

## Электроника

январь 2003

№1 (51)

Зарегистрирован  
Государственным комитетом  
Республики Беларусь по печати

Регистрационный № 1067,  
10 декабря 1997 года.

### Редакционная коллегия:

М.В. Башура  
e-mail: [electro@bek.open.by](mailto:electro@bek.open.by)  
[electronica@mail.nsys.by](mailto:electronica@mail.nsys.by)

А.Ф. Чернявский  
Академик НАН Беларуси, доктор  
технических наук


В.С. Садов  
Кандидат технических наук

Е.В. Галушко  
Кандидат технических наук

### Учредители:

Н.А. Фомин  
С.Ю. Муромцева

### Официальный провайдер:

 Network Systems  
(017) 283-17-11

Журнал «Электроника»  
издается при

УП «Белэлектронконтракт»  
220092, Республика Беларусь,  
г. Минск, пр. Пушкина, 33, офис 2

© Перепечатка материалов,  
опубликованных в журнале  
«Электроника», допускается  
с разрешения редакции.

За содержание рекламных  
материалов редакция  
ответственности не несет.

Наш подписной индекс:  
**74857**  
для предприятий: **748572**

Тираж: 4000 экз.

### Подготовка, печать:

1200 экз. Отпечатано тип.

ПЧУП «Интегральные системы и технологии»  
г. Минск, Староборисовский тракт, 40-311

Лицензия ЛП № 16 от 21.07.97г.

Подписано в печать 16.01.2003г.

Заказ №

## содержание :

К СТОЛЕТНЕЙ ГОДОВЩИНЕ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА СЕВЧЕНКО А.Н.  
Академик Чернявский А.Ф. ....2

### НОВОСТИ ОТ IR

DIRECTFET УСТАНАВЛИВАЮТ ЭТАЛОН КАЧЕСТВА  
ПИТАНИЯ ПРОЦЕССОРА INTEL ITANIUM 2 .....11  
ИНТЕГРАЛЬНЫЙ КЛЮЧ ДЛЯ 30-ВАТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ .....11  
INTERO – ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ  
МОДУЛИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА .....12

### РЕЛЕ

УПРАВЛЕНИЕ КАТУШКАМИ РЕЛЕ ОТ ТРАНЗИСТОРОВ .....13  
МЕХАНИЧЕСКИЕ И СВЕТОВЫЕ ИНДИКАТОРЫ В РЕЛЕ .....13  
КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАТУШЕК ПЕРЕМЕННОГО ТОКА .....13  
УПРАВЛЕНИЕ БИСТАБИЛЬНЫМИ РЕЛЕ .....14  
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИСТАБИЛЬНЫХ РЕЛЕ .....15  
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ КАТУШКИ РЕЛЕ .....15

### МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ SIGNAL СО ВСТРОЕННЫМИ  
USB КОНТРОЛЛЕРОМ И СТАБИЛИЗАТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ  
А.А.Шевурдин, г. Минск .....17

НОВЫЕ PIC КОНТРОЛЛЕРЫ ОТ MICROCHIP – БЫСТРЕЕ,  
НАДЕЖНЕЕ, ЭКОНОМИЧНЕЕ, ДЕШЕВЛЕ  
Алексей Тибатин, г. Минск .....18

### ПРОГРАММИРОВАНИЕ

ПРОГРАММИРОВАНИЕ КОНФИГУРАЦИОННОГО  
ПЗУ/РПЗУ И ПЛИС СТРУКТУРЫ FPGA И CPLD ФИРМЫ XILINX  
Виталий Хацук, г. Минск .....20

### ДАТЧИКИ

ДАТЧИКИ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ  
А. Козюля, г. Минск .....24

ДАТЧИКИ ФИРМЫ HONEYWELL  
Сергей Сперанский, г. Минск .....26

### СИСТЕМЫ ДОСТУПА

НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМ РАДИОЧАСТОТНОЙ  
ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА TEXAS INSTRUMENTS  
Александр Гусаров, Казимир Томкевич, г. Минск .....27

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ  
ОБОРУДОВАНИЕМ ПОМЕЩЕНИЙ СУБЪЕКТА ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ  
Л.Н. Величко, Л.П. Качура, Ю.Н. Метлицкий, В.О. Чернышев .....29

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ УСТРОЙСТВА КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ  
ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ  
П.В. Кучинский, А.П. Петрунин, Ю.П. Петрунин. г. Минск .....33

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ  
СИСТЕМАХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ  
А.Ф.Чернявский, А.Ф.Романов, г. Минск .....37

МЕХАНИЗМ ОРИЕНТАЦИИ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ ПОВЕРХНОСТЬЮ  
С ПЕРИОДИЧЕСКИМ МИКРОРЕЛЬЕФОМ  
А.А.Минько, С.Н.Тимофеев, И.Н.Оджаева, г. Минск .....41

АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ  
РАСХОДОМЕРОВ-СЧЕТЧИКОВ ГАЗА  
А.Ф. Чернявский, И.А. Чернобай, г. Минск .....44



## К СТОЛЕТНЕЙ ГОДОВЩИНЕ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА СЕВЧЕНКО А.Н.

Академик Чернявский А.Ф.

Славный сын белорусского народа, Герой Социалистического труда, выдающийся советский ученый, академик А.Н.Севченко внес значительный вклад в становление и развитие физической науки в Республике Беларусь.

А.Н.Севченко был организатором и первым директором Института физики и математики АН БССР (1955-1957 гг), ректором Белорусского государственного университета им. В.И.Ленина (1957-1971 гг), организатором и первым директором НИИ прикладных физических проблем (1972-1978 гг). Он основал крупные научные школы по оптике, спектроскопии, люминесцен-

ции и лазерной физике, по радиофизике и научному приборостроению. Среди его учеников – академики и члены-корреспонденты НАН Беларуси, 10 докторов и свыше 40 кандидатов наук, лауреаты Государственных премий СССР, БССР и Республики Беларусь. Научной школой А.Н.Севченко получены принципиально новые результаты в области спектроскопии и люминесценции ураниловых соединений, люминесценции органических комплексов (хелатов) редкоземельных элементов, фотоники биологически важных пигментов и их аналогов, люминесценции и генерации сложных органических молекул, оптике и спектроскопии полупроводников.

Социалистическое государство высоко оценило многолетнюю и плодотворную деятельность А.Н.Севченко. В июле 1971 года за большие заслуги в развитии физической науки и техники, внедрение результатов научных исследований в народное хозяйство ему присвоено высокое звание Героя Социалистического Труда. А.Н.Севченко – заслуженный деятель науки БССР.

Постановлением Совета Министров БССР от 2 августа 1979 года № 336 Научно-исследовательскому институту прикладных физических проблем Белгосунiversитета присвоено имя Антона Никифоровича Севченко.

Свято соблюдая основанные академиком А.Н.Севченко традиции, коллектив ученых института успешно ведет научные исследования в ряде современных направлений оптики, радиофизики, информатики, электроники, акустики и наукоемких технологий. Институт является базой Белгосунiversитета и других вузов республики для выполнения научно-исследовательских работ, подготовки кадров высшей квалификации, переподготовки научно-педагогических кадров, обучения аспирантов и студентов.





















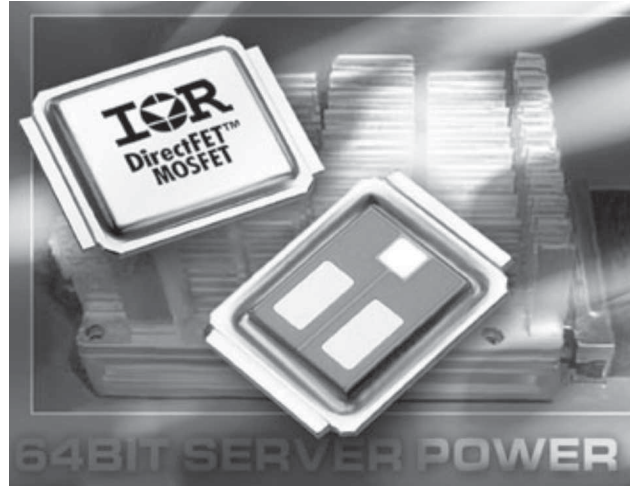
### DIRECTFET УСТАНОВЛИВАЮТ ЭТАЛОН КАЧЕСТВА ПИТАНИЯ ПРОЦЕССОРА INTEL ITANIUM 2

Компания International Rectifier объявила, что ее силовые МОП-транзисторы IRF6601 и IRF6602, использующие прорывную технологию корпусирования DirectFET, позволяют выполнить все требования, предъявляемые к питанию новейшего 64-битового процессора Intel Itanium 2, при минимальном числе корпусов и самой компактной реализации.

Процессоры этого класса ориентированы на применение в перспективных моделях компьютеров предназначенных для передачи, хранения и обработки больших массивов информации в сфере бизнеса, техники и научных исследований. Корпус DirectFET уникален по своим возможностям двустороннего рассеивания тепла как со стороны печатной платы, так и через верхнюю поверхность. Это позволяет резко повысить нагрузочную способность по току и наиболее эффективно выполнить требования по питанию процессоров Itanium.

При выходных напряжениях менее 1.3В ток нагрузки может превышать 100А, в особенности при выходе из энергосберегающего режима, что ведет к интенсивному нагреву кристаллов транзисторов. В силу отсутствия присущих корпусу SO-8 термосопротивлений, создаваемых компаундом и разваркой кристалла проволокой, и прямого контакта металлической крышки корпуса с кристаллом DirectFET успешно справляется с задачей отвода тепла. В многофазных синхронных

понижающих конверторах чипсет IRF6601 и IRF6602 обеспечивает выходной ток на фазу до 30А и КПД 92% при выходном напряжении 1.3В и частоте 500кГц. Габариты печатной платы не превосходят 96x32мм. Число корпусов уменьшается на 60% по отношению к варианту с применением корпусов SO-8, резко снижается уровень влияния паразитных факторов и упрощается система теплоотвода.

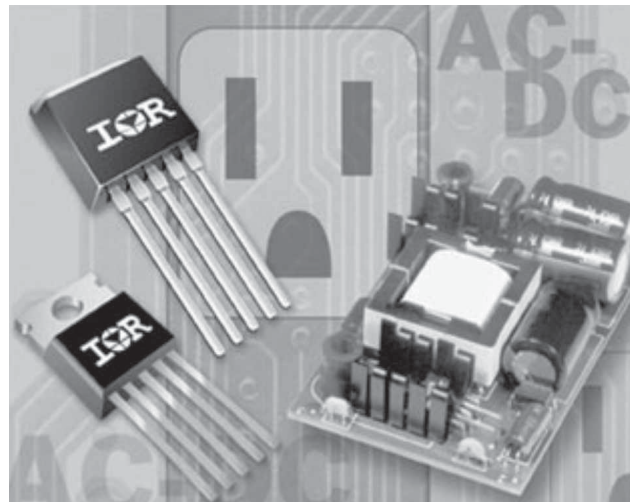


### ИНТЕГРАЛЬНЫЙ КЛЮЧ ДЛЯ 30-ВАТТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Компания International Rectifier приступила к производству мощного интегрального ключа IRIS4009, объединяющего в себе ИС управления силовой МОП-транзистор с низкими потерями и высокой перегрузочной способностью в едином 5-выводном корпусе.

Новый ключ предназначен для применения в AC/DC конверторах с выходной мощностью до 30Вт. Работа в квазирезонансном режиме, оптимизированный для этого режима МОП-транзистор и модифицированный корпус обеспечивают IRIS4009 возможность развивать на 60% более высокую мощность, чем лучшие конкурирующие приборы. Это делает IRIS4009 эффективной альтернативой нормированным на более высокую мощность конкурентным приборам. Помимо этого IRIS4009 является прибором с более высокой перегрузочной способностью, нормированным на энергию лавинного пробоя 100мДж. Новый прибор идеален для применения в понижающих AC/DC конверторах бытовой техники и сетевых адаптерах. Он также может быть использован во вторичных источниках питания регулируемого электропривода. Как и остальные приборы серии IRIS4009, он поставляется

в корпусах TO-220 и TO-262. Реализация конвертора на новом интегральном ключе экономит до 25% компонентов. В режиме ожидания мощность потерь не превосходит 1Вт, что соответствует требованиям стандарта Blue-Angel.





## INTERO — ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Корпорация International Rectifier анонсировала серию iNTERO — программируемых интеллектуальных модулей, интегрирующих в одном корпусе силовой модуль с драйверами затворов, программируемым DSP контроллером, интерфейсами обратной связи и управления.

Такие устройства имеют наивысшую степень интеграции и предлагают завершенное техническое решение для управления асинхронными электродвигателями или бесконтактными двигателями постоянного тока мощностью до 15кВт. Их применение сокращает время и затраты на проектирование и снижает риски, связанные с отработкой конструкции управляющей и силовой части регулятора электропривода. Из конструкции регулятора исключается более 130 компонентов, дополнительные корпуса, соединители и кабели. Впервые были решены проблемы, связанные с размещением контроллера в непосредственной близости от силового модуля. Плата управления программируемых интеллектуальных модулей содержит DSP контроллер серии TMS320

(40Mips) компании Texas Instruments, последовательный порт (2.5 Mbps), совместимый с интерфейсом SCI/IEEE 1596-1992 (Scalable Coherent Interface), интерфейс SPI (Service Provider Interface), CAN (Controller Area Network) интерфейс, стандартный порт JTAG (Joint Action Test Group) IEEE 1149.1 для связи с DSP контроллером и изолированный последовательный порт со стробированием сигнала для связи с квадратурным кодером или SPI. Помимо этого она включает полумостовые драйверы затворов ключей инверторов, вторичный источник питания, интерфейс токовых обратных связей, схемы защиты и гальванической развязки управляющих и силовых каскадов.

Силовой каскад программируемого интеллектуального модуля может быть собран по схеме трехфазный инвертер или по схеме трехфазный выпрямительный мост-чоппер (brake switch)-трехфазный инвертер. В качестве силовых ключей использованы ультрабыстрые NPT IGBT производства IR, не требующие отрицательного смещения по затвору при запирации, нормированные на режим короткого замыкания в течение 10мкс и обеспечивающие прямоугольную область безопасной работы ключа. Сниженное в несколько раз время включения ключей резко уменьшает потери на переключение на частотах ШИМ до 20кГц. Сочетание этого преимущества с особенностями высоковольтных интегральных драйверов затворов IR позволяет работать с частотой ШИМ до 20кГц и паузой на переключение до 500нс в 10 раз короче, чем при использовании оптодрайверов. Отсутствие дополнительных соединителей и связей, раздельное управление включением/выключением ключей для контроля di/dt ключа, компактная конструкция позволили резко снизить уровень помех и в сово-

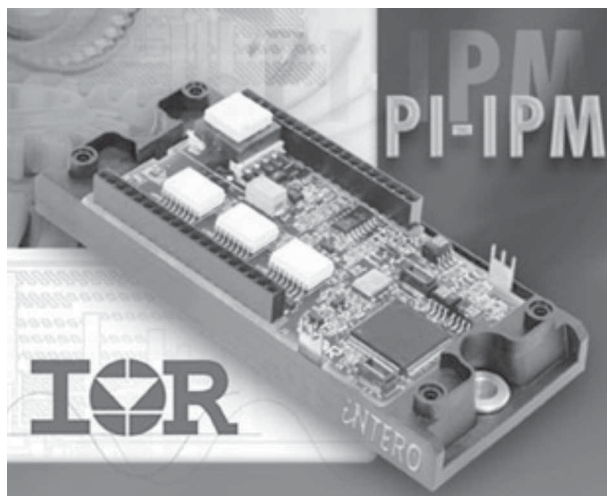
купности с низкими потерями мощности дали возможность разместить плату управления поверх силового каскада и снизить габариты на 50%. Высокая точность и широкий частотный диапазон (5кГц) обработки информации токовых ОС обеспечивают низкий уровень пульсаций момента, особенно на низких скоростях вращения. Узлы защиты программируемых интеллектуальных модулей обеспечивают блокировку работы при низком напряжении сети, защиту от перенапряжения, от сквозных токов, от КЗ в линии, потери нуля, аварийных ситуаций связанных с повреждением в обмотках двигателя или попыток размыкания силовых цепей при невыключенном приводе. Модули собираются в корпусах типа EMP, совпадающих по присоединительным размерам с корпусами EconoPack 2.

Первые два прибора из новой серии нормированы на токи 25 и 50А и напряжение 1200В. Силовая часть этих модулей собрана по схеме трехфазного инвертера. В дальнейшем серия будет дополнена приборами со схемой силовой части мост-чоппер-инвертер. Для

облегчения и сокращения процесса проектирования привода предполагается возможность приобретения заказчиками стартовых наборов, включающих демонстрационную версию регулятора и программное обеспечение, содержащее базовую программу управления электродвигателем конкретного типа и удобный графический интерфейс для интерактивного управления загрузкой программы и управления режимами работы привода и их графического отображения. Свободная демонстрационная версия программы для разомкнутого управления асинхронным электродвигателем помещена на сайт [www.irf.com](http://www.irf.com).

Программируемые интеллектуальные модули предназначены для создания высококачественного промышленного привода. Они ориентированы на применение в первую очередь в системах промышленных приводов (обрабатывающие центры, роботы), где положительный эффект от внедрения связан с переходом на новую архитектуру распределенного типа. В таких системах децентрализация управления позволяет резко снизить объемы информационных потоков и упростить силовую и информационную кабельные сети, что позволяет существенно снизить стоимость реализации, несмотря на более высокую стоимость программируемых интеллектуальных по сравнению с интеллектуальными модулями низшего уровня интеграции. Другим источником экономии является резкое сокращение сроков проектирования, особенно при использовании базового программного обеспечения.

**Дистрибьютор IR в Республике Беларусь — УП «ФЭК», т/ф. + 375 17 2102189. E-mail: [ir@fek.by.com](mailto:ir@fek.by.com)**



### УПРАВЛЕНИЕ КАТУШКАМИ РЕЛЕ ОТ ТРАНЗИСТОРОВ

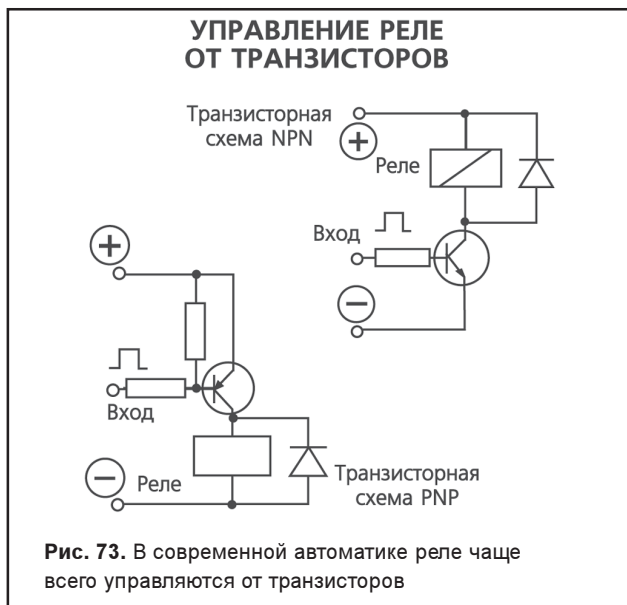
Продолжение. Начало в № 12,2001, 1-12,2002

Виктор Крачина. E-mail: vkrachina@fek.by.com

На выходах интерфейсных плат промышленных контроллеров (рис. 73) установлены транзисторы по схеме PNP (подключают заземленную нагрузку к «плюсу» источника питания) или NPN (замыкают нагрузку на общий провод). На печатной плате рядом с транзисторами установлены защитные диоды, но опыт эксплуатации интерфейсного оборудования показывает, что при включении этими транзисторами мощных реле или контакторов диоды на печатной плате склонны к повреждению высоким напряжением самоиндукции катушки реле.

При проектировании схем управления реле от транзисторов желательно шунтирование реле защитными диодами, установленными прямо на панельке реле.

Установка защитных диодов увеличивает время выключения реле, и если диоды нежелательны, то следует правильно рассчитать и установить RC-цепочку параллельно катушке. Пренебрежение этими правилами приводит к сбоям и аварийным ситуациям в оборудовании.



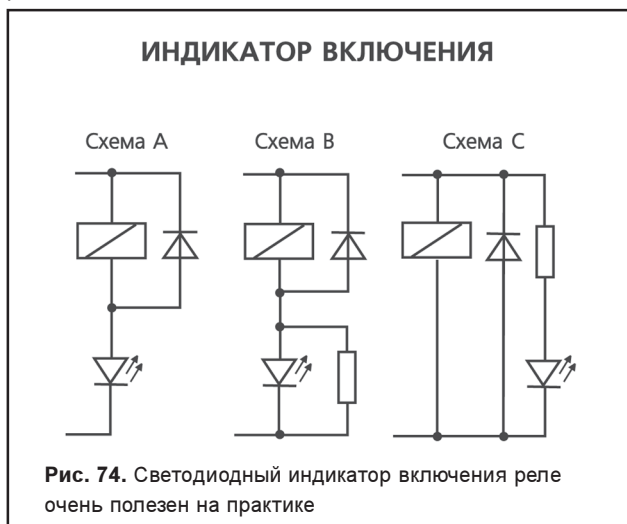
### МЕХАНИЧЕСКИЕ И СВЕТОВЫЕ ИНДИКАТОРЫ В РЕЛЕ

Промышленные реле в миниатюрных корпусах обычно снабжаются прозрачными корпусами из поликарбоната, позволяющими видеть состояние контактов - это очень удобно при профилактических работах. Прозрачные корпуса позволяют установить внутри реле механический индикатор срабатывания, представляющий собой пластиковый флажок, закрепленный тем или иным способом на приводе контактов или на толкателе. Несмотря на простоту, механический индикатор позволяет с первого взгляда определить, в каком состоянии находится реле. В некоторых конструкциях реле механический индикатор совмещен с защелкой или кнопкой, позволяющей вручную включить реле - это необходимо при настройках работ и для сервисного обслуживания.

Для удобства пользования в реле устанавливают световые индикаторы, обычно на светодиодах и (достаточно редко) на неоновых лампочках. На рис. 74 показаны основные схемы подключения светодиодов к катушке реле. Схема с последовательным включением светодиода и катушки реле применяется при рабочем токе катушки 3...15 мА, при более высоких токах необ-

ходимо включать светодиод параллельно катушке.

В обоих случаях светодиодные индикаторы не оказывают влияния на пороги включения и выключения реле.



### КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАТУШЕК ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Если подключить катушку реле постоянного тока к источнику переменного тока, то реле будет «дребезжать» подобно электрическому звонку или зуммеру. Для работы на переменном токе катушка реле снабжается короткозамкнутым дросселем, конструктивно выполняемым в форме одновитковой катуш-

ки, перекрывающей по площади примерно половину сердечника катушки (рис. 75). Форма короткозамкнутого дросселя напоминает обычно латинскую букву D.

Дроссель, надетый на сердечник катушки, можно рассматривать как вторичную обмотку трансформа-

тора, в котором первичной обмоткой служит сама катушка. При протекании через катушку переменного тока в дросселе индуцируется ток, сдвинутый по фазе относительно тока в катушке, а магнитное поле в сердечнике будет суммой двух полей: от катушки и от дросселя. На рис. 76 показано, как выглядят осциллограммы этих магнитных полей. При сдвиге фаз между двумя полями магнитный поток в сердечнике никогда не становится равным нулю, и реле не выключается при прохождении питающего напряже-



**Рис. 75.** Короткозамкнутый дроссель необходим для устранения дребезга контактов при питании катушки переменным током

ния через ноль - дребезг устраняется.

Теоретически все выглядит просто, но на практике расчет дросселя, на удивление, сложен. Для нормальной работы реле сечение дросселя должно быть не менее 20% от сечения обмотки катушки, что приводит к необходимости установки на сердечник массивных дросселей. Дроссель традиционно выполняется из меди или алюминия (требуется хорошая электропроводность при минимальных габаритах) и его монтируют на сердечнике реле запрессовкой.

