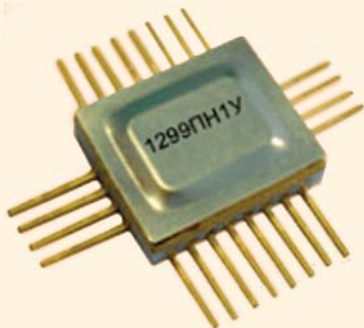


Новости российского рынка

Компоненты

Новые микросхемы для управления питанием

Компания ЗАО «ПКК Миландр» сообщает о разработке первых в России микросхем управления питанием для использования в технике специального назначения: авиатехнике и военной электронике, а также в изделиях, требующих повышенной надёжности. Фирмой разработаны аналоги таких зарубежных микросхем, как MAX1644EAE, SC4215 и LM3671. Разработка этих трёх схем находится в финальной стадии. Кроме этого, разрабатывается ещё одна схема управления питанием – аналог схемы DS9266. В ограничительный



перечень МОП планируется внесение схемы-аналога MAX1644EAE в конце 2007 г., а схем-аналогов SC4215 и LM3671 – в конце 2008 г. На сегодняшний день успешно начато распространение бесплатных опытных образцов и микросхем с приёмкой «ОТК» для схем MAX1644EAE и SC4215.

www.milandr.ru
Тел. (495) 739-0282

Безындуктивный конвертор напряжения

Микросхема AS1301 представляет собой безындуктивный DC/DC-конвертор с максимальным током 50 мА, использующий два H-мостовых умножителя напряжения на двух внешних конденсаторах с ёмкостью не более 220 нФ. Преобразование происходит на фиксированной частоте 1 МГц. При изменении входного напряжения 2,7...5,25 В выходное напряжение остаётся фиксированным и составляет $5 \text{ В} \pm 5\%$, при этом КПД преобразования достигает 92%. Отличительной особенностью микросхемы являются низкие шумы при преобразовании, что положительно скажется при работе совместно с цепями, чувствительными к высокочастотным шумам, а также наличие «спящего» режима с током потребления менее 5 мкА.

Маленький ток потребления и высокая эффективность преобразования вместе с

небольшим корпусом TDFN ($3 \times 3 \times 0,8 \text{ мм}$) делает микросхему незаменимой при использовании в мобильных телефонах и других переносных устройствах, работающих от автономных источников тока.

www.prochip.ru
Тел. (495) 232-2522

Миниатюрный щелевой оптрон от компании Sharp

Компания Sharp Microelectronics представляет GP1S296HCPSF – один из самых миниатюрных оптронов щелевого типа, существующих в настоящее время на рынке.

Объём корпуса этого субминиатюрного оптрона составляет лишь половину объёма технически сравнимых предшествующих моделей – всего $2,5 \times 1,8 \times 1,9 \text{ мм}$. Такой степени миниатюризации удалось достигнуть благодаря технологии изготовления компонентов Double Transfer Mold – собственной разработке компании Sharp.

Кроме того, с 0,3 до 0,2 мм уменьшена регистрируемая ширина шага. Поэтому GP1S296HCPSF просто незаменим, если в процессе создания миниатюрного изделия требуется малая монтажная высота и мало места для размещения. Новый оптрон щелевого типа особенно пригоден для всех переносных устройств, например, в качестве сенсора для управления приводом автофокуса и зума в цифровых миниатюрных камерах.



Благодаря расширенному рабочему температурному диапазону $-25...+85^\circ\text{C}$ оптрон GP1S296HCPSF с успехом может использоваться в коммутационных устройствах в тяжёлых промышленных условиях, в портативных мобильных устройствах, в том числе и работающих под операционной системой Windows.

Начало серийного производства запланировано на октябрь 2007 г. Образцы GP1S296HCPSF уже сейчас можно заказать у официального дистрибьютора Sharp на территории России и стран СНГ – компании ПРОСОФТ.

www.prochip.ru
Тел. (495) 232-2522

Одночиповый 2,4 ГГц трансивер со встроенным микроконтроллером и флеш-памятью

Компания Nordic Semiconductor представила новое решение для беспроводной передачи данных.

Микросхема nRF24LU1 представляет собой 2,4 ГГц трансивер со встроенным 8051-совместимым микроконтроллером и интегрированной флеш-памятью объёмом 16 Кб. Трансивер обеспечивает беспроводную передачу данных со скоростью 2 Мбит. Благодаря встроенному сопроцессору все передаваемые данные могут быть зашифрованы 128-битным ключом по алгоритму AES. Микроконтроллер имеет три встроенных интерфейса SPI, UART и USB2.0. Возможности чипа позволяют разработать недорогое решение с аппаратной поддержкой приёма/передачи данных (протокол Enhanced ShockBurst), а встроенный в микроконтроллер интерфейс USB2.0 – реализовать простой обмен данными с компьютером. Микросхема выпускается в маленьком 32-выводном корпусе QFN с размерами $4 \times 5 \text{ мм}$, напряжение питания 4...5,25 В, выходная мощность 0 дБм.

www.prochip.ru
Тел. (495) 232-2522

SiC MESFET-транзисторы Cree позволили уменьшить габариты и стоимость измерительной аппаратуры

Компания MILMEGA успешно использует SiC MESFET-транзисторы Cree в качестве комплектующих в своих новых СВЧ-усилителях мощности.

Новые усилители мощности разработаны для рынков тестового оборудования и приборов, предназначенных для измерения электромагнитной совместимости. Для создания СВЧ-усилителей мощности, обладающих высокой надёжностью, исключительной плотностью мощности, а также простотой управления сигналом и портативностью, используются уникальные преимущества SiC MESFET-транзисторов Cree: сверхширокая полоса частот усиления (0...2,7 ГГц), высокие значения плотности мощности и КПД.

Как известно, применение в полупроводниковых приборах карбида кремния позволяет достигать наивысшего значения плотности мощности на единицу площади кристалла по сравнению с другими полупроводниковыми материалами. Это преимуще-

Новости российского рынка



щество SiC и позволяет добиться высокой эффективности модулей и приборов на базе SiC MESFET-транзисторов. Кроме того, в отличие от изделий, выполненных на базе других СВЧ-транзисторов, применение SiC-транзисторов позволяет уменьшить размеры модулей в 3 раза. Уникальные характеристики SiC MESFET-транзисторов Cree помогают выигрывать не только по техническим характеристикам, но и по стоимости.

Компания Cree является пионером в разработке SiC MESFET-транзисторов и на сегодняшний день сохраняет лидирующие позиции в производстве широкозонных полупроводниковых приборов. Приобрести продукцию Cree можно у официального дистрибьютора на территории России и стран СНГ – компании ПРОСОФТ.

www.prochip.ru
Тел. (495) 232-2522

Sharp представляет новый системный ЖКД с функцией сканирования

Технология Continuous-Grain-Silicon собственной разработки Sharp обеспечи-

вает возможность интеграции оптических сенсоров в любую точку изображения и тем самым создаёт основу для многоточечных сенсорных экранов, сканеров и других функций.

Гамбург. 21 сентября 2007. Sharp Corporation успешно разработала новый системный ЖКД, в котором реализованы совершенно новая концепция сенсорного экрана и функции сканирования. Этих инноваций удалось достичь благодаря интеграции оптического сенсора в каждую точку ЖК-экрана. В то время как в обычных сенсорных экранах для ввода требуется наличие сенсорного слоя, который ламинируется или наклеивается на ЖК-панель, в новом системном ЖКД такого слоя просто нет. Благодаря этому дисплей обладает повышенной светопрозрачностью для задней подсветки. Следствием этого является повышение яркости и улучшение качества изображения при одновременном уменьшении толщины экрана до величины менее одного миллиметра.

Так как отдельные точки изображения реагируют независимо от изменений окружающего освещения, одновременное касание экрана в нескольких точках может регистрироваться точка за точкой – функция, которую было очень тяжело реализовать. Пользователи могут, таким образом, например, увеличивать или уменьшать масштаб индицируемой географической карты, разводя или сводя два пальца на изображении карты. Благо-



даря интеграции оптических сенсоров в каждой точке изображения ЖК-дисплей может также служить сканером, например, для визитных карточек, – и это с полным 1/2-VGA-разрешением, которое обеспечивает дисплей. В будущем планируется также использование функции сканирования для идентификации пользователей.

Качество изображения, полученное на базе Continuous-Grain-технологии, а также дополнительные функции определяют возможность использования нового системного LCD компании Sharp для будущих поколений мобильных приборов, таких как смартфоны, PDA, карманные PC и мобильные навигационные системы, в которых функции сенсорных экранов являются безусловными необходимыми.

www.prochip.ru
Тел. (495) 232-2522

Узлы и модули

Малогабаритный прецизионный малошумящий кварцевый генератор ГК197-ТС от ОАО МОРИОН (Санкт-Петербург)

ГК197-ТС – новая модель прецизионного термостатированного генератора в стандартном европейском корпусе с размерами 36 × 27 мм и высотой 10...16 мм, выпускаемая ОАО МОРИОН (Санкт-Петербург). Генератор характеризуется высокой температурной стабильностью в интервале рабочих температур (до $\pm 1 \times 10^{-9}$) и долговременной стабильностью (до $\pm 3 \times 10^{-8}$ /год), а также возможностью поставки с низким уровнем фазовых шумов (-130 дБ/Гц для $\Delta f = 10$ Гц, -160 дБ/Гц для $\Delta f = 1$ кГц) и сокращённым временем выхода на режим (до 1 мин). Возможны исполнения с напряжением питания 5 В или 12 В и выходными



сигналами SIN или HCMOS. В настоящее время выпускается серийно.

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

Компания XP Power: компактные источники питания AC/DC для жизни и производства

Компания XP Power объявила о доступности 100-ваттных многоканальных источников питания AC/DC серии ECM100 в открытом исполнении. Серия дополняет

одноканальные модели, выпуск которых начался раньше. В новую линейку входят 15 моделей с двумя, тремя и четырьмя выходными каналами. Компактные модули с габаритами всего лишь 114,3 × 63,5 × 30,5 мм отличаются высоким значением удельной мощности 7,4 Вт/дюйм³. Конструкция источников включает два независимых преобразователя, которые осуществляют стабилизацию напряжения дополнительных выходных каналов. Напряжение выходных каналов V1 и V2 стабилизируется контуром регулирования, а стабилизация напряжения выходных каналов V3 и V4 осуществляется дополнительными стабилизаторами напряжения.

Модули источников питания серии ECM100 идеальны для применений, в которых высока стоимость места и имеется только небольшой поток охлаждающего воздуха или он отсутствует вовсе. Полная мощность в нагрузке обеспечивается при

Новости российского рынка



воздушном потоке небольшой интенсивности 5 CFM, при конвекционном охлаждении обеспечивается мощность до 80 Вт. Источники питания серии ECM100 являются оптимальными также для использования в медицинском оборудовании (или других применениях) – там, где необходим небольшой ток утечки на землю.

Все модели отвечают требованиям по электромагнитной совместимости стандартов EN55011 и EN55022 (класс B). Модули питания серии ECM100 соответствуют требованиям к безопасности стандартов UL60950-1, EN60950-1 и ГОСТ Р МЭК60950-2002 для информационного и промышленного оборудования, а также стандартов UL60601-1 и EN60601-1 для медицинского электрооборудования.

Приобрести 100-ваттные многоканальные источники питания AC/DC серии ECM100 можно у официального дистрибьютора XP Power в России, странах СНГ и Балтии – компании ПРОСОФТ.

www.prosoft.ru
(495) 234-0636

Компания Lambda выпустила 450-ваттные DC/DC-преобразователи в корпусах half-brick!

Компания Lambda приступила к выпуску PAH450S – новой серии 450-ваттных DC/DC-преобразователей для монтажа на печатную плату. Выполненные в стандартном корпусе half-brick, DC/DC-преобразователи этой серии обеспечивают в нагрузке 450 Вт при значениях КПД до 92% и способны работать в широком диапазоне входного напряжения 36...72 В.

Преобразователи PAH450S разработаны для нового поколения радиочастотных усилителей мощности, применяемых в радиочастотных базовых станциях, ретрансляторах сотовой связи и радиочастотных усилителях систем связи с подвижными объектами.

DC/DC-преобразователи, обеспечивающие электропитанием перечисленные системы, должны отвечать многим требованиям, включая стойкость к колебаниям температуры окружающей среды, низкое значение рассеиваемой мощности, а также должны обладать небольшими габаритами и широким диапазоном регулировки выходного напряжения. Это позволит пользователю оптимизировать технические характеристики усилителей.

В серии доступны модели с номинальными значениями выходного напряжения 28 В (регулируемое от 16,8 до 33 В) и 48 В (регулируемое от 28,8 до 57,6 В). Эти преобразователи обеспечивают в нагрузке полную мощность при температурах основания корпуса –40...+100°C. Преобразователи снабжены вставками с резьбой для монтажа



радиаторов, обеспечивающих отвод тепла, кроме того, имеются следующие сервисные функции: защита от перегрузки по току (с самовосстановлением), защита от перенапряжения, внешняя обратная связь и дистанционное включение/выключение.

Модели серии PAH450S имеют стандартные (half-brick) габариты 61 × 12,7 × 57,9 мм, соответствуют требованиям стандартов электробезопасности UL/CSA/EN60950-1, ГОСТ Р МЭК60950-2002 и имеют маркировку CE.

Приобрести DC/DC-преобразователи серии PAH450S можно у авторизованного дистрибьютора Lambda в России – компании ПРОСОФТ.

www.prosoft.ru
(495) 234-0636

Компания XP Power значительно расширила линейку DC/DC-преобразователей

Компания XP Power значительно расширила линейку DC/DC-преобразователей в номенклатуре предлагаемых изделий: теперь ряд DC/DC-преобразователей включает модели с выходными мощностями от 1 до 600 Вт, а также одно-, двух-, трёх- и



четырёхканальные модели с диапазонами входных напряжений 2 : 1 и 4 : 1, диапазонами рабочих температур –40...+100°C, а в специальном исполнении –55...+100°C.

Среди новинок – серии JCA02/03 и JCA04/06, состоящие из DC/DC-преобразователей с выходными мощностями 2...6 Вт, выполненных в компактном корпусе с размерами 25,4 × 20,3 мм со стандартным расположением выводов. При установке на печатную плату преобразователи JCA02/03 занимают на 20% меньшую площадь (с учётом площади, занимаемой внешними компонентами), а преобразователи серии JCA04/06 – на 31% меньшую площадь по сравнению с изделиями конкурентов. Преобразователи оснащены входным помехоподавляющим П-образным фильтром, защитой от пониженного входного напряжения и отличаются небольшим уровнем пульсаций выходного напряжения.

DC/DC-преобразователи в бескорпусном исполнении серии JVK являются одними из



компактнейших (размеры 27,9 × 24,4 × 9,1 мм) 15-ваттных преобразователей и поставляются в исполнениях для установки в отверстия печатной платы и для поверхностного монтажа. Гальваническая развязка между входными и выходными цепями имеет напряжение 2250 В, КПД достигает 89%. Преобразователи отличаются высоким значением времени наработки на отказ (MTBF 1 000 000 ч, рассчитанный по MIL-HDBK-217F) и оснащены такими сервисными функциями, как дистанционное включение/выключение, защита от перегрузки по току, от перенапряжения и короткого замыкания. Поставляются модели с выходными напряжениями от 3,3 до 15 В и диапазонами входных напряжений 18...36 и 36...75 В.

Новости российского рынка



Интерес для разработчиков электронного оборудования представляют и 40-ваттные DC/DC-преобразователи серии JCP в одно-, двух- и трёхканальных исполнениях. Преобразователи поставляются в металлических корпусах, обеспечивающих шестистороннее экранирование.

Диапазоны входных напряжений составляют 9...18 В, 18...36 В, 36...75 В. Диапазон рабочих температур –40...+100°C, гальваническая развязка между входными и выходными цепями имеет значение 1500 В, частота преобразования составляет 350 кГц, среднее время наработки на отказ – более 600 000 час. Преобразователи серии JCP оснащены следующими сервисными функциями: защита от пониженного входного напряжения, регулировка выходного напряжения потенциометром, защита от перегрузки по току, от перенапряжения, короткого замыкания и перегрева, также модели оснащены внешней обратной связью. Изделия стойки к вибрационным (3 g, диапазон частот 5...500 Гц) и ударным воздействиям (30 g, полусинусоида 18 мс).

Приобрести DC/DC-преобразователи серий JCP, JVB, JCA02/03 и JCA04/06 можно у официального дистрибьютора

XP Power в России, странах СНГ и Балтии – компании ПРОСОФТ.

www.prosoft.ru
Тел. (495) 234-0636

Активный помехоподавляющий фильтр обеспечивает защиту DC/DC-преобразователей в соответствии с требованиями MIL-STD-1275A без применения дополнительных компонентов

Компания XP Power объявила о начале выпуска 500-ваттного активного фильтра для применения в условиях сильных электрических помех. Модуль DSF500 разработан для защиты DC/DC-преобразователей от импульсов перенапряжения, всплесков и пульсаций напряжений, которые обычно имеются в электрической системе любой военной платформы, такой как летательный аппарат или транспортное средство. Фильтр соответствует требованиям военного стандарта MIL-STD-1275A-D без применения дополнительных компонентов. В системах могут применяться стандартные DC/DC-преобразователи для промышленных применений без риска быть повреждёнными импульсами перенапряжения и помехами. Диапазон входных напряжений 10...34 В постоянного напряжения. Выходное напряжение отслеживается и ограничивается на уровне ниже 36 В.

Модуль DSF500 характеризуется низкими потерями, а защитная схема на основе



MOSFET-транзисторов обеспечивает защиту от переполюсовки входного напряжения. Подключенная система защищена от некорректных потенциально опасных питающих напряжений. Фильтр также защищён от перегрузок по току. Если нагрузка по току превысит 28 А, формируется аварийный сигнал, который может быть использован для отключения DSF500 или выключения подсоединенного оборудования для уменьшения тока нагрузки. Функция дистанционного включения/выключения позволяет дистанционно отключать модуль, если требуется.

Размеры модуля 57,9 × 57,9 × 16,45 мм. В настоящее время не существует других модулей активных фильтров с такими небольшими габаритами, отвечающих требованиям MIL-STD 1275A-D с нагрузочной способностью 28 А.

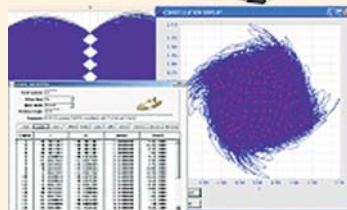
www.prosoft.ru
Тел. (495) 234-0636

Программное обеспечение

Программное обеспечение Modular для серии генераторов сигналов произвольной формы Wonder Wave (Израиль)

Компания Tabor Electronics (Израиль) выпустила новый программный продукт для серии генераторов Wonder Wave (WW) – программное обеспечение Modular, которое позволяет создавать и формировать сигналы с цифровой модуляцией. С новым ПО Modular генераторы WW могут применяться для работы и тестирования в системах беспроводной связи, а разнообразие типов генераторов WW позволяет подобрать подходящий генератор для решения любой задачи. Основные возможности программы:

- выбор полосы частот несущей основного сигнала и модулирующих сигналов I и Q;



- выбор количества несущих в общем сигнале;
- создание пользовательской карты символов с мощным инструментарием по редактированию и настройке;
- использование разнообразных схем модуляции типа: BPSK, QPSK, OQPSK, $\pi/4$ -DQPSK, QAM16, QAM32, QAM64,

QAM128, QAM256, QAM1024, 8PSK, O-8PSK, 8-VSB, 16-VSB, GMSK, FSK, AM, FM и PM;

- создание DVB-C канала, сигналов формата DSSS, CDMA (IS95), W-CDMA;
- использование разнообразных способов модулирования сигналов: разработанные пользователем схемы, загрузка из файла, задание последовательностей символов, использование различных фильтров полосы немодулированных частот и карты символов;
- формирование в сигнале линейных и нелинейных искажений;
- поддержка различных интерфейсов для связи с компьютером: GPIB, USB и Ethernet (TCP/IP);
- экспорт и сохранение данных в различных форматах.

www.prist.ru
Тел. (495) 777-5591

Технология 1-wire и интерфейс доступа к устройствам ibutton компании Maxim

Виталий Грибачёв (Санкт-Петербург)

В статье приведено описание шины MicroLan и соответствующих ИС, выпускаемых компанией Maxim.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕТЕЙ MICROLAN

Технология однопроводного интерфейса 1-wire, или MicroLan, была разработана в конце 1990-х годов фирмой Maxim и не получила широкого распространения. Шина MicroLan до сих пор не является фактическим стандартом для персональных компьютеров, и производители материнских плат не включают в состав своих изделий контроллеры для этой шины.

Ситуация кажется тем более странной, что многие производители материнских плат охотно встраивают в свои изделия аппаратную поддержку новых, малоизвестных или экспериментальных шин в надежде, что фирмы – производители программного и аппаратного обеспечения в будущем поддержат эти архитектуры массовым выпуском программного обеспечения и соответствующей периферии. Очень часто этот благородный почин остаётся без ответа, и новая шина, так и не дождавшись массового применения, становится очередной тупиковой ветвью технологической эволюции, пугая неопытных владельцев материнских плат пустыми разёмами странного вида.

(Много ли сборщиков ПК помнят сейчас, что должно было включаться в разём AMR на материнских платах компании Chaintech?)

К счастью, с технологией 1-wire ничего подобного не произошло. Судя по всему, она активно развивается, и с каждым годом расширяется как сфера её применения, так и номенклатура поддерживающих её изделий. И этому есть вполне объективные технологические причины.

Шина 1-wire представляет собой способ объединения разнообразных

периферийных устройств на основе однопроводной технологии. На самом деле проводов, конечно, два, но один из них используется в качестве общего или «нулевого» провода.

Для прокладки сети 1-wire достаточно обычного телефонного провода или стандартной витой пары любой категории. Общая длина линии не должна превышать 300 м, при этом скорость передачи данных достигает 16 300 бит/с, что в большинстве случаев вполне достаточно для обмена информацией с разнообразными периферийными устройствами.

Протокол работы MicroLan сознательно упрощён и оптимизирован для удобства применения распространённых типов микроконтроллеров, например, с архитектурой MCS-51 или AVR. Конфигурация сети 1-wire предусматривает наличие одного ведущего и множества ведомых устройств. При этом допускается динамическая реконфигурация, т.е. любое ведомое устройство может в любой момент быть подключено к сети или отключено от неё. Во избежание конфликта адресов каждое ведомое устройство имеет свой уникальный адрес, который прошивается в ПЗУ устройства на заводе.

Немного забегаая вперед, хотелось бы описать, каким образом решена проблема получения адресов при одновременном подключении к однопроводной линии нескольких ведомых устройств, адреса которых ведущему устройству заранее не известны.

Уникальный идентификационный код (ИК) каждого устройства записан в ПЗУ, поэтому команды, относящиеся к адресации устройств на шине, называются командами ПЗУ. Всего их четыре. Команда «чтение ПЗУ» ис-

пользуется для чтения ИК в тех случаях, когда устройство на шине одно. Если устройств несколько, то результатом будет установление на шине логического «И» над всеми ИК в сети. Команда «пропуск ПЗУ» используется для адресации всех устройств одновременно. Команда «совпадение ПЗУ» используется для адресации конкретного устройства.

Команда «поиск ПЗУ» используется для инициации процедуры поиска ведомых устройств. Происходит это следующим образом. Вначале подаётся команда «поиск ПЗУ». В ответ на эту команду каждое ведомое устройство размещает на шине первый бит своего идентификатора. Ведущее устройство считывает результат в виде логического «И» всех этих битов. Затем ведомые устройства выставляют на шину инверсные логические дополнения своих первых разрядов. Например, если в первом разряде у всех была единица, то на шине в итоге последовательно появятся два бита – 1 и 0. Если в первом разряде у всех 0, то мастер принимает 0 и 1. А если у одних устройств 0, а у других 1, то мастер принимает 0 и 0. После этого ведущее устройство выбирает, с какими адресами оно будет работать. Допустим, оно выбрало устройства с 1 в первом разряде. Тогда ведущее устройство выставляет этот бит на шину, и в дальнейшем ему отвечают только устройства, которые имеют в первом разряде 1. Остальные устройства переходят в режим ожидания.

После ряда таких циклов на шине останется в активном состоянии только одно устройство, ИК которого будет определён полностью. Все остальные устройства будут находиться в режиме ожидания. Для запуска процедуры определения следующего ИК ведущее устройство снова даёт команду «поиск ПЗУ», и все шаги повторяются до тех пор, пока не окажутся определёнными все устройства,

подключенные к шине в данный момент времени.

Разумеется, всё было бы гораздо проще, если бы шина состояла из большого числа проводников. Но провод всего один. И проблема поиска адреса, на взгляд автора, решена в этом алгоритме весьма изящно.

Учитывая замысловатый протокол передачи отдельных битов команд и данных в однопроводной сети, важным моментом при управлении шиной MicroLan является выдерживание точных временных интервалов. Поэтому для стабильной работы сети в качестве ведущего устройства рекомендуется использование промышленных микроконтроллеров с тактовой частотой не менее 2,17 МГц. При этом в протоколе различают десять видов различных задержек: $A = 6$ мс, $B = 64$ мс, $C = 60$ мс, $D = 10$ мс, $E = 9$ мс, $F = 55$ мс, $G = 0$ мс, $H = 480$ мс, $I = 70$ мс и $J = 410$ мс. Ведущее устройство использует их в соответствии со следующими алгоритмами (см. рисунок 1).

Все периферийные устройства MicroLan оснащены встроенными контроллерами сети, позволяющими им работать в сети сразу после подключения, без дополнительной конфигурации. Поэтому беспокоиться о точном соблюдении значений задержек со стороны ведомых устройств разработчику не следует. Более того, на практике значения задержек ведомых устройств могут «плавать» в некоторых пределах.

Логические уровни напряжения в сети соответствуют уровням КМОП/ТТЛ. Это означает, что напряжение выше 2,2 В соответствует лог. 1, а напряжение ниже 0,8 В соответствует лог. 0. Общее напряжение питания сети составляет от 2,8 до 6,0 В.

Для повышения стабильности уровня питающего напряжения используется встроенная ёмкость 800 пФ. Передача данных в сети асинхронная, полудуплексная. За одну секунду ведущее устройство может адресовать до 75 ведомых сетевых устройств. В за-

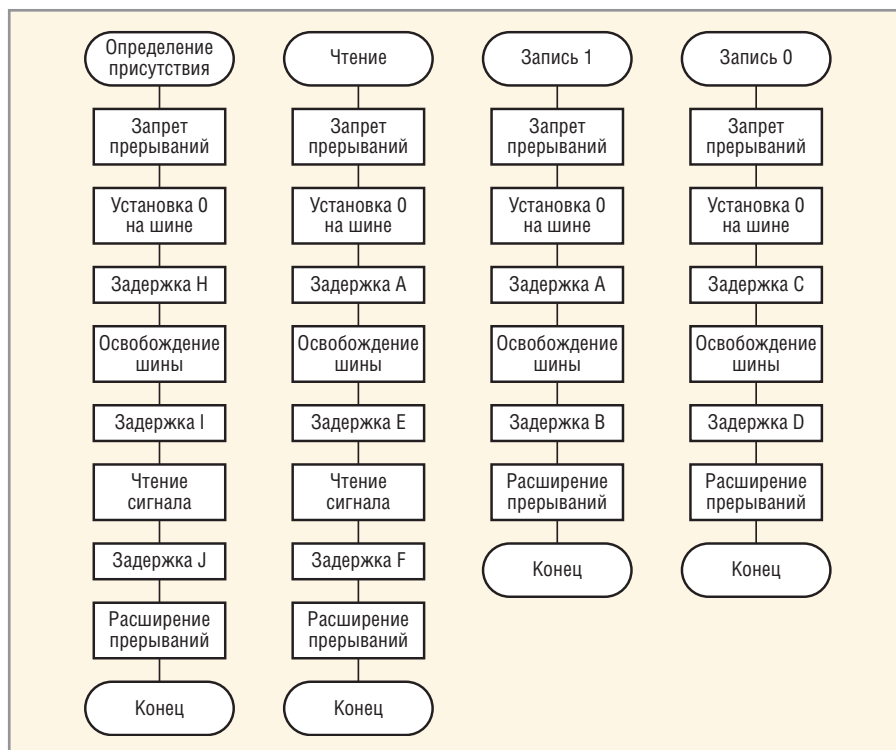


Рис. 1. Алгоритмы ведущего устройства

висимости от предшествующих команд, набор импульсов, посылаемых ведущим устройством, может интерпретироваться ведомыми устройствами как команда или как данные.

Чаще всего в качестве ведущего устройства выступает персональный компьютер, оснащённый специализированным драйвером и адаптером сети MicroLan, подключаемым к широко распространённым последовательным портам USB или RS-232.

АРХИТЕКТУРА СЕТЕЙ MICROLAN

Наиболее простой архитектурой является линейная топология сети с одним ведущим и некоторым количеством ведомых устройств, соединённых по схеме «общая шина», как показано на рисунке 2.

В случаях, когда число одновременно подключенных к сети устройств достаточно велико (больше 20), с целью повышения помехоустойчи-

вости к сети через стандартную телефонную розетку типа RJ11 может быть подключен блок питания, как показано на рисунке 3.

Топология сетей с общей шиной не является единственно возможной для практической реализации. Она исключительно удобна для подключения цепочек разнообразных датчиков, например, температуры или давления. Однако в номенклатуре выпускаемых фирмой Maxim компонентов есть специализированные устройства для организации топологии сетей MicroLan типа «звезда» – так называемые разветвители, или коммутаторы ветвей. Они позволяют организовывать на физическом уровне топологии типа «звезда» любого вида при сохранении топологии «Общая шина» на логическом уровне. Структурная схема подобной сети показана на рисунке 4. В качестве примера подобных приборов можно привести адресуемый ключ DS2406P, коммутирующий возврат-

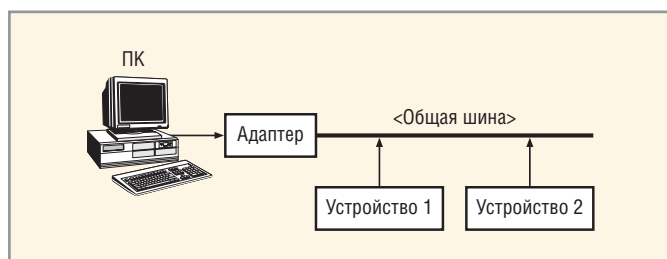


Рис. 2. Сборка сети MicroLan на основе топологии «общая шина»

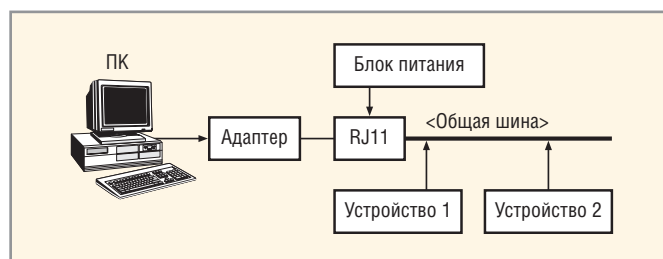


Рис. 3. Подключение к сети дополнительного блока питания

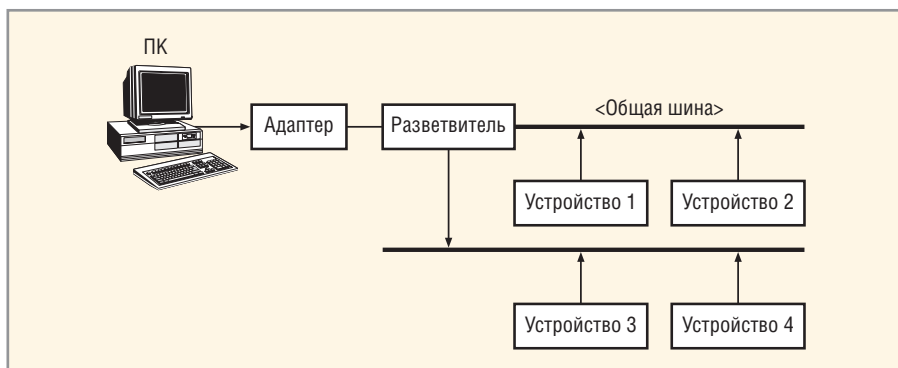


Рис. 4. Ветвление в сетях MicroLan с помощью коммутатора

ный провод однопроводной линии, а также прибор DS2409, коммутирующий саму шину данных в сети MicroLan.

Для сопряжения с традиционными сетями на основе технологии Ethernet компания Maxim выпускает специализированную плату TINI-board, содержащую микроконтроллер, последовательный порт RS-232 и аппаратный драйвер магистрали MicroLan, который позволяет этой плате выступать в качестве ведущего устройства в однопроводных сетях. Со стороны пользователей Интернет плата TINI-board может выглядеть как веб-сервер, предоставляющий по запросу информацию, фиксируемую устройствами сети MicroLan. Кроме того, плата имеет собственную память, позволяющую ей накапливать информацию от периферийных устройств и в автоматическом режиме пересылать её другим удалённым серверам сети Интернет.

В настоящее время выпускается достаточно большая номенклатура периферийных устройств 1-wire. В зависимости от технических требований, разработчики могут использовать микросхемы в форм-факторе MicroCAN, внешне напоминающем металлический дисковый аккумулятор, или в обычных прямоугольных корпусах DIP. В случае дискового исполнения, выходными выводами являются изолированные половинки прочного металлического корпуса. Такая конструкция наиболее популярна для приборов защищённой энергонезависимой памяти («таблетки» ibutton), используемых в схемах идентификации или электронных замках. В настоящее время подобными «таблетками» многие горожане открывают двери своих домов и подъездов.

Приборы ibutton выпускаются с различным объёмом памяти – от 1 Кбит (DS1992) до 64 Кбит (DS1996) – и подходят не только для защищённого хранения электронных ключей и кодов доступа, но также для переноса небольших объёмов информации. Следует отметить, что надёжное хранение паролей и ключей шифрования является одной из проблем современной криптографии. И дело тут не в используемых алгоритмах, а в том, что надёжность любой современной криптосистемы определяется её слабым звеном. А таковым звеном в любой, даже самой надёжной человеко-машинной системе, является человек.

Применительно к хранению паролей это проявляется в том, что лишь немногие люди в состоянии запомнить длинный (больше 7 символов) или состоящий из набора бессмысленных символов пароль. Запись пароля на бумаге или в блокноте также не является правильным решением, поскольку бумаги имеют склонность теряться или попадать в руки посторонних лиц. Ещё сложнее, если необходимо защищённое хранение пароля значительной длины (больше 512 бит) или ключевого файла.

Использование 1-wire-компонентов с защищённой памятью, например DS1991, позволяет решить эту проблему. Область памяти этих устройств защищена паролем, то есть пользовательская программа должна ввести пароль, чтобы что-то прочитать из памяти DS1991 или записать в неё. При этом пароль доступа к защищённой памяти может быть небольшой длины – всего 4-5 символов. Количество попыток перебора пароля ограничивается на аппаратном уровне. При превышении числа попыток ввода пароля защищённая память ав-

томатически блокируется или стирается.

Исполнение прибора в прочном влагонепроницаемом малогабаритном корпусе с литиевой батарейкой внутри вносит дополнительный элемент защиты хранимой внутри информации. Для более ответственных применений фирмой разработаны криптографические процессоры DS1954. Микроконтроллеры, встроенные в эти изделия, способны производить аппаратное шифрование по алгоритму RSA с длиной ключей 1024 бита. Достаточно низкая цена устройств и повышенная механическая прочность исполнения выгодно отличает устройства ibutton от изделий аналогичного назначения других фирм.

Ряд приборов выпускается для повышения гибкости и интерактивности проектируемых автоматизированных систем. В частности, на базе часов реального времени с таймером (DS2417) могут быть реализованы автономные таймеры, генерирующие сигналы прерываний, подаваемые на выводы промышленных микроконтроллеров для организации управления внешними устройствами.

В номенклатуре приборов с однопроводным интерфейсом (см. таблицу) имеются датчики влажности и температуры (гигрохрон DS1923-F5), диоды электростатической защиты (DS9502), аналогово-цифровые преобразователи (DS2450), интеллектуальные датчики разряда батарей (DS2760) и др. Вероятно, наиболее интересными устройствами среди всего этого многообразия являются приборы для измерения температуры и датчики разряда батарей.

Датчики разряда батарей представляют собой устройства 1-wire, встраиваемые непосредственно в аккумуляторную батарею и хранящие всю необходимую информацию об особенностях её изготовления и индивидуальных технических параметрах. Кроме того, данное устройство позволяет в реальном времени отслеживать режим эксплуатации элемента питания и динамику изменения эксплуатационных параметров на протяжении всего срока службы. Не секрет, что именно источники питания, их габариты и ёмкость являются ахиллесовой пятой современных малогабаритных электронных устройств. Поэтому тщательное плани-

Сводная таблица основных характеристик некоторых устройств 1-wire

Тип	Название устройства	Объём встроенной памяти	Рабочий диапазон температур, °C	Напряжение питания, В	Диапазон измерения температуры, °C	Количество циклов перезаписи
DS2406	Сдвоенный адресуемый коммутатор	1 Кбит	-40...+85	2,8...6,0	–	–
DS2409	MicroLAN Coupler	–	-40...+85	4,5...5,0	–	–
DS1992	Энергонезависимая память	1024 бит (NVS RAM)	-40...+70	0,5...7,0	–	Не менее 1 000 000
DS1996	Энергонезависимая память	65 536 бит (NVS RAM)	-40...+70	0,5...7,0	–	Не менее 1 000 000
DS2417	Таймер с функцией прерывания	–	-40...+85	2,5...5,5	–	–
DS1923 -F5	Термогигрограф	512 байт	-20...+85	0,5...5,5	-20...+85	–
DS9502	Специализированный стабилитрон	–	-40...+85	0,9...5,5	–	–
DS2450	Четырёхканальный АЦП	–	-40...+85	2,56...5,12	–	–
DS2760	Прецизионный монитор элементов питания	16 байт SRAM, 32 байта EEPROM	-40...+85	Определяется элементом питания	–	–
DS1921Z -F5	Термохрон	4 Кбит	-5...+26	0,5...5,5	-5...+26	–
DS2423	Память со счётчиком	4 Кбит	-40...+85	2,8...5,5	–	–
DS1991	Энергонезависимая память с паролем доступа	1344 бит (NVS RAM)	-40...+85	2,8...5,5	–	Не менее 1 000 000

рование процесса эксплуатации элементов питания позволяет подобрать индивидуальный режим заряда-разряда каждой батареи и тем самым увеличить срок её службы. Кроме того, эти сведения могут быть полезны при разработке новых типов элементов питания.

Распределённый мониторинг температуры легко организуется с помощью набора датчиков DS1921 («термохрон»). Устройства являются дискретными цифровыми самописцами, регистрирующими температурные колебания. Данные измерений температуры сохраняются во внутренней энергонезависимой памяти датчиков и могут быть считаны ведущим устройством в любой момент времени.

Более совершенным является устройство «гигрохрон» (DS1923-F5), которое представляет собой миниатюрный термогигрограф, осуществляющий мониторинг температуры и влажности окружающей газовой среды. Диапазон измеряемых температур составляет от -20 до +85°C, а относительной влажности – от 0 до 100%. Активированный и предоставленный сам себе прибор ведёт автоматическую запись параметров окружающей среды через равные, заранее заданные промежутки времени. Минимальный интервал между последовательными измерениями составляет 1 мин; всего в памяти прибора помещается до 16 777 215 отсчётов. Ведущее устройство может посылать по сети запрос и считывать накопленные данные. Судя по всему, измерение и фиксация разнообразных параметров окружающей среды является магист-

ральным направлением в номенклатуре выпускаемых фирмой изделий.

Не так давно фирмами Dallas Semiconductor и Texas Weather Instruments был завершён совместный проект по созданию автоматической климатической станции, регистрирующей погодные условия в разных районах штата Техас. Метеостанции были полностью укомплектованы 1-wire-приборами измерения атмосферного давления, электрических разрядов, температуры, влажности, скорости ветра (DS2423) и др. Сведения об измеряемых метеорологических параметрах собирались с системы датчиков при помощи локальных компьютеров и через Интернет пересылались на центральный диспетчерский сервер, обрабатывающий и фиксирующий сведения о погоде целого региона. Проект был реализован настолько удачно, что в настоящее время фирма Maxim производит целый набор специализированных микросхем WS-1, предназначенный для построения автоматизированных метеорологических станций. Данный комплект микросхем пользуется большим успехом у разработчиков по всему миру.

Таким образом, можно отметить, что компании Maxim удалось создать эффективную и достаточно простую технологию, облегчающую создание автоматизированных систем контроля и управления широкого спектра применения. Среди положительных сторон данной технологии следует отметить простую адресацию абонентов, простой и достаточно надёжный протокол передачи данных в сети, эффективные архитектурные ре-

шения сетей MicroLan, возможность динамического изменения конфигурации сети, достаточно большую протяжённость линий связи MicroLan, рациональное распределение контроллерных функций между ведущим и ведомыми устройствами и, наконец, дешевизну технологии в целом.

Необходимо отметить и недостаток технологии. Обычный телефонный кабель, используемый для прокладки линий MicroLan, обладает не слишком хорошими частотными характеристиками и помехоустойчивостью, вследствие чего скорость передачи данных в сетях 1-wire невелика. Однако скорости передачи 16 Кбит/с вполне достаточно для большинства практических применений систем автоматизированного управления, а для фиксации данных о быстропротекающих процессах можно использовать дополнительное оборудование и линии связи другого типа.

Что касается помехоустойчивости, то проблема частично решается точным соблюдением технических условий прокладки линии, применением витой пары, повышением напряжения питания при помощи внешнего блока питания. Если этих мер окажется недостаточно, то стоит подумать о технологии с другими частотными характеристиками или применять более короткие отрезки линий, а в промежутках ставить компьютеры-ретрансляторы, соединённые между собой помехоустойчивыми линиями связи на основе других интерфейсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.maxim-ic.com>.



Современные интерфейсы встроенных компьютерных систем

Николай Кольский (Москва)

В обзоре рассмотрены проводные интерфейсы, применяемые во встроенных компьютерных системах, процессорах и модулях.

Во встроенных компьютерных системах сегодня используются различные интерфейсы, реализованные по современным и по т.н. унаследованным стандартам. Интерфейсы можно систематизировать по уровням применения в устройстве: внутрикристальные шины; интерфейсы, объединяющие работу микросхем и используемые для подключения плат расширения; порты для работы с периферией; сетевые интерфейсы. Интерфейсы для подключения периферии могут быть разделены на базовые категории: пользовательские интерфейсы, порты для подключения устройств хранения данных, интерфейсы для подключения оборудования.

Интерфейсы являются не менее важной, чем вычислительное ядро, подсистемой встроенного компьютера. Создателям встроенных систем приходится анализировать возможности множества коммуникационных средств, чтобы сделать правильный выбор, а затем сконфигурировать выбранные интерфейсы с учетом потребностей приложения.

Разработчиков встроенных систем в первую очередь интересуют интерфейсы для поддержки многопроцессорности, для подключения плат расширения (например, для введения в систему поддержки графики, беспроводных коммуникаций), для работы с периферией (клавиатура/мышь, внешние накопители, системы отображения, системы сбора данных) и обеспечения работы в сети. Выбор оптимального набора интерфейсов определяется не только функциональными потребностями приложения, но и габаритными ограничениями, необходимой гибкостью, требованиями к энергопотреблению, сроком жизни системы на рынке и перспекти-

вами её использования с оборудованием следующих поколений.

Решение о применении интерфейса во встроенной системе, предназначенной для эксплуатации в промышленных условиях, зависит от ряда факторов. На уровне характеристик критериями выбора являются пропускная способность, тип (параллельный или последовательный) и количество сигнальных линий, параметры информационного сигнала, минимальная и максимальная дальности связи, количество узлов на линии, адресное пространство и число прерываний. Приходится также учитывать доступность электронных компонентов, возможность работы интерфейса в жестких условиях эксплуатации, восприимчивость к электромагнитным помехам и уровень собственных излучений во внешнюю среду, типы используемых разъёмов и кабелей, обратную совместимость с известными стандартами, стоимость элементной базы и стоимость производства конечных продуктов на этой элементной базе. Немаловажным фактором является наличие и удобство стандартизированной программной поддержки.

Встроенные компьютерные системы переживают сегодня период, когда технические решения, предлагающиеся для потребительского рынка, рассматриваются и в качестве альтернатив для рынка промышленных систем. Существует и обратное проникновение технологий из промышленного оборудования в потребительские устройства. Это касается процессорных архитектур, интерфейсных технологий, их аппаратных реализаций и программного обеспечения. В качестве примеров можно упомянуть процессорные архитектуры x86 и ARM, интерфейсные технологии PCI Express, Ethernet и

USB. Унификация обеспечивает экономические выгоды, повышение уровня надёжности и увеличение сроков поддержки встроенных систем во всех сегментах рынка.

ИНТЕРФЕЙСЫ МНОГОПРОЦЕССОРНОСТИ И СИСТЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

В современных разработках встроенных систем и модульных компонентов последовательные интерфейсы всё чаще замещают параллельные интерфейсы. В семействе модулей ETXexpress-PM компании Kontron, например, можно найти до 32 линий (lanes) PCI Express с общей пропускной способностью 80 Гбит/с; интерфейс $\times 16$ PCI Express для подключения внешних графических устройств; до 4 каналов Serial ATA-300 с общей полосой пропускания 600 Мб/с; до трёх портов Gigabit Ethernet (в перспективе 10Gb Ethernet); до 8 портов USB 2.0; до 2 каналов LVDS. При этом поддержка технологий качества обслуживания (QoS), предусмотренная рядом спецификаций, позволяет рекомендовать новые последовательные интерфейсы и для ответственных систем.

В целом для современных встроенных систем предлагается иерархия технологий последовательной передачи данных с коммутацией пакетов по трассам на основе дифференциальных пар. Межпроцессорный обмен в наборах процессоров для цифровой обработки сигналов, как правило, выполняется по интерфейсу Serial RapidIO, а связи системного уровня (с меньшими требованиями к объёмам передаваемой информации и задержкам) обеспечиваются Gigabit Ethernet. Технология Advanced Switching Interconnect поддерживает обе возможности, обеспечивая межпроцессорные и системные взаимодействия в полнофункциональном режиме, а также работу подсистемы ввода/вывода в режиме PCI Express, позволяя использовать уже разработанное программное обеспечение.

Интерфейс Serial RapidIO/SRIO использует технологию последовательной передачи данных точка-точка со скоростью 1,25/2,5/3,125 Гбит/с по дифференциальной паре. В нём применяется кодировка 8 бит/10 бит, контроль правильности передачи пакетов с помощью циклического избыточного кода (CRC) и четыре уровня приоритетов для передачи данных. Стандарт Serial RapidIO предусматривает использование резервных путей передачи данных в приложениях высокой доступности и технологий обмена сообщениями (messaging) для повышения эффективности межпроцессорного обмена. Интеграция интерфейса Serial RapidIO в ЦСП (например, TMS320C6455) уменьшает количество компонентов на плате, благодаря чему системы ЦОС получают компактные и более эффективные.

Выпускаются коммутаторы для организации высокопроизводительных последовательных межсоединений в системах с несколькими ЦСП. В качестве примера можно привести микросхему IDT70K20000BR корпорации IDT, которая поддерживает до 40 двунаправленных последовательных межсоединений с возможностями их независимого реконфигурирования (10 портов SRIO 4×, 22 порта SRIO 1×, различные комбинации SRIO 4× и SRIO 1×). Настройки каждого порта обеспечивают независимый выбор скорости передачи данных между микросхемами или через объединительную панель. Архитектура микросхем IDT70K20000BR поддерживает выполнение некоторых простых операций (выравнивание длины блоков данных, изменение порядка следования блоков данных внутри пакетов, мультиплексирование и демultipлексирование пакетов, поддержка групповой доставки пакетов), высвобождая ресурсы ЦСП для решения основных задач.

В последнее время ведутся работы по дополнению стандартов межпроцессорного обмена данными более экономичным, чем Serial RapidIO, протоколом Aurora, изначально предложенным компанией Xilinx для обмена данными в системах на основе ПЛИС (FPGA). В основе интерфейса Aurora лежит та же технология SERDES, которую можно найти в Serial RapidIO, PCI Express, Gigabit Ethernet и InfiniBand. Все эти после-

довательные интерфейсы различаются протоколами верхнего уровня, реализующими виртуальные каналы, и способами управления. Пропускная способность интерфейса Aurora может изменяться от 622 Мбит/с до 100 Гбит/с. Подготавливаемый стандарт предусматривает технологии автоматического распознавания канала и управления потоком передаваемых данных. Новый открытый интерфейс характеризуется малым временем задержки, небольшой избыточностью протокола, малым потреблением ресурсов логики. На основе интерфейса Aurora можно строить симплексные и дуплексные каналы передачи данных с переменным размером кадра.

