

**ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СИСТЕМЫ**

2003 октябрь  
№ 10 (74)

МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



**Учредитель и издатель:**  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ 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

**Директор фирмы VD MAIS:**  
В.А. Давиденко

**Главный редактор:**  
В.А. Романов

**Редакционная коллегия:**  
В.А. Давиденко  
В.В. Макаренко  
В.Р. Охрименко

**Технический редактор:**  
Г.Д. Местечкина

**Набор:**  
С.А. Чернявская

**Верстка:**  
М.С. Заславская

**Дизайн:**  
А.А. Чабан  
С.А. Молокович

**Адрес редакции:**  
Украина, Киев,  
ул. Жилианская, 29  
**Тел.:** (044) 227-2262, 227-1356  
**Факс:** (044) 227-3668  
**E-mail:** info@vdmajs.kiev.ua  
**Интернет:** www.vdmajs.kiev.ua  
**Адрес для переписки:**  
Украина, 01033 Киев, а/я 942

Цветоделение и печать  
ДП "Такі справи"  
т./ф.: 456-9020  
Подписано к печати 31.10.2003  
Формат 60x84/8  
Тираж 1000 экз.  
Зак. № 310-154-1766

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

**НАДЕЖНОСТЬ И КАЧЕСТВО**

Количественная оценка надежности интегральных микросхем по результатам форсированных испытаний ..... 3

**СЕНСОРЫ И ДАТЧИКИ**

Датчики угловых и линейных перемещений ..... 6  
Датчик освещенности для мобильных устройств ..... 9

**ПАССИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ**

Выбор пассивных компонентов при проектировании радиоэлектронной аппаратуры ..... 10

**УСИЛИТЕЛИ**

Усилитель вместо компаратора: преимущества и недостатки ..... 15

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ ФИРМЫ ANALOG DEVICES**

Ключи и мультиплексоры ..... 21

**СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ**

Новые PSoC- микроконтроллеры ..... 29  
Семейство сигнальных процессоров ADSP-2199x для встроенных систем управления и обработки сигналов ..... 30  
Полноскоростные USB-микроконтроллеры ..... 32

**ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ**

AC/DC-модули HPS3KW для создания источника напряжения с выходной мощностью до 18 кВт ..... 36

**КОРПУСА И ШКАФЫ**

Корпуса и шкафы фирмы Schroff ..... 37

**ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ**

Цифровая обработка звуковых сигналов ..... 40

**ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ**

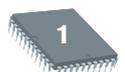
Новая книга по технике поверхностного монтажа элементов электронной аппаратуры ..... 45

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

14-разрядный АЦП с производительностью 80 млн преобразований в секунду ..... 46  
Самый быстрый ПК в мире ..... 46  
Производительность беспроводных систем телекоммуникаций ..... 47

**СЕМИНАРЫ И ВЫСТАВКИ**

Семинар Wavcom для дистрибьюторов ..... 47  
Выставка "Світ електроніки-2003" ..... 48



**RELIABILITY AND QUALITY**

*Integrated Circuits High Temperature Life Test Data* ..... 3

**SENSOR AND GAUGES**

*Rotary and Linear Encoders* ..... 6

*Ambient Light Sensor Extends*

*Battery Life in Mobile Electronics* ..... 9

**PASSIVE COMPONENTS**

*How to Choose Passive Components for Electronic Equipment* .... 10

**AMPLIFIERS**

*Amplifiers as Comparators?* ..... 15

**THE ANALOG DEVICES SOLUTIONS BULLETIN**

*Switches and Multiplexers* ..... 21

**DSPs AND MICROCONTROLLERS**

*New PSoC Microcontrollers* ..... 29

*DSP ADSP-2199x Family for Embedded Systems* ..... 30

*Full-Speed USB Microcontrollers* ..... 32

**POWER SUPPLIES**

*HPS3KW Rack-Maunt Modules Offer Flexibility  
for DPA Including N+1 Redundancy to 15 kW* ..... 36

**CABINETS AND CASES**

*Schroff Cabinets and Cases* ..... 37

**DIGITAL PROCESSING OF SIGNALS**

*Digital Processing of Sound Signals* ..... 40

**SURFACE MOUNT TECHNOLOGY**

*New Book for SMT Assembly of Electronic Equipment* ..... 45

**NEWS BRIEFS**

*14-bit, 80 MSPS ADC* ..... 46

*The World's Fastest Personal Computer* ..... 46

*Ultrawide Band Wireless Telecommunications* ..... 47

**SEMINARS AND FAIRS**

*Wavecom Seminar for Distributors* ..... 47

*World of Electronics 2003* ..... 48



**ELECTRONIC  
COMPONENTS  
AND SYSTEMS**

October 2003  
No 10 (74)

Monthly  
Scientific and Technical  
Journal

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

**Director**  
V.A. Davidenko

**Head Editor**  
V.A. Romanov

**Editorial Board**  
V.A. Davidenko  
V.V. Makarenko  
V.R. Ohrimenko

**Typographer**  
G.D. Mestechkina

**Type and setting**  
S.A. Chernyavskaya

**Layout**  
M.S. Zaslavskaya

**Design**  
A.A. Chaban  
S.A. Molokovich

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

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

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

**E-mail:**  
info@vdmαιs.kiev.ua

**Web address:**  
www.vdmαιs.kiev.ua

Printed in Ukraine

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



## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ФОРСИРОВАННЫХ ИСПЫТАНИЙ

В настоящее время отечественные разработчики радиоэлектронной аппаратуры используют в своих изделиях ИМС лучших мировых производителей, таких как Intel, Texas Instruments, Motorola, Analog Devices, Infineon, Philips и многих других. На этапе эскизного проектирования такой аппаратуры производится предварительный расчет надежности, для выполнения которого необходимы исходные данные о надежности электронных компонентов, используемых в проектируемом изделии. В настоящей публикации приведена методика оценки показателей надежности ИМС по результатам форсированных испытаний, даны рекомендации о том, как получить интересующие разработчиков показатели надежности ИМС ведущих мировых производителей.

**В. Романов**

Уровень надежности современных ИМС достаточно высокий и оценивается интенсивностью отказов (Failure Rate – Fr)  $\lambda = 10^{-7} \dots 10^{-9} \text{ ч}^{-1}$ .

Отметим, что в зарубежной литературе интенсивность отказов измеряется в единицах, именуемых FIT (failure in  $10^9$  component hours или один отказ на  $10^9$  часов наработки). Интенсивности отказов  $\lambda$  при изменении надежности по экспоненциальному закону соответствует средняя наработка до отказа  $T$  (Mean Time to Failure – MTTF), определяемая выражением  $T = 1/\lambda$ .

Отсюда показатель  $T$  для современных ИМС находится в пределах от 1000 до 100 000 лет. При таком уровне надежности традиционные статистические методы количественной оценки интенсивности отказов  $\lambda$  вновь создаваемых ИМС неэффективны, т. к. для получения достоверных статистических данных за приемлемый интервал времени необходимо провести трудоемкий эксперимент на огромном количестве образцов [1, 2]. Например, для оценки интенсивности отказов  $\lambda$  с вероятностью 0.95 по результатам испытаний  $N$  образцов ИМС время  $t$ , в течение которого должны проводиться испытания, может быть определено из выражения,  $P(t) = e^{-N\lambda t} = 0.05$ , отсюда  $N\lambda t \approx 3$ . Если партия ИМС для проведения испытаний составляет 100 шт., а предполагаемая интенсивность отказов  $10^{-9} \text{ ч}^{-1}$  (или 1 FIT), то время проведения испытаний  $t \approx \frac{3}{N\lambda} \approx \frac{3}{100 \cdot 10^{-9}} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ ч}$  или приблизительно  $3 \cdot 10^3$  лет. Для того чтобы обеспечить приемлемое время проведения испытаний на надежность, например, один год, нужно увеличить количество ИМС до величины  $N \approx \frac{3}{\lambda t} \approx \frac{3}{10^{-9} \cdot 10^4} \approx 300\,000$  шт., что в условиях производства какой-либо одной фирмы практически невозможно обеспечить.

С целью сокращения объема испытаний для оценки надежности ИМС ведущие производители электронных компонентов проводят ускоренные испытания (Highly Accelerated Stress Test – HAST), позволяющие получить показатели надежности за время, значительно меньшее реальной долговечности микросхемы [2, 7]. Основным способом сокращения продолжительности испытаний является форсирование режима работы ИМС. Ускоренные испытания в форсированном режиме основаны на воздействии повышенных значений

факторов, ускоряющих физико-химические процессы старения и деградации ИМС. Наиболее распространенными деградационными процессами в ИМС являются химическая реакция, диффузия, электромиграция носителей и коррозия. Связь между скоростью этих процессов и температурой ИМС описывается уравнением Аррениуса, которое для определения интенсивности отказов может быть представлено в следующем виде:

$$\lambda_1/\lambda_2 = e^{E_a(1/t_2 - 1/t_1)/K}, \quad (1)$$

где:  $\lambda_1$  – интенсивность отказов ИМС в условиях испытаний;  $\lambda_2$  – интенсивность отказов ИМС в рабочих условиях;  $E_a$  – энергия активации процесса старения ( $0.7 \text{ эВ} < E_a < 1 \text{ эВ}$ );  $t_1$  – температура испытаний ИМС, К;  $t_2$  – рабочая температура ИМС, К;  $K$  – постоянная Больцмана;  $e$  – 2.71828.

Скорость химических и физических процессов, лежащих в основе механизмов отказа ИМС, согласно закону Аррениуса удваивается при повышении температуры на каждые  $10^\circ \text{К}$ .

ИМС в пластмассовых корпусах имеют пониженную влагостойкость. Влага может проникать внутрь корпуса как по границам раздела вывод-корпус, так и через поверхность корпуса. Время работы до отказа в этом случае определяется, в основном, временем, в течение которого создается концентрация влаги внутри корпуса, достаточная для начала процесса электролиза. Связь между долговечностью ИМС, температурой и влажностью для такого процесса описывается уравнением Пека, которое для определения интенсивности отказов ИМС имеет следующий вид:

$$\lambda_1/\lambda_2 = [(RN_1)/(RN_2)] \cdot e^{E_a(1/t_2 - 1/t_1)/K}, \quad (2)$$

где:  $RN_1$  – относительная влажность при испытаниях, %;  $RN_2$  – относительная влажность в рабочих условиях, %.

При вычислении интенсивности отказов  $\lambda_2$  по результатам ускоренных испытаний небольших выборок ИМС с единичными отказами должна быть уточнена гипотеза о виде функции распределения времени до отказа, например, по критерию  $\chi^2$  (хи-квадрат) при заданных значениях доверительных интервалов (confidence level – CL). С учетом этого в выражениях (1, 2) для вычисления интенсивности отказов ИМС в рабочем режиме  $\lambda_2$  используется функция  $\chi^2$ , значение которой выбирается из табл. 1 [3, 5, 6]:

$$\lambda_2 = \frac{\chi^2}{2N \cdot H \cdot At} \quad (3)$$

где  $N$  – число ИМС, которые подвергаются ускоренным испытаниям,  $H$  – длительность ускоренных испытаний,  $At$  – коэффициент ускорения интенсивности отказов.

**Таблица 2. Значения коэффициента ускорения  $At$  в зависимости от температуры проведения форсированных испытаний**

Температура испытаний ИМС, °С	Рабочая температура ИМС, °С	Коэффициент $At$
150	55	258
140	55	162
135	55	128
125	55	77
100	55	20
85	55	8

Форсированные испытания ИМС на надежность при повышенной температуре проводятся в соответствии со стандартом MIL-STD-883, метод 1005.

Продолжительность испытаний в этом случае составляет, как правило, 1000 ч при температуре 125 °С. Если температура проведения ускоренных испытаний отличается от 125 °С, продолжительность испытаний выбирается согласно табл. 3, исходя из класса ИМС (В или S) и температуры испытаний.

Отметим, что к классу В относятся ИМС военного применения, предназначенные для наземных и бортовых систем, а к классу S – предназначенные для космических объектов.

Уровень надежности современных ИМС

**Таблица 1. Значения функции распределения  $\chi^2$  в зависимости от числа отказавших ИМС для доверительных границ интервалов CL 60 и 90 %**

CL 60 %		CL 90 %	
Число отказов	Значение $\chi^2$	Число отказов	Значение $\chi^2$
0	1.833	0	2.5
1	4.045	1	7.779
2	6.211	2	10.645
3	8.351	3	13.362
4	10.473	4	15.987
5	12.584	5	18.549
6	14.685	6	21.064
7	16.780	7	23.542
8	18.868	8	25.989
9	20.951	9	28.412
10	23.031	10	30.813
11	25.106	11	33.196
12	27.179	12	35.563

При энергии активации старения  $E_a=0.7$  эВ коэффициент  $At$  ускорения интенсивности отказов в зависимости от температуры испытаний принимает значения, приведенные в табл. 2.

**Таблица 3. Продолжительность испытаний в зависимости от температуры их проведения и класса ИМС**

Температура испытаний, °С	Продолжительность испытаний, ч	
	Класс ИМС	
	S	B
100	—	7500
110	—	3000
120	—	1500
125	100	1000
130	900	704
135	800	496
140	700	352
145	600	256
150	500	184
175	—	40
185	—	31
190	—	30

настолько высок, что даже форсированные испытания на надежность при повышенной температуре не позволяют определить показатели надежности для конкретных типов микросхем. Поэтому оценка показателей надежности выполняется в обобщенной форме и показатели группируются по типам технологий или достаточно обширным классам ИМС (ОУ, АЦП, памяти и т. п.). Обобщенные данные по результатам ускоренных испытаний ИМС фирмы Analog Devices приведены в табл. 4.

На этапе эскизного и технического проектирования выполняется предварительный расчет надежности нового изделия. Для этого нужны сведения о надежности ИМС, применяемых в этом изделии. Получить необходимые данные можно у официального дистрибьютора компании-производителя электронных компонентов. Однако, если спецификация изделия окончательно не согласована или необходимо оценить надежность различных вариантов исполнения изделия и уже потом на основании сравнительного анализа этих вариантов остановить выбор на той или иной элементной базе, проще всего необходимые сведения о надежности электронных компонентов получить на сайте компании-производителя. Как это сделать, покажем на примере сайта фирмы Analog Devices ([www.analog.com](http://www.analog.com)).

Алгоритм поиска показателей надежности ИМС на сайте фирмы Analog Devices приведен на рис. 1. В соответствии с данным алгоритмом на первой странице этого сайта необходимо найти строку "ADI Quality Systems" (программа качества) и щелчком "мыши" в площади этой строки открыть первую страницу программы качества, на которой указан перечень разделов этой программы:

• ADI Lead (Pb) Free – раздел включает программу фирмы по выпуску изделий, не содержащих свинец

• Outgoing Level (PPM) – в разделе представлены квартальные отчеты о результатах выходного контроля качества ИМС за текущий год

• Quality Certificates – в разделе содержатся ко-

Таблица 4. Обобщенные результаты форсированных испытаний ИМС фирмы Analog Devices при повышенной температуре в соответствии с требованиями стандарта MIL-STD-883, метод 1005

Технология ИМС	Особенности технологии	Число ИМС	Число отказов	Производство ИМС×ч	$\lambda_2$ при 55 °С, 60 % CL, 10 <sup>-9</sup> ч	MTTF при 55 °С, 60 % CL, ч	$\lambda_2$ при 55 °С, 90 % CL, 10 <sup>-9</sup> ч	MTTF при 55 °С, 90 % CL, ч
BiCMOS	Bipolar + CMOS with minimum MOSFET feature size greater than 0.6 $\mu\text{m}$	26980	12	2763317240	5	192314946	7	146975239
Bipolar <2.5 $\mu\text{m}^2$	Minimum emitter area <2.5 $\mu\text{m}^2$	9699	1	1158723500	2	572969297	3	297894038
Bipolar >2.5 $\mu\text{m}^2$	Minimum emitter area >2.5 $\mu\text{m}^2$	12425	0	1038141660	1	1132983629	2	450858613
CMOS 0.18 $\mu\text{m}$	Minimum MOSFET gate length 0.18 $\mu\text{m}$	878	0	105997500	8	115681161	22	46034070
CMOS 0.25 $\mu\text{m}$	Minimum MOSFET gate length 0.25 $\mu\text{m}$	3906	2	453030500	7	145885765	12	85119010
CMOS 0.35 $\mu\text{m}$	Minimum MOSFET gate length 0.35 $\mu\text{m}$	5418	0	595412500	2	649807865	4	258584030
CMOS 0.5 $\mu\text{m}$	Minimum MOSFET gate length 0.5 $\mu\text{m}$	6754	3	663080860	6	158811747	10	99251998
CMOS 0.6 $\mu\text{m}$	Minimum MOSFET gate length 0.6 $\mu\text{m}$	16516	5	1468609880	4	233412066	6	158346320
CMOS 0.8-2.0 $\mu\text{m}$	Minimum MOSFET gate length 0.8-2.0 $\mu\text{m}$	3305	0	339104860	3	370084614	7	147271180
CMOS >2.0 $\mu\text{m}$	Minimum MOSFET gate length >2.0 $\mu\text{m}$	3729	1	316918840	6	156711040	12	81476067

пии сертификатов ISO, QML и OS-9000, обладателями которых являются заводы фирмы Analog Devices

- Packages Index – в разделе указаны типы корпусов ИМС и приведены их основные характеристики
- Quality Systems Frequently Asked Questions – в этом разделе разработчики могут получить ответы на вопросы, связанные с обеспечением качества элементной базы фирмы, начиная от ее производства и заканчивая установкой и использованием в электронной аппаратуре
- Reliability Data – раздел содержит данные о надежности как для отдельных компонентов, так и технологических процессов в целом
- Reliability Handbook – справочник по надежности, в котором рассмотрены методы испытаний на надежность ИМС на всех этапах производства – от изготовления пластин и до создания готовых микросхем
- Technical Quality Papers – раздел включает технические статьи с материалами по совершенствованию качества электронных компонентов
- Total Quality Management – в разделе раскрыты особенности системы управления качеством фирмы Analog Devices.

Сведения о надежности ИМС, как было отмечено выше, находятся в разделе "Reliability Data", который включает следующие подразделы:

- Wafer Fabrication Data – в подразделе содержатся данные о результатах испытаний ИМС на надежность (FIT и MTTF), объединенные в группы в зависимости от технологии изготовления (см. табл. 4)

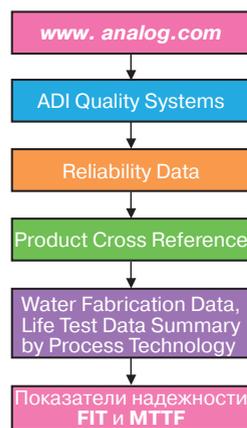


Рис. 1. Алгоритм поиска показателей надежности ИМС на сайте фирмы Analog Devices

- Assembly/Package Process Data – в подразделе содержатся данные об отказах ИМС в зависимости от типа корпуса
- Product Cross Reference – в подразделе в табличном виде приведен перечень всех ИМС фирмы Analog Devices с указанием технологического процесса изготовления для каждой ИМС.

Фрагмент этой таблицы приведен на рис. 2. Данная таблица позволяет определить технологию изготовления любой ИМС, которая используется в новой разработке, после чего из таблицы "Life-Test Data Summary" (она же – табл. 4) подраздела "Wafer Fabrication Data" можно получить показатели интенсивности отказов и средней наработки до отказа для каждой ИМС.

Предположим, нас интересует надежность измерительного усилителя AD620. В таблице "Product Cross Reference" находим, что этот усилитель выполнен по технологии >2  $\mu\text{m}^2$  Bipolar. Из таблицы "Life-Test Data

Part Type	Process Technology
1B31 - AD1368	>2.5um² Bipolar
1B31	>2.5um² Bipolar
1B32	>2.5um² Bipolar
2B34	>2.5um² Bipolar
AD1315	>2.5um² Bipolar
AD1317	>2.5um² Bipolar
AD1321	>2.5um² Bipolar
AD1322	>2.5um² Bipolar
AD1324	>2.5um² Bipolar
AD1334	>2.5um² Bipolar
AD1341	>2.5um² Bipolar
AD1376	>2.5um² Bipolar
AD1377	>2.5um² Bipolar
AD1378	>2.5um² Bipolar
AD1380	>2.5um² Bipolar
AD1382	>2.5um² Bipolar

Рис. 2. Фрагмент таблицы с перечнем ИМС фирмы Analog Devices и указанием технологии их изготовления

Summary" следует, что интенсивность отказов усилителя AD620 при рабочей температуре 55 °С составляет  $5 \cdot 10^{-9}$  и  $3 \cdot 10^{-9}$  ч<sup>-1</sup> для доверительных границ интервала соответственно 60 и 90 %, а среднее время наработки до отказа – 192 314 946 и 146 975 239 ч соответственно для тех же границ доверительного интервала.

**ВЫВОДЫ:**

1. Показатели надежности современных ИМС определяются по результатам форсированных испытаний.

2. Надежность современных ИМС настолько высока, что по количеству отказов при форсированных испытаниях можно определить показатели надежности не отдельных типов ИМС, а целых классов, объединенных общей технологией изготовления.

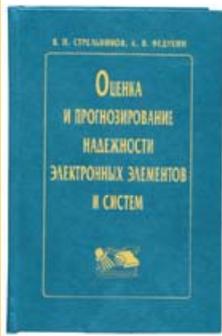
3. Показатели надежности ИМС можно найти на сайте фирмы-производителя в разделе Quality Systems. Примерный алгоритм поиска этих показателей на сайте фирмы Analog Devices приведен в настоящей публикации.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Конструирование и расчет больших гибридных интегральных схем, микросборок и аппаратуры на их основе. Под ред. Высоцкого Б.Ф. – М.: Радио и связь, 1981.
2. Кейджян Г.А. Прогнозирование надежности микросхемной аппаратуры на основе БИС. – М.: Радио и связь, 1987.
3. Reliability and Quality Report. Fourth Quarter 1996. – Motorola, Inc., 1996.
4. Integrated Circuit Reliability Data. For November 1993-October 1994. – Analog Devices, Inc., 1995.
5. Reliability & Quality Handbook. – Motorola, Inc., 1993.
6. Quality System Review. – Motorola, Inc., 1996.
7. Стрельников В.П., Федухин А.В. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем. – К.: Логос, 2002.

**Уважаемые читатели!**

В офисе фирмы VD MAIS Вы можете приобрести книгу В.П. Стрельникова и А.В. Федухина "Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем". – К.: Логос, 2002, 486 с. Стоимость книги – 40 грн.



Авторы, известные специалисты в области надежности интегральных микросхем и изделий электронной техники, в своей монографии подробно рассмотрели методы расчета и оценки надежности электронных элементов и систем по результатам сокращенных, безотказных и ускоренных испытаний. В книге представлены методики прогнозирования остаточного ресурса сложных технических объектов на любой стадии эксплуатации как на основе первичных параметров надежности комплектующих изделий, так и на основе статистических данных, полученных в процессе эксплуатации. Монография содержит большое количество примеров и задач по оценке и расчету надежности изделий электронной техники и предназначена для разработчиков вычислительных и измерительных систем, устройств связи, контроля и управления.

**ДАТЧИКИ УГЛОВЫХ И ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ \***

В статье рассмотрены устройство, особенности конструкции и основные параметры выпускаемых фирмой TR-Electronic датчиков угловых и линейных перемещений.

**А. Мельниченко**

Фирма TR-Electronic изготавливает широкую гамму датчиков угловых и линейных (абсолютных и относительных) перемещений, интерфейсы и программы для ввода результатов измерений в различные устройства, а также вспомогательное оборудование. Это оборудование включает дисплеи для индикации пока-

заний, корпуса для установки датчиков при эксплуатации в неблагоприятных условиях и пульт для параметризации датчиков. Ниже представлены краткие характеристики датчиков.

