

**ЭЛЕКТРОННЫЕ  
КОМПОНЕНТЫ  
И СИСТЕМЫ**

2000 август № 8 (36)

МАССОВЫЙ  
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ**Учредитель и издатель:**  
НАУЧНО-  
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ  
ФИРМА **VD MAIS**Зарегистрирован  
Министерством информации  
Украины 24.07.96 г.  
Свидетельство о регистрации  
серия КВ № 2081Б  
Издается с мая 1996 г.  
Подписной индекс **40633****Главный редактор:**  
В.А. Романов**Зам. главного редактора:**  
А.В. Ермолович**Редакционная коллегия:**  
А.В. Вороненко  
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**Адрес редакции:**  
01033, Киев-33,  
ул. Владимирская, 101**Телефоны:**  
(044) 227-2262  
(044) 227-1356**Факс:**  
(044) 227-3668**E-mail:**  
vdmals@carrier.kiev.ua**Интернет:**  
www.vdmals.kiev.ua**Адрес для переписки:**  
Украина, 01033,  
Киев-33, а/я 942Цветоделение и печать  
ДП "Такі справи"  
т./ф.: 446-2420Подписано к печати 23.08.2000  
Формат 60x84/8  
Тираж 1000 экз.  
Зак. № \_\_\_\_\_«Электронные компоненты и системы»,  
перепечатка опубликованных в журнале  
материалов допускается с разрешения  
редакции. За рекламную информацию  
ответственность несет рекламодатель.**СОДЕРЖАНИЕ****ДАТЧИКИ И ИЗМЕРИТЕЛИ**

Датчик относительной влажности воздуха ..... 3

**УСИЛИТЕЛИ**

Защита измерительных усилителей ..... 5

**ОПОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ**

Прецизионные источники опорного напряжения ..... 9

**СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ**

Перспективы развития сигнальных процессоров ..... 13

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ****ФИРМЫ ANALOG DEVICES**

Усилители ..... 19

**КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ**

Интеллектуальное ядро контроллеров ..... 31

Микросхемы для систем тестирования ..... 33

Парковка без проблем ..... 36

**ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ**

Паяльные пасты и вопросы тестирования печатных плат ..... 38

Новая продукция фирмы RACE ..... 42

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

Быстродействующие операционные усилители ..... 43

Микросхемы системы ФАПЧ ..... 43

Многоэтажная автостоянка будущего ..... 44

Безопасность и автоматизация производства ..... 45

Сенсор для трёхмерного восприятия объектов ..... 46

**ВЫСТАВКИ, ПРЕЗЕНТАЦИИ** ..... 46**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИЗДЕЛИЯ**

Новые микросхемы счетчиков электроэнергии ..... 48



**ELECTRONIC  
COMPONENTS  
AND SYSTEMS**

August 2000 No 8 (36)

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**

A.V. Voronenko

V.V. Girich

V.A. Davidenko

N.B. Malynovskyy

G.D. Mestechkina

V.A. Todosiychuk

S.B. Yakovlev

**Type and setting**

A.V. Hodischenko

**Design and Layout**

M.S. Zaslavskaya

**Address:**

P.O. Box 942,  
01033, Kyiv-33, Ukraine

**Tel.:**

(380-44) 227-2262

(380-44) 227-1356

(380-44) 227-5281

**Fax:**

(380-44) 227-3668

**E-mail:**

vdmais@carrier.kiev.ua

**Web address:**

www.vdmais.kiev.ua

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

# CONTENTS

## SENSORS AND GAUGES

Relative Humidity Sensing Unit ..... 3

## AMPLIFIERS

Protecting Instrumentation Amplifiers ..... 5

## REFERENCES

Precision Voltage References ..... 9

## DSPs AND MICROCONTROLLERS

DSPs Evolution Outlook ..... 13

## THE ANALOG DEVICES SOLUTIONS BULLETIN

Amplifiers ..... 19

## CONTROL AND AUTOMATION

Intelligent Core for Controllers ..... 31

Utilization of Multichannel ADCs and SHAs in ATE ..... 33

Parking without Any Problem ..... 36

## SURFACE MOUNT TECHNOLOGY

The Development of a Pin Probe Testable Solder Paste ..... 38

PACE's New Production ..... 42

## NEWS BRIEFS

High-Speed Operational Amplifiers ..... 43

VFO ICs ..... 43

Many-Storied Car Park for the Future ..... 44

Automation and Safety ..... 45

Sensor for Three-dimensional Imaging ..... 46

**EXHIBITIONS, PRESENTATIONS** ..... 46

## PERSPECTIVE PRODUCTS

New Power Metering ICs ..... 48



## ДАТЧИК ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

*В статье представлена одна из модификаций емкостного датчика относительной влажности воздуха с температурным каналом DB-7A, предназначенного для измерения влажности и температуры воздуха в промышленных, административных и бытовых помещениях.*

**В. Петренко, А. Цубин, ГНПП "РИУС" НПК "КИА"**

Киевский институт автоматики занимается проблемами гигрометрии с начала шестидесятых годов. За это время была разработана и внедрена гамма приборов и систем измерения влажности воздуха, хорошо зарекомендовавших себя в эксплуатации. В таких системах применяются хлористо-литиевые датчики-психрометры производства ГНПП "АСУ АПК".

Предприятием "Спецавтоматика" разработана система измерения температуры и влажности воздуха с использованием датчиков типа НМР-35D финской фирмы "Vaisala" — лидера в области емкостных датчиков для гидрометеорологии.

Первый отечественный тонкопленочный емкостный датчик относительной влажности воздуха появился в корпорации "КИА" в середине девяностых годов, однако, конкурентоспособный емкостный датчик типа DB-7A (рис. 1) был создан в ГНПП "РИУС" только в 1999 г. Этот датчик предназначен для применения в системах измерения относительной влажности воздуха в рабочих помещениях предприятий и организаций, а также в системах кондиционирования воздуха. По техническим характеристикам и эргономике датчик DB-7A не уступает лучшим аналогичным приборам.

**Влагодчувствительный сенсор** представляет собой плоский конденсатор, в котором пленочные электроды, прозрачные для молекул  $H_2O$ , разделены тонким слоем диэлектрика. Слой пленочного диэлектрика поглощает из окружающего воздуха молекулы воды, вследствие чего изменяется его диэлектрическая постоянная. При фиксированных температуре, давлении воздуха и парциальном давлении паров воды устанавливается динамическое равновесие процесса "сорбция-десорбция" молекул  $H_2O$  пленкой диэлектрика.

Для некоторых полимерных и полупроводниковых тонких и сверхтонких пленок кривая дина-

мического равновесия хорошо совпадает с кривой зависимости относительной влажности воздуха от его температуры и давления. Изменение емкости сенсора оказывается пропорциональным относительной влажности воздуха при слабой зависимости от его температуры и давления. Первый емкостный гигрочувствительный сенсор создан д.т.н. Т. Сунтоле в 1973 г. (фирма "Vaisala"). Его сенсор, получивший название HUMICAP, и в настоящее время является лидером среди аналогичных сенсоров других фирм.

Диапазон изменения относительной влажности воздуха, в котором работают влагодчувствительные емкостные сенсоры, — от 0 до 100 %, а диапазон рабочих температур к настоящему времени значительно расширен: от -90 до 150 °С, причем в некоторых сенсорах зависимость емкости сенсора от температуры в пределах от 0 до 50 °С практически отсутствует.

**Температурный сенсор** в датчике DB-7A — полупроводниковый прибор AD590 или AD592 фирмы Analog Devices. Погрешность таких сенсоров в области рабочих температур не превышает  $\pm 1$  °С. При более жестких требованиях к точности измерения температуры воздуха используется платиновый термометр сопротивления типа Pt100.

Структурная схема датчика DB-7A представлена на рис. 2. Влагодчувствительный сенсор подключен к интегральному звену с линейно изменяющимся выходным напряжением. После квантования выходного напряжения, его восстановления и масштабирования производится точное нормирование выходного сигнала канала измерения относительной влажности воздуха ( $\varphi$ ) и его согласование с виртуальной нагрузкой. Выходной сигнал канала измерения относительной влажности

воздуха  $U_{\varphi}=0...1$  В линейно отображает влажность воздуха в пределах 0...100 %. Погрешность измерения не превышает  $\pm 3$  %. Нагрузка — активное сопротивление  $R \geq 10$  кОм. Схема согласования обеспечивает защиту датчика от короткого



**Рис. 1. Датчик относительной влажности воздуха DB-7A (а) и его сенсор (б)**

воздуха  $U_{\varphi}=0...1$  В линейно отображает влажность воздуха в пределах 0...100 %. Погрешность измерения не превышает  $\pm 3$  %. Нагрузка — активное сопротивление  $R \geq 10$  кОм. Схема согласования обеспечивает защиту датчика от короткого

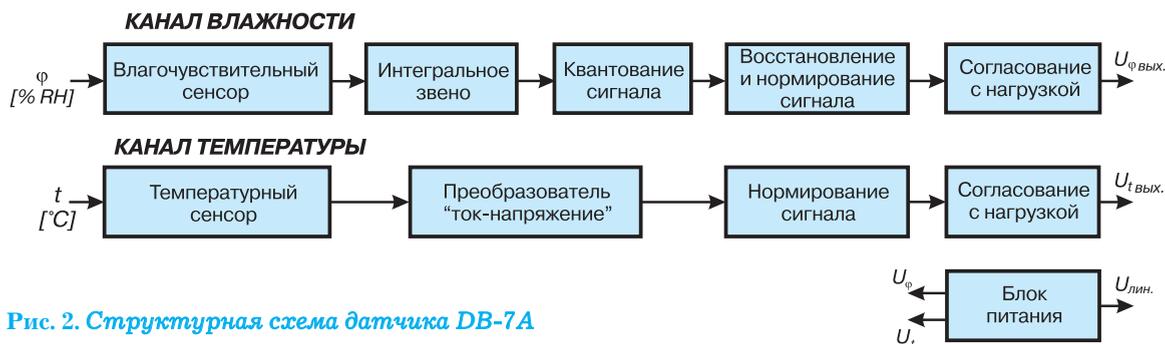


Рис. 2. Структурная схема датчика DB-7A

замыкания в кабеле.

Температурный сенсор подключен к преобразователю "ток-напряжение". После нормирования выходного сигнала канала измерения температуры воздуха ( $t$ ) производится его согласование с виртуальной нагрузкой (с защитой от короткого замыкания в кабеле). Выходной сигнал этого канала  $U_{t \text{ вых.}} = 0...1$  В линейно отображает температуру воздуха в пределах  $0...100$  °С, датчик градуирован только в диапазоне в пределах  $0...50$  °С. Погрешность измерения температуры воздуха не более  $\pm 1$  °С — для сенсоров AD590 и  $\pm 0.3$  °С — для сенсоров Pt100. Нагрузка — активное сопротивление  $R \geq 10$  кОм.

Напряжение питания датчика ( $U_{\text{лин.}}$ ) — от 8 до 30 В. Потребляемый датчиком ток — не более 1.5 мА.

Элементная база фирмы Analog Devices: источники опорного напряжения REF195, AD680, Rail-to-Rail ОУ типа AD8541, OP181, компараторы LM293.

#### Технические характеристики.

Канал измерения влажности воздуха:

- диапазон измерения, % от 0 до 100
- абсолютная погрешность измерений не более  $\pm 3$  %
- типовая долговременная нестабильность за год не более  $\pm 1$  %
- время реакции на 90 % скачок влажности не более 15 с

Канал измерения температуры воздуха:

- диапазон измерений от 0 до 50 °С
- абсолютная погрешность измерений, не более:
  - для сенсоров AD590 (AD592)  $\pm 1$  °С
  - для сенсоров Pt100  $\pm 0.3$  °С

#### Общие характеристики:

- диапазон рабочих температур от 0 до 50 °С
- диапазон температур хранения датчика от -30 до 50 °С
- напряжение питания от 8 до 30 В
- защита сенсоров фильтр керамический 37 мкм или мембранный
- материал корпуса пластмасса ABS или поликарбонат
- подключение внешнего кабеля через разъем РС-7 (8 конт.)
- габариты не более 98×60×30 мм
- масса не более 0.1 кг

**Конструкция.** Корпус датчика — пластмассовый прямоугольный. Установленные сверху сенсоры влажности и температуры закрыты защитным фильтром, который предохраняет их от попадания воды и пыли. В то же время фильтр прозрачен для молекул воды.

На нижней стороне корпуса установлен интерфейсный восьмиконтактный разъем. В комплект датчика входят блочная и кабельная части разъема.

На тыльной стороне датчика имеется суппорт для установки его на стандартную DIN-шину.

В комплект датчика входит металлический кронштейн для крепления DB-7A на плоскость (вертикальную, горизонтальную или наклонную) в месте эксплуатации.

**Поставка датчиков DB-7A.** Датчики DB-7A поставляются ГНПП "РИУС" по предварительным заявкам. В комплект поставки входят: датчик, руководство по эксплуатации и свидетельство государственной метрологической аттестации на каждый датчик.

Предприятие-поставщик оказывает заказчику необходимые консультации и техническую помощь во внедрении своей продукции в системы заказчика, включая поставку оборудования для периодической поверки и калибровки датчиков в условиях эксплуатации.

В настоящее время готовится выпуск других модификаций датчиков влажности:

- DB-7Б: диапазон рабочих температур от 0 до 98 °С, повышенная точность измерения температуры. Назначение — использование в сушильных камерах и в среде с подогретым газом или воздухом
- DB-8: интеллектуальный датчик влажности с интерфейсом RS-485. Назначение — использование в системах контроля и регистрации параметров микроклимата
- DB-9: диапазон рабочих температур от -30 до 50 °С. Установка на открытом воздухе. Назначение — использование в мониторинге окружающей среды.

Более подробные сведения можно получить по контактному телефону (044) 213-05-74 и по e-mail: [UKRKIA@nbi.com.ua](mailto:UKRKIA@nbi.com.ua)

## ЗАЩИТА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ \*

*Измерительные усилители часто используются в условиях воздействия на их входы перегрузок по напряжению, электростатических разрядов и электромагнитного излучения. Хотя природа этих воздействий различна, возможно создание универсальной цепи, защищающей усилитель от воздействия всех трех факторов.*

### Защита от перегрузки по напряжению

Когда напряжение на входе включенного или выключенного усилителя выходит за пределы напряжения питания, усилитель может выйти из строя из-за возрастания входного тока. В общем случае границы допустимого диапазона входных напряжений превышают напряжение питания на 0.3 В. Некоторые усилители содержат внутренние диоды и ограничивающие ток резисторы, защищающие входы от воздействия повышенного напряжения. Существуют также усилители, рассчитанные на работу с синфазными входными напряжениями, значительно превышающими напряжение питания.

Чтобы избежать повреждения, в усилителях обычно используют цепи ограничения входного тока на уровне 10 или 20 мА. Это устоявшееся эмпирическое правило основано на предельной плотности тока в проводниках. Более высокие значения тока могут вызвать миграционные явления, которые разрушат металлизацию кристалла. Изменения, возникающие в результате миграции, накапливаются и в течение длительного интервала времени никак себя не проявляют. Повреждение может обнаружиться после очередной перегрузки и трудно будет определить причину его возникновения. Даже если усилитель может выдержать значительно более высокие токи в течение непродолжительного интервала времени, для обеспечения долговременной надежности необходимо ограничивать величину тока.

На рис. 1 приведена эквивалентная схема входного каскада усилителя AD620 при перегрузке по напряжению. Последовательно со входами усилителя включены внутренние ограничивающие ток резисторы  $R_S$  сопротивлением 400 Ом. Таким образом, при максимальном значении входного тока 20 мА внутренние резисторы, эмиттерные переходы и их защитные диоды защищают усилитель AD620 от воздействия входных напряжений, превышающих напряжение питания на 8 В.

Дифференциальное входное напряжение усилителя также не должно превышать величины, при которой входной ток достигает указанного

предела. Из эквивалентной схемы видно, что ток дифференциального входного сигнала протекает через два последовательно включенных внешних  $R_{LIMIT}$  и внутренних  $R_S$  резистора, резистор  $R_G$ , задающий величину коэффициента усиления и два диода (эмиттерный переход транзистора и защитный диод). Для данного дифференциального входного напряжения величина тока является функцией значения  $R_G$  и усиления. При коэффициенте усиления 1000 ( $R_G=49.9$  Ом) ток больше, чем при коэффициенте усиления 10 ( $R_G=5.49$  кОм).

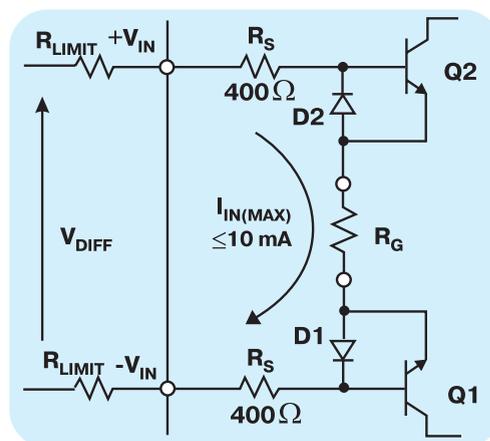


Рис. 1. Эквивалентная схема входного каскада усилителя AD620

Обобщенная внешняя цепь защиты (рис. 2), в которой используются диоды Шоттки и внешние ограничивающие ток резисторы, может обеспечить защиту входов при большей синфазной и дифференциальной перегрузке по напряжению. Если усилитель имеет внутренние защитные диоды, привязывающие уровень сигнала к напряжению питания, то они открываются при напряжении, превышающем напряжение питания на 0.6 В. В этом случае внутренние диоды, установленные в первую очередь для защиты входа от электростатических разрядов, будут выполнять также функцию защиты входа от повышенного входного напряжения.

\* James Bryant, Walt Kester, Chuck Kitchhin, Eamon Nash, Analog Devices Inc. Protecting Instrumentation Amplifiers. — SENSORS, April 2000, USA, Advanstar Communications, Inc. Перевод А.Ермоловича, ЭКиС

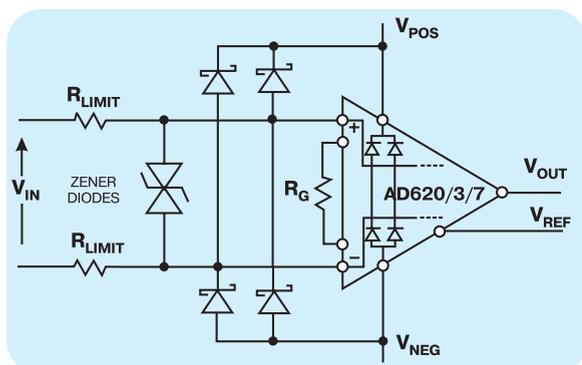


Рис. 2. Использование внешних компонентов для защиты входов от перегрузки по напряжению

Усилитель	Спектральная плотность шума, нВ/√Гц	Макс. ток входа, мА	Величина R_LIMIT при возрастании шума:	
			на 10 %	на 40 %
AD620	9	20	348 Ом	2.49 кОм
AD623	35	10	8.08 Ом	40.2 кОм
AD627	38	20	10.0 Ом	45.3 кОм

Стремление ограничить входной ток максимальным значением 20 мА, может привести к возрастанию шума усилителя из-за большой величины шума резистора R\_LIMIT. Напряжение U\_N теплового шума резистора имеет величину:

$$U_N [B/\sqrt{Гц}] = \sqrt{(4kTR)}, \text{ где:}$$

k - постоянная Больцмана ( $1.38 \times 10^{-23}$ ),

R - сопротивление в Омах,

T - температура в градусах Кельвина (комнатная температура соответствует 300 К).

Например, сопротивление 1 кОм имеет величину Джонсоновского (теплового) шума 4 нВ/√Гц.

Так как цепь защиты имеет два одинаковых резистора, шумы которых не коррелированы (источники шума не зависят друг от друга), шум одного резистора необходимо умножить на  $\sqrt{2}$ , чтобы получить среднеквадратическое значение.

Используя приведенное соотношение, необходимо найти разумный баланс между обеспечиваемой защитой и повышением уровня шума из-за наличия резисторов. Схемы, в которых используются усилители с относительно высоким уровнем шума, допускают применение высокоомных резисторов защиты без существенного ухудшения параметров. Хорошим эмпирическим правилом является выбор такой величины сопротивления, которая создает шум с уровнем, составляющим 10...30 % от уровня шума усилителя. В этом случае возрастание общего шума (который определяется как среднеквадратическое значение шума резисторов и усилителя) возрастает на пренебрежимо малую величину.

В случае, когда при использовании в цепи защиты внутренних диодов защитный резистор создает шум высокого уровня, можно использовать

схему с внешними защитными диодами Шотки, приведенную на рис. 2. Эти диоды начинают проводить при напряжении, превышающем 0.3 В, и ток перегрузки входа отводится на источник питания внешними, а не внутренними диодами. Поэтому значение R\_LIMIT можно задавать, исходя из максимально допустимого тока диодов Шотки, который может значительно превышать предельный ток внутренних диодов.

К сожалению, обычно диоды Шотки (кремниевые или германиевые) имеют большие, возрастающие пропорционально температуре токи утечки, которые создают напряжение смещения входа. Это исключает использование внешних диодов в случаях, когда усилитель используется с высокоомными источниками сигнала.

Входной ток усилителя также создает падение напряжения на включенных последовательно со входом резисторах. Это падение напряжения действует так же, как напряжение смещения нуля (или температурный дрейф напряжения смещения нуля, если ток смещения изменяется с температурой). Но поскольку сопротивления установлены на обоих входах, влияние тока смещения велико только для усилителей с большой разностью входных токов.

Включенный последовательно со входом резистор ограничивает ток также при перегрузке усилителя дифференциальным напряжением. В малощумящих устройствах можно обеспечить защиту от повышенных дифференциальных напряжений путем использования стабилитронов или параллельных стабилизаторов, как показано на рис. 2. При необходимости стабилитроны могут ограничить максимальное дифференциальное входное напряжение на уровне ниже  $|V_{POS} - V_{NEG}|$ . Обычно такая защита не требуется в измерительных усилителях, построенных с использованием двух операционных усилителей, т. к. их входной ток не зависит от величины резистора, устанавливающего величину коэффициента усиления (в отличие от измерительного усилителя, построенного с использованием трех операционных усилителей).

#### Защита от электростатического разряда

Высокое напряжение и большая сила тока электростатического разряда могут частично или полностью повредить интегральную микросхему. Некоторые способы измерения устойчивости полупроводниковых устройств к воздействию электростатических разрядов, такие как MIL-STD-883B, METHOD 3015.7 (модель тела человека), машинная модель и модель заряженного устройства, хорошо известны специалистам. Но только совсем недавно появились аналогичные стандарты системного уровня.



Микросхемам разных типов необходим различный уровень защиты от электростатических разрядов. Например, микросхемы на печатных платах ПК, с учетом других размещенных на платах компонентов, менее подвержены воздействию электростатических разрядов, чем микросхемы, осуществляющие аналоговую обработку сигналов (например, усилители, применяемые для обработки сигналов сенсоров или других внешних источников сигнала).

С 1996 г. электронные устройства, продаваемые в Европейском Сообществе, должны иметь защиту от электростатических разрядов, соответствующих требованиям стандарта IEC1000-4-2. Этот стандарт системного уровня регламентирует уровень воздействия на входы и выходы устройств, а не на микросхемы внутри устройства. Устройства предварительной обработки сигналов (например, входные усилители) должны быть невосприимчивы к указанному воздействию или защищены от него. Однако прецизионные аналоговые цепи, имеющие малые токи смещения, более подвержены повреждению электростатическим разрядом, чем цифровые. Это объясняется главным образом тем, что их входы нельзя защищать цепями, увеличивающими входные токи утечки.

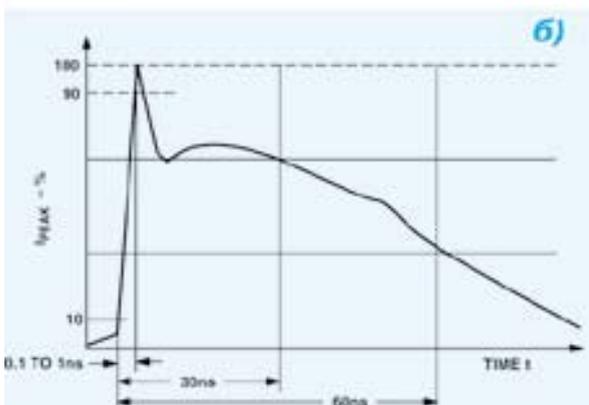
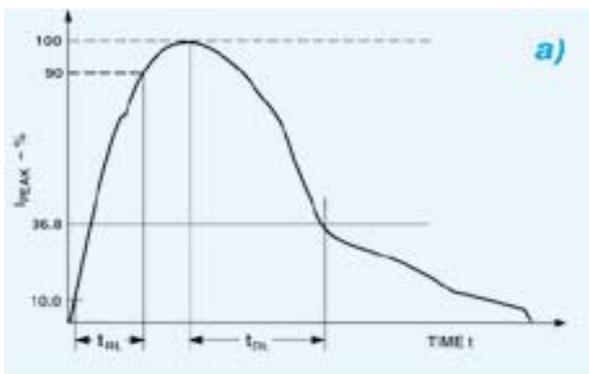


Рис. 3. Форма импульсов тока в соответствии с требованиями стандартов MIL-STD-883B (а) и IEC1000-4-2 (б)

Традиционные методы испытаний на воздействие электростатических разрядов не обеспечивают измерение чувствительности к разряду, описанному в IEC1000-4-2. На рис. 3 приведены графики изменения тока тестирующих импульсов, используемых в двух методах испытаний. Кроме различия в форме импульсов, есть другие существенные различия в методах испытания на соответствие стандартам MIL-STD-883B и IEC. Стандарт IEC более точно описывает энергию разряда, пиковое значение тока разряда в четыре с половиной раза больше, скорость нарастания тока значительно выше и испытание проводится на включенном устройстве.