По мере замещения устройств Fast Ethernet сетями на основе относительно недорогого оборудования Gigabit Ethernet (GbE) снижается удельная стоимость микросхем в пересчёте на порт, что делает технологию Ethernet всё более привлекательной для построения сетей на основе слабосвязанной архитектуры для подключения встроенных компьютеров и для систем коммуникации с «глобальной» информационной сетью. Помимо использования в больших сетях, объединяющих функционально законченные подсистемы, технология GbE в ряде случаев может использоваться и в самих подсистемах, обеспечивая связь между узлами обработки первичных данных; она является удобным инструментом для решения тех задач, которые не требуют очень широкой полосы пропускания и высокой производительности.

На основе интерфейса Gigabit Ethernet можно реализовать топологические схемы «звезда», «двойная звезда», полно связанную сеть и любые смешанные схемы. Последние три архитектуры обеспечивают резервирование и возможность преодоления сбоев в передаче данных. При необходимости создания высокопроизводительной коммуникационной архитектуры на основе GbE используется сопроцессорная система для поддержки протокола (технология TCP offload engine/TOE или подсистема разгрузки процессора от обработки протокола TCP). В настоящее время предлагаются однокристальные решения, объединяющие несколько GbE-контроллеров, каж-

дый с собственной системой TOE и контроллером прямого доступа к памяти (ПДП/DMA) для разгрузки процессора. Реализация физического уровня интерфейса Gigabit Ethernet 1000BaseT основывается на многоуровневом кодировании сигнала и одновременной передаче в противоположных направлениях потоков данных с использованием 4 пар.

Архитектура интерфейса Advanced Switching Interconnect (ASI) позволяет создавать многоточечные коммутируемые каналы между равноправными узлами (peer-to-peer switched interconnect links) для передачи полезной информации и сигналов управления. Интерфейс ASI при тактовой частоте 2,5 ГГц обеспечивает полную пропускную способность 64 Гбит/с. Физический и канальный уровни ASI с минимальными изменениями взяты из спецификации PCIe, а уровень транзакций существенно переделан. Максимальный размер пакета в сети Advanced Switching Interconnect составляет 2176 байт, но возможна поддержка пакетов практически любой длины за счёт использования технологии Segmentation and Reassembly/SAR. Инкапсуляция пакетов позволяет передавать данные, сопровождаемые небольшим количеством служебной информации, и поддерживать перемещение по сети пакетов любого протокола. Стандарт ASI обеспечивает поддержку технологии QoS, «горячую» замену, резервирование каналов, преодоление сбоев в работе системы коммутации пакетов и ряд других возможностей.

ИНТЕРФЕЙСЫ PCI EXPRESS И USB ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ПЛАТ РАСШИРЕНИЯ И РАБОТЫ С ПЕРИФЕРИЕЙ

Последовательные интерфейсы замещают параллельные и на уровне подключения плат расширения и внешнего оборудования к встроенным системам. При подключении плат расширения в компьютерных системах наблюдается тенденция к замене шины ISA на шину Low Pin-Count Bus (LPC), интерфейса PCI на PCI Express (PCIe). Вместо нескольких портов – LPT, Floppy и PS/2 – всё чаще применяется универсальный интерфейс USB.

Использование PCIe особенно удобно при подключении высоко-

производительных графических плат, устройств хранения на основе стандарта ExpressCard или для обслуживания коммуникационных модулей, требующих высокой производительности (Gigabit Ethernet, Firewall).

Интерфейс PCI-X является промежуточным между PCI и PCIe. Переход от 32-разрядной шины PCI, работающей на частоте 33 МГц и использующей сигналы 3,3 В, к разрядности 64 бита и частоте 66 МГц и далее к 64-разрядному параллельному интерфейсу PCI-X 2.0 с тактовой частотой 533 МГц и уровнем сигнала 1,5 В позволили поднять пропускную способность до 32 Гбит/с. Наряду с изменением физического уровня были модернизированы канальный и сетевой уровни. В спецификации PCI-X появились технология коррекции ошибок (ECC), стробирование синхронизации источником (source-synchronous strobes) и некоторые другие.

При этом в рамках стандартов PCI – PCI-X была сохранена обратная программно-аппаратная совместимость, и каждый модуль на основе шины 32 бита/33 МГц PCI может работать в разъёме PCI-X 2.0, и наоборот. Была создана 16-разрядная версия интерфейса, адаптированная к нуждам встроенных систем. Её поддержка осуществляется либо на основе специальной 16-разрядной шины, либо делением 64-разрядной шины на четыре сегмента.

Рост пропускной способности за счёт повышения тактовой частоты и разрядности параллельной шины привели к некоторому увеличению габаритов интерфейса PCI-X. По сравнению с PCIe, PCI-X имеет меньшую предельную пропускную способность и гибкость конфигурации. В интерфейсе PCIe физический уровень реализован на двух 2-проводных линиях, и каждая пара обеспечивает передачу в своём направлении. Помимо четырёх сигнальных проводников, не используются никаких вспомогательных линий (тактовые сигналы встраиваются в передачу на основе схемы кодирования 8 бит/10 бит). Пропускная способность канала масштабируется до 32 линий на основе ряда x1; x2; x4; x8; x12; x16; x32; каждая линия обеспечивает передачу со скоростью 2,5 Гбит/с в каждом направлении.

Спецификацией интерфейса PCIe поддерживаются такие полезные

функциональные возможности шины, как управление питанием, «горячая» замена, изоляция точек сбоя и посылка извещений об ошибках передачи данных. Помимо высокой пропускной способности и новых функциональных возможностей безотказной работы в компьютерной системе, интерфейс PCIe поддерживает технологии, обеспечивающие его применение в объединительных панелях. Это поддержка технологии QoS, обмен сигналами оповещения о готовности послать или принять данные (flow control), поддержку соединений peer-to-peer.

Рынок предлагает достаточно широкий набор микросхем для реализации интерфейса PCIe. В 2007 г., например, в линейке продукции компании Integrated Device Technology появилось большое семейство микросхем – коммутаторов для интерфейса PCI Express. Новые микросхемы PRECISE отвечают требованиям стандарта PCI Express 1.1. Семейство этих коммутаторов включает устройства с полосой пропускания от 24 Гб/с для 12-портового коммутатора с 48 линиями до 4 Гб/с для 5-портового коммутатора с 8 линиями.

Интерфейсы LPC (шина ISA, переведённая в последовательный формат с небольшим количеством выводов) и PCI рекомендуется использовать для подключения т.н. унаследованной периферии.

На смену портам общего назначения приходит универсальный интерфейс Universal Serial Bus (USB). К его преимуществам, помимо высокой пропускной способности, следует отнести технологию подачи питания на оборудование и простоту подключения. Стандарт USB 1.1 предусматривает скорости обмена данными до 12 Мбит/с при длине кабеля до 3 м. Спецификация USB 2.0 теоретически обеспечивает скорость обмена до 480 Мбит/с. Популярность USB в современных встроенных системах объясняется универсальностью интерфейса и чрезвычайно широким спектром подключаемого оборудования.

В ряде модульных компонентов, предлагаемых в качестве основы для создания законченной встроенной системы в корпусе VME или CompactPCI, а также в конструкциях готовых компьютеров для встро-

енных применений, число портов USB составляет от 3 до 8. Среди новинок 2007 г. по 8 портов USB 2.0. имеют, например, одноплатный компьютер CD3-JIVE формата 6U CompactPCI компании EKF, материнская плата MB899X формата Mini-ITX компании IBASE Technology, одноплатный компьютер AR-B1892 компании Acrosser Technology. По 5 портов USB 2.0 несут на борту модуль VX 407/04x компании Concurrent Technologies для VXS-систем (семейство стандартов VITA) и промышленный компьютер noax S12 компании noax Technologies. Два три порта USB 2.0 – фактически стандартная конфигурация всех изделий, в дополнение к непременно последовательному интерфейсу RS232. Когда позволяют габариты, разработчики модульных компьютеров оставляют в конструкции своих изделий и USB, и устаревшие порты LPT, Floppy и PS/2, что облегчает поддержку отработанных приложений.

ИНТЕРФЕЙСЫ ВСТРОЕННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ МОНИТОРОВ

Приложения для современных встроенных систем всё чаще используют работу с графикой. На выбор видеointерфейса оказывает влияние тип используемого монитора – компьютерный дисплей или встраиваемый жидкокристаллический. В первом случае используются интерфейсы VGA или DVI, а для подключения встраиваемого ЖК-монитора – TTL или LVDS. Базовые характеристики этих интерфейсов приведены в таблице.

Термин «ЖК-дисплей» объединяет мониторы на основе разных технологий. Наиболее современные ЖК-дисплеи на основе TFT-панелей являются «интеллектуальными» компьютеризированными устройствами. Технология LVDS (передача сигнала небольшой амплитуды по дифференциальной паре) интегрируется в них в виде разных стандартов – LVDS Display Interface (LDI), OpenLDI или Flat Panel Display (FPD) Link (или Flatlink).

Если разработчик встроенной системы применяет готовый одноплатный компьютер или компьютерный модуль формата COM (computer-on module), то он должен учитывать, что

для работы встроенных компьютеров с плоскими панелями необходима дополнительная информация об организации интерфейса в используемом модуле. Проблема в целом решается стандартом EPI (embedded panel interface), предложенным компанией Congatec и основанным на спецификации VESA EDID 1.3.

Аббревиатура EDID (Extended Display Identification Data) обозначает набор данных, хранящихся в мониторе для идентификации его возможностей. Доступ к этим данным обеспечивается разработанным VESA протоколом DDC (Display Data Channel), который осуществляет обмен данными между видеокартой и монитором.

Новый стандарт определяет программный формат описания свойств дисплея и масштабируемый физический интерфейс. Дополнительный набор данных, необходимых модулю COM для работы с дисплеем, извлекается из технической документации на дисплей и записывается в резервную область BIOS. Этот набор данных не зависит от видеоконтроллера и обрабатывается COM-модулем, чтобы сформировать правильные параметры работы с дисплеем.

Одновременная поддержка двух мониторов становится фактическим стандартом для разработчиков модульных компьютерных систем. Появляются возможности подключения нескольких дисплеев при помощи интерфейса USB. Подобное решение предлагает компания DisplayLink. Оно включает аппаратную часть Hardware Rendering Engine (HRE) на базе микросхем DL-120 и DL-160 и программное обеспечение Virtual Graphics Card (VGC) для Windows XP и Windows Vista. Программа VGC обрабатывает информацию, предназначенную для вывода на экран (алгоритм запатентован компанией), выполняя сжатие без потерь. После передачи

по проводной или беспроводной линии USB 2.0, аппаратура HRE восстанавливает исходное изображение и выводит его на экран монитора.

ИНТЕРФЕЙСЫ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ УСТРОЙСТВ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

При работе с периферийными запоминающими устройствами наблюдается общая тенденция к переходу на последовательный интерфейс: от EIDE/ATA к SATA (Serial Advanced Technology Attachment); интерфейс PC Card постепенно замещается ExpressCard или предлагается возможность выбора этих портов. При разработке новых встроенных систем для подключения устройств хранения применяется также интерфейс USB. Интерфейс EIDE/ATA обеспечивает возможность работы с жёстким диском без отключения последнего; интерфейс SATA предпочтителен в системах с подключаемым жёстким диском.

Основные преимущества технологии ExpressCard заключаются в обеспечении высокой скорости передачи данных, малых габаритах и меньшей стоимости. В основу спецификации ExpressCard легли архитектура PCI Express и интерфейс USB 2.0, которыми поддерживаются технологии plug&play, «горячего» подключения и автоматического конфигурирования. Модули ExpressCard на 40...50% меньше по габаритам, чем обычные модули PC Card; максимальная скорость передачи данных составляет 250... 300 Мбит/с. В настоящее время модули ExpressCard выпускаются в двух форматах – ExpressCard/34 и ExpressCard/54, которые обладают одинаковым интерфейсом. Тепловыделение модулей ExpressCard/34 и ExpressCard/54 составляет 1,3 и 2,1 Вт соответственно, что позволяет использовать их в автономных системах.

ETHERNET КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ НЕДОРОГОЙ ИНТЕРФЕЙС

В промышленных сетевых технологиях для встроенных систем всё чаще применяется интерфейс Ethernet. Это обусловлено не только большим выбором оборудования, стоимость которого постоянно снижается, но и тем, что лидерами отрасли прилагаются большие усилия по превращению Ethernet в технологию передачи данных в реальном масштабе времени.

Существует ряд аппаратных решений на основе ПЛИС (FPGA) и специализированных микросхем класса ASIC для реализации уровней PHY и контроллеров MAC (Media Access Control) для сетей реального времени SERCOS II, EtherCAT и Powerlink. Ряд производителей внедряет технологию IEEE1588 Precision Time Protocol, а поставщики оборудования ODVA (Open DeviceNet Vendor Association) приняли решение использовать IEEE1588 для CIPSync (Common Industrial Protocol), что позволяет разработчикам промышленных шин на базе сетей Ethernet/IP задействовать стандартное оборудование Ethernet и сетевые протоколы TCP/IP и UDP/IP. Интерес к возможностям, предоставляемым стандартом IEEE1588, существует не только в промышленности, но и в области научных измерительных систем, в военной технике, телекоммуникациях, в системах распределения и учёта электроэнергии, использующих стандарт IEC61850/Communication networks and systems in substations (коммуникационные сети и системы на подстанциях).

Компанией SIGMATEK предложена коммуникационная технология VARAN (Versatile Automation Random Access Network, универсальная шина с произвольным доступом для задач автоматизации), в которой использована физическая среда 100BaseTX

Базовые характеристики интерфейсов для работы с мониторами

Интерфейс	Область применения	Разъём/кабель	Преимущества	Недостатки	Поддержка рынком
VGA	Стандартная поддержка аналоговых мониторов	D SUB, 15 линий; экранированный коаксиальный кабель длиной до 5 м	Широкое распространение; стандартизован	Низкая помехоустойчивость; жёсткие требования к конструкции кабеля; ограниченная полоса пропускания	Хорошая
DVI	Поддержка современных мониторов	DVI; экранированный кабель длиной до 12 м	Устойчив к помехам; стандартизован; широкая полоса пропускания	Сложный протокол управления дисплеем; большие габариты разъёма	Хорошая
TTL	ЖК-дисплеи с низким разрешением	Простые по конструкции разъёмы; плоский кабель длиной до 50 см	Низкая стоимость	Небольшая длина кабеля	Снижается
LVDS	Непосредственное подключение системного ЖК-монитора	Простой по конструкции разъём; витая пара; плоский кабель до 8 м	Непосредственное подключение системного ЖК-монитора	Отсутствие стандартной кодировки	Хорошая

Ethernet и реализованы элементы технологии реального времени (время обновления шины 2 мкс). Технология VARAN опирается на минимальное программное обеспечение и предъявляет невысокие требования к вычислительным ресурсам микроконтроллеров. Протокол шины поддерживается полностью на аппаратном уровне: при его реализации используется ПЛИС (FPGA).

ПРИМЕРЫ ИНТЕРФЕЙСНОГО ОСНАЩЕНИЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

Современной тенденцией разработки встроенных систем, особенно при мелко- и среднесерийном производстве, является использование стандартных процессорных плат и модулей небольших габаритов (small form factor boards, SFFBs). В качестве стандартных форм-факторов можно назвать PCI/104, Mini ITX 5.25, EPIC и COM Express.

Процесс смены и сосуществования поколений интерфейсов встроенных систем можно проследить на примере спецификации COM Express, представляющей одну из реализа-

ций концепции Computer-on-Module (COM). Эти модули поддерживают PCI Express, Serial ATA, USB 2.0, LVDS наряду с RS232/485, ATA, PS/2 и др.

Одной из целей стандарта COM Express является содействие переходу на новые интерфейсные технологии. В модулях COM Express можно встретить пять вариантов наборов интерфейсов. *Первый* определяет минимальные возможности недорогой системы и включает Gigabit Ethernet, LPC, Serial ATA, PCI Express, USB 2.0, VGA, LVDS, TV, интерфейс системы управления питанием (Power Management) и GPIO. *Второй набор* определяет базовые возможности спецификации COM и дополнительно включает IDE, PCI Express для поддержки графики и PCI. *Третий набор* не включает интерфейс IDE, но обеспечивает поддержку двух дополнительных интерфейсов Gigabit Ethernet. Вариант 4 аналогичен варианту 2, но исключает шину PCI, предоставляя взамен расширенную поддержку PCI Express. Пятый набор не содержит устаревших интерфейсов; вместо них разработчик получает 32 трассы PCI Express и до трёх портов Gigabit Ethernet.

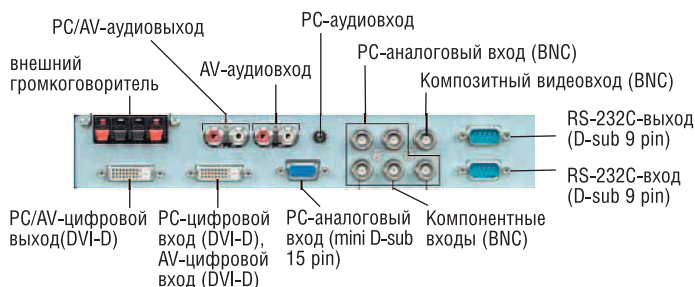
Ещё одной спецификацией компактных компьютерных модулей является XTX, которая предлагается в качестве открытого промышленного стандарта (www.xtx-standard.org). На модулях XTX размещаются такие новые интерфейсы, как PCI Express и Serial ATA. В дополнение к 32-разрядной шине PCI, имеется порт PCI Express (4x1/2x2/1x4), позволяющий подключить до четырёх внешних устройств. Интерфейс Serial ATA, предусмотренный стандартом XTX, имеет большую пропускную способность, чем параллельный ATA. Стандарт XTX поддерживает два разъёма ExpressCard и до шести портов USB 2.0.

Стандарт EPIC (Embedded Platform for Industrial Computing), официально представленный в начале 2004 г., описывает миниатюрные материнские платы с размерами 114,3 × 165,1 мм (4,5 × 6,5 дюйма). В изделии EPIC/CE компании Kontron представлены четыре интерфейса USB 2.0, два порта 10/100 BaseT Ethernet, разъёмы для подключения клавиатуры и мыши, интерфейс электронно-лучевого монитора, разъём для установки карт

КРУГЛОСУТОЧНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ 24\7

Full HD – профессиональных мониторов 46 - 65 дюймов

- **Разрешение экрана Full HD 1920x1080**
фирменная технология ASV Black TFT
- **Разработано для коммерческой эксплуатации**
впервые безвентиляторное охлаждение, работа 24/7
- **Простота обслуживания**
удаленная диагностика через порт RS-232C
- **Полный комплект коммерческих приложений**
изменение размера изображения: видеостены, PIP, PbyP



ПРОСОФТ — официальный дистрибьютор компании SHARP в России и странах СНГ

PROSOFT®

Реклама

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

памяти Compact Flash. Возможна установка двух дополнительных интерфейсов USB 2.0, трёх COM-портов, дисковых интерфейсов EIDE и накопителей со сменными носителями информации.

Кроме универсальных интерфейсов, во встроенных системах применяются и отраслевые, например, CAN, который был разработан для интеграции бортового автомобильного оборудования. Благодаря усилиям ассоциации CAN in Automation (CiA), интерфейс CAN находит применение в таких приложениях, как медицинское оборудование, автоматизация экспериментов, типографские машины и электроприводы. На его основе реализуют распределённые системы

управления, работающие в режиме реального времени со скоростью обмена данными до 1 Мбит/с. Этот интерфейс может интегрироваться во встроенные системы на уровне либо микроконтроллеров, либо мезонинных модулей.

В качестве примера можно привести ЦПОС семейства TMS320DM643x компании Texas Instruments (TI), которые предназначены для систем технического зрения, обеспечивающих защиту от опасного сближения и столкновений автомобилей (DM6431, DM6435 и DM6437). Эти процессоры поддерживают интерфейс CAN и сертифицированы на соответствие требованиям AEC-Q100, принятым в автомобильной про-

мышленности. Другой пример из номенклатуры TI – микроконтроллеры TMS470PLFx1 для автомобильных приложений. В списке периферии этих 32-разрядных микросхем на основе ядра ARM7TDMI – интерфейс CAN.

В мезонинной плате IP-CAN компании Dynamic Engineering реализованы два канала CAN. Использование IP-CAN позволяет интегрировать полнофункциональный интерфейс CAN в персональный компьютер или в системы с шинами cPCI, PC-104 или VME. Оба канала нового модуля полностью независимы и могут работать с разной скоростью передачи данных во всём диапазоне принятых для интерфейса CAN тактовых частот. **Э**

Новости мира News of the World Новости мира

Новый фильтр устранил шумы в оптоволоконных сетях

Британские учёные из Центра оптоэлектроники университета г. Саутгемптон (Southampton) объявили о разработке фильтра, предназначенного для использования в высокоскоростных оптических сетях и призванного значительно уменьшить влияние шума на сигнал, возникающий во время передачи данных по оптическому волокну на сверхдлинные расстояния.

По мнению учёных, разработанный ими фильтр теоретически способен полностью убрать шум в оптоволоконных сетях следующих поколений. Они также утверждают, что применение подобных фильтров отменит необходимость преобразования оптических сигналов в электрические для последующей борьбы с шумом, благодаря чему скорость передачи данных на большие расстояния не будет более зависеть от «узких мест», связанных с электронными переключателями.

Сообщается, что новый фильтр прошёл успешное тестирование в оптоволоконной сети COM Centre в г. Копенгаген (Дания), транслирующей данные со скоростью 160 Гбит/с. Полный отчёт о результатах тестирования учёные собираются сделать доступным для общественности в рамках стартующей на следующей неделе в Берлине (Германия) ежегодной европейской выставке-конференции по оптической связи ECOC 2007.

eetimes.com

Трёхслойные гибридные HD DVD/DVD-диски

Международная организация DVD Forum, занимающаяся DVD-форматами, утверди-

ла к производству односторонний трёхслойный HD DVD-диск объёмом в 51 Гб. Главной особенностью этого формата стала его гибридность, благодаря которой «болванки» можно проигрывать и на обычных DVD-плеерах (с серьёзными ограничениями, разумеется), и на HD DVD-устройствах.

По мнению специалистов, столь «толстый» носитель в лагере HD DVD поможет формату сражаться с двухслойными Blu-ray, на которые помещается до 50 Гб данных. Впрочем, рассчитывать на то, что такие диски в скором времени оккупируют прилавки и станут единственно верными «болванками», не приходится. Между тем, постепенно стираемые различия между Blu-ray и HD DVD помогут студиям с наименьшими потерями выбрать своего фаворита или продолжить поддерживать оба формата.

Между тем трёхслойный гибрид HD DVD/DVD наверняка понравится и компаниям, поддерживающим HD DVD. Warner и Universal, к примеру, уже пробовали выпускать фильмы на таких дисках в США (до Европы ещё не добрались). Если раньше студиям не хватало места на таких носителях, то недавнее решение «форума» может в значительной степени развязать им руки и помочь с продвижением HD DVD.

www.screendigest.com

Прогноз: Wi-Fi скоро начнёт вытеснять проводной Ethernet

Беспроводные сети, построенные на базе стандарта 802.11n, начнут вытеснять проводной Ethernet через два-три года – такой прогноз дают аналитики из компании Burton Group. По их мнению, основными доводами в пользу такого варианта

развития событий служат два факта: ярко выраженная тенденция к переходу с настольных систем на ноутбуки и выдающиеся характеристики стандарта 802.11n, уже вполне способного поспорить, например, с наиболее распространёнными на сегодняшний день проводными сетями Fast Ethernet по максимальной пропускной способности – 248 Мбит/с против 100 Мбит/с. При этом использование проводных сетей Ethernet не прекратится полностью, но преимущественно будет ограничиваться помещениями центров обработки данных, магистральными каналами, обеспечением соединений между компонентами ядра сети и периферийными коммутаторами и с беспроводными точками доступа.

В пользу прогноза на лавинообразный рост количества инсталляций беспроводных сетей, считают специалисты, можно привести целый ряд дополнительных аргументов, среди которых – существенно улучшенные в 802.11n по сравнению с предыдущими версиями стандартов Wi-Fi средства безопасности и обеспечения совместной работы множества пользователей, а также активное развитие сервисов, использующих в качестве транспорта беспроводные IP-сети. Аналитики отмечают, что даже отсутствие на сегодняшний день окончательной версии стандарта 802.11n не мешает множеству производителей предлагать устройства на базе одной из его предварительных версий. А уж после выхода финального варианта спецификации, который может появиться в 2009 г., скорее всего, уже ничего не сможет помешать стать сетям Wi-Fi 802.11n по-настоящему массовыми.

news.com.com

Вакуумные и газонаполненные высоковольтные реле и контакторы производства GIGAVAC

Ольга Ключникова (Москва)

Компания GIGAVAC является ведущей в области разработки и производства высоковольтных реле. Благодаря способности управлять большими мощностями реле и контакторы GIGAVAC широко применяются в аэрокосмической аппаратуре. Высоковольтные реле GIGAVAC могут использоваться как для «холодной», так и для «горячей» коммутации. Компания GIGAVAC регулярно проводит модернизацию своей линейки реле с целью улучшения их характеристик и постоянно работает над созданием новых типов.

В перечень производимой продукции GIGAVAC входят следующие типы реле:

- вакуумные реле для радиочастотных приложений и «горячей» коммутации;
- газонаполненные реле для приложений с большими бросками напряжений и разрядами ёмкостных нагрузок;
- высоковольтные герконовые реле для маломощных приложений, обладающие большим сроком службы;
- герметичные контакторы постоянного и переменного тока для высоковольтных и низковольтных приложений.

Реле и контакторы GIGAVAC впервые были разработаны для управления большими мощностями в радиочастотных аэрокосмических приложениях. Впоследствии широкое приме-

ние реле GIGAVAC нашли в медицинском оборудовании и различных коммерческих приложениях.

Для повышения электрической прочности изоляции высоковольтные реле заполняются газом или вакуумируются, поскольку прочность вакуума в 8 раз выше, чем воздуха. Кроме того, в вакууме не происходит окисления, и это даёт возможность применить медные или родиевые (в герконовых реле GIGAVAC) контакты с низким сопротивлением, способные выдерживать большие токи, недопустимые для контактов в воздушной среде.

Для «горячей» коммутации при малых токах GIGAVAC разработал вакуумные реле с такими прочными материалами контактов, как вольфрам и молибден. Используя современные технологические процессы герметизации, созданные для вакуумных реле, и

прочнейшие материалы контактов для «горячей» коммутации, GIGAVAC заполнил эти же самые реле сжатым газом марки SF₆. Такие реле идеальны при больших бросках напряжений и разрядах ёмкостных нагрузок, которые характерны при работе аппаратуры тестирования на электростатический пробой, а также оборудования для проверки кабелей и сердечных дефибрилляторов. Газонаполненные реле также обеспечивают низкий стабильный ток утечки для приложений, чувствительных к флуктуациям тока, особенно через группы открытых контактов в течение длительных периодов времени.

Для работы в таких условиях используются две наиболее широко применяемые конструкции высоковольтных реле (рис. 1 и 2).

Конструкция с вращаемой арматурой приведена на рис. 1. Эта традиционная конструкция обеспечивает достаточно высокую механическую надёжность и адаптацию к большому числу конфигураций контактов. Контакт приводится в действие благодаря движению подпружиненной арматуры, когда на катушку подано питание. Катушка является внешней по отношению к вакуумной оболочке и легко заменяема. Конструкция с диафрагмой приведена на рисунке 2. В данной конструкции используется молибденовая диафрагма, позволяющая металлическому стержню перемещаться поступательно. Стержень проходит через отверстие в первом контакте реле и электрически соединяется с ним. Как только стержень достигает второго контакта и перестаёт двигаться, контакты соединяются. Эта конструкция используется в большом числе изделий фирмы GIGAVAC. Высоковольтные реле GIGAVAC могут использоваться как для «холодной», так и для «горячей» коммутации. Как известно, при «холодной» коммутации питание выключается до перемещения контактов, при «горячей» реле могут коммутиро-



Рис. 1. Высоковольтное реле с вращаемой арматурой



Рис. 2. Высоковольтное реле с диафрагмой

Эксклюзивный дистрибьютор
GIGAVAC
на территории
РФ, Украины и Белоруссии
 WWW.GIGAVAC.COM

АППАРАТУРА СИСТЕМ СВЯЗИ
 WWW.ESCLTD.RU

123363, РОССИЯ, МОСКВА
 УЛ. ШТУРВАЛЬНАЯ, Д.3, СТР.1,
 Тел./ФАКС: (495) 105-50-12 (многокан.)
 E-MAIL: KLYUCHNICOVA@ESCLTD.RU
 EGOROV@ESCLTD.RU

Программа поставок продукции GIGAVAC

Вакуумные реле
 Газонаполненные реле
 Высоковольтные герконовые реле
 Герметичные контакторы постоянного и переменного тока

Универсальный герметичный контактор GX11 на 150 Ампер

NEW!

КИПиО от ведущих мировых производителей

Agilent Technologies
 FLUKE
 Tektronix
 Rohde&Schwarz

Опыт подбора и широкая база иностранных аналогов КИПиО

Реклама

вать нагрузку в тот момент, когда через неё проходит ток. При выборе реле необходимо учитывать эти особенности их использования.

Компания GIGAVAC в этом году представила новый герметичный контактор постоянного и переменного тока серии GX (150A, 225A, 350A), который выполнен по запатентованной технологии EPIC™, что гарантирует его герметичность при температурах до +175°C. Эта же технология используется в изделиях, применяемых в аэрокосмической области для снижения риска возникновения пожара и плавления при перегрузках по току. Благодаря вы-

сокоэффективной обмотке практически отсутствует генерация радиопомех (электромагнитная интерференция), что позволяет устранить перекрестные помехи в системах контроля питания. Одним из преимуществ данного вида контакторов является наличие встроенной системы гашения ЭДС самоиндукции, что позволяет экономить время и уменьшать стоимость разработки, т.к. отпадает необходимость в изготовлении внешней системы гашения. Изготовление монтажных элементов из нержавеющей стали является гарантией отсутствия коррозии в течение многих лет эксплуатации. Для облегчения

монтажа предусмотрена возможность монтажа в любом положении (вертикальном или горизонтальном).

Компания GIGAVAC регулярно проводит модернизацию своей линейки реле с целью улучшения их характеристик, а также постоянно работает над созданием новых типов. Кроме того, компания специализируется на разработке реле для специфических приложений клиентов. Специалисты предприятия постоянно контролируют качество изделий.

Эксклюзивным дистрибьютором компании GIGAVAC в России является компания «Аппаратура систем связи». ©

Новости мира News of the World Новости мира

Mempile TeraDisc: 1 Тб на одном диске

Израильская компания Mempile добилась новых успехов в развитии технологии TeraDisc Technology, представленной компанией ещё весной этого года. Уже сейчас компания смогла добиться ёмкости 600...800 Гб на один оптический диск, а уже в ближайшем будущем компания планирует покорить отметку 1 Тб на один оптический диск. В перспективе же ожидается, что использование голубого лазера и данной технологии позволит записывать до 5 Тб данных на один диск толщиной 1,2 мм.

Спецификой TeraDisc Technology является использование так называемых «прозрачных виртуальных» слоёв в рамках запатентованной Mempile технологии non-linear two-photon technology, позволяющей производить «объёмную запись». Так, один виртуальный слой может иметь ёмкость вплоть до 5 Гб.

К сожалению, такой инновационный подход требует освоения совершенно нового принципа создания оптических дисков и принципа считывания с них

информации. Это может помешать популяризации новой технологии, хотя первый образец оптического диска ёмкостью 5 Тб компания планирует получить уже в течение 18 месяцев. Далее, в течение года планируется вывести первые диски TeraDisc на рынок. Ориентировочная цена на записывающий привод для таких дисков составит \$3000, а стоимость дисков будет в диапазоне \$30...60 за диск ёмкостью 600 Гб.

mempile.com

Intel обнародовала планы перехода на сложные полупроводники

Майк Мэйберри (Mike Mayberry), директор отдела Intel по компонентам, опубликовал на официальном сайте компании статью о недавних успехах в области исследований сложных полупроводников. Он отметил критическую важность таких элементов, как галлий, мышьяк, индий, и их антимонидов для будущих интегральных микросхем Intel.

Мэйберри отметил, что у Intel есть несколько исследовательских программ, направленных на возможность производства сложных полупроводников к середине следующего десятилетия. Это делает возможным смешанный подход, когда некоторые функции реализуются с помощью кремниевых элементов, а другие — на основе сложных полупроводниковых материалов.

В статье также отмечены основные препятствия, стоящие на пути Intel к рассматриваемой технологии: нахождение подходящего high-k-диэлектрика, построение составного p-канального МОП-прибора, сравнимого по производительности с n-канальными МОП-приборами, а также разработка геометрии, позволяющей достичь качества исполнения, сравнимого с современными кремниевыми транзисторами.

В заключение Мэйберри поделился информацией о том, что готовит Intel к декабрьской конференции IEDM. По его словам, это будет отчёт о результатах разработки сложных полупроводников на основе индия и кремния.

eetimes.com

Радиаторы Tescnoal

Андрей Микитинец (Москва)

Статья вскрывает ряд проблем, присущих российскому рынку алюминиевых радиаторов. Решить эти проблемы помогут радиаторы итальянской фирмы Tescnoal. В статье приводится номенклатура наиболее востребованных, а также принципиально новых, неизвестных российскому потребителю радиаторов.

С развитием российского рынка силовой электроники многократно возрастает потребность в элементах охлаждения как для преобразовательной техники, так и для силовых изделий в целом. Повышаются требования к параметрам и качеству радиаторов – одной из важных составляющих, отвечающих за надёжное функционирование готового устройства. В частности, с ростом мощности преобразовательной техники возрастает потребность в элементах охлаждения, способных рассеивать большое количество тепла в ограниченном пространстве. А в условиях постоянно увеличивающихся объёмов производства всё более актуальным становится вопрос поставки изделий, изготовленных и обработанных по чертежам заказчика.

Решая задачу разработки и внедрения в серийное производство преобразовательной техники, инженеры сталкиваются со следующими проблемами, характерными для российского рынка:

- отсутствие выбора (на сегодняшний день существует ограниченный набор профилей, который, естественно, не удовлетворяет текущим потребностям);
- низкое качество, в результате чего требуются дополнительные материальные средства на обработку радиаторов (резка, выравнивание, шлифовка);
- необходимость заказа сразу большой партии (от 500 кг и больше в зависимости от производителя);
- большие сроки поставок, достигающие до 12 недель, что вынуждает руководство компаний замораживать огромные финансовые средства и держать трёхмесячный объём продукции на своём складе.

Отсутствие текущих разработок позволяет предположить, что эти проблемы будут только усугубляться, поэтому уже сейчас настало время задуматься о выборе новых надёжных партнёров.

Разработчики электротехнической продукции всё чаще и охотнее используют импортные элементы охлаждения. Оптимальным вариантом по соотношению качества и цены, а также по срокам поставки является продукция итальянской фирмы Tescnoal.

Компания Tescnoal (<http://www.tescnoal.it>) обеспечивает весь спектр потребностей в системах охлаждения и их элементах, в числе которых профили естественного и принудительного охлаждения, а также профили, адаптированные под жидкостное охлаждение.

Отдельное внимание следует уделить материалу, из которого изготовлена вся продукция Tescnoal, а также качеству экструзии (см. табл. 1), достигнутому благодаря самому современному оборудованию. Все элементы изготавливаются из стандартного европейского сплава 6060 (см. табл. 2)



Рис. 1. Профили серии А

и имеют индекс физического состояния Т5. Чёткое соблюдение технологии, отсутствие сторонних примесей (чем не могут похвастаться российские алюминиевые заводы) обеспечивает следующие отличительные характеристики сплава:

- высокую теплопроводность;
- хорошую обрабатываемость;
- отличную устойчивость к коррозии.

Благодаря этому профили из сплава 6060 идеальны для использования в качестве радиаторов.

Номенклатура производимых Tescnoal профилей воздушного охлаждения достаточно широка и представлена несколькими отдельными группами:

- профили серии А – с большой тепловой инерцией (рис. 1);
- профили серии С – помимо охлаждения могут быть использованы в качестве корпусов изделий (рис. 2);
- профили серии Т – с одной или несколькими зонами для крепления корпусов серий ТО;
- профили серии К – гребенчатые профили (рис. 3);
- профили серии I (или профили серии Tescno Power) – универсальные высокоэффективные интегрированные (наборные) профили (рис. 4).

Остановимся подробнее на сериях, которые представляют особый интерес для использования в современной силовой электронике.

Профили серии К

Это один из самых распространённых видов профилей. Возможные размеры экструзии лежат в диапазонах 19... 310 мм в ширину и 5...85 мм в высоту. При этом длина зависит от требований заказчика. Благодаря высокому качеству экструзии радиаторы Tescnoal не требуют дополнительной механической обработки по выравниванию поверхностей. Для

Таблица 1. Точность экструзии

Неплоскостность, % от измеряемого размера	0,5
Точность линейных размеров, мм	
при размерах 100...150 мм	±1,2
при размерах 150...200 мм	±1,5
при размерах 100...120 мм	±1,8
при размерах 100...120 мм	±2,1
Точность угловых размеров (для углов более 20°), град.	±1

Таблица 2. Основные характеристики сплава 6060

Физическое состояние	T5
Плотность, кг/дм³	2,7
Электрическое сопротивление, мкОм м	0,031
Теплопроводность, Вт/(м К)	209
Температура плавления, С	615...655
Коэффициент эластичности, Н/мм²	69 000

установки электротехнических устройств на радиатор достаточно лишь сделать в нём отверстия с резьбой для крепления требуемых элементов. Также существует стандартная опция по поставке радиаторов с шириной рабочей поверхности до 850...1000 мм и практически неограниченной длиной, полученных путём сварки двух или трёх стандартных профилей. Данная возможность существует благодаря современному сварочному оборудованию, установленному на фабрике Tescopal, которое позволяет получить ровный качественный профиль с зеркальной поверхностью для систем пассивного и принудительного охлаждения.

Всё большей популярностью пользуется такая услуга, как поставка радиатора «под ключ» (рис. 5), т.е. когда радиатор полностью выполнен по чертежу заказчика. При этом компания Tescopal обладает самым современным обрабатывающим оборудованием и гарантирует высокое качество конечного продукта. Фрезеровка, сверловка на CNC-станках (где сверловка отверстия и нарезка резьбы происходит за одну операцию), шлифовка – вот только малая часть того, что можно использовать для выполнения заказа. Отдельный участок гальванической обработки позволяет наносить любое химическое покрытие (защитный слой на всю поверхность радиатора), такое как: анодирование различных цветов (от чёрного и цветного до бесцветного), травление (обезжиривание и отбеливание), хромирование, никелировка, серебрение и т.д.

А система качества, которая включает в себя проверку выполненной механической обработки, производимую посредством цифрового контроля с использованием CAD-CAM интерфейса, полностью исключает возможные ошибки и неточности.

Если по каким-либо причинам заказчику не подходят существующие типы профилей, возможно изготовление новой фильеры и производство нового типа профиля по индивидуальным требованиям заказчика. Примером этому может служить профиль K444 (рис. 6), разработанный на замену профиля ПК2225 производства самарского алюминиевого завода, и профиль K310 (рис. 7), разработанный на замену профиля ПС885-1053 производства верхнесалдинского алюминиевого завода.

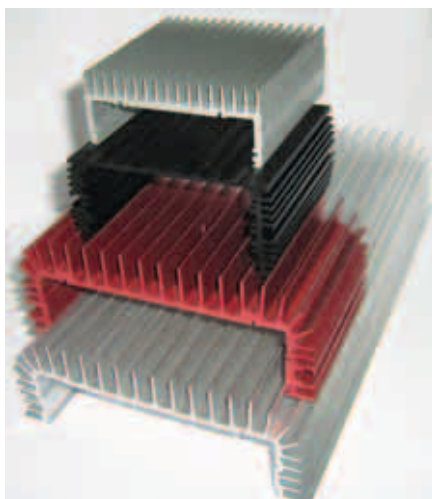


Рис. 2. Профили серии С



Рис. 3. Профили серии К

Профили серии I

Результат создания данного профиля – это наглядный пример неограниченных возможностей компании Tescopal в области разработки и производства алюминиевых профилей. Профиль серии I (так называемый наборный профиль) – это запатентованное «ноу-хау» компании, суть которого заключается в соединении стандартных идентичных ребер в единое целое. Количество

впрессованных друг в друга ребер и их тип точно определяют габариты радиатора – его ширину и высоту. Данная серия в основном используется в системах принудительного охлаждения.

В настоящий момент номенклатура Tescopal насчитывает более 40 различных вариантов исполнения ребра высотой 40...174 мм. Ширина собираемых из них радиаторов может гибко варьироваться в диапазо-

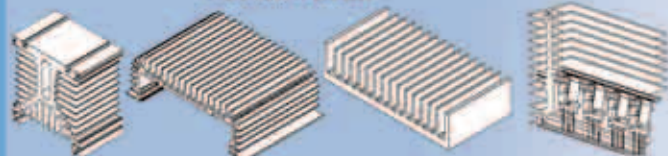
POWER SMART SYSTEMS

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПЛЕКТУЮЩИХ И СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

TECNDAL

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ
ПО ОПТИМАЛЬНЫМ ЦЕНАМ

ШИРОКИЙ ВЫБОР ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ
ОХЛАДИТЕЛЕЙ



ЦЕНЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

СРОК ПОСТАВКИ: 4-5 НЕДЕЛЬ

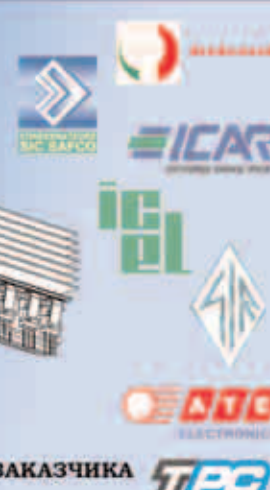
ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ПО ЧЕРТЕЖАМ ЗАКАЗЧИКА

**АЛЬТЕРНАТИВА ОХЛАДИТЕЛЯМ
СЕРИЙ SK (SK440..SK498):**

- НАБОР ШИРИНЫ ДО 900мм;
- ДЛИНА ДО 1000мм;
- НА 35% ДЕШЕВЛЕ НЕМЕЦКИХ АНАЛОГОВ;
- ДО 45 РАЗЛИЧНЫХ ИСПОЛНЕНИЙ.



г.Москва, Волоколамское ш., д.4
тел./факс (495) 225-76-44
www.powersmartsystems.ru info@powersmartsystems.ru



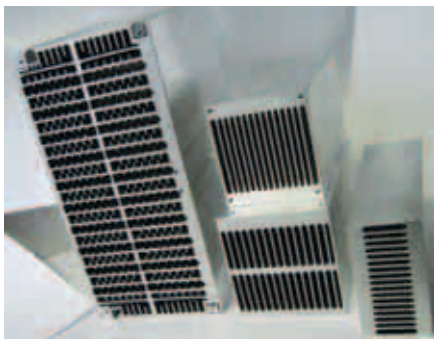


Рис. 4. Профили серии I



Рис. 5. Возможные варианты обработки радиатора по чертежам заказчика

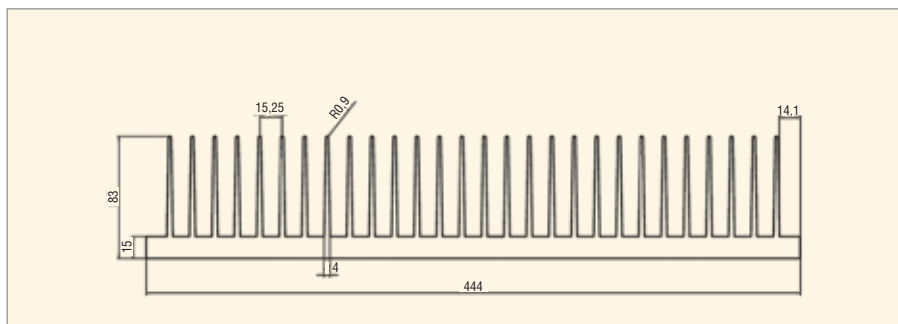


Рис. 6. Профиль K444 как альтернатива профиля ПК2225 (Самара)

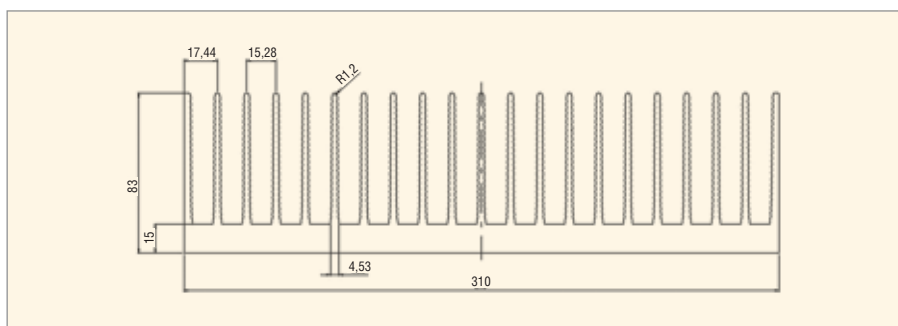


Рис. 7. Профиль K310 как альтернатива профиля ПС885-1053 (ВИЛС)

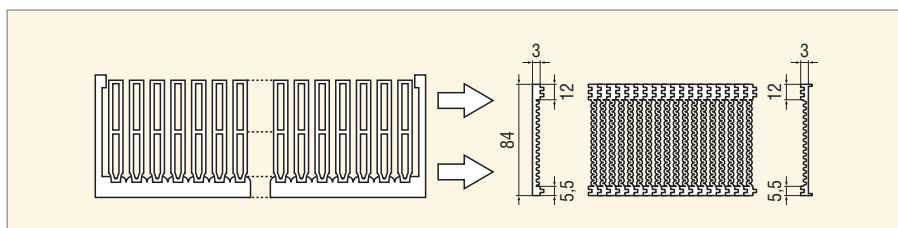


Рис. 8. Замена радиатора серии SK производства Fisher Elektronik на радиатор серии I производства Теспоал

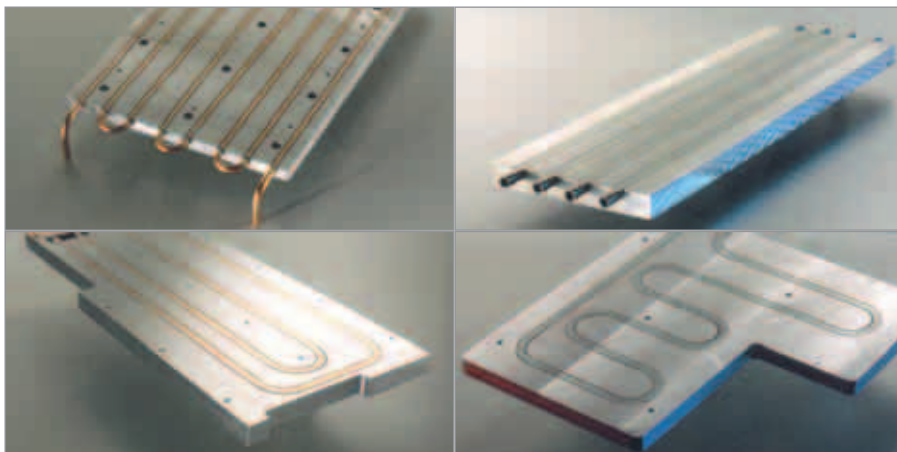


Рис. 9. Возможные варианты радиаторов жидкого охлаждения

не до 900 мм, а длина ограничена лишь возможностью шлифовального оборудования и составляет на данный момент 1200 мм (в перспективе 2000 мм).

Ближайший аналог серии I – радиаторы серий SK440, SK441, SK458, SK461, SK497, SK498, поставляемые немецкой компанией Fisher Elektronik (реальным производителем является третья независимая компания).

По сравнению же с изделиями других зарубежных производителей наборный профиль серии I обладает следующими значимыми для конечного пользователя преимуществами:

- значительно меньшая стоимость;
- включенная в стоимость зеркальная поверхность (обработка 10 мкм);
- короткие сроки поставки.

