

№3 (49), 2008 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.compeljournal.ru](http://www.compeljournal.ru)

**Отпечатано:**

«Гран При»  
г. Рыбинск

Тираж – 1500 экз.

© «Новости электроники»

**Подписано в печать:**

5 марта 2008 г.

# СОДЕРЖАНИЕ

## КОМПОНЕНТЫ

### ■ АНАЛОГОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ

- Одноканальные LDO-стабилизаторы малой мощности компании Texas Instruments  
*Константин Староверов* ..... 3
- ШИМ-контроллеры STMicroelectronics  
*Дмитрий Цветков* ..... 8
- PowerMind – DC/DC-преобразователи компании Maxim с поддержкой шины PMBus  
*Евгений Звонарев*..... 13

### ■ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

- Новые AC/DC-преобразователи PEAK для портативной аппаратуры  
*Константин Староверов* ..... 17

### ■ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

- 32-битные микроконтроллеры PIC32 с USB On-The-Go (Microchip) *Алексей Пантелейчук* ..... 20

### ■ СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

- Semikron и энергосберегающие технологии  
*Андрей Колпаков*..... 22

### ■ БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Передача данных в ZigBee-сети с помощью модулей XBee ZNet 2.5 (Digi)  
*Олег Пушкарев* ..... 27



# ОТ РЕДАКТОРА

## Уважаемые читатели!

В последнее время в интервью представителей западных компаний стало привычным встречать слова о

бурном развитии российской электроники. Надо признать, что при всех проблемах отрасли и традиционных бюрократических препонах, развитие действительно ускорилось. На первых порах оно происходит в значительной мере за счет организации сборочных производств крупными контрактными производителями, но в отрасль идут инвестиции, а сейчас это едва ли не самое важное. За примерами далеко ходить не надо. Только последняя декада февраля принесла новость об организации компанией Flextronics в Санкт-Петербурге производства телевизоров с ЖК-экраном на базе приобретенного завода компании Элкотек. Поступила также информация о грядущем строительстве под Петербургом сборочного завода контрактного производителя Foxconn. На колпинском заводе будут собираться ПК и ноутбуки Hewelett-Packard.

Для того, чтобы объединить наиболее ярких и амбициозных представителей российского электронного бизнеса, недавно была создана неформальная ассоциация российских компаний — разработчиков и производителей электроники «Новая электроника России».

26-28 марта 2008 года руководители ведущих российских компа-

ний — производителей электроники соберутся в отеле «Заря» под Москвой на первый форум «Новая электроника России». На форуме будут представлены результаты исследования рынка, достижения российских компаний. Руководители обсудят согласование интересов между компаниями, между бизнесом и государством, подготовят программы совместных действий.

В числе прочего на форуме будут названы победители премии «Новая электроника России» — самые инновационные предприятия российской электроники. В числе номинантов — крупный производитель медицинской аппаратуры и систем безопасности «Альтоника», разработчик и изготовитель прецизионных измерительных комплексов «Нанотехнология — МДТ», крупнейшая российская дизайнерская компания в сфере персональных электронных устройств «Танчер Электроникс», лидер мирового рынка встраиваемого ПО для обработки аудио и видео «Spirit DSP» и другие.

Зарегистрироваться для участия в форуме можно по электронному адресу [http://www.elcp.ru/conf/forum/registration\\_forum.html](http://www.elcp.ru/conf/forum/registration_forum.html).

Как всегда, ждем ваших вопросов и предложений.

С уважением,  
Геннадий Каневский



Константин Староверов

## ОДНОКАНАЛЬНЫЕ LDO-СТАБИЛИЗАТОРЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ КОМПАНИИ TEXAS INSTRUMENTS

*LDO-стабилизаторы широко применяются в оконечных каскадах электропитания маломощных аналоговых и аналогово-цифровых устройств с батарейным питанием. Компания Texas Instruments производит самую широкую номенклатуру этих микросхем. В статье приведен обзор одноканальных LDO-стабилизаторов малой мощности.*

Непрерывная конкуренция производителей цифровых, аналоговых и аналогово-цифровых интегральных схем (ИС) за снижение энергопотребления своей продукции делает чрезвычайно популярным сегмент одноканальных LDO-стабилизаторов малой мощности, которые способны работать с током нагрузки до 100 мА. Потребление даже 32-битных современных высокопроизводительных микроконтроллеров существенно меньше 100 мА. Например, микроконтроллеры AT32UC3 (Atmel), выполненные на основе ядра AVR32, потребляют ток 40 мА (66 МГц, 3,3 В) а микроконтроллеры из семейства STM32 (STMicroelectronics), выполненные на основе ядра Cortex M3 (ARM), работая на частоте

72 МГц, потребляют ток всего лишь 27 мА.

Выбор LDO-стабилизатора осуществляется по входному напряжению  $V_{IN}$ , выходному напряжению  $V_{OUT}$ , току нагрузки  $I_{OUT}$  и рабочему температурному диапазону. В некоторых случаях могут предъявляться дополнительные требования к эффективности стабилизатора, уровню шума, разбросу выходного напряжения, размерам корпуса и др.

Выбор стабилизатора по входному напряжению осуществляется исходя из следующих соображений: максимальное паспортное входное напряжение стабилизатора должно быть выше максимального напряжения, которое может присутствовать на его входе. Минимальное же напряжение, при



### Новые резистивно-программируемые переключатели TMP300

Компания Texas Instruments выпустила в продажу резистивно-программируемый температурный переключатель TMP300 с низким энергопотреблением, работающий в широком диапазоне напряжений питания. TMP300 предназначен для простых систем температурного мониторинга и управления. Малые размеры корпуса делают его привлекательным для установки в источники питания, DC/DC-модули и системы термозащиты.

Граничное значение температуры устанавливается при помощи внешнего недорогого резистора (trip point resistor). Выход со свободным стоком контролирует напряжение питания, подаваемого на процессор или другое защищаемое устройство. Также существует отдельный аналоговый вывод (10 мВ/°C), подключаемый либо к термодатчику, либо используемый в контуре регулирования температуры. TMP300 позволяет осуществлять температурный мониторинг без использования микроконтроллеров и в достаточно широком диапазоне напряжений питания — от 1,8 до 18 В.

Аналоговый вывод позволяет измерять температуру с точностью до 3 градусов, температурный переключатель имеет точность до 4 градусов. Температурный диапазон работы устройства -40...125 °C.

котором стабилизатор сохраняет способность нормально функционировать, определяется как сумма выходного напряжения  $V_{OUT}$  и минимального перепада напряжения  $V_{DO}$ . Таким образом, минимальное значение входного напряжения, которое приводится в справочных таблицах, не является обязательным требованием. Например, если сумма  $V_{OUT}$  и  $V_{DO}$  равна 2 В, а в справочной таблице приводится значение 1,8 В, то именно 2 В нужно принимать, как минимальное рабочее напряжение стабилизатора. Также имейте в виду, что величина  $V_{DO}$  может зависеть от

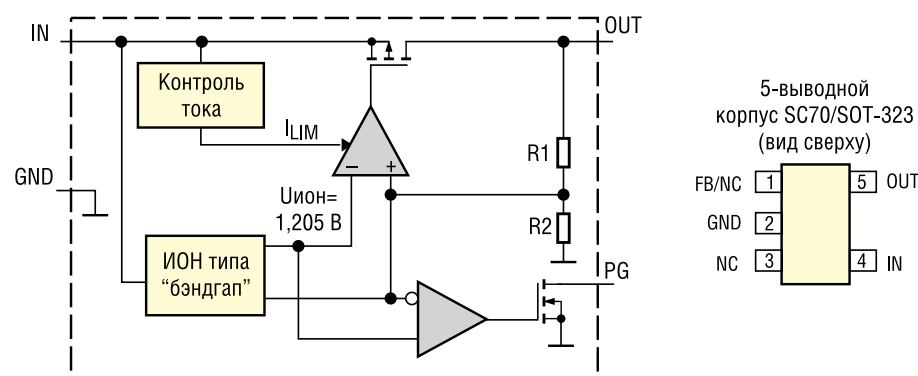


Рис. 1. Структурная схема и расположение выводов TPS797xx

Таблица 1. Одноканальные LDO-стабилизаторы малой мощности компании Texas Instruments

Наименование	$I_{OUT(max)}$ , мА	$V_{DO(тип)}$ , мВ	$I_O(тип)$ , мкА	$V_{IN}$ , В	$V_{OUT}$ , В	$C_{OUT}$ , мкФ	Выход «Power Good»	Темп. диапазон, °С	Корпус
TPS79718	50	105	1,2	1,8...5,5	1,8±4%	≥0,47	Есть	-40...85	5SC70
TPS79730	50	110	1,2	1,8...5,5	3±4%		Есть	-40...85	5SC70
TPS79733	50	105	1,2	1,8...5,5	3,3±4%		Есть	-40...85	5SC70
TPS79718-EP	10	400	5	2...5,5	1,8±5%		Есть	-55...125	5SC70
TPS79730-EP	10	400	5	1,8...5,5	3±4%		Есть	-55...125	5SC70
TPS79733-EP	10	400	5	2...5,5	3,3±4%		Есть	-55...125	5SC70
TPS71501	50	415	3,2	2,5...24	Per. 1,2...15			-40...125	5SC70
TPS71518	50	415	3,2	2,5...24	1,8±4%			-40...125	5SC70
TPS71519	50	415	3,2	2,5...24	1,9±4%			-40...125	5SC70
TPS71523	50	415	3,2	2,5...24	2,3±4%			-40...125	5SC70
TPS71525	50	415	3,2	2,5...24	2,5±4%			-40...125	5SC70
TPS71530	50	415	3,2	2,5...24	3±4%			-40...125	5SC70
TPS71530-Q1	50	415	3,2	2,5...24	3±4%			-40...125	5SC70
TPS71533	50	415	3,2	2,5...24	3,3±4%			-40...125	5SC70
TPS715345	50	415	3,2	2,5...24	3,45±4%			-40...125	5SC70
TPS71550	50	415	3,2	2,5...24	5±4%			-40...125	5SC70
TPS715A01	80	670	3,2	2,5...24	Per. 1,2...15			-40...125	8SON
TPS715A33	80	670	3,2	2,5...24	3,3±4%			-40...125	6SON, 8SON

тока нагрузки и температуры, поэтому, пользуясь данными из документации, несложно найти точное значение  $V_{DO}$ , а, следовательно, и минимальное  $V_{IN}$  для заданных условий применения.

Выбор по выходному току и напряжению тривиален — достаточно, чтобы суммарный ток нагрузки был меньше максимального выходного тока  $I_{OUT}$  стабилизатора, и выходное напряжение стабилизатора соответствовало требуемому значению (например, +1,8 В или +3,3 В). Если не удается найти стабилизатор на требуемое напряжение, используют регулируемый стабилизатор. У таких стабилиза-

торов имеется отдельный вывод FB, который связан с выходным напряжением через резистивный делитель напряжения. Подбором сопротивлений этих резисторов добиваются установки требуемого выходного напряжения.

В приложениях с батарейным питанием очень важно, чтобы стабилизатор обладал высокой эффективностью. Эффективность линейных стабилизаторов описывают не значением КПД, как у импульсных стабилизаторов, а величиной собственного потребляемого тока, которая обычно составляет несколько микроампер. При использовании регулируемых

стабилизаторов нужно помнить, что внешний делитель напряжения также вносит дополнительный ток нагрузки, поэтому, в таких применениях нужно использовать высокоомные резисторы (0,5...1,5 МОм).

Поскольку работа линейного стабилизатора в некоторых случаях связана с рассеиванием достаточно большой мощности, то нужно проверить, до какой температуры может разогреться кристалл при наихудших условиях (максимальные перепад напряжения, ток нагрузки и окружающая температура). Для этого нужно воспользоваться выражением:

$$t_j = t_{A(max)} + (V_{IN(max)} - V_{OUT}) \times I_{OUT(max)} \times R_{\theta JA}, \quad (1)$$

где  $t_j$  — температура кристалла;

$t_{A(max)}$  — максимальная температура окружающей среды;

$V_{IN(max)}$  — максимальное входное напряжение;

$I_{OUT(max)}$  — максимальный ток нагрузки;

$R_{\theta JA}$  — тепловое сопротивление переход — окружающая среда, °С/Вт.

Величина  $R_{\theta JA}$  приводится в документации и характеризует способность корпуса стабилизатора рассеивать тепло (с учетом тепло-

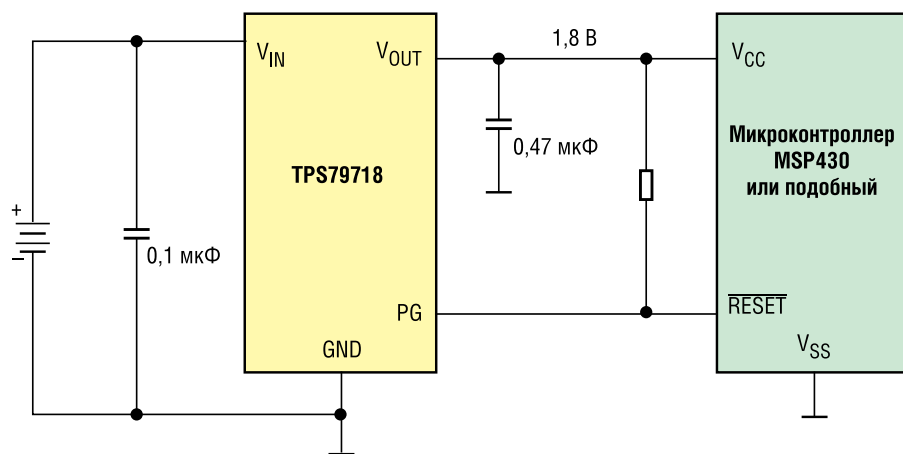


Рис. 2. Использование TPS79718 для питания и управления сбросом микроконтроллера MSP430

рассеивающих свойств печатной платы, на которой он установлен). Если полученное по выражению (1) значение  $t_j$  меньше максимально-допустимой температуры перехода  $t_{j(max)}$  (а еще лучше, чтобы был запас 20...50%), то выбранный стабилизатор подходит для данных условий применения. В противном случае, нужно искать стабилизатор в корпусе с улучшенным теплорассеиванием или дополнительную возможность снижения рассеиваемой мощности.

Одноканальные LDO-стабилизаторы малой мощности компании Texas Instruments представлены четырьмя семействами: TPS797xx, TPS797xx-EP, TPS715xxx и TPS715Axx. В табл. 1 представлены основные технические характеристики стабилизаторов. Общей чертой всех стабилизаторов является высокая экономичность (собственное потребление менее 5 мкА), разброс выходного напряжения не более 4%, размещение в миниатюрных корпусах и способность работать с выходным конденсатором любого типа емкостью  $C_{OUT} \geq 0,47$  мкФ. Рассмотрим каждое семейство стабилизаторов в отдельности.

**Семейство TPS797xx**

В данное семейство входят три стабилизатора с фиксированным выходным напряжением 1,8 В, 3,0 В и 3,3 В. Малый минимальный перепад напряжения (<110 мВ) достигнут за счет применения р-канального МОП-транзистора в качестве проходного. Уровень собственного потребления равен 1,2 мкА (типичное значение) и сохраняется относительно постоянным в пределах всего диапазона нагружения (0...5 мА). Стабилизаторы совместимы со стандартной шиной питания +5 В, и поэтому на основе двух стабилизаторов возможно формирование двух разных напряжений питания микроконтроллера (например, напряжение питания ядра +1,8 В и напряжение питания портов ввода-вывода +3,3 В). Стабилизаторы оснащены выходом с открытым стоком PG, который активизируется (переходит из высокоимпедансного в низкое со-

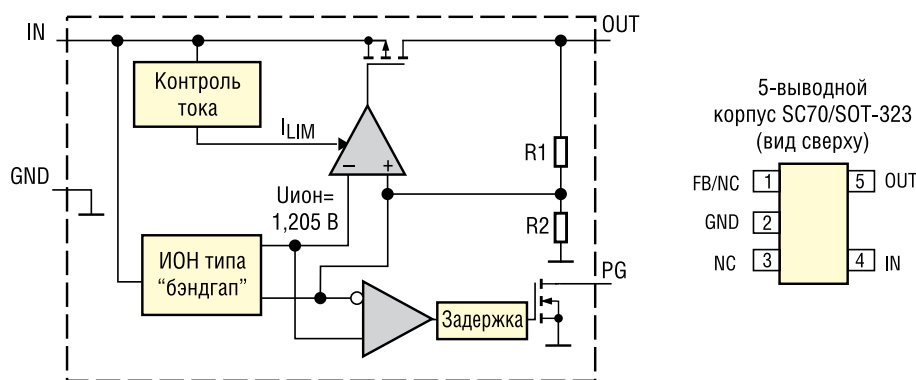


Рис. 3. Структурная схема и расположение выводов TPS797xx-EP

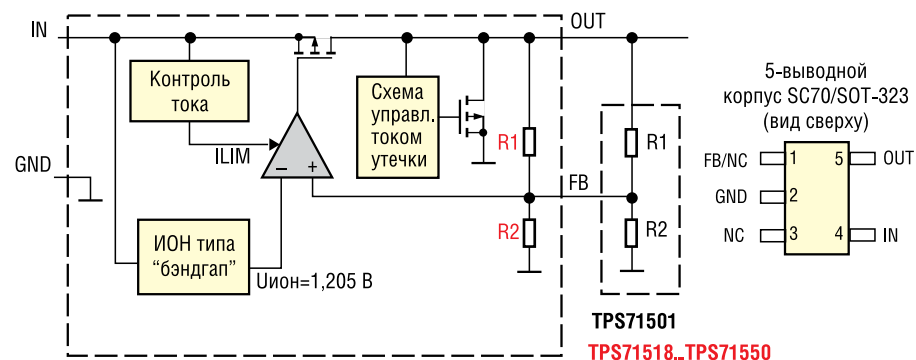


Рис. 4. Структурная схема и расположение выводов TPS715xxx

стояние), когда выходное напряжение становится менее 90% от номинального значения. Данный выход может использоваться для управления сбросом микроконтроллера или для сигнализации о полном разряде батарейного источника. (см. рис. 1).