Испытания на соответствие IEC1000-4-2 проводятся для двух типов разрядов: контактного и бесконтактного через воздушный зазор. Контактный разряд с максимальным напряжением 8 кВ требует непосредственного подключения к тестируемому устройству. Разряд через воздушный зазор проводится при более высоком напряжении (15 кВ) без непосредственного контакта с тестируемым изделием. При испытании через воздушный зазор разрядник приближается к испытываемому изделию до тех пор, пока не возникнет разряд. На результаты испытания этим методом влияют влажность, температура, атмосферное давление, расстояние и скорость отключения разрядника. Хотя метод контактного разряда менее реалистичен, он дает повторяющиеся результаты и используется чаще, чем метод разряда через воздушный зазор.

На рис. 4 приведена простая схема защиты усилителя от воздействия высоковольтного электростатического разряда. Метод защиты основан на использовании двух резисторов, включенных последовательно со входами, для ограничения величины входного тока. Эти резисторы должны иметь минимальную индуктивность выводов.

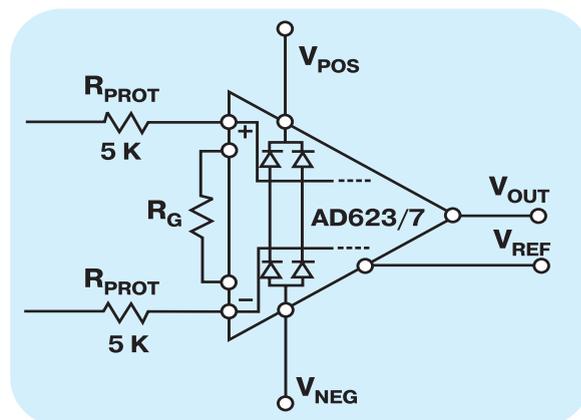


Рис. 4. Внешняя резистивная цепь защиты входов от воздействия электростатических разрядов

### Защита от электромагнитных помех

Влияние радиопомех (называемых также электромагнитными помехами) на смещение нуля прецизионных схем может быть весьма значительным. Эти относительно низкочастотные схемы слабо усиливают сигналы мегагерцового диапазона. Но такие сигналы (синфазные или дифференциальные), лежащие вне рабочего диапазона частот, могут проникать в усилитель через входные, выходные цепи или цепи питания, и в результате детектирования их на полупроводниковых переходах может возникнуть смещение входов. Прецизионные усилители наиболее чувствительны к синфазным радиочастотным помехам. Надлежащая фильтрация помех минимизирует или устраняет эти смещения.

На рис. 5 приведена схема фильтра помех с соотношениями для расчета и рекомендуемыми значениями компонентов. Схема обеспечивает фильтрацию синфазной ( $R_1$ ,  $C_1$  и  $R_2$ ,  $C_2$ ) и дифференциальной ( $R_1+R_2$ ,  $C_3$ ) составляющих помехи. Если постоянные времени  $R_1 \cdot C_1$  и  $R_2 \cdot C_2$  не равны, часть синфазной составляющей помехи преобразуется в дифференциальную. Поэтому необходимо использовать конденсаторы с допуском 5 % и резисторы — 1 %. Конденсатор  $C_3$  снижает величину дифференциальной помехи, формирующейся из синфазной из-за различия постоянных времени  $R_1 \cdot C_1$  и  $R_2 \cdot C_2$ . Величина  $C_3$  должна значительно превышать  $C_1$  и  $C_2$ , а граничная частота фильтра должна превышать максимальную частоту сигнала не менее чем в 100 раз.

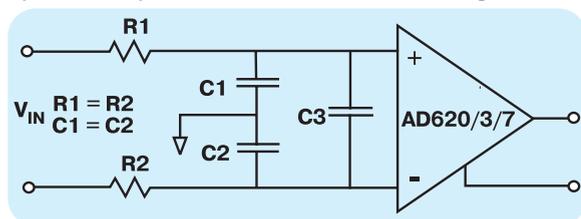


Рис. 5. RC-цепь защиты входов от воздействия радиочастотной помехи

$$t_{CM} = (R_1 \cdot C_1) = (R_2 \cdot C_2), \quad t_{DIFF} = (R_1 + R_2) C_3$$

Граничная частота  $f_C$  фильтра дифф. сигнала:

$$f_C = 1 / \{2\pi(R_1 + R_2)[C_1 \cdot C_2 / (C_1 + C_2) + C_3]\}$$

Типовые значения компонентов фильтра:

Усилитель	$R_1$ и $R_2$ , кОм	$C_1$ и $C_2$ , пФ	$C_3$ , мкФ
AD620	402	1000	0.047
AD623	10	1000	0.022
AD627	20	1000	0.022

Для надлежащей работы фильтра необходимо правильно выполнить компоновку и трассировку платы. Компоненты и проводники должны располагаться симметрично, как показано на рис. 6, а общий провод должен быть выполнен в виде отно-

сительно крупных пластин. Плата в идеальном случае должна иметь сплошной экранирующий слой металлизации, соединяющийся с пластинами общего провода посредством группы металлизированных отверстий.

Для усилителя AD620 с коэффициентом усиления 1000 в схеме, приведенной на рис. 5, было измерено ослабление входной синфазной помехи с размахом 1 В. В диапазоне частот от 0 до 20 МГц смещение входа из-за воздействия помехи не превысило 1.5 мкВ при граничной частоте фильтра 400 Гц.

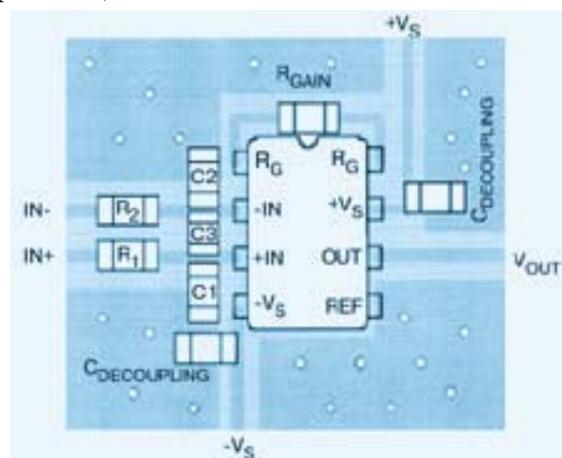


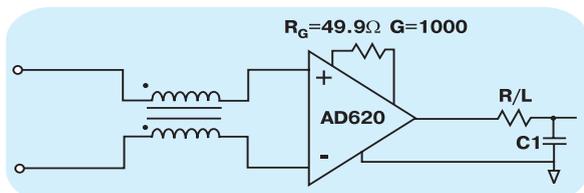
Рис. 6. Пример компоновки и трассировки платы измерительного усилителя

### Синфазные дроссели

Хорошей альтернативой пассивному RC фильтру является синфазный дроссель. Поскольку такие дроссели имеют низкое значение омического сопротивления (типичное значение — несколько Ом), они незначительно повышают уровень шума по сравнению с RC фильтрами. Однако критичным является выбор типа синфазного дросселя. Пример использования дросселя для защиты усилителя от радиочастотных помех приведен на рис. 7. В этой схеме применен дроссель, предназначенный для приемников цифровых абонентских телефонных линий. В диапазоне частот от 0 до 20 МГц максимальная величина смещения входа, обусловленная воздействием помехи, составила 4.5 мкВ. В отличие от RC фильтра, приведенного на рис. 5, фильтр на основе синфазного дросселя не ослабляет дифференциальную составляющую помехи.

Для ослабления такой помехи можно после дросселя установить RC фильтр дифференциальной помехи. Преимуществом этой схемы является отсутствие преобразования синфазной помехи в дифференциальную.

В дополнение к фильтрации радиочастотных помех по входу и цепям питания необходимо за-



**Рис. 7. Подключение синфазного дросселя для защиты входов от воздействия радиочастотной помехи**

щитить выход от воздействия таких помех, особенно в тех случаях, когда сигнал с выхода усилителя передается по длинному кабелю. Простейший фильтр состоит из резистора, включенного последовательно с выходом, или ферритовой бу-

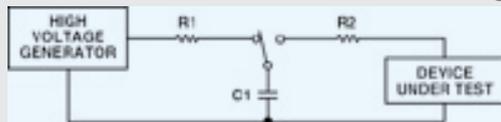
синки, одетой на выходной провод. Добавление конденсатора (как показано на рис. 7) позволяет улучшить параметры фильтра. Этот конденсатор не следует подключать непосредственно к выходу усилителя, т. к. в этом случае может нарушиться его устойчивость.

**Универсальная защитная цепь**

Приведенная на рис. 5 цепь обеспечивает защиту от всех трех видов воздействия - включенные последовательно со входом резисторы ограничивают величину тока электростатического разряда и тока, возникающего при превышении синфазного или дифференциального входного напряжения, а также входят в состав фильтра радиопомех.

**Примечание редакции ЭЖИС:**

Для иллюстрации различия требований стандартов MIL-STD-883B и IEC1000-4-2 в части энергетических характеристик испытательного разряда приводим схему и величины компонентов испытательной установки (источник: 15 kV ESD Protected, +2.7 V to +3.6 V Serial Port Transceiver with Green Idle™.— Analog Devices, Inc., 1998).



Стандарт	R2, Ом	C1, пФ
MIL-STD883B (модель тела человека)	1500	100
IEC1000-4-2	330	150

**ПРЕЦИЗИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ОПОРНОГО НАПЯЖЕНИЯ**

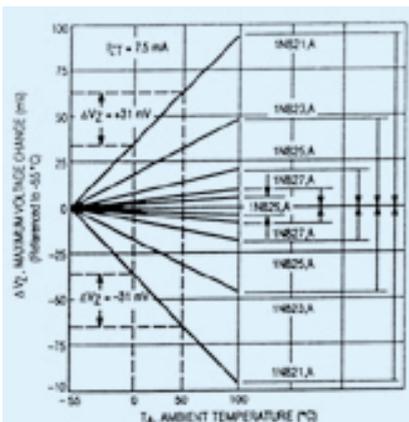
На страницах ЭЖИС неоднократно рассматривались прецизионные источники опорного напряжения [1]. В статье дается сравнительный анализ опорных источников различных типов, приводятся параметры источников фирмы Analog Devices и, в частности, новых источников ADR390/1. Приводятся также данные термокомпенсированных стабилитронов фирмы Motorola.

**В. Голуб**

Простейшим источником стабильного опорного напряжения является электрическая цепь, состоящая из стабилитрона (зенеровский диод), включенный последовательно с балластным резистором. В стабилитроне используются явления лавинного или туннельного пробоя [2]. При пробое напряжение на стабилитроне сохраняется постоянным, а ток может меняться в широких пределах в зависимости от изменения первичного напряжения или нагрузки, подключаемой параллельно стабилитрону.

Лавинный пробой проявляется в высоковольтных стабилитронах (десятки вольт), изготовленных на основе слаболегированного кремния, а туннель-

ный — в стабилитронах на основе сильнолегированного кремния (единицы вольт). Температурный коэффициент стабилизируемого напряжения зависит от величины последнего и близок к нулю при напряжении около 6 В. Для стабилитронов с лавинным пробоем температурный коэффициент — положительный, с туннельным — отрицательный. При указанном напряжении они компенсируются [2]. Помимо сказанного, существуют так называемые термокомпенсированные стабилитроны, в которых последовательно с зенеровским включен еще один диод в прямом направлении, характеризуемый отрицательным коэффициентом и используемый для температурной компенсации. К термокомпенсированным относятся стабилитроны фирмы Мо-



**Рис. 1. Температурные характеристики зенеровских диодов фирмы Motorola**



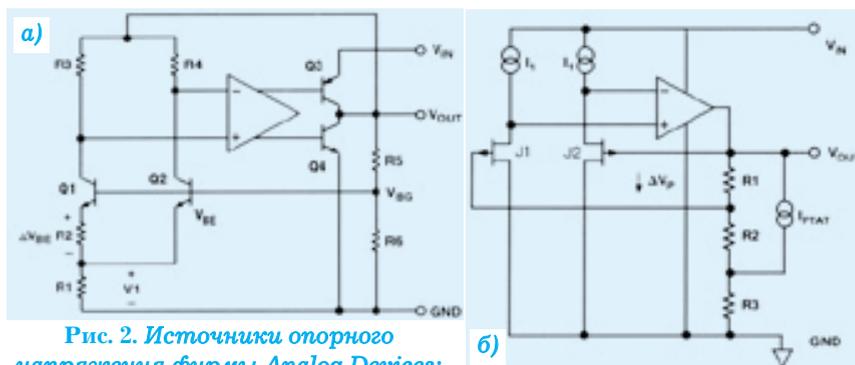


Рис. 2. Источники опорного напряжения фирмы Analog Devices: трехполосники типа "bandgap" (а) и XFET (б)

torola типа 1N821/1A, 1N823/3A, 1N825/5A, 1N827/7A и 1N829/9A (Temperature-Compensated Zener Reference Diodes) [3] со стабилизируемым напряжением 6.2 В ±5 %. Температурная зависимость напряжения показана на рис. 1. Динамическое сопротивление — 15 и 10 Ом для 1N82х и 1N82хА соответственно. Помимо указанных, фирма Motorola выпускает также и другие стабилитроны, в частности — высоковольтные от 6.8 до 200 В, а также стабилитроны (диоды, включаемые в прямом направлении) с напряжением стабилизации от 0.9 до 3.5 В [3].

Фирма Analog Devices выпускает высокостабильные источники опорных напряжений раз-

личных типов [4, 5]. В источниках AD586/7/8 используется разновидность зеновского диода "buried-Zener", обладающая улучшенными характеристиками. В других источниках используется аналог диода — микроэлектронный двухполосник типа "bandgap" (AD589, AD1580), а в источниках с последовательным регулированием — трех-

полосники типа "bandgap" (AD1582/3/4/5, ADR390/1) и XFET (ADR290/1/2/3).

На рис. 2, а приведена схема источника опорного напряжения AD1582/3/4/5. В источниках типа "bandgap" используются два свойства электронно-дырочных переходов. Одно из них заключается в следующем. Разность напряжений двух переходов с разной плотностью тока пропорциональна абсолютной температуре:  $\Delta V_{BE} = \phi_T \ln N$ , где  $\phi_T = kT/q$  - температурный потенциал перехода,  $k$  и  $q$  - физические постоянные, а  $N$  - отношение плотностей токов через переходы. Указанная разность напряжений пропорциональна абсолютной температуре  $T$  и не зависит от параметров переходов, в качестве которых используются эмит-

Отличительные особенности источников опорного напряжения

Преимущества	Недостатки
<b>Источники на основе диода Зенера</b>	
Фильтрация шума источника питания за счет резистора цепи смещения и емкости нагрузки	Изменение тока через диод при изменении напряжения питания
Низкое напряжение питания	Большая мощность рассеяния
Только два вывода	Резистор цепи смещения необходимо выбирать с учетом напряжения питания и величины нагрузки
Минимальные размеры корпуса	Резистор цепи смещения требует дополнительного места на плате
Стабильные параметры при изменении емкостной нагрузки в широком диапазоне	Высокие требования к точности источника питания при построении прецизионных стабилизаторов
Может быть использован для ограничения уровня переменного напряжения	Низкий КПД
Инвариантен к величине напряжения питания	Невысокая исходная точность
Низкая стоимость	Невысокая температурная стабильность
<b>Источники на основе скрытого перехода Зенера</b>	
Подавляет поверхностный шум	Напряжение питания значительно превышает 5 В
Температурный дрейф ниже, чем у диодов Зенера и источников "bandgap"	Большая потребляемая мощность
Высокая стабильность во времени	Большие затраты на разработку
Высокая точность	
<b>Источники типа "bandgap"</b>	
Потребление ниже, чем у диодов Зенера и источников на основе скрытого перехода Зенера	Имеет средние параметры по уровню шумов
Высокая точность, которую можно улучшить путем подстройки	Имеет ограничения по температурному дрейфу
Обеспечивает рабочий режим при напряжении питания 1 В. Идеальный источник для портативных устройств	Размеры корпуса больше, чем у источников на основе диода Зенера и скрытого перехода Зенера

терные переходы транзисторов  $Q1$  и  $Q2$ . Переход транзистора  $Q1$  имеет в  $N$  раз большую площадь (используется  $N$  переходов, включенных параллельно), чем переход  $Q2$ , что соответствует в  $N$  раз меньшей плотности тока в  $Q1$ . Указанная

плотность достигается при равенстве токов обоих транзисторов, обусловленном равенством сопротивлений  $R3$  и  $R4$ , к которым подключен своим дифференциальным входом усилитель стабилизатора. В результате падение напряжения на  $R2$

Таблица 1. Основные параметры прецизионных источников опорного напряжения

Наименование	Тип	Входное напряжение, В	Выходное напряжение					Ток нагрузки или диода, мА	Диапазон рабочих температур, °С		
			Номинал, В	Допуск, В	Нестабильность		Дрейф, ppm				
					мкВ/В	мкВ/мА	на °С			1000 ч	
AD586J AD586K AD586L AD586M	buried Zener + буфер (к входу)	15 (10.8 ... 36)	5	± 0.020 ± 0.005 ± 0.0025 ± 0.002	± 100	100 (400 при обратн. токе)	25 15 5 2	15	-10 ... 10	0 ... 70 (-40 ... 85)	
AD586A AD586B				± 0.005 ± 0.0025			15 5			-40 ... 85	
AD586S AD586T		15 (11.4 ... 36)	± 0.010 ± 0.0025	± 150	150 (400)	20 10	-55 ... 125				
AD587J AD587K AD587L		15 (13.5 ... 36)	10	± 0.010 ± 0.005 ± 0.005	± 100	± 100 (± 100 при обратн. токе)	20 10 5			0 ... 70 (-40 ... 85)	
AD587S AD587T AD587U				± 0.010 ± 0.005 ± 0.005			20 10 5			-55 ... 125	
AD588J AD588K				+15 и -15 (см. data sheet)			+10, -10 или ± 5			± 0.003 ± 0.001	± 200
AD588A AD588B		± 0.003 ± 0.001	± 3 ± 3		-25 ... 85						
AD588S AD588T		± 0.005 ± 0.003	± 6 ± 4		-55 ... 125						
AD589J AD589K AD589L AD589M		bandgap shunt (двухполюсник)	-	1.225	± 0.025	-	1000 (2 Ом)			100 50 25 10	-
AD589S AD589T	100 50							-55 ... 125			
AD589U	25							-25 ... 125			
AD1580A AD1580B	± 0.010 ± 0.001							500 (1 Ом)	100 50	0.05 ... 10 (0.1)	
AD1582A AD1582B	bandgap series (трехполюсник)	5 (2.7 ... 12)	2.5	± 0.02 ± 0.002	25	-250; 200	100 50	100	-5 ... 5	-40 ... 85 (-55 ... 125)	
AD1583A AD1583B		5 (3.2 ... 12)	3.0	± 0.03 ± 0.003			-400; 250				100 50
AD1584A AD1584B		5 (4.3 ... 12)	4.096	± 0.04 ± 0.004			-320; 320				100 50
AD1585A AD1585B		6 (5.2 ... 15)	5.0	± 0.05 ± 0.005			-400; 400				100 50
ADR390		5; 15 (2.5 ... 15)	2.048	± 0.006			50				120
ADR391	5; 15 (2.8 ... 15)	2.5	62.5		150						
ADR290E ADR290F ADR290G	XFET series (трехполюсник)	5.0 (2.7 ... 15)	2.048	± 0.002 ± 0.003 ± 0.006	250/400 250/400 300/500	250/400 250/400 300/600	8/10 15/20 25/30	0.2	0 ... 5	-25 ... 85/ -40 ... 125	
ADR291E ADR291F ADR291G		5.0 (3.0 ... 15)	2.500	± 0.002 ± 0.003 ± 0.006	300/500 300/500 350/625	300/500 300/500 350/750	8/10 15/20 25/30				
ADR292E ADR292F ADR292G		5.0 (4.5 ... 15)	4.096	± 0.003 ± 0.004 ± 0.006	500/800 500/800 600/1000	500/800 500/800 600/1200	8/10 15/20 25/30				
ADR293E ADR293F ADR293G		6.0 (6.0 ... 15)	5.000	± 0.003 ± 0.006 ± 0.010	750/1000 750/1000 1000/1250	750/1000 750/1000 1000/1500	8/10 15/20 25/30				

Таблица 2. Шумовые параметры источников опорного напряжения

Наименование	Тип	Шум		
		0.1...10 Гц, мкВ, п-п	0.01...10 кГц, мкВ, эфф.	Спектр. плотн., мкВ/√Гц
AD586 AD587 AD588	buried Zener	4 4 6	- - -	0.1 (100 Гц) 0.1 (100 Гц) 0.1 (100 Гц)
AD589 AD1580	bandgap shunt	- 5	5 20	- -
AD1582 AD1583 AD1584 AD1585	bandgap series	70 85 110 140	50 60 90 100	- - - -
ADR390 ADR391		5 5	- -	- -
ADR290 ADR291 ADR292 ADR293	XFET series	6 8 12 15	- - - -	0.42 (1 кГц) 0.48 (1 кГц) 0.64 (1 кГц) 0.64 (1 кГц)

равно разности напряжений  $\Delta V_{BE}$  обоих транзисторов, а протекающий через  $R2$  ток, а также суммарный ток обоих транзисторов через  $R1$  пропорциональны температуре  $T$ .

Вторым свойством электронно-дырочного перехода является то, что напряжение  $V_{BE}$ , в отличие от разности  $\Delta V_{BE}$ , имеет отрицательный температурный коэффициент. Последнее обусловлено зависимостью  $V_{BE} = \varphi_T \ln(I/I_S) = \varphi_T \ln I - \varphi_T \ln I_S$ , где  $I_S$  - тепловой ток перехода, определяющий знак температурного коэффициента (в разности  $\Delta V_{BE}$  член  $\varphi_T \ln I_S$  компенсируется). В результате напряжение на резисторе  $R6$  определяется суммой  $V_{BE}$  (транзистор  $Q2$ ) и падения напряжения на  $R1$ , которая имеет близкий к нулю температурный коэффициент и равна  $V_{BG} = 1.205$  В. Выходное напряжение стабилизатора (например, 2.5 или 5.0 В) определяется указанной величиной 1.205 В и соотношением сопротивлений  $R5$  и  $R6$  делителя в цепи обратной связи.

Распространенный стабилизатор используется в источниках AD1582/3/4/5 [5] и, в несколько измененном виде (в частности, на транзисторах p-n-p проводимости и без транзистора  $Q4$ ), в новых источниках фирмы Analog Devices ADR390/1 [5]. Помимо высоких точностных параметров, в стабилизаторе обеспечивается низкое падение напряжения на балластном элементе (транзисторе  $Q3$ ), включенном последовательно с нагрузкой. Кроме того, в стабилизаторе отсутствует балластный ток, характерный для источников параллельного регулирования (AD589, AD1580). Сказанное обеспечивает высокий КПД стабилизаторов с последовательным регулированием [6].

На рис. 2, б приведена схема источника ADR290/1/2/3 [5]. В схеме (рис. 2, б) транзистор  $J1$  изготовлен по обычной технологии, а  $J2$  — по технологии XFET. Транзистор  $J2$  обладает большим напряжением смещения, а разность смещений обоих транзисторов обладает повышенной температурной стабильностью по сравнению со смещением каждого транзистора в отдельности

(сохраняется незначительная нестабильность, характеризуемая отрицательным коэффициентом, равным  $-120$  ppm/К). Падение напряжения на резисторе  $R1$  равно указанной разности смещений, а выходное напряжение стабилизатора определяется, как и в схеме рис. 2, а, соотношением сопротивлений делителя  $R1$ ,  $R2$  и  $R3$ . Кроме того, оно зависит также от тока термокомпенсирующего источника  $I_{RTAT}$ , подключенного к указанному делителю с положительным температурным коэффициентом. В качестве источника  $I_{RTAT}$  используется двухполноусик типа "bandgap" в варианте для измерения температуры (в соответствии с первым свойством перехода). Использование источника тока  $I_{RTAT}$  в сочетании с транзистором типа XFET обеспечивает высокую температурную стабильность источника опорного напряжения.

В табл. 1, 2 приведены параметры источников фирмы Analog Devices. В источниках AD586/7/8 на выходе используется буферный усилитель, исключаяющий влияние нагрузки на источник "buried-Zener", и, кроме того, в AD588 указанный источник подключен к стабилизированному выходу, что исключает влияние на него нестабильного входного напряжения. В дополнение к табл. 1 и 2 отметим, что источники AD586/7/8/9 выпускаются также в военном исполнении в соответствии со стандартом MIL-STD-883.

