгоритмы цифровой обработки сигналов. Вторая причина заключается в том, что при компиляции программ очень сложно учитывать особенности сигнальных процессоров с традиционной архитектурой, в составе которых содержится: несколько блоков встроенной памяти и соответственно несколько шин для доступа к памяти; специализированные вычислительные устройства, требующие специализированных инструкций, большая часть которых имеет нерегулярную структуру. Все это приводит к тому, что генерируемый С компилятором код для сигнальных процессоров малоэффективен, а программистам приходится оптимизировать на языке ассемблера те фрагменты программ, которые должны выполняться с наибольшим быстрым действием.

Все существующие сигнальные процессоры в зависимости от реализованной архитектуры можно услов-

но разделить на:

- сигнальные процессоры с традиционной архитектурой
- сигнальные процессоры с усовершенствованной традиционной архитектурой
- сигнальные процессоры на базе архитектуры, обеспечивающей одновременную выборку нескольких (multi-issue) инструкций, что позволяет реализовать эффективные параллельные вычисления (далее сигнальные процессоры с параллельной архитектурой).

Кроме перечисленных типов сигнальных процессоров представляют также интерес сигнальные процессоры, на базе которых реализуются вычислительные системы типа SIMD (Single Instruction Multiple Data) и MIMD (Multiple Instruction Multiple Data).

Среди сигнальных процессоров с традиционной архитектурой можно выделить недорогие процессоры с относительно невысокой производительностью (тактовая частота 20...50 МГц) и сигнальные процессоры с повышенной производительностью (тактовая частота 100...150 МГц) и, соответственно, большей стоимости.

К первым относятся сигнальные процессоры семейства ADSP-21xx (Analog Devices), DSP560xx (Motorola) и TMS320C2xx (Texas Instruments). Архитектура перечисленных сигнальных процессоров имеет много общего с архитектурой первых сигнальных процессоров, выпускавшихся на начальном этапе развития производства этих устройств. В этих процессорах реализована выборка и выполнение одной инструкции в течение одного машинного такта, а инструкции характеризуются сложной и нерегулярной структурой и кодируются выполнение нескольких операций. Архитектура этих процессоров включает один аппаратный умножитель или блок MAC, ALU, небольшой объем встроенной памяти (RAM и ROM) и несколько дополнительных вспомогательных устройств. Все сигнальные процессоры с традиционной архитектурой вследствие сравнительной простоты характеризуются малым энергопотреблением и применяются главным образом в недорогих средствах телекоммуникаций, портативных измерительных приборах, автоответчиках, цифровых телефонах, приводах дисководов и т. п.

Ко вторым можно отнести сигнальные процессоры DSP563xx фирмы Motorola и TMS320C54x фирмы Texas Instruments, высокая производительность которых определяется не только повышенной тактовой частотой, но и более сложной архитектурой, зачастую включающей большее количество дополнительных вспомогательных устройств (к примеру, TMS320C54x имеет аппаратный блок, ускоряющий реализацию декодера Витерби, блок нормализации данных, многофункциональное устройство сдвига), большой объем встроенной памяти, многоступенчатый конвейер. Набор инструкций этих сигнальных процессоров содер-



жит отдельные специализированные инструкции. Чтобы оценить возможности специализированных инструкций, ниже приведено описание инструкции FIRS, реализованной в TMS320C54x и применяемой в алгоритмах цифровой фильтрации (КИХ-фильтры).

Инструкция FIRS выполняет умножение содержимого аккумулятора АССА (32...16) на содержимое адресуемой ячейки памяти программ и суммирует полученный результат с содержимым аккумулятора АССВ. Одновременно в ALU происходит сложение двух операндов из памяти данных (адреса  $Y_{mem}$  и  $X_{mem}$ ). Результат сложения, предварительно сдвинутый на 16 разрядов влево, загружается в АССА. В следующей итерации адрес операнда из памяти программ инкрементируется на единицу. Обычно инструкция FIRS выполняется в течение трех тактов, но при использовании ее совместно с инструкцией RPT за счет конвейеризации она выполняется за один такт [8].

Сигнальные процессоры, относящиеся ко второму типу процессоров с традиционной архитектурой, имеют сравнительно небольшое энергопотребление и применяются в средствах проводных телекоммуникаций, высокоскоростных модемах и других устройствах, в которых требуются высокая производительность и низкое энергопотребление.

Только повышая тактовую частоту и вводя сравнительно простые дополнительные устройства в процессорное ядро, нельзя обеспечить весомое увеличение быстродействия. Существенно поднять быстродействие можно за счет более эффективной работы процессорного ядра (т. е. в течение одного машинного такта необходимо выполнять несколько сложных операций), что обычно достигается введением дополнительного умножителя и сумматора. Параллельное выполнение одной инструкции в двух идентичных блоках (к примеру, MAC) также позволяет поднять общую производительность процессора. Архитектура сигнальных процессоров, в которых реализуется выполнение увеличенного количества операций в течение одного машинного такта, относится к усовершенствованной традиционной архитектуре. В то же время ее особенностью является не только наличие дополнительных вычислительных устройств в процессорном ядре, но и увеличенная разрядность шин данных, что обеспечивает эффективный обмен операндами между памятью и вычислительными устройствами, а также увеличенная разрядность инструкций, что позволяет кодировать несколько операций. Усложнение архитектуры приводит к росту стоимости и энергопотребления сигнальных процессоров с усовершенствованной традиционной архитектурой. Однако достижения в технологии изготовления позволяют сигнальным процессорам этого типа оставаться наиболее привлекательными по соотношению производительности, стои-

мости, энергопотребления. К сигнальным процессорам с усовершенствованной традиционной архитектурой относятся DSP16xxx (два блока MAC) фирмы Lucent Technologies и ADSP-2116x фирмы Analog Devices. Сигнальные процессоры с усовершенствованной традиционной архитектурой отличаются повышенной производительностью, которая достигается за счет параллельного выполнения нескольких операций в течение каждого машинного такта. Однако использование специализированных вычислительных устройств и, соответственно, набора сложных инструкций приводит к тому, что им присущи те же недостатки, что и сигнальным процессорам с традиционной архитектурой — сложность программирования и проблемы создания эффективного компилятора.

В сигнальных процессорах с параллельной архитектурой предпринята попытка достичь высокой производительности за счет параллельной выборки и выполнения нескольких инструкций в течение одного такта и при этом реализовать простые инструкции, что способствует созданию "дружественного" компилятора. С другой стороны, использование простых инструкций позволяет упростить их декодирование и выполнение, что обеспечивает возможность работы этих процессоров на более высокой тактовой частоте по сравнению с сигнальными процессорами с традиционной и усовершенствованной традиционной архитектурой.

Фирма Texas Instruments в 1997 г. первой заявила о выпуске сигнального процессора (TMS320C6201) с параллельной архитектурой производительностью 1600 MIPS (миллионов инструкций в секунду) при тактовой частоте 200 МГц. Вслед за фирмой Texas Instruments и другие ведущие производители начали выпуск сигнальных процессоров с параллельной архитектурой — Analog Devices (ADSP-21160/61), Motorola (MSC1801/1802 на базе процессорного ядра StarCore 140, разработанного совместно с фирмой Lucent Technologies), Infineon (Carmel DSP).

Реализовать процесс параллельных вычислений в процессорном ядре можно на базе суперскалярной и VLIW (very long instruction word) архитектуры. Основное различие между ними заключается в том, какое устройство (компилятор или сам процессор) осуществляет распределение инструкций между вычислительными блоками для их выполнения. В настоящее время большинство промышленных высокопроизводительных сигнальных процессоров выпускается на базе VLIW архитектуры. Ярким примером реализации этой архитектуры служат сигнальные процессоры семейства TMS320C6000 и сигнальные процессоры MSC1801/1802. Фирма Analog Devices анонсировала новый сигнальный процессор на базе VLIW архитектуры ADSP-TS001M (TigerSHARC), серийный выпуск

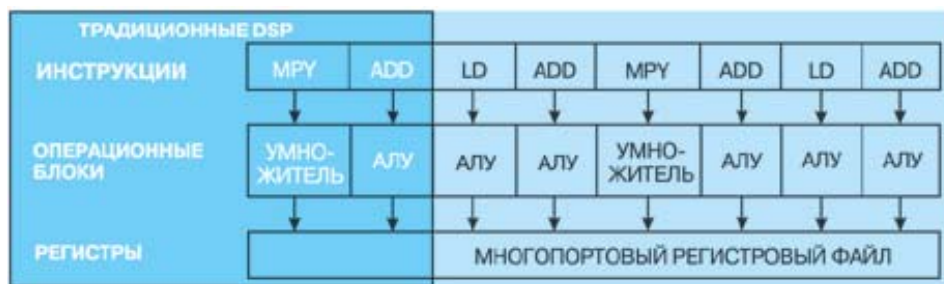


Рис. 3. Структура процессорного ядра с традиционной и VLIW архитектурой

которого планируется освоить в ближайшем будущем. Сигнальные процессоры с VLIW и суперскалярной архитектурой по сравнению с процессорами с усовершенствованной традиционной и тем более традиционной архитектурой содержат намного больше вычислительных устройств, каждое из которых выполняет отдельную инструкцию. Различие между VLIW и традиционной архитектурой наглядно иллюстрирует рис. 3. Сигнальные процессоры с VLIW архитектурой содержат обычно от четырех (MSP1801) до восьми (TMS320C6000) вычислительных устройств (операционных блоков), работа которых поддерживается одновременной выборкой соответствующего количества инструкций, являющихся составной частью одной суперинструкции, что собственно и определяет название архитектуры (very long instruction word — очень длинное командное слово) [2]. К примеру, в TMS320C6000 длина суперинструкции, выбираемой из памяти в течение одного такта, составляет 256 разрядов (восемь 32-разрядных инструкций). В сигнальных процессорах с суперскалярной архитектурой обычно в течение одного такта осуществляется выборка и выполнение от двух до четырех инструкций. Примером суперскалярного сигнального процессора может служить процессор TriCore фирмы Infineon и LSI40xx фирмы LSI Logic Corp. [7, 10].

В сигнальных процессорах с VLIW архитектурой формирование отдельных инструкций в суперинструкцию и выбор инструкций для параллельного выполнения осуществляются компилятором или программистом и, следовательно, сформированная однажды программа (т. е. порядок выполнения отдельных инструкций) не изменяется во время ее выполнения. В суперскалярных процессорах выбор инструкций для параллельного выполнения осуществляется с помощью специальных аппаратных средств, реализованных в процессоре, и зависит от конкретных данных, а, кроме того, при выборе инструкций учитывается возможность возникновения конфликтов между разными вычислительными устройствами в случае одновременного доступа к памяти. Таким образом, программист не при-

нимает участия в планировании параллельных операций. Процессор же каждый раз при формировании инструкций для параллельных операций может изменять общий порядок их выполнения (к примеру, при выполнении циклов порядок выполнения может изменяться в зависимости от номера итерации). Это важное отличие между сигнальными процессорами с VLIW и суперскалярной архитектурой делает весьма проблематичным применение суперскалярных процессоров в системах, реализующих обработку сигналов в реальном времени, поскольку невозможно точно рассчитать время, затрачиваемое на выполнение отдельных сегментов программы, т. к. время выполнения может изменяться в зависимости от загруженности шин данных, от того, какой раз выполняется цикл (первый или последующие) или от задержки обработки в случае прерывания. Измерение времени выполнения с помощью аппаратных средств также не может обеспечить решение этой проблемы, поскольку время выполнения зачастую зависит от многих причин. Использование же для определения общего времени выполнения программы максимального времени, измеренного в худшем случае, что могло бы гарантировать пригодность программы для работы в реальном времени, приводит к тому, что не используются потенциальные возможности быстродействия сигнального процессора. Как правило, при цифровой обработке сигналов в реальном времени стараются избегать суперскалярной обработки и динамически подгружаемой кэш-памяти, т. е. ситуаций, в которых происходит динамическое изменение параметров системы обработки, что, очевидно, и объясняет существование единичных типов сигнальных процессоров с суперскалярной архитектурой [2].

Несмотря на то что отдельные инструкции, используемые во VLIW архитектуре, кодируют всего одну операцию, они отличаются большей разрядностью (в TMS320C6000 используются 32-разрядные инструкции), чем инструкции, используемые в сигнальных процессорах с традиционной архитектурой. Многоразрядные инструкции, применяемые в процессорах с



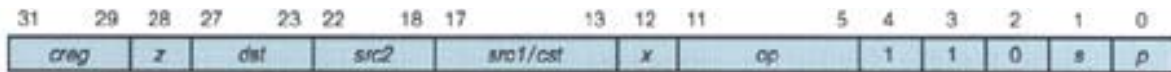


Рис. 4. Формат одной из инструкций TMS320C6000

*creg* — регистр условия, *z* — проверка на ноль, *dst* — регистр приемника, *src* — регистр источника, *op* — код операций, *cst* — константа, *x* — путь обмена, *s* — файл A или B, *p* — признак параллельных инструкций

VLIW архитектурой, позволяют кодировать большее количество регистров, а сами регистры выполнить более унифицированными (тем самым повысить степень их совместимости между собой), а также добиться большей регулярности структуры инструкций, что делает их более пригодными для создания эффективного компилятора. С другой стороны, это приводит к увеличению объема встроенной и внешней памяти программ (ROM и RAM), а также увеличению разрядности шин данных (TMS320C6000 имеет 256-разрядную шину данных) и, как следствие, к увеличению стоимости как микросхем, так и готовых изделий. Формат одной из инструкций, реализованной в TMS320C6000, приведен на рис. 4. Необходимо отметить, что в новом сигнальном процессоре MSC1801 на базе процессорного ядра StarCore реализованы 16-разрядные инструкции, а 128-разрядная шина данных позволяет одновременно выбирать восемь инструкций. Процессорное ядро MSC1801 может одновременно выполнять только шесть инструкций, но некоторые инструкции могут содержать одно или два 16-разрядных слова, используемых в качестве префикса.

Достоинства VLIW и суперскалярной архитектур — высокие производительность и тактовая частота (TMS320C6203 имеет производительность 2400 MIPS при тактовой частоте 300 МГц, MSC1801 — 1200 MIPS при тактовой частоте 300 МГц), а также простые инструкции с регулярной структурой, которые позволяют создавать "дружественные" компиляторы и, тем самым, ускорять разработку прикладного программного обеспечения. Цена, которую приходится платить за высокую производительность — сложность архитектуры, увеличение объема внешней памяти, увеличение габаритов корпуса, энергопотребления и стоимости. Однако, основные сферы применения сигнальных процессоров с параллельной архитектурой — базовые станции радиотелефонной мобильной связи, радары, сонары, многоканальные модемы с уплотнением данных и другие, в которых требуется реализация алгоритмов параллельных вычислений (для чего они собственно и создавались) и нет существенных ограничений по энергопотреблению. Стоимость же подобных систем в пересчете на один канал, ввиду возможности многоканальной обработки, существенно не увеличивается. В то же время усовершенствование технологии позволяет постоянно снижать энергопотребление. Ярким подтверждением этому служит MSC1801, который имеет, по сравнению с другими сигнальными про-

цессорами на базе VLIW архитектуры, пониженное энергопотребление, что позволит использовать его, как считают специалисты, в портативном оборудовании [2].

Другим примером может служить новый сигнальный процессор TMS320C5510 (Texas Instruments) с VLIW-подобной архитектурой (в течение одного цикла выполняются две инструкции), который при производительности 320 MIPS (тактовая частота 160 МГц) имеет беспрецедентно низкую мощность потребления (0.05 мВт/MIPS), что и послужило причиной признания TMS320C55x лучшим сигнальным процессором 2000 г. [3, 10].

На базе архитектур, которые реализованы в настоящее время в современных сигнальных процессорах, можно осуществить принцип параллельной обработки типа SIMD, т. е. один поток команд — много потоков данных. В SIMD системах инструкции, выбираемые управляющим устройством, передаются одновременно множеству вычислительных устройств с одинаковой структурой и все устройства параллельно выполняют одну и ту же операцию. Реализация подобных систем позволяет значительно поднять скорость вычислений при обработке векторных данных (цифровая обработка сигналов в средствах мультимедиа), а также при идентичной многоканальной обработке и в других приложениях цифровой обработки сигналов. Фирма Analog Devices на базе 32-разрядного сигнального процессора с плавающей точкой ADSP-21060 (традиционная архитектура) реализовала принцип SIMD в процессорах ADSP-21060/61, которые от своих предшественников отличаются главным образом дополнительным полнофункциональным вычислительным устройством. Процессорное ядро ADSP-21060/61 содержит два независимых вычислительных устройства, каждое из которых включает ALU, умножитель, устройство циклического сдвига и регистровый файл, что позволяет выполнять параллельную обработку потоков данных (рис. 5).



Рис. 5. Структурная схема параллельной обработки типа SIMD

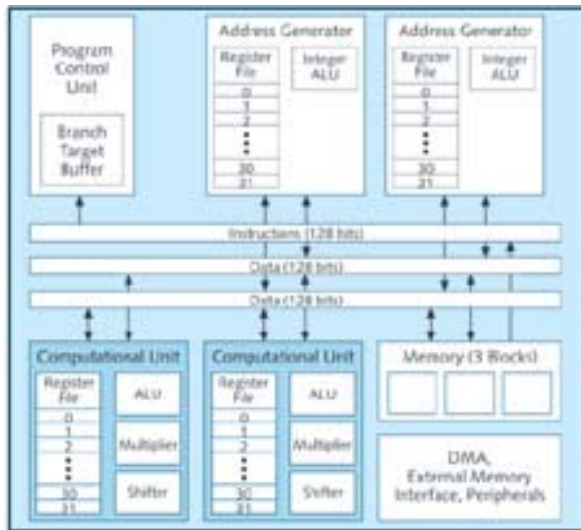


Рис. 6. Структурная схема TigerSHARC



Рис. 7. Форматы представления данных в вычислительных устройствах TigerSHARC

Продолжая развивать принцип параллельной обработки, фирма Analog Devices в своих новых сигнальных процессорах TigerSHARC (рис. 6) не пошла по пути простого наращивания дополнительных вычислительных устройств, а реализовала возможность логического расщепления (разделения) существующих 32-разрядных блоков ALU и MAC на отдельные блоки, что позволяет представлять 32-разрядное слово данных как два 16-разрядных или четыре 8-разрядных операнда (рис. 7) [9]. В процессоре TigerSHARC, построенном на базе VLIW архитектуры, реализовано по сути два типа параллельной обработки SIMD. С одной стороны, одна инструкция может управлять выполнением операций в двух независимых вычислительных устройствах. С другой, в инструкциях реализована возможность логического расщепления блоков ALU и MAC в каждом из вычислительных устройств, что позволяет выполнять параллельно несколько операций в одном блоке. В сигнальном процессоре TigerSHARC предусмотрена возможность одновременного выполнения восьми операций умножения 16-разрядных операндов с фиксированной точкой [4, 9].

