

№13 (77), 2009 г.

Информационно-технический  
журнал.

Учредитель — ЗАО «КОМПЭЛ»

Издается с 2005 г.

Свидетельство о регистрации:  
ПИ № ФС77-19835

**Редактор:**

Геннадий Каневский  
[vesti@compel.ru](mailto:vesti@compel.ru)

**Выпускающий редактор:**  
Светлана Шахтарина

**Редакционная коллегия:**

Андрей Агеноров  
Евгений Звонарев  
Сергей Кривандин  
Николай Паничкин  
Александр Райхман  
Борис Рудяк  
Илья Фурман

**Дизайн, графика, верстка:**

Елена Георгадзе  
Владимир Писанко  
Евгений Торочков

**Распространение:**

Юлия Мариненко

**Электронная подписка:**  
[www.compeljournal.ru](http://www.compeljournal.ru)

**Отпечатано:**

«Гран При»  
г. Рыбинск

Тираж — 1500 экз.

© «Новости электроники»

**Подписано в печать:**  
5 октября 2009 г.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ■ УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ

- Решения компании STMicroelectronics для управляемого электропривода  
*Андрей Никитин* ..... 3
- Обзор компонентов ON Semiconductor для управления электродвигателями  
*Дмитрий Цветков* ..... 7

## ■ DSP

- Разработка высококачественных устройств управления электроприводом  
на базе DSP Piccolo (Texas Instruments)  
*Константин Староверов* ..... 10

## ■ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

- Новые источники питания Mean Well для оборудования электропривода  
*Сергей Кривандин, Евгений Звонарев* ..... 14

## ■ СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

- Транзисторные модули Trench IGBT компании International Rectifier  
для промышленных применений  
*Евгений Звонарев* ..... 18

## ■ АНАЛОГОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ

- Передача данных по сети 220 В: аналоговый front-end  
(ON Semiconductor, STMicroelectronics, Texas Instruments)  
*Михаил Чигарев* ..... 21

## ■ БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- CC2530 – новый ZigBee-трансивер для широкого спектра применений  
(Texas Instruments)  
*Павел Ильин, Олег Пушкарев* ..... 25

## В СЛЕДУЮЩИХ НОМЕРАХ

- Аналоговый мир STMicroelectronics
- Новые компоненты для управления электропитанием

Если вы хотите предложить интересную тему для статьи в следующий номер журнала –  
пишите на адрес [vesti@compel.ru](mailto:vesti@compel.ru) с пометкой «Тема в номер».

## ОТ РЕДАКТОРА



### Уважаемые читатели!

Электропривод — главный потребитель электроэнергии в мировой структуре потребления. Освещение значительно отстает от него по этому показателю. Электродвигатели применяются практически во всех сферах жизни: в быту, на производстве, в транспорте, в процессе добычи природных ресурсов. Поводом для раздумья является то, что в индустриально развитых странах мира соотношение регулируемого и нерегулируемого электропривода составляет примерно 50 на 50% (при этом мировой рынок регулируемого электропривода оценивается в 3 млрд. долларов США), а в России пока что регулируемый электропривод составляет не более 4% всего рынка приводов. Надо признать, это совершенно недостаточный по-

казатель, особенно сейчас, когда главная задача — не увеличение производства электроэнергии, а экономичное ее расходование. Кризис привлек внимание к этой сфере, о чем свидетельствуют, в частности, выступления руководителей отечественных производств привода на второй всероссийской конференции «Силовая электроника», прошедшей в начале июня 2009 года в московском выставочном центре «ИнфоПространство».

Важный вклад в широкое распространение регулируемого электропривода внесли своими инновациями последних лет крупные мировые производители силовой электроники. Среди них стоит отметить **International Rectifier** с технологией сочетания низковольтных и высоковольтных полупроводниковых элементов на одном

кристалле, **Texas Instruments** и **STMicroelectronics** с новыми сериями процессоров и контроллеров, «заточенных» под управление приводом, **ON Semiconductor** с новыми интеллектуальными контроллерами шаговых двигателей из линейки AMIS. Всю эту и многую другую продукцию для управления электроприводом на российском рынке представляет компания КОМПЭЛ.

Как всегда, ждем ваших писем с предложениями и замечаниями.

С уважением,  
Геннадий Каневский

Андрей Никитин

## РЕШЕНИЯ КОМПАНИИ STMICROELECTRONICS ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА



Компания **STMicroelectronics** выпускает широкий спектр электронных компонентов, предназначенных для построения управляемых электрических приводов. В статье рассматривается номенклатура наиболее современных семейств микроконтроллеров **STM8S** и **STM32F**, ориентированных на работу в этих и подобных приложениях, а также особенности их применения в задачах управления приводами.

С объектами, приводимыми в движение электрическими машинами, человек постоянно сталкивается как в сфере промышленности и транспорта, так и в быту. Устройства с электроприводом — это стиральная машина, вентилятор, кофемолка, пылесос и т.д.

Так как основным средством приведения в движение рабочих машин является электрический двигатель, то, соответственно, основным типом привода служит электрический привод или сокращенно электропривод.

Основные элементы управляемого электропривода представлены на рисунке 1.

Требуемые значения регулируемых переменных задаются с помощью задающего устройства.

На основании этих значений и сигналов обратной связи устройство управления формирует сигналы на силовой преобразователь (драйвер), предназначенный для создания регулирующего воздействия на электродвигатель.

Электродвигатель преобразует электрическую энергию в механическую. В качестве электродвигателя могут использоваться асинхронные и синхронные двигатели, двигатели постоянного тока, шаговые двигатели и др.

Механическая энергия от электродвигателя передается к исполнительному механизму через механическое передаточное устройство (механический редуктор, цепная передача, ходовая пара «винт-гайка» и т.д.). Оно позволяет, при необходимости, согласовать выходные параметры двигателя (частоту вращения и момент) в параметры, требуемые для приведения в движение исполнительного механизма. Например, преобразовать вращение вала двигателя в линейное перемещение каретки.

Датчики обратной связи Д1 и Д2 возвращают в устройство управления информацию, соответственно, о состоянии двигателя и исполнительного механизма. Строго говоря, во многих системах используется только один из этих датчиков.

Отметим, что часто под приводом понимают только устройство управления, силовой преобразователь и датчик обратной связи Д1.

Ключевым элементом управляемого электропривода является устройство управления. В современных приборах это, как правило, микроконтроллер. Решения на жесткой логике и аналоговые решения, популярные до 90-х годов, теоретически возможны, но выглядят явным анахронизмом.

### Требования к микроконтроллерам, как к устройствам управления электроприводом

Прежде чем рассматривать линейку микроконтроллеров, рекомендуемых компанией STMicroelectronics для задач управления приводами, попытаемся сформулировать некоторые основные требования к ним:

1. Устройство управления должно получать от задающего устройства некую информацию. Это могут быть: требуемая скорость движения исполнитель-

ного механизма, выбор варианта режима работы, коэффициенты автоматического регулирования и любая другая информация, необходимая для автономного управления приводом. В качестве задающего устройства могут быть компьютер, другие контроллеры многопроцессорной системы, пульт дистанционного управления и другие, вплоть до нескольких кнопок или регуляторов бытового прибора. В первом случае нужен стандартный интерфейс: USB, SPI, I<sup>2</sup>C. Во втором, оптимальным вариантом представляется протокол CAN. Для пульта дистанционного управления необходим IrDA — канал передачи данных в инфракрасном диапазоне. Для кнопок и регуляторов — наличие цифровых линий ввода-вывода и аналогового ввода.

2. Устройство управления должно получать информацию от датчиков обратной связи и выдавать управляющие воздействия на электродвигатель через силовой драйвер. Поскольку эти процессы проходят непрерывно, то желательно минимизировать вычислительную нагрузку от этих операций на микроконтроллер. Именно для автономной реализации этих задач во многих микропроцессорах (не только STMicroelectronics) используются модули захвата/сравнения/ШИМ (или Capture/Compare/PWM). При выборе микроконтроллера необходимо соотносить требования решаемой задачи и параметры таймер-

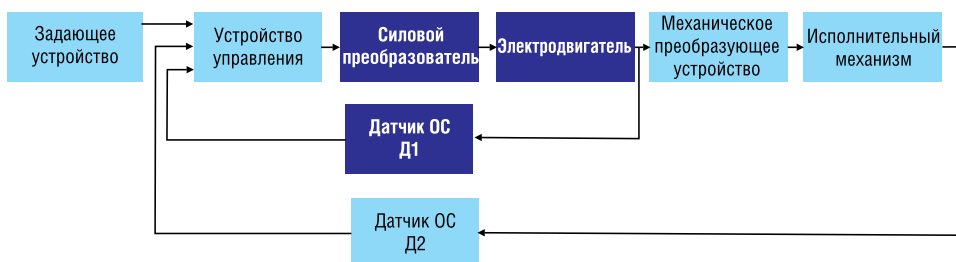


Рис. 1. Обобщенная схема управляемого электропривода

ной системы: количество входов захвата, выходов сравнения, выходов сигналов с широтно-импульсной модуляцией, а также количество и разрядность внутренних таймеров общего назначения.

3. В большинстве случаев при подключении электродвигателя используют падение напряжения на токовом датчике. Эти сигналы редко применяются в контуре управления, но их желательно использовать в качестве сигналов аварийного отключения. Соответственно, микроконтроллер, используемый как устройство управления электроприводом, должен иметь достаточное количество входов аналогового ввода (АЦП или аналоговых компараторов).

Рассуждения о том, какая разрядность (8, 16 или 32 бита) и форма представления данных (фиксированная или плавающая точка) оптимальны для задач управления приводом, имеют долгую историю. В основе алгоритмов автоматического регулирования лежит операция свертки — арифметическая сумма произведений. По мнению автора, восьми разрядов достаточно для представления коэффициентов и непосредственно данных. Но их произведение и свертка, в целом, уже будут 16-разрядными.

Казалось бы — 8-разрядные микропроцессоры должны отживать. Но это не совсем так. Применение отечественными разработчиками микроконтроллеров для управления приводами началось в конце 80-х годов. Причем, альтернативы отечественным 8-ми разрядным микроконтроллерам 1816BE51 (аналог — Intel8051) просто не было. Но практически сразу появилась программная библиотека 16-разрядной арифметики, которая подключалась к основной программе при сборке. Конечно, это было вынужденное решение, но к моменту доступности 16-разрядных микроконтроллеров (середина 90-х) у всех фирм, работавших

«по приводам», был весьма объемный багаж программных наработок именно для 8-разрядных устройств, отбросить который было непросто, да и незачем. Кроме того, в обработке сигналов существует принцип нормирования данных — если на входе используются 8-разрядные данные, но и на выходе должны быть 8-разрядные данные. А тогда разрядность промежуточных данных — внутренний вопрос алгоритмов обработки. Отсюда вытекает вывод — в тех задачах управления приводами, где достаточно восьми разрядов для представления данных, оптимальным представляется применение именно 8-разрядных микроконтроллеров при обязательном наличии в системе команд операций 16-разрядной арифметики.

Основная область применения 32-разрядных микроконтроллеров (для управления приводами) будет рассмотрена ниже.

В линейке компании STMicroelectronics представлены как 8-, так и 16- и 32-разрядные микроконтроллеры. Остановимся на наиболее современных из них: 8-разрядном семействе STM8S и 32-разрядном семействе STM32F.

### Семейство 8-разрядных микроконтроллеров STM8S

Архитектура данного семейства довольно подробно рассмотрена в [1]. Мы рассмотрим их с точки зрения управления приводами. Состав семейства и технические характеристики входящих в него микросхем также представлены в [1]. На рисунке 2 приведена карта этого семейства.

В семействе можно выделить два подмножества: экономичная линия (S105) и производительная линия (S207 и S208).

Экономичная линия: Flash-память для хранения программ: 16К или 32К; ОЗУ данных — 2К; EEPROM-память данных — 1К (используется для хранения постоянных значений: коэффициен-

тов, таблиц пересчета и пр.). Корпуса — 32, 44 или 48 Производительная линия: Flash-память для хранения программ: 32К, 64К или 128К, ОЗУ данных — 2К, 4К или 6К; EEPROM-память данных — 1К; 1,5К или 2К. Корпуса — 32, 44, 48, 64 или 80 выводов.

Ключевые параметры:

- От семи до десяти каналов 10-ти разрядного АЦП.
- Таймеры: три 16-разрядных и один 8-разрядный.
- Модули захвата/сравнения/ШИМ: по 8-9 входов захвата и выходов сравнения, 11-12 выходов ШИМ-сигнала.
- Интерфейсы: SPI, UART, I<sup>2</sup>C.
- Наличие операций 16-разрядной арифметики.

Отметим следующее: внутренняя структура периферии отдельных представителей этого семейства в целом идентична, но различное число внешних выводов накладывает ограничение на количество универсальных линий ввода/вывода и одновременное использование ряда периферийных устройств. То есть многие линии имеют альтернативное использование. Кроме того, для микросхем с малым числом внешних выводов имеется основная и ряд альтернативных конфигураций периферийных модулей, переключаемых путем настройки соответствующих программных регистров.

В целом же таймерная и аналоговая подсистемы, набор стандартных последовательных интерфейсов, достаточное количество универсальных входов/выходов позволяют с успехом использовать это семейство для решения задач управления одним или несколькими приводами, связанными единым алгоритмом работы. Наличие в серии S208 интерфейса CAN позволит интегрировать автономные привода в распределенные многопроцессорные системы.

Отметим также ожидаемое в ближайшее время появление на рынке экономичной серии S103 с объемом Flash-памяти 4К и 8К в 20- и 32-выводных корпусах. Микроконтроллеры этой серии ориентированы на наиболее простые и экономичные приложения.

### Семейство 32-разрядных микроконтроллеров STM32F

Семейство микроконтроллеров STM32F, в котором используется ARM-ядро CORTEX-M3, — один из первых случаев внедрения 32-разрядной ARM-архитектуры в приложения управления приводами, где до этого применялись в основном 8-ми или 16-ти разрядные микроконтроллеры. Особенности архитектуры этого семейства подробно рассматривались в [2]. В настоящее время это семейство насчитывает более 50 микроконтроллеров, технические характеристики которых приведены в [3]. На

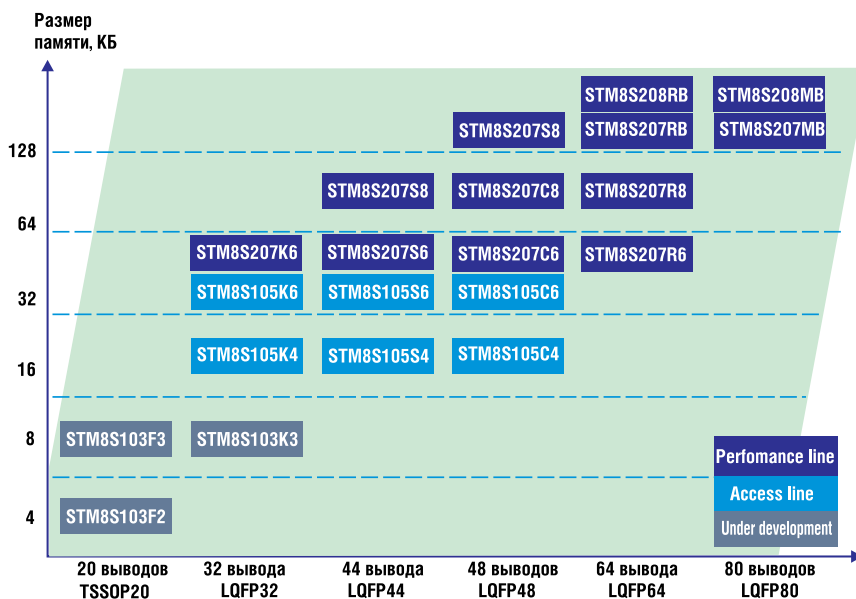


Рис. 2. Микроконтроллеры семейства STM8S

рисунке 3 приведена карта этого семейства.

Отличительные особенности архитектуры семейства STM32F с точки зрения задач управления приводами (помимо ARM-ядра):

- Flash-память программ — от 16К до 512К, данных — от 4К до 64К.

- Аналоговая подсистема. Типовым вариантом является 16 каналов 12-разрядных аналого-цифровых преобразователей. В корпусах с 144 выводами — 21 канал. Большое число каналов позволяет использовать не только аналоговые сигналы токовых датчиков двигателей, но и дополнительные сигналы от аналоговых датчиков различного назначения.

- Таймерная подсистема. Число универсальных таймеров в корпусах с большим числом выводов увеличено до 6...8. Число каналов захват/сравнение — до 16...24, линий ШИМ-сигналов — до 18...28. Это позволяет реализовать управление не одним, а десятком приводами в одном микроконтроллере.

- Интерфейсная система. Добавлена дополнительная линия — экономная с USB. В производственной линии USB присутствует в обязательном порядке. Увеличено общее число различных последовательных портов. Интерфейс CAN присутствует во многих моделях.

- Резко увеличено число универсальных входов/выходов, что позволяет подключать большое количество внешних датчиков (аварийных, концевых выключателей и т.д.).

Область применения 32-разрядных микроконтроллеров — прецизионные приводы, а именно — оборудование для точной механики, оптических систем, научного приборостроения. Еще 15 лет назад принципу «один двигатель — один микроконтроллер» альтернативы не было. Кроме того, ограниченные вычислительные ресурсы не позволяли реализовывать уже существовавшие алгоритмы нетривиального регулирования (адаптивные, с изменяемыми параметрами и прочие) даже для одного привода. Разработчики сложных систем стремились «положить» в один микроконтроллер управление несколькими приводами, поскольку это избавляло от необходимости строить многопроцессорную систему. Но даже если состав периферии позволял это сделать, то камнем преткновения становился вычислительный ресурс.

Возможности приборов класса STM32F позволяют не только управлять многими приводами, увязывая работу в единый алгоритм, но и использовать при этом достаточно сложные в вычислительном отношении алгоритмы обработки.