Данные преимущества позволяют успешно использовать профили серии I в качестве основных для серийного и мелкосерийного производства, а также для успешной и выгодной замены существующих зарубежных аналогов (рис. 8).

Отметим, что по желанию заказчика возможна поставка готовых сборок (радиатор-вентилятор), а также полная обработка (сверловка, фрезеровка и т.д.) радиаторов.

Жидкостное охлаждение

Возможные варианты радиаторов жидкостного охлаждения представлены на рис. 9. Размеры и конфигурации ограничены только требованиями заказчика.

20-летний опыт сотрудников Tesnoal, современная лаборатория для проведения тепловых испытаний, макетный цех и программное обеспечение позволяют смоделировать любой тепловой процесс и провести соответствующие испытания. Поэтому заказчику нужно только предоставить информацию о выделяемой мощности, количестве элементов, требующих охлаждения, и размерах.

Таким образом, компания Tesnoal предлагает:

- более 140 вариантов различных профилей из высококачественного материала для построения систем естественного, принудительного и жидкостного охлаждения;
- поставку образцов радиаторов от 1 шт.;
- поставку радиаторов, выполненных по чертежу заказчика.



Electrontech^{expo}

www.electrontechexpo.ru

6-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ
И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

15-18 АПРЕЛЯ \ 2008

МОСКВА

 **Крокус Экспо**
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР



Организаторы:



Тел.: +7(812)380 6003

+7(812)380 6007

Факс: +7(812)380 6001

E-mail: electron@primexpo.ru

При содействии:



ТЕХНОЛОГИИ
В ДЕЙСТВИИ

Новые высокоэффективные DC/DC-преобразователи компании MPS

Дмитрий Цветков (г. Смоленск)

Рассмотрены принципы построения понижающих и повышающих преобразователей и типовые схемы их применения на базе новых микросхем DC/DC-преобразователей компании MPS.

ВВЕДЕНИЕ

Американская компания Monolithic Power Systems (MPS) известна на российском рынке, прежде всего, своими малогабаритными DC/DC-преобразователями с возможностями и характеристиками, превосходящими параметры аналогичных ИС основных конкурентов. Основанная в 1997 г., компания MPS является лидером в разработке и производстве высокоэффективных компонентов аналоговой и силовой электроники на базе BiMOS- и DMOS-технологий [1].

Передовые технологические решения, применяемые MPS, позволяют интегрировать на одном кристалле цифровые схемы управления, прецизионные аналоговые компоненты, силовые транзисторы и мощные выпрямительные диоды. Благодаря этому удаётся достичь высокой плотности мощности при малых типоразмерах корпусов интегральных схем.

К одной из причин бурного развития компании можно отнести удач-

ный выбор номенклатуры производимой продукции – силовые малогабаритные микросхемы, в том числе, понижающие и повышающие DC/DC-преобразователи, драйверы люминесцентных ламп, драйверы светодиодов, звуковые усилители класса D, силовые драйверы (мост/ полумост), линейные стабилизаторы, операционные усилители и усилители датчиков тока.

Помимо выпуска интегральных микросхем в миниатюрных корпусах компания MPS обеспечивает преемственность поколений своих ИС, что позволяет производить замену микросхем предыдущих серий на приборы новых серий, полностью совместимые по корпусам и по выводам. Это даёт возможность производителю избежать лишних затрат при долгосрочном серийном производстве.

Другой отличительной особенностью преобразователей MPS является их «неприхотливость» к номиналам и характеристикам внешних компонентов, что позволяет сократить расходы при массовом производстве конечных изделий. Это объясняется следующими причинами:

- высокой стабильностью и повторяемостью характеристик преобразователей от партии к партии;
- высокой устойчивостью схемы отрицательной обратной связи по напряжению; как показала практика применения, сами преобразователи не критичны ни к номиналам, ни к типам применяемых конденсаторов, а цепи коррекции не требуют какой-либо дополнительной подстройки;
- преобразователь в конечном изделии (после его монтажа и сборки)

не требует трудоёмкого и длительного тестового «прогона», что зачастую позволяет ограничиться простой проверкой его работоспособности.

Понижающие и повышающие DC/DC-преобразователи

Классическая схема понижающего DC/DC-преобразователя (в англоязычной литературе – DC/DC Buck Converter или Step-Down Converter) состоит из ШИМ-генератора, силового транзистора, выпрямительного диода Шоттки, накопительной катушки индуктивности и фильтрующего конденсатора (см. рис. 1а).

Схема понижающего преобразователя с целью повышения его КПД была усовершенствована: выпрямительный диод был заменен ключевым транзистором, работающим синхронно с основным силовым транзистором (см. рис. 1б). По этой причине преобразователи, построенные по такой схеме, принято называть синхронными преобразователями или преобразователями с *синхронным* выпрямлением (Synchronous Rectified Step-Down Converter).

Повышение КПД синхронного преобразователя стало возможным благодаря тому, что на «выпрямительном» транзисторе VT2 (см. рис. 1б) падение напряжения может быть ниже, чем на диоде Шоттки (при равных токах). Кроме того, возможно формирование на выходе более низкого напряжения, чем у преобразователя с диодом Шоттки. Другая особенность заключается в том, что преобразователь с синхронным выпрямлением работает только в режиме непрерывных токов, что объясняется возможностью МДП-транзистора проводить ток в обоих направлениях. Аналогичными свойствами обладают и повышающие синхронные DC/DC-пре-

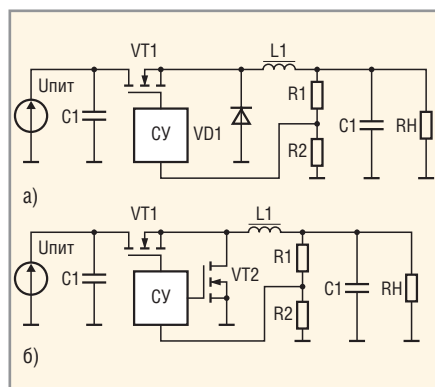


Рис. 1. Упрощённая схема понижающего с диодом Шоттки (а) и синхронного (б) DC/DC-преобразователя

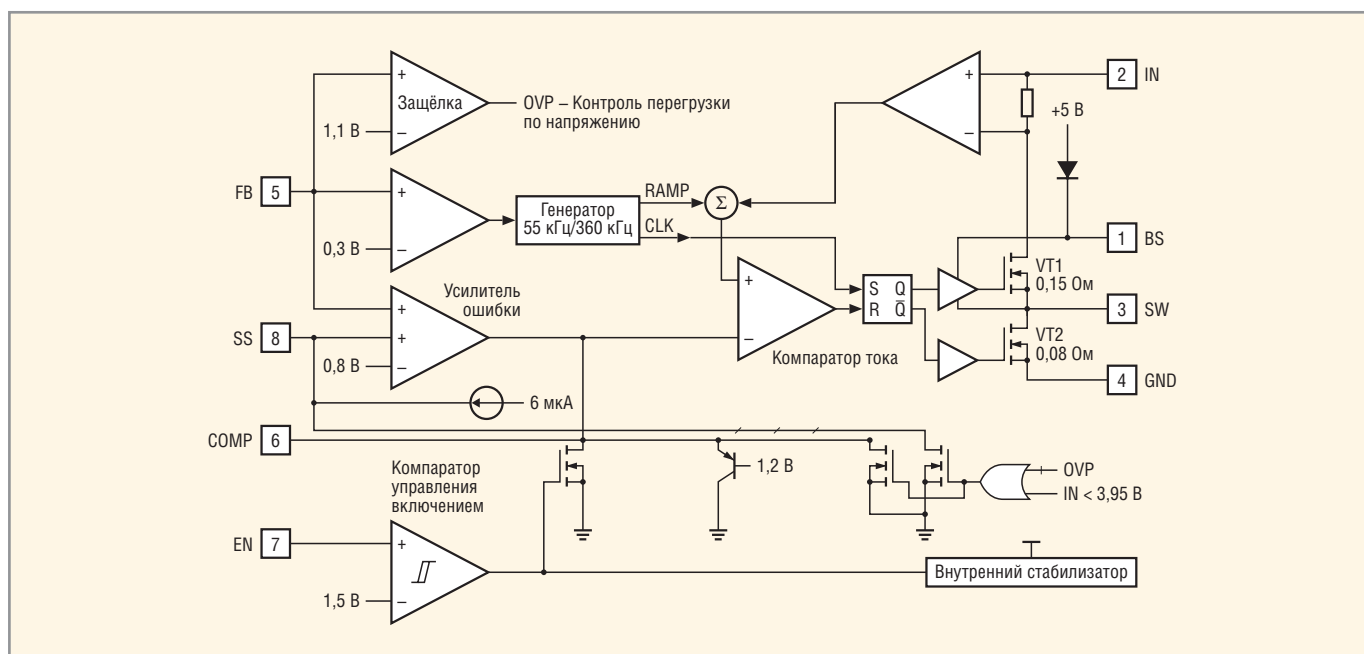


Рис. 2. Структурная схема преобразователей MP2403/MP2303A

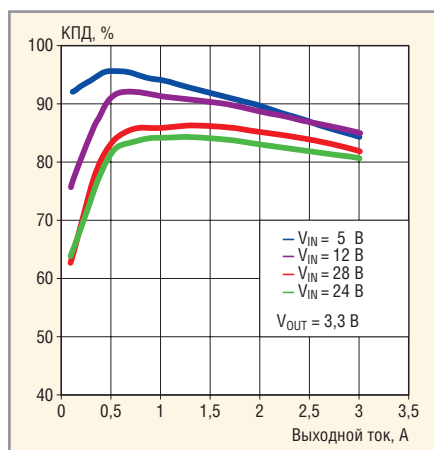


Рис. 3. Зависимость КПД преобразователя на основе MP2303A от выходного тока

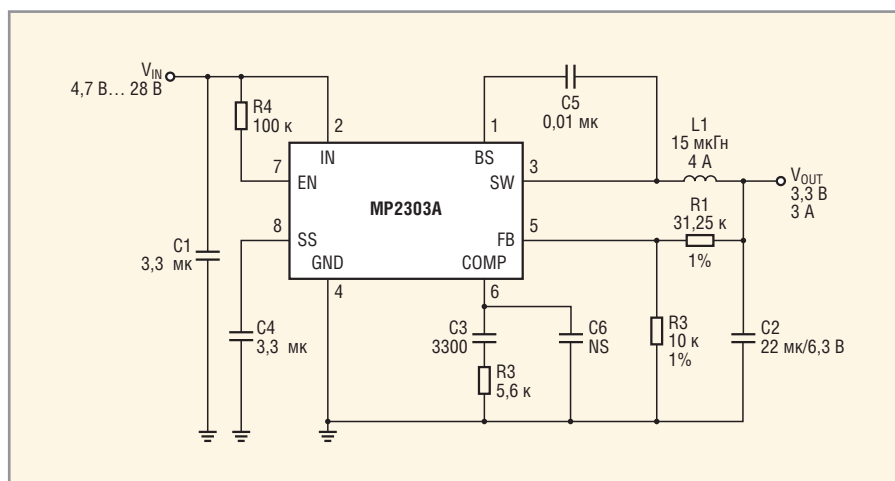


Рис. 4. Типовая схема включения преобразователя MP2303A

образователи (Synchronous Rectified Step-Up Converter или Synchronous Rectified Boost Converter).

В современные преобразователи, кроме упомянутых выше узлов, производители, как правило, встраивают различные защитные узлы, контролирующие входное/выходное напряжение и токи силовых цепей, управление запуском («мягкий» старт) и режимом работы (перевод в «спящий» режим) через выделенный вывод ИС.

В зависимости от мощности DC/DC-преобразователя возможно законченное, «однокристальное» решение, с включением в состав ИС силовых цепей – ключевых транзисторов и/или выпрямительного диода.

Более подробное описание принципов работы DC/DC-преобразователей и расчёта их элементов можно

найти в соответствующей литературе [2, 3].

MP2303A – однокристальные синхронные понижающие преобразователи с двумя встроенными силовыми МДП-транзисторами с сопротивлением канала 0,15 и 0,08 Ом соответственно. Стабильность выходного напряжения преобразователя во всём диапазоне выходного напряжения и выходного тока не хуже 0,5%. Наличие управления временем «мягкого» запуска позволяет увеличить надёжность преобразователя и, соответственно, изделия в целом. Время запуска задаётся внешним конденсатором, подключаемым к выводу SS (см. рис. 2) микросхемы. Вывод EN позволяет управлять запретом/разрешением работы преобразователя. В отключенном режиме собственный ток потребления микросхемы

не превышает 3 мкА, в активном режиме – 1,6 мА.

В числе современных требований, предъявляемым к DC/DC-преобразователям, – наличие в них узлов защиты как самого преобразователя, так и подключенных к нему внешних цепей. Новые микросхемы MP2403/MP2303A не являются исключением, поскольку в них реализованы встроенный узел контроля тока встроенных силовых транзисторов, компараторы, следящие за превышением/понижением входного напряжения, а также узел защиты от короткого замыкания на выходе.

Достоинства и отличительные особенности ИС типа MP2403/MP2303A:

- большой рабочий ток нагрузки: 3 А;
- высокий КПД при максимальном выходном токе: – 85...95% (см. рис. 3);

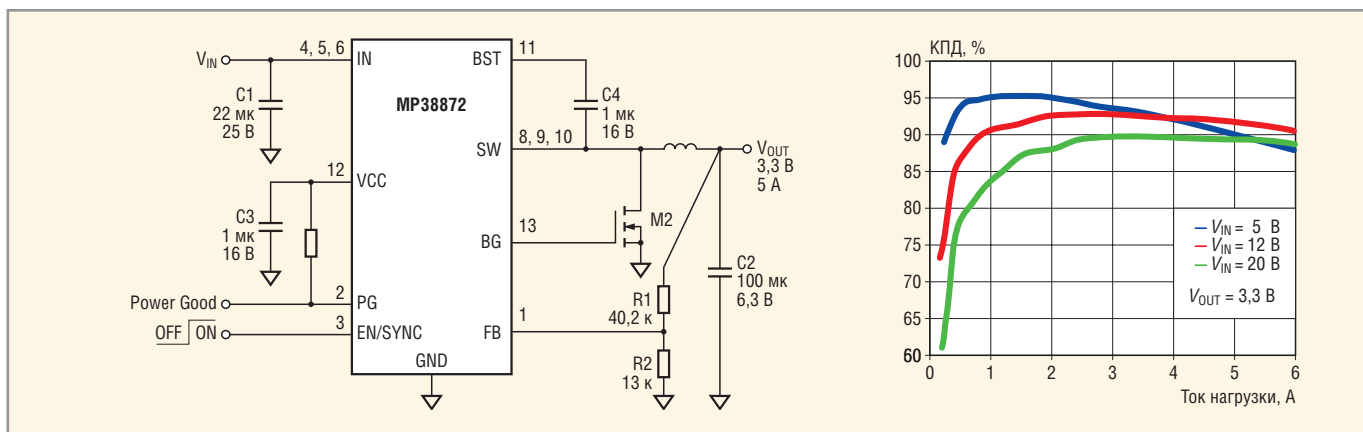


Рис. 5. Типовая схема включения преобразователя MP38872 и зависимость его КПД от тока нагрузки

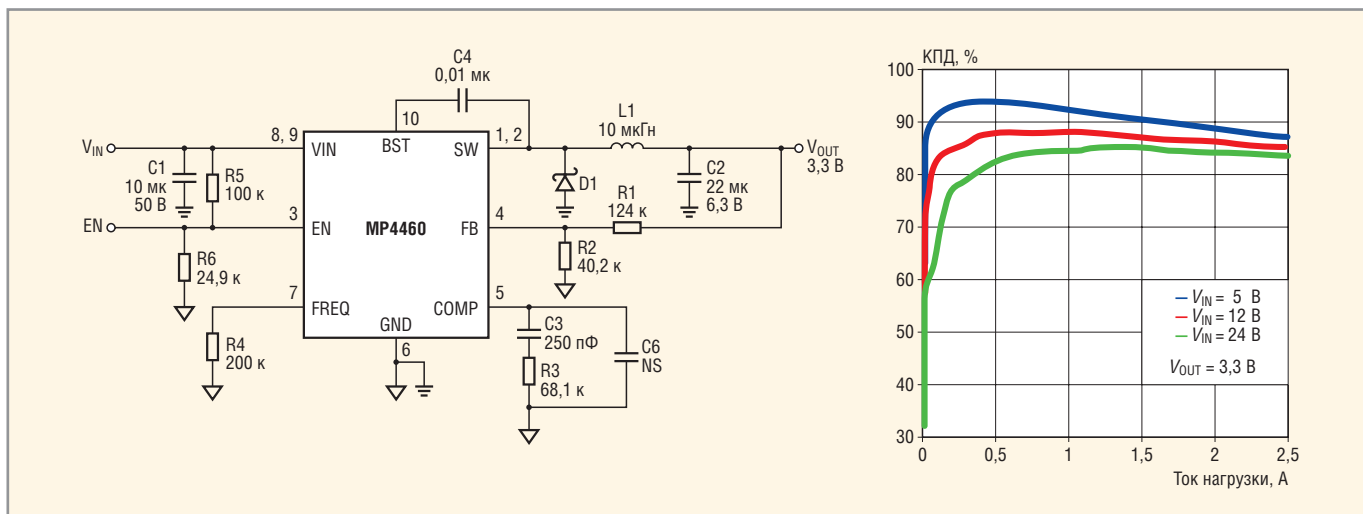


Рис. 6. Типовая схема включения преобразователя MP4460 и зависимость его КПД от тока нагрузки

- встроенные силовые МДП-транзисторы с сопротивлением канала 0,15 и 0,08 Ом соответственно;
- широкий диапазон входного напряжения: 4,7...28 В;
- широкий диапазон регулировки выходного напряжения: 0,8...25 В;
- регулируемое время «мягкого» старта;
- высокая стабильность с выходным сглаживающим конденсатором малой ёмкости;
- фиксированная частота преобразования 360 кГц;
- защита от перегрузки по току и от превышения входного напряжения;
- минимум внешних компонентов.

Области применения:

- распределённые системы электропитания;
- предварительные DC/DC-преобразователи, установленные перед линейными стабилизаторами;
- переносные компьютеры.

Преобразователи MP2403/ MP2303A размещены в малогабаритных корпусах типа SOIC8N (6 × 5 мм) и QFN10 (3 × 3 мм), оборудованных встроенными теплоотводами. Диапазон рабочей температуры –40...85°C.

Типовая схема включения MP2303 (см. рис. 4) состоит из конденсатора C4, управляющего временем «мягкого» запуска (при C4 = 0,1 мкФ, $t \sim 15$ мс), цепи коррекции C3R3C6 усилителя обратной связи, конденсатора C5 вольтодобавки (bootstrap), дросселя L1, резистивного делителя R1R2, определяющего выходное напряжение, и сдвоенного сглаживающего керамического конденсатора C2.

MP38872/MP38874/MP38891 – серия ИС синхронных понижающих преобразователей со встроенным си-

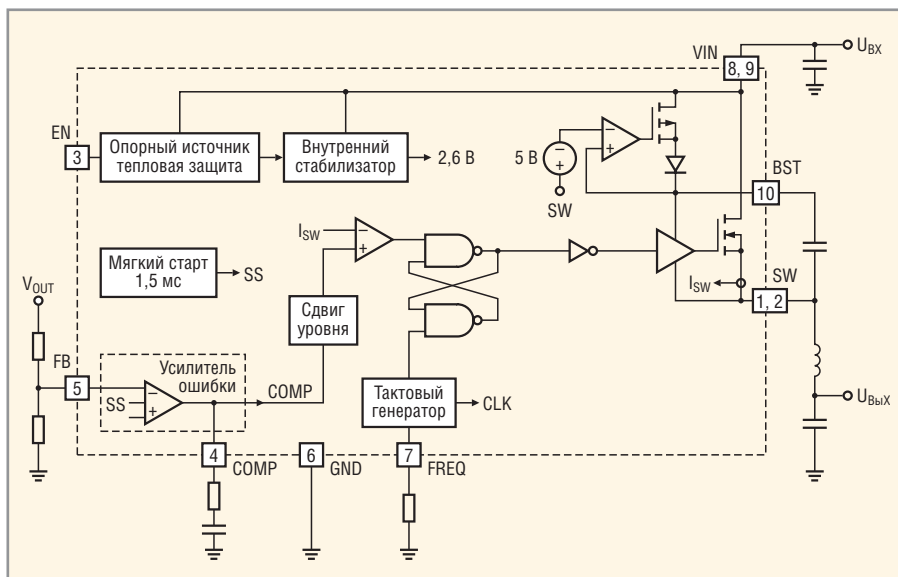


Рис. 7. Структурная схема преобразователя MP4460

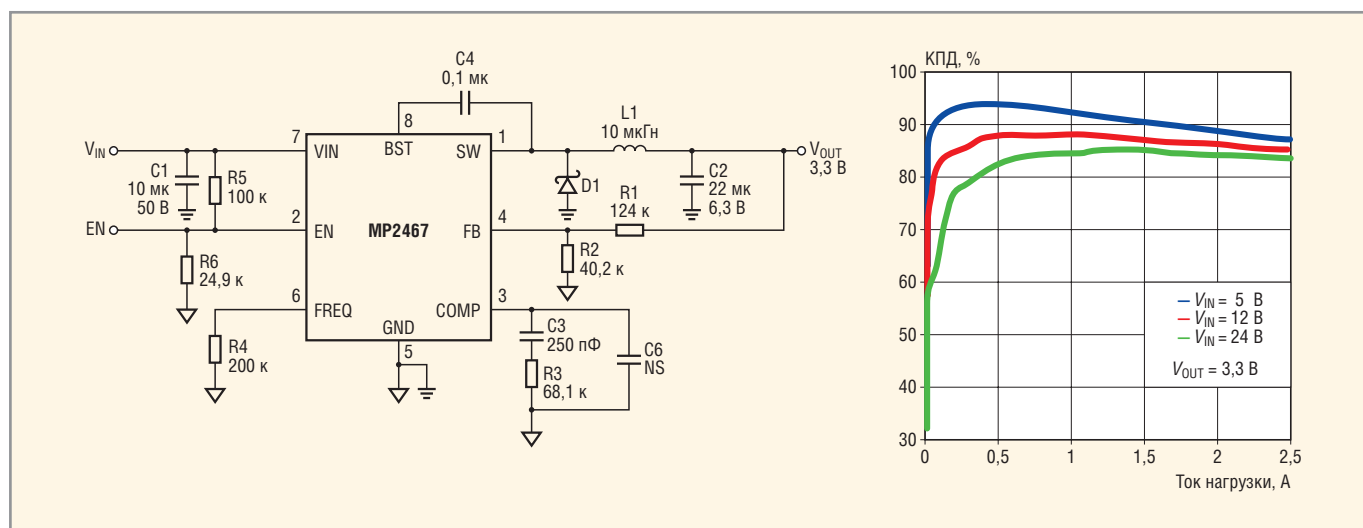


Рис. 8. Типовая схема включения преобразователя MP2467 и зависимость его КПД от тока нагрузки

ловым МДП-транзистором и фиксированной частотой преобразования.

Достоинства и отличительные особенности ИС типа MP38872/MP38874/MP38891:

- низкое сопротивление канала транзистора: 0,042...0,050 Ом;
- большой рабочий ток нагрузки: 6 А (MP38872/MP38891) и 8 А (MP38874);
- высокий КПД: до 95% (см. рис. 5);
- диапазоны входного напряжения: 4,5...23 В (MP38872), 4,5...16 В (MP38874), 4,5...30 В (MP38891);
- широкий диапазон регулировки выходного напряжения: 0,8...15 В;
- фиксированная частота преобразования: 600 кГц (MP38872/MP38874) и 420 кГц (MP38891);
- возможность синхронизации от внешнего источника с частотой до 1,5 МГц;
- высокая стабильность с выходным сглаживающим конденсатором малой ёмкости;
- тепловая защита;
- защита от перегрузки по току и от превышения входного напряжения;

- минимум внешних компонентов.

Области применения:

- распределённые системы электропитания;
- сетевые устройства, другие средства связи;
- принтеры;
- ЖК-мониторы и телевизоры.

Преобразователи размещены в малогабаритном 14-выводном корпусе QFN (3 × 4 мм) со встроенным теплоотводом. Диапазон рабочей температуры –40...85°C.

MP4459/MP4460/MP4461 – серия высоковольтных понижающих преобразователей со встроенным силовым МДП-транзистором и внешним диодом Шоттки. Управление частотой преобразования всего лишь одним внешним резистором позволяет избежать трудоёмкого подбора индуктивности внешнего дросселя. В свою очередь возможность работы на очень высокой частоте преобразования (до 4 МГц) позволяет снизить габариты преобразователя в целом за счёт соответствующего уменьшения размеров

самого «габаритного» элемента схемы – дросселя.

Достоинства и отличительные особенности ИС типа MP4459/MP4460/MP4461:

- сверхмалый потребляемый ток: менее 100 мкА;
- низкое сопротивление канала транзистора: 0,15 Ом;
- высокий КПД: до 95% (см. рис. 6 и 7);
- большой пиковый ток силового транзистора: до 2 А (MP4459) и до 3 А (MP4460/MP4461);
- диапазон входного напряжения: 4,5...36 В;
- широкий диапазон регулировки выходного напряжения: 0,8...36 В (MP4459) и 0,8...30 В (MP4460/61);
- регулируемая одним внешним резистором частота преобразования: до 4 МГц;
- высокая стабильность с выходным сглаживающим конденсатором малой ёмкости;
- встроенная цепь «мягкого» старта;
- защита от перегрузки по току и от превышения входного напряжения;
- минимум внешних компонентов.

Таблица 1. Назначение выводов DC/DC-преобразователя MP4460

Номер	Название	Назначение и описание
1, 2	SW	Выход встроенного ключевого транзистора. Необходимо подключение внешнего дополнительного диода Шоттки между этим выводом и общей шиной GND. Диод должен быть размещён в непосредственной близости к выводу
3	EN	Вход разрешения. Низкий логический уровень на этом входе вызывает выключение внутреннего генератора и переводит микросхему в «спящий» режим. Высокий логический уровень возобновляет работу преобразователя
4	COMP	Выход для подключения внешней цепи частотной коррекции. Является выходом усилителя ошибки (рассогласования)
5	FB	Вход цепи отрицательной обратной связи по напряжению. Напряжение на этом выводе сравнивается с внутренним опорным напряжением 0,8 В с помощью усилителя ошибки
6	GND	Общий. Необходимо, чтобы выходной конденсатор был размещён в непосредственной близости к этому выводу
7	FREQ	Вход управления частотой преобразования. Подключается к внешнему частотозадающему резистору, подключённому другим выводом к GND
8, 9	VIN	Вход напряжения питания. Входной развязывающий конденсатор следует размещать в непосредственной близости к этому выводу
10	BST	Вольтодобавка. Вход «плавающего» напряжения питания внутреннего драйвера силового транзистора. Требуется подключение внешнего накопительного конденсатора между этим выводом и выводом SW

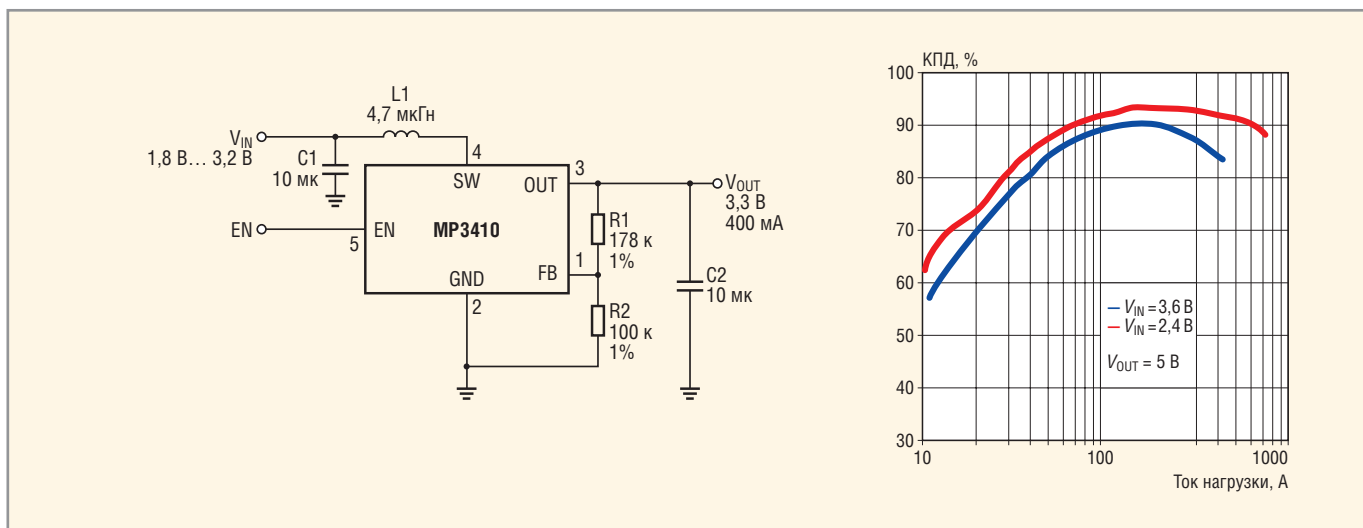


Рис. 9. Типовая схема включения преобразователя MP3410 и зависимость его КПД от тока нагрузки

Области применения:

- источники питания с расширенным диапазоном рабочего напряжения;
- автомобильная электроника;
- промышленные и распределённые источники питания;
- устройства с батарейным питанием.

Преобразователи размещены в малогабаритном 10-выводном корпусе типа QFN (3 × 3 мм) со встроенным теплоотводом. Диапазон

рабочей температуры –40...85°C. Назначение выводов ИС приведено в таблице 1.

MP2467 – высоковольтный понижающий преобразователь со встроенным силовым МДП-транзистором, внешним диодом Шоттки и фиксированной частотой преобразования.

Достоинства и отличительные особенности ИС типа MP2467:

- низкое сопротивление канала транзистора: 0,15 Ом;

- высокий КПД: до 95% (см. рис. 8);
- большой рабочий ток нагрузки: до 2,5 А;
- диапазон входного напряжения: 6...36 В;
- широкий диапазон регулировки выходного напряжения: 0,8...30 В;
- фиксированная частота преобразования: 500 кГц;
- высокая стабильность с выходным сглаживающим конденсатором малой ёмкости;

Таблица 2. Сравнительные параметры и особенности новых DC/DC-преобразователей компании MPS

Параметр	Понижающие преобразователи								Повышающие преобразователи с синхронным выпрямлением
	с синхронным выпрямлением				с диодом Шоттки				
	MP2303A	MP38872	MP38874	MP38891	MP4459	MP4460	MP4461	MP2467	
Основные характеристики									
$U_{ВХ\text{ мин.}}$ В	4,6	4,5						6,0	1,8
$U_{ВХ\text{ макс.}}$ В	28	21		30	36				6,0
$U_{ВЫХ\text{ мин.}}$ В	0,8								1,3
$U_{ВЫХ\text{ макс.}}$ В	25	15			36			30	–
$I_{ВЫХ}$ В	3,0	6,0	8,0	6,0	1,5	2,5	3,5	2,5	1,5
$I_{\text{ПОТР. АКТ.}}$ мА	1,6	1,1		0,9	0,1				–
$I_{\text{ПОТР. ВЫКЛ.}}$ мкА	3,0	–			12				0
$U_{\text{ОПОРН.}}$ В	0,8								1,23
$F_{\text{РАБ.}}$ кГц	360	600		420	≤4000			500	500
$R_{\text{СИ ВИС.}}$ мОм	0,15	0,045	0,042	0,050	0,15				–
$R_{\text{СИ НИЗ.}}$ мОм	0,08	–	–	–	–	–	–	–	–
Тип корпуса	SOIC8E	QFN14-34			TQFN10-3			SOIC8E	TSOT23-5
Отличительные особенности									
«Мягкий» старт	Возможен	Нет			1,5 мс				Нет
Встроенные цепи частотной коррекции	Нет	Есть			Нет				Есть
Управление частотой преобразования	Нет				Есть			Нет	
Защита по току	Есть								
Защита по входному напряжению	Есть								
Тепловая защита	Нет	Есть	Нет						Есть
Вход отключения	Есть	Нет			Есть				
Вход синхронизации	Нет	≤1 МГц		≤1,5 МГц	Нет				

- встроенная цепь «мягкого» старта;
- защита от перегрузки по току и от превышения входного напряжения;
- минимум внешних компонентов.

Области применения:

- игровые автоматы;
- источники питания с расширенным диапазоном рабочего напряжения;
- автомобильная электроника;
- промышленные источники питания;
- устройства с батарейным питанием.

Преобразователи размещены в 8-выводном корпусе типа SOIC8E (6 × 5 мм) со встроенным теплоотводом. Диапазон рабочей температуры –40...85°C.

MP3410 – повышающий синхронный преобразователь со встроенным силовым МДП-транзистором и фиксированной частотой преобразования. Благодаря синхронному принципу работы отпадает необходимость во внешнем выпрямительном диоде Шоттки, что также позволяет достигать высокого КПД при «среднем» токе нагрузки 0,5 А (см. рис. 9). Для обеспечения работы преобразователя дос-

таточно двух танталовых конденсаторов по 10 мкФ каждый, резистивного делителя (для задания выходного напряжения) и малогабаритной катушки индуктивности.

Достоинства и отличительные особенности ИС типа MP3410:

- высокий КПД: до 90%;
- высокий рабочий ток нагрузки: до 1,5 А;
- запуск при входном напряжении от 1,8 В;
- отключение входа и выхода в «спящем» режиме;
- встроенные цепи частотной коррекции;
- фиксированная частота преобразования: 500 кГц;
- сверхмалый ток потребления в «спящем» режиме;
- тепловая защита, защита от перегрузки по току и от превышения входного напряжения;
- малогабаритный 5-выводный корпус типа TSOT-23;
- минимум внешних компонентов.

Области применения ИС – устройства с питанием от двух аккумуляторов или батарей типоразмера AA и AAA.

Для более наглядного представления в таблицу 2 вынесены основные параметры и особенности новых DC/DC-преобразователей компании MPS, описанных в этой статье. Для каждой указанной микросхемы, как, впрочем, и для более ранних ИС, существуют отладочные платы [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новые DC/DC-преобразователи компании MPS, благодаря своей компактности, надёжности и низкой требовательности к номиналам внешних компонентов, позволяют разрабатывать эффективные и недорогие системы питания, что делает их очень привлекательными для применения в массовых изделиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.monolithicpower.com.
2. Широков Ю. Понижающие DC/DC-преобразователи. Современная электроника. 2005. № 3. С. 6–12.
3. Образцов А., Образцов С. Схемотехника DC/DC-преобразователей. Современная электроника. 2005. № 3. С. 36–43.
4. <http://www.prochip.ru>.



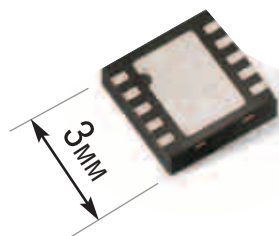
MPS
Monolithic Power Systems



Маленький и мощный!

MP4459 — высокочастотный понижающий DC/DC-преобразователь

NEW!



Ключевые достоинства

- Частота преобразований: 4 МГц!
- Диапазон входных напряжений: 4,5...36 В
- Диапазон выходных напряжений: 0,8...36 В
- Ток нагрузки: 1,5 А
- Напряжение обратной связи: 0,8 В
- КПД: >95%

Реклама

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР MPS В РОССИИ

ProSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Простые текстовые модули серии CU-T компании NORITAKE ITRON

Сергей Антонов (Москва)

Простота и надёжность текстовых модулей серии CU-T компании NORITAKE ITRON позволяют им сохранять свои позиции, несмотря на натиск множества конкурирующих решений. Они обеспечивают надёжный вывод информации в системах промышленной автоматики, на транспорте, в медицинской технике и оборудовании для розничной торговли (POS-системах).

В номенклатуре NORITAKE ITRON представлено несколько «продвинутых» серий графических дисплеев, но инженеры не забывают также о простых текстовых модулях и настойчиво обращаются к ним при создании новых изделий. Что же обеспечивает им популярность при, казалось бы, скромных возможностях? С моей точки зрения, для этого имеются несколько причин.

Во-первых, существует ряд задач, для решения которых достаточно обеспечить вывод только текстовой информации.

Во-вторых, простота применения всегда является преимуществом с точки зрения разработчика.

В-третьих, модули NORITAKE ITRON вообще и серия CU-T в частности обеспечивают высокое качество изображения, следствием чего является удобство пользователя.

В-четвёртых, текстовые модули отличаются высокой надёжностью и длительным сроком службы.

Поэтому простые текстовые модули продолжают выпускаться компанией NORITAKE ITRON, а серия CU-T регулярно пополняется новыми моделями.

В серии CU-T представлены текстовые модули различных форматов от 1 до 4 строк, от 16 до 40 символов в строке. Модули питаются от однополярного источника питания. Они снабжены последовательным интерфейсом, многие модели серии имеют также и параллельный интерфейс. Обзор серии CU-T приведен в таблице 1.

Система команд индикаторных модулей серии CU-T, разумеется, унифицирована. Набор команд довольно лаконичный, но предоставляет разработчику все необходимые средства для вывода текстовых сообщений. Обзор системы команд представлен в таблице 2. Она имеет команды управления курсором, режима прокрутки, переключения страниц знакогенератора.

Модули серии CU-T русифицированы, а также имеют возможность задавать определяемые пользователем символы (ОПС). Большинство

Таблица 1. Обзор серии индикаторных модулей CU-T компании NORITAKE ITRON

Формат	Высота символа, мм	Тип	Габариты, мм	Интерфейс(ы)	Питание, В
16 × 1 (14/16 сегментные)	9,0	AU169-K2SS	225 × 37,8	Синхронный последовательный	5,0
	9,0	AU169-KV12CS	195 × 35	Синхронный последовательный	12,0
	12,5	AU1613-K2SS	217 × 45	Синхронный последовательный	5,0
	12,5	AU1613-KV12FS	217 × 45	Синхронный последовательный	12,0
20 × 1	9,1	CU209-TW200A	214 × 41	Параллельный и последовательный	5,0
	8,8	CU209-TW202A	164 × 34	Параллельный и последовательный	5,0
20 × 2	4,7	CU20025-TW200A	124 × 40	Параллельный и последовательный	5,0
	5,0	CU20026SCPB-T30A	161 × 34	Параллельный и последовательный	5,0
	5,0	CU20025SCPB-KT70A	127 × 57	Параллельный	5,0
	5,05	CU20026-TW200A	155 × 39	Параллельный и последовательный	5,0
	9,0	CU20029SCPB-KV90B	190 × 55	Последовательный	12,0
	11,0	CU200211-KTW260A	248 × 69	Параллельный и последовательный	5,0
2 × 20 × 2	9,0	CU2x20029SCPB-KV91B	190 × 55	Последовательный	12,0
20 × 4	5,0	CU20045-KTW228A	133 × 53	Параллельный и последовательный	5,0
	5,0	CU20045SCPB-KT70A	140 × 62	Параллельный и последовательный	5,0
	5,0	CU20045SCPB-T31A	150 × 64	Параллельный и последовательный	5,0
	9,0	CU20049-KTW220A	222 × 74	Параллельный и последовательный	5,0
40 × 1	6,0	CU406-KTW220A	226 × 40	Параллельный и последовательный	5,0
40 × 2	5,0	CU40026-TW200A	240 × 43	Параллельный и последовательный	5,0

Таблица 2. Система команд индикаторных модулей серии CU-T компании NORITAKE ITRON

Инструкция	D0 - D7
Back Space	08H
Horizontal Tab	09H
Line Feed	0AH
Form Feed	0CH
Carriage Return	0DH
Clear Display	0EH
Increment Write Mode	11H
Vertical Scroll Mode	12H
5x7 Block Cursor On	15H
Cursor Off	16H
International Font	18H
Katakana Font	19H
Euro Currency Mark	1AH
Escape	1BH
➤ Send User Font	+43H
➤ Position Cursor	+48H
➤ Software Reset	+49H
➤ Luminance	+4CH
➤ Flickerless Write	+53H
➤ Cursor Blink Speed	+54H
Character Data	20H-FFH
User Character Data	00H-FFH

модулей серии позволяет задать до 16 ОПС.

Текстовые модули пользуются популярностью среди изготовителей различного оборудования. Например, модуль CU20029SCPB-KV90B широко применяется в POS-системах в составе дисплеев покупателя. Модуль CU20029SCPB-KV90B изображён на рис. 1. Он имеет две строки по 20 символов высотой около 9 мм. Видимая область экрана имеет размер 158,6 × 22,5 мм, внешние габариты модуля – 55,0 × 190,0 мм. Модуль CU20029SCPB-KV90B снабжён интерфейсом RS232, что позволяет подключать его непосредственно к COM-порту ПК или иного оборудования. Питание модуля осуществляется от одного источника +12 В. К модулю CU20029SCPB-KV90B «идейно близок» также CU200211-KTW260A, имеющий высоту строки 11 мм. Он подойдёт тем, кому нужно иметь более крупный дисплей.

Среди новых модулей серии CU-T быстро завоевывает интерес разработчиков четырёхстрочный модуль CU20049-KTW220A. В его строке размещено 20 знакомест высотой 9 мм. Модуль имеет видимую область экрана 164,1 × 42,4 мм при внешних габаритах 222,0 × 74,0 мм.

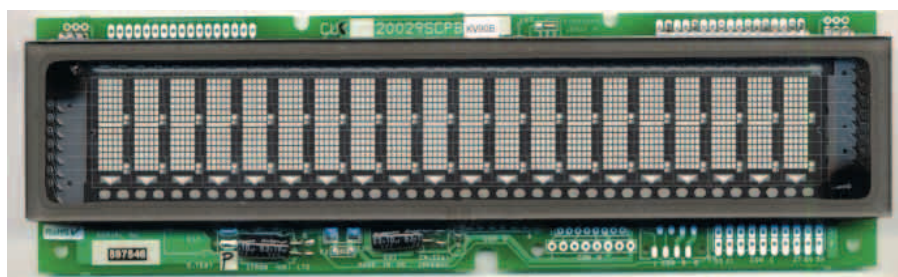


Рис. 1. Индикаторный Модуль NORITAKE ITRON CU20029SCPB-KV90B

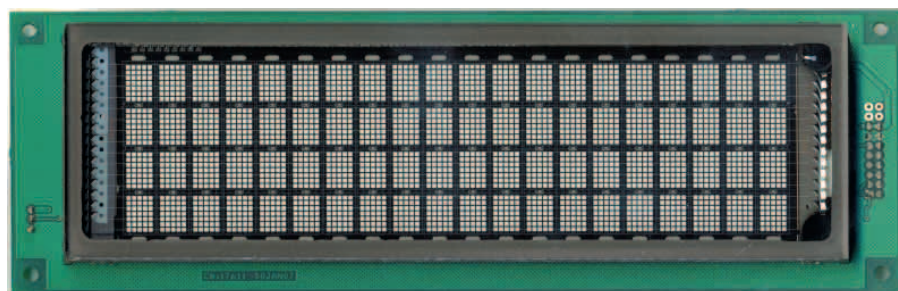


Рис. 2. Индикаторный Модуль NORITAKE ITRON CU20049-KTW220A

Управление модулем можно осуществлять через параллельный или последовательный интерфейс в логических уровнях. Для питания модуля CU20049-KTW220A достаточно одного источника напряжением +5 В. Внешний модуль представлен на рис. 2.

Применение модулей серии CU-T допускается в пределах расширенного диапазона температур –40...+85°C, что позволяет использовать их в промышленных устройствах и изделиях для различных климатических поясов.

Итак, серия текстовых индикаторных модулей NORITAKE ITRON CU-T позволяет найти простое и надёжное решение для ряда распространённых задач вывода информации. Качественное изображение и высокая надёжность гарантируют минимум нареканий пользователей и рекламаций.

Кроме модулей серии CU-T, в номенклатуре компании NORITAKE ITRON представлены также графические модули серий GU-3900, GU-7000, GU-800, GU-600, серия текстовых ЖКИ-совместимых модулей CU-U, текстовые и графические VFD-«стекла». ☺



С нами ярче!

Дисплеи NORITAKE ITRON

- Яркость
- Контраст
- Широкий угол обзора
- Расширенный диапазон рабочих температур





GU384X32L-3900
DP=1.2x1.6mm



CU20049SCPB-W2J
Character height 9mm
PLEASE CONTACT US!!
TEL: 052-561-7202



РосЭлектрон

РосЭлектронКомплект
(495) 775-8940
www.otobrazhenie.ru
info@roselectron.ru

Реклама

Драйверы силовых ключей

Георгий Волович (г. Челябинск)

В статье изложены основные требования к драйверам силовых IGBT и МОП-транзисторов. Приведены схемы, обеспечивающие необходимые управляющие напряжения и защиту мощных силовых ключей. Описаны интегральные микросхемы драйверов.

Драйвер представляет собой усилитель мощности импульсов и предназначен для непосредственного управления силовыми ключами преобразователей параметров электроэнергии. Схема драйвера определяется типом структуры ключевого транзистора (биполярный, МОП или IGBT) и типом его проводимости, а также расположением транзистора в схеме коммутатора («верхний», т.е. такой, оба силовых вывода которого в открытом состоянии имеют высокий потенциал, или «нижний», оба силовых вывода которого в открытом состоянии имеют нулевой потенциал). Драйвер должен усилить управляющий сигнал по мощности и напряжению, в случае необходимости обеспечить его потенциальный сдвиг. На драйвер также могут быть возложены функции защиты ключа.

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ СИЛОВЫХ МОП- и IGBT-ТРАНЗИСТОРОВ

В настоящее время в качестве силовых ключей средней и большой мощности применяются в основном МОП- и IGBT-транзисторы – приборы с по-

тенциальным управлением. Как нагрузка драйверов эти транзисторы в их мощном исполнении представляют собой конденсаторы с ёмкостью в тысячи или даже десятки тысяч пикофарад. При открывании транзистора необходимо его входную ёмкость зарядить, а при закрывании – разрядить. Транзисторы начинают открываться, когда напряжение на их затворе относительно истока превышает пороговое значение. Пороговое напряжение затвор-исток $U_{ПОР}$ МОП- и IGBT-транзисторов, используемых в качестве силовых ключей, обычно составляет 2...4 В. Поэтому для минимизации сопротивления канала открытого МОП-транзистора $R_{СИ}$ (вкл) или напряжения насыщения коллектор-эмиттер $U_{САТ}$ IGBT-транзистора следует подавать на затвор относительно истока (эмиттера) 10...15 В, а для гарантированного запираания транзистора достаточно, чтобы $U_{ЗИ} = 0$, хотя для ускорения запираания и предотвращения нештатного открывания за счёт большой du/dt лучше подать напряжение –3...–15 В.

Процесс отпираания МОП-транзистора иллюстрирует рисунок 1. При

подаче с выхода драйвера открывающего потенциала начинается заряд входной ёмкости ключа $C_{ВХ}$ (рис. 2а). Если сток МОП-транзистора или коллектор IGBT не подключены, то заряд входной ёмкости будет происходить по затухающей экспоненте до уровня, соответствующего э.д.с. драйвера $E_{ДР}$. Если же на стоке закрытого транзистора был высокий потенциал, то, как только напряжение $U_{ЗИ}$ достигнет порога отпираания $U_{ПОР}$ (момент t_1 , рисунок 1), начнётся разряд переходной ёмкости $C_{СЗ}$, вызванный снижением напряжения на стоке $U_{СИ}$. Это, в свою очередь, вызовет увеличение тока стока и падения напряжения на выходном сопротивлении драйвера $R_{Д}$, что приведёт к увеличению длительности процесса отпираания транзистора (одно из проявлений эффекта Миллера). Для учёта этого явления при расчёте параметров входной цепи ёмкость C_{ISS} , паспортное значение которой определяется при постоянном напряжении $U_{СИ} = 25$ В (при этом эффект Миллера не проявляется), следует умножить на коэффициент $\chi = 3...5$, то есть принимать входную ёмкость транзистора $C_{ВХ} = \chi C_{ISS}$.