Необходимо отметить, что реализовать параллельную обработку типа SIMD нельзя без программы, составленной специальным образом, и без участия программиста, который должен адаптировать алгоритм для параллельной обработки и следить за размещением данных в памяти. В противном случае не уда-

ется воспользоваться всеми ресурсами сигнального процессора, а, следовательно, и достичь желаемого быстродействия.

Одна из основных целей, которая ставилась при разработке даже первых сигнальных процессоров, — выполнение вычислений в реальном масштабе времени. Но поскольку для реализации алгоритмов цифровой обработки требуется производить огромные объемы вычислений, мощности одного процессора оказывается недостаточно. В универсальных микропроцессорах реализована архитектура, которая поддерживает обмен данными по одной внешней шине, и все устройства (память, устройства ввода/вывода и т. п.) подсоединены к одной шине адреса и данных. Подобная организация системы вполне адекватна алгоритмам, применяемым при решении задач на базе универсальных микропроцессоров. В случае увеличения количества процессоров, объединенных для обмена данными с общей памятью, ограничивается суммарная скорость обмена между процессорами и общая производительность такой мультипроцессорной системы по этой причине не растет пропорционально увеличению количества процессоров. В то же время при параллельных вычислениях (системы MIMD), которые свойственны многим алгоритмам цифровой обработки сигналов, требуется интенсивный обмен данными между процессорами. Поскольку трудно создать эффективную мультипроцессорную систему, в которой обмен данными осуществляется через общую память, в современных сигнальных процессорах, предназначенных для мультипроцессорной обработки сигналов, реализованы коммуникационные Link-порты (ADSP-21060/21160) или COM-порты (TMS320C4x). В ADSP-21060 имеется шесть 4-разрядных Link-портов, в ADSP-21160 — шесть 8-разрядных Link-портов, в TMS320C4x — шесть 8-разрядных COM-портов. Коммуникационные порты, поддерживающие скоростной обмен данными (максимальная скорость обмена данными через шесть Link-портов в ADSP-21060 составляет 240 Мбайт/с, а в ADSP-21160 — 600 Мбайт/с), служат мощнейшим средством для построения различных мультипроцессорных структур.

В таблице приведена классификация и особенности некоторых типов сигнальных процессоров, выпускаемых ведущими мировыми производителями [10].

В заключение необходимо отметить, что современные универсальные микропроцессоры типа Pentium или Power PC во многих случаях при цифровой обработке сигналов в DSP приложениях обеспечивают производительность, сравнимую и даже более высокую, чем производительность некоторых современных сигнальных процессоров. Причина этого заключается, во-первых, в том, что зачастую универсальные микропроцессоры имеют тактовую частоту выше, чем сиг-

## Классификация и особенности сигнальных процессоров

Производитель	Тип процессора	Тип архитектуры	Год анонсирования	Особенности
Analog Devices	ADSP-21xx	Традиционная	1986	Недорогой сигнальный процессор для применения в недорогих устройствах
	ADSP-2106x	Традиционная	1994	Сигнальный процессор с плавающей точкой для применения в военной технике, а также для обработки аудио- и видеосигналов
	ADSP-2116x	Усовершенствованная традиционная	1998	Усовершенствованный ADSP-2106x с возможностью обработки типа SIMD
	TigerSHARC	VLIW	1998	Комбинация VLIW архитектуры и SIMD обработки. Применение в средствах телекоммуникаций
LSI Logic Corp.	LSI40xx	Суперскалярная	2000	Один из немногих промышленных суперскалярных сигнальных процессоров.
Motorola	DSP563xx	Традиционная	1995	Недорогой сигнальный процессор для широкого спектра применений
	StarCore SC140	VLIW	1999	Высокопроизводительный сигнальный процессор для применения в средствах телекоммуникаций
Texas Instruments	TMS320C54x	Традиционная	1995	Недорогой, экономичный сигнальный процессор. Широко используется в мобильных телефонах
	TMS320C55x	VLIW-подобная	2000	Усовершенствованный TMS320C54x. В течение одного цикла выполняет две инструкции
	TMS320C62x	VLIW	1997	Первый промышленный сигнальный процессор на базе VLIW архитектуры. Применяется в средствах телекоммуникаций
	TMS320C64x	VLIW	2000	Усовершенствованный TMS320C62x с возможностью SIMD обработки

нальные процессоры (максимальная тактовая частота Pentium III и Pentium 4 составляет 1.2...1.5 ГГц), а, во-вторых, за счет условного расщепления многозарядных ALU и регистров можно реализовать параллельную обработку данных типа SIMD (64-разрядные ALU позволяют выполнять четыре операции с 16-разрядными данными или восемь — с 8-разрядными), что поддерживается специализированными инструкциями (процессоры Pentium с расширением MMX и SSE). Однако в настоящее время при реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов в реальном масштабе времени только сигнальные процессоры обеспечивают самое оптимальное соотношение основных параметров: производительность, энергопотребление, стоимость. Кроме того, суперскалярная архитектура, присущая многим современным универсальным микропроцессорам, ограничивает их применение в системах, предназначенных для обработки сигналов в реальном масштабе времени [2]. Основные принципы, на базе которых последние годы происходило усовершенствование архитектуры сигнальных процессоров, остаются неизменными и сегодня: увеличение производительности; уменьшение энергопотребления; уменьшение используемого для вычисления объема памяти; сокращение стоимости; реализация инструкций, кото-

рые позволили бы создать высокоэффективный компилятор, что особенно важно, учитывая возрастающую потребность в программах для DSP приложений.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Digital Signal Processors vs. Universal Microprocessors. — Texas Instruments, 1999 (<http://www.ti.com>).
2. The Evolution of DSP Processors. — BDTI, 2000.
3. <http://www.mdronline.com/awards2000/award-summary.html>
4. Mixed-Signal and DSP Design Techniques. — Analog Devices, 2000.
5. Inside the StarCore SC140. — BDTI, 2000.
6. CARMEL™ DSP Product Overview. — Infineon, 2000.
7. Understanding the New DSP Processor Architectures. — BDTI, 1999.
8. TMS320C54x. User's Guide. — Texas Instruments, 1997.
9. TigerSHARC Sink Teeth Into VLIW//Microprocessor report. Vol. 12. December 7, 1998.
10. The Digital Signal Processor Derby. — IEEE Spectrum, June 2001.



## ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ПОРТАТИВНЫХ УСТРОЙСТВ

Одним из основных направлений современной микроэлектроники является разработка и производство "холодных кристаллов" (cool chips). Появление таких кристаллов привело к созданию широкого класса портативных устройств, таких как мобильные телефоны, портативные измерительные и медицинские приборы, карманные компьютеры и т. п. Особенности этого направления изложены в приведенной ниже статье.

**В. Романов**

Прогресс в области микроэлектроники позволил существенно уменьшить размеры и потребляемую мощность средств информатики и вычислительной техники. На рис. 1 показано, как уменьшились габариты компьютеров, мобильных телефонов, видеотехники, калькуляторов за последние 30 лет [1]. Так, например, первый электронный калькулятор фирмы Sharp, выпу-

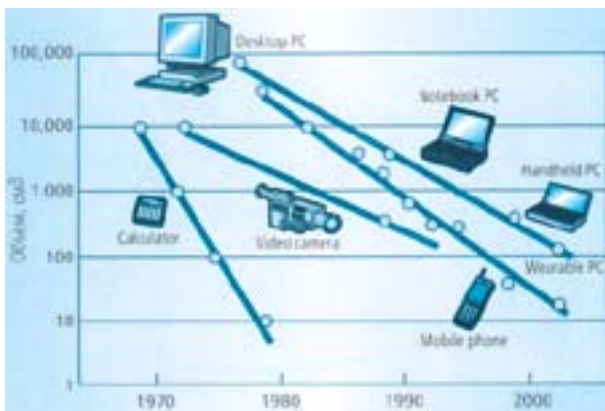


Рис. 1. Диаграмма изменения размеров средств информатики за последние 30 лет

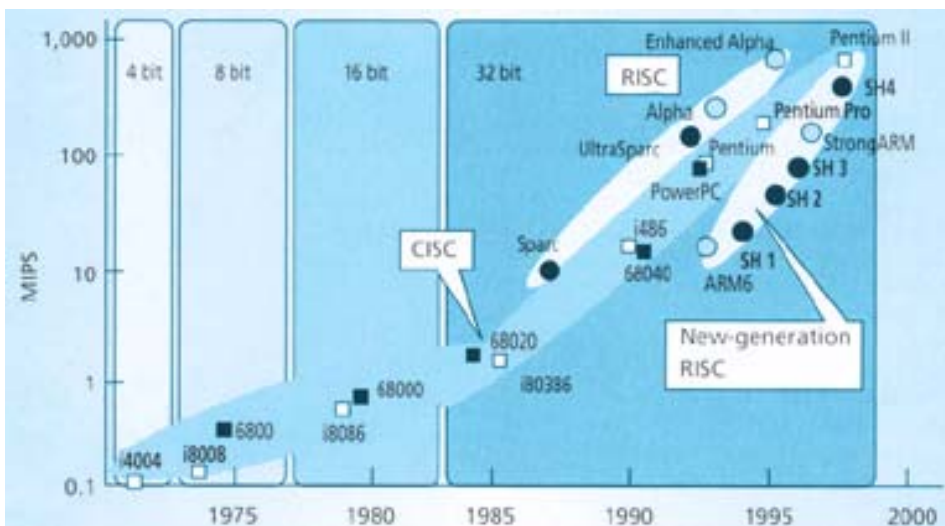


Рис. 2. Диаграмма развития микропроцессоров

щенный в 1964 году, имел объем 70 000 см<sup>3</sup>, стоил \$ 5000 и потреблял 100 Вт. Через двадцать лет калькулятор с такими же функциями занимал объем 3 см<sup>3</sup>, стоил \$ 10 и потреблял несколько милливатт. Настольный компьютер восьмидесятых годов занимал объем 60 000 см<sup>3</sup>, стоил несколько тысяч долларов. Потребление такого компьютера

составляло несколько сот ватт, а производительность не превышала 1 MIPS. Современный ПК помещается в объеме 20 000 см<sup>3</sup>, стоит около \$ 2000, потребляет менее 100 Вт и имеет производительность 1000 MIPS. Таким образом, к основным тенденциям развития средств информатики и вычислительной техники можно отнести повышение производительности, уменьшение габаритов, снижение стоимости и потребляемой мощности. Снижение потребляемой мощности обеспечивается за счет применения субмикронных технологий и, соответственно, уменьшения уровня напряжения питания. Напряжение питания современных ИМС, выполненных на основе субмикронных технологий, находится в пределах от 1.5 до 1.8 В. По прогнозам специалистов к 2005 году напряжение питания ИМС будет доведено до 0.9 В, а к 2008 г. — до 0.6 В. Кроме технологического существует архитектурное направление снижения потребляемой мощности. Это направление характерно для ИМС процессоров и контроллеров. На рис. 2 показана эволюция процессоров с учетом роста производительности и уменьшения потребляемой мощности [1]. Как следует из рис. 2, в середине восьмидесятых появляются более экономичные процессоры с RISC архитектурой. Новое поколение RISC процессоров, которое появилось в середине девяностых, обладает максимальным показателем производительность/потребление или MIPS/Вт. К таким процессорам относятся ARM6, StrongARM, SH1, SH2, SH3 и SH4.

Появление высокоскоростных экономичных процессоров привело к созданию нового класса портативных компьютеров — так называемых Pocket PCs или карманных компьютеров. В от-

т-

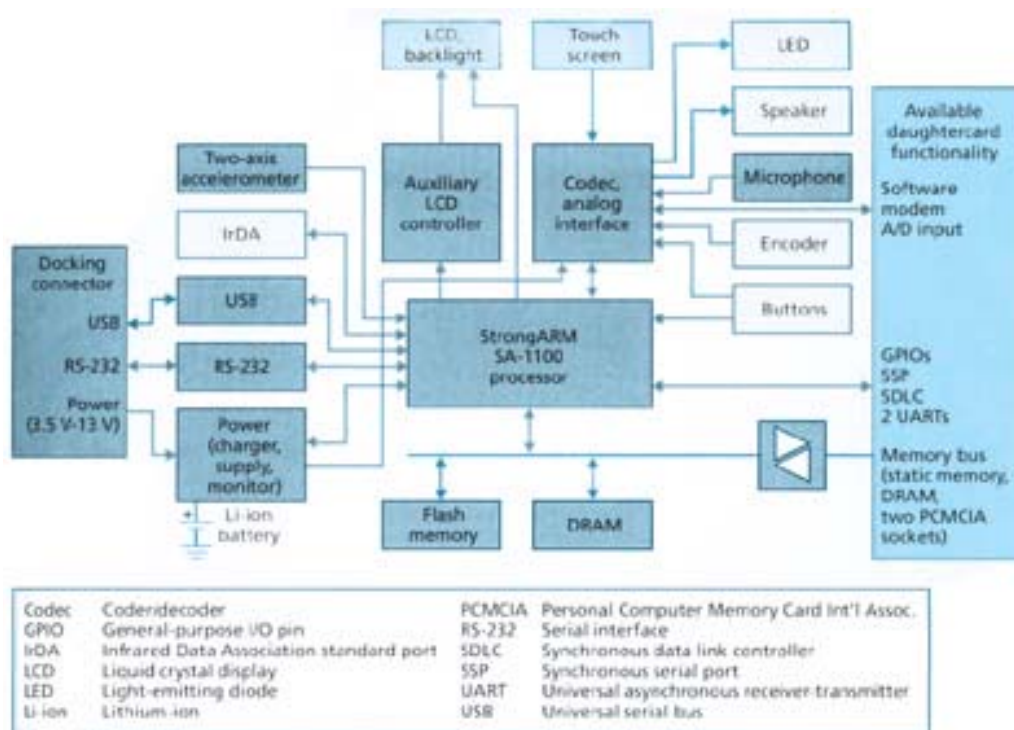


Рис. 3. Структурная схема карманного ПК

личие от персональных цифровых помощников (PDA), карманные компьютеры по своим функциям приближаются к настольным ПК. Рассмотрим особенности Pocket PCs на примере карманного компьютера типа Itsy v2 фирмы Compaq Computer Corp. Структурная схема Itsy v2 приведена на рис. 3 [2]. Основные параметры этого компьютера представлены в табл. 1.

В качестве процессора карманного ПК выбран 32-разрядный StrongARM SA-1100 — микропроцессор фирмы Intel, отличающийся низким потреблением. В то же время по вычислительной мощности этот процессор сравним с процессорами настольных компьютеров. Процессор StrongARM позволяет устанавливать требуемую тактовую частоту, исходя из заданной

Таблица 1. Параметры Itsy v2

Процессор	StrongARM SA-1100 (59-191 МГц)
DRAM	32 Мбайта, 50 нс
Flash	32 Мбайта, 90 нс
Напряжение питания ядра процессора, В	1.5 или 1.23
Напряжение питания ПК, В	3.05
ЖК дисплей	320×320 пикселей, 15 уровней серого
Источник питания	ионно-литиевый аккумулятор, 2.2 Вт×час
Габариты ПК, мм	118×65×15
Вес, г	130

ных приборов, в том числе и карманных компьютеров, является малый ресурс батарейного питания. Оценка этого ресурса в зависимости от режимов работы карманного ПК Itsy v2 приведена в табл. 2.

Чтобы увеличить ресурс батарейного питания, необходимо использовать специальные ИМС для управления электропитанием (Power Management ICs). Подобные микросхемы имеются в программах фирм Texas Instruments, Analog Devices, Motorola и др. В состав таких микросхем входят линейные стабилизаторы с минимальным падением напряжения на регулирующем транзисторе (LDO), контроллеры зарядных устройств, зарядные устройства и др. На рис. 4 в качестве примера приведена схема ИМС ADP3408 фирмы Analog Devices [3], включающая четыре линейных стабилизатора, контроллер для управления подзарядкой Li<sup>+</sup>/NiMH аккумуляторов, повышающий преобразователь для питания модулей памяти, зарядное устройство для LiMg-Ion аккумуляторов. Собственное потребление микросхемы в рабочем режиме не превышает 220 мкА.

Схема ИМС зарядного устройства ADP3820 фирмы Analog Devices приведена на рис. 5. Микросхема предназначена для подзарядки Li-Ion аккумуляторов. Ток заряда программируется, предусмотрена защита от перегрузок внешнего транзистора. При отсоединенном источнике напряжения заряда предусмотрена защита аккумулятора от разряда током утечки. Мик-

мощности потребления, имеет несколько режимов ожидания и режим покоя, в котором работают только часы реального времени.

Динамическая RAM-память выполнена в четырех, а Flash-память — в восьми корпусах типа микробGA.

В составе ПК линейный стабилизатор для аналоговых и импульсный стабилизатор для цифровых цепей.

Основным недостатком современных портатив-



Таблица 2. Мощность потребления ПК Itsy v2 в зависимости от режима работы

Режим работы	Тактовая частота, МГц	Степень занятости процессора, %	Мощность потребления, мВт	Ресурс батарейного питания, часы
Режим покоя	-	-	4.58	500.0
"Спящий" режим	-	-	7.40	308.5
"Спящий" режим DRAM	-	-	10.6	215.0
"Спящий" режим (статическое изображение на ЖК дисплее)	-	-	26.2	87.0
Режим ожидания	59	5	69.5	32.3
Режим ожидания	206	5	101	22.0
Прогон аудиофайлов	59	17	278	7.75
Прогон аудиофайлов	206	7	310	6.88
Звуковое воспроизведение текста	74	99	397	5.35
Звуковое воспроизведение текста	206	47	401	5.29
Запись речевых сообщений	206	99	757	2.67
Прогон аудио/видео файлов	206	84	821	2.42
Режим ожидания при минимальном $U_n$ ядра	59	5	55.4	40.6
Звуковое воспроизведение текста при минимальном $U_n$ ядра	74	99	352	6.11

росхемы ADP3408 и ADP3820 предназначены для использования в мобильных телефонах, портативных компьютерах, в том числе карманных, медицинской аппаратуре и т. п.

