

**ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ
И СИСТЕМЫ**

2001 ноябрь № 11 (51)

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

А.В. Ходищенко

Верстка:

М.С. Заславская

Дизайн:

А.А. Чабан, М.С. Заславская

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

Украина, 01033, Киев, а/я 942

Цветоделение и печать

ДП "Такі справи"
т./ф.: 446-2420

Подписано к печати 27.11.2001

Формат 60x84/8

Тираж 1000 экз.

Зак. № 153-1527

УСИЛИТЕЛИ

Измерительные усилители серии AD62x 3

Прецизионный операционный усилитель 8

ОПОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Микроэлектронные источники опорного напряжения 10

СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

Производительность сигнальных процессоров 12

Отладочные и учебные средства

для микроконтроллеров семейства 68HC908 18

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ ФИРМЫ ANALOG DEVICES

Средства отладки сигнальных процессоров 19

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Аналоговые и аналого-цифровые осциллографы компании HAMEG .. 31

Цифровые осциллографы компании Agilent Technologies 34

ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ

Методы и особенности применения паяльных паст 40

ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ

Международная выставка "Productronica 2001" 46

IV международная специализированная выставка

"Світ електроніки 2001" 46

День Моторолы в Украине 47

Семинар "Новые интегральные схемы фирмы Analog Devices

и особенности их применения" 47

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Высокоточные стабилизаторы с низким потреблением 48

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

AMPLIFIERS

Instrumentation Amplifiers Series AD62x 3
Precision Op Amp 8

REFERENCES

Voltage Reference ICs 10

DSPs AND MICROCONTROLLERS

Performance of DSPs 12
Training and Development Tools for Motorola's 68HC908
Family Microcontrollers 18

ANALOG DEVICES' DSP CONNECTION

Development Tools for DSPs 19

GAUGES

HAMEG's Analog and Analog-Digital Oscilloscopes 31
Agilent Technologies' Digital Oscilloscopes 34

SURFACE MOUNT TECHNOLOGY

Techniques and Peculiarities of Solder Pastes Application 40

EXHIBITIONS, SEMINARS

International Exhibition "Productronica 2001" 46
IV International Specialized Exhibition
"World of Electronics 2001" 46
Motorola's Day in Ukraine 47
Seminar "Analog Devices' New ICs and Design Features" 47

PERSPECTIVE PRODUCTS

High Accuracy Ultralow I_Q anyCAP[®] Low Dropout Regulators 48

ELECTRONIC COMPONENTS AND SYSTEMS

November 2001 No 11 (51)

Monthly Scientific and Technical Journal

Founder and Publisher:
 Scientific-Production Firm
VD MAIS

Director
 V.A. Davidenko

Head Editor
 V.A. Romanov

Managing Editor
 A.V. Yermolovich

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

Type and setting
 A.V. Hodischenko

Layout
 M.S. Zaslavskaya

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

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

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

Fax:
 (380-44) 227-3668

E-mail:
 info@vdmals.kiev.ua

Web address:
 www.vdmals.kiev.ua

Printed in Ukraine

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



ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСИЛИТЕЛИ СЕРИИ AD62X

В статье рассмотрены измерительные (инструментальные) усилители серии AD62x, предназначенные для измерительных систем.

В. Голуб

Фирма Analog Devices выпускает микросхемы усилителей различного назначения: микрофонные и усилители мощности для аудиосистем, широкополосные операционные усилители типов Current/Voltage Feedback, измерительные усилители, высокочастотные усилители для радиоприемных каналов, драйверы для кабельных и антенных систем и др. Ниже рассмотрены измерительные усилители (Instrumentation Amplifiers) серии AD62x, являющейся основной для этого типа усилителей [1 – 4].

Измерительные усилители серии AD62x обладают следующими особенностями: вход — дифференциальный, с высоким сопротивлением, подавлением синфазной помехи и защитой от перегрузок; диапазон частот входного сигнала — от 0 Гц до 1 МГц (усилители постоянного тока); стабильный коэффициент усиления, который может перестраиваться в широких пределах; высокая линейность амплитудной характеристики и низкий уровень шума. Источниками входных сигналов могут быть датчики для измерения физических величин: температуры, давления, ускорений и др., датчики сигналов в электрокардиографии и т. д. Измерительные

усилители могут быть использованы и для усиления сигналов других видов.

Усилители AD62x являются типичными аналоговыми микросхемами, в которых не только усиление измеряемых сигналов, но и управление являются аналоговыми. Тем не менее, выходные сигналы AD62x, будучи аналоговыми, могут подвергаться аналого-цифровому преобразованию, а управление при помощи внешних устройств может быть программируемым.

Для измерительных усилителей за основу обычно берется одна из двух схем, приведенных на рис. 1, а, б. Первая из них — на трех, вторая — на двух операционных усилителях [3, 5]. Входным является дифференциальный (разностный) сигнал

$$\Delta V_{IN} = V_{IN1} - V_{IN2}, \quad (1)$$

где V_{IN1} и V_{IN2} — сигналы на первом (неинвертирующем) и втором (инвертирующем) входах усилителя соответственно. Можно сказать, что V_{IN1} и V_{IN2} образуют две составляющие — дифференциальную (между входами), определяемую выражением (1), и синфазную $\Sigma V_{IN}/2 = (V_{IN1} + V_{IN2})/2$.

Рассматриваемые усилители предназначены для усиления дифференциальной составляющей. При этом синфазная составляющая должна подавляться, т. е. коэффициент передачи для нее должен быть равен нулю. В частности, это относится к синфазной сетевой наводке, одинаково существующей на обоих входах усилителя (при симметричной двухпроводной линии для входного сигнала). В реальных усилителях существует, однако, "паразитное" проникание синфазной составляющей (синфазной помехи), обусловленное разными причинами. Но проникание это, как правило, незначительно и для усилителя AD620 [4], например, составляет -90 ... -130 дБ в зависимости от коэффициента передачи K_{DIF} (1 ... 1000).

Коэффициент передачи первого из усилителей (рис. 1, а):

$$K_{DIF} = V_{OUT}/\Delta V_{IN} = (1 + 2R_1/R_G)R_5/R_3 \quad (3)$$

при $R_1 = R_2$, $R_3 = R_4$ и $R_5 = R_6$, а второго (рис. 1, б) —

$$K_{DIF} = V_{OUT}/\Delta V_{IN} = 1 + R_1/R_2 + 2R_1/R_G \quad (4)$$

при $R_1 = R_4$, $R_2 = R_3$ [3]. В рассмотренных ниже усилителях AD62x, в которых используется схема рис. 1, а, сопротивления резисторов второго каскада равны: $R_3 = R_4 = R_5 = R_6$. В соответствии с (3) и (4) регулировка коэффициентов усиления может производиться одним внешним резистором R_G или коммутируемой группой встроенных резисторов R_G (в зависимости от конкретного типа усилителя). Возможность регулировки усиления одним резистором является особенностью схем, приведенных на рис. 1, а, б.

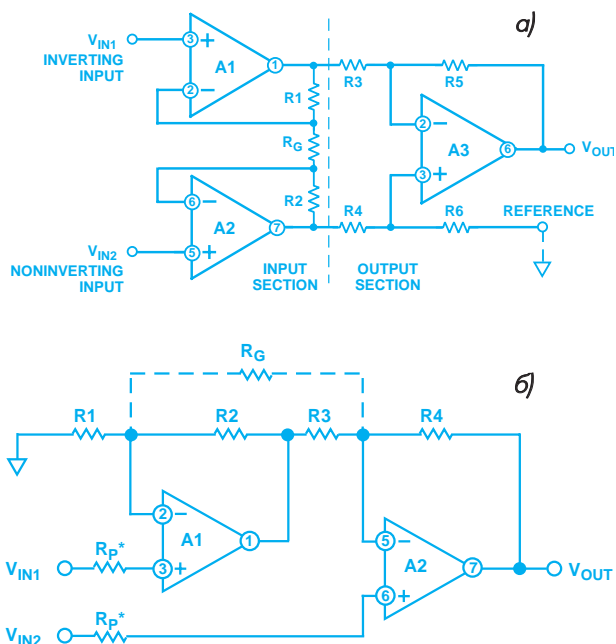


Рис. 1. Упрощенные схемы измерительных усилителей на трех (а) и двух (б) операционных усилителях

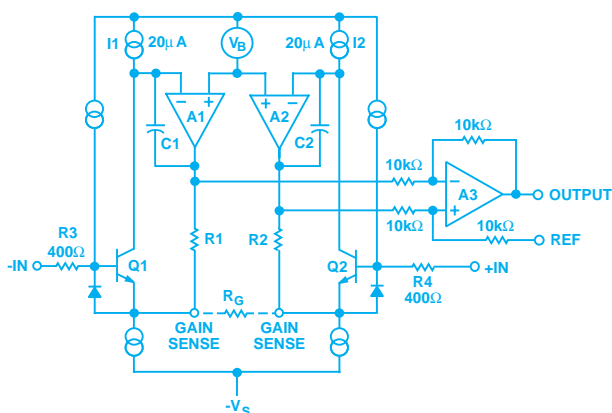


Рис. 2. Упрощенная схема усилителя AD620

Упрощенная схема усилителя AD620, первого из рассматриваемой серии, приведена на рис. 2. В ее основу положена схема, представленная на рис. 1, а. Однако, в отличие от нее, входной каскад усилителя (на A1 и A2) дополнен транзисторами Q1 и Q2 и токозадающими элементами в цепях базы, коллектора и эмиттера. Кроме того, на входе усилителя имеется цепь защиты от внешних перегрузок, содержащая R₃, R₄ и диоды [6].

Типы и параметры усилителя AD620 приведены в табл. 1 и 2. Помимо AD620 фирма Analog Devices выпускает и другие измерительные усилители серии AD62x — AD621/2/3/4/5/6/7/9, рассмотренные ниже.

Усилитель AD621 по схеме аналогичен AD620, но является более прецизионным. Коммутируется R_G внешней цепью. В отличие от AD620 усилитель AD621 имеет только два значения коэффициента усиления: 10 и 100.

Усилитель AD622 имеет ту же схему, что и AD620, и является его более дешевой версией в корпусах DIP и SOIC.

Усилитель AD623 отличается измененной схемой входной цепи. Кроме того, он выпускается также и в малогабаритном корпусе типа μ SOIC (наряду с DIP и SOIC).

Усилитель AD624 аналогичен по схеме усилителям AD620/1/2 и, подобно AD621, имеет встроенные R_G, коммутируемые внешней цепью. Соответственно, AD624, как и AD621, является прецизионным, причем с пятью коммутируемыми значениями коэффициента усиления: 1, 100, 200, 500 и 1000. Выпускается AD624 в керамических корпусах типа CDIP (буква "D" в суф-

Таблица 1. Типы измерительных усилителей серии AD62x

Обозначение усилителя	Диапазон рабочих температур, °C				Корпус							
	0...70	-25...85	-40...85	-55...125	DIP-8	CDIP-8	SOIC-8	μ SOIC-8	DIP-16	CDIP-16	LCC-20	
AD620 (A/B)	-	-	+	-	N	-	R	-	-	-	-	
AD620S/883B	-	-	-	+	-	Q	-	-	-	-	-	
AD620ACHIPS	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
AD621 (A/B)	-	-	+	-	N	-	R	-	-	-	-	
AD621S/883B	-	-	-	+	-	Q	-	-	-	-	-	
AD621ACHIPS	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
AD622A	-	-	+	-	N	-	R	-	-	-	-	
AD623A	-	-	+	-	N	-	R	RM	-	-	-	
AD623B	-	-	+	-	N	-	R	-	-	-	-	
AD624 (A/B/C)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	D	-	
AD624S	-	-	-	+	-	-	-	-	-	D	-	
AD624S/883B	-	-	-	+	-	-	-	-	-	D	-	
AD624 (A/S)Chips	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AD625 (A/B/C)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	D	-	
AD625S	-	-	-	+	-	-	-	-	-	D	-	
AD625S/883B	-	-	-	+	-	-	-	-	-	D	-	
AD625 (J/K)	+	-	-	-	-	-	-	-	N	-	-	
AD625 (A/S)Chips	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
5962-87719012A	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	
5962-8771901EA	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	
AD626A	-	-	+	-	N	-	R	-	-	-	-	
AD626B	-	-	+	-	N	-	-	-	-	-	-	
AD627 (A/B)	-	-	+	-	N	-	R	-	-	-	-	
AD629 (A/B)	-	-	+	-	N	-	R	-	-	-	-	

Примечание: суффикс в обозначении усилителя содержит символы: "A", "B", "C", "S", "J", "K" — диапазона рабочих температур; "N", "Q", "R", "RM", "D", "E" — типа корпуса (например, AD620AN). Второй символ для бескорпусных усилителей — "CHIPS" ("Chips"). Соответствие стандарту MIL-STD-883B обозначено дополнительным суффиксом "883B". Усилители 5962 соответствуют стандарту SMD-5962 и указанных суффиксов в обозначении не содержат.



Таблица 2. Основные параметры измерительных усилителей AD620 — AD623

Параметры		AD620			AD621			AD622	AD623		
		A	B	S	A	B	S	A	A	ARM	B
Диапазон частот по уровню -3 дБ, кГц, при коэффициенте усиления:	K = 1	1000			-			1000	800		
	K = 10	800			800			800	100		
	K = 100	120			200			120	10		
	K = 1000	12			-			12	2		
Нелинейность, ppm (тип/макс), при коэффициенте усиления:	K = 1	10/40			-			10/-	300/1000		
	K = 10	10/40			2/10			10/-	1000/3500		
	K = 100	10/40			2/10			10/-	1000/3500		
	K = 1000	10/95			-			10/-	1000/3500		
Эквивалентные источники ЭДС шума (тип/макс), нВ/√Гц:	$e_{вх}$	9/13			9/13 (K = 100)			12/-	35/-		
	$e_{ввых}$	72/100			-			72/-	50/-		
Эквивалентный источник тока шума (тип), фА/√Гц	100			100			100	100			
Входной ток, нА	2		1	2	2	1	2	5	25	25	25
Разность входных токов, нА	1	0.5	1	1	0.5	1	2,5	2	2	2	
Напряжение смещения нуля, мкВ	125	50	125	125	50	125	125	200	500	100	
Напряжение питания, В	±(2.3...18)						±(2.6...18)		+(2.7...12)		
Ток потребления (макс), мА	1.6						1.5		0.625		

фиксе), но диапазон его рабочих температур (кроме усилителей с буквой "S") — от -25 до 85 °С. Такой же диапазон и обоих бескорпусных чипов. Диапазон рабочих температур AD624SD и AD624SD/883B — от -55 до 125 °С.

Усилитель AD625 аналогичен по схеме AD624, а также AD620/1/2, но он используется с внешним R_G . Помимо AD625SD/883B и AD625SE/883B усилитель имеет разновидности 5962-87719012A и 5962-8771901EA, соответствующие другому военному стандарту — SMD-5962 [1, 4]. Усилители AD625SE/883B и 5962-87719012A выпускаются в корпусах E-20A (20-Terminal Leadless Chip Carrier, LCC). Остальные разновидности усилителя выпускаются в керамических корпусах типа CDIP, а AD625JN и AD625KN, работающие в ограниченном диапазоне температур от 0 до 70 °С, — в корпусах типа DIP.

Усилитель AD626 является двухкаскадным, но схема его отличается от приведенной на рис. 1, б. Он содержит прецизионный аттенуатор, предварительный усилитель с низким дрейфом нуля и выходной усилительный каскад. Питание усилителя может быть двух вариантов — от одного источника +5 В и от двух источников +5 и -5 В. Нелинейность амплитудной характеристики показана в табл. 2 для питания от одного источника, а для двух она составляет 45/55 и 10/15 (тип/макс) при коэффициентах усиления, равных 10 и 100 соответственно.

Усилитель AD627 выполнен по схеме рис. 1, б. На входе усилителя дополнительно включены транзисторы. Усилитель работает в широком диапазоне напряжений питания (табл. 3). Нелинейность амплитудной характеристики показана в таблице для питания от одного источника 3 или 5 В, а для двух источников и

K = 100 она составляет 10/100 ppm (тип/макс, при ±5 В) и 15/100 ppm (тип/макс, при ±15 В).

Усилитель AD629 входит в состав серии AD62x, но не является измерительным подобно другим усилителям. Он имеет дифференциальный, как и все AD62x, вход, но является однокаскадным. Особенностью усилителя является возможность его использования при больших синфазных напряжениях, достигающих ±270 В.

Помимо рассмотренных усилителей серии AD62x фирма Analog Devices выпускает также измерительные усилители других серий — AD52x (AD524, AD526) и AMP0x (AMP01, AMP02, AMP03, AMP04) [1].

На рис. 3 приведена схема подключения усилителя

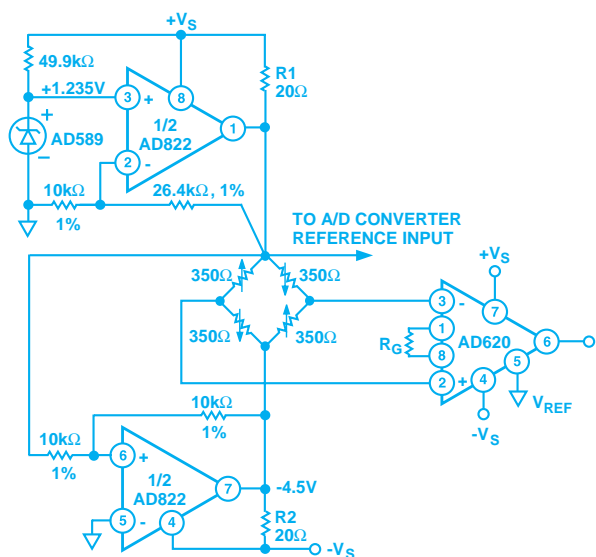


Рис. 3. Схема подключения AD620 к мостовому измерительному датчику

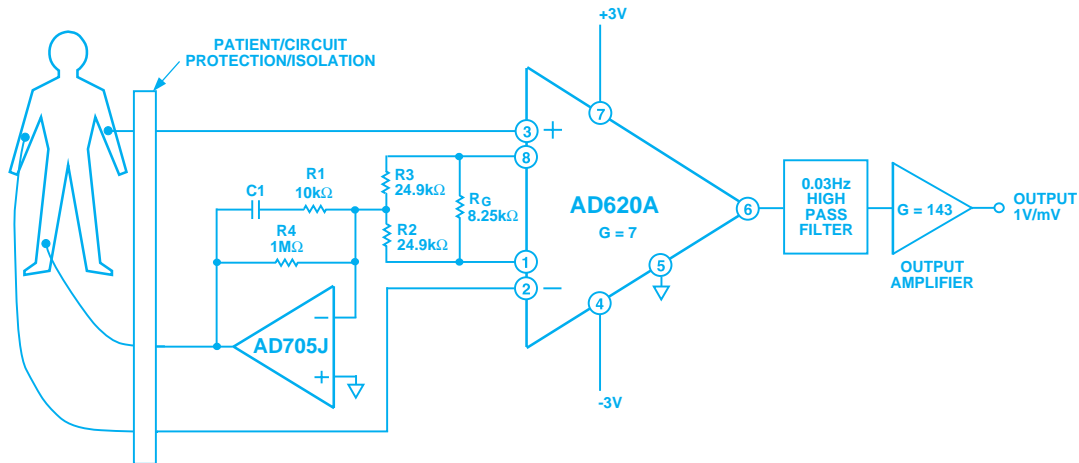


Рис. 4. Схема одноканального электрокардиографа

AD620 к мостовому измерительному датчику [3]. Им может быть, например, датчик давления (ЭКиС, 2001, № 1). Питание датчика — от стабильного источника ± 4.5 В, в котором используются два усилительных каскада на операционном усилителе AD822 [1]. Один из каскадов является инвертирующим. При помощи R_G может быть выставлен требуемый коэффициент усиления AD620.

На рис. 4 приведена схема одноканального электрокардиографа, в котором используется тот же усилитель AD620 [4] (в [3] дается схема трехканального прибора).

На рис. 5 приведены схемы подключения AD621 к различным источникам измеряемого сигнала — с трансформаторным выходом (а), термопарой (б) и разделительными конденсаторами на входе усилителя (в). На том же рис. 5 (г, д) показано, как следует под-

ключать измерительный усилитель к экранированным линиям, по которым поступает измеряемый сигнал. Существенным в усилителе, приведенном на рис. 5, в (с разделительными конденсаторами на входе) является подключение двух резисторов по 100 кОм для "привязки" баз Q1 и Q2 (рис. 2) к "земле" [3, 4].

В табл. 1 приведены типы измерительных усилителей серии AD62х, а также указаны диапазоны рабочих температур и типы корпусов. Основные параметры рассмотренных усилителей приведены в табл. 2 и 3. Таблицы являются ориентировочными, так как в них приведены не все параметры и, кроме того, приведенные параметры обобщены (тогда как для разных усилителей они могут отличаться условиями измерений). Более полные перечни параметров и их значения с учетом условий измерения для конкретных типов усилителей приведены в [4].