**Отличительные особенности:**

- Рабочий температурный диапазон: -40...85°C
- Минимальный перепад напряжения менее 125 мВ (нагрузка 10 мА, температура 25°C)
- Сверхмалое собственное потребление: 1,2 мкА (нагрузка 10 мА, температура 25°C)
- Миниатюрный корпус
- Выход с открытым стоком «Power Good»
- Стабильность работы с выходным конденсатором любого типа (>0,47 мкФ)
- Функция ограничения выходного тока

На рисунке 2 показан пример использования стабилизатора TPS79718 для питания микроконтроллера семейства MSP430 напряжением 1,8 В. Выход PG управляет входом сброса микро-

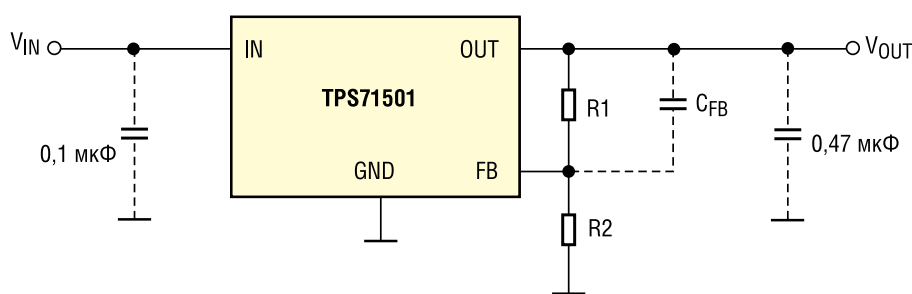
контроллера. Для формирования высокого уровня на линии сброса в схеме предусмотрен отдельный подтягивающий резистор.

**Семейство TPS797xx-EP**

Данное семейство составляют версии предыдущих стабилизаторов для более жестких условий эксплуатации (-55...125°C), что ориентирует их на автомобильные и военные применения. Кроме того, данные стабилизаторы отличаются ограниченной нагрузочной способностью (10 мА), более высоким собственным потреблением (5 мкА) и максимальным значением минимального перепада напряжения 400 мВ. Однако, необходимо учитывать, что эти повышенные значения собственного потребления и перепада напряжения действительно для более широкого диапазона температур. При номинальных условиях (+25°C, 10 мА) эти характеристики у стабилизаторов обоих семейств идентичны. (см. рис. 3).

**Отличительные особенности:**

- Версии стабилизаторов TPS797xx повышенной надежнос-



V <sub>OUT</sub>	R1	R2
1,8 В	0,499 МОм	1 МОм
2,8 В	1,33 МОм	1 МОм
5,0 В	3,16 МОм	1 МОм

Рис. 5. Схема включения регулируемого стабилизатора TPS71501

точных к уровню собственного потребления стабилизатора, сопротивления резисторов R1, R2 должны быть достаточно большими. Показанные на рис. 5 сопротивления резисторов для некоторых стандартных выходных напряжений обеспечивают увеличение собственного потребления на величину не более 1,5 мкА. Необходимо учитывать, что использование таких больших сопротивлений приводит к увеличению шума в выходном напряжении. Таким образом, если более важно добиться малого уровня выходного шума, чем сверхмалого собственного потребления, нужно использовать более низкие сопротивления.

Все рассмотренные до этого момента стабилизаторы поставляются в миниатюрном 5-выводном корпусе SC70. Данный корпус занимает на плате площадь не более 5 мм<sup>2</sup>.

### Семейство TPS715Axx

В данное семейство входят два стабилизатора: регулируемый и нерегулируемый (3,3 В). По сути, они представляют собой исполнения соответствующих стабилизаторов из предыдущего семейства, обладающих более высокой нагрузочной способностью (до 80 мА). При максимальном токе нагрузки они обладают и более высоким минимальным перепадом напряжения, чем их менее мощные аналоги (см. рис. 6). Для улучшения характеристик теплоотсеивания данные стабилизаторы размещаются в корпусах SON с более низким тепловым сопротивлением.

#### Отличительные особенности:

- Аналоги нерегулируемого (3,3 В) и регулируемого стабилизаторов семейства TPS715xx, но с повышенной до 80 мА нагрузочной способностью;
- Собственный потребляемый ток 3,2 мкА при токе нагрузке 80 мА;
- Миниатюрные корпуса с улучшенным теплоотсеиванием.

#### Выводы

- Texas Instruments выпускает широкий ассортимент однока-

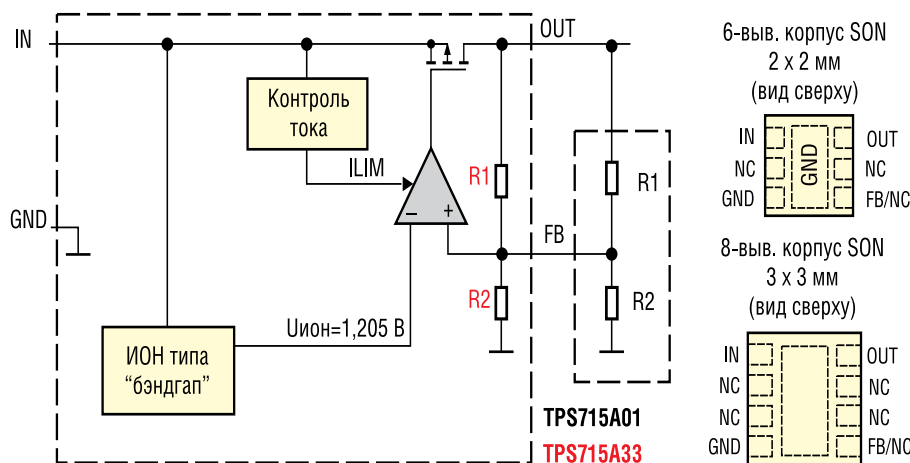


Рис. 6. Структурная схема и расположение выводов TPS715Axx

ти и для более жестких условий применения;

- Характеристики из табл. 1 действительны для температурного диапазона: -55...125°C.

### Семейство TPS715xxx

Данные стабилизаторы идентичны по нагрузочной способности TPS797xx, но выпускаются в большем числе исполнений с фиксированными (1,8; 1,9; 2,3; 2,5; 3,0; 3,3 В) и регулируемым выходными напряжениями, причем некоторые из исполнений специально разработаны для совместной работы с микроконтроллерами MSP430, в т.ч. исполнение с V<sub>OUT</sub> = 2,3 В и минимальным V<sub>IN</sub> = 2,2 В для питания флэш-памяти микроконтроллеров MSP430F2xx. (см. рис. 4).

#### Отличительные особенности:

- Рабочий температурный диапазон: -40...125°C;

- Максимальное входное напряжение 24 В;
- Малое собственное потребление: 3,2 мкА (при I<sub>OUT</sub> = 50 мА);
- Стабильность работы с выходным конденсатором любого типа (>0,47 мкФ);
- Рекомендуется для питания микроконтроллеров семейства MSP430;
- Миниатюрный корпус.

Выходное напряжение регулируемого стабилизатора зависит от соотношения резисторов внешнего делителя напряжения (R1, R2):

$$V_{OUT} = V_{REF} \times \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right), \quad (2)$$

где V<sub>REF</sub> — напряжение внутреннего источника опорного напряжения (ИОН); V<sub>REF</sub> = 1,205 В.

Схема включения регулируемого стабилизатора показана на рис. 5. Для применений, кри-

нальных LDO-стабилизаторов малой мощности, удовлетворяющих требованиям портативных применений и применений с батарейным питанием;

- в ассортименте LDO-стабилизаторов присутствуют стабилизаторы, специально разработанные для питания микроконтроллеров MSP430 и подобных им микроконтроллеров; доступность исполнений с широким выбором фиксированных выходных напряжений позволяет оптимизировать уровень энергопотребления микроконтроллера, работающего на заданной тактовой частоте; совместимость стабилизаторов по посадочному месту и расположению выводов позволяет осуществить эту задачу без изменения разводки печатной платы;

- все рассмотренные LDO-стабилизаторы характеризуются настолько малым собственным потреблением, что нет необходимости

в реализации функции включения/выключения через отдельный вывод EN;

- доступны LDO-стабилизаторы с выходом PG, который может использоваться для управления линией сброса микроконтроллера или сигнализации полного разряда элемента питания, и для жестких условий применения (по тепловым режимам).

**Литература**

1. Power Management Selection Guide/Texas Instruments, lit. num. SLVT145G, 2Q 2007, 76 p.

2. Документация на стабилизаторы напряжения, доступная на сайте производителя: [www.power.ti.com](http://www.power.ti.com).

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: [analog.vesti@compel.ru](mailto:analog.vesti@compel.ru)



**NXP Semiconductors приобрела GloNav**

Компания NXP Semiconductors в своем пресс-релизе сообщила о приобретении американской компании GloNav Inc., фаблесс-разработчика однокристалльных решений для систем глобального позиционирования (GPS) и других спутниковых систем навигации, за \$85 млн. наличными, плюс до \$25 млн. в денежном выражении в последующие два года, после того, как GloNav получит доход при разработке продуктов. Сделка обеспечивает NXP немедленный доступ к всем рыночным продуктам и технологиям GPS. Все формальности, связанные с данной сделкой, планируется завершить в первом квартале 2008 года.

**Два новых PC TV-процессора от NXP**

Компания NXP Semiconductors добавила к своему семейству PC TV-процессоров два новых прибора — SAA7164BE и SAA7163AE. Они позволяют одновременно воспроизводить и записывать изображение и превращают настольные PC и ноутбуки в персональные аудио- и видеорекордеры.

NXP также предлагает эталонную разработку (reference design) PCV540 Hybrid DVB-T в виде микросхемы PCIe — первую в отрасли мультимедийную Hybrid DVB-T PCIe-карту для ноутбуков с аппаратным сжатием AV-потоков.

Введение в чипы аппаратной компрессии позволяет производителям PC использовать более дешевые процессоры при разработке мультимедийных платформ для ноутбуков без ухудшения качества. Учитывая, что PCV540, SAA7164BE и SAA7163AE поддерживают компрессию видео (MPEG1/2/4, WMV, DivX), аудио (MPG1L2, MPG3, AAC, AC3), ATSC, DVB-T, декодирование цвета (NTSC, PAL, SECAM) и драйверы Windows OS (MCE, XP, Vista), разработчики систем получают прямой и быстрый выход на мировые рынки.

НИЗКОПОТРЕБЛЯЮЩИЕ 50 МА LDO  
В МИНИАТЮРНОМ КОРПУСЕ SC70-5

Наименование	3.3V	1.8V	Ток потребления	Диапазон входных напряжений	Примечание
TPS79733DCK	+		1,2 мкА	1,8...5,5 В	есть выход «PowerGood»
TPS79718DCK		+	1,2 мкА	1,8...5,5 В	есть выход «PowerGood»
TPS71533DCK	+		3,2 мкА	2,5...24 В	широкий диапазон входных напряжений
TPS71518DCK		+	3,2 мкА	2,5...24 В	широкий диапазон входных напряжений

[www.compel.ru](http://www.compel.ru)



Дмитрий Цветков

## ШИМ-КОНТРОЛЛЕРЫ STMICROELECTRONICS

*AC/DC-, DC/DC-преобразователи малой, средней и высокой мощности, источники питания бытовой аппаратуры, мощные зарядные устройства, блоки бесперебойного питания и т.п. — это далеко не полный перечень изделий, в которых широко используются ШИМ-контроллеры компании **STMicroelectronics** ([www.st.com](http://www.st.com)). В предлагаемой статье помимо описания основных характеристик и параметров этих ИС, типовых схем включения и областей применения приведены общие базовые принципы построения импульсных источников питания средней и высокой мощности.*

На сегодняшний день разработано около 14 различных топологий импульсных источников питания (табл. 1). Каждая обладает уникальными свойствами, позволяющими использовать ее для решения своего круга задач.

Сегодня «сердцем» практически любого современного трансформаторного импульсного источника питания средней и высокой мощности является специализированная ИС, управляющая работой внешнего силового транзистора/транзисторов. В подавляющем большинстве таких источников используется несколько режимов управления работой силовых транзисторов: широтно-импульсный (PWM — ШИМ), частотно-импульсный (FPM — ЧИМ), квазирезонансный (QR). Также зачастую с целью повышения

КПД используется смешанный режим: ЧИМ или квазирезонансный режимы — на низкой выходной мощности, а ШИМ — на средних и больших мощностях.

Задачи и функции ШИМ-контроллеров сводятся не только к управлению внешними силовыми транзисторами и поддержанию выходного напряжения на требуемом уровне с заданной погрешностью. В действительности в перечень этих функций в обязательном порядке входят:

- контроль состояния ключевых транзисторов (ограничение тока и скважности импульсов управления);

- плавный запуск после подачи питания (плавный пуск);

- контроль уровня входного напряжения и его «провалов» и «выбросов»;

- защита от пробоя силового трансформатора и выходным цепей выходного выпрямителя;

- контроль температуры самого контроллера (реже и силовых транзисторов).

Условно все производимые ШИМ-контроллеры STMicroelectronics (табл. 2) можно разделить на три группы: управление по напряжению, управление по току и смешанное управление.

**SG2525A / SG3524 / SG3525A** — серия управляемых напряжением ШИМ-контроллеров (рис. 1) с фиксированной частотой преобразования, специально спроектированных для построения любых типов импульсных источников питания (согласно заявлению компании-производителя) и позволяющих до минимума сократить число необходимых внешних компонентов. Это стало возможным благодаря наличию встроенного опорного источника питания (+5,1 В ±1%), возможности управления частотой работы внешней RC-цепью, длительностью интервала «мертвого» времени — одним внешним резистором, длительностью времени плавного старта — одним внешним конденсатором (вывод SOFT-START), встроенным драйверам (±200 мА) для управления внешними силовыми транзисторами или внешним маломощным трансформатором. Помимо всего вышеуказанного, в ИС предусмотрена возможность синхронизации нескольких источников от одного внешнего тактового сигнала (вывод SYNC) и защиты по току внешних силовых транзисторов (вывод SHUTDOWN). Область применения — практически любой DC/DC-конвертер малой и средней мощности (рис. 2 и рис. 3).

КОМПОНЕНТЫ

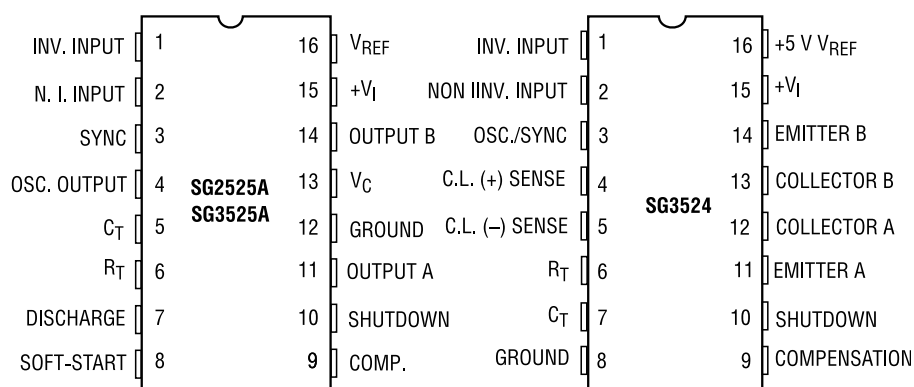


Рис. 1. Назначение выводов ИС SG2525A, SG3525A и SG3524

Таблица 1. Базовые топологии схем, применяемые при построении импульсных источников питания

Топология	Схема	Мощность, Вт	Область применения	Особенности
<b>Обратноходовый (flyback)</b>		до 300	Источники питания бытовой аппаратуры (TV, DVD и т.п.), мощные зарядные устройства и внешние блоки питания.	Простота схемы, низкая стоимость
<b>Прямоходовый (feed forward)</b>		до 300	Источники питания бытовой аппаратуры (TV, DVD и т.п.), мощные зарядные устройства, внешние и встроенные блоки питания.	Пониженный уровень помех, повышенная эффективность при низких выходных напряжениях
<b>Резонансный (resonance)</b>		до 300	Источники питания бытовой аппаратуры (TV, DVD и т.п.)	Высокая рабочая частота и как следствие — малые габариты, простота фильтрации помех
<b>Двухтактный (push-pull)</b>		100...5000	Внешние и встраиваемые источники питания для бытовой, промышленной и автомобильной аппаратуры	Пониженный уровень помех
<b>Полумостовой (half-bridge)</b>		100...1000	Внешние и встраиваемые источники питания (например, компьютеры)	Малые габариты Пониженный уровень помех
<b>Мостовой (full-bridge)</b>		100...3000	Блоки бесперебойного питания, зарядные устройства	Повышенный КПД

**UC2842B/3B/4B/5B** и **UC3842B/3B/4B/5B** — популярная серия малогабаритных ШИМ-контроллеров с фиксированной частотой преобразования и управлением током, размещенных в 8-выводных корпусах SO и MiniDIP (рис. 4). Несмотря на то, что она выпускается уже около 10 лет, по-прежнему остается одной из самых востребованных серий в основном благодаря низкой стоимости и высокой надежности, отчасти благодаря простоте реализации. Предназначены для построения однотактных DC/DC-преобразователей с входным напряжением до 8,2...30 В. Наличие RC-генератора (частота работы до 500 кГц), встроенного мощного драйвера ( $\pm 200$  мА) для управления внешним полевым или биполярным транзистором, встроенного термостабилизированного опорного источника  $+5$  В  $\pm 1\%$  позволяют строить на основе ИС этой серии обратноходовые источники

питания с необходимым набором защитных функций — защита от перенапряжения на входе, защита внешнего силового транзистора по току, температурная защита ИС. Для исключения ложного срабатывания встроенного компаратора по току (Current Sense) из-за возможных помех, возникающих при

переключениях внешнего силового транзистора, реализован т.н. режим блокировки компаратора (Leading Edge Blanking) на фиксированное время (около 100 нс) с моментов переключения транзистора (рис. 5).