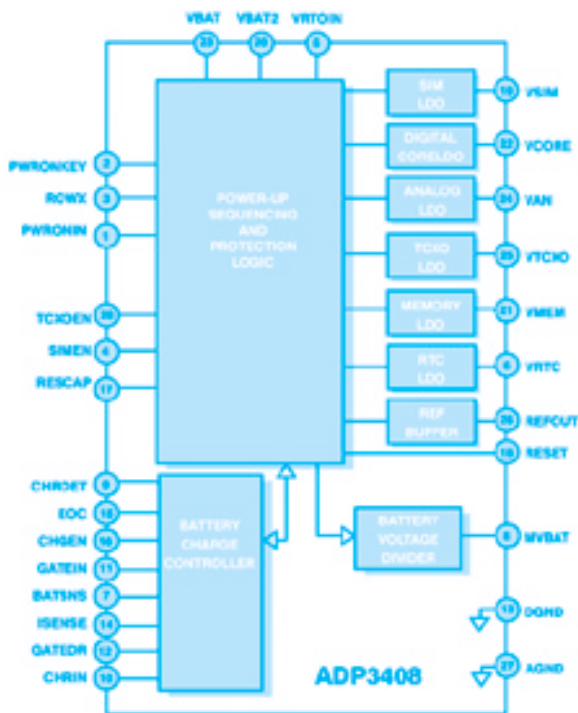


Рис. 4. Схема линейного стабилизатора ADP3408

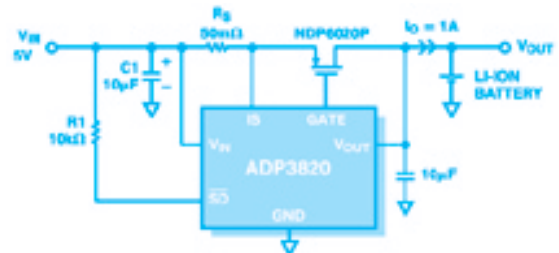


Рис. 5. Схема зарядного устройства ADP3820

В заключение отметим, что разработка новых "холодных кристаллов" не только способствует расширению производства портативных устройств, но и позволяет в целом экономить потребление электроэнергии. В США на услуги Интернет расходуется 8 % всей производимой электроэнергии.

Поэтому принцип "чем холодней микросхемы, тем они лучше" становится определяющим для микроэлектроники XXI века.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Tsugio Makimoto, Kazuhiko Eguchi, Mitsugu Yoneyama. The Cooler the Better: New Directions in the Nomadic Age//Computer, April, 2001.
2. William R. Hamburgren, Deborah A. Wallach, Marc A. Viredaz, ets. Itsy: Stretching the Bounds of Mobile Computing//Computer, April, 2001.
3. 3 V and Low-Power Solutions. — The Analog Devices Solution Bulletin. March, 2001.



## Аналого-цифровые преобразователи

Апрель 2001

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ ФИРМЫ ANALOG DEVICES

**ВЫГОДНОЕ  
ДЕЛО!**  
Подробности  
в тексте

### В этом выпуске ...

Быстродействующие АЦП с низким потреблением .....	Стр. 16
10- и 12-разрядные АЦП для обратной передачи данных в кабельных каналах .....	18
Новые АЦП для ультразвуковых систем .....	19
Повышение скорости преобразования при сохранении низкой мощности потребления .....	20
АЦП для обработки изображений в медицинской аппаратуре .....	21
Высокоточные микроконвертеры .....	22
Прецизионный АЦП .....	23
Параметры АЦП общего применения и быстродействующих АЦП ....	24-25
Новая ИМС счетчика электроэнергии .....	26
Параметры и особенности ИМС счетчика электроэнергии .....	27
Семейство аналоговых интерфейсов для широкополосных модемов .....	28
Многоканальные прецизионные сигма-дельта АЦП .....	30
Уменьшение размеров и стоимости кристаллов позволяет расширить функциональные возможности портативных устройств .....	31
АЦП высокой производительности с однополярным напряжением питания 3 или 5 В .....	32
Прецизионные источники опорного напряжения для АЦП с высоким разрешением .....	33

## 14-разрядный АЦП с производительностью $65 \cdot 10^6$ преобразований в секунду для беспроводных систем связи нового поколения

К основным тенденциям в развитии беспроводных систем связи относится увеличение скорости потока цифровых данных и повышение эффективности использования частотного диапазона. Передача данных в стандартах 3 G, GSM900, IS-136/EDGE — начало новой эры в области персональных систем связи. Для того чтобы обеспечить соответствие требованиям этих стандартов, необходимо выйти на новый уровень характеристик каналов связи. Прежде всего, должна быть увеличена скорость передачи данных, а также обеспечена возможность перепрограммирования характеристик канала связи. "Software radio" — это архитектура беспроводных систем связи нового поколения. В этих системах аналоговый сигнал преобразуется в цифровую последовательность ПЧ и ВЧ диапазона, причем обработка этих последовательностей осуществляется с помощью цифрового сигнального процессора.

Преобразователь данных является критическим звеном в системе "Software radio". Обеспечение требуемой производительности АЦП является сложной технической проблемой.

**Решение** → AD6644 представляет собой 14-разрядный АЦП с производительностью 65 миллионов преобразований в секунду. Этот преобразователь относится к лучшим АЦП для систем связи нового поколения типа "Software radio". Динамический диапазон неискаженного сигнала АЦП при частоте выборки 65 МГц составляет 100 дБ. По динамическим параметрам преобразователь полностью удовлетворяет требованиям к современным беспроводным базовым станциям. AD6644 является ключевым элементом чипсета "SoftCell" и спроектирован с учетом использования как в современных, так и перспективных разработках. Чипсет "SoftCell" предназначен для систем связи типа "Software radio" и соответствует требованиям стандартов на эти системы.

В системах связи на базе этого чипсета может быть легко увеличено число каналов или изменены параметры. В составе чипсета содержатся АЦП, ЦАП, сигнальные процессоры приемника и передатчика. Совместно с цифровым сигнальным процессором этот чипсет является лучшим на сегодняшний день устройством для обеспечения функций "Software radio" систем беспроводной связи. AD6644 — новый АЦП в семействе SoftCell преобразователей типа AD6624, AD6622 и AD9754.



### ПРИМЕНЕНИЕ ЧИПСЕТА "SOFTCELL"

- базовые приемопередающие станции с мультимесущими
- приемопередатчики
- встроенные беспроводные базовые станции
- антенные системы с фазированной решеткой
- беспроводные системы связи

AD6644

\* \$ 39.00

\* Цена FOB USA в партии 1000 шт.

Более подробную  
информацию можно  
найти по адресу:  
[www.analog.com/softcell](http://www.analog.com/softcell)

## Быстродействующие АЦП с низким потреблением

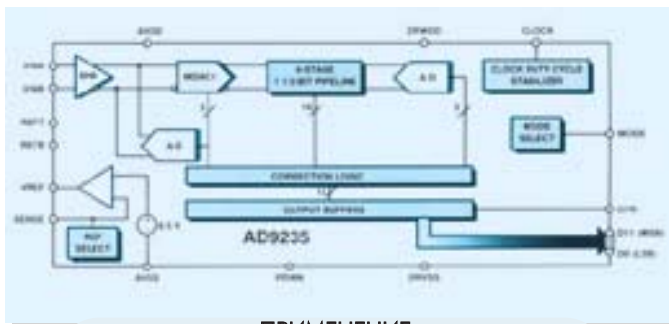
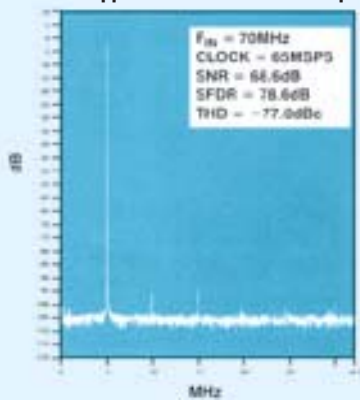
В портативных системах обработки изображения, тестовом оборудовании, радиоприемных системах одним из основных требований является низкое потребление. Это требование является ключевым при построении различных портативных приборов с батарейным питанием, причем снижение потребления АЦП не должно происходить за счет снижения его быстродействия.

**Решение** → Преобразователь AD9235 по потребляемой мощности и стоимости лучше всех ранее выпущенных аналогов. Это наиболее перспективный АЦП для портативных приборов с батарейным питанием. Частота выборки AD9235 имеет три градации: 65, 40 и 20 МГц. В режиме максимального быстродействия мощность рассеивания АЦП составляет 302 мВт. AD9235 имеет, кроме того, режим с минимальным потреблением. Он выполнен в корпусе 28-TSSOP.

Основные особенности преобразователя AD9235:

- дифференциальный и линейный входы
- размах входного сигнала 1 или 2 В (от пика к пику)
- наличие стабилизированного генератора тактовых импульсов
- отношение сигнал/шум 70 дБ при частоте входного сигнала 35 МГц
- динамический диапазон неискаженного сигнала 85 дБ при частоте входного сигнала 35 МГц
- уровень нелинейных искажений -88 дБн при частоте входного сигнала 35 МГц

**Спектральная характеристика преобразователя AD9235 при частоте выборки 65 МГц и частоте входного сигнала 70 МГц**



### ПРИМЕНЕНИЕ

- беспроводные приемники для систем связи
- приемники для систем связи третьего поколения "3G"
- беспроводные сети
- ультразвуковая аппаратура
- медицинские системы обработки изображений

**Параметры быстродействующих преобразователей с низким потреблением**

Тип АЦП	Разрешение, бит	Частота выборки, МГц	Мощность потребления, мВт	Частотный диапазон, МГц	Стоимость в партии 1 К, \$
AD9280	8	32	95	300	2.15
AD9283	8	50/80/100	80/90/90	475	3.00
AD9200	10	20	80	300	2.65
AD9203	10	40	74	300	4.90
AD9214	10	65/80/105	190/250/285	300	8.20
AD9235	12	20/40/65	90/166/302	500	20.11
AD9281	2×8	28	225	245	3.86
AD9288	2×8	40/80/100	156/171/180	475	5.40
AD9201	2×10	20	215	245	4.95
AD9218	2×10	65/80/105	350/495/530	300	15.11



## Прямое цифровое преобразование сигналов ПЧ существенно упрощает построение быстродействующих радиоприемников

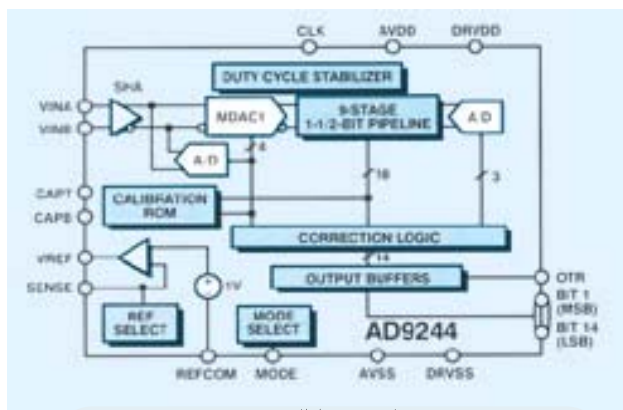
Супергетеродинные радиоприемники занимали лидирующее положение последние 30 лет, однако современные требования к системам радиосвязи существенно ограничивают применение аналоговых устройств. Прямое цифровое преобразование сигналов промежуточной частоты позволяет заменять аналоговую обработку сигналов на цифровую, что обеспечивает существенные преимущества в параметрах, стоимости и сроках проектирования радиоприемников. Наиболее ответственным узлом в системах с цифровым преобразованием ПЧ сигналов является АЦП. Это должно быть широкополосное высокоточное устройство с минимальным уровнем шумов и искажений. Таким образом, при замене аналоговых радиоприемников на цифровые требуются новые широкополосные АЦП с высокими техническими характеристиками.



AD9244 — новый 14-разрядный АЦП с напряжением питания 5 В. Преобразователь разработан с учетом требований цифрового преобразования сигналов в радиоприемниках прямого преобразования. AD9244 является одним из представителей быстродействующих АЦП с низким потреблением. Его потребление составляет 650 мВт. AD9244, наряду с другими преобразователями фирмы Analog Devices, предназначен для использования в цифровых радиоприемниках прямого преобразования. Все АЦП этого семейства отличаются высокими характеристиками и находят широкое применение в различных системах. AD9244 выпускаются в двух вариантах с частотой выборки 40 и 65 МГц.

Основные особенности преобразователя AD9244:

- диапазон входных сигналов 750 МГц
- размах входных сигналов 1 или 2 В (от пика к пику)
- отношение сигнал/шум 75 дБ при частоте входного сигнала 70 МГц



### ПРИМЕНЕНИЕ

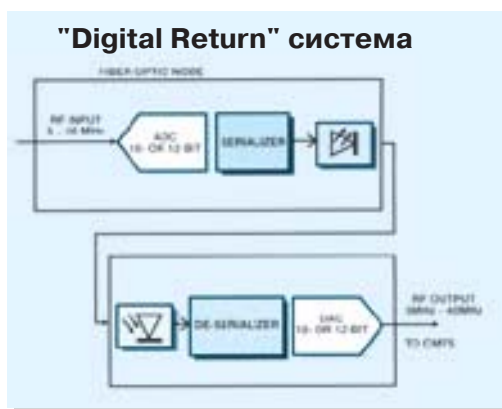
- широкополосные радиоприемники
- сотовые приемопередатчики систем "microcell" и "picocell"
- тестовое оборудование для систем связи
- медицинская и ультразвуковая аппаратура
- системы высококачественной обработки изображений

### Параметры АЦП для приемников прямого преобразования

Тип АЦП	Разрешение, бит	Частота выборки, МГц	Мощность потребления, мВт	Частотный диапазон, МГц	Стоимость в партии 1 К, \$
AD6600	11	20	775	450	35.00
AD9226	12	65	475	750	19.34
AD6640	12	65	710	300	32.80
AD9433	12	105/125	1250/1350	750	59.95
AD9430	12	170/210	1100/1300	700	-
AD9424	14	40/65	400/650	750	29.07

## 10- и 12-разрядные АЦП с высоким отношением "сигнал/шум" позволяют осуществлять обратную передачу данных в кабельных сетях

Для объединения домашних компьютеров в сеть, передачи заказных видеопрограмм, функционирования малых офисов в жилых зданиях и использования бытовых приборов, управляемых по сети Интернет, необходимо обеспечить высокоскоростной доступ к этой сети по кабельным телевизионным сетям. В соответствии с требованиями стандарта DOCSIS 1.1 скорость передачи данных может достигать 2 Мбит/с. В настоящее время большинство сетей поддерживает скорость не менее 500 кбит/с. Операторы мультикабельных систем увеличивают скорость передачи в них путем перехода на цифровую архитектуру каналов обратной (из компьютера) передачи данных. В таких каналах для повышения скорости передачи используется 64-позиционная QAM или OFDM модуляция. В каналах обратной передачи должны применяться быстродействующие преобразователи данных с максимальным отношением сигнал/шум в полосе частот 5-42 МГц для Северной Америки и 5-65 МГц для Европы.



Фирма Analog Devices выпускает 10- и 12-разрядные АЦП: AD9071, AD9214, AD9410, AD9430 и AD9432, отличающиеся высоким быстродействием и высоким отношением сигнал/шум. В дополнение к перечисленным АЦП фирма выпускает семейство передающих ЦАП: AD9753 и AD9751.

Основные особенности преобразователей:

- отношение сигнал/шум 67 дБ при частоте входного сигнала 49 МГц и частоте выборки 105 МГц (AD9432)
- отношение сигнал/шум 54 дБ при частоте входного сигнала 99 МГц и частоте выборки 210 МГц (AD9410)
- минимальная полоса частот входного сигнала 280 МГц, максимальная — 700 МГц

### Параметры быстродействующих АЦП

Тип АЦП	Разрешение, бит	Частота преобразования, МГц	Мощность потребления, мВт	Частотный диапазон, МГц	Стоимость в партии 1К, \$
AD9071	10	100	450	280	45.08
AD9214	10	105	285	300	8.20
AD9410	10	210	2200	500	53.10
AD9432	12	80/105	790/850	500	35.79
AD9430	12	170/210	1100/1300	700	-

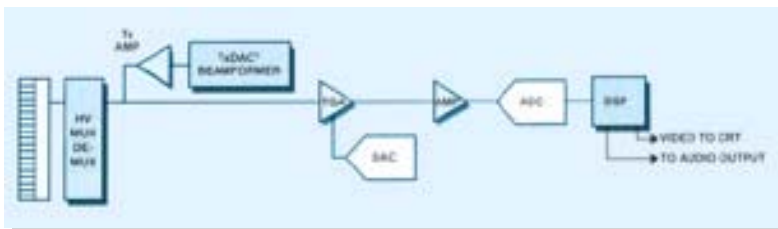


## Новые АЦП для ультразвуковых систем

Большинство современных цифровых ультразвуковых систем имеют от 256 до 512 каналов отраженного сигнала, который поступает от датчика к приемнику. В таких системах требуются АЦП с минимальной мощностью рассеивания и высокими динамическими характеристиками. Последние разработки фирмы Analog Devices для ультразвуковых систем включают следующие преобразователи: AD9203 (10 разрядов, 40 МГц), AD9214 (10 разрядов, 65 МГц) и AD9223 (12 разрядов, 20/40/65 МГц) с числом эффективных двоичных разрядов 9.55, 8.5 и 11.3 соответственно. Каждый из этих АЦП уменьшает потребляемую мощность систем в целом, позволяя тем самым увеличить число каналов или снизить размеры платы, а в дальнейшем упростить модернизацию системы.



Преобразователи AD9203, AD9214 и AD9235 в составе с другими ИМС фирмы Analog Devices, такими как усилители, интерфейсы, ИМС для управления питанием и сигнальные процессоры, позволяют создавать системы обработки изображений для медицинской аппаратуры. При этом улучшаются качество системы, ее стоимостные показатели, надежность и сокращается время на разработку системы.



Отличительные особенности АЦП:

- мощность потребления от 74 до 475 мВт
- эффективное число разрядов от 7.5 до 11.3

AD9203	\$ 4.90
AD9214	\$ 8.20
AD9218	\$ 15.11
AD9226	\$ 19.34
AD9235	\$ 20.11
AD9244	\$ 33.00

## Сигма-дельта АЦП со встроенным процессором

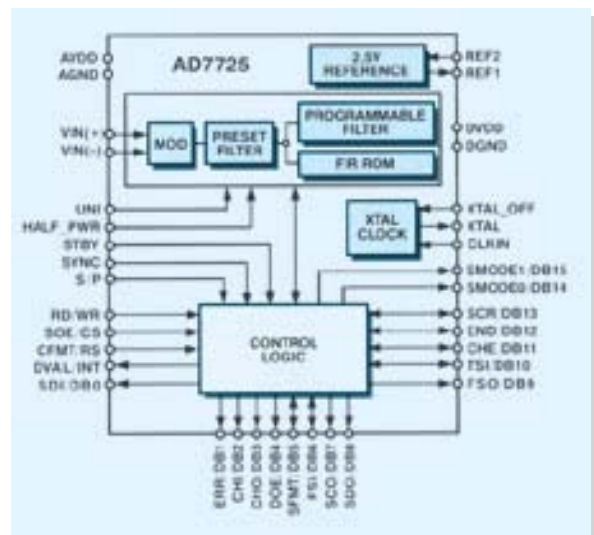


AD7725 — 16-разрядный сигма-дельта АЦП на основе модулятора седьмого порядка, в составе которого имеется цифровой сопроцессор. Производительность сопроцессора — 130 миллионов умножений в секунду.

Сопроцессор осуществляет фильтрацию данных перед тем, как они поступают на вход сигнального процессора. Это позволяет увеличить ресурс DSP для вычисления других операций по обработке данных. Цифровой трехкаскадный фильтр на выходе модулятора пропускает в сопроцессор только полезный сигнал. В сопроцессоре могут выполняться операции со 108 (36×3) коэффициентами. Пользователь сам конфигурирует программным путем цифровой КИХ-, БИХ- или рекурсивный фильтр. При этом децимация или интерполяция осуществляется при передаче данных от одного элементарного процессора к другому. Обмен данными с внешними устройствами производится через последовательный или параллельный 16-разрядный порт.