Таблица 3. Основные параметры измерительных усилителей AD624 — AD629

Параметры	AD624				AD625			AD626	AD627		AD629		
	A	B	C	S	A/J/S	B/K	C	A	B	A	B	A	B
Диапазон частот по уровню -3 дБ, кГц, при коэффициенте усиления:	K = 1 K = 10 K = 100 K = 1000	1000 - 150 25				650 400 150 25			- 100 100 -	- - 3 0.4	500 - - -		
Нелинейность, ppm (тип/макс), при коэффициенте усиления:	K = 1 K = 10 K = 100 K = 1000	-/50 - -/50 -	-/30 - -/30 -	-/10 - -/10 -	-/50 - -/50 -	-/50 -/50 -/50 -/-100	-/20 -/20 -/20 -/-80	-/10 -/10 -/10 -/-50	- 140/160 140/200 -	- - 20/100 -	4/10 - - -		
Эквив. источники ЭДС шума (тип/макс), нВ/√Гц:	$e_{вх}$ $e_{ввх}$	4/- 75/-				4/- 5/-			250/- -	38/- 177/-	- -		
Эквив. источник тока шума (тип), фА/√Гц	60 пА (в полосе частот 0.1...10 Гц)				60 пА (в полосе частот 0.1...10 Гц)			-	50		-		
Входной ток, нА	±50	±25	±15	±75	±50	±25	±15	-	-	10	10	-	-
Разность входных токов, нА	±35	±15	±10	±35	±35	±15	±5	-	-	1	1	-	-
Напряжение смещения нуля, мкВ	200	75	25	75	200	50	25	500	250	200	125	1000	500
Напряжение питания, В	±(6...18)							±(1.2...6)		+(2.2...36)		±(2.5...18)	
Ток потребления (макс), мА	5							2		0.1		1.2	



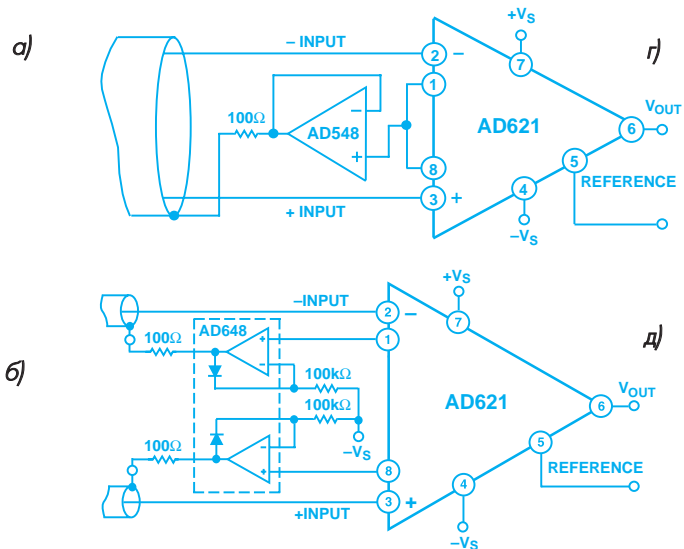
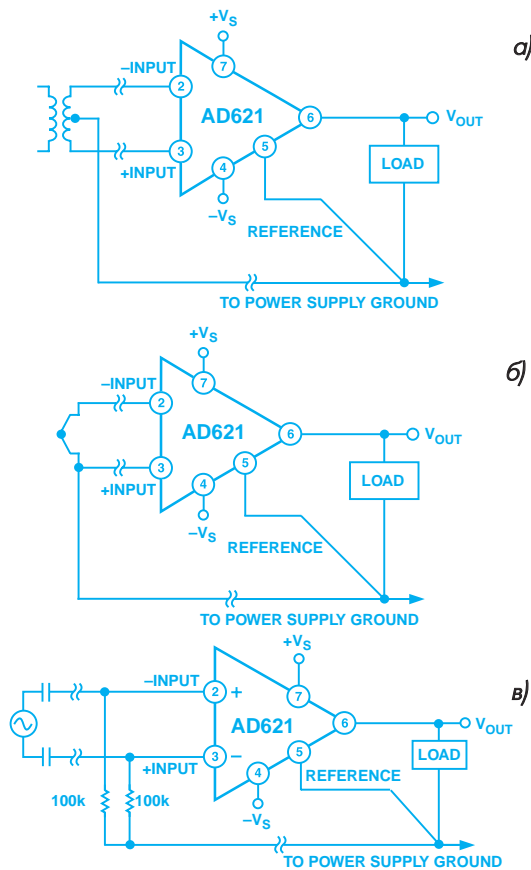


Рис. 5. Схемы подключения AD621 к источникам измеряемого сигнала с трансформаторным выходом (а), термопарой (б), разделительными конденсаторами (в) и экранированными линиями связи (г, д)

Подробнее с измерительными и другими усилителями фирмы Analog Devices и их применением можно ознакомиться на Интернет-сайте фирмы (www.analog.com).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Short Form 2000 Designers' Guide. — Analog Devices, 2000.

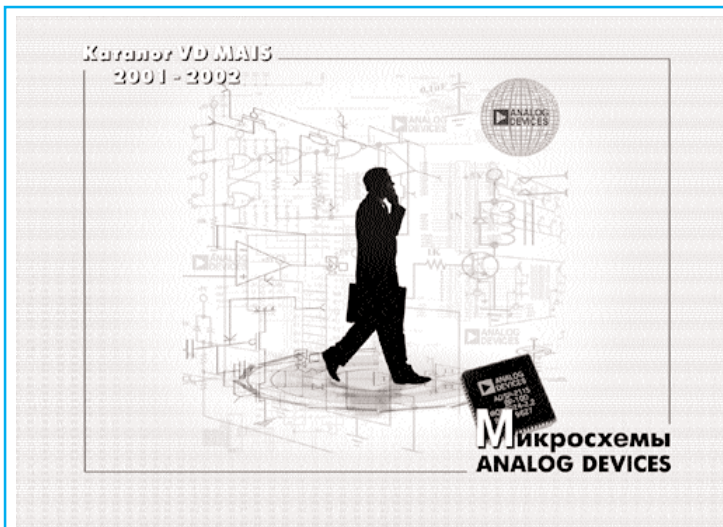
2. Kester W., Bryant J., Jung W., Amplifiers for Signal Conditioning // Practical Design Techniques for Sensor Signal Conditioning. — Analog Devices, 1999.

3. Kitchin C., Counts L., A Designer's Guide to Instrumentation Amplifiers. — Analog Devices, 2000.

4. Analog Devices' Data Sheets: AD620, Rev. E, 1999; AD621, Rev. B, 2001; AD622, Rev. C, 1999; AD623, Rev. C, 1999; AD624, Rev. C, 1999; AD625, Rev. D, 2000; AD626, Rev. C, 1999; AD627, Rev. B, 2001; AD629, Rev. A, 2000.

5. Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС / Пер. с англ. — М.: Мир, 1985.

6. Защита измерительных усилителей // Электронные компоненты и системы. — Киев, VD MAIS, № 8, 2000.



Редакция журнала подготовила новый каталог «Микросхемы Analog Devices».

Подписчикам журнала каталог высылается бесплатно. Заявки

на каталог принимаются по адресу:

01033, г. Киев, а/я 942, НПФ VD MAIS,

электронной почте: info@vdm.kiev.ua

или по факсу: (044) 227-3668.

В заявке следует указать: Ф. И. О.

(название предприятия),

почтовый и электронный адреса,

номер абонемента.



ПРЕЦИЗИОННЫЙ ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ *

В статье рассмотрен операционный усилитель AD797 фирмы Analog Devices, отличающийся ультранизким уровнем шумов ($0.9 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$) и нелинейных искажений (-120 дБ) и предназначенный для использования в аппаратуре звукового и ультразвукового диапазона частот.

А. Ермолович

Операционный усилитель AD797 отличается хорошими характеристиками по постоянному току, высоким быстродействием, низким уровнем искажений и предназначен для использования в профессиональной высококачественной аудио- и видеоаппаратуре, измерительных системах. Основные параметры усилителя:

- приведенное ко входу напряжение шума в диапазоне частот от 1 кГц до 1 МГц не более $1.2 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$, типовое значение $0.9 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$; на частоте 10 Гц — соответственно 2.5 и $1.7 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$
- приведенный ко входу уровень шума от пика до пика в диапазоне частот от 0.1 до 10 Гц 50 нВ (типичное значение), в диапазоне частот от 10 Гц до 1 МГц — 1 мкВ (типичное значение)
- приведенная ко входу спектральная плотность шумового тока на частоте 1 кГц $2.0 \text{ пА}/\sqrt{\text{Гц}}$ (типичное значение)
- уровень нелинейных искажений на частоте 20 кГц не более -110 дБ , на частоте 250 кГц — не более -90 дБ
- приведенное ко входу напряжение смещения не более 60 мкВ
- входной ток не более 2 мкА

- входной ток смещения не более 0.2 мкА
- произведение коэффициента уси-

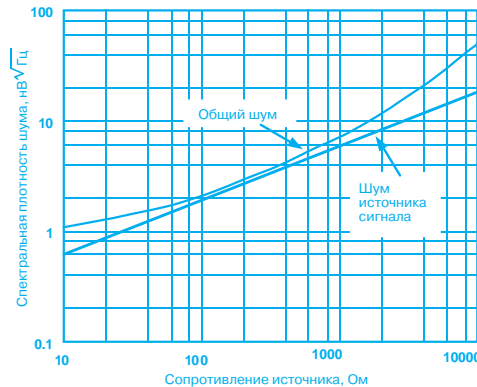


Рис. 1. Спектральная плотность шума на входе усилителя на ОУ AD797 в зависимости от сопротивления источника сигнала

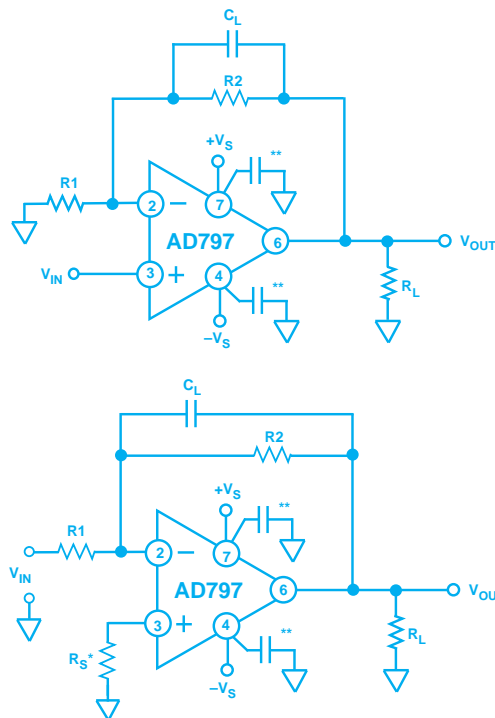


Рис. 2. Неинвертирующий (а) и инвертирующий (б) усилители на базе ОУ AD797

ления на граничную частоту (по уровню -3 дБ): 110 МГц при коэффициенте усиления 1000 и 80 МГц при коэффициенте усиления 10

- граничная частота в режиме большого сигнала 280 кГц
- скорость нарастания выходного сигнала не менее $12.5 \text{ В}/\mu\text{с}$
- время установки сигнала на выходе с погрешностью 0.0015% (один разряд 16-разрядной шкалы) не более $1.2 \mu\text{с}$, типовое значение $0.8 \mu\text{с}$
- напряжение питания от ± 5 до $\pm 15 \text{ В}$
- диапазон рабочих температур от -40 до $85 \text{ }^\circ\text{C}$ или от -55 до $125 \text{ }^\circ\text{C}$
- восьмивыводный корпус типа Mini-DIP, Cerdip или SOIC.

В связи с тем, что ОУ AD797 имеет очень низкое напряжение шума и относительно высокий шумовой ток, его следует использовать только для усиления сигналов низкоомных источников. На рис. 1 приведена зависимость величины суммарной спектральной плотности напряжения шума, приведенной ко входу AD797, от величины сопротивления источника сигнала. Величина спектральной плотности

Таблица 1. Зависимость спектральной плотности шума от номинальных значений R и C для усилителей, приведенных на рис. 2:
а) неинвертирующего

Уси-ление	R1, Ом	R2, Ом	C _L , пФ	Шум, нВ/√Гц
2	1000	1000	20	3.0
2	300	300	10	1.8
10	33.2	300	5	1.2
20	16.5	316	-	1.0
> 35	10	(G-1)·10	-	0.98

б) инвертирующего

Уси-ление	R1, Ом	R2, Ом	C _L , пФ	Шум, нВ/√Гц
-1	1000	1000	20	3.0
-1	300	300	10	1.8
-10	150	1500	5	1.8

* *Ultralow Distortion, Ultralow Noise Op Amp AD797. Data Sheet Rev. C. — Analog Devices, 2001.*



напряжения шума усилителя (без учета вклада шума источника сигнала) в зависимости от номинальных значений пассивных компонен-

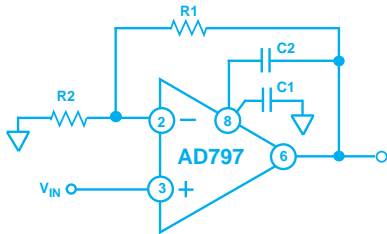


Рис. 3. Схема усилителя с малыми нелинейными искажениями на базе ОУ AD797

тов, определяющих величину коэффициента усиления неинвертирующего и инвертирующего усилителей на базе AD797 (рис. 2, а и б), приведена в таблице 1, а и б соответственно.

Для снижения уровня нелинейных искажений и повышения граничной частоты рекомендуется использовать схему включения ОУ AD797, приведенную на рис. 3. Номинальные значения пассивных

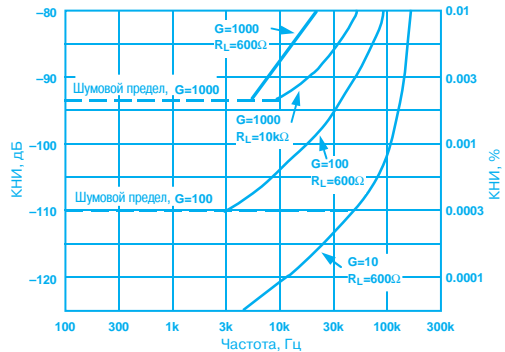


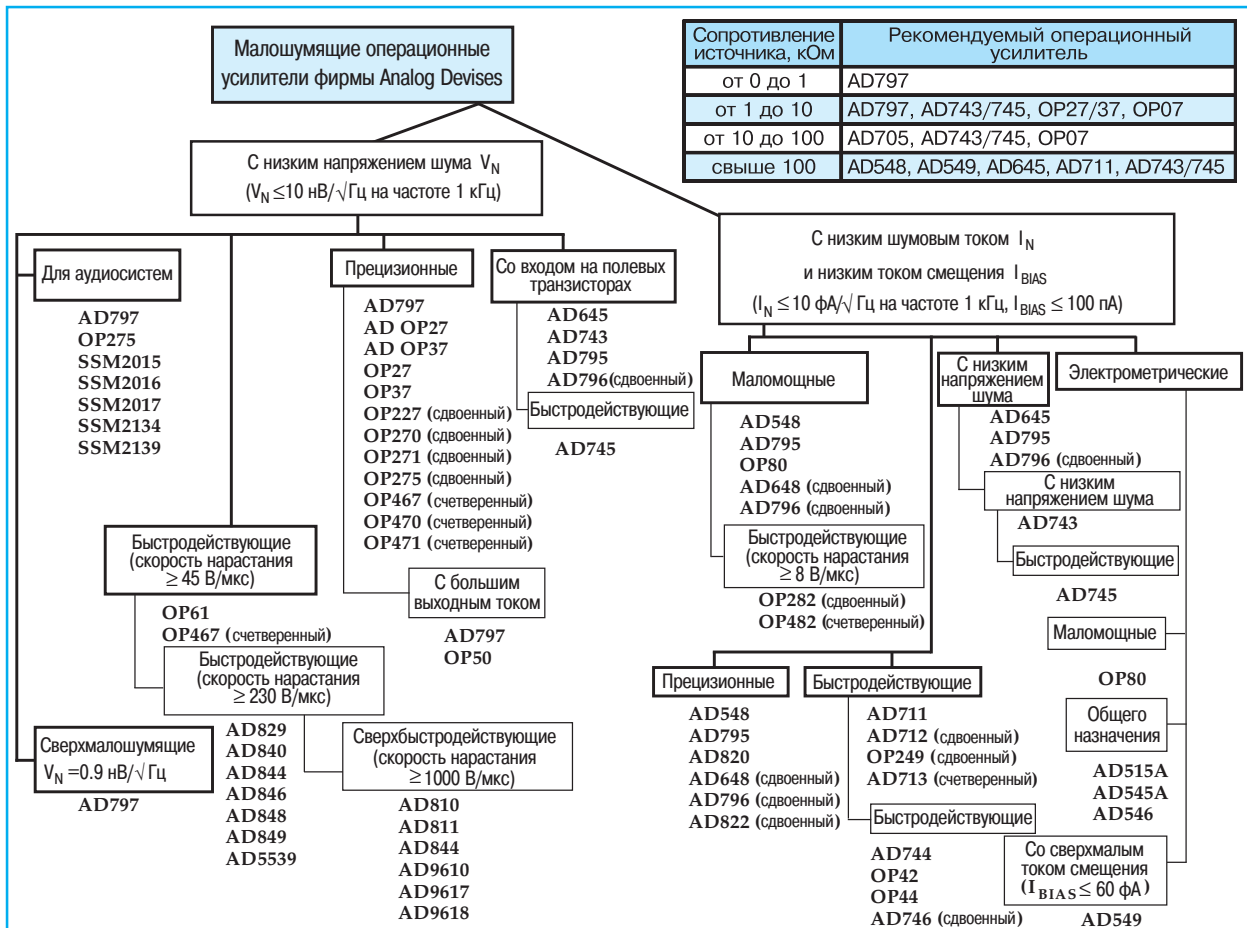
Рис. 4. Зависимость уровня искажений от частоты для усилителя, приведенного на рис. 3

Таблица 2. Зависимость граничной частоты усилителя, приведенного на рис. 3, от номинальных значений пассивных компонентов

Усиление	R1, Ом	R2, Ом	Вариант 1		Вариант 2		
			C1, пФ	C2, пФ	C1, пФ	C2, пФ	Граничная частота (-3 дБ), МГц
10	909	100	0	50	-	-	-
100	1000	10	0	50	15	33	1.5
1000	10000	10	0	50	33	15	0.45

компонентов и граничные частоты для этой схемы при различном усилении приведены в таблице 2, графики зависимости коэффициента нелинейных искажений от частоты — на рис. 4.

Дополнительную информацию об усилителе можно получить в сети Интернет по адресу: www.analog.com



МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ОПОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Источники опорных напряжений (ИОН) являются составными компонентами АЦП и ЦАП. Точность этих преобразователей во многом определяется температурной и временной стабильностью ИОН. Ниже рассмотрены особенности различных типов ИОН [1, 2].

В. Романов

Основное применение ИОН находят в аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователях. Они могут быть встроены непосредственно в кристалл АЦП или ЦАП или выполнены в виде отдельной микросхемы. ИОН характеризуется следующими параметрами: выходным напряжением, точностью его установки, температурной и временной стабильностью, уровнем шумов, температурным гистерезисом выходного напряжения, током потребления и нагрузочной способностью, габаритами и стоимостью. В настоящее время наибольшее распространение получили четыре типа ИОН: на основе диода Зенера, на основе скрытого перехода Зенера, ИОН типа "bandgap", ИОН на основе XFET технологии (Extra Implanted Function FET Technology). Сравнительная оценка этих типов ИОН приведена в табл. 1.

Самыми простыми источниками являются диоды Зенера или стабилитроны. Они имеют всего два вывода. Погрешность установки выходного напряжения этих ИОН находится в пределах 0.5 %, ТКС составляет 100 ppm/°C. В то же время диоды Зенера отличаются большим разбросом параметров от образца к образцу (до 7.5 %), имеют высокое выходное напряжение (более 5 В) и выходное сопротивление не менее

100 Ом, потребляют до нескольких мА. Кроме того, при построении ИОН на их основе требуется большое число внешних компонентов. ИОН на основе скрытого перехода Зенера отличаются малым температурным дрейфом (1-2 ppm/°C для ИМС AD588 и AD586), достаточно низким уровнем шумов (100 нВ/√Гц), однако потребление этих ИОН также составляет единицы миллиампер.

ИОН типа "bandgap" относятся к низковольтным источникам, выходное напряжение которых меньше 5 В. Принципиальная схема первого источника этого типа LM109 приведена на рис. 1. Такие ИОН еще называют " ΔV_{BE} " источниками, т. к. разностный ток через транзисторы Q1 и Q2 формирует напряжение ΔV_{BE} на резисторе R3. Выходное напряжение ИОН $V_R = V_{BE} + R2/R3 \cdot \Delta V_{BE}$, причем температурные коэффициенты напряжений (ТКН) V_{BE} и ΔV_{BE} имеют противоположную полярность. Выходное сопротивление таких

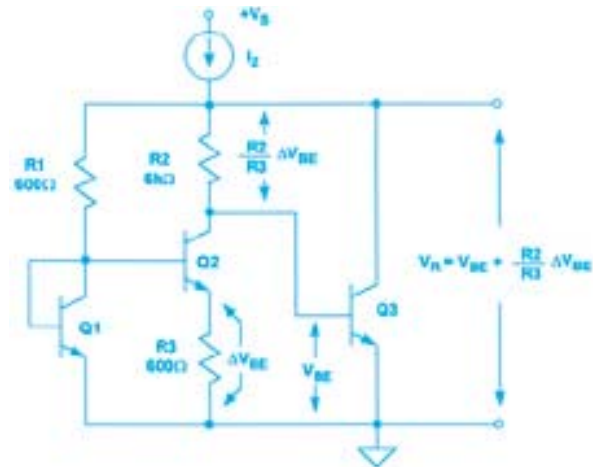


Рис. 1. Принципиальная схема источника LM109

Таблица 1. Сравнительные характеристики источников опорного напряжения

Тип источника опорного напряжения			
ИОН на основе диода Зенера	ИОН на основе скрытого перехода Зенера	ИОН типа "bandgap"	ИОН на основе XFET технологии
ПРЕИМУЩЕСТВА			
Высокая точность, температурная и временная стабильность, низкая стоимость	Высокая точность, температурная и временная стабильность	Высокая точность, которую можно улучшить путем подстройки, низкое потребление, малое напряжение питания, отсутствие внешних резисторов	Низкий уровень шумов, малый ток потребления, напряжение питания такое же, как и для ИОН типа "bandgap", улучшенный температурный коэффициент
НЕДОСТАТКИ			
Большая мощность рассеивания, низкий КПД, большое напряжение питания, наличие внешних резисторов	Большая потребляемая мощность, высокое напряжение питания, высокая стоимость	Имеет ограничения по температурному дрейфу, имеет средние параметры по уровню шумов, размеры корпуса больше, чем у других типов ИОН	Более высокая стоимость по сравнению с другими типами ИОН

ИОН составляет 0.6 Ом, ТКН — 10 ppm/°C (AD589) при $V_R=1.205$ В. В состав ИОН типа "bandgap" может быть включен ОУ (AD580, AD680, AD780 и др.), который обеспечивает стандартный уровень выходного напряжения и необходимый ток нагрузки. Выходное напряжение таких ИОН за счет лазерной подгонки резисторов может составлять 2.5, 5 или 7.5 В. В новейших ИОН типа "bandgap" используются современные субмикронные технологии (например, AD1580), что позволяет уменьшить размеры и снизить потребление таких источников. Ток потребления AD1580 составляет не более 50 мкА при максимальном токе нагрузки 10 мА, ТКН — от 50 до 100 ppm/°C, временной дрейф 100 ppm/1000 часов, тип корпуса SOT-23. Перечисленные параметры позволяют использовать эти ИОН в портативных приборах с батарейным питанием.

В источниках на основе XFET технологии вместо биполярных используются полевые транзисторы. Базовая схема XFET ИОН приведена на рис. 2. Ядро этого ИОН выполнено на основе полевых транзисторов J_1 и J_2 , которые формируют разностное напряжение ΔV_p , равное $\Delta V_p = V_{p1} - V_{p2}$, где V_{p1} и V_{p2} — напряжение отсечки транзисторов J_1 и J_2 соответственно. В схему ИОН включен ОУ с обратной связью, позволяющий обеспечить выходное напряжение $U_{\text{вых}}$, равное $U_{\text{вых}} = \Delta V_p(1+R2+R3/R1) + I_{\text{PTAT}}R3$. Путем подгонки номиналов резисторов R1, R2 и R3 можно получить выходное напряжение 2.048, 2.5 или 4.096 В. Напряжение питания этих ИОН (например, семейства ADR291) лежит в пределах от ($U_{\text{вых}} + 200$ мВ) до 15 В, ток потребления 12 мкА, ток нагрузки не менее 5 мА.