Самыми новыми являются источники ADR390/1, которые обладают высокими точностными параметрами стабилизируемых напряжений, в том числе пониженным по сравнению с AD1582/3/4/5 уровнем шума (табл. 2). Для ADR390/1 возможны "нестандартные" включения, предусмотренные [5] и обеспечивающие: удвоение стабилизируемых напряжений до 4.096 и 5 В; инвертирование напряжений ( $-2.048$  и  $-2.5$  В); получение регулируемого тока в нагрузке.

Подробнее с рассмотренными и другими источниками опорного напряжения фирмы Analog Devices, а также зенеровскими диодами фирмы Motorola можно ознакомиться в сети Интернет: [www.analog.com](http://www.analog.com) и [www.motorola.com](http://www.motorola.com) ([www.mot.com](http://www.mot.com)).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Электронные компоненты и системы.* — Киев: VD MAIS, 1999, №№ 1, 2, 2000, №№ 1, 6.
2. Пасынков В. В. и др. *Полупроводниковые приборы.* — М.: Высш. школа, 1981.
3. *TVS/Zener Device Data.* — Motorola, 1994.
4. *Practical Design Techniques for Power and Thermal Management: References and Low Dropout Linear Regulators.* — Analog Devices, 1998.
5. *Analog Devices' Data Sheets: ADR290/1/2 (Rev. A, 2000); ADR293 (Rev. 0, 1998); ADR390/1 (Rev. 0, 2000); AD586 (Rev. C); AD587 (Rev. D, 2000); AD588 (Rev. B); AD589 (Rev. B); AD1580 (Rev. 0, 1995); AD1582/3/4/5 (Rev. A, 2000).*
6. Kenyon R. *A quick guide to voltage references // EDN, April 13, 2000.*

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ (ЧАСТЬ 1)

От редакции. Сигнальные процессоры являются наиболее динамично развивающимися продуктами на рынке электронных компонентов. Почти 95 % мирового производства сигнальных процессоров принадлежит таким ведущим компаниям, как Texas Instruments (48 %), Lucent Technologies (25.1 %), Motorola (11.4 %) и Analog Devices (10.3 %). Остальные 5 % выпускают, наряду с крупными компаниями (ST Microelectronics, Philips, NEC), небольшие фирмы (Lexra, ARC, ARM, и др.). Редакцией журнала подготовлен цикл статей, посвященных особенностям сигнальных процессоров различных производителей, публикация которого начинается в этом номере. Надеемся, это поможет разработчикам в оптимальном выборе необходимого сигнального процессора при проектировании сложных наукоемких изделий.

### В. Охрименко

К наиболее перспективным разработкам в области цифровых сигнальных процессоров (DSP) относятся: новое масштабируемое DSP-ядро SC140, созданное совместными усилиями фирм Motorola и Lucent Technologies в рамках проекта StarCore и реализованное в процессоре фирмы Motorola MSC8101; суперскалярный сигнальный процессор с SIMD-архитектурой ADSP-TS001 (Tiger SHARC) фирмы Analog Devices; находящийся в разработке и ожидаемый в ближайшем будущем сигнальный процессор, создаваемый совместными усилиями фирм Intel и Analog Devices и, безусловно, самый быстродействующий в мире RISC-DSP TMS320C64x с тактовой частотой 750 МГц [1-7], анонсированный фирмой Texas Instruments.

В прошлом году отмечен качественный скачок в технологии производства сигнальных процессоров, появились новые DSP и новые компании по их выпуску (ARC, ARM, Improv Systems, Lexra, MIPS, Sandcraft, STMicro, Tensilica и другие). Появилось множество RISC-процессоров с системой команд DSP, которые трудно уже назвать RISC-процессорами [6].

По оценкам специалистов фирмы Texas Instruments освоение новых технологий позволит увеличить производительность сигнальных процессоров в 15 раз к 2005 г. и в 230 раз к 2010 г. [1, 2]. Реализация новых технологий позволит увеличить тактовую частоту процессоров до 1100 МГц, а количество транзисторов в одном DSP довести до 500 миллионов. К 2010 г. предполагается создание сигнального процессора производительностью 3 триллиона инструкций в секунду. Для того чтобы достичь прогнозируемой производительности, фирма Texas Instruments планирует к 2005 г. освоить 0.075 мкм технологию, а количество транзисторов, интегрированных на кристалле одного DSP, довести до 100 миллионов.

**Сигнальные процессоры фирмы Analog Devices.** Доходы фирмы Analog Devices в 1999 финансовом году выросли на 71 % [5]. Во многом это объясняется ростом производства аналоговых микросхем

и DSP, предназначенных для применения в средствах телекоммуникаций, а также комбинированных микросхем, в которых предусмотрена возможность аналогового ввода и цифровой обработки. Фирма Analog Devices совместно с фирмой Intel начала разработку нового DSP-ядра для сигнальных процессоров следующих поколений и приобрела фирму White Mountain DSP, выпускающую средства отладки для сигнальных процессоров, что должно способствовать быстрейшему продвижению на рынок новых разработок.

К наиболее значительным разработкам фирмы Analog Devices в области сигнальных процессоров относятся: анонсированный в ноябре 1999 г. SHARC-процессор второго поколения ADSP-21160; ADSP-ESP202 — сигнальный процессор для обработки аналоговых и цифровых сигналов, серийный выпуск которого планируется начать в конце 2000 - начале 2001 г. — и ADSP-TS001 (Tiger SHARC) — первый представитель нового поколения SHARC-процессоров производительностью до 1.5 GFLOPS (при тактовой частоте 250 МГц).

**ADSP-21160**, первые образцы которых изготовлены по 0.25 мкм КМОП технологии, — 32-разрядные DSP с плавающей точкой с SIMD (Single Instruction Multiple Data) архитектурой процессорного ядра. Тактовая частота 100 МГц и SIMD-архитектура обеспечивают ADSP-21160 пиковую производительность 600 MFLOPS (средняя 400 MFLOPS). На уровне команд ADSP-21160 полностью совместим с выпущенными ранее SHARC-процессорами ADSP-2106x, что обеспечивает возможность использования сделанных ранее наработок программного обеспечения. Как и ADSP-2106x, новый ADSP-21160 имеет развитые средства реализации высокопроизводительных мультипроцессорных систем реального времени — 8-разрядные скоростные двунаправленные Link-порты, последовательные порты, встроенную память, через которую осуществляется межпроцессорный обмен в мультипроцессорных системах. Встроенные память и логика арбитража доступа к памяти позволяют создавать кластеры процессоров (до шести процессоров в кластере) без использования дополнительных аппа-

ратных средств для управления доступом к памяти. От других SHARC-процессоров ADSP-21160 отличает процессорное ядро, в котором имеется два полностью независимых вычислительных устройства P<sub>x</sub> и P<sub>y</sub>. В составе каждого вычислительного устройства арифметико-логическое устройство (ALU), умножитель и устройство циклического сдвига. 64-разрядные внутренние шины обеспечивают P<sub>x</sub> и P<sub>y</sub> четыремя 32-разрядными операндами. В режиме SIMD (один поток команд, много потоков данных) каждая инструкция направляется для выполнения одновременно в оба вычислительных устройства, что особенно эффективно при идентичной двухканальной обработке.

Размер встроенной памяти ADSP-21160 составляет 4 Мбит, а 32-разрядная шина адреса и 64-разрядная шина данных внешнего порта определяют размер адресуемой памяти (4 гигабайта).

Благодаря уникальным возможностям по реализации мультипроцессорных систем обработки данных в реальном масштабе времени, основные сферы применения — многоканальные базовые станции сотовой телефонии, радары, сонары, высокотехнологичная военная техника, в которой требуются большие объемы вычислений.

Фирма Analog Devices планирует освоить серийный выпуск микросхем ADSP-21160 в течение 2000 г. с ориентировочной стоимостью \$ 99 (при партии 25000 шт.). Кроме того, планируется выпускать дешевые модификации ADSP-21160 с меньшим объемом памяти и меньшим количеством Link-портов.

**ADSP-ESP202** — сигнальный процессор для обработки аналоговых и цифровых сигналов. Первые образцы микросхем ESP202 будут изготовлены по 0.35 мкм КМОП технологии. Для осуществления аналогового ввода на кристалле ESP202 интегрировано два кодека AD7331L, включающих АЦП и ЦАП. Вычислительное ядро выполнено на базе сигнального процессора ADSP-2185L. Кроме того, в составе ESP202 имеется два таймера, два аналоговых компаратора и другие периферийные устройства. На уровне команд ESP202 полностью совместим с процессорами ADSP-21xx. Тактовая частота ESP202 составляет 49 МГц. ESP202 имеет встроенную память программ (8 К ROM и 8 К RAM) и память данных (8 К/16 К RAM). Кодеки на базе AD7331L обеспечивают отношение сигнал/шум на уровне 75 дБ (АЦП) и 70 дБ (ЦАП), а максимальная частота преобразований составляет 64 кГц. Обмен данными с вычислительным ядром выполняется через двунаправленные последовательные порты. Серийный выпуск ESP202 планируется начать в конце 2000 г.

**ADSP-TS001.** Фирма Analog Devices ведет интенсивные работы по завершению проектирования и подготовки производства к выпуску нового

поколения SHARC-процессоров с увеличенной в 2.5 раза по сравнению с ADSP-21160 тактовой частотой, что позволит достичь производительности 1.5 GFLOPS при операциях с 32-разрядными числами с плавающей точкой. Первый представитель нового поколения SHARC-процессоров TS001 (Tiger SHARC) будет изготовлен в конце 2000 - начале 2001 г. Архитектура TS001 сочетает в себе достоинства RISC, VLIW (very long instruction word) и традиционной архитектуры цифровых сигнальных процессоров. Вычислительное ядро TS001 относится к SIMD системам, т. е. системам с одним потоком команд и множественным потоком данных. Для реализации обработки множественного потока данных в TS001 предусмотрены два полноценных вычислительных устройства P<sub>x</sub> и P<sub>y</sub> (как и в ADSP-21160), содержащих ALU, умножитель/накопитель 32×32 с 80-разрядным аккумулятором, 64-разрядное устройство циклического сдвига, и, кроме того, имеются еще два дополнительных целочисленных ALU (JALU и KALU), которые могут работать в двух режимах. Таким образом, четыре ALU позволяют выполнять параллельно четыре операции с 32-разрядными числами. Хотя TS001 относится к 32-разрядным процессорам с плавающей точкой, возможности его архитектуры и организация работы вычислительных устройств предусматривают также операции с 8-, 16-, 32- и 64-разрядными числами с фиксированной точкой. Возможность работать с данными, представленными в разных форматах, позволяет значительно увеличить производительность. Подобная организация ALU вычислительных устройств позволяет выполнять восемь операций (сложения/вычитания) в одном ALU. Все операции в ALU выполняются за один цикл. Запись результата операций в регистровый файл осуществляется в следующем цикле. Три 128-разрядные внутренние шины данных (две из которых используются для чтения данных, а одна — для записи данных в память) снабжают операндами ALU, которые выполняют параллельную обработку данных (в течение одного цикла TS001 может выполнять 32 операции с 8-разрядными числами с фиксированной точкой). При обработке данных, представленных в 16-разрядном формате с фиксированной точкой, производительность TS001 достигает 6 GOPS (109 операций в секунду) при тактовой частоте 250 МГц.

Умножитель/накопитель также поддерживает операции с данными, представленными в разных форматах, и может выполнять четыре операции умножения/накопления с 16-разрядными числами с фиксированной точкой в течение одного цикла.

Устройство циклического сдвига выполняет сдвиги на один или более разрядов, а также очистку, установку и проверку отдельных разрядов.

Дополнительные ALU могут работать в двух режимах. В первом JALU и KALU используются в качестве генераторов адреса при косвенной адресации встроенной и внешней памяти, во втором — используются для целочисленной обработки данных (сложение, вычитание, манипуляции битами).

TS001 имеет встроенную память размером 6 Мбит и, как и все SHARC-процессоры, выпущенные ранее (ADSP-2106x, ADSP-21160), — мощные средства для построения многопроцессорных систем обработки данных: четыре 8-разрядных двунаправленных Link-порта (скорость передачи данных через Link-порты составляет 600 Мбайт/с при тактовой частоте 150 МГц); 64-разрядную шину данных внешнего порта; контроллер прямого доступа к памяти (DMA), обслуживающий 14 каналов. Максимальная суммарная скорость обмена данными с внешними устройствами достигает 1.2 Гбайт/с.

Основные сферы применения TS001 — многоканальные базовые станции для сотовой радиотелефонной связи, шлюзы Интернет-телефонии, системы трехмерной графики, радары, сонары и т. п.

Предполагается, что TS001 будет выпускаться в корпусе типа SBGA (360 выводов) с ориентировочной стоимостью \$ 209 (при партии 1000 шт.).

ADSP-21xx — 16-разрядные DSP с фиксированной точкой, которые применяются в модемах различной производительности, в средствах и системах обработки речевых сигналов, а также в других системах цифровой обработки сигналов. Все процессоры семейства ADSP-21xx построены на базе классической гарвардской архитектуры и полностью совместимы на уровне кодов, а многие микросхемы процессоров совместимы по расположению и назначению выводов. В последнее время освоены новые модификации (ADSP-2181/2183/2184/2185/2186/2187/2188/2189/219x), которые имеют большой объем встроенной памяти, повышенную производительность, меньшую мощность потребления и размер корпуса, сниженное напряжение питания и более низкую стоимость (от \$ 15 до \$ 25 при партии 100 шт.).

CPU (центральное процессорное устройство) ADSP-21xx выполняет все инструкции в течение одного цикла. Хотя умножитель/накопитель с 40-разрядным аккумулятором, ALU и устройство циклического сдвига выполнены в виде отдельных блоков, они не в состоянии выполнять операции параллельно. Во всех модификациях процессоров ADSP-21xx предусмотрены два независимых генератора адреса данных (DAG) и отдельные шины для доступа к памяти программ и данных. Два генератора адреса обеспечивают выборку операндов двойной длины. В ADSP-219x предусмотрена кэш-память программ. 24-разрядные

инструкции позволяют использовать более сложные команды и обеспечивают большую гибкость, чем 16-разрядные. Размер встроенной памяти процессоров ADSP-21xx достигает 2 Мбит. Во многих модификациях процессоров предусмотрены порты DMA, поддерживающие обмен с внешней памятью размером 4 Мбайт.

#### Сигнальные процессоры фирмы Texas Instruments

В феврале 1997 г. фирма Texas Instruments анонсировала первый сигнальный процессор на базе усовершенствованной VLIW архитектуры TMS320C6201 с тактовой частотой 200 МГц и производительностью 1600 миллионов инструкций в секунду (MIPS). TMS320C6201 был изготовлен по 0.25 мкм КМОП-технологии и имел большую мощность потребления. В настоящее время фирма Texas Instruments выпускает TMS320C6203 — самый быстродействующий (2400 MIPS) в мире DSP, который изготавливается по 0.15 мкм технологии.

В феврале 2000 г. фирма Texas Instruments анонсировала новые DSP — TMS320C64x и TMS320C55x, которые будут изготавливаться уже по 0.1 мкм технологии, иметь модифицированную по сравнению с выпускаемыми процессорами семейства TMS320C6000 и TMS320C5000 архитектуру и полностью совместимы с ними на уровне команд.

Таблица 1. Сравнительные характеристики DSP TMS320C6000

Наименование параметра	TMS320	
	C62x	C64x
Тактовая частота, МГц	150-300	600-1100
Производительность, MIPS	1200-2400	4800-8800
Количество операций умножения с накоплением чисел с фиксированной точкой, млн/с: - 16-разрядные числа - 8-разрядные числа	300-600 300-600	2400-4400 4800-8800
Специальные инструкции для обработки изображения и средств телекоммуникаций	нет	есть

**TMS320C64x** — сигнальные процессоры второго поколения на базе VLIW архитектуры. Сравнительные характеристики DSP TMS320C6000 представлены в табл. 1. Тактовая частота TMS320C64x будет увеличена до 600-1100 МГц, что позволит реализовать производительность от 4800 до 8800 MIPS. Кроме увеличения тактовой частоты в TMS320C64x будут предусмотрены также новые возможности для параллельной обработки данных. Помимо обычных операций с 32-разрядными числами процессорное ядро сможет в течение одного цикла выполнять четыре операции с 8-разрядными числами. Введены десять но-

вых специализированных инструкций для обработки изображений и реализации скоростного обмена данными со средствами телекоммуникаций. Как и в других процессорах TMS320C6000, в новых TMS320C64x предусмотрена двухуровневая кэш-память, а также добавлены инструкции чтения/записи 64-разрядных слов. Для увеличения плотности компоновки программного кода (что позволит более эффективно использовать память программ) создается модифицированный C компилятор.

**Таблица 2. Сравнительные характеристики DSP TMS320C5000**

Наименование параметра	Тип TMS320	
	C54x	C55x
Мощность потребления, мВт/MIPS	0.32	0.05
Производительность, - MIPS - MACS	30-160 30-160	140-800 140-800
Количество операционных блоков: - умножитель - АЛУ - аккумулятор	1 1 2	2 2 4
Разрядность инструкций, бит	16, фиксированная	4 ... 48, изменяемая

TMS320VC5510. Спустя всего три месяца после анонсирования нового высокоэффективного DSP-ядра C55x, сравнительные характеристики которого приведены в табл. 2, фирма Texas Instruments в июне 2000 г. объявила о выпуске TMS320VC5510 (далее VC5510) - первого DSP нового поколения. VC5510 - высокопроизводительный DSP с фиксированной точкой и примерно в шесть раз меньшей мощностью потребления (80 мВт при производительности 320 MIPS), чем у процессоров семейства TMS320C54x.

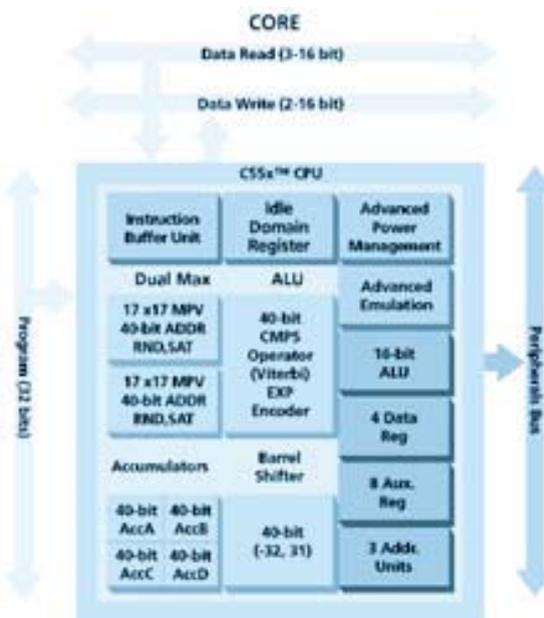
Структурная схема VC5510 приведена на рис. 1. Центральное процессорное устройство поддерживает обмен по шине программ, трем шинам чтения данных, двум шинам записи данных, отдельной шине ввода/вывода и шине прямого доступа в память. Перечисленные шины обеспечивают выполнение трех операций чтения данных и двух операций записи данных в течение одного цикла. Одновременно с операциями CPU контроллер DMA может выполнять две пересылки данных за один цикл.

В составе CPU имеется два 17×17 умножителя/накопителя, основное 40-разрядное и дополнительное 16-разрядное ALU. За один цикл может выполняться одна или две инструкции. Функционирование ALU осуществляется под управлением команд, которые оптимизируют параллельные вычисления и уменьшают мощность потребления. Кроме перечисленных устройств в

CPU имеются блоки адреса и данных. В CPU VC5510 предусмотрена возможность работы с переменной длиной инструкций (от 8 до 48 разрядов). Встроенная кэш-память программ размером 24 Кбайта сокращает количество обращений к внешней памяти программ, увеличивая тем самым производительность и снижая мощность потребления.

В составе периферийных устройств имеется интерфейс внешней памяти (EMIF), который обеспечивает доступ к асинхронной памяти (SRAM, EPROM) и высокоскоростной синхронной памяти (SDRAM SBSRAM). Три полнодуплексных многоканальных буферизированных последовательных порта (McBSP) поддерживают обмен (до 128 каналов) со многими стандартными промышленными устройствами, обеспечивающими передачу данных в последовательном формате. Усовершенствованный 16-разрядный хост-порт интерфейс (EHPI) обеспечивает доступ хост-процессоров разных типов к встроенной памяти VC5510. EHPI программно настраивается для работы в мультиплексном и немultipлексном режимах. Контроллер DMA поддерживает обмен данными по шести каналам параллельно с работой CPU, обеспечивая пересылку двух 16-разрядных слов в течение одного цикла. В составе VC5510 имеется также два таймера, восемь входов/выходов общего назначения (GPIO) и цифровая ФАПЧ.

VC5510 имеет встроенную RAM-память размером 160 К 16-разрядных слов и 160 К 16-разрядных слов ROM-памяти. Максимальное адресуемое пространство внешней памяти составляет 8 М 16-разрядных слов.



**Рис. 1. Структурная схема TMS320C5510**

Напряжение питания VC5510 составляет 1.6 В (ядро) и 3.3 В (входы/выходы). Первые образцы работают на тактовой частоте 160 МГц (320 MIPS) и потребляют всего 80 мВт. В течение 2000 г. запланированы к выпуску процессоры с тактовой частотой 200 МГц (400 MIPS) и процессоры с напряжением питания 1 В. В настоящее время выпущены образцы VC5510 в корпусе типа BGA размером 15×15 мм. Предполагаемая стоимость первых процессоров с тактовой частотой 200 МГц будет составлять \$ 40 (при партии 10000 шт.).

Основные сферы применения TMS320VC5510 — портативная аппаратура с батарейным питанием, средства цифровой мобильной связи, имплантированные медицинские приборы, требующие длительного "времени жизни" батарей питания.

TMS320C28x предназначены для применения в промышленных системах цифрового управления электродвигателями, в интеллектуальной автоматике, источниках бесперебойного электропитания, электрических транспортных средствах и т. п. Подавляющее большинство существующих систем цифрового управления электродвигателями построено на базе двух процессоров. Один процессор — DSP, выполняющий алгоритмические функции, другой — универсальный процессор, используемый для интерфейса пользователя, диагностики и т. п. Архитектура TMS320C28x объединяет все достоинства архитектуры DSP и универсальных процессоров, а кроме того в TMS320C28x предусмотрен широкий набор периферийных микроконтроллеров, которые обеспечивают непосредственное управление инверторами (универсальные генераторы ШИМ-сигналов), подключение оптических датчиков скорости и определение угла поворота ротора, аналого-цифровое преобразование и другое.

TMS320C28x реализован на базе модифицированной гарвардской архитектуры, которая имеет ряд усовершенствований по сравнению с другими DSP. Структурная схема TMS320VC28x приведена на рис. 2. Шесть внутренних шин, 32×32 умножитель/накопитель, выполняющий операции за один такт и обеспечивающий высокую точность вычислений, 64-разрядное устройство цикличес-

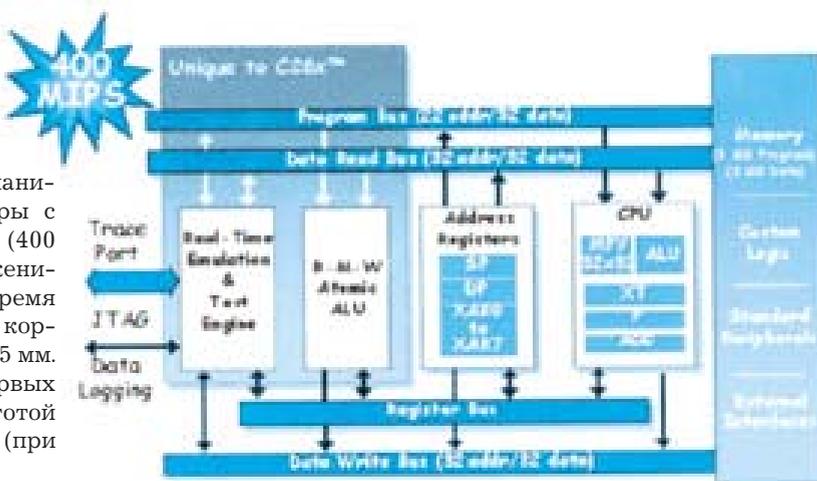


Рис. 2. Структурная схема TMS320C28x

кого сдвига, восьмиступенчатый конвейер, новые инструкции чтения/модификации/записи обеспечивают TMS320C28x в 20 раз большую производительность по сравнению с существующими DSP-контроллерами, предназначенными для управления электродвигателями. На уровне команд новые TMS320C28x полностью совместимы снизу вверх с DSP-контроллерами семейства TMS320C24x. Большинство инструкций, используемых в TMS320C28x, имеют длину 16 разрядов. Поэтому 32-разрядные внутренние шины позволяют за один такт выбирать две инструкции. Впервые в TMS320C28x реализованы инструкции типа чтение/модификация/запись, выполняемые в течение одного такта (рис. 3) непосредственно с содержимым любой ячейки памяти без использования вспомогательных регистров (в DSP с традиционной архитектурой подобные операции выполняются за 2-3 такта).

В отличие от подавляющего большинства традиционных DSP с фиксированной точкой, в которых адресное пространство определяется 16-разрядной шиной адреса, в TMS320C28x предусмотрена возможность доступа к памяти данных размером 8 Гбайт (32-разрядная шина адреса) и памяти программ размером 8 Мбайт (22-разрядная адресная шина).