#### Силовой преобразователь (драйвер)

Силовые преобразователи компании STMicroelectronics можно разбить на две

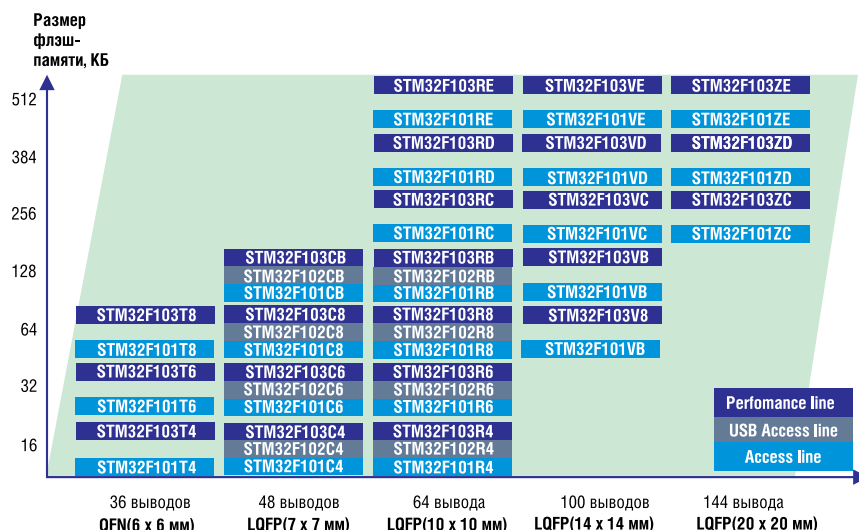


Рис. 3. Микроконтроллеры семейства STM32F

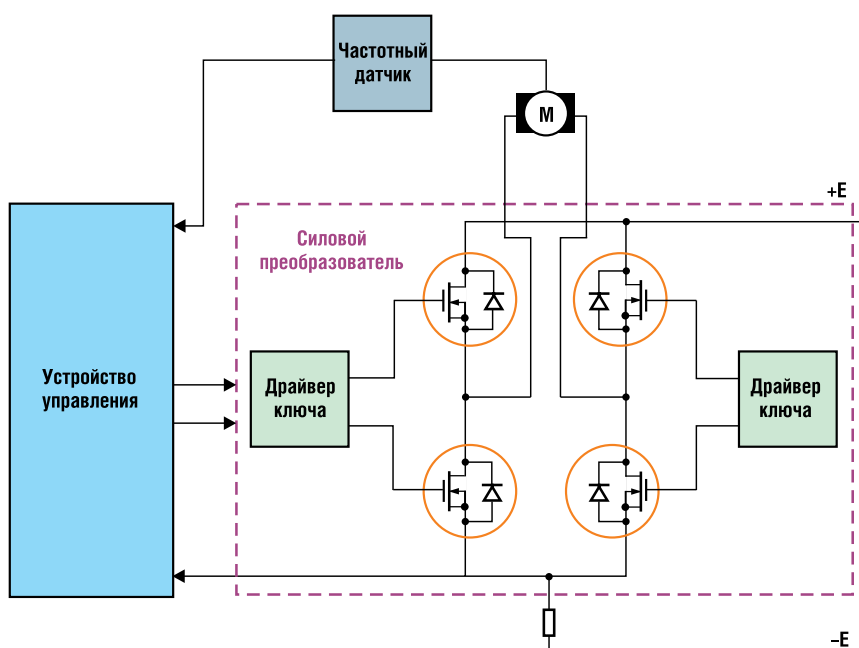


Рис. 4. Структура привода коллекторного двигателя постоянного тока

основные группы. К первой относятся одинарные мосты — **L6201/02/03**, которые, как правило, используются для управления однофазными двигателями постоянного тока. При этом электрические параметры существенно зависят от типа используемого корпуса. В таблице 1 представлены основные параметры одинарных мостов.

Ко второй группе относятся двойные мосты — **L6204/05/06/07**. Их используют для управления двухфазными двигателями, например, шаговыми. В таблице 2 приведены основные параметры двойных мостов.

В принципе силовой преобразователь — компонент, в значительной степени зависящий от типа используемого электродвигателя. В качестве примера рассмотрим управление коллекторным (щеточным) двигателем постоянного тока. Частота вращения вала такого двигателя зависит от величины напря-

жения, приложенного к обмоткам, а направление — от его полярности. В настоящее время редко регулируют именно величину напряжения — используют сигнал с максимальной амплитудой, но с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Скважность ШИМ-сигнала определяет частоту вращения. Обобщенная структура привода (полный мост) коллекторного двигателя постоянного тока приведена на рисунке 4.

Очевидно, что транзисторы по отношению к микросхеме драйвера могут быть как внешними (при работе с мощными двигателями), так и интегрированными. В качестве примера рассмотрим полномостовой драйвер **L6203** компании STMicro с рабочим током до 4 А. Его структура и таблица состояний представлены на рисунке 5.

Если на вход разрешения ENABLE подан высокий уровень напряжения, а состояния входов IN1 и IN2 различны,



Таблица 1. Одинарные мосты STMicroelectronics

| Наименование | Рабочий ток, А | Рассеиваемая мощность, Вт при $t = 70^{\circ}\text{C}$ | Сопротивление транзисторов, Ом |
|--------------|----------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------|
| L6201        | 1              | 0,9                                                    | 0,3                            |
| L6202        | 1,5            | 1,3                                                    | 0,3                            |
| L6203        | 4              | 2,3                                                    | 0,3                            |

Таблица 2. Двойные мосты STMicroelectronics

| Наименование   | Рабочий ток, А | Рассеиваемая мощность, Вт при $t = 70^{\circ}\text{C}$ | Сопротивление транзисторов, Ом |
|----------------|----------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------|
| L6204          | 0,5            | 1,23                                                   | 1,2                            |
| L6205/06*/07** | 2,8            | —                                                      | 0,3                            |

\* L6206 отличается от L6205 наличием встроенной программируемой защиты по току.

\*\* L6207 имеет два интегрированных ШИМ контроллера.

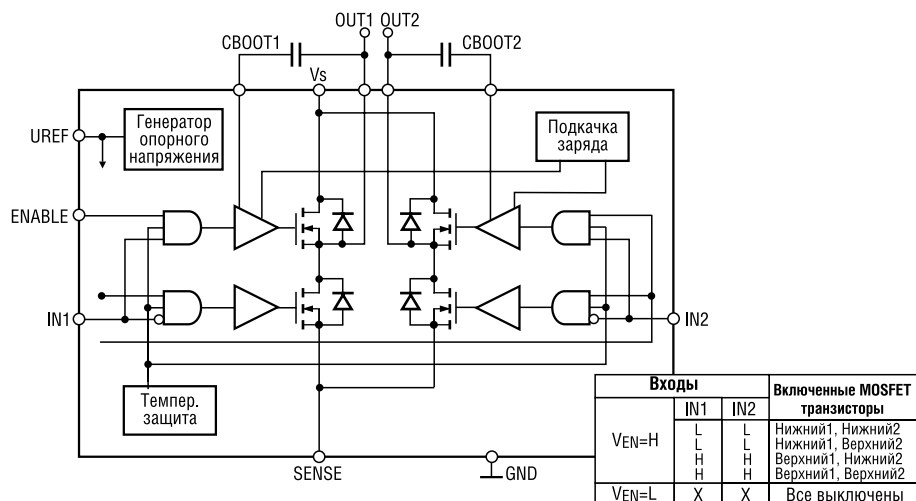


Рис. 5. Структура полномостового драйвера L6203

то через двигатель протекает ток и происходит вращение вала. Если состояния на входах одинаковы, то обмотки двигателя замкнуты между собой через землю или питание (режим динамического торможения). Будем считать, что протекание тока от OUT1 к OUT2 — это прямое вращение, а наоборот — обратное.

Таким образом, если двигатель управляется от высокого уровня логического сигнала, то для его прямого включения необходимо подать ШИМ на вход IN1 и низкий уровень на вход IN2. Для обратного вращения — наоборот. Останов — два низких уровня. Если двигатель управляется от низкого логического сигнала, то для его прямого включения необходимо подать ШИМ на вход IN1 и низкий уровень на вход IN2. Останов — два высоких уровня.

Возможно также управление через вход разрешения ENABLE, но это менее эффективно, поскольку при простом выключении всех транзисторов обмотки двигателя просто «повисают в воздухе» и вал продолжает вращаться по инерции. При этом и останов, и выход двигателя на заданный режим занимают существенно большее время.

Принцип использования драйверов с внешними транзисторами идентичен. С силовыми компонентами (драйвера, MOSFET- и IGBT-транзисторы, IGBT-

модули), выпускаемыми компанией STMicroelectronics, можно познакомиться в [4].

Мы рассмотрели управление простейшим однофазным двигателем. При управлении многофазными (например, шаговыми) двигателями необходимо несколько ШИМ-сигналов, сдвинутых по отношению друг к другу определенным образом. Напомним, что генерация ШИМ-сигналов в микроконтроллерах, а также увязка их в заданную временную циклограмму осуществляется средствами модулей захвата/сравнения/ШИМ.

#### Несколько слов о датчиках обратной связи

Если обратная связь снимается с вала двигателя (датчик Д1 на рис. 1), то для стабилизации частоты вращения в качестве датчиков обратной связи используются либо тахогенераторы (аналоговый сигнал, пропорциональный угловой скорости), либо частотные датчики. В качестве частотных датчиков главным образом применяются датчики Холла либо оптоэлектронные датчики. Здесь выходной сигнал имеет прямоугольную форму. Есть два способа измерения: измерение периода импульса (частоты) и подсчет числа импульсов за определенный период времени (измере-

ние угловой скорости). Оба эти способа в микроконтроллерах также реализуются средствами модулей захвата/сравнения/ШИМ.

#### Инструментарий, используемый для изучения и отладки решений

Компания STMicroelectronics поддерживает свои изделия комплексом программных и аппаратных средств разработки. Стартовые наборы STM8/128-MCKIT и STM3210B-MCKIT являются недорогими платформами, спроектированными для ускорения разработки приложений управления приводами, основанных на микроконтроллерах семейств STM8S и STM32F, соответственно.

В комплект набора STM3210B-MCKIT входят следующие модули:

- Модуль программирования и отладки SEGGER J-Link.
- Плата оптоизоляции AI-JTAG/OPTO-1.
- Плата с микроконтроллером STM3210B-EVAL.
- Плата силового преобразователя MB459B.
- Трехфазный синхронный двигатель постоянного тока А 24V DC SHINANO.
- Индукционный двигатель переменного тока (опционально).
- Программное обеспечение включает в себя библиотеки и примеры на языке C.

#### Заключение

Компания STMicroelectronics предлагает широкий спектр компонентов, предназначенных для построения управляемых электрических приводов: микропроцессоры, специализированные микросхемы, активные дискретные компоненты, а также инструментальные средства, способствующие ускорению освоения как конкретной модели микроконтроллера, так и определенной области его применения.

#### Литература

1. Савичев А. Новые 8-битные микроконтроллеры семейства STM8S// Новости электроники. 2009. №2.
2. Бородулин А. STM32 — универсальное решение на ARM-ядре// Новости электроники. 2008. №8.
3. STM32 MCU Family// brstm320808.pdf — документ, доступный на сайте компании ST Microelectronics.
4. Motor Control. Selection Guide// sgmotor1008.pdf — документ, доступный на сайте компании ST Microelectronics.

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

# ОБЗОР КОМПОНЕНТОВ ON SEMICONDUCTOR ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ



ON Semiconductor®

Если взглянуть на наименования компонентов ON Semi для управления двигателями (табл. 1), то становится видна некая их «интернациональность» по признаку бывшего владельца: AMIS Holding (префикс AMIS), Motorola (префикс MC), Cherry Semiconductor (префикс CS). Каждый из компонентов ONS имеет солидный возраст (за исключением AMIS), и, на первый взгляд, странное упорство сохранять старое

наименование на протяжении многих лет на самом деле объясняется высокой популярностью этих компонентов среди производителей и разработчиков. Фактически ONS производит «рабочие лошадки», важность которых на первый взгляд не совсем очевидна, но которые крайне необходимы для работы моторов стиральных машин и другой бытовой техники, привода уличных камер наблюдения, сценического освещения, офисного оборудования, промышлен-

В начале обзора речь пойдет о почетных и уважаемых «стариках» в списке компонентов для управления двигателями. Несмотря на возраст, их актуальность и востребованность по-прежнему велика.

**МС3479** — драйвер двухфазного шагового двигателя с возможностью выбора шагового/полушагового режима, направления вращения и максимального тока обмоток. Благодаря своей простоте и совмещенной с силовым драйвером управляющей логике, МС3479 в основ-

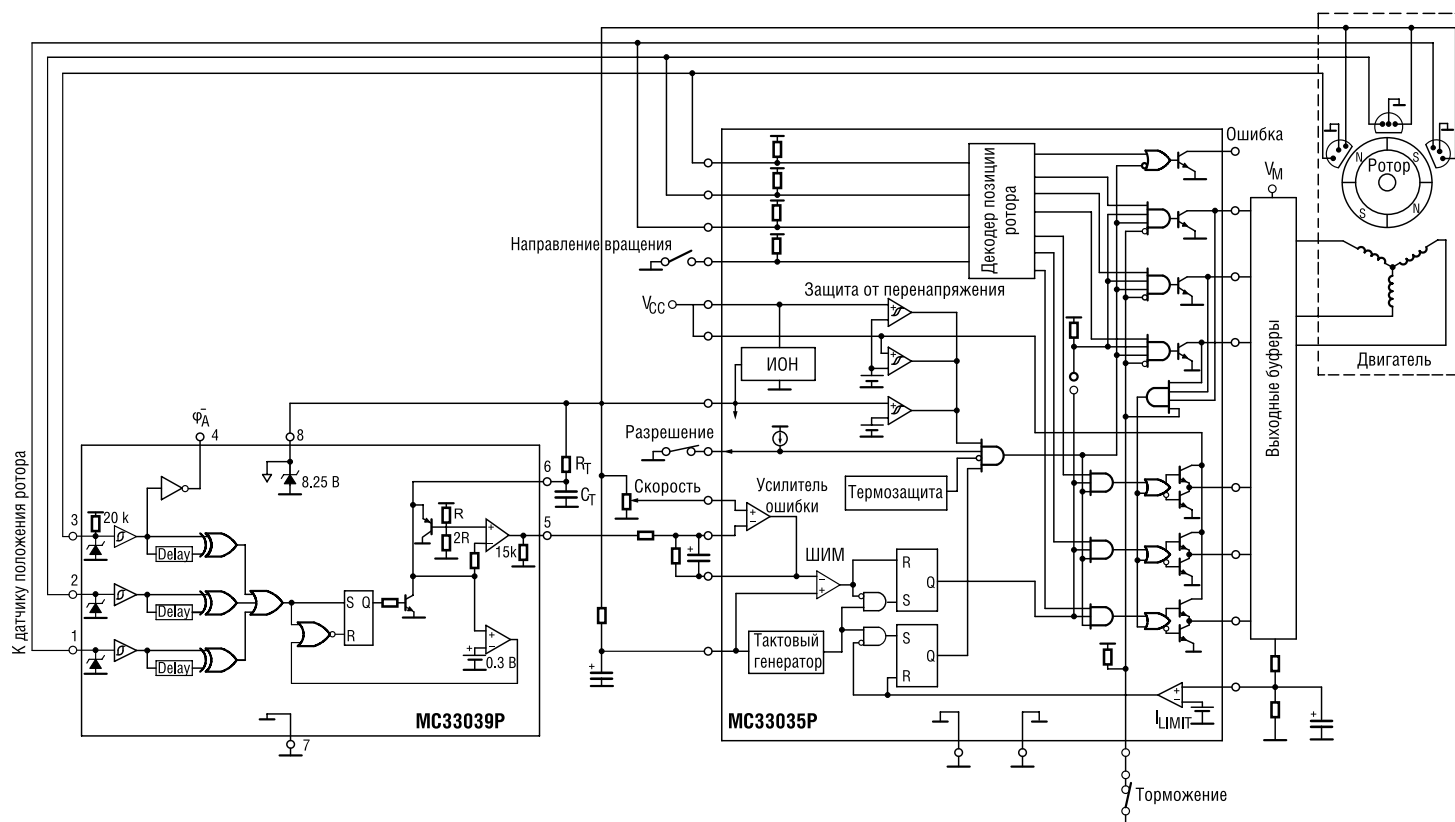


Рис. 1. Типовая схема включения МС33033/МС33035 и МС33039

Таблица 1. Компоненты ONS для управления трехфазными и шаговыми двигателями

| Наименование          | Назначение                                                                                                                                              | Напряжение питания, В | Макс. рассеиваемая мощность, Вт | Рабочая температура, °C | Корпус           |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------|
| MC3479                | Контроллер биполярного шагового двигателя со встроенным драйвером и контролем выходного тока                                                            | 7,2...16,5            | 1,54                            | 0...70                  | PDIP-16          |
| MC33030               | Контроллер двигателя постоянного тока                                                                                                                   | 8...36                | 0,69                            | -40...85                | SOIC-16, PDIP-16 |
| MC33033               | Контроллер трехфазного и четырехфазного бесколлекторного двигателя постоянного тока с обратной связью.                                                  | 10...30               | 0,62                            | -40...85                | SOIC-20, PDIP-20 |
| MCV33033              |                                                                                                                                                         | 10...30               | 0,62                            | -40...125               | SOIC-20          |
| MC33035               |                                                                                                                                                         | 10...30               | 0,65                            | -40...85                | SOIC-24, PDIP-24 |
| MCV33035              |                                                                                                                                                         | 10...30               | 0,65                            | -40...125               | SOIC-24          |
| MC33039               | Преобразователь сигналов датчика положения в импульсный сигнал со скважностью, пропорциональной скорости вращения двигателя                             | 5,5...9               | 0,65                            | -40...85                | SOIC-8, PDIP-8   |
| MCV33039              |                                                                                                                                                         | 5,5...9               | 0,65                            | -40...125               | SOIC-8           |
| CS4121                | Преобразователь для питания аналогового тахометра/спидометра                                                                                            | 8...16                | —                               | -40...105               | SOIC-20, PDIP-16 |
| CS8190                |                                                                                                                                                         | 8,5...16              | —                               | -40...105               | SOIC-20, PDIP-16 |
| NCV1124               | Двухканальный преобразователь сигналов датчика Холла                                                                                                    | 4,5...5,5             | —                               | -40...125               | SOIC-8           |
| NCV7001               | Четырехканальный преобразователь сигналов датчика Холла                                                                                                 | 4,5...5,5             | —                               | -40...150               | SOIC-24L         |
| AMIS-30512            | Контроллер и драйвер биполярного двухфазного шагового двигателя с микрошаговым управлением                                                              | 6,0...30              | 0,6                             | -40...125               | SOIC-24          |
| AMIS-30521 (NCV70521) | Контроллер и драйвер биполярного двухфазного шагового двигателя с микрошаговым управлением, SPI                                                         | 6,0...30              | 1,3                             | -40...125               | NQFP-32          |
| AMIS-30522            |                                                                                                                                                         | 6,0...30              | 1,3                             | -40...125               | NQFP-32          |
| AMIS-30621            | Контроллер и драйвер биполярного двухфазного шагового двигателя с микрошаговым управлением и встроенным алгоритмом разгона-торможения, LIN              | 6,5...29              | 0,6/1,3                         | -40...125               | SOIC-20, NQFP-32 |
| AMIS-30622            |                                                                                                                                                         | 6,5...29              | 0,6/1,3                         | -40...125               | SOIC-20, NQFP-32 |
| AMIS-30623            |                                                                                                                                                         | 6,5...29              | 0,6/1,3                         | -40...125               | SOIC-20, NQFP-32 |
| AMIS-30624            | Контроллер и драйвер биполярного двухфазного шагового двигателя с микрошаговым управлением и встроенным алгоритмом разгона-торможения, I <sup>2</sup> C | 6,5...29              | 0,6/1,3                         | -40...125               | SOIC-20, NQFP-32 |

ном применяется в схемах управления маломощными и простыми биполярными шаговыми двигателями с небольшим числом полюсов в различной бытовой аппаратуре и промышленности (малогабаритные фрезерные станки).

