НОВОСТИ ЭЛЕКТРОНИКИ

№16 (42), 2007 г.

Информационно-технический журнал.

Учредитель – ЗАО «КОМПЭЛ»

Издается с 2005 г.

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-19835

Редактор:
Геннадий Каневский
vesti@compel.ru
Помощник редактора:
Анна Кузьмина

Редакционная коллегия:
Юрий Гончаров
Алексей Гуторов
Игорь Зайцев
Евгений Звонарев
Сергей Кривандин
Александр Райхман
Борис Рудяк
Игорь Таранков
Илья Фурман

Дизайн, графика, верстка:
Елена Георгадзе
Владимир Писанко
Евгений Торочков

Распространение:
Анна Кузьмина

Электронная подписка:
www.compel.ru/subscribe

Отпечатано:
«Гран При»
г. Рыбинск

Тираж – 1500 экз.
© «Новости электроники»
Подписано в печать:
15 ноября 2007 г.

СОДЕРЖАНИЕ

КОМПОНЕНТЫ

АНАЛОГОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ

TPS6108x: повышающий преобразователь с широким спектром применения (Texas Instruments)
Джефф Фалин 3

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

Семейство QE – первая точка стыковки 8- и 32-битных микроконтроллеров (Freescale Semiconductor)
Алексей Пантелейчук 6

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Организация электропитания в платежном терминале (Mean Well)
Валерий Акшаев, Сергей Кривандин 9

БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ZigBee-модули XBee Series 2 с поддержкой Mesh-топологии (MaxStream)
Олег Пушкарев 12

СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Микросхемы нового поколения для управления энергосберегающими источниками света (International Rectifier)
Владимир Башкиров 17

ДАТЧИКИ

Датчики давления Freescale Semiconductor
Андрей Еманов 21

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

Влияние частотных свойств коэффициента усиления, сдвига входного напряжения и шумов прецизионного ОУ на точность аналогово-цифрового преобразования (National Semiconductor)
Дмитрий Василенко 25

СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

Отладочные средства для популярных микроконтроллеров с архитектурой ARM
Андрей Панисько, Петр Перевозчиков 28

ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

СТРАНИЦА ГЕОРГИЯ КЕЛЛА

Роберт Видлар: путь электронщика 31

ОТ РЕДАКТОРА

Уважаемые читатели!

В просматриваемой мной новостной ленте по теме «Электроника» встретились два сообщения. Одно из них в воодушевленном тоне повествует о принятии Правительственной комиссией под председательством Первого вице-премьера Дмитрия Медведева Концепции развития телерадиовещания в России на 2008-2015 годы. Наиболее интересна для разработчиков электроники та часть Концепции, которая касается перехода на цифровое вещание. Это позволит России, как сказано в документе, «войти в мировое информационное пространство при сохранении национальных традиций». При этом министр информационных технологий и связи Леонид Рейман отметил, что при техническом перевооружении телевидения будет делаться акцент на российских производителях.

И тут самое время вспомнить другое, не столь обнадеживающее, сообщение, прошедшее в начале октября. Крупнейший российский производитель электроники, дочерняя структура АФК «Система», концерн «Ситроникс» объявил о переводе производства приставок для приема цифрового телевизионного сигнала, оборудования для сотовых сетей стандарта CDMA и навигационных приемников системы Глонасс-М на юг Китая, на приобретенные производственные площадки китайской компании ZTE. В качестве основной причины этого шага представитель концерна назвал то, что в Китае новое предприятие на пять лет освобождается от налога на прибыль, подоходного налога и иных сборов. В России же, к сожалению, существующая налоговая система сильнее всего бьет именно по новым и высокотехнологичным производствам.

В одной из недавних редакционных заметок я писал об обращении к органам государственной власти России по поводу отмены налога на импорт электронных компонентов и комплектующих, принятом недавно образованной Ассоциацией российских производителей электронной аппаратуры и приборов. Кажется, пришло время разработчикам электроники выступить с инициативой о пересмотре налоговой политики государства по отношению к наукоемким и высокотехнологичным отраслям.

Иначе принимаемые государственные программы так и будут в дальнейшем опираться на китайскую рабочую силу.

С уважением,
Геннадий Каневский

Джефф Фалин

TPS6108X: ПОВЫШАЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ШИРОКИМ СПЕКТРОМ ПРИМЕНЕНИЯ

*Повышающие преобразователи напряжения **TPS61080** и **TPS61081** благодаря многочисленным интегрированным функциям и развитым схемам защиты можно применять в самых разнообразных областях, среди которых – промышленная автоматика, медицинская электроника, телекоммуникации. Особенно хорошо они приспособлены для питания светодиодных дисплеев и их подсветки. В статье инженера компании **Texas Instruments** подробно рассмотрены особенности этих преобразователей и схемы их включения.*

Компания Texas Instruments представила высокоинтегрированные повышающие преобразователи напряжения **TPS61080** и **TPS61081** с регулируемым выходом. Уровень их выходного напряжения достигает 27 В при входном напряжении от 2,7 В. Различие между двумя моделями заключается в разных значениях тока ограничения для встроенных силовых ключей (0,5 А и 1,3 А, соответственно). Повышающие преобразователи TPS6108x построены по традиционной схеме с токовым управлением и с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) постоянной частоты для снижения шумов. Значение частоты переключения можно выбирать: 600 кГц для пониженного КПД или 1,2 МГц для внешних компонентов. На базе этих микросхем, имеющих компенсацию обратной связи, встроенные силовые ключи и высокочастотную ШИМ, и выпускаемых в корпусе QFN размером 3x3 мм, можно создать миниатюрный повышающий преобразователь для самых разнообразных применений. Примером может служить промышленное питание 12 В или 24 В от исходной шины 3,3 В или 5 В. Среди других свойств преобразователей – высокий КПД, регулируемое опорное напряжение и резервные схемы защиты. Все это делает TPS6108x идеальным повышающим преобразователем для применения в портативных приложениях с питанием от Li-Ion-элемента 3,6 В. Преобразователи также обеспечивают более высокое напряжение питания для таких приложений, как TFT-/LCD-дисплеи, дисплеи на органических светодиодах OLED, белые светодиоды подсветки и фотовспышки.

Питание дисплеев

На рис. 1 показана основанная на преобразователе типовая повышающая схема, которая обеспечивает регулируемое выходное напряжение. Поскольку для питания каждого столбца дисплея на пассивной матрице (PMOLED) необходимо 20 В и 100 мА, ток ограничения ключей 1,3 А обуславливает выбор TPS61081. Если используется дисплей на активной матрице (AMOLED), для питания столбца которого необходимо менее 10 В и всего лишь десятки мА, больше подойдет TPS61080 с током ограничения ключей 0,5 А. В любом случае низкое сопротивление RDS(on) встроенных ключей и выбор частоты переключения обеспечивают оптимальный КПД источника питания. На рис. 2 показаны значения КПД для выходного напряжения 12 В при использовании Li-Ion батареи питания 3,6 В в качестве источника входного напряжения.

Для питания затворов драйверов TFT-/LCD-дисплея с активной матрицей или OLED-дисплея, высоковольтная шина должна быть способна реагировать на быстрые переходные процессы. Преобразователь TPS61080 имеет режим токового управления и режим

TI представила самый быстрый DSP в мире

Компания Texas Instruments объявила о расширении модельной линейки цифровых сигнальных процессоров (DSP), пополнив ее двумя новыми моделями: недорогим и производительным **TMS320C6452** и самым быстрым одноядерным DSP в мире – **TMS320C6455,** работающим на частоте 1,2 ГГц.

900-мегагерцовый C6452 произведен на базе усовершенствованного ядра TMS320C64x+ и имеет вдвое больший объем кэш-памяти L1 и на 40% процентов больший объем кэш-памяти L2, чем у его предшественника C6415T. Процессор C6452 также содержит два гигабитных порта Ethernet и один гигабитный коммутатор. Кроме того, устройство оборудовано портом телекоммуникационного последовательного интерфейса (TSIP, Telecom Serial Interface Port), обеспечивающим непрерывный доступ к общим последовательным потокам данных.

По результатам сравнительного анализа производительности, проведенного компанией Berkeley Design Technology, Inc. (BDTI), модель C6455 опередила все остальные одноядерные программируемые DSP по быстродействию, набрав 13170 баллов в BDTImark2000. C6455 объединяет на одном устройстве интегрированные периферийные устройства с высокой пропускной способностью (гигабитный Ethernet MAC), быстрый последовательный порт ввода-вывода Serial RapidIO (sRIO) и увеличенный объем памяти (2 МБ кэш-памяти L2). 1,2-гигагерцовый C6455 поставляется по цене 1-мегагерцового предшественника, что обеспечивает заметное увеличение производительности без необходимости дополнительных затрат.

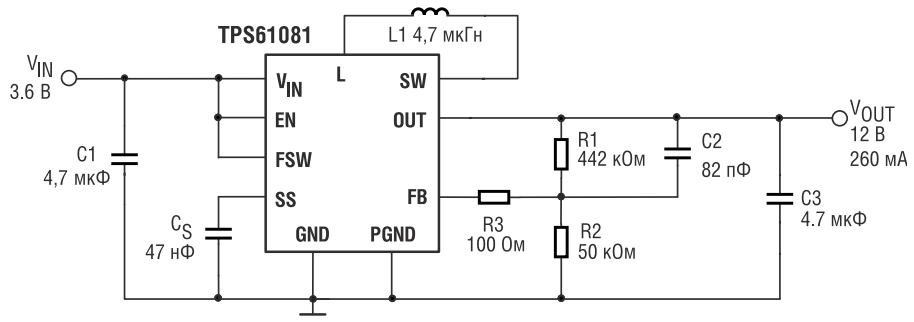


Рис. 1. **Типовое включение TPS6108x для получения Vвых. = 12 В**

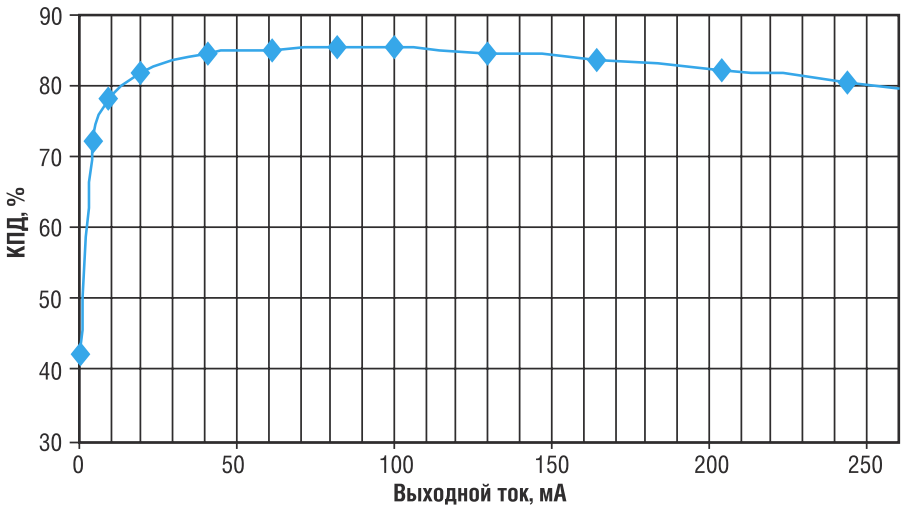


Рис. 2. **Зависимость КПД от выходного тока при входном напряжении 3,6 В**

оптимизированной внутренней компенсации, он способен работать на частоте 1,2 МГц с индуктивностью 4,7 мкГн, что идеально для быстрого отклика. На рис. 3 показан отклик на переходной процесс микросхемы TPS61080, подключенной, как показано на рис. 1, но с добавлением выходной емкости 4,7 мкФ.

Драйвер белых светодиодов подсветки дисплея

Как показано на рис. 4, большинство повышающих преобразователей можно использовать для питания белых светодиодов подсветки, если цепи обратной связи по напряжению заменить на ряды белых светодиодов и последовательно включенных токочувствительных резисторов R3. Преобразователи TPS6108x могут быть использованы в качестве драйверов нескольких параллельных линеек последовательно включенных белых светодиодов, используемых для подсветки больших дисплеев.

Напряжение в токочувствительном резисторе отводится в цепь ОС для обеспечения регулировки. По традиции в повышающих преобразователях используется напряжение ОС 1,2 В; таким образом, рассеиваемая на R3 мощность составляет $P_{LOST} = I_{WLED}^2 \times R3 = 1{,}2\ В \times I_{WLED}$. Преобразователи TPS6108x имеют вывод SS для регулируемого «мягкого» пуска в приложениях, где реализовано управление повышенным напряжением. SS также может быть использован для понижения опорного напряжения на выводе FB и для снижения мощности, рассеиваемой на токочувствительном резисторе в приложениях с токовым управлением, где применяются белые светодиоды. Снизить значение опорного напряжения на выводе FB можно, включив между выводом SS и землей резистор R1. Опорное напряжение равно произведению сопротивления R1 и тока смещения SS, типовое значение которого I_{SS} = 5 мкА. Это дает для тока белого светодиода:

$$I_{WLED} = I_{SS} \times R1/R3$$

Второй резистор R2, включенный последовательно с полевым транзистором (FET) и Q1 и параллельно с R1, обеспечивает аналоговое ослабление яркости светодиодов путем снижения регулируемого напряжения вывода FB на токочувствительном резисторе.

Защита

Две наиболее острых вопроса при конструировании повышающих преобразователей — как поступить с проводимостью «вход-выход» и как предотвратить перенапряжение. Путь проводимости ведет к трем нежелательным явлениям: утечке напряжения при выключении, лавинному нарастанию тока при включении и избыточному току короткого замыкания. Чтобы справиться с этими явлениями, в схему TPS6108x введен изолирующий ключ, который открывается в режиме выключения, перекрывая образующийся токовый путь. Этот же ключ и схема «мягкого» старта также управляют нарастанием тока при включении для предотвращения спада входного напряжения и нестабильной работы системы. TPS6108x сохраняет изолирующий полевой транзистор выключенным, пока вывод EN не перейдет в высокое состояние и значение V_{IN} не станет выше порога отключения по перенапряжению. Напряжение Vgs на изолирующем полевом транзисторе фиксируется таким образом, что его высокое сопротивление во включенном состоянии ограничивает ток нарастания до уровня, определяемого зарядом выходного конденсатора до напряжения V_{IN}. Когда значение напряжения на выходном конденсаторе достигает V_{IN}, микросхема полностью включает изолирующий полевой транзистор с низким RDS(on) и запускает режим «мягкого старта», задаваемый конденсатором, подключенным к выводу SS. В случае, если значение V_{OUT} остается ниже значения V_{IN} на время более 2 мкс, что свидетельствует о коротком замыкании, изолирующий полевой транзистор отключается, и микросхема не включится вновь, пока не переключится вывод EN или напряжение V_{IN} не поступит на вход перезапуска (Power-on-Reset).

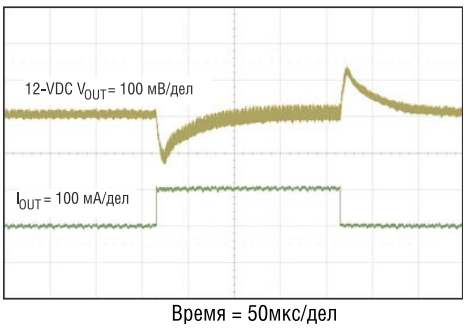


Рис. 3. **Отклик TPS61080 на переходной процесс**

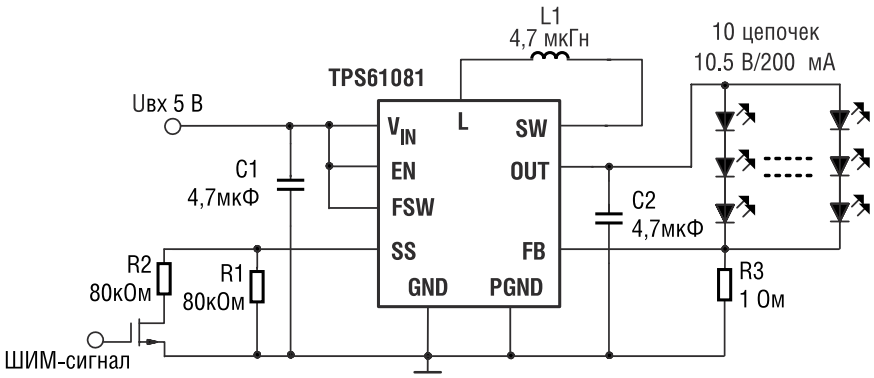


Рис. 4. **TPS61081 в схеме драйвера светодиодов подсветки**

В микросхеме TPS6108x реализован также режим поимпульсного ограничения избыточного тока, отключающий силовые ключи, когда ток катушки индуктивности достигает заданного значения (0,7 А для TPS61080 и 1,6 А для TPS61081). Силовой ключ вновь начинает работу в начале следующего цикла переключения. Если ток катушки остается выше значения тока короткого замыкания в течение более 13 мкс или напряжение на выводе V_{OUT} становится ниже V_{IN} на 1,4 В, микросхема считает такое состояние состоянием короткого замыкания и отключает изолирующий полевой транзистор. После 57 мс микросхема пытается перезапуститься. Если произошло единичное мгновенное замыкание, выходное напряжение возвращается к регулируемому уровню, и работа ключей продолжается. Если зафиксировано постоянное короткое замыкание, изолирующий полевой транзистор вновь выключается и ждет перезапуска или импульса на входе EN. Хотя изолирующий ключ имеет низкое сопротивление $R_{DS(on)}$ для уменьшения рассеиваемой мощности, соединив напрямую выводы V_{IN} и L, можно обойти ключ и еще более повысить КПД.

