

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СИСТЕМЫ

2003 август
№ 8 (72)

МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



Учредитель и издатель:
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ
ФИРМА **VD MAIS**

Зарегистрирован
Министерством информации
Украины 24.07.96 г.
Свидетельство о регистрации:
серия КВ, № 2081Б
Издается с мая 1996 г.
Подписной индекс 40633

Директор фирмы VD MAIS:
В.А. Давиденко

Главный редактор:
А.В. Ермолович

Научный редактор:
В.А. Романов

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

Технический редактор:
Г.Д. Местечкина

Набор:
С.А. Чернявская

Верстка:
М.С. Заславская

Дизайн:
А.А. Чабан
С.А. Молокович

Адрес редакции:
Украина, Киев,
ул. Жилинская, 29
Тел.: (044) 227-2262, 227-1356
Факс: (044) 227-3668

E-mail: info@vdmals.kiev.ua
Интернет: www.vdmals.kiev.ua

Адрес для переписки:
Украина, 01033 Киев, а/я 942

Цветоделение и печать
ДП "Такі справи"
т./ф.: 456-9020

Подписано к печати 22.08.2003
Формат 60x84/8
Тираж 1000 экз.
Зак. № 308-157-1301

СЕНСОРЫ И ДАТЧИКИ

Светочувствительный сенсор LX1970 3
Двухканальный температурный сенсор
с автоматической калибровкой смещения нуля 3
Пленочные мультисенсоры для идентификации запахов и газов 5
КМОП-датчик изображения 7

ПАССИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Характеристики керамических конденсаторов 9

УСИЛИТЕЛИ

Шумы в операционных усилителях 12

АЦП и ЦАП

Многоканальные 10-/12-разрядные АЦП
с программируемой конфигурацией входных цепей 15

ПЛИС

Расширение областей применения ПЛИС 16

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ И СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ

Низкоскоростные USB-микроконтроллеры
фирмы Cypress Semiconductor 22
Микросхема контроллера
трехфазного электродвигателя переменного тока 26
Интерфейс DSP Blackfin с видеоконтроллерами 27

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

DC/DC-преобразователи серии ALT
с выходной мощностью 25 и 30 Вт 28

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И СВЯЗЬ

Новые микросхемы синтезаторов частот 31

КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

Одноплатные компьютеры
в стандарте PCI-платы полной длины 34
WBS – программное обеспечение для SCADA 36
Малогобаритный широкополосный
анализатор спектра HM5033 38

ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ

Поверхностный монтаж компонентов
при сборке электронной аппаратуры: особенности освоения 41

КОНКУРС: ЛУЧШАЯ РАЗРАБОТКА ГОДА

Магнитоэлектрические виброизлучатели
с уменьшенным уровнем акустического излучения 44

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Правительство Великобритании
инвестирует сетевые микронанотехнологии 46
Дифференциальный усилитель
для высоковольтных систем управления 46
Новое поколение сигма-дельта АЦП 46
Периферийное сканирование –
универсальный метод тестирования СБИС 47

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Оценочная плата ADSP-21535 EZ-KIT LITE 48

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



SENSORS

Visible Light Sensor 3
 Dual-Channel Temperature Sensor
 Feature Automatic Thermal Offset Calibration 3
 Gas Sensor Elements for Odor Identification 5
 CMOS Image Sensor 7

PASSIVE COMPONENTS

Ceramic Capacitors Performances 9

AMPLIFIERS

Op Amp Noise Sources 12

ADCs & DACs

Multichannel 10-/12-bit SAR ADCs
 Offer Programmable Input Configuration 15

PROGRAMMABLE LOGIC

FPGA and CPLD Applications Development 16

MICROCONTROLLERS AND DSPs

Cypress Semiconductor's Low-Speed USB Controllers 22
 3-Phase AC Motor Controller 26
 Blackfin DSPs and Videocontrollers Interface 27

POWER SUPPLIES

ALT Series DC/DC-Converters with 25
 and 30 Watt Output Power 28

COMMUNICATIONS

New PLL Frequency Synthesizer ICs 31

CONTROL AND AUTOMATION

Single Board PCI Bus Computers 34
 White Board System SCADA Software 36
 New Hameg Instruments'
 Wideband Spectrum Analyzer HM5033 38

SURFACE MOUNT TECHNOLOGY

SMT Components Assembly Features 41

BEST DESIGN ANNUAL CONTEST

Magnetolectric Vibration Transducers
 with Low Sound Emission 44

NEWS BRIEFS

U.K. Government Invest \$150M in Network Nanotechnology 46
 Difference Amp for 42 V Automotive Systems 46
 AD779x – the Clear Leader in 24-bit Σ - Δ ADCs 46
 Boundary Scan – Universal Technology for the Future 47

PERSPECTIVE PRODUCTS

Evaluation Board ADSP-21535 EZ-KIT LITE 48



**ELECTRONIC
COMPONENTS
AND SYSTEMS**

August 2003
No 8 (72)

Monthly
Scientific and Technical
Journal

Founder and Publisher:
Scientific-Production Firm
VD MAIS

Director
V.A. Davidenko

Head Editor
A.V. Yermolovich

Scientific Editor
V.A. Romanov

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

Typographer
G.D. Mestechkina

Type and setting
S.A. Chernyavskaya

Layout
M.S. Zaslavskaya

Design
A.A. Chaban
S.A. Molokovich

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

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

Fax:
(380-44) 227-3668

E-mail:
info@vdm.kiev.ua

Web address:
www.vdm.kiev.ua

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

Printed in Ukraine



СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ СЕНСОР LX1970

Светоочувствительный сенсор LX1970 фирмы Microsemi имеет спектральную характеристику человеческого глаза и предназначен для систем контроля яркости мониторов, осветительных установок и других светоизлучающих приборов. Особенности этого сенсора рассмотрены в приведенной ниже статье.

В. Романов

LX1970 – новый светоочувствительный сенсор, спектральная характеристика которого практически не отличается от спектральной характеристики человеческого глаза (рис. 1) [1]. В составе LX1970 имеется уникальный фотодиод, выполненный по специальной технологии [2], пиковое значение спектральной характеристики которого соответствует длине волны 540 нм. Фотодиод отличается высокой линейностью и повторяемостью передаточной характеристики. Функциональная схема сенсора приведена на рис. 2. Сенсор имеет два выхода: I_{SRC} и I_{SNK} . Передаточная характеристика для каждого выхода приведена на рис. 3.

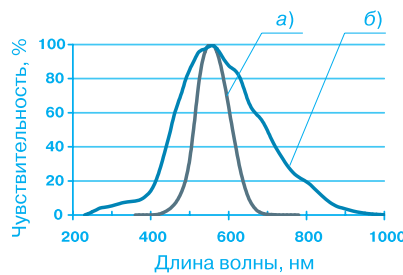


Рис. 1. Спектральная характеристика сенсора LX1970 (а) и человеческого глаза (б)

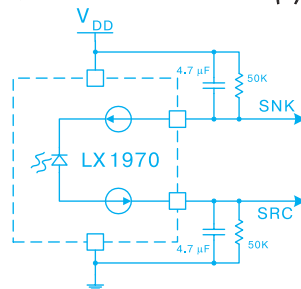


Рис. 2. Функциональная схема светоочувствительного сенсора LX1970

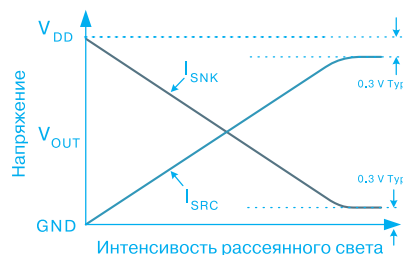


Рис. 3. Передаточные характеристики сенсора LX1970

Основные характеристики сенсора:

- длина волны, на которой обеспечивается максимальная чувствительность, 540 нм
- разрешение 146 нВТ/см²
- чувствительность при длине волны 540 нм 2.6 А/(ВТ/см²)
- типовое значение тока I_{SRC} 38 мкА
- типовое значение тока I_{SNK} 38 мкА
- напряжение питания от 2 до 5.5 В
- максимальный входной ток 110 мкА
- диапазон рабочих температур от -40 до 85 °С
- тип корпуса 8-MSOP.

Фирма Microsemi поставляет оценочную плату, укомплектованную светоочувствительными сенсорами LX1970. В составе платы имеется диск с отверстиями для световых лучей [3].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Human Eye Light Sensor for Less than 1 euro Volume Price//EPN, No 2, 2003.
2. Visible Light Sensor LX1970. Production Data Sheet (www.microsemi.com).
3. LX1970 Evaluation Board User's Guide (www.microsemi.com).

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ТЕМПЕРАТУРНЫЙ СЕНСОР С АВТОМАТИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКОЙ СМЕЩЕНИЯ НУЛЯ

Новый двухканальный цифровой термометр ADT7461 позволяет информировать пользователя о выходе температуры окружающей среды за установленные границы, обеспечивает снижение влияния сопротивления длинной линии при дистанционном измерении температуры, имеет два диапазона измерения температуры: основной и расширенный. Особенности нового температурного сенсора рассмотрены в настоящей публикации.

В. Романов

ADT7461 – двухканальный цифровой термометр, предназначенный для измерения температуры и

управления температурным режимом сложных систем [1]. Он полностью совместим с сенсором предыдущего поколения ADM1032 и по сравнению с ним имеет ряд допол-

нительных особенностей:

- ослабляет влияние паразитного сопротивления длинной линии на точность измерения, если в качестве чувствительного элемента используется выносной диод или транзистор
- позволяет программно управлять температурным режимом внутри системы или устройства
- имеет два автоматически переключаемых температурных диапазона.

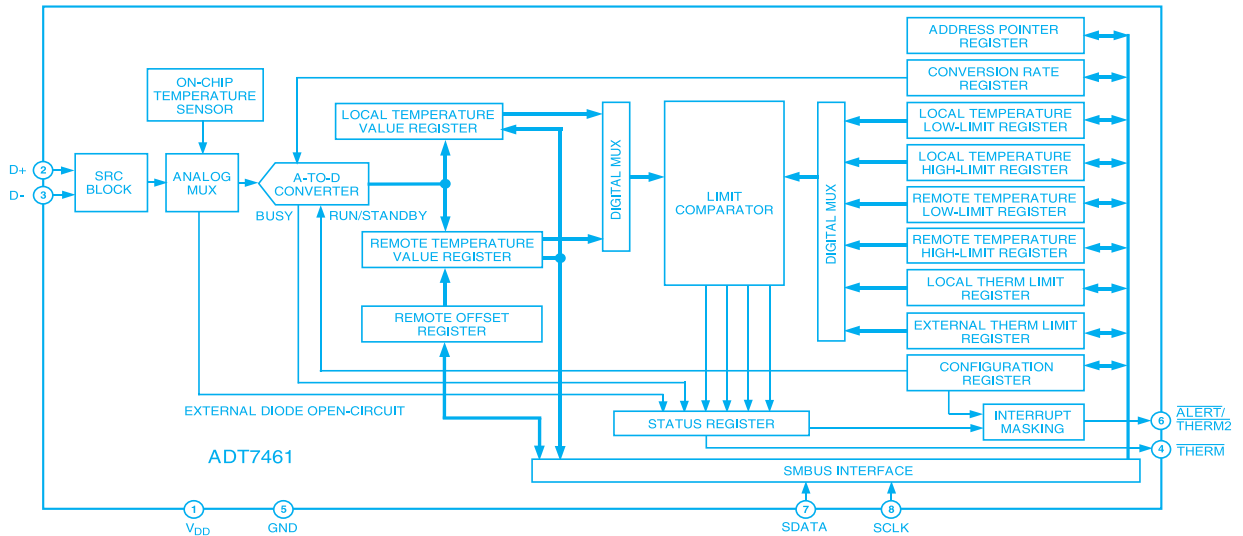


Рис. 1. Структурная схема сенсора ADT7461

Структурная схема сенсора ADT7461 приведена на рис. 1 [2]. Сенсор имеет встроенный чувствительный элемент и одновременно может измерять температуру с помощью выносного элемента.

Параметры сенсора ADT7461:

- точность измерения температуры 1 и 3 °C (для выносного и встроенного чувствительного элемента соответственно)
- разрешение 0.25 и 1 °C (для выносного и встроенного чувствительного элемента соответственно)
- диапазон температур: основной от 0 до 127 °C и расширенный от -40 до 150 °C
- максимальное время преобразования по двум каналам 143 мс
- совместим по выводам с сенсором ADM1032
- имеет двухпроводной SMBus последовательный интерфейс
- задает программно границы температурного диапазона
- обеспечивает автоматическую калибровку смещения нуля
- напряжение питания от 3 до 5 В
- ток потребления в рабочем режиме 170 мкА, в режиме покоя – 5.5 мкА
- тип корпуса 8-микроSO или 8-SO.

При измерении температуры в удаленных точках, как правило,

используется р-п-переход (база-эмиттер) транзистора, который имеет постоянное смещение V_{BE} . Величина этого смещения имеет разброс от образца к образцу, что влияет на точность измерения температуры. Кроме того, паразитное сопротивление линии связи чувствительного элемента с ИМС ADT7461 также вносит погрешность в результат измерения. В сенсоре ADT7461 предусмотрены автоматическое ослабление влияния паразитного сопротивления на точность измерения температуры, а также компенсация постоянного смещения V_{BE} . Это осуществляется входным устройством ADT7461, функциональная схема которого приведена на рис. 2. Для выделения информативного параметра ΔV_{BE} ($^{\circ}$) рабочий ток через р-п-переход чувствительного элемента разбивается на три составляющие I , $N1 \cdot I$ и $N2 \cdot I$, где два последних тока являются произведениями рабо-

чего тока I на коэффициенты $N1$ и $N2$. Пропуская через р-п-переход сначала ток I и $N1 \cdot I$, а затем I и $N2 \cdot I$, получают соответственно уровни напряжений ΔV_{BE1} и ΔV_{BE2} . Путем последующих вычислений определяется температура окружающей среды вблизи транзистора, при этом исключается постоянное смещение V_{BE} и сопротивление линии связи [2]. Емкость $C1$ служит для фильтрации помех в линии связи. Информативный параметр ΔV_{BE} ($^{\circ}$) представляет собой переменное напряжение, которое через фильтр нижних частот поступает на вход стабилизируемого прерыванием усилителя [3], а далее – на вход АЦП. Таким же образом осуществляется обработка сигнала встроенного чувствительного элемента. Чтобы изменить диапазон измеряемой температуры, необходимо перепрограммировать регистр "configuration register" (рис. 1).

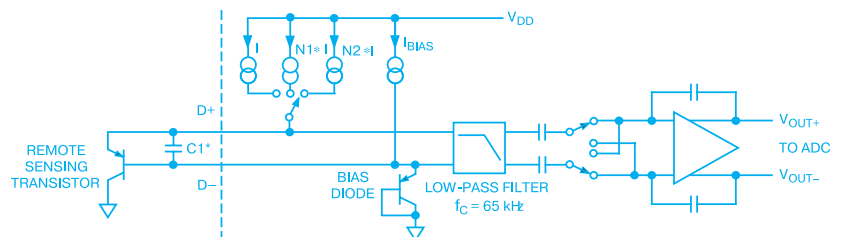


Рис. 2. Функциональная схема входного канала сенсора ADT7461

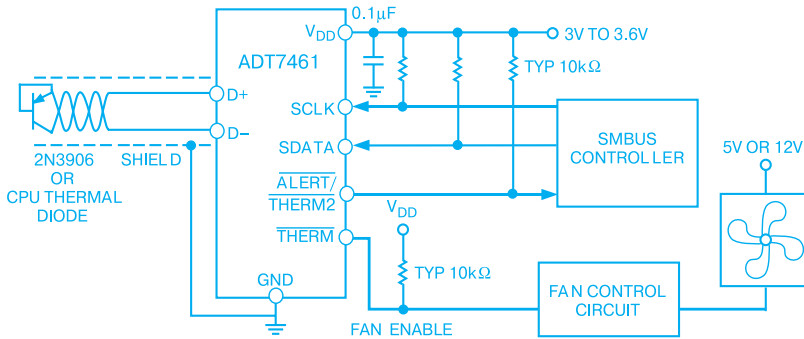


Рис. 3. Функциональная схема типowego применения температурного сенсора ADT7461

Сенсор ADT7461 имеет два выхода прерывания ALERT и THERM. Первый используется, если необходимо задать верхнюю и нижнюю границы диапазона рабочих температур. При выходе температуры за пределы этого диапазона сигнал прерывания ALERT поступает в контроллер или исполнительное устройство. Второй выход прерывания используется для того, чтобы сигнализировать о выходе температуры за границы предельно допустимого

значения.

Сенсор ADT7461 позволяет определить разрыв в цепи выносного чувствительного элемента. В этом случае сигнал тревоги по линии контроллер или компьютер. Функциональная схема типowego применения температурного сенсора ADT7461 приведена на рис. 3. Сенсор осуществляет температурный мониторинг в корпусе компьютера, а также управляет скоростью

вентилятора для поддержания температуры в заданных пределах.

Кроме того, сенсор ADT7461 может найти широкое применение в портативных компьютерах, промышленных контроллерах, измерительных приборах, автомобильной электронике и т. п. Серийное производство сенсора ADT7461 началось со второй половины 2003 года.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Dual-Channel Temperature Sensor Features Wide Temp Range and Automatic Thermal Offset Calibration. – Press Release (www.analog.com/Press_Releases).
2. ±1°C Temperature Monitor with Series Resistance Cancellation ADT7461. – Preliminary Technical Data (www.analog.com).
3. Литвих В. Особенности применения прецизионных усилителей//ЭКиС. – Киев: VD MAIS, 2002, № 1.

ПЛЕНОЧНЫЕ МУЛЬТИСЕНСОРЫ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАПАХОВ И ГАЗОВ

Интеллектуальные устройства типа "электронный нос" получают все большее распространение в различных областях человеческой деятельности, таких как парфюмерная и пищевая промышленность, виноделие и сыроварение, медицинская диагностика, экологический мониторинг, обеспечение безопасности в угольной и горнодобывающей промышленности. Полупроводниковые пленочные сенсоры для таких устройств рассмотрены в настоящей статье.

В. Романов

Пленочные металлооксидные сенсоры для газового анализа и идентификации запахов производятся по той же технологии, что и

гибридные микросборки [1]. Корпуса таких сенсоров мало чем отличаются от корпусов обычных ИМС, поэтому технология проектирования, производства и сборки законченных изделий типа "элек-

тронный нос" такая же, как и при производстве любой другой электронной аппаратуры. Это позволяет легко автоматизировать все процессы проектирования-производства устройств газового анализа и идентификации запахов.

Известным производителем пленочных сенсоров для газового анализа является немецкая компания UST Umweltsensortechnik GmbH [2]. На рис. 1 показаны устройство и конструкция пленочного газового сенсора. Чувствительный

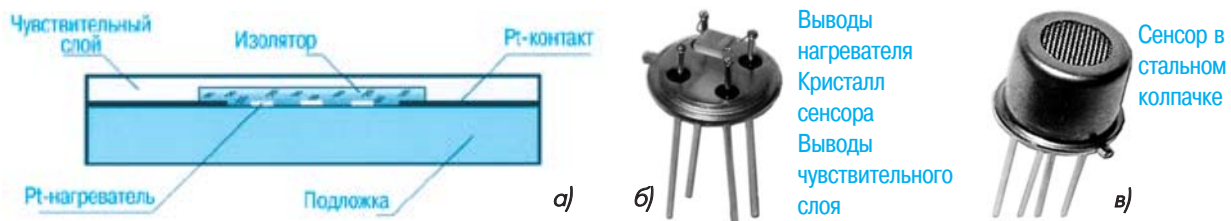


Рис. 1. Устройство (а) и конструкция (б, в) пленочного газового сенсора

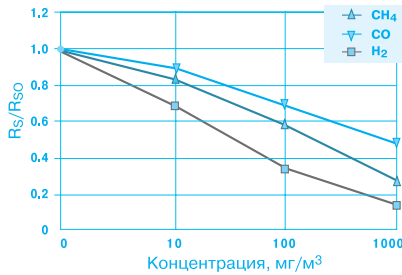


Рис. 2. Зависимости проводимости сенсора GGS 1330 T от концентрации газов CH₄, CO, H₂ при температуре 450 °C

слой сенсора представляет собой алюмооксидную пленку Al₂O₃. Если нагреть пленку до температуры в несколько сотен градусов, то под воздействием анализируемого газа начинает изменяться ее проводимость, причем величина этого изменения зависит от концентрации анализируемого газа. Типовая зависимость проводимости от концентрации газов CH₄, CO и H₂ сенсора GGS 1300 при температуре чувствительного слоя 450 °C приведена на рис. 2, где R₅₀ – сопротивление чувствительного слоя при нулевой концентрации анализируемого газа, R₅ – сопротивление чувствительного слоя в зависимости от концентрации анализируемого газа.

Особенности сенсоров, выпускаемых фирмой UST Umweltsensortechnik, приведены в таблице.

Особенности газовых сенсоров

| Наименование | Назначение |
|--------------|--|
| GGG 1000 T | Универсальные для идентификации горючих газов |
| GGG 2000 T | Для идентификации CO, H ₂ , C ₂ H ₅ OH |
| GGG 3000 T | Для идентификации C _x H _y , используются в стационарных мониторах для анализа концентрации взрывоопасных газов |
| GGG 4000 T | Селективные для идентификации NH ₃ |
| GGG 5000 T | Чувствительные для идентификации NO ₂ и O ₃ |
| GGG 6000 T | Для идентификации H ₂ |
| GGG 7000 T | Для идентификации NO ₂ |

Кроме того, фирмой выпускаются матричные мультисенсоры, объединяющие в одном корпусе несколько чувствительных пленок. Изменяя температуру одной из чувствительных пленок, можно управлять чувствительностью мультисенсора. Диапазон измерения концентрации пленочных сенсоров от нескольких ppm до 5 vol.%, где ppm – молярная, а vol. – объемная концентрация. На базе полупроводниковых мультисенсоров фирмы UST Umweltsensortechnik выпускается набор индикаторов, мониторов и селективных идентификаторов отдельных компонентов газовых смесей. На рис. 3 показан детектор



Рис. 3. Детектор взрывоопасных газов

взрывоопасных газов: метана (CH₄), пропана (C₃H₈) и водорода (H₂). В детекторе использованы сенсоры GGS 1000 и GGS 3000. На рис. 4 представлен селективный



Рис. 4. Газовый монитор для идентификации тридцати газов в составе газовой смеси

газовый монитор для идентификации более чем тридцати газов в составе сложной газовой смеси. Характеристика концентрации некоторых газов в составе газовой смеси, полученная с помощью газового монитора, приведена на

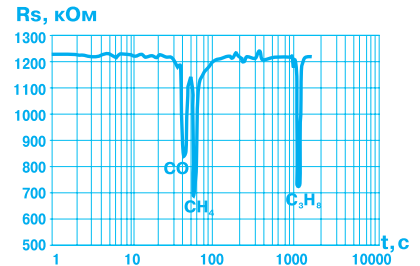


Рис. 5. Характеристика концентрации газов в составе газовой смеси

рис. 5. Если данный газовый монитор обеспечить специальным ПО для решения задачи распознавания запахов, на его основе может быть создан универсальный "электронный нос".

Таким образом, с помощью набора пленочных сенсоров фирмы UST Umweltsensortechnik можно решать комплексные задачи газового анализа, начиная от детектирования дыма, горючих и взрывоопасных газов и заканчивая идентификацией запахов и газов в составе сложных газовых смесей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Романов В. Электронный нос: элементная база и принципы построения // ЭКиС. – Киев: VD MAIS, 2002, № 10.
2. Gas Sensor Elements (www.umweltsensortechnik.de).

КМОП-ДАТЧИК ИЗОБРАЖЕНИЯ

В настоящее время КМОП-датчики изображения (CMOS images sensors), которые значительно дешевле и проще в изготовлении, чем ПЗС-датчики изображения, широко применяются в видеоустройствах, предназначенных для массового применения (цифровых фото- и видеокамерах, сканерах и многих других устройствах). В статье рассмотрены структурная схема, возможности и технические характеристики выпускаемого фирмой National Semiconductor полноцветного КМОП-датчика изображения LM9648.

В. Охрименко

Датчик полноцветного изображения LM9648 создан в соответствии с требованиями стандарта XGA (eXtended Graphics Array) и имеет формат 1032x1312 светочувствительных элементов (в дальнейшем пикселей) [1, 2]. В каждой из 1032 строк содержится 1312 пикселей. Датчик LM9648 отличается высокой точностью и производительностью, низким энергопотреблением и предназначен для применения в цифровых фото- и видеокамерах, в системах скрытого видеонаблюдения, робототехнических системах и других устройствах, в которых необходимо обеспечить высокое качество изображения и быстродействие. Основные технические характеристики датчика LM9648 приведены в таблице.

Структурная схема датчика LM9648 приведена на рис. 1. Основным узлом датчика изображения LM9648 является матрица светочувствительных элементов. Полный формат матрицы 1032x1312 пикселей. 24 светочувствительных элемента в каждой из 1032 строк матрицы имеют оптический экран, поэтому формат активной чувствительной матрицы составляет 1032x1288 пикселя. Сигналы с выхода экранированных элементов используются для формирования уровня "черного". После экспозиции чувствительных элементов матрицы аналоговый сигнал с выхода каждого элемента строки передается в аналоговый регистр

Основные параметры датчика изображения LM9648

| Наименование параметра | | Значение |
|---|-------------------------------------|--|
| Полный формат матрицы, пиксел | | 1032x1312 |
| Формат активной матрицы, пиксел | | 1032x1288 |
| Размер, мм: | – полной матрицы | 6.30x7.83 |
| | – активной части матрицы | 6.27x7.81 |
| Размер чувствительной ячейки, мкм | | 6.0x6.0 |
| Расстояние между ячейками, мкм | | 6.0 |
| Чувствительность, В/лк-с | | 2.5 |
| Динамический диапазон, дБ | | 57.0 |
| Цветовой фильтр | | Байера |
| Макс. скорость передачи, кадры/с | | 18.0 |
| Разрядность АЦП, бит | | 10 |
| Тактовая частота (F_{mclk}), МГц | | 12...27 |
| Интерфейсы: | – последовательный I ² C | используется для управления работой и контроля состояния датчика |
| | – 8- или 10-разрядный параллельный | используется для передачи данных |
| Напряжение питания, В | | 2.7...3.3 |
| Типовой ток потребления при $F_{mclk} = 27$ МГц, мА, узлов: | – аналоговых | 60.0 |
| | – цифровых | 10.0 |
| Типовая мощность потребления в режиме Powerdown, мВт | | 2.0 |
| Диапазон температур, °С: | – рабочих | -10...50 |
| | – хранения | -40...125 |
| Количество выводов и тип корпуса | | 48-LCC |
| Габаритные размеры, мм | | 14.2x14.2x2.58 |

сдвига. На выходе регистра сдвига имеются четыре усилителя с регулируемым на программном уровне коэффициентом усиления. Далее скорректированный по уровню сигнал через мультиплексор подается на вход 10-разрядного АЦП. Автоматическая привязка к уровню "черного" осуществляется на входе каждого из усилителей. Оцифрованные и откорректированные выборки сигнала каждого чувствительного элемента матрицы в 10-разрядном параллельном коде передаются на выходной видеопорт. Для управления передачей

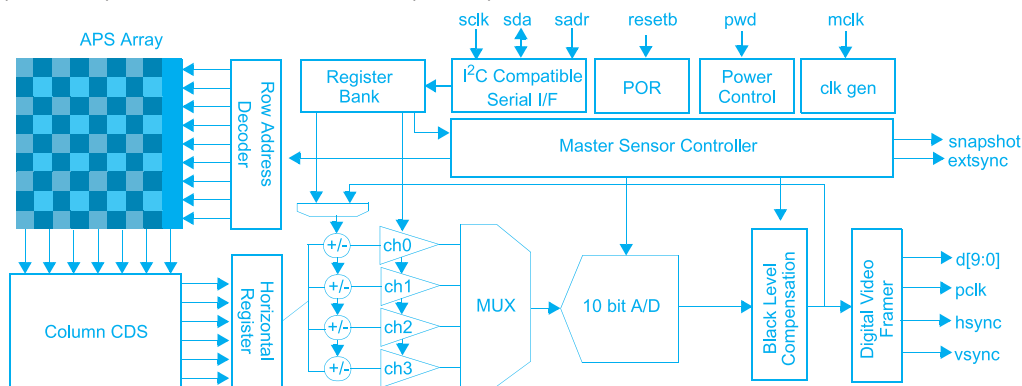


Рис. 1. Структурная схема датчика изображения LM9648

данных через этот порт предусмотрены три сигнала: тактовый (pclk), с помощью которого осуществляется синхронизация выходных 10-разрядных данных, а также сигналы строчной (hsync) и кадровой (vsync) синхронизации.