**MC33030** — идеальное решение для применения в системах сервопривода, которые требуют изменения положения рабочего органа с помощью маломощного исполнительного двигателя постоянного тока в соответствии с сигналом задания положения. В качестве этого сигнала может выступать сигнал заданного значения регулируемой технологической величины (температуры, давления, освещенности, магнитного потока или любых других величин, которые могут быть преобразованы в напряжение). В качестве сигнала обратной связи по положению подается соответствующее измеренное значение. Компараторы и узел логики управления обеспечивают релейное переключение полярности напряжения на двигателе

и режим динамического торможения в зависимости от знака и значения величины рассогласования между заданным значением и полученным по обратной связи. Детектор перегрузки по току при длительной перегрузке вызывает включение триггера-защелки, блокирующего включение силовых ключей до тех пор, пока не будет произведено отключение питания. Благодаря имеющейся в MC33030 задержке времени на включение детектора, этот триггер не реагирует на кратковременный бросок пускового тока двигателя.

**MC33035** является вторым поколением высокопроизводительного контроллера бесколлекторного двигателя постоянного тока (БДПТ) и содержит все необходимые функции для реализации разомкнутой системы управления трехфазными и четырехфазными двигателями. В состав ИС входят декодер положения ротора для осуществления требуемой последовательности коммутации фаз двигателя, термостабилизи-

рованный источник опорного напряжения, способный осуществлять питание датчика положения ротора, осциллятор с программируемой частотой колебаний, усилитель ошибки, компаратор для формирования ШИМ сигналов, три верхних драйвера с открытым коллектором и три нижних драйвера с высокой нагрузочной способностью по току, идеально приспособленные для управления мощными полевыми транзисторами.

**MC33033** отличается от MC33035 только отсутствием отдельных выводов питания V<sub>c</sub> и V<sub>cc</sub>, инвертирующего входа компаратора ограничения тока, входа блокировки и вывода выходного сигнала ошибки. Для управления четырехфазными бесколлекторными двигателями, а также коллекторными двигателями постоянного тока часть входных сигналов датчика положения селективно объединяется, заземляется или подключается к постоянному напряжению. Коллекторный двигатель постоянного



тока может питаться по мостовой схеме от двух из имеющихся трех фаз.

**МС33039** — преобразователь сигналов датчика положения в импульсный сигнал со скважностью, пропорциональной скорости вращения двигателя. Фактически на выходе формируются импульсы фиксированной длительности (эта длительность определяется внешней RC-цепочкой — см. рис. 1), но изменяемой частоты, равной частоте входных импульсов датчика положения. Поскольку МС33033 и МС33035 в базовой схеме включения работают без обратной связи по скорости, то для получения более жестких механических характеристик и повышения точности регулирования замыкание контура скорости БДПТ может быть осуществлено при использовании МС33033/МС33035 совместно с адаптером МС33039.

Для использования в автомобилях или в иных жестких условиях эксплуатации существуют специальные версии ИС: МС33033/МС33035 и МС33039. Они отличаются значительно расширенным диапазоном рабочей температуры (см. табл. 1).

**CS4121/CS8190** — генераторы SIN/COS аналоговых сигналов для питания обмоток аналоговых спидометров. В ИС встроен преобразователь «частота-напряжение» совместно с формирователем гармонических сигналов синуса и косинуса, выходным аналоговым буфером и входом калибровки. Микросхемы являются усовершенствованными версиями стандартных промышленных драйверов, используемых в тахометрах CS289 и LM1819.

**NCV1124 и NCV7001** — двух- и четырехканальные соответственно преобразователи сигналов датчиков положения, построенных на базе датчиков Холла. Так как сигнал с такого датчика — не прямоугольной формы, имеет постоянную составляющую и зачастую искажен, то для его фильтрации и преобразования в форму, удобную для последующей оцифровки, необходима соответствующая обработка. Поэтому в ИС встроен компаратор, выходной буфер и узел калибровки, который позволяет программно с помощью внешнего микроконтроллера проводить начальную подстройку порога срабатывания компаратора.

**AMIS-30512, AMIS-30521 и AMIS-30522** — контроллеры со встроенными драйверами для управления шаговыми двухфазными биполярными двигателями в режиме дробления шага (микрошаг). Управление ИС осуществляется от внешнего микроконтроллера или ПЛИС, в которых должен быть реализован алгоритм управления с характеристиками разгона, торможения и смены направления вращения. Основное отличие AMIS-30522 — наличие последо-

вательного интерфейса SPI, благодаря которому значительно упрощается организация обмена данными между управляющим микроконтроллером и самой микросхемой. Большинство параметров работы контроллера можно установить именно через SPI: амплитуду тока в обмотках двигателя (30...1600 мА), коэффициент дробления шага (1:32, 1:16, 1:8, 1:4, 1:2, 1:1), период срабатывания встроенного сторожевого таймера и его периодический сброс, скорость нарастания напряжения на обмотках (борьба с электромагнитными помехами). Также через SPI можно узнать состояние системы: перегрев кристалла, возникновение перезапуска от сторожевого таймера, сбой схемы питания, превышение тока в ключах встроенного драйвера (индивидуальный контроль), обрыв любой из обмоток двигателя.

**AMIS-30621, AMIS-30622, AMIS-30623 и AMIS-30624** являются дальнейшим развитием предыдущего семейства AMIS-305xx. Основное их отличие — встроенный автомат, реализующий алгоритм разгона-торможения и возможность управления через стандартные последовательные интерфейсы I<sup>2</sup>C (AMIS-30624) или LIN (AMIS-30621, AMIS-30622, AMIS-30623). Алгоритм управления AMIS-306xx реализован в виде конечного автомата. То есть достаточно послать команду на перемещение

вала двигателя в определенное положение, предварительно задав параметры эппоры разгона-движения-торможения (ускорение разгона и торможения, скорость движения, резонансную частоту), размер микрошага, и дожидаться завершения выполнения команды. Благодаря полной автоматизации процесса управления двигателем в AMIS-306xx сокращается время разработки изделия, так как не требуется сложной отладки алгоритма и параметров движения. Более того, встроенный в ИС драйвер упрощает плату, а также уменьшает ее размеры и, следовательно, стоимость изделия.

В качестве заключения стоит отметить очевидное стремление компании ONS охватить как можно большее число направлений работы, что немаловажно в условиях мирового кризиса, когда рынок постоянно перестраивается, и так важно занять и сохранить за собой освободившееся вакантное место. При этом нужно одновременно удерживать давно занятые позиции. Компромиссное решение найти сложно, но, судя по динамике развития ON Semiconductor, это решение найдено. 

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



## Selection.Service.Support

Power Solutions from ON Semiconductor

### ДРАЙВЕРЫ ШАГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

#### AMIS-30512; AMIS-30521/22; AMIS-30621/22/23/24

- Поддержка микрошагового режима
- Встроенная система защиты от пропуска шага, перегрева и превышения по току
- Гибкость настройки параметров для разгона и торможения
- Точность и надежность позиционирования

Москва  
Тел.: (495) 995-0901  
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 327-9404  
Факс: (812) 327-9403



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

Константин Староверов

## РАЗРАБОТКА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НА БАЗЕ DSP PICCOLO



Преобладающая часть всей вырабатываемой электрической энергии потребляется электроприводом. Именно это объясняет непрерывный рост требований к их энергоэффективности. Современный способ сочетания этой характеристики с высокой надежностью и малой стоимостью — применение в системе **управления электроприводом** высокоинтегрированных ИС. Одними из лучших для этой цели являются **32-битные DSP-контроллеры Piccolo** компании **Texas Instruments**.

Электропривод применяется повсеместно, начиная с офисной и бытовой техники, электроинструмента и заканчивая медицинским оборудованием, робототехникой и промышленным технологическим оборудованием. Особенно высокую концентрацию разнообразных электроприводов можно встретить в автомобильном транспорте, где они могут выполнять роли основного привода или исполнительных механизмов систем безопасности (стеклоочистители, антиблокировочная тормозная система) и обеспечения комфорта (стеклоподъемники; управление климатом, люком, дверным замком и положением сидений; электроусилитель рулевого управления и др.). Основой электропривода, предназначенной для преобразования электрической энергии в механическую, является электродвигатель (ЭД). Существует

множество типов ЭД переменного и постоянного тока, а также универсальных. Многие из них достаточно просты в регулировании и требуют для этого либо формирования широтно-импульсно-модулированного напряжения питания (для двигателя постоянного тока коллекторного типа), либо коммутации обмоток в определенной последовательности (для шагового двигателя). Решение таких задач управления можно достичь даже использованием простых 8-битных микроконтроллеров (МК). Однако, ввиду высокой надежности и эффективности, наибольшее применение находят асинхронные двигатели (АД) и вентильные двигатели (ВД; известны также как синхронные двигатели на постоянных магнитах или PMSM, а также как бесколлекторные двигатели постоянного тока или BLDC). Однако создание на основе таких ЭД высококачественных



регулируемых электроприводов связано с реализацией сложных алгоритмов цифрового управления в масштабе реального времени и вводом/выводом сигналов со сравнительно высокими точностью и быстродействием. Задача также может усложняться необходимостью реализации сопутствующих функций защиты, сигнализации, передачи данных, а также управления несколькими ЭД и вспомогательными силовыми каскадами. Более того, в условиях жесткой конкуренции все эти функции необходимо реализовать за минимальную цену. Успешность решения всех этих задач главным образом зависит от контроллера, который должен быть оснащен необходимым набором аппаратных ресурсов, обладать адекватной вычислительной способностью, точностью и быстродействием. Кроме того, немаловажным является доступность всесторонней технической поддержки со стороны производителя. Всем этим требованиям отвечают микроконтроллеры Piccolo компании Texas Instruments.

Ассортимент МК Piccolo разделен на две серии (см. таблицу 1): **TMS320F2802x** и **TMS320F2803x**. МК TMS320F2802x демонстрируют базовый уровень интеграции аппаратных ресурсов и доступны в 38- и 48-выводных корпусах. Внутри серии МК различаются объемом памяти, степенью интеграции некоторых УВБ и быстродействием АЦП. Все микроконтроллеры этой серии рассчитаны на работу в пределах расширенного температурного диапазона (-40...105°C), но некоторые из них (48-выводные F2822/3/6/7) также доступны в исполнении для работы в автомобильном температурном диапазоне -40...125°C. МК серии TMS320F2803x — новая разработка TI, на данный момент имеющая статус «для предварительного ознакомления». Эти изделия будут выпускаться в корпусах большего типораз-

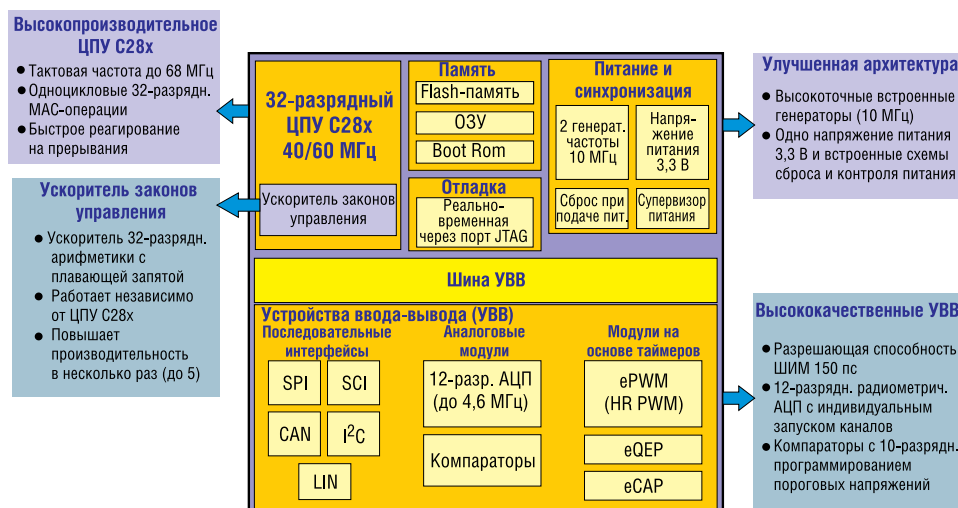


Рис. 1. Обобщенная структура микроконтроллеров Piccolo

Таблица 1. Микроконтроллеры Piccolo

| Наименование       | Процес-<br>сор |     | Память     |                     |          | Модули управления |                |              |             |                      |                                                     |             | Коммуникационные<br>модули |            |        |     |     | Напр. питания, В | Линий в / в | Встроенный генератор /<br>стабилизатор | Корпус              |
|--------------------|----------------|-----|------------|---------------------|----------|-------------------|----------------|--------------|-------------|----------------------|-----------------------------------------------------|-------------|----------------------------|------------|--------|-----|-----|------------------|-------------|----------------------------------------|---------------------|
|                    | Частота, МГц   | CLA | ОЗУ, кбайт | Flash-память, кбайт | Boot ROM | Каналов ePWM      | Каналов HR PWM | Модулей eQEP | Входов eCAP | 32-битн. таймеры ЦПУ | Кол-во каналов 12-битного АЦП / время преобраз., нс | Компараторы | I <sup>2</sup> C           | UART / SCI | SPI    | LIN | CAN |                  |             |                                        |                     |
| Серия TMS320F2802x |                |     |            |                     |          |                   |                |              |             |                      |                                                     |             |                            |            |        |     |     |                  |             |                                        |                     |
| TMS320F28020       | 40             | —   | 6          | 32                  | +        | 8                 | —              | 0            | 1           | 3                    | 7/500<br>13/500                                     | 1<br>2      | 1                          | 1          | 1      | —   | —   | 3,3              | 20<br>22    | + / +                                  | 38-TSSOP<br>48-LQFP |
| TMS320F28021       | 40             | —   | 10         | 64                  | +        | 8                 | —              | 0            | 1           | 3                    | 7/500<br>13/500                                     | 1<br>2      | 1                          | 1          | 1      | —   | —   | 3,3              | 20<br>22    | + / +                                  | 38-TSSOP<br>48-LQFP |
| TMS320F28022       | 40             | —   | 12         | 32                  | +        | 8                 | 4              | 0            | 1           | 3                    | 7/325<br>13/325                                     | 1<br>2      | 1                          | 1          | 1      | —   | —   | 3,3              | 20<br>22    | + / +                                  | 38-TSSOP<br>48-LQFP |
| TMS320F28023       | 40             | —   | 12         | 64                  | +        | 8                 | 4              | 0            | 1           | 3                    | 7/325<br>13/325                                     | 1<br>2      | 1                          | 1          | 1      | —   | —   | 3,3              | 20<br>22    | + / +                                  | 38-TSSOP<br>48-LQFP |
| TMS320F28026       | 60             | —   | 12         | 32                  | +        | 8                 | 4              | 0            | 1           | 3                    | 7/217<br>13/217                                     | 1<br>2      | 1                          | 1          | 1      | —   | —   | 3,3              | 20<br>22    | + / +                                  | 38-TSSOP<br>48-LQFP |
| TMS320F28027       | 60             | —   | 12         | 64                  | +        | 8                 | 4              | 0            | 1           | 3                    | 7/217<br>13/217                                     | 1<br>2      | 1                          | 1          | 1      | —   | —   | 3,3              | 20<br>22    | + / +                                  | 38-TSSOP<br>48-LQFP |
| Серия TMS320F2803x |                |     |            |                     |          |                   |                |              |             |                      |                                                     |             |                            |            |        |     |     |                  |             |                                        |                     |
| TMS320F28030       | 60             | —   | 12         | 32                  | +        | 12<br>14          | —              | 1            | 1           | 3                    | 14/500<br>16/500                                    | 3           | 1                          | 1          | 1<br>2 | 1   | 1   | 3,3              | 33<br>45    | + / +                                  | 64-TQFP<br>80-LQFP  |
| TMS320F28031       | 60             | —   | 16         | 64                  | +        | 12<br>14          | —              | 1            | 1           | 3                    | 14/500<br>16/500                                    | 3           | 1                          | 1          | 1<br>2 | 1   | 1   | 3,3              | 33<br>45    | + / +                                  | 64-TQFP<br>80-LQFP  |
| TMS320F28032       | 60             | —   | 20         | 64                  | +        | 12<br>14          | 6<br>7         | 1            | 1           | 3                    | 14/217<br>16/217                                    | 3           | 1                          | 1          | 1<br>2 | 1   | 1   | 3,3              | 33<br>45    | + / +                                  | 64-TQFP<br>80-LQFP  |
| TMS320F28033       | 60             | +   | 20         | 64                  | +        | 12<br>14          | 6<br>7         | 1            | 1           | 3                    | 14/217<br>16/217                                    | 3           | 1                          | 1          | 1<br>2 | 1   | 1   | 3,3              | 33<br>45    | + / +                                  | 64-TQFP<br>80-LQFP  |
| TMS320F28034       | 60             | —   | 20         | 128                 | +        | 12<br>14          | 6<br>7         | 1            | 1           | 3                    | 14/217<br>16/217                                    | 3           | 1                          | 1          | 1<br>2 | 1   | 1   | 3,3              | 33<br>45    | + / +                                  | 64-TQFP<br>80-LQFP  |
| TMS320F28035       | 60             | +   | 20         | 128                 | +        | 12<br>14          | 6<br>7         | 1            | 1           | 3                    | 14/217<br>16/217                                    | 3           | 1                          | 1          | 1<br>2 | 1   | 1   | 3,3              | 33<br>45    | + / +                                  | 64-TQFP<br>80-LQFP  |

мера и иметь более высокую степень интеграции, в том числе вычислительных и коммуникационных блоков.

