

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 7 2010

Tools Window Help

BandStop-AC



В номере

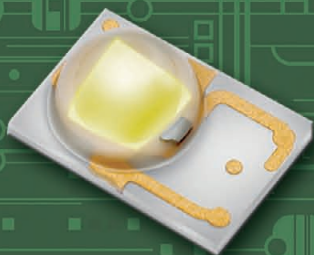
Новая версия САПР OrCAD
Современные драйверы светодиодов
Радиационно-стойкие микросхемы памяти
Операционные усилители с нулевым дрейфом
Параллельное соединение преобразователей
постоянного тока

и многое другое



КОМПЛЕКСНЫЕ ПОСТАВКИ ДЛЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

СВЕТОДИОДЫ



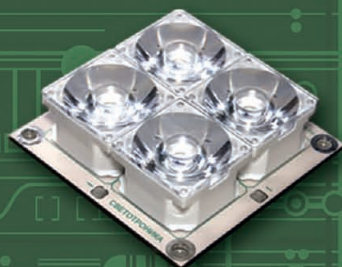
ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ



ВТОРИЧНАЯ ОПТИКА



СВЕТОДИОДНЫЕ
МОДУЛИ



КОМПОНЕНТЫ И СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫМ
ОСВЕЩЕНИЕМ



КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМ
ОХЛАЖДЕНИЯ



Главный редактор
Александр Майстренко

Зам. главного редактора
Татьяна Крюк

Редакционная коллегия
Андрей Данилов, Олег Фёдоров

Вёрстка
Александр Либков, Олеся Фрейберг

Обложка
Дмитрий Юсим

Служба распространения
(info@soel.ru)
Ирина Лобанова

Служба рекламы
(advert@soel.ru)
Ирина Савина

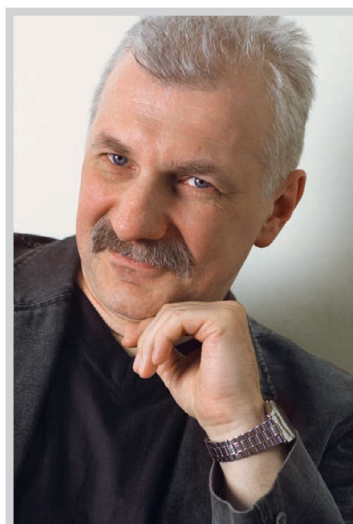
Издательство «СТА-ПРЕСС»
Директор Константин Седов
Почтовый адрес: 119313, Москва, а/я 26
Телефон: (495) 232-0087
Факс: (495) 232-1653
Сайт: www.soel.ru
E-mail: info@soel.ru

Журнал выходит 9 раз в год

Тираж 10 000 экземпляров
Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № ФС77-18792 от 28 октября 2004 года)
Свидетельство № 00271-000 о внесении в Реестр надёжных партнеров Торгово-промышленной палаты Российской Федерации
Цена договорная

Отпечатано:
ООО ПО «Периодика»
Адрес: 105005, Москва, Гарднеровский пер., д. 3, стр. 4
<http://www.printshop13.ru>

Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.
Ответственность за содержание рекламы несут рекламодатели.
Ответственность за содержание статей несут авторы.
Материалы, переданные редакции, не рецензируются и не возвращаются.
© СТА-ПРЕСС, 2010



Уважаемые читатели!

Столь желанное долгой морозной зимой лето, к счастью, кончилось, измучив европейскую часть России жарой и пожарами. Небывалый смог, окутавший столичный регион, повлиял и на отечественную электронную промышленность. Высокое содержание в воздухе загрязняющих веществ заставило некоторые микроэлектронные предприятия временно прекратить свою работу. Так, например, завод «Микрон» в Зеленограде приостановил производство пластин для чипов RFID, которые используются в пластиковых платёжных средствах и проездных билетах московского метрополитена. Не смог запустить конвейер по выпуску новых пластин для чипов и зеленоградский завод «Ангстрем».

Что касается «Ангстрема», то отнюдь не природные катаклизмы являются его истинной проблемой. На днях от «РБК daily» стало известно, что проект стоимостью 815 млн. евро по строительству на «Ангстреме» микроэлектронного производства по технологической норме 130 нм остановлен. Разумеется, в сложившейся ситуации руководству «Ангстрема» хочется найти внешнего врага, поэтому виновным в провале проекта называется ВЭБ, который прекратил перечислять «Ангстрему» транши в условиях кризиса. Мне же представляется, что банк, видя уровень менеджмента предприятия, проявил здравый смысл, хоть и с запозданием. На сегодняшний день «Ангстремом» потрачено 300 млн. евро на проект производства и приобретение у AMD лицензий на производственную линию, которая так и не пересекла российскую границу. И на зарплаты руководству, конечно. Другими словами, впустую. Думаете, на «Ангстреме» с голов руководства «папахи полетят»? Сомневаюсь. Напротив, Минпромторг проявил отеческую заботу о предприятии и выделяет ему 650 млн. рублей уже на другую линию, с добрыми старыми нормами 250...350 нм и технологией «кремний на сапфире». Так что в 2011 г. у нас радиационно-стойких микросхем будет как грязи. А общая стоимость проекта составит 1,3 млрд. руб.

Интересная, должно быть, работа у сотрудников Счётной палаты...

*С уважением,
Александр Майстренко*

Market

News from the Russian Market	4
Programmed Electronics – the Important Factor of Innovative Updating of Russia	8
<i>Vladimir Bartenev</i>	

Elements and Components

Computer-On-Module: Third Level of Electronic Components Integration	12
<i>Pyotr Pavlov</i>	
Maxim Advanced LED drivers for LCD	18
<i>Yurii Petropavlovskii</i>	
BAE Systems Memory Chips	28
<i>Aleksandr Popovich</i>	
Zero-Drift Operational Amplifiers	30
<i>Reza Moghimi</i>	

Devices and Systems

Multichannel Temperature Regulators Market Review	34
<i>Sergei Shishkin</i>	
Embedded Applications by the Example of Intel Core i3/i5/i7 Processors	42
<i>Leonid Akinshin</i>	

Practical Electronics

Loaded Code Correction in Sin-wave Generator Based on DDS-Synthesizer IC	48
<i>Valentin Sokol</i>	

Design and Simulation

Parallel Connection of DC-Converters	50
<i>Valerii Meleshkin, Svetlana Shipaeva</i>	
PCB CAD OrCAD 16.3 New Version Review	54
<i>Anatolii Sergeev</i>	

Programming

Means of Program Modules Safe Loading	62
<i>Vladimir Anikeev, Mikhail Marunin, Andrei Tochilin, Oleg Zherdin</i>	
MicroC Advanced Environment for High-Level C Programming of Microcontrollers (Part 2)	66
<i>Oleg Val'pa</i>	

Theory

Efficient Use of Multipliers at Digital Decimating Filters Implementation	72
<i>Mikhail Grigoryan</i>	
Digital Precision Narrowband Filter	76
<i>Natal'ya Gudkova</i>	

РЫНОК

- 4 **Новости российского рынка**
- 8 **Программируемая радиоэлектроника – важный фактор инновационного обновления России**
Владимир Бартенев

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 12 **Computer-On-Module: третий уровень интеграции электронных компонентов**
Пётр Павлов
- 18 **Современные драйверы светодиодов подсветки ЖК-дисплеев фирмы Maxim**
Юрий Петропавловский
- 28 **Микросхемы памяти BAE Systems**
Александр Попович
- 30 **Операционные усилители с нулевым дрейфом**
Реза Могими

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 34 **Обзор рынка многоканальных терморегуляторов**
Сергей Шишкин
- 42 **Встраиваемые приложения на примере процессоров Intel Core i3/i5/i7**
Леонид Акиншин

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

- 48 **Коррекция загружаемого кода в генераторе синусоидального напряжения на микросхеме DDS-синтезатора**
Валентин Сокол

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 50 **Параллельное соединение преобразователей постоянного тока**
Валерий Мелешкин, Светлана Шипаева
- 54 **Обзор новой версии САПР печатных плат OrCAD 16.3**
Анатолий Сергеев

ПРОГРАММИРОВАНИЕ

- 62 **Средство безопасной загрузки программных модулей**
Владимир Аникеев, Михаил Марунин, Андрей Точилин, Олег Жердин
- 66 **Современная среда разработки mikroC для программирования микроконтроллеров на языке высокого уровня Си (часть 2)**
Олег Вальга

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

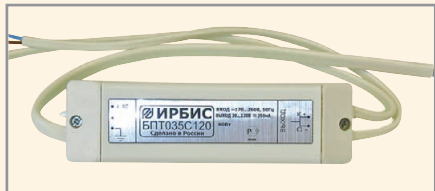
- 72 **Эффективное использование умножителей при реализации цифровых фильтров-дециматоров**
Михаил Григорян
- 76 **Цифровой прецизионный узкополосный фильтр**
Наталья Гудкова

Новости российского рынка

Элементы и компоненты

Драйверы для светодиодов

«ММП-Ирбис» расширил линейку драйверов для светодиодов недорогим стабилизированным источником постоянного тока в пластмассовом корпусе. Новая модель



БПТ выпускается с выходным напряжением от 24 до 300 В, выходным током до 1,2 А, мощностью до 40 Вт. Имеет высокий КПД – 92%, гальваническую развязку, комплекс защит, рабочий диапазон температур от –40 до +70°C, обеспечивает стабильность тока $\pm 5\%$ при всех дестабилизирующих факторах.

www.mmp-irbis.ru
Тел.: (495) 987-1016

Качественно новые прецизионные термокомпенсированные кварцевые генераторы со стабильностью частоты на уровне термостатированных

ОАО «МОРИОН» (Санкт-Петербург) представляет качественно новые прецизионные термокомпенсированные кварцевые генераторы. Ключевой особенностью приборов данной группы является сочетание следующих характеристик:

- стабильность частоты на уровне термостатированного генератора ($\sim 10^{-7}$);
- малое значение потребляемой мощности – как после включения генератора, так и в установившемся режиме (около 100 мВт);
- малое время стабилизации частоты после включения (около 2...3 с);
- низкий уровень фазовых шумов.

В настоящее время планируется серийный выпуск двух базовых моделей указан-



ных прецизионных термокомпенсированных генераторов: ГК202-ТК и ГК203-ТК:

- ГК202-ТК имеет номинальную частоту 12,8 МГц, выходной сигнал SIN и напряжение питания 5 В. Прибор обеспечивает температурную стабильность частоты до $1,5 \times 10^{-7}$ в широком интервале рабочих температур и долговременную стабильность частоты до $1,5 \times 10^{-7}$ за год. Генератор выполнен в стандартном корпусе с размерами $36 \times 27 \times 12,7$ мм;
- ГК203-ТК имеет номинальную частоту 10 МГц и напряжение питания 12 В. Выходной сигнал также имеет синусоидальную форму. Прибор характеризуется ещё более высокой стабильностью частоты: до 5×10^{-8} при изменении рабочей температуры в широком диапазоне и до $1,5 \times 10^{-7}$ долговременной за год.

ГК203-ТК имеет аналогичные ГК202-ТК габаритно-присоединительные размеры, однако при этом имеет очень перспективное исполнение с высотой 10 мм.

Сочетание высокого уровня температурной и долговременной стабильности частоты с низким уровнем потребления и почти мгновенной готовностью к работе делают генераторы ГК202-ТК и ГК203-ТК очень эффективным решением для многих применений, в частности, в различных системах мобильной радиосвязи.

Дополнительная информация об этих и других новых приборах доступна на сайте ОАО «МОРИОН».

www.morion.com.ru
Тел.: (812) 350-7572, (812) 350-9243

Российский двухъядерный DSP-процессор!

Лидер в области создания отечественных микросхем спецназначения, компания «Миландр», анонсирует свой новый двухъядерный процессор 1901ВЦ1Ф. Данная микросхема сочетает в себе все достоинства универсального микроконтроллера и производительность DSP процессора. Микросхема предназначена для различной аппаратуры связи, телекоммуникаций и других задач, требующих цифровой обработки сигналов. Микросхема содержит в себе высокоэффективное 32-разрядное RISC-ядро, аналог ARM CortexM3, и высокопроизводительное DSP-ядро, аналог TMS320C54X. Оба ядра работают в едином адресном пространстве памяти, имеют богатый набор периферии: от традиционных для микроконтроллеров интерфейсов, АЦП, ЦАП и заканчивая аппаратными аудиокодеками для работы с речевой ин-

формацией. Микросхема имеет напряжение питания от 3,0 до 3,6 В, расширенный температурный диапазон от –60 до +125°C и выпускается в 132-выводном металлокерамическом корпусе, что позволит использовать микросхемы для ответственных применений и спецтехники. Получение первых образцов запланировано на январь-февраль 2011 г.

www.milandr.ru
Тел.: (495) 981-5433

Двухканальный экономичный АЦП с низким уровнем шумов от Analog Devices

Analog Devices представляет двухканальный 16-разрядный малошумящий АЦП с частотой дискретизации 105 Мвыб/с и низким потреблением, разработанный для высокоскоростных систем обработки видеoinформации в медицинских приложениях, спектральном анализе, многомодовом радио и радиолокации. АЦП AD9650 потребляет 328 мВт на канал, что вдвое меньше, чем у конкурирующих АЦП, в то же время он имеет лучшее в своём классе отношение сигнал/шум, составляющее 82 дБ, и динамический диапазон 90 дБн при частоте входного сигнала 30 МГц.

АЦП AD9650 производится в компактном корпусе размером 9×9 мм, он имеет дифференциальные входы и опцию дитеринга для расширения динамического диапазона. Новый АЦП полностью совместим с прежними моделями, включая AD9268 (16 разрядов, 125 Мвыб/с), AD9251 (14 разрядов, 80 Мвыб/с) и AD9269 (16 разрядов, 80 Мвыб/с), что позволяет повышать производительность систем сбора информации без изменения рисунка печатной платы.

Аналоговая часть АЦП AD9650 питается от одного источника напряжением 1,8 В, ещё один источник используется для питания выходного цифрового драйвера, формирующего CMOS- или LVDS-сигнал. АЦП AD9650 также доступен в вариантах с частотами дискретизации 80, 65 и 25 Мвыб/с.

Основные параметры АЦП AD9650:

- частота дискретизации 105, 80, 65 и 25 Мвыб/с;
- разрешение 16 разрядов;
- отношение сигнал/шум 82 дБ при частоте входного сигнала 30 МГц и скорости 105 Мвыб/с;
- динамический диапазон 90 дБн при частоте входного сигнала 30 МГц и скорости 105 Мвыб/с;
- опция дитеринга;

Новости российского рынка

- напряжение питания аналоговой части 1,8 В.

Получить дополнительную информацию и приобрести AD9650 можно у официального дистрибьютора продукции Analog Devices в России – AUTEX Ltd.

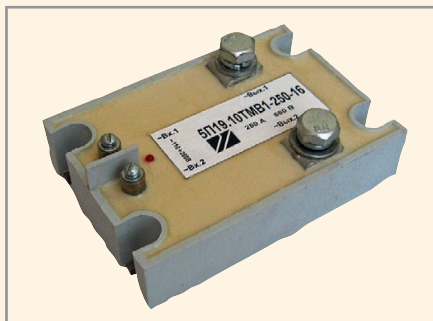
www.autex.ru

Тел.: (495) 334-7741, 334-9151

Новые сильноточные реле ЗАО «Протон-Импульс»

ЗАО «Протон-Импульс» (г. Орёл), ведущий разработчик и производитель твердотельных реле и модулей, приступил к широкомасштабному выпуску сильноточных реле переменного тока на токи коммутации до 250 А. Данный тип реле переменного тока может выпускаться с различными сигналами управления:

- 4...30 В постоянного напряжения;
- 6...30 В и постоянного, и переменного напряжения;
- 110...280 В переменного напряжения.



Сильноточные реле отличают малые токи управления, что упрощает применение их в системах автоматики. Включение реле при переходе фазы через ноль способствует более мягкому включению двигателей и повышает ресурс нагревательных элементов. Данные характеристики выгодно отличают твердотельные сильноточные реле от электромагнитных с подобными параметрами. Выпуск реле до 16 класса (включительно) позволяет использовать их в сети с напряжением до 660 В или, например, в сети 220 В с большим уровнем помех.

Индикация наличия сигнала управления на входе реле упрощает наладку систем автоматики, в которых используется сильноточное реле в качестве мощного ключа.

По желанию потребителя сильноточные реле комплектуются охладителем, рассчитанным на максимальный ток (при условии обдува вентилятором), и элементом защиты, включающим варистор и RC-цепь.

www.proton-impuls.ru

Тел.: (4862) 498-720

22-кВт источники питания DC/DC и AC/DC от компании Schaefer

Компания Schaefer представила новую серию С6400 источников питания AC/DC и DC/DC с выходными мощностями до 22 кВт.



Серия С6400 включают модели для работы от трёхфазных сетей переменного тока 3×400 В (320...460 В), 3×480 В (400...530 В) с частотой сети 47...400 Гц и сетей постоянного тока 320...640 В, 450...800 В и способны обеспечить на выходе выходные напряжения до 800 В, а ток нагрузки до 360 А.

Надёжная конструкция изделий серии С6400 выполнена из компонентов промышленного класса по топологии с коммутацией силовых транзисторов при нулевом токе.

Модули характеризуются значением нестабильности по току 0,2% и нестабильностью по сети 0,1%.

Преобразователи напряжения DC/DC и AC/DC оснащены внешней обратной связью. Полный комплект защит является стандартным: защита от перегрева, перенапряжения, перегрузки по току, длительного короткого замыкания. Значение КПД до 90% (тип.). Диапазон рабочих температур от -10 до $+50^\circ\text{C}$. Конструктивно модули выполняются в корпусах с габаритами (В \times Ш \times У) 355 \times 483 \times 600 мм.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Трёхфазные 960-Вт источники питания AC/DC для установки на DIN-рейку

Компания TDK-Lambda расширила свой ряд одноканальных источников электропитания AC/DC для монтажа на DIN-рейку для работы от трёхфазной сети переменного тока выпуском новой модели DPP960-3. Доступны модели с выходными напряжениями 24 и 48 В, предназначенные для применения в устройствах автома-

тизации производственных процессов и управления промышленным оборудованием, испытательном и измерительном оборудовании.

Модули способны работать от трёхфазных сетей переменного тока с диапазоном от 340 до 575 В (частота сети 47...63 Гц) без необходимости переключения или подстройки. Важным свойством этих источников питания является возможность работы при отключении одной фазы: они будут работать со снижением выходной мощности до 80% номинальной. Все модели содержат корректор коэффициента мощности, отвечающий требованиям стандарта EN61000-3-2.

Модули питания оснащены функцией равномерного распределения тока между параллельно включёнными блоками. Выходное напряжение может регулироваться для компенсации падения напряжения на соединительных проводниках.

Для дополнительного удобства применения в системах управления 24-вольтовые модели оснащены реле с нагрузочной способностью 0,3 А, предназначенным для диагностики выходного напряжения. Нормально разомкнутые контакты замыкаются, когда выходное напряжение понижается до $18,5 \pm 0,9$ В. Это свойство может применяться для предотвращения неправильной работы датчиков и соленоидов при пониженном напряжении, когда их поведение может быть непредсказуемым. Модели DPP960-3 оснащены также защитой от перенапряжения, короткого замыкания и перегрева. Диапазон рабочих температур источников питания от -25 до $+71^\circ\text{C}$.



Все модели могут устанавливаться на DIN-рейки TS35/7.5 или TS35/15 и выпускаются в металлическом корпусе с удобными винтовыми соединителями. Срок гарантийного обслуживания 2 года.

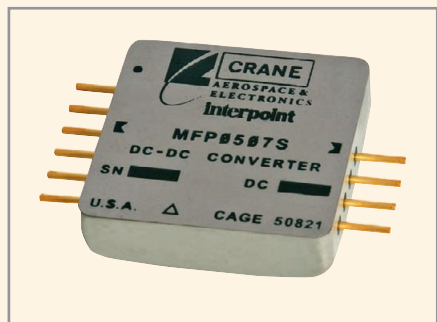
www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Новости российского рынка

Новые радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи типа POL (point-of-load) с диапазоном рабочих температур от -70 до $+150^{\circ}\text{C}$

Компания CRANE Aerospace & Electronics, поставляющая продукцию под торговой маркой Interpoint, начала производство высокоэффективных DC/DC-преобразователей серии MFP типа POL (point-of-load), разработанных для применения в аппаратуре космических аппаратов. Первые модели в новой серии MFP (Maximum Flexibility) преобразователей, предназначенных для установки рядом с нагрузкой, обеспечивают максимальную гибкость благодаря обширному набору функциональных возможностей и разработаны для формирования стабильного напряжения в широком диапазоне температур от -70 до $+150^{\circ}\text{C}$. Преобразователи MFP0507S характеризуются чрезвычайно низким уровнем пульсаций выходного напряжения и не требуют применения внешних конденсаторов. DC/DC-преобразователи выпускаются в корпусах для поверхностного монтажа (габариты $30,48 \times 30,48 \times 8,79$ мм).



Предлагаются модели со значениями поглощённых доз низкоинтенсивного ионизирующего излучения 30, 100 и 300 крад (Si), соответствующие требованиям спецификации MIL-PRF-38534 по Class H и Class K. Гарантируется отсутствие катастрофических отказов, вызываемых тиристорным эффектом, при значениях передачи энергии (ЛПЭ) частицами более $80 \text{ МэВ см}^2/\text{мг}$.

Основные характеристики:

- диапазон входных напряжений от 3 до 6 В;
- максимальная длительность 15-вольтового импульса напряжения 1 с;
- нет гальванической развязки между входными и выходными цепями;
- фиксированная частота преобразования (от 280 до 330 кГц);
- выходное напряжение регулируется от 0,64 до 3,4 В;
- защита от перенапряжения, короткого замыкания и низкого входного напряжения (отключается при значении входного напряжения 2,75 В);
- КПД до 92%;
- функции дистанционного включения/выключения, внешняя синхронизация (частота от 270 до 340 кГц или 600 кГц), равномерное распределение тока при параллельной работе модулей;
- запуск при температуре -90°C .

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Новые 40-Вт DC/DC-преобразователи серии JTL

Компания XP Power расширила серию JTL DC/DC-преобразователей 40-Вт моду-

лями, выполненными в стандартных корпусах $50,8 \times 50,8 \times 10,2$ мм и имеющими КПД от 89 до 92%.



Серия включает одноканальные модули с выходами 3,3; 5; 9; 12; 15 В и двухканальные модели с выходными напряжениями ± 12 и ± 15 В. Широкий диапазон входных напряжений (4 : 1) 9...36 В и 18...75 В подходит для многих приложений, которые требуют различных значений входных напряжений. Выполненные в металлических корпусах модули снабжены функциями дистанционного включения/выключения, внешней обратной связи и регулировки выходного напряжения в диапазоне $\pm 10\%$ от номинального значения для одноканальных модулей.

Гальваническая развязка вход-выход 1600 В (постоянное напряжение). Диапазон рабочих температур $-40 \dots +85^{\circ}\text{C}$ с понижением выходной мощности при $+50^{\circ}\text{C}$. Модули JTL40 совместимы по расположению выводов с модулями TEN40WIN компании Traco.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Приборы и системы

«ПЛАНАР» приступил к выпуску новых измерителей комплексных коэффициентов передачи и отражения «Обзор-804», «Обзор-804/1»

Прибор предназначен для измерения комплексных коэффициентов передачи и отражения (S-параметров) СВЧ-устройств в диапазоне частот от 0,3 до 8000 МГц.

Наличие встроенного переключателя тестирующего сигнала на измерительные порты прибора позволяет производить измерения всех параметров измеряемого устройства за одно подключение.

Для измерения нелинейных свойств четырёхполюсников и расширения диапазо-

на измерений в приборах используется регулировка выходной мощности от -60 до $+10$ дБм.

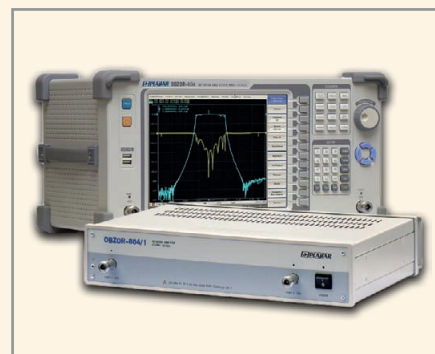
Основные характеристики приборов:

- динамический диапазон более 130 дБ при полосе измерительного фильтра 10 Гц; типовые значения при полосе измерительного фильтра: 10 Гц...138 дБ, 1 Гц...148 дБ;
- низкая погрешность измерений, типовая величина погрешности измерения S_{21} менее 0,03 дБ;
- время измерения на одной частоте 100 мкс;
- возможность удалённого управления приборами позволяет использовать их в составе измерительных стендов;
- прибор поддерживает различные виды калибровок:

- нормализация отражения и передачи,
- полная однопортовая калибровка,
- однонаправленная двухпортовая калибровка,
- полная двухпортовая калибровка,
- TRL калибровка.

www.planar.chel.ru

Тел.: (351) 72-99-777



Новости российского рынка

Быстро, точно и удобно в работе: новые цифровые осциллографы от Rohde & Schwarz

Rohde & Schwarz разработал и выпустил новое семейство для быстрого и точного отображения сигналов. При возможности анализировать до одного миллиона осциллограмм в секунду, эти приборы могут мгновенно отображать даже очень редкие ошибки. Приборы также имеют первую в мире цифровую систему синхронизации, реализованную в осциллографах, которая обеспечивает минимальный джиттер запуска. Новые приборы на начальном этапе будут доступны в двух- и четырёхканальном исполнении с полосами пропускания 1 и 2 ГГц и максимальной частотой дискретизации 10 ГГц.

Традиционные цифровые осциллографы захватывают сигнал только в течение 0,5% от полного цикла по захвату сигнала. Понимая эту проблему, Rohde & Schwarz увеличил эффективность сбора информации более чем в 20 раз – до 10%. Отвечающая

за это специализированная интегральная схема обеспечивает обработку оцифрованных значений сигнала в реальном времени с беспрецедентной скоростью. Как результат, новые осциллографы могут анализировать до одного миллиона осциллограмм в секунду.

Rohde & Schwarz также применил новый подход к системе синхронизации. Традиционные аналоговые системы запуска имеют временные и амплитудные смещения между цепями синхронизации и путями обработки цифрового сигнала. Это приводит к ограничению точности приборов. С использованием чисто цифровой архитектуры системы запуска, выполненной впервые в цифровых осциллографах, синхронизация и захват данных осуществляются по одному общему сигнальному каналу и с общей временной опорой. В результате достигается исключительно малое значение джиттера и возможность точной настройки уровня запуска.

Помимо самих осциллографов, Rohde & Schwarz также предлагает широкий набор



активных и пассивных пробников. Активные пробники имеют не только отличные ВЧ-характеристики, они также обладают двумя новыми особенностями: микрокнопкой, которая может быть запрограммирована на выполнение различных функций для непосредственного контроля осциллографа, и R&S ProbeMeter – встроенным вольтметром, который осуществляет точные измерения постоянного напряжения для быстрой проверки питающего напряжения или рабочих точек, независимо от текущих аппаратных настроек самого осциллографа.

www.rohde-schwarz.ru
Тел.: (495) 981-3560

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ «РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. АВТОМАТИЗАЦИЯ»



ПАТРОНАЖ ТПП РФ

Radel РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
X Юбилейная международная специализированная выставка

НАМ 10 ЛЕТ!

- Электронные компоненты
- Комплектующие
- Печатные платы
- Материалы
- Конструктивы
- Технологии
- Оборудование
- Контрольно-измерительные приборы

16 - 18 ноября 2010
Санкт-Петербург, СКК

организатор выставки:
FareXPO IFE

ais@orticon.com, www.farexpo.ru/ais
тел.: +7 (812) 777-04-07, 718-35-37
Место проведения: Санкт-Петербург, СКК
пр. Ю. Гагарина, 8, м. "Парк Победы"

организатор выставки:
Техно&Ком

Программируемая радиоэлектроника – важный фактор инновационного обновления России

Владимир Бартенев (Москва)

В статье кратко описаны этапы развития радиоэлектроники – от её возникновения до настоящего времени. Отмечается, что за последние двадцать лет произошёл революционный переворот в этой области техники, связанный с переходом к программируемым радиоэлектронным встраиваемым системам и устройствам с использованием микроконтроллеров, сигнальных процессоров и ПЛИС. Именно поэтому современную радиоэлектронику можно назвать программируемой.

Современное состояние отечественной радиоэлектроники заставляет нас предположить, что по ряду причин руководством нашей страны не удалось осознать происшедший в мире революционный переворот в этой области техники. Во многом это обусловлено развалом СССР, своеобразием российских экономических реформ, в основу которых положена нефтегазовая составляющая, и недалёковидностью государственных чиновников, считающих вполне нормальным повсеместное внедрение импортной радиоэлектроники, в том числе, в изделия ОПК.

Последние 20 лет никто из руководства страны не задумывался о том, почему в России практически исчезло производство радиоэлектроники. Только скоротечный конфликт с Грузией в августе 2008 г. остро обнажил эту проблему. Самокритичным стало заявление заместителя начальника Генерального штаба Вооружённых сил РФ генерал-лейтенанта Евгения Мейчика [1]: «Не буду скрывать: недавний вооружённый конфликт на Кавказе выявил немало проблем в оснащении наших войск новейшими образцами техники. События в Южной Осетии подтвердили актуальность расставленных нами приоритетов в вопросах развития средств связи».

Большую озабоченность состоянием технического оснащения российской армии современными радиоэлектронными системами и техникой связи выразил Президент России Дмитрий Медведев, заявив на недавнем совещании, посвящённом техническому оснащению Вооружённых сил РФ до 2020 г., что доля морально устаревшей техники связи в российской армии составляет сегодня 85% [2].

Чтобы лучше понять, на каком этапе развития находится современная радиоэлектроника, следует вспомнить, как она возникла и развивалась. История радиоэлектроники, насчитывающая немногим более 100 лет, весьма показательна и является одним из блестящих примеров бурного научно-технического прогресса в XX в. Её можно разбить на ряд характерных этапов, на каждом из которых радиоэлектроника достигает известного уровня развития, но в то же время появляется нечто новое, что является основой следующего этапа.

Первый этап развития начался, когда такого понятия, как «радиоэлектроника», ещё не существовало. Это было время первых изобретений беспроводного телеграфа А.С. Поповым, Г. Маркони, Н. Теслой и др.

Несмотря на огромные усилия нашего соотечественника, изобретателя радио А.С. Попова в развитии отечественной радиотехники на этапе её становления, основные поставки средств связи в российскую армию и флот осуществлялись из-за рубежа. Предвидя огромные прибыли от поставок радиооборудования, в Россию потянулись не только известные фирмы, но и обыкновенные проходимцы. Предлагали свою продукцию немцы, англичане, американцы, причём в большинстве случаев это были опытные образцы техники или даже лабораторные макеты. В борьбе за заказы часто использовались коррупционные схемы и жульнические приемы (Маркони, Кобхем, Баранов, Виленкин, Батюшков и др. [3]). Эта зависимость России от зарубежного, зачастую, устаревшего оборудования частично объясняла неудачи России как в русско-японской

войне 1905 г., так и в Первой мировой войне.

Искровые передатчики и кристаллические детекторы на данном этапе постепенно достигли технического совершенства. В конце этого периода, который пришёлся на конец Первой мировой войны, появились дуговые передатчики и машины высокой частоты.

Казалось бы, все возможности радиотехники на этом этапе были исчерпаны и её развитие должно остановиться. Однако появились приборы, работающие на новых физических принципах, – электронные лампы, благодаря которым второй этап в развитии радиотехники характеризуется широким использованием ламповых детекторов, усилителей и генераторов в приёмниках и передатчиках.

Радиолампы усовершенствовали радиотелефонию; появились новые отрасли промышленности – радиовещание, телевидение, радиолокация, автоматика, телемеханика и вычислительная техника. Поэтому узкое понятие «радиотехника» было заменено более ёмким – «радиоэлектроника».

В разруху, голод, блокаду и гражданскую войну коллективу Нижегородской лаборатории во главе с М.А. Бонч-Бруевичем удалось создать мощные радиолампы, не имевшие в то время аналогов за рубежом [4]. За годы первых пятилеток произошёл скачок в развитии отечественной радиоэлектроники. К началу Великой Отечественной войны советская радиопромышленность освоила выпуск средств связи, радиостанций, пеленгационных и радиолокационных систем, мало в чём уступавших зарубежным аналогам [5].

В 1930–1940-е годы электровакуумные приборы получили массовое распространение, их номенклатура расширилась от усилительных и генераторных радиоламп до электроннолучевых трубок и фотоэлектронных приборов, а параметры подошли к физическим пределам. Наступил очередной кризис технологии, и потребовался новый, качественный скачок в развитии элементной базы радиоэлектроники.

Появление полупроводниковых усилительных приборов – транзисторов –

ознаменовало третий этап в развитии радиоэлектроники. Полупроводники были известны давно и широко использовались в качестве детекторов, выпрямителей и термоэлектрогенераторов («партизанский котелок» А.Ф. Иоффе). Исторически первой схемой, в которой полупроводник заменил электронную лампу, был изобретённый в 1922 г. сотрудником Нижегородской лаборатории О.В. Лосевым приёмник, известный под названием «кристадин» [6]. Однако недостаточное теоретическое и экспериментальное изучение свойств полупроводников в то время не позволило «кристадину» оказать заметное влияние на развитие радиоэлектроники. Только изобретение в 1948 г. в США транзистора [7] обеспечило технологическую революцию в радиоэлектронике.

Полупроводниковые приборы стали неслучайной и существенной частью радиоэлектронных систем. Их применение привело к коренным схематическим и конструктивным изменениям в радиоэлектронной аппаратуре. Появились полупроводниковые источники электрической энергии – солнечные батареи – и полупроводниковые

источники света – светодиоды и полупроводниковые лазеры. Совершенствование полупроводниковой технологии позволило существенно уменьшить габариты разрабатываемых радиоэлектронных систем за счёт сначала микро-модульных конструкций, а затем и микросборок, использующих бескорпусные полупроводниковые элементы.

Следующий переломный момент в развитии радиоэлектроники наступил, когда почти одновременно в СССР (НИИ «Пульсар») [8] и США (Texas Instruments) [9] были созданы первые твердотельные интегральные схемы. В последующие десятилетия интегральные микросхемы постепенно вытеснили дискретные транзисторы как в аналоговых, так и в цифровых устройствах. Благодаря цифровым интегральным схемам и аналого-цифровым преобразователям возникло новое направление в радиоэлектронике – цифровая обработка сигналов.

За первое десятилетие развития интегральная радиоэлектроника достигла таких высот, что в 1971 г. компания Intel (США) создала первый в мире программируемый микропроцессор I4004 с 2300 транзисторами на одном

кристалле. Через 8 лет эта же фирма выпустила первый программируемый сигнальный процессор (ЦПОС) I2920 на одном кристалле, который мог подаваемый на его вход аналоговый сигнал преобразовывать в цифровой код, подвергать его обработке по запрограммированному алгоритму и преобразовывать результат в аналоговый выходной сигнал. Несколько позже в СССР появляется аналог американского микропроцессора I8080 с серийным названием 580ИК80, а в 80-х усовершенствованный аналог сигнального процессора I2920 с серийным названием КМ1813ВЕ1 (рис. 1) [10]. Так наступила эра программируемой радиоэлектроники.

В общем случае программируемая радиоэлектронная система – это цифровая или аналого-цифровая система, способная к постоянному совершенствованию и модернизации за счёт смены программного обеспечения. Концепция программируемой радиоэлектроники отражает главное изменение в современной конструкторской парадигме, для которой соотношение аппаратных и программных средств выбирается с явным преобладанием программных средств, что и



Космические технологии по земным ценам в Ваших руках!
Программируемая логика для коммерческого, промышленного и авиационно-космического применений

- Микросхемы Actel слишком дорогие???

- Нет, это не так!

SMARTFUSION™
 - микросхема A2F200M3F-FG256 - 1190 руб*

ProASIC® B
 - микросхема A3P030-VQ100 - 390 руб*

IGLOO®
 - микросхема AGLN020V5-QNG68 - 350 руб*

* - цена указана за одну единицу, при заказе партий микросхем для серийного производства цена может быть ещё меньше
 - позвоните нам и узнайте условия

Минимальное энергопотребление	■ Защита от несанкционированного копирования
Энергонезависимость	■ Высочайшая надежность
Готовность к работе по включению питания	■ Выгодное соотношение цены и качества

Представительство Actel в России и Украине:
 196066, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 212 Тел./факс: +7 (812) 740 62 09 www.actel.ru
 Бесплатный звонок со всех мобильных и стационарных телефонов: 8-800-100-62-09

Реклама



Рис. 1. Первый отечественный программируемый сигнальный процессор КМ1813ВЕ1 на фоне справочного листа с его описанием

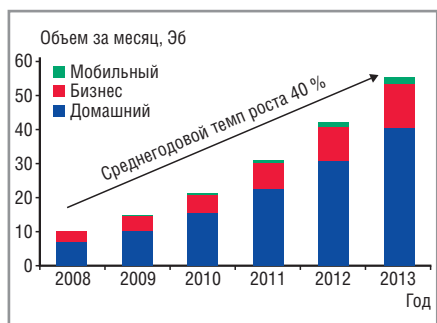


Рис. 2. Рост объема передаваемой информации в сети Интернет



Рис. 3. Первый отечественный программируемый DRM-радиоприёмник «Орлёнок»

обеспечивает возможность быстрого изменения тактико-технических характеристик (ТТХ) радиоэлектронных систем в соответствии с изменяющимися требованиями и возможностями. Эта концепция распространяется практически на все разрабатываемые современные радиоэлектронные устройства, начиная с сотовых телефонов и кончая радиолокационными станциями. Фактически разработчиками законченных радиоэлектронных систем становятся программисты.

Время разработки нового продукта – ключевой момент в современных рыночных условиях. Создание программируемых устройств существенно сокращает период разработки новых моделей. Аппаратная реализация «жестких» радиоэлектронных систем требовала макетирования, отладки и трудоёмкой регулировки изделия в це-

лом. В то же время на одно и то же воздействие сигнальный процессор с одной и той же программой даст на выходе один и тот же отклик. Это существенно снижает затраты на изготовление и проверку программируемого устройства.

Различные входные и выходные сигналы требуют использования нескольких режимов работы проектируемых устройств, что подразумевает собственный набор аппаратных средств для каждого режима. Это увеличивает объём аппаратуры и стоимость изделия в целом. Программируемая система производит смену режима простой перезагрузкой программного обеспечения. Более того, она может быть модернизирована уже на этапе испытаний для корректировки непредвиденных проблем или для улучшения ТТХ. Другим преимуществом программируемой системы является возможность глубокой самодиагностики, что повышает надёжность изделия и минимизирует затраты на его обслуживание.

В то время как в России в 1990-е годы практически полностью была разрушена электронная промышленность, в Юго-Восточной Азии и Китае была создана мощная инфраструктура производства комплектующих изделий для программируемой электроники. К началу XXI в. были разработаны несколько поколений микропроцессоров, ЦПОС и ПЛИС. Появление целых семейств высокопроизводительных ЦПОС, созданных фирмами – лидерами в этой области Texas Instruments и Analog Devices, а также ПЛИС ведущих фирм Xilinx и Altera открыло новые горизонты в развитии программируемых радиоэлектронных систем.

Проекты, реализованные на ЦПОС и ПЛИС, широко применяются в таких областях, как адаптивная цифровая фильтрация, адаптивное обнаружение и накопление сигналов, управление фазированными антенными решётками, программируемое формирование различных сигналов сложной формы с большой частотно-временной базой и их программируемое сжатие [11]. Сформировалось целое направление в создании программируемых радиоприёмных устройств (Software Defined Radio). Эти идеи программируемой обработки потоковых данных на ЦПОС и ПЛИС широко используются в системах цифрового радиовещания и телевидения, в сотовой связи и в сети Интернет. Поток информации (глобаль-

ный интернет-трафик), который к 2013 будет обрабатывать программируемые радиоэлектронные системы, иллюстрирует рисунок 2 [12]. Приставка Экза (exa) означает 10^{18} .

К сожалению, отечественная радиоэлектроника не сможет в должной мере ответить на этот технологический вызов, поскольку производство электронных компонентов для программируемой радиоэлектроники не отвечает современным требованиям. Это снижает конкурентоспособность всех отраслей промышленности нашей страны, замедляет развитие инновационных технологий и, главное, угрожает обороноспособности России.

Правительство РФ принимает экстренные меры по преодолению отставания в радиоэлектронике. В частности, для возрождения отечественной электроники в 2006 г. была принята Федеральная целевая программа «Национальная технологическая база» с подпрограммой «Развитие электронной компонентной базы» на 2007–2011 гг. Однако обещанного прорыва не получилось. Если зарубежные фирмы уже предлагают программируемые микросхемы, изготовленные с проектными нормами 28 нм [12], то российские фирмы ещё не смогли освоить производство 90-нм программируемых микросхем, хотя на совещании у вице-преьера Игоря Сечина в 2008 г. планировалось, что к 2010 г. технологический уровень производства в России должен достигнуть 65 нм.

Наивысшим достижением отечественной электроники в 2009 г. стал запуск в серийное производство в Воронеже первой и единственной в России программируемой ПЛИС типа 5576XC1T с 50 000 вентилями на кристалле. Однако эта микросхема способна лишь частично заменить широко применяемые в России устаревшие зарубежные ПЛИС FLEX10K фирмы Altera с числом вентилей на кристалле 100 – 250 тыс.

Хотя упомянутая выше целевая программа фактически не выполнена, правительством принимается другая Федеральная целевая программа «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 гг.» [13]. Будет ли выполнена эта программа, можно судить по следующему факту.

Несколько лет назад на Сарепульском радиозаводе был выпущен первый отечественный программируемый цифровой радиоприёмник РП-226 «Орлёнок» для приёма цифрового ве-

щения в формате DRM (Digital Radio Mondiale) [16]. Опытный образец РП-226 демонстрировался в 2007 г. на международной конференции по цифровому радиовещанию в Москве и был выполнен на зарубежной элементной базе. В 2009 г. планировался серийный выпуск массового DRM-радиоприёмника с применением отечественных микросхем, и на интернет-странице Саранского радиозавода в разделе готовой продукции даже поместили его фотографию (см. рис. 3) [17]. Хотя радиостанция «Голос России» в DRM-формате уже вещает с 2003 г. [18], слушать её передачи не на чем, – отечественные DRM-приёмники отсутствуют. Только в марте 2010 г. вышло распоряжение правительства РФ о том, чтобы «Минкомсвязи и Минпромторгу организовать в 2010–2011 гг. разработку национальных стандартов системы цифрового вещания DRM». Возникает вопрос: по каким стандартам вещает «Голос России» сейчас?

И всё же хочется надеяться, что мы когда-нибудь услышим цифровой «Голос России» через отечественный DRM-приёмник.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владыкин О. Техника за гранью отсталости. НВО. 2010. № 19.
2. Совещание Президента России Дмитрия Медведева по вопросам развития систем связи Вооруженных сил. 21 мая 2010. www.kremlin.ru.
3. Биксенин Р.П., Глущенко А.А., Партала М.А. Служба связи Российского Флота. К 100-летию образования. Петербургский журнал электроники. 2007. №4.
4. Арнаутов Л.И., Карпов Я.К. «Прорыв в грядущее. Страницы жизни М.А. Бонч-Бруевича». Московский рабочий, 1986.
5. Лосев О.В. Детектор-усилитель; детектор-генератор. ТиТбп. НРЛ. 1922. № 14.
6. Барминева В. К 70-летию создания первых РЛС дальнего обнаружения. Современная электроника. 2010. № 3.
7. Brattain W.H., Bardeen J. Three Electrode Circuit Element Utilizing Semiconductive Materials. U.S. Patent 2,524,035. 1950. Oct.3. Filed June 17, 1948.
8. Малин Б.В. Создание первой отечественной микросхемы. НИИ-35 (ныне ФГУП «НИИ «Пульсар»»). www.chip-news.ru.
9. Kilby J.S. Miniaturized Electronic Circuits. U.S. Patent 3,138,743. 1964. June 23. Filed Feb. 6, 1959.
10. Однокристалльная перепрограммируемая микроЭВМ с аналоговыми устройствами ввода и вывода КМ1813BE1А,Б. Справочный листок ЯТ09360. ИЭВТ, 1980.
11. Bartenev V. Software Radar: New Reality. Report on the Intern. Conf. RADAR2006. China, 2006.
12. Stratix V FPGAs: Built for Bandwidth. Altera's 28-nm FPGAs deliver the industry's highest bandwidth, highest level of system integration. www.altera.com.
13. Концепция федеральной целевой программы «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 гг.». Утверждена распоряжением Правительства РФ №972-р от 23 июля 2007. www.minprom.gov.ru.
14. Барминева В. Российская электроника: пути выхода из кризиса. Современная электроника. 2007. № 1.
15. Барминева В. Возрождение российской электроники: миф или реальность. Фаза-Трон. 2008. № 1–3.
16. Радиоприемник «Орлёнок» СРЗ РП-226DRM. www.ruvr.ru.
17. Радиоприемник «Орлёнок» СРЗ РП-226DRM. www.srz-holding.ru.
18. Николаевич В. Цифровой голос России. Компьютера. 2006. № 11.



Новости мира News of the World Новости мира

Японским производителям электроники не до отдыха

Если спросить производителей электроники из Японии, считают ли они завершившимся кризис в родной области, то ответ, скорее всего, будет положительным. Согласно информации целого ряда японских изданий, крупные местные чипмейкеры вынуждены были призвать своих сотрудников отказаться от летних каникул – ход необычный даже для этой страны.

Причиной этому стал необычайно выросший спрос на компоненты от партнёров японских чипмейкеров, особенно производителей смартфонов, карт памяти, ЖК- и плазменных телевизоров. Обычно большинство предприятий в Японии уходят на недельные каникулы во время проведения традиционного фестиваля Obon в августе, но в этом году, например, Toshiba попросила сотрудников четырёх своих заводов поработать во время праздников. В результате компания планирует поднять операционную прибыль на 20% относительно итогов прошлого лета.

Ещё один крупный японский чипмейкер, компания Renesas, отменила восьмидневные августовские выходные, чтобы вместо этого работать на полную мощность. Соглас-

но её предположениям, такая мера позволит увеличить коэффициент использования имеющихся производственных ресурсов на 20% относительно прошлого года и довести его до 90%. С заявлениями об аналогичных планах отмены летних каникул на своих заводах по производству чипов выступили также Fujitsu и Elpida Memory.

<http://www.3dnews.ru>

FCC и Intel пришли к соглашению

Антимонопольное разбирательство, начатое Федеральной комиссией связи США в декабре прошлого года по поводу неправомочных действий корпорации Intel, видимо, подходит к концу ввиду достижения сторонами предварительного соглашения.

В иске FCC против Intel было указано, что корпорация незаконными методами борется с конкуренцией на рынке процессоров, вынуждая производителей компьютеров, включая Dell, Hewlett-Packard и IBM, отказываться от продукции компании AMD. Вдобавок те, кто проявлял лояльность по отношению к Intel, получал существенные скидки.

Согласно достигнутому соглашению, Intel прекратит препятствовать сотрудничеству производителей компьютеров с ком-

панией AMD, а также предлагать вознаграждение за эксклюзивное партнерство.

Соглашение также содержит четыре ограничения для Intel, которые должны способствовать нормальной конкуренции на рынке процессоров. Во-первых, Intel предписано изменить лицензионные соглашения с компаниями AMD, NVIDIA и VIA, с тем чтобы те имели больше свободы в выборе действий, включая сотрудничество с кем угодно или слияние без риска судебных преследований со стороны Intel. Во-вторых, Intel ещё на пять лет продлит лицензионное соглашение с VIA на производство x86-совместимых процессоров, которое заканчивается в 2013 г. В-третьих, корпорация не будет менять спецификацию интерфейса PCI Express в течение 6 лет. И наконец, корпорация должна предупреждать разработчиков софта о том, что компиляторы Intel различают фирменные чипы и чипы сторонних производителей и что они могут не учитывать всех особенностей чипов других компаний.

Согласно законодательству, на обсуждение предварительного соглашения отведено 30 дней, после чего FCC примет окончательное решение.

<http://arstechnica.com/>

Computer-On-Module: третий уровень интеграции электронных компонентов

Пётр Павлов (Москва)

В основе концепции COM (Computer-On-Module, компьютер-на-модуле) – использование модулей класса COTS (см. СЭ № 6, 2010) совместно с платой-носителем, на которой установлена система ввода/вывода. Хотя COM могут использоваться и как самостоятельное COTS-решение одноплатного компьютера, комбинирование COM-модуля с платой-носителем позволяет более гибко «настраивать» конечную систему под конкретное приложение.

В 1959 г. «одновременно и независимо» инженеры Джек Килби (Jack Kilby) и Роберт Нойс (Robert Noyce) изобрели полупроводниковые микросхемы – кремниевую (Нойс) и германиевую (Килби). Первые процессоры появились в 1968–1974 гг. в ходе выполнения проекта авионики – истребителя F-14 (для него был создана микросхема, которую считают «прародителем» цифрового сигнального процессора) – и разработок корпорации Intel для калькуляторов. Сегодняшняя электроника встраиваемых систем всё чаще разрабатывается на основе компонентов более высокого уровня интеграции, чем ИС и процессоры. Одним из типов таких макрокомпонентов являются модули класса Computer-On-Module (COM).

Они предназначаются в первую очередь для современных приложений (торговое оборудование, медицинская компьютерная томография, индивидуальные коммуникационные и навигационные устройства и т.п.). Модернизация предыдущих поколений подобных устройств не нужна, потому что таковых просто нет. В других случаях COM Express предлагается не как инструмент модернизации, а как средство выведения приложения на новый уровень. Например, в медицине – это

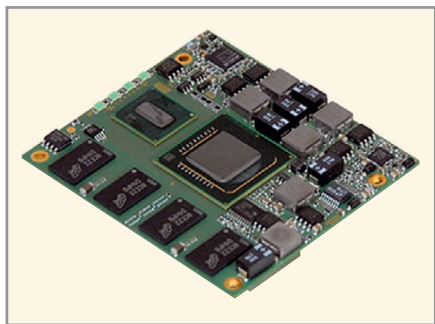


Рис. 1. Модуль SMA200

3D-визуализация и трёхмерный количественный анализ изображений вместо качественного анализа их 2D-аналогов.

Ещё недавно до 90% разработок вычислительного ядра встроенной системы (встроенного компьютера) осуществлялись «с нуля» самими производителями. По оценкам специалистов, такой проект может стоить сотни тысяч долларов. Гораздо дешевле использовать коммерческий (Commercial-of-the-Shelf, COTS) подход и одноплатный компьютер (промышленную материнскую плату). Однако «монолитные» изделия такого класса являются менее гибкими по своим возможностям и хуже масштабируются, нежели компьютерные системы, состоящие из связки COM + плата-носитель (carrier board).

Как правило, специализация встроенной системы на основе такой связки производится на уровне платы-носителя. На ней могут быть сформированы т.н. унаследованные интерфейсы (например, шина ISA) или специальные (не поддерживаемые открытыми стандартами) интерфейсы, которые нужны заказчику. Это удобно для заказчиков, заинтересованных в гибком масштабировании вычислительных возможностей, использовании специализированных подсистем ввода/вывода и возможности адаптации механической конструкции встроенной системы к специфическим SWAP-требованиям оборудования, в габаритах которого они будут работать (SWAP – Size, Weight and Power – габариты, масса и энергопотребление.)

Первенцем рынка COM является, по всей видимости, созданный в 1995 г. компанией Digital-Logic модуль на базе процессора Pentium MMX с рабочей тактовой частотой 166 МГц. Габариты

того изделия составляли 60 × 68 мм. Последней же разработкой этой компании в области COM (ныне она приобретена холдингом Kontron) стал модуль SMA200 (см. рис. 1). Этот модуль предназначался для работы в расширенном диапазоне температур –40...85°C и в условиях ударных и вибрационных нагрузок.

Недавно в семействе x86 процессоров фирмы Intel появился компактный процессор Atom с энергопотреблением около 10 Вт, и компания Digital-Logic оказалась в числе тех производителей модульных компонентов, которые первыми отреагировали на появление новинки. Этой компанией был предложен новый стандарт smartCore Express в форм-факторе 58 × 65 мм с системным интерфейсом на основе 220-выводного разъёма, стандартного для модулей COM Express. Типичное энергопотребление smartCore Express может составлять 5 Вт. По замыслу разработчиков, модуль smartCore Express должен поддерживать минимальный набор интерфейсов процессоров семейства Atom 5xx с набором микросхем US15W. Всё остальное разработчик встроенной системы должен реализовывать на плате-носителе. Благодаря этому удалось создать весьма компактный модуль COM Express, пригодный для эксплуатации в жёстких условиях: к плате-носителю модуль smartCore Express крепится четырёхточечным винтовым соединением, он может прикрываться защитным кожухом, на котором возможен монтаж дополнительных конструктивных элементов системы кондуктивного отвода тепла. Габариты модуля SMA200 таковы, что он может устанавливаться (см. рис. 2) на модуль формата PCI/104-Express (90 × 96 мм).