**Особенность серии** — управление по току внешнего силового

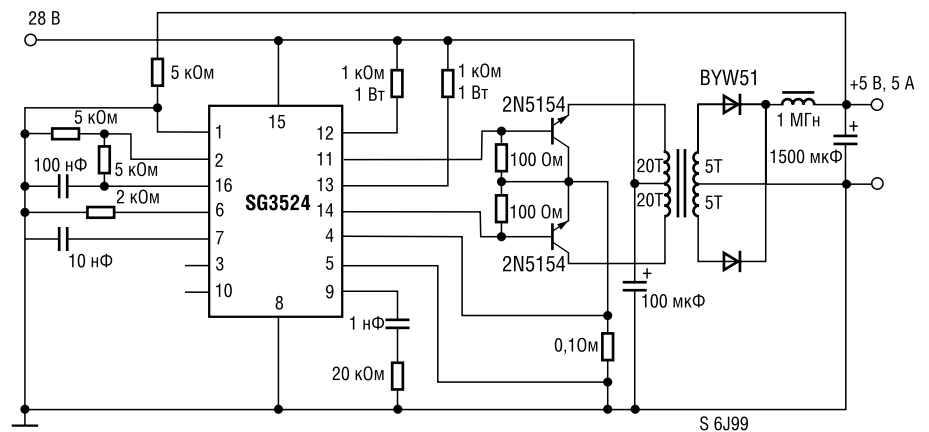


Рис. 2. Типовая схема включения SG3524 в составе двухтактного преобразователя со средней точкой

Таблица 2. Краткие характеристики и параметры ШИМ-контроллеров STMicroelectronics

Наименование	Режим управления	Входное напряжение, В		Выходное напряжение, В		Макс. выходной ток, А	Максимальная частота регулирования, кГц	Сквозность, %	Корпус
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.				
SG2525A	Напряжение	8	35	—	—	0,5	500	49	DIP16/SO16
SG3524	Напряжение	8	40	—	—	0,1	300	45	DIP16/SO16
SG3525A	Напряжение	8	35	—	—	0,5	500	49	DIP16/SO16
L5991	Ток	12	20	4,92	5,08	1,5	100	93	DIP16/SO16
UC2842B	Ток	11	30	—	—	1	500	100	DIP8/SO8
UC2843B	Ток	8,2	30	—	—	1	500	100	DIP8/SO8
UC2844B	Ток	11	30	—	—	1	500	50	DIP8/SO8
UC2845B	Ток	8,2	30	—	—	1	500	50	DIP8/SO8
UC3842B	Ток	11	30	—	—	1	500	100	DIP8/SO8
UC3843B	Ток	8,2	30	—	—	1	500	100	DIP8/SO8
UC3844B	Ток	11	30	—	—	1	500	50	DIP8/SO8
UC3845B	Ток	8,2	30	—	—	1	500	50	DIP8/SO8
L6566A	Смешанное	8	23	4,95	5,05	0,8	300	70	SO16
L6566B	Смешанное	8	23	4,95	5,05	0,8	300	70	SO16
L6668	Смешанное	9,4	22	—	—	0,8	105	75	SO16

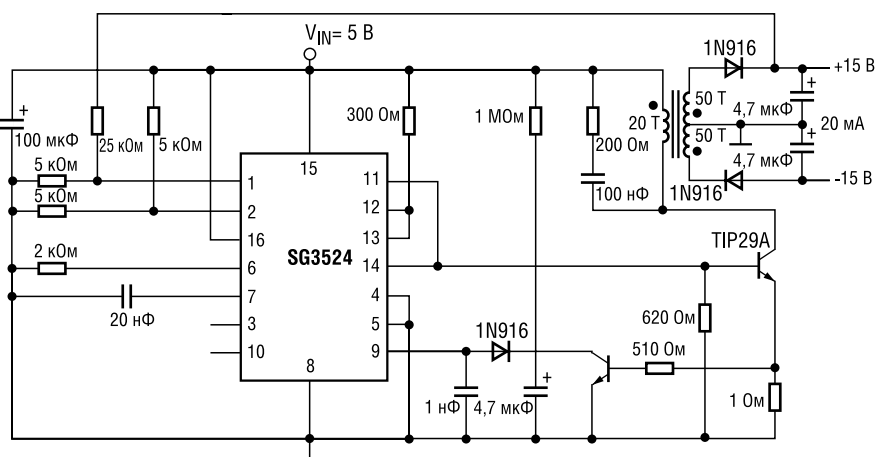


Рис. 3. Типовая схема включения SG3524 в составе обратного преобразователя

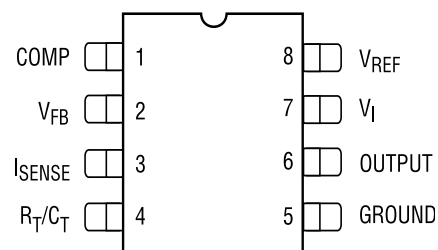


Рис. 4. Назначение выводов ИС серии UC2842B/3B/4B/5B и UC3842B/3B/4B/5B

го транзистора, что позволяет исключить из схемы дополнительные гальванически развязанные цепи обратной связи (оптрон), что позволяет в значительной степени уменьшить габариты и стоимость конечного DC/DC-преобразователя. Кроме того, при построении маломощных преобразователей (до 3 Вт) существует возможность исключения внешнего силового транзистора и использования вместо него встроенный выходной драйвер.

**L5991/L5991A** – серия ШИМ-контроллеров с управлением по току, высокой частотой работы (до 1 МГц) и повышенной функциональностью (рис. 6). К отличительным особенностям ИС этой серии относятся: мощный

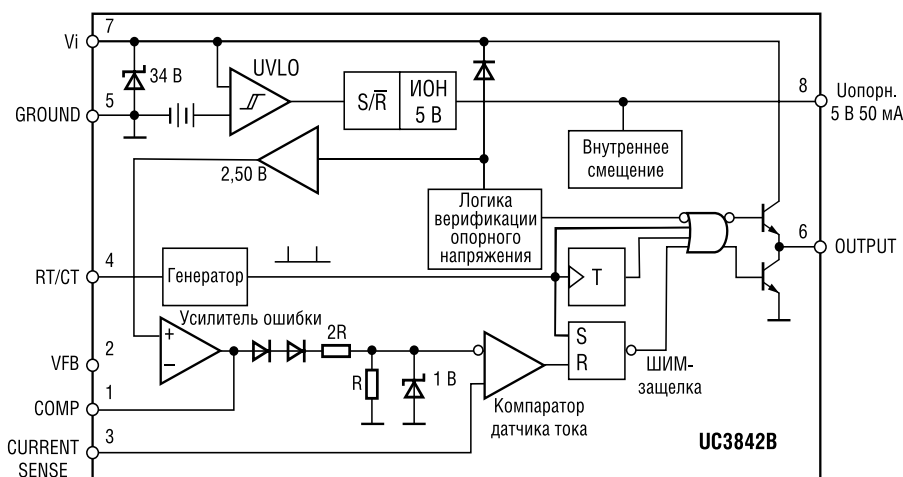


Рис. 5. Структурная схема ШИМ-контроллеров серии UC2842B/3B/4B/5B и UC3842B/3B/4B/5B

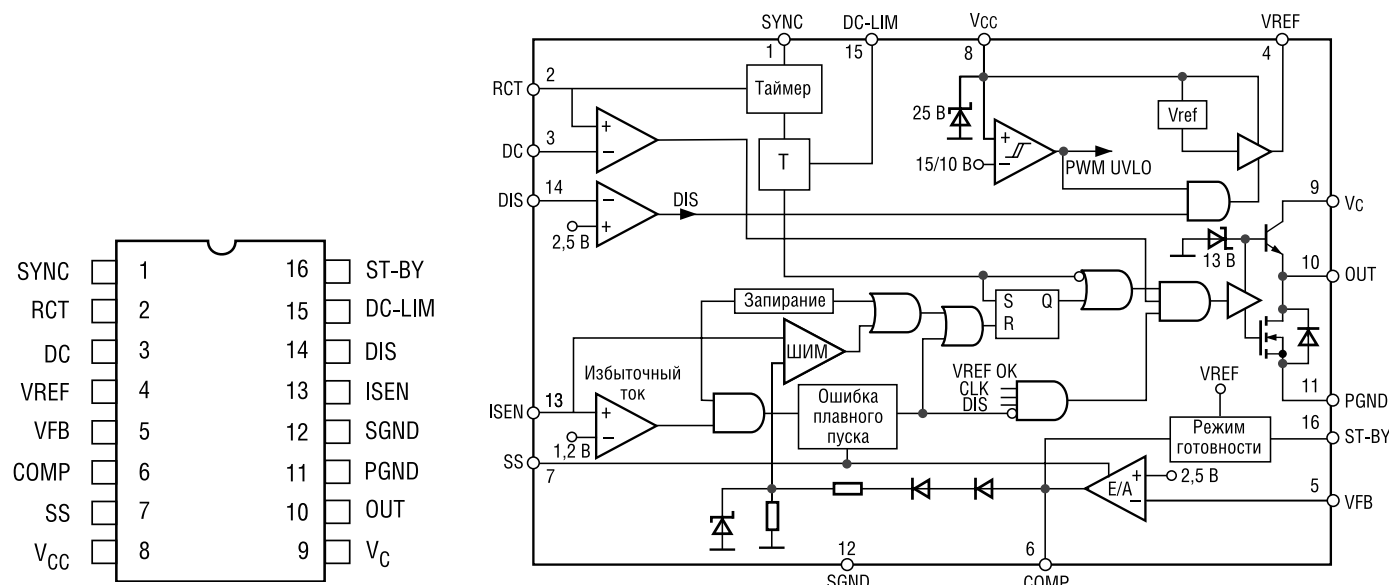


Рис. 6. Назначение выводов ИС серии L5991/ L5991A

Рис. 7. Структурная схема ШИМ-контроллеров L5991/L5991A

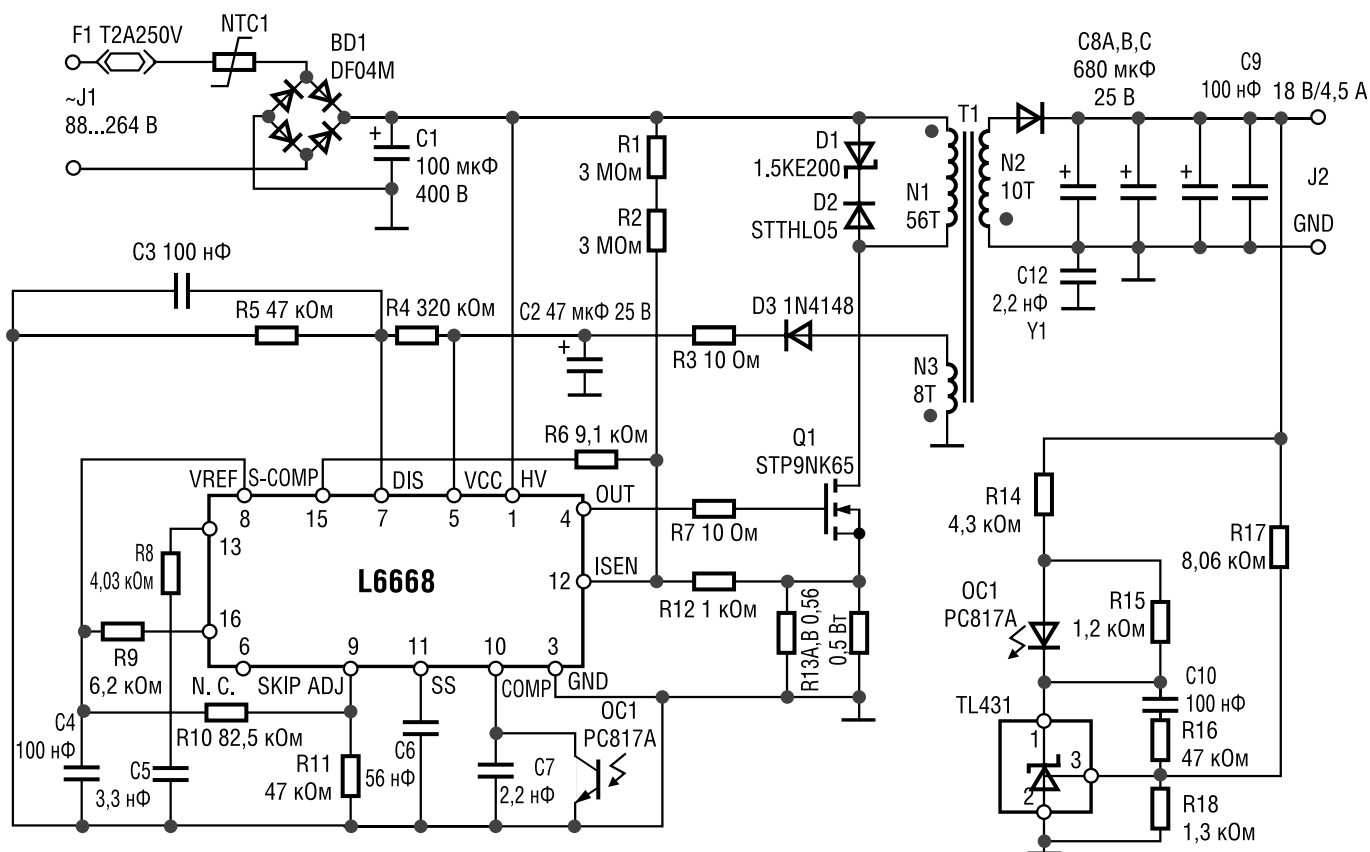


Рис. 8. Типовая схема включения L6668 в составе обратноходового AC/DC-преобразователя

драйвер с выходным током до 1 А для управления мощным полевым транзистором, программируемый плавный запуск, возможность синхронизации как по входу (Slave), так и по выходу (Master), вход отключения с сокращением тока потребления до 120 мкА, возможность ограничения максимальной

скважности внешними RC-цепями, наличие режима Standby, повышающего экономичность (работа с малой нагрузкой или без нее). Серия создана для построения мощных обратноходовых DC/DC-преобразователей.

Для исключения ложного срабатывания встроенного компара-

тора по току (Current Sense) из-за возможных помех, возникающих при переключениях внешнего силового транзистора, реализован т.н. режим блокировки компаратора (Leading Edge Blanking) на фиксированное время (около 100 нс) с моментов переключения транзистора (рис. 7).

**L6566A/L6566B/L6668** — серия многофункциональных ШИМ-контроллеров, специально спроектированных для работы в составе обратноходовых импульсных преобразователей напряжения средней и высокой мощности (рис. 7). Отличительные особенности ИС: два режима работы по выбору — режим с фиксированной частотой (Fixed Frequency — FF) и квазирезонансный режим (Quasi-resonant — QR). Частота работы в режиме с фиксированной частотой, которая определяется номиналами внешней RC-цепи. Дополнительный вход FMODE позволяет работать в режиме модуляции частоты, что позволяет уменьшить помехи от работы источника. В ИС встроен источник питания с высоковольтным входом, предназначенный для начального запуска.


Отдельно стоит отметить особенности работы ИС в квазирезонансном режиме, в котором источник работает на грани режимов непрерывного и прерывистого тока. Для этой цели в силовом трансформаторе должна быть предусмотрена

дополнительная обмотка, предназначенная для точного определения момента открытия силового транзистора. В этом режиме достигается максимальная эффективность преобразователя: на малых нагрузках частота работы низкая, а потери на силовом транзисторе минимальны. На средней и большой нагрузке частота работы увеличивается до заданной частоты, определяемой внешней RC-цепью.

L6566A/L6566B/L6668 прежде всего ориентированы на применение в составе одно- и многоканальных AC/DC-преобразователей средней и высокой мощности (рис. 8). Основными приложениями являются внешние блоки питания ноутбуков, бытовой техники, встраиваемые источники питания для промышленной аппаратуры и т.п.

#### Заключение

На сегодняшний момент семейства ШИМ-контроллеров компании STMicroelectronics уверенно и прочно заняли нишу в ряду недорогих надежных многофункциональных, и в то же время

простых в эксплуатации импульсных источников питания малой, средней и большой мощности. В большинстве своем их можно встретить как в обычной бытовой технике (компьютеры, ноутбуки, DVD-проигрыватели, ЖК-телевизоры и мониторы и т.п.), так и в сложной промышленной и медицинской аппаратуре. Одной из причин этого стала весьма низкая цена при высокой функциональности в малогабаритных 8- и 16-выводных SO- и DIP-корпусах, высокой надежности с увеличенным жизненным циклом (согласно опыту многих разработчиков). Большая популярность некоторых серий, сохраняющаяся вот уже более десяти лет, дает определенную гарантию производителям источников питания, что ШИМ-контроллеры от STMicroelectronics не будут сняты с производства еще долгие годы. 

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

#### TI анонсировала новые DSP



Моделирование системы и первоначальная реализация алгоритма в большинстве случаев производится на базе арифметики с плавающей точкой. После чего, отлаженный алгоритм загружается на микроконтроллер или цифровой сигнальный процессор с фиксированной точкой. Процессоры с плавающей точкой используются только в приложениях, требующих высокой точности и производительности, где цена конечного устройства не критична.

Для таких приложений компания Texas Instruments выпустила цифровые сигнальные процессоры с плавающей точкой TMS320F28335, TMS320F28334, TMS320F28332. Но, как и раньше, не остановилась на этом. Поя-

вились новые DSP TMS320F2823x с фиксированной точкой, которые программно и аппаратно совместимы с процессорами с плавающей точкой TMS320F2833x.

Теперь пользователи могут моделировать систему, отлаживать ее на платформе с плавающей точкой (TMS320F2833x), а затем просто перекомпилировать полученный программный код под TMS320F2823x, сократив тем самым время разработки (время загрузки приложения на платформу с фиксированной точкой) и стоимость конечного устройства.

Серийное производство TMS320F2823x и TMS320F2833x начнется во втором квартале 2008 года.

Наименование	МГц	Flash, кБ	ОЗУ, кБ	ШИМ (выс. разреш.)
TMS320F28235	150	512	68	12 (6)
TMS320F28234	150	256	68	12 (6)
TMS320F28232	100	128	52	12 (4)

#### TI раскрывает подробности своего 45-нм техпроцесса

Компания Texas Instruments (TI) готова к серийному выпуску своих первых 45-нанометровых микросхем. Переход к нормам 45 нм, как утверждается, позволил снизить энергопотребление чипов на 63% и повысить производительность на 55% по сравнению с 65-нанометровыми продуктами.

В настоящее время TI отгружает ознакомительные образцы первого 45-нанометрового процессора для устройств с поддержкой сетей 3.5G. В производстве новинки применяется напряженный кремний, иммерсионная литография и диэлектрики со сверхмалым значением диэлектрической постоянной (ultra-low K).

Указанный процессор позволит выпускать более компактные и легкие устройства для сетей 3.5G.



Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

## POWERMIND – DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ КОМПАНИИ MAXIM С ПОДДЕРЖКОЙ ШИНЫ PMBUS

*Необходимо управлять DC/DC-конверторами с аналоговыми ШИМ-контроллерами по цифровой шине, причем включать их нужно поочередно? Эту задачу поможет решить серия микросхем PowerMind компании Maxim Integrated Products, в составе которой, в числе прочих – новый DC/DC-преобразователь MAX8655 с диапазоном входных напряжений от 4,5 до 28 В, программируемой рабочей частотой и выходным током до 25 А.*

Напряжения питания в телекоммуникационной аппаратуре, серверах и другой современной энергоемкой электронике необходимо включать и выключать в строго определенной последовательности. По этой причине обойтись без централизованного управления несколькими DC/DC-преобразователями по стандартной шине управления практически невозможно. Чаще всего для этой

цели производители используют протокол обмена шины PMBus (Power Management Bus). Компания Maxim предлагает вариант управления аналоговыми DC/DC-преобразователями по цифровой шине PMBus. Во многих случаях такой подход для разработчиков может оказаться предпочтительнее по сравнению с полностью цифровыми источниками питания, DC/DC-преобразователи которых



### Новые драйверы светодиодов от Maxim

Компания Maxim Integrated Products выпустила два 3-канальных драйвера светодиодов **MAX16824** и **MAX16825**, работающих в диапазоне входных напряжений от 6,5 до 28 В. Эти устройства оснащены тремя выходами с открытыми стоками и стабилизацией тока, которые нормированы на напряжение 36 В и позволяют получить до 150 мА тока на каждый сверхъяркий светодиод. Постоянный ток на каждом выходе задается при помощи внешнего токозадающего резистора выходного чувствительного по току резистора. Особенностью **MAX16824** являются три ШИМ-входа, контролирующие скважность выходного тока, позволяющие получить широкий диапазон яркости. ШИМ-выходы также могут управлять включением/отключением для каждого соответствующего выхода. **MAX16825** предлагает четырехпроводной последовательный интерфейс со скоростью передачи информации в 2 Мбит/с, 3-битный сдвиговый регистр и 3-битный управляемый регистр. Последовательный интерфейс позволяет микроконтроллеру конфигурировать выходные каналы, используя 4 входа (DIN, CLK, LE, active-low OE) и цифровой выход (DOUT). DOUT позволяет последовательно соединять драйверы в каскад для их совместной работы. Пассивные встроенные элементы MAX16824 и MAX16825 сокращают число требуемых внешних компонентов, в то же время, обеспечивая погрешность тока  $\pm 5\%$ . Дополнительные функции включают 5-вольтовый ( $\pm 5\%$ ) регулируемый выход с выходной допустимой нагрузкой по току. MAX16824 и MAX16825 доступны в термически улучшенном 16-выводном TSSOP-EP-корпусе и имеют рабочий температурный диапазон от -40 до 85°C.

## PowerMind™

Преобразование, управление, мониторинг



[www.maxim-ic.com/PowerMind](http://www.maxim-ic.com/PowerMind)

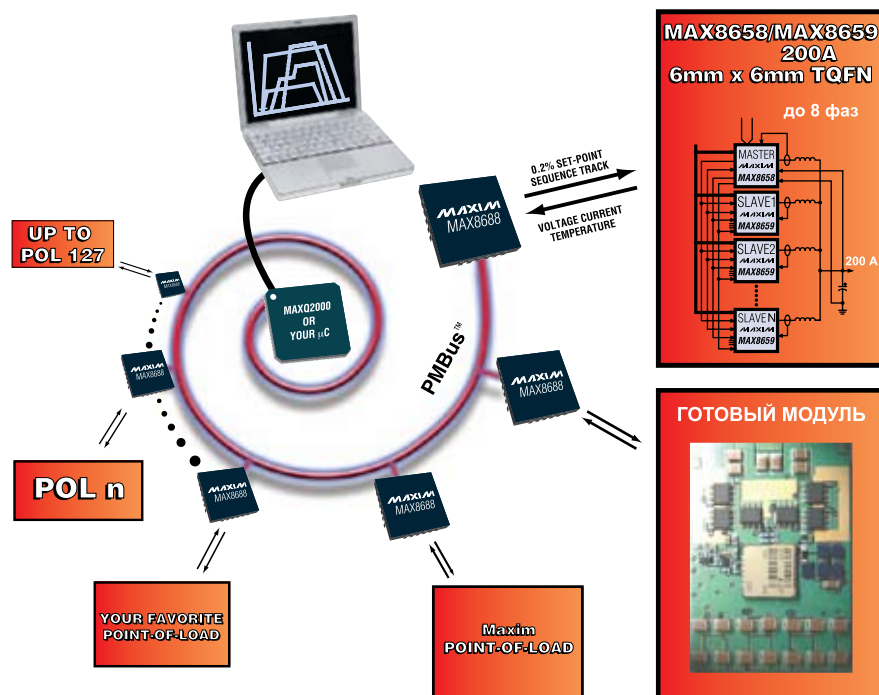


Рис. 1. Примеры использования DC/DC-преобразователей серии PowerMind

КОМПОНЕНТЫ

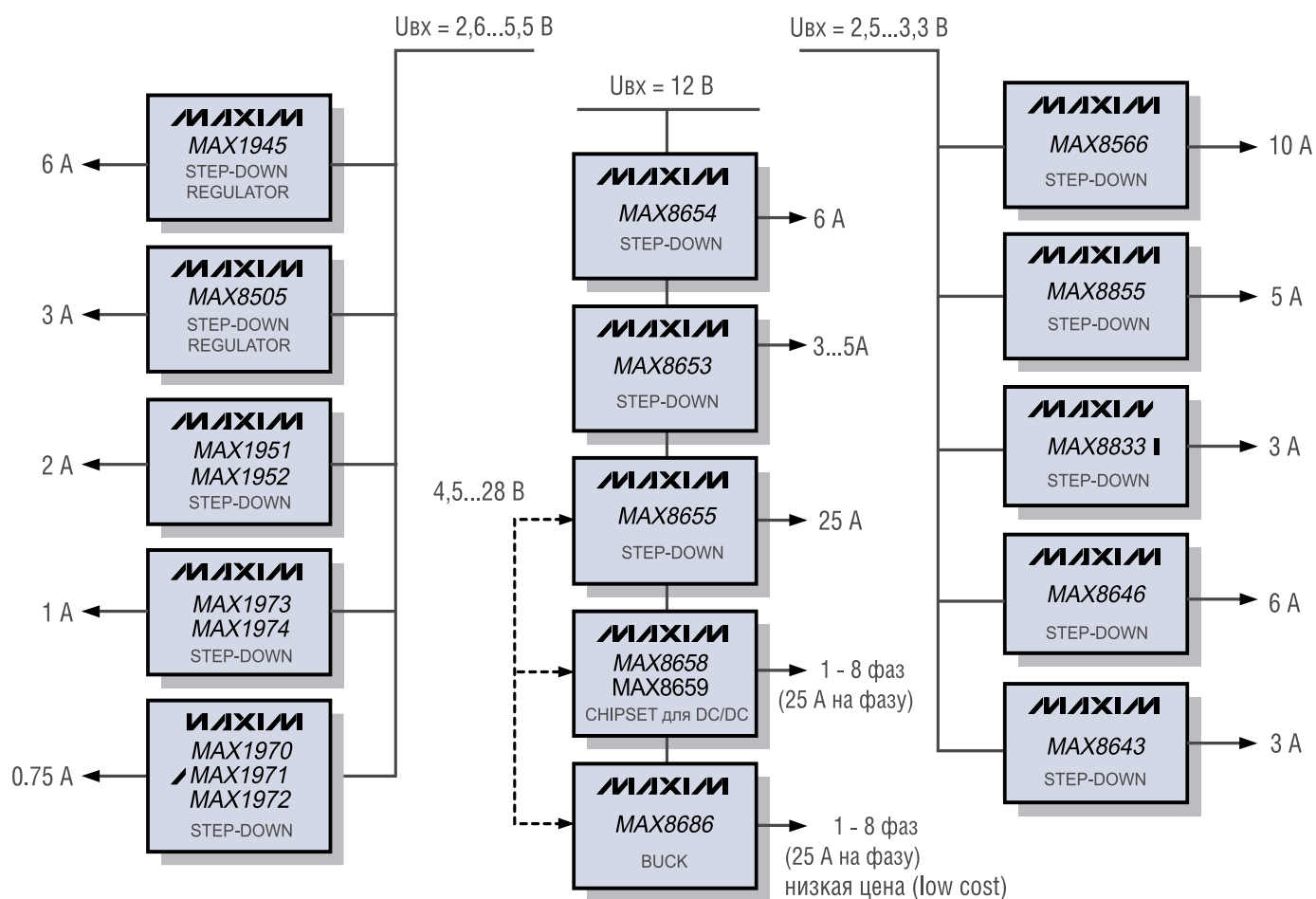


Рис. 2. DC/DC-преобразователи серии PowerMind с управлением по шине PMBus

Таблица 1. Микросхемы для DC/DC-преобразователей со встроенным ключом семейства PowerMind

	Vвх мин., В	Vвх макс., В	Iвых макс., А	Vвых мин., В	Vвых макс., В	Топология	Enable (разрешение)	Power-Good	Внешняя синхронизация	Clock-Out Signal	Корпус (мм × мм)
<b>Понижающие DC/DC с одним выходом (Single-Output Step-Down)</b>											
MAX1945	2,6	5,5	6	0,8	0,85 x Vвх	Current*	•		•	•	20-TSSOP-EP
MAX1973	2,6	5,5	1	1,25	Vвх	Current					10-μMAX
MAX1974	2,6	5,5	1	0,75	Vвх	Current	•	•			10-μMAX
MAX1951	2,6	5,5	2	0,8	Vвх	Current					8-SO
MAX1952	2,6	5,5	2	1,8	Vвх	Current	•		•	•	8-SO
MAX8643/46	2,3	3,6	3/6	0,5	0,85 x Vвх	Current	•	•	•	•	TQFN (4 x 4)
MAX8505	2,6	5,5	3	0,8	0,85 x Vвх	Current	•	•	•	•	16-QSOP
MAX8566	2,3	3,6	10	0,5	0,85 x Vвх	Voltage**	•	•	•	•	32-TQFN (5 x 5)
MAX8654	4,5	14	8	0,5	0,85 x Vвх	Voltage	•	•	•	•	TQFN (6 x 6)
MAX8655	4,5	28	25	0,7	0,9 x Vвх	Current	•	•	•	•	TQFN (8 x 8)
<b>Понижающие DC/DC с двумя выходами (Dual-Output Step-Down)</b>											
MAX1970/72	2,6	5,5	25	0,8	8	Current	•	•	•		16-QSOP
MAX1971	2,6	56,5	25	0,8	8	Current	•	•	•		16-QSOP
MAX8833/55	2,35	3,6	2 x 3	0,6	0,9 x Vвх	Voltage	•				TQFN (5 x 5)

\*Current - топология DC/DC-преобразователя с управлением по току

\*\*Voltage - топология DC/DC-преобразователя с управлением по напряжению

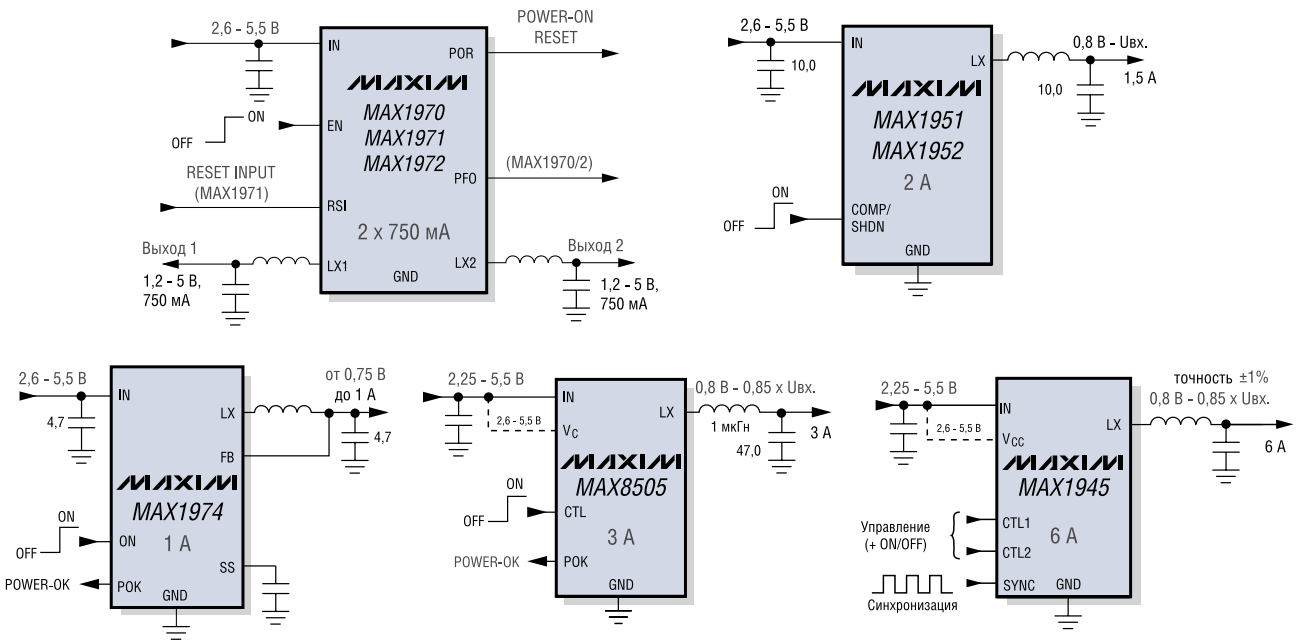


Рис. 3. Функциональные возможности понижающих DC/DC-преобразователей со встроенным ключом и входным напряжением до 5 В серии PowerMind

имеют цифровой ШИМ-контроллер (Ц-ШИМ). Вариант Maxim оказывается более простым, так как работа с аналоговыми конверторами для подавляющего числа разработчиков ближе и привычнее. Именно этот компромиссный случай и предлагает компания в серии продукции для источников питания PowerMind.

На рисунке 1 показаны примеры системы с распределенным питанием на основе серии PowerMind. Главный контроллер управляет вспомогательными специализированными контроллерами (производитель рекомендует для этой цели MAX8688), непосредственно управ-

ляющими DC/DC-преобразователями в точке нагрузки (Point of Load или сокращенно POL). MAX8688 — это цифровой контроллер и монитор питания с поддержкой шины PMBus. С помощью нескольких DC/DC-конвертеров (их суммарное число может достигать до 8) можно получить выходной ток до 200 А. Это показано в правой части рисунка 1. Модуль питания получается компактным благодаря высокой частоте преобразования, а также возможности применения керамических конденсаторов и высокочастотных миниатюрных индуктивностей. Внешний вид готового многофазного

модуля показан в правой нижней части рисунка 1.

Контроллер MAX8688 управляет аналоговыми источниками питания, обеспечивая широкие возможности настройки и подстройки выходных напряжений с высокой точностью до 0,2% во всем рабочем диапазоне температур. Раньше такие функциональные возможности можно было встретить только в DC/DC-преобразователях, выполненных полностью на основе цифровых технологий, то есть с цифровым ШИМ-контроллером. Для измерения уровня выходных напряжений, тока и температуры MAX8688 имеет

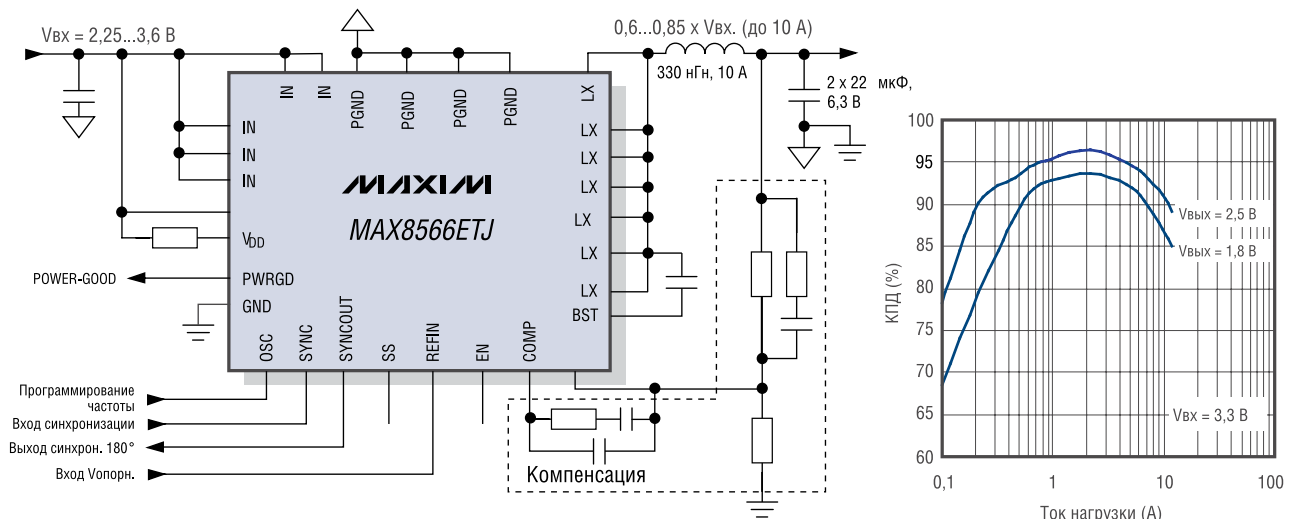
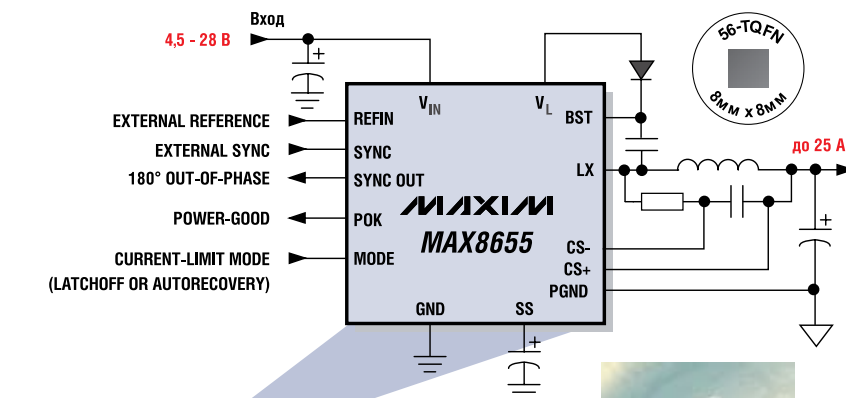
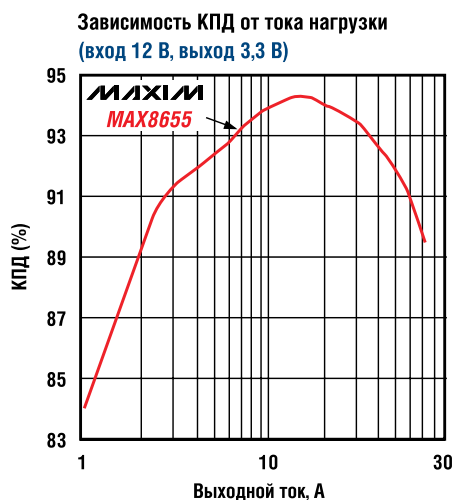


Рис. 4. Понижающий DC/DC-преобразователь MAX8566 с КПД преобразования до 96%



Свойства	MAX8655	Ближайшая замена*
Выходной ток, (А)	25	20
Входное напряжение, (В)	4,5 - 28	12
Размеры корпуса, (мм)	8 x 8	14 x 14

\* самая близкая замена от другого производителя



Рис. 5. Новый понижающий DC/DC-конвертер MAX8655 с выходным током до 25 А

встроенный 12-разрядный АЦП с высокой линейностью. Технология PowerMind позволяет микросхеме MAX8688 обмениваться данными с главным микроконтроллером, управляющим шиной PMBus. MAX8688 сохраняет информацию о максимальных значениях температуры, выходного напряжения и тока. Главный контроллер системы может организовать опрос этих величин через определенные промежутки времени для каждого DC/DC-преобразователя. Это дает возможность фиксировать всю информацию о состояниях системы, что существенно облегчает поиск причин неисправностей или ухода параметров в процессе эксплуатации устройства.