Архитектура МК Piccolo™ специально оптимизирована под задачи цифрового управления и для этих целей оснащена специальными модулями, предназначенными для высокоскоростной

обработки сигналов. Этот блок представляет собой ускоритель 32-битных арифметических операций с плавающей запятой и предназначен для автономной реализации функций цифрового регулятора без участия ЦПУ. Для этих целей предусмотрена возможность прямого доступа блока CLA к встроенным

количество и качество встроенных модулей строго привязаны к потребностям контроллера электропривода. В частности встроенные ШИМ-контроллеры способны обеспечить управление несколькими электродвигателями и силовыми преобразователями, а модуль 12-битного АЦП обеспечивает высокую точность и быстрое действие оцифровки аналоговых сигналов. У некоторых МК также имеются прецизионные ШИМ-контроллеры (HR PWM) с повышенной разрешающей способностью (150 пс).

Архитектура МК Piccolo также несет в себе ряд других преимуществ.

- Простота применения.

Благодаря интеграции прецизионных генераторов, супервизора питания, схемы сброса при подаче питания и стабилизатора напряжения, МК Piccolo характеризуются чрезвычайно простой внешней обвязкой. Фактически достаточными являются внешняя подача напряжения питания 3,3 В и установка блокировочных конденсаторов у выводов питания. Для облегчения работы с

действующей обработки сигналов (см. рисунок 1). Основой МК является ЦПУ C28x со встроенной поддержкой DSP-инструкций, в частности — операций умножения с накоплением (MAC) 32х32 бит. Вычислительные способности в масштабе реального времени еще больше усилены у некоторых представителей серии TMS320F2803x. Речь идет о МК со встроенным блоком CLA для ускоре-

УВВ и их прерываниям. Блок CLA выполнен как независимое процессорное ядро и имеет собственный набор инструкций и пространство памяти. Благодаря этому он работает совершенно независимо от ЦПУ.

У МК Piccolo нет необоснованного переизбытка аппаратных ресурсов, что объясняет привлекательность их цены (не превышает десяти долларов). Здесь

На данный момент компания **Texas Instruments** является единственной, которая предлагает DSP (**Piccolo**) по невысокой цене для создания одномикросхемного контроллера двух векторно-управляемых электродвигателей и каскада ККМ.





также способствуют высокая тактовая частота ЦПУ (до 68 МГц) и оптимизированная по минимальности задержек система прерываний.

Преимущества МК Piccolo, направленные на минимизацию себестоимости и повышение качества конечного решения, в особой степени проявляются при реализации алгоритмов векторного управления, использующихся для регулирования вентильных и асинхронных двигателей. Пример структурной схемы системы с векторным управлением вентильным двигателем без датчиков положения изображен на рисунке 2 [1]. Здесь показано как широкие вычислительные возможности можно обратить в реальное снижение себестоимости решения. Например, в схеме предусмотрено использование только двух датчиков тока (сигналы ADCINx и ADCINy), так как ток третьей фазы можно вычислить математическим путем. Кроме того, здесь используется косвенная оценка положения и частоты вращения ротора по известным фазным токам. Благодаря этому из системы исключается еще один дорогостоящий датчик вместе с необходимостью его конструктивной привязки к ЭД.

Примечателен тот факт, что даже при реализации рассмотренного алгоритма управления в двух каналах одновременно, МК Piccolo сохраняют запас вычислительной мощности для программного управления еще одним таким немаловажным каскадом, как корректор коэффициента мощности (ККМ). Система управления двумя вентильными двигателями и каскадом ККМ демонстрируется на рисунке 3. Необходимость в каскаде ККМ обусловлена действием разнообразных регулирующих требований к коэффициенту мощности и гармоническому составу потребляемого тока. В идеале, каскад ККМ должен обеспечить следование потребляемого тока за формой напряжения питания. В таком случае электропривод будет восприниматься сетью как активная нагрузка. Для этих целей здесь применен силовой каскад двухфазного повышающего преобразования, который преобразует входное напряжение в повышенное стабилизированное напряжение. Задача управления стабилизацией напряжения в схеме полностью возложена на МК Piccolo. Наличие каскада ККМ также положительно сказывается и на эксплуатационных характеристиках электропривода. Благодаря стабилизации напряжения, потребляемый ток изменяется более плавно, не приводя к скачкообразному возрастанию потребления, например, при запуске ЭД или динамических изменениях нагрузки. Конфигурация, подобная показанной на рисунке 3, типична для современных систем кондиционирования воздуха, где используются два электропривода: компрессора и вентилятора.

Представленная на рисунке 3 система доступна в готовом виде в составе выпускаемых TI наборов для проектирования [2]. Всего выпускается два та-



Рис. 4. Внешний вид компонентов набора для проектирования TMS2MTRPFCKIT

ких наборов: расширенный для управления двумя ВД и одним каскадом ККМ (TMS2MTRPFCKIT) и сокращенный для управления только одним ВД и одним каскадом ККМ (TMS1MTRPFCKIT). Как показано на рисунке 4, наборы укомплектованы базовой платой с силовыми и драйверными каскадами, дочерней платой управления на основе МК TMS320F28035, блоком питания (24 В/60 Вт), USB-кабелем, электродвигателями и компакт-диск с необходимой документацией и программным обеспечением. Вместо входящей в комплект платы управления можно применить любую другую выпускаемую TI плату управления. В частности, доступна для приобретения плата на основе другого МК Piccolo TMS320F28027. Также важно обратить внимание, что рассматриваемые наборы не требуют приобретения отдельного JTAG-адаптера встроенной в МК отладочной системы.

Помимо аппаратной поддержки проектирования, TI также оказывает всестороннюю программную поддержку в виде бесплатных библиотек функций управления ЭД, каскадом ККМ, цифровых регуляторов (на основе блока CLA) и цифровой обработки сигналов.

#### Заключение

МК Piccolo, благодаря их высоким вычислительным способностям в масштабе реального времени, интеграции высококачественных модулей для многоканальной широтно-импульсной модуляции, аналогово-цифрового преобразования и передачи данных, являются идеальной платформой для построения

контроллеров современных асинхронных и вентильных электроприводов с векторным управлением. МК Piccolo несут в себе множество инструментов для минимизации себестоимости такого контроллера. В их числе — собственно невысокая стоимость МК, простота схемы включения, возможность цифрового управления несколькими силовыми каскадами (в частности двумя трехфазными ЭД и одним ККМ), возможность исключения из системы дорогостоящих датчиков, а также доступность всесторонней технической поддержки. Выпуск некоторых МК Piccolo в исполнении для температурного диапазона -40...125°C и с интерфейсами LIN и CAN делает привлекательным их использование для управления разнообразными автомобильными электроприводами. Кроме того, МК Piccolo с равным успехом могут использоваться для цифрового управления силовыми преобразователями систем ветроэнергетики и солнечной энергетики, а также других систем электропитания.

#### Литература

1. Charlie Ice, Bilal Akin. Designing High-Performance and Power-Efficient Motor Control Systems//White paper, lit. num. SPRT528, Texas Instruments, June 2009 — 10p.
2. Piccolo™ Motor Control Developer's Kits//Brochure, lit. num. SPRT527, Texas Instruments, 2009 — 2p.

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



Сергей Кривандин, Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

## НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ MEAN WELL ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Серия источников питания **SDR** компании **Mean Well** предназначена для монтажа на DIN-рейку в **оборудовании электропривода** в промышленной автоматизации. Высокий КПД новой серии (до 94%) актуален в связи с возросшими требованиями к энергосбережению в системах привода. Среди других привлекательных черт новой серии — высокая нагрузочная способность и узкий корпус.



Электропривод применяется практически везде: от аппаратуры искусственного сердца до шагающего экскаватора, от домашнего воздушного вентилятора до антенны радиотелескопа, от стиральной машины до гибкой производственной системы. Наиболее

широко и разнообразно применение электропривода в оборудовании различных технологических процессов. Практически все процессы, связанные с механической энергией: движением, перемещением изделий, оборудования, товаров в промышленном, стационарном складском, технологическом обо-

рудовании осуществляются с помощью электропривода. Широкое распространение электропривода в отличие от гидропривода или пневмопривода обусловлено особенностями электрической энергии — возможностью передавать ее на любые расстояния, постоянной готовностью к использованию, возможностью преобразования в другие виды энергии.

Мощность электропривода, используемого в различных системах, варьируется от единиц микроватт до десятков мегаватт. В шкафах автоматизированного управления промышленным оборудованием востребованы мощности источников питания в диапазоне единиц, десятков или сотен ватт.

С энергетической точки зрения электропривод — главный потребитель электрической энергии: более 60% всей производимой электроэнергии потребляется устройствами электропривода. В современных условиях дефицита электроэнергии задача энергосбережения в устройствах электропривода и средствами электропривода весьма актуальна. Источники питания, используемые в

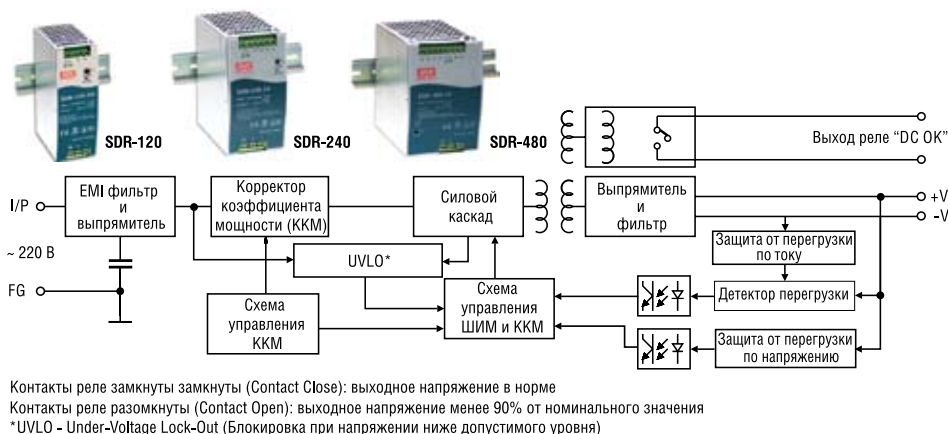


Рис. 1. Структурная схема AC/DC-преобразователей серий SDR-120, SDR-240 и SDR-480

Таблица 1. Новые серии AC/DC-преобразователей в узком корпусе для монтажа на DIN-рейку

| Наименование                    | DR-15                                                                               | SDR-120                                                                             | SDR-240                                                                              | SDR-480                                                                               |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Внешний вид                     |  |  |  |  |
| Выходная мощность, Вт           | 15                                                                                  | 120                                                                                 | 240                                                                                  | 480                                                                                   |
| Выходные напряжения, В          | 5; 12; 15; 24                                                                       | 12; 24; 48                                                                          | 24; 48                                                                               |                                                                                       |
| Диапазон рабочих температур, °C | -20...60                                                                            | -25...70                                                                            |                                                                                      |                                                                                       |
| КПД (типичное значение), %      | 77...85                                                                             | 89...91                                                                             | 94                                                                                   | 94                                                                                    |
| Габаритные размеры, мм          | 25x93x56                                                                            | 40x125.2x113.5                                                                      | 63x125.2x113.5                                                                       | 85.5x125.2x128.5                                                                      |

оборудовании электропривода, должны иметь высокий КПД и повышенную нагрузочную способность.

Новая серия источников питания SDR предназначена для монтажа на DIN-рейку в оборудовании промышленной автоматизации. Компания Mean Well выпустила эту серию в ответ на растущую потребность рынка в современных источниках питания с высоким КПД и в компактном корпусе. Серия SDR состоит из трех семейств мощностью 120, 240 или 480 Вт (см. табл. 1).

#### Отличительные особенности источников питания SDR:

- Весьма высокий КПД: 94 % у SDR-240 и SDR-480;
- Пиковая мощность на выходе до 150% от номинальной мощности в течение 3 с;
- Более узкий корпус по сравнению с предшествующими сериями DR и DRP.

Источники питания Mean Well серии SDR могут работать в широком диапазоне входных напряжений 90...264 В переменного тока или 127...370 В постоянного тока, а встроенный корректор коэффициента мощности соответствует требованиям стандарта EN61000-3-2. Узкий корпус помогает экономить драгоценное свободное место на DIN-рейке. В частности, ширина корпуса SDR-480 составляет всего 85,5 мм, что в два с лишним раза меньше ширины корпуса предыдущей модели DRP-480. Источники питания серии SDR оснащены сигналом наличия выходного напряжения «DC OK», светодиодным индикатором исправной работы, в них предусмотрен комплекс защит от короткого замыкания, перегрузки, перенапряжения и перегрева.

При КПД более 94% источники питания этой серии могут выдать 480 Вт в непрерывном режиме или пиковую мощность 720 Вт в течение 3 секунд (это 50% дополнительной мощности!) при температуре окружающей среды до 60°C и естественном конвекционном охлаждении.

На рисунке 1 показана структура AC/DC-преобразователей серии SDR. Они имеют встроенный фильтр электромагнитных помех и корректор коэффициента мощности (ККМ). Выходной каскад во вторичной цепи оснащен защитой от перегрузок по напряжению и току. Наличие встроенного реле для контроля выходного напряжения позволяет реализовать переключение на резервный источник питания в случае некорректной работы одного из преобразователей или обеспечить необходимую последовательность включения нескольких AC/DC-преобразователей.

#### Особенности серии SDR

Важной особенностью рассматриваемых преобразователей SDR является

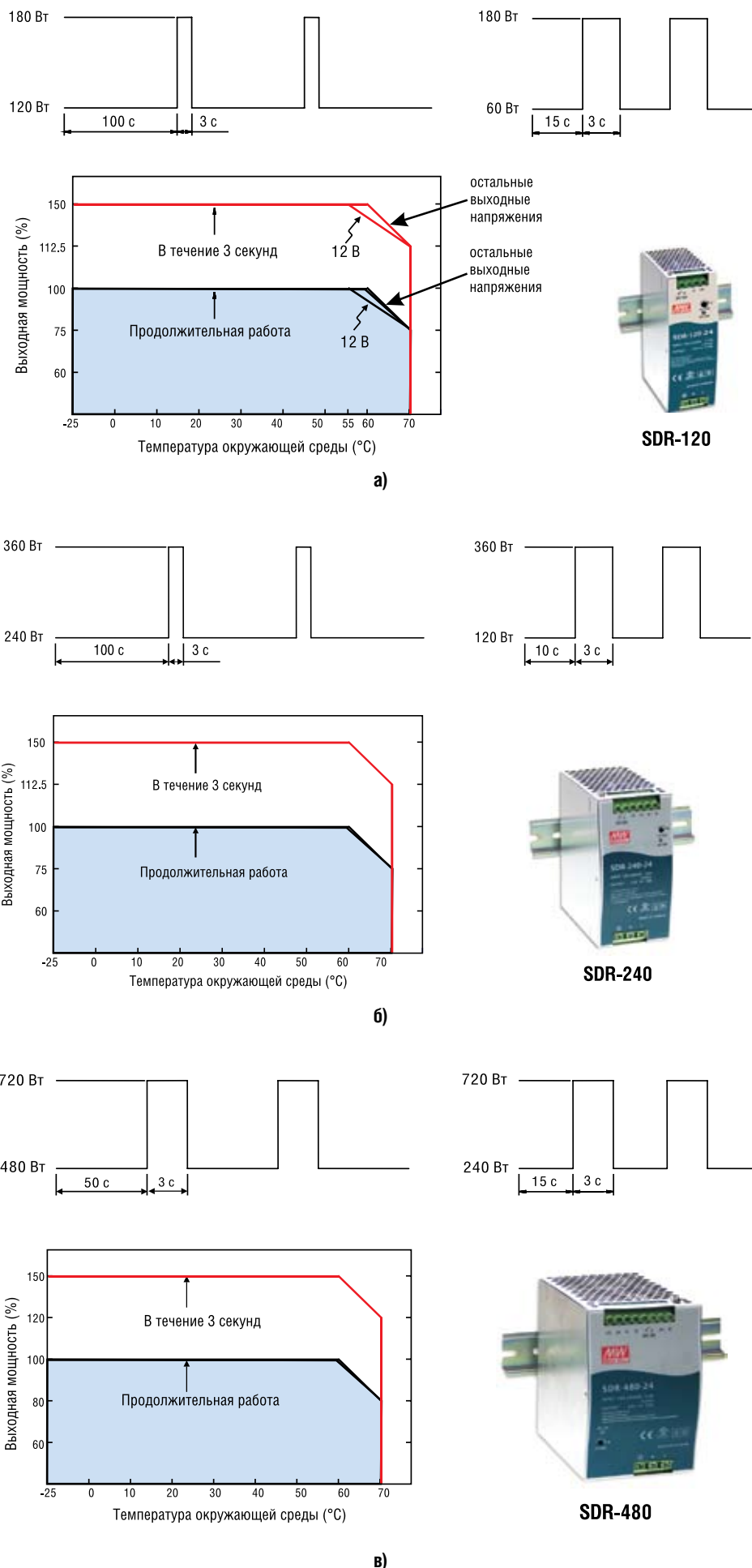


Рис. 2. Структурная схема AC/DC-преобразователей серий SDR-120, SDR-240 и SDR-480