При этом модуль формата PCI/104-Express поддерживал интерфейсы SATA, PCI, Ethernet, COM, LPT, разъём mini PCIe, на нём размещался аккумулятор резервного питания. На таком модуле PCI/104-Express может быть выстроена «этажерка» ещё из четырёх модулей расширения форм-фактора PC/104, использующих в качестве системной шины PCI или PCI Express.

От COM к COM Express

Очевидные преимущества, реализуемые изделиями на основе концепции COTS COM, привели к появлению на рубеже нового века открытой спецификации COM ETX (Embedded Technology eXtended, технология с расширенными возможностями для встроенных систем). Основателями рабочей группы по этому стандарту являются фирмы Kontron Embedded Modules GmbH и Advantech. В первом стандарте ETX, описывающем модуль с четырьмя разъёмами, поддерживались все базовые интерфейсы, включая шину ISA. Но отсутствовала поддержка таких современных технологий, как PCI Express (PCIe) и Serial ATA.

Современные интерфейсы появились в третьей версии стандарта ETX. Кроме того, для интеграции современных технологий ввода/вывода, в стандарт ETX была добавлена спецификация XTX. При габаритах ETX, в модулях XTX было изменено назначение выводов в одном из разъёмов платформы ETX (разъём X2), что позволило включить в стандарт поддержку интерфейсов PCI Express и Serial ATA. В качестве замены шине ISA в спе-

цификации XTX предусмотрен интерфейс LPC (Low Pin Count). Это – преобразованная в последовательный формат шина ISA. Интерфейс LPC программно с ней совместим и обходится небольшим количеством выводов. В спецификацию XTX (Rev.1.2) введена также поддержка модуля информационной безопасности Trusted Platform Module (TPM), что отражает потребности игровых и торговых приложений.

Благодаря возможности манёвра функциями модуля COM и платы-носителя, технологию COM удобно использовать для создания специализированных встроенных систем ограниченного объёма. Возможно, поэтому развитие технологии COM, сегодня выстраивается вокруг стандарта COM Express, который не только вобрал в себя современные интерфейсы, но и включает модули с меньшими габаритами, нежели определённые спецификацией ETX/XTX. Базовые особенности стандарта COM Express отражены в его названии: это спецификация компьютер-на-модуле, которая поддерживает лишь самые современные компьютер-

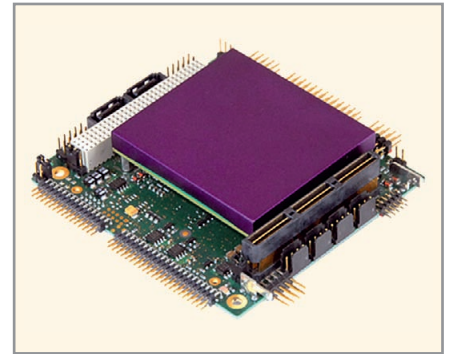


Рис. 2. Модуль SMA200 стандарта smartCore Express, установленный на плате формата PCI/104-Express

ные интерфейсы, «символом» которых является шина PCI Express.

Первые изделия на основе спецификации COM Express появились в 2005 г., через год после начала работы над стандартом рабочей группы ассоциации PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group, ассоциация разработчиков и производителей промышленных компьютеров на основе шины PCI), работа которой была инициирована компаниями Intel, Kontron, PFU Systems и RadiSys. Разрабатывалась спецификация COM Express с учётом, в первую очередь, потребностей расту-

Elitan.ru

ИНТЕРНЕТ МАГАЗИН

МОСКВА
 телефон (495)
649-84-45
 Факс 495 646-80-01

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
 телефон (812)
313-28-33
 Факс 812 313-28-44

ИЖЕВСК
 телефон (3412)
50-33-30
 Факс 3412 51-84-29

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТ

КОМПЬЮТЕРНЫЕ КОМПЛЕКТУЮЩИЕ

1 000 000 товаров от 999 изготовителей

- Минимальный заказ не ограничен
- 12 способов доставки по России и за рубеж
- Удобная система оплаты:
 Банк, VISA, MasterCard, Webmoney, ЯндексДеньги, RBK Money.
- Ежедневное обновление склада
- Отслеживание состояния заказа через сайт

Реклама

© СТА-ПРЕСС

щих рынков, например, торгового и рекламного оборудования (информационные и торговые киоски, оборудование для приёма платежей по кредитным картам), медицинского оборудования (графические подсистемы), оборудования для индустрии развлечений. Но, как оказалось, модули COM Express оказались востребованными и на традиционных рынках промышленной автоматики, автоматизированных контрольно-измерительных и испытательных систем, оборонных приложений.

Набор современных компьютерных интерфейсов спецификации COM Express, помимо PCI Express (программно совместимой с шиной PCI), включает Gigabit Ethernet, Serial ATA, USB, LVDS, Serial DVO. Технология PCI Express позволяет быстро передавать данные, Gigabit Ethernet – обеспечивает работу в широкополосной сети на основе стандартных технологий, порты USB позволяют подключать периферийные устройства, интерфейс Serial ATA поддерживает скоростной канал для работы с системами хранения данных.

Помимо современных интерфейсов, конструкция модуля COM Express предполагает использование современных процессоров и наборов микросхем и поддержку технологии ACPI (Advanced Configuration and Power Interface, усовершенствованный интерфейс конфигурации и управления питанием). Эта технология является открытым стандартом, разработанным HP, Intel, Microsoft и некоторыми другими компаниями в качестве универсального интерфейса для распознавания аппаратных ресурсов, управления питанием и конфигурацией материнской платы и периферийных устройств.

Таким образом, можно утверждать, что COM Express является современным одноплатным ПК-совместимым компьютером.

Исходная версия стандарта модуля COM Express предусматривает пять вариантов поддерживаемого набора коммуникационных интерфейсов. Базовым является Type 2. Первый вариант (Type 1) является сокращён-

ным и включает 10/100Ethernet, LPC, Serial ATA, PCI Express, USB 2.0, GPIO, VGA, LVDS, TV, интерфейс системы управления питанием. Второй вариант (Type 2), помимо возможностей разъёма Type 1 (с расширением возможностей Ethernet до Gigabit Ethernet), поддерживает интерфейсы IDE, PEG (PCI Express Graphics или 16 линий PCI Express) и шину PCI. Третий вариант набора коммуникационных интерфейсов (Type 3) обеспечивает поддержку двух дополнительных интерфейсов Gigabit Ethernet за счёт отказа от интерфейса IDE. Разъём Type 4 – это вариант набора интерфейсов Type 2, в котором шина PCI исключена «в пользу» поддержки PCI Express (32 линии PCI Express). В разъёме Type 5 за счёт отказа от технологий IDE и PCI предусмотрен интерфейс PCI Express ×32 и три порта Gigabit Ethernet.

МИНИАТЮРИЗАЦИЯ ФОРМ-ФАКТОРА COM EXPRESS

Форм-фактор модулей COM стартовал с габаритов 95 × 125 мм. Далее развитие пошло в сторону увеличения габаритов (форм-фактор COM Express Extended, 155 × 110 мм): на рынке ПК шёл поиск оптимальных конструкций процессоров, и в какой-то момент это привело к увеличению габаритов платформы (процессор + набор ИС) и её энергопотребления. Когда же гонка тактовых частот сменилась «зелёной» революцией, стандарт COM Express смог использовать габариты, даже меньшие первоначальных 95 × 125 мм. Тенденция миниатюризации форм-фактора COM Express проиллюстрирована таблицей.

Идеи нового стандарта были использованы рядом компаний. К настоящему времени наряду с форм-фактором Basic (Базовый), на рынке предлагаются модули COM Express в форм-факторах Extended (Увеличенный), Micro (micro-ETXexpress), Nano (nanoETXexpress), QSeven (Q – это первая буква слова quadratic, квадратный, а Seven – семь, размер стороны этого квадрата – 7 см), ESMexpress и ESMini, а также CoreExpress.

Специальные с точки зрения габаритов стандарты модулей ESMexpress и ESMini компании MEN Mikro Elektronik и модуля CoreExpress компании LiPPERT Embedded Computers, тем не менее, полностью укладываются в базовые принципы COM Express: это модули класса COM, которые поддерживают лишь самые современные компьютерные интерфейсы.

В модулях ESMexpress технология PCI Express поддерживается в виде четырёх портов этого интерфейса в конфигурации ×1 и одного порта, который может быть сконфигурирован как ×16, ×8, 2×4 или 2×1. Помимо интерфейсов PCI Express, новые модули имеют порты Gigabit Ethernet (или 10Gigabit Ethernet), по несколько портов USB и SATA, интерфейсы SDVO, LVDS, HD Audio, а также несколько специальных интерфейсов управления. Максимальное энергопотребление модуля ESMexpress не может превышать 35 Вт.

Модули ESMini используют интерфейсы PCI Express ×1, LVDS, SDVO, High-Definition Audio, SATA и USB. Отходом от базовых принципов технологии COM можно было бы назвать включение в конструкцию ESMini микросхем программируемой логики (ПЛИС/FPGA) для реализации специальных возможностей ввода/вывода. Максимальное энергопотребление модуля ESMini не может превышать 7 Вт.

Модули CoreExpress обеспечивают работу с интерфейсами PCI Express ×1, USB, PATA, SDIO/MMC, SMBus, GMBus/DDC, LPC, LVDS и SDVO. Максимальное энергопотребление модуля CoreExpress не может превышать 5 Вт.

Разработка стандарта Nano (55 × 84 мм) явилась откликом на потребности мобильных приложений, для которых хорошо освоенные форматы X-board и XTX не обеспечивали необходимой масштабируемости и совместимости. По сравнению с изделиями форматов DIMM PC и X-board, преимуществом модулей nanoETXexpress является конструкция разъёма, обеспечивающая лучшие электрические характеристики при передаче сигналов: он позволяет организовать работу интерфейса LVDS с рабочей тактовой частотой 6,25 ГГц и интерфейса PCI Express на рабочей тактовой частоте 5 ГГц. Другими достоинствами nanoETXexpress являются возможность установки на плате памяти DRAM и

Габариты модулей COM Express, предлагаемых на рынке разными производителями

Форм-фактор	Basic	Extended	Micro	QSeven	Nano	ESMexpress	ESMini	CoreExpress
Габариты, мм	95 × 125	155 × 110	95 × 95	70 × 70	55 × 84	95 × 125	95 × 55	58 × 65

флэш-памяти вместо памяти, устанавливаемой в разъем SO-DIMM (это обеспечивает устойчивость к жестким условиям эксплуатации), а также широкий диапазон напряжений питания (4,75...14 В).

Конечно же, миниатюризация не может не сопровождаться некоторым сужением возможностей по сравнению с теми, что обеспечиваются в модулях форм-факторов Basic и Extended. Модули форм-фактора Nano, например, – это «всего лишь» разъем Type 1. Конечно, в связи с разнообразием современных процессоров и чипсетов не все одинаково пригодны для использования в модулях COM Express различных габаритов. В форм-факторе Nano чаще можно увидеть одноплатные компьютеры с процессорами Intel Atom (которые как раз и ориентированы на мобильные приложения), а вот форм-фактор Extended позволяет использовать и процессоры Intel Core Duo.

Что касается форм-фактора QSeven, то он предназначен для мобильных приложений и систем с питанием от аккумуляторов, а максимальная потребляемая мощность модулей QSeven составляет 12 Вт, тогда как максимальная мощность, предусматриваемая стандартом для модулей формата COM Express, – 188 Вт (для всех вариаций интерфейсных наборов, кроме Type 1).

COM EXPRESS 2.0 И ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОНЦЕПЦИИ COM

Кроме развития набора форм-факторов модулей стандарта COM Express, ассоциацией PICMG разработана спецификация COM Express 2.0. Целью её создания стали поддержка новых технологий работы с дисплеями, принципиальное решение проблемы унаследованных интерфейсов, введение интерфейса Serial Peripheral Interface (SPI), а также поддержка технологии HD Audio.

Решение всех этих проблем затрагивает в большей степени интересы тех разработчиков встроенных систем, которые используют изделия стандарта COM Express с разъемом Type 2. Этот тип модулей уже достаточно популярен, и совершенствование стандарта позволит расширить круг поддерживаемых разъемом Type 2 интерфейсов. Основной идеей изменений, вносимых в спецификацию COM Express 2.0, является отказ от интерфейсов PCI и IDE в разьеме COM Express Type 2 в

пользу размещения на их месте современных интерфейсов High-Definition Multimedia Interface (HDMI) и DisplayPort.

Интерфейс HDMI поддерживает видеосигнал с многоканальным звуковым сопровождением на основе современных телевизионных и компьютерных стандартов. Стандартизованная организацией Video Electronics Standards Association (VESA) спецификация DisplayPort описывает ещё более широкополосный интерфейс для подключения компьютера к мониторам

(и системам хранения данных) и относится к классу стандартов, использование которых не сопровождается отчислениями с продаж (royalty-free). Кроме улучшенной поддержки мультимедиа на основе современных стандартов, спецификация COM Express 2.0 предусматривает поддержку технологии USB 3.0. Этот интерфейс в несколько раз (теоретически – на порядок) повышает скорость передачи данных по сравнению с USB 2.0.

Модули COM Express первого поколения использовали флэш-память

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ МАГНИТНЫЕ ДАТЧИКИ УГЛА ПОВОРОТА

Характеристики

- разрешение 8, 10 и 12 бит
- точность до 0,0875° (4096 позиций)
- интерфейсы
 - синхронный последовательный интерфейс
 - широко импульсная модуляция
 - инкрементный
 - аналоговый
 - управляющие сигналы для бесколлекторного двигателя постоянного тока
- программирование «нулевой позиции»
- высокая скорость (до 30 000 об/мин)
- функция «кнопки»
- магнитная чувствительность 20...80 мТл
- температурный диапазон работы от -40 до +150°C
- маленький корпус SSOP 16 (5,3 × 6,2 мм)
- ультранизкий ток потребления 30 мкА

Область применения

- поворотные выключатели
- контроль позиции AC/DC моторов
- офисная техника: принтеры, сканеры и др.
- контроль положения клапанов, вентилях
- замена оптических энкодеров
- сенсор угла поворота руля
- датчик позиции педали «газа»
- робототехника
- автоматика

Преимущества

- энкодер на одном кристалле
- не требуется калибровка
- идеально подходит для применения в неблагоприятных условиях окружающей среды
- высокая надёжность за счёт отсутствия движущихся частей
- устойчивость к разбросам и изменению температуры окружающей среды

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ AUSTRIAMICROSYSTEMS

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
Тел.: (495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru

реклама

для загрузки BIOS по интерфейсу LPC. Добавление поддержки SPI в стандарте COM Express 2.0 при сохранении интерфейса LPC позволит перейти на современные технологии работы с BIOS и флэш-память большего объёма.

Изменения в части работы со звуком в стандарте COM Express 2.0 отражают объективный процесс замещения технологии Audio Codec '97 (AC'97) технологией HD Audio, поддерживающей восьмиканальный звук и более высокое качество воспроизведения. В новом стандарте будут присутствовать обе упомянутые технологии поддержки звука.

Помимо PICMG, свой вклад в развитие технологии COM Express внесла и ассоциация SFF-SIG (Small Form Factor Special Interest Group, ассоциация разработчиков малогабаритных встраиваемых модулей). Особенностью этой группы является повышенное внимание к технологиям, позволяющим в полной мере использовать достоинства процессорных платформ, которые определяются участниками SFF-SIG как sub-10W 2-chip x86 platforms, т.е. платформы типа процессоров x86 архитектуры Intel Atom и VIA Nano с энергопотреблением около 10 Вт.

Ассоциацией SFF-SIG предложен стандарт разъёма COMIT (Computer-On-Module Interconnect Technology, технология подключения COM-модулей), который был представлен в марте 2009 г. Спецификация COMIT описывает требования к разъёму и разводке выводов с учётом особенностей процессорных платформ Atom и Nano. При этом она никак не привязана к форм-фактору модуля, на котором планируется размещать разъём, т.е. этот стандарт одинаково применим к платформам ETX/XTX и стандартам COM Express.

Единый разъём COMIT с 240 выводами поддерживает три шины PCI Express ×1 и одну PCI Express ×4, шесть портов USB, два порта SATA, интерфейс LPC и восьмиразрядный SDIO, VGA, двухканальный интерфейс LVDS (24 бита), интерфейс SDVO (Serial Digital Video Out), интерфейс HD AC'97, два последовательных порта UART, шины SPI/uWire, SMBus/I2C, а также питание, землю и сигналы управления. В основе технологии COMIT лежит разъём SEARAY компании Samtec, поддерживающий передачу сигналов на частоте 9 ГГц (доста-

точно для использования в технологиях PCI Express Gen2 и USB 3).

Спецификации QSeven, micro ETX-express и nanoETXexpress, а также стандарт COM Express 2.0 являются проектами открытой стандартизации технологии COM Express, официально внесёнными на рассмотрение ассоциации PICMG. При активном участии последней компания Congatec и ряд её партнёров подготовили 160-страничное руководство COM Express Design Guide (COMDG) для тех, кто намерен в своей работе опираться на стандарты COM Express.

Появление множества клонов технологии COM Express свидетельствует о том, что развитие процессорных платформ и последовательных интерфейсов, а также уточнение требований приложений заставляют совершенствовать стандарт. Поиски идут в части адаптации технологии COM Express к мобильным приложениям на основе, возможно, автономного питания. За этот же рынок борются и производители процессоров, планомерно снижающие энергопотребление своих микросхем, развивая поддержку технологий энергосбережения и переходя на платформы SoC (system-on-crystal, система-на-кристалле). В связи с этим можно ожидать адаптации COM Express не только к архитектуре Intel, но и к процессорам на основе RISC-архитектур.

Эксперты компании LiPPERT Embedded Computers полагают, что модули стандарта CoreExpress могут создаваться не только на основе процессоров с архитектурой Intel, но и на основе процессоров ARM, и компания LiPPERT намерена использовать эту возможность.

Реализованные в «живой» конструкции модуля COM Express уточнения стандарта могут быть достаточно радикальными. В качестве примера можно привести специализированную разработку итальянской компании SECO на основе стандарта QSeven (QUADMO747-X/OMAP). Отличием этой конструкции является использование в качестве вычислительной платформы процессора OMAP (архитектура ARM Cortex-A8) компании Texas Instruments (TI). Особенностью OMAP является интеграция специализированных ускорителей 3D-графики и работы с видео, что обеспечивает весьма малое энергопотребление в мультимедийных приложениях. Ори-

гинальность аппаратной платформы обусловила отказ от совместимости со стандартным разъёмом (замену PCI Express на SPI), а соответствие модуля QUADMO747-X/OMAP стандарту QSeven проявилось фактически лишь в форм-факторе 70×70 мм.

Большинство изделий формата COM являются решениями с фиксированным набором интерфейсов ввода/вывода и коммуникационных интерфейсов. Следующим шагом в развитии концепции COM может стать превращение COM-модуля в реконфигурируемое изделие. По сравнению с COM-модулями с фиксированными возможностями, построенными на базе лишь микропроцессоров, новый класс COM-модулей, ресурсы которых дополнены программируемой логикой в виде микросхем ПЛИС (FPGA), превращается в более гибкий инструмент в руках разработчиков встроенных систем. COM/FPGA-модули могут стать единым стандартным компонентом в большем числе конечных специализированных систем. Различные варианты комбинаций IP-ядер для создания конечной системы при этом должны выбираться из библиотеки заранее протестированных, взаимозаменяемых и оптимизированных для конкретных приложений IP-блоков. Подобная технология весьма привлекательна, поскольку избавляет от утомительного поиска, тестирования и интеграции множества IP-компонентов и их комбинаций.

При объединении возможностей модульного подхода и реконфигурируемости происходит взаимное усиление отдельных преимуществ этих концепций. Однако есть и недостатки. Основной связан с большим энергопотреблением ПЛИС по сравнению с потреблением энергии эквивалентным решением на основе «квазидискретных» компонентов. Кроме того, стоимость COM-модуля на основе программируемой логики выше, чем цена модуля на основе «обычных» ИС, реализующих эквивалентную функциональность. Однако при этом следует принять во внимание тот факт, что возможность использования одного и того же реконфигурируемого COM-модуля в различных разработках путём изменения набора программируемых IP-модулей снижает расходы на проектирование и внедрение в производство (non-recoverable engineering cost). Это отчасти компенсирует более вы-

сокую стоимость модулей на основе программируемой логики.

О том, что приведённые выше рассуждения носят не только академический характер, свидетельствует появление стандарта ESMiNi (разработки компании MEN Mikro Elektronik). В нём предусматриваются возможности изменения габаритов модуля и цоколёвки разъёма. Это обеспечивает большую гибкость при выборе элементной базы и построении системы ввода/вывода на основе ПЛИС/FPGA.

COM EXPRESS НА СТАНДАРТНЫХ МАТЕРИНСКИХ ПЛАТАХ

Ранее говорилось о том, что специализация встроенной системы на базе модуля COM проводится на уровне платы-носителя. Зачастую в качестве таковой выбираются платы стандартных форм-факторов. В качестве примеров можно привести систему на основе модуля ESMiNi и платы-носителя форм-фактора 3,5" (см. рис. 3) и систему на основе модуля CoreExpress-ECO и платы-носителя форм-фактора EPiC (см. рис. 4).

В конце 2009 г. компания VIA Technologies представила новый стандарт

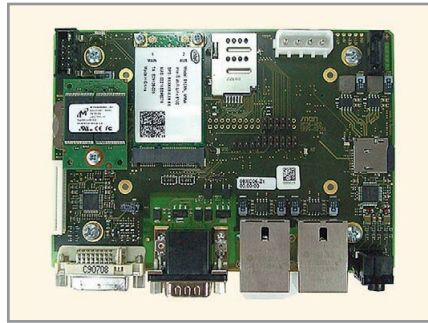


Рис. 3. Плата XC6 формата 3,5" с возможностью установки модуля ESMiNi

Mobile-ITX в рамках своей платформы VIA EPIA (VIA Embedded Platform Innovative Architecture). Габариты Mobile-ITX составляют 60 × 60 мм. При включении этого форм-фактора в систематизацию встроенных систем компания охарактеризовала Mobile-ITX как Computer-on-Module form factor specification. Модуль Mobile-ITX снабжается двумя 120-контактными разъёмами; в числе интерфейсов ввода/вывода, поддерживаемых COM-модулем компании VIA Technologies, USB, PCIe, SPI, LPC, COM, SDIO, IDE, PS/2, SMB, GPIO, CRT, TTL LCD. По заказу поддерживаются интерфейсы HDMI, DVI и LVDS. По замыслу создателей концепции Mobile-ITX, этот COM-модуль мо-

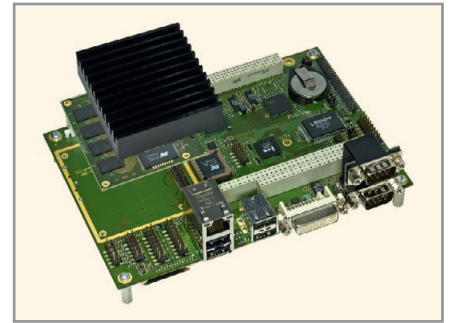


Рис. 4. Связка из модуля CoreExpress-ECO и платы формата EPiC

жет использоваться с платой-носителем форм-фактора Mini-IXT или дочерней платой с другими габаритами.

Исследования рынка свидетельствуют о том, что модули стандарта COM Express набирают популярность. Аналитики VDC Research Group считают, что в период 2007–2010 гг. доля модулей стандарта ETX должна снизиться с 54 до 26%, тогда как доля модулей стандарта COM Express может вырасти с 41 до 72%; потребление модулей стандарта COM Express Type 1 может иметь годовые темпы роста в 70%, а их рыночная доля достичь в 2010 г. 21%. Суммарная же рыночная доля модулей стандартов COM Express Type 1 и Type 2 может достичь к 2010 г. 93%. ©

Новости мира News of the World Новости мира

Модули питания, работающие в расширенном температурном диапазоне

National Semiconductor представила девять новых модулей питания Simple Switcher, отличающихся расширенным диапазоном рабочей температуры и вибрации и прошедших испытание на ударостойкость, что позволяет использовать их в жёстких внешних условиях. Особенно надёжные и простые в использовании модули питания LMZ10503/4/5EXT,



LMZ12001/2/3EXT и LMZ14201/2/3EXT сочетают в себе эффективность синхронного импульсного стабилизатора и простоту линейного регулятора, позволяя отказаться от внешней катушки индуктивности и от необходимости решения сложных задач компоновки, возникающих при проектировании импульсных стабилизаторов.

Широкий диапазон рабочей температуры перехода $-55...+125^{\circ}\text{C}$ делает новые модули питания Simple Switcher пригодными для логических микросхем FPGA, микропроцессоров, цифровых сигнальных процессоров (DSP) и других применений в жёстких внешних условиях эксплуатации в промышленности и в военных приложениях.

www.national.com/powerarchitect

Проводящая силиконовая паста с защитными функциями

Фирма Chomerics Europe представляет проводящую пасту для стационарных и подвижных приложений, в которых требуется хороший электрический контакт

между соприкасающимися металлическими поверхностями. SHO-LUBE E117 как однокомпонентный материал сочетает в себе электрическую проводимость (удельное сопротивление менее 40 мОм/м) со смазывающими свойствами, экранированием, защитой от коррозии и теплопроводностью. При этом материал не отвердевает и может храниться в течение двух лет.

Паста является самонивелирующимся силиконовым материалом низкой вязкости с серебряно-никелевым наполнителем. Материал был разработан для приложений с большим сроком службы в сложных окружающих условиях и пригоден для применения в оборонной, авиационной и космической технике.

Соответствующая вязкость и свойства поверхностной смачиваемости материала делают его пригодным для использования и в качестве защиты фланцев. Он может наноситься методом шелкотрафаретной печати, методом маскирования, диспензии или посредством шпателя. Рабочий температурный диапазон $-55...+200^{\circ}\text{C}$.

www.chomerics.com

Современные драйверы светодиодов подсветки ЖК-дисплеев фирмы Maxim

Юрий Петропавловский (Ростовская обл.)

В статье рассмотрены особенности и схемы включения ИС драйверов светодиодов подсветки ЖК-дисплеев фирмы Maxim, систематизированы параметры микросхем.

ИС ДРАЙВЕРОВ СВЕТОДИОДОВ ФИРМЫ MAXIM

Фирма Maxim Integrated Products выпускает широкую номенклатуру драйверов категории WLED (White LED Driver) – драйверы белых светодиодов, предназначенных для подсветки ЖК-дисплеев. Большинство предлагаемых микросхем удовлетворяют жёстким требованиям промышленных стандартов.

По состоянию на лето 2010 г. каталог фирмы Maxim насчитывал 45 типов микросхем рассматриваемой категории, их классификационные параметры приведены в таблице. Микросхемы в таблице располагаются в порядке убывания года разработки (ГПЗ – генератор подкачки заряда). Диапазон рабочих температур для большинства микросхем составляет $-40...85^{\circ}\text{C}$, для MAX6948 $-40...105^{\circ}\text{C}$, для MAX1707 $-40...125^{\circ}\text{C}$. Напряжение питания большинства микросхем находится в пределах 2,7...5,5 В, что позволяет использовать микросхемы в мобильных устройствах; микросхемы MAX17061 и MAX8790A могут работать при напряжениях 4,5...26 В. Падения напряжения на регулирующих элементах микросхем приведены для стабилизаторов типа LDO (с малым падением напряжения) [1].

Области применения большинства микросхем, рекомендованные производителем, – это мобильные устройства широкого применения, такие как сотовые телефоны, смартфоны, карманные компьютеры, ноутбуки, игровые приставки и т.п. Однако по условиям эксплуатации ИС удовлетворяют требованиям, предъявляемым к промышленным и специальным приборам. Поэтому вполне допустимо применение микросхем в приёмниках системы ГЛОНАСС, встраиваемых приборах, промышленном оборудовании, системах наблюдения и других областях электроники.

Ряд микросхем, представленных в таблице, являются многофункциональными, содержащими различные дополнительные устройства, например, источники питания, усилители звуковой частоты (УЗЧ), драйверы фонарей-вспышек и др. Использование таких ИС в разрабатываемой аппаратуре позволяет повысить степень её интеграции. Рассмотрим особенности некоторых микросхем более подробно.

Микросхема MAX8930 – одна из последних разработок фирмы; является высокоэффективным драйвером светодиодов с большим числом функций. Генератор подкачки заряда микросхемы формирует напряжения отрицательной полярности, что позволяет соединять общие аноды подключаемых светодиодов непосредственно с корпусом устройств и тем самым улучшить отвод тепла от них. В микросхеме предусмотрен режим адаптивной регулировки яркости свечения светодиодов в зависимости от внешней освещённости – ALC (Ambient Light Control). Работа в таком режиме повышает эффективность применения ИС в мобильных приложениях. Предусмотрен режим адаптивной регулировки яркости по содержимому CAI (Content Adaptive Interface). Использование ИС позволяет повысить степень интеграции аппаратуры, поскольку в её состав включены три регулируемых стабилизатора напряжения типа LDO, источник регулируемого напряжения для PMOLED-дисплеев (на органических светодиодах с пассивной матрицей), узел идентификации режима зарядки аккумуляторов и узел контроля режимов работы микросхемы. Прибор с успехом может быть использован в различных мобильных и стационарных устройствах, в том числе в приёмниках ГЛОНАСС.

Особенности микросхемы MAX8930:

- адаптивные режимы 1x или 0,5x с отрицательной полярностью;

- 11 независимых источников тока с малым падением напряжения (LDO) и регулировкой тока от 0,1 до 25,6 мА (256 шагов);
- режимы с плавным нарастанием и снижением тока (Ramp-Up/Down Control);
- индивидуальная регулировка яркости в каждом канале;
- малое собственное потребление тока в рабочем режиме (240 мкА);
- адаптивная регулировка яркости (ALC) при использовании различных датчиков внешней освещённости;
- адаптивный интерфейс (CAI);
- I²C-совместимый интерфейс управления;
- три встроенных программируемых LDO-стабилизатора с выходным током до 200 мА каждый (для питания внешних устройств);
- повышающий DC/DC-преобразователь с программируемым выходом для PMOLED-дисплеев;
- ток в режиме ожидания 0,1 мкА;
- схемы защиты от обрыва и короткого замыкания.

Структура и типовое включение микросхемы MAX8930 приведены на рисунке 1. В состав ИС входят следующие основные узлы:

- инвертирующий генератор подкачки заряда с коэффициентом умножения 0,5 (Inverting 0,5x Charge Pump); ГПЗ включает схемы защиты по напряжению, току и температуре (OVP, OCP, TSD), частота переключения 4 МГц;
- I²C-интерфейс, обеспечивающий управление всеми функциями и режимами микросхемы;
- блок управления светодиодами, состоящий из регуляторов яркости и наклона регулировочной характеристики (Brightness and Slope Control) и инвертирующего ГПЗ для четырёх основных (Main) и четырёх вспомогательных (Sub) белых светодиодов подсветки ЖК-дисплеев;
- управляющий I²C-интерфейс, адаптивный к содержимому ШИМ-интерфейс (PWM Content Adaptive Interface) и сенсорный интерфейс сис-

Классификационные параметры ИС драйверов белых светодиодов фирмы Maxim

Тип микросхемы	Тип преобразования	Количество светодиодов	Конфигурация	Интерфейс управления	Падение напряжения, мВ	$P_{\text{вых}}$, Вт	$I_{\text{макс}}$, mA	$U_{\text{вых}}$, В	$f_{\text{перекл.}}$, КГц	Корпус
MAX8930	ГПЗ/линейный	12	Параллельная	I ² C	62	1,1	25	5	4000	WLP/49
MAX6948	ГПЗ/индукторный	11	Параллельно-последовательная	I ² C/ШИМ	0,5	–	30	28	31,25	см. спр. лист
MAX8831	Индукторный	45	Параллельно-последовательная	I ² C/цифровой	150	5	25	28	2000	WLP/16
MAX8879	ГПЗ	11	Параллельная	I ² C/цифровой	40	2,5	100	5	1000	TQFN24
MAX17061	Индукторный	80	Параллельно-последовательная	I ² C/ШИМ/цифровой	–	10	30	40	1000	TQFN28
MAX8822	ГПЗ	4	Параллельная	Цифровой	60	0,4	24	5,5	1000	TQFN16
MAX8790A	Индукторный	72	Параллельно-последовательная	Аналоговый/цифровой/ШИМ	–	10	27	100	1000	TQFN20
MAX8821	ГПЗ	6	Параллельная	I ² C/цифровой	72	0,6	25	5,5	1000	TQFN28
MAX8901	Индукторный	6	Последовательная	ШИМ/импульсный	–	0,6	25	24	750	TDFN-EP/9
MAX8678	ГПЗ	4	Параллельная	Импульсный	–	0,4	24	5	1000	TQFN/16
MAX8648	ГПЗ	6	Параллельная	Импульсный	–	0,6	24	5	1000	TQFN/16
MAX8647	ГПЗ	6	Параллельная	I ² C	–	0,6	24	5	1000	TQFN/16
MAX8830	Индукторный	5	Параллельная	I ² C	75	1,5	200	5,3	1000	WLP/16
MAX8607	Индукторный/линейный	1	Параллельная	Цифровой	–	6	1500	5,5	1000	TDFN-EP/14
MAX8645	ГПЗ	6	Параллельная	ШИМ/цифровой/импульсный	40	2,8	200	5,5	1000	TQFN/28
MAX1707	ГПЗ	11	Параллельная	I ² C/цифровой	40	2,5	100	5	1000	TQFN/24
MAX8631	ГПЗ	8	Параллельная	ШИМ/цифровой/импульсный	–	2,25	100	5	1000	TQFN/28
MAX8630	ГПЗ	5	Параллельная	ШИМ/импульсный	–	0,5	25	–	1000	TDFN-EP/8
MAX1577	ГПЗ	40	Параллельная	Цифровой	–	5	1200	5,1	1000	TDFN-EP/8
MAX8596	Индукторный	9	Последовательная	ШИМ/аналоговый	–	1	25	32	1000	TDFN-EP/8
MAX8595	Индукторный	9	Последовательная	ШИМ/аналоговый	–	1	25	32	1000	TDFN-EP/8
MAX1578	Индукторный	8	Последовательная	ШИМ/аналоговый	–	0,9	25	32	1000	TQFN/24
MAX1579	Индукторный	8	Последовательная	ШИМ/аналоговый	–	0,9	25	32	1000	TQFN/24
MAX1576	ГПЗ	8	Параллельная	ШИМ/импульсный/аналоговый	–	2	400	5	1000	TQFN/24
MAX1575	ГПЗ	6	Параллельная	Импульсный	–	0,75	30	5	1000	TQFN/16
MAX1583	ГПЗ	5	Последовательная	Аналоговый/цифровой	–	6	300	24	1000	TDFN-EP/10
MAX1574	ГПЗ	3	Параллельная	Импульсный	–	0,75	60	5	1000	TDFNPEP/10
MAX1561	Индукторный	6	Последовательная	ШИМ/аналоговый	–	0,9	20	26	1000	TDFN-EP/8
MAX1599	Индукторный	6	Последовательная	ШИМ/аналоговый	–	0,9	20	26	500	TDFN-EP/8
MAX1573	ГПЗ	4	Параллельная	ШИМ/аналоговый/цифровой	–	0,5	28	5	1000	TQFN/16
MAX1554	Индукторный	10	Последовательная	ШИМ/аналоговый	–	0,8	20	40	–	TDFN-EP/8
MAX1553	Индукторный	6	Последовательная	ШИМ/аналоговый	–	0,5	20	40	–	TDFN-EP/8
MAX1582	Индукторный	7	Последовательная	ШИМ/аналоговый	–	0,6	20	26	1000	TDFN/12
MAX1985	Индукторный	6	Параллельная	ШИМ/аналоговый/цифровой	–	0,6	20	26	1000	TQFN/12
MAX1984	Индукторный	8	Параллельная	ШИМ/аналоговый/цифровой	–	0,8	25	5	1000	TQFN/20
MAX1986	Индукторный	4	Параллельная	ШИМ/аналоговый/цифровой	–	0,4	25	5	1000	TQFN/16
MAX1570	ГПЗ	5	Параллельная	ШИМ/аналоговый	–	0,7	30	5	1000	TQFN/16
MAX1910	ГПЗ	6	Параллельная	Аналоговый	–	0,5	120	5	750	μMAX/10
MAX1912	ГПЗ	6	Параллельная	Аналоговый	–	0,5	120	5	750	μMAX/10
MAX1916	Линейный	3	Параллельная	Аналоговый	–	1	60	5	–	TSOT/6
MAX1848	Индукторный	6	Последовательная	Аналоговый	–	0,8	60	12	1200	TDFN-EP/8
MAX1698	Индукторный	50	Последовательно-параллельная	Аналоговый	–	5	350	60	–	μMAX/10
MAX8834	Индукторный	3	Параллельная	I ² C/цифровой	–	6	750	5,5	4000	см. спр. лист
MAX8847	ГПЗ	6	Параллельная	ШИМ/импульсный	–	0,6	24	5	1000	см. спр. лист
MAX8848	ГПЗ	7	Параллельная	ШИМ/импульсный	–	0,7	24	5	1000	см. спр. лист

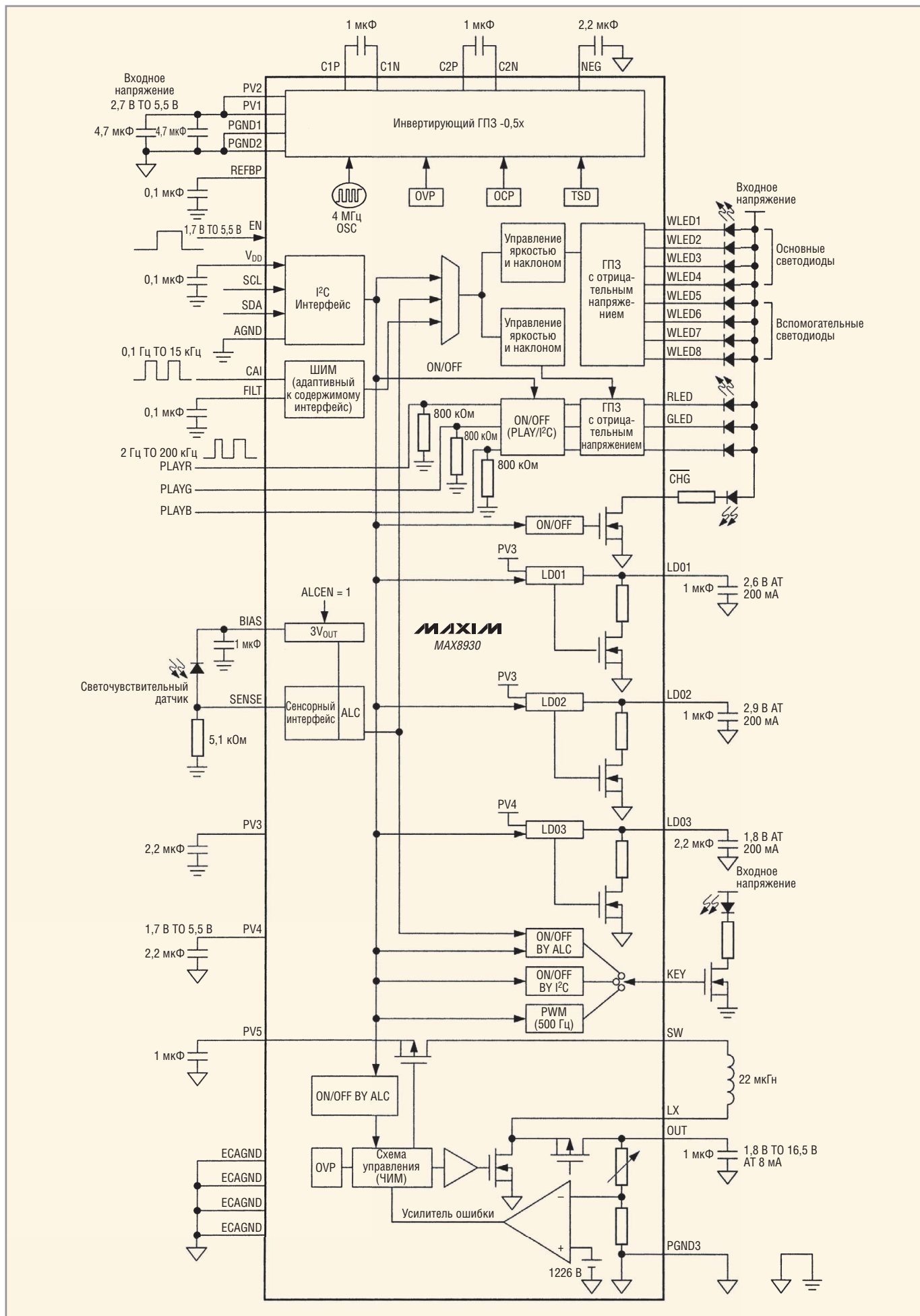


Рис. 1. Структура и типовое включение микросхемы MAX8930

темы ALC (Sensor ALC Interface), обеспечивающий регулировку яркости в соответствии с уровнем внешней освещенности;

- блок управления RGB-светодиодами, состоящий из узла управления (ON/OFF PLAY/I²C) и инвертирующего ПЗ (Negative Charge Pump); в режиме Play управление блоком осуществляется ШИМ-сигналами основных цветов PlayR/PlayG/PlayB;
- стабилизаторы напряжения LDO1, 2, 3, формирующие напряжения 2,6; 2,9; 1,8 В и предназначенные для питания внешних потребителей;
- схемы контроля режимов узлов I²C-интерфейса и ALC (ON/OFF BY I²C, ON/OFF BY ALC, PWM); мониторинг осуществляется через вывод KEY, подключенный к затвору внешнего полевого транзистора со светодиодом в нагрузку. Режим зарядки аккумуляторов мобильных устройств контролирует светодиод, подключенный к выводу CHG (Charging Status Output) микросхемы;
- блок формирователя напряжения 13...16 В (вывод OUT) для PMOLED-дисплеев, функционирующий в режиме частотно-импульсной модуляции (Control Logic PFM); нагрузкой встроенных ключевых МОП-транзисторов с р- и n-каналами служит внешняя индуктивность, подключенная к выводам SW, LX. Использование ЧИМ (PFM – Pulse-frequency Modulation) позволяет наиболее полно использовать энергию аккумуляторов.

Основные параметры микросхемы MAX8930:

- напряжения питания PV1, PV2, PV3, PV5 – 2,7...5,5 В; PV4 – 1,7...5,5 В; VDD – 1,7...5,5 В;
- образцовое напряжение REFBP 1,164...1,236 В;
- выходной ток ПЗ не менее 281 мА (при PV1 = PV2 = 3,3 В);
- диапазон выходных токов 0,1...25,6 мА (установка по интерфейсу I²C); точность ±2,5%;
- сопротивления каналов открытых выходных транзисторов R_{dson} 2,68 Ом (режим ПЗ x1);
- падение напряжения на стабилизаторах тока 62 мВ (в режиме x1);
- напряжение LDO1 составляет 2,6 В (при I_{вых} = 200 мА, PV3 = 3,6 В), диапазон регулировки 2,6...3,1 В (при I_{вых} = 50 мА);

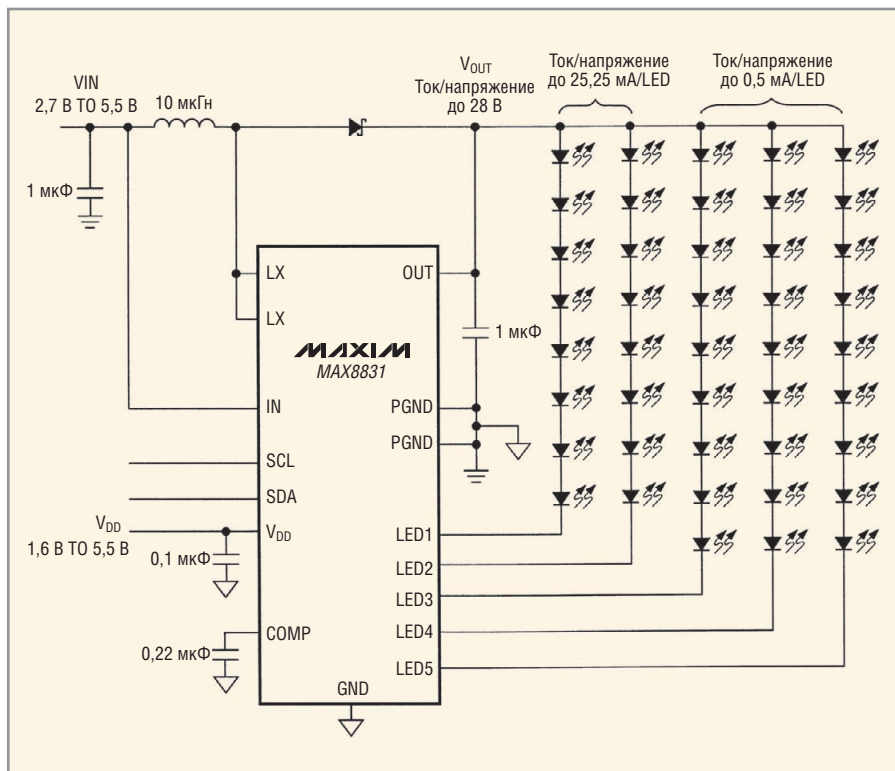


Рис. 2. Типовая схема включения микросхемы MAX8831

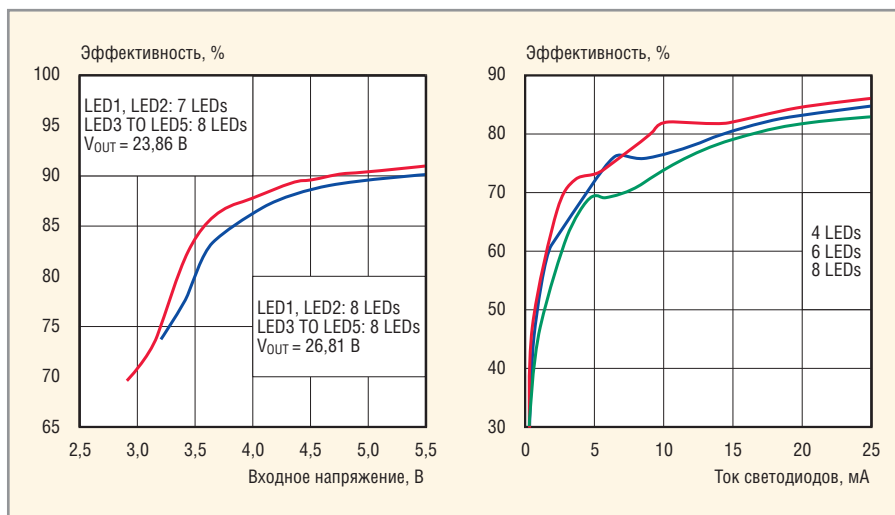


Рис. 3. Зависимости эффективности повышающего преобразователя от входного напряжения и тока светодиодов

- напряжение LDO2 составляет 2,9 В (при I_{вых} = 200 мА, PV3 = 3,6 В), диапазон регулировки 2,9...3,1 В;
 - напряжение LDO3 составляет 1,8 В (при I_{вых} = 200 мА, PV4 = 2,4 В), диапазон регулировки 1,8...2,5 В;
 - выходное напряжение повышающего преобразователя 14 В ± 2% (при I_{вых} = 5 мА, PV5 = 3,7 В), диапазон регулировки 13...16,5 В.
- Микросхема MAX8930 выполнена в корпусе WLP/49 размерами 3,17 × 3,17 × 0,54 мм с 49 шариковыми выводами на нижней стороне подложки, выводы обозначаются буквенно-цифровыми комбинациями (A1, B1, ..., G1...).