Обычно в промышленной электротехнике сеть

## УПРАВЛЕНИЕ БИСТАБИЛЬНЫМИ РЕЛЕ

Управление бистабильным реле не представляет сложности. На рис. 77 показаны управляющие импульсы для бистабильного реле с одной катушкой. Импульс установки реле (SET) подается на катушку реле с полярностью и длительностью, указанной в каталоге. Длительность импульса указывается обычно в некоторых пределах, верхний предел длительности (если он есть) обусловлен тепловыми процессами в катушке. Для выключения реле необходимо подать импульс RESET в полярности, противо-



или источник переменного тока выдает синусоидальное напряжение с малым коэффициентом гармоник. При применении источников бесперебойного питания следует помнить, что у дешевых моделей таких устройств выходное напряжение сильно отличается от синусоидального и обогащено гармониками частоты 50 Гц. При питании реле таким током катушка реле начинает сильнее греться вследствие высоких потерь в сердечнике на высоких частотах. На высоких частотах фазовый сдвиг в короткозамкнутом дросселе непредсказуем, что влияет на пороги переключения реле.

Если разработчик планирует применять систему бесперебойного питания и питать реле переменного тока от этой системы, рекомендуется проверить уровень гармоник в выходном сигнале источника (достаточно посмотреть техническое описание). При уровне гармоник в выходном сигнале более 20% следует уже принимать меры для фильтрации. Иногда установка дешевого од-нозвенного LC-фильтра на выходе «несинусоидального» источника питания позволяет разрешить все проблемы с гармониками и странно, что этого не делают все производители систем бесперебойного питания.

положной импульсу SET и обычно той же длительности.

Управление бистабильным реле мало отличается от управления нейтральным реле, но следует помнить, что подача управляющих импульсов с большой длительностью фронта может вызвать ошибочное переключение реле. На рис. 78 даны две простые схемы для импульсного управления бистабильным реле. Если в распоряжении конструктора нет биполярного источника питания, то можно управлять

## БИСТАБИЛЬНОЕ РЕЛЕ С ОДНОЙ ОБМОТКОЙ

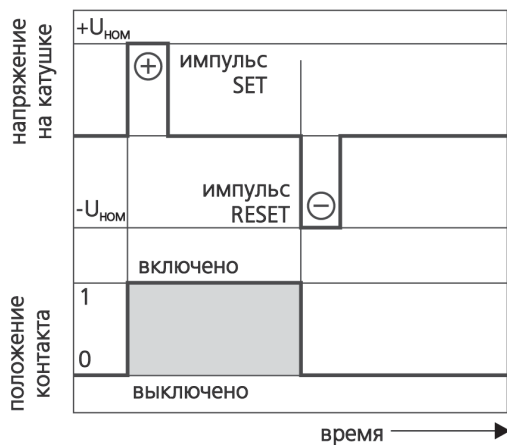


Рис. 77. Бистабильное реле с одной обмоткой требует биполярного сигнала управления

реле трехпозиционным ключом. В центральном положении ключа катушка реле обесточена.

В настоящее время не выпускаются бистабильные реле с поляризованной магнитной системой, расчи-

## БИСТАБИЛЬНОЕ РЕЛЕ С ОДНОЙ ОБМОТКОЙ

### СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ

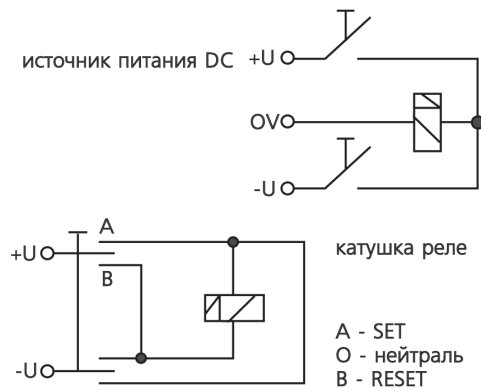


Рис. 78. Управлять бистабильным реле с одной обмоткой можно от двух кнопок или двухпозиционного переключателя

танные на управление переменным высоковольтным импульсом самоиндукции, поэтому для нормальной работы реле обязательно следует устанавливать последовательно с катушкой реле защитный диод.

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИСТАБИЛЬНЫХ РЕЛЕ

При конструировании схем на основе бистабильных реле инженеру следует придерживаться следующих правил:

- строго следовать указанным в каталогах минимальной и максимальной длительности импульсов SET и RESET: это гарантирует стабильную работу реле и не допускает перегрева катушки;
- перед началом работы оборудования необходима подача импульса установки реле в исходное состояние;
- бистабильные реле поставляются с завода с неопределенным положением магнитной системы;
- бистабильное реле намного хуже переносит удары и вибрации, чем моностабильное (нейтральное), и имеется опасность переключения бистабильной

магнитной системы от сильного удара - нейтральное реле после удара всегда возвращает контакты в исходное положение;

- бистабильные реле чувствительны к внешним магнитным полям, что следует учитывать и экспериментально проверять при размещении оборудования вблизи трансформаторов, электромоторов и силовых дросселей;
- одновременная подача управления на входы SET и RESET может привести к механическим повреждениям бистабильных реле;
- бистабильные реле нельзя устанавливать рядом с источниками ударов и вибраций, например, мощными электромагнитными пускателями, двигателями, механическим и пневматическим оборудованием.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ КАТУШКИ РЕЛЕ

Для упрощения подбора подходящего реле предлагается таблица, содержащая два раздела: выбор и проверка. Параметр, относящийся к разделу «выбор», должен быть выбран самим разработчиком в зависимости от назначения реле в его проекте. Остальные параметры необходимо проверить на соответствие выбранного реле необходимым требованиям.

В частности, при выборе реле конкретного типа на требуемое напряжение катушки разработчик может только проверить, подходит ли ему катушка

выбранного реле по потребляемой мощности. Если мощность катушки велика и такое реле для данного применения не подходит, следует выбрать другое, более чувствительное реле.

Напряжение катушки также можно только выбрать из ряда стандартных значений. В некоторых случаях инженер может заказать для своего проекта реле с нестандартным напряжением катушки, такую услугу некоторые производители реле предоставляют даже для относительно небольших партий реле.



ПАРАМЕТР МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ РЕЛЕ	РАБОЧАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	ВЫБОР	ПРОВЕРКА
ТИП КАТУШКИ РЕЛЕ	переменный или постоянный ток	✓	
	нейтральная, поляризованная, бистабильная, 1 или 2 катушки в магнитной системе		
ПАРАМЕТРЫ КАТУШКИ	номинальное напряжение		✓
	сопротивление катушки		
	ток катушки		
	потребляемая мощность		
РАБОЧЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ	возможность работы в требуемом температурном диапазоне		✓
	напряжение включения		
	напряжение выключения		
	напряжение удержания (обеспечение возможности экономии энергии во включенном состоянии или управления импульсами постоянного тока)		
ТЕМПЕРАТУРА	напряжение нечувствительности (учет токов утечки в схеме управления катушкой)		✓
	перегрев катушки по отношению к окружающей температуре		
	возможность работы реле с неограниченным временем нахождения катушки под током		
	напряжение включения и выключения реле при предельной температуре эксплуатации		
	допустимая температура реле при хранении		
ДРУГИЕ ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЙ	возможность конденсации водяного пара (резкие перепады температуры)		✓
	вибростойкость катушки		
	устойчивость к внешним магнитным полям и их влияние на рабочие уровни напряжений включения, выключения и удержания	требуется проведение экспериментов	

Продолжение следует.

## ПОДПИСКА – 2003 !!!

### ЭЛЕКТРОНИКА

Ежемесячный журнал  
для специалистов

### ПОДПИСНОЙ ТАЛОН

Прошу оформить подписку на журнал "ЭЛЕКТРОНИКА"

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

(Нужные номера зачеркнуть)

Организация .....

ФИО подписчика .....

Адрес подписчика (почтовый индекс - обязательно) .....

Вид деятельности .....

Тел/факс .....

Подпись/печать .....

Для оформления подписки заполненный купон отправлять по факсу: (375-17) 251-67-35





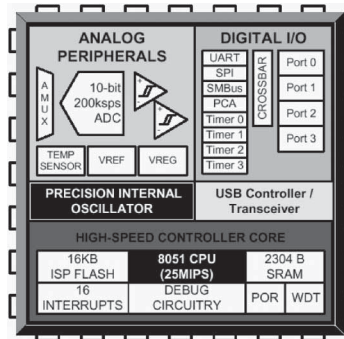
## МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ CYGNAL SO ВСТРОЕННЫМИ USB КОНТРОЛЛЕРОМ И СТАБИЛИЗАТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ

А.А.Шевурдин, ОДО «ПремьерЭлектрик». Тел./факс: +375-17-232-5300  
E-mail: info@premier-electric.com

В этой статье мы рассмотрим одно из новых семейств микроконтроллеров Cygnal, а именно C8051F32x (начало обзора микроконтроллеров Cygnal в предыдущем номере журнала).

Семейство представлено двумя микроконтроллерами C8051F320 и C8051F321. Отличительной особенностью семейства является наличие аппаратно встроенных интерфейса USB версии 2.0 и стабилизатора напряжения.

### Основные технические характеристики семейства:



- 8051-совместимое ядро CIP-51 производительностью до 25 MIPS;
- 16 Кбайт флэш-памяти программ секторами по 512 байт, каждый из которых может конфигурироваться как память программ или данных;
- 1 Кбайт + 256 байт ОЗУ + 1 Кбайт FIFO памяти USB;
- 25(21) цифровых

входа/выхода (в микроконтроллерах F320 и F321 соответственно), конфигурируемых через встроенную коммутационную матрицу CROSSBAR и совместимых с пятивольтовой периферией без дополнительных внешних преобразователей уровней;

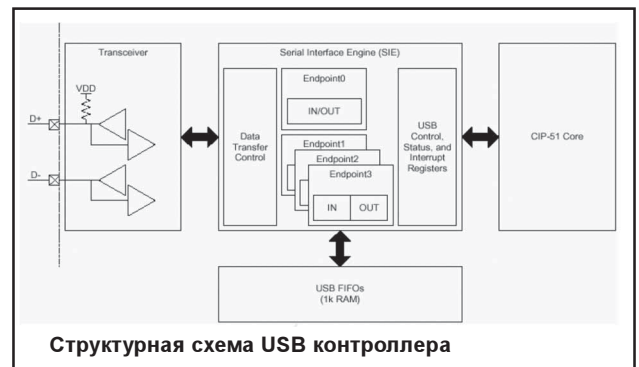
- Расширенный обработчик до 16 источников прерываний;
- Четыре 16-битных таймера общего применения;
- Программируемая 16-тибитная счетная матрица с пятью модулями захвата/сравнения и возможностью организации на ее базе ШИМ генератора;
- Встроенные прецизионный супервизор напряжения питания и двунаправленный сигнал сброса, который может использоваться как системный сброс для других устройств схемы;
- Встроенный JTAG интерфейс последовательного программирования Flash памяти и внутрисхемный отладчик программ в режимах: пошаговом, с заданием точек останова или реального времени;
- Два встроенных компаратора напряжения с программируемыми гистерезисом и временем срабатывания, конфигурируемые как источники прерывания или сброса. Ток потребления одного компаратора менее 0,5 мкА;
- Встроенный датчик температуры  $\pm 3^\circ\text{C}$ ;
- Быстродействующий АЦП (17-канальный в F320, 13-канальный в F321) разрешением 10 бит и производительностью 200 kps (kpsps - тысяча преобразований в секунду);
- Функционально, АЦП содержит два встроенных аналоговых мультиплексора и может работать как в дифференциальном, так и интегральном режиме преобразований. опорное напряжение АЦП может задаваться внутренним источником Vref, напряжением питания микроконтроллера или внешним выводом.

АЦП имеет функцию программируемого «оконного детектора». В регистрах микроконтроллера программирует-

ся нижнее и верхнее значение напряжения, которое следует отслеживать. В случае если напряжение на входе АЦП выйдет за пределы заданных пороговых значений, генерируется соответствующее прерывание. Таким образом, функция «оконный детектор» значительно экономит ресурсы процессора, избавляя программу от необходимости «рутинного» циклического опроса.

Максимальная погрешность АЦП составляет  $\pm 1$  LSB (младший разряд отсчета).

- Аппаратно встроенные интерфейсы SMBus™/I2C™, SPI™ и UART;
- Встроенный USB контроллер, поддерживающий спецификацию 2.0 и младшие версии. USB контроллер содержит:
  - непосредственно универсальный последовательный контроллер (SIE);
  - FIFO буфер на 1 Кбайт;
  - интегрированный приемопередатчик, не требующий



Структурная схема USB контроллера

- при подключении внешних пассивных компонентов;
  - схему восстановления частоты и внутренний генератор, позволяющий USB контроллеру работать в высокоскоростном (12 Мбит/с) и низкоскоростном (1,5 Мбита/с) режимах;
  - Встроенный стабилизатор напряжения на 3 В с током нагрузки до 100 мА, позволяющий запитывать микроконтроллер непосредственно от USB шины. Кроме этого, стабилизатор имеет программное управление и внешний выход нагрузки, который может использоваться как напряжение питания других 3-х вольтовых компонентов схемы.
  - Напряжение питания ядра микроконтроллера от 2,7 до 3,6 В. Токи потребления для различных режимов работы составляют величины от менее чем 0,1 мкА до 25 мА.
  - Для программирования и отладки микроконтроллеров планируется использовать специализированный комплект разработки C8051F320DK-E, включающий интегрированные среды (Cygnal IDE и Keil uVision) для разработки и программирования на Си и ассемблере, аппаратные средства отладки (плата эмулятора и устройство преобразования RS232 – JTAG), набор соединителей и сетевой блок питания.
- Опытные образцы микроконтроллеров и комплекты разработки C8051F320DK-E будут доступны во втором квартале текущего года.

## НОВЫЕ PIC КОНТРОЛЛЕРЫ ОТ MICROCHIP – БЫСТРЕЕ, НАДЕЖНЕЕ, ЭКОНОМИЧНЕЕ, ДЕШЕВЛЕ

Алексей Тибатин, УП «Альфасофт». E-mail: [alfachip@open.by](mailto:alfachip@open.by)

Еще осенью 2001 года компания Microchip представила свою новую технологию производства FLASH-микроконтроллеров – PEEC (*PMOS Electrically Erasable Cell*), сообщив при этом, что отныне все новые модели микроконтроллеров будут разрабатываться на основе именно этой технологии.

PEEC технология разрабатывалась компанией Microchip более 3-х лет и базируется на использовании смежных ячеек уменьшенного размера с областью туннелирования Fowler-Nordheim вместо обычного диэлектрического окна.

Основные особенности новой технологии:

- уменьшение размеров ячеек памяти в 3 раза;
- уменьшение времени записи;
- уменьшение потребляемой мощности;
- увеличение числа циклов стирания/записи FLASH до более чем 100.000;
- увеличение числа циклов стирания/записи EEPROM до более чем 1.000.000;
- увеличение длительности хранения данных до более чем 40 лет;
- превосходные скоростные характеристики при низком напряжении питания (20МГц/3В);
- работоспособность в диапазоне питающих напряжений 2,0 – 5,5В;

Применение новейшей технологии от Microchip - PEEC, позволяет добиться отличных характеристик - невысокой цены, отличной надежности, высокого быстродействия и микрopotребления.

Первыми микроконтроллерами, выпущенными по этой технологии были PIC16F73 и PIC18F452. Затем вышла серия PIC16F87XA - более «продвинутая», а главное, более дешевая версия отлично себя зарекомендовавшего семейства PIC16F87X.

В течение 2002 года был выпущен ряд новых моделей FLASH-микроконтроллеров, которые будут рассмотрены далее. Все рассматриваемые модели поддерживают режимы ICSP (внутрисхемное программирование на плате по 2-м линиям) и ICD (внутрисхемная отладка в системе по 2-м линиям) и поддерживаются средой MPLAB IDE и отладчиком MPLAB ICD2.

### Новые недорогие 8pin 20МГц FLASH микроконтроллеры PIC12F629, PIC12F675 со встроенными компаратором и 10бит АЦП

Самые недорогие FLASH микроконтроллеры от Microchip - это PIC12F629 (встроенный компаратор) и PIC12F675 (встроенные компаратор и 10бит АЦП). При всех достоинствах новых микроконтроллеров цена на них осталась практически такая же, как и на PIC12C508.

Новые микроконтроллеры pin-to-pin и программно совместимы со всем семейством PIC12CXXX. Они имеют 14-битное ядро (35 команд, 20МГц) и встроенную систему прерываний. Встроенная FLASH - память имеет объем 1К программных слов, а наличие ОЗУ 64 байт и EEPROM 128 байт делают PIC12F629 и PIC12F675 лучшими на рынке 8pin микроконтроллеров по цене около 1 доллара!

Благодаря совместимости с PIC12C, новые микроконтроллеры можно рекомендовать для замены старых с це-

лью модернизации изделия, улучшения функциональности приборов с уменьшением при этом размеров (доступны корпуса DIP, SOIC и миниатюрный MLF) и себестоимости.

### Новые недорогие 14pin FLASH микроконтроллеры PIC16F630, PIC16F676 со встроенными компаратором и 10бит АЦП

Дополнительно к популярному 14pin микроконтроллеру PIC16C505 Microchip выпустил pin-to-pin и программно совместимые с ним два новых FLASH- контроллера PIC16F630 (встроенный компаратор) и PIC16F676 (встроенный компаратор и 10бит АЦП) по цене менее 1,5 долларов.

Новые контроллеры PIC16F630 и PIC16F676 построены на основе 14-битного ядра Микрочип, имеют систему команд из 35 инструкций и чрезвычайно просты в освоении. Объем FLASH программной памяти составляет 1К команд, а памяти данных EEPROM - 128 байт. Встроены внутренний 4МГц генератор, аналоговая периферия (компаратор и АЦП), а так же помимо 8 разрядного еще и 16 битный таймер-счетчик. Встроенная система прерываний и низкая цена позволяет использовать микроконтроллеры в качестве электронных реле времени, системах сбора информации, удаленных датчиках.

### Новые FLASH микроконтроллеры PIC18F6X20, PIC18F8X20 с объемом программной памяти до 128кБайт

В продаже появилось новое семейство мощных микроконтроллеров PIC18F6720/6620 (64pin) и PIC18F8620/8720 (80pin). Семейство характеризуется огромным объемом внутренней FLASH- памяти программ - до 128кБайт (с возможностью подключения дополнительной внешней программной памяти), наличием на кристалле аппаратного умножителя и разнообразнейшей периферии: 2 модуля AUSART, 10 бит АЦП, I2C, SPI, 5 модулей ШИМ, 2 компаратора, наличие режимов самопрограммирования и внутрисхемного программирования.

Микроконтроллеры предназначены для задач, требующих обработки и хранения больших объемов данных, таких как системы сбора и хранения данных, измерительное оборудование и промышленная автоматика.

### Новая линейка FLASH-микроконтроллеров PIC18F с рекордно низким потреблением

В настоящее время к микроконтроллерам предъявляются все более жесткие требования по потребляемой мощности (в первую очередь со стороны мобильных устройств с батарейным питанием), поэтому компанией Microchip была разработана и анонсирована новая линейка микроконтроллеров с рекордно низким энергопотреблением в отрасли.

Улучшение экономичности при высокой производительности в новейшем семействе достигается тремя способами: совершенствованием технологии и минимизацией токов утечки, снижением напряжения питания (технология PEEC) и специальными отдельными режимами тактирования ядра и периферии (Low Power Modes). Последний

Таблица 1:

Тип	FLASH память программ 16разр. слов	ОЗУ данных байт	Порты I/O	Каналов 10бит АЦП	ССР (ШИМ)	SPI, Master I2C	Таймеры 8/16 бит
PIC18F1220	2048x16	256	16	7	1	Нет	1/3
PIC18F1320	4096x16	256	16	7	1	Нет	1/3
PIC18F2220	2048x16	512	25	10	2	Есть	2/3
PIC18F2320	4096x16	512	25	10	2	Есть	2/3
PIC18F4220	2048x16	512	36	13	2	Есть	2/3
PIC18F4320	4096x16	512	36	13	2	Есть	2/3

Таблица 2:

Режим работы	Потребляемый ток	Тактовая частота	Рабочее напряжение	Ядро	Периферия	Описание
PRI RUN	150 мкА	1МГц	2В	Вкл	Вкл	Используется основной тактовый генератор
PRI_IDLE	37мкА	1МГц	2В	Выкл	Вкл	
SEC RUN	14мкА	32кГц	2В	Вкл	Вкл	Используется дополнительный тактовый генератор
SEC_IDLE	5.8мкА	32кГц	2В	Выкл	Вкл	
RC RUN	110мкА	1МГц	2В	Вкл	Вкл	Используется встроенный RC-генератор
RC_IDLE	52мкА	1МГц	2В	Выкл	Вкл	
SLEEP	0.1мкА	1МГц	2В	Выкл	Выкл	"спящий" режим

способ позволяет более гибко использовать ресурсы микроконтроллера, затрачивая при этом минимум энергии. Microchip

В новое семейство экономичных PIC на настоящий момент входят 6 модификаций: (таблица 1).

Все микроконтроллеры имеют EEPROM объемом 256 байт, аппаратный умножитель, AUSART и 2 компаратора. Их основным отличием от других семейств PIC18F являются: наличие встроенного RC-генератора с возможностью выбора частоты из 8 вариантов (31кГц, 125кГц, 250кГц, 500кГц, 1МГц, 2МГц, 4МГц, 8МГц) с калиброванной точностью +/-1%, раздельное тактирование ядра и периферии, двухскоростной режим запуска и режим защиты от сбоев. Но главным отличием нового семейства PIC18F1X20/2X20/4X20 является расширенная система тактирования (Low Power Modes), позволяющая микроконтроллеру работать в одном из семи режимов (Таблица 2).

Первая часть названия режима определяет источник тактирования: основной генератор (PRI), дополнительный на базе Timer1 (SEC), и внутренний RC генератор (RC). Вторая часть определяет, тактируется ли ядро микроконтроллера (RUN) или его работа приостановлена (IDLE). В режиме полного останова «sleep» периферия так же отключается от генератора и «замораживается», хотя некоторые модули (например, АЦП) при соответствующей настройке могут работать и в этом режиме.

Переключение режимов производится время работы программы записью в управляющие регистры необходимых параметров.

В настоящее время ожидается появление моделей PIC16F627A, PIC16F628A, PIC16F87, PIC16F88, PIC16F818, PIC16F819, оснащенных системой энергосбережения Low Power Modes.

Двухскоростной режим запуска заключается в том, что при запуске микроконтроллера (включении питания, выходе из режима «sleep») микроконтроллер быстро включается и начинает работу от встроенного RC-генератора и сразу же начинается выполнение команд программой. Одновременно запускается «медленный» основной кварцевый генератор. Как только последний выйдет на режим,

RC-генератор отключится, а кварцевый станет основным. При этом автоматически установится флаг, сообщающий программе, что можно приступать к выполнению задач, критичных к стабильности тактовой частоты.

Для повышения надежности работы микроконтроллера предусмотрен режим защиты от сбоя в основном тактовом генераторе. В случае останова (сбоя в работе) основного тактового генератора микроконтроллер распознает аварийную ситуацию и автоматически переключится на внутренний резервный генератор, выставив запрос на прерывание. Причем существует возможность заранее установить частоту аварийного генератора, а затем изменять ее. Это дополнительно увеличивает надежность работы устройств.

В новом семействе радикально переработан модуль WDT (сторожевого) таймера: потребление WDT не превышает 2.1 мкА, стабильность 4мс +/-2% во всем диапазоне температур и напряжений, расширены возможности постделителя - от 1:1 до 1:32768, что позволяет контролировать интервалы от 4мс до 131 сек. Переработке подвергся модуль Таймера 1, на базе которого работает дополнительный генератор: потребление этого модуля при работе в режиме дополнительного генератора не превышает 1.1 мкА при 2В 32кГц.

Таким образом, на базе новых микроконтроллеров легко изготовить сверхнадежные микромощные устройства, которые большую часть времени находятся в «sleep», умеют мгновенно «проснуться» по событию с одной стороны, а с другой - могут выполнять задачи, требующие высокой стабильности тактового генератора, например, обмен по последовательному USART с высокой скоростью.