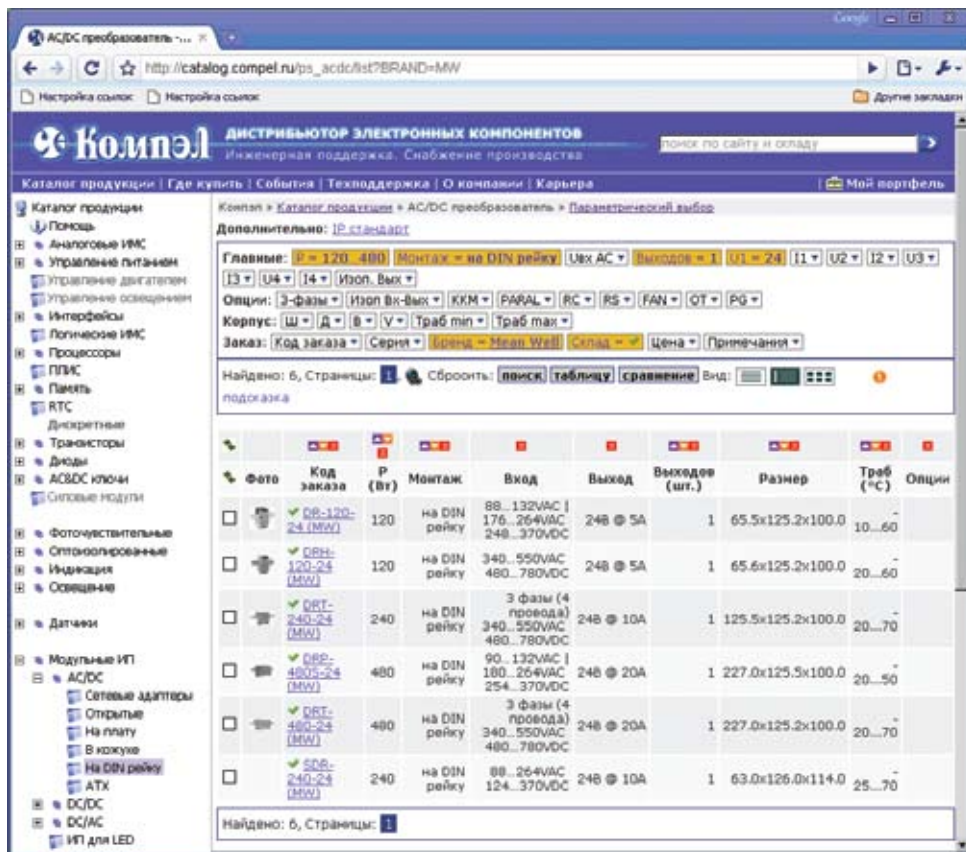


Рис. 3. Результаты параметрического поиска AC/DC-преобразователей для монтажа на DIN-рейку компании Mean Well с выходной мощностью от 120 до 240 Вт

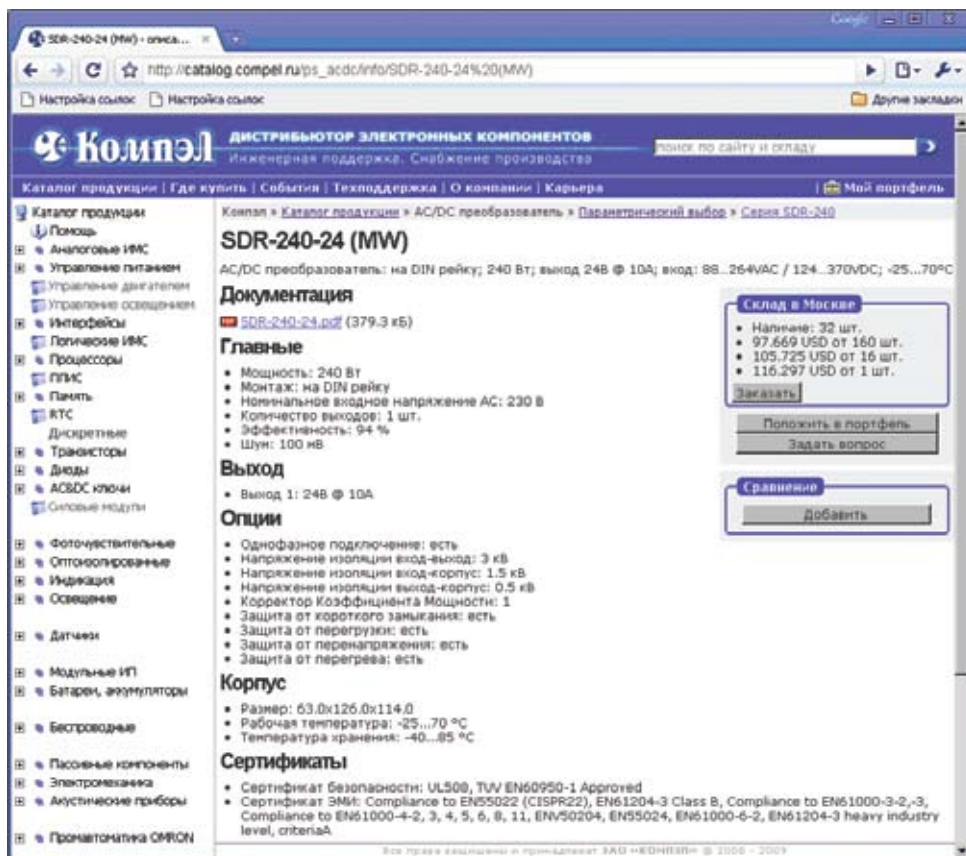


Рис. 4. Информация о конкретном источнике питания, количестве на складе и ценах в зависимости от приобретаемого количества

возможность кратковременной перегрузки по мощности в импульсном режиме, что очень важно при работе на реактивную нагрузку. Выходная мощность может превышать номинальную на 50% в течение трех секунд при соответствующей скажности. Это свойство особенно важно при питании электродвигателей, которые в момент запуска требуют от источника питания повышенной мощности по сравнению с установившимся номинальным режимом работы. Конкретные значения уровней выходных мощностей в номинальном режиме и при перегрузке и допустимые интервалы между импульсами перегрузки показаны на рисунке 2. Длительность требуемого интервала зависит от выходной мощности до момента перегрузки. Понятно, что чем меньше выходная мощность до перегрузки, тем меньше требуется времени до разрешенного момента следующего импульса перегрузки.

При эксплуатации этих AC/DC-преобразователей нельзя забывать и про область безопасной работы. Верхний предел температуры, при котором допустима отдача полной мощности, составляет около 60°C. Расширить допустимую верхнюю границу рабочей температуры до 70°C можно, снизив выходную мощность до уровня 75% от номинального значения. Рекомендуется всегда иметь запас по мощности, чтобы исключить срабатывание защит и обеспечить надежную работу источника питания и питаемого оборудования в течение длительного времени.

Изделия SDR удовлетворяют не только требованиям сертификатов UL, CUL, TUV, и CE, но и стандартам GL (морская аппаратура) и SEMI F47 (оборудование для изготовления полупроводников). В частности, источники питания серии SDR-240 успешно прошли сертификационные испытания на соответствие требованиям группы стандартов GL для морской радиоэлектронной аппаратуры. Имеется соответствующий сертификат. Изделия серий SDR-120 (120 Вт) и SDR-480 (480 Вт) на момент подготовки материала находятся на испытаниях на соответствие GL.

Источники питания Mean Well серии SDR предназначены для применения в оборудовании промышленной автоматизации, полупроводниковой промышленности, электронном оборудовании, устанавливаемом на морских судах.

### DR-15 — новинка 15 Вт на DIN-рейку

В заключение хотелось бы упомянуть еще об одной новинке: источниках питания серии DR-15 мощностью 12...15 Вт для монтажа на DIN-рейку. Они обладают защитой класса II (двойная изоляция, не требуют заземления), выполнены в закрытом пластиковом корпусе, что обеспечивает пользователям защиту от опасных токов утечки.



Благодаря узкому корпусу шириной всего 25 мм достигается значительная экономия пространства, занимаемого в шкафу управления. В источниках питания DR-15 имеется возможность подстройки выходного напряжения, что позволяет при необходимости компенсировать падение напряжения на длинных проводниках между источником питания и нагрузкой. Наличие или отсутствие выходного напряжения показывает цветной светодиодный индикатор.

Источники питания DR-15 отличаются низким собственным энергопотреблением — менее 0,5 Вт при работе на холостом ходу. Это свойство становится все более востребованным в новых системах промышленной и домашней автоматизации, где важно обеспечить низкое энергопотребление. В соответствии с требованиями EMC UL60950-1, TUV EN60950-1, и EN55022 /EN61204-3 Класса В, эти компактные источники питания подходят для применения в системах распределенного питания, в шкафах управления электроприводом, системах безопасности и приборах домашней автоматизации.

#### Информация на сайте в каталоге

Выбрать наиболее подходящий источник питания (ИП) для решения конкретной задачи питания электропривода проще всего с помощью нового каталога

продукции на сайте <http://catalog.compel.ru/> в разделе «Модульные ИП» (рис. 3). На сайте реализован удобный и интуитивно понятный параметрический поиск широкой номенклатуры источников питания и электронных компонентов.

Задавая конкретные параметры (или диапазон параметров от минимального значения до максимального), можно получить наименования ИП, имеющих в данный момент на складе. Лучше всего осуществлять поиск с помощью бесплатной программы для просмотра сайтов Google Chrome. По сравнению с популярной программой Internet Explorer скорость поиска возрастает в несколько раз. Каждая ссылка для найденной позиции на рисунке 3 активна. Нажатие на конкретное наименование открывает новый экран, где видно количество изделий данного наименования на складе и цены в зависимости от приобретаемого количества (см. рисунок 4). На этой же странице можно найти PDF-файл (datasheet, фирменное описание) от производителя и краткое описание на русском языке с указанием основных параметров изделия. 

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

#### Новый Large Can DirectFET® MOSFET

Компания **International Rectifier** — мировой лидер в технологии управления питанием и общепризнанный производитель силовых электронных компонентов — анонсировала новый DirectFET® MOSFET **IRF6718 с самым низким сопротивлением открытого канала RDS(on)**. Новое 25-вольтовое устройство оптимизировано для таких применений как DC-переключатели типа:

- активный O-Ring (силовая схема ИЛИ соединения источников питания),
- Hot Swap (горячая замена без отключения электропитания и прекращения работы),
- E-Fuse (электронный предохранитель).

Особенностью **IRF6718** является корпусирование кристалла кремния по технологии последнего поколения в новом большом корпусе Large Can DirectFET.

Данная технология позволила получить чрезвычайно низкое значение сопротивления открытого канала RDS(on) — 0,5 мОм (типовое значение при напряжении 10 В) и уменьшить на 60% место на печатной плате и на 85% высоту корпуса по сравнению с D2PAK.

Новая технология корпусирования кристалла позволяет изготавливать DirectFET-транзисторы со значительным уменьшением потери проводимости, ввиду того, что отсутствует разварка кристалла и нет пластмассового корпуса, достигается максимальное соотношение «площадь кристалла»/«площадь корпуса» и значительно улучшается тепловая эффективность всей системы.

**IRF6718** — первое устройство International Rectifier выполненное в большом корпусе Large Can DirectFET со значительно сниженным значением RDS(on) по сравнению с устройствами других производителей, позволяющим обеспечить превосходную тепловую рабочую эффективность и высокую плотность DC/DC-устройств с сокращением места на печатной плате.

IRF6718 имеет улучшенную область безопасной работы (SOA — Safe Operating Area) с возможностью Hot Swap и E-Fuse. Устройство соответствует нормам RoHS.



## ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

### СЕРИИ SDR НА DIN-РЕЙКУ

### ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА



- Три семейства мощностью 120/240/480 Вт
- КПД 94%
- Пиковая мощность до 150% от номинала в течение 3 сек
- Узкий корпус по сравнению с предыдущими сериями

Москва  
Тел.: (495) 995-0901  
Факс: (495) 995-0902  
E-mail: [msh@compel.ru](mailto:msh@compel.ru)

Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 327-9404  
Факс: (812) 327-9403  
E-mail: [spb@compel.ru](mailto:spb@compel.ru)



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



Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

## ТРАНЗИСТОРНЫЕ МОДУЛИ TRENCH IGBT КОМПАНИИ INTERNATIONAL RECTIFIER ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ



Универсальные **Trench IGBT** компании **International Rectifier** позволяют заменить широкую номенклатуру транзисторов разных частотных диапазонов, которые оптимизированы только для узкоспециализированных приложений. **Trench IGBT** могут эффективно работать в широком диапазоне рабочих частот ШИМ. Они предназначены для применения в импульсных источниках питания до нескольких кВт, электроприводе, в бытовой технике (компрессоры, индукционный нагрев) и других преобразователях электрической энергии.

**T**rench IGBT шестого поколения (на 600 В) и седьмого поколения (на 1200 В) компании International Rectifier — это более высокие технические характеристики в сочетании с привлекательными ценами. Основные преимущества этих IGBT достигнуты благодаря технологии Trench (вертикальный затвор), что позволяет на 40% уменьшить площадь кристалла по сравнению с предыдущими поколениями. Это, в свою очередь, позволило существенно сократить путь протекания тока и снизить потери на проводимость. В большей степени преимущества проявляются для более высоких значений тока, то есть для наиболее мощных транзисторов, что показано на рисунке 1.

Однако основной выигрыш технология Trench IGBT дает при работе транзистора на высоких частотах. На рисунке 2 приведены зависимости выходного

тока от частоты переключения для разных технологий IGBT International Rectifier на номинальное напряжение 600 В.

Из рисунка 2 хорошо видно, что транзисторы шестого поколения (Gen 6 Trench) имеют неоспоримое преимущество во всем диапазоне рабочих частот

Транзисторы IGBT шестого поколения (Gen 6 Trench) от **International Rectifier** имеют неоспоримое преимущество во всем диапазоне рабочих частот по сравнению с технологиями предыдущих поколений, поэтому IGBT шестого поколения часто называют Ultrafast Trench (ультрабыстрые Trench IGBT).

по сравнению с технологиями предыдущих поколений, поэтому IGBT шестого поколения часто называют Ultrafast Trench (ультрабыстрые Trench IGBT).

Только на частотах ниже 600 Гц стандартные IGBT (Gen 4 S Speed) допускают больший уровень выходного тока. Однако большинство современных преобразователей электрической энергии работают на частотах гораздо выше 600 Гц.

Основные отличия в параметрах IGBT разных поколений обусловлены размерами и структурой кристаллов. Четвертое поколение (Gen 4) выполнено по технологии PT (Punch Through IGBT) с толщиной кристалла более 300

мкм с планарным затвором (структура показана на рисунке 3). Пятое поколение (Gen 5) имеет примерно в 3,5 раза меньшую толщину кристалла (87 мкм)

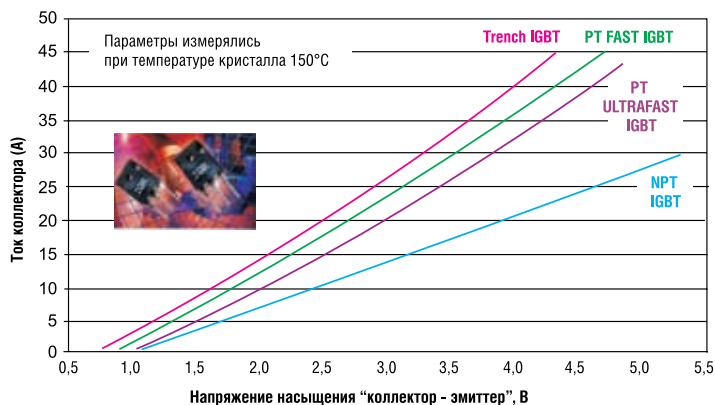


Рис. 1. Зависимости напряжения насыщения от тока коллектора для разных технологий IGBT International Rectifier

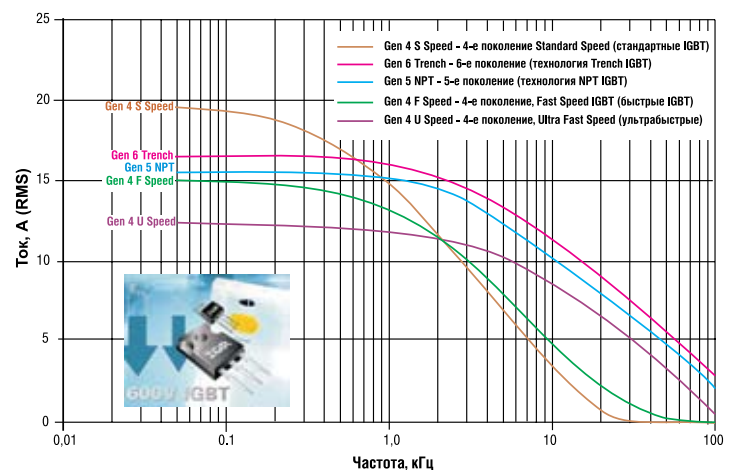


Рис. 2. Частотные характеристики IGBT на 600 В для разных поколений

**Таблица 1. Основные параметры Trench IGBT 6-го поколения International Rectifier на 600 В**

| Наименование | Vкэ, В,<br>(макс.) | Iмакс. А,<br>(25°С) | Iмакс. А,<br>(100°С) | Vкэ.нас., В,<br>(тип.) | Ets*, (мкДж) |       | tsc**, мкс,<br>(175°С) | Rjc***,<br>(°С/Вт) | Корпус   |
|--------------|--------------------|---------------------|----------------------|------------------------|--------------|-------|------------------------|--------------------|----------|
|              |                    |                     |                      |                        | тип.         | макс. |                        |                    |          |
| IRGB4059DPBF | 600                | 8                   | 4                    | 1,75                   | 110          | 196   | 5                      | 2,7                | TO-220AB |
| IRGB4045DPBF |                    | 12                  | 6                    | 1,7                    | 178          | 229   |                        | 1,94               | TO-220AB |
| IRGB4060DPBF |                    | 16                  | 8                    | 1,55                   | 215          | 310   |                        | 1,51               | TO-220AB |
| IRGB4064DPBF |                    | 20                  | 10                   | 1,6                    | 229          | 339   |                        | 1,49               | TO-220AB |
| IRGB4056DPBF |                    | 24                  | 12                   | 1,55                   | 300          | 391   |                        | 1,07               | TO-220AB |
| IRGB4061DPBF |                    | 36                  | 18                   | 1,65                   | 445          | 545   |                        | 0,73               | TO-220AB |
| IRGB4062DPBF |                    | 48                  | 24                   | 1,65                   | 1260         | —     |                        | 0,6                | TO-220AB |
| IRGP4062DPBF |                    |                     |                      |                        |              |       |                        |                    | TO-247AC |
| IRGP4063DPBF |                    |                     |                      |                        |              |       |                        |                    | 96       |

\*Ets – Total Switching Loss – суммарная энергия потерь на переключение (см. условия измерения в документации).

\*tsc – допустимое время перегрузки по току при коротком замыкании.

\*\*\*R<sub>jc</sub> – тепловое сопротивление «переход – корпус».

**Таблица 2. Основные параметры Trench IGBT 7-го поколения International Rectifier на 1200 В**

| Наименование    | Vкэ, В,<br>(макс.) | Iмакс. А,<br>(25°С) | Iмакс. А<br>(100°С) | Vкэ,<br>насыщ. В,<br>(тип.) | Ets**, (мкДж) |       | tsc***,<br>мкс,<br>(175°С) | Rjc****<br>(°С/Вт),<br>(IGBT/<br>диод) | Встроен-<br>ный диод | Корпус    |
|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|---------------|-------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------|-----------|
|                 |                    |                     |                     |                             | тип.          | макс. |                            |                                        |                      |           |
| IRG7PH30K10DPBF | 1200               | 30                  | 16                  | 2,05                        | 910           | 1360  | 10                         | 0,7/1,44                               | есть                 | TO-247AC  |
| IRG7PH30K10PBF  |                    | 33                  | 23                  | 2,05                        |               |       | 10                         | 0,7                                    | —                    | TO-247AC  |
| IRG7PH42UDPBF   |                    | 85*                 | 45                  | 1,7                         | 3287          | 3798  | —                          | 0,39/0,56                              | есть                 | TO-247AC  |
| IRG7PH42UPBF    |                    | 90*                 | 60                  | 1,7                         |               |       | —                          | 0,39                                   | —                    | TO-247AC  |
| IRG7PSH73K10PBF |                    | 220*                | 130                 | 2,0                         | 12300         | 14300 | 10                         | 0,13                                   | —                    | Super-247 |

\*Ограничено кристаллом (ограничение тока выводами корпуса см. в документации производителя).