Назначение основных функциональных выводов микросхемы MAX8930:

- A2 (PV3) – напряжение питания для узлов (цепей) REF, BIAS, LDO1, LDO2;
- A4 (PV2) – напряжение питания, вывод соединяется с выводом B4 (PV1);
- A5 (PV5) – напряжение питания для повышающего преобразователя;
- B1 (PV4) – напряжение питания для стабилизатора LDO3;
- B4 (PV1) – напряжение питания генератора подкачки заряда;
- A3 (LDO1) – выход стабилизатора напряжения LDO1;
- B3 (LDO2) – выход стабилизатора напряжения LDO2;

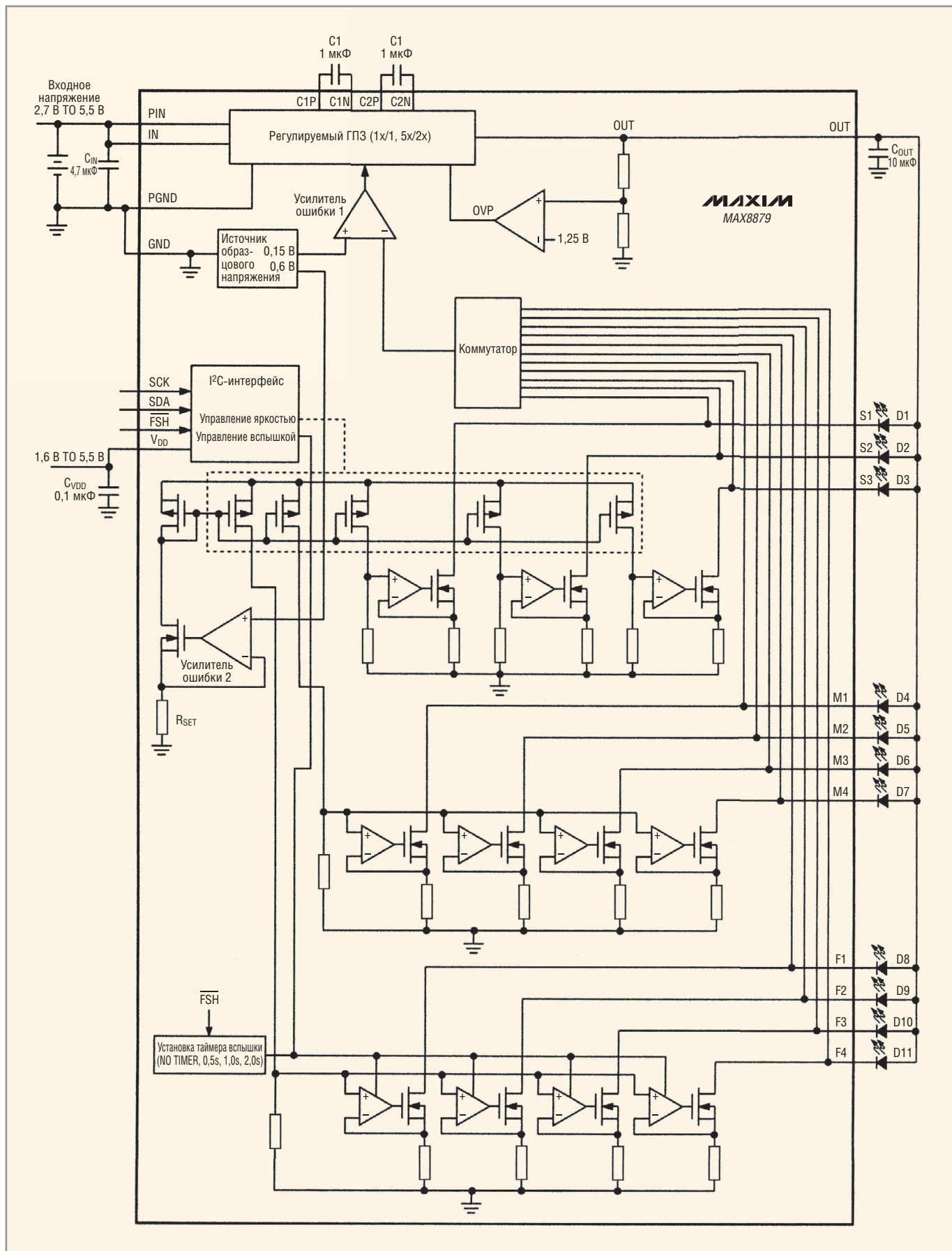


Рис. 4. Типовая схема включения и структура микросхемы MAX8879

- B2 (LDO3) – выход стабилизатора напряжения LDO3;
- D1 (VDD) – напряжение питания логических узлов (1,7...5,5 В);
- D3 (SDA) – шина данных интерфейса управления I²C;
- E2 (SCL) – тактовая шина интерфейса управления I²C;
- C3 (EN) – аппаратный вход включения микросхемы (Hardware Enable Input); ИС активируется при уровне лог. 1 (более 1,4 В); дежурный ре-

- жим активируется при лог. 0 (менее 0,4 В);
- F2 (CAI) – вход управления яркостью светодиодов по интерфейсу, адаптивному к передаваемому содержанию; CAI может управлять яркостью главных светодиодов в пределах 0...100%; типовая частота следования управляющих ШИМ-сигналов 200 Гц. При работе CAI режимы плавного нарастания/снижения тока (Ramp-up/ramp-down) автоматически выключаются;
 - E3/E4/F3 (PLAYR/G/B) – сигналы включения/выключения (лог. 1/лог. 0) каналов RGB-светодиода; ШИМ-управление осуществляется в 20-разрядном коде;
 - E1 (FILT) – вывод для подключения ФНЧ ШИМ-сигналов CAI, к нему подключается керамический конденсатор 0,1 мкФ;
 - C1 (KEY) – контрольный выход; используется для индикации функционирования узлов ALC, I²C либо внутреннего генератора с частотой следования 500 Гц;
 - C2 (REFBP) – выход источника образцового напряжения 1,2 В, шунтируется керамическим конденсатором 0,1 мкФ;
 - F1 (BIAS) – выход для питания внешнего датчика освещенности (типичное значение напряжения 3 В);
 - G2 (SENS) – вход датчика внешней освещенности, вывод должен быть соединен с корпусом через резистор 5,1 кОм;
 - B5/C6/C5/D6 (C1P/C1N/C2P/C2N) – выводы для подключения керамических конденсаторов ГПЗ (+/-/+/-);
 - C7 (NEG) – выход ГПЗ отрицательной полярности, в режиме ожидания он соединен с корпусом через резистор 10 кОм;
 - D7, E7, F6, F7, G6-G3 (WLED1 – WLED8) – выходы каналов 1 – 8 для подключения белых светодиодов;
 - E6, E5, F5 (RLED, GLED, BLED) – выходы каналов RGB;
 - B6 (OUT) – выход повышающего преобразователя, в режиме ожидания он соединен с корпусом через резистор 1 МОм;
 - A6 (SW) – вывод внутреннего р-канального МОП-транзистора узла повышающего преобразователя;
 - B7 (LX) – вывод для подключения дросселя узла повышающего преобразователя (номинал 22 мкГн);
 - F4 (CHG) – выход узла идентификации режима зарядки аккумулятора,

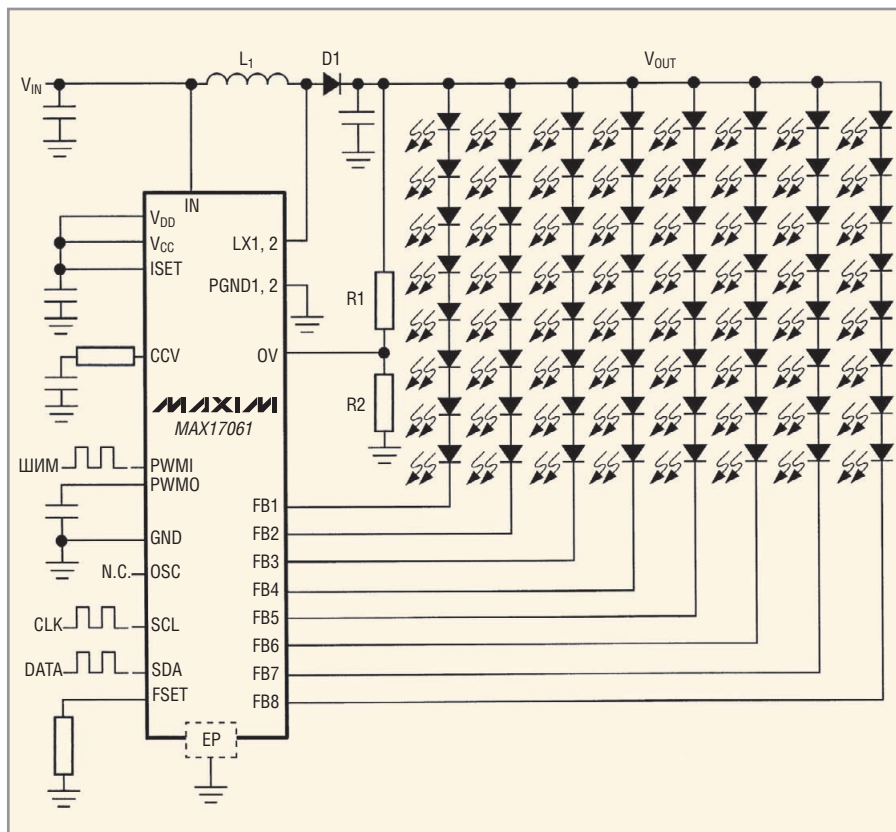


Рис. 5. Схема включения микросхемы MAX17061

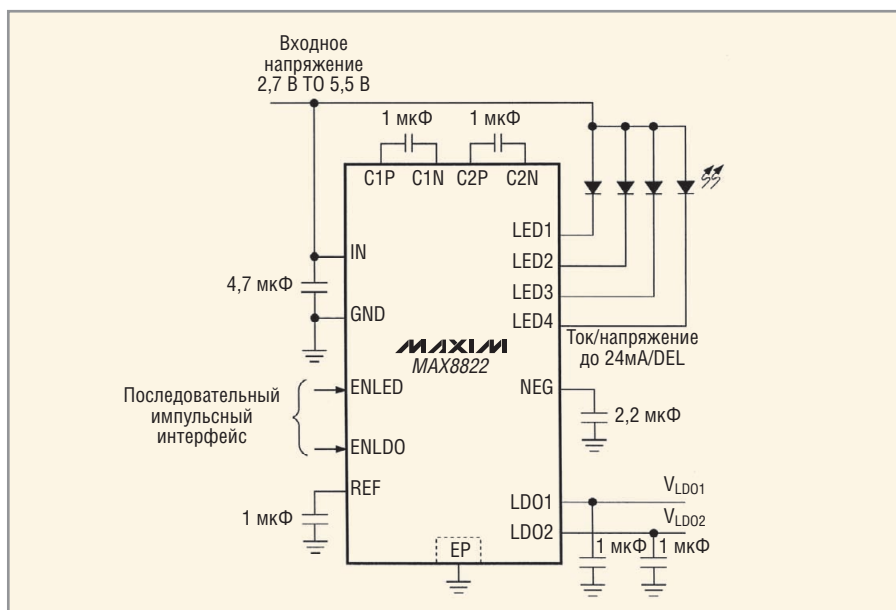


Рис. 6. Схема включения микросхемы MAX8822

соединен со стоком внутреннего МОП-транзистора; включение узла осуществляется через I²C-интерфейс.

Микросхема MAX8831 – высокоэффективный драйвер светодиодов с токовым управлением (до 60 мА) и повышающим преобразователем напряжения; выпускается в миниатюрном корпусе WLP размерами 2 × 2 мм и 16 шариковыми выводами. Прибор обеспечивает управление светодиодами подсветки ЖК-дисплеев и

кнопок клавиатуры мобильных устройств. Управление функциями осуществляется через I²C-интерфейс, в их числе: включение/выключение, установка выходных токов, характеристики таймера включения/выключения подсветки (Ramp-up/down timers), параметры скорости импульсного режима подсветки (Blink rate timers).

Особенности микросхемы MAX8831:

- повышающий преобразователь напряжения 28 В, выполненный на п-ка-

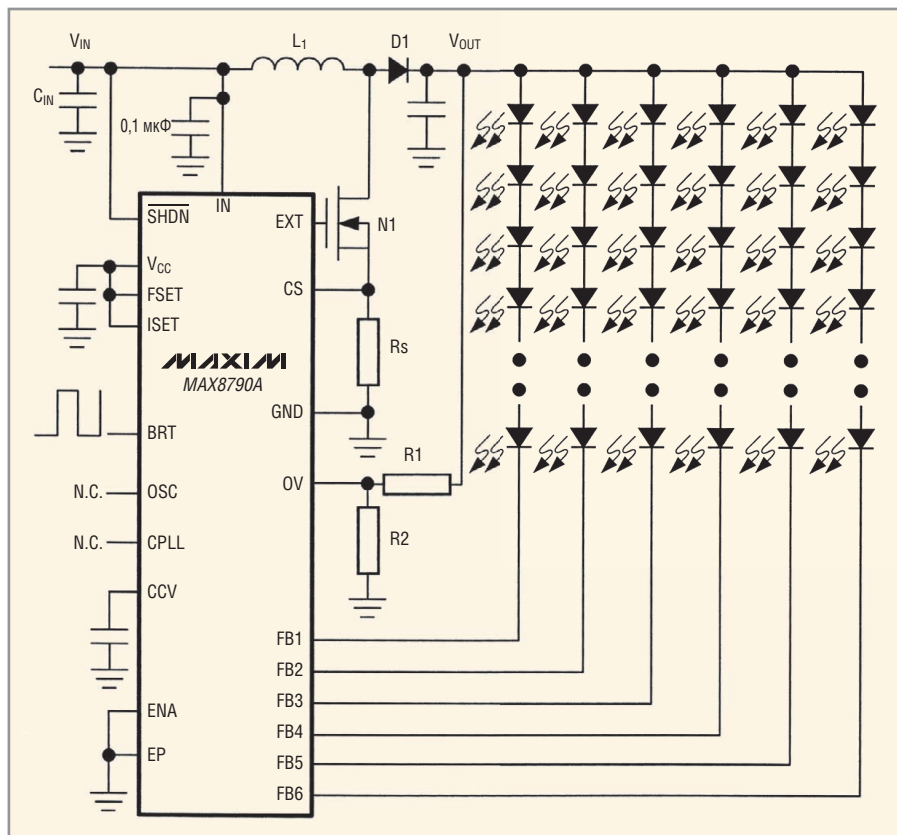


Рис. 7. Схема включения микросхемы MAX8790A

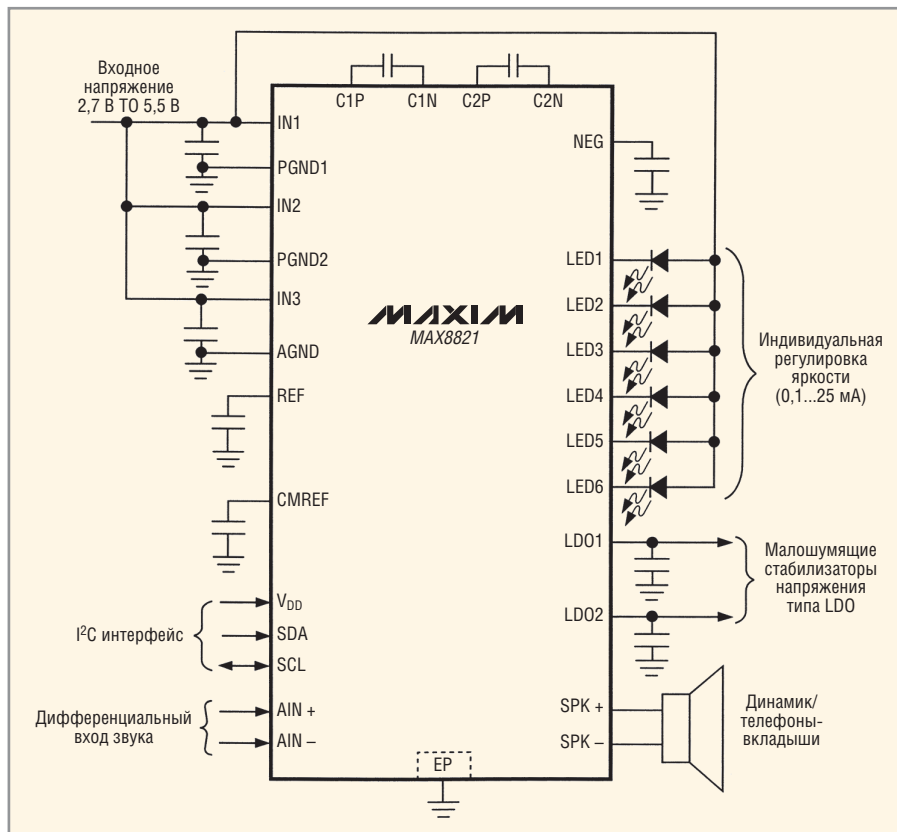


Рис. 8. Схема включения микросхемы MAX8821

нальных МОП-транзисторах; эффективность до 90%, частота переключения 2 МГц, выключение генерации в режиме ожидания;

- совместимый с 1,8-В логикой I²C-интерфейс управления;

- два стабилизатора тока 25 мА с низким падением напряжения (не более 200 мВ) для подсветки ЖК-дисплеев, 128-шаговое управление яркостью светодиодов (50 мкА – 25,5 мА) с индивидуально программируемыми

характеристиками регулирования (Ramp Up/down);

- три стабилизатора тока 5 мА для подсветки кнопок управления, 32-шаговое I²C-управление по индивидуально программируемым характеристикам;
- обнаружение пробоя и обрыва светодиодов и выпрямительного диода источника питания;
- защита от перегрева и перенапряжения;
- сверхмалое потребление тока в режиме ожидания (0,1 мкА).

Типовая схема включения микросхемы MAX8831 приведена на рисунке 2; назначение выводов:

- A1, B1 (LED1, LED2) – выходы каналов 1, 2 для управления светодиодами подсветки ЖК-дисплеев;
- A3, B3, B2 (LED3, LED4, LED5) – выходы каналов 3 – 5 для управления светодиодами подсветки кнопок клавиатур мобильных устройств;
- C1, D1 (LX) – выходы для подключения дросселя повышающего преобразователя; в режиме ожидания (Shutdown) имеют высокое сопротивление;
- B4, C3 (SCL, SDA) – тактовый вход и вход данных интерфейса I²C;
- C4 (VDD) – напряжение питания узла управления интерфейсом I²C (1,6...5,5 В);
- C3 (IN) – основное напряжение питания, может быть использовано для питания интерфейса управления;
- D4 (OUT) – вход схемы защиты от перенапряжения (Overvoltage Protection).

Эффективность повышающего преобразователя микросхемы MAX8831 существенно зависит от напряжения питания на входе IN и от тока через светодиоды; при разработке аппаратуры можно ориентироваться на соответствующие зависимости, показанные на рисунке 3.

Микросхема MAX8879 – драйвер подсветки ЖК-дисплеев, светодиодной вспышки и RGB-светодиодов мобильных устройств. Микросхема обеспечивает управление основной и вспомогательной подсветками ЖК-дисплеев и режимами «вспышки» при фотографировании видеокамерами.

Особенности микросхемы MAX8879:

- гарантированный выходной общий ток 610 мА: 30 мА на каждый из четырёх основных светодиодов, 30 мА на каждый из трёх вспомогательных

светодиодов и 400 мА на светодио-
ды «вспышки»;

- двухпроводной последовательный интерфейс I²C для пятиразрядного (32 шага) управления яркостью светодиодов подсветки (32К цветов) и управления скоростью нарастания/спада яркости (Ramp-Up/Down Rates);
- эффективность 92%, пиковая эффективность (Peak Average Efficiency) 83% ($P_{\text{вых}}/P_{\text{аккумулятор}}$);
- адаптивный переключатель режимов ППЗ (1x/1,5x/2x);
- точность установки и разброс выходных токов не более 0,3%;
- ток потребления в режиме ожидания не более 0,1 мкА;
- программируемый таймер «вспышки»;
- схемы защиты светодиодов от перегрева и от перенапряжения.

Типовая схема включения и структурная схема ИС типа MAX8879 приведены на рисунке 4; назначение выводов:

- 1 (PIN), 2 (IN) – входное напряжение питания, в спящем режиме (Shutdown) выводы имеют высокое сопротивление;
- 4 (VDD) – напряжение питания узлов интерфейса I²C;
- 5 – 7 (M4 – M1) – выходы основных каналов подсветки, подключаются к катодам светодиодов; минимальное напряжение на выводах 0,15 В;
- 9 – 12 (F4 – F1) – выходы каналов «вспышки»;
- 13 – 15 (S3 – S1) – выходы вспомогательных каналов;
- 16 (FSH) – логический входной канал «вспышки», обеспечивает включение и выключение светодиодов «вспышки» (параметры таймера устанавливаются программно);
- 17, 18 (SCK, SDA) – тактовый сигнал и сигнал данных интерфейса I²C;
- 19, 20, 23, 24 (C1N, C1P, C2P, C2N) – выводы для подключения конденсаторов вольтодобавки ППЗ;
- 22 (OUT) – выход ППЗ, шунтируется керамическим конденсатором 10 мкФ.

Микросхема MAX17061 – драйвер подсветки средних и больших ЖК-панелей. ИС предназначена для автомобильных, компьютерных и промышленных приложений. Упрощенная схема включения микросхемы приведена на рисунке 5; назначение выводов:

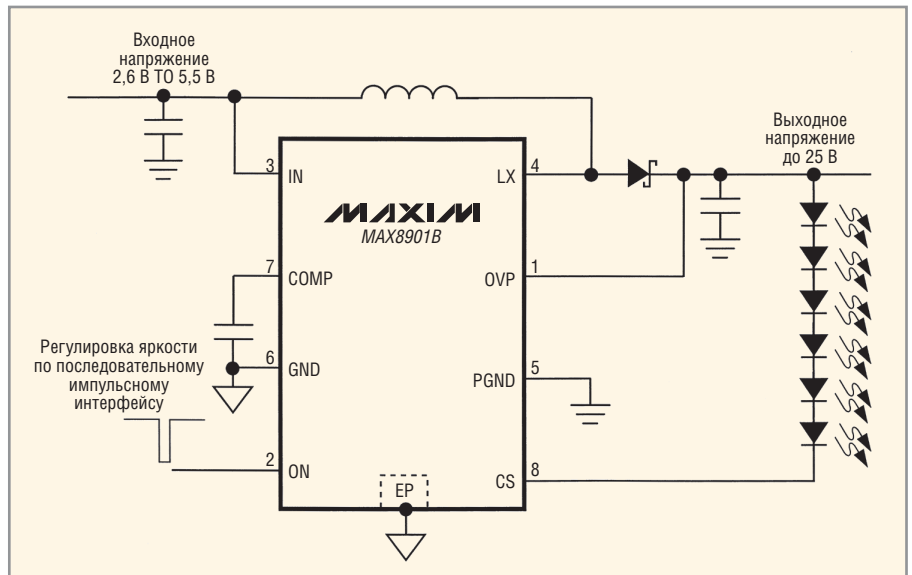


Рис. 9. Схема включения микросхемы MAX8901B

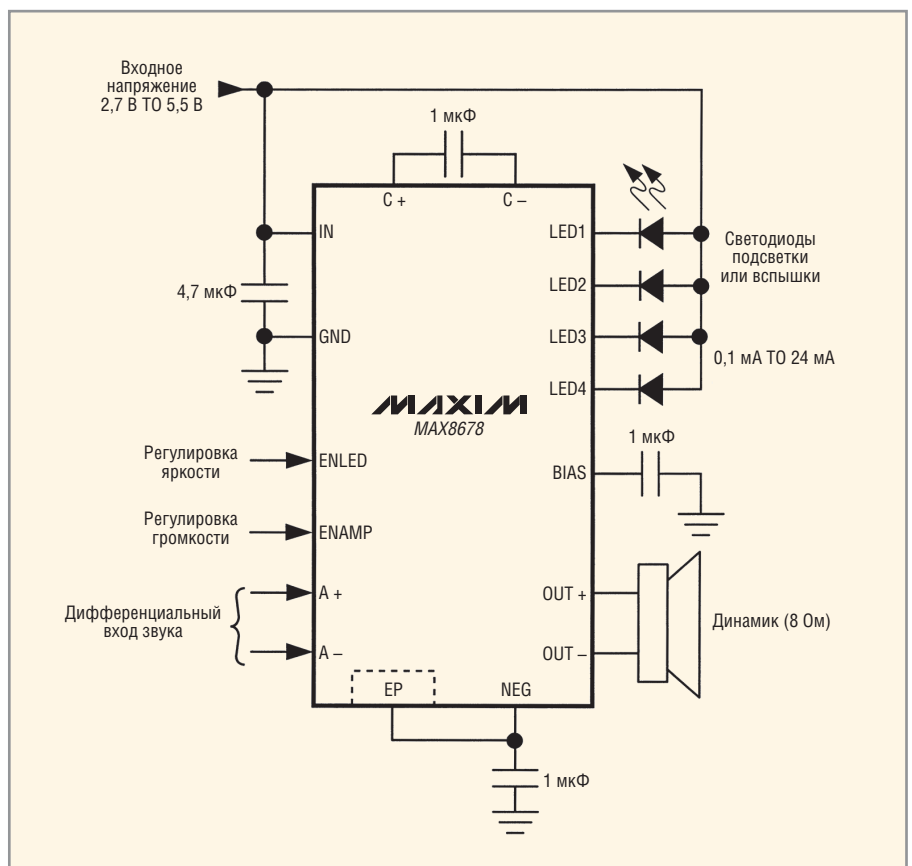


Рис. 10. Схема включения микросхемы MAX8678

- 1, 3, 5, 7 – 9, 27, 28 (FB3, FB4, FB5, FB6 – FB8, FB1, FB2) – выходы параллельных светодиодных каналов; максимальный ток управления 30 мА в каждом канале; выходы неиспользуемых каналов следует соединять с выводом 23 (VCC);
- 10 (OSC) – вывод для установки частоты генерации ШИМ-секции, при отключенном выводе частота равна 750 кГц, при соединении вывода с корпусом – 500 кГц, при соединении с выводом VCC – 1 МГц;

- 11 (PWMI) – вход импульсов ШИМ-управления яркостью свечения светодиодов;
- 12 (PWMO) – выход ФНЧ импульсов ШИМ, шунтируется конденсатором (ёмкость определяется установленной частотой следования импульсов);
- 13 (FSET) – вывод для подключения резистора подстройки частоты внутреннего ШИМ-генератора (DPWM), частота определяется по формуле: $f_{dpwm} = 109/\alpha \times R \text{ (Ом)} + \gamma$, где $\alpha = 10,638$, $\gamma = 58509$;

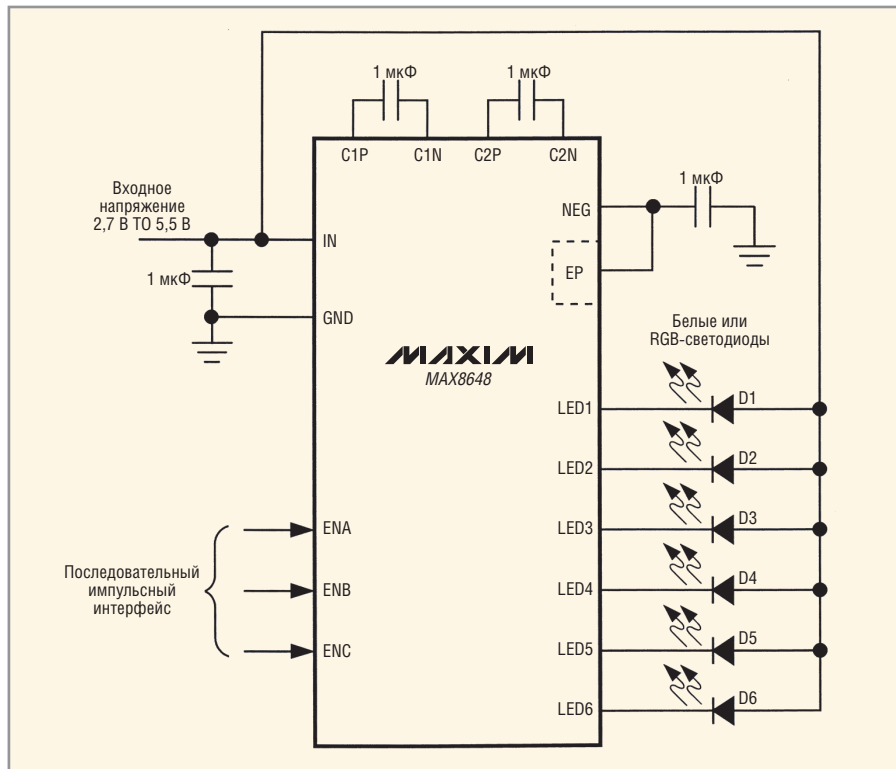


Рис. 11. Схема включения микросхемы MAX8648

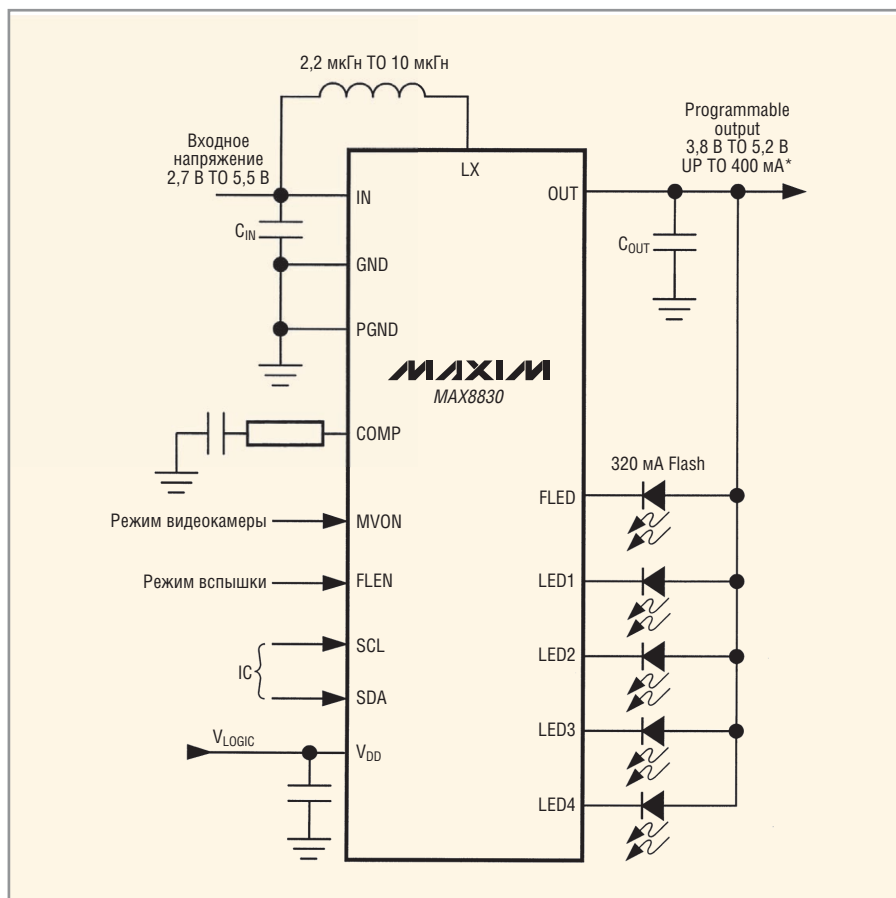


Рис. 12. Схема включения микросхемы MAX8830

- 14, 15 (SDA, SCL) – вход данных и вход тактовых импульсов интерфейса SMBus (SMBus™ – зарегистрированная торговая марка фирмы Intel); обеспечивает регулировку яркости подсветки в экономичном режиме

- DPST (Display-power-saving technology);
- 16, 17 (LX1, LX2) – выводы стоков полевых транзисторов индукторного повышающего преобразователя напряжения;

- 21 (IN) – входное напряжение питания (4,5...26 В);
- 22 (VDD) – напряжение питания драйвера затворов транзисторов повышающего преобразователя напряжения;
- 24 (CCV) – вывод для подключения цепи компенсации повышающего преобразователя (0,022 мкФ, 5,1 кОм);
- 25 (OV) – вывод для подключения резистора установки порога срабатывания схемы защиты от перенапряжения (типичное напряжение на делителе R1, R2 составляет 1,236 В);
- 26 (ISET) – вывод для подключения резистора установки максимального тока светодиодов в каждом канале; максимальный ток определяется по формуле $I_{\text{макс}} = 20 \text{ мА} \times 200 \text{ кОм} / R_{\text{iset}}$. Коротко перечислим особенности ряда других микросхем фирмы из таблицы, справочные листы на которые выпущены или отредактированы в 2007 и 2008 гг.:
- MAX8822 – высокоэффективный драйвер четырёх светодиодов с отрицательной полярностью напряжения ПЗ (x0,5), в составе микросхемы имеются два LDO-стабилизатора напряжения с выходным током 200 мА каждый. Диапазон индивидуально регулируемых выходных токов составляет 0,1...24 мА, точность и разброс токов в каналах не более 1%, ток собственного потребления 65 мкА, схема включения приведена на рисунке 6;
- MAX8790A – шестиканальный драйвер белых светодиодов подсветки средних и больших ЖК-дисплеев с активной балансировкой токов каналов (27 мА в каждом) для автомобильных и портативных приложений; типовая схема включения ИС с внешним МОП-транзистором приведена на рисунке 7. Диапазон регулировки яркости подсветки (Dimming range) 100 : 1, частота коммутации ПЗ составляет 500/750/1000 кГц;
- MAX8821 – драйвер шести белых светодиодов со встроенным УЗЧ класса D и двумя стабилизаторами напряжения типа LDO для мобильных устройств; типовое включение ИС приведено на рисунке 8. Регулировка яркости в пределах 0,1...25,6 мА, выходные токи стабилизаторов 200 и 300 мА, выходная мощность УЗЧ – 0,6 Вт ($R_{\text{н}} = 8 \text{ Ом}$, эффективность 85%), КНИ+шум составляют 0,05% на частоте 1 кГц;

- MAX8901A/B – высокоэффективные драйверы белых светодиодов (от 2 до 6 шт. в последовательной цепи), исполнения А и В отличаются интерфейсами управления (ШИМ – А, импульсная последовательность – В). Эффективность приборов достигает 91%; обеспечиваются 32-шаговое управление яркостью светодиодов, ток потребления в «спящем» режим 0,01 мкА, максимальный выходной ток 24,75 мА; типовая схема включения MAX8901В приведена на рисунке 9;
- MAX8678 – драйвер белых светодиодов с УЗЧ класса АВ мощностью 1,1 Вт для мобильных устройств с высококачественным звуковым каналом; типовое включение микросхемы приведено на рисунке 10. ИС обеспечивает выходной ток 0,1...24 мА с индивидуальной подстройкой в каждом канале. УЗЧ с дифференциальным входом развивает мощность в мостовом режиме 1,1 Вт на нагрузке 8 Ом, КНИ+шум составляют 0,004%, регулировка громкости осуществляется в диапазоне –9...+18 дБ;
- MAX8647/MAX8648 – высокоэффективные драйверы белых или RGB-светодиодов (6 каналов). Типовое включение MAX8648 приведено на рисунке 11, прибор отличается интерфейсом управления (I²C). Драйверы обеспечивают выходной ток 0,1...24 мА в каждом канале, точность установки ±2%; собственное потребление тока составляет 70 мкА в рабочем режиме и 1 мкА в дежурном;
- MAX8830 – драйвер осветительных светодиодов; обеспечивает суммарный выходной ток не менее 400 мА (типичное значение 700 мА), в режиме «вспышки» – 320 мА в каждом канале; типовое включение ИС приведено на рисунке 12. Микросхема может быть выполнена в корпусе UCSF с 16 шариковыми выводами размерами 2,5 × 2,5 мм (UCSF™ – зарегистрированная торговая марка Maxim Integrated Products). Эффективность драйвера – свыше 90%; в ИС встроены мощный МОП-транзистор и синхронный выпрямитель;
- MAX8607 – драйвер светодиодов подсветки фонарей фото- и видеокамер; обеспечивает выходной ток до 1,5 А в режиме «вспышки» и 360 мА в режиме видеосъёмки. Микросхема может быть использована в портатив-

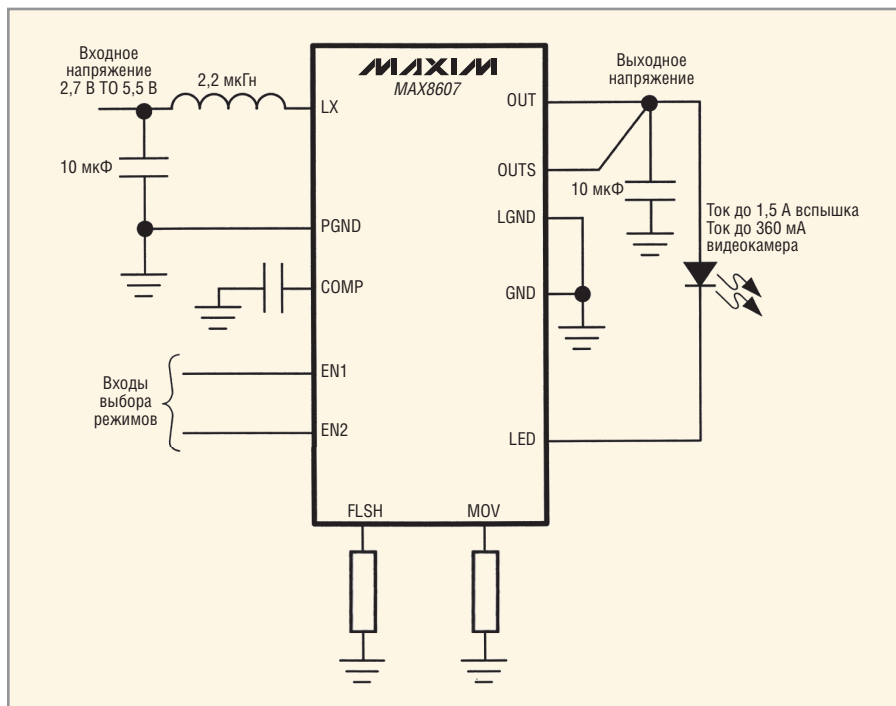


Рис. 13. Схема включения микросхемы MAX8607

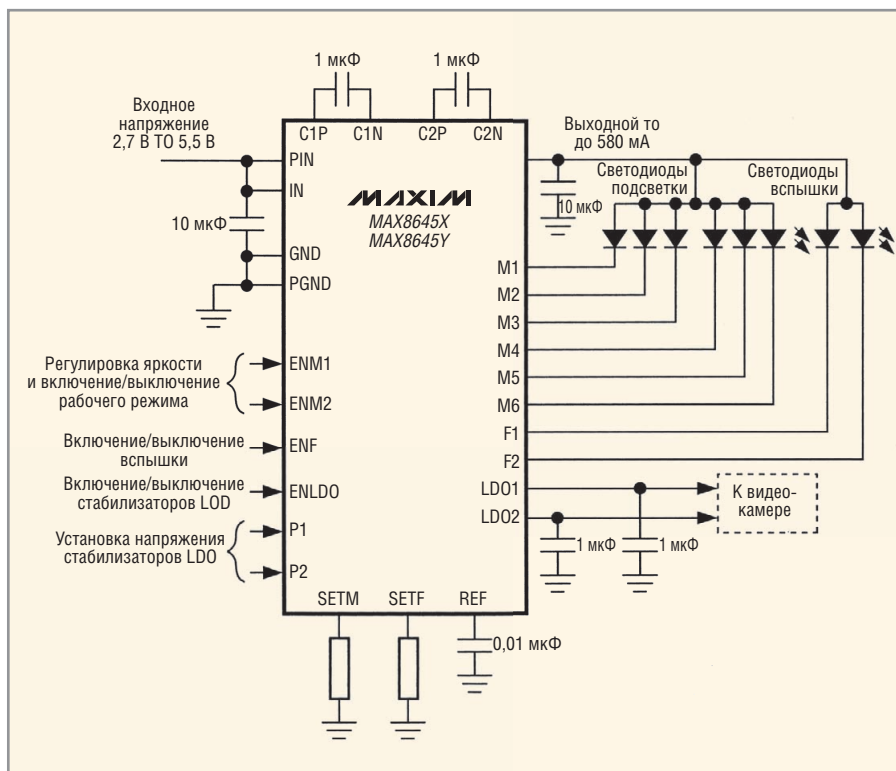


Рис. 14. Схема включения микросхем MAX8645X и MAX8645Y

ных фонарях и других мобильных устройствах. Типовая схема включения ИС приведена на рисунке 13. Эффективность микросхемы достигает 84% ($P_{\text{вых}}/P_{\text{аккумулятор}}$ при $I_{\text{вых}} = 1,1 \text{ А}$);

- MAX8645 – драйвер светодиодов подсветки ЖК-дисплеев и «вспышки» с двумя встроенными LDO-стабилизаторами напряжения; типовое включение микросхемы приведено на рисунке 14. Прибор обеспечивает выходной ток 30 мА для каждого из

шести светодиодов подсветки ЖК-дисплеев и 400 мА для двух светодиодов «вспышки»; выходные токи составляют 200 мА для стабилизаторов LDO1, LDO2; эффективность 85...94% ($P_{\text{вых}}/P_{\text{аккумулятор}}$).

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://para.maximic.com/en/search.mvp?fam=whiteled&tree=master>.
2. http://www.rohm.com/products/opto_device/led/.

Микросхемы памяти BAE Systems

Александр Попович (Санкт-Петербург)

В статье приведены краткие сведения о радиационно-стойких ЗУ, выпускаемых BAE Systems.

Память является вторым, если не первым по важности компонентом вычислительной системы. Ведь процессор иногда можно заменить ПЛИС, а вот память заменить нечем. При выборе микросхем памяти, стойких к воздействию ионизирующего излучения, разработчики сталкиваются с недостатком предложения. Так, если требуемая величина поглощённой дозы ионизирующего излучения должна быть не ниже 50 крад, для выбора остаётся всего несколько микросхем.

Как известно, микросхемы памяти бывают однократно и многократно программируемые, энергонезависимые и энергонезависимые. Корпорация BAE Systems выпускает все виды микросхем памяти.

К однократно программируемым микросхемам BAE относятся микросхемы памяти, выполненные по технологии antifuse (технология восстановления перемычек, поскольку английское слово fuse имеет значение «предохранитель, пережигаемая перемычка»). Суть технологии состоит в изменении агрегатного состояния перемычек, выполненных из поликристаллического кремния, который под воздействием высокой температуры переходит в монокристаллическое состояние с высокой проводимостью. В отличие от микросхем с пережигае-

мыми перемычками, antifuse-микросхемы имеют ничтожно низкий процент возврата ячеек в незапрограммированное состояние. Внешний вид микросхемы памяти Antifuse 197A807 244C приведён на рисунке 1. Микросхемы поставляются в керамических корпусах с неформованными выводами, распаянными на носитель; такой способ поставки позволяет пользователю, с одной стороны, программировать микросхемы в том виде, в каком он получает их, не снимая с носителя, а с другой стороны, формировать выводы уже запрограммированной микросхемы в соответствии с требованиями производства. Сводные данные по микросхемам памяти BAE приведены в таблице. В ней же приведены и данные по радиационной стойкости микросхем памяти; объяснение терминов можно найти в [1].

Если микросхемы antifuse являются до такой степени энергонезависимыми, что не позволяют сменить информацию, однажды в них записанную, то микросхемы CRAM свободны от этого «недостатка». Внешний вид микросхемы памяти CRAM 8405834 приведён на рисунке 2. Технология CRAM с халькогенидной элементарной ячейкой памяти является достойной альтернативой флэш-памяти в тех областях, где важна высокая радиационная стой-

кость. Вот почему все новости, связанные с продвижением этой продукции на рынок, встречаются с повышенным интересом [2]. Именно память CRAM выбирают как единственно возможную в качестве постоянного запоминающего устройства для космических аппаратов с продолжительной миссией [3].

Многочисленно программируемые энергонезависимые микросхемы CRAM сохраняют информацию также благодаря изменению фазового состояния элемента памяти, однако в данном случае это изменение обратимо. При быстром нагреве и охлаждении элемент переходит в аморфное состояние, а при медленном остывании успевает кристаллизироваться. Как и в элементах antifuse, аморфное состояние является состоянием с низкой проводимостью. Несмотря на высочайшие характеристики микросхем CRAM, только одна фирма производит их на коммерческой основе: BAE-Systems разработала технологию производства этого вида памяти и в настоящее время является единственным поставщиком CRAM на рынке.

Несмотря на то что микросхемы энергонезависимой памяти могут сохранять информацию при выключенном питании, они не могут соревноваться с микросхемами ОЗУ по скорости доступа к данным. В ассортименте BAE есть три семейства асинхронных статических запоминающих устройств (SRAM) и одно семейство синхронных статических запоминающих устройств (SSRAM); данные по тем и другим приведены в таблице. Как показывает сравнение параметров микросхем SRAM семейства Millennium с параметрами не радиационно-стойких аналогов [4], микросхемы этого семейства практически не уступают им по своим характеристикам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Корпорация BAE производит и поставляет полный спектр микросхем памяти, применяемых в современных компьютерных системах. К ним относятся однократно и многократно программируемые энергонезависимые ПЗУ и микросхемы ОЗУ, как асинхронные, так и синхронные.

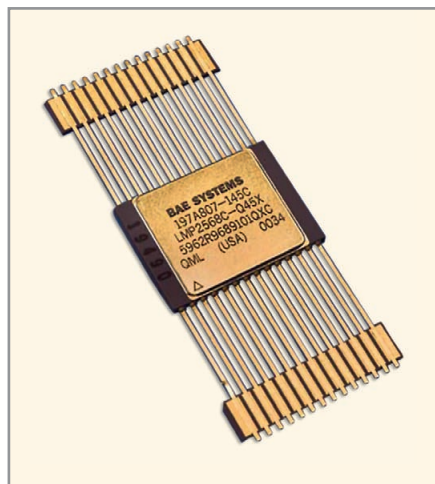


Рис. 1. Внешний вид микросхемы памяти Antifuse 197A807 244C

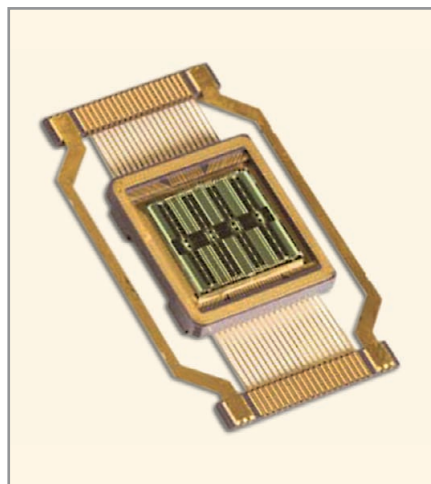


Рис. 2. Внешний вид микросхемы памяти CRAM 8405834

Сводные данные по микросхемам памяти корпорации BAE Systems

Название	Тип ЗУ	Рабочий диапазон температур, С°	Напряжение питания, В	Размеры корпуса, мм (выводов)	Максимальная доза облучения, крад	SEU, сбоев/бит в день	SEL, событий/бит в день	LET, 120 МэВ см ² /мг	Организация, Кслов бит	Время доступа, нс	Потребляемая мощность, Вт
238A790-214T	Antifuse	-55...+125	3,3	12 × 18 (28)	200	0	0	120	32 × 8	100	0,5
197A807-244C	Antifuse	-55...+125	5	12 × 18 (28)	200	0	0	120	32 × 8	45	0,76
8405834	GRAM	-40...+110	3,3	23 × 26 (88)	1000	10 ⁻¹¹	0	120	512 × 32	70	1,1
Millennium	SRAM	-55...+140	3,3	23 × 26 (84)	200	10 ⁻⁹	0	120	512 × 40	15	2,0
Magnum	SRAM	-55...+125	3,3	28 × 28 (40)	1000	10 ⁻⁹	0	120	512 × 8	25	1,0
8413764-529	SRAM	-55...+140	1,5/3,3	26 × 27 (100)	1000	10 ⁻¹²	0	120	2048 × 40	20	1,2
L2 Cache	SSRAM	-55...+125	1,8/3,3	26 × 28 (340)	1000	10 ⁻¹¹	0	120	128 × 72	6	1,7

Микросхемы памяти BAE Systems обладают значительным иммунитетом к воздействию проникающей радиации. Параметры этих микросхем зачастую превосходят характеристики микросхем других производителей.

Официальное представительство корпорации BAE Systems [5] берёт

на себя формальности, связанные с оформлением лицензии на покупку продукции BAE, подпадающей под ограничения правительства США на вывоз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котельников Е. Actel FAQ. Компоненты и технологии. 2010. № 6.

2. <http://parts.jpl.nasa.gov/2009/09/14/bae-lists-4mb-cram-memory/>.

3. Klark K. Memory Investigation for a Europa Explorer Mission Concept. JPL D - 48262 22 Sep., 2008.

4. Котельников Е. Радиационно-стойкая статическая оперативная память от BAE Systems. Компоненты и технологии. 2010. № 5.

5. <http://www.bae-radhard.ru/>.



БА Электроникс
радиационно-стойкая
микроэлектроника
BAE Systems

8-800-100-8084 Санкт-Петербург Московский пр. 212 www.bae-rh.ru
Звонок - бесплатно

Реклама

Операционные усилители с нулевым дрейфом

Печатается с разрешения Analog Devices, Inc (<http://www.analog.com>)

Реза Могими (США)

Перевод Андрея Данилова

В статье описаны методы построения и структурные схемы ИС усилителей с периодической компенсацией дрейфа и модуляцией/демодуляцией сигнала. Обсуждаются преимущества и недостатки таких усилителей. Приведены характеристики популярных ИОУ, реализованных по этим схемам.

Что такое усилители с нулевым дрейфом?

Усилители с нулевым дрейфом динамически корректируют своё напряжение смещения и придают другую форму своей спектральной плотности шума. Два широко используемых типа – усилители с периодической компенсацией дрейфа (ПКД) и со стабилизацией прерыванием (модуляцией-демодуляцией, МДМ) – достигают смещений нановольтового уровня и чрезвычайно низких дрейфов напряжения смещения от времени и температуры. Шум усилителей типа $1/f$ также наблюдается как ошибка по постоянному току, поскольку удаляется с тем же успехом. Усилители с нулевым дрейфом дают много преимуществ разработчикам, поскольку температурный дрейф и шум $1/f$, всегда являющиеся источником помех в системе, в противном случае весьма трудны для удаления. Кроме того, усилители с нулевым дрейфом имеют высокие разомкнутые усиления, ослабление пульсаций источника питания (КВНИП) и синфазного сигнала (КОСС) по сравнению с обычными усилителями; их общая выходная погрешность меньше, чем погрешность, получаемая стандартным прецизионным усилителем в аналогичной конфигурации.

Что такое хорошие приложения для усилителей с нулевым дрейфом?

Усилители с нулевым дрейфом используются в системах с ожидаемым временем эксплуатации более 10 лет и в сигнальных трактах, где применяются большие коэффициенты передачи (более 100 В/В) к сигналам низкого уровня и частоты (менее 100 Гц). Примеры использования можно найти в прецизионных весах, медицинском оборудовании, прецизионном измерительном оборудовании, а также в датчиках инфракрасных, мостовых и термоэлектрических интерфейсов.

Как работает периодическая компенсация дрейфа?

Усилители с ПКД, такие как AD8538, AD8638, AD8551 и AD8571, обычно корректируют входное смещение за две фазы тактовой частоты. Во время фазы А ключи, маркированные ϕA , замкнуты, тогда как ключи, маркированные ϕB , разомкнуты, как показано на рисунке 1. Напряжение смещения усилителя обнуления (nulling) измеряется и сохраняется на конденсаторе C_{M1} .

Во время фазы В ключи, маркированные ϕB , замкнуты, тогда как ключи, маркированные ϕA , разомкнуты, как показано на рисунке 2. Напряжение смещения основного (main) усилителя измеряется

и сохраняется на конденсаторе C_{M2} , пока напряжение, сохранённое на конденсаторе C_{M1} , подстраивает смещение усилителя обнуления. Затем общее смещение прикладывается к основному усилителю во время обработки входного сигнала.

Функция выборки и хранения превращает ПКД-усилители в дискретные системы, делая их склонными к эффектам наложения спектров и возвратного шума. На низких частотах шум изменяется медленно, поэтому вычитание двух последовательных выборок шума приводит к реальной компенсации. На высоких частотах эта корреляция уменьшается, и продукты вычитания погрешностей, обусловленных широкополосными составляющими, возвращаются в полосу пропускания. Таким образом, ПКД-усилители имеют больший шум в полосе пропускания, чем стандартные ОУ. Для снижения низкочастотного шума частота выборки должна быть увеличена, но это приводит к дополнительной инъекции заряда. Сигнальный тракт содержит только основной усилитель, поэтому можно получить относительно широкую полосу единичного усиления.

Как работает прерыватель?

Рисунок 3 показывает блок-схему МДМ-усилителя ADA4051, которая использует местную петлю обратной связи для автоматической коррекции. Основной сигнальный тракт содержит входную схему прерывателя CHOP1, усилитель тока, управляемый напряжением (ИТУН) G_{m1} , выходную схему прерывателя CHOP2 и ИТУН G_{m2} . Прерыватели CHOP1 и CHOP2 модулируют первоначальное смещение и шум $1/f$

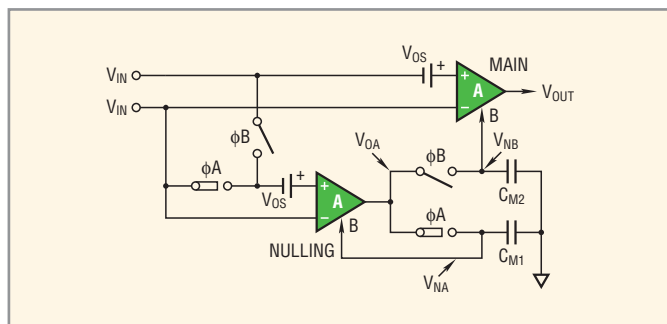


Рис. 1. Фаза А усилителя с ПКД: фаза обнуления

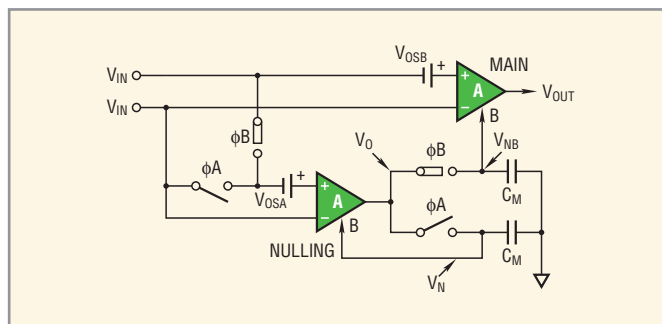


Рис. 2. Фаза В усилителя с ПКД: фаза компенсации смещения



ВКЛЮЧИ ЛЕГАЛЬНЫЙ **p-cad**

* В рамках акции все пользователи нелегального ПО P-CAD смогут приобрести бессрочные лицензии по цене всего 60 000 рублей за одно рабочее место (НДС не облагается). Пользователь получает право на использование любой версии P-CAD, что подтверждается выдачей серийного номера и сертификата на каждое лицензируемое рабочее место.

Воронеж СиСофт Воронеж, www.csoft.vrn.ru, +7 (4732) 39-3050, cad@csoft.vrn.ru **Екатеринбург** РПК-Урал, www.cad.ru, +7 (343) 359-8759, ric@ural.cad.ru **Казань** СиСофт Казань, www.kazan.csoft.ru, +7 (843) 570-5431, info@kazan.csoft.ru **Киев** Аркада, www.arcada.com.ua, +38 (044) 502-3335, common@arcada.com.ua **Москва** НПП "Родник", www.rodnik.ru, +7 (499) 613-7001, info@rodnik.ru • Русская Промышленная Компания, www.cad.ru, +7 (495) 744-0004, info@cad.ru • Евроинтех, www.eurointech.ru, +7 (495) 749-4578, sales@eurointech.ru • Софтлайн, www.softline.ru, +7 (495) 232-0023, info@softline.ru • СиСофт, www.csoft.ru, +7 (495) 913-2222, sales@csoft.ru **Нижний Новгород** СиСофт Нижний Новгород, www.csoft.nnov.ru, +7 (831) 434-1870, info@dsg.nn.ru **Новосибирск** СиСофт Новосибирск, www.csoft.ru, +7 (383) 362-0444, info@nsk.csoft.ru **Самара** СиСофт Самара www.csoft.ru, +7 (846) 373-8130, info@samara.csoft.ru **Санкт-Петербург** НИП-Информатика, www.nipinfor.ru, +7 (812) 370-1825, info@nipinfor.ru • СиСофт Санкт-Петербург-Бюро ESG www.csoft.spb.ru, +7 (812) 496-6929, esg@csoft.spb.ru

Altium

Акция продлится до 31 декабря 2010 года.