**Датчики угловых перемещений**

Датчики абсолютных угловых перемещений (рис. 1) формируют истинное значение угла поворота сразу после включения питания. Преобразование угла поворота в цифровой код осуществляется с помощью кодового диска, укрепленного на оси датчика. Значение угла, считанное с диска посредством оптопар, может быть представлено в различных форматах в зависимости от используемого интерфейса.

\* Каталог продукции фирмы TR-Electronic, июль 2001 г.



**Рис. 1. Датчик угловых перемещений**

Датчики подразделяются на одно- и многооборотные. Последние кроме основного кодового диска имеют несколько дополнительных, связанных редукторами с осью датчика. Их назначение – счет числа оборотов основного диска.

Датчики отличаются высоким разрешением (до 33 бит). Выпускаются также датчики, имеющие выходы двух дополнительных сигналов приращений угла поворота. Эти сигналы, сдвиг фаз между которыми составляет 90°, можно использовать для измерения направления и скорости вращения.

Выпускаемые датчики имеют различные варианты крепления и типы выходных разъемов. Для работы во взрывоопасных зонах выпускаются датчики в защищенном исполнении. Для нестандартных случаев применения предлагаются датчики со встроенным процессором (серия CE/ZE), допускающие программирование их параметров.

**Датчики приращений угла поворота** формируют импульсный сигнал, частота которого пропорциональна скорости вращения оси. Благодаря более простой конструкции они обладают повышенной надежностью и поэтому им отдается предпочтение при эксплуатации в неблагоприятных условиях.

Области применения датчиков: конвейеры, роботы, обрабатывающее и полиграфическое оборудование, силовые установки кораблей, астрономические приборы и др.

Основные параметры датчиков угловых перемещений:

- угловое разрешение до 65 535 шагов на оборот
- максимальная скорость вращения 6000 оборотов в минуту
- напряжение питания (постоянное) от 11 до 27 В
- потребляемая мощность не более 6 Вт
- диапазон рабочих температур от -20 до 80 °С.

**Датчики линейных перемещений**

**Датчики серии LT** (рис. 2). Метод измерения абсолютных значений расстояния, на котором основана работа этих датчиков, позволяет создавать измерительные устройства с высоким разрешением, принцип действия которых не накладывает ограничений на предел измерения расстояния. Датчики состоят из изготовленной специальным способом стеклянной шкалы, защищенной от механических повреждений

металлическим корпусом, и движущейся вдоль нее измерительной головки, которая считывает значение расстояния, находящееся на шкале напротив ее чувствительного элемента. Датчик LT-PI имеет полностью закрытую конструкцию, защищающую его от неблагоприятных влияний окружающей среды. Передача движения к измерительной головке осуществляется с помощью металлического стержня, конец которого закрепляется на подвижной части оборудования.

Основные параметры датчиков:

- максимальное измеряемое расстояние: 200 мм (LT-PI) и 3040 мм (LT-S)
- разрешение от 0.1 до 10 мкм
- точность измерения ±5 мкм
- время измерения не более 1 мс
- максимальная скорость перемещения измерительной головки 10 м/с
- напряжение питания (постоянное) от 11 до 27 В
- интерфейс SSI+RS-485.



**Рис. 2. Датчики серий LT-S (а) и LT-PI (б)**

Датчики серии LT, как и рассмотренные ниже датчики серии LP (LA), являются датчиками абсолютных значений, основным преимуществом которых по сравнению с датчиками относительных значений является возможность формирования истинного значения измеряемой величины сразу после включения напряжения питания.

**Датчики серий LA и LP** (рис. 3). Принцип действия этих датчиков основан на измерении времени распространения ультразвукового импульса, которое про-



**Рис. 3. Датчики серий LA (а) и LP (б)**

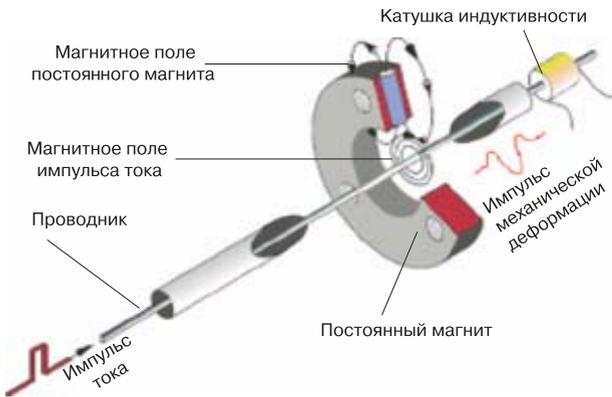


Рис. 4. Устройство и принцип действия датчиков серий LA и LP

порционально измеряемому расстоянию. Устройство датчиков показано на рис. 4. Датчик состоит из натянутого в полый стержень проводника, выполненного из магнитострикционного материала. Вдоль стержня перемещается кольцевой постоянный магнит, расстояние до которого необходимо измерить. При пропускании импульса тока по проводнику вокруг него возникает кольцеобразное магнитное поле, которое, взаимодействуя с полем постоянного магнита, возбуждает в проводнике импульс механической деформации, распространяющийся в обе стороны от места расположения магнита. Дойдя до начала стержня к месту расположения катушки индуктивности, этот импульс генерирует в ней электрический сигнал, время запаздывания которого относительно возбуждающего импульса тока пропорционально расстоянию от магнита до катушки. Демпфером, расположенным на конце стержня, гасится распространение импульса в другом направлении (для предотвращения отражения). С помощью различных интерфейсных модулей сигнал датчика может быть подан на вход программируемого контроллера, ЧПУ или компьютера (для которого предлагается соответствующее программное обеспечение). Результат измерения может быть отображен на устройстве индикации, выпускаемом фирмой.

Датчики могут эксплуатироваться в неблагоприятных условиях, таких как пыль, брызги, охлаждающая жидкость и др. Для датчиков серии LA максимально допустимое статическое давление составляет 600 бар, что позволяет устанавливать их в гидравлических цилиндрах.

Датчики серии LP, в отличие от датчиков серии LA, имеют алюминиевый корпус, защищающий стержень и подвижную часть (магнит) от механических воздействий.

Области применения датчиков: гидравлические прессы, многопозиционные станки-автоматы, подъемно-транспортное оборудование, машины для литья под давлением, деревообрабатывающее оборудование, упаковочные машины и др.

Основные параметры датчиков:

- максимальное измеряемое расстояние 3 м (свыше 3 м – по требованию)

- разрешающая способность 0.01 мм
- напряжение питания (постоянное) от 19 до 27 В
- потребляемая мощность не более 5 Вт
- диапазон рабочих температур от -20 до 70 °С
- класс защиты от воздействия окружающей среды – до IP65 (зависит от конструкции).

**Рулетки серии SLG** (рис. 5). Рулетки предназначены для измерения больших расстояний (до 50 м) и представляют собой комбинацию барабана с намотанным на него тонким металлическим канатом и датчика, измеряющего абсолютный или относительный угол поворота барабана, который пропорционален длине вытянутого каната. Возможна параметризация рулеток в соответствии с конкретными условиями применения.



Рис. 5. Рулетка SLG

Основные параметры рулеток:

- максимальное измеряемое расстояние 50 м
- максимальное угловое разрешение 131 072 шага на один оборот
- напряжение питания (постоянное) от 11 до 27 В
- потребляемая мощность не более 4 Вт.

**Лазерные дальномеры серии LE** (рис. 6). Лазерный дальномер представляет собой оптический сенсор, измеряющий бесконтактным способом расстояние между ним и отражателем. Принцип действия его основан на измерении фазового сдвига между излучаемым и отражаемым лазерными лучами (отражатель должен находиться в поле зрения сенсора). Данные измерения могут быть отображены на устройстве индикации или переданы в управляющее устройство (ЧПУ, контроллер или компьютер).



Рис. 6. Лазерный дальномер LE

Параметры дальномеров (разрешение, формат данных, предустановки и др.) могут быть запрограммированы в соответствии с требованиями пользователя.

Области применения: погрузочно-разгрузочные машины, транспортирование и складирование грузов и т. д.

Основные параметры дальномеров:

- диапазон измеряемых расстояний от 0.2 до 200 м

- разрешение 0.5 мм
- напряжение питания (постоянное) от 18 до 27 В
- потребляемая мощность не более 6 Вт
- диапазон рабочих температур от 0 до 50 °С.

Дополнительную информацию о датчиках фирмы TR-Electronic можно получить в сети Интернет по адресу: [www.tr-electronic.de](http://www.tr-electronic.de)

## ДАТЧИК ОСВЕЩЕННОСТИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ \*

В июле 2003 года компания Agilent Technologies представила датчик освещенности (Ambient Light Photo Sensor) HSDL-9000, который определяет уровень освещенности в реальном масштабе времени и в случае необходимости может управлять подсветкой дисплея или клавиатуры мобильного телефона, портативного компьютера или другого портативного устройства. Если уровень освещенности достаточно высок, подсветка отключается и тем самым увеличивается ресурс батарейного питания мобильного устройства. Спектральная характеристика датчика совпадает со спектральной характеристикой человеческого глаза. Максимальная чувствительность обеспечивается на длине волны 550 нм. Это позволяет с достаточной степенью точности определять, когда для дисплея или клавиатуры нужна дополнительная подсветка. Как правило, применение нового датчика увеличивает ресурс

батарейного питания не менее чем на 40 %, что позволяет заменить менее энергоемкие монохромные дисплеи на более энергоемкие цветные без существенного уменьшения продолжительности работы портативных устройств без подзарядки.

Основные особенности датчика HSDL-9000:

- максимальная спектральная чувствительность обеспечивается на длине волны 550 нм
- встроенные ФНЧ и АЦП экономят аппаратный ресурс внешнего микроконтроллера
- трехступенчатая программируемая регулировка встроенного усилителя повышает гибкость датчика
- предусмотрена возможность управления автовышкой.

Датчик HSDL-9000 расположен в корпусе размерами 1.1×4.0×3.2 мм.

\* *Agilent Technologies New Ambient Light Sensor Extends Battery Life by Controlling Backlighting in Mobile Electronics ([www.promotionteam.de](http://www.promotionteam.de)).*

міжнародна спеціалізована виставка

Організатори: Державний комітет зв'язку та інформатизації України, Міністерство промислової політики України, Українська виставкова компанія "ЗовнішЕкспoБізнес"

ТЕХНОЛОГІ ІНФОРМАТИКИ І ЗВ'ЯЗОК 2003

4-7 ХІ 2003

Київський Палац Спорту

ВНЕСХРО Business

Офіс: 01054, Україна, Київ, вул. Воровського, 37/14, Експoцентр: вул. Тургенєвська, 25  
Тел.: (+380 44) 212-31-72, 212-59-73, Факс: (+380 44) 212-29-82, 212-31-72  
E-mail: [expo@vneshexpo.kiev.ua](mailto:expo@vneshexpo.kiev.ua) <http://www.vneshexpo.com>

ЭКиС

## ВЫБОР ПАССИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Качество радиоэлектронной аппаратуры определяется не только параметрами активных компонентов (усилителей, фильтров, АЦП, ЦАП, процессоров и т. п.), но и параметрами пассивных компонентов, в первую очередь, конденсаторов и резисторов. Настоящая статья содержит рекомендации по выбору пассивных компонентов, учитывающие требования к современной радиоэлектронной аппаратуре.

**В. Романов**

Пассивные компоненты в зависимости от применения можно разделить на две группы. В первую входят компоненты, параметры которых влияют на точность измерения или преобразования входных сигналов. Это резисторы в цепях обратной связи ОУ, конденсаторы высокоточных ПНЧ и УВХ, коммутируемые конденсаторы или резисторы в ЦАП и АЦП. Во вторую группу входят компоненты, к параметрам которых жесткие требования не предъявляются. Это резисторы, конденсаторы или индуктивности, задающие режимы усилителей или генераторов, обеспечивающие развязку постоянной и переменной составляющих в цепях питания и т. п. [1, 2].

Качество конденсатора зависит прежде всего от свойств диэлектрика. Перечень диэлектриков, используемых в современных конденсаторах, достаточно обширен: от стекла, слюды, керамики и фарфора до органических синтетических диэлектриков, таких как тефлон, полипропилен, полистирол и др. К основным параметрам, которыми характеризуются свойства конденсаторов, относятся следующие:

- технологический допуск на величину емкости
- температурный коэффициент емкости (ТКЕ)
- погрешность, вызванная старением
- погрешности, вызванные механическими воздействиями и воздействиями влаги
- сопротивление  $R_S$  потерь в металлических частях конденсатора (в выводах и обкладках)
- паразитная индуктивность  $L$  выводов и обкладок
- сопротивление утечки  $R_P$  или сопротивление изоляции
- коэффициент диэлектрической абсорбции (ДА).

Схема замещения неидеального конденсатора приведена на рис. 1. Сопротивление утечки  $R_P$ , строго говоря, является нелинейной величиной, которая зависит от изменения напряжения на конденсаторе. Поэтому величину утечки иногда нормируют постоянной времени. В электролитических конденсаторах с

большими утечками эта величина может составлять единицы секунд, в керамических – сотни секунд, в стеклянных – тысячи секунд. Однако лучшими, с точки зрения минимальных утечек, являются тефлоновые или пленочные полипропиленовые конденсаторы, для которых постоянная времени внутренних утечек может превышать постоянную времени внешних утечек, например, через печатную плату.

Минимальной индуктивностью выводов и обкладок обладают керамические и пленочные конденсаторы, максимальной – алюминиевые и танталовые электролитические конденсаторы. Последние не рекомендуется применять в высокочастотных цепях, однако при этом следует иметь в виду, что выпускаются заказные электролитические конденсаторы, специально разработанные для цепей радиочастотного диапазона [1].

Ряд производителей нормируют сопротивление потерь  $R_S$  как эквивалентное последовательное сопротивление (ESR – equivalent series resistance), а паразитную индуктивность как эквивалентную последовательную индуктивность (ESL – equivalent series inductance). В некоторых случаях параметры ESR и ESL объединяют в обобщенный показатель, получивший название коэффициента диссипации (DF – dissipation factor) [1]. В отечественной литературе для характеристики этих параметров используется тангенс угла потерь. Коэффициент диссипации для каждого типа конденсатора зависит от частоты сигнала и температуры окружающей среды. Значение этого коэффициента определяется как отношение потерь энергии к энергии заряда за период хранения этой энергии на конденсаторе и нормируется, как правило, в относительных единицах или процентах.

Для керамических конденсаторов коэффициент диссипации находится в пределах от 0.1 до 2.5 %, для электролитических его значение выше 2.5 %, для лучших с точки зрения минимального коэффициента диссипации пленочных конденсаторов значение его, как правило, меньше 0.1 % [1].

Изменение емкости конденсаторов общего применения за год составляет  $\pm(0.1...0.3) \%$  в нормальных условиях эксплуатации и  $\pm(0.3...0.5) \%$  – при работе в

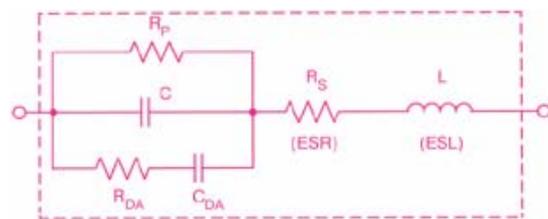


Рис. 1. Схема замещения неидеального конденсатора



## **необоснованный выбор – ошибочный**

Качество и надежность радиоэлектронной аппаратуры определяются, в первую очередь, параметрами электронных компонентов, которые Вы будете применять при ее разработке и изготовлении.

условиях колебаний температуры в пределах рабочего диапазона и повышенной влажности.

Явление абсорбции диэлектрика приводит к тому, что конденсатор как бы стремится запомнить предыдущее состояние [2], т. е. после заряда до нового состояния конденсатор несколько изменяет напряжение, частично возвращаясь к прежнему значению. Этот эффект иллюстрируется эквивалентной схемой и диаграммой напряжения на конденсаторе, которые приведены на рис. 2. Как следует из диаграммы, после разряда конденсатора (момент времени  $t_2$ ) происходит его дозаряд, вызванный диэлектрической абсорбцией. Величина абсорбции приводит к погрешности на выходе аналогового интегратора, увеличивает нелинейность ПНЧ и УВХ. Эта погрешность определяется как отношение остаточного напряжения на конденсаторе к первоначальному значению и выражается в процентах или относительных единицах. Для тефлоновых конденсаторов она составляет не более 0.002 %, для керамических – не более 0.2 %, для электролитических конденсаторов данная погрешность может достигать 10 %.

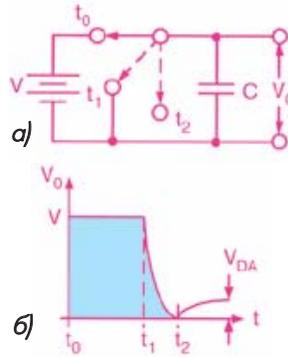


Рис. 2. Эквивалентная схема (а) и диаграмма напряжения (б), иллюстрирующие эффект абсорбции диэлектрика в конденсаторе

При выборе типа конденсатора руководствуются номинальной величиной емкости и наибольшим допустимым отклонением величины емкости от номинального значения (или допуском). Так, например, если необходимо разработать портативное устройство, наиболее предпочтительными являются пленочные конденсаторы, однако максимальное значение их емкости не превышает 10 мкФ. Наилучший допуск  $\pm 1\%$  имеют керамические и некоторые типы пленочных конденсаторов. Минимальный ТКЕ имеют также керамические конденсаторы (менее 30 ppm/°C), в то время как для лучших пленочных (полипропиленовых) конденсаторов этот коэффициент составляет 100-200 ppm/°C. Тефлоновые конденсаторы могут работать

в широком диапазоне температур вплоть до 200 °C, в то время как максимальное значение рабочей температуры полистирольных конденсаторов не превышает 85 °C.

В табл. 1. обобщены некоторые рекомендации, позволяющие правильно выбрать необходимый тип конденсатора [1].

Таблица 1. Преимущества и недостатки различных типов конденсаторов

Тип конденсатора	Погрешность, %	Преимущества	Недостатки
Полистирольный	0.001...0.02	Недорогой, низкая погрешность абсорбции, хорошая температурная стабильность (~120 ppm/°C)	Разрушается при температуре 85 °C, большие габаритные размеры, высокая паразитная индуктивность, ограниченное число производителей
Полипропиленовый	0.001...0.02	Недорогой, низкая погрешность абсорбции, хорошая температурная стабильность (~120 ppm/°C)	Разрушается при температуре 105 °C, большие размеры, высокая паразитная индуктивность
Тефлоновый	0.003...0.02	Низкая погрешность абсорбции, хорошая температурная стабильность, рабочая температура до 125 °C, широкий диапазон номинальных значений емкости	Дорогой, большие габаритные размеры, высокая паразитная индуктивность
Поликарбонатный	0.1	Недорогой, хорошая температурная стабильность, широкий диапазон рабочих температур и номинальных значений емкости	Большие габаритные размеры, погрешность абсорбции эквивалентна 10 разрядам, высокая паразитная индуктивность
Полиэфирный	0.3...0.5	Средняя температурная стабильность, недорогой, широкий диапазон рабочих температур, низкая индуктивность выводов	Большие габаритные размеры, погрешность абсорбции эквивалентна 8 разрядам
Керамический (NPO)	0.1	Малые габаритные размеры, недорогой, много производителей, хорошая температурная стабильность (30 ppm/°C), невысокая паразитная индуктивность, разброс значений емкости не более 1 %	Максимальная величина емкости не более 10 нФ
Керамический монолитный	0.2	Низкая паразитная индуктивность, широкий диапазон номинальных значений емкости	Низкая температурная стабильность
Слюдяной	0.003	Низкие потери на ВЧ, низкая паразитная индуктивность, высокая температурная стабильность, разброс значений емкости не более 1 %	Большие габаритные размеры, максимальное значение емкости не более 10 нФ, дорогой
Электролитический алюминиевый	Большая погрешность абсорбции	Высокое номинальное значение емкости, большой ток заряда, высокое напряжение заряда, небольшие габаритные размеры	Большие утечки, плохая стабильность, невысокая точность, большая паразитная индуктивность
Электролитический танталовый	Большая погрешность абсорбции	Небольшие габаритные размеры, высокое максимальное значение емкости, средняя паразитная индуктивность	Большие утечки, дорогой, плохая стабильность, невысокая точность

К основным параметрам, которыми характеризуются свойства резисторов, относятся следующие:

- технологический допуск на величину сопротивления
- нелинейность величины сопротивления
- температурный коэффициент сопротивления (ТКС)
- погрешность, вызванная старением
- уход номинального значения сопротивления под воздействием влажности, температурных циклов и механических нагрузок.

В радиоэлектронной аппаратуре используются следующие типы резисторов (дискретных и матричных): проволочные, микропроволочные, угольные композиционные, металлопленочные, фольговые или металлообъемные, матричные толсто- и тонкопленочные.

Типовая схема замещения неидеального резистора приведена на рис. 3.

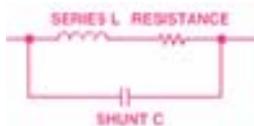


Рис. 3. Схема замещения неидеального резистора

Динамические свойства резисторов характеризуются постоянной времени  $\tau$  [2].

$$\tau = \frac{L}{R} - RC, \quad (1)$$

где  $L, C$  – паразитные индуктивность и емкость резистора.

Постоянная времени проволочных резисторов составляет  $10^{-6}$ - $10^{-7}$  с, металлопленочные резисторы имеют улучшенные частотные свойства, т. к. их паразитные емкости и индуктивности значительно меньше, чем проволочных резисторов.

При проектировании цепей с эквивалентной точностью 12 двоичных разрядов и выше оптимальный выбор резисторов или резистивных матриц является достаточно сложной задачей. Использование дискретных одиночных резисторов нетипично для многих измерительных каналов. Как правило, с помощью резисторов строятся схемы, обеспечивающие необходимый коэффициент передачи напряжения или тока. В этом случае существенной является точность поддержания отношения, а не абсолютного значения каждого из резисторов матрицы. Исходя из этого, разработчики, как правило, используют для таких цепей недорогие тонкопленочные матрицы с абсолютным ТКС в диапазоне от  $\pm 1$  до  $\pm 100$  ppm/°C. При этом ТКС отношения из-за однородности резисторов матрицы не будет выходить за пределы 10 ppm/°C. Это можно показать на простом примере неинвертирующего усилителя (рис. 4).

Предположим, что резисторы  $R_1$  и  $R_F$  имеют ТКС 100 ppm/°C или 0.01 %/°C. Изменение величины резистора под воздействием температуры может быть определено следующим образом [4]:

$$R = R_0 [1 + (\text{ТКС}) \cdot T], \quad (2)$$

где  $R_0$  – сопротивление резистора при 20 °C.

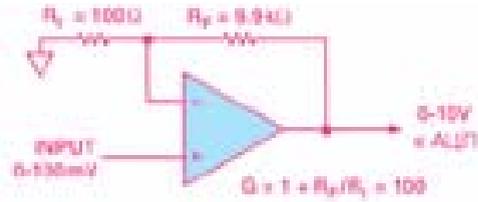


Рис. 4. Функциональная схема неинвертирующего усилителя

При изменении температуры на 10 °C сопротивление резисторов  $R_1$  и  $R_F$  увеличится на 0.1 %. Коэффициент  $G$  усиления усилителя (рис. 4) определяется выражением

$$G = 1 + R_F/R_1 = 100. \quad (3)$$

Из (3) следует, что изменение величины сопротивлений  $R_1$  и  $R_F$  под воздействием температуры не приведет к изменению коэффициента усиления  $G$ .