MAX8688 имеет миниатюрный корпус TQFN-24 с размерами 4x4 мм. Рабочий диапазон температур этой микросхемы от -40 до 85°C. Входное напряжение питания 3,3 В ±10%.

Навигатор для выбора DC/DC-преобразователей серии PowerMind показан на рисунке 2.

Производитель разделяет их на три группы в зависимости от диапазона напряжения питания. Новые микросхемы MAX8655, MAX8658, MAX8659, MAX8686 имеют расширенный диапазон входных напряжений питания от 4,5 до 28 В с максимальным выходным током до 25 А. Кроме того, при параллельном соединении нескольких DC/DC с помощью схемы «монтажное или» можно получить вы-

ходной ток до 200 А (при включении до восьми фаз). Топология с управлением по току позволяет точно перераспределять токи между фазами при их суммировании. Основные параметры некоторых микросхем серии PowerMind сведены в таблицу 1.

Из таблицы 1 видно, что все микросхемы имеют компактные корпуса для поверхностного монтажа. Функциональные возможности микросхем серии PowerMind со встроенным ключом и входным напряжением до 5 В проиллюстрированы на рисунке 3.

Все микросхемы на рисунке 1 имеют вход включения/выключения. Некоторые из них имеют выход «Power-OK» (питание в норме) для регистрации момента установления выходного напряжения. Дополнительные функциональные возможности этих микросхем приведены в таблице 1.

Среди рассмотренных микросхем особенно необходимо отметить MAX8566 с КПД преобразования до 96% и максимальным выходным током до 10 А при точности выходного напряжения 1%. MAX8566 позволяет запрограммировать оптимальную рабочую частоту в диапазоне от 250 кГц до 2,4 МГц, имеет мягкий запуск, встроенный мощный полевой транзистор с сопротивлением канала не более 8 мОм. Благодаря высокой частоте преобразования в выходных фильтрах можно использовать только керамические малога-

баритные конденсаторы. Размеры корпуса MAX8566 5x5 мм. Схема включения и графики зависимости КПД преобразования от выходного тока для MAX8566 показаны на рисунке 4.

Нельзя не отметить новый понижающий DC/DC-преобразователь MAX8655 с мощным встроенным транзистором MOSFET с выходным током до 25 А в компактном корпусе TQFN 8x8 мм. Конвертер имеет широкий диапазон входных напряжений от 4,5 до 28 В, программирование рабочей частоты от 200 кГц до 1 МГц. Имеется возможность выбора режима ограничения при перегрузке — с автоматическим восстановлением или без него. Ближайшие аналоги имеют выходной ток до 25 А при размерах корпуса 14x14 мм при фиксированном входном напряжении 12 В. Схема включения и график зависимости эффективности преобразования от величины выходного тока приведены на рисунке 5.

Всю подробную информацию и документацию по микросхемам серии PowerMind компании Maxim Integrated Products можно найти на сайте производителя по адресу [www.maxim-ic.com/PowerMind](http://www.maxim-ic.com/PowerMind) компании Maxim Integrated Products.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: [analog.vesti@compel.ru](mailto:analog.vesti@compel.ru)



Константин Староверов

## НОВЫЕ АС/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ PEAK ДЛЯ ПОРТАТИВНОЙ АППАРАТУРЫ

# PEAK

electronics

*Статья посвящена обзору новой для компании PEAK продукции – модулей АС/DC-преобразователей мощностью 5...20 Вт для монтажа на печатную плату. Прежде компания PEAK была известна только как поставщик широкого ассортимента DC/DC-преобразователей мощностью от 0,25 до 60 Вт.*

Преобразователи АС/DC находят широкое применение в устройствах с питанием от сети переменного тока в тех случаях, когда приоритетными задачами для построения каскада электропитания становятся например, сокращение сроков проектирования или уменьшение занимаемого пространства. Действительно, при разработке такой сложной и дорогостоящей техники, как, например, медицинское диагностическое оборудование или промышленные контрольно-измерительные системы, гораздо проще применить готовое решение АС/DC-преобразователя и направить все усилия на решение основных задач проекта. Применение АС/DC-преобразователя может оказаться безальтернативным при разработке портативных устройств с сетевым питанием и ограниченным пространством, когда невозможно применение обычного трансформатора ввиду

его чрезмерно высокого профиля. Тот факт, что АС/DC-преобразователи поддерживают работу с изменяющимся в широких пределах входным напряжением (обычно 85...265 В) также придает электронной аппаратуре новое качество – способность нормально функционировать при питании от нестабильной сети, что очень актуально в странах СНГ.

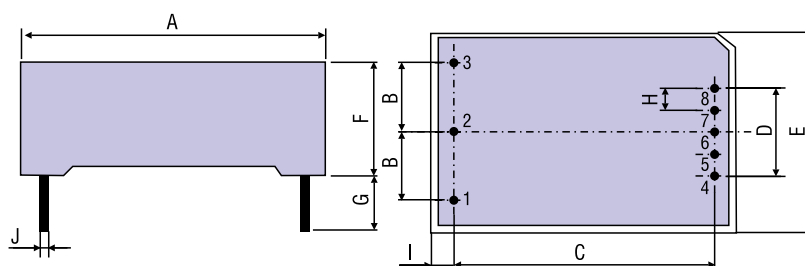
Теперь помимо таких известных компаний, как Mean Well, TRACO и Chinfa, АС/DC-преобразователи выпускает также производитель DC/DC-преобразова-

телей немецкая компания PEAK. Она выпустила первое семейство модулей питания PPM для монтажа на печатную плату. Устройства различаются по мощности, числу и уровню выходных напряжений.

### Отличительные особенности:

- Универсальный вход: 85...264 В, 50/60 Гц;
- Возможность работы с постоянным напряжением на входе (120...370 В);
- Большое напряжение изоляции входа и выхода (3 кВ, 1 мин.);
- Малые пульсации и шум (<100 мВ в полосе частот 20 МГц);
- Защиты от токовой перегрузки и от короткого замыкания;

Таблица 1. Конструкция и размеры преобразователей PPM



Размеры в мм

	PPM05-XXXX	PPM10-XXXX	PPM15-XXXX	PPM20-XXXX
A	48,5±0,5	55±0,5	62±0,5	70±0,5
B	12,5±0,5	17,5±0,3	17,5±0,3	20,0±0,3
C	40,5±0,5	47±0,5	54±0,5	62±0,5
D	16±0,3	20±0,3	20±0,5	23±0,3
E	36±0,5	45±0,5	45±0,5	48±0,5
F	20,5±0,5	20,5±0,5	22,5±0,5	23,5±0,5
G	4,0 min	4,0 min	4,0 min	4,0 min
H	4,0±0,3	5,0±0,3	5,0±0,3	5,75±0,3
I	4	4	4	4
J	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1



Рис. 1. Внешний вид преобразователей PPM

Таблица 2. Варианты моделей преобразователей PPM

Наименование	Размеры корпуса, мм	Мощность, Вт	Выход 1 (V <sub>вых1</sub> /I <sub>вых1</sub> ), В/мА	Выход 2 (V <sub>вых2</sub> /I <sub>вых2</sub> ), В/мА	Пульсации и шум, мВ	КПД (тип), %
<b>“Е” — модели с одним выходом</b>						
PPM5-A-05ELF	48,5x36x20,5	5	5/1000		50	76
PPM5-A-12ELF			12/420			
PPM5-A-15ELF			15/330			
PPM5-A-24ELF			24/230			
PPM10-B-05ELF	55x45x20,5	10	5/2000		50	78
PPM10-B-12ELF			12/900			
PPM10-B-15ELF			15/700			
PPM10-B-24ELF			24/450			
PPM15-C-05ELF	62x45x22,5	15	5/2800	—	50	80
PPM15-C-12ELF			12/1250			
PPM15-C-15ELF			15/1000			
PPM15-C-24ELF			24/625			
PPM20-D-05ELF	70x48x23,5	20	5/3500		50	82
PPM20-D-12ELF			12/1600			
PPM20-D-15ELF			15/1300			
PPM20-D-24ELF			24/850			
PPM20-C-48ELF	62x45x22,5	20	48/420		50	85
<b>“Z” — модели с двумя разнополярными выходами (неизолированные)</b>						
PPM5-A-05ZLF	48,5x36x20,5	5	+5/500	-5/500	50	76
PPM5-A-12ZLF			+12/210	-12/210		
PPM5-A-15ZLF			+15/160	-15/160		
PPM10-B-05ZLF			+5/1000	-5/1000		
PPM10-B-12ZLF	55x45x20,5	10	+12/450	-12/450	50	78
PPM10-B-15ZLF			+15/350	-15/350		
PPM15-C-05ZLF			+5/1500	-5/1500		
PPM15-C-12ZLF			+12/650	-12/650		
PPM15-C-15ZLF	62x45x22,5	15	+15/500	-15/500	50	80
PPM20-D-05ZLF			+5/2000	-5/2000		
PPM20-D-12ZLF			+12/830	-12/830		
PPM20-D-15ZLF			+15/650	-15/650		
<b>“ZS” — модели с двумя изолированными выходами</b>						
PPM5-A-0505ZSLF	48,5x36x20,5	5	5/900	5/100	50	76
PPM5-A-0512ZSLF			5/750	12/100		
PPM5-A-0515ZSLF			5/700	15/100		
PPM5-A-0524ZSLF			5/600	24/100		
PPM10-B-0505ZSLF	55x45x20,5	10	5/1800	5/200	50	78
PPM10-B-0512ZSLF			5/1500	12/200		
PPM10-B-0515ZSLF			5/1400	15/200		
PPM10-B-0524ZSLF			5/1000	24/200		
PPM15-C-0505ZSLF	62x45x22,5	15	5/2800	5/200	50	80
PPM15-C-0512ZSLF			5/2500	12/200		
PPM15-C-0515ZSLF			5/2400	15/200		
PPM15-C-0524ZSLF			5/2000	24/200		
PPM20-D-0505ZSLF	70x48x23,5	20	5/3400	5/600	50	82
PPM20-D-0512ZSLF			5/2800	12/500		
PPM20-D-0515ZSLF			5/2500	15/500		
PPM20-D-0524ZSLF			5/2500	24/300		
<b>“D” — модели с тремя выходами (один однополярный выход+один изолированный двуполярный выход)</b>						
PPM5-A-0505DLF	48,5x36x20,5	5	5/900	±5/100	50	76
PPM5-A-0512DLF			5/700	±12/100		
PPM5-A-0515DLF			5/700	±15/80		
PPM5-A-0524DLF			5/700	±24/50		
PPM10-B-0505DLF	55x45x20,5	10	5/1800	±5/100	50	78
PPM10-B-0512DLF			5/1600	±12/100		
PPM10-B-0515DLF			5/1400	±15/100		
PPM10-B-0524DLF			5/1000	±24/100		
PPM15-C-0505DLF	62x45x22,5	15	5/2600	±5/200	50	80
PPM15-C-0512DLF			5/2000	±12/200		
PPM15-C-0515DLF			5/1800	±15/200		
PPM15-C-0524DLF			5/2000	±24/100		
PPM20-D-0505DLF	70x48x23,5	20	5/3200	±5/400	50	82
PPM20-D-0512DLF			5/2500	±12/300		
PPM20-D-0515DLF			5/2800	±15/200		
PPM20-D-0524DLF			5/2000	±24/200		

\*LF — бессвинцовое исполнение

- Высокие КПД преобразования и плотность мощности;
- Малое собственное потребление при отсутствии нагрузки (0,3 мА, типовое), соответствующее требованиям экологических стандартов;
- Множество моделей мощностью 5, 10, 15 и 20 Вт с выходными напряжениями от 5 до 48 В;
- Соответствие требованиям к промышленным применениям;
- Монтаж на печатную плату;
- Средняя наработка на отказ 200 тыс. часов (при 25°C);
- Гарантия 3 года.

Внешний вид преобразователей РРМ приведен на рис. 1, а варианты моделей – в табл. 2.

Преобразователи предназначены для использования в различных портативных промышленных, офисных и гражданских приложениях. Их применение особенно привлекательно в оборудовании, которое требует сертификации на соответствие экологическим стандартам по уровню энергопотребления в дежурном режиме, а также международным стандартам по электромагнитной совмести-

Таблица 3. Назначение выводов

Выводы	1	2	3	4	5	6	7	8
E – один выход	FG	AC (N)	AC (L)	-Vo1	NP	NP	NP	+Vo1
Z – два выхода	FG	AC (N)	AC (L)	-Vo2	NP	COM	NP	+Vo1
D – три выхода	FG	AC (N)	AC (L)	-Vo1	+Vo1	-Vo2	COM	+Vo2
ZS – два изолир. выхода	FG	AC (N)	AC (L)	-Vo1	+Vo1	NP	-Vo2	+Vo2

AC (L) – подключение к сети переменного тока (фаза)  
 AC (N) – подключение к сети переменного тока (нейтраль)  
 FG – заземление  
 Vo – выходное напряжение  
 COM – общая цепь  
 NP – нет подключения

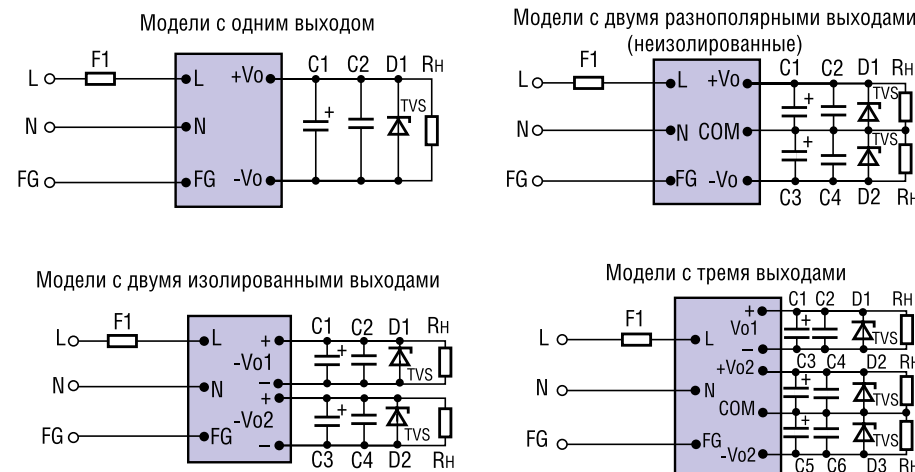


Рис. 2. Схемы включения преобразователей РРМ

Таблица 4. Рекомендуемые значения параметров внешних компонентов, подключаемых к модулям РРМ

V <sub>вых.</sub> , В	C1/C3/C5, мкФ/В	C2/C4/C6	F1	D1/D2 (подавитель)	Примечание
5	680/16	Керамический конденсатор 0,1 мкФ/50 В	1 А/250 В	P6KE6.8A	Выходные фильтрующие конденсаторы C1, C3 и C5 – электролитические. Рекомендуется использовать высокочастотные электролитические конденсаторы с малым внутренним сопротивлением. Паспортное напряжение конденсатора должно быть не менее чем на 80% больше выходного напряжения. C2, C4 и C6 предназначены для удаления ВЧ-шума. Для защиты нагрузки от действия повышенного напряжения поврежденного преобразователя рекомендуется использовать сапрессоры (D1, D2).
12	220/25			P6KE16A	
15	220/25			P6KE20A	
24	120/35			P6KE33A	

мости и безопасности IEC61000 и IEC60950.

Сведения о конструкции и размерах корпусов представлены в табл. 1. Модели с различным числом выходных напряжений отличаются назначением выводов (см. табл. 3).

На рис. 2 показаны рекомендуемые схемы включения преобразователей, а значения параметров внешних компонентов для этих схем представлены в табл. 1. В таком включении преобразователи обеспечивают стабилизацию вы-

ходного напряжения с отклонением не более ±2%. Уровень нестабильности выходного напряжения при скачкообразном изменении нагрузки (10...90%) в общем случае лежит в пределах ±1...±5%. Преобразователи работают на частоте 150 кГц и после подачи питания формируют выходное напряжение с задержкой 80 мс. В системах распределенного питания полезной будет функция защиты от короткого замыкания и токовой перегрузки (порог срабатывания 115% от паспортного выходного тока).

Все преобразователи рассчитаны на работу в температурном диапазоне -20...70°C при максимальной влажности окружающей среды 85% (без конденсации).

Более подробную информацию об этих и других AC/DC-преобразователях можно найти на специализированном сайте по источникам питания <http://ps.compel.ru>.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: [ac-dc-ac.vesti@compel.ru](mailto:ac-dc-ac.vesti@compel.ru)



Алексей Пантелейчук (КОМПЭЛ)

# 32-БИТНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ PIC32 С USB ON-THE-GO

8- и 16-битные микроконтроллеры компании **Microchip** знакомы практически всем разработчикам. Теперь в линейке компании появились **32-битные решения** для приложений, требующих высокой производительности и большего объема памяти.

Новое семейство PIC32MX было разработано для простого перевода приложений на более высокопроизводительные микроконтроллеры, поэтому новое семейство совместимо по выводам и средствам отладки с 16-битными устройствами.