Более подробную информацию можно получить у авторизованных дилеров, а также отправив запрос по адресу altium@nanocad.ru или позвонив по телефону (495) 645-8626.

ЗАО "Нанософт" – официальный дистрибьютор Altium Designer (P-CAD)


NANOCAD

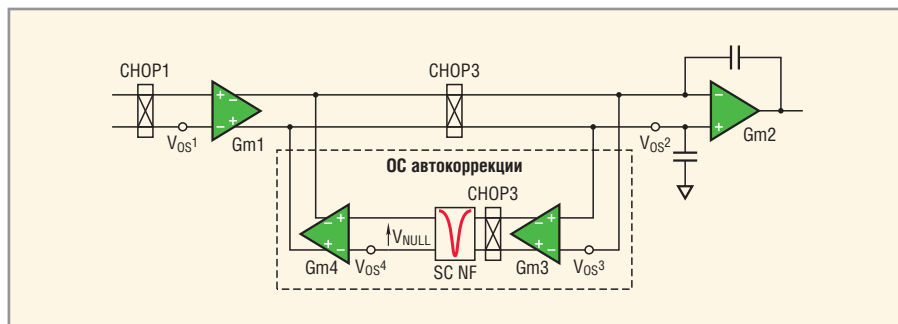


Рис. 3. Схема с прерыванием, использованная в ADA4051

Петля ОС автокоррекции устраняет первоначальное смещение Gm1 с меньшими пульсациями

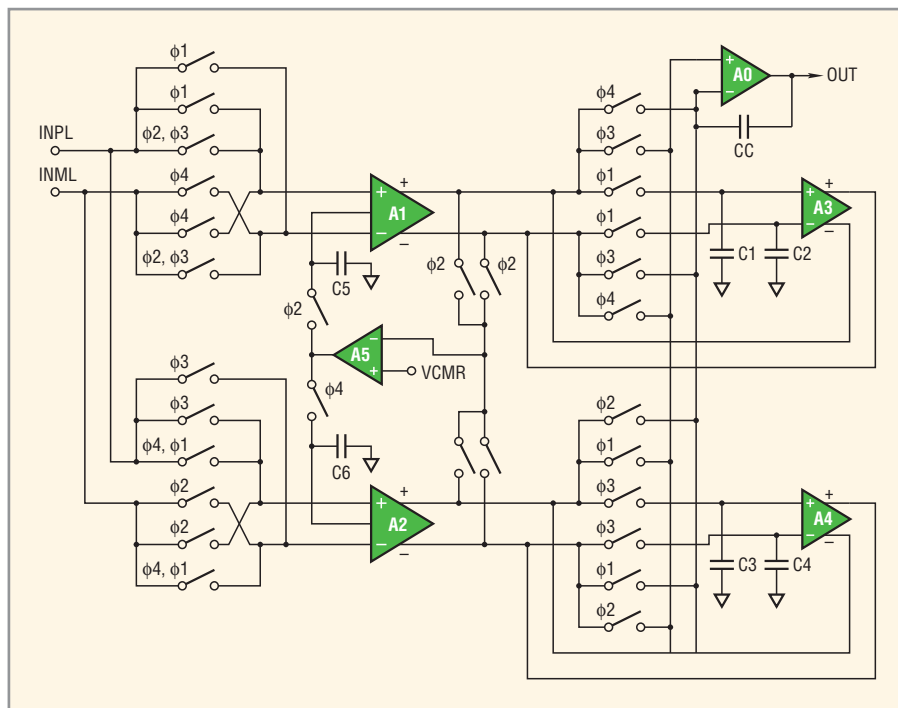


Рис. 4. Усилитель AD8628 сочетает методы ПКД и МДМ для обеспечения более широкой полосы пропускания

от Gm1 вплоть до частоты работы прерывателей. ИТУН Gm3 измеряет модулированную пульсацию на выходе прерывателя CHOP2. Схема прерывателя CHOP3 демодулирует пульсацию обратно в сигнал постоянного тока. Все три схемы прерывателей переключаются на частоте 40 кГц. Наконец, ИТУН Gm4 обнуляет постоянную составляющую на выходе Gm1, которая в противном случае появилась бы в качестве пульсации на общем выходе. Узкополосный режекторный фильтр

на переключаемых конденсаторах (SCNF) избирательно подавляет на общем выходе нежелательную пульсацию, связанную со смещением, без помех для полезного входного сигнала. Он синхронизирован с тактовой частотой прерывателей, чтобы как можно лучше отфильтровать модулированные составляющие.

Можно объединить эти два метода?

Это именно то, что сделано в новой серии усилителей от Analog Devices. Усилитель с нулевым дрейфом AD8628, показанный на рисунке 4, использует и ПКД, и МДМ для ослабления энергии на частоте модуляции, в то же время поддерживая очень низкий шум на более низких частотах. Этот комбинированный метод позволяет расширить полосу пропускания по сравнению с полосой, возможной при использовании стандартных усилителей с нулевым дрейфом.

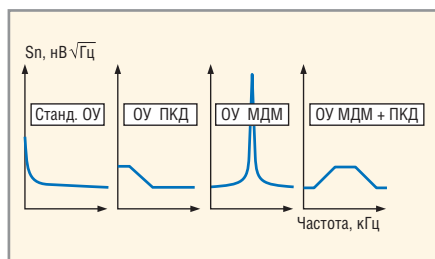


Рис. 5. Типичный шум различных топологий усилителей в зависимости от частоты

КАКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ УЧИТЫВАЮТСЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УСИЛИТЕЛЕЙ С НУЛЕВЫМ ДРЕЙФОМ?

Усилители с нулевым дрейфом являются комбинированными усилителями, которые используют цифровую схемотехнику для динамической коррекции аналоговых погрешностей смещения. Инжекция заряда, прямое прохождение тактовой частоты, интермодуляционные искажения и увеличенное время восстановления, обусловленные процессом цифрового переключения, могут создавать проблемы в неудачно сконструированных аналоговых схемах. Амплитуда прямого прохождения тактовой частоты возрастает с увеличением коэффициента передачи или сопротивления источника; добавление фильтра на выходе или использование меньшего сопротивления на неинвертирующем входе ослабит этот эффект. Кроме того, выходная пульсация усилителей с нулевым дрейфом увеличивается, когда входная частота приближается к частоте прерывания.

ЧТО ПРОИСХОДИТ С СИГНАЛАМИ НА ЧАСТОТАХ, ПРЕВЫШАЮЩИХ ВНУТРЕНнюю ТАКТОВУЮ ЧАСТОТУ?

Сигналы с частотами, превышающими частоту ПКД, могут быть усилены. Быстродействие усилителя с нулевым дрейфом зависит от произведения усиления на полосу пропускания, которая определяется основным усилителем, а не усилителем обнуления; частота ПКД даёт ориентир, когда начнут проявляться искажения от переключения.

СУЩЕСТВУЮТ КАКИЕ-НИБУДЬ РАЗЛИЧИЯ МЕЖДУ ПКД И МДМ?

Периодическая компенсация дрейфа использует взятие выборок для коррекции смещения, тогда как прерывание использует модуляцию и демодуляцию. Взятие выборок порождает шум, возвращающийся в полосу пропускания, поэтому ПКД-усилители имеют больший шум в полосе пропускания. Для подавления шума используется больше тока, поэтому такие приборы обычно рассеивают больше мощности. Усилители МДМ имеют низкочастотный шум, согласующийся с их белым шумом, но производят большое количество энергии на частоте моду-

Таблица 1. Сравнение методов ПКД и МДМ

ПКД	МДМ	МДМ + ПКД
Очень низкое напряжение смещения и его температурный дрейф	Очень низкое напряжение смещения и его температурный дрейф	Очень низкое напряжение смещения и его температурный дрейф
Выборка и хранение	Модуляция/демодуляция	Выборка и хранение, модуляция/демодуляция
Высокий низкочастотный шум из-за наложения спектров	Шум, аналогичный белому (отсутствует наложение спектров)	Комбинированный шум, профилированный по частоте
Более высокая потребляемая мощность	Более низкая потребляемая мощность	Более высокая потребляемая мощность
Широкая полоса пропускания	Узкая полоса пропускания	Самая широкая полоса пропускания
Самая низкая пульсация	Более высокая пульсация	Уровень пульсации ниже, чем у МДМ
Небольшая энергия на частоте ПКД	Большая энергия на частоте модуляции	Небольшая энергия на частоте ПКД

Таблица 2. Популярные усилители с нулевым дрейфом фирмы Analog Devices

Название компонента			Напряжение питания		От питания до питания		Полоса пропускания при мин. Кп, МГц	Скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс	Максимальное напряжение смещения, мВ	Типичный дрейф напряжения смещения, мВ/°С	Мин. КОСС, дБ	Мин. КВНИП, дБ	Минимальный коэффициент усиления без ООС, дБ	Спектральная плотность шума на частоте 1 кГц, нВ/√Гц	Максимальный потребляемый ток на усилитель, мА	Топология
единичный	средний	счетверный	минимальное	максимальное	вход	выход										
AD8628	AD8629	AD8630	2,7	5,5	•	•	2,5	1	5	0,002	120	115	125	22	1,1	ПКД, МДМ
AD8538	AD8539	–	2,7	5,5	•	•	0,43	0,4	13	0,03	115	105	115	50	0,18	ПКД
AD8638	AD8639	–	4,5	16	•	•	1,35	2,5	9	0,01	118	127	120	60	1,3	ПКД
AD8551	AD8552	AD8554	2,7	5,5	•	•	1,5	0,4	5	0,005	120	120	125	42	0,975	ПКД
AD8571	AD8572	AD8574	2,7	5,5	•	•	1,5	0,4	5	0,005	120	120	125	51	0,975	ПКД
ADA4051-1	ADA4051-2	–	1,8	5,5	•	•	0,115	0,04	15	0,02	105	110	106	95	0,017	МДМ

ляции и её гармониках. Возможно, потребуется фильтрация на выходе, поэтому эти усилители являются наиболее пригодными для низкочастотных применений. Типичные шумовые характеристики методов ПКД и МДМ показаны на рисунке 5, где S_n – спектральная плотность шума.

Когда следует использовать ПКД-усилители и МДМ-усилители?

Усилители МДМ являются хорошим выбором для маломощных, низкочастотных (менее 100 Гц) применений, тогда как ПКД-усилители лучше для широкополосных применений. Прибор AD8628, который сочетает методы ПКД и МДМ, является идеальным для применений, которые требуют низкого шума, отсутствия выбросов переключения и широкой полосы. Таблица 1 демонстрирует некоторые компромиссы обоих методов.

Какие из усилителей с нулевым дрейфом компании ADI являются популярными?

Таблица 2 показывает некоторые из усилителей с нулевым дрейфом, предлагаемых компанией ADI.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bridge-Type Sensor Measurements Are Enhanced by Auto-Zeroed Instrumentation Amplifiers. www.analog.com/library/analogdialogue/cd/vol38n2.pdf?page=6.
2. Demystifying Auto-Zero Amplifiers, www.analog.com/library/analogdialogue/cd/vol34n1.pdf.
3. MT-055 Tutorial, Chopper Stabilized (Auto-Zero) Precision Op Amps. www.analog.com/static/imported-files/tutorials/MT-055.pdf. ©



РЕКЛАМА

**МИКРОСХЕМЫ
ДЛЯ ПИТАНИЯ СВЕТОДИОДОВ**

Микросхемы ADDtek применяются при изготовлении светодиодных осветительных устройств, автомобильного освещения, ламп с цоколем E27, а также для защиты светильников высокой надежности. Широкий ассортимент, легкость в применении, низкие цены!




Светодиодные драйверы SiTI предназначены для управления светодиодами в экранах, бегущих строках, динамической рекламе. Всегда в наличии на складе! Применяются в России с 2004 года.

www.e-neon.ru Тел./факс: (812) 335-00-65, (495) 725-26-79, (4732) 39-44-46

Обзор рынка многоканальных терморегуляторов

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

В статье представлен обзор отечественного рынка многоканальных измерителей-регуляторов температуры (терморегуляторов).

Терморегуляторы как средство автоматизации глубоко и основательно вошли в жизнь предприятий энергетики, ЖКХ и промышленности. Без них немислима нормальная жизнь любого города. Отрадно, что на рынке терморегуляторов достаточно широко представлена продукция отечественных производителей и она достаточно конкурентоспособна.

Многоканальные измерители-регуляторы обладают большими функциональными возможностями, чем одноканальные, и предназначены, в основном, для измерения и автоматического регулирования температуры в системах обогрева и охлаждения. Их основными задачами являются:

- многоканальное регулирование температуры;
- регулирование разности температур между каналами;
- работа в режиме двух-, трёхпозиционного или ПИ/ПИД-регулирования температуры;
- сигнализация различных температурных режимов;
- измерение, сигнализация, регулирование температуры в распределённых, автоматизированных системах управления технологическими процессами и т.д.

Главным функциональным узлом в локальной автоматизированной системе обогрева или охлаждения, вокруг которого строится сама система, является регулятор-измеритель. Поэтому основными требованиями, предъявляемыми к терморегуляторам как к средствам автоматизации, являются многофункциональность, возможность интеграции в единую информационную сеть предприятия, надёжность и удобство в работе.

В современных нагревательных (охлаждающих) системах применяются различные типы регуляторов: позиционные, ПИ-регуляторы и ПИД-регуляторы.

Позиционный – самый распространённый тип регулятора ввиду его простоты при удовлетворительном качестве регулирования. Принципиально важны две его особенности. Во-первых, при управлении объектом с помощью позиционного регулятора всегда присутствуют колебания измененного сигнала по причине инерционности отдельных элементов, входящих в контур управления. Во-вторых, амплитуда и период этих колебаний не зависят от регулятора, а полностью определяются конструкцией и параметрами объекта управления, измерительного датчика и исполнительного устройства.

Применение позиционного датчика даёт хорошие результаты при выполнении следующих условий:

- инерционность датчика и исполнительного устройства значительно меньше инерционности объекта управления (защитные гильзы и чехлы ухудшают точность поддержания температуры);
- отсутствует транспортное запаздывание (например, поддерживать температуру в баке с вязким продуктом легче, если конструкция обеспечивает перемешивание);
- мощность управляющего воздействия соответствует объекту управления.

Для подавления ложных срабатываний от воздействия помех («дребезг контактов») в регулировочную характеристику позиционных регуляторов вводят зону возврата (гистерезис). Это увеличивает колебания измеренного сигнала, но снижает износ оборудования (реле, пускателей, приводов и др.).

При прочих равных условиях пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) регуляторы позволяют повысить точность управления по сравнению с позиционными регуляторами. В принципе точность поддержания будет определяться точностью измерения сигнала и интенсивностью

внешних воздействий на объект. Сигнал управления для ПИД-регулятора составляют три компонента:

$$U = (T - T_{уст}) + \int (T - T_{уст}) dt / ti + td d(T - T_{уст}) / dt.$$

Сигнал управления, который вырабатывает регулятор, определяется тем, насколько велико рассогласование (пропорциональный компонент), как долго сохраняется рассогласование (интегральный компонент) и сколь быстро изменяется рассогласование (дифференциальный компонент). Качество управления, которое обеспечивает ПИД-регулятор, в значительной степени зависит от того, насколько хорошо выбранные параметры регулятора соответствуют свойствам системы. Это означает, что ПИД-регулятор перед началом работы необходимо настроить.

Современный многоканальный терморегулятор содержит следующие аппаратные устройства:

- устройство ввода информации (АЦП с коммутатором);
- устройство управления (микромикроконтроллер, ПЗУ с программой, энергонезависимое запоминающее устройство, в котором сохраняются параметры регулятора при отключенном питании);
- устройство формирования выходных сигналов;
- пульт управления с индикаторами режимов работы регуляторов и состояния выходных сигналов;
- встроенный формирователь сигналов интерфейса RS-485;
- встроенный блок питания.

Функциональная схема двухканального терморегулятора с подключенными датчиками температуры (термопреобразователями сопротивлений) представлена на рисунке 1. В состав каждого канала измерения и регулирования терморегулятора, как правило, входят следующие функциональные узлы: универсальный вход, блок обработки данных, выходное устройство.

Под универсальным входом понимается устройство, к которому под-

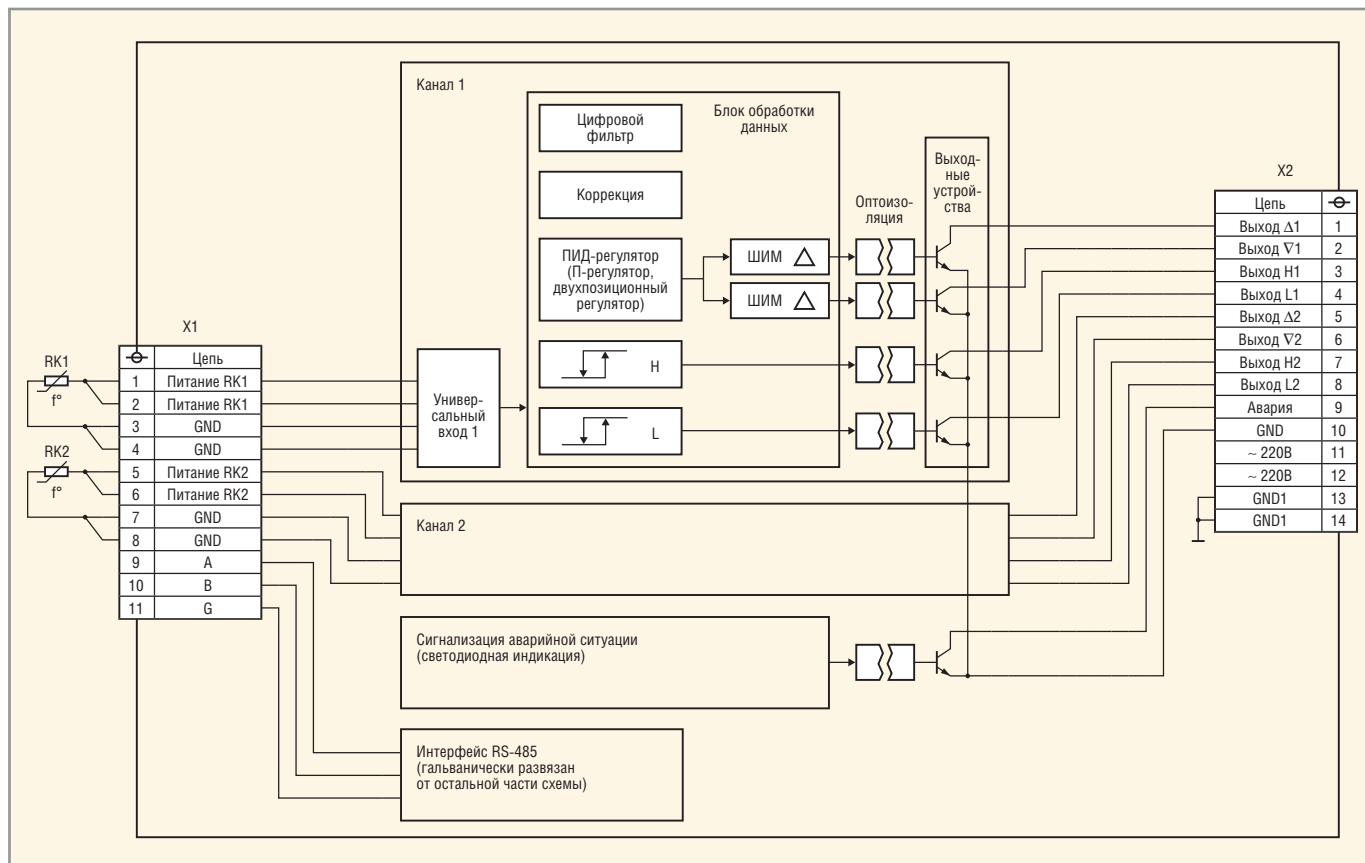


Рис. 1. Функциональная схема двухканального терморегулятора с подключенными датчиками температуры

ключаются первичные датчики (термопары, термопреобразователи сопротивления, датчики с унифицированными выходными сигналами). Если, например, к входу подключается термопреобразователь сопротивления (ТПС), то его сопротивление преобразуется в соответствии с его номинальной статической характеристикой (НСХ) в значение измеренной температуры. Измеряемое сопротивление преобразуется АЦП в цифровой код, поступающий на микроконтроллер блока обработки данных. В блоке обработки данных цифровое значение измеряемой величины может быть подвергнуто фильтрации (для уменьшения влияния случайных помех), коррекции и масштабированию. Микроконтроллер блока обработки данных, работая по заданной программе, управляет состоянием выходных устройств, обменом информацией по интерфейсу и т.д.

Полученное значение отображается на измерительном индикаторе терморегулятора. Тип применяемого первичного датчика и диапазон измерения устанавливается отдельно для каждого канала при конфигурировании (начальной установке). Каждый ПИД-регулятор выполняет сравнение измеренного значения канала с задан-

ными величинами (уставками), обрабатывает сигнал рассогласования между измеренным сигналом и уставкой и выдаёт сигнал управления на ШИМ.

Параметры работы и функции ПИД-регуляторов задаются независимо для каждого канала. Выходные сигналы терморегуляторов управляют внешними исполнительными устройствами. Выходное устройство может быть ключевым или аналоговым. В качестве ключа может применяться транзистор с открытым коллектором, транзисторная оптопара, симисторная оптопара или электромагнитное реле.

Аналоговое выходное устройство, как правило, – это выход по току или по напряжению. Выходные устройства терморегуляторов гальванически развязаны от остальной схемы терморегулятора. Компараторы высокого (H) и низкого (L) уровней предназначены для сигнализации выхода измеряемого технологического параметра за допустимые пределы. Встроенный интерфейс RS-485 – необходимое оснащение современного терморегулятора.

Обзор рынка начнём с отечественного терморегулятора ОВЕН ТРМ202. Фотография лицевой панели терморегулятора ТРМ202 представлена на рисунке 2.

Терморегулятор ТРМ202 позволяет осуществлять следующие функции:

- измерение температуры и других физических величин (давления, влажности, расхода и т. п.) в двух различных точках с помощью стандартных датчиков;
- независимое регулирование двух измеряемых величин по двухпозиционному закону;
- регулирование одной измеряемой величины по трёхпозиционному закону;
- вычисление и регулирование разности двух измеряемых величин ($\Delta T = T_1 - T_2$);



Рис. 2. Фотография лицевой панели терморегулятора ТРМ202



Рис. 3. Фотография лицевой панели терморегулятора ОВЕН TPM138

- вычисление квадратного корня из измеряемой величины при работе с датчиками, имеющими унифицированный выходной сигнал тока или напряжения;
- диагностику обрывов в линиях подключения входных сигналов;
- сохранение параметров регулятора в энергонезависимой памяти при отключении напряжения питания;
- защиту параметров прибора от несанкционированного воздействия путём ввода пароля;

• передачу измеренных значений, а также значений параметров, характеризующих работу прибора, на внешние устройства управления и/или сбора данных по интерфейсу RS-485 (протокол ОВЕН);

- дистанционное управление прибором.

Прибор имеет два канала регулирования. Подключаемые датчики (тип): термопары (по ГОСТ Р 8.585-2001); ТПС (по ГОСТ Р 6651-94). Более подробно о типах подключаемых датчиков и другую информацию можно найти на интернет-странице [1].

Аппаратная часть прибора включает в себя:

- два универсальных входа для подключения первичных преобразователей (датчиков);
- блок обработки данных, предназначенный для цифровой фильтрации, коррекции и регулирования входной величины;
- два выходных устройства (в зависимости от исполнения прибора, они могут быть ключевого или аналогового типа);
- два индикатора для отображения регулируемой величины и её уставки.

Логические устройства, входящие в блок обработки данных, формируют сигналы управления выходными устройствами в соответствии с заданными режимами работы.

Регулятор TPM202 зарегистрирован в Госреестре средств измерений. Прибор имеет множество различных настроек. Но следует отметить, что руководство по эксплуатации написано достаточно внятно и доходчиво. Программирование прибора не вызывает сложностей. Прибор поставляется в следующих корпусах: щитовой Щ1 (96×96×70 мм); щитовой Щ2 (96×48×100 мм); настенный Н (130×105×65 мм).

Заслуживает внимания универсальный восьмиканальный измеритель-регулятор ОВЕН TPM138. Фотография лицевой панели терморегулятора ОВЕН TPM138 представлена на рисунке 3.

Ниже приведены основные особенности данного терморегулятора:

- восемь универсальных входов для подключения восьми датчиков разного типа в любых комбинациях, что позволяет одновременно измерять и контролировать несколько различных физических величин (температуру, влажность, давление);
- вычисление дополнительных величин: средних значений от 2 до 8 измеряемых величин, разностей измеряемых величин, скорости изменения измеряемой величины;
- от 1 до 8 встроенных выходных устройств различных типов в выбранной пользователем комбинации;
- режим ручного управления выходными устройствами;
- конфигурирование функциональной схемы и установка параметров кнопками на лицевой панели прибора или на ПК с помощью программы-конфигуратора;
- встроенный интерфейс RS-485 (протокол ОВЕН).

Основные технические характеристики терморегулятора ОВЕН TPM138 приведены в таблице 1.

В данном терморегуляторе можно сконфигурировать четыре основных режима работы. Рассмотрим их более подробно:

- работа в конфигурации с восемью входами для подключения датчиков, восемью двухпозиционными регуляторами, формирующими сигнал «Авария», и одним выходным устройством (может использоваться в каче-

Таблица 1. Основные технические характеристики терморегулятора TPM138

Технические характеристики	Значение
Общие характеристики	
Количество каналов контроля	1...8
Количество выходных устройств	8
Питание	
Напряжение питания прибора, В	90...245 (постоянного или переменного тока)
Потребляемая мощность, ВА, не более	12
Частота, Гц	47...63
Входы	
Время опроса входов, не более, с	0,6
Входные сигналы	4...20 мА 0...20 мА 0...5 мА 0...1 В 0...+50 мВ
Предел основной допустимой приведённой погрешности, %, при измерении:	
• ТПС	0,25
• термопарой	0,5
• унифицированных сигналов тока и напряжения	0,25
Выходные устройства	
Транзисторная оптопара п-р-п-типа	200
• ток нагрузки, мА	40, постоянный ток
• напряжение нагрузки, В, не более	
Симисторная оптопара	50 мА при напряжении до 300 В (постоянно открытый симистор) или 0,5 А (симистор, включенный с частотой не более 50 Гц и $t_i = 5$ мс)
Реле электромагнитные	4 А при напряжении не более 220 В/50 Гц и $\cos\phi > 0,4$
Преобразователи	«Параметр – ток» 4...20 мА; 0...800 Ом
Интерфейс связи	
Тип интерфейса	RS-485
Скорость передачи, Кбит/с	2,4; 4,8; 9,6; 14,4; 19,6; 28,8; 38,4; 57,6; 115,2
Тип кабеля	Экранированная витая пара

- стве аварийного сигнализатора в многозонных печах.);
- работа в конфигурации с четырьмя входами для подключения датчиков, восемью двухпозиционными регуляторами, формирующими сигнал управления, восемью выходными устройствами (может использоваться для контроля температуры и двухступенчатого управления процессом нагрева в технологическом оборудовании, содержащем до четырех зон нагрева);
- работа в конфигурации с восемью входами для подключения датчиков, восемью двухпозиционными регуляторами, формирующими сигнал управления, восемью выходными устройствами (может использоваться в качестве восьмиканального регулятора температуры либо другой физической величины);
- работа в конфигурации с одним входом для подключения датчиков, восемью двухпозиционными регуляторами, формирующими сигнал управления, восемью выходными устройствами (может использоваться для контроля температуры одним датчиком и поддержания восьми независимых уставок по двухпозиционному закону).

Выпускается также измеритель-регулятор *ОВЕН 2TRM1*. Данный прибор по своим функциональным возможностям очень схож с измерителем-регулятором *ОВЕН TRM202*, но у *2TRM1* отсутствует встроенный интерфейс RS-485. Более подробную информацию об измерителях-регуляторах фирмы «ОВЕН» можно найти на интернет-странице [1] в разделе «Позиционные регуляторы».

Далее рассмотрим терморегулятор *МЕТАКОН-5x3*, где *x* – количество каналов регулирования. Ниже приведены основные функции терморегулятора *МЕТАКОН-5x3*:

- измерение электрического сопротивления первичных термопреобразователей сопротивления (ТСП), его преобразование в соответствии с номинальной статической характеристикой в значение температуры и индикация результата измерения в °C;
- ПИД-, П-, ПИ-, ПД-регулирование с широтно-импульсной модуляцией выходного сигнала;
- раздельное задание параметров ПИД-регуляторов для каждого канала;
- автоматический и ручной режимы работ ПИД-регулятора;

- «безударный» переход из ручного режима управления к автоматическому регулированию и обратно;
- возможность отключения накопления интегральной составляющей;
- ограничение минимального и максимального значения сигнала управления;
- сигнализация по двум независимым уровням;
- диагностика обрывов линии подключения входных сигналов и перевод работы канала в аварийный режим;

- оптическая изоляция выходных цепей от остальных цепей прибора;
- индикация измеренного значения входного сигнала и значений параметров на четырёхразрядном цифровом дисплее;
- индикация кодов параметра на двухразрядном цифровом дисплее;
- светодиодная индикация состояния выходных сигналов;
- возможность автоматического переключения индикации измеренного значения входного сигнала по каналам;



Чтобы управлять,
необходимо видеть главное



WIND RIVER

Комплекс внутрисхемной отладки Wind River OCD

- Мощное JTAG-решение для полного цикла разработки устройств
- Исчерпывающая информация об устройстве вне зависимости от его состояния и работоспособности ОС
- Поддерживает многопоточность и многоядерные процессоры
- Интегрированная среда на базе Eclipse
- Совместим с ОС VxWorks, Wind River Linux и ThreadX

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ WIND RIVER

PROSOFT

Телефон: (495) 234-0636 | Факс: (495) 234-0640
E-mail: info@prosoft.ru | Web: www.prosoft.ru

реклама

- задание выполняемых функций и уставка параметров с помощью встроенного пульта, с контролем по цифровому дисплею;
- сохранение параметров регулятора в энергонезависимой памяти при отключении напряжения питания;
- защита параметров прибора от несанкционированного воздействия путём ввода пароля;
- передача измеренных значений, а также значений параметров, харак-

теризующих работу прибора, на внешние устройства управления и/или сбора данных по интерфейсу RS-485;

- возможность изменения значений параметров, характеризующих работу прибора, с внешними устройствами с использованием интерфейса RS-485.

Основные технические характеристики терморегулятора МЕТАКОН-5х3 приведены в таблице 2. Каждый изме-

рительный канал терморегулятора МЕТАКОН-5х3 имеет в составе:

- один измерительный вход;
- ПИД-регулятор;
- ШИМ с выходами: ▲ (предназначен для управления исполнительным устройством, функционирование которого приводит к увеличению регулируемой величины, например, управление нагревателем) и ▼ (предназначен для управления исполнительным устройством, функционирование которого приводит к уменьшению регулируемой величины, например, управление охладителем);
- два компаратора с выходами Н и L, предназначенные для сигнализации выхода измеряемого технологического параметра за допустимые пределы.

Каждый параметр регулятора имеет значение и мнемонический код. Каждый параметр, идентифицируемый своим кодом, влияет на определённую характеристику работы регулятора. Управление работой регулятора заключается в установлении необходимых значений параметров из числа допустимых. Все параметры функционально и логически разбиты на группы – меню. В каждом режиме работы прибора присутствует одно или несколько меню параметров. В каждом меню присутствует один или несколько параметров, значения которых можно просматривать и устанавливать.

В одно- и двухканальных модификациях имеется выход, сигнализирующий об аварийных ситуациях, возникших в процессе работы прибора. Фотография лицевой панели терморегулятора МЕТАКОН-533 представлена на рисунке 4.

Выпускаются также терморегуляторы МЕТАКОН-5х2, где х – количество каналов регулирования. Данный регулятор может решать следующие задачи:

- измерение и индикацию технологических параметров;
- двухпозиционное, трёхпозиционное регулирование технологических параметров;
- сигнализация о выходе технологических параметров за заданные пределы;
- сигнализация об аварийных ситуациях в технологических установках;
- работа в сети RS-485 в распределённых АСУ ТП.

Терморегуляторы МЕТАКОН-5х2 отличаются от МЕТАКОН-5х3 отсут-

Таблица 2. Основные технические характеристики терморегулятора МЕТАКОН-5х3

Технические характеристики	Значение
Общие характеристики	
Количество каналов контроля и регулирования (в зависимости от модификации)	1...3
Габариты, мм, не более	96 × 96 × 160
Масса, кг	0,8
Количество выходных устройств (в зависимости от модификации)	1...3
Питание	
Напряжение питания прибора, В	220 (+10...15%), переменный ток
Потребляемая мощность, ВА, не более	9
Частота, Гц	50±0,5
Входы	
Период опроса входных сигналов, с, не более	1
Тип входного сигнала (в зависимости от модификации)	4...20 мА 0...20 мА 0...5 мА 0...1 В 0...10 В
	100П, 100М, Pt100 50П, 50М, Pt50 Термопары: ХА, ХК, ПП, ПР, НН, ЖК, ВР(А-1), ВР(А-2), ВР(А-3), 0...50 мВ, градуировки ПМТ-2, Р-3
Предел основной допустимой приведённой погрешности измерения сигналов, %	0,1
Выходные устройства	
Реле электромагнитные	
Допустимые значения коммутируемого напряжения: ● постоянное напряжение, В ● переменное напряжение, В	110 250
	Допустимые значения коммутируемого тока, А ● при работе с активной нагрузкой ● при работе с индуктивной нагрузкой
Максимальная коммутируемая мощность ● на переменном токе ● на постоянном токе	1200 ВА 150 Вт
	Гальваническая изоляция
Транзисторные ключи с открытым коллектором (с общим эмиттером) с оптической изоляцией	
Максимальная коммутируемая нагрузка	24 В/150 мА
Гальваническая изоляция	Групповая изоляция от цепей питания и интерфейса
Активный транзисторный выход для управления твердотельным реле	
Максимальный ток нагрузки, мА	40
Напряжение лог. 1, В	9...10
Напряжение лог. 0, В	0...1
Ток короткого замыкания, мА, не более	100
Гальваническая изоляция	Групповая изоляция от цепей питания и интерфейса
Оптосимисторный выход	
Импульсный ток через симистор (длительность 100 мкс), А	1
Максимальное напряжение на симисторе, В	500
Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии, не менее	600 В/мкс
Гальваническая изоляция	Индивидуальная гальваническая изоляция каждого выхода
Интерфейс связи	
Тип интерфейса	RS-485
Скорость передачи, Кбит/с	2,4; 4,8; 9,6; 19,2
Тип кабеля	Экранированная витая пара
Диапазон задания адресов	0 – 255
Напряжение гальванической изоляции, кВ, не более	1
Количество устройств в сети, не более	32

ствием ПИД-регулятора, поэтому позволяют осуществлять только двух- и трёхпозиционное регулирование. Фотография лицевой панели терморегулятора МЕТАКОН-562 представлена на рисунке 5.

Более подробную информацию об измерителях-регуляторах МЕТАКОН можно найти на интернет-странице [2].

Термодат-13К2 – многоканальный регулятор температуры, обеспечивающий высокую точность измерения и регулирования. Это – универсальный прибор, имеющий большие возможности, множество тонких настроек и сервисных функций. Несмотря на это, прибор прост в наладке и эксплуатации. Для его настройки и эксплуатации не требуется специальных знаний. Количество каналов измерения и регулирования – два, три или четыре – определяется моделью. Измерение по каналам производится по очереди. Каналы могут отображаться на дисплее циклически, либо можно остановиться на одном канале, при этом измерение и регулирование будет производиться по всем каналам. Каждый канал терморегулятора содержит ПИД-регулятор; для удобства



Рис. 4. Фотография лицевой панели терморегулятора МЕТАКОН-533



Рис. 5. Фотография лицевой панели терморегулятора МЕТАКОН-562

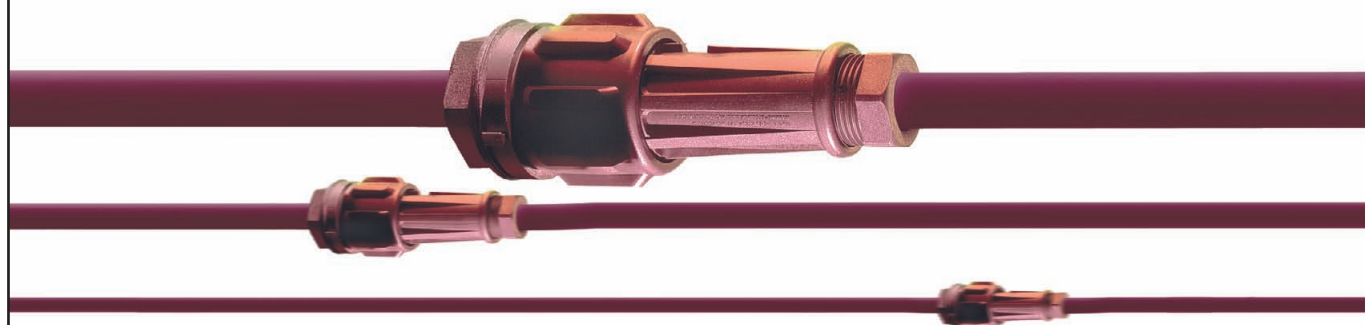
настройки предусмотрена автоматическая настройка коэффициентов ПИД-регулирования для каждого канала. Прибор может также работать в режиме позиционного регулирования (включено/выключено).

Термодат-13К2 имеет универсальные входы, что позволяет использовать для измерений различные датчики: термопары, термосопротивления, датчики с токовым выходом и др. К каждому входу может быть подключен любой датчик, т.е. датчики на разных каналах могут быть различных типов. Диапазон измерения температуры от –200 до 2500°C определяется

датчиком. Температурное разрешение по выбору, 1,0 или 0,1°C. Каждый канал может управлять как печью, так и холодильником. Прибор имеет функцию плавного изменения температуры с заданной скоростью. Скорость роста или снижения температуры задаётся оператором. Термодат-13К2 имеет развитую систему аварийной и предупредительной сигнализации: пять различных типов «аварии», обрыв и нарушение контура регулирования.

Термодат-13К2 имеет достаточно мощные релейные выходы, предназначенные для управления нагревателем,

Взрывозащищённые соединители Explora



Надёжная защита



НЕФТЬ
ОГНЕОПАСНО



ВЗРЫВООПАСНО



ГАЗ
ОГНЕОПАСНО



Количество контактов: 2, 3, 4, 5, 7, 10
Электрические характеристики: 10...18 А, 250...600 В AC/DC
Рабочая температура: –20...+50°C
Степень защиты: IP68
Взрывозащищённость: для зон 2 и 22

PROSOFT®

Телефон: +7 (495) 232-2522
E-mail: info@prochip.ru
Web: www.prochip.ru

реклама

охладителем, таймером или для аварийной сигнализации. На разных каналах могут быть заданы различные функции, например, первый канал – для управления нагревателем, второй – для управления охладителем, и т.д.

Терморегулятор может быть оборудован интерфейсом RS-485 или RS-232. Интерфейс имеет гальваническую изоляцию от схемы прибора. По цифровому каналу передаётся информация о температуре и уставке регулирования. Кроме того, по интерфейсу можно как прочесть, так и изменить большин-

ство настроечных параметров. Прибор может иметь большой архив для записи графика температуры, в который записываются данные о температуре и текущей уставке регулирования с привязкой к реальному времени. Просмотреть архив можно на дисплее прибора или на компьютере.

Две строки крупных четырёхразрядных светодиодных индикаторов обеспечивают чёткое отображение величин в условиях высокой освещённости.

Прибор Термодат-13К2 имеет полный набор сервисных функций, харак-

терных для современных регуляторов температуры:

- управление доступом к параметрам и настройкам. Три типа доступа, включая полный запрет на изменение параметров;
- ПИД-регулирование, автоматическую настройку ПИД-коэффициентов;
- программное изменение температуры с заданной скоростью;
- возможность ручного управления мощностью, подаваемой на нагреватель;

Таблица 3. Основные технические характеристики терморегулятора Термодат-13К2

Входы				
Количество входов	5 входов для термосопротивлений			
Полный диапазон измерения, °C	от -200 до 2500 (определяется датчиком)			
Время полного цикла измерения по всем каналам, с	2,5			
Класс точности	0,25			
Разрешение, °C	1 или 0,1 (выбирается пользователем)			
Типы термосопротивлений	Pt (W100 = 1,385), Pt (W100 = 1,390), Cu (W100 = 1,428), Cu (W100 = 1,426), Ni (W = 1,617)			
Сопротивление при 0°C, Ом	Стандартные значения 100 и 50 или любое другое значение в диапазоне 20...200			
Компенсация сопротивления подводящих проводов	Автоматическая компенсация по трёхпроводной схеме (сопротивление каждого провода не более 20 Ом)			
Измерительный ток, mA	0,25			
Основные выходы				
Количество выходных реле	5			
Максимальная нагрузка	8 A/~220 В (только на активной нагрузке)			
Время между переключениями реле	Задаётся пользователем в диапазоне от 1 до 240 с, рекомендуемое время - не менее 20 с			
Применение выхода	Управление нагревателем, управление охладителем или аварийная сигнализация			
Особенности	Наличие встроенной RC-цепи для снижения искрообразования и продления срока службы реле			
Функции регулирования				
Законы регулирования	ПИД или позиционный (вкл./выкл.)			
Режим работы	Нагрев/охлаждение			
Особенности	Функция автонастройки ПИД коэффициентов; ограничение максимальной и минимальной мощности			
Изменение температуры с заданной скоростью				
Скорость изменения уставки	От 1 до 1000 °C/ч			
Архив (по заказу)				
Архивная память	2 Мб			
Период записи в архив	От 1 с до 100 мин			
Максимальное количество записей на один канал	200 000			
Продолжительность записи	При периоде записи	1 с	30 с	6 мин
	Продолжительность непрерывной записи	До 1 суток	До 1 месяца	До 1 года
Интерфейс (по заказу)	Тип интерфейса	RS-485		
	Особенности	Изолированный		
	Протокол	Modbus и Термодат		
Сервисные функции				
Контроль обрыва цепи датчика				
Возможность ограничения диапазона изменения уставки				
Защита холодного нагревателя. После включения происходит плавное нарастание мощности, подаваемой на нагреватель, за время от 10 с до 40 мин				
Цифровая фильтрация сигнала				
Режим ручного управления мощностью				
Возможность введение поправки к измеренной температуре типа $T = T_{изм} + (bT_{изм} + A)$				
Питание	~220 В, +10...15%, 50 Гц			
Потребляемая мощность, Вт, не более	7			
Общая информация				
Индикаторы	Светодиодные, красного цвета. Две строки по четыре разряда и индикатор номера канала. Высота символов 14 и 10 мм			
Конструктивное исполнение, масса и размеры	Исполнение для щитового монтажа, лицевая панель 96 × 96 мм, глубина 86 мм, монтажный вырез в щите 92 × 92 мм, масса 0,8 кг			
Сертификация	Приборы внесены в Государственный реестр средств измерений №17602-04, Сертификат RU.C.32.001.A. №18321 от 04.07.2004 г			
Условия эксплуатации	Температура от -30 до 55°C, влажность от 5 до 90%, без конденсации влаги			

- ограничение максимальной и минимальной мощности;
- ограничение диапазона изменения температурной уставки;
- два типа таймера;
- пять режимов работы аварийной сигнализации, возможность блокировки аварийной сигнализации в момент начального разогрева объекта;
- контроль обрыва датчика;
- функцию защиты холодного нагревателя (плавное нарастание мощности при включении);
- контроль исправности контура регулирования по отсутствию теплового отклика при изменении мощности;
- архивную флэш-память для графика температуры, встроенные часы реального времени;
- фильтрацию входных данных;
- компьютерный интерфейс.

Фотография лицевой панели терморегулятора Термодат 13К2 представлена на рисунке 6.

Далее рассмотрим пятиканальный регулятор температуры *Термодат-13К2*; основные технические характеристики прибора приведены в таблице 3.



Рис. 6. Фотография лицевой панели терморегулятора Термодат-13К2

Регулятор температуры Термодат-13К2 обеспечивает высокую точность измерения и регулирования и поставляется только в одной модификации: пять каналов измерения и регулирования, все выходные устройства – релейные. Прибор прост в наладке и эксплуатации. Предусмотрена автоматическая настройка коэффициентов ПИД-регулирования для каждого канала. Прибор может также работать в режиме позиционного регулирования (включено/выключено). Термодат-13К2 может иметь боль-



Рис. 7. Фотография лицевой панели терморегулятора Термодат-13К2

шой архив (2 Мб) для записи графика температуры. В архив записываются данные о температуре и текущей уставке регулирования с привязкой к реальному времени. Просмотреть архив можно на дисплее прибора или на компьютере. Фотография лицевой панели терморегулятора Термодат 13К2 представлена на рисунке 7.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.owen.ru>.
2. <http://www.contravt.ru>.
3. <http://www.termodat.ru>.



НИ БАЙТА ВРАГУ!

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ НАКОПИТЕЛИ
для ответственных применений

Безопасность

- Быстрое стирание данных QEraser
- Уничтожение данных SErase
- Защита от записи

Производительность

- Скорость чтения до 175 Мбайт/с
- Скорость записи до 90 Мбайт/с

Надёжность

- Расширенный температурный диапазон -40...+85°C
- Конформное покрытие

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ INNO DISK

PROSOFT®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

Реклама

Встраиваемые приложения на примере процессоров Intel Core i3/i5/i7

Леонид Акиншин (Москва)

Процессоры Intel Core i3/i5/i7 открывают перед разработчиками хорошие возможности модернизации существующих и создания новых решений для некоторых прикладных областей, где доминируют другие микропроцессорные архитектуры.

ПРАКТИКА ЗАИМСТВОВАНИЯ

Для рынка встраиваемых систем платформа Intel Core i3/i5/i7 может стать значимым явлением. Подобное развитие событий предопределено тремя факторами: 1) ростом рынка ВКТ (встраиваемых компьютерных технологий) в целом, 2) всё более масштабным «перетеканием» технологий из индустрии массовых систем на рынок ВКТ, и 3) ускорением темпов этого процесса. Сегмент встраиваемых продуктов на базе многоядерных процессоров развивается весьма бурно: если ещё год-два назад разработчикам приложений класса ВКТ приходилось объяснять, для чего им нужны ЦП с двумя ядрами вместо одного, то сегодня заказчики требуют многоядерные решения максимальной возможной производительности.

Второй и третий пункты относятся к разряду вещей общеизвестных, но не очень серьёзно анализируемых. Процесс заимствования технологий с рынка настольных компьютеров, ноутбуков и серверов идёт уже не первое десятилетие, и его влияние на индустрию ВКТ велико. Во встраиваемых решениях давно используются те же самые полупроводниковые компоненты, шины и внешние интерфейсы, что и в настольных ПК. Каждый новый процессор, появившийся в сегменте ПК, через некоторое время начинают устанавливать на встраиваемые платы. Будет это в точности тот же ЦП либо его специальные версии с пониженным энергопотреблением и/или расширенным температурным диапазоном – суть дела не меняется. Индустрия ВКТ постепенно утрачивает свою технологическую исключительность: процессоры i7 отметились на рынке встраиваемых систем всего через несколько месяцев после их появления в массовом сегменте.

Процессоры Intel Core i3/i5/i7, как и другие популярные решения из индустрии ПК/серверов/ноутбуков, – недоро-

гие технологии, прошедшие всестороннюю обкатку в миллионах реальных систем. Рынок ВКТ охотно принимает подобную комбинацию свойств, поскольку она позволяет экономить деньги и время. Если посмотреть на приход процессоров Intel Core i3/i5/i7 в сектор встраиваемых систем под этим углом зрения, можно заметить двойственность ситуации. С одной стороны, для индустрии ВКТ это действительно новые процессоры. Ещё никогда прежде в руках у разработчиков встраиваемых приложений не было x86-совместимых компонентов с настолько большой производительностью на ватт потребляемой мощности. Есть основания полагать, что данная особенность платформы Intel Core i3/i5/i7 будет использоваться как для расширения возможностей существующих систем, так и для создания принципиально новых решений, ориентированных на те прикладные области, где ранее микроархитектура x86 могла иметь лишь ограниченное применение.

Появление большого числа встроенных платформ на базе Intel Core i3/i5/i7 – явление вполне предсказуемое, поскольку участники рынка встраиваемых систем проявляют сильную заинтересованность в новых процессорах Intel, а компания Intel не делает секрета из планов по выпуску новых x86-совместимых процессоров. Например, холдинг Kontron, ведущий поставщик встраиваемых компьютерных технологий (ВКТ) с годовым оборотом около полумиллиарда евро, уже в начале 2010 г. анонсировал интеграцию ЦП Intel Core i5/i7 в свои основные продуктовые линейки, начиная с изделий типа «компьютер-на-модуле» (Computer-On-Module – COM) и заканчивая платами для перспективных магистрально-модульных систем стандарта VPX.

В перспективе ЦП нового поколения должны появиться на всех аппаратных платформах, где использовались высо-

копроизводительные x86-совместимые процессоры предыдущих серий, поскольку процессоры Intel Core i3/i5/i7 являются официально назначенными преемниками семейства Intel Core 2. Можно предположить, что в «зону ответственности» продуктов на базе Intel Core i3/i5/i7 войдут и оборонно-аэрокосмический сектор, и другие сегменты, где уже используются или вскоре будут использоваться высокопроизводительные x86-совместимые решения.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И СТЕПЕНЬ ИНТЕГРАЦИИ

С архитектурной точки зрения, создав платформу Intel Core i3/i5/i7, инженеры Intel сделали шаг в том же направлении, что и их коллеги из компаний Freescale и AMD при разработке флагманских моделей своих процессоров. Мы говорим об интеграции в ЦП некоторых функциональных блоков набора ИС, таких как контроллер памяти и видеоподсистема. Новейшие многоядерные процессоры компании Freescale содержат в себе не только контроллеры памяти, но и такие функциональные модули, как контроллеры PCI Express, Gigabit Ethernet и Serial RapidIO (см. рис. 1). Графическое ядро пока не встроено в ЦП Freescale, но общий вектор развития процессорной техники всё большей степени интеграции просматривается отчётливо. Процессоры Intel Core i3/i5/i7 также следуют данной общепромышленной тенденции и являются в этом смысле эволюционными продуктами.

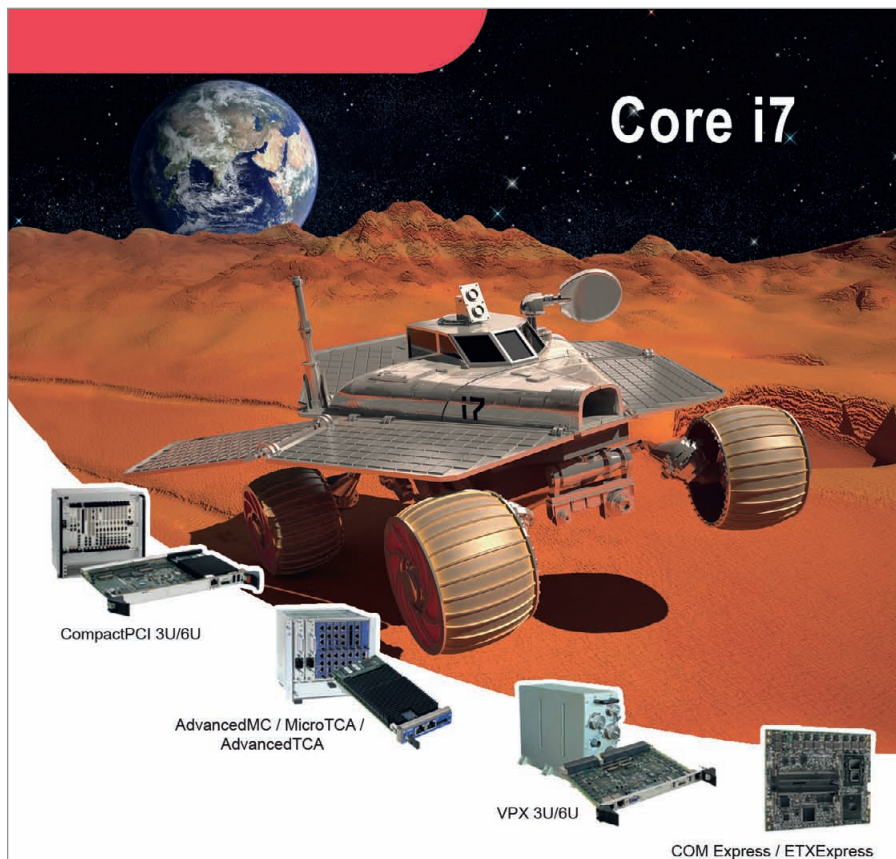
Помимо интегрированных контроллеров, к числу реализованных в платформе Intel Core i3/i5/i7 нововведений принято относить технологии Hyper-Threading и Turbo Boost. Однако Hyper-Threading, превращающая одно физическое ядро в два виртуальных (а четыре, соответственно, в восемь), является ровесницей процессоров Pentium 4; с не меньшим, если не с большим основанием можно считать новаторством увеличившиеся объёмы кэш-памяти и возросшую тактовую частоту. Прямое отношение к последнему параметру имеет технология Turbo Boost, действие которой можно охарактеризовать как «динамический разгон»: когда от процессо-

ра требуется большая производительность, его частота повышается. Время пребывания в состоянии Turbo Boost конечно и определяется необходимостью соблюдения ограничений по максимальному энергопотреблению, или тепловым пакетом (Thermal Design Power – TDP). Однако методы ускорения процессоров, в т.ч. динамического, известны с момента появления самых первых процессоров, и тот факт, что в случае Intel Core i5/i7 соответствующая функция интегрирована в сам ЦП, не даёт оснований считать её инновационной.