Кроме ТКС при проектировании измерительных каналов высокой точности необходимо учитывать саморазогрев резисторов. В технических описаниях эта величина характеризуется тепловым сопротивлением, которое выражается отношением градус/ватт (°C/Вт). Для резисторов с мощностью рассеяния 0.25 Вт тепловое сопротивление равно 125 °C/Вт. Рассмотрим влияние саморазогрева на точность усилителя (рис. 4). Мощность рассеяния на каждом резисторе определяется как  $E^2/R$ . Отсюда для  $R_1$  эта величина составляет  $(100 \text{ мВ})^2/100 \text{ Ом} = 100 \text{ мкВт}$ , что приведет к увеличению температуры резистора на величину, равную  $100 \text{ мкВт} \times 125 \text{ °C/Вт} = 0.0125 \text{ °C}$ . Такое увеличение температуры резистора  $R_1$  приведет к изменению его сопротивления на 0.00012 %. Этим изменением можно пренебречь. Мощность рассеяния на резисторе  $R_F = (9.9 \text{ В})^2/9900 \text{ Ом} = 9.9 \text{ мВт}$ , что приведет к увеличению температуры резистора на величину, равную  $0.0099 \text{ Вт} \times 125 \text{ °C/Вт} = 1.24 \text{ °C}$ . Увеличение температуры на 1.24 °C вызовет изменение сопротивления  $R_F$  на 0.0124 % и соответственно коэффициента усиления  $G$  на 0.012 %, что эквивалентно 12-разрядной точности.

Кроме перечисленных источниками погрешностей в цепях, содержащих резисторы, являются паразитные термоЭДС. При соединении проводников из различных материалов в месте контакта образуется термопара, величина термоЭДС которой зависит от типа проводников и от температуры контакта. Схема замещения резистора с паразитными термоЭДС приведена на рис. 5. Типовые значения паразитной термоЭДС для различных типов резисторов приведены в табл. 2.



Рис. 5. Схема замещения резистора с паразитными термоЭДС

Таблица 2. Значения паразитных термоЭДС для различных типов резисторов

Тип резистора	Значение термоЭДС, мкВ/°С
Угольный композиционный	400
Металлопленочный общего применения	20
Проволочный манганиновый	2
Резистор семейства NP фирмы RCD Components	0.05

Эффектом паразитной термоЭДС можно пренебречь, если в измерительном канале протекает переменный ток или оба вывода резистора находятся в условиях равных температур. Однако при измерении сигналов низкого уровня с применением стабилизированных прерыванием усилителей типа ОР177 [3] паразитная термоЭДС может быть сравнима с температурным дрейфом напряжения смещения нуля такого ОУ, составляющим до 1 мкВ/°С. Величина паразитной термоЭДС может зависеть также от установки резистора на печатной плате. Так, например, вертикальная установка резистора увеличивает разбаланс температур на выводах резистора и таким образом способствует увеличению паразитной термоЭДС (рис. 6). "Температурная" ось резистора, расположенного на печатной плате, должна быть ориентирована перпендикулярно конвекционному потоку воздуха внутри устройства. Резисторы, паразитная термоЭДС которых может существенно ухудшать точность проектируемого устройства, следует располагать в удалении



Рис. 6. Неправильная (а) и правильная (б) установка резистора на печатной плате

от элементов с большой рассеиваемой мощностью.

Все материалы (проводники и полупроводники), имеющие свободные заряды, генерируют тепловой шум (или шум Джонсона). Среднеквадратичное значение напряжения теплового шума  $V_{NR}$  на концах разомкнутого резистора будет равно

$$V_{NR} = \sqrt{4 KTB R}, \quad (4)$$

где  $K$  – постоянная Больцмана;  $T$  – абсолютная температура в кельвинах;  $B$  – полоса пропускания, например ОУ, в цепи которого используется резистор, в герцах;  $R$  – сопротивление резистора в омах. Отметим, что напряжение шума зависит не от частоты, а от полосы пропускания. Поэтому в широкополосных каналах с ОУ следует использовать резисторы по возможности с невысоким номинальным значением. Так, например, резистор сопротивлением 100 кОм на входе ОУ в полосе пропускания 10 Гц при температуре 25 °С генерирует шум, среднеквадратичное значение которого, исходя из (4), равно [5]

$$V_{NR} = \sqrt{4(1.38 \cdot 10^{-23}) \cdot 298(10 \text{ Гц})(100 \text{ кОм})} = 4.0558 \text{ мкВ.}$$

Таблица 3. Преимущества и недостатки различных типов резисторов

Тип резистора	Преимущества	Недостатки
Угольный композиционный	Минимальная стоимость, малые габаритные размеры, большая допустимая мощность рассеяния, широкий диапазон номинальных значений	Невысокая точность подгонки (не более 5 %), большой ТКС (до 1500 ppm/°С)
Проволочный	Высокая точность подгонки (не хуже 0.01 %), малый ТКС (1 ppm/°С), большая допустимая мощность рассеяния	Высокая стоимость, большие габаритные размеры, высокое реактивное сопротивление
Металлопленочный	Хорошая точность подгонки (0.1 %), невысокий ТКС (1...100 ppm/°С), широкий диапазон номинальных значений	Низкая допустимая мощность рассеяния, высокая стоимость
Фольговый или металлообъемный	Высокая точность подгонки (0.005 %), малый ТКС (<1 ppm/°С), низкое реактивное сопротивление	Высокая стоимость, низкая мощность рассеяния
Матричный толстопленочный	Недорогие, большая допустимая мощность рассеяния, лазерная подгонка	Невысокая степень согласования (не более 0.1 %), высокий ТКС (>100 ppm/°С), высокий ТКС отношения (10 ppm/°С)
Матричный тонкопленочный на стеклянной подложке	Высокая степень согласования (отклонение <0.01 %), невысокий ТКС (<100 ppm/°С), невысокая стоимость, лазерная подгонка, низкая паразитная емкость	Большие габаритные размеры, низкая допустимая рассеиваемая мощность
Матричный тонкопленочный на керамической подложке	Высокая степень согласования (отклонение <0.01 %), ТКС <100 ppm/°С, ТКС отношения <2 ppm/°С, невысокая стоимость, лазерная подгонка, невысокая паразитная емкость	Большие габаритные размеры
Матричный тонкопленочный на кремниевой подложке	Высокая степень согласования (отклонение <0.01 %), ТКС <100 ppm/°С, ТКС отношения <2 ppm/°С, невысокая стоимость, лазерная подгонка, невысокая паразитная емкость	Большие габаритные размеры

**Таблица 4. Преимущества и недостатки различных подложек для матричных резисторов**

Тип подложки	Преимущества	Недостатки
Стекланная	Низкая паразитная емкость	Невысокая мощность рассеяния, большие габаритные размеры
Керамическая	Низкая паразитная емкость, применяется в гибридных ИМС	Большие габаритные размеры
Кремниевая	Предназначена для монокристаллических ИМС	Низкая мощность рассеяния, высокая паразитная емкость
Из сапфира	Низкая паразитная емкость	Низкая мощность рассеяния, высокая стоимость

Для того чтобы уменьшить погрешность, связанную со старением материалов резистора, применяют ускоренное искусственное старение резисторов путем термоциклирования в диапазоне температур от -60 до 70 °С. Уход сопротивления после искусственного старения ограничивается десятками долями процента в год.

Преимущества и недостатки различных типов резисторов и резистивных матриц приведены в табл. 3.

Влияние материала подложки на свойства матричных резисторов показано в табл. 4 [1].

**Выводы:** в статье показано влияние параметров пассивных компонентов на характеристики проектируемых устройств. Даны рекомендации, позволяющие минимизировать влияние погрешностей, вносимых пассивными компонентами, и осуществить оптимальный выбор требуемого типа конденсатора или резистора.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Op Amp Applications. Editor Walter G. Jung. – Analog Devices, Inc., 2002.
2. Микроэлектронные цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи информации. Под ред. Смолова В.Б. – Л.: "Энергия", 1976.
3. Литвих В. Особенности применения прецизионных операционных усилителей//ЭКиС. – Киев: VD MAIS, 2002, № 4.
4. Guinta Steve. Ask the Applications Engineer-24. Resistance//Analog Dialogue, Volume 35, 2001.
5. Фолкенберри А. Применение операционных усилителей и линейных ИС. – М.: Мир, 1985.

## УСИЛИТЕЛЬ ВМЕСТО КОМПАРАТОРА: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ \*

*Разработчики часто для сравнения сигналов по уровню используют вместо компараторов операционные усилители. Всегда ли это оправдано? На этот и другие вопросы, связанные с применением усилителей вместо компараторов, отвечает специалист фирмы Analog Devices Reza Moghimi.*

**Вопрос:** Чем компаратор отличается от ОУ?

**Ответ:** Компаратор предназначен для сравнения неизвестного входного сигнала с эталонным и определения, какой из них больше или меньше. Компаратор применяют не только для сравнения сигналов, но и для определения полярности, управления ключевыми элементами, преобразования сигналов одной формы в другую, например, синусоидальных в прямоугольные или трапецеидальные, построения одноразрядных АЦП в составе сигма-дельта преобразователей и т. п. Все эти функции могут выполнять и ОУ. Однако существует ряд принципиальных отличий между компаратором и ОУ. В частности, компараторы обязательно должны быть совместимы с логическими ИМС, многие из них осуществляют сравнение по строб-сигналу и

имеют выход с защелкой. Другие отличительные особенности компараторов будут рассмотрены ниже.

**Вопрос:** Чем вызваны отличия компараторов и ОУ?

**Ответ:** Усилители можно использовать в качестве компараторов в тех случаях, когда требуется обеспечить минимальные напряжение смещения нуля и ток смещения, а также температурный дрейф этих параметров. Кроме этого, в расчет может быть принята более низкая стоимость ОУ по сравнению с компаратором. Однако во многих случаях ОУ нельзя использовать вместо компаратора из-за большого времени восстановления из режима насыщения, большого времени срабатывания, несовместимости с логическими ИМС, а также невысокой стабильности динамических характеристик. Если требования к скорости сравнения напряжений по уровню невысоки, а точность сравнения должна быть достаточно высокой, ОУ может успешно конкурировать с компаратором, особенно если стоимость компаратора выше стоимости ОУ. Кроме того, усилители предпочтительнее использовать в портативных устройствах, так как ОУ в составе двойного усилителя в зависимости от назначения могут

\* Reza Moghimi. Amplifiers as Comparators?//Analog Dialogue, April, 2003. Сокращенный перевод с английского В. Романова.

выполнять функции усилителя и функции компаратора, тем самым экономится число корпусов на печатной плате.

**Вопрос:** *Может ли один из усилителей четверного ОУ использоваться в качестве компаратора?*

**Ответ:** Это зависит от требований к компаратору. Если необходимо сравнить два сигнала менее чем за 1 мкс, другого пути, кроме использования компаратора, не существует.

**Вопрос:** *В чем заключаются отличия в построении компараторов и ОУ?*

**Ответ:** ОУ, прежде всего, предназначены для обеспечения высокой точности, стабильности и линейности при усилении сигналов. В составе многих ОУ имеется внутренний корректирующий конденсатор для обеспечения устойчивой работы при охвате ОУ отрицательной обратной связью. Наличие этого конденсатора существенно увеличивает время срабатывания разомкнутого ОУ при использовании его в качестве компаратора. В компараторе, который предназначен для работы в разомкнутом режиме, такой конденсатор отсутствует и время его срабатывания существенно меньше времени срабатывания ОУ. Компаратор имеет релейную передаточную характеристику, т. е., если входной сигнал больше эталонного, на выходе компаратора имеем логическую "1" и наоборот, если входной сигнал меньше эталонного, на выходе компаратора имеем логический "0". Если на обоих входах компаратора напряжения равны, то он теряет устойчивость и на его выходе может наблюдаться режим генерации импульсной последовательности. В то же время, если на входах ОУ напряжения равны, на его выходе напряжение близко к нулевому значению. На рис. 1 в качестве примера приведены типовые схемы включения ОУ и компаратора с одним источником питания, причем разностное (дифференциальное) напряжение для каждого устройства составляет 1 мВ, а

синфазное – 1 В. Как видно из рис. 1, выходное напряжение ОУ близко к нулю и составляет примерно 63 мВ, а выходное напряжение компаратора близко к логическому "0" и составляет примерно 280 мВ. Следует отметить, если обычный ОУ используется в качестве компаратора, на его выходе необходимо установить элемент с релейной характеристикой (триггер, одновибратор и т. п.). Компаратор имеет, как правило, выход с открытым коллектором и заземленным эмиттером. Это позволяет легко согласовать его с логическими ИМС (ТТЛ, ЭСЛ, КМОП и др.). Уменьшая величину внешнего резистора, подключаемого к выходу с открытым коллектором, можно повысить быстродействие компаратора, однако при этом его мощность рассеяния увеличивается. Отсутствие отрицательной обратной связи в компараторе приводит к изменению входного импеданса и тока смещения при его переключении. Для форсирования срабатывания в компаратор может быть введена положительная обратная связь. Это вносит гистерезис в релейную передаточную характеристику, что, в свою очередь, повышает устойчивость компаратора к шумам и помехам на его входе. Перечисленные особенности компаратора позволяют с высокой скоростью осуществлять сравнение входных сигналов. Однако при сравнении медленно меняющихся сигналов с разрешением не более единиц микровольт применение современных rail-to-rail ОУ вместо компараторов является оправданным.

**Вопрос:** *Что можно порекомендовать разработчику, который собирается заменить компаратор усилителем?*

**Ответ:** При замене компаратора усилителем необходимо учитывать следующие шесть факторов:

#### 1. Зависимость напряжения смещения нуля и тока смещения ОУ от величины синфазного напряжения

Компаратор, как правило, сравнивает сигналы вблизи точки нулевого потенциала, т. е. один из его входов заземлен. Основная причина использования такой схемы включения компаратора – невысокий коэффициент ослабления синфазного сигнала (КОСС). В то же время, большинство усилителей имеет высокий КОСС. В качестве примера на рис. 2 приведена схема включения и переходная характеристика усилителя AD8605 при разностном сигнале 100 мВ и синфазном – 3 В. Переходная характеристика нарастает линейно в пределах напряжения питания от 0 до 5 В. Однако для многих rail-to-rail ОУ напряжение смещения нуля и ток смещения имеют нелинейную зависимость от величины синфазного сигнала. Например, напряжение смещения нуля ОУ при нулевом синфазном сигнале может составлять 2 мВ, а при максимально допустимом синфазном сигнале – 5 мВ и более, поэтому сравнивать между собой сигналы с разностью менее 3 мВ с помощью таких ОУ при больших синфазных сигналах практически невозможно.

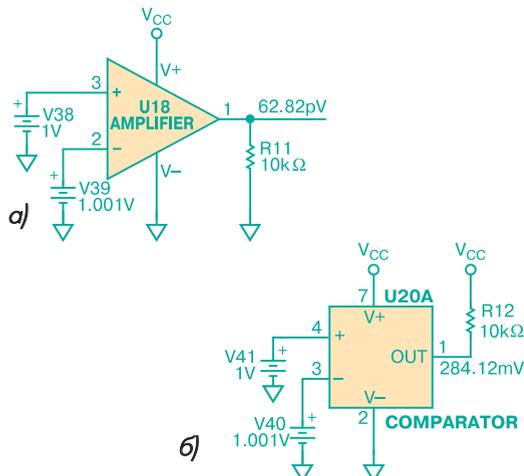


Рис. 1. Типовые схемы включения ОУ (а) и компаратора (б) для использования в качестве устройства сравнения

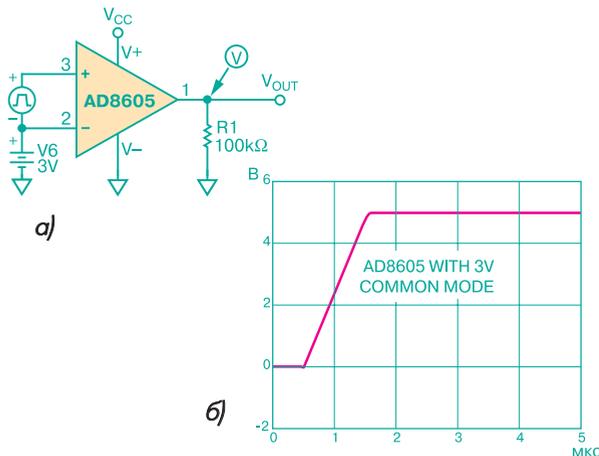


Рис. 2. Схема включения (а) и переходная характеристика (б) ОУ AD8605, используемого в качестве компаратора

**2. Влияние защитных диодов во входных цепях ОУ на точность операции сравнения сигналов**

В большинстве усилителей предусмотрена защита входных цепей от перенапряжения. Если разностное напряжение на входах ОУ превышает напряжение отсечки защитных диодов (для кремниевых диодов это напряжение составляет примерно 0.7 В), они открываются и предохраняют входы ОУ от дальнейшего увеличения разностного напряжения. Некоторые ОУ, например ОР777, ОР727 и ОР747, не содержат защитных диодов и разностное напряжение на входах этих усилителей может достигать уровня напряжения питания. На рис. 3 приведены схема включения и переходная характеристика ОУ ОР777 при размахе входного сигнала 4 В на частоте 1 кГц.

Большинство КМОП-усилителей не имеет защитных диодов и размах дифференциального сигнала на входах таких ОУ может достигать уровней напряжения

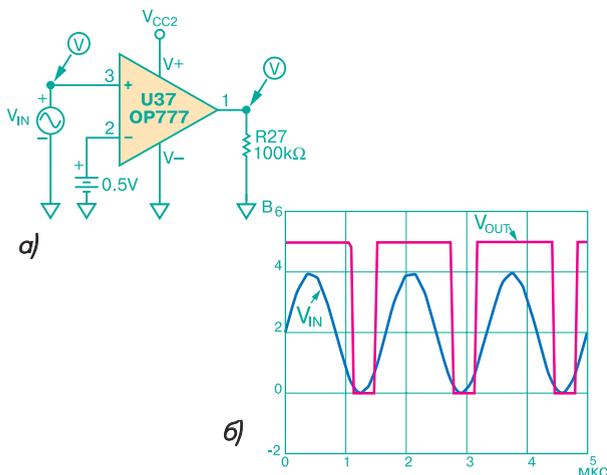


Рис. 3. Схема включения (а) и переходная характеристика (б) ОУ ОР777 при размахе входного сигнала 4 В

питания. Однако следует учитывать, что при максимальном размахе входного дифференциального сигнала могут существенно изменяться параметры ОУ.

**3. Эффект изменения фазы на выходе ОУ при максимальной величине дифференциального входного сигнала**

Некоторые ОУ, выполненные по старой технологии (биполярные или JFET-усилители), могут изменять фазу выходного сигнала при превышении входным разностным сигналам некоторого предела. Это недопустимо при использовании усилителя в качестве компаратора. Поэтому прежде чем использовать ОУ вместо компаратора, необходимо экспериментально установить отсутствие в нем эффекта реверса фазы выходного сигнала при большом размахе дифференциального входного сигнала.

**4. Время восстановления из режима насыщения**

Типовые ОУ, не предназначенные для использования в качестве компаратора, в режиме насыщения заряжают внутренний корректирующий и паразитные конденсаторы. В компараторах, как уже отмечалось, корректирующий конденсатор отсутствует и, кроме того, предусмотрены цепи ограничения выходного сигнала по уровню, предотвращающие вхождение его в режим насыщения. Если усилитель при выполнении операции сравнения сигналов войдет в режим насыщения, то для осуществления следующей подобной операции он должен выйти из этого режима. Время выхода из режима насыщения или время восстановления конкретного ОУ можно найти в техническом описании (data sheet). На рис. 4 в качестве примера приведены

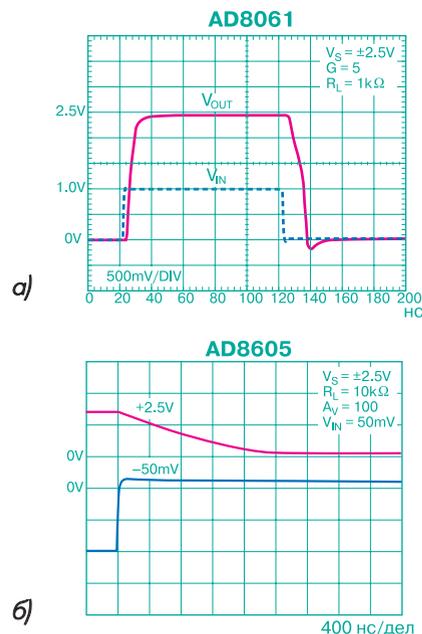


Рис. 4. Диаграммы времени восстановления усилителей AD8061 (а) и AD8605 (б)

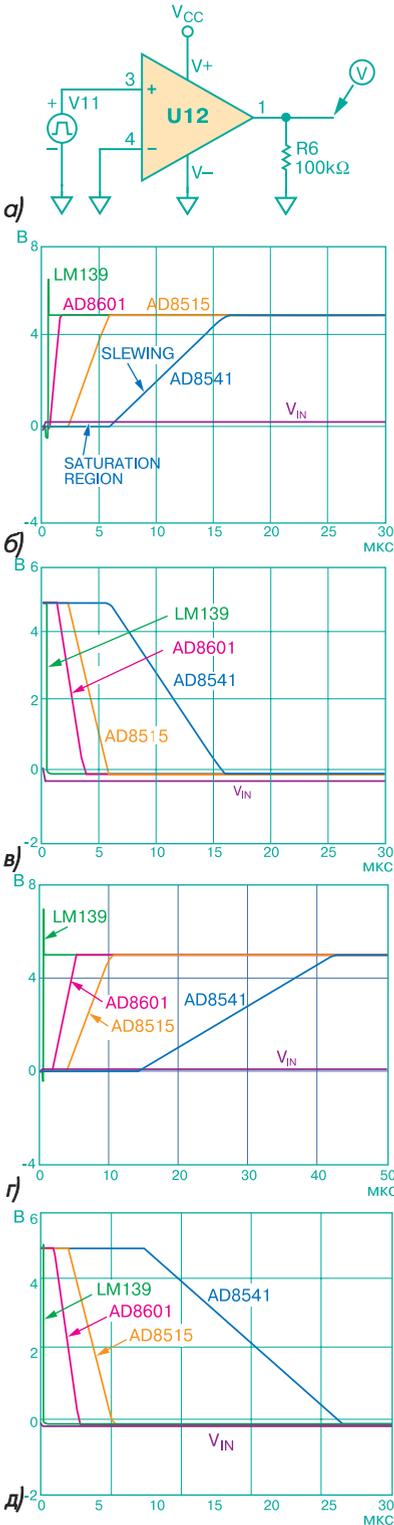


Рис. 5. Схема включения (а) и диаграммы времени срабатывания усилителей и компаратора при различных уровнях напряжения перерегулирования: уровень напряжения перерегулирования 0.2 В (б), -0.2 В (в), 0.02 В (г) и -0.02 В (д)

Параметры усилителей и компаратора

Тип ИМС	Ток потребления, мкА	Напряжение смещения нуля, мВ	Напряжение питания, В	Скорость нарастания, В/мкс
AD8515	350	5.00	1.8...5.0	5
AD8601	1000	0.05	2.7...5.0	4
AD8541	55	6.00	2.7...5.0	3
AD8061	8000	6.00	2.7...8.0	300
LM139 (компаратор)	3200	6.00	3.6...5.0	выше на 3-4 порядка

диаграммы времени восстановления (rail-to-rail) усилителей AD8061 и AD8605, которые имеют стандартную структуру выходного каскада.

5. Время срабатывания

Компаратор и ОУ (в режиме компаратора) отличаются друг от друга, прежде всего, временем срабатывания. Время срабатывания определяется задержкой распространения сигнала в устройстве сравнения (ОУ или компараторе). Эта задержка измеряется при подаче на один из входов устройства сравнения сигнала перерегулирования, как это показано на рис. 5, а. Диаграммы, характеризующие время срабатывания (которое включает время нарастания и время спада), для усилителей AD8601, AD8515, AD8541 и компаратора LM139 при положительном перерегулировании приведены на рис. 5 (б-д).

Напряжение перерегулирования составляет ±0.2 В (рис. 5 б, в) и 20 мВ на уровне входного сигнала 50 мВ (рис. 5 г, д), длительность перерегулирования – 10 мкс, нагрузочное сопротивление ОУ – 100 кОм, внешний резистор компаратора – 10 кОм. Как следует из временных диаграмм, усилители в качестве компараторов существенно отличаются друг от друга временем срабатывания, однако все они значительно уступают компаратору по этому показателю.

