

## ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СИСТЕМЫ

2003 апрель  
№ 4 (68)

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  
М.С. Заславская  
С.А. Молокович

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

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

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

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

Подписано к печати 18.04.2003  
Формат 60x84/8  
Тираж 1000 экз.  
Зак. № 304-187-0713

## СЕНСОРЫ И ДАТЧИКИ

Элементная база для электронного глаза .....	3
Преобразователь ускорения в частоту .....	4
Двухосный акселерометр ADXL311 .....	5
Беспроводные системы температурного мониторинга на подвижных объектах .....	6

## ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

ПЛИС типа FPGA фирмы Xilinx: возможности, проектирование и применение .....	7
---	---

## СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

Сигнальные процессоры семейства ADSP-BF53x .....	12
Сигнальный процессор и микроконтроллер в одном корпусе .....	13

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СЕТИ

Сеть LIN .....	14
Микроконтроллеры и приемопередатчики для сети LIN .....	20

## ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Модульные AC/DC-преобразователи с выходной мощностью до 2500 Вт .....	24
---	----

## КОНКУРС: ЛУЧШАЯ РАЗРАБОТКА ГОДА

Ультразвуковой датчик движения .....	27
--------------------------------------	----

## ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И СВЯЗЬ

Технология пакетной передачи данных в сетях GSM .....	29
Микросхемы генераторов, управляемых напряжением .....	30

## КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

Одноплатные промышленные компьютеры компании Portwell .....	32
Одноплатный малогабаритный компьютер LP3500 Fox .....	34
Процессорные модули Rabbit Core Modules .....	36

## ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ

Особенности выбора размеров контактных площадок для поверхностного монтажа .....	40
--	----

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Десять самых крупных в мире производителей электронных компонентов .....	44
Высокие технологии и интеллектуальная собственность – основа развития экономики Китая .....	44
Новости отделения автоматизации и приводов фирмы Siemens ....	45
Компенсация температурной погрешности мостовой схемы измерения давления .....	47
Микросхема радиопередатчика .....	47

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Микросхемы синтезаторов частоты .....	48
---------------------------------------	----

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



**SENSORS AND GAUGES**

Vision Chips for Computational Eye ..... 3  
 Acceleration to Frequency Circuits ..... 4  
 Dual Axis Accelerometer ADXL311 ..... 5  
 Temperature Monitoring in Remote Systems ..... 6

**PROGRAMMABLE LOGIC**

Xilinx's FPGAs: Capability, Design and Application ..... 7

**DSPs AND MICROCONTROLLERS**

ADSP-BF53x Family of DSPs ..... 12  
 Unified DSP/MCU Combining the Best in One Package ..... 13

**INFORMATION NETWORKS**

Local Interconnect Network ..... 14  
 Microcontrollers and Transducers  
 for Local Interconnect Network ..... 20

**POWER SUPPLIES**

Modular AC/DC Converters  
 with Power up to 2500 W ..... 24

**BEST DESIGN ANNUAL CONTEST**

Ultrasound Motion Sensor ..... 27

**TELECOMMUNICATIONS**

Technology of General Packet Radio Service ..... 29  
 Voltage Controlled Oscillator ICs ..... 30

**CONTROL AND AUTOMATION**

Portwell's Single-Board Industry Computers ..... 32  
 LP3500 Fox Single-Board Computer ..... 34  
 Rabbit Core Modules ..... 36

**SURFACE MOUNT TECHNOLOGY**

Selection of Contact Pad Dimensions for SMDs ..... 40

**NEWS BRIEFS**

Ten Top Semiconductor Companies ..... 44  
 High Technologies and Intellectual Property  
 Affect the China's Economy ..... 44  
 News from Siemens' Automation and Drives Department ..... 45  
 Bridge-Temperature Measurement  
 Allows Software Compensation ..... 47  
 Transmitter IC ..... 47

**PERSPECTIVE PRODUCTS**

ICs for PLL Synthesizers ..... 48

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



**ELECTRONIC  
 COMPONENTS  
 AND SYSTEMS**

April 2003  
 No 4 (68)

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  
 M.S. Zaslavskaya  
 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

Printed in Ukraine



## ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ГЛАЗА

В представленной ниже публикации кратко излагаются результаты научных исследований в области создания биоэлектронного протеза человеческого глаза, которые базируются на успехах развития современной микроэлектроники и биотехнологии.

**В. Романов**

Достижения в развитии микроэлектроники и офтальмологии позволяют надеяться, что в обозримом будущем появится имплантируемый электронный глаз, который поможет достаточно надежно воспринимать зрительную информацию людям, полностью слепым или страдающим слабым зрением. По оптимистичным прогнозам специалистов биоэлектронный протез человеческого глаза, позволяющий заменить больной орган, появится уже в 2020 году [1]. В настоящее время разработка электронного глаза развивается в трех основных направлениях.

Первое направление связано с разработкой и созданием кристаллов для фиксации и обработки изображений, проецированием этих изображений на миниатюрные плоские дисплеи, которые с помощью специального шлема (рис. 1) устанавливаются непосредственно перед глазами слабовидящего человека. В этом направлении получены наиболее значимые результаты благодаря наличию соответствующей элементной базы: ПЗС-матриц, КМОП-сенсоров изображения, мощных сигнальных процессоров, миниатюрных ЖК-дисплеев и т. п. [1].

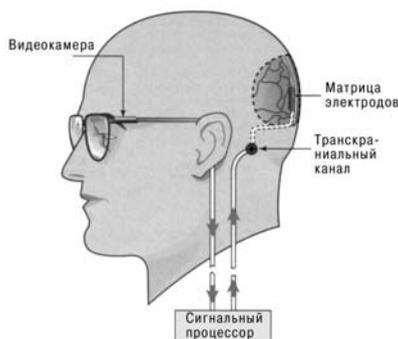
Второе направление базируется на разработке специальных нейрокристаллов, выполняющих обработку изображения аналогично той, которую в живом организме выполняет сетчатка глаза [2]. На рис. 2 представлены элементы искусственного глаза на основе нейрокристалла сетчатки. Этот кристалл представляет собой фотодиодную матрицу и средства обработки изображения. Основные трудности в развитии этого направления связаны с недостаточной изученно-

стью процессов предварительной обработки изображения, происходящих в сетчатке глаза.

Третье направление основано на разработке биологического интерфейса, представляющего собой непосредственную связь миниатюрной системы машинного зрения со зрительным центром человеческого мозга (рис. 3). Работы по созданию такого интерфейса нахо-



**Рис. 2. Элементы искусственного глаза на базе "кремниевой" сетчатки**



**Рис. 3. Соединение видеокамеры с мозгом слепого человека**

дятся в начальной стадии и на первом этапе, как полагают специалисты, позволят слепым людям читать печатные тексты, ориентироваться в пространстве, смотреть телевизор [3].



**Рис. 1. Шлем для слабовидящего человека**

Таким образом, работы по созданию искусственного глаза на базе достижений микроэлектроники еще не вышли из стадии лабораторных исследований. Однако имеющиеся на сегодняшний день результаты дают основание надеяться, что со временем эта сложная проблема будет успешно решена.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Robert Braham. Toward an Artificial Eye. – TEE Spectrum, May, 1996.
2. Christof Koch, Bimal Mathur. Neuromorphic Vision Chips. – TEE Spectrum, May, 1996.
3. Richard A. Normann, Edwin M. Maynard, K. Shane Guillory, David J. Warren. Cortical Implants for the Blind. – TEE Spectrum, May, 1996.

# ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ УСКОРЕНИЯ В ЧАСТОТУ \*

Частотные сигналы, практически без потери точности, можно передавать на большие расстояния по каналам ВОЛС, витой паре, коаксиальному кабелю или радиоканалу. Датчики с частотным выходом широко используются для построения распределенных систем управления. Ниже прилагается статья о применении ПНЧ для передачи сигналов, снимаемых с выхода акселерометра.

**Charles Kitchin, Dave Quinn,  
Steve Sherman**

Функциональная схема высококачественного акселерометра с частотным выходом приведена на рис. 1. Преобразователь ускорения в напряжение выполнен на микросхеме ADXL50, а преобразователь напряжения в частоту (ПНЧ) — на микросхеме AD654. Диапазон измеряемых ускорений ADXL50 составляет ±50 g, выходное напряжение при отсутствии ускорения 2.5 В. Изменению ускорения на выходе устройства на величину g соответствует изменение выходного напряжения на 200 мВ. Масштабный коэффициент (Scale Factor) встроенного усилителя (Buffer Amp) зада-

ется резисторами R1 и R3. Резистор R2 используется для установки ИМС акселерометра в исходное состояние. Кроме того, резистор R3 и конденсатор C5 образуют фильтр нижних частот на выходе ADXL50. При выборе подстроечных резисторов R1a должен составлять примерно 50 % от R1b. После окончания регулировки переменные электромеханические резисторы следует заменить на постоянные. Этим обеспечивается высокая виброустойчивость устройства в целом. При выборе элементов схемы руководствуются расчетными соотношениями, приведенными на рис. 1. Для этого задаются начальной частотой (0g FREQUENCY), при которой ускорение должно быть

равно нулю, ценой деления шкалы акселерометра (Scale Factor, Hz/g) и максимальной полосой частот выходного напряжения ADXL50 (BW). Если эти параметры заданы, то с помощью расчетных соотношений могут быть определены номиналы внешних компонентов преобразователя. Таблица этих номиналов для ряда значений начальной частоты и цены деления приведена на рис. 1. Используя силу земного притяжения, легко откалибровать акселерометр. Для этого достаточно сориентировать его под углом 90° относительно вертикальной оси, чтобы отрегулировать нулевую частоту. Ускорению 1g соответствует ориентация оси акселерометра вертикально вниз, ускорению -1g — ориентация этой оси вертикально вверх. Регулировку необходимо производить попеременно в каждом положении по нескольку раз для обеспечения максимальной точности передаточной характеристики акселерометра.

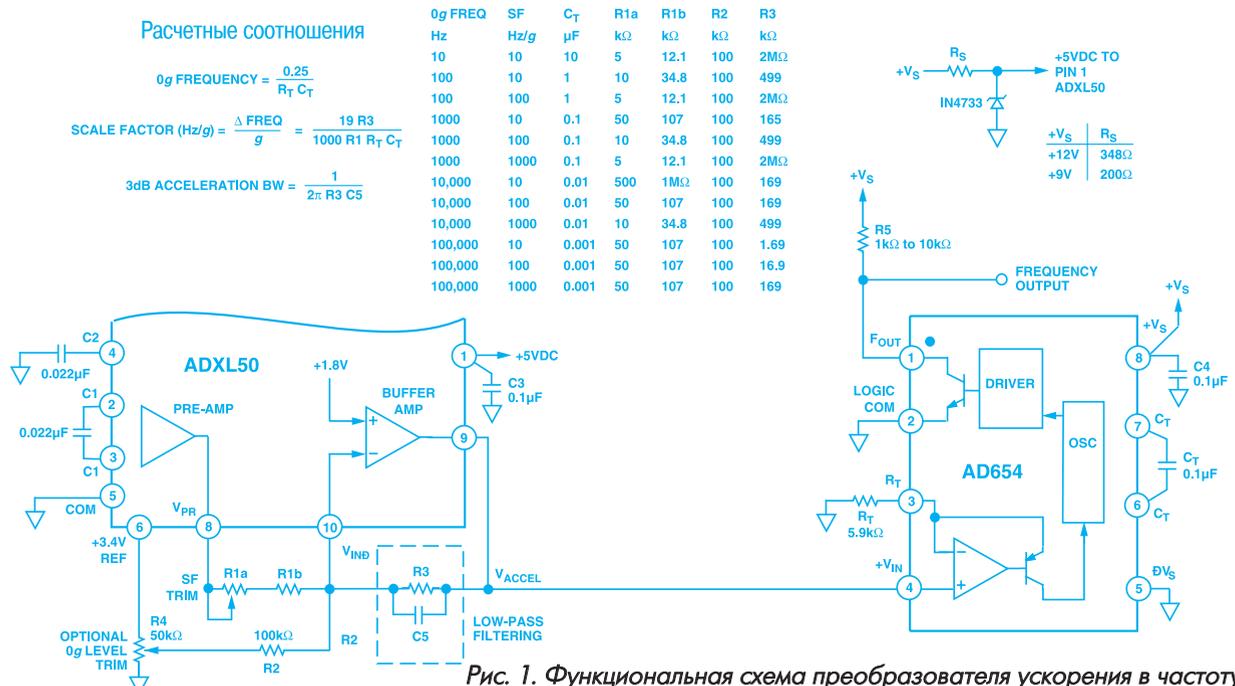


Рис. 1. Функциональная схема преобразователя ускорения в частоту

\* Сокращенный перевод с английского В. Романова.



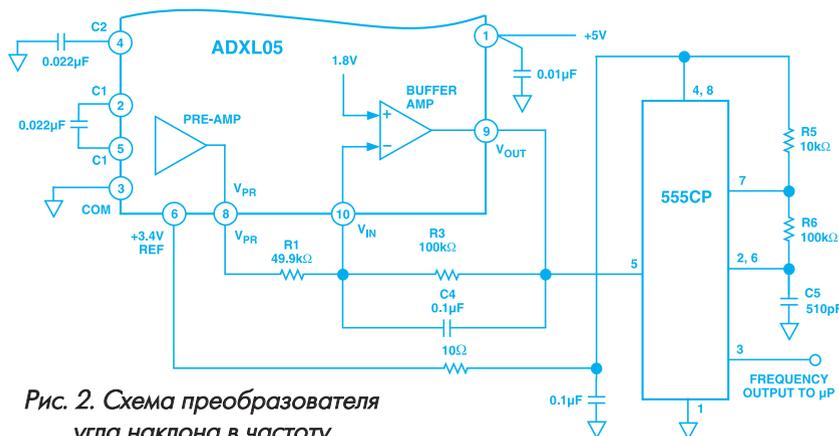


Рис. 2. Схема преобразователя угла наклона в частоту

Кроме ускорения с помощью акселерометра может быть определен угол наклона. Схема такого устройства на базе ИМС акселерометра ADXL05 и таймера 555CP приведена на рис. 2. Цена деления ADXL05 составляет 400 мВ/г при нулевом выходном напряжении 1.8 В, а цена деления на выходе таймера – 2600 Гц при нулевой частоте 16 500 Гц. Преобразователь (рис. 2) отличается высокой линейностью и температурной стабильностью 5 Гц/°С или 0.03 %/°С в диапазоне температур от 0 до 70 °С.

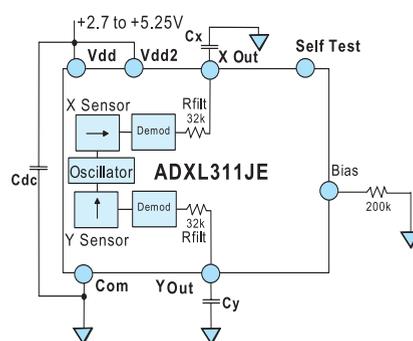
## ДВУХОСНЫЙ АКСЕЛЕРОМЕТР ADXL311

Фирма Analog Devices анонсировала новый двухосный акселерометр ADXL311, который предназначен для измерения статических и динамических ускорений, а также для ориентации объектов в пространстве относительно осей X и Y с точностью 0.1°.

### В. Романов

Акселерометр ADXL311 выполнен в виде интегральной микросхемы с использованием iMEMS-технологии. Акселерометр отличается невысокой стоимостью, высокой чувствительностью и надежностью – среднее время безотказной работы 10<sup>9</sup> ч. Функциональная схема ADXL311 приведена на рисунке и включает два независимых канала преобразования ускорения в ана-

логовое напряжение. Основные параметры акселерометра приведены в таблице. Внешние конденсаторы C<sub>x</sub> и C<sub>y</sub> вместе с внутренними резисторами R<sub>filt</sub> образуют фильтры нижних частот. В зависимости от величины внешней емкости частота выходного сигнала может составлять от 5 кГц (при минимальном рекомендованном значении C<sub>x</sub> или C<sub>y</sub>, равном 1000 пФ) до 10 Гц (при максимальном рекомендованном значении C<sub>x</sub> или C<sub>y</sub>, рав-



Функциональная схема акселерометра ADXL311

ном 0.47 мкФ).

Акселерометр снабжен выводом для самотестирования (Self Test). При подключении его к напряжению питания на выходах X<sub>out</sub> и Y<sub>out</sub> устанавливается напряжение 45 мВ. Это свидетельствует об исправности акселерометра. Основное применение акселерометр ADXL311 может найти в:

- системах ориентации в пространстве по двум осям
- интеллектуальных портативных приборах
- системах защиты от несанкционированного доступа
- шагомерах и мониторах движения
- игровых контроллерах
- компьютеризированных игрушках.

### Параметры акселерометра ADXL311

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон, г	±2
Погрешность линейности, %	0.2
Погрешность ориентации по одной оси, градусы	±1
Максимальная чувствительность, мВ/г	195
Типовое выходное напряжение при нулевом ускорении, В	1.5
Спектральная плотность шума, мкг/√Гц	300
Максимальная резонансная частота вых. напряж., кГц	10
Напряжение питания, В	2.7...5.25
Ток потребления, мА	1
Диапазон рабочих температур, °С	0...70
Тип корпуса	8-LCC

## БЕСПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕМПЕРАТУРНОГО МОНИТОРИНГА НА ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТАХ \*

В США ежегодно в результате пищевых отравлений госпитализируется свыше 300 тысяч человек. Это связано, прежде всего, с неправильным хранением и транспортировкой охлажденных и замороженных продуктов питания. Для гарантии качества таких продуктов необходим автоматизированный температурный мониторинг как в местах их хранения, так и во время транспортировки. В соответствии с требованиями международных стандартов все возимые рефрижераторные контейнеры должны быть оборудованы электронными системами температурного мониторинга, которые должны работать независимо от систем управления климатом внутри рефрижератора. Беспроводная система температурного мониторинга на базе микроконвертера ADuC834 разработана специалистами фирмы Analog Devices. Особенности этой системы рассмотрены в настоящей публикации.

*Darragh Maxwell, Russell Williamson*

Структурная схема беспроводной системы температурного мониторинга, построенной на базе микроконвертера ADuC834, приведена на рис. 1. Связь распределенных мониторов с базовой станцией осуществляется по радиоканалу. В качестве температурного сенсора используется платиновый термометр сопротивления RTD100. Сопротивление RTD100 при температуре 0 °C составляет 100 Ом. Чувствительность сенсора 0.385 Ом/°C. Функциональная схема измерения температуры приведена на рис. 2. Ток возбуждения  $I_{EXC}$  формируется внутренним источником тока микроконвертера ADuC834 и составляет 200 мкА. Сенсор подключен ко входу микроконвертера по логотрической схеме, что позволяет исключить влияние нестабильности источника тока на точность измерения температуры. Входной дифференциальный усилитель ослабляет синфазную помеху, усилитель с программируемым коэффициентом усиления (PGA) обеспечивает согласование сигнала низкого уровня, снимаемого с выхода сенсора, с АЦП. Величина тока возбуждения выбрана не случайно. С одной стороны, на термометре сопротивления обеспечивается достаточно большое падение напряжения (20 мВ), с другой стороны, рассеиваемая мощность ( $I^2R$ ) на этом термометре не превышает 4 мкВт, что практически не вызывает дополнительного саморазогрева термометра сопротивления, а значит и не вносится дополнительная температурная погрешность.

\* Сокращенный перевод с английского В. Романова.

Системы температурного мониторинга на подвижных объектах должны иметь достаточно большой ресурс батарейного питания. При выборе типа батарейного питания необходимо учитывать следующие факторы:

- величину напряжения питания
- ресурс батарейного питания
- значение пикового тока
- диапазон рабочих температур
- габариты
- стоимость.

С учетом этих факторов наиболее оптимальной, по мнению специалистов фирмы Analog Devices, является ионно-литиевая батарейка напряжением 3.6 В, емкость которой составляет 2300 мА·ч, пиковый ток 20 мА, диапазон рабочих температур от -55 до 85 °C. Если средний ток потребления не превышает 26 мкА, то ресурс такой батарейки может составить не менее десяти лет. Основными энергоемкими узлами системы мониторинга (рис. 1) являются приемопередатчик и микроконвертер, ток потребления которых в спящем режиме не превышает 1 и 12 мкА соответственно. Изме-

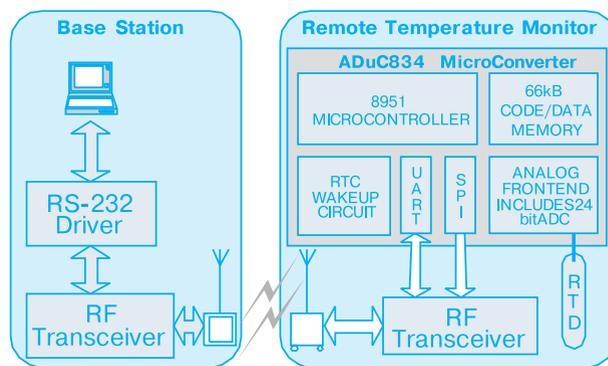


Рис. 1. Структурная схема беспроводной системы температурного мониторинга на базе микроконвертера ADuC834

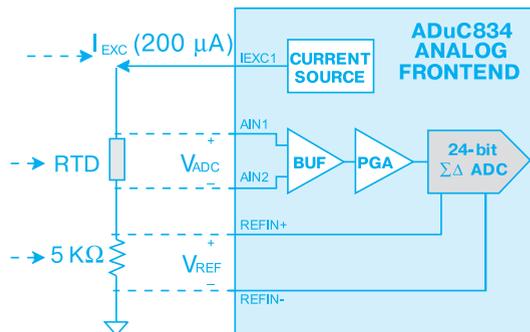


Рис. 2. Функциональная схема измерения температуры





**Рис. 3. Температурная кривая, полученная в результате мониторинга температуры в рефрижераторной камере**

рение температуры с помощью такой системы мониторинга осуществляется каждые 10 с. Время измерения и передачи данных не превышает 20 мс, ток потребления в активном режиме составляет не более 7.5 мА при тактовой частоте микроконвертера 1.75 МГц и 10 мА при тактовой частоте 3 МГц. Наличие в составе микроконвертера внутреннего опорного источника

напряжением 1.25 В позволяет не только обеспечить мониторинг температуры, но и следить за уровнем напряжения батарейного питания. На рис. 3 в качестве примера приведена температурная кривая, полученная в результате мониторинга температуры в течение 11 часов. При этом системой управления климатом поддерживалась температура внутри рефрижераторного контейнера на уровне  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом, беспроводные системы температурного мониторинга позволяют обеспечить надежное слежение за температурой в рефрижераторной камере при транспортировке скоропортящихся продуктов на большие расстояния.

Для реализации радиоинтерфейса системы температурного мониторинга подвижных объектов можно использовать GSM-модемы, работающие в режиме SMS или GPRS. С техническими характеристиками таких модемов можно ознакомиться в ЭКиС № 2 (66), февраль 2003.

## ПЛИС ТИПА FPGA ФИРМЫ XILINX: ВОЗМОЖНОСТИ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ

Современные программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) и инструментальные средства разработки проектов на этой элементной базе представляют собой новую платформу для создания реконфигурируемых высокопроизводительных цифровых систем и устройств.

**В. Опанасенко, В. Сахарин**

ПЛИС фирмы Xilinx содержат два типа микросхем, существенно отличающихся друг от друга по архитектуре: FPGA (Field Programmable Gate Array – программируемой вентильной матрицы) и CPLD (Complex Programmable Logic Device – комплексного программируемого логического устройства). ПЛИС типа FPGA по сравнению с CPLD обладают более мощными логическими ресурсами и более высоким быстродействием.

### Типы кристаллов FPGA

В настоящее время наиболее используемыми являются две серии FPGA, аналогичных по архитектуре: Spartan-II и Virtex [1, 2].

Рассматриваемые серии кроме элементов логики, реализуемых в логических ячейках (Logic Cells – LC), содержат блочную оперативную память (Block RAM – BR), которая в отличие от распределенной памяти, реализуемой на LC, является встроенной и не занимает

логических ячеек микросхемы. Ячейка LC включает 4-входовый функциональный генератор (Look Up Table – LUT), логические элементы переноса (Carry Logic) и запоминающий элемент (триггер или "защелку"). BR состоит из блоков, каждый из которых представляет собой двухпортовую синхронную память, имеющую в зависимости от типа FPGA объем 4 или 18 кбит. Блочная память может быть использована также в качестве ПЗУ (ROM).

Spartan-II (с напряжением питания логического ядра кристалла  $V_{CCINT}=2.5\text{ В}$ ) содержит 6 типов кристаллов, отличающихся логическими ресурсами: 432-5292 LC и 16-56 кбит BR (15-200 тыс. системных вентиляей). Развитием этой серии является Spartan-IIЕ ( $V_{CCINT}=1.8\text{ В}$ ), содержащая 5 типов кристаллов емкостью: 1728-6912 LC и 32-64 кбит BR (50-300 тыс. системных вентиляей). Серия Spartan-II имеет невысокую стоимость и широко используется в проектах малой и средней степени сложности. Быстродействие серии оценивается системной частотой синхросигналов (Clock), равной 200 МГц.

Серия Virtex ( $V_{CCINT}=2.5\text{ В}$ ), содержащая от 50 тыс. до 1 млн системных вентиляей и работающая с системной частотой 200 МГц, получила дальнейшее развитие, реализованное в сериях Virtex-E ( $V_{CCINT}=1.8\text{ В}$ ), Virtex-E Extended Memory ( $V_{CCINT}=1.8\text{ В}$ ), Virtex-II ( $V_{CCINT}=1.5\text{ В}$ ) и Virtex-II Pro ( $V_{CCINT}=1.5\text{ В}$ ).

Ресурсы микросхем, образующих указанные серии, приведены в таблице.



## Ресурсы микросхем серий Virtex/-E/-EM/-II/-II Pro

Серия	Количество типов микросхем	Количество LC		Объем блочной RAM, кбит		Кол-во встроенных блоков умножения		Макс. кол-во доступных выводов
		мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	
Virtex	9	1728	27 648	32.768	131.072	–	–	512
Virtex-E	11	1728	73 008	65.536	851.968	–	–	804
Virtex-EM	2	10 800	21 168	573.440	1146.880	–	–	556
Virtex-II	11	512	93 184	72.0	3024.0	4	168	1108
Virtex-II Pro	10	3168	125 136	216.0	10 008.0	12	556	1200

Помимо увеличения логических ресурсов и повышения быстродействия за счет совершенствования архитектурных и технологических решений общую тенденцию развития этих серий ПЛИС определяют два фактора, обеспечивающих как повышение производительности, так и расширение возможностей применения. К этим факторам относятся: встраивание в кристалл быстродействующих модулей общего назначения и элементов, обеспечивающих реализацию стандартов ввода-вывода для осуществления взаимодействия с различными внешними устройствами.