Если речь идёт о процессоре, пользователю в первую очередь нужна информация не об особенностях его внутреннего устройства, а о том, 1) насколько быстро данный процессор сможет «перемалывать» числа в задачах, 2) какую мощность он при этом будет потреблять и 3) сколько он будет стоить. ЦП из семейства Core i3/i5/i7 являются на сегодняшний день лидерами рынка как по общей производительности, так и по производительности на ватт потребляемой мощности. Добиться таких результатов специалисты Intel смогли и за счёт оптимизации архитектуры, и за счёт успешного освоения технологических процессов с разрешениями 45 и 32 нм. Делать многоядерные ИС умеет не только компания Intel, тем не менее, именно компания Intel смогла стать первым производителем, освоившим выпуск серийных полупроводниковых устройств по 32-нм процессу. В данном аспекте конкурентной борьбы компания AMD традиционно выступает в роли догоняющего – 45-нм процесс покорился ей лишь год спустя после того, как он был освоен корпорацией Intel, а первые микросхемы AMD с разрешением 32 нм появятся в 2011 г., когда Intel уже перейдёт на следующий, 22-нм технологический процесс (см. рис. 2).

Лидеры рынка ВКТ весьма активно принимают на вооружение процессоры Intel Core i3/i5/i7. Такой известный производитель, как Kontron, уже устанавливает ЦП серии Intel i7 на платы VPX, а также на мезонины AdvancedMC и модули стандарта COM Express. Также на базе процессоров Intel Core i5/i7 холдинг Kontron анонсировал выпуск одноплатных компьютеров в классическом конструктиве CompactPCI, причём ясно, что этим дело не ограничится.

Будучи доступными в самых разных конструктивах и форм-факторах, платы и модули Kontron на базе новых процес-



Самая полная в России линия встраиваемых платформ на основе 32-нм процессоров Intel Core i5/i7 для перспективных проектов

- ▶ Высшая производительность на ватт: 30%-й отрыв от Core2Duo
- ▶ Длительный жизненный цикл от 7 лет
- ▶ Максимальная надёжность и соответствие жёстким эксплуатационным требованиям: исполнение – 0 +50С; -40 +85С, MTBF – 150000 часов
- ▶ Передовые технологии: PCI Express, 10/1GB Ethernet, 3D графика, HD Audio
- ▶ Конкурентоспособные цены
- ▶ Полное соответствие открытым стандартам и предыдущему поколению платформ
- ▶ Поддержка ОС: Windows/Windows Embedded, Linux, LynxOS, VxWorks, QNX и другие
- ▶ Профессиональный консалтинг и техническая поддержка РТСофт и Kontron

Используйте готовые комплекты разработчиков и тестовые образцы. Экономьте время и деньги!



Москва, Никитинская 3, ЗАО «РТСофт»
 тел: (495) 7426828, 976 1505 | факс: (495) 742 6829
 почта: rtsoft@rtsoft.ru | сайт: www.rtsoft.ru

Реклама

**ФОРМ-ФАКТОР VPX 6U
(ПЛАТА KONTRON VX6060)**

В силу специфики системного стандарта VPX, продукт Kontron VX6060, выполненный в виде VPX-платы удвоенной высоты (6U), рассчитан на использование в требовательных приложениях с параллельной обработкой данных и сигналов. По сравнению со своими предшественницами, плата Kontron VX6060 работает вдвое быстрее и выделяет при этом вдвое меньше тепла (см. рис. 3).

Благодаря наличию двух независимых вычислительных узлов на базе процессоров Intel Core i7 с подключением к мощной коммуникационной инфраструктуре Ethernet/PCI Express, изделие Kontron VX6060 является привлекательной строительной единицей для организации интенсивной параллельной обработки данных, в том числе в конфигурациях с топологией «полноячеистая сеть». Каждый из двух имеющихся у платы вычислительных узлов образован процессором Intel Core i7, в котором уже есть контроллер памяти и графическое ядро Intel HD Graphics, и набор ИС Intel Platform Controller Hub (PCH) QM57, реализующим поддержку интерфейсов Gigabit Ethernet, Serial ATA, USB 2.0 и PCI Express. При этом Kontron VX6060 подходит для создания защищённых встраиваемых систем, рассчитанных на эксплуатацию в жёстких температурных условиях, где ранее применение подобных ИС было неприемлемо в силу ограничений по энергопотреблению и рассеиваемой мощности.

Представители холдинга Kontron относят данную плату к категории встраиваемых компьютерных продуктов

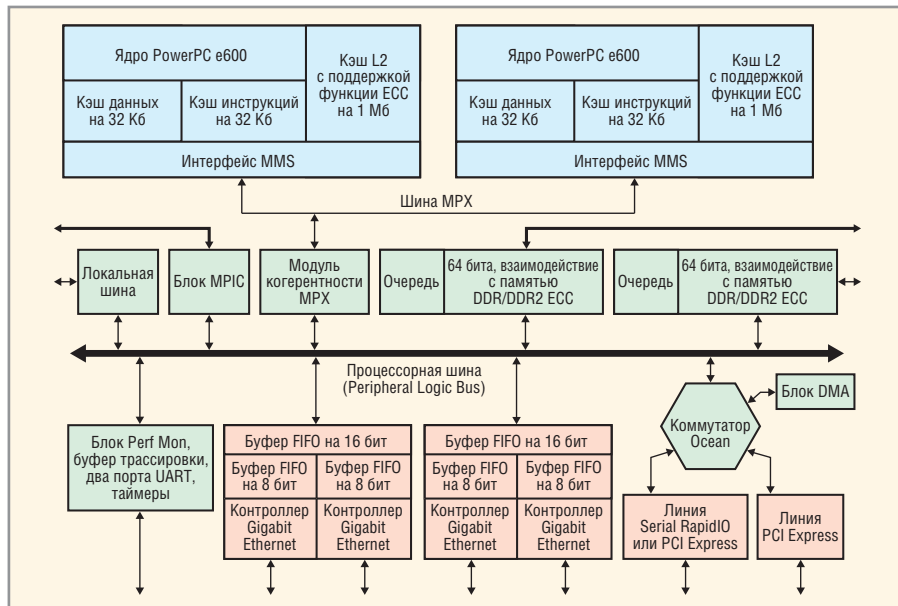


Рис. 1. Функциональная схема флагманского двухъядерного процессора PowerPC MPC8641D компании Freescale, который изготавливается по технологическим нормам 65 нм

соров Intel могут обеспечить значительный прирост как общей, так и графической производительности в различных приложениях. Поскольку новые модули и платы холдинга Kontron с установленными процессорами Intel Core i5/i7 позволяют OEM-производителям получить самые современные полупроводниковые технологии в удобном для интеграции виде, эти изделия будут способствовать созданию конечных решений для задач с высокой интенсивностью обычных и графических вычислений в самых разных сегментах рынка, включая коммуникационный, оборонный, аэрокосмический, промышленный и информационно-развлекательный.

Процессоры серии Intel Core i7 экономят площадь на печатной плате и демон-

стрируют высокую производительность на ватт потребляемой мощности при малых значениях энергопотребления и тепловыделения. Используя новые изделия марки Kontron на основе ЦП серии Intel Core i7, разработчики смогут преодолеть ранее существовавшие ограничения, которые были обусловлены малой производительностью и чрезмерным энергопотреблением оборудования, недостаточно развитой графической функциональностью, малой пропускной способностью памяти и проблемами с модернизацией. В частности, малогабаритные платы и модули с процессорами серии Intel Core i7 позволят заключать большую вычислительную мощь в меньшее пространство и делать малогабаритную технику более производительной.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Intel	90 нм, архитектура NetBurst	65 нм, архитектура NetBurst	65 нм, архитектура Merom	45 нм, архитектура Merom (Penryn)	45 нм, архитектура Nehalem	32 нм, архитектура Nehalem (Westmere)	32 нм, архитектура Sandy Bridge	22 нм, архитектура Sandy Bridge
	Два ядра		Четыре ядра			Шесть и более ядер		
		Переход на 65 нм	Появление двухъядерной архитектуры Merom	Переход на 45 нм	Появление архитектуры Nehalem	Переход на 32 нм	Появление архитектуры Sandy Bridge	Переход на 22 нм
AMD	Переход на 90 нм	Появление двухъядерной архитектуры K8	Переход на 65 нм	Появление архитектуры K10	Переход на 45 нм		Переход на 32 нм, появление архитектуры Bulldozer	
	90 нм, архитектура K8		65 нм, архитектура K8	65 нм, архитектура K10	45 нм, архитектура K10			45 нм, архитектура Bulldozer
	Два ядра		Четыре ядра			Шесть и более ядер		

Рис. 2. В «нанометровом» аспекте компания AMD отстаёт от корпорации Intel приблизительно на один год

высшей производительности (High Performance Embedded Computing – HPEC) и считают, что она будет способствовать отказу от процессоров PowerPC с технологией AltiVec, доминировавших в сегментах радаров, сонаров и систем работы с изображениями на протяжении 10 лет. По их мнению, изделия, подобные Kontron VX6060, смогут дать начало новому классу HPEC-приложений, которые будут опираться исключительно на стандартные технологии: операционные системы для микроархитектуры x86 и протокол TCP/IP.

Платы Kontron VX6060 хороши для использования в кластерных конфигурациях. С другой стороны, в защищённых многодисплейных консолях и других встраиваемых системах единственный модуль Kontron VX6060, занимающий лишь один слот объединительной панели VPX 6U, может заменить собой два независимых одноплатных компьютера, при этом сохраняется возможность запуска двух разных ОС на двух процессорах.

Плата Kontron VX6060 доступна в версиях с воздушным и кондуктивным охлаждением, в т.ч. для температурного диапазона $-40...+85^{\circ}$. Её программная поддержка включает BSP-пакеты на основе ОС Linux и OCPB VxWorks 6.2. Данное изделие подпадает под действие программы долгосрочных поставок холдинга Kontron, которая гарантирует доступность продуктов на протяжении многих лет по окончании их активной рыночной жизни. Поскольку микроархитектура x86 является стандартной, очевидно, что для платы Kontron VX6060 могут быть разработаны BSP-пакеты на основе ОС Windows Embedded Standard, Windows 7, QNX, LynxOS и других популярных ОС и OCPB.

ФОРМ-ФАКТОР ADVANCEDMC ОДИНАРНОЙ ШИРИНЫ (МОДУЛЬ KONTRON AM4020)

Изделие Kontron AM4020 является самым мощным из предлагающихся на рынке процессорных модулей формата AdvancedMC одинарной ширины (см. рис. 4). Несмотря на свои малые габариты, он предназначен для наиболее требовательных задач, решаемых при помощи оборудования MicroTCA и AdvancedTCA. Модуль Kontron AM4020 несёт на себе мобильный процессор Intel Mobile Core i7 с тактовой частотой до 2,53 ГГц и является превосходным продуктом для наращивания вычислитель-

ных и графических возможностей систем стандартов MicroTCA/AdvancedTCA.

Благодаря применению процессора нового поколения, Kontron AM4020 не имеет аналогов в своём классе. Данный модуль построен на базе чипсета Intel QM 57 Platform Controller Hub (PCH) и в силу своей компактности позволяет получить весьма значительную вычислительную мощность в единице объёма. Чрезвычайно высокая производительность продукта Kontron AM4020 делает его подходящим для использования в коммуникационных системах MicroTCA и AdvancedTCA, обеспечивающих поддержку функций IP-телевидения, медиасерверов, медиашлюзов и телеконференций, а также для тестирования проводных сетей. Кроме того, изделие Kontron AM4020 может с успехом применяться в медицинских, аэрокосмических и оборонных приложениях и в задачах автоматизации и обеспечения безопасности, предполагающих быструю обработку данных. Модуль Kontron AM4020 удовлетворяет требованиям спецификации MicroTCA.1, поддерживает температурный диапазон $-40...+70^{\circ}$ C и рассчитан на эксплуатацию в самых неблагоприятных механических и климатических условиях.

Продукт может оснащаться процессором Intel Core i7 двух версий: Core i7-620LE (тактовая частота 2,0 ГГц, тепловой пакет 25 Вт) и Core i7-610E (тактовая частота 2,53 ГГц, тепловой пакет 35 Вт). Объем кэш-памяти L3 в обоих случаях составляет 4 Мб, а интегрированный контроллер памяти обеспечивает прямой двухканальный доступ процессора к ОЗУ типа DDR ECC объёмом до 8 Гб на частоте 1066 МГц. По сравнению с предыдущими процессорными платами формата AdvancedMC, которые строились на базе ЦП Intel Core 2 Duo, новый продукт обеспечивает прирост общей производительности до 100%.

Изделие Kontron AM4020 имеет восемь портов PCI Express x1, которые могут быть сконфигурированы как два интерфейса PCI Express x4 либо как восемь одинарных интерфейсов. Кроме того, у модуля есть четыре порта Gigabit Ethernet, два из которых выведены на переднюю панель, а два других – в разъем объединительной панели (спецификация AMC.2), а также четыре интерфейса Serial ATA. Для систем без жёстких дисков предусмотрен флэш-накопитель объёмом до 32 Гб с интерфейсом Serial ATA и надёжным винтовым креплением. На передней панели

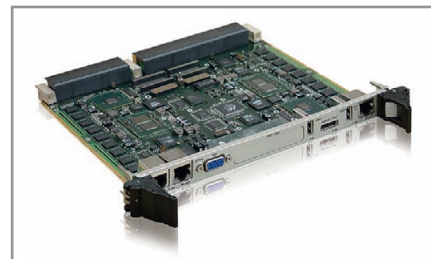


Рис. 3. Производственная плата Kontron VX6060, выполненная в форм-факторе VPX 6U и оснащённая двумя независимыми процессорами Intel Core i7 с отдельными наборами ИС и подсистемами памяти

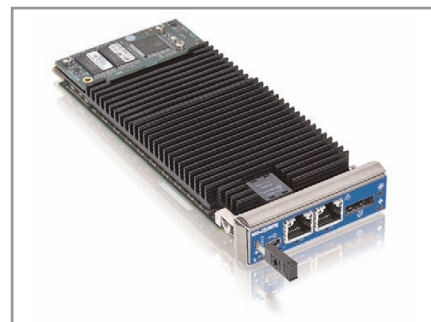


Рис. 4. Новый AdvancedTCA-модуль холдинга Kontron, называющийся Kontron AM4020, базируется на комбинации из процессора Intel Core i7 и набора ИС Intel QM 57 PCH, может иметь до 8 Гб памяти и поддерживает температурный диапазон $-40...+70^{\circ}$ C

продукта Kontron AM4020 имеются порты DisplayPort и USB 2.0 типа mini. Последовательный интерфейс (по заказу) может использоваться для организации внешнего управления. Поддерживаются режим «горячей» замены и функции интеллектуального управления IPMI.

Новый модуль AdvancedMC марки Kontron может работать под управлением операционных систем Windows XP, Windows 7, а также OCPB VxWorks 6.8 и различных версий ОС Linux, таких как RedHat 5.3, SUSE 11.2 и Wind River Linux PNE 3.X.

ФОРМ-ФАКТОР COM EXPRESS BASIC (КОМПЬЮТЕР-НА-МОДУЛЕ KONTRON ETXEXPRESS-AI)

Продукт Kontron ETXexpress-AI можно коротко охарактеризовать как компьютер-на-модуле формата COM Express Basic, обладающий расширенными возможностями по части графики, повышенной производительностью, конфигурируемой шиной PCI Express и двухканальной памятью с функцией ECC. Этот продукт призван обеспечивать высокую производительность вычислений и графики в задачах класса High End (см. рис. 5).

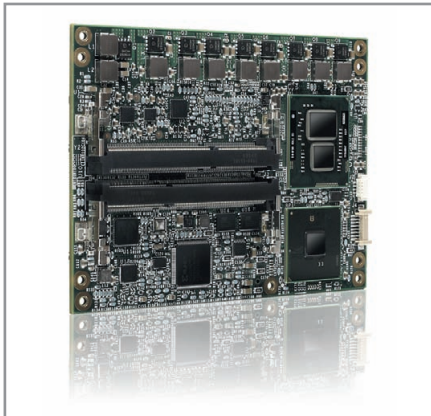


Рис. 5. Компьютер-на-модуле Kontron ETXexpress-AI, выполненный в конструктиве COM Express Basic, может оснащаться различными процессорами из линеек Intel Core i5 и Intel Core i7 и обеспечивает существенный прирост производительности в графических приложениях

Интегрированный видеоконтроллер обеспечивает для Kontron ETXexpress-AI поддержку интерфейса DisplayPort, стандарта OpenGL 2.1 и аппаратное ускорение функций DirectX 10, что позволяет организовывать на основе данного изделия быструю, высококачественную визуализацию. Графическая производительность данного компьютера-на-модуле более чем в 2,5 раза превышает графическую производительность решений на базе наборов ИС Intel GM45 и Intel GS45. Для использования в ответственных задачах продукт Kontron ETXexpress-AI может быть оснащён ECC-памятью объёмом до 8 Гб и защитным модулем TPM (Trusted Platform Module). Изделие Kontron ETXexpress-AI доступно в версиях с процессорами Intel Core i7-620UE (тактовая частота 1,06 ГГц), Intel Core i7-620LE (частота 2,00 ГГц), Intel Core i5-520E (2,40 ГГц) и Intel Core i7-610E (2,53 ГГц, самый быстрый вариант). Все модификации поддерживают до двух модулей двухканальной памяти DDR3 SO-DIMM с функцией ECC объёмом до 4 Гб каждый и имеют разъём COM Express COM.0 Type 2, куда выведено множество различных интерфейсов: порт PCI Express Graphics второй версии (может быть сконфигурирован как два порта PCI Express x8), шесть портов PCI Express x1, четыре канала Serial ATA, канал ATA, восемь портов USB 2.0, порт Gigabit Ethernet, двухканальный интерфейс LVDS, выход VGA и входы/выходы звуковой подсистемы Intel HDA (High Definition Audio). Наличие интегрированных интерфейсов PCI 2.3 позволяет включать в состав системы унаследо-

ванные компоненты, не поддерживающие шину PCI Express.

Благодаря применению ЦП нового поколения, способствующих более эффективному использованию электроэнергии и увеличению пропускной способности, модуль Kontron ETXexpress-AI поднимает планку производительности на высоту, недоступную аналогичным решениям на базе встраиваемых процессоров Intel Core 2 Duo. Новый компьютер-на-модуле может быть полезен OEM-производителям, работающим на рынках игрового оборудования, тактильных устройств, сетевых и телекоммуникационных систем, медицинской техники и средств промышленной автоматизации, а также в оборонном, аэрокосмическом и правительственном сегментах. Для COM-модуля Kontron ETXexpress-AI предлагаются пакеты поддержки на базе операционных систем Windows 7, Windows XP, Linux (включая Red Hat Enterprise, SuSE, Red Flag и Wind River Linux) и VxWorks.

ФОРМ-ФАКТОР СОМПАКТPCI 6U (ПЛАТА KONTRON CP6002)

В отличие от рассмотренных выше изделий, продукт Kontron CP6002 позволяет использовать преимущества процессоров Intel Core i5/i7 на классической платформе CompactPCI. Данная плата высоты 6U удовлетворяет спецификации PICMG 2.16 и может использоваться для построения мощных конфигураций с быстрыми внутрисистемными соединениями Gigabit Ethernet. Процессор Intel Core i7 и современный экономичный набор ИС мобильной серии обеспечивают для этого изделия уникальное сочетание высокой вычислительной и графической производительности с низким энергопотреблением и богатой мультимедийной функциональностью.

Довольствуясь пассивным охлаждением, плата Kontron CP6002 может нести до 8 Гб запаянной памяти DDR3 (частота 1066 МГц) с функцией ECC, имеет разъём CompactFlash для установки высоконадежных флэш-накопителей и доступна в трёх классах исполнения: R1, R2 и R3. Первая версия предназначена для стандартных приложений с воздушным охлаждением. Версия R2 может эксплуатироваться в расширенном температурном диапазоне -40...+70°C и отвечает требованиям VITA 47 EAC3/EAC6 по ударам и вибрации. Плата Kontron CP6002 в исполнении R3 имеет полностью кондуктивное

охлаждение и удовлетворяет спецификации VITA 47 ECC4.

Благодаря процессорам Intel Core i7-610E (тактовая частота 2,53 ГГц) и Intel Core i7-620LE (2,0 ГГц), изделие Kontron CP6002 демонстрирует высочайшую производительность на ватт потребляемой мощности. Плата построена на контроллере-концентраторе ввода-вывода Intel Mobile QM57 и предоставляет для подключения дисплеев фронтальный разъём VGA плюс два дополнительных интерфейса на задней панели. В наличии бортовой контроллер HDA. Развитая коммуникационная подсистема включает также четыре порта Gigabit Ethernet, четыре канала Serial ATA с поддержкой массивов RAID 0/1/5/10, наплатные разъёмы для подключения жёстких дисков и флэш-накопителей с интерфейсом Serial ATA, шесть портов USB 2.0 и два последовательных порта. Кроме того, возможна установка одного мезонина PMC/XMC и бортового жёсткого диска 2,5 дюйма с интерфейсом Serial ATA. Для приложений с высокой интенсивностью ввода-вывода доступны версии Kontron CP6002 с двумя гнездами PMC/XMC.

Совокупность характеристик платы Kontron CP6002 позволяет рекомендовать её для сверхнадежных систем, где требуются комплектующие с высокой устойчивостью к ударно-вибрационным нагрузкам и память с коррекцией ошибок ECC. Дополнительную надёжность данному продукту придают защитный модуль TPM (Trusted Platform Module) 1.2, продублированный концентратор встроенного кода и интерфейс интеллектуального управления IPMI (Intelligent Platform Management Interface, спецификация PICMG 2.9 R1.0). Кроме того, поскольку изделие Kontron CP6002 базируется на компонентах из семейства Intel Embedded Roadmap, оно характеризуется увеличенным жизненным циклом. Всё вышперечисленное делает данную плату продуктом CompactPCI высшей производительности, рассчитанным на жёсткие условия эксплуатации и ориентированным на рынки специальных применений.

ПЕРМАНЕНТНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

Появление полупроводниковых изделий серии Intel Core i3/i5/i7 можно воспринимать как предсказуемое событие, о котором компания Intel предупреждала достаточно давно и которое диктуется самой логикой развития

современной индустрии микропроцессоров. Горизонт планирования в этой отрасли составляет два года (см. рис. 6 и 7), и потому все, кто хочет подготовиться к приходу новых процессоров на основе информации из открытых источников, такую возможность имеют и активно ею пользуются.

Кроме того, хорошо известно, что корпорация Intel в своей деятельности неукоснительно следует принципу «тик-так»: существующее ядро переводится, например, с 65 на 45 нм, т.е. на технологический процесс с более высоким разрешением (тик), затем специально под этот техпроцесс разрабатывается новое ядро (так), после чего оно переводится на техпроцесс с ещё более высоким разрешением (тик) и т.д. (см. рис. 7). Знание данного принципа позволяет заглянуть за горизонт планирования Intel и спрогнозировать характеристики будущих процессоров до того, как они будут анонсированы под первым рабочим названием. Но и официальной информации от компании Intel, как правило, вполне достаточно, чтобы, ориентируясь на вполне конкретные архитектурные и рабочие характеристики ещё не существующих процессоров, можно было учитывать их в своих бизнес-планах.

Модель «тик-так» стала для рынка настолько привычной, что никто уже не удивляется тому, как корпорации Intel удаётся следовать ей даже в условиях кризиса. Хотя 2009 г. был для Intel не самым простым, тем не менее, все свои обязательства, как по поставкам готовых изделий, так и по выводу на рынок новых компонентов, она исполняла в срок. Новые процессоры Intel i3/i5/i7, изготавливающиеся по технологическим нормам 32 нм, увидели свет именно тогда, когда было объявлено.

Платформа Intel Core i3/i5/i7 демонстрирует не только рост количественных показателей, но и признаки перехода количества в качество. Развитие по такому важнейшему эксплуатационному показателю, как производительность на ватт потребляемой мощности, вывело процессоры Intel Core i3/i5/i7 на принципиально новый уровень, который позволяет, в частности, всерьёз говорить о конкуренции между x86-совместимыми ИС и приборами с микроархитектурой Altivec в её традиционных приложениях.

Высокопроизводительные x86-совместимые процессоры сегодня можно найти в 19-дюймовых платформах, на

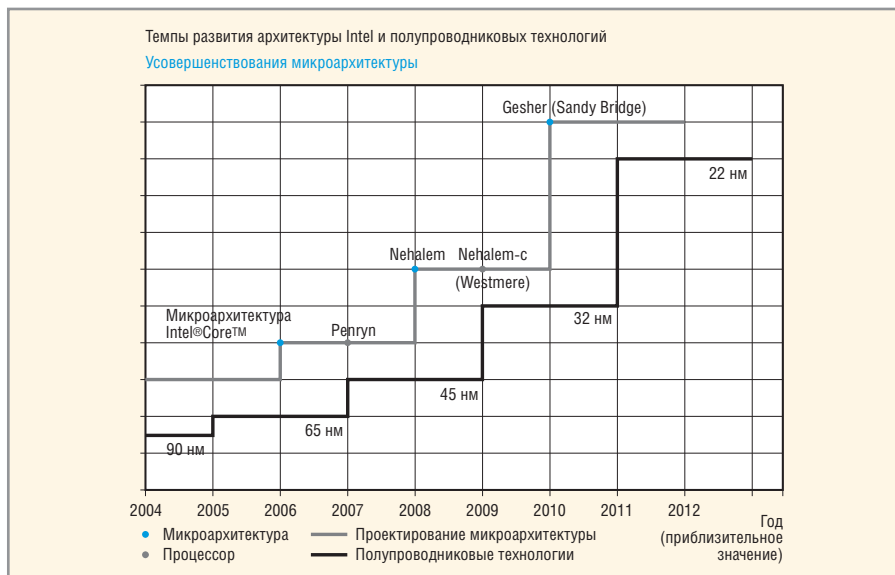


Рис. 6. Двухлетняя циклическая модель развития микропроцессорной техники Intel

Архитектурное семейство Intel Core		Архитектура Nehalem		Будущие архитектуры
Кодовое название Мегот	Кодовое название Пенгвин	Кодовое название Нехалем	Кодовое название Уэстмер	Кодовое название Мегот
2007	2008	2009	2010	2011
Новая архитектура, прежний техпроцесс (65 нм)	Прежняя архитектура, новый техпроцесс (45 нм)	Новая архитектура, прежний техпроцесс (45 нм)	Прежняя архитектура, новый техпроцесс (32 нм)	Новая архитектура, прежний техпроцесс (32 нм)
«Так»	«Тик»	«Так»	«Тик»	«Так»

Рис. 7. Принцип «тик-так»

платах PICMG 1.x, на модулях типа COM, в оборудовании стандартов Compact-PCI, VME, VPX, MicroTCA/AdvancedMC, AdvancedTCA и др. Число конечных систем на базе таких ЦП постоянно растёт. В частности, процессоры Intel Core i3/i5/i7 могут появиться на модулях PC/104 и разнообразных совместимых с PC/104 форматах: поскольку ЦП серии Intel Core i3/i5/i7 идут на смену Intel Core 2, они будут использоваться как минимум во всех приложениях, где сегодня используются процессоры Intel Core/Intel Core 2, а также в тех задачах, где существует потребность в высокопроизводительных процессорах.

КОНКУРЕНТЫ INTEL

Компания AMD выпускает процессоры с архитектурой x86, ориентируясь в первую очередь на массовый рынок. Компания Freescale – процессоры с архитектурой PowerPC, находящие спрос почти исключительно во встраиваемых сегментах оборонных и аэрокосмических приложений. Росту популярности микроархитектуры x86 на таких консервативных рынках во многом способствует то обстоятельство, что современные x86-процессоры доступны на платах практически всех популяр-

ных форматов, о чём мы подробно рассказывали выше.

Стоит отметить, что в связи с прогрессом в секторе x86-совместимых устройств будущее компании Freescale и всей индустрии PowerPC становится весьма благодатной темой для спекуляций. Даже представители Intel, обычно ведущие себя по отношению к конкурентам вполне корректно, позволяют себе публично ставить под сомнение перспективы технологии Altivec, на которой базируются все высокопроизводительные решения марки Freescale. Конкурентная борьба между Freescale и Intel по сути только началась и идёт лишь в сегменте специальных применений.

На наш взгляд, конкурентам Freescale радоваться рано. Оборонные и аэрокосмические приложения – рынок очень специфический, не подверженный рекламной истерии «нанометров», и продукция компании Freescale пользуется на нём огромным уважением. Хотя x86-совместимые процессоры применяются в задачах данного типа всё шире, зависимость рынка специальных применений от микроархитектуры PowerPC сильна настолько, что полное её вытеснение представляется делом весьма отдалённого будущего.

Коррекция загружаемого кода в генераторе синусоидального напряжения на микросхеме DDS-синтезатора

Валентин Сокол (Московская обл.)

Описан метод вычисления шестнадцатеричного кода загрузки микросхемы DDS с помощью накапливающего сумматора и преобразователя код–частота, реализованный в ПЛИС небольшой ёмкости.

В ранее описанном устройстве [1] код загрузки синтезатора вычислялся как произведение двоично-десятичного кода задаваемого значения частоты на целочисленный единичный фрагмент кода килогерц или герц. При расчёте кода герц использовалась периодическая коррекция суммы, позволившая при минимальных «затратах»

значительно снизить ошибку вычисленного кода.

Если для периодической коррекции суммы применить не простейший счётчик, а многоразрядный (12 – 16 разрядов) преобразователь код–частота (ПКЧ), устройство позволит умножать целое число на дробную константу, и приведённые ранее ограничения

на частоту опорного генератора снимаются. Укрупнённая схема добавленного узла изображена на рисунке 1.

Узел устанавливается вместо счётчика-корректора DD1.6 и содержит 12-разрядный ПКЧ (DD2 – DD7) и мультиплексор (DD1) констант C_KHZ[11..0], C_HZ[11..0]. Двоично-десятичные константы – дробная часть соответствующих фрагментов – переключаются по сигналу управляющего устройства. Выходные сигналы ПКЧ стробируются задержанной на 5 нс тактовой частотой (элемент DD8) и после объединения на элементе DD12 и «привязки» фазы триггером DD13 поступают на последовательный вход сумматора.

Принципиальная схема четырёхразрядного ПКЧ, прекрасно работающего, как оказалось, в составе ПЛИС, была опубликована [2]. Узлы DD5 – DD7 соответствуют рис. 2, и воспроизводят эту схему. На каждый четырёхразрядный преобразователь должен быть подан код с весами «5211». Перекодирование выполняется кодерами DD2-DD4, функционирующими в соответствии с таблицей.

Выходы кодеров подаются на входы ПКЧ. Обратите внимание, что старшие разряды констант управляют выводом импульсов с младших, наиболее быстрых разрядов счётчиков. Для проверки подайте в симуляторе на тактовый вход ПКЧ 1000 импульсов, на выходе D12 должно появиться число импульсов, равное коду константы. Введённое устройство не потребовало увеличения ёмкости ПЛИС.

Оценку погрешности метода и сравнение с предыдущим результатом проведём для тактовой частоты синтезатора 33,000 МГц. Для этой частоты фрагмент кода 1 кГц равен 1FC66 hex, значение корректирующей константы 524. Для фрагмента 1 Гц эти значения составят 82 hex и 150 соответственно. Моделирование показало погрешность установки частоты менее 0,02 ppm, т.е. 0,02 Гц на каждый мегагерц. Для сравнения ПЛИС была перекомпилирована с константами опорной частоты 32,768 МГц. Отклонение загружаемого кода от введённо-

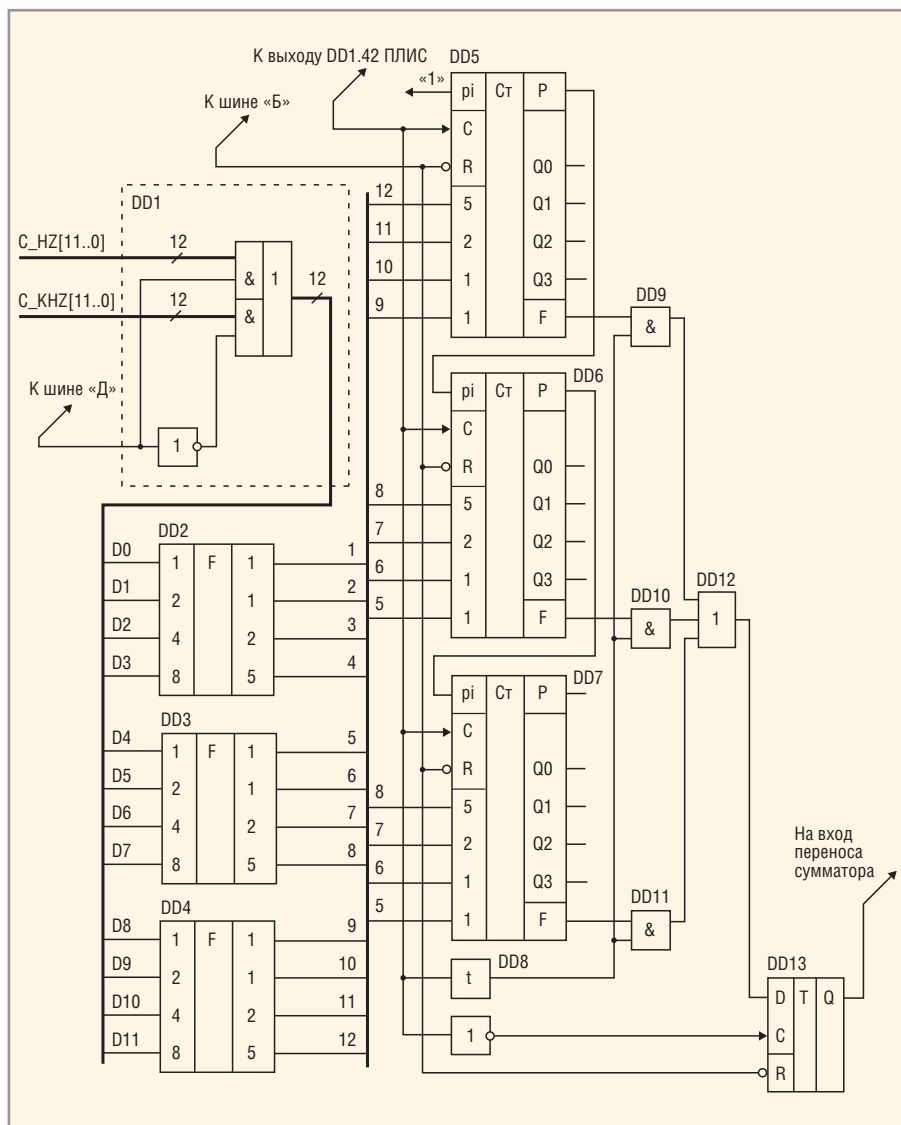


Рис. 1. Принципиальная схема корректора с использованием ПКЧ

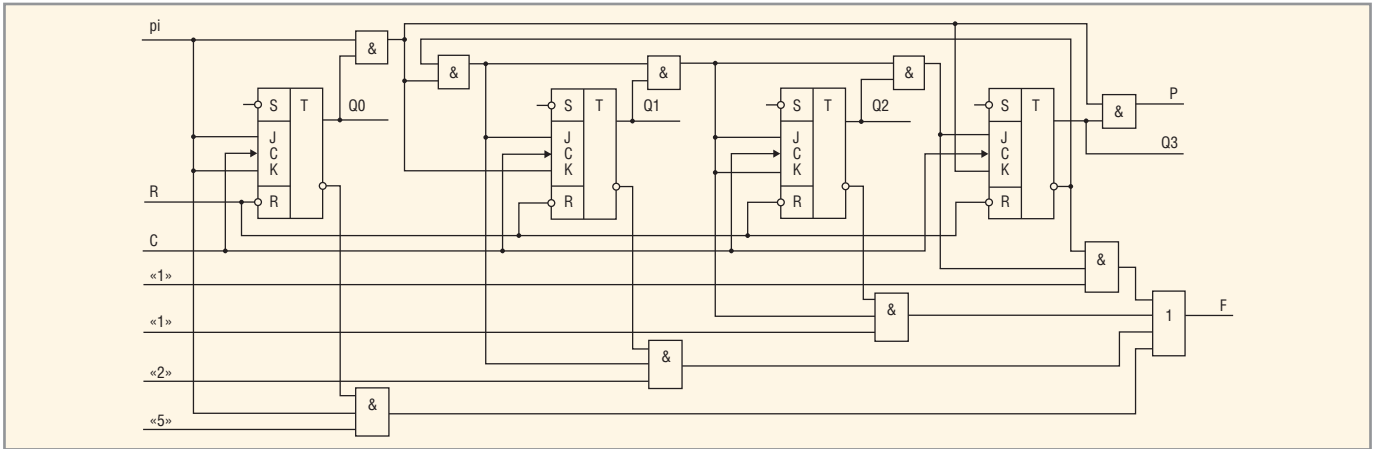


Рис. 2. Базовая схема преобразователя код-частота

го составило 0,0005 Гц, что явно лучше результата, полученного с корректирующим счётчиком.

Таблица перекодирования

Код 8421	Код 5211
0	0
1	1
2	3
3	5
4	7
5	8
6	9
7	C
8	D
9	F

Несколько слов о применении много-разрядных (16 – 24) ПКЧ в ПЛИС. В силу того, что схема ПКЧ содержит выходную сборку сигналов с длинными связями, увеличение разрядности ПКЧ может потребовать установки дополнительных промежуточных триггеров на выходе элементов 3& (pipeline). Полярность тактового сигнала дополнительных триггеров должна быть обратной.

Возможность использовать произвольную частоту кварцевого генератора и ПЛИС небольшой ёмкости для расчёта и загрузки кода, удобство управления

и ввода кода частоты могут оказаться решающими факторами в выборе элементной базы для DDS-синтезатора.

Описанный метод можно применить при решении и других аналогичных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сокол В.Ф. Генератор синусоидального напряжения на микросхеме DDS. Современная электроника. 2010. № 3.
2. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. Энергия, 1980.



430 лм @ 350 мА

114 лм @ 350 мА

107 лм @ 350 мА

139 лм @ 350 мА

Области применения светодиодов:
 архитектурная и ландшафтная подсветка,
 системы общего освещения,
 переносные прожекторы и фонари,
 подсветка витрин и рекламных щитов,
 уличное освещение.

Ярче звезд

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР CREE В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

PROSOFT®

Тел.: (495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru • www.cree.ru

Реклама

© СТА-ПРЕСС

Параллельное соединение преобразователей постоянного тока

Валерий Мелешкин, Светлана Шипаева (Москва)

Рассматривается один из алгоритмов равномерного распределения тока между преобразователями, работающими на общую нагрузку. Достоверность предложенного технического решения подтверждена компьютерным моделированием трёх повышающих прерывателей в составе преобразователя постоянного тока.

Параллельное соединение представляет собой наиболее эффективный способ увеличения выходной мощности преобразователей и повышения их надёжности. Однако использование такого способа возможно лишь при условии равномерного распределения тока между работающими преобразователями. Это условие должно выполняться в установившихся режимах и в переходных процессах, а также в аварийных ситуациях, связанных с отказом одного или нескольких преобразователей.

Разработка алгоритма, реализующего упомянутое условие, выполнена на примере преобразователей постоян-

ного напряжения, с возможным обобщением его на другие типы преобразователей (например, инверторы, выпрямители и пр.).

В связи с этим поставим следующую задачу: обеспечить совместную работу на общую нагрузку нескольких преобразователей постоянного напряжения (прерывателей). Предположим, что питание прерывателей осуществляется от индивидуальных источников электроэнергии, имеющих общий отрицательный полюс, но различающихся по уровню выходного напряжения. Таким приёмом обеспечивается имитация естественных (технологического и временного) разбросов основных параметров прерывателей.

Исследования проведены на примере преобразователя постоянного напряжения, упрощённая схема которого приведена на рисунке 1. Преобразователь состоит из трёх каналов (№ 1, № 2 и № 3), которые питаются от трёх источников V_1, V_2 и V_3 , но работают на общую нагрузку, подключённую к выходу U (параллельно конденсатору C). На входы системы управления (СУ) поступают три сигнала обратных связей по току и один по напряжению, а на трёх её выходах формируются сигналы управления каналами преобразования.

Все три канала преобразователя реализованы на базе повышающего обратного прерывателя, схема которого изображена на рисунке 2. Прерыватель содержит транзистор S , обратный диод D и дроссель L . Выходной конденсатор C , изображённый на рисунке 2 пунктиром, вынесен из схемы прерывателя на выход преобразователя.

Каждый из прерывателей имеет собственную систему регулирования, упрощённая блок-схема которой изображена на рисунке 3. Система содержит две схемы сравнения, пропорционально-интегральный (ПИ) регулятор

и компаратор. Сигнал u обратной связи по напряжению вычитается из индивидуальной уставки u_j (здесь j – порядковый номер канала), а полученное рассогласование поступает на вход регулятора. Выходной сигнал регулятора сравнивается с опорным пилообразным сигналом v , общим для всех трёх каналов, а результат сравнения поступает на вход компаратора, который формирует сигнал s_j управления транзистором j -го прерывателя.

Приведённая блок-схема (см. рис. 3) имеет вполне традиционный вид и в таком варианте способна лишь стабилизировать выходное напряжение на заданном уровне. Особенность предлагаемого решения состоит в том, что этот уровень u_j формируется индивидуально для каждого из прерывателей с учётом фактического распределения входного тока между ними.

Последняя функция реализуется дополнительным блоком коррекции уставки, схема которого изображена на рисунке 4. Корректор содержит два блока усреднения (БУ), два сумматора и пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор. Следует отметить, что ток i_{j-1} в дросселе $(j-1)$ -го прерывателя используется как токовая уставка для j -го прерывателя, а ток i_j в дросселе j -го прерывателя выступает в качестве сигнала отрицательной обратной связи. В частности, для канала № 1 уставкой является ток дросселя в прерывателе № 3. Если же в аварийной ситуации прерыватель № 3 отказал, то в качестве уставки канала № 1 используется ток дросселя в прерывателе № 2.

Таким способом осуществляется индивидуальная коррекция уставки для каждого из прерывателей. Например, если ток i_j меньше тока i_{j-1} , то индивидуальная уставка u_j оказывается больше общего задания U , что в конечном счёте приводит к увеличению тока на входе j -го прерывателя. Если же входные токи j -го и $(j-1)$ -го прерывателей одинаковы, то корректирующий сигнал оказывается равным нулю.

Упомянутые токовые сигналы i_j и i_{j-1} имеют значительную пилообразную пульсацию, и поэтому они предва-

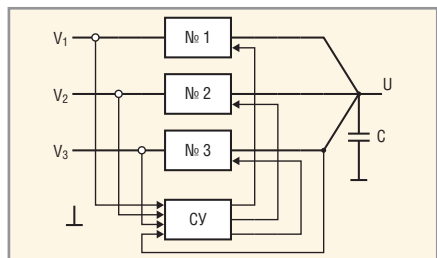


Рис. 1. Исследуемый преобразователь

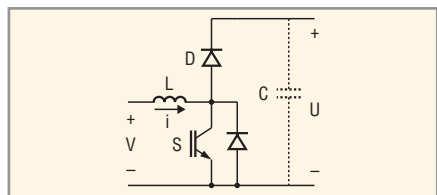


Рис. 2. Повышающий прерыватель

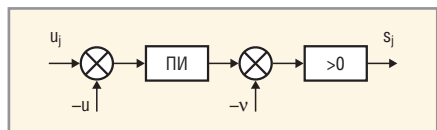


Рис. 3. Блок-схема системы регулирования

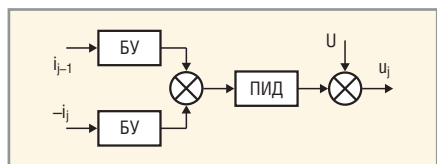


Рис. 4. Блок-схема корректора уставки

30 ноября - 2 декабря 2010

Москва, Конгресс-центр ЦМТ 

Энергия Вашего развития

7-я Международная выставка и конференция

СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И ЭНЕРГЕТИКА

**POWER
ELECTRONICS** 

Датчики и сенсоры • Интеллектуальный контроль двигателей • Источники питания • Магниты и материалы сердечников • Пассивные компоненты • Полупроводниковые компоненты • Преобразователи напряжения • Распределительные устройства • Сервомоторы и актюаторы • Тестирование и измерение • Технологии энергоэффективности и энергосбережения • Узлы и сборки • Управление тепловыделением • Электроэнергетика

Организаторы:



Тел.: +7 (812) 380 6003/ 07
Факс: +7 (812) 380 6001/ 00
E-mail: power@primexpo.ru

www.powerelectronics.ru

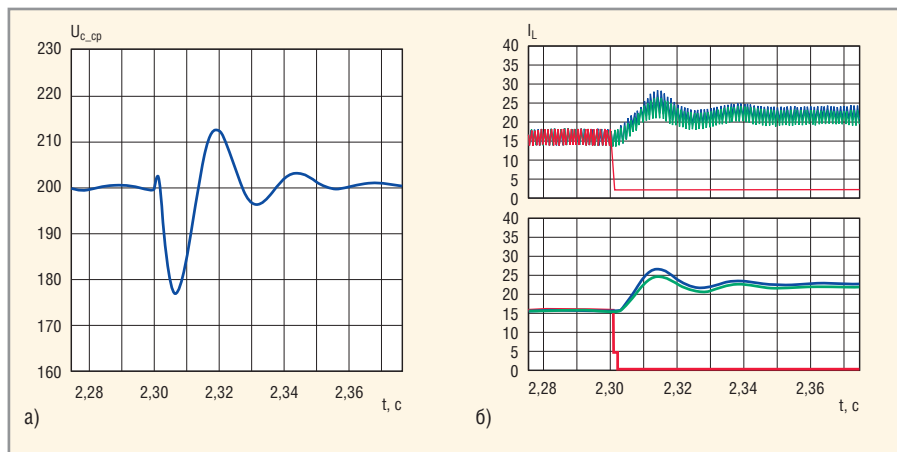


Рис. 5. Переходный процесс в преобразователе при отказе прерывателя № 3

а) Напряжение на конденсаторе (усреднённое значение), б) токи дросселей (вверху: синий – № 1, зелёный – № 2, красный – № 3) и их усреднённые значения (внизу)

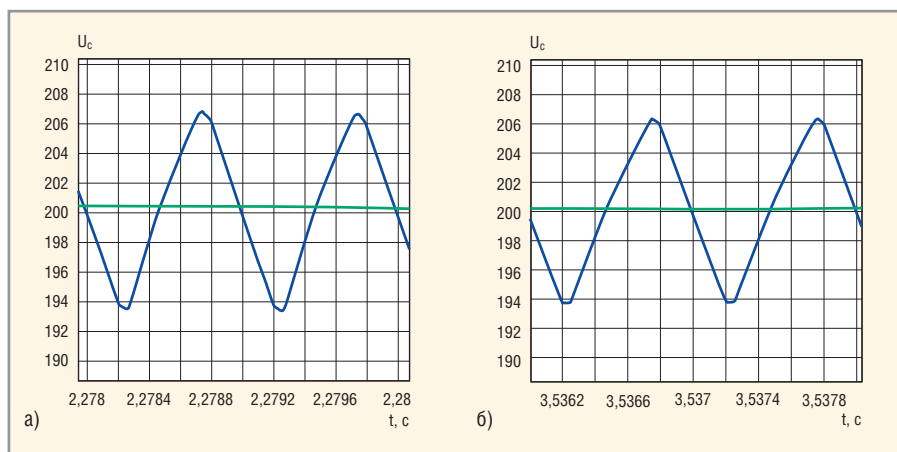


Рис. 6. Напряжение на конденсаторе (синий график) и его усреднённое значение (зелёный график) в установившихся режимах

а) При работе прерывателей № 1, № 2 и № 3, б) при работе прерывателей № 1 и № 2

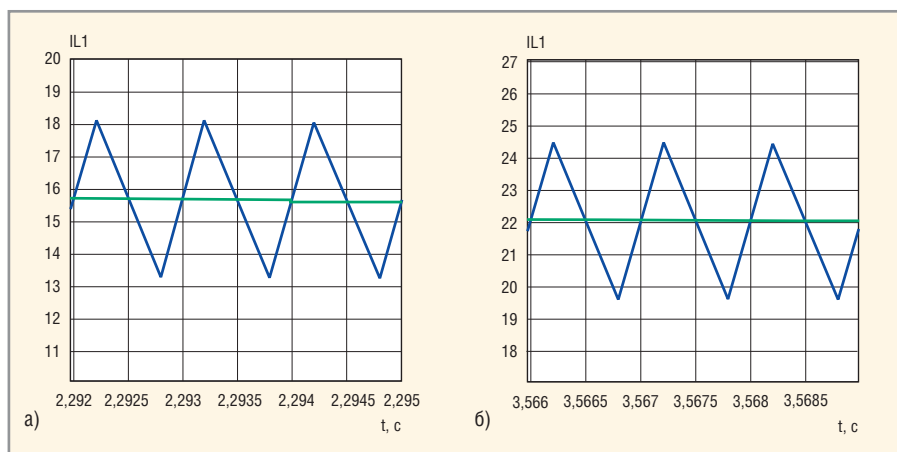


Рис. 7. Ток дросселя (синий график) прерывателя № 1 и его усреднённое значение (зелёный график) в установившихся режимах

а) При работе прерывателей № 1, № 2 и № 3, б) при работе прерывателей № 1 и № 2

рительно подаются на входы блоков усреднения, которые выделяют их постоянные составляющие. Принцип действия БУ основан на том, что постоянная составляющая тока в дросселе преобладает над его пилообразной составляющей, причём максимумы и минимумы тока смещены во времени

относительно опорного пилообразного сигнала v примерно на четверть периода коммутации. Опорный сигнал v синхронизирует работу БУ, который запоминает соответствующие мгновенные значения усредняемого тока i , близкие по величине к его постоянной составляющей i_0 .

Для подтверждения работоспособности предлагаемого технического решения было проведено компьютерное моделирование процессов в рассматриваемом преобразователе постоянного напряжения с использованием программы Matlab R2007b и Simulink v.7.0. Модель содержит три источника с входными напряжениями 120, 100 и 90 В соответственно и резистивную нагрузку с сопротивлением 8,33 Ом, рассчитанную на номинальное напряжение 200 В. Ёмкость выходного конденсатора в преобразователе равна 800 мкФ, а индуктивности дросселей в прерывателях – по 10 мГн. Частота коммутации транзисторов, соответствующая широтно-импульсной модуляции, составляет 1 кГц.

В ходе моделирования преобразователя были рассмотрены установившиеся режимы и переходные процессы при заявленных напряжениях источников. На рисунке 5 показаны временные диаграммы (напряжение на конденсаторе и токи в дросселях), иллюстрирующие переходный процесс в преобразователе при отказе одного из прерывателей (№ 3). Как видно, при работе трёх прерывателей напряжение на конденсаторе составляло в среднем 200 В, а токи в дросселях распределялись равномерно, в среднем по 15 А, при этом размах пульсаций тока составлял около 5 А. При отказе прерывателя № 3 (в момент времени 2,3 с) ток в его дросселе уменьшился до нуля, а токи дросселей № 1 и № 2 плавно увеличились в среднем до 22 А, сохраняя прежний размах пульсаций. В целом переходный процесс имеет затухающий колебательный характер (число полупериодов не превышает 5, время установления составляет около 60 мс). Наибольшее отклонение напряжения на конденсаторе от заданного уровня составляет 22 В, максимум переходного тока около 25 А.