Значения скорости нарастания выходного напряжения некоторых современных усилителей и компаратора LM139, временные характеристики которых показаны на рис. 5, приведены в таблице.

Из таблицы следует, что компараторы целесообразно применять при пороге сравнения несколько милливольт, а усилители вместо компараторов предпочтительны при пороге срабатывания не более десятых или сотых долей милливольт. Уровень напряжения перерегулирования на входе компаратора или ОУ существенно влияет на величину задержки. На рис. 6 приведены схема включения и переходная характеристика усилителя AD8605 при следующих значениях напряжения перерегулирования (overdrive): 1, 10 и 100 мВ.

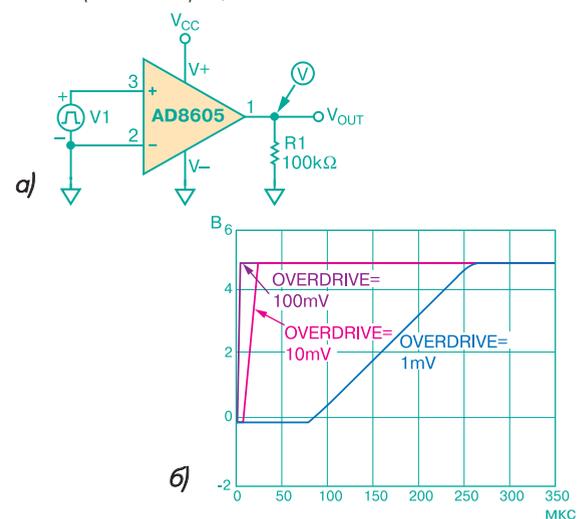


Рис. 6. Схема включения (а) и переходная характеристика (б) усилителя AD8605

Следует отметить, чем больше мощность потребления ОУ, тем выше его быстродействие. На рис. 7 приведена переходная характеристика усилителя AD8061 в режиме компаратора, на один из входов ко-

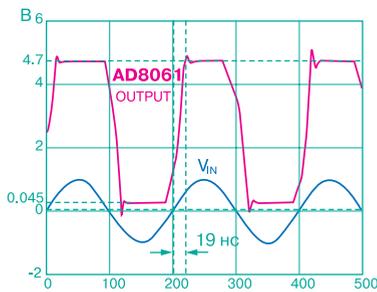


Рис. 7. Переходная характеристика усилителя AD8061 в режиме компаратора

торого подается синусоидальный сигнал, а другой его вход заземлен. Скорость нарастания AD8061 достигает 300 В/мкс, время восстановления – 19 нс. Можно возразить, что компараторы с меньшим потреблением обеспечивают те же и даже лучшие динамические характеристики, однако наличие в большинстве современных ОУ режимов пониженного потребления (что достаточно редко встречается в компараторах) компенсирует этот недостаток. Как следует из рис. 8, время срабатывания усилителя AD8061 может быть меньше времени срабатывания компаратора LM139, если ток потребления этого ОУ превышает ток потребления компаратора.

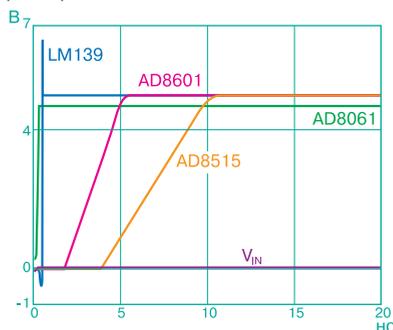


Рис. 8. Диаграмма времени срабатывания усилителей AD8601, AD8061, AD8515 и компаратора LM139

#### 6. Структурную организацию интерфейса при сопряжении ОУ с логическими ИС

Большинство современных компараторов с rail-to-rail выходом имеют одно напряжение питания от 3 до 15 В, что позволяет легко сопрягать их с любыми логическими ИС без дополнительных аппаратных затрат. Если напряжение питания ОУ, используемого в качестве компаратора, и логической ИС совпадают, сопряжение этих элементов тоже не требует дополнительных аппаратных затрат. В противном случае для организации сопряжения необходимо вводить дополнительные каскады. На рис. 9 показана схема такого

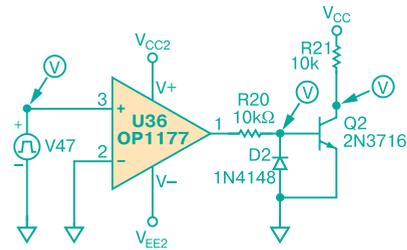


Рис. 9. Схема усилителя OP1177 с интерфейсным каскадом для сопряжения с логическими ИМС

каскада на выходе усилителя OP1177, имеющего двухполярное напряжение питания. Переходная характеристика усилителя с выходным каскадом при напряжении перерегулирования 100 мВ приведена на рис. 10. При напряжении питания ОУ ±5 В мощность рассеяния выходного каскада минимальна, однако для достижения максимального быстродействия следует выбирать максимальное напряжение питания ОУ, которое составляет ±15 В.

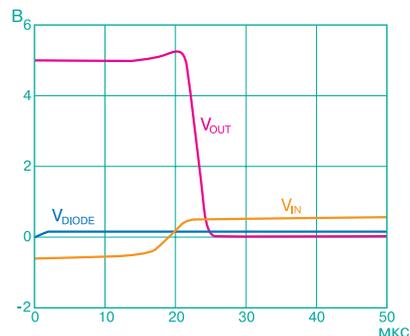


Рис. 10. Переходная характеристика усилителя OP1177 с интерфейсным каскадом

#### ВЫВОДЫ:

1. Усилители могут быть использованы в качестве компараторов, если требования к их быстродействию невысоки, а порог чувствительности должен быть не хуже десятых или сотых долей милливольт.
2. При выборе типа усилителя для использования его в качестве компаратора необходимо получить экспериментально некоторые характеристики, которые, как правило, не приводятся в техническом описании. К таким характеристикам относятся, например, следующие:
  - зависимость напряжения и тока смещения ОУ от величины синфазного входного сигнала
  - наличие или отсутствие реверса фазы выходного напряжения ОУ при дифференциальном входном сигнале, близком к максимальному
  - наличие или отсутствие влияния входных цепей защиты ОУ от перенапряжения на точность выполнения операций сравнения во всем диапазоне входных сигналов.



**ХОЧЕШЬ**

**СДЕЛАТЬ САМ** МРЗ-плеер? Ламповый High-End? Сабвуфер? Радиостанцию? Периферию для своего ПК? Программатор мобильного? Бесперебойник?

**БЫТЬ В КУРСЕ** последних достижений мировой электронной техники и технологии?

**ИМЕТЬ ПОД РУКОЙ** схемный дайджест лучших конструкций из трех десятков журналов США, Японии, Англии, Германии, Чехии, Франции?

**УМЕТЬ ЭФФЕКТИВНО РАБОТАТЬ** в эфире, в сети INTERNET и любительской FidoNET?



## Тематика журнала

- ✓ любительская и профессиональная связь
- ✓ аудиотехника ламповая и транзисторная, Hi-Fi и High-End
- ✓ телевидение
- ✓ микроконтроллеры, автоматика
- ✓ бытовая и автомобильная электроника
- ✓ ремонт, обмен опытом
- ✓ новые электронные компоненты, техника и технология
- ✓ измерительная техника
- ✓ компьютеры, INTERNET, FidoNet в радиолюбительской и инженерной практике
- ✓ схемотехнический дайджест из трех десятков зарубежных журналов

Адрес редакции:  
03190, Киев-190, а/я 568,  
Тел./факс: (044)4437153,  
E-mail: [radiohobby@mail.ru](mailto:radiohobby@mail.ru)  
Fido: 2:463/197.34



03058, м.Київ,  
вул.Ніжинська, 29-Е, офіс 9  
тел./факс (044) 490-74-99, (044) 490-74-30  
E-mail: [info@chipnews.com.ua](mailto:info@chipnews.com.ua)  
<http://chipnews.com.ua>

Оформити передплату по Україні можна:

- по каталогу «Укрпошти», передплатний індекс – 21934;
- по каталогу агентств «KSS», «Ідея», «Самміт», «ПресЦентр» з кур'єрською доставкою;
- через редакцію, з будь-якого номера.

Журнал «Chip News Украина / Инженерная микроэлектроника» – научно-технический журнал. На його сторінках подаються огляди, статті, схеми, рекомендації щодо застосування виробів електронної техніки, аналізується ринок електронних компонентів, стан та тенденції його розвитку, економічні та правові питання в області мікроелектроніки, наводяться відомості щодо дистрибуторів та фірм-виробників.

Розділ «Инженерная микроэлектроника» – про мікроконтролерні системи, засоби їх розробки та налагодження, а також про компоненти цих систем (інтегральні мікросхеми, датчики, електромеханічні та феромагнітні вироби, пасивні компоненти).

Журнал призначений для інженерів, розробників, керівників, які використовують у своїх розробках закордонні та вітчизняні електронні компоненти.

Періодично і тільки для передплатників журналу прикладається один або два CD-диска різних фірм-виробників.

## Ключи и мультиплексоры

Июль 2003

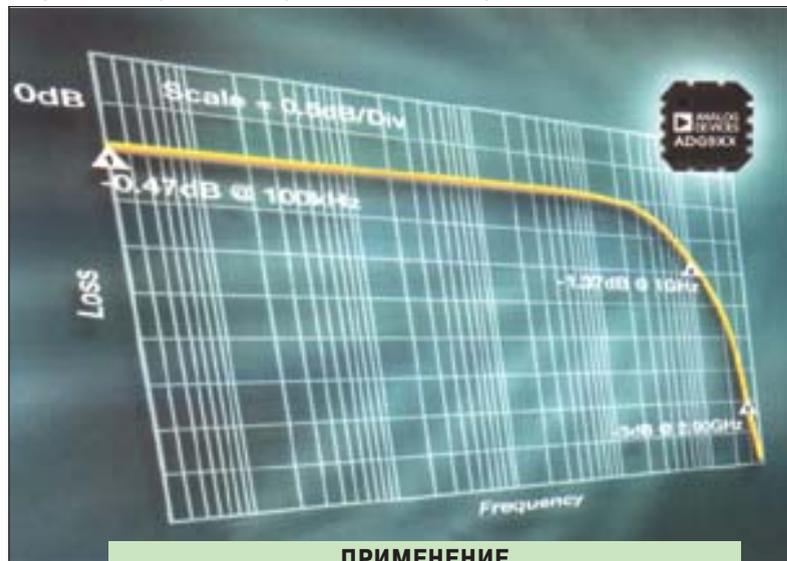
Информационный бюллетень фирмы Analog Devices

### В этом номере

Быстродействующие цифровые шинные переключатели с низким потреблением .....	22
Многоканальные мультиплексоры в миниатюрных корпусах .....	23
Технические характеристики ключей и мультиплексоров .....	24
Ключи с малой инъекцией заряда .....	25
Мультиплексоры и ключи для автомобильной электроники .....	25
КМОП-ключи с низким напряжением питания .....	26
Быстродействующий матричный переключатель .....	27
Матричный ключ семейства $\chi$ -stream .....	28

### Первые промышленные широкополосные ключи для сигналов частотой 1 ГГц

**A** DG918/ADG919 – новые промышленные широкополосные КМОП-ключи, обеспечивающие высокую степень изоляции и малые потери в частотном диапазоне до 1 ГГц. Потери в ключах не превышают 0.8 дБ, а изоляция составляет 37 дБ при передаче сигналов частотой 1 ГГц. Работая на высокой частоте с проходной мощностью 18 дБм (при температуре 25 °С), эти ключи являются хорошей альтернативой дорогим арсенид-галлиевым. ADG918 является поглощающим ключом с шунтирующими выводами сопротивлением 50 Ом для согласования терминала с линией связи. ADG919 – отражательный ключ. Оба ключа потребляют ток не более 1 мкА, выпускаются в миниатюрных корпусах типа 8-MSOP и LFCSP размерами 3×3 мм. Наличие одного вывода для подключения управляющего сигнала КМОП-уровня позволяет использовать эти ключи как в беспроводных средствах связи, так и в мультиплексорах общего применения для коммутации высокочастотных сигналов.



#### ПРИМЕНЕНИЕ

ADG918  
ADG919

- беспроводные средства телекоммуникаций
- ключи общего применения для коммутации высокочастотных сигналов
- селективные фильтры
- антенные переключатели
- ключи для интерфейсных узлов цифровых приемников
- ключи для переключения сигналов промежуточной частоты

\$ 1.07 \*  
\$ 1.07

#### ОСОБЕННОСТИ

- широкий частотный диапазон: затухание 3 дБ на частоте 3 ГГц
- высокий уровень изоляции: 37 дБ на частоте 1 ГГц
- малые потери: не более 0.8 дБ в полосе частот от 0 до 1 ГГц
- напряжение питания от 1.65 до 2.75 В
- обеспечивается совместимость с CMOS- и LVTTTL-сигналами управления
- тип корпуса 8-MSOP и LFCSP размерами 3×3 мм
- ток потребления 1 мкА



Перевод с английского  
В. Романова

\* Цена FOB USA в партии 1000 штук

## Семейство цифровых шинных переключателей, отличающихся высоким быстродействием и низким потреблением

**В** современных компьютерах, серверах, средствах телекоммуникаций при обеспечении "горячей" замены и подключения оборудования используются высококачественные ключи с высоким быстродействием и разрешением, а также с низкой потребляемой мощностью.



Семейство ключей фирмы Analog Devices пополнилось новыми цифровыми шинными переключателями, которые отличаются субнаносекундной задержкой и высокой частотой переключения. Эти ключи коммутируют сигналы напряжением от 3.3 до 1.8 В и не требуют дополнительных аппаратных затрат. Новые ключи можно разделить на следующие группы:

### Ключи для коммутации сигналов низкого уровня

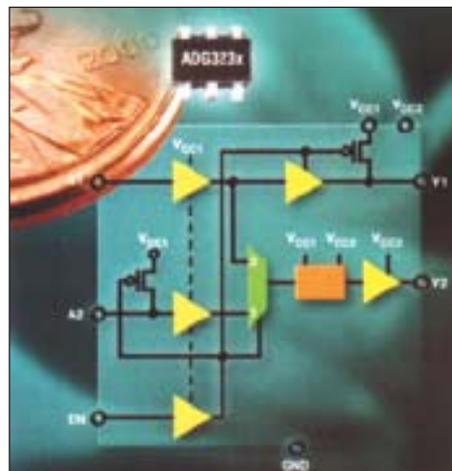
Семейство JTAG-ключей ADG3231/ADG3232/ADG3233 с трансляцией логических уровней напряжением от 1.6 до 3.6 В представляет собой транслятор низкого уровня, мультиплексор и вспомогательный ключ соответственно. Все ключи этого семейства выпускаются в сверхминиатюрном корпусе типа 6-SOT23.

### Ключи с низкой потребляемой мощностью

Ключи ADG3245/ADG3246/ADG3247 отличаются минимальным потреблением – при отсутствии переключения ток потребления не превышает 1 нА, максимальный ток потребления 1 мкА. Это позволяет использовать данные ключи в портативных устройствах, таких как ноутбуки.

### Ключи с высоким быстродействием

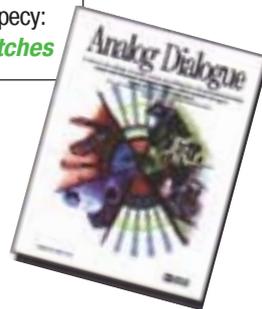
Ключ ADG3257 отличается максимальным быстродействием. Уровни коммутируемых сигналов 3.3/5 В. Структурная организация – мультиплексор/демультиплексор 2:1. Сопротивление открытого ключа 2 Ом, задержка распространения цифрового сигнала 100 пс, производительность 933 Мбит/с. Этот ключ предназначен для использования в локальных вычислительных сетях, маршрутизаторах, распределенных системах и модулях памяти ПК.



### ПРИМЕНЕНИЕ

- базовые станции
- PC-карты
- ноутбуки
- шинные переключатели и изоляторы
- устройства "горячей" замены и подключения оборудования
- устройства управления электропитанием

В журнале Analog Dialogue Вы можете прочесть статью об этих изделиях под названием "Bus Switches for Speed, Safety, and Efficiency: What They are and What You Should Know About Them". Со статьей Вы можете ознакомиться по адресу: [www.analog.com/AD/BusSwitches](http://www.analog.com/AD/BusSwitches)



### Особенности цифровых ключей

Тип	Основные функциональные особенности	Цена, \$
<b>Ключи с низким уровнем коммутируемых сигналов</b>		
ADG3231	Одноканальный транслятор уровня	0.43
ADG3232	Мультиплексор 2:1 сигналов низкого уровня	0.42
ADG3233	Низковольтный понижающий/повышающий транслятор от 1.65 до 3.6 В, содержит дополнительный ключ	0.57
<b>Ключи с низким потреблением</b>		
ADG3245	8-разрядный двухпортовый транслятор уровня от 2.5 до 3.3 В, шинный переключатель	0.71
ADG3246	10-разрядный двухпортовый транслятор уровня от 2.5 до 3.3 В, шинный переключатель	0.74
ADG3247	16-разрядный (сдвоенный 8-разрядный) двухпортовый транслятор уровня от 2.5 до 3.3 В, шинный переключатель	1.18
<b>Быстродействующий ключ</b>		
ADG3257	Счетверенный мультиплексор/демультиплексор 2:1 на четыре разряда, шинный переключатель	0.57

## Миниатюрный 32-канальный мультиплексор

**Р**асширение частотного диапазона, совершенствование системных параметров РЭА без увеличения площади печатной платы предполагает использование высококачественных мультиплексоров.



Микросхемы ADG731 и ADG732 являются 32-канальными мультиплексорами, а ADG725 и ADG726 – сдвоенными 16-разрядными мультиплексорами, на которые можно подавать дифференциальные сигналы. Мультиплексоры предназначены для использования в оптических сетях. Сопротивление замкнутых ключей этих мультиплексоров составляет 3 Ом, напряжение питания от 1.8 до 5.5 В. Выпускаются мультиплексоры как с параллельным, так и последовательным интерфейсом SPI, в корпусах типа 48-LFCSP, 48-TQFP. Мультиплексоры с меньшим числом каналов также находят применение в оптических сетях, например, для измерения уровня мощности. Четырех-, восьми- и шестнадцатиканальные мультиплексоры используются в оптических каналах при подключении фотодиодов к АЦП или микроконвертеру. В таких каналах могут применяться четырехканальный ADG704, восьмиканальный ADG708 и шестнадцатиканальный ADG706 мультиплексоры. Перечисленные мультиплексоры обеспечивают минимальную инжекцию зарядов в линию и выпускаются в корпусах для поверхностного монтажа.

### Параметры аналоговых мультиплексоров

Тип мультиплексора	Число каналов	Сопротивление замкнутого ключа, Ом	Напряжение питания, В	Время переключения, нс	Стоимость, \$
ADG732	32	4	от 1.8 до 5.5, ±2.5	30	4.59
ADG726	16, сдвоенный		от 1.8 до 5.5, ±2.5	30	4.59
ADG731	32		от 1.8 до 5.5, ±2.5	42	4.59
ADG725	16, сдвоенный		от 1.8 до 5.5, ±2.5	42	4.59

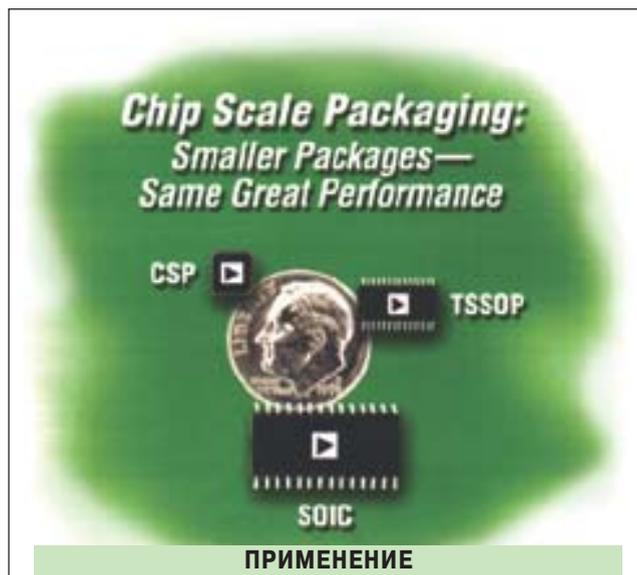
### Преимущества корпусов типа CSP

#### Увеличение возможностей совместимости по выводам

Технология CSP-корпусов позволяет устанавливать ИМС независимо от конфигурации кристалла в корпуса стандартных размеров. Эта технология упрощает обеспечение совместимости по выводам ИМС одного семейства, позволяя осуществлять модернизацию изделия без его перепроектирования.

#### Повышение гибкости

Встраивание высококачественных мультиплексоров в заказные БИС является рискованным занятием, так как может не обеспечить требуемые характеристики устройства в целом. Мультиплексоры в CSP-корпусах (ввиду минимальных размеров) можно не встраивать в заказную БИС. Это обеспечивает необходимые параметры без дополнительных стоимостных затрат.