Через последовательный порт, поддерживающий интерфейс I²C, осуществляется управление работой и изменение параметров датчика, а также контроль его состояния. Контроллер порта I²C может работать только в режиме "slave". Максимальная частота обмена данными составляет 400 кГц. Программная модель датчика LM9648 содержит 46 регистров управления/контроля. Длина каждого регистра один байт. Регистры управления, содержание которых можно изменить (например, скорость передачи кадра изображения или время экспозиции), имеют дополнительные буферные регистры. Поэтому изменение параметров происходит только при формировании следующего кадра изображения.

В датчике LM9648 осуществляется последовательное сканирование элементов матрицы, причем принятое направление и порядок сканирования позволяют сформировать изображение без искажения ориентации отображаемого предмета (рис. 2). Кроме того, на программном уровне можно изменять начальную точку и направление сканирования элементов матрицы. Всего реализованы четыре способа сканирования матрицы. Предусмотрена также возможность изменения размера и местоположения "активного окна" на поверхности датчика. В этом случае осуществляется сканирование не всех элементов полной матрицы, а только элементов, включенных в заданное пользователем "активное окно", имеющее прямоугольную форму. Координаты вершин прямоугольника хранятся в специальных регистрах, а их содержание можно изменять на программном уровне. В кадре изображения, формируемом в датчике, могут отсутствовать выборки сигнала элементов, расположенных в каждой второй строке, в каждом втором столбце или в этих строках и столбцах одновременно (режимы формирования кадра изображения с уменьшением 2:1). В режиме уменьшения изображения 4:2 в сформированном кадре изображения отсутствуют выборки сигнала, получаемые от элементов, расположенных в двух из каждых четырех строк или столбцов, или строк и столбцов одновременно. Управление всеми режимами формирования кадра изображения и сканирования элементов матрицы осуществляется на программном уровне.

В датчике LM9648 предусмотрен режим работы, в котором происходит фиксация ("захват") изображения в определенный заданный момент времени. Фиксирование изображения происходит по сигналу snapshot (см. рис. 1). С помощью сигнала extsync выполняется синхронизация работы внешних устройств (к примеру, фотовспышки).

Переключение датчика LM9648 в режим power-down со сниженным потреблением осуществляется по

сигналу pwd. При отсутствии тактового сигнала ток потребления в этом режиме составляет всего 670 мкА (типичное значение).

Внешний тактовый сигнал mclk используется для формирования внешнего (pclk) и внутреннего (hclk) тактовых сигналов. Частота сигнала mclk должна находиться в диапазоне от 12 до 27 МГц.

Датчик LM9648 может работать как в режиме формирования полноцветного, так и черно-белого изображения. График спектральной чувствительности датчика LM9648 приведен на рис. 3.

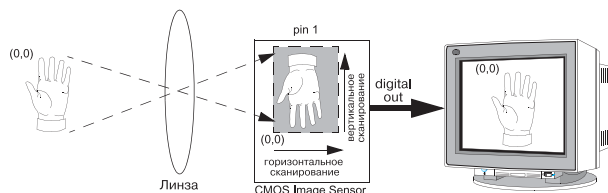


Рис. 2. Порядок сканирования матрицы в датчике LM9648

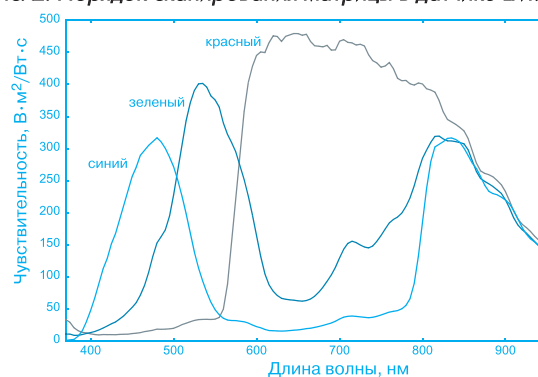


Рис. 3. График спектральной чувствительности LM9648

Контроллер видеопорта может работать в двух режимах: slave и master. После включения питания или сигнала сброса (resetb) контроллер работает в режиме slave. В режиме master управление передачей данных осуществляется контроллером видеопорта. То есть, сигнал синхронизации выходных данных (pclk) и сигналы строчной (hsync) и кадровой (vsync) синхронизации формируются в контроллере. Максимальная скорость передачи изображения составляет 18 кадров/с (Frame Per Second – FPS). В режиме slave формирование сигналов тактовой частоты mclk, кадровой и строчной синхронизации осуществляется устройством master. Временные диаграммы обмена данными через порт I²C и 10-разрядный параллельный порт приведены в технической документации [1].

Дополнительную информацию о КМОП-датчиках изображения, выпускаемых фирмой National Semiconductor, можно найти в сети Интернет по адресу: <http://www.national.com>

ЛИТЕРАТУРА:

1. LM9648 Color CMOS Image Sensor SXGA 18 FPS. Preliminary. Version 0.7b. – National Semiconductor, May 2002.
2. <http://www.national.com>



ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ *

Многослойные керамические чип-конденсаторы (MLCC – Multilayer Ceramic Chip Capacitors), часто называемые монолитными, с успехом используются вместо конденсаторов других типов, в частности, пленочных и танталовых. В статье рассмотрены особенности новой технологии изготовления керамических конденсаторов фирмы Murata, а также сравнительные характеристики керамических и пленочных конденсаторов.

А. Мельниченко

С увеличением числа разработок в области цифровой техники непрерывно возрастают требования к уровню подавления высокочастотных помех и скорости реакции источников питания. С учетом этих требований фирма Murata разработала новую технологию изготовления конденсаторов уменьшенных габаритов с малым эффективным последовательным сопротивлением (ESR – Effective Series Resistance).

Керамические конденсаторы, изготовленные по классической технологии, обеспечивают высокую скорость реакции и отличные частотные характеристики, однако их емкость, как правило, ограничена значениями около 1 мкФ для диэлектрика со средним и большим ТКЕ и 10 нФ для диэлектрика с малым ТКЕ. Фирма Murata добилась существенного изменения этого положения. Технология, по которой изготавливались конденсаторы с

большим ТКЕ, была использована для изготовления конденсаторов из высокостабильного диэлектрика COG с температурной зависимостью $TKE=(0\pm 30)\cdot 10^{-6}/^{\circ}C$ в диапазоне рабочих температур от -55 до 125 °С), что позволило более чем вдвое повысить отношение емкости/напряжение, приведенное к единице объема, при сохранении отличных частотных свойств. В настоящее время фирма приступила к выпуску конденсаторов емкостью 100 нФ с диэлектриком COG.

Уменьшение толщины диэлектрика является определяющим фактором для повышения соотношения емкость/напряжение в заданном объеме конденсатора (рис. 1). Однако, уменьшение толщины слоя диэлектрика приводит к снижению надежности и пробивного напряжения конденсатора, а также увеличению коэффициента изменения емкости от приложенного к конденсатору напряжения (VBC – Voltage Bias Coefficient). Во избежание этого увеличивают количество матери-

ала в единице объема, повышая его плотность. Для этого в фирме Murata применяют тонкопленочную технологию.

На рисунке 2 показаны преимущества этого метода. Видно, что поверхность слоя керамики, изготовленной классическим методом, имеет шероховатость, определяемую размерами зерен керамики (рис. 2, а), в то время как толщина слоя, полученного методом тонкопленочной технологии, (рис. 2, б) из-за малого размера зерен может быть гораздо меньше. Это позволяет увеличить отношение емкость/напряжение, а также уменьшить зависимость емкости от приложенного напряжения. На фотографии (рис. 2, в) показан образец слоя диэлектрика толщиной 2 мкм.

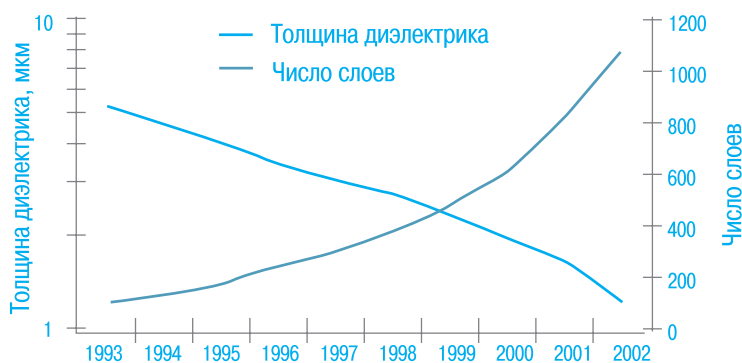


Рис. 1. Изменение толщины и количества слоев керамики в конденсаторах за последние 10 лет

* По материалам фирмы Murata.

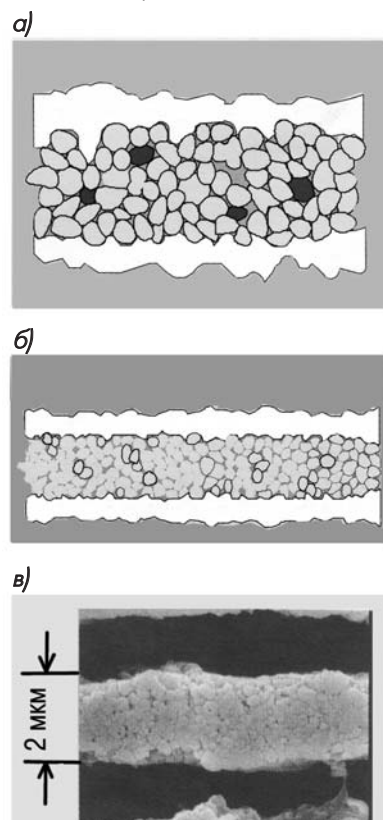


Рис. 2. Структура керамики при изготовлении классическим (а) и прогрессивным (б) методами; фотография (в)



Новые многослойные керамические конденсаторы фирмы Murata типоразмера 1206 емкостью 100 нФ с диэлектриком C0G отличаются высокой стабильностью, малым эффективным последовательным сопротивлением и имеют габариты, меньшие чем размеры пленочных конденсаторов той же емкости. При высокой плотности монтажа возможно применение конденсаторов типоразмера 0805 с диэлектриком X7R, имеющих худшую температурную стабильность емкости. Оба типа конденсаторов весьма устойчивы к температуре пайки, в том числе при использовании припоев, не содержащих свинец. Даже в случае воздействия высокой температуры пайки вероятность нарушения целостности диэлектрика, а, следовательно, возникновения отказов, невелика.

Сравнение размеров конденсаторов. Максимально достижимое отношение емкость/напряжение на единицу объема конденсатора определяется свойствами применяемого диэлектрика. Поэтому сравнение размеров имеет смысл лишь в случае, если учитываются характеристики диэлектрика. Наилучшими характеристиками обладают конденсаторы с диэлектриком C0G. Их отличают минимальные изменения емкости от температуры и приложенного напряжения, малая величина эффективного последовательного сопротивления и нелинейных искажений сигнала. Однако для практического применения их размеры были слишком велики. Поэтому до недавнего времени при не слишком высоких требованиях к стабильности и величине эффективного последовательного сопротивления в большинстве случаев применялись конденсаторы с более высоким значением ТКЕ. Сейчас требования ужесточились, что явилось стимулом для новых разработок фирмы Murata.

Пленочные конденсаторы обычно имеют типоразмер 1812. Заменяющие их новые керамические чип-конденсаторы с диэлектриком C0G имеют типоразмер 1206, а конденсаторы с диэлектриком X7R – 0805. При этом экономия площади по сравнению с пленочными составляет 66 и 81 % соответственно.

Устойчивость к температуре пайки. Пленочные конденсаторы выдерживают температуру 180 °С в течение одной минуты, а максимально допустимая температура для них составляет 240 °С. Для керамических конденсаторов таких ограничений не существует. Это, очевидно, объясняется тем, что преобразование керамики в монокристаллические компоненты происходит при температуре, намного превышающей температуру ее изготовления. Основным материалом не подвержен влиянию температуры пайки даже при пайке припоями, не содержащими свинец, имеющими более высокую температуру плавления. В обожженном состоянии керамика представляет собой не соединение отдельных частиц, а монокристаллический сплав с внедренными электродами. В отличие от этого в большинстве пленочных конденсаторов пайка при температуре более 270 °С может привести к отказам.

Предельное напряжение конденсатора. Реальная величина предельного напряжения керамических конденсаторов часто остается вне нашего внимания. Керамика, возможно, является единственным диэлектриком, способным работать при максимальных значениях напряжения и температуры одновременно. В конденсаторах емкостью 100 нФ отношение предельного напряжения к его номинальному значению составляет от 10 до 15, в то время как в пленочных конденсаторах оно не превышает пяти. Правда, по утверждению изготовителей пленочных кон-

денсаторов, некоторые их типы обладают высокой способностью к самовосстановлению. Однако, это вряд ли имеет существенное значение, если речь идет о цепях питания или генераторах шума.

Зависимость емкости от приложенного напряжения. Эта зависимость обычно игнорируется. Изменение емкости проходных или развязывающих конденсаторов, как правило, не влияет на работу устройств. Однако в мобильных устройствах с автономным питанием эта зависимость может сказаться на их работоспособности.

Конденсаторы с диэлектриком C0G имеют наименьшую зависимость емкости от приложенного напряжения (рис. 3), пленочные конденсаторы – более высокую. В условиях недостатка места используются конденсаторы с диэлектриком X7R, емкость которых имеет значительно большую зависимость от напряжения, приложенного к конденсатору.

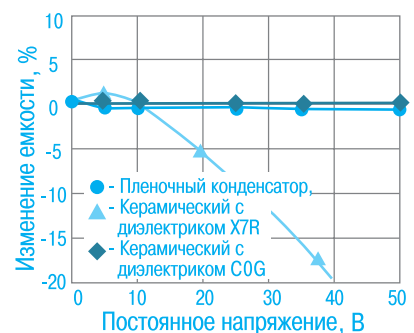


Рис. 3. Зависимость емкости конденсаторов от приложенного напряжения

Зависимость емкости от температуры. Свойства диэлектриков в той или иной степени зависят от температуры, что определяется типом диэлектрика. Конденсаторы с диэлектриком C0G имеют ТКЕ не хуже $(0 \pm 30) \cdot 10^{-6}$, пленочные – не хуже $(0 \pm 100) \cdot 10^{-6}$. Емкость конденсаторов типоразмера 0805 с диэлектриком X7R изменяется в диапазоне рабочих тем-

ператур (-55...125°C) не более чем на ±15 % (рис. 4).

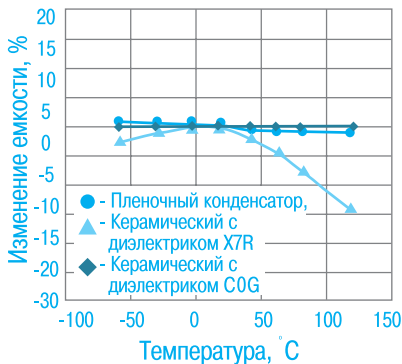


Рис. 4. Зависимость емкости конденсаторов от температуры

Эквивалентное последовательное сопротивление (ESR). Малая величина ESR с ростом частоты приобретает все большее значение. Из рис. 5 видно, что выше 30 МГц зависимость ESR от частоты для всех конденсаторов примерно одинакова, но ниже этой частоты значение ESR конденсаторов с диэлектриком C0G существенно меньше, чем двух других типов.

Зависимости емкости от температуры и ESR от частоты были пред-

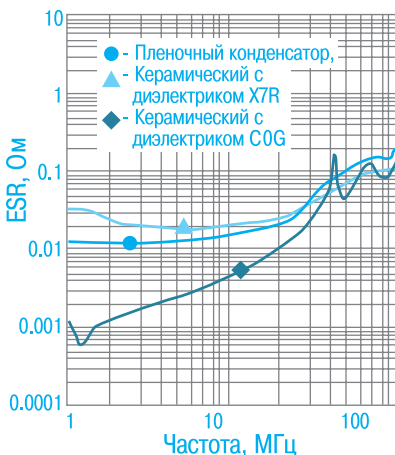


Рис. 5. Зависимость эквивалентного последовательного сопротивления конденсаторов от частоты

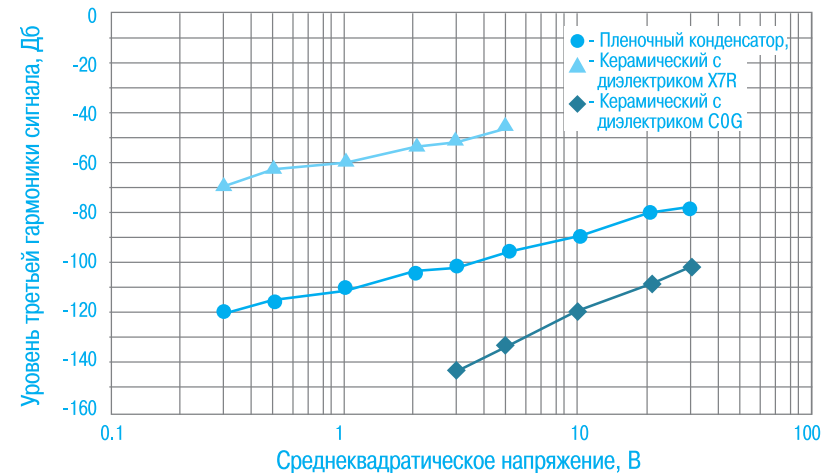


Рис. 6. Зависимость уровня третьей гармоники от переменного напряжения на конденсаторе

ставлены как две отдельные характеристики, хотя на самом деле между ними существует тесная взаимосвязь. Увеличение саморазогрева с ростом частоты вызвано внутренними потерями. При увеличении этих потерь температура, как правило, возрастает, что приводит к изменению емкости. Конденсаторы с диэлектриком C0G имеют высокую стабильность при изменении температуры, что согласуется с малой величиной ESR и, как следствие, малыми потерями на саморазогрев.

Искажение формы сигнала. На заре появления керамических и пленочных конденсаторов не проводились исследования того, насколько они искажают форму сигнала. В настоящее время для определения уровня третьей гармоники, вызываемой прохождением сигнала через конденсаторы, используют сложные методы. Из рис. 6 видно, что в пленочных конденсаторах этот уровень меньше, чем в конденсаторах с диэлектриком X7R, однако больше, чем в конденсаторах с диэлектриком C0G.

Ударные шумы. Как полагают, ударное воздействие на конденса-

торы может стать причиной появления шумов в электрических цепях. При этом шумы пленочных конденсаторов меньше, чем конденсаторов с диэлектриком X7R, а шумы конденсаторов с диэлектриком C0G меньше, чем пленочных.

Простота выбора. При использовании пленочных конденсаторов могут возникать некоторые проблемы. Существует как минимум 5 различных типов пленки, большей частью металлизированной, а также различные сочетания фольги и пленки. Каждый тип пленки имеет свой химический состав и характеристики. Все это делает выбор пленочных конденсаторов достаточно сложным.

Все керамические конденсаторы фирмы Murata изготовлены по известной технологии и, если технологический процесс отработан, обеспечивается высокая повторяемость их параметров.

В заключение можно отметить, что постоянное совершенствование технологии производства керамики ведет к увеличению емкости и уменьшению объема конденсаторов, что расширяет область их применения.

ШУМЫ В ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ

В настоящей статье рассмотрены источники шумов в ОУ и методы их ослабления. Приведенные в статье рекомендации ориентированы на современную элементную базу и учитывают особенности применения ОУ.

В. Романов

На входе ОУ имеются три источника шума: шумовое напряжение, которое дифференциально приложено к двум входам, и два шумовых тока – по одному на каждом из входов [1]. Простейшая модель ОУ с шумовым напряжением на входе показана на рис. 1.

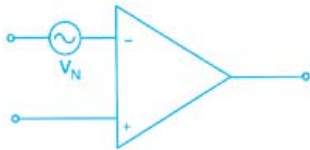


Рис. 1. Модель ОУ с шумовым напряжением на входе

Три источника шума на входе ОУ практически независимы друг от друга. К этим шумам следует добавить тепловой шум или шум Джонсона V_{NR} , который генерируют резисторы, задающие коэффициент усиления ОУ. Спектральная плотность напряжения теплового шума определяется выражением

$$V_{NR} = \sqrt{4KTBR}, \quad (1)$$

где K – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура в градусах Кельвина, B – полоса пропускания ОУ в герцах, R – сопротивление резистора в омах. Модель теплового шума резистора показана на рис. 2.



Рис. 2. Модель теплового шума резистора

Исходя из (1), резистор сопротивлением 1 кОм при температуре 25 °С генерирует напряжение теплового шума величиной 4 нВ/√Гц. Суммарное значение независимых шумов на входе ОУ можно определить по формуле:

$$V_N = \sqrt{V_{N1}^2 + V_{N2}^2 + V_{N3}^2}. \quad (2)$$

Значение шумового напряжения современных усилителей с дифференциальным входом находится в пределах от 1 до 20 нВ/√Гц. Биполярные усилители, как правило, имеют более низкий уровень шумовых напряжений, чем JFET ОУ. Отметим, что JFET-усилители типа AD743 и AD745 имеют шумовое напряжение на входе, сравнимое с шумовым напряжением биполярных ОУ, однако недостатком JFET-усилителей является

высокая входная емкость. Значение шумового напряжения для конкретного ОУ следует брать из технического описания (data sheet), так как установить его аналитическим путем не представляется возможным.

Шумовой ток I_N современных усилителей изменяется в значительно более широких пределах, чем шумовое напряжение: от 0.1 фА/√Гц (для электрометрических JFET ОУ) до (1...10) пА/√Гц (для быстродействующих биполярных усилителей). Простейшая модель ОУ с шумовыми токами на входе показана на рис. 3. Зна-

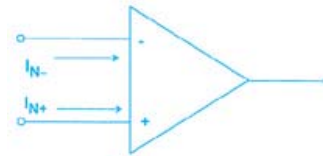


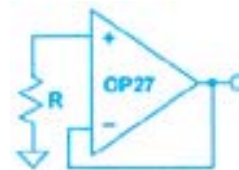
Рис. 3. Модель ОУ с шумовыми токами на входе

чение шумового тока не всегда приведено в техническом описании, однако, в отличие от шумового напряжения, его легко определить расчетным путем как дробовой шум или шум Шоттки входного тока смещения I_B . Спектральная плотность тока дробового шума связана с током смещения простым соотношением [2]

$$I_N = \sqrt{2I_B q / \sqrt{\Gamma\text{ц}}}, \quad (3)$$

где q – заряд электрона.

Например, для тока смещения $I_B=100$ нА ток дробового шума (спектральная плотность тока) равен $I_N=0.18$ пА/√Гц. Следует отметить, что выражение (3) не позволяет определить шумовой ток current feedback ОУ, в которых внешний ток смещения является разностью двух внутренних токов [1]. Шумовой ток на входе ОУ вносит большую погрешность в результат измерения, если сопротивление источника сигнала достаточно велико. На рис. 4 проиллюстрирована зависимость уровня шума на входе ОУ от значения сопротивления источника входного сигнала R усилителя ОР327. Как следует из рисунка, при высоком сопротивлении источника входного сигнала доминирующим является шум, вызванный шумовыми токами на входе ОУ. Исходя из этого, при больших значениях сопротивления источника входного сигнала следует использовать BiFET ОУ, в которых при сравнительно большом шумовом напряжении шумовые токи минимальны.



| Вид шума на входе | Значение R, кОм: | | |
|---------------------|------------------|---|-----|
| | 0 | 3 | 300 |
| V_{NU} , нВ | 3 | 3 | 3 |
| $I_N \times R$, нВ | 0 | 3 | 300 |
| V_{NR} , нВ | 0 | 7 | 70 |

Рис. 4. Зависимость уровня шума на входе ОУ от величины сопротивления источника входного сигнала

Так, например, усилитель AD745 имеет спектральную плотность шумового напряжения 10 нВ/√Гц и шумового тока 0.6 фА/√Гц, а усилители AD743 и AD745 – спектральную плотность шумового напряжения 2.9 нВ/√Гц и шумового тока 6.9 фА/√Гц.

Спектральная плотность шума для большинства ОУ не изменяется с изменением частоты входного сигнала. Исключением является область низких частот, в диапазоне которых наблюдается рост шумового напряжения и тока со скоростью 3 дБ/октава (рис. 5).

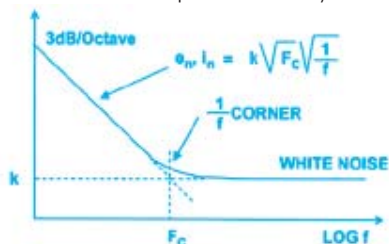


Рис. 5. Спектральная плотность шума в области низких частот

Спектральная плотность шумового напряжения или тока в области низких частот обратно пропорциональна квадратному корню частоты входного сигнала. В связи с этим данный шум получил название 1/f-шум или фликкер-шум. Частоту F_C , на которой начинается рост шумового тока или напряжения, называют угловой частотой. Усилитель с обратной связью может иметь три отличные друг от друга угловые частоты – для шумового напряжения и для шумовых токов на инвертирующем и неинвертирующем входах. Выражение для определения 1/f-шума в общем виде можно записать следующим образом:

$$e_N, i_N = K \sqrt{F_C} \cdot \sqrt{1/f}, \quad (4)$$

где e_N и i_N – шумовые напряжение и ток соответственно, K – уровень шумового напряжения или тока в области частот выше угловой частоты.

Лучшие мал шумящие низкочастотные усилители имеют угловую частоту в диапазоне 1...10 Гц, в то время как для JFET-усилителей общего применения значение угловой частоты может составлять 100 Гц и выше. Отметим, что усилители высокого быстродействия имеют угловую частоту в диапазоне нескольких килогерц. Это следует учитывать при построении аудиосистем, к которым предъявляются жесткие требования во всем диапазоне частот, начиная с единиц герц.

Среднеквадратичное значение 1/f-шума по напряжению $V_{n,rms}$ в диапазоне частот слева от угловой частоты можно определить из выражения

$$V_{n,rms}(F_L, F_C) = V_{nw} \sqrt{F_C} \sqrt{\int_{F_L}^{F_C} 1/f df} = V_{nw} \sqrt{F_C \ln \frac{F_C}{F_L}}, \quad (5)$$

где $F_L < F_C$, V_{nw} – значение шумового напряжения в области высоких частот (белый шум).

Для области высоких частот F_H (где $F_H > F_C$) среднеквадратичное значение шумового напряжения определяется выражением

$$V_{n,rms}(F_C, F_H) = V_{nw} \sqrt{F_H - F_C}. \quad (6)$$

Используя (5) и (6), можно получить выражение для обобщенного значения среднеквадратичного шумового напряжения

$$V_{n,rms}(F_L, F_H) = V_{nw} \sqrt{F_C \ln \frac{F_C}{F_L} + (F_H - F_C)}. \quad (7)$$

В области высоких частот при $F_H \gg F_L$ выражение (6) упрощается и принимает следующий вид:

$$V_{n,rms} = V_{nw} \sqrt{F_H}. \quad (8)$$

Следует отметить, что в ряде ОУ, например, ОР07 и ОР27, с ростом частоты входного сигнала происходит увеличение шумового напряжения. Для таких усилителей кривую зависимости шумового напряжения от частоты необходимо разбить на отдельные участки и для каждого из этих участков получить аналитическое выражение для определения среднеквадратичного шумового напряжения. Структурная схема для измерения шумового напряжения усилителя ОР213 приведена на рис. 6. Пиковые значения шумового напряжения в диапазоне частот от 0.1 до 10 Гц представлены на осциллограмме (рис. 7). Для преобразования среднеквадратичного значения шумового напряжения в пиковое (peak-to-peak) достаточно умножить его на коэффициент 6.6. В этом случае вероятность выхода реального пикового значения за расчетные пределы составит не более 0.1 % [1].

В связи с тем, что 1/f-шум проявляется в области низких и сверхнизких частот, уменьшить его с помо-



Рис. 6. Структурная схема измерения шумового напряжения усилителя ОР213

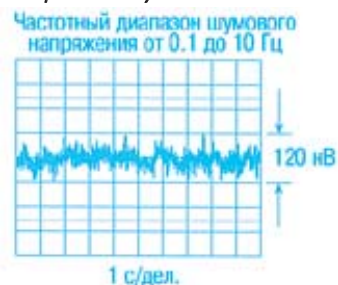


Рис. 7. Осциллограмма шумового напряжения усилителя ОР213

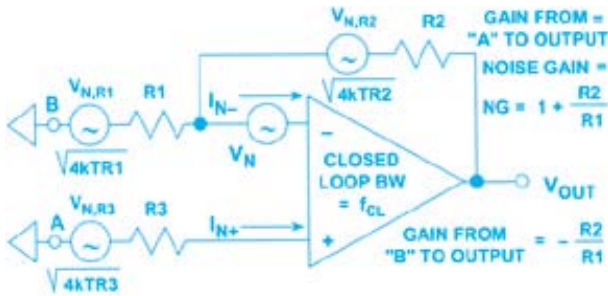


Рис. 8. Шумовая модель усилителя с резистивной обратной связью

цию фильтрации практически невозможно. Единственным путем снижения 1/f-шума является использование в измерительном канале стабилизированного прерыванием (chopper stabilized) операционного усилителя [3]. В ряде случаев нам необходимо оценить шум не только на входе, но и на выходе операционного усилителя. Для этого рассмотрим шумовую модель усилителя с резистивной обратной связью (рис. 8). Выражение (2) для определения шума на выходе ОУ для схемы на рис. 8 примет следующий вид:

$$V_{N_{\text{ВХ}}} = \sqrt{BW} \cdot \sqrt{V_N^2 + 4KTR3 + 4KTR1[R2/(R1+R2)]^2 + I_{N+}^2 R3^2 + I_{N-}^2 [R1 \cdot R2 / (R1+R2)]^2 + 4KTR2[R1/(R1+R2)]^2}, \quad (9)$$

где BW – полоса пропускания для расчета шума ("полоса шума"), связанная с полосой пропускания ОУ по уровню 3 дБ выражением $BW = 1.57 f_{CL}$, f_{CL} – полоса частот замкнутого ОУ. Шум, приведенный к выходу, определяется из выражения

$$V_{N_{\text{ВЫХ}}} = V_{N_{\text{ВХ}}} \cdot NG, \quad (10)$$

где NG – коэффициент усиления шума (не путать с коэффициентом усиления сигнала). Для резистивной цепи обратной связи коэффициент усиления не зависит от частоты, поэтому шум усилителя с обратной связью, приведенный к выходу, может быть вычислен в соответствии с таблицей, представленной ниже.

Вычисление шума ОУ, приведенного к выходу

| Источник шума, представленный в виде шумового напряжения | Значение NG для источника шума |
|--|--------------------------------|
| Шум Джонсона на резисторе R3: $\sqrt{4KTR3}$ | $1+R2/R1$ |
| Шумовой ток, протекающий через резистор R3: $I_{N+} R3$ | $1+R2/R1$ |
| Входное шумовое напряжение V_N | $1+R2/R1$ |
| Шум Джонсона на резисторе R1: $\sqrt{4KTR1}$ | $-R2/R1$ |
| Шум Джонсона на резисторе R2 | 1 |
| Шумовой ток, протекающий через резистор R2 | 1 |

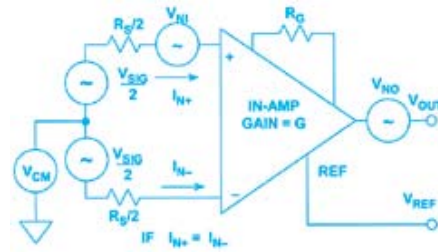


Рис. 9. Шумовая модель измерительного усилителя

На основе ОУ строятся измерительные усилители, которые используются в качестве драйверов прецизионных АЦП. Шумовая модель измерительного усилителя приведена на рис. 9. Если $I_{N+} = I_{N-}$, выражения для определения шума, приведенного ко входу и выходу, могут быть записаны следующим образом:

$$V_{N_{\text{ВХ}}} = \sqrt{BW} \cdot \sqrt{\frac{V_{N0}^2}{G} + V_{N1}^2 + \frac{I_{N+}^2 R_s^2}{2}}, \quad (11)$$

$$V_{N_{\text{ВЫХ}}} = \sqrt{BW} \cdot \sqrt{V_{N0}^2 + G^2 (V_{N1}^2 + \frac{I_{N+}^2 R_s^2}{2})}, \quad (12)$$

где G – коэффициент усиления измерительного усилителя.

В технических описаниях измерительных усилителей, как правило, приведены значения спектральной плотности входного и выходного шумовых напряжений. Спектральная плотность шумовых токов измерительных усилителей нормируется отдельно. Операционные усилители широко применяются в каналах связи. В этом случае шумовые характеристики нормируются не спектральной плотностью напряжения или тока, а спектральной плотностью мощности шума. В зарубежной литературе [1] для оценки шумов усилителей в каналах связи используются такие параметры, как noise factor (F) и noise figure (NF), в отечественной – соответственно коэффициент шума и шум-фактор. Эти параметры достаточно просто вычислить, если известна спектральная плотность шумовых напряжений ОУ. Коэффициент шума F и шум-фактор NF определяются из выражений

$$F = \frac{(\text{Суммарная спектральная плотность выходного шумового напряжения})^2}{(\text{Спектральная плотность выходного шумового напряжения, вызванного источником входного сигнала})^2},$$

$$NF = 10 \cdot \log_{10} F. \quad (13)$$

Если коэффициент шума $F=1$, то $NF=0$. Расчет параметров F и NF покажем на примере усилителя AD8011 (рис. 10). Суммарная плотность выходного шумового напряжения равна

$$V_{N_{\text{ВЫХ total}}} = 8.7 \text{ нВ} / \sqrt{\Gamma \text{ц}}. \quad (14)$$

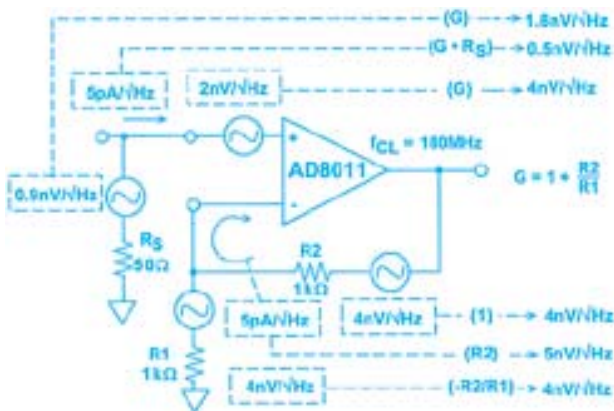


Рис. 10. Шумовая модель усилителя AD8011

Суммарная плотность выходного шумового напряжения, вызванного источником входного сигнала R_S , равна

$$V_{N_{\text{вых}R_S}} = G\sqrt{4KTR} = 1.8 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}. \quad (15)$$

Отсюда $NF = 20\log_{10}(8.7/1.8) = 13.7 \text{ дБ}$.

В заключение отметим, что шумы в усилителях можно не только рассчитать или измерить, но и исследовать с помощью ADSPICE-моделей. В состав такой модели входит генератор, который создает шумы в области высоких частот, а также низкочастотные $1/f$ -шумы, и макромодель исследуемого усилителя [4].

ВЫВОДЫ:

- шумы в операционных усилителях, используемых в измерительных каналах, нормируются спектральной плотностью напряжений или токов, а на конкретной частоте – среднеквадратичным или пиковым значением напряжения или тока
- шумы в операционных усилителях, используемых в каналах связи, нормируются спектральной плотностью мощности и характеризуются коэффициентом шума и шум-фактором
- в одном усилителе невозможно свести к минимуму шумы различного происхождения, поэтому оптимизировать выбор ОУ можно только с учетом внешних системных параметров
- в статье на основе шумовых моделей усилителей рассмотрены особенности учета шумов различного происхождения и методы их снижения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Op Amp Applications. Editor Walter G. Jung. – Analog Devices, Inc., 2002.
2. Фолкенберри А. Применение операционных усилителей и линейных ИС. – М.: Мир, 1985.
3. Литвих В. Особенности применения прецизионных операционных усилителей//ЭКиС. – Киев: VD MAIS, 2002, № 4.
4. Virtual Design Center (www.analog.com).

МНОГОКАНАЛЬНЫЕ 10-/12-РАЗРЯДНЫЕ АЦП С ПРОГРАММИРУЕМОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ ВХОДНЫХ ЦЕПЕЙ *

Семейство четырех- и восьмиканальных АЦП поразрядного уравнивания AD793x производительностью 1.5 млн преобразований в секунду относится к самым быстродействующим 10-/12-разрядным преобразователям. Отличительной особенностью АЦП этого семейства является возможность программного изменения конфигурации входных цепей.

Преобразователи AD7933/34 и AD7938/39 – четырех- и восьмиканальные АЦП с разрешением соответственно 12 и 10 двоичных разрядов (рис. 1). Основные параметры преобразователей семейства AD793x приведены в таблице.

В составе каждого преобразователя семейства AD793x содержится УВХ высокого быстродейст-

вия, обеспечивающий выборку входного сигнала в полосе частот до 20 МГц; два ЦАП с коммутируемыми конденсаторами, что позволяет ускорить процесс уравнивания, и внутренний опорный источник. Структурная схема дифференциального канала АЦП семейства AD793x приведена на рис. 2, где C_S – запоминающие емко-

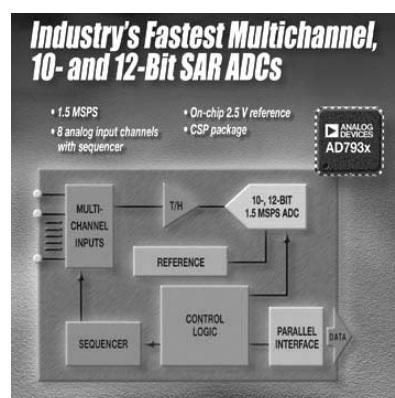


Рис. 1. Структурная схема АЦП семейства AD793x

сти УВХ. Для высокоскоростного обмена данными с внешними устройствами в каждом из преобразовате-

* Подготовил В. Романов.

Параметры преобразователей семейства AD793x

| Наименование параметра | | AD7933 | AD7934 | AD7938 | AD7939 |
|---|------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Разрешение, бит | | 12 | 10 | 12 | 10 |
| Интегральная нелинейность, ЕМР | | ±1 | ±0.5 | ±1 | ±0.5 |
| Дифференциальная нелинейность, ЕМР | | ±0.95 | ±0.5 | ±0.95 | ±0.5 |
| Максимальное входное напряжение, В | | $2V_{REF}$ | $2V_{REF}$ | $2V_{REF}$ | $2V_{REF}$ |
| Максимальная частота выборки, МГц | | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| Апертурная задержка, нс | | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Апертурная дрожь, пс | | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Отношение сигнал/шум (мин.), дБ | | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Напряжение питания, В | | 2.5...5.25 | | | |
| Мощность рассеяния: | в рабочем режиме, мВт | 16.0 | | | |
| | в режиме покоя, мкВт | 5.0 | | | |
| Диапазон рабочих температур, °С | | -40...85 | | | |
| Тип корпуса | | 28-TSSOP | | 32-LFCSP | |
| Число программно конфигурируемых каналов: | несимметричных | 4 | | 8 | |
| | дифференциальных | 2 | | 4 | |
| | псевдодифференциальных | 2 | | 7 | |

лей имеется параллельный интерфейс.

Обмен данными через интерфейс может осуществляться словами или байтами. Конфигурация входных цепей преобразователя

формируется программно путем записи соответствующих кодов в заданные разряды управляющего регистра [1].

Преобразователи семейства AD793x предназначены для приме-

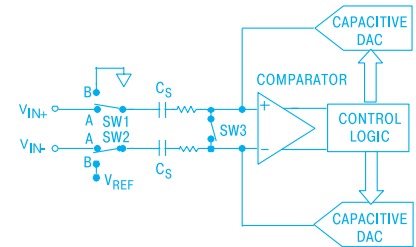


Рис. 2. Структурная схема дифференциального канала АЦП семейства AD793x

нения в измерительных приборах, прецизионных системах управления, средствах телекоммуникаций [2].

ЛИТЕРАТУРА:

1. 8-Channel, 1.5 MSPS, 12- & 10-bit Parallel ADCs with a Sequencer. – Preliminary Technical Data (www.analog.com).

2. Fast Multichannel, 10-/12-Bit SAR ADCs Offer Highest Bandwidth per Channel, Programmable Input Configuration. – News Release (www.analog.com/Press_Releases).

РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛИС

Рассмотрены примеры внедрения ПЛИС в быстродействующие средства телекоммуникаций, интеллектуальные устройства для распознавания образов, средства автомобильной электроники, карманные персональные компьютеры (КПК), суперкомпьютеры и др. Приведены параметры новых ПЛИС, включая параметры микросхем, соответствующих требованиям работы в новом температурном диапазоне IQ для устройств автомобильной электроники. Охарактеризованы особенности некоторых типовых решений оптимального использования ПЛИС, включенных в перечень интеллектуальной собственности фирмы Xilinx, ведущего производителя ПЛИС.

Э. Комухаев

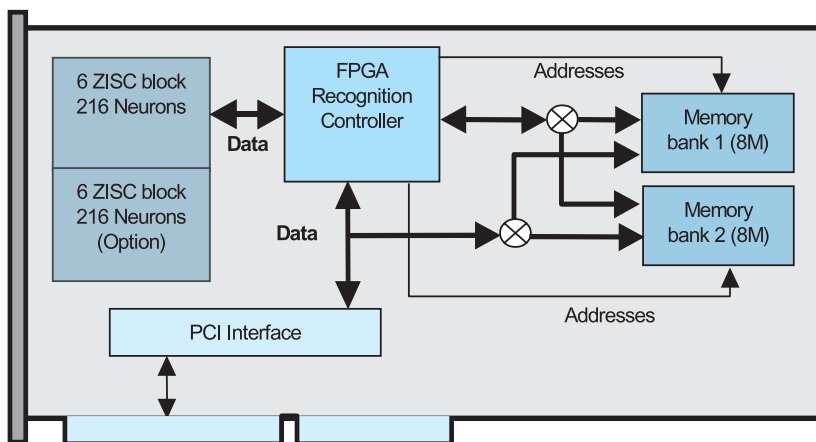
1. Вопросы терминологии, особенности приложений

Недавно фирма Altera начала использовать акроним FPGA (Field Programmable Gate Array) в обозначении выпускаемых ею изделий этого класса. FPGA обозначается матрица блоков программируемой логики, между строками и столбцами которой введены программиру-

емые соединения, причем пользователь может перепрограммировать блоки и связи без ограничения числа перепрограммирований даже в режимах эксплуатации устройства. Фирма Altera занимает второе место в мире по объему продаж ПЛИС (в частности, за первый квартал 2003 года – \$ 195.076 млн), уступая лишь лидеру рынка – фирме Xilinx (ее показатель соответственно \$ 305.5 млн). Большинство

выпускаемых этими компаниями ПЛИС – FPGA, но фирма Altera избегала употребления в документации этого термина. После недавнего завершения судебного процесса в пользу фирмы Xilinx по поводу незаконного использования фирмой Altera некоторых решений для FPGA, относящихся к интеллектуальной собственности фирмы Xilinx, урегулирован вопрос использования термина FPGA. Теперь в каталогах, проспектах и на Web-сайте фирмы Altera появилась приставка FPGA как для ее традиционных семейств ПЛИС (ACEX, APEX, Mercury, Excalibur), так и для новых (Cyclone, Stratix, Stratix GX). В разделе 2 рассмотрены особенности семейств Stratix FPGA фирмы Altera, а также семейств высокоинтегрированных ПЛИС фирмы Xilinx.

ПЛИС традиционно используются как средство ускоренного вы-



Структура контроллера распознавания образов

вода небольших партий изделий на рынок. В настоящее время расширение приложений ПЛИС во многом определяется растущим спросом на устройства с быстрой перестройкой выполняемых функций (on fly), успешным освоением новых технологических норм интеграции со значительными возможностями снижения стоимости, повышения быстродействия, снижения потребляемой мощности ПЛИС, разработкой их оптимизированных сочетаний с микропроцессорами (CPU) и сигнальными процессорами (DSP). Во многих университетах введены курсы обучения технологиям ПЛИС, производители ПЛИС расширяют поддержку университетских программ [1].

Растущее значение ПЛИС отражается не только в увеличении числа посвященных им публикаций, расширении числа пользователей, росте объемов продаж ПЛИС, но также в высоких оценках технологического уровня и перспектив развития ПЛИС представителями крупнейших компаний-производителей электронной аппаратуры. Особенно выделяются достижения лидирующего разработчика ПЛИС – фирмы Xilinx, которая включена журналом Fortune в престижный перечень (www.fortune.com) ста компаний мира за наибольший вклад в развитие перспективных разработок по итогам 2000, 2001 и 2002 годов (100 Best

Companies to Work For). Авторитетная ассоциация "The Association of Support Professionals" недавно отметил Web-сайт MySupport.xilinx.com в числе лучших десяти сайтов поддержки пользователей наряду с сайтами корпораций Dell Computer, Hewlett-Packard и др. Достижения фирмы Xilinx освещены на страницах журналов Financial Times, Electronic Business, EE Times. На Web-сайте фирмы Xilinx (www.xilinx.com) анонсируются разработки в 2003-2004 гг. гибридных микросхем, содержащих ASIC фирмы IBM и FPGA фирмы Xilinx с новой архитектурой XBlue, выполненных по технологии 90 нанометров. Расширяются приложения для серийно выпускаемой аппаратуры, некоторые из них далее рассмотрены подробнее.

Так, на недавней выставке Linuxworld (январь 2003 г., Нью-Йорк) фирма IBM представила перспективный КПК с возможностями модификации его платформы различными производителями для своих нужд с использованием возможностей ПЛИС. Этот КПК, сконструированный на базе процессора IBM Power PC405LP и ПЛИС XCR3128XL (с пониженным потреблением) фирмы Xilinx, обеспечивает связь по протоколу Bluetooth и динамическое обновление ряда драйверов. Со второго квартала 2003 г. фирма IBM предлагает пакет WebSphere (на базе Linux-

World), обеспечивающий для указанного КПК поддержку средств мультимедиа, передачи данных, распознавания речи и рукописного текста. ПЛИС используется и в КПК DOT320 на базе Windows CE.NET производства корейской фирмы Dream Communications, на плате которого взаимодействуют микропроцессор Intel Strong ARM с тактовой частотой 206 МГц и ПЛИС типа XCS20XL семейства Spartan фирмы Xilinx.

Все чаще описания приложений реконфигурируемых ПЛИС (FPGA) содержат в качестве ключевых слова "интеллект", "интеллектуальный", "интеллектуализация". Отличия интеллектуального устройства от неинтеллектуального проиллюстрируем на примерах персональных карточек, подтверждающих право доступа. Так, "простые" карточки на магнитных лентах, индуктивные, голографические карточки при считывании формируют один и тот же код аутентификации, который легко скопировать и получить доступ в соответствующую зону. Интеллектуальная карточка со встроенным ПЛИС или микропроцессором осуществляет динамические процедуры аутентификации. В каждом таком процессе аутентификации в режиме "вопрос-ответ" интеллектуальная карточка формирует новый непредсказуемый код, чем исключается опасность его копирования. С использованием ПЛИС разрабатываются интеллектуальные биометрические устройства аутентификации лиц. Так, компания STMicroelectronics изготовила опытный образец микросхемы для распознавания лиц, объединяющей процессор Xtensa компании Tensilica и ПЛИС, реализующую расширение языка C, на котором программируется процессор Xtensa. Технология расширения языка C позволяет ускорить обработку почти на порядок, кроме того, ПЛИС выполняет и функции ввода/вывода. Отметим также распространение наименования "интеллектуальный датчик", к

Таблица 1. Параметры микросхем семейства CoolRunner-II

| Тип микросхемы XC2С... | ...32 | ...64 | ...128 | ...256 | ...384 | ...512 | |
|------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-----|
| Число макроячеек | 32 | 64 | 128 | 256 | 384 | 512 | |
| Число контактов ввода/вывода | 33 | 64 | 100 | 184 | 240 | 270 | |
| Системная частота, МГц | 333 | 270 | 263 | 238 | 217 | 217 | |
| Число контактов корпуса: | PC44 | 33 | 33 | | | | |
| | VQ44 | 33 | 33 | | | | |
| | CP56 | 33 | 45 | | | | |
| | Q100 | | 64 | 80 | 80 | | |
| | P132 | | | 100 | 106 | | |
| | TQ144 | | | 100 | 118 | 118 | |
| | PQ208 | | | | 173 | 173 | 173 |
| | FT256 | | | | 184 | 212 | 212 |
| IQ32 | | | | | 240 | 276 | |

основным признакам которого относятся многофункциональность, программируемость, связь с типовыми цифровыми схемами.

Идею конфигурируемых ПЛИС впервые высказал Дж. Эстрин (Калифорнийский университет США) на рубеже 60-х и 70-х годов прошлого столетия. Практическое использование ПЛИС началось с реализации задач распознавания целей в восьмидесятые годы прошлого столетия, когда по заказу DARPA, агентства перспективных исследований Минобороны США, учеными Калифорнийского университета была разработана система распознавания. Основной задачей этого военного приложения являлась реализация последовательностей быстрых сравнений входного образца с тысячами шаблонов, например, типа заданного транспортного средства. Входной образ содержит тысячи пикселей, причем искомая распознаваемая цель находится в произвольном положении внутри образа. Чтобы оперативно сравнить все элементы входного образа со всеми элементами изображения каждого шаблона, потребовалась бы скорость обработки в несколько триллионов операций в секунду. Использование ПЛИС с осуществлением реконфигурации каждого следующего шаблона и исключение элементов, не вносящих вклад в результат сравнения, позволило эффективно ре-

шить поставленную задачу. Те же разработчики успешно построили на базе конфигурируемых ПЛИС систему шифрования по стандарту DES (Data Encryption Standard). Их гибкая реализация потребовала вдвое меньше логических элементов по сравнению с конкурирующей схемой ASIC и была пригодна для случаев с необходимостью изменения ключей шифрования. Распознавание образов согласно концепции IEEE Computer Society [2] – основа искусственного интеллекта. В этой области для ПЛИС открываются особенно широкие пер-

спективы. Ряд приложений имеют ПЛИС для реализаций ускорителей процессов распознавания на базе нейронных сетей. Сегодня развиваются коммерческие варианты таких ускорителей, например, фирма General Vision (www.general-vision.com) предлагает нейроплату, содержащую контроллер распознавания на FPGA Virtex с пятьюдесятью тысячами реконфигурируемых вентилях, PCI-шину, блоки ZISC и до 16 Мбайт оперативной памяти. Структура этой платы представлена на рисунке. Плата обеспечивает более 200 000 распознаваний за секунду в зависимости от конкретной задачи, например, из области биометрии, анализа текста Data mining (скрытых закономерностей баз данных), контроля доступа, идентификации. Патент на архитектуру нейроплаты принадлежит компании General Vision, а технология ZISC – собственность компании IBM. Значительно большие возможности по сравнению с Virtex предоставляют ПЛИС нового семейства Virtex-II Pro фирмы Xilinx, параметры которого приведены в таблице 2. В таблице даны фирменные идентификационные

Таблица 2. Параметры микросхем типа FPGA фирмы Xilinx с архитектурой Virtex

| Параметр | Значение, комментарии |
|---|--|
| Макс. число системных вентилях | XC2S15 – 15 000, XC2V8000 – 8·10 ⁶ |
| Число логических ячеек | XC2S15 – 432, XC2VP125 – 125 136 |
| Емкость блочного ОЗУ, кбит | XC2S15 – 16, XC2VP125 – 10 008 |
| Макс. объем распределенной оперативной памяти, кбит | XC2S15 – 6, XC2VP125 – 1456 |
| Число блоков умножителей двух 18-разрядных чисел | XC2VP2 – 12, XC2VP125 – 556 (блок умножителей оптимизирован на выполнение операции с содержимым одного порта блочной памяти) |
| Число блоков управления сигналами синхронизации (DCM) | XC2VP125 – 12 (блоки DCM обеспечивают подстройку фронтов тактовых сигналов, сдвиг фазы на 90, 180, 270°) |
| Макс. число доступных пользователю контактов ввода/вывода | XC2S15 – 86, XC2VP125 – 1200 |
| Число встроенных процессоров Power PC | XC2VP125 – 4 (процессоры Power PC 405 с тактовой частотой до 400 МГц, ассоциативной двунаправленной кэш-памятью объемом 16 кбайт команд и 16 кбайт данных, энергопотребление 0,9 мВ/МГц) |
| Число встроенных мультигигабитовых трансиверов | XC2VP2 – 4, XC2VP125 – 24 (дуплексные трансиверы RocketIO с пропускной способностью от 622 Мбит/с до 3.125 Гбит/с) |

Таблица 3. Параметры высокоинтегрированных микросхем семейств Stratix FPGA фирмы Altera

| Параметр | Значение, комментарии |
|---|--|
| Макс. число доступных пользователю контактов ввода/вывода | EP1S10 – 426, EP1S120 – 1314 |
| Число логических элементов | В микросхемах обоих семейств Stratix: мин. – 10 570, макс.: для Stratix FPGA – 114 140, для Stratix GX FPGA – 41 250 |
| Макс. объем оперативной памяти, Мбит | Для семейства Stratix FPGA – 10.118016, для Stratix GX FPGA – 3.0 |
| Макс. число блоков DSP | Для Stratix FPGA – 28, Stratix GX FPGA – 14 (производительность каждого блока DSP до 20 GMAC при тактовой частоте 250 МГц) |

коды принадлежности ПЛИС соответственно **XC2S** к семейству Spartan-II, **XCV** – Virtex, **XC2V** – Virtex-II, **XC2VP** – Virtex-II Pro.