\*\*Ets – Total Switching Loss – суммарная энергия потерь на переключение (см. условия измерения в документации).

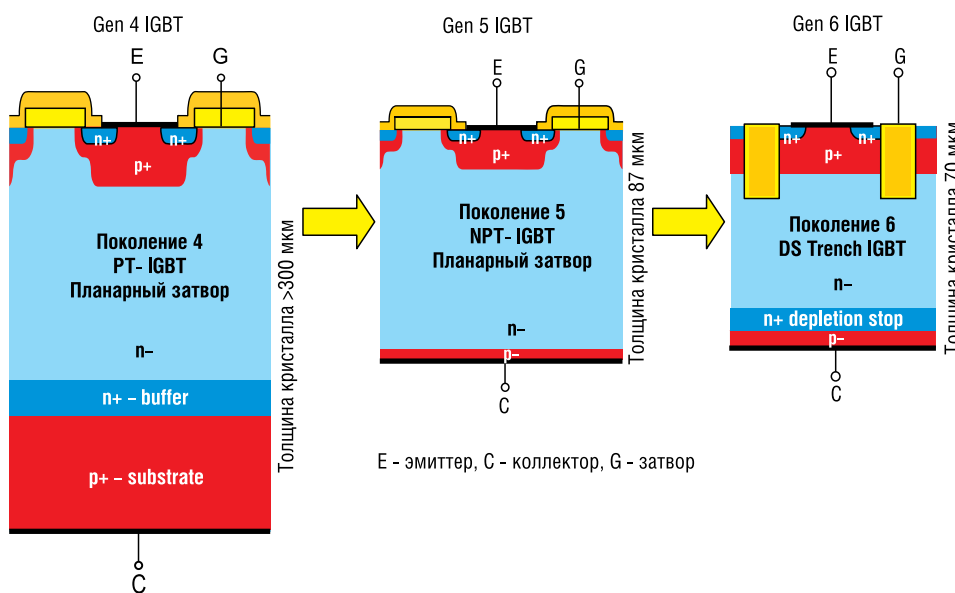
\*\*\*tsc — допустимое время перегрузки по току.

\*\*\*\*R<sub>jc</sub> – тепловое сопротивление «переход – корпус».

и технологию NPT (Non Punch Through IGBT). Благодаря улучшению технологии и уменьшению размеров кристалла удалось снизить динамические потери и обеспечить более высокие тепловые характеристики. Транзисторы шестого поколения (Gen 6) производятся по технологии DS (Depletion Stop) Trench IGBT. Кристалл этих транзисторов имеет вертикальный затвор с еще меньшей толщиной кристалла (70 мкм) и блокирующий носители слой (depletion stop). Благодаря более низким потерям на переключение Trench IGBT могут работать на более высоких частотах по сравнению с транзисторами предыдущих поколений (до 30 кГц). Кроме того, Trench IGBT характеризуются прямоугольной областью безопасной работы (ОБР) и низким уровнем излучаемых электромагнитных помех.

Более корректно оценивать преимущества каждой технологии IGBT по суммарным потерям (статическим – потерям на проводимость и динамическим – потерям на переключение). Наглядное сравнение суммарных потерь близких по параметрам IGBT для частот переключения 20 кГц и 60 Гц дают диаграммы, показанные на рисунке 4.

Суммарные потери Trench IGBT IRGP4063D на частоте 20 кГц составляют около 7 Вт. При этом потери на переключение составляют 3 Вт, что меньше потерь на проводимость (4 Вт). Обратите внимание, что для других тех-



**Рис. 3. Развитие технологий IGBT International Rectifier**

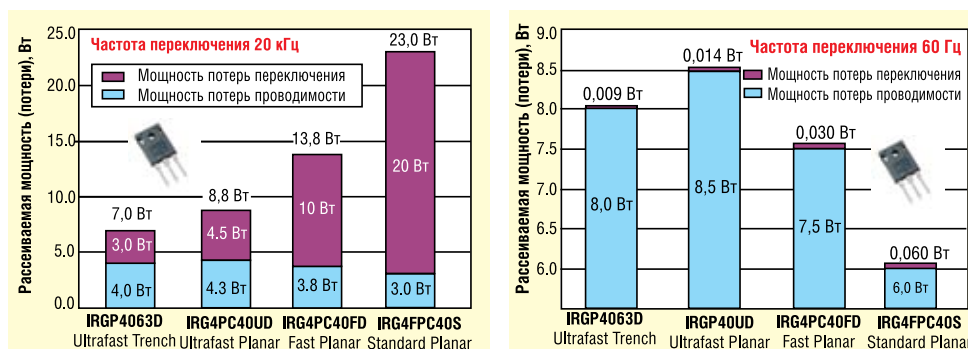


Рис. 4. Сравнение суммарных потерь IGBT на частотах переключения 20 кГц и 60 Гц

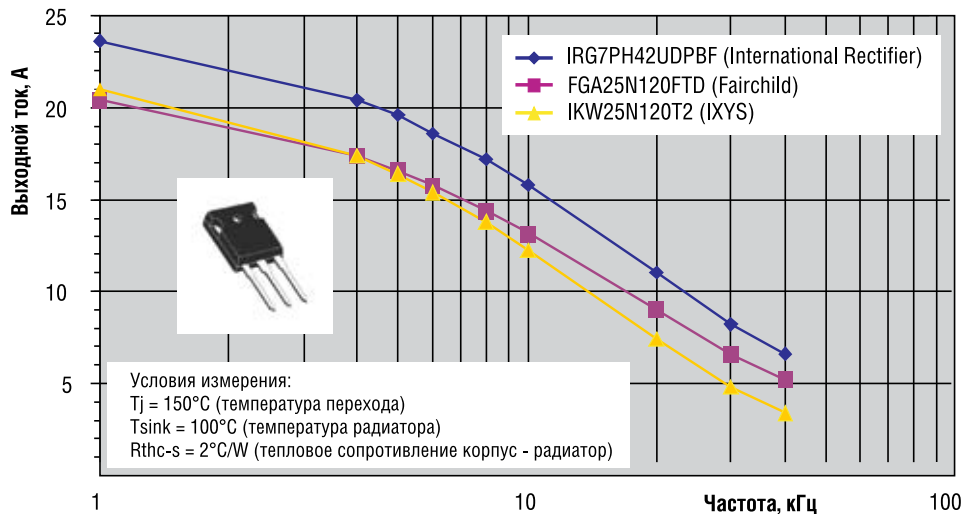


Рис. 5. Зависимости выходного тока от частоты для ультрабыстрых IGBT разных производителей

нологий IGBT на частоте переключения 20 кГц динамические потери превышают статические. Интересная картина наблюдается для низкой частоты переключения 60 Гц. В этом случае бесспорный лидер — IGBT, произведенный по стандартной планарной технологии (см. также низкочастотную часть графиков на рисунке 2). Это объясняется тем, что на низких частотах преобладают потери проводимости, а потери на переключение совсем незначительны. На правом рисунке показаны только верхние части

диаграммы (за нулевой уровень принята мощность потерь 5,5 Вт). Такой масштаб выбран для того, чтобы динамические потери были лучше различимы на рисунке.

Основные параметры Trench IGBT International Rectifier с напряжениями на 600 и 1200 В сведены в таблицы 1 и 2.

При изучении свойств транзисторов из таблиц 1 и 2 нужно учитывать режимы, при которых измерялись соответствующие параметры. Типовые значе-

ния напряжения насыщения в таблицах указаны для максимального тока транзисторов. В реальных схемах IGBT работают с запасом по току, поэтому напряжение насыщения будет меньше.

Все рассмотренные в статье Trench IGBT на 600 В имеют встроенные обратные диоды. Некоторые Trench IGBT на 1200 В не имеют встроенных диодов. В этом случае у разработчика есть возможность выбора внешнего диода с лучшими характеристиками, чем у встроенного диода в одном корпусе с транзистором.

На рисунке 5 показано сравнение частотных свойств транзистора IRG7PH42UDPBF с близкими по параметрам IGBT от фирм Fairchild и IXYS.

Рисунок 5 иллюстрирует преимущества Trench IGBT **IRG7PH42UDPBF** компании International Rectifier во всем диапазоне частот преобразования вплоть до 40 кГц. На частоте 20 кГц выигрыш по току составляет около 2 А по сравнению с **FGA25N120FTD** компании Fairchild и около 4 А по сравнению с **IKW25N120T2** компании IXYS.

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

**International Rectifier**

**Транзисторные модули Trench IGBT шестого поколения**

- Толщина кристалла не более 70 мкм
- Рабочая частота до 30 кГц
- Низкий уровень электромагнитных помех
- Максимальное напряжение «коллектор-эмиттер» 600 В

Москва  
Тел.: (495) 995-0901  
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 327-9404  
Факс: (812) 327-9403

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



Михаил Чигарев (КОМПЭЛ)

## ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО СЕТИ 220 В: АНАЛОГОВЫЙ FRONT-END



Статья посвящена практической реализации передачи данных по электрическим сетям. Подробно рассматриваются наиболее востребованные на рынке PLC-модемы: **AMIS-30585** от компании **ON Semiconductors** и **ST7540** от **STMicroelectronics**, а также — реализация PLC-модема на базе DSP-платформы **C2000** от **Texas Instruments**.

Использование сети 220 В в качестве средства для передачи данных между двумя или несколькими устройствами давно будоражит умы разработчиков. Каких то 10-15 лет назад идея организации связи по бытовой электросети казалась шуткой и вызывала улыбку. В наши дни передача данных по высоковольтной сети не вызывает удивления и имеет вполне хорошие шансы на коммерческий успех. Самое очевидное преимущество использования высоковольтных коммуникаций для передачи данных — отсутствие необходимости прокладывать кабель и осуществлять монтажные работы. Для отечественных разработчиков наиболее перспективными областями применения данного вида связи являются системы удаленного сбора данных со счетчиков, охранные системы, системы типа «умный дом».

К сожалению, даже низкоскоростная передача данных по бытовой сети переменного тока пока не получила в нашей

информации. При выборе решения, на основе которого можно было бы реализовать такой модем, особых сложностей не возникло. Практически сразу же были выбраны предложения от трех известных производителей микросхем — ON Semiconductor, STMicroelectronics и Texas Instruments.

При более глубоком изучении предлагаемой технической документации наибольшее число вопросов вызвала организация аналоговой части PLC-модема, тогда как по цифровой части в документации была вполне исчерпывающая информация. Какие параметры должны быть у изолирующего трансформатора? Какие требования предъявляются к элементной базе, и какими должны быть характеристики фильтров? Предлагаемая статья открывает цикл публикаций на тему практической реализации PLC-модемов и посвящена построению их аналоговой части.

Типовая структурная схема PLC-модема (рисунок 1) состоит из четырех основных частей. Входная часть обеспе-

чивает изоляцию, фильтрацию и усиление передаваемых и принимаемых аналоговых сигналов. Сердцем PLC-модема является микросхема модема, трансивера или DSP, которая организует протокол передачи данных, а также отвечает за физическую реализацию передачи (формирование несущей частоты, модуляция, демодуляция, фильтрация и т.д.). Для управления ИМС модема, как правило, необходим внешний контроллер, а для питания всей схемы используется источник питания, работающий от той же сети переменного тока, которая используется и для передачи данных.

### ON Semiconductor AMIS-30585

Компания ON Semiconductor предлагает для организации передачи данных по силовым сетям специализированную микросхему модема **AMIS-30585**. Для передачи данных в AMIS-30585 используется S-FSK модуляция (разнос частот по умолчанию — 10 кГц), а несущая частота программируется в диапазоне 9...95 кГц. Максимальная скорость передачи 1200 бит/с. Особенностью данной микросхемы является наличие встроенного микроконтроллера с ядром ARM7-TDMI, что обеспечивает внутрисхемную реализацию MAC-уровня. Эта особенность является основным преимуществ

Особенностью модема **AMIS-30585** от **ON Semiconductor** является наличие встроенного микроконтроллера с ядром ARM7-TDMI, что обеспечивает внутрисхемную реализацию MAC-уровня.

стране широкого распространения. Этому есть ряд причин — как низкое качество отечественных силовых коммуникаций, так и не слишком большая осведомленность рынка о модемах для этого типа передачи данных.

Заинтересовавшись темой разработки PLC-модемов, автор статьи потратил не одну неделю на поиск необходимой

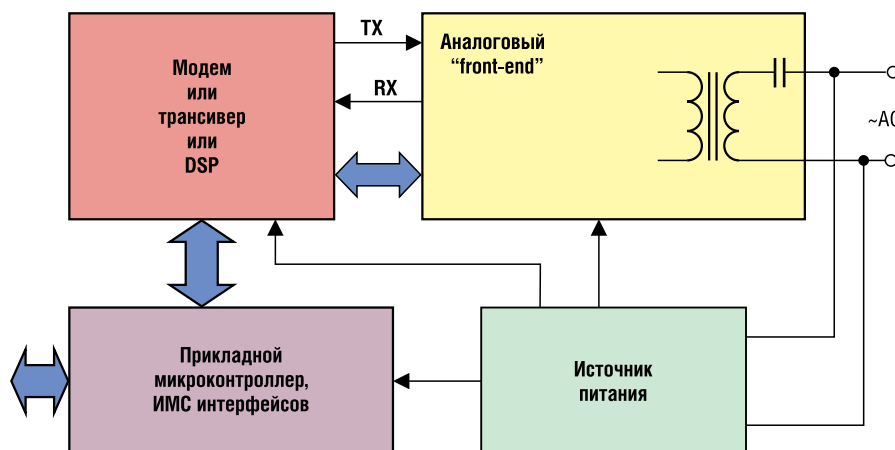


Рис. 1. Структурная схема PLC-модема

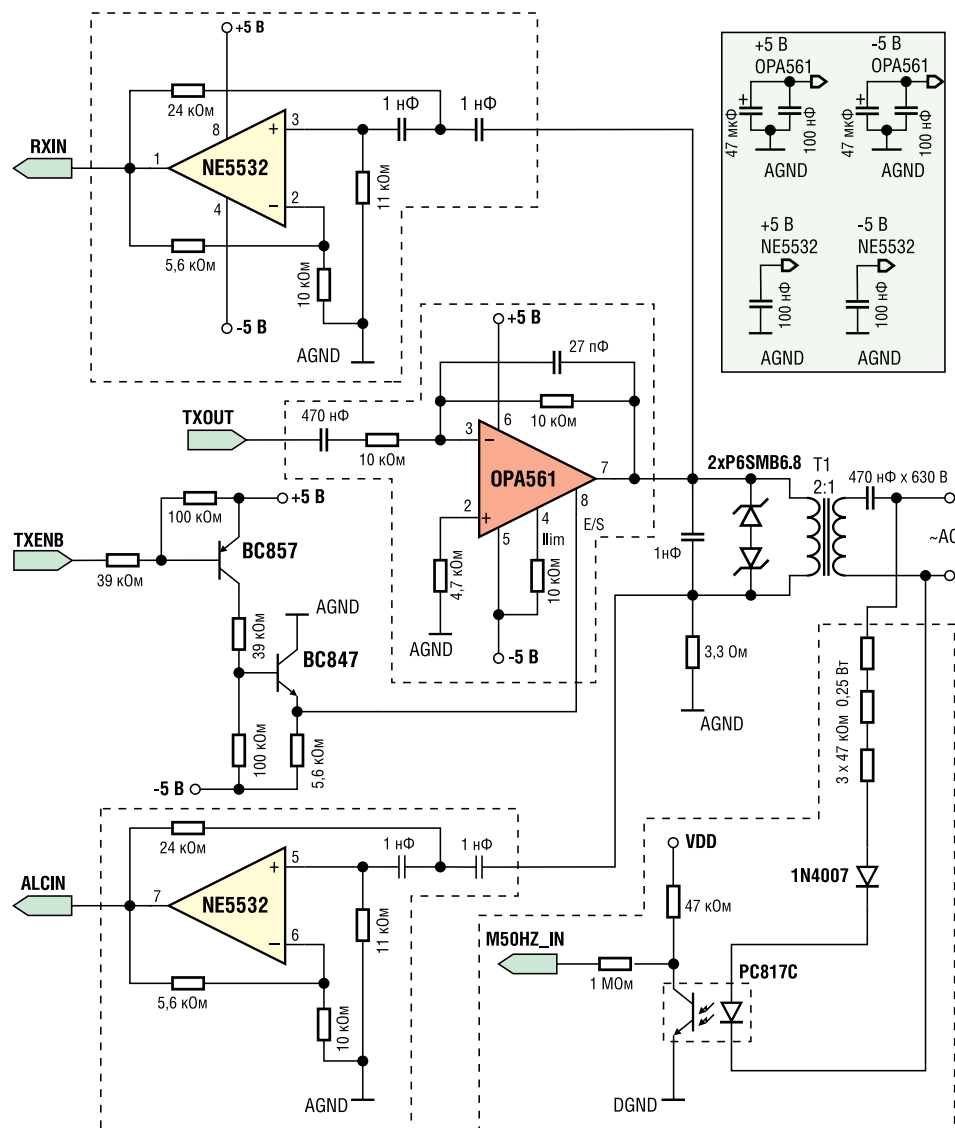


Рис. 2. Принципиальная схема входной части модема на основе AMIS-30585

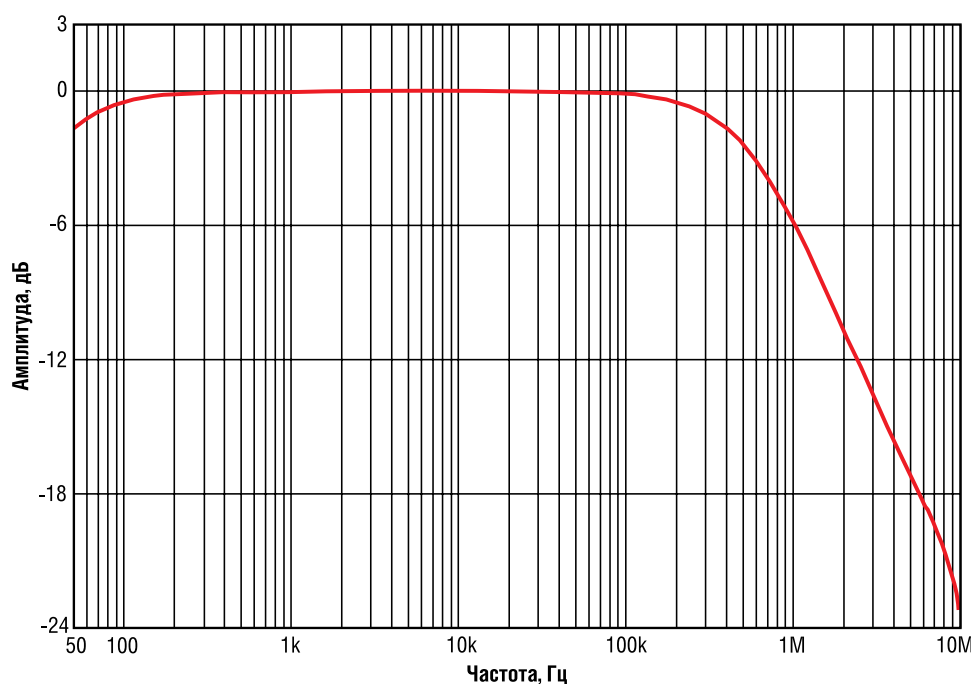


Рис. 3. АЧХ передающей части

ществом перед решениями других производителей. Помимо данного модема, ONS предлагает pin-to-pin-совместимый модем **AMIS-49587** со скоростью передачи данных до 2400 бит/с.