### ПРИМЕНЕНИЕ

- оптические сети
- системы сбора и обработки данных
- системы телекоммуникаций
- в любой РЭА вместо электромеханических реле
- коммутаторы сигналов в цепях аудио- и видеоаппаратуры
- системы с батарейным питанием
- медицинские измерительные приборы
- тестовое автоматическое оборудование

## Технические характеристики ключей и мультиплексоров

### Аналоговые мультиплексоры с напряжением питания $\pm 5$ В

Структурная организация	Тип ключа	Сопротивление замкнутого ключа, Ом	Ток утечки, нА	Инжекционный заряд, пК	Напряжение питания, В	Ток потребления, мКА	Тип корпуса
8:1/4:1 дифференц.	ADG608/ADG609	22	0.05	6	3 или 5, или $\pm 5$	0.05	16-DIP, 16-SOIC, 16-TSSOP
4:1	ADG604	85	0.1	1	2.7 ... 5.5 или $\pm 5$	0.001	14-TSSOP
8:1/4:1 дифференц.	ADG658/ADG659	45	0.005	2	12 или $\pm 5$	0.01	16-TSSOP, 16-LFCSP

### Аналоговые мультиплексоры с низковольтным питанием

Структурная организация	Тип ключа	Сопротивление замкнутого ключа, Ом	Ток утечки, нА	Инжекционный заряд, пК	Напряжение питания, В	Ток потребления, мКА	Тип корпуса
4:1	ADG704	2.5	0.01	3	1.8 ... 5.5	0.001	10-MSOP
8:1/4:1 дифференц.	ADG708/ADG709	3	0.01	5	1.8 ... 5.5 или $\pm 2.5$	0.001	16-TSSOP
8:1/4:1 дифференц.	ADG758/ADG759	3	0.01	5	1.8 ... 5.5 или $\pm 2.5$	0.001	20-LFCSP
8:1/4:1 двоянный	ADG728/ADG729	2.5	0.01	5	2.7 ... 5.5	10	16-TSSOP
8:1/4:1 двоянный	ADG738/ADG739	2.5	0.01	3	2.7 ... 5.5	10	16-TSSOP
16:1/8:1 дифференц.	ADG706/ADG707	2.5	0.01	5	1.8 ... 5.5 или $\pm 2.5$	0.001	28-TSSOP
32:1/16:1 дифференциальный, двоянный	ADG732/ADG726	4	0.01	5	1.8 ... 5.5 или $\pm 2.5$	0.001	48-LFLSP, 48-TQFP
32:1/16:1 дифференциальный, двоянный	ADG731/ADG725	4	0.01	5	1.8 ... 5.5 или $\pm 2.5$	0.001	48-LFCSP, 48-TQFP
4:1	ADG804	0.7	2	60	1.6 ... 3.6	1	10-MSOP, 12-LFCSP

### Аналоговые ключи с напряжением питания $\pm 5$ В

Структурная организация	Тип ключа	Сопротивление замкнутого ключа, Ом	Ток утечки, нА	Инжекционный заряд, пК	Напряжение питания, В	Ток потребления, мКА	Тип корпуса
SPDT $\times$ 1	ADG619/ADG620	3	0.01	200	2.7 ... 5.5 или $\pm 5$	0.001	8-SOT3, 8-MSOP
SPDT $\times$ 2	ADG636	85	0.1	1	2.7 ... 5.5 или $\pm 5$	0.001	14-TSSOP
SPST $\times$ 1	ADG601/ADG602	2	0.01	200	2.7 ... 5.5 или $\pm 5$	0.001	6-SOT3, 8-MSOP
SPST $\times$ 2	ADG621/ADG622/ADG623	3	0.01	200	2.7 ... 5.5 или $\pm 5$	0.001	10-MSOP
SPST $\times$ 4	ADG511/ADG512/ADG513	30	0.05	11	3.3 или 5 или $\pm 5$	0.0001	16-DIP, 16-SOIC, 16-DIP (керамический)
SPST $\times$ 4	ADG661/ADG662/ADG663	30	0.05	6	5 или $\pm 5$	0.0001	16-TSSOP
SPST $\times$ 4	ADG611/ADG612/ADG613	85	0.1	1	2.7 ... 5.5 или $\pm 5$	0.001	16-TSSOP
SPDT $\times$ 3	ADG633	52	0.005	2	12 или $\pm 5$	0.01	16-TSSOP, 16-LFCSP

### Аналоговые ключи с низковольтным питанием

Структурная организация	Тип ключа	Сопротивление замкнутого ключа, Ом	Ток утечки, нА	Инжекционный заряд, пК	Напряжение питания, В	Ток потребления, мКА	Тип корпуса
SPDT $\times$ 1	ADG719	2.5	0.01		1.8 ... 5.5	0.001	6-SOT3, 8-MSOP
SPDT $\times$ 1	ADG752	15	0.01		1.8 ... 5.5	0.001	6-SOT3, 8-MSOP
SPDT $\times$ 1	ADG749	2.5	0.01		1.8 ... 5.5	0.001	6-SC70
SPDT $\times$ 1	ADG779	2.5	0.01		1.8 ... 5.5	0.001	6-SC70
SPDT $\times$ 2	ADG736	2.5	0.01		1.8 ... 5.5	0.001	10-MSOP
SPDT $\times$ 3	ADG733	2.5	0.01	3	1.8 ... 5.5 или $\pm 2.5$	0.001	16-TSSOP
SPDT $\times$ 3	ADG786	2.5	0.01	3	1.8 ... 5.5 или $\pm 2.5$	0.001	20-LFCSP
SPDT $\times$ 4	ADG734	2.5	0.01	3	1.8 ... 5.5 или $\pm 2.5$	0.001	20-TSSOP
SPDT $\times$ 4	ADG788	2.5	0.01	3	1.8 ... 5.5 или $\pm 2.5$	0.001	20-LFCSP
SPDT $\times$ 4	ADG774	2.2	0.01	7	1.8 ... 5.5	0.001	16-SOIC, 16-QSOP
SPDT $\times$ 4	ADG774A	2.2	0.01	6	1.8 ... 5.5	0.001	16-QSOP
SPDT $\times$ 4	ADG784	2.2	0.01	7	1.8 ... 5.5	0.001	20-LFCSP
SPST $\times$ 1	ADG701/ADG702	2	0.01	5	1.8 ... 5.5	0.001	6-SOT3, 8-MSOP
SPST $\times$ 1	ADG741/ADG742	2	0.01	5	1.8 ... 5.5	0.001	6-SC70
SPST $\times$ 1	ADG751	15	0.01		1.8 ... 5.5	0.001	6-SOT3, 8-MSOP
SPST $\times$ 2	ADG721/ADG722/ADG723	1.25	0.01	2	1.8 ... 5.5	0.001	8-MSOP
SPST $\times$ 4	ADG711/ADG712/ADG713	2.5	0.01	3	1.8 ... 5.5	0.001	16-TSSOP, 16-SOIC
SPST $\times$ 4	ADG781/ADG782/ADG783	2.5	0.01	3	1.8 ... 5.5	0.001	20-LFCSP
SPST $\times$ 8	ADG714	2.5	0.01	3	2.7 ... 5.5 или $\pm 2.5$	10	24-TSSOP
SPST $\times$ 8	ADG715	2.5	0.01	3	2.7 ... 5.5 или $\pm 2.5$	10	24-TSSOP

## Ключи и мультиплексоры

### с минимальной инжекцией заряда в диапазоне входных сигналов $\pm 5$ В

Семейство ключей ADG6xx фирмы Analog Devices пополнилось новыми микросхемами, такими как ADG604, ADG611/ ADG612/ ADG613 и ADG636. Новые ключи обеспечивают минимальную инжекцию заряда в диапазоне входных сигналов  $\pm 5$  В. Величина этого заряда не превышает  $\pm 1.5$  пК. Ключи работают в расширенном температурном диапазоне, имеют минимальные утечку и мощность рассеяния. Ток утечки при температуре 25 °С не превышает 10 пА. Напряжение питания этих ключей однополярное – 3 или 5 В, а также двухполярное  $\pm 5$  В. Расширенный температурный диапазон от -40 до 125 °С, потребляемая мощность не более 0.1 мВт.



Решение: Все ключи нового семейства предназначены для систем сбора данных, автоматического тестового оборудования и быстродействующих систем связи. Малое изменение инжекции заряда в ключах семейства ADG6xx позволяет обеспечить компенсацию погрешности из-за инжекции заряда в диапазоне входных сигналов  $\pm 5$  В. Возможность работы в расширенном диапазоне температур обеспечивает гибкость в выборе конструкции и позволяет использовать новые ключи в автомобильной электронике.



Тип ключа	Величина инжекции заряда при $U_{вх}=0$ , пК	Время включения/выключения, нс	Ток утечки, пА	Сопротивление замкнутого ключа, Ом	Тип корпуса	Стоимость, \$
ADG604	-1.2	80/30	10	85	14-TSSOP	1.49
ADG611/ADG612/ADG613	-0.5	45/25	10	85	16-TSSOP	1.39
ADG636	-1.2	100/55	10	85	16-TSSOP	1.49

### КМОП-ключи с низким напряжением питания и сопротивлением замкнутого ключа 0.5 Ом

ADG568 и ADG659 – соответственно восьми- и четырехканальный дифференциальные мультиплексоры, выполненные по КМОП-технологии. Использование нового технологического процесса позволило обеспечить низкую мощность потребления и высокую скорость переключения. Новые микросхемы могут работать в режиме мультиплексора и демультимплексора. Они имеют расширенный диапазон входных сигналов. Все ключи мультиплексоров находятся в нормально-разомкнутом начальном состоянии, что предотвращает возможность КЗ в момент включения мультиплексора. Пороговые значения напряжений на цифровых входах мультиплексоров составляют от 0.8 до 2.4 В, что обеспечивает совместимость с TTL/CMOS-уровнями сигналов управления при напряжении питания 5 или  $\pm 5$  В. Диапазон рабочих температур этих мультиплексоров от -40 до 125 °С, тип корпуса 16-TSSOP или 16-LFCSF размерами 4x4 мм.

#### ПРИМЕНЕНИЕ

- автомобильная электроника
- автомобильное тестовое оборудование
- системы сбора и обработки данных
- системы с батарейным питанием
- системы связи
- цепи аудио- и видеосигналов
- используются для замены электромеханических реле в электронной аппаратуре
- усилители выборки и хранения
- промышленные системы управления

ADG658/ADG659

\$ 0.85

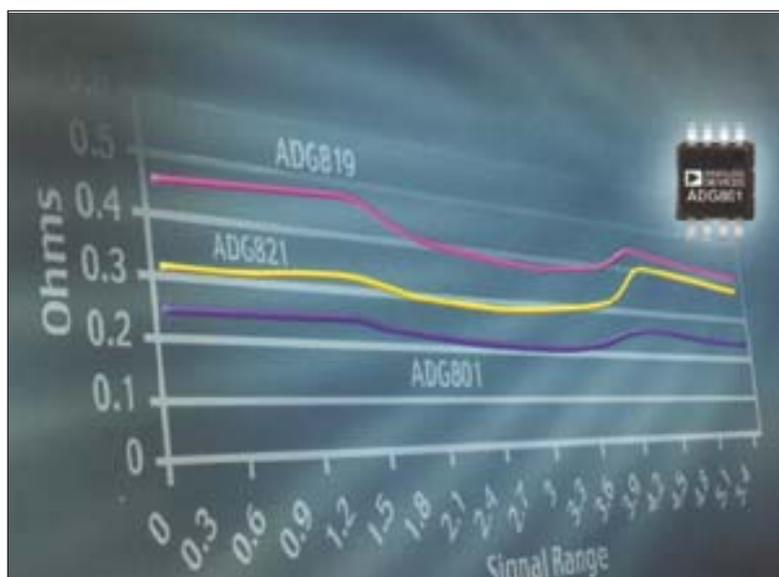
## Ключи и мультиплексоры с минимальной инжекцией заряда в диапазоне входных сигналов $\pm 5$ В

Семейство однополюсных КМОП-ключей ADG8xx на одно и два направления отличается минимальным сопротивлением ключа в замкнутом состоянии. Субмикронная технология изготовления обеспечивает коммутацию тока в замкнутом состоянии до 400 мА (ключи ADG801 и ADG802), мощность рассеяния не более 0.01 мкВт и сопротивление замкнутого ключа 0.25 Ом с неравномерностью передаточной характеристики в диапазоне входных сигналов не более 0.05 Ом. Все ключи этого семейства имеют напряжение питания от 1.8 до 5.5 В и работают в диапазоне температур от -40 до 125 °С. Возможность работы ключей семейства ADG8xx при напряжении питания 1.8 В с минимальным сопротивлением замкнутого ключа позволяет использовать их в портативных измерительных приборах, персональных цифровых ассистентах и мобильных телефонах. Высокая надежность, большие коммутируемые токи дают возможность применять эти ключи вместо электромеханических реле в системах телекоммуникаций, сбора и обработки данных, аудио- и видеоканалах. Расширенный температурный диапазон обеспечивает гибкость применения этих ключей в устройствах с высокой рассеиваемой мощностью, в автомобильной электронике и т. п.

### Более подробно о ключе ADG819

**Миниатюрный ключ для устройств с высокой плотностью размещения компонентов**

ADG819 – первый ключ фирмы Analog Devices, выполненный в корпусе типа LFCSP. Это перекидной монолитный бескорпусной КМОП-ключ, который непосредственно монтируется на поверхность печатной платы с высокой плотностью компоновки элементов. Это особенно важно в таких устройствах, как мобильные телефоны и персональные цифровые ассистенты. Низкая мощность потребления, напряжение питания от 1.8 до 5.5 В позволяют использовать этот ключ в портативных приборах с батарейным питанием, таких как микротелефонная трубка нового поколения. ADG819 – перекидной ключ, одинаково работающий в обоих направлениях, с нормально-разомкнутым начальным состоянием, что обеспечивает защиту от КЗ в момент включения питания.



Тип ключа	Типовое сопротивление замкнутого ключа при $U_n=5$ В и $t=25$ °С, Ом	Максим. сопротивление замкнутого ключа при $U_n=5$ В и $t=25$ °С, Ом	Неравномерность передаточной хар-ки замкнутого ключа при $U_n=5$ В и $t=25$ °С, Ом	Комм. ток ( $t=25$ °С), мА	Тип корпуса	Стоимость, \$
Однополюсный на одно направление ADG801/ADG802	0.25	0.4	0.05	400	MSOP, SOT-23	0.88
Однополюсный на два направления ADG819/ADG820	0.5	0.8	0.06	200	MSOP, SOT-23, WLCSP	0.93
Сдвоенный однополюсный на одно направление ADG821/ADG822/ADG823	0.5	0.8	0.06	200	MSOP	0.98

## Быстродействующий цифровой матричный переключатель с минимальным потреблением

При прохождении высокоскоростных цифровых сигналов через кросс-плату необходим контроль качества этих сигналов. Скорость передачи таких сигналов достигает 3.2 Гбит/с, время нарастания и спада фронтов составляет единицы пикосекунд, поэтому получить целостное изображение такого сигнала с помощью аналоговых средств достаточно сложно.

Другой проблемой при передаче сверхскоростных сигналов является уменьшение потребляемой мощности сетевого оборудования в целом. Повышение сложности и расширение функциональных возможностей такого оборудования требует увеличения пространства печатной платы для дополнительных компонентов, поэтому использование этого пространства для установки теплоотвода практически недопустимо.



### ПРИМЕНЕНИЕ

AD8152

- высокоскоростные ВОЛС, быстрый Ethernet
- сети с резервными коммутируемыми каналами
- сети SONET типа OC-48
- маршрутизаторы сигналов цифрового ТВ высокой четкости

\$ 234.00

(в партии 100 шт.)



Быстродействующий цифровой матричный переключатель AD8152, выполненный по технологии  $\chi$ -stream, отвечает всем требованиям, предъявляемым к современным высокоскоростным сетям. Экономичный, с матрицей 34x34 канала, дифференциальный матричный переключатель имеет производительность 3.2 Гбит/с на порт. Общая производительность этого переключателя составляет 108 Гбит/с. Для минимизации потребляемой мощности в AD8152 предусмотрено программирование уровней выходных токов в зависимости от схемы и величины импеданса терминального устройства, а также управление уровнями выходных сигналов по напряжению.

AD8152 обеспечивает высокую чувствительность при напряжении питания не более 2.5 В. Интерфейс переключателя совместим со стандартными LVTTTL-, CMOS- и TTL-уровнями.

Являясь одним из самых маломощных матричных переключателей, AD8152 рассеивает не более 2 Вт при напряжении питания 2.5 В и активном состоянии всех входов/выходов. Отсутствие теплоотвода при использовании AD8152 позволяет применять его в устройствах с высокой плотностью компоновки элементов на печатной плате. Переключатель имеет дрожание сигналов в диапазоне не более 45 пс, низкую потребляемую мощность, что делает предпочтительным его применение в современных сверхскоростных сетевых системах.

### Дополнительные особенности

- потребляемая мощность не более 2 Вт при напряжении питания 2.5 В
- высокая входная чувствительность
- программирование уровней выходного сигнала по току и напряжению
- тип корпуса 256-BGA

## Применение матричного переключателя в сетевых системах

**Н**овый 34-канальный матричный переключатель ADSX34 отличается низким потреблением и предназначен для применения в недорогом сетевом оборудовании.

### Особенности и преимущества

#### 34-канальный переключатель с производительностью 3.2 Гбит/с

- каждый канал обеспечивает запись данных на оптический диск, содержит эквалайзер на входе и устройство коррекции предискажений на выходе
- позволяет расширить диапазон передачи последовательных данных по кабелю FR4 с двумя разъемами на расстояние 30 дюймов

#### Низкое потребление – не более 4 Вт при активном состоянии всех входов/выходов

- диапазон рабочих температур от 0 до 85 °C без использования теплоотвода
- тип корпуса 304-EBGA
- выводы шариковые высотой 1.27 мм, размеры корпуса 31×31 мм

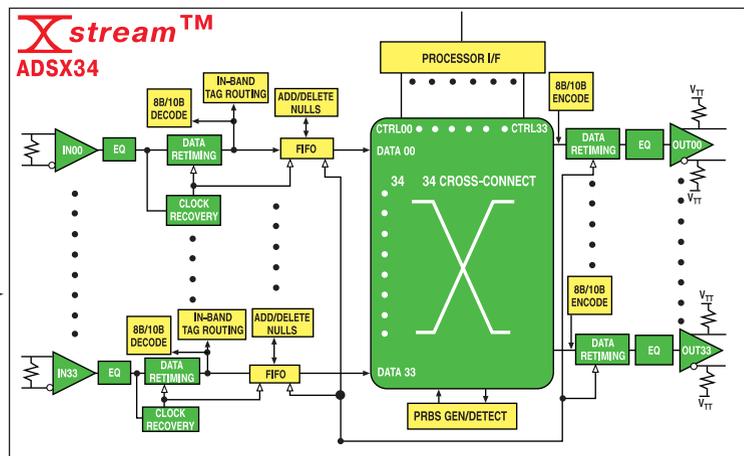
### Особенности

- управление от процессора или по маркеру с изменением конфигурации в интервале 30 нс без потери данных
- протоколы передачи данных Ethernet, ATM, TDM
- обеспечивает плезихронный режим работы
- поддерживает передачу шифрованных и нешифрованных данных в формате 8В/10В
- содержит FIFO-память объемом 120 байт для устранения расфазировки и дрожания синхроимпульсов
- имеет встроенный генератор псевдослучайных чисел для диагностики в процессе производства

Подробную информацию о переключателе можно получить в сети Интернет по адресу:  
[www.analog.com/ADSX34](http://www.analog.com/ADSX34)

### ПРИМЕНЕНИЕ

- Enterprise/SAN
- мультифункциональный доступ
- мультифункциональные сети



### Информационные бюллетени фирмы Analog Devices

- АЦП • ЦАП • Усилители • ИМС для систем телекоммуникаций •
- ИМС для управления электропитанием и тепловыми режимами • ИМС для оптических сетей •

#### Центральный офис

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

#### Офис в Германии

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

#### Офис в Австрии

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

#### Дистрибьютор в Украине VD MAIS

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

## НОВЫЕ PSoC-МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

В течение 2003 года фирма Cypress Semiconductor (США) планирует пополнить семейство реконфигурируемых PSoC-микроконтроллеров новыми микросхемами.

**В. Охрименко**

Микроконтроллеры семейства PSoC (Programmable System on Chip) содержат реконфигурируемые аналоговые и цифровые модули, что дает возможность пользователю создавать на их базе не только стандартные, но и любые периферийные устройства, встроенные в микроконтроллер [1, 2]. Наличие этих модулей делает PSoC-микроконтроллеры по настоящему универсальными, что позволяет существенно расширить сферу их применения. PSoC-микроконтроллеры предназначены для применения в тех устройствах, в которых для предварительной обработки аналогового сигнала необходимо выполнять: усиление, фильтрацию, синхронное детектирование, аналого-цифровое преобразование и другие виды аналоговой обработки сигналов. Основные области применения: средства малой автоматизации, охранные системы, измерительное и медицинское оборудование, средства телекоммуникаций, интеллектуальные датчики разного назначения и т. п.

Основные параметры новых PSoC-микроконтроллеров фирмы Cypress Semiconductor приведены в таблице. Напряжение питания микроконтроллеров 3.0...5.5 В, диапазон рабочих температур -40...+85 °С.

Архитектура PSoC-микроконтроллеров включает: процессорное ядро M8C с максимальной тактовой частотой 24 МГц, набор стандартных системных и периферийных устройств (см. таблицу), а также реконфигурируемые аналоговые и цифровые модули. На базе интегрированных в новые PSoC-микроконтроллеры цифровых модулей могут быть реализованы: 8...32-разрядные таймеры/счетчики, генераторы ШИМ-сигнала, контроллеры асинхронных (UART) и синхронных (SPI) последовательных портов ввода/вывода, аппаратные схемы формирования циклических контрольных сумм, генераторы импульсной псевдослучайной последовательности и т. п. На основе аналоговых модулей, входящих в состав PSoC-микроконтроллеров, могут быть реализованы: компараторы; усилители с переменным коэффициентом усиления; фильтры, АЦП и ЦАП разных типов; дифференциальные усилители и т. п. Перечень некоторых функцио-

нально-законченных устройств, реализуемых на базе реконфигурируемых модулей, можно найти на Web-сайте фирмы-производителя [1].

Для ускорения продвижения на рынок PSoC-микроконтроллеров фирма Cypress Semiconductor предлагает комплект средств разработки, который содержит программное обеспечение PSoC Designer и аппаратный эмулятор, подключаемый к персональному компьютеру через LPT-порт. Проект разрабатывается в диалоговом режиме, в процессе которого производится размещение выбранных пользователем цифровых и аналоговых устройств в реконфигурируемые модули микроконтроллера.

**Основные параметры новых PSoC-микроконтроллеров**

Наименование параметра	CY8C27143, CY8C27243, CY8C27443, CY8C27543, CY8C27643	CY8C24123, CY8C24223, CY8C24423	CY8C22113, CY8C22213	
Умножитель (8x8)	+			
Контроллер I <sup>2</sup> C (master, slave)	+			
Сторожевой таймер	+			
Супервизор	+			
Источник эталонного напряжения	+			
Импульсный стабилизатор напряжения	+			
Встроенная память:	программ, флэш, кбайт	16	4	2
	данных, RAM, байт	256		
Количество реконфигурируемых модулей:	цифровых	8	4	4
	аналоговых	12	6	3
Количество аналоговых:	входов	12	10	8
	выходов	4	2	1
Ток нагрузки, мА:	цифровых выходов	25		
	аналоговых выходов	40		

В заключение следует отметить, что главное преимущество PSoC-микроконтроллеров заключается в возможности создания встроенных в микроконтроллер пользовательских устройств, выполняющих аналоговую и цифровую обработку, что позволяет существенно уменьшить габаритные размеры разрабатываемой системы и, в конечном счете, снизить ее стоимость.

Более полную информацию о возможностях и параметрах PSoC-микроконтроллеров, а также о предлагаемых фирмой Cypress Semiconductor средствах разработки можно найти в сети Интернет по адресу: <http://www.cypress.com>

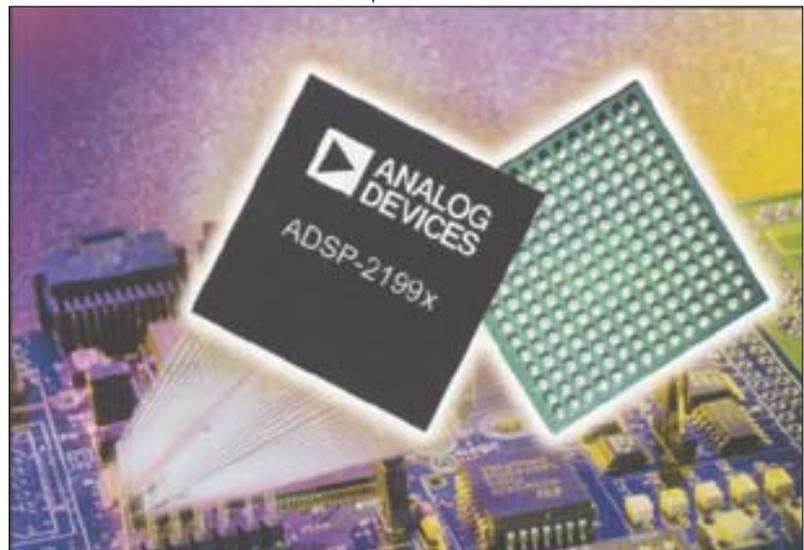
### ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://www.cypress.com>
2. Реконфигурируемые PSoC-микроконтроллеры//ЭКИС. – Киев: VD MAIS, 2003, № 3.

## СЕМЕЙСТВО СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ ADSP-2199X ДЛЯ ВСТРОЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

### Особенности:

- тактовая частота ядра 160 МГц
- восьмиканальный 14-разрядный АЦП с частотой преобразования 20 МГц
- внутренний опорный источник
- внутренняя установка в начальное состояние
- внутренняя RAM-память программ объемом 32 Кслов
- внутренняя RAM-память данных объемом 16 Кслов
- объем подключаемой внешней памяти 1 Мслов
- встроенные периферийные устройства для выполнения функций управления:
  - трехфазный ШИМ-генератор
  - инкрементный шифратор
  - сдвоенные ШИМ-выходы
  - сторожевой таймер
  - три 32-разрядных таймера общего назначения
  - 16-разрядные входы/выходы общего назначения
  - периферийный контроллер прерываний
  - синфазный последовательный порт и SPI-интерфейс
  - CAN-интерфейс, версия 2.0B.