Основные особенности AD7725:

- максимальная частота входного сигнала 460 кГц
- наличие программируемого цифрового фильтра и дециматора



AD7725

\$ 23.00

## Повышение скорости преобразования при сохранении низкой мощности потребления

Разработчики интеллектуальных датчиков пытаются увеличить скорость измерения основной и дополнительных переменных, поддерживая при этом постоянную мощность потребления измерительного устройства. В современных интеллектуальных датчиках или приборах ставится задача прежде всего увеличить производительность при измерении основной переменной.

Увеличение производительности позволяет повысить скорость выполнения алгоритма ПИД-регулирования в системах управления. В то же время измерение дополнительных переменных (температуры, напряжения, тока возбуждения и т. п.) может быть выполнено с невысокой скоростью. Однако при этом измерения дополнительных переменных загружают высокоточный преобразователь. Эта проблема решена фирмой Analog Devices в преобразователе AD7719, который имеет несколько входов с одновременной выборкой.



Преобразователь AD7719 содержит два сигма-дельта модулятора в одном кристалле.

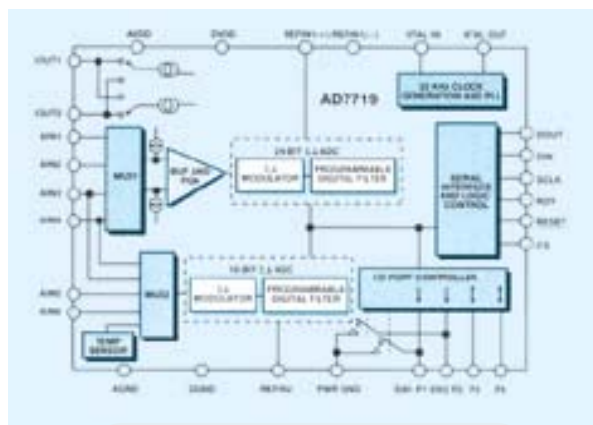
Основной канал включает 24-разрядный АЦП, пропуски кодов на выходе которого отсутствуют, усилитель с программноуправляемым коэффициентом усиления (PGA) и мультиплексор.

В основном канале могут быть организованы один или два дифференциальных или три псевдодифференциальных. Особенностью основного канала является то, что он имеет rail-to-rail входной диапазон, который отличается от напряжения источников питания не более чем на 100 мВ.

Дополнительный канал содержит 16-разрядный сигма-дельта АЦП с мультиплексором на два линейных или один дифференциальный вход. Два АЦП в составе AD7719 имеют автономные источники опорного напряжения. В обоих каналах может быть осуществлено одновременное и независимое преобразование входных переменных. Таким образом, в AD7719 преобразование основной переменной производится с максимальной производительностью, в то же время и дополнительные переменные точно преобразуются в код.

Основные особенности преобразователя AD7719:

- напряжение питания от 2.7 до 5.25 В
- напряжение источника опорного напряжения от 1 В до напряжения источника питания
- наличие двух согласованных источников тока (величина тока составляет 200 мкА)
- низкий дрейф нуля и коэффициента усиления
- нет необходимости в дополнительных циклах для калибровки нуля и коэффициента усиления
- потребляемая мощность не более 10 мВт
- тактовая частота составляет 32 кГц
- наличие четырех дискретных входов/выходов
- тип корпуса 28-SOIC или 28-TSSOP.



AD7719

### ПРИМЕНЕНИЕ

- интеллектуальные датчики
- портативные приборы
- приборы с батарейным питанием
- системы сбора данных с низким потреблением

\$ 10.30

## АЦП для обработки изображений в медицинской аппаратуре

Обработка изображений при медицинских исследованиях должна выполняться с высокой точностью. Компьютерные томографические сканеры должны обладать высоким разрешением и большой скоростью обработки изображения, иметь широкий динамический диапазон и высокую линейность. Это необходимо для того, чтобы точно отображать постоянно увеличивающееся число послойных изображений в современных медицинских исследованиях, выполняемых с помощью сканеров. Высокие требования к количеству каналов и точности преобразования могут удовлетворить преобразователи, основанные на поразрядном уравнивании.

Обработка изображений состоит из нескольких стадий. Сначала необходимо усилить сигнал с выхода сенсора изображения, затем преобразовать этот сигнал с помощью 16-разрядного АЦП. Восстановление изображения осуществляется с помощью специальных алгоритмов в цифровом сигнальном процессоре. 16-разрядные АЦП, используемые в таких сканерах, должны обладать высокой линейностью, т. к. при считывании изображения необходимо точно фиксировать различия между двумя соседними точками.

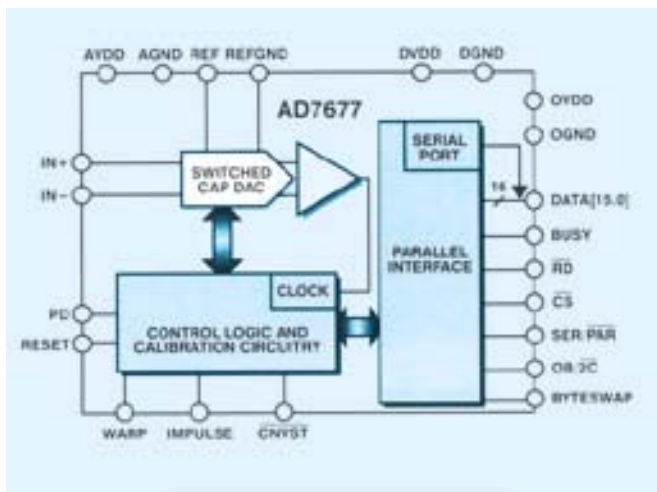
До последнего времени в медицинских сканерах использовались заказные БИС, включающие сигма-дельта АЦП и отличающиеся высокой стоимостью. Фирма Analog Devices предлагает использовать в таких сканерах 16-разрядный АЦП AD677 поразрядного уравнивания с гарантированной интегральной нелинейностью 1.5 ЕМР. Этот АЦП является самым доступным по цене преобразователем, применяемым в медицинской аппаратуре для обработки изображений. Следует отметить, что для современной медицинской аппаратуры часто требуется линейность АЦП лучше, чем 1.5 ЕМР.



Преобразователь AD7677 является более совершенным устройством. Он имеет

дифференциальный вход, выполнен по КМОП технологии. Его интегральная нелинейность не превышает 1 ЕМР. Это первый промышленный АЦП поразрядного уравнивания с такой высокой линейностью передаточной характеристики. Частота преобразования AD7677 составляет 570 кГц, в то время как для AD677 этот параметр составляет 100 кГц. Таким образом, новый АЦП может обрабатывать информацию по большему числу каналов, чем AD677. AD7677 имеет мощность потребления 100 мВт при максимальной частоте выборки входного сигнала и выполнен в корпусе 48-LQFP. Применение этого АЦП позволяет решить не только проблему линейности, но и снизить стоимость, а также уменьшить размеры устройства в целом.

Наряду с AD7677 в ближайшее время будет реализован АЦП AD7676, который имеет интегральную нелинейность не хуже 1.5 ЕМР и частоту преобразования 100 кГц. Этот преобразователь предназначен для недорогих систем обработки изображения, в которых не требуется сверхвысокая точность и скорость преобразования.



### ПРИМЕНЕНИЕ

AD7677  
AD7676

- томографические сканеры
- системы сбора данных
- тестовые и измерительные системы
- приборы и измерительная аппаратура
- анализаторы спектра
- портативная медицинская аппаратура

\$ 32.50  
\$ 20.00

## Высокоточные микроконвертеры

Фирма Analog Devices является лидером в области производства точных и быстродействующих АЦП, ЦАП и микроконвертеров. ADuC816 — новое устройство в семействе микроконвертеров, в составе которого высокоточный сигма-дельта АЦП, Flash-память данных и программ, стандартный 8-разрядный микроконтроллер. Таким образом, ADuC816 представляет собой систему сбора и обработки данных на одном кристалле, которая предназначена для построения измерительных приборов, промышленных систем, а также интеллектуальных датчиков с цифровым интерфейсом.



### Микроконвертер ADuC816 содержит:

#### АЦП, включающий:

16-разрядный сигма-дельта АЦП (частота преобразования от 5.4 до 105 Гц) и усилитель с программируемым коэффициентом усиления (PGA)

#### ЦАП,

разрешение которого составляет 12 разрядов, время преобразования 15 мкс, выход по напряжению rail-to-rail, дифференциальная нелинейность 1 EMP

#### Flash/EEPROM:

8 кбайт память программ  
640 байт память данных

#### Микроконтроллер:

ядро 8052, внутренний генератор тактовых импульсов, производительность свыше 1.3 MIPS, 32 дискретных входа/выхода

#### Дополнительные узлы:

температурный сенсор, ШИМ-преобразователь, сторожевой таймер, последовательный интерфейс, высокочастотный источник опорного напряжения

**Очень скоро в продаже появятся новые микроконвертеры: ADuC824, объем памяти которого будет увеличен в восемь раз, и ADuC812S, отличающийся низкой стоимостью**

### Основные параметры выпускаемых микроконвертеров

Тип микроконвертера	ADuC812	ADuC816	ADuC824
АЦП	8 каналов, 12 разрядов, поразрядный	сдвоенный, 16-разрядный, сигма-дельта	сдвоенный, 16/24 разрядный, сигма-дельта
ЦАП	2×12 разрядов	12 разрядов	12 разрядов
Источник опорного напряжения	встроенный	встроенный	встроенный
Память	256 байт RAM, 640 байт память данных, 8К память данных	256 байт RAM, 640 байт память данных, 8К память данных	256 байт RAM, 640 байт память данных, 8К память данных
Ядро	8051/52	8051/52	8051/52
Генератор тактовых импульсов	внешний	внутренний	внутренний
Тип корпуса	52-MQFP	52-MQFP	52-MQFP
Стоимость, \$	8.00	10.00	12.00

Более подробную информацию можно получить по адресу: [www.analog.com](http://www.analog.com)





## Прецизионный АЦП

В сейсмических системах сбора данных требуются АЦП с очень большим динамическим диапазоном в инфранизком диапазоне частот. Кроме того, растет потребность в системах сбора данных небольших размеров с батарейным питанием, ориентированных на децентрализованное применение. В недалеком прошлом высококачественные сейсмические системы сбора данных строились на основе дискретных компонентов, таких как усилители с программируемым коэффициентом усиления, сглаживающие фильтры и АЦП с высоким разрешением. Такая цепь, состоящая из сложных компонентов, не всегда отвечает требованиям обеспечения необходимых пользователю динамических параметров.

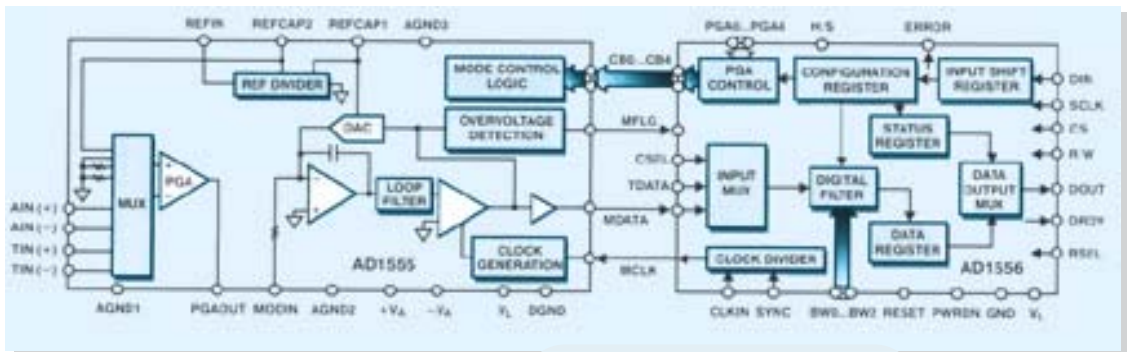


Чипсет на основе ИМС AD1555/AD1556 обеспечивает предельное на сегодняшний день разрешение в диапазоне 120 дБ. ИМС AD1555 представляет собой 24-разрядный сигма-дельта модулятор, выходной поток данных которого пропорционален входному напряжению.

ИМС AD1556 является цифровым фильтром-дециматором. Объединенные в один чипсет две ИМС образуют промышленный АЦП с высокими техническими характеристиками в узкой полосе частот.

Особенности чипсета AD1555/AD1556:

- наличие усилителя с программируемым коэффициентом усиления
- наличие сглаживающего фильтра
- наличие узлов для тестирования сейсмодатчиков
- высокая устойчивость к электростатическим разрядам
- частота выходных данных от 250 Гц до 4 кГц

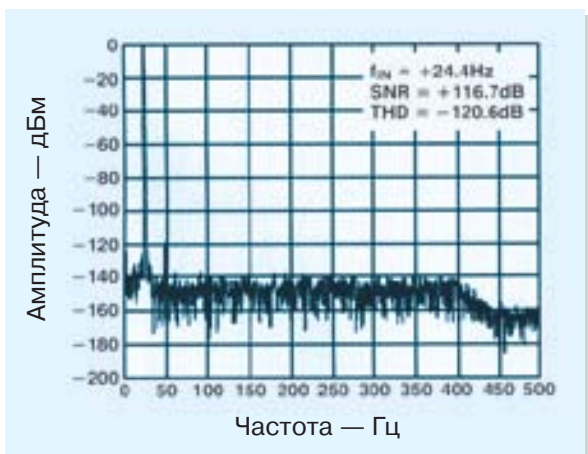


AD1555  
AD1556

### ПРИМЕНЕНИЕ

- оборудование для добычи нефти и газа
- промышленные весы
- хроматография
- калибровка тестового оборудования
- мониторинг колебаний земной коры
- гражданское строительство

\$ 73.73  
\$ 24.86





**АЦП общего применения и быстродействующие АЦП**

Тип	Разрешение, бит	Частота преобразования, кГц	Число каналов	Напряжение питания, В	Макс. мощность рассеивания, мВт	Источник опорного напряжения, внутр./внешн.	Особенности
<b>16-разрядные АЦП с выборкой сигнала</b>							
AD676/677	16	100/100	1	12, -12, 5	480/630	-/+	16 разрядов, 100 кГц
AD7660/7664	16	100/500	1	5	-	-/+	16 разрядов, 100/500 кГц
AD7676/7677	16	100/570	1	12, -12, 5	100	-/+	16 разрядов, 100/570 кГц
AD974	16	200	4	5	120	+/+	4 канала, 16 разрядов, 200 кГц
<b>12- и 14-разрядные АЦП с одним источником питания</b>							
AD7490	12	1000	16	2.7 ... 5.25	6	-/+	16 каналов, 12 разрядов, 1 МГц
AD7492	12	1250	1	2.7 ... 5.25	9	+/-	12 разрядов, 1.25 МГц
AD7887/7888	12	125	2/8	2.7 ... 5.5	3.5	+/+	Сдвоенный, 8-канальный, 12-разрядный, 125 кГц
AD7866	12	1000	2/4	3 или 5	10	+/+	2/4 канала, 12 разрядов
AD7475	12	1000	1	2.7 ... 5.25	5	-/+	12 разрядов, 1 МГц
AD7495	12	1000	1	2.7 ... 5.25	6	+/-	12 разрядов, 1 МГц
AD7476	12	1000	1	2.35 ... 5.25	4.2	-/+	12 разрядов, 1 МГц
AD7472	12	1500	1	2.7 ... 5.25	4.5	-/+	12 разрядов, 1.5 МГц
AD7856/7851	14	285/333	8/1	5	90	+/+	8/1 канал, 14 разрядов
<b>12- и 14-разрядные АЦП с напряжением питания 5 В с биполярным входным сигналом</b>							
AD7862	12	250	4	5	75	+/+	12 разрядов, 250 кГц
AD7898	12	220	1	5	22.5	-/+	12 разрядов, 220 кГц
AD7864	12	500	4	5	120	+/+	4 канала, 12 разрядов
AD7895	12	200	1	5	20	-/+	12 разрядов, последовательный выход
AD7894	14	160	1	5	27.5	-/+	14 разрядов, последовательный выход
AD7863	14	175	4	5	52.5	+/+	14 разрядов, 175 кГц
AD7865	14	350	4	5	130	+/+	4 канала, 14 разрядов
AD7899	14	400	1	5	70	+/+	14 разрядов, 400 кГц
<b>Промышленные сигма-дельта АЦП с высоким разрешением</b>							
AD7707	16	0.1	3	3.3 или 5 или 2.7 ... 5.25	1.05	-/+	16 разрядов, последовательный выход
AD7709	16	32	4	2.7 ... 5.5	10	-/+	16 разрядов
AD7715	16	0.5	1	3 ... 5	5	-/+	16 разрядов, последовательный выход
AD7756	16	28	2	5	27.5	+/+	счетчик электроэнергии
AD7708/01	16/24	32	8	2.7 ... 5.25	10	-/+	16/24 разряда
AD7716	22	0.14	4	5, -5	50	-/+	4 канала, 22 разряда
AD1555	24	1	1	5, -5	97	-/+	24 разряда
AD7713	24	0.2	3	5	5.5	-/+	24 разряда, внутренний источник тока

AD7714	24	1	5	3 ... 5	5	-/+	24 разряда, последовательный выход
AD7719	24	32	2	3 ... 5	10	-/+	24/16 разрядов
AD7710/11/12	24	1	2	5 или 5, -5	45	+/+	24 разряда, последовательный выход
AD7731	24	6.4	5	5	67.5	-/+	24 разряда, низкий уровень шумов
<b>Широкополосные сигма-дельта АЦП для обработки сигналов</b>							
AD7729	15	270	2	3	60	+/-	сдвоенный, последовательный выход
AD7722	16	220	1	5	375	+/+	16 разрядов, параллельный/последовательный выход
AD7721	16	470	1	5	150	-/+	12/16 разрядов, параллельный/последовательный выход
AD9260	16	2500	1	5	630	+/+	16 разрядов, со сверхвыборкой
AD7720	16 (200 кГц)	12.5 МГц (модулятор)	1	5	215	+/-	модулятор 5-го порядка
AD7724	16 (200 кГц)	12.5 МГц (модулятор)	2	5	300	+/-	модулятор 5-го порядка
AD7725	16 (600 кГц)	1.2 МГц	1	5	450	+/-	модулятор и сопроцессор
<b>8-, 10- и 12-разрядные АЦП с напряжением питания 3/5 В</b>							
AD7823	8	133	1	3 ... 5	17.5	-/+	8 разрядов, последовательный выход
AD7819	8	200	1	3 ... 5	17.5	-/+	8 разрядов, 200 кГц
AD7478	8	1000	1	2.35 ... 5.25	48	-/+	8 разрядов, 1 МГц
AD7829/25/22	8	2000	8/4/1	3 ... 5	36	+/+	8 разрядов, 2 МГц
AD7478/7/6	8/10/12	1000	1	2.35 ... 5.25	3.6	-/+	низкое потребление, высокая производительность
AD7417/7418	10	100	4/1	3 ... 5	5	+/+	внутренний датчик температуры
AD7813	10	350	1	3 ... 5	17.5	-/+	8/10-разрядов, 400 кГц
AD7812/7811	10	350	8/4	3 ... 5	10.5	+/+	8/4 канала, 10 разрядов
AD7470	10	1750	1	2.7 ... 5.25	4.5	-/+	10 разрядов, 1.75 МГц
AD7477	10	1000	1	2.35 ... 5.25	4.8	-/+	10 разрядов, 1 МГц
<b>Быстродействующие 8-, 10-, 12- и 14-разрядные АЦП</b>							
AD9057/59	8	80/60/40 МГц	1/2	5	505/281	+/+	AD9059 имеет вход для тактовых импульсов
AD9483	8	140/100 МГц	3	5	1300	+/+	предназначен для RGB графических приложений
AD9054A	8	200/135 МГц	1	5	600	+/+	выходы с демультимплексором
AD9071/51	10	100/60 МГц	1	5	450/250	+/+	AD9071 с TTL входом, AD905L с выбором частотного диапазона
AD9214/18	10	105/80/60 МГц	1/2	3	350/190	+/+	AD9214 совместим с AD9235, AD9218 – с AD9288
AD9410	10	210 МГц	1	5	2100	+/+	выходы с демультимплексором
AD6600	11	20 МГц	1	5	775	+/+	2 канала
AD9220/23/21	12	10/3/1.5 МГц	1	5	250/100/59	+/+	все АЦП совместимы по выводам
AD9235	12	65/40/20 МГц	1	3	302	+/+	12 разрядов, 65/40/20 МГц
AD6640	12	65 МГц	1	5	710	+/+	АЦП для систем связи
AD9226/24/25	12	65/40/25 МГц	1	5	475/415/290	+/+	все АЦП совместимы по выводам
AD9430	12	210/170 МГц	1	3.3	1100	+/+	выход типа LVDS
AD9240/43/41	14	10/3/1.5 МГц	1	5	285/110/65	+/+	все АЦП совместимы по выводам
AD6644	14	65/40 МГц	1	5	1300	+/+	АЦП в составе SoftCell чипсета
AD9244	14	65/40 МГц	1	5	400	+/+	совместимы по выводам с AD9226

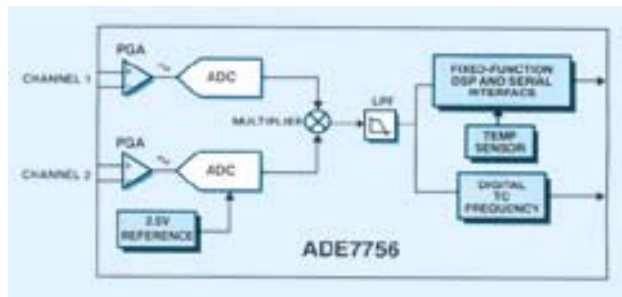
## Умножители-аккумуляторы сигналов низкой частоты

ADE7756 — новая микросхема в семействе ADE775x счетчиков электроэнергии, которая отличается от ADE7755 более высокой гибкостью, расширенными интеллектуальными функциями и обработкой данных. ADE7756 включает последовательный интерфейс для сопряжения с микропроцессором.

### Измерение электроэнергии

ИМС ADE7756 предназначена для учета электроэнергии в сети. Учет активной мощности производится путем мгновенных выборок напряжения синусоидальной формы. В составе ADE7756 используется тот же интерфейс, что и в ИМС ADE7755, которая широко применяется в счетчиках электроэнергии. Обе эти ИМС содержат сигма-дельта АЦП второго порядка, который осуществляет перемножение поступающих на его вход сигналов. ADE7756 обладает расширенными по сравнению с ADE7755 возможностями. Особенности ADE7756 рассмотрены ниже.

Микросхема ADE7756 является самым интеллектуальным устройством в семействе счетчиков энергии фирмы Analog Devices. Информация о потребляемой энергии с помощью ADE7756 передается в центральный процессор, в котором принимается решение о сбросе или отключении нагрузки какого-либо потребителя в соответствии с принятым графиком. Подобное решение принимается также для того, чтобы предотвратить перегрузки в сети или снизить потребление электроэнергии. На основе данной ИМС могут быть построены устройства для защиты двигателя от перегрузок или для мониторинга потребления электроэнергии на промышленном предприятии.



### Адаптация к нелинейной нагрузке

Количество генерирующих мощностей может быть уменьшено при более эффективном использовании электроэнергии. Адаптация к нелинейной нагрузке способствует повышению коэффициента мощности.

Замкнутые системы, включающие ADE7756, оптимизируют потребление мощности при нелинейной нагрузке. Подробная информация по этой проблеме содержится в инструкции по применению ADE7756.

### Умножитель-демодулятор низкой частоты

Наличие умножителя в составе ИМС ADE7756 позволяет осуществлять демодуляцию сигналов малой амплитуды с помощью сигналов большой амплитуды. Если на вход 1 ИМС ADE7756 подать сигнал частотой до 14 кГц, а на вход 2 — сигнал частотой до 450 кГц, то при блокировке фильтра низких частот на выходе АЦП будем иметь демодулированный сигнал частотой до 1 кГц.

Более подробную информацию об ИМС ADE7756 можно получить по адресу:

[www.analog.com/energymeter](http://www.analog.com/energymeter)

## Параметры и особенности счетчика электроэнергии ADE7756



В связи с дерегуляционными процессами в энергетике Северной Америки в системах учета электроэнергии США будет использовано более современное оборудование. На представленном выше рисунке обобщены основные особенности счетчиков электроэнергии фирмы Analog Devices, указаны преимущества нового счетчика ADE7756. Применение этой ИМС в счетчиках электроэнергии позволяет упростить схему токового интерфейса и организовать связь между счетчиком и 8-разрядным микропроцессором.

AD7756 содержит регистр ординат входной синусоиды и регистр активной мощности, который хранит в течение 10 секунд информацию о потребляемой мощности при максимальной нагрузке. ADE7756 работает в широком диапазоне температур от -40 до 85 °С.

### ПРИМЕНЕНИЕ

- измерение электроэнергии:
  - автоматизированное начисление оплаты за электроэнергию
  - отключение нагрузки при перегрузке бытовой электросети
  - защита электродвигателей
  - мониторинг потребляемой мощности на промышленных объектах
- адаптация к нелинейной нагрузке
- демодуляторы НЧ сигналов
- измерительная техника

Более подробную информацию о счетчиках электроэнергии семейства AD775x можно получить по адресу: [www.analog.com/energymeter](http://www.analog.com/energymeter)







## Многоканальные прецизионные сигма-дельта АЦП

Одним из основных требований к современным системам сбора и обработки данных является увеличение числа каналов, повышение гибкости и расширение их динамического диапазона как для дифференциальных, так и линейных входных сигналов. Современные системы сбора и обработки данных должны иметь низкое потребление. Один или два дифференциальных канала таких систем должны быть ориентированы на логометрическое преобразование входных сигналов. Однопроводные каналы должны быть ориентированы на преобразование абсолютных значений входных сигналов. Обеспечение этих требований не должно привести к существенному увеличению стоимости таких систем. Эту задачу успешно решила фирма Analog Devices, анонсировав два новых многоканальных сигма-дельта АЦП.

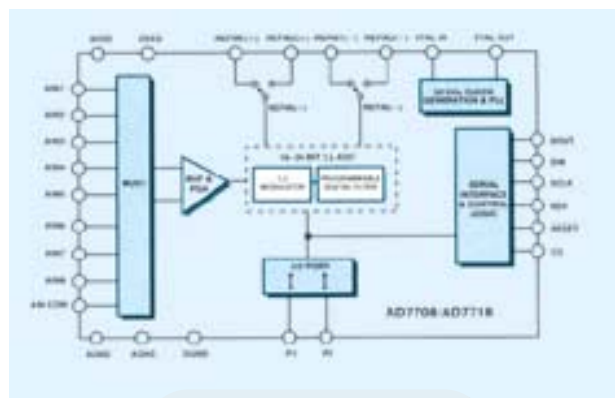


Микросхемы AD7708 и AD7718 являются многоканальным сигма-дельта АЦП, причем разрешение AD7708 составляет 16 разрядов, а AD7718 — 24 разряда. Два преобразователя конструктивно, программно и функционально совместимы между собой, что позволяет легко модернизировать системы на базе таких АЦП. Данные преобразователи имеют четыре дифференциальных или восемь линейных каналов. В преобразователях предусмотрен дифференциальный вход для источника опорного напряжения. Если дополнительный источник не требуется, в АЦП могут быть использованы до пяти дифференциальных или до десяти линейных каналов. Преобразователи являются rail-to-rail устройствами по входу, в то же время наличие в их составе усилителя с программируемым усилением позволяет преобразовывать в код как сигналы низкого уровня в диапазоне до 20 мВ, так и сигналы высокого уровня в диапазоне до 2.5 В.

В последнем случае напряжение источника опорного напряжения составляет 2.5 В.

Основные особенности АЦП AD7708 и AD7718:

- 24-разрядный АЦП без пропусков кодов — AD7718
- 16-разрядный АЦП без пропусков кодов — AD7708
- rail-to-rail по входу
- напряжение питания от 2.7 до 5.25 В
- напряжение источника опорного напряжения от 1 В до напряжения источника питания
- наличие дифференциального входа для дополнительного источника опорного напряжения в 8-канальном режиме
- малый дрейф смещения нуля и коэффициента усиления
- не требуется предварительная калибровка
- мощность потребления не более 10 мВт
- частота тактовых импульсов 32 кГц
- два дискретных входа/выхода
- тип корпуса 28-SOIC или 28-TSSOP



AD7708  
AD7718

### ПРИМЕНЕНИЕ

- системы сбора данных с низким потреблением
- портативные приборы
- интеллектуальные датчики
- приборы с батарейным питанием

\$ 6.00  
\$ 9.17





## Малогабаритные АЦП высокой производительности с однополярным напряжением питания 3 или 5 В



Преобразователи семейств AD747x и AD749x являются конструктивно совместимыми поразрядными АЦП с разрешением 8/10/12 разрядов. Эти преобразователи выполнены по субмикронной технологии, потребляют не более 4.8 мВт при напряжении питания 3 или 5 В, имеют производительность 1 миллион преобразований в секунду. Все АЦП первого и второго семейства обеспечивают преобразование входного сигнала с максимальной частотой 1 МГц. Кроме основного режима работы имеются режимы с пониженным потреблением. В связи с тем, что в преобразователях реализован алгоритм поразрядного уравнивания, в них отсутствует задержка, характерная для конвейерных или pipelined АЦП.

Преобразователи AD7478/AD7477/AD7476 — это конструктивно совместимые 8/10/12-разрядные АЦП, выполненные в корпусе SOT-23. Преобразователи AD7475 и AD7495 выполнены в корпусах больших размеров (8-микроSOIC), но при этом отличаются более высокой гибкостью по сравнению с перечисленными выше АЦП. AD7495 имеет встроенный источник опорного напряжения. В преобразователях использованы последовательные интерфейсы типа SPI/QSPI/MICROWIRE, а также интерфейс для сопряжения с сигнальным процессором.

Преобразователи AD7470/AD7472/AD7492 — это конструктивно совместимые 10/12-разрядные АЦП поразрядного уравнивания с параллельным интерфейсом. AD7472 содержит встроенный источник опорного напряжения.

Новым в составе рассмотренных АЦП является преобразователь AD7866. Это двоянный 12-разрядный преобразователь с одновременной выборкой по обоим каналам. В его составе последовательный интерфейс типа SPI/QSPI/MICROWIRE, а также интерфейс для сопряжения с сигнальным процессором. Кроме того, к новым АЦП относится преобразователь AD7490. Это шестнадцатиканальный 12-разрядный АЦП с частотой выборки 1 МГц. Выбор каналов может осуществляться от внутреннего устройства управления. Преобразователь выполнен в корпусе 24-TSSOP.





## Прецизионные источники опорного напряжения для АЦП с высоким разрешением

Прецизионные источники опорного напряжения определяют точность преобразователей данных. Многие преобразователи имеют встроенные источники опорного напряжения, однако, если требуется обеспечить высокую точность преобразования, используют внешние прецизионные источники опорного напряжения. При использовании внешнего источника опорного напряжения с АЦП необходимо учитывать влияние температурного дрейфа параметров этих ИМС на точность преобразования. Температурный дрейф выходного напряжения источника опорного напряжения имеет нелинейный характер, поэтому возникают трудности при калибровке передаточной характеристики преобразователя данных.

### Низковольтный источник опорного напряжения

**Решение** → Семейства ADR39х и ADR38х источников опорного напряжения предназначены для использования с АЦП и ЦАП. Низкое напряжение питания этих источников позволяет применять их с низковольтными АЦП и ЦАП, напряжение питания которых не превышает 3 В. При этом в источниках опорного напряжения могут использоваться те же напряжения питания, что и в преобразователях.

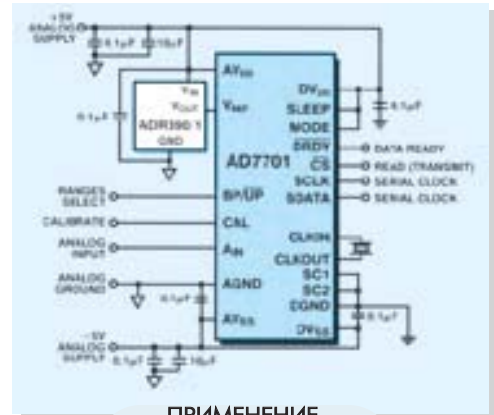
### Режим блокировки

**Решение** → Источники опорного напряжения ADR390/ADR391 имеют режим блокировки. Низкий TTL/CMOS уровень, приложенный к выводу  $\overline{\text{SHDN}}$ , отключает источник от АЦП. В режиме блокировки источник представляет собой схему с высоким выходным импедансом. Если этот режим не используется, то вывод  $\overline{\text{SHDN}}$  должен быть объединен с выводом VIN. Источники опорного напряжения ADR380/ADR381 и ADR390/ADR391 формируют напряжение 2.048 или 2.5 В, отличающееся высокой точностью и стабильностью. Эти источники выполнены на основе "bandgap" стабилитрона, имеют низкое потребление и выпускаются в корпусе типа SOT-23.

Отличительные особенности этих источников:

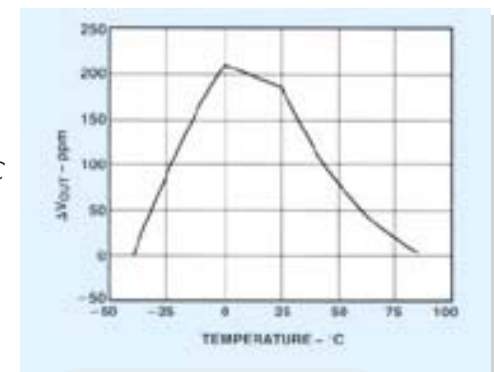
- погрешность установки выходного напряжения  $\pm 0.24\%$
- максимальный температурный коэффициент напряжения  $25 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
- невысокая стоимость при высокой точности

**Решение** → Высокоточные "bandgap" источники опорного напряжения имеют минимальный дрейф выходного напряжения от температуры. Модернизированные источники AD1582 (2.5 В), AD1583 (3.0 В), AD1584 (4.096 В) и AD1585 (5.0 В) отличаются низкой стоимостью, невысокой потребляемой мощностью, малым падением напряжения на переходе и высокой точностью. Эти источники выполняются в трехвыводных корпусах типа SOT-23 и предназначены для преобразований с высоким разрешением. Типовая зависимость дрейфа выходного напряжения от температуры для "bandgap" источника AD1582 приведена на рисунке справа. Максимальное значение температурного дрейфа напряжения для этого источника составляет 200 ppm, что вполне достаточно для использования AD1582 в составе 12-разрядного АЦП.



#### ПРИМЕНЕНИЕ

- приборы с батарейным питанием \$ 1.27
- портативные медицинские приборы \$ 1.27
- системы сбора и обработки данных \$ 1.39
- драйверы жестких дисков \$ 1.39
- автомобильная электроника



#### ПРИМЕНЕНИЕ

- 8...12-разрядные АЦП с напряжением питания от 2 до 5 В \$ 0.60
- портативное оборудование с батарейным питанием \$ 0.58
- портативные компьютеры, сотовые телефоны, пейджеры, навигационные системы, карманные ПК \$ 0.58
- рабочие станции \$ 0.58
- PCMCIA карты
- автомобильная электроника
- драйверы жестких дисков

Более подробную информацию можно получить по адресу: [www.analog.com/references](http://www.analog.com/references)

**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>

**Цифровое перо  
с 12-разрядным разрешением**

Преобразователи AD7873 и AD7843 — совместимые по выводам, поразрядные АЦП, предназначенные для работы сенсорными экранами. Напряжение питания этих АЦП от 2.2 до 5.25 В, производительность 125 000 преобразований в секунду. В режиме с пониженным потреблением ток потребления этих преобразователей не более 1 мкА. Напряжение внешнего источника опорного напряжения может задаваться от 1 В до величины напряжения питания, входной диапазон находится в пределах от 0 до величины напряжения источника опорного напряжения. В отличие от AD7843, преобразователь AD7873 имеет встроенный датчик температуры с диапазоном -40 ... 85 °С, внутренний источник напряжением 2.5 В, а также измеритель напряжения батарейного питания и давления на сенсорный экран. Эти АЦП выпускаются в корпусах 16-QSOP и 16-TSSOP.

**Основные параметры преобразователей AD7873 и AD7843**

Наименование параметра	Ключевые особенности	
Состав	12-разрядный АЦП, измеритель давления на сенсорный экран, опорный источник напряжением 2.5 В (для AD7873)	
Уровень защиты от электростатического электричества, кВ	10 – 12	
Точность, бит	12	
Сигналы прерывания электронного пера	КМОП уровни	
	AD7873	AD7843
Потребляемая мощность, мВт: - при частоте преобразования 125 кГц и внешнем опорном источнике - при частоте преобразования 125 кГц и внутреннем опорном источнике	1.368 2.412	1.368 —
Стоимость, \$	2.30	2.15

**ПРИМЕНЕНИЕ**

- персональные цифровые ассистенты
- интеллектуальные портативные приборы
- мониторы с сенсорным экраном
- пейджеры

**Информационные бюллетени фирмы Analog Devices**

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

**Во всех отделениях связи Украины и Российской Федерации  
продолжается подписка на второе полугодие 2001 года  
на журнал «ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СИСТЕМЫ»  
Подписной индекс 40633 в каталоге периодических изданий Украины  
и каталоге "Подписка 2001" 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.**

## РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ В ПОРТАТИВНЫХ УСТРОЙСТВАХ \*

Многие фирмы в настоящее время снабжают свои портативные устройства речевыми интерфейсами. Анализ речевых сообщений в этих устройствах развивается в двух основных направлениях, особенности каждого из которых рассматриваются ниже.