Одна из наиболее важных характеристик встроенных систем управления электродвигателями — возможность контролировать, управлять и модифицировать процесс регулирования, не прерывая работу существующей системы регулирования. Существующие эмуляторы при тактовой частоте процессора бо-

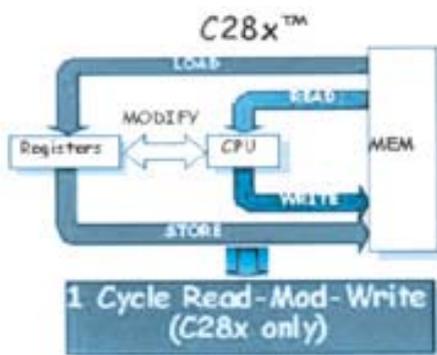


Рис. 3. Схема реализации инструкций чтение/модификация/запись

лее 30 МГц не могут обеспечить подобного сервиса. Поэтому в эмуляторах для TMS32028х используется метод прямого доступа к памяти и регистрам. Содержимое ячеек памяти и регистров через канал DMA пересылается в JTAG-порт, что обеспечивает уникальные возможности по отладке систем регулирования.

Фирма Texas Instruments планирует выпустить первые образцы процессоров TMS32028х в четвертом квартале 2000 г. Микросхемы будут изготовлены по 0.09 мкм КМОП технологии. Первые образцы будут работать с тактовой частотой 300 МГц. Тактовая частота следующих модификаций составит 400 МГц, а производительность — 400 MIPS. Периферийные микроконтроллеры новых TMS32028х будут усовершенствованы по сравнению с аналогичными, применяемыми в процессорах семейства TMS32024х, и иметь больший размер встроенной памяти, новые функциональные возможности таймеров, более высокоскоростные последовательные порты, увеличенную точность АЦП и другие усовершенствования, информация о которых на сегодняшний день остается конфиденциальной.

**TMS320C3х** — 32-разрядные сигнальные процессоры с плавающей точкой, представленные микросхемами TMS320C30/C31/C32, которые были выпущены в конце 80-х годов, и новыми перспективными TMS320VC33, выпуск которых фирма Texas Instruments освоила в конце 1999 г. TMS320VC33 представлены двумя модификациями — TMS320VC33-120 и TMS320VC33-150 с производительностью соответственно 120 и 150 MFLOPS. По сравнению с TMS320C30/C31/C32 новые сигнальные процессоры имеют большой размер встроенной памяти (более 1 Мбит), увеличенную в два раза тактовую частоту, меньшую мощность потребления (200 мВт). TMS320VC33 полностью совместимы по системе команд с выпущенными ранее процессорами TMS320C30/1/2, что позволяет при небольших затратах улучшить характеристики существующих на их базе систем путем замены процессора на более экономичный и производительный TMS320VC33.

К достоинствам процессоров TMS320C3х можно отнести большой объем адресуемой внешней памяти (TMS320C30 имеет две независимые внешние шины адреса/данных), встроенную кэш-память программ размером 64×32 слова, трехшинную архитектуру для обмена данными между CPU и встроенной памятью (шины PDATA, DDATA, DMADATA) и отдельный набор шин для обмена данными и результатами операций между умножителем, ALU, 32-разрядным устройством циклического сдвига, регистрами и встроенной памятью. Большинство инструкций выполняются в CPU в течение одного цикла. Во

всех модификациях процессоров семейства TMS320C3х предусмотрены: одноканальный контроллер DMA (в TMS320C32 — двухканальный), два таймера, последовательные порты. В новых TMS320VC33 имеется схема ФАПЧ, расширяющая возможности при выборе частоты внешнего кварцевого резонатора.

Основные сферы применения TMS320C3х — цифровые системы обработки аудио- и видеoinформации, контроллеры лазерных принтеров и сканеров, промышленная робототехника, управление двигателями, голосовая и факсимильная почта, модемы и др.

**TMS320C4х** — первые микросхемы 32-разрядных сигнальных процессоров с плавающей точкой производительностью до 60 MFLOPS, предназначенные для создания мультипроцессорных систем, которые были освоены фирмой Texas Instruments более 10 лет назад. TMS320C4х, представленные двумя модификациями (TMS320C40 и TMS320C44), созданы на базе TMS320C3х, причем набор команд TMS320C4х на уровне кодов полностью совместим с командами TMS320C3х.

В TMS320C4х сохранена архитектура вычислительного ядра TMS320C3х и дополнительно интегрированы на кристалле периферийные микроконтроллеры для связи с "внешним миром" — коммуникационные (COM) порты (от четырех до шести в зависимости от модификации) и сопроцессор DMA (6/12 каналов), которые и обеспечивают возможность создания высокопроизводительных мультипроцессорных систем на базе TMS320C4х. Максимальная скорость передачи данных через 8-разрядный двунаправленный COM-порт составляет 20 Мбайт/с. Кроме того, TMS320C4х имеют две параллельные (global и local) внешние шины для обмена данными через общую память или с внешними устройствами ввода/вывода.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. *Technology Innovations. - Texas Instruments, Vol. 2, January 2000: <http://www.ti.com/sc/techinnovations>*
2. *TI Breaks Industry's DSP High Performance and Lower Power Records with New Cores: <http://www.ti.com>*
3. *Static Superscalar Design: A new architecture for the Tiger SHARC™ DSP Processor: <http://www.analog.com>*
4. *ADI-ADSP-TS001 Product Description: <http://www.analog.com/products/descriptions/ADSP-TS001.html>*
5. *Electronic Buers' News. April 10, 2000.*
6. *EDN. The Design Magazine of the Electronics Industry. March 30, 2000.*
7. *Embedded Motion Control Magazine. June/2000.*



# Усилители

Май 2000

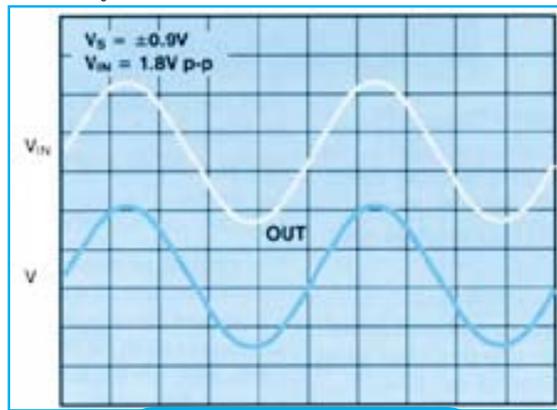
ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ ФИРМЫ ANALOG DEVICES

## В этом выпуске ...

Особенности применения новых прецизионных ОУ	20
КМОП ОУ с напряжением смещения нуля 500 мкВ	20
Самый точный в мире ОУ с автоматической коррекцией напряжения смещения нуля	21
Новый стандарт для прецизионных ОУ с однополярным питанием	21
Новый экономичный КМОП ОУ с полосой пропускания 1 МГц	22
КМОП ОУ с минимальным током потребления в "спящем" режиме	22
Дифференциальный усилитель с высоким уровнем входного сигнала	23
Наилучшие характеристики при минимальных размерах	23
Таблица параметров прецизионных ОУ	24
Таблица параметров быстродействующих ОУ	25
Rail-to-Rail ОУ с максимальной скоростью нарастания выходного сигнала	26
Высокочастотный детектор с полосой 2.5 ГГц	26
Преимущества обработки дифференциальных сигналов	27
Новые широкополосные драйверы модемов	28
Логарифмический усилитель с динамическим диапазоном 95 дБ и полосой пропускания от 0 до 440 МГц	30

## Высококачественные ОУ с напряжением питания 1.8 В для построения портативных устройств

AD8517/AD8527 — одинарный и сдвоенный rail-to-rail усилители с полосой пропускания 7 МГц. Это первые промышленные ОУ с напряжением питания 1.8 В. Широкий частотный диапазон, высокая скорость нарастания выходного сигнала, низкий уровень шумов, малое напряжение смещения нуля (не более 1.3 мВ) позволяют использовать усилители AD8517/AD8527 в портативных устройствах, таких как спутниковые телефоны, портативные компьютеры, плееры и другие устройства с батарейным питанием. Эти усилители выпускаются в микрокорпусах, стоимость одного ОУ \$ 0.64 в партии 1000 штук.



### ПРИМЕНЕНИЕ

- портативные компьютеры
- портативные приборы
- спутниковые телефоны
- миниплееры
- интерфейсы датчиков
- активные фильтры
- PCMCIA модемы
- драйверы для заказных БИС
- приборы с батарейным питанием

AD8517  
AD8527

\$ 0.64\*  
\$ 0.83

\* Цена FOB в партии 1000 шт.

### Особенности усилителей AD8517/AD8527:

- однополярное напряжение питания от 1.8 до 6 В
- скорость нарастания выходного сигнала 8 В/мкс
- частотный диапазон 7 МГц при напряжении питания 5 В, что в 2.5 раза лучше, чем в усилителях других производителей
- напряжение смещения нуля 1.3 мВ при напряжении питания 1.8 В
- rail-to-rail по входу и выходу
- диапазон рабочих температур от -40 до 125 °C
- одинарный ОУ выполнен в корпусе SOT-23
- сдвоенный ОУ в корпусе типа SOIC или MSOP

Никто в мире, кроме Analog Devices, не производит высококачественные ОУ с напряжением питания 1.8 В

### Области применения усилителей, включенных в бюллетень

- профессиональные и портативные камеры
- беспроводные телефоны
- кабельные и ADSL модемы
- анализаторы спектров
- управляющие системы
- ПК и бытовая радиоаппаратура
- управление двигателями
- электрокардиографы
- энцефалографы
- системы сбора данных, отличающиеся низким потреблением
- средства контроля мощности сигналов

Вы уже посетили Web-сайт фирмы Analog Devices? [www.analog.com/bulletins/amps](http://www.analog.com/bulletins/amps)

## Особенности применения новых прецизионных ОУ

От редакции

Новые прецизионные усилители предназначены для новых областей применения. Новые области применения формируют новые требования к прецизионным ОУ. Современные высокоточные усилители должны работать при однополярном питании, иметь малые размеры и невысокую стоимость.

Фирма Analog Devices — мировой лидер в области производства усилителей — поставляет на мировой рынок широкий набор прецизионных усилителей, характеризующихся наилучшим показателем цена/качество и ориентированных на различные области применения.

На стр. 21 настоящего журнала представлено семейство ОУ AD855x/AD857x с автоматической коррекцией нуля, предназначенных для решения широкого круга задач. Эти усилители обладают более высокой точностью по сравнению с ближайшими аналогами, при этом их стоимость вдвое ниже стоимости аналогичных усилителей других производителей. В настоящее время фирма Analog Devices работает над следующим семейством подобных устройств. Новый усилитель будет выполнен в корпусе SOT-23, а параметры будут превосходить характеристики ОУ предыдущего поколения.

Семейство недорогих высокоточных усилителей AD860x, относящихся к классу DigiTrim, рассмотрено ниже. Эти усилители предназначены для широкого круга применений, имеют минимальное напряжение смещения нуля для rail-to-rail КМОП ОУ. Благодаря оригинальной DigiTrim технологии

подгонки эти усилители не требуют регулировки в процессе эксплуатации, экономя время и затраты при производстве и отладке сложной аппаратуры. Отличаясь высокой точностью при невысокой стоимости (\$ 0.65 за один ОУ), данные ОУ не имеют аналогов на мировом рынке. В скором будущем ожидается новое поколение DigiTrim усилителей с более

(Примечание: к прецизионным относятся ОУ с напряжением смещения нуля менее 1 мВ.)

низким уровнем шумов и напряжением смещения нуля. Кроме того, находится в разработке DigiTrim ОУ с пониженным энергопотреблением.

На стр. 21 представлено семейство OP7x7, являющееся развитием прецизионного ОУ типа OP07, который долгое время был стандартным усилителем для промышленности и приборостроения. Сегодня на смену этому усилителю приходит новое семейство OP7x7. ОУ нового семейства работают как при однополярном напряжении питания 3 или 5 В, так и при двуполярном  $\pm 15$  В и по своим характеристикам превосходят усилители предыдущего поколения.

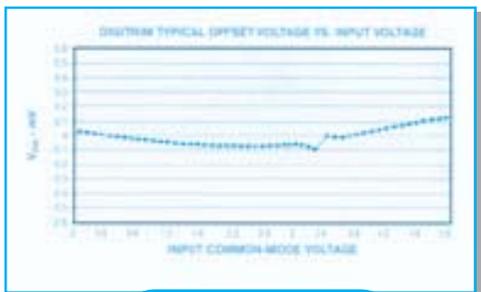
Все усилители нового поколения производятся в микрокорпусах типа SOT-23 или MSOP.

Заказать образцы усилителей или дополнительные информационные материалы можно в сети Интернет по адресу: [www.analog.com/bulletins/amps](http://www.analog.com/bulletins/amps)

Информацию о новом поколении усилителей с автокоррекцией напряжения смещения нуля и DigiTrim ОУ можно получить в сети Интернет по следующим адресам: [www.analog.com/auto-zero](http://www.analog.com/auto-zero) и [www.analog.com/digitrim](http://www.analog.com/digitrim)



## Усилители семейства AD860x имеют напряжение смещения нуля 500 мкВ и не требуют подстройки в процессе эксплуатации



### ПРИМЕНЕНИЕ

- интеллектуальные системы батарейного питания
- компьютерная периферия
- считыватели штрих-кодов
- индивидуальные медицинские приборы
- усилители для автомобильных датчиков

AD8601  
AD8602  
AD8604

\$ 0.65

\$ 1.12

\$ 1.50

Разработанные для широкого круга применений высокоточные усилители семейства AD860x в 10 раз точнее ближайших аналогов, причем их стоимость на 30 % ниже стоимости стандартных КМОП ОУ. Семейство AD860x включает одинарные, двоянные и счетверенные усилители. При их производстве использована оригинальная DigiTrim технология, позволяющая исключить операцию подгонки и регулировки в процессе эксплуатации. Таким образом, данные ОУ обеспечивают высокую точность и экономят время при настройке прецизионной аппаратуры. Усилители AD860x успешно применяются в быстродействующих устройствах и в аудиоаппаратуре. Отличительной особенностью этих ОУ является широкий частотный диапазон (до 8 МГц), низкий уровень искажений, высокая точность усиления широкополосных сигналов.

### Основные характеристики семейства ОУ AD860x:

- напряжение смещения нуля не более 500 мкВ
- rail-to-rail по входу и выходу
- малый ток смещения в широком диапазоне температур
- ширина полосы пропускания 8 МГц
- тип корпуса SOT для одиночного AD8601, MSOP и SO для двоянного AD8602, TSSOP и SO для счетверенного AD8604



## Усилители с автокоррекцией напряжения смещения нуля имеют эквивалентную точность более 20 двоичных разрядов

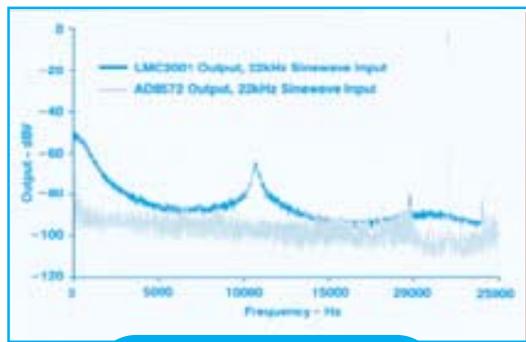
Разработанные для широкого круга применений усилители семейства AD855х/AD857х с автокоррекцией напряжения смещения нуля являются самыми точными в мире ОУ. Напряжение питания этих ОУ от 3 до 5 В. Стоимость ОУ данного семейства на 50 % ниже стоимости аналогичных усилителей других производителей. При эквивалентной точности 20 двоичных разрядов цена одного усилителя составляет всего лишь \$ 1.14. AD855х/AD857х производятся в виде одинарных, сдвоенных и счетверенных устройств. Напряжение смещения нуля ниже 1 мкВ в диапазоне температур от -40 до 125 °С.

Данные ОУ имеют нулевой дрейф смещения нуля во времени и в широком диапазоне температур, (1/f) - шум практически отсутствует. Вместе с тем, эти усилители имеют такое же время восстановления после перегрузок, что и обычные ОУ.

В добавление к перечисленным особенностям в данных ОУ использован оригинальный метод расширения спектра, позволяющий исключить импульсные помехи и минимизировать наложение спектров входного сигнала и сигнала прерывания. Это первый широкополосный усилитель с автокоррекцией, ориентированный на применение в робототехнике, при динамическом взвешивании и в других системах для обработки быстроизменяющихся процессов.

### Особенности усилителей AD855х/857х:

- эквивалентная точность более 20 двоичных разрядов
- смещение нуля 1 мкВ в диапазоне температур от -40 до 125 °С
- нулевой временной дрейф смещения нуля
- минимальный уровень шумов
- минимальное время восстановления для усилителей этого класса
- rail-to-rail по входу и выходу
- AD8551/AD8571 - одинарный ОУ, AD8552/AD8572 - сдвоенный ОУ, AD8554/AD8574 - счетверенный ОУ
- тип корпуса SOIC, MSOP, TSSOP

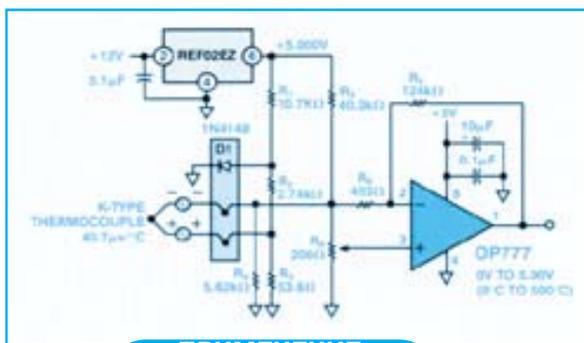


### ПРИМЕНЕНИЕ

- медицинские приборы \$ 1.14
- промышленные системы и приборы \$ 2.11
- системы управления электропитанием \$ 4.05
- датчики температуры, давления, тока, напряжения с широким динамическим диапазоном \$ 1.14
- \$ 2.11
- \$ 4.05

## OP7х7 — прецизионные усилители с однополярным питанием

Фирма Analog Devices внедрила стандарт на прецизионные ОУ с началом производства усилителя OP07. Сейчас Analog Devices устанавливает новый стандарт, запуская в производство усилители OP777/OP727/OP747. К отличительным особенностям этого семейства относятся однополярное питание, микропотребление, выход типа rail-to-rail. Одинарные, сдвоенные и счетверенные ОУ



### ПРИМЕНЕНИЕ

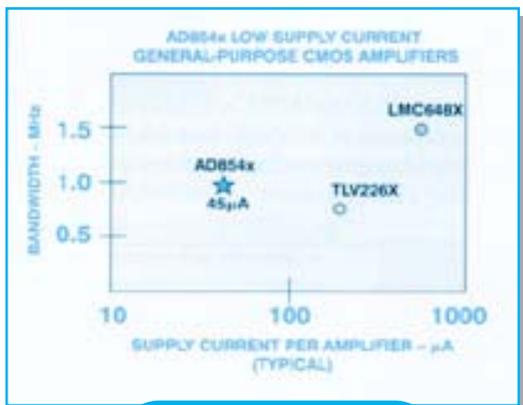
- портативные приборы \$ 1.13
- аналоговые интерфейсы датчиков \$ 1.69
- системы управления \$ 3.10
- прецизионные фильтры

данного семейства имеют минимальное напряжение смещения нуля, малый дрейф и низкий уровень шумов. Все это делает их незаменимыми при проектировании промышленных приборов и систем с низким уровнем входных сигналов.

### Отличительные особенности усилителей OP7х7:

- однополярное питание от 3 до 30 В
- двуполярное питание от ± 1.5 до ± 15 В
- низкий ток потребления 300 мкА/усилитель, что в 10 раз ниже, чем для ОУ типа OP07
- максимальное напряжение смещения нуля 100 мкВ
- высокая стабильность при единичном усилении
- отсутствие фазовой погрешности
- защита по входу 500 Ом
- диапазон рабочих температур от -40 до 85 °С
- типы корпусов MSOP, TSSOP, SOIC

## Новые экономичные КМОП усилители с полосой пропускания 1 МГц



### ПРИМЕНЕНИЕ

- связь
- компьютеры
- портативное оборудование
- мобильные системы
- системы безопасности

AD8541  
AD8542  
AD8544

\$ 0.61  
\$ 0.71  
\$ 0.82

AD8541/AD8542/AD8544 — rail-to-rail усилители с входу и выходу с минимальным потреблением и полосой пропускания до 1 МГц. Потребление этих ОУ на 75 % меньше, чем потребление ближайших аналогов. Они увеличивают ресурс батарейного питания и позволяют расширять функциональные возможности проектируемых устройств без увеличения мощности потребления. Усилители работают при напряжении питания 2.7, 3 и 5 В. AD8541/AD8542/AD8544 — это соответственно одинарный, двоянный и четверенный усилители, которые выполнены в корпусах SOIC, SOT-23-5 и TSSOP.

### Особенности КМОП усилителей AD8541/AD8542/AD8544:

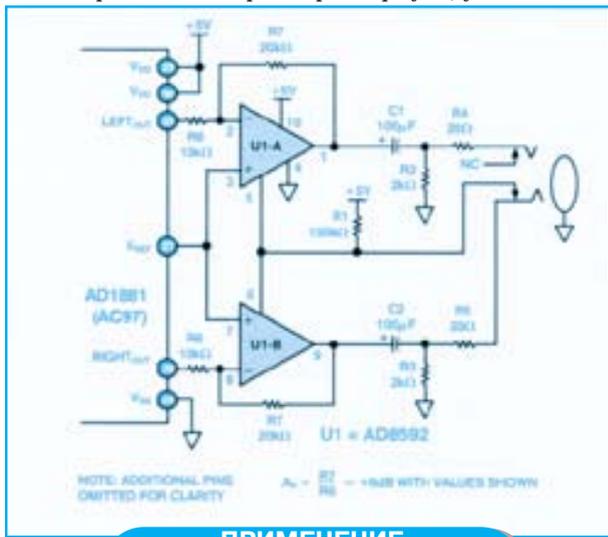
- низкий ток потребления — 45 мкА; ближайшие аналоги других производителей имеют ток потребления от 200 до 700 мкА
- отличные технические характеристики при напряжении питания 2.7 или 3 В
- ток нагрузки 15 мА при напряжении питания 2.7 В и 30 мА при напряжении питания 5 В
- низкая стоимость

## Недорогие КМОП усилители с большим током нагрузки в активном режиме и минимальным потреблением в "спящем" режиме

AD8591/AD8592/AD8594 — одинарный, двоянный и четверенный КМОП усилители с минимальным потреблением в "спящем" режиме. Несмотря на малые размеры корпуса, усилители AD859x обладают высоким током нагрузки и могут использоваться в качестве драйверов на переменном токе при емкостной нагрузке 10 нФ. Усилители работают при однополярном напряжении питания от 2.5 до 6 В и практически при любом значении емкостной нагрузки. Эти недорогие усилители ориентированы на применение в персональных компьютерах, спутниковых телефонах, портативной аудиотехнике, PCMCIA модемах. Данные ОУ могут использоваться в качестве буферных усилителей для портативного оборудования, при построении устройств выборки/хранения и многоканальных мультиплексоров.

### Особенности усилителей AD8591/AD8592/AD8594:

- напряжение питания от 2.5 до 6 В
- рассеиваемая мощность 5 мВт в режиме с пониженным потреблением при напряжении питания 5 В
- выходной ток 250 мА
- автоматически переходят в третье состояние в "спящем" режиме
- частотный диапазон до 3 МГц
- скорость нарастания выходного сигнала 5 В/мкс
- типы корпусов SOT-23 (RT), микроSOIC (RM), TSSOP (RU)/SOIC (R)



### ПРИМЕНЕНИЕ

- беспроводные телефоны и аудиоустройства
- звуковые карты для ПК
- портативные аудиоплееры
- драйверы для PCMCIA модемов
- приборы с батарейным питанием, активные фильтры, драйверы абонентских линий
- усилители выборки/хранения

AD8591  
AD8592  
AD8594

\$ 0.88  
\$ 1.01  
\$ 1.50



## Недорогой дифференциальный усилитель с высоким уровнем входного синфазного сигнала

Входное напряжение усилителя AD629 может быть на 250 В ниже или выше напряжения питания. Максимальное значение входного сигнала может достигать  $\pm 500$  В, при этом усилитель сохраняет работоспособность. Благодаря этой особенности, AD629 выполняет роль устройства защиты различного оборудования от внезапных перенапряжений на входе. Обладая высоким коэффициентом ослабления синфазного сигнала (от 77 до 86 дБ), этот усилитель прекрасно усиливает дифференциальный входной сигнал и используется в качестве предусилителя в различных измерительных приборах.