**Получить более подробную информацию, а также заказать опытные образцы можно у авторизованного представителя фирмы Microchip в Беларуси – УП «АЛЬФАСОФТ»: т/ф (+375 17) 209 80 45, 284 43 33, e-mail: [alfachip@open.by](mailto:alfachip@open.by), или на сайтах: [www.microchip.com](http://www.microchip.com), [www.microchip.ru](http://www.microchip.ru) и [www.alfa-chip.com](http://www.alfa-chip.com)**

## ПРОГРАММИРОВАНИЕ КОНФИГУРАЦИОННОГО ПЗУ/РПЗУ И ПЛИС СТРУКТУРЫ FPGA И CPLD ФИРМЫ XILINX

Хацук В. А. E-mail: vah@scan.ru

Завершающим этапом процесса проектирования устройств на ПЛИС является программирование. Программирование может осуществляться непосредственно в ПЛИС или же из отдельно стоящей на плате ПЗУ/РПЗУ. Конфигурационные данные в ПЛИС могут быть загружены с помощью Parallel Download Cable III (рис. 1).

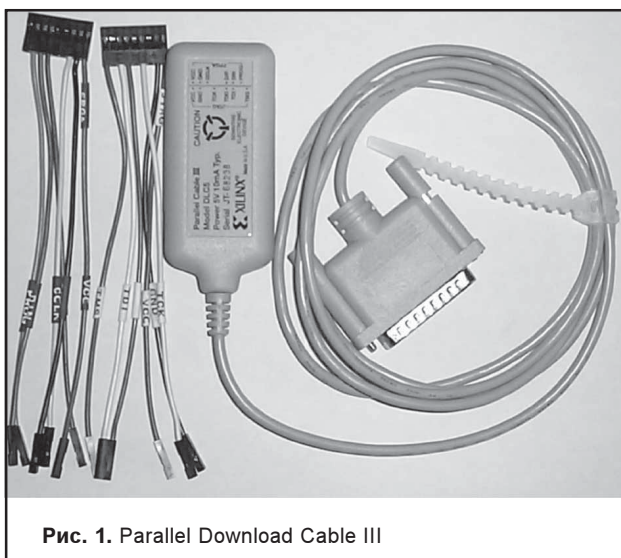


Рис. 1. Parallel Download Cable III

Устройство представляет собой модуль согласования, позволяющий осуществлять обмен данными между ПЛИС/РПЗУ и ПЭВМ. Кабель с одной стороны подключается к свободному LPT порту ПЭВМ, с другой стороны, с помощью соединительных кабелей к ПЛИС/РПЗУ с рабочим напряжением 2,5В или 3,3В или 5В. Питание на кабель подается с внешнего источника. Схема кабеля довольно проста и не является секретом и представлена на рис. 2. Устройство выполняется на отдельной печатной плате и подключается к параллельному порту ПЭВМ, работающего в режиме EPP. В качестве кабеля берется стандартный кабель для принтера Centronics, у которого удаляется разъем, подключаемый к принтеру (CENR-36). Буферные микросхемы 74HC125 (КР555ЛП8). Все резисторы МЛТ-0,125±5%. Емкости C1÷C5 керамические малогабаритные. Сигналы D6, BUSY и PE соединяются вместе непосредственно на разъеме. Экран кабеля соединяется с корпусом разъема DB 25. Выводы 14 микросхем D1 и D2 подсоединить к цепи VCC, выводы 7 к цепи GND. Разъемы FPGA и JTAG типа PLS9. Внешний вид платы Parallel Cable III показан на рис. 3. Плата подключается к ПЛИС/РПЗУ через соединительный кабель, длина которого не должна превышать 10 см.

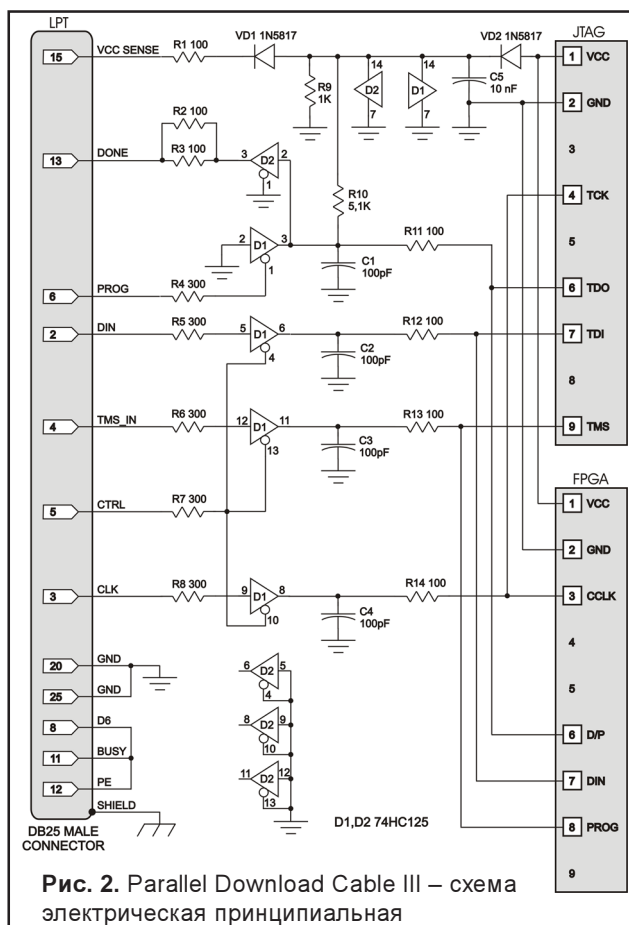


Рис. 2. Parallel Download Cable III – схема электрическая принципиальная

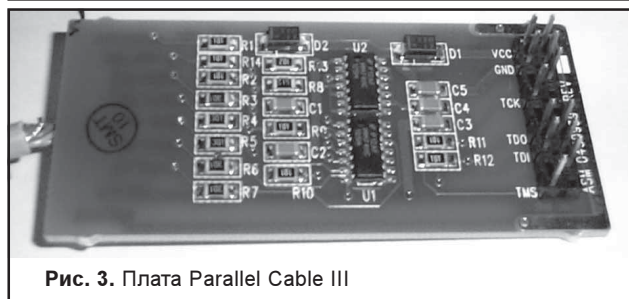


Рис. 3. Плата Parallel Cable III

Микросхемы структуры FPGA могут загружаться в последовательном подчиненном режиме. Если в

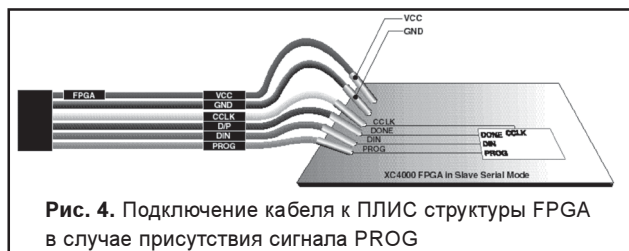
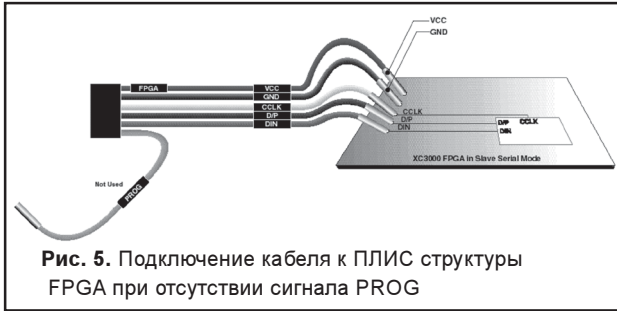


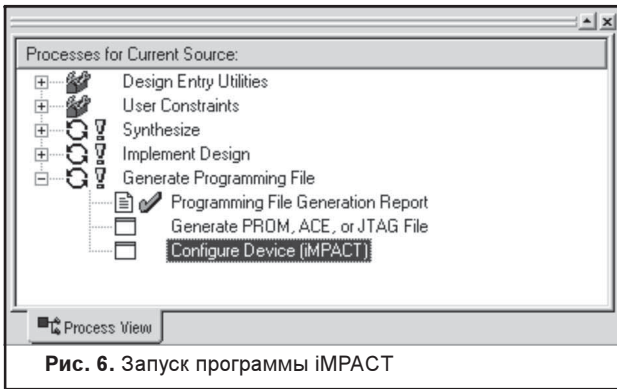
Рис. 4. Подключение кабеля к ПЛИС структуры FPGA в случае присутствия сигнала PROG

загружаемой ПЛИС присутствует сигнал PROG, то кабель подключается как показано на рис. 4, в противном случае как показано на рис. 5.

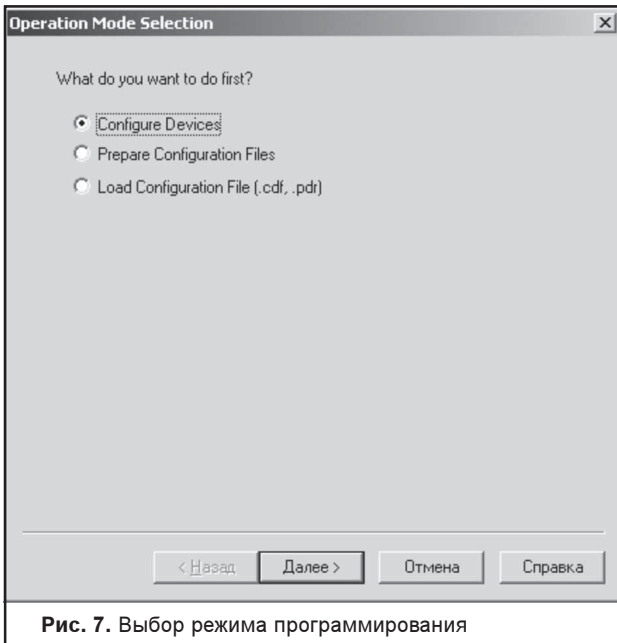


**Рис. 5.** Подключение кабеля к ПЛИС структуры FPGA при отсутствии сигнала PROG

Для загрузки сформированного bit файла в ПЛИС подключаем кабель к ПЛИС, подаем питание и в программной оболочке Project navigator пакета проектирования XILINX ISE. В окне процессов дважды щелкаем левой клавишей мыши по пункту «Configure Device (iMPACT)» (рис. 6).



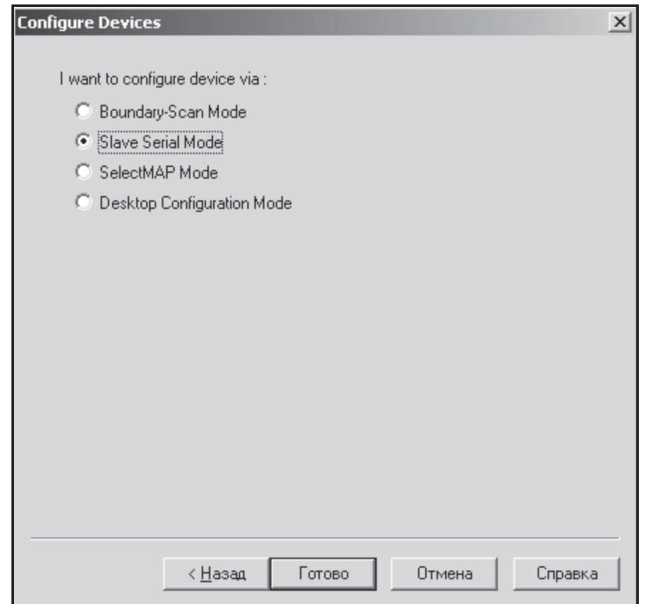
**Рис. 6.** Запуск программы iMPACT



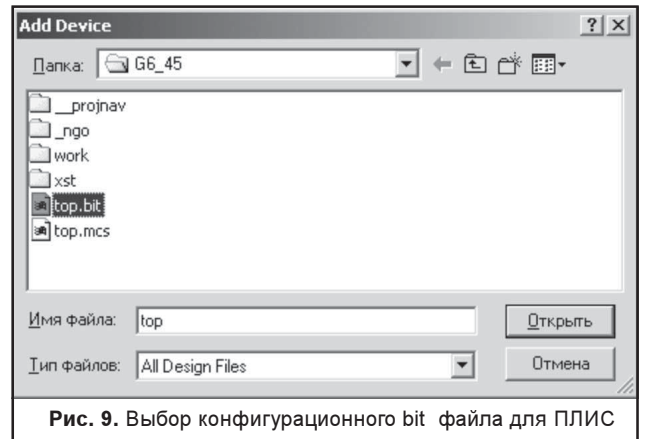
**Рис. 7.** Выбор режима программирования

В первом выпавшем окне указываем режим работы утилиты – программирование (рис. 7). Поскольку данные мы будем загружать непосредственно в ПЛИС то указываем режим программирования (рис. 8) Serial

Slave (в этот режим следует установить ПЛИС с помощью служебных сигналов M0-M2). Затем указываем какой bit файл будет загружаться (рис.9). При правильном электрическом подключении ПЛИС и исправном подключенном кабеле программа iMPACT автоматически его определит. В противном случае это нужно указать самостоятельно через меню Output – Cable Setup. После чего появится главное окно программы (рис. 10). Для загрузки конфигурации в ПЛИС выбираем ее (щелкаем левой клавишей мыши), после чего она окрасится в зеленый цвет и в меню «Operations» выбираем пункт «Programs...» (рис. 11). Если всё сделано правильно, то вы должны будете увидеть сообщение “Programming Succeeded” (рис. 12).



**Рис. 8.** Выбор режима Slave Serial



**Рис. 9.** Выбор конфигурационного bit файла для ПЛИС

Микросхемы структуры CPLD, РПЗУ и большинство ПЛИС структуры FPGA поддерживают режим загрузки по JTAG интерфейсу. Основное достоинство этого режима в том, что все JTAG устройства могут независимо программироваться через одно подключение. Сигналы данных TDI и TDO подключаемых JTAG устройств соединяются последовательно, а сигналы TCK и TMS подключаются параллельно (рис. 13).

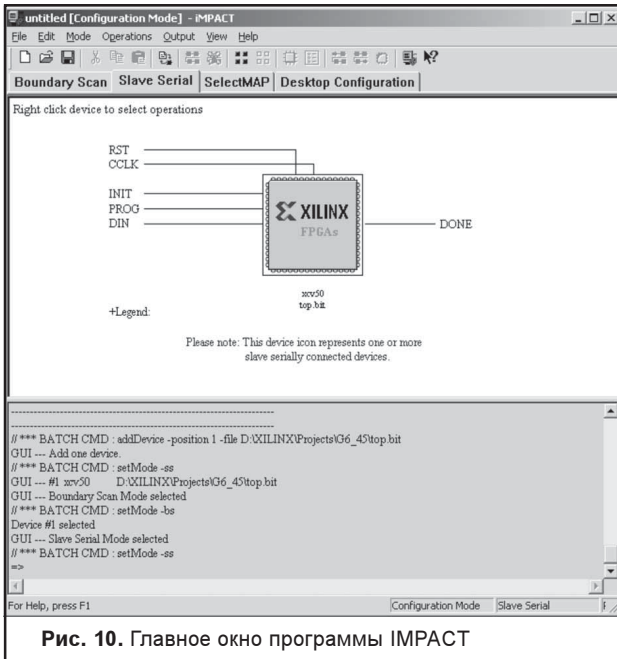


Рис. 10. Главное окно программы IMPACT

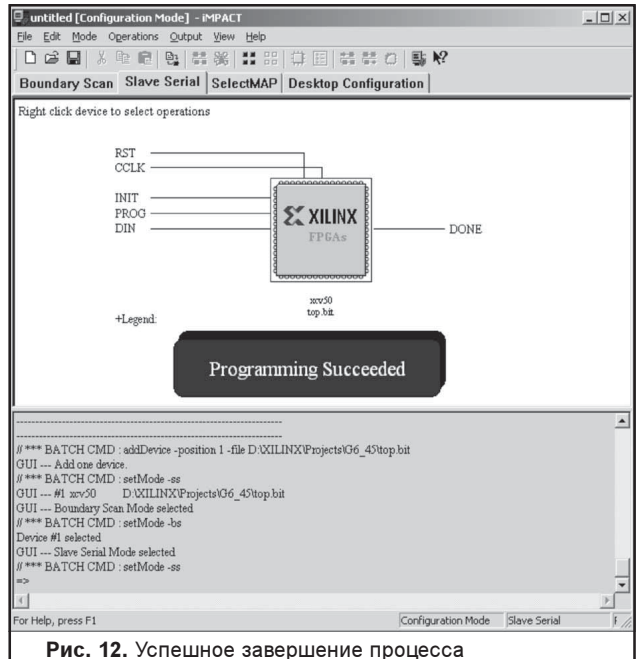


Рис. 12. Успешное завершение процесса программирования ПЛИС

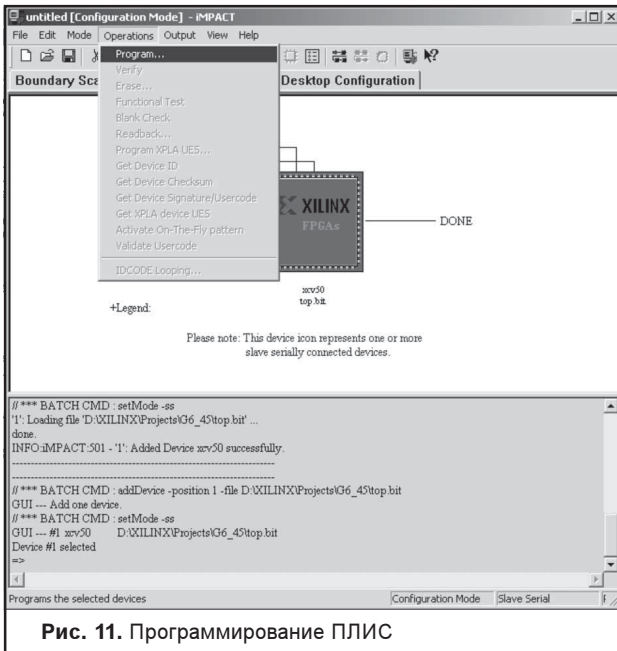


Рис. 11. Программирование ПЛИС

Методика программирования аналогична рассмотренной ранее методике загрузки конфигурации в ПЛИС, но в диалоговом окне Configure Devices (рис. 8). Выбираем пункт «Boundary Scan Mode».

В следующем диалоговом окне (рис. 14) выбираем режим автоматического определения подключенного кабеля и идентификации подключенных JTAG устройств. Система просканирует вашу систему и, найдя JTAG устройства попросит указать файл для программирования (рис. 15) и тип корпуса (рис. 16).

Для загрузки конфигурации в JTAG устройство выбираем его (как и в случае с ПЛИС), после чего оно окрасится в зеленый цвет, и в меню «Operations» выбираем пункт «Programs...» (рис. 11). В появившемся диалоговом окне указываем опции программирования

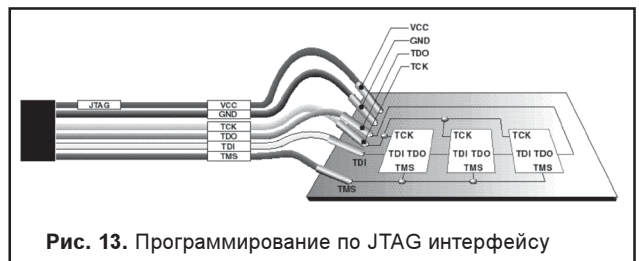


Рис. 13. Программирование по JTAG интерфейсу

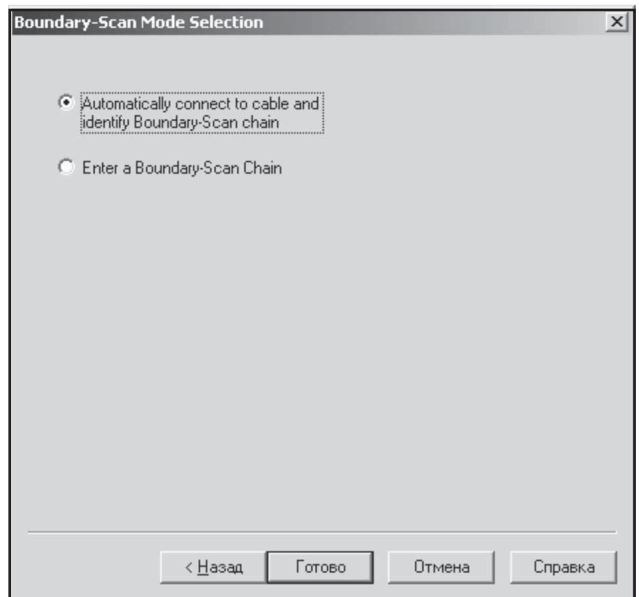


Рис. 14. Выбор автоматического определения подключенного кабеля и идентификации подключенных JTAG устройств

(рис. 17). Если же нужно защитить от копирования то устанавливаем опцию «Read Protect». Как и в предыдущем случае, при правильном проведении всех опера-

ций вы должны будете увидеть сообщение «Programming Succeeded».

Для программирования микросхем с рабочим напряжением менее чем 3,3В необходим другой кабель, например такой как Parallel Cable IV. Внешний вид его показан на рис. 18.

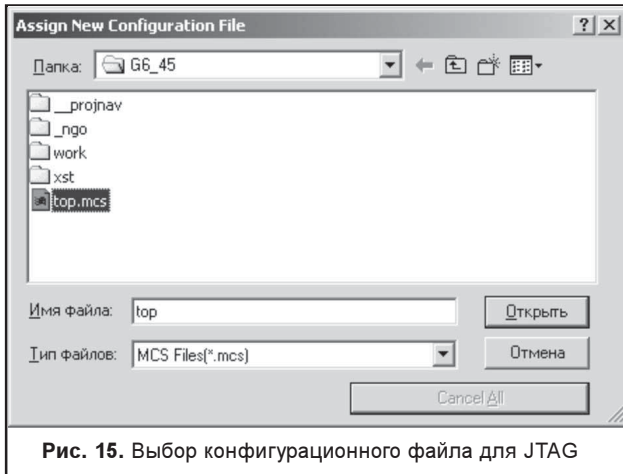


Рис. 15. Выбор конфигурационного файла для JTAG

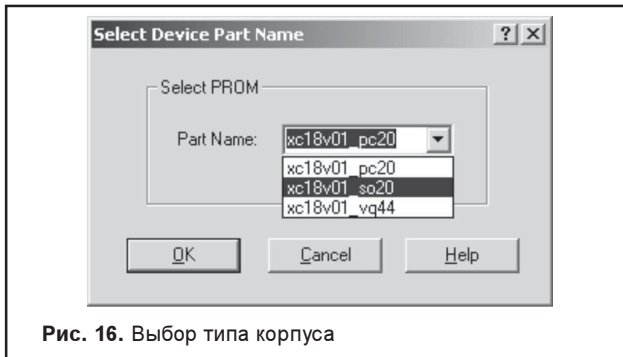


Рис. 16. Выбор типа корпуса

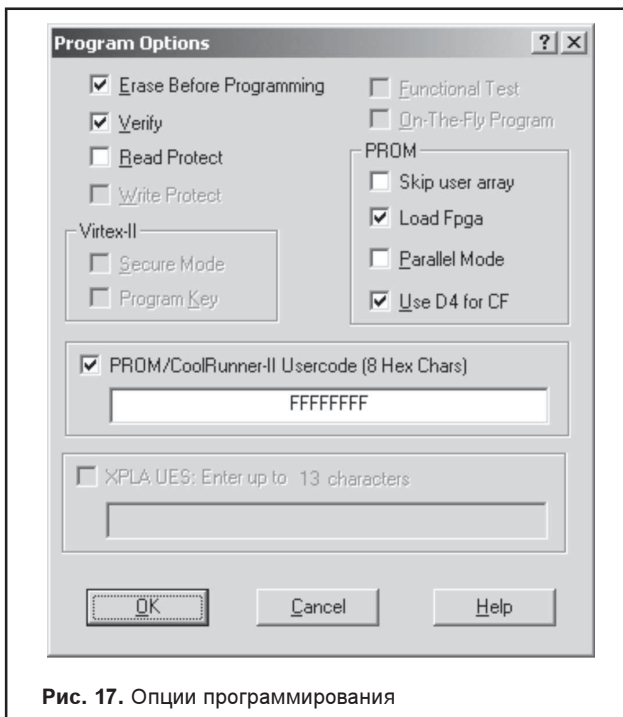


Рис. 17. Опции программирования

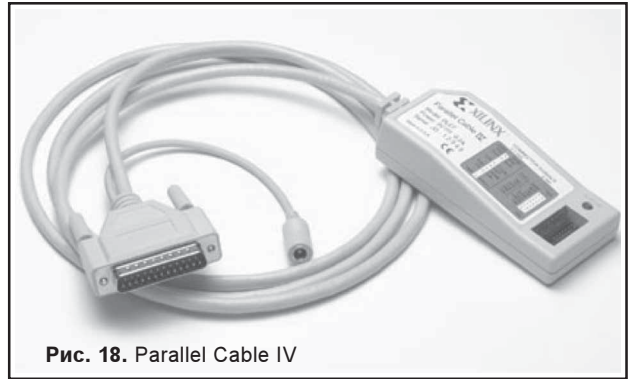


Рис. 18. Parallel Cable IV

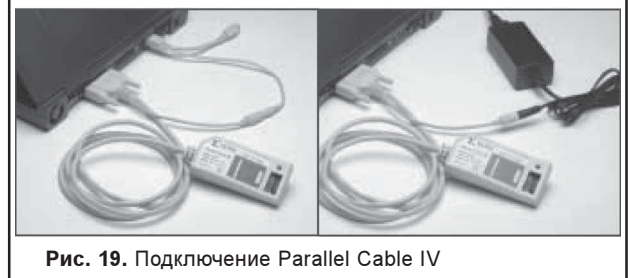


Рис. 19. Подключение Parallel Cable IV

В отличие от Parallel Cable III он поддерживает стандарты ввода/вывода с рабочим напряжением 1,5-5В, имеет собственный источник питания и максимальная скорость передачи данных не 300 кбит/сек, а 4 Мбит/сек.