Интеллектуальные портативные устройства с радиоинтерфейсом получили в настоящее время широкое распространение. Однако, по мнению потребителей, они имеют два существенных недостатка: неудобство введения даже самых простых данных с помощью микроклавиатуры и трудность считывания информации с микромонитора.

Для устранения этих недостатков в портативные устройства внедряются технологии распознавания речи. Однако ввод даже самых простых речевых сообщений в мобильный телефон или карманный компьютер требует сложной процессорной обработки, особенно в условиях внешних шумов. Эта проблема решается в настоящее время в двух направлениях. В соответствии с первым в портативные устройства встраиваются средства анализа и синтеза речи. Несмотря на то, что это приводит к усложнению портативных устройств и, как следствие, их удорожанию, многие фирмы успешно развивают данное направление.

Это связано прежде всего с запретом на использование обычных мобильных телефонов при управлении транспортными средствами в некоторых странах Европы и ряде штатов США. В этих странах получили распространение управляемые голосом мобильные телефоны. В них используются специальные процессоры для распознавания речи, а также увеличенный объем памяти. Отметим, что если достоверность восприя-

тия речевых команд такими телефонами в лабораторных условиях составляет 90 %, то в условиях уличных шумов она падает до 50 %. Кроме того, объем памяти современных телефонов не позволяет хранить более 50 слов или имен. Поэтому такие известные фирмы, как IBM, Lucent Technology, Motorola, Analog Devices продолжают совершенствовать элементную базу для анализа речевых сообщений. Так, например, фирма IBM создала новый сопроцессор для мобильного телефона, позволяющий распознавать несколько сот речевых команд.

Как уже отмечалось, встраивание достаточно сложных средств распознавания речи непосредственно в портативные устройства приводит к их удорожанию, увеличению габаритов и энергопотребления. В то же время наличие радиоинтерфейса позволяет выполнять анализ речевых сообщений непосредственно в сервере (второе направление), как это показано на рисунке. При достаточно высокой скорости обмена данными задержка передачи речевых сообщений незначительна, а качество распознавания достаточно высоко за счет того, что в сервере могут быть использованы более мощные средства распознавания. По мнению специалистов к 2005 году серверы с функциями распознавания речи получат такое же распространение, как и серверы для электронной почты или Интернет сетей.

В заключение отметим, что распознавание речи в портативных устройствах развивается по обоим взаимосвязанным направлениям и, как считают специалисты, в недалеком будущем практически каждый портативный прибор будет иметь речевой интерфейс.

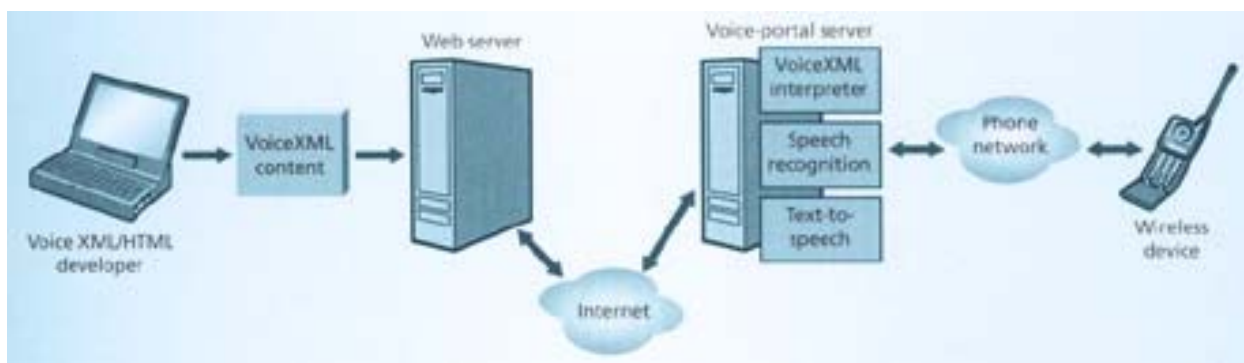


Схема организации распознавания речи в портативных устройствах

\* David Clark. *Speech Recognition: The Wireless Interface Revolution*//Computer, March, 2001.

# ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ РАЗВЯЗКА В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ \*

Устройства гальванической развязки применяются в медицинской аппаратуре, в системах управления электродвигателями и другом электрооборудовании, создающем помехи, в искровзрывобезопасной аппаратуре, системах контроля технологических процессов, в распределенных информационно-измерительных системах и т. п. Во всех этих устройствах для изоляции входа от выхода используется трансформаторная или оптическая связь. Особенности построения устройств гальванической развязки рассмотрены ниже.

Наиболее простыми устройствами гальванической развязки являются оптопары. В состав оптопары, как правило, входит светодиод и фототранзистор. Это универсальные устройства, выполненные в стандартном корпусе, работающие как в области высоких частот, так и на постоянном токе. Типовая схема использования оптопары в сочетании с преобразователем "напряжение-частота" (ПНЧ) представлена на рис. 1. На вход ПНЧ типа AD7740 поступает сигнал с датчика физических величин, который преобразуется в частоту импульсов. На выходе оптопары можно включить обратный преобразователь ПЧН и восстановить аналоговый сигнал. Недостатком схемы (рис. 1) является

невысокая скорость преобразования оптопары. Исправить этот недостаток можно или путем замены недорогой низкочастотной оптопары на более дорогую и высокочастотную, или путем введения положительной обратной связи, как это показано на рис. 2. В последнем случае частота преобразования обычной оптопары возрастает не менее, чем на порядок.

Схема, приведенная на рис. 1, может быть существенно улучшена за счет введения драйвера линии ADM485 на выходе ПНЧ (рис. 3). В этом случае частота импульсов через оптопару типа PS2502-20 увеличивается с 5 до 32 кГц. Если максимальная частота преобразования AD7740 составляет 32 кГц, то при напряжении питания 3 В его потребление не превышает 2.7 мВт. Дальнейшее снижение потребляемой мощности схемы, представленной на рис. 3, можно обеспечить путем введения режима покоя. В этом режиме (когда измерения не производятся) ПНЧ AD7740 потребляет всего лишь 0.09 мВт.

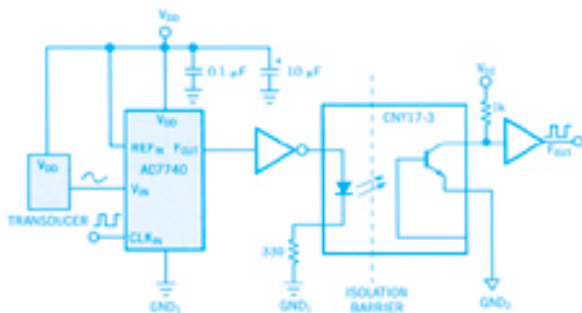


Рис. 1. Схема гальванической развязки на основе оптопары и ПНЧ

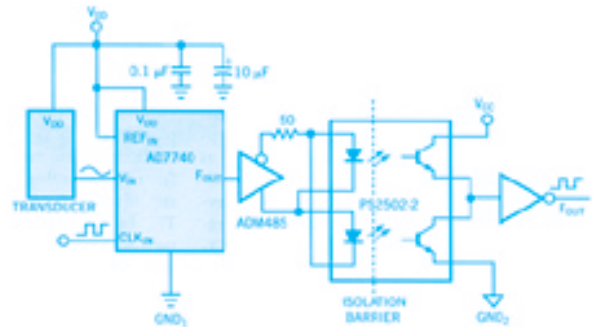


Рис. 3. Схема гальванической развязки с использованием драйвера линии

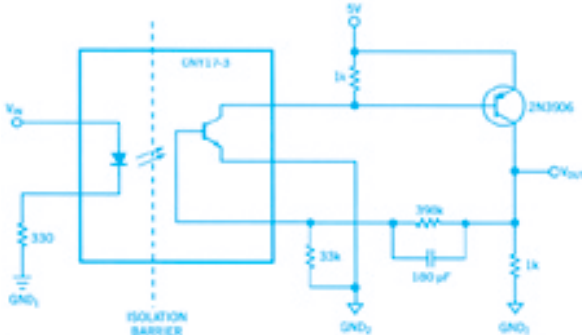


Рис. 2. Схема оптопары с положительной обратной связью

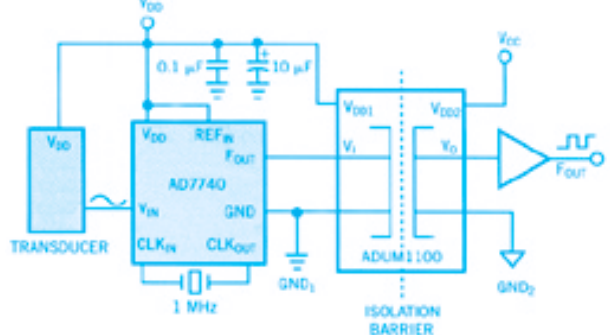


Рис. 4. Схема гальванической развязки на основе цифрового изолятора

\* Helen Stapleton, Albert O'Grady. Isolation Techniques for High-Resolution Data-Acquisition Systems//EDN, February 1, 2001.



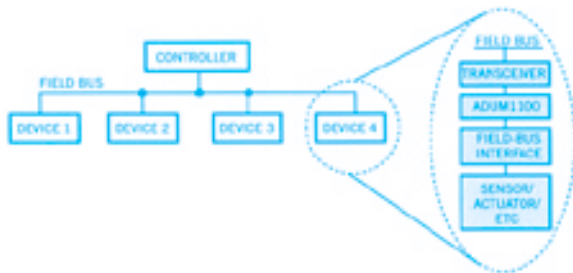


Рис. 5. Распределенная измерительная система с гальванической развязкой

Если измерения необходимо производить с высокой скоростью, следует использовать цифровые устройства гальванической развязки типа ADuM1100 (рис. 4), выполненные на основе воздушного трансформатора. ADuM1100 имеет скорость преобразования до 100 МГц. Его потребление составляет 230 мкА/МГц. С помощью таких изоляторов могут быть реализованы распределенные измерительные системы на базе сетевой архитектуры (рис. 5).

Если устройства в составе измерительной системы необходимо изолировать не только по сигнальным цепям, но и по цепям питания, следует использовать в составе таких систем изолирующие усилители и DC/DC преобразователи, как это показано на рис. 6. Изолирующий усилитель AD204 обеспечивает изоляцию датчика температуры AD22100A (рис. 6) от других устройств измерительной системы. Кроме того, этот же усилитель формирует гальванически развязанное от основного источника питания напряжение, которое поступает на вход линейного стабилизатора ADM663A. Линейный стабилизатор обеспечивает питание датчика температуры напряжением 5 В. Диапазон измерения температуры такой схемы находится в пределах от  $-40$  до  $85$  °С, электрическая прочность изоляции составляет  $\pm 2$  кВ.

Полностью изолированная система, предназначенная для измерения давления и температуры, представлена на рис. 7. ИМС AD7705 представляет собой сигма-дельта АЦП и является аналого-цифровым интерфейсом для ввода преобразованных в код аналоговых сигналов с мостового датчика давления (входы AIN1+ и AIN1-) в микроконтроллер 68HC11. Напряжение питания моста составляет 5 В и обеспечивается линейным стабилизатором. Максимальный диапазон выходного сигнала мостового датчика не превышает 15 мВ. В связи с тем, что питание моста и формирование напряжения опорного источника АЦП

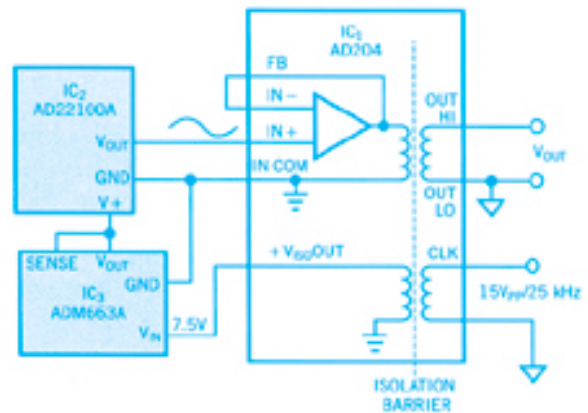


Рис. 6. Схема гальванической развязки на основе изолирующего усилителя и DC/DC преобразователя

обеспечивается одним и тем же стабилизатором, влиянием погрешности этого стабилизатора на точность измерительного канала можно пренебречь. В трансформаторном изоляторе AD260BND-1 пять цифровых каналов, обеспечивающих гальваническую развязку АЦП и микроконтроллера. Электрическая прочность изоляции составляет 3.5 кВ, скорость цифрового потока до 20 МГц, задержка распространения цифрового сигнала 14 нс.

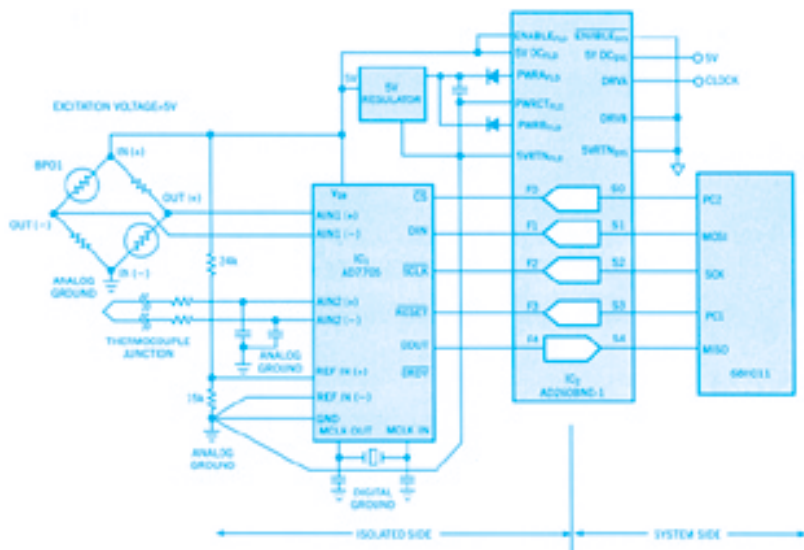


Рис. 7. Схема гальванической развязки на основе трансформаторного изолятора

Эта же микросхема обеспечивает развязку цепей питания основного источника и линейного стабилизатора напряжением 5 В.

Как следует из данной публикации все типовые схемы гальванической развязки в измерительных системах могут быть легко реализованы на основе современной микроэлектронной базы.



## КОНДЕНСАТОРНЫЙ УРОВНЕМЕР С ОДНОПРОВОДНОЙ ЛИНИЕЙ СВЯЗИ \*

Простой уровнемер позволяет измерять уровень воды и передавать данные в удаленный терминал по однопроводной линии связи.

Схема уровнемера (рис. 1) построена на основе линейки последовательно включенных конденсаторов, таймера (LMC555) и счетчика импульсов (DS2423). По однопроводной линии связи поступает питание к схеме и снимаются данные. Разделение цепей питания и данных осуществляется с помощью диода D1. Принцип работы уровне-

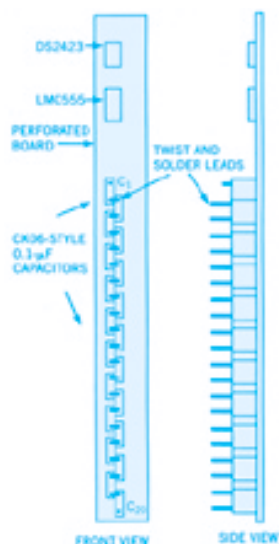


Рис. 1. Схема уровнемера

мера заключается в следующем. Частота таймера определяется величиной распределенной емкости сенсора, которая, в свою очередь, зависит от уровня воды, подлежащего измерению. Сенсор представляет собой линейку последовательно соединенных конденсаторов, покрытых (за исключением выводов) водостойким компаундом. Линейка помещена в заземленную металлическую трубку (рис. 2). Выводы конденсаторов отстоят друг от друга на расстоянии 0.2 дюйма. Количество конденсаторов равно 20. Сенсор помещается вертикально в емкость с водой. Частота колебаний таймера определяется из выражения  $f_{OSC} = (N-n)/1.4R_C C$ , где  $N$  — общее число конденсаторов,  $n$  — число конденсаторов, выводы которых покрыты водой. Величина емко-

сти сенсора равна  $C_{total} = C/(N-n)$ , где  $C$  — емкость единичного конденсатора. Величина задающего частоту колебаний резистора  $R_C$  выбирается равной 1 МОм, чтобы уменьшить влияние сопротивления воды на точность измерения. Последнее равно примерно 5 кОм в диапазоне частот от 5 Гц до 1 кГц.

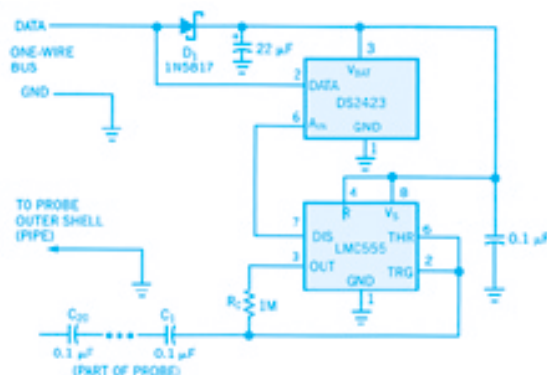


Рис. 2. Устройство конденсаторного сенсора

Таким образом, рассмотренный уровнемер измеряет уровень воды с разрешением 0.2 дюйма в диапазоне 20 дюймов, преобразуя этот уровень в частоту импульсов в диапазоне от 7 до 142 Гц с шагом 7 Гц.

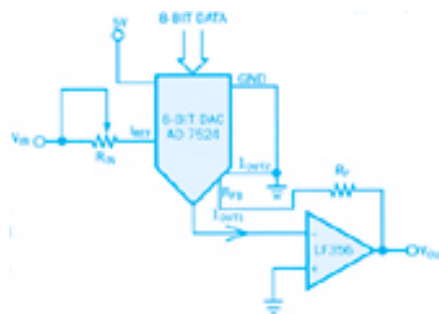
\* Dale Litwhiler, Lockheed Martin. One-wire bus powers water-level sensor//EDN, February 15, 2001.

## ПРОСТАЯ СХЕМА УСИЛИТЕЛЯ С ПРОГРАММИРУЕМЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ \*

Простая и недорогая схема усилителя с программируемым коэффициентом усиления может быть построена на основе ИМС ЦАП и операционного усилителя (ОУ). Схема такого усилителя представлена на рисунке. В цепь обратной связи инвертирующего усилителя на базе ОУ типа LF356 включен 8-разрядный ЦАП AD7524. Выходное напряжение инвертирующего усилителя равно  $V_{out} = -V_{in}(R_F/R_{IN})$ . ЦАП выполняет функцию программируемого аттенуатора. При максимальном коэффициенте усиления выходное напряжение  $V_{out} = -V_{in}(R_F/R_{IN})255/256$ , а при минимальном —  $V_{out} = -V_{in}(R_F/R_{IN})1/256$ .