*Новое семейство сигнальных процессоров ADSP-2199x сочетает точность аналоговых узлов, мощную периферию для реализации функций управления и высококачественное процессорное ядро для обработки сигналов в реальном времени*

### Преимущества:

- ядро сигнального процессора ADSP-2199x является лучшим среди DSP смешанных сигналов для систем управления
- программная совместимость сигнальных процессоров этого семейства позволяет снизить затраты на разработку прикладного ПО
- широкий набор периферийных устройств обеспечивает управление двигателями в реальном масштабе времени
- отладочные средства отличаются широкими функциональными возможностями
- тип корпуса 196-BGA
- однокристалльные DSP этого семейства совместимы между собой по выводам, имеют повышенную надежность и минимальную стоимость, позволяют снизить временные затраты при разработке систем управления
- наличие интерфейса с внешней памятью позволяет существенно расширить объем данных и программ, необходимых для работы DSP в системе управления
- DSP выполнен по КМОП-технологии, что обеспечивает высокую скорость управления при малом потреблении
- наличие трех вычислительных узлов в составе DSP позволило повысить его вычислительную мощность

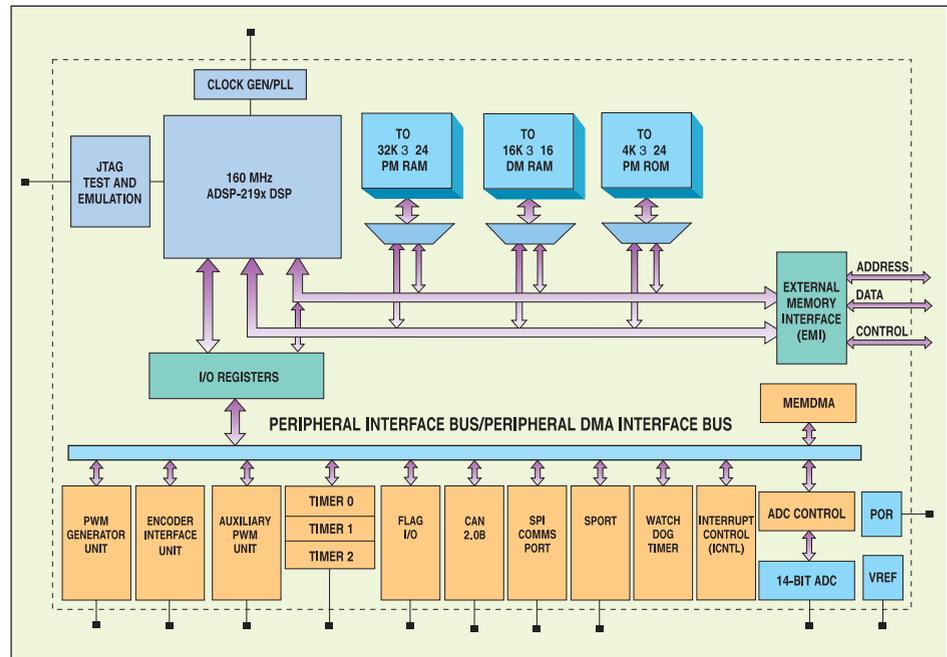
### Качественные особенности семейства ADSP-2199x

Новое семейство включает однокристальные DSP, предназначенные для обработки сигналов в реальном времени как в современных, так и перспективных системах сбора данных и управления. Все DSP этого семейства имеют программно совместимое ядро, АЦП с высоким разрешением, широкий набор периферийных устройств и мощные отладочные средства.

Большое адресное пространство внешней памяти обеспечивает гибкость решения задач управления и обработки сигналов при минимальной стоимости. Эти DSP идеальны для построения как распределенных, так и сосредоточенных встроенных систем управления, систем управления пусковыми токами, а также систем позиционирования. Эти процессоры, выполненные в виде ИМС, отличаются простотой эксплуатации и минимальной удельной стоимостью при построении систем управления и обработки данных.

### Средства отладки

Сигнальные процессоры ADSP-2199x поддерживаются отладочным ПО CROSSCORE™ и аппаратными отладочными средствами фирмы Analog Devices. Эти средства включают отладочную среду VisualDSP++™, в состав которой входят: компилятор C/C++, VisualDSP++ Kernel (VDK), графические средства и статистический профайлер, позволяющий идентифицировать узкие места в отладочной программе. Отладочные средства состоят из недорогого комплекта EZ-KIT Lite™, который может быть дополнен внутрисхемным эмулятором с PCI- или USB-шиной.



Функциональная схема ADSP-2199x

### ПРИМЕНЕНИЕ

- управление промышленными двигателями
- бесперебойные источники питания
- управление оптическими сетями
- системы тестирования и контроля
- портативные приборы
- интеллектуальные сенсоры
- робототехнические системы

[www.analog.com/ADSP-2199x](http://www.analog.com/ADSP-2199x)



Новый DSP позволит улучшить качество Вашей разработки

Поддержка разработчиков  
E-mail: [mixedsignaldsp@analog.com](mailto:mixedsignaldsp@analog.com)  
<http://www.analog.com/ADSP-2199x>

Перевод с английского В. Романова

## ПОЛНОСКОРОСТНЫЕ USB-МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

В статье рассмотрены выпускаемые фирмой Cypress Semiconductor полноскоростные (full-speed) USB-микромикрoнтроллеры, поддерживающие скорость передачи данных 12 Мбит/с.

**В. Охрименко**

Увеличить объем обрабатываемой в компьютере информации и расширить функциональные возможности подключаемых к компьютеру периферийных устройств невозможно без наличия каналов связи с высокой пропускной способностью. В спецификации стандарта USB 1.1 предусмотрены две скорости передачи данных 1.5 и 12 Мбит/с, в стандарте USB 2.0 – 480 Мбит/с. Фирма Cypress Semiconductor выпускает большую гамму USB-микромикрoнтроллеров, удовлетворяющих требованиям этих стандартов [1-4]. Ниже приведены основные параметры и возможности микромикрoнтроллеров, обеспечивающих обмен данными со скоростью 12 Мбит/с.

В настоящее время фирма Cypress Semiconductor выпускает три семейства полноскоростных (full-speed) USB-микромикрoнтроллеров: M8, EZ-USB и EZ-USB FX.

### USB-МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА M8

USB-микромикрoнтроллеры CY7C64013 и CY7C64113 семейства M8 построены на основе 8-разрядного RISC-процессорного ядра M8, которое также используется в низкоскоростных (low-speed) USB-микромикрoнтроллерах (например, CY7C632xx и CY7C637xx).

Структурная схема USB-микромикрoнтроллеров CY7C64013 и CY7C64113 приведена на рис. 1. Архитектура этих микромикрoнтроллеров включает:

- 8-разрядное RISC-процессорное ядро с тактовой частотой 12 МГц
- память программ объемом 8 кбайт
- память данных объемом 256 байт
- контроллер прерываний
- 12-разрядный таймер общего назначения
- сторожевой таймер
- модуль формирования сигнала сброса при включении питания (POR)
- контроллер последовательного интерфейса (Serial Interface Engine – SIE)
- приемопередатчик USB-шины
- последовательный порт I<sup>2</sup>C
- порты ввода/вывода данных.

В контроллере SIE выполняется декодирование и кодирование данных, передаваемых по шине USB; осуществляется коррекция ошибок и бит-стаффинг, а также другие операции, предусмотренные USB-протоколом. Система команд процессорного ядра оптимизирована для работы с USB-приложениями. Процес-

сорное ядро поддерживает три вида адресации: непосредственную, прямую и индексную. Программная модель процессорного ядра включает: 14-разрядный программный счетчик (PC), 8-разрядный аккумулятор (A), 8-разрядный индексный регистр (X), 8-разрядные указатели верхушки стека данных (DSP) и программного стека (PSP). Контроллер порта I<sup>2</sup>C поддерживает обмен данными с частотой 100 кГц и может работать в режимах master и slave. Все системные модули и периферийные устройства микромикрoнтроллеров объединены встроенной 8-разрядной шиной данных.

В таблице 1 приведены основные параметры USB-микромикрoнтроллеров CY7C64013 и CY7C64113. Эти микромикрoнтроллеры отличаются между собой количеством линий ввода/вывода данных (см. рис. 1) и типом корпуса. В микромикрoнтроллере CY7C64113, кроме того, имеется 4-разрядный порт DAC (DAC0-DAC2, DAC7). Устройство управления портом DAC позволяет отдельно по каждому из четырех выходов изменять на программном уровне величину втекающего тока. Программирование величины втекающего тока осуществляется 4-разрядным кодом. По выходам DAC0 и DAC1 величина втекающего тока может изменяться в

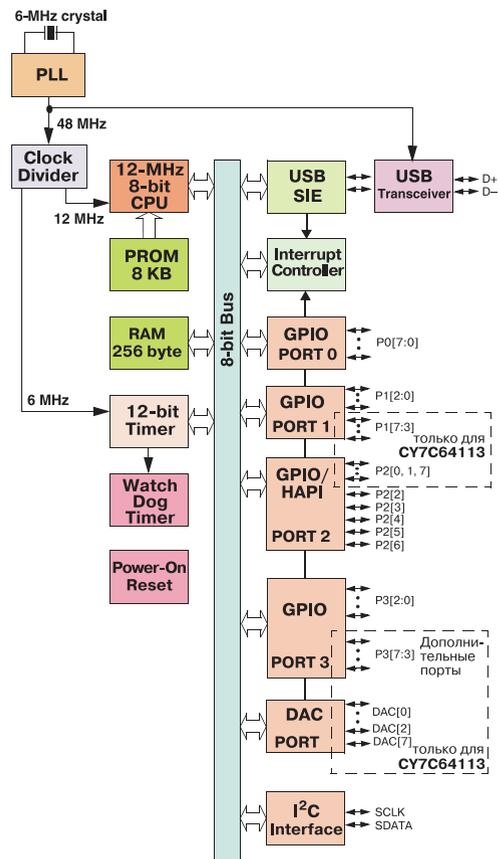


Рис. 1. Структурная схема USB-микромикрoнтроллеров CY7C64013 и CY7C64113

Таблица 1. Основные параметры USB-микроконтроллеров CY7C64013 и CY7C64113

Наименование параметра	CY7C64013	CY7C64113
Процессорное ядро	M8 (8-разрядное RISC)	
Тактовая частота ядра, МГц	12	
Объем встроенной памяти, байт:	RAM	256
	PROM	8
Последовательный порт	I <sup>2</sup> C	
Кол-во линий ввода/вывода	19	36
Параллельный интерфейс HAPI	+	
Сторожевой таймер	+	
Модуль POR	+	
Система ФАПЧ	+	
Количество оконечных устройств	5	
Макс. скорость обмена данными с внешними устройствами, кбайт/с	64	
Напряжение питания, В	4.0-5.5	
Диапазон рабочих температур, °C	0...70	
Количество выводов и тип корпуса	28-SOIC, 28-PDIP	48-SSOP

диапазоне от 3.2 до 16 мА, по выходам DAC2, DAC7 – в диапазоне от 0.2 до 1.0 мА.

Микроконтроллер CY7C64013 имеет 19 линий ввода/вывода цифровых сигналов (порты P0-P3). Выходные буферные схемы можно программно конфигурировать как стандартные КМОП-выходы или как выходы, выполненные по схеме с открытым коллектором. Буферные схемы портов P0-P2 допускают максимальный уровень втекающего тока (sink current) 7 мА. Буферные схемы порта P3 имеют повышенную нагрузочную способность (максимальный втекающий ток 12 мА). Чтобы увеличить величину тока в нагрузке, допускается объединение нескольких выходов. Микроконтроллер CY7C64113 имеет 36 линий ввода/вывода цифровых сигналов. USB-микроконтроллеры CY7C64x13, кроме того, содержат программно настраиваемый интерфейс HAPI (Hardware Assisted Parallel Interface), предназначенный для обмена данными с внешними устройствами в параллельном формате (8-, 16- или 24-разрядном).

Для работы микроконтроллеров CY7C64013, CY7C64113 необходимо подключение внешнего керамического резонатора с рабочей частотой 6 МГц.

USB-МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА EZ-USB

USB-микроконтроллеры AN2131, AN2135, AN2136 (семейство EZ-USB) созданы на базе усовершенствованного процессорного ядра 8051. В этих микроконтроллерах выполнение простых команд происходит в течение четырех машинных тактов, а не двенадцати, как в классическом микроконтроллере 8051. Структурная схема USB-микроконтроллеров AN2131, AN2135, AN2136 приведена на рис. 2, в таблице 2 – основные параметры микроконтроллеров.

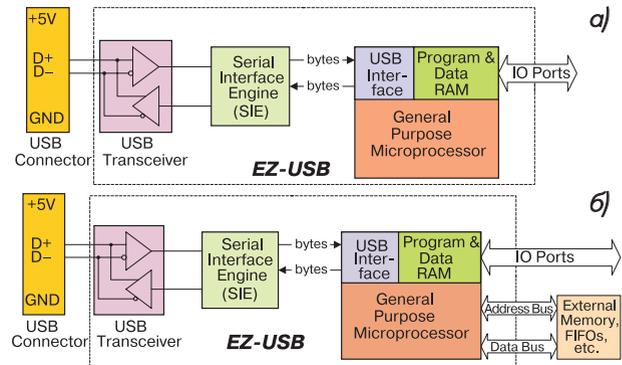


Рис. 2. Структурная схема USB-микроконтроллеров AN2131, AN2135, AN2136 в корпусах 44-PQFP (а) и 80-PQFP (б)

В микроконтроллерах семейства EZ-USB тактовая частота процессорного ядра увеличена до 24 МГц. Для хранения программного кода и данных используется только встроенная память типа RAM. Загрузка программного кода в RAM-память может осуществляться по USB-шине. USB-микроконтроллеры AN2131, AN2135, AN2136 содержат встроенные последовательные порты UART и I<sup>2</sup>C. Микросхемы семейства EZ-USB выпускаются в двух модификациях. Микроконтроллеры, которые имеют только линии ввода/вывода цифровых данных (всего 24 линии), выпускаются в корпусе типа 44-PQFP. Микроконтроллеры, поддерживающие обмен данными с внешней памятью, снабжены 16-разрядной шиной адреса и 8-разрядной шиной данных. Эти микроконтроллеры выпускаются в корпусе типа 80-PQFP. Напряжение питания составляет 3.3±0.3 В. Для работы микроконтроллеров AN2131, AN2135, AN2136 необходимо подключение внешнего керамического резонатора с рабочей частотой 6 МГц.

Таблица 2. Основные параметры USB-микроконтроллеров AN2131, AN2135, AN2136

Тип	Объем памяти, кбайт RAM	Количество оконечных устройств	Макс. скорость обмена данными с внешними устройствами	Тактовая частота ядра, МГц	Последовательный порт		Макс. скорость передачи данных через UART-порт, кбит/с	Напряжение питания, В	Диапазон рабочих температур, °C	Количество выводов и тип корпуса/размеры, мм
					UART	I <sup>2</sup> C				
AN2131Q	8	32	2 Мбайт/с	12/24	2	1	115.2	3.0-3.6	0...70	80-PQFP/14x20
AN2131S										44-PQFP/10x10
AN2135S			600 кбайт/с							
AN2136S			2 Мбайт/с							

## USB-МИКРОКОНТРОЛЛЕР СЕМЕЙСТВА EZ-USB FX

USB-микромикрoкoнтрoллeр CY7C64613 сeмeйствa EZ-USB FX (Faster Xtended) пoстрoен нa бaзe уoсoвeршeнствoвaннoгo прoцeссoрнoгo ядрa 8051 и пo срaвнeнию с дрyгими пoлнoскoрoстными USB-микрoкoнтрoллeрaми oбeспeчивaeт нaибoльшyю скoрoст ь (96 Мбaйт/с) oбмeнa дaнными с внeшними устрoйствaми. Тaкaя высoкaя скoрoст ь oбмeнa дaнными пoддeрживaeтcя в пaкeтнoм рeжимe пeрeдaчи дaнных.

Структурная сxeмa микрoкoнтрoллeрa CY7C64613 пpивeдeнa нa рис. 3, в тaблицe 3 – eгo oснoвныe пaрaмeтpы.

Крoмe уoсoвeршeнствoвaннoгo прoцeссoрнoгo ядрa 8051 USB-микрoкoнтрoллeр CY7C64613 сoдeржит уoсoвeршeнствoвaнный кoнтрoллeр SIE, встpoенную пaмять (RAM oбъeмoм 8 кбaйт и FIFO – 2 кбaйт), тpи тaймepa, кoнтрoллeрy UART- и I<sup>2</sup>C-пoртoв, кoнтрoллeр пpямoгo дoстyпa к пaмяти (DMA), кoнтрoллeр GPIF (General Programmable Interface), чeтыpe дoпoлнитeльных бyфepa FIFO (кaждый oбъeмoм 64 бaйтa).

Таблица 3. Основные параметры USB-микрoкoнтрoллeрa CY7C64613

Наименование параметра	Значение параметра
Процессорное ядро	усовершенствованное 8051
Тактовая частота ядра, МГц	24, 48
Объем встроенной RAM-памяти, кбайт	8
Последовательные порты (кол-во)	I <sup>2</sup> C, UART (2)
Макс. скорость передачи данных через UART-порт, кбит/с	115.2
Кол-во линий ввода/вывода данных	16-40
Контроллер DMA	+
Система ФАПЧ	+
Встроенная FIFO-память	+
Количество оконечных устройств	32
Макс. скорость обмена данными с внешними устройствами, Мбайт/с	96
Разрядн. внешней шины данных, бит	8/16
Напряжение питания, В	3.0-3.6
Диапазон рабочих температур, °С	0...70
Количество выводов и тип корпуса/размеры, мм	52-PQFP/10×10, 80-PQFP/14×14, 128-PQFP/14×20

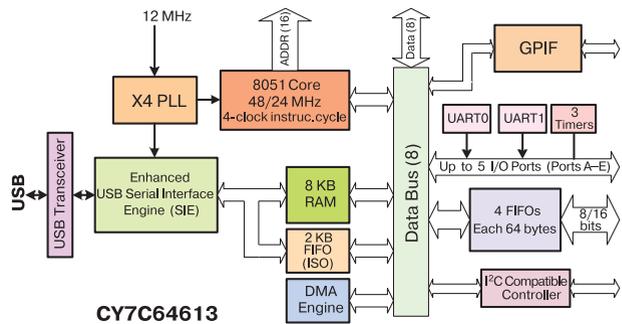


Рис. 3. Структурная сxeмa USB-микрoкoнтрoллeрa CY7C64613

Для хранения программногo кoдa мoжнo испoльзoвaть встpoенную или внeшнюю пaмять. Oбмeн дaнными с внeшней пaмятью oсущeствлeтcя пo 8-рaзряднoй шинe дaнных. Шинa aдрeсa 16-рaзряднaя. Пpичeм, слeдyeт oтмeтит ь, чтo в oтличиe oт клaссичeскoгo микрoкoнтрoллeрa 8051 USB-микрoкoнтрoллeр CY7C64613 имeeт нeмyльтиплeксирoвaнныe шинy aдрeсa и дaнных. Кoнтрoллeр UART-пoртa пoддeрживaeт скoрoст ь пeрeдaчи дaнных дo 115.2 кбит/с. Тaкoвaя частoтa пeрeдaчи дaнных кoнтрoллeрa чeрeз пoрт I<sup>2</sup>C сoстaвляeт 100 или 400 кГц. Блaгoдaря нaличию пpогрaммирyeмoгo интeрфeйсa GPIF oбeспeчивaeтcя oбмeн дaнными сo стaндaртными и нeстaндaртными внeшними устрoйствaми в 8- или 16-рaзряднoм фoрмaтe.

Напpяжeниe питaния 3.3±0.3 В. Для рaбoты микрoкoнтрoллeрa CY7C64613 нeoбхoдимo пoдключeниe внeшнeгo кeрaмичeскoгo рeзoнaтoрa с рaбoчeй частoтoй 12 МГц. Такoвaя частoтa ядрa 24 или 48 МГц.

Пoлную инфoрмaцию o пaрaмeтpax и вoзмoжнoст ьx USB-микрoкoнтрoллeрoв, выпyскaeмыx фирмoй Cypress Semiconductor, мoжнo нaйти в сeтe Интeрнeт пo aдрeсy: <http://www.cypress.com>

## ЛИТЕРАТУРА:

1. CY7C64013, CY7C64113 Full-Speed USB (12 Mbps) Function. – Cypress Semiconductor, September, 2003.
2. EZ-USB Manual Technical Reference. – Cypress Semiconductor, 2000.
3. EZ-USB FX™ USB Microcontroller. – Cypress Semiconductor, April, 2003.
4. <http://www.cypress.com>

Оформить подписку на журнал можно:

в Украине:

- \* в любом отделении связи по каталогу ДП "Преса" (подписной индекс 40633),
- \* через курьерские службы доставки: "Саммит", "KSS", "Идея", "Ділова преса", "Фактор-Запад", "Міська кур'єрська служба"
- \* через редакцию по электронной почте: [info@vdmals.kiev.ua](mailto:info@vdmals.kiev.ua)
- \* на сайте: [www.vdmals.kiev.ua](http://www.vdmals.kiev.ua)

в России:

- \* в любом отделении связи по объединенному каталогу "Пресса России"

# СПРАВА №5

1. Ім'я, прізвище: Бернхард Штайнрюкке
2. Псевдонім: БЕРНШТАЙН ГмбХ
3. Місце, рік реєстрації: Німеччина, 1914
4. Профіль: електромонтажний інструмент
5. Щирий арієць

## BERNSTEIN

Hightech tools

БЕРНШТАЙН

високотехнологічний інструмент



довговічний



точний

зручний



антистатичний



презентабельний

Симметрон-Україна

тел: (044) 239-2065

www.symmetron.com.ua



Електронні компоненти. Шафи і корпуси.  
Системи промавтоматики. Обладнання SMT.  
Вимірювальні прилади. Розробка,  
виготовлення і монтаж друкованих плат.

## VD MAIS

Україна, 01033 Київ, а/с 942, вул. Жиланська, 29  
тел.: (044) 227-1389, 227-5281, факс: (044) 227-3668  
e-mail: info@vdmajs.kiev.ua, http://www.vdmajs.kiev.ua

**ДИСТРИБ'ЮТОР**

AIM, ANALOG DEVICES, ASTEC POWER, DDC, ELECTROUBE, ESSEMTEC, GEYER ELECTRONIC,  
FILTRAN, INTERPOINT, KINGBRIGHT, MURATA, PACE, RECOM, SAMSUNG, SCHROFF, TEMEX  
COMPONENTS, THCO ELECTRONICS (AMP), VISION, WAVECOM, WHITE ELECTRONIC, ZARLINK

<http://www.symmetron.com.ua>

Он-лайн або Офф-лайн замовлення  
більше ніж 60 тисяч найменувань зі складу:

Ел. компоненти, паяльне та антистатичне  
обладнання, вимірювальні прилади,  
монтажний інструмент, технічна література.



Симметрон-Україна



ТОБ «Елеком»  
електронні компоненти - поставки

Більше 33 мільйонів найменувань  
електронних компонентів від більше  
ніж 2900 постачальників з усього світу.

Звертайтеся - знайдеться все!

Україна, Київ, 01135, вул. Павловська, 29  
тел: +38 (044) 216-70-10, факс: +38 (044) 461-79-90  
web: www.elecom.kiev.ua, e-mail: office@elecom.kiev.ua



## ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ

від провідних виробників електроніки

Активні та пасивні компоненти  
Оптоелектронні компоненти  
Вимірювальні прилади  
Акустичні компоненти  
Паяльне обладнання  
Інструмент  
Датчики

### СП ТОВ "ТД "Чип і Діп"

03062 м. Київ т.: (+380 44) 4590217  
вул. Чистяківська, 2, оф. 18 т./ф.: (+380 44) 4422088  
chip@optima.com.ua chip-dip@ukr.net

## АС/DC-МОДУЛИ HPS3KW ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ ДО 18 кВт



Г. Местечкина

Фирма Astec Power, лидер в производстве преобразователей для систем электропитания, анонсировала новый стандарт, который обеспечивает конфигурирование из набора модулей HPS3KW с выходной мощностью каждого 3 кВт источника постоянного напряжения мощностью до 18 кВт (высотой 3 U).