В модули общего назначения кроме блочной RAM (в сериях Virtex-II и Virtex-II Pro каждый блок имеет объем памяти 18 кбит) входят блоки умножения (18×18 бит), а в серию Virtex-II Pro дополнительно введены встраиваемые приемопередатчики (максимальное количество – 24) со скоростью передачи в дуплексном режиме от 622 Мбит/с до 3.125 Гбит/с на канал, а также RISC-процессоры PowerPC (максимальное количество – 4).

Максимальная физическая дуплексная скорость передачи данных для приемопередатчика (24 канала) составляет 120 Гбит/с.

Ядро процессора PowerPC имеет низкую потребляемую мощность 0.9 мВт/МГц и базируется на гарвардской архитектуре с частотой 300 МГц. Ядро содержит 5-ступенчатый конвейер обработки данных, устройство аппаратного умножения и деления, тридцать два 32-разрядных регистра общего назначения, двунаправленный модульно-ассоциативный кэш команд и кэш данных (каждый по 16 кбайт), устройство управления памятью. При построении ядра реализована шинная архитектура IBM CoreConnect.

Для взаимодействия с внешними устройствами, т. е. согласования логических сигналов по уровню, используются различные напряжения питания логического ядра и блоков ввода-вывода (I/O). Фирма Xilinx использует технологию Select I/O, позволяющую каждый блок ввода-вывода запрограммировать в соответствии с определенным стандартом ввода-вывода. Серия Virtex поддерживает 16 интерфейсных стандартов ввода-вывода, Virtex-E и Virtex-EM – 20, Virtex-II – 25, Virtex-II Pro – 22. Все серии обеспечивают совместимость со стандартом шины PCI. Имеется возможность программирования выходного тока I/O при выборе стандартов (LVTTTL, LVCMOS) в пределах от 2 до 24 мА, в

сериях Virtex-II и Virtex-II Pro введено цифровое управление импедансом.

*Технические характеристики, описание архитектуры, способы программирования кристаллов можно найти в сети Интернет по адресу: <http://www.xilinx.com>*

**Системы проектирования**

Развитие ПЛИС сопровождается увеличением объема логических ресурсов и их усложнением. Детальный учет особенностей структуры кристалла при разработке проектов становится затруднительным и требует немалых затрат времени. Эта проблема решается системами автоматизированного проектирования (САПР), включающими ряд программных средств, содержащих графический интерфейс пользователя и работающих под управлением программы-менеджера, организующей процесс проектирования. Разработка проектов осуществляется с помощью библиотек готовых технических решений, учитывающих структурные и технологические особенности изготовления используемого кристалла.

До недавнего времени применялись и в настоящее время находятся в эксплуатации два типа систем проектирования: Xilinx Foundation Series и Xilinx Alliance Series. Xilinx Foundation Series содержит полный набор инструментальных средств, необходимых для разработки проектов в ПЛИС. Xilinx Alliance Series предоставляет в распоряжение разработчиков систему программных средств фирмы Xilinx, объединенную с другими существующими средствами автоматизированного проектирования. Эти системы поддерживают все серии кристаллов кроме серий Spartan-II E и Virtex-II Pro. В настоящее время эти САПР трансформировались в системы ISE (Integrated Synthesis Environment) Foundation и ISE Alliance, ориентированные на использование HDL-методологии (HDL – Hardware Description Language), позволяющей при наличии современных средств синтеза обеспечить наиболее эффективную разработку сложных проектов. Кроме этих систем предлагаются ISE BaseX и свободно распространяемая ISE WebPack, поддерживающие ограниченный набор кристаллов и не содержащие некоторых инструментальных модулей. Для упрощения взаимодействия различных САПР используется стандартный формат файлов обмена данными EDIF (Electronic Data Interchange Format), который поддерживается многими



производителями САПР.

Независимо от типа САПР процесс проектирования состоит из описания проекта (схематического представления, HDL-описания, диаграмм состояний и т. д.); его синтеза; функционального моделирования; реализации в кристалле, включающей трансляцию проекта, преобразование проектных логических элементов в физические, размещение и трассировку; верификации (моделирования с учетом реальных задержек в кристалле) и программирования (конфигурирования) кристалла. Соответственно основными инструментальными средствами САПР являются:

- средства описания проекта (Schematic Editor, HDL Editor, State Diagram Editor)
- синтезатор (Xilinx Synthesis Technology – XST) или интерфейсы для взаимодействия с другими средствами синтеза (Synplicity Synplify/Pro, Leonardo Spectrum, Synopsys FPGA Compiler II)
- симулятор (ModelSim Xilinx Edition – MXE II, MTI Xilinx Edition)
- средства реализации проекта в кристалле
- программа конфигурирования (iMPACT).

Кроме указанных модулей САПР содержит ряд средств, облегчающих и ускоряющих процессы проектирования, верификации и отладки. К таким средствам относятся, например:

- Project Navigator – менеджер проектов
- CORE Generator System – формирователь параметрических модулей, т. е. модулей, выполняющих определенную функцию из имеющегося перечня, с характеристиками, определяемыми разработчиком
- FloorPlanner – графический интерактивный модуль, служащий для просмотра и управления размещением компонентов в кристалле в соответствии с проектными ограничениями
- Xilinx System Generator for DSP – высокоуровневая среда моделирования приложений, относящихся к цифровой обработке сигналов. При моделировании является связующим звеном между системой MATLAB/Simulink и САПР.

*Информацию о составе и стоимости ISE Foundation и ISE Alliance можно найти в сети Интернет по адресу: <http://www.xilinx.ru>*

### **Процесс проектирования с использованием HDL-методологии**

HDL-языки поддерживают представление проектов на разных уровнях, когда описание частей проекта выполняется как на поведенческом или алгоритмическом уровне, так и в виде структуры или перечня цепей. Благодаря этой возможности архитектура системы может быть описана на высоком уровне абстракции, а затем путем последовательной детализации преобразована в специфическое представление на уровне элементов или логических вентилях. Методология проектирования с использованием HDL-языков (HDL-методология) имеет несколько существенных преимуществ перед

традиционной методологией, оперирующей с проектом на вентильном уровне, таких как:

- возможность функциональной верификации в начале проектирования путем моделирования HDL-описания (моделирование проекта на таком высоком уровне перед его реализацией на вентильном уровне позволяет проверить архитектуру и проектные решения)
- наличие логического синтеза и оптимизации, т. е. автоматического преобразования VHDL-описания в представление на вентильном уровне с учетом свойств выбранного кристалла (этим исключается формирование критических элементов проекта на вентильном уровне, сокращается время проектирования и количество ошибок, вносимых при полуавтоматической трансляции VHDL-описания; операция оптимизации позволяет автоматически преобразовать синтезированный проект в схему, требующую меньших логических ресурсов и обладающую более высоким быстродействием; имеется возможность использования информации, полученной из синтезированной и оптимизированной схемы, для корректировки VHDL-описания с целью более тщательной разработки архитектурных решений)
- независимость HDL-описания от свойств кристалла может быть использована для проектов, реализуемых в кристаллах разных фирм-производителей, серий и типов (часто HDL-описание является более простым и удобным для восприятия, чем перечень цепей или представление в виде схемы)
- возможность строгого контроля типов декларируемых элементов, обеспечиваемого языком VHDL, являющимся подобием языка программирования высокого уровня (контроль соответствия типов определяет многие виды ошибок прежде, чем проект будет синтезирован).

Рассмотрим в качестве примера процесс проектирования с использованием языка VHDL при работе с инструментальным средством синтеза FPGA Compiler II/FPGA Express (далее FC/FE) фирмы Synopsys [3].

FC/FE выполняет три основные функции:

- преобразование кода VHDL во внутренний формат
- оптимизацию представления проекта на уровне блоков
- отображение логической структуры проекта с учетом заданной технологии FPGA.

После преобразования VHDL-описания во внутренний формат базы данных, синтез и оптимизации проект может быть частично или полностью реструктурирован. Управление реструктуризацией осуществляется с помощью задаваемых вариантов выбора (options):

- полного сохранения проектной иерархии
- перемещения модулей вверх или вниз по иерархии
- объединения модулей между собой
- сжатия полного проекта в один модуль (называемого

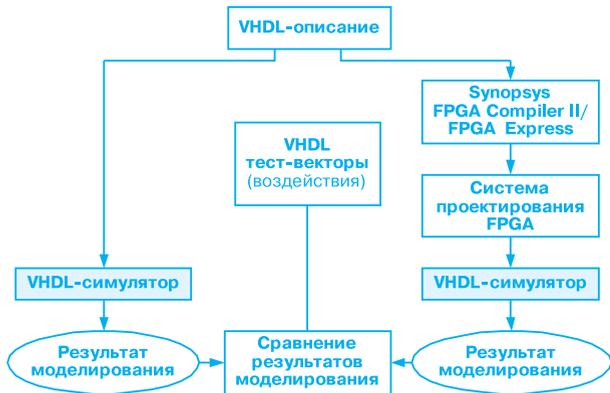


Рис. 1. Схема процесса проектирования с использованием средств синтеза FPGA Compiler II/FPGA Express и VHDL-моделирования "выравниванием" проекта), если эта возможность допускается.

На рис. 1 приведена схема процесса проектирования с использованием средств синтеза FC/FE и VHDL-моделирования.

В соответствии со схемой процесса должно быть подготовлено описание проекта на VHDL-языке, а также входные воздействия в виде VHDL тест-векторов (VHDL Test Bench). Корректность описания проекта проверяется с помощью VHDL-симулятора. Далее описание проекта синтезируется и оптимизируется средствами FC/FE, в результате чего формируется оптимизированный перечень цепей (netlist) на вентиляльном уровне, удовлетворяющий заданным временным ограничениям выбранной архитектуры FPGA. Для связи полученного описания на вентиляльном уровне с VHDL-симулятором используется система проектирования FPGA, ориентированная на выбранную технологию изготовления кристаллов и поставляемая, как правило, фирмой-производителем FPGA. Эта система содержит имитационные модели и интерфейсы, необходимые для проектирования. Моделирование версии проекта, реализованного в кристалле, производится при тех же входных воздействиях, которые были использованы на начальном этапе моделирования, так как описания модулей и портов не были изменены в процессе трансляции и оптимизации. Сравнение результатов моделирования этой версии проекта и VHDL-описания позволяет оценить корректность процессов синтеза и оптимизации.

Средства синтеза FC/FE, упрощающие процесс проектирования и повышающие его качество, включают возможность использования встраиваемых модулей и инкрементного синтеза на блочном уровне.

#### Встраиваемые модули

Средства синтеза FC/FE автоматически формируют и обеспечивают реализацию общих арифметических функций, а также функций отношения путем использования встраиваемых (built-in) модулей. Эти модули позволяют оптимизировать быстродействие и затраты логических ресурсов разрабатываемой схемы с

учетом размеров операндов и архитектуры кристалла. Типы модулей, в которых реализованы функции HDL-описания исходного текста, перечислены ниже:

- умножитель (\* оператор)
- сумматор, вычитатель и сумматор/вычитатель (+ – операторы)
- инкрементатор (суммирование "1"), декрементатор (вычитание "1") и инкрементатор/декрементатор (+ и – операторы)
- формирователь дополнительного кода (унарный оператор)
- компаратор (<, <=, >, >=, =, /=, ==, != операторы отношения)
- мультиплексор (оператор VHDL).

#### Инкрементный синтез на блочном уровне

Прогресс в технологии производства FPGA сделал эту элементную базу весьма удобной для больших и сложных проектов с логической емкостью до миллиона и более эквивалентных вентилях. Большие проекты требуют и соответствующих инструментальных средств, способных обеспечить эффективный синтез и реализацию проектов в кристалле. Одной из таких возможностей является технология, названная BLIS (Block-Level Incremental Synthesis) [4]. Эта технология позволяет перетранслировать только модифицированную часть проекта после внесения в него изменений и не затрагивает той его части, которая изменениям не подвергалась. Результатом является не только уменьшение времени компиляции, но и сохранение с учетом всех временных соотношений поведения определенных частей проекта, в то время как другие были изменены. Проект делится на "блоки", причем каждый блок представляет собой наименьшую часть проекта, с которой может оперировать BLIS. Средства синтеза FC/FE генерируют и оптимизируют для каждого блока перечень цепей (netlist), который не изменяется, если не изменяется проект, связанный с этим блоком. Перечень цепей каждого блока затем в отдельности обрабатывается инструментальным средством размещения и трассировки, при этом рекомпиляции подвергается только модифицированный перечень цепей.

#### Библиотеки технических решений и применение ПЛИС

Проекты цифровых модулей, представляющие собой готовые технические решения, существенно сокращают время проектирования и выхода на рынок новых изделий. Эти решения, называемые библиотеками параметрических модулей (LPM), описаниями (Datasheets), ядрами (Core), IP-блоками (Intellectual Property), могут быть адаптированы в соответствии с требованиями нового проекта. Они относятся к программным или "мягким" заготовкам, описанным с помощью HDL-языка, например, на уровне регистровых передач. Наиболее важным свойством IP-блока является его гарантированное воспроизведение в новом проекте в соответствии со спецификацией, опреде-

ленной разработчиком IP-блока и уточненной разработчиком проекта. Следует отметить, что описание модели на HDL-языке позволяет не только сделать ее перенастраиваемой и независимой от технологии, но и выполнять ее моделирование и синтез с использованием инструментальных средств различных фирм.

IP-блоки системы Core Generator разделены по функциональным признакам на группы:

- базовых элементов (компараторы, счетчики, шифраторы/дешифраторы, элементы памяти, мультиплексоры, регистры и т. д.)
- коммуникаций и сетей (устройства для асинхронного режима передачи, стандартные блоки, модули шифрования/дешифрирования, устройства коррекции ошибок, средства телекоммуникации)
- цифровой обработки сигналов (стандартные блоки, корреляторы, средства тестирования сигнальных процессоров, акселераторы, фильтры, блоки модуляции, модули умножения и аккумуляция, преобразователи БПФ, синтезаторы сигналов)
- средств реализации математических функций (аккумуляторы, сумматоры и вычитатели, компараторы, модули дополнения и деления, интеграторы, умножители, умножители с аккумуляцией, синус/косинусные таблицы соответствия, модули извлечения квадратного корня)
- элементов памяти (RAM, ROM, FIFO, CAM, элементы задержки)
- микропроцессоров, микроконтроллеров и периферийных устройств (стандартные блоки, процессорные ядра, периферийные процессоры, универсальные асинхронные приемопередатчики)
- стандартных шинных интерфейсов (арбитр, PCI32, PCI64/66, CAN-bus)
- обработки изображений, видео- и аудиоинформации (JPEG-кодек, конвертеры цветового пространства и т. д.).

На рис. 2 в качестве примера приведен внешний вид окна системы Core Generator, в которой с использованием блочной памяти генерируется функция синхронного FIFO объемом 512 48-разрядных слов. Разработчик в приведенном окне указывает имя компонента; тип памяти; параметры порта данных (ширину и глубину); варианты (optional) порты: Data Count – разрядность счетчика, отображающего количество слов данных, находящихся в каждый момент времени в FIFO; сигналы подтверждения записи (WR\_ACK) и чтения (RD\_ACK); сигналы ошибки записи (WR\_ERR) и чтения (RD\_ERR).

Номенклатура ядер постоянно увеличивается и из приведенного перечня функциональных групп видно, что ПЛИС используются во многих областях человеческой деятельности, связанной с информатизацией и приборостроением. Отличительная особенность ПЛИС, заключающаяся в возможности непосредственной (параллельной) реализации одного и более

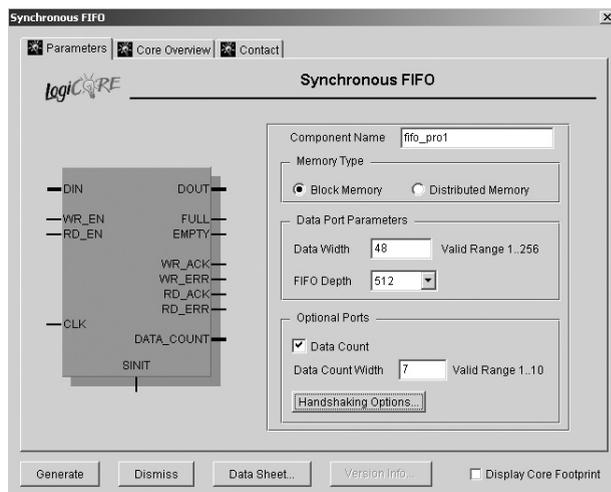


Рис. 2. Внешний вид окна системы Core Generator, генерирующей функцию синхронного FIFO

алгоритмов работы вместо последовательного их выполнения процессором, позволяет существенно ускорить обработку информации.

Например, в цифровой обработке сигналов ПЛИС по сравнению с сигнальными процессорами имеют такие преимущества, как возможность организации параллельной обработки данных, масштабирование полосы пропускания, расширяемость устройства. Так, в пресс-релизе "XILINX enables 300 MSPS programmable DSP systems with new Virtex-II Pro FPGAs", представленном 24 июня 2002 г., фирма, объявляя о расширении XtremeDSP-инициативы на основе внедрения серии Virtex-II Pro, сообщила, что достигнут уровень быстродействия DSP-систем, равный  $10^{12}$  MAC в секунду или 300 MSPS (миллионов выборок в секунду) [5]. Xilinx XtremeDSP-инициатива [6] предназначена для обеспечения проектировщиков в области цифровой обработки сигналов высокоэффективными инструментальными средствами, техническими решениями, библиотеками алгоритмов DSP, услугами по обучению и т. д.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Xilinx DataBook 2002. Available at <http://www.support.xilinx.com/partinfo/databook.htm>
2. Telikepalli A. Virtex-II Pro FPGAs: – The Platform for Programmable Systems Has Arrived // Xcell, Xilinx Inc. – 2002, No 42.
3. FPGA Compiler II/FPGA Express. VHDL Reference Manual/vhdlref.pdf (www.xilinx.com)
4. Alan Ma. Using Block-Level Incremental Synthesis in FPGA Compiler II and FPGA // Xcell, Xilinx Inc. – 2000, No 37.
5. <http://www.xilinx.com/dsp>
6. Rufino T.Olay. Xilinx XtremeDSP Initiative Meets the Demand for Extreme Performance and Flexibility // Xcell, Xilinx Inc. – 2001, No 40.

## СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ СЕМЕЙСТВА ADSP-BF53x

В марте 2003 года фирма Analog Devices анонсировала новые сигнальные процессоры ADSP-BF535/3/2/1 (Blackfin), которые должны заменить выпущенные ранее процессоры ADSP-21535/3/2/1.

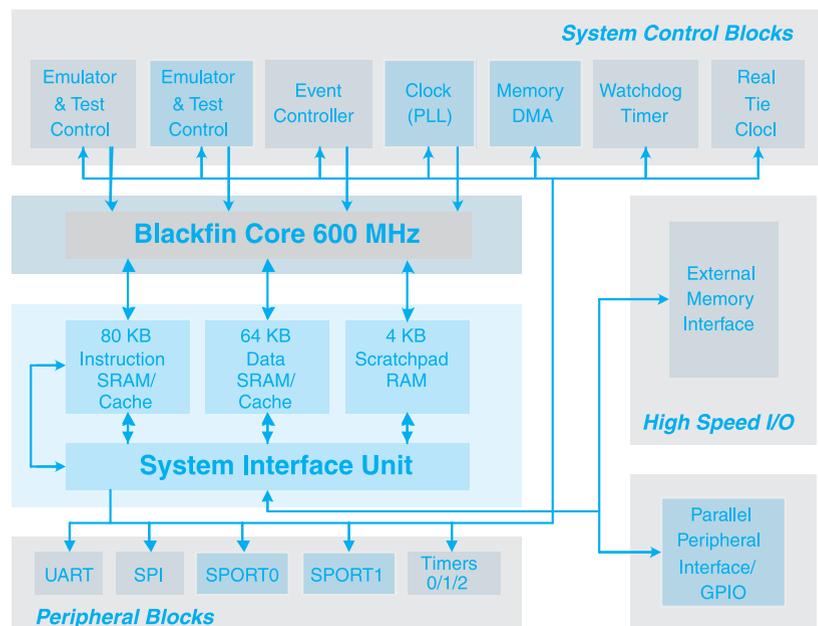
В статье приведены особенности, возможности и основные технические параметры сигнальных процессоров ADSP-BF535/3/2/1.

**В. Охрименко**

Blackfin ADSP-BF535/3/2/1 (ADSP-BF53x) – семейство 16-разрядных цифровых сигнальных процессоров с фиксированной точкой. В таблице приведены основные параметры этих процессоров [1, 2], спроектированных на основе базового процессорного ядра и отличающихся между собой, главным образом, объемом интегрированной на кристалле памяти, функциональными возможностями встроенных периферийных устройств и, соответственно, стоимостью. Сигнальный процессор ADSP-BF535P имеет расширенный набор периферийных устройств, включающий контроллеры PCI- и USB-шины. Все процессоры ADSP-BF53x имеют внешний порт (External Port), поддерживающий обмен данными с памятью типа SRAM, ROM, SDRAM и флэш. В ADSP-BF535P внешний порт имеет 32-разрядную шину данных. Все сигнальные процессоры ADSP-BF53x содержат (см. рисунок) большой набор системных модулей и периферийных устройств, включающий: три универсальных таймера, "сторожевой" таймер, таймер реального времени (RTC), контроллеры последовательных портов (SPI, UART), многоканальный контроллер прямого доступа к памяти (DMA). В сигнальных процессорах ADSP-BF53x нет встроен-

ной флэш-памяти. Однако расширить функциональные возможности этих процессоров можно за счет подключения микросхем внешней флэш-памяти, разработанных специально для использования с сигнальными процессорами семейства Blackfin. Это микросхемы типа DSM2150, выпускаемые фирмой STMicroelectronics. Сигнальные процессоры ADSP-BF53x отличаются также сниженным напряжением питания процессорного ядра, которое составляет 0.7...1.2 В (ADSP-BF533/2/1) или 0.9...1.6 В (ADSP-BF535P). Несомненным пре-

имуществом всех процессоров семейства Blackfin является встроенная система динамического управления энергопотреблением, основанная на изменении параметров (напряжения питания и тактовой частоты) процессорного ядра, а также тактовой частоты периферийных устройств. Кроме того, предусмотрена возможность полного отключения некоторых периферийных устройств. При тактовой частоте 600 МГц мощность потребления сигнального процессора ADSP-BF533 составляет всего 280 мВт [1]. Наличие встроенной системы динамического управления энергопотреблением позволяет использовать сигнальные процессоры ADSP-BF53x в мобильных портативных средствах связи, переносных малогабаритных видеокамерах,



Архитектура сигнальных процессоров семейства Blackfin

Основные параметры сигнальных процессоров семейства Blackfin

Тип ADSP-	Макс. тактовая частота, МГц	Макс. производительность, ММАКС	Объем встроенной памяти, кбайт	Разрядность внешней шины данных	Интерфейсы			Напряжение питания процессорного ядра, В	Встроенный регулятор напряжения	Число выводов и тип корпуса
					PCI	USB	UART			
BF535P	350	700	308	32	+	+		1.6	-	260-PBGA
BF531	400	800	84	16	-	-	+	1.2	+	160-miniBGA, 176-LQFP
BF532			116							
BF533	600	1200	148							160-miniBGA



встраиваемых системах управления/контроля и сбора/обработки данных, мультимедийных и других системах.

Базовое процессорное ядро сигнальных процессоров ADSP-BF53x построено на основе архитектуры Micro Signal Architecture (MSA), разработанной совместно специалистами фирм Intel и Analog Devices. Использование архитектуры MSA позволило создать комбинированное процессорное ядро, одинаково хорошо оптимизированное как для высокоскоростной цифровой обработки сигналов, так и для выполнения функций управления/контроля.

Все процессоры семейства Blackfin имеют стандартную структуру встроенной памяти. Это блоки памяти первого уровня (L1) типа

SRAM или кэш, которые могут использоваться для хранения данных и программ, а также блок сверхоперативной памяти произвольного доступа. В процессоре ADSP-BF535 кроме блока памяти первого уровня имеется блок памяти второго уровня (L2) объемом 256 кбайт.

Во всех процессорах ADSP-BF53x реализована система ФАПЧ, с помощью которой осуществляется умножение частоты внешнего резонатора и формирование тактовой частоты для их работы. Всего реализовано 64 коэффициента умножения частоты.

В настоящее время фирма Analog Devices предлагает сигнальные процессоры ADSP-BF533 с тактовой частотой 500 и 600 МГц соответственно по цене 16.95 и 19.95 доллара США, а также процессо-

ры ADSP-BF532 и ADSP-BF531 с тактовой частотой 400 МГц соответственно по цене 9.95 и 5.95 доллара США. В третьем квартале 2003 года планируется выпуск сигнальных процессоров ADSP-BF532 и ADSP-BF531 с тактовой частотой 300 МГц, выполненных в корпусе 176-LQFP. Ориентировочная стоимость этих процессоров составит соответственно 9.95 и 4.95 доллара США. Все цены указаны для партии 10 тыс. шт. [1].

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Analog Devices New Blackfin Family Offers the Fastest and Most Power Efficient Processors for Their Class (<http://www.analog.com>).
2. Selection Table. Blackfin DSPs (<http://www.analog.com>).

## СИГНАЛЬНЫЙ ПРОЦЕССОР И МИКРОКОНТРОЛЛЕР В ОДНОМ КОРПУСЕ \*

Встроенные системы, как правило, содержат микроконтроллеры и сигнальные процессоры, причем на микроконтроллер возлагаются функции ведущего, а на сигнальный процессор – ведомого устройства. Микроконтроллер управляет исполнительными механизмами, а сигнальный процессор выполняет обработку данных. Объединение этих функций необходимо, например, в аудио- и видеосистемах, в которых кроме обработки информации требуется поддержка человеко-машинного интерфейса, а также других функций управления.

Особенности таких систем кратко рассмотрены в статье "Unified DSP/MCU Combining the Best of Both Worlds" (авторы Richard Gentile и David Katz – специалисты фирмы Analog Devices), опубликованной в журнале EPN, No 1, 2003.

Наиболее просто такие системы могут быть созданы на основе стандартных микросхем микроконтроллеров и сигнальных процессоров. Подобное решение обеспечивает максимальную гибкость системы, однако не является оптимальным по стоимости и габаритам. Для уменьшения габаритов микросхемы сигнального процессора и микроконтроллера могут быть заменены одним многокристальным модулем. Как в первом, так и во втором случае для отладки такой системы требуется два типа отладочных комплектов, что не всегда приемлемо. Еще один путь решения этой про-

блемы – встраивание функций сигнального процессора непосредственно в ИМС микроконтроллера. Это позволяет выполнять обработку данных с производительностью сигнального процессора. Однако, при выполнении функций управления такая структура является избыточной. Поэтому в микроконтроллер встраивают отдельные узлы сигнального процессора, например, умножитель/аккумулятор. Основным недостатком такой структуры является высокая специализация. И, наконец, четвертая структура представляет собой сигнальный процессор со встроенными функциями микроконтроллера. Такая структура положена в основу семейства сигнальных процессоров Blackfin фирмы Analog Devices. Новое семейство имеет унифицированную архитектуру, ориентированную как на выполнение вычислительных операций, так и операций управления. В зависимости от задачи такие процессоры могут выполнять функции только контроллера или только сигнального процессора. Переход из одного режима в другой является безынерционным и не требует операций переключения.

Режим высокопроизводительного сигнального процессора семейства Blackfin поддерживается VLIW-архитектурой. Для обеспечения высокого быстродействия при минимальном объеме памяти программирование сигнального процессора осуществляется на языке ассемблера, в то время как программирование кон-

\* Сокращенный перевод с английского В. Романова.

троллера – на языке высокого уровня C/C++. Длина кодового слова команды может составлять 16, 32 или 64 разряда, однако для обеспечения преемственности программного обеспечения широко распространенных 16-разрядных микроконтроллеров в семействе Blackfin используются 16-разрядные команды.

В сигнальных процессорах семейства Blackfin применяются операционные системы реального времени, к основным особенностям которых относятся:

- ограниченный доступ к памяти для резервирования ее адресного пространства
- разделение указателей стеков и кадров для уменьшения системной задержки
- разделение супервизорного и пользовательского режимов.

Традиционные сигнальные процессоры работают в супервизорном режиме, обеспечивающем доступ ко всем ресурсам в любое время, а традиционные микроконтроллеры – в пользовательском режиме с максимальным использованием всех ресурсов операционной системы. В объединенном устройстве, в котором микроконтроллер и сигнальный процессор работают под управлением единой операционной системы в супервизорном режиме (т. е. в режиме сигнального процессора), ограничиваются возможности пользовательского (микроконтроллерного) режима.

Основным преимуществом микроконтроллеров по сравнению с микропроцессорами и сигнальными процессорами является наличие широкого набора периферийных устройств. В составе микроконтроллеров имеются различные таймеры, дискретные входы и выходы, параллельные и последовательные интерфейсы

и т. п. Устройства с объединенной архитектурой кроме мощной периферии включают высокоскоростные интерфейсы для обмена данными в реальном масштабе времени, к ним относятся PCI-, USB-интерфейсы, параллельный видеоинтерфейс, каналы прямого доступа к памяти, которые обеспечивают ядро сигнального процессора данными при их обработке.

Проблема оптимизации энергопотребления имеет достаточно простое решение, если микроконтроллер и сигнальный процессор выполнены в виде отдельных ИМС. В случае объединенной архитектуры оптимальное решение этой проблемы затруднено, т. к. ядро сигнального процессора обеспечивает максимальное быстродействие при достаточно высоком потреблении. Для уменьшения рассеиваемой мощности в состав устройства с объединенной архитектурой включают контроллер динамического управления энергопотреблением (Dynamic Power Management Controller). Этот контроллер уменьшает тактовую частоту и напряжение питания в режиме управления; переводит в "спящий" режим многочисленные периферийные устройства и часть внутренней памяти – в режиме обработки данных.

Таким образом, устройства с объединенной архитектурой обладают существенными преимуществами по сравнению с системами на основе автономных микроконтроллера и сигнального процессора и в недалеком будущем, как полагают специалисты, найдут широкое применение в тех областях, в которых до последнего времени использовались системы с традиционной архитектурой.

## СЕТЬ LIN

*В статье рассмотрены принципы организации бортовой автомобильной сети LIN, предназначенной для обмена данными между низкоскоростными устройствами управления, применяемыми в автотранспортных средствах. Сеть LIN позволяет объединить вспомогательные системы и узлы управления/контроля автомобиля (дверные замки, стеклоочистители, систему регулирования положения кресла и т. п.) в единую многофункциональную бортовую информационную сеть. Хотя изначально протокол LIN создавался для организации автомобильных бортовых сетей, в настоящее время LIN-протокол применяется и в устройствах промышленного назначения, поскольку его использование позволяет снизить стоимость и повысить надежность оборудования.*

**В. Охрименко**

В последние годы прошлого столетия наиболее быстро развивающимся сегментом мирового

рынка полупроводниковой электроники стал сектор интегральных микросхем для автомобильной электроники [1-5]. Такая ситуация была обусловлена применением

сложных электронных систем (устройств цифрового управления подвеской, антиблокировочных и навигационных систем и т. п.) не только в автомобилях класса "люкс", но и в стандартных моделях, предназначенных для массового потребителя. В среднем, в каждом автомобиле имеется порядка 15-20 микроконтроллеров и их количество непрерывно увеличивается [2]. Причем, кроме сравнительно простых 8-разрядных, все чаще и чаще находят применение высокопроизводительные 16- и 32-разрядные микроконтроллеры. По прогнозам некоторых экспертов в течение ближайших лет ежегодный рост продаж микросхем для автомобильных мультимедийных систем,



средств безопасности и охраны, для систем управления автомобилем и двигателем составит в среднем от 5 до 12 процентов. Современный автомобиль буквально "распирает" от содержащихся в нем электронных систем самого разного назначения (рис. 1). При этом, пожалуй, единственным реальным сдерживающим фактором на пути применения современных электронных систем является отсутствие полной уверенности у производителей автомобилей в востребованности новейших электронных систем и устройств, что, безусловно, приходится учитывать при запуске в производство автомобилей новых марок. Использование концепции интеллектуальных встраиваемых устройств, позволяющих реализовать обмен данными между разными автомобильными системами через информационную сеть с использованием стандартных сетевых протоколов, дает возможность не только без особых проблем подключать новые устройства и приборы к информационной бортовой сети автомобиля, но и избавляться от тех, использование которых неоправдано с точки зрения пользователя.

Всю возможную сферу применения существующих стандартов сетевых протоколов с мультиплексируемой передачей данных можно условно разделить на четыре отдельные области, как показано на рис. 2 [1]. Не существует стандарта, в полной мере удовлетворяющего требованиям, предъявляемым к разным системам. Для мультимедийных приложений используются стандарты, поддерживающие высокую скорость обмена информацией по проводным и беспроводным линиям связи. Это MOST, D2B, Bluetooth. Высокие помехоустойчивость и пропускная способ-

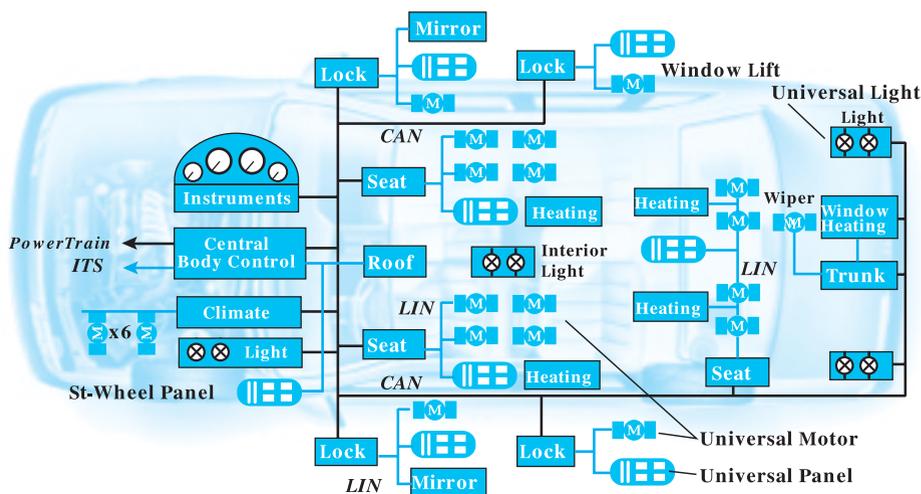


Рис. 1. Функциональная схема размещения электронных систем автомобиля

ность, обеспечиваемые стандартами TTP/C, Byteflight, TT-CAN, позволяют использовать их для управления ходовой частью (коробкой передач, системой сцепления и тормозной системой), к работе которой предъявляются повышенные требования по надежности управления и эксплуатации. Для обмена данными между большинством систем и устройств в автотранспортных средствах успешно применяется CAN-технология. В случае сбора информации, поступающей от интеллектуальных датчиков, и управления несложными исполнительными механизмами не требуются высоконадежные логические

протоколы и высокая скорость передачи данных, поэтому в таких случаях сети обмена данными базируются на стандартах: J1850, TTP/A и LIN (Local Interconnect Network).

В настоящее время, пожалуй, самой популярной сетевой технологией, применяемой в автотранспортных средствах, является CAN-технология, использование которой позволяет сократить сроки разработки и внедрения автомобильной электроники. CAN-шина обеспечивает высокую помехоустойчивость и пропускную способность (до 1 Мбит/с). Ведущими мировыми производителями элек-

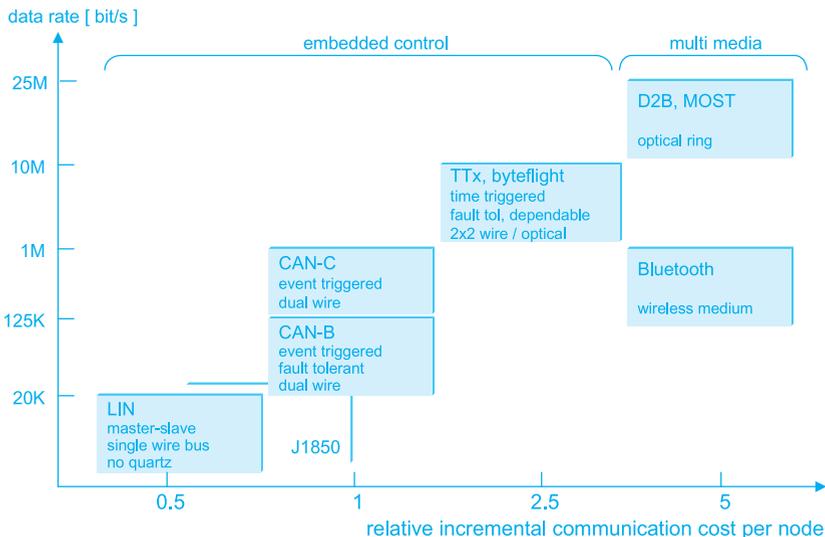


Рис. 2. Стандарты сетевых протоколов передачи данных

тронных компонентов выпускается широкий набор микросхем для реализации CAN-технологии. В течение последних 20 лет с момента начала использования этой технологии была подтверждена надежность систем, в которых передача данных осуществляется по CAN-шине. В настоящее время CAN-технология широко используется в авиации, железнодорожном и автомобильном транспорте, средствах промышленной автоматизации и других отраслях промышленности.

В последнее время гиганты автомобилестроительной индустрии и компании-производители интегральных микросхем для автомобильной электроники объединяют усилия по созданию новых промышленных стандартов для систем управления автотранспортными средствами и сетей обмена данными между этими устройствами.

В конце 2000 года компании BMW, DaimlerChrysler, Motorola, Philips Semiconductor объявили о совместном решении создать консорциум FlexRay. Цель этого проекта – разработка стандарта для коммуникационных систем, способных передавать данные со скоростью порядка 10 Мбит/с, что может потребоваться для обмена информацией с быстродействующей аппаратурой управления системами автомобиля. В технологии FlexRay будет реализована тактовая синхронизация с использованием системы глобального времени. Другое преимущество этой технологии – исключительно быстрое обнаружение ошибок и немедленное оповещение о них.

В современных автотранспортных средствах с помощью электронных систем выполняется множество функций. Все используемые в автомобиле электронные системы можно условно разделить на два класса. К первому относятся системы, обеспечивающие надежную работу основных узлов автотранспортных средств (к примеру, осуществляющих управление работой ходовой части и двигателем

автомобиля), а также гарантирующие безопасность водителя и пассажиров (например, воздушные подушки безопасности). Ко второму классу относятся разные электронные системы управления/контроля, обеспечивающие комфортные условия для водителя при управлении автомобилем (устройства управления стеклоочистителями, стеклоподъемниками, устройства поддержания микроклимата в салоне автомобиля, устройство управления положением кресла водителя и т. п.), а также системы, предназначенные для развлечения пассажиров. Для надежной работы систем первого класса требуется скоростной высоконадежный канал связи. Для обмена данными с системами второго класса достаточно простого и недорогого канала связи. Однако протокол передачи данных и в первом, и во втором случае должен быть стандартным, что дает возможность использовать системы и устройства разных производителей и создавать унифицированные узлы для систем управления автомобилем. В качестве протокола обмена данными между системами управления основными узлами автомобиля успешно используется скоростной высоконадежный CAN-протокол, который специально разрабатывался для применения в автотранспортных средствах. Однако, применение CAN-протокола для обмена данными с низкоскоростными устройствами управления/контроля обходится неоправданно дорого. Если область применения CAN-шины – участки сети, на которых требуется обеспечить сверхнадежную высокоскоростную передачу данных, то шина LIN объединяет узлы сети, работающие с низкими скоростями передачи информации и расположенные на сравнительно коротких расстояниях друг от друга. При этом сеть LIN обеспечивает универсальность, многофункциональность, простоту разработки и отладки оборудования узлов сети. Максимальная скорость передачи

данных по LIN-сети составляет 20 кбит/с. Максимальная протяженность сети может достигать 40 метров. Простой протокол с последовательной передачей данных, принятый в LIN-стандарте, обеспечивает эффективное управление электронными узлами, используемыми в бортовой автомобильной системе управления/контроля.

В конце 1998 года по инициативе пяти автомобильных корпораций: Audi, BMW, DaimlerChrysler, Volvo, Volkswagen, компании Motorola, выпускающей электронные компоненты для автомобильной электроники, и фирмы VCT (Volcano Communication Technologies) – производителя инструментальных средств разработки – была создана рабочая группа для разработки концепции сети LIN. Позже на базе этой рабочей группы был образован LIN-консорциум. В настоящее время Европейским Автомобильным Консорциумом LIN-протокол утвержден в качестве дополнения к надежному скоростному CAN-протоколу.

Рабочая группа была создана с целью разработки спецификаций открытого сетевого стандарта для обмена цифровыми данными между узлами и устройствами в автотранспортных средствах. В качестве оборудования узлов сети LIN обычно используются разнообразные исполнительные устройства и интеллектуальные датчики, включенные в распределенную встроенную систему управления автотранспортными средствами. При этом высокая пропускная способность и универсальность протоколов передачи данных не требуются.

В стандарте LIN-сети регламентируется не только протокол передачи данных, но также предполагается использование высокоавтоматизированных инструментальных средств разработки. Это обусловлено увеличивающейся сложностью проектирования программного обеспечения для распределенных систем управления. По этой же причине в спецификации сети LIN

**Таблица 1. Сравнительные параметры LIN- и CAN-сети**

Наименование параметра	LIN	CAN
Количество "master"-узлов в сети	один	несколько
Скорость передачи данных, кбит/с	2.4-19.6	62.5-500
Разрядность идентификатора, бит	6	11 или 29
Типичное количество узлов в сети	2-10	4-20
Способ кодирования	NRZ 8N1 (UART)	NRZ
Количество байт в кадре данных	2, 4, 8	0-8
Среднее время передачи четырех байт данных, мс (при скорости передачи, кбит/с)	3.5 (20)	0.8 (125)
Количество проводов в линии связи	один	витая пара
Напряжение питания приемопередатчиков, В	13.5	5
Кварцевый или керамический резонатор для синхронизации принимаемых битовых интервалов	нет *	да

\* кроме "master"-узла

кроме описания физической среды и протокола передачи данных регламентируются требования к независимому от типа сетевого протокола интерфейсу с инструментальными средствами разработки.

Протокол передачи данных LIN-сети основан на стандартном протоколе последовательной передачи данных, принятом в интерфейсе SCI (UART), который поддерживается многими существующими стандартными устройствами. В LIN-сети предполагается наличие только одного ведущего (master) устройства, ведомых (slave) может быть несколько. Причем, все узлы сети могут принимать сообщения, которые передаются ведущим устройством. Специфическая особенность LIN-сети заключается в том, что синхронизация принимаемых ведомым устройством данных осуществляется без использования высокостабильного по частоте тактового сигнала, что позволяет отказаться от применения кварцевых и керамических резонаторов и тем самым сни-

зить стоимость оборудования, используемого в узлах сети.

Другим немаловажным преимуществом сети LIN является то, что передача данных осуществляется по однопроводной линии связи (в качестве второго провода используется общий провод питания). Для описания топологии и параметров объектов сети используется специальный язык конфигурации, что дает возможность применять инструментальные средства разработки разных производителей.

Одна из основных задач, которую необходимо было решить при разработке стандарта LIN-сети, – снижение стоимости коммуникационного оборудования, применяемого в узлах сети, и затрат на создание программного обеспечения для взаимодействия устройств. Уменьшить стоимость аппаратного и программного обеспечения удалось за счет сокращения возможностей сети по сравнению с теми, которые имеются в сети CAN. В табл.1 приведены сравнительные

характеристики LIN- и CAN-сети, в таблице 2 – параметры микроконтроллеров, необходимые для реализации узлов передачи данных по LIN- и CAN-сети.

Сложность архитектуры любой информационной сети определяется многими характеристиками: затратами на ее создание, пропускной способностью, помехоустойчивостью, надежностью, количеством сигналов, используемых в протоколе передачи данных, и многими другими. В качестве примера на рис. 3 приведен фрагмент бортовой автомобильной сетевой архитектуры, содержащей центральный и локальные контроллеры ECU (Electronic Control Unit), обмен информацией между которыми осуществляется по CAN-шине. Каждый из локальных контроллеров осуществляет контроль состояния датчиков и управление исполнительными механизмами, встроенными в кресло водителя и пассажира. Причем, соединение каждого датчика и механизма с контроллером осуществляется посредством отдельных проводов. Приведенная на рис. 3 структура сети будет оптимальной только в случае интенсивного обмена данными между центральным и локальными контроллерами. Недостаток подобной структуры – большое количество проводов, связывающих датчики и механизмы с локальными контроллерами. Кроме того, любые изменения конфигурации сети могут потребовать изменения аппаратного и программного обеспечения контроллеров. Весьма проблематична в таком случае и возможность использования устройств разных производителей.

**Таблица 2. Параметры микроконтроллеров для реализации узлов LIN- и CAN-сети**

Характеристика		Скорость передачи данных в сети, кбит/с	Процессорное ядро		Объем памяти, байт	
описание	примечание		Тактовая частота, МГц	Загрузка, %	флэш/ROM	RAM
Сеть LIN, 16-разрядный микроконтроллер, "master"		19.2	4	10	1200	25
Сеть LIN, 8-разрядный микроконтроллер, "slave"	с резонатором или без	19.2	4	15	750	22
	без резонатора	19.2	4	6	650	20
Сеть CAN, 16-разрядный микроконтроллер		125	8	15	3000	150

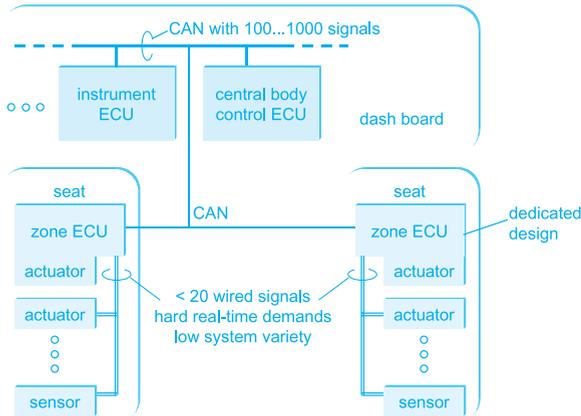


Рис. 3. Фрагмент структуры автомобильной CAN-сети

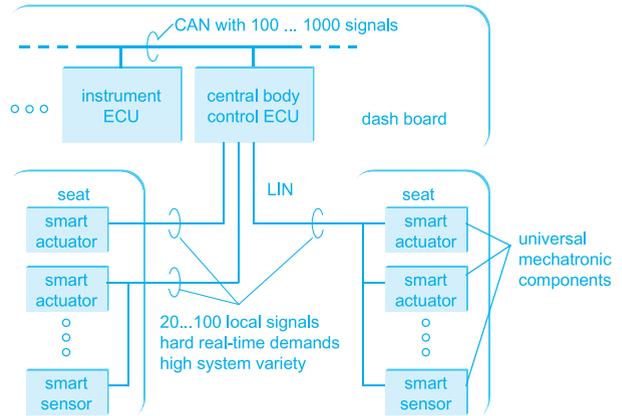


Рис. 4. Фрагмент структуры CAN-сети с подсистемой на базе сети LIN

На рис. 4 приведен фрагмент комбинированной архитектуры автомобильной бортовой информационной сети. Ключевой особенностью этой архитектуры является подсистема управления на базе сети LIN, использование которой позволяет существенно уменьшить количество проводов и упростить подключение узлов и устройств к сети.

В протоколе LIN предусматривается двунаправленная передача данных, а для объединения узлов в сеть требуется лишь трехпроводная линия передачи данных. Большим преимуществом является то, что для реализации этого протокола можно использовать стандартные недорогие микроконтроллеры, имеющие встроенный UART-порт. Кроме того, для формирования тактовой частоты микроконтроллера можно использовать RC-генератор, что позволяет отказаться от дорогостоящих кварцевых резонаторов. Контроллеры, содержащиеся во всех узлах сети, автоматически выполняют самосинхронизацию в начале каждого цикла передачи данных. На рис. 5 приведена архитектура сети LIN. Для передачи данных используется один сигнальный провод, который в каждом узле сети подсоединяется через резистор к шине питания. Передача сигналов по шине LIN выполняется с помощью специальных микросхем приемопередатчиков. В качестве

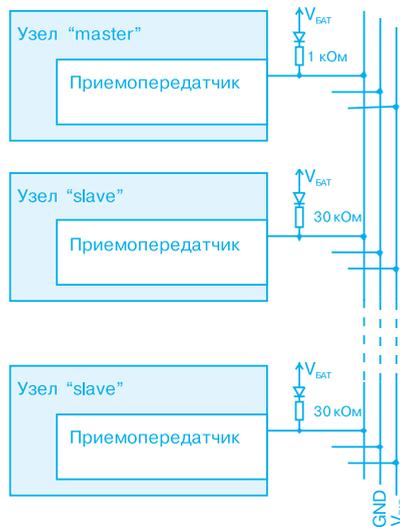


Рис. 5. Архитектура сети LIN

выходного каскада приемопередатчика используется транзистор с открытым коллектором. Активным состоянием является низкий уровень. В пассивном состоянии напряжение на линии составляет  $V_{BAT}$ . Диапазон изменения напряжения  $V_{BAT}$  находится в пределах от 9 до 18 В. Однако, приемопередатчики всех узлов сети должны сохранять

работоспособность при увеличении напряжения на линии передачи до 40 В. Для "master"-узла сопротивление резистора составляет 1 кОм, для "slave"-узла – от 20 до 47 кОм (обычно 30 кОм). На рис. 6 приведены структурная схема приемопередатчика и напряжения логических уровней на линии LIN-шины. На шине допускаются два логических уровня: логической "1" или рецессивный (recessive) и логического "0" или доминантный (dominant). Если по LIN-шине нет передачи данных, уровень напряжения соответствует рецессивному уровню. В таблице 3 приведены регламентируемые в спецификации физического уровня основные характеристики LIN-шины.

Управление передачей данных по шине LIN осуществляется только ведущим узлом. Контроллер ведущего узла посылает запрос на передачу информации ведомым устройствам и затем выполняет прием передаваемых данных. Ведомые устройства передают или принимают данные лишь по запросу ведущего.

Таблица 3. Основные характеристики LIN-шины

Наименование параметра	Типовое значение
Скорость передачи данных, кбит/с	2400, 9600, 19200
Напряжение питания приемопередатчиков, В	13.5
Скорость нарастания напряжения сигнала, В/мкс	2
Сопротивление резистора в цепи коллектора приемопередатчика, ведущий/ведомый, кОм	1/30
Емкость конденсатора на выходе приемопередатчика, ведущий/ведомый, пФ	2200/220
Емкость линии передачи, пФ/м	100...150

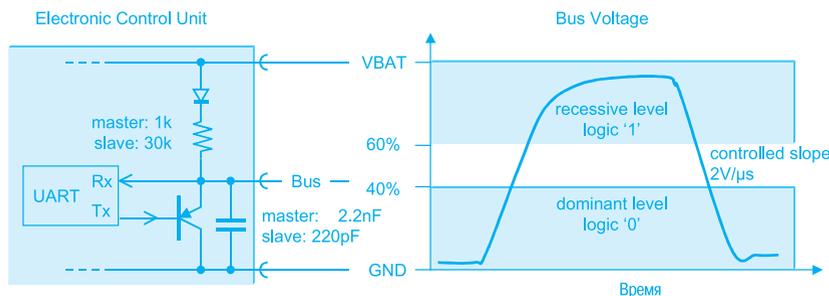


Рис. 6. Функциональная схема приемопередатчика и уровни напряжений на линии LIN-шины

В LIN-протоколе предусмотрена возможность передачи данных от ведущего устройства к одному или нескольким ведомым, а также от ведомого устройства к ведущему или другим ведомым. Кроме того, имеется возможность обмена информацией непосредственно между ведомыми устройствами без вмешательства ведущего. Предусмотрен и режим передачи данных, в котором контроллер ведущего узла может передавать данные всем без исключения ведомым устройствам сети LIN.

В структуре сообщений (рис. 7) можно выделить: сообщение-заголовок (message header) и ответное сообщение (message response). Каждое из сообщений состоит из отдельных кадров. Заголовок начинается стартовым кадром (synch break), который служит сигналом для всех ведомых устройств о начале цикла обмена информацией. Вслед за стартовым кадром следует кадр синхронизации (synch field) и после него передается кадр идентификатора (identifier).

Стартовый кадр представляет собой последовательность из тринадцати логических "0", которым на

линии шины LIN соответствует доминантный уровень. Только контроллер ведущего устройства может передавать стартовый кадр, который может содержать и большее число логических нулей. Стандартные микроконтроллеры со встроенным UART-портом могут формировать кадр данных, кратный длительности передачи десяти разрядов. В случае использования стандартных микроконтроллеров стартовый кадр может состоять из двадцати последовательных нулей, что увеличивает суммарную длину сообщений (от 6 до 11 процентов в зависимости от количества передаваемых байтов данных).