Плавная регулировка коэффициента усиления осуществляется с помощью переменного резистора  $R_{IN}$ .

\* J. Jayapandian. Programmable-gain amplifier is low-cost. — EDN, January 18, 2001.



## ВНИМАНИЮ РАЗРАБОТЧИКОВ АВИАЦИОННОЙ, РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ!

Научно-производственная фирма VD MAIS в апреле 2001 г. заключила дистрибьюторское соглашение с корпорацией DDC — одним из ведущих производителей элементно-узловой базы для систем управления, используемых в коммерческой авиации, ракетно-космической и военной технике. Корпорация DDC (Data Device Corporation, США) основана в 1964 г. и специализируется в разработке, изготовлении и поставке высоконадежных аналоговых и цифровых интерфейсных микросхем, модулей и плат, соответствующих требованиям промышленных, военных, авиационных и космических стандартов. Ниже приведен краткий перечень продукции корпорации, предназначенной для:

1. Информационной шины в стандарте MIL-STD-1553 (витая пара с волновым сопротивлением от 70 до 85 Ом), используемой в военной авиации и ракетно-космической технике:
  - микросхемы приемопередатчиков и "интеллектуальных" адаптеров, предназначенных для подключения микропроцессоров или иных электронных устройств к шине и осуществляющих автономную асинхронную передачу данных
  - интерфейсные платы для сопряжения внешней шины MIL-STD-1553 с внутренней шиной устройства управления, выполненной в одном из стандартов PCI, PCMCIA, ISA, VME/VXI или PC-104 (платы комплектуются драйверами для различных операционных систем)
  - тестеры/симуляторы для отладки распределенных систем управления с шиной MIL-STD-1553
2. Информационной шины в стандарте ARINC 429, используемой в коммерческой авиации:
  - микросхемы приемопередатчиков и адаптеров
  - интерфейсные платы для сопряжения внешней шины ARINC 429 с внутренней шиной устройства управления, выполненной в одном из стандартов PCI, PCMCIA, ISA, VME/VXI или PC-104 (платы комплектуются драйверами для различных операционных систем)
  - тестеры/симуляторы для отладки распределенных систем управления с шиной ARINC 429
3. Коммутации цепей электропитания в танках и бронетранспортерах:
  - твердотельные устройства управления электропитанием, содержащие твердотельное сильноточное одноканальное реле одного из двух типов: с коммутируемым напряжением постоянного тока 28 В и током до 25 А или коммутируемым напряжением постоянного тока 270 В и током до 80 А, а также блоки логики управления и электропитания с гальванической развязкой входных и выходных цепей
4. Преобразования в код сигналов сельсинов, СКВТ (синусно-косинусных вращающихся трансформаторов) и дифференциальных индукционных датчиков, используемых в промышленном оборудовании, военной и гражданской авиации, ракетно-космической технике:
  - микросхемы и модули преобразователей аналоговых сигналов сельсинов и СКВТ в код угла поворота и скорости вращения и обратного преобразования кода в аналоговые сигналы
  - многоканальные платы для ввода сигналов сельсинов и СКВТ в ПК или иное устройство обработки данных с одной из шин PCI, PCMCIA, ISA, VME/VXI или PC-104 (платы комплектуются драйверами для различных операционных систем)
  - измерители угла поворота оси сельсина или СКВТ, выполненные в виде автономных приборов, встраиваемых в измерительное оборудование блоков или плат, устанавливаемых в ПК
5. Управления исполнительными механизмами в военной и гражданской авиации, ракетно-космической технике:
  - блоки управления трехфазными бесколлекторными электродвигателями постоянного тока с напряжением питания до 750 В и током потребления до 75 А.

Продукция корпорации используется в коммерческих самолетах A330/340, EMB-145, Boeing 777; танках M1A2; военных самолетах F-16, F/A-18, F-22, C-10, C-130, B-1; штурмовом вертолете AH-64; корректируемых авиабомбах и ракетах класса "воздух-воздух"; многоразовых воздушно-космических аппаратах "Space Shuttle"; ракетах-носителях Delta, Atlas, H-2A; спутниках серий MILSTAR, SBIRS, EOS, Topex, CRSS, Iridium, SkyBridge; международной космической станции.

Дополнительную информацию о продукции DDC можно получить в сети Интернет ([www.ddc-web.com](http://www.ddc-web.com)) или в офисе НПФ VD MAIS.







### Уважаемые читатели журнала!

11 октября 2001 г. в Харькове состоится семинар

### "Новые интегральные схемы фирмы Analog Devices и особенности их применения"

Семинар проводится в рамках выставки "Электроника, Информатика, Связь" (9-12 октября 2001 г.)  
Докладчики — преподаватели кафедры автоматизации экспериментальных исследований НТУУ "КПИ".

**VD MAIS**
**ЭЛЕКТРОННЫЕ  
КОМПОНЕНТЫ  
И СИСТЕМЫ**

#### Программа семинара:

1. Семейство сигнальных процессоров ADSP-218x с фиксированной точкой: особенности архитектуры, ядро процессора, память, организация интерфейсов, подключение периферийных устройств, организация арифметических операций (профессор Е.Т. Володарский). Начало в 10.00.
2. Инструментальные средства отладки семейства сигнальных процессоров ADSP-218x: EZ-LAB, EZ-ICE, EZ-KIT, программные средства отладки PC-FULL, MAT LAB для DSP (доцент И.Е. Мозговой). Начало в 12.00.
3. 24-разрядные сигма-дельта АЦП: принципы построения, особенности применения, способы включения АЦП для получения высокой разрешающей способности (профессор В.И. Губарь). Начало в 13.30.
4. Прецизионные и быстродействующие операционные усилители и особенности их применения; особенности применения микроконвертера AD $\mu$ C812 (доцент В.В. Литвих). Начало в 15.00.

Ответственный от НТУУ "КПИ" — Е.Т. Володарский, тел.: (044) 441-1817.

#### Организатор семинара — научно-производственная фирма VD MAIS.

Участие в семинаре бесплатное. Участники семинара обеспечиваются информационными материалами.

Заявки на участие принимаются по почте: 01033, г. Киев, а/я 942, НПФ VD MAIS;

электронной почте: info@vdmals.kiev.ua или по факсу: (044) 227-3668.

В заявке необходимо указать:

Ф.И.О. участника, должность, место работы, почтовый и электронный адреса, номер факса.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ  
**ВЫСТАВКИ**  
**КОМПЬЮТЕР@ОФИС@СВЯЗЬ**

2@@1

КОМПЬЮТЕР  
@  
ОФИС  
@  
СВЯЗЬ

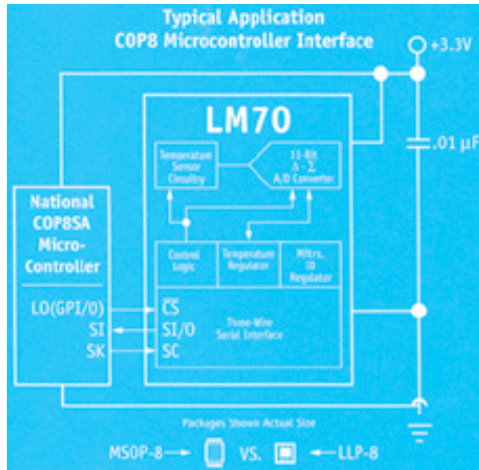
**12-15 СЕНТЯБРЯ**  
**ЗАПОРОЖЬЕ**  
л/а "МАНЕЖ", ул. Тюленина, 13

**13-16 НОЯБРЯ**  
**ХАРЬКОВ**  
СК ХГПУ, ул. Артема, 50-А

ОРГАНИЗАТОРЫ:  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ УКРАИНЫ;  
ЗАПОРОЖСКАЯ ОБЛГОСADMINИСТРАЦИЯ; ЗАПОРОЖСКИЙ ГОРИСПОЛКОМ;  
ХАРЬКОВСКИЙ ДОМ НАУКИ И ТЕХНИКИ; ПРЕДПРИЯТИЕ "МЭДВИН"

**МЭДВИН**  
г. Киев-205, 04205, Оболонский пр-т, 26, офис 309,  
т./ф.: (044) 413-59-00, 411-57-01, 413-86-07  
г. Запорожье, 69000, ул. Патриотическая, 62, к.41, 42,  
т./ф.: (0612) 13-28-39, 13-43-12  
E-mail: medvin@carrier.kiev.ua; medvin@reis.zp.ua  
HTTP://WWW.MEDVINEXPO.COM.UA

## Датчики температуры с цифровым выходом



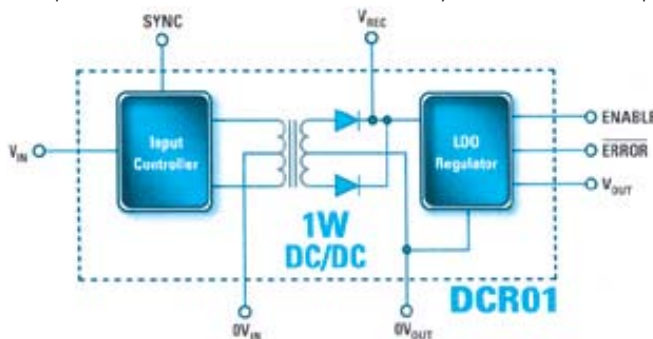
Фирма National Semiconductor разработала семейство датчиков температуры LM70 с цифровым выходом. Точность датчиков составляет  $\pm 2^\circ\text{C}$  в диапазоне температур от  $-40$  до  $85^\circ\text{C}$ . В составе датчика 10-разрядный сигма-дельта АЦП, интерфейсы типа SPI и MICROWIRE. Ток потребления не превышает 260 мкА. Датчики выполнены в корпусе 8-MSOP или 8- LLP и предназначены для использования в мобильных телефонах, карманных компьютерах и других портативных устройствах. Основные параметры датчиков представлены в таблице.

Подробную информацию о датчиках температуры можно получить по адресу: [www.national.com](http://www.national.com)

Тип датчика	Напряжение питания, В	Тип корпуса	Габариты, мм	Ток потребления, мкА	Точность
LM70CILD-3	2.56-3.6	8-LLP	3 × 3	260	$\pm 2^\circ\text{C}$ ( $-40 - 85^\circ\text{C}$ ) $+3/-2^\circ\text{C}$ ( $-55 - 125^\circ\text{C}$ )
LMCILD-5	4.5-5.5	8-LLP	3 × 3	290	$\pm 2^\circ\text{C}$ ( $-40 - 85^\circ\text{C}$ ) $+3/-2^\circ\text{C}$ ( $-55 - 125^\circ\text{C}$ )
LM70CIMM-3	2.65-3.6	8-MSOP	3 × 4.9	260	$\pm 2^\circ\text{C}$ ( $-40 - 85^\circ\text{C}$ ) $+3/-2^\circ\text{C}$ ( $-55 - 125^\circ\text{C}$ )
LM70CIMM-5	4.5-5.5	8-MSOP	3 × 4.9	290	$\pm 2^\circ\text{C}$ ( $-40 - 85^\circ\text{C}$ ) $+3/-2^\circ\text{C}$ ( $-55 - 125^\circ\text{C}$ )

## DC/DC преобразователи фирмы TEXAS INSTRUMENTS

Фирма Texas Instruments выпускает широкий класс DC/DC преобразователей. Преобразователи отличаются высокой надежностью, отвечают требованиям стандартов UL1950 и EN55022 (класс В) по электромагнитной совместимости и выпускаются в стандартных корпусах, предназначенных для монтажа на поверхность. Электрическая прочность изоляции преобразователей составляет 1 кВ, диапазон рабочих температур от  $-40$  до  $85^\circ\text{C}$ . Имеется защита от короткого замыкания. Стоимость преобразователя в партии 1000 шт. составляет \$ 5. Основные параметры преобразователей приведены в таблице.



Подробнее с этими преобразователями можно познакомиться по адресу: [www.power.ti.CDM/dcr01](http://www.power.ti.CDM/dcr01)

Тип преобразователя	Выходная мощность, Вт	Электрическая прочность изоляции, В	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Регулировка выходного напряжения
DCP01B	1	1000	5, 15, 24	5, $\pm 5$ , 12, $\pm 12$ , 15, $\pm 15$	нет
DCP02	2	1000	5, 12, 15, 24	3.3, 5, $\pm 5$ , 7, 9, 12, $\pm 12$ , 15, $\pm 15$	нет
DCV01	1	1500	5, 15, 24	5, $\pm 5$ , 12, $\pm 12$ , 15, $\pm 15$	нет
DCR01	1	1000	5, 15, 24	5, 15, 24	есть
DCR02	2	1000	12, 24	12, 24	есть

## КМОП АЦП гигагерцового диапазона \*

На международной конференции по твердотельной микроэлектронике, которая состоялась в этом году в Сан-Франциско (2001 IEEE ISSCC), были сделаны доклады о микросхемах преобразователей данных с частотой выборки более гигагерца. Краткое изложение этих докладов приведено ниже.

На факультете электроники калифорнийского университета разработана КМОП ИМС 6-разрядного флэш-АЦП с максимальной частотой выборки 1.3 ГГц (рис. 1). В составе АЦП имеется быстродействующая ROM-память, в которой термометрический код с выхода компараторов сначала преобразуется в код Грея, а затем в двоичный код. Усилители выборки/хранения на входах компараторов обеспечивают точность не менее 5.5 эффективных двоичных разрядов при частоте входного сигнала 600 МГц и частоте выборки 1 ГГц и точность не менее 5.0 эффективных двоичных разрядов при частоте входного сигнала 650 МГц и частоте выборки 1.3 ГГц. Мощность потребления АЦП при напряжении питания 3.3 В и частоте выборки 1 ГГц составляет 500 мВт, при максимальной частоте выборки 1.3 ГГц — 545 мВт.

Интегральная и дифференциальная нелинейность преобразователя не хуже  $\pm 0.3$  ЕМР. Размеры КМОП микросхемы, выполненной по технологии 0.35 мкм, составляют 0.8 мм<sup>2</sup>.

Разработчики фирмы Philips представили 6-разрядный флэш-АЦП, выполненный по КМОП технологии. Максимальная частота выборки этого АЦП

составляет 1.1 ГГц, максимальное потребление 300 мВт при напряжении питания 3.3 В, число эффективных разрядов равно 5 при частоте входного сигнала 450 МГц.

Разработчики Texas Instruments и Dallas представили 10-разрядный конвейерный (pipelined) КМОП АЦП с частотой выборки 100 МГц (рис. 2). Преобразователь состоит из девяти элементарных АЦП (stage), каждый из которых имеет разрешение 1.5 бита. Максимальная частота входного сигнала АЦП составляет 50 МГц, число эффективных двоичных разрядов не менее 9.4 при частоте выборки 100 МГц, потребляемая мощность не более 180 мВт при напряжении питания 1.8 В.

Фирма Analog Devices представила 14-разрядный pipelined АЦП на основе коммутируемых конденсаторов с динамическим диапазоном неискаженного сигнала 85 дБ. Преобразователь содержит 4-разрядный флэш-АЦП и восемь элементарных АЦП с разрешением 1.5 бита. Частота выборки этого АЦП составляет 75 МГц, потребляемая мощность — 340 мВт при напряжении питания 3 В.

Кроме того, на конференции были представлены специализированные АЦП для цифровых систем связи, предназначенные для прямого цифрового преобразования сигналов промежуточной частоты.

\* Ashok Bindra. CMOS ADCs Surge Past 1 GHz//Electronic Design, February 19, 2001.

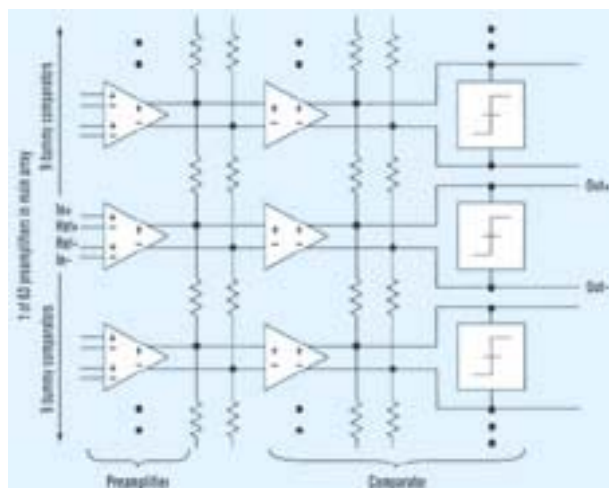


Рис. 1. Схема 6-разрядного флэш-АЦП с частотой выборки 1.3 ГГц

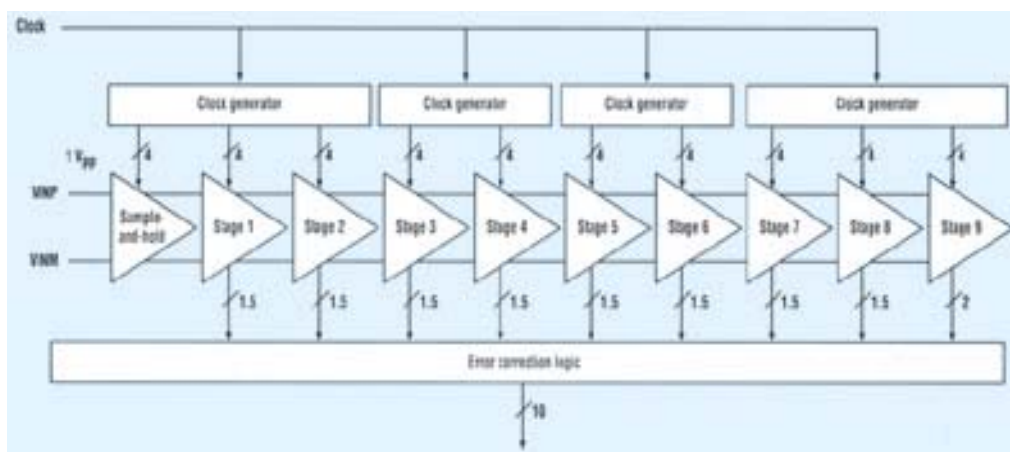


Рис. 2. Схема 10-разрядного pipelined АЦП с частотой выборки 100 МГц

## Сигма-дельта АЦП с высоким разрешением

ADS1252 — 24-разрядный сигма-дельта АЦП с частотой преобразования 40 кГц (Burr-Brown Products from Texas Instruments). Этот преобразователь имеет быстродействие поразрядного и разрешение сигма-дельта АЦП. Основное назначение преобразователя — медицинская аппаратура и портативные приборы высокой точности. Преобразователь имеет уровень шумов не хуже 2.5 ppm. Мощность потребления ADS1252 составляет 50 мВт при напряжении питания 5 В, тип корпуса преобразователя 8-SOIC, стоимость в партии 1 К составляет \$ 5.25. Основные параметры ADS1252 и других сигма-дельта АЦП фирмы Texas Instruments приведены в таблице.