### Особенности усилителя AD629:

- рабочий диапазон синфазного сигнала  $\pm 250$  В
- защита от перенапряжений по входу в диапазоне  $\pm 500$  В
- минимальный коэффициент ослабления синфазного сигнала в диапазоне от 77 до 86 дБ
- максимальная нелинейность 0.001 %
- температурный дрейф напряжения смещения нуля 20 мкВ/°С для AD629A и 10 мкВ/°С для AD629B



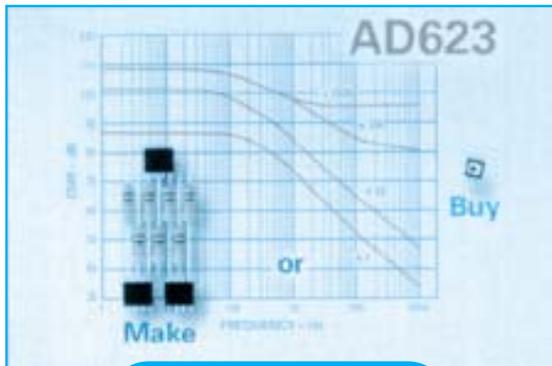
AD629

### ПРИМЕНЕНИЕ

- датчики токов
- устройства гальванической развязки
- защита от перенапряжений по входу
- мониторинг батарейного питания
- управление двигателями
- мониторинг тока источников питания

\$ 2.55

## Rail-to-rail измерительные усилители с однополярным питанием



AD623  
AD627

### ПРИМЕНЕНИЕ

- кардиографы и энцефалографы с малым потреблением
- интерфейсы датчиков
- промышленные системы управления
- портативные приборы с батарейным питанием (AD627)

\$ 1.55  
\$ 2.30

AD623 — единственный в мире rail-to-rail измерительный усилитель с однополярным питанием, выполненный в корпусе микроSOIC. По сравнению с аналогичными устройствами на дискретных ОУ усилитель AD623 вдвое точнее, его размеры в 10 раз меньше, а стоимость — вдвое ниже.

AD627 имеет отличные параметры на переменном и постоянном токе и потребляет не более 85 мкА. Малое напряжение смещения нуля, низкий дрейф этого напряжения, минимальная погрешность и высокая стабильность коэффициента усиления позволяют минимизировать погрешность измерительного тракта проектируемой системы. Уровень ослабления шумов и нелинейных искажений достаточно высок в полосе частот от 0 до 200 Гц.

### Особенности AD623 и AD627:

- однополярное и двуполярное питание
- AD627 — rail-to-rail по выходу
- коэффициент ослабления синфазного сигнала на частоте 60 Гц при коэффициенте усиления, равном 5, составляет 77 дБ для AD627 и 84 дБ для AD623
- дрейф напряжения смещения нуля 2 мкВ/°С для AD623 и 3 мкВ/°С для AD627
- потребляемый ток AD627 составляет 85 мкА

Параметры прецизионных ОУ

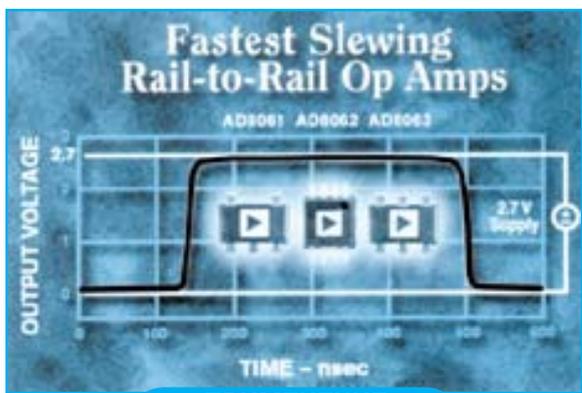
Телекоммуникации														
Тип		Напряжение питания, В		Rail-to-Rail		Частотный диапазон, МГц	Ток потребления, мА	Корпус		FOV цена в парт. 1к; долл. США				
1x	2x	4x	Мин.	Макс.	Вх.	Вых.								
AD 8517	8527		1.8	6	•	•	7	•	•	•	\$0.85			
AD 8519	8529		2.7	12	•	•	8	•	•	•	\$0.88			
AD 8541	8542	8544	2.7	5	•	•	1	•	•	•	\$0.61			
AD 8601	8602	8604	2.7	5	•	•	8	•	•	•	...			
OP 162	262	462	3	12	•	•	15	•	•	•	\$1.52			
OP 179	279		5	12	•	•	5	•	•	•	\$1.18			
Промышленность														
Тип		Напряжение питания, В		Rail-to-Rail		Частотный диапазон, МГц	Напряжение смещения нуля, мкВ	Ток смещения, нА	Шум, нВ/√Гц	Скорость нарастания, В/мкс	FOV цена в парт. 1к; долл. США			
1x	2x	4x	Мин.	Макс.	Вх.	Вых.								
AD 711	712	713	±4.5	18			4	250	0015	18	20	\$0.86		
AD 820	822	824	3	±15			1.8	400	0012	16	3	\$1.49		
AD 8551	8552	8554	2.7	5	•	•	1	5	0005	45	0.5	\$1.14		
AD 8571	8572	8574	2.7	5	•	•	1	5	0005	45	0.5	\$1.14		
OP 177	200	400	±3	±18			0.6	10	1	11	0.3	\$0.98		
OP 27	270	470	±4	±18			8	25	10	35	2.8	\$1.37		
OP 113	213	413	5	±15			3.5	125	650	49	0.9	\$1.59		
OP 162	262	462	3	12	•	•	15	325	600	95	13	\$1.52		
OP 184	284	484	3	±15	•	•	3.25	65	300	39	2.4	\$1.50		
OP 777	727	747	3	±18			0.7	75	5	13	0.2	-		
Компьютеры														
Тип		Напряжение питания, В		Rail-to-Rail		Ток напр., мА	Частотный диапазон, МГц	Применение					FOV цена в парт. 1к; долл. США	
	Мин.	Макс.	Вх.	Вых.										
AD8614/44	2.7	16	•	•	•	100	3	LCD дисплеи, драйверы					\$1.15	
AD8541/42/44	2.7	5	•	•	•	13	1	Недорогие, общего назначения					\$0.61	
AD8532	2.7	5	•	•	•	250	3	Усилители для головных телефонов					\$0.97	
AD8592	2.7	5	•	•	•	250	3	Усилители для головных телефонов					\$1.01	
SSM2211	2.7	5	•	•	•	350	4	Работают на нагрузку 8 Ом, мощность 1 Вт					\$0.73	
SSM2250	2.7	5	•	•	•	350	4	Драйвер для динамика и телефона					\$1.30	
Портативные приборы с малым потреблением														
Тип		Напряжение питания, В		Rail-to-Rail		Ток напр., мА	Частотный диапазон, МГц	Применение					FOV цена в парт. 1к; долл. США	
	Мин.	Макс.	Вх.	Вых.										
AD 8517	8527		1.8	12	•	•	900						\$0.85	
AD 8541	8542	8544	2.7	5	•	•	40						\$0.61	
AD 8591	8592	8594	2.7	5	•	•	750						\$1.01	
OP 181	281	481	2.7	12	•	•	4						\$1.69	
OP 186			2.7	12	•	•	4						\$1.02	
OP 191	291	491	3	12	•	•	400						\$1.53	
OP 193	293	493	2	±15			22	0.035					\$1.48	
OP 196	296	496	3	12	•	•	60	0.35					\$1.18	
OP 777	727	747	3	±18			100	0.7					-	



Параметры быстродействующих усилителей с шириной полосы частот более 10 МГц

Однорядный	Сдвоенный	Тип	Архитектура			Напряжение питания, В			Rail-to-rail	Микрокорпус	K <sub>v</sub>	Поло-частот	Скорость нараста-ния	Диапазон неискаженного сигнала		Шум	Напр. см.	I <sub>н</sub> /OУ	I <sub>н</sub>	FOB цена в парт. 100 шт.		
			VF	CF	В	Откл.	3	5						±5	±15						Вх.	Вых.
<b>Недорогие ОУ с высокими техническими характеристиками</b>																						
AD8051	AD8052										1	110	140	-75	5	2k	16	10	2.5	4.8	45	1.00/1.88/3.35
AD8057	AD8058									1	325	1150	-85	5	1k	7	5	2	6	40	1.00/1.88	
AD8014										1	400	4000	-70	5	1k	3.5	5	15	1.1	50	1.36	
	AD8012									1	350	2250	-66	5	1k	2.5	5	15	1.7	125	2.46	
	AD8072	AD8073								1	200	500	-64	5	150	3	6	12	3.5	30	1.76/2.29	
<b>Быстродействующие Current Feedback ОУ</b>																						
AD8001	AD8002									1	600	1200	-66	5	100	2	5.5	25	5	70	3.25/2.94	
		AD8004								1	250	3000	-78	5	1k	1.5	3.5	90	3.5	50	4.65	
AD8009										1	1000	5500	-54	100	100	1.9	7	150	14	175	1.87	
		AD8013								1	140	1000	-80	5	1k	3.5	5	15	4	30	4.41	
		AD8023								1	400	1200	-78	5	150	2	5	45	6.2	70	4.69	
<b>Быстродействующие ОУ с низким потреблением</b>																						
AD8005										1	270	1500	-53	5	1k	4	30	10	0.4	10	1.47	
AD8031	AD8032									1	80	32	-62	1	1k	15	1.5	1.2	0.8	28	1.48/2.29	
<b>Быстродействующие ОУ с низким уровнем шумов</b>																						
AD829										20	120	230	-52	1	250	1.7	1	7	5	32	2.51	
		AD8022								1	75	100	-94	1	1k	2.5	5	2.5	3.5	20	2.25	
<b>ОУ с малым уровнем искажений</b>																						
AD9631										1	320	1300	-64	20	100	7	10	7	17	70	4.85	
<b>Драйверы с большими током нагрузки</b>																						
AD811										1	140	2500	-60	5	100	1.9	5	30	16.5	100	3.35	
	AD815	ADSL								1	120	900	-66	1	200	1.85	30	150	30	750	5.31	
	AD8016	ADSL								1	320	1000	-86	1	100	6.5	4	10	12.5	420	4.15	
	AD8017	ADSL-CPE								1	160	1500	-76	1	100	1.9	8	10	7	220	2.95	
AD8010		Видеоусилитель								1	280	800	-58	5	19	2	12	135	15.5	160	3.24	
<b>Дифференциальные усилители</b>																						
AD8131	Драйвер									2	500	3000	-80	5	150	13	5	6	8	50	2.88	
AD8138										1	310	1150	-94	5	800	5	2.5	5	20	95	4.25	
AD830	Приемник									1	100	530	-74	4	150	27	3	10	14.5	50	2.85	
<b>Быстродействующие ОУ с напряжением питания ±15 В</b>																						
AD817	AD826									1	50	350	-78	1	2k	15	2	6.6	7	50	1.79/2.47	
AD818	AD828									2	130	450	-78	1	2k	10	2	6.6	7	50	1.99/2.47	
<b>Быстродействующие ОУ со входным каскадом на полевых транзисторах</b>																						
AD823										1	16	22	-72	0.1	600	16	0.8	25 пА	5.2	40	2.65	
AD825										1	45	135	-73	2	1k	12	2	20 пА	6.6	50	1.94	

## Самый быстрый в мире rail-to-rail ОУ с полосой пропускания 300 МГц и скоростью нарастания выходного сигнала 900 В/мкс



### ПРИМЕНЕНИЕ

AD8061  
AD8062  
AD8063

- предусилители фотодиодных датчиков \$ 0.85
- профессиональные камеры \$ 1.60
- мобильные телефоны \$ 0.85
- DVD/CD
- драйверы для АЦП

Усилители AD8061 (одинарный), AD8062 (сдвоенный) и AD8063 (одинарный с блокировкой) имеют полосу пропускания и скорость нарастания выходного сигнала, типичные для current feedback ОУ, однако по своей структуре эти усилители относятся к классу voltage feedback ОУ. При работе усилителя на нагрузку 150 Ом фазовая погрешность составляет 0.03°, а погрешность коэффициента усиления составляет 0.01 %. Неравномерность АЧХ в полосе частот до 30 МГц не превышает 0.1 дБ. Наличие в усилителе AD8063 режима блокировки позволяет снизить потребление в этом режиме до 400 мкА.

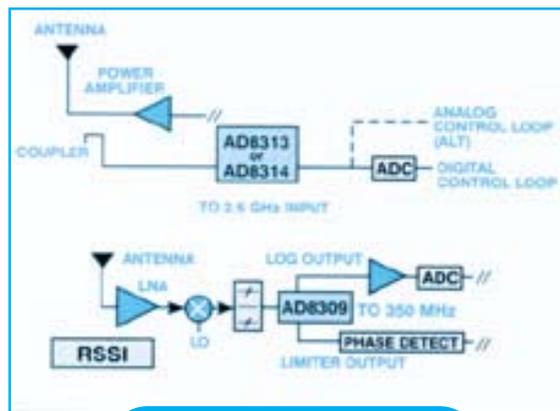
### Особенности ОУ семейства AD806х:

- частотный диапазон 300 МГц, rail-to-rail по выходу
- напряжение питания от 2.7 до 8 В
- ток нагрузки до 50 мА при токе потребления 7 мА/усилитель
- в режиме блокировки ток потребления AD8063 составляет 400 мкА

## Микросхемы для измерения выходной мощности и контроля ВЧ передатчиков, а также для усиления сигналов промежуточной частоты

AD8313 и AD8314 — логарифмические усилители с полосой пропускания 2.5 ГГц, обеспечивающие преобразование входного ВЧ сигнала в эквивалентный сигнал постоянного тока. Применение этих усилителей позволяет исключить дополнительное преобразование с целью транспонирования спектра входного ВЧ сигнала в более низкочастотную область. Усилители имеют диапазоны детектирования 70 дБ (для AD8313) и 40 дБ (для AD8314). Погрешность детектирования  $\pm 1$  дБ. Частотный диапазон 2.5 ГГц — это диапазон всех видов современной спутниковой связи, навигационных систем, а также средств связи третьего поколения. Микросхема AD8313 имеет более широкий динамический диапазон и более высокую стоимость по сравнению с AD8314, однако последняя отличается более высокой температурной стабильностью.

Микросхема AD8309 — широкополосный логарифмический усилитель-детектор (ширина полосы до 500 МГц), имеет динамический диапазон 100 дБ. Погрешность AD8309  $\pm 1$  дБ. AD8309 ограничивает уровень сигнала на входе фазового детектора в системах фазовой и частотной манипуляции. Основное назначение AD8309 — системы GSM и CDMA связи.



### ПРИМЕНЕНИЕ

AD8309  
AD8313  
AD8314

- индикаторы мощности сигналов на выходе приемников в беспроводных терминалах \$ 7.75
- измерители выходной мощности ВЧ передатчиков \$ 7.90
- спутниковые телефоны \$ 3.95
- приемники в системах фазовой и частотной модуляции
- обработка сигналов в недорогих радарах и сонарах
- приборы для анализа спектров

## Уникальные детекторы ВЧ сигналов

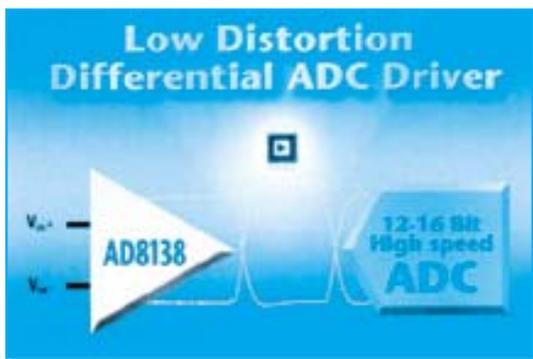


## Обработка дифференциальных сигналов обеспечивает максимальную производительность разрабатываемых систем

С какой целью используют дифференциальные усилители? Прежде всего для усиления дифференциальных сигналов. Обработка дифференциальных сигналов позволяет обеспечить высокую разрешенность при высокой скорости преобразования.

**К основным преимуществам обработки дифференциальных сигналов относятся следующие:**

- снижение уровня шумов и уменьшение влияния токов, протекающих по шине нулевого потенциала
- ослабление синфазных помех и нелинейных искажений
- увеличение вдвое динамического диапазона
- наилучшие значения параметров АЦП при входном дифференциальном сигнале



### ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

- драйверы АЦП
- драйверы видеосигналов
- драйверы цифровых абонентских линий
- преобразователи однопроводного сигнала в дифференциальный
- сдвиг уровня входных/выходных сигналов
- усиление сигналов в средствах связи
- базовые станции для систем спутниковой связи
- усиление сигналов высокой и промежуточной частоты
- интерфейсы фильтров

## Передача широкополосных видеосигналов по витой паре с минимальным уровнем электромагнитных излучений

Недорогой быстродействующий дифференциальный драйвер AD8131 является основным устройством для передачи сигналов по длинным линиям на вход АЦП. AD8131 — уникальный дифференциальный драйвер с внутренней обратной связью, отличающийся высоким согласованием коэффициентов усиления и фазовых сдвигов в частотном диапазоне до 10 МГц. Драйвер обеспечивает минимальный уровень электромагнитного излучения и ослабляет нелинейные искажения. Неравномерность АЧХ в диапазоне частот до 400 МГц составляет 3 дБ. Передача дифференциального сигнала осуществляется с минимальным уровнем нелинейных искажений.

**AD8131**

**\$ 1.80**

## Дифференциальный драйвер для быстродействующих АЦП с разрешением от 12 до 16 разрядов

Драйвер AD8138 предназначен для использования на входе дифференциальных АЦП и обеспечивает ослабление второй гармоники, сохраняя при этом постоянную составляющую информативного сигнала. Применение этого драйвера позволяет исключить согласующий трансформатор. На выходе драйвера обеспечивается сдвиг дифференциального сигнала в случае, если АЦП работает от однополярного источника питания. Быстрое восстановление сигнала на выходе драйвера (менее чем за 20 нс) вследствие перегрузок на его входе предохраняет АЦП от дополнительной погрешности преобразования.

**AD8138**

**\$ 3.75**

## Дифференциальный усилитель с полосой пропускания до 1.0 ГГц обладает высокой линейностью и низкими шумами при усилении сигналов промежуточной частоты

Усилитель AD8350 отвечает всем требованиям современных приемопередатчиков, применяемых в системах телекоммуникаций. AD8350 имеет высокий динамический диапазон, обладает исключительной линейностью и ослабляет синфазные сигналы. Применение данного усилителя позволяет строить надежные средства проводной и беспроводной связи, отличающиеся высокими параметрами и устойчивые к шумам и искажениям.

**AD8350**

**\$ 3.10**

## Новые широкополосные драйверы для цифровых

Более половины выпускаемых в мире широкополосных модемов используют драйверы фирмы Analog Devices. Даже при беглой оценке рынка чипсетов для кабельных и абонентских линий легко убедиться, что драйверы фирмы Analog Devices обладают преимуществами по основным параметрам, включая стоимость, в сравнении с аналогичными устройствами других производителей. Первые два кабельных модема, соответствующие стандарту DOCSIS, выполнены на основе CATV драйверов Analog Devices. В драйвере AD8016 существенно снижена мощность рассеивания, что позволяет увеличить плотность портов цифровых абонентских линий и тем самым повысить эффективность систем связи в целом. В то же время Analog Devices продолжает создавать новые экономичные модемы для асинхронных абонентских линий типа ADSL. Оригинальные технологии этой фирмы позволяют совершенствовать параметры модемов, расширяя рынок их применения. Analog Devices — признанный лидер в области производства аналоговых микросхем для современных систем связи и является крупнейшим поставщиком микросхем для производителей широкополосных модемов.



AD8016  
AD8017  
AD8018  
AD8022  
AD8322  
AD8323

### ПРИМЕНЕНИЕ

- драйверы для кабельных модемов
- драйверы для абонентских линий

\$ 4.11  
\$ 2.78  
\$ 2.78  
\$ 2.35  
\$ 3.65  
\$ 3.95

## Недорогие модемы для цифровых абонентских линий оптимизируют выходную мощность и отличаются минимальными искажениями

Драйвер AD8018 развивает ток в нагрузке до 350 мА при размахе выходного напряжения 4.5 В. При этом драйвер работает от однополярного источника питания напряжением 5 В, ток потребления составляет 8 мА на один усилитель. Высокий выходной ток и низкий уровень искажений драйвера AD8018, выполненного в миниатюрном корпусе типа 8-SOIC или 14-TSSOP, делают его незаменимым при создании USB или PCMCIA модемов.

Недорогой драйвер с минимальными искажениями AD8017 развивает ток в нагрузке до 270 мА, размах выходного напряжения 11 В при напряжении питания 12 В, потребление 7 мА на один усилитель. Основное назначение — цифровые модемы для PCI ПК.

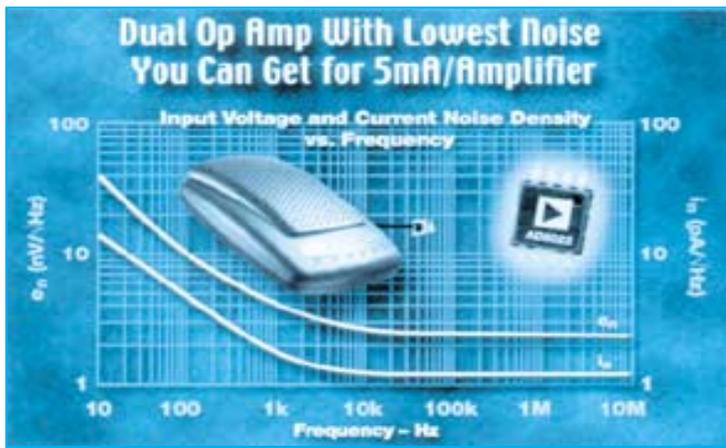
## Драйверы улучшают характеристики кабельных модемов и обладают минимальным уровнем искажений

AD8322 и AD8323 — недорогие усилители с программно управляемым коэффициентом усиления. Предназначены для работы на коаксиальной кабеле, используются в модемах стандарта DOCSIS. Уровень нелинейных искажений -56 дБн в полосе частот до 42 МГц. Усилитель AD8322 имеет грубый шаг регулировки коэффициента усиления, составляющий 6 дБ в пределах 42 дБ. Усилитель AD8323 отличается шагом регулировки коэффициента усиления 0.75 дБ в пределах 53 дБ.



## абонентских линий и кабельных модемов

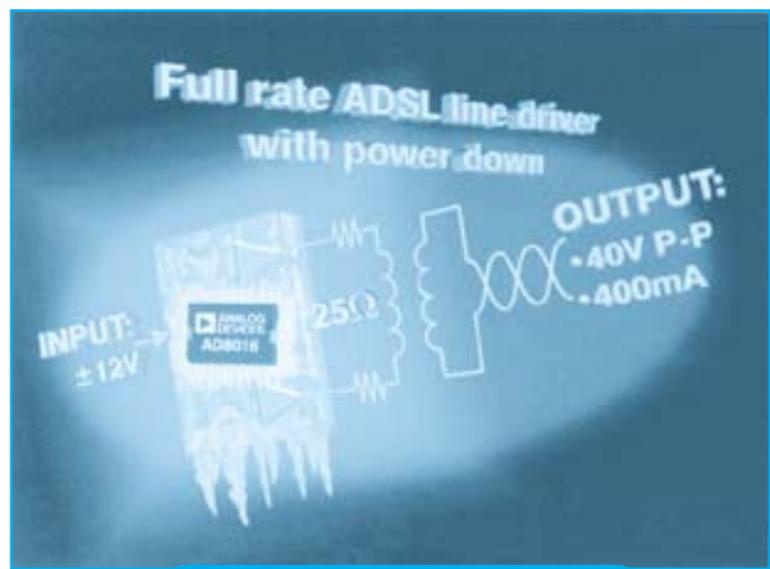
### Лучшие ОУ для проектирования кабельных модемов и модемов цифровых абонентских линий



Сдвоенный быстродействующий малошумящий усилитель AD8022 является идеальным устройством для построения xDSL модемов, осуществляющих высококачественный прием сигналов в условиях помех и шумов в абонентской линии. Отличаясь высокой стабильностью при единичном усилении, AD8022 используется для построения фильтров в модемах цифровых абонентских линий типа ADSL, G.Lite, HDSL2, а также xDSL. AD8022 может работать при напряжении питания 5 или  $\pm 12$  В, имеет низкое напряжение смещения нуля, что позволяет использовать его в устройствах связи, тестовом оборудовании и ультразвуковой аппаратуре.

### Драйвер с минимальным уровнем искажений позволяет строить модемы высокой плотности для цифровых абонентских линий типа xDSL

Драйвер AD8016 обеспечивает максимальную скорость цифрового потока в абонентских линиях ADSL, рассеивая при этом мощность не более 1.5 Вт. В этом драйвере предусмотрен режим пониженного энергопотребления, позволяющий минимизировать мощность потребления в зависимости от типа xDSL модема. В дополнение к перечисленным особенностям драйвер AD8016 имеет минимальный уровень искажений и более низкую стоимость по сравнению с ближайшими аналогами. AD8016 производится в корпусах 20-PSOP, 24-SOIC, 28-TSSOP.



AD8016

#### ПРИМЕНЕНИЕ

- драйверы для офисных АТС
- драйверы для нового CPE оборудования

\$ 4.11

Центральный офис  
One Technology Way  
P.O. Box 9106  
Norwood, MA 02062-9106  
U.S.A.  
Тел.: +1781 329 4700  
(1 800 262 5643,  
только для США)  
Факс: +1 781 326 8703  
Интернет:  
<http://www.analog.com>

Офис в Европе  
Am Westpark 1 - 3  
D-81373 München  
Germany  
Тел.: +89 76903-0  
Факс: +89 76903-157

Офис в Японии  
New Pier Takeshiba  
South Tower Building  
1-16-1 Kaigan, Minatoku  
Tokyo 105-6891, Japan  
Тел.: +3 5402 8200  
Факс: +3 5402 1063

Дистрибьютор  
в Украине  
**VD MAIS**  
а/я 942  
Киев, 01033  
Украина  
Тел.: +380 44-227-2262  
Факс: +380 44-227-3668  
E-mail:  
[vdmais@carrier.kiev.ua](mailto:vdmais@carrier.kiev.ua)  
Интернет:  
<http://www.vdmais.kiev.ua>

## Логарифмический усилитель с выходом по напряжению и частотным диапазоном от 0 до 440 МГц

Логарифмический усилитель AD8310 предназначен для решения задач, в которых осуществляется сжатие сигналов по уровню. К основным особенностям усилителя следует отнести невысокую стоимость, малые размеры, низкую мощность потребления, высокую точность и стабильность, широкий динамический и частотный диапазон, минимальное время отклика и высокую нагрузочную способность.