При запираании ключа напряжение на затворе падает по экспоненте, пока в момент t_1 (см. рис. 3) напряжение сток-исток не начнёт нарастать. Напряжение на затворе устанавливается таким, что ток стока поддерживается

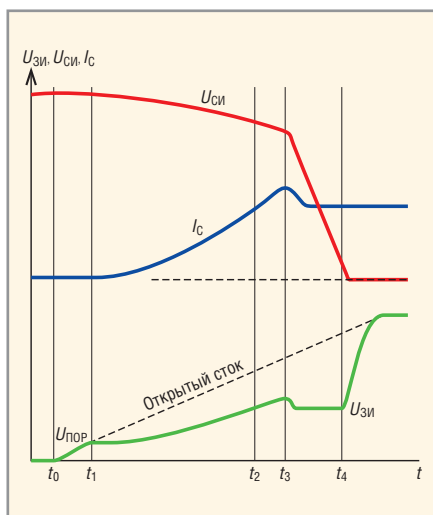


Рис. 1. Графики процесса отпираания МОП-транзистора

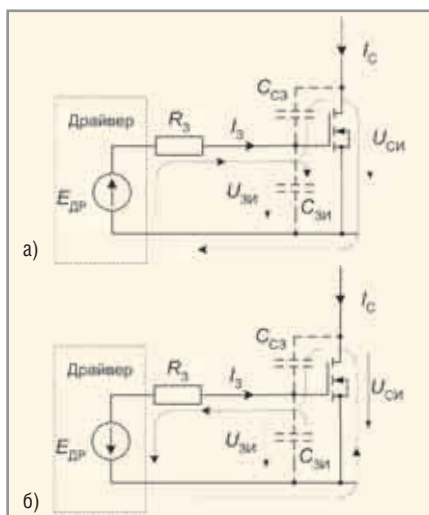


Рис. 2. Эквивалентные схемы цепи управления ключом

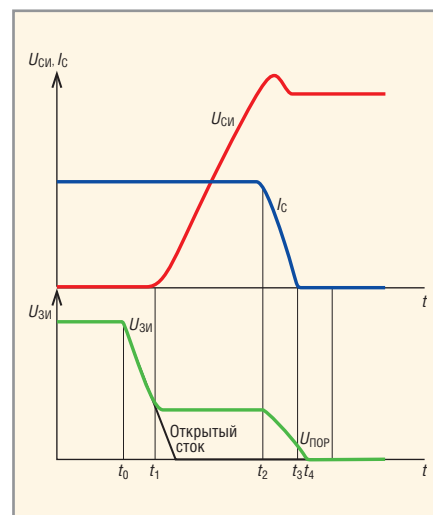


Рис. 3. Графики процесса запираания МОП-транзистора

практически неизменным (если нагрузка в цепи стока имеет индуктивный характер). За счёт эффекта Миллера скорость подъёма напряжения на стоке поддерживается постоянной на уровне, который зависит от тока стока. В момент t_2 рост напряжения стока закончен и напряжение затвористок продолжает падение по экспоненте к величине э.д.с. драйвера $E_{др}$. При этом ток стока спадает до нуля.

При проектировании схемы управления ключом необходимо обеспечить превышение скорости запира-ния транзистора над скоростью отпи-рания. Это позволяет устранить сквозные токи в двухтактных схемах (рис. 4а), вызывающие большие поте-ри и перегрев транзисторов. На прак-тике обычно время запира-ния ключа превышает время отпи-рания, особенно у IGBT, из-за необходимости рассу-сывания зарядов, поэтому приходит-ся вводить «мёртвое» время между за-пира-нием предыдущего транзистора и отпи-ранием последующего. В одно-тактных схемах (рис. 4б) при быст-ром отпи-рании транзистора сквоз-ные токи возникают за счёт перезаря-да диффузионной ёмкости диода. Для запира-ния транзисторов отрица-тельным напряжением необходим допол-нительный источник питания, что усложняет схему управления, поэтому МОП-транзисторы в преобразова-телях малой и умеренной мощности ча-ще запирают нулевым напряжением, что ещё больше увеличивает время за-пира-ния ключа. Для ускорения запи-рания ключа по сравнению с отпи-ранием сопротивление источника сиг-нала в цепи затвора при запира-нии должно быть заметно меньше, чем при отпи-рании.

ПРОСТЕЙШИЕ СХЕМЫ ДРАЙВЕРОВ

На рис. 5а и 5б представлены типо-вые схемы драйверов, применяемых для управления МОП- и IGBT-тран-зисторами. При использовании би-полярных транзисторов одного типа

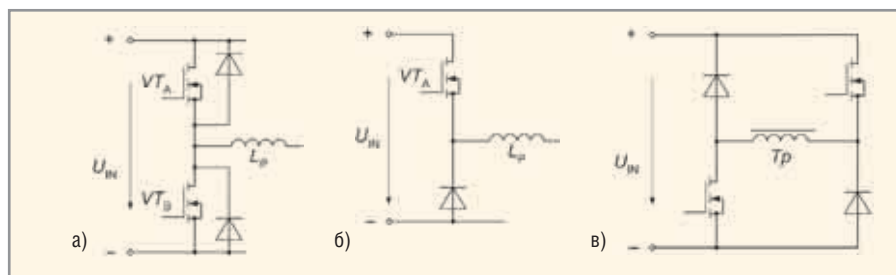


Рис. 4. Силовые схемы преобразователей

проводимости (рис. 5а) эти транзис-торы управляются противофазными напряжениями (например, в микро-схеме ШИМ-контроллера UC3842). Если же драйвер построен на комп-лементарной паре МОП-транзисто-ров (рис. 5б), то транзисторы драй-вера могут управляться одним и тем же входным напряжением. Условное обозначение драйверов такого типа (в переводной литературе их называ-ют тотемными или пушпульными) представлено на рисунке 5в. Такие драйверы могут быть применены для управления силовым транзистором в схеме повышающего или сетевого однотактного преобразователя, а та-же нижним n МОП-транзистором в схеме синхронного выпрямителя. Кроме того, эта схема широко ис-пользуется для переключения p МОП-транзистора в схеме понижающего преобразователя.

Для того чтобы запира-ние ключа происходило быстрее, чем отпи-рание, транзисторы выходного каскада драйвера иногда подключают к за-твору через отдельные резисторы, причём выбирается $R_{ON} > R_{OFF}$ (рис. 5г). Такое включение обеспечивает та-же уменьшение сквозных токов че-рез эти транзисторы. Другой путь иллюстрирует рисунок 5д. Здесь от-пи-рание ключа происходит через резистор R_{ON} , а запира-ние – через параллельно включенные резисто-ры R_{ON} и R_1 .

Для отпи-рания силового n МОП-транзистора понижающего преоб-разователя либо верхнего ключа полу-мостового (мостового) преобразова-

теля требуется, чтобы потенциал за-твора был выше потенциала истока по меньшей мере на 12 В. В то же вре-мя потенциал истока этого ключа в открытом состоянии почти равен входному напряжению преобразова-теля. Поэтому для питания драйвера требуется напряжение, превосходя-щее входное на 12...15 В. Здесь может быть два решения:

- питать драйвер от дополнительного источника более высокого на-пряжения, чем входное, либо от изолированного источника;
- формировать дополнительное на-пряжение питания драйвера при помощи схемы вольтодобавки.

Рассмотрим последний способ под-робнее. Нижний (низкопотенциаль-ный) вывод питания драйвера соеди-нён с общей точкой транзистора VT, диода VD и дросселя L понижающего преобразователя напряжения (рис. 6). Когда транзистор закрыт, а диод (или нижний транзистор в синхронном выпрямителе) открыт, конденсатор C_B вольтодобавки подзаряжается че-рез диод VD_B вольтодобавки до на-пряжения входа $+U_{IN}$. В случае приме-нения этой схемы в однотактном по-нижающем преобразователе заряд конденсатора вольтодобавки может оказаться недостаточным при работе преобразователя на холостом ходу, т.к. в этом случае диод силовой схемы практически не открывается.

При отпи-рании транзистора по-тенциал его истока, нижней обклад-ки конденсатора C_B и нижнего выво-да питания драйвера становится поч-ти равным входному напряжению,

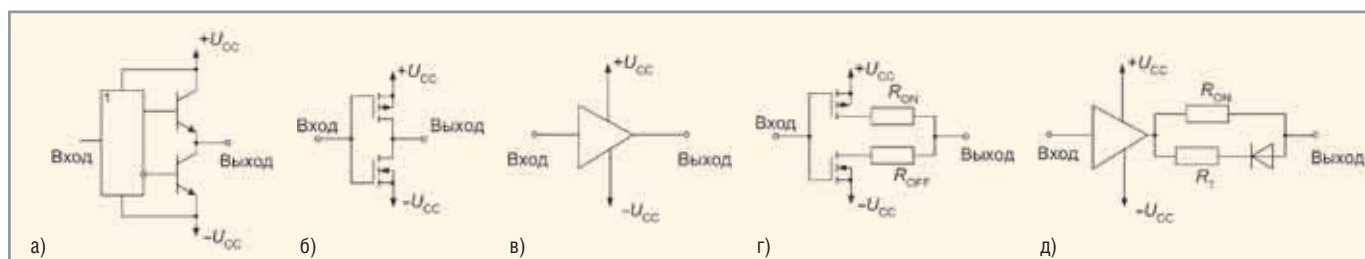


Рис. 5. Драйверы для управления МОП- и IGBT-транзисторами

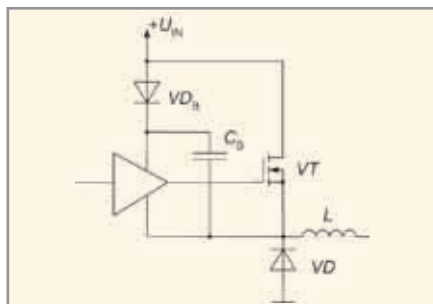


Рис. 6. Схема вольтодобавки для питания буфера «верхнего» транзистора

диод VD_B закрывается и к затвору транзистора относительно истока прикладывается напряжение, равное U_{IN} . Отсюда ясно, что входное напряжение должно составлять величину из интервала 12...15 В. В противном случае драйвер необходимо питать от дополнительного источника указанного напряжения либо применять специальные МОП-транзисторы с пониженным пороговым напряжением затвор-исток (управляемые логическим уровнем), такие, например, как двоянный n -канальный IRF7107, обладающий пороговым напряжением 1...3 В. Поскольку ёмкость конденсатора C_B выбирается намного больше входной ёмкости МОП-транзистора (обычно C_B принимают равной 0,1 мкФ), то её разряд на такте незначителен.

ЗАЩИТА СИЛОВЫХ КЛЮЧЕЙ

Часто на драйверы возлагают также некоторые функции защиты МОП- и IGBT-транзисторов. В число этих функций входят следующие:

- защита от короткого замыкания ключа;
- защита от понижения напряжения питания драйвера;
- защита от сквозных токов;
- защита от пробоя затвора.

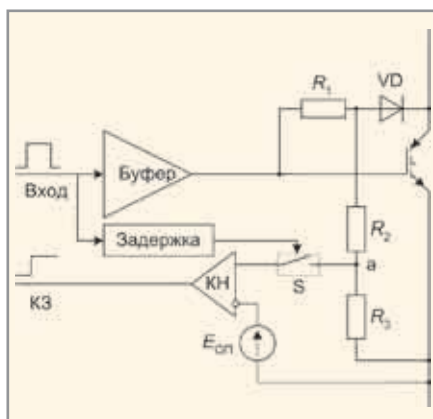


Рис. 8. Защита от КЗ с контролем напряжения на коллекторе

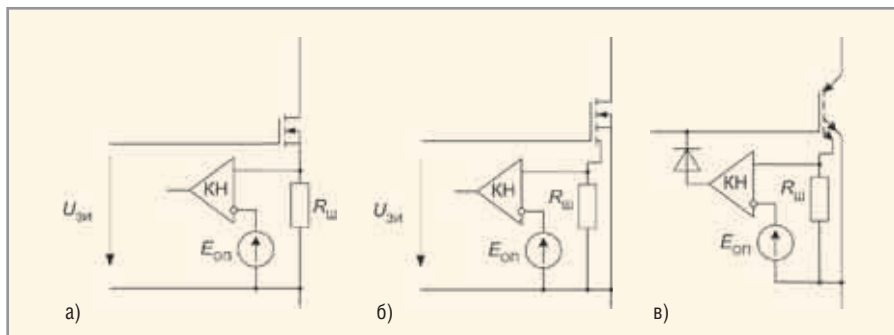


Рис. 7. Защита от КЗ путём контроля тока истока

Защита от короткого замыкания

Наиболее простой путь защиты ключа от короткого замыкания (КЗ) (перегрузки по току) состоит в контроле тока истока (эмиттера). При превышении этим током некоторого заданного порога транзистор должен быть заперт. В качестве датчиков тока используют обычно шунты (см. рис. 7а). Напряжение на шунте сравнивается с опорным $E_{оп}$ с помощью компаратора напряжения (КН), выходное напряжение которого является аварийным сигналом. Недостатком такого способа являются значительные потери энергии в шунте, поэтому выпускаются МОП-транзисторы, имеющие дополнительный исток (токочувствительный вывод), через который течёт небольшая часть тока стока, например, транзисторы серии IRC фирмы International Rectifier. Схема включения транзистора с токочувствительным выводом приведена на рисунке 7б. Некоторые фирмы выпускают IGBT-модули со встроенной цепью контроля тока RTC (real time current control), например, CM600HU-12F F-серии Mitsubishi Electric, схема которого представлена на рисунке 7в.

Напряжение на резисторе, создаваемое током дополнительного эмиттера, пропорционально току коллектора. При превышении этим напряжением опорного напряжения компаратор переключается, диод открывается и напряжение $U_{зп}$ уменьшается, ограничивая ток коллектора и формируя аварийный сигнал.

Другой путь защиты ключа от короткого замыкания состоит в контроле напряжения на открытом ключе. При КЗ ток через открытый ключ ограничен его насыщением. Кратность этого тока может достигать 3...10 от номинального значения. Многие модели IGBT- и МОП-транзисторов могут однократно выдерживать такой

ток в течение 5...10 мкс без повреждения. Рост тока сопровождается ростом напряжения сток-исток (коллектор-эмиттер), и этот факт может служить признаком необходимости экстренного запирающего транзистора.

Схема цепи управления силовым транзистором с защитой от КЗ приведена на рисунке 8. Когда транзистор закрыт и на его коллекторе высокое напряжение, диод тоже закрыт. Напряжение на выходе буфера равно нулю или отрицательное, поэтому потенциал точки «а» также равен нулю или отрицателен. При подаче на вход буфера открывающего сигнала напряжение на выходе буфера поднимается до 12...15 В, а $U_{КЗ}$ транзистора снижается до 0,1...3 В в зависимости от типа транзистора и тока нагрузки. При этом напряжение точки «а» устанавливается равным

$$U_a = (U_{КЗ} + U_D) \frac{R_3}{R_2 + R_3},$$

где U_D – прямое напряжение на диоде. На время переходного процесса установления открытого состояния (примерно 0,5 мкс) вход компаратора КН отключается от точки «а» коммутатором S. В случае КЗ напряжение $U_{КЗ}$ растёт, и, соответственно, растёт также U_a , вызывая переключение компаратора.

Защита от понижения питания драйвера

При снижении напряжения питания драйвера, вызванном теми или иными причинами, снижается также напряжение на затворе открытого транзистора. Это может привести к росту потерь в открытом транзисторе или даже выходу его в активный режим, что совершенно недопустимо. Для предотвращения такого режима многие модели драйверов снабжаются узлами блокировки при чрезмерном уменьшении напряже-

ния БЧУН (в английской транскрипции – UVLO), которые при понижении напряжения питания ниже заданного порога переводят выход драйвера в низкопотенциальное состояние.

Защита от сквозных токов

Для предотвращения сквозных токов, вызывающих сильный перегрев транзисторов, вводится пауза («мёртвое» время) между запирающим предыдущего транзистора в полумосте и отпиранием следующего. Эту паузу реализуют элементы задержки в драйвере, причём некоторые модели драйверов позволяют регулировать это время в некоторых пределах.

Защита от пробоя затвора

Выход из строя силового ключа по причине повреждения изолированного затвора является достаточно распространённой неисправностью. Пробой затвора может наступить из-за возникновения генерации в контуре, образованном индуктивностью цепи управления и ёмкостью затвора. Другой причиной может стать короткое замыкание силовой цепи, при котором быстрое повышение напряжения на коллекторе (стоке) вызывает значительный ток через переходную ёмкость $C_{сз}$ (рис. 2б) и, как следствие, подъём напряжения на затворе. Это обстоятельство требует выбора низкого значения сопротивления в цепи запирающего ключа. Дополнительно следует обеспечить минимальную длину цепи управления и снизить индуктивность этой цепи минимизацией площади, охватываемой ею. Наиболее распространённые и широко применяемые на практике схемы представлены на рисунке 9.

Резистор, установленный параллельно цепи «затвор-исток» (рис. 9а), защищает от статического электричества и демпфирует колебания в цепи «драйвер-затвор». Его следует монтировать как можно ближе к затвору и истоку. Наиболее эффективно защищает затвор супрессор TVS (рис. 9б). В ключах небольшой мощности можно использовать диод Шоттки, включаемый между затвором и цепью питания драйвера (рис. 9в).

МИКРОСХЕМЫ ДРАЙВЕРОВ МОП- и IGBT-ТРАНЗИСТОРОВ

Драйверы для управления сложными преобразовательными схемами –

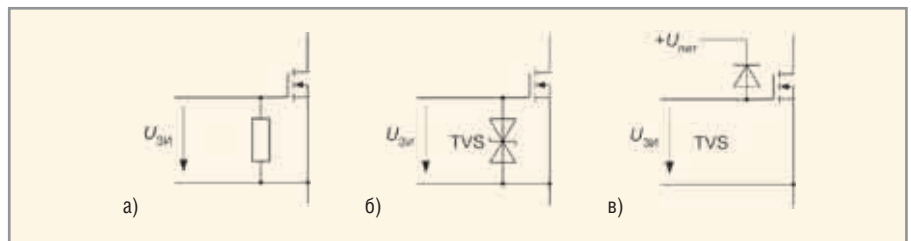


Рис. 9. Варианты цепей ограничения напряжения на затворе

однофазными и трёхфазными – содержат большое количество элементов, поэтому неудивительно, что их выпускают в виде интегральных микросхем (ИМС) несколько фирм: International Rectifier, Intersil, Mitsubishi Electric, IXYS и др. (табл. 1). Эти микросхемы, помимо собственно драйверов, содержат также цепи преобразования уровня, вспомогательную логику, цепи задержки для формирования «мёртвого» времени, цепи защиты и т.д. По области применения ИМС драйверов различают:

- драйверы нижнего ключа;
- драйверы верхнего ключа;
- драйверы нижнего и верхнего ключей;
- полумостовые драйверы;
- драйверы однофазного моста;
- драйверы трёхфазного моста.

Основные параметры интегральных драйверов делятся на две группы: динамические и эксплуатационные. К динамическим относятся время задержки переключения при отпирании и запирающем ключа, время нарастания и спада выходного

напряжения, а также время реакции цепей защиты. Важнейшие эксплуатационные параметры: максимальное импульсное значение втекающего/вытекающего выходного тока, входные уровни, диапазон питающих напряжений, выходное сопротивление.

Драйверы нижнего ключа

Драйверы нижнего ключа предназначены для управления ключом, потенциал затвора и потенциал истока (эмиттера) которого в открытом состоянии близки к нижнему потенциалу входного напряжения преобразователя. Эти драйверы устроены наиболее просто. В простейших случаях они содержат только схему преобразования входного логического уровня (обычно ТТЛ/КМОП) в сигнал полного размаха выхода и буферный усилительный каскад. Таковы, например, семейства одноканальных MAX4420/9, MTX429 фирмы Maxim, допускающие выходной ток до 6/6 А, IXd409 фирмы IXYS и MIC4421/2 фирмы Micrel с выходным током

Мы переключаем ваше будущее!

КОНЦЕВЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ
DIP-ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ
ДВИЖКОВЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ
ТАКОВЫЕ КНОПКИ

Diptronics, тайваньский лидер в разработке и производстве переключателей, специализируется в этой области с 1985 г.

DIPTRONICS MANUFACTURING INC.
No. 110, Wugong 3rd Road, Wugu Shiang, 24889, Taipei County, Taiwan
Tel.: +886 2 2298 9123 <http://www.dip.com.tw> E-mail: dip@dip.com.tw

Реклама

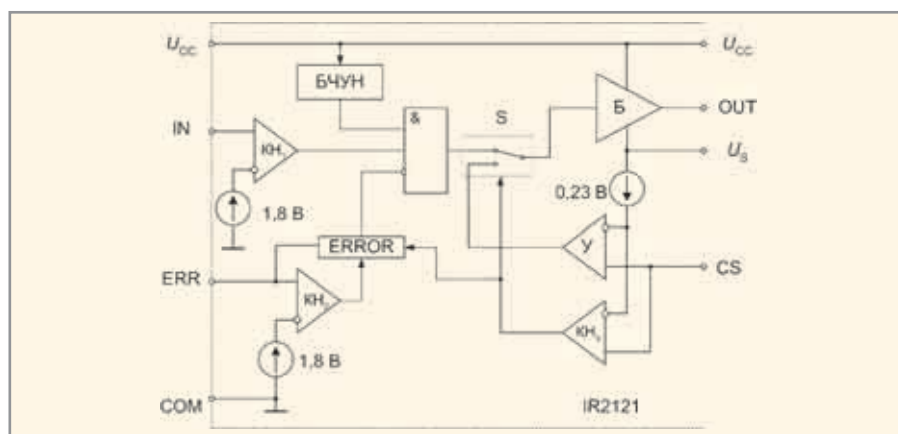


Рис. 10. Драйвер нижнего ключа IR2121

до 9/9 А, семейства двухканальных IR4426/7/8 International Rectifier с выходным током до 3,3/2,3 А на канал, MAX4426/7/8 Maxim и др. Более развитые модели, такие как одноканальные IXDx430 фирмы IXYS с выходным током 30/30 А, LM5112 National Semiconductor с выходным током 7/3 А, UCC37321/2 Texas Instruments с выходным током до 9/9, двух-

канальные LM5110/1 с выходным током 5/3 А, включают схему контроля понижения напряжения питания, а также входную логику.

Представленные выше семейства ИМС драйверов включают инвертирующие и неинвертирующие модели. ИМС драйвера нижнего ключа MAX5048 позволяет включать её как в инвертирующем, так и в неинвер-

тирующем режиме. Ещё одна особенность этой ИМС – два выхода. Один из них – P_OUT – предназначен для формирования вытекающего тока при отпирании силового ключа. Он имеет выходное сопротивление 2 Ом и допускает импульсный ток до 1,3 А. Второй выход – N_OUT – формирует втекающий ток при запираании ключа. Его выходное сопротивление – 0,23 Ом. Допустимый ток – до 7,6 А.

Ещё более сложные ИМС включают цепи защиты от КЗ. Рассмотрим схемотехнику развитого семейства драйверов IR21xx. Драйвер нижнего ключа IR2121 представлен на рисунке 10. Он содержит буферный КМОП-усилитель Б, схему блокировки при чрезмерном уменьшении напряжения БЧУН, блок задания времени отключения при ошибке ERROR, три компаратора напряжения КН1 – КН3, усилитель обратной связи по току У, логический элемент, аналоговый коммута-

Таблица 1. Основные параметры драйверов для МОП- и IGBT-транзисторов

Модель	$t_{\text{вкл/выкл}}$ нс ($f_{\text{макс}}$ кГц)	$I_{\text{втек/вытек}}$ А	$U_{\text{сим.макс}}$ В	$U_{\text{пит}}$ В	Особенности
Драйверы нижнего ключа					
MAX4420	65/65	6/6	–	4,5...18	Входной ток <10 мкА
IXDD409	46/43	9/9	–	4,5...35	Непрерывный выходной ток до 2 А
MIC4422	55/55	9/9	–	4,5...18	Есть вариант с инвертированием
IR4426	85/65	1,5/1,5	–	6...20	Двухканальный
EL7242	20/20	2/2	–	4,5...16	Двухканальный с дифференциальными входами
IXDD430	65/57	30/30	–	8,5...35	БЧУН, непрерывный выходной ток до 8 А
LM5112	39/37	7/3	–	3,5...14	Регулируемый входной порог, БЧУН
LM5110	39/37	5/3	–	3,5...14	Двухканальный, регулируемый входной порог
UCC37321	55/45	9/9	–	4,5...15	Есть вход отключения
MAX5048	20/15	7,6/1,3	–	4...12,6	Дифференциальные входы
IR2121	150/150	2/1	–	12...18	Защита от КЗ по току, БЧУН
Драйверы верхнего ключа					
IR2118	125/105	0,42/0,2	600	10...20	БЧУН
IR2125	150/150	2/1	500	12...18	Защита от КЗ по току, БЧУН
IR21271	200/150	0,42/0,2	600	9...20	Защита от КЗ по напряжению, БЧУН
ISL6801	(100)	0,2/0,2	120	5	Входная логика, отдельные выходы, БЧУН
Драйверы верхнего и нижнего ключей					
IR2113	120/94	2/2	600	10...20	Раздельные входы управления верхним и нижним ключами
IR2111	750/150	0,42/0,2	600	10...20	Объединённый вход управления верхним и нижним ключами
IR2214SS	460/450	3/2	1200	10,4...20	Защита от КЗ по напряжению, отдельные выходы
IR2233	700/700	0,42/0,2	1200	10...20	Три полумостовых драйвера, токовая защита
IR21094	750/200	0,25/0,12	600	10...20	Программируемое «мёртвое» время, защита от сквозных токов
IX6R11	205/150	6/6	650	10...35	Требуется три источника питания
HIP2100	20/20	2/2	100	9...14	БЧУН
HIP4081A	55/40	2,6/2,4	80	9,5...15	Два полумостовых драйвера, БЧУН
IP4086	50/50	1,25/1,25	95	7...15	Три полумостовых драйвера, программируемое «мёртвое» время
Драйверы ключей синхронного выпрямителя					
ICL6207	28/26	4/2	30	5	Защита от сквозных токов
IXS839	65/55	4/2	24	5	Защита от сквозных токов
ADP3419	15/10	4/2	25	5	Защита от сквозных токов, БЧУН
TPS28225	10/10	4/2	$32 - U_{\text{пит}}$	4,5...8	Защита от сквозных токов

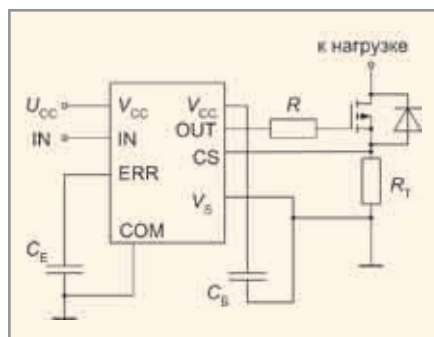


Рис. 11. Типовая схема включения драйвера IR2121

тор S и три источника опорного напряжения. Типовая схема включения драйвера показана на рисунке 11.

Если напряжение питания микросхемы U_{CC} не менее 12 В и перегрузка по току истока силового транзистора отсутствует, то транзистор переключается синфазно с сигналом на входе IN. Логический порог переключения компаратора KN_1 составляет 1,8 В, поэтому вход IN совместим по уровням с ТТЛ и КМОП-логикой. При понижении питающего напряжения БЧУН блокирует прохождение управляющих импульсов.

Микросхема оснащена довольно сложной схемой защиты силового транзистора от перегрузки по току. Если напряжение на выходе датчика тока (на рисунке 11 это резистор R_T) превысит 0,23 В, компаратор KN_3 переключается и подсоединяет вход буфера Б к выходу усилителя. При этом драйвер переходит в режим стабилизации тока на уровне

$$I_{\max} = \frac{0,23 \text{ В}}{R_S}. \quad (1)$$

Одновременно запускается схема формирования задержки времени выключения в блоке ERROR и компараторе KN_2 . Длительность этой задержки определяется временем заряда конденсатора C_E от 0 до 1,8 В и рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{DEL}} = C_E \frac{1,8 \text{ В}}{I_{\text{ERR}}}, \quad (2)$$

где $I_{\text{ERR}} = 0,1 \text{ мА}$ – ток, заряжающий конденсатор C_E . По истечении времени задержки силовой транзистор на этом такте запирается. На следующем такте всё повторяется, так что в результате формируются короткие импульсы тока, амплитуда которых определяется формулой (1), а длительность – формулой (2).

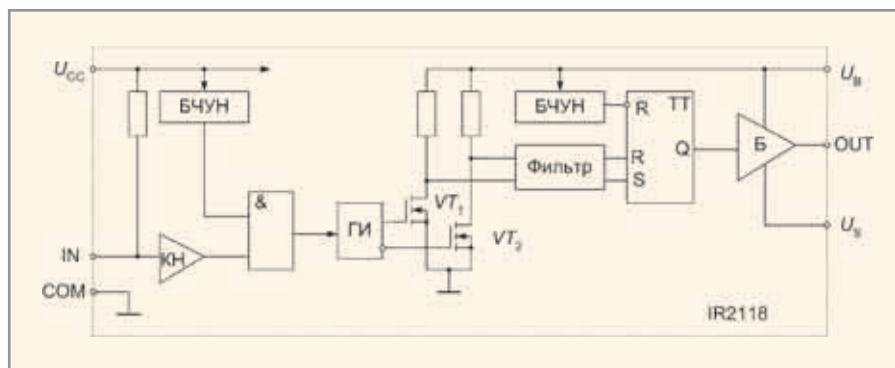


Рис. 12. Схема драйвера верхнего ключа IR2118

Драйверы верхнего ключа

ИМС драйверов верхнего ключа отличаются от драйверов нижнего ключа в первую очередь наличием схемы сдвига уровня управляющего напряжения и цепей вольтодобавки. Это позволяет использовать их для управления верхними ключами без применения дополнительных источников с гальванической развязкой и изолирующих каналов передачи сигналов.

Схема драйвера верхнего ключа полумостовой схемы IR2118 приведена на рисунке 12. Существенное отличие этой схемы от предыдущей состоит в наличии схемы высоковольтного (до 600 В) сдвига уровня напряжения на транзисторах VT_1 и VT_2 . При $U_{CC} > 10 \text{ В}$ переход входного сигнала из 0 в 1 и наоборот вызывает импульс на соответствующем выходе генератора импульсов ГИ. Эти импульсы после сдвига по уровню вверх и формирования

фильтром поступают на соответствующие входы RS-триггера, который, в свою очередь, управляет выходным буфером Б. Фильтр, представляющий собой селектор импульсов, предназначен для повышения помехоустойчивости. Он подавляет импульсы длительностью менее 50 нс. Типовая схема включения драйвера IR2118 представлена на рисунке 13. Здесь на диоде и конденсаторе C_B выполнена цепь вольтодобавки, обеспечивающая напряжение на затворе открытого силового транзистора, равное U_{CC} . Этот драйвер может быть использован для управления не только «верхним» транзистором полумостовой схемы, но и транзистором высоковольтного понижающего преобразователя. Для последней цели ещё лучше подходит ИМС драйвера IR2125, содержащая цепи защиты от перегрузки силового транзистора по току, аналогичные этим цепям у IR2121.

Проектирование корпусов для интегральных микросхем и полупроводниковых приборов, производство продукции из электро-технической керамики.

МВС
ЦЕНТРВОЕНПОСТАВКА

Поставка сырья и материалов, содержащих драгоценные металлы.

КОМПЛЕКСНАЯ ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ИМПОРТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

- ОАО Донской завод радиодеталей (ДЗРД)
- ООО НПП «Томилинский электронный завод»
- ЗАО «Кремний-Маркетинг»
- ОАО «Ангстрем»
- ОАО НПК «Северная заря»

www.mvs-cvp.ru

- ОАО «Уральский завод электрических соединений» (ОАО «Завод «Исеть»)
- ОАО «Завод «Атлант»
- ОАО «Трубочевский завод «Нерусса»
- ФГУП «Карачевский завод «Электродеталь»
- ОАО «Завод «Мезон»

Поставка изделий с приёмкой "1", "5" и "9" со склада и под заказ по заводским или договорным ценам (всю информацию Вы можете получить у менеджеров)

ЗАО «МВС Центрвоенпоставка» 127591, г. Москва, Дмитровское шоссе, д. 100, корп. 2
Тел. (495) 974-68-61, факс (495) 974-68-62; e-mail: ec@mvs-cvp.ru

Реклама

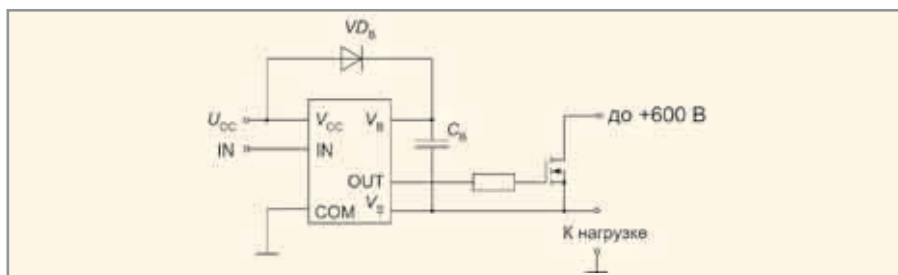


Рис. 13. Типовая схема включения драйвера IR2118

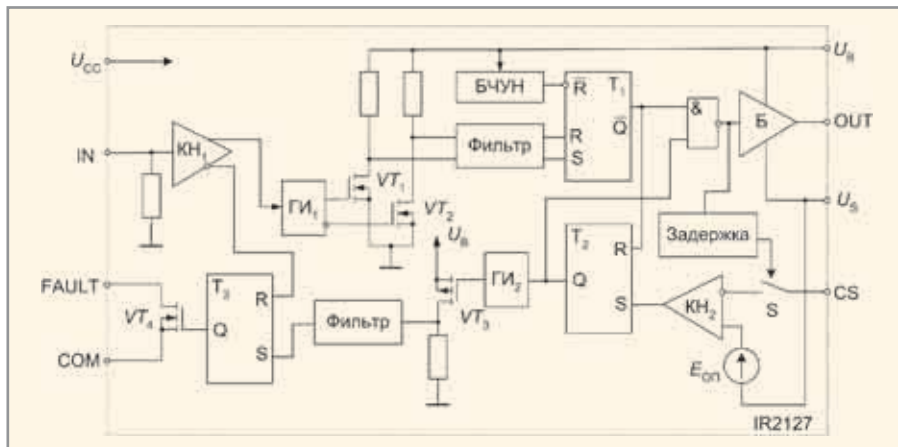


Рис. 14. Схема драйвера верхнего ключа IR2127

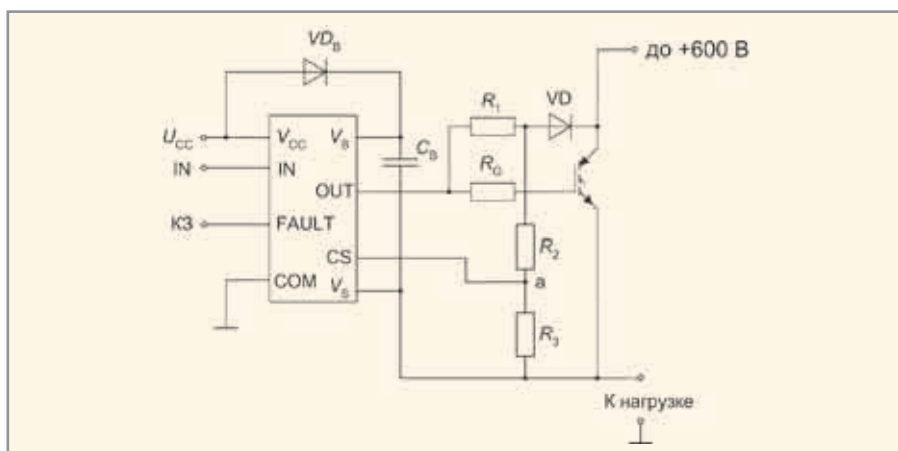


Рис. 15. Типовая схема включения драйвера IR2127/8

Семейство драйверов верхнего ключа IR2127/8/IR21271/81 отличается от IR2125 способом защиты от КЗ. Здесь могут быть использованы цепи контроля напряжения насыщения на открытом ключе (как на рисунке 8). Функциональная схема драйвера из этого семейства представлена на рисунке 14. Кроме схемы высоковольтного сдвига уровня напряжения на транзисторах VT_1 и VT_2 , имеется также узел защиты от КЗ, включающий компаратор KH_2 , источник опорного напряжения 0,25 В (IR2127/8) или 1,8 В (IR21271/81), элемент задержки, коммутатор S и логику, включающую два RS-триггера.

Схема включения такого драйвера приведена на рисунке 15. При подаче

сигнала на отпирание ключа происходит задержка переключения коммутатора S на время, за которое должен произойти спад напряжения на коллекторе силового ключа. Если этого не произойдёт, что означает короткое замыкание в силовой цепи, то компаратор переключится и заставит переключиться триггер T_2 , который заблокирует выход драйвера. Одновременно этот триггер запустит генератор импульсов $ГИ_2$, который через цепь сдвига уровня на транзисторе VT_3 и фильтр передаст импульс, переключающий триггер T_3 . Этот триггер откроет транзистор VT_4 и таким образом сообщит системе управления о коротком замыкании. С точки зрения помехоустойчивости, по схе-

ме на рисунке 15 наиболее целесообразно использовать ИМС IR21271/81, имеющие более высокий порог срабатывания компаратора, а драйверы IR2127/8 лучше использовать совместно с датчиком тока (аналогично ИМС IR2121). Эти ИМС также допускают разность потенциалов между общим выводом (COM) и выводом для подключения к эмиттеру транзистора (V_S) до 600 В.

Драйверы верхнего и нижнего ключей целесообразно использовать для управления однотактными двухтранзисторными схемами (рис. 4в) либо мостами с однополярной широтно-импульсной модуляцией.

Фирма International Rectifier производит значительное количество моделей высоковольтных драйверов верхнего и нижнего ключей. В частности, модель IR2110 содержит в кристалле как схему драйвера верхнего ключа, подобную IR2118, так и схему драйвера нижнего ключа, подобную IR2121, за исключением цепей токовой защиты, которых здесь нет. Управление обоими ключами независимо. Имеется схема формирования «мёртвого» времени для нижнего ключа. Есть вход SD для отключения обоих драйверов. Напряжение питания управляющей логики может быть сдвинуто относительно напряжения питания вольтодобавки. Импульсный выходной ток буферов может достигать 2 А, что обеспечивает высокую скорость переключения управляемых транзисторов. Максимально допустимое напряжение питания силовой схемы для этой микросхемы составляет 500 В.

Если же требуется частотное управление полумостовым инвертором, то лучше всего использовать 8-выводную ИМС IR2111, которая имеет только один управляющий вход (рис. 16). Здесь обозначено: HO (High Output) – выход для управления верхним транзистором, LO (Low Output) – выход для управления нижним транзистором. Для предотвращения сквозных токов, которые могут возникнуть при коммутации транзисторов, между запуском одного транзистора и отпиранием другого при помощи цепей задержки вводится «мёртвое» время длительностью 0,7 мкс.

Значительно большими возможностями обладают ИМС драйвера полумостового инвертора IR2214SS/IR22141SS. Эти микросхемы снабже-

ны защитой от КЗ обоих ключей (верхнего и нижнего) с контролем напряжения насыщения. Транзисторы выходного каскада драйвера подключают к затвору силового ключа через отдельные резисторы, как на рисунке 5г. Выходные токи в импульсе могут достигать 2 А (вытекающий) и 3 А (втекающий). Предельное значение плавающего напряжения на затворе верхнего транзистора составляет 1225 В. При выходе любого ключа из насыщения производится выключение обоих ключей и на выводе FAULT/SD появляется низкий уровень. Принудительным переводом этого вывода в нулевое состояние внешним устройством драйвер выключается. Микросхема выпускается в 24-выводном миниатюрном корпусе SSOP.

Для нерегулируемого полумостового инвертора могут быть использованы драйверы семейства IR215х, которые содержат на кристалле, помимо всего того, что имеет IR2111, ещё и схему автогенератора, аналогичную схеме таймера NE555, а также стабилизатор на напряжение 15 В, ограничивающий напряжение, питающее логику и выходные буферы. Эта ИМС позволяет построить замечательно простой сетевой импульсный нестабилизированный источник с электрической развязкой вторичной цепи. Типовая схема включения ИМС IR215х приведена на рисунке 17. Управляющие цепи питаются от высокого напряжения через балластный резистор R_1 . Поскольку ток потребления микросхемы не превышает 5 мА, мощность, рассеиваемая на этом резисторе при питании схемы от сети переменного тока 220 В через выпрямитель, оказывается немногим больше 1 Вт.

Фирма International Rectifier выпускает значительное количество моделей драйверов верхнего и нижнего ключей. В частности, это семейство IR2106/2301/2108/2109/2302/2304. Сравнение функциональных возможностей этих ИМС представлено в таблице 2.

ИМС драйверов верхнего и нижнего ключа IX6R11 фирмы IXYS характеризуется наличием изолирующего барьера между входом и драйвером верхнего ключа, выдерживающего напряжение до 650 В. Платой за это является необходимость в дополнительном изолированном источнике. Пиковый выходной ток обоих кана-

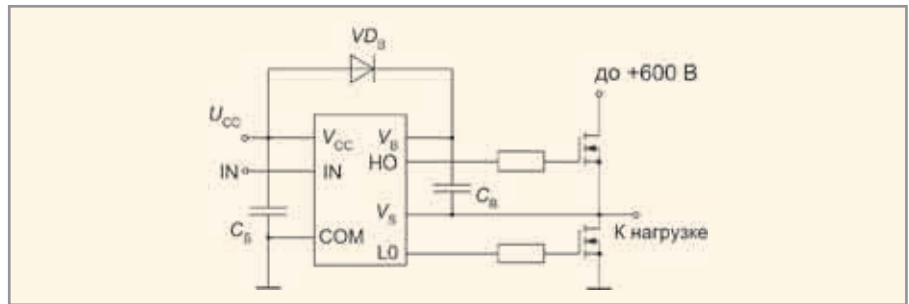


Рис. 16. Драйвер для управления полумостовым инвертором IR2111

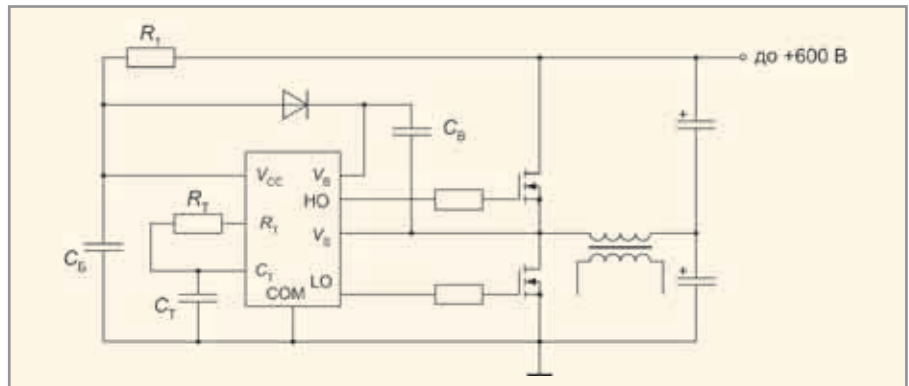


Рис. 17. Типовая схема включения ИМС IR215х

лов – до 6 А. Микросхема выпускается в 16-выводном корпусе SOIC.

Из других ИМС драйверов можно отметить HIP4081A (Intersil) для управления однофазной мостовой схемой с напряжением до 80 В с пиковым выходным током до 2,5 А. Эта микросхема включает два простых полумостовых драйвера. Для управления маломощными трёхфазными инверторами со входным напряжением до 600 или 1200 В могут быть использованы ИМС фирмы International Rectifier IR2133/IR2135/IR2233/IR2235, содержащие по три полумостовых драйвера. Фирма Intersil выпускает ИМС HIP4086 также с тремя полумостовыми драйверами, но на низкое напряжение (до 80 В), поэтому основная область их применения – коммутаторы бесколлекторных двигателей постоянного тока.

Отдельную группу составляют драйверы синхронных выпрямителей. Такие выпрямители также содержат два ключа – верхний и нижний, но применяются синхронные выпрямители в понижающих преобразователях низкого напряжения (как правило, менее 25 В). Фирма Analog Devices выпускает семейство драйверов ADP3410/2/9 для управления ключами низковольтных (до 25 В входного напряжения) синхронных выпрямителей, в том числе и в многофазных преобразователях. Посколь-

ку в таких устройствах в качестве силовых ключей применяются исключительно МОП-транзисторы, которые обладают высоким быстродействием, эти ИМС имеют низкое выходное сопротивление (типично 1,7 Ом на включение и 0,8 Ом на выключение) и малое время переключения (типично 13 нс). Все ИМС драйверов синхронных выпрямителей имеют цепи формирования мёртвого времени для защиты ключей от сквозных токов.

Семейство драйверов синхронных выпрямителей IXS839/839A/839B фирмы IXYS содержит БЧУН и настраиваемый блок мёртвого времени. Длительность паузы определяется ёмкостью конденсатора, подключаемого между выводом DLY микросхемы и общей точкой, по формуле: $t_{\text{п}}[\text{нс}] = 0,5C[\text{пФ}]$.

Ещё один пример – семейство TPS28225/6 фирмы Texas Instruments



МОЖОРНО

РАЗРАБОТКА ДИЗАЙН-ПРОЕКТА,
КОНСТРУКТОРСКАЯ ПРОРАБОТКА,
ПОДГОТОВКА КД, МАКЕТИРОВАНИЕ,
ПРОТОТИПИРОВАНИЕ

(812) 920 02 12

WWW.INDUSTRY.MOJORNO.RU

Реклама

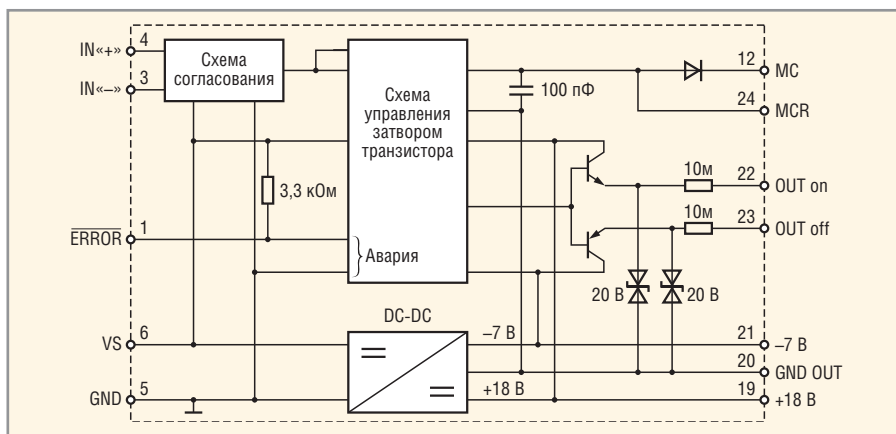


Рис. 18. Блок-схема модуля драйвера МД180

обеспечивает втекающий ток нижнего транзистора до 4 А и время переключения 10 нс. Это позволяет управлять ключами с частотой до 2 МГц.

Драйверы IGBT-модулей

IGBT-модули (табл. 3) являются одними из наиболее мощных полностью управляемых полупроводниковых ключей, допускающих в закрытом состоянии напряжение до 4500 В и коммутирующих токи силой до нескольких килоампер. Стоимость таких приборов весьма высока, поэтому требования к драйверам IGBT-модулей также высоки. Как следствие, драйверы IGBT-модулей представляют собой сложные законченные устройства, изготавливаемые в виде гибридных микросборок, модулей или даже плат.

Общие черты большинства драйверов IGBT-модулей:

- в качестве сигнала о коротком замыкании или перегрузке по току используется величина напряжения коллектор-эмиттер $U_{КЭ}$ IGBT-модуля;
- трансформаторная или оптическая развязка цепей управления и выхода;
- встроенный источник питания цепей выхода.

Характерными представителями рассматриваемого класса драйверов является семейство одноканальных МД115/50/80 и двухканальных МД215/50/80 модулей фирмы «Электрум АВ» с выходными токами соответственно 1,5/5/8 А.

Блок-схема семейства одноканальных драйверов МД1хх представлена на рисунке 18. Включение и выключение IGBT-модуля осуществляется по

раздельным цепям через выходы OUT_{on} и OUT_{off} . Развязка цепей управления – оптическая. Питание выходных каскадов – от встроенного DC/DC-преобразователя. Контроль напряжения коллектор-эмиттер – через вывод MC; пороговое напряжение – 7 В. К выводу MCR подключается конденсатор, ёмкость которого определяет время задержки срабатывания защиты. Входы управления – дифференциальные, TTL/КМОП-совместимые.