Тип АЦП	Разрешение, бит	Число эффективных разрядов	Частота выборки, МГц	Интегральная нелинейность, %
ADS1250	20	18	25	0.002
ADS1252	24	19	40	0.0015
ADS112	20	18	3	0.005

Подробную информацию об АЦП ADS1252 можно получить по адресу: [www.ti.com/sc/ads1252](http://www.ti.com/sc/ads1252)

## Быстродействующий 14-разрядный АЦП с низким потреблением

ADS850 — быстродействующий 14-разрядный АЦП (Burr-Brown Products from Texas Instruments), имеющий дифференциальный вход и отличающийся низким потреблением. Динамический диапазон неискаженного сигнала этого АЦП составляет 85 дБ, частота выборки 10 МГц, диапазон входных сигналов 2 и 4 В (от пика к пику). Может работать как от внутреннего, так и внешнего интерфейса. В составе АЦП устройство выборки/хранения, цепи самокалибровки и цифровой коррекции, что позволяет использовать его в средствах телекоммуникаций и обработки изображений. Преобразователь выпускается в корпусе 48-TQFP, стоимость его в партии 1 К составляет \$ 19. Основные параметры ADS850 и других 14-разрядных АЦП производства фирмы Texas Instruments приведены в таблице.

Тип АЦП	Разрешение, бит	Частота выборки, МГц	Напряжение питания, В	Отношение сигнал/шум, дБ	Дифференциальная нелинейность, ЕМР	Мощность потребления, мВт	Наличие FIFO-памяти	Стоимость в партии 1К, \$
ADS850	14	10	5	76	± 0.75	220	нет	19.00
THS1408	14	8	3.3	72	± 1	270	нет	15.00
THS1403	14	3	3.3	72	± 1	270	нет	12.00
THS1401	14	1	3.3	72	± 1	270	нет	9.00
THS14F01	14	1	3.3	72	± 1	270	есть	9.75
THS14F03	14	3	3.3	72	± 1	270	есть	12.75

Подробную информацию об АЦП ADS850 можно получить по адресу: [www.ti.com/sc/ads850](http://www.ti.com/sc/ads850)

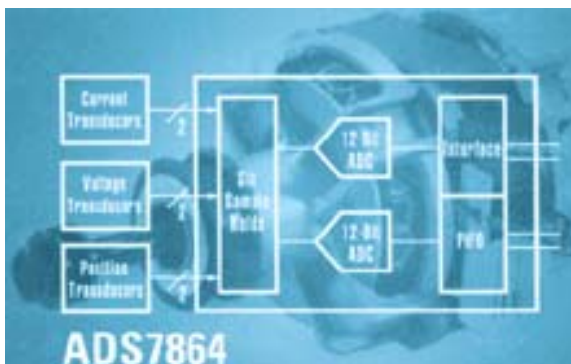
## Сигнальный процессор с микропотреблением \*

Фирма Texas Instruments разработала сигнальный процессор TMS320DA250 четвертого поколения, обеспечивающий работу аудиоплеера в сети Интернет от двух батареек в течение 70 часов. С начала этого года процессор TMS320DA250 начал использоваться в коммерческих изделиях. В основу его положено ядро процессора TMS320C55x. Ресурс батарейного питания TMS320DA250 на 50-70 % больше, чем у любого серийного процессора. Новый процессор выполнен по субмикронной технологии 0.17 мкм и в ближайшем будущем будет переведен на технологию 0.10 мкм, что позволит снизить потребляемую мощность еще на 50 %. В процессоре использован двоякный умножитель/аккумулятор. Он ориентирован на работу с USB шиной. Стоимость процессора DA250 составляет \$ 10 в партии 250 К.

\* DSP Offers Analog-Based Audio Solution. — *Electronic Design*, January 8, 2001.



## АЦП с одновременной выборкой



Фирма Texas Instruments анонсировала новое семейство АЦП с одновременной выборкой (Burr-Brown Products from Texas Instruments). Преобразователи имеют до шести входных каналов, коэффициент ослабления синфазной помехи составляет 80 дБ, диапазон входных сигналов однополярный 2.5 В или двухполярный  $\pm 2.5$  В. Время преобразования по одному каналу составляет 2 мкс. Напряжение внутреннего источника опорного напряжения 2.5 В. Преобразователь потребляет 50 мВт при напряжении питания 5 В. В составе АЦП флэш-память объемом до шести слов. Тип корпуса 48-TQFP. Основные параметры преобразователей приведены в таблице.

Тип АЦП	Разрешение, бит	Количество АЦП	Количество входных каналов	Количество входных каналов с одноврем. выборкой	Частота преобразования, МГц	Тип интерфейса	Стоимость в партии 1 К, \$
ADS7864	12	2	6	6	0.5	параллельный	6.75
ADS7862	12	2	4	2	0.5	параллельный	5.92
ADS7861	12	2	4	2	0.5	последовательный	3.98
THS1206	12	1	4	4	6	параллельный	13.02
Vecano01	12	3	10	5	0.078	последовательный	23.75

# ВЫСТАВКИ 18-21 сентября



**“УПАКОВКА.  
ПЕРЕРАБОТКА.  
ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ.”**

**ЭТИКЕТКА-2001**



**ХАРЬКОВ**

Тел.: 20-18-35, 12-69-08  
Факс: 12-69-08, 19-97-05  
Адрес: пл. Конституции, 1,  
Дворец Труда, 3 под., 2 эт.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ

**5-8** Харьков, Спорткомплекс ХПИ  
декабря ул.Артема, 50-а

**2001**  
**ЭЛЕКТРОННЫЕ  
КОМПОНЕНТЫ**

Радиокомпоненты  
Сигнальные процессоры и  
микроконтроллеры  
Источники питания и усилители  
Датчики и измерители

**Гидравлика  
Пневматика**

Компрессоры и насосы  
Регуляторы и датчики давления  
Фильтрующее оборудование  
Запорная арматура

ОРГАНИЗАТОР:

ЧФ “К.И.” - “Kharkiv InfoExpo”  
(0572) 19-45-17, 17-58-67, 175-145  
19-45-18, 30-97-56, 009

E-mail: [ki@email.kharkov.ua](mailto:ki@email.kharkov.ua)  
[www.INFOEXPO.kharkov.ua](http://www.INFOEXPO.kharkov.ua)



## Микроконтроллеры с ядром 8051 в корпусе минимальных размеров \*

Фирма Philips Semiconductor Inc. разработала семейство 8-разрядных микроконтроллеров 87LPC762 и 87LPC764 в корпусе TSSOP с 20 выводами. Микроконтроллеры имеют минимальное потребление и отличаются высокими характеристиками электромагнитной совместимости. Оба микроконтроллера работают при напряжении питания от 2.7 до 6.0 В. При напряжении питания выше 4.5 В максимальная тактовая частота составляет 20 МГц. Если напряжение питания ниже 4.5 В, максимальная тактовая частота не превышает 10 МГц. Тактовая частота задается пользователем. В составе микроконтроллеров имеются последовательные интерфейсы типа UART и I<sup>2</sup>C. Стоимость в партии 10 000 шт. составляет \$ 1.05 для 87LPC762 и \$ 1.15 для 87LPC764.

Подробно информацию о микроконтроллерах можно получить по адресу: [www.philips.semiconductors.com](http://www.philips.semiconductors.com)

\* *80C51-Based 8-Bit Microcontrollers Provide a Small Footprint//Electronic Design, February 19, 2001.*

## Микроконтроллер с ядром 8051 производительностью 50 MIPS \*

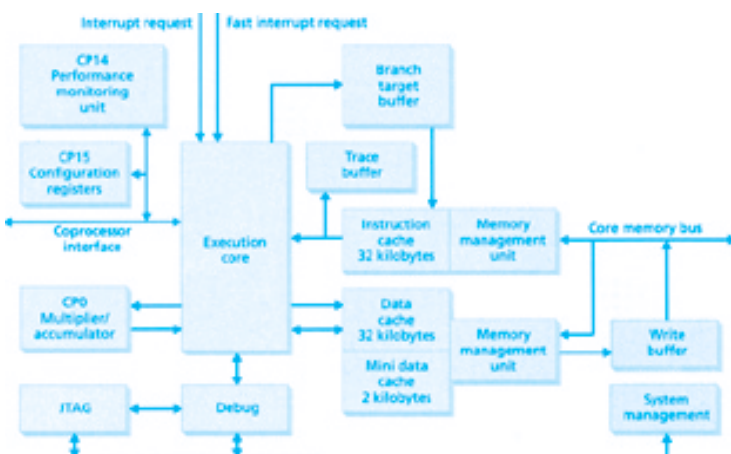
Фирма Dallas Semiconductor разработала 8-разрядный сверхбыстродействующий микроконтроллер DS89C420 с ядром 8051 и производительностью 50 MIPS на тактовой частоте 50 МГц. Это значит, что за один такт выполняется одна команда. Микроконтроллер содержит флэш-память команд объемом 16 кбайт и конструктивно совместим с уже выпускаемыми микроконтроллерами семейства 8051. Это позволяет легко повысить производительность устройства на базе контроллера 8051 путем простой замены менее быстродействующего устройства на более скоростное с производительностью 50 MIPS. Стоимость нового микроконтроллера в партии 25 000 шт. составляет \$ 10.

Подробную информацию о микроконтроллере DS89C420 можно получить по адресу: [www.dalsemi.com](http://www.dalsemi.com)

\* *8051-Based Microcontroller Achieves 50 MIPS at 50 MHz//Electronic Design, February 19, 2001.*

## Новый микропроцессор фирмы INTEL для карманных компьютеров \*

Фирма Intel разработала отличающийся низким потреблением быстродействующий микропроцессор для портативных устройств, таких как карманные компьютеры, персональные цифровые ассистенты, интеллектуальные мобильные телефоны и др. Новый кристалл, получивший название XScale architecture, может



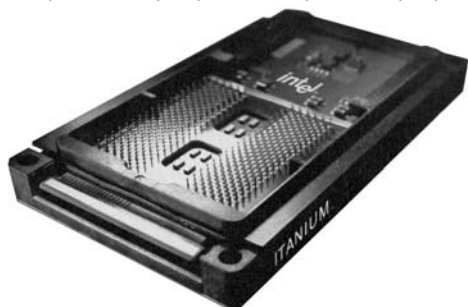
Структурная схема XScale микропроцессора

работать на тактовой частоте от 150 до 800 МГц, потребляя при этом от 40 до 900 мВт, что существенно меньше потребления микропроцессоров типа Pentium. XScale процессор имеет все необходимые элементы, позволяющие увеличить ресурс батарейного питания. Это, прежде всего, элементы, осуществляющие мониторинг параметров, а также управление электропитанием, что дает возможность использовать минимум мощности для выполнения операций с требуемой скоростью. XScale процессор построен на базе StrongARM процессора, предназначенного для сотовых телефонов и других беспроводных устройств.

\* *Intel Has New Chip Design for Handhelds//Computer, November, 2000.*

## ITANIUM — новый 64-разрядный микропроцессор фирмы Intel \*

После напряженной семилетней работы специалисты Intel и Hewlett-Packard разработали новую архитектуру микропроцессора и на ее основе создали первый 64-разрядный микропроцессор нового поколения, получивший название Itanium. В основу архитектуры нового микропроцессора положена новая параллельная обработка инструкций (explicitly parallel instruction computing — EPIC). С целью быстрого внедрения 64-разрядного процессора ряд компаний во главе с фирмой Intel образовали специальный фонд в 250 миллионов долларов для разработки системного программного обеспечения.

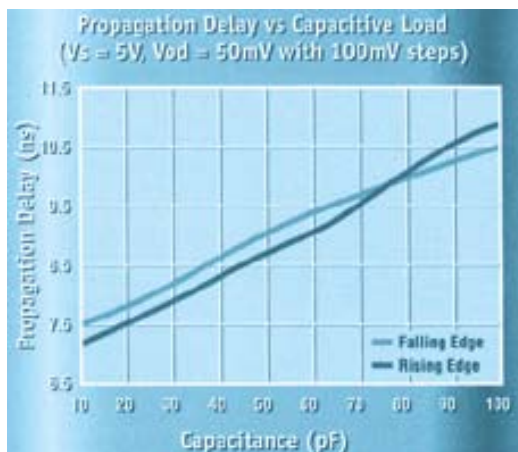


Начиная с середины этого года, такие известные фирмы, как Compaq, Dell, Hewlett-Packard, IBM, Unisys, NEC, Hitachi, Samsung и др. приступили к поставкам рабочих станций и серверов на основе микропроцессора Itanium.

Itanium включает 25 млн. транзисторов, содержит внутреннюю память данных и программ и поставляется в картридже с памятью 4 Мбайта. Для построения мультимикропроцессорных серверов может быть объединено до 32 таких картриджей.

\* *The Itanium Platform Lands Its First Computing Systems//IEEE SPECTRUM, July, 2001.*

## Быстродействующий компаратор



Фирма National Semiconductor разработала новый быстродействующий компаратор LMV7219. Время задержки компаратора 7 нс, выходной управляющий ток 65 мА, ток потребления 1.1 мА, напряжение питания от 2.7 до 5 В. Компаратор предназначен для использования в сканерах, адаптерах сигналов кабельного и беспроводного телевидения, портативных устройствах с батарейным питанием. Зависимость времени задержки компаратора от величины емкостной нагрузки показана на рисунке.

Подробную информацию о компараторе можно получить по адресу: [www.national.com](http://www.national.com)

## УВАЖАЕМЫЕ ГОСПОДА!

В НПФ **VD MAIS** работают курсы обучения технологии поверхностного монтажа. В программу обучения входит теоретическая и практическая подготовка. Занятия проводятся на оборудовании корпорации PACE (США), предназначенном для мелкосерийного производства и ремонта печатных плат. В учебном процессе используются платы PACE, материалы корпорации AIM (США) и фирмы Electrolube (Великобритания), современные SMD-компоненты. Преподаватели курсов — специалисты фирмы VD MAIS.

Продолжительность обучения — три рабочих дня. Каждому специалисту, прошедшему курс обучения, выдается квалификационное удостоверение.

Адрес курсов: г. Киев, ул. Жилинская, 29, НПФ VD MAIS, комн. 410 (проезд до станции метро "Республиканский стадион"). Стоимость обучения 660 грн. (включая НДС), форма оплаты — по безналичному расчету.

Для обучения на курсах необходимо подать заявку по факсу: (044) 227-3668 или e-mail: [info@vdmαιs.kiev.ua](mailto:info@vdmαιs.kiev.ua)

Дополнительную информацию о курсах можно получить по телефону: (044) 227-1356.

## 32-КАНАЛЬНЫЙ 14-РАЗРЯДНЫЙ ЦАП

*AD5532 — один из первых 32-канальных преобразователей, отличающийся высокой разрешающей способностью и имеющий регулировку выходного напряжения.*

Преобразователь AD5532 выпускается в трех модификациях и предназначен для использования в измерительных приборах, системах тестирования, промышленных системах управления и т. п. Основные параметры ЦАП приведены в таблице.

Структурная схема AD5532 представлена на рис. 1 и кроме тридцати двух ЦАП включает АЦП, выходные усилители, адресный регистр и управляющую логику. Регулировка выходного напряжения ЦАП осуществляется с помощью усилителей, на один из входов каждого из которых подается необходимое напряжение смещения. Наличие АЦП в составе AD5532 позволяет использовать ЦАП в качестве многоканального устройства выборки и хранения. Режимы работы AD5532 задаются с помощью последовательного интерфейса. Преобразователь AD5532 имеет четыре режима работы: режим ЦАП, режим УВХ и два контрольных. В режиме ЦАП (основной режим) в выбранный преобразователь (или во все сразу) через последовательный интерфейс загружается 14-разрядный код данных. Адрес требуемого ЦАП задается с помощью 10-разрядного кода. В режиме

УВХ входной аналоговый сигнал поступает в АЦП, а затем код с выхода АЦП записывается в один из тридцати двух ЦАП. Код с выхода АЦП может быть записан во все ЦАП одновременно. В первом контрольном режиме можно прочитать код, записанный через последова-

тельный интерфейс в любой из 32-х регистров ЦАП, во втором — код, записанный из АЦП в любой из 32-х регистров ЦАП. Автоматизированная система тестирования измерительного устройства с использованием ЦАП AD5532 показана на рис. 2. В составе семейства преобразователей AD5532 имеется еще два ЦАП, которые работают только в режиме многоканальных УВХ и управляются с помощью параллельного интерфейса.

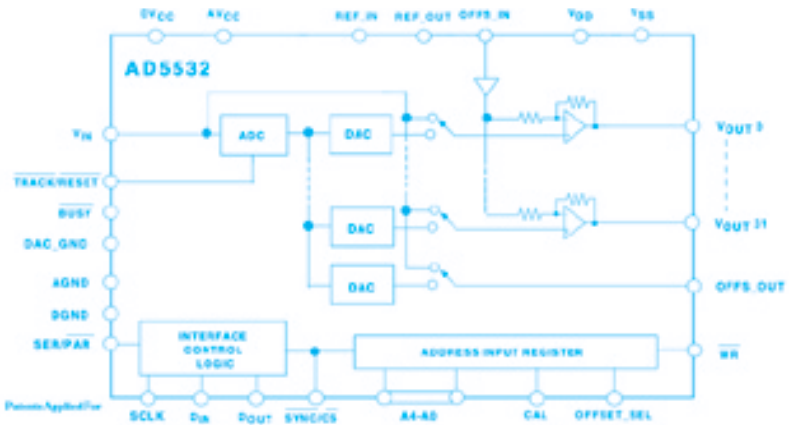


Рис. 1. Структурная схема AD5532

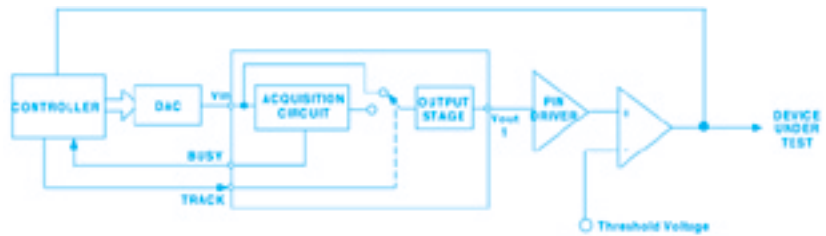


Рис. 2. Автоматизированная система тестирования измерительного устройства

Наименование параметра	AD5532ABC-1	AD5532ABC-2	AD5532ABC-3
Разрешение, бит	14	14	14
Интегральная нелинейность, %	0.006	0.2	0.2
Дифференциальная нелинейность, EMP	±1	±1	±1
Число каналов	32	32	32
Выходное напряжение, В	10	20	10
Выходное сопротивление, Ом	0.5	0.5	500
Время установления выходного напряжения, мкс	16	16	16
Мощность рассеивания, мВт	250	250	250
Тип корпуса	74-LFBGA	74-LFBGA	74-LFBGA