Источники на основе XFET технологии, а также на основе скрытого перехода Зенера обладают максимальной температурной и временной стабильностью. Температурный коэффициент лучших ИОН, выполненных с использованием указанных выше технологий, не превышает 1 ppm/°C, в то время как для ИОН типа "bandgap" эта величина составляет не менее 3 ppm/°C. Нестабильность во времени ИОН на осно-

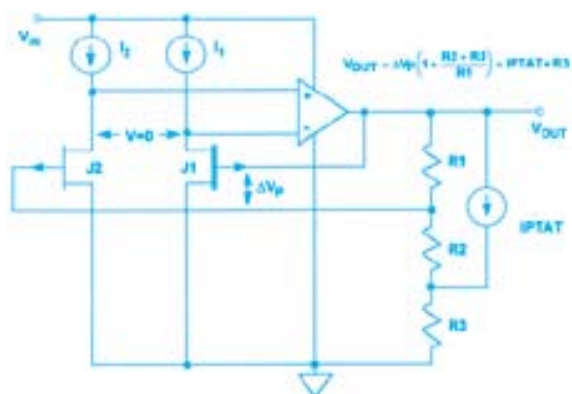


Рис. 2. Базовая схема источника на основе XFET технологии

ве XFET технологии не превышает 0.2 ppm/1000 часов, в то время как для источников со скрытым переходом Зенера эта величина составляет 25 ppm/1000 часов.

Следует предостеречь разработчиков от ошибок при пересчете временного дрейфа ИОН на более длительный срок — от года (8766 часов) до 10 лет. Так как временной дрейф ИОН является случайной величиной, он пропорционален корню квадратному из длительности временного интервала, т. е. за год величина максимального отклонения увеличится примерно втрое, а за десять лет — в десять раз по сравнению с отклонением за 1000 часов. Температурная и временная стабильность ИОН определяют точность АЦП и ЦАП. Величина дрейфа ИОН в пересчете на 100 °C, как правило, не должна превышать 1/2 ЕМР АЦП или ЦАП. Связь этих параметров для преобразователей различной точности представлена в табл. 2. Точность преобразователей зависит не только от температурного и временного дрейфа, но и от уровня шумов на выходе ИОН. Как правило, абсолютное значение шума (от пика к пику) не должно превышать 1/2 ЕМР АЦП или ЦАП. Исходя из этого, требуемое значение эквивалентного напряжения шума E_n при заданной точности преобразователя N разрядов можно определить из следующего выражения: $E_n \leq (U_{\text{ИОН}}/12 \cdot 2^N \cdot \sqrt{BW})$ [В/√Гц], где $U_{\text{ИОН}}$ — напряжение на выходе ИОН, BW — частотный диапазон шумового сигнала. Максимальное значение уровня шума в зависимости от точности преобразователя можно определить из табл. 3.

Таблица 2. Максимально допустимые значения температурного дрейфа ИОН в зависимости от точности АЦП или ЦАП в температурном диапазоне 0... 100 °C

Точность АЦП или ЦАП, разряды	Температурный дрейф ИОН, ppm/°C	1/2 ЕМР, мВ, для шкалы		
		2.5 В	5 В	10 В
10	4.88	1.22	2.44	4.88
12	1.22	0.31	0.61	1.22
14	0.31	0.08	0.15	0.31
16	0.08	0.02	0.04	0.08

Таблица 3. Максимально допустимое значение эквивалентного напряжения шума в зависимости от точности АЦП или ЦАП при частотном диапазоне шумового сигнала 100 кГц

Точность АЦП или ЦАП, разряды	E_n , нВ/√Гц, при напряжении $U_{\text{ИОН}}$		
	10 В	5 В	2.5 В
12	643	322	161
13	322	161	80
14	161	80	40
15	80	40	20
16	40	20	10

Таблица 4. Основные параметры ИОН семейства ADR42X

Тип	$U_{\text{вых}}$, В	Погрешность установления $U_{\text{вых}}$, мВ	ТКН, ppm/°C	Шум, мкВ (от пика к пику), в диапазо- не от 0.1 до 10 Гц	Спектральная плот- ность шума на час- тоте 1 кГц, нВ/√Гц	Временной дрейф, ppm/ 1000 часов	FOB цена в партии 1000 шт., \$
ADR420AR	2.048	3	10	1.75	60	50	2.54
ADR420BR	2.048	1	3	1.75	60	50	6.60
ADR420ARM	2.048	3	10	1.75	60	50	2.54
ADR421AR	2.50	3	10	1.75	80	50	2.54
ADR421BR	2.50	1	3	1.75	80	50	6.60
ADR421ARM	2.50	3	10	1.75	80	50	2.54

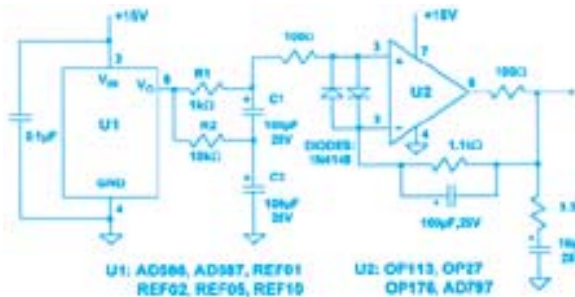


Рис. 3. Схема прецизионного источника

Спектральная плотность шума даже высококачественных источников, выполненных по "bandgap" или XFET технологии, может достигать 100 нВ/√Гц. Поэтому одним из путей снижения уровня шумов на выходе ИОН является использование внешнего фильтра. На рис. 3

приведена схема прецизионного источника, включающего собственно ИОН, фильтр и высокоточный повторитель на основе ОУ. Частота среза фильтра не превышает 1.7 Гц. Спектральная плотность шума такой схемы составляет не более 2 нВ/√Гц.

В заключение приведем основные параметры нового семейства XFET ИОН фирмы Analog Devices ADR42X (табл. 4).

ЛИТЕРАТУРА:

1. W. Jung, W. Kester, J. Bryant. Precision Voltage References. — The Analog Devices Guide for References and Low Dropout Regulators. — Analog Devices, 1999.
2. M. Pearson. Correctly Choose an IC Voltage Reference. — Electronic Design, December, 2000.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ

При выборе типа сигнального процессора для системы цифровой обработки сигналов приходится учитывать множество параметров процессора. Один из важнейших параметров, который принимается во внимание, — производительность сигнального процессора в самом широком смысле. Статья знакомит с проблемами достоверной оценки и методами измерения реальной производительности сигнальных процессоров.

В. Охрименко

Увеличивающаяся с каждым днем потребность в средствах телекоммуникаций, в которых невозможно обойтись без цифровой обработки сигналов, служит мощным стимулом для роста выпуска сигнальных процессоров. Сделать оптимальный выбор среди огромного количества существующих типов сигнальных процессоров, выпускаемых множеством фирм — весьма сложная проблема, решение которой к тому же тре-

бует немало времени. Одна из ключевых проблем, которую приходится решать при выборе типа сигнального процессора — это правильно и беспристрастно оценить его производительность.

Выполнять обработку сигналов, представленных в цифровом виде, можно на базе микроконтроллеров и универсальных микропроцессоров. Однако на практике для цифровой обработки сигналов применяют специализированные микропроцессоры — сигнальные процессоры, предназначенные для выполнения сложных математических вычислений в реальном масштабе времени. Архитектура сигнальных процессоров оптимизирована для реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов. Поскольку в статье рассматриваются проблемы оценки реальной производительности программируемых сигнальных процессоров, как наиболее универсальных и имеющих лучшее соотношение стоимости и производительности, необходимо отметить некоторые из отличительных особенностей их архитектуры:

- архитектура сигнальных процессоров обязательно включает аппаратный умножитель/накопитель, выполняющий операции в течение одного машинного цикла, что особенно актуально при реализации большинства алгоритмов цифровой обработки (например, фильтрации)
- множественный доступ ко встроенной памяти (по сути, многопортовой), который позволяет осуществлять одновременную выборку инструкции и нескольких операндов (данных и коэффициентов)
- специальные методы адресации и схемы управления выборкой инструкций, что позволяет ускорить выполнение повторяющихся операций
- специализированные инструкции и вычислительные устройства (например, декодер Витерби)
- специализированные периферийные устройства ввода/вывода, позволяющие реализовать быстрый обмен данными и результатами вычислений.

Методы оценки производительности сигнальных процессоров могут быть применимы и для оценки производительности универсальных микропроцессоров при выполнении ими приложений цифровой обработки сигналов (DSP приложений). В настоящее время многие фирмы-производители интегрируют в состав универсальных микропроцессоров дополнительные устройства, которые с помощью специальных инструкций позволяют ускорить выполнение сложных математических операций (примером могут служить микропроцессоры SH-DSP фирмы Hitachi или Pentium с расширением MMX и SSE фирмы Intel).

Производительность сигнальных процессоров можно оценивать различными способами. С одной стороны, производительность оценивается временем, затрачиваемым на выполнение определенной задачи, с другой стороны, к показателям производительности можно отнести используемый объем памяти и энергопотребление, требуемые для решения поставленной задачи. Последние показатели в некоторых случаях наиболее важны. Используя количественные показатели производительности, можно осуществлять беспристрастную оценку возможностей сигнальных процессоров разных типов. К сожалению, выполнить достоверное сравнение возможностей модификаций сигнальных процессоров одного семейства зачастую весьма сложно. Кроме традиционных способов оценки производительности (количество выполняемых инструкций за единицу времени) независимая ассоциация BDTI (Berkeley Design Technology, Inc.), созданная в 1991 г. и специализирующаяся на анализе архитектуры, разработке тестовых программ и алгоритмов, сравнительной оценке инструментальных средств отладки и производительности сигнальных процессоров разных производителей, предлагает две взаимодополняющие методики для достоверной оценки реаль-

ной производительности сигнальных процессоров. Методики предусматривают тестирование сигнальных процессоров с помощью набора программ, реализующих базовые контрольные алгоритмы, в результате чего определяется время выполнения каждой программы. Услугами BDTI пользуются известнейшие фирмы-производители, среди которых: 3 Com, AMD, Analog Devices, Compaq, Ericsson, Hewlett-Packard, IBM, Infineon Technologies, Intel, Lucent Technologies, Microsoft, Motorola, National Semiconductor, NEC, Nokia, Philips, Sony, Star Core, Sun Microsystems, Texas Instruments, Xilinx и другие. Результаты сравнительной оценки производительности сигнальных процессоров публикуются на страницах ведущих изданий, посвященных сигнальным процессорам, кроме того, их можно найти на Web-сайте BDTI (<http://www.BDTI.com>). Данная статья написана по материалам публикаций BDTI, посвященным проблемам оценки реальной производительности сигнальных процессоров [1-5].

Традиционно для оценки производительности сигнальных процессоров используется такой показатель как количество инструкций, выполняемых в единицу времени, а в качестве единицы измерения принято использовать MIPS (миллион инструкций в секунду). Производительность сигнальных процессоров с плавающей точкой, кроме того, оценивается в MFLOPS (миллион операций с плавающей точкой). Все производители сигнальных процессоров в технической документации указывают производительность процессоров в единицах MIPS. Однако такой показатель как MIPS зачастую может ввести в заблуждение, поскольку в разных типах процессоров при выполнении инструкций может совершаться неодинаковое количество операций. В особенности это относится к сигнальным процессорам, которые имеют специализированный набор инструкций. Такому показателю как MIPS можно доверять при оценке производительности процессоров с простой архитектурой. MOPS (миллион операций в секунду), которые также часто используются в качестве единицы измерения производительности, в еще меньшей степени отражают объем "полезных" вычислений, выполняемых сигнальным процессором, поскольку при равном количестве операций, выполняемых процессорами разных типов, объем "полезных" вычислений может существенно отличаться. Казалось бы, так как основная операция, выполняемая при цифровой обработке сигналов (к примеру, в КИХ-фильтрах) — умножение с накоплением, в качестве одного из основных показателей производительности можно выбрать такой показатель, как количество операций умножения с накоплением (MAC), выполняемых за единицу времени. Подобным образом поступают многие производители, оценивая производительность своих сигнальных процессоров в MAC. Однако, в про-

граммах для DSP приложений используются и многие другие операции (не только умножение). Более того, в процессорном ядре сигнальных процессоров параллельно с операциями умножения могут выполняться и другие операции, что существенно влияет на скорость выполнения, к примеру, циклов. По этой причине единицы MAC как показатель производительности не отражают в полной мере вычислительную мощность сигнальных процессоров, хотя, безусловно, ими нельзя и пренебрегать.

Таким образом, такие показатели как MIPS, MFLOPS, MOPS, MAC не могут служить в качестве основных показателей реальной производительности сигнальных процессоров и они так же, как объем используемой памяти и мощность потребления, относятся ко второстепенным показателям реальной производительности. В то же время все перечисленные показатели накладывают жесткие ограничения на применение того или иного типа сигнального процессора в конкретной системе. Большой объем памяти, необходимый для хранения программы, приводит к тому, что для сокращения потребляемой мощности приходится использовать более медленную память, что, в свою очередь, снижает общую вычислительную мощность. Сигнальные процессоры, имеющие большую мощность потребления, нельзя использовать в портативной переносной аппаратуре, которая имеет ограниченную энергоемкость элементов питания. Кроме того, нельзя упускать из виду, что производители сигнальных процессоров зачастую приводят лишь типовую величину потребляемой мощности при фиксированной тактовой частоте. Однако потребляемая мощность зависит не только от тактовой частоты, но и от набора выполняемых инструкций и конкретных данных. Следует также отметить, что при питании от батарей значительно более важным показателем служит энергопотребление, т. е. именно тот параметр, который определяет срок службы элементов питания. К примеру, сигнальный процессор с большим быстродействием затрачивает на выполнение программы меньше времени, поэтому на определенные отрезки времени его можно переключать в режим с пониженным энергопотреблением (idle или power down), что снижает общее энергопотребление по сравнению с более медленными процессорами, имеющими меньшую потребляемую мощность.

Наиболее общий подход, используемый для определения производительности компьютерных систем, — применение набора стандартных прикладных программ, что также дает возможность определить объем необходимой памяти и энергопотребление. Результаты, полученные при тестировании процессоров разных типов с помощью пакета стандартных прикладных программ, в значительно большей степени по сравне-

нию с традиционными MIPS, MOPS и MAC отражают реальную производительность процессоров.

Ассоциация SPEC (Standard Performance Evaluation Corporation) предлагает набор стандартных прикладных программ для оценки производительности универсальных микропроцессоров и микропроцессорных систем. Примером стандартных прикладных программ для DSP приложений могут служить программы речевых кодеров (CELP, VSELP, GSM), модемов (протоколы V.34, V.90) и драйверов дисководов. Чтобы подобные программы можно было использовать для оценки производительности процессоров разных типов, они создаются на языках высокого уровня (к примеру, C), что приводит к тому, что тестируется не только сам процессор, но и компилятор. Однако на практике из-за низкой эффективности компиляторов для сигнальных процессоров программы, которые должны выполняться с наибольшим быстродействием (системы реального времени), создаются на языке ассемблера. По этой причине для оценки реальной производительности сигнальных процессоров использование стандартных прикладных программ (на языке C) не имеет смысла. Даже если стандартные программы для DSP приложений написаны на ассемблере, возникают другие проблемы. Первая заключается в том, что прикладные программы для DSP приложений не обеспечивают беспристрастной оценки характеристик процессора. К примеру, в двух стандартных программах реализации модема вычисления могут выполняться с разной точностью. Вторая состоит в том, что всегда остаются сомнения, а достаточно ли оптимально составлена сложная программа. В случае неоптимально составленной программы тестирование приводит, скорее, к оценке способности программиста, а не производительности сигнального процессора. Третья — это то, что зачастую тестируется не столько сам процессор, сколько процессорная система, состоящая из внешней памяти, процессора и т. п.

Чтобы избежать проблем, возникающих при оценке реальной производительности сигнальных процессоров, ассоциация BDTI в 1997 г. предложила две взаимодополняющие методики для оценки реальной производительности сигнальных процессоров. Первая заключается в тестировании процессоров с помощью программ, реализующих базовые контрольные алгоритмы, в результате чего измеряется время выполнения отдельных программ. Суть второй заключается в следующем. Прикладная программа пользователя разделяется на отдельные элементарные программы, реализующие базовые алгоритмы, а время выполнения прикладной программы определяется как сумма времени выполнения отдельных программ. Предложенные BDTI методики оценки позволяют получить новые количественные показатели производительности

и найти, тем самым, компромисс между упрощенными показателями производительности (имеются ввиду MIPS, MOPS и MAC), которые навязываются производителями сигнальных процессоров, и показателями, получаемыми в результате тестирования с помощью многосложных стандартных прикладных программ. Базовые контрольные алгоритмы — набор наиболее часто встречающихся алгоритмов, используемых при цифровой обработке сигналов (алгоритмы реализации разных фильтров, быстрого преобразования Фурье, суммирования векторов и т. п.). В 1999 г. набор базовых алгоритмов был частично модифицирован. Базовые контрольные алгоритмы BDTmark2000, предложенные BDTI в 2000 г., в значительной мере сохраняют преемственность с теми, которые были разработаны ранее. Однако, следует обратить внимание, что новые количественные показатели не совпадают с теми показателями, которые существовали до появления BDTmark2000. Перечень базовых контрольных алгоритмов приведен в таблице. Алгоритмы BDTmark2000 характеризуются: преемственностью с другими алгоритмами, которые были ранее предложены BDTI; уни-

версальностью, т. е. все алгоритмы BDTmark2000 можно использовать для оценки производительности сигнальных процессоров с разной архитектурой; простотой, что позволяет сравнительно легко оптимизировать программы. Кроме того, производительность характеризуется одним относительным числовым показателем, который вычисляется с учетом времени выполнения программ, реализующих все базовые алгоритмы. Чем большее числовое значение имеет показатель производительности, тем выше быстродействие процессора. К примеру, быстродействие сигнального процессора с показателем, равным 500, в два раза превышает быстродействие процессора с показателем 250.

Пожалуй, самое важное преимущество предложенных BDTI методик достоверной оценки реальной производительности сигнальных процессоров — доступность результатов тестирования. Специалисты BDTI регулярно выполняют тестирование сигнальных процессоров разных типов, а с результатами оценки производительности можно ознакомиться на Web-сайте BDTI. Несмотря на многие неопределимые достоин-

Базовые контрольные алгоритмы BDTmark2000

Назначение	Описание	Примеры применения
КИХ-фильтр с блочной обработкой (вещественные числа)	КИХ-фильтр (операции с блоком данных, представленных вещественными числами)	Обработка речи (к примеру, сжатие речи согласно протоколу G 728)
Потоковый (односчетный КИХ-фильтр)	КИХ-фильтр (операции с одноотсчетными данными, представленными вещественными числами)	Обработка речи, фильтрация
КИХ-фильтр с блочной обработкой (комплексные числа)	КИХ-фильтр (операции с блоком данных, представленных комплексными числами)	Эквалайзер модемного канала
Адаптивный КИХ-фильтр (метод наименьших квадратов-МНК)	Адаптивный фильтр на базе метода наименьших квадратов (LMS – Least-Mean-Square). Операции с одноотсчетными данными (вещественные числа)	Выравнивание характеристик канала, кодирование с линейным предсказанием, управление двигателями
Двойной биквадратный БИХ-фильтр	БИХ-фильтр (операции с одноотсчетными данными, представленными вещественными числами)	Обработка аудиосигналов, фильтрация
Скалярное произведение	Сумма поэлементных произведений двух векторов	Свертка, корреляция, матричное умножение, обработка многомерных сигналов
Сложение векторов	Поэлементное суммирование двух векторов (результат – третий вектор)	Обработка изображений, векторный поиск, преобразование аудио- и видеосигналов
Определение максимального значения вектора	Нахождение значения и местонахождения максимального значения вектора	Кодирование с исправлением ошибок; алгоритмы, использующие представление данных с блочно плавающей точкой
Декодер Витерби	Декодирование сверточных кодов	Проводные и беспроводные системы связи (к примеру, цифровые мобильные телефоны)
Управление	Управление и контроль (ветвление, операции "pop" и "push", битовые операции)	Практически все DSP приложения
БПФ (256 точек)	Преобразование представления сигнала из временной области в частотную	Радары, сонары, спектральный анализ, сжатие аудиосигнала (протокол MPEG)
Распаковка бит	Распаковка слов различной длины из непрерывного потока бит	Восстановление аудио- и речевых сигналов

ства, базовые контрольные алгоритмы имеют и ряд недостатков.

Количественные показатели производительности, вычисляемые с учетом времени выполнения программ на базе всех алгоритмов BDTmark2000, позволяют пользователю сравнить сигнальные процессоры разных типов. Однако с их помощью нельзя оценить время выполнения конкретных прикладных программ.

Высокие показатели производительности, полученные при выполнении какой-либо одной программы на базе BDTmark2000, не отражают реальной производительности сигнального процессора, поскольку это может быть следствием специализированных инструкций или встроенного сопроцессора, используемых для подобного рода вычислений.

С помощью программ на базе BDTmark2000 можно оценить только скорость выполнения этих программ. Однако с их помощью нельзя оценить другие важные характеристики: объем используемой памяти, энергопотребление, стоимость и степень интеграции сигнального процессора.

Программы для сигнальных процессоров разных типов создаются с учетом используемого формата представления чисел. Поэтому, если сигнальные процессоры с фиксированной и плавающей точкой имеют одинаковый показатель производительности (к примеру, 400), не следует забывать, что сигнальный процессор с плавающей точкой обеспечивает большую точность и соответственно обладает большей вычислительной мощностью.

Существует несколько способов измерения времени выполнения программ на базе алгоритмов BDT-

mark2000. Самый традиционный заключается в определении с помощью программного симулятора количества циклов (тактов), затрачиваемых процессором на выполнение программы. Симулятор позволяет с точностью до одного машинного цикла определить суммарное количество циклов, необходимое для выполнения тестовой программы, а также дает возможность программисту следить за изменением времени выполнения программы в случае поиска наиболее оптимального варианта. Использование аппаратного эмулятора дает возможность не только измерить время выполнения программы, но и с большей точностью контролировать энергопотребление. В случае отсутствия инструментальных средств отладки (симулятора и эмулятора) определить с достаточной точностью время выполнения тестовых программ весьма сложно, поскольку крайне трудно учесть возможные случаи блокировки конвейера и конфликты на шинах при доступе к памяти. Новые сигнальные процессоры, для которых еще не созданы инструментальные средства отладки, тестируются путем вычисления длительности каждой операции (по сути на бумаге), но для этого необходимо до мельчайших деталей представлять все тонкости архитектуры процессора.