Ни один логарифмический усилитель, выпускаемый другими производителями, не может сравниться с AD8310.

Поэтому разработчики, которые используют в своих устройствах логарифмические усилители, могут смело остановить свой выбор на AD8310, не прибегая к проектированию гибридных микросхем, диодных детекторов и т. п. собственного производства.

### Основные характеристики AD8310:

- многокаскадный логарифмический усилитель-детектор
- время установления выходного напряжения не более 15 нс
- ток нагрузки 25 мА
- погрешность  $\pm 1$  дБ для динамического диапазона 80 дБ
- неравномерность АЧХ  $\pm 0.4$  дБ в диапазоне частот от 0 до 440 МГц
- максимальный динамический диапазон 95 дБ
- напряжение питания 2.7 В, ток потребления 8 мА



### ПРИМЕНЕНИЕ

- сжатие сигналов по уровню
- измерение мощности антенных передатчиков
- индикация мощности сигнала на выходе приемника
- обработка сигналов в недорогих радарах и сонарах
- приборы для анализа спектров
- определение уровня сигнала на частоте ниже 20 Гц
- измерение переменного значения напряжения в логарифмической шкале

AD8310

\$ 6.00

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ БЮЛЛЕТЕНИ ФИРМЫ ANALOG DEVICES

- Управление электропитанием • Телекоммуникации • Преобразователи • Интерфейсы • Усилители • Промышленные быстродействующие преобразователи • Ключи/источники опорных напряжений/мультиплексоры • Интегральные схемы для измерительной техники

Уважаемые читатели,  
занятые в разработке электронных и электротехнических устройств!

Фирмой **VD MAIS** выпущен на русском языке

### Каталог микросхем фирмы Analog Devices, 2000.

Каталог содержит основные технические данные по электрическим и эксплуатационным параметрам и FOB цене всей номенклатуры изделий фирмы Analog Devices.

Формат А5, количество страниц — 96.

Заказать каталог можно в офисе **VD MAIS**.

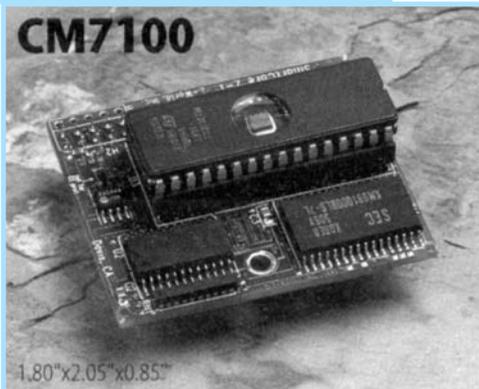


## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ЯДРО КОНТРОЛЛЕРА \*

Фирма Z-World известна как ведущий производитель программируемых одноплатных контроллеров и разработчик интегрированного языка программирования Dynamic C. В статье приведена информация о новых сериях процессорных модулей CM71x0, CM72x0.

Семейства CM71x0 и CM72x0 разработаны как интеллектуальное ядро контроллера заказчика. Этот компактный, обладающий большой вычислительной мощностью модуль включает все необходимые для разработки компоненты: процессор, память SRAM, EPROM, EEPROM (флэш/EPROM для CM7200), часы реального времени, входные/выходные цепи управления.

Для программирования модулей используется разработанная фирмой Z-World система программного обеспечения Dynamic C. Интеграция программного и аппаратного обеспечения выполняется непосредственно с использованием языка Dynamic C без применения эмуляторов или дебаггеров. После установки модулей CM71x0, CM72x0 в материнскую плату они готовы к работе без дополнительной отладки.



Применять эти модули очень просто. Для создания контроллера необходимо произвести на материнской плате коммутацию специфичных для конкретного применения цепей управления и разработать с использованием системы отладки Dynamic C прикладное программное обеспечение. К модулю CM71x0, CM72x0 подключаются все сигналы, необходимые для интерфейса с материнской платой. Интерфейс центрального процессорного устройства содержит 8 линий данных, 6 адресных линий и 5 линий управления, поддерживает 6 групп по 64 вх./вых. канала. Кроме того,

Таблица 1. Отличительные характеристики модульного ядра серий CM71x0 и CM72x0

Тип	Основные отличительные характеристики	Цена, FOB USA, \$
<b>Модульное ядро</b>		
CM7100	Полный модульный комплект со стандартным EPROM	119
CM7200	Полный модульный комплект с флэш/EPROM	139
CM7110	CM7100 с $f_T=9.216$ МГц	99
CM7210	CM7200 с $f_T=9.216$ МГц	119
CM7120	CM7100 с SRAM 32 К и $f_T=9.216$ МГц	79
CM7220	CM7210 с SRAM 32 К	99
CM7130	CM7120 без супервизора 691, часов реального времени или EEPROM	59
CM7230	CM7220 без супервизора 691 или часов реального времени	79
<b>Аксессуары</b>		
ЖКИ и клавиатура	2x20 ЖКИ и 2x6 клавиатура для платы прототипа CM7000 с использованием CM7110/20/30 или CM7210/20/30	99/99
Флэш-программатор	Быстрый способ восстановления или копирования модульного ядра серии CM7200, содержащего флэш-память/EPROM	-/395
	128 К опций для серии CM7100	10
	256 К опций для серии CM7200	50
	Оценочный комплект для серии CM7100	99
	Комплект разработчика для серий CM7100/CM7200	199/199

\* <http://www.zworld.com/cm7100.html> <http://www.zworld.com/cm7200.html>

Таблица 2. Основные параметры модульного ядра серий CM71x0, CM72x0

Параметр	Серии CM71x0, CM72x0
Размер платы, мм	45.7×52.0×21.6 (CM7100) 45.7×52.0×16.0 (CM7200)
Диапазон рабочих температур, °С	-40 ... 70
Входное напряжение/ток, В/мА	5/100 (9.216 МГц) 5/130 (18.432 МГц)
Конфигурация входов/выходов	поддержив. 6 групп по 64 вх./вых.
Цифровые входы	6 групп по 64 входа
Цифровые выходы	6 групп по 64 выхода
Аналоговые входы	нет
Аналоговые выходы	нет
Резистивн. измерит. входы	нет
Процессор	Z180
Тактовая частота, МГц	18.432
SRAM	128 К (поддерживает до 512 К)
EPROM	32 К, поддержив. до 512 К (CM7100)
EEPROM, байт	512 (CM7100)
Флэш/EPROM, К	128 (CM7200)
Счетчики	2
Последовательные порты	2 UART (ТТЛ-уровни), 1 последовательный (до 57.6 кГц)
Сторожевой супервизор	да
Календарь/часы	да
Резервная батарея питания памяти	да
Клавиатура и ЖКИ	нет
PLC-шина	нет

имеются дополнительные линии поддержки двух полнодуплексных последовательных каналов, каналы прямого доступа, прерывания и внешняя резервная батарея питания. В модулях CM71x0 и CM72x0 используется стандартная EPROM. Имеются четыре конфигурации каждой из серий CM71x0 и CM72x0.

**Плата прототипа** предназначена для непосредственного создания системы прототипа, включающей базовое ядро, светодиоды, кнопки, блок питания, интерфейс для подключения ЖКИ дисплея и клавиатуры и свободное поле для подключения дополнительных, необходимых разработчику цепей.

Разработка прикладной программы обеспечивается простым подключением модульного ядра к плате прототипа и подсоединением этой платы к ПК. При этом возможно использование вариантов ПО Dynamic C.

Комплект разработчика включает инструкцию по эксплуатации и комплект схем, а также все аппаратное обеспечение, необходимое для начала разработки прикладного ПО с использова-

нием любого базирующегося на EPROM модульного ядра серий CM71x0, CM72x0.

Оценочный комплект фирмы Z-World обеспечивает простой и сравнительно недорогой путь для определения возможностей модульного ядра CM71x0 и CM72x0. Комплект включает плату прототипа (CM71x0 или CM72x0 соответственно) и пробные версии Dynamic C для Windows. В оценочном комплекте имеется специальная EPROM с набором программ. В комплект также включены аксессуары и документация, необходимые для записи и тестирования программ. С помощью оценочного комплекта можно провести проверку CM71x0 (CM72x0). Промышленная версия Dynamic C позволяет преобразовать оценочный комплект в отладочный.

В таблице 1 приведены краткие отличительные характеристики модулей серий CM71x0 и CM72x0. Основные параметры модульного ядра серий CM71x0 и CM72x0 приведены в таблице 2.

Более подробную информацию о модульном ядре серий CM71x0 и CM72x0 можно найти в сети Интернет по адресу: <http://www.zworld.com>



## МИКРОСХЕМЫ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕСТИРОВАНИЯ

При построении автоматизированных систем тестирования для интегральных микросхем возникает необходимость одновременного формирования и запоминания большого количества напряжений, программно изменяющихся во времени. Применение многоканальных ЦАП и устройств выборки-хранения (УВХ) позволяет снизить стоимость таких систем.

**В. Макаренко**

Комплексные системы тестирования и измерения параметров часто должны формировать от 7 до 13 различных уровней напряжения для каждого из десятков или даже сотен контактов ИС [1]. Поэтому актуальной является задача снижения стоимости испытаний, приведенной к одному выводу, и сокращения сроков испытаний логических ИС с большим количеством выводов. На рис. 1 приведена функциональная схема типовой автоматизированной системы [1] для испытания одного из выходов логической ИС. При тестировании входов драйвер выводов формирует испытательные напряжения высокого  $U_{\text{ИН}}$  и низкого  $U_{\text{ИЛ}}$  уровней с помощью двух ЦАП. Для тестирования вы-

ходов ИС к ее выводам подключаются три основных узла:

- детектор статических параметров
- детектор динамических параметров
- динамическая нагрузка.

Для измерения выходного уровня и динамических характеристик в детекторе статических параметров используются программируемые источники напряжений  $U_{\text{ОН}}$  и  $U_{\text{ОЛ}}$  и два компаратора, определяющих, выходит ли выходное напряжение испытываемой ИС (ИИС) за уровни, заданные ЦАП детектора.

В активной нагрузке используется программируемый источник тока. При тестировании ИИС задают три контрольных параметра:

- $I_{\text{ОН}}$  — выходной ток цифрового выхода при высоком уровне на нем
- $I_{\text{ОЛ}}$  — ток, протекающий к цифровому выходу при низком уровне на нем
- $U_{\text{МИД}}$  — среднее значение напряжения, равное  $(U_{\text{ИЛ}} + U_{\text{ИН}})/2$ .

Напряжение  $U_{\text{МИД}}$  определяет направление протекания тока в активной нагрузке.

Динамический детектор позволяет измерять временные характеристики тестовых сигналов на выходах ИИС. Пороговые уровни для измерения временных соотношений задаются с помощью ЦАП. Компаратор сравнивает выходное напряжение ИИС с пороговым, задаваемым ЦАП, и формирует перепад напряжения, характеризующий измеряемые временные параметры ИИС.

Параметры испытательных сигналов, пороговые уровни и токи нагрузки при различных логических уровнях на выходе ИС задаются программным путем и формируются с помощью ЦАП. В недорогих моделях тестеров для испытания единичных экземпляров ИС используется один точный ЦАП, мультимплексор аналоговых сигналов и несколько УВХ, поэтому время тестирования микросхемы велико, что неприемлемо при массовом производстве ИС. Для ускорения испытаний необходимо увеличивать число наборов таких узлов, по-

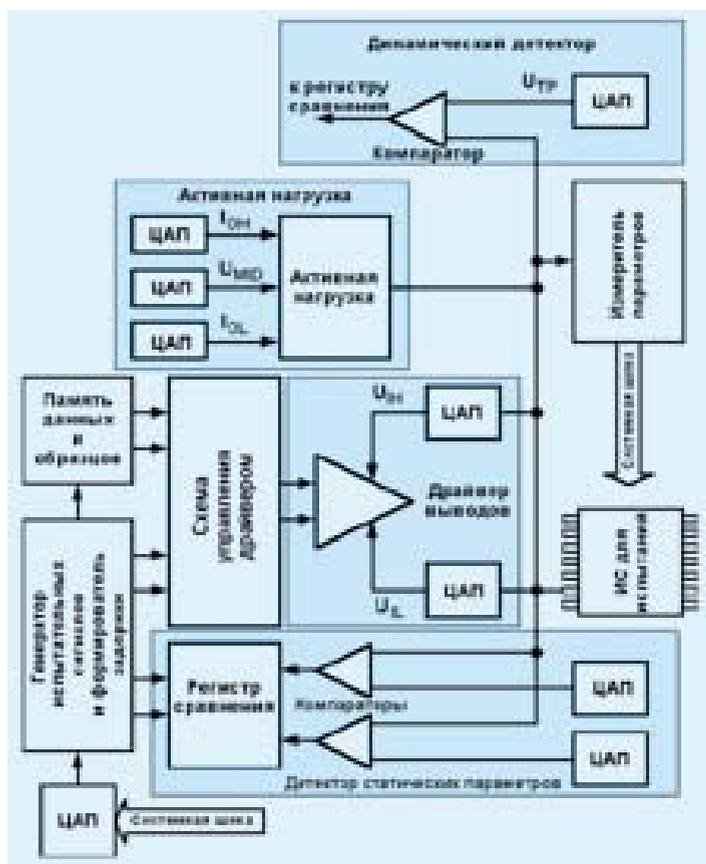


Рис. 1. Функциональная схема типовой автоматизированной испытательной системы

Основные параметры ЦАП AD7841

Параметр	Значение	Условия тестирования и примечания
Общие характеристики		
Разрядность	14	
Абсолютная погрешность, ЕМР, не более*	$\pm 4/\pm 2$	
Дифференциальная нелинейность, ЕМР, не более*	$\pm 2/\pm 1$	
Переэкстенная помеха между каналами на постоянном токе, мкВ, не более	120	Типовое значение - не более 75 мкВ
Смещение нуля, ЕМР, не более	$\pm 8$	$U_{REF} = \pm 5$ В, типовое значение $\pm 2$ ЕМР
Температурный диапазон, °С	-40 ... 85	
Динамические параметры		
Время установления, мкс	31	До макс. значения с погрешн. $\pm 0,5$ ЕМР
Скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс	0.7	
Переходное затухание между каналами, дБ	99	При $U_{REF} = \pm 5$ В и скачкообразной смене кода в пределах 1FFF...2000 Hex
Спектральная плотн. шума на выходе на частоте 1 кГц, нВ/√Гц	200	$U_{REF(+)} = U_{REF(-)} = 0$ В
Параметры входов источников опорного напряжения		
Входное сопротивление, МОм	100	
Входной ток, мкА	$\pm 1$	Типовое значение $\pm 0,03$ мкА
Диапазон $U_{REF(+)}$	0...5	
Диапазон $U_{REF(-)}$	-5...0	
Разность напряжений $\Delta U = U_{REF(+)} - U_{REF(-)}$ , В	2...10	При $0 < \Delta U < 2$ В парам. не гарантированы
Выходные характеристики		
Размах выходного напряжения, В	от $U_{SS} + 2,5$ В до $U_{DD} - 2,5$ В	
Ток короткого замыкания, мА	15	
Параметры источников питания		
$U_{CC}$ , В / $I_{CC}$ , мА	$5 \pm 0,25$ / 0,5	$U_{INH} = U_{CC}$ , $U_{INL} = 0$
$U_{DD}$ , В / $I_{DD}$ , мА	$15 \pm 1,5$ / 10	Нагрузка не подключена
$U_{SS}$ , В / $I_{SS}$ , мА	$-15 \pm 1,5$ / 10	Нагрузка не подключена

\* **Примечание:** числитель - AD7841A, знаменатель - AD7841B.

этому количество требуемых ЦАП непомерно возрастает и реализация такой системы на одноканальных ЦАП становится задачей нереальной.

Наилучшие результаты достигаются при использовании многоканальных ЦАП, позволяющих формировать одновременно напряжение для контроля входных логических уровней ИС (в драйвере выводов) и два напряжения для контроля выходных уровней ИС в детекторе статических параметров. На рис. 2 приведена такая схема, реализованная на ЦАП AD7841. На выходе  $U_{OUT}$  формируется ток или напря-

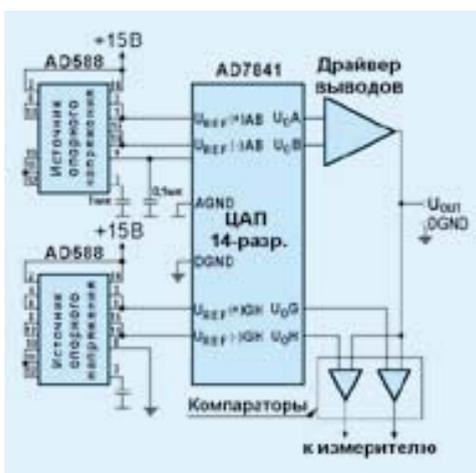


Рис. 2. Использование ЦАП AD7841 для формирования выходных и контрольных напряжений

жение для тестирования ИС. Компараторы осуществляют контроль выходных логических уровней ИИС. В представленной схеме задействована только половина ЦАП AD7841 [2], вторую половину можно использовать для построения еще одной испытательной системы.

На рис. 3 приведена функциональная схема AD7841, а в таблице — ее основные параметры. ЦАП содержит восемь входных регистров памяти (INPUT REG), в которые записывается информация со входов DB0...DB13. Выбор регистра, а, следовательно, и соответ-

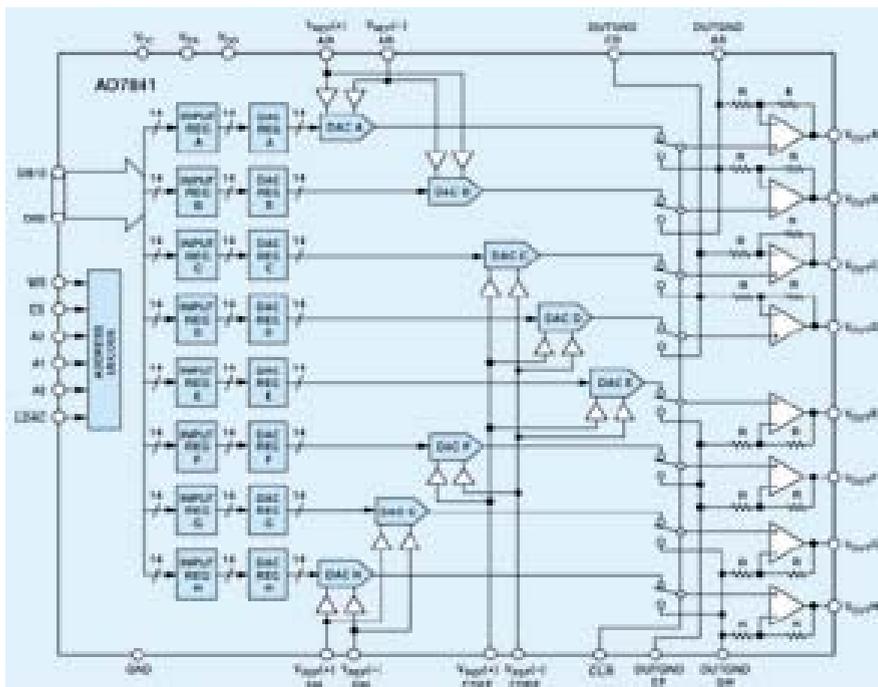


Рис. 3. Функциональная схема ЦАП AD7841

ствующего ЦАП, осуществляется трехразрядным кодом, подаваемым на входы A0...A2. Затем информация переписывается в основные регистры (DAC REG), выходные сигналы которых управляют работой ЦАП. Каждая пара ЦАП имеет входы для подключения источника опорного напряжения. Выходы всех ЦАП снабжены буферными усилителями с малым выходным сопротивлением.

Даже при использовании многоканальных ЦАП количество ИС в автоматизированной системе тестирования получается достаточно большим, а стоимость системы — высокой. Сократить количество схем можно, если использовать комбинацию многоканального ЦАП и многоканального УВХ. Однако быстродействие системы при этом снижается, поэтому такой подход используется при построении недорогих тестовых систем и универсальных тестеров [1]. На рис. 4 приведена функциональная схема системы, раскрывающая взаимосвязь ЦАП и многоканального УВХ.

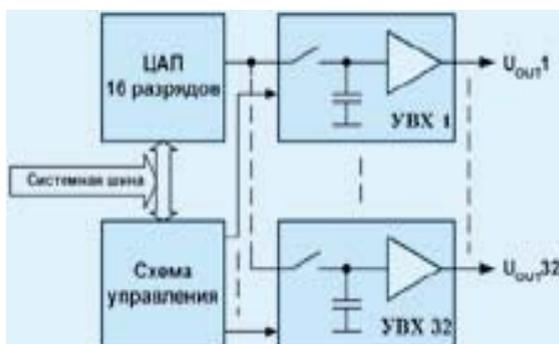


Рис. 4. Функциональная схема формирователя 32 напряжений, использующего один ЦАП

Все требующиеся напряжения поочередно формируются на выходе одного 16-разрядного ЦАП и запоминаются в соответствующем УВХ. Код напряжения и код номера УВХ передаются по системной шине в ЦАП и схему управления. В качестве многоканального УВХ целесообразно использовать ИС AD5532 или AD5533. Каждая из этих микросхем содержит 32 выходных канала. Различаются ИС способом управления и некоторыми параметрами.

Рассмотрим функциональную схему AD5533, приведенную на рис. 5 [3]. Входное напряжение подается на вход  $V_{IN}$ , который соединен с входом АЦП и с одним из входов (нормально замкнутым с выходом) 32 переключателей. Выходы переключателей подключены к неинвертирующим входам усилителей, на инвертирующие входы которых через вывод OFFS\_IN подается напряжение смещения. Таким образом, если пере-

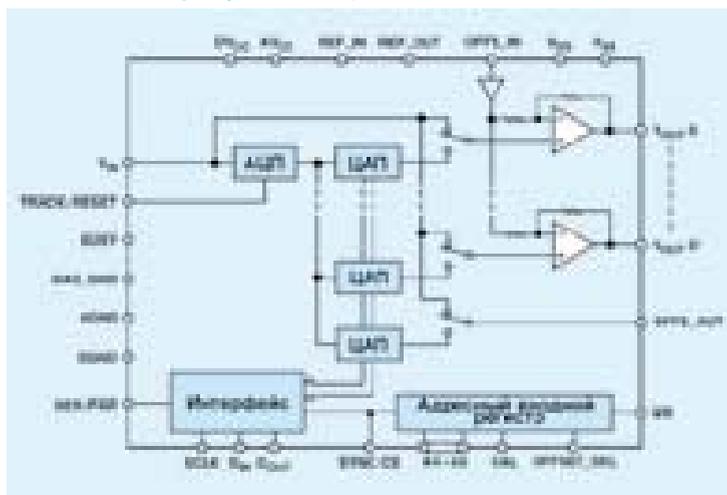


Рис. 5. Функциональная схема AD5533

ключатели находятся в указанном на схеме положении, на всех выходах формируются одинаковые напряжения, соответствующие входному.

АЦП формирует на выходе код, пропорциональный входному напряжению. Этот код поступает на входы тридцати двух ЦАП, каждый из которых содержит регистр памяти. Управление схемой осуществляется через интерфейс микроконтроллером или цифровым сигнальным процессором. Во входной адресный регистр записывается информация о номере ЦАП, в который нужно записать значение кода АЦП, и команда включения или выключения источника напряжения смещения. Номер ЦАП, положение переключателей, калибровка усиления и другие параметры задаются пятиразрядным кодом (входы А0...А4). Смещение включается подачей сигнала управления на вход OFFSET\_SEL. На выход DOUT поступают сигналы с выходов регистров ЦАП. В микросхеме предусмотрена возможность управления не только через параллельный интерфейс, но и через последовательный (входы данных D<sub>IN</sub> и синхронизации SCLK).