Фирма ST-Concept Technology производит несколько моделей драйверов IGBT-модулей, выполняемых на печатных платах. Это, в частности, двухканальные 2SD106AN и 2SD315AI-33, а также шестиканальный 6SD106EN. Все эти устройства имеют трансформаторную развязку и встроенный источник, а также защиту от КЗ путём контроля напряжения коллектор-эмиттер. Драйверы 2SD106AN и 6SD106EN допускают импульсный выходной ток до 6/6 А, а 2SD315AI-33 – до 15/15 А. Максимальная частота переключения выходов – 100 кГц. Вывод выходных каскадов – объединённый.

Подобные драйверы – одноканальный SKH 10/12 и двухканальные SKIPER 32R выпускает фирма Semikron. Обе модели имеют раздельные выходы на отпирание и запирающие модуль.

Фирма Powerex выпускает драйверы M5716AL-01 в виде гибридных микросборок для IGBT-модулей F-серии фирмы Mitsubishi Electric со встроенной цепью контроля тока RTC (см. выше). Драйвер оснащён оптической развязкой. Допустимый импульсный выходной ток – 5/5 А.

Самый малогабаритный драйвер с трансформаторной развязкой 1ED02I12-S предлагает фирма Infineon. Он смонтирован в 16-выводном корпусе DSO размером 7,5 × 10 × 2,6 мм. Для его применения требуется дополнительный изолированный источник. Используются трансформаторы прямой и обратной связи без сердечника. Для ограничения напряжения затвор-эмиттер за счёт эффекта Миллера при коротком замыкании драйвер оснащён ключом на ток до 0,5 А, включаемым непосредственно между затвором и эмиттером IGBT-модуля. Недостаток этой модели – сравнительно малый выходной ток (2/2 А). Фирма Infineon выпускает также усвоенный аналогично двухканальный драйвер 2ED02I12-F для управления полумостовой схемой. ©

Таблица 2. Свойства драйверов верхнего и нижнего ключа International Rectifier

Модель	Входная логика	Логика, предотвращающая сквозные токи	«Мёртвое» время	Земляные выводы
IR2106/2301	HIN/LIN	Нет	Нет	COM
IR21064				VSS/COM
IR2108	HIN/LIN	Есть	Внутреннее 540 нс	COM
IR21084			Программируемое 0,54...5 мкс	VSS/COM
IR2109/2302	IN/SD	Есть	Внутреннее 540 нс	COM
IR21094			Программируемое 0,54...5 мкс	VSS/COM
IR2304	HIN/LIN	Есть	Внутреннее 100 нс	COM

Таблица 3. Основные параметры драйверов для IGBT-модулей

Модель	$t_{вкл/выкл}$ нс ($I_{макс}$ кГц)	$I_{втек/вытек}$ А	$U_{кз,макс}$ кВ	$U_{пит}$ В	Особенности
МД180П-Б	(100)	8/8	2	5	Раздельные выходы, встроенный источник, защита цепи затвора
2SD315AI-33	(>100)	15/15	1,2	15	Двухканальный, встроенный источник, трансформаторная развязка
6SD106EN	(>100)	6/6	0,8	15	Шестиканальный, встроенный источник, трансформаторная развязка
1ED02I12-S	400/600	2/2	1,2	+5, +15, -8	16-выводной SOIC, трансформаторная развязка
SKH1 10/12	(100)	8/8	1,2	15	Раздельные выходы, встроенный источник, выбор входных уровней
SKIPER 32R	(50)	15/15	1,7	15	Двухканальный, встроенный источник, трансформаторная развязка, раздельные выходы
M57160AL-01	(20)	5/5	1,2	+15, -8	Оптическая развязка, защита по току (RTC). Гибридная ИМС
M57958L	(30)	5/5	1,4	+15, -10	Оптическая развязка. Гибридная ИМС

Новости мира News of the World Новости мира

IBM занялась технологией магнитной памяти STT-RAM

Компания IBM решила объединить свои усилия с японской TDK, чтобы совместными стараниями освоить коммерческое производство магнитной памяти, использующей характеристики направленности магнитного поля («спина») в качестве носителя информации о состоянии единичной ячейки. Этот тип памяти получил название STT-RAM (от spin torque transfer – передача спинового вращательного момента). Согласно текущим планам, партнёры планируют представить 65-нм действующие прототипы через четыре года. Возможно, к тому времени они уже не будут пионерами в этой области – по имеющейся информации, начинающая компания Grandis уже начала производить свои первые образцы STT-RAM и рассылать их потенциальным заказчикам, надеясь приступить к массовым поставкам к концу следующего года.

Ранее внимание IBM было привлечено другой технологией магнитной памяти, MRAM, но компания столкнулась со сложностями при попытках её применения в рамках современных «тонких» техпроцессов. В настоящее время коммерческим выпуском MRAM занимается Freescale Semiconductor, однако представители самой компании признают, что вряд ли эта технология в силу физических ограничений сможет переступить порог 65 нм. Таким образом, наиболее перспективными среди альтернативных энергонезависимых технологий памяти остается STT-RAM и память с изменением фазового состояния вещества (phase change memory, PRAM). Объясняя свой интерес к сегменту, который сейчас не является источником доходов для компании, IBM говорит, что она желает обладать собственной технологией энергонезависимой памяти, без которой, например, уже не обходятся современные микросхемы класса «система-на-чипе» (SoC).

news.com.com

Преобразователь солнечного излучения в лазерное

Исследователи Университета Осаки присоединились к Японскому агентству по аэрокосмическим исследованиям (Japan Aerospace Exploration Agency, JAXA), с тем чтобы совместными усилиями разработать устройство, способное преобразовывать энергию солнечного излучения в излучение лазера. Сообщается, что проект по созданию такого преобразователя завершился успешно, а эффективность соз-

данного прототипа четверо превышает характеристики предыдущих аналогов.

Для накопления солнечной энергии используется пластина, изготовленная из порошка окислов хрома и ниобидина. Лазерное излучение малой мощности, проходящее через пластину, освобождает накопленную энергию, и в результате усиливается мощность лазерного излучения. Согласно приведенным данным, с помощью подобного «усилителя» можно получить из лазерного луча мощностью 0,5 Вт на входе 180 Вт на выходе. Коэффициент преобразования солнечной энергии при этом составляет около 40%. Предполагается, что в свое время на базе таких преобразователей можно будет строить энергетические станции космического базирования, которые будут передавать энергию в виде лазерного излучения на поверхность планеты для дальнейшей трансформации в электроэнергию.

theinquirer.net

Applied начала выпуск крупнопанельных солнечных батарей

С вводом в строй новой линии для производства больших солнечных панелей американская компания Applied Materials объявила о практически 20-процентном снижении себестоимости производства солнечных батарей, основанных на фотогальванических элементах.

Представленная на проходящей в г. Милан (Италия) европейской конференции производителей фотогальванических солнечных панелей система SolarFab способна обрабатывать стеклянные подложки размером 2,2 × 2,6 м. Получаемая панель площадью в 5,72 кв. м практически в 4 раза больше самой большой из панелей на основе тонкопленочных транзисторов. За один год такая панель может генерировать до 75 МВт энергии.

В новой производственной системе Applied использует проверенные практикой методы CVD (нанесение покрытия с помощью химического осаждения из газовой фазы) и PVD (физическое осаждение) для производства наиболее критических слоев модуля и дополняет их системой PECVD (плазмохимическое осаждение), аналогичной таковой, применяемой при производстве ЖК-экранов.

appliedmaterials.com

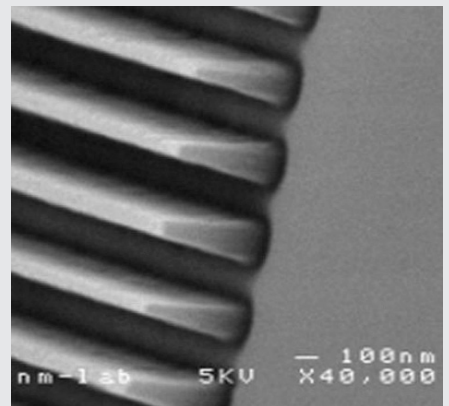
Нанопечатная литография подешевела

Нанопечатная литография (Nanoimprint lithography) является отличной технологи-

ей изготовления интегральных микросхем, однако до этого момента главным её недостатком являлась слишком высокая стоимость производства трафаретов, по которым осуществляется «печать» чипов. Теперь же, благодаря исследованиям и разработкам инженера Стивена Чоу (Stephen Chou) из Принстонского университета (Princeton University), процесс изготовления шаблонов можно не только значительно удешевить, но и заметно ускорить. На современном этапе развития нанопечатной литографии широко используются медленные методы изготовления трафаретов при помощи электронного или ионного пучков.

Стивен Чоу предлагает следующий метод: использование полимера для формирования необходимого «рисунка» на пластине. Полимер в ходе процесса помещается между двумя пластинами, и после сжатия на поверхности пластин остаются углубления, точно соответствующие толщине полимера.

Но не только быстрота и невысокая стоимость являются главными достоинствами метода – при помощи представленной техники можно наносить «рисунок» на по-



верхности большей площади. Так, если сегодня исследователи оперируют с пластинами площадью всего несколько квадратных миллиметров, то «полимерный» метод позволяет формировать необходимую структуру на площади в несколько квадратных сантиметров. При этом разработчики получают возможность легко контролировать толщину углублений, значительно повышая точность инструментов для создания новых микросхем.

Исследователи уже подали заявку на приобретение патента и планируют в ближайшем будущем начать коммерческое использование технологии, продавая лицензии производителям микроэлектронных устройств.

eetimes.com

Схемотехника промышленных сварочных инверторов

Сергей Петров (г. Красноярск)

На примерах промышленных изделий известных фирм сделан обзор схемотехники силовой части источников сварочного тока инверторного типа.

В середине 1980-х годов ведущие производители сварочного оборудования освоили новый тип этого оборудования – инверторные источники сварочного тока (далее ИИСТ), использовавшие частоты преобразования 20...50 кГц, с силовыми транзисторами в качестве ключевых элементов. С этого момента и по сегодняшний день происходит активное вытеснение традиционных источников сварочного тока на основе трансформаторов промышленной частоты 50/60 Гц новым типом сварочного оборудования – ИИСТ.

Единственным серьёзным фактором, замедляющим этот процесс, является более высокая стоимость ИИСТ по сравнению с традиционным сварочным оборудованием, но прогресс силовой полупроводниковой элементной базы постепенно снижает этот ценовой барьер. В результате ИИСТ в настоящее время занимают всё большую долю рынка не только профессионального сварочного оборудования, но и устройств бытового

назначения. Более высокая энергетическая эффективность, прекрасные массогабаритные параметры и функциональность, недостижимые в традиционном, «низкочастотном» сварочном оборудовании, обеспечивают ИИСТ как техническое так и, постепенно, коммерческое превосходство.

Перед разработчиками возникает естественный вопрос о выборе оптимальной топологии (схемотехники) силовой части ИИСТ. Именно силовая часть мощного ключевого преобразователя, являющегося основой любого ИИСТ, и его конструктивная реализация определяют такие параметры, как надёжность, массогабаритные и энергетические показатели, масштабируемость модельного ряда и его технологичность. На примерах ИИСТ, выпускаемых ведущими в этой области фирмами-производителями, мы выясним, какая схемотехника используется наиболее известными в отрасли компаниями.

Из-за ограничения объёма журнальной статьи автор не будет рассматри-

вать специфические требования к ИИСТ, которые определяются той или иной технологией сварки. Ниже в основном будут обсуждаться ИИСТ, ориентированные на ручную дуговую сварку штучным электродом (технология MMA) и ручную дуговую сварку неплавящимся электродом в среде защитного газа (технология TIG). В качестве источников информации автор использовал техническую документацию производителей, размещённую на официальных интернет-страницах. Все приведённые электрические схемы изображены в упрощённом виде. Сохранены позиционные обозначения, принятые в оригинальной документации; номиналы элементов схем приводятся в том случае, если они присутствуют в технической документации на ИИСТ либо у автора была возможность непосредственно ознакомиться с конкретным ИИСТ.

ИНВЕРТОР Maxstar 151 ФИРМЫ MILLER ELECTRIC

Сварочный инвертор Maxstar 151 предназначен для сварки по технологии MMA и TIG при максимальном сварочном токе до 150 А [1]. Это достаточно старая модель начала 1990-х годов, но данная схемотехника используется фирмой Miller Electric и сегодня.

Схема силовой части этого ИИСТ приведена на рисунке 1 [2]. Это классический мостовой преобразователь на мощных МДП-транзисторах, конструктивно выполненных в виде полумостовых модулей M1 и M2. Известно [3], что паразитные диоды стандартных МДП-транзисторов (MOSFET и CoolMOS) не могут быть использованы в качестве рекуперационных приборов при работе с «жёстким» переключением на индуктивную нагрузку. Поэтому для исключения из работы внутренних паразитных диодов МДП-транзисторов применено стандартное решение: в стоки транзисторов включены блокирующие диоды (обычно, диоды Шоттки), а встроенные диоды заменены внешними антипараллельными диодами типа ULTRA-FAST.

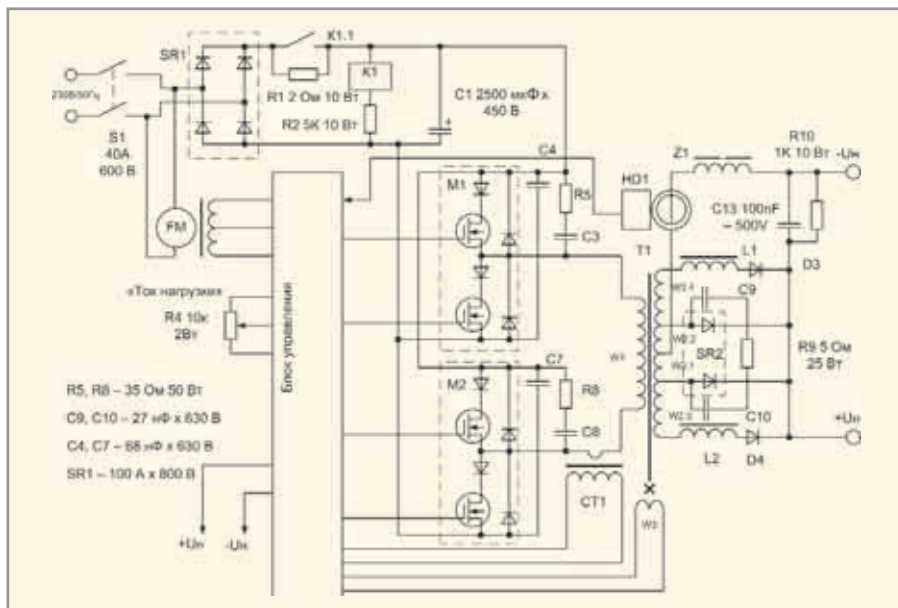


Рис. 1. Схема силовой части инвертора Maxstar 151

В современных моделях ИИСТ фирма Miller Electric использует более быстродействующие MOSFET-транзисторы без схемы исключения встроенных диодов, или транзисторы IGBT. Силовые транзисторы работают в режиме «жёсткого» переключения из-за отсутствия каких-либо демпферных цепей, снижающих коммутационные потери. Можно утверждать, что процесс включения транзисторов происходит достаточно «мягко» благодаря индуктивности рассеяния силового трансформатора, которая обычно составляет в преобразователях такого класса единицы микрогенри.

Для снижения паразитных колебаний на стороне первичной обмотки применены простейшие демпфирующие RC-цепи R5C3 и R8C8. Индуктивные выбросы напряжения на шинах питания моста поглощаются конденсаторами C4 и C7. Указанные демпфирующие элементы установлены непосредственно на выводах модулей M1 и M2. Таким же образом на выводах модуля вторичного выпрямителя SR2 смонтированы элементы демпфера R9C9C10. Выходной дроссель Z1 выполнен на Ш-образном магнитопроводе из электротехнической стали, силовой трансформатор T1 – на U-образном ферритовом магнитопроводе.

Напряжение питания блока управления поступает от мотор-трансформатора FM, выполняющего функции вентилятора охлаждения. Для защиты силовых транзисторов от перегрузки по току используется трансформатор тока CT1 в цепи первичной обмотки силового трансформатора. Мостовой преобразователь работает в режиме стабилизации по среднему току нагрузки, величина которого измеряется с помощью датчика тока на эффекте Холла HD1 [4]. При включении ИИСТ в сеть ток зарядки конденсатора фильтра C1 ограничивается резистором R1; после завершения процесса зарядки C1 зарядный резистор шунтируется контактами реле K1.1. В некоторых ИИСТ вместо реле для шунтирования зарядного резистора используется тиристор.

Следует отметить, что контакты реле и тиристоры – самые распространённые элементы, используемые для шунтирования зарядного резистора. Они применяются как в ИИСТ профессионального уровня, так и в «бюджетных» сварочных инверторах. Единствен-

ным достоинством такого способа шунтирования является простота. Недостаток подобного решения – потенциальная возможность повреждения входного выпрямителя SR1 и конденсатора C1 током дозарядки ёмкости C1 после просадки и последующего восстановления напряжения первичной сети до номинального значения, так как в такой ситуации контакты K1.1 замкнуты и ток дозарядки ограничивается только внутренним сопротивлением первичной сети, внутренним последовательным сопротивлением конденсатора C1 и динамическим сопротивлением диодов моста SR1 [5]. Такая ситуация может проявиться при «слабой» питающей сети и обрыве дуги сварщиком, когда после сброса нагрузки ИИСТ резко переходит в режим холостого хода.

Ещё одним достаточно распространённым схемотехническим решением является схема вольтодобавки на элементах L1, L2, D3, D4 и дополнительных обмотках w2.3 и w2.4, назначение которой – обеспечение напряжения холостого хода ИИСТ достаточной величины (обычно 60...90 В). Для снижения амплитудного значения тока, коммутируемого силовыми транзисторами, желательно уменьшать коэффициент трансформации силового трансформатора T1, но это приводит к уменьшению напряжения холостого хода, что в свою очередь затрудняет процесс поджига дуги.

Техническое решение, применённое фирмой Miller Electric в ИИСТ типа Maxstar 151, позволяет снизить в разумных пределах коэффициент трансформации силового трансформатора и вместе с этим обеспечить достаточное напряжение холостого хода инвертора. Схема вольтодобавки работает, как правило, от холостого хода до тока нагрузки 10...30 А; при больших токах включаются основной вторичный выпрямитель SR2 и силовая вторичная обмотка w2.1, w2.2. При малых токах нагрузки и выходном напряжении в 2...3 раза больше номинального диоды SR2 закрыты и конвертор представляет собой ключевой преобразователь с дросселем переменного тока, – в данном случае, в цепи вторичной обмотки трансформатора T1. Преобразователь этого типа имеет «мягкую» нагрузочную характеристику и является фактически параметрическим стабилизатором тока нагрузки [6]. Конструктивно L1 и L2 представляют

собой часть витков вторичной обмотки, под которые подложены отрезки ферритовых стержней. Таким образом, L1, L2 – это двухобмоточный дроссель переменного тока, интегрированный в конструкцию силового трансформатора. Подобную схему «вольтодобавки» применяют и другие производители, например, российская фирма «Линкор» в ИИСТ типа ВД-160И У2 и ВД-200И У2 [7], фирма Lincoln Electric в ИИСТ типа Invertec V275-S и др.

Представляет определённый интерес обмотка трансформатора T1, обозначенная «w1» (см. рис. 1). К сожалению, в оригинальной документации не содержится какой-либо информации по поводу назначения этой части схемы; автор предполагает, что это оригинальное схемотехническое решение фирмы-производителя, предназначенное для решения проблемы несимметричного намагничивания магнитопровода силового трансформатора.

Известно, что двухтактные схемы преобразователей потенциально склонны к несимметричному перемагничиванию силового трансформатора. В случае ИИСТ, работающего на очень динамичную и «неудобную» нагрузку – сварочную дугу, проблема несимметричного перемагничивания усугубляется. Кроме того, при разработке двухтактных ключевых преобразователей киловаттного уровня мощности контроль за состоянием магнитопровода силового трансформатора необходим и является своего рода «хорошим тоном» в техническом смысле. По-видимому, фирме Miller Electric удалось решить эту проблему в своих ИИСТ.

ИНВЕРТОР Caddy 200 (LHN 200) ФИРМЫ ESAB

Обратимся теперь к схеме сварочного инвертора Caddy 200 (LHN 200) фирмы ESAB (модель 2004 г.). Схема силовой части этого ИИСТ приведена на рисунке 2 [8]. Это сварочный инвертор, предназначенный для сварки по технологии MMA и TIG, максимальный сварочный ток 200 А [9]. Силовая часть ИИСТ выполнена по схеме однотактного прямоходового мостового конвертора (далее ОПМК; в российской литературе за этим типом преобразователя закрепилось название «кошачий мост»). На этой же платформе фирма ESAB выпускает ещё две модели: Caddy 130 и Caddy 140, на 130 и 140 А соответственно. Конструктивно и схе-

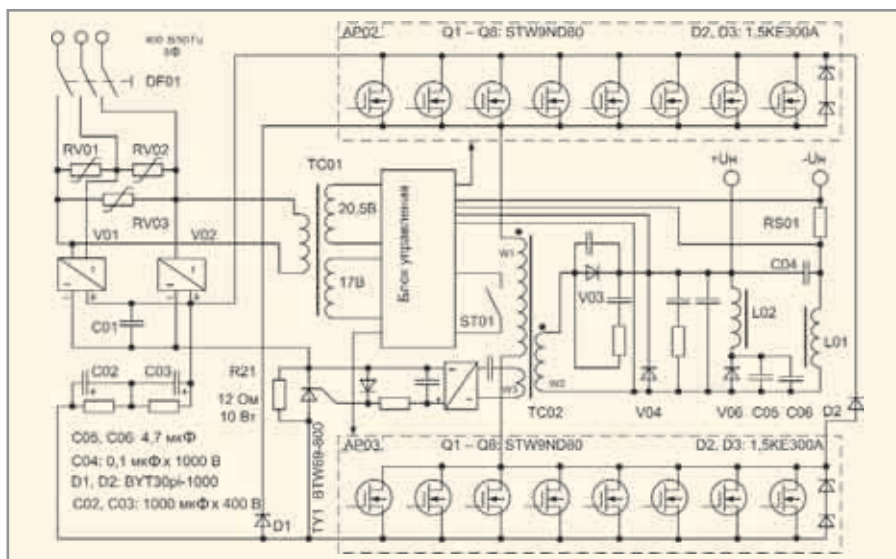


Рис. 2. Схема силовой части инвертора Caddy 200

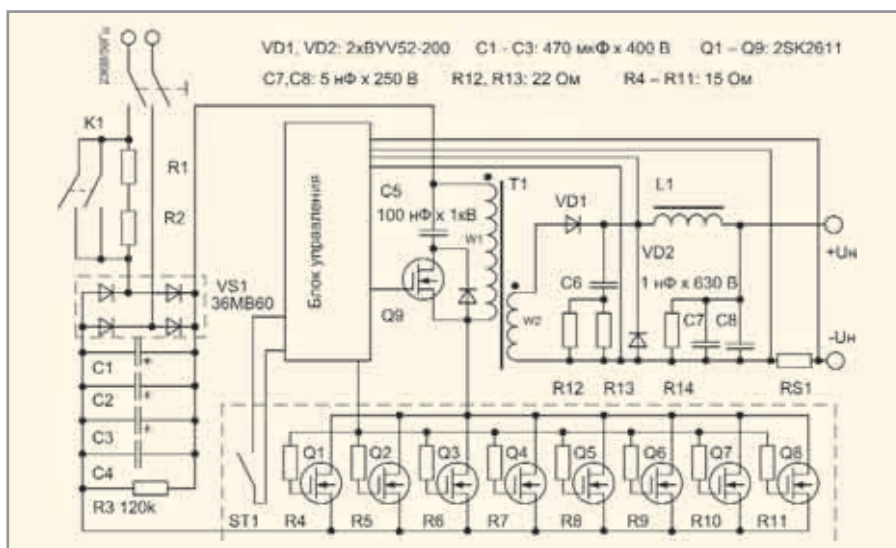


Рис. 3. Схема силовой части инверторов Caddy 150 и Caddy Tig 150 (LHQ 150 и LTV 150)

мотехнически все три модели идентичны, отличия заключаются в меньшем количестве параллельно включенных силовых МДП-транзисторов у младших моделей, а также в том, что старшая модель питается от трёхфазной сети, в то время как младшие – от однофазной сети.

Преобразователь работает на частоте 36 кГц при максимальном коэффициенте заполнения 0,42, что обеспечивает гарантированное время для размагничивания магнитопровода силового трансформатора в течение нерабочего полупериода. Драйверы МДП-транзисторов выполнены с трансформаторами гальванической развязки и обеспечивают на затворах силовых транзисторов размах напряжения +16/-4 В. Использование отрицательного запирающего напряжения на затворах говорит о стремлении производителя повы-

сить надёжность управления мощными ключами.

Для температурного контроля используется только один датчик перегрева ST01, который установлен на наиболее горячий элемент ИИСТ – обмотку силового трансформатора TC02. Температура срабатывания этого датчика 150°C, а температура восстановления – 130°C. Таким образом, силовой трансформатор эксплуатируется в форсированном режиме. Данный ИИСТ, так же как и модель Maxstar 151, работает с обратной связью по среднему току нагрузки, но в качестве датчика тока здесь используется резистивный шунт 200 А/120 мВ, а не датчик Холла. Отметим, что блок управления не имеет гальванической развязки с нагрузкой.

К особенностям вторичного выпрямителя можно отнести схему на элементах V06, C05, C06 и L02, назначение

которой – поддержка устойчивого горения дуги на малых токах. Обращает на себя внимание, так же как и в случае Maxstar 151, отсутствие демпферных цепей, облегчающих процесс коммутации силовых транзисторов. Каждый блок транзисторов AP02 и AP03 установлен на индивидуальный радиатор без изолирующих прокладок, чтобы снизить тепловое сопротивление радиатор – корпус транзистора.

Если обратиться к документации на модели 2006 г. – Caddy Arc 150i, Caddy Tig 150i и Origo Tig 150i, то можно заметить, что фирма ESAB осталась верна одноконтурной топологии ОПМК. Изменения коснулись силовых МДП-транзисторов – вместо них теперь используется один мощный IGBT-модуль, в который интегрирован шунтирующий тиристор TY1, входной диодный мост и схемы питания блока управления. Мало мощный понижающий трансформатор TC01 и линейные стабилизаторы (на рис. 2 не показаны) заменены бестрансформаторным импульсным блоком питания на основе обратноходового (flyback) преобразователя. Тактовая частота инвертора повышена до 65 кГц, драйверы сохранены от прежних моделей.

ИНВЕРТОРЫ CADDY 150 (LHQ 150) и CADDY Tig 150 (LTV 150) ФИРМЫ ESAB

Фирма ESAB также выпускала интересные, с точки зрения схемотехники силовой части, ИИСТ – типа LHQ 150 и LTV 150 (внутрифирменные обозначения), в которых применена топология одноконтурного прямоходового преобразователя с активным демпфированием (в зарубежной литературе – forward converter with active clamp) [10]. Схема силовой части этого ИИСТ показана на рисунке 3. В последующих моделях эта топология не встречается, – видимо, это был экспериментальный вариант ИИСТ, от которого фирма в дальнейшем отказалась. Этот класс одноконтурных преобразователей широко обсуждался в соответствующей литературе и рассматривался как весьма перспективный [11].

Рассмотрим особенности схемотехники ещё нескольких ИИСТ производства фирмы ESAB. Сварочный инвертор Caddy 110/150 LHO 110/150 (модель 1998 г.): силовая часть – «косой мост» на МДП-транзисторах, но в качестве датчика тока нагрузки используется не шунт, а трансформатор тока в це-

пи первичной обмотки. Рабочая частота преобразователя составляет 65 или 70 кГц в зависимости от модификации. Использование указанного трансформатора тока, по мнению автора, позволяет упростить схему организации обратной связи по току нагрузки, но ценой снижения точности стабилизации этого параметра. Это связано с тем, что фактически стабилизируется амплитудное значение тока первичной обмотки, а не средний ток нагрузки, что не одно и то же. Кроме того, неизбежная задержка распространения сигнала по цепи обратной связи дополнительно увеличивает погрешность стабилизации тока нагрузки относительно заданного тока, особенно в режиме короткого замыкания, когда длительность импульсов управления силовыми транзисторами близка к значению времени задержки по цепи обратной связи. В современных моделях ИИСТ фирмы ESAB такое решение не используется, но преобладает в устройствах нижнего ценового диапазона, например, в сварочном инверторе Colt 1300 фирмы Cemont (Италия) [12].

У автора сложилось мнение, что фирма ESAB отдаёт предпочтение од-

нотактной схемотехнике силовой части ИИСТ. В диапазоне токов от 90 А (у самой младшей модели MiniArc 90i) до 315 А (у модели Protig 315 Inverter) фирма использует в силовой части топологию ОПМК. Причём в модели Protig 315 Inverter силовая часть представляет собой два ОПМК, включённых параллельно по выходу для получения тока нагрузки необходимой величины [13]. Каждый из этих двух преобразователей выполнен практически идентично силовой части ИИСТ Caddy 200.

Напротив, аппарат для плазменной резки ESP 100i построен на базе мостового преобразователя с модулями IGBT-транзисторов в качестве ключевых элементов [14]. Источник сварочного тока для полуавтоматической сварки (технология MIG/MAG) типа ESABMig 400t/500t выполнен на базе понижающего трансформатора промышленной частоты с тиристорным регулятором тока дуги [15].

ИНВЕРТОРЫ THERMAL ARC 160S и THERMAL ARC 250S ФИРМЫ THERMADYNE

Силовая часть сварочного инвертора Thermal Arc 160S фирмы Thermo-

dyne Company (www.thermadyne.com) выполнена на базе полумостового преобразователя с IGBT-транзисторами в модульном исполнении [16]. Обратная связь по току нагрузки организована с помощью датчика тока на эффекте Холла. В модели Thermal Arc 250S [17] для увеличения тока нагрузки используется сложение токов от двух идентичных полумостовых блоков, аналогичных тем, что применены в модели Thermal Arc 160S. Инвертор Thermal Arc 250S выполнен на трёхфазном диодно-тиристорном выпрямителе типа DFA75BA160, позволяющем производить плавную зарядку конденсатора входного ёмкостного фильтра; каждый полумостовой преобразователь состоит из силового IGBT-модуля марки CM100DUS12F-1, силового трансформатора и вторичного выпрямителя на двух диодах DBA200UA40. Выпрямители объединены по выходу, сглаживающий дроссель используется общий. Другие модели ИИСТ фирмы Thermadyne, рассчитанные на большие токи, также реализованы по двухтактной топологии.

Полупроводники НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ

Практическое применение

Характеристики высоковольтных диодов Шоттки фирмы Cree

Наименование	CSD04060	CSD06060	CSD10060	CSD20060	CSD05120	CSD10120	CSD20120
$U_{\text{макс}}, \text{В}$	600	600	600	600	1200	1200	1200
$I_{\text{пост}}, \text{А}$	4	6	10	20	5	10	20
Типы корпусов	T0252, T0220-2, T0220-3	T0263, T0220-2, T0220-3	T0263, T0220-2, T0220-3	T0247-3	T0220-2	T0220-2, T0247-3	T0247-3

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ:

- Активные корректоры коэффициента мощности — снижение динамических потерь в ключевом транзисторе и диоде до 60%
- Антипараллельные диоды MOSFET- и IGBT-транзисторов и модулей для жёсткого переключения — снижение динамических потерь на 20...30%
- Мощные высоковольтные выпрямители для частот до единиц мегагерц

ПРИМЕНЕНИЕ SiC-ДИОДОВ ШОТКИ ПОЗВОЛЯЕТ

- Снизить потери в диоде и ключевом транзисторе в 2 раза
- Уменьшить количество силовых электронных компонентов в 3 раза
- Увеличить надёжность
- Повысить частоту преобразования, снизить массу и габариты
- Получить выигрыш в стоимости и эффективности одновременно



ПРОСОФТ – официальный дистрибьютор компании CREE в России и странах СНГ

ProSOFT®

ПРОСОФТ – АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

ИНВЕРТОР INVERTEC V130-S ФИРМЫ LINCOLN ELECTRIC

Сварочный инвертор Invertec V130-S (технология MMA) производства Lincoln Electric (www.lincolnelectric.com), модель 2002 г., является типичным представителем ИИСТ бюджетного уровня, построенным по одноконтурной топологии ОПМК [18]. В этой модели производителем предприняты усилия для максимального упрощения схемотехники и конструктива с целью снижения себестоимости ИИСТ. По той же причине подобная топология в том или ином виде повторяется в многочисленных ИИСТ малоизвестных производителей.

На примере этого инвертора можно проиллюстрировать типичные технические решения, применяемые в недорогих ИИСТ. Входной выпрямитель таких инверторов выполнен, как правило, на основе недорогих диодных мостов KBPC3580 или аналогичных, зарядный резистор шунтируется контактами реле. В качестве ёмкости входного фильтра по цепи питания силовой части Invertec V130-S использованы недорогие электролитические конденсаторы общего применения с суммарной ёмкостью 1500 мкФ. Дорогие силовые электролитические конденсаторы, рассчитанные на работу с повышенным током пульсаций, болтовыми выводами и нормированным сроком наработки на отказ, в бюджетных ИИСТ не применяются. Ёмкость конденсаторов фильтра выбрана минимально достаточной как из соображений экономии, так и с целью несколько повысить коэффициент мощности инвертора.

Несложные расчёты показывают, что электролитические конденсаторы в Invertec V130-S и подобных ему устройствах работают за пределами паспортных режимов по току пульсаций. Однако повторно-кратковременный характер работы сварочного оборудования позволяет, по мнению производителей, допускать такой режим эксплуатации конденсаторов входного фильтра. Каждый ключевой транзистор «косого моста» в инверторе Invertec V130-S представляет собой четыре параллельных МДП-транзистора в недорогих корпусах ТО-247. В современных моделях в основном применяются IGBT-транзисторы, но также в недорогих корпусах

ТО-247, SuperTO-247 и ТО-264. Драйверы затворов – простейшие, на основе трансформатора гальванической развязки.

Для снижения потерь при выключении силовых транзисторов применён распространённый RCD-демпфер. Обратная связь по току нагрузки организована с помощью трансформатора тока в цепи первичной обмотки силового трансформатора. Недостатки такого решения рассматривались выше. Выходной выпрямитель собран на диодах MUR6040, включённых по четыре параллельно, также в корпусах ТО-247. В инверторе Invertec V130-S отсутствует отдельный маломощный источник питания блока управления силовой частью. Обычно для этого используется либо понижающий маломощный трансформатор с линейными стабилизаторами, либо импульсный обратнотокходовой преобразователь. В случае Invertec V130-S питание блока управления сразу при включении ИИСТ берётся непосредственно с шины +300 В, а после выхода силового преобразователя на рабочий режим – с отдельной обмотки силового трансформатора. Таким образом, перед нами типичный бюджетный ИИСТ с максимальным соотношением качество/себестоимость. ИИСТ этого ценового диапазона производятся огромным количеством фирм, в основном малоизвестных, и весьма востребованы на рынке сварочного оборудования благодаря своей относительно невысокой стоимости.

ИНВЕРТОРЫ ФИРМЫ «ЛИНКОР»

Вернёмся к упоминавшемуся выше ИИСТ типа ВД-160И У2. Силовая часть этого инвертора интересна тем, что представляет собой двухтактный преобразователь с дросселем переменного тока [6]. Силовая часть ВД-160И У2 и ВД-200И У2 – это полумостовой преобразователь на IGBT-транзисторах с дополнительной индуктивностью, включённой последовательно с первичной обмоткой. Наличие этой индуктивности обеспечивает «падающую» нагрузочную характеристику преобразователя и параметрическое ограничение тока через силовые транзисторы при коротком замыкании в нагрузке.

У преобразователей такого типа после вторичного выпрямителя используется ёмкостный фильтр, наличие

дросселя постоянного тока на выходе выпрямителя не обязательно. Возможно, эти два обстоятельства оказались решающими при выборе производителем именно этой топологии силовой части ИИСТ. Модель ВД-315И У2 отличается от первых двух ИИСТ тем, что в ней используется преобразователь мостового типа [20]. Автору не встречались ИИСТ зарубежного производства, выполненные с использованием такой схемотехники. Преобразователи этого типа позволяют регулировать ток нагрузки с помощью как ШИМ, так и ЧИМ. По мнению автора, данная топология силовой части не является оптимальной для построения силовой части ИИСТ, т.к. наличие индуктивности в цепи нагрузки приводит к появлению дополнительной реактивной составляющей в токе, коммутируемой силовыми транзисторами, из-за чего возрастают суммарные потери на всех ключевых элементах схемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ схемотехники современных промышленных ИИСТ позволяет сделать ряд выводов.

Во-первых, производители сварочного оборудования используют разнообразную топологию силовой части ключевых преобразователей – как двухтактную, так и одноконтурную. Можно было бы ожидать, что выбор будет сделан в пользу двухтактных преобразователей из-за их более высокой (теоретически) энергетической эффективности. На практике этого не произошло. Более того, авторы работы [21] утверждают, что большая часть промышленных ИИСТ используют топологию одноконтурного прямоходового мостового преобразователя, который не отличается высокими энергетическими показателями, но благодаря своей высокой надёжности, простоте и отсутствию «родовых» недостатков двухтактных схем представляется удачным выбором для построения ИИСТ. Среди отечественных производителей топологию ОПМК использует, например, НПО «Технотрон» в своём сварочном инверторе DC250.31 [22]. Было бы интересно сравнить двухтактные и одноконтурные промышленные ИИСТ непосредственно по величине коэффициента полезного действия. Но, к сожалению, большая часть производителей ИИСТ не приводят в технической до-

кументации на свою продукцию этот параметр. Несмотря на это, очевидно, что многолетнее и коммерчески успешное производство ИИСТ с различной схмотехникой разными производителями вряд ли было бы возможно, если бы «однотактные» приборы существенно уступали «двухтактным» по энергетическим и массогабаритным показателям.

Во-вторых, очевидно, что производители предпочитают простые, отработанные технологические схмотехнические и конструктивные решения, иногда даже в ущерб общему уровню надёжности сварочного инвертора. Это особенно характерно для «бюджетных» ИИСТ.

В периодической литературе по проблемам силовой электроники регулярно появляются статьи, посвящённые разработке ключевых преобразователей, перспективных, по мнению авторов, для применения в качестве ИИСТ. В начале 1990-х годов много внимания уделялось резонансным преобразователям как альтернативе преобразователям с прямоугольной формой тока и напряжения [23], однако, автору не удалось найти ни одного примера их применения в промышленных образцах ИИСТ. В целом производители ИИСТ настороженно относятся к новым топологиям и предпочитают использовать

давно известные и проверенные временем типы преобразователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Maxstar 151 Owner's Manual. Miller Electric Mfg. Co., 1992.
2. www.millerwelds.com.
3. *Полищук А.* Выбор ключевых транзисторов для преобразователей с жёстким переключением. Современная электроника. 2004. № 1. С. 8–11.
4. *Данилов А.* Современные промышленные датчики тока. Современная электроника. 2004. № 1. С. 26–35.
5. *Эраносян С.А.* Сетевые блоки питания с высокочастотными преобразователями. Энергоатомиздат, 1991.
6. *Моин В.С.* Стабилизированные транзисторные преобразователи. Энергоатомиздат, 1986.
7. Выпрямитель для дуговой сварки инверторного типа ВД-160И У2 (ВД-200И У2). Паспорт (инструкция по эксплуатации). ООО «Линкор».
8. www.esab.com.
9. LHN 130/140/200 Caddy 130/140/200 Service Manual. ESAB Welding Equipment AB, 2004.
10. Caddy 150/Caddy Tig 150 LHQ 150/LTV 150 Service Manual. ESAB Welding Equipment AB, 2000.
11. *Поликарпов А.Г., Сергиенко Е.Ф.* Однотактные преобразователи напряжения в устройствах электропитания РЭА. Радио и связь, 1989.
12. *Володин В.* Инверторный источник сварочного тока COLT 1300. Радио. 2007. № 4.
13. Protig 315 Inverter Service Manual. ESAB Welding Equipment AB, 1998.
14. ESP 100i Plasma Cutting Console/Power Source Service Manual. ESAB Welding Equipment AB, 1998.
15. ESABMig 400t/500t Instruction Manual. ESAB Welding Equipment AB, 2006.
16. Thermal Arc Inverter Arc Welder Model 160S DC CC Operating Manual. Thermadyne Company. 2003.
17. Thermal Arc Inverter Arc Welder Model 250S DC CC Operating Manual. Thermadyne Company. 2003.
18. Invertec V130-S Operating Manual. Lincoln Electric Inc., 2002.
19. Выпрямитель для дуговой сварки инверторного типа ВД-315И У2. Паспорт (инструкция по эксплуатации). ООО «Линкор».
20. *Mecke H., Merfert I.* Improvement of the dynamic performance of inverter type welding power supplies by auxiliary current sources in the output circuit. Elektronika'94. 16 Int. Fachmesse fur Bauelemente und Baugruppen der Elektronik. Munchen, 1994.
21. Инверторный источник сварочного тока DC250.31. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. НПО «Технотрон».
22. *Петров С.* Перспективы применения резонансных преобразователей в качестве источников сварочного тока. Схмотехника. 2006. №7.



Новости мира News of the World Новости мира

Samsung: струйная печать в производстве TFT-мониторов

Применение технологии струйной печати для формирования из кремнийорганических материалов подложки TFT-мониторов продемонстрировала компания Samsung Electronics во время профильной выставки International Meeting on Information Display (IMID), прошедшей в Корее. Сообщается, что этот способ производства позволяет радикально снизить себестоимость продукции.

Во время выставки Samsung предлагала посетителям рассматривать «напечатанную» подложку в микроскоп. Как сообщает-

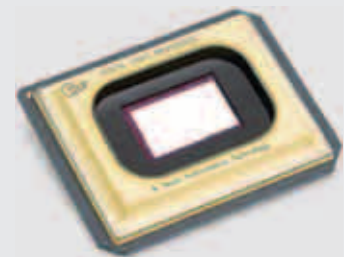


ся, при формировании полупроводниковых компонентов методом струйной печати используется оборудование, обеспечивающее разрешение до 140 точек на дюйм (ppi).

techon.nikkeibp.co.jp

Чипсет DarkChip 4 повысит контрастность DLP-проекторов

Технология Digital Light Processing (DLP), которая сегодня используется для получения изображения в цифровых проекторах, HD-телевизорах, разработанная в 1987 г. сотрудниками Texas Instruments. И сама же TI улучшает технологию выпуском новых DLP-чипов, последним из которых стал чипсет DarkChip 4. По заявлению разработчиков, решение позволяет на 30% повысить контрастность изображения. Сообщается, что DarkChip 4 будет использоваться во всех типах DLP-устройств, включая одно- и трёхчиповые проекторы, проекционные телевизоры.



Texas Instruments провела демонстрацию возможностей DarkChip 4 на выставке CEDIA EXPO 2007 – DLP-установка с использованием светодиодного источника света и на базе нового чипсета обладала высочайшей контрастностью – 100 000 : 1. Что же касается потребительских решений, например HD-проекторов (поддерживаемое разрешение до 1080p), то в данном случае коэффициент контрастности составит также вполне достойное значение – 15 000 : 1.

На рынке первые коммерческие продукты, в том числе и телевизионные панели, оснащённые DarkChip 4, появятся уже в следующем году.

digitimes.com

Адаптер USB-LPT на основе микроконтроллера AVR

Олег Вальпа (Челябинская обл.)

В статье описан адаптер USB-LPT, имеющий программируемый протокол обмена и позволяющий подключать устройства с интерфейсом LPT к компьютеру через интерфейс USB.

В своё время в мире было разработано и изготовлено множество различных электронных приборов и устройств, подключаемых к персональному компьютеру через порт LPT. Эти устройства используются и сейчас. В то же время порты LPT практически вытесняются на компьютерах интерфейсом USB. Особенно быстро это происходит на компьютерах типа notebook. Однако, благодаря своей компактности и автономности, именно notebook очень удобно использовать в качестве переносного инструмента для настройки различной электронной аппаратуры, в том числе с интерфейсом LPT. Ликвидация портов LPT на компьютерах создаёт проблему работы с устройствами, имеющими этот интерфейс.

Для разрешения этой проблемы автор предлагает использовать адаптер USB-LPT собственной разработки.

Данный адаптер разработан на основе доступных и недорогих электронных компонентов и имеет открытую архитектуру для создания собственного программного обеспечения.

Основу адаптера составляет микроконтроллер AVR фирмы Atmel [1]. В адаптере используется также однокристалльный преобразователь USB-UART фирмы Silicon Laboratories [2]. Применение в адаптере микроконтроллера позволяет разработать произвольный протокол обмена между компьютером и подключенным к адаптеру устройством.

На рисунке изображена принципиальная электрическая схема адаптера, а перечень элементов, из которых он состоит, приведён в таблице 1.

Как видно из схемы, интерфейс USB преобразуется с помощью микросхемы D1 в последовательный интерфейс UART, подключенный непо-

средственно к микроконтроллеру D2. Последний организует с помощью своих программируемых выводов все необходимые сигналы порта LPT. Эти сигналы подключены к выходному соединителю XLPT адаптера.

Программирование микроконтроллера осуществляется внутрисхемно, через соединитель J1. Средства и способы программирования микроконтроллера подробно описаны в статье [3].

Для работы компьютера с внешним устройством через такой адаптер необходим протокол обмена. Формат данных протокола был разработан автором и приведён в таблице 2. Протокол, помимо основных операций работы с портом LPT, включает в себя возможность записи и чтения энергонезависимых ячеек памяти микроконтроллера. Данная функция незначительно усложняет протокол, но в то же время предоставляет дополнительный сервис, позволяющий при необходимости хранить в энергонезависимой памяти микроконтроллера какие-либо данные.

Как известно, работа с портом LPT осуществляется с помощью трёх ре-

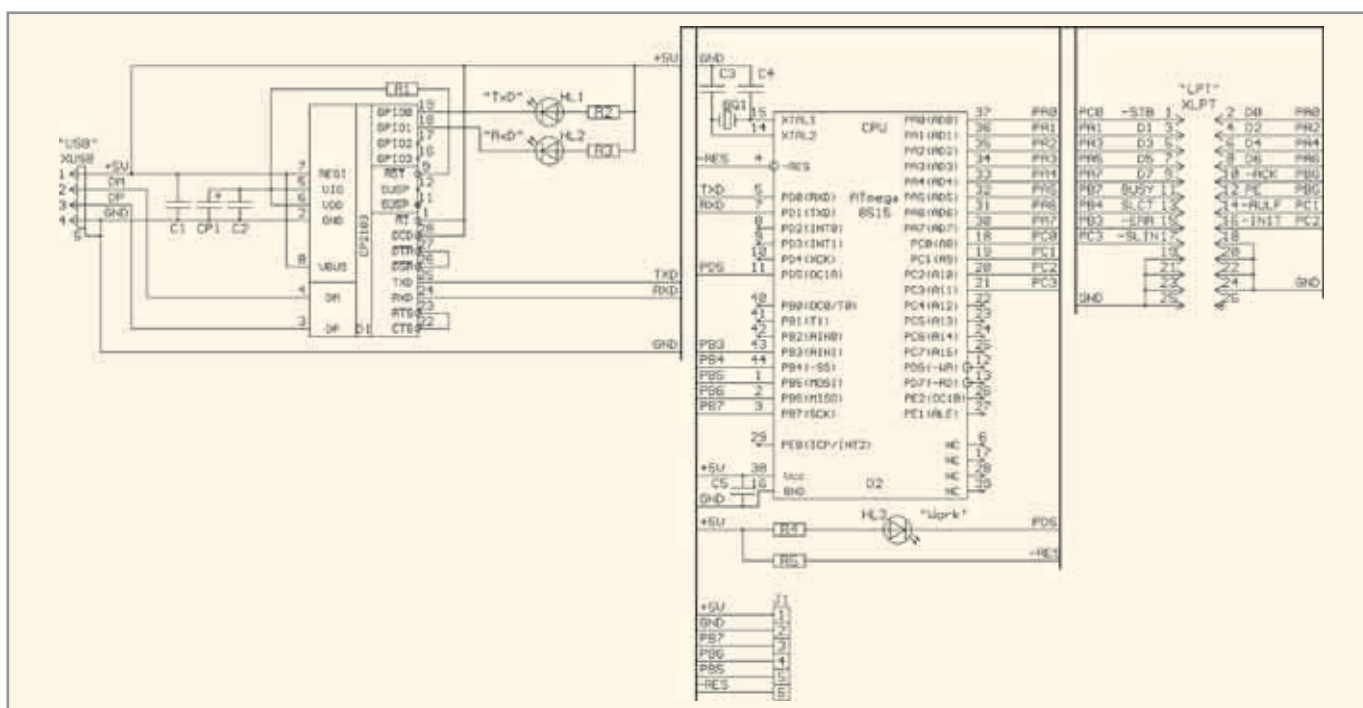


Схема модулятора с тиратроном ТГ11-5000/50 в качестве ключевого элемента

гистров порта. Эти регистры представляют собой регистр данных DR, регистр состояния SR и регистр управления CR. Регистры адресуются с помощью смещения относительно базового адреса порта. Эти смещения имеют значения 0, 1 и 2 для регистров DR, SR и CR соответственно.

С целью обеспечения совместимости данный принцип обращения к порту LPT был сохранён в реализованном протоколе. Кроме того, было полностью сохранено и соответствие разрядов этих регистров их позиции и назначению для порта LPT. Это позволяет производить модернизацию созданного ранее программного обеспечения компьютера при использовании описываемого адаптера с минимальными затратами. Для изменения программы, которая ранее работала на компьютере непосредственно с портом LPT, потребуется добавить всего одну новую подпрограмму обмена, не изменяя при этом адресацию регистров порта и назначения разрядов этих регистров.

Инициатором обмена по данному протоколу является компьютер. Как видно из таблицы 2, протокол представляет собой байтовые пересылки между компьютером и адаптером. Вначале компьютер посылает адаптеру последовательность байтов, содержащую информацию о режиме и адресе, а также, если необходимо, данные для записи. Режим определяет операцию, которую необходимо произвести адаптеру. Это может быть запись или чтение порта или энергонезависимой перепрограммируемой памяти EEPROM. Адрес указывает назначение регистра порта LPT или ячейки памяти. Данные передаются только для режима записи. В зависимости от заданного командой режима, адаптер выполняет соответствующие действия и возвращает считанные данные при выполнении команды чтения. Далее весь процесс повторяется сначала.

Например, для записи в память EEPROM микроконтроллера байта, имеющего значение 0x5F по адресу 0x01, необходимо послать микроконтроллеру последовательность, состоящую из трёх байтов: 0x03, 0x01 и 0x5F. А для чтения данных по этому же адресу достаточно послать команду из двух байтов: 0x03 и 0x01. В ответ на эту команду микроконтроллер должен передать байт, прочитанный

из собственной памяти EEPROM по адресу 0x01.

Программа, реализующая данный протокол для микроконтроллера, написана на языке программирования Си в среде разработки CodeVision. Исходный текст этой программы доступен на сайте журнала. Программа включает в себя заголовочные файлы с описанием имён регистров микроконтроллера и записей двоичных значений чисел, применяемых для инициализации переменных и других операций.

Порт UART в программе настраивается на работу со скоростью 115 200 бод в асинхронном режиме для 8-битного обмена без контроля чётности с одним стоповым битом. Аналогичный режим работы должен быть выбран для компьютерного порта, через который будет осуществляться обмен с адаптером. Это обеспечит полную совместимость в работе.

В программе используются подпрограммы приёма и передачи данных через порт UART, а также подпрограммы для записи и чтения регистров порта LPT и ячеек энергонезависимой памяти. В листинге

эти подпрограммы имеют названия UART_RXD, UART_TXD, WR_LPT, RD_LPT, WR_EEPROM и RD_EEPROM соответственно.

С целью максимальной совместимости работы программы с LPT-портом, в ней используются маски регистров MaskSR и MaskCR, обеспечивающие автоматическую инверсию определённых разрядов регистра SR и CR путём логической операции XOR (исключающее ИЛИ). Данная программа снабжена достаточным количеством комментариев, что позволяет разобраться в ней без особого труда.

Для обеспечения работы компьютера с адаптером необходимо произвести установку драйверов микросхемы CP2103. Эти драйверы доступны на сайте производителя микросхем [2].

При проверке работы адаптера с компьютером можно использовать самые разнообразные тестовые или отладочные программы, позволяющие работать с последовательным COM-портом. Это возможно благодаря тому, что после установки драйверов для микросхемы CP2103 на

Таблица 1. Перечень элементов адаптера USB-LPT

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
BQ1	Кварцевый резонатор 7,3728 МГц	1	
ЧИП-конденсаторы керамические 1206			
C1, C2, C5	1 мкФ	3	
C3, C4	18 пФ	2	
CP1	Конденсатор электролитический SR-10-10 10 мкФ, 10 В	1	
Микросхемы			
D1	CP2103-GM	1	QFN-28
D2	ATmega8515L-8AC	1	TQFP
HL1-HL3	Светодиоды L934	3	
ЧИП-резисторы 1206			
R1	4,7 кОм	1	
R2-R4	510 Ом	3	
R5	10 кОм	1	
Соединители			
XUSB	Вилка USB B-4 на плату, тип B	1	
XLPT	Вилка BH-26	1	
J1	Вилка PLS-6	1	

Таблица 2. Формат данных протокола обмена

Порядковый номер байта	Назначение	Описание
Формат команд		
1	Режим	Разряд 0 (0-чтение 1-запись) Разряд 1 (0-регистр порта 1-память) Разряды 2-7 (резерв)
2	Адрес	От 0 до 0xFF
3	Данные	От 0 до 0xFF (только для режима записи)
Формат ответа		
1	Данные	От 0 до 0xFF (только для режима чтения)

компьютере появляется виртуальный COM-порт, поддерживающий все необходимые операции обмена в операционной системе Windows XP. Исключения составляют лишь прямые обращения к регистрам порта, как это делалось в операционных системах DOS и Windows 9X/Me. Подобные обращения необходимо заменить встроенными функциями обращения к порту, предоставляемыми самой операционной системой. К таким функциям относятся CreateFile, GetCommConfig, SetCommConfig, ReadCom, WriteFile и некоторые другие.

После включения адаптера будет светиться светодиод HL3, обозначающий готовность к приёму команд. При получении первого байта команды от компьютера микроконтроллер адаптера погасит этот светодиод и будет ожидать очередного байта команды. После получения всех байтов команды микроконтроллер выполнит принятую команду и вновь включит светодиод, обозначая свою готовность к приёму новой команды. Такой алгоритм работы удобен для контроля прохождения команд и нормальной работы адаптера.

В программе задействован сторожевой таймер, который перезапустит микроконтроллер в случае зависания адаптера из-за сбоя питания или по какой-либо другой причине. Это повышает устойчивость работы адаптера в условиях работы с сильными помехами.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.atmel.com.
2. www.silabs.com.
3. Вальна О. Адаптеры SPI на основе микроконтроллера серии AVR. Современная электроника. 2007. № 2.



Новости мира News of the World Новости мира

Samsung: первые в отрасли 60-нм DDR2-чипы ёмкостью 2 Гбит

В марте этого года компания Samsung Electronics объявила о начале первого в отрасли массового производства гигабитных чипов памяти типа DDR2 DRAM по 60-нм проектным нормам. И вот, Samsung выпустила первые образцы микросхем DDR2 DRAM ёмкостью 2 Гбит с использованием 60-нм технологического процесса, а к концу 2007 г. корейский разработчик обещает наладить массовое производство новых чипов.

По сравнению с 2-Гбит чипами, произведёнными по 80-нм технологии, новые 60-нм чипы отличаются увеличенной на 20% производительностью. Эффективность производства при использовании 60-нм норм возрастёт до 40%. Благодаря увеличенной ёмкости микросхем, для набора нужного объёма памяти требуется меньше компонентов. Согласно Samsung, модули ОЗУ, использующие новые 2-Гбит чипы, будут потреблять на 30% меньшую мощность по сравнению с модулями на основе гигабитных микросхем.

2-Гбит чипы Samsung могут быть использованы в 8-Гб модулях FB-DIMM, 8-Гб модулях регистровой памяти RDIMM, 4-Гб модулях UDIMM и 4-Гб модулях SO-DIMM.

В настоящее время DDR2-чипы Samsung, выпускаемые по 60-нм технологии, представлены моделями ёмкостью 512 Мбит и 1 Гбит.

samsung.ru

Новые 802.11n-решения Conexant с рекордно низким энергопотреблением

После утверждения «черновой» спецификации 802.11n draft 2.0 для беспроводных сетей нового поколения на рынке появилось много самых разных продуктов,

призванных сделать этот передовой стандарт популярным и более доступным для пользователей. На днях компания Conexant Systems анонсировала выпуск нового семейства устройств для высокопроизводительных WLAN-приложений, представители которого уже получили сертификат Wi-Fi CERTIFIED 802.11n draft 2.0 от Wi-Fi Alliance.

Новинки, а это микросхемы CX53322 и CX53328, по словам их создателей, представляют собой четвёртое поколение продуктов, произведённых с применением запатентованной технологии PowerSave Technology, благодаря которой удалось добиться самых низких на сегодняшний день показателей в плане энергопотребления. Решения предназначены для интеграции в такие устройства со встроенной функциональностью Wi-Fi, как принтеры, портативные медиаплееры, сотовые телефоны, карманные компьютеры и подключаемые по интерфейсу USB 2.0 адаптеры.

Как сообщается в опубликованном официальном пресс-релизе, чипы были подвержены всестороннему тестированию на возможность совместной работы с продуктами от других изготовителей, поддерживают протокол WPA2 (Wi-Fi Protected Access), удовлетворяют всем требованиям WMM (Wi-Fi Multimedia) и обратно совместимы с изделиями, имеющими сертификат Wi-Fi CERTIFIED 802.11 a/b/g. Кроме того, разработчики отмечают, что их детища характеризуются лучшей по сравнению с аналогами производительностью при одновременном использовании Wi-Fi и Bluetooth, а также отличаются высокой степенью интеграции (утверждается, что готовый блок на базе CX53322 или CX53328 займёт на печатной плате не более 64 мм²). И это при том, что в состав каждой из микросхем входит ядро ARM 9, приёмопередатчик, синтезатор частоты, излучатель, высокоскорост-

ные преобразователи данных и цифровой процессор сигналов с функцией OFDM/CCK (Orthogonal Frequency Division Multiplexing/Complete Code Keying). Оба чипа совместимы с операционными системами Linux, Windows CE, Windows XP и Windows Vista, а модель CX53322, помимо всего прочего, дополнительно снабжена ещё и интерфейсом USB.

О сроках начала массовых поставок и вероятной стоимости обеих новинок пока ничего не известно.

Conexant Systems

Samsung представила самую тонкую подложку

Компания Samsung Electro-Mechanics объявила о создании самой тонкой в мире подложки для производства полупроводников, толщина которой составляет 0,08 мм. Представленная новинка на 20% тоньше предыдущего рекорда в 0,1 мм, установленного самой Samsung в 2005 г. Новая сверхтонкая подложка позволит производить 20-слойные чипы статической или флэш-памяти.



Сообщается, что Samsung уже начала отгрузку тестовых образцов. В случае, если предложенное решение найдёт одобрение у мировых производителей полупроводников, корейская компания готова начать массовое производство 0,08-мм подложек ближе к концу 2007 г.

techon.nikkeibp.co.jp



Технические характеристики:

- 100%-ный электроконтроль многослойных печатных плат
- минимальные отверстия 0,2 mm
- зазоры/проводники 0,1/0,1 mm
- производство – от опытных образцов до серии
- импортные материалы: FR-1; FR-2; FR-4; CEM-1; CEM-3: Rogers и др.
- до 30 слоев

- **Производство – Гонконг**
- **Качество производства сертифицировано по ISO-9002, ISO-14000, QS-9000**
- **Любой класс точности**

Срок поставки
3-4 недели

Дополнительные услуги:
- срочное производство
- SMD монтаж

Компания DeMoPcB
неограниченные возможности на рынке печатных плат.

Основанная в 1999 году, как Российско – Гонконгская компания для поставки на Российский рынок радиоэлектроники печатных плат высокого качества. Компания DeMoPcB постоянно расширяет сферу своей деятельности и услуг. За текущий 2007 год проведена работа по внедрению на рынок печатных плат услуг по разработке многослойных печатных плат, SMD монтажу и срочному производству. Гибкая ценовая политика позволяет применять индивидуальный подход к каждому клиенту и получать максимально эффективное соотношение цены и качества для заказчика. В мае 2007 года «DeMoPcB», совместно с производственной фирмой «DemoPlast», открыло собственное производство по литью изделий из пластмасс. Пресс-формы, для литья изделий из пластмасс, изготавливаются в Гонконге, под техническим надзором фирмы «DemoEquip», входящей в состав «DeMoPcB». Данный вид деятельности позволяет предложить клиенту полный цикл услуг - от разработки печатной платы до выпуска готовых изделий в собственных корпусах.



115093, г.Москва, Партийный пер., дом 1, офис 411

E-mail: Info@demopcb.ru

<http://www.demopcb.ru>

Info@demoequip.ru

<http://www.demoequip.ru>

Тел./факс: (495) 795-33-82, 785-04-48

Анализ теплового режима силового транзистора в схеме корректора коэффициента мощности

Сергей Овчинкин, Василий Голиков (Москва)

Известно, что надёжность работы полупроводниковых приборов зависит от температуры кристалла. Максимальная рабочая температура кристалла обычно даётся производителями в справочном листе. Эта температура является определяющей для установления предельных режимов работы полупроводниковых приборов.

Грамотный расчёт устройств силовой электроники для обеспечения их надёжной работы должен включать в себя анализ тепловых режимов полупроводниковых приборов, в особенности силовых. Для расчёта тепловых режимов необходимо иметь:

- тепловую модель прибора и всей охлаждающей конструкции;
- методику расчёта греющей мощности;
- способ расчёта температуры кристалла T_j с использованием тепловой модели.

Изложенные в статье соображения носят достаточно общий характер, однако числовые примеры привязаны к схеме корректора коэффициента мощности (ККМ, см. рис. 1), рабо-

тающего с частотой 100 кГц и мощностью, потребляемой от сети, 1 кВт. Особенность ККМ состоит в том, что мгновенная греющая мощность на ключе VT1 изменяется по периоду сетевого напряжения.

ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ ТРАНЗИСТОРА

Предполагается анализировать тепловой режим с помощью четырёхзвенной тепловой модели силовых транзисторов. Модель позволяет оценить температуру кристалла при любой форме импульса рассеиваемой мощности.

Использована методика, предложенная на кафедре ПЭ МЭИ (доц. Недолужко И.Г.). Методика состоит в приближенном вычислении значений R и C модели (см. рис. 2), которые хорошо аппроксимируют характеристику теплового сопротивления прибора. Исходя из характеристики переходного теплового сопротивления и задавая начальные приближения, можно получить параметры тепловой модели (см. таблицу 1). Модель – в любых режимах – при определении температуры даёт отклонения от приводимых производителем характеристик не более 5%.

Для оценки теплового режима транзисторов корректора приняты следующие определения и допущения:

- тепловая модель транзистора дополнена тепловым сопротивлением корпус-прокладка R5 = 2°C/Вт и теплоотводом R6C6 (см. рис. 2);
- тепловое сопротивление R6 радиатора – окружающая среда измерено экспериментально и составляет 1,0°C/Вт;

- греющая мощность P состоит из термозависимой составляющей $P_{\text{стат}}$ (потери открытого состояния) и коммутационной термозависимой составляющей P_k . Термозависимая мощность $P_{\text{стат}}$ определяется при R_{dson} для 25°C, а термозависимость моделируется выражением:

$$P_{\text{стат}}(T) = P_{\text{стат}}(25^\circ\text{C}) \frac{R_{\text{dson}}(T^\circ)}{R_{\text{dson}}(25^\circ\text{C})},$$

где $R_{\text{dson}}(T)$ берётся из справочного листа на транзистор.

- мощность P_{add} на рис. 2 – это мощность потерь в сетевом выпрямительном мосте и диоде корректора, укрепленных на том же теплоотводе;
- температура окружающей среды T_{ambient} считается постоянной.

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ В МОП-КЛЮЧЕ И ДИОДЕ В СХЕМЕ КОРРЕКТОРА

Средняя мощность потерь в открытом состоянии $P_{\text{стат}}$ на коммутационном интервале (период 100 кГц) равна:

$$P_{\text{стат}} = I_{\mu}^2 \gamma R_{\text{dson}}, \quad (1)$$

$$I_{\mu} = I_{\text{max}} \sin \varphi, \quad (2)$$

$$\gamma = 1 - k \sin \varphi. \quad (3)$$

При этом $k = U_m/U_0$, где U_m – амплитуда сети; R_{dson} – сопротивление канала при $T_j = 25^\circ\text{C}$; U_0 – выходное напряжение корректора; φ – текущий угол ωt , где ω – круговая частота сети 50 Гц.

Подставляя в (1) выражения (2) и (3), получим для мгновенной мощности потерь $P_{\text{стат}}(t)$ на полупериоде сетевого напряжения:

$$P_{\text{стат}}(t) = I_{\text{max}}^2 R_{\text{dson}} \sin^2 \varphi (1 - k \sin \varphi). \quad (4)$$

Величина мощности, рассеиваемой во включенном состоянии, равна среднему интегралу от $P_k(t)$ по пе-

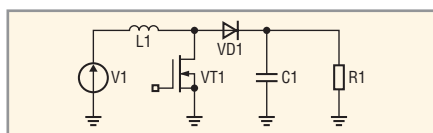


Рис. 1. Схема корректора коэффициента мощности

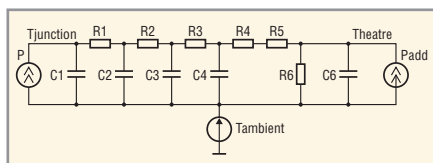


Рис. 2. Тепловая модель транзистора ККМ

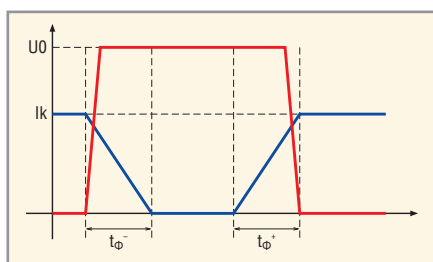


Рис. 3. Переключение транзистора

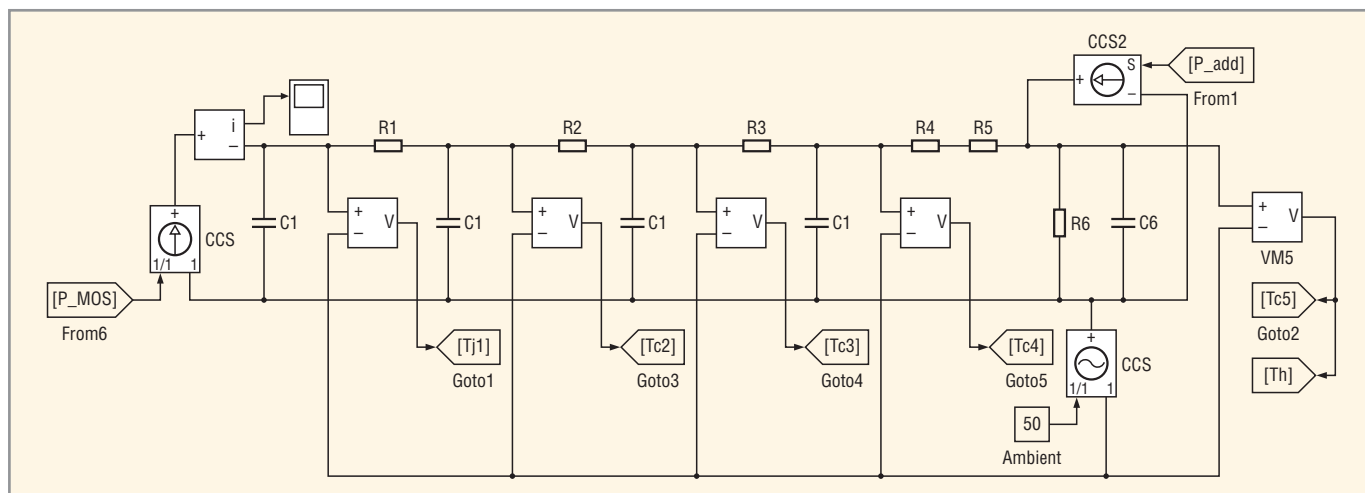


Рис. 4. Тепловая модель ключа корректора в среде Matlab

риоду (полупериоду) сетевого напряжения:

$$P_{\text{стат}} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} P(\varphi) d\varphi = \frac{I_{\text{max}}^2 R_{\text{дson}}}{\pi} \left(\frac{\pi}{2} - k \times \frac{4}{3} \right). \quad (5)$$

Коммутационные потери (на фронтах) могут быть оценены следующим образом. На рисунке 3 представлены диаграммы тока и напряжения на корректорном ключе. Поскольку формирование фронтов тока происходит при полном выходном напряжении на ключе и линейном фронте тока, средняя мощность рассеяния на ключе на фронте составит:

$$P_{\text{ф}} = \frac{I_{\text{к}} U_0}{2}.$$

Средняя мощность рассеяния на любом коммутационном интервале (с учётом двух фронтов) описывается выражением:

$$P_{\text{к}} = \frac{I_{\text{кmax}} U_0 t_{\text{ф}}}{T_{\text{к}}} \sin(\varphi). \quad (6)$$

Средняя мощность коммутационных потерь за период сетевого напряжения:

$$P_{\text{к}} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} P_{\text{к}}(\varphi) d\varphi = \frac{2 I_{\text{кmax}} U_0 t_{\text{ф}}}{T_{\text{к}} \pi}. \quad (7)$$

Потери в диоде на периоде сетевого напряжения можно оценить по формуле:

$$P_{\text{диода}} = \frac{I_{\text{max}} k U_{\text{ак}}}{2}, \quad (8)$$

где I_{max} – амплитуда потребляемого тока при минимальном напряжении сети $U_{\text{с}} = 175 \text{ В}$, $k = (175\sqrt{2})/420$, $U_{\text{ак}}$ – напряжение на проводящем диоде

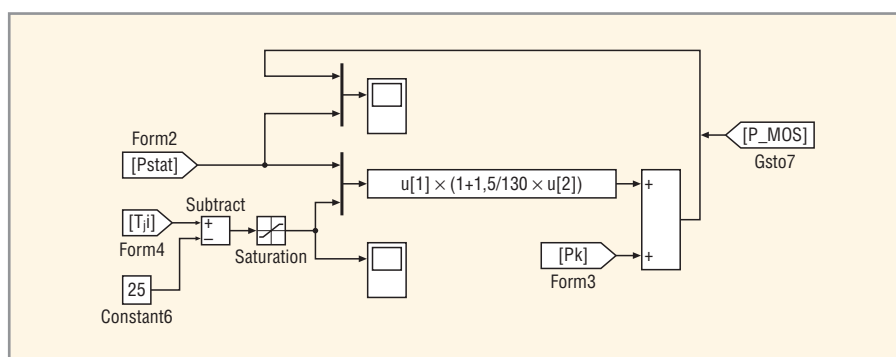


Рис. 5. Модель температурной зависимости потерь

(1,7...2,1 В для диода типа SDT06S60 при $I_{\text{f}} = 6 \text{ А}$ и $T_{\text{j}} = 150^\circ\text{C}$).

С учётом термозависимости $P_{\text{стат}}(T)$, мощность рассеяния представляется суммой:

$$P = P_{\text{стат}}(t) + P_{\text{к}}(t). \quad (9)$$

МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MATLAB

На рисунке 4 представлена функциональная схема решения задачи анализа в среде MatLAB. Мощность потерь в транзисторе корректора имитируется управляемым источником тока CCS1. Источник тока CCS1 управляется сигналом P_MOS, эквивалентным греющей мощности в транзисторе. Теплоотвод имитирует цепь R6C6. Температура окружающей среды представлена управляемым источником напряжения Ambient. Потери на выпрямительном мосте и диоде представлены управляемым источником тока CCS2, подключенным непосредственно к теплоотводу. Блоки VM1-VM5 позволяют контролировать тепловой режим в различных точках модели.

На рисунке 5 представлена упрощённая модель, имитирующая темпе-

ратурную зависимость потерь проводимости на транзисторе корректора. В данной модели мощности статических и динамических потерь представлены $P_{\text{к}}(t)$ и $P_{\text{стат}}(t)$. В модели для расчёта температуры кристалла вместо этих источников подключается управляемый генератор, выдающий последовательности импульсов греющей мощности в соответствии с исследуемым режимом работы схемы. Температурная зависимость реализована аппроксимирующим выражением, учитывающим превышение мгновенной температурой кристалла уровня 25°C .

Таблица 1. Параметры тепловой модели для силового транзистора IRFP460

R1, Ом	$1,49 \times 10^{-2}$
C1, Ф	$1,58 \times 10^{-3}$
R2, Ом	$1,31 \times 10^{-1}$
C2, Ф	$1,5 \times 10^{-2}$
R3, Ом	$1,5 \times 10^{-1}$
C3, Ф	$1,09 \times 10^{-1}$
R4, Ом	$1,48 \times 10^{-1}$
C4, Ф	$2,03 \times 10^{-1}$
R5, Ом	2

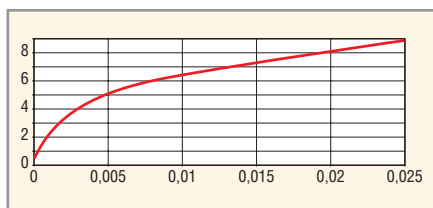


Рис. 6. Зависимость температуры кристалла от импульсов греющей мощности разной формы, но одинаковой энергии

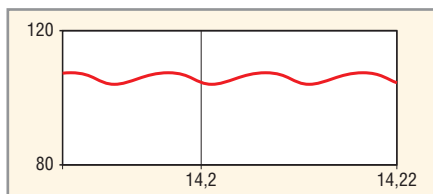


Рис. 8. Температура кристалла при греющей мощности синусоидальной формы

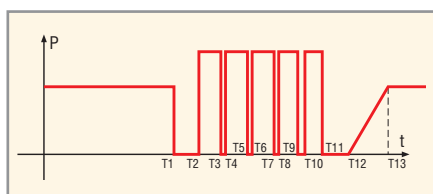


Рис. 9. Диаграмма работы корректора

Для моделирования тепловых режимов необходимо иметь импульсы требуемого вида. Система MATLAB предлагает широкий выбор средств для их получения, но чем сложнее вид импульса мощности, тем дольше идёт расчёт. Инерционность тепловой модели позволяет усреднять импульсы мощности за период коммутации. Справедливость этого допущения проверена на модели. На рисунке 6 представлена зависимость температуры кристалла от импульсов греющей мощности различной фор-

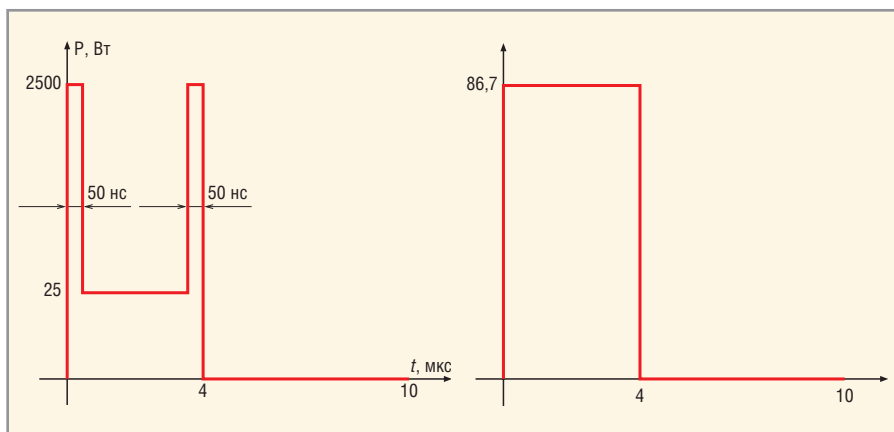


Рис. 7. Различные формы импульса греющей мощности

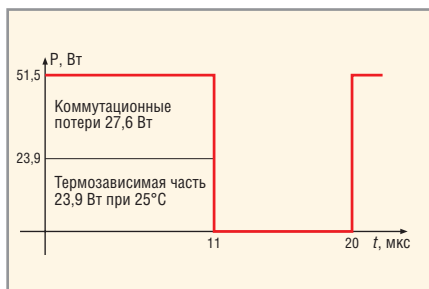


Рис. 10. Форма импульсов мощности на ключах на интервале T2 – T11

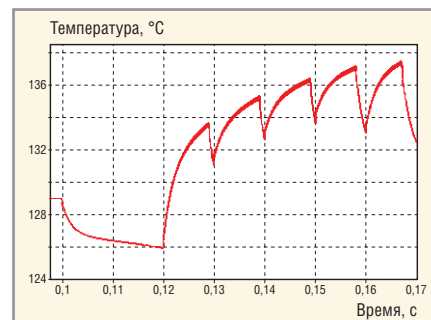


Рис. 11. Температура кристалла транзистора

мы (рисунок 7) при равенстве их площадей (энергий). Интервалы 50 нс (рис. 7а) моделируют коммутационные потери на фронтах. Различия в характере изменения температуры для обоих случаев практически отсутствуют.

Мощность на транзисторе в ККМ изменяется также и внутри периода сетевого напряжения в соответствии с выражениями (4), (6) и (9). Расчёт на модели показывает (рис. 8), что пульсации температуры с частотой 100 Гц на фоне установившегося зна-

чения составляют примерно 1,5%. Это означает, что установившийся температурный режим ключа в схеме ККМ может быть рассчитан по величине средней мощности рассеяния за период сетевого напряжения.

Представляет интерес оценка теплового режима в нештатных ситуациях. Ниже с помощью тепловой модели рассматривается режим, в который попадает ключ корректора при кратковременном пропадании сетевого напряжения (на один-два полупериода).

За это время защита от пропадания сети не успевает сработать, и при появлении напряжения ток через ключ определяется только схемой ограничения, т.к. напряжение на выходном конденсаторе корректора ниже стабилизируемого уровня. Количество полупериодов сети, за которое выходной конденсатор восстанавливает свой заряд, зависит от конкретной схемы ККМ, его мощности, номинала конденсатора и т.п.

Схематично диаграмма работы корректора мощностью 1 кВт в этом режиме показана на рисунке 9. Длительности временных интервалов приведены в таблице 2.

Мощность потерь в транзисторе ключа на интервале до провала напряжения в сети определялась по

Таблица 2. Длительности временных интервалов

Интервал	Длительность, мс	Описание
0 – T1		Нормальный режим работы
T1 – T2	20	Пауза
T2 – T3	9	Импульсы тока 30 А
T3 – T4	1	Пауза
T4 – T5	9	Импульсы тока 30 А
T5 – T6	1	Пауза
T6 – T7	9	Импульсы тока 30 А
T7 – T8	1	Пауза
T8 – T9	8	Импульсы тока 30 А
T9 – T10	2	Пауза
T10 – T11	7	Импульсы тока 30 А
T11 – T12	13	Пауза
T12 – T13	15	Перезапуск
T13		Нормальный режим работы

Таблица 3. Тепловые сопротивления прокладок фирмы Laird Technologies

Тип прокладки	R_T для TO220, °C/Вт	R_T для TO247, °C/Вт
K177	2,82	1,59
T-gard 20	4,39	2,48
K52-1	0,94	0,53
K52-2	1,55	0,87
K52-3	2,23	1,26
T-gard 3000	3,71	2,09
T-guard 500	4,08	2,30
T-guard 5000	3,66	2,06

формулам (5) и (7), потери в диоде – по формуле (8); начальная температура для расчёта $P_{\text{стат}}$ принята равной 25°C.

На этапах T2 – T11 (см. рис. 10) мощность потерь определялась по осциллограммам. Измеренное время коммутации ключа $t_{\text{ф}}$ составило 30 нс. Полученный при расчёте график температуры кристалла приведён на рисунке 11.

Максимальная температура кристалла составила 137°C в момент T11. Очевидно, что данный режим не приведёт к отказу ключа из-за перегрева. В противном случае пришлось бы уменьшать уставку схемы ограничения тока.

Изолирующие прокладки

Установка силовых полупроводниковых приборов на общий теплоотвод через изолирующую прокладку – известный и широко применяемый конструкторский приём. Тепловое сопротивление R_T этой прокладки в ряде случаев является определяющим в установлении теплового режима транзистора или диода. В таблице 3 приведены значения тепловых сопротивлений прокладок из различных материалов фирмы Laird Technologies, согласованных с размерами корпусов TO220 и TO247 при усилии сжатия 10 ф/кв. дюйм (69 кПа). Следует отметить, что уменьшение R_T со-

провождается повышением стоимости прокладки, что следует учитывать при массовом производстве.

Выводы

- Тепловой режим полупроводниковых приборов может быть достаточно просто оценен с помощью тепловой модели, параметры которой определяются из характеристики переходного теплового сопротивления;
- При расчёте установившегося теплового режима ключа ККМ импульсы греющей мощности могут быть заменены источником средней мощности по периоду сети;
- Тепловое моделирование позволяет определить перегрев кристалла в нештатных режимах работы схемы по осциллограммам тока и напряжения на ключе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ануфриев И. MATLAB 7.0 Наиболее полное руководство. БХВ-Петербург, 2005.
2. Llew Edmunds, International Rectifier AN-1057: Heatsink Characteristics. <http://www.irf.com/technical-info/app-notes/an-1057.pdf>.



Микросхемы для счётчиков электроэнергии:

точность измерения, простота использования

Наименование	Каналов	Линейность в диапазоне 1000:1	Импульсные выходы	Последовательный интерфейс	Текущий I и V	Активная мощность	IRMS, VRMS	Полная мощность	Реактивная мощность	Температ. датчик	Корпус
CS5451A	6	—	—	+	+	—	—	—	—	—	28 SSOP
CS5460A	2	0,1% от значения	+	+	+	+	+	—	—	—	24 SSOP
CS5461A	2	0,1% от значения	+	+	+	+	+	+	—	+	24 SSOP
CS5462	2	0,1% от значения	+	—	—	+	—	—	—	—	24 SSOP
CS5463	2	0,1% от значения	+	+	+	+	+	+	+	+	24 SSOP
CS5466	2	0,1% от значения	+	—	—	+	—	—	—	—	24 SSOP

Основные достоинства

- Высокая точность и стабильность
- Минимум внешних компонентов
- Низкая цена конечного устройства
- Простота калибровки
- Большое количество контролируемых параметров
- Расширенный диапазон температур –40...+85 °C

Официальный партнёр компании Cirrus Logic на территории России

PROSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Практический курс сквозного проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx

(часть 8)

Валерий Зотов (Москва)

В восьмой части курса основное внимание уделяется применению временных и топологических ограничений в проектах, реализуемых на базе ПЛИС фирмы Xilinx с архитектурой CPLD и FPGA. Представлен формат выражений типичных временных и топологических ограничений. Кратко рассмотрены методы формирования файлов временных и топологических ограничений в САПР серии Xilinx ISE.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ РАБОЧЕГО ОКНА РЕДАКТОРА ВРЕМЕННЫХ ДИАГРАММ TEST BENCH WAVEFORM EDITOR

В верхней строке рабочего окна редактора временных диаграмм *Test Bench Waveform Editor* расположена временная шкала, деления которой соответствуют выбранным ранее единицам измерения длительности тактового сигнала. В левом столбце отображается список названий интерфейсных сигналов устройства. Слева от названия сигнала приведена пиктограмма, обозначающая его тип. Редактором временных диаграмм *Test Bench Waveform Editor* поддерживаются следующие типы сигналов:

-  – сигнал входного порта;
-  – сигнал выходного порта;
-  – сигнал двунаправленного (входного/выходного) порта;
-  – сигнал входного порта векторного типа, представленный в виде шины;
-  – сигнал выходного порта векторного типа, представленный в виде шины;
-  – сигнал двунаправленного (входного/выходного) порта векторного типа, представленный в виде шины;
-  – внутренний сигнал, не связанный с портом;
-  – не связанный с портом внутренний сигнал векторного типа, представленный в виде шины.

Сигналы векторного типа представлены шинами соответствующей разрядности. Численные значения таких

сигналов отображаются непосредственно на изображении временной диаграммы. Эти значения могут быть представлены в двоичном (*Binary*), десятичном (*Decimal*) или шестнадцатеричном (*Hexdecimal*) форматах. Изменение формата представления значений осуществляется с помощью соответствующих команд контекстно-зависимого всплывающего меню, открываемого щелчком правой кнопки мыши при расположении курсора на изображении временной диаграммы выбранного сигнала. Для отображения временных диаграмм всех сигналов, входящих в состав шины, следует поместить курсор мыши на знак «+», расположенный слева от пиктограммы шины, и щёлкнуть левой кнопкой.

На изображении временных диаграмм присутствует указатель конечной точки тестовой последовательности, положение которого устанавливается автоматически на основании информации, указанной с помощью «мастера» инициализации временных параметров процесса моделирования и выбора тактовых сигналов *Initial Timing and Clock Wizard*. Для изменения длительности временных диаграмм тестовых сигналов следует воспользоваться командой *Set End of Test Bench* из всплывающего меню *Test Bench* или контекстно-зависимого меню, открываемого щелчком правой кнопки мыши. При выполнении этой команды на экран выводится диалоговая панель с одноименным заголовком. Новое значение и единицы измерения длительности будут указаны в соответствующи-

х полях редактирования и выбора открывшейся диалоговой панели.

ФОРМИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ДИАГРАММ ТЕСТОВЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ МОДЕЛИРУЕМОГО УСТРОЙСТВА

Формирование временных диаграмм тестовых сигналов для моделируемого устройства может осуществляться несколькими способами. Самым простым и наглядным способом является последовательное изменение значения сигнала на временной диаграмме в соответствующие моменты времени. Чтобы переключить значение сигнала на противоположное (из состояния низкого логического уровня в высокое и наоборот) в какой-либо момент времени, достаточно поместить курсор в требуемое место временной диаграммы и щёлкнуть левой кнопкой мыши.

Для явного указания значения сигнала следует щелчком правой кнопки активизировать контекстно-зависимое всплывающее меню и выбрать в нём строку *Set Value* или дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши. В результате выполнения указанных действий на экран выводится диалоговая панель с одноименным заголовком, содержащая поле редактирования значения сигнала. Для установки требуемого значения сигнала следует ввести условное обозначение требуемого уровня сигнала, соответствующее списку возможных состояний для данного типа сигналов, после чего подтвердить выбор нажатием кнопки *OK* в нижней части этой диалоговой панели.

Чтобы сформировать последовательность значений для выбранного сигнала, можно воспользоваться соответствующим «мастером» *Pattern Wizard*. Для его активизации необходимо в диалоговой панели *Set Value* нажать кнопку *Pattern Wizard*. В открывшейся диалоговой панели «мастера» *Pattern Wizard* сле-

дует выбрать тип формируемой последовательности значений (алгоритм переключений сигнала) в поле *Pattern Type*. Данное поле выбора находится во встроенной панели *General Pattern Information*. В этой же встроенной панели расположено поле редактирования *Number of Cycles*, в котором указывается число повторений формируемой последовательности значений сигнала.

Содержание выпадающего списка значений поля выбора *Pattern Type* зависит от вида сигнала. Для одиночного сигнала предлагается три типа формируемой последовательности значений, которым соответствуют три варианта, представленные в выпадающем списке: *Pulse*, *Random Signal* и *Toggle*. Для каждого типа последовательности значений сигнала необходимо указать соответствующие временные параметры с помощью одноименных полей редактирования, которые представлены во встроенной панели *Pattern Parameters* диалоговой панели «мастера» *Pattern Wizard*.

Если в поле выбора *Pattern Type* указан вариант *Pulse*, то формируемая последовательность значений соответствует одиночному импульсу. Для этого варианта необходимо указать начальное значение сигнала в поле редактирования *Initial Value*, длительность начальной задержки импульса – в поле редактирования *Initial Delay*, логический уровень импульсного сигнала – в поле редактирования *Pulse Value* и его длительность – в поле редактирования *Pulse Width*.

При выборе варианта *Random Signal* будет сформирована случайная последовательность значений сигнала. В этом случае необходимо определить начальное значение последовательности в поле редактирования *Random Seed* и число циклов тактового сигнала, после которого вычисляется следующее значение последовательности в поле редактирования *Count Every*.

Если выбран вариант *Toggle*, то формируемый сигнал будет иметь форму меандра. Начальное значение этого сигнала указывается в поле редактирования *Initial Value*, альтернативное значение – в поле редактирования *Other Value*, интервал переключения (длительность каждого состояния сигнала) – в поле редактирования *Toggle Every*.

Для сигналов векторного типа, представленных в виде шин, выпадающий список поля выбора *Pattern Type* содержит следующие варианты: *Alternate*,

Count Down, *Count Up*, *Random Bus*, *Shift Left*, *Shift Right*. Выбор варианта *Alternate* предоставляет пользователю возможность определения двух последовательных значений сигнала с указанием их длительности. Значения сигнала задаются в полях редактирования *A* и *B* соответственно. Длительность указанных состояний сигнала, эквивалентная числу периодов тактового сигнала, определяется с помощью полей редактирования *Assign A For* и *Assign B For*.

Чтобы задать поведение выбранного сигнала в виде серии последовательно убывающих значений с указанной длительностью каждого состояния, следует в выпадающем списке поля выбора *Pattern Type* выделить вариант *Count Down*. При этом начальное и конечное значения серии определяются с помощью полей редактирования *Initial Value* и *Terminal Value* соответственно. Значение декремента указывается в поле редактирования *Decrement By*. Длительность каждого состояния сигнала, выраженная числом периодов тактового сигнала, определяется с помощью поля редактирования *Count Every*.

Для определения поведения сигнала в виде серии последовательно возрастающих значений с указанной длительностью каждого состояния необходимо выбрать вариант *Count Up*. В этом случае следует установить требуемые значения тех же параметров, что и для варианта *Count Down*. Однако значение декремента заменяется значением инкремента, которое указывается в поле редактирования *Increment By*.

В случае выбора варианта *Random Signal* будет сформирована серия случайных последовательных значений сигнала. Для этого необходимо определить начальное значение серии в поле редактирования *Random Seed* и длительность каждого состояния сигнала (выраженную числом циклов тактового сигнала) с помощью поля редактирования *Count Every*.

При выборе варианта *Shift Left* формируемый участок временной диаграммы будет соответствовать последовательности значений сигнала, получаемых поочередным сдвигом начального значения на один разряд влево (в сторону младшего значащего разряда). Начальное значение указывается в поле редактирования *Initial Value*. Значение, используемое для заполнения освобождающегося при сдвиге разряда, задаётся в поле редактирования *Shift In*. Длительность каждого состоя-

ния сигнала, полученного в результате сдвига, определяется с помощью поля редактирования *Shift Every* в виде числа циклов тактового сигнала.

Если в поле выбора *Pattern Type* указан вариант *Shift Right*, то формируемый участок временной диаграммы будет соответствовать последовательности значений сигнала, получаемых путём поочередного сдвига начального значения на один разряд вправо (в сторону старшего значащего разряда). Для этого варианта необходимо указать требуемые значения тех же параметров, что и для варианта *Shift Left*.

Значения сигналов могут задаваться в двоичном (*Binary*), десятичном (*Decimal*) или шестнадцатеричном (*Hexadecimal*) форматах. Выбор формата представления значений сигналов осуществляется с помощью одноименных кнопок с зависимой фиксацией, расположенных во встроенной панели *Radix*.

Завершение работы «мастера» *Pattern Wizard* осуществляется нажатием кнопки *OK*, расположенной в нижней части диалоговой панели. После этого сформированный фрагмент временной диаграммы отображается в рабочей области окна редактора временных диаграмм *Test Bench Waveform Editor*.

Если необходимо изменить значения временных параметров внешнего тактового сигнала, которые были заданы с помощью «мастера» *Initial Timing and Clock Wizard*, то следует выполнить команду *Rescale Timing...* из всплывающего меню *Test Bench* или контекстно-зависимого всплывающего меню. При этом на экран выводится диалоговая панель с заголовком *Rescale Timing*, которая позволяет отредактировать значения всех параметров каждого внешнего тактового сигнала.

Завершив редактирование временных диаграмм тестовых сигналов, следует сохранить их, используя команду *Save* из меню *File* или кнопку  на оперативной панели управления Навигатора проекта. При этом кроме файла временных диаграмм с расширением *tbw*, автоматически создаётся файл с тем же именем и расширением *vhw*, в котором содержится текст описания тестовой системы и соответствующих сигналов на языке VHDL. Тем самым пользователю предоставляется возможность последующего редактирования временных диаграмм тестовых сигналов как в графическом, так и в текстовом виде.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ И ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ В ПРОЕКТАХ, РЕАЛИЗУЕМЫХ НА БАЗЕ ПЛИС ФИРМЫ XILINX

Кроме модулей исходного описания разрабатываемого устройства, в состав нового проекта САПР серии Xilinx ISE необходимо добавить информацию для программ синтеза, размещения и трассировки в кристалле ПЛИС. Эта информация может располагаться непосредственно в модулях исходного описания проекта в форме атрибутов или может быть вынесена в отдельный модуль (файл временных и топологических ограничений проекта *User Constraints File, UCF*). При использовании механизма атрибутов теряется универсальность модулей исходного описания. Для их последующего применения в других проектах, которые могут быть реализованы на базе ПЛИС различных семейств, каждый раз потребуется вносить изменения в выражения, определяющие значения временных и топологических параметров. Вынесение этих параметров в отдельный модуль *UCF* позволяет преодолеть указанный недостаток. Использование файла *UCF* является предпочтительным не только потому, что при этом сохраняется универсальность модулей исходного описания, которые могут использоваться в других проектах. Чтобы внести коррективы в параметры ограничений, например, при изменении типа ПЛИС, не требуется редактирование различных модулей исходного описания, а достаточно скорректировать содержимое файла *UCF*.

В файлах временных и топологических ограничений могут определяться значения параметров как локального, так и глобального характера. Объектами локальных ограничений являются отдельные экземпляры элементов описания проекта (цепи, компоненты, контакты). Глобальные параметры относятся ко всему проекту в целом или оказывают влияние на все элементы проекта, тип которых указан в соответствующем выражении. Большинство глобальных ограничений удобнее задавать в виде параметров выполняемого этапа (процесса) с помощью соответствующих диалоговых панелей Навигатора проекта. Поэтому в файлах временных и топологических ограничений целесообразно задавать значения параметров, которые носят локальный харак-

тер, и глобальные ограничения, отсутствующие в диалоговых панелях опций процессов Навигатора проекта.

Полное описание всех временных и топологических параметров, а также синтаксис соответствующих выражений ограничений можно найти в документации САПР серии Xilinx ISE (*Constraints Guide*). В последующих разделах приводится описание параметров и синтаксис выражений ограничений, которые наиболее часто используются в процессе синтеза и реализации проектов на базе ПЛИС семейств как CPLD, так и FPGA.

ОПИСАНИЕ ТИПИЧНЫХ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И СИНТАКСИС СООТВЕТСТВУЮЩИХ ВЫРАЖЕНИЙ ОГРАНИЧЕНИЙ

Параметр *LOC* позволяет осуществить закрепление выводов перед трассировкой, а также явно указать функциональный (*Function Block, FB*) или конфигурируемый логический блок (*Configurable Logic Block, CLB*), в зависимости от выбранного типа ПЛИС, для реализации элементов проекта. Для привязки «внешних» цепей проекта (подключаемых к контактам кристалла) к требуемым выводам ПЛИС используется следующий формат выражения:

```
NET <название_цепи> LOC=<номер_вывода_ПЛИС>
```

Форма записи номера вывода ПЛИС в этом выражении зависит от типа используемого корпуса микросхемы. Для корпусов, относящихся к категории BGA или CSP, номер вывода указывается в том же виде, в каком он представлен в документации. При использовании корпусов других типов номер вывода ПЛИС в выражении ограничения *LOC* сопровождается префиксом P. В качестве примеров топологических ограничений, используемых для указания соответствия внешних цепей разрабатываемого устройства и номеров выводов ПЛИС, приводятся следующие выражения:

```
NET clock LOC=A4;
NET dat1 LOC=P12;
```

Чтобы в кристалле с архитектурой FPGA определить конфигурируемый логический блок CLB, внутри которого требуется разместить

цепь или элемент проекта, следует воспользоваться соответственно форматами:

```
NET <название_цепи> LOC=
CLB_<координаты_конфигурируемо-
го_логического_блока_ПЛИС>;
```

например:

```
NET clock LOC= CLB_R2C3;

INST <обозначение_элемента> LOC=
CLB_<координаты_конфигурируемо-
го_логического_блока_ПЛИС>;
```

например:

```
INST D10 LOC= CLB_R3C4;
```

Для определения функционального блока, внутри которого требуется разместить цепь или элемент проекта в ПЛИС с архитектурой CPLD, следует воспользоваться соответственно форматами:

```
NET <название_цепи> LOC=FB<но-
мер_функционального_блока_ПЛИС>;
```

например:

```
NET clock LOC=FB2;

INST <обозначение_элемента>
LOC=FB<номер_функционального_бло-
ка_ПЛИС>;
```

например:

```
INST D10 LOC=FB3;
```

ОПИСАНИЕ ТИПИЧНЫХ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ И СИНТАКСИС СООТВЕТСТВУЮЩИХ ВЫРАЖЕНИЙ ОГРАНИЧЕНИЙ

Временные ограничения могут устанавливаться как для отдельных элементов схемы (например, цепей), так и для совокупности элементов определённого типа. Такие совокупности называются временными группами. Вначале рассмотрим временные ограничения, относящиеся к единичному элементу схемы.

Максимальное значение периода сигнала синхронизации для соответствующей цепи проекта задаётся с помощью параметра *PERIOD*. Полный формат выражения ограничения имеет вид:

```
NET <название_цепи_синхронизации>
PERIOD=<длительность_периода>
[<единицы_измерения>] [{HIGH |
LOW}]<длительность_первой_фазы_пе-
риода> [<единицы_измерения>] [];
```

где значение *HIGH* или *LOW* указывает логический уровень сигнала в первой фазе периода. По умолчанию в качестве единиц измерения длительности установлены наносекунды и одинаковая продолжительность состояний высокого и низкого уровня периода синхросигнала, в результате чего получается сокращённый формат записи:

```
NET <название_цепи_синхронизации>
PERIOD = <длительность_периода>;
```

например:

```
NET clock PERIOD=25 ns
```

Таким образом, значение параметра *PERIOD* накладывает ограничение на время распространения сигналов по цепям и логике, подключенных между выходом одного и входом другого синхронного элемента (триггера, регистра или ОЗУ), которые тактируются одним и тем же сигналом синхронизации.

Параметр *OFFSET* позволяет установить предельные временные соотношения между тактовым сигналом и связанными с ним сигналами входных и выходных цепей, подключаемых к выводам кристалла. Синтаксис соответствующего выражения ограничения выглядит следующим образом:

```
NET <название_цепи_подключае-
мой_к_выводу_ПЛИС> OFFSET =
{IN|OUT} <длительность_задержки>
[<единицы_измерения>]
{BEFORE|AFTER} <название_це-
пи_синхронизации>;
```

Например:

```
NET dat_input OFFSET = IN 30
BEFORE clock;
```

задаёт максимальное время установления сигнала для входной цепи *dat_input* по отношению к тактовому сигналу *clock* равным 30 нс;

```
NET dat_output OFFSET = OUT 15
AFTER clock_sys;
```

устанавливает максимальное значение задержки выходного сигнала *dat_output* по отношению к тактовому сигналу *clock_sys* – 15 нс.

Временные группы могут создаваться различными способами. Наиболее универсальным является использование параметра *TIMEGRP*. В общем случае используется следующий формат выражения:

```
TIMEGRP <название_создавае-
мой_группы> = <условное_обозначе-
ние_предопределенной_группы>
[( <названия_компонентов> )]
[EXCEPT <условное_обозначение_ти-
па_элемента> ( <названия_исключае-
мых_компонентов> )];
```

Например, выражение

```
TIMEGRP FFR= RISING FFS;
```

формирует временную группу *FFR*, объединяющую все триггеры, тактируемые фронтом сигнала синхронизации; выражение

```
TIMEGRP FFND5 = FFS EXCEPT
FFS("D5");
```

создаёт временную группу *FFND5*, в которую входят все триггеры за исключением *D5*.

Примерами предопределённых групп являются: *FFS* – триггеры, *RAMS* – синхронные ОЗУ, *LATCHES* – защёлки, *PADS* – выводы (контакты) кристалла.

Для создания новых временных групп на основе уже имеющихся рекомендуется воспользоваться соответствующим форматом выражения ограничения:

```
TIMEGRP <название_создавае-
мой_группы> = <название_времен-
ной_группы1> [, <название_времен-
ной_группы2> ,...] [EXCEPT <назва-
ние_исключаемой_группы_1> [, <наз-
вание_исключаемой_группы2> ,...]];
```

Например, выражение

```
TIMEGRP NEW_GROUP = GROUP1,
GROUP4 EXCEPT GROUP5;
```

включает в состав создаваемой группы элементы, которые входят в состав временных групп *GROUP1* и *GROUP4*, исключая элементы, находящиеся в группе *GROUP5*.

Ограничения для временных групп записываются с помощью ключевого слова *TIMESPEC*. Наиболее часто используются следующие конструкции групповых временных ограничений. Первая синтаксическая конструкция устанавливает значение параметра *PERIOD*, рассмотренного выше, для указанной временной группы:

```
TIMESPEC <TS_идентификатор_специ-
фикации> = PERIOD <название_вре-
менной_группы> <длительность_пе-
риода> [<единицы_измерения>]
[{HIGH | LOW}]<длительность_пер-
вой_фазы_периода> [<единицы_изме-
рения>] [];
```

Идентификатор временной спецификации всегда должен начинаться с *TS_*, например:

```
TIMESPEC TS_syn = PERIOD
SYNC_GROUP 55 HIGH 30
```

Вторая конструкция предназначена для задания временных соотношений между элементами сформированных или предопределённых временных групп:

```
TIMESPEC<TS_идентификатор_специ-
фикации> = FROM <название_вре-
менной_группы1> TO <название_вре-
менной_группы2> <длительность_за-
держки> [<единицы_измерения>];
```

Например:

```
TIMESPEC TS_del = FROM FF_GROUP
TO PAD_GROUP 25 ns;
```

Максимальное значение задержки распространения сигнала для соответствующей цепи проекта задаётся с помощью параметра *MAXDELAY*. Полный формат выражения ограничения имеет вид:

```
NET <название_цепи> MAXDELAY=<макс-
имальное_значение_задержки> <еди-
ницы_измерения>.
```

В качестве единиц измерения длительности могут использоваться наносекунды, микросекунды, миллисекунды, пикосекунды. Пример использования временного ограничения *MAXDELAY*:

```
NET data_in MAXDELAY=5.0 ns;.
```


Для указания максимально допустимого разброса задержек распространения сигнала по цепи, которая содержит одно или несколько ответвлений, предназначен параметр *MAXSKEW*. Так как ветви цепи могут иметь различную длину и топологию, возникает временной перекося изменения сигнала данной цепи на входах элементов, которые к ней подключены. В ряде случаев, если разброс запаздывания сигнала в различных ветвях цепи превышает некоторую величину, такая ситуация может привести к сбою функционирования проектируемого устройства. Значение параметра *MAXSKEW* задаёт максимально допустимую величину временного перекося. Синтаксис соответствующего выражения, устанавливающего данное ограничение, имеет следующий вид:

```
NET <название_цепи> MAXSKEW=<максимальное_значение_разброса_задержки> [<единицы_измерения>],
```

например:

```
NET data_load MAXSKEW = 3 ns
```

В качестве единиц измерения временного разброса используются те же обозначения, что и в выражении, определяющем максимальное значение задержки распространения сигнала *MAXDELAY*. По умолчанию, если единицы измерения не указаны явно, используются наносекунды.

Параметр *NODELAY* позволяет минимизировать задержку сигналов на информационных входах триггеров, расположенных в блоках ввода-вывода кристалла. По умолчанию при конфигурировании триггеров, входящих в состав блоков ввода-вывода ПЛИС семейств FPGA, устанавливается дополнительная задержка по входам данных, которая компенсирует запаздывание тактового сигнала. С помощью выражения ограничения, синтаксис которого приведён ниже, эта задержка исключается для указанного элемента. Параметр *NODELAY* может быть задан для триггера, расположенного в соответствующем блоке ввода-вывода, или для цепи, подключенной к контакту кристалла. Поэтому для данного параметра используются два варианта формата выражения ограничения:

```
INST <обозначение_триггера_блока_ввода-вывода> NODELAY;
```

например:

```
INST in5_ff NODELAY;
```

```
NET <название_цепи_подключенной_к_выводу_кристалла> NODELAY;
```

например:

```
NET data_in_5 NODELAY;
```

ОПИСАНИЕ ТИПИЧНЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И СИНТАКСИС СООТВЕТСТВУЮЩИХ ВЫРАЖЕНИЙ ОГРАНИЧЕНИЙ

Для более точного расчёта задержек распространения сигналов можно использовать параметр *VOLTAGE*, который позволяет учесть зависимость временных параметров кристалла от напряжения питания проектируемого устройства. В случае установки данного ограничения производится масштабирование всех задержек распространения сигналов в кристалле в соответствии с указанным значением напряжения питания. Синтаксис выражения, устанавливающего значение параметра *VOLTAGE*, имеет следующий вид:

```
VOLTAGE = <значение_напряжения_источника_питания> [V];
```

где V указывает единицы измерения напряжения (В). Например,

```
VOLTAGE = 5.
```

Следует обратить внимание на то, что параметр *VOLTAGE* может применяться только для ПЛИС, предназначенных для работы в коммерческом диапазоне напряжения питания. Если указывается значение, которое выходит за пределы диапазона, допустимого для выбранного типа кристаллов, ограничение игнорируется. При этом выводится сообщение об ошибке, а для проекта устанавливается типовое значение напряжения питания, принятое по умолчанию для выбранного семейства кристаллов.

Коррекция задержек распространения сигналов с учётом температуры, при которой предполагается эксплуатация проектируемого устройства, осуществляется с помощью параметра *TEMPERATURE*. При использовании этого ограничения производится масштабирование всех задержек распространения сигналов в кристалле в соответствии с указанным значением температуры.

Формат соответствующего выражения ограничения имеет вид:

```
TEMPERATURE = <значение_температуры> [<единицы_измерения>];
```

В качестве единиц измерения температуры могут указываться обозначения C (градусы по Цельсию), F (по Фаренгейту), K (по Кельвину). Например,

```
TEMPERATURE = 25 C;
```

Ограничение *TEMPERATURE* может устанавливаться только в проектах, для реализации которых используются кристаллы, предназначенные для работы в коммерческом диапазоне температур.

Большинство ПЛИС семейств FPGA обладает возможностью программирования нагрузочной способности выходных каскадов для каждого блока ввода-вывода. Для этого используется параметр *DRIVE*, который позволяет установить требуемую мощность для каждого выходного контакта кристалла. В качестве объектов, для которых указывается параметр *DRIVE*, могут выступать выходные компоненты блоков ввода-вывода (выходные буферы *OBUF*, выходные триггеры *OFD*) или цепи, подключаемые к выходным контактам ПЛИС. Соответствующие форматы выражений ограничений выглядят следующим образом:

```
INST <обозначение_выходного_элемента_блока_ввода-вывода> DRIVE = <значение_выходного_тока_в_мА>;
```

например,

```
INST out_buf1 DRIVE = 24;
```

```
NET <название_цепи_подключенной_к_выходу_кристалла> DRIVE = <значение_выходного_тока_в_мА>;
```

например,

```
NET data_out DRIVE = 24
```

Для кристаллов серий XC4000XV, XC4000XLA и Spartan™XL допустимыми значениями выходного тока являются 12 и 24 мА. При использовании ПЛИС серий Spartan-II, Virtex™, Virtex-E, Virtex-II и Virtex-II Pro список возможных значений содержит шесть позиций: 2, 4, 6, 8, 12, 16 и 24 мА. По умолчанию используется значение выходного тока 12 мА.

ОПИСАНИЕ ТИПИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИНИЦИАЛИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ И СИНТАКСИС СООТВЕТСТВУЮЩИХ ВЫРАЖЕНИЙ ОГРАНИЧЕНИЙ

Инициализация элементов запоминающих устройств (ОЗУ, ПЗУ, таблиц преобразования, регистров) осуществляется с помощью параметра INIT, формат выражения которого имеет следующий вид:

```
INST <обозначение_элемента_памя-
ти> INIT = <значение_определяю-
щее_содержимое_элемента_памяти>;
```

например,

```
INST rom1 INIT = 4076
```

Значение, определяющее содержимое элемента запоминающего устройства, указывается в шестнадцатеричном виде. При этом количество знаков шестнадцатеричного числа должно соответствовать разрядности элемента запоминающего устройства.

Формат выражения инициализации триггеров и регистров имеет следующий вид:

```
INST <позиционное_обозначение_триггера_или_регистра>
INIT={1 | 0 | S | R};
```

где S – соответствует режиму установки, а R – режиму сброса, например,

```
INST dd5 INIT=1.
```

Все значения параметров, указываемые в файле временных и топологических ограничений, не должны выходить за пределы допустимых диапазонов для выбранного типа ПЛИС.

Подготовка основы нового модуля временных и топологических ограничений проекта

Файл временных и топологических ограничений проекта имеет текстовый формат, каждая строка которого представляет собой выражение, описывающее соответствующий параметр. Для внесения информации в файл UCF можно использовать встроенный HDL-редактор или специальную программу *Constraints Editor* пакета САПР серии Xilinx ISE, которая на основании данных, указанных разработчиком в диа-

логовом режиме, автоматически формирует соответствующие выражения для описания ограничений проекта. Для этих целей может использоваться редактор назначения выводов кристалла и топологических ограничений *PACE (Pinout and Area Constraints Editor)*.

Процедура создания нового файла UCF стартует при нажатии кнопки  на оперативной панели или при выборе команды *New Source* из раздела *Project* основного меню Навигатора проекта. В открывшейся диалоговой панели *Select Source Type* следует выделить строку *Implementation Constraints File*, которая в качестве типа нового модуля задаёт файл временных и топологических ограничений проекта.

Затем в этой же панели необходимо указать название нового файла UCF в поле редактирования *File Name* и нажать кнопку *Next*. После этого на экран выводится следующая панель диалога с заголовком *Associate Source*, которая позволяет выбрать модуль исходного описания проекта, с которым ассоциируется создаваемый файл временных и топологических ограничений. Как правило, в большинстве случаев выбирается модуль описания верхнего уровня иерархии проекта.

Процесс выбора завершается нажатием кнопки *Next* в нижней части диалоговой панели *Associate Source*. После чего на экране появляется информационная панель *Summary*, в которой отображаются все параметры формируемого нового модуля временных и топологических ограничений.

Редактирование модуля временных и топологических ограничений проекта

Чтобы приступить к редактированию файла UCF, необходимо в окне исходных модулей Навигатора проекта выделить строку с его названием, после чего в окне процессов развернуть строку *User Constraints*.

Для изменения файла UCF во встроенном текстовом редакторе следует дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши на строке *Edit Constraints (Text)*, в результате чего открывается новое рабочее окно редактирования. Ввод выражений временных и топологических ограничений осуществляется с помощью клавиатуры. Для сокращения времени подготовки файла временных и топологических ограничений, а также для минимизации син-

тактических ошибок рекомендуется использовать шаблоны HDL-редактора, представленные в папке UCF. В данной папке необходимо открыть один из разделов, CPLD или FPGA, в зависимости от семейства ПЛИС, выбранного для реализации проектируемого устройства. После этого в открытом разделе следует выбрать соответствующую группу шаблонов. Дальнейший механизм применения шаблонов был подробно рассмотрен в предыдущей статье данного цикла.

Чтобы вступили в силу все выполненные изменения в модуле временных и топологических ограничений (для учёта в процессах синтеза, размещения и трассировки проекта в кристалле), необходимо после редактирования сохранить файл UCF на диске, воспользовавшись командой *Save* из всплывающего меню *File* или кнопкой , расположенной на оперативной панели управления Навигатора проекта.

В качестве примера законченного модуля временных и топологических ограничений приведём текст файла UCF для проекта счётчика Джонсона, реализуемого на основе ПЛИС семейства XC9500XL в корпусе CS48.

```
NET left LOC=G7;
NET right LOC=B2;
NET stop LOC=F2;
NET clk LOC=A7;
NET q<0> LOC=B4;
NET q<1> LOC=C6;
NET q<2> LOC=F6;
NET q<3> LOC=G5;
NET clk PERIOD = 50ns;
```

Для модификации файла UCF с помощью редактора временных и топологических ограничений следует дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши на строке *Create Timing Constraints*, в результате чего открывается рабочее окно программы *Constraints Editor*.

Чтобы воспользоваться средствами программы PACE для назначения «внешним» цепям проекта соответствующих контактов кристалла и ввода других топологических ограничений, необходимо расположить курсор мыши на строку *Assign Package Pins* и дважды щёлкнуть левой кнопкой. Указанная программа позволяет выполнить процедуру закрепления выводов в более наглядном виде по сравнению с текстовым редактором.

Продолжение следует

Моделирование источников сигналов с дискретной модуляцией

Роман Антипенский (г. Воронеж)

В статье рассматривается методика разработки источников сигналов с дискретной модуляцией, предназначенных для использования в системах схемотехнического моделирования РЭУ. Материал статьи может оказаться полезным разработчикам устройств формирования и обработки дискретных сигналов.

В статье [1] показана методика разработки моделей сигналов с амплитудной, частотной и фазовой модуляцией в программной среде MathCAD и последующего их использования в системе схемотехнического моделирования DesignLAB. В настоящей статье описана разработка источников сигналов с дискретной модуляцией, основанная на предложенной методике.

При дискретном характере изменения первичных (управляющих) колебаний параметры несущего колебания будут изменяться по дискретному закону (скачками). В этом случае вместо термина «модуляция» чаще используется термин «манипуляция» или «телеграфия», что отражает модуляцию первичным телеграфным сигналом. При этом различают три вида манипулированных сигналов: амплитудно-манипулированные (АТ – амплитудная телеграфия), частотно-манипулированные (ЧТ) и фазоманипулированные (ФТ) [2]. Все перечисленные виды сигналов находят широкое применение в радиоэлектронных системах, однако в известных системах схемотехнического моделирования (CCM), таких как OrCAD, Micro-Cap, DesignLAB [3] и других, источники этих сигналов, необходимые при моделировании схем, отсутствуют, что обуславливает актуальность статьи. Как и ранее, будем использовать термин «модулированное колебание», если речь идет о модуляции несущей частоты последовательностью импульсов с детерминированным характером их следования. В случае, когда первичный сигнал несёт какую-либо информацию (некоторый код), будем использовать термин «модулированный сигнал».

Сначала разработаем модель первичного колебания в виде последовательности прямоугольных импульсов с управляющими параметрами: длительность импульса, период следования импульсов и число импульсов в моделируемом фрагменте. Алгоритм формирования последовательности импульсов N_n с заданной длительностью t_n и периодом следования T аналитически можно записать с помощью условной функции вида:

$$y(x) = f \begin{cases} c1 \leq x \leq c2, \\ d1, \\ d2 \end{cases}, \quad (1)$$

где $c1, c2$ – значения переменной x , определяющие границы условия; $d1$ – значение, принимаемое функцией при выполнении условия; $d2$ – значение, принимаемое функцией при невыполнении условия. Тогда, представив импульсную последовательность в виде суммы одиночных импульсов, смещённых друг относительно друга по оси времени на длительность импульса и периода их следования $t_n n + Tn$, получим алгоритм формирования последовательности импульсов с заданной скважностью и длительностью импульсов:

$$I1(t_i) = \sum_{n=0}^{N_n-1} f \begin{bmatrix} t_3 + Tn \leq t_i < t_3 + t_n n + Tn, \\ 1, \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где t_3 – длительность интервала задержки последовательности относительно момента времени $t_i = 0$; N_n – количество импульсов в последовательности; t_n , T – длительность и период следования импульсов для заданной скваж-

ности $q = T/t_n$. В выражении (2) формируется массив значений $I1$, в котором для каждого i -го отсчёта определено значение, откладываемое по оси ординат: 1 – если отсчёт времени t_i находится в пределах длительности импульса (удовлетворяется условие), и 0 – во всех остальных случаях (условие не удовлетворяется). Просуммировав полученные таким способом одиночные импульсы, смещённые по оси времени на интервал Tn , получим требуемую последовательность импульсов с варьируемыми значениями длительности и периодом следования.

На языке MathCAD выражение (1) можно ввести с помощью условной функции $\text{if}(\text{arg}, y1, y2)$ [4]. Тогда программа для формирования временно-го представления импульсной последовательности может быть записана следующим образом. Задаём начальные значения параметров ti – длительность импульса, T – период следования импульсов, ni – количество импульсов в пакке:

$$ti := 10 \times 10^{-3} \quad ni := 5 \quad T := 40 \times 10^{-3}.$$

Формируем массивы управляющей переменной j , отсчётов времени t_j и частоты f_j , отсчётов импульсной последовательности a_j в соответствии с выражением (2):

$$j := 0 \dots 10\,000 \quad t_j := j \times 10^{-4} \quad f_j := j$$

$$a_j := \sum_{n=0}^{ni-1} \text{if}(Tn \leq t_j \leq Tn + T, 1, 0)$$

Для генерирования дискретных сигналов с кодовым формированием импульсов воспользуемся всё тем же принципом суммирования элементарных импульсов, но сдвинутых друг относительно друга по оси времени на длительность единичной посылки $(Tn/Ni)n$. Для этого сформируем кодовый массив $M = (m_0, m_1, m_2 \dots m_{Ni-1})$, в котором число элементов равно числу единичных импульсов. Так, например, для семиэлементного произвольного кода массив можно представить в виде $M = [1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0]$.

Тогда алгоритм формирования кодовой посылки импульсов с использованием (2) запишется в виде следующего выражения:

$$I2(t_i) = \sum_{n=0}^{N_n-1} F \left[\begin{array}{c} t_3 + \frac{T_n}{N_n} n \leq t_i < t_3 + \frac{T_n}{N_n} (n+1), \\ M_n, \\ 0 \end{array} \right], \quad (3)$$

где t_3 – длительность интервала задержки кодовой посылки относительно момента времени $t_i = 0$; N_n – количество импульсов в посылке; T_n – длительность кодовой посылки.

Для получения последовательности, состоящей из нескольких посылок, разделённых временными промежутками, просуммируем сдвинутые по времени посылки на длительности элементарного импульса и периода повторения посылки $(T_n/N_n)n + pk$. Тогда алгоритм (3) следует записать в виде:

$$I3(t_i) = \sum_{k=0}^{N_n-1} \sum_{n=0}^{N_n-1} \left[\begin{array}{c} t_3 + \frac{T_n}{N_n} n + \\ M_n, \\ 0 \end{array} \right] + Pk \leq t_i < t_3 + \frac{T_n}{N_n} (n+1) + Pk, \quad (4)$$

где t_3 – длительность интервала задержки кодовой посылки относительно момента времени $t_i = 0$; N_n – количество импульсов в посылке; T_n – длительность кодовой посылки; N_n – количество посылок в последовательности; P – период повторения посылок. На языке MathCAD выражение (4) с учётом следующих обозначений (T_c – длительность пачки импульсов, Per – период следования пачек импульсов, K_c – количество импульсов в пачке и значения единичных посылок m_k) запишется в виде:

$$a_j := \sum_{k=0}^N \sum_{n=0}^{K_c-1} \text{if} \left(\frac{T_c n}{K_c} + Per k < t_j \leq \frac{T_c n}{K_c} + Per k + m_n, 0 \right) \leq \frac{T_c}{K_c} + \frac{T_c n}{K_c} + Per k, m_n, 0.$$

Построим модель источника АТ-сигнала, воспользовавшись алго-

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПАЧКИ ИМПУЛЬСОВ Период следования пачки импульсов
количество пачек

$T_c := 10 \cdot 10^{-3}$ $Per := 20 \cdot 10^{-3}$ $N := 2$

Кодовая последовательность

$K_c := 5$

$m_0 := 1$ $m_1 := 0$ $m_2 := 1$ $m_3 := 0$ $m_4 := 1$ $m_5 := 1$

$j := 0..100000$ $t_j := j \cdot 10^{-5}$ $f_j := j$

$a_j := \sum_{k=0}^N \sum_{n=0}^{K_c-1} \text{if} \left(\frac{T_c n}{K_c} + Per k < t_j \leq \frac{T_c n}{K_c} + \frac{T_c n}{K_c} + Per k, m_n, 0 \right)$

$f_0 := 20 \cdot 10^3$ $d_j := a_j \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t_j)$

$Sw := \text{cfft}(a)$ $v_j := |Sw_j|$ $r := \max(v)$ $b_j := \frac{v_j}{r}$

$Sw1 := \text{cfft}(d)$ $v1_j := |Sw1_j|$ $r1 := \max(v1)$ $b1_j := \frac{v1_j}{r1}$

Рис. 1. Программный код, представляющий модель источника АТ-сигнала



Рис. 2. Результаты моделирования АТ-сигнала

ритмом формирования первичного колебания (4). Для этого полученный временной массив модулирующего сигнала умножим на массив значений несущей частоты, что как раз и будет соответствовать принципу модуляции – управления параметрами несущего колебания по закону первичного. Тогда модель источника АТ-сигнала можно представить программным кодом, показанным на рис. 1.

Следует обратить внимание читателя на строку 3, в которой мы задаём количество отсчетов $N = 100\,000$, шаг

дискретизации временной оси 10 мкс. Это связано с тем, что нам необходимо моделировать как первичный, так и модулированный сигналы, поэтому установленное значение параметра обеспечит нам приемлемое отображение и временного, и спектрального представлений сигналов. В строке 4 формируем первичный сигнал, в строке 5 – модулированный АТ-сигнал, в строках 6, 7 – вычисляем и выполняем нормировку амплитудно-частотных спектров сигналов. На рисунке 2 показаны результаты моделирования источника АТ-сигнала.

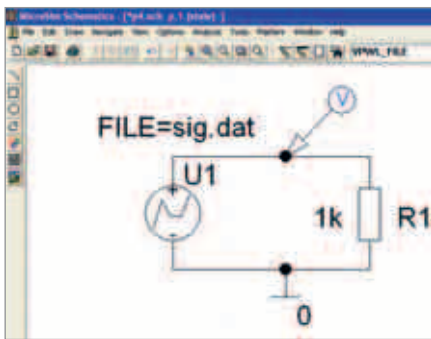


Рис. 3. Испытательная схема с источником сигнала из файла

Далее добавим в модель следующий программный код для записи АТ-колебания в файл:

```
I:=0...1    sig, i:=if(i=0, tj, dj)
WRITEPRN("sig.dat"):=sig.
```

Следует также сказать о том, что для правильной записи результатов моделирования в файл необходимо в программе MathCAD установить следующие значения системных параметров: PRN File Settings: Precision (точность отображения) = 10, Column Width (ширина столбца) = 20.

Покажем теперь, как выполнить ввод и моделирование испытательной схемы для проверки модели сигнала в DesignLAB 8.0. Введём схему, показанную на рисунке 3.

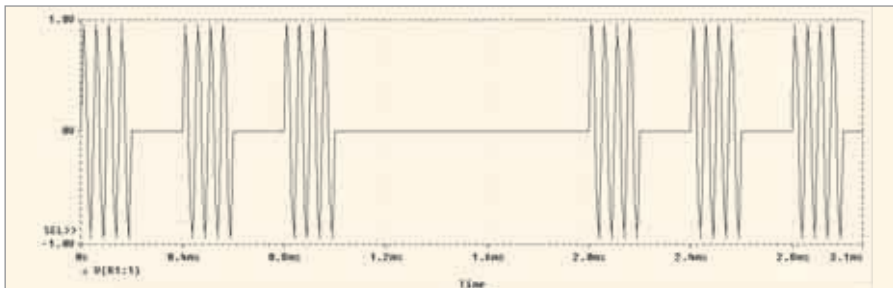


Рис. 4. Результаты моделирования источника АТ-сигнала в системе DesignLAB

$$\begin{aligned}
 j &:= 0..10000 & t_j &:= j \cdot 10^{-6} & f_j &:= j \cdot 10^2 \\
 t_i &:= 5 \cdot 10^{-4} & T &:= 10 \cdot 10^{-4} & f_1 &:= 50 \cdot 10^3 & f_0 &:= 70 \cdot 10^3 & N_i &:= 20 \\
 a_j &:= \sum_{n=0}^{N_i} \text{if}(T \cdot n \leq t_j \leq T \cdot n + 1, 0) & d_j &:= \text{if}(a_j > 0, \sin(2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot t_j), \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t_j)) \\
 d_j &:= \text{if}(t_j \leq t_i + T \cdot N_i, d_j, 0) \\
 Sw &:= \text{cfft}(d) & v_j &:= |Sw_j| & r &:= \max(v) & b_j &:= \frac{v_j}{r}
 \end{aligned}$$

Рис. 5. Программный код модели ЧТ-колебания

В качестве источника сигнала воспользуемся компонентом VPWL_FILE (источник напряжения, заданный в файле) и установим значение его атрибута File=sig.dat. Сохраним собранную схему, поместив в папку со схемой файл sig.dat, зададим параметры директивы временного анализа и выполним моделирование. В окне программы Probe системы DesignLAB мы увидим точно такой же сигнал, который первоначально был создан нами с помощью программы MathCAD (см. рис. 4).

Программный код источника ЧТ-колебания с разрывом фазы можно получить на основе программы для формирования источника АТ-колебания. Однако теперь в паузах первичного сигнала нам необходимо будет «генерировать» колебание с несущей частотой логического нуля. Поэтому вместо операции умножения первичного колебания на массив несущей частоты (как это мы делали в АТ источнике) следует воспользоваться условной функцией if(arg,y1,y2). На рис. 5 представлен программный код модели ЧТ-колебания.

Поясним введенные идентификаторы. В строке 2 задаём длительность импульса t_i , период следования T , частоту нажатия f_1 (логической единицы), частоту отжатия f_0

(логического нуля) и число импульсов в моделируемом массиве N_i . В третьей строке формируем временное представление первичного колебания a_j и частотно-манипулированного колебания по принципу: если $a_j > 0$, то заполняем массив несущим колебанием с частотой логической единицы, в противном случае заполняем массив несущим колебанием с частотой логического нуля. Пока оставшийся после заполнения импульсами фрагмент временного массива будет «забит» несущей частотой нуля, что не соответствует действительности. Эту ситуацию мы корректируем в строке 4, полагая оставшийся фрагмент равным нулю. На рисунке 6 представлены результаты моделирования источника ЧТ-колебания.

Построим модель источника АТ-сигнала, в котором импульсы имеют внутриимпульсную ЧТ-манипуляцию. Для этого, очевидно, следует воспользоваться моделью источника АТ-сигнала с кодовым следованием посылок внутри пачки. При этом ЧТ-заполнение пачки будем формировать с учётом модели источника ЧТ-колебания. Тогда изменённую часть программного кода такого источника сигнала можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 a_j &:= \sum_{k=0}^N \sum_{n=0}^{K_c-1} \text{if} \left(\frac{T_{cn}}{K_c} + \text{Perk} < t_j \leq \right. \\
 &\quad \left. \leq \frac{T_c}{K_c} + \frac{T_{cn}}{K_c} + \text{Perk}_{m_n}, 0 \right) \\
 d_j &:= \sum_{k=0}^N \sum_{n=0}^{K_c-1} \text{if} \left(\frac{T_{cn}}{K_c} + \text{Perk} < t_j \leq \frac{T_c}{K_c} + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{T_{cn}}{K_c} + \text{Perk}, \text{if}(a_j > \right. \\
 &\quad \left. > 0, \sin(2\pi f_1 t_j) \sin(2\pi f_0 t_j), 0) \right)
 \end{aligned}$$

Здесь мы при формировании результирующего сигнала d_j воспользовались условной функцией для заполнения пачки ЧТ-импульсами с частотами логической единицы f_1 и f_0 нуля.

Программный код источника ФТ-колебания будет отличаться лишь тем, что теперь нам необходимо в моменты времени, соответствующие логическому нулю, формировать несущее колебание с той же частотой и изменённой на 180 градусов фазой.

Программируемые аналоговые интегральные схемы: весь спектр аналоговой электроники на одном кристалле!



ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА FPAА

- Статическая и динамическая конфигурация структуры
- Однокристалльные системы аналоговой обработки
- Программное изменение характеристик системы
- Автоматически перестраиваемые и адаптируемые схемы
- Упрощение настройки и регулировки
- Увеличение жизненного цикла изделия
- Снижение стоимости
- Повышение надёжности



Микросхемы FPAА Anadigm

На одном кристалле FPAА содержится:

- Дифференциальные компараторы
- Операционные и инструментальные усилители
- Инструментальные усилители
- Фильтры
- Источники образцового напряжения
- Усилители-ограничители
- Мультиплексор
- Выпрямители с ФНЧ
- Генераторы синусоидального сигнала
- Генераторы периодических сигналов специальной формы
- АЦП последовательного приближения
- Программируемые усилители



Отладочный комплект AN221K04-DVLP2

- Включает в себя: отладочную плату AN221K04, кабель RS-232, тех. документацию, САПР Anadigm DesignerT2, открытую лицензию
- Стоимость – 299\$
- При покупке комплекта бесплатно предоставляется Руководство пользователя на русском языке
- Техническая поддержка и консультации

САПР Anadigm Designer™2

- Простой и интуитивно понятный интерфейс
- Четырехканальный виртуальный осциллограф
- Автоматическое формирование С-кода для управления с микропроцессора или микроконтроллера
- Автоматическое формирование конфигурационных данных



Ниже представлен фрагмент программного кода источника ФТ-колебания:

$$a_j := \sum_{n=0}^{N_i} \text{if}(T_n \leq t_j \leq T_n + T_n, 1, 0)$$

$$d_j := \text{if}(a_j > 0, \sin(2\pi f_1 t_j), \sin(2\pi f_1 t_j + 3,14))$$

Покажем, каким образом можно получить импульсную последовательность со случайным следованием посылок, и выполним фазовую манипуляцию несущей частоты таким сигналом с добавлением шума. Для этого рассмотрим приведённый на рис. 7 фрагмент программного кода MathCAD.

Алгоритм формирования первичного «случайного» сигнала несколько отличается от моделей (2) – (4) детерминированных сигналов, поэтому остановимся более подробно на способе получения такого сигнала. В строке 3 переводим длину одного импульса в число отсчётов dL , задаём приращение индексной переменной b с интервалом изменения dL и вводим индексную переменную rh , которая обеспечит нам постоянство случайных значений переменной Y на протяжении всей длительности импульса. В строке 4 заполняем массив y случайными значениями с равномерным распределением и формируем массив Y в соответствии с заданной длительностью одиночного импульса, после чего рассчитываем первичный сигнал a . Если вывести на график массив Y , то станет понятен смысл операций строк 3, 4 (см. рис. 8).

Рассмотренный способ формирования последовательности с фиксированной длительностью и случайной амплитудой импульсов может быть использован при построении источников случайных АТ- и ЧТ-сигналов. Продолжим «разбор» программного кода модели ФТ-сигнала. В конце строки 4 мы устраним флуктуации амплитуды импульсов, сохраняя случайный характер их следования. В строке 6 формируем отсчёты шума Q и добавляем их к сигналу. Читатель может изменить закон распределения амплитудных отсчётов шума, воспользовавшись соответствующей функцией системы MathCAD [4]. На рисунке 9 представлены результаты моделирования источника аддитивной смеси ФТ-сигнала и гауссовского шума.

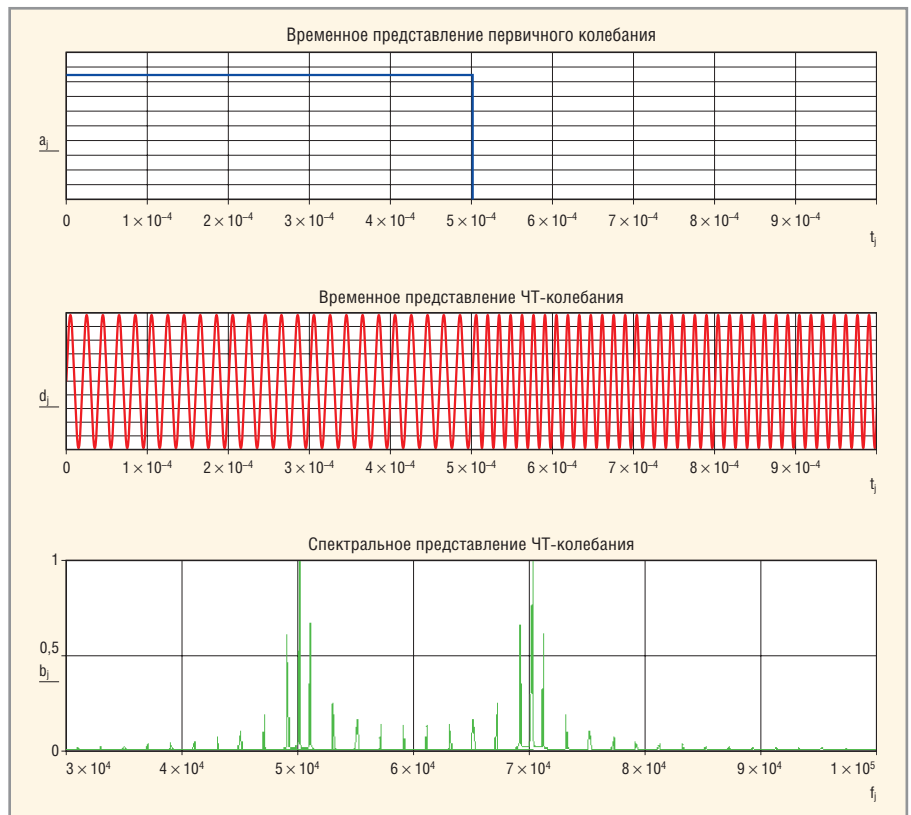


Рис. 6. Результаты моделирования источника ЧТ колебания

```

Nt := 10000    j := 0.. Nt    t_j := j · 10-6    f_j := j · 102
f0 := 50 · 103    ti := 2.2 · 10-4

dL := ti · 106    h := 0, dL - 1.. Nt    rh := 0.. dL - 1

y := runif(Nt, -1, 1)    Y(h+rh) := yh    a_j := if(Y_j > 0, 1, 0)
d_j := if(a_j > 0, sin(2 · π · f0 · t_j), sin(2 · π · f0 · t_j + 3.14))

Q := mnorm(Nt + 1, 0, 1)    am := 0.15    d_j := d_j + am · Q_j

Sw := cfft(d)    v_j := |Sw_j|    r := max(v)    b_j := v_j / r

i := 0.. 1    sigj,i := if(i = 0, t_j, d_j)    WRITEPRN("sig.dat") := sig
    
```

Рис. 7. Программный код модели случайного ФТ-колебания

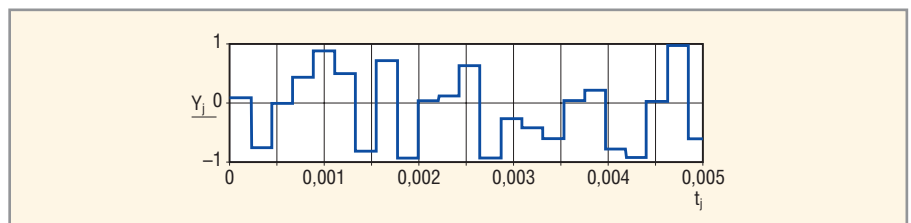


Рис. 8. Результаты моделирования последовательности со случайной амплитудой импульсов

тивной смеси ФТ-сигнала и гауссовского шума.

Поместив в папку с испытательной схемой файл sig.dat, выполним моде-

лирование. В окне программы Probe системы DesignLAB мы получим точно такой же аддитивный ФТ-сигнал, который может быть использован для мо-

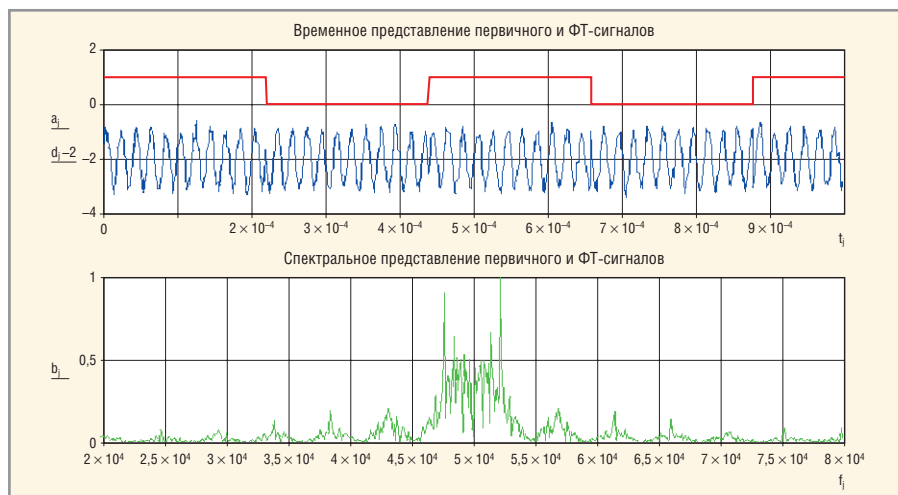


Рис. 9. Результаты моделирования аддитивной смеси ФТ-сигнала и гауссовского шума

делирования, например, детектора фазоманипулированных сигналов и т.д.

Применяя рассмотренные в статье алгоритмы формирования первич-

ных импульсных последовательностей, можно создавать (или модифицировать приводимые) источники сигналов с дискретной модуляцией и использовать их для моделирования различных радиоэлектронных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипенский П.В. Моделирование источников аналоговых сигналов. Современная электроника. 2007. № 4.
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь, 1986.
3. Разевиг В.Д. Система сквозного проектирования электронных устройств Design-Lab 8.0. М.: Солон, 1999.
4. Richard C. Saffie. Random Signals for Engineers using MATLAB and MathCAD. Springer – Verlag, 2000.



Новости мира News of the World Новости мира

Pirelli представила настраиваемое решение для оптического L-диапазона

Название компании Pirelli в первую очередь ассоциируется с автомобильными шинами, однако этим направлением деятельность предприятия отнюдь не исчерпывается. Информационный повод для упоминания своего имени обеспечило одно из подразделений компании, Pirelli Broadband Solutions, выпустив модуль настраиваемого лазера для оптоволоконных WDM-сетей L-диапазона (длины волн 1565...1625 нм). Снаружи устройство представляет собой герметично упакованный корпус с 26 внешними контактами, а на крышке присутствует хорошо знакомый логотип бренда.



Полное решение Pirelli включает в себя динамически подстраиваемый лазер (dynamically tunable laser, DTL), интегрируемый модуль подстраиваемого лазера (integrable tunable laser assembly, ITLA) и 300-контактные MSA-транспондеры. Решение обеспечивает полное перекрытие L-диапазона (ширина диапазона 40 нм,

100 каналов) и соответствует спецификации Telcordia GR-468-CORE. Транспондеры предлагаются с различными вариантами оптических интерфейсов (NRZ, negative-chirp NRZ и Duobinary). Позиционирование устройств, которые могут быть созданы на базе предлагаемого оборудования, – оптоволоконные сети городского масштаба с протяженностью 350 км и более.

Использование подстраиваемых в пределах всего диапазона лазерных модулей – один из возможных подходов при реализации оптоволоконных сетей, предусматривающих применение различных видов частотного уплотнения. Альтернативными вариантами являются системы с набором лазеров фиксированного излучения – по одному на каждую длину волны – или с модулями, подстраиваемыми в относительно узких пределах. Решения, аналогичные предложенному Pirelli, хотя и отличаются большей себестоимостью, но в значительной мере компенсируют это удешевлением и ускорением процесса разработки, сокращением разнообразия складских запасов необходимых комплектующих и возможностью миниатюризации конечных изделий.

eetasia.com

DVD-фильм за 5 с по воздуху

Коллектив ученых из Центра проектирования электроники штата Джорджия (Georgia Electronic Design Center, GEDC) во главе с профессором Джоом Ласкаром (Joy Laskar) отпраздновали о достижении скорости беспроводной связи в 15 Гбит/с,

передавая на расстояние 1 м полнометражный видеофильм DVD-качества всего за 5 с. Передатчик от GEDC работает в диапазоне 60 ГГц и предназначен для трансляции больших файлов на короткие расстояния. По мнению исследователей, разрабатываемая методика должна дополнить уже существующие технологии, работающие в нелицензируемых диапазонах частот, такие как Wi-Fi и Bluetooth.

Исследователи из штата Джорджия не являются единственным коллективом, экспериментирующим с высокоскоростной передачей данных на небольшие расстояния. Ранее в этом году инженеры компании SiBeam обнародовали некоторые детали протокола OmniLink60, работающего в диапазоне 60 ГГц, которую партнеры по консорциуму WirelessHD намерены стандартизировать в качестве основного протокола передачи данных в рамках проекта «цифрового дома».

Своей главной задачей участники группы Ласкара видят в разработке высокоскоростного чипа стоимостью менее 5 долл. США, который, по мнению разработчиков, должен будет потеснить только выходящие на рынок устройства Wireless USB, основанные на технологии Ultra Wideband. В то время как передатчики Wireless USB оперируют на частоте 10,3 ГГц и достигают скорости в 480 Мбит/с, частота 60 ГГц в разработке инженеров из GEDC обеспечит значительно большую скорость и позволит передавать потоковое видео высокого качества (HD) на расстояния в пределах нескольких метров.

eetimes.com

Частотный метод анализа синтезаторной системы импульсно-фазовой автоподстройки частоты

Часть 2. Элементы системы ФАП

(продолжение)

Юрий Никитин (Санкт-Петербург)

В этой части статьи рассмотрены элементы системы ФАП: формирователи импульсов, делители частоты и импульсно-фазовые детекторы.

Рассмотрим отдельные составляющие элементы кольца ИФАП (см. рис. 1), их назначение в кольце, технические характеристики и описание параметров. Под техническими характеристиками будем понимать свойства входящих блоков (узлов) вне их связи с кольцом ФАП. Под параметрами будем понимать свойства входящих узлов как элементов структуры кольца ФАП.

ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ

С помощью формирователя импульсов (ФИ) и/или буферного уси-

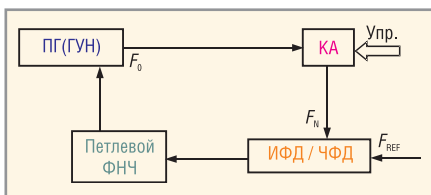


Рис. 1. Синтезаторное кольцо импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП)

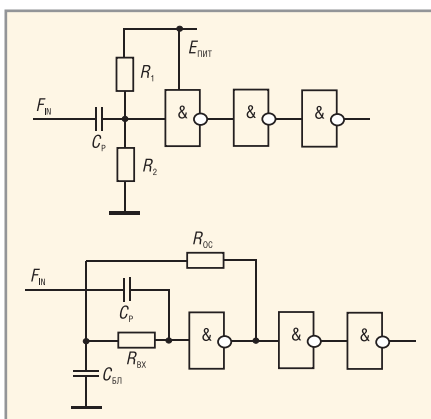


Рис. 2. Примеры построения ФИ на логических элементах

лителя (БУ) решают две задачи. Во-первых, изолируют ПГ от воздействия нагрузки (от обратного прохождения сигнала). Во-вторых, доводят уровень сигнала с выхода ПГ до величины, при которой надёжно запускаются цифровые элементы ДПКД.

Например, если выход синтезатора частот нагружен на модулятор и в схеме модулятора не предусмотрены буферные (развязывающие) усилители, то модулированный сигнал через вход модулятора «просочится» на выход ПГ и/или вход формирователя импульсов ДПКД и в обоих случаях вызовет динамическое смещение рабочей точки упомянутых устройств. Такое смещение приведёт к угловой модуляции сигнала ПГ с частотой воздействия, а результирующую девиацию частоты ПГ определит уровень просачивания. Динамическое смещение рабочей точки ФИ делителя частоты также приведёт к паразитной угловой модуляции. Поэтому необходимы развязывающие БУ между выходом кольца ИФАП и его нагрузкой. Желательно минимизировать уровень обратного прохождения до величины не хуже $-(50...80)$ дБ в зависимости от амплитуды паразитного сигнала и крутизны ПГ.

Допустим, что выходная частота ПГ $f_{ПГ} = 100$ МГц, его выходное сопротивление равно $R_{ПГ} = 50$ Ом. В качестве буферного усилителя используют каскад на биполярном транзисторе, у которого ёмкость перехода коллектор-база $C_{КБ} = 3$ пФ. Сопротивление

нагрузки этого каскада $R_H = 150$ Ом. В таком случае коэффициент ослабления (обратного прохождения) $K_{ОП}$ будет не хуже $K_{ОП} \geq (R_H + Z_{КБ})/R_{ПГ} = [150 + 1/(2\pi f_{ПГ} C_{КБ})]/50 = 13,6$ раз, или всего 22,7 дБ. Поэтому для достижения приемлемого качества генерируемого сигнала желательно использовать или два-три каскада БУ, или каскадное включение транзисторов БУ, или, в дополнение, аттенуатор. Заметим, что большого коэффициента усиления от БУ не требуется. При этом следует помнить, что при крутизне ПГ 1 МГц/В обратное прохождение сигнала с амплитудой 1 мВ вызовет паразитную угловую модуляцию с девиацией 1 кГц!