Несмотря на вышеназванные недостатки, ярким подтверждением целесообразности применения методик, предложенных BDTI, служат следующие примеры. Сигнальный процессор TMS320C6203 (тактовая частота 300 МГц) фирмы Texas Instruments выполняет в течение одного цикла восемь инструкций и имеет производительность 2400 MIPS, что в 16 раз больше производительности DSP56311 (тактовая частота

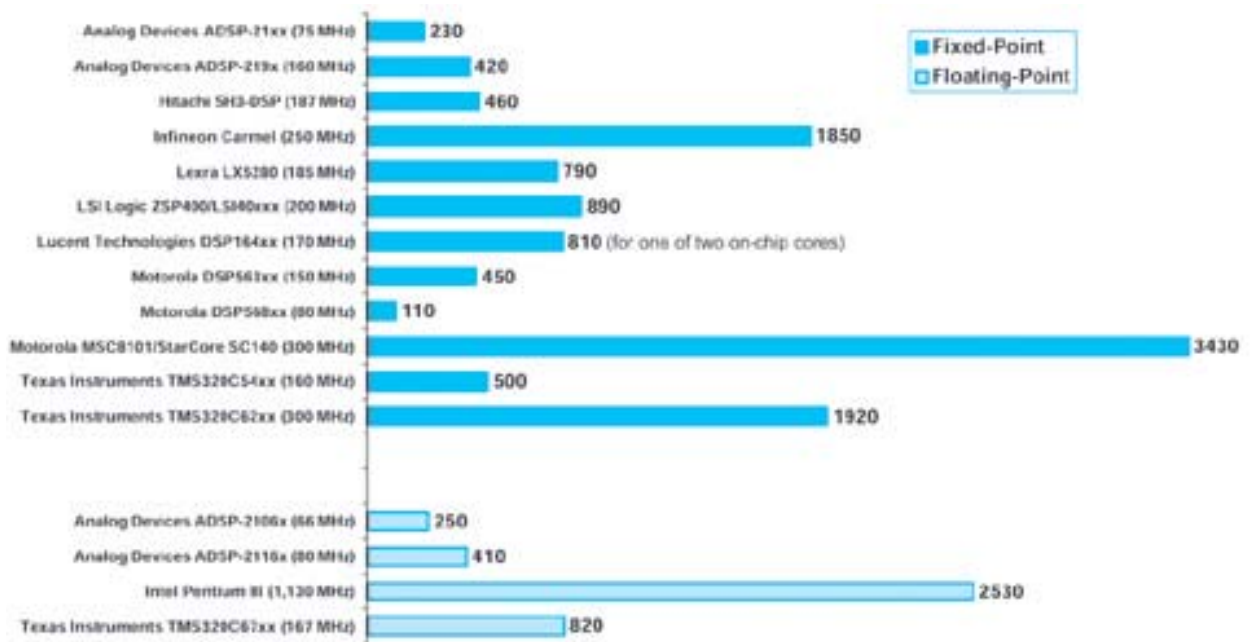


Рис. 1. Производительность сигнальных процессоров разных типов



Рис. 2. Результаты тестирования сигнальных процессоров

300 МГц) фирмы Motorola, имеющего производительность 150 MIPS. Однако, TMS320C6203 на выполнение программы, реализующей КИХ-фильтр, затрачивает всего в 5.4 раза меньше времени, чем DSP56311 [1]. Причина заключается в следующем. TMS320C6203, построенный на базе VLIW (Very Long Instruction Word) архитектуры, хотя и выполняет в течение одного цикла восемь инструкций, однако инструкции кодируют сравнительно простые операции. Особенность DSP56311, реализованного на базе традиционной архитектуры, — специализированные инструкции, которые кодируют выполнение одновременно нескольких операций (операция умножения с накоплением осуществляется одновременно с загрузкой коэффициента и новых данных, а также модификацией указателя адреса). Производительность сигнального процессора с традиционной архитектурой TMS320C5416 (Texas Instruments), выраженная в MIPS, в 15 раз меньше, чем производительность TMS320C6203. Однако время выполнения программы БПФ (256 точек) всего в 7.8 раза больше времени, затрачиваемого TMS320C6203 [2]. Приведенные параметры служат ярким подтверждением того, что единицы MIPS нельзя использовать для объективной оценки реальной производительности сигнальных процессоров.

На рис. 1 приведены показатели производительности сигнальных процессоров разных типов, получен-

ные в результате тестирования с использованием алгоритмов BDTImark2000 [5]. На рис. 2 приведены результаты тестирования (программы 256-точечного БПФ и КИХ-фильтра) некоторых типов сигнальных процессоров [4].

Хотя методики оценки производительности сигнальных процессоров, предложенные BDTI, и имеют некоторые недостатки, в настоящее время только с их помощью можно объективно оценить реальную производительность сигнальных процессоров. Традиционные единицы MIPS, MOPS, MAC, как и результаты оценки, полученные при тестировании с помощью специализированных прикладных программ, весьма обманчивы и не отражают реальной производительности сигнальных процессоров.

ЛИТЕРАТУРА:

1. The BDTImark2000: A Measure of DSP Execution Speed. — BDTI, 1997-2001.
2. Evaluating DSP Processor Performance. — BDTI, 1997-2000.
3. Choosing a DSP Processor. — BDTI, 1996-2000.
4. The Digital Signal Processor Derby//IEEE SPEC-TRUM, June 2001.
5. BDTImark2000™ Scores. Updated June 2001 (<http://www.bdti.com>).

ОТЛАДОЧНЫЕ И УЧЕБНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕМЕЙСТВА 68HC908 *

Восьмиразрядные микроконтроллеры семейства 68HC908 компании Motorola являются весьма перспективными для применения в отечественных разработках в связи с тем, что имеют высокие параметры, низкую стоимость и легко программируются в составе отлаживаемой системы. В статье рассмотрен недорогой комплект учебных и отладочных средств для этих контроллеров.

Контроллеры семейства 68HC908 достаточно подробно рассматривались в нашем журнале (ЭКиС №№ 3/2000, 4/2000, 3/2001, 4/2001). Отметим лишь основные отличительные особенности микроконтроллеров этого семейства:

- высокая производительность вычислительного ядра
- широкий набор встроенных периферийных модулей
- возможность быстрого внутрисхемного программирования встроенной флэш-памяти и большое число циклов ее перезаписи
- широкий выбор типов корпусов.

Фирма Beta Control (Чешская Республика) освоила выпуск платы универсального внутрисхемного эмулятора и набора целевых плат, предназначенных для макетирования систем на базе контроллеров семейства 68HC908. Платы поставляются раздельно или в наборе и комплектуются компакт-диском с презентацией контроллеров и учебными программами, а также двумя компакт-дисками компании Motorola со справочными материалами по микроконтроллерам и программным обеспечением для внутрисхемного эмулятора.

Плата универсального внутрисхемного эмулятора HC08 подключается к персональному компьютеру через интерфейс RS-232, к отлаживаемой системе — через унифицированный разъем MON08. Плата позволяет программировать флэш-память контроллера и отлаживать программное обеспечение в той системе, в которой контроллер будет эксплуатироваться. Этот эмулятор может использоваться с различными типами микроконтроллеров семейства 68HC908 и целевых плат.

* По материалам презентации компании Motorola.

Целевые платы HC908GP32, HC908JK3 и HC908KX8 размерами 105×120 мм представляют собой недорогие платформы для отладки систем на базе одноименных контроллеров со встроенной флэш-памятью объемом 32, 4 и 8 кбайт соответственно. Каждая плата содержит кроме микроконтроллера вспомогательные узлы:

- источник питания 9...12 В/50 мА
- кварцевый генератор частотой 32 кГц
- разъем MON08 для подключения эмулятора HC08
- разъем расширения системы, на который заведены входы и выходы микроконтроллера
- наборное поле для макетирования электронных узлов пользователя.

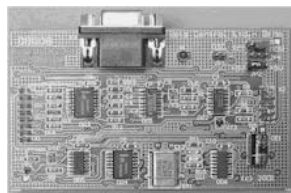
На плате также установлены стандартные внешние устройства:

- датчик температуры LM35
- два индикаторных светодиода
- два кнопочных переключателя.

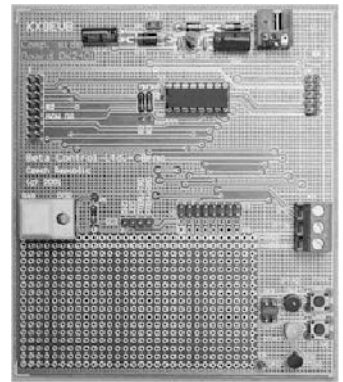
С целевыми платами поставляются программы двух типов:

- учебные программы, использующие установленные на плате внешние устройства (индикаторные светодиоды, клавиши, датчик температуры); программы выполняются в порядке возрастания сложности (прерывания — последовательный интерфейс — режим останова)
- программы-примеры, поясняющие особенности реализации некоторых специфических функций (например: программирование флэш-памяти, использование некоторых дополнительных периферийных устройств, установка ICG в микропроцессоре HC908KX8).

Рассмотренные платы можно приобрести в НПФ VD MAIS. С этими платами можно использовать программные отладочные средства различных производителей. Фирма Beta Control рекомендует пользоваться программным обеспечением и справочниками компании P&E, которые можно получить в сети Интернет по адресу: www.pemicro.com



Эмулятор HC08



Целевая плата HC908KX8



СРЕДСТВА ОТЛАДКИ СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ

Фирмой Analog Devices разработана университетская программа по изучению сигнальных процессоров и средств отладки. Программа обеспечивает высокий уровень подготовки студентов в области применения сигнальных процессоров. Фирма Analog Devices предоставляет скидки при поставке сигнальных процессоров и средств отладки в университетские лаборатории. Подробно об университетской программе можно узнать по адресу: www.analog.com/dsp/university.html

ПЕРЕЧЕНЬ СРЕДСТВ ОТЛАДКИ СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ

Тип процессора	Оценочный комплект	Эмуляторы	Отладочное ПО
ADSP-2181	ADDS-2181-EZLITE	ADDS-218X-ICE-1.8V	VDSP-21XX-PC-FULL
ADSP-2183	ADDS-2189M-EZLITE	ADDS-218X-ICE-1.8V	VDSP-21XX-PC-FULL
ADSP-2184	ADDS-2189M-EZLITE	ADDS-218X-ICE-1.8V	VDSP-21XX-PC-FULL
ADSP-2185	ADDS-2189M-EZLITE	ADDS-218X-ICE-1.8V	VDSP-21XX-PC-FULL
ADSP-2186	ADDS-2189M-EZLITE	ADDS-218X-ICE-1.8V	VDSP-21XX-PC-FULL
ADSP-2187	ADDS-2189M-EZLITE	ADDS-218X-ICE-1.8V	VDSP-21XX-PC-FULL
ADSP-2189M	ADDS-2189M-EZLITE	ADDS-218X-ICE-1.8V	VDSP-21XX-PC-FULL
ADSP-2191	ADDS-2191-EZLITE	ADDS-APEX-ICE ADDS-TREK-ICE ADDS-SUMMIT-ICE	VDSP-21XX-PC-FULL
ADSP-2192-12	ADDS-2192-12EZLITE	ADDS-APEX-ICE ADDS-TREK-ICE ADDS-SUMMIT-ICE	VDSP-21XX-PC-FULL
ADSP-21060	ADDS-21061-EZLITE	ADDS-APEX-ICE ADDS-TREK-ICE ADDS-SUMMIT-ICE	VDSP-SHARC-PC-FULL
ADSP-21061	ADDS-21061-EZLITE	ADDS-APEX-ICE ADDS-TREK-ICE ADDS-SUMMIT-ICE	VDSP-SHARC-PC-FULL
ADSP-21062	ADDS-21061-EZLITE	ADDS-APEX-ICE ADDS-TREK-ICE ADDS-SUMMIT-ICE	VDSP-SHARC-PC-FULL
ADSP-21065L	ADDS-21065L-EZLITE	ADDS-APEX-ICE ADDS-TREK-ICE ADDS-SUMMIT-ICE	VDSP-SHARC-PC-FULL
ADSP-21160M	ADDS-21161N-EZLITE	ADDS-APEX-ICE ADDS-TREK-ICE ADDS-SUMMIT-ICE	VDSP-SHARC-PC-FULL
ADSP-21161N	ADDS-21161N-EZLITE	ADDS-APEX-ICE ADDS-TREK-ICE ADDS-SUMMIT-ICE	VDSP-SHARC-PC-FULL
ADSP-TS001M	-	ADDS-APEX-ICE ADDS-TREK-ICE ADDS-SUMMIT-ICE	VDSP-TS-PC-FULL

Analog Devices осуществляет поддержку разработчиков систем на основе сигнальных процессоров, использующих отладочные средства этой фирмы. Подробно об этом можно узнать в сети Интернет по следующим адресам:

1. <http://www.analog.com/dsp/tools/design.html> (отладочные средства Analog Devices)
2. <http://www.analog.com/industry/dsp/tools/> (последние версии отладочных средств, регистрация, перечень технических средств)
3. <http://www.analog.com/industry/dsp/tools/fixes.html> (особенности применения средств отладки, включая основные ошибки пользователей)
4. <http://www.analog.com/industry/DSP/EZ/index.html> (вопросы и ответы по применению сигнальных процессоров и средств отладки).

Состав и особенности:

- ◆ ADSP-21161N DSP
- ◆ 48 Мбит SDRAM
- ◆ аудиокодек AD1836 с полосой частот 96 кГц
- ◆ дополнительный ЦАП с частотой выборки 96 кГц
- ◆ USB интерфейс
- ◆ SPI интерфейс
- ◆ разъем для подключения эмулятора
- ◆ комплект имеет CE сертификат

Системные требования:

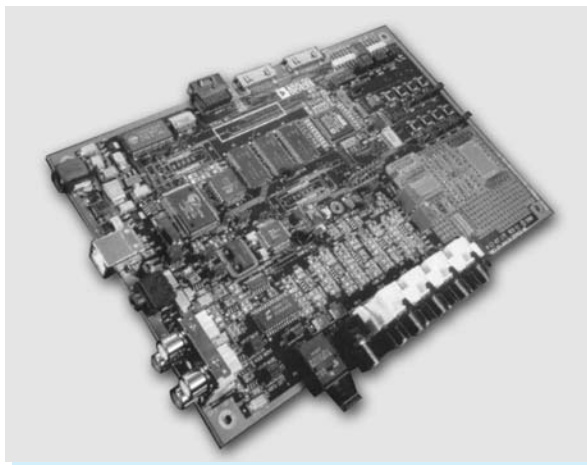
- ◆ Pentium 166 МГц
- ◆ минимальный объем RAM-памяти 32 Мбайта
- ◆ операционная среда Windows 98 или 2000
- ◆ USB порт

Оценочный комплект для сигнального процессора типа ADSP-21161N

Оценочный комплект ADSP-21161N EZ-KIT Lite предназначен для отладки сигнального процессора ADSP-21161N. В состав этого комплекта входят оценочная плата и отладочное программное обеспечение, позволяющее отлаживать сигнальный процессор с помощью хост-машины. Оценочная плата подключается к ПК через USB порт. С помощью оценочного комплекта EZ-KIT Lite пользователь может изучить аппаратные и программные средства сигнального процессора, а также особенности его применения. Отладочной средой является оценочный комплект VisualDSP++, который содержит C/C++ компилятор, ассемблер и линкер. Все программные средства ограничены применением только в составе комплекта EZ-KIT Lite.

Комплект EZ-KIT Lite содержит программу-монитор, которая загружается через USB порт. Эта программа обеспечивает взаимодействие оценочной платы и ПК, а также позволяет производить загрузку и отладку ПО сигнального процессора ADSP-21161N. Кроме того, оценочная плата содержит флэш-память для хранения загрузочной программы пользователя. С помощью этой программы оценочная плата может работать в автономном режиме без ПК.

К оценочной плате EZ-KIT Lite может быть подключен JTAG эмулятор. Эмулятор позволяет загрузить программу, запустить и остановить ее, просмотреть или изменить содержание регистров и памяти или выполнить другие операции по отладке сигнального процессора. Analog Devices осуществляет поставку различных типов эмуляторов для отладки сигнальных процессоров.



Состав и особенности:

- ◆ ADSP-21065L SHARC DSP
- ◆ обеспечивает расширение через разъем EMAFE или внешний порт
- ◆ полнодуплексный 16-разрядный стереоаудиокодек AD1819A
- ◆ интерфейс RS-232 с UART портом
- ◆ оценочный комплект Visual DSP++
- ◆ комплект имеет CE сертификат

Системные требования:

- ◆ Pentium 166 МГц
- ◆ операционная среда Windows 9x, Windows 2000, Windows NT
- ◆ минимальный объем RAM-памяти 32 Мбайта
- ◆ один порт RS-232

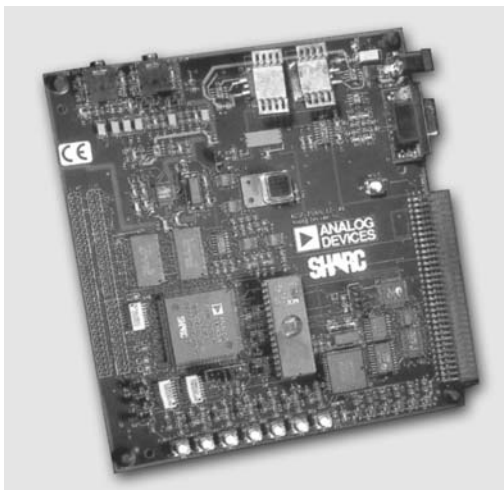
Оценочный комплект для сигнального процессора типа SHARC ADSP-21065L

Оценочный комплект ADSP-21065L EZ-Kit Lite предназначен для отладки сигнального процессора типа SHARC ADSP-21065L. Оценочная плата учитывает все особенности этого процессора. Так, например, SDRAM-память в составе этой платы позволяет осуществить проверку кодов, которые используются в контроллере SDRAM-памяти процессора ADSP-21065L. В состав комплекта ADSP-21065L EZ-Kit Lite входит отладочная среда Visual DSP++ (ограниченная применением только в этом комплекте), которая позволяет оценить отладочные средства для ADSP-21065L. Этот комплект может быть использован для изучения аппаратных и программных средств процессора ADSP-21065L и особенностей его применения. Все программные средства ADSP-21065 EZ-Kit Lite ограничены применением только в составе этого комплекта. Обращение к сигнальному процессору ADSP-21065L может быть организовано от ПК через последовательный интерфейс или от эмулятора через JTAG порт.

С помощью программы-монитора осуществляется доступ к внутренней памяти процессора через последовательный интерфейс ПК. Кроме того, для отладки процессора может быть использован внутрисхемный эмулятор, подключаемый к ADSP-21065L через JTAG порт.

Оценочная плата данного набора может работать в интерактивном режиме. Для этого в ней установлены кнопочные переключатели и индикаторные светодиоды. В составе платы, кроме того, имеется аудиокодек с микрофонным входом или входом/выходом радиотрансляционной линии.

Как отмечалось выше, предусмотрено подключение эмулятора к оценочной плате через JTAG порт. С помощью этого эмулятора можно загрузить программу, запустить и остановить ее, просмотреть или изменить содержимое регистров и памяти или выполнить другие операции по отладке сигнального процессора. JTAG эмуляторы поставляются фирмой Analog Devices по отдельному заказу.



Состав и особенности:

- ◆ ADSP-21061 SHARC DSP
- ◆ интерфейс RS-232 с UART портом
- ◆ полнодуплексный 16-разрядный аудиокодек AD1847
- ◆ стереовход и стереовыход с разъемами для громкоговорителей
- ◆ EPROM-память объемом 128Kx8 (27C010), устанавливаемая на панельке и включающая тест для самотестирования системы при включении. Предусмотрено аудио-сообщение о неисправностях системы. Загрузка памяти осуществляется через интерфейс RS-232
- ◆ разъем для подключения эмулятора
- ◆ оценочная версия VisualDSP++
- ◆ светодиоды для индикации питания и состояния флага
- ◆ комплект имеет CE сертификат

Системные требования:

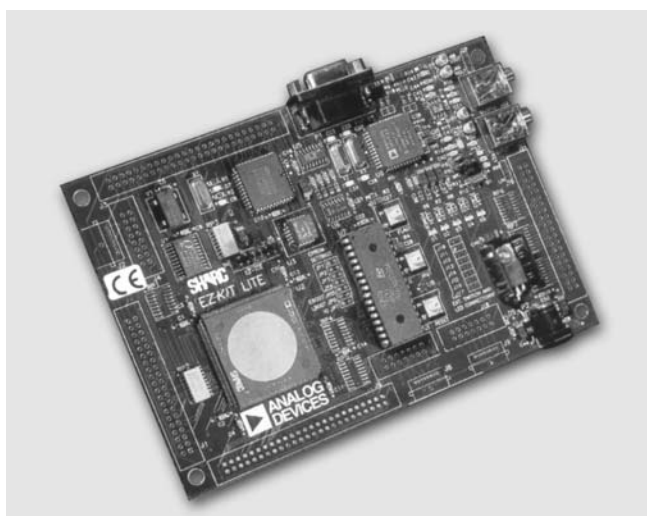
- ◆ Pentium 166 МГц
- ◆ минимальный объем памяти 32 Мбайта
- ◆ операционная среда Windows 9x, Windows 2000 или NT 4.0
- ◆ последовательный порт RS-232

Оценочный комплект для сигнальных процессоров семейства SHARC ADSP-2106x

Оценочный комплект ADSP-21061 EZ-KIT Lite предназначен для отладки сигнальных процессоров семейства SHARC ADSP-2106x. Комплект включает оценочную плату с DSP типа ADSP-21061 и отладочное ПО, устанавливаемое в ПК. С помощью этого комплекта можно изучать аппаратные и программные средства ADSP-21061 и особенности его применения. В состав комплекта входят: отладочная среда VisualDSP++, которая содержит компилятор C/C++, ассемблер и линкер. Все программные средства ограничены применением только в составе комплекта ADSP-21061 EZ-KIT Lite.

Оценочная плата может работать автономно или совместно с ПК. Подключение к компьютеру производится через интерфейс RS-232. Программа-монитор совместно с хост-программой позволяют интерактивно загружать и опрашивать сигнальный процессор ADSP-21061. Оценочная плата содержит EPROM-память на панельке, в которой может храниться программа-монитор или программа пользователя.

К оценочной плате может быть подключен JTAG эмулятор, который позволяет загрузить программу, запустить или остановить ее, просмотреть или изменить содержание регистров и памяти сигнального процессора, а также выполнять другие операции по его отладке. В программе поставок ADI JTAG эмуляторы различных типов.



Состав и особенности:

- ◆ ADSP-2191 DSP
- ◆ аудиокодек AD1885 с полосой 48 кГц
- ◆ модем AD1803 с низким потреблением
- ◆ телефонный интерфейс
- ◆ Flash-память объемом 4 Мбита
- ◆ USB интерфейс
- ◆ разъем для подключения JTAG эмулятора
- ◆ оценочная версия VisualDSP++

Системные требования:

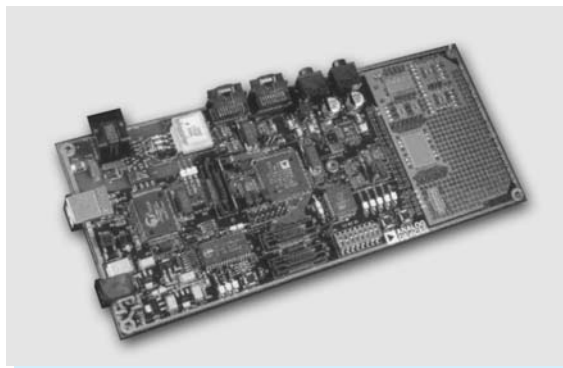
- ◆ Pentium 166 МГц
- ◆ минимальный объем RAM-памяти 32 Мбайта
- ◆ операционная среда Windows 98 или 2000
- ◆ USB порт

Оценочный комплект для сигнального процессора ADSP-2191

Оценочный комплект ADSP-2191 EZ-KIT Lite предназначен для отладки сигнального процессора ADSP-2191. Комплект содержит оценочную плату и отладочное ПО, позволяющие производить отладку сигнального процессора с помощью компьютера. Комплект дает возможность изучить аппаратные и программные средства процессора и особенности его применения. В составе комплекта используется отладочная среда VisualDSP++, включающая ассемблер, C/C++ компилятор и линкер. Все программные средства ограничены применением в составе данного отладочного комплекта.

Доступ к сигнальному процессору ADSP-2191 с фиксированной точкой осуществляется через USB порт или с помощью JTAG эмулятора. Программа-монитор загружается в оценочный комплект и позволяет организовать доступ к внутренней памяти сигнального процессора через хост-интерфейс. Эмулятор может быть подключен к оценочной плате через JTAG порт.

Программа-монитор, которая загружается в оценочную плату, позволяет отлаживать сигнальный процессор ADSP-2191 с помощью компьютера через USB интерфейс. Кроме того, оценочная плата содержит flash-память для хранения загрузочной программы пользователя. Эта программа обеспечивает возможность работы оценочной платы в автономном режиме без ПК. Как уже отмечалось выше, к оценочной плате может быть подключен JTAG эмулятор. Эмулятор позволяет загрузить программу, запустить и остановить ее, просмотреть и изменить состояние регистров и памяти или выполнить другие операции по отладке процессора.



Состав и особенности:

- ◆ ADSP-2192-12 DSP
- ◆ PCI шина
- ◆ аудиокодек AD1885
- ◆ поддерживает PROM с последовательным доступом
- ◆ выбор PCI или USB шины осуществляется с помощью переключателя (ПО, поддерживающее работу по USB шине, не поставляется)
- ◆ JTAG интерфейс
- ◆ оценочная версия VisualDSP++
- ◆ комплект имеет CE сертификат

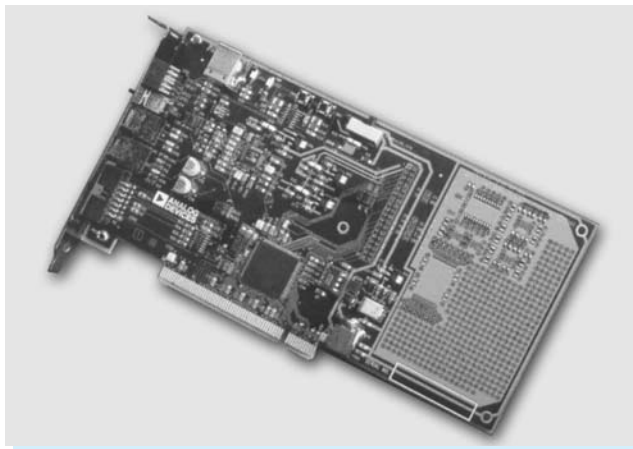
Системные требования:

- ◆ Pentium 166 МГц
- ◆ минимальный объем RAM-памяти 32 Мбайта
- ◆ операционная среда Windows 9x, Windows 2000 или NT 4.0
- ◆ 32-разрядный PCI-слот

Оценочный комплект**для сигнального процессора ADSP2192-12**

Оценочный комплект ADSP2192-12 EZ KIT Lite предназначен для отладки сигнального процессора ADSP2192-12. Комплект содержит оценочную плату и отладочное ПО, которое загружается в плату с помощью компьютера. Оценочный комплект позволяет изучать аппаратные и программные средства сигнального процессора и особенности его применения. Оценочная версия VisualDSP++ в составе комплекта содержит C/C++ компилятор, ассемблер и линкер. Все программные средства ограничены применением в составе оценочного комплекта.

Доступ в сигнальный процессор осуществляется через PCI шину или JTAG интерфейс. В первом случае отладка осуществляется с помощью компьютера, во втором — с помощью внутрисхемного эмулятора. Эмулятор обеспечивает отладку процессора в реальном масштабе времени и имеет более широкие возможности, чем программа-монитор. JTAG эмулятор поставляется фирмой Analog Devices по отдельному заказу. Оценочная плата может работать в автономном режиме. Для этого в составе платы имеются кнопочные переключатели и индикаторные светодиоды, позволяющие контролировать ее состояние. Оценочная плата, кроме того, содержит аудиокодек с микрофонным входом и выходом на головные телефоны или с входом/выходом в радиотрансляционную линию. Имеется возможность расширить функции оценочной платы путем установки дополнительного разъема, например, для организации дискретных входов/выходов и т. п.



Состав и особенности:

- ◆ ADSP-2189M производительностью 75 MIPS
- ◆ оценочная версия Visual DSP++
- ◆ разъемы для расширения функциональных возможностей
- ◆ избирательные входы/выходы (с напряжением 2.5 и 3.3 В)
- ◆ интерфейс RS-232
- ◆ кодек AD73322
- ◆ комплект имеет CE сертификат

Системные требования:

- ◆ Pentium 166 МГц
- ◆ Минимальный объем RAM-памяти 32 Мбайта
- ◆ Операционная среда Windows 9x, Windows 2000 или NT4.0
- ◆ Последовательный порт RS-232

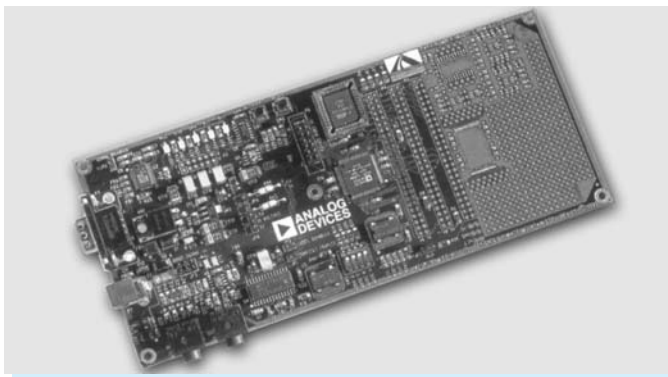
Оценочный комплект для сигнального процессора ADSP-218x

Оценочный комплект ADSP-2189M EZ-KIT Lite состоит из оценочной платы, на которой установлен сигнальный процессор ADSP-2189M, и отладочного ПО. Набор отладочных средств достаточен для отладки сигнальных процессоров семейства ADSP-2189M и позволяет изучить особенности аппаратного и программного обеспечения процессора и особенности его применения. В составе комплекта — отладочная среда Visual DSP++. Все программные средства ограничены применением в рамках этого комплекта. Объем памяти программ имеет 8 К слов.

Демонстрационные программы, поставляемые в составе этого комплекта, включают алгоритмы обработки сигналов, такие как свертка и вычисления в кодах Фибоначчи. Кроме того, демонстрационные программы раскрывают особенности работы аппаратных средств, включая режим прерываний, загрузку оверлейной программы, аудиоприложения и т. д.

В составе оценочного комплекта имеются средства, позволяющие обеспечить работу оценочной платы в интерактивном режиме. Наличие кнопочных переключателей и индикаторных светодиодов позволяет контролировать состояние платы. Кроме того, в состав платы входит кодек AD73322 с микрофонным входом или входом/выходом радиотрансляционной линии.

К оценочной плате может быть подключен внутрисхемный эмулятор типа EZ-ICE, который позволяет загрузить программу, запустить или остановить ее, просмотреть или изменить состояние регистров и памяти или выполнить другие операции по отладке процессора. Внутрисхемный эмулятор EZ-ICE поставляется фирмой Analog Devices по отдельному заказу. На оценочной плате могут быть установлены дополнительные разъемы для анализа сигналов процессора или организации интерфейса для управления процессором.



Состав и особенности:

- ◆ ADSP-2181 с производительностью 33 MIPS
- ◆ стереокодек AD1847
- ◆ интерфейс RS-232
- ◆ EPROM-память на панелике
- ◆ кнопочные переключатели
- ◆ стабилизатор
- ◆ разъемы для расширения функциональных возможностей
- ◆ конфигурируемые пользователем переключатели
- ◆ комплект имеет CE сертификат

Системные требования:

- ◆ Pentium 166 МГц
- ◆ минимальный объем RAM-памяти 32 Мбайта
- ◆ операционная среда Windows 9x, Windows 2000 или NT 4.0
- ◆ последовательный порт

Оценочный комплект для сигнального процессора ADSP-2181

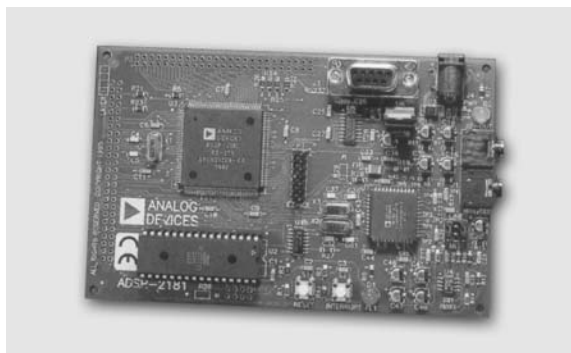
Оценочный комплект ADSP-2181 EZ-KIT Lite предназначен для отладки мощного семейства сигнальных процессоров ADSP-218x. Этот комплект включает собственно сигнальный процессор ADSP-2181 в составе оценочной платы и отладочное программное обеспечение. С помощью данного комплекта пользователь получает возможность изучить программные и аппаратные средства процессора ADSP-2181 и особенности его применения. В составе комплекта имеется отладочная среда VisualDSP++, включающая C компилятор, ассемблер и линкер. Все ПО, которое поставляется вместе с оценочной платой, может быть использовано только в составе комплекта EZ-KIT Lite.

Доступ к сигнальному процессору осуществляется через последовательный интерфейс или с помощью эмулятора. Программа-монитор позволяет полностью отладить сигнальный процессор через последовательный порт. Используя эмуляторный порт, можно организовать внутрисхемный эмулятор для отладки ADSP-2181.

Оценочная плата в составе комплекта имеет соответствующее аппаратное обеспечение для организации работы в интерактивном режиме. Кнопочные переключатели и индикаторные светодиоды обеспечивают управление и контроль за состоянием этой платы. Аудиокодек AD1847 в составе оценочной платы имеет микрофонный вход или вход/выход радиотрансляционной линии.

Программа-монитор загружается в EPROM-память, которая устанавливается на панельку оценочной платы. Эта программа обеспечивает взаимодействие платы и компьютера через последовательный интерфейс.

С помощью этой программы осуществляется отладка программного обеспечения сигнального процессора. К оценочной плате EZ-LITE можно подключить внутрисхемный эмулятор EZ-ICE. Через эмулятор загружаются программы, осуществляется их запуск, выполнение, а также просмотр и изменение состояния регистров. Кроме того, предусмотрено выполнение других операций по отладке сигнального процессора. Фирма Analog Devices предоставляет эмуляторы EZ-ICE по отдельному заказу.



Состав и особенности:

- ◆ портативное устройство с кабелем длиной 5 м
- ◆ предназначен для отладки сигнальных процессоров фирмы Analog Devices типа ADSP-2106x, ADSP-2116x и новых сигнальных процессоров с JTAG портом
- ◆ комплект имеет CE сертификат

Системные требования:

- ◆ Pentium 166 МГц
- ◆ операционная среда Windows 98 или Windows 2000
- ◆ минимальный объем памяти 32 Мбайта
- ◆ полноскоростной USB порт

JTAG эмулятор с USB шиной

Арех-ICE представляет собой портативный JTAG эмулятор с USB шиной. Этот эмулятор поддерживает все JTAG сигнальные процессоры фирмы Analog Devices и отличается простотой подключения к современным настольным и laptop компьютерам через USB порт. Эмулятор Арех-ICE автоматически конфигурируется хост-машиной. Подключение и отключение эмулятора от компьютера осуществляется в "горячем" режиме. Пятиметровый кабель, соединяющий хост-машину с портативным эмулятором, облегчает работу оператора.

Малые размеры, возможность "горячего" подключения к ПК, кабель длиной 5 м — все это позволяет перемещать эмулятор от одной машины к другой практически без потерь времени на перенастройку систем отладки.

Отладочное ПО, с которым работает эмулятор, может включать Visual DSP++, однако его поставка осуществляется фирмой Analog Devices по отдельному заказу.



Состав и особенности:

- ◆ сетевой эмулятор в корпусе типа мини-тауэр. Сеть типа 10/100BASE-T Ethernet
- ◆ кабель (длиной 5 футов) с переходным устройством
- ◆ предназначен для отладки сигнальных процессоров фирмы Analog Devices семейств ADSP-2106x, ADSP-2116x и новых сигнальных процессоров с JTAG портом
- ◆ работает в операционной среде Windows 9x, Windows 2000 или Windows NT 4.0
- ◆ имеет CE сертификат

Системные требования:

- ◆ Pentium 166 МГц или Sun SPARC станция
- ◆ минимальный объем RAM-памяти 32 Мбайта
- ◆ операционная среда Windows 9x, Windows 2000 или Windows NT 4.0

Сетевой JTAG эмулятор фирмы Analog Devices

Trek-ICE представляет собой сетевой JTAG эмулятор, который работает в сети Ethernet и обеспечивает отладку в удаленном режиме. Эмулятор включен в локальную сеть и может быть использован для отладки нескольких сигнальных процессоров.

Эмулятор выполнен в корпусе типа мини-тауэр. Разъемы для подключения сигнального процессора и включения эмулятора в сеть находятся на задней стенке корпуса. Для работы эмулятора в сети используется TCP/IP протокол, поддерживающий отладку сигнальных процессоров, в том числе через сеть Интернет.

Эмулятор Trek-ICE предназначен для дистанционной отладки сигнальных процессоров, причем в крупных компаниях отладочные средства могут находиться на значительном расстоянии от систем, в которых установлены сигнальные процессоры, подлежащие отладке. При использовании сетевого эмулятора пользователь получает возможность загружать в удаленные сигнальные процессоры новые программы, проводить диагностику и контроль систем на основе сигнальных процессоров в дистанционном режиме. Сетевой эмулятор Trek-ICE может работать в среде VisualDSP++, которая поставляется по отдельному заказу.



Информацию о JTAG стандарте IEEE 1149.1 можно получить в сети Интернет по адресу: <http://standards.ieee.org>

Состав и особенности:

- ◆ эмулятор на основе PCI карты
- ◆ кабель (длиной 5 футов) с переходным устройством
- ◆ Plug-and-Play инсталляция
- ◆ предназначен для отладки сигнальных процессоров фирмы Analog Devices семейств ADSP-2106x, ADSP-2116x и новых сигнальных процессоров с JTAG портом
- ◆ имеет CE сертификат

Системные требования:

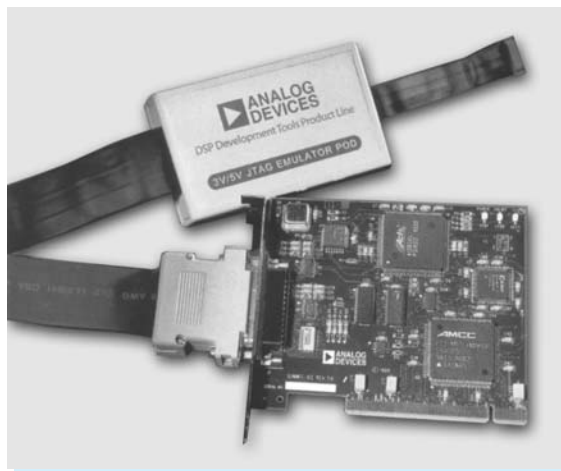
- ◆ Pentium 166 МГц
- ◆ минимальный объем RAM-памяти 32 Мбайта
- ◆ операционная среда Windows 9x, Windows 2000 или Windows NT 4.0
- ◆ 32-разрядный PCI слот

Эмулятор на основе PCI карты

Summit-ICE представляет собой эмулятор, выполненный на основе PCI карты. Эмулятор обеспечивает отладку JTAG сигнальных процессоров с высокой производительностью. PCI карта подключается к JTAG сигнальному процессору с помощью гибкого кабеля через переходное устройство. Кабель длиной 5 футов имеет защиту (медный экран) от электромагнитных наводок и предназначен для подключения к сигнальным процессорам с напряжением питания 3 или 5 В. Этот эмулятор ориентирован на отладку сигнальных процессоров с помощью современных ПК, имеющих высокоскоростную PCI шину.

Если пользователю необходим эмулятор с высокими характеристиками, Summit-ICE на основе PCI шины является лучшим выбором.

Данный эмулятор может работать в отладочной среде VisualDSP++, которая поставляется фирмой Analog Devices по отдельному заказу.



*Информацию об эмуляторах фирм-партнеров Analog Devices можно получить в сети Интернет по адресу:
www.analog.com/dsp/3rdparty*

Состав и особенности:

- ◆ предназначен для семейства сигнальных процессоров ADSP-218x
- ◆ обеспечивает работу через высокоскоростной порт RS-232
- ◆ экранированный корпус; имеется возможность запуска от кнопки
- ◆ имеется светодиодная индикация напряжений питания
- ◆ поддерживает отладку сигнальных процессоров с напряжением питания 1.8, 2.5, 3.3 и 5 В
- ◆ имеет сертификат CE

Системные требования:

- ◆ Pentium 166 МГц
- ◆ минимальный объем RAM-памяти 32 Мбайта
- ◆ операционная среда Windows 9x, Windows 2000 или Windows NT 4.0
- ◆ последовательный порт RS-232

Эмулятор с последовательным портом для сигнальных процессоров ADSP-218x

Эмулятор ADSP-218x EZ-ICE предназначен для отладки сигнальных процессоров семейства ADSP-218x. Эмулятор обеспечивает просмотр, отладку и тестирование проектируемой системы. К сигнальному процессору он подключается через интерфейсный порт. Наличие экранированного корпуса уменьшает влияние внешних полей на процесс отладки. Отладка возможна в среде VisualDSP++, поставка которой осуществляется фирмой Analog Devices по отдельному заказу.



Отладочная среда VisualDSP++ для сигнальных процессоров ADSP-218x и ADSP-219x:

Наименование	Состав
VDSP-21XX-PC-FULL	Дебаггер, компилятор, ассемблер, линкер, симулятор, VDK
VDSP-21XX-PCFLOAT	Полный пакет VisualDSP++ для операций с плавающей точкой

АНАЛОГОВЫЕ И АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ КОМПАНИИ HAMEG

На сегодняшний день самым массовым прибором, используемым для контроля формы и других параметров сигнала, является аналоговый осциллограф. Конечно, его функциональные возможности стали намного шире, чем в осциллографах, выпускавшихся ранее. Появились комбинированные осциллографы, которые могут работать как в аналоговом, так и в цифровом режимах. Основные характеристики таких осциллографов приведены в предлагаемой статье.

В. Макаренко

По данным журнала EPN [1] в настоящее время в мире находится в эксплуатации больше аналоговых, чем цифровых осциллографов. Это объясняется тем, что стоимость аналогового осциллографа на сегодняшний день ниже, чем цифро-

вого, и тем, что функциональные возможности современных аналоговых осциллографов достаточно широки. Появился класс аналого-цифровых осциллографов, которые при более низкой стоимости обладают многими функциями цифровых осциллографов. При работе в аналоговом режиме они обеспечива-

ют максимально возможную для них полосу частот исследуемого сигнала, а в цифровом — расширенные функциональные возможности и повышенную точность измерений.

Компания HAMEG выпускает ряд недорогих аналоговых и аналого-цифровых осциллографов. Комбинированные аналого-цифровые осциллографы могут работать в двух режимах: аналоговом или цифровом. Применение микропроцессоров для управления осциллографами и выполнения вычислительных операций позволило реализовать такие функции, как автотестирование и автокалибровка, считывание параметров измеряемого сигнала в точке, отмеченной курсором, запись в память и считывание реализаций исследуемого процесса, встроенный интерфейс для связи с ПК. Основные характеристики осциллографов HAMEG приведены в таблице [2]. Учитывая то, что в комбинированных осциллографах реализованы все функции аналоговых, достаточно рассмотреть характеристики аналого-цифровых осциллографов.

Характеристики осциллографов в аналоговом режиме

Диапазон частот в аналоговом режиме осциллографов HAMEG, в том числе и чисто аналоговых, 35...200 МГц в зависимости от модели. На более высоких частотах (до 400 МГц) сохраняется возможность наблюдения формы сигнала, хотя амплитудно-частотная характеристика усилителей вертикального отклонения имеет спад на частотах выше граничной, указанной в характеристиках осциллографов. Чувствительность схемы внутренней синхронизации позволяет получить стабильное изображение при отклонении луча на 5 мм относительно горизонтальной оси. Высокая чувствительность схемы син-



Рис. 1. Внешний вид аналогового осциллографа HM1004-3

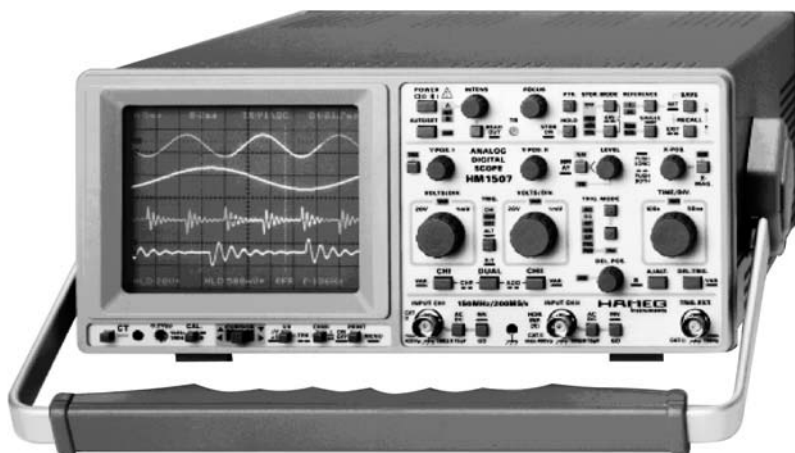


Рис. 2. Внешний вид аналого-цифрового осциллографа HM1507-3

Основные характеристики осциллографов компании HAMEG

Параметр	Аналоговые осциллографы				Аналого-цифровые осциллографы	
Модель	HM303-6	HM404-2	HM1004-3	HM2005	HM407-2	HM1507-3
Автотестирование	-	Да	Да	Да	Да	Да
Количество хранимых в памяти сигналограмм	-	9	9	9	9	9
Курсор U, t, f	-	Да	Да	Да	Да	Да
RS-232 интерфейс	-	Да	Да	Да	Да	Да
Многофункциональный интерфейс	-	-	-	-	возможен	возможен
Количество каналов	2	2	2	2	2	2
Полоса пропускания, МГц	0...35	0...40	0...100	0...200	0...40	0...150
Ограничение полосы частот	-	-	-	Да	-	-
Чувствительность каналов вертикального отклонения луча, В/дел	0.001...20	0.001...20	0.001...20	0.001...5	0.001...20	0.001...20
Наличие электронной "лупы времени"	-	-	Да	Да	-	Да
Полоса частот схемы синхронизации, МГц	0...100	0...100	0...200	0...300	0...100	0...250
Синхронизация *	AC / DCLF/TV	AC/DC/ HFLF/ TV	AC/DC/LF/ HFNR/ TV	AC/DC/LF/ HFNR/ TV	AC/DC/ HFLF/TV	AC/DC/LF/ HFNR/TV
Мин. уровень внутренней синхронизации	0.5 деления шкалы вертикальной развертки					
Источник синхронизации	Внутренний/внешний/~					
Отображение уровня синхронизации	-	Да	Да	Да	Да	Да
Синхронизация с задержкой	-	Да	Да	Да	Да	Да
Селектор синхроимпульсов ТВ сигнала	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Длительность развертки	макс., с/деление	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5
	мин., нс/деление	10	10	5	2	10
Переменное время задержки синхронизации	-	Да	Да	Да	Да	Да
Длительность второй развертки	макс., мс/деление	-	-	20	20	-
	мин., нс/деление	-	-	5	2	-
Полоса пропускания усилителя горизонтального отклонения, МГц	0...2.5	0...3	0...3	0...5	0...3	0...3
Специальные функции:	запоминание, прокрутка, огибающая, среднее значение	-	-	-	-	+
	пиковое детектирование	-	-	-	-	+
Частота дискретизации	-	-	-	-	100 МГц	200 МГц
Количество банков памяти	-	-	-	-	2	2
Эталонная память, количество банков	-	-	-	-	2	2
Объем банка памяти, бит	-	-	-	-	2048x8	2048x8
Длительность цифровой развертки	макс., с/деление	-	-	-	-	100
	мин., нс/деление	-	-	-	-	20
Длительность второй цифровой развертки	макс., мс/деление	-	-	-	-	20
	мин., нс/деление	-	-	-	-	10
Линейная аппроксимация	-	-	-	-	Да	Да
Встроенный тестер	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Калибратор 1 кГц/1 МГц	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Потребляемая мощность, Вт	36	34	38	43	42	47

* AC/DC – переменный/постоянный ток, HF/LF – высокая/низкая частота, TV – телевизионный сигнал, NR – подавление шумов.