### Отличительные особенности микроконтроллеров PIC32MX:

- Производительность и память:
  - ядра MIPS32 M4K с 5-уровневым конвейером команд;
  - 80 МГц, 1.5 DMIPS/МГц;
  - До 512 КБ Flash;

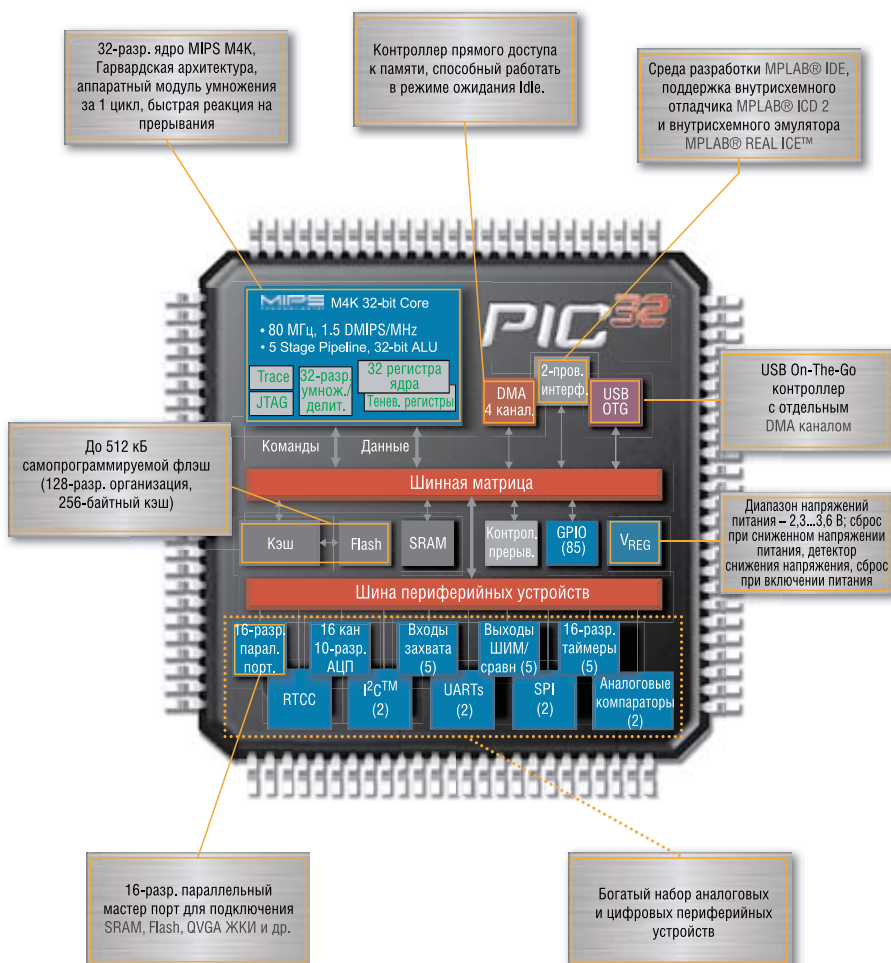


Рис. 1. Архитектура микроконтроллера PIC32



**MICROCHIP**

### MCP4725 – ЦАП и память EEPROM

Специалисты компании **Microchip Technology** представили микросхему **MCP4725**. Им удалось, как утверждается в официальном пресс-релизе, впервые в отрасли, разместить в корпусе типа SOT-23 с шестью выводами 12-разрядный ЦАП и энергонезависимую память с электрическим стиранием (EEPROM). Благодаря компактности и малому энергопотреблению, новинка очень хорошо подходит для мобильных устройств. Наличие энергонезависимой памяти позволяет MCP4725 самостоятельно сохранять значения данных и восстанавливать их при включении питания. Обычно для реализации такой функции необходим микроконтроллер. Таким образом, проектировщики системы получают возможность уменьшить стоимость, энергопотребление и размеры изделий.

По данным компании, ток, потребляемый высокоточным ЦАП в спящем режиме, не превышает 0,06 мкА, что позволяет увеличить время автономной работы. Еще одной особенностью микросхемы является встроенный выходной усилитель, формирующий выходной сигнал, по амплитуде равный напряжению питания.

В числе областей применения ЦАП MCP4725 названа потребительская электроника (проигрыватели, камеры, навигаторы); медицинские приборы (портативные мониторы уровня сахара, давления и сердечного ритма); промышленная электроника (карманные измерительные приборы, системы управления электроприборами); бытовая техника (стиральные машины и кофеварки); и автомобильные системы (светодиодные осветительные приборы и охраняемые системы).

- До 32 КБ ОЗУ;
- Быстрая реакция на прерывания;
- Отдельный модуль умножения за один цикл;

Таблица 1. Семейство PIC32

Наименование	Выходы	Память про- грамм/ данных, КБ	Таймеры/ за- хват/ сравне- ние	Каналы DMA	Регу- лятор напря- жения	Кэш предвы- борки	Трасси- ровка	UART/SPI/ I <sup>2</sup> C	Каналы АЦП 10-бит	Компараторы	ШИМ	JTAG
<b>Общего назначения</b>												
PIC32MX320F032H	64	32/8	5/5/5	0	Есть	Есть	Нет	2/2/2	16	2	Есть	Есть
PIC32MX320F064H	64	64/16	5/5/5	0	Есть	Есть	Нет	2/2/2	16	2	Есть	Есть
PIC32MX320F128H	64	128/16	5/5/5	0	Есть	Есть	Нет	2/2/2	16	2	Есть	Есть
PIC32MX320F256H	64	256/32	5/5/5	4	Есть	Есть	Нет	2/2/2	16	2	Есть	Есть
PIC32MX320F128L	100	128/16	5/5/5	0	Есть	Есть	Нет	2/2/2	16	2	Есть	Есть
PIC32MX360F256L	100	256/32	5/5/5	4	Есть	Есть	Нет	2/2/2	16	2	Есть	Есть
PIC32MX360F512L	100	512/32	5/5/5	4	Есть	Есть	Есть	2/2/2	16	2	Есть	Есть
<b>USB</b>												
PIC32MX440F256H	64	256/32	5/5/5	4	Есть	Есть	Нет	2/2/2	16	2	Есть	Есть
PIC32MX440F128H	100	128/32	5/5/5	4	Есть	Есть	Нет	2/2/2	16	2	Есть	Есть
PIC32MX460F256L	100	256/32	5/5/5	4	Есть	Есть	Есть	2/2/2	16	2	Есть	Есть
PIC32MX460F512L	100	512/32	5/5/5	4	Есть	Есть	Есть	2/2/2	16	2	Есть	Есть



Рис. 2. Отладочный комплект PIC32 Starter Kit



Рис. 3. Внутрисхемный эмулятор MPLAB R


- Два аналоговых компаратора;
- Пять 16-битных таймеров/счетчиков (2 пары объединяются как 2x32-битных);
- Аппаратные часы реального времени (RTC);
- Пять выходов ШИМ/сравнения;
- Пять входов захвата;
- До 4 каналов DMA;
- Коммуникационные интерфейсы:
  - USB-контроллер (OTG и Full Speed Device);
  - Два I<sup>2</sup>C;
  - Два UART (поддержка RS-232, RS-485, LIN 1.2, IrDA);
  - Параллельный порт (8 и 16 линий данных и 16 линий адреса);
  - Совместимость:
    - по выводам и периферийным устройствам с PIC24/dsPIC;
    - по программным библиотекам с PIC24/dsPIC;
    - по средствам отладки MPLAB;

Архитектура микроконтроллера показана на рисунке 1.

Отличия микроконтроллеров в пределах семейства показаны в таблице 1.

Начать разработку приложения на базе PIC32 рекомендуется с отладочного набора PIC32 Starter Kit (DM320001) (см. рис. 2), который содержит:

- Единую среду разработки для 8-, 16- и 32-битных микроконтроллеров MPLAB IDE и С-компилятор MPLAB C32;
- Отладочную плату с интегрированным отладчиком;
- Примеры программ, учебные материалы с простыми проектами;
- Полную документацию;
- Демонстрационную плату PIC32 USB Demo Board (DM320003), которая будет доступна со второго квартала 2008 г.

При разработке своей платы и отладке приложения на ней, рекомендуется использовать внутрисхемный эмулятор MPLAB REAL ICE (DV244005) (рис. 3). Этот высокоскоростной внутрисхемный эмулятор/отладчик поддерживает 8-, 16- и 32-битные микроконтроллеры компании Microchip. 

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

- Периферийные устройства:
  - 16 каналов 10-битного АЦП, со скоростью 500 ksp/s;



Андрей Колпаков (ООО «СЕМИКРОН»)

## SEMIKRON И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Даже простая замена промышленных приводов на частотно-регулируемые позволяет сэкономить колоссальный объем энергии. Компания SEMIKRON, являющаяся одним из ключевых игроков в сфере энергосберегающих технологий, предлагает широкую гамму силовых модулей и готовых решений, ориентированных на рынок альтернативной энергетики и частотно-регулируемого привода.*

Еще в 1928 году Владимир Иванович Вернадский написал, что человечество становится «геологической силой», то есть его влияние на процессы, происходящие на планете, соизмеримы с природными катаклизмами. Состояние цивилизации зависит от решения многих проблем, но, ре-

шая любую из них, мы сталкиваемся с проблемой энергетики. Вся история цивилизации, по сути, — это история энергетики.

Сегодня человечество впервые столкнулось с первым пределом — экологической емкостью среды обитания. Но планета предоставляет нам, как это ни парадоксаль-

# SEMIKRON

innovation+service

но, практически неисчерпаемые источники возобновляемой энергии: ветер, солнце, приливно-отливные течения. Ресурсы только ветровой энергии во много раз больше, чем все запасы биогенного топлива в земной коре, накопившиеся за миллионы лет. Мы живем на дне океана энергии. Пока существует планета и ее газовая оболочка, нагреваемая Солнцем, будет происходить перемещение воздушных масс.

### Ветер — энергоноситель будущего

В конце 2001 года суммарная мощность ветроэнергетических установок (ВЭУ), используемых в Европе, превысила 10 тыс. МВт, к 2010 году она может достигнуть 40 тыс. МВт, а к 2020 году — 100 тыс. МВт. По подсчетам специалистов стоимость выработки 1 кВт для ВЭУ традиционной конструкции при условии полного решения технических проблем должна быть ниже, чем при использовании тепловой или атомной энергии. Эта разница оказывается еще более существенной, если учесть экологическую чистоту и безотходность ветроэнергетики.

Применение ВЭУ в глобальных электрических сетях регулируется директивами различных международных органов, крупнейшим из которых в Европе является UCTE (Union for the Coordination of Transmission of Electricity). UCTE представляет интересы операторов магистральных систем электропередачи в 20 европейских странах. Ее основной задачей является безопасное функционирование объединенных энергосистем. Данной организацией выработаны требования к режимам работы ветря-



Рис. 1. Технология SKiiP преобразует 31 ГВт энергии ветра

ков и, начиная с 2002 года, ни одна энергетическая установка, не удовлетворяющая данным требованиям, не может быть подключена к сети.

Принцип действия ВЭУ прост: сила ветра вращает ветроколесо с лопастями, передавая крутящий момент через редуктор на вал генератора, мощность которого зависит от типа электрической машины, размера колеса, скорости ветра, а также высоты мачты. Выпускаемые в настоящий момент генераторы имеют диаметр лопастей от 0,75 до 80 и более метров. Инвертор представляет собой электронный блок, который выполняет задачу формирования синусоидального выходного напряжения и его стабилизацию.

Наибольшее распространение получили генераторы с переменной скоростью вращения (VSWT – Variable Speed Wind Turbine) – в более чем 80% производимых в настоящее время ВЭУ применяется данный принцип преобразования. Популярность такого типа ветряков обусловлена более высокой эффективностью использования энергии ветра. Они способны вырабатывать электроэнергию при больших диапазонах изменения скорости потока воздуха, с увеличением которого выходная мощность генератора возрастает. Электронная схема инвертора, обслуживающего генератор VSWT, оказывается несколько сложнее, чем для классического генератора с постоянной скоростью, но это компенсируется прибавкой более чем 10% мощности.

Компания **SEMIKRON** является одним из ведущих мировых производителей электронных компонентов для мощных применений. SEMIKRON активно работает с мировыми производителями ВЭУ, которые в течение многих лет отдают предпочтение интеллектуальным силовым модулям (IPM) серии **SKiiP** (рис. 1). Помимо силового каскада компоненты этого семейства содержат устройство управления, защиты и мониторинга, а также датчики рабочих режимов и систему ох-

лаждения. Высокая стойкость к активному и пассивному термоциклированию силовых ключей SKiiP обеспечивается благодаря запатентованной SEMIKRON технологии прижимного контакта. На сегодняшний день эти модули являются самыми мощными из доступных на рынке IPM.

Стойкость к термоциклированию силовых ключей SKiiP примерно в 5 раз выше, чем у стандартных модулей IGBT. Это преимущество особенно важно в тяжелых условиях эксплуатации, в которых работают ветроэнергетические установки. Конструктив SKiiP удовлетворяет самым жестким требованиям по механическим и климатическим воздействиям, предъявляемым рынком ВЭУ. Указанные преимущества обеспечили высокую популярность SKiiP на рынке энергетики: спрос на модули данного класса в 2006 году вырос на 85%.

На сегодняшний день в 43% мирового рынка ВЭУ используются модули SKiiP, а общая мощность установок, построенных на компонентах SEMIKRON и введенных в эксплуатацию с 1993 года, составляет 72,6 ГВт (по дан-

ным EurObserver, Systems Solaires №177, Wind Energy Barometer, 02/2007). По прогнозам Европейского Совета по возобновляемым источникам энергии, мощность, получаемая от подобных энергетических установок, к 2030 году должна покрыть более 30% общемировой потребности. Для столь динамично развивающегося рынка силовые ключи SKiiP, отличающиеся высокой степенью функциональной насыщенности и надежности, представляются оптимальным выбором. Их применение позволяет упростить разработку, минимизировать время выхода на рынок, обеспечить высокий не-обслуживаемый срок службы.

Для всех типов ветрогенераторов с переменной скоростью, использующих асинхронные и синхронные двигатели, фирма SEMIKRON производит специализированные силовые сборки. Серийно выпускаемый преобразователь с максимальной выходной мощностью 1500 кВА на базе модулей SKiiP показан на рисунке 2. В настоящее время заканчивается разработка высоковольтной многоуровневой установки мощностью 5 МВт.



Рис. 2. 4-квadrанный преобразователь для ВЭУ на базе SKiiP



Рис. 3. Модуль MiniSKiiP и солнечная энергетическая установка

### Миниатюрные модули SEMIKRON для солнечных энергетических станций

Термальные станции, использующие энергию солнца, являются одними из наиболее интересных и перспективных источников альтернативной энергии для локальных применений. Работа в этом направлении идет постоянно, в 2006 году объем продаж оборудования для солнечных тепловых станций в Европе выросла более чем на 35%.

В течение последних 15 лет спрос на солнечную энергию во всем мире ежегодно возрастает примерно на 25%. Специально для данного применения разрабатываются новые технологии полупроводников и топологии схем, позволяющие повысить КПД преобразования силовых конверторов, и эффективность работы энергетических станций в целом.

Для таких специфических применений, как солнечные энергетические установки, требуется

максимальная отдача мощности. Силовые ключи конвертора должны обладать очень низким тепловым сопротивлением, обеспечивающим минимальный нагрев чипов, высокую плотность тока и максимальную эффективность использования солнечного кремния. Этому требованию удовлетворяют миниатюрные модули IGBT прижимной конструкции **MiniSKiiP**, широко используемые для производства преобразователей мощностью до 30 кВт. КПД инвертора для солнечной станции на базе MiniSKiiP, испытания которого были проведены немецкой компанией *Stiftung Warentest* (см. рис. 3), достиг рекордного для данного класса изделий показателя 95,6%.

Очевидно, что область применения компонентов серии MiniSKiiP не ограничивается солнечной энергетикой — это лишь один из наглядных примеров, подтверждающих чрезвычайно высокую востребованность компонентов данного типа. Малогабаритные си-

ловые модули MiniSKiiP широко используются в самых различных отраслях промышленности: общепромышленных приводах, вторичных источниках питания, сварочной аппаратуре и т.д. Основными потребителями этих компонентов являются такие всемирно известные компании, как Danaher (робототехника), Miller Electric (сварочное оборудование), Schneider Toshiba Group (привода), SEW Eurodrive (привода), Siemens A&D (привода), Vacon (привода), Silectron (UPS).

### Модули SEMIKRON для электропривода

Проблема управления скоростью движения машин и механизмов с целью экономии электроэнергии решалась в последние десятилетия, в основном, с помощью частотно-регулируемых приводов (ЧРП). Приводы постоянного тока, преобладающие в 70-80 годах, в настоящее время повсеместно вытесняются ЧРП переменного тока, как правило, с асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором. Объясняется это достижениями микроэлектроники, позволяющими реализовать небольшими аппаратными затратами довольно сложные алгоритмы управления двигателем переменного тока, который в целом предпочтительнее двигателя постоянного тока по надежности, массе, габаритам и стоимости.

Область применения регулируемых электроприводов весьма обширна. В энергетике это вентиляторы и дымососы, механизмы топливоподачи, в химической и нефтяной промышленности — перемишывающие устройства, центрифуги, насосы, компрессоры; в угольной и горнорудной отрасли — транспортеры и конвейеры, дробилки и мельницы; в коммунальном хозяйстве — насосы городских систем холодного и горячего водоснабжения, отопления и водоочистки и т.д. Использование регулируемых электроприводов позволяет снизить потребление электроэнергии на 20...50% за счет использования механизмов, в которых двигатели рассчитаны на

максимальную нагрузку, а среднесуточная нагрузка составляет 60...80%. При этом улучшаются условия работы двигателей и механизмов в целом, благодаря исключению динамических ударов, пусковых перегрузок и ограничению тока в обмотках двигателя. Таким образом, применение регулируемых электроприводов позволяет создать новую технологию энергосбережения, в которой не только экономится электрическая энергия, но и увеличивается срок службы оборудования.

Сегодня в мире выпускается до 7 млрд. электродвигателей, которые потребляют 70% произведенной электроэнергии. Рынок электрических машин ежегодно увеличивается на 7%. В 2001 г. он составил 66 млрд. \$. Производство электроприводов в Европе возросло на 9%, в – США на 4%, экспорт управляемых приводов в мире за это же время вырос на 3,5%. По данным Frost & Sullivan с 1998 по 2005 г. объем продаж приводов с частотным регулированием увеличился с 1,92 до 2,39 млрд. \$. Доля ЧРП переменного тока (в том числе синхронных, асинхронных, вентильных индукторных) выросла за это же время с 63,1% до 74,4%.

Общей тенденцией современного рынка мощных преобразовательных устройств является рост предложения готовых мощных узлов и подсистем. Подобные функционально законченные блоки, предназначенные для решения конкретных задач, сейчас гораздо более востребованы потребителями, чем дискретные силовые модули. Расположенный во Франции дизайнерский центр SEMIKRON уже более 45 лет занимается разработкой силовых преобразователей. В последние годы к этой работе были привлечены еще несколько подразделений компании, каждое из которых специализируется в определенной области. Для повышения эффективности и качества разработок 9 исследовательских лабораторий SEMIKRON, расположенных в различных странах по всему миру, объединены в единую дизайнерскую сеть.

В декабре 2004 года компания SEMIKRON представила первый проект, выполненный в рамках глобальной сети. Потребителям была предложена конструктивная платформа конфигурации «выпрямитель + инвертор» со сверхнизкой индуктивностью силовых шин, предназначенная для построения 3-фазных приводов мощностью 90...1100 кВт. Новый конструктив, получивший название **SEMIKUBE**, представляет собой компактный стандартизированный универсальный модуль, предназначенный для решения широкого круга приводных задач.

Семейство SEMIKUBE™ включает 6 типоразмеров блоков, обеспечивающих ток нагрузки от 100 до 1550 А. Расчетный срок службы модулей составляет более 60.000 часов при предельных электрических нагрузках и температуре окружающей среды 45°C. Конструкция низкоиндуктивных DC-шин позволяет наращивать мощность изделия за счет горизонтально-вертикального соединения единичных модулей. На рисунке 4 показан внешний вид

SEMIKUBE 1 – базового блока платформы мощностью 220 кВт.

### Заключение

За последние несколько лет ввиду все более обостряющегося топливно-энергетического кризиса развитие альтернативной энергетики получило дополнительный толчок. В Западно-Европейских и Скандинавских странах, Америке и Японии уже созданы и уверенно развиваются при поддержке государства ассоциации альтернативной энергетики. Там разработаны и функционируют ветроэнергетические установки мощностью 1,5 и более МВт. В Бельгии и Дании ветровые и солнечные станции обеспечивают большую часть потребности этих стран в электроэнергии.

Каждый месяц прирост суммарной мощности за счет запуска новых ВЭУ превышает 200 МВт·ч. Постоянно растут инвестиции в ветроэнергетику, прорыв в технологиях композитных материалов позволил увеличить мощность ветротурбин за последнее десятилетие в 50 раз. Минимальная мощность

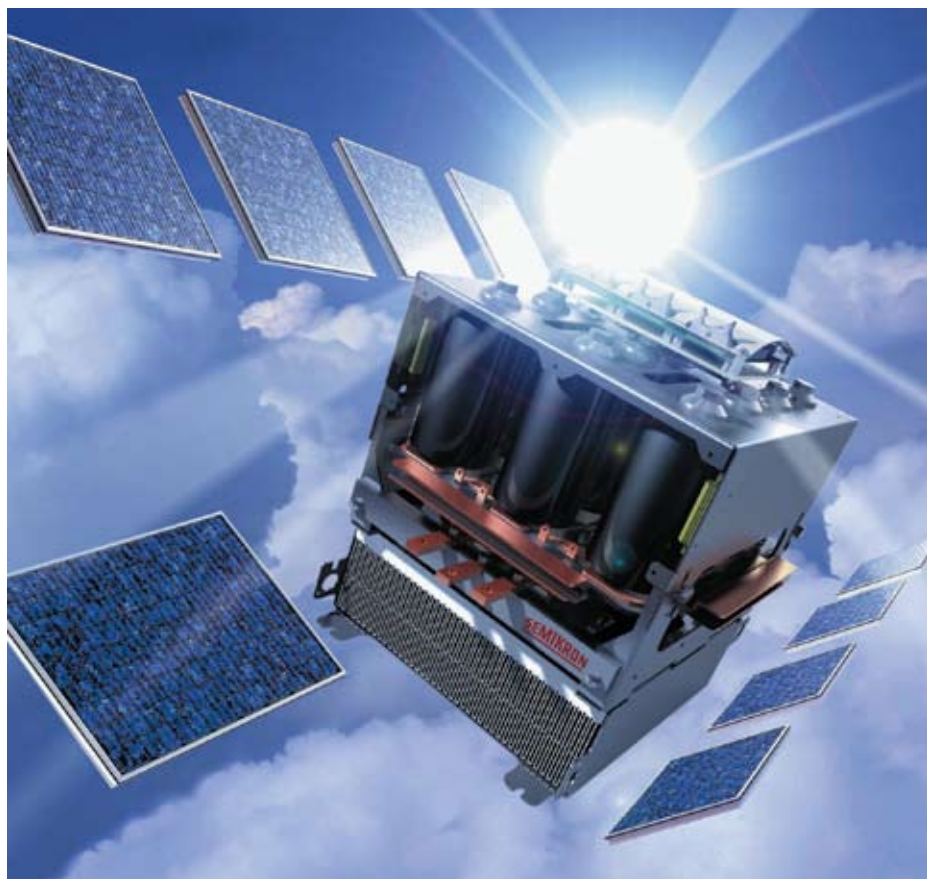


Рис. 4. Внешний вид базового модуля SEMIKUBE 1

устанавливаемых сейчас ветрогенераторов составляет 1 МВт, а с 2002 года начался ввод в эксплуатацию ВЭУ мощностью 5 МВт. Выгода от вложений в ветроэнергетику намного превосходит все остальные проекты. По оценкам специалистов общий объем электроэнергии, который Европа может выработать только за счет ветровых станций, в 5 раз превышает сегодняшние потребности. При этом использование ветряков не требует расходов на утилизацию отработанного топлива и не загрязняет окружающую среду.

Энергия ветра в течение длительного времени рассматривается в качестве экологически чистого и практически неисчерпаемого источника. Распространившаяся в 70-х гг. угроза нехватки невозобновляемых источников энергии и рост зависимости от импортируемого топлива привели к исследованиям, направленным на повышение эффективности использования воздушных потоков.

Однако до того как альтернативная энергетика сможет прине-

сти значительную пользу, должны быть решены многие технические проблемы. Наибольшие препятствия для использования ВЭУ создает их высокая стоимость. Эти проблемы будут устранены, когда ветроэнергетические установки смогут конкурировать с традиционными решениями по стоимости вырабатываемой энергии.

В перспективе так называемая «альтернативная энергетика» может стать безальтернативной. Это связано с тем, что запасы нефти и газа в мире ограничены, а защита окружающей среды рано или поздно станет приоритетом человечества. Мировой бизнес будет реагировать на этот вызов и искать наиболее оптимальные и конкурентные решения.

Надежность, срок службы и стоимость любой современной энергетической установки во многом зависит от характеристик использованных в ней силовых модулей. Применение специализированных силовых модулей и сборок SEMIKRON позволяет уп-


ростить разработку и обеспечить предельно высокие технические и экономические показатели.

### Литература

1. Dejan Schreiber. Applied Designs of Variable Speed Wind Turbines And New Approaches. SEMIKRON International.

2. А.И. Колпаков. SEMIKRON и альтернативная энергетика. «Электронные Компоненты» №9, 2003 г.

3. А.И. Колпаков. MiniSKiiP: пружины вместо пайки. «Новости Электроники» №20, 2007 г.

4. А.И. Колпаков. Инверторная платформа SEMIKUBE – quadratisch, praktisch, gut! «Компоненты и Технологии» №6, 2005 г. 

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

**SEMIKRON**  
innovation+service

**SKiiP<sup>®</sup> 2/3**

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИЛОВЫЕ МОДУЛИ

- Конфигурации: полумост, трехфазный мост, однофазный мост
- Номинальный ток до 2000 А
- Прижимная конструкция без базовой платы
- Изолированный интерфейс
- Все необходимые виды защит
- Высокая стойкость к термоциклированию
- Встроенный изолированный источник питания
- Мониторинг тока фазы, температуры радиатора, напряжения DC-шины



**Компэл**  
www.compel.ru



Олег Пушкарев (КОМПЭЛ)

## ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В ZIGBEE-СЕТИ С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЕЙ XBEE ZNET 2.5

*Применение ZigBee-модулей с предустановленным программным обеспечением существенно сокращает время разработки ZigBee-сети. В статье рассмотрены практические аспекты работы с модулями XBee ZNet 2.5 (Series 2) компании Digi (бывшая компания MaxStream) в режиме API. Разработчикам пригодится в работе пример построения беспроводного датчика на базе модуля XBee ZNet 2.5 для сбора данных о температуре.*

Модули ZigBee XBee ZNet 2.5 (Series 2) (рис. 1) являются законченными узлами, способными самостоятельно подключаться к сети с MESH-топологией и передавать данные, поступающие от внешнего хост-процессора. Благодаря встроенному ZigBee-стеку все операции по формированию сети, присоединению новых устройств, прокладке оптимальных маршрутов сообщений осуществляются автоматически, без участия внешнего микроконтроллера. Для передачи данных существует ограниченный набор простых управляющих команд, которые могут выполняться даже на самом недорогом 8-разрядном внешнем микроконтроллере. Модули XBee ZNet 2.5 могут выступать и как

абсолютно самостоятельные узлы. В этом случае источником или приемником информации выступают имеющиеся на модуле периферийные узлы — порты ввода-вывода, АЦП и ЦАП. При использовании модуля без внешнего микроконтроллера прием или передача данных будет происходить под управлением команд, поступающих по эфиру от координатора или любого другого узла сети.

### Работа в API-режиме

Подача команды ATND в режиме API и ответ от конечного устройства

Модули XBee могут работать в режиме управления с помощью AT-команд или в API-режиме [2,3]. Для управления с помощью вне-



Рис. 1. Модули XBee ZNet 2.5 (Series 2)



### Компания Digi проводит ребрендинг MaxStream

В связи с покупкой компании MaxStream, компания Digi производит смену логотипа и вводит новые названия для продукции MaxStream. Логотип MaxStream выводится из употребления, и вся продукция теперь будет выпускаться только с логотипом Digi. Сайт [www.maxstream.net](http://www.maxstream.net) теперь существует лишь в виде одной страницы, все ссылки с которой ведут в соответствующие разделы сайта [www.digi.com](http://www.digi.com). Компания Digi вводит новые имена для ZigBee-модулей, теперь модули XBee первой серии имеют названия XBee 802.15.4 (Series 1) и XBee-PRO 802.15.4 (Series 1). Модули второй серии именованы как XBee ZNet 2.5 (Series 2) и XBee-PRO ZNet 2.5 (Series 2). Данные изменения касаются только смены названий и никак не отражаются на технических параметрах модулей.

шнего микроконтроллера режим API гораздо более удобен, так как позволяет передавать и данные, и команды управления в общем потоке. Кроме того, некоторые возможности в режиме AT-команд просто недоступны. Например, послать по ZigBee-сети AT-команду удаленному модулю можно только в API-режиме. Работа с API-пакетами требует вычисления контрольных сумм, что не очень удобно при ручном формировании пакета в окне программы X-CTU (рис. 2а, б), однако не представляет большой сложности при управлении XBee-модулем с помощью внешнего микроконтроллера. Для практических экспериментов с API-фреймами оказалось более удобным использовать программу-терминал «Terminal v1.9b» [4], которая позволяет заранее составить набор отсылаемых API-фреймов в виде макросов и отсылать их нажатием одной кнопки. Например,

Таблица 1. API-фреймы, полученные на выходе UART модуля XBee ZNet 2.5

## Ответы на API-пакет «ND»

```

7E 00 19 88 11 4E 44 00 E1 90 00 13 A2 00 40 0A 0C 22 38 00 FF FE 01 00 C1 05 10 1E 0C
7E 00 1D 88 11 4E 44 00 08 55 00 13 A2 00 40 0A 0D 4F 4E 4F 44 45 32 00 FF FE 01 00 C1 05 10 1E D2
7E 00 19 88 11 4E 44 00 9D FE 00 13 A2 00 40 0A 0B 4C 33 00 FF FE 01 00 C1 05 10 1E BE
7E 00 22 88 11 4E 44 00 25 73 00 13 A2 00 40 0A 0F 47 20 53 4C 45 45 50 5F 53 4D 41 00 25 71 02 00 C1 05 10 1E 82

```

## Расшифровка структуры фрейма (для первой строки Табл. 1)

## Данные Пояснения

- 7E – стартовый разделитель (признак начала API-фрейма)
- 00 19 – длина API-фрейма
- 88 – ID-номер API-пакета (ответ на AT-команду)
- 11 – номер фрейма, на который получен ответ
- 4E 44 – ASCII-имя AT-команды, на которую пришел ответ (здесь: «ND»)
- 0 – байт статуса (00 – ОК)
- E1 90 – 16-битный сетевой адрес MY
- 00 13 A2 00 – 64-битный уникальный адрес SH
- 40 0A 0C 22 – 64-битный уникальный адрес SL
- 38 00 – ASCII строковый идентификатор узла NI (здесь: «3», строка заканчивается 00)
- FF FE – адрес «родительского» узла. Действительно только для конечных устройств
- 01 – тип устройства (0-координатор, 1-роутер, 2-конечное устройство)
- 00 – статус
- C1 05 – профиль устройства (profile ID)
- 10 1E – производитель (manufacturer ID)
- 0C – контрольная сумма

Таблица 2. Примеры API-фреймов

Действие	API-фрейм
Отправка AT-команды «ND»	7E 00 04 08 11 4e 44 54
Отправка AT-команды «IS» как фрейм запроса удаленной команды	7E 00 0F 17 11 00 13 A2 00 40 0A 0F 47 25 73 02 49 53 4C
Ответ узла на запрос IS идущий от координатора	7E 00 15 97 E9 00 13 A2 00 40 0A 0D 4F 44 C5 49 53 00 01 00 00 02 03 3A 3F
API-фреймы, получаемые на выходе координатора при аппаратном сбросе	7E 00 02 8A 00 75 – фрейм статуса. Состояние «Перезагрузка» 7E 00 02 8A 06 6F – фрейм статуса. Состояние «Координатор начал работу»
На выходе координатора при подсоединении 1 роутера	7E 00 20 95 00 13 A2 00 40 0A 0B 4C 61 59 01 61 59 00 13 A2 00 40 0A 0B 4C 33 00 FF FE 01 02 C1 05 10 1E 22
На выходе координатора при подсоединении конечного устройства	7E 00 24 95 00 13 A2 00 40 0A 0D 4F 00 02 01 00 02 00 13 A2 00 40 0A 0D 4F 4E 4F 44 45 32 00 00 00 02 02 C1 05 10 1E 5F
На выходе координатора при нажатии кнопки DIO1 на конечном устройстве	7E 00 24 95 00 13 A2 00 40 0A 0D 4F 00 02 01 00 02 00 13 A2 00 40 0A 0D 4F 4E 4F 44 45 32 00 00 00 02 01 C1 05 10 1E 60
Прием данных в API-режиме. Каждый пакет содержит один ASCII-код символа цифры от 0 до 5	7E 00 0D 90 00 13 A2 00 40 0A 0E 18 76 C2 01 30 E1 7E 00 0D 90 00 13 A2 00 40 0A 0E 18 76 C2 01 31 E0 7E 00 0D 90 00 13 A2 00 40 0A 0E 18 76 C2 01 32 DF 7E 00 0D 90 00 13 A2 00 40 0A 0E 18 76 C2 01 33 DE 7E 00 0D 90 00 13 A2 00 40 0A 0E 18 76 C2 01 34 DD 7E 00 0D 90 00 13 A2 00 40 0A 0E 18 76 C2 01 35 DC

чтобы обнаружить все узлы сети, нужно составить фрейм AT-команды «ND» и отослать его с любого модуля сети. Ниже приведены API-фреймы, полученные на выходе UART модуля XBee ZNet 2.5, с которого был отправлен запрос на обнаружение всех узлов сети. Всего было получено 4 ответа. Как видно из приведенных ответов, в сети было обнаружено 2 роутера и 2 конечных узла.

Ниже, в таблице 2, приведены дополнительные приме-

ры API-фреймов, полученные от различных узлов в ZigBee-сети в различных реальных ситуациях. Различные блоки фрейма выделены цветом и типом шрифта. Приведенные примеры могут быть полезными при изучении раздела, посвященному разделу по работе с API-фреймами в оригинальном описании производителя [5] (русскоязычный перевод данного документа доступен по запросу на [wireless@compel.ru](mailto:wireless@compel.ru)).

### Практическая часть — делаем беспроводной датчик температуры

Мы воспользуемся возможностью отсылки API-команды для удаленного измерения температуры с помощью ZigBee-модуля. Схема измерительного модуля очень проста (рис. 3). Измерение температуры производится с помощью аналогового датчика LM19, преобразующего температуру в диапазоне от -55 до 130°C в выходное напряжение, измеряемое с помощью АЦП модуля XBee

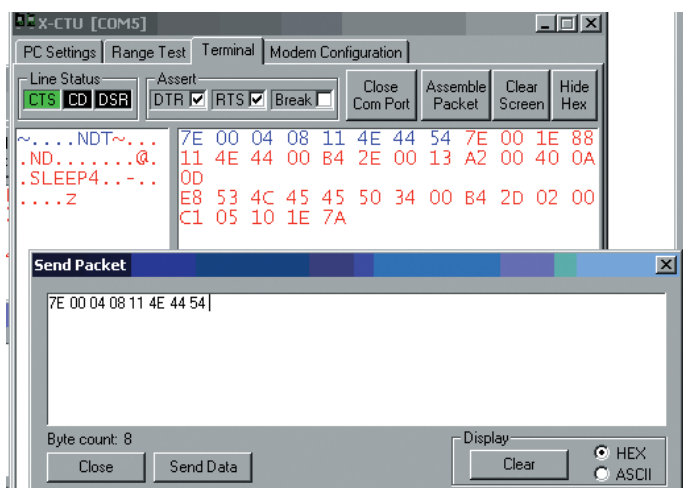


Рис. 2а. Подача команды ATIS в режиме API и ответ от конечного устройства

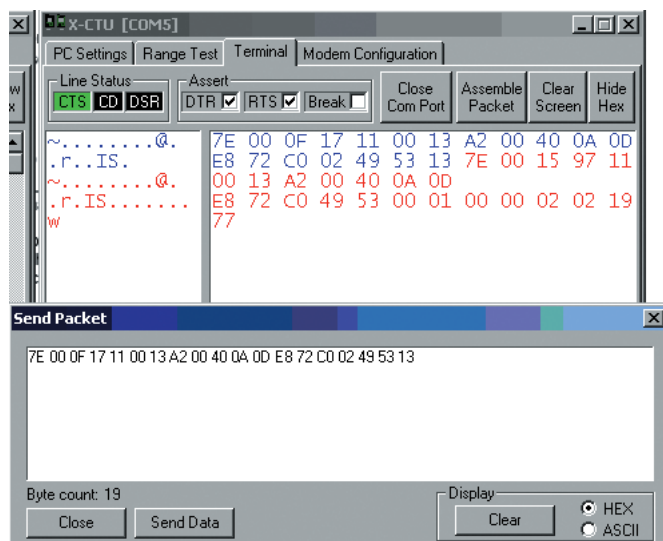


Рис. 2б. Примеры работы в API-режиме в программе X-CTU

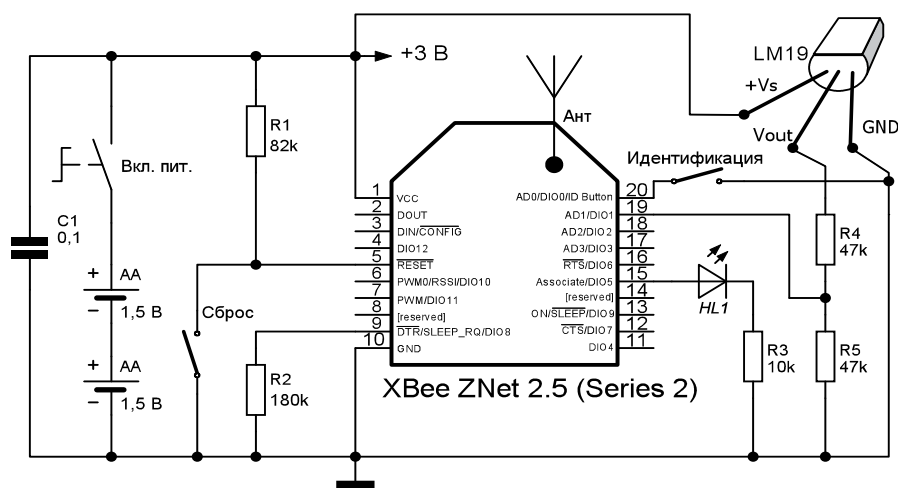


Рис. 3. Принципиальная схема температурного датчика

**ZNet 2.5 (Series 2).** В связи с тем, что диапазон выходного напряжения LM19 (0,303...2,485 В) превышает максимальное измеряемое напряжение АЦП модуля (1,2 В), в схеме применен делитель напряжения на резисторах, понижающий выходное напряжение LM19 в 2 раза. Ток потребления LM19 составляет менее 10 мкА, поэтому датчик позволяет существенно экономить энергию батарей при работе ZigBee-модуля в спящем режиме. Измерительный модуль работает от 2 батарей типа «АА». Светодиод «HL1» отображает режим работы модуля: если он светится постоянно — модуль не присоединился к ZigBee-сети, если мигает 2 раза в секунду — произошло присоединение модуля к ZigBee-сети, редкие

короткие вспышки — модуль находится в спящем режиме и периодически просыпается для запроса данных от родительского узла. В этом простом проекте применение встроенного АЦП и возможность удаленной отсылки команд позволило отказаться от применения внешнего микроконтроллера. Для проверки работоспособности беспроводного датчика температуры развернем простейшую ZigBee-сеть на базе набора XB24-BPDK PBF. Во все XBee-модули, используемые в данном эксперименте (1 координатор и 1 роутер), должна быть загружена прошивка для работы в API-режиме. В качестве координатора и промежуточных роутеров могут использоваться модули, установленные на переходные платы, входящие

в отладочный набор. Единственным нестандартным узлом будет наш датчик температуры, собранный на отдельной печатной плате (рис. 4). Конечно, можно припаять термодатчик и 2 резистора делителя непосредственно к переходной плате из отладочного набора XB24-BPDK PBF. Однако это не рекомендуется делать по нескольким причинам. Во-первых, «лишние» элементы на переходной плате (драйвер RS-232, стабилизатор и пр.) не позволяют существенно снизить ток потребления от батареи в спящем режиме. Во-вторых, диапазон рабочих температур переходной платы производителем не нормируется и поэтому неясно, будет ли она нормально работать при температуре  $-40^{\circ}\text{C}$  (предельная рабочая температура для модулей XBee ZNet 2.5).

До начала эксперимента необходимо сделать следующие настройки для XBee-модуля, который будет работать с нашим температурным датчиком:

1. Задать текстовое имя нашему удаленному модулю, например 12345 (команда NI).

2. Разрешить работу АЦП на выводе AD1 (команда D1=2).

Эти настройки удобно сделать с помощью закладки установок параметров в программе X-CTU.

В нашем тестовом проекте мы с помощью координатора, подключенного к ПК, будем отправлять запросы и получать пакеты, содер-

жащие информацию о температуре удаленного узла. Для простейшего эксперимента лучше ограничиться сетью из 2 узлов – только координатора и нашего температурного датчика (работающего постоянно, т.е. не в спящем режиме). Удаленный модуль должен включаться после того, как координатор успешно стартовал (красный светодиод мигает один раз в секунду). При включении наш модуль с температурным датчиком самостоятельно подключится к координатору, на UART-выходе которого мы получим API-фрейм идентификации подключенного узла (рис. 5). Данный фрейм мы также будем получать на выходе координатора при нажатии кнопки «Идентификация» на нашем температурном датчике.

Для отправки запроса на удаленное считывание значения АЦП (температуры), нам необходимо знать 64-разрядный уникальный и 16-разрядный сетевой адрес нашего удаленного узла. Эти значения можно взять из полученного сообщения о присоединении (00 13 A2 00 40 0A 0F 47 и 22 62 соответственно). Теперь мы можем сформировать API-пакет на удаленное считывание АЦП.

Контрольную сумму для отправляемых пакетов в данном случае мы рассчитываем вручную. После отправки пакета мы получим ответный API-фрейм, содержащий значение напряжения АЦП, которое можно пересчитать в температуру (рис. 6). Для преобразования аналого-цифровых данных в милливольты, используйте следующий алгоритм:

$$AD \text{ (мВ)} = (\text{значение ADIO} / 0x3FF) * 1200 \text{ мВ [5]}$$

Из полученного пакета мы видим, что значение АЦП = 02 8F (предпоследние 2 байта в API-фрейме), что в абсолютном исчислении составляет 0,768 В. С учетом делителя, напряжение на выходе LM19 было  $0,891 \times 2 = 1,536 \text{ В}$ , что соответствует температуре  $24,5^\circ\text{C}$ . Формулы для пересчета выходного напряжения в значения температуры можно найти в документации на LM19.

По мере освоения API-команд можно добавлять в сеть новые узлы и тестировать передачу данных с ретрансляцией пакетов. Для минимизации энергопотребления модуль можно перевести в спящий режим (SM=4) с периодическим пробуждением по встроенному таймеру, например каждые 3 секунды

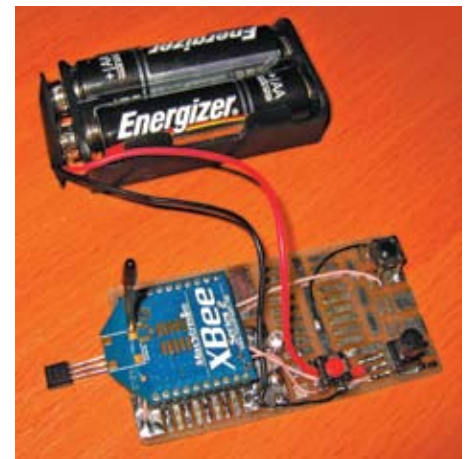


Рис. 4. Температурный датчик на базе модуля XBee

(SP=0x12C, ST=0x1F4). В этом случае модуль будет периодически просыпаться, отсылая запрос «родительскому» узлу на проверку наличия информации для себя. При этом рекомендуется задать с некоторым запасом время хранения сообщений на родительском узле, например SP=0x2BC (7 секунд).

### Пропускная способность и задержки

Разработка конечного устройства, которое будет использовать MESH-сеть для передачи данных, требует повышенного внимания

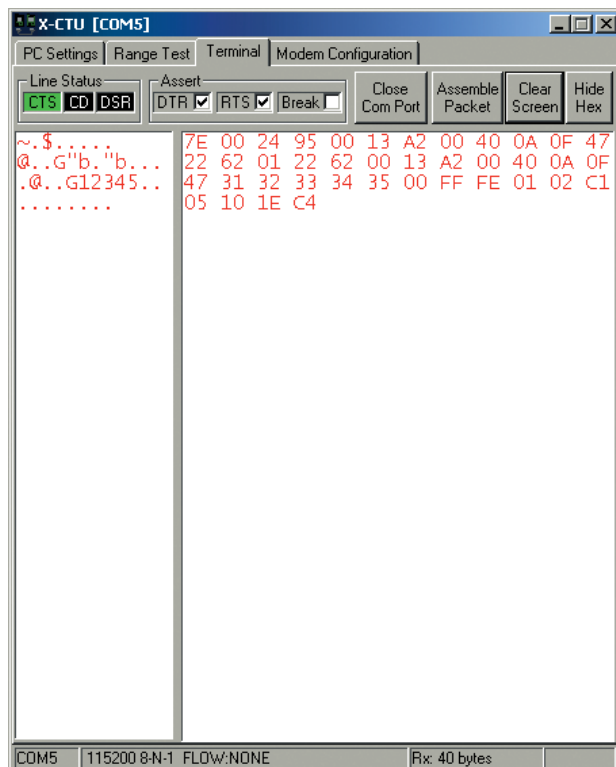


Рис. 5. API-фрейм с параметрами присоединенного узла сети

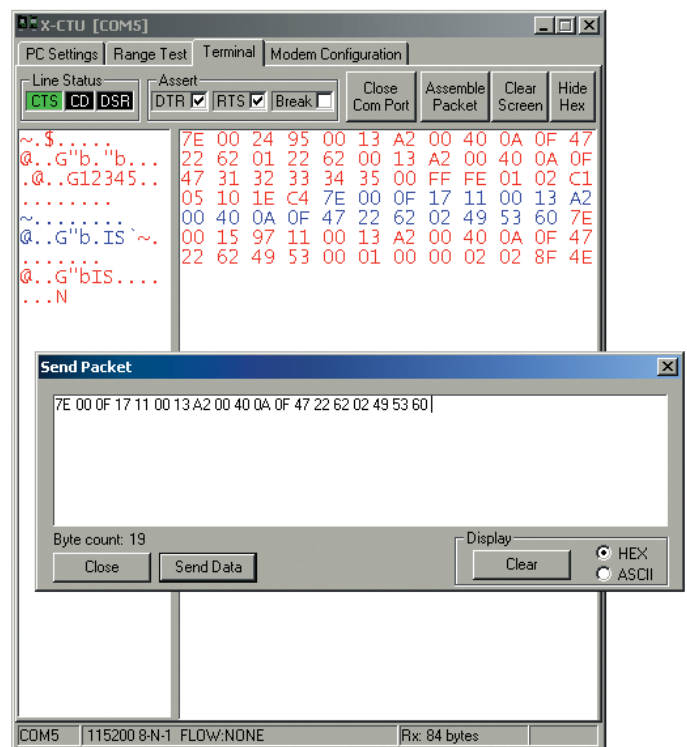


Рис. 6. Ответный API-фрейм

разработчика на этапе определения параметров будущей сети. Например, одно из частых заблуждений относительно свойств ZigBee-сети – это завышенные представления о скорости передачи данных между узлами сети. Несмотря на относительно высокую фиксированную скорость передачи данных в радиоканале, равную 250 кБит/сек, реальная скорость может быть меньше на порядок! Для объяснения этого факта необходимо понимать логику сетевого взаимодействия узлов сети и не забывать про задержки на подтверждение пакетов. Кроме того, обработка данных на нижних уровнях стека также занимает определенное время. Производители с неохотой отвечают (если вообще отвечают) на вопросы о реальной скорости передачи данных в ZigBee-сети и возникающие задержки (latency). Обычный ответ сводится к туманной фразе что «эти параметры зависят от топологии сети и могут существенно варьироваться в зависимости от текущего уровня помех и напряженности трафика». Как бы нам нравился или не нравился подобный ответ, он отражает реальное положение дел – можно только грубо оценивать реальные параметры скорости передачи данных и возникающие задержки.

Исходя из практического опыта работы с модулями Digi (MaxStream) (рис. 1), можно говорить о средней скорости передачи данных порядка 4-5 кБит/сек на уровне 802.15.4 (связь точка-точка, модули XBee 802.15.4 (Series 1), передача файла ≈100 кБит, скорость UART 115200).

При работе в MESH-сети реальная скорость будет ниже, однако, с моей точки зрения, не это является критичным параметром, т.к. ZigBee-сети не предназначены для передачи больших объемов данных. В системах сбора информации с беспроводных датчиков объем полезных данных составляет десятки-сотни байт, что не предъявляет высоких требований к средней скорости передачи данных. Однако кроме скорости передачи, в сетях с MESH-топо-

логией при передаче данные будут передаваться к узлу-получателю с переменной задержкой, которую необходимо учитывать в алгоритме поведения центрального узла сбора информации. Прежде всего, необходимо правильно выбирать величину времени ожидания ответа от удаленного узла, если пакет данных ретранслируется несколькими маршрутизаторами (роутерами). Грубо оценим максимальную задержку при следующих начальных условиях:

1. Допустим, что расстояние от координатора-отправителя до удаленного узла – 8 хопов (ретрансляций).

2. Время передачи пакета между двумя узлами (одна попытка) ≈30 мсек (точное значение зависит от конкретной программной реализации ZigBee-стека, MAC-уровня и микросхемы трансивера).

3. Число ретрансляций на уровне 802.15.4 – 3 (типовая фиксированная величина).

Таким образом, максимальное время передачи сообщения от одного узла к другому составляет ≈90 мс (30 мс x 3 попытки), столько же потребуются для передачи подтверждения (уровня приложения). В маршруте с 8 ретрансляциями максимальная задержка составит  $8 \times 90 \times 2 = 1,44$  секунд на одну попытку отправки сообщения. Разумеется, если мы отправили данные и не получили ответ, то можно попытаться повторить отправку, скажем 3 раза. Тогда наше приложение будет делать вывод о недоступности узла получателя (нет связи) только через примерно 5 секунд. Сама по себе эта цифра не большая и не малая – все зависит от того приложения, которое использует MESH-сеть для передачи данных. Для системы АСКУЭ, где пакеты данных передаются один раз в час, задержка в 5 секунд не является критической. В то же время, такая задержка будет совершенно неприемлемой, если нужно синхронно управлять комплексом светофоров на крупной транспортной развязке. Именно задержки при ретрансляции пакета являются главным ограничителем при построении «вытянутых» ZigBee-

сетей. При количестве ретрансляций равном 100 максимальное время ожидания реакции удаленного узла будет достигать одной минуты! По-видимому, именно из этих соображений даже в самой последней спецификации ZigBee-Pro максимальная глубина ZigBee-сети ограничена 30 ретрансляциями. В модулях XBee ZNet 2.5 максимальное время ожидания ответов для команд ND (поиск узлов) и DN (прокладка маршрута) не может превышать 25 секунд (параметр NT). При использовании модулей XBee ZNet 2.5 глубина сети (число хопов) формально не ограничена, однако число ретрансляций при рассылке широковещательных сообщений не может быть более 15. Это означает, что конкретный узел просто не сможет обнаружить другие узлы, расположенные на расстоянии более 15 хопов от него.

## Заключение

Практическое построение беспроводной сети на базе модулей XBee ZNet 2.5 не требует глубоких знаний ZigBee-спецификации и может быть выполнено в сжатые сроки разработчиком средней квалификации. Однако при разработке ZigBee-сетей с MESH-топологией необходимо понимать процедуры сетевого взаимодействия и учитывать реальную скорость передачи данных и возникающие задержки.

## Список литературы

- [1] Новости Электроники, №2, 2006 стр. 15-20
- [2] Новости Электроники, №2, 2007 стр. 25-27
- [3] Новости Электроники, №16, 2007 стр. 12-16
- [4]<http://www.mikrocontroller.net/attachment/24594/term20041226.zip>
- [5] Product Manual v1.x.2x – ZigBee Protocol [http://www.compel.ru/images/catalog/868/product-manual\\_XBee\\_Series2\\_OEM\\_RF-Modules\\_ZigBee.pdf](http://www.compel.ru/images/catalog/868/product-manual_XBee_Series2_OEM_RF-Modules_ZigBee.pdf)

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

## ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ «НОВОСТИ ЭЛЕКТРОНИКИ» НА 2008 ГОД

### Уважаемые читатели!

Редакция информационно-технического журнала компании КОМПЭЛ «Новости электроники» продолжает **бесплатную подписку на 2008 год.**

Наш журнал предназначен для разработчиков электронной техники и призван рассказывать им о новых электронных компонентах, их применении и схемотехнических решениях на их основе. Также на страницах «Новостей электроники» вы найдете информацию о ведущих производителях и событиях на мировом рынке электроники.

Журнал выходит с мая 2005 года.

Если вы подписаны на наш журнал и желаете продлить подписку на 2008 год, пришлите на электронный адрес: [vesti@compel.ru](mailto:vesti@compel.ru) письмо с указанием вашего имени и фамилии, вашей организации и точного почтового адреса подписки с индексом. В письме напишите, пожалуйста, какие материалы журнала за 2007 год оказались наиболее полезными в вашей работе.

Если вы впервые хотите подписаться на наш журнал, заполните анкету на сайте по адресу: [www.compeljournal.ru/subscribe](http://www.compeljournal.ru/subscribe).

Обращаем ваше внимание на то, что материалы предыдущих номеров журнала, начиная с первого номера за 2005 год, доступны в электронном виде по адресу: [www.compeljournal.ru/enews/2008](http://www.compeljournal.ru/enews/2008).



### УЛЫБКА ЭЛЕКТРОНИКА

#### Компьютерные истории

Коллега притащил инструкцию к купленному за границей забавному китайскому устройству, явно продвигаемому производителями как революционное приспособление, призванное заменить мышь. Смысл — он не смог его установить на компьютер и попросил меня помочь разобраться. Само устройство — вещь редкостная, но вызвала ввиду своей необычности интерес всего офиса, и мы решили перевести инструкцию с корявого китайско-английского...

Захожу на Translate.Ru. Набираю кусок текста инструкции: Execute the installer by tray icon and insert ms windows binaries or another os with custom mouse driver support in current boot drive.

Жму «Перевести».

«Казните монтажника изображением подноса и вставьте наборы из двух предметов окон госпожи или другой рот с таможенной поддержкой водителя мыши в текущем двигателе ботинка».

Тишина. Жалобный голос коллеги сзади: «Ты сможешь это сделать?...»

\*\*\*

Сижу в малознакомой конторе за компом главбуха, типа смотрю,

что они там успели сделать с 1С-ом. Главбух куда-то вышел, успев, однако, посетовать, что 1С медленно у него открывается...

И правда, очень раздражает, что медленно открываются даже справочники. Забегает человек, и интересуется: не заходил ли сюда их программист. Получив отрицательный ответ, убегает. Забегает другой человек, по всей видимости, программист, и интересуется, как открываются окна. Я, как программист программисту, заявляю, что ну о-очень медленно открываются. И вообще все здесь о-очень медленно работает.

Человек на меня как-то странно смотрит и интересуется, нет ли здесь кого другого. Наверно, имелось в виду — нормального, умственно здорового. Потом выяснилось, что в конторе недавно поставили пластиковые стеклопакеты, и это был представитель «оконной» фирмы...

\*\*\*

Когда-то, еще во времена DOSa, ходила издевательская игрушка по сетям.

Там поначалу мелькали девочки в завлекательных позах (усыпляли внимание).

Потом, маленько поблуждав, игрок натыкался на готовую разо-

блаться девочку. Для снятия предмета одежды нужно нажать кнопку. Для следующего — еще одну, не отпуская первую. И т.д. Где-то между правым чулком и юбочкой игроку не хватает пальцев, он отпускает кнопки, продумывает рациональный расклад пальцев и начинает снова.

В конце концов, когда торжественно нажимается десятая кнопка и все пальцы намертво прикованы к клавиатуре, вместо долгожданной обнаженной натуры появляется надпись: «Если хоть одна клавиша будет отпущена, начнется форматирование диска С».

Так это или нет — никому проверить не хотелось, поэтому коллизии возникали весьма забавные: от простого нажатия Reset носом до воплей благим матом в опустевшем ночном здании, пока за спянный вахтер не приходил и не спасал несчастного, выдернув указанную вилку из розетки.