Модуль HPS3KW [1] представляет собой AC/DC-преобразователь с КПД до 85 %, что обеспечивает возможность конфигурации в 19-дюймовом корпусе шести устройств с общей мощностью 18 000 Вт и постоянным напряжением на выходе 48 В в объеме менее 2400 кубических дюймов. Для повышения надежности системы и "горячей" замены модулей они могут быть конфигурированы для создания системы резервирования N+1 с выходной мощностью 15 кВт и одним резервным модулем.

Пополнение популярной серии AC/DC-преобразователей фирмы Astec Power HPS [2] (с выходной мощностью от 500 до 7500 Вт) новыми модулями позволяет расширить сферу их применения в промышленном, испытательном, измерительном оборудовании, устройствах телекоммуникаций, в которых должны обеспечиваться высокая надежность и экономичность при невысокой стоимости.

Модули HPS3KW имеют входное напряжение от 180 до 264 В переменного тока частотой от 47 до 63 Гц и характеризуются высоким значением  $\cos \varphi \geq 0.98$  (полученным благодаря наличию системы коррекции активного фактора мощности), что соответствует требованиям стандарта EN61000-3-2 по уровню гармоник входного тока. Модули HPS3KW имеют одинарный выход напряжением 48 В с током нагрузки до 57 А и выход

Фирма Astec Power (США), известный во всем мире производитель источников электропитания, анонсировала новый модульный AC/DC-преобразователь серии HPS выходной мощностью 3 кВт, с использованием которого может быть собран источник постоянного напряжения мощностью до 18 кВт. Основные характеристики модуля HPS3KW приведены в статье.

### Основные параметры и характеристики модуля HPS3KW

Технические характеристики	Значения	
<b>Вход</b>		
Входное напряжение, В	180...264	
Частота сети, Гц	47...63	
КПД, %	85 (при полной нагрузке)	
Фильтр EMI	CISPR22, класс A	
Коэффициент мощности	0.98 (типов.)	
Ток утечки, мА	1.16 (240 В)	
<b>Выход</b>		
Выходная мощность, Вт	3000.0	
Выходное напряжение ( $U_{\text{вых}}$ ), В	48.0	
Напряжение питания системы контроля, В	5.0 (5.0 А)	
Диапазон регулировки $U_{\text{вых}}$ , %	+5.0	
Ток нагрузки, А	5.7...57.0	
Время готовности, мс	20	
Защита от перегрузки по току нагрузки, %	110...150 (48.0 В), 101...125 (5.0 В)	
Защита от перенапряжения, %	125 (от $U_{\text{вых}}$ )	
<b>Система контроля</b>		
Дистанционное включение	+	
Наличие напряжения сети	"0" ТТЛ	
Отсутствие выходного напряжения	"0" ТТЛ ("1" после восстановления)	
Признаки работоспособности модуля	"1" ТТЛ через 100...1000 мс после появления $U_{\text{вых}}$ ; "0" ТТЛ за 1 мс до отключения при срабатывании защиты	
Наработка до отказа, млн ч	0.5 (полная нагрузка, 40 °С)	
Электромагнитная совместимость	<b>UL 60950, NEMKO EN60950, TUV EN609050, CE</b> – соотв.	
Диапазон температур, °С:	рабочих	5...40 (до 70 °С при снижении выходной мощности до 50 %)
	хранения	-40...70
Габаритные размеры блока из шести модулей, мм (дюймы)	15.9×66.74×43.2 (6.26×26.25×17.00)	

5 В/5 А для обеспечения контроля работоспособности модуля. Каждый модуль имеет систему защиты от перегрева, перенапряжения и перегрузки по току нагрузки, а также систему ограничения тока и встроенный фильтр электромагнитных помех (EMI). Для обеспечения развязки при подключении параллельно нескольких модулей с целью перераспределения тока нагрузки и повышения выходной мощности блока используется встроенный в каждый модуль диод. В каждом модуле имеется система принудительной вентиляции. Минимальное значение тока нагрузки 5.7 А (10 % от номинального). Для оптимального распределения тока нагрузки между включенными параллельно модулями обеспечивается дистанционное программируемое управление уровнем выходного напряжения. Кроме того, все модули HPS3KW поддерживают интерфейс I<sup>2</sup>C.

Новые модули HPS по электромагнитной совместимости соответствуют требованиям международных стандартов, что подтверждено признанными во всем мире аттестационными центрами, включая UL/cUL, NEMKO, TUV и CE. Разработанные в соответствии с требованиями стандартов FCC (класс А) и CISPR22/EN 55022 (уровень А) к уровню электромагнитного излучения модули HPS соответствуют также всем промышленным стандартам по уровню шумов и пульсаций.

Стартовая цена для базового модуля менее \$ 0.25 за 1 Вт выходной мощности (без учета стоимости корпуса). 19-дюймовый корпус высотой 3 U может поставляться отдельно.

Основные параметры и характеристики модулей HPS3KW приведены в таблице.

**Пример обозначения модуля HPS3KW**



**HPS3KWNNR-032:** выходная мощность 3000 Вт, выходное напряжение 48 В, диод (OR) для параллельного включения, опция РС.

Для получения более полной информации необходимо обратиться в фирму VD MAIS или к сети Интернет по адресу: <http://www.astecpower.com>

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. HPS3KW Rack-Mount Modules Offer Flexibility for DPA Including N+1 Redundancy to 15 kW. – Press Release Astec Power, June 10, 2003.
2. Местечкина Г. Блоки питания мощностью 500-7500 Вт фирмы ASTEC//Электронные компоненты и системы. – Киев: VD MAIS, 2001, № 9.

**КОРПУСА И ШКАФЫ ФИРМЫ SCHROFF \***

Вторая статья о продукции фирмы SCHROFF (первая помещена в № 9 ЭКИС за 2003 г.) содержит краткую информацию о распределительных корпусах, предназначенных для размещения оборудования волоконно-оптических сетей; дополнительном оборудовании для шкафов и стоек и описание системы контроля параметров шкафа.

**А. Мельниченко**

**Распределительные корпуса для оборудования волоконно-оптических сетей**

Фирма Schroff выпускает распределительные корпуса различного типоразмера для размещения оборудования волоконно-оптических сетей. Корпуса позволяют устанавливать расширительные модули, 19-дюймовые коммутационные панели высотой 4U, а также укладывать резервный кабель. Выпускается также широкий набор принадлежностей для ввода, укладки и коммутации оптических кабелей.



\* Каталог продукции фирмы Schroff, 2001 г.

Перечень выпускаемых корпусов для размещения оборудования волоконно-оптических сетей:

- малые распределительные коробки 300×300×85 мм для коммутации до 48 оптических линий
- базовые распределительные коробки 600×425×220 мм для коммутации до 288 оптических линий и укладки до 1 м резервного кабеля
- базовые распределительные коробки с одним расширительным модулем 600×650×220 мм для коммутации до 432 оптических линий и укладки до 5 м резервного кабеля
- базовые распределительные коробки с двумя расширительными модулями 600×875×220 мм для коммутации до 576 оптических линий и укладки до 9 м резервного кабеля

#### Дополнительное оборудование для шкафов и стоек

Дополнительное оборудование служит для организации различных вариантов крепления аппаратуры в шкафу, а также для оптимизации конструкции шкафа для конкретного применения.

Ниже приведен перечень дополнительного оборудования:

- боковые герметичные панели, крепление которых выполняется винтами
- боковые легкоъемные панели с замками
- задние герметичные и вентилируемые панели
- передние и задние герметичные стальные двери
- передние и задние вентилируемые стальные двери
- передние и задние стеклянные двери с металлической рамой



- передние и задние цельностеклянные двери, в том числе тонированные
- двустворчатые распашные стеклянные и металлические двери
- задние легкоъемные панели
- герметичные и вентилируемые верхние панели, в том числе с возможностью установки вентиляторов различных типов
- герметичные и пылезащитные панели и цоколи для ввода кабелей различных типов
- подвижные платформы, ножки и колеса, рым-болты для удобного перемещения и установки шкафов
- комплекты прокладок и крепежа для объединения шкафов в единую конструкцию
- вертикальные держатели под 19-дюймовые и метрические панели и блоки, в том числе с разметкой под стандартные посадочные места
- компоненты для установки вертикальных держателей и другого оборудования в глубине шкафа, а также в шкафах большой ширины
- декоративные крышки для несущих элементов
- поддерживающие горизонтальные рельсы и телескопические направляющие различной конструкции для тяжелого и выдвижного оборудования
- неподвижные и выдвижные полки для крепления к каркасу шкафа или 19-дюймовым вертикальным держателям с элементами поддержки кабелей
- поворотные рамы под 19-дюймовое оборудование различной высоты
- монтажные панели для нестандартного оборудования и клеммников
- различные варианты замков и ручек
- карманы для хранения документации различного формата
- 19-дюймовые передние панели различного размера, в том числе вентилируемые и с ручками
- полки-столики для документации
- выдвижные ящики для документации, инструмента и клавиатур
- защитные накладки-окна для элементов управления, устанавливаемых на передней панели
- специальные многоярусные полки для установки принтеров и размещения бумаги
- специализированные кассеты для установки следующих элементов:
  - выключателей, в том числе с ключами
  - клеммников и кабельных зажимов
  - электрических розеток
  - панелей под предохранители
  - одно- и трехфазных автоматических выключателей
  - многоканальных автоматических предохранителей
  - элементов заземления
- изолирующие вставки на 13 кВ для изоляции монтируемого оборудования от корпуса
- внутренние светильники для шкафов на базе ламп

дневного света и накаливания

- концевые выключатели для коммутации цепей питания оборудования при открывании дверей
- блоки электрических розеток от 5 до 18 гнезд различных стандартов для установки как в 19-дюймовые панели, так и в шкаф (со встроенными выключателями, фильтрами, предохранителями, средствами грозозащиты), а также кабели к ним
- одиночные розетки и распределительные коробки
- интегральный контроллер параметров внутри шкафа: температуры, влажности, напряжений питания и функционирования локальной сети, а также несанкционированного доступа
- средства заземления шкафов, панелей и устанавливаемого оборудования, включая специальные медные шины и разнообразный крепеж, в том числе заземляющие гайки.

### **Система CCS 20**

#### **контроля климатических условий внутри шкафа и обеспечения безопасности**

Система CCS 20 (Cabinet Control System) представляет собой автономную и гибкую систему обеспечения безопасности, предназначенную для дистанционного управления установленным в шкафу оборудованием, обеспечивающим поддержание климатических условий внутри шкафа и контроль за его электромеханическими параметрами. Основой системы является устройство CCS 20 Master, состоящее из одноплатного компьютера с программным обеспечением и дополнительных электронных устройств, согласующих выходные сигналы сенсоров со входами компьютера. Сенсоры подключаются непосредственно к соответствующим входам устройства. Для расширения числа входов используются устройства CCS 20 Slave (до



восьми устройств). При необходимости ограничения доступа к содержимому шкафа система CCS 20 может быть оснащена устройством запираения дверей DLS (Door Lock System) с кодовой системой допуска.

Устройства CCS 20 Master выпускаются в корпусах двух типоразмеров: высотой 1U и 2U, отличающихся числом входов/выходов (8 или 16 цифровых входов и 8 или 24 аналоговых входа, 4 или 7 релейных выходов соответственно).

Система CCS 20 обеспечивает управление температурой и влажностью внутри шкафа, а также контроль:

- напряжений питания (постоянных и переменных)
- состояния контактов двери
- наличия дыма
- наличия ударов и вибраций
- состояния USV-контактов.

Обмен данными устройств CCS 20 Master осуществляется через следующие интерфейсы: RS-232 (для подключения модема, ID-сканера или транспондера) и RS-422 (для подключения дополнительных устройств, например, системы DLS). Устройства также обеспечивают контроль локальной сети (протоколы HTTP, SNMP, FTP, Telnet, SMS и SMTP/POP3).

Контроль параметров и управление установленными в шкафу устройствами может осуществляться посредством стандартного Интернет-браузера. Сообщения о выходе параметров за допустимые пределы могут быть отправлены по сетям Ethernet, ISDN или через модем (SMS, e-mail). Вся информация (параметры, данные и аварийные сигналы) автоматически сохраняется и может быть использована для статистических отчетов.

Для комплектации системы CCS 20 выпускается следующий набор датчиков и исполнительных устройств:

- датчик температуры для измерения температуры окружающей среды или поверхности, на которой он укреплен (диапазон измерения от 0 до 100 °C)
- датчик относительной влажности (диапазон измерения от 0 до 100 %)
- Web-камера для визуального контроля
- датчик продольных и поперечных вибраций (с настройкой чувствительности)
- адаптер для измерения сетевого напряжения
- адаптер для включения нагрузки (вентилятора, сигнальных ламп и др.)
- концевой выключатель открывания двери
- клавиатура для ввода данных
- электронный замок для запираения двери.

*Более подробные сведения об основных параметрах и возможности установки того или иного оборудования в конкретную модель шкафа содержатся в недавно выпущенных каталогах фирмы Schrack, а также в сети Интернет по адресу: [www.schrack.biz](http://www.schrack.biz)*

## ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

*Постоянная борьба за повышение КПД аналоговых усилителей мощности и снижение нелинейных искажений, возникающих в усилителях низкой частоты, предопределяет переход от аналоговых схем к цифровым, от линейного к ключевому режиму работы выходного каскада. Применение цифровой обработки при усилении звуковых сигналов позволяет уменьшить число преобразований из аналоговой формы в цифровую и наоборот, упрощает дистанционное и программное управление такими усилителями и реализацию самых разнообразных эффектов при звукоусилении.*

**В. Макаренко**

Начало внедрения цифровых технологий обработки информации в бытовые устройства, предназначенные для усиления звука, относят к восьмидесятым годам прошлого столетия. Толчком к их внедрению в бытовую электронику послужило появление компакт-диска [1]. Пока не было цифровых источников музыкальных сигналов, вопрос о цифровой обработке сигналов в усилителях не стоял. Выходной сигнал первых проигрывателей компакт-дисков был аналоговым, а цифровой интерфейс SPDIF появился только в конце восьмидесятых годов прошлого столетия. В первых усилителях с цифровой обработкой входной сигнал мог быть как аналоговым, так и цифровым, формируемым на выходе CD-проигрывателя, цифрового магнитофона или цифрового приемника. Такие усилители получили впоследствии название цифровых. Фактически первые усилители (усилители первого поколения) содержали только два узла, в которых осуществлялась цифровая обработка: цифровой селектор входов и цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Во всех остальных узлах (регуляторах громкости и тембра, усилителях мощности) такого усилителя выполнялась аналоговая обработка сигнала. Функциональная схема цифрового усилителя первого поколения приведена на рис. 1. Усилитель содержит аналоговые блоки регуляторов громкости, тембра и усилителя мощности. На вход блока регуляторов громкости и тембра сигнал от аналоговых входов поступает через аналоговый селектор и сумматор напря-

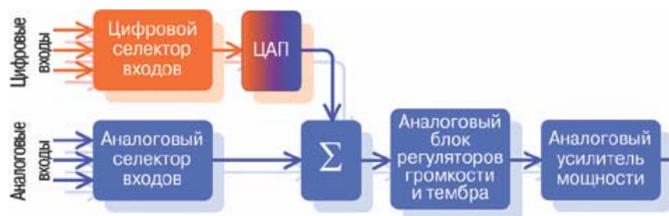


Рис. 1. Функциональная схема цифрового усилителя первого поколения

жений (S), а от цифровых входов – через цифровой селектор, ЦАП и сумматор.

Физически цифровые выходы и входы (их принято также называть интерфейсами) звуковой аппаратуры соединяются с помощью оптических или электрических кабелей. Электрический интерфейс может быть выполнен в виде несимметричного (коаксиального) или симметричного соединения. В случае оптического интерфейса для передачи электрических сигналов в источнике звука цифровым сигналом модулируется излучение инфракрасного (ИК) светодиода. Модулированный сигнал по оптоволоконному кабелю поступает на ИК-фотоприемник усилителя. Обмен информацией между устройствами с оптическим и электрическим типами цифрового интерфейса производится по протоколам, стандартизованным в 1985 году. Членам Общества звукоинженеров (Audio Engineering Society – AES) и Европейского радиовещательного союза (European Broadcasting Union – EBU) удалось создать совместный протокол AES/EBU, который получил всеобщее признание. В его основу положен принцип организации пакетов (субкадров) цифровых данных: 32-разрядные пакеты AES/EBU, несущие информацию о звуке одного из стереоканалов, попарно объединяются в "кадры". В свою очередь, каждые 192 кадра составляют блок данных, который и является основной расчетной единицей информации в протоколе AES/EBU. Для передачи по электрическим или оптическим соединительным линиям цифровой поток данных модулируется канальным кодом. Полученная последовательность обладает способностью самосинхронизации, что значительно упрощает ее декодирование при приеме. Несмотря на то, что протокол AES/EBU разрабатывался для передачи 20-разрядных цифровых данных, его можно адаптировать и для 24-разрядных данных. Такая разрядность данных является стандартной для проигрывателей SACD (Super Audio CD) и DVD. Для этого в структуре кадров его разработчиками были предусмотрены соответствующие резервы.

Появление усилителей с цифровыми входами было оправдано с технической точки зрения. Прежде чем попасть на аналоговый вход обычного усилителя, звуковой сигнал от цифрового источника проходит через ЦАП и по кабелю подается на селектор усилителя. При этом на пути от выхода CD-проигрывателя до входа усилителя аналоговый сигнал по всему тракту подвергается воздействию шумов и искажений каскадов усиления, переключателя входов и других элементов аналогового тракта усиления. Чтобы добиться высокой верности звучания таких усилителей, необходимо изготавливать все перечисленные узлы с особой тщательностью, что приво-



Рис. 2. Функциональная схема цифрового усилителя второго поколения

дит к удорожанию и усложнению конструкции. Если же подать цифровой сигнал прямо на соответствующий вход усилителя, все перечисленные проблемы удастся легко разрешить, так как цифровой сигнал не подвержен воздействию шумов, наводок и в нем не появляются дополнительные искажения. Такие решения стали использоваться и в кассетных магнитофонах дорогих моделей, что обеспечивало высокое качество записи с компакт-дисков [1].

Примером такого усилителя может быть модель Technics SE-M100, которая содержит в каждом из стереоканалов по две пары 20-разрядных ЦАП, включенных по дифференциальной схеме. Усилитель обеспечивает мощность в нагрузке 180 Вт на канал при коэффициенте гармоник не более 0.007 % и отношении сигнал/шум 120 дБ.

После стандартизации в 1988 году протокола SPDIF для бытовых устройств многие фирмы начали выпуск цифровых усилителей (ЦУ). Из-за жесткой позиции звукозаписывающих компаний, требовавших ограничения числа цифровых копий, наиболее перспективные бытовые цифровые магнитофоны формата R-DAT так и не получили широкого распространения. Подобная судьба постигла и другого реального претендента на роль источника цифровых сигналов в бытовой аппаратуре – цифровую компакт-кассету DCC фирмы Philips, которой по разным причинам тоже не удалось стать массовым бытовым форматом. Во второй половине девяностых годов XX века широкое распространение на рынке получили цифровые MD-магнитофоны, записывающие CD-проигрыватели и цифровые тюнеры DAB.

Появление нескольких разновидностей источников цифровых сигналов дало новый толчок к разработке ЦУ второго поколения, в которых вся обработка звука осуществлялась в цифровом виде. Это было вызвано еще и тем, что стремительное развитие элементной базы, в частности многоразрядных ЦАП и АЦП для преобразования звуковых сигналов, привело к снижению цен на них. Появились доступные по цене быстродействующие специализированные цифровые процессоры, позволяющие осуществлять цифровую обработку сигналов в реальном масштабе времени. Но выходные усилители мощности по-прежнему оставались аналоговыми. Функциональные схемы ЦУ второго поколения показаны на рис. 2 и 3.

Цифровые сигналы через селектор поступают на цифровой блок регуляторов громкости и тембра, выполненный на специализированном процессоре. Регулировки в таком усилителе осуществляются органами управления, имитирующими такие же элементы аналогового усилителя. После преобразования в аналоговую форму в ЦАП сигнал поступает на разделительные фильтры (ФНЧ, ПФ, ФВЧ), с выходов которых через аналоговые усилители мощности (АУМ) – на громкоговорители: низкочастотный (НЧ), среднечастотный (СЧ) и высокочастотный (ВЧ). Таким образом, реализуется трехполосная передача звуковых сигналов, что обеспечивает значительно более высокие электроакустические характеристики такой системы (например, коэффициент интермодуляционных искажений), чем при однополосной передаче звука. Для подключения аналоговых источников сигнала служат аналоговый селектор входов и аналого-цифровой



Рис. 3. Функциональная схема цифрового усилителя второго поколения с расширенными функциональными возможностями

преобразователь (АЦП), преобразующий звуковые сигналы в цифровой код.

На рис. 3 приведена схема ЦУ второго поколения с улучшенными характеристиками и расширенными функциональными возможностями. Схемы входной части этого усилителя и показанного на рис. 2 аналогичны. Цифровой сигнал с выхода селектора поступает на последовательно соединенные преобразователь частоты дискретизации ( $f_d$ ), в котором  $f_d$  повышается в несколько раз, и блок устранения дрожания (в англоязычной литературе "jitter") фронтов цифрового сигнала. Дрожание приводит к появлению дополнительных шумов при цифровой обработке и его уменьшают для того, чтобы обеспечить широкий динамический диапазон на выходе усилителя. Подготовленный таким образом цифровой сигнал поступает на вход цифрового сигнального процессора (в англоязычной литературе DSP), в котором осуществляется цифровая обработка звуковых сигналов в реальном масштабе времени по алгоритму, задаваемому пользователем. Применение DSP обеспечивает возможность создания самых разнообразных звуковых эффектов: эха, хоруса, задержки, реверберации, имитирующей помещения с различной акустикой, и многого другого. Для разделения сигналов на полосы, в отличие от предыдущей схемы, используются цифровые фильтры, что позволяет оперативно изменять характеристики фильтров под различные акустические системы программным путем. Сигналы с выходов цифровых фильтров через ЦАП и ФНЧ поступают на входы аналоговых усилителей мощности.

Недостатком такого усилителя является низкий КПД из-за использования аналоговых усилителей мощности. Повысить КПД усилителя можно за счет использования в выходных каскадах усилителей, работающих в режиме класса D. Конечно, при этом возникают многие проблемы, о которых будет сказано ниже. Но КПД такого усилителя при максимальной мощности в нагрузке может достигать 85...90 %. Выделенные блоки НЧ канала (рис. 3) заменяются другими, которые показаны на рис. 4. Вместо аналогового усилителя мощности используется ШИМ-модулятор (ШИМ) и импульсный усилитель мощности (ИУМ), работающий в ключевом режиме. Для восстановления из ШИМ последовательности импульсов аналогового сигнала используется ФНЧ4. Даже в такой модификации ЦУ имеет место аналоговая обработка сигналов в усилителе мощности – это широтно-импульсная модуляция. В результате ШИМ в сигнал вносятся искажения. Кро-



Рис. 4. Функциональная схема цифрового усилителя с усилителем класса D в выходном каскаде



Рис. 5. Цифровой усилитель третьего поколения SM-SX100

ме того, и усилитель, работающий в импульсном режиме, тоже вносит искажения.

Поэтому в настоящее время ведутся разработки ЦУ, в которых вся обработка сигналов осуществляется только в цифровой форме. Такие усилители получили название ЦУ третьего поколения. Первой реализацией полностью цифровых усилителей были ЦУ, предложенные японской фирмой Sharp (рис. 5) и датской компанией Tact Audio [1, 2]. Обе фирмы совершили настоящий технологический прорыв в разработке цифровой аудиотехники.