На рисунке 6 показана временная диаграмма напряжения на выходном конденсаторе в установившихся режимах (до и после отказа прерывателя № 3). Как видно, постоянная составляющая напряжения стабилизирована на заданном уровне (200 В), а размах пульсаций на частоте коммутации (1 кГц) не превышает 7% от этого уровня.

Рисунок 7 иллюстрирует закономерность усреднения тока в дросселе прерывателя № 1 в установившихся режимах (до и после отказа прерывателя

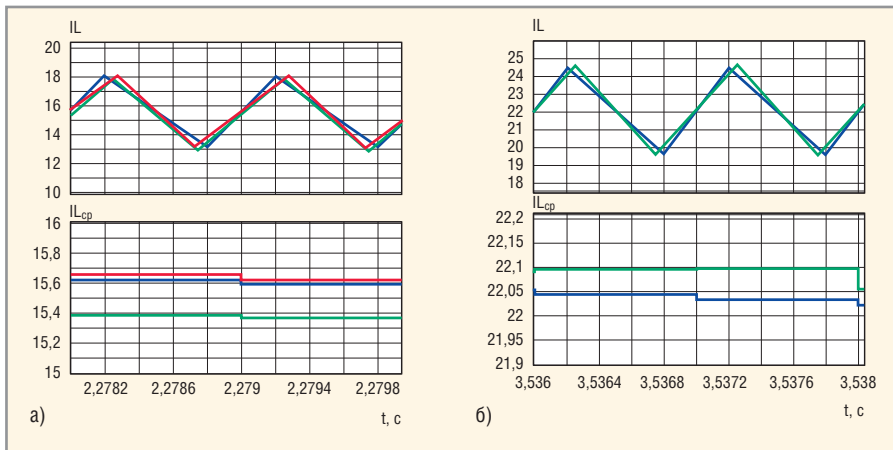


Рис. 8. Токи дросселей (вверху: синий – № 1, зелёный – № 2, красный – № 3) и их усреднённые значения (внизу) в установившихся режимах

а) При работе прерывателей № 1, № 2 и № 3, б) при работе прерывателей № 1 и № 2

№ 3). При работе трёх прерывателей среднее значение тока в дросселе равно 15,7 А, что соответствует полусумме максимального (18,1 А) и минимального (13,3 А) значений тока. После отказа прерывателя № 3 среднее, максимальное и минимальное значения тока в дросселе № 1 равны соответственно 22,1, 24,5 и 19,7 А.

Рисунок 8 подтверждает равномерное распределение тока дросселей в установившихся режимах (до и после

отказа прерывателя № 3). При работе трёх прерывателей средние значения токов в дросселях № 1, № 2 и № 3 равны соответственно 15,62, 15,67 и 15,38 А, так что разброс токов не превышает ±1%. После отказа прерывателя № 3 токи в дросселях № 1 и № 2 устанавливаются на уровне 22,04 и 22,1 А, т.е. разброс токов составляет 0,3%. Примечательно, что пересечение кривых тока происходит вблизи их средних значений.

Результаты проведённых исследований преобразователя постоянного напряжения позволяют сделать следующие выводы:

- предложенный алгоритм управления, суть которого состоит в коррекции задающего напряжения разностью входных токов прерывателей, обеспечивает равномерное распределение входного тока преобразователя по прерывателям как в установившихся режимах, так и в переходных процессах;
- подтверждена работоспособность системы регулирования, реализующей данный алгоритм. Её эффективность повышена оригинальным способом усреднения выходных токов, исключая негативное влияние пульсаций тока. Выравнивание входных токов прерывателей обеспечивается с точностью 1%;
- использование ПИ- и ПИД-регуляторов в системе управления обеспечило стабилизацию выходного напряжения с точностью порядка 1%. При отказе одного из трёх прерывателей переходный процесс имеет затухающий колебательный характер и продолжается не более 60 мс. ☺

Новости мира News of the World Новости мира

Новый катализатор для топливных ячеек сделает их дешёвыми и эффективными

Использование водородных топливных ячеек могло бы сделать транспорт экологически чистым, однако до сих пор, несмотря на довольно длительный срок исследований, многие параметры работы топливных элементов нуждаются в доведении до экономически и технически эффективных показателей. Среди основных проблем – низкий суммарный КПД топливных ячеек, необходимость разработки безопасной технологии хранения и транспортировки водорода, и наиболее важная из всех – высокая чувствительность катализаторов топливных элементов к примесям в топливе.

Применяемые сейчас в качестве катализаторов платиновые и платиново-рубидиевые соединения чрезмерно чувствительны к наличию в техническом водороде угарного газа (СО) – он отравляет катализаторы, тем самым снижая их эффективность. Таким образом, платиновые катализаторы могут использоваться только вместе с чистым водородом, производство которого делает топливные элементы неприемлемо дорогими. К тому же и

платина сама по себе не из дешёвых материалов.

Группа учёных под руководством Гектора Абруны (Hector D. Abruna) из Корнельского университета США представила промежуточные результаты исследования, в которых в качестве катализатора используется сплав платины, титана и вольфрама. Катализатор на основе платины, распределённый по поверхности наночастиц оксида титана с добавлением вольфрама, может устойчиво работать в топливных элементах, даже если газовая смесь содержит 2% угарного газа. Традиционные платиновые и платиново-рутениеевые катализаторы при таком содержании СО в смеси очень быстро отравляются и выходят из строя. Кроме того, разработанный учёными катализатор значительно дешевле чистой платины. В ближайшее время начнётся тестирование разработанного материала в промышленных образцах топливных элементов.

<http://www.eurekaalert.org/>

Нанопокрывтие охладит «горячие головы» в 10 раз быстрее

Владельцам современных смартфонов и коммуникаторов часто приходится сталки-

ваться с проблемами, связанными с недостаточной ёмкостью аккумуляторов. Необходимость зарядки телефона практически каждый день, отказ от дополнительной порции развлечений (прослушивание музыки или просмотр фильма), – всего не счесть.

Недавно учёные Массачусетского технологического института (Massachusetts Institute of Technology) взялись решить эту проблему и начали работать над созданием прототипа перезаряжаемого аккумулятора, который бы превосходил по показателям существующие модели в 10 раз.

В ходе испытаний удалось установить, что использование углеродных нанотрубок в качестве одного из электродов позволяет существенно улучшить показатели литий-ионных аккумуляторов. В разработанной учёными экспериментальной батарее массив из углеродных нанотрубок играл роль анода, а литиево-титановая окись – катода.

Кроме того, ещё одним преимуществом батарей с анодом из углеродных нанотрубок является их долговечность. Спустя 1 тыс. перезарядок экспериментального образца никаких существенных изменений показателей аккумулятора не наблюдалось.

<http://arstechnica.com/>

Обзор новой версии САПР печатных плат OrCAD 16.3

Анатолий Сергеев (Москва)

Пакет программ для сквозного проектирования печатных плат OrCAD американской фирмы Cadence Design Systems давно известен российским разработчикам электронной аппаратуры. Недавно вышедшая новая версия OrCAD 16.3 содержит целый ряд улучшений и дополнений.

Основным преимуществом OrCAD остаётся его приемлемая цена и широкие функциональные возможности, которые делают соотношение цена/качество наиболее привлекательным. Причём при подборе конфигурации можно учесть именно те потребности разработчиков, которые актуальны для них на данный момент. Например, базовый пакет OrCAD PCB Designer Basic – самая недорогая версия, которая содержит только редактор принципиальных электрических схем Capture и редактор топологий печатных плат PCB Editor с возможностью интерактивной трассировки до четырёх сигнальных слоёв. В дальнейшем возможно расширение функциональности за счёт интеграции дополнительных программных модулей, таких как автотрассировщик Spectsra, программы аналого-цифрового моделирования PSpice A/D и Advanced Analysis, системы ведения баз данных электронных компонентов CIS, модуля пред- и посттопологического анализа топологии печатных

плат Signal Explorer, программы разработки и оптимизации ПЛИС FPGA System Planner.

В настоящий момент особую роль в жизненном цикле электронных устройств играет время выхода на рынок новых разработок. Здесь важно, чтобы каждый этап работы инженеров, начиная от идеи и заканчивая конечным продуктом, был хорошо продуман и систематизирован. Пакет программ OrCAD PCB Designer даёт возможность сделать работу над проектом печатной платы максимально эффективной благодаря удобному интерфейсу и тесной интеграции всех программных модулей.

Для создания и редактирования принципиальных электрических схем используется уже знакомая большинству специалистов программа OrCAD Capture. Здесь же создаются новые условно-графические обозначения (УГО) элементов, причём уже имеющиеся в программе более 80 библиотек содержат около 30 000 готовых компонентов, которые постоянно пополня-

ются за счёт регулярных обновлений OrCAD.

Благодаря эффективной системе навигации в OrCAD Capture, построенной по принципу дерева данных, очень удобно вести поиск необходимых проектных файлов, в том числе схем, библиотек, текстовых файлов отчётов. На самом деле Capture – это не просто графическая оболочка, предназначенная для отрисовки принципиальных схем, а удобная в использовании, но при этом многофункциональная система создания довольно сложных проектов, где есть всё необходимое для разработчиков.

Прежде всего, это:

- структурирование проекта с помощью системы иерархии;
- возможность подключения к проекту нескольких дизайнов;
- возможность автоматической аннотации, т.е. выполнение таких рутинных операций, как нумерация компонентов, листов и межстраничных соединителей;
- проверка проекта на наличие ошибок, связанных с правилами электрических соединений, логики, а также ошибок оформления;
- подготовка всевозможных отчётов, передача их в другие программы, например Microsoft Excel;
- полная интеграция с PCB-редактором с помощью инструментов ECO, обратной аннотации и средства InterTool Communication.

Одним из нововведений в последней версии OrCAD Capture стала возможность просматривать 3D-модели посадочных мест компонентов в специальном окне редактора Capture (см. рис. 1). Здесь же при выделении отдельных контактных площадок или всей области модели можно видеть их характеристики, такие как размеры и название, номера, координаты и слой. С помощью нового инструмента AutoWiring можно соединять несколько выводов между собой одним нажатием клавиши. Этот инструмент особенно удобен при коммутации выводов элементов и шины.

Пакет OrCAD Capture поддерживает целостность и гибкость проектов. Все файлы, входящие в тот или иной про-

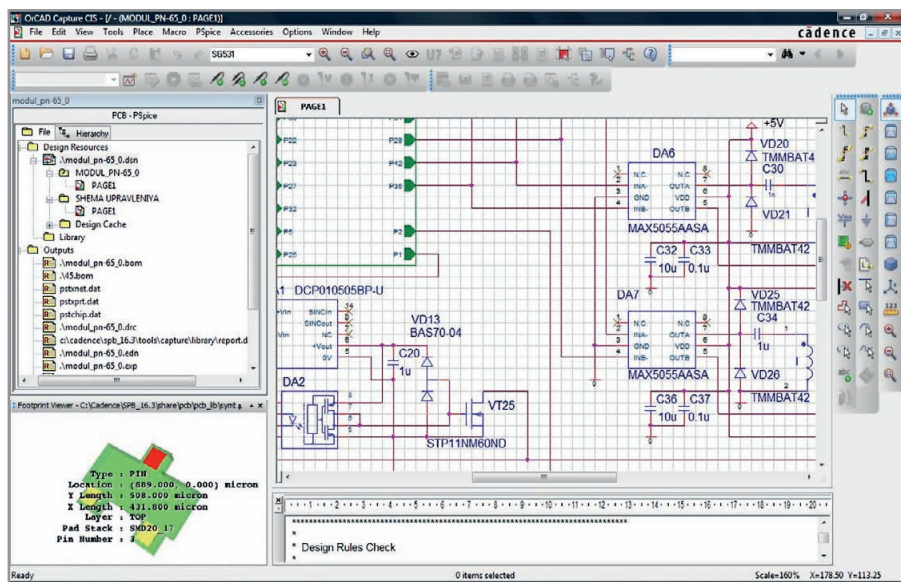


Рис. 1. Новые возможности программы OrCAD Capture позволяют просматривать 3D-модели посадочных мест компонентов в отдельном окне, а также видеть их характеристики

ект, автоматически подгружаются при его открытии, независимо от того, находились ли они в разных частях жёсткого диска или в одной папке. В любой момент, не выходя из окна редактора, можно изменить свойства одного или нескольких компонентов, например, присвоив им другие посадочные места или наименования. Можно отредактировать УГО элемента или группы элементов, не выходя из окна редактора Sapture, а затем автоматически внести соответствующие изменения в нужные библиотеки. Система проверки правил проектирования DRC теперь может контролировать электрические и физические правила по отдельности. Все эти и другие дополнения в OrCAD Sapture сокращают время на разработку и повышают её эффективность.

Схемотехнический редактор Sapture имеет довольно мощное расширение за счёт включения в этот программный модуль системы ведения базы данных электронных компонентов – CIS (Component Information System). Благодаря продуманной организации, CIS значительно повышает эффективность работы. Это уникальная система структурирования данных о компонентах, поиска их не только по наименованию, разнообразным техническим характеристикам, но и, например, по наличию на складе самого предприятия, у поставщиков, по цене, по сроку годности и другим свойствам. CIS может тесно интегрироваться с глобальными системами документооборота всего предприятия посредством стандарта ODBC фирмы Microsoft, что значительно расширяет её возможности. Более того, через CIS организован доступ к интернет-базам данных электронных компонентов. При переходе на вкладку ICA (Internet Component Assistant) появляется окно доступа в Интернет и ссылка на два портала – ActiveParts и SupplyFrame. ActiveParts – это интернет-база данных Cadence, содержащая около 2 млн. аналоговых и цифровых компонентов и постоянно пополняющаяся новыми моделями, с удобной системой поиска по наименованию компонентов, их описанию и компании-производителю. SupplyFrame – это поиск по базам ведущих производителей электронных компонентов.

Главной особенностью работы с интернет-базами в Sapture CIS является возможность добавлять компонент напрямую из Интернета в схему про-

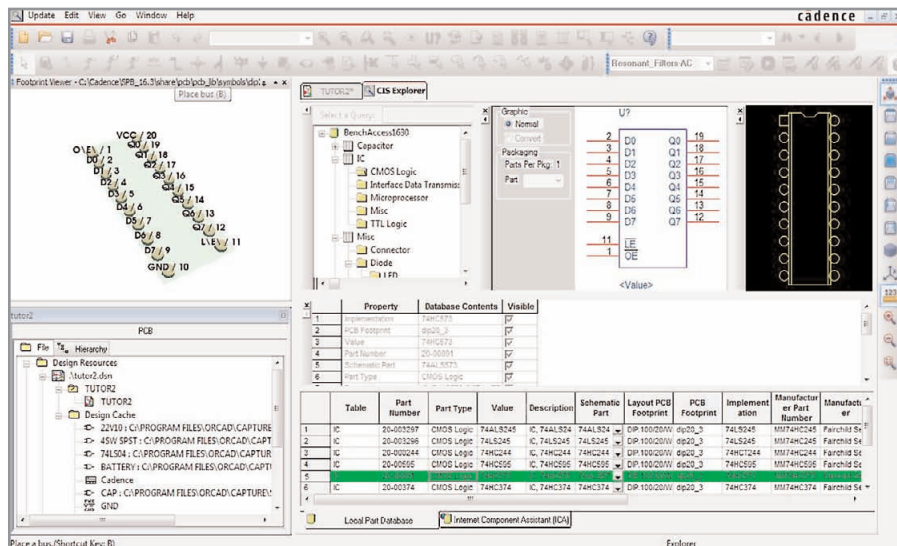


Рис. 2. Система ведения базы данных электронных компонентов CIS имеет широкие возможности систематизации и отображения информации, в том числе поиска компонентов в базах данных, размещённых в Интернете

екта со всеми данными, необходимыми для перечня элементов и спецификации. CIS – это фактически неограниченная база данных, позволяющая осуществлять быстрый доступ к самым последним разработкам в мире электронных компонентов, с комплексным подходом к поиску и каталогизации данных. Система индикации позволяет выделять те компоненты, которые наиболее часто используются при разработках, указывать на проблемные компоненты, например, компоненты, срок годности которых истекает или отсутствующие на складе.

Гибкость CIS позволяет настроить базу данных под конкретное предприятие с учётом его специфического документооборота (см. рис. 2). В новую версию OrCAD Capture CIS 16.3 включены два основных дополнения. Это возможность в отчёте Bill of Materials помещать однородные данные, например, элементы с одинаковыми названиями, но от разных производителей, в один столбец или строку. Следующее дополнение касается новой возможности включения в отчёт данных о компонентах, не используемых в проекте. Эта функция удобна для указания, к примеру, в перечне элементов сведений о возможности замены тех или иных компонентов на их аналоги.

При окончании разработки принципиальной электрической схемы формируется список соединений для последующей передачи его в редактор OrCAD PCB Editor, который входит в состав пакета программ OrCAD PCB

Designer и предоставляет пользователям широкие возможности по проектированию топологии печатных плат. В сочетании с интуитивно понятным интерфейсом и большим набором правил для задания ограничений на проектирование, PCB Editor позволяет решать широкий спектр задач, стоящих перед инженерами – конструкторами печатных плат, в том числе, повышение технологичности проектов.

Основными возможностями OrCAD PCB Editor являются:

- неограниченная база данных;
- разработка в точности по списку соединений (Netlist), списку компонентов и тестовых точек;
- удобный встроенный редактор посадочных мест и символов;
- автоматизированный вывод таблицы сверления (NC legend) и файла сверления (NC drill);
- поддержка множества типов переходных отверстий, в том числе глухих и скрытых;
- автоматическое размещение компонентов/быстрое размещение и удобный дизайнер компоновки;
- динамические полигоны – создание и редактирование в реальном времени;
- выполнение чертежей и обозначение размеров прямо в редакторе PCB;
- множественная отмена последних операций (Undo/Redo);
- удобное создание гербер-файлов в форматах 274X, 274D;
- вывод файла PCB в стандартном формате ODB++, ODB++(X). Бесплатный просмотрщик PCB;

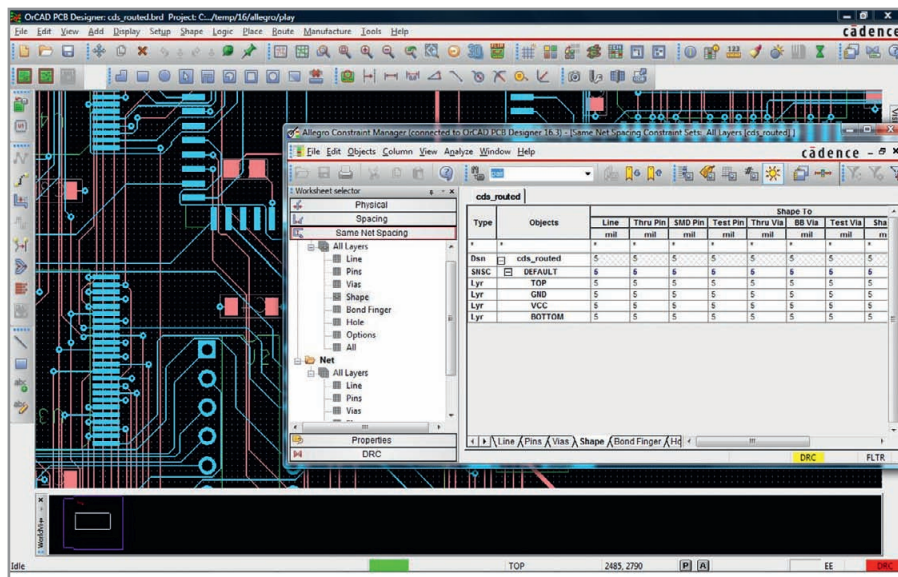


Рис. 3. Constraint Manager – система управления правилами и ограничениями проектирования топологии печатных плат в OrCAD PCB Editor – предоставляет мощные средства интерактивной трассировки

- вывод отчётов в формате HTML;
- проверка на ошибки типа «наличие открытых участков меди, не покрытых маской»;
- удобная интерактивная трассировка и редактирование разведённых сигналов;
- автоматическое создание и редактирование шелкографии;
- поддержка разделения полигонов на участки;
- выполнение пользовательских подпрограмм (Skill), скриптов и макрокоманд;
- создание сборочных чертежей с вариантами исполнения;
- создание спецификации (BOM) с вариантами исполнения;
- интерфейсы с механическими САПР: DXF (v.14), IDF (v. 2 и 3), импорт формата обмена файлами (IFF);
- интерфейсы с другими САПР печатных плат: PADS (v5), PCAD (ASCII), OrCAD Layout;
- возможность размещения на ПП тестовых точек (testprep);
- улучшенный внешний вид трассировки участков ПП;
- проверка на сниженный зазор для одного и того же сигнала (Same Net);
- встроенные правила размещения переходного отверстия под SMT-выводом (Via-In-Pad).

Программа OrCAD PCB Editor предоставляет сильные и гибкие средства планирования топологии печатной платы. Мощная бессеточная технология трассировки с использованием таких инструментов, как растаскивание и огибание проводниками препят-

ствий для обеспечения необходимых зазоров между элементами печатного «рисунка», создают высокопродуктивную среду проектирования. Технология динамических полигонов позволяет в реальном времени эффективно «разрывать» и «сшивать» покрытые медью участки платы во время размещения компонентов и трассировки. OrCAD PCB Editor предоставляет полный набор средств для фотошаблонов, производства плат, включая стандарты Gerber 274x, NCDrill и различные форматы для тестирования. Самой важной частью OrCAD PCB Editor, безусловно, является Constraint Manager.

Модуль Constraint Manager управляет физическими и электрическими правилами проектирования в составе PCB Editor (см. рис. 3). С помощью этого модуля разработчик устанавливает набор правил, которые определяют ограничения на процессы размещения компонентов на плате и трассировку. При этом можно управлять расстояниями между отдельными проводниками, группой цепей, задавать ограничения на длину и ширину проводников, расстояниями между компонентами, отверстиями и т.д. Constraint Manager имеет удобный интерфейс, сочетающий в себе преимущества табличного и иерархического представления данных, и полностью интегрирован с OrCAD PCB Editor.

Гибкая система правил и ограничений OrCAD PCB Editor позволяет эффективно управлять размещением компонентов на плате как в интерак-

тивном, так и в автоматическом режимах. Разработчик может объединять отдельную группу компонентов или отдельные подсхемы в специальные области – «комнаты». Компоненты могут быть отсортированы и выделены по позиционным обозначениям и наименованиям, типу корпуса или контактных площадок, подключаемым цепям, листу или странице схемы.

Режимы интерактивной трассировки OrCAD PCB Editor – это мощные интеллектуальные средства работы с топологией печатной платы, которые обеспечивают автоматизированный контроль за правилами проектирования на основе пользовательских установок. Технологии трассировки в режиме реального времени, под любым углом, «растаскивания» и «проталкивания» проводников позволяют пользователям работать в трёх режимах: «приоритет растаскивания», «приоритет огибания» или «только огибание». Режим «приоритета растаскивания» даёт возможность пользователям произвести оптимальную трассировку в режиме реального времени, при этом бессеточный трассировщик обеспечит динамическое «расталкивание» препятствий, таких как переходные отверстия и выводы компонентов. Режим «приоритета огибания» особенно актуален, когда требуется выполнить трассировку шины данных. В таком режиме прокладываемая трасса огибает препятствия или расталкивает их, если нет других настроек. В режиме «только огибание» расталкивание объектов не допускается.

На этапе разработки принципиальной электрической схемы важно добиться её наилучших характеристик для обеспечения качества и надёжности всей конструкции электронного устройства. Без комплексного подхода к моделированию работы схемы, с учётом погрешностей в работе отдельных её элементов, невозможно добиться хорошего результата. Моделирование с OrCAD PSpice A/D – это быстрый, простой и надёжный способ выполнения расчёта схем (см. рис. 4). С его помощью можно создавать схемы, где будет максимально оптимизирован разброс параметров элементов с учётом их допусков, которые не будут слишком жёсткими, что не приведёт к удорожанию, и не будут достаточно свободными, чтобы не увеличился процент брака. Это ведёт к

увеличению рентабельности производства, сокращению этапа прототипирования, времени, проведённого в лаборатории, и, в конечном итоге, к снижению стоимости продукции и повышению её конкурентоспособности на рынке.

Технологии OrCAD PSpice A/D – это передовые, востребованные на производстве средства аналогового, цифрового и смешанного аналого-цифрового моделирования для инженеров-электриков. С помощью OrCAD PSpice A/D возможно моделирование широкого диапазона схем – от источников питания до высокочастотных систем и небольших микросхем.

Пакет OrCAD PSpice A/D даёт возможность инженеру:

- понять и исследовать характеристики схемы, а также функциональные взаимосвязи со сценариями «что будет, если...» и анализом проекта;
- моделировать сложные проекты со смешанными сигналами, содержащие аналоговые и цифровые элементы, с поддержкой таких типов моделей, как IGBT, импульсные модуляторы, ЦАП и АЦП.

С OrCAD PSpice A/D легко просматривать результаты аналого-цифрового моделирования в одном окне с общей осью времени. Технология моделирования PSpice проста в использовании и находится в тесной интеграции с одним из наиболее востребованных на предприятиях схемотехнических редакторов – OrCAD Capture. Инструменты расширенного анализа (Advanced Analysis) включают в себя анализ чувствительности, анализ разброса параметров методом Монте-Карло и аварийный (стресс-) анализ.

Основные достоинства OrCAD PSpice A/D:

- быстродействующая, достоверная технология и широкий набор библиотек экономят время, повышают надёжность и согласованность в больших проектах;
- интеграция с MATLAB Simulink позволяет проводить моделирование на системном уровне с применением высокоточных моделей электронных схем;
- определение перегруженных компонентов с использованием Smoke-анализа, определение разброса параметров методом Монте-Карло помогают предотвратить сбои в работе принципиальных схем;

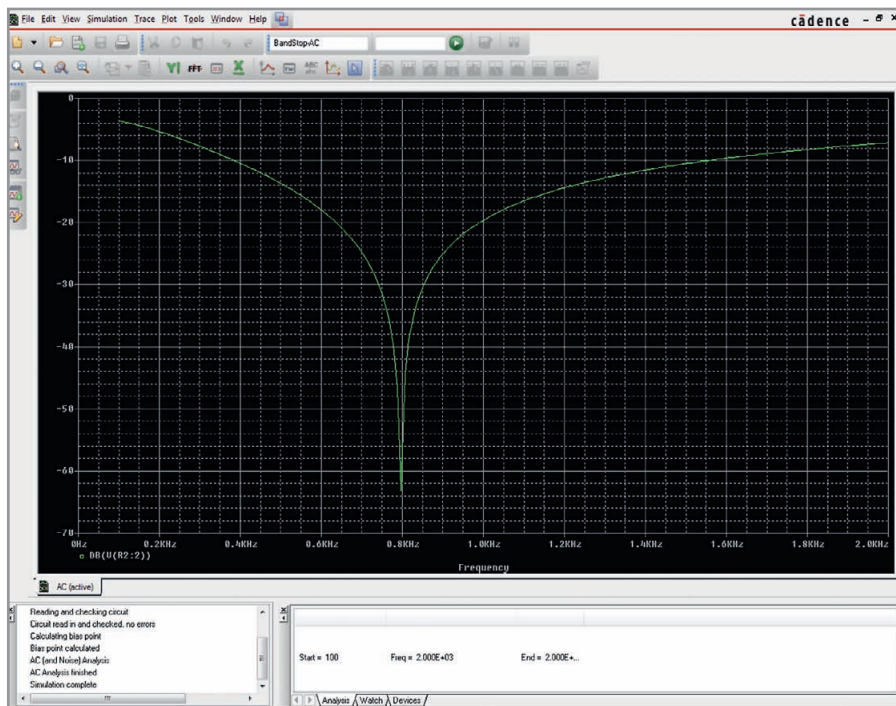


Рис. 4. OrCAD PSpice A/D – мощные средства аналогового, цифрового и смешанного моделирования электронных схем с огромной базой Spice-моделей электронных компонентов

- наличие неоднородных моделей, встроенных математических функций и поведенческие методы моделирования, которые повышают качество анализа электронных схем;
- редактор Magnetic Parts, который экономит время и сокращает число ошибок благодаря автоматизированному проектированию индуктивностей и трансформаторов;
- моделирование нажатием одной клавиши, перекрёстное выделение и полная интеграция с OrCAD Capture, повышающие качество и обеспечивающие целостность данных.

Функциональные возможности OrCAD PSpice A/D:

- *анализ по постоянному току* позволяет получить характеристики схемы (токи, напряжения, мощности) при изменении параметров источников напряжения и тока, глобальных параметров схемы, параметров модели и температуры элемента. При анализе задаются интервалы изменения перечисленных параметров, характер их изменения (линейный, логарифмический с основанием 10 и с основанием 8) и шаг изменения. Возможно также табличное задание изменения перечисленных параметров. Существует возможность одновременного изменения двух параметров;
- *анализ по переменному току* позволяет производить построение амплитудно-частотных характе-

ристик схемы (токи, напряжения, мощности и т.д.). Анализ производится от источника переменного тока IAC или источника переменного напряжения VAC, для которого указывается амплитудное значение переменной составляющей и величина постоянной составляющей (в частном случае может быть принята равной нулю). При анализе задаются минимальное значение частоты, общее число точек, а для логарифмического закона изменения частоты – число точек на декаду либо октаву;

- *анализ шумов* позволяет рассчитывать входную и выходную спектральные плотности шума. Анализ производится от источника переменного тока или напряжения, для которого указываются амплитудное значение переменной составляющей и величина постоянной составляющей (в частном случае может быть принята равной нулю). При анализе задаются: элемент, на котором будет рассматриваться выходное напряжение шумов, наименование используемого источника и интервал расчёта парциальных уровней шума. Анализ шумов является составной частью анализа по переменному току. Результатом являются кривые спектральных плотностей по входу и выходу устройства;
- *анализ переходных процессов* позволяет получать характеристики

схемы (токи, напряжения, мощности и т.д.) при переходном процессе. Он всегда начинается с момента времени $t = 0$. Указывается время окончания анализа переходного процесса и максимальный шаг интегрирования (пользователем или по умолчанию). В случае, если требуется информация о переходном процессе с момента времени $t > 0$, это время задаётся, чем обеспечивается получение графической информации с заданного момента времени, хотя сам анализ осуществляется с момента времени $t = 0$. При анализе указывается параметр, определяющий режим расчёта начального приближения по постоянному току. По умолчанию он включен, и анализ по постоянному току автоматически предваряет анализ переходных процессов. Результаты анализа по постоянному току в этом случае являются начальными значениями переменных при анализе переходных процессов. В случае отключения этого параметра за начальные значения принимаются токи в индуктивностях и напряжения на емкостях, указанные в свойствах IC индуктивностей и конденсаторов (по умолчанию эти значения равны нулю). Существует не только возможность наблюдать анализ переходного процесса как функцию времени, но также, заменяя переменную «время» на оси X на любую другую схемную функцию, получать требуемые функциональные зависимости;

- **Фурье-анализ** позволяет осуществить разложение функций, полученных в результате анализа переходного процесса, в ряд Фурье. В среде OrCAD применяется быстрое преобразование Фурье. Для проведения анализа необходимо задать частоту первой гармоники, количество гармоник (не более ста, по умолчанию девять) и список переменных, спектр которых должен быть рассчитан. В результате анализа получают зависимости амплитуд гармоник спектральных характеристик соответствующих функций от частоты в заданном диапазоне;
- **параметрический анализ** позволяет осуществить ряд итераций, когда производится расчёт некоторой функции цепи (тока, напряжения и т.д.) во время переходного процесса или анализа по постоянному или переменному току при скачкообраз-

ном изменении задаваемого пользователем глобального параметра, параметра модели или рабочей температуры. При этом за один цикл достигается эффект, эквивалентный просчёту переходного процесса схемы столько раз, сколько раз изменяется заданный параметр. В результате выдаётся семейство кривых переходного процесса анализируемой функции, а количество кривых равно числу изменений величины заданного параметра;

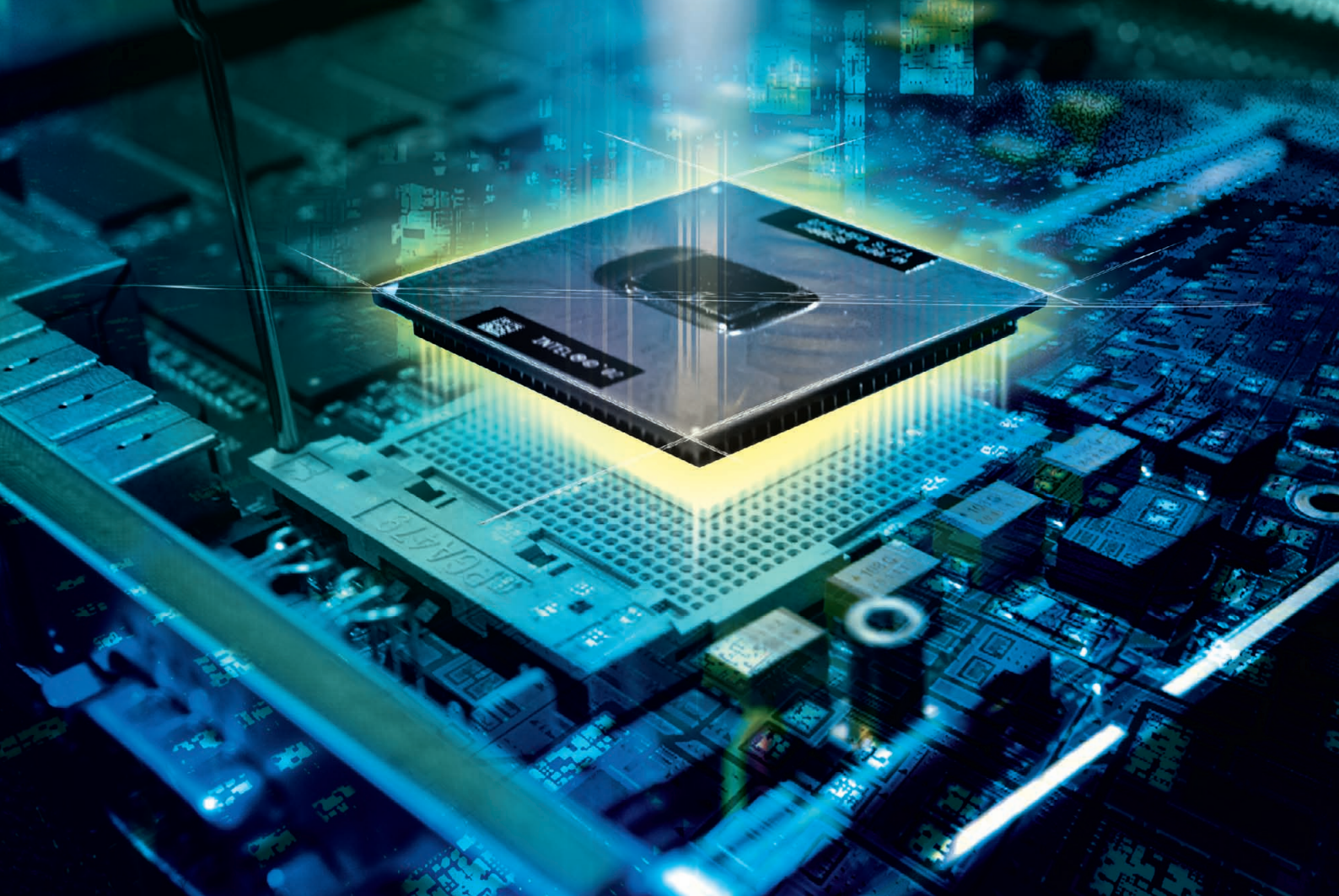
- **температурный анализ** позволяет осуществить расчёт схемы при заданных температурах окружающей среды (по умолчанию температура окружающей среды равняется 27°C). В результате выдаются соответствующие функции анализируемой схемы (токи, напряжения и т.д.) при заданных температурах;
- **анализ разброса параметров методом Монте-Карло** позволяет получить некоторые схемные функции (токи, напряжения и т.д.) при изменении параметра некоторого элемента схемы по определённому закону с использованием различных типов генераторов случайных чисел (всего 10 генераторов). Результатом анализа по методу Монте-Карло являются гистограммы изменения соответствующих функций по отношению к номинальному значению;
- **анализ чувствительности методом наихудшего случая** предназначен для определения возможного наихудшего значения некоторой функции схемы, если заданы диапазоны разброса параметров схемы. При этом рассматриваются все возможные комбинации изменения параметров в пределах разброса и определяется величина наихудшего значения рассматриваемой функции. Результатом данного анализа является нахождение наибольшего или наименьшего отклонения рассматриваемой функции от номинального значения;
- **Advanced Analysis** позволяет проектировщикам использовать в аналого-цифровой цепи методологии улучшения характеристик схемы, сокращения времени её продвижения на рынок и обеспечения качества разработки при контроле издержек на производство. Являясь дополнительным модулем PSpice и PSpice A/D, Advanced Analysis позволяет

пользователям оптимизировать работу и надёжность проектов перед их физической реализацией. Этот вид анализа охватывает анализ чувствительности методом наихудшего случая, оптимизацию, индикацию близких к аварийным режимов работы элементов и анализ разброса параметров методом Монте-Карло. При анализе чувствительности, Advanced Analysis позволяет в графическом виде отобразить изменения выходных параметров системы при возмущениях, вносимых измерениями. При оптимизации, Advanced Analysis автоматизирует итерационный процесс повторного запуска моделирования и точной подстройки проектируемого устройства; анализ индикации режимов работы элементов, близких к аварийным, реализует определение работы элементов в области безопасного функционирования. При анализе методом Монте-Карло, Advanced Analysis исследует пространство параметров, ограничения допуска элементов и оценивает вероятность реализации выходных параметров [5].

Cadence OrCAD Signal Explorer – это модуль пред- и посттопологического анализа целостности сигналов, сочетающий в себе преимущества взаимодействия среды проектирования и моделирования (см. рис. 5). Signal Explorer тесно связан с редактором печатных плат OrCAD PCB Editor и является масштабируемым решением, позволяющим значительно снизить расходы на разработку печатной платы. В случае, если уровень разработок вырастет, Signal Explorer может быть легко обновлён до более сложного программного решения Cadence Allegro PCB SI.

Модуль Signal Explorer даёт возможность анализа целостности сигналов на основе SPICE-моделирования. Он состоит из процессора Tlsim, отображения осциллограмм в SigWave, DML (Device Modeling Language, язык моделирования устройств), трансляторов из других форматов для моделирования и подсистемы управления и редактирования библиотек моделей.

Модуль Signal Explorer способен значительно ускорить работу инженеров по разработке плат с высокой плотностью монтажа, снизить вероятность ошибок. С помощью Signal Explorer можно создать и отредактировать вир-



Комплексное решение OrCAD + Aldec

Полная
Безошибочная
Интеграция ПЛИС в печатную плату

оркада

Компания ООО «Оркада»
ул. Матросская Тишина, д. 23, стр. 2
Москва, Россия, 107014
Телефон: +7 (499) 136-3213
 +7 (495) 943-5032
Факс: +7 (495) 943-6032
E-mail: info@orcada.ru
www.orcada.ru

cadence®
CHANNEL PARTNER

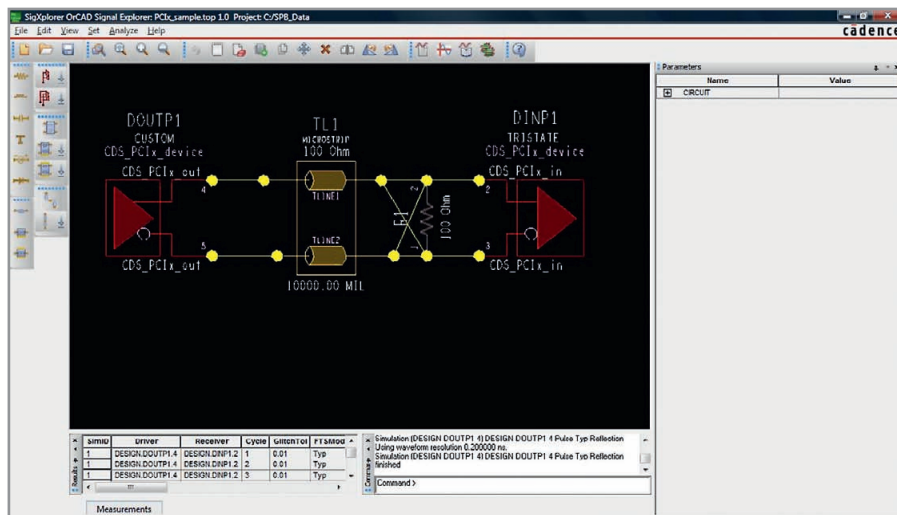


Рис. 5. Программа пред- и посттопологического анализа целостности сигналов OrCAD Signal Explorer способна значительно ускорить работу инженеров по разработке плат с высокой плотностью монтажа, снизить вероятность ошибок

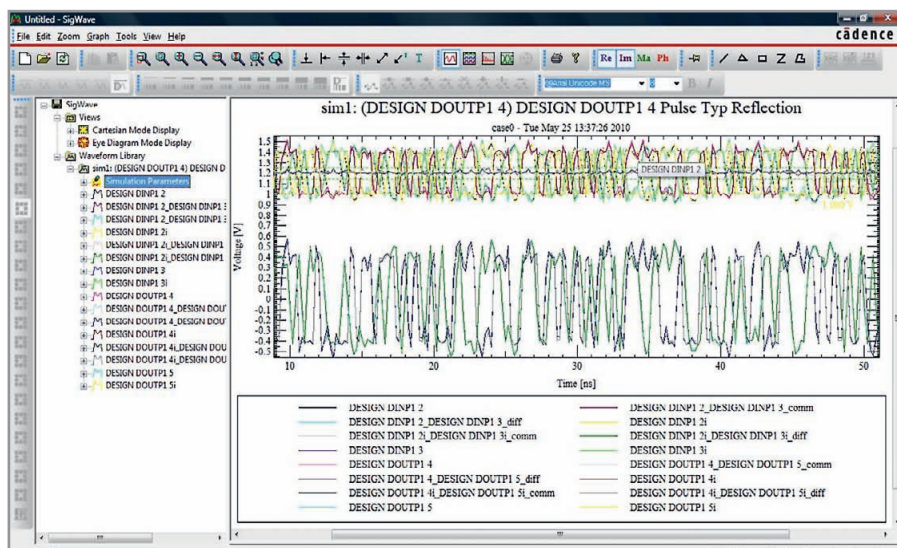


Рис. 6. SigWave – приложение, входящее в состав OrCAD Signal Explorer, – выводит на экран осциллограммы сигналов, полученных при моделировании, и обладает широким инструментарием для редактирования и преобразования графиков сигналов

туальный прототип топологии печатной платы, а затем промоделировать её работу и проверить результаты. После анализа результатов есть возможность опробовать другие топологические схемы путём перестановки и замены компонентов, изменения их параметров, а затем повторить процесс моделирования с новыми установками. Проектирование и моделирование различных вариантов топологии можно повторять неограниченное число раз до достижения оптимальных результатов. Все файлы топологий и их настройки можно сохранять и повторно использовать при будущих разработках.

Модуль Signal Explorer графически отображает результаты моделирования в виде осциллограмм и таблицы с данными. Осциллограммы отобража-

ются в редакторе SigWave (см. рис. 6). В данном редакторе можно изменять, печатать и сохранять файлы с осциллограммами. Интегрированная таблица данных даёт возможность распечатать результаты моделирования или экспортировать файлы с данными в другие программы, работающие с таблицами, например Microsoft Excel.

Основные достоинства модуля Signal Explorer:

- обеспечивает эффективную, масштабируемую пре- и посттопологическую систему связи между проектированием и моделированием;
- улучшает характеристики топологии;
- увеличивает надёжность топологии;
- исключает потребность в трансляции баз данных проекта для запуска процесса моделирования;

- экономит время благодаря виртуальной среде прототипирования, тесно связанной с OrCAD PCB Editor.

Основные возможности модуля Signal Explorer:

- поддержка макромоделей (DLM);
- поддержка формата IBIS 4.2;
- поддержка IBIS ICM-моделей;
- Spectre-to-DML-преобразование;
- HSPICE-to-IBIS-преобразование;
- графический редактор топологии;
- учёт потерь в линиях передачи;
- анализ и моделирование дифференциальных пар.

В состав Signal Explorer входит модуль SigXplorer для предтопологического проектирования. Такой тип анализа является общим на ранних этапах цикла разработки, когда инженеры оценивают характер влияния на разработку новых устройств и технологий или увеличения скорости передачи по шине. Модуль SigXplorer может использоваться для построения и обоснования топологии, а также доказательства жизнеспособности новых идей перед началом детального проектирования.

Это лишь краткий обзор пакета программ OrCAD – мощного, масштабируемого и приемлемого по цене средства разработки электронных схем и печатных плат, отвечающего всем современным требованиям и стандартам. Огромный набор библиотек компонентов, в том числе Spice-моделей и IBIS-моделей, удобная система навигации в проектах, поиска компонентов по библиотекам в Интернете делают OrCAD незаменимым средством для инженеров радиоэлектронной промышленности. Возможность передачи проектов из таких программ, как OrCAD Layout, P-CAD 4.x – 200x, PADS в OrCAD, делают переход на него удобным и доступным.

ЛИТЕРАТУРА

1. OrCAD Capture User Guide Product Version 16.3 December 2009.
2. OrCAD CIS User Guide Product Version 16.3 December 2009.
3. PSpice User's Guide, Product Version 16.3 December 2009.
4. Allegro® User Guide Product Version 16.3 December 2009.
5. Болотовский Ю.И., Таназлы Г.И. OrCAD 9.x, OrCAD 10.x. Практика моделирования. Солон-Пресс, 2008.
6. www.ema-eda.com.
7. www.cadence.com.



Учёные смогли воссоздать мозг в миниатюре на кремниевом чипе

Учёные из Университета Калгари (University of Calgary) совместно с Национальным исследовательским советом Канады (National Research Council Canada) смогли ещё на шаг приблизиться к разгадке устройства нашего мозга. В результате исследований учёным удалось разместить сеть мозговых клеток на кремниевом микрочипе, фактически воссоздав мозг в миниатюре.

Ранее учёные могли отслеживать работу лишь одной или двух клеток, однако благодаря новым микрочипам появилась возможность детального изучения совокупности клеток. Это позволит, согласно интернет-журналу PhysOrg, создавать автоматизированные сети, предназначенные для наблюдения за клетками мозга, что открывает возможности в будущем разрабатывать лекарства для лечения множества дисфункций головного мозга, таких как болезнь Альцгеймера или Паркинсона.

Однако это только начало. В дальнейшем новые микрочипы откроют путь к нейроимплантатам для управления искусственными конечностями, лечения инсультов и травм мозга. Globe and Mail даже высказывает идею о совмещении живых нейронов с кремниевыми цепями для создания «органического компьютера». Что из этого станет реальностью – целиком зависит от дальнейших исследований и разработок.

<http://www.engadget.com/>

Инновационные солнечные ячейки PETE собирают не только свет, но и тепло

Солнечная батарея является весьма «зелёным» способом получения электрической энергии. Вот только эффективность средней солнечной панели редко превышает 20%. Учёные знают об этом и постоянно совершенствуют солнечные панели. Последняя разработка в сфере солнечной энергии предполагает сбор не только света, но и тепла, излучаемого нашим светилом.



Наиболее популярный тип современных солнечных батарей использует фотоэлектрические ячейки. Их работа основана на восприятии фотонов света определённой энергии и сообщения возбуждения электронам, после чего те устремляются в движение по проводнику, генерируя ток. Такая схема не идеальна и оставляет множество места для последующего улучшения.

Средняя ячейка может собрать не более 20% поступающей на неё солнечной энергии, наиболее продвинутые – не более 40%. В общем, множество фотонов только и ждут, чтобы их «собрали». Проблема кроется в избирательности фотоэлектрических ячеек – часто они ограничены излучением видимого спектра, часть которого отражается, а самые заряженные энергией фотоны теряются в виде тепла.

И тут очень кстати пригождается эффект, носящий название «термоэлектронной конвертации энергии» (thermionic energy converter, TEC). Конвертеры работают, отправляя электроны от горячего катода к менее нагретому аноду (эта технология была разработана под эгидой NASA и Космической программы СССР). В обычных «комнатных» условиях нагреть катод так сильно, чтобы конвертер начал работать, весьма проблематично, однако в условиях интенсивного прямого солнечного света технология просто-таки расцветает.

Учёные смогли приспособить TEC к нуждам солнечных ячеек, внося некоторые изменения. Получившаяся технология называется термоэлектронной эмиссией фотонов с повышенной энергией (photon-enhanced thermionic emission, PETE). PETE использует катод и анод так же, как и TEC, однако в случае с PETE катод является полупроводником, а не металлической пластиной. В ячейке PETE солнечная энергия доставляет фотоны только до половины пути, возбуждая их и отправляя на поверхность катода. Когда фотоны доходят до поверхности, они генерируют ещё больше энергии, поглощая падающее на панель тепло.

Чтобы дальше не утомлять уважаемых читателей тонкостями процесса, приведём цифры результатов. Стократно сконцентрированная солнечная энергия повышает эффективность PETE-ячеек до 32% (вспомните 20% у обычной ячейки). Увеличение концентрации солнечной энергии в 3000 раз ещё больше повышает эффективность PETE, доводя её до 47%.

Разумеется, есть и минусы. Такую концентрацию солнечной энергии можно получить лишь в самых жарких и сухих об-

ластях нашей планеты, либо применив точно настроенные зеркала. В противном случае придётся искусственно поддерживать тепло в катоде, а это уже потеря эффективности. В целом PETE не ставит каких-то абсолютных и поражающих воображение рекордов, но авторы утверждают, что новая система солнечных ячеек с лёгкостью превзойдёт по эффективности большинство традиционных систем, применяющихся в современных панелях. А если использовать при производстве PETE-ячеек современные наноматериалы, то у «классики» вообще не остаётся никаких шансов.

<http://www.engadget.com/>

«Электронный нос» нового поколения на подходе

Учёные из исследовательского центра IMEC (Interuniversity Microelectronics Centre), который находится в бельгийском городе Левен, и его филиала Holst Center, который размещён в нидерландском городе Эйндховен, работают над созданием «электронного носа», чувствительность которого будет превышать все существующие аналоги.

Команда исследователей разработала высокочувствительный датчик с небольшим энергопотреблением, способный распознавать множество газов. Новинка будет передавать информацию о зафиксированных газах с помощью беспроводных сетей. Такое устройство может найти применение в разнообразных отраслях: от здравоохранения до пищевой промышленности.

Датчик основан на базе так называемых микромостиков, которые вибрируют независимо друг от друга. Микромостики покрываются разнообразными полимерами, которые благодаря разной скорости поглощения газов меняют частоту вибрации. Именно изменение частоты вибрации позволяет зафиксировать наличие газа в окружающей среде, даже если его концентрация просто ничтожна.

Площадь датчика, разработанного инженерами IMEC и Holst Center, равна 8,8 × 8,8 мм, он потребляет всего 170 нВт. Новые датчики заменят традиционные «электронные носы» (химические резисторы и кристаллы кварца), которые потребляют намного больше электроэнергии, что не позволяет им работать в беспроводных сетях. Эксперты предполагают, что подобные приборы будут стоить менее \$100. Цены существующих аналогов превышают \$8000.

<http://www.eet.com/>

Средство безопасной загрузки программных модулей

**Владимир Аникеев, Михаил Марунин,
Андрей Точилин (Нижегородская обл.),
Олег Жердин (Челябинская обл.)**

В статье представлены варианты структурного построения средств безопасной загрузки программных модулей в среде MS DOS/Windows.

Практическая эксплуатация программно-аппаратных средств значительно повышает роль обеспечения безопасности исполняемых файлов [1]. Основным требованием, предъявляемым к обеспечению безопасности исполняемых файлов, является ограничение их нелегального использования, а именно:

- невозможность нелегального запуска исполняемых файлов на выполнение;
- невозможность нелегального копирования исполняемых файлов;
- защита исполняемых файлов от заражения вирусом.

Кроме того, исполняемый файл должен быть защищён от действий дизассемблера, отладчика и трассировки по заданному прерыванию. Все эти требования должны учитываться в процессе создания и эксплуатации автоматизированных систем [2].