Формирователи импульсов можно строить как с помощью БУ, работающих в режиме большого сигнала (ограничения), так и на логических элементах (см. рис. 2). Следует лишь с помощью резисторов R1 и R2 выставить рабочую точку ФИ в середине входной характеристики (характеристики переключения) логического элемента. Для элементов ТТЛШ рабочую точку следует располагать в интервале $+(1,2...1,5)$ В, для КМОП – $+(1,5...2)$ В, а для ЭСЛ примерно $-(1,2...1,4)$ В.

Оригинальное решение было предложено в Руководстве для разработчика микросхем серии MECL10000 (нижняя схема на рис. 2). С помощью резистора обратной связи $R_{ОС}$ логический элемент вводят в режим генерации. Рабочая точка в этом случае автоматически устанавливается в середине рабочего участка входной характеристики, а температурные изменения и старение элементов влияния не оказывают. С помощью блокировочной ёмкости $C_{БЛ}$ генерацию сры-

вают. Резистор $R_{ВХ}$ необходим для того, чтобы предыдущий каскад – выход ПГ или БУ – не был закорочен на землю по переменному току. Желательно выполнить условие $R_{ОС} \gg R_{ВХ}$. И, разумеется, $Z_{БЛ}$ должна быть малой величиной в диапазоне частот, как минимум в три раза превышающем частотный диапазон используемой логики. Поэтому $C_{БЛ}$ может быть составлена из нескольких емкостей, одна из которых имеет минимальную индуктивность выводов (обкладок).

Как правило, коэффициент усиления первого каскада на логическом элементе составляет минимум 5...10 раз. При наличии БУ перед ФИ уже первый каскад формирует импульсную последовательность входной частоты. Последующие логические элементы желательны для укорочения фронтов переключения до штатных значений используемой логики.

Применение интегральных синтезаторов частоты упрощает задачу разработчика. В этом случае необходимо озаботиться лишь минимально необходимым числом буферных каскадов. Не следует забывать, что «лучшее – враг хорошего», и превышение входного сигнала сверх допустимого на входе микросхемы синтезатора так же нежелательно, как и его недостаточный уровень.

Посмотрим, как влияет напряжение помехи (шума) ΔU_n , воздействующее на рабочую точку БУ или ФИ. Примем, что рабочая область характеристики переключения составляет $U_{П}$, а время переключения (время смены логического состояния) составляет $T_{П}$. Тогда можно записать:

$$\Delta t_n = \Delta U_n T_{П} / U_{П} \text{ и } \Delta \phi_n = 2\pi \Delta t_n F_{REF}. \quad (1)$$

Поскольку полоса перестройки ПГ в соответствии с (1) $\omega_v = \Delta E_{УПР} K_v$, а $\Delta U_n / \Delta E_{УПР} = \Delta \phi_n / \phi$, и учитывая, что $\Delta \phi_{ВЫХ} = \Delta \phi_n / \Omega_n$, где Ω_n – частота помехи, а $\Delta U_n \ll \Delta E_{УПР}$, запишем окончательную систему уравнений:

$$\begin{aligned} d_n &= \Delta U_n / \Delta E_{УПР} = \Delta \phi_{ВЫХ} / 2 = \\ &= \Delta \omega_n / (2\Omega_n) = \Delta U_n K_v / (2\Omega_n), \quad (2) \\ \Delta_n &= 20 \lg d_n. \end{aligned}$$

ДЕЛИТЕЛЬ С ПЕРЕМЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ДЕЛЕНИЯ ДПКД

В цифровых синтезаторах частоты по определению используют цифро-

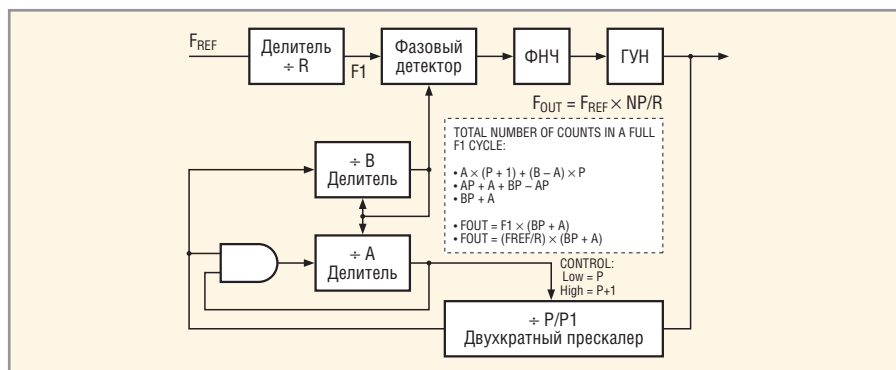


Рис. 3. Структурная схема ИФАП-синтезатора частоты на базе двухмодульного прескалера

вые делители частоты. В тракте деления частоты опорного колебания используют делители с фиксированным коэффициентом деления (ДФКД), построенные на обычных делителях частоты на основе счётчиков импульсов. Поэтому минимальный коэффициент деления ДФКД может быть равным единице. В тракте приведения (деления) частоты ГУН наибольшее распространение получили двухмодульные ДПКД (см. рис. 3). Это обусловлено тем, что в современных микросхемах используют комбинированную технологию изготовления – BiCMOS. Такая технология позволяет выращивать биполярные полупроводниковые структуры для работы в высокочастотной части спектра – до частот 7 ГГц (синтезатор ADF4106 [3]) – и комплементарные МОП-структуры, работающие на частотах ниже 150...350 МГц (синтезатор ADF4001).

Двухмодульный прескалер необходим для понижения входной частоты микросхемы до значений, на которых начинает работать счётчик на КМОП-элементах. Существенной особенностью двухмодульного ДПКД является ограничение на минимальный коэффициент деления – он не может быть меньше $N_{МИН} \geq P(P-1)$, где P – модуль прескалера. Например, при $P = 4$ $N_{МИН} = 12$, а при $P = 128$ $N_{МИН} = 16\,256$. Последнее обстоятельство следует учитывать при выборе микросхем синтезаторов и расчёте колец ИФАП.

Выражение, характеризующее формирование выходной частоты на выходе ГУН, имеет вид:

$$F_0 = \frac{F_{REF} N}{R} (P \times B + A), \quad (3)$$

где F_0 – выходная частота VCO (ГУН); P – модуль прескалера; B – коэффициент деления счётчика B ; A – коэффициент деления счётчика A , $0 \leq A < B$;

F_{REF} – входная опорная частота; R – коэффициент деления опорного делителя счётчика R .

Для минимизации уровня шума, вносимого делителем частоты, необходимо минимизировать число логических элементов, через которые проходит сигнал со входа счётчика до его выхода [4].

ИМПУЛЬСНО-ФАЗОВЫЙ ДЕТЕКТОР НА RS-ТРИГГЕРЕ

Основной задачей любого ФД является преобразование фазовой ошибки в управляющее напряжение постоянного тока. Реальный выходной сигнал любого ФД содержит полезную составляющую, пропорциональную разности фаз приходящих колебаний, а также высокочастотные составляющие, проявляющиеся в виде пульсаций частоты сравнения и подлежащие фильтрации. Спектр пульсаций определяет частота сравнения (дискретизации) в кольце ИФАП и её гармоники. В системах ИФАП с ДДПКД фильтрации и (или) компенсации подлежат также помехи дробности.

Рассмотрим статическую характеристику ИФД – его крутизну. Крутизна спускового ИФД, например, типа RS-триггера имеет диапазон регулирования от 0 до 2π и пилообразную характеристику (см. рис. 4). Наклон рабочего участка характеристики только одного знака – положительного или отрицательного, причём положительный наклон характеристики может быть изменён на отрица-

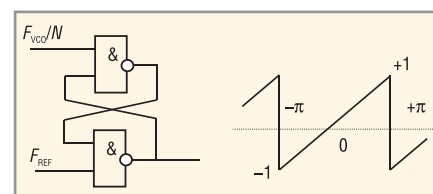


Рис. 4. ИФД на RS-триггере и его статическая характеристика

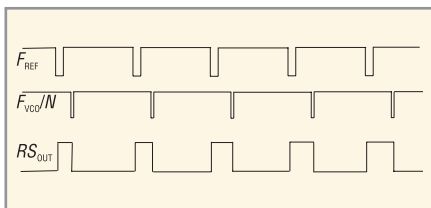


Рис. 5. Временные диаграммы работы ИФД на RS-триггере

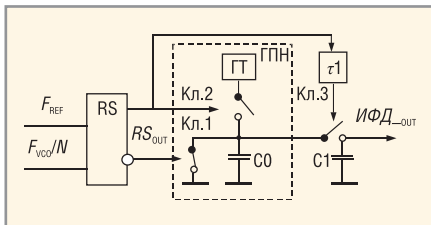


Рис. 6. Структурная схема ИФД «выборка-запоминание»

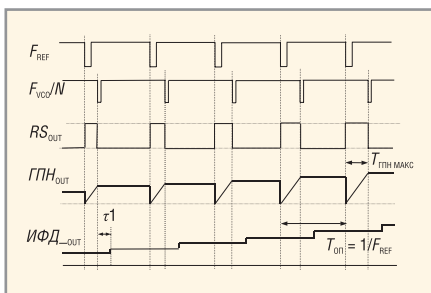


Рис. 7. Временные диаграммы работы ИФД «выборка-запоминание»

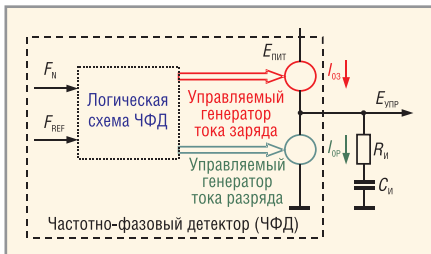


Рис. 8. ЧФД и изодромное звено кольца ИФАП

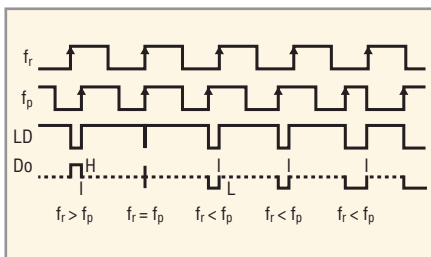


Рис. 9. Временные диаграммы работы ЧФД

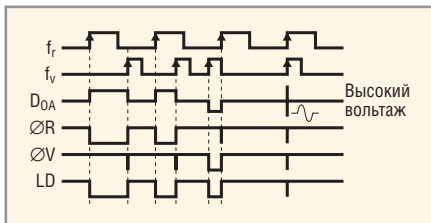


Рис. 10. Временные диаграммы для ЧФД, работающего по фронтам прямоугольных импульсов

тельный переключением входов или выходов триггера. Характеристика ИФД периодическая, с периодом 2π . Крутизна характеристики такого ИФД составляет $K_{ИФД} = 1/\pi$.

Уровень помех с частотой сравнения и её гармоник на выходе ИФД на RS-триггере наибольший при скажности импульсов на его выходе, близкой к 2 (см. рис. 5). Для фильтрации помех приходится использовать многозвенный петлевой ФНЧ, что требует тщательного расчёта набега фазы на частоту сравнения кольца ФАП для сохранения устойчивости его работы во всём диапазоне эксплуатационных воздействий [5, 6].

Импульсно-фазовый детектор «ВЫБОРКА-ЗАПОМИНАНИЕ»

ИФД типа «выборка-запоминание» (см. рис. 6) выполняют на основе RS-триггера, дополненного экстраполятором нулевого порядка (фиксирующей цепью нулевого порядка). Такое решение было применено в микросхеме MC145159 [7], а также в синтезаторах отечественных КВ-возбудителей ВК-74 и ВМРС.

Экстраполятор нулевого порядка является режекторным гребенчатым фильтром для частоты сравнения и её гармоник. Операторный коэффициент передачи такой цепи можно записать в виде:

$$G(s) = \frac{1 - \exp(-\tau s)}{s},$$

или в частотной области:

$$|G(j\omega)| = \tau \left| \frac{\sin(\omega\tau/2)}{(\omega\tau/2)} \right|.$$

При расчёте кольца ФАП следует учитывать набег фазы в экстраполяторе $\phi = (\omega\tau)/2$. Степень подавления помехи с частотой сравнения зависит прежде всего от соотношения емкостей C_0 , C_1 и ёмкости разомкнутого ключа Кл.3 (см. рис. 6). Как правило, ключ Кл.3 замыкают с задержкой относительно выключения второго ключа; значение задержки определяет длительность переходных процессов при переключении. Временные диаграммы схемы рис. 6 приведены на рисунке 7.

Частотно-фазовый детектор

Последние 20 лет широко применяют частотно-фазовые детекторы

(ЧФД). Это вызвано двумя связанными обстоятельствами. Во-первых, уровень помех, кратных частоте сравнения, на выходе таких ЧФД мал настолько, что в ряде случаев можно обойтись без многозвенного петлевого фильтра нижних частот. Во-вторых, временное рассогласование (фазовая ошибка) между импульсами опорного и приведённого колебаний на выходе таких детекторов также мало, что позволяет говорить о достижении в кольце ИФАП квазиастатизма.

Структурная схема ЧФД приведена на рисунке 8. Детектор состоит из логической схемы и двух управляемых генераторов тока – заряда I_{03} и разряда I_{0P} . Как правило, эти токи равны. К общему выходу генераторов тока подключено изодромное звено, обозначенное на рисунке 8 последовательным соединением резистора R_H и конденсатора C_H .

На рисунке 9 приведены временные диаграммы работы ЧФД при различных сочетаниях прихода одноименных фронтов импульсов опорного f_r (первая строка) и приведённого f_p (вторая строка) колебаний. Третья строка показывает форму сигнала на выходе детектора контроля синхронизма LD (Lock Detect). Обычно к выходу LD подсоединяют интегрирующее RC-звено для того, чтобы получить практически постоянное напряжение – лог. 0 или лог. 1. Напряжение $E_{УПР}$ на выходе изодромного звена ЧФД обозначено на рисунке 9 как D_0 .

При запаздывании импульса приведённой частоты ГУН относительно импульса опорного колебания на выходе ЧФД формируется положительный импульс, который после интегрирования ёмкостью изодромного звена увеличит постоянную составляющую $E_{УПР}$ и тем самым поведёт ГУН в сторону увеличения частоты. Управляющий ток соответствующей полярности заряжает или разряжает конденсатор изодромного звена таким образом, чтобы свести к нулю фазовую ошибку между импульсами опорного и приведённого колебаний. При равенстве времён прихода импульсов на выходе ЧФД будет наблюдаться «просечка», ширину которой будут определять задержки в логической схеме ЧФД, и т.д. (см. рис. 10).

В современных ЧФД приняты меры, обеспечивающие качественную «сшивку» двух половин пилообраз-

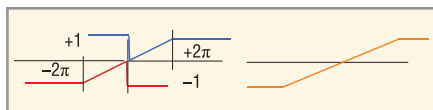


Рис. 11. «Сшивание» характеристики ЧФД

ной характеристики (см. рис. 11). При этом нелинейность характеристики в окрестностях нулевой точки практически отсутствует – из-за введения логической схемы сброса и выравнивания задержек (anti-backlash pulse width) в так называемых малощумящих ЧФД. Кроме того, отсутствует эффект «проскальзывания» в окрестностях точки сшиваия двух пилообразных характеристик ЧФД, т.е. в области нулевых фазовых расстройек (см. рис. 11). Крутизна ЧФД имеет в два раза меньшую величину, чем крутизна ИФД на RS-триггере $K_{\text{ЧФД}} = 1/(2\pi)$.

Полярность выходных импульсов ЧФД определяется знаком, а длительность, как и в обычном спусковом ИФД (RS-триггере), – разностью фаз (временным интервалом) между одноименными фронтами приходящих импульсов. В установившемся режиме длительность импульсов на выходе ЧФД приближается к нулю, но остаётся конечной величиной, определяемой внутренней задержкой логической схемы сброса. Этот режим является основным при использовании ЧФД в синтезаторах частот. При частотной ошибке в кольце ЧФД работает как частотный детектор с прямоугольной (релейной) характеристикой; величина напряжения на выходе ЧФД зависит от знака расстройки (большое при $F_N \leq F_{\text{REF}}$ и малое при $F_N \geq F_{\text{REF}}$), поэтому в квази-астиатической системе ИФАП с ЧФД полоса захвата практически равна полосе удержания.

На рисунке 12 приведена схема ЧФД, работающего по фронтам пря-

моугольных импульсов, который выполнен на триггерах D-типа. Дополняют цифровую часть ЧФД комбинентарные полевые транзисторы P1 и N1 с малыми токами управления и схемы подкачки (точнее, поддержания) заряда Charge Pump. Резистор R1 характеризует (и определяет) эквивалентное внутреннее сопротивление ЧФД в момент замыкания ключей генераторов тока, т.е. ток перезаряда изодромного звена R2C1.

Возможны четыре сочетания состояний ключей P1 и N1 (выходов D-триггеров Q1 и Q2):

- 11 – оба выхода находятся в состоянии лог. 1 и подключены через схему AND (U3) ко входам CLR обоих триггеров, при этом оба транзистора P1 и N1 схемы подкачки заряда Charge Pump открыты; это – нежелательный режим работы, поскольку через транзисторы P1 и N1 возможно протекание сквозных токов;
- 00 – при таком состоянии выходов Q1 и Q2 оба транзистора P1 и N1 закрыты и выход OUT схемы подкачки заряда Charge Pump разомкнут, т.е. имеет высокий импеданс; это – типовой режим сохранения заряда на ёмкости C1 и конденсаторах петлевого фильтра;
- 10 – при таком состоянии выходов Q транзистор P1 открыт, транзистор N1 закрыт и на выходе присутствует положительный потенциал источника питания, т.е. происходит заряд емкостей изодромного звена и петлевого ФНЧ;
- 01 – в этом случае транзистор P1 закрыт, транзистор N1 открыт и на выходе присутствует отрицательный потенциал источника питания; происходит разряд емкостей изодромного звена и петлевого ФНЧ.

Построение ЧФД с внешней цепью – изодромным звеном – позволяет в ре-

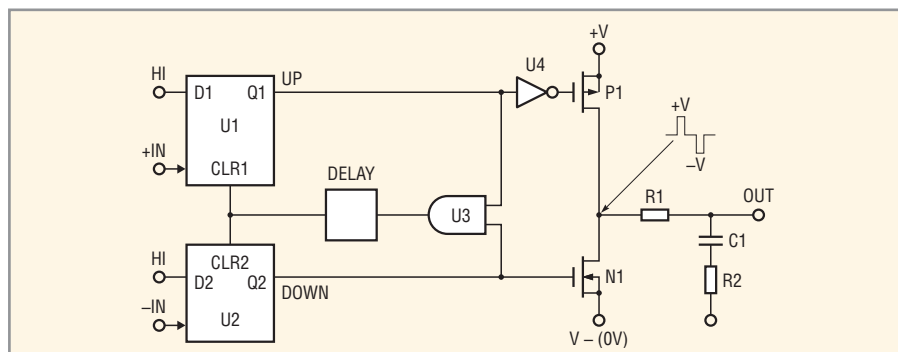


Рис. 12. Схема частотно-фазового (квазиастатического) детектора ЧФД на основе двух D-триггеров и выходного генератора тока на паре полевых транзисторов

DC/DC-преобразователи для жёстких условий эксплуатации

Диапазон рабочих температур от -40 до +100°C (основание корпуса)
Высокий показатель надёжности
Стойкость к внешним воздействующим факторам
Стандартный набор сервисных функций



JTA серия

10/15/20 Вт

- Небольшие габариты
- КПД до 84%
- Широкий диапазон входных напряжений: 9...36 и 18...75 В
- Одноканальные и двухканальные модели
- MTBF: 1 000 000 час (MIL-HDBK-217F)



ICH серия

50/75/100/150/200 Вт

- Гальваническая развязка вход-выход 1500 В (постоянное напряжение)
- КПД до 85%
- Диапазоны входных напряжений: 9...36, 18...75, 18...36 и 36...75 В
- Одноканальные и двухканальные модели
- Защита от короткого замыкания нагрузки длительного действия
- Экранированный с пяти сторон корпус
- MTBF: >1 000 000 час (MIL-HDBK-217F, при 25°C)



THE XPERTS IN POWER

Официальный дистрибьютор компании XP Power в России, странах СНГ и Балтии — компания ПРОСОФТ

PROSOFT®

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

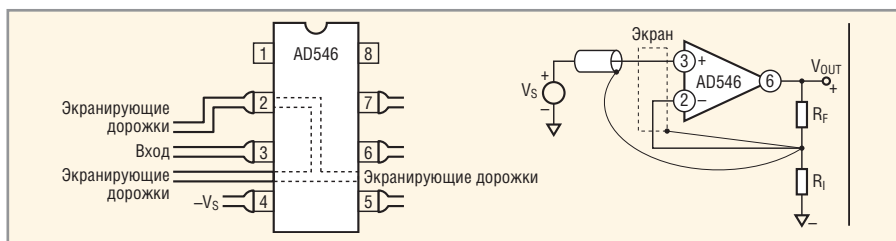


Рис. 13. Выходная характеристика схемы поддержания заряда Charge Pump ЧФД синтезатора ADF4106

жиме синхронизма обеспечить безусловную устойчивость кольца ФАП и достичь минимального временного рассогласования Δt между одноименными перепадами импульсов опорного колебания и приведённого колебания ГУН – не более единиц наносекунд. Оценить величину минимальной задержки Δt в ЧФД («цифровую» составляющую рассогласования) можно следующим образом. Максимальная частота переключения КМОП-триггеров составляет 200...300 МГц, чему соответствует задержка переключения 5...3,5 нс. Известно, что задержка переключения JK-триггера складывается из 4 или 5 задержек (зависит от схемотехнической реализации) логических элементов типа И-НЕ или аналогичных. У D-триггера задержка переключения складывается из 5 элементарных задержек. Следовательно, задержка элемента U3-DELAY на рисунке 12 может составлять чуть более 0,8...1 нс.

Сказанное означает, что на выходе фазового детектора фазовая ошибка $\Delta\phi = 2\pi\Delta t/T_0$, где $T_0 = 1/F_{\text{ОП}}$ – период сравнения в кольце ИФАП. Так, если частота сравнения в кольце $F_{\text{ОП}} = 200$ кГц (стандарт GSM), то $\Delta\phi$ не превысит $360^\circ \times 1 \text{ нс} / 5 \text{ мкс} = 0,072^\circ$.

Иными словами, в системе ИФАП наблюдается квазиастатизм по фазе. В кольце ИФАП с обычным ИФД типа RS-триггера или схемы «исключающее ИЛИ» фазовая ошибка принципиально изменяется по диапазону перестройки ГУН. Этот факт объясняется тем, что в статическом кольце ИФАП фазовая ошибка является функцией начальной расстройки приведённой частоты ГУН относительно частоты сравнения. Разумеется, утверждение о квазиастатизме справедливо в среднем, т.е. статистически. Кроме того, увеличение частоты сравнения в кольце ИФАП, например, до 10 МГц при прочих равных условиях приведёт к увеличению фазовой ошибки до $\Delta\phi = 360^\circ \times 1 \text{ нс} / 100 \text{ нс} = 3,6^\circ$. Поэтому

синтезаторы ИФАП с ЧФД называют квазиастатическими.

Сказанное поясняет только одну составляющую погрешности астазма – «цифровую». Не меньшее влияние может оказывать и «аналоговая» составляющая итоговой фазовой ошибки. Её определяет стабильность удержания накопленного заряда ёмкостью изодромного звена и конденсаторами петлевого фильтра. Заряд может стекать вследствие внутренних токов разряда конденсатора изодромного звена и конденсаторов петлевого фильтра (эффект «мерцания» ёмкости).

Поскольку ёмкость конденсатора изодромного звена значительно превышает суммарную ёмкость конденсаторов петлевого ФНЧ, при расчётах можно учитывать только ёмкость конденсатора изодромного звена. Утечка может происходить через закрытые переходы транзисторов P1 и N1 (см. рис. 12). Растекание заряда может происходить по печатной плате, особенно при повышенной влажности и температуре. Наконец, утечка может быть следствием конечного сопротивления нагрузки изодромного звена.

Например, если к изодромному звену непосредственно подключен вход управления ГУН (варикап), то в зависимости от величины управляющего (запирающего) напряжения на варикапе ток через него будет различным по диапазону перестройки ГУН; в начале диапазона перестройки ГУН ток утечки будет максимальным. Поэтому целесообразно отделять изодромное звено от последующего ФНЧ и нагрузки посредством повторителя на операционном усилителе с малым уровнем токового шума. Для такой цели прекрасно подходит, например, ИОУ типа AD820 с типичным значением входного тока 2 пА и $i_{\text{ШВХ}} < 0,8 \text{ фА}(\text{Гц})^{-0,5}$, $e_{\text{Ш}} < 2 \text{ мкВ}$ (размах), или AD8620 с типичным значением входного тока 2 пА и $i_{\text{ШВХ}} < 5 \text{ фА}(\text{Гц})^{-0,5}$, $e_{\text{Ш}} < 1,8 \text{ мкВ}$ (размах).

Следует сказать несколько слов о выходной характеристике схемы поддержания заряда (Charge Pump) ЧФД, которая приведена на рисунке 13. Так, при питании ЧФД от источника 5 В рабочий участок выходной характеристики расположен в диапазоне значений 0,25...4,75 В. Например, необходимо обеспечить диапазон перестройки в кольце ИФАП от 900 до 2100 МГц (ГУН ROS-2150VW). Тогда требуемый размах управляющего напряжения $E_{\text{УПР}} = 0,5...2,2 \text{ В}$ и минимально необходимый коэффициент передачи буферного усилителя составит $K_{\text{УПТ}} \geq 4,6$. В нижней части диапазона при таком коэффициенте передачи управляющее напряжение будет иметь величину $1,15 \text{ В} > 0,5 \text{ В}$. Это потребует или уменьшения $K_{\text{УПТ}}$, или усложнения схемы управления частотой ГУН.

Например, можно использовать напряжение «подставки» от дополнительного малоразрядного ЦАП, управляемого кодом установки выходной частоты. Напряжение «подставки» и управляющее напряжение с выхода ЧФД суммируют и подают на вход управления ГУН. Такое решение позволяет уменьшить усиление шумов (помех) с выхода ЧФД, что уменьшает итоговый уровень шумов в ближней зоне ГУН.

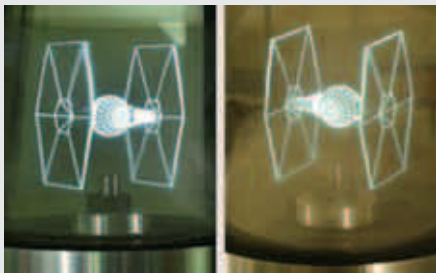
Знание основ теории ФАП, владение основами метода частотного анализа систем автоматического регулирования и наличие набора параметров типовых звеньев позволяет анализировать фильтрующие свойства кольца и проводить его оценочный расчёт с точки зрения фильтрации помех, воздействующих на систему синтеза частот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыжков А.В., Попов В.Н. Синтезаторы частот в технике радиосвязи. Радио и связь, 1991.
2. Манассевич В. Синтезаторы частот (Теория и проектирование). Связь, 1979.
3. www.analog.com.
4. Зарецкий М.М., Мовшович М.Е. Синтезаторы частоты с кольцом фазовой автоподстройки. Энергия, 1974.
5. Макаров И.М., Менский Б.М. Линейные автоматические системы. Машиностроение, 1977.
6. Куропаткин П.В. Теория автоматического управления. Высшая школа, 1973.
7. www.motorola.com.

Создан трёхмерный голографический дисплей

Команда исследователей из Университета Южной Калифорнии (University of Southern California) сообщает о разработке голографического дисплея, способного воспроизводить наиболее реалистичную на сегодняшний день 3D-картинку. Созданная установка воспроизводит полностью трёхмерную голограмму (при наблюдении в горизонтальной плоскости), которую можно обозревать с любой стороны.



В состав «голографического дисплея» входят: быстро вращающееся зеркало, покрытое анизотропным голографическим диффузором; FPGA-микроконтроллер, отвечающий за декодирование видеосигнала, передаваемого посредством стандартного DVI-дисплея; высокоскоростной видеопроектор и обычный персональный компьютер. В качестве графической подсистемы компьютера выступила единственная видеокарта NVIDIA GeForce 8800. При этом разработчики отмечают, что их решение позволяет видеть трёхмерную картинку, не используя специальных очков, с любой точки и неограниченному количеству зрителей.

Характеристики получаемой картинки:

- частота обновления: 15...20 Гц;
- разрешение: 768 × 768 пикселей;
- «угловое» разрешение: 1,25°;
- диаметр изображения: 13 см;
- скорость вращения экрана: 900...1200 об./мин;
- количество отображаемых цветов: 2;
- интерфейс передачи данных: стандартный DVI.

За формирование трёхмерной картинки отвечает видеокарта GeForce 8800, создающая более 5000 изображений трёхмерного объекта в секунду. Изображения проецируются на быстро вращающееся зеркало при помощи высокоскоростной проекционной системы. Здесь же необходимо отметить разработку исследователями специального MCOP-алгоритма, который обеспечивает корректное отображение картинки, независимо от места расположения наблюдателя и его расстояния до голографического дисплея.

Уникальная система уже демонстрировалась публике, причём в качестве «экспоната» был выбран космический корабль из фильма Star Wars. В данный момент исследователи заняты работой над улучшением системы – повышением качества голограммы, реализацией возможности формирования правильного изображения при изменении положения точки наблюдения в вертикальной плоскости и пр.

dailytech.com

OEL-панель толщиной в 0,25 мм от Samsung

На международной конференции по изготовлению экранов (IMID) в Тэгу (Taegu) компания Samsung представила свою последнюю разработку – ультратонкую OEL-панель толщиной всего в 0,25 мм. Этот показатель включает в себя толщину как самой панели, так и преломляющей пластины. Такой толщины удалось достичь благодаря использованию 0,05-мм стеклянной подложки, которая тоньше фотоплёнки.



Опытный образец 4" OEL-панели поддерживает разрешение 480 × 272. Благодаря своей тонкости, панель сгибается, и именно в изогнутом состоянии она и была представлена на конференции. Согласно официальным данным, пробный образец панели воспроизводит 16,7 млн. цветовых оттенков, охватывает 100% цветового диапазона согласно национальному телевизионному стандарту (NTSC), характеризуется яркостью 200 кд/м², контрастностью 1000 : 1 и продолжительностью работы 20 000 ч.

Также компания разработала и представила 2,4" QVGA-панель, использующую всё ту же 0,05-мм подложку. Известно, что толщина 2,4" QVGA-панели составляет 0,37 мм вместе с модульным блоком. Согласно заявлениям компании, панель способна передавать 260 000 цветовых оттенков, 100% цветового диапазона, обладает яркостью 200 кд/м², степень контрастности составляет 10 000 : 1, продолжительность работы – 25 000 ч.

Для обоих типов ЖК-подложек используются полисиликоновые жидкие кристаллы, имеющие низкую цветовую температуру, и органические электролюминисцентные

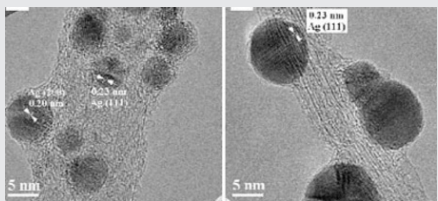
устройства (OLE), которые изготавливаются из низкомолекулярных материалов.

techon.nikkeibp.co.jp

Учёные научились создавать нанокompозитные материалы

Как всем известно, композитные материалы обладают такими уникальными свойствами, которыми не могут похвастать их отдельные составляющие. Оказывается, аналогичное «поведение» характерно и в случае наноструктур, – сообщают исследователи из Университета Висконсина-Миллуоки (University of Wisconsin-Milwaukee). Так, профессор Юнь-йонг Чен (Junhong Chen) и помогающий ему студент того же заведения Гань-уа Ли (Ganhua Lu) изучали возможность осаждения на углеродные нанотрубки наночастиц серебра. В данном случае, организуя структуру «нанотрубки-наночастицы», можно получать материал с необходимыми свойствами: проводник, полупроводник или изолятор, причём заранее зная конечные свойства структуры.

Важным достижением исследователей является и разработка метода получения композитного материала путём осаждения наночастиц на углеродные трубки из газовой фазы. Это значительно упрощает процесс создания нужной структуры, а главное, позволяет контролировать плотность размещения и распределение осажённых частиц путём изменения электрического поля, в которое помещены оба компонента. В результате исследователям предоставляется возможность контроля свойств конечного материала «нанотрубки-наночастицы».



Подобные структуры, обладающие уникальными свойствами, можно будет использовать в самых различных областях, начиная от создания более эффективных сенсоров, солнечных батарей, волноводов, заканчивая изготовлением нанoeлектронных устройств и применением в только развивающейся области науки – спинтронике. Как надеются учёные из Университета Висконсина-Миллуоки, их разработка даст импульс для новых открытий и достижений уже в области нанoeлектроники.

physorg.com

Сибирский форум информационных технологий и телекоммуникаций-2007

20 сентября 2007 года на «Сибирской Ярмарке» завершил работу Сибирский форум информационных технологий и телекоммуникаций-2007, закончилась первая за Уралом Выставка компьютерных игр и игровых приставок.

Более 160 компаний России и дальнего зарубежья приняли участие в Сибирском форуме информационных технологий и коммуникаций-2007. Это крупнейшие производители и поставщики оборудования, систем связи, защитного компьютерного оборудования, подвижных радионавигационных и стационарных телеметрических радиосетей, спутниковых антенн, изделий для телекоммуникаций: услуг по эфирной и спутниковой трансляции TV- и RV-программ.

Официальную поддержку проекту оказали ТПП РФ, администрация Новосибирской области, мэрия Новосибирска.

В географии экспозиции было представлено 22 города, в том числе – Москва, Санкт-Петербург, Королёв, Красноярск, Минск, Новосибирск, Воронеж, Жуковский, Нижний Новгород, Томск, Омск, Орёл. В экспозиции демонстрировалась продукция 12 стран – России, Германии, Франции, Израиля, США, Португалии, Испании, Греции, Японии, Южной Кореи, Дании, Швейцарии.

Сибирский форум информационных технологий-2007 объединил три выставки.

В экспозиции «Сибсвязь. Сибкомпьютер. Сибинтернет» наиболее широко было представлено телекоммуникационное сетевое оборудование (в том числе для построения Ehternet и DSL-сетей) таких производителей, как Cisco Systems, Avaya, 3COM, LG-NORTEL. На выставке демонстрировались системы мониторинга сетей связи, анализаторы, сопутствующие компоненты – волоконно-оптические кабели различных типов, расходные материалы.

Магистральные операторы, интернет-провайдеры («Зап-СибТра-

нстелеком», «Ростелеком», «Сибирь-телеком») заявили о новых линейках и видах оказываемых услуг, провели презентацию целевых пакетов телекоммуникационных услуг по построению связи для различных категорий пользователей (сегменты: корпоративный, малый и средний бизнес, розничный). В экспозиции были представлены аппаратно-программные средства защиты информации в коммуникационных сетях, решения по построению и сервисному обслуживанию систем различных категорий сложности, в том числе в сфере связи и безопасности, инженеринговые системы.

На стендах выставки «Электронсиб» демонстрировались линейки электронных компонентов и печатных плат (Analog Devices, Traco Power, Bourns, Atmel, Clare, Honeywell, Electronicon), радиотехническая, электротехническая продукция, полупроводниковые устройства, контрольно-измерительные приборы и тестовое оборудование.

Тематика выставки «Сибирь-Телерадиовещание» позволила участникам максимально полно представить весь спектр возможностей отрасли: технологии, пакеты услуг и сервисов по кабельному и спутниковому телевидению, широкополосным телекоммуникациям.

В рамках деловой программы форума прошли круглые столы, конференции, презентационно-обучающие семинары.

На конференции «Состояние, пути и проблемы внедрения цифрового ТВ в России» были обозначены возможные сроки перехода на цифровое вещание, проанализирован опыт других регионов и предложена примерная схема модерни-

зации и технического переоснащения.

Целый блок программы был посвящён комплексным решениям по системам связи, сетевым решениям, услугам TriplePlay, а также презентации нового оборудования: рефлексометра Yokogawa AQ7220, новинок от Fujikura.

Семинар, посвящённый системе «Умный дом», провела московская компания ANS Group.

В рамках форума прошла Первая выставка компьютерных игр и игровых приставок, состоялся Чемпионат по киберспорту.

Проект направлен на стимулирование российского рынка игровой индустрии и сопутствующего программного обеспечения, популяризацию лицензионной продукции, развитие образовательных проектов на интерактивной основе.

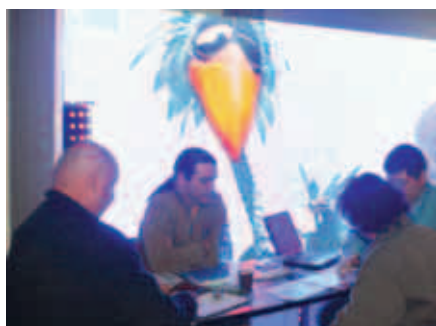
На выставке разработчики демонстрировали последние версии компьютерных игр, выпуск которых запланирован на осень 2007 г., – финальную сборку игр «ДЖАЗ», «Глюк Oza: Action!», рабочую версию игры «Xenus 2: Белое Золото». Посетителям предлагалось пройти несколько уровней анонсированных игр, оценить в действии тренажёры-симуляторы и принять участие в трёхдневном Чемпионате по киберспорту, организаторами которого выступили ВО «Сибирская Ярмарка», ИЦ «Кибернет».

На выставке компания «Руссобит-М» представила аналитический прогноз «Особенности рынка мультимедиа 2007–2008 гг.». По инициативе Института систем информатики имени А.П. Ершова был проведён семинар «Развитие творческих способностей школьников и студентов». Мастер-класс «Обучение программированию в процессе создания компьютерной игры» провёл Попов Л.К., заведующий кафедрой информатики ВКИ НГУ.

Завершился форум подведением итогов и награждением победителей конкурса «Золотая медаль Сибирской Ярмарки».

EuroDISPLAY-2007

С 18 по 20 сентября в Москве в ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне проходила специализированная выставка дисплеев и дисплейных систем EuroDISPLAY-2007, организованная компанией «ЧипЭКСПО» при участии и поддержке Российского отделения Международного дисплейного общества (SID), Федерального агентства по промышленности (Роспром) и Российской инженерной академии.

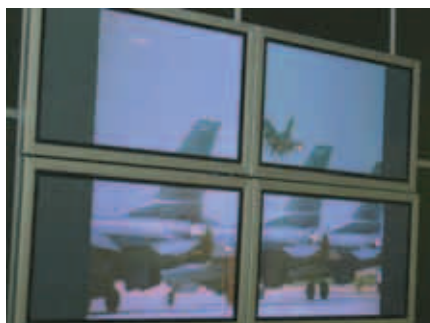


Это первое отечественное мероприятие столь представительного класса, которое стало преемником европейской традиции проведения выставок данной тематики (событие проходит раз в два года в разных городах Европы). В рамках выставки демонстрировались передовые дисплейные технологии, компоненты и решения для промышленности, транспорта, оборонного комплекса, рекламной индустрии и городской инфраструктуры. Ведущие производители и разработчики представили светодиодные экраны, ЖК-, TF-, OLED-, плазменные дисплеи, информационные табло, бегущие строки, видеостены, лазерные и проекционные технологии визуа-



лизации, электронные декоративные подсветки.

В выставке приняли участие 70 успешных отечественных и зару-



бежных предприятий. Работу выставки освещали 54 СМИ.

Выставочную экспозицию дополнила деловая программа из интересных и практически значимых круглых столов, конференций и семинаров, подготовленная Российским отделением SID. Темы программы выставки отражали интересы основных групп специалистов. Конференция «Передовые компоненты и технологии в средствах отображения информации» привлекла внимание разработчи-



ков, научных организаций и профильной прессы. Специалистов крупных объектов городской инфраструктуры (торговые центры, гостиницы, аэропорты, вокзалы, развлекательные центры, концертные залы) привлекла конференция «Современные средства отображения для бизнеса и деловой инфраструктуры». На круглом столе «Системы отображения: инновационный инструмент образования XXI века», организованном при поддержке компании Polymedia, обсуждались особенности использования современного аудиовизуального оборудования в образовательном процессе. Эта тематика становится особенно актуальной в рамках работ по национальному проекту «Образование». Специалистов ВПК, авиастроения, транспортной от-

расли и промышленности собрал семинар «Средства отображения для жёстких условий эксплуатации и специального назначения», ориентированный на российские особенности.

За 3 дня работы выставку и мероприятия деловой программы посетило около 4000 специалистов. Московский регион представил более половины всех посетителей. Меропри-



тие привлекло серьёзное внимание специалистов из Центральной России, Северо-Западного региона, Урала, Поволжья, Белоруссии и Украины. По должностному составу 37% гостей представляли техническое руководство предприятий, 22% – технические специалисты, 27% – руководители предприятий и их заместители.

Выставка EuroDISPLAY-2007 подтвердила статус ведущего европейского смотра средств визуализации для промышленных и коммерческих применений.



4-я Международная выставка «Силовая электроника»

24-26 октября 2007 г. в Конгресс-центре ЦМТ в Москве пройдет 4-я Международная специализированная выставка «Силовая электроника». Организатор – выставочная компания «Примэкспо», официальный партнёр ITE Group Plc.

Целей и задач у столь знакового для российской промышленности мероприятия много. Однако среди приоритетных стоит отметить: обеспечение деловой кооперации специалистов внутри отрасли, создание международных связей, контактов разработчиков и производителей оборудования с потенциальными потребителями, а также привлечение внимания к новейшим конструкторским разработкам.

Силовая электроника сегодня – это интенсивно развивающееся направление, без которого немыслима ни одна сфера экономики – от оборонного комплекса страны до приборостроения, тяжелого машиностроения и светотехники. Познакомить специалистов с новыми технологиями и

достижениями отрасли и призвана международная выставка «Силовая электроника».

В 2006 г. проект «Силовая электроника» привлёк более 7800 посетителей. Свою продукцию продемонстрировали более 100 компаний из 11 стран мира.

В выставке «Силовая электроника» 2007 принимают участие как крупнейшие бренды-производители (Mitsubishi Electric, Epcos, Semelab Plc, Infineon Technologies, Semikron), так и ведущие отечественные дистрибьюторы. Российские производители продемонстрируют свою продукцию на коллективном стенде радиоэлектронного комплекса России. Кроме того, в этом году впервые на форуме будет представлена Ассоциация

«Электропитание» – объединение разработчиков, изготовителей и потребителей средств электропитания.

За время работы выставки с продукцией участников смогут познакомиться около 10 тыс. специалистов. Среди наших посетителей – разработчики военно-промышленного комплекса, авиастроения и аэрокосмической промышленности, автомобилестроения, электротранспорта, нефтегазовой и горно-добывающей отрасли, приборостроения, тяжёлого машиностроения, энергетики и электротехники и др. О значимости проекта говорит и тот факт, что выставку ежегодно поддерживают Министерство образования и науки РФ, Федеральное агентство по промышленности, Федеральный фонд развития электронной техники, ОАО «Российская Электроника».

Отличается выставка и своей насыщенной деловой программой: это и научные конференции, и деловые встречи, и пресс-конференции ведущих мировых производителей.

Новости мира News of the World Новости мира

iSuppli: AMD отвоёвывает рынок микропроцессоров

Согласно данным аналитического агентства iSuppli, по итогам второго квартала 2007 г. рыночная доля микропроцессоров AMD выросла на 2,5% и составляет на данный момент 13,4%. Ведущим производителем микропроцессоров и, как следствие, обладателем самой большой рыночной доли в 78,8% остается компания Intel, которая всё же потеряла 2% рынка по сравнению с предыдущим кварталом.

Приведённые выше цифры значительно разнятся с предварительными прогнозами на 0,5-процентное повышение рыночной доли обоих конкурентов, сделанное в июле 2007 г. Удачный второй квартал положил конец снижению рыночной доли компании AMD на фоне снижающегося удельного веса процессоров третьих фирм, причём суммарная доля последних составляет 7,8%.

На данный момент рынок микропроцессоров подвержен очень сильному ценовому давлению, которое началось примерно со времени выпуска компанией Intel новой продуктовой линейки процессоров Core 2 Duo. Ценовое давление особенно сильно в сегментах бюджетных процессоров, как для настольных, так и для мобильных систем, – отмечают аналитики iSuppli.

isuppli.com

in-Stat: CMOS-сенсоры доминируют над CCD-сенсорами

Конкуренция наблюдается не только между двумя наиболее распространёнными типами сенсоров, но и между аналитическими компаниями, оценивающими этот рынок. Не так давно опубликованный отчёт IC Insights рисует мрачную картину для CMOS, называя первое полугодие 2007 «катастрофой»

для производителей этого типа сенсоров – из-за того, что многие производители камерофонов отозвали свои заказы. Совсем иначе подаётся текущая ситуация в отчёте In-Stat: по сведениям этой компании, CMOS-сенсоры уверенно доминируют на данном рынке над CCD-матрицами, занимая более 75% от общего объёма отгрузок.

Высокий уровень востребованности CMOS-сенсорам обеспечивают, в первую очередь, мобильные телефоны со встроенными цифровыми камерами. Преимущественной областью применения CCD-матриц остаются цифровые фотоаппараты, камеры видеонаблюдения и камкордеры. Однако и здесь можно найти исключения из общих тенденций – так, например, Canon широко применяет CMOS-сенсоры собственного производства в линейке своих цифровых зеркальных камер.

eetasia.com

«РАДЭЛ» и «Автоматизация» в Санкт-Петербурге: лучшие условия продвижения продукции на Северо-Западе

20-23 ноября 2007 г. в Санкт-Петербурге в Петербургском СКК проходят крупнейшие в Северо-Западном регионе международные специализированные выставки «Радиоэлектроника и приборостроение (РАДЭЛ)» и «Автоматизация».

В 2006 г. две хорошо известные выставки впервые проводились в рамках Международного промышленного форума «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация – 2006». По данным официального аудита, выставки собрали 280 участников и 8620 посетителей. В 2007 г. планируется участие 300 компаний, заметно возросло количество иностранных экспонентов. Организаторы – компания ЗАО «ФАРЭКСПО» и ООО «ТехноКом».

«РАДЭЛ» и «Автоматизация» – это представительные специализированные выставки, известные практически всем специалистам отрасли во всех регионах России. Среди гостей выставки всегда много инженеров и разработчиков, интересующихся новинками, ищущих живого общения с инженерами компаний-дистрибьюторов.

Форум «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация» – мероприятие международного масштаба.

В выставках принимают участие компании из России, Германии, Финляндии, Польши, Чехии, США, Австрии, Австралии, Тайваня, Китая, Беларуси.

Традиционные участники выставки «РАДЭЛ» – это российские производители источников питания и поставщики радиоизмерительного оборудования, электронных компонентов, комплектующих, печатных плат и приборов.

На выставке широко представлено оборудование, необходимое для различного рода сборок и монтажа печатных плат, паяльные, лазерные технологии. Акценты выставки всё больше смещаются в сторону новых достижений и технологий в сфере электроники.

Международный промышленный форум
РАДИОЭЛЕКТРОНИКА . ПРИБОРОСТРОЕНИЕ . АВТОМАТИЗАЦИЯ

КРУПНЕЙШАЯ на Северо-Западе

VII международная специализированная выставка
**РАДИОЭЛЕКТРОНИКА
И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ**

RADEL'07

20-23
ноября
2007

Санкт-Петербург
Петербургский СКК

- ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
- КОМПЛЕКТУЮЩИЕ
- ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ
- МАТЕРИАЛЫ
- КОНСТРУКТИВЫ
- ТЕХНОЛОГИИ
- ОБОРУДОВАНИЕ
- ПРИБОРЫ

Все контакты: 18121 710 35-37, e-mail: radel@articon.com, www.faradexpo.com

Logos: DIAL, ЮЕ-Интернейшнл, MT system, OSTEK, Компэл, DIPOL, RCM, VITAL-IC, and others.