При использовании мощного усилителя в режиме класса D для звуковых сигналов низкого уровня вследствие очень большой скважности импульсов ШИМ получался недопустимо высокий уровень нелинейных и комбинационных искажений. Эта проблема сегодня решается путем специальной предварительной обработки звукового сигнала в DSP. В усилителе фирмы Tact Audio использована ШИМ-модуляция и предварительная коррекция звукового сигнала в сигнальном процессоре.

В усилителе SM-SX100 фирмы Sharp входной цифровой поток 16 бит/44.1 кГц при помощи DSP преобразуется в последовательный одноразрядный сигнал, в котором импульсы следуют с частотой 2.8224 МГц, и этим сигналом модулируется напряжение питания, которое подается на акустические системы. Величина тока, протекающего через нагрузку (громкоговоритель), определяется количеством поступающих на модулятор цифровых импульсов. Такой способ модуляции называется импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ). Преобразование сигналов ШИМ и ИКМ в аналоговый осуществляется при помощи выходного аналогового фильтра, включенного между выходом усилителя и громкоговорителями. На рис. 6 приведена функциональная схема одного канала цифрового усилителя третьего поколения.

Результаты экспертных испытаний показали, что даже самые первые модели ЦУ третьего поколения обеспечивают высокое качество звучания. Кроме того, такие усилители экономичны, имеют малые габариты и массу, что позволяет широко использовать их не только в стационарной аппаратуре, но и в автомобильных аудиокomплексах. Конечно, стоимость таких усилителей пока достаточно высока, но уже наметились тенденции к ее снижению.

Результаты экспертных испытаний показали, что даже самые первые модели ЦУ третьего поколения обеспечивают высокое качество звучания. Кроме того, такие усилители экономичны, имеют малые габариты и массу, что позволяет широко использовать их не только в стационарной аппаратуре, но и в автомобильных аудиокomплексах. Конечно, стоимость таких усилителей пока достаточно высока, но уже наметились тенденции к ее снижению.

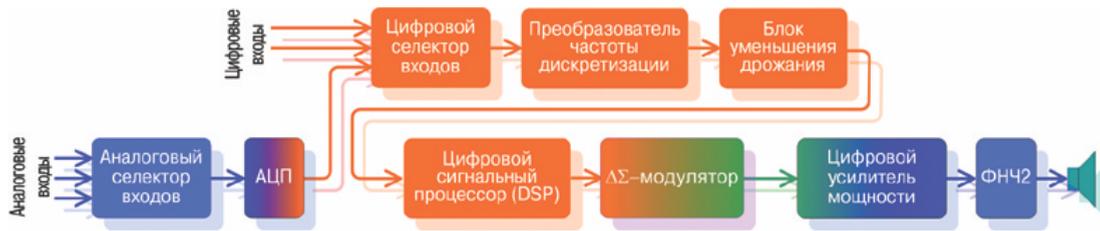


Рис. 6. Функциональная схема цифрового усилителя третьего поколения

### Особенности построения цифровых усилителей мощности

Повышение КПД усилителей – задача весьма актуальная. Для переносной аппаратуры это связано с массой и емкостью батарей источника питания, для стационарной – с непроизводительными затратами мощности, которые могут составлять десятки и сотни ватт.

КПД усилителей в основном зависит от режима работы выходных транзисторов. В настоящее время все усилители по режиму работы выходных каскадов делят на десять классов: А, В, АВ, С, D, E, G, H, S и Т, каждый из которых обладает характерными особенностями.

**Класс А.** Отличительной особенностью этого режима является наличие постоянной составляющей тока, протекающего через выходные транзисторы усилителя (ток покоя), величина которой превышает максимальную амплитуду тока в нагрузке. Причем ток протекает даже при отсутствии полезного сигнала на входе усилителя. Как следствие – низкий КПД усилителей, не превышающий 20 %. Достоинством усилителей, работающих в таком режиме, является высокая линейность амплитудной характеристики.

**Класс В.** В этом режиме транзисторы двухтактного выходного каскада работают при нулевом токе покоя (угол отсечки входного напряжения 90°). Максимальный КПД усилителей, работающих в этом режиме, может достигать 65 %. Нелинейность амплитудной характеристики значительно выше, чем в режиме класса А, и в основном обусловлена неидентичностью характеристик транзисторов двухтактного каскада.

**Класс АВ.** Класс АВ (как следует из обозначения) – гибрид классов А и В. Ток покоя не равен нулю, но значительно ниже, чем в режиме класса А. Искажения, вносимые усилителем, меньше, чем в усилителях, работающих в режиме класса В, а КПД – ниже. Варьируя величину тока покоя, можно менять эти параметры.

Режимы АВ и В обладают общим недостатком – переходными искажениями первого рода. Они возникают из-за того, что амплитудная характеристика двухтактного каскада (выполненного по схеме комплементарного эмиттерного повторителя) в режимах АВ и В имеет сильно выраженную S-образную форму вблизи от начала координат. Это приводит к увеличению нелинейных искажений при уменьшении уровня полез-

ного сигнала. Рис. 7 иллюстрирует особенности работы усилителей в этих режимах.

**Класс С.** Усилители класса С работают при нулевом токе покоя (угол отсечки входного напряжения больше 90°). В этом режиме транзисторы пропускают только верхнюю часть полуволны входного сигнала. Амплитудная характеристика очень нелинейна и искажения сигнала достигают значительной величины. Этот класс непригоден для применения в аудиоусилителях и используется в схемах генераторов и умножителей частоты (благодаря богатому набору гармонических составляющих выходного тока). Максимальный КПД усилителей, работающих в таком режиме, достигает 85 %.

В меньшей степени известны классы E, G, H и S.

**Класс E.** Усилители класса E – низковольтные, работают с малыми уровнями тока, протекающего через выходные транзисторы. Усилители этого класса характеризуются небольшим потреблением мощности, однако широкого распространения не получили.

**Классы G и H.** Усилители этих классов работают при изменяемом напряжении питания. Усилители класса G содержат два выходных каскада, работающих при разных напряжениях питания на общую нагрузку. Первый каскад (в котором используется источник питания с низким уровнем напряжения) работает до тех пор, пока входной сигнал не превысит определенное пороговое значение. Когда входной сигнал превышает

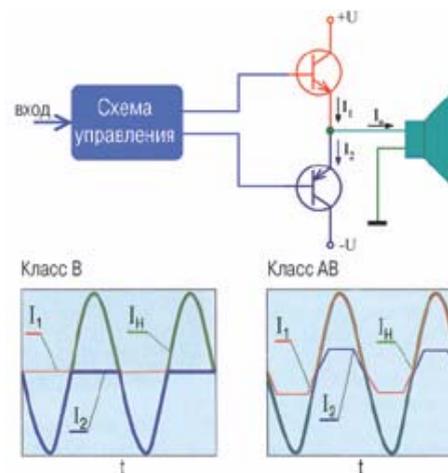


Рис. 7. Форма токов выходных транзисторов в усилителях класса В и АВ

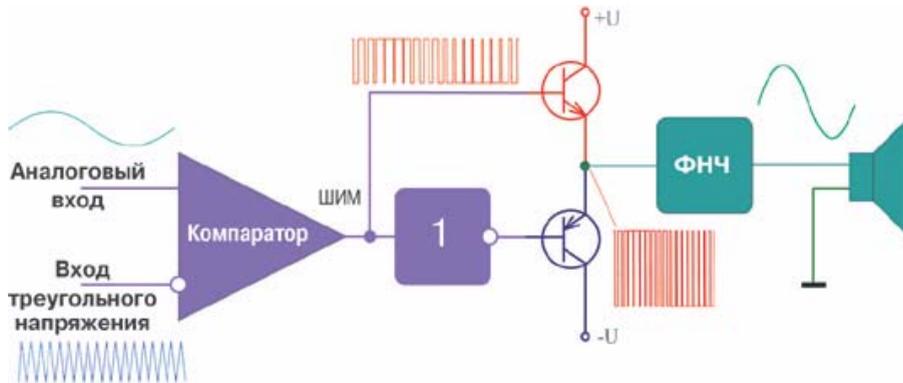


Рис. 8. Упрощенная функциональная схема усилителя класса D

ет это значение, транзисторы первого каскада переходят в режим насыщения и включается второй каскад (питание каскада осуществляется от источника с высоким уровнем напряжения). При больших амплитудах сигналов КПД определяется мощностью, рассеиваемой на втором каскаде, а при малых – рассеиваемой на первом каскаде. Учитывая то, что питание каскадов осуществляется от источников с разным напряжением, несложно определить, что КПД такого усилителя будет достаточно высоким в широком диапазоне изменения уровня входного сигнала. Усилитель большую часть времени работает как относительно маломощный (класса В или АВ), т. к. мощный второй каскад подключается изредка. Типичное соотношение напряжений питания первого и второго каскадов – один к двум. В усилителях других классов КПД растет с ростом амплитуды входного сигнала и достигает наибольшего значения при максимальном значении отдаваемой в нагрузку мощности.

Усилители класса H (который иногда обозначается как класс А\*) подобны усилителям класса G, но отличаются тем, что напряжение питания второго каскада не фиксировано и его величина пропорциональна амплитуде входного сигнала, что обеспечивает наиболее эффективную работу транзисторов выходного каскада при разных уровнях входного сигнала. КПД усилителей класса H сравним с КПД усилителей класса G.

**Класс S.** Усилители класса S – двухкаскадные. Первый каскад работает в режиме класса А, а второй – класса В, что позволяет получить малую величину нелинейных искажений при малых уровнях сигнала и оптимизировать энергопотребление всей схемы. КПД сопоставим с показателями усилителей класса В.

#### Цифровые усилители

В цифровых усилителях выходной каскад работает в ключевом режиме. Мощные комплементарные транзисторы поочередно находятся в одном из двух состояний: они либо полностью включены (режим насыщения), либо выключены. Такой режим обеспечивает максимально возможный КПД. Потери происходят только в момент перехода транзистора из открытого состояния в закрытое и наоборот. Цифровые усилите-

ли с ШИМ работают на фиксированной частоте, намного превышающей максимальную частоту звуковых сигналов. На выходе ЦУ включают ФНЧ, осуществляющий выделение звукового сигнала из ШИМ-последовательности.

**Класс D.** К классу D относятся усилители с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Они работают следующим образом. На базы транзисторов выходного каскада усилителя подается последовательность прямоугольных импульсов с ШИМ. Сигналы управления транзисторами выходного каскада должны быть противофазными. Импульсы отпирают один и одновременно запирают второй транзистор, заставляя их работать в ключевом режиме. Так как рабочая точка транзистора очень короткое время находится на линейном участке характеристики, а потери энергии на транзисторах в закрытом или полностью открытом состоянии малы, то КПД такого усилителя оказывается очень высоким и может достигать величины 90 %.

Принцип действия усилителя класса D иллюстрируют схема и временные диаграммы сигналов в различных точках, показанные на рис. 8. Входной сигнал сравнивается с треугольным сигналом высокой частоты (намного выше, чем максимальная частота в спектре звукового сигнала), который управляет ключевыми транзисторами. Получить высокое качество звука в таких усилителях достаточно сложно вследствие ограничений, накладываемых ШИМ-модуляцией. Кроме того, выходные транзисторы не являются идеальными ключами, их согласование далеко от оптимального. При переключении в схеме могут возникать сквозные токи, что влечет за собой увеличение шума в выходном сигнале. Существует также “мертвое” время между переключениями транзисторов, приводящее, как и в усилителях класса АВ, к дополнительным искажениям.

В следующем номере будет опубликовано продолжение статьи.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. [http://www.musiclab.ru/templates/enc.asp?id=416&table=table\\_mainmenu](http://www.musiclab.ru/templates/enc.asp?id=416&table=table_mainmenu)
2. Dan C. Sweney. The Once and Future Audio Amplifiers. – IEEE SPECTRUM, March, 2003.

## НОВАЯ КНИГА ПО ТЕХНИКЕ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

В представленной информации даны структура и краткое содержание разделов книги "Поверхностный монтаж при конструировании и производстве электронной аппаратуры" авторов А. Грачева, А. Мельника и Л. Панова (Издательство ЦНТЭПИ ОНЮА, 2003 г., 428 стр.).

### А. Грачев

Переход от выводного к поверхностному монтажу компонентов при разработке и производстве электронной аппаратуры определяется, прежде всего, экономическими и технологическими критериями, так как позволяет уменьшить габариты, объем и массу изделий, снизить расход материалов и энергии. Все это обеспечивается благодаря достижениям в создании нового поколения электронных компонентов, современных материалов и конструкций печатных плат, технологии и оборудования для поверхностного монтажа.

Представляемая книга выпущена одесским издательством ЦНТЭПИ ОНЮА и является первой в нашей стране монографией по технике поверхностного монтажа компонентов. Она состоит из девяти глав и трех приложений.

**В первой главе** рассматривается состояние, перспективы развития и области использования поверхностного монтажа. **Глава вторая** знакомит читателей с электронными компонентами, их конструкцией, характеристиками, перспективой развития с учетом требований техники поверхностного монтажа. **В третьей главе** приведены характеристики материалов и особенности конструкции печатных плат, даны основные рекомендации по проектированию узлов, выполненных с применением поверхностного монтажа. **В четвертой главе** приведены характеристики применяемых припоев, флюсов, клеев. Показаны особенности трафаретной печати – одного из способов нанесения паяльной пасты на контактные площадки плат. **В пятой главе** рассмотрены основные технологические схемы монтажа компонентов на платы, сформулированы требования к оборудованию для реализации этих схем, даны рекомендации по его выбору с учетом особенностей опытного, мелкосерийного и серийного производств. **Шестая глава** содержит информацию о технологических процессах и оборудовании для пайки электронных компонентов на поверхность плат. В ней даны режимы и рассмотрены особенности используемых в настоящее время различных методов пайки: волной припоя, инфракрасным нагревом, лазерным излу-

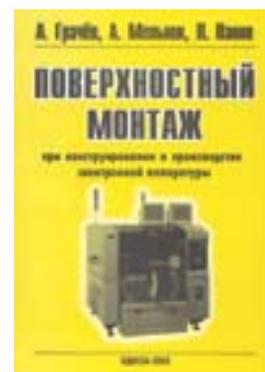
чением, конвекционным нагревом.

**В седьмой главе** дается описание дефектов паяных соединений компонентов при монтаже на поверхность печатных плат, описываются технологические приемы и характеристики оборудования для демонтажа и повторного монтажа компонентов при сборке электронной аппаратуры. **В восьмой главе** даны рекомендации по выполнению важной технологической операции: очистке печатных узлов после сборки и монтажа компонентов на плату, представлен ряд моющих средств и способов очистки.

**Девятая глава** посвящена вопросам контроля качества сборки и монтажа печатных узлов, методам и приемам контроля, применяемым в условиях производства электронной аппаратуры. Приложения 1 и 2 содержат рекомендации по конструктивным размерам компонентов, монтируемых на поверхность, и контактных площадок на платах, а в приложении 3 дан перечень международных стандартов по технологии монтажа компонентов на поверхность плат.

В целом книга отражает тенденции развития и внедрения технологий поверхностного монтажа компонентов, их стандартизации и унификации с учетом особенностей технологических процессов и оборудования, отечественного и зарубежного опыта в этой области техники. Она поможет сориентировать руководителей и специалистов новых и возрождающихся предприятий и фирм на современные технологии монтажа компонентов на платы. Кроме того, книга может быть полезна студентам вузов и техникумов, готовящимся стать конструкторами и технологами по разработке и производству различной электронной аппаратуры.

Авторы с признательностью примут все критические замечания и заранее благодарны читателям, которые направят их в издательство по адресу: 65011 г. Одесса, ул. Ришальского, 28, ЦНТЭПИ ОНЮА.



## 14-разрядный АЦП с производительностью 80 млн преобразований в секунду \*

Новый 14-разрядный АЦП AD9245 отличается низким потреблением (мощность рассеяния 366 мВт при производительности 80 млн преобразований в секунду), высокой производительностью и миниатюрным CSP-корпусом. Максимальная частота входного сигнала полной мощности составляет 500 МГц, максимальный диапазон входного сигнала 2 В. Преобразователь предназначен для применения в медицинской аппаратуре, портативных приборах с батарейным питанием, цифровых осциллографах и цифровых приемниках сигналов промежуточной частоты. В качестве драйвера такого АЦП при кодировании ВЧ сигналов целесообразно использовать высокочастотные усилители с минимальным уровнем шумов.

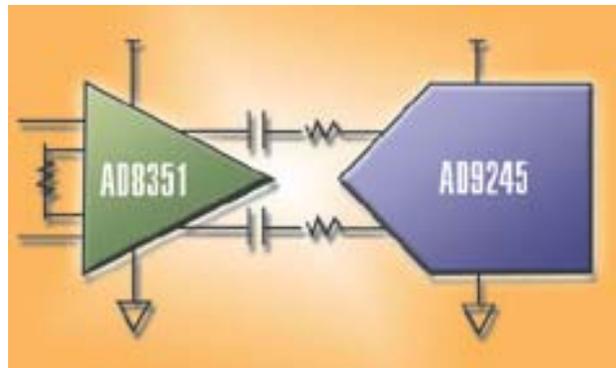


Схема сопряжения прецизионного усилителя ВЧ сигналов с высокопроизводительным АЦП

### Параметры 14-разрядных АЦП фирмы Analog Devices

Тип АЦП	Производительность, млн преобразований/с	Мощность рассеяния, мВт	Отношение сигнал/шум, дБ	Тип корпуса
AD9245	80	366	72.5	32-CSP
AD6645	80/105	150	74.5	52-LQFP
AD9244	65/40	550/400	75.0	48-LQFP
AD6644	65/40	1300	73.5	52-LQFP

Схема сопряжения АЦП с таким усилителем представлена на рисунке. Основные параметры высокопроизводительных 14-разрядных АЦП фирмы Analog Devices приведены в таблице.

\* 14-Bit, 80 MSPS, 3 V ADC: High performance in a shrinking package//EPN, August, 2003.

## Самый быстрый ПК в мире \*

Power Mac G5 – самый быстрый в мире персональный компьютер. В этом ПК использованы два 64-разрядных процессора PowerPC G5 с тактовой частотой 2 ГГц. Объем памяти данных и программ составляет 8 Гбайт, что в два раза больше, чем в современных высокопроизводительных компьютерах. Тактовая частота процессорной шины 1 ГГц.

Новый ПК Power Mac G5 имеет быстродействие на 41 % выше, чем рабочая станция на основе процессора Pentium IV или сдвоенного процессора Хеоп.

ПК предназначен для мультимедийных применений, автоматизации научных исследований и математических преобразований.

ПК G5 выполнен в алюминиевом корпусе с программным управлением скоростью вентилятора.



\* The World's Fastest Personal Computer. – IEEE Spectrum, September, 2003.

## Производительность беспроводных систем телекоммуникаций \*

В настоящее время беспроводные системы телекоммуникаций в СВЧ-диапазоне (ultrawideband – UWB) начинают широко применяться не только в профессиональных системах связи, но и бытовых приложениях. В таблице приведены сравнительные параметры беспроводных систем телекоммуникаций для стандартов Bluetooth, IrDA, UWB и др.

*Параметры беспроводных систем телекоммуникаций*

Тип стандарта	Скорость, Мб/с	Выходная мощность, мВт	Радиус действия, м	Частотный диапазон, ГГц
Bluetooth	1-2	100	100	2.4
IrDA	4	100 мВт/стерадиан	1-2	инфракрасный
Ultrawideband	100-500	1	10	3.1-10.6
IEEE 802.11a	54	40-800	20	5.0
IEEE 802.11b (Wi-Fi)	11	200	100	2.4
IEEE 802.11g	54	65	50	2.4

\* *John McCorkle. Ultrawideband: Multimedia Unplugged. – IEEE Spectrum, September, 2003.*

## Семинар WAVECOM для дистрибьюторов

Компания WAVECOM (Франция) – ведущий производитель GSM-модемов – провела технический семинар для своих дистрибьюторов. В ходе двухдневного семинара, проходившего с 25 по 26 сентября в главном офисе WAVECOM, расположенном в пригороде Парижа, были рассмотрены: маркетинговая стратегия компании WAVECOM на 2004 г.; вопросы по новым аппаратным и программным средствам, а также их применению при разработке конечных устройств.

Десятилетний опыт разработки устройств для передачи данных в сетях GSM, а также лидирующие позиции на этом рынке позволили компании WAVECOM выпустить не только multifunctional GSM-терминалы, но и предложить целый комплекс аппаратно-программных средств для строго сегментированного рынка систем беспроводной связи. Такой подход позволяет конечному пользователю

максимально быстро осуществлять выпуск конечной продукции, ориентированной под конкретные задачи рынков автомобильной электроники, информационно-управляющих систем, мобильных компьютеров и персональных коммуникационных устройств.

Одним из последних достижений компании WAVECOM является выпуск GSM-терминалов со встроенным TCP/IP-стеком, обеспечивающим эффективный доступ в сеть Интернет посредством пакетной передачи данных GPRS. В дальнейших планах компании – совместная с компанией IBM разработка протокола MQIsdp, обеспечивающего обмен данными в едином формате для гетерогенных сетей.

Практические занятия, проведенные в ходе семинара, были нацелены на повышение квалификации дистрибьюторов при работе со специальными программными средствами для диагностики GSM-модемов WAVECOM. Особое внимание было уделено улучшению качества гарантийного и послегарантийного обслуживания GSM-модемов этой компании.



*А. Валентик (VD MAIS) у здания компании Wavocom*



В семинаре приняли участие специалисты НПФ VD MAIS – официального дистрибьютора компании WAVECOM в Украине, обеспечивающие оказание технической поддержки пользователям ее продукции.



С 15 по 18 октября в Пушкинском парке г. Киева проходила шестая международная выставка "Світ електроніки – 2003", собравшая 80 участников. Увеличение числа участников и посетителей по сравнению с выставкой 2002 года подтверждает рост ее популярности, связанный, несомненно, с повышением темпов развития в Украине электронной промышленности. Об этом же свидетельствует участие в выставке основных поставщиков электронных компонентов в Украину: не только отечественных производителей и дистрибьюторов всемирно-известных фирм-производителей, но и их конкурентов из России, стран Восточной и Западной Европы, Америки и Азии.



На стенде фирмы VD MAIS, ставшей одним из крупнейших дистрибьюторов электронных компонентов и оборудования в Украине, были сделаны акценты на новейших электронных компонентах, как активных, так и пассивных, датчиках и оптоэлектронных приборах, контрольно-измерительной технике, оборудовании и материалах SMT, промышленных контроллерах и ПК, а также на конструктивных устройствах: шкафах, корпусах, разъемах, кабелях и пр. Как всегда, внимание посетителей привлекали образцы разработанных и изготовленных по документации VD MAIS печатных плат, впечатляющих не только числом слоев, но и габаритами.

Рост читательской аудитории и интереса к журналу "ЭКИС" стал побудительным стимулом для размещения его экспозиции на отдельном стенде. И такое решение вполне себя оправдало, т. к. число активных посетителей стенда, заинтересовавшихся публикациями не только 2003, но и предыдущих лет (доступных благодаря ретроспективному показу журналов за 2001-2002 гг.), превзошло наши ожидания. Подчас стенд напоминал читальный зал технической библиотеки.

Представленные на стенде буклеты и каталоги по отдельным областям деятельности VD MAIS, специально подготовленные и изданные к выставке, также были в центре внимания посетителей.

Мы надеемся, что выставка помогла ее участникам и посетителям сориентироваться в том, какие направления развития электронной техники являются наиболее прогрессивными и из каких элементов следует создавать новые изделия электронной промышленности, достойные представлять Украину на европейском рынке.

## Каталоги, изданные фирмой VD MAIS в 2003 г.



Новые каталоги вызывают интерес благодаря систематизации информации, ее разделению на отдельные направления, а также являются бесплатным приложением к журналу "ЭКИС" для всех его подписчиков, подтвердивших свою заинтересованность в получении любого или нескольких каталогов из выпускаемой серии.