Обеспечить безопасность исполняемого файла от нелегального использования можно двумя основными способами:

- вставкой фрагмента проверочного кода в исполняемый файл;
- преобразованием исполняемого файла к неисполняемому виду и применением для загрузки не операционной среды, а некоторой программы, в теле которой и осуществляются необходимые проверки и преобразования.

Операционная система MS DOS поддерживает два типа исполняемых файлов: COM и EXE. Файлы типа COM – более простые в смысле обеспечения безопасности, они являются всего лишь двоичным образом задачи. При запуске такого файла MS DOS считывает его в память по смещению 100h и передаёт управление на его первый байт. В том же сегменте по смещению 0 записывается PSP (префикс программного сегмента) – структура данных, необходи-

мая программе для получения доступа к элементам командной строки и др.

Файлы типа EXE более сложны по своей структуре. Они предназначены для создания программ, код или данные которых превышают по размеру 64 Кб (максимальный размер COM-файла). Поскольку максимальный размер сегмента в среде MS DOS также равен 64 Кб (что является ограничением на длину COM-файла), MS DOS записывает коды и данные из EXE-файла в несколько сегментов, используя информацию из структуры, находящейся в начале файла (из заголовка EXE-файла).

Файл EXE состоит из двух частей: управляющей информации для средства загрузки и собственно загрузочного модуля. Информация для средства загрузки расположена в начале файла и образует заголовок. За ним следует тело загрузочного модуля. Тело загрузочного модуля начинается на границе блока и представляет собой копию образа памяти задачи. Сложность обеспечения безопасности этого типа программ заключается в том, что, кроме модификации кода и добавления кода безопасности к файлу, приходится приводить данные в заголовке EXE-файла в соответствие с внесёнными в него изменениями для обеспечения правильной загрузки и выполнения основного кода после выполнения кода безопасности.

Необходимость дополнения готового исполняемого модуля некоторыми функциями, которые выполняются до начала работы основного модуля, встречается достаточно часто. Это может быть, например, подсчёт контрольных сумм с целью обнаружения файлового вируса, установление пароля доступа к файлу или проверка наличия некоторой идентифицирующей информации (например, для защиты от копирования).

Модификация программы с целью добавления необходимого программного кода безопасности реализуется «вирусным» методом. Для программы в формате EXE-файла в конец файла добавляется необходимый код, корректируются точка входа и размер файла. Для программ в формате COM-файла (длина результирующего файла не превышает 64К) требуемый код добавляется в конец файла, а часть кода, находящегося в начале программы, корректируется для безусловного перехода на добавленный код.

Получив управление, добавленный код должен выполнить аутентификацию пользователя, персонального компьютера или дискеты. Эту функцию следует выполнять в закрытом от изучения коде. При положительном результате аутентификации управление передаётся основной программе. В противном случае выполнение программы прекращается, и может быть выведено сообщение о нелегальном действии.

Большинство программ загружаются в память, запускаются, а затем удаляются из памяти операционной системой. Если же для обеспечения безопасности программы от нелегального запуска преобразовать загрузочный модуль, то MS DOS не сможет выполнить загрузку. В этом случае загружаемая программа будет защищена от заражения вирусом, дизассемблирования и отладчика; копирование преобразованного файла также не приведёт к желаемому результату [3, 4].

Для загрузки программ MS DOS использует функцию 4Bh прерывания 21h, предполагая, что загрузочный модуль имеет определённую структуру. Естественно, в преобразованном модуле эта структура не соблюдается, и попытка загрузить такую программу окончится неудачей. Для запуска преобразованных программ необходимо средство загрузки (loader, загрузчик), которое будет считывать преобразованную программу в память, осуществлять её восстановление, выполнять

работу MS DOS по настройке адресов и заполнению служебных полей и после этого передавать ей управление. Загрузчик также может проверять легальность запуска преобразованных программ. После запуска программы загрузчик может «исчезать» из памяти, чтобы не отнимать ресурсы у программы.

Локализация проверочных кодов в средстве загрузки позволяет избежать увеличения размеров преобразованных программ. Если же средство загрузки не копировать на жёсткий диск и всегда запускать его с персонального носителя данных, который хранится у владельца преобразованных программ, то получить непреобразованную копию программ не сможет даже самый опытный хакер. В этом случае носитель с программой загрузки будет играть роль физического ключа для восстановления программ.

Трассировка программы по заданному прерыванию заключается в следующем: «программа-шпион» адресует вектор заданного прерывания на собственную функцию, которая до или после выполнения прерывания останавливает процесс выполнения программы и позволяет «программе-шпиону» ознакомиться с интересующей информацией.

Для защиты от трассировки можно предпринять следующие меры:

- не использовать прерывания в средстве загрузки;
- блокировать трассировку прерываний int 13h, int 40h, int 21h;
- после отработки значимого фрагмента кода приводить его в нерабочее состояние.

Для обеспечения безопасности средства загрузки должно быть исключено попадание его носителя посторонним лицам, а запуск с носителя необходимо осуществлять, указав в командной строке путь к преобразованному исполняемому файлу, например, *a:\loader c:\work\filename*.

Рассмотренное средство загрузки позволяет запускать на выполнение любые исполняемые файлы из командной строки, а его вызов может также осуществляться из другого файла.

Разработка программного обеспечения запуска исполняемых файлов проводилась по двум направлениям:

- разработка средства загрузки исполняемых файлов в среде MS DOS;
- разработка средства загрузки исполняемых файлов в среде MS Windows.

Блок-схема программы *LOADER* в среде MS DOS приведена на рисунке 1. Эту программу можно использовать и в среде MS Windows для запуска файлов, созданных для работы в среде MS DOS. В этом случае MS Windows открывает DOS-процесс для выполнения этих файлов.

Преобразование исполняемого файла может осуществляться по одному из известных алгоритмов преобразования, например ГОСТ 28147-89, при этом конфиденциальные параметры преобразования следует расположить на носителе вместе с программой загрузки (в преобразованном виде) или получать их только в процессе работы, например, с внешнего устройства, через последовательный порт.

Для носителя можно использовать нестандартное форматирование или иные способы достижения безопасности. Потенциально опасным моментом является легальное считывание конфиденциальных параметров с носителя. Для этого используется прерывание int 13h. Для обеспечения защиты от возможного его перехвата следует заменить данное прерывание прямым обращением к BIOS.

Загрузчик *LOADER* защищён от трассировки отладчиком с помощью измерения времени выполнения фрагмента программы. Кроме того, если работа программы контролируется отладчиком, то клавиатура персонального компьютера будет заблокирована. Что касается защиты от дизассемблера, то обеспечить безопасность средства загрузки достаточно сложно, и этот вопрос в данной статье не затрагивается.

В начале выполнения программы *LOADER* производится замер времени выполнения эталонного участка программы. Для получения отсчётов времени используется системный счётчик 0000h:046Ch. Если программа работает под управлением отладчика, то происходит выход (в этом случае можно сгенерировать коды с помощью счётчика случайных чисел). Иначе происходит переход на процедуру *func*, где проводится проверка правильности ввода из командной строки. Если при вводе обнаружена ошибка, то происходит выход из программы.

Далее, проводится подготовка среды (иногда применяется термин «окружение», Environment) для запускаемой программы. Окружение MS DOS – это область памяти длиной до 32 Кб, в которой MS DOS сохраняет переменные

окружения *COMSPEC*, *PATH*, *PROMPT* и т.п. Каждая переменная окружения представляет собой текстовую строку. Каждая строка окружения оканчивается нулём; конец окружения обозначается двумя нулями подряд. Начиная с версии MS DOS 3.0, после окружения располагается дополнительная строка, содержащая полное имя запущенной программы (с указанием маршрута) и, возможно, параметры обращения к программе. Таким образом, чтобы найти имя запускаемого файла, необходимо отыскать в окружении MS DOS два нуля подряд – это признак расширенной части окружения. Слово, следующее за этим признаком, содержит количество переменных в расширенной части, за ним помещаются сами переменные. Например, в терминах ассемблера структура окружения может быть такой:

```
db 'COMSPEC=C:\COMMAND.COM', 0
; Переменная COMSPEC
db 'PATH=C:\;C:\DOS', 0
; Переменная PATH
db 'PROMPT=$p$g', 0
; Переменная PROMPT
dw 2
; Количество переменных в расширенной части
db 'A:\LOADER', 0
; Имя файла
```

Для каждой программы MS DOS создаёт отдельную копию окружения. Сегментный адрес среды помещается в префикс программного сегмента (PSP). После запуска программы нет необходимости выделять новую память под окружение запускаемой программы, а можно воспользоваться окружением, которое создала MS DOS для загрузчика при его запуске, поскольку само средство загрузки уже не нужно. Для этого достаточно после окружения средства загрузки вписать имя запускаемой программы.

Если подобным же образом повторно использовать и PSP-средства загрузки (для этого надо загружать запускаемую программу в то же место памяти, куда был загружен *LOADER*), то подготовку среды можно считать законченной, поскольку в PSP уже стоит правильный адрес окружения.

Имя может оказаться длиннее, чем полное имя средства загрузки, и не поместиться в область памяти окружения. В этом случае можно попробовать расширить блок памяти окружения

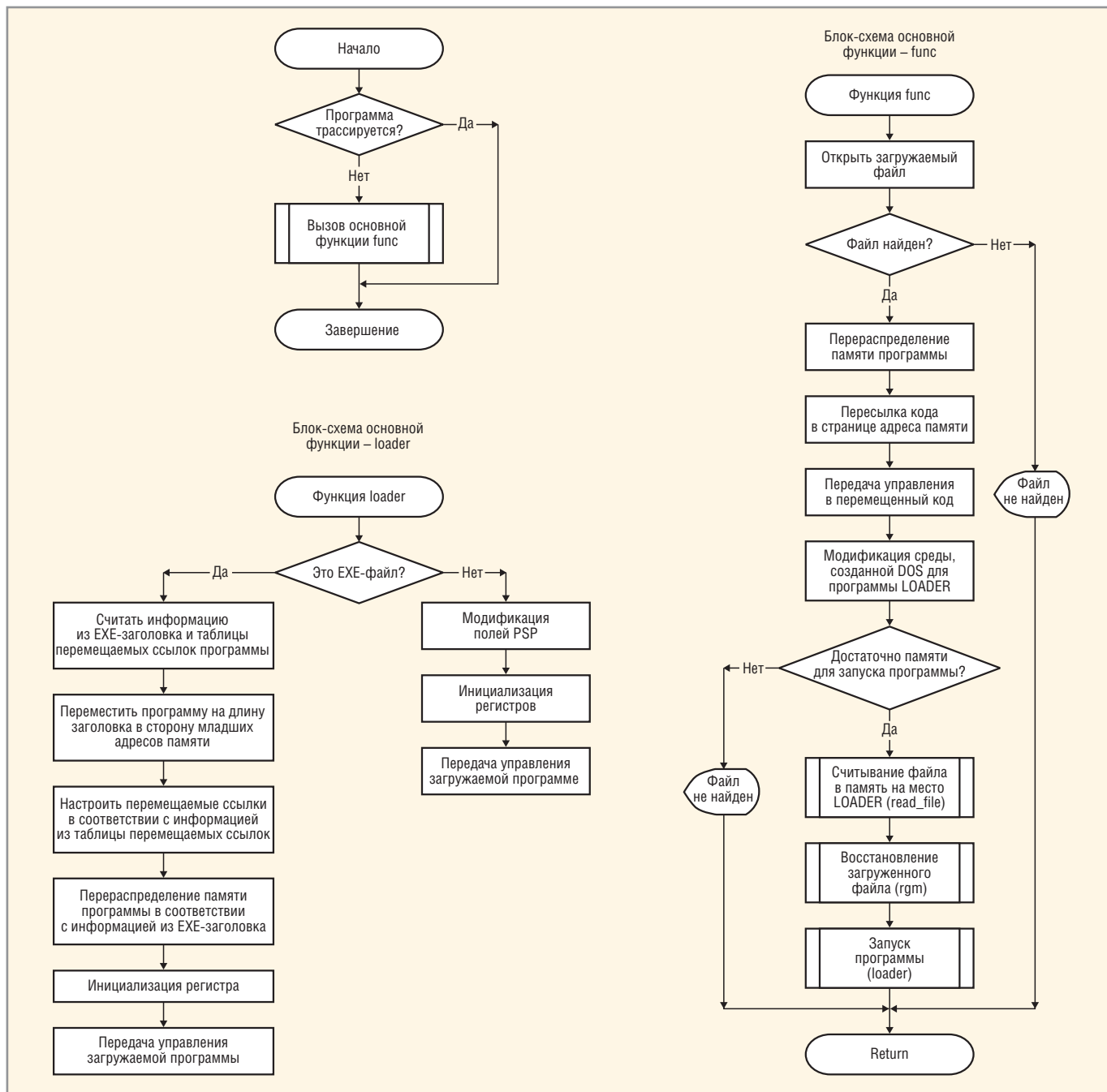


Рис. 1. Блок-схема программы **LOADER** в среде MS DOS

или запросить пользователя скопировать **LOADER** в один каталог с запускаемой программой и ещё раз запустить его. При этом длины полных имён средства загрузки и программы будут почти одинаковы.

На втором этапе работы необходимо загрузить программу в память, причём на то же место, куда был загружен **LOADER**. Сначала надо освободить место под загрузку программы. Для этого можно переместить код средства загрузки в старшие адреса памяти и передать туда управление. Затем следует определить длину загружаемого файла и записать её в поле длины области памяти блока MCB (блок управления памятью) того сегмента памяти, где из-

начально располагался загрузчик. Теперь можно считать программу в память, начиная со следующего после PSP средства загрузки параграфа. На третьем этапе производится восстановление программы в памяти.

Таким образом, алгоритм работы средства загрузки следующий. Сначала определяется формат загрузочного модуля: EXE или COM. Если программа имеет COM-формат, то достаточно заполнить некоторые поля PSP, соответствующим образом инициализировать регистры и передать управление загруженной программе с адреса CS:100h. С этого момента программа начнёт выполняться так, как если бы она была загружена MS DOS.

Если программа имеет формат EXE, то необходимо сделать несколько дополнительных шагов:

- считать информацию из EXE-заголовка и таблицы перемещаемых ссылок программы;
- переместить программу на длину заголовка в сторону младших адресов памяти;
- настроить перемещаемые ссылки в соответствии с информацией из таблицы перемещаемых ссылок;
- перераспределить память программы в соответствии с информацией из EXE-заголовка.

Только после этих шагов можно инициализировать регистры и передавать управление загруженной программе.

Поскольку при пересылке средства загрузки в старшие адреса адресного пространства никаких выделений памяти не производится, для MS DOS это перемещение остаётся незамеченным, следовательно, система будет считать всю память, расположенную после запускаемой программы, свободной. Таким образом, средство загрузки как бы «исчезает» из памяти после выполнения своей функции. По окончании работы программы, MS DOS либо очистит занимаемую программой память, либо оставит программу резидентной, в зависимости от того, как она завершает свою работу.

Рассмотрим методику работы средства загрузки исполняемых файлов для среды MS Windows. Данная методика позволяет легально запускать исполняемые файлы для 32-разрядных операционных систем MS Windows 95 и Windows NT. Блок-схема программы *LOADER* в среде Windows приведена на рисунке 2. В её основе лежит преобразование исполняемого файла в соответствии с выбранным алгоритмом преобразования.

Перед запуском любой исполняемой программы, на которой установлена защита от нелегального запуска, происходит запуск программы средства загрузки, проверяющей полномочия пользователя, который производит запуск программы. В состав проверки полномочий входит:

- проверка пароля, введённого пользователем;
- проверка текущей конфигурации машины и операционной системы (защита от нелегального копирования программ).

После того как пользователь произвёл запуск исполняемого файла, на котором установлена защита, загрузчик запрашивает у пользователя пароль, длина которого ограничена 32 символами. После ввода пароля производится восстановление конфиденциальных параметров. Из восстановленных конфиденциальных параметров производится проверка правильности введённого пароля и полномочий пользователя. Если результат проверки отрицательный, программа автоматически завершит работу с данным пользователем.

При положительном результате проверки пароля происходит проверка конфигурации компьютера. Если данная проверка выявила несовпадения в конфигурации машины, программа

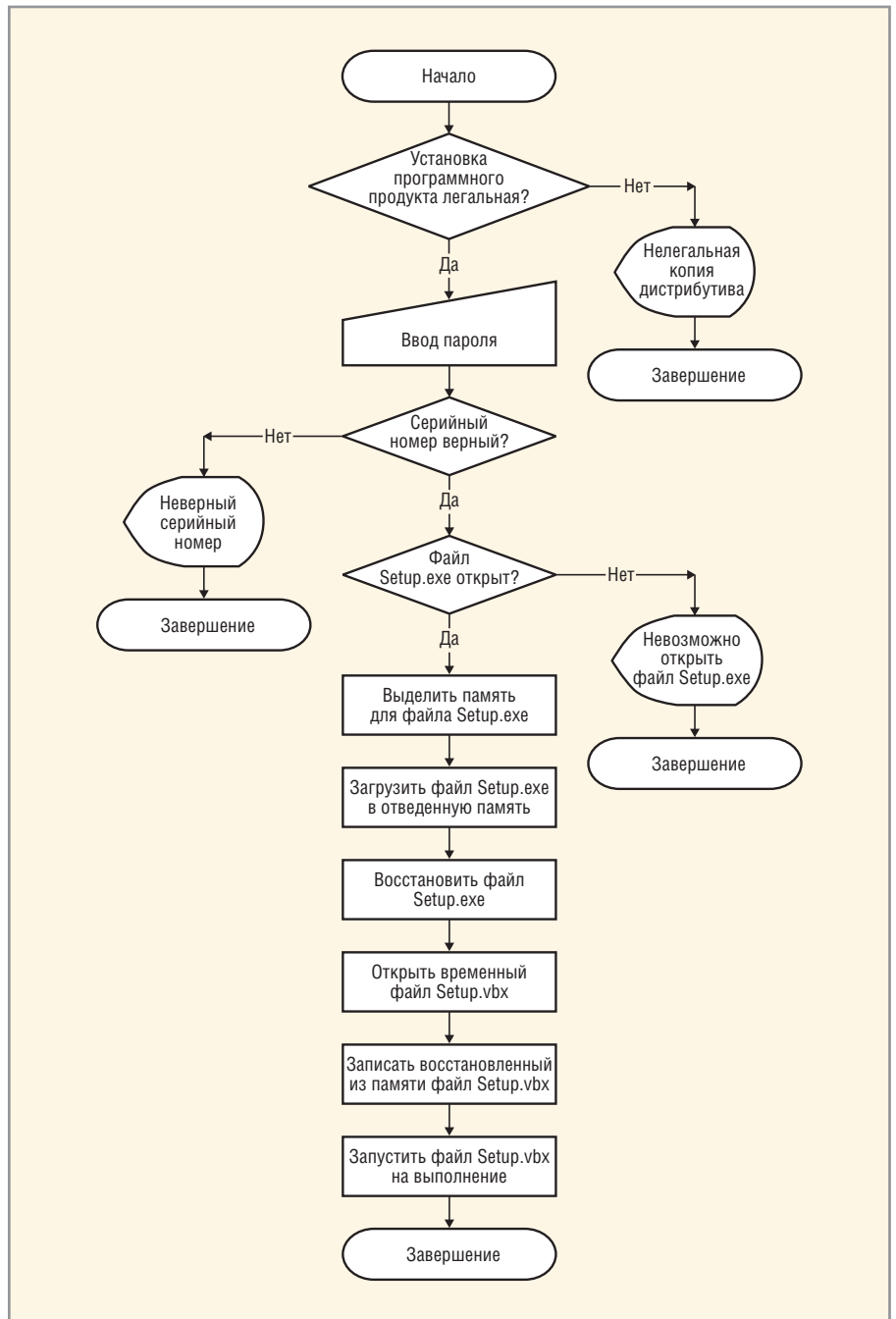


Рис. 2. Блок-схема программы *LOADER* в среде Windows

автоматически завершит работу с данным пользователем. После всех проверок загрузчик производит восстановление запускаемого файла в оперативную память и передаёт управление программе, а сам выгружается из памяти.

Таким образом, любая программа, на которой установлена защита от нелегального запуска, хранится на диске в преобразованном виде, и доступ к ней может получить практически любой пользователь компьютера. Но получить доступ к открытому исполняемому файлу практически невозможно, поскольку восстановление происходит непосредственно в память только на момент выполнения

программы. По окончании сеанса работы программы вся занимаемая программой часть оперативной памяти очищается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынов А.П., Фомченко В.Н. Криптография и электроника. Под ред. А.И. Астайкина. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2006.
2. Защита от несанкционированного доступа к информации: Термины и определения, Руководящий документ Гостехкомиссии России. Военное издательство, 1992.
3. Джордейн Р. Справочник программиста персональных компьютеров типа IBM PC, XT и AT. Финансы и статистика, 1992.
4. Щербakov А. Защита от копирования. Эдэль, 1992.

Современная среда разработки mikroC для программирования микроконтроллеров на языке высокого уровня Си

(часть 2)

Олег Вальпа (Челябинская обл.)

Приводится описание современной, мощной и удобной среды разработки mikroC, которая включает большую библиотеку готовых функций для работы с разнообразными интерфейсами и устройствами и позволяет быстро создавать эффективные программы на языке высокого уровня Си для микроконтроллеров семейств PIC, AVR, MCS-51 и др.

Библиотека функций с примерами программ и схем подключения

Рассмотрим описание основных библиотечных функций для работы с наиболее распространёнными узлами микроконтроллера и примеры их использования в программе на основе приводимых схем подключения.

Функции для работы с ADC

Модуль ADC (Analog to Digital Converter, АЦП) есть во многих моделях PIC-контроллеров. Библиотечная функция `Adc_Read` (см. таблицу 3) предназначена для удобства работы с этим модулем.

Следующая программа читает аналоговое значение из второго канала

АЦП и выводит двоичный код на светодиоды, подключенные к портам PORTD (младшие 8 бит) и PORTB (2 старших бита), показанным на рисунке 22.

```
unsigned int temp_res;
void main() {
ADCON1 = 0x80; // Конфигурирование аналоговых входов и Vref
TRISA = 0xFF; // Все выходы PORTA - входы
TRISB = 0x3F; // Выводы RB7, RB6 - выходы
TRISD = 0; // Все выходы PORTD - выходы
do {
temp_res = Adc_Read(2); // полу-
```

Таблица 3. Описание функции `Adc_Read`

Прототип	<code>unsigned Adc_Read(unsigned short channel)</code>
Результат	10-битовое беззнаковое число, прочитанное из указанного канала
Описание	Инициализирует внутренний модуль ADC микроконтроллера для работы с тактовым генератором RC. Тактовый генератор определяет длительность преобразования. Параметр <code>channel</code> представляет номер канала, напряжение с которого преобразуется АЦП. Соответствие номеров выводов и номеров каналов приведено в документации на используемый микроконтроллер
Требования	PIC-микроконтроллер со встроенным модулем АЦП. Данные о наличии таких модулей в конкретных устройствах есть в документации (АЦП присутствуют в большинстве представителей семейств P16 и P18). Перед использованием функции необходимо сконфигурировать соответствующий вывод как вход установкой в единичное состояние соответствующего бита регистра <code>TRISx</code> . Также этот вывод должен быть сконфигурирован как аналоговый вход и задан источник опорного напряжения <code>Vref</code> . В ранних версиях mikroC функция может не поддерживаться микроконтроллерами: P18F2331, P18F2431, P18F4331 и P18F4431
Пример	<code>unsigned tmp; ... tmp = Adc_Read(1); /* чтение аналогового значения из канала 1 */</code>

Таблица 4. Описание функции `Keypad_Init`

Прототип	<code>void Keypad_Init(unsigned *port)</code>
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Инициализирует порт для работы с клавиатурой. Должна вызываться перед использованием других функций данной библиотеки
Требования	Нет
Пример	<code>Keypad_Init(&PORTB)</code>

Таблица 5. Описание функции `Keypad_Read`

Прототип	<code>unsigned short Keypad_Read(void)</code>
Возвращаемое значение	1 – 16 в зависимости от нажатой клавиши и 0, если нет нажатых клавиш
Описание	Проверяет нажатие клавиши. Функция возвращает 1 – 16 в зависимости от нажатой клавиши и 0, если нет нажатых клавиш
Требования	Порт должен быть предварительно проинициализирован с помощью функции <code>Keypad_Init</code>
Пример	<code>kr = Keypad_Read()</code>

Таблица 6. Описание функции `Keypad_Released`

Прототип	<code>unsigned short Keypad_Released(void)</code>
Возвращаемое значение	Возвращаемое значение 1 – 16 в зависимости от клавиши
Описание	Вызов функции <code>Keypad_Released</code> – блокирующий: функция ждёт, пока клавиша не будет нажата и отпущена. При отпуске клавиши функция возвращает код от 1 до 16 в зависимости от клавиши
Требования	Порт должен быть предварительно проинициализирован с помощью функции <code>Keypad_Init</code>
Пример	<code>kr = Keypad_Released()</code>

```

читать результат преобразования
PORTD = temp_res; // Вывести
младшие 8 битов в PORTD
PORTB = temp_res >> 2; // Вывести
старшие 2 бита на RB7, RB6
} while(1);
}
    
```

ФУНКЦИИ ДЛЯ РАБОТЫ С КЛАВИАТУРОЙ

Рассмотрим функции для работы с клавиатурой, организованной в виде матрицы 4 × 4. Данные функции также могут использоваться для обслуживания клавиатур 4 × 1, 4 × 2 и 4 × 3. Схема подключения клавиатуры представлена на рисунке 23.

Для работы с клавиатурой используются библиотечные функции Keypad_Init, Keypad_Read и Keypad_Released. Описание этих функций представлено в таблицах 4, 5 и 6 соответственно.

Следующий программный код может быть использован для проверки клавиатуры. Он поддерживает клавиатуры с матричной организацией от 1 до 4 строк и от 1 до 4 столбцов. Код, возвращаемый библиотечными функциями, перекодируется в ASCII-коды [0..9, A..F]. Дополнительно используется однобайтовый счётчик для вывода общего количества нажатий на клавиши во второй строке ЖКИ.

```

unsigned short kp, cnt;
char txt[5];
void main() {
cnt = 0;
Keypad_Init(&PORTC);
    
```

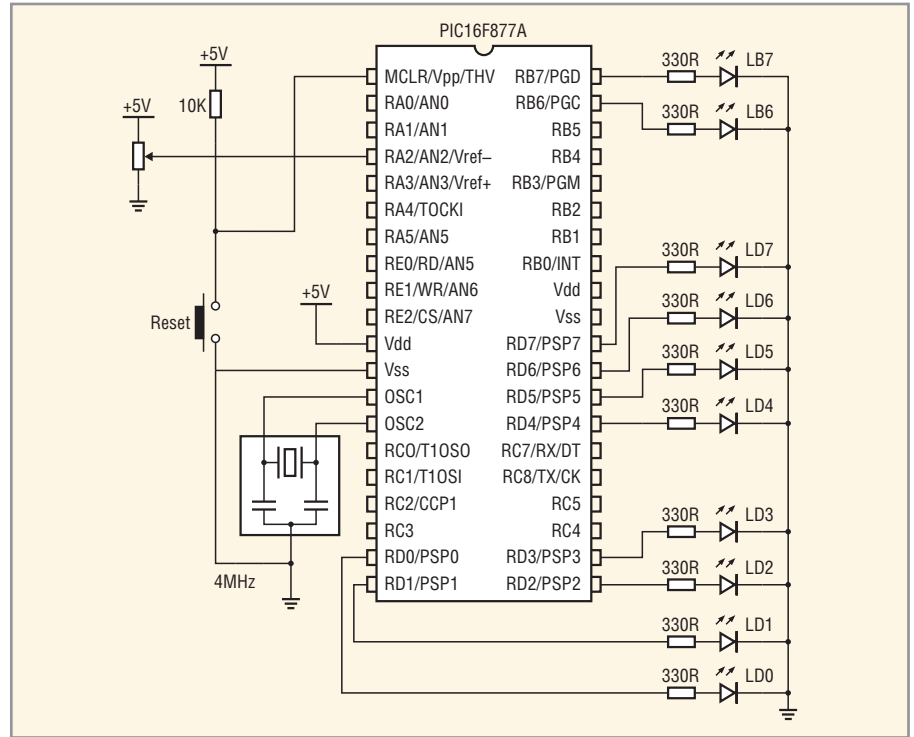


Рис. 22. Схема подключения АЦП

```

Lcd_Init(&PORTB); // Инициализация LCD на PORTC
Lcd_Cmd(LCD_CLEAR); // Очистка дисплея
Lcd_Cmd(LCD_CURSOR_OFF); // Отключение курсора
Lcd_Out(1, 1, "Key :");
Lcd_Out(2, 1, "Times:");
do {
kp = 0;
//--- Ожидание нажатия клавиши
do
//--- закомментировать неиспользуемую функцию опроса клавиатуры
kp = Keypad_Released();
    
```

```

//kp = Keypad_Read();
while (!kp);
cnt++;
//--- подготовить значение для вывода
if (kp > 10)
kp += 54;
else
kp += 47;
//--- вывод его на LCD
Lcd_Chrc(1, 10, kp);
WordToStr(cnt, txt);
Lcd_Out(2, 10, txt);
} while (1);
} // конец программы
    
```

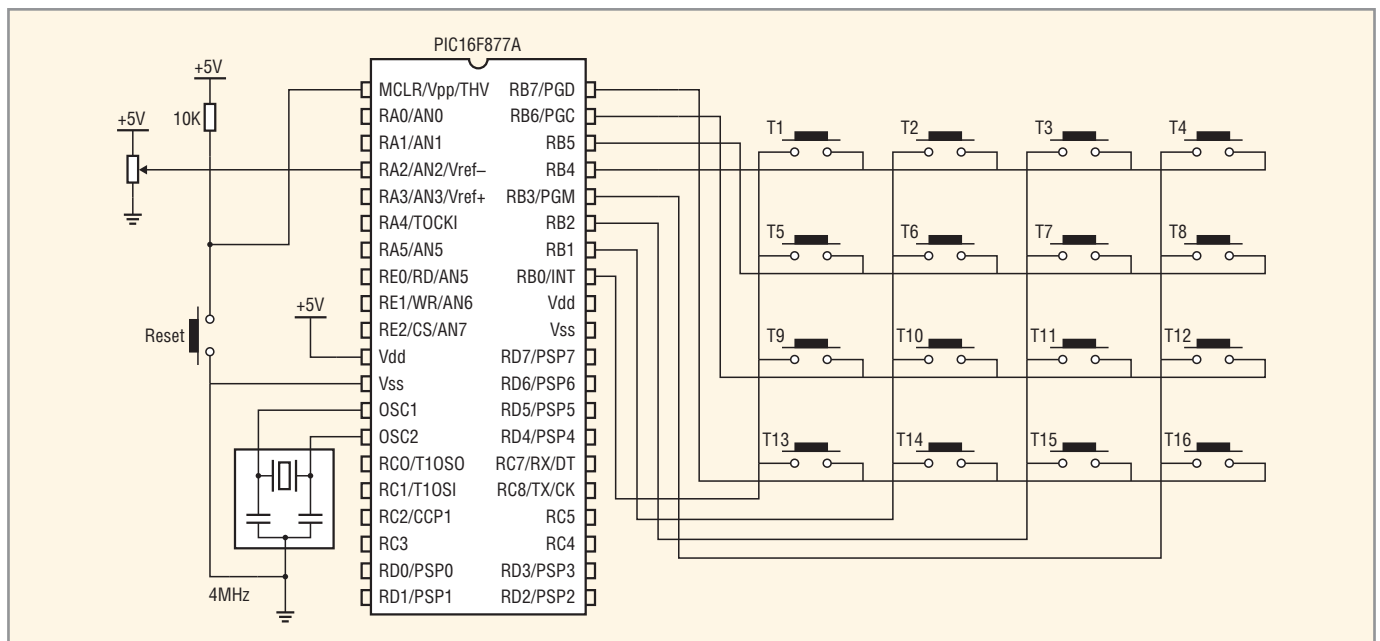


Рис. 23. Схема подключения клавиатуры 4 × 4

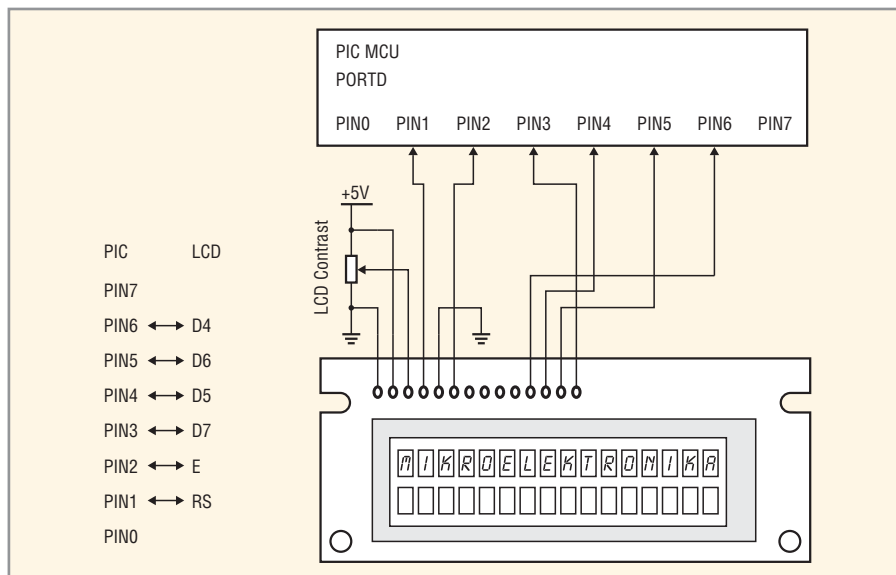


Рис. 24. Схема подключение ЖКИ

Функции для работы с LCD

Рассмотрим функции для работы с наиболее широко распространёнными ЖКИ-контроллерами по четырёхбитному интерфейсу с использованием

определённых программистом выводов. Схема подключения контроллера ЖКИ к PIC представлена на рисунке 24.

Перед тем как вызывать библиотечные функции, следует убедиться, что

используемый для работы с ЖКИ порт настроен на вывод. Для работы с клавиатурой используются библиотечные функции `Lcd_Custom_Config`, `Lcd_Custom_Out`, `Lcd_Custom_Out_Cp`, `Lcd_Custom_Chr`, `Lcd_Custom_Chr_Cp` и `Lcd_Custom_Cmd`. Описание этих функций представлено в таблицах 7 – 13 соответственно.

Следующий программный код демонстрирует пример использования описанных функций и позволяет отобразить на дисплее строку `mikroElektronika`.

```
char *text = "mikroElektronika";
void main() {
    TRISD = 0; // PORTD на вывод
    // Инициализировать LCD на порт PORTD
    Lcd_Custom_Config(&PORTD,3,5,4,6,
    &PORTD,1,0,2);
    Lcd_Custom_Cmd(Lcd_CURSOR_OFF);
    // Выключить LCD
    Lcd_Custom_Out(1, 1, text); //
    Вывести текст на LCD
}
```

Таблица 7. Описание функции `Lcd_Custom_Config`

Прототип	<code>void Lcd_Custom_Config(char * data_port, char D7, char D6, char D5, char D4, char * ctrl_port, char RS, char WR, char EN)</code>
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Инициализирует порт данных (<code>data_port</code>) и управления (<code>control_port</code>) в соответствии с заданным назначением разрядов
Требования	Нет
Пример	<code>Lcd_Custom_Config(&PORTD,3,2,1,0,&PORTB,2,3,4)</code>

Таблица 8. Описание функции `Lcd_Custom_Out`

Прототип	<code>void Lcd_Custom_Out(char row, char col, char *text)</code>
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Выводит на LCD <code>text</code> в заданную строку и заданную позицию (аргументы <code>row</code> и <code>col</code>). В качестве <code>text</code> может использоваться как строковая переменная, так и литерал
Требования	Порт, к которому подключен контроллер ЖКИ, должен быть проинициализирован функцией <code>Lcd_Custom_Config</code>
Пример	Вывод «Hello!» на LCD в строку 1, с позиции 3: <code>Lcd_Custom_Out(1, 3, "Hello!");</code>

Таблица 9. Описание функции `Lcd_Custom_Out_Cp`

Прототип	<code>void Lcd_Custom_Out_Cp(char *text)</code>
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Выводит <code>text</code> на ЖКИ, начиная с текущей позиции курсора. В качестве <code>text</code> может использоваться как строковая переменная, так и литерал
Требования	Порт, к которому подключен контроллер ЖКИ, должен быть проинициализирован функцией <code>Lcd_Custom_Config</code>
Пример	Вывод «Here!» с текущей позиции курсора: <code>Lcd_Custom_Out_Cp("Here!")</code>

Таблица 10. Описание функции `Lcd_Custom_Chr`

Прототип	<code>void Lcd_Custom_Chr(char row, char col, char character)</code>
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Вывод символа <code>character</code> на ЖКИ в заданную строку и позицию (аргументы <code>row</code> и <code>col</code>). В качестве <code>character</code> может использоваться как переменная, так и литерал
Требования	Порт, к которому подключен контроллер LCD, должен быть проинициализирован функцией <code>Lcd_Custom_Config</code>
Пример	Вывод «!» на ЖКИ в строку 2, позицию 3: <code>Lcd_Custom_Chr(2, 3, '!')</code>

Таблица 11. Описание функции `Lcd_Custom_Chr_Cp`

Прототип	<code>void Lcd_Custom_Chr_Cp(char character)</code>
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Выводит символ <code>character</code> на ЖКИ в текущую позицию курсора. В качестве <code>character</code> может использоваться как переменная, так и литерал
Требования	Порт, к которому подключен контроллер ЖКИ, должен быть проинициализирован функцией <code>Lcd_Custom_Config</code>
Пример	Вывод «e» в текущую позицию: <code>Lcd_Custom_Chr_Cp('e')</code>

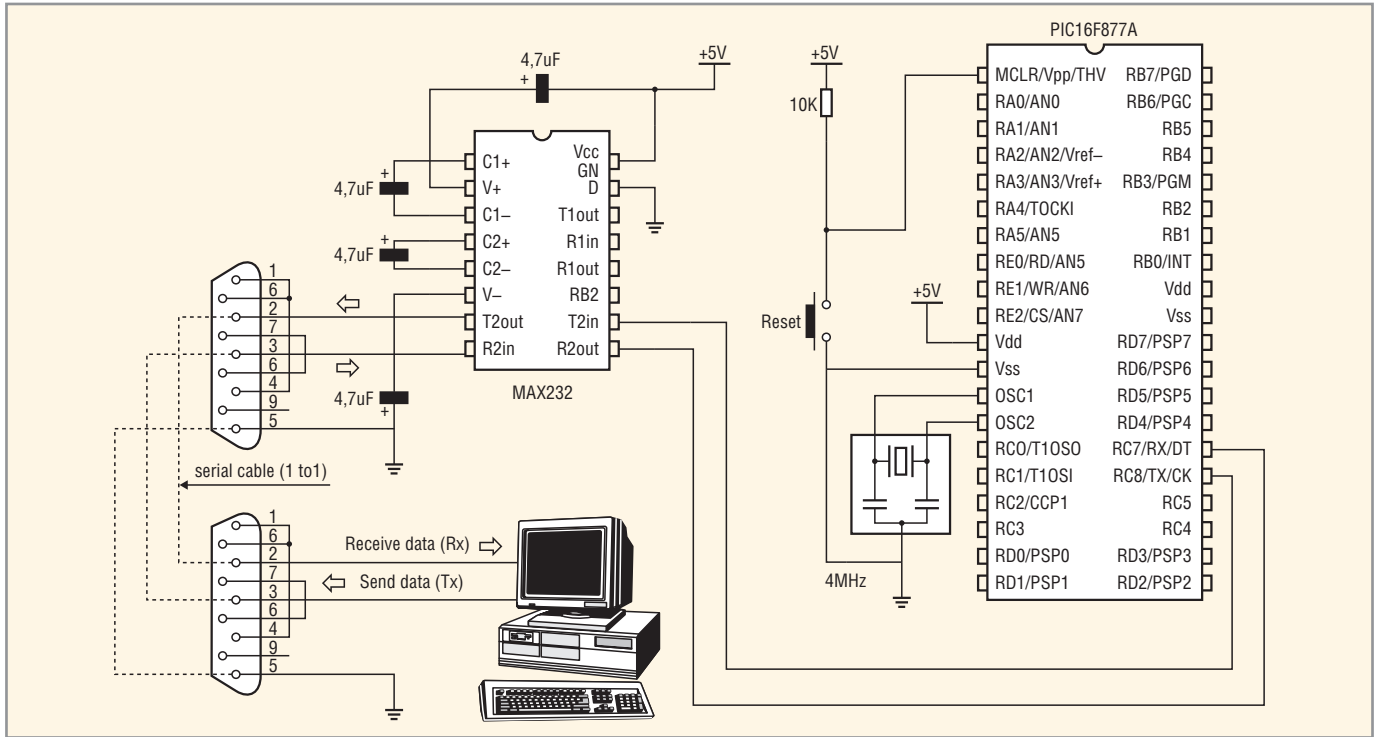


Рис. 25. Схема аппаратного подключения RS-232

Функции для работы с USART

Рассмотрим функции для работы с аппаратной реализацией. Аппаратный

модуль USART имеется во многих представителях семейства PIC. Библиотека mikroC для работы с аппаратной

реализацией USART предоставляет возможности удобной работы в асинхронном полнодуплексном режиме.

Таблица 12. Описание функции Lcd_Custom_Cmd

Прототип	void Lcd_Custom_Cmd(char command)
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Посылает команду command на ЖКИ. Здесь можно использовать одну из предопределённых команд. Список всех команд приведён ниже
Требования	Порт, к которому подключен контроллер ЖКИ, должен быть проинициализирован функцией Lcd_Custom_Config
Пример	Очистка LCD: Lcd_Custom_Cmd(LCD_CLEAR)

Таблица 13. Список команд для управления LCD

Команда LCD	Назначение
LCD_FIRST_ROW	Перемещение курсора в 1-ю строку
LCD_SECOND_ROW	Перемещение курсора во 2-ю строку
LCD_THIRD_ROW	Перемещение курсора в 3-ю строку
LCD_FOURTH_ROW	Перемещение курсора в 4-ю строку
LCD_CLEAR	Стирание дисплея
LCD_RETURN_HOME	Возврат курсора в исходное положение и возврат сдвинутого изображения дисплея в первоначальное состояние. Данные в памяти контроллера дисплея не затрагиваются
LCD_CURSOR_OFF	Выключение курсора
LCD_UNDERLINE_ON	Включение курсора «подчёркивание»
LCD_BLINK_CURSOR_ON	Включение мерцания курсора
LCD_MOVE_CURSOR_LEFT	Сдвиг курсора влево без изменения данных в памяти контроллера дисплея
LCD_MOVE_CURSOR_RIGHT	Сдвиг курсора вправо без изменения данных в памяти контроллера дисплея
LCD_TURN_ON	Включение дисплея
LCD_TURN_OFF	Выключение дисплея
LCD_SHIFT_LEFT	Сдвиг экрана дисплея влево без изменения памяти контроллера дисплея
LCD_SHIFT_RIGHT	Сдвиг экрана дисплея вправо без изменения памяти контроллера дисплея

Таблица 14. Описание функции Usart_Init

Прототип	void Usart_Init(const unsigned long baud_rate)
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Инициализация аппаратуры модуля USART требуемой скоростью обмена. Для подробной информации о разрешённых скоростях обмена при заданных частотах тактового генератора следует обратиться к документации на микроконтроллер. Если будет задана запрещённая скорость обмена, компилятор сообщит об ошибке
Требования	Необходим микроконтроллер с аппаратным USART. Функция Usart_Init должна быть вызвана перед использованием всех остальных функций библиотеки работы с USART
Пример	Инициализация аппаратуры USART и установка скорости обмена 2400 bps: Usart_Init(2400)

Можно легко организовать связь с другими устройствами, поддерживающими протокол RS-232, например, с персональным компьютером (см. рис. 25). Для этого потребуется микроконтроллер с ап-

паратным USART, например PIC16F877. В программе можно использовать все функции, приведённые ниже.

Для работы с USART используются библиотечные функции Usart_Init, Us-

art_Data_Ready, Usart_Read и Usart_Write. Описание этих функций представлено в таблицах 14 – 17 соответственно.

Микроконтроллеры, имеющие по два модуля USART, например P18F8520,

Таблица 15. Описание функции Usart_Data_Ready

Прототип	unsigned short Usart_Data_Ready(void)
Возвращаемое значение	Функция возвращает значение 1, если есть принятые данные, и 0 в противном случае
Описание	Эту функцию следует использовать для проверки наличия данных для чтения в приёмном регистре
Требования	Аппаратный модуль USART должен быть предварительно проинициализирован и задана скорость обмена с помощью функции Usart_Init
Пример	Если данные готовы, прочитать их: int receive; ... if (Usart_Data_Ready()) receive = Usart_Read;

Таблица 16. Описание функции Usart_Read

Прототип	unsigned short Usart_Read(void)
Возвращаемое значение	Возвращает значение принятого байта. Если байт не принят, возвращает 0
Описание	Функция считывает принятые данные из приёмного регистра аппаратуры USART. Для проверки наличия принятых данных следует использовать функцию Usart_Data_Ready
Требования	Аппаратный модуль USART должен быть предварительно проинициализирован, а скорость обмена задана с помощью функции Usart_Init
Пример	Если данные готовы, прочитать их: int receive; ... if (Usart_Data_Ready()) receive = Usart_Read();

Таблица 17. Описание функции Usart_Write

Прототип	void Usart_Write(unsigned short data)
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Функция передаёт байт (data) по USART
Требования	Аппаратный модуль USART должен быть предварительно проинициализирован, а скорость обмена задана с помощью функции Usart_Init
Пример	int chunk = 0x1E; Usart_Write(chunk); /* послать chunk по USART */

Таблица 18. Описание функции Hid_Enable

Прототип	void Hid_Enable(unsigned *readbuff, unsigned *writebuff)
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Разрешает USB HID-обмен. Аргументы readbuff и writebuff – указатели на буферы чтения и записи соответственно, используемые для обмена
Требования	Эта функция должна быть вызвана перед использованием любых других из библиотеки USB HID
Пример	Hid_Enable(&rd, &wr)

Таблица 19. Описание функции Hid_Read

Прототип	unsigned short Hid_Read(void)
Возвращаемое значение	Количество символов в буфере чтения, принятое от хоста
Описание	Принимает сообщение от хоста и сохраняет его в буфере чтения. Функция возвращает количество символов в буфере чтения
Требования	Обмен с USB HID-устройством должен быть предварительно разрешён с помощью функции Hid_Enable
Пример	get = Hid_Read()

Таблица 20. Описание функции Hid_Write

Прототип	unsigned short Hid_Write(unsigned *writebuff, unsigned short len)
Возвращаемое значение	1, если данные успешно переданы, 0 в противном случае.
Описание	Функция отправляет данные из буфера записи writebuff хосту. Буфер записи – это тот же аргумент, что использовался при инициализации обмена функцией Hid_Enable. Аргумент len определяет количество байтов для передачи
Требования	Вызов функции следует повторять до тех пор, пока данные не будут успешно отправлены. Обмен с USB HID-устройством должен быть предварительно разрешён с помощью функции Hid_Enable
Пример	// повторять, пока данные не отправятся while(!Hid_Write(&my_Usb_Buff, 1));

Таблица 21. Описание функции Hid_Disable

Прототип	void Hid_Disable(void)
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Запрещает обмен с USB HID-устройством.
Требования	Обмен с USB HID-устройством должен быть предварительно разрешён с помощью функции Hid_Enable
Пример	Hid_Disable()

требуют задать модуль, который будет использоваться. Для этого достаточно просто присписать цифру 1 или 2 к названию функции. Например, `Usart_Write2()`. Также, с целью обратной совместимости с предыдущими версиями компилятора и облегчения управления кодами, МК с несколькими модулями USART имеют `Usart`-библиотеку, которая идентична `Usart1` (т.е. можно использовать `Usart_Init()` вместо `Usart1_Init()` для операций с USART).

Следующий пример программы демонстрирует простой обмен данными по USART. Когда МК принимает данные, он немедленно отправляет те же данные обратно. Если подключить PIC к ПК (см. рис. 25), можно проверить обмен с терминалом для связи по RS-232. В среде разработки терминал запускается из выпадающего меню командой `Tools → Terminal`.

```

unsigned short i;
void main() {
// Инициализация модуля USART (8
бит, скорость обмена 2400 бод,
без к/ч)
Usart_Init(2400);

do {
if (Usart_Data_Ready()) { // Если
данные приняты
i = Usart_Read(); // Прочитать,
что принято
Usart_Write(i); // и отправить
назад по USART
}
} while (1);
} // end
    
```

Функции для работы с USB HID-устройствами

Универсальная последовательная шина USB (Universal Serial Bus) представляет собой стандарт на последовательный интерфейс обмена для подключения к компьютеру широкого диапазона устройств, таких как сотовые телефоны, игровые приставки, PDA, и т.п. Среда MikroC включает в себя функции для работы с HID (Human Interface Devices) – устройствами интерфейса человека с машиной через USB. HID-устройства – это разновидность компьютерных устройств, напрямую взаимодействующих с человеком, например, клавиатура, мышь, графический планшет и т.п.

Каждый проект на базе библиотеки USB HID должен включать в себя исход-

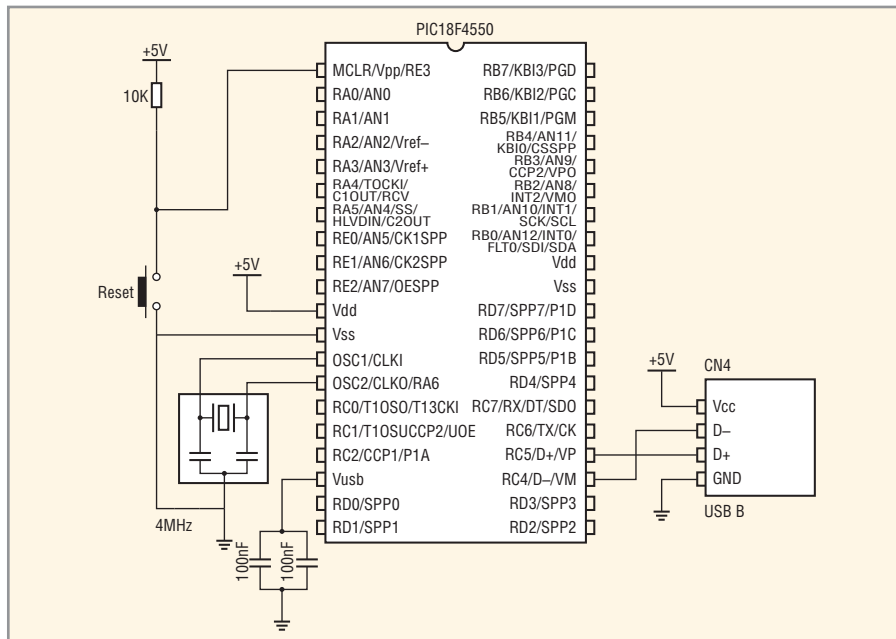


Рис. 26. Схема подключения USB-интерфейса к микроконтроллеру

ный файл дескриптора, содержащий идентификатор, и название производителя, идентификатор и название продукта, размер посылки и другую важную информацию. Для создания файла дескриптора следует использовать USB HID-терминал, интегрированный в mikroC и вызываемый командой `Tools → USB HID Terminal`. Название файла дескриптора по умолчанию `USB-Bdsc.c`, но его можно изменить.

Код программы, находящийся в каталоге с примерами, работает на частоте 48 МГц. Флаги в этом коде не следует изменять, предварительно не ознакомившись с соответствующей докумен-

тацией. Для работы с USB используют библиотечные функции `Hid_Enable`, `Hid_Read`, `Hid_Write` и `Hid_Disable`. Описание этих функций представлено в таблицах 18 – 21 соответственно.

Следующий пример (см. дополнительные материалы на сайте журнала) непрерывно отправляет последовательность чисел 0 – 255 в компьютер через USB. Схема подключения USB-интерфейса к микроконтроллеру показана на рисунке 26. Файл `usbds.c` должен быть включен в проект средствами среды mikroC IDE или директивой `#include` в исходном коде. ©

Продолжение следует

Производство Flash накопителей для особых условий работы

Компания SMART разрабатывает и производит твердотельные накопители данных на flash-технологии (SSD). SSD диски выполняются в любом форм-факторе и со всеми стандартными интерфейсами (IDE, SATA, SCSI). Накопители выполнены в двух температурных диапазонах – промышленном (–40...+85°C) и коммерческом (0...+70°C).