хронизации сохраняется в полосе частот, в 1.5...2 раза превышающей граничную частоту полосы пропускания осциллографа.

Все приборы с полосой пропускания более 100 МГц оборудованы дополнительной разверткой и второй схемой синхронизации. Это позволяет реализовать так называемую электронную "лупу времени" и исследовать даже чрезвычайно короткие сигналы. Возможна растяжка по оси времени до 1000 раз. Осциллографы HAMEG с полосой пропускания до 40 МГц обладают подобными функциями.

Благодаря использованию усилителей с хорошими импульсными характеристиками, изображение на экране осциллографа весьма точно соответствует форме исследуемых сигналов. Выброс на фронте импульса не превышает 1% амплитуды. Для калибровки чувствительности усилителей вертикального отклонения и импульсных переходных характеристик делителей предусмотрен внутренний генератор прямоугольных импульсов с крутыми фронтами и двумя фиксированными частотами — 1 кГц и 1 МГц, выход которого выведен на переднюю панель прибора. На рис. 1 показан внешний вид аналогового осциллографа HM1004-3, а на рис. 2 — комбинированного HM1507-3.

Характеристики в режиме цифрового осциллографа

Как известно, качество оцифрованных сигналов в значительной степени зависит от типа используемого аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Применение высокоскоростных твердотельных АЦП позволило получить шумы меньше, чем в преобразователях на приборах с зарядовой связью, которые используются в недорогих моделях цифровых осциллографов. Для отображения результатов измерения используются ЭЛТ, имеющие высокую разрешающую способность. Жидкокристаллические дисплеи имеют более низкую разрешаю-

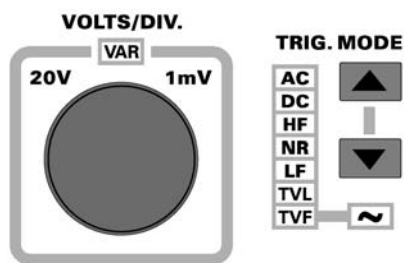




Рис. 3. Отображение режимов работы осциллографа

щую способность. Разрешающая способность осциллографов HAMEG не менее 2000 точек по горизонтали. Использование линейной интерполяции при выводе изображения на экран ЭЛТ позволяет избежать изломов и провалов в изображении.

Для ускорения процесса обработки изображений и вычислений в осциллографах используется до пяти процессоров, в том числе и быстродействующий 32-разрядный RISC процессор.

Работа с осциллографами и программное обеспечение

Все осциллографы HAMEG нового поколения управляются идентично, что облегчает пользователю переход от простых моделей к более сложным. Для уменьшения числа органов управления на передней панели многие кнопки управления имеют вторую функцию. Несмотря на большое количество кнопок, управление осциллографом достаточно простое. Изменение параметра осуществляется либо вращением ручки управления, либо курсорным методом путем нажатия кнопок "больше"/"меньше". Значение установленного параметра (например, чувствительности входа) отображается светодиодным индикатором, расположенным рядом с органом управления. Это может быть подсвеченное окошко с соответствующей надписью, либо окно с цифровым индикатором. На рис. 3 показан фрагмент передней панели осциллографа HM1507-3. Чувствительность (VOLTS/DIV) отображается в окошке VAR цифровым индикатором, а вид синхронизации (TRIG.MODE) — подсветкой окошек AC, DC...TVF. Выбор чувствительности осуществляется вращением соответствующей ручки. Вид синхронизации выбирается нажатием кнопок  и .

Основные параметры сигнала в точке, отмеченной курсором, отображаются на экране ЭЛТ. Для сигналов простой формы предусмотрена автоматическая установка параметров развертки, чувствительности входов и положения на экране. Для этого достаточно нажать кнопку «Autoset». При необходимости все установки корректируются вручную так, как это необходимо пользователю. Осциллографы HM1507-3 и HM407-2 имеют по девять банков памяти для хранения реализаций исследуемого процесса.

Все установки (даже такие, как яркость и параметры курсора) могут быть сделаны через интерфейс HZ70 от ПК. Модуль HZ70 представляет собой гальванически развязанный оптоэлектронный интерфейс типа RS-232. Применение оптической развязки позволяет устранить радиопомехи и помехи по общему проводу. Длина соединительной линии между ПК и осциллографом с таким модулем до 30 м.

Программное обеспечение входит в комплект поставки приборов. Утилиты для работы с осциллографами имеют удобный графический интерфейс. Пользователю предоставляется возможность сконфигурировать программное обеспечение нужным образом и сохранить эти установки. Предусмотрена возможность ограничения доступа к программному обеспечению путем установки пароля.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Abhay Samant. Test & Measurement Meeting with your expectations. — EPN, September 2001/volume 30, No 9.
2. HAMEG® Instruments. Product CD-ROM. Version 1.0, 2001.

ЦИФРОВЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ КОМПАНИИ AGILENT TECHNOLOGIES

Цифровые осциллографы с каждым годом завоевывают все больший сегмент рынка осциллографов. Они не только визуально отображают исследуемые сигналы, но и реализуют дополнительные функции: измерение и вывод на экран основных характеристик сигнала, математическую обработку результатов измерений и др. В статье рассмотрены основные характеристики цифровых осциллографов компании Agilent Technologies.

В. Макаренко

По прогнозу, сделанному на основании информации на сентябрь 2001 г. [1], рост объемов продаж цифровых осциллографов в этом году составил 37,6 %, а аналоговых — только 13,6 %. Причем такая тенденция наблюдается уже несколько лет. На сегодняшний день в эксплуатации по-прежнему находится больше аналоговых, чем цифровых осциллографов, но их доля постепенно уменьшается.

Компания Agilent Technologies производит три серии цифровых осциллографов, различающихся как функциональным назначением, так и стоимостью. Для широкого применения предназначены осциллографы серии 546xx. Приборы серии 548xx (Infinium) могут работать в диапазоне частот измеряемых сигналов до 1,5 ГГц, а серии 54750A — в полосе до 50 ГГц. Все осциллографы имеют не менее двух каналов вертикального отклонения.

Осциллографы широкого применения. Осциллографы серии Agilent 546xx [2, 3], внешний вид которых показан на рис. 1, относятся к классу портативных приборов и обладают расширенными функциональными возможностями по визуальному наблюдению электрических сигналов и измерению их параметров. Двухканальные осциллографы Agilent 54600B и Agilent 54603B могут использоваться в качестве сервисных приборов в производственных и полевых условиях, а также для учебных целей. Четырехканальный осциллограф Agilent 54601B наилучшим образом подходит исследовательским и разрабатывающим подразделениям для тестирования и поиска неисправностей в цифровых схемах. Для исследования более высокочастотных сигналов могут использоваться осциллографы Agilent 54602B с полосой пропускания 150 МГц и Agilent 54610B...54645 с полосой пропускания до 500 МГц.

Ниже приведен перечень основных функциональных возможностей описываемых осциллографов:

- автоматическая установка чувствительности уси-

телей вертикального отклонения, длительности развертки и уровня запуска

- автоматические и маркерные измерения частоты, времени и напряжения
- запоминание формы сигналов
- запоминание и вызов до 16 установок рабочих параметров осциллографа
- обнаружение пиков исследуемых сигналов
- возможность изменения в широких пределах временного масштаба фрагмента сигнала, исследуемого с помощью задержанной развертки
- частота дискретизации до 2 ГГц
- возможность работы в аналоговом и цифровом режимах
- возможность одновременного вывода на экран аналоговой и цифровой информации.

В таблице 1 приведены основные характеристики осциллографов серии 546xx.

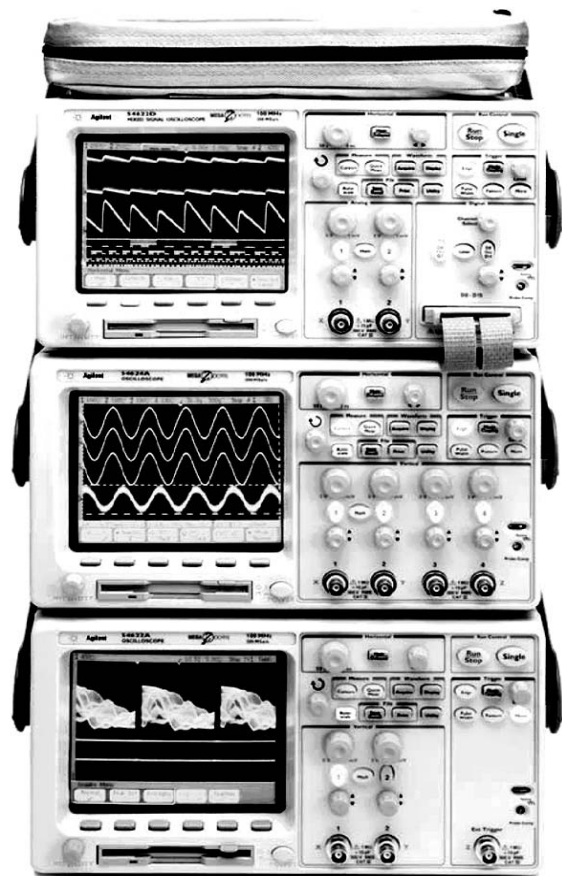


Рис. 1. Осциллографы серии Agilent 546xx

Таблица 1. Основные характеристики осциллографов Agilent Technologies серии 546xx

Модель	Полоса пропускания, МГц	Число каналов	Частота дискретизации, МГц	Объем памяти, кбайт/канал	Чувствительность
54603B	60	2	20	4	2 мВ/дел ... 5 В/дел
54600B	100	2	20	4	2 мВ/дел ... 5 В/дел
54602B	150	4 (2 + 2)	20	4	1 мВ/дел ... 5 В/дел
54610B	500	2	20	4	2 мВ/дел ... 5 В/дел
54615B	500	2	1000	5	2 мВ/дел ... 5 В/дел
54616B	500	2	2000	5	2 мВ/дел ... 5 В/дел
54616C	500	2	2000	5	2 мВ/дел ... 5 В/дел
54621A	60	2	200	2000	2 мВ/дел ... 5 В/дел
54621D	60	2 + 16	200	2000	2 мВ/дел ... 5 В/дел
54622A	100	2	200	2000	2 мВ/дел ... 5 В/дел
54622D	100	2 + 16	200	2000	2 мВ/дел ... 5 В/дел
54624A	100	4	200	2000	2 мВ/дел ... 5 В/дел
54645A	100	2	200	1000	1 мВ/дел ... 5 В/дел
54645D	100	2 + 16	200	1000	1 мВ/дел ... 5 В/дел

Эти осциллографы очень просты в эксплуатации, поскольку в них использованы знакомые пользователям по аналоговым осциллографам индикатор и органы управления, расположенные на передней панели. Пользователю нет необходимости постоянно отслеживать изображение сигналов на индикаторе. Четкое и яркое изображение достигается на всех скоростях развертки и при растянутых во времени изображениях в режиме задержанной развертки. Управление памятью осуществляется простым нажатием клавиши. За счет использования так называемого «отрицательного времени» можно отслеживать события, имевшие место до поступления сигнала запуска развертки. В значительной степени упрощаются задачи анализа полученных изображений сигналов за счет использования маркеров и режима автоматических измерений.

Добавив к любому из этих осциллографов дополнительный интерфейсный модуль, можно расширить его функциональные возможности (например, обеспечить получение бумажной копии результатов измерений на принтере или установить режим дистанционного управления). Возможность комплектации осциллографа одним из модулей с дополнительными функциями обработки результатов измерений и запоминания позволяет отслеживать без вмешательства оператора изображения входных сигналов и осуществлять их математическую обработку, например, выполнять операции БПФ.

Программный пакет BenchLink позволяет объединить осциллограф и ПК в единую систему. Этот пакет работает под операционной системой Windows и позволяет легко пересылать изображения сигналов и их основные характеристики из осциллографа в ПК для последующей обработки, документирования или хранения этой информации.

Осциллографы с буквой D в конце маркировки (модели 54621, 54622, 54645) предназначены для одновременного анализа цифровых и аналоговых сигналов. Эти осциллографы содержат два аналоговых канала и 16 каналов логического анализатора. Внешний вид осциллографа 54622D приведен на рис. 2. Одновременно на экране можно наблюдать 18 процессов. В обычных аналоговых осциллографах практически невозможно реализовать одновременное наблюдение и анализ тонкой структуры цифровых и аналоговых сигналов, частоты которых отличаются во много раз. Благодаря технологии MegaZoom и большому объему внутренней памяти осциллографы серии 546xx позволяют растягивать изображения и наблюдать их в удобном временном масштабе, автономном для аналого-



Рис. 2. Осциллограф 54622D для одновременного анализа цифровых и аналоговых сигналов

вых и цифровых каналов. Выделенный фрагмент изображения можно детально исследовать, как это показано на рис. 3.

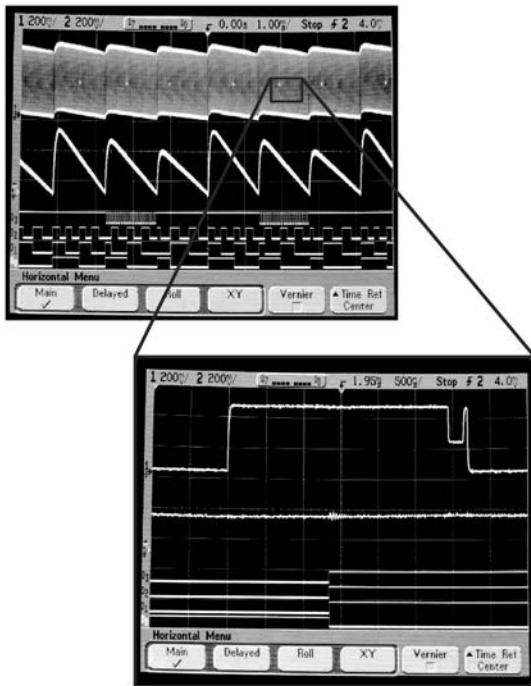


Рис. 3. Иллюстрация возможностей технологии MegaZoom для анализа смешанных изображений

В осциллографах предусмотрена возможность вызова подсказки на экран. Пример подсказки при измерении частоты показан на рис. 4. Для вызова подсказки достаточно нажать кнопку измеряемого параметра и удерживать ее нажатой до появления информации на экране.

Для удобства пользования осциллографы комплектуются специальными переходниками, щупами и другими аксессуарами. Дополнительно можно приобрести активные или пассивные пробники (табл. 2). На рис. 5 показан набор щупов, принтер и чехол, в который все эти аксессуары укладываются при транспортировании.

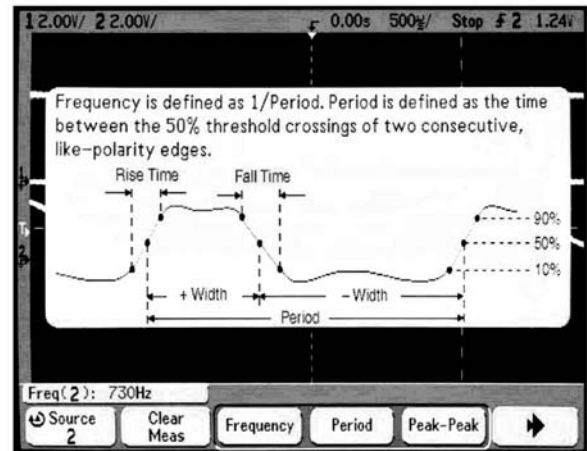


Рис. 4. Вид подсказки на экране осциллографа 54622

Чтобы при подключении 16 пробников к выводам цифровых ИС не произошло случайного замыкания выводов микросхемы между собой, имеются специальные переходники. Внешний вид переходника представлен на рис. 6. Шаг выводов ИС, с которыми может стыковаться переходник, 0.5 и 0.65 мм.

Логический пробник модели 10089 предназначен для анализа 2x8 логических сигналов, а пробник 10085А — для анализа 16 каналов и контакта с промышленными двадцатиконтактными разъемами.

Кроме того, осциллографы могут комплектоваться активными дифференциальными пробниками N2772A, пробниками тока Agilent 1146A AC/DC (диапазон измеряемых токов 0.1...100 А). Длина кабеля, соединяющего пробник 1146А и осциллограф, до 2 м.

Для получения бумажных копий результатов измерений предназначен принтер Agilent N2727A, печатающий на термобумаге. В комплекте поставляется 250 листов бумаги, кабель для подключения к осциллографу и кабель источника питания.

Широкополосные осциллографы Infinium (серия 548xx). Осциллографы серии 548xx (внешний вид показан на рис. 7) — это приборы более высокого уровня по сравнению с серией 546xx. Фактически это ос-

Таблица 2. Параметры пассивных пробников Agilent Technologies

Параметр	Модель			
	1070С	1074С *	1076А**	N2771А**
Полоса пропускания, МГц	20	150	250	50
Время нарастания напряжения на выходе пробника, нс	<17.5	<2.33	<1.4	<7
Коэффициент деления по напряжению	1:1	10:1	100:1	1000:1
Входное сопротивление, МОм	1	10	66.7	100
Входная емкость, пФ	70	15	3	1
Максимальное входное напряжение (постоянная составляющая + амплитуда переменной составляющей), В	400	500	4000	30000 (15000 – пост.напр.)
Диапазон изменения компенсирующей емкости, пФ	-	9...17	6...20	7...25

Примечание: * – поставляется с осциллографами; ** – высоковольтный пробник



Рис. 5. Комплект аксессуаров к осциллографам серии 546xx



Рис. 6. Переходник для подключения к цифровым ИС



Рис. 7. Внешний вид осциллографа серии 548xx

циллографы со встроенным персональным компьютером. Этот фактор и определяет широкий набор функциональных возможностей осциллографов серии 548xx. Основные характеристики широкополосных осциллографов приведены ниже:

- полоса пропускания от 500 МГц до 1.5 ГГц
- частота дискретизации до 8 ГГц
- простая передняя панель, напоминающая панели аналоговых осциллографов
- встроенная информационная система.

В состав серии входит шесть моделей осциллографов — 54810А, 54815А, 54820А, 54825А, 54835А и 54845А, некоторые характеристики которых приведены в таблице 3.

Все осциллографы комплектуются манипулятором типа «мышь», клавиатурой, встроенными сетевой платой и видеоплатой, что позволяет подключать дополнительно любой монитор, совместимый с VGA. При необходимости осциллограф может быть укомплектован трекболом, который крепится в специальные пазы на боковой стенке. Стандартный комплект поставки включает интерфейсы GP-IB, RS-232 и Centronics. Осциллографы Infinium полностью программируются по интерфейсу GP-IB. Наличие встроенных интерфейсов дает возможность подключить принтер для документирования результатов измерения. Встроенное программное обеспечение содержит драйверы более пятидесяти принтеров. При необходимости можно установить необходимый драйвер с дискеты, для чего в осциллографе установлен дисковод 3.5 дюйма.

Высокие потребительские свойства осциллографов серии 548xx получены в результате комбинирования в каждом из них простой передней панели, напоминающей панели обычных аналоговых осциллографов, графического интерфейса пользователя стандартного ПК (применяется интерфейс пользователя, основанный на операционной системе Windows®98) и встроенной информационной системы. Поскольку такой интерфейс широко известен и прост в эксплуатации, работа с ним не требует специальной подготовки.

После включения прибора и нажатия кнопки "default setup" автоматически конфигурируются рабочие параметры осциллографа. Для быстрой автоматической настройки скорости развертки и чувствительности входов достаточно нажать кнопку "autoscale". Управление осциллографом осуществляется либо с передней панели, как в обычных аналоговых осциллографах, либо с помощью манипулятора «мышь» и графического интерфейса. На передней панели кроме ручек и кнопок имеются надписи и индикаторы на световых диодах, с помощью которых можно быстро определить все основные параметры прибора.

Для удобства управления используется цветовая кодировка. Цвет ручек первого канала совпадает с цветом луча на экране, отображающего сигнал этого канала, все числовые значения и параметры, относящиеся к этому каналу. Маркеры, положение которых устанавливается пользователем, позволяют определить точное значение характеристик исследуемого сигнала в помеченной маркером точке.

Для работы с различными источниками сигналов предусмотрена возможность переключения входного сопротивления осциллографов — 50 Ом или 1 МОм.