Если TPS61081 подключен по схеме с регулируемым токовым выходом, как показано на рис. 4, выходное напряжение может «уйти» при избыточно высоком выходном импедансе (например, если сгорел белый светодиод или отключилась нагрузка). Для предотвращения такой ситуации, при превышении выходным напряжением порогового уровня схема защиты от перенапряжения отключает силовой ключ. Когда значение выходного напряжения вновь устанавливается ниже порога, преобразователь возобновляет работу в режиме ШИМ.

Заключение

Этот весьма гибкий повышающий преобразователь с интегрированным полевым транзистором идеален для применения в промышленной автоматике, медицинской электронике, в телекоммуникациях и в бытовых приложениях — всюду, где требуется повышение напряжения. Такие особенности, как регулируемое опорное напряжение и многочисленные схемы защиты, позволяют применять повышающие преобразователи TPS6108x также для питания светодиодов и OLED-дисплеев.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: analog.vesti@compel.ru

Алексей Пантелейчук

СЕМЕЙСТВО QE – ПЕРВАЯ ТОЧКА СТЫКОВКИ 8- И 32-БИТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

*Наиболее безболезненный путь перехода с одной микроконтроллерной платформы на другую предлагает компания **Freescale Semiconductor.** Новые микроконтроллеры **MCF51QE128** серии **Flexis™** с 32-битным ядром совместимы с 8-битными по выводам, периферии и инструментарию.*

Подобрать микроконтроллер с необходимой производительностью, объемом памяти, набором периферийных устройств и ценой, удовлетворяющей требованиям приложения, является непростой задачей. Выбрать «правильный» микроконтроллер с первого раза могут только разработчики с большим опытом. В большинстве случаев приходится либо переплачивать за неиспользуемый ресурс микроконтроллера, либо тратить время на перевод проекта на другую платформу.

При переходе на другую платформу могут возникнуть следующие трудности:

- Различия инструментария и средств отладки. Требуется обновлять программные библиотеки, изучать документацию по новой платформе.
- Из-за различия архитектур приходится переписывать код приложения, драйвера периферийных устройств.
- Отличия в расположении выводов, напряжений питания требует переразводки платы.
- Различия режимов потребления энергии.

Безусловно, список трудностей этим не ограничивается, но уже дает представление о том, насколько может затянуться выход нового устройства на рынок.

Одно из решений этой проблемы предлагает компания Freescale. Идея такова: добиться совместимости микроконтроллеров с различными ядрами, объемом памяти, производительностью и ценой. Так называемое пространство Controller Continuum (рисунок 1), в пределах которого микроконтроллеры имеют одни и те же периферийные устройства, инструментарий и программное обеспечение, но отличаются ядром, позволяет легко перемещаться внутри семейства и в результате остановиться на оптимальном решении.

На рисунке 2 представлено предполагаемое развитие микроконтроллеров Controller Continuum. Одинаковым цветом закрашены семейства, совместимые по выводам и периферийным устройствам.

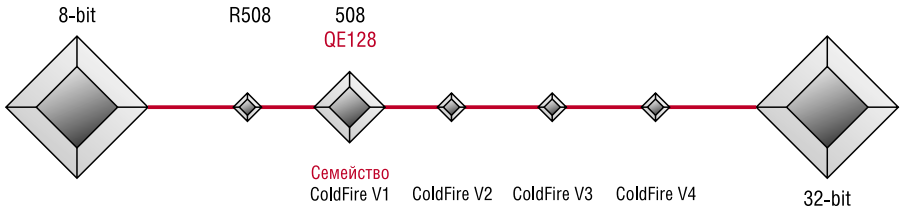


Рис. 1. **Пространство Controller Continuum**

Новые отладочные комплекты USB-SPI

Коммуникационный интерфейс USB стал стандартным интерфейсом связи для персонального компьютера. Многие фирмы-производители выпускают различные решения для использования этой технологии.

Компания Freescale Semiconductor представила на рынке два новых отладочных комплекта USB-SPI: Новые отладочные комплекты содержат в себе примеры аппаратной и программной реализации интерфейсных шлюзов USB 2.0 – SPI и USB 2.0 – LPT, позволяющие пользователю легко создавать на данных примерах свои собственные программно-аппаратные средства с использованием USB-технологии.

- **KITUSBSPIEVME – USB-SPI/LPT** на базе 8-битного микроконтроллера MC68HC908JW32
- **KITUSBSPDGLIEVME – USB-SPI** решение на базе 8-битного микроконтроллера MC68HC908JW32 с функциями аппаратного средства защиты программного обеспечения и данных от несанкционированного доступа.

Свойства отладочных комплектов:

- USB 2.0 – SPI/LPT шлюз;
- Адаптация программного обеспечения микроконтроллера MC68HC908JW32 посредством MON08-интерфейса;
- Возможность использования программы SPIGen для конфигурирования MC68HC908JW32.

Микроконтроллеры семейства HC08JW обладают широким набором типов и размеров памяти, периферийных модулей, а также количества портов ввода/вывода данных.

Первый этап развития Controller Continuum уже пройден, в результате чего появилась серия **Flexis™.** Микроконтроллеры этой серии построены на базе 32-битного ядра **ColdFire V1** и совместимы с семейством S08 по набору периферийных

устройств. Благодаря этому пользователь может варьировать производительность, энергопотребление и цену решения, без временных затрат, просто взяв микроконтроллер с другим ядром.

Первое семейство серии Flexis™ — микроконтроллеры **MCF51QE128,** в то же время являющиеся расширением 32-битной линейки ColdFire. Микроконтроллеры MCF51QE128 совместимы по выводам, периферийным устройствам и инструментарию с 8-битными S08QE128.

Отличительные характеристики семейства:

- Ядро 50 МГц ColdFire V1 с частотой шины 25 МГц;
- Flash до 128 КБ;
- ОЗУ до 8 КБ;
- Напряжение питания от 1,8 до 3,6 В;
- Высокоточный внутренний осциллятор (ICS);
- Однопроводной отладочный интерфейс;
- До 70 портов ввода/вывода общего назначения;
- 16 выводов для клавиатуры;
- Температурный диапазон от -40 °С до 85°С;
- Совместимость со средой разработки CodeWarrior for Microcontrollers 6.0.

Периферийные устройства:

- 24 канала 12-битного АЦП;
- 2 аналоговых компаратора;
- 2 SCI/UART;
- 2 SPI;
- 2 I²C;
- Таймеры:
  - 16-битный 6-канальный,
  - Два 16-битных 3-канальных,
  - Модуль захвата/сравнения и ШИМ,
  - Часы реального времени.

Потребление мощности

Одно из достоинств микроконтроллеров MCF51QE128 — низкое энергопотребление. Приведем несколько основных значений.

Активный режим:

27 мА (50 МГц, 3 В V_{DD}),

50 мкА (32 кГц, 3 В V_{DD}).

Два режима режима низкого энергопотребления:

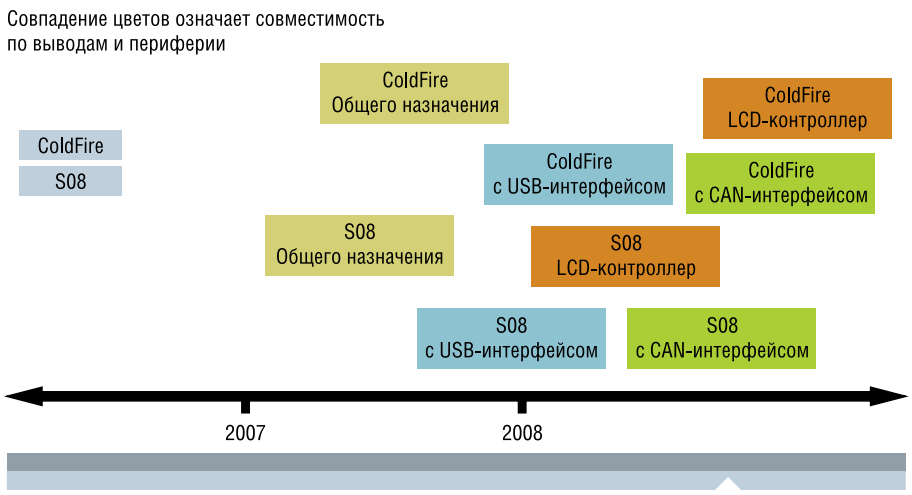


Рис. 2. **Развитие Controller Continuum**

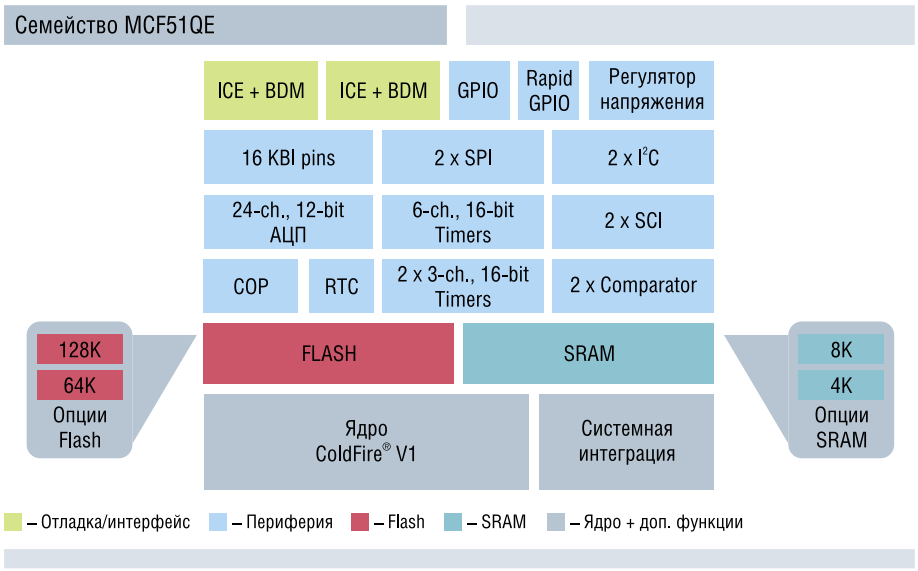


Рис. 3. **Архитектура микроконтроллеров MCF51QE128**

Stop 2 — 370 нА,

Stop 3 — 520 нА.

Выход из режима низкого энергопотребления 6 мкс.

Напряжение программирования Flash от 1,8 до 3,6 В.

Области применения MCF51QE128:

- Системы кондиционирования
- Медицинское оборудование
- Системы безопасности
- Промышленная автоматика
- Измерительные системы
- Портативное биометрическое оборудование

Энергопотребление микроконтроллеров семейств S08 и QE

Как было отмечено выше, производительность приложения мож-

Таблица 1. **Энергопотребление микроконтроллеров в различных режимах**

Режим/модель микроконтроллера	MCF51QE128	MC9S08QE128
Активный режим, 50 МГц ЦПУ/25 МГц шина	27 мА	11 мА
Режим низкого энергопотребления, 32 кГц ЦПУ/16 кГц шина	50 мкА	22 мкА
Режим Stop 2 — самый экономичный режим	370 нА	370 нА
Режим Stop 3 — система синхронизации на низкой частоте	520 нА	450 нА

Таблица 2. **Критерии выбора семейств микроконтроллеров**

S08	S08 и ColdFire V1	ColdFire V1
• Требуется низкое энергопотребление, при этом высокая производительность не нужна • Нужен корпус с минимальным числом выводов • Критична цена	• Разрабатывается серия устройств, отличающихся друг от друга по производительности и цене	• Требуется высокая производительность • Требуется высокая пропускная способность • Требуется flash-память большого объема (>128 кБ)

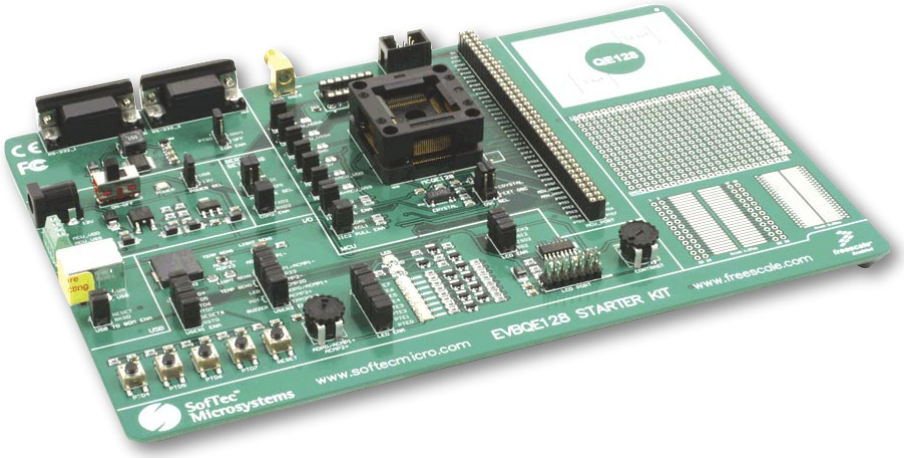


Рис. 4. **Отладочная плата EVBQE128**

но изменять за счет простой замены 8-битных микроконтроллеров на 32-битные и наоборот. Рассмотрим, как при этом изменяется энергопотребление. Этот параметр очень важен для портативных устройств с питанием от батарейки. Величины потребляемых токов в различных режимах представлены в таблице 1.

Время перехода в активный режим из режима Stop 3 для обоих микроконтроллеров составляет 6 мкс.

Новые микроконтроллеры поддерживают 32 источника внешних прерываний, что позволяет сделать код более эффективным, а именно, использовать выход из режимов ожидания и низкого энергопотребления по прерыванию вместо выставления флагов.

Стоит отметить, что напряжение программирования Flash-памяти новых микроконтроллеров составляет 1,8 В. Это позволяет осуществлять сохранение данных приложения при старении и разрядке элемента питания.

Критерии для выбора разработчиком того или иного семейства микроконтроллеров показаны в таблице 2.

Для начала работы с микроконтроллерами семейств MC9S08QE128 и MCF51QE128 рекомендуется отладочная плата EVBQE128 (см. рис. 4).

В отладочный комплект входит:

- Плата EVBQE128;
- Микроконтроллеры MC9S08QE128 и MCF51QE128 в корпусах 80LQFP A;
- USB-кабель;
- Вакуумный насос для замены микроконтроллеров;
- Блок питания на 12 В;
- Диск с CodeWarrior™ Development Studio;
- Документация.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: mcu.vesti@compel.ru

Валерий Акшаев, Сергей Кривандин

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ В ПЛАТЕЖНОМ ТЕРМИНАЛЕ

О вариантах организации питания устройств, входящих в состав платежного терминала: монитора, купюроприемника, модема, принтера чеков рассказывают менеджер направления «Платежные и торговые терминалы» компании Контракт Электроника Валерий Акшаев и инженер по применению источников питания компании КОМПЭЛ Сергей Кривандин. В качестве примера рассматриваются модульные источники питания ***Mean Well.***

Рынок платежных терминалов

По данным экспертов, в России работает порядка 200 тысяч платежных терминалов (источник: *www.kiosks.ru*). Объем рынка оценивается в $15,5 млрд., из которых 97% — платежи за мобильную связь. Сумма транзакций, совершаемых через платежные терминалы, в 2007 году, достигла $9,2 млн. в сутки. По данным сайта www.rbc.ru, объем российского парка платежных терминалов можно оценить на уровне 35 тыс., и еще около 115 тыс. терминалов будет произведено в течение ближайших двух лет.

Все эти данные говорят о том, что рынок платежных терминалов весьма перспективный и развивается быстрыми темпами. Рост производства терминалов обусловлен двумя составляющими:

- удобная и простая в инсталляции система проведения платежей, работающая на платформе Windows;
- весьма простая и унифицированная «начинка» корпуса терминала.

Это позволило многим организациям наладить сборку терминалов в короткий срок.

Устройство платежного терминала и варианты питания его компонентов

Если заглянуть внутрь терминала (рис. 1), то можно убедиться, что ничего сложного там нет. Основная масса платежных терминалов представляет собой обычный IBM-совместимый компьютер (системный блок) с несколькими внешними устройствами:

- купюроприемник,
- монитор,
- модем GPRS,
- термопринтер чеков.

Все эти устройства монтируются в вандалоустойчивый корпус, у которого есть подключение к стандартной сети 220 В. В корпусе платежного терминала размещается источник бесперебойного питания UPS, к которому подключен сетевой фильтр для подключения блока ATX и, иногда, модема.

Варианты организации питания компонентов платежного терминала приведены в табл. 1.

Модули питания для термопринтера и купюроприемника

Источники питания S-100-24, T-120D (рис. 2), Q-120D в платежных терминалах используются для питания термопринтера постоянным стабилизированным напряжением 24 В. Модели T-120D (3 выхода) и Q-120D (4 выхода) позволяют более гибко подойти к обеспечению питания и сэкономить на комплектующих: наличие выходов 5 и 12 В позволяет дополнительно организовать питание различных периферийных устройств, например, GSM/GPRS-модема, термопринтера или других устройств.