Входная часть модема на основе решений от ONS (рисунок 2) включает в себя: изолирующий трансформатор с разделительным конденсатором (по сути — пассивный ФВЧ), драйвер (усилитель мощности), приемный канал, изолятор на оптроне для получения синхронизирующего сигнала частотой 50 Гц и дополнительный канал для получения сигнала управления мощностью передатчика (обратная связь с передатчиком).

Данная схема для модема на основе AMIS-30585 достаточно проста и не требует экзотической элементной базы, поэтому может быть модифицирована или использована в готовом виде в сочетании с любой другой ИМС модема. Это утверждение в целом справедливо и для всех иных схем, представленных в статье.

Передача данных от счетчиков посредством PLC-модемов наиболее распространена во Франции. По этой причине производством изолирующих трансформаторов для таких модемов занимаются нишевые французские и немецкие компании, а сами трансформаторы не слишком доступны. Из наиболее доступных рыночных вариантов были выбраны трансформаторы фирмы **Vigortronix — VTX-111-010** и **VTX-111-004** (в данный момент эти изделия имеются на складе компании КОМПЭЛ).

Драйвер линии реализован на операционном усилителе **OPA561** с высоким значением выходного тока (до  $\pm 1,2$  А). Это связано с тем, что драйверу приходится работать на нагрузку порядка 5 Ом. Выходной ток OPA561 в этой схеме ограничен 0,6 А с помощью резистора 10 кОм между четвертым выводом и минусом питания. Помимо функции раскачки линии, OPA561 также выполняет функцию ФНЧ. Смоделированная АЧХ такого фильтра изображена на рисунке 3. Поскольку выход ОУ отключается наличием на выводе E/S отрицательного напряжения питания, а выходная логика AMIS-30585 имеет уровни 0 и +3,3 В, для управления отключением выхода усилителя добавлена схема на транзисторах **BC857** и **BC847**. Следует иметь в виду, что корпус данного ОУ имеет "Power Pad" для отвода тепла, который следует электрически соединить с минусом питания.

Приемник и канал управления мощностью передатчика схемотехнически повторяют друг друга и реализованы на сдвоенном ОУ **NE5532**. По сути это — ФВЧ, основная задача которого — подавить сигнал частотой 50 Гц. Такой фильтр позволяет получить ослабление

до -90 дБ на частоте 50 Гц. Выход приемного канала соединяется с входом интегрированного в AMIS-30585 операционного усилителя, на котором также реализуется ФВЧ с ослаблением порядка -80 дБ, что в сумме дает ослабление до -170 дБ на частоте 50 Гц. АЧХ фильтра на NE5532 приведена на рисунке 4. Разумеется, с учетом пассивной фильтрации и входная, и выходная части являются более узкополосными.

Для пакетной передачи данных AMIS-30585 требуется синхронизирующий сигнал, который несет в себе информацию о пересечении нуля сетевым напряжением частотой 50 Гц. Для этой цели добавлена схема на оптроне PC817C. Выходной сигнал этой схемы — импульсы частотой 50 Гц, амплитудой от 0 до напряжения VDD. Передний и задний фронты этих импульсов соответствуют пересечениям нуля сетевого напряжения.

На рисунке 5 изображена упрощенная схема включения AMIS-30585. Собственно, это минимум того, что необходимо для работы данной микросхемы. В зависимости от приложения, в котором используется PLC-модем, разработчику предстоит выбрать управляющий микроконтроллер. Более подробную информацию можно найти в технической документации на AMIS-30585.

### STMicroelectronics: ST7540

**ST7540** — решение для PLC модема от STMicroelectronics. Отличительной особенностью этой микросхемы является наличие интегрированного усилителя мощности и двух линейных стабилизаторов напряжения на 5 и 3,3 В. На этом решении могут остановиться и разработчики, которые уже имеют свой собственный протокол передачи данных по последовательному интерфейсу, например, при переходе от передачи данных по RS-485 к передаче тех же данных посредством PLC. Входная часть модема на ST7540 показана на рисунке 6.

АЧХ активной части передатчика в целом похожа на АЧХ усилителя мощности для AMIS-30585 (полоса пропускания около 100 кГц, усиление в полосе 9 дБ) поэтому этот график не приводится. В документации на отладочный набор STMicroelectronics приводит более интересные характеристики (рисунок 7), а именно АЧХ приемной и передающей частей с учетом пассивной части (выделена красным на рисунке 6).

При реализации входной части PLC-модема возможно использование неизолированного решения (рисунок 8). В этом случае при сопряжении микросхемы модема с внешним устройством (микроконтроллер, микросхема интерфейса) следует применять цифровой изолятор интерфейсов, например,

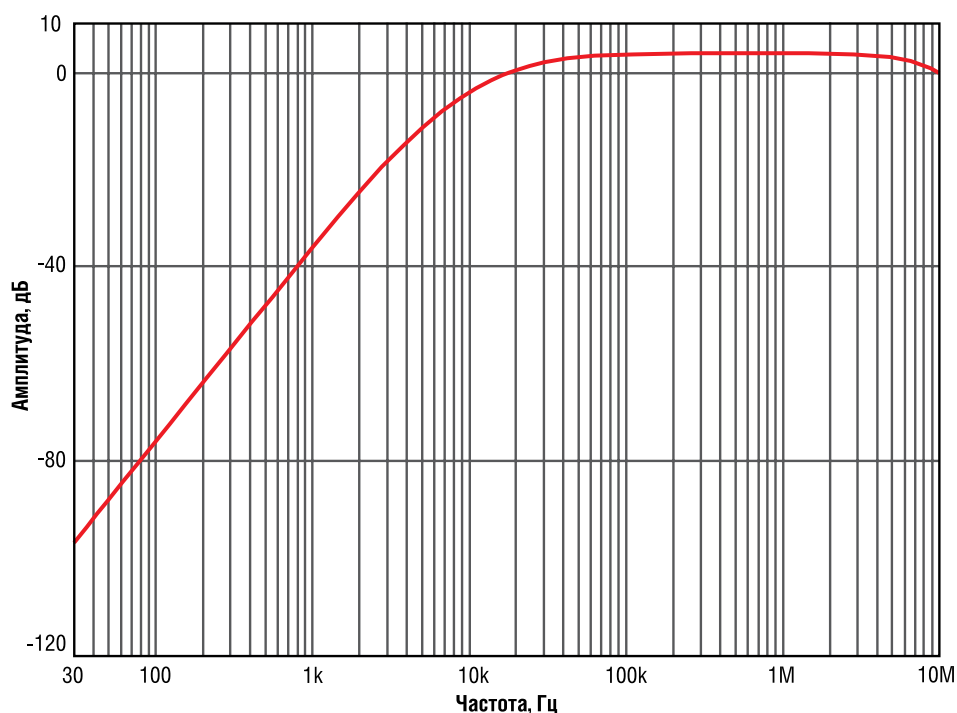


Рис. 4. АЧХ приемной части

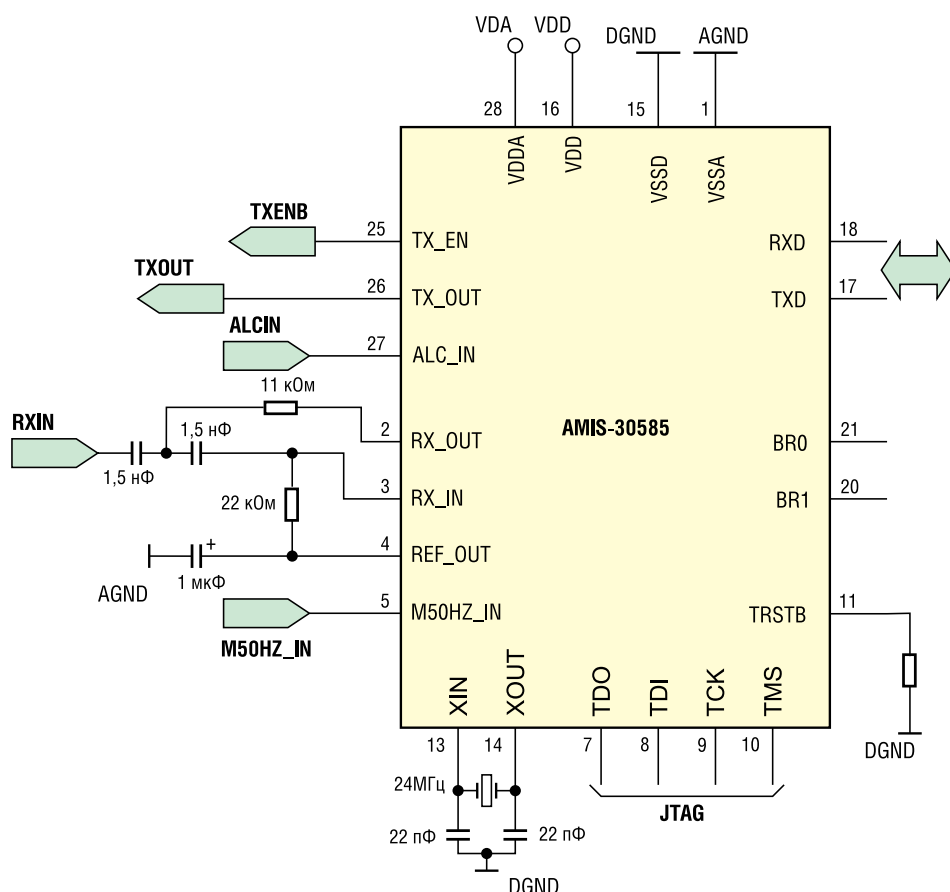


Рис. 5. Упрощенная схема включения AMIS-30585

изоляторы с емкостным барьером серии **ISO7x** от Texas Instruments.

### Texas Instruments: C2000

Компания Texas Instruments в качестве коммуникационной микросхемы

предлагает использовать цифровой сигнальный процессор (DSP) серии **C2000** (рисунок 9). Преимуществом данного решения является то, что выбор типа модуляции, обеспечение протокола передачи и кодирования данных полностью



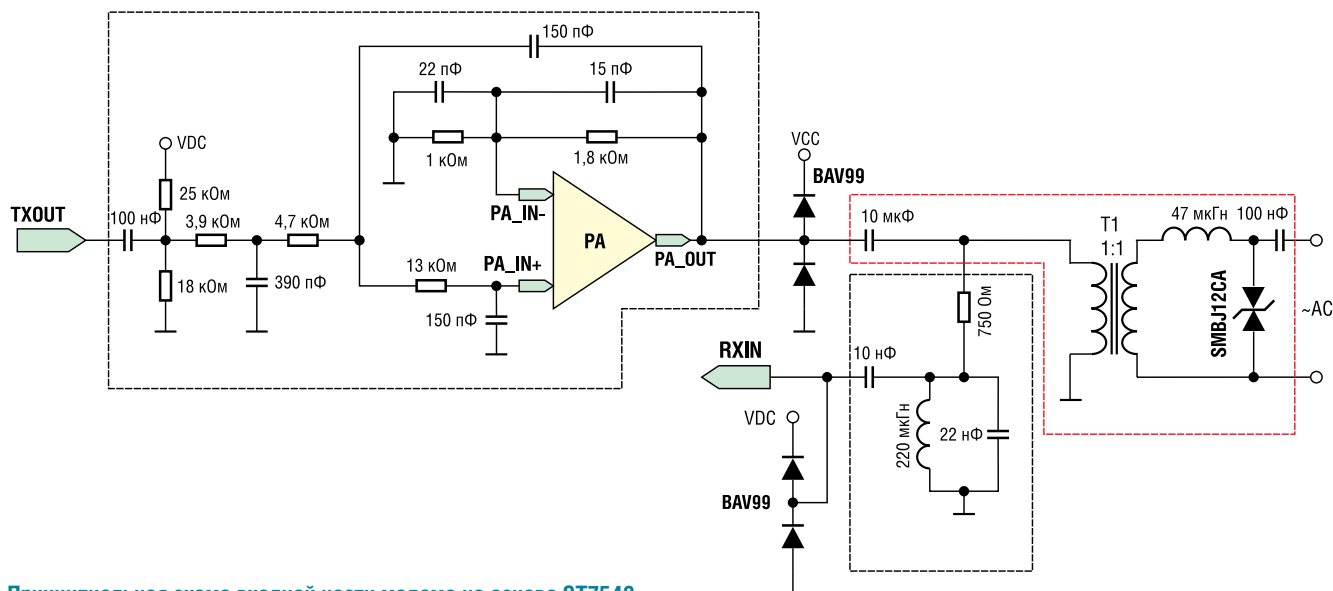


Рис. 6. Принципиальная схема входной части модема на основе ST7540

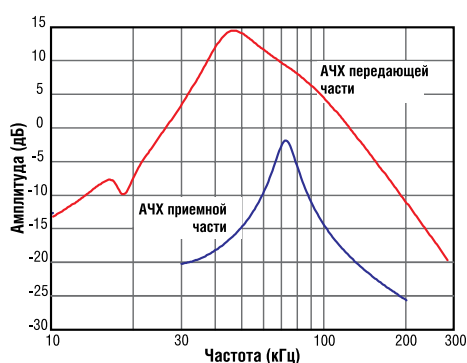


Рис. 7. АЧХ передающей и приемной частей

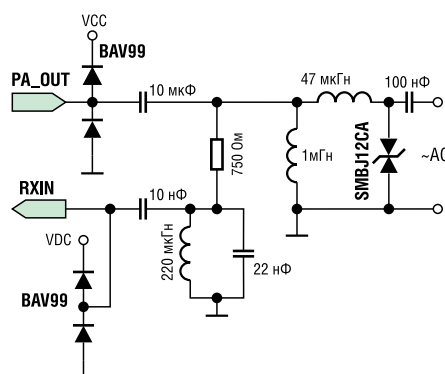


Рис. 8. Неизолированная входная часть

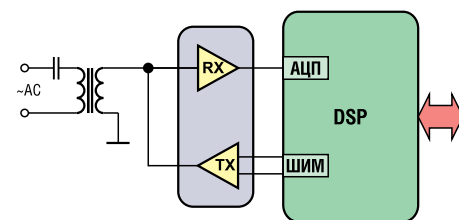


Рис. 9. Структурная схема сопряжения DSP и аналоговой части

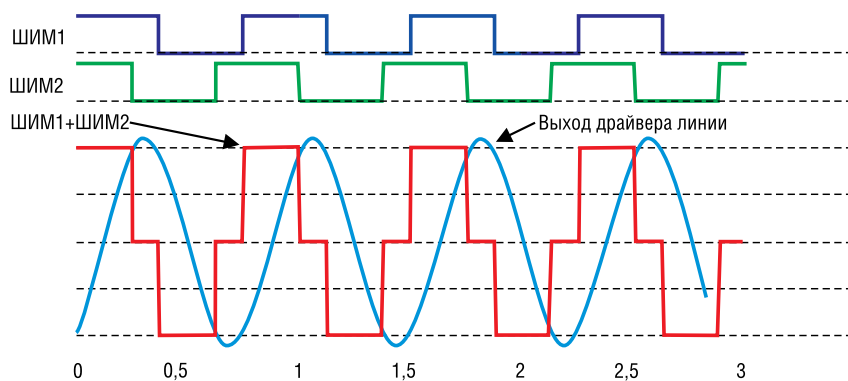


Рис. 10. Формирование несущей частоты в модеме на DSP от Texas Instruments

предоставлено разработчику. Казалось бы, усложнение разработки не является преимуществом перед конкурентами, однако в этом случае у разработчика появляется возможность разработать свой собственный способ помехозащищенной передачи данных, что крайне важно в условиях реалий отечественных бытовых сетей. В итоге, решение на основе DSP может оказаться единственным жизнеспособным в нашей стране. Что касается финансовой стороны вопроса, то самый простой DSP серии **Piccolo** от Texas Instruments (которого вполне достаточно для выполнения описанных задач) стоит дешевле микросхем PLC-модема.

Собственно при разработке аналоговой части для этого решения можно опираться на описанные выше схемы. Однако, следует учитывать один важный момент — это предлагаемый способ формирования несущих частот с использованием **TMS320F280x**, который графически продемонстрирован на рисунке 10.

Очевидно, что от аналоговой передающей части в данном случае требуется просуммировать сигналы с выходов ШИМ и затем отфильтровать высшие гармоники спектра суммарного сигнала, чтобы получить необходимый гармонический сигнал.

## Заключение

Несколько слов об отладочных средствах для описанных выше решений. ON Semiconductor предлагает отладочный набор AMIS49587EVK для микросхемы модема AMIS-49587, которая pin-to-pin совместима с AMIS-30585. Для отладки решения на основе ST7540 потребуются 2 платы: непосредственно плата с транзистором (EVALST7540-1) и коммуникационная плата (EVALCOMM) с микроконтроллером ST7 (ST72F651AR6), обеспечивающая связь с ПК через порты USB и RS-232.