Поскольку в LIN-стандарте вместо дорогих кварцевых или керамических резонаторов предполагается использование RC-цепи совместно с тактовым генератором, то каждое сообщение содержит кадр синхронизации. Во время передачи кадра синхронизации контроллер каждого ведомого устройства должен подстроить частоту своего тактового сигнала. В кадре синхронизации передается последовательность логических единиц и нулей (по сути, импульсы с тактовой час-

тотой ведущего устройства). При этом контроллером "slave"-узла длительность битового интервала определяется из среднеарифметического значения измеренной тактовой частоты сигнала, передаваемого в кадре синхронизации.

Кадр идентификатора содержит информацию о дальнейших действиях, выполняемых устройствами на шине. Кадр идентификатора разделен на два поля: шесть разрядов кодируют информацию об идентификаторе и длине ответного сообщения в байтах, два разряда используются для контроля четности. С помощью шестиразрядного поля можно кодировать 32 идентификатора при двухбайтовом ответном сообщении или 16 идентификаторов при четырех- или восьмибайтовом. Всего в кадре идентификатора может кодироваться 64 различных сообщения.

Ответное сообщение кроме кадров данных содержит кадр контрольной суммы (checksum).

В спецификациях стандарта сети LIN не устанавливаются ограничения на передаваемую информацию. Однако для команды "sleep" зарезервирован определенный код идентификатора. Ведущее устройство может послать всем ведомым устройствам сообщение, в котором содержится команда перехода в режим работы со сниженным энергопотреблением ("спящий" режим). Все ведомые устройства после того, как приняли это сообщение, освобождают шину и переходят в "спящий" режим работы.

Каждый передаваемый кадр (кроме стартового) содержит восемь бит данных (см. рис. 7), начинается стартовым битом (доминантного уровня) и заканчивается стоповым (рецессивного уровня) и, кроме того, может содержать один бит контроля четности. Формат кадра данных ничем не отличается от формата передаваемых сообщений, принятых в последовательных протоколах передачи данных типа SCI или UART.

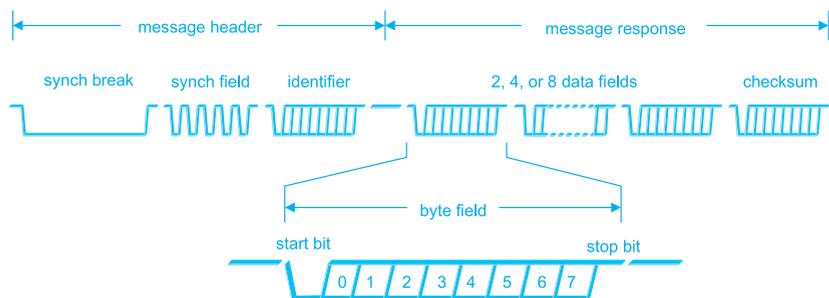


Рис. 7. Структура и формат сообщений, принятых в LIN-протоколе

В отличие от протокола передачи данных по CAN-шине, в LIN-протоколе ведомые устройства не могут самостоятельно инициировать передачу сообщений об ошибках, обнаруженных на шине. Если же контроллер ведомого устройства обнаружил ошибку, информация о ней сохраняется в памяти контроллера и может предоставляться по запросу ведущего устройства. Ошибки контрольной суммы (глобальные ошибки) могут обнаруживаться всеми ведомыми устройствами в процессе анализа передаваемых сообщений. Кроме того, предусмотрена возможность обнаружения неправильно передаваемых битов, что выполняется побитовым сравнением данных, устанавливаемых на шине, с передаваемыми данными. Для выявления ошибок при передаче сообщения-идентификатора используются два бита контроля четности, для выявления ошибок в кадрах данных передается контрольная сумма.

Протокол последовательной передачи данных, принятый в LIN-стандарте, эффективно поддерживает управление электронными узлами автотранспортных средств и

обеспечивает двунаправленную полудуплексную передачу данных, что подразумевает наличие в сети LIN только одного ведущего устройства и нескольких ведомых. С помощью многих стандартных микроконтроллеров, выпускаемых разными производителями (Microchip, Motorola, Philips, Infineon и другими), можно реализовать LIN-протокол на логическом уровне. Кроме того, выпускаются и специализированные микроконтроллеры, имеющие встроенные приемопередатчики, что дает возможность уменьшить габаритные размеры и стоимость оборудования узлов LIN-сети. Специально спроектированные для применения в автотранспортных средствах, эти микроконтроллеры могут служить для объединения различных автомобильных систем и устройств в единую многофункциональную надежную бортовую систему управления автомобилем.

Хотя изначально протокол LIN создавался для организации недорогих, небольших по протяженности автомобильных бортовых сетей с относительно низкой пропускной способностью, в настоящее время

LIN-протокол применяется и в устройствах промышленного назначения, поскольку его использование дает возможность обеспечить меньшую стоимость оборудования и большую надежность его эксплуатации.

Более полную информацию о характеристиках сети LIN и примерах ее реализации можно найти в сети Интернет по адресу: <http://www.in-subbus.org>

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. LIN-Protocol, Development Tools and Software Interfaces for Local Interconnect Network in Vehicles. – 9th International Conference on Electronic System for Vehicles. Baden-Baden, Oct. 5/6, 2000.
2. Automotive and Industrial Benchmarks Target Microcontrollers. – EPN/32, Issue No 10, October 2002.
3. <http://www.in-subbus.org>
4. <http://www.motorola.com>
5. Local Interconnect Network (LIN) Demonstration. – Motorola Semiconductor Application Note AN2103. Motorola, 2000.

## МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ И ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКИ ДЛЯ СЕТИ LIN

*В статье рассмотрены особенности восьмиразрядных микроконтроллеров и автономных приемопередатчиков, предназначенных для применения в построенных на базе сети LIN системах управления/контроля и сбора/обработки данных.*

### В. Охрименко

В настоящее время ведущие производители электронных компонентов, среди которых Philips Semiconductor, Microchip, Motorola и другие, выпускают микроконтроллеры и приемопередатчики, отвечающие требованиям LIN-стандарта [1-5].

Ниже рассмотрены основные параметры и особенности недоро-

гих 8-разрядных микроконтроллеров (HC908EY16, HC908QT, HC908QY) и приемопередатчиков MC33399, выпускаемых компанией Motorola.

В семействе микроконтроллеров HC908EY имеется три модели микросхем: HC908EY4, HC908EY8 и HC908EY16, которые отличаются между собой только объемом встроенной флэш- и RAM-памяти. Кроме того, выпускаются модифи-

кации этих микроконтроллеров, в которых вместо флэш-памяти интегрирована ROM-память. В таблице 1 приведены основные параметры микроконтроллеров HC908EY.

Архитектура HC908EY включает: центральное процессорное устройство (CPU); флэш- и RAM-память; системные модули, с помощью которых выполняется управление режимами работы микропроцессора; периферийные устройства, поддерживающие обмен данными с внешними устройствами.

CPU реализовано на базе архитектуры CISC (Complex Instruction Set Computer). Максимальная тактовая частота процессорного ядра



Таблица 1. Основные параметры микроконтроллеров серии HC908EY

Тип HC	Встроенная память		Интерфейс		Таймеры	АЦП	Напряжение питания, В	Диапазон рабочих температур, °С	Кол-во выводов, тип корпуса, размеры
	флэш, кбайт	RAM, байт	ESCI	SPI					
908EY16	16	512	+	+	два 16-разрядных	8 каналов, 10 разрядов	5	-40...85 -40...125	32-QFP, 7×7 мм
908EY8	8								
908EY4	4	256							

и частота ( $f_{bus}$ ) обмена данными по встроенной системной шине 8 МГц. Модуль CPU является базовым для всех модификаций микроконтроллеров семейства HC08 и поддерживает более пятнадцати способов адресации. Длина инструкций может составлять один, два, три или четыре байта. Классическая аккумуляторно-регистровая программная модель процессорного ядра содержит пять регистров: 8-разрядные регистр-аккумулятор и регистр признаков; 16-разрядный программный счетчик; 16-разрядный регистр указателя стека; 16-разрядный индексный регистр, используемый для формирования адресов, хранения промежуточных результатов вычислений или операнда при выполнении операций умножения. В системе команд имеются команды целочисленного беззнакового умножения и деления. При тактовой частоте 8 МГц длительность цикла составляет 125 нс. Длительность выполнения большинства инструкций составляет от двух до пяти циклов. Самые простые операции выполняются в течение одного цикла. К примеру, выполнение инструкций пересылки содержимого ячеек памяти (MOV) осуществляется в течение четырех-пяти циклов, инструкции типа LDA и STA, в зависимости от способа адресации выполняются в течение двух-пяти циклов. HC908EY, как и все микроконтроллеры семейства HC08, имеют единое адресное пространство памяти (программ, данных) и регистров управления/контроля периферийными устройствами. Средняя длительность выполнения большинства инструкций составляет порядка трех циклов.

К системным модулям относятся: ICGM (модуль формирования тактовой частоты), SIM (модуль сис-

темной интеграции), IRQ (модуль обработки внешнего сигнала прерывания), BREAK (модуль прерываний по контрольным точкам), LVI (монитор источника питания), COP ("сторожевой" таймер) и другие.

Периферийные устройства включают: двухканальный TIM (модуль процессора событий), TBM (модуль базового таймера), SPI (модуль последовательного синхронного интерфейса), ESCI (усовершенствованный модуль последовательного асинхронного интерфейса), ADC (модуль аналого-цифрового преобразования) и другие. Все перечисленные модули по выполняемым функциям во многом аналогичны модулям, содержащимся в других микроконтроллерах семейства HC08.

Микроконтроллеры HC908EY разрабатывались специально для применения в LIN-приложениях. Работа этих микроконтроллеров в системах на основе сети LIN обеспечивается благодаря наличию специализированного модуля формирования тактовой частоты и усовершенствованного модуля последовательного асинхронного интерфейса. Главное преимущество сети LIN – это возможность создания недорогих устройств, осуществляющих сбор и передачу данных, а также управление исполнительными механизмами по командам, поступающим от центрального контроллера ECU (Electronic Control Unit). Снижение стоимости микроконтроллеров, предназначенных для работы в slave-узлах сети LIN, достигается благодаря использованию для формирования сигнала тактовой частоты встроенных RC-генераторов, что позволяет отказаться от применения внешних дорогих кварцевых и керамических резонаторов. Поскольку для приема данных при отсутствии такто-

вого синхросигнала необходимо обеспечить совпадение с достаточной точностью тактовой частоты master- и slave-микроконтроллера, в протоколе сети LIN предусматривается передача master-микроконтроллером кадра синхронизации, который используется для подстройки тактовой частоты микроконтроллера, принимающего сообщения.

Модуль формирования тактовой частоты содержит два независимых генератора: RC-генератор и генератор, работающий с внешним кварцевым генератором. Кроме того, допускается подключение автономного внешнего генератора. Для формирования сигнала тактовой частоты системной шины можно использовать любой из двух генераторов. Номинальная частота RC-генератора составляет  $307.2 \pm 76.8$  кГц. Умножением частоты RC-генератора формируется частота тактирования системной шины. Выбор коэффициента умножения осуществляется на программном уровне. Частота тактирования системной шины может находиться в диапазоне от  $76.8 \pm 19.05$  кГц до  $9.75 \pm 2.44$  МГц. Шаг перестройки составляет 76.8 кГц. В микроконтроллерах HC908EY частота системной шины не может превышать 8 МГц. Частоту RC-генератора можно изменять на программном уровне. Используемый в RC-генераторе конденсатор состоит по сути из 640 отдельных конденсаторов, из которых 384 подключены постоянно. Подключая или отключая остальные 256 конденсаторов, можно изменять частоту RC-генератора. Управление подключением конденсаторов осуществляется с помощью 8-разрядного регистра Trim Register (ICGTR). Первоначально в этот регистр записано значение 80H, что соответ-

ствует 512 подключенным конденсаторам. Точность установки частоты RC-генератора при изменении таким способом емкости конденсатора соответствует  $\pm 2\%$  (типичное значение в диапазоне температур от  $-40$  до  $85$  °C). Максимальная погрешность установки частоты RC-генератора  $\pm 5\%$  в диапазоне температур от  $-40$  до  $125$  °C [1].

В микроконтроллерах HC908EY реализованы следующие режимы работы: активный (Run mode), ожидания (Wait mode) и останова (Stop mode). Типовое значение тока потребления в активном режиме при температуре  $25$  °C составляет  $18$  мА. В режиме ожидания максимальный ток потребления составляет  $7$  мА [1].

Контроллер усовершенствованного последовательного асинхронного интерфейса позволяет выделить предусмотренный протоколом сети LIN стартовый кадр, представляющий последовательность из тринадцати логических "0", которым на линии LIN-шины соответствует доминантный уровень. Также реализована возможность выделения стартового кадра, содержащего десять логических нулей. С помощью контроллера порта ESCI выполняется измерение тактовой частоты master-микроконтроллера. Тактовая частота передается в кадре синхронизации. Кроме того, ESCI-порт поддерживает стандартные режимы работы с максимальной скоростью обмена данными  $115\,000$  бит/с. В одной последовательной посылке данных может содержаться восемь или девять разрядов.

Заслуживают также внимания выпускаемые компанией Motorola 8-разрядные микроконтроллеры серии Nitron (HC908QT1/2/4 и HC908QY1/2/4), основные параметры которых приведены в таблице 2. Эти микроконтроллеры выпускаются в корпусах, имеющих всего 8 или 16 выводов. На программном уровне HC908QT/QY совместимы с другими микроконтроллерами семейства HC08. При работе от встроенного тактового RC-генератора максимальная тактовая частота встроенной системной шины составляет  $3.2$  МГц, при этом длительность цикла  $312$  нс. Учитывая, что среднее время выполнения большинства инструкций составляет примерно три цикла, можно условно считать, что производительность этих микроконтроллеров при тактовой частоте системной шины  $3.2$  МГц составляет порядка  $1$  MIPS (миллиона инструкций в секунду). В случае работы от внешнего кварцевого резонатора максимальная тактовая частота встроенной системной шины  $8.2$  МГц (при напряжении питания  $5$  В). Как и в микроконтроллерах семейства HC908EY, в микроконтроллерах HC908QT/QY погрешность начальной установки частоты встроенного тактового RC-генератора составляет  $\pm 25\%$ . С использованием описанного выше способа (коммутацией конденсаторов) во всем диапазоне изменения напряжения питания и температуры эту погрешность можно уменьшить до  $5\%$  [2]. В микроконтроллерах HC908QT/QY отсутствует аппаратный контроллер последовательного ESCI-порта. Поэтому протокол передачи данных, приня-

тый в сети LIN, необходимо реализовывать на программном уровне. HC908QT/QY можно использовать в качестве микроконтроллеров для slave-узлов сети LIN. При этом обеспечиваемая этими микроконтроллерами максимальная скорость передачи данных по сети LIN составляет  $20$  кбит/с.

Кроме широкого набора микроконтроллеров, реализующих логический протокол передачи данных по сети LIN, компания Motorola выпускает также интерфейсные приемопередатчики, соответствующие спецификации физического уровня LIN-стандарта. Один из таких приемопередатчиков – микросхема MC33399. Схема подключения приемопередатчика MC33399 к микроконтроллерам HC908EY и HC908QT/QY приведена соответственно на рис. 1, 2 [2, 3]. Диапазон напряжений питания MC33399 от  $7$  до  $27$  В. Допускается кратковременное увеличение напряжения питания до  $40$  В. В случае уменьшения напряжения питания ниже  $7$  В выполняется автоматическая блокировка операций передачи данных на выход микросхемы (вывод Tx), что предотвращает появление ложных сообщений в сети LIN. Напряжение на выводе (Tx), подключаемом к линии LIN-шины, не должно выходить за пределы диапазона  $-18...40$  В, при этом допускается кратковременное превышение напряжения на этом выводе в диапазоне значений от  $-150$  до  $100$  В. Микросхема MC33399 имеет три вывода управления: EN, INH, Wake (см. рис. 1). Сигнал на выводе INH управляет работой внешнего стабилизатора напряжения питания

Таблица 2. Основные параметры микроконтроллеров серии Nitron

Тип	Макс. тактовая частота системной шины	Встроенная память		Количество:			АЦП	ШИМ-генератор	Напряжение питания, В	Диапазон рабочих температур, °C	Кол-во выводов и тип корпуса
		флэш, кбайт	RAM, байт	линий ввода/вывода	портов ECI, SPI	таймеров					
HC908QT1	8.2	1536	128	6	—	2	—	2 канала, 16 разрядов	3/5	-40...85	8-SOIC, 8-PDIP
HC908QT2							4 канала, 8 разр.				
HC908QT4		4096		—							
HC908QY1		1536		14			—				
HC908QY2		4096		14 или 6			4 канала, 8 разр.				
HC908QY4							4 канала, 8 разр.				



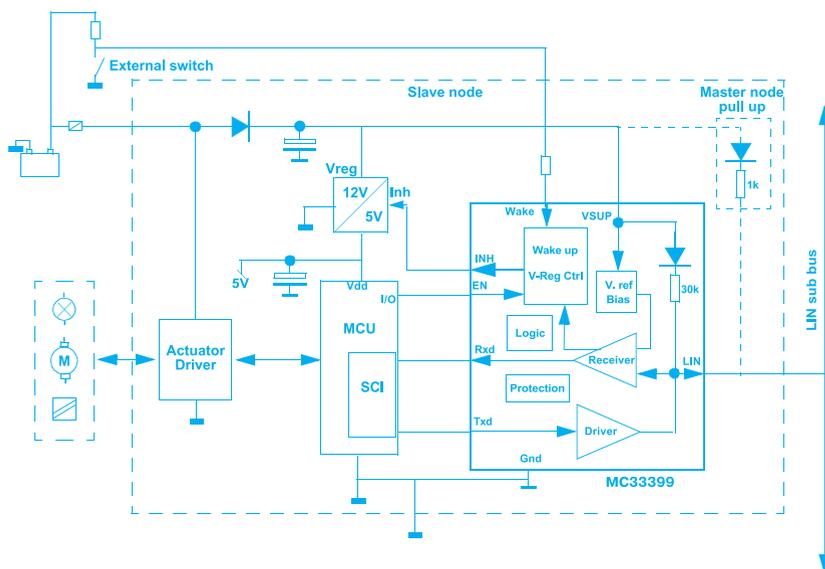


Рис. 1. Схема подключения микроконтроллера HC908EV и приемопередатчика MC33399

микроконтроллера. По сигналу на выводе Wake осуществляется переход приемопередатчика в рабочий (активный) режим. Если на вывод EN подается сигнал, соответствующий логическому "0", выполняется переключение приемопередатчика в "спящий" режим работы. Назначение выводов микросхемы MC33399 показано на рис. 1, 2. Ток потребления в "спящем" режиме составляет порядка 20 мкА. Выход из "спящего" режима осуществляется: по команде микроконтроллера, формирующего соответствующий сигнал на выводе EN; при приеме сообщения, передаваемого по LIN-шине; при появлении сигнала высокого уровня на выводе Wake. Микросхема MC33399 выпускается в корпусе типа 8-SOIC и предназначена для работы в диапазоне температур от -40 до 125 °С.

Кроме компании Motorola микроконтроллеры и приемопередатчики для применения в системах передачи данных на базе сети LIN выпускают и другие известные фирмы. К примеру, фирма Microchip предлагает 8-разрядные микроконтроллеры PIC16C432 и PIC16C433. Разработанный этой фирмой при-

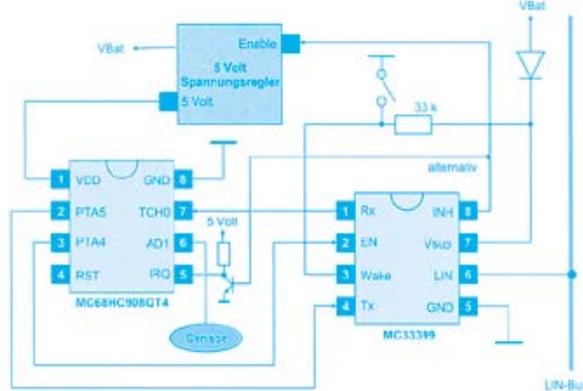


Рис. 2. Схема подключения HC908QT/QY и MC33399

емопередатчик MСР201 содержит встроенный стабилизатор напряжения. По расположению выводов микросхема MСР201 совместима со стандартными приемопередатчиками, выпускаемыми другими производителями. Микросхема MСР201 поддерживает скорость передачи данных до 20 кбит/с и предназначена для работы в диапазоне температур от -40 до 125 °С.

Совсем недавно фирма Philips Semiconductor анонсировала приемопередатчик TJA1020, удовлетворяющий требованиям физического уровня LIN-стандарта. Микросхема имеет сниженный уровень электромагнитного излучения и встроенный резистор, обычно подключаемый между источником пи-

тания и выходом приемопередатчика, предназначенного для работы в slave-узле сети LIN.

В заключение нельзя не упомянуть, что недавно в г. Тольятти был продемонстрирован первый российский автомобиль с системой управления электрооборудованием, построенной на базе протокола сети LIN. Реализация этой системы в автомобиле ВАЗ-2110 позволила примерно на 30-40 % сократить общее количество проводов и силовых разъемов и полностью отказаться от применения механических реле в электронной системе управления. Кроме того, при любой неисправности двигателя или электрооборудования на жидкокристаллический дисплей будет выводиться не обезличенная надпись, а информация о том, в каком узле произошел отказ.

Кроме применения в подсистемах управления автотранспортных средствами LIN-протокол можно использовать для организации сетей сбора/обработки информации и управления/контроля в несложных устройствах промышленной автоматики, в которых не требуется большая производительность и пропускная способность.

Полную информацию о продукции компании Motorola, предназначенной для применения в системах на основе LIN-стандарта, можно найти в сети Интернет по адресу: <http://www.motorola.com>

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. MC68HC908EY16 Advance Information, Rev. 4.0. – Motorola, 2/2003.
2. Introducing Nitron – a new family of low-cost 8-bit MCUs//Embedded Control Europe, November 2002.
3. MC33399 Automotive "Local Interconnect Network" Physical Interface. Advance Information. Technical Data. – Motorola, 2001.
4. <http://www.microchip.com>
5. <http://www.philips.com>

## МОДУЛЬНЫЕ АС/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ ДО 2500 Вт

Фирма Astec Power, специализирующаяся на разработке и производстве блоков питания, АС/DC- и DC/DC-преобразователей с широкими диапазонами выходной мощности, входных и выходных напряжений, выпускает модульные АС/DC-преобразователи серии VS с выходной мощностью до 2500 Вт, основные характеристики которых описаны в статье.

### Г. Местечкина

Производимые фирмой Astec Power АС/DC-преобразователи серии VS обеспечивают расширенные возможности выбора суммарной выходной мощности до 2500 Вт при наличии переменного входного напряжения однофазной сети от 84 до 264 В или трехфазной сети от 180 до 264 В. Система обеспечивает коррекцию коэффициента мощности PFC (Power Factor Correction) и может содержать в одном корпусе до шести модулей.

Разработанные для измерительных и крупных промышленных комплексов новые однофазные VS4 и трехфазные VS9 модели повышают гибкость АС/DC-преобразователей серии VS благодаря использованию шести конфигурируемых модулей для получения восемнадцати выходов с напряжениями 2.9, 3.3, 5.0, 12.0, 24.0, 28.0, 36.0 и 48 В. Автономные модули обеспечивают выходную мощность 300, 600, 750, 900, 1200 и 1500 Вт при одиночном выходе, а также 250 и 500 Вт при конфигурации с несколькими выходами. Новые устройства позволяют заказчику сделать выбор одинарных, двоянных и строенных источников напряжения, размещенных в двух-, четырех- и шестимодульных корпусах.

Все модели по электромагнитной совместимости соответствуют требованиям международных стандартов CSA, VDE, TUV и CE. Кроме того, модули серии VS сертифицированы на соответствие требованиям стандартов CISPR22 и EN55022 по уровню фильтрации электромагнитных излучений по

проводам и по полю. По уровню коррекции коэффициента мощности PFC модули серии VS соответствуют стандарту EN61000-3-2, что позволяет снизить на 30 % потребляемую мощность по сравнению с аналогами, в которых отсутствует такая коррекция.

В дополнение к перечисленным особенностям модулей можно назвать возможности перераспределения токов нагрузки, регулировки выходного напряжения, дистанционного контроля исправности источников, защиту от перегрузки, наличие сигналов-признаков (ТТЛ-уровня) исправности каждого из источников и модулей в целом, а также обеспечение светодиодной индикации исправности всех выходов. Возможно применение системы обеспечения вентиляции/обогрева для предотвращения отклонения температуры внутри модулей за допустимые пределы. Для обеспечения контроля работы этой системы на выходе модулей вырабатывается сигнал ТТЛ-уровня в случае отказа любого вентилятора. Для повышения надежности предусмотрена возможность работы модулей с питанием от трехфазной сети даже при отсутствии напряжения одной из фаз.

Стартовая цена модулей устанавливается из соотношения \$ 0.50 за ватт мощности, гарантийный срок службы составляет 3 года.

Для повышения надежности и обеспечения резервирования модулей серии VS предусмотрена возможность параллельного включения источников напряжения (по системе N+1) с использованием разделительных диодов, как показано на рисунке 1. Для нормальной работы при таком включении ток нагрузки каждого источника должен быть равен половине номинального. Для оптимального распределения токов нагрузки каждого из включенных параллельно ис-

VS1-B2-H522-00  
1100 W total



VS3-D2-C2-20  
1200 W total



VS6-L2-00  
1500 W total



VS8-L9-D9-20  
2500 W total (case limit)



VS4/9  
2000 - 2500 W



точников выходы "current share" (распределения тока) должны быть соединены между собой. Цепи на выходе источников, предназначенные для подключения датчиков исправности, также включаются параллельно (см. рис. 1). Однако, возможно распределение токов нагрузки без использования датчиков и соединения цепей распределения тока при условии, что разница выходных напряжений источни-

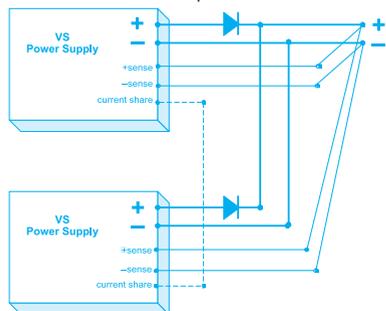


Рис. 1. Параллельное включение источников напряжения

ков находится в пределах 0.5 %. В этом случае возможна регулировка токов нагрузки при подключении в действующей системе между выходами (+) обоих источников вольтметра и регулировки выходного напряжения одного из них до тех пор, пока измеряемое вольтметром напряжение не станет равным нулю.

В качестве разделительных должны использоваться диоды Шотки, падение напряжения на которых в открытом состоянии минимально по сравнению с диодами других типов. В то же время допустимое значение обратного напряжения диода должно превышать выходное напряжение источника. К примеру, для источников с выходным напряжением  $U_{\text{вых}}=(5-12)$  В обратное напряжение диода должно быть 15 В, для  $U_{\text{вых}}=(12-24)$  В – 30 В, для  $U_{\text{вых}}=(24-40)$  В – 45 В.

Допустимый прямой ток через диод должен быть выше предельно допустимого тока перегрузки источника. В случае отказа одного из источников ток нагрузки работающего повысится до номинального значения.

В преобразователях серии VS обеспечивается возможность дистанционного управления, в том числе включения каждого источника отдельно по гальванически развязанному сигналу, а также последовательного включения и выключения нескольких источников и соответственно управления работой устройств, которые подключены к этим источникам. Наличие цепей для подключения дистанционных датчиков напряжения по всем выходам обеспечивает мониторинг работоспособности каждого источника отдельно и AC/DC-преобразователя в целом.

Таблица 1. Основные технические характеристики AC/DC-преобразователей серии VS

	Значение	Примечание
Входное напряжение, В	85–264 180–264	однофазное (тип VS1, VS3, VS4) трехфазное (тип VS6, VS8, VS9)
Частота сети, Гц	47–440	
КПД, %	75–82	
Значение PFC (с коррекцией)	0.99 (типов.)	0.90 (VS6, VS8, VS9)
Фильтр эл. магн. излучений	CISPR22, EN55022 ур. В	по сети/радиоизлучение
Ток утечки по земляному проводу, мА	2.0 (макс.)	240 В
Пропадание напряжения фазы	сохранение работоспособн.	VS6, VS8, VS9
Диапазон регулировки вых. напряжения, %	10 (мин.)	
Отклонение выходного напряжения, %	0.20	или 5 мВ (макс.)
Уровень пульсаций вых. напряжения (п-п), %	1.0	или 50 мВ (в полосе частот до 20 МГц)
Защита от перенапряжения, %	105–120	на всех выходах
Защита от перегрузки по току	+	на всех выходах
Время восстановления после КЗ, мкс	300	
Защита нагрузки от измен. полярности вых. напряж.	+	
Защита от перегрева	каждого модуля	автоматич. восп. после устранения перегрева
Дистанционный датчик исправности	+	-(2...6) % номинальн. значения
Частота преобразования, кГц	200	400 (900-1500 Вт)
Темпер. коэффициент напряжения, %/°C	0.02	
Сопrotивлен. изоляции между выходами, МОм	>1	
Электромагнитная совместимость	UL UL1950 CSA CSA22.2-950 IEC IEC950 кл. 1	VDE EN60950 TUV EN60950 CB сертифицирован CE соответствует
Диапазон температур, °C:	-10...50 (рабочих), -55...85 (хранения)	при линейн. сниж. мощности до 60 % рабоч. темп. повыш. до 70 °C
Габариты, мм (дюйм)	127×127×279 (5.0×5.0×11.0) 127×200×279 (5.0×8.0×11.0) 127×274×270 (5.0×10.0×11.0)	VS1 и VS6 (1000-1500 Вт) VS3 и VS8 (1000-2500 Вт) VS4 и VS9 (2000-2500 Вт)

Таблица 2. Выходные параметры AC/DC-преобразователей серии VS

Выход		Выходной ток, А													
код	напря- жение, В	A/300 *	B/600 *	C/900 *	D/1200 *	E/250 *		F/250 *		G/500 *		H/500 *		K/750 *	L/1500 *
		одинарный выход				сдвоенный вых.		строенный вых.		сдвоенный вых.		строенный вых.		одинарный выход	
						Вых. 1**	вых. 2	Вых. 1**	вых. 2/3	Вых. 1**	вых. 2	Вых. 1**	вых. 2/3		
0	2														
1	3.3	60.0	120.0	180.0	240.0	25.0	10.0	25.0	5.0/5.0	50.0	20.0	50.0	10.0/10.0	150.0	300.0
2	5.0														
3	12.0	25.0	50.0	75.0	100.0	10.5	10.0	10.5	5.0/5.0	21.0	20.0	21.0	10.0/10.0	62.5	125.0
4	15.0	20.0	40.0	60.0	80.0	8.3	10.0	8.3	5.0/5.0	16.6	20.0	16.6	10.0/10.0	50.0	100.0
5	24.0	12.5	25.0	37.5	50.0	5.3	5.0	5.3	2.5/2.5	10.5	10.0	10.5	5.0/5.0	31.2	62.4
6	28.0	10.7	21.4	32.1	42.8	4.5	5.0	4.5	2.5/2.5	9.0	10.0	9.0	5.0/5.0	26.7	53.4
7	36.0	8.3	16.6	24.9	33.2	—	—	—	—	—	—	—	—	20.8	41.6
9	48.0	6.3	12.5	18.75	25.0	—	—	—	—	—	—	—	—	15.6	31.2

\* – выходная мощность, Вт; \*\* выход 1 – основной

Пример обозначения: VS **1** - **K2** - **G33** - **00** - CE

5" корпус (2 модуля) 1500 Вт  
 модуль 1 5 В/150 А 750 Вт Вых. 1  
 модуль 2 12 В/21 А 12 В/20 А 500 Вт Вых. 2, 3  
 Опция отсутствует  
 Параллельного соединения нет

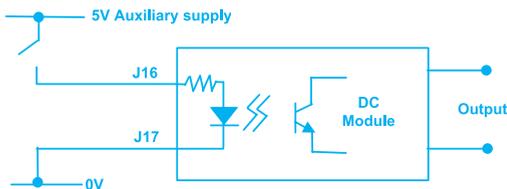


Рис. 2. Функциональная схема дистанционного включения модуля

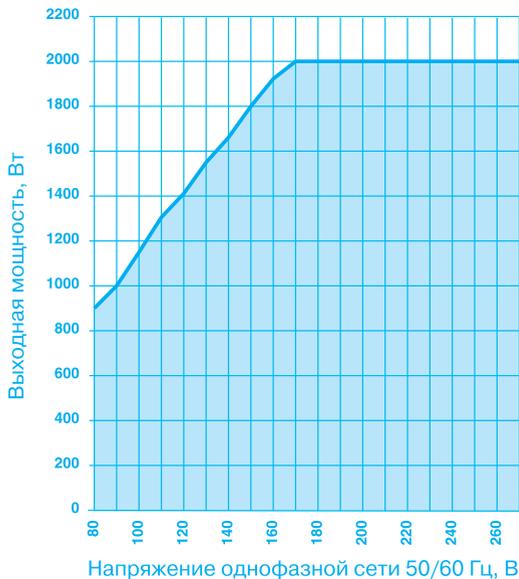


Рис. 3. Зависимость выходной мощности преобразователей серии VS от уровня напряжения сети

Каждый модуль может быть включен сигналом управления индивидуально, для модулей с несколькими выходами такой сигнал управляет одновременно выходами всего модуля.

Для выполнения функций управления включением требуется внешний маломощный источник напряжением 5 В, полностью изолированный от сети переменного тока, к которой подключается модуль. Для упрощения внешнего подсоединения во всех модулях имеются выводы управления, изолированные от внутренних цепей с помощью оптрона. На рис. 2 приведена функциональная схема дистанционного включения модуля (если от внешнего вспомогательного источника на оптрон поступает напряжение 5 В, отпирается транзистор в цепи включения источника). При наличии нескольких выходных источников их последовательное включение может быть обеспечено введением задержки включения каждого из них. Кроме того, возможно общее включение модуля с использо-

ванием внутреннего дополнительного источника. Возможно также совмещение обоих вариантов включения модулей и источников.

Корпуса преобразователей в зависимости от размеров, числа модулей, выходной мощности и вида сетевого напряжения имеют обозначение: **1** (5", 2, 1500 Вт, 1-фазн.), **3** (8", 4, 2000 Вт, 1-фазн.), **4** (11", 6, 2000 Вт, 1-фазн.), **6** (5", 2, 1500 Вт, 3-фазн.), **8** (8", 4, 2500 Вт, 3-фазн.), **9** (11", 6, 2500 Вт, 3-фазн.). Зависимость выходной мощности преобразователей от уровня напряжения сети показана на рис. 3.

Основные технические характеристики и параметры AC/DC-преобразователей серии VS, а также пример обозначения приведены в табл. 1, 2.

Дополнительную информацию об AC/DC-преобразователях серии VS и другой продукции фирмы Astec Power можно получить в НПП VD MAIS и сети Интернет по адресу: <http://www.astec.com>

## УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДАТЧИК ДВИЖЕНИЯ

В статье рассмотрено применение выпускаемых фирмой Cypress MicroSystems реконфигурируемых PSoC-микроконтроллеров для создания ультразвукового доплеровского датчика движения.

**В. Кремьинь**

В системах охранной сигнализации (для помещений разных типов, транспортных средств), в устройствах автоматического открывания дверей, интеллектуальных детских игрушках довольно часто используются ультразвуковые датчики движения. Устройства, построенные с использованием традиционных дискретных компонентов [1], характеризуются большим количеством активных и пассивных элементов, сложны в настройке и эксплуатации. Создание датчиков различных типов существенно упрощается благодаря появлению на рынке реконфигурируемых PSoC-микроконтроллеров [2] фирмы Cypress MicroSystems, сочетающих восьмиразрядное процессорное ядро, flash-память, реконфигурируемые аналоговые и цифровые модули.

Рассмотрим пример применения данного микроконтроллера для создания ультразвукового доплеровского датчика движения. Эффект Доплера заключается в том, что частота отраженного от движущегося объекта сигнала отличается от частоты облучающего сигнала. Принцип работы доплеровских датчиков движения состоит в выделении и последующей обработке доплеровского сигнала (выделенной из принятого сигнала составляющей с частотой, равной доплеровскому сдвигу частоты).

Блок-схема датчика изображена на рис. 1. Датчик состоит из передатчика, приемника и блока обработки доплеровского сигнала.

Передатчик содержит пьезоэлектрический излучатель (ПИ) и мостовой резонансный генератор, построенный на основе токового моста (ТМ), дифференциального усилителя (ДУ) и мостового драйвера (МД).

Пьезоэлектрические излучатели характеризуются высокой добротностью, поэтому отклонение частоты генератора от резонансной на доли процента приводит к существенному уменьшению выходной мощности передатчика [3]. Кроме того, резонансная частота излучателя зависит от температуры, что требует применения термокомпенсации в устройствах, работающих в широком диапазоне температур. Использование резонансного генератора позволяет преодолеть данные трудности, поскольку частота его генерации определяется резонансной частотой пьезоэлектрического излучателя.

Приемник состоит из ультразвукового микрофона (УМ), предварительного усилителя (ПУ), полосового фильтра (ПФ), компаратора (КП<sub>1</sub>), смесителя (СМ) и фильтра нижних частот (ФНЧ<sub>1</sub>). Отраженные от неподвижных и движущихся объектов ультразвуковые волны преобразуются в электрические сигналы в пьезоэлектрическом ультразвуковом микрофоне (УМ) (тип микрофона может быть идентичен типу передающего излучателя) и усиливаются в предварительном усилителе (ПУ). Полосовой фильтр ПФ, настроенный на частоту резонансного генератора, выделяет полезный сигнал из выходного сигнала предварительного усилителя. Вследствие интерференции волн, отраженных от подвижных и неподвижных объектов, выходной сигнал полосового фильтра модулирован по амплитуде. Компаратор КП<sub>1</sub> выделяет моменты переходов этого сигнала через нуль и подавляет амплитудную модуляцию. Доплеровский сигнал выделяется в смесителе СМ, фильтр нижних частот ФНЧ<sub>1</sub> подавляет высокочастотные составляющие в спектре выходного сигнала смесителя.

Блок обработки доплеровского сигнала состоит из амплитудного детектора (АД), двух аналого-цифровых преобразователей (АЦП<sub>1</sub> и АЦП<sub>2</sub>), двух компараторов (КП<sub>2</sub> и КП<sub>3</sub>), фильтров нижних и верхних частот (ФНЧ<sub>2</sub> и ФВЧ соответственно). Устойчивая работа датчика движения обеспечивается при уровне отра-

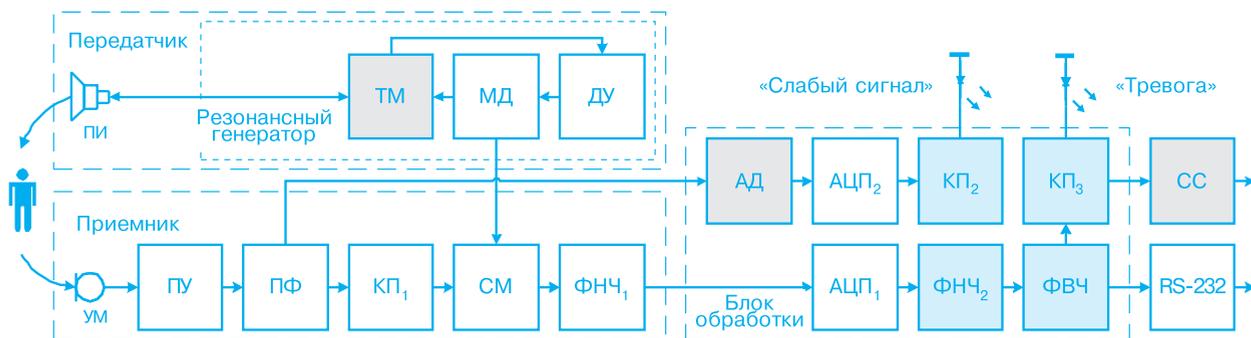


Рис. 1. Блок-схема доплеровского датчика движения (серым цветом обозначены модули, реализованные с применением внешних дискретных компонентов, голубым – программно реализованные модули)

*Технические характеристики ультразвукового доплеровского датчика движения*

Параметр	Значение
Диапазон рабочих расстояний	0.1...4 м, до 10 м при использовании внешнего усилителя
Диапазон рабочих частот	30-50 кГц, определяется резонансной частотой излучателя
Потребляемый ток	25 мА при выключенной сигнализации, 55 мА – при включенной
Напряжение питания	6...20 В
Время реакции датчика	0.25 с
Диапазон скоростей обнаруживаемых объектов	0.10...1.5 м/с
Диапазон рабочих температур	-25...+75 °С

женного сигнала не ниже определенного порогового значения. Для измерения уровня отраженного сигнала используются амплитудный детектор АД, аналого-цифровой преобразователь АЦП<sub>2</sub> и программно реализованный компаратор КП<sub>2</sub>.

Выделенный ФНЧ<sub>1</sub> доплеровский сигнал дискретизируется аналого-цифровым преобразователем АЦП<sub>1</sub>, дальнейшая обработка осуществляется программно. Фильтр нижних частот ФНЧ<sub>2</sub> осуществляет дополнительную фильтрацию, подавляя высокочастотные составляющие в спектре сигнала, возникающие, например, из-за вибрации оконных стекол в помещении. Фильтр верхних частот ФВЧ ограничивает спектр частот снизу, препятствуя ложным срабатываниям датчика от конвекционных потоков воздуха, возникающих при работе систем отопления и вентиляции. Компаратор КП<sub>3</sub> срабатывает, когда уровень доплеровского сигнала превышает заданный порог, и включает систему сигнализации (СС). Программный таймер обеспечивает срабатывание системы сигнализации при длительности сигнала, превышающей пороговое значение.

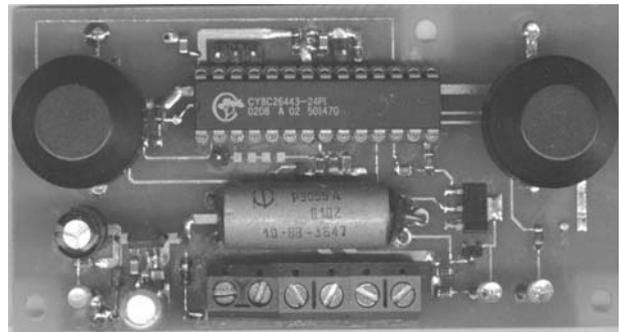
Отметим, что для формирования сигнала тревоги вместо оценки уровня отфильтрованного сигнала можно использовать оценку его энергии. Так как PSoC-микроконтроллер содержит аппаратный умножитель, реализация оценки энергии не потребует существенных затрат процессорного времени.

Выходные сигналы датчика подаются на светодиод, реле и последовательный асинхронный интерфейс, совместимый с RS-232. При отладке программного обеспечения отфильтрованный поток данных из АЦП<sub>1</sub> может быть передан в персональный компьютер через последовательный интерфейс для последующего анализа.

Основные технические характеристики датчика приведены в таблице.

Благодаря уникальной возможности динамической реконфигурации область применения датчика не ограничивается только универсальным датчиком движения. Путем загрузки новой конфигурации, без каких-либо дополнительных аппаратных затрат, доплеровский датчик движения может быть трансформирован в ультразвуковой дальномер или контроллер с LIN-ин-

терфейсом [4]. Данная особенность может быть использована при построении систем автомобильной электроники. Так, во время стоянки данное устройство может функционировать как датчик охранной сигнализации, во время движения – как датчик расстояния для парковочной системы.



**Рис. 2. Внешний вид платы доплеровского датчика движения**

Полные принципиальные электрические схемы датчика, чертежи платы, исходные тексты программ можно получить с Web-сайта фирмы Cypress MicroSystems [5]. Внешний вид платы изготовленного автором датчика приведен на рис. 2. Как видно из рисунка, количество внешних компонентов минимально, так как большинство операций аналоговой и цифровой обработки сигналов выполняется в PSoC-микроконтроллере.

Дополнительную информацию можно получить по электронной почте: [vkremin@polynet.lviv.ua](mailto:vkremin@polynet.lviv.ua) или по тел.: (+380) 322-705023.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Волков А. УЗ датчик охранной сигнализации // Радио, № 5, 1996.
2. Кремьин В. Реконфигурируемые PSoC-микроконтроллеры // ЭКиС, № 3 (67), 2003.
3. Волков А. Мостовой генератор для ультразвукового излучателя // Радио, № 6, 1995.
4. LIN Bus Reference Design, Revision B // Cypress MicroSystems, 2003.
5. Victor Kremin. Ultrasound Motion Sensor, Application note AN2047 (<http://www.cypressmicro.com/support/appnotes/an2047.pdf>).

## ТЕХНОЛОГИЯ ПАКЕТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СЕТЯХ GSM

В статье рассмотрены преимущества передачи данных в режиме GPRS по сетям GSM.

**А. Валентик**

Широко распространенные сотовые сети стандарта GSM могут быть использованы не только для организации голосовой связи между "мобильными" абонентами, но также нередко являются единственной возможностью обеспечения обмена цифровыми данными между бытовыми и промышленными информационно-управляющими системами с использованием промышленных GSM-модемов (см. ЭКИС № 2, 2003 г.). При этом обмен управляющими сообщениями размером до 160 байт можно осуществлять, используя предоставляемую операторами систем сотовой связи услугу передачи кратких сообщений (SMS). Данные большего объема можно передавать по GSM-каналам с максимально допустимой для этого стандарта скоростью передачи 14.4 кбит/с, однако устойчивая связь может быть осуществлена на скорости 9.6 кбит/с. При передаче данных в режиме GSM абоненту выделяется один голосовой канал, а оплата начисляется исходя из продолжительности соединения (причем по тарифам, мало отличающимся от тарифов для речевых сообщений). Время установления коммутируемого GSM-соединения составляет десятки секунд. Сравнительно низкая скорость передачи данных и длительное время установления соединения приводят к увеличению эксплуатационных затрат системы в целом. Снизить эти затраты, а также увеличить скорость обмена информацией можно, осуществляя передачу данных в режиме GPRS (General Packet Radio Service) – оказания услуг пакетной передачи данных по радиоканалу.

Главной особенностью режима GPRS является то, что цифровая информация (принимаемая и передаваемая), разделенная на пакеты данных, передается одновременно

по нескольким голосовым каналам связи. Этим и обеспечивается увеличение скорости обмена информацией. Необходимо отметить, что передача данных в режиме GPRS осуществляется только в паузах между передачей речевых сообщений. Поскольку приоритет речевых сообщений выше, чем цифровых данных, реальная скорость передачи данных зависит от загрузки сети речевыми сообщениями. Теоретически максимально возможная скорость передачи в режиме GPRS составляет 171.2 кбит/с.

Для режима GPRS используется иная, чем для стандарта GSM, схема оплаты услуг по передаче данных: расчеты производятся, исходя из объема переданных данных, а не продолжительности сеанса связи.

Преимущества передачи данных в режиме GPRS заключаются в высокоскоростном обмене информацией, выгодной системе тарификации, обеспечении мобильного доступа к ресурсам сети Интернет, возможности передачи данных большого объема и мультимедийной информации. Немаловажную роль GPRS играет и в системах телеметрии: устройство может быть все время подключено к сети и готово к обмену информацией, не занимая при этом отдельный канал связи. В табл. 1 приведены предоставленные компанией "Киевстар GSM" данные, подтверждающие преимущества передачи данных в режиме GPRS.

Для обеспечения возможности предоставления услуги пакетной передачи данных необходима как аппаратная, так и программная модернизация GSM-сети. Такая

Научно-производственная фирма VD MAIS проводит 14 мая 2003 г. с участием представителей компании Wavocom семинар

### GSM-модемы компании Wavocom

Место и время проведения:

г. Киев, бульв. Шевченко, 38/40 (гостиница "Экспресс"), 10<sup>00</sup> – 15<sup>00</sup>.

Регистрация – с 9<sup>00</sup>.

Зарегистрировавшимся предоставляется комплект информационных материалов.

Участие бесплатное.

Заявки на участие принимаются до 10 мая 2003 г. по электронной почте:

info@vdmiais.kiev.ua или

по факсу: (044) 227-3668.

В заявке просим указать:

Ф.И.О., должность, место работы, адрес электронной почты,

модернизация подразумевает значительные материальные затраты со стороны операторов GSM-сетей. Но уже сейчас два крупнейших украинских оператора сотовой связи предлагают воспользоваться GPRS: компания "UMC" – в тестовом режиме, а "Киевстар GSM" – в коммерческом (для контрактных абонентов).

Для того, чтобы воспользоваться услугой пакетной передачи данных, необходимы абонентские терминалы, поддерживающие режим GPRS. Такие терминалы классифицируются по типам и классам, определяющим их возможности. Типы GPRS-терминалов:

- А-терминал позволяет одновременно работать как в режиме GSM для обеспечения голосовой связи, так и GPRS – для обмена данными
- В-терминал поддерживает голосовое соединение по GSM-каналам и передачу данных в пакетном режиме, но одновременно в этих режимах работать нельзя
- С-терминал обеспечивает пере-

Таблица 1. Преимущества передачи данных в режиме GPRS

Режим работы	GSM данные	GPRS
Время установления соединения с сетью Интернет	до 30 с	до 15 с
Скорость приема и передачи данных	9.6 кбит/с	более 30 кбит/с
Принцип тарификации при постоянном подключении к сети Интернет	посекундная	тарификация объема переданных и принятых данных

Таблица 2. Основные классы GPRS-терминалов

Класс терминала	Максимальное число		
	временных слотов в GSM-канале при:		активных каналов
	приеме	передаче	
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5

дачу данных только в пакетном режиме. Такие терминалы обычно выполняются в виде PCMCIA-карты, устанавливаемой в портативный компьютер.

Скорость приема и передачи информации зависит от класса мобильного терминала. Класс GPRS-терминала определяется количеством GSM-каналов, по которым осуществляется прием и передача данных. Согласно стандарту GPRS

мобильные терминалы разделены на 29 классов. Наиболее распространенными являются терминалы типа В, разделенные на двенадцать основных классов; их характеристики приведены в табл. 2. Для терминалов типа А выделены классы с 13 по 18. Следует отметить, что чем большее количество временных слотов используется, тем больше потребляемая мощность и тем чаще нуждаются в перезарядке аккумуляторы мобильных терминалов.

Не менее критичной характеристикой является используемая схема кодирования сигнала (Coding Scheme – CS), которая в значительной мере влияет на скорость передачи данных. Например, CS1 обеспечивает наилучшую коррекцию ошибок, но скорость обмена данными составляет всего 9.05 кбит/с. По мере возрастания номера схемы кодирования снижается эффективность коррекции ошибок. В схеме CS4 коррекция ошибок не производится и скорость обмена достигает максимального значения 21.4 кбит/с. В табл. 3 приведены значения скорости передачи для различных схем кодирования.

Операторы GSM-сетей обычно используют только схемы CS1 и

Таблица 3. Скорости передачи данных по технологии GPRS

Число каналов	Скорость передачи, кбит/с, при схеме кодирования:			
	CS1	CS2	CS3	CS4
1	9.05	13.40	15.60	21.40
2	18.10	26.80	31.20	42.80
3	27.15	40.20	46.80	64.20
4	36.30	53.60	62.40	85.60
5	43.35	67.00	78.00	107.00
6	54.40	80.40	93.60	128.40
7	63.45	93.80	109.20	149.80
8	72.50	107.20	124.80	171.20

CS2, а также ограничивают число занимаемых временных слотов четырьмя, при этом скорость обмена данными в режиме GPRS не превышает 53.6 кбит/с. Однако, с учетом того, что режим GPRS обладает достаточно высокой гибкостью и масштабируемостью, эти показатели могут быть значительно улучшены. Вышеперечисленные преимущества пакетного режима передачи данных позволяют считать перспективной возможность его использования в беспроводных бытовых и промышленных информационно-управляющих системах для повышения качества предоставляемых услуг связи.

## МИКРОСХЕМЫ ГЕНЕРАТОРОВ, УПРАВЛЯЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЕМ

*В статье рассмотрены характеристики выпускаемых фирмой TECELEC TEMEX микросхем управляемых напряжением генераторов, предназначенных для использования в аппаратуре радиосвязи.*

Фирма TECELEC TEMEX является одним из ведущих производителей микросхем маломощных генераторов, управляемых напряжением (ГУН). Эти микросхемы широко используются в построенных на основе системы ФАПЧ синтезаторах частоты, применяемых в базовых станциях систем мобильной связи, радиорелейных линиях связи и радиолокационных системах опознавания самолетов. На протяжении ряда лет фирма выпускает коммерческие микросхемы, выполненные по промышленному стандарту, и высоконадежные микросхемы, вы-

полненные по стандарту MIL STD 883. В связи с тем, что, начиная с 2001 г. постоянно возрастает выпуск аппаратуры, в которой используются синтезаторы частоты, и спрос на управляемые напряжением генераторы повышается, фирма в 2003 г. существенно расширила программу выпуска этих генераторов и освоила производство новых недорогих моделей коммерческих микросхем в малогабаритных корпусах.

Микросхемы ГУН, выпускаемые фирмой TECELEC TEMEX, выполнены на основе трехточечного емкост-

ного генератора с последовательным питанием, в котором частоту генерации задает керамический коаксиальный резонатор. В качестве активного компонента в генераторах используются маломощные биполярные транзисторы. Частота генерации перестраивается высокочастотным варикапом, включенным параллельно резонатору. Благодаря специальной технологии изготовления резонаторов значение их добротности достигает 800, что позволяет обеспечить низкий уровень фазового шума генератора. Для достижения низких значений фазового шума, гарантируемых фирмой, напряжение питания на микросхему ГУН необходимо подавать от малошумящего стабилизатора.



## Основные параметры микросхем генераторов, управляемых напряжением

Тип	Диапазон частот, МГц	Управляющее напряжение, В	Фазовый шум, дБн/Гц, при отстройке от несущей частоты, кГц (в скобках – нестандартные значения отстройки):		Уровень второй гармоники, дБн	Выходная мощность, дБм	Напряжение питания/ток потребления, В/мА	Макс. отклонение крутизны управляющей характеристики от расчетного значения, МГц/В	Макс. затягивание частоты, МГц, при изменении КСВН * нагрузки от 1 до 2
			10	100					
Малогобаритные микросхемы, габариты корпуса 9.5×9.5×3.3 мм									
VLD80	79.5-80.5	2-3	-116	-136	-12	0	5/25	±0.15	0.20
VLD560	560-580	0.5-4.5	-100	-151 (1000)	-10	1	5/15	±2.00	0.40
VLD850	850-868	0.5-4.5	-100	-145 (1000)	-10	1	5/15	±2.00	0.80
VLD1070	1070-1190	1.5-8	-100	-120	-10	5	9/30	±2.00	0.80
VLD1680	1680-1736	1-4	-95	-115	-12	0	5/25	±0.15	0.20
VLD1740	1740-1864	1-4	-95	-115	-12	0	5/25	±0.15	0.20
VLD1860	1860-1980	0.8-4.1	-95	-135 (1000)	-10	0	5/22	±2.00	1.00
VLD2020	2020-2076	1-4	-95	-115	-12	0	5/25	±0.25	0.25
VLD2180	2180-2236	1-4	-95	-115	-12	0	5/25	±0.25	0.25
Микросхемы высокочастотных генераторов, габариты корпуса 12.7×12.7×4.1 мм									
VLB2950	2950-3200	1-15	-95	-115	-15	0	6/28	±1.5	15
VLB3200	3200-3400	1-15	-95	-115	-15	0	6/28	±1.5	15
VLB4200	4200-4400	1-15	-90	-110	-15	0	6/28	±3.0	40
VLB4710	4710-4850	0-3	-85	-105	-10	-2	5/18	±4.0	40
Микросхемы широкополосных генераторов, габариты корпуса 12.7×12.7×4.1 мм									
VLB130	130-170	0.5-3.0	-113 (12.5)	-132 (800)	-15	-2.5	3/26	±0.3	0.5
VLB140	140-250	0.4-4.5	-100	-140 (1000)	-10	0	5/15	±0.4	6.0
VLB242	240-320	1-8	-110	-130	-13	-1.5	8/9.6	±0.7	3.0
VLB350	350-420	1-8	-110	-130	-13	-1.5	8/9.6	±0.7	3.0
VLB731	730-947	0.4-4.5	-110	-141 (275)	-20	0	5/25	±0.3	0.6
VLB800	800-1450	1-15	-97	-117	-10	5	5/30	±2.0	20.0
VLB950	950-1760	2-18	-85	-105	-10	6	5/25	±2.0	20.0
VLB1000	1000-2100	1-24	-90	-110	-15	3	5/25	±2.5	20.0
VLB1050	1050-1500	5-18	-109 (20)	-122	-15	7	8/35	±3.0	4.0
VLB1100	1100-1650	4-15	-85	-105	-7	7	12/35	±11.0	25.0
VLB1251	1250-1550	1-8	-90	-110	-10	5	9/25	±2.0	20.0
VLB1440	144 - 1700	0.3-4.5	-101	-121	-10	2.5	5/15	±2.5	15.0
VLB1450	145 - 2050	1-15	-95	-115	-10	5	5/30	±15.0	60.0
VLB1501	1500-1885	5-18	-107 (20)	-120	-15	0	8/30	±3.0	4.0
VLB2200	2200-2700	1-8	-80	-100	-8	5	9/25	±2.5	30.0

Примечание: параметры микросхем приведены при температуре 25 °С; \* КСВН – коэффициент стоячей волны по напряжению

Коммерческие микросхемы ГУН, предназначенные для работы в диапазоне рабочих температур -40...+80 °С, конструктивно выполнены в виде малогабаритных негерметизированных SMD-модулей. В последнее время фирма освоила выпуск трех новых серий микросхем ГУН: малогабаритных, высокочастотных и широкополосных (характеризующихся диапазоном перестройки от 20 % до октавы). Основные параметры микросхем этих серий приведены в таблице.

Выпускаемая на протяжении ряда лет серия малошумящих ГУН в

настоящее время содержит 33 микросхемы, работающие на частотах от 68 до 2550 МГц. Микросхемы этой серии характеризуются низким уровнем фазового шума (в диапазоне от -105 до -117 дБн при отстройке от несущей частоты на 10 кГц) и предназначены для работы на фиксированной частоте или в узком диапазоне частот (диапазон перестройки – до 15 %). Габариты корпуса 12.7×12.7×4.1 мм.

Микросхемы общего назначения отличаются большой номенклатурой (в настоящее время выпускается 70 типов микросхем) и пере-

крывают в диапазоне частот от 80 до 2515 МГц все поддиапазоны, отведенные для работы аппаратуры радиосвязи. Микросхемы этой серии характеризуются диапазоном перестройки до 10 % и уровнем фазового шума -80...-102 дБн при отстройке от несущей частоты на 10 кГц. Выпускаются в корпусах с габаритами 12.7×12.7×4.1 или 15×9.5×4.5 мм.

Дополнительную информацию о параметрах микросхем генераторов, управляемых напряжением, можно получить в сети Интернет по адресу: [www.temex.net](http://www.temex.net)

## ОДНОПЛАТНЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ КОМПАНИИ PORTWELL

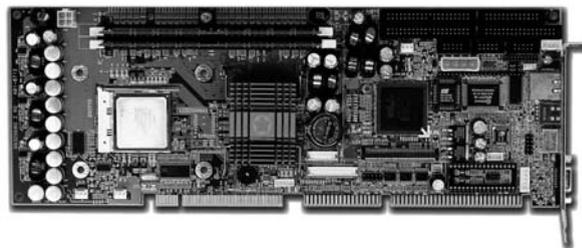
В статье рассмотрены основные характеристики новых одноплатных компьютеров, построенных на базе процессора Pentium 4, а также параметры и возможности некоторых других двухпроцессорных высокопроизводительных промышленных одноплатных компьютеров, выпускаемых компанией Portwell.

**В. Охрименко**

Одноплатные промышленные компьютеры отличаются небольшими габаритными размерами, высокой производительностью, широким набором периферийных контроллеров и предназначены для работы в расширенном диапазоне температур. Благодаря высоким параметрам одноплатные компьютеры (Single Board Computer – SBC) находят широкое применение в распределенных автоматизированных системах управления технологическими процессами и других системах, предназначенных для работы в жестких условиях эксплуатации.

Тайваньская компания Portwell предлагает широкую номенклатуру одноплатных компьютеров в стандарте полноразмерной PCI-платы и PCI-платы половинной длины, встраиваемых компьютеров в формате 3.5 и 5.25 дюйма (Embedded System Board – ESB), плат расширения с адаптером сети Ethernet, "активных" и "пассивных" системных (объединительных) печатных плат, а также другие блоки и модули для встраиваемых систем управления/контроля и сбора/обработки информации [1-3]. В статье приведены основные технические характеристики некоторых промышленных одноплатных компьютеров, в том числе новых – ROBO-8710/8712VLA (на базе микропроцессора Pentium 4), серийно выпускаемых с 2002 года.

Рассмотренные в статье одноплатные компьютеры построены на базе одного или двух высокопроизводительных микропроцессоров компании Intel (Pentium 4, Pentium III, Celeron), обеспечивающих возможность подключения большого объема синхронной динамической памяти (до 2 Гбайт) и имеют широкий набор контроллеров, с помощью которых организуется связь с "внешним миром". Все рассмотренные в статье 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 реализованы программно-аппаратный мониторинг напряжения питания и температуры микропроцессора, а также возможность переключения микропроцессора в активный режим при приеме данных по локальной компьютерной сети. Все компьютеры имеют 32-разрядную PCI и 16-разрядную ISA шины. Рассмотренные в статье одноплатные компьютеры предназначены для работы в



**Одноплатный компьютер ROBO-8712VLA**

диапазоне температур от 0 до 55 °С. Диапазон температур хранения от -20 до 75 °С. Компьютеры могут работать при относительной влажности воздуха от 5 до 95 % (без выпадения конденсата).

В таблице приведены основные параметры одноплатных компьютеров, выпускаемых компанией Portwell [2].

Новые одноплатные компьютеры компании Portwell типа ROBO-8710/8712VLA построены на базе микропроцессора Intel Pentium 4 (Socket 478), многофункциональных контроллеров, в том числе чипсета Intel 845 и высокоскоростной (200/266 МГц) памяти типа DDR SDRAM. Максимальный объем памяти составляет 2 Гбайт. Для подключения модулей памяти имеются два гнезда типа DIMM (184 контакта). В SBC ROBO-8710VLA можно устанавливать микросхемы микропроцессоров Pentium 4 с тактовой частотой до 2 ГГц, в ROBO-12VLA – Pentium 4 с тактовой частотой до 3 ГГц. Видеоконтроллер ATI M6 поддерживает работу в графическом режиме 3D и позволяет формировать изображение с разрешением 2048x1536 пикселей, при этом частота обновления изображения составляет 60 Гц. Немаловажное преимущество новых одноплатных компьютеров – отдельный разъем для подключения напряжения питания, что позволяет использовать ROBO-8710/12VLA в качестве автономного компьютера для встраиваемых приложений. В одноплатных компьютерах ROBO-8710/12VLA имеется восемь линий ввода/вывода общего назначения (General Purpose Input Output – GPIO), отличающихся повышенной нагрузочной способностью (4 предназначены для ввода цифровых данных, 4 – для вывода). Кроме того, эти линии могут использоваться для непосредственного подключения к шине SMBus.

SBC ACTI-777 выполнен на базе одного или двух микропроцессоров Intel Pentium III, имеет два гнезда (RIMM, 184 контакта) для подключения модулей высокоскоростной памяти типа Rambus и встроенную систему коррекции ошибок (Error Correcting Code – ECC). С использованием чипсета Intel 840 поддерживается режим мультипроцессорной работы, а также протокол передачи данных стандартного графического порта AGP2x/4x (AGP – Accelerated Graphics Port). Кроме того, чипсет Intel 840 содержит и другие контроллеры:

## Основные параметры микросхем одноплатных компьютеров

Наименование параметра	АСТІ-777	ROBO-667	ROBO-668	ROBO-8710VLA	ROBO-8712VLA
Тип процессора	Pentium III		Pentium III (Celeron)	Pentium IV	
Количество процессоров	2	2	1 или 2	1	
Тактовая частота системной шины, МГц	100	100/133	66/100	400	400/533
Кэш-память второго уровня	встроена в микропроцессор				
Максимальный объем ОЗУ, Гбайт	2 (2×RIMM)	1.5 (3×DIMM)	1 (4×DIMM)	2 (2×DIMM)	
Система коррекции ошибок	+				-
BIOS	Award		AMI	AMI/Award	Award
Чипсет	Intel 840	VIA Pro 133T	Intel 440BX	Intel 845D	Intel 845 G/GV
Максимальный 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 DMA/66	EIDE Ultra DMA/100	EIDE Ultra DMA/33	EIDE Ultra DMA/33/66/100
FDD-порт/дискковод	1/2				
Шина расширения	-	PCI			
Видеоконтроллер	- тип	C&T 69 000	ATI Mobility M1	C&T 69 000	ATI M6 Mobility
	- интерфейс	VGA			VGA/LCD
"Сторожевой" таймер	+				
ATX-монитор	+				
Программно-аппаратный мониторинг	+				
<b>Порты ввода/вывода</b>					
Чипсет	W83627HF	VT82C686B	W83977ATF	W83627HF	
USB	2	3	2	3	
Последовательный	2				
Параллельный	1				
Ethernet	Intel 82559			Intel ICH2	Intel 815E ICH4
PS/2 (мышь, клавиатура)	2				
IrDA	+				
Аудио	-			+	
Драйверы шины ISA с током нагрузки 64 мА	+				
Габаритные размеры, мм	338.5×129	338.5×122	338.5×129	338.5×122	

82840 MCH (Memory Controller Hub), 82801 ICH (I/O Controller Hub), 82802 FWH (Firmware Hub). На плате АСТІ-777 имеется также видеоконтроллер C&T 69000 со встроенной видеопамью типа SDRAM объемом 2 Мбайт, что позволяет получать видеоизображение с разрешением 1280×1024 пиксела. Встроенный Ethernet-контроллер (стандарт 10BASE-T/100BASE-TX) обеспечивает обмен данными через сеть Ethernet со скоростью 10/100 Мбит/с. SBC АСТІ-777 поддерживает также стандартные функции, обычно реализуемые в одноплатных компьютерах для встраиваемых приложений. Для питания АСТІ-777 используются три источника напряжения: 5 В/10 А, 12 В/300 мА, -12 В/30 мА.

SBC ROBO-667 с чипсетом VIA Pro 133T и двумя микропроцессорами Intel Pentium III предназначен для создания высокопроизводительных надежных вычисли-

тельных систем промышленного назначения. Чипсет со встроенной системой коррекции ошибок поддерживает обмен данными с памятью типа SDRAM (стандарт PC100/133) объемом до 1.5 Гбайт. Для установки модулей памяти на плате имеется три гнезда DIMM (168 контактов). Видеоконтроллер ATI Mobility благодаря встроенной видеопамью типа кэш объемом 8 Мбайт обеспечивает получение видеоизображения высокого качества без использования дополнительной видеокарты, что позволяет освободить на системной плате один PCI-слот для подключения модуля другого типа. Видеоконтроллер позволяет формировать изображение с разрешением 1280×1024 пиксела (при частоте обновления изображения 85 Гц). SBC ROBO-667 имеет встроенный Ethernet-контроллер (стандарт 10 BASE-T/100BASE-TX), а кроме того, специальный разъем PCI-шины, который можно использовать для

подключения дополнительных плат расширения (daughter board), к примеру, адаптера SCSI на базе контроллера AIC-7892 (фирмы Adaptec) с интерфейсом Ultra 160 SCSI или адаптера сети Ethernet. В ROBO-667 реализованы также все стандартные устройства и функции, характерные для одноплатных компьютеров. Для работы ROBO-667 требуются два источника напряжения: 5 В/15 А, 12 В/0.2 А [3].

SBC ROBO-668 имеет два гнезда типа Socket 370 для подключения микропроцессоров Intel Pentium III и/или Celeron. Чипсет Intel 440BX поддерживает интерфейс AGP и обеспечивает подключение SDRAM-памяти (стандарт PC100) с максимальным объемом до 1 Гбайт. На плате имеется четыре гнезда типа DIMM (168 контактов) для подключения модулей памяти. Как и SBC ROBO-667, одноплатный компьютер ROBO-668 имеет дополнительный разъем PCI-шины для подключения плат расширения (к примеру, адаптера

SCSI). Кроме того, имеется Ethernet-контроллер на базе микросхемы Intel 82559 и видеоконтроллер C&T 69000 со встроенной видеопамью типа кэш. Для видеопамью используется SDRAM-память объемом 2 Мбайт. Видеоконтроллер позволяет формировать изображение с разрешением 1280×1024 пиксела. Питание SBC ROBO-668 обеспечивается тремя источниками напряжения: 5 В/10 А, 12 В/80 мА, -12 В/20 мА.

Дополнительную информацию о продукции, выпускаемой компанией Portwell, можно получить в сети Интернет по адресу: <http://www.portwell.com.tw>

#### ЛИТЕРАТУРА:

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

## ОДНОПЛАТНЫЙ МАЛОГАБАРИТНЫЙ КОМПЬЮТЕР LP3500 FOX

Фирма Z-World, специализирующаяся на выпуске малогабаритных одноплатных компьютеров (SBC), построенных на базе 8-разрядных процессорных модулей семейства Rabbit Core Module, разработала новое семейство SBC. В статье описан одноплатный компьютер LP3500 Fox, отличающийся высокой экономичностью, надежностью и малыми габаритами.

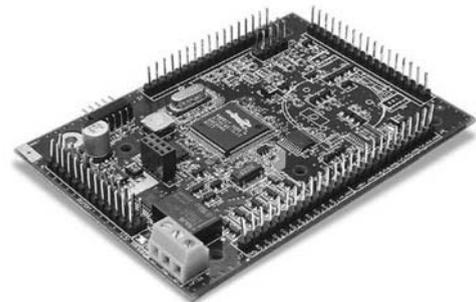
Г. Местечкина

LP3500 Fox – экономичный малогабаритный одноплатный компьютер высокой надежности, предназначенный для применения в устройствах, к которым предъявляются жесткие требования по минимизации энергопотребления и габаритов, – это портативные устройства с батарейным питанием и системы дистанционного мониторинга. LP3500 содержит встроенные аналоговые и цифровые цепи ввода/вывода. Ток потребления в режиме выполнения всех функций не превышает 20 мА, а в энергосберегающем режиме – 100 мкА.

Основные характеристики:

- потребление в рабочем режиме менее 20 мА
- 26 цифровых вводов/выводов, выполненных в промышленном стандарте, и 1 реле
- тактовая частота 7.4 МГц
- 8 входных АЦП с программируемым коэффициентом усиления
- 6 последовательных портов (1 RS-485, 3 RS-232 и 2 TTL)
- клавиатура/дисплей (по заказу), flash-память, периферийные устройства.

LP3500 включает микропроцессор Rabbit 3000, отличающийся низким уровнем радиоизлучений, flash- и SRAM-память объемом 512 кбайт каждая, 26 цифровых вводов/выводов, входы АЦП и выходы ШИМ-сиг-



Одноплатный малогабаритный компьютер LP3500 Fox

нала, 6 последовательных портов, одно реле и два порта для упрощения соединения с внешней flash-памятью, клавиатурой/дисплеем и другими устройствами (LP3510 – модель уменьшенной стоимости без АЦП или реле). Тактовая частота 7.4 МГц может изменяться для снижения потребляемой мощности программным путем, этим обеспечивается широкий диапазон режимов работы компьютера.

Плата содержит разъемы с шагом выводов 2.54 мм и может быть установлена на панель или базовую плату, кроме того, с использованием этих разъемов возможно подключение кабелей пользователя или установка SBC непосредственно в гнезда разъемов на базовой плате. Первый метод предпочтительнее, если соединение вводов/выводов производится непосредственно с устройствами и коммутаторами, в то время как второй удобнее, если дополнительные цепи являются частью базовой платы.

LP3500 может быть использован для дистанционной телеметрии (RTU), мониторинга, в GPS-системах, в портативных беспроводных устройствах, в системах дистанционного получения данных, мониторинга электрических линий передачи и для других применений, для которых требуется маломощное управление. По-

## Состав одноплатного компьютера LP3500 Fox

Состав LP3500 Fox	LP3500	LP3510
Микропроцессор	Rabbit 3000 (тактовая частота 7.4 МГц, низкий уровень радиопомех)	
Flash-память	512 К (2×256)	256 К
SRAM-память	512 К	128 К
Батарея	3 В литиевая типа "монета", 265 мА·ч (поддержка SRAM и RTC)	
Клавиатура/дисплей	по заказу (модуль с семью клавишами/графический ЖК-дисплей 122×32 пиксела)	
Цифровые входы	16 защищенных до ±36 В	
Цифровые выходы	10 по 200 мА каждый, 36 В максимум	
Реле	1 SPDT, однополосное на 2 направления, 1 А, 30 В	–
Аналоговые входы	восемь 11-разрядных несимметричных или четыре 12-разрядных дифференциальных, вх. сопр. 1 МОм, до 200 имп./с; широкий программируемый диапазон напряжений от 0-1 до 0-20 В; четыре канала могут быть установлены индивидуально до 4-20 мА сменными перемычками; один канал имеет программно выбираемую функцию мониторинга напряжения питания	–
Аналоговые выходы	три унифицированных ШИМ, выходное сопротивление 1 кОм	
Последовательные порты	шесть: один RS-485; три RS-232 (три 3-проводных или 5- и 3-проводной); один (с уровнем логики) последовательный интерфейс; один 3 В КМОП-совместимый (программируемый)	
Скорость передачи	максимальная асинхронная скорость двоичной передачи CLK/8	
Часы реального времени (RTC)	+	
Таймеры	десять 8-разрядных таймеров (шесть каскадируемых) и один 10-разрядный с 2 регистрами	
Супервизор	+	
Потребл. мощность	3-30 В, 20 мА макс. при тактовой частоте 7.4 МГц/100 мкА макс. при тактов. частоте 2 кГц	
Резервное питание	(2.7-3.3) В/100 мкА максимум	
Диапазон рабочих температур	-40...70 °С	
Соединители	два 17-контактных с шагом выводов 2.54 мм (0.1")	
Габаритные размеры	3.65"×2.60"×0.45" (93.0×66.0×11.0 мм)	

ставляемый по отдельному заказу модуль клавиатуры/дисплея с напряжением питания 3.3 В имеет удобный пользовательский интерфейс и может быть установлен, когда панель смонтирована.

Наличие батареи обеспечивает долговременное хранение данных (в SRAM-памяти) и поддержание работы часов реального времени (RTC). При питании от внешней батареи или блока питания напряжением 3-30 В постоянного тока одноплатный компьютер LP3500 Fox может быть выведен из энергосберегающего режима внутренним таймером по сигналу, передаваемому через интерфейс RS-232, или по опросу. Переход из энергосберегающего в режим полного функционирования, и наоборот, может быть выполнен с помощью программных средств. В дополнение различные узлы компьютера (например, порты RS-232) могут отключаться с помощью программных средств для уменьшения потребляемой мощности, когда они не используются.

#### Программирование LP3500 Fox

Программы для LP3500 выполнены с использованием системы программного обеспечения разработки Dynamic C фирмы Z-World. Имеется также большая библиотека драйверов и демонстрационных программ. Обе модели LP3500/3510 могут быть запрограммированы по сетям Ethernet и Интернет с исполь-

зованием необходимых технических средств.

#### Стартовые пакеты для разработки

Стартовые пакеты содержат плату-прототип и комплект разработчика Fox Tool Kit. Комплект разработчика содержит программное обеспечение и все аппаратные средства, необходимые для разработки, включая ПО разработки Dynamic C SE и документацию на CD-ROM, инструкцию по эксплуатации и комплект схем, демонстрационную плату, кабель для программирования и отладки.

**Стартовый пакет для LP3500:** 512 К flash- и SRAM-память, аналоговые входы, реле и комплект разработчика.

**Стартовый пакет для LP3510:** 256 К flash- и 128 К SRAM-память и реле.

#### Расширительные платы:

- flash-память SF1000 объемом 8 или 4 Мбайт
- плата SF1100 (реле для интерфейса с цифровым выходом любого одноплатного компьютера фирмы Z-World).

**Клавиатура/дисплей:** 7 клавиш/ЖК-дисплей с разрешением 122×32 пиксела (2.7-5.0 В напряжение питания).

Дополнительную информацию о продукции фирмы Z-World можно получить в сети Интернет по адресу: [www.zworld.com/products](http://www.zworld.com/products)

## ПРОЦЕССОРНЫЕ МОДУЛИ RABBIT CORE MODULES

В статье рассмотрены созданные на базе 8-разрядных микропроцессоров Rabbit малогабаритные процессорные модули Rabbit Core Modules, предназначенные для установки в устройства управления/контроля и сбора/обработки данных, разрабатываемые пользователем. Выпускаемые фирмой Z-World процессорные модули отличаются высокой производительностью, большим объемом памяти типа флэш и SRAM, а также возможностью программирования по сети Интернет или Ethernet.

**В. Охрименко**

В настоящее время фирма Z-World предлагает два семейства процессорных модулей Rabbit Core Modules (RCM) на базе 8-разрядных микропроцессоров Rabbit 2000 и Rabbit 3000 [1-3]. Процессорные модули RCM монтируются непосредственно на печатную плату пользователя и предназначены для производителей комплексного оборудования. Высокие параметры RCM-модулей, большой набор встроенных в микропроцессоры Rabbit 2000/3000 периферийных контроллеров для связи с "внешним миром", низкое энергопотребление определяют основные сферы их применения: встраиваемые системы управления/контроля и сбора информации, промышленное измерительное и тестовое оборудование, распределенные системы управления, логические контроллеры, средства малой автоматизации и другие системы, в которых требуется обеспечить удобство программирования, простоту модернизации, небольшие габаритные размеры и надежность эксплуатации.

RCM-модули содержат: микропроцессор Rabbit 2000 или Rabbit 3000, флэш-память объемом от 256 до 512 кбайт, статическую RAM-память объемом от 128 до 512 кбайт, основной и дополнительный кварцевые резонаторы, разъемы для установки на печатную плату пользователя. Некоторые из модификаций модулей RCM, кроме того, могут содержать Ethernet-контроллер и разъем типа RJ-45 для подключения к локальной компьютерной сети или микросхему восьмиканального 12-разрядного АЦП. Процессорные модули отличаются между собой габаритными размерами, объемом памяти, напряжением питания, током потребления, типом и производительностью микропроцессора, стоимостью и другими параметрами, основные из которых приведены в таблице.

Хотя микропроцессоры Rabbit 2000 и Rabbit 3000 поддерживают протоколы передачи данных, принятые в стандартах RS-232, IrDA и других, печатные платы процессорных модулей не содержат микросхем при-

емопередатчиков. Все интерфейсные (RS-232, IrDA, RS-485, Ethernet) приемопередатчики, как и электронные компоненты, для согласования уровней напряжений входных сигналов с допустимыми уровнями напряжений на входах АЦП должны устанавливаться на плате пользователя. Структурная схема компьютера на базе процессорного модуля RCM приведена на рис. 1. Все модификации модулей предназначены для работы в диапазоне температур от -40 до 85 °С при относительной влажности воздуха от 5 до 95 % (без выпадения конденсата).

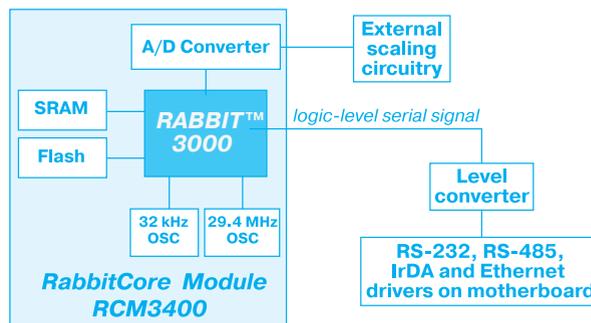


Рис. 1. Структурная схема компьютера на базе модуля RCM3400

Поскольку все выпускаемые фирмой Z-World процессорные модули имеют примерно одинаковую структуру далее приводится подробное описание параметров и возможностей только новых процессорных модулей RCM3400 и RCM3410 (рис. 2), которые отличаются от других наличием восьми аналоговых входов. Так как на плате процессорных модулей RCM кроме микропроцессора нет других контроллеров, то большинство приведенных ниже параметров и возможностей относятся, по сути, к встроенному микропроцессору.

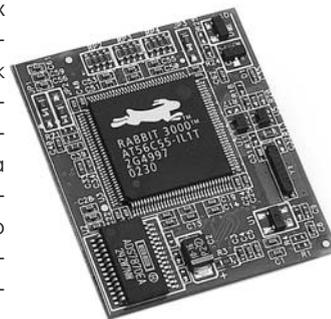


Рис. 2. Процессорный модуль RCM3400

Модули RCM3400 и RCM3410 созданы на базе микропроцессора Rabbit 3000, максимальная тактовая частота которого составляет 54 МГц. Однако в модулях RCM3400/3410 микропроцессоры работают с максимальной тактовой частотой всего 29.4 МГц. Поскольку в микропроцессоре Rabbit 3000 имеется возможность умножения частоты входного тактового сигнала в два раза, частота основного кварцевого резонатора составляет 14.74 МГц. Максимальная тактовая частота микропроцессора при напряжении пита-

ния от 3.0 до 3.45 В составляет 29.4 МГц, при напряжении питания от 2.8 до 3.45 В – 14.7 МГц. Ток потребления модулей при тактовой частоте 29.4 МГц и напряжении питания 3.3 В составляет 97 мА, а при тактовой частоте 14.7 МГц и напряжении 3.0 В – 57 мА.

Общий объем пространства адресуемой памяти составляет 1 Мбайт. Микропроцессор имеет 20-разрядную адресную шину и 8-разрядную шину данных. Шины адреса и данных предназначены только для обмена с памятью и не могут использоваться пользователем. На плате модулей содержится микросхема восьмиканального 12-разрядного АЦП (ADS7870). Фактически модули RCM3400 и RCM3410 отличаются между собой только объемом памяти. Модуль RCM3410 имеет в два раза меньший объем как флэш-, так и SRAM-памяти (см. таблицу). Напряжение питания модулей составляет 3.3 В. Однако все цифровые входы/выходы совместимы с уровнями цифровых сигналов, формируемыми КМОП-логикой с напряжением питания 5 В [1-3]. Процессорные модули имеют 47 цифровых линий ввода/вывода, из которых: 41 можно конфигурировать как входы или выходы, 3 используются только как входы, 3 – как выходы. В модулях RCM3400/3410 имеется также восемь независимых аналоговых входов, которые можно использовать для ввода несимметричного сигнала по восьми каналам или дифференциального – по четырем. Встроенный в АЦП источник эталонного напряжения имеет отдельный аналоговый выход.

Распределение и назначение портов микропроцессора Rabbit 3000, принятое в модулях RCM3400/3410, приведено на рис. 3.

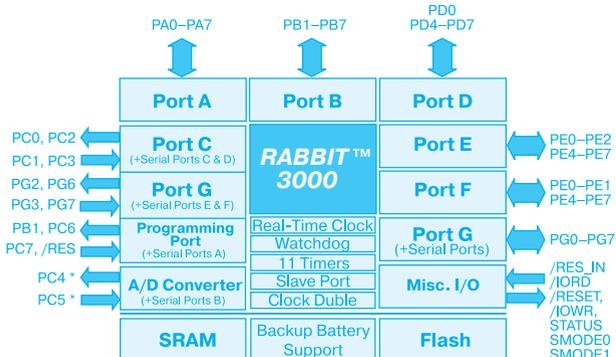


Рис. 3. Распределение и назначение портов ввода/вывода модуля RCM3400

Микроконтроллер Rabbit 3000 имеет шесть последовательных портов ввода/вывода данных (A, B, C, D, E, F) [3]. За исключением порта В линии портов подключены к двум внешним 34-контактным разъемам. Порт А используется для программирования модулей и его линии должны быть подключены к порту программирования, размещенному на плате пользователя.

Порт А не рекомендуется использовать по другому назначению (хотя это и возможно). Порт В предназначен для приема данных, поступающих из АЦП. Остальные четыре последовательных порта доступны пользователю и могут работать в режиме асинхронного обмена данными с максимальной частотой передачи данных, в восемь раз меньшей, чем тактовая частота процессора, порты С и D – дополнительно в режиме синхронного обмена (протокол SPI). Последовательные порты Е и F поддерживают высокоуровневые коммуникационные протоколы SDLC/HDLC. С помощью всех четырех портов можно осуществлять обмен данными по инфракрасному каналу связи.

8-разрядный двунаправленный параллельный порт (РА) можно использовать как шину данных при обмене с внешними устройствами ввода/вывода (порт I/O) или при обмене данными через slave-порт. Параллельный порт А соединен с внутренней шиной данных микропроцессора. Для адресации к внешним устройствам ввода/вывода используются шесть линий параллельного порта В (PB2...PB7). Slave-порт предназначен для обмена 8-разрядными данными с master-процессором (любым микропроцессором семейства Rabbit). Порт I/O может использоваться для подключения Ethernet-контроллера или панели оператора (отображения и ввода информации), состоящей из жидкокристаллического дисплея и клавиш.

Максимально допустимое значение втекающего и вытекающего токов буферных схем портов ввода/вывода составляет 6.8 мА. При определенных условиях максимальное значение допустимого тока может быть увеличено до 12.5 мА [1]. Допустимая емкость нагрузки каждой из линий параллельных портов ввода/вывода составляет 70 пФ.

Модули RCM3400/3410 имеют десять 8-разрядных таймеров, шесть из которых можно объединять, и один 10-разрядный. Кроме того, имеется два канала входного захвата, два канала квадратурного декодера и четыре выхода ШИМ-генератора, созданного на базе 10-разрядного счетчика и четырех регистров. Микропроцессор имеет "сторожевой" таймер и таймер реального времени (входная частота 32 768 Гц) с отдельным выводом (VBAT\_EXT) для подключения резервной батареи питания. На модулях RCM3400/3410 элементы резервного питания не установлены. В отличие от микропроцессора Rabbit 2000, имеющего встроенный тактовый генератор, работающий с внешним "часовым" кварцевым или керамическим резонатором, микропроцессор Rabbit 3000 не имеет встроенного генератора, поэтому тактовая частота (32 768 Гц) формируется с помощью отдельного генератора.

Восьмиканальный АЦП с мультиплексором на входе обеспечивает точность преобразования 11 разрядов для несимметричного сигнала и 12 разрядов – для

дифференциального входного сигнала. Входное сопротивление каждого из восьми каналов АЦП составляет порядка 6-7 МОм. Напряжение входного сигнала может находиться в диапазоне от 0 до 2 В (несимметричный вход) или от -2 до 2 В (дифференциальный вход). Время преобразования АЦП составляет 180 мкс. В АЦП имеется усилитель с программируемым коэффициентом усиления, который может принимать значения 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 20. Величина напряжения встроенного в АЦП эталонного источника может быть задана программным путем из значений: 1.15, 2.048 или 2.5 В. В технической документации (RCM3400, User's Manual) приводится электрическая схема, предназначенная для согласования уровней напряжений входных сигналов с допустимыми уровнями напряжений на входах АЦП. Пример одной из возможных схем приведен на рис. 4 [1].

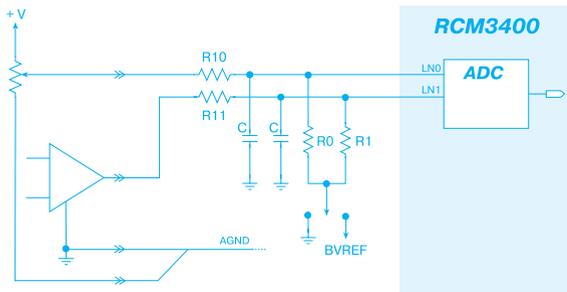


Рис. 4. Схема согласования уровней напряжений на входах АЦП

Начальная загрузка модулей RCM 3400/3410 может осуществляться через slave-порт, а также через последовательный порт А в режиме SPI или асинхронном режиме (со скоростью 2400 бит/с). Для выбора режима начальной загрузки служат входы микропроцессора SMODE0 и SMODE1. При подключении к порту программирования дополнительной платы расширения (EG2100), содержащей контроллер сети Ethernet, возможно программирование и отладка модулей через локальную сеть.

В каждом из модулей RCM3400 и RCM3410 имеется по два 34-контактных разъема для установки на плату пользователя.

Для создания прикладного программного обеспечения и отладки прикладных программ для модулей RCM3400 и RCM3410 фирма Z-World предлагает комплект разработчика (Development Kit), который включает:

- процессорный модуль RCM3400
- плату-прототип (рис. 5)
- кабель для программирования
- программное обеспечение Dynamic C SE, поставляемое на CD-ROM, на котором также имеется полный комплект технической документации
- инструкцию по установке программного обеспечения и аппаратных средств
- комплект разъемов и соединителей.

Стоимость комплекта разработчика для модулей RCM3400 и RCM3410 составляет 399 долларов

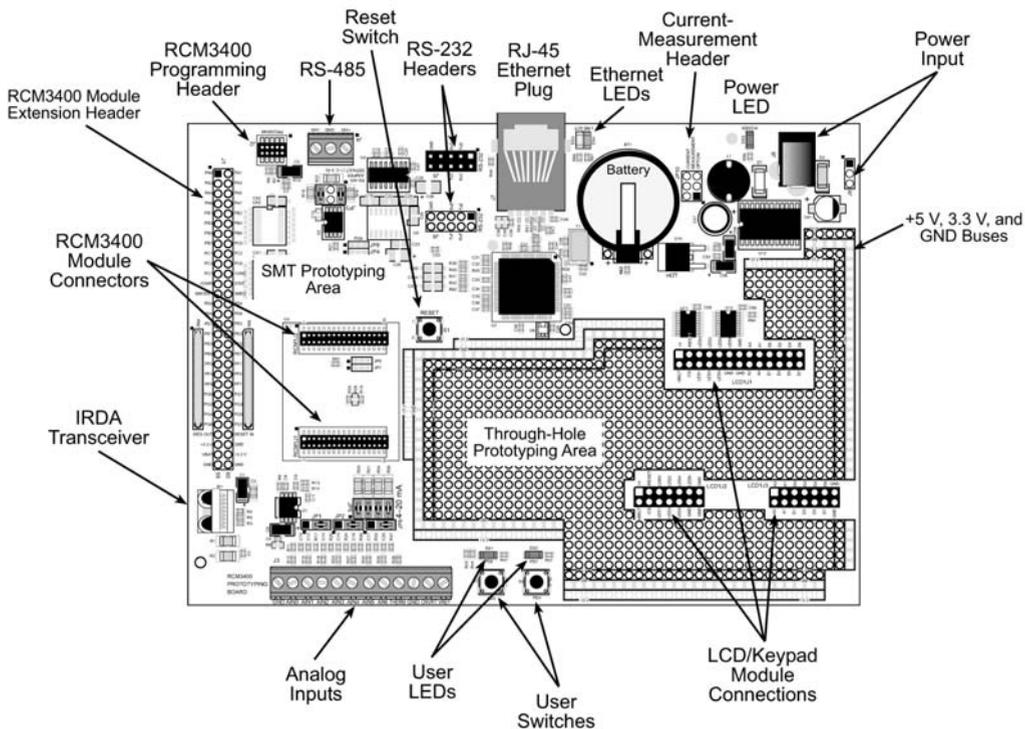


Рис. 5. Плата прототипа

## Основные параметры процессорных модулей RCM

Тип	Макс. тактовая частота, МГц	Память, кбайт		Ethernet, разъем	Количество линий ввода/вывода	Кол-во последоват. портов	RTC, "сторожевой" таймер, slave-порт	Количество таймеров	АЦП	Габаритные размеры, мм	Напряжение питания, В/ток потребл., мА	Цена, \$	
		флэш	SRAM										
<b>Модули на базе микропроцессора Rabbit 3000</b>													
RCM3400	29.4	512	512	—	47 (41 конфигурируем.)	5 (SPI, UART, IrDA, SDLC/HDLC)	+	десять 8-разрядных, один 10-разрядный	8 каналов, 12 разрядов	35×29×7.4	3.0–3.45/97	79	
RCM3410		256	256									59	
RCM3200	44.2	512	512 (прогр.) 256 (данных)	10Base-T, Rj-45	52 (44 конфигурируем.)	6 (SPI, UART, IrDA, SDLC/HDLC)	+	десять 8-разрядных, один 10-разрядный	—	69×47×22	3.15–3.45/225	89	
RCM3100	29.4	512	512	—	54 (46 конфигурируем.)							62	
RCM3110		256	128										42
RCM3000		512	512	10Base-T, Rj-45	52 (44 конфигурируем.)							75	
RCM3010		256	128										55
<b>Модули на базе микропроцессора Rabbit 2000</b>													
RCM2300	22.1	256	128	—	29 (17 конфигурируем.)	4 (SPI, UART)	+	пять 8-разрядных, один 10-разрядный	—	47×29×12	4.75–5.25/108	42	
RCM2200		256	128		10Base-T, Rj-45							26 (16 конфигурируем.)	55
RCM2210													
RCM2250		256	128		—							40 (26 конфигурируем.)	79
RCM2100													
RCM2110		256	128		4.75–5.25/140							59	
RCM2120													512
RCM2130		256	128		—							49	
RCM2000	25.8			256		512	—	40 (26 конфигурируем.)	58×48×13	69			
RCM2010		128	4.75–5.25/130		49								
RCM2020											4.75–5.25/98	39	

США [2]. Кроме того, фирма Z-World предлагает новое программное обеспечение Dynamic C Premier, включающее библиотеку программ, драйверы для всех выпускаемых модулей, дополнительные платы расширения, панели оператора и другие устройства, перечень которых можно найти на Web-сайте фирмы Z-World. Следует отметить, что на Web-сайте можно также найти техническую документацию на всю выпускаемую продукцию: электрические принципиальные схемы процессорных модулей и плат прототипов, руководства по применению и технические описания, руководство пользователя Dynamic C, в котором приведены примеры составления программ на языке C, а также другую техническую документацию.

Плата прототипа, поставляемая с комплектом разработчика, имеет все необходимые электронные компоненты для подключения внешнего блока питания, персонального компьютера и стандартных периферийных устройств, поддерживающих интерфейсы: RS-232, RS-485, IrDA или Ethernet. Кроме того, плата содержит: разъем для подключения аналоговых сигналов; разъемы для подключения панели отображения и

ввода информации (панель не входит в состав комплекта разработчика и поставляется отдельно); светодиоды и кнопки, которые могут использоваться пользователем. Часть пространства печатной платы прототипа предназначена для монтажа дополнительных микросхем, что является немаловажным достоинством и дает возможность пользователю расширить функции, предоставляемые платой прототипа. Рис. 5 наглядно иллюстрирует возможности платы прототипа.

Более полную информацию о продукции, выпускаемой фирмой Z-World, а также возможностях и параметрах процессорных модулей Rabbit Core Modules можно найти в сети Интернет по адресу: <http://www.zworld.com>

## ЛИТЕРАТУРА:

1. RCM3400. User's Manual. – Z-World, 2002.
2. RCM3400. Rabbit Core Modules RCM3400, RCM3410 (<http://www.zworld.com>).
3. Rabbit 3000™ Microprocessor User's Manual. – Rabbit Semiconductor, 2002.

## ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА РАЗМЕРОВ КОНТАКТНЫХ ПЛОЩАДОК ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

*Рассмотрены некоторые особенности выбора размеров контактных площадок печатных плат с учетом технологических процессов их подготовки и последующей пайки компонентов. Даны рекомендации по определению оптимальных размеров контактных площадок, их ориентации и определению местоположения на плате.*

**А. Грачёв**

Переход от выводного к поверхностному монтажу компонентов при разработке электронной аппаратуры объясняется, прежде всего, экономическими и технологическими критериями, так как позволяет уменьшить ее габариты, объем и массу, снизить расход материалов и энергии. Все это обеспечивается благодаря достижениям в создании нового поколения электронных компонентов, современных конструкций печатных плат (ПП), технологии и оборудования для поверхностного монтажа [1].

С развитием технологии поверхностного монтажа компонентов стала очевидной необходимость отказа от традиционных методов конструирования и изготовления ПП.

В процессе проектирования ПП для поверхностного монтажа важно правильно выбрать конфигурацию, взаимное расположение и приемлемые для обеспечения удобства выполнения монтажно-сборочных операций размеры контактных площадок. Поэтому учет специфических требований к топологии ПП, размерам и конфигурации контактных площадок на этапе проектирования способствует (в сочетании с технологическими операциями подготовки платы, монтажа компонентов и процесса их пайки) реализации эффективного варианта конструкции печатного узла. Кроме того, высокая плотность поверхностного монтажа компонентов на плате может вызвать в ряде случаев необходимость принятия при разработке топологии ПП, выборе размеров и места расположения контактных площадок специальных мер для отвода тепла и выравнивания тепловых нагрузок на компонент при пайке. При разработке конструкции и технологии изготовления ПП для поверхностного монтажа должны обеспечиваться:

- высокая плотность монтажа компонентов
- ширина проводящих дорожек и расстояний между ними менее 0.2 мм
- минимальная длина межсоединений

- отсутствие навесных перемычек
- монтаж компонентов с двух сторон платы
- возможность интенсивного теплоотвода
- автоматизация сборки и монтажа компонентов
- возможность контроля качества сборки и функционирования печатных узлов.

В настоящее время разработка топологии ПП для поверхностного монтажа электронных компонентов проводится с использованием основных нормативных документов ГОСТ 23752-79, ГОСТ 23751-86, ГОСТ 2039405-84, стандартов МЭК 1983, IPC-A-600F (класс 2, 3), а также ТУ, паспортов и каталогов электронных компонентов.

При этом следует учитывать, во-первых, что каждый производитель компонентов, как правило, дает рекомендации по выбору геометрических размеров и формы контактных площадок, а во-вторых, что для одного и того же компонента размеры контактных площадок при использовании различных способов пайки (двойной волной припоя, оплавлением дозированного припоя – паяльной пасты, ручной пайки) будут отличаться.

Как показывает практика, варьирование размеров контактных площадок для различных условий производства и применяемого оборудования для пайки может достигать 25 %. Например, для обеспечения надежного смачивания выводов компонента и контактных площадок на плате при пайке двойной волной припоя контактные площадки проектируются выступающими за проекцию корпуса компонента на 0.2 мм больше, чем для пайки оплавлением дозированного припоя.

Расстояние между контактными площадками, применительно к различным компонентам на платах для поверхностного монтажа, следует выбирать не менее 0.5 мм, а между корпусами – не менее высоты наибольшего из расположенных рядом компонентов.

Проводник рекомендуется выполнять шириной не более половины размера контактной площадки, к которой он подводится. Пайка микросхем в различных корпусах на поверхность печатных плат показала, что особые требования предъявляются к проектированию контактных площадок плат для пайки микросхем в корпусах BGA с матрицей шариковых выводов с нижней стороны корпуса [2]. Для удобства их размещения и позиционирования на печатной плате маркировочной краской должны быть обозначены контуры микросхем в корпусе BGA.

Контактные площадки для микросхем в корпусе BGA должны проектироваться с учетом ряда основных

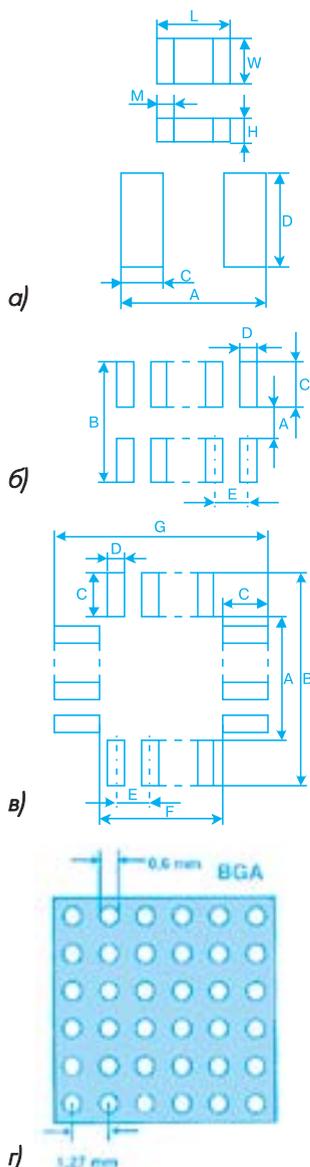
требований, обеспечивающих равномерный нагрев корпуса при пайке:

- место на плате под микросхему должно выбираться так, чтобы вблизи отсутствовали массивные компоненты и элементы печати, которые при пайке могут вызвать отвод тепла от корпуса BGA
- площадки должны иметь одинаковую форму и размер, соответствующие диаметру шариковых выводов и шагу между ними, и не содержать переходных отверстий на нижние слои многослойной платы
- если отдельные контактные площадки не имеют связей с топологией платы, необходимо предусмотреть для них технологические теплоотводы с целью выравнивания температуры по всей поверхности корпуса при пайке микросхемы
- теплоотводы должны быть одинаковыми для всех задействованных выводов корпуса

- переходные отверстия, расположенные на плате рядом с микросхемой, не должны изменять картину теплового поля на плате и корпусе при пайке
- отверстия в паяльной маске на плате должны быть центрированы относительно контактных площадок.

На рис. 1 приведены примеры выбора размеров и конфигурации контактных площадок для отдельных компонентов, монтируемых на поверхность платы.

Практический опыт применения технологии поверхностного монтажа показал, что ряд возможных отклонений (размеров, геометрии, местоположения и ориентации контактных площадок на плате) может приводить к дефектам паяных соединений, что проявляется только после сборки и последующего контроля внешнего вида печатного узла, проверки его работоспособности. Поэтому, при оптимизации топологии контактных площадок и их расположения необходимо



$$C=kH+M$$

$$D=W+2H$$

$$A=2kH+L$$

$$k=0.3 \text{ при } L < 3 \text{ мм}$$

$$k=0.35 \text{ при } L = 3 \text{ мм}$$

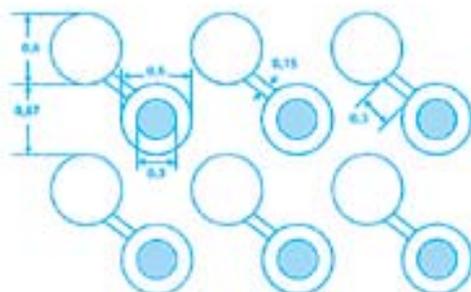
$$k=0.4 \text{ при } L > 5 \text{ мм}$$

Рис. 1. Размеры контактных площадок для отдельных компонентов:

- а – чип-компонента
- б – микросхем в корпусах SO, SOIC
- в – микросхем в корпусе PLCC
- г – микросхем в BGA-корпусе

Тип корпуса	Размеры, мм				
	A	B	C	D	E
SO-8, 14, 16	4.0	7.0	1.5	0.6	1.27
SOL-16, 20, 24, 28	7.8	11.4	1.8	0.6	1.27
SOIC-8	3.0	7.4	2.2	0.6	1.27
SOIC-16	3.0	7.4	2.2	0.6	1.27
SOIC-28	7.0	11.4	2.2	0.6	1.27

Тип корпуса	Размеры, мм						
	A	B	C	D	E	F	G
PLCC-20	6.60	11.18	2.29	0.61	1.27	6.60	11.18
PLCC-28	9.14	13.71	2.29	0.61	1.27	9.14	13.71
PLCC-44	14.22	18.80	2.29	0.61	1.27	14.22	18.80
PLCC-52	16.76	21.34	2.29	0.61	1.27	16.76	21.34
PLCC-68	21.84	26.42	2.29	0.61	1.27	21.84	25.42
PLCC-84	26.92	31.50	2.29	0.61	1.27	26.92	31.50
PLCC-32	9.14	13.71	2.29	0.61	1.27	11.68	16.26



учитывать способ пайки компонентов на поверхность платы. Например, лучшие результаты могут быть получены, когда продольная ось корпуса интегральной микросхемы параллельна направлению движения платы при пайке волной припоя. Такая ориентация способствует уменьшению образования перемычек из припоя между выводами корпуса. В случае пайки чип-компонентов, чтобы уменьшить эффект "затенения", прямоугольные компоненты следует размещать на плате перпендикулярно направлению движения волны припоя.

При пайке компонентов оплавлением дозированного припоя (паяльной пасты) с помощью различных источников нагрева (конвекционной пайки, инфракрасного нагрева, струи нагретого воздуха и др.) с соблюдением требуемой температурно-временной характеристики процесса проявляется эффект скольжения компонентов по расплавленному припою. Этот эффект является результатом действия сил поверхностного натяжения в расплаве припоя, которые стремятся затянуть вывод компонента в центр контактной площадки, что обычно приводит к необходимости повышения точности позиционирования компонентов при монтаже [3]. По этой же причине важно, чтобы контактные площадки были одинаковы по форме и размерам, особенно для чип-компонентов. В противном случае силы поверхностного натяжения на контактных площадках будут иметь различные значения, что может привести к смещению компонента с установленной позиции и его подъему, т. е. к такому положению, когда компонент оказывается перевернутым на торец. Этот эффект называется эффектом "надгробного камня" (рис. 2).

Кроме отклонений в топологии контактных площадок к формированию "надгробий" может привести большой перепад температуры в пределах платы, а также плохое смачивание припоем контактной площадки или вывода. Кроме того, на частоту появления "надгробий" оказывает влияние качество нанесения паяльной пасты: чем толще слой пасты, тем больше "надгробий" может образоваться при пайке [4].

Появляющийся при пайке чип-компонентов эффект скольжения может быть вызван следующими причинами. Если на печатной плате длина контактных площадок для чип-компонента значительно превышает их ширину, то компонент может сдвинуться на одну из них, что приведет к разрыву электрической цепи (рис. 3). В случае, когда площадки слишком широки, компонент может легко потерять ориентацию. Существуют также специфические проблемы, которые могут возникнуть, если контактные площадки для чип-компонента соединены между собой и образуют большую площадку, выполненную в виде одного топологического элемента. В этом случае во время пайки оп-



Рис. 2. Эффект "надгробного камня" при пайке чип-компонента



Рис. 3. Выбор конфигурации контактных площадок

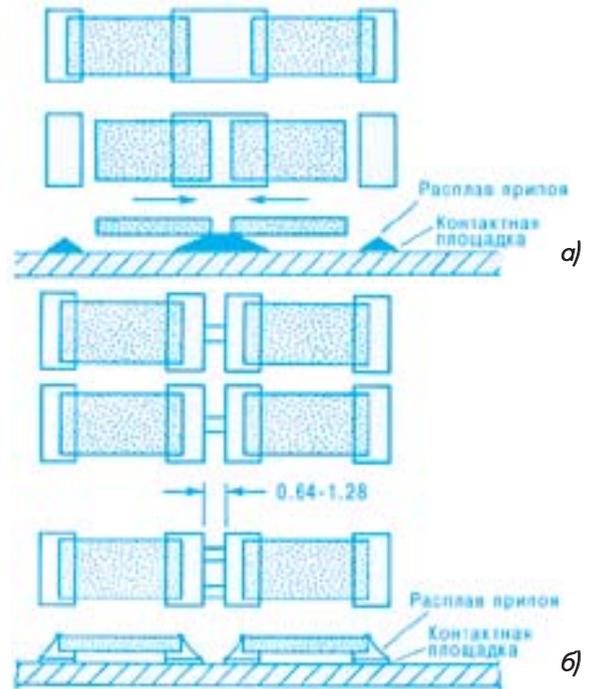
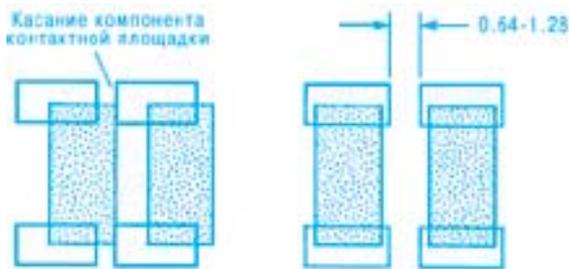
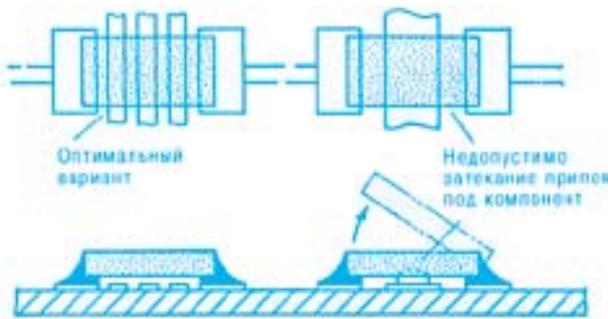


Рис. 4. Монтаж двух чип-компонентов с общей контактной площадкой

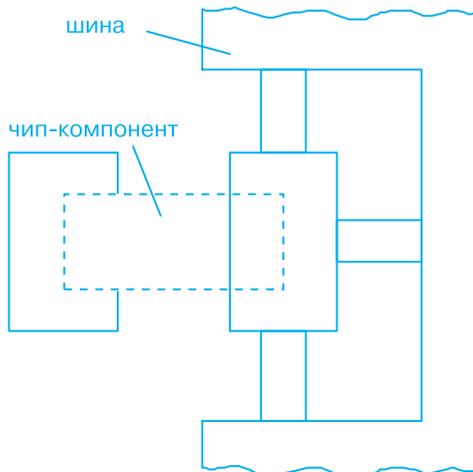
лавлением припоя каждый компонент будет притягиваться к центру этой площадки вследствие большей величины сил поверхностного натяжения припоя, поскольку, чем больше площадка, тем больше припоя она аккумулирует (рис. 4, а). Целесообразно вместо большой контактной площадки проектировать две площадки меньшего размера, соединенные узкой дорожкой; это ограничит количество аккумулируемого припоя и исключит появление дефектов при пайке (рис. 4, б). Нежелательный эффект скольжения может проявиться и тогда, когда два расположенных парал-



**Рис. 5. Параллельное расположение чип-компонентов**



**Рис. 6. Трассирование коммутующих дорожек под компонентом**



**Рис. 7. Тепловой фильтр**

тельно чип-компонента находятся близко друг к другу. В процессе пайки "скользящий" компонент может касаться контактных площадок под корпусом соседнего компонента. Зазор между контактными площадками, равный 1.27 мм, уменьшает вероятность такого контакта (рис. 5). Существует также опасность снижения качества монтажа, если под чип-компонентом расположена широкая токоведущая дорожка (рис. 6). При этом также вероятно аккумулярование припоя под компонентом и его смещение. Если разводка проводников под компонентом все же необходима, одну широкую дорожку следует разделить на несколько параллельных меньшей ширины. При монтаже на плате

чип-компонента с односторонним соединением его с шиной в процессе пайки происходит отвод тепла от компонента, для предотвращения которого необходимо предусмотреть "развязку" контактной площадки с этой шиной путем создания "теплового фильтра" (рис. 7), что обеспечит образование при пайке качественного соединения компонента с контактной площадкой.

При пайке транзисторов в SOT-корпусах возможно их смещение и разворот в пределах контактных площадок. При позиционировании таких транзисторов допустимо расположение выводов в пределах контактных площадок или их смещение за эти пределы, при котором образуется мениск припоя (выступающая часть контактной площадки превышает половину толщины вывода). Так как чаще всего размеры контактных площадок под такие компоненты значительно превышают ширину выводов, то к точности позиционирования компонентов значительные требования не предъявляются.

Причинами образования ряда дефектов при монтаже компонентов на поверхность плат могут быть не только отклонения в топологии контактных площадок на плате, но и качество выполнения технологических операций: трафаретной печати и установки компонентов на плату, а также свойства используемой паяльной пасты [5].

Таким образом, при разработке топологии печатных плат под поверхностный монтаж компонентов следует выдерживать размеры, геометрию и ориентацию контактных площадок с учетом процессов, происходящих при пайке. Отклонения от оптимальной геометрии и расположения контактных площадок могут привести к смещению компонентов при пайке и снижению качества и надежности соединений "компонент-контактная площадка".

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Грачев А., Малиновский Н. Поверхностный монтаж электронных компонентов // ЭКИС. – Киев: VD MAIS, 2002, № 1 (53).
2. Грачев А., Малиновский Н. Поверхностный монтаж и демонтаж микросхем в корпусах BGA и CSP // Электронные компоненты и системы. – Киев: VD MAIS, 2002, № 3 (55).
3. Мэнгин Ч.-Г., Макклелланд С. Технология поверхностного монтажа. – Москва, "Мир", 1990.
4. Karl Seeling, Jim Wertin, David Suraski. The Quick Pocket Reference for Solder Assembly. – AIM Inc., 2000. Перевод А. Ермоловича // ЭКИС. – Киев: VD MAIS, 2002, № 5 (57).
5. Грачев А., Малиновский Н. Методы и особенности применения паяльных паст // ЭКИС. – Киев: VD MAIS, 2001, № 11 (51).

## Десять самых крупных в мире производителей электронных компонентов \*

Как следует из таблицы, несмотря на кризисные явления в электронной промышленности в 2001-2002 годах, практически все ведущие производители электронных компонентов сохранили свои позиции. Однако увеличением объема продаж могут похвастаться всего три из десяти отмеченных в таблице компаний. Существенный рост объема продаж наблюдается только в одной компании – Taiwan Semiconductor Manufacturing Co. (TSMC, Тайвань), которая по этому показателю за год переместилась с пятнадцатого на девятое место в мире.

Ведущие мировые производители электронных компонентов предпринимают серьезные усилия по преодолению спада в микроэлектронике. Так, к апрелю 2003 г. намечено объединение двух японских компаний Hitachi и Mitsubishi в области производства полупроводниковых кристаллов. Это производство будет выделено в отдельную компанию с годовым объемом продаж не менее 5 миллиардов долларов. Ожидается дальнейшее увеличение вложений в научно-исследовательские работы. Только за счет внедрения результатов своих НИР фирма Motorola за последние два года увеличила доходы на 50 %. Лидеры в области микроэлектронных технологий обладают громадной интеллектуальной собственностью (Intellectual property – IP). Продавая ее, они рассчитывают существенно улучшить свои экономические показатели. Так, фирма IBM, занимающая одиннадцатое место среди производителей электронных компонентов, объявила о создании специального сервисного центра по микроэлектронике (IBM Engineering and Technology Services), в составе которого будет работать 700 высококвалифицированных специалистов. Основной задачей центра является оказание консультационной поддержки фирмам-разработчикам новых полупроводниковых кристаллов. IBM первой освоила технологию производства ИМС на пластинах диаметром 300 мм и рассчитывает заработать два миллиарда долларов уже в первый год существования центра. Рынок подобных услуг стремительно развивается в странах Юго-Восточной Азии и, в первую очередь, в Китае.

Десять самых крупных в мире производителей электронных компонентов

Фирма	Страна	Занимаемое место		Объем продаж в 1-ой половине 2002 г., млн долл.	Изменение объема продаж по отношению к 1-ой половине 2001 г., %
		2001 г.	2002 г.		
Intel	США	1	1	11 800	1
Samsung	Южная Корея	5	2	3885	7
Texas Instruments	США	3	3	3282	-14
STMicroelectronics	Швейцария	4	4	2885	-18
Toshiba	Япония	2	5	2875	-29
Infineon Technologies	Германия	9	6	2503	-5
NEC	Япония	6	7	2435	-25
Motorola	США	7	8	2309	-16
TSMC	Тайвань	15	9	2303	15
Philips	Нидерланды	10	10	2153	-14

Таким образом, лидеры в области производства электронных компонентов связывают надежды на успехи прежде всего с дальнейшим развитием высоких технологий.

\* Samuel K. Moore. *Some Chip Makers Sink, Some Swim.* – *IEEE Spectrum, January 2003.*

## Высокие технологии и интеллектуальная собственность - основа развития экономики Китая \*

Китайская Народная Республика вступила во всемирную организацию торговли (WTO) в декабре 2001 г. и уже в 2002 г. объем инвестиций в экономику КНР достиг 50 миллиардов долларов. Иностранные инвестиции были направлены на развитие высокотехнологичных отраслей Китая и, прежде всего, электронной промышленности. Как заявил Leslie Valdasz, один из учредителей компании Intel Corp., КНР занимает первое место по объему инвестиций среди стран, в которые направляются инвестиции его фирмы.

Инновационные технологии Китая развиваются прежде всего на базе отечественной интеллектуальной

\* Steven J. Frank, Yin Philip Zhang. *Year of the Patent.* – *IEEE Spectrum, January 2003.*

**Десять крупнейших производителей электронных компонентов, которые приобрели в 2001 г. патенты КНР**

Фирма	Страна	Количество патентов
Matsushita Electronic Components	Япония	1256
Samsung Electronics	Южная Корея	793
Sony	Япония	725
Royal Philips Electronics	Нидерланды	712
LM Ericsson	Швеция	633
Mitsubishi Electric	Япония	415
IBM	США	363
SeiKo	Япония	345
LG Electronics	Южная Корея	345

Таким образом, развитие высоких технологий способствует не только росту экономики государства за счет внутренних резервов, но и привлекает инвестиции ведущих стран мира. Развивая собственную электронную промышленность, страна получает возможность увеличить объем экспорта не только за счет продажи электронных компонентов и законченных изделий, но и благодаря продаже интеллектуальной собственности в виде патентов и лицензий.

собственности. Так, если в 1999 г. в китайской промышленности было использовано 24 269 изобретений, в 2000 г. – 37 800, то в 2001 г. эта цифра достигла 166 тысяч. Причем, Китай не только успешно использует интеллектуальную собственность внутри страны, но и продает ее за рубеж. Количество патентов, проданных Китаем ведущим мировым производителям электронных компонентов, приведено в таблице.

## Новости отделения автоматизации и приводов фирмы Siemens

### Сенсор изображений VS 120

Отделение автоматизации и приводов (A&D) фирмы Siemens разработало сенсор видеoinформации, предназначенный для визуального контроля малых объектов (винтов, гаек, литых деталей, лекарств, кондитерских изделий), а также для контроля деталей на вибрационных и ленточных конвейерах, в держателях инструмента и зажимных приспособлениях.

В отличие от своего предшественника, сенсора VS 110, работающего "на просвет", сенсор VS 120 предназначен для работы "на отражение". В идеальном случае свет должен исходить из источника, положение которого совпадает с положением камеры.

Сенсор VS 120 определяет, находится ли перед ним заданный объект, его положение и наличие на нем дефектов. Координаты объекта и угол его поворота могут быть переданы через встроенный интерфейс Profibus в устройство более высокого уровня управления.

Сенсор VS 120 выпускается в комплекте, состоящем из сенсорного блока с классом защиты от воздействия окружающей среды IP 65, блока процессора, осветительного блока и набора кабелей. Сенсор выпускается в двух модификациях, отличающихся размерами контролируемых объектов. Для ввода сенсора в эксплуатацию не требуются специальные знания. Наличие режима "обучения" делает ненужным программирование сенсора.

Дополнительная информация о сенсоре находится в сети Интернет по адресу: [www.siemens.com/machine-vision](http://www.siemens.com/machine-vision)

### Система локализации объектов в режиме реального времени

Новая система локализации объектов Moby R, разработанная в отделении автоматизации и приводов (A&D) фирмы Siemens, работает в режиме реального времени и обеспечивает определение положения объектов в закрытых помещениях. Она является более точной и менее дорогой, чем спутниковые системы. Система может найти применение в промышленном производстве, логистике и дистрибуции, в системах разрешения доступа на территорию фирмы или в автомобильные паркинги.

Система Moby R включает устройство запуска, передатчики, антенны и сервер, а также прикладную программу. Передатчик устанавливается непосредственно на объекте и передает по радиоканалу свой идентификационный номер. Пространственное расположение объекта определяется на расстоянии менее



**Сенсор изображений VS 120**

трех метров. Радиоканал защищен от помех, возникающих при работе систем Bluetooth или GSM.

Система Moby R уже была успешно испытана в составе пилотного проекта на предприятии фирмы BMW в Германии, где использовалась для идентификации и локализации 1300 новых автомобилей, поступающих ежедневно из сборочного цеха. Каждое перемещение автомобиля автоматически фиксируется и текущее место парковки запоминается. В случае необходимости его можно в любое время определить через сеть Интернет.

*Дополнительную информацию о системе Moby R можно получить в сети Интернет по адресу: [www.siemens.com/moby](http://www.siemens.com/moby)*

#### **Синхронизация приводов через сеть Ethernet**

Отделение автоматизации и приводов фирмы Siemens разрабатывает технологию Isochrone Real-time Ethernet (IRT), предназначенную для организации управления движением с обеспечением точной синхронизации нескольких приводов. Ее внедрение позволит осуществить синхронизацию не менее 100 приводов за время не более одной миллисекунды, при этом ошибка синхронизации (jitter) не превысит одной микросекунды. Существующие в настоящее время способы управления приводами (через периферийные шины, специализированные линии управления или сеть Ethernet в режиме реального времени) могут обеспечить синхронизацию до 30-40 приводов за несколько миллисекунд.

Презентация новой технологии состоится в этом году на промышленной ярмарке в Ганновере, а появление образцов аппаратуры, в которой она будет использована, ожидается в 2004 году. Планируется также ее включение в новый стандарт Profinet V3.

В технологии IRT используется сеть Ethernet со скоростью передачи данных 100 Мбит/с. Технология позволяет наряду с обменом данными в соответствии со стандартом IEEE 802.3 организовать детерминированный канал с высокой точностью синхронизации (отсюда название "изохронный"). По этому каналу будут передаваться только циклические высокоскоростные телеграммы, не препятствующие стандартному обмену данными.

*Дополнительную информацию о технологии IRT можно получить в сети Интернет по адресу: [www.siemens.com/simatic-net](http://www.siemens.com/simatic-net)*

#### **Новое поколение приводов**

Отделение автоматизации и приводов фирмы Siemens начало выпуск нового поколения приводов под названием Sinamics. Приводы могут работать с любыми двигателями при управлении как от систем Simatic, так и Simotion.

Планируется, что новые универсальные приводы Sinamics станут основным видом привода для решения всех задач управления двигателями: от простых приводов насосов до сложных приводов упаковочных машин. Они разработаны с учетом того, чтобы потребитель мог модернизировать оборудование без изменения базовой системы.

Приводы Sinamics выпускаются в различных вариантах, имеющих общую аппаратную и программную платформу. Их применение для всех типов двигателей позволит упростить эксплуатацию и обслуживание приводов.

Новые приводы полностью соответствуют проводимой фирмой Siemens политике всеобщей автоматизации, предполагающей универсальность всех устройств в части методов конфигурирования, управления и обмена данными.

На промышленной ярмарке в Ганновере будут демонстрироваться: привод Sinamics G150, предназначенный для простых задач управления двигателями насосов и вентиляторов, универсальный модуль Sinamics S120 для сложных задач управления движением и компактный преобразователь частоты Sinamics G110 с широким набором функций, предназначенный для управления двигателями мощностью от 0.12 до 3 кВт.

*Дополнительную информацию о приводах Sinamics можно получить в сети Интернет по адресу: [www.siemens.com/sinamics](http://www.siemens.com/sinamics)*



**Система локализации объектов  
в режиме реального времени**

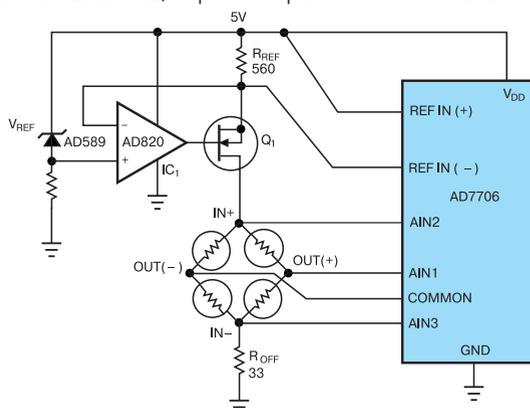


**Новое поколение приводов**

## Компенсация температурной погрешности мостовой схемы измерения давления \*

В мостовых схемах измерения давления при работе в широком диапазоне температур могут возникать достаточно большие температурные погрешности. Существуют три основных способа компенсации таких погрешностей. Первый основан на том, что пьезоэлектрические сенсоры давления, как правило, имеют отрицательный температурный коэффициент, а пассивные уравнивающие резисторы – положительный. Если положительный и отрицательный коэффициенты идентичны, происходит взаимная компенсация температурных погрешностей мостовой схемы. Однако обеспечить идентичность температурных коэффициентов разнотипных элементов моста в рабочем диапазоне температур весьма затруднительно. Второй способ связан с измерением температуры окружающей среды и внесением поправок в результат измерения давления. Однако измерить температуру в непосредственной близости от чувствительного элемента датчика давления не всегда возможно. Поэтому специалисты фирмы Analog Devices предлагают контролировать температуру измерительного моста путем измерения напряжений в его узлах, поддерживая при этом постоянный ток возбуждения.

Принципиальная схема, реализующая данный метод компенсации температурных погрешностей, приведена на рисунке. Формирователь тока возбуждения (равного  $V_{REF}/R_{REF}$ ) собран на базе опорного источника AD589 и усилителя AD820. Напряжения с выхода узловых точек моста поступают на соответствующие псевдодифференциальные входы сигма-дельта АЦП AD7706, максимальный динамический диапазон которого составляет 20 мВ при разрешении 16 разрядов. Вход Common микросхемы AD7706 используется как опорный для псевдодифференциальных входов AIN1, AIN2 и AIN3. Изменение величины сопротивлений резисторов под воздействием температуры приводит к изменению напряжений в узловых точках моста, что свидетельствует о наличии температурной погрешности. Путем несложных расчетов температурная погрешность может быть определена, а затем автоматически исключена из результатов измерения давления.



Мостовая схема измерения давления с компенсацией температурной погрешности

\* John Wynne. *Bridge-temperature measurement allows software compensation.* – EDN, No 17, 2000.  
Перевод с английского В. Романова.

## Микросхема радиопередатчика

Фирма Analog Devices выпустила новую микросхему передатчика ADF7010, предназначенного для работы в диапазоне частот 902-928 МГц, выделенном для радиоаппаратуры промышленного, научного и медицинского назначения и разрешенном для использования в Украине. Микросхема требует подключения минимального числа внешних компонентов и обеспечивает передачу цифровых сообщений в режимах амплитудной манипуляции, бинарной или Гауссовской частотной манипуляции. ADF7010 содержит синтезатор частоты на основе системы ФАПЧ с дробным коэффициентом деления частоты и встроенный управляемый напряжением генератор. Величина выходной мощности, тип модуляции, рабочая частота и девиация частоты программируются с использованием трех 24-разрядных регистров. Четвертый регистр предназначен для компенсации температурной нестабильности кварцевого резонатора (частотой

от 3.625 до 20 МГц) и обеспечивает разрешение по частоте  $1 \cdot 10^{-6}$ . Запись данных в регистры производится через последовательный трехпроводный управляющий интерфейс.

Основные характеристики микросхемы:

- скорость передачи до 76.8 кбод
- выходная мощность варьируется в диапазоне -16...+12 дБм с шагом 0.3 дБм
- напряжение питания от 2.3 до 3.6 В
- ток потребления 28 мА при выходной мощности 8 дБм, в ждущем режиме – не более 1 мкА
- диапазон рабочих температур -40...+85 °С
- корпус 24-TSSOP.

Микросхема предназначена для использования в беспроводных системах управления и сбора данных, охранных системах.

Дополнительную информацию о микросхеме можно получить в сети Интернет по адресу: [www.analog.com/RF](http://www.analog.com/RF)

## МИКРОСХЕМЫ СИНТЕЗАТОРОВ ЧАСТОТЫ

Фирма Analog Devices – всемирно признанный производитель высококачественных микросхем синтезаторов частоты на основе системы ФАПЧ, предназначенных для использования в аппаратуре связи и измерительных приборах. В 2002 г. фирма скорректировала номенклатуру выпускаемых микросхем и в настоящее время предлагает микросхемы, перечисленные в таблице. В программе фирмы – микросхемы синтезаторов с целыми (типа "целое N") и дробными (типа "дробное N") коэффициентами деления частоты. Для сокращения сроков и снижения стоимости разработки синтезаторов частоты на базе этих микросхем фирма разработала свободно распространяемую моделирующую программу ADIsimPLL™.

**Моделирующая программа ADIsimPLL** предназначена для разработки радиочастотных синтезаторов. Алгоритм моделирования, реализованный в этой запатентованной программе, учитывает нелинейность передаточных характеристик аналоговых узлов системы ФАПЧ.

Программа ADIsimPLL имеет удобный в пользовании графический интерфейс и содержит встроенную

обучающую систему, которая информирует разработчиков о возможностях программы с помощью предварительно сформированных окон. В этих окнах содержатся рекомендации по выбору оптимального варианта из набора возможных. Когда процесс выбора схемы завершен, пользователь получает набор основных характеристик, который позволяет оценить работу синтезатора в реальном масштабе времени. Программа позволяет также модифицировать в интерактивном режиме электрическую схему синтезатора и сразу же оценить результаты изменения его характеристик.

ADIsimPLL дает пользователю возможность организовать работу на более высоком уровне и оперативно варьировать такие параметры системы ФАПЧ, как полоса частот петли обратной связи, запас по фазе и положение полюсов, причем влияние изменения этих параметров на характеристики синтезатора отображается практически немедленно. Эта программа позволяет выполнить разработку синтезатора, минуя этапы расчета, макетирования, экспериментального исследования и оптимизации макета.

**Параметры микросхем синтезаторов частоты**

Тип микросхемы	Макс. частота, МГц		Значение фазового шума, дБн/Гц * (на частоте, МГц)	Коэффициенты деления частоты входного сигнала в предварительных делителях	Ток потребления, мА	Тип корпуса
	входного сигнала	сигнала опорного генератора				
Одинарные типа "целое N"						
ADF-4001	200	100	-99 (200)	8/9, 16/17, 32/33, 64/65	4.5	TSSOP-16, CSP-20
ADF-4110	550	100	-91 (540)	8/9, 16/17, 32/33, 64/65	4.5	TSSOP-16, CSP-20
ADF-4111	1200	100	-87 (900)	8/9, 16/17, 32/33, 64/65	4.5	TSSOP-16, CSP-20
ADF-4112	3000	100	-90 (900)	8/9, 16/17, 32/33, 64/65	6.5	TSSOP-16, CSP-20
ADF-4113	4000	100	-91 (900)	8/9, 16/17, 32/33, 64/65	8.5	TSSOP-16, CSP-20
ADF-4106	6000	250	-93 (900)	8/9, 16/17, 32/33, 64/65	13	TSSOP-16, CSP-20
ADF-4116	550	100	-89 (540)	8/9	4.5	TSSOP-16
ADF-4117	1200	100	-87 (900)	32/33	4.5	TSSOP-16
ADF-4118	3000	100	-90 (900)	32/33	6.5	TSSOP-16
Одинарные типа "дробное N"						
ADF-4153	4000	150	-103 (1740)	4/5, 8/9	12	TSSOP-16, CSP-20
ADF-4156	6000	150	-103 (1740)	4/5, 8/9	12	CSP-20
Сдвоенные типа "целое N"						
ADF-4212	2700	115	-91 (900)	8/9, 16/17, 32/33, 64/65	11.5	TSSOP-20, CSP-20
ADF-4212L	2700	115	-91 (900)	8/9, 16/17, 32/33, 64/65	8	TSSOP-20, CSP-20
ADF-4208	2000	40	-91 (900)	32/33, 64/65	14	TSSOP-20
ADF-4217L	3000	110	-90 (900)	32/33, 64/65	7	TSSOP-20, BCC-24
ADF-4218L	3000	110	-90 (900)	32/33, 64/65	7	TSSOP-20, BCC-24
ADF-4219L	3000	110	-90 (900)	32/33, 64/65	7	TSSOP-20, BCC-24
Сдвоенные типа "дробное N"						
ADF-4252	3000	150	-103 (1740)	4/5, 8/9	12	CSP-24

\* при отстройке от частоты выходного сигнала на 1 кГц и частоте импульсов на выходе фазового детектора 200 кГц

Дополнительную информацию о микросхемах синтезаторов частоты и свободно распространяемую копию программы ADIsimPLL можно получить в сети Интернет по адресу: [www.analog.com/PLL](http://www.analog.com/PLL)