*Продолжение следует.*

220024 г. Минск ул. Кижеватова д. 7/2  
 оф. 2 тел./факс: 275-62-61, 275-67-50  
 e-mail: scanwest@scan.ru

## СКАНВЕСТ

XILINX®

TEXAS INSTRUMENTS

Mentor Graphics

ET

hp

Tektronix  
Enabling Innovation

Metaphase

TIRIS™

Agilent Technologies

Brüel & Kjaer

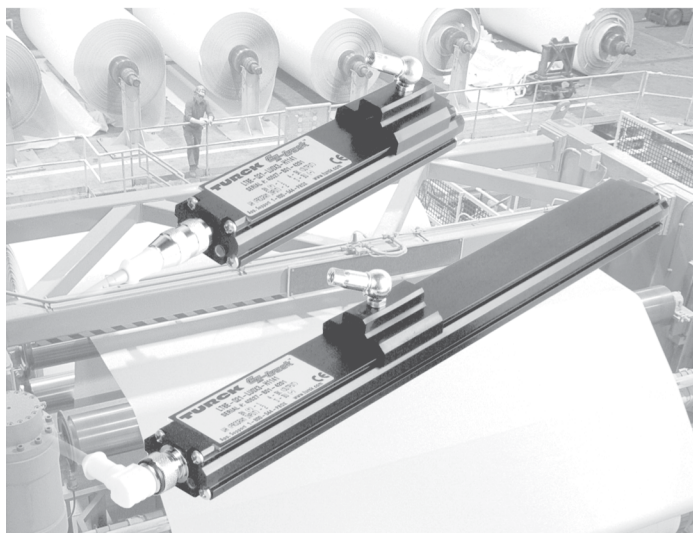
Sony Precision Technology Inc.

- САПР электроники
- САПР машиностроения
- Измерительная техника
- Вычислительная техника
- Электронные компоненты
- Системы радиочастотной идентификации
- Полный спектр продукции ф. Texas Instruments
- ПЛИС XILINX (САПР, ИМС, отладочные платы, IP)



## Датчики линейных перемещений

А.Е. Козюля. E-mail: turck@infonet.by



Датчики линейных перемещений, поставляемые компанией TURCK (Германия), предназначены для контроля перемещений и точного позиционирования узлов различных машин и механизмов.

Датчики линейных перемещений - это бесконтактные линейные преобразователи, использующие принцип магнитострикции. Отсутствие электро-механических подвижных контактов исключает проблему износа и гарантирует почти неограниченный срок службы. Датчик выполнен в алюминиевом корпусе малого сечения (высота 20 мм, ширина 35 мм) и поставляется с двумя типами позиционирующих магнитов: скользящий магнит с шаровым соединением или магнит для установки на подвижные части оборудования.

Высокая устойчивость к вибрациям, загрязнению, влаге (степень защиты IP67), внешним электромагнитным полям и широкий температурный

диапазон дают возможность применять датчики линейных перемещений во многих областях: металлообрабатывающие станки, прессы, транспортные системы, установки литья под давлением и т.д.

Линейные датчики поставляются в исполнениях от 100 до 4500 мм (с шагом в 2,5 мм), с аналоговым или с импульсным выходом.

### Краткие технические характеристики датчиков:

#### Датчики с аналоговым выходом

Линейность	$\pm 0,05$ % от контролируемого диапазона (но не хуже 0,7 мм при больших диапазонах)
Разрешение	$\pm 0,1$ % от контролируемого диапазона (но не хуже 1,3 мм при больших диапазонах)
Повторяемость	$\pm 0,01$ % от контролируемого диапазона (но не хуже 0,35 мм при больших диапазонах)
Напряжение питания	10...30 В постоянного тока
Программирование	задание нулевой и конечной точек, и согласование с силой поля применяемого магнита
Выход	аналоговый, в зависимости от исполнения: 4...20 мА, -10...+10 В и 0...10 В
Светодиодная индикация	трехцветный светодиод ( нормальный режим работы, отсутствие позиционирующего магнита, магнит находится вне контролируемого диапазона)
Диапазон рабочих температур	-20...+70 °C
Степень защиты	IP67
Устойчивость к удару	40 г, 11 мс
Устойчивость к вибрациям	20 Гц ... 2 кГц с ускорением 10 г

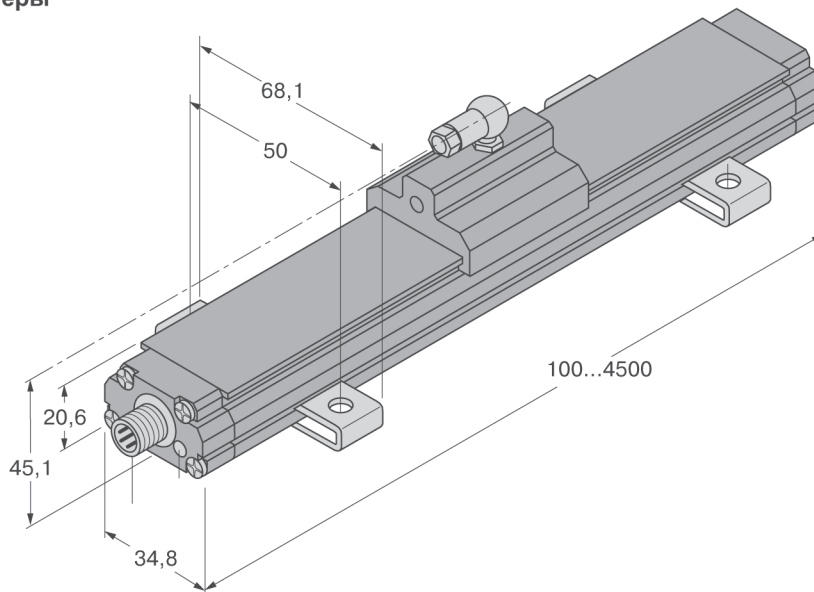




## Датчики с импульсным выходом (эмуляция сигналов инкрементального датчика)

Линейность	±0,05 % от контролируемого диапазона (но не хуже 0,7 мм при больших диапазонах)
Разрешение	±0,025 мм
Повторяемость	±0,01 % от контролируемого диапазона (но не хуже 0,025 мм при больших диапазонах)
Напряжение питания	10...30 В постоянного тока
Входы (BURST, ZERO)	NPN, PNP или TTL для определения положения при отключении питания и для задания нулевой точки в процессе работы
Выход (опция R)	дифференциальный, TTL совместимый с RS422
Выход (опция L)	дифференциальный, 10...30 В
Частота выходного сигнала	10...1000 кГц
Светодиодная индикация	двухцветный светодиод ( нормальный режим работы, отсутствие позиционирующего магнита)
Диапазон рабочих температур	-20...+70 °С
Степень защиты	IP67
Стойкость к удару	40 г, 11 мс
Стойкость к вибрациям	20 Гц ... 2 кГц с ускорением 10 g

## Габаритные размеры



Подробную техническую информацию и электронные каталоги по продукции компании TURCK (на CD) Вы можете получить, обратившись в представительство TURCK в РБ:

### ТУРК офис Минск

ул. Энгельса, 30  
220030 Минск  
Беларусь

тел.: (017) 210 59 57  
тел./факс: (017) 227 53 13  
e-mail: turck@infonet.by



## ДАТЧИКИ ФИРМЫ HONEYWELL

Сергей Сперанский. E-mail:alfachp@open.by

Фирма «Honeywell» производит широкий спектр датчиков давления и усилия, расхода газа, температуры, влажности, положения, магнитного поля, тока. Одним из перспективных направлений является разработка и производство датчиков на основе эффекта Холла.

Эти приборы предназначены для работы в различных устройствах автоматики и сбора данных при различных величинах магнитного поля. Основные области применения датчиков: контроль положения в устройствах промышленной автоматики, робототехники, силовых приводах, контроль состояния фильтров, контроль уровня жидкостей, системы контроля положения вращающихся устройств, контроль величины протекающего тока.

### Датчики Холла с цифровым выходом, без встроенного магнита

Типы: 2SSP, SS411A, SS413A, SS441A, SS443A, SS449, SS111A, SS141A, SS143A, SS161A, SS166A, SS41, SS11

Биполярные – включаются магнитным полем положительной полярности,

Выключаются – полем отрицательной полярности

Униполярные – включаются магнитным полем только положительной

Полярности, выключаются при уменьшении индукции поля ниже некоторого значения

Омниполярные – включаются одинаково при любой полярности поля,

Выключаются при уменьшении индукции поля ниже некоторого значения

Типовые представители:

2SSP – омниполярный датчик

SS441A – униполярный датчик

SS413A – биполярный датчик

### Особенности 2SSP:

Магниторезистивный чувствительный элемент

Высокая чувствительность – расстояние до магнита свыше 25 мм

Цифровой выход

Рабочее направление магнитного поля: параллельно корпусу

Корпус в двух исполнениях: трехвыводной (типа TO92) и для поверхностного монтажа

Максимальная рабочая частота 100 кГц

### Особенности серии SS400:

Цифровой выход

Температурная компенсация изменений магнитной индукции недорогих магнитов

Корпус в 3-х исполнениях.

### Датчики Холла с цифровым выходом, со встроенным магнитом

Типы: 2AV54, 4AV, 1GT101DC

Вырабатывают импульс напряжения при прохождении цели из магнитного материала перед поверхнос-

тью датчика.

### Особенности 2AV54:

Аналоговый выход втекающего тока

Высокая помехоустойчивость

Защита от бросков напряжения до 80 В

Напряжение питания: 4,5 - 24 В

Диапазон рабочих температур: - 40 до +150 С

Цифровой выход

Ток потребления: 22 мА

Выходной ток: до 40 мА

Типовое применение:

Управление зажиганием автомобиля

Содержит магниточувствительный элемент, постоянный магнит и интегральную микросхему для усиления и преобразования сигнала

Прохождение цели в щели между чувствительным элементом и магнитом шунтирует магнитный поток, и вырабатывается импульс напряжения

### Датчики Холла с аналоговым выходом, без встроенного магнита

Типы SS19, SS49, SS94, SS495

Обеспечивают изменение выходного напряжения пропорционально изменению магнитного поля

Типовые представители: серия SS94 и SS495

### Особенности серии SS94:

Аналоговый выход втекающего/вытекающего тока

Минимизированные вариации чувствительности и влияния температуры, достигаемые индивидуальной лазерной настройкой

Встроенный ограничитель выходного напряжения на уровне 9 В, независимо от напряжения питания и магнитного поля

Линейность (тип) 0.8%

Диапазон регистрируемых значений магнитной индукции, Гс  $\pm 500$

Трехвыводной корпус с керамическим основанием

### Особенности серии SS495:

Аналоговый выход втекающего/вытекающего тока

Минимизированные вариации чувствительности и влияния температуры, достигаемые индивидуальной лазерной настройкой

Трехвыводной корпус с керамическим основанием

Диапазон рабочих температур от -40 до +150 С

Линейность (тип) 1%

Диапазон регистрируемых значений магнитной индукции, Гс  $\pm 600$ .

*Получить более подробную информацию о возможностях применения датчиков фирмы HONEYWELL, а также заказать опытные образцы можно у официального представителя «HONEYWELL» в Беларуси – УП «АЛЬФАЧИП» по т/ф (+375 17) 209 80 45, 284 43 33, а также по E-mail: [alfachip@open.by](mailto:alfachip@open.by) или на сайтах: [www.honeywell.com/sensing](http://www.honeywell.com/sensing) и [www.alfa-chip.com](http://www.alfa-chip.com).*



## НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА TEXAS INSTRUMENTS

Александр Гусаров, Казимир Томкевич. E-mail: tom@scan.ru

**Новые компоненты систем радиочастотной идентификации производства Texas Instruments, поддерживающие международный стандарт ISO/IEC 15693.**

Технология Tag-It™, разработанная компанией Texas Instruments для производства транспондеров диапазона 13.56 МГц, получила дальнейшее развитие. В 2002 году компания выпустила на рынок транспондеры RI-I11-112A и RI-I12-112A, поддерживающие международный стандарт ISO/IEC 15693.



**Рис. 1.** Транспондеры изготовленные по технологии Tag-It™

Транспондеры, изготовленные по технологии Tag-It™ (рис.1), представляют собой законченную конструкцию, состоящую из микросхемы приемопередатчика, антенны и тонкой пластиковой подложки. В отличие от технологии сборки низкочастотных транспондеров, имеющих высокоиндуктивную магнитную или рамочную антенну, сборка Tag-It™ технологична и полностью автоматизирована. Естественно, что стоимость таких транспондеров существенно ниже, чем стоимость низкочастотных. ISO/IEC 15693 является глобальным стандартом, определяющим объем и структуру памяти транспондера, систему команд и радио-протокол обмена. Соответствие продукции стандарту ISO/IEC 15693 обеспечивает совместимость элементов RFID различных производителей оборудования. Главным отличием транспондеров RI-I11-112A и RI-I12-112A, поддерживающих ISO/IEC 15693, является расширение объема памяти с 256 бит до двух килобит. Существенное увеличение пользовательской памяти позволяет эффективно применять алгоритмы шифрования информации, записанный на заводе изготовителе собственный 64 разрядный ID номер гарантирует транспондер от копирования и подделки. Пользовательская память организована в виде 64 блоков по 32 бита с независимым доступом. Как и обычные транспондеры Tag-It™, транспондеры RI-I11-112A и RI-I12-112A поддерживают антиколлизийный протокол обмена, позволяющий идентифицировать несколько транспондеров, одновре-

менно находящихся в поле антенны ридера. Для целого ряда конкретных применений транспондеры корпусируются в виде пластиковых карт RI-TH1-CB1A (рис. 2.) и стандартных баджей RI-TH1-CB2A, в том числе и с магнитной полосой RI-TH1-CB3A.



**Рис. 2.** Транспондеры RI-TH1-CB1A, поддерживающие ISO/IEC 15693

Краткие технические характеристики ISO транспондеров приведены ниже.

Наименование RI-TH1-CB1A.

Стандарт ISO/IEC 15693.

Частота 13.56 МГц.

Температурный диапазон -25- +50 С.

ID номер 64 разряда.

Пользовательская память 64 блока по 32 бита.

Механическая прочность: согласно ISO 10373.

Срок службы более 10 лет.

Одновременная работа более 50 карт в секунду.

Материал PVC белый.

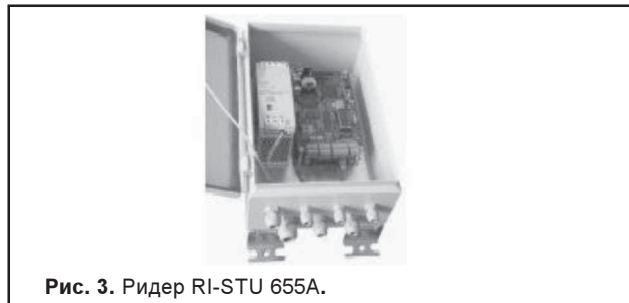
Поверхность глянецвая.

Напряженность магнитного поля для чтения 99 dBmА/м.

Напряженность магнитного поля для записи 102 dBmА/м.

Карточки допускают нанесение рисунка с помощью специальных струйных принтеров и офсетным способом.

Для работы с новыми транспондерами Texas Instruments предлагает широкий спектр ридеров, начиная от мощных стационарных RI-STU 655A и заканчивая микросхемой RI-R6C-001A. В этой статье мы приводим краткие технические характеристики наиболее интересных ридеров.



**Рис. 3.** Ридер RI-STU 655A.

Ридер RI-STU 655A предназначен для промышленного применения в тех случаях, когда требуется обеспечить рабочее расстояние между антенной ридера и транспондером более 2 - 2.5 м. При этом излучаемая ридером мощность составляет 0.5-10 Вт. Ридер предназначен для работы в условиях автоматизированных поточных линий, сортировочных пунктов и пр. Температурный диапазон работы ридера -20 - +55 С. Вес ридера (без антенны) 5.5 кг. Ридер поставляется в металлическом корпусе со встроенным источником питания. Стоимость ридера превышает 1000\$.

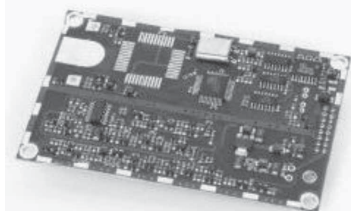


Рис. 4. Микроридер RI-STU-TRDC-02

Микроридер RI-STU-TRDC-02 представляет собой плату размером 109.22mm x 68.58mm x 10.2mm напряжением питания 5В. Мощность, излучаемая ридером не превышает 125 милливатт. Ридер предназначен для работы с антенной, волновым сопротивлением 50 ом.

Для работы платы с компьютером реализован протокол RS232. Стоимость микроридера \$150.



Рис. 5. Унифицированная микросхема считывателя RI-R6C-001A.

Унифицированная микросхема считывателя RI-R6C-001A позволяет пользователям разрабатывать свои конструкции ридеров. Невысокая стоимость микросхемы (около 6\$) и небольшое количество требуемых вне-



Рис. 6. Специализированные ридеры RI-H4R-S5H3-00, RI-H4R-S6H3-00

шних элементов позволяют существенно снизить цену такого ридера, что очень важно для его массового применения. Питание микросхемы осуществляется от источника постоянного напряжения 3.3-5 В. Мощность, излучаемая передатчиком в антенну с волновым сопротивлением 50 Ом - до 200 милливатт при 5 вольтовом питании, микросхема поддерживает последовательный выходной интерфейс. Температурный диапазон работы -40 - +85 С.

Главной отличительной особенностью ридеров RI-H4R-S5H3-00, RI-H4R-S6H3-00 являются встроенные интерфейсы, широко применяемые в системах охраны доступа. Эти ридеры поддерживают сетевой протокол обмена RS-485 и протоколы Wiegand 256, Wiegand 64. Эти ридеры легко встраиваются в уже существующие системы доступа и не требуют замены или модернизации контроллеров. При модернизации или расширении систем доступа, а также при необходимости замены устаревшего оборудования (например систем на картах с магнитной полосой) ридеры RI-H4R-S5H3-00 и RI-H4R-S6H3-00 устанавливаются вместо старых ридеров без какой либо переделки системы. Напряжение питания ридеров 9-14 В, диапазон рабочих температур -20- +40С.

ЗАО «Сканвест» анонсирует выход на рынок РБ собственной разработки ридера семейства СА13 – считывателя транспондеров 13.56МГц по технологии Tag\_it фирмы Texas Instruments, поставляемого в вариантах со встроенной или внешней антенной.

Ридер представляет собой законченную конструкцию в корпусе из ударопрочного полистирола черного цвета размером 112x80мм.

В варианте со встроенной антенной ридер предназначен для считывания/записи транспондеров на удалении до 12 см.

В варианте с внешней антенной ридер предназначен для считывания/записи транспондеров на удалении до 50 см.

Питание ридера осуществляется от источника постоянного тока 11... 15В при токе потребления не более 150мА.

Обмен данными с ридером осуществляется по интерфейсу RS232/RS485.

Исполнение ридера предполагает использование в нормальных климатических условиях (+1... +50градусов при влажности не выше 90%).

В настоящее время производится разработка ридера для расширенного температурного диапазона (-30... +50градусов) в защищенном исполнении.

## ЖУРНАЛ

«□□□□□□□□□□□□□□»

В ГОРОДЕ МИНСКЕ КРОМЕ КИОСКОВ ГП  
«БЕЛСОЮЗПЕЧАТЬ» МОЖНО ПРИОБРЕСТИ В  
КНИЖНОМ МАГАЗИНЕ «КНИГА XXI ВЕК», КОТОРЫЙ  
НАХОДИТСЯ ПО АДРЕСУ:  
ПР. Ф.СКОРИНЫ, 92.

# ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ПОМЕЩЕНИЙ СУБЪЕКТА ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

Л.Н. Величко, Л.П. Качура, Ю.Н. Метлицкий, В.О. Чернышев. E-mail: velichko@belsoft.by

Энергосберегающая информационная технология выполняется на инструментальной платформе европейской информационной шины EIB (European Installation Bus), разработанной ведущими производителями электротехнического оборудования «Merten» и «Gira» (Германия).

Интеллектуальные системы управления помещениями субъектов хозяйствования, реализуемые на базе шины EIB, являются новым современным продуктом передовых технологий, обеспечивающих наиболее рациональное решение проблемы энергосбережения.

Данное направление автоматизации в Европе эффективно используется на протяжении 12 лет. EIB-системы по нормам стандарта DIN рекомендуется устанавливать с 1995 года как в строящихся зданиях и сооружениях, так и для переоснащения существующих помещений хозяйствующих субъектов (посредством радиошины). В качестве последних могут выступать административные учреждения, промышленные предприятия, банковские организации, учебные заведения, спортивные сооружения, гостиничные комплексы, крупные офисы, больницы и др.

Система EIB предназначена для электроснабжения инженерного и осветительного сертифицированного оборудования интеллектуальных помещений хозяйствующего субъекта и обеспечения энергосберегающих режимов работы при их эксплуатации на основе новых технологий, отвечающих современным техническим требованиям, действующим нормативным документам и условиям органов государственного надзора. Инструментально-индустриальная среда системы включает в себя обеспечивающие подсистемы контроля, учета, гибкого регулирования и управления электрическими нагрузками, аварийной сигнализации, диагностики и прогнозирования ее развития.

Основной целью создания EIB-системы является разработка инструмента, обеспечивающего эффективное функционирование удобной, экономичной и надежной среды управления жизнеобеспечением субъекта хозяйствования и создания комфортных условий для пользователей с предоставлением им максимума сервисных услуг на основе новых информационных технологий (НИТ) и автоматизированного оборудования. Это достигается путем совместной, взаимосвязанной работы функциональных подсистем отопления, вентиляции и кондиционирования, экономичного освещения и водоснабжения, предупреждения аварийных ситуаций и др.

Сформулированная цель достигается решением следующих задач:

1. Централизованный и местный контроль инженерного оборудования, представление о его состоянии в наиболее удобном виде.
2. Централизованное и местное управление инженерным оборудованием.
3. Частичное дистанционное управление и контроль

функционирования инженерного оборудования.

4. Оптимизация энергоресурсов и сокращение энергозатрат в системе.

5. Повышение надежности работы инженерного оборудования и увеличение его ресурса.

6. Повышение комфортности жизнедеятельности пользователей.

Реализацию перечисленных задач в EIB-системе целесообразно осуществить с соблюдением определенных требований и концептуальных принципов ее построения. Система автоматизации должна:

- строиться по модульному принципу и иметь возможность гибкого дополнения для обработки информации и сигналов разных типов без значительной ее перестройки;

- иметь возможность подключения новых зон и областей контроля и управления с выходом на пульт диспетчеризации;

- соответствовать требованиям высокой надежности и принципам построения НИТ, выполненных на основе распределенных локальных информационно-вычислительных сетей (ЛИВС), обеспечивающих обмен информацией через витую пару между контроллерами, управляющим устройством, измерительными преобразователями (датчиками) сбора информации и центральным пультом управления;

- предоставлять информацию о параметрах и состоянии оборудования в реальном масштабе времени, в удобной для пользователя графической форме со звуковым сопровождением при возникновении аварийного состояния или отклонения параметров от заданных значений;

- сохранять возможность выполнения функций сигнализации, контроля и управления с диспетчерских щитов при аварийном отключении оборудования пультов и органов управления;

- предусматривать возможность установки дополнительных пультов контроля и управления в любой точке информационной шины;

- иметь резерв для подключения контроллеров инженерного оборудования, реализованных с соблюдением одного стандарта.