Texas Instruments предлагает отладочный набор TMDSPCLKIT-V1. Отладочная плата состоит из источника питания, аналогового front-end'a и платы с установленным DSP. Все отладочные наборы содержат необходимое программное обеспечение для управления целевыми платами. Более подробная информация дается на официальных сайтах производителей.

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

Павел Ильин, Олег Пушкарев (КОМПЭЛ)

# CC2530 – НОВЫЙ ZIGBEE-ТРАНСИВЕР ДЛЯ ШИРОКОГО СПЕКТРА ПРИМЕНЕНИЙ

Новый радиочастотный трансивер малой мощности **CC2530** компании **Texas Instruments**, поддерживающий стандарты **ZigBee®/IEEE 802.15.4**, **ZigBee RF4CE** и **Smart Energy**, – универсальное решение для комплексной разработки системы.



По мере вхождения в нашу жизнь различных беспроводных устройств возникла проблема их совместимости, которая была решена разработкой таких стандартов, как Bluetooth и Wi-Fi. Но оба эти стандарта слишком прожорливы, сложны и быстры для множества нужных рынку устройств. Для низкоскоростных беспроводных сетей персональной зоны покрытия (WPANs) Институтом Инженеров Электротехники и электроники (IEEE) был утвержден стандарт 802.15.4, который определял физический (PHY) и канальный (MAC) уровни доступа. Для управления трансиверами, соответствующими этому стандарту, альянсом производителей ZigBee была разработана одноименная программная надстройка – набор протоколов. Основная особенность протоколов ZigBee заключается в том, что они при сравнительно невысоком энергопотреблении поддерживают не только простые топологии беспроводной связи («точка-точка» и «звезда»), но и сложные беспроводные сети с ячеистой топологией с ретрансляцией и маршрутизацией сообщений.

Трансиверы, отвечающие стандарту 802.15.4, могут использоваться как самостоятельные устройства, если раз-

работчику нужно организовать связь «точка-точка» или «звезда». Но для организации сети ZigBee необходимо добавить микроконтроллер, в который должен быть загружен набор управляющих программ, так называемый стек протоколов ZigBee, который обеспечивает возможность самоорганизации и самовосстановления сети. Сеть ZigBee называют интеллектуальной, поскольку она может сама определять настройки и оптимальный маршрут передачи данных. Кроме упрощенной 16-битной адресации, возможна расширенная 64-битная, позволяющая находиться в одной сети 65 тысячам устройств. Это востребовано при построении единых сетей на крупных промышленных предприятиях. Важным также является тот факт, что данные в ZigBee-сетях могут передаваться по цепочке устройств, что, вместе с развитыми средствами самонастройки, должно сильно упростить развертывание на больших площадях. Стандарт также предполагает 128-битное AES-шифрование данных, что позволяет успешно использовать ZigBee-сети в различных системах безопасности.

Большинство устройств ZigBee работает по следующему алгоритму: устрой-

ство во время очередного сеанса связи, устройство активизируется, быстро передает данные и снова переходит в режим пониженного энергопотребления. Типовые временные задержки при этом составляют 30 мс для подключения нового устройства к сети, 15 мс для перехода из «спящего» в активное состояние, 15 мс для доступа к каналу. Так удастся продлить срок службы батарей до 10 лет и более в зависимости от типа приложения и длительности рабочего цикла, причем ток при передаче может составлять порядка 15...30 мА, а в «спящем» режиме – менее 2 мкА. В результате задержки по отклику настолько малы, что человек, войдя в комнату и щелкнув переключателем беспроводной связи ZigBee, даже не заметит, что свет появился почти мгновенно, в то время как задержки при подключении устройств к сети Bluetooth составляют до трех секунд. Последняя версия набора протоколов ZigBee PRO дополнила существующие возможности такими, как фрагментация длинных сообщений, возможность взаимодействия с другими протоколами и системами, возможность быстрой маневренной перестройки частоты и автоматическое управление адресным пространством. Кроме того

Новинка от TI, микросхема **CC2530**, поддерживающая стандарт IEEE 802.15.4, предназначена для организации сетей стандарта ZigBee Pro, а также средств дистанционного управления на базе ZigBee RF4CE и оборудования стандарта Smart Energy. ИС CC2530 объединяет в одном кристалле РЧ-трансивер и микроконтроллер, ядро которого совместимо со стандартным ядром 8051 и отличается от него улучшенным быстродействием.

ство находится в «спящем» состоянии практически все время, обеспечивая оптимальный режим энергосбережения. При поступлении новой информации,

улучшена масштабируемость протокола, усилена его устойчивость при работе в крупных сетях. RF4CE, еще один спе-

Таблица 1. Отличия CC2530 от CC2430

| Параметр                            | CC2430                      | CC2530                      |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Функции</b>                      |                             |                             |
| МК                                  | 8051 совместимый            | 8051 совместимый            |
| Флеш-память, Кбайт                  | До 128                      | До 256                      |
| Оперативная память, Кбайт           | 8 (<4 в режимах PM2/3)      | 8 во всех режимах           |
| Контроль сигнала таймера            | Нет                         | Есть                        |
| Каналов таймера                     | 3                           | 5                           |
| МАС размер таймера                  | 16-bit, 20-bit переполнение | 16-bit, 24-bit переполнение |
| Частота ядра, МГц                   | 32                          | 32                          |
| Корпус, мм                          | 7x7, 48 выводов             | 6x6, 40 выводов             |
| Рабочий температурный диапазон (°C) | -40...85                    | -40...125                   |
| <b>Радио</b>                        |                             |                             |
| Чувствительность, дБм               | -92                         | -97                         |
| Макс. Тх энергия, дБм               | 0                           | +4,5                        |
| Чувствительность, дБ                | 92                          | 101,5                       |
| Подавление соседнего канала -5 МГц  | 30                          | 49                          |
| Подавление соседнего канала +5 МГц  | 41                          | 49                          |
| Подавление соседнего канала -10 МГц | 53                          | 57                          |
| Подавление соседнего канала +10 МГц | 55                          | 57                          |
| <b>Питание</b>                      |                             |                             |
| Рабочее напряжение, В               | 2,0...3,6                   | 2,0...3,6                   |
| Rx ток, мА                          | 27                          | 24                          |
| Тх ток (0 дБм), мА                  | 27                          | 29                          |
| Тх ток (+4,5 дБм), мА               | —                           | 34                          |
| CPU активный ток (32 МГц), мА       | 10,5                        | 6,5                         |
| PM1 ток, мкА                        | 190                         | 200                         |
| PM2 ток, мкА                        | 0,5                         | 1                           |
| PM3 ток, мкА                        | 0,3                         | 0,4                         |
| PM1 -> активный режим, мкс          | 4                           | 4                           |
| PM2/3 -> активный режим, мс         | 0,1                         | 0,1                         |
| Xtal время запуска, мс              | 0,5                         | 0,3                         |

циализированный протокол, специально созданный для бытовых пультов дистанционного управления, был разработан в 2008 году крупными производителями телевизионной техники Panasonic, Royal Philips Electronics, Samsung Electronics и Sony Corporation для замены инфракрасной связи. Протокол представляет собой нетребовательное к ресурсам и недорогое решение для обеспечения полной функциональной совместимости между устройствами. RF4CE не предъявляет чрезмерных требований к микроконтроллеру, на котором работает стек протоколов, но при этом предусматривает возможность расширения функциональности в будущем. Среди других особенностей RF4CE можно отметить поддержку защищенных транзакций, механизм энергосбережения и развитый механизм быстрой перестройки частоты (для обеспечения надежной совместимости с другим оборудованием). Стандарт предусматривает также простой и интуитивно понятный алгоритм спаривания для привязки пульта дистанционного управления к бытовому электронному устройству.

Новинка от TI, микросхема CC2530, поддерживающая стандарт IEEE 802.15.4, предназначена для организа-

ции сетей стандарта ZigBee Pro, а также средств дистанционного управления на базе ZigBee RF4CE и оборудования стандарта Smart Energy. ИС CC2530 объединяет в одном кристалле РЧ-трансивер и микроконтроллер, ядро которого совместимо со стандартным ядром 8051 и отличается от него улучшенным быстродействием. ИС выпускается в четырех исполнениях **CC2530F32/64/128/256**, различающиеся объемом флэш-памяти — 32/64/128/256 Кбайт, соответственно. В остальном все ИС идентичны: они поставляются в миниатюрном RoHS-совместимом корпусе QFN40 размерами 6x6 мм и обладают одинаковыми рабочими характеристиками.

Новая система-на-кристалле CC2530 протоколов для обеспечения выбора оптимального по стоимости сетевого протокола поддерживает следующие бесплатные программные стеки:

- программное обеспечение Z-Stack™ для ZigBee-совместимых приложений (ZigBee PRO);
- сетевой протокол RemoTI™ для приложений дистанционного управления ZigBee RF4CE;
- сетевой протокол SimpliciTI™ для сетевых приложений собственной разработки.

### Особенности CC2530

- 49 дБ подавление помех на соседнем канале (лучшее в своем классе),
- Отличный энергетический потенциал радиоканала (101,5 дБ),
- Расширенный температурный диапазон -40...125°C,
- Модуль аппаратного кодирования AES-128,
- Полная совместимость с расширителями диапазонов CC259х,
- До 256 кб флеш-памяти/8 кб оперативной памяти,
- 21 порт GPIOs, 2 порта USARTs, большое количество периферийных устройств.

### Основные отличия CC2530 от CC2430

CC2530 представляет собой существенно улучшенный вариант микросхемы CC2430.

С точки зрения технических параметров и функциональных возможностей микросхема CC2530 превосходит или не уступает CC2430 (таблица 1). Однако из-за повышенной выходной мощности (+4,5 дБм) незначительно вырос ток потребления (с 27 до 34 мА) при передаче. Кроме того, эти микросхемы имеют разные корпуса и число выводов. В процессорной части произошли незначитель-

ные изменения, связанные с большим объемом памяти, по другому работает Watchdog-таймер в некоторых энергосберегающих режимах. Также изменена работа многих внутренних блоков микросхемы (Sleep Timer, Timer 1, GPIO, Debug Interface, DMA, USART и др.), но эти изменения направлены на улучшение характеристик и расширение возможностей встроенного процессора.

Схема включения CC2530 показана на (рис. 1). Как видно на рисунке ИС CC2530 требует весьма незначительного количества внешних компонентов, что значительно упрощает разработку нового изделия.

### Применение

Система на кристалле CC2530 находит применение во множестве практических областей. Можно выделить следующие типовые области применения CC2530:

- Автоматизация зданий (отопление, вентиляция, кондиционирование),
- Домашняя автоматизация (пульты управления телевидением, портативные устройства, управление бытовыми приборами),
- Медицина (биодатчики, диагностика пациента, тревожные кнопки),
- Периферия ПК (клавиатура, мышь, джойстик),
- Промышленное управление и мониторинг (удаленный контроль оборудования, промышленная автоматика),
- ЖКХ, управление освещением (мониторинг систем, учет электроэнергии, воды, отопления),
- Системы безопасности (датчики, контроль доступа, контроль помещений).

### Поддержка проектирования

TI выпускает широкий ассортимент инструментальных средств для разработки различных IEEE 802.15.4- и ZigBee-совместимых приложений на основе CC2530, в том числе оценочные и демонстрационные наборы, программное обеспечение для них, а также исходные коды и примеры программ.

Для проектов, нуждающихся в минимизации стоимости конечного решения или сроков проектирования, Texas Instruments предлагает отдельные наборы микросхем РЧ-трансиверов/процессоров и микроконтроллеров. Ниже приведен обзор основных аппаратных средств проектирования и отладки.

Набор для проектирования **CC2530DK** (рис. 2) предназначен для разработки и тестирования систем на основе CC2530. Он содержит все необходимое оборудование, программное обеспечение и инструменты для разработки 802.15.4-совместимого устройства.

Комплект CC2530DK содержит:

- Два оценочных модуля CC2530ЕМ,

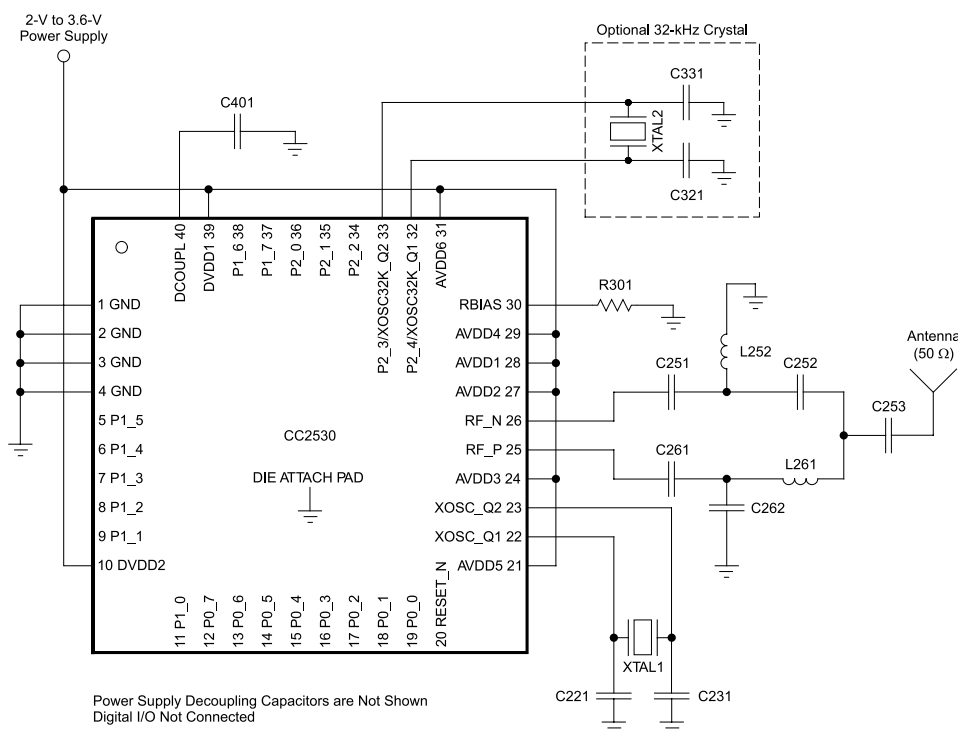






Рис. 4. Комплект разработчика RemoTI

- Исходные коды ZigBee-стека Z-Stack (TI),
- Две оценочных платы SmartRF05EB,
- Пять плат с батарейным питанием SmartRF05,
- Семь оценочных модулей CC2530EM,

• Си-компилятор EW8051 и отладчик C-SPY компании IAR (30-дневные оценочные версии),

- Один USB-ключ,
- Антенны и элементы питания,
- Sensor Network Analyzer компании Daintree для анализа трафика в сети, состоящей из множества ZigBee-узлов.

Оценочный набор **CC2530EMK** (рис. 3) предназначен для оценки возможности по загрузке кода программы через РЧ-канал, что существенно упрощает обновление прошивки ZigBee-устройств при их эксплуатации. Модули могут использоваться

как отдельно (требуется внешнее питание), так и вместе с наборами SmartRF05EB для управления компьютером.

Наборы **CC2530EMK** включают:

- Два оценочных модуля **CC2530EM**,

- Две антенны 2,4 ГГц,
- Документация.

Оценочный комплект **RemoTI-CC2530DK** (рис. 4) предназначен для оценки работы RF4CE-совместимого устройства.

Комплект **RemoTI-CC2530DK** включает:

- Дистанционное управление на основе **CC2530**,
- Плату ресивера с модулем **CC2530EM**,
- СС-компилятор, кабели, плату адаптера,
- Руководство по быстрому старту.

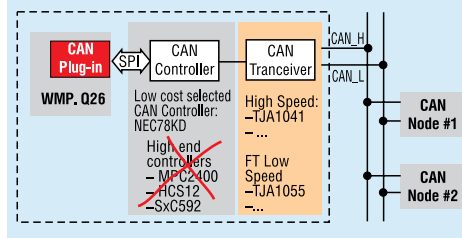
### Заключение

Новый трансивер **CC2530** компании TI имеет широкое применение и является идеальным выбором для конструирования законченного устройства. Удобные средства разработки и готовый образец дизайна облегчают работу инженера и сокращают время вывода конечного продукта на рынок.

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

## Беспроводной процессор Wavecom от Sierra Wireless работает с шиной CAN

Решение C-CAN позволяет беспроводному процессору Q26xx или WMP100 работать с шиной CAN. В примере применения «C-CAN Application Note» используется внешний недорогой контроллер CAN 78k0 (NEC), обмен данными ведется по SPI-интерфейсу. Для доступа к CAN-трансиверу предлагается бесплатная библиотека с набором простых API. Передача данных может осуществляться как на низких (Low Speed CAN – до 125 кбит/с), так и на высоких (High Speed CAN до 1 Мбит/с) скоростях. Поддерживается интерфейс CAN 2.0A и CAN2.0B (11 или 29 бит идентификатора сообщения); возможен прием до 15 «message ID» (до 4 масок); предусмотрен сигнал прерывания для пробуждения из состояния пониженного энергопотребления шины. Для быстрой разработки прототипов изделия с CAN-шиной выпускается набор «C-CAN 78k0 Development Kit», включающий в себя дополнительную плату с CAN-трансивером для отладочных наборов Q2786 DK/Q2687 DK/WMP100 DK.



## Расширение возможностей GSM/GPRS-модема MAESTRO-100

GSM/GPRS-модем **Maestro-100** построен на базе модуля Q24PL001 компании Wavecom/Sierra Wireless, поэтому допускает загрузку приложений OPEN AT, написанных на языке C для встроенного процессора на ядре ARM7. Производитель **MAESTRO-100**, компания **Fargo Telecom** предлагает дополнительный программный модуль Maestro Smart Pack, который упрощает применение модема в системах безопасности и телеметрии:

- Автоматическое соединение TCP/UDP,
- Удаленная подача AT-команд через SMS,
- Удаленное управление портом ввода-вывода,
- Фильтрация входящих звонков,
- Проверка статуса модема.

## CC2530 универсальное радиочастотное решение малой мощности

**Ключевые особенности**

- До 256 кБ Флеш-памяти/ 8 кБ ОЗУ
- Большой запас чувствительности линии связи (102 дБ)
- Подавление помех от соседнего канала 49 дБ (лучшее в классе)
- Четыре настраиваемых режима питания для снижения расхода энергии
- Пятиканальная система прямого доступа к памяти

**TEXAS INSTRUMENTS**

Москва  
Тел.: (495) 995-0901  
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 327-9404  
Факс: (812) 327-9403

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