Расширяется использование FPGA и в сложных структурах суперкомпьютеров. Так, лаборатория HP Laboratories (www.hp.com) создала на базе FPGA систему Genetic Algorithm Supercomputer, компания Cray использовала в системе Cray SVlex Supercomputer большинство логических функций FPGA Xilinx семейства Virtex-II (www.cray.com).

В сети Интернет имеется много сообщений о развитии технологии нейронных сетей (свыше 16 млн документов), скрытых марковских моделей (свыше 2.6 млн документов). Для реализации указанных интеллектуальных технологий все чаще применяют FPGA. Недавно на базе FPGA Virtex фирмы Xilinx создан портативный тестер широкого применения стоимостью \$ 49 [3] для распознавания запахов.

2. Совершенствование характеристик ПЛИС

Начнем рассмотрение с перспективного семейства CoolRunner-II класса CPLD (Complex Programmable Logic Device) фирмы Xilinx, имеющего принципиальные ограничения числа возможных реконфигураций. Сегодня для микросхем семейства CoolRunner-II гарантируется 1 тыс. циклов программирования/стирания при 20-летнем сроке хранения данных. Напомним, что для FPGA подобные ограничения отсутствуют. Многолетний законодатель рынка FPGA –

фирма Xilinx – успешно расширяет свои позиции и на рынке CPLD, на котором представлена созданная на базе технологии Fast Flash семействами XC9500 и XC9500XL, имеющими до 10 тыс. циклов перепрограммирования. В 1999 году фирма Xilinx приобрела права на технологию CPLD фирмы Philips, усовершенствовала ее благодаря использованию своих запатентованных технологий Data Gate и архитектуры FZP и создала в 2002 году новое семейство CPLD CoolRunner-II. Это весьма конкурентоспособное семейство, отличающееся сочетанием высокого быстродействия и сверхнизкой потребляемой мощности. Оно вызвало большой интерес и внедрено в ряде КПК, смарт-телефонов (smart – интеллектуальный, с развитой логикой), цифровых фотокамер, мобильных устройств беспроводной связи и др. Микросхемы семейства CoolRunner-II обеспечивают возможность перепрограммирования по сети Интернет или по беспроводным сетям. Например, благодаря встраиванию этой микросхемы в мобильный телефон можно отключать последний, дистанционно перепрограммировав микросхему в случае кражи телефона. Для отключения телефона посредством изменения конфигурации владельцу достаточно связаться со своим оператором и назвать идентификационный код, по которому генерируется сигнал. Микросхема CoolRunner-II отличается высокой экономичностью и низкой стоимостью, изготовлена по 0.18 мкм КМОП-

технологии, ток в режиме покоя менее 100 мкА, напряжение питания ядра 1.8 В, имеются средства согласования входа/выхода с уровнями 1.5, 1.8, 2.5 и 3.3 В, предусмотрен делитель тактовой частоты на 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16. Параметры шести микросхем семейства CoolRunner-II приведены в таблице 1.

Семейства FPGA по сравнению с рассмотренным семейством CPLD характеризуются существенно большим числом параметров. В таблице 2 дан ряд характерных параметров микросхем Xilinx FPGA с общей Virtex-архитектурой, приведенных в каталогах фирмы и на ее Web-сайте (www.xilinx.com).

В таблице 3 для сравнения с данными таблицы 2 приведены параметры высокоинтегрированных микросхем семейств Stratix FPGA и Stratix GX FPGA, недавно анонсированных фирмой Altera. Идентификационный код EP1S указывает на принадлежность микросхемы к семейству Stratix, а код EP1SGX – на принадлежность к семейству Stratix GX.

На базе кристалла Stratix в корпусе BGA с 956 выводами создан комплект разработки Digilab SX Kit для сетевых приложений.

3. ПЛИС в устройствах автомобильной электроники

Одним из самых быстрорастущих сегментов рынка полупроводниковой индустрии становится автомобильная электроника; по прогнозу аналитической компании Gartner уже в 2005 году каждый третий выпускаемый автомобиль будет оснащен расширенным набором полупроводниковых устройств для создания систем спутниковой навигации, беспроводной связи, управления автомобилем, обеспечения безопасности (включая устройства для предотвращения столкновений, управления подушками безопасности) и др. Большие перспективы лидерства на этом рынке имеет фирма Xilinx, объем продаж которой за 2002 год

Таблица 4. Состав семейств и параметры микросхем типа CPLD фирмы Xilinx для температурного диапазона IQ

| Семейство | Тип микросхемы | Системная частота, МГц | Тип корпуса | Напряжение питания, В | Число вентилялей |
|------------------|----------------|------------------------|--------------|-----------------------|------------------|
| XC9500XL | XC9536 | 100 | VQ44, VQ64 | 3.3 | 800 |
| | XC9572 | 100 | VQ64, TQ100 | | 1600 |
| CoolRunner XPLA3 | XCR3032XL | 100 | VQ44 | 3.3 | 800 |
| | XCR3064XL | 100 | VQ44, VQ100 | | 1600 |
| | XCR3128XL | 100 | VQ100, TQ144 | | 3200 |
| | XCR3256XL | 100 | TQ144, PQ208 | | 6400 |
| | XCR3384XL | 100 | PQ208 | | 9600 |
| CoolRunner-II | XC2C32 | 145 | VQ44 | 1.8 | 800 |
| | XC2C64 | 127 | VQ44, VQ100 | | 1600 |
| | XC2C128 | 127 | VQ44, VQ100 | | 3200 |
| | XC2C256 | 127 | VQ100, TQ144 | | 6400 |
| | XC2C384 | 100 | TQ144, PQ208 | | 9600 |
| | XC2C512 | 100 | PQ208 | | 12 800 |

достиг примерно 49 % мирового объема продаж ПЛИС. Кроме того, фирма Xilinx давно выпускает ПЛИС для работы в расширенном температурном диапазоне military, который уже ряд лет не поддерживает фирма Altera. В настоящее время фирма Xilinx предлагает ПЛИС, предназначенные для приложений автомобильной электроники. Такие ПЛИС удовлетворяют условиям работы в новом температурном диапазоне от -40 до +125 °С. Этот диапазон обозначают индексом IQ. Напомним, что диапазон I (industrial) имеет различные пределы: для ПЛИС класса FPGA – от -40 до +100 °С, для класса CPLD – от -40 до +85 °С, в то время как диапазон IQ для ПЛИС классов CPLD и FPGA одинаков и находится в пределах от -40 до +125 °С. Работу в температурном диапазоне IQ обеспечивают ПЛИС трех семейств CPLD и трех семейств FPGA фирмы Xilinx, состав и параметры которых даны в таблицах 4 и 5 соответственно.

Различия быстродействия ПЛИС CPLD для диапазонов температур IQ и C (0...70 °С) видны при сравнении данных таблиц 1 и 4.

4. Развитие решений, содержащих интеллектуальную собственность

В связи с повышением степени интеграции ПЛИС, усложнением процессов их моделирования, расширением уровня использования в крупносерийной аппаратуре растет спрос на оптимизированные решения "под ключ", учитывающие новые особенности семейств ПЛИС, стандарты, патенты. Платные информационные услуги (ежегодная плата – \$ 1000) предоставляются на Web-сайте: www.design-reuse.com, в котором публикуется перечень IP-ядер (IP – Intellectual Property), предоставляется информация об их владельцах, квартальный отчет о рынке IP на основе реальных запросов и сделок, обеспечивается реклама и т. д. К сожалению, на этом Web-сайте отсутствует информация о гарантиях работоспособности конкретного IP-ядра,

ра, не проводится патентная экспертиза.

Обычно разработчик ядра предлагает пользователю три лицензионных варианта решения:

- наиболее дорогой типа Soft core с предоставлением исходных текстов на языках VHDL или Verilog, схемы для синтеза на базе библиотеки, например, семейства ПЛИС
- типа firm core с предоставлением заказчику оптимизированной схемы (с учетом особенностей библиотечных элементов) с готовой разводкой (в такой лицензии оговаривается количество допустимых повторений)
- типа hard core на конкретный библиотечный элемент.

Часто владелец лицензии указывает в процентах часть конкретного кристалла, занятого предлагаемым решением. Более надежные, ответственные и полные интеллектуальные решения предоставляют сами разрабатывающие фирмы. Недавно в издаваемом фирмой Xilinx журнале для пользователей [4] опубликован перечень из нескольких сотен IP-решений, которые согласованы с параметрами микросхем Xilinx для восьми областей применения. В таблице 6 приведено несколько характерных IP-решений для четырех из восьми областей указанного перечня. В столбце "Семейство ПЛИС" использованы следующие сокращения: **V-II** – это Virtex-II Pro, **V-II** – Virtex-II, **V-E** – Virtex-E, **V** – Virtex, **S-E** – Spartan-IIe, **S-II** – Spartan-II, **S** – Spartan.

Подробная информация обо всех IP-ядрах – в сети Интернет по адресу: www.partner.xilinx.com/common/coresolutions/ip/referenceguide

Краткие выводы

1. Расширяется спектр приложений ПЛИС, который охватывает не только традиционную для ПЛИС область средств ускорения вывода на рынок небольших партий изделий, но и реализацию больших

Таблица 5. Состав семейств и параметры микросхем типа FPGA фирмы Xilinx для температурного диапазона IQ

| Семейство | Типы корпусов | Напряж. пит., В | Число вентилялей |
|------------------|----------------------------|-----------------|------------------|
| Spartan XL FPGA | VQ100, TQ144, PQ208, BG256 | 3.3 | 5000-40 000 |
| Spartan-II FPGA | TQ144, PQ208, FG256 | 2.5 | 15 000-200 000 |
| Spartan-IIe FPGA | TQ144, PQ208, FT256, FG456 | 1.8 | 50 000-300 000 |



Таблица 6. Примеры IP-ядер для ПЛИС фирмы Xilinx

| Область применения, функция | Название фирмы-продавца | Семейство ПЛИС | Пример внедрения | | | Ключевые особенности применения |
|--|------------------------------------|-------------------------------------|------------------|--------------------|-------------------|--|
| | | | Тип ПЛИС | Такт. частота, МГц | Охват ресурсов, % | |
| Коммуникации и сети | | | | | | |
| Поддержка дуплексного режима 1 Гбит Ethernet | Alcatel Technology Licensing Group | V-II | XC2V1500-5 | 31 | 46 | Поддержка оптоволоконных протоколов, коммутаторы, концентраторы, маршрутизаторы |
| | AllianceCORE | | | | | |
| Поддержка режима 10/100 Гбит Ethernet | Alcatel Technology Licensing Group | V-II, S-II | XC2V1500-5 | 31 | 13 | Поддержка оптоволоконных протоколов, коммутаторы, концентраторы, маршрутизаторы, принтеры |
| | AllianceCORE | | | | | |
| Декодер Рида-Соломона | Xilinx LogiCORE | V-IIP, V-II, V-E, V, S-IIЕ, S-II, S | XC2V40-6 | 180 | 42 | Для цифрового TV, кабельных модемов, беспроводных сетей (до 4095 символов, из них 256 – контрольных) |
| Декодер Витерби, стандарт IEEE802 | Xilinx LogiCORE | V-IIP, V-II, V-E, V, S-IIЕ, S-II | XC2V500-5 | 157 | 35 | Поддержка Trellis-режимов, беспроводные приложения, кабельные модемы XDSL |
| Обработка цифровых сигналов | | | | | | |
| Преобразования Фурье для 64, 256, 1024 точек | Xilinx LogiCORE | V-IIP, V-II | XC2V1500-6 | 140 | 32 | Коррекция ошибок, быстрое преобразование Фурье |
| Регистр сдвига с линейной обратной связью | Xilinx LogiCORE | V-IIP, V-II, V-E, V, S-IIЕ, S-II, S | - | - | - | Исправление ошибок в цифровых системах передачи данных |
| Математические функции | | | | | | |
| Сумматор, вычитатель | Xilinx LogiCORE | V-IIP, V-II, V-E, V, S-IIЕ, S-II | - | - | - | Разрядность 1-256 бит |
| Делитель в режиме с плавающей точкой | Digital Core Desing | V-II, V, S-II | XC2V250-5 | 53 | - | DSP-приложения |
| | AllianceCORE | | | | | |
| Память и ее компоненты | | | | | | |
| Ассоциативная память (CAM) | Xilinx LogiCORE | V-IIP, V-II, V-E, V, S-IIЕ, S-II | - | - | - | 1-512 бит, 2-10 килослов |
| CAM для протокола Интернет | Telecom Italia Lab | S-II, V, S | XCV50-5 | 49 | 19 | IP-маршрутизаторы |
| | AllianceCORE | | | | | |

партий изделий. Так, уже появились ПЛИС в составе карманных компьютеров, смарт-телефонов. Растет число интеллектуальных приложений, связанных с распознаванием образов. Широко используются также FPGA в режимах с быстрой перестройкой функций.

2. Фирма Xilinx значительно укрепила позиции лидера рынка программируемой логики благодаря партнерству с компаниями IBM и Philips. Создано весьма перспективное семейство FPGA Virtex-II Pro со встроенными приемопередатчиками, ядрами микропроцессоров IBM, семейство CPLD CoolRunner-II

с низким энергопотреблением. Популярны сегодня семейства FPGA фирмы Xilinx Virtex II с мощной логикой и памятью и Spartan-IIЕ низкой стоимости с развитыми ресурсами. Появились ПЛИС фирмы Xilinx для работы в диапазоне температур IQ. Фирма Altera анонсировала высокоинтегрированные микросхемы семейств Stratix, Stratix GX со встроенными DSP и приемопередатчиками.

3. Растет использование решений интеллектуальной собственности (IP), адаптированных к возможностям конкретных ПЛИС. Представлены особенности отдельных

решений из перечня IP-ядер фирмы Xilinx, учитывающие параметры нескольких семейств Virtex и Spartan.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Узерли Дж. Проектирование цифровых устройств. – Постмаркет, 2002.
2. Tvetter D. The Pattern Recognition Basis of Artificial Intelligence. – IEEE Computer Society. – Wiley, 1998.
3. Glaskowsky P. N. A good month for Xilinx. – Electronic Business, 2/1/2003.
4. Xilinx IP Selection Guide. – Xcell, No 43, 2002.

НИЗКОСКОРОСТНЫЕ USB-МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ФИРМЫ CYPRESS SEMICONDUCTOR

Фирма Cypress Semiconductor – один из мировых лидеров в производстве USB-микроконтроллеров. Фирма предлагает большое количество микроконтроллеров, которые различаются по функциональным возможностям, типу корпуса и скорости передачи данных. В статье рассмотрены низкоскоростные (1.5 Мбит/с) USB-микроконтроллеры, выпускаемые фирмой Cypress Semiconductor.

В. Охрименко

В настоящее время фирма Cypress Semiconductor производит USB-микроконтроллеры в пяти категориях: хост-контроллеры; концентраторы (hub); низкоскоростные (поддерживающие скорость передачи данных 1.5 Мбит/с), полноскоростные (12 Мбит/с) и высокоскоростные (480 Мбит/с) периферийные микроконтроллеры [1-4]. Микроконтроллеры этих категорий различаются по функциональным возможностям, потребляемой мощности, объему встроенной памяти, напряжению питания, типу корпуса и другим параметрам.

Универсальная последовательная шина (Universal Serial Bus – USB) по сравнению с традиционным последовательным COM-портом и параллельным LPT-портом обеспечивает большую скорость обмена данными между компьютером и периферийными устройствами ввода/вывода. В стандарте USB 1.1 предусмотрено две скорости передачи данных: 1.5 и 12 Мбит/с. Режим передачи данных со скоростью 1.5 Мбит/с предназначен для обмена данными с низкоскоростными внешними устройствами (клавиатурой, манипулятором типа "мышь", матричными принтерами, цифровыми фотокамерами, низкоскоростными модемами для обычных телефонных линий и др.). В следующей версии стандарта (USB 2.0) максимальная скорость передачи данных увеличена до 480 Мбит/с, что значительно

превышает возможности последовательного COM-порта.

Разработка USB-стандарта была начата по инициативе ведущих мировых производителей электронных компонентов для компьютеров: Compaq, DEC, IBM, Intel, NEC, Microsoft и других. Первая версия стандарта USB появилась в начале 1996 года. Основной целью при разработке этого стандарта было создание возможности работы с периферийными устройствами в режиме Plug&Play. Другими словами, при разработке необходимо было предусмотреть возможность подключения внешних устройств к работающему компьютеру, автоматического распознавания типов этих устройств, электропитания внешних устройств от источника питания компьютера. Пропускная способность USB-шины должна быть достаточной для обеспечения работы большинства периферийных устройств компьютера.

Основные технические характеристики USB-шины, регламентированные стандартом USB 1.1:

- максимальная длина кабеля (при скорости передачи данных 1.5 Мбит/с) 5 м
- максимальная длина кабеля (при скорости передачи данных 12 Мбит/с) 3 м
- максимальное количество подключаемых устройств 127
- возможно подключение устройств, поддерживающих разные скорости обмена данными
- напряжение питания периферийных устройств 5 В
- максимальный ток потребления одним устройством 500 мА.

Прием/передача данных между всеми узлами USB-сети (рис. 1) осуществляется по четырехпроводному кабелю (рис. 2) [1]. Цепи питания V_{BUS} (+5 В) и GND можно использовать для энергопитания маломощных устройств, которые не имеют встроенного или внешнего источника питания. Цепи D+ и D- используются для передачи дифференциального сигнала. Данные передаются в последовательном формате. Провода размещаются в экране. Для подключения низкоскоростных периферийных устройств (к примеру, манипулятора типа "мышь" или клавиатуры) можно использовать неэкранированный кабель. Кабель для подключения USB-устройств имеет два типа соединителей "А" и "В". На стороне кабеля,

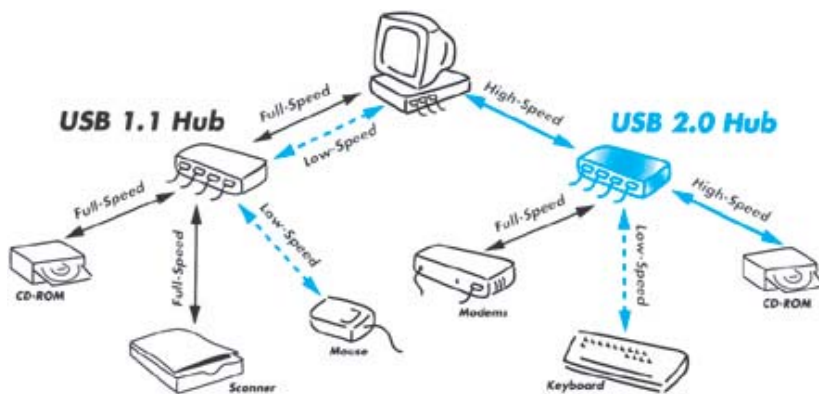


Рис. 1. Пример структуры сети на базе USB-шины



Рис. 2. Структура USB-кабеля

подключаемого к компьютеру, используется разъем типа А, на стороне кабеля, подключаемого к устройству, – разъем типа В. Конструкция разъемов обеспечивает высокую надежность соединения и удобство многократного подключения и отключения кабеля.

В таблице приведены основные параметры низкоскоростных USB-микроконтроллеров, выпускаемых фирмой Cypress Semiconductor. Все микроконтроллеры соответствуют требованиям стандарта USB 1.1. В качестве вычислительного ядра в этих микроконтроллерах используется 8-разрядное процессорное ядро М8, созданное на базе RISC-архитектуры. Система команд процессорного ядра оптимизирована для работы с USB-приложениями. В состав USB-микроконтроллера входит контроллер после-

довательного интерфейса (Serial Interface Engine – SIE). В контроллере SIE производится декодирование и кодирование данных, передаваемых по шине USB; выполняется коррекция ошибок и бит-стаффинг, а также другие операции, предусмотренные USB-протоколом. В каждом микроконтроллере имеется встроенная однократно программируемая память программ. Приведенные в таблице USB-микроконтроллеры отличаются между собой объемом памяти программ и данных, функциональными возможностями и количеством встроенных системных модулей и периферийных устройств, количеством линий ввода/вывода данных и типом корпуса.

**USB-МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ
CY7C634xx/5xx**

Структурная схема USB-микроконтроллеров CY7C634xx/5xx приведена на рис. 3. Архитектура этих микроконтроллеров включает: 8-разрядное процессорное ядро, работающее с тактовой частотой 12 МГц; память программ и данных; контроллер прерываний; 12-раз-

рядный таймер; "сторожевой" таймер; модуль формирования сигнала сброса при включении питания (POR); контроллер SIE, который поддерживает обмен данными как через USB-интерфейс, так и интерфейс PS/2; приемопередатчик USB-шины; порты ввода/вывода данных. Все системные модули и периферийные устройства микроконтроллеров объединены встроенной 8-разрядной шиной данных.

Микроконтроллеры CY7C634xx/5xx имеют 32 линии ввода/вывода цифровых сигналов (8-разрядные порты P0...P3). Выходные буферные схемы этих портов можно программно конфигурировать как выходы по схеме с открытым коллектором или как стандартные КМОП-выходы. Буферные схемы портов P0...P2 допускают максимальный втекающий ток (sink current) 7 мА. Буферные схемы порта P3 имеют повышенную нагрузочную способность (максимально допустимый втекающий ток 12 мА). Для увеличения тока нагрузки возможно объединение нескольких выходов.

Основные параметры низкоскоростных USB-микроконтроллеров

| Тип | Напряжение питания, В | Объем встроенной памяти | | Число линий ввода/вывода | Системные модули и периферийные устройства | Число оконечных устройств | Диапазон рабочих температур, °С | Кол-во выводов и тип корпуса | Макс. ток потребления, мА | |
|------------|-----------------------|-------------------------|----------------|--------------------------|---|--|---------------------------------|---|---------------------------|---------|
| | | RAM, байт | OTP ROM, кбайт | | | | | | | |
| CY7C63000A | 4.0... 5.25 | 128 | 2 | 12 | Сторожевой таймер, POR, 12-разрядный таймер | 2 | 0...70 | 20-PDIP, 20-SOIC | 25 | |
| CY7C63001A | | | 4 | | | | | | | |
| CY7C63100A | | | 2 | | | | | | | |
| CY7C63101A | | | 4 | | | | | | | |
| CY7C63411 | | 256 | 4 | 32 | | 3 | | 40-PDIP, 48-SSOP, 40-CerDIP, 40-SideBraze | 40 | |
| CY7C63412 | | | 6 | | | | | | | |
| CY7C63413 | | | 8 | | | | | | | |
| CY7C63511 | | | 4 | | | 40 | | | | 3 |
| CY7C63512 | | | 6 | | | | | | | |
| CY7C63513 | | | 8 | | | | | | | |
| CY7C63612 | | | 6 | | | | | | | |
| CY7C63613 | | | 8 | 16 | | 3 | | | | 24-SOIC |
| CY7C63221A | | 96 | 3 | 8 | | Таймеры: сторожевой, 12-разр., Wake-up; LVR, стабилизатор напряжения, SPI, BOR | | 2 | 16-PDIP, 16DIE | 20 |
| CY7C63231A | | | | 10 | | | | | | |
| CY7C63722 | | 256 | 8 | 16 | | 3 | | 3 | 25-DIE | 20 |
| CY7C63723 | | | | 10 | | | | | | |
| CY7C63743 | 16 | | | | | | | | | |
| | 18-PDIP, 18-SOIC | | | | | | | | | |
| | 24-PDIP, 24-SOIC | | | | | | | | | |

В микроконтроллерах CY7C63511/12/13, кроме того, имеется 8-разрядный порт DAC (см. рис. 3). Устройство управления портом DAC позволяет отдельно по каждому из восьми выходов изменять на программном уровне величину втекающего тока. Программирование величины втекающего тока осуществляется с помощью 4-разрядного кода. По выходам DAC0 и DAC1 величина втекающего тока регулируется в диапазоне от 3.2 до 16 мА, по выходам DAC2...DAC7 – в диапазоне от 0.2 до 1.0 мА.

Программная модель процессорного ядра включает: 14-разрядный программный счетчик (PC), 8-разрядный аккумулятор (A), 8-разрядный индексный регистр (X), 8-разрядные указатели верхушки программного стека (PSP) и стека

данных (DSP). С помощью инструкций CALL, RET, RETI осуществляется работа с программным стеком. Инструкции POP и PUSH предназначены для работы со стеком данных. Процессорное ядро поддерживает три вида адресации: непосредственную (например, команду MOV A, 30h), прямую (MOV A, [10h]) и индексную (MOV A, [X+array]). Использование индексной адресации обеспечивает удобство работы с массивами данных. Память данных (RAM) можно использовать для хранения временных данных, организации стека данных и создания программных буферов FIFO.

Для работы микроконтроллеров CY7C634xx/5xx необходимо подключение внешнего керамического резонатора частотой 6 МГц.

Тактовая частота 12-разрядного таймера 1 МГц. Этот таймер предназначен для формирования временных интервалов длительностью 128 мкс и 1.024 мс. Таймер генерирует два сигнала прерывания. В модуле POR (Power on Reset) генерируется сигнал сброса при включении питания. С помощью "сторожевого" таймера формируется временной интервал длительностью 8 мс. "Сторожевой" таймер используется для контроля работы процессорного ядра. Содержимое таймера необходимо периодически обновлять. Если в течение 8 мс не выполняется обновление таймера, автоматически генерируется сигнал аппаратного сброса. Сигнал, формируемый "сторожевым" таймером, можно использовать для переключения микроконтроллера в исходное состояние, к примеру, в случае "потери" ожидаемого сигнала прерывания.

Контроллер прерываний обслуживает восемь маскируемых прерываний. Два вектора прерываний предназначены для обработки сигналов внешних прерываний. Сигналы внешних прерываний можно подключать к любой из линий портов ввода/вывода, в том числе, входам порта DAC.

USB-МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ CY7C63722/23/43, CY7C63221A/31A

В семействе низкоскоростных USB-микроконтроллеров фирмы Cypress Semiconductor имеются микроконтроллеры CY7C63722/23/43 и CY7C63221A/31A, созданные на базе усовершенствованной архитектуры enCoRe™ (enhanced Component Reduction), применение которой позволило сократить число внешних электронных компонентов, подключаемых к микроконтроллеру. Высокие параметры встроенного тактового генератора позволяют отказаться от применения внешнего керамического резонатора. Кроме параллельных портов ввода/вывода общего назначения (GPIO) в этих микроконтроллерах имеется SPI-порт, а кроме традиционного USB-приемопередатчика имеется стабилизатор напряжения 3.3 В. Внешний нагрузочный резистор низкоскоростного USB-порта подключается между выводом порта D- и выходом этого стабилизатора. В USB-микроконтроллерах серии enCoRe встроен модуль SIE, который поддерживает обмен данными через USB- и PS/2-интерфейсы. Переключение между этими режимами работы выполняется автоматически. Микроконтроллеры серии enCoRe предназначены для применения в клавиатурах со встроенным устройством позиционирования, стандартных клавиатурах, а также в других несложных и недорогих устройствах.

Структурная схема USB-микроконтроллеров CY7C63722/23/43 приведена на рис. 4. Между собой эти микроконтроллеры отличаются объемом встроенной памяти и типом корпуса. В качестве вычислительного используется 8-разрядное процессорное ядро с RISC-архитектурой. Встроенный тактовый генератор работает на частоте 6 МГц ± 5%. Тактовая частота процессорного ядра 12 МГц. В результате подстройки частоты встроен-

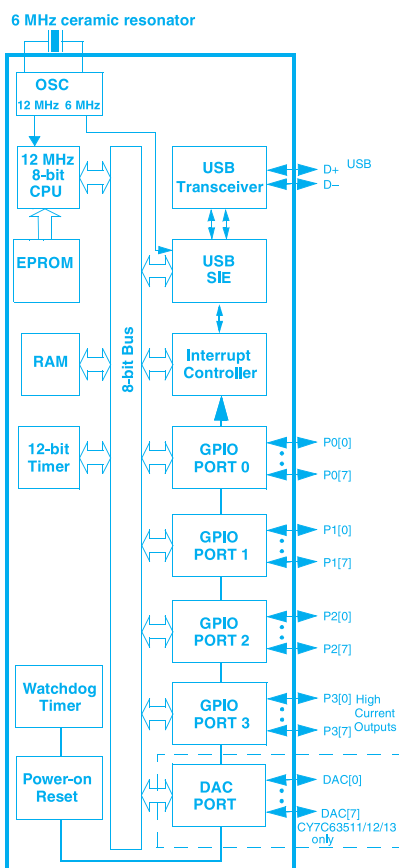


Рис. 3. Структурная схема микроконтроллеров CY7C634xx/5xx

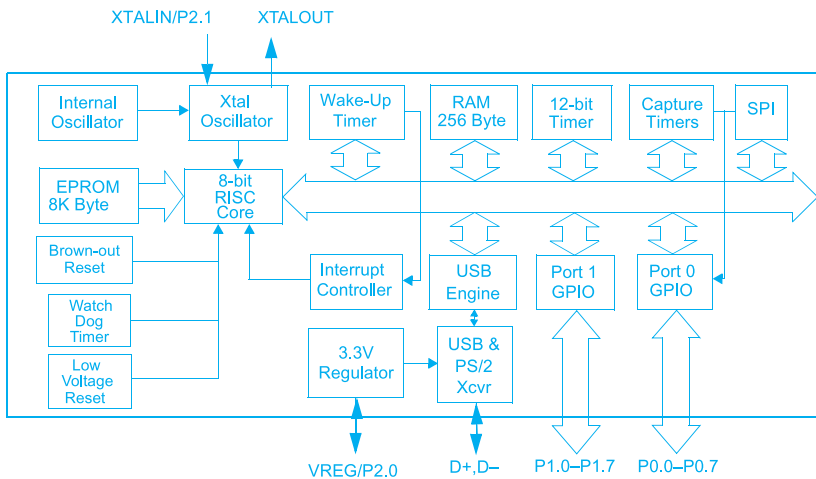


Рис. 4. Структурная схема микроконтроллеров CY7C63722/23/43

ного тактового генератора по сигналу, передаваемому по USB-шине, точность установки частоты составляет $\pm 1.5\%$, что соответствует требованиям стандартов USB. Наличие встроенного тактового генератора позволяет снизить уровень электромагнитного излучения. Для пользовательских приложений, в которых требуется обеспечить более высокую точность тактовой частоты, предусмотрена возможность подключения внешнего керамического резонатора с частотой 6 МГц.

Встроенный контроллер последовательного SPI-порта поддерживает обмен данными по четырехпроводному интерфейсу в двух режимах: slave и master. Максимальная скорость передачи данных составляет 2 Мбит/с.

В микроконтроллерах CY7C63722/23/43, в отличие от CY7C634xx/5xx, выполняется обслуживание десяти маскируемых прерываний. В микроконтроллерах CY7C63722/23/43 два дополнительных сигнала прерывания генерируются блоками входного захвата. Для обработки каждого из запросов прерывания в памяти микроконтроллера выделена отдельная ячейка, в которой хранится вектор прерывания.

В модуле LVR (Low Voltage Reset) формируется сигнал сброса, если в

течение более чем 100 нс напряжение питания микроконтроллера находится ниже заданного порога (3.5... 4.0 В).

В микроконтроллерах CY7C63722/23/43 предусмотрен режим работы со сниженным энергопотреблением. Выход из этого режима осуществляется по сигналу прерывания от таймера Wake-up или в случае передачи данных по USB-шине. При переходе в энергосберегающий режим работы разрешается прерывание от таймера Wake-up. Длительность формируемого этим таймером временного интервала задается трехразрядным кодом.

Блок входного захвата содержит четыре 8-разрядных регистра. Запись данных в эти регистры осуществляется по спадающему или нарастающему фронту сигнала, который поступает на входы портов P0.0 или P0.1.

Микроконтроллеры CY7C63722/23/43 имеют два 8-разрядных порта ввода/вывода (P0 и P1). Выходные буферные схемы этих портов могут быть программно сконфигурированы как выходы по схеме с открытым коллектором или как стандартные КМОП-выходы. Максимально допустимый втекающий ток по каждому выводу 50 мА. Внешние источники прерываний можно подключать

к любой линии портов ввода/вывода. Для обслуживания внешних источников прерываний выделен один вектор прерываний.

Входы/выходы USB-приемопередатчика могут использоваться для обмена данными с устройствами, поддерживающими интерфейсы USB и PS/2. Чтобы обеспечить работу в этих режимах, не требуется подключение дополнительных внешних электронных компонентов.

Широкое распространение USB-стандарта, высокая пропускная способность USB-шины (до 480 Мбит/с) и другие преимущества USB-технологии позволяют применять ее не только для обмена данными между компьютером и многочисленными периферийными устройствами, но и использовать высокоскоростной USB-интерфейс взамен традиционных COM- и LPT-портов в средствах телекоммуникаций, устройствах сбора информации и мониторинга работы объектов. Это обеспечивает выполнение на более качественном уровне обслуживания, контроля параметров и управления работой устройств сбора и обработки данных.

Более полную информацию о параметрах и возможностях USB-микроконтроллеров, выпускаемых фирмой Cypress Semiconductor, можно найти в сети Интернет по адресу: <http://www.cypress.com>

ЛИТЕРАТУРА:

1. Universal Serial Bus Specification. – Compaq, Intel, Microsoft, NEC. Revision 1.1 September 23, 1998.
2. Choosing the Right Device for Your USB Application. – Cypress Semiconductor, April 2002.
3. CY7C63722/23, CY7C63743 enCoRe™ USB Combination Low-Speed USB & PS/2 Peripheral Controller. – Cypress Semiconductor, October 2002.
4. <http://www.cypress.com>

МИКРОСХЕМА КОНТРОЛЛЕРА ТРЕХФАЗНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В статье рассмотрены особенности микросхемы МСЗРНАС контроллера маломощного трехфазного электродвигателя переменного тока, выпускаемой компанией Motorola. Микросхема не требует программирования для применения.

Микросхема МСЗРНАС – это специализированный контроллер, предназначенный для применения в разомкнутых системах управления скоростью вращения ротора синхронного или асинхронного электродвигателя. Микросхема оптимизирована для использования с трехфазными силовыми ключами на IGBT-транзисторах (рис. 1) и различными драйверами ключей. МСЗРНАС может работать автономно (ускорение и скорость устанавливаются потенциометрами, направление вращения и включение/выключение электродвигателя – переключателями) или под управлением контроллера (режимы работы задаются по интерфейсу RS-232 с гальванической развязкой). В микросхеме реализована широко используемая характеристика управления V/f , однако реализация имеет ряд характерных особенностей, выгодно отличающих микросхему от аналогов. Эти особенности рассмотрены ниже.

Микросхема является полностью цифровым устройством, т. е. все функции управления реализуются в цифровом виде. Сигналы, поступающие с потенциометров ручного управления, преобразуются АЦП в код и обрабатываются в цифровом виде. Для устранения высокочастотных шумов сигнал скорости фильтруется 24-разрядным КИХ-фильтром нижних частот. Управляющий сигнал для ШИМ-модулятора формируется 32-разрядным вычислителем, обеспечивающим разрешение по скорости $4 \cdot 10^{-3}$ Гц.

Микросхема содержит шесть ШИМ-генераторов, обеспечивающих формирование на выходе силового инвертора трехфазного сигнала управления электродвигателем. Для наиболее полного использования питающего напряжения на выходе каждой фазы формируется суперпозиция первой и третьей гармоники питающего напряжения, что эквивалентно увеличению амплитуды первой гармоники на 15%. Частота ШИМ-сигнала от 5.3 до 21.1 кГц, параметры генерируемого сигнала обновляются с частотой не менее 4 кГц, что обеспечивает плавную регулировку момента вращения. Для предотвращения пульсации момента вращения, связанной с пульсацией напряжения на выходе выпрямителя, микросхема содержит цепь компенсации изменения напряжения питания силового ключа путем регулирования скважности ШИМ-сигнала.

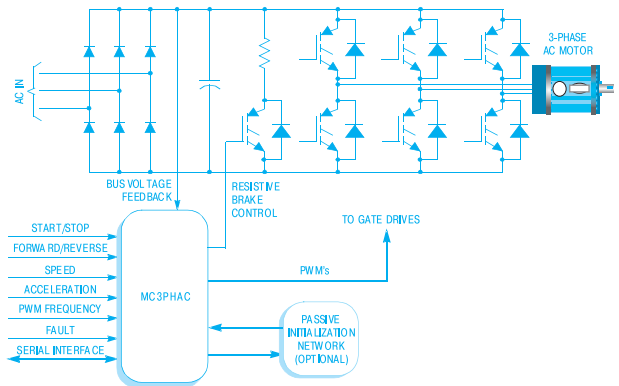


Рис. 1. Структурная схема системы управления скоростью вращения ротора электродвигателя, выполненной на базе микросхемы МСЗРНАС

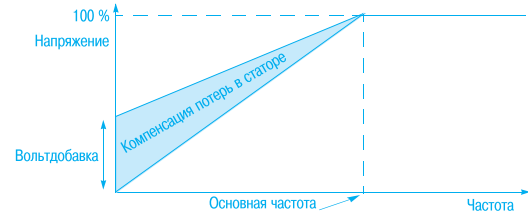


Рис. 2. Характеристика управления электродвигателем

Реализуемая микросхемой характеристика управления V/f корректируется путем введения такой вольтдобавки (рис. 2), которая обеспечивает постоянное значение тока намагничивания. Чтобы предотвратить связанное с введением вольтдобавки резкое изменение момента вращения в переходном режиме при изменении направления вращения ротора, при частоте менее 1 Гц величина формируемого напряжения изменяется пропорционально частоте.

Основные характеристики микросхемы:

- частота сигнала управления двигателем в пределах от 1 до 128 Гц
- скорость изменения частоты от 0.5 до 128 Гц/с
- активный уровень сигналов на выходах ШИМ-генераторов устанавливается управляющим сигналом, что позволяет использовать в системе управления как инвертирующие, так и неинвертирующие драйверы IGBT-транзисторов
- мертвое время ШИМ-сигнала устанавливается внешним резистором или по интерфейсу
- напряжение питания 5 В
- диапазон рабочих температур $-40...+105$ °С
- корпус 28-SOIC, 32-QFP или 28-DIP.

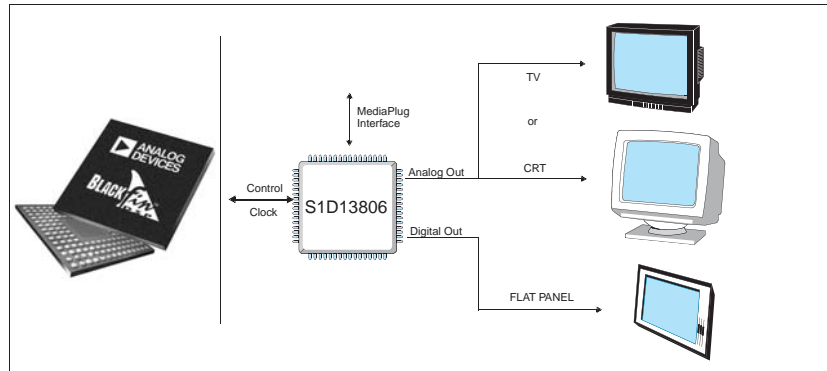
Дополнительную информацию о микросхеме можно получить в сети Интернет по адресу: www.mot-sps.com

ИНТЕРФЕЙС DSP Blackfin С ВИДЕОКОНТРОЛЛЕРАМИ

В настоящее время сигнальные процессоры ADSP-BF53x (Blackfin) широко применяются в переносных устройствах цифровой обработки сигналов, высокоскоростных модемах, биометрических системах, бытовой аудиотехнике, широкополосных системах передачи данных и др. Расширить сферу применения сигнальных процессоров ADSP-BF53x можно за счет подключения к ним микросхемы видеоконтроллера S1D13806. В статье рассмотрены возможности и основные технические характеристики этих микросхем.

В. Охрименко

Основные технические характеристики сигнальных процессоров ADSP-BF53x (Blackfin) фирмы Analog Devices приведены в таблице 1. Процессорное ядро ADSP-BF53x оптимизировано для реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов. Ядро содержит два умножителя (MAC), два 32-разрядных ALU, четыре 8-разрядных видео-ALU, одно 40-разрядное устройство сдвига. Выполнение операций в каждом из двух 16-разрядных блоков MAC (в составе которых имеются 40-разрядные аккумуляторы) осуществляется в течение одного цикла, что обеспечивает производительность 1200 MMACS при тактовой частоте процессорного ядра 600 МГц (ADSP-BF533). В каждом из блоков ALU поддерживаются операции с 8-, 16- или 32-разрядными числами. В течение одного цикла в каждом из ALU могут выполняться две операции с 16-разрядными числами. В набор инструкций процессорного ядра включены специальные инструкции, позволяющие ускорить обработку аудио- и видеосигналов при использовании алгоритмов, применяемых в широко распространенных стандартах



MPEG2, MPEG4, JPEG. Благодаря высоким параметрам сигнальные процессоры ADSP-BF53x широко применяются в портативных мультимедийных устройствах. Процессоры ADSP-BF53x имеют внешний порт (External Port), поддерживающий обмен данными с памятью типа SDRAM, ROM, SRAM и флэш. Расширить функциональные возможности сигнальных процессоров

семейства Blackfin можно при подключении микросхемы видеоконтроллера S1D13806, поддерживающего работу с полноцветными мониторами почти всех типов.

Основные технические характеристики микросхемы видеоконтроллера S1D13806 даны в таблице 2 [2]. Микросхема S1D13806, выпускаемая фирмой Epson, представляет собой мощный графический

Таблица 1. Основные технические характеристики сигнальных процессоров ADSP-BF531/532/533/535P

| Наименование параметра | Значение | |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----------|
| Производительность, MMACS | 700...1200 | |
| Объем встроенной памяти, кбайт | 84...308 | |
| Тактовая частота ядра, МГц | 350...600 | |
| Разрядность внешней шины данных | 16 или 32 | |
| Внешние интерфейсы | PCI, USB, UART, SPI, IrDA | |
| Тип внешней памяти | SDRAM, SRAM, ROM, флэш | |
| Макс. объем внешней памяти, Гбайт | 4.0 | |
| Напряжение питания, В: | – ядра | 0.7...1.6 |
| | – схем ввода/вывода | 3.3 |
| Диапазон рабочих температур, °C: | -0...85, -40...105 | |
| Число выводов и тип корпуса | 160-miniBGA, 176-LQFP, 260-PBGA | |

Таблица 2. Основные технические характеристики микросхемы видеоконтроллера S1D13806

| Наименование параметра | Значение |
|--------------------------------------|----------------------|
| Объем (тип) встроенной памяти, кбайт | 1280 (SDRAM) |
| Типы подключаемых мониторов | LCD/CRT/TV |
| Разрешение изображения, пиксел | 1024×768 или 800×600 |
| 2D-ускоритель | + |
| Режим powerdown | + |
| ВидеоЦАП | + |
| Напряжение питания, В | 3.0...3.6 |
| Диапазон рабочих температур, °C | -40...85 |
| Число выводов и тип корпуса | 144-QFP20, 220-PFBGA |

кий видеоконтроллер, поддерживающий стандартные интерфейсы передачи данных, что позволяет подключать к S1D13806 мониторы разных типов (LCD/CRT/TV). Для подключения мониторов в видеоконтроллере имеется один цифровой и один аналоговый выход. К цифровому выходу подключаются разные типы LCD-мониторов, к аналоговому – CRT- и TV-мониторы. Видеоконтроллер S1D13806 содержит видеоЦАП со встроенным ОЗУ (RAMDAC). В S1D13806 производится кодирование видеосигнала, принятое в телевизионных стандартах PAL и NTSC. Встроенная в микросхему видеоконтроллера память типа SDRAM объемом 1280 кбайт обеспечивает возможность формирования видеоизображения с разрешением 800×600 или 1024×768 пикселей. Предусмотрена возможность изменения ориентации выводимого на экран монитора изображения (т. е. его

поворота на 90, 180 или 270°); генерации на аппаратном уровне изображения курсора на экране; вывода в режиме работы с двумя мониторами на каждый из них разных изображений. Реализованы также и другие возможности обработки видеоизображения. В видеоконтроллере S1D13806 имеется 13 линий ввода/вывода цифровых сигналов. Пример принципиальной электрической схемы подключения микросхемы видеоконтроллера S1D13806 к сигнальному процессору ADSP-BF535, а также временные диаграммы циклов обмена данными между ADSP-BF535 и S1D13806 можно найти в [1]. Обмен данными с S1D13806 осуществляется в 16-разрядном формате через внешний параллельный порт процессоров ADSP-BF53x. Видеоконтроллер S1D13806 можно использовать и с микропроцессорами других типов, полный список которых можно найти в [3]. Имеет-

ся также возможность непосредственного подключения видеоконтроллера S1D13806 к ISA-шине.

Более детальную информацию о сигнальных процессорах ADSP-BF53x и системах отладки, предлагаемых фирмой Analog Devices, можно найти в сети Интернет по адресу: <http://www.analog.com/blackfin>

ЛИТЕРАТУРА:

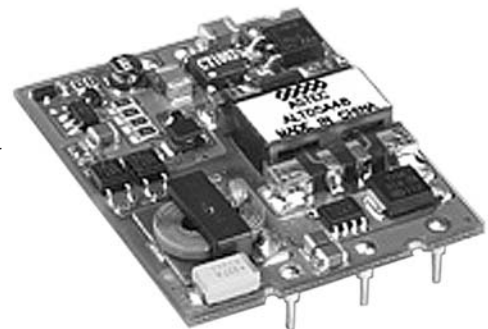
1. Interfacing EPSON S1D13806 memory display controller to Blackfin DSPs//Engineer To Engineer Note EE-184. – Analog Devices, 2003 (<http://www.analog.com>).
2. ADSP-21535 Blackfin DSP Hardware Reference. – Analog Devices, 2002 (<http://www.analog.com>).
3. Epson Research and Development, Inc., S1D13806 Hardware Functional Specification, Document Number X28B-A-001-xx (<http://www.epson.com>).

DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ ALT С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 25 И 30 Вт *

Всемирно известная фирма Astec Power постоянно расширяет номенклатуру выпускаемых изделий, предназначенных для обеспечения электропитания устройств электроники. В феврале 2003 г. фирма Astec Power анонсировала новую серию DC/DC-преобразователей типа ALT с выходной мощностью 25 и 30 Вт. Основные параметры преобразователей этой серии приведены в публикации.

Г. Местечкина

DC/DC-преобразователи серии ALT выпускаются как с одним, так и с двумя выходными напряжениями с выходной мощностью 25 и 30 Вт соответственно. Преобразователи этой серии отличаются высоким КПД (до 87%), надежной изоляцией входа от выхода (испытательное напряжение 1500 В), защитой от перегрузки, выхода напряжения за допустимые пределы (сверху и снизу), превышения температуры корпуса, а также малыми габаритами (40.6×50.8×9.6 мм).



DC/DC-преобразователь серии ALT

Широкий диапазон входного напряжения (36-75 В) и отличный температурный коэффициент ($\pm 0.02\%/^{\circ}\text{C}$) позволяют применять DC/DC-преобразователи серии ALT в устройствах телекоммуникаций, включая беспроводные передатчики, приемники и базовые станции. Они могут найти применение в измерительной аппаратуре, а также в межсетевых устройствах, таких как концентраторы и маршрутизаторы. Высокое

* News Release from Astec Power, February 2003.



Таблица 1. Основные технические характеристики DC/DC-преобразователей серии ALT

| Технические характеристики | | Значение |
|---|------------------|--|
| Выходная мощность, Вт | - одинарный | 25 |
| | - сдвоенный | 30 |
| КПД, % | | 87 (5.0 В, типов.) |
| Диапазон входных напряжений | | 36-75 (2:1) |
| Макс. входное напряжение, В | | 100 (100 мс) |
| Дистанционное включение | | ТТЛ-уровень (+/-) |
| Выходное напряжение, В | | (3.3, 5.0, 12.0, 15.0)/(±5.0, ±12.0) |
| Нестабильность вых. напряжения, %, при изменении: | - вх. напряжения | <0.2 |
| | - тока нагрузки | <0.5 |
| Уровень шумов и пульсаций, мВ, (п-п) | | 75 (3.3, 5.0 В), 150 (12.0, 15.0 В), 150 (±5.0, ±12.0 В) |
| Диапазон регулировки выходного напряжения, % | | ±10.0 |
| Пороговое значение выходного напряжения, В, для выхода: | - 15.0 В | 19.0 |
| | - 12.0 В | 16.0 |
| | - 5.0 В | 7.0 |
| | - 3.3 В | 5.0 |
| Испытательное напряжение изоляции, В | | 1500 |
| Диапазон температур, °C: | - рабочих | -40...55 |
| | - хранения | -55...125 |
| Габаритные размеры, мм | | 40.6×50.8×9.06 |
| Наработка до отказа, млн ч | | 2.0 |
| Безопасность | | UL 1950 CSA CSA22/2-950 VDE EN60950 |

Таблица 2. Основные параметры DC/DC-преобразователей серии ALT

| Тип | Входное напряжение, В | Вых. напряжение/ток нагрузки, В/А | КПД, % |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------------|--------|
| Одинарный выход | | | |
| ALT06F48 | 36.0-75.0 | 3.3/6.0 | 85.0 |
| ALT05A48 | | 5.0/5.0 | 87.0 |
| ALT02B48 | | 12.0/2.1 | 87.0 |
| ALT01C48 | | 15.0/1.67 | 87.0 |
| Сдвоенный выход | | | |
| ALT03AA48 | 36.0-75.0 | ±5.0/±3.0 | 84.0 |
| ALT01BB48 | | ±12.0/±1.25 | 87.0 |

значение тока нагрузки и возможность регулировки выходного напряжения делают модели преобразователей серии ALT идеальными для использования в автоматизированном и испытательном оборудовании, в котором применяются современные ИС с низкими напряжениями питания и высокими токами потребления. Широкий диапазон рабочих температур (от -40 до 55 °C) позволяет эксплуатировать DC/DC-преобразователи серии ALT в жестких условиях окружающей среды.

Преобразователи серии ALT обеспечивают ток в нагрузке 6 А (3.3 В), 5 А (5.0 В), 2.1 А (12.0 В), 1.67 А (15.0 В), 1.25 А (±12 В) и 3 А (±5 В) при обдуве с линейной скоростью 60 м/мин и температуре окружающей среды до 55 °C. Преобразователи серии ALT допускают повышение входного напряжения до 100 В в течение 100 мс и выдерживают испытательное напряжение изоляции между входными и выходными цепями до 1500 В.

В DC/DC-преобразователях серии ALT обеспечивается возможность регулировки выходного напряжения в пределах ±10 %, имеется система защиты, срабатывающая при уменьшении входного напряжения ниже допустимого (с гистерезисом для предотвращения ложных срабатываний при включении). Системы защиты от перегрузки, перенапряжения и перегрева повышают надежность работы преобразователей и позволяют применять их в необслуживаемой аппаратуре, чему также способствует возможность дистанционного включения/выключения сигналом ТТЛ-уровня (положительного или отрицательного).

Все перечисленные достоинства, а также стандартное расположение выводов, небольшие размеры корпуса обеспечивают значительный отрыв DC/DC-преобразователей серии ALT от аналогов и обеспечивают их повышенную конкурентоспособность и широкие перспективы применения в современной электронной аппаратуре.

Основные технические характеристики и параметры DC/DC-преобразователей серии ALT приведены в табл. 1, 2.

Дополнительную информацию о продукции фирмы Astec Power можно получить в НПФ VD MAIS или в сети Интернет по адресу: <http://www.astecpower.com>

Фирма VD MAIS проводит с 27 по 31 октября 2003 года СЕМИНАР:

Особенности применения операционных усилителей и других ИМС фирмы Analog Devices

Докладчик James Bryant:

27 октября в Киеве

29 октября в Харькове

31 октября в Одессе.

Заявки на участие в семинаре необходимо подавать в редакцию "ЭКиС".

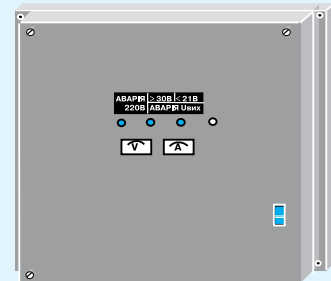
(Более подробная информация в № 9/2003)

ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ТА ПЕРЕТВОРЮВАЧІ НАПРУГИ підприємства "ДЕЛЬТА"

Джерела живлення ТУ У 01497468.004-95 серт. № СТС 14-3-15-01 Регістру судноплавства України

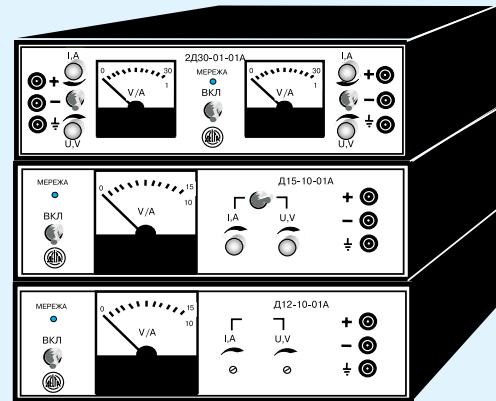
Джерела живлення призначені для забезпечення вузлів зв'язку на суднах і інших об'єктах номінальною напругою 12 або 24 В в буфері з акумуляторною батареєю (АБ). Джерела забезпечують миттєве переключення навантаження на живлення від акумулятора і навпаки відповідно при пропаданні і появі напруги мережі, автоматичний заряд і підзаряд акумуляторної батареї з характеристикою I/U, мають дистанційну сигналізацію (сухі контакти) наявності напруги вхідної мережі, а також звукову і світлову сигналізацію аварійних ситуацій – пропадання напруги вхідної мережі, збільшення (зменшення) вихідної напруги за допустимі межі.

| Технічні характеристики | Од. вим. | Д24-24 | Д24-10 | Д12-20 |
|--------------------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| Вхідна напруга | В | 220+10%,-15% | 220+10%,-15% | 220+10%,-15% |
| Частота | Гц | 50-60 | 50-60 | 50-60 |
| Вихідна напруга | В | 27.6 | 27.6 | 13.8 |
| Макс. струм навантаження | А | 24 | 10 | 20 |
| ККД, не менше | % | 90 | 90 | 90 |
| Габаритні розміри | мм | 410×405×75 | 375×310×75 | 375×310×75 |
| Маса | кг | 8 | 6 | 6 |
| Ціна, без ПДВ | грн. | 2985 | 1248 | 1226 |



Джерела живлення (ДЖ) ТУ У 01497468.001-95, сертифікат UA1.018.08138-96

| Назва | U _{вих.} , В | I _{н.} , А | Уст. U _{вих.} , В | Ціна, грн., без ПДВ | |
|---------------------|------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|-----|
| Лабораторні | Д230-01-01А (2 незалежн. ДЖ) | 0-30 | 0-1 | - | 533 |
| | Д15-10-01А | 0-15 | 0-10 | - | 336 |
| | Д15-20-01А | 0-15 | 0-20 | - | 533 |
| | Д30-06-01А | 0-30 | 0-6 | - | 363 |
| | Д30-10-01А | 0-30 | 0-10 | - | 533 |
| | Д60-03-01А | 0-60 | 0-3 | - | 336 |
| | Д60-06-01А | 0-60 | 0-6 | - | 640 |
| | Д80-02-01А | 0-80 | 0-2 | - | 336 |
| Д80-05-01А | 0-80 | 0-5 | - | 693 | |
| З можл. підключ. АБ | Д12-10-01А | 0-15 | 0-10 | 13.8 | 336 |
| | Д12-20-01А | 0-15 | 0-20 | 13.8 | 533 |
| | Д24-06-01А | 0-30 | 0-6 | 26.4 | 363 |
| | Д24-10-01А | 0-30 | 0-10 | 26.4 | 533 |
| | Д48-03-01А | 0-60 | 0-3 | 55.2 | 336 |
| | Д48-06-01А | 0-60 | 0-6 | 55.2 | 640 |
| Д60-02-01А | 0-80 | 0-2 | 69 | 336 | |
| Д60-05-01А | 0-80 | 0-5 | 69 | 693 | |



Захист від перевантажень, короткого замикання, х-ка I/U (автомат. перехід у режим стаб. струму). Цілодобова робота при максимальному навантаженні. ККД – 90 %. Габаритні розміри – 250×210×80 мм, маса – не більше 2 кг. Гарантія 5 років. Доставка виробів безплатна.

Перетворювачі напруги з постійної в змінну стабілізовану квазісинусоїдальну напругу 220 В, 50 Гц
Призначені для живлення будь-якої апаратури, в тому числі встановленої на телефонних станціях

| Технічні характеристики | Од. вим. | ПН60-220-04 | ПН48-220-04 | ПН24-220-04 | ПН12-220-04 |
|-----------------------------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Вхідна постійна напруга | В | 53...72 | 44...54 | 22...27 | 10.5...13.6 |
| Авт. відкл. при вх. напрузі менше | В | 53 | 44 | 22 | 10.5 |
| Ціна, без ПДВ | грн. | 549 | 549 | 560 | 560 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| Вихідна змінна напруга, В | 220±10 |
| Частота вихідної напруги, Гц | 50±0.5 |
| ККД, %, не менше | 90 |
| Максимальна вихідна потужність, Вт | 400 |
| Габаритні розміри, мм | 250×80×235 |
| Маса, кг, не більше | 2.8 |



Крім цього, виготовляємо потужні джерела безперебійного живлення для АТС, UPS на 5-6 год. роботи, регулятори температури до 1 кВт, системи керування антенами діаметром до 12 м, кодові пристрої та інше.

46010, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 38 КП "ДЕЛЬТА", тел./факс: (0352) 25-58-52
e-mail: delta@delta.te.ua www.bit.ternopil.ua/ukr/Firm/Delta

НОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ СИНТЕЗАТОРОВ ЧАСТОТ

В статье описываются новые синтезаторы частот ADF4107, ADF4153, ADF4212L и ADF4360 фирмы Analog Devices.

В. Голуб

На страницах ЭКиС и других журналов фирмой VD MAIS систематически публикуются сведения о новых синтезаторах частот [1-3]. В [2] были рассмотрены: синтезатор ADF4106, самый высокочастотный из серии ADF4xxx (частота 6 ГГц); синтезаторы серии ADF4217L/18L/19L, отличающиеся от ADF4216/17/18 сниженным в два раза энергопотреблением; тактовый генератор ADF4001 на базе системы ФАПЧ. Менее чем за год фирмой Analog Devices разработаны новые синтезаторы, отличающиеся верхним пределом синтезируемых частот, повышенным разрешением, экономичностью и др.: микросхемы ADF4107, ADF4153, ADF4212L и ADF4360 [4-6]. Кроме того, для систем связи ISM на базе синтезаторов разработаны передатчики ADF7010 и ADF7011, вошедшие в общее семейство синтезаторов фирмы Analog Devices [5]. Наряду с синтезаторами фирмой разработана новая версия программы ADIsimPLL, предназначенной для моделирования синтезаторов, выбора и программирования ИМС, расчета внешних цепей (фильтра и т. д.) [3, 7]. Программа ADIsimPLL обеспечивает быстроту и оптимальность расчета синтезаторов на базе ИМС фирмы Analog Devices. ИМС ADF4107, ADF4153 и ADF4360, а также программа ADIsimPLL, Ver. 2.0, были презентованы 9 июля 2002 г. Christian Kermarrec, вице-президентом отделения "RF and Wireless Systems" фирмы Analog Devices [4, 7]. ADIsimPLL рассмотрена в ЭКиС [3] и является свободно распространяемой программой, которая может быть получена на Web-сайте фирмы Analog Devices (<http://www.analog.com>).

ИМС ADF4107

Микросхема ADF4107 [4-6] является развитием ADF4106. Основное отличие: верхняя синтезируемая частота составляет 7 ГГц, что является самым высоким достижением для интегральных синтезаторов. На рис. 1 приведена структурная схема ADF4107, типичная для одноканальных синтезаторов фирмы Analog Devices, а на рис. 2 – схема включения ADF4107. Основной ИМС является синтезирующая цепь с использованием системы ФАПЧ [8]. Фильтр и управляемый генератор (УГ) системы не входят в состав ИМС (рис. 2).

Выходное колебание синтезатора снимается с вывода RF_{OUT} (рис. 2). Это колебание подается также в цепь обратной связи системы ФАПЧ на вход делителя частоты N (RF_{IN}A). Токовый формиратор на выходе фазочастотного детектора и интегрирующий фильтр обеспечивают в системе ФАПЧ астатический режим регулирования. В этом режиме фазочастотный де-

тектор работает как фазовый, причем при нулевом фазовом рассогласовании и, соответственно, при малом фазовом шуме. В переходном режиме, до вхождения системы в синхронизм (например, при включении или перестройке системы ФАПЧ), детектор работает как частотный. Коэффициент деления делителя N , как и делителя R , является целым числом. Синтезатор с таким делителем относится к синтезаторам типа "Integer-N" (с целыми значениями коэффициента деления N), разрешение которых $\Delta f_{\text{ВЫХ}}$ (дискретность перестройки частоты $f_{\text{ВЫХ}}$) определяется частотой на входе детектора согласно выражению:

$$\Delta f_{\text{ВЫХ}} = f_{\text{ФД}} = f_{\text{ВХ}}/R, \quad (1)$$

где $f_{\text{ВЫХ}}$ и $f_{\text{ВХ}}$ – частоты на выводах RF_{OUT} и FREF_{IN} (рис. 2), а $f_{\text{ФД}}$ – на входе детектора.

Требуемая настройка синтезатора осуществляется путем программирования через трехпроводной интерфейс (CLK, DATA, LE на рис. 1) с 24-битовым сдвигающим регистром на входе ИМС. Регистр

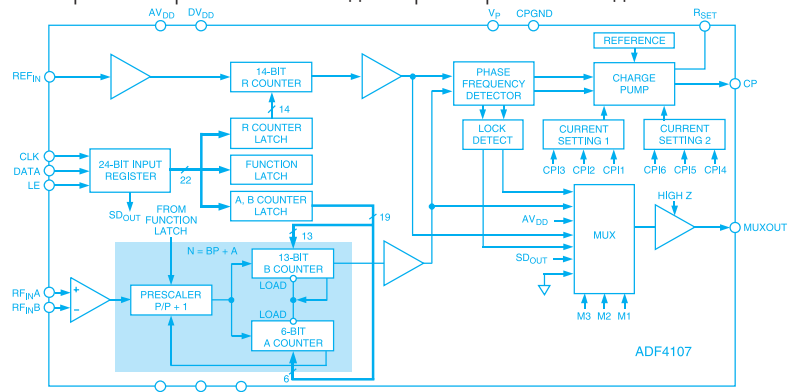


Рис. 1. Структурная схема ИМС синтезатора ADF4107

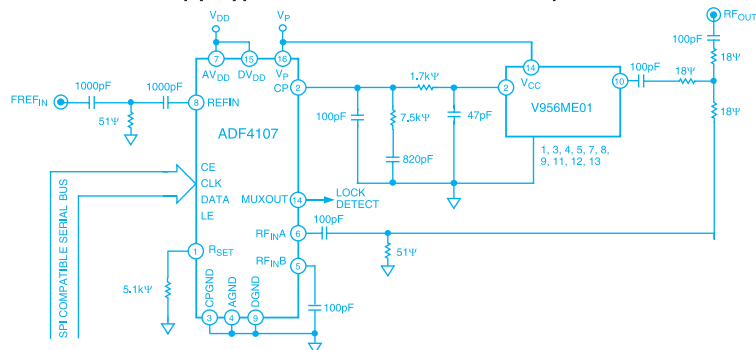


Рис. 2. Схема включения ADF4107 (гетеродин для базовой станции LMDS)

может использоваться в одном из четырех режимов, определяемых двумя младшими битами каждого из четырех 24-разрядных слов данных, подаваемых на вход LE. Регистр обеспечивает установку коэффициентов деления N и R делителей частоты, коэффициентов преобразования токовых формирователей, включение той или иной цепи контроля (питания, выходов делителей частоты, детектора) и др. Коэффициент R программируется непосредственно, а N – через параметры P , B и A в соответствии с выражением

$$N = PB + A. \quad (2)$$

В [6] даются значения R , P , B и A , необходимые для расчета и программирования, а в табл. 1 данной статьи приведены пределы возможных значений R и N .

Разрешение (1), зависящее от $f_{\text{вх}}$ и R , определяется также отношением

$$\Delta f_{\text{вых}} = f_{\text{вых}}/N. \quad (3)$$

В результате, выбор $\Delta f_{\text{вых}}$ осуществляют согласно выражению (3), для которого $f_{\text{вых}}$ и N берут из таблиц параметров в [6], а затем определяют $f_{\text{вх}}$ и R согласно (1), причем с учетом равенства $f_{\text{вых}}/N = f_{\text{вх}}/R$ и опять-таки в пределах значений $f_{\text{вх}}$ и R , приводимых в таблицах [6]. Возможны вариации в выборе N и R в зависимости от $f_{\text{вх}}$ и $f_{\text{вых}}$. Частота на выходе синтезато-

тора

$$f_{\text{вых}} = f_{\text{вх}} \times N/R, \quad (4)$$

где $f_{\text{вых}}$ и $f_{\text{вх}}$ – частоты на выводах RF_{OUT} и FREF_{IN} (рис. 2).

На рис. 2 в качестве примера показана схема гетеродина базовой станции системы связи LMDS. Гетеродин, в котором применены микросхемы синтезатора ADF4107 и УГ V956ME01 (фирмы Z-Comm), формирует синусоидальное колебание с частотой 6.3 ГГц.

В табл. 2 приведены полные обозначения ADF4107 и других рассматриваемых ниже ИМС, типы корпусов, напряжения питания и токи потребления. Значения $\Delta f_{\text{вых}}$, $f_{\text{вх}}$ и $f_{\text{ФД}}$, а также коэффициентов N и R приведены в табл. 1.

Ознакомление с ИМС ADF4107 и отработка схемы синтезатора могут быть произведены при помощи оценочной платы EVAL-ADF4107EB1 [6]. Отметим, что напряжение питания цифровой части ИМС (вывод DV_{DD} , рис. 1) не должно превышать напряжения питания токового формирователя (вывод V_P). В противном случае возможен отказ ИМС.

ИМС ADF4212L

ADF4212L [4-6] – двухканальный синтезатор типа "Integer-N" с выходами синтезируемых колебаний высокой (RF) и промежуточной (IF) частот. ADF4212L характеризуется пониженным до 10 мА током

потребления (при типовом значении 7.5 мА). Для сравнения, ADF4212 характеризуется током до 17.5 мА (при типовом значении 13.5 мА). Но ADF4212L имеет более узкий частотный диапазон (см. таблицу), чем ADF4212 (0.15 ... 2.7 ГГц, 0.06 ... 1.0 ГГц).

В [6] приводится схема включения ADF4212L в составе гетеродина с двумя выходами: RF (880 ... 915 МГц с шагом переключения 200 кГц) и IF (540 МГц) для преобразователей частоты системы связи GSM. Синтезатор ADF4212L применен совместно с УГ VCO190-540T и VCO190-902U фирмы Vari-L. В [6] приводится также схема включения ADF4212L с УГ M3500-1324 (фирма Micronetics) в составе гетеродина, работающего в области частоты 2.1 ГГц. Применение ADF4212L рекомендуется не только для узкополосных систем связи GSM, DCS1800, CDMA и WCDMA, но и для широкополосных (кабельного телевидения) с полосой перестройки до 400 МГц.

Требуемая настройка ADF4212L осуществляется, как и ИМС ADF4107, путем программирования через трехпроводной интерфейс, но с другим распределением функций между четырьмя режимами 24-битового регистра на входе ИМС. Оценочная плата – EVAL-ADF4210/12/13EB [6].

Таблица 1. Параметры новых синтезаторов частот фирмы Analog Devices

| Тип синтезатора | Синтезируемая частота, МГц | Опорная частота, МГц | Коэффициенты деления | | Макс. частота $f_{\text{ФД}}$, МГц | Разрешение | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|------------|------------------|
| | | | R | N | | ΔN | Δf , кГц |
| Синтезаторы типа Integer-N | | | | | | | |
| ADF4107 | 1000...7000 | 20...250; < 20 * | 1...16383 | 56...524287 | 104 | 1 | 1.9...13.35 |
| ADF4212L (два канала) | 200...2400 | 10...150 | 1...32767 | 56...262143 | 75 | | 0.76...9.155 |
| | 100...1000 | | | | | | 0.38...3.81 |
| ADF4360-1 | 2000...2550 | 10...100 | 1...16383 | 56...262143 | 1 | | 7.6...9.7 |
| ADF4360-2 | 1700...2150 | | | | | | 6.5...8.35 |
| ADF4360-3 | 1600...1950 | | | | | | 6.1...7.4 |
| ADF4360-4 | 1400...1800 | | | | | | 5.3...6.5 |
| ADF4360-5 | 1150...1400 | | | | | | 4.4...5.3 |
| ADF4360-6 | 1000...1250 | | | | | | 3.8 ... 4.8 |
| ADF4360-7 | 200...1000 | | | | | | 0.76 ... 3.8 |
| Синтезатор типа Fractional-N | | | | | | | |
| ADF4153 | 100...3000 | 0...150 | 1...15 | 19.0000... 511.4095 | 40 | 0.0001 | 0.02 ... 0.6 |

* Частота 20 ... 250 МГц – для входного колебания без постоянной составляющей; < 20 МГц – для прямоугольного колебания с постоянной составляющей



Таблица 2. Обозначения, типы корпусов и напряжений питания ИМС синтезаторов

| Обозначение синтезатора | Тип корпуса | Напряжение питания/ток потребления, В/мА | | |
|-------------------------|-------------|--|-----------------------------------|-------------------|
| | | V_{DD}/I_{DD} | V_P/I_P | V_{VCO}/I_{VCO} |
| ADF4107BRU | TSSOP-16 | 2.7...3.3/17 | $V_{DD}...5.5/0.4$ | - |
| ADF4107BCP | LFCSP-20 | 2.7...3.3/15 | | |
| ADF4212LBRU | TSSOP-20 | 2.7...3.3/10 | $V_{DD}...5.5/0.6$ | |
| ADF4212LBCP | LFCSP-20 | | | |
| ADF4360-1BCP | LFCSP-24 | 2.7...3.3/9 | - (в составе V_{DD}/I_{DD}) | $V_{DD}/10...28$ |
| ADF4360-2BCP | | | | |
| ADF4360-3BCP | | | | |
| ADF4360-4BCP | | | | |
| ADF4360-5BCP | | | | |
| ADF4360-6BCP | | | | |
| ADF4360-7BCP | TSSOP-16 | 2.7...3.3/6 | $V_{DD}...6.0/-$ | - |
| ADF4153BRU | LFCSP-20 | | | |

Примечания: 1. V_{DD} и I_{DD} – напряжение питания и ток потребления аналоговых и цифровых цепей ИМС, кроме питания токового формирователя (V_P и I_P), и внутреннего управляемого генератора (V_{VCO} и I_{VCO}).
2. Диапазон рабочих температур для всех ИМС от -40 до 85 °С.

ИМС ADF4360

Семейство ИМС ADF4360 [4-6] типа "Integer-N" содержит набор микросхем ADF4360-1 ... ADF4360-7, рассчитанных на разные диапазоны частот. Особенностью ИМС является и то, что они содержат УГ (с выходным усилителем мощности), чем и объясняется разбивка их на несколько ИМС (для ADF4107, ADF4212L и ADF4153 УГ являются внешними устройствами). УГ в ADF4360-1/6 содержат все элементы колебательных контуров, а более низкочастотная микросхема ADF4360-7 работает с внешним элементом индуктивности.

Значения синтезируемых частот и другие параметры ADF4360-1/7 приведены в табл. 1 и 2. Оценочные платы: EVAL-ADF4360EBx [6].

ИМС ADF4153

ADF4153 [4-6] относится к другому типу синтезаторов – "Fractional-N" (с дробными значениями коэффициента деления N) [9]. Дробные значения N обеспечивают получение повышенного разрешения (дискретности перестройки) в соответствии с (3) и (4): $f_{\text{вых}} = f_{\text{ФД}} N$ и $\Delta f_{\text{вых}} = f_{\text{ФД}} \Delta N$, (5) где $\Delta N = 0.0001$ для ADF4153 (для синтезаторов типа "Integer-N" $\Delta N=1$). В ADF4153 синтезируются частоты до 3 ГГц при разрешении 0.6 кГц. Параметры ИМС приведены в таблице. Микросхема ADF4153 совместима с ИМС

ADF4110/1/2/3 типа "Integer-N".

В отличие от (2) для ИМС типа "Integer-N", коэффициент деления N для ADF4153 типа "Fractional-N" характеризуется выражением

$$N = I + F/M, \quad (6)$$

где I и F/M – целая и дробная составляющие коэффициента ($F/M < 1$, а F и M – целые числа). Особенностью ADF4153, отличающей ее от других синтезаторов типа "Fractional-N", является то, что в цепи управления дробным коэффициентом деления N применен сигма-дельта интерполятор. Выходной сигнал интерполятора, имеющего цифровое управление, представляет собой временную последовательность нулевых ("0") и единичных ("1") посылок [10]. Дробное число N получают как среднее значение двух коммутируемых целых чисел $N_0 = I$ и $N_1 = I+1$. Соответственно, делитель N программируется на два целых значения коэффициента деления N_0 и N_1 , которые коммутируются при управлении делителя последовательностью "0" и "1" (значению N_0 соответствует посылка "0", а значению N_1 – посылка "1"). При переключении коэффициента деления сохраняется постоянство частоты на выходе УГ, определяемой из (4) и (6), благодаря фильтрующему свойству системы ФАПЧ. При этом в системе ФАПЧ обеспечивается астатический режим работы и на фазовый детектор воздействует переключаемая двух-

полярная фазовая ошибка со средним значением, равным 0.

Требуемая настройка ADF4153 осуществляется, как и рассмотренных выше ИМС, путем программирования через трехпроводный интерфейс (CLK, DATA, LE) с 24-битовым сдвигающим регистром на входе ИМС, который также может использоваться в одном из четырех режимов.

Параметры ADF4153 приведены в табл. 1 и 2. Применение ADF4153: мобильные аппараты и базовые станции систем связи GSM, PCS, DCS, CDMA, WCDMA, системы кабельного телевидения, локальной беспроводной связи и испытательного оборудования. Оценочная плата – EVAL-ADF4153EB [6].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Макаренко В. Стабильные гетеродины для преобразователей частоты // ЭКиС. – Киев: VD MAIS, 2002, № 3.
2. Голуб В. Новые синтезаторы частот серии ADF4xxx // Chip News, 2002, № 4.
3. Микросхемы синтезаторов частоты // ЭКиС. – Киев: VD MAIS, 2003, № 4.
4. Analog Devices' News Release: Analog Devices Extends Radio Frequency Product Portfolio. June 09, 2003 (www.analog.com).
5. Analog Devices' Technical Support: PLL Synthesizer (www.analog.com).
6. Analog Devices' Data Sheets: ADF4107, Rev. 0, 2003; ADF4153, Rev. 0, 2003; ADF4212L, Rev. A, 2003; ADF4360, Rev. PrP, 01/03.
7. Analog Devices' News Release: New Analog Devices' Circuit Simulation Tool Simplifies Phase-Locked Loop Design. – June 09, 2003 (www.analog.com).
8. Голуб В. Система ФАПЧ и ее применения // Chip News, 2000, № 4.
9. Daly B., Comparing Integer-N and Fractional-N Synthesizers // Microwave & RF, September 2001.
10. Голуб В. Цифровая обработка сигналов: сигма-дельта АЦП // Электроника: НТБ, 2001, № 4.

ОДНОПЛАТНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ В СТАНДАРТЕ PCI-ПЛАТЫ ПОЛНОЙ ДЛИНЫ

В статье рассмотрены основные характеристики выпускаемых компанией Portwell одноплатных промышленных компьютеров, выполненных в стандарте PCI-платы полной длины.

В. Охрименко



Одноплатный компьютер ROBO-698

Рассмотренные в статье одноплатные промышленные компьютеры (Single Board Computer – SBC) построены на базе высокопроизводительного микропроцессора производства компании Intel (Pentium III или Celeron), обеспечивают возможность подключения большого объема синхронной динамической памяти (до 1 Гбайт) и имеют широкий набор периферийных контроллеров, с помощью которых организуется связь с внешними устройствами. Все рассматриваемые одноплатные компьютеры имеют встроенный "сторожевой" таймер и гнездо для подключения флэш-дисков типа DOC (Disk on Chip) с максимальным объемом памяти до 288 Мбайт. Во всех компьютерах имеются две шины: 32-разрядная PCI и 16-разрядная ISA. В каждом компьютере реализован также программно-аппаратный мониторинг напряжения питания и температуры микропроцессора. Выпускаемые фирмой Portwell одноплатные промышленные компьютеры соответствуют техническим требованиям PICMG (PCI Industrial Computer Manufactures Group).

Поскольку одноплатные промышленные компьютеры отличаются небольшими габаритными размерами, высокой производительностью, большим набором периферийных контроллеров и предназначены для работы в расширенном диапазоне температур, они в настоящее время широко применяются в системах сбора и обработки данных типа SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), используемых для решения задач комплексной автоматизации промышленного производства. Кроме того, описываемые компьютеры применяются и в других высокопроизводительных системах и устройствах, предназначенных для работы на необслуживаемых объектах.

В таблице приведены основные параметры одноплатных промышленных компьютеров ROBO-679, ROBO-678, NC-6060, ROBO-698 и ROBO-608 [1-3].

ROBO-679 – одноплатный промышленный компьютер, построенный на основе микропроцессора Intel Pentium III Tualatin или Celeron. На плату SBC ROBO-

679 можно устанавливать микропроцессор Pentium III с тактовой частотой до 1.26 ГГц. Чипсет Intel 815E обеспечивает обмен данными со SDRAM-памятью (стандарт PC100/133) максимальным объемом 512 Мбайт. Для подключения модулей памяти имеется два гнезда типа DIMM (168 контактов). Кроме того, в SBC ROBO-679 имеются "сторожевой" таймер, таймер реального времени и батарейка, с помощью которой поддерживается работа таймера реального времени при отключении напряжения питания. Видео-контроллер, выполненный на базе микросхемы Intel 815EGMCH, позволяет формировать изображение с разрешением 1600x1200 пикселей при частоте обновления изображения 85 Гц. Контроллер ввода/вывода, построенный на основе микросхемы W83627HF, поддерживает обмен данными с внешними устройствами, имеющими стандартные последовательные (RS-232, PS/2, USB) и параллельные (SPP, ECP, EPP) интерфейсы обмена данными.

ROBO-678 – одноплатный промышленный компьютер, созданный на основе микропроцессора Intel Celeron или Pentium III. Тактовая частота системной шины составляет 66, 100 или 133 МГц. Чипсет Intel 815E поддерживает обмен данными с памятью типа SDRAM (стандарт PC100/133) максимальным объемом 512 Мбайт. Для подключения модулей памяти предусмотрено два гнезда типа DIMM (168 контактов). Как и SBC ROBO-679, компьютер ROBO-678 содержит специальный дополнительный разъем PCI-шины, который можно использовать для подключения дочерних плат расширения (daughter boards), к примеру, адаптера SCSI на базе контроллера AIC-7892 (фирмы Adaptec) с интерфейсом Ultra 160 SCSI. Ethernet-контроллер, выполненный на базе микросхемы Intel 82559, поддерживает протоколы обмена данными, принятые в стандартах 10/100BASE-T.

NC-6060 содержит гнездо типа Socket 370 для подключения микропроцессора Intel Pentium III или Celeron. Компьютер SBC NC-6060 предназначен для

Основные параметры компьютеров, выполненных в стандарте PCI-платы полной длины

| Наименование параметра | | ROBO-679 | ROBO-678 | NC-6060 | ROBO-698 | ROBO-608 |
|---|----------------------|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Тип микропроцессора | | FC-PGA/ FC-PGA2 Pentium III/ Celeron | FC-PGA Pentium III/ Celeron | (Socket 370) Pentium III/ Celeron | FC-PGA/PPGA Pentium III/Celeron | |
| Тактовая частота системной шины, МГц | | 66/100/133 | | | 66/100 | |
| Кэш-память второго уровня | | встроена в процессор | | | | |
| Максимальный объем ОЗУ, Гбайт | | 512 Мбайт (2×DIMM) | | 1 (3×DIMM) | 4 (4×DIMM) | |
| Система коррекции ошибок (ECC) | | — | | | + | |
| BIOS | | Award | | AMI | | |
| Чипсет | | Intel 815E | | VIA Pro 133 | Intel 82440 BX | |
| Макс. объем флэш-диска типа DOC, Мбайт | | 288 | | | | |
| Интерфейс расширения PC-104 | | — | | + | — | + |
| Интерфейс SCSI | | имеется возможность подключения AIC-7892 Ultra 160 | | — | | |
| Контроллер HDD: | – количество каналов | 2 | | | | |
| | – интерфейс | EIDE Ultra DMA33/66/100 | | EIDE Ultra DMA66/100 | EIDE Ultra DMA33 | |
| FDD-порт/дисковод | | 1/2 | | | | |
| Шина расширения | | PCI | | — | | |
| Видеоконтроллер: | – тип | Intel 815 EGMC | | VIA 8601 | C&T 69000 | |
| | – интерфейс | VGA | | | VGA/LCD | |
| Сторожевой таймер | | + | | | | |
| Программно-аппаратный мониторинг | | + | | | | |
| ATX-монитор | | + | | | | |
| Порты ввода/вывода | | | | | | |
| Чипсет | | W8397ATF | | VT82C686B | W83977ATF | |
| USB | | 3 | 2 | | | |
| Последовательный | | 2 | | | | |
| Параллельный | | 1 | | | | |
| Ethernet | | Intel ICH2 | Intel 82559&IC-H2 | RealTek 8139C | Intel 82559 | — |
| PS/2 ("мышь", клавиатура) | | 2 | | | | |
| IrDA | | + | | | | |
| Аудио | | — | | | | |
| Драйверы шины ISA с током нагрузки 64 мА | | + | | | | |
| Напряжение источников питания, В, (ток потребления), мА | | +5 (10 A), +12 (200), -12 (30) | +5 (7 A), +12 (200), -12 (20) | +5 (8 A), +12 (150), -12 (20) | +5 (6 A), +12 (140), -12 (30) | +5 (6 A), +12 (140), -12 (30) |
| Диапазон рабочих температур, °C: | – рабочих | 0...55 | | | | |
| | – хранения | -20...75 | | | | |
| Относительная влажность воздуха, % | | 5...95 | | | | |
| Габаритные размеры, мм | | 338.5×122.0 | | | | |

применения в системах компьютерной телефонии и телекоммуникационных системах разного назначения. Чипсет VIA PLE 133 поддерживает обмен данными по системной шине с тактовой частотой 66, 100 или 133 МГц. Контроллер памяти имеет встроенную систему коррекции ошибок (Error Correcting Code – ECC) и поддерживает обмен данными с памятью типа SDRAM объемом до 1 Гбайт. Адаптер сети Ethernet выполнен

на базе контроллера RealTek 8139C (стандарт 10/100BASE-T). Видеоконтроллер позволяет формировать цветное изображение (256 цветов) с разрешением 1280×1024 пиксела при частоте обновления видеоизображения 60 Гц. На плате компьютера содержится 68-контактный разъем для подключения одного дополнительного PCI-устройства. Кроме того, имеется разъем для подключения внешних источников питания.

Контроллер ввода/вывода, построенный на базе микросхемы VT82C686B, обеспечивает обмен данными с внешними устройствами, поддерживающими параллельные интерфейсы SPP, ECP и EPP.

ROBO-698, построенный на базе чипсета Intel 82440 BX ("южный" и "северный" мост) и микропроцессора Intel Pentium III (850 МГц) или Celeron (700 МГц), предназначен для создания малогабаритных встраиваемых вычислительных систем промышленного назначения. Чипсет Intel 82440 BX поддерживает интерфейс AGP (Accelerated Graphics Port), а также обеспечивает подключение SDRAM-памяти максимальным объемом до 1 Гбайт. На плате имеется четыре гнезда типа DIMM (168 контактов) для подключения модулей памяти. Вideoконтроллер C&T 69000 со встроенной видеопамятью типа кэш объемом 2 Мбайт поддерживает работу TFT/DSTN-панелей и CRT-дисплеев. Вideoконтроллер позволяет формировать изображение с разрешением 1280x1024 пиксела при частоте обновления видеоизображения 60 Гц. В качестве таймера реального времени используется микросхема DS1687. С помощью Ethernet-контроллера на базе микросхемы Intel 82559 осуществляется обмен данными по локальной сети. Немаловажное достоинство

компьютера ROBO-698 – наличие отдельного разъема для подключения напряжения питания, что позволяет использовать его в качестве автономного компьютера для встраиваемых приложений.

ROBO-608 – одноплатный промышленный компьютер, в который можно устанавливать микропроцессор Pentium III с тактовой частотой до 850 МГц или Celeron (700 МГц). На плате компьютера имеется четыре гнезда типа DIMM (168 контактов) для подключения модулей памяти общим объемом 1 Гбайт. Контроллер памяти имеет встроенную систему коррекции ошибок (ECC). Как и в SBC ROBO-698, в компьютере ROBO-608 имеется отдельный разъем для подключения напряжения питания и микросхема таймера реального времени DS1687. На плате компьютера содержится разъем интерфейса расширения PC-104. В остальном параметры SBC ROBO-608 аналогичны параметрам компьютера ROBO-698.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Product Guide 2002. – Portwell, 2002.
2. Single Board Computer. Reference Table (<http://www.portwell.com.tw>).
3. <http://www.portwell.com>

WBS - ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ SCADA

*А. Бородаев, И. Кисиль, В. Федишов,
кооператив "Модуль", г. Киев*

Введение. White Board System (WBS) – распределенная программная система, предназначенная для дистанционного контроля технологических процессов. Это название связано с "изюминкой" настоящего проекта – "White Board Document" (WBD). Ниже описывается формат данных WBD, позволяющий концентрировать динамически меняющиеся данные. Именно использование таких документов лежит в основе построения предлагаемой системы.

Комплекс программ WBS расширяет возможности существующих систем SCADA по формированию наборов динамически меняющихся данных (WB-документов), их передаче по сети и отображению на рабочих местах. В то же время комплекс может быть положен в основу системы SCADA, т. к. является самодостаточным для построения определенного семейства систем.

Система полностью разработана отечественными программистами. Применение английского языка в терминах объясняется тем, что система разработана по спецификациям американской фирмы MSolutions, Inc. Авторские права на систему и на формат WBD разделены поровну между MSolutions, Inc. и Кооперативом "Модуль". Мы имеем право развивать, изменять

и внедрять систему по своему усмотрению.

Программный комплекс создан в среде программирования Delphi (6.0) и предназначен для работы в Microsoft Windows NT 4.0 и выше.

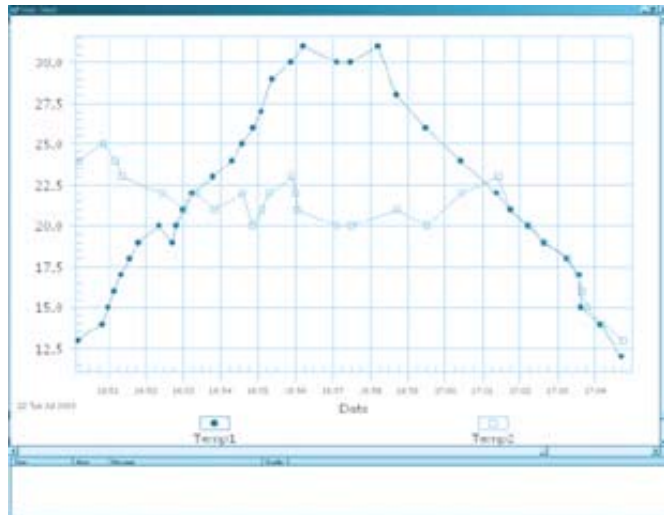
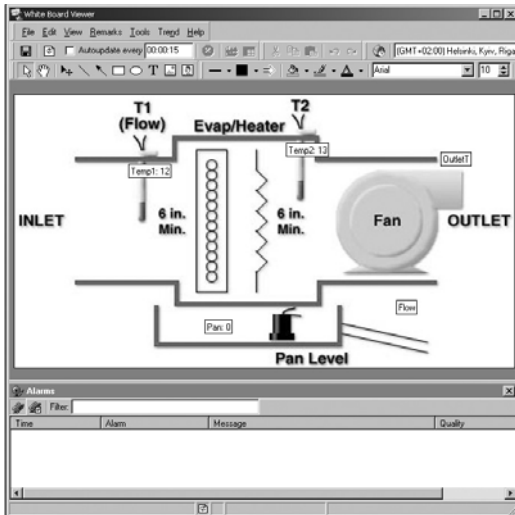
В разработке использованы:

- продукт WebSite фирмы O'Reilly Software
- спецификации OPC Foundation
- идеи MSolutions, Inc.

Архитектура системы. Для описания архитектуры системы мы будем придерживаться следующего плана: сначала определим крупные концептуальные элементы архитектуры (источники данных, WBD-формат, сервер конференций), а затем опишем технологию работы с системой.

Источниками данных для системы являются OPC серверы (OLE for Process Control). *Подробно ознакомиться с идеями OPC можно на Web-сайте (<http://www.opcfoundation.org>).* Здесь же коротко напомним, что спецификация OPC определяет набор специальных СОМ-объектов, методов и свойств, предназначенных для использования в системах автоматизации и управления технологическими процессами в реальном времени.

Использование идей OPC позволяет в представляемой системе рассматривать как источники информации любые системы сбора информации, включая уже



Окно просмотра WBD-документа

существующие программно-технические комплексы. В случае, когда в существующей системе отсутствует OPC-интерфейс, следует разработать один или несколько OPC-серверов. Использование OPC-интерфейса позволяет получить из сервера перечень контролируемых параметров, их типы, единицы измерения, текущие значения и т. п. В процессе настройки система опрашивает OPC-серверы и регистрирует доступные параметры в базе данных.

Формат данных WBD, разработанный специально для описываемой системы, представляет собой набор файлов, объединенных в подкаталог. Для создания, редактирования и просмотра таких документов разработаны специальные приложения WBS_Editor (редактор) и WBS_Viewier (программа просмотра).

При создании документа в нем может быть задано фоновое изображение в формате JPEG. Обычно это чертёж, рисунок или мнемосхема технологического оборудования, для контроля за работой которого и создается конкретный документ.

Поверх фона размещаются *теги* контролируемых параметров системы. Визуально *тег* представляет собой поле, в котором отображается текущее значение параметра. Тег связывает графическое поле для отображения параметра с соответствующим полем в базе данных. Процесс выбора тегов из базы данных и размещения их на поле документа прост: используется технология drag-and-drop.

WBD предназначен для хранения одного или нескольких значений каждого контролируемого параметра. Для этого в него включена соответствующая таблица базы данных, которая используется после активации документа для накопления данных. Интервал времени, в течение которого накапливаются значения параметров, также задается в процессе создания или редактирования документа. Таким образом, документ может хранить не только текущие значения парамет-

ров, но и аккумулировать их, например, за последние несколько часов, за последние сутки или полученные от момента активизации документа до текущего времени. Текущие значения отображаются на документе в виде строк, а накопленные могут быть представлены в виде таблиц и графиков.

Просматривая документ, специалисты имеют возможность комментировать процессы и делать свои замечания. Эти замечания кроме текста включают графические элементы: стрелки, окружности, прямоугольники различного цвета, произвольные графические изображения. Для сохранения этих замечаний, а также информации об авторах и времени появления замечания в WBD предусмотрены соответствующие файлы.

На рисунке показано, как выглядит WBD-документ, отображающий состояние установки искусственного климата, при его просмотре с использованием специализированной программы.

Сервер конференций – это хранилище активных документов. Он представляет собой специализированную программу, которая работает совместно с программами-клиентами с использованием HTTP-протокола. Клиентами сервера являются программы-источники и программы-получатели данных. Источники данных размещают WBD-документы на сервере и постоянно обновляют (пополняют) данные в документах. Получатели данных могут загружать документы с сервера и периодически обращаться за новой порцией данных.

Сервер конференций может быть расположен как в локальной сети (масштаб intranet), так и на любом доступном узле Internet. В системе может быть неограниченное количество серверов. Доступ к ним ограничен наличием процедуры регистрации и получения пароля.

Для ограничения и регламентирования доступа к

данным на сервере все документы группируются по специально оформленным подкаталогам, называемым конференциями. При помощи специальной программы WBS_Explorer можно создать конференцию (специальный подкаталог), задав интервал времени, в течение которого она будет доступна другим клиентам. Доступ к документам из конференции регламентируется механизмом регистрации и использованием паролей.

Технология работы с системой предполагает, что документы WBD-формата могут быть созданы в любое время, но, как правило, их проектируют и создают заранее, так как они отображают наборы взаимосвязанных данных, предоставляемых специалистам на рабочие места. И эти наборы могут иметь большие отличия для специалистов разных уровней и профилей.

Конференции также могут создаваться в любое время, но чаще всего их создают заранее. При этом решаются вопросы ограничения доступа к данным.

В процессе функционирования системы достаточно поместить WBD-документ в конференцию, после чего он становится активным. Специальная программа-"насос" с заданной периодичностью посылает новые порции данных всем активным документам. Таким образом синхронизируются данные на компьютеристичнике и сервере.

Теперь любой пользователь системы, имея соответствующие пароли доступа, может открыть документ на своем рабочем месте. При этом однократно будут

скопированы все статические файлы документа и массив данных, накопленный до момента обращения за документом. Затем с периодичностью, заданной оператором, программа просмотра обращается к серверу и получает от него очередную порцию данных. Таким образом синхронизируются данные на сервере и компьютере-получателе.

Как уже отмечалось, в процессе работы с документом к нему можно добавлять комментарии, которые также будут синхронизированы, т. е. через некоторое время их увидят все, кто работает с этим документом.

Применение системы. Предполагается, что программная система будет полезна организациям, выполняющим ремонт и обслуживание технологических комплексов. Описываемая система была апробирована дважды. В первом случае – в организации, обслуживающей компьютерные сети, во втором – на предприятии, обслуживающем установки искусственного климата. И в том и в другом случае организации вынуждены контролировать работу удаленного и распределенного в пространстве оборудования. Система позволяет также привлекать к анализу прохождения технологических процессов специалистов-консультантов, которые могут располагать свои замечания непосредственно на документе в реальном времени.

Подробнее о комплексе WBS и его создателях можно узнать в сети Интернет по адресу: www.module.com.ua, по телефону: (044) 562-7714 или электронной почте: aborodaev@module.com.ua

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ШИРОКОПОЛОСНЫЙ АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА HM5033

В статье приведены характеристики и основные особенности нового ручного анализатора спектра HM5033 компании Hameg Instruments, обеспечивающего анализ сигналов в диапазоне частот до 3.3 ГГц. Характеристики и функциональные возможности нового прибора сопоставимы с показателями стационарных приборов ведущих мировых производителей, при этом HM5033 отличается от аналогов малыми габаритами, экономичностью и невысокой стоимостью.

В. Макаренко

Анализатор спектра HM5033 производится японской компанией Micronix [1] (торговая марка в Японии MSA338). Компания Hameg Instruments является эксклюзивным дистрибьютором Micronix в Европе.

Быстродействующий компактный анализатор спектра может быть использован для контроля сиг-

налов в системах связи W-CDMA, CDMA, GSM, PDC, PHS, Bluetooth и беспроводных локальных вычислительных сетях (ЛВС).

Анализатор относится к классу ручных приборов (рис. 1). Его масса не превышает 1.7 кг. Встроенный аккумулятор обеспечивает непрерывную работу анализатора без подзаряда в течение 100 мин. Малые габариты и масса делают его удобным для работы в полевых



Рис. 1. Анализатор спектра типа HM5033

условиях для настройки и контроля параметров беспроводных средств телекоммуникаций. Стабильность

Основные характеристики анализатора спектра HM5033

| Параметры | Значение | Параметры | Значение |
|--|---|--|---|
| Частотные | | Амплитудные | |
| Частотный диапазон, МГц | 0.05...3300 | Диапазон входных напряжений, дБм | +10...-40 |
| Точность установки центральной частоты, кГц | $\pm(30+100T^*)$ | Динамический диапазон входного сигнала, дБм | 110 |
| Диапазон перестройки центральной частоты/полоса пропускания анализатора, МГц/кГц | (0.2...10)/30, (20...3300)/100 | Уровень шума (центральная частота 100 МГц, полоса пропускания фильтра 3 кГц), дБм | -110 |
| Неравномерность АЧХ (центр. частота 100 МГц, полоса пропускания 3 МГц), дБ | $\pm 0.8 \pm 1$ точка | Диапазон регулировки входного аттенуатора, дБ | 0...25 с шагом 1 дБ |
| Диапазон перестройки полосы анализа, ГГц | 0.2, 0.4, 2.0, 3.3 | Неравномерность АЧХ, дБ | ± 2 (0.05...100 МГц), ± 1 (100...3300 МГц) |
| Диапазон перестройки полосы пропускания, МГц | (0.03...3) $\pm 20\%$ | Количество точек дисплея по вертикали | 200 |
| Полоса пропускания видеофильтра, кГц | 0.1...300 (3 ступени), автоматич. и выкл. | Разрешающая способность дисплея по амплитуде, дБ/дел | 10 и 2 |
| Разрешающая способность дисплея по частоте, кГц | (полоса анализа)/250 | Предельное значение входного напряжения, дБм | 20 |
| Количество точек на экране дисплея по горизонтали | 251 | Максимальное значение постоянной составляющей входного сигнала, В | 25 |
| Параметры развертки | | Выполняемые функции | |
| Время развертки (3 ступени), с | 0.01...30 (0.05...2000 МГц), 0.03...30 (0.05...3300 МГц) | Измерение частоты и амплитуды в точке, помеченной маркером. Количество десятичных разрядов цифрового индикатора | частота – 7, амплитуда – 4 |
| Нелинейность развертки, % | ± 0.1 (0.05...2000 МГц), ± 1.5 (0.05...3300 МГц) | Измерение между двумя маркерами | разность частот и разность амплитуд |
| Синхронизация | по фронту, по спаду, стробированием | Поиск максимумов | автоматический поиск и установка маркера в точке макс. ампл. |
| Общие | | | |
| Входное сопротивление, Ом | 50 | Аккумулятор | Ni-MH |
| Интерфейс связи | RS-232C | Внешн. источник питания пост. тока | 5.0 В/4.0 А |
| Скорость передачи данных через интерфейс, кбод/с | 2.4...38.4 | Габаритные размеры, мм | 162×70×260 |
| ЖК-дисплей, точки | 320×240 | Масса с батареей, кг | 1.7 |
| Диапазон рабочих температур, °С | 0...40 | Масса без батареи, кг | 1.5 |

* – Время качания частоты в секундах

характеристик обеспечивается встроенным цифровым синтезатором частоты и термокомпенсированным кварцевым генератором. Малый уровень собственных шумов позволяет исследовать сигналы в широком динамическом диапазоне.

Параметры, измеряемые анализатором спектра НМ5033:

- мощность сигнала в полосе частот
- мощность сигнала в зеркальном канале
- полоса частот, занимаемая сигналом
- частота дискретных составляющих спектра в диапазоне 50 кГц...3.3 ГГц
- напряженность электрического поля
- напряженность магнитного поля.

Функциональные возможности НМ5033:

- проведение математической обработки результатов измерения
- нахождение максимумов и установка на них маркеров
- запись/загрузка установок пользователя (до 100 каждой) и результатов измерений
- автоматическое нахождение максимумов в спектре и установка соответствующей маркеру центральной частоты анализа
- автоматическая установка чувствительности и полосы анализа
- распечатка результатов измерений на принтере через порт RS-232C
- формирование на экране ПК картинки высокого разрешения (1000 точек по горизонтали)
- осуществление автоматического или ручного управления всеми параметрами и режимами работы.

Измерения осуществляются либо в автоматическом режиме (автоматически устанавливаются: чувствительность, полоса анализируемых частот, полоса пропускания фильтра анализатора, поиск максимумов и др. характеристики), либо в ручном. Основные характери-

стики анализатора в различных режимах измерения приведены в таблице.

С помощью маркера, установленного в нужной точке спектрограммы, можно получить абсолютное значение частоты и уровня, которые выводятся на экран дисплея. В ручном режиме диапазон анализируемых частот устанавливается дискретно и имеет пять различных значений полосы. Разрешающая способность анализатора регулируется ступенчато и имеет три градации.

В анализаторе предусмотрена возможность записи ста предустановок пользователя во внутреннюю энергонезависимую память прибора. Другой банк памяти позволяет сохранять до ста реализаций измеряемого сигнала. Это особенно удобно при проведении измерений в полевых условиях. При необходимости пользователь может вызвать на экран любую сохраненную реализацию, а для измерений – любой из ста вариантов предустановки.

Кроме измерения частоты и амплитуды сигнала в точке, отмеченной маркером, анализатор позволяет измерять и вычислять еще целый ряд параметров: разность напряжений и частот между точками, помеченными на спектрограмме маркерами; максимальное, минимальное и среднее значения.

Результаты спектрального анализа в виде спектрограммы выводятся на ЖК-дисплей (в окне размером 200x251 точку). В левой части дисплея отображаются значения установленных параметров, а в нижней – измеренные и вычисленные значения в точке, помеченной курсором, и состояние функциональных клавиш. На рис. 2 показан пример изображения на экране результатов измерения спектра сложного сигнала.

Для измерения напряженности магнитного поля анализатор снабжен пробником CP-2S, а для изме-

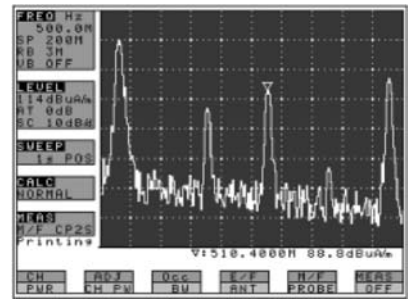


Рис. 2. Пример изображения на дисплее НМ5033

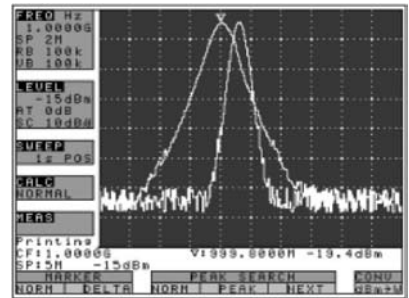


Рис. 3. Сравнение результатов текущей и сохраненной реализаций спектра

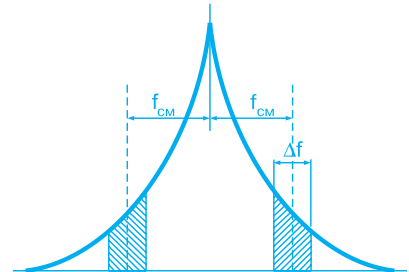


Рис. 4. Измерение мощности в зеркальном канале

рения напряженности электрического поля используется антенна, выполненная в виде диполя. Для измерения поля в системах связи стандартов PDC 800 МГц и GSM 900 МГц используется антенна М301, для PDC 1500 МГц – М302, для W-CDMA и GSM 1800/1900 МГц – М303. Пробник М304 предназначен для исследования устройств беспроводных локальных сетей и систем Bluetooth.

Наличие банка памяти реализаций позволяет сопоставлять текущие результаты с ранее измеренными, которые можно использовать в качестве эталона. На рис. 3 показан пример вывода на экран двух реализаций процесса. Пере-

мещаю маркер можно получить численные значения частоты и амплитуды в любой точке спектрограммы.

Измерение мощности сигнала осуществляется в выбранной пользователем полосе частот, а мощность сигнала в зеркальном канале по отношению к центральной частоте анализатора измеряется в полосе такой же ширины (рис. 4).

Стандартный интерфейс связи RS-232 позволяет передавать данные в ПК или на принтер для создания бумажной копии изображения на экране. Для вывода изображе-

ния на экран монитора ПК используется программное обеспечение "PC Software MAS300", поставляемое по заказу. При выводе изображения на монитор можно раскрывать различные реализации (текущую и вызванную из памяти) в разные цвета.

В стандартный комплект поставки входят: сетевой адаптер МА300 для питания анализатора от сети переменного тока, чехлы для прибора и аксессуаров, предохранитель и руководство пользователя. По дополнительной заявке могут

быть поставлены: дипольные антенны М301...М304, пробник для измерения напряженности магнитного поля CP2S, программное обеспечение "PC Software MAS300" для стыковки через RS-232 с ПК, кабель RS-232 M1180, преобразователь RS-232/GP-1B, зарядное устройство, принтер, коаксиальный кабель MC301...MC307, коаксиальный адаптер МА301...МА306, Ni-Mn аккумулятор MB300.

ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://www.micronix-jp.com/english/Top/top.html>

ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ КОМПОНЕНТОВ ПРИ СБОРКЕ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ: ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ

В статье, посвященной особенностям внедрения поверхностного монтажа печатных плат, рассмотрены варианты технологических схем монтажа, дана оценка перспективности их использования, приведены основные критерии выбора оборудования.

А. Грачев

Преимущества технологии поверхностного монтажа компонентов при сборке электронной аппаратуры по сравнению с монтажом выводов в отверстия очевидны. Развитие и внедрение техники поверхностного монтажа обеспечивается, прежде всего, экономическими соображениями, т. к. позволяет при конструировании и производстве электронной аппаратуры уменьшить ее габариты, снизить расход материалов и потребляемой электроэнергии, объем и массу, повысить ее надежность, быстродействие и технологичность, а также обеспечить автоматизацию сборки. Поэтому технику монтажа электронных компонентов на поверхность печатных плат называют четвертой революцией в электронике после изобретения электронной лампы, транзистора и интегральной схемы [1].

Улучшение характеристик электронной аппаратуры при использовании поверхностного монтажа в значительной степени определяется достижениями в создании нового поколения электронных компонентов, технологии и современного оборудования для сборки изделий. Совершенствование электронных компонентов для поверхностного монтажа направлено на:

- миниатюризацию, уменьшение веса
- повышение быстродействия, увеличение степени ин-

теграции и функциональности





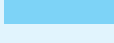



- повышение рабочей частоты
- увеличение количества выводов в корпусах и уменьшение шага выводов
- перевод нестандартных по габаритам компонентов в конструктивы для монтажа на поверхность плат.

При этом расширение возможностей использования поверхностного монтажа при сборке электронной аппаратуры коррелируется с увеличением номенклатуры монтируемых на поверхность плат компонентов и числа выполняемых технологических приемов. Однако, следует отметить ряд проблем, возникающих при внедрении технологии поверхностного монтажа, решения по которым принимаются в зависимости от выбранной конструкции и используемых материалов:

- увеличение удельного тепловыделения при уменьшении массогабаритных показателей электронной аппаратуры
- повышение требований к согласованию материалов, используемых в печатных узлах, по температурному коэффициенту линейного расширения (ТКЛР).

По мере освоения и внедрения технологии поверхностного монтажа электронных компонентов наметился ряд основных вариантов технологических схем монтажа, отличающихся расположением компонентов на плате. В таблице 1 приведены варианты технологических схем монтажа компонентов на печатную плату. До некоторых пор наиболее распространенными были два последних варианта (IV и V), что характерно для переходного периода в освоении поверхностного монтажа, поскольку изготовление печатных узлов со смешанным составом компонентов позволяет макси-

Таблица 1. Характеристики технологических схем монтажа компонентов

| Вариант | Характеристика схемы монтажа | Печатная плата | Схема монтажа | Плотность монтажа, точек/см ² | | | | | |
|---------|--|----------------|--|---|---|---|---|----|----|
| | | | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| I | Компоненты SMD установлены на лицевой стороне платы | Односторонняя |  |  | | | | | |
| II | Компоненты SMD установлены с обеих сторон платы | Двусторонняя |  |  | | | | | |
| III | Компоненты для монтажа в отверстия и SMD установлены на лицевой стороне платы | Односторонняя |  |  | | | | | |
| IV | Компоненты для монтажа в отверстия установлены на лицевой стороне платы, SMD – на обратной | Двусторонняя |  |  | | | | | |
| V | Компоненты для монтажа в отверстия и SMD установлены на лицевой стороне платы, SMD – на обратной | Двусторонняя |  |  | | | | | |

мально использовать имеющееся на предприятиях оборудование, например, для пайки. Расширение возможностей приобретения различных электронных компонентов, оборудования и материалов для поверхностного монтажа ускоряет процесс перехода к первым двум вариантам технологических схем монтажа. Необходимо подчеркнуть, что поверхностный монтаж по технологическим схемам вариантов I и II характеризуется минимальным числом технологических операций.

При реализации варианта I на печатную плату паяльную пасту наносят трафаретной печатью или с помощью дозатора. После позиционирования и фиксации компонентов выполняется операция пайки оплавлением дозированного припоя (самые распространенные способы пайки: конвекционная и инфракрасным нагревом) [2].

В случае двустороннего поверхностного монтажа (вариант II) на лицевую сторону платы наносят трафаретной печатью паяльную пасту и адгезив для фиксации компонентов, после чего выполняют пайку расплавлением доз припоя. На обратной стороне платы с помощью адгезива фиксируются пассивные компоненты для поверхностного монтажа. После отверждения адгезива компоненты подвергаются пайке волной припоя, либо пайке оплавлением дозированного припоя.

Согласно варианту III на плату трафаретной печатью наносится паяльная паста; компоненты, монтируемые на поверхность, устанавливаются и паяются методом расплавления дозированного припоя. Затем устанавливаются монтируемые в отверстия компоненты и проводится их пайка волной припоя. Характерным для технологической схемы монтажа по варианту IV является

то, что сначала устанавливаются на адгезив компоненты для поверхностного монтажа, затем (на лицевой стороне платы) компоненты, монтируемые в отверстия, после чего производится пайка волной припоя.

Самым сложным из всех существующих является монтаж согласно варианту V. При этом первой выполняется операция нанесения паяльной пасты через трафарет, затем производится установка на лицевой стороне платы активных компонентов для поверхностного монтажа в различных корпусах (SOIC, PLCC, QFP, BGA, CSP) и их пайка расплавлением дозированного припоя. После этого плата переворачивается, на нее наносится адгезив и устанавливаются компоненты для поверхностного монтажа и после переворота на лицевую сторону платы устанавливаются компоненты для монтажа в отверстия. Выводы простых компонентов для поверхностного монтажа (например, чип-конденсаторов, чип-резисторов) и компонентов, установленных в отверстия, пропаиваются на обратной стороне платы волной припоя.

При разработке электронной аппаратуры выбор технологического варианта монтажа печатных узлов проводится с учетом того, что хотя наиболее широкое распространение получили варианты IV и V, разработка и выпуск современной аппаратуры, расширение объемов ее производства при наличии требуемых электронных компонентов, оборудования и материалов для поверхностного монтажа в значительной степени стимулируют переход к вариантам монтажа I и II. Сравнительная оценка технологических вариантов монтажа по плотности размещения компонентов на плате (см. табл. 1) свидетельствует о том, что максимальная плотность размещения компонентов (от 6 до

Таблица 2. Этапы внедрения поверхностного монтажа при сборке электронной аппаратуры

| Характеристика процесса монтажа | | Оборудование | Производительность монтажа |
|---------------------------------|---|---|---|
| 1-й этап | Ручная установка компонентов на плату. Поточная система производства | Паяльные станции фирмы PACE (США) | До 200 комп./час (технология "миниволна") |
| 2-й этап | Механизация процессов подготовки печатной платы, установки и пайки компонентов | 1. Установка трафаретной печати SD-240 фирмы TECHOPRINT (Нидерланды) 2. Ручной манипулятор EXPERT фирмы ESSEMTEC (Швейцария) 3. Конвекционная печь SM-500 фирмы Reddish Electronics (Англия) | До 1000 комп./час |
| 3-й этап | Автоматизация процесса установки компонентов на печатную плату | 1. Полуавтомат трафаретной печати SP-006 фирмы ESSEMTEC (Швейцария) 2. Автомат установки компонентов CLM 9000 фирмы ESSEMTEC (Швейцария) 3. Конвейерная печь RL-06 фирмы ESSEMTEC (Швейцария) | До 3600 комп./час (стандартизация проектирования печатных узлов и обеспечение воспроизводимости их характеристик) |
| 4-й этап | Повышенный уровень автоматизации процесса установки компонентов на печатную плату | 1. Автомат трафаретной печати SP-100 фирмы ESSEMTEC (Швейцария) 2. Автомат-установщик CP45 FV фирмы Samsung (Южная Корея) 3. Конвекционная печь MISTR 360 фирмы TECHOPRINT (Нидерланды) 4. Установка пайки двойной волной припоя начального уровня ETS330 фирмы ERSА (ФРГ) | До 20 000 чип-компонентов/час или 4800 интегральных микросхем/час в корпусе QFP, сборка с высокой плотностью размещения компонентов, автоматизация проектирования печатных плат |

12 точек на квадратный сантиметр) характерна для второго из рассматриваемых технологических вариантов.

Выбор технологических вариантов монтажа компонентов при сборке электронной аппаратуры осуществляется с учетом вида производства, объемов выпуска продукции, номенклатуры и типа компонентов, особенностей конструкции печатных плат, а также себестоимости изделий. При этом следует учесть, что цена компонентов для поверхностного монтажа не выше, а в ряде случаев ниже стоимости компонентов для монтажа в отверстия.

В настоящее время на предприятиях, выпускающих электронную аппаратуру, намечился и реализуется поэтапный переход от монтажа в отверстия к поверхностному монтажу. Продолжительность этапов определяется готовностью предприятий к переходу на современные электронные компоненты, конструктивные и технологические решения при разработке и выпуске новых изделий [3]. Как видно из табл. 1 и 2, различные технологические схемы поверхностного монтажа и приведенные для примера перечни комплектов оборудования различной производительности могут быть использованы при подготовке печатных плат, установке компонентов и пайке.

Говоря об оборудовании, следует отметить, что его рынок обширен, это позволяет сделать выбор, начиная с простых паяльных станций, например, фирмы PACE (США), предназначенных для ручного монтажа в экспериментальном и опытно-производстве, и вплоть до автоматизированных комплектов и высокопроизводительных линий фирм Samsung, Philips и др. [4].

Основными критериями выбора состава и вида

оборудования являются:

- конструктивные особенности собираемых печатных узлов, определяемые номенклатурой, видом и количеством компонентов, размерами печатных плат, технологической схемой монтажа
- производительность, требуемая для производства изделий в необходимых объемах
- используемые производственные площади
- стоимость оборудования.

Таким образом, правильный выбор технологической схемы монтажа и оборудования (с учетом конструктивных особенностей печатных узлов, требуемой производительности оборудования) обеспечат переход к самой современной технологии поверхностного монтажа компонентов при разработке и производстве электронной аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Менгин Ч.-Г., Маккеланд С. Технология поверхностного монтажа. – М.: "Мир", 1990.
2. Грачев А., Малиновский Н. Поверхностный монтаж электронных компонентов//Электронные компоненты и системы. – Киев: VD MAIS, 2002, № 1.
3. Грачев А. Особенности внедрения поверхностного монтажа компонентов при сборке электронной аппаратуры. – Труды четвертой международной научно-практической конференции "Современные информационные и электронные технологии", 19-23 мая 2003 г., Одесса.
4. Грачев А. Поверхностный монтаж электронных компонентов: особенности использования//Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – Одесса: АО "Нептун", 2003, № 1.

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВИБРОИЗЛУЧАТЕЛИ С УМЕНЬШЕННЫМ УРОВНЕМ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В статье приведены характеристики магнитоэлектрических виброизлучателей серии ВИ, отличающихся повышенным КПД и уменьшенным уровнем акустического излучения.

И. Васильченко, И. Кравченко

В последнее время в связи с обострением конкурентной борьбы на рынках Украины и стран СНГ многие фирмы начали широко применять технические средства защиты от экономического и промышленного шпионажа, в частности, средства защиты от утечки информации по виброакустическим каналам. Применяемые для этой цели технические средства и способы их использования подробно рассмотрены в публикациях специализированных журналов "Защита информации. Конфидент" (Россия), "Бизнес и безопасность" (Украина).

Основными элементами систем защиты от утечки информации по виброакустическим каналам являются виброизлучатели. Наиболее широко используются виброизлучатели двух типов: магнито-* и пьезоэлектрические. Анализ достоинств и недостатков каждого типа виброизлучателей приведен в [1, 2].

Кроме возбуждения вибрации в строительных конструкциях виброизлучатели обычно создают побочный акустический шум с уровнем, иногда существенно превышающим предельно допустимую санитарную норму (55 дБА). В связи с этим АООТ "МАРС" (г. Киев) была

выполнена разработка магнитоэлектрических виброизлучателей серии ВИ, характеризующихся повышенным КПД и сниженным уровнем акустического излучения. Виброизлучатель ВИЗ предназначен для защиты от излучений с поверхности окон, ВИ1 и ВИ4 – более массивных строительных конструкций: стен, потолков, батарей отопления и др. Конструкция этих виброизлучателей защищена патентом Украины № 51284А с приоритетом от 14.02 2002 года (патенто-владелец АООТ "МАРС"). Виброизлучатели серии ВИ выпускаются по техническим условиям ТУ У 31.6-14309379.002-2001 (МВИР.460820.001 ТУ) и разрешены к применению Департаментом СТС ЗИ СБ Украины. Основные технические данные виброизлучателей приведены в табл. 1 и 2. В этих же таблицах приведены характеристики их ближайших аналогов, взятые из документации производителя или поставщика, а также параметры, полученные авторами в результате проведенных испытаний.

В таблице 2 приведены нормируемые техническими условиями значения виброускорения, создаваемые виброизлучателями серии ВИ в амортизированном стальном основании цилиндрической формы массой 10 кг, а также результаты сравнительных испытаний в тех же условиях виброизлучателей серии ВИ, Rolen Star и TRN-2000.

На рис. 1 и 2 приведены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) виброизлучателей, при этом величины виброускорений измерялись в третьоктавных по-

Таблица 1. Основные технические характеристики виброизлучателей

| Тип | Диапазон частот, Гц | Диапазон температур, °С | | Размеры, мм | Масса, г | Сопротивление, Ом | Макс. рассеиваемая мощность, Вт | Срок службы, лет | Изготовитель |
|---------------|---------------------|-------------------------|------------|-------------|----------|-------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------|
| | | рабочих | предельных | | | | | | |
| ВИ1 | 180...5600 | -10...+60 | -40...+60 | ∅85×30 | 1000 | 50 * | 2 | 8 | АООТ "МАРС", г. Киев |
| ВИЗ | 180...5600 | -10...+60 | -40...+60 | ∅47,5×20 | 160 | 50 * | 1 | | |
| ВИ4 | 180...5600 | -30...+90 | -40...+90 | ∅60×21,5 | 300 | 50 * | 2 | | |
| Rolen Star ** | 20...20 000 | – | – | ∅102×38 | 907 | 8 | – | – | Richtech Enterprises, США |
| TRN-2000 *** | 250...5000 | – | -30...+50 | ∅79×33 | 440 | 5,4 | – | – | Неизвестен |
| SP-51A/V | 100...8000 | – | -40...+60 | ∅51×22 | 150 | 8 | 1 | – | ООО "Сюртель", г. Москва |

Примечания: * по заказу выпускаются с сопротивлением обмотки 8, 16 или 25 Ом; ** параметры взяты на Web-сайте изготовителя: www.rolen-star.com; *** параметры взяты из руководства пользователя для акустического шумового генератора ANG-2000

* В публикациях для виброизлучателей такого типа используют наименования "электромагнитные", "электродинамические", хотя, по мнению авторов настоящей статьи, более правильным является использование термина "магнитоэлектрические", т. к. магнитное поле в таких виброизлучателях создается постоянными магнитами.

Таблица 2. Основные параметры виброизлучателей

| Тип | Параметры при подаче сигнала розового шума мощностью 0.12 В·А в полосе частот 20 Гц-20 кГц | | | | | Средний уровень звукового давления на расстоянии 1 м, дБА |
|------------|---|---------|---------|-------|---------|---|
| | Норма по ТУ (не менее)/результаты измерения виброускорения, дБ *, в октавной полосе с центральной частотой, Гц: | | | | | |
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| ВИ1 | 42/47.5 | 39/43.5 | 36/41.5 | 33/39 | 30/37 | 35 |
| ВИ3 | 35/39 | 32/37 | 30/36 | 28/34 | 26/32 | 40 |
| ВИ4 | 40/45 | 38/42.5 | 37/41.5 | 36/40 | 35/39.5 | 40 |
| Rolen Star | -/42 | -/39 | -/38.5 | -/38 | -/38.5 | 58 |
| TRN-2000 | -/40.5 | -/33.5 | -/31 | -/30 | -/31 | 52 |

* за нулевое значение принято виброускорение $3 \cdot 10^{-4}$ м/с² в соответствии с рекомендациями [3]

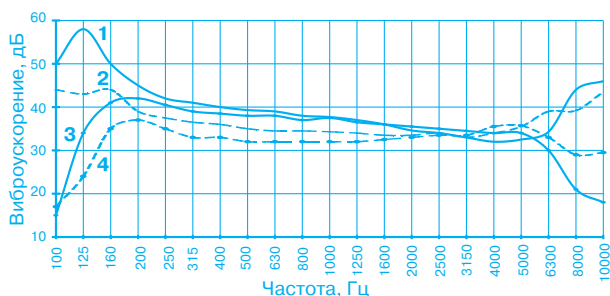


Рис. 1. АЧХ виброизлучателей ВИ1 (1 – розовый шум мощностью 0.12 В·А в полосе частот 20-20 000 Гц, 2 – шум той же спектральной плотности в полосе частот 180-5600 Гц) и Rolen Star (3 и 4 – соответственно для диапазонов частот 20-20 000 Гц и 180-5600 Гц)

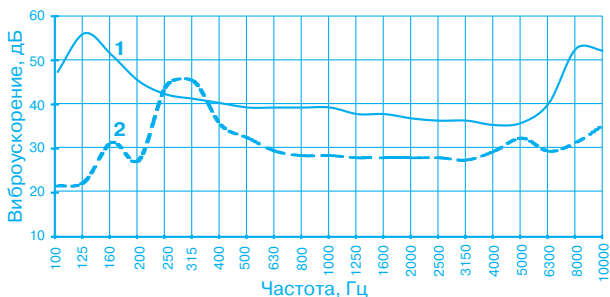


Рис. 2. АЧХ виброизлучателей ВИ4 и TRN-2000 (1 и 2 соответственно) при подаче розового шума мощностью 0.12 В·А в полосе частот 20 Гц - 20 кГц

лосах частот. Как видно из рисунков, виброизлучатели ВИ1, ВИ4 и Rolen Star имеют практически равномерную характеристику зависимости виброускорения от частоты во всем рабочем диапазоне частот от 180 до 5600 Гц, оговоренном в [3], а верхняя и нижняя резонансные частоты находятся вне рабочего диапазона частот и не оказывают существенного влияния на неравномерность АЧХ. Виброизлучатели ВИ1 и Rolen Star имеют близкие АЧХ, однако ВИ1 создает большее на 3-6 дБ виброускорение почти во всем диапазоне рабочих частот. ВИ4 превосходит TRN-2000 по уровню виброускорения на 10 дБ во всем диапазоне рабочих частот за исключением области резонансной частоты 280 Гц. Виброизлучатели ВИ4 и ВИ1 практически

равноценны по параметрам, но масса и объем ВИ4 меньше в 3.3 и в 2.8 раза соответственно благодаря оптимизации конструкции. При этом средний уровень акустического излучения ВИ4 на 5 дБА больше в связи с увеличенной амплитудой колебаний корпуса, имеющего меньшую массу.

Вопрос о побочном акустическом излучении виброизлучателей, которое создает дискомфорт в защищаемом помещении и при высоком уровне требует принятия мер по его снижению (установки виброизлучателей в закрываемых нишах в стене, под панелями и др.), заслуживает отдельного рассмотрения. В литературе отсутствуют конкретные данные о величине создаваемого виброизлучателями побочного акустического шума, однако ряд авторов указывает на недопустимо высокий (до 90 дБ на частоте 3 кГц и расстоянии 1 м) уровень акустического излучения виброизлучателя TRN-2000 (без указания режима работы) и высокий уровень акустического излучения пьезоэлектрических виброизлучателей, особенно в области высоких частот [1, 4].

Таким образом, разработанные на основе патента Украины № 51284А виброизлучатели ВИ1, ВИ3 и ВИ4 по основным параметрам превосходят зарубежные аналоги: имеют лучшие массогабаритные показатели, обеспечивают большие виброускорения и создают существенно меньшие побочные акустические шумы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Убогов С.А. Виброакустические излучатели электромагнитного типа. – "Защита информации. Конфидент", № 1, 2003.
2. Смородинсков К.В. Применение электромагнитных излучателей. – "Защита информации. Конфидент", №№ 4-5, 2002.
3. НД ТЗИ Средства активной защиты речевой информации с акустическими и виброакустическими источниками излучения. Классификация и общие технические требования. Рекомендации.
4. Калинин С. Исследование систем виброакустического шумления. – "Защита информации. Конфидент", № 4, 1998.

Правительство Великобритании инвестирует сетевые микронанотехнологии *

Правительство Великобритании объявило о выделении 150 миллионов долларов на развитие исследований в области нано- и микротехнологий. Как отметил министр науки и инноваций Великобритании лорд Sainsbury, в ближайшие 10 лет по прогнозам специалистов вложения в нанотехнологии в мире достигнут одного миллиарда долларов, поэтому его страна не должна стоять в стороне от этого процесса. Из выделенных средств 84 миллиона долларов будут вложены непосредственно в научные исследования, а 66 – в сетевые микронанотехнологии.

* *U.K. Government Invest \$ 150M in Nanotechnology//Electronics Weekly, 7/3/2003.*

Дифференциальный усилитель для высоковольтных систем управления *

AD8205 – новый высококачественный дифференциальный усилитель, рабочий диапазон синфазного сигнала которого составляет от -2 до 65 В. Основные параметры усилителя:

- температурный дрейф напряжения смещения нуля 20 мкВ/°С
- температурный дрейф коэффициента усиления 30 ppm/°С в диапазоне температур от -40 до 125 °С
- коэффициент ослабления синфазной помехи 80 дБ в частотном диапазоне от 0 до 100 кГц
- диапазон рабочих температур от -40 до 125 °С. Возможны поставки усилителей для расширенного диапазона температур от -40 до 150 °С
- тип корпуса 8-SOIC
- стоимость в партии 1000K \$ 0.95.

Усилитель предназначен для систем автомобильной электроники нового поколения, уровень полезного сигнала в которых достигает 42 В. Это различные электрохимические системы автомобильной автоматики, такие как тормозные системы управления, системы управления электрозажиганием, трансмиссией, водяными насосами и т. п. Усилитель AD8205 также совместим с современными системами автомобильной автоматики, уровень полезного сигнала в которых составляет 14 и 24 В. Это позволяет легко модифицировать такие системы управления без замены электронных компонентов.

Кроме автомобильной электроники дифференциальный усилитель AD8205 может найти широкое применение в промышленных системах управления и контроля.

* *World's Leading Supplier of Amplifiers Delivers Industry's First Difference Amplifier for 42 V Automotive Systems. News Release (www.analog.com/press_Releases).*

Новое поколение сигма-дельта АЦП *

Новое семейство прецизионных сигма-дельта АЦП AD779x фирмы Analog Devices отличается низким уровнем шумов, малой потребляемой мощностью и большими функциональными возможностями. Основные параметры семейства преобразователей AD779x:

- среднеквадратичный уровень шумов 1.5 мкВ
- типовое значение тока потребления в рабочем режиме 65 мкА, в экономичном режиме 25 мкА и в режиме ожидания 1 мкА
- температурный дрейф смещения нуля 10 нВ/°С.

В составе АЦП этого семейства имеются генератор тактовых импульсов и монитор батарейного питания. Обеспечивается подавление сетевой помехи. Преобразователи предназначены для построения портативных измерительных приборов, весоизмерительных устройств и температурных мониторов.

Основные характеристики АЦП семейства AD779x приведены в таблице.

Основные характеристики АЦП семейства AD779x

| Тип АЦП | Разрешение, бит | Макс. ток потребления, мкА | Встроенный буфер | Усилитель с программируемым усилением | Стоимость в партии 1 К, \$ |
|---------|-----------------|----------------------------|------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| AD7790 | 16 | 160 | есть | есть | 2.95 |
| AD7791 | 24 | 160 | есть | нет | 3.83 |
| AD7788 | 16 | 90 | нет | нет | 1.99 |
| AD7789 | 24 | 90 | нет | нет | 2.95 |

* *85 % Less Noise, 70 % Less Power: the Clear Leader in 24-bit e-D ADCs//EPN, May 2003.*



Периферийное сканирование - универсальный метод тестирования СБИС *

С ростом интеграции ухудшается контролепригодность интегральных микросхем. Периферийное сканирование – новая технология тестирования сверхбольших ИМС, особенности которой рассмотрены в приведенной ниже статье.

Периферийное сканирование или "Boundary Scan" технология – эффективный метод внутрисхемного тестирования (In-Circuit Test) сверхбольших ИМС. Этот метод не требует внешних зондов или других контактных устройств для локализации неисправностей и в то же время позволяет проверить работоспособность СБИС более чем в тысяче точек, причем для этого необходимо всего четыре дополнительных последовательных шины. Метод периферийного сканирования утвержден в качестве стандартного в 1991 году (IEEE 1149.1). Для обеспечения периферийного сканирования в состав СБИС должна быть включена дополнительная логика (см. рис.). Точки, в которых осуществляется тестирование, находятся между логическим ядром СБИС и физическими выводами.

Все кристаллы, выполненные в стандарте "Boundary Scan", содержат сдвиговый регистр сканирования состояний с последовательным выходом. Каждая СБИС включает управляющую логику и Test Access порт. С приходом каждого тактового импульса (Test Clock) в зависимости от режима тестирования (Test Mode Select) фиксируется состояние тестового порта. Анализ состояний тестового порта с целью выявления неисправностей осуществляется непосредственно на печатной плате, на которой находится диагностируемая СБИС. Если большинство СБИС сложного изделия выполнены в стандарте "Boundary Scan", появляется возможность тестировать и те компоненты, в которых периферийное сканирование отсутствует.

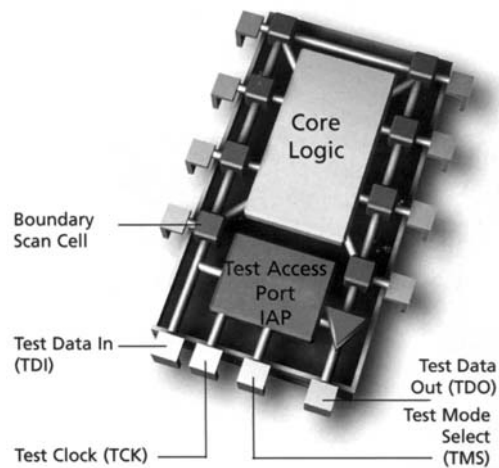
Существует несколько типов периферийного сканирования:

- проверка всех СБИС в стандарте "Boundary Scan" в составе одного изделия (infrastructure test)
- проверка всех СБИС в стандарте "Boundary Scan" в составе локальной сети (interconnection test)
- проверка всех СБИС в стандарте "Boundary Scan" в составе одного изделия, выполненных как в стандарте "Boundary Scan", так и без соблюдения требований этого стандарта (cluster test).

Преимущества метода периферийного сканирования:

1. Несмотря на увеличение стоимости отдельных СБИС, существенно сокращаются время и стоимость операций тестирования сложных изделий.
2. Разработка и создание устройств на базе ПЛИС CPLD и FPGA с применением технологии "Boundary Scan" позволяют реконфигурировать и тестировать эти устройства в одной и той же отладочной среде.
3. Периферийное сканирование позволяет исключить дорогостоящее тестовое оборудование при проверке работоспособности законченного изделия.
4. СБИС, выполненные в корпусах типа BGA, не могут быть проверены в составе изделия контактным путем, в то время как технология периферийного сканирования позволяет программно проверить их работоспособность.

* *Boundary Scan – Universal Technology for the Future//European Semiconductor, April 2002.*
Сокращенный перевод с английского В. Романова.



Типовая структура СБИС в стандарте "Boundary Scan"

Уважаемые подписчики журнала "ЭКИС"!
В офисе VD MAIS или по бесплатной рассылке почтой,
предъявив копию квитанции о подписке на 2003 год,
Вы можете получить
Каталог "Электронные компоненты и системы", Весна 2003
(продукция более 25 всемирно известных фирм, 308 страниц).

ОЦЕНОЧНАЯ ПЛАТА ADSP-21535 EZ-KIT LITE

В статье приведена краткая информация о выпускаемой фирмой Analog Devices оценочной плате ADSP-21535 EZ-KIT LITE, предназначенной для отладки программного обеспечения цифрового сигнального процессора ADSP-21535 (ADSP-BF535).

В. Охрименко

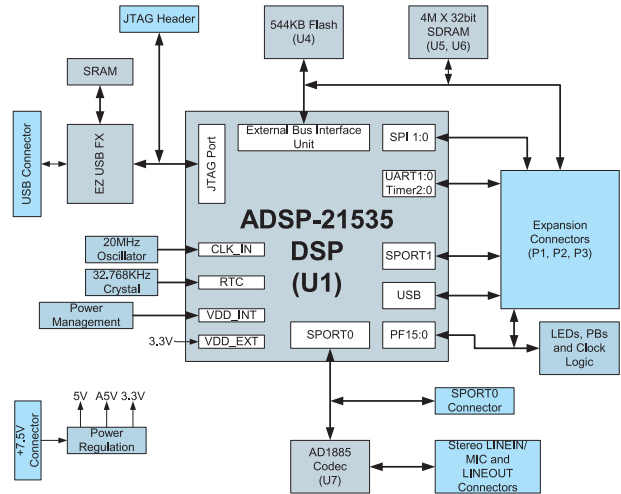
Оценочная плата ADSP-21535 EZ-KIT LITE предназначена для использования совместно с интегрированным программным обеспечением VisualDSP++. Система отладки ADSP-21535 EZ-KIT LITE включает оценочную плату и программное обеспечение Visual DSP++. С помощью этой системы можно тестировать и отлаживать прикладное программное обеспечение для сигнального процессора ADSP-21535 (ADSP-BF535). В систему отладки включены демонстрационные программы, позволяющие оценить функциональные возможности платы и сигнального процессора ADSP-21535.

Система отладки позволяет:

- создавать, компилировать и компоновать прикладные программы пользователя, написанные на языке ассемблера сигнального процессора ADSP-21535, а также на языках высокого уровня C++ и C
- загружать, выполнять и приостанавливать выполнение программы, кроме того, останавливать выполнение программы по адресам контрольных точек, а также выполнять программу в пошаговом режиме
- записывать и считывать данные из памяти программ и данных
- модифицировать содержимое регистров процессорного ядра и встроенных периферийных устройств
- распределять и конфигурировать блоки памяти.

Структурная схема оценочной платы ADSP-21535 EZ-KIT LITE приведена на рисунке. Плата содержит:

- сигнальный процессор ADSP-21535 с максимальной тактовой частотой 300 МГц (значение тактовой частоты и режим начальной загрузки процессора устанавливаются с помощью миниатюрных переключателей)
- отладочный USB- и JTAG-интерфейсы
- SDRAM-память объемом 16 Мбайт
- флэш-память объемом 272Кx16 разрядов
- микросхему кодека AD1885, поддерживающего аудиоинтерфейс AC97, разъемы для подключения к микрофону и линии
- микросхемы стабилизаторов напряжения ADP3331, ADP3338, ADP3339 и ADP3088
- резонаторы частотой 20 МГц и 32 768 Гц (последний используется для работы встроенного в сигнальный



Структурная схема оценочной платы ADSP-21535

- процессор таймера реального времени)
- разъемы для подключения к последовательному порту SPORT и внешним интерфейсам, программирования флэш-памяти
- кнопки и светодиоды соответственно для управления режимами работы и вывода информации о состоянии процессора
- миниатюрные переключатели для начальной установки параметров (тактовой частоты процессорного ядра, режима начальной загрузки процессора и т. п.).

В отладочном режиме обмен данными между персональным компьютером и оценочной платой осуществляется через дополнительный USB-порт, реализованный на микроконтроллере CY7C64603 (EX USB FX) фирмы Cypress Semiconductor, или непосредственно через JTAG-порт. Для работы с системой необходимо иметь персональный компьютер (процессор с тактовой частотой не ниже 160 МГц, жесткий диск с объемом свободной памяти не менее 50 Мбайт, ОЗУ объемом не менее 32 Мбайт, полноскоростной USB-порт, привод CD-ROM), а также источник питания напряжением 7.5 В/2.0 А и USB-кабель длиной до 5 метров. В технической документации, поставляемой с системой отладки, можно найти принципиальную электрическую схему оценочной платы, а также подробное описание процедуры инсталляции программного обеспечения VisualDSP++.

Более детальную информацию о системе отладки оценочной платы ADSP-21535 EZ-KIT LITE, а также о других средствах отладки, предлагаемых фирмой Analog Devices, можно найти в сети Интернет по адресу: <http://www.analog.com>