При исследовании тонкой структуры сигнала можно использовать режим задержанной развертки. В этом режиме на экран выводится два окна. В верхнем окне размещено изображение с основной раз-

Таблица 3. Характеристики осциллографов Agilent Technologies серии 548xx

Технические характеристики		54810A/20A (2 канала) 54815A/25A (4 канала)	54835A (4 канала)	54845A (4 канала)
Полоса пропускания для повторяющихся сигналов (на уровне -3 дБ)		500 МГц	50 Ом: 1.0 ГГц; 1 МОм: 500 МГц	50 Ом: 1.5 ГГц; 1 МОм: 500 МГц
Полоса пропускания с пробником:	1160A (пассивный 10:1)	500 МГц	-	
	1161A (пассивный 10:1)	-	500 МГц	
	1162A (пассивный 1:1)	25 МГц	25 МГц	
	1163A (пассивн. 10:1, 500 Ом)	500 МГц	1.0 ГГц	1.5 ГГц
	1152A (активный 2.5 ГГц)	500 МГц	1.0 ГГц	1.3 ГГц
	1153A (дифференц. 200 МГц)	200 МГц	200 МГц	
Максимальная частота дискретизации		54810A/15A: 1 ГГц по всем каналам 54820A/25A: 2 ГГц по всем каналам	2 канала: 4 ГГц 4 канала: 2 ГГц	2 канала: 8 ГГц 4 канала: 4 ГГц
Объем памяти		32 768 точек/канал	2 канала: 65 536 точек 4 канала: 32 768 точек	
Режимы установки объема памяти:	автоматический	Оптимизирован для наилучшего сочетания частоты обновления и качества изображения		
	ручной (устанавливается пользователем)	от 16 до 32 768 точек	2 канала: от 16 до 65 536 точек 4 канала: от 16 до 32 768 точек	
Режим сбора данных:	в реальном времени	+	+	+
	стробоскопический	+	+	+
Обнаружение и отображение импульсных помех		Импульсы длительностью более 1 нс при частоте дискретизации до 250 МГц	Данные отсутствуют	
Усреднение		Устанавливается пользователем по любому числу отсчетов исследуемого сигнала в диапазоне от 2 до 4096		
Время нарастания	при вх. сопротивлении 1 МОм	700 пс	700 пс	700 пс
	при вх. сопротивлении 50 Ом		350 пс	233 пс
Чувствительность	при вх. сопротивлении 1 МОм	от 1 мВ/дел до 5 В/дел	от 2 мВ/дел до 2 В/дел	
	при вх. сопротивлении 50 Ом	от 1 мВ/дел до 5 В/дел	от 2 мВ/дел до 1 В/дел	
Входной импеданс		1 МОм (8 пФ) или 50 Ом	1 МОм (12 пФ) или 50 Ом	
Макс. вх. напряж.	при вх. сопротивлении 1 МОм	±250 В (сумма пост. и перем. сост.)	±100 В (сумма пост. и перем. сост.)	
	при вх. сопротивлении 50 Ом	5 В, среднеквадратическое значение	5 В, среднеквадратич. значение	
Ограничение полосы пропускания (на уровне -3 дБ)		30 МГц (включается и выключается пользователем)	Данные отсутствуют	
Разрядность АЦП		8 разрядов (погрешность 0.4 % от полной шкалы)		

верткой, а в нижнем — с задержанной. Так как длительность развертки в каждом окне устанавливается независимо, то в нижнем окне можно растягивать фрагмент изображения для его детального исследования.

Модели 54810/15/20/25A можно использовать для обнаружения кратковременных одиночных сигналов. Это позволяет повысить достоверность измерений на низких скоростях развертки. В режиме обнаружения пиков дискретизатор осциллографа работает на повышенной частоте независимо от установленной длительности развертки, поэтому пользователь получает возможность отслеживать кратковременные импульсы, которые в иных случаях он бы просто не заметил.

При исследовании периодических сигналов в осциллографах предусмотрена возможность работы в стробоскопическом режиме. При этом эффективная

эквивалентная частота дискретизации в моделях 54810/15/20/25A расширяется до 100 ГГц, а в 54835/45A — до 500 ГГц.

В режиме быстрых измерений на экран выводится значение размаха измеряемого сигнала от пика до пика (U_{pp}), период, частота и время нарастания сигнала. В режиме автоматического измерения параметров предусмотрена возможность определения 27 параметров исследуемых сигналов: U_{pp} (размах), U_{min} (минимальное значение), U_{max} (максимальное значение), U_{avg} (среднее значение), $U_{amplitude}$ (амплитудное значение), U_{base} (напряжение основания), U_{top} (напряжение вершины), U_{rms} (среднеквадратическое значение), Preshoot (отрицательный выброс перед фронтом), Overshoot (выброс на вершине), U_{upper} (верхнее пороговое значение), U_{middle} (среднее пороговое значение), U_{lower} (нижнее пороговое значение), Rise Time

Таблица 4. Основные характеристики осциллографов Agilent Technologies серии 54750A

Модель	Полоса пропускания, ГГц	Кол-во каналов	Длительность фронта, пс	Объем памяти, кбайт/канал	Чувствительность, мВ/деление	Примечания
54751A	20	2	17.5	4	1 ... 100	-
54752A	50	1	7			-
54752B	50	1	7			-
54753A	20	2	17.5			несимметричный вход
54754A	18	2	17.5			симметричный вход

(длительность фронта), Fall Time (длительность среза), Period (период), Frequency (частота), Positive Width (длительность положительного импульса), Negative Width (длительность отрицательного импульса), Duty Cycle (коэффициент заполнения), Delta Time (временной дельта-интервал), T_{max} (время появления первого максимального значения напряжения на экране), T_{min} (время появления первого минимального значения напряжения на экране), FFT Frequency (частота спектральной составляющей), FFT Magnitude (амплитуда спектральной составляющей), FFT Delta Frequency (разность частот спектральных составляющих), FFT Delta Magnitude (разность амплитуд спектральных составляющих).

Математическая обработка исследуемых сигналов предусматривает набор следующих функций: сложение, вычитание, умножение, деление, инвертирование, увеличение, отображение зависимости напряжения от напряжения, определение минимального/максимального значения, интегрирование, дифференцирование, определение амплитуды спектральной составляющей с использованием БПФ. Возможность усреднения любых математических преобразований сигналов (например, БПФ).

При выполнении быстрого преобразования Фурье (БПФ) модели 54820A/54825A работают в диапазоне частот 0...1 ГГц, 54810A/54815A — 0...500 МГц, 54835A (2 канала) — 0 ... 2 ГГц, (4 канала) — 0 ... 1 ГГц, 54845A (2 канала) — 0 ... 4 ГГц, (4 канала) — 0 ... 2 ГГц.

Осциллографы серии 548xx позволяют осуществлять допускной контроль в режиме автоматического сканирования. Для этого задается предел допуска и на экране автоматически создается тестовая маска, охватывающая изображение сигнала. Допусковый контроль осуществляется путем сравнения текущего сигнала с установленной огибающей.

При подключении различных пробников ко входам осциллографов интеллектуальный интерфейс Auto-Probe полностью конфигурирует осциллограф для подключенного пробника: определяет его тип, обеспечивает необходимое для этого пробника питание и устанавливает требуемый входной импеданс, коэффициент деления и, при необходимости, диапазон смещения.

Широкополосные осциллографы серии Agilent 54750A. Осциллографы предназначены для исследования широкополосных сигналов в диапазоне частот до 50 ГГц. Краткие характеристики различных моделей этой серии приведены в таблице 4. Все модели имеют одинаковый базовый блок 54750A (рис. 8) и различаются только сменными блоками.

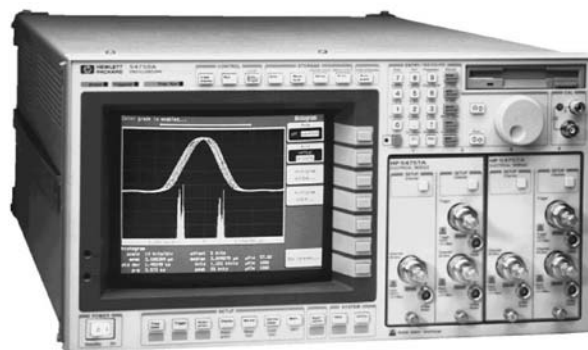


Рис. 8. Внешний вид осциллографа серии Agilent 54750

Базовый блок обеспечивает:

- временное разрешение 62.5 фс
- диапазон длительностей развертки от 10 пс/дел до 1 с/дел
- точность измерения временных интервалов не хуже 8 пс
- чувствительность входа внешней синхронизации 40 мВ в диапазоне частот до 100 МГц, и 200 мВ на частотах до 2.5 ГГц
- входное сопротивление 50 Ом
- переходное затухание между каналами не хуже 60 дБ
- временной сдвиг между каналами не более 1 пс
- выполнение БПФ
- режим автоматического сканирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Abhay Samant. Test & Measurement Meeting with your expectations: — EPN, September, 2001/volume 30, No 9.
2. <http://www.agilent.com>
3. HP Test & Measurement Catalog 1999.

МЕТОДЫ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПАЯЛЬНЫХ ПАСТ

Рассмотрены свойства, характерные особенности применения паяльных паст и способы нанесения их на контактные площадки плат при поверхностном монтаже электронных компонентов. Рекомендованы паяльные пасты и оборудование для их нанесения на печатные платы перед пайкой электронных компонентов.

А. Грачёв, Н. Малиновский

Для обеспечения высококачественной и производительной пайки различных электронных компонентов на поверхность печатных плат используются паяльные пасты, которые представляют собой смесь мелкодисперсного порошка (шариков) припоя со связующей жидкой основой; при этом содержание порошка припоя составляет от 85 до 92 % от всей смеси.

Состав паяльных паст описывается через соотношение ингредиентов материала припоя. Так, например, Sn63/Pb37 означает содержание в составе материала припоя 63 % олова и 37 % свинца, Sn62/Pb36/Ag2 — 62 % олова, 36 % свинца и 2 % серебра. Характеристики частиц материала припоя в паяльной пасте оказывают существенное влияние на качество паяного соединения. Наиболее важным параметром, характеризующим паяльную пасту, является диаметр сферических частиц припоя, который находится в диапазоне 20-85 мкм. Рекомендуемый диаметр частиц припоя в паяльной пасте составляет 75 мкм для пайки электронных компонентов с шагом расположения выводов 1.27 мм, 55 мкм — 0.635 мм, 45 мкм — 0.4 мм, 25 мкм — менее 0.4 мм.

Паяльная паста должна одновременно обладать хорошей текучестью и высокой вязкостью, что необходимо для получения надежных, высококачественных отпечатков пасты. Кроме того, частицы порошка припоя должны находиться во взвешенном состоянии в органическом наполнителе, без выпадения в осадок или образования скоплений.

Флюс в составе паяльных паст служит для активации паяемых металлических поверхностей, удаления с них окислов и предотвращения окисления припоя в процессе пайки, а также обеспечивает требуемую растекаемость и вязкость при нанесении паяльной пасты на плату. Кроме того, флюс обладает клеящими свойствами и паяльная паста удерживает установленные электронные компоненты на плате до пайки.

Если состав паяльной пасты имеет недостаточную вязкость, она будет растекаться или "расползаться", что, несомненно, приведет к искажению нанесённого

рисунка, а это, в свою очередь, послужит причиной образования шариков припоя или перемычек в процессе пайки.

Для уменьшения растекания паяльной пасты рекомендуется увеличить процентное содержание в ней порошка припоя или изменить химический состав флюса путем введения в него специальных вяжущих добавок-загустителей.

Следует подчеркнуть, что для эффективного протекания процесса пайки электронных компонентов на поверхность плат с использованием паяльных паст и различных способов нагрева, очень важен правильный выбор температурно-временного режима пайки. Так, например, если во время нагрева платы с электронными компонентами температура повышается слишком быстро (скорость нагрева паяемой поверхности выше 1-5 °С), то растворитель, входящий в состав флюса, испаряется преждевременно, что приводит к потере активности флюса и разложению или выгоранию составляющих его элементов; при этом плавление припоя происходит неравномерно, а процесс пайки становится неуправляемым. Если же цикл нагрева завершен преждевременно, то окислы в местах паяных соединений могут быть не полностью удалены [1].

Нанесение паяльных паст на контактные площадки печатных плат производится трафаретной печатью или с помощью электропневматического дозатора. Перед рассмотрением указанных процессов нанесения паяльных паст необходимо отметить некоторые особенности применения паст, которые должны учитываться при разработке высоконадежного и экономически эффективного процесса изготовления изделий радиоэлектроники с использованием поверхностного монтажа. Известно, что влияние окружающей среды на качество рисунка, сформированного паяльной пастой на печатной плате, может быть значительным [2]. К основным критичным параметрам окружающей среды относятся влажность и температура воздуха.

Влияние влажности. Если паяльная паста гигроскопична, повышенная влажность может влиять на ее параметры. В составе паяльной пасты гигроскопичными могут быть растворитель и активатор. Некоторые растворители абсорбируют от 2 до 5 %, а активаторы поглощают до 50 % влаги от их изначального веса. Если влажность воздуха превышает 65 %, параметры паяльной пасты, содержащей такие гигроскопичные материалы, могут ухудшиться.

При пайке платы в печи гигроскопичная паста может разбрызгиваться из-за испарения воды, что приве-

дет к повышенному образованию шариков припоя на поверхности платы. В некоторых случаях такая паста сильно растекается по поверхности даже при кратковременном хранении плат с нанесенным рисунком, а при пайке образует комки припоя.

Пасты, не требующие отмывки, не гигроскопичны и не изменяют свои свойства даже при высокой влажности (до 90 %).

Относительная влажность ниже 45 % может привести к быстрому испарению растворителя, входящего в состав пасты. При нанесении пасты на платы испарение растворителя может приводить к возрастанию вязкости пасты. Через 0.5-2 часа работы устройства трафаретной печати такая паста начинает плохо наноситься на платы и необходимо либо изменить параметры режима нанесения пасты, либо удалить остаток использованной пасты и заправить установку трафаретной печати новой пастой.

Для чувствительных к уровню влажности паст оптимальной является относительная влажность в диапазоне от 45 до 65 %, для нечувствительных паст — в диапазоне от 45 до 80 %. Чтобы определить чувствительность пасты к уровню влажности воздуха, можно выполнить несложную проверку. Перед пайкой в печи платы с нанесенной на них пастой выдерживаются в течение четырех часов при влажности 90 % и температуре 30 °С. Если после пайки дефекты не обнаруживаются (нет разницы между платами, подвергнутыми воздействию влаги, и платами, паянными сразу после нанесения пасты), паста не гигроскопична.

Влияние температуры на вязкость. При изменении температуры на 1 °С изменение вязкости может составлять от 10 до 60 пуаз. Если на производстве температура не стабилизируется, может возникнуть зимний или летний синдром. Этот синдром проявляется в том, что летом паста наносится хорошо и не растекается, а зимой — плохо. Если из-за снижения температуры вязкость пасты возрастает, она может плохо наноситься и режим работы устройства трафаретной печати необходимо менять. Если вязкость возрастает значительно, паста может оставаться в окнах трафарета, а не на плате. Это особенно актуально для компонентов с малым шагом расположения выводов (при высокой вязкости затруднено прохождение пасты через малые окна в трафарете). Более того, при повышении вязкости время сохранения клеящих свойств уменьшится (на короткое время адгезия повышается, но затем паста становится слишком сухой и теряет адгезию).

Обратное также справедливо: паста может наноситься хорошо зимой, но как только температура начинает расти, вязкость пасты снижается, что приводит к плохому разрешению при нанесении пасты и повышенному ее растеканию.

Оба вышеупомянутых случая могут быть объяснены плохим регулированием температуры в производ-

ственном помещении. Как правило, температура должна поддерживаться в диапазоне от 22 до 25 °С. Это объясняется тем, что в указанном диапазоне параметры паяльной пасты имеют оптимальные значения. При повышенной температуре растворитель, входящий в состав паяльных паст, испаряется быстрее, и время сохранения клеящих свойств пасты уменьшается, а также сокращается срок эксплуатации трафарета.

Если в производственном помещении температура не регулируется, необходимо использовать две пасты с разной вязкостью: более жидкую — зимой и более густую — летом.

Повышенная температура может вызвать загустение пасты. Если температура в производственном помещении превышает 30 °С (например, летом) и используется паста с повышенной чувствительностью к температуре, может возникнуть еще одна проблема. Вязкость пасты с повышенной чувствительностью к температуре может быстро возрасти из-за реакции между активатором, входящим в состав пасты, и поверхностью частиц порошкообразного припоя. В этом случае необходимо использовать пасту с активаторами, которые не вступают в реакцию с частицами припоя как при рабочей температуре, так и при температуре хранения (2-5 °С).

Формирование шариков припоя. Формирование шариков припоя ("бисера") особенно опасно в процессах без отмывки плат от остатков флюса после пайки. В процессах с отмывкой шарики припоя удаляются с платы вместе с остатками флюса, а без отмывки — остаются на плате. Поэтому необходимо выбрать такие параметры производственного процесса, которые позволяют избежать чрезмерного образования шариков припоя. Можно уменьшить число и размер шариков, но практически невозможно изготавливать печатные платы большими партиями без образования шариков. Следует отметить, что при пайке плат в инертной среде значительно проще избежать формирования шариков припоя, чем при пайке в воздушной среде. Существует много различных причин формирования шариков во время пайки. Часто на одной плате могут быть шарики, возникшие по разным причинам. Поскольку все шарики выглядят одинаково или почти одинаково, порой нелегко понять, какова причина их образования.

Влияние погрешностей нанесения пасты. Причины образования шариков припоя при пайке в основном связаны со сбоями во время нанесения паяльной пасты. Если паста нанесена на контактную площадку со смещением и часть порции пасты на нее не попала (рис. 1), существует большая вероятность того, что на паяльной маске или во впадине между паяльной маской и контактной площадкой во время пайки образуются шарики. Такой механизм образования шариков характерен для паст, предназначенных для пайки мик-

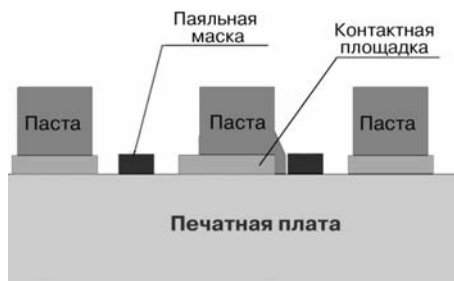


Рис. 1. Механизм образования шарика припоя вблизи контактной площадки

росшем с малым шагом расположения выводов.

Существует высокая вероятность возникновения шариков, если:

- не обеспечен хороший контакт между трафаретом и платой (часто из-за того, что плата покороблена)
- некорректно заданы параметры режима нанесения пасты (особенно критична сила прижима ракеля)
- размеры окон в трафарете равны или превышают размеры контактной площадки
- погрешность совмещения трафарета и платы превышает допуск
- размеры трафарета не соответствуют размерам платы
- поверхность трафарета, контактирующая с платой, нерегулярно очищается
- плохо подобрана вязкость пасты.

Образование комков припоя. Комки припоя образуются, если порошкообразные частицы припоя не плавятся окончательно. Это происходит, когда с их поверхности не удаляется окисный слой (рис. 2).

Возможные причины формирования комков припоя:

- паяльная паста гигроскопична
- окислен порошок припоя, входящий в состав пасты
- паста содержит недостаточное количество активатора
- контактные площадки или выводы компонента имеют плохую паяемость
- неправильно выбран температурный профиль для пайки (предварительный нагрев производится слишком медленно; температура предварительного нагрева или пиковая температура слишком высока; температурное воздействие слишком длительно).

Наличие условий для образования комков припоя проверить очень просто. Для этого необходимо порцию паяльной пасты (5 мм в диаметре, 200 мкм толщиной) нанести на алюминиевую подложку и оплавить с соблюдением режима пайки. После пайки припой должен оплавиться в шарик, кроме этого не должно образоваться более трех изолированных шариков диаметром, превышающим 76 мкм. Если исследуется влияние влажности на образование комков припоя, подложка с пастой перед оплавлением определенное время (например, 4 часа) должна быть выдержана в климатической камере при влажности 90 %.

Формирование шариков припоя около чип-компонентов. Эта проблема вызывается затеканием паяльной пасты под компонент при прохождении платой зоны предварительного нагрева в печи для пайки (рис. 3). Если есть такое затекание, формируются относительно крупные шарики припоя, которые могут остаться под компонентом или рядом с ним на плате (рис. 4). Такие шарики могут стать серьезной проблемой, если на плате установлены компоненты с малым шагом расположения выводов.

Образования шариков можно избежать, выполняя следующие рекомендации:

- использовать пасты с низким тепловым растеканием
- уменьшить количество пасты, наносимой на площадку (для этого необходимо уменьшить размер окна в трафарете или увеличить размеры контактной площадки)
- при пайке возрастание температуры в точке пайки должно быть очень медленным (оптимально 1 °С/с)
- испытать различные типы паяльных масок.

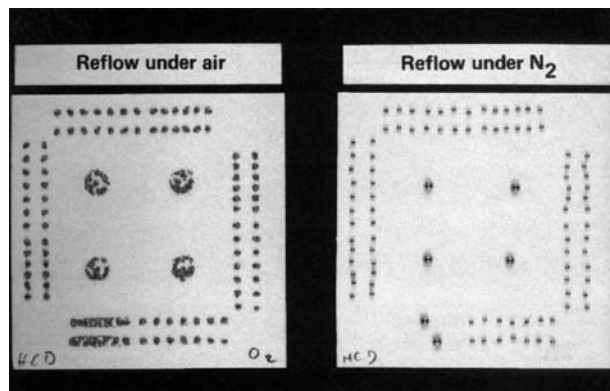


Рис. 2. Образование комков припоя при пайке в воздушной среде (а) и в среде азота (б)

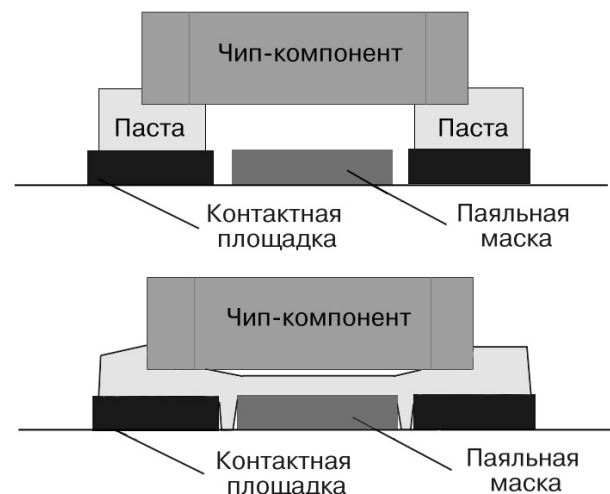


Рис. 3. Механизм образования шарика припоя вблизи чип-компонента

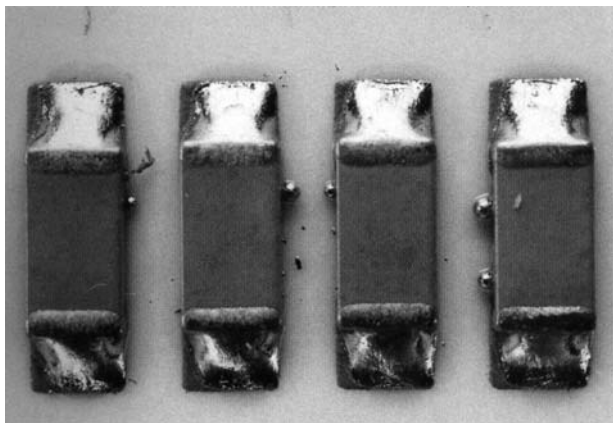


Рис. 4. Шарики припоя вблизи чип-компонентов

Чрезмерное растекание пасты. Если паста сильно растекается, она распространяется на промежутке между контактной площадкой и защитным резистом или на резист. В этом случае на плате формируются такие же шарики, как вблизи чип-компонентов. Избежать их формирования можно, выполнив вышеупомянутые рекомендации.

Кроме рассмотренных особенностей использования паяльных паст, необходимо помнить, что паяные соединения должны быть стойкими к воздействию химических реактивов, используемых в технологии поверхностного монтажа, особенно во время очистки смонтированных печатных узлов, в процессе которой применяются органические растворители на основе хлора и фтора, а также вода. Паяльная паста должна быть совместима с материалами платы, а также с технологическими процессами, в которых она применяется. Распространенными материалами для выводов или внешних контактов электронных компонентов являются: золото, серебро, сплав палладий — серебро, медь, а также луженая медь, поэтому паяльная паста должна выбираться таким образом, чтобы исключить выщелачивание этих материалов в местах пайки для повышения надежности паяного соединения.

Рекомендуемыми паяльными пастами, широко применяемыми при монтаже электронных компонентов на поверхность печатных плат, являются паяльные пасты фирмы AIM Inc. (USA), приведенные в таблице.

Указанные паяльные пасты изготавливаются на основе гелеобразных флюсов и рассмотренных выше

припоев и поставляются в банках с широким горлом (наносятся через трафарет, вес пасты в банке — 500 г) или шприцах для дозаторов (объем пасты 10 см³). Типовые параметры вязкости пасты, поставляемой в шприцах и предназначенной для пайки выводов компонентов в металлизированные отверстия:

- 80...300 килосантипуаз (кспс) — паста имеет консистенцию меда и растекается
- 300...450 килосантипуаз — паста после нанесения слабо растекается и сохраняет форму.

Типовые параметры вязкости пасты, поставляемой в банках и предназначенной для пайки выводов компонентов на поверхность плат:

- 450...750 килосантипуаз — паста не растекается
- 800...1100 килосантипуаз — паста не растекается и обладает жесткостью (800 килосантипуаз — типовое значение вязкости пасты, используемой в установках трафаретной печати).

Паяльная паста RMA291 изготавливается на основе умеренно активированного канифольного флюса и припоя Sn63/Pb37 или Sn62/Pb36/Ag2 в шариках диаметром 45 мкм. Паста разработана для конвейерного производства без отмытки плат от остатков флюса и сохраняет клеящие свойства до 6 часов. Отмытка остатков пасты может потребоваться в устройствах с рабочими частотами свыше 2 ГГц.

Исходные данные для разработки технологического процесса нанесения пасты через трафарет:

- удельное давление на рапель от 180 до 270 Г/см
- скорость движения ракеля от 13 до 150 мм/с.

Паяльная паста NC293+ изготавливается на основе синтетической канифоли и припоя Sn63/Pb37 или Sn62/Pb36/Ag2 в шариках диаметром 45 мкм. Паста предназначена для пайки в среде воздуха, обладает умеренной активностью, не требует отмытки остатков после пайки, обеспечивает хорошее смачивание расплавленным припоем даже трудно паяемых металлов, прочно держится на плате в широком диапазоне скоростей нанесения и не сползает при хранении платы. Отмытка остатков пасты после пайки в устройствах с рабочими частотами до 50 ГГц не требуется. Увеличенное время сохранения клеящих свойств (от 8 до 12 часов) и нечувствительность к влажности воздуха позволяют использовать пасту в конвейерном и неконвейерном производстве.

Паяльные пасты фирмы AIM Inc.

Тип	Краткая характеристика	Упаковка
NC293+Sn63-90-45-80-J5	для трафаретной печати, не требует отмытки	банка с широким горлом, 0,5 кг
NC293+Sn63-85-45-55-SC10	для дозаторов, не требует отмытки	шприц, 10 см ³ (35 г)
RMA291-Sn63-90-45-80-J5	для трафаретной печати, рекомендована отмытка	банка с широким горлом, 0,5 кг
RMA291-Sn63-85-45-55-SC10	для дозаторов, рекомендована отмытка	шприц, 10 см ³ (35 г)
NC293+Sn62-90-45-80-J5	для трафаретной печати, серебросодержащая, не требует отмытки	банка с широким горлом, 0,5 кг

Исходные данные для разработки технологического процесса нанесения пасты через трафарет:

- удельное давление на rakel от 134 до 225 Г/см
- скорость движения rakelя от 13 до 200 мм/с.

Нанесение паяльной пасты для пайки электронных компонентов на поверхность платы должно проводиться с учетом рассмотренных особенностей паяльной пасты, топологии рисунка платы, толщины и точности размещения нанесенного на контактные площадки слоя пасты, что представляет собой самостоятельную и важную технологическую операцию, от качества выполнения которой зависит надежность паяных соединений. Выполняется эта операция, в основном, с применением устройства трафаретной печати или электропневматического дозатора.

При трафаретной печати получение оттиска пасты на контактных площадках платы обеспечивается за счет ее проникания сквозь окна в трафарете под действием давления, создаваемого rakelем. Трафареты для трафаретной печати изготавливаются из износостойких листовых металлов (бериллиевая бронза, латунь, нержавеющая сталь). Толщина металлического трафарета 0.08-0.25 мм определяет толщину слоя паяльной пасты на контактных площадках платы. Площадь окна в трафарете должна быть на 10-20 % меньше площади контактной площадки.

Различают два метода трафаретной печати: бесконтактный, при котором между трафаретом и поверхностью печатной платы имеется зазор, и контактный, когда трафарет на начальной стадии лежит на печатной плате и снимается с нее после нанесения пасты. Второй метод более приемлем для нанесения пасты на платы больших размеров [3].

Качество оттиска паяльной пасты на контактных площадках платы при трафаретной печати зависит от целого ряда факторов. В первую очередь: это параметры технологического процесса: давление на rakel, угол его наклона и скорость движения, твердость и износостойкость материала и геометрия рабочей части rakelя. Для нанесения паяльной пасты на платы угол наклона rakelя устанавливается в пределах 12-40°. При нанесении пасты бесконтактным методом толщина слоя пасты увеличивается с уменьшением давления на rakel и может быть снижена за счет повышения этого давления.

Скорость движения rakelя при этом в меньшей степени (чем давление) влияет на изменение толщины слоя паяльной пасты и выбирается с учетом ее характеристик и требуемой производительности процесса [4]. Следует отметить, что форма частиц материала припоя в паяльной пасте оказывает существенное влияние на процесс трафаретной печати. Считается, например, что использование в составе паст частиц припоя сферической формы облегчает процесс трафаретной печати, в то время как наличие частиц другой формы может способствовать загрязнению трафарета, затрудняющему процесс нанесения пасты.

Выбор оборудования для трафаретной печати проводится с учетом класса точности и размеров печатных плат, требуемой производительности процесса и вида производства радиоэлектронной аппаратуры.

Рекомендуемым и поставляемым НПФ VD MAIS оборудованием для трафаретной печати (в условиях мелкосерийного производства) могут быть установки SDG255R и HSM 60/60P, а также полуавтомат EPS-T 300, используемый в серийном производстве аппаратуры.

Устройство SDG-255R (рис. 5) предназначено для нанесения паяльной пасты через металлические трафареты в условиях мелкосерийного производства.

Размер рабочего поля устройства 165×235 мм, габариты устройства 260×400×80 мм. Совмещение рисунка трафарета с контактными площадками печатной платы производится с помощью микрометрических винтов раздельно по двум осям и углу, за счет чего достигается высокая точность совмещения трафарета с печатной платой, необходимая при нанесении паяльной пасты для монтажа компонентов с малым шагом выводов.

Устройство HSM 60/60P (рис. 6) предназначено для нанесения паяльной пасты и клея через металлические трафареты в условиях мелкосерийного производства и отличается компактностью и легкостью юстировки трафарета относительно платы. Rakel равномерно прижимается к трафарету пневмоцилиндром. Перемещение rakelя осуществляется вручную по двум цилиндрическим направляющим, снабженным шарикоподшипниковыми муфтами. Размер рабочего поля устройства 250×380 или 380×380 мм, габариты устройства 750×750 мм, масса 60 кг.

Для работы устройства необходим сжатый воздух давлением не менее 4 атм.

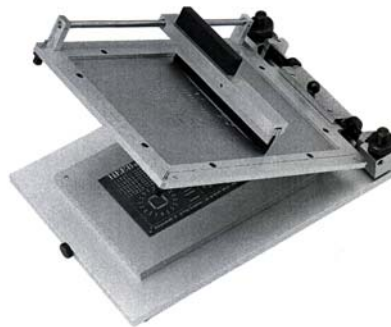


Рис. 5. Устройство трафаретной печати SDG-255R

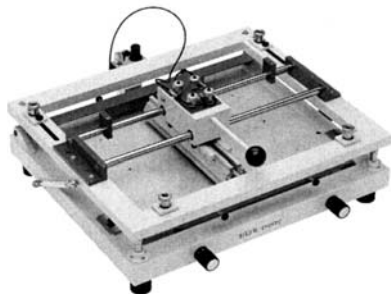


Рис. 6. Устройство трафаретной печати HSM 60/60P



Рис. 7. Полуавтоматическая установка трафаретной печати EPS-T

Полуавтоматическая установка EPS-T (рис. 7) предназначена для автоматического нанесения паяльной пасты, смена плат производится вручную. Печатная плата фиксируется вакуумным захватом, подъем и опускание трафарета с системой перемещения ракеля, полив пасты, прижим и перемещение ракеля производятся автоматически. Максимальное время цикла нанесения пасты на плату не превышает 6 с. Установка снабжена микрометрическими винтами для совмещения трафарета с платой по плоскости и угловому положению. В состав установки входит встроенная система нагнетания и откачки воздуха. Максимальный размер платы 300×350 мм (EPS-T 300) или 500×500 мм (EPS-T 500). Габариты установок (д×ш×в): EPS-T 300 — 1400×1000×1250, EPS-T 500 — 1700×1200×1250 мм.

При другом, достаточно распространенном, способе паяльная паста наносится на контактные площадки плат с использованием электропневматического дозатора.

Практика показала, что нанесение паяльной пасты с помощью электропневматического дозатора проводится, в основном, при выполнении ремонтных работ по демонтажу и повторному монтажу электронных компонентов на плату.

Функционально дозатор состоит из блока управления и шприцевого устройства бесклапанной поршневой конструкции. В технологический процесс дозирования паяльной пасты с использованием дозатора входит установка режимов дозирования: времени дозирования и давления воздуха, обеспечивающих фор-

мирование требуемых доз. К преимуществам электропневматического дозатора относятся: отсутствие движущихся механических частей, соприкасающихся с пастой, что обеспечивает его надежную работу; возможность быстрой переналадки на любые дозы.

Рекомендовать к использованию в производстве можно дозаторы CMS-300 и CMS-900, которые поставляются НПФ VD MAIS.

Ручной дозатор CMS-300 (рис. 8) предназначен для нанесения флюса, паяльной пасты, клея или других вязких материалов при ремонте и мелкосерийном производстве печатных плат. Конструктивно дозатор выполнен в виде настольного блока и содержит встроенный компрессор. Габариты дозатора 200×180×90 мм.

Дозатор с вакуумным пинцетом CMS-900 (рис. 9) предназначен для ручного нанесения флюса, паяльной пасты, клея или других вязких материалов, а также установки компонентов при ремонте и мелкосерийном производстве печатных плат. Конструктивно дозатор выполнен в виде настольного блока и содержит встроенную систему нагнетания и откачки воздуха. Габариты устройства 250×180×90 мм.

Таким образом, при поверхностном монтаже для образования надежных паяных соединений вывода,

электронного компонента с контактной площадкой на плате требуется достаточное и воспроизводимое количество припоя и флюса, что обеспечивается применением паяльных паст, наносимых трафаретной печатью или поочередным нанесением в места пайки доз пасты электропневматическим дозатором.

Рекомендуемое и поставляемое НПФ VD MAIS оборудование и паяльные пасты позволяют провести требуемую подготовку мест пайки электронных компонентов на поверхности плат, что служит гарантией формирования надежных паяных соединений.



Рис. 8. Дозатор CMS-300



Рис. 9. Дозатор CMS-900

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ч.-Г. Мэнгин, С. Маккеланд. Технология поверхностного монтажа. — М., "Мир", 1990.
2. Anton Z. Miric. Influences from the environment//EPP Europe. October, 1997.
3. Ю.Г. Лега, А.А. Мельник. Поверхневий монтаж електрорадіоелементів. — Черкаси, 1999.
4. А.А. Грачев, И.А. Гурч. Подготовка печатных плат для пайки электронных компонентов на их поверхность при сборке РЭА. — Электронная техника, сер. 7. Технология, организация производства и оборудования, 1990. — Вып. 4 (161).

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА "PRODUCTRONICA 2001"

С 6 по 9 ноября в Мюнхене состоялась 14-я международная выставка "Productronica 2001". На выставке демонстрировалось самое современное оборудование для проектирования, производства, тестирования и испытания микросхем, многокристалльных модулей печатных плат и других изделий электронной промышленности. В выставке принимали участие более 1400 фирм из США и Канады, стран Европы и Юго-Восточной Азии, Японии и Австралии. Среди них такие известные, как Siemens, SMT, Sony, Panasonic, Samsung, Agilent Technologies и многие другие. Значительное место в экспозиции выставки занимали материалы и оборудование для поверхностного монтажа, технологические линии для производства микросистем, корпусирования интегральных схем и т. п.

В работе выставки принимали участие специалисты фирмы VD MAIS. Они провели переговоры с рядом ведущих мировых компаний о поставках в Украину нового оборудования и материалов для поверхностного монтажа, измерительных систем контроля, достигнута договорённость о сотрудничестве с ведущими техническими журналами в области современных технологий производства изделий электронной техники. *Подробную информацию о состоявшейся выставке "Productronica 2001" можно получить на сайте: www.productronica.de*



IV Международная специализированная выставка "СВІТ ЕЛЕКТРОНІКИ 2001"

Выставка "Світ електроніки 2001", проходившая в Киеве с 17 по 20 октября, как и всегда, порадовала специалистов разных областей электронной промышленности всесторонним показом новых технологических решений и последних разработок в сфере электронных компонентов и комплектующих. Выставка, собравшая 50 участников, из которых 39 — украинские, стала местом встречи специалистов разных предприятий и организаций со всех уголков Украины, судить о чём можно также по результатам анкетирования посетителей стенда VD MAIS, одного из самых посещаемых на выставке. Среди более чем 450 зарегистрированных на стенде посетителей оказались кроме киевлян жители 56 городов Украины, составившие около 40 % всех опрошенных. Отрадно, что все эти посетители имеют непосредственное отношение к электронике, телекоммуникациям, телефонии и мобильной связи и другим ведущим технологиям. Можно также констатировать рост номенклатуры и объёмов выпуска продукции отечественных предприятий, занятых в производстве электронных компонентов, среди них на выставке были представлены хорошо известные в Украине ДП "Квотар ИС" и КО "Кристалл".

И хотя большинство участников составляли дистрибьютерские фирмы, весьма успешно работающие на украинском рынке, такая конкуренция отечественных и зарубежных производителей электронных компонентов является, с одной стороны, стимулом к развитию собственной эле-



ментной базы, а с другой стороны, обеспечивает создание современных изделий и систем, отвечающих по своим техническим параметрам, энергопотреблению, эргономике и др. уровню миро-

вых стандартов. Были представлены на выставке и специализированные издания Украины и России, освещающие последние достижения науки и техники, в том числе и журнал "ЭКиС", специальный номер которого, приуроченный к выставке, был посвящён достижениям всемирно известных фирм в создании электронных компонентов и комплектующих. Разумеется, эта мозаичная картина была проиллюстрирована и экспонатами стенда VD MAIS — размещёнными в его витринах изделиями более 40 фирм-производителей.

Выставка содействовала налаживанию новых деловых контактов, поиску новых партнёров и клиентов для плодотворного сотрудничества.

Надеемся, что свидетельством успехов электронной промышленности Украины станет выставка «Світ електроніки 2002».

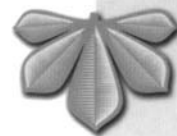
intelligence



everywhere™

ДЕНЬ МОТОРОЛЫ В УКРАИНЕ

КИЇВ 2001



8 ноября в киевском отеле «Русь» прошёл «День Моторолы в Украине», ставший заметным событием в области мобильных систем радиосвязи. Проводимый в Киеве уже второй раз «День Моторолы» становится традицией, что подтверждает интерес государственных структур Украины и основных компаний-операторов мобильной связи к стратегическим направлениям развития мировых телекоммуникаций.

О деятельности и успехах компании Моторола в Украине рассказал Сергей Яценко — генеральный директор представительства компании в Украине.

В основном докладе вице-президент и корпоративный директор компании Моторола в Центральной и Восточной Европе Ричард Лада (Richard Lada) раскрыл сегодняшний девиз компании "Intelligence everywhere", за которым стоит задача разработки систем интеллектуальных мобильных телекоммуникаций для конкретных групп

потребителей. При этом имеются ввиду изделия массового потребления, основанные на технологии беспроводной высокоскоростной пакетной передачи данных (GPRS) и комбинированные PDA+Phone устройства. В рамках «Дня Моторолы» состоялись также технические семинары для специалистов. С докладом на тему «Новые решения сектора полупроводниковых компонентов фирмы Моторола» выступил профессор Д. Панфилов, менеджер по развитию рынка (Россия). Участие в «Дне Моторолы» принял менеджер фирмы VD MAIS по ИМС для телекоммуникаций А. Валентик. Полученная им информация о новых полупроводниковых компонентах компании Моторола найдёт отражение на страницах нашего журнала.



Докладывает Ричард Лада



Уважаемые читатели журнала!

13 декабря 2001 г.

в Виннице состоится семинар на тему:

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

Семинар проводится в Винницком государственном техническом университете (Хмельницкое шоссе, 95) в аудитории 222 главного корпуса с 10.00 до 17.00. Регистрация участников — с 9.30.

Докладчики — преподаватели кафедры автоматизации экспериментальных исследований НТУУ "КПИ".

Программа семинара:

1. Семейство сигнальных процессоров ADSP-218x с фиксированной точкой: особенности архитектуры, ядро процессора, память, организация интерфейсов, подключение периферийных устройств, организация арифметических операций (профессор Е.Т. Володарский). Начало в 10.00.
 2. Инструментальные средства отладки семейства сигнальных процессоров ADSP-218x: EZ-LAB, EZ-ICE, EZ-KIT, программные средства отладки PC-FULL, MAT LAB для DSP (доцент И.Е. Мозговой). Начало в 12.00.
 3. 24-разрядные сигма-дельта АЦП: принципы построения, особенности применения, способы включения АЦП для получения высокой разрешающей способности (профессор В.И. Губарь). Начало в 13.30.
 4. Прецизионные и быстродействующие операционные усилители и особенности их применения; особенности применения микроконвертера AD μ C812 (доцент В.В. Литвих). Начало в 15.00.
- Ответственный от НТУУ "КПИ" — Е.Т. Володарский, тел.: (044) 441-1817.

Организатор семинара — научно-производственная фирма VD MAIS.

Участие в семинаре бесплатное. Участники семинара обеспечиваются информационными материалами.

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

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

В заявке необходимо указать:

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

VD MAIS ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ
И СИСТЕМЫ

ВЫСОКОТОЧНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ С НИЗКИМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ

Фирмой Analog Devices разработано семейство линейных стабилизаторов ADP333X с малым падением напряжения на регулирующем транзисторе. Это прецизионные стабилизаторы напряжения типа *apucap*, основные особенности которых рассмотрены ниже.

Высокоточные стабилизаторы напряжения семейства ADP333X предназначены для построения источников питания мобильных телефонов, видеокамер, карманных компьютеров, считывателей штрих-кодов и других портативных устройств и приборов с батарейным питанием.

К основным особенностям этих стабилизаторов следует отнести малое падение напряжения на регулирующем транзисторе, низкое энергопотребление, высокую нагрузочную способность и точность установки выходного напряжения. ИМС семейства ADP333X могут работать с любой ёмкостью нагрузки, сохраняя при этом высокую стабильность выходного напряжения. Функциональная схема стабилизатора ADP3335 приведена на рис. 1. Погрешность выходного напряжения этого стабилизатора составляет $\pm 0.9\%$ при комнатной температуре и $\pm 1.8\%$ в диапазоне рабочих температур. Типовое падение напряжения на регулирующем транзисторе не превосходит 200 мВ

при токе нагрузки 500 мА. Стабилизатор обладает защитой от перегрузок и в рабочем режиме

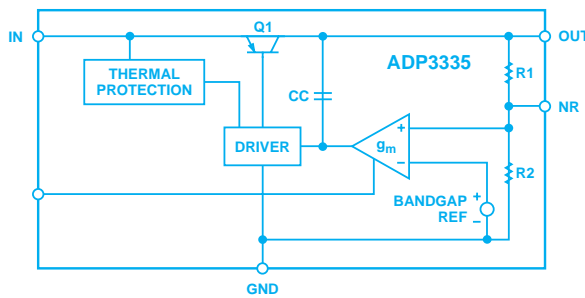


Рис. 1. Функциональная схема ADP3335

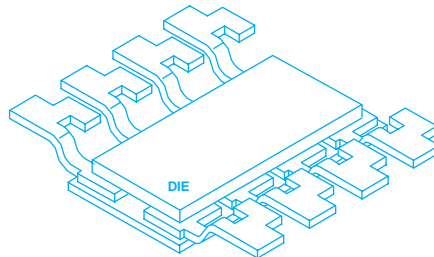


Рис. 2. Конструкция корпуса ADP3335

требуется ток 80 мкА. Корпус ADP3335 имеет минимальное температурное сопротивление ($110^\circ\text{C}/\text{Вт}$), благодаря специальной конструкции выводов (рис. 2). Это сопротивление может быть уменьшено ещё на 10%, если установить входные выводы микросхемы на медные теплоотводы. Типовая схема включения ADP3335

приведена на рис. 3. Ёмкость C_{IN} на входе используется, если источник входного напряжения удален от стабилизатора или имеет высокое выходное сопротивление. Величина C_{IN} не превышает 1 мкФ. В случае увеличения входной емкости стабилизатора с целью уменьшения наводок на его входе следует увеличить и величину выходной емкости C_{OUT} . Ёмкость C_{NR} используется для снижения уровня шумов на выходе стабилизатора примерно на 6-10 дБ. Величина этой емкости составляет от 10 до 500 пФ. Она устанавливается в непосредственной близости от микросхемы. Минимальное среднеквадратическое напряжение шума на выходе ADP3335 в этом случае не превышает 47 мкВ. Следует отметить, что при увеличении C_{NR} растет время установления выходного напряжения стабилизатора. При $C_{NR} \geq 1$ нФ это время может составлять несколько миллисекунд.

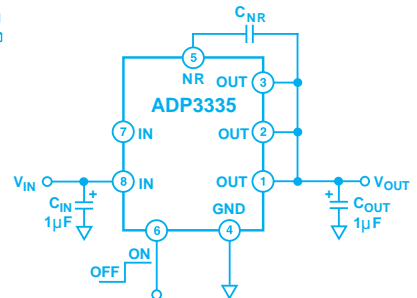


Рис. 3. Схема включения ADP3335

Стабилизатор имеет режим покоя, ток потребления в котором составляет 10 нА. Основные параметры стабилизаторов семейства ADP333X приведены в таблице.

Тип стабилизатора	Диапазон входных напряжений, В	Варианты уровней выходных напряжений, В	Падение напряжения на регулирующем транзисторе, мВ	Выходной ток, мА	Ток потребления, мкА	Погрешность выходного напряжения, %
ADP3334	2.6...11	1.5...10	200	500	150	± 1.8
ADP3335	2.6...12	1.8, 2.5, 2.85, 3.3, 5	200	500	80	± 1.8
ADP3338	2.7...8	1.8, 2.5, 2.85, 3.3, 5	190	1000	110	± 1.4