Когда переключатель переводится в нижнее положение, на выход соответствующего канала

УВХ поступает сигнал с выхода ЦАП. Так как каждый ЦАП снабжен регистром памяти, напряжение, формируемое на его выходе, представляет собой выборку из входного сигнала, сделанную с помощью АЦП. Причем это напряжение может сохраняться сколь угодно долго и его величина остается постоянной, в отличие от аналоговых УВХ, напряжение на выходе которых с течением времени изменяется. Погрешность такой УВХ определяется точностью АЦП и составляет 0.018 %. При использовании калибровки усиления и напряжения смещения погрешность передачи напряжения со входа на выход составляет 0.006 % (типовое значение). Время записи информации в один канал не превышает 16 мкс. С особенностями применения и другими параметрами AD5533 более подробно можно ознакомиться в [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Albert O'Grady. *Integration Shrinks Level-Setting Circuitry// Test & Measurement Europe/June-July 2000.*
2. <http://analog.com/AD7841.pdf>
3. <http://analog.com/AD5533.pdf>

## ПАРКОВКА БЕЗ ПРОБЛЕМ \*

*Контроллеры SIMATIC S7-300 не только облегчают жизнь автомобилистам, но и помогают экономить топливо и, таким образом, понижать уровень загазованности. Система управления, разработанная фирмой Siemens для многоэтажных автостоянок, гарантирует пассажирам, прибывающим в аэропорты Мюнстер-Оснабрюк и Кёльн-Бонн в собственных автомобилях, возможность без проблем найти место для парковки.*

### А. Мельниченко

Проблема парковки автомобилей знакома каждому водителю. Нередко возникает следующая ситуация. Дисплей у въезда в многоэтажную автостоянку сообщает Вам, что имеются свободные места для парковки, но не сообщает, на каком этаже. Вы начинаете кружить по стоянке и, увидев свободное место, устремляетесь к нему, но секундой раньше его занимает другой автомобиль. Раздосадованный, Вы продолжаете поиск.

Для исключения подобной ситуации фирмой Siemens разработана система управления SIPARK для многоэтажных автостоянок. Она не только указывает водителям дорогу на нужный этаж, но и приводит их непосредственно к свободному месту на стоянке.

Для получения информации о наличии свободных мест на стоянке используются так называемые

мые SIPARK BERO - ультразвуковые датчики, укрепленные на потолке над местами парковки. Светодиодные индикаторы, установленные на датчиках, ясно видны со всех сторон. Зелёные светодиоды указывают, что место парковки свободно, красные - что оно занято.

Вторым важным компонентом системы SIPARK являются так называемые зональные дисплеи, обеспечивающие водителей информацией у въезда на автостоянку. Они образуют стрелки из зеленых светодиодов, указывающие направление движения к свободным местам автостоянки. Дисплеи могут также содержать дополнительные символы, указывающие на специальные места парковки, например, места только для женщин или места для водителей, использующих инвалидные кресла. Индицируется также общее количество свободных мест.

\* По материалам фирмы Siemens.

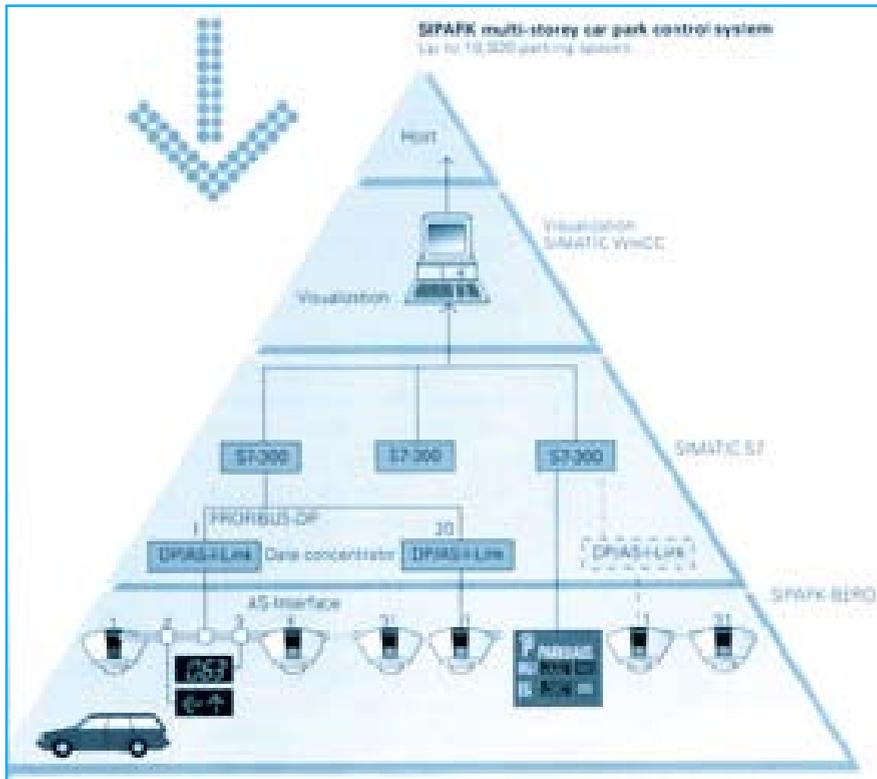


Все периферийные устройства оборудованы AS-интерфейсом и объединены в сеть с помощью шины AS, по которой поступает напряжение питания и одновременно передаются данные. Используемая при монтаже технология с прокалыванием изоляции и защитой от перемены полярности исключает ряд трудоёмких операций, таких, как отрезание провода, зачистка изоляции и завинчивание винтов. Вследствие этого затраты на установку и монтаж датчиков значительно сокращены. Концентратор связывает интерфейсы

редача рабочих параметров от контроллера к датчикам осуществляется по специальному каналу параметризации.

Для предоставления оператору полной информации о состоянии дел на стоянке используется система визуализации и управления, посредством которой поток данных отображается на экране компьютера в удобной для наблюдения форме. Система работает в среде Windows (WinCC). Оператор может запрашивать информацию о свободных и занятых местах, времени парковки, а также резервировать отдельные места или целые зоны стоянки. Система визуализации позволяет генерировать графики, отображающие статистические данные в течение заданного периода времени.

Возможность связи контроллера и персонального компьютера, а также функции человеко-машинного интерфейса изначально заложены в центральном процессоре. Контроллер SIMATIC накапливает информацию о состоянии периферийных устройств, относящуюся к WinCC, в буфере данных. WinCC опрашивает буфер каждые десять секунд и отображает его состояние на мониторе. Процедуры парковки со-



AS и PROFIBUS, объединяя функции коллектора данных и источника питания периферии.

Центральным звеном системы управления является система автоматизации SIMATIC. Она обеспечивает прозрачность данных на всех уровнях автоматизации. Контроллер SIMATIC S7-300 циклически сканирует информацию о наличии мест парковки, поступающую от всех датчиков SIPARK BERO, обрабатывает её и быстро определяет свободное место парковки.

С помощью программного средства ACCESS можно производить параметризацию стандартного программного обеспечения, используемого для конфигурирования специфических логических операций и сохранения их в ASCII-файлах в виде кодов источника STEP 7. Эти коды используются для генерации системной программы. Для связи используются шины AS и PROFIBUS. Пе-

храняются в архиве для последующего анализа.

У въезда на стоянку расположены большие дисплеи, отображающие наличие свободных мест для парковки. Использование интерфейса PROFIBUS-DP с его стандартизированными протоколами позволяет легко интегрировать эти дисплеи в систему.

В аэропорту Мюнстер-Оснабрюк, принимающем около миллиона пассажиров в год, установлено 1100 датчиков SIPARK BERO и 40 зональных дисплеев. Проект был осуществлён в рекордно короткий срок: от получения разрешения на строительство до сдачи объекта под ключ прошло всего два месяца.

Применение системы SIPARK увеличит интенсивность использования многоэтажных автостоянок и сделает начало путешествия для многих пассажиров более приятным.

## ПАЯЛЬНЫЕ ПАСТЫ И ВОПРОСЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ \*

*В статье рассмотрены проблемы тестирования печатных плат, смонтированных с применением не требующих отмывки паяльных паст, и сообщается о разработке фирмой AIM (США) новой паяльной пасты, позволяющей производить тестирование плат в различных условиях и по истечении длительного интервала времени после пайки.*

Теоретически платы, смонтированные с применением любых паяльных паст, можно испытывать игольчатыми пробниками. Однако только некоторые паяльные пасты позволяют тестировать платы различными методами в течение продолжительного интервала времени после пайки. Кроме химического состава пасты на возможность тестирования игольчатым пробником напрямую влияют некоторые параметры технологического процесса. Наиболее важные параметры — длительность интервала времени между процессами пайки и тестирования, тип и число процессов пайки, использованных при монтаже платы. К другим критичным параметрам, влияющим на результаты тестирования, относятся тип использованных пробников, сила прижима и тип выводов компонентов, с которыми контактирует пробник.

Если для монтажа платы используется паяльная паста с не требующим отмывки флюсом, не затрудняющая тестирование игольчатым пробником, в дополнение к параметрам технологического процесса необходимо учитывать параметры надежности. Некоторые из паяльных паст, не затрудняющих тестирование, не позволяют получить необходимые для обеспечения надежности платы значения поверхностного сопротивления и электромиграции. Фактически платы, смонтированные с применением многих из этих паст, не проходят тест на надежность при тестировании согласно промышленным стандартам IPC или Bellcore. Часто неудачи тестирования связаны с плохими изолирующими свойствами остатков флюсов, сохраняющих мягкость в течение длительного интервала времени. В результате возникает проблема обеспечения долговременной надежности, поскольку возможны отказы оборудования по месту эксплуатации.

Для того чтобы упростить процесс тестирования игольчатыми пробниками, была разработана не требующая отмывки паяльная паста, параметры которой хорошо согласованы со многими методами тестирования. Кроме того, новая паяльная паста успешно прошла испытания на величину поверхностного сопротивления и электромиграции, что обеспечивает надежность печатных плат, смонтированных с ее применением.

В результате возрастания объемов производ-

ства с интрузивной \*\* пайкой и (в меньшей степени) отсутствия на плате свободных участков для размещения тестовых контактных площадок, в производстве начинается доминировать внутри-схемное тестирование с использованием игольчатых пробников. Однако из-за относительно большого количества остатков флюса, остающегося после пайки с использованием не требующего отмывки флюса (особенно во время интрузивной пайки), обеспечение надежности тестирования игольчатыми пробниками стало сложной задачей.

### Переменные параметры тестирования игольчатым пробником

Как и в любых других технологических процессах, некоторые параметры процесса пайки могут влиять на операцию тестирования игольчатым пробником. Основными параметрами являются количество и качественные показатели остатков флюса и интервал времени между процессом пайки и тестированием пробником. Менее критичными, но тем не менее влияющими на сложность тестирования и его результаты параметрами, являются тип наконечника пробника, материалы, из которых сделаны его стержень и наконечник, конструкция и размеры выводов компонентов.

### Время после процесса пайки

Наверное, самым важным параметром с точки зрения тестирования платы игольчатым пробником является продолжительность периода времени между пайкой и тестированием. Общая закономерность такова, что чем больше этот интервал времени и чем выше температура пайки, тем тверже остатки флюса. При использовании большинства паст плату можно протестировать только через непродолжительное время после пайки. Однако многие остатки флюсов по мере остывания и старения твердеют в течение часов, дней и недель, что затрудняет или делает невозможным тестирование. Изменение со временем твердости остатков флюса создает проблемы, поскольку часть плат тестируется сразу после того, как они сошли с конвейера, а часть — после мелкого ремонта. Таким образом, важно использовать паяльные пасты, остатки флюса которых после пайки в течение длительного времени остаются мягкими.

\* *Сокращенный перевод статьи: Karl Seelig and David Suraski. The Development of a Pin Probe Testable Solder Paste. - Circuits Assembly, May 2000. Перевод А. Ермоловича, ЭЖИС.*

\*\* *интрузивная пайка — пайка с бесконтактным нагревом (прим. переводчика).*



### *Температурный профиль пайки*

Тип использованного температурного профиля пайки и гарантия того, что профиль выбран оптимально, — важные параметры технологического процесса с точки зрения тестирования платы игольчатыми пробниками. Например, профиль, который приводит к сильному нагреву платы, может вызвать обугливание остатков флюса, что усложнит тестирование.

### *Число паек*

Другим важным параметром процесса монтажа платы является число повторных паяк, которым подвергнуты компоненты на плате. Общая закономерность такова, что твердость остатков флюсов паст предыдущего поколения увеличивается после каждой пайки. По мере того, как возрастает популярность сборок с двусторонним расположением компонентов, все более критичной становится твердость остатков флюса после многократной пайки. Низкая твердость остатков флюса после пайки становится необходимым требованием при тестировании платы игольчатыми пробниками.

### *Типы наконечников игольчатых пробников и используемые в них материалы*

Игольчатые пробники выпускаются с несколькими типами наконечников. Наиболее часто используемые формы наконечников — копьё, долото, зубчатый венец, корона, сфера, факел и трезубец. Некоторые из этих наконечников самоочищающиеся. Выбор типа наконечников зависит от ряда факторов: места тестирования (специальная контактная площадка или вывод), материала (медь или золотое покрытие) и толщины остатков флюса, через которые осуществляется тестирование.

В число других важных конструктивных особенностей пробников входят: материал хвостовика штока, тип покрытия штока и направляющей втулки пробника. Хвостовики штока могут изготавливаться из бериллиевой бронзы или стали. Бериллиевая бронза — стандартный материал штока, он экономически выгоден и имеет меньшее сопротивление. Однако сталь имеет более высокую износоустойчивость. Покрытия из драгоценных металлов на штоке и направляющей втулке улучшают характеристики пробника. Покрытия из никеля и серебра экономически наиболее выгодные, в то время как покрытия из золота и других драгоценных металлов улучшают параметры и коррозионную стойкость пробников.

### *Усилие прижима*

Усилие прижима, прилагаемое к тестируемому материалу, варьируется от слабого (3.5 унции, или 85 г) до сильного (17.1 унции, или 484 г). Требуемое усилие прижима зависит от свойств остатков флюса, уровня загрязнения и материала контактной поверхности. Следует отметить, что

использование большого усилия прижима вызывает быстрый износ игольчатых пробников, и, что более важно, может привести к повреждению паяного соединения.

### *Конструкция и длина вывода компонента*

Когда игольчатый зонд контактирует с выводами, паянными с применением интрузивной пайки, особенно важно учитывать конструкцию и длину выводов компонента. Общая закономерность такова, что когда выводы компонентов имеют продолговатую форму, тестирование пробником облегчено, т. к. при большой длине выводов флюс налипает на плату, а не на выводы. Если выводы короткие, они будут покрыты флюсом. Покрытый флюсом вывод труднее тестировать игольчатым пробником, поскольку в этом случае требуется использование зазубренного наконечника и большая сила прижима.

### *Методика тестирования*

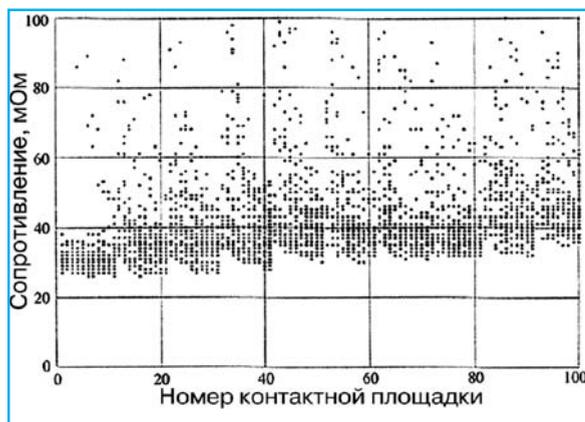
Цель экспериментального исследования состояла в испытании нескольких используемых в настоящее время методов тестирования игольчатым пробником для того, чтобы определить, как будут тестироваться печатные платы, смонтированные в разных производственных условиях с применением паяльных паст. В тестовых платах паста наносилась и оплавлялась на контактных площадках со стороной 50 миллидьюмов (1.27 мм), расположенных с шагом 100 миллидьюмов в массиве 30 на 100 элементов. В многопробниковой установке использовались три переменные силы прижима и несколько типов наконечников в виде короны и копьё. Испытания выполнялись на тестовых платах, подвергнутых после оплавления пасты хранению, начиная со срока менее дня и заканчивая сроком более недели. Все тестовые платы испытывались без отмывки после пайки. Проводились используемые в настоящее время испытания по измерению электрического сопротивления, завышенные значения результатов измерения классифицировались как отказ.

### *Сбой при тестировании игольчатым пробником*

Не требующие отмывки паяльные пасты создают трудности при тестировании игольчатым пробником по одной из двух причин: либо остатки флюса после пайки непомерно велики и/или вязкие, или же они слишком твердые. Чтобы на практике оценить эти трудности, группа, проводившая эксперимент, проанализировала и сравнила некоторые не требующие отмывки паяльные пасты предыдущих поколений.

### *Избыточные и вязкие остатки флюса*

Избыточные и/или вязкие остатки флюса обычно приводят к быстрому засорению или обрезиниванию наконечника пробника. Обрезинивание создает дополнительный барьер между пробником и тестовой площадкой или выводом, что зачастую приводит к ошибочным результа-



**Рис. 1. Влияние на результаты измерения сопротивления налипших на иголки пробника остатков флюса**

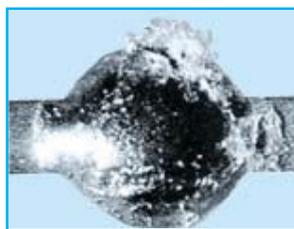
там, трактуемым как отказ. Как показано на рис. 1, в отдельных точках на всех участках сборки было измерено завышенное сопротивление. Там, где функциональная сборка должна иметь сопротивление до 40 мОм, этот тест показывает сопротивление до 100 мОм. Такие результаты означают, что либо плата неработоспособна, либо существуют проблемы в способе измерения.

Обрезинивание иголок пробников приводит к возникновению двух проблем. Первая — это более частая по сравнению с плановой очистка или замена пробников и ускоренный износ пробников из-за избыточной силы прижима, прилагаемой к пробнику для прокалывания вязких остатков флюса. Расчетное число контактных соударений игольчатых пробников составляет десятки тысяч. Однако если остатки флюса слишком вязкие, пробник может загрязниться и потерять точность после относительно небольшого количества измерений (рис. 2). Более важно, что неправильные результаты тестирования приводят к неоднозначности в определении, работает ли плата надлежащим образом. В этом случае на месте эксплуатации возможен отказ оборудования и/или потребуются ремонт или замена функциональных сборок.

Засорение более вероятно для наконечников в виде короны, чем копьевидных. Однако вязкие остатки флюса в конечном счете прилипают и загрязняют большинство наконечников, включая копьевидный, что увеличит вероятность возникновения ошибок при тестировании.



**Рис. 2. Загрязнение наконечника пробника вязкими остатками флюса паяльной пасты**



**Рис. 3. Налипание твердых остатков флюса паяльной пасты на контактную площадку платы**

### Твердые остатки флюса

Вторая проблема, возникавшая во время тестирования игольчатым пробником традиционных паст, не требующих отмывки, — высокая твердость остатков флюса. В этом случае также требуется увеличение силы прижима, что приводит к ускоренному износу пробников и возможному повреждению паяных соединений. Некоторые пробники с малой силой прижима вообще не смогут проколоть остатки флюса. Однако наибольшее беспокойство вызывает явление отслаивания твердых остатков, налипания на контакты пробника и переноса на различные части платы (рис. 3). Налипание не только создает определенные эстетические проблемы, но и может приводить к ошибкам в определении работоспособности.

### Разработка новой паяльной пасты

Испытания традиционно используемых паяльных паст, не требующих отмывки, показали недостатки флюсов, которые необходимо устранить для успешного тестирования плат игольчатым пробником. Таким образом, целью исследований была разработка паяльной пасты, которая после пайки дает достаточно мягкие, не подверженные отслаиванию и налипанию остатки, и, что более важно, эти свойства остатков сохраняются в течение нескольких дней, даже если паста была многократно подвергнута процессам пайки.

Эта паяльная паста, разработанная на базе ряда не требующих отмывки паяльных паст, имеет увеличенное время сохранения клеящих свойств и повышает срок службы трафарета, может применяться для пайки микросхем с уменьшенным шагом расположения выводов, имеет долговременную надежность и повышенную активность при пайке. Свойства остатков флюса этой пасты после пайки обеспечивают улучшенные условия для тестирования игольчатым зондом. Ниже приведены результаты испытаний на возможность такого тестирования.

Разработанная паяльная паста дала светлоокрашенные, прозрачные, мягкие остатки, которые испытывались при небольшой (3,5 унции) силе прижима различными копьевидными и короновидными наконечниками. Хотя эти остатки достаточно мягкие для того, чтобы наконечник пробника легко их прокалывал, они не налипают на пробник. Как показано на рис. 4, после многих процедур тестирования пробник остался весьма чистым. Кроме того, эти остатки не отслаиваются и не налипают (рис. 5).

Как уже упоминалось, основным

критерием с точки зрения тестирования игольчатым пробником является пригодность остатков флюсов после пайки к тестированию в течение длительного интервала времени. Первые версии этой паяльной пасты хорошо тестировались только вскоре после пайки. Однако по мере увеличения интервала времени между пайкой и измерением возрастала сложность тестирования. После ряда корректировок был разработан такой состав, который обеспечивает улучшенные условия для тестирования как сразу после пайки, так и по истечении нескольких недель. Кроме того, было подтверждено, что этот состав обеспечивает хорошие условия для тестирования после многократных паек.



Рис. 4. Наконечник пробника без следов налипания остатков флюса



Рис. 5. Контактная площадка платы без следов отслаивания и налипания остатков флюса

Во время разработки новой паяльной пасты основное внимание уделялось тому, чтобы остатки флюса после пайки не снижали надежность платы. Поэтому большие усилия были направлены на повышение поверхностного сопротивления и снижение электромиграции. Результатом этих

усилий были успешные испытания на соответствие параметров печатных плат, смонтированных с применением этой пасты, требованиям стандарта Bellcore (телекоммуникации) GR-78-CORE (см. таблицу).

**Результаты испытаний паяльной пасты на соответствие требованиям стандарта Bellcore**

Измерение	Условия	Требование	Результат
поверхностного сопротивления, Ом	через 24 часа	не менее $2 \times 10^{10}$	$5.72 \times 10^{11}$ соотв.
	через 96 часов	не менее $2 \times 10^{10}$	$6.94 \times 10^{11}$ соотв.
электромиграции, Ом	через 96 часов	$IR_{final} > IR_{initial} / 10$	$2.76 \times 10^{10}$ соотв.
	через 96 часов	$IR_{final} > IR_{initial} / 10$	$1.4 \times 10^{11}$ соотв.

**Заключение**

Тестирование игольчатыми пробниками является многопараметрическим процессом, который становится все более предписываемым и популярным. Однако многие паяльные пасты, не требующие отмывки после пайки, дают остатки, не позволяющие выполнять тестирование в различных производственных условиях. Кроме того, многие паяльные пасты, которые дают остатки, не затрудняющие тестирование, не позволяют получить хорошие характеристики надежности. Таким образом, при тестировании игольчатым пробником возникают проблемы, приводящие к значительному срыву сроков изготовления, неоправданным затратам, снижению производительности и возможным отказам на месте эксплуатации.

Новая паяльная паста может тестироваться игольчатым пробником в различных производственных условиях в интервал времени от минут до недель после пайки. Химический состав пасты обеспечивает формирование таких остатков после пайки, которые обеспечивают долговременную надежность смонтированной платы.

**Не требующая отмывки после пайки паяльная паста NC251 фирмы AIM:**

- обеспечивает возможность тестирования печатных плат игольчатым пробником в интервале времени от двух минут до двух месяцев после пайки и даже после многократных паек
- позволяет избежать непроявляемых выводов микросхем в корпусах типа MicroBGA
- не образует свободные шарики припоя
- имеет повышенную активность и хорошие смачивающие свойства
- обеспечивает высокую скорость нанесения и отсутствие растекания порций пасты
- имеет увеличенное время сохранения клеящих свойств
- повышает срок эксплуатации трафарета
- дает малые остатки флюса после пайки
- соответствует требованиям стандартов Bellcore и IPC по надежности.

Игольчатые пробники, используемые для тестирования печатных плат, смонтированных с применением этой пасты, остаются чистыми после нескольких тысяч контактных соударений.

**Научно-производственная фирма VD MAIS**

является официальным дистрибьютором в Украине фирмы AIM и выполняет поставки всей гаммы ее продукции.

## НОВАЯ ПРОДУКЦИЯ ФИРМЫ RASE

*Фирма RASE (США) специализируется на выпуске оборудования для мелкосерийного производства и ремонта печатных плат. В статье кратко рассмотрены новые изделия этой фирмы.*

### Паяльная станция ST45N

Паяльная станция ST45N с паяльником PS-80N (рис. 1) предназначена для пайки в среде азота с предварительным нагревом зоны пайки струей разогретого азота. Такая пайка выполняется при пониженной температуре жала паяльника и позволяет уберечь плату и компоненты от термического повреждения, что особенно важно при использовании припоев, не содержащих свинца. Использование потока нагретого азота для предварительного нагрева зоны пайки позволяет улучшить качество пайки, снизить расход флюса и повысить срок службы наконечников паяльника.

### Ремонтная станция MBT 250-SDPT

Многофункциональная ремонтная станция MBT 250-SDPT (рис. 2) — наиболее совершенная в своем классе. Новая конструкция передней панели упрощает управление работой станции. Станция может комплектоваться универсальным паяльником PS-80, термоотсосом SX-80, термоэкстрактором TP-65 с вакуумным захватом и термопинцетом TT-65.

### Износостойкие наконечники

Семейство износостойких наконечников предназначено для использования с паяльником PS-80 и содержит двадцать два типа наконечников для пайки компонентов в отверстия и на поверхность печатной платы. Срок службы наконечников повышен в три раза по сравнению с предыдущими моделями.