Источники питания S-100-24, T-120D, Q-120D выпускаются в

Таблица 1. **Варианты организации питания компонентов платежного терминала и рекомендуемые модели источников питания**

Компонент терминала	Варианты питания			
	Вариант 1	Рекомендуемая модель	Вариант 2	Рекомендуемая модель
Купюроприемник	12 В, от блока ATX	Системный блок терминала	От отдельного блока питания 12 В	S-100-12 (12 В)
Монитор	От блока ATX	Системный блок терминала	Нецелесообразен	
Модем	12 В, от блока ATX	Системный блок терминала	От отдельного сетевого адаптера	ES18E12-WAVECOM (12 В)
Термопринтер чеков	24 В, от отдельного блока питания	S-100-24 (24 В)	От блока питания с несколькими выходами	T-120D (5; 12; 24 В) или Q-120D (5; 12; 24, -12 В)
			От блока ATX, имеющего выход на 24 В	YP-350J-AA (ATX; 24 В)

Рис. 1. **Платежный терминал. Внешний вид**

металлических корпусах, которые имеет отверстия с метрической резьбой, что легко позволяет монтировать источники питания на шасси. Провода подключаются к удобной колодке под винт. Нижняя и боковая пластины корпуса являются частью системы теплоотвода, что позволяет эффективно отводить тепло от источника даже внутри закрытого корпуса терминала.

Модель S-100-12 для питания купюроприемника отличается от изделия S-100-24 выходным напряжением 12 В.

Сетевой адаптер для GSM/GPRS-модемов

Для питания GSM-/GPRS-модемов широко применяется специализированный сетевой адаптер ES18E12-WAVECOM, который отличается от стандартной модели ES18E12 наличием 4-контактного разъема Micro-Fit 3.0 (рис. 3). Этот сетевой адаптер питания разработан для работы с популярными модемами Wavecom Fastrack M1206, M1306, новыми модемами Fastrack Supreme 10, Fastrack Supreme 20 и может использоваться для питания модемов Erco@Gener GenLock25 и GenLock31E.

Адаптер ES18E12-WAVECOM соответствует всем требованиям к источнику питания модемов: выходное напряжение 12 В, выходной ток 0,15…1,5 А, комплекс защит, встроенный фильтр. Дополнительным преимуществом является универсальный вход 90…264 В переменного тока, т.е. этот адаптер не боится провалов и скачков входного напряжения.

Промышленный блок питания ATX для платежных терминалов

Промышленный блок питания ATX YP-350J-AA (рис. 4) мощностью 350 Вт – прекрасный выбор для организации питания системной платы и периферийных устройств платежного терминала. Этот блок питания имеет дополнительный выход 24 В/5 А, который можно использовать для питания термопринтера чеков.

Основные свойства YP-350J-AA:

- выходная мощность: 350 Вт;
- универсальный вход 100…264 В переменного тока;
- не боится провалов входного напряжения;
- встроенный корректор коэффициента мощности;
- коэффициент мощности >0,95;
- комплекс защит: от перегрузки и перенапряжения;
- блок питания проходит прогон при 100% нагрузке.

Рис. 2. **Внешний вид и размеры источников питания: а) с одним выходом S-100-24 (S-100-12), б) с тремя выходами T-120D**

Рис. 3. **Специализированный сетевой адаптер ES18E12-WAVECOM для GSM/GPRS-модемов**

В качестве особенностей этого АТХ источника питания можно отметить не только дополнительный выход 24 В, но и возможность дистанционного включения/выключения, а также сигнальный выход наличия выходного напряжения для индикации состояния блока.

Рис. 4. **АТХ-блок питания YP-350J-AA с дополнительным выходом 24 В/5 А**

Рис. 5. **Источник питания АТХ-100, выполненный в виде сетевого адаптера**

Новые источники питания АТХ компании Mean Well мощностью 100 Вт в настольном исполнении

Представленный материал, подготовленный на основе опыта предыдущих лет, был бы неполон без представления новинки.

Компания Mean Well анонсировала новую разработку — источники питания серии АТХ-100 (рис. 5). Эти источники питания выполнены в виде сетевых адаптеров, рассчитаны на номинальную мощность 100 Вт и могут выдавать 150 Вт в течение 3 мин. при пиковой нагрузке.

АТХ-100 оснащены корректором коэффициента мощности и соответствуют требованиям международного стандарта EN-61000-3-2 по гармоникам тока. Благодаря функции ограничения собственного энергопотребления (менее 1 Вт при работе на холостом ходу) эти источники питания будут востребованы в тех системах промышленной и домашней автоматизации, где важно обеспечить экономию энергии.

АТХ-100 выпускаются в полностью изолированном пластиковом корпусе, оснащены выходным кабелем 18AWGx20C с 20-выводным разъемом. Источники питания серии АТХ-100 имеют стандартный комплекс защит, оснащены выходом сигнала наличия/отсутствия сетевого напряжения и функцией дистанционного включения/выключения.

Источники питания АТХ-100 не требуют усилий по установке и более безопасны в эксплуатации по сравнению с обычными встраиваемыми источниками питания АТХ. Применение АТХ-100 позволит проектировщикам систем уменьшить размеры изделий и сократить временные затраты. Устройства предназначены для применения в POS-системах, платежных терминалах и киосках, а также в домашних мультимедийных системах и в индустриальном оборудовании на основе PC-совместимых решений.

Заключение

Рынок платежных терминалов растет очень быстро. Для создания терминала нужно подключить несколько устройств по принципу конструктора. Детали этого «конструктора», касающиеся организации питания, представленные в этом материале, можно заказать в компании «Контракт Электроника».

По всем вопросам, касающимся изготовления и поставки платежных терминалов, просим обращаться к Валерию Акшаеву v.akshaev@contrel.ru.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: ac-dc-ac.vesti@compel.ru

Олег Пушкарев

ZIGBEE-МОДУЛИ XBEE SERIES 2 С ПОДДЕРЖКОЙ MESH-ТОПОЛОГИИ

*В октябре 2007 года компания **MaxStream** представила своим клиентам новые ZigBee-модули XBee Series 2. Они предназначены для построения полноценных ZigBee-сетей с топологией Mesh. В статье даны краткие технические характеристики новых модулей, отличия от предыдущей линейки и особенности их применения. Рассмотрена работа с отладочным комплектом и приведены практические примеры организации ZigBee-сети на основе новых модулей.*

Компания **MaxStream** хорошо известна российским разработчикам своими радиочастотными модулями XBee/XBeePro [1] и корпусированными радиомодемами с диапазоном 2,4 ГГц. Радиомодули MaxStream используют как технологию ZigBee, так и собственный формат передачи данных, построенный на основе протокола с «прыгающими частотами». Продукты MaxStream завоевали широкую популярность благодаря отличным техническим характеристикам и упрощенному набору команд управления, что позволяет работать с серьезной системой беспроводной передачи данных даже неискушенному в этой области инженеру. Компания MaxStream уже несколько лет выпускает модули XBee/XBee-Pro, которые востребованы на рынке и не планируются к снятию с производства. Зачем же компании потребовалось осваивать новую линейку XBee Series 2? Для того чтобы правильно ответить на этот вопрос, нужно вспомнить эволюцию ZigBee-стандарта и историю поглощений компаний на этом рынке:

1. Начало выпуска XBee/XBeePro-модулей приходится на 2005 год, когда только-только появилась первая спецификация ZigBee-стандарта (далее ZigBee-2004). В момент выпуска модули поддерживали передачу данных по стандарту 802.15.4, который является нижним уровнем для построения ZigBee-сетей.

2. Компания MaxStream начинает разработку ZigBee-версии Firmware. Выпущена бета-версия ZigBee-прошивки, которая позволяет работать с Mesh-топологией ограниченной структуры (согласно спецификации ZigBee-2004). Прошивка построена на базе ПО от Freescale, которая в свою очередь сотрудничает с компанией Figure 8 Wireless. Независимая на тот момент компания Figure 8 Wireless поставляет свой стек ряду производителей ZigBee-трансиверов, в том числе имеет стек протоколов ZigBee для микропроцессора Freescale MC9S08GT60, являющегося основой модулей XBee/XBeePro [2].

3. В 2005 году компания Figure 8 Wireless поглощается компанией Chipcon и становится процессорно-зависимой компанией. Далее, в этом же году, компания Texas Instruments приобретает Chipcon. Как следствие, сворачивается поддержка версии собственного стека, ориентированная на продукцию теперь уже конкурирующих брендов.

4. В 2006 году ZigBee-альянс принимает новую спецификацию стандарта ZigBee (ZigBee-2006), который несовместим с предыдущей версией ZigBee-2004. Нужно отметить, что в связи с несовершенством ZigBee-2004 реальных продуктов на его основе было выпущено ничтожно мало. В 2008 году ожидается обнародование новой спецификации ZigBee PRO*, доступной сегодня только членам ZigBee-альянса.

Итак, что же компания MaxStream имеет на сегодняшний день? ZigBee-версия прошивки для модулей XBee/XBeePro существует, доступна для загрузки, но все еще находится в статусе «бета». Данная прошивка позволяет модулям работать в Mesh-сети, но имеет ряд ограничений:

- не поддерживает конечные устройства (End-device);
- соответствует уже устаревшему стандарту ZigBee-2004.

Согласно последней информации с сайта производителя, в связи с изменениями в аппаратной части доступные ранее бета-версии ZigBee-прошивок (8x13, 8x14 и 8x17) более не поддерживаются компанией MaxStream. Модули XBee/XBeePro с прошивкой (Firmware) 802.15.4 прекрасно подходят для построения сетей типа Точка-точка или Звезда, т.е. сетей без ретрансляции сообщений. Для увеличения дальности в такие сети можно добавлять «прозрачные» репитеры, которые представляют собой модуль XBee/XBeePro с замкнутыми выводами «Вход» и «Выход» UART. Модули XBee/XBeePro были и остаются эффективной платформой для построения сетей стандарта 802.15.4 и не планируются к снятию с производства.

** Название модулей XBeePro не имеет никакого отношения к спецификации ZigBee Pro. Это просто модули с повышенной выходной мощностью, с тем же самым набором ПО, что и модули XBee.*

Модули XBee Series 2. Общая информация

Новая серия модулей XBee Series 2 выступает в качестве аппаратно-программной платформы, полностью соответствующей спецификации ZigBee-2006 и, в дальнейшем, версии ZigBee PRO. Модули XBee Series 2 (рис. 1) совместимы по габаритам и выводам с модулями XBee, однако построены на однокристальном ZigBee-чипе EM250 компании Ember. Выбор данного решения был не случаен. Компания Ember имеет в своем арсенале как аппаратные (микросхемы EM2420, EM250, EM260), так и программные (ПО EmberZStack) решения. Компания входит в пятерку производителей-лидеров в области ZigBee, является промоутером ZigBee-альянса и активно участвует в разработке спецификации XBee Pro. На момент написания данной статьи потребителям доступны только маломощные (2 мВт) модули новой серии. Коммерческий выпуск модулей с повышенной мощностью ожидается в январе 2008 года. Технические параметры модулей XBee Series 2 приведены в таблице 1. Для сравнения приведены параметры модулей XBee и XBee Pro. Благодаря более высокой выходной мощности и чувствительному приемнику, модули новой серии обеспечивают большую дальность связи. Энергопотребление модулей в спящем режиме снижено с 10 до 1 мкА, что очень важно для устройств с батарейным питанием. Модули выпускаются в четырех вариантах подключения антенны. Для заказа нужного модуля на сайте MaxStream есть генератор обозначений *http://www.maxstream.net/products/part-number-generator/xbee-module.php.*

В качестве программного обеспечения для модулей XBee Series 2 выступает ZigBee-стек от компании Ember EmberZstack 2.5. Этот стек включает в себя отдельные элементы спецификации ZigBee Pro, например:

- Метод распределения адресов на основе случайных чисел. В отличие от предшествующего метода CSKIP (распределение адресов по дереву), новый алгоритм позволяет исключить вероятность нехватки адресов в одной ветви сети, при избытке в другом сегменте.
- В качестве единственного метода маршрутизации используется алгоритм оптимальной прокладки маршрута по запросу (п. 3.7.3 [3], см. также алгоритм AODV [4]).
- Нет жестких ограничений на число узлов (max_children, max_routers). Максимальная глубина ретрансляций (max_hops) ограничена только разумным временем ожиданием ответа.

Ключевое отличие модулей XBee Series 2 от модулей XBee лежит в области программного обеспечения. Модули XBee Series 2 предназначены для построения полноценных ZigBee-сетей с топологией Mesh (каждый с каждым). Однако модули XBee Series 2 не являются заменой старых модулей XBee. В зависимости от сложности проектируемой сети, в более выигрышном положении может оказаться любой из модулей. Использование модулей XBee предпочтительнее, когда необходимо строить простые сети типа «Звезда» (802.15.4). В последнем случае разработчик получает более полный контроль над сетью. Несмотря на единую скорость в радиоканале (250 кБит/сек), в сети ZigBee наблюдаются большие задержки, и реальная пропускная способность ниже, чем у сети 802.15.4.

Модули XBee Series 2. Структура ПО

Модули XBee Series 2 предназначены для построения сетей ZigBee с Mesh-топологией. Все необходимое ПО для формирования и поддержания работоспособности ZigBee-сети (ZigBee-стек) загружается при производстве модуля. В зависимости от сетевой функции узла (Координатор/Роутер/Конечное устройство), модуль XBee Series 2 должен содержать соответствующую прошивку:

- Координатор;
- Роутер/Конечное устройство.

В связи тем, что для роутера/конечного устройства используется одна прошивка, выбор сетевой роли модуля определяется AT-командой «SM». Прошивки модулей также различаются по типу управления модулем:

- Прозрачный режим. Управление с помощью AT-команд;
- Пакетный режим. Управление с помощью API-фреймов.

Таким образом, существует 4 уникальных прошивки для модуля. С завода модули могут поставляться с любой прошивкой (рис. 2); все имеющиеся на складе КОМПЭЛа модули имеют прошивку Роутер/Конечное устройство с управлением с помощью AT-команд. Любой модуль можно запрограммировать под любую сетевую роль и управление тем или иным методом. Следует учитывать, что все модули в разрабатываемой сети должны иметь единый тип управления.

Управление с помощью AT-команд

При разработке конечного устройства инженер самостоятельно выбирает тип управления модулем. Режим управления с помощью AT-команд наиболее прост и

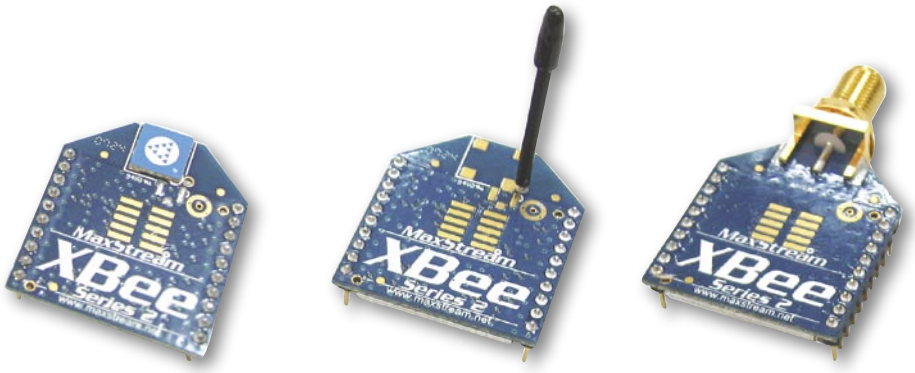
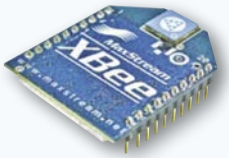


Рис. 1. **Модули XBee Series 2**

Таблица 1. **Технические параметры модулей XBee Series 2**

Параметры	XBee Series 2	Xbee	XBee-PRO
			
Топология сети	ZigBee Mesh	Точка-точка, Звезда, 802.15.4	Точка-точка, Звезда, 802.15.4
Рабочая частота, ГГц	2,4…2,4835		
Радиус действия в помещении, м	40	30	100
Радиус действия в свободном пространстве, м	120	100	1200
Максимальная выходная мощность, мВт	2	1	100
Скорость передачи данных по радиоканалу, бит/с	250000		
Скорость передачи данных по интерфейсу, бит/с	1200…230400	1200…115200	1200…115200
Чувствительность, дБм	-98 (1% PER)	-92 (1% PER)	-100 (1% PER)
Напряжение питания, В	2,1…3,6	2,8…3,4	2,8…3,4
Ток потребления в режиме передачи, мА	38	45	270
Ток потребления в режиме приема, мА	35	50	55
Ток потребления в режиме энергосбережения, мкА	<1	<10	<10
Количество каналов	16	16	12
Шифрование	AES-128		
Возможности адресации в сети	PAN ID – 16 бит, Адрес – 16 бит		
Варианты антенн	Керамическая, Проводная, или UFL/RPSMA-разъем	Керамическая, Проводная, или UFL-разъем	Керамическая, Проводная, или UFL-разъем
Внешние интерфейсы	UART, GPIO, PWM, ADC		
Размеры, мм	24,4 x 27,6		24,4 x 32,9
Рабочий диапазон температур, °C	-40…85		

применяется для создания «прозрачных» соединений между узлами сети. «Прозрачный» в данном случае означает следующее: все данные, подаваемые на вход UART одного узла сети, будут передаваться на выход UART другого узла в том же виде. При этом узлы могут быть как в пределах прямой радиовидимости, так и вне нее. В последнем случае ретрансляцию сообщений будут осуществлять другие роутеры, входящие в данную сеть ZigBee. В режиме управления с помощью AT-команд для изменения сетевых настроек, например, для смены адреса модуля-приемника, необходимо переходить в специальный командный режим. Данный переход осуществляется подачей на модуль специальной последовательности символов «+++», причем до и после подачи этой последовательности необходимо выдержать паузу заданной длительности. Такой «хитрый» механизм предотвращает случайный переход в командный режим, даже если в потоке символов встречается сочетание трех символов «+».

Управление с помощью API-фреймов

Режим управления с помощью API-фреймов [2] позволяет более гибко управлять модулем и получать дополнительную информацию о принимаемых пакетах данных, например адрес отправителя. Для отправляемых пакетов можно в самом теле пакета указать адрес получателя. Также при пакетном режиме после каждой отправки данных можно получать специальный пакет, уведомляющий об успешном или неуспешном прохождении пакета до точки назначения через узлы ZigBee-сети. Подробное описание AT-команд и API-фреймов выходит за рамки данной статьи, поэтому ознакомиться с ними можно самостоятельно, загрузив с сайта производителя данный документ – *http://www.maxstream.net/products/xbee-series-2/product-manual_XBee_Series2_OEM_RF-Modules_ZigBee.pdf*. Предварительная русскоязычная версия данного документа доступна по запросу. Запрос можно выслать в произвольной форме на адрес: *wireless@compel.ru*.

Развертывание ZigBee-сети

Очень удобно начинать знакомство с новыми модулями с помощью отладочного комплекта XB24-BPDK (рис. 3). Набор включает в себя 5 модулей и пять переходных плат для подключения к ПК с помощью интерфейсов USB или RS-232. Для автономной работы модулей предусмотрены переходные кабели питания для батарей типа 9F22 («Крона»). Сами батареи в комплект не входят, зато компьютерные кабели, сетевые блоки питания и различные переходники присутствуют в большом количестве (рис. 2):

Если у вас есть опыт работы с модулями XBee/XBeePro, то на него полагаться не стоит, т.к. работа с модулями XBee Series 2 несколько отличается. Модули предназначены для работы в составе ZigBee-сети, поэтому для проведения экспериментов необходимо понимать логику сетевого взаимодействия. Однако это не значит, что развернуть сеть будет сложной задачей. До начала «прозрачной» передачи полезной информации от одного узла к другому

Состав комплекта XB24-BPDK	Количество, шт
XBee Series 2 Модуль Координатора с проводной антенной	1
XBee Series 2 Модуль Роутера/Конечного устройства с проводной антенной	1
Series 2 Модуль Роутера/Конечного устройства с чип-антенной	1
XBee Series 2 Модуль Роутера/Конечного устройства с разъемом UFL	1
XBee Series 2 Модуль Роутера/Конечного устройства с разъемом RPSMA	1
RS-232 переходная плата	3
USB переходная плата	2
RS-232-кабель	3
USB-кабель	2
Полуволновой диполь с RPSMA-разъемом	2
Кабель с разъемом для подключения батареи 9 В	3
Заглушка последовательного порта	1
Адаптер нуль-модема (male-to-male)	1
Адаптер нуль-модема (female-to-female)	1
Инструкция пользователя	1
Компакт-диск с документацией, программой конфигурации и тестирования	1
Переходной кабель для подключения антенны (RPSMA – U.FL)	1

необходимо выполнение следующих условий:

- Все модули сети работают с управлением AT-командами;
- Координатор включен и сеть сформирована;
- Все узлы сети (роутеры) включены и успешно присоединились к сети;
- Передающий узел знает 64-битный адрес узла-получателя.

Формально, запуск ZigBee-сети должен включать в себя следующий набор событий:

Запуск Координатора

1. Определите список рабочих каналов и PAN ID с помощью команды SC (Scan Channels) и команды ID (PAN ID). По умолчанию, значение параметра SD (Scan Duration) должно быть достаточно. Если эти значения изменены, то их необходимо сохранить в энергонезависимой памяти с помощью команды WR (Write).
2. Если с помощью параметра D5 (DIO5 Configuration) активирован светодиод индикации, он будет мигать раз в секунду после запуска Координатора. Если активирован режим управления с помощью API-фреймов (параметр AP > 0): статус режима API «Координатор стартовал» отсылается из UART.
3. Параметр AI (Association Indication) будет установлен 0, что означает успешный запуск.
4. Параметр MY (16-битный адрес источника) равен 0 (16-битный сетевой адрес ZigBee Координатора).
5. После запуска, Координатор позволит присоединение к сети в течении времени NJ (Node Join Time).
6. Рекомендуется настроить в Координаторе строковый идентификатор NI (NI-строку). Эта NI-строка должна быть сохранена в постоянной памяти с помощью команды WR (Write).

Добавление дочернего устройства (Роутера)

1. Определите список рабочих каналов (SC) и желаемый PAN ID для присоединения к сети (ID) (0xFFFF – для любой сети). По умолчанию, значение параметра SD (Scan Duration) должно быть достаточно. Если эти значения изменяются со значений по умолчанию, их необходимо сохранить в постоянной памяти с помощью команды WR (Write).
2. После включения Роутер попробует найти родительское устройство для присоединения на основе его параметров SC и ID.
3. Как только Роутер присоединился к родительскому устройству, Ассоциированный LED (если активирован (D5)), начнет мигать 2 раза в секунду. Параметры ID и CH будут содержать рабочий PAN ID и текущий канал. Параметр MY будет содержать 16-битный сетевой адрес Роутера. Команда MP возвратит 16-битный сетевой адрес родительского устройства Роутера (узла, к которому он присоединился). Если активирован API (параметр AP > 0): статус режима API «Присоединен» отсылается из UART.
4. Если Роутер не присоединился надлежащим образом, параметр AI (Association Indication) может быть считан для определения причины ошибки. Для устранения ошибки необходимо проверить, что PAN содержит Координатор или Роутер с соответствующим каналом (SC, CH) и PAN ID (ID) и разрешает узлам присоединяться к сети (параметр NJ).
5. Как только Роутер присоединился к PAN, Роутер позволит присоединение другим устройствам на основе параметра NJ.
6. Рекомендуется настрить в Роутере NI-строку. Эта NI-строка должна быть сохранена в посто-

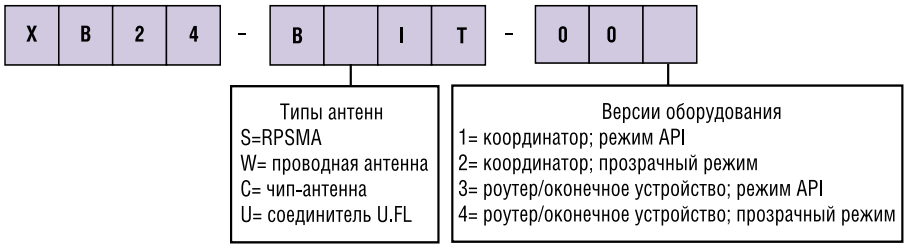


Рис. 2. **Кодировка наименования модулей XBee Series 2**

Рис. 3. **Отладочный комплект**

янной памяти с помощью команды WR (Write).

Подавляющее большинство настроек модулей уже выполнено для простого запуска ZigBee-сети, если речь идет о модулях, входящих в состав отладочного комплекта. Для развертывания простейшей сети ZigBee на базе отладочного комплекта XB24-BPDK достаточно проделать следующие действия:

1. Установите на ПК USB драйвер и программу X-CTU с приложенного CD-диска или с сайта MaxStream (*http://www.maxstream.net/support/downloads.php*)

2. Установите модули на переходные платы, подключите антенны

3. Подключите одну USB-переходную плату к ПК. Запустите программу X-CTU и, при необходимости, обновите FW модулей, что бы у вас был 1 координатор и 4 роутера с управлением AT-командами.

4. С помощью закладки Modem Configuration присвойте простой строковый идентификатор (NI) каждому модулю, например 1, 2, 3, 4, 5. Сохраните измененные параметры кнопкой «Write» в энергонезависимую память каждого модуля.

5. Перейдите в режим Terminal, нажмите на клавиатуре три раза «+» (без паузы). После того, как модуль ответит «OK», введите с клавиатуры ATNR0 и нажмите «Enter». Эта команда сбрасывает сетевые настройки модуля. *Это необязательный пункт, но он может понадобиться, если в роутерах сохранены старые сетевые настройки.*

6. Подключите координатор к ПК. Запустите программу X-CTU. На плате координатора начнет мигать светодиод с периодом один раз в секунду. Такая индикация означает успешный старт Координатора.

7. Поставьте красную заглушку на одну из переходных плат RS-232, например на которую установлен роутер с NI = «2».

8. Последовательно подайте питание на все роутеры (4 шт.). При возможности, подключите вторую USB-переходную плату с одним из установленных роутеров ко второму ПК (лучше, если это будет ноутбук). При успешном присоединении к сети на каждой плате роутеров будет 2 раза в секунду мигать светодиод.

9. Подайте команду (закладка Terminal) ATND на любой из плат, подключенных к ПК. Координатор будет опрашивать вашу сеть и через 6 секунд вы увидите список узлов с их 64-битными адресами и строковыми идентификаторами.

10. По образцу п. 5 подайте команду ATDN2. Тем самым будет проложен маршрут к роутеру «2». Перейдите на закладку Range Test, нажмите кнопку Advanced и увеличьте параметр Data Receive Timeout до 5000. Это может оказаться полезным, в случае если сеть сама будет перепрокладывать маршрут.

11. Запустите Range Test кнопкой Start. Если все сделано правильно, вы увидите возвращенные от роутера «2» пакеты. Естественно, для проведения теста не обязательно, что бы между координатором и нашим роутером «2», была прямая радиовидимость, информация может ретранслироваться другими узлами.

Список литературы

[1] Новости Электроники, №2, 2006, стр. 15-20

[2] Новости Электроники, №2, 2007, стр. 25-27

[3] Спецификация ZigBee-2006 (ZigBee-Specification-2006-Download.pdf, сайт www.zigbee.org)

[4] http://en.wikipedia.org/wiki/AODV.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: wireless.vesti@compel.ru

Владимир Башкиров

МИКРОСХЕМЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМИ ИСТОЧНИКАМИ СВЕТА

*В новом поколении **высоковольтных силовых микросхем** компании International Rectifier (IR) заслуживает внимания ряд интересных приборов, предназначенных для управления современными энергосберегающими лампами. В них удачно сочетаются технические характеристики, заложенные на длительную перспективу, и более простая конструкция пускорегулирующего устройства. **Электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА) на их основе** могут значительно удешевить изделия и повысить их конкурентоспособность.*

Микросхемы для ЭПРА люминесцентных ламп

Люминесцентные лампы являются самыми распространенными и одними из самых высокоэффективных источников света. В них можно выделить две группы приборов — компактные лампы различного исполнения и трубчатые лампы. Компактные лампы занимают в основном диапазон мощностей от 11 до 26 Вт и предназначены для освещения жилых и, отчасти, офисных помещений. Они являются эффективной энергосберегающей альтернативой лампам накаливания. Компактная люминесцентная лампа мощностью 16 Вт равноценна по светоотдаче 100 Вт лампе накаливания. В последнее время в Азии все более популярными становятся компактные лампы повышенной (40…100 Вт) мощности, которые применяются для уличного освещения. Трубчатые лампы применяются в одно- и многоламповых (до 4) светильниках, используемых для освещения офисных и производственных помещений. Мощность трубчатых ламп достигает 80 Вт, а наиболее популярными являются лампы мощностью 18 Вт (растровые светильники 4х18 Вт), 32 Вт, 36 Вт, 40 Вт, 58 Вт (одно- и двухламповые светильники).

Микросхемы управления для ЭПРА компактных ламп

В светильниках с компактными лампами главным условием успеха является минимальная цена реализации ЭПРА. Хотя к ЭПРА ламп мощностью до 26 Вт предъявляются более низкие требования (это выражается в более простом входном фильтре, отсутствию корректора коэффициента мощности, упрощенном управлении и защите лампы), в большинстве из них для получения низкой цены применяется традиционное решение — автогенераторная схема с трансформатором и полумостовым каскадом на биполярных транзисторах. В таких схемах трудно реализовать предварительный подогрев катода для увеличения срока службы лампы, а режим автогенерации привязан к параметрам и мощности лампы (надежность запуска падает с наработкой лампы). Точность установки частоты невысока, так как определяется параметрами насыщения сердечника трансформатора и транзисторов. Высока вероятность возникновения емкостных токов. Для серийного производства ЭПРА нужны компоненты с жесткими допусками по более высокой цене. Кроме того, биполярные транзисторы уступают по надежности мощным полевым транзисторам (особенно при повышенных температурах, когда ЭПРА встроен в цоколь лампы). В ЭПРА компактных ламп актуальной является задача создания управляющего устройства с более широким набором функций управления лампой, продленным сроком службы и с более высокой надежностью ЭПРА при конкурентной с автогенераторным вариантом цене. В конечном счете это сводится к созданию микросхемы с минимальным числом выводов (компактность и цена корпуса) и максимальным для решения поставленной задачи набором функций (простота схемы). В новой номенклатуре микросхем International Rectifier есть две, предназначенные для решения этой задачи.

International IOR Rectifier

Первый 200-вольтовый DirectFET транзистор

Транзистор **IRF6641TRPbF** разработан для применения в изолированных DC/DC-конверторах с питанием от универсальной шины (36...75 В). Обладая ультранизким сопротивлением канала (51 мОм) и низким зарядом затвора, он идеально подходит для синхронных выпрямителей высокоэффективных сильноточных DC/DC-конверторов, работающих на высокой частоте, последнего поколения конверторов шины, привода постоянного тока, и даже для 48-вольтовых конверторов ветрогенераторов. Кроме того, он может использоваться в сильноточных AC/DC-конверторах компьютеров и телекоммуникационных серверов с питанием от 48-вольтовой шины.

Новый транзистор в корпусе DirectFET типа MZ при габаритах корпуса SO-8 и высоте корпуса 0,7 мм обеспечивает ток 25 А при минимальных потерях проводимости и переключения. Он заменяет до 3 транзисторов в корпусе SO-8 и экономит до 50% площади печатной платы. Транзистор обеспечивает КПД синхронных выпрямителей до 95% — это тот же уровень КПД, что при удвоенном количестве транзисторов в корпусе SO-8 и выходном токе 7 А.

Первая из них – **IRS2153D.** Относится к новому, пятому поколению высоковольтных ИС IR. Полностью совместима по выводам с популярной автогенераторной ИС IR2153. Частота автогенератора, реализованного на внутреннем таймере (он обеспечивает скважность строго 50%) задается внешней RC-цепью. Корпус имеет минимальное количество выводов (DIP-8, SO-8). Микросхема обеспечивает режим микромощного потребления с током 130 мкА. Входом внешнего выключения можно управлять с помощью включения и выключения ЭПРА (у аналогов этой функции нет). По сравнению с IR2153 и аналогами в новой ИС ужесточены допуски и повышена точность (допуск на частоту понижен до 3% вместо прежних 5%).

В структуре кристалла ИС присутствует бутстрепный полевой транзистор, работающий в режиме диода и заменяющий внешний ультрабыстрый диод. Изменение частоты генерации в режиме подогрева катода реализуется изменением времязадающей емкости.

Применение новой ИС IR позволяет реализовывать более надежные ЭПРА с минимальной сложностью схемы (особенно при отсутствии предварительного подогрева) и с пониженными требованиями к точности компонентов, увеличивающих срок службы лампы.

Микросхема **IR2520D** также выпускается в 8-выводных корпусах и содержит интегральный бутстрепный транзистор, но при этом работает на иных принципах и обладает рядом положительных отличий. Ее основой является генератор переменной частоты, управляемый напряжением. Адаптивное управление полумостовым каскадом обеспечивает переключение ключей при нулевом напряжении и минимально возможном токе (режим ZVMC). Этот режим гарантирует минимальные потери мощности на ключах. Схема реализации балласта на основе IR2520D представлена на рисунке 1. Резистор Rfmin устанавливает частоту запуска и стартовую частоту (в 2,5 раза выше частоты запуска). Конденсатор Cvco определяет время предварительного подогрева катода. Микросхема обеспечивает защиту ключей от перегрузки по току в стартовом режиме за счет ограничения максимальной величины пик-фактора и защиту ключей от работы в режимах переключения при ненулевом напряжении.

Помимо этого, микросхема обеспечивает блокировку работы при открытой нити накала и низком напряжении сети, авторестарт при замене лампы. Конструкция на ее основе отличается максимальной простотой, минимальной занимаемой площадью, обеспечивает повышенный срок службы лампы и некритична к допускам компонентов в отличие от автогенераторных балластов на биполярных транзисторах.

Схемотехника ЭПРА на основе IR2520D проще чем при применении аналогов (например при реализации ЭПРА на микросхеме UBA2021 компании NXP в более дорогом 14-выводном корпусе необходимо на 5 компонентов больше).

Эти преимущества ИС IR2520D наиболее полно реализуются в диапазоне 16…26 Вт.

Микросхемы управления для ЭПРА трубчатых ламп

Существуют два подхода к конструированию ЭПРА трубчатых ламп. Поскольку они идут на смену электромагнитным ПРА, то один из подходов сводится к реализации бюджетных ЭПРА с минимальной стоимостью, низким коэффициентом мощности и минимальным набором функций. Другой подход основан на реализации развитых функций управления и защиты при более высокой цене. Примером первого подхода является продукция, поступающая на российский рынок из Азии, а второго – из Европы.

Бюджетные ЭПРА с низкой стоимостью реализуются в настоящее время на автогенераторных схемах с применением биполярных транзисторов и простейших пассивных корректоров коэффициента мощности. Как и в ЭПРА компактных ламп, конкуренцию им могут составить только ЭПРА с применением полевых транзисторов и микросхемы IRS2153D. Более высокая стоимость комплектации в этом случае компенсируется снижением стоимости производства, повышением надежности и ресурса работы лампы.

Вместе с тем растет интерес к перспективным ЭПРА, в которых некоторое усложнение схемы компенсируется высоким коэффициентом мощности, низкими нелинейными искажениями и максимальным набором функций управления и защиты. Наличие в ЭПРА узла активного корректора коэффициента мощности приводит к увеличению числа управляющих микросхем до 2-3 шт. (контроллер корректора и контроллер/драйвер ЭПРА). Компания IR несколько лет назад выпустила две микросхемы IR2166 и IR2167, в которых на одном кристалле объ-

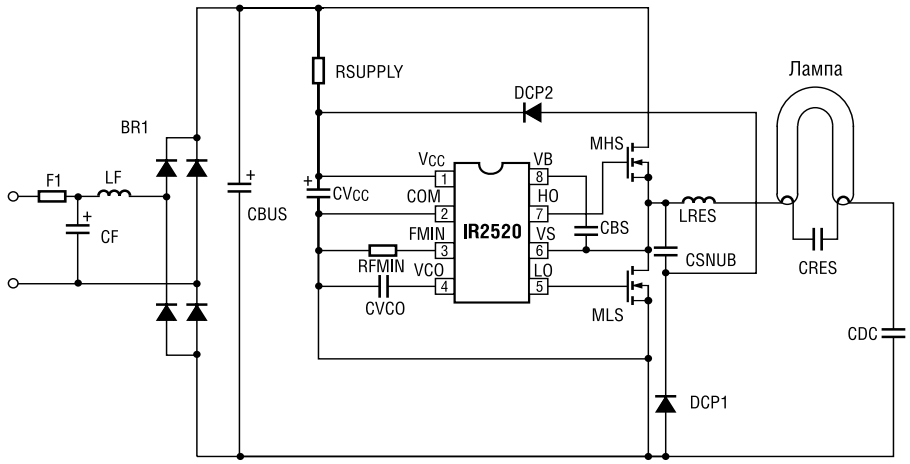


Рис. 1. **Схема ЭПРА компактной лампы на основе IR2520D**

единено управление всеми узлами ЭПРА (см. рис. 2).

Реализованные на их основе ЭПРА отличались высоким коэффициентом мощности (более 0,99), низким коэффициентом нелинейных искажений (менее 10%), максимально возможным ресурсом лампы. В них реализовывались все современные требования по управлению и защите как трубчатых ламп (одной или нескольких) так и ЭПРА. За счет интеграции функций на одном кристалле и новых алгоритмов работы, в конструкции ЭПРА перечень компонентов сокращался на 40%.

В новом поколении ИС компании IR появились микросхемы **IRS2166D** и **IRS2168D,** являющиеся дальнейшим развитием ИС IR2166 и IR2167. ИС IRS2166D отличается от предшественницы более компактным кристаллом (более низкой стоимостью), более жесткими допусками на параметры и наличием интегрального бутстрепного диода. Она полностью совместима с IR2166 по выводам и управлению, что позволяет быстро модернизировать серийную продукцию с целью улучшения характеристик при одновременном снижении стоимости изделия и производственных затрат. ИС IRS2168D существенно отличается и от предшествующей IR2167 и от IRS2166D, и по своей схемотехнике является совершенно новой разработкой. Она предназначена для высококачественного управления несколькими лампами (до 4 шт) при эксплуатации в широком диапазоне изменения входных напряжений и при высокой (более 100 Вт) мощности нагрузки, а также для управления лампами, требующими высокого напряжения

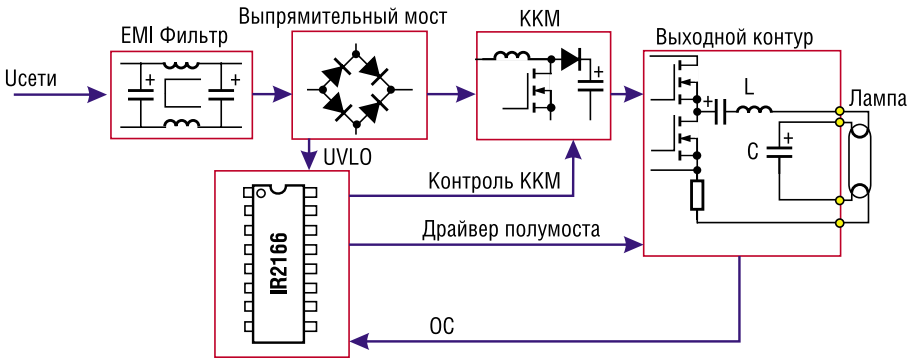


Рис. 2. **Функциональная схема ЭПРА с однокристальными контроллерами IR2166, IR2167**

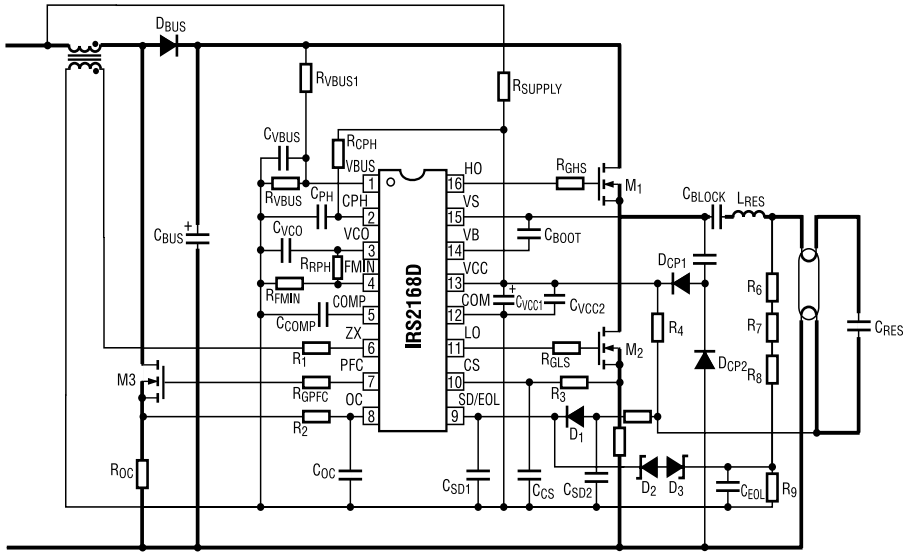


Рис. 3. **Схема включения ИС IRS2168D**

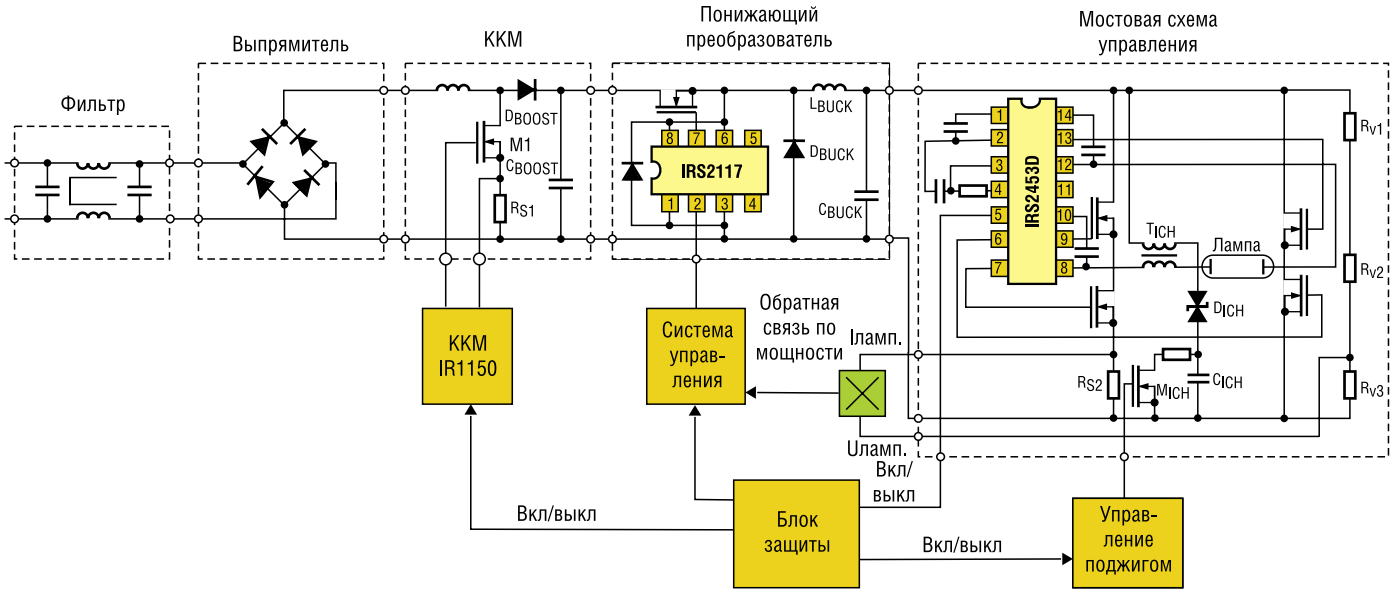


Рис. 4. **Функциональная схема ЭПРА лампы разряда высокой интенсивности**

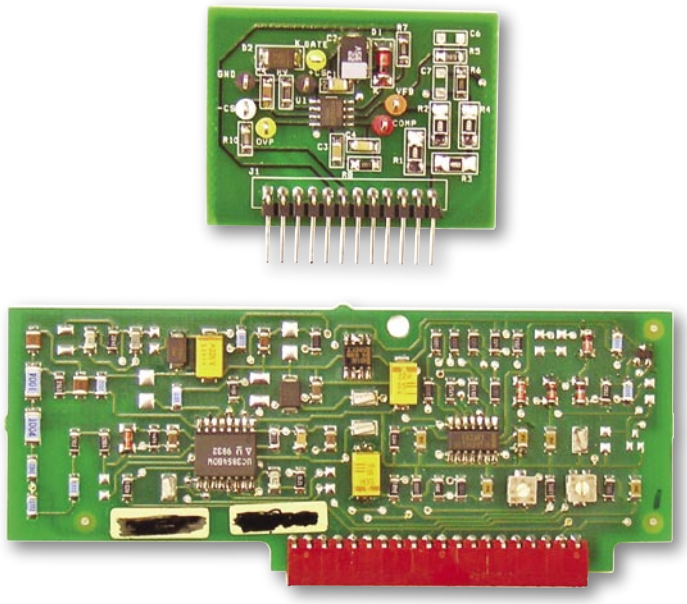


Рис. 5. **Платы управления ККМ на базе ИС IR1150 (вверху) и UC3854 (внизу)**

поджига (например лампы типа T5).

В отличие от IRS2166D, в этой ИС время переключения является фиксированным (1,6 мкс), а не устанавливается внешней RC-цепочкой. Основным узлом схемы управления выходным каскадом является генератор, управляемый напряжением (ГУН), и в ИС предусмотрен отдельный вывод управления VCO (см. рис. 3). Наличие такого генератора позволяет реализовать режим ZVMC работы ключей и существенно снизить потери в ключах. Дополнительно к возможностям IRS2166D, в IRS2168D реализовано замкнутое управление режимом поджига, позволяющее программировать ток поджига, время поджига и повысить точность установки времени поджига в 6 раз (до 5% от времени подогрева). Благодаря стабилизации тока и напряжения в режиме поджига повышается срок службы лампы. Новая ИС защищена от перегрузок по току не только в выходном полумостовом каскаде, но и в корректоре коэффициента мощности (ККМ). ККМ способен работать в широком диапазоне изменения напряжения сети. Наличие специального вывода SD EOL и соответсвующего узла в ИС позволяет обнаруживать старение лампы и своевременно блокировать работу ЭПРА для предотвращения выхода его из строя. IRS2168D обеспечивает самый высокий коэффициент мощности (более 0,99) и минимальный коэффициент нелинейных искажений (менее 6%).

Микросхемы для ЭПРА ламп с разрядом высокой интенсивности

Семейство ламп с разрядом высокой интенсивности включает в себя лампы нескольких типов – ртутные, натриевые, ксеноновые и т.д. Лампы этого семейства отличает наивысшая светоотдача. Вследствие этого они широко используются в уличном освещении, для освещения производственных помещений, а также для специальных приложений (например, ксеноновые фары). В зависимости от типа лампы режимы управления ею могут отличаться, но функциональная схема ЭПРА остается общей для всех типов ламп (см. рис. 4). ЭПРА должен обеспечивать поджиг лампы высоким напряжением, стабилизацию тока подогрева и контроль мощности во время работы. Соответственно, обязательными узлами ЭПРА являются ККМ, понижающий конвертор и мостовая схема управления лампой. Для управления ими компания IR предлагает **чипсет на основе управляющих ИС.** Первая из них – контроллер ККМ **IR1150.** На базе этой ИС могут быть реализованы корректоры любого типа (работа в режиме прерывистых или непрерывных токов) на мощности 75…4000 Вт. В отличие от традиционных ИС управления ККМ, использующих обратную связь от питающей сети, усилитель ошибки и перемножитель для формирования управления за время полуволны напряжения сети, в IR1150 управление скважностью ШИМ формируется за один цикл ШИМ. Схема контроля напряжения шины постоянного тока построена на базе интегратора со сбросом. Это дает возможность реализовать ИС в 8-выводном корпусе, на 40% снизить число элементов платы управления и на 50% уменьшить площадь печатной платы (см. рис. 5).

Управление понижающим конвертором может быть построено на базе драйвера верхнего ключа, ИС 5-го поколения, **IRS2117.** Понижающий конвертор должен обеспечивать контроль тока, потребляемого лампой в режимах подогрева, поджига, и в рабочем режиме. Выходной каскад представляет собой мостовую схему и устройство поджига, содержащее транзистор, динистор и конденсатор. Задачей мостового каскада является формирование на лампе переменного напряжения. Для управления выходным мостовым каскадом могут быть использованы два автогенераторных драйвера **IRS2153D,** но более рационально использовать одну ИС мостового автогенераторного драйвера **IRS2453D.** Принцип работы генератора в ней аналогичен ИС IR2153, IRS2153D – частота автоколебаний генератора, реализованного на таймере, устанавливается внешней RC-цепочкой. Для исключения сквозных токов в мосте предусмотрены паузы на переключение ключей полумостов длительностью 1,5 мкс. Ток накачки затворов выходными драйверами ключей верхнего и нижнего уровней аналогичен токам IRS2153D. Для реализации бутстрепного источника питания в ИС предусмотрен интегральный бутстрепный транзистор, упрощающий схему включения.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: power.vesti@compel.ru

Андрей Еманов

ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ FREESCALE SEMICONDUCTOR

Статья содержит справочную информацию для разработчиков, которые уже применяют или будут применять в своих разработках датчики давления Freescale.

Многие уже прекрасно знают принцип работы и конструкцию пьезорезистивного датчика давления. Вследствие этого в статье не приводится описание принципа работы и графики с выходными характеристиками сигнала датчиков. В данной статье мы рассмотрим классификацию, сводные таблицы серий, корпусное исполнение и области применения датчиков давления Freescale Semiconductor.

Компания Freescale Semiconductor более 25 лет совершенствует технологию производства пьезорезистивных датчиков давления для таких важных сфер, как автомобилестроение, промышленность, медицина, производство потребительских товаров. Широкий спектр датчиков, позволяющих производить измерение давления до 1000 кПа, обусловлен тремя степенями интеграции:

- датчик;
- датчик + термокомпенсация;
- датчик + термокомпенсация + усилитель.

Устройства работают с различными типами давления (A — абсолютное, D — дифференциальное, G — относительное, V — относительно вакуума) и выпускаются в разном корпусном исполнении.

Классификация

По классификации производителя датчики давления делятся на следующие категории:

- с температурной компенсацией (Compensated);
- с температурной компенсацией медицинские (Compensated Medical Grade);
- без температурной компенсации (Uncompensated);
- интегрированные (Integrated);
- интегрированные датчики давления в шинах (Integrated Tire Pressure Monitor).

Серии датчиков давления Freescale приведены в табл. 1…5, а типы корпусов и их обозначения — на рис. 1.

Применение

Некоторые инженеры, получившие техническое задание на разработку изделия на основе измерителя давления, вооружившись датчиком и технической информацией в формате *.pdf, сразу же начинают «изобретать велосипед», то есть разрабатывать новый дизайн, рассчитывать параметры, подбирать компоненты для будущего изделия. Для более быстрой интеграции и отладки изделий на основе датчиков давления компания Freescale предоставляет подробную, классифицированную по задачам, информацию на своем сайте *www.freescale.com.*

Описать в данной статье все решения по применению было бы невозможно. Но на некоторых следует остановиться подробнее.

Схема датчика давления с токовым выходом 4…20 мА

Как видно из сводных таблиц, все датчики давления Freescale имеют выходной сигнал по напряжению. Милливольтовый — для датчиков с термокомпенсацией (таблица 1, 2) или без термокомпенсации (таблица 3) и нормализованный (0,5…4,5 В) — для интегрированных (таблица 4, 5). В приведенной на рис. 2 схеме показан пример преобразования сигнала в токовый.

В качестве датчика используется **MPX2100DP** (с температурной компенсацией без усилителя, см. таблицу 1) на счетверенном микромощном усилителе **MC33079 — a1, a2, a3.** Токовый конвертор исполнен на дифференциальном усилителе (элементы **a1** и **a2**), из которого выходной сиг-

Датчик ускорения с цифровым интерфейсом

Компания Freescale Semiconductor представила новое поколение датчиков ускорения с цифровым интерфейсом в ультракомпактном корпусе — **MMA7450.**

MMA7450 — трехосевой низкопотребляющий датчик ускорения с цифровым интерфейсом обмена данными (I^2C/SPI) в ультракомпактном корпусе.

Основные характеристики:

- Цифровой интерфейс обмена данными для связи с внешними устройствами (I^2C/SPI)
- Низкопрофильный 14-выводной корпус 3x5x0,8 мм LGA
- XYZ: трехосевой датчик ускорения с возможностью выбора диапазонов измерения (2g, 4g, 8g)
- Низкое энергопотребление: 400 μA
- Standby-режим: 5 μA
- Рабочий дапазон напряжений питания: 2,4...3,6 В
- Возможность программной коррекции показаний датчика
- Программируемый уровень прерывания внешних устройств
- Настраиваемый уровень детектирования движения (удар, вибрация, свободное падение)
- Высокая чувствительность:
  - 64 LSB/g на диапазоне 2g
  - 64 LSB/g на диапазоне 8g в 10-bit режиме

Таблица 1. **Датчики давления с температурной компенсацией (Compensated)**

Серия	Pмакс., PSI	Pмакс., кПа	Pмакс., “H_2O	Pмакс., см H_2O	Pмакс., мм рт.ст.	Uсмещ., мВ	Uвых., мВ	Чувствительность, мВ/кПа	Тип давления		
									A	D	G
MPX2010	1,45	10	40	102	75	±1,0	25	2,5		•	•
MPX2053	7	50	201	510	375	±1,0	40	0,8		•	V
MPX2102	14,5 14,5	100 100	400 400	1020	750 750	±2,0 ±1,0	40 40	0,4 0,4	•	•	V V
MPX2202	29 29	200 200	800 800	2040	1500 1500	±1,0 ±1,0	40 40	0,2 0,2	•	•	V
MPX2050	7	50	201	510	375	±1,0	40	0,8		•	•
MPX2100	14,5 14,5	100 100	400 400	1020	750 750	±2,0 ±1,0	40 40	0,4 0,4	•	•	
MPX2200	29 29	200 200	800 800	2040	1500 1500	±1,0 ±1,0	40 40	0,2 0,2	•	•	V

Таблица 2. **Медицинские датчики давления с температурной компенсацией (Compensated Medical Grade)**

Серия	Pмакс., PSI	Pмакс., кПа	Pмакс., “H_2O	Pмакс., см H_2O	Pмакс., мм рт.ст.	U пит., В	U смещ., мВ	Чувствительность, мВ/кПа	Тип давления		
									A	D	G
MPXC2011	1,45	10	40	102	75	10	1	n/a			•
MPX2300	5,8	40	161	408	300	6	0,75	5			•

Таблица 3. **Датчики давления без температурной компенсации (Uncompensated)**

Серия	Pмакс., PSI	Pмакс., кПа	Pмакс., “H_2O	Pмакс., см H_2O	Pмакс., мм рт.ст.	Uсмещ., мВ	Uвых., мВ	Чувствительность, мВ/кПа	Тип давления		
									A	D	G
MPX10	1,45	10	40	102	75	20	35	3,5		•	•
MPX12	1,45	10	40	102	75	20	55	3,5		•	•
MPX53	7	50	200	510	375	20	60	1,2		•	•

Таблица 4. **Интегральные датчики давления (Integrated)**

Серия	Pмакс., PSI	Pмакс., кПа	Pмакс., “H_2O	Pмакс., см H_2O	Pмакс., мм рт.ст.	Uсмещ., мВ	Чувствительность, мВ/кПа	Точность 0…85°C	Тип давления		
									A	D	G
MPX4080	11,6	80	321	815	600	4,3	54	±3,0		•	
MPX4100	15,2	105	422	1070	788	4,6	54	±1,8	•		
MPX4101	14,8	102	410	1040	765	4,6	54	±1,8	•		
MPXH6101	14,8	102	410	1040	765	4,6	54	±1,8	•		
MPX4105	15,2	105	422	1070	788	4,6	51	±1,8	•		
MPX4115	16,7	115	462	1174	863	4,6	46	±1,5	•		
MPX6115	16,7	115	462	1174	863	4,6	46	±1,5	•		
MPX4200	29	200	803	2040	1500	4,6	26	±1,5	•		
MPX4250	36 36	250 250	1000 1000	2550 2550	1880 1880	4,7 4,7	20 19	±1,5 ±1,4	•	•	•
MPXH6250	36	250	1000	2550	1880	4,7	19	±1,5	•		
MPXV4006	0,87	6	24	61	45	4,6	766	±5,0		•	V
MPXV5004	0,57	4	16	40	29	3,9	1000	±2,5		•	V
MPX5010	1,45	10	40	102	75	4,5	450	±5,0		•	V
MPX5050	7,25	50	201	510	375	4,5	90	±2,5		•	•
MPX5100	14,5 16,7	100 115	401 462	1020 1174	750 863	4,5 4,5	45 45	±2,5 ±2,5	•	•	•
MPX5500	72,5	500	2000	5100	3750	4,5	9	±2,5		•	•
MPX5700	102	700	2810	7140	5250	4,5	6	±2,5	•	•	•
MPX5999	150	1000	4150	10546	7757	4,5	5	±2,5		•	
MPXH6300	44	300	1200	3060	2250	4,7	16	±1,8	•		
MPXH6400	60	400	1600	4000	3000	4,7	12	±1,5	•		
MPXV7007	±1,0	±7	±28	±70	±53	4	286	±5,0		•	•
MPXV7025	±3,5	±25	±100	±254	±190	4,5	90	±5,0		•	•

Таблица 5. **Интегральные датчики давления в шинах (Integrated Tire Pressure Monitor)**

Серия	Рмакс., PSI	Рмакс., кПа	Рмакс. (бар)	Цифровой выход	Макс. точность, -20°C	Макс. точность, 25…70°C	Макс. точность, 25°C	Uпит., В	Чувствительность, кПа/отчет	Тип давления		
										A	D	G
MPXY8020A	92,4	637,5	6,4	8-бит	±15 кПа	±7,5 кПа	±4°C	2,1…3,6	2,5	•		
MPXY8021A	92,4	637,5	6,4	8-бит	±20 кПа	±7,5 кПа	±4°C	2,1…3,6	2,5	•		
MPXY8040A	130,5	900	9	8-бит	±25 кПа	±20 кПа	±4°C	2,1…3,6	5	•		

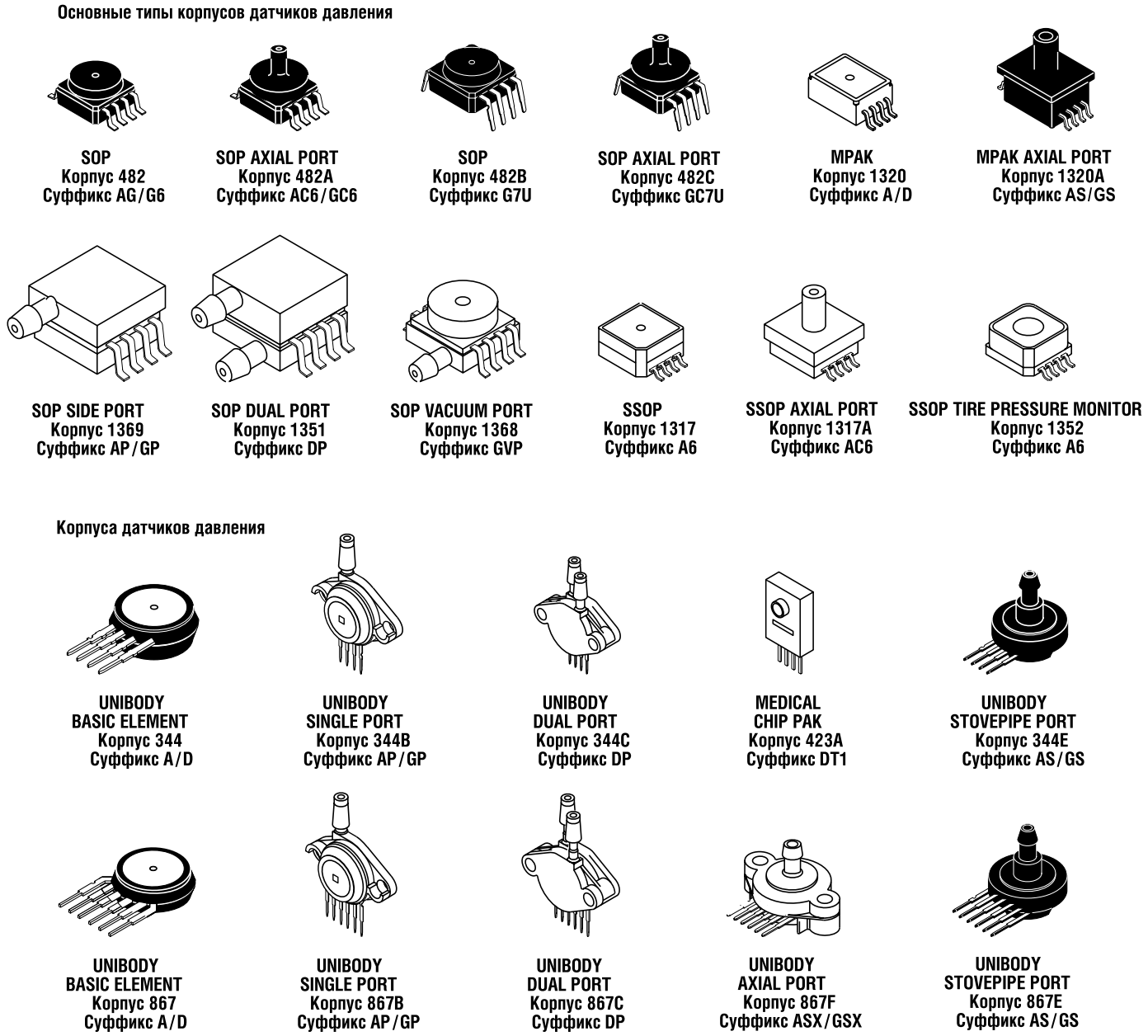


Рис. 1. **Корпусное исполнение датчиков**

нал поступает на усилитель **a3** через резисторы R3 и R5. Хорошая линейность и малый шум сигнала достигается путем правильного согласования резисторов R3, R4 и R5, R6. Выходной ток с оконечного каскада усилителя **a3** усиливается транзистором **2N2222,** обеспечивая значение Iвых до 20 мА.

Схема датчика давления с частотным выходом 1…10 кГц

Данная схема (рис. 3) может быть использована для всей серии датчиков давления **MPX2...** (с температурной компенсацией без усилителя (см. таблицу 1)) на счетверенном усилителе **MC33274,** двух стабилизаторах напряжения **MC78L08ACP** и преобразователе «напряжение/час-

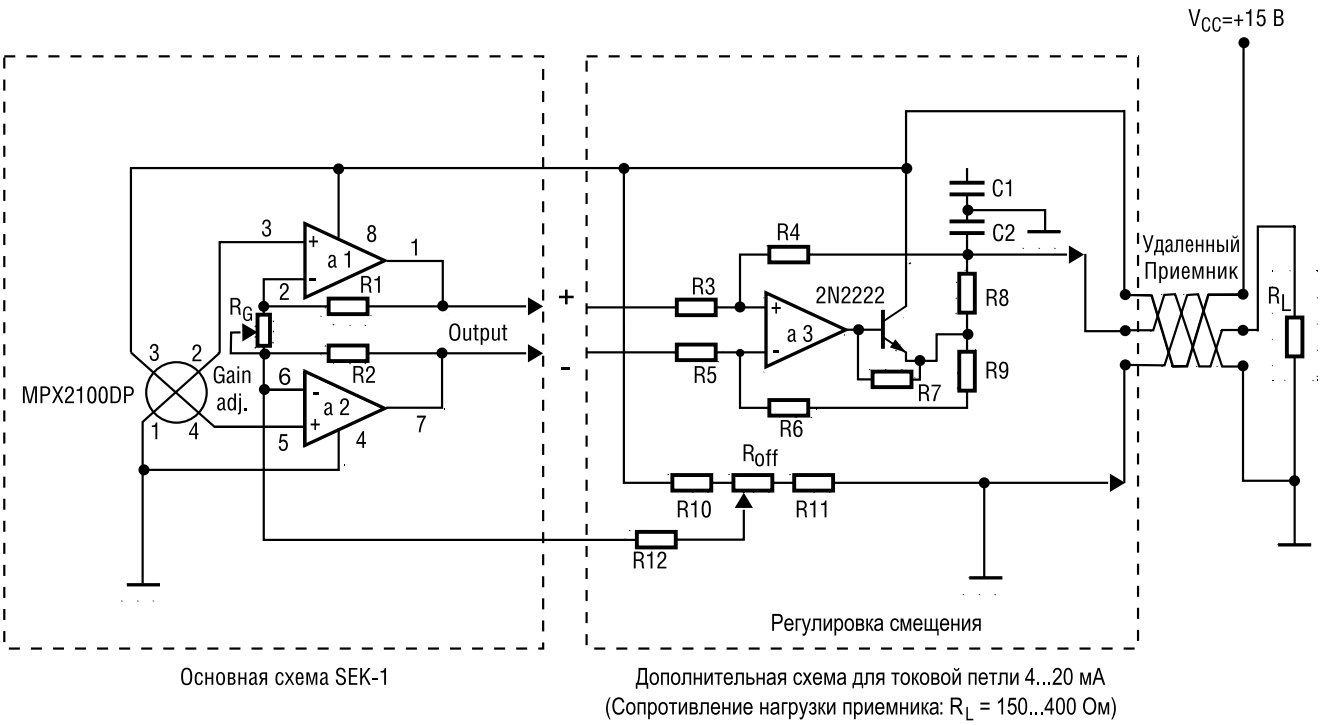


Рис. 2. **Схема датчика давления с токовым выходом**

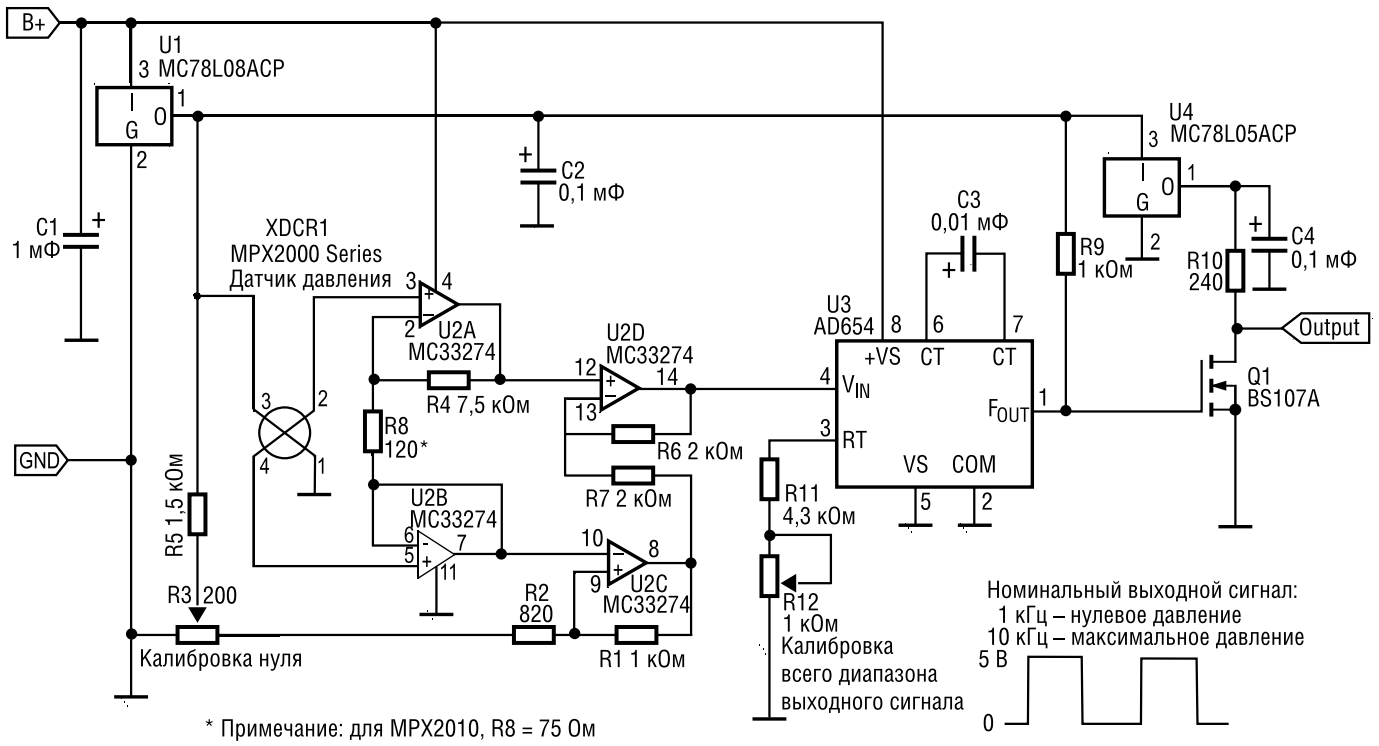


Рис. 3. **Схема датчика давления с частотным выходом**

тота» **AD654.** Описание работы схемы опустим, так как она проста и легко читаема. Добавлю, что калибровка производится двумя переменными резисторами R3 и R12, где R3 – калибровка нуля, а R12 – всего диапазона выходного сигнала.

Более подробную информацию о применении вы можете получить, отправив письмо по адресу электронной почты *a.emanov@compel.ru* с темой письма Freescale.

Заказ образцов и поставка – e-mail: sensors.vesti@compel.ru

Дмитрий Василенко

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТНЫХ СВОЙСТВ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ, СДВИГА ВХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ШУМОВ ПРЕЦИЗИОННОГО ОУ НА ТОЧНОСТЬ АНАЛОГОВО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

При согласовании прецизионного ОУ с АЦП в системе требуется учесть влияние частотных свойств коэффициента усиления (КУ), сдвига входного напряжения и шумов усилителя. В предлагаемой статье теоретические расчеты дополнены практическими примерами применения формул на основе спецификации новейших усилителей National Semiconductor ***LMP7731*** *и* ***LMP8100.***

National Semiconductor
The Sight & Sound of Information

Высокоточные программируемые усилители
Компания National Semiconductor представила два новых высокоточных программируемых PGA- (*programmable gain amplifier*) усилителя. **LMP8100A** обеспечивает точность программной установки усиления 0,03% с шагом от 1 до 16 В/В в индустриальном диапазоне температур от -40 до 125°С, **LMP8100** – 0,075% в диапазоне от -40 до 85°С. Приборы имеют 33 МГц CMOS-вход, RRIO- (от шины до шины) выход с током до 20 мА, коэффициент усиления 110 дБ, скорость нарастания напряжения 12 В/мкс (LMP8100A), напряжение питания от 2,7 до 5,5 В, потребляют ток 5,3 мА, выпускаются в 14-выводных корпусах SOIC.

АЧХ операционного усилителя

Операционный усилитель является в первом приближении апериодическим звеном с комплексным коэффициентом усиления с обратной связью:

$$G = \frac{A}{1 + j \times \frac{f}{f_0}} \quad (1),$$

где A – коэффициент усиления с обратной связью на низких частотах, f – частота входного сигнала, f0 – частота входного сигнала при единичном усилении.

Модуль коэффициента усиления из формулы (1) позволяет определить АЧХ усилителя:

$$|G| = \frac{A}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}} \quad (2).$$

Формулы (1) и (2) показывают, что операционный усилитель имеет доминирующий полюс, который является собственной (предельной) частотой звена. Этот полюс образуется благодаря внутренней компенсации усилителя, необходимой для его стабильности. Предельная частота определяет место-положение единичного усиления на АЧХ. Правее частоты при единичном усилении в логарифмическом масштабе коэффициент усиления G имеет наклон -20 дБ на декаду, левее – G примерно равен A. Исходя из этого, логарифмическую АЧХ коэффициента усиления принято аппроксимировать двумя прямыми: горизонтальной и с наклоном -20 дБ на декаду. Если принять A=1 и f_0=1, то аппроксимация и реальная АЧХ будут представлены на рис. 1.

Было замечено, что для операционных усилителей произведение полосы пропускания при единичном усилении на коэффициент усиления на низких частотах – величина постоянная. Это обстоятельство указывает на компромисс между динамическими и усилительными характеристиками, который необходимо делать разработчику усилительной системы. Произведение представлено в виде формулы:

$$GBWP = G \times f_0 \quad (3).$$

Применяя формулу (3), например, для ОУ LMP7731 (GBWP = 22 МГц), имеем для коэффициента усиления 10 полосу 2,2 МГц. На предельной частоте различие между аппроксимацией и точным значением достигает 29,3%, т.к. коэффициент усиления начинает падать на частотах значительно ниже предельной. Это свойство является причиной ошибки усиления в каскаде с ОУ на высоких частотах. Данная ошибка должна быть согласована с максимальной допустимой погрешностью АЦП.

С другой стороны ОУ имеет другие источники ошибки: сдвиг входного напряжения и шумы. Как показывает анализ схемы с

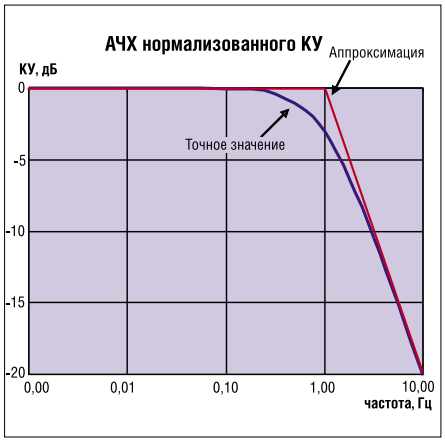


Рис. 1. **АЧХ операционного усилителя**

положительной обратной связью, ошибка усиления прямо пропорциональна ошибке входного напряжения:

$$\delta G_n = \frac{G}{V_{in}}\delta V \qquad (4),$$

где δGn — ошибка усиления, связанная с шумами и сдвигом входного усиления ОУ, Vin — входное напряжение ОУ, δV — ошибка входного напряжения.

Ошибки, связанные с шумами, важно учитывать на сравнительно низких частотах, тогда как ошибки, связанные с падением КУ, — на высоких.

В качестве примера оценки ошибки усиления, связанной с шумами и сдвигом входного усиления ОУ, рассмотрим LMP7731 с КУ=10, Vin=1 В:

1) δV складывается из шумов и сдвига входного напряжения: ;

2) из спецификации δVos = 0,04 мВ;

3) суммарные шумы нужно рассчитать, исходя из используемой полосы 2 МГц: δVn=3 нВ/√Гц x √(2 000 000) = 0,004 мВ;

4) используя формулу (4), получаем δGn=0,04%.

Максимальная погрешность аналогово-цифрового преобразования

Максимальная погрешность аналогово-цифрового преобразования, как правило, задается разрешением АЦП: его шагом преобразования (LSB). В идеале точность измерения должна быть намного ниже LSB, для оценки же применяют следующую формулу:

$$\Delta V = \frac{1}{2}\times\frac{V_{FS}}{2^N} = \frac{V_{FS}}{2^{N+1}} \qquad (5),$$

где V_{FS} — диапазон измеряемых напряжений АЦП, N — разрешение.

Из формулы (5) получаем оценку максимальной ошибки КУ, при которой достигается точность при разрешении N:

$$\delta G_{АЦП} = \frac{1}{2^{N+1}} \qquad (6).$$

Например, для разрешения 8 бит оценка максимально допустимой погрешности будет составлять 0,2%, а для 16 бит — 0,008%.

Согласование прецизионного ОУ и АЦП

В предыдущих разделах была произведена необходимая предварительная работа для расчета согласования прецизионного ОУ с АЦП. В частности было показано, что

- Коэффициент усиления усилителя отклоняется от аппроксимации с увеличением частоты,
- Шумы усилителя и сдвиг входного напряжения влияют на ошибку усиления,
- Имеется максимально допустимая погрешность АЦП, при которой еще достигается расчетная точность преобразования.

Рассмотрим ограничения системы в зависимости от частоты. С увеличением частоты КУ усилителя отклоняется от аппроксимации (постоянного значения усиления), но для обеспечения точности системы это отклонение не должно превышать значение (6). Очевидно, что имеется граничная частота, выше которой система не обеспечивает расчетную точность. Рассчитаем это значение, разрешая (2) по отношению f, имеем:

$$f = f_0\sqrt{\frac{A^2}{|G|^2}-1} = f_0\sqrt{\frac{1}{g^2}-1} \qquad (7),$$

где g — нормализованный КУ.

Граничная частота для заданного разрешения АЦП N будет определяться следующим образом:

$$f_n = f_0\sqrt{\frac{1}{\left(1-\frac{1}{2^{N+1}}\right)^2}-1} \qquad (8).$$

Полоса допустимых значений частот может быть схематически представлена на рис. 2.

На низких частотах важнейшее влияние оказывают шумы и сдвиг входного напряжения усилителя. Комбинация формул (4) и (6) дает оценку применимости конкретного ОУ для заданной точности преобразования. Погрешность усилителя не должна превосходить погрешность АЦП:

$$\frac{G}{V_{in}}\delta V < \frac{1}{2^{N+1}} \qquad (9).$$

Из (9) видно, что одним из решений для повышения уровня точности усилителя может являться усилитель с управляемым коэффициентом усиления. Например, LMP8100 имеет 16 уровней КУ, низкие шумы (12 нВ/√Гц), низкий сдвиг входного напряже-

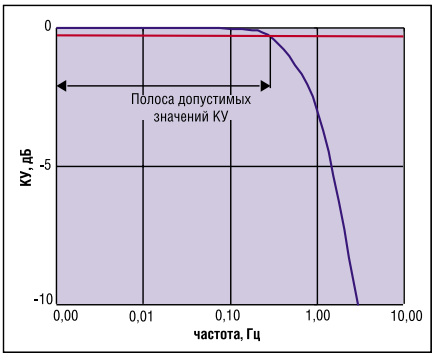


Рис. 2. **Схематическое представление полосы допустимых значений КУ**

Таблица 1. **Относительная погрешность АЦП и коэффициенты для получения граничной частоты**

Разрешение АЦП	Относительная погрешность АЦП	Коэффициент преобразования f0 в fn
8	0,1953%	6,26%
9	0,0977%	4,42%
10	0,0488%	3,13%
11	0,0244%	2,21%
12	0,0122%	1,56%
13	0,0061%	1,10%
14	0,0031%	0,78%
15	0,0015%	0,55%
16	0,0008%	0.39%

ния. Настраивая коэффициент усиления, можно точнее выполнять требования спецификации для различных диапазонов входного напряжения.

В таблицу 1 сведены значения коэффициентов для получения граничной частоты и максимальной погрешности АЦП для различных разрешений вплоть до 16 бит.

Исходя из расчетов КУ LMP7731 и данных таблицы видно, что данный усилитель вполне можно настроить на точную работу с АЦП 14 бит, снизив усиление до 1. При этом используемая полоса частот будет примерно равна 15 кГц.

Выводы

В статье рассмотрены эффекты, возникающие при согласовании точности АЦП и ОУ с обратной связью: согласование частотных характеристик КУ и влияние шумов на КУ. Показано, что при проектировании аналогово-цифрового преобразователя необходимо принимать во внимание максимальную ошибку АЦП, равную 1/2 LSB, что является одним из важнейших ограничений для буферных усилителей. Также даны практические советы по применению новейших ОУ LMP7723 и LMP8100.

Использованная литература

1. Д. Кекрафт, С. Джерджли, Аналоговая электроника. Схемы, системы, обработка сигнала. М.: Техносфера, 2005.
2. Востриков. А.С., Теория автоматического регулирования. М.: Высш. шк., 2004.
3. J. Freeman, Amplifier Closed-Loop Bandwidth Considerations in High Resolution A/D Converter Applications. Analog Edge, 2006.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: theory.vesti@compel.ru

MICROCHIP

Высокопроизводительное семейство PIC32 с большим объемом памяти пополнило ассортимент микроконтроллеров PIC от Microchip

Семейство **PIC32** пополнило ассортимент в части высокопроизводительных решений с большим объемом памяти. Новые микроконтроллеры сохранили совместимость со своими 16-разрядными предшественниками в части расположения и назначения выводов, периферии и программного обеспечения. Переход к новой элементной базе максимально упрощен за счет полной поддержки семейства **PIC32** интегрированной средой разработки (IDE) MPLAB, которую компания распространяет бесплатно. На данный момент, MPLAB IDE поддерживает все 8- 16- и 32-разрядные микроконтроллеры Microchip.

Первыми в семейство вошли семь моделей общего назначения. Они рассчитаны на тактовую частоту до 72 МГц, имеют до 512 Кбайт флэш-памяти и до 32 Кбайт оперативной памяти. Характерной чертой приборов семейства PIC32 является богатый набор периферийных модулей общего назначения, позволяющий значительно уменьшить сложность и стоимость проектов.

В основе микроконтроллеров PIC32 — архитектура MIPS32, принятая в отрасли в качестве фактического стандарта. Быстродействующее ядро MIPS32 M4K позволяет микроконтроллерам демонстрировать лучшую в своем классе удельную производительность — 1,5 DMIPS (миллионов операций с фиксированной запятой) в расчете на 1 МГц тактовой частоты. К достоинствам ядра относится эффективный набор инструкций, пятиступенчатый конвейер, аппаратный умножитель-аккумулятор и до 8 наборов 32-разрядных регистров.

Первые изделия семейства PIC32 выпускаются в 64- или 100-контактных корпусах типа TQFP.

Пока доступны ознакомительные образцы, серийные поставки планируется начать во втором квартале 2008 года.

Андрей Панисько, Петр Перевозчиков

ОТЛАДОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПОПУЛЯРНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ С АРХИТЕКТУРОЙ ARM

ТЕРРА ЭЛЕКТРОНИКА

*Высокая производительность, мощная внутренняя архитектура и богатая периферия при достаточно невысокой стоимости микросхем — именно эти свойства **ARM-архитектуры** привлекают внимание инженеров при разработке устройств. Эта статья поможет определиться с выбором отладочных средств для устройств с архитектурой данного типа.*

В настоящее время архитектура ARM занимает лидирующие позиции и охватывает 75% рынка 32-разрядных встраиваемых RISC-микропроцессоров. Распространенность данного ядра объясняется его стандартностью, что предоставляет возможность разработчику более гибко использовать как свои, так и сторонние программные наработки и при переходе на новое процессорное ядро, и при миграциях между разными типами ARM-микроконтроллеров. Единственная проблема, с которой приходится сталкиваться специалистам, приступающим к разработке устройств с применением микроконтроллеров этого типа — сложность освоения и внедрения таких проектов. Поэтому удачный выбор отладочной системы в самом начале может быть существенным подспорьем в работе.

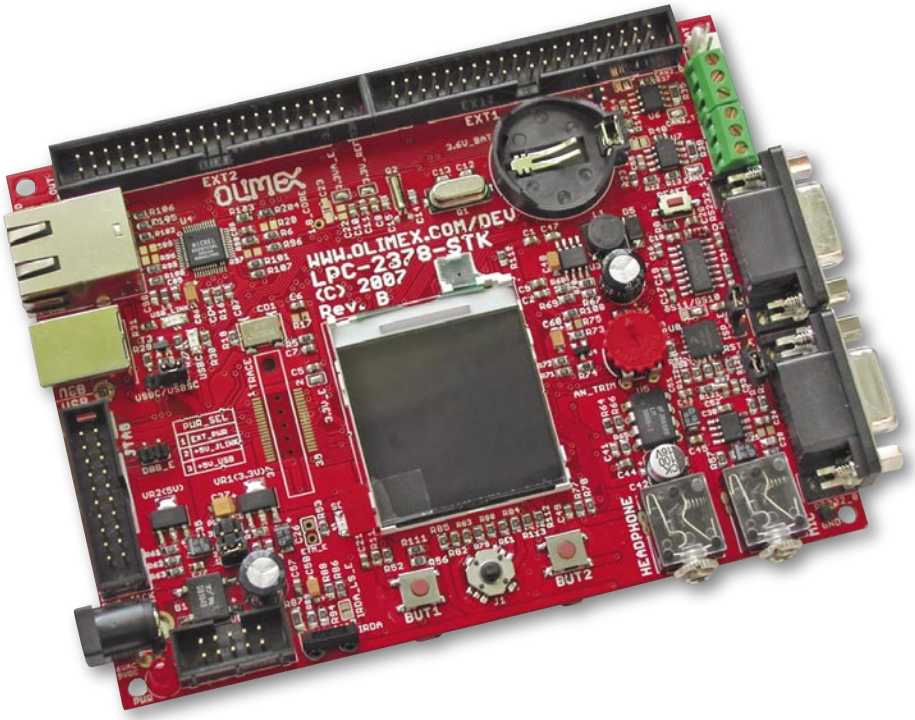


Рис. 1. **Отладочная плата LPC-2378STK фирмы Olimex**

С другой стороны, системы такого рода достаточно технологичны, и самостоятельное изготовление прототипов в кустарных условиях не всегда представляется возможным, а в большинстве случаев — и нецелесообразным с финансовой точки зрения. Тем более что доступных предложений на рынке сейчас достаточно много. И помимо наиболее популярных на сегодняшний день устройств от Atmel и NXP, все более широкое распространение в сфере систем промышленной электроники получают микросхемы производства Marvell, Luminary micro, Cirrus Logic и других компаний, поначалу казавшиеся экзотическими. Новинки, периодически появляющиеся на рынке ARM-микроконтроллеров, рано или поздно попадают в линейки поставки всемирно известных компаний, специализирующихся, в первую очередь, на разработке инструментальных средств разработчика, таких как IAR, Keil, Olimex, Embedded Artists. Некоторые компании (Atmel, Texas Instruments, Cirrus Logic и ряд других) при этом и сами производят стартовые наборы и внутрисхемные эмуляторы для своих микросхем. Качественно оценить многообразие предлагаемых отладочных средств и наборов можно с помощью приведенной ниже таблицы.

Исторически так сложилось, что предпочтения разработчиков сформировались вокруг достаточно узкого круга платформ. Так, уже долгое время остается хитом серия ARM7TDMI-микроконтроллеров LPC2000 производства NXP.