Система управления автоматизированным оборудованием помещений субъекта хозяйствования, выполненная на вышеизложенных концептуальных принципах EIB-технологий, приобретает свойства интеллектуальности и по сравнению с традиционными решениями она отличается следующими преимуществами:

1. Децентрализация: каждому датчику и исполнительному устройству придается собственный контроллер.

2. Простота и надежность: силовая электропроводка прокладывается непосредственно между исполнительными устройствами и потребителями; все шинные приборы связываются между собой только информационным кабелем.



3. Удобство использования: управление осуществляется при помощи внешне «обычных» выключателей; повышение уровня комфорта; возможность реализации ранее недоступных функций, выполняемых электроустановкой; современный дизайн розеток, выключателей и других электроприборов.

4. При изменении функционального назначения оборудования или при перепланировке помещений обеспечивается быстрая адаптация системы путем перепрограммирования шинных приборов без прокладки новых каналов связи.

5. Предоставляется возможность поэтапной реализации и расширения функций, работающей системы, корректировки программного обеспечения (ПО) отдельных приборов, не требуя физического доступа к ним.

6. Обеспечивается значительное (до 40%) снижение эксплуатационных расходов (отопление, электроснабжение) за счет более рационального использования оборудования.

7. Уменьшаются затраты на силовую часть и количество соединений, упрощаются электромонтажные работы, повышается степень электробезопасности пользователей за счет использования безопасного уровня напряжения в управляющем устройстве.

8. Допускается визуализация на основе собственных аппаратно-программных средств или систем автоматизации более высокого уровня.

9. Совместимость устройств различных производителей, возможность модификации и развития системы, обеспечение наиболее оптимального соотношения предоставляемых возможностей и цены.

10. Повышаются экологические характеристики помещений благодаря снижению уровня электромагнитных излучений.

Структура системы EIB может быть представлена в виде

**Таблица 1.**

№ п/п	Наименование	Характеристика
1.	Канал связи	Витая пара
2.	Функции	Соединение, управление, регулирование, отображение, измерение, индикация, контроль
3.	Количество абонентов на одной линии	64
4.	Количество линий	Максимум 14+1 главная
5.	Количество областей	Максимум 15
6.	Прокладка шины	Стандартная телекоммуникационная схема, кабель J-Y (ST) 2x2x0.8 или YCYM 2x2x0.8. Одна пара проводов для передачи сигнала и подачи питания. Вторая пара проводов в качестве резервной
7.	Длина проводки в линии	Максимум 1000 м
8.	Расстояние между двумя устройствами в линии	Максимум 700 м
9.	Расстояние между устройством и источником питания в линии	Максимум 350 м
10.	Схема соединения	Линейная схема, звезда, дерево или любая их комбинация
11.	Адресация	Индивидуальная для устройств или выполняемых функций
12.	Управление шиной	Децентрализованное; протокол доступа CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)
13.	Скорость передачи	9 Кбит/с
14.	Метод передачи данных	Последовательная передача информации, симметричная передача сигналов
15.	Напряжение питания	24В (+6/-4В) постоянного тока, защита от короткого замыкания и от пониженного напряжения (SELV)
16.	Рабочая температура	От -5 до +45 С

двух иерархических уровней. На нижней страте осуществляется местное (локальное) управление функциональными подсистемами в конкретном помещении, а на верхней – централизованное управление всей системой с одного диспетчерского компьютеризированного пункта. В этом случае EIB-система будет представлять собой комбинированную (частично децентрализованную) систему, сочетающую достоинства централизованного и децентрализованного методов управления. При этом архитектура, конфигурация и топология нижнего уровня иерархии позволяют обеспечить самостоятельное управление всеми входящими в него подсистемами независимо от верхнего уровня.

Местное управление основывается на широком применении шинных приборов, объединенных между собой каналом связи (общей шиной). Каждый шинный прибор представляет собой устройство, состоящее из контроллера, подключаемого к линии связи, собственно функционального устройства и программных приложений ETS (EIB Tool Software), совместимых с операционной системой Windows. Каждому шинному прибору присваивается уникальный физический адрес, а каждому сигналу – групповой адрес. Такая организация позволяет управлять из любого места помещения любым устройством, а при использовании шлюзов возможен дистанционный контроль и управление по телефону, с помощью компьютера или подключения к сетям LAN/WAN.

Шинные приборы объединяются кабелем, по которому обеспечивается их питание и обмен информационными сигналами. Управляющая часть, включающая датчики, контроллеры и исполнительные устройства (выключатели), связана только слаботочным информационным каналом. С помощью линейных соединений шины могут быть объединены в области. Техническая характеристика подсистемы местного управления приведена в таблице 1.



Местное управление, выполненное на инструментальной платформе EIB-технологий, предусматривает:

- ручное управление всем инженерным оборудованием с помощью локальных органов, расположенных в помещениях по принципу функциональной достаточности и необходимой избыточности;

- подсветку локальных органов управления;
- индикацию режимов работы оборудования.

Местное управление должно обеспечить:

- сохранность установленных режимов работ оборудования при пропаданиях питающего сетевого напряжения и их восстановление при его появлении;

- бесперебойное питание органов управления;

- соответствие выбранного дизайна органов управления архитектурным решениям.

Функциональная подсистема местного управления автоматизированным оборудованием помещений хозяйствующего субъекта в рамках отдельных компонентов должна удовлетворять следующим требованиям:

### 1. Освещение:

- централизованное и распределенное из нескольких мест управление источниками света, обеспечивающее включение/выключение светильников, поддержание равномерного и плавно регулируемого освещения в помещениях;

- автоматическое управление яркостью заданных групп светильников, их включение на неполную мощность (от 0 до 100%), обеспечивающее полный свет или интимное освещение в зависимости от наружного естественного освещения, времени суток, появления людей в помещениях;

- автоматическое включение ограниченного количества групп светильников при наступлении сумерек и их выключение с рассветом, переключение освещения в режим работы на неполную мощность в ночное время;

- автоматическое включение/выключение внутреннего или наружного освещения в заданное время суток и/или в зависимости от естественной освещенности, наличия персонала в помещении;

- постановка и реализация сложных световых решений, создание "световых сцен" посредством обеспечения различной освещенности, необходимой скорости, заданной последовательности и периодичности включения/выключения заранее выбранных комбинаций источников света;

- симуляция присутствия людей в помещениях посредством включения заданных групп источников освещения;

- подсветка выключателей и локальная индикация включения всех групп источников освещения, их отображение на пульте управления;

- управление заданными источниками освещения с помощью инфракрасных пультов управления;

- аварийное включение заданных групп светильников по сигналам от устройств охранной сигнализации.

### 2. Микроклимат:

- автоматическое управление по комфортному графику приводами клапанов (с одновременным предотвращением их заклинивания) радиаторов в зависимости от температуры в помещениях и времени суток;

- автоматическое регулирование и поддержание заданной температуры в помещениях в зависимости от их назначения, времени года и суток, дня недели, наличия или отсутствия персонала с помощью регулирования отопления, включения/выключения вентиляции и кондиционеров;

- автоматическое управление (включить/выключить) заданными пределами качества воздуха в помещениях при

входе/выходе из них;

- автоматизированное согласованное управление отоплением и кондиционированием, перевод оборудования в различные режимы функционирования нажатием одной кнопки;

- автоматическое отключение отопления при проветривании помещений, запуск вытяжной вентиляции при включении освещения и ее отключение с задержкой во времени посредством таймера;

- реализация функций энергосбережения при открытии окон, отсутствии персонала (дежурный режим), предварительный прогрев помещений после длительного его отсутствия по телефонному интерфейсу, предотвращение замораживания отопительных приборов в случае забытых открытых окон;

- сигнализация аварийного состояния устройств вентиляции и кондиционирования при поступлении данных с локальных щитов управления.

### 3. Обогрев:

- автоматическое включение устройства таяния льда на крыше при обледенении, растаивания снега перед входом в здание и въездом в гараж;

- управление (включить/выключить) устройствами обогрева кровли здания, таяния льда и снега;

- сигнализация о работе устройств обогрева кровли здания, таяния льда и снега.

### 4. Водоснабжение:

- текущий контроль давления в заданных точках сантехнического оборудования;

- контроль состояния датчиков протечки воды;

- аварийное отключение водоснабжения.

### 5. Оконные приводы:

- централизованное и распределенное из нескольких помещений управление состоянием окон (открыто/закрыто), рельставней, жалюзи и штор с пошаговым регулированием их положения;

- автоматическое управление состоянием рельставней, жалюзи и штор в зависимости от наружной освещенности, силы и направления солнечного света, времени суток, появления персонала и включения освещения в помещениях;

- автоматическое закрытие рельставней и жалюзи при появлении света в темное время суток;

- приведение заданных групп рельставней, жалюзи и штор в определенное конечное положение в соответствии с используемыми световыми сценариями;

- аварийное приведение окон, рельставней, жалюзи и штор в заданное конечное положение по сигналам охранной сигнализации;

Автоматическая антивирусная проверка всей почты  
Уведомление на пейджер или GSM о поступлении новой почты  
Подключение локальных сетей и почтовых доменов, включая MS Exchange  
Всегда не менее 20% свободных входных линий  
Четыре современных пула.  
Протокол V.90

**Network Systems ISP**  
220013, г. Минск, ул. 2-я Шестая линия, д. 9. Тел./факс: 283 17 11  
E-mail: info@nsys.by Web: http://nsys.by

- принудительное приведение окон, рольставней и жалюзи в заданное конечное положение по сигналам метеостанции при наличии угрожающих обстоятельств (сильный ветер, град, дождь и т.п.).

б. Охранная и пожарная сигнализация:

- вывод на экран монитора схемы расположения элементов сигнализации для наблюдения за состоянием охраняемых участков и датчиков;

- оповещение персонала, ответственного за охраняемый объект, в случае несанкционированного доступа посторонних лиц посредством звукового сигнала сирены, включения жалюзи, отправки сообщения по факсу или телефону;

- имитация режима присутствия персонала и функционирования помещений в обычном режиме при отсутствии хозяев;

- автоматическое реагирование и дистанционное управление объектом при возникновении аварийной нештатной ситуации (перекрытие воды, газа, электричества, включение вентиляции) через телефон, радиопульт или компьютерную сеть;

- автоматическое включение устройств таяния льда на крыше при обледенении, растаивания снега перед входом и въездом в гараж; закрытие рольставней и сворачивание тентов при сильном ветре;

- использование интеллектуальных пожарных датчиков, способных реагировать на начальное возгорание и отличить его от табачного дыма;

- автоматическая постановка под защиту любых участков объекта при угрозе несанкционированного доступа и возникновения нештатных ситуаций в заданное время суток, обеспечение возможности протоколирования событий.

Централизованное управление автоматизированным оборудованием помещений хозяйствующего субъекта обеспечивает:

- полное автоматическое выполнение процессов и процедур, необходимых заказчику с дополнительным ручным включением требуемых устройств;

- получение цветных графических планов помещений на экране монитора компьютера, их использование для мониторинга и управления оборудованием и устройствами подсистемы на основе данных об их работе, включения/отключения, отражаемых на информационных дисплеях;

- наблюдение за показаниями различных датчиков, счетчиков и приборов, контроль и учет всех видов энергоресурсов, любых нарушений их потребления и сбоев в работе оборудования в каждом помещении через экран монитора;

- создание требуемых режимов функционирования инженерного оборудования и устройств в реальном масштабе времени;

- отображение метеоинформации (температура наружного воздуха, давление, влажность, скорость ветра, наличие осадков) на центральном и вспомогательных пультах управления;

- телеизмерение основных параметров, телеуправление автоматизированным инженерным оборудованием и телесигнализация его аварийного состояния, дистанционная корректировка ПО;

- создание ЛИВС, выполненной на основе международных стандартов 802.31 и 802.34 с использованием маршрутизатора Ethernet и имеющей доступ в Internet посредством выделенной линии от Internet-провайдера;

- прием, усиление и распределение вещательных программ эфирного (в метровом и дециметровом диапазонах волн) и спутникового телевидения; радиопрограмм в ЧМ и FM диапазонах волн;

- установка АТС с базовым набором функций (переадресация и маршрутизация вызовов, постановка на удержание, сокращенный набор, конференц-связь) с возможностью сопряжения с системой микросотовой связи стандарта DECT;

- строгий порядок взаимодействия инженерного оборудования на местном уровне в соответствии с требованиями ГОСТов и ВСН, а также надежный алгоритм обработки в аварийных ситуациях и сопряжения с удаленными субъектами внешней среды.

Для сбора, хранения и отображения информации, а также управления инженерным оборудованием предусматривается центральный пульт управления, который встраивается в ЛИВС субъекта хозяйствования. К центральному пульту подключаются местные пульта управления, расположенные в помещениях хозяйствующего субъекта.

К центральному пульту управления предъявляются следующие требования, обеспечивающие:

- постоянный обмен данными с информационной шиной;

- надежное хранение информации о состоянии автоматизированного оборудования местного уровня;

- отображение информации в удобной для пользователей форме о состоянии контролируемого инженерного оборудования;

- цветную графическую визуализацию функционального содержания и состояния автоматизированного оборудования, измерение, управление и сигнализацию;

- сенсорное управление режимами работы оборудования и их сменой в зависимости от производственной ситуации;

- бесперебойное питание пульта управления и центрального компьютера, подключение нагрузок к защищенной питающей сети.

Предлагаемая система ЕІВ является самодостаточной и не требует каких-либо дополнительных управляющих устройств. В случае необходимости управление может осуществляться с помощью манипулятора типа "мышь" или непосредственного касания соответствующих мест на экране сенсорного дисплея. В систему ЕІВ может быть встроены интерфейс с телефонной сетью (автодозваниватель). Компьютерное управление системой обеспечит дистанционный доступ, измерение, контроль, учет, диагностику и прогнозирование каждого прибора или устройства на уровне диспетчеризации, которые позволяют пользователям иметь полную информацию обо всех объектах здания хозяйствующего субъекта в реальном масштабе времени.

**Стоимость пакетов на 30 дней**

<b>Ночной</b> (22:00 - 8:00)	23460
<b>Домашний</b> (1 час в день в любое время)	24990
<b>Ночной+</b> (22:00 - 8:00 + сб., вс.)	30600
<b>Домашний+</b> (1 час в день в любое время + сб., вс.)	40800
<b>Деловой</b> (2 часа в день в любое время)	40800
<b>Люкс</b> (3 часа в день в любое время)	70380
<b>Деловой+</b> (2 часа в день в любое время + сб., вс.)	51000
<b>Люкс+</b> (3 часа в день в любое время + сб., вс.)	81600
<b>Дополнительный почтовый ящик</b>	6630

Для читателей журнала подключение бесплатное!



## АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ УСТРОЙСТВА КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

П.В. Кучинский, А.П. Петрунин, Ю.П. Петрунин.

Институт прикладных физических проблем им. А.Н.Севченко БГУ

На сегодняшний день в Республике Беларусь развивается новое научно-техническое направление – разработка и изготовление программных средств и аппаратно-программных устройств криптографической защиты информации. Разрабатываются и принимаются национальные стандарты в области информационных технологий, например стандарт Республики Беларусь СТБ 1176.2-99 «Информационная технология. Защита информации. Процедуры выработки и проверки электронной цифровой подписи».

Эффективная защита информации является необходимым условием надежного функционирования современных информационных технологий. Создание аппаратно-программных средств защиты информации и их использование позволят обеспечить конфиденциальность информации при ее хранении и передаче, разграничение доступа к данным, целостность данных при хранении и передаче, подтверждение факта ознакомления с информацией.

До недавнего времени применялись только системы с секретным криптоключом, в которых у всех абонентов защищенной сети должен быть одинаковый секретный ключ. Последнее делало такие системы очень неудобными при эксплуатации с большим числом абонентов. В конце 70-х годов появились системы с открытым ключом. Это привело к широкому внедрению криптографических средств защиты данных при их передаче в информационных сетях, позволившем на практике реализовать электронную цифровую подпись.

Известно, что стойкость систем защиты информации с использованием криптоалгоритмов определяется главным образом качеством используемого ключа. Не все ключи обеспечивают необходимую стойкость. Так, для алгоритма DES известно существование, так называемых, «слабых ключей», при использовании которых шифр сравнительно просто вскрывается. Поэтому качеству ключа предъявляются очень высокие требования. Он должен выработываться с использованием физического источника шума. В дополнение стандарт СТБ 1176.2-99, для выработки электронной цифровой подписи, требует использования случайных числовых последовательностей полученных на основе физического источника шума. Аналогичные требования содержатся в стандарте США (FIPS 140-1, -2).

На сегодняшний день широкое распространение получили способы передачи информации с использованием модемов. Однако передаваемая информация является открытой и, следовательно, доступной для ознакомления и искажения. С другой стороны, со стороны модема имеется открытый доступ к информационным ресурсам, операционной системе и программам, установленным на компьютере. Это может привести к уничтожению, хищению или искажению информации на компьютере.

Для противодействия указанным угрозам необходимо с одной стороны, передавать информацию в закрытом виде, с проверкой целостности и подтверждения авторства. С другой стороны, обеспечить надежную защиту от несанк-

ционированного доступа к ресурсам компьютера со стороны модема. Это достигается закрытием передаваемой информации с использованием алгоритмов криптографической защиты информации. Причем криптографическое преобразование информации должно проводиться непосредственно при передаче в модем и приеме через модем до поступления ее в операционную среду компьютера. При этом пользователь должен иметь возможность самостоятельно работать с ключевой документацией

В связи с выше изложенным, нами на основе высокопроизводительного микропроцессора TMS320C57 разработано и изготовлено семейство аппаратно-программных устройств (АПУ) «Кристалл», реализующих следующие функции и технические возможности:

- криптопреобразование по ГОСТ 28147-89 и DES,
- электронную цифровую подпись по СТБ 1176.2-99,
- вычисление функции хэширования по СТБ 1176.1-99,
- открытое распределение ключей,
- считывание информации из микросхемы памяти типа Touch Memory в микропроцессор АПУ,
- генерирование случайной числовой последовательности с выводом ее в микропроцессор АПУ или в ПЭВМ,
- контроль за напряжениями питания АПУ и за температурой на поверхности платы,



Лиц. №14562 до 30.06.2005

**ООО "ПРОДИМПОРТ"**

г. Минск

**Официальный дилер АО "Альфа" (Рига)**  
**т/ф +375 (17) 209-61-83, т +375 (17) 211-06-01**  
**e-mail: p\_port@mail.ru**  
**http://www.prodimport.bizland.com**

**Со склада в Минске от ведущих изготовителей:**

- Цифровые ИМС стандартов ALS, F, AC, HC
- Операционные усилители
- Интегральные АЦП и ЦАП
- Интегральные компараторы
- Маломощные стабилитроны (P=450 mW)
- Маломощные стабилизаторы (I=100 mA)
- Мощные стабилизаторы (I=1 A)
- Интегральные аналоговые таймеры
- ИМС для телефонов
- Мощные MOSFET для блоков питания
- Магниточувствительные ИМС
- Электролитические конденсаторы

**! Бескорпусные элементы**

**! SMD-компоненты**

- контроль за частотой синхронизации PCI-шины,
- скорость криптопреобразований по симметричным схемам до 3.5 Мбит·с<sup>-1</sup>,
- время формирования электронной цифровой подписи не более 0.9 с (для блока данных 2 Кбайт),
- скорость генерации случайной числовой последовательности до 300 Кбит·с<sup>-1</sup>.

Устройства выполнены в виде встраиваемой в персональную вычислительную машину (ПЭВМ) типа IBM PC платы, помещенной в металлический корпус, и программного обеспечения. Аппаратно-программные устройства занимают одну позицию на шине расширения ПЭВМ. Интерфейс связи устройств соответствует спецификации PCI 2.2 с частотой шины 33 МГц. В соответствии с этой спецификацией интерфейс содержит конфигурационную память устройства, которая доступна ПЭВМ в конфигурационном цикле шины PCI. Содержание этой памяти (параметры Vendor ID и Device ID) однозначно определяют устройство, его тип и требуемый диапазон адресов ввода/вывода. В эту область памяти ПЭВМ записывает так же базовый адрес устройства.

Кроме выше перечисленного, устройство «Кристалл-09» имеет последовательный интерфейс RS232, что обеспечивает передачу данных по каналам связи с использованием модема. В устройстве поддерживаются стандартные скорости обмена с модемом до 115,2 Кбит·с<sup>-1</sup>. Наличие последовательного порта позволяет использовать АПУ «Кристалл-09» в качестве канального шифратора в модемных линиях связи.

В качестве CPU используется 16-ти разрядный микропроцессор TMS320C57 фирмы Texas Instruments. Адресное пространство TMS320C57 составляет 192К\*16 бит и разбито на три части: память программ (64К\*16); память данных (64К\*16); адресное пространство устройств ввода/вывода (64К\*16). Кроме того, внутри процессора имеется ОЗУ размером 7К\*16 бит, которое может использоваться как память данных или как память программ. Микропроцессор TMS320C57 имеет порт для обмена с ведущей ПЭВМ (HPI-порт). HPI-порт процессора имеет буферное ОЗУ объемом 2К\*16 бит, адресный регистр и контрольный регистр. Обмен ПЭВМ и микропроцессора осуществляется через HPI-порт. При этом, ПЭВМ не имеет прямого доступа в адресное пространство микропроцессора. В зависимости от рабочей частоты процессора, минимальное время выполнения одного командного цикла составляет 16,5 нс.

Память программ АПУ выполнена на одной микросхеме постоянного запоминающего устройства (ПЗУ) с объемом 64К\*16 бит. Память данных предназначена для хранения служебной информации и выполнена так же на микросхеме ПЗУ с объемом 64К\*16 бит. Следует заметить, что адресное пространство памяти данных частично занято внутренними регистрами CPU, HPI-портом и может быть занято внутренним ОЗУ CPU, в зависимости от распределения памяти процессора конкретной программой. Поэтому доступной для пользователя память данных оказывается меньше 64К\*16 и реально может составлять не менее 56К\*16. Конструктивно в АПУ предусмотрено применение микросхем ПЗУ в корпусах PLCC-44, устанавливаемых в колодки.

Для хранения критической информации (хранения ключей, имитовставок и т.п.) в АПУ имеется энергонезависимая

память (NVRAM) объемом 64 Кбайта. При вскрытии корпуса АПУ вся информация в NVRAM уничтожается.

Для предотвращения криптографических атак на АПУ связанных с установкой за пределами высоких частот работы устройства и его интерфейса, в АПУ применен контроль за частотой PCI-шины. При отклонении частоты PCI-шины более чем на 10% работа АПУ автоматически блокируется. Наличие в АПУ мониторов напряжения питания и температуры предотвращает попытки криптографических атак связанных с заданием нестандартных условий работы по напряжению питания и температуре.

В АПУ имеется шестнадцатиразрядный регистр серийного номера устройства, предназначенный для хранения заводского номера устройства, присвоенного ему производителем. Этот номер является уникальным для каждого устройства.

Весь интерфейс АПУ с PCI-шиной, а так же часть периферийных устройств микропроцессора TMS320C57 реализованы на программируемой логической матрице типа FPGA фирмы Xilinx.

В АПУ реализована выработка сеансовых ключей на физическом источнике шума с проверкой и скоростью генерации до 0.2 Мбит·с<sup>-1</sup>. Ввод ключей пользователя может быть осуществлен как с дискеты, так и с Touch Memory.

Аппаратно-программные устройства комплектуются библиотекой функций. Библиотека функционально реализует следующие режимы работы АПУ:

- тестирование памяти и генератора СЧП,
- контроль целостности ПО и данных,
- проверку работоспособности;
- защиту от несанкционированных действий;
- установку и смену ключевой документации;
- инициализацию АПУ с правами пользователя и администратора;
- шифрование по ГОСТ 28147-89 и DES;
- формирование ЭЦП и вычисление хэш-функции;
- открытое распределение ключей.

Библиотека функций разработана для операционных систем DOS, Windows 95/98, Windows NT/2000.

Как указывалось выше, стандарт СТБ 1176.2-99, для выработки электронной цифровой подписи, требует использования случайных числовых последовательностей полученных на основе физического источника шума. Нами разработано и изготовлено семейство аппаратно-программных устройств генерации случайных числовых последовательностей (ГСЧП). Так АПУ ГСЧП «Ключ-04» предназначено для применения в качестве встраиваемого в персональную вычислительную машину типа IBM PC устройства генерации случайной числовой последовательности под управлением ПЭВМ. АПУ ГСЧП выполнено в виде отдельной платы, занимающей одну позицию на PCI-шине ПЭВМ, и программного обеспечения (ПО) для работы под управлением операционных систем «Windows 98», «Windows 2000», или «Windows NT».

АПУ ГСЧП обеспечивает следующие функциональные возможности:

- генерирование случайной числовой последовательности с выводом ее в ПЭВМ;
- контроль исправности шумовых диодов ГСЧП;
- контроль напряжения питания ГСЧП и температуры на поверхности платы ГСЧП;
- время формирования 8 бит случайной числовой пос-

последовательности - не более 5 мкс;

- протокол обмена между ПЭВМ и ГСЧП соответствует спецификации PCI 2.2 33 МГц.

Принцип действия генератора случайных числовых последовательностей основан на преобразовании в цифровой код числа переключений компаратора за некоторый временной интервал (при этом на вход компаратора поступает шумовой аналоговый сигнал). АПУ ГСЧП состоит из следующих основных функциональных узлов: восьми диодных генераторов шума (ГШ); восьми аналоговых компараторов (АК); восьмиразрядного устройства пересчета (УП); устройства контроля генераторов шума (УК); монитора напряжения питания ГСЧП (МП); датчика температуры (ДТ); шестизрядного регистра состояния (РС); шестнадцатизрядного регистра серийного номера устройства (РСН); конфигурационной памяти ПЛИС (КП); интерфейса ГСЧП с шиной PCI (ИНТ). Интерфейс АПУ ГСЧП (ИНТ) соответствует спецификации PCI 2.2 с частотой шины 33 МГц. Интерфейс обеспечивает 32-разрядный обмен данными в режиме конфигурации устройства и 16-разрядный – в режиме портов ввода/вывода. В соответствии со спецификацией PCI интерфейс ИНТ содержит конфигурационную память устройства, которая доступна ПЭВМ в конфигурационном цикле шины PCI. Содержание этой памяти однозначно определяет устройство, его тип и требуемый диапазон адресов ввода/вывода. В эту область памяти ПЭВМ записывает также базовый адрес устройства.

Интерфейс обеспечивает полное авто-конфигурирование устройства. Авто-конфигурирование устройства происходит в конфигурационном цикле шины PCI. Интерфейс АПУ ГСЧП аппаратно реализован в микросхеме ПЛМ.

В качестве диодных генераторов шума (ГШ), применены стандартные шумовые диоды КГ401В со спектральной плотностью напряжения шума  $30 \dots 170 \text{ мкВ Гц}^{-1/2}$ . Для преобразования шумового напряжения диодов используются четыре сдвоенных аналоговых компаратора напряжения (АК).

Восьмиразрядное устройство пересчета (УП) предназначено для преобразования в цифровой код числа переключений каждого компаратора за некоторый временной интервал, который определяется управляющей программой. По истечению заданного интервала времени ПЭВМ считывает состояние УП и затем обнуляет его. УП реализовано на ПЛМ.

Устройство контроля генераторов шума (УК) предназ-

начено для контроля исправности генераторов шума и основано на подсчете количества шумовых импульсов, сгенерированных каждым генератором за вышеобозначенное время. Критерием исправности генераторов является генерация каждым из них не менее трех импульсов. УК реализовано на ПЛМ.

Монитор напряжения питания (МП) предназначен для контроля напряжения питания ГСЧП. При уменьшении напряжения питания шумовых диодов более чем на 0,3 вольта и напряжения питания +5V на 0,5 вольта монитор питания вырабатывает сигнал, который фиксируется в регистре состояния (РС) устройства. МП реализован на микросхеме TPS3307.

Датчик температуры (ДТ) предназначен для контроля температуры на поверхности платы ГСЧП. ДТ является двухпороговым и срабатывает при выходе температуры за заданный диапазон. Сам температурный диапазон устанавливается программированием ДТ перед установкой его на плату. В ГСЧП установлен диапазон +5 - +55 С°. Выходные сигналы ДТ фиксируются в регистре состояния (РС) устройства. ДТ реализован на DS1620.

Шестнадцатизрядный регистр серийного номера устройства (РСН) предназначен для хранения заводского номера устройства, присвоенного ему производителем. Этот же номер присутствует в маркировке ГСЧП. РСН реализован на ПЛМ.

Большая часть функциональных узлов АПУ ГСЧП реализована на программируемой логической матрице (ПЛМ) XCS05-3VQ100 типа FPGA фирмы Xilinx. Для ПЛМ данного типа требуется конфигурационная память (КП) в которой хранится программа конфигурации ПЛМ. После включения питания ПЭВМ программа конфигурации автоматически загружается в ПЛМ, активируя ее.

Программное обеспечение АПУ ГСЧП состоит из программ инсталляции ГСЧП в операционных системах и управляющей программы генерации случайной числовой последовательности. Программное обеспечение позволяет тестировать как само устройство, так и качество СЧП, ранее сгенерированной и записанной в двоичный файл данных. Все тесты соответствуют FIPS-140-1. Программа также содержит возможность отключать сбойные диоды для сохранения качества СЧП.

К настоящему времени в НИИ ПФП им. А.Н.Севченко разработаны и изготавливаются следующие аппаратно-программные устройства защиты информации:

### 1. Семейство аппаратно-программных устройств генерации случайной числовой последовательности на физическом источнике шума

Название устройства	Технические характеристики
Ключ-02 БАСР 468759.040	Скорость генерации СЧП до $10^5$ бит/с. Интерфейс связи ISA. Программное обеспечение.
Ключ-03 БАСР 468759.041	Скорость генерации СЧП до $10^6$ бит/с. Интерфейс связи ISA. Программное обеспечение.
Ключ-04 БАСР 468759.053	Скорость генерации СЧП до $2 \cdot 10^6$ бит/с. Интерфейс связи PCI. Контроль температуры, напряжения питания и работоспособности источника шума. Программное обеспечение.



## 2. Семейство аппаратно-программных устройств криптографической защиты информации

Название устройства	Технические характеристики
Кристалл-01 БАСР 467387.017	Шифрование по ГОСТ28147-89. Скорость шифрования до 2 Мбит/с. Генерация сеансовых ключей шифрования (до 80 Кбит/с). Ввод ключей пользователя – дискета, Touch Memory. Энергонезависимая память хранения ключей – 32 Кбайта. Ключевая система по требованиям заказчика. Интерфейс связи ISA. Библиотека функций.
Кристалл-03 БАСР 467451.039	Шифрование по ГОСТ28147-89. Скорость шифрования до 2.5 Мбит/с. Генерация сеансовых ключей шифрования (до 80 Кбит/с). Ввод ключей пользователя – дискета, Touch Memory. Энергонезависимая память хранения ключей – 64 Кбайта. Ключевая система по требованиям заказчика. Интерфейс связи ISA. Библиотека функций.
Кристалл-05 БАСР 467451.051	Шифрование по ГОСТ28147-89 (скорость до 1.5 Мбит/с). Выработка электронной цифровой подписи по - СТБ 1176.2-99. Вычисление функции хэширования по - СТБ 1176.1-99. Генерация сеансовых ключей шифрования (до 200 Кбит/с). Ввод ключей пользователя – дискета, Touch Memory. Энергонезависимая память (RAM) хранения ключей – 64 Кбайта. Ключевая система по требованиям заказчика. Интерфейс связи ISA. Библиотека функций.
Кристалл-07 БАСР 467451.052	Шифрование по ГОСТ28147-89 (скорость до 1.5 Мбит/с). Шифрование по DES. Выработка электронной цифровой подписи по - СТБ 1176.2-99. Вычисление функции хэширования по - СТБ 1176.1-99. Генерация сеансовых ключей шифрования (до 100 Кбит/с). Ввод ключей пользователя – дискета, Touch Memory. Энергонезависимая память (RAM) хранения ключей – 64 Кбайта. Ключевая система по требованиям заказчика. Интерфейс связи PCI. Контроль температуры, напряжения питания. Защитный кожух. Сброс RAM при вскрытии крышки кожуха. Библиотека функций.

## 3. Аппаратно-программные устройства криптографической защиты информации, передаваемой по линиям связи общего назначения

Название устройства	Технические характеристики
Кристалл-09 БАСР 67451.XXX	Шифрование по ГОСТ28147-89 (скорость до 2.0 Мбит/с). Выработка электронной цифровой подписи по - СТБ 1176.2-99. Вычисление функции хэширования по - СТБ 1176.1-99. Генерация сеансовых ключей шифрования (до 100 Кбит/с). Ввод ключей пользователя – дискета, Touch Memory. Энергонезависимая память (RAM) хранения ключей – 64 Кбайта. Ключевая система по требованиям заказчика. Интерфейс связи PCI. Порт подключения модема – RS232. Контроль температуры, напряжения питания и частоты шины. Защитный кожух. Сброс RAM при вскрытии крышки кожуха. Библиотека функций.

Таким образом, разработанные и изготавливаемые в Республике Беларусь аппаратно-программные устройства “Кристалл” и “Ключ” в совокупности со стандартными сетевыми устройствами и программным

обеспечением ведущих производителей позволяют строить сети передачи конфиденциальной информации в органах государственного управления, банковских системах, корпорациях и компаниях.



# ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

А.Ф.Чернявский, А.Ф.Романов

Основой геофизических исследований структуры земной поверхности, направленных на решение задач поиска и разведки полезных ископаемых, является сейсморазведка. При проведении сейсморазведочных работ сейсмические колебания, получаемые в результате воздействия на среду источника возбуждения, регистрируются во многих точках приема, расположенных на одной прямой (профильные работы) или на нескольких параллельно расположенных прямых (площадные работы). Методы обработки сейсмических сигналов включают спектральный и корреляционный анализ, свертку сейсмического эхо-сигнала с опорным сигналом (свипом), идентичным сигналу возбуждения излучателя.

Модель сейсмического сигнала можно получить, если представить, что в идеально-упругой слоистой среде возбуждается волна  $s_0(t)$ . Каждая граница создает отраженную волну, регистрируемую на линии приема в виде  $ais_0(t-t_0i-x/vki)$ , где амплитуда  $ai$  и кажущаяся скорость  $vki$  (в общем случае зависят от  $x$ ) - случайные параметры,  $t_0i$  время прихода волны  $i$  в точку  $x=0$ . Тогда волновое поле в отсутствие помех можно представить как результат сложения отраженных волн:

$$f(t, x) = \sum a_i(x) s_0[t-t_i(x)],$$

$$\text{где } t_i(x) = t_{0i} + x/v_{ki}.$$

В действительности регистрируемый сейсмический сигнал всегда представляет собой сумму поля полезного сигнала и поля помех, которое может включать составляющие как коррелированные, так и некоррелированные по  $x$ :

$$f(t, x) = \sum a_i(x) s_0[t-t_i(x)] + n(t, x).$$

В тех случаях, когда используется источник возбуждения форма возбуждаемых колебаний которого известна (например, вибрационный), может быть легко реализован фильтр, обеспечивающий максимально возможное повышение отношения сигнал/помеха, используя различия в свойствах сигнала и помехи.

Комплексная частотная характеристика такого фильтра может быть записана в виде

$$H(\omega) = \frac{S^*(\omega)}{S_n(\omega)},$$

где  $S_n(\omega)$  – спектр помехи,  
 $S^*(\omega)$  – функция, комплексно сопряженная со спектром сигнала.

Для широкополосной помехи, спектр мощности которой равномерный в полосе частот сигнала ( $S_n(\omega) = \text{const}$ ), выражение для частотной характеристики оптимального фильтра упрощается. С точностью до постоянного множителя можно записать:

$$H(\omega) = S^*(\omega).$$

Во временной области такой согласованный фильтр осуществляет преобразование входного сигнала, заключающееся во взаимной корреляции входного сигнала с ко-

пией возбуждающего сигнала- свипа. Процесс на выходе фильтра можно представить в виде:

$$Z(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau) s_0(t-\tau) d\tau \approx T \hat{R}_{s_0 f}(t, T)$$

где  $\hat{R}_{s_0 f}(t, T) = \frac{1}{T} \int_0^T f(\tau) s_0(t-\tau) d\tau$  - оценка функции взаимной

корреляции  $f(\tau)$  и  $s_0(\tau)$ ;  $T$  – длительность интегрирования.

Отношение сигнал/помеха для равномерного спектра мощности входной помехи  $S_n(\omega) = c^2$  равно  $\rho = Es / c^2$ , где  $E$  – энергия входного сигнала. Отсюда следует, что другой путь улучшения параметров приема связан с увеличением длительности сигнала, что реализуется при применении вибрационного источника излучения.

Для возбуждения вибратора используется частотно-модулированный сигнал:

$$s(t) = \begin{cases} \cos(\omega t) & \text{при } 0 < t < T \\ 0 & \text{при } 0 < t \text{ и } t < T \end{cases}$$

Частота сигнала  $\omega(t)$  изменяется на интервале его существования по закону:

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega t/T,$$

где  $\omega_0$  – нижнее значение частоты;  $\Delta\omega$  - изменение (девиация) частоты за время  $T$ .

В этом случае при использовании согласованного фильтра-коррелятора, отношение сигнал/помеха пропорционально длительности входного сигнала, а выигрыш, создаваемый оптимальным фильтром по отношению к обычной фильтрации, пропорционален длительности сигнала и полюсе частот.

Для сейсмического сигнала, представляющего собой сумму множества волновых эхо-сигналов, на выходе оптимального фильтра получим:

$$z(t) = T \sum a_n R(t-t_n),$$

т.е. выходной сигнал описывается суммой корреляционных функций отдельных отражений сигнала  $s(t)$  с амплитудами  $a_n$  и запаздываниями  $t_n$ .

Возможность различения отдельных отражений определяется несколькими факторами. Разрешающая способность по времени улучшается с уменьшением длительности отклика на выходе фильтра, т.е. с увеличением относительной ширины спектра сигнала. С другой стороны, поскольку сигнал на выходе фильтра представляет собой затухающий колебательный процесс (из-за конечной ширины полосы), то переходные процессы, связанные с сильными эхо-сигналами могут превосходить более слабые эхо-сигналы и полностью их маскировать.

В случае, когда сейсмические колебания регистрируются одновременно во многих точках, это создает дополнительные возможности выделения сигналов на уровне помех. Суммирование сигналов, принятых в различных точках, является частью оптимальной



обработки при выделении регулярного сигнала из случайной совокупности с различными временными сдвигами, которая оказывается некоррелированной по  $x$ ,  $y$ . Здесь используются различные методы обработки, основанные на суммировании: группирование приемников и источников, суммирование трасс, накопление реализаций. Суммирование сигналов от пространственно распределенных приемников создает направленность приемной системы, т.е. зависимость уровня суммарного сигнала от направления прихода волны к линии или плоскости расположения приемных элементов. Для выделения волн с различными временами прихода обычное суммирование заменяется суммированием с временным сдвигом. В этом случае сигналы суммируются со сдвигом  $m\Delta\tau$ , где  $\Delta\tau$  - приращение временного сдвига для соседних суммируемых точек. Для того чтобы можно было выделить все приходящие волны, временной сдвиг суммирования должен быть меньше минимальной разности времен прихода соседних волн. Для цифровых систем обработки это определяется периодом дискретизации входного сигнала.

Случайный разброс времен и амплитуд суммирования ухудшает характеристику направленности. Особенно существенное влияние оказывает разброс времен из-за изменения фазовых соотношений между сигналами. При большом разбросе времен в результате суммирования эффективность накопления амплитуды может оказаться существенно меньшей, чем при отсутствии разброса. Это обстоятельство накладывает определенные требования на одновременность взятия выборки с различных каналов.

При разбросе амплитуд выигрыш по амплитуде при суммировании ухудшается из-за уменьшения давления взаимных колебаний соседних волн. Поэтому требуется обеспечить минимальный разброс коэффициентов передачи входного тракта многоканальной системы регистрации, при этом большой диапазон амплитуд принимаемых эхо-сигналов требует использования регистрирующей аппаратуры с большим динамическим диапазоном входных устройств.

Для решения геофизической задачи, требуется аппаратура, способная осуществлять регистрацию слабых инфранизочастотных сигналов в широком динамическом диапазоне в присутствии довольно мощных помех естественного и искусственного происхождения от большого количества датчиков, размещенных на значительном расстоянии друг от друга и от пункта регистрации.

Современные методы цифровой регистрации и обработки информации позволяют реализовать обработку данных сейсморазведки в полевых условиях с помощью специализированных сейсморазведочных комплексов. Такой комплекс (см. рис. 1) включает в себя модули автономных аналого-цифровых преобразователей, которые осуществляют прием, усиление и преобразование в цифровую форму аналоговых эхо-сигналов в непосредственной близос-

ти от места приема с последующей передачей цифровой информации по линиям связи на центральную станцию регистрации. Станция регистрации, выполненная на базе персональной ЭВМ, решает задачи сбора, предварительной обработки и сохранения данных сейсморазведки.

Рассмотрим реализацию основных процедур обработки сейсмических данных цифровым сейсморазведочным комплексом и требования к его узлам.

Как уже отмечалось выше, сейсмические данные характеризуются очень широким диапазоном изменения амплитуд эхо-сигналов, которые могут отличаться на несколько порядков. В то же время требования к точности квантования амплитуды сигнала должны быть согласованы с диапазоном изменения самих принимаемых сигналов, который в сейсморазведке невелик, а кроме того они определяются способом обработки сигнала. Так в задачах, использующих методы корреляционной обработки, удовлетворительные результаты получают даже при знаковом кодировании. Для других видов обработки, прежде всего фильтрации, требуется более высокая точность. Выбранное число разрядов определяет погрешность кодирования для наиболее сильных колебаний. С уменьшением амплитуды колебаний, что характерно для глубоких отражений, представляющих наибольший интерес, она может оказаться сравнимой с шагом квантования. Поэтому в современных системах используются многоуровневые аналого-цифровые преобразователи.

Для преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму в широком динамическом диапазоне использованы сигма-дельта аналого-цифровые преобразователи ( $\Sigma\Delta$  АЦП). Эти АЦП известны уже около тридцати лет, однако, только развитие микроэлектронной технологии позволило создать элементную базу, которая обеспечивает преобразование в широком динамическом диапазоне с высоким разрешением и при низкой потребляемой мощности.

В состав таких преобразователей обычно включаются входные усилители с программно-регулируемым коэффициентом усиления, цепи самокалибровки и цифровой фильтр с регулируемыми характеристиками. В зависимости от технических требований преобразователь может быть выполнен на одном кристалле или в виде комплекта из двух микросхем — отдельно модулятор и цифровой фильтр. Для передачи цифровых сигналов используются различные каналы связи: обычные проводные, оптоволоконные, радиоканал.

Для решения задач сейсморазведки был разработан многоканальный сейсморазведочный комплекс "Геос-Беларусь" [1], который успешно эксплуатируется в геологических партиях Беларуси на протяжении шести лет, и показал высокую эффективность при регистрации и обработке сейсмических сигналов в сложных геологических условиях и высоком уровне помех. Комплекс "Геос-Беларусь" состоит из центральной станции регистрации (ЦСР), размещенной



в спецкузове автомобиля повышенной проходимости, и комплекта выносного оборудования, включающего выносные модули съема-преобразования (МСП) с блоками аккумуляторного питания и оптоволоконные линии передачи.

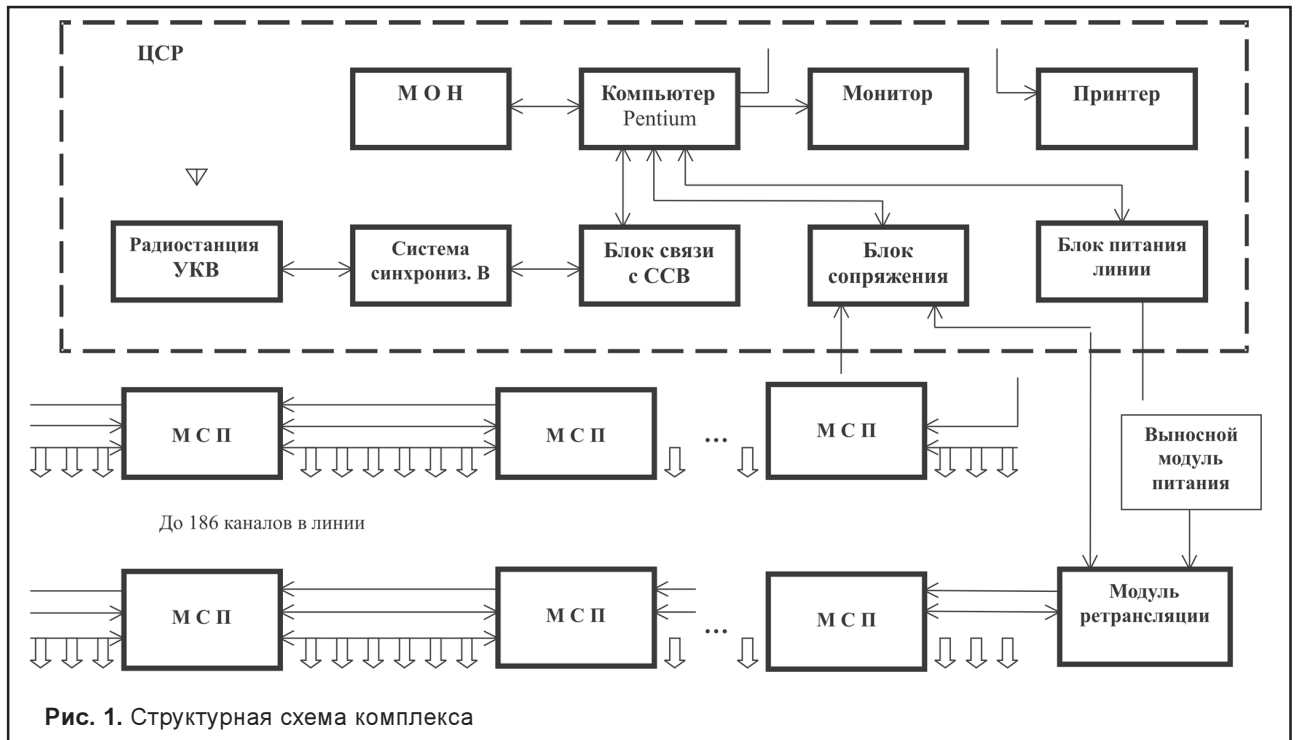
Модули МСП комплекса выполняют функцию приема и усиления сейсмического сигнала, его преобразование в цифровой код и передачу преобразованной информации на центральную станцию регистрации. Преобразование сигнала реализовано на основе 24-разрядных АЦП фирмы Crystal Semiconductor CS5321/CS5322, выполненных в виде комплекта из двух микросхем: сигма-дельта модулятор четвертого порядка с изменяемой частотой преобразования и цифровой фильтр с семью выбираемыми частотами среза в диапазоне от 25 до 1650 Гц. Динамический диапазон преобразования при полосе принимаемых частот до 411 Гц и максимальном входном сигнале  $\pm 4,5$  В составляет не менее 120 дБ. Для приема слабых сигналов имеется входной усилитель с соответствующими цепями управления для переключения коэффициента усиления.

Использование для передачи информации оптоволоконных линий позволило исключить влияние внешних электрических и магнитных полей на передаваемые по линиям связи данные и, следовательно, существенно повысить надежность передачи. С другой стороны, оптоволоконные линии передачи обеспечивают надежную гальваническую развязку приемных каналов различных модулей МСП, что значительно (на несколько порядков) уменьшает уровень сетевой помехи, особенно при производстве работ в районах с большим уровнем промышленных помех.

Опыт промышленной эксплуатации комплекса и развитие элементной базы позволили разработать основные узлы нового телеметрического сейсморазведочного комплекса «ГЕОКОС-ТСК2» с более высокими метрологическими характеристиками. Комплект выносного оборудования состоит из 6-канальных модулей съема-преобразования (МСП), соединенных между собой телеметрическим кабелем.

Аналого-цифровое преобразование сейсмических сигналов осуществляется АЦП, выполненном в виде комплекта из двух микросхем фирмы Analog Devices AD1555/AD1556 – модулятора и цифрового фильтра, при этом модулятор четвертого порядка дополнен еще усилителем с программно-регулируемым коэффициентом усиления в диапазоне от 0 до 42 дБ и входным коммутатором, обеспечивающим подачу на вход усилителя как основного сигнала, так и сигнала для тестирования и калибровки тракта преобразования. Динамический диапазон преобразования составляет 120 дБ при полосе пропускания до 408 Гц и максимальном входном сигнале  $\pm 2,25$  В. Как видно из сравнения приведенных параметров, в последнем случае отношение сигнал/шум увеличено на 6 дБ. Встроенный усилитель при единичном усилении полностью сохраняет указанный динамический диапазон, а при коэффициенте усиления 2,5 уменьшает его всего на 0,5 дБ. Таким образом, система, выполненная на основе рассматриваемого комплекта сигма-дельта АЦП, расширяет диапазон амплитуд обрабатываемых сейсмосигналов не менее чем в 4 раза.

Модуль МСП имеет микропроцессорное управление, которое позволяет проводить автоматическое тестирование и калибровку каждого канала, диаг-





ностику неисправностей, контроль линейки сейсмоприемников, подключенных к входу модуля и контроль сопротивления изоляции линий. Для тестирования и контроля параметров приемных каналов модуль использует встроенный тестовый генератор, выполненный на основе 24-разрядного цифро-аналогового преобразователя с динамическим диапазоном преобразования 112 дБ и нелинейностью 0,0008%. Формирование тестовых сигналов осуществляется микропроцессорным блоком. Имеется два режима инициализации тестового генератора: по командам управления собственного управляющего процессора в режиме самотестирования и контроля параметров после включения в систему регистрации, и по командам на выполнение отдельных тестовых процедур из центральной станции регистрации в режиме общего тестирования системы регистрации. Выполняются следующие операции тестирования:

- определение среднеквадратичного значения уровня шума по каждому каналу;

- определение сквозного коэффициента передачи каналов;
- определение взаимного влияния каналов;
- определение амплитудно-частотной характеристики каналов;
- определение коэффициента нелинейных искажений каналов;
- определение активного и реактивного сопротивления цепей, подключенных к входу датчиков;
- определение сопротивления изоляции входных цепей.

Совокупность параметров, контролируемых в процессе тестирования, обеспечивает высокую степень достоверности получаемых при регистрации данных и минимальные потери, вызываемые влиянием параметров регистрирующей аппаратуры при обработке принятого сигнала.

Предварительная обработка сигналов осуществляется непосредственно в модуле МСП. При реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов важно обеспечить требования по разрядности представления входных и выходных данных, разрядности представления промежуточных результатов в арифметическом устройстве, а также период дискретизации и объем обрабатываемых реализаций. Основной диапазон частот используемых в сейсморазведке сигналов находится в пределах до 200... 400 Гц, что требует периода дискретизации 0,5 или 1 мс. Используемые при обработке алгоритмы в основном содержат операции умножения и суммирования, что при отмеченных выше частотах дискретизации позволяет для реализации требуемых алгоритмов использовать сигнальные процессоры средней производительности такие, например, как 16-разрядный сигнальный процессор ADSP21xx фирмы Analog Devices. Для принимаемых по шести каналам сигналов в реальном масштабе времени осуществляется обработка, включающая на первом этапе центрирование, масштабирование и полосовую фильтрацию 24-х разрядных выборок сигнала. Следующий этап обработки, при необходимости, может включать операции накопления реализаций сигнала и свертки с предварительно заданным опорным сигналом.

## Литература

1. Прокуров А.В., Романов А.Ф., Мухарский А.М. и др. Многоканальный телеметрический сейсморазведочный комплекс "Геос-Беларусь" // Геофизический вестник. - 1999. - №4. - С. 20-21.

**ГИБКИЙ НАГРЕВАТЕЛЬНЫЙ ПРОВОД**

**производство и поставка**

**Характеристики:**

- Нихромовая спираль в термостойкой пластмассовой оболочке;
- Напряжение питания : 12-220 В;
- Удельная мощность: 2-50 Ватт/метр;
- Максимальная рабочая температура поверхности: +105° С;
- Выпускаются 2-х видов: ПН-провод нагревательный, ПНХ-провод нагревательный с наличием холодных концов;
- СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ РБ, Рф.

**Область применения:**

- Промышленные и бытовые нагревательные приборы различного назначения (электро-грелки, электро-одеяла и т. п.);
- "теплый пол";
- Системы антиобледенения (крыши, водостоки, тротуары);
- Обогрев сидений автомобиля;
- Антисапотевание витрин и т. п.

**ЛИТОПЛАСТ**

220038, г. Минск, пер. Козлова, 7а. Тел./факс (+37517): 289-99-24, 235-61-42, 544-27-77, 544-27-76, 235-61-40.  
E-mail: litoplast@nsys.by





# МЕХАНИЗМ ОРИЕНТАЦИИ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ ПОВЕРХНОСТЬЮ С ПЕРИОДИЧЕСКИМ МИКРОРЕЛЬЕФОМ

А.А.Минько (доктор физ.мат.наук), С.Н.Тимофеев, И.Н.Оджаева

В работе методом численного расчета исследован механизм формирования многодоменных текстур в жидкокристаллических ячейках с ориентирующей рельефной поверхностью. Рассмотрены ячейки с гомеотропно ориентированными нематическими жидкими кристаллами.

Для получения достоверных результатов в расчетах ориентации директора были использованы экспериментальные данные энергии взаимодействия молекул и ориентирующих поверхностей. После расчетных уточнений параметров рельефа была создана тестовая ЖК ячейка, обладающая крайне высокой устойчивостью уровней серого, широким углом наблюдения и малым временем срабатывания.

Недостатком большинства жидкокристаллических (ЖК) устройств отображения информации является сильная зависимость пропускания света от угла наблюдения (угла падения света)[1], в результате чего оптические характеристики таких устройств резко снижаются (падает контраст изображения, происходит инверсия уровней пропускания под некоторыми углами наблюдения и т.д.). Для решения данной проблемы часто используют фазосдвигающие компенсирующие пленки [2], что, с одной стороны, приводит к удорожанию устройств и, с другой стороны, не всегда решает проблему инверсии уровней пропускания.

Одним из перспективных методов решения данной проблемы является создание многодоменной структуры, т.е. получение в пределах одного элемента изображения (пикселя) областей со всеми возможными ориентациями директора жидкого кристалла[3]. Это приводит к суммированию пропускания света областями с различной ориентацией директора, вследствие чего пропускание перестает зависеть от азимутального угла наблюдения.

Известно, что жидкие кристаллы ориентируются поверхностями с микрорельефом[4]. Для того чтобы предсказать свойства ЖК на таких поверхностях, необходимо знать, какое ориентирующее действие оказывает на ЖК рельефная поверхность, а также как распространяется свет в таких системах.

## РАСЧЕТ ОРИЕНТАЦИИ ЖК

В расчетах были использованы ориентирующие поверхности с рельефом в виде набора параллельных чередующихся диэлектрических выступов и углублений с периодом  $5 \div 10$  мкм и высотой  $0,3 \div 2,3$  мкм. Пространство между подложками заполнено гомеотропно ориентированным жидким кристаллом с отрицательной диэлектрической проницаемостью (смесь MLC 6608). Толщина ЖК ячеек - 4 мкм.

Численное моделирование ориентации ЖК основывалось на минимизации полной свободной энергии ЖК системы и векторном представлении поля директора. При расчете использовался метод конечных разностей

в прямоугольной сетке.

Полная свободная энергия ЖК системы (энергия Гиббса) может быть представлена как:

$$F_G = F_{FO} + F_S + F_E$$

Уравнение свободной энергии Франка - Озеена описывает упругое взаимодействие молекул жидкого кристалла:

$$F_{FO} = \frac{1}{2} K_{11} (\nabla \cdot \mathbf{n})^2 + \frac{1}{2} K_{22} (\mathbf{n} \cdot \nabla \times \mathbf{n} + q_0)^2 + \frac{1}{2} K_{33} (\mathbf{n} \times \nabla \times \mathbf{n})^2$$

где  $K_{11}$ ,  $K_{22}$ ,  $K_{33}$  - упругие постоянные ЖК,  $q_0 = 2\pi/\pi_0$  - хиральность жидкого кристалла,  $\pi_0$  - шаг спонтанной закрутки ЖК.

Энергия взаимодействия молекул ЖК и ориентирующей поверхности рассчитывается в обобщенном приближении Рапини:

$$F_S = -\frac{1}{2} A (\vec{n} \cdot \vec{e})^2$$

где  $A$  - коэффициент сцепления молекул ЖК с поверхностью, а  $\vec{e}$  - представляет собой ось «легкого» ориентирования (вдоль нее будут ориентироваться молекулы ЖК в отсутствие всех других внешних сил).

Энергия электрического поля:

$$F_E = -\frac{1}{2} \vec{D} \cdot \vec{E}$$

где  $\vec{D}$  - электрическое смещение,

$\vec{E}$  - электрическое поле.

Равновесное состояние поля директора при приложении постоянной разности потенциалов к электродам на противоположных подложках находится минимизацией полной свободной энергии ЖК системы  $F_G$ :

$$\gamma \frac{dn_i}{dt} = \frac{d}{dx} \left( \frac{\partial F_G}{\partial n_{i,x}} \right) + \frac{d}{dy} \left( \frac{\partial F_G}{\partial n_{i,y}} \right) + \frac{d}{dz} \left( \frac{\partial F_G}{\partial n_{i,z}} \right) - \frac{\partial F_G}{\partial n_i}$$

где  $\gamma$  - вращательная вязкость ЖК,

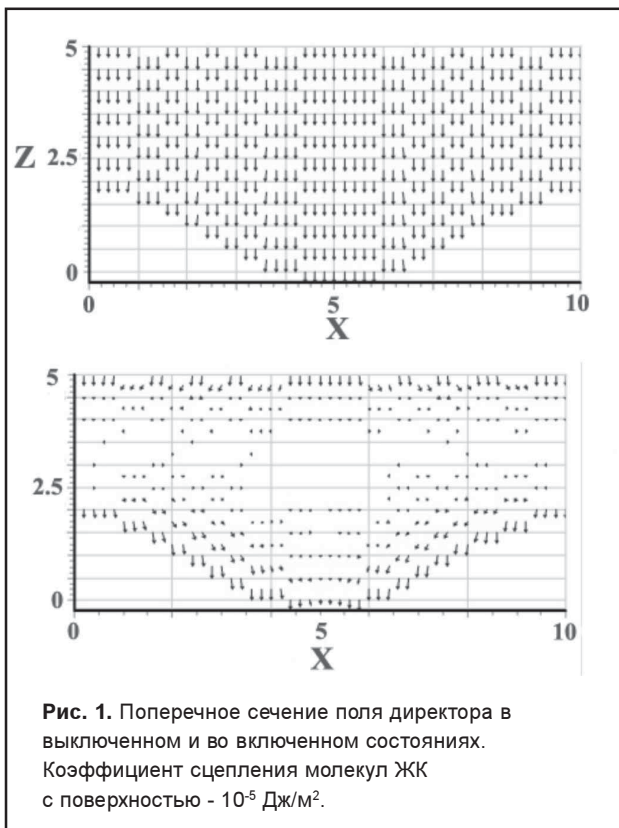
$i$  - принимает значения  $x, y$  и  $z$ .

Для расчета распространения электромагнитных волн в ЖК системе был использован метод конечных разностей во временной области, учитывающий искажение волнового фронта и позволяющий моделировать оптические свойства жидкокристаллических систем с учетом их трехмерной структуры.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

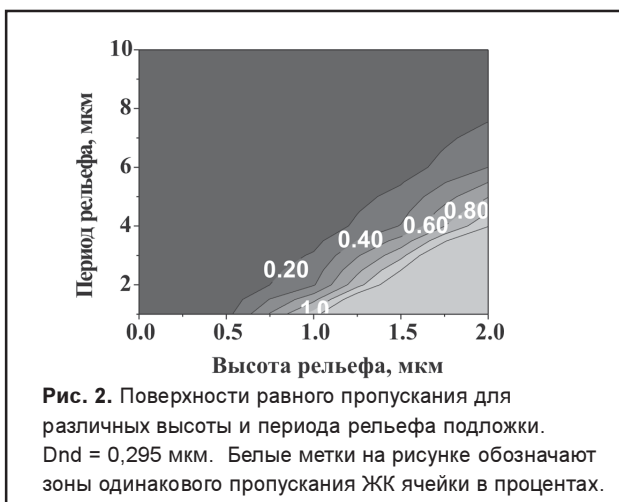
В исследуемом методе формирования многодоменной текстуры одна из поверхностей, ориентирующих жидкий кристалл, является рельефной. На обращенных друг к другу сторонах подложек имеются

электроды и гомеотропно ориентирующие покрытия, а пространство между ними заполнено жидким кристаллом с отрицательной диэлектрической анизотропией. В состоянии без электрического поля (выключенном состоянии) молекулы ЖК ориентированы перпендикулярно подложкам, кроме мест расположения выступов, на скатах которых молекулы



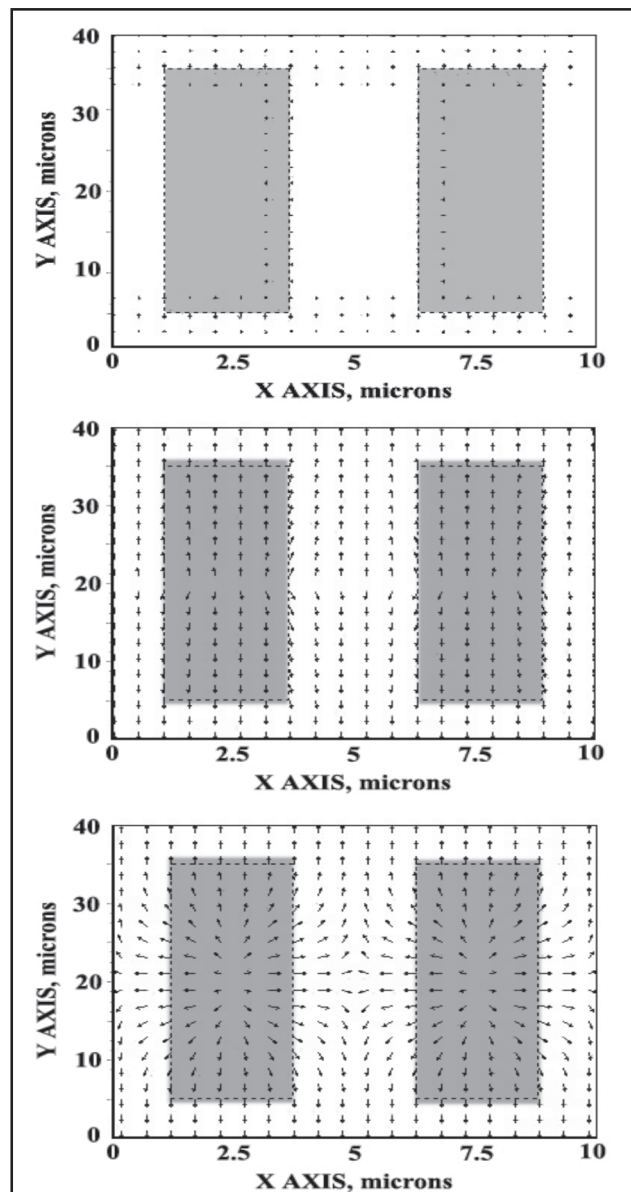
кулы имеют преднаклон, равный углу, образованному выступом и подложкой (рис.1).

Данный преднаклон, конечно, приводит к утечкам света в выключенном состоянии, как видно из рис.2. Однако, абсолютная величина пропускания



в выключенном состоянии достаточно мала, что позволяет достичь высокого контраста изображения. Для параметров рельефа, характеризующих самую большую из представленных на рис.2 зону, контраст превышает 500:1.

В ячейке с рельефной поверхностью выбранное направление ориентации директора ЖК появляется только при приложении разности потенциалов к электродам на противоположных подложках. Электрическое поле переориентирует молекулы жидко-



го кристалла параллельно подложкам. В результате вблизи рельефной подложки возникает сильное искажение поля директора и в силу минимизации энергии внутреннего искажения жидкий кристалл стремится сориентироваться параллельно полосам рельефа (правая часть рис.1). Это обусловлено тем, что, когда рельеф состоит из близко расположенных друг к другу параллельных полос, при ориентации жидкого кристалла параллельно полосам рельефа его поле директора не искажается. В то же время при любой иной ориентации жидкого кристалла относительно рельефа возникает волнообразная деформация директора жидкого кристалла. С точки зрения теории упругости жидких кристаллов [5] при ориентации жидкого кристалла параллельно подложкам плотность его свободной поверхностной энергии в случае рельефа синусоидальной формы описывается формулой

$$F_s = \frac{1}{4} Ku^2 q^3 \sin^2 \theta$$

где  $K$  - упругая постоянная жидкого кристалла,  $u$  и  $q$  - амплитуда и волновой вектор рельефа,  $\theta$  - угол между направлением директора жидкого кристалла и полосами рельефа.

Данная энергия минимальна, когда  $\theta = 0^\circ$ , т.е. когда жидкий кристалл ориентирован параллельно полосам рельефа. Из формулы (6) видно также, что разница поверхностной энергии в состояниях с ориентацией жидкого кристалла параллельно и перпендикулярно полосам рельефа тем выше, чем больше амплитуда рельефа  $u$  и чем меньше его период  $l=2\pi/q$ . Нами было установлено, что периода рельефа в 10 мкм и амплитуды в 1 мкм вполне достаточно, чтобы обеспечить под действием поля устойчивую воспроизводимую ориентацию параллельно полосам рельефа жидкого кристалла, изначально ориентированного гомеотропно.

Поскольку на противоположных сторонах электрода ЖК ячейки ввиду неоднородности электрического поля молекулы наклонены в противоположные стороны вдоль данного рельефа, то в пределах ячейки получают две области с различной ориентацией жидкого кристалла, создавая тем самым многодоменную текстуру и выравнивая угловую зависимость оптических свойств жидкокристаллического устройства отображения информации.

На основании расчетных данных была создана тестовая ЖК ячейка с 5 мкм периодом рельефа. Созданная ячейка обладает высоким контрастом изображения (300:1), малым временем срабатывания  $t_{\text{вкл}}(0-5V) = 12$  мсек,  $t_{\text{выкл}}(5-0V) = 11$  мсек, хорошей устойчивостью уровней серого и широким углом наблюдения.

В работе методом численного моделирования ис-

следован механизм формирования многодоменной текстуры в ЖК ячейках с периодическим микрорельефом в виде параллельных чередующихся диэлектрических выступов и углублений, нанесенных поверх электродов. Показано, что в формировании многодоменной текстуры важную роль играет искажение поля директора. На основании численных расчетов была создана тестовая ЖК ячейка, обладающая крайне высокой устойчивостью уровней серого, широким углом наблюдения и малым временем срабатывания.

#### Литература

- [1] S.T.Wu, C.S.Wu, SID Digest 27, 763 (1996).
- [2] N.Yamagishi, H.Watanabe, K.Yokoyama, 'Japan Display 89', 316 (1989).
- [3] M.Schadt, Proc.SID'97, 24.1 (1997)
- [4] Pollack, J.M., Hass, W.E., Adams, J.E., J.Appl.Phys. 48, 831 (1977)
- [5] P. de Gennes, The physics of liquid crystals (Claredon Press, Oxford) 1974, Chap.3.

## ИП Сергиевич Н.П.

[snp@open.by](mailto:snp@open.by)

т/ф. 2690552, 8-029 6844309, 6844310



**Миниатюрные передатчики приёмники**  
видео-аудио сигнала 4 канала 1200 МГц  
0.1- .5Вт.(для систем видеонаблюдения и др.)

**Антенны ММДС 2500-2686МГц, выход ДМВ**  
усиление 49дб, шум 1дб.

**Электронные компоненты:** резисторы, конд.  
керамические, электролитические, чип,  
диоды, светодиоды, Филипс тиристоры,  
транзисторы.

**Разработка и изготовление печатных плат.**  
**Высокое качество, короткие сроки**  
**изготовления.** Поставка со склада в Минске  
для производства печ. плат материалов  
фирмы PETERS (защитные маски термо,  
фото, УФ, маркировочная краска УФ,  
покрывные защитные лаки и др.).

# АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ РАСХОДОМЕРОВ-СЧЕТЧИКОВ ГАЗА

А.Ф. Чернявский, И.А. Чернобай

Ультразвуковые методы измерений и реализованные на их основе промышленные и бытовые расходомеры-счетчики газа обладают по сравнению с традиционными дифманометрическими, ротационными и турбометрическими методами несомненными преимуществами: высокой точностью, широким диапазоном измерений, отсутствием дополнительных аэродинамических сопротивлений, реверсивностью, высокой надежностью, возможностью калибровки и поверки без демонтажа, не критичностью к наличию в потоке газа твердых частиц или каплей жидкости и т.д.

Так, современные ультразвуковые расходомеры и счетчики количества газа позволяют получать точности до 0,5%, а в ряде случаев до 0,25% [1,2]. При этом объем газа в рабочих условиях по определенному алгоритму приводится к объему газа в нормальных условиях. Эта часть задачи в плане дальнейшего повышения точности ограничений не имеет, т.к. на сегодняшний день созданы датчики и преобразователи температуры и давления газа с суммарной погрешностью 0,1% и ниже. Более серьезным ограничением являются погрешности измерения объема газа в рабочих условиях, т.к. в этом случае на точность измерений оказывает влияние эпюра скоростей или профиль распределения скоростей потока [3] и нестабильность «нулевой» линии ультразвукового расходомера [2,4]. При средних и больших потоках точность ограничивается гидродинамической асимметрией [5,6]. Поэтому, несмотря на целый ряд достоинств современных ультразвуковых расходомеров-счетчиков газа обеспечение в этих устройствах класса точности 0.1 ÷ 0.12 остается сложной научно-технической проблемой, обусловленной в частности, необходимостью учета изменений профиля скоростей потока. Анализ путей преодоления этих трудностей посвящена настоящая работа.

Оценка влияния профиля скоростей потока на точность ультразвуковых расходомеров. Рассмотрим порядок функционирования многоканального ультразвукового расходомера-счетчика газа в соответствии с расположением измерительных каналов в плоскости АВ газопровода по схеме, приведенной на рис. 1.

При нулевом потоке газа время распространения ультразвука равно:

$$t = \frac{L}{c} = \frac{Z}{c \sin \alpha},$$

где  $L$  - акустическая база;  $Z$  - проекция акустической базы на вертикальную ось;  $c$  - скорость распространения ультразвука;  $\alpha$  - угол между направлением распространения ультразвука и вектором потока.

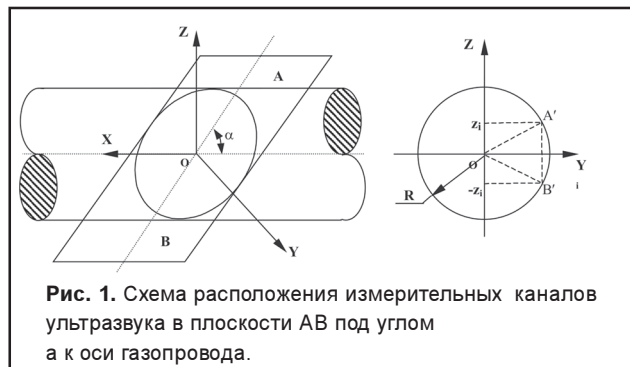
На основании этого время распространения ультразвука по потоку  $t^+$  и против потока  $t^-$  для  $i$ -го канала,

расположенного на расстоянии  $y_i$  от центра газопровода, определяется выражением

$$t_i^\pm = \frac{1}{\sin \alpha} \int_{-z_i}^{z_i} \frac{dz}{c \pm u(z, y_i) \cos \alpha} \quad (1)$$

где  $u(z, y_i)$  – распределение скоростей потока в поперечном сечении газопровода;  $z_i$  - пределы интегрирования, зависящие от положения  $i$ -го канала, поэтому в соответствии

с рис. 1 можно записать, что  $z_i = \sqrt{R^2 - y_i^2}$ .