### Термоотсос SX-80

Термоотсос SX-80 (рис. 3) предназначен для удаления припоя с поверхности печатной платы и из металлизированных отверстий и может использоваться в паяльных и ремонтных станциях ST, MBT и PRC. Он отличается тем, что имеет сменный уловитель припоя, защищающий оператора от контакта с содержащими свинец сплавами. Термоотсос имеет легко заменяемый модульный нагреватель и незасоряющийся из-

носостойкий наконечник.

### Термоконвекционная паяльная станция TF350

Функционально полная паяльная станция TF350 (рис. 4) предназначена для монтажа и демонтажа компонентов с использованием потока нагретого воздуха для плавления припоя. Станция предназначена для работы с монтируемыми на поверхность компонентами, имеющими габариты корпуса до 50×50 мм (в том числе микросхемами в корпусах BGA и электрическими соединителями), и не требует применения специальных насадок для работы с каждым конкретным типом корпуса. В состав TF350 входят: система для нагнетания и откачивания воздуха, юстируемая рабочая платформа, держатель печатных плат и вакуумный захват для удержания компонентов.

### Дымоуловители

Настольный лабораторный дымоуловитель Lab-Evac 150 — функционально полное устройство, предназначенное для удаления пыли и дыма с рабочего места, на котором осуществляются паяльные и монтажные работы. Дымоуловитель имеет фильтры трех типов: предварительный, высокоэффективный сухой воздушный фильтр и фильтр газовой фазы. Микропроцессорная система непрерывно контролирует работу фильтра и выдает визуальный и звуковой сигналы опасности в случае, когда фильтр забился и требует замены. Габариты дымоуловителя: 495×600×635 мм (В×Ш×Г), масса 35 кг.

Промышленный дымоуловитель Art-Evac 1200 отличается от Lab-Evac 150 тем, что предназначен для применения в производстве и учебных классах и может удалять дым с шестнадцати рабочих мест, на которых осуществляется пайка ручными паяльниками. Габариты дымоуловителя: 1270×530×810 мм (В×Ш×Г).

Дополнительную информацию об изделиях фирмы RASE можно получить в НПФ VD MAIS или в сети Интернет по адресу: [www.raseeuropa.co.uk](http://www.raseeuropa.co.uk)



Рис. 1. Паяльная станция ST45N



Рис. 2. Ремонтная станция MBT 250-SDPT



Рис. 3. Термоотсос SX-80



Рис. 4. Термоконвекционная паяльная станция TF350

## БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ \*

Фирма Texas Instruments входит в число крупнейших производителей операционных усилителей. Ниже приведены основные параметры быстродействующих усилителей этой фирмы.

Тип			Структурные особенности					Напряжение питания, В			Мин. коэф. усиления	Гранич. частота, МГц	Скор. нарастания, В/мкс	Время установления с погрешн. 0.1/0.01 %,нс (тип.)	КНИ на частоте 1 МГц, дБ	Спектр. плотн. напряж. шума, нВ/√Гц	Ток потр. 1 канала, мА (тип.)	
Одн-нарные	Сдвоенные	Счетверенные	VF	CF	PGA	Cst	Sht	5	±5	±15								
THS3001				•					•	•	•	1	420	6500	40/-	-96	-	7.5
THS4001			•						•	•	•	1	270	400	40/-	-72	12.5	7.8
THS4011	THS4012		•						•	•	•	1	290	310	37/90	-80	7.5	7.8
THS4021	THS4022		•						•	•	•	10	350	470	10/145	-68	1.5	7.8
THS4031	THS4032		•			•			•	•	•	2	100	100	60/90	-81	1.6	8.5
THS4041	THS4042		•						•	•	•	1	165	400	95/220	-75	14.0	9.5
THS4051	THS4052		•						•	•	•	1	70	240	60/130	-82	14.5	8.5
THS4061	THS4062		•						•	•	•	1	180	400	40/140	-72	14.5	7.8
THS4081	THS4082		•						•	•	•	1	175	230	43/233	-69	10.0	3.4
		THS6002		•					•	•	•	1	140	1000	70/-	-62	-	11.5
	THS6012			•					•	•	•	1	140	1300	70/-	-65	-	11.5
	THS6022			•					•	•	•	1	210	1900	70/-	-66	-	7.2
	THS6032							•	•	•	•	1	100	1200	80/-	-60	1.8	3.8
	THS6062		•						•	•	•	1	100	100	60/90	-72	1.6	8.5
THS7001	THS7002				•				•	•	•	1	75	175	125/-	-69	1.7	12.0

Примечания: VF - ОУ типа "voltage feedback"  
 CF - ОУ типа "current feedback"  
 PGA - ОУ с программируемым усилением

Cst - ОУ стабильно работает с емкостной нагрузкой  
 Sht - ОУ с управляющим входом отключения усилителей.

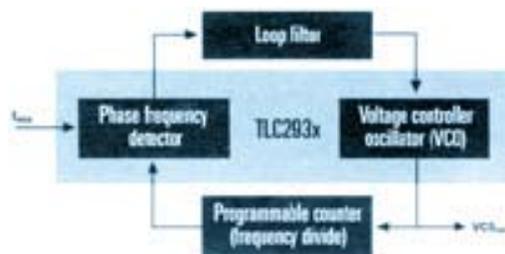
## МИКРОСХЕМЫ СИСТЕМЫ ФАПЧ \*

Компания Texas Instruments выпускает семейство TLC29xx КМОП микросхем аналого-цифровых систем ФАПЧ. Эти микросхемы предназначены для формирования тактовых сигналов в видеосистемах и могут использоваться для реализации таких функций как синтез, нецелочисленное умножение или деление частоты, модуляция или демодуляция.

В состав семейства TLC29xx входят пять микросхем, основные параметры которых приведены в таблице. В микросхемах этого семейства объединены управляемый напряжением импульсный генератор (ГУН) и фазочастотный детектор (ФЧД), срабатывающий по фронту и снабженный формирователем тока заряда накопительной емкости. Структурная схема микросхемы TLC2933 и типовой системы ФАПЧ приве-

дена на рисунке. Микросхемы работают в широкой полосе частот, обладают высоким быстродействием и низким уровнем фазовых шумов. Запатентованная Texas Instruments технология установок в один корпус двух кристаллов позволяет избежать их взаимного влияния.

Частотный диапазон ГУН подстраивается внешним резистором. Микросхемы TLC2932/2942 имеют два выхода ГУН -



\* New high-performance phase-look loops. — Showcase, March 2000, issue 6.

## Микросхемы ФАПЧ семейства TLC29xx

Тип	Краткое описание микросхемы	Диапазон частот, МГц, при напряж. пит.:		Корпус
		5±0.25 В	3±0.15 В	
TLC2932	Одноканальная, содержит ФЧД, ГУН и делитель частоты на 2	22...50 или 11...25	14...21 или 7...10.5	TSOP-14
TLC2933	Одноканальная, содержит ФЧД и ГУН	43...100	37...55	TSOP-14
TLC2942	Двухканальная, содержит два кристалла TLC2932	22...50 или 11...25	14...21 или 7...10.5	SSOP-38
TLC2943	Двухканальная, содержит два кристалла TLC2933	43...100	37...55	SSOP-38
TLC2940	Одноканальная, содержит ГУН	35...75	28...50	SSOP-8

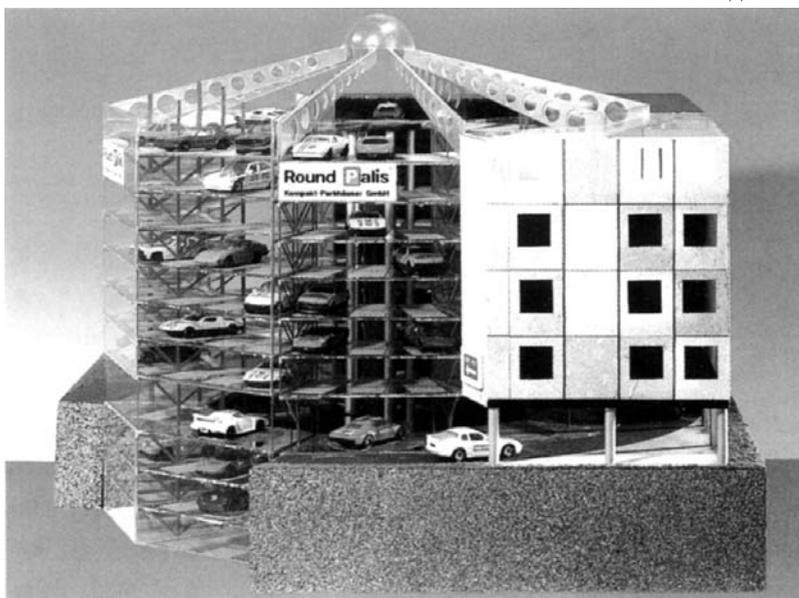
непосредственный и делителя частоты на два. Во всех микросхемах ГУН и ФЧД имеют отдельные управляющие входы для включения энергосберегающего режима. Диапазон рабочих температур микросхем от -20 до 75 °С.

Полную информацию о микросхемах семейства TLC29xx и рекомендации по их применению (в частности, по выбору параметров фильтра в цепи обратной связи) можно получить в сети Интернет по адресу: [www.ti.com](http://www.ti.com)

## МНОГОЭТАЖНАЯ АВТОСТОЯНКА БУДУЩЕГО \*

*Безопасная, экономичная, удобная и подходящая для инвалидов — таковы атрибуты вероятно наиболее быстрой в мире системы парковки. С помощью лифтов она способна каждую минуту принимать до пяти машин. Для управления стоянкой использована комплексная технология SIMATIC.*

Карусельная многоэтажная автостоянка находится в городе Цвиккау. Она разделена на пять секций, каждая из которых имеет свой лифт. Заехав на одну из двух платформ, имеющих в каждой секции, автомобиль разворачивается к выходу и автоматически загружается в лифт. Для лимузинов высокого класса каждый этаж имеет боксы размером 5×6 м. Для фургонов предусмотрены более высокие боксы. Подъёмник автоматически выбирает этаж, секцию и ближайший свободный бокс, в который автомобиль транспортируется уже с помощью другой конвейерной системы.



\* По материалам фирмы Siemens

Чтобы поставить машину на стоянку, владельцу достаточно въехать на платформу. Далее парковка происходит без его участия. Для получения автомобиля владелец вставляет квитанцию в считывающее устройство, оплачивает парковку и через минуту получает его на том же терминале, на котором он его сдал.

Основные преимущества этой системы могут быть перечислены лишь кратко: минимум обслуживающего персонала, снижение концентрации выхлопных газов, необходимость освещения и кондиционирования воздуха только в местах приёма и выдачи машин, эффективное использование места и низкая плата, отсутствие аварийных выходов и лифтов для клиентов, отсутствие несчастных случаев и исключение воровства.

Благодаря модульному построению, можно легко создавать подземные конструкции с количеством секций не более пяти. Могут быть также созданы стоянки полукруглой формы. Система с секциями площадью не более 150 кв. метров может быть размещена на любом участке территории.

Основой автоматизированной системы управления является контроллер SIMATIC S7-300 с высокопроизводительным ЦПУ и коммуникационным про-

цессором. Несколько модулей ввода-вывода и измерительных модулей, включая четыре с 32 изолированными входами и два с 32 изолированными выходами, а также использование четырёх модулей позиционирования типа IP 246 I предназначены для того, чтобы все движения выполнялись

быстро и точно и чтобы ни один автомобиль не был потерян.

Многоэтажная стоянка работает круглосуточно. Использование резервного источника питания и системы самодиагностики обеспечивает максимум безопасности и надёжности в работе.

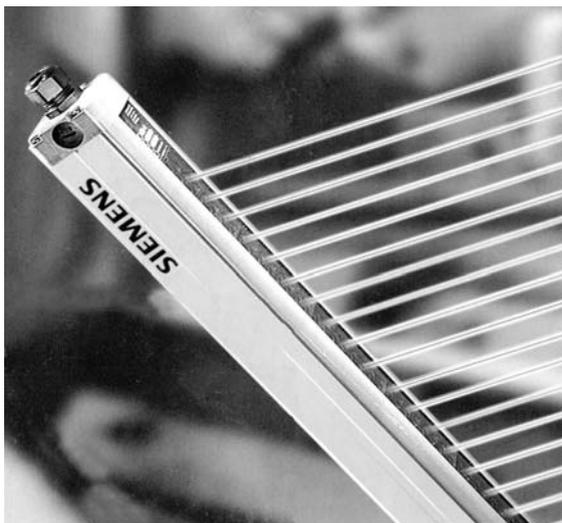
## БЕЗОПАСНОСТЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА \*

*Каждый производственный процесс таит в себе потенциальную опасность как для человека и окружающей среды, так и для самого процесса. Ущерб, нанесенный обслуживающему персоналу или окружающей среде, может дорого обойтись предприятию. Провозглашенная фирмой Siemens программа интегрированной безопасности (Safety Integrated) предлагает изготовителям производственного оборудования полный набор согласованных решений, направленных на обеспечение его безопасной работы. Используя этот набор, изготовитель может реализовать собственную концепцию безопасности. Программа рассчитана на использование в любой отрасли промышленности.*

Программа охватывает широкий спектр устройств: программируемые контроллеры, системы управления двигателями, а также сенсоры и исполнительные устройства. Наряду с обычными устройствами безопасности в ней использованы электронные и программные компоненты, позволяющие осуществить интеллектуальное вмешательство в систему — от сенсоров и приводов до устройств коммутации и систем измерения. Система коммуникации наряду с обменом стандартными сообщениями должна обеспечить передачу дополнительной информации о функционировании устройств и возникающих при этом нарушениях. Разработанная фирмой Siemens технология позволяет передавать эту информацию по существующим системам шин PROFIBUS и AS-i. Кроме того, на уровне обеспечения безопасности используются уже известные инструменты и методы проектирования, что делает излишним дополнительные расходы на обучение персонала. Отдельные компоненты легко могут быть состыкованы между собой.

На переднем крае системы безопасности стоят сенсоры. Если оператор вступает в пределы опасной зоны, машина должна устанавливаться в безопасное для человека состояние. Бесконтактные

\* По материалам фирмы Siemens



устройства защиты, такие как световые барьеры Si-guard, позволяют организовать безопасную эксплуатацию различного оборудования: прессов, сварочных автоматов, литейных машин и др.

Системы управления двигателями Sinumerik и Simodrive позволяют должным образом реализовать функции безопасности. Вместо неконтролируемого отключения машина в момент возникновения опасной ситуации надёжно останавливается.

Способ остановки может зависеть от состояния машины. Так, при наладке (защитное ограждение открыто) возможна быстрая, а при автоматической работе — плавная остановка. Это обеспечивает как повышенную безопасность в режиме наладки, так и дополнительную защиту машины, инструмента и обрабатываемых деталей в автоматическом режиме.

Ряд устройств фирмы Siemens, например, контроллеры Simatic S7-95F, уже выпускаются с функциями интегрированной безопасности. Подключив к такому контроллеру световой барьер Siguard, можно легко обеспечить дополнительную защиту персонала.

Выполнение программы интегрированной безопасности гарантирует высокую степень защиты человека и окружающей среды во всех отраслях промышленности.

## СЕНСОР ДЛЯ ТРЁХМЕРНОГО ВОСПРИЯТИЯ ОБЪЕКТОВ \*

Без пространственного зрения в повседневной жизни нам пришлось бы нелегко. Так же обстоит дело и во многих технических системах. Поэтому способы быстрого трёхмерного восприятия окружающей обстановки вызывают повышенный интерес. В имеющихся в настоящее время на рынке системах используется принцип стереоскопии или измерения времени прохождения лазерных импульсов, направляемых зеркалом на различные участки объекта. Такие способы технически достаточно сложны и громоздки и в большинстве случаев обладают малым быстродействием.

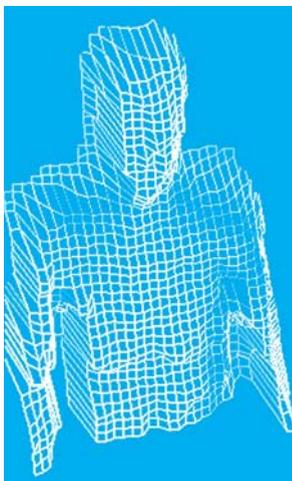
Инженерам фирмы Siemens в сотрудничестве с институтом Фраунгофера впервые удалось разработать достаточно компактный и недорогой полупроводниковый сенсор для трёхмерного восприятия объектов. Отделение автомобильной техники фирмы Siemens проводит испытания нового сенсора для включения системы безопасности пассажиров автомобиля при столкновениях.

Принцип действия сенсора заключается в том, что исследуемый объект облуча-

\* По материалам фирмы Siemens

ется лазерными импульсами малой мощности, а отражённый свет воспринимается КМОП-преобразователем с крайне малым временем реакции. Для получения достаточного отношения сигнал/шум результат действия многих импульсов суммируется непосредственно на кристалле преобразователя. Таким образом, с помощью одного КМОП-кристалла возможно одновременно измерять расстояние до отдельных точек объекта, количество которых достигает 1000. Новый способ позволяет измерять расстояние с точностью 1 см, а время, затраченное для построения трёхмерного изображения, составляет около 1 мс.

Ожидается, что новый сенсор благодаря своей высокой механической прочности и малой стоимости найдёт применение во многих областях техники: в строительстве, системах безопасности пассажиров или автоматизации производства.



# ЛУЧШИЕ СПРАВОЧНИКИ

МАГАЗИНЫ  
КЛЕВА  
2000

СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
КОМПАНИИ  
2000

ПОДПИСАНИЕ  
КЛЕВА  
2000

СЕРВИС  
В КЛЕВЕ  
2000

ТУРИСТИЧЕСКИЕ  
УСЛУГИ В КЛЕВЕ  
2000

ОФИСЫ  
ПРИВООБЩЕНОГО  
БЕЗПЕКА  
2001

ИНФОРМАТИКА  
ЭЛЕКТРОНИКА  
СВЯЗЬ  
2000



РИК "ОДЕКС ПЛЮС"

РАДИОТЕХНИКА  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА  
ЭНЕРГЕТИКА  
2001

## БЕСПЛАТНО

(044) 484-08-95, 446-42-23, 446-81-15, 484-34-40

РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ



# СЛАВЯНСКИЙ БАЗАР

ПРИГЛАШАЕТ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ  
НА ОСЕННИЕ ВЫСТАВКИ-ПРЕЗЕНТАЦИИ

Харьков  
Дворец спорта

**СТРОЙИНДУСТРИЯ**

4-7 октября 2000 г.



**УНИВЕРСАЛЬНАЯ  
ЯРМАРКА**

10-13 октября 2000 г.



Предприятиям - экспонентам обеспечиваются условия для максимально эффективного представления и популяризации своей продукции на восточно - украинском региональном рынке в рамках тендерного конкурса, презентационных мероприятий, деловых встреч и круглого стола "Инвестиции - в экономику Харькова" с участием руководителей региона, отечественных и зарубежных инвесторов.

Победители конкурса имеют реальную возможность заключить контракты с закупочными и подрядными организациями на оптовые поставки продукции, стать обладателем общественного знака качества "Вища проба", почетного Диплома "Славянского базара", достойно представить свое предприятие в национальном каталоге "Регистр лучших товаров Украины".

Экспонент "Славянский базар"

ул. Артема, 43, г. Харьков, 61002, Украина  
тел./факс: 38 0572 142 389, 458 139, 458 141,  
458 142, 458 166  
E-mail: acadof@online.kharkov.ua

## "ЭКСПОНИКОЛАЕВ"

приглашает 4-6 октября 2000 года  
принять участие в XII выставке-ярмарке

**"КОМПЬЮТЕР. ПОЛИГРАФИЯ. РЕКЛАМА"**

### В экспозиции:

компьютерные системы, программное обеспечение, телекоммуникации, оргтехника и канцтовары, полиграфическое оборудование, аудио- и видеотехника, электронные игры, рекламная продукция и услуги, книги, пресса, другая печатная продукция, бумага, картон, лаки, краски, другие расходные материалы, упаковка.

**Время работы: с 10<sup>00</sup> до 18<sup>00</sup>**

Мы ждем Вас по адресу: г. Николаев,  
пл. Судостроителей, 3-Б, Выставочный зал  
**"ЭКСПОНИКОЛАЕВ"**

Справки по тел./факс: (0512) 37-44-75,  
36-22-06, 37-40-23, 36-02-49.

E-mail: expno@biz.mk.ua

*Приглашаем Вас посетить*

## Вторую международную авиакосмическую выставку "АВИАСВІТ ХХІ"

14-17 сентября 2000 г., Украина, г. Киев

### В программе выставки:

демонстрация авиационной, ракетной и военной техники, демонстрационные полеты авиации, экспозиция предприятий-производителей авиакосмической продукции

**Работа выставки: с 9<sup>00</sup> до 17<sup>00</sup>**

Адрес: пр. Победы, 100/1  
(ст. м. "Святошино"),  
территория завода "АВИАНТ"

**Вход свободный**

## НОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Новые микросхемы семейства AD775x позволяют создавать высокоточные счетчики электроэнергии с различными функциональными возможностями, работающие в широком диапазоне температур.

В состав семейства входят пять ИС: AD7750, AD7751, AD7755 и AD7756 — счетчики электроэнергии в однофазных цепях переменного тока; AD7754 — счетчик электроэнергии в трехфазных сетях. ИС AD7751 и AD7755 содержат встроенные схемы определения неисправности линии, обеспечивают быстрое измерение действующего значения мощности и напряжения в линии. Единственные аналоговые схемы, используемые в этих ИС, — АЦП и связанные с ними узлы. Дальнейшая обработка сигнала (например, умножение и фильтрация) осуществляется в цифровой форме. Такое построение обеспечивает наилучшую долговременную стабильность и точность при изменениях параметров окружающей среды.

Новая схема обнаружения неисправности позволяет точно определять расход электроэнергии в случае коротких замыканий или обрывов в линии. Для этого ИС непрерывно контролируют ток в фазном и нулевом проводах. Неисправностью считается ситуация, когда токи в этих проводах отличаются более чем на 12,5 %, и подсчет расхода электроэнергии продолжается с учетом большего из этих токов. Канал тока имеет большой коэффициент усиления для согласования с малым уровнем напряжения, снимаемого с шунтирующего резистора. Калибровка усиления в каналах напряжения и тока осуществляется внешними цепями. В качестве индикатора израсходованной электроэнергии используется двухфазный электромеханический счетчик, для чего в ИС предусмотрены два выхода.

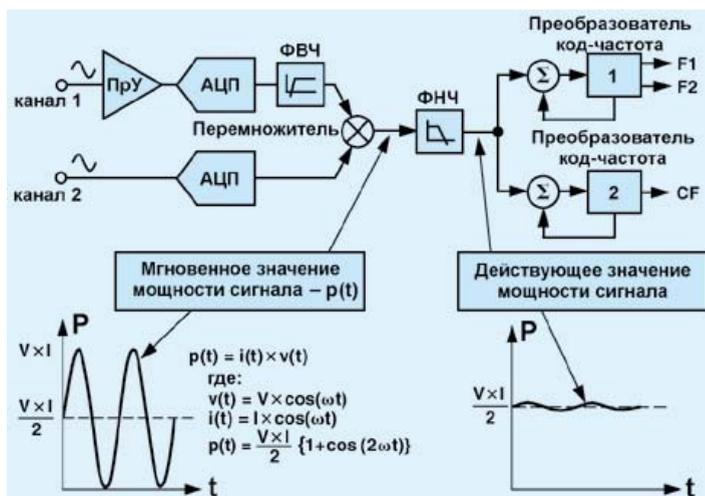
Кроме того, ИС содержат элементы для защиты от кражи электроэнергии. Микросхемы выпускаются в корпусах 24-DIP и 24-SSOP и совместимы по выводам.

Принцип действия схемы измерения поясняет функциональная схема, приведенная на рисунке. Схема содержит два канала: канал 1 (измерения тока) и канал 2 (измерения напряжения). Так как напряжение, снимаемое с датчика тока, мало, то в канале измерения тока используется дополнительный программируемый усилитель (ПрУ) с малым уровнем собственных шумов. После аналого-цифрового преобразования цифровые сигналы, пропорциональные

току и напряжению, перемножаются. На выходе умножителя формируется сигнал, пропорциональный мгновенной мощности сигнала. Чтобы выделить действующее значение мощности, сигнал подвергается фильтрации в ФНЧ. С помощью первого преобразователя код-частота формируется двухфазный сигнал F1 и F2 для управления электромеханическим счетчиком, а с помощью второго — сигнал CF, который используется для проверки счетчика.

ИС AD7756 обеспечивает погрешность измерения менее 0,1 % в диапазоне отношения потребляемой мощности 500:1. AD7756 имеет встроенную, программируемую пользователем схему контроля напряжения и супервизор напряжения питания. Цифровая калибровка мощности, фазы и входного смещения аналоговой части схемы обеспечивают максимальную точность измерений. Встроенный датчик температуры с погрешностью не более  $\pm 3$  °C после калибровки служит для тех же целей. Обмен информацией с внешними цепями осуществляется через трехпроводный последовательный интерфейс. Интерфейс может быть использован для построения многотарифных счетчиков с возможностью дистанционной смены тарифов.

ИС семейства AD775x работают от однополярного источника питания напряжением 5 В, потребляемая каждой микросхемой мощность не превышает 15 мВт.



Функциональная схема микросхем семейства AD775x счетчиков электроэнергии