Производители отладочных средств	Производители ARM-микроконтроллеров						
	Atmel	Cirrus Logic	Luminary micro	Marvell (Intel)	NXP	STMicroelectronics	Texas Instruments
Ashling					●		
Atmel	●						
Bipom					●		
Cirrus Logic		●					
Egnite	●						
Embedded Artists					●		
IAR			●		●	●	●
Keil					●	●	
Luminary micro			●				
Nohau					●		
NXP							
Olimex	●	●			●	●	●
Propox	●					●	
STMicroelectronics						●	
Texas Instruments							●
Toradex				●			

Оценочные платы и стартовые наборы предлагает практически каждая компания, занимающаяся разработкой устройств этого класса. Несложные изделия по приемлемым ценам поставляет из Болгарии Olimex, специализирующийся на малогабаритных макетных платах и компактных JTAG-эмуляторах. IAR и Keil перекрывают нишу высокотехнологичных наборов. А Embedded Artists обеспечивает рынок платами высокой степени интеграции, снабженными жидкокристаллическими дисплеями, шаговыми двигателями и другой периферией, что оказывается весьма привлекательно для нужд OEM-производителей и образовательных учреждений.

Отдельного освещения заслуживает вопрос: с помощью чего отлаживать разрабатываемую систему, какой эмулятор предпочесть? Ситуация с JTAG-адаптерами кажется вполне ясной: чем выше скорость интерфейса с целевым устройством, чем больше опций он обеспечивает в работе — тем выше его стоимость. Жесткая конкуренция основных мировых производителей попросту не позволяет им выпускать схожие продукты, которые значительно отличались бы по цене. И, тем не менее, приятные исключения в этом правиле встречаются.

В линейке универсальных эмуляторов, использование которых возможно с микроконтроллерами разных фирм, главенствует J-Trace-ARM-2M от IAR, который помимо традиционного интерфейса JTAG обеспечивает функции трассировки. Традиционно соседствуют в следующей номинации Ulink2 (Keil) и J-link (IAR),

Рис. 2. **Популярные JTAG-эмуляторы J-LINK и ULINK2**

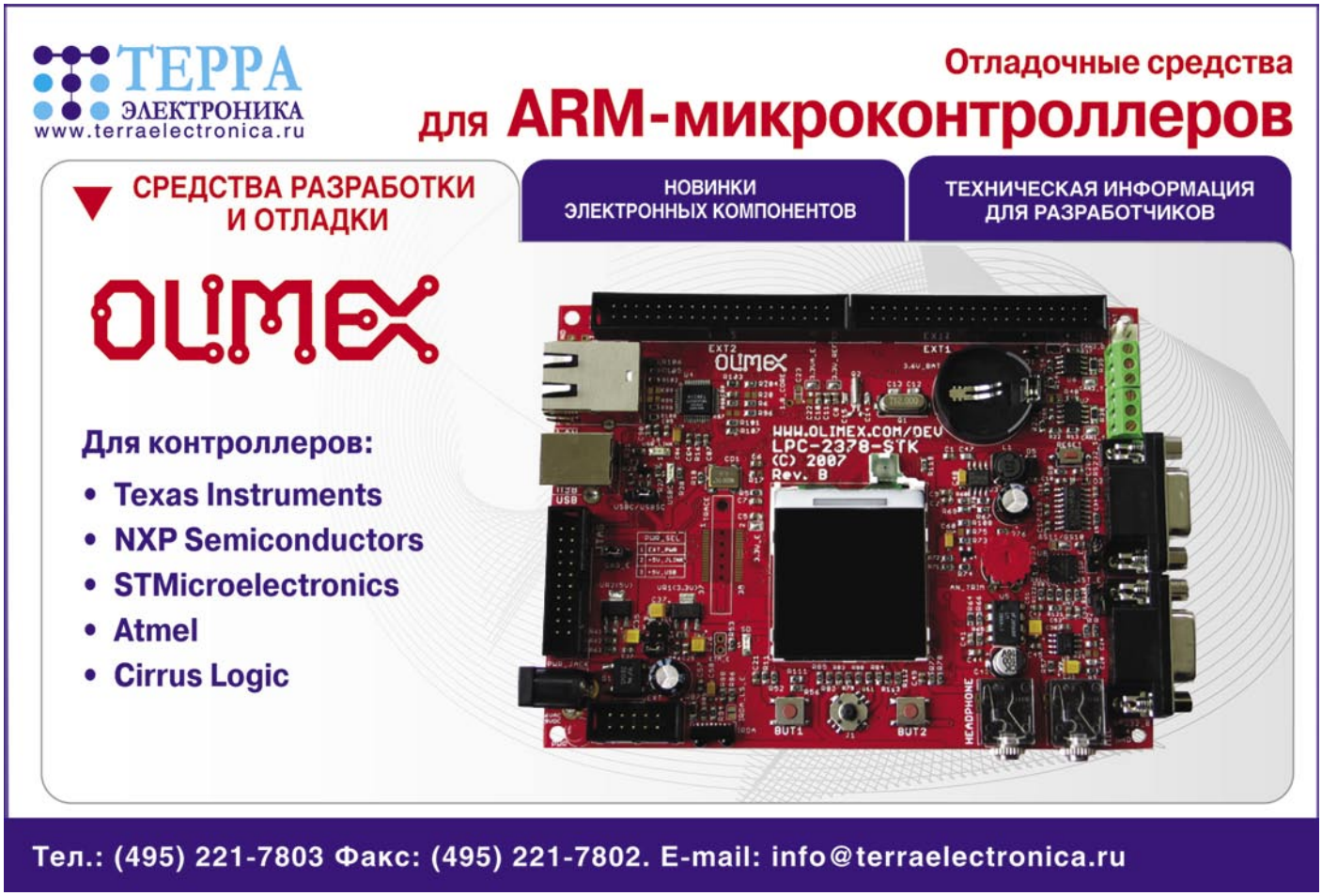
которые стали уже классическим примером. Давно и достаточно успешно пользуется популярностью разработчиков отечественный аналог последнего — эмулятор MT-link, имеющий достаточно привлекательную цену, а потому и высокий спрос. Особо хочется отметить ARM-USB-OCD, устройство сочетающее в себе внутрисхемный USB-JTAG эмулятор для ARM-микроконтроллеров, преобразователь интерфейсов USB/RS-232 и источник питания в одном удобном компактном корпусе. Главная его отличительная особенность — использование в разработке бесплатной свободной среды разработки и альтернативных коммерческих компиляторов: GCC C, openOCD и Eclipse IDE.

Для начинающих разработчиков, реализации несложных проектов, в которых не потребуется отладка больших объемов кода, а также для отладки приложений, не критичных к скорости интерфейса JTAG, компания Olimex предлагает два схожих решения. Одно из них — недорогой ARM-JTAG с портом LPT, другое — ARM-USB-TINY — решение, аналогичное ARM-USB-OCD, с той лишь разницей, что в нем нет источника питания. Впрочем, сам эмулятор питается от шины USB.

Ну и наконец, остановимся на специализированных JTAG-адаптерах, выпускаемых фирмами-производителями микроконтроллеров, а потому ориентированных только на работу с узким кругом микросхем. Так, например, Atmel для ARM7/ARM9-микроконтроллеров серии AT91 выпустил отладчик AT91SAM-ICE, хотя среда разработки им поддерживается вполне привычная — IAR Workbench, программная поддержка эмулятора на уровней драйверов осуществляется библиотеками DLL, доступными в разделе “Downloads/J-Link ARM”. Аналогично поступила компания STMicroelectronics, которая предлагает для микроконтроллеров серий ST7, uPSD, и STR7 эмулятор STX-RLINK, который соединяется с отладочными платами посредством стандартного ARM-JTAG интерфейса (микроконтроллеры на базе ядра ARM и серии uPSD) или посредством разъема ICC (для микроконтроллеров серии ST7). Такие специализированные решения будут интересны разработчикам, традиционно использующим микросхемы только одного типа.

Описанные в статье и другие инструментальные средства можно приобрести или получить на условиях проката в компании ТЕРРА-ЭЛЕКТРОНИКА. Информация о продукции, ценах и наличии на складе, а также о возможности заказа — на сайте *http://www.terraelectronica.ru.*

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: info@terraelectronica.ru



РОБЕРТ ВИДЛАР: ПУТЬ ЭЛЕКТРОНЩИКА

Известный специалист по рынку электронных компонентов **Георгий Келл** на своей авторской странице рассказывает об одном из основателей отрасли Роберте Видларе.

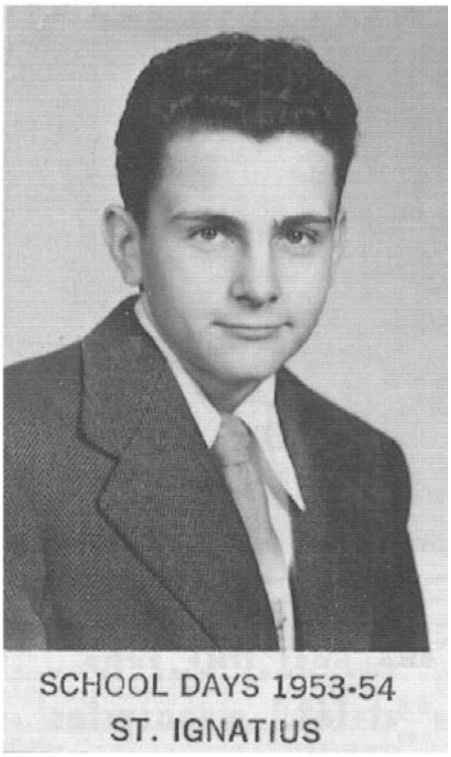
Очень непросто писать о человеке, с которым никогда не был знаком и все, что о нем знаешь, почерпнуто из воспоминаний других людей или безликих сообщений в Интернете. Но иного пути нет. Уж очень хочется рассказать о легендарном основоположнике интегральной аналоговой схемотехники Бобе Видларе, которому осенью 2007 года могло бы исполниться 70 лет и, который оставил столь яркий след в истории электроники, что ему посвящаются целые главы в солидных монографиях.

Роберт Видлар (*Robert J.Widlar*) родился 30 ноября 1937 года. Его отец Вальтер Видлар (*Walter L.Widlar*) происходил из семьи выходцев из Германии, поселившихся в районе Кливленда в конце 18-го века. Мать Роберта, Мэри Витус (*Mary Vithous*) происходила из семьи чешских эмигрантов. Дед Роберта со стороны матери, Франтишек Витус (*Frantisek Vithous*) покинул деревню в Южной Богемии в 1902 году и прибыв в Кливленд, вскоре женился на такой же эмигрантке из Богемии Марии Заковой (*Marie Zakova*). Боб Видлар, вероятно, унаследовал основные черты своего характера именно от деда, который отличался крайне независимым и неуживчивым нравом.

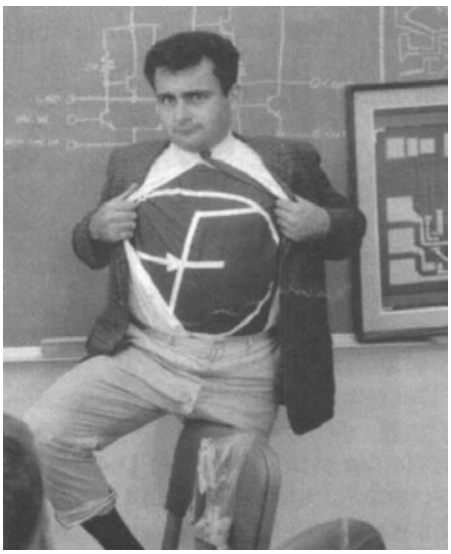
Отец Роберта был известным радиоинженером и уже с колыбели начал приучать сына к электронике — кливлендская газета в 1938 году писала о том, что «инженер Вальтер Видлар установил на кроватке сына микрофон и организовал громкую связь с другими комнатами дома, с тем, чтобы его мать могла услышать плач и оперативно среагировать». Уже в школе Роберт под руководством отца стал приобщаться к практической электронике и в 18 лет, после окончания школы, стал работать в мастерской по ремонту радиоприемников и телевизоров, а затем устроился техником в **Bird Electronics Corp.** Это было в 1955 году, а двумя годами ранее умер отец Роберта.

В феврале 1958 года Роберт Видлар поступает на службу в военно-воздушные силы США, где занимается организацией классов по изучению электронного оборудования. К этому времени относится и его первый печатный труд — инструкция «Введение в полупроводниковые приборы». Осенью того же года Роберт поступает в Университет штата Колорадо, и тут дают себя знать дедовские свободолюбивые гены — жизнь студента оказывается гораздо интереснее армейской и в 1961 году Боб увольняется из армии и начинает работать в компании **Ball Brothers Research,** продолжая учиться в университете. По работе он пересекся и познакомился с Джином Хоерни (*Jean Hoerni*) и Шелтоном Робертсом (*Shelton Roberts*), которые в те годы в компании Amelco создали радиационно-стойкий транзистор **2N930.** Именно после этого знакомства у Роберта возник интерес к работе в полупроводниковой компании.

Профессиональные успехи Роберта Видлара были в первую очередь связаны с его упорным трудом по изучению различных материалов по теории полупроводников. Он часами просиживал в университетской библиотеке, изучая труды **Bell Labs.** Решение технических вопросов было главным интересом в его жизни, на втором месте стояли вечеринки в барах.



Robert J. Widlar at age 16



Как и многое в жизни Роберта Видлара, его приход в компанию **Fairchild** был весьма неординарным. Одним из проектов в **Ball Brothers** была разработка транзисторного регулятора постоянного тока. И вот летом 1963 года компания **Fairchid** проводила серию презентаций своих новых транзисторов. Презентацию в Денвере, на которой присутствовал и Роберт Видлар, проводил маркетинговый гуру компании **Fairchild** Джерри Сандерс (*Jerry Sanders*) – будущий основатель компании **AMD.** Видлара особенно интересовала коробочка с примерно сотней новейших npn транзисторов **2N1613,** которые имели очень высокий коэффициент усиления и могли работать на микроамперных токах. Каждый такой транзистор стоил порядка $100. По окончанию презентации Сандерс и Видлар оказались в баре и после нескольких часов «технической» дискуссии о микросхемах **Fairchild,** коробочка, стоимостью превышавшей популярный в те годы *Volkswagen Beetle,* перекочевала к Видлару. Восстановив контроль над собой наутро, Сандерс был, безусловно огорчен своей щедростью, но под впечатлением инженерного таланта Видлара, он сделал единственно верный шаг – «натравил» на Видлара рекрутеров своей компании. И те, проявив настойчивость, добились согласия Видлара на интервью в **Fairchild.**

В августе 1963 Видлар выбрался на несколько дней в отпуск в Калифорнию, прошел собеседование и в письме другу написал, что будет теперь «делать интегральные штучки для F-в-круге» (именно так тогда выглядел логотип компании **Fairchild**). В сентябре Видлар приступил к работе в качестве инженера-электронщика в Отделе разработки и применения аналоговых ИС. Руководитель отдела Джон Барретт (*John C.Barrett*) поручил Видлару изучить возможности применения цифровых интегральных компонентов в аналоговой интегральной схемотехнике. С самого начала в подходе Роберта проявились две особенности: неприятие «цифровых» транзисторов как элементов аналоговых ИС и глубокое проникновение во все процессы разработки, топологического проектирования, производства, тестирования ИС, и даже составления *data sheet.*

Robert J. Widlar on December 12, 1970

Обо всех достижениях Видлара невозможно рассказать в короткой статье. Об истории создания им первых ОУ uA702 и uA709 было сказано в одном из предыдущих номеров этого журнала в статье «**МАГИЧЕСКИЕ ЧИСЛА ЭЛЕКТРОНИКИ:** 702, 709, 741». Успех первых ОУ был связан не в последнюю очередь с активностью Видлара по их продвижению на рынок. Он постоянно выступал с лекциями – на фотографии 1964 года Роберт, рассказывая о uA702, демонстрирует логотип **Fairchild** на своей майке. Было известно, что, работая сверхнапряженно, Видлар ставил своей целью заработать к 30-ти годам $1 млн. и выйти на пенсию. Но в компании **Fairchild** реализовать эту мечту явно «не светило», хотя именно разработанные Видларом ИС приносили компании основную прибыль. И Роберт сделал свои выводы.

В декабре 1965 года Роберт Видлар уходит в небольшую компанию **Molecro,** которая почти сразу же вливается в состав **National Semiconductor.** При этом Видлар попадает в число учредителей и получает свою долю акций, которые через пару лет станут тем капиталом, к которому он так стремился. Поэтому, хотя, работая в **NatSemi,** Видлар также создал несколько знаменитых ИС – LM100, LM101, LM109, но мотивация, похоже, пошла на убыль. Перед самым уходом из **NatSemi** Видлар совершил один из своих эпатажных поступков. Компания в целях экономии сократила садовника, который стриг газоны перед офисом, где работал Видлар, и тогда тот привез овцу и пустил ее пастись на газоне, не забыв пригласить журналистов (см. фото). Руководство эту шутку не оценило.

В 1970 году Роберт Видлар покидает **NatSemi,** оставаясь на протяжении нескольких лет внештатным разработчиком. Кроме того в 1981 году он поучаствовал в создании компании **Linear Technology,** но покинул и эту компанию, рассорившись со своим другом и вторым соучредителем Бобом Добкином (*Robert Dobkin*). С начала 70-х Роберт Видлар поселился в мексиканском городке Пуэрто Валларта, где и умер 27 февраля 1991 года во время пробежки по гористой местности. Ему было всего 54 года.

P.S. На своей странице *www.national.com/rap/Story/widlar.html* Боб Пиз, работавший с Видларом в **NatSemi,** делится воспоминаниями.