**Рис. 1.** Схема расположения измерительных каналов ультразвука в плоскости АВ под углом  $\alpha$  к оси газопровода.

Исходя из того что для измеряемого газа  $u \cos \alpha \ll c$ , подынтегральное выражение (1) можно разложить в ряд

Тейлора по  $\frac{u \cos \alpha}{c}$ , тогда для времени распространения по потоку  $t^+$  и против него  $t^-$  с точностью до третьего члена получим:

$$t_i^+ = \frac{1}{c \sin \alpha} \int_{-z_i}^{z_i} \left( 1 - \frac{u}{c} \cos \alpha + \frac{u^2}{c^2} \cos^2 \alpha \right) dz = \frac{1}{\sin \alpha} \left[ \frac{2z_i}{c} - \frac{\cos \alpha}{c^2} \int_{-z_i}^{z_i} u dz + \frac{\cos^2 \alpha}{c^3} \int_{-z_i}^{z_i} u^2 dz \right] \quad (2)$$

$$t_i^- = \frac{1}{\sin \alpha} \left[ \frac{2z_i}{c} + \frac{\cos \alpha}{c^2} \int_{-z_i}^{z_i} u dz + \frac{\cos^2 \alpha}{c^3} \int_{-z_i}^{z_i} u^2 dz \right] \quad (3)$$

По измеряемым величинам  $t_i^+$  и  $t_i^-$  в соответствии с выражениями (2) и (3) определяется разность временных интервалов  $\Delta t_i$  как величина, пропорциональная средней скорости потока по  $i$ -ому каналу. С учетом того, что  $t_i^-$  - время распространения ультразвука против потока и является большей величиной по сравнению с  $t_i^+$  а также переходя к первоначальным обозначениям, можно записать:

$$\Delta t = t_i^- - t_i^+ = \frac{2ctg\alpha}{c^2} \int_{-z_i}^{z_i} u(z, y_i) dz. \quad (4)$$

Недостатком работы счетчиков по уравнению (4) является зависимость показаний от квадрата скорости ультразвука. Исходя из этого, в современных ультра-

звуковых счетчиках преимущественно формируются и сравниваются между собой частоты  $f_i^+$  и  $f_i^-$  обратные временам  $t_i^+$  и  $t_i^-$  распространения ультразвука. При этом разность частот  $\Delta f_i = f_i^+ - f_i^-$  становится прямо пропорциональной скорости  $u$  потока газа и является по существу показанием  $A_i$  для  $i$ -го канала счетчика. В соответствии с этим систему уравнений (2) и (3) целесообразно преобразовать к виду:

$$f_i^\pm = \frac{1}{t_i^\pm} = c \frac{\sin \alpha}{2z_i} \left[ 1 \mp \frac{\cos \alpha}{2cz_i} \int_{-z_i}^{z_i} u dz + \frac{\cos^2 \alpha}{2c^2 z_i} \int_{-z_i}^{z_i} u^2 dz \right]^{-1} \quad (5)$$

После повторного разложения в ряд определим показание  $i$ -го канала счетчика соответственно при измерениях по потоку газа  $f_i^+$  и против потока газа  $f_i^-$ :

$$f_i^\pm = c \frac{\sin \alpha}{2z_i} \left[ 1 \pm \frac{\bar{u}_i \cos \alpha}{c} - \cos^2 \alpha \frac{\bar{u}_i^2}{c^2} + \left( \frac{u_i \cos \alpha}{c} \right)^2 \right] \quad (6)$$

где  $\bar{u}_i = \frac{1}{2z_i} \int_{-z_i}^{z_i} u dz$  - средняя скорость потока по  $i$ -му каналу;

$\bar{u}_i^2 = \frac{1}{2z_i} \int_{-z_i}^{z_i} u^2 dz$  - средний квадрат скорости потока газа по этому же каналу.

Из уравнений системы (6) определим разностную частоту,  $\Delta f_i$  пропорциональную средней скорости потока, протекающего под углом  $\alpha$  к траектории распространения ультразвука  $i$ -ого канала:

$$\Delta f_i = f_i^+ - f_i^- = \frac{c}{2z_i} \frac{2\bar{u}_i \cos \alpha \sin \alpha}{c} = \frac{\bar{u}_i \cos \alpha \sin \alpha}{z_i} = \frac{\sin 2\alpha}{4z_i^2} \int_{-z_i}^{z_i} u(z, y_i) dz \quad (7)$$

Выражение (7) для небольших и средних потоков получено с относительной погрешностью,  $\left( \frac{u_i \cos \alpha}{c} \right)^2 = \frac{u_i^2}{c^2} \cos^2 \alpha \leq 10^{-3}$  т.е. 0,1%. Учитывая то, что показания  $A_i$  связываются с разностью частот  $\Delta f_i$  через конструктивный коэффициент преобразования  $K_p$  на основании (7) можно записать:

$$A_i = K_p \Delta f_i = a_i \int_{-z_i}^{z_i} u(z, y_i) dz \quad (8)$$

где  $a_i = K_p \sin 2\alpha / 4z_i^2$  - конструктивный параметр  $i$ -ого канала счетчика.

Для одноканального ультразвукового расходомера счетчика, который располагается в диаметральной плоскости, на основании (8) можно получить:

$$A_i = a_i \int_{-R}^R u(z, 0) dz = a_i 2R \bar{u}_i \quad (9)$$

С другой стороны, объемный расход газа в рабочих условиях можно найти в виде:

$$Q = \int_{-\sqrt{R^2-y^2}}^{\sqrt{R^2-y^2}} \int_{-\sqrt{R^2-y^2}}^{\sqrt{R^2-y^2}} u(z, y) dz dy = \pi R^2 \bar{v} \quad (10)$$

где  $\bar{v}$  - средняя по сечению трубопровода скорость потока.

Показания  $A_i$  в каждом  $i$ -ом канале в соответствии с системой уравнений (8) пропорциональны проинтегрированной по ультразвуковому лучу скорости  $u_i$  и отличаются от средней по сечению скорости  $\bar{v}$  в уравнении (10). Поэтому для получения высокой точности многоканальных ультразвуковых расходомеров-счетчиков газа необходим поиск и применение математической, эмпирической или экспериментальной устанавливаемой связи между уравнением (10) для объемного расхода газа в рабочих условиях и системой уравнений (8) для  $i$ -количества измерительных каналов счетчика. В частности для одноканального ультразвукового расходомера измеряемая посредством ультразвукового луча скорость  $u_i$  определяется по уравнению (9) и отличается от средней по сечению трубопровода скорости  $\bar{v}$  потока в уравнении (10).

В этом состоит основная сложность получения высокой точности ультразвуковых расходомеров, т.к. из-за существующего в действительности распределения скоростей потока по поперечному сечению трубопровода (или профиля скоростей потока) измеряемая средняя скорость потока по любому из  $i$ -ого ультразвукового канала не равна средней по сечению трубопровода скорости потока.

Алгоритмы функционирования ультразвуковых расходомеров-счетчиков, учитывающие профиль скорости потока. Разработаны алгоритмы функционирования ультразвуковых расходомеров  $i$ -счетчиков, позволяющие измерять скорость потока газа по показаниям - количества каналов и на основе полученных данных компенсировать влияние профиля скоростей потока газа на итоговые результаты измерений объемного расхода.

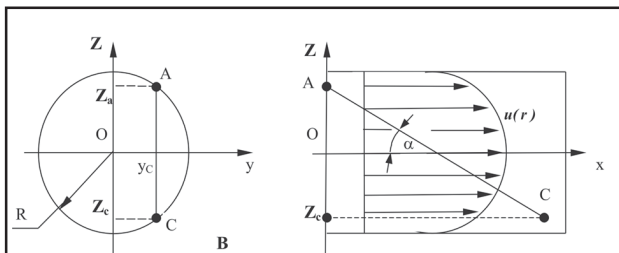
Для решения поставленной задачи определим время распространения ультразвукового сигнала в потоке газа, исходя из рис.2. В произвольной точке измерительной базы скорость распространения ультразвукового сигнала равна геометрической сумме вектора  $C_0$  скорости распространения ультразвука в контролируемой среде и вектора  $u(r)$  скорости среды в этой точке. Проекция указанной суммы скоростей на измерительную базу  $AC$  будет равна  $c_{ac} = c_0 + u(r) \cos \alpha$ . Здесь  $\alpha$  - угол наклона измерительной базы к плоскости  $XOY$ . Составляющая  $C_z$  этой скорости вдоль оси  $OZ$  по абсолютной величине равна  $c_z = c_{ac} \sin \alpha = \sin \alpha [c_0 + u(r) \cos \alpha]$ . Поэтому время  $dt$  прохождения сигналом расстояния  $dz$  по оси  $OZ$  равно:

$$dt = dz / c_z = dz / [c_0 + u(r) \cos \alpha] \sin \alpha = \frac{dz}{c_0 \sin \alpha [1 + u(r) \cos \alpha / c_0]}$$

Тогда время распространения ультразвукового сигнала от излучателя  $A$  до приемника  $C$  можно записать

$$t_{ac} = \frac{1}{c_0 \sin \alpha} \int_{Z_c}^{Z_a} \frac{dz}{1 + u(r) \cos \alpha / c_0} \quad (11)$$

где,  $Z_a$ ,  $Z_c$  координаты  $Z$  соответственно излучателя  $A$  и приемника  $C$ , причем  $Z_a = -Z_c$ , и  $Z_c = \sqrt{R^2 - Y_c^2}$ .



**Рис.2.** Схема хордового измерительного канала с условным изображением профиля  $u(r)$  скоростей для поперечного а) и продольного б) сечений.

Учитывая, что величина  $u(r) \cos \alpha / C_0 \ll 1$  и рассматриваемая схема распространения ультразвукового сигнала симметрична в измерительной плоскости относительно плоскости  $XOY$ , то на основании (11) для времени  $t_{ac}$  можно записать следующее достаточно точное выражение

$$t_{ac} = \frac{2}{c_0 \sin \alpha} \int_0^{Z_c} [1 - u(r) \cos \alpha / c_0] dz \quad (12)$$

Точность формулы (12) зависит от отношения средней скорости потока к скорости распространения ультразвука в среде. Если принять, что средняя скорость потока равна  $10 \text{ м/с}$ , а скорость ультразвука в метане равна  $C_0 = 435 \text{ м/с}$ , то ожидаемая погрешность не превысит, примерно, величину  $1/1890 \ll 1$  – значение второго отброшенного члена в разложении подынтегрального выражения. Поэтому погрешность формулы (12) в этом случае меньше  $0,1\%$ .

Если сигнал распространяется против потока, то в произвольной точке измерительной базы справедливо соотношение:  $C_{ca} = C_0 - u(r) \cos \alpha$ . Тогда время распространения сигнала от точки до точки при проекции распространения сигнала на ось равно:

$$t_{ca} = \frac{1}{c_0 \sin \alpha} \int_{Z_c}^{Z_a} \frac{dz}{1 - u(r) \cos \alpha / c_0} \quad (13)$$

С учетом симметричности профиля потока и, соответственно, пути ультразвукового сигнала в измерительной плоскости относительно плоскости  $XOY$  и с учетом, что  $u(r) \cos \alpha / C_0 \ll 1$ , последнее уравнение можно также преобразовать к виду:

$$t_{ca} = \frac{2}{c_0 \sin \alpha} \cdot \int_0^{Z_c} [1 + u(r) \cos \alpha / c_0] dz \quad (13)$$

Разность времен  $t_{ca}$  и  $t_{ac}$  распространения сигнала по потоку и против него определяется из разности выражений (11) и (13):

$$\Delta t_1 = t_{ca} - t_{ac} = \frac{2}{c_0 \sin \alpha} \int_0^{Z_c} \left[ \frac{1}{1 - u(r) \cos \alpha / c_0} - \frac{1}{1 + u(r) \cos \alpha / c_0} \right] dz$$

Последнее выражение после последовательных преобразований с учетом того, что  $\{u(r) \cos \alpha / C_0\}^2 \ll \ll 1$  при  $\{u(r) \cos \alpha / C_0\} \ll 1$ , приводится к следующему виду:

$$\Delta t_1 = \frac{2}{c_0 \sin \alpha} \int_0^{Z_c} \frac{2u(r) \cos \alpha / c_0}{1 - [u(r) \cos \alpha / c_0]^2} dz \cong \frac{4}{c_0^2 \operatorname{tg} \alpha} \int_0^{Z_c} u(r) dz \quad (14)$$

Как видим, полученная формула (14) в точности совпадает с выражением (4), что говорит о корректности использованного подхода по выводу формул для времен распространения сигналов и разности времен вдоль хордовой измерительной базы  $AC$ .

Для перехода к конкретным математическим зависимостям определим аналитическое описание профиля потока. Исследования, проведенные в этом направлении [7] позволили установить, что наиболее точным аналитическим описанием профиля скоростей потока газа является параболически-степенная модель:

$$U(r) = U_m \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right]^m, \quad (15)$$

где  $U_m$  – максимальное значение скорости потока;  $m$  – степенной параметр модели.

Далее определим связь измеряемых времен распространения ультразвуковых сигналов с параметрами параболически-степенной модели профиля скорости потока. Для этого подставим выражение (15) для профиля  $u(r)$  в формулу (12) для времени распространения ультразвука и находим, что

$$\begin{aligned} t_{ac} &= \frac{2}{c_0 \sin \alpha} \int_0^{Z_c} \left[ -U_m \left( 1 - (r/R)^2 \right)^m \cos \alpha / c_0 \right] dz = \\ &= \frac{2Z_c}{c_0 \sin \alpha} - \frac{2U_m}{c_0^2 \operatorname{tg} \alpha} \int_0^{Z_c} \left[ 1 - (r/R)^2 \right]^m dz \end{aligned}$$

Разложим подынтегральное выражение в биномиальный ряд и оставим в разложении два первых его члена:

$$\left[ 1 - (r/R)^2 \right]^m = 1 - m(r/R)^2 + \dots$$

Вводя обозначение  $b_{11} = 2Z_c / [c_0 \sin \alpha]$  и подставляя предыдущее разложение в выражение для  $t_{ac}$ , находим

$$t_{ac} = b_{11} - \frac{2U_m Z_c}{c_0^2 \operatorname{tg} \alpha} + \frac{2U_m m / R^2}{c_0^2 \operatorname{tg} \alpha} \int_0^{Z_c} (z^2 + Y_c^2) dz$$

Введем обозначение  $b_{21} = -2Z_c / [c_0^2 \operatorname{tg} \alpha]$  и вычислим интеграл в последнем слагаемом предыдущего выражения. Тогда получим, что

$$t_{ac} = b_{11} + b_{21} U_m + \frac{2U_m m Z_c}{c_0^2 \operatorname{tg} \alpha \cdot R^2} \left( \frac{Z_c^2}{3} + Y_c^2 \right)$$

Вводя обозначение  $b_{31} = 2Z_c (Z_c^2 / 3 + Y_c^2) / [R^2 c_0^2 \operatorname{tg} \alpha]$ , окончательно находим, что

$$t_{ac} = b_{11} + b_{21} U_m + b_{31} U_m m \quad (16)$$

Таким образом, измеряемая величина времени  $t_{ac}$  распространения ультразвукового сигнала от излучателя  $A$  до приемника  $C$  выражается через параметры  $U_m$  и  $m$  параболически-степенного профиля  $u(r)$  и коэффициенты  $b_{ij}$  ( $i = 1 \dots 3$ ).

Время  $t_{ca}$  распространения ультразвукового сигнала против потока можно определить с помощью получен-

ных формул для времени  $t_{ac}$ , если заметить, что они отличаются лишь знаками перед коэффициентами  $b_{21}$  и  $b_{31}$  (или, что эквивалентно, знаком перед величиной  $U_m$ ), тогда

$$t_{ca} = b_{11} - b_{21}U_m - b_{31}U_m \cdot m. \quad (17)$$

Поэтому для разности  $\Delta t_1$  времен распространения ультразвуковых сигналов по потоку и против него на основании (16) и (17) получим:

$$\Delta t_1 = U_m (c_{11} - m c_{21}) \quad (18)$$

$$\text{где } c_{11} = 4Z_c / (c_0^2 tg \alpha); \quad c_{21} = 4Z_c (Z_c^2 / 3 + Y_c^2) / (R^2 c_0^2 tg \alpha).$$

Формулы остаются справедливыми для частного случая распространения ультразвукового сигнала в диаметрально измерительном канале, однако, в этом случае  $Y_c = 0$  и  $Z_c = R$ .

Алгоритмы вычисления объемного расхода газа. По алгоритмам функционирования получены два основных уравнения для измеряемых времен распространения сигналов по потоку газа (16) и при измерениях против потока (17). Однако для решения поставленной задачи и определения двух неизвестных  $U_m$  и  $m$ , необходим минимум еще один ультразвуковой канал с другим, например, углом  $\alpha_2$  между вектором распространения ультразвука и направлением потока. Тогда аналогично уравнениям (16), (17) можно записать еще два уравнения, однако в этом случае конструктивные параметры определяются следующей системой:

$$\left. \begin{aligned} b_{11} &= 2Z_c / (c_0 \sin \alpha_1); \quad b_{12} = 2Z_d / (c_0 \sin \alpha_2); \\ b_{21} &= -2Z_c / (c_0^2 tg \alpha_1); \quad b_{21} = -2Z_d / (c_0^2 tg \alpha_2); \\ b_{31} &= 2Z_c (Z_c^2 / 3 + Y_c^2) / (R^2 c_0^2 tg \alpha_1); \\ b_{32} &= 2Z_d (Z_d^2 / 3 + Y_d^2) / (R^2 c_0^2 tg \alpha_2), \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

где  $Z_d - Y_d$  координаты точки приема-излучения ультразвука еще одного канала.

После решения системы уравнений определим параметры  $U_m, m$  модели по формулам (16), (17) и им аналогичным для второго канала измерений. Для вычисления объемного расхода газа  $Q$  при параболически-степенной модели профиля скоростей потока формула получена ранее [8]:

$$Q = \pi R^2 U_m / (m + 1) \quad (20)$$

Ограничение на выбор координат пьезопреобразователей имеет следующий вид:

$$Z_c^2 / 3 + Y_c^2 = Z_d^2 / 3 + Y_d^2$$

Аналогично получают и алгоритмы измерения расхода при использовании разности времен распространения ультразвуковых сигналов по потоку и против него. Для этого также необходимо использовать минимум два различных пространственных канала измерения. Пусть в одном из них получена величина разности времен (см. (18)):

$$\Delta t_1 = U_m (c_{11} - c_{21} m) \quad (21)$$

где определены конструктивные коэффициенты  $c_{ij}$ .

Тогда для разности времен распространения сигналов во втором канале справедливо следующее выражение:

$$\Delta t_2 = U_m (c_{12} - c_{22} m) \quad (22)$$

$$\text{где: } c_{12} = 4Z_d / (c_0^2 tg \alpha_2);$$

$$c_{22} = 4[Z_d + (Y_d^2 / R) \ln\{(Z_d + R) / Y_d\}] / (c_0^2 tg \alpha_2)$$

Записав эти два выражения для  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$  как систему двух нелинейных уравнений относительно двух неизвестных параметров профиля скорости и решив эту систему, определим параметры:

$$m = (c_{12} \Delta t_1 - c_{11} \Delta t_2) / (c_{22} \Delta t_1 - c_{21} \Delta t_2) \quad (23)$$

$$U_m = \Delta t_1 / (c_{11} - m c_{21}) = (c_{22} \Delta t_1 - c_{21} \Delta t_2) / (c_{11} c_{22} - c_{12} c_{21}) \quad (24)$$

В этом случае ограничение на выбор координат пьезопреобразователей имеет следующий вид:

$$c_{11} \cdot c_{22} = c_{12} \cdot c_{21}$$

Величине  $C_0$ , необходимую для вычисления коэффициентов  $c_{ij}$ , можно получить из суммы уравнений (16) и (17). Величина расхода в этом случае также определяется по формуле (20).

Таким образом, получены алгоритмы измерения расхода с учетом параметров параболически-степенного профиля скорости потока среды. После измерения времен распространения ультразвукового сигнала в трех отдельных каналах расходомера, или после измерения двух разностей времен распространения ультразвуковых сигналов по потоку и против него в двух каналах, определяют значения скорости  $C_0$  ультразвука и конструктивные коэффициенты  $b_{ij}$  для времен распространения сигналов (или  $c_{ij}$  для их разности), оценивают параметры  $U_m$  и  $m$  модели профиля скорости и, наконец, вычисляют точное значение искомого расхода  $Q$ .

На основе созданных алгоритмов разработаны и созданы бытовой ультразвуковой расходомер-счетчик газа повышенной точности и промышленный ультразвуковой расходомер-счетчик газа. Метрологические исследования на образцовых установках созданных приборов показали, что класс их точности не уступает лучшим зарубежным аналогам.

## Литература:

1. Vulovic F., Harbrink B., van Bloemendaal K. // Installation effects on a multipath ultrasonic flow meter design for profile distortions. North Sea Flow measurement Journal, Lillehammer, October, 1997.
2. Ing.J.(Koo) van Helden, B. Sc.Chem.Eng. // Lecture on Safety Marks, "Ultrasonic Flow measurement", dated March 24, 1997/ Instromet Ultrasonic Technologies, May 23, 1997.
3. Чернобай И.А. и др. // Метод определения поправок на профиль потока среды в ультразвуковых расходомерах. Изв. вузов СССР. Приборостроение. 1984. Т.27, №5.
4. Чернобай И.А. // Обработка переотраженных сигналов для автоматической компенсации асимметрии ультразвуковых расходомеров-счетчиков. Материалы научнотехнической конференции "Современные методы обработки сигналов в системах измерения, контроля, диагностики и управления". Минск, 1995.
5. Чернобай И.А. // Ультразвуковой частотный способ измерения расхода. Патент №1681 (Республика Беларусь).
6. Чернобай И.А. // Метод компенсации гидродинамической асимметрии ультразвуковых расходомеров-счетчиков. Материалы научно-технической конференции "Современные вопросы оптики, радиационного материаловедения, информатики, радиофизики и электроники". Мн.: Белгосуниверситет, 1996.
7. Чернобай И.А., Доманов Ю.А. // Анализ точности описания теоретическими моделями профиля скорости потока газа в цилиндрических трубопроводах. Весці НАН Беларусі Сер. фіз.-тэхн. навук. 2002 №3.
8. Чернобай И.А., Доманов Ю.А. // Определение расхода газа через цилиндрические трубопроводы методом многолучевого ультразвукового зондирования. Весці НАН Беларусі Сер. фіз.-тэхн. навук. 2002 №2.

## БЕЛОРУССКАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ ГАЗЕТА

6 ЛЕТ НА РЫНКЕ  
РЕКЛАМНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ  
УСЛУГ

Еженедельное издание для  
специалистов и предпринимателей  
в области строительства

Распространяется в Минске  
и по всей территории  
Республики Беларусь по подписке,  
а также в строительных магазинах,  
на всех тематических выставках,  
на строительном рынке в Уручье,  
прямой почтовой рассылкой  
в 10 000 фирм

АДРЕС РЕДАКЦИИ:  
220030, Минск, ул. Ульяновская, 4  
Тел./факс: 213-28-32, 213-28-33,  
227-64-78, 227-70-64, 227-69-35  
e-mail: [cnb@nsys.by](mailto:cnb@nsys.by); [www: http://cnb.nsys.by](http://cnb.nsys.by)



# ПОЛДЕНЬ



**Профессиональный паяльный инструментарий из Германии**

Микросхемы всех серий, транзисторы, диоды, тиристоры, стабилизаторы, оптроны, свето-диоды и т.д., производства СНГ и стран БАПТИИ.

Микросхемы INTEL, ATMEL, ALTERA, ANALOG DEVICES, MAXIM, MOTOROLA, Burr-Brown, IR, BOURNS, HOLTEK и т.д.

Импортные транзисторы, диоды, светодиоды и т.д.

Импортные установочные изделия: разъемы, панельки, гжемперы, клемники, кабель плоский (шлейф) и т.д.

ЖКИ - дисплеи, светодиодные индикаторы.

Резисторы, потенциометры, конденсаторы.

ЧИП - компоненты

Заказы по каталогу FARNELL.

Представительство НТЦ "СИТ"



Тел./факс: (+375 17) 222-59-59, 222-52-92, 222-50-23  
E-mail: [polden@anitex.by](mailto:polden@anitex.by)