Разнообразие типов накопителей, от SSD дисков до PCI плат

Xceed IOPS

Xceed ISATA

SSD

Xceed Flash Cards

Embedded USB

ООО «АСД-Адрон» • www.adtron.ru • sales@adtron.ru • (812) 766-55-48

Эффективное использование умножителей при реализации цифровых фильтров-дециматоров

Михаил Григорян (Санкт-Петербург)

В статье рассмотрена проблема гибкого и эффективного использования умножителей при организации прореживания высокоскоростного цифрового потока в цифровых фильтрах-дециматорах. Описаны способы, позволяющие организовать параллельные вычисления на скоростях, превышающих скорость следования отсчётов.

Задача снижения скорости цифрового потока является хорошо известной проблемой цифровой обработки сигналов. Она остаётся актуальной при реализации устройств самого различного назначения. Например, в тракте приёмника радиомониторинга после аналого-цифрового преобразования цифровой поток может достигать 4 Мбит/с, что существенно усложняет последующую цифровую обработку.

Чтобы снизить скорость цифрового потока, используют децимацию (или прореживание) исходного сигнала. Отметим, что при децимации сигнала происходит уплотнение спектра исходного сигнала из-за уменьшения частоты дискретизации. Поэтому главной проблемой при децимации сигнала является наложение спектров при изменении спектральной характеристики исходного сигнала, и в реальных системах дециматору практически всегда предшествует фильтр нижних частот.

Поскольку задача цифровой фильтрации является достаточно требовательной к вычислительной нагрузке, затратам памяти и энергии, проблема оптимального исполнения филь-

ров может иметь различные решения. Среди них можно выделить способы, основанные на особом представлении и квантовании коэффициентов [1–3], введение дополнительной синхронизации [4], различные адаптивные алгоритмы [5]. На практике задачи фильтрации и децимации стараются совмещать, используя структуры фильтров-дециматоров, оптимизирующих операции умножений. Суть подобных способов оптимизации чаще всего сводится к введению дополнительных регистров данных, позволяющих снизить требуемую скорость работы умножителей, а также к использованию полифазных структур, позволяющих организовать параллельные вычисления.

Однако на сегодняшний день развитие аппаратных средств достигло уровня, позволяющего выполнять операции умножения на довольно высоких скоростях. Например, тактовая частота умножителей в современных сигнальных процессорах и микросхемах программируемой логики может достигать порядка 500 МГц. В связи с этим разработка фильтров-дециматоров требует такой организации вычислений, которая, помимо исключения лишних операций умножения и использования параллельных вычислений, допускает работу умножителей на скоростях, превышающих частоту следования отсчётов.

Рассмотрим наиболее простой вариант структурной схемы фильтра-дециматора, в котором имеется один умножитель ($p = 1$), на вход которого поступают отсчёты x_0, \dots, x_{N-1} с частотой следования f_{cl} (см. рис. 1). Над умножителем изображен блок ОЗУ, используемый для хранения N коэффициентов фильтра b_0, \dots, b_{N-1} . Таким образом, вы-

борка коэффициентов из памяти также происходит с частотой f_{cl} . После умножителя каждый отсчёт, умноженный на соответствующий ему коэффициент, сохраняется в аккумуляторе. Выборка суммы произведений и обнуление аккумулятора производится с частотой f_{cl}/M в соответствии с необходимым коэффициентом децимации M . Очевидно, для того, чтобы каждый выходной отсчёт фильтра представлял собой сумму вида $\sum_{n=0}^{N-1} b_n x_n$, необходимо выполнение условия $N = M$.

Простейшая структура фильтра-дециматора, использующего несколько умножителей p , основана на полифазном представлении сигналов (см. рис. 2). Смысл последнего заключается в том, что последовательность отсчётов разделяется на несколько фаз, сдвинутых друг относительно друга и имеющих пониженную частоту следования отсчётов [6]. В нашем случае входная последовательность отсчётов x_0, \dots, x_{N-1} , следующих с частотой f_{cl} , будет разделена на p последовательностей ($x_0, x_p, \dots, x_{N-1-p}; x_1, x_{p+1}, \dots, x_{N-p};$ и т.д.), в каждой из которых частота следования отсчётов будет составлять f_{cl}/p .

Каждый из p умножителей, таким образом, обслуживает свою фазу и имеет свой блок ОЗУ, содержащий коэффициенты, необходимые для данной фазы сигнала. Тогда каждый блок памяти должен хранить не все N коэффициентов фильтра, а всего лишь N/p . Выборка коэффициентов из ОЗУ производится с частотой f_{cl}/p , т.е. частота работы умножителя также составляет f_{cl}/p . Очевидно, что на выходе каждого из p умножителей будет присутствовать последовательность произведений отсчёта каждой фазы на соответствующий ему коэффициент, поэтому данные p последовательностей целесообразно вновь объединить в одну, с увеличением частоты следования отсчётов в p раз, которая снова составит значение f_{cl} . Члены данной последовательности накапливаются в аккумуляторе, который обнуляется и выдаёт выходной отсчёт с частотой

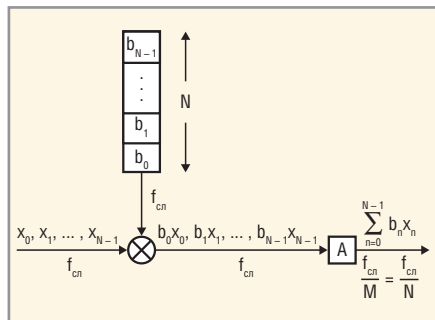


Рис. 1. Структурная схема фильтра-дециматора с одним умножителем, работающим на частоте следования входных отсчётов

$f_{\text{сл}}/M$. Таким образом, в рассмотренной структуре, помимо обеспечения равенства $N = M$, необходимо условие целочисленного деления N на p для разделения общей памяти ОЗУ на p независимых блоков одинакового объёма.

Другая структура фильтра-дециматора, которую целесообразно рассмотреть, основана на одном умножителе, работающем на частоте, превышающей частоту следования входных отсчетов в k раз (см. рис. 3) В основу работы данной схемы положена идея, что один и тот же входной отсчёт может рассматриваться в качестве отсчёта с разными порядковыми номерами. Например, отсчёт x_0 будет одновременно представлять отсчёты $x_M, x_{2M}, \dots, x_{(k-1)M}$, отсчёт x_1 , соответственно, $x_{M+1}, x_{2M+1}, \dots, x_{(k-1)M+1}$ и т.д. Таким образом, один и тот же входной отсчёт будет участвовать в разных наборах для получения выходного отсчёта. Очевидно, что в этом случае один входной отсчёт должен, во-первых, умножаться на разные коэффициенты фильтра, а во-вторых, входить в разные суммы вида $\sum_{n=0}^{N-1} b_n x_n$, эквивалентные выходному отсчёту фильтра.

Блок памяти ОЗУ, используемый для хранения N коэффициентов фильтра, удобно представить в виде таблицы, каждая строка которой содержит все коэффициенты, на которые необходимо умножить текущий входной отсчёт. Тогда каждому отсчёту на входе умножителя будет соответствовать k отсчётов на его выходе, представляющих собой k произведений всех элементов текущей строки таблицы коэффициентов на данный входной отсчёт. Например, если входным отсчётом будет

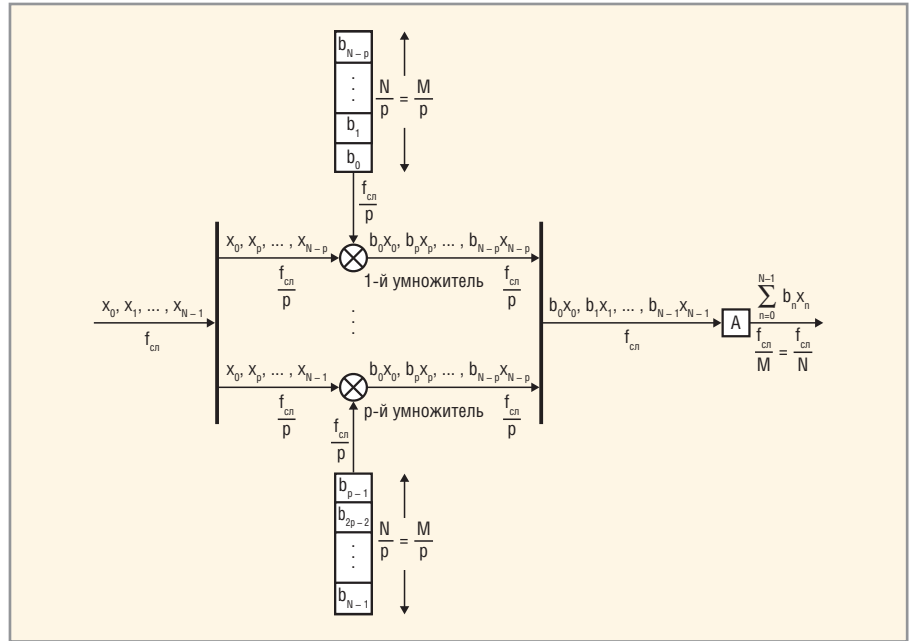


Рис. 2. Структурная схема полифазного фильтра – дециматора

$x_2(x_{M+2}, x_{2M+2}, \dots, x_{(k-1)M+2})$, то уже на выходе умножителя получим последовательность $b_2 x_2, b_{M+2} x_{M+2}, b_{2M+2} x_{2M+2}, \dots, b_{(k-1)M+2} x_{(k-1)M+2}$. Необходимо отметить, что после того как будут перебраны M строк для M физически различных отсчётов, происходит циклическое возвращение к первой строке, однако выборка коэффициентов теперь начнется с b_M и закончится b_0 , т.к. входным отсчётом будет уже x_M ($x_{2M}, x_{3M}, \dots, x_0$).

Чтобы разделить слагаемые для вычисления соответствующих сумм, высокоскоростной поток на выходе умножителя разделяется на k потоков путём взятия каждого k -го отсчёта исходного потока. Полученные k потоков отсчётов, следующих с частотой $f_{\text{сл}}$, складываются в соответствующем аккумуляторе, который обнуляется и

выдаёт выходной отсчёт с частотой $f_{\text{сл}}/N$. Таким образом, сформированные k параллельных выходов соответствуют k выходным отсчётам фильтра, следующим с частотой $f_{\text{сл}}/N$. Следовательно, после уплотнения выходных отсчётов в одну линию частота их следования составит $k f_{\text{сл}}/N = f_{\text{сл}}/M$. Ограничением данной структуры, с точки зрения практической реализации, является то, что длина фильтра должна быть связана с коэффициентом k и коэффициентом децимации M соотношением $N = Mk$, при этом k должен быть целочисленным.

Отметим, что структуры фильтров-дециматоров, изображённых на рисунках 2 и 3, тем не менее, не обеспечивают большой гибкости распределения ресурсов (ОЗУ и количества умножителей). Поэтому целесообразно разрабо-

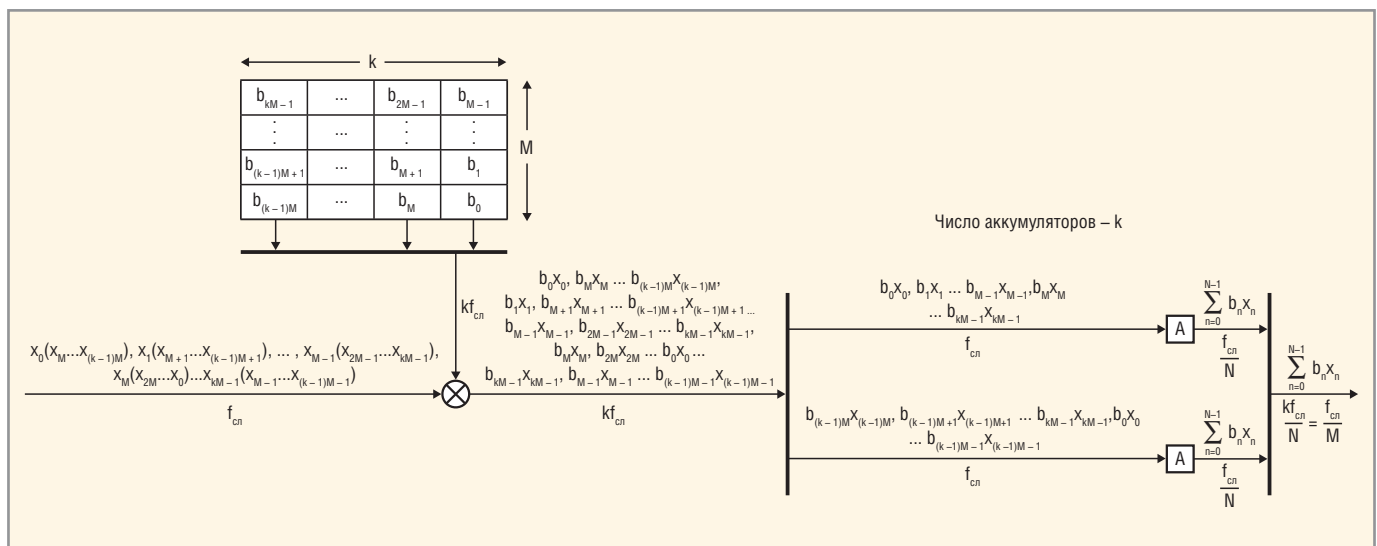


Рис. 3. Структурная схема фильтра – дециматора с одним умножителем, работающим на частоте, кратной частоте следования отсчётов

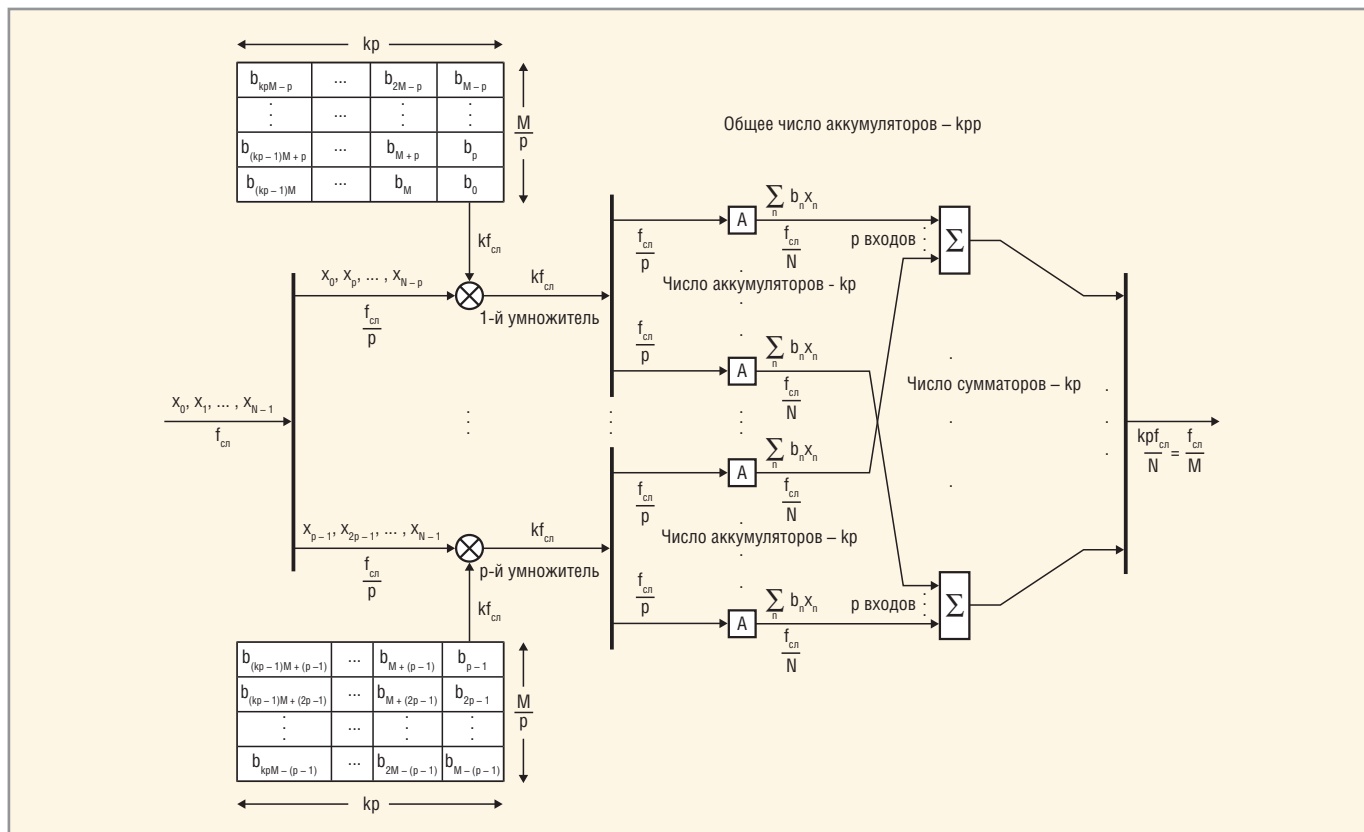


Рис. 4. Структурная схема фильтра-дециматора с несколькими умножителями, работающими на частотах, кратных частоте следования отсчётов

тать структуру, объединяющую достоинства обеих рассмотренных схем. С этой целью в фильтре-дециматоре, показанном на рисунке 4, задействовано p умножителей, работающих с частотой kf_{cl} , кратной частоте следования входных отсчётов f_{cl} , что позволяет снизить необходимое число умножителей.

Как и в варианте с полифазной структурой, входной поток отсчётов здесь разделяется на p потоков отсчётов, следующих с частотой f_{cl}/p и поступающих на соответствующий умножитель. Все коэффициенты фильтра распределены по p таблицам, каждая из которых используется своим умножителем, т.е. число коэффициентов, хранящихся в каждой таблице, равно N/p . Каждый умножитель, выполняя операции умножения и выборки отсчёта из таблицы аналогично умножителю в модели 3, порождает на выходе поток отсчётов, следующих с частотой kf_{cl} . Данный поток, как и в модели 2, несёт информацию о p фазах, но входящих при этом в разные наборы (в суммы вида $\sum_{n=0}^{N-1} b_n x_n$ для разных выходных отсчётов), как в модели 3 для однофазного потока.

Следующим необходимым этапом после умножения является разделение высокоскоростного потока на потоки, соответствующие своему набо-

ру. Частота каждого потока после разделения равна f_{cl}/p (на входе умножителя), т.к. определяется числом наборов или, что то же самое, отношением kf_{cl} к f_{cl}/p . Поскольку в данной реализации после умножения имеется p фаз, такому разделению необходимо подвергнуть каждую фазу. Таким образом, после этой стадии демультиплексирования появится несколько параллельных потоков с частотой f_{cl}/p , число которых определяется произведением числа фаз p на число наборов kp и равно kp^2 . Каждый из этих потоков поступает на аккумулятор, выходные отсчёты которого следуют уже со скоростью f_{cl}/N .

Однако, если в полифазной структуре потоки, соответствующие каждой фазе, подвергались мультиплексированию и суммировались уже в одном аккумуляторе, то в данной структуре после стадии аккумуляции необходимо произвести суммирование отсчётов с выходов аккумуляторов, соответствующих разным фазам. С этой целью после аккумуляции отсчёты поступают на сумматоры, количество которых определяется числом наборов kp , имеющих число входов, равное числу фаз p . Таким образом, после стадии суммирования образуется kp параллельных потоков отсчётов, следующих с час-

тотой f_{cl}/N и являющихся по сути выходными отсчётами фильтра. После мультиплексирования этих потоков выходной поток фильтра будет иметь частоту $kpf_{cl}/N = f_{cl}/M$, т.е. обеспечит необходимый коэффициент децимации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sbanthal S., Kulkarni S.Y. High Speed and Low Power FPGA Implementation of FIR Filter for DSP Applications. European J. of Scientific Research. 2009. Vol. 31. No. 1. PP. 19–28.
2. Saini V., Singh B., Devi R. Area Optimization of FIR Filter and its Impementation on FPGA. Intern. J. of Recent Trends in Engineering. 2009. Vol. 1. No. 4. PP. 55–58.
3. Hewlitt R.M. Canonical Signed Digit Representation for Fir Digital Filters. IEEE Workshop on Signal Processing Systems. 2000. PP. 416–426.
4. Sentilkumar A., Natarajan A.M. FPGA Implementation of Power Aware FIR Filter Using Reduced Transition Pipelined Variable Precision Gating. J. of Computer Science. 2008. 4. PP. 87–94.
5. Rajan B., Ravi S. FPGA Based Hardware Implementation of Image Filter With Dynamic Reconfiguration Architecture. Intern. J. of Computer Science and Network Security. 2006. Vol. 6. No. 12. PP. 121–127.
6. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. Питер, 2006.





Э Л Е К Т Р О Н И К А
КОМПОНЕНТЫ • ОБОРУДОВАНИЕ • ТЕХНОЛОГИИ

ChipEXPO -2010

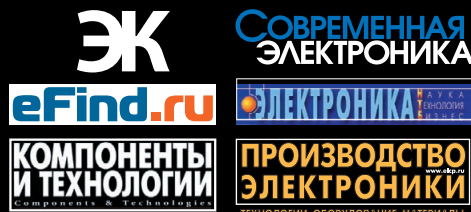
ОКТАБРЬ 26-28
8-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
РОССИЯ • МОСКВА • ЭКСПОЦЕНТР

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Министерство промышленности
и торговли Российской Федерации
Департамент науки и промышленной
политики города Москвы
Московская торгово-промышленная палата

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



www.chipexpo.ru

Цифровой прецизионный узкополосный фильтр

Наталья Гудкова (Ростовская обл.)

В статье рассматривается задача цифровой узкополосной фильтрации, базирующейся на принципах адаптивного подавления помех. Выполнен анализ схемы одночастотного адаптивного фильтра. Получены дискретные передаточные функции и соответствующие им алгоритмы функционирования узкополосных фильтров с заданной частотой настройки. Разработана простая методика синтеза, обеспечивающая требуемые значения добротности и быстродействия фильтров. Показано, что динамические характеристики предлагаемых алгоритмов полностью соответствуют динамическим характеристикам алгоритмов адаптивного фильтра второго порядка с перестраиваемыми весовыми коэффициентами. Приведены результаты компьютерного моделирования, подтверждающие эффективность предложенных решений.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из функций систем цифровой обработки сигналов в радиолокации, телефонии, гидроакустике и т.д. является подавление либо выделение гармонического сигнала из аддитивной смеси этого сигнала с комбинацией некоррелированных с ним сигналов (детерминированных, случайных, периодических, импульсных и т.д.). Например, полезный сигнал содержит несколько периодических составляющих с близкими частотами, и требуется выделить каждую из них. Для этого необходимо использовать цифровой фильтр с очень узкой полосой, так называемый одночастотный фильтр.

Синтез таких устройств в виде обычных цифровых (рекурсивных либо не рекурсивных) фильтров зачастую приводит к сложным алгоритмам, практическая реализация которых вызывает серьезные затруднения.

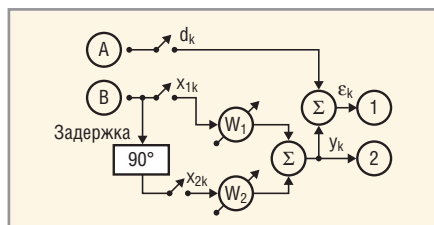


Рис. 1. Схема одночастотного адаптивного фильтра

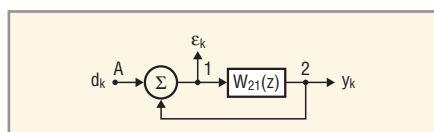


Рис. 2. Структурная схема адаптивного фильтра на заданной частоте

В настоящей работе предлагается простое и эффективное решение задачи цифровой узкополосной фильтрации, полученное автором на основе реализации адаптивного устройства подавления помех [1].

Постановка задачи

Схему адаптивного одночастотного режекторного фильтра можно представить в виде, показанном на рисунке 1. На вход А устройства поступают отсчёты сигнала $d_k = s_k + x_{0k}$ где s_k – сигнал произвольной формы, а x_{0k} – не коррелированный с ним синусоидальный сигнал частоты f_0 . На эталонном входе В действует сигнал:

$$x_{1k} = \cos(k\omega_0 + \phi),$$

где $\omega_0 = 2\pi f_0 T$, $T = 1/f_d$ – интервал отсчётов, f_d – частота дискретизации.

Алгоритм работы адаптивного фильтра записывается следующим образом:

$$\begin{aligned} y_k &= x_{1k}w_{1k} + x_{2k}w_{2k} \\ \varepsilon_k &= d_k - y_k, \end{aligned} \quad (1)$$

где сигнал x_{2k} представляет собой задержанный на 90° эталонный сигнал x_{1k} , ε_k – сигнал на выходе 1, y_k – сигнал фильтра на выходе 2.

Перестраиваемыми (адаптивными) параметрами фильтра являются весовые коэффициенты w_1 и w_2 , которые на каждой итерации вычисляются градиентным методом наименьших квадратов по формулам:

$$w_{1(k+1)} = w_{1k} + 2\mu\varepsilon_k x_{1k}$$

$$w_{2(k+1)} = w_{2k} + 2\mu\varepsilon_k x_{2k}, \quad (2)$$

где μ – параметр сходимости алгоритма адаптации.

После завершения процесса адаптации весовые коэффициенты принимают значения, минимизирующие среднеквадратическую ошибку СКО = $E[(y_k - x_{0k})^2] = E[(\varepsilon_k - s_k)^2]$.

Как отмечено [1], при медленных адаптивных процессах весовые коэффициенты сходятся практически к фиксированным значениям, при которых величины $\varepsilon \approx s$, $y \approx x_0$.

Анализ показал, что схема адаптивного фильтра, приведённая на рисунке 1, обладает свойствами как режекторного, так и избирательного фильтров, т.е. на выходе 1 система осуществляет режекцию, а на выходе 2 – выделение любой коррелированной с эталонным сигналом синусоидальной составляющей сигнала, поступающего на вход А.

Следует отметить, что для реализации режима адаптивной фильтрации на произвольной (неизвестной) частоте необходимо подать на вход В эталонный сигнал, который должен поступать в устройство ЦОС от внешнего источника в режиме реального времени, что не всегда возможно. Кроме того, определённую трудность вызывает процедура формирования фазового сдвига $\phi = \pi/2$ между сигналами x_{1k} и x_{2k} .

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Задача обработки существенно облегчается, если частота f_0 заранее известна. В этом случае сигналы x_{1k} и x_{2k} достаточно просто формируются в виде числовых последовательностей непосредственно в устройстве ЦОС, причём сигнал x_{2k} можно представлять в виде задержанного на m тактов сигнала x_{1k} , т.е. $x_{2k} = x_{1(k-m)}$, где

$$m = \frac{\phi}{\omega_0} = \frac{1}{4f_0 T}.$$

Ещё более простым способом реализации фильтра с заданной частотой настройки f_0 является построение алгоритмов фильтрации по приведённой в [2] математической модели адаптивного фильтра. В этом случае структурная схема рис. 1 может быть представлена в виде, показанном на рисунке 2. Здесь дискретная передаточная функция

(ПФ) фильтра между точками 2 и 1, т.е. ПФ разомкнутой системы, имеет вид:

$$W_{21}(z) = \frac{Y(z)}{E(z)} = \frac{2\mu(z\cos\omega_0 - 1)}{z^2 - 2z\cos\omega_0 + 1}$$

а дискретные ПФ между точками 1 и А, 2 и А (ПФ замкнутой системы) равны соответственно

$$W_{ed}(z) = \frac{E(z)}{D(z)} = \frac{(1-\mu)(z^2 - 2z\cos\omega_0 + 1)}{z^2 - 2z(1-\mu)\cos\omega_0 + 1 - 2\mu} \quad (3)$$

и

$$W_{yd}(z) = \frac{Y(z)}{D(z)} = \frac{\mu(z^2 - 1)}{z^2 - 2z(1-\mu)\cos\omega_0 + 1 - 2\mu} \quad (4)$$

где $z = e^{j\omega}$, $D(z)$, $Y(z)$ и $E(z)$ – z -изображения сигналов d_k, y_k , и ε_k .

Анализ выражений (3) и (4) показывает, что на частоте эталонного сигнала $\omega = \omega_0$ ПФ $W_{ed}(z)$ равна нулю, т.е. выход 1 (см. рис. 2) обладает свойствами режекторного фильтра, а ПФ $W_{yd}(z)$ равна единице, т.е. выход 2 выполняет функцию

избирательного фильтра. На рисунке 3 показаны АЧХ такого узкополосного фильтра, полученные из его передаточных функций. Как видно из рисунка, характеристики $A_1(\omega)$ и $A_2(\omega)$ практически являются обратными друг другу.

Условие устойчивости схемы нетрудно определить по характеристическому полиному системы. Корни характеристического полинома, т.е. полюса ПФ $W_{ed}(z)$ и $W_{yd}(z)$ расположены на плоскости z в точках:

$$z_{1,2} = (1 - \mu)\cos\omega_0 \pm j[(1 - 2\mu) - (1 - \mu)\cos^2\omega_0]^{1/2}, \quad (5)$$

на расстоянии от начала координат

$$R = (1 - 2\mu)^{1/2} \cong 1 - \mu.$$

Чтобы система была устойчивой, полюса должны находиться внутри круга единичного радиуса. Это условие выполняется при значениях параметра в диапазоне:

$$0 < \mu < 1. \quad (6)$$

Параметром настройки узкополосного адаптивного фильтра на задан-

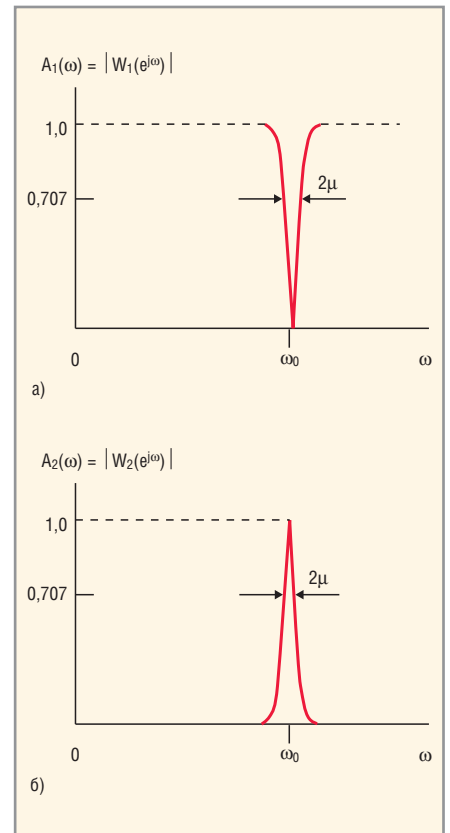
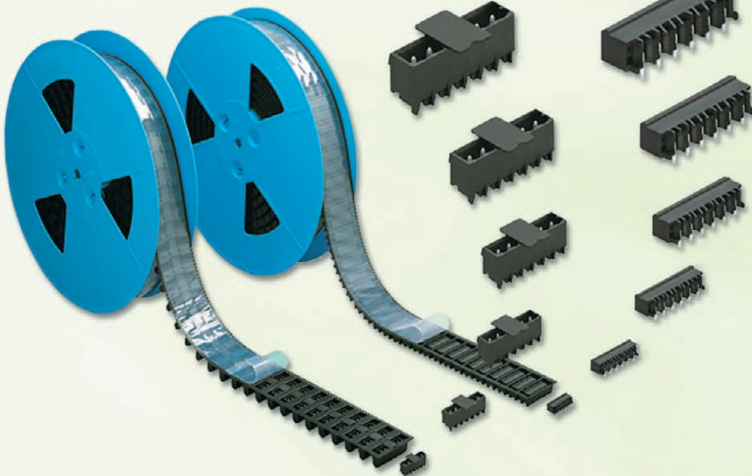


Рис. 3. Амплитудно-частотные характеристики узкополосного фильтра

- а) режекторный фильтр,
- б) избирательный фильтр

Клеммы и соединители для печатных плат



К монтажу
ГОТОВЫ!

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ WAGO



Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

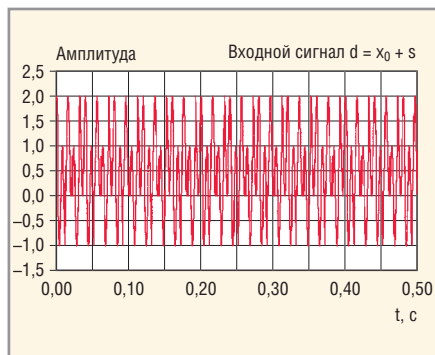


Рис. 4. Входной сигнал фильтра

ную частоту f_0 при выбранном интервале отсчетов T является коэффициент сходимости алгоритма адаптации μ . Этот параметр выбирается, исходя из требований к качеству фильтрации, которое характеризуется тремя основными показателями [2]:

- запасом устойчивости;
- добротностью;
- быстродействием.

Рассмотрим связь между параметром настройки и качеством фильтра. Добротность определяется формулой:

$$Q = \frac{\omega_0}{2\mu} = \frac{\pi T f_0}{\mu}, \quad (7)$$

где ω_0 – центральная частота (частота настройки фильтра). Чем выше добротность, тем выше точность, которая оценивается величиной СКО.

Быстродействие определяется временем адаптации (временем сходимости СКО к минимальному значению) τ_a с помощью выражения:

$$\tau_a \cong T_a T, \quad (8)$$

где T_a – число отсчетов адаптивного процесса.

В свою очередь, величина T_a может быть приближённо вычислена по формуле:

$$T_a \cong \frac{2}{\mu}. \quad (9)$$

Таким образом, время адаптации составляет:

$$\tau_0 \cong \frac{2T}{\mu}. \quad (10)$$

Из выражений (7) и (10) следует важная зависимость между добротностью и быстродействием фильтра:

$$\frac{Q}{\tau_0} \cong \frac{\pi f_0}{2}. \quad (11)$$

Приведённые соотношения показывают, что чем выше требования к добротности, тем меньше должен быть

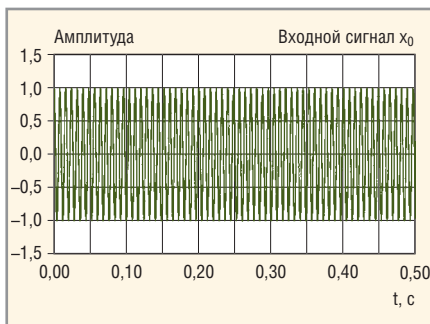


Рис. 5. Синусоидальная составляющая входного сигнала

коэффициент μ и больше интервал отсчетов T , что приводит к увеличению запаса устойчивости и времени переходного процесса τ_a .

Учитывая изложенное, значение μ целесообразно выбирать по формулам (7), (10), (11) в границах (6), в зависимости от того, какой из показателей является приоритетным для решаемой задачи. Например, при ограниченном времени существования входного сигнала необходимо, прежде всего, обеспечить минимальное значение величины τ_a для приемлемой величины Q .

Из передаточных функций (3) и (4) легко получаются выражения для алгоритмов фильтрации на заданной частоте f_0 , представляющие собой последовательности отсчетов:

$$\varepsilon_k = (1 - \mu) \times 2 \cos \omega_0 \varepsilon_{k-1} - (1 - 2\mu) \varepsilon_{k-2} + (1 - \mu) \times (d_k - 2 \cos \omega_0 d_{k-1} + d_k - 2); \quad (12)$$

$$y_k = \mu (d_k - d_{k-2}) + 2(1 - \mu) \times \cos \omega_0 y_{k-1} - (1 - 2\mu) y_{k-2}. \quad (13)$$

Как видно из выражений (12) и (13), программная реализация этих алгоритмов является более простой и экономичной по сравнению с адаптивными алгоритмами (1) вследствие того, что отпадает необходимость формировать и обрабатывать сигналы x_{1k}, x_{2k} и выполнять операцию перемножения переменных при вычислении весовых коэффициентов (2).

Следует также отметить две парадоксальные, на первый взгляд, особенности, составляющие преимущества данного фильтра перед традиционными узкополосными фильтрами:

- хотя дискретные математические модели (3) и (4) имеют стандартный вид ПФ обычных линейных рекурсивных фильтров второго порядка, динамические характеристики алгоритмов (12) и (13) пол-

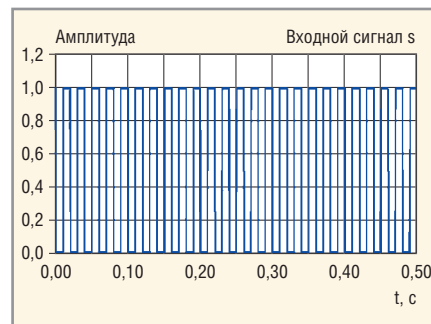


Рис. 6. Импульсная составляющая входного сигнала

ностью соответствуют динамическим характеристикам адаптивного варианта фильтра с перестраиваемыми весовыми коэффициентами; процедура синтеза рассматриваемого фильтра весьма проста, т.к. его добротность и быстродействие регулируется в широких пределах с помощью единственного параметра μ , в то время как обеспечение высокой добротности обычного цифрового рекурсивного фильтра требует усложнения его структуры и увеличения количества расчётных параметров. При этом, в отличие от синтеза линейных систем, при котором повышение точности приводит к уменьшению запаса устойчивости, увеличение точности предлагаемого фильтра автоматически влечёт за собой повышение запаса устойчивости.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

На рисунках 4–12 приведены результаты имитационного моделирования процессов настройки фильтра. Входной сигнал d состоит из аддитивной смеси синусоидального сигнала x_0 частотой 125 Гц и прямоугольных импульсов s с частотой 50 Гц. Амплитуда обоих сигналов равна единице. Частота настройки $f_0 = 125$ Гц, интервал отсчетов сигналов $T = 0,00025$ с. График сигнала d показан на рисунке 4, а его составляющие – на рисунках 5 и 6. Рисунки 7–12 отражают зависимость точности и быстродействия фильтра от параметра μ .

Из рисунков видно, что с уменьшением величины μ точность настройки фильтра увеличивается, а быстродействие – уменьшается. При этом добротность и время сходимости СКО к минимальному значению близки к своим теоретическим значениям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведённых исследований позволяют утверждать, что предлагаемые алгоритмы узкополосной фильтрации,

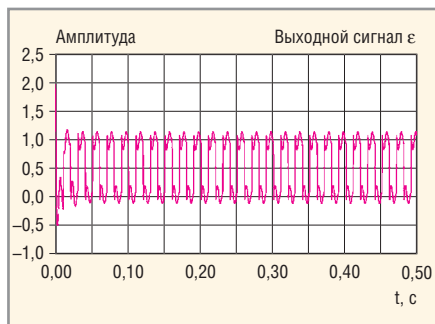


Рис. 7. Сигнал на выходе фильтра 1 при $\mu = 0,025$

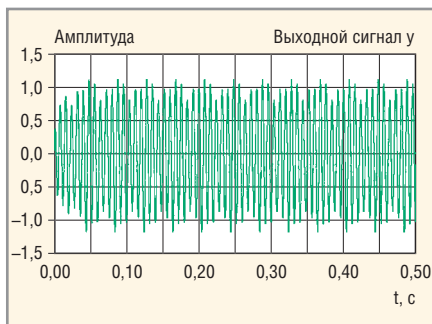


Рис. 8. Сигнал на выходе фильтра 2 при $\mu = 0,025$

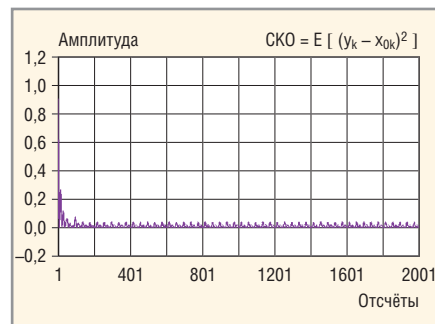


Рис. 9. СКО при $\mu = 0,025$

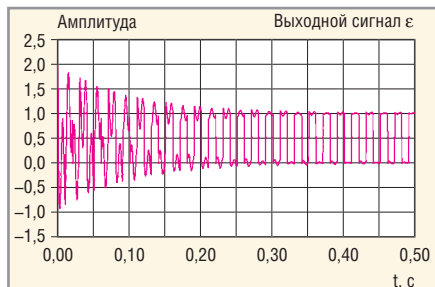


Рис. 10. Сигнал на выходе фильтра 1 при $\mu = 0,0025$

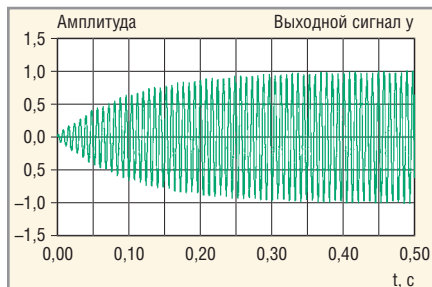


Рис. 11. Сигнал на выходе фильтра 2 при $\mu = 0,0025$

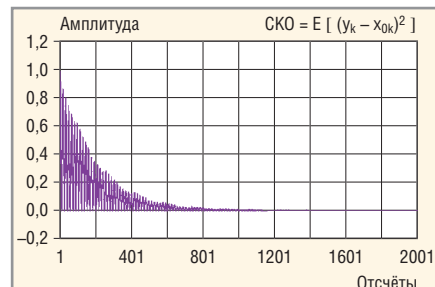


Рис. 12. СКО при $\mu = 0,0025$

базирующиеся на принципах адаптивного подавления помех, просты в реализации и обеспечивают высокую точность выделения синусоидального сигнала заданной частоты из аддитивной смеси не коррелированных с ним сигналов, имеющих близкие частоты.

Приведённая методика синтеза фильтра обеспечивает показатели качества фильтрации, близкие к теоретическим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов. Радио и связь, 1989.

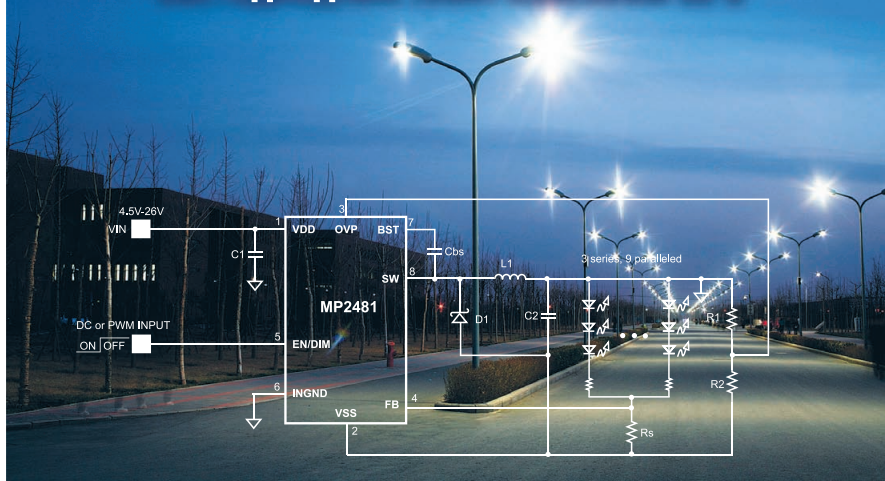
2. Гудков В.И., Гудкова Н.В. Программируемый адаптивный многофункциональный фильтр. Материалы Всероссийской научно-технической конф. «Компьютерные технологии в инженерной и управленческой деятельности». Таганрог, ТРТУ, 2001.



The Future of Analog IC Technology™

- Высокая стабильность и повторяемость характеристик микросхем
- Защита от перегрузки по току, напряжению и температуре
- Рабочее напряжение до 36 В
- Высокая эффективность до 95%
- Температурный диапазон эксплуатации $-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$
- Готовое изделие не требует регулировки

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МИКРОСХЕМЫ ДЛЯ ДРАЙВЕРОВ СВЕТОДИДНЫХ ЛАМП КОМПАНИИ MPS



Наименование	Рабочее напряжение, В	Максимальное количество светодиодов	Частота, МГц	Количество каналов	Корпуса
MP2481	4,5...36	36	1,4	9	MSOP8
MP2370	4,5...24	3	1,4	1	QFN16-3
MP3021	2,7...5,5	4	1,2	4	QFN16-3
MP3001	2,7...5,5	5	1,2	5	TSOT23-6
MP3202	2,5...6,0	39	1,3	13	QFN8-2
MP3302	2,5...6,0	27	1,3	9	TSOT23-5

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ MPS В РОССИИ

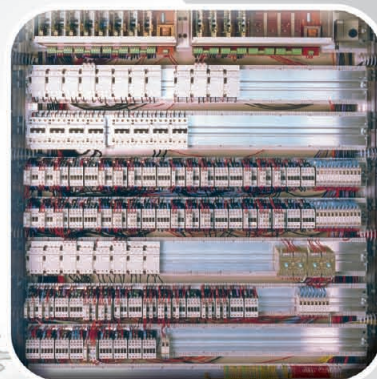
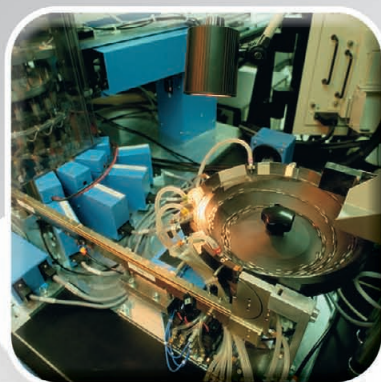
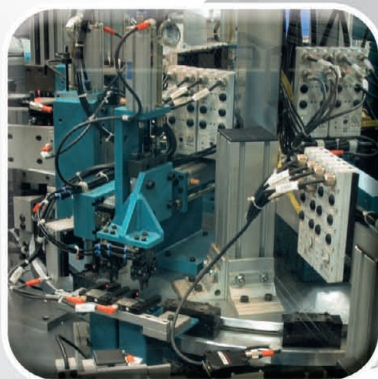


АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
Тел.: (495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru

Реклама

СИЛОВЫЕ ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ ОТ КОМПАНИИ HARTING

КАЧЕСТВО СОЕДИНЕНИЙ ПО ВСЕМУ МИРУ



Характеристики

- Рабочий ток от 10 до 650 А
- Рабочее напряжение от 25 до 4000 В
- Степень защиты IP65/IP67/IP68
- Рабочая температура от -55 до +125°C
- Широкий выбор типа монтажа контактов
- Сертификаты UL, CSA, SEV, EN ISO 9001 и 14001

Специализированные кожухи для жёстких условий

- Нап® для промышленных приложений
- Нап® М для агрессивных и экстремальных внешних условий
- Нап® EMC для экранирования от электромагнитных полей
- Нап® HPR для применения на транспорте

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ HARTING В РОССИИ

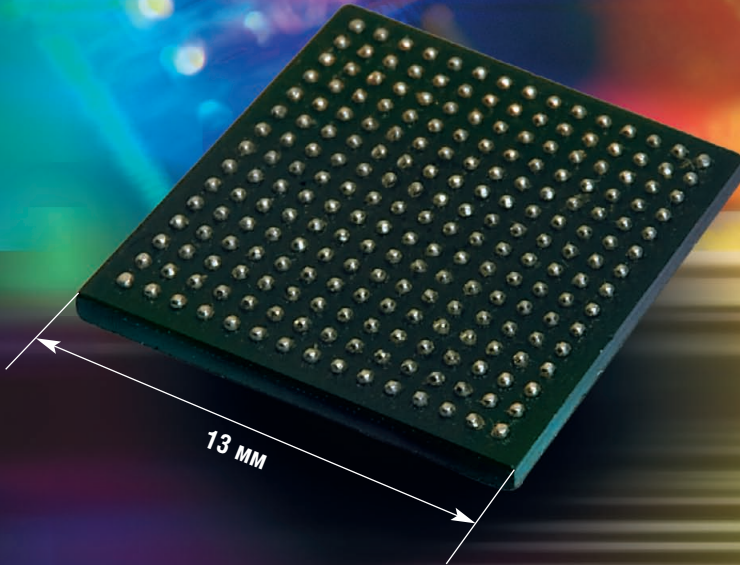
PROSOFT®

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
Тел.: (495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru

Реклама

© СТА-ПРЕСС

НОВЫЙ X86 МИКРОКОНТРОЛЛЕР RDC HB301



Технические характеристики

- 300-МГц 32-бит RISC-ядро
- Совместимость с архитектурой 80486SX
- 16 Кб кэш первого уровня
- Двухпортовый хост-контроллер USB 2.0
- Контроллер PCI rev. 2.1
- 2 контроллера Fast Ethernet MAC
- Интегрированная периферия
 - контроллер прерываний
 - контроллер DMA
 - таймеры
- Встроенный контроллер памяти SDR/DDR/DDR2
- 25 портов ввода-вывода общего назначения
- Поддержка Windows, DOS, Linux и других ОС
- Питание ядра 1,2 В, подсистемы ввода/вывода 1,8 В; 3,3 В
- Корпус BGA225

Основные достоинства

- Совместимость с популярной x86-архитектурой
- Обширные периферийные возможности
- Низкие затраты на разработку ПО
- Невысокая стоимость

Области применения

- Промышленные компьютеры
- Системы сбора данных
- Оборудование для коммуникаций: коммутаторы пакетов, точки доступа, локальные маршрутизаторы и т.д.

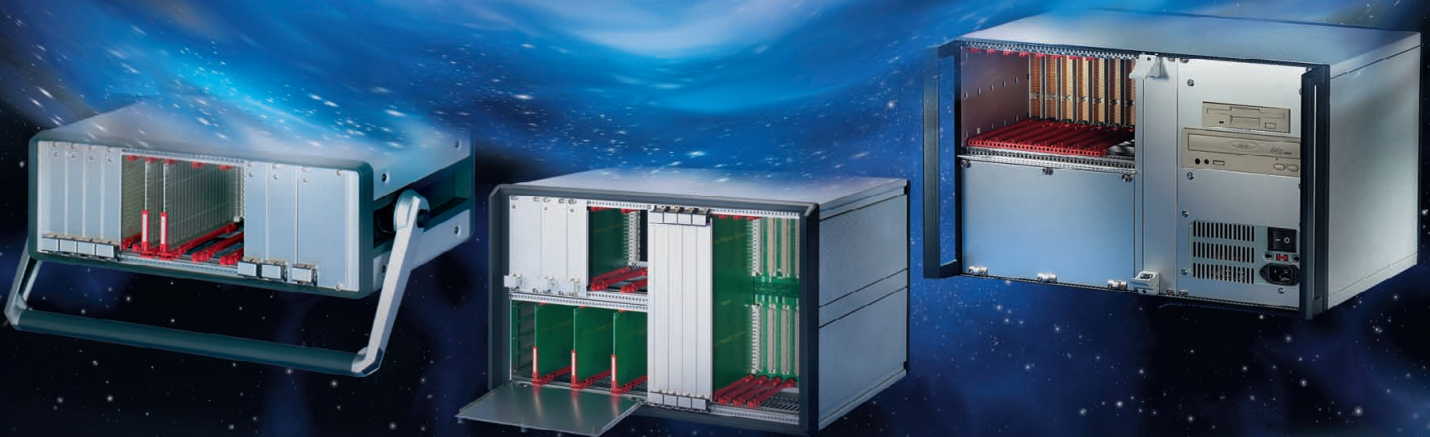


Доступен набор для разработчиков и полный комплект технической документации

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ, СТРАН СНГ И БАЛТИИ

Полная линейка приборных корпусов

Технология EuroPacPRO — ГАЛАКТИКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ



CompacPRO

Простой и удобный переносной корпус

- Разнообразные конфигурации
- Идентичные передняя и задняя рамки
- Простота сборки – компоненты фиксируются с внешней стороны
- Высокая прочность и надежность
- Привлекательная цена

PropacPRO

Прочный переносной корпус с системой электромагнитного экранирования

- Разнообразные конфигурации
- Привлекательный дизайн
- Прочная литая передняя рамка
- Возможность электромагнитного экранирования
- Может использоваться для медицинского оборудования

RatiopacPRO

Универсальный корпус для любых применений

- Настольное, переносное или стоечное исполнение
- Произвольные размеры и разнообразные конфигурации
- Возможность электромагнитного экранирования
- Эффективные системы охлаждения

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SCHROFF

PROSOFT®

МОСКВА Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
САМАРА Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
НОВОСИБИРСК Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
КИЕВ Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • E-mail: info@prosoft-ua.com • Web: www.prosoft.ru
УФА Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • E-mail: info@ufa.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
КАЗАНЬ Тел.: (843) 291-7555 • Факс: (843) 570-4315 • E-mail: info@kzn.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
ОМСК Тел.: (3812) 286-521 • E-mail: omsk@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
ЧЕЛЯБИНСК Тел.: (351) 239-9360 • E-mail: chelyabinsk@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
КРАСНОДАР Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • E-mail: krasnodar@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Н. НОВГОРОД Тел.: (831) 215-4084 • Факс: (831) 215-4084 • E-mail